

自然科学研究機構 核融合科学研究所

National Institutes of Natural Sciences (NINS)

National Institute for Fusion Science (NIFS)

平成18年度 外部評価報告書

Peer Review Reports in FY2006

2007年3月

March, 2007

核融合科学研究所 運営会議外部評価委員会

NIFS Administrative Council External Peer Review Committee

目 次

第1章	経緯と目的	1
第2章	国際共同研究に関する評価	5
	2. 1 国際共同研究の経緯とこれまでの活動状況	
	2. 2 項目別の評価	
	2. 3 評価のまとめと提言	
第3章	連携研究推進センターに関する評価	29
	3. 1 センターの経緯とこれまでの活動状況	
	3. 2 項目別の評価	
	3. 3 評価のまとめと提言	
第4章	技術部に関する評価	39
	4. 1 評価の概要	
	4. 2 項目別の評価	
	4. 3 評価のまとめと提言	
第5章	おわりに	63
添付資料1	核融合科学研究所運営会議外部評価委員会規則	
添付資料2	核融合科学研究所運営会議外部評価委員会委員構成	
添付資料3	核融合科学研究所運営会議外部評価委員会日程	
添付資料4	外国人評価委員の評価レポート	

資料編

1. 国際共同研究活動報告 平成18年度
2. 連携研究推進センター活動報告 平成18年度
3. 技術部活動報告 平成18年度

第1章 経緯と目的

本格的な核燃焼と炉システムの統合を主眼とした「国際熱核融合実験炉（ITER）計画」がいよいよスタートした。更に、ITER以降のデモ炉を視野に入れた新しい日欧プロジェクト「幅広いアプローチ計画（BA）」が始まろうとしており、核融合研究は今大きな節目を迎えている。このような大型国際プロジェクトを強いリーダーシップを持って推進していくためには、核融合に関する幅広い学術研究の充実と長期的展望に立った人材育成が求められ、わが国の核融合研究の中核機関である大学共同利用機関法人自然科学研究機構核融合科学研究所に求められる役割は極めて大きい。

核融合科学研究所は中期計画・年度計画に基づいて事業を実施している。その中期計画の中の「I 研究機構の教育研究等の質の向上に関する目標を達成するためにとるべき措置、1 研究に関する目標を達成するための措置、(1) 研究水準及び研究の成果等に関する目標を達成するための措置」の項において、「各専門分野において国内の外部委員を含む委員会で自己点検を行い、国際的に第一線で活躍する著名な研究者による評価に基づいて研究水準・成果の検証を行う。」となっている。また、これに対応する年度計画において「各専門分野において研究成果の内容及び公表の状況など研究活動の資料、研究者等の大学や研究機関との交流の状況等をまとめ、外部委員を含む委員会で自己点検を行う。」と述べられている。

これに対応して核融合科学研究所では運営会議のもとに外部評価委員会を設置している（外部評価委員会規則（添付資料1）、委員の構成（添付資料2））。外部評価委員会は、核融合科学研究所が世界の研究拠点としての役割を果たしている現状を考慮し、日本の核融合研究において指導的立場にある所外の日本人研究者18名に4名の著名な外国人研究者を加え、総計22名の研究者で構成されている。

評価の対象は研究活動から共同研究体制や組織など多岐にわたるが、平成16年度には核融合科学研究所の研究の2本柱である「LHD」と「シミュレーション」の研究活動について、さらに平成17年度には「共同利用・共同研究」、「炉工学研究センター」及び「安全管理センター」について評価した。ひきつづき本年度は運営会議での決定に基づき、「国際共同研究」、「連携研究推進センター」及び「技術部」を外部評価の対象とし、それぞれに対応して国際共同研究専門部会、連携研究推進センター専門部会及び技術部専門部会を設置し、評価作業を行うこととした。外部評価委員会の委員長、副委員長、各専門部会の部会長は運営会議において決定された。また、専門性を配慮し、各専門部会にはそれぞれ2～3名の専門委員を加えて評価作業を行った。

本外部評価の目的は、平成16年度に行われた法人化後の活動と今後の方向性について関連する研究分野の所外研究者によって評価することにより、共同利用機関である核融合科学研究所における研究・業務の一層の充実と発展を促すことである。評価結果については、運営会議にその報告書を提出し、運営会議において承認後、核融合

科学研究所長から自然科学研究機構長に提出されることになる。その後、機構の教育研究評議会及び経営協議会に提出され、承認を受けた後、文部科学省に提出する自然科学研究機構年度計画（平成 18 年度）実績報告書の参考資料となる。また、本報告書は印刷物や WEB ホームページとして公開を予定している。

第 1 回の外部評価委員会（平成 18 年 11 月 1 日）において、まず、本年度の外部評価の進め方について協議し、それぞれの評価対象に対して後で述べる評価の観点及び具体的な評価項目を決定した。第 2 回の外部評価委員会(平成 18 年 12 月 2 日)では、研究所の担当者からこの評価の観点および評価項目を踏まえたビューグラフや活動報告書などの資料(資料編参照)を用いての詳しい説明を受け、質疑応答が行われた。その後は、各専門部会においてそれぞれ個別に 2～3 回の部会を開催し、研究所との更なる質疑応答も含め評価作業とその取りまとめを行った。専門部会での評価案が出揃った段階で第 3 回の外部評価委員会（平成 19 年 2 月 23 日）を開催し、最終報告書を取りまとめた。評価委員会および各専門部会の日程を添付資料 3 に示した。

本報告書は第 1 章 経緯と目的、第 2 章 国際共同研究に関する評価、第 3 章 連携研究推進センターに関する評価、第 4 章 技術部に関する評価、および第 5 章 おわりに の 5 章で構成されている。なお、外国人評価委員からの評価レポートは一部日程の関係で各章の中に十分反映できなかつた面もあるが、貴重なご意見はご本人の許諾を得て添付資料 4 としてそのまま掲載した。

評価の観点と評価項目

I. 「国際共同研究」に関する評価の観点

1. 政府間レベルの協定に基づく国際共同研究
 - (1) 実施体制について
 - (2) 研究目的について
 - (3) 研究成果について
 - (4) その他（国際連携、ITER連携等との関係について）
2. 研究所間学術交流協定などによる共同研究
 - (1) 実施体制について
 - (2) 研究目的について
 - (3) 研究成果について
 - (4) その他

II. 「連携研究推進センター」に関する評価の観点

- (1) 連携研究推進センターの役割
 - (創設時の目標、研究テーマの設定は適切だったか)
- (2) 創設以降の研究テーマ、目標の設定は適切であったか

- (3) 3年間を通しての成果
- (4) 人員、設備の整備、拡充は適切に進められているか
- (5) 学術連携、原子分子データの研究によって、学術の深化、体系化、人材養成に貢献しているか
- (6) 産学連携によって、我が国産業に、核融合研究を基礎とした貢献がなされているか
- (7) その他

Ⅲ. 「技術部」に関する評価の観点

- (1) 技術部設置目的に対して充分役割を果たしてきたか
- (2) 年間業務計画に対して業務を遂行できたか
- (3) プラズマ・パラメータ向上のための機器増強や研究組織の変更に対応する研究支援業務に充分対応できる組織か
- (4) 共同研究に対し、また社会に対し、技術貢献できる組織か
- (5) 技術業務を行う上で具備すべき能力は充分整っているか、またその向上に努めているか
- (6) 大型ヘリカル装置実験に関して運転員との職務の役割分担は適切か
- (7) 機構内や大学等の技術職員との技術連携・技術交流は行われているか
- (8) その他

第2章 国際共同研究に関する評価

本評価委員会専門部会は、これまでの核融合科学研究所を中心とする国際共同研究活動を概観し、今後進めるべき方向を展望するものであり、2006年12月2日に海外からの評価委員を含め第1回会合を開催し、評価の進め方ならびに評価項目につき審議した。また第1回会合では、「政府間レベルの協定に基づく国際共同研究」に関し、(1) 実施体制について、(2) 研究目的について、(3) 研究成果について、(4) その他(国際連携、ITER(国際熱核融合実験炉)連携等との関係について)の4項目と、「研究所間学術交流協定などによる共同研究」に関し、(1) 実施体制について、(2) 研究目的について、(3) 研究成果について、(4) その他、の4項目に関して、項目別の評価書を各委員より提出することとした。

第2回会合を2007年1月19日に開催し、各委員からの個別の評価書をまとめたものにつき審議し、評価報告書の作成方針を決定した。この審議結果に基づき、評価書のドラフトを部会長と幹事で作成しメールで部会の構成員の意見を集約したのが、本評価報告書である。

2. 1 国際共同研究の経緯とこれまでの活動状況

核融合科学分野における国際共同研究の概要と意義

21世紀に入り科学技術を始めあらゆる分野でグローバル化が進み、世界の人々は国際社会の一員として活動することが不可欠になっている。これにはIT技術の急速な進展による地理的制約の緩和が大きな役割を果たしている。この観点より、種々の研究の国際化はますます重要になっており、科学技術の分野では、特に国際共同研究の比重が高まっている。

核融合科学の分野における国際協力の歴史は古く、1950年代に遡る。当時のアメリカ、イギリス、旧ソ連では核融合反応の持つエネルギー源としての重要性に着目し、核融合の研究を秘密裏に進めていた。1955年8月にジュネーブにおいて第1回原子力平和利用国際会議が開かれ、Bhabha 議長の演説によりそれらの国々において核融合研究が行われていることが初めて公にされた。1958年9月の第2回原子力平和利用国際会議において、研究を進めて来た国々は、一斉に成果を公表した。その理由として、核融合の実現には長い道のりが予測され、一国だけでその実現を図るのは困難であり、国際協力や情報交換が必要であることが認識されたためであろう。こうした背景により、1961年に核融合に特化した第1回のIAEA(国際原子力機関)会議がザルツブルグにて開催されることになった。それ以降、ほぼ2年毎に開催され、2006年10月に成都で第21回目の核融合エネルギーIAEA国際会議が開かれた。

研究の現場における国際共同研究の代表的な例としては、1969年に行われたイギリス・カラム研究所のPeacock博士達のグループがクルチャトフ研究所のT-3トカマク装置の電子温度をレーザーのトムソン散乱により測定し、反磁性計測が正しいこと

を示したことであろう。日本に目を転じると、研究の現場における個人レベルの国際交流は、核融合研究の始まりとほぼ歩調を合わせ、既にプリンストン・プラズマ研究所において 50 年代おわりから 60 年代にかけて始まっている。国のレベルでは、1978 年のテキサトル協定（正式名：「技術研究のためのトーラス試験装置（TEXTOR）におけるプラズマ壁相互作用に関する研究開発計画のための実施協定」）が IEA（国際エネルギー機関）の実施協定として初めて締結され、組織的な共同研究が始まった。最大規模の国際協力である日米協力は、1978 年の福田・カーター会談の結果を受けて、1979 年 5 月にワシントンにおいて調印された日米政府間のエネルギー及び関連分野の研究協力協定が出発点となっている。日米協力では、DIII-D（米国トカマク装置）における原研チームと米国チームとによる共同実験、JIFT（日米科学技術協力事業：核融合理論共同研究組織）、データリンケージや JUPITER（日米科学技術協力事業：核融合炉工学分野共同プロジェクト）など規模の大きいプロジェクトの他、研究者の相互訪問や日米ワークショップなどにおいて共同研究が行われている。研究活動とは一線を画すが、日米相互乗り入れによる実験の現場における安全査察はユニークな取り組みである。ヘリカルプラズマの分野においては、多国間の包括的な枠組みである IEA ステラレータ協定の下に、ヘリカル型に焦点を絞った国際会議や研究協力が行われている。慣性核融合の分野でも、活発な国際共同研究がレーザー核融合、重イオン核融合等につき進められており、日米及び日中の政府間レベルの協定に基づきワークショップや共同実験などが行われてきた。また、慣性核融合の代表的な国際会議として、IFSA（慣性核融合科学とその応用に関する国際会議）が日本、フランス、米国が共同議長となり 1999 年以来 2 年おきに開催されている。日本では、2001 年の京都会議に続き 2007 年秋には、神戸で大阪大学や核融合科学研究所等が協力して開催される予定である。

一方、1978 年から INTOR（国際トカマク炉（建設計画））の概念設計が IAEA の主導により、各国からの専門家によって進められた。この計画は、1986 年のレーガン・ゴルバチョフ会談の結果、1987 年から始まった ITER に引き継がれ、我が国におけるもっとも重要な国際共同研究であると同時に核融合研究の施策となっている。

このように、国際共同研究は核融合研究の上で非常に重要な位置を占め、国際交流抜きにしては研究の進展が望めない状況にあると言える。

国際共同研究における核融合科学研究所の役割

世界の核融合研究の幕開けに呼応して、日本においては 1958 年 2 月に全国の研究者の自主的組織として核融合懇談会が組織され、核融合研究への本格的な取り組みが始まった。1961 年には、全国共同利用研究所として名古屋大学にプラズマ研究所が設置され、国際共同研究も始まった。

核融合科学研究所はプラズマ研究所の持っていた共同利用研としての中核的機能を国際協力の面においても発展的に引き継いでいる。具体的には、核融合科学研究所が中核となって行う国際協力としては、二国間協力（日米科学技術協力事業、日中拠

点大学方式による学術交流事業、日韓核融合協力事業)、政府間協定に基づく多国間協力 (IEA 傘下のステラレータ協定、テキサトール協定) があり、また、研究所間協定に基づき 11 の機関との学術交流も行われている。研究協力の分野は核融合に関連するほぼ全ての分野、即ち、高温プラズマの閉じ込め・制御・加熱・計測に関する物理・工学、高温プラズマの振舞等に関するシミュレーション科学、超伝導や材料等を含む炉工学、安全工学等を網羅している。

これらの枠組みを通して行われる国際協力の目的は、多国間、二国間協力においては、世界のトップレベルの成果を挙げるとともに、海外パートナーの実力の向上を図りつつ世界の核融合研究推進への貢献を図ること、研究所間協力においては、互いに得意な分野における相互交流を通して独創的な研究成果を挙げ、それぞれの分野において世界の研究を先導すること、であろう。そのためには、人物交流の促進は必須であり、国際会議やワークショップの開催なども重要な要因である。核融合科学研究所は、これらの活動を遂行するために、日米協力の他、予算措置を伴う日中協力と日韓協力を新たに立ち上げるなどの努力を行った。予算措置を伴わない国際協力の遂行には、外国人客員教員制度、科学研究費補助金、自然科学研究機構の分野間連携による国際的研究拠点形成事業経費などを活用している。

以上のように、今日までに核融合科学研究所は日本原子力研究開発機構とともに、我が国の核融合分野における国際交流の拠点として極めて重要な役割を果たしてきた。特に、2006 年度より ITER プロジェクトが開始されるにあたり、新たな局面を迎え、核融合科学研究所の果たすべき役割は以前にも増して大きくなっている。

2. 2 項目別の評価

1. 政府間レベルの協定に基づく国際共同研究

International collaborative research based on the inter-governmental agreement

(1) 実施体制について

Administrative system

「全般的評価とコメント」

- ・核融合コミュニティの活性化を図るべく多くの政府間レベルの協定を積極的に企画・推進しており、大変高く評価できる。(3名)
- ・日米科学技術協力事業、日中拠点大学交流事業、日韓協力事業、国際エネルギー機関(IEA)ステラレータ協定による国際共同研究(LIME)、テキサトール国際協力、ITER 連携など、概ね良く組織された実施体制のもとで、透明性の高い運営が行われており、多くの成果を挙げていると思われる。(1名)
- ・共同研究における企画・実施には専門の異なる教員からなる国際交流委員会が中心的な役割を果たしている。また、事務組織(管理部)との協力体制も整っており、改組などによって効率的運営に努めていることが窺える。個別の実施については、日米科学技術協力事業の場合、日米研究計画委員会(所長、副所長、所内5名、所外11名)、日中拠点大学交流事業の場合、代表者としての所長に加え、コーディネーター(所内1名)を置くなど、所内、所外委員の協力によって、円滑な運営を行っている。このような委員会の設置に加え、中心的に担う教員(学術協定に基づく共同研究における交流責任者と同様な)の「顔」が見えるようにすることが、相手国(研究機関)への対応上望ましいのではないだろうか。(1名)
- ・個々の国際共同研究の実施体制については、外部委員も含む委員会組織となっており、特に問題はないように思われるが、委員の選任については、規則等にある「〇〇が委嘱」と、「コミュニティから選出された」とは、必ずしも同義ではない。後者であれば、その「選出過程(あるいは選出基準)」を明示することを考えても良いのではないか。(1名)
- ・今後、ITER 等に関する国際連携研究との関係を制度的に整理し、相乗効果を増すことが求められる。(1名)
- ・欧州における核融合研究は研究所から大学レベルに広がりつつあり、個々の機関との学術交流協定ではカバーしきれなくなることが予想されるので、EFDA 等との総括的な日欧研究協力を実現することが望ましい。(1名)
- ・核融合科学研究所の国際プロジェクトの戦略的推進体制との関連が現状では見えにくい。(1名)
- ・多様な協定が存在するなかで、相互の有機的な連携がどうなっているのか、見えにくい。(2名)

- The impressively large number of international collaborations in which the National Institute for Fusion Science (NIFS) actively participates is one of the ways that it fulfills its role as a world-leading center for fusion plasma science. The critical importance and mutual benefit of international collaborative research (in addition to domestic collaborative research) is universally acknowledged. Therefore NIFS is to be highly commended for its leadership in the Japan-US, Japan-China, and Japan-Korea bilateral collaboration programs; for its valued participation in the IEA Stellarator, IEA Plasma Wall Interactions, ITPA, and ITER cooperative activities; and for its pro-active establishment of numerous inter-institutional as well as inter-governmental collaborations. (1名)
- The International Collaboration on the Fusion Research is becoming more important as the ITER Project started officially. The Broader Approach related subjects such as IFMIF, DEMO R&D, Super Computer Application for fusion modeling, will also require further strengthening of the international collaboration. As Inter-University Collaboration Institute for Fusion Science in Japan, NIFS would need to have role to organize and administer in the area of international collaboration based on the inter-governmental agreement, somehow. In the Report, three inter-governmental agreements (JA-US, JA-KO, and JA-CN) and three IEA Implementing Agreements (except preparatory phase IEA Spherical Torus IA) are presented with detailed results. The technical results and outcome demonstrate that NIFS contribute international collaboration in these areas very well with well-organized manner. (1名)
- NIFS has set up a dedicated division (head K. Matsuoka) within the Research Coordination Center (RCC) to support and to organize the international collaboration by (1) academic agreements, (2) international conferences and (3) exchanges of personnel. For the larger collaborations, specific committee structures have been set up. The organization of the respective committees appears to be adequate. (1名)
- The research surroundings of NIFS are clearly excellent and provide everything necessary for international collaboration. (1名)
- Systematic reviews of the management of the international collaboration are therefore highly advisable and should be continued. (1名)
- It would be recommended that the strong effort toward integrate all inter-governmental collaboration program administration with single system. It would give whole picture of collaboration with coherent goals and purpose. (1名)
- The Japan-US, Japan-China, and Japan-Korea exchanges are inter-governmental agreements and are well coordinated by overseeing bodies. In contrast, the collaborative activities with Europe are carried out through agreements with individual institutions. It might make sense to coordinate these research collaborations through an all-European organization such as Euratom or the European Fusion Development Agreement (EFDA). (1名)

「個別の評価とコメント」

日米科学技術協力事業

- ・ 開かれた運営が行われ大多数の日本の核融合研究者が関与し、長期にわたり日米の核融合研究者間に強い絆を作ったことは大変効果的かつ適切な運営であったと高く評価する。(1名)
- ・ 報告会を定期的実施しており、成果の公開やそれに対する評価を適切に行っていると見えよう。他の国際共同研究に関しても、より一層の成果の公開や定期的な評価の実施を期待する。(3名)
- ・ 組織的な研究を実施するため、JUPITER-I & IIによる核融合材料開発研究と JIFTによる理論シミュレーション研究を制度化したことも適切である。(1名)
- ・ From my own personal experience of participation in the US-Japan joint fusion theory exchange program, I wish to take this opportunity to thank NIFS for its exemplary support of this important program for more than 25 years. I can state with confidence that the US fusion theory community has benefited greatly from these collaborations, which have led to numerous joint published papers and invited talks at major international conferences. Also, in particular, when there was some difficulty with renewing the US-Japan collaboration program last year (for bureaucratic reasons), I would like to acknowledge that the NIFS director-general (Prof. Motojima) had the foresight to propose and implement a successful solution, which has been effective in ensuring the continuation of these collaborations. (1名)

日中拠点大学方式による研究協力

- ・ 中国のキーパーソンとの緊密な連携のもとに研究協力が進められており、重点投資型の制度であることが日米協力に対し特徴的である。このことで、効率的に中国の核融合研究の発展に貢献していると評価する。(1名)
- ・ The Core University Program (CUP) with China is organized by NIFS on the Japanese side and, for China, by the Institute of Plasma Physics of the Chinese Academy of Science (ASIPP). Thus NIFS and ASIPP serve as the primary representatives of the broader university and academic research communities in the two countries. Various plasma confinement devices in Japan and China are being used for collaborative study of physics issues. An evaluation of the CUP program was carried out in FY 2005; the very favorable assessment resulted in an extension of the program for another five years. The Core University Program appears to be well organized. (1名)

日韓協力事業

- ・ 集中的に研究協力を進められる制度設計がなされている。今後、核融合コミュニテ

ィへの広報に努めることが望まれる。(1名)

- ・ 公募と成果報告会方式により、透明性が高く、効率的な運営が行われており、高く評価される。(1名)
- ・ The newest inter-governmental agreement (set up in 2004) is the cooperation with Korea in fusion energy research and related fields. This is also a five-year agreement. A noteworthy feature is that its organizational framework involves JAEA and NIFS on an equal footing, with two representatives from Kyoto University in addition. This feature (i.e., JAEA participation) is apparently not a characteristic of the CUP program with China. (1名)

IEA 協定(LIME、TEXTOR)

- ・ 関係分野の国際協力の発展に寄与している。活動の広報に留意することを望む。(1名)
- ・ IEA ステラレータ協定による国際共同研究(LIME)は、核融合科学研究所が提案し、核融合科学研究所がこれを主導してきたものであるが、ヘリカル系実験研究の重要な EU-Japan 協同事業として、また広範な核融合研究を推進する事業として、多くの成果を挙げてきたことは高く評価される。科学研究費補助金による本事業が終了したのち、自然科学研究機構の「分野間連携による学際的・国際的研究拠点形成」事業として、これを継承発展させた核融合科学研究所の努力は高く評価される。(2名)
- ・ Shortly after the founding of the National Institute for Fusion Science, Japan entered into an IEA agreement on cooperative development of the stellarator concept (1992). This agreement was entirely appropriate, since NIFS was clearly destined to become a world leader in helical-configuration fusion research (1992). This cooperative activity is supervised through an executive committee, consisting of two members each from Japan, Germany, Spain, and the USA. Three other countries (Russia, Australia, and Ukraine) are affiliate members. It is of interest to note that the National Institute for Natural Sciences (the super-institute of which NIFS is a partnering member) will now become the organization in Japan that is responsible for executing the IEA stellarator agreement; apparently the reason for this shift is related to the change of status of NIFS to that of a non-governmental agency. One could speculate whether this arrangement might become the pattern for other inter-governmental collaboration agreements. (1名)

(2) 研究目的について

Objectives of research

「全般的評価とコメント」

- ・ 個々の国際共同研究の研究目的は明確であり、適切に研究が推進されている。(4名)

- ・ 基礎から応用まで幅広い分野を包含する核融合研究を反映した、バランスの取れたテーマの選択となっている。(2名)
- ・ 大型装置では運転パラメータ領域が限られているので、複数の装置による比較研究が大変重要である。このような視点からも国際共同研究は、今後益々重要性が増してくるので、より一層の発展を期待する。(1名)
- ・ 日本の求心力・存在感を高めるための戦略が必要である。とくに基礎研究において国際的なネットワークを作ることは、学際性を高めるためにも有効である。(1名)
- ・ 日米協力においてはカテゴリーの見直し等の研究目的が更新されており、研究目的の見直しが進められている。今後も柔軟に研究動向に連動した研究目的を行うことが必要である。JUPITER-I & IIによる核融合材料開発研究とJIFTによる理論シミュレーション研究については、日米で組織的に研究目的を検討し更新されている。間もなくITER国際協力が開始されるので、他の国際協力についても適宜研究目的の見直しが必要と思われる。(3名)
- ・ データベースの整備や統合輸送解析コード開発等で e-science を活用する国際協力の一層の発展が期待される。(1名)
- ・ 若手の教育・育成も重要な目的である(外国人の受け入れも)。(1名)
- ・ JUPITER-II 計画などの目標は、分野外の者には具体性にかけているため、その妥当性の評価はむずかしい。一般的な「xxx 研究の推進」だけでは、次の「(3)研究成果について」ともあわせて、国際的な水準を理解できないものには評価は困難であろう(1名)。
- ・ It appears that the objectives of the inter-governmental cooperative research programs are well defined. Moreover, these objectives address significant cutting-edge research issues; the objectives take good advantage of the complimentary strengths of the participants; and they lead to mutual benefit for all of the participants. (1名)
- ・ Because the inter-governmental collaboration has each specific purpose and objective for that specific Agreement, the selection of Objectives of Research by NIFS would be limited and comply within Agreement. Having said that, however, the adjustment of technical objectives would be very much possible and NIFS did indeed very well organize and execute within its limited leverage in the inter-governmental agreement framework. (1名)
- ・ The selective adjustment of Objectives of each Agreement need to be reviewed and implemented to integrated program of NIFS itself and Japanese University Program Objective overall. (1名)
- ・ In addition to the specifically research-focused objectives, the cooperative research programs also make a valuable contribution to the training of young scientists, by allowing them to attend workshops, providing opportunities to visit research groups in other countries and work with international scientists, and generally giving them broadened exposure and experience. (1名)

- Since dedicated seminars and mutual exchange of personnel are key elements of international collaboration, the already existing - and very successful - activities should be fostered and further intensified. Special attention should be devoted to young researchers. (1名)

「個別の評価とコメント」

- ITER 連携については、国内の大学等の ITER 連携協力を支援する面と核融合科学研究所内の ITER 連携研究を促進する面の両面が目的と考えられるが、実際の活動の大半は後者であるように見える。目的をより明確にすることが望ましい。(1名)
- 日中、日韓の協力においては、KSTAR (韓国：超伝導トカマク装置) や EAST (中国：超伝導トカマク装置) 等の超伝導技術開発分野での交流が特筆される。(1名)
- It is also recognized that NIFS' role in IEA Stellarator Implementing Agreement is very much leading Institution in the world. (1名)
- These activities (in the collaboration within the IEA implementing agreement) are important for proper embedding of the NIFS activities and information exchange. (1名)
- The US-Japan collaboration concept is excellent. It has a high intellectual level and is of obvious benefit for both sides. (1名)
- The China-Japan collaboration develops very positively. In particular, the collaboration on steady-state issues is promising for the future development (e.g. with EAST). (1名)
- The key element of Korea-Japan collaboration is the KSTAR device. NIFS is making a significant and valuable contribution to plasma diagnostic developments and ICRF heating. This important contact should be maintained and extended wherever possible. After first plasma of KSTAR a review of the collaboration actions should be planned. (1名)

(3) 研究成果について

Research results

「全般的評価とコメント」

- 全般に5つの国際協力により特筆すべき多くの研究成果が上げられている。(5名)
- 日米協力をはじめとし、双方(両国)のバランスを取りながら進める努力がこれまでもなされてきたが、今後も必要かと考えられる。(1名)
- 申請・実施が、ある一部の研究者に偏る傾向が時折みかけられるが、何らかの工夫が必要かもしれない。(1名)
- 研究成果公表の点では、日米協力および日韓協力については、報告会が行われていることは評価できるが、過去の研究テーマ等を Web でも公開することが望ましい。日中拠点大学およびテキサス州協力については、Web で公開されており、評価できる。ステラレータ協定については、Web 等での公開が望まれる。(1名)

- 成果については、所外の共同研究者の寄与に関する「公表」について、より一層積極的に実施されたい。(1名)
- 日本の研究者の基礎学力、総合力について、高い評価がある。この点は、日本への留学生受け入れを進めために強調される必要がある。(1名)
- Resulting from the NIFS research cooperation agreements, a number of joint workshops have been held, numerous joint-author talks have been presented at major international conferences, and many journal papers and conference proceedings have been published. The large number of such results is laudable, since it provides a measure of the quantity and also the quality of the international collaboration activities. (1名)
- The long history of JA-US Cooperation Program showed very well with strong research output such as workshop, visit, Graduate Student exchange, as well as joint projects. The JA-CN Cooperation Program also did very well with extensive output and achievement documented in Report. The JA-KO Cooperation Program started in Year 2005, so the first year has not completed, but the clear goal and plan is well established, so we could expect the good collaboration results within a couple of years of program period. (1名)
- The added (scientific) value owing of international collaboration with NIFS is considerable. Especially the long-standing US-Japan joint activities give an impressive picture. The growing and strategically important contacts to the Asian neighbor countries Korea and China deserve special attention. It is worth noting that the first HL-2A publication in the Physical Review Letters was made possible via the close collaboration with NIFS on the subject “geodesic acoustic modes”. (1名)
- Other NIFS collaborative work on zonal flow experiments has occurred through the IEA Stellarator Agreement. A NIFS scientist (Prof. Fujisawa) reported about the recent zonal flow experimental work in a very good overview invited talk at the recent 21st Fusion Energy Conference (October 2006). The work on zonal flow and geodesic acoustic modes was also part of the NIFS contribution to the ITPA effort. Theoretical studies of zonal flow physics are being carried out through the Japan-US fusion theory exchange program. Also, NIFS has collaborated with Australia in experiments on zonal flow and turbulence by varying the geodesic curvature in the LHD facility (which has good parametric flexibility for such studies) and the H-1 NF helical device. This is one of many fusion research areas in which NIFS can be proud of the important contributions it has made. (1名)
- Another area of NIFS expertise that is fruitful for international collaborations, especially with Japan’s East Asian neighbors, is that of superconductivity applications. The Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics (ACASC) was initially established (in 1999) between Japan and Korea and subsequently (in 2003) expanded to include China. An annual workshop has been held since 2000. The 2005 workshop had 143 participants. Superconductivity is an excellent theme for collaboration among Japan, Korea, and China, since these countries are world leaders in this area for fusion plasma

confinement applications. Japan has operated a superconducting tokamak, TRIAM-1M, for many years (at Kyushu University). The Large Helical Device (NIFS-Japan) is the world's largest superconducting helical confinement experiment, while KSTAR (NFRC-Korea) and EAST (ASIPP-China) are the two largest superconducting diverted tokamaks in the world at present. There are plans to build a small superconducting tokamak in India; it might be beneficial to include India as a partner in the ASASC eventually. And, of course, superconductivity will be an enormously important subject for the successful operation of ITER. (1名)

- Long-pulse operation in the superconducting LHD experimental facility has made significant progress during recent years. The discharge duration jumped from ~12 minutes to ~65 minutes in FY 2004. The stored energy has steadily increased year by year, to become comparable to that in large tokamaks. Maximum values for the electron and ion temperatures, for the normalized pressure, and for the density have likewise increased. The very recent results on the new operational regime with a super-high-density core plasma in LHD, due to the discovery of an "internal diffusion barrier," are quite spectacular. These results were reported at the recent IAEA Fusion Energy Conference (October 2006) and received considerable international attention. These results have obvious implications for a possible force-free helical fusion reactor design. (1名)
- NIFS has a very strong program for the development of plasma diagnostic tools. Many of them are already subject of international collaboration and the partner institutes significantly benefit from the experience gained at NIFS. Highlights are further developments of pellet-related diagnostics (e.g. TESPEL), ECE imaging, CX spectroscopy, and Thomson scattering polychromators. (1名)
- International collaboration is also well established in various topics of plasma heating. The NIFS know-how on ion cyclotron heating is the basis for a number of collaborations (KSTAR, HT-7) with emphasis on long pulses. These are important and so far very successful activities. But also on neutral beam injection and some more technical aspects of electron cyclotron heating meaningful collaborations were established and have made good progress. (1名)
- The US-Japan joint institute for fusion theory contributed a great deal to the research results obtained (emphasis is put on non-linear plasma dynamics), owing to the intense exchange of personnel and the large number of joint workshops. But also the theoretical/computational studies of core plasma behavior performed in collaboration with China show encouraging first outcomes. (1名)
- The US-Japan development of advanced blanket concepts (JUPITER II and others) is a productive, fruitful and highly relevant joint activity. A remarkable success is also the organization of the Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics. The development of low-activation materials together with China show already interesting

results. (1名)

「個別の評価とコメント」

- 日米協力での、JUPITER-I & IIによる核融合材料開発研究と JIFT による理論シミュレーション研究などの成果は良く知られている。(1名)
- 日米科学技術協力事業は、核融合コミュニティ全体の研究の発展に大いに寄与しており、多くの成果が挙げられている。ただし研究成果に対するチェック&レビューを定期的に行う必要がある。(1名)
- 日米協力は、直接的な研究成果のみならず、若手研究者の養成と国際化という長期的な課題についても多大な寄与をなした。(1名)
- 日中においては5年間の国際交流の研究成果の中間評価はS評価である。また、中国の若手研究者の育成への貢献度は大きい。(1名)
- 日中では日本国内の成果に比重が高く、日米では米国での共同研究成果が多いと見受けられるので、今後バランス良く研究活動進めるよう留意すること。(1名)
- 科学研究費特定領域研究「定常核融合炉の物理と工学の新展開」(IEA ステラレータ協定による国際共同研究)の事後評価はA(期待どおり研究が進展した)であった。周辺分野を含めた国際ネットワークの構築への今後の一層の展開が大きく期待される。(1名)
- The IEA Stellarator IA program by NIFS was very well executed with leadership role by NIFS. (1名)
- The ITPA related activities and ITER Project related activities also produced some noticeable results, but it would be recommended that the stronger engagement to the major International Fusion Program, even though it has some complexity of administrative and policy-related issues to be resolved. (1名)
- Under the Japan-US collaboration agreement, during the past three years (FY 2004-2006) 30 joint workshops were held in Japan and 33 in the US. Also, 40 researchers visited Japan from the US, while 104 visited the US from Japan. On average (either in terms of the number of participants or the number of exchange activity items), about 80% of the US-Japan exchanges were carried out. The joint research projects have focused on important issues, and the results have been mutually beneficial to both partner countries. In the fusion theory exchange program, for instance, the joint investigation of nonlinear toroidal Alfvén eigenmode evolution in the presence of energetic particles and the theoretical studies of zonal flow effects in turbulent transport have been fine examples of the productivity of collaborative work; other excellent examples also could be cited. The JUPITER-II technology research program, which involved scientists from NIFS and five universities on the Japanese side and three national laboratories and three universities on the US side, has also been highly productive. (1名)
- The collaboration with China has grown rapidly since its inception only six years ago. The

number of jointly authored papers published in refereed journals increased by 50% from FY 2003 to FY 2004 and then nearly doubled from FY 2004 to FY 2005. The number of joint presentations at conferences is also respectable, although it has not grown as much as the number of journal publications. Personnel exchanges between Japan and China have been quite active. In general, fewer Chinese scientists go to Japan than vice versa, but they tend to stay longer. For example, in FY 2005, China sent ~43 persons to Japan, whereas Japan sent ~52 to China; however, the Japanese exchange scientists spent ~325 man-days in total, whereas the Chinese spent ~680 man-days. (1名)

(4) その他 (国際連携、ITER 連携等との関係について)

Others (International collaboration, relation with ITER collaboration)

- ・ 教育、人材育成の観点も重要。若手研究者、PD、大学院生まで総合的に考えた全国的な協力体制を考える必要がある。(2名)
- ・ 中国・韓国・インドをはじめとして、アジアの国々は、最先端技術の牽引の場として核融合分野に精力的に取り組み始めている。アジア地域との連携を強化すると共に、アジアからの研究者や留学生などを積極的に取り込むことを期待する。(1名)
- ・ 毎年開かれる国際土岐コンファレンスは、国際的な交流の推進と核融合科学研究所のステータスの確立に大きな寄与があった。(1名)
- ・ 日米科学技術協力事業では、日本側の研究者が米国側に出てゆく機会の方が多い。LHDをはじめとして、日本にも独自の世界最先端の研究の場があるので、海外からもっと積極的に研究者が乗り込んでくるよう、努力する必要がある。(1名)
- ・ 日米協力など、多数の国際共同研究プログラムが進行しており、それを束ねた全体像を見ることは普段は難しい。今回の評価の機会に、これらを俯瞰する意義は大きい。(1名)
- ・ 小規模の計画については、総合化して公開・評価を行うことも考えられる。(1名)
- ・ ITER 連携については、ITER 連携研究部門を中心に、研究所からの ITPA (国際トカマク物理活動) 参加等に貢献しており、評価できる。(1名)
- ・ ITER 連携では、IEA 協定やマックスプランクとの協定のもとで乱流の計測手法開発、ダイバーターの物理研究等研究協力がすでに開始されていることは重要である。
- ・ 今後、一層の連携協力活動の拡大が予想され、それに対応するには、核融合科学研究所が我が国の大学と ITER の連携研究の拠点として十分な機能を果たすため、既存の日米、日中、日韓、IEA 協定による国際研究協力を十分活用できる体制を構築するなど、制度改革が必要と思われる。シミュレーション研究部の六ヶ所分室等の活動にも期待する。(1名)
- ・ ITER や BA (幅広いアプローチ) において、炉心プラズマ物理や炉工学技術の両面からの連携を組織的により一層強化することを期待する。(1名)
- ・ ITER 連携は、ITER へどう貢献するかという視点と、ITER から何を学ぶかという

視点の双方が必要であろう。現在進められている連携でも、この双方向の視点には留意されており、評価できる。(1名)

- ITER 連携のために、併任教員からなる ITER 連携研究部門を連携研究推進センターの中に設け、研究推進にあたっている。本研究部門には主に会議出席のための旅費が配分されており、その設置目的として、支援ルートの開拓、広報活動、評価の確立などが挙げられているが、活動内容から見て「研究部門」として存在することの意義が明確でなく、組織をより複雑なものにしているとの印象を受ける。国際交流委員会を拡大し、その枠の中に位置づけることも可能ではなかろうか。(1名)
- In the event of full-start of the ITER Project in year 2007, the NIFS' role in International Collaboration needs to be reviewed, even though the program itself showed very strong output and execution performance. The technical expertise of LHD Construction and long experience of large superconducting device operation is invaluable to the ITER Project, and there are not many institutions that have capacity as well as experts, like NIFS. Also, the stronger engagement to the ITPA related activities need to be encouraged, so that it would need to be independently categorized. Also, the Broader Approach Projects need to be reviewed and engage strongly using NIFS' capacity and expertise, so far accumulated. The IFMIF and Supercomputing Facility would be very suitable categories to work with Japanese Universities. (1名)
- It is also recommended that the inter-governmental collaboration with other ITER Parties such as Euratom (and Associations), India and Russia would be also very valuable, in longer run, if Japanese Government develop relationship with these partners. (1名)
- During the past several years, NIFS scientists have participated in ITPA activities, primarily through meetings held at NIFS about Japanese ITPA efforts. The number of NIFS participants in ITPA activities was miniscule in FY 2003 and then dramatically increased (by more than a factor of ten) in FY 2004, although it has gradually declined since then, both in FY 2005 and again in FY 2006. (1名)
- The ITPA is actually not the major playground for an institute devoted to stellarator research. Nevertheless, NIFS is contributing via well selected results from LHD with emphasis on comparison between tokamak and stellarator discharge scenarios (e.g. the internal diffusion barrier) on LHD. (1名)
- NIFS collaborative research with the Japan Atomic Energy Agency has resulted in a respectable number of joint publications (16 on physics and 17 on technology) during the past three years. Some of this work will be quite relevant to ITER. (1名)
- The ITER Central Team specifically asked for a NIFS scientist (Dr. Kobayashi) to work at the ITER Joint Work Site for six months. He adapted the three-dimensional transport analysis used on the LHD helical device in order to investigate heat and particle loading on the limiter in ITER. This contribution to the ITER physics design was highly appreciated. A web page about ITER collaboration activities has been set up and linked to the NIFS

home page; however, since it is entirely in Japanese, its broader usefulness is limited. (1名)

- We were told that the Theory and Computer Simulation Center and the Computer Center at NIFS are to be combined and re-organized as a new Department of Simulation Science in FY 2007. The new department will have three subunits (viz., two divisions and a Rokkasho research center) and three main simulation projects; however, there is not a one-to-one mapping between the subunits and the projects. An important project for the “LHD and Magnetic Confinement Simulation Division” will be predictive simulation studies of D-D operation in LHD, which is critical for continued progress in the helical line of fusion research. It is unclear whether laser fusion simulations will be included in the “New Field Simulation Division.” Although the Rokkasho research center (final name to be determined) does not yet have a specified research project, this new center has the potential to significantly strengthen NIFS collaborations with the ITER international team and the ITER Broader Approach activities. (1名)
- The collaborative research with ITER IT is currently focused on 3d-edge modeling. Using the EMC3-EIRENE code (a joint development with IPP and FZJ, Germany) the heat and particle load on limiter elements was studied. Very relevant results were obtained. (1名)
- As part of its international cooperation activities, NIFS is to be commended for serving as an educational resource for the training of graduate students from countries outside Japan. The number of international graduate students is 10-12, depending on the year. This number is a little less than half of all the students who are enrolled in the Graduate University of Advanced Studies (approximately 21-25). It would be interesting to construct a list of the international Ph.D. students who have graduated from NIFS, together with the names of the institutions where they now work. (1名)
- A main outcome of the collaboration within the IEA Implementing Agreement on Stellarators is the recent update of the international stellarator data base, resulting in the ISS04 version 4. Also the findings on the impact of ripple effects, collisionality and the establishment of transport barriers are of high relevance for the further development of stellarators. The existing collaboration was extended by works on profile data bases, equilibrium and transport code benchmarking and better determination of neoclassical coefficients. (1名)
- NIFS is also participating significantly in the activities of the IEA Implementing Agreement on Plasma Wall Interaction. Here, valuable contributions were made to spectroscopic measurements of Tritium and constituent elements from ferritic steel limiters. The Penning gauge developed at FZJ was successfully applied to LHD plasma discharge scenarios. (1名)

2. 研究所間学術交流協定などによる共同研究

Collaborative research in compliance with an inter-institutional academic scientific exchange agreement

(1) 実施体制について

Administrative system

- ・ 物理から工学まで核融合分野に関連する研究所と幅広く学術交流を推進しており、高く評価できる。(3名)
- ・ 外国人研究者受入の窓口一元化は高く評価できる。(1名)
- ・ 中国および韓国以外の研究機関との共同研究は、国際交流委員会の下で適切に実施されており、高く評価できる。それ以外の研究者との共同研究も幅広く進展しており、評価できる。(1名)
- ・ 相手側研究機関の意向などを取り入れるしくみも加える必要があるであろう。(1名)
- ・ 研究所間等の学術協定に基づく共同研究と政府間協定に基づく活動を有機的に結びつけている制度は整備されているか？所内の国際交流委員会と外部委員を含めた各種国際交流委員会との役割分担や情報交換が適切に行われることが重要である。(1名)
- ・ 研究所内の実施体制の中核として国際交流委員会があると述べられているが、この委員会が、これら多くの協定に基づく共同研究の推進に際し、全国共同利用機関としてどのような視点から議論を行い、全体の調整、あるいは位置付けを行っているのか、必ずしも見えてこない。(1名)
- ・ 国内側のネットワークがどのように形成されているか？(1名)
- ・ このカテゴリーの共同研究には、予算措置が必ずしもなされていないと理解したが、その場合の核融合科学研究所のサポートは何なのか具体的に示してほしい(1名)。
- ・ NIFS has inter-institutional international cooperative agreements with 11 individual research institutions in seven different countries. During the early to mid-1990s, seven such agreements were established. In the past two years (2005 and 2006), four more such agreements have been set up, thanks to active promotion by the NIFS director-general (Prof. Motojima). NIFS has a commendable tradition of strong support for the Japan-US fusion collaboration activities. Even though the US-Japan inter-governmental agreement expired last year and has yet to be approved for renewal, fortunately these valuable bilateral exchange activities have continued apace—thanks to several new inter-institutional academic agreements, which NIFS took the initiative for establishing during FY 2006. (1名)
- ・ The new initiatives to expand relation in year 2006 need to be commended, as sign of stronger engagement of NIFS' international collaboration. It is also expected to expand

further in coming years. Therefore, it is recommended to establish single administrative system to interface all the inter-institutional collaboration program. I recognized that the International Research Collaboration Group in the Research Coordination Center could be acting as the interface, but it would be useful to establish more visible system for clear interface with collaborating institutions in abroad. (1名)

- The International Exchange Committee of NIFS is doing an excellent job in promoting the exchange of personnel, joint developments and joint workshops/conferences. As far as I can see, the system works and does not put unnecessary loads on the researchers involved. (1名)
- A new development since NIFS became a member institute of the National Institute of Natural Sciences (NINS) two years ago is the pursuit of interdisciplinary and international research collaborations through NINS. These collaborations are supervised by the International Strategy Board of the NINS International Cooperation Office and by the Research Cooperation and Liaison Committee of the NINS Research Cooperation and Liaison Office. NIFS has an influential representative (Prof. Yamada) who participates in the planning of these collaborations. During 2005 and 2006, NIFS received a nontrivial amount of funding support (¥228M) through NINS. (1名)

(2) 研究目的について

Objectives of research

- 相互の特徴ある研究を共同で実施するなど、研究所間協定の趣旨に沿った目的設定がなされており、適切であると評価できる。(4名)
- 基礎研究から、装置間比較などの目的研究まで多様な研究が行われている。(2名)
- 連携研究推進室の国際連携活動と結びつけ、国際プロジェクトとして目に見える研究成果が上げられることを期待する。(1名)
- 理想的な国際共同研究は、友好関係の確立、交流という第一段階から一歩進んで、共同研究でしか成し得ない具体的な成果を生むことである。そのためには、研究所間というだけではなく、相手側研究機関との間で、研究上共通の問題意識をもつ研究者同士のパートナーシップを明確にし、具体的な目標を設定することも必要になるのではないだろうか。(1名)
- 個々の協定に基づく共同研究の目的の妥当性を議論するまえに、全国共同利用機関として、今後、全体としてどう纏めていくのかと言う議論が重要であると思われる。(1名)
- All 11 programs except very recent ones, have been well-documented with Objectives of research. Especially, the Stellarator collaboration is well coordinated with shared role. The other collaboration program is toward technology and basic science field, so the objectives are depending upon the mutual interests of partners, of course. It is recommended that the

new program with collaboration institutions could be review with NIFS' Objectives of Research, so that the excellent output and coherent objectives of program could be achieved. (1名)

- The research objectives of the various inter-institutional academic scientific exchange programs are clearly spelled out in their respective Memoranda of Agreement. (1名)
- The research objectives are closely tied to the exchange of the respective personnel; the projects are typically carried out by guest researchers and the home teams they are belonging to. (1) Stellarator research: With turbulence research and alpha particle physics, two current topics in fusion research are addressed. In these projects, stellarator specific aspects are put into the center of interest. (2) Technology development: Recently, agreement with Research Center Karlsruhe (FZK) was concluded. It is made use of the common expertise on superconductivity, tunable gyrotrons, tritium technologies, which is a meaningful step for NIFS. (3) Diagnostics development: By various inter-institutional collaborations, several diagnostics developments are underway, e.g. the nine images optical system for TESPEL, phase contrast imaging, microwave scattering, long-pulse in-vessel mirrors, atomic data for spectroscopy. (4) Code development and benchmarking: Several numerical codes further developed and mutually benchmarked (e.g. neoclassical transport, equilibrium, MHD codes). This highly important activity improves the reliability of stellarator code calculations. (1名)
- Within the context of the new interdisciplinary and international collaborations being sponsored through the National Institute for Natural Sciences, currently NIFS is promoting two main activities, one on imaging science and another on hierarchy and holism in natural science. In addition, there is an initiative to form an international network for scientific collaborations; it would be of interest to know how this network would supplement or supersede existing collaboration frameworks. Also there are projects related to the development of new scientific fields. For such projects, all scientists at the NINS member institutes—but not, apparently, from Japanese universities—are permitted to submit applications for financial support. Currently NIFS is involved in four such projects. (1名)
- The objectives of simulation science are well articulated. The extension of simulation science to other fields is a worthwhile endeavor. Examples of the interdisciplinary connections of simulation science are the sharing of simulation techniques and the import and export of scientific results to other fields (such as medical physics, nanophysics, life sciences, space science, and manufacturing). (1名)

(3) 研究成果について

Research results

- 多様な研究テーマについて、活発な研究者交流を通して多くの独創的研究が実施されており、高く評価できる。(6名)
- 特に、韓国基礎科学研究所(韓国)、合肥プラズマ物理研究所(中国)との超伝導技術開発の協力、ヘリカル/ステラレータに関するマックスプランク研究所との協定による研究成果は特筆に値する。(1名)
- マックスプランク・プラズマ物理研究所との交流では毎年、10名ほどが核融合科学研究所に来訪し、また、核融合科学研究所からもほぼ同数の研究者が訪問するなど、活発な交流を行い、核融合の複数の課題について重要な研究成果をあげている。(1名)
- 成果の公表に際して、研究所間交流による成果であるという点をもっと強調した方が良いと思われる。(1名)
- 概ね順調に成果が得られているようであるが、今後は相手側研究機関による評価や要望を将来の実施計画にフィードバックする仕組みを作ることも重要であろう。(1名)
- Except very recent collaboration programs, the output of inter-institutional collaboration is very excellent especially in the Stellarator research area. It is also recognized that Gyrotron development, TESPEL, diagnostics area technology program produced excellent results to convince the NIFS' international collaboration program's value. (1名)
- As with the inter-governmental agreements, the inter-institutional exchange agreements have also resulted in numerous exchange scientist visits, joint workshops, and co-authored publications. (1名)
- Inter-institutional/interdisciplinary research cooperation projects being carried out under the auspices of the National Institute of Natural Sciences are still rather new and just beginning to show results. A good example of an intra-NINS collaboration was this year's Toki Conference (December 2006), which was a truly interdisciplinary meeting, devoted to the subject of "Imaging Science," one of the NIFS activities within NINS. Scientists from each of the NINS member institutes presented invited talks ranging over fusion imaging, solar imaging, medical imaging, biological imaging, etc. The papers submitted to this conference will be published in a special issue of a scientific journal. The NIFS initiative through NINS to form an international network for scientific collaborations has so far led to a list of interdisciplinary research collaborations in space physics and astrophysics (6), materials science (5), and engineering research (4), as well as several international collaborations in fusion science (7). Of these 22 collaborations, seven are headed by non-NIFS representatives. It appears that the seven NINS international collaborations in fusion science are all related to the IEA Stellarator Agreement. (1名)
- Quite a number of journal publications and conference contributions stem from inter-institutional collaboration on stellarator research, in particular theory and computer simulation. The results are timely and relevant for the international fusion research. The

diagnostics development projects combine well the know-how of the respective partners. Of high future potential is the bilateral agreement with Research center Karlsruhe, where mostly technology and engineering aspects are addressed. (1名)

(4) その他

Others

- 国内の関連大学や研究機関を巻き込んだマルチラテラルな協定の締結と活動とが一層広がることを期待する。(1名)
- 人材育成という視点にたつて、研究所間交流を機動的に運用することが必要ではないか。具体的には、若い人を責任ある立場に積極的に登用するのも有効であろう。(1名)
- 研究所間学術交流に関する広報活動も大事であろう。(1名)
- 大学共同利用機関法人の研究所として、これらの研究所間学術協定をどのように大学共同利用に活用しようとするのか、あるいは活用してきたのかが、必ずしも明確でないように思われる。(1名)
- 多くの共同研究が同時進行しており、その幅広い活動は高く評価できるが、個々の共同研究の意義、必要性などについては、共同研究の実態、交流実績に応じた共同研究成果の点検評価、旅費・研究経費の負担割合の妥当性などを考慮しつつ、協定そのものや共同研究の内容について見直しを行う、強弱をつけるなどの必要もあるであろう。(1名)
- 政府間協定に基づく共同研究と同様に、(研究目的や研究成果についての評価は)分野外の者にはムリ。(1名)
- In the similar recommendation as inter-governmental collaboration, the expansion of NIFS' effort for inter-institutional international collaboration needs to be encouraged. Especially, the special consideration for the main institutions in the ITER Partner countries is recommended for strategic purpose in the longer run. (1名)
- Earlier in this report I complimented NIFS on its training of graduate students from other countries. NIFS is also involved in educating graduate students from Japanese universities through inter-institutional collaborations. During the past three years, respectively, 22, 19, and 16 students affiliated with Nagoya University and Hokkaido University have received Ph.D. training from NIFS scientists. Two years ago a new program was begun in which NIFS scientists gave lectures for about 15 graduate students affiliated with Toyama University. In addition, NIFS has its own graduate students (about two dozen), who receive their Ph.D. degrees through the Graduate University of Advanced Studies. In FY 2006, these three categories of graduate students amounted to a total of 52 students—which, interestingly, happens to be exactly the same as the number of lecturers. Thus, there is a one-to-one ratio between the number of instructors and the number of students. This is

either very beneficial for the students or an indication of too many persons being involved in instruction. Other graduate students (24 from national universities and four from private universities) work at NIFS through research collaborations, but do not necessarily take courses at NIFS. (1名)

- The inter-institutional collaboration with an emphasis on projects carried by guest scientists is a successful element in the international collaboration program of NIFS. It should be strengthened and extended where possible. It might be considered by NIFS to establish an inter-governmental agreement with the European union/EURATOM, similar to the very successful US-Japan agreement. (1名)

2. 3 評価のまとめと提言

国際共同研究に関し政府間協定に基づくものと研究所間協定に基づくものとに大別し、各々4つの観点に関する評価につき委員の意見を要約すると以下の様になる。最後に、各委員の意見から今後の国際共同研究の進め方に関する提言をまとめた。

1. 政府間レベルの協定に基づく国際共同研究に関する評価のまとめ

(1) 実施体制について

二国間協定として日米科学技術協力事業、日中拠点大学方式学術交流事業、日韓核融合協力事業、並びに、多国間協定として IEA ステラレータ協定、IEA テキサトール協定等に基づき活発な国際共同研究が進められた。これらの協定に基づき、開かれた形で積極的に企画・推進して核融合コミュニティの国際共同研究の活性化を図ってきたことは非常に高く評価される。特に、公募と成果報告方式により、透明性が高く、効率的な運営がなされてきたことが高く評価された。

日米科学技術協力事業に関して、多数の核融合研究者が関与し、長期にわたり日米の核融合研究者間に強い絆を作ったことは特筆される。また、組織的な研究を実施するため、JUPITER-I & II による核融合材料開発研究と JIFT による理論シミュレーション研究を制度化したことも適切であると評価された。

日中拠点大学方式学術交流事業、日韓核融合協力事業、IEA ステラレータ協定、IEA テキサトール協定による国際共同研究では、核融合科学研究所が中心となって組織的な研究が進められていることに高い評価が与えられた。

今後一層の拡充を図る上で内外の評価委員より、欧州における核融合研究は研究所から大学レベルに広がりつつあり、個々の機関との学術交流協定ではカバーしきれなくなることが予想されるので、EFDA（欧州核融合開発協定）等との包括的な日欧研究協力事業に発展させることを望む提言が寄せられた。

(2) 研究目的について

個々の政府間レベルでの国際共同研究の目的は明確であり、適切に研究が推進されていると評価された。特に、日米協力においてはカテゴリーの見直し等、研究目的の更新が進められておりその努力は高く評価された。今後への期待として、間もなく開始される ITER 国際協力と連携するため、他の国際協力についても適宜研究目的の見直しを柔軟に行う必要があると指摘された。

(3) 研究成果について

国際共同研究により特筆すべき多くの研究成果が上げられていると評価された（たとえば、日米協力での、JUPITER-I & II による核融合材料開発研究と JIFT による理論シミュレーション研究など）。直接的な研究成果のみならず、日米科学技術協力事業は、核融合コミュニティ全体の研究の発展と研究者の養成に大いに寄与していること、

日中拠点大学方式学術交流事業が中国の若手研究者の育成に大きく貢献していることが高く評価された。

(4) その他（国際連携、ITER 連携等との関係について）

国際的にリーダーシップの取れる人材の養成のため、全国の若手研究者、PD、大学院生を総合的に巻き込んだ国際共同研究の体制を考える必要があるとの指摘があった。また、国際的な人材育成の一環として、アジアをはじめ諸外国から留学生や若手研究者を共同研究に今後一層取り込むべきであるとのコメントもあった。

ITER 連携に関しては一層の強化を求めるコメントが数多く寄せられた。新しい時代に対応して、核融合科学研究所が、我が国の大学等と連携して ITER を支援する役割を十分果たせるように、既存の日米、日中、日韓、IEA 協定による国際研究協力を十分活用できる体制を構築することが望まれる。

2. 研究所間学術交流協定などによる共同研究に関する評価のまとめ

(1) 実施体制について

核融合科学研究所は11の研究機関（カリフォルニア大学ロサンゼルス校エネルギー科学・技術先進研究センター、プリンストン・プラズマ物理研究所、テキサス大学オースチン校、国立オークリッジ研究所、中国科学院等離子体物理研究所、マックスプランク・プラズマ物理研究所、カールスルーエ研究センター、ロシア科学センター・クルチャトフ研究所、ハリコフ物理工学研究所、オーストラリア国立大学、韓国基礎科学支援研究所）と研究所間学術交流協定を結んでいる。これらの協定に基づいた活動に対して、物理から工学まで核融合分野に関連する研究所と幅広く国際的学術交流を推進しているとして、高く評価された。

(2) 研究目的について

相互の特徴ある研究を共同で実施するなど、研究所間協定の趣旨に沿った目的設定がなされており、適切であると評価された。

協定に基づく共同研究と学術連携推進室の国際連携活動とを結びつけ、国際プロジェクト等、学会や社会において話題性のある研究目的の設定が期待される。

海外の評価委員から、ヘリカル／ステラレータに関する共同研究は特に役割分担が巧みに調整されていることが高く評価された。

(3) 研究成果について

研究者交流も活発であり、多様な研究テーマについて、多くの独創的研究が実施されていると、高く評価された。

特に、マックスプランク研究所との協定によるヘリカル／ステラレータに関する研

究成果は国内外の多くの評価委員から高く評価された。

(4) その他

人材育成という観点に立った機動的な運用への期待、および国内の関連大学や研究機関を巻き込んだマルチラテラルな協定の締結と活動への期待が寄せられた。

3. 提言

以上の様に国際共同研究の体制、目的並びに成果は、総合して高く評価されるが、今後一層の発展拡充を期待し以下の案件につき検討されることを望む。

- 1) 欧州における核融合研究は様々な研究組織にまたがっており、個々の機関との学術交流協定ではカバーしきれなくなりつつある。今後、核融合科学全体をカバーする日欧共同研究を EFDA 等との包括的な日欧研究協力事業に発展させること。
- 2) 核融合科学研究所が、大学等と連携して ITER を支援する役割を十分果たせるように、日米、日中、日韓等の協力事業や、IEA 協定等を活用すること。
- 3) 国際的なリーダーシップをとれる人材を育成する観点より、全国の若手研究者、大学院生が主導する取組みを増やす等、国際共同研究の進め方を工夫すること。
- 4) 研究所間協定については、必要性や要望に応じて国内の関連大学や研究所等を巻き込んだマルチラテラルな協定を締結し活動すること。
- 5) 国際共同研究を実施するなかで積み上げてきた人材育成等の実績をさらに発展させ、我が国の核融合研究分野における国際貢献をリードすること。

第3章 連携研究推進センターに関する評価

3. 1 センターの経緯とこれまでの活動状況

(1) センターの設立

核融合研究は、サイエンスとテクノロジーをインテグレートして、2030年代に核融合炉の実現を目指し、科学実証規模での研究開発が進められている。長期に渡る研究において得られる新しい科学知識や技術成果は速やかに社会に還元すべきであるとの要請が高まっている。この要請に積極的に応えるため、核融合研究との整合性を図りつつ新しい学問、技術の創造への寄与を目的として、平成16年4月1日に連携研究推進センターが設置された。

(2) 組織と目標および活動状況

センターの専任者に加え、他の研究部・センターからの併任者も加えて柔軟な人事構成をとっている。研究者が有する高い能力を活かして、連携を推進する環境整備を行うとともに、方向性を持った研究体制の推進を目指している。現在、以下の3室4部門が設置されている。

①学術連携推進室

以下に示してあるように、核融合関連機関、自然科学研究機構内の研究所及び内外の大学等との連携研究を実施している。

a) 国際連携

国際連携の一層の強化に向けて、国際交流委員会と連絡を取りつつ活動しており、日米、日中、日欧をはじめとして、世界の核融合関連の研究機関・大学等と連携活動を行ってきた。業務内容に関して、国際交流委員会との分担をより一層明確にする必要があるが、今後検討される予定である。

b) レーザー連携

大阪大学レーザーエネルギー学研究センターと協力して、レーザー核融合研究を推進しており、核融合科学研究所の超伝導・低温技術を活かし、クライオターゲットの生成、慣性核融合の過程を予測するための統合シミュレーションコードの開発を分担し、FIREX-I（高速点火実証計画）実験に向けて貢献している。レーザー本体は大阪大学にあるが、核融合科学研究所は得意な分野を活かしてキーテクノロジーの研究開発に寄与している。

c) ITER連携

日本原子力研究開発機構との連携を進めるとともに、ITPA（国際トカマク物理活動）

等の国際活動に貢献をしている。ITER（国際熱核融合実験炉）連携及びBA（幅広いアプローチ）については、大学・核融合科学研究所がどのように貢献すべきかの検討を進めている。ITER及びBAについては、外部要因が未だ固まっていないが、既に検討を進めている。

d) 機構連携

自然科学研究機構内において積極的に連携活動を行うことを目指しており、機構内プロジェクトの研究会議、及び機構内の他研究機関との共同研究を実施している。機構内の研究機関は異なった分野の研究を行っているが、共通の新しいテーマに取り組んでおり、新しい学術の発展が期待されている。

② 産学連携推進室

核融合に関わる学術・技術をベースにして、新しい産業および新しい学術領域を開拓して、これらを推進することを目的にしている。産学連携では、大型施設や専門性の高い学術・技術を生かした産業及び学術の創成を目指している。これまで地元企業から大手企業まで、幅広く連携活動を展開してきた。この活動は、産学連携が核融合研究へ新たな知見を与えており、大学共同利用機関として産学連携のあり方の良い一例を示している。今後、特許の収益や外部資金による人材の確保等、自立的な運営基盤の強化が望まれている。

③原子分子データ研究室

国際的拠点となる原子分子データセンターを目指して、原子分子データに関わる研究が実施されている。これらの研究を基礎に、新しいプラズマ応用・プラズマ診断法等を開拓し、核融合に加えて産業プラズマから天文まで広い分野に渡る学際的研究を目指している。

得られている主なデータは軽元素に関する原子過程であり、現在、分子過程に関するデータの充実を図っているが2原子分子程度までであり、未だ実用域には達していない。新しいプラズマ応用、診断法の開拓については着手したところである。天文については、機構内連携により新しい活動を展開しようとしている。

これまでの基礎的データについての成果は蓄積されているが、産業応用、核融合閉じ込め及び炉工学研究に直接的に役立つデータは未だ整っていない状況にある。的を絞った課題の選択や、利用者が有償でもアクセスしたくなるデータ等について検討が指摘されている。

(3) 運営管理と経費

企画立案、実施、管理評価の3要素が連携研究に必要であり、本センターは特に実施することに重点を置いている。この目的のため、センターの研究者は高い研究能力をもち、研究成果を挙げることが強く求められている。研究経費については可能な限

り外部資金の導入を図っている。

(4) 人材の育成

核融合科学研究所は、総合研究大学院大学をはじめ、全国の大学から大学院学生を受け入れている。共同研究等を通じて、企業の技術者・研究者の知識や能力の向上を図り、さらに地域の学卒または修士卒の社会人に、総合研究大学院大学の社会人学生制度を活用して、会社等に在籍したままスキルアップを目指している。

これまで、6名の総合研究大学院生（内1名は中退）、3名の他大学（大阪大学、九州大学、横浜国立大学）からの院生、2名のCOE研究員を教育してきた。

3. 2 項目別の評価

(1) 連携研究推進センターの役割(創設時の目標、研究テーマの設定は適切か)

Role of the Coordination Research Center: whether the research objectives and themes at the time of the center's foundation were appropriate

現在の連携研究推進センターの役割は、学術連携、産学連携、原子・分子データ連携であり、それぞれ有意義である(5名)。学術連携においては、国際連携への支援、大阪大学との連携によりレーザー核融合研究を推進している(2名)。産学連携では、マイクロ波技術を利用してセラミックス生成など精力的に実施している(1名)。原子・分子データ連携は、プラズマ基礎の確立と応用への展開という観点から重要であり、地道ではあるが成果を蓄積している(3名)。核融合科学研究所の先駆的研究を新しい分野の発展に活かしている(2名)。このような観点から、目標と研究テーマについて高く評価できる。

一方、多種に渡るテーマに取り組んでいるので、今後方向性などの検討が必要かもしれない(1名)。また、スピニンについて実績を挙げるには目標や組織の設定についての工夫が必要である(1名)。原子・分子データ連携では原子・分子データの公開のみならず、産業応用等も視野に含め、より幅広い整理された情報の公開があったらよいとの意見もある(2名)。

(2) 創設以降の研究テーマ、目標の設定は適切であったか

Appropriateness of the research themes and objectives after the center's foundation

国際連携、レーザー連携、ITER 連携、機構連携、産学連携、原子・分子データ連携が創設以降の研究テーマ、目標である。各連携において適切な目標を設定して進めている(6名)。国際連携では、日米、日中、日韓、ITER などの連携において尽力しており、核融合コミュニティに多大な貢献をしている(1名)。レーザー連携においては低温技術を中心にしており、核融合科学研究所の特徴ある技術を利用している(1名)。ITER や BA 連携では、未だ道筋がみえない状況ではあるが、大学・核融合科学研究所が貢献できるように検討している(1名)。機構連携は機構の創設の意義が問われるところであり(1名)、「自然科学における階層と全体」をテーマとしており自然科学研究機構として適切である(1名)。産学連携では、地元の産業育成にも貢献すべき特徴ある研究を行っている(1名)。原子・分子の基礎データの整備と周辺科学への貢献をしている(3名)。これらの点から、創設以降の研究テーマと目標及びその実施について評価できる。

一方、①レーザー連携においては日本全体を活性化するような体制が必要である(1名)、②ITER 及び BA 連携では、今後の進捗状況をよく把握して、センターの体制や

機能などを整備することによって更に積極的に対応する必要がある(1名)、③原子・分子データ連携では今後も同じ内容で進めていくべきかについての意見があり、これらについて今後の検討が必要である(1名)。

(3) 3年間を通しての成果

Research results for these 3 years

国際連携については、核融合研究を実施しているほぼ全ての国々と連携を進めてきた(2名)。ITER や BA に関しても未だ計画がみえない状況ではあるが、大学・核融合科学研究所が貢献すべく検討をしている(5名)。レーザー連携では、核燃焼に向けて要となるターゲット研究において貢献している(4名)。産学連携としては、マイクロ波技術の応用を展開してきた。原子・分子データ連携では、重要なデータの収集と整備を行ってきた(5名)。これらの点から、3年間の成果は高く評価できる。

ITER や BA 連携については、今後、大学院生を含めて大学・核融合科学研究所が容易に参加できるような体制をつくり貢献することが強く期待されている(5名)。原子・分子データ連携については、産業応用や天体、及び核融合について幅広く役立つデータが求められている(3名)。

(4) 人員、設備の整備、拡充は適切に進められているか

Appropriateness of the center's human resources and facility maintenance as well as improvement

核融合科学研究所の重要な役割は、大学との共同研究と LHD プロジェクトの推進である。また、核融合・プラズマ技術の応用、他分野との連携なども重要視されている。当センターにおいて、多くの人材を配置して研究を実施するには限界はあるものの、的を絞って連携研究を推進している(3名)。また、兼任のスタッフを配置するなどの工夫によって、人材を適切に配置している(1名)。人材、設備などは不十分ではあるが、成果を挙げている(2名)。これらは概ね評価できるが、今後、連携研究の推進においては、財源、人材や設備などの拡充についての検討が必要である(3名)。

限られた人材や設備という制限があるが、今後大いに発展が見込まれる分野あるいはテーマについて重点化するなどの工夫が求められる(1名)。原子・分子データ連携については、新展開を図るのは人材不足であり、検討を要する(1名)。

(5) 学術連携、原子分子データの研究によって、学術の深化、体系化、人材養成に貢献しているか

Level of Contribution: how much the center contributes to the deepening of science, systematization, and human resource fostering through academic scientific collaboration and atomic molecular data research

学術連携において、国際連携、レーザー連携、ITER 連携、機構連携、原子・分子データ連携において、学術の発展に貢献している(3名)。原子・分子データ連携では、基礎的な観点から学術の深化に貢献してきた(6名)。レーザー連携では燃料ペレット開発において学術的貢献が期待されている(1名)。国際連携では多くの国々との学術交流を実施しており、大いに貢献している。ITER 及び BA 連携では、未だ道筋はみえないが、大学・核融合科学研究所の貢献が期待されている(1名)。このような点から、学術の深化と体系化について評価できる。

一方、人材育成においては、国際連携を通して国内の研究者の海外派遣の窓口となっており、若手研究者の育成などにも貢献をしている(2名)。しかし、人材育成について、外部からセンターの活動が見えにくい(2名)。今後、センターで共同研究を募集する等、人材育成に関する体制づくりが必要である(1名)。ITER などの国際協力において大学院生や若手研究者が参加し易い体制を作ることにより大いに貢献してもらいたい。

原子・分子データ連携に関して、このセンター内に設置しておくのが妥当か否かも含め、意見があった(2名)。専門部会では、この連携がセンターに存続されるとするなら、①現状と同程度の規模で存続させる場合は、産業応用や天体を視野に入れた対応が望まれる、②規模が拡大されるなら、核融合プラズマや炉工学のデータについても調査・収集して、核融合データの国際拠点となるようなセンターを目指すのがよいとの指摘があった。

(6) 産学連携によって、我が国産業に、核融合研究を基礎とした貢献がなされているか

Level of Contribution: whether the center has made a nuclear fusion research based contribution to the industry in Japan through an academic-industrial collaboration

マイクロ波技術の窯業やアスベスト処理などへの利用、低温技術・超伝導技術の利用など、産業において社会的貢献がなされており、高く評価できる(8名)。

今後、機構全体として産業貢献をどのようにすべきかの検討、得られた成果が市場において広く受け入れられるように努力する必要がある(1名)。シーズとニーズのマッチングを図るための検討が重要である(1名)。原子・分子分野では分子科学研究所との産学連携も考えられる(1名)。産学連携は核融合研究のスピノフとして行われるべきで、産業界にどの程度踏み込むかの検討が必要である(1名)。

(7) その他

Others

上記の内容と重複する指摘もあるが、この項目での意見を記す。

センター内において室及び部門間の連携を更に推進するとともに、他の専門分野との連携の促進が必要である。社会との関わりにおいては文理的な要素も入れることについて検討を要する(1名)。

原子・分子データ連携は、活動内容も含め、組織や体制の見直しが必要である(1名)。

センターの人材や設備は十分ではないが、成果を挙げており、高く評価できる。しかし、今後、どのように発展していくべきかの検討、人材育成に対する体制づくりについての検討が必要である(1名)。

センターは特徴ある成果を挙げており、共同利用研究機関として模範的である(1名)。

レーザー連携では、日本全体の研究者が加わり、人材育成にも貢献することが期待される(1名)。

3. 3 評価のまとめと提言

前節で記した項目別の評価結果について、要点を以下に記す。

(1) 連携研究推進センターの役割(創設時の目標、研究テーマの設定は適切か)

学術連携、産学連携、原子・分子データ連携を実施している。国際連携への支援、大阪大学との連携によりレーザー核融合研究を推進している。マイクロ波技術を利用してセラミックス生成など精力的に産学連携を実施している。原子・分子データ研究は、地道ではあるが重要な成果を蓄積している。これらから目標と研究テーマについて高く評価できる。

一方、多様なテーマがあり、方向性についての検討が必要となろう。他分野技術を取り入れた研究の展開も望まれる。

(2) 創設以降の研究テーマ、目標の設定は適切であったか

各連携において適切な目標を設定して進めている。国際連携において尽力しており、核融合コミュニティへの貢献は多大である。レーザー連携においては核融合科学研究所の特徴ある技術を利用している。ITER 連携では、大学・核融合科学研究所が貢献できるように検討している。機構連携として適切なテーマを取り上げている。地元の産業育成にも貢献する特徴ある研究を行っている。原子・分子の基礎データの整備と周辺科学への貢献を目指している。創設以降の研究テーマと目標及びその取組みについて評価できる。

一方、レーザー連携においてはより全国的に活性化するような体制が必要である。ITER 及び BA 連携では、今後の状況をみてセンターの体制・役割を変えることが必要である。特に、大学院生を含めて大学・核融合科学研究所が容易に参加できるような体制をつくることが重要である。

(3) 3年間を通しての成果

上記のように特徴のある連携研究を推進しており、この3年間の成果は高く評価できる。

(4) 人員、設備の整備、拡充は適切に進められているか

当センターにおいて、人材の制限はあるものの、的を絞って連携研究を推進している。設備も不十分ではあるが、成果を挙げている。これらは概ね評価できる。

今後、連携研究を促進するには、財源、人材や設備などの拡充が必要である。これから発展が見込まれる分野について重点化するなどの工夫が求められる。

(5) 学術連携、原子分子データの研究によって、学術の深化、体系化、人材養成に貢献しているか

国際連携、レーザー連携、ITER 連携、機構連携、原子・分子データ連携において、学術の発展に貢献している。学術の深化と体系化に関して、評価できる。

一方、人材育成においては、今後、体制づくりが必要である。

(6) 産学連携によって、我が国産業に、核融合研究を基礎とした貢献がなされているか

マイクロ波技術の利用、低温技術・超伝導技術の利用など、産業において社会的貢献がなされており、高く評価できる。

今後、得られた成果が市場において受け入れられるように努力することが必要である。

以上の評価と専門部会での討論を基に、以下の提言をする。

- 1) ITER 及び BA 連携では、大学・核融合科学研究所が容易に参加でき、人材育成も含め、学術をベースに貢献できる体制をつくる必要がある。
- 2) 限られた人材や設備で成果を挙げているが、今後、財源も含め、どのように発展していくべきか、また積極的に人材を育成する方策の検討が必要である。
- 3) 原子・分子データ連携については、同程度の規模とするなら産業応用や天体を視野に入れた展開、或いは規模を拡大するなら核融合プラズマや炉工学も含めた幅広い展開が望まれる。
- 4) センターの発展のためには、センター内、所内、機構内の連携も含め、他の専門分野との連携を強化する方策が必要である。また、社会的要請に応じて的確に対応するための体制が必要である。
- 5) レーザー連携では、大阪大学と協力して研究者が全国的に広がるようにすることが必要である。
- 6) 産学連携では、市場及び国際産学連携を意識した対応が望まれる。

第4章 技術部に関する評価

4. 1 評価の概要

(1) 評価活動・経緯

平成18年度第1回核融合科学研究所運営会議外部評価委員会の全体会議・プレゼンテーションの後、各委員から提出された個々の評価素案を踏まえ、合計3回の技術部専門部会を実施した。各専門部会では、委員の疑問点等を担当部局から説明・補足いただき、検討・評価を深める作業を行った。

また、評価項目に関しては、第1回外部評価委員会全体会議の事前に、委員間でメールベースにて、評価項目に対する具体的な評価細目の洗い出しを活発に行い、予め技術部に説明要求内容細目を依頼し、技術部のより精度の高い評価を目指すと共に、誤解や理解不足による評価にならないように、一同心がけた。

尚、第2回技術部専門部会では、技術部の現場視察を実施した。

これは、技術部評価においては、現場での実技作業やチームワーク等、書類審査やプレゼンテーションだけでは完全にはカバーしきれない評価内容が、一つの本質的な重要性を持っていると考えられるため、当部会では、現場視察を別途設け、技術部の日々の活動を視察する中で、更なる評価精度を高める工夫を行うこととした。具体的な視察内容等については本章章末に資料を付してこれを示した。

(2) 核融合科学研究所に於ける技術部の役割と位置づけ

核融合科学研究所の外部評価は年々回を重ねて来たが、これまではその性質上、学術的評価等に重きを置くことが多かったといえよう。

当専門部会の評価の特色は、①技術部という、設立の趣旨が「技術に関する専門的業務を処理」し、その役割が「技術部業務分掌」に詳しく規定され、命令系統も明文化されている「組織としての業務評価」を行うこと。②加えて、大型ヘリカル装置LHDの、日々の学術的発展と国内外での役割の多様化・変化、その学術面やプラズマ・パラメータの進展が常に技術部へフィードバックされ、更なる研究所の発展の技術的屋台骨を支えて行く、柔軟さと力強さと熱意を技術部が持っているか。③更には、法人化の変革に対応し、狭義の分掌事項に加え、地域社会や広く一般社会からプラズマ核融合研究への理解を得るべく、地域貢献・交流、社会貢献への意識の拡充等、技術部はこうした役割を果たしているか、である。このように、本評価では多面的評価の視点が必要となる。

この技術組織が、どれだけの技術力とチームワーク、柔軟な進取の気質と情熱、制度的にもこれを実行できる環境を持っているか。一朝一夕には得られない技術の伝承と発展のため組織基盤が柔軟であるか等、技術部の在り方が今後の研究計画の成否を左右しかねないところに、当評価部会の重責と位置づけがあるものと思料され、評価作業を行った。

4. 2 項目別の評価

本節では、第1章に掲げた評価項目に従って、各委員から示された評価を集約し、原文を尊重しつつ同意見は整理する形で示す。

「技術部」に関する評価 (Review for the Department of Engineering and Technical Services)

以下のコメントに関して、●印は視察時以外の評価コメント、○印は視察時の評価コメントである。総評では両者を区別せずに総合的な判断による評価となっているが、項目毎のコメントでは両者を明記することでより理解が深まるとの判断から区別して記載している。

(1) 技術部設置目的に対して充分役割を果たしてきたか

Level of contribution to the objectives of the Department's foundation

- 技術部設置の最大の目的は、大型ヘリカル装置LHD運転が円滑に行われるための技術支援である。大型ヘリカル装置LHDにおける研究活動を実行面から支援し、実験装置を信頼性良く、再現性高く、かつ機動性良く稼働させ、柔軟に新しい着想に対応するため、5つの課（製作、装置、加熱、計測、制御技術課）に分けて技術的業務を実施している。大型ヘリカル装置LHDは多くの周辺機器を有し、装置の円滑な運転にはそれらのすべての機器が高い信頼性で稼働することが要求される。大型ヘリカル装置LHDは極めて高い稼働実績を有し、この信頼性が高い運転により、研究者に十分な実験時間が供され、それをベースに多くの新しい学術成果が得られている。(10名)
- 現場視察を行い、一番印象に残ったのは、技術職員の強い職業意識・やる気という、制度設計以上に本質的な、技術部の本来の重要な部分に拘わる点を、確認できたことである。確かに人間的な不足がある困難な中を、プロ意識を支えに精一杯これを克服しようとする姿は、感銘すら禁じ得ない。技術部の本来の設置目的が何処にあるかは、またこれを実行・実施するためには、何が本質的なのかは、以上により明確であると感じた。また、核融合研究における拠点及び共同利用機関としての使命の一つである共同研究を積極的に推進するために、技術部は所外との共同研究を成功へと導くための支援も行っている。さらに積極的な技術・科学の普及活動など社会への貢献度も高く評価されている。(7名)

(2) 年間業務計画に対して業務を遂行できたか

Job quality: how the Department has carried out their jobs in correspondence to the annual job plan

以下にあげた年間業務計画の遂行、年間業務計画の周知、進捗状況の確認と調整、業務連携、視察、その他の観点から視察を含めて評価を行った。

(年間業務計画の遂行)

- 年度当初に決定された研究計画に基づき年間業務計画が適切に策定されており、その計画的遂行がよく実現されている。(8名)

(年間業務計画の周知)

- 部課長会議で決定された年間業務計画が各部署に通知するよう徹底されており、速やかに業務を遂行できる組織運営が評価できる。(2名)

(進捗状況の確認と調整)

- 各課に課せられた業務を着実に遂行するため、詳細な業務の進捗状況などが毎週及び月1回ずつの打ち合わせ会議を設けて調整されていることが評価できる。(1名)

(業務連携)

- 各分野平均2～3名の体制ではあるが、分野間の連携が柔軟に実施されていることが評価できる。(3名)
- 突発的な事態に対しては分野間連携等柔軟に対応できる体制を取っていることが評価できる。(2名)

(視察)

- 冷凍機運転シーケンスの作成やプラズマ加熱装置の調整等の装置運転上の重要な部分を自ら担当し、完全に理解している。業務計画も素案を自ら作成できるほど自分の業務内容を把握しており業務の遂行には問題点はない。現場での着実な業務実施を実感した。(2名)
- 製作技術課においては、機械加工、電子工作など横の連携の強化並びに業務の進捗状況を各自把握するために密にコミュニケーションが図られており、適切に年間業務が遂行されていることは高く評価できる。(2名)

(その他)

- 問題点を報告し、次年度の計画に反映させる体制が整っているため、業務計画そのものの質的向上も図られている。(1名)
- 一部課によって起きている技術継承の問題を、現有技術職員による当面の技術併任ではなく、技術継承の観点からの人員配置が必要である。(1名)
- 各課において、年間業務計画をもとに業務目標が円滑に達成されたか、また今後も達成可能かを十分に精査する必要がある。年間業務計画の遂行が、個人の

過度の努力のもとに達成されている場合は、業務の必要性の検討や人員の配置など通じて、速やかに業務形態を是正する必要がある。例えば、製作技術課での機械加工製作において一部そのような状況が見られるが、今後も核融合科学研究所内での機械工作の必要性が極めて高いとすれば、今後5年間程度の業務計画を含め、対応していく必要がある。(1名)

- 年間業務が大型ヘリカル装置 LHD 実験スケジュールを中心に計画されるため、各グループで作業が集中する時期があると思われる。実験停止時には、真空容器内作業や各設備の更新、増設等のスケジュールの合間に各自の研修等にあてがわれ、全体としてバランスのとれた年間スケジュールとなっている。(1名)

(3) プラズマ・パラメータ向上のための機器増強や研究組織の変更に対応する研究支援業務に充分対応できる組織か

Organizational quality: how much the Department is capable of supporting such researches that correspond to a device intensification for the purpose of a plasma parameter improvement or an organizational change within the institute

以下にあげた人員配置、業務連携、情報の共有、今後の課題、その他の観点から視察を含めて評価を行った。

(人員配置)

- 組織としてのしっかりとした規則・職掌構造の構築に加え、一方での「学術進展に伴う変化の激しい実験内容」への人員の柔軟な配置対応は、この規模の実験には不可欠な体制だと考えられる。技術部はこれをよくこなし、大型ヘリカル装置LHD実験をしっかりと支えている点は高く評価できる。(1名)
- 研究が進展するに伴い、計画の開始当初とは異なる業務の必要性に迫られている。加熱系の増強、及びデータ管理や情報交換のための計算機管理等が例として挙げられる。このような業務の変更に伴う配置転換や業務内容の変更については常に適切に実施されなければならない。(1名)
- 技術職員全体として最大の効率を目指すことができるように配置転換や業務内容の変更には柔軟である必要がある。(1名)
- 大型ヘリカル装置 LHD の特殊性及び研究内容の特殊性によって市販の機器が利用できない場合、技術部の対応が研究の成否を握ることとなる。このような観点から、現状の組織を見るならば、各課とも人数的に少ないのがやや問題ではあるが、LHD 研究に対する広範な業務に対応し得るものであると判断される。(1名)
- 大型ヘリカル装置 LHD の研究内容の拡大に伴い、現状のスタッフ配置では、業務内容が過負荷になっている分野がある。(2名)

- 組織の年齢構成や専門分野を考慮し、今後の大型ヘリカル装置 LHD の計画に対し充分役割が果たせるよう組織・業務の見直しが望まれる。(1名)
- Even though the department is run extremely efficiently, the number of staff seems to be somewhat inadequate—although we were told that engineering work can be outsourced if necessary. (1名)
- A couple of people from the Department help the Computer Center with the administration of computer networks and network security at NIFS. This is an expanding area of work, in view of the large number of computers and networks at NIFS. (1名)

(業務連携)

- 技術の伝承という観点からは少人数でのマンツーマンの体制は有効である。少人数分野構成で分野間の連携を柔軟におこなう現在の組織運営は適切である。(1名)
- Operation parameters are very impressive ranging from 100% for vacuum system to 95,4 % for plasma itself. This results in the absolute minimum of the lost hours for operation. To this end, Chairman and the deputy chairman have to be commended. (1名)

(情報の共有)

- 各課の技術情報、管理情報の電子情報化は優れている。(1名)

(今後の課題)

- 1人の職員が複数の職務を兼務することには、将来限界も見込まれ、大型ヘリカル装置 LHD プラズマ・パラメータ向上のための加熱機器増設に対応した人員増加も、今後考えねばならない時期に近づいているように感じられる。(1名)
- 業務が拡大しているネットワーク環境整備や加熱関連技術の分野では、スタッフ不足が深刻になることが予想される。そのため、研究支援業務に充分対応可能な組織として、配置の見直し等の早急な対処が望まれる。(1名)
- 退職による人員の減少や業務の拡大に伴い、中長期的にはかなりの困難が予測される。そのため退職者などによる技術部の人員構成の変化や今後必要となる業務内容などについて現在から議論を始め、技術継承や技術部組織の改編などを計画的に実施していく必要がある。(1名)
- 熟練職員の退職などにより技術の伝承や人材の育成が懸念される。(1名)
- 既存部署での情報科学分野の併任ではなく、各課の技術情報、管理情報の電子情報化をさらに高度化に進める必要性を考えると専任部署の設置が必要である。(1名)
- It is also showing the accommodation capacity of requested change of department from other part of Institute. However, the Department is having very wide area to cover with similar number of staffs from start-up. (1名)

(視察)

- 冷凍機システムの安全運転のために発電機の整備等が有効に進められている。技術部への信頼と期待が研究所内で十分に構築されていることを示している。液化制御室での質疑応答から業務への責任と説明力の高さを理解できた。(1名)
- 研究の進展を支えるという本質的な部分において、研究者と技術職員との協力・連携が大変うまくいっているという印象を受けた。例えば、(1)計測系では、重要なデータを得ている「荷電交換cx分光」用のミラーの駆動系の開発等は、精細かつ本質を理解した製作実施が、研究者との緊密な連携の下に行われていることを現場で確認することができた。また、(2)加熱系では、NBI(中性粒子入射加熱)の進展に対する勘所を得たオペレーションに対する研究者との緊密な連携による技術職員の必要不可欠な貢献が特記でき、(3)ICH(イオンサイクロトロン加熱)に対するMWパワーの1時間入射に対する研究者と技術職員との十全な連携による実施・貢献、(4)ECH(電子サイクロトロン共鳴加熱)のマイクロ波電送系等に対する図面作成・設計等の貢献、その他現場の研究者との見事な連携により、着実な研究支援が行われていることが強く印象に残った。(1名)
- 加熱装置については、実験の要請から長時間運転への対応が不可欠になり、負荷が増えている。またECHのように装置の改良によって負荷を減らすことに成功している部分もある。このような努力を続けながら全体の負荷のバランスを勘案して柔軟な人員配置を志向すべきである。しかしながら、実験中はどうしても人数の不足を現場の過重な努力によりこなしている印象があり、適切な人員補充等が検討されねばならないと思われる。(2名)
- 現状として研究支援業務に十分対応できている。24時間監視が必要な装置等、運転員の支援が不可欠なものについても業務連携が良好に機能している。将来的には組織的な技術伝承に配慮する必要がある。現場の声として技術習得に必要な期間として7~8年という意見を聞くことができたので特筆しておく。(1名)

(その他)

- Organizational quality is fully commensurate with its duties, which are not simple due to the very ambitious goals of LHD. The special attention is paid by the leadership to the safety and the reliability of operations. This is backed up by the NIFS Industrial Safety and Health Management Structure headed by the Director General and General Health and Safety Supervisor. (1名)

(4) 共同研究に対し、また社会に対し、技術貢献できる組織か

Technical Contribution: how much the Department can contribute their technology to the collaborative research as well as the society

以下にあげた共同研究に対する技術貢献、社会貢献の観点から視察を含めて評価を行った。

(共同研究に対する技術貢献)

- これまで共同研究に供せられる種々の機器の開発・製作が行われ、共同研究に対して多大な技術貢献がなされている。(8名)
- これまでの蓄積を生かし、双方向共同研究などでさらなる展開も期待できる。(1名)
- 現在、技術支援のルールは明確でなく、今後の共同研究への技術支援のあり方を含め(技術支援依頼が殺到し本来業務に支障が出ることも考えられる)、早急にルール作りを行う必要がある。(1名)
- 共同研究での製作支援業務を制度化し、ものづくりの技術継承の観点からも、優れた事例は知的財産として担保化を行う。(1名)

(社会貢献)

- The program of high school student internships and the Summer Science School are excellent not only for community relations, but also as part of the NIFS educational role.(1名)
- 技術部として ITER (国際熱核融合実験炉) への貢献も今後推進することを想定していることは評価できる。(1名)
- この設問に対する直接的な答えとして、技術開発そのもので社会へ貢献しているかどうかという観点では、現時点では否定的である。しかし、「核融合科学研究所技術部業務分掌」にもある通り、このことは技術部の本来任務ではない。仕事の結果として、社会に技術貢献できれば望ましいが、このことが技術部への「圧力」とならないようにすべきである。(1名)
- 社会貢献に関しても様々な広報活動が行われており、将来の核融合研究を支える中学生職場体験受け入れや高校生インターシップの受け入れなど地域貢献もなされており、社会に対して十分な貢献がなされている。(7名) これらの活動に対し文部科学大臣賞を受賞していることは評価に値する。(2名)
- 広報活動の重要性はいうまでもないが、広報活動の必要以上の拡大は、技術部本来業務に支障を与えると懸念される。(3名) 年間業務計画策定時に、広報活動の業務量が適正化について精査する必要がある。(1名)
- 技術部は広い視野のもとで、社会の流れに敏感な対応を適切に行っていることは、高く評価できる。技術力を活かした、今後核融合分野を代表するような一層の社会貢献・社会へのアピールを、職掌範囲に対し柔軟に対応しつつ、貢献を期待したい。(1名)

(視察)

- 世界最大の超伝導コイルの運転を実施している冷凍機運転の技術は、世界的に

見ても最高レベルの水準にある。今後 ITER や JT-60SA 等の超伝導装置の運転が実施される際に大型ヘリカル装置 LHD の知見は非常に重要であり、この知見を有効活用する手段を講じるべきである。この点は技術部のみの課題ではなく、全日本、全世界で議論し取り組むべき課題である。(1名)

- 製作技術課では、これまで共同研究において有用な実験機器および電子機器が製作され、共同研究の進展に大きく貢献したことは評価できる。一方、共同研究における機器製作依頼は個人的な繋がりにより行われており、依頼方法などの情報公開を含め必ずしもオープンなシステムとはなっていない(だからこそ、依頼件数が限られ、現在の人員でもなんとか対応可能であるともいえる)。しかし大学間共同利用機関としての核融合科学研究所における共同研究推進の重要性を鑑みるに、共同研究のさらなる推進のために技術部による技術支援は必要不可欠であると考えられる。そのため、共同研究に対する技術支援方法やルールに関する議論を早急に行い、人員の拡充などを含め核融合科学研究所としての方針を明確にする必要がある。(2名)

(5) 技術業務を行う上で具備すべき能力は充分整っているか。またその向上に努めているか

Skills: whether the engineers are well qualified, having skills necessary to carry out technical skills; also, whether they constantly attempts to improve their skills

以下にあげた現員の技術能力、能力の向上への取り組み、人員構成、その他の観点から視察を含めて評価を行った。

(現員の技術能力)

- 技術職員は各個人が複数の業務を担当し、実施している。ひとつひとつが高度な技術を必要とする業務であり、その業務を複数担当する能力は特筆すべきである。(1名)
- 現員の能力は高く評価できる。(5名)

(能力の向上への取り組み)

- 技術職員の技術レベルを維持・発展させるために、研修及び技術交流等を定期的で開催しており、評価できる。(6名)
- 46名と少ないスタッフであるが、運用を工夫することにより、大型ヘリカル実験装置 LHD 支援の高度技術を伝承し、その向上に努めていることは評価に値する。(1名)
- 分野間連携活動により、他分野の技術職員と連携して業務することで、知識の幅を広げることができている。(1名)
- 各種資格取得など、能力向上への努力も評価される。(3名)

- 業務に必要な安全管理、技術・工業・電気関連・情報処理、労働安全衛生に関する資格が取得されており、さらに研修や技術交流により、その向上に十分な配慮がなされていると評価される。(1名)
- 成果発表等の充実ぶりも、技能向上・情報発信と情報取得の努力の大きさをうかがうことができる。(1名)
- A lot of effort goes into bringing up the young coworkers. (1名)

(人員構成)

- 今後必要とされる業務内容や退職者などを勘案し、中長期的な展望を持った技術指導や業務に必要な資格の習得を計画的に行っていく必要がある。(2名)
- 例えば今後の重水素実験計画に備え、現在1名である放射線取り扱い主任者やエックス線作業主任者の育成も視野に入れる必要があると考えられる。(1名)
- 特殊で高度な技術の伝承については少人数の分野体制でマンツウマンでの技術伝承が図られている。このような技術伝承を円滑に実施するためには技術を喪失しないために分野内の年齢構成に配慮する必要がある。(1名)
- 技術職員の年齢構成を見ると、40歳を境にして半々となっているが、技術の伝承にも考慮し、技術部全体の技術レベル低下を招かないように人事を配慮していく必要がある。(2名)

(視察)

- 近い将来、核融合科学研究所としては新たな DD 実験を実施する計画であり、その際に必要となる資格保有者の確保に努めている。一方、実験に影響される機器・部品等については、実質的な技術・作業支援業務が可能な体制整備を検討しておく事は大切であろう。(1名)
- 製作技術課においては大型ヘリカル装置 LHD 実験に貢献する高度な機械加工、電子回路工作が可能であり、技術的には十分な能力を備えている。また、技術研究などを通じて個々の技術向上がなされている。(1名)
- 業務内容が急増している製作技術課において装置の老朽化が深刻な状況である。装置のリニューアルなどは、計画的に実施することが望ましい。また、コスト面を考慮するとリースなどにより効率的に維持することも可能であろう。(1名)
- 技術職員数が少ないため、通常の業務への対応に追われ、新技術の導入、熟練技術の伝承、人材の育成など、技術の向上に向けた新たな取り組みが遅れている状況である。人的不足の改善が望まれる。(1名)

(その他)

- 大型ヘリカル装置 LHD 等の実験への技術的貢献において、実験側からの要求内容・レベルが必ずしも明確ではないので、今後、限られた人員の有効活用のため、具体的な要求に応じた能力向上策が求められる。(1名)
- 課レベルの業務能力の向上への努力以外に、部内には個々の業務の英文報告書があり、また語学研修も進められ、さらに技術部のサーバーによる個々の技術

- 職員の業務情報の共有化も行われ、個々の能力の高度化が認められる。(1名)
- Air Diffusion simulation from the LHD building during the foreseen D-D experiment demonstrates the computational skills of the department. Vacuum leaks are very rare due to the tedious inspection work. New operation panel is used for the gate valves monitoring and enhancing the robustness of the operations. Electric power consumption is closely watched and minimized. Plasma Heating Division is undertaking the difficult task to prepare the CW ICRF system for the long pulse operation studies. Improvements of the CW waveguide transmission components have been made. This warrants for future successes during the long pulse operation campaigns. (1名)
 - 技術職員の新任研修後の再学習に、技術交流制度、民間研修、部内学習会の活用は良いシステムである。(1名)
 - 勤務評定制度で見落としされがちな業務実績を顕彰する規程があることは技術職員の励みとなり優れたシステムである。(1名)
 - 特許規程も整備されており、業績を特許に繋げる努力を期待したい。(2名)
 - 冷凍機システムの安全運転のために発電機の整備等が有効に進められている。技術部への信頼と期待が研究所内で十分に構築されていることを示している。(1名)
 - 液化制御室での質疑応答から業務への責任と説明力の高さを理解できた。(1名)

(6) 大型ヘリカル装置実験に関して運転員との職務の役割分担は適切か

Job Role: as for the Large Helical Device (LHD) experiments, whether the Department shares the responsibilities appropriately with dispatched device operators

以下にあげた役割分担、命令系統、情報交換の観点からの観点から視察を含めて評価を行った。

(役割分担)

- 資料によると、加熱装置及び付帯設備の運転・保守のために契約しているものを運転員と称し、技術職員の指導のもとに業務遂行を行うとある。役割分担に特段の問題点は見当たらないが、どのような実績があり、どのような連携が成され、役割分担がされているかは、外部からは見えにくく、その意味では更に外部にアピールすることも、評価を高める方策と思われる。(2名)
- 人員不足の現状においては、マニュアルでカバーできる定型的業務は運転員に外注し、「根幹に関わることを技術職員でカバーする」という方針は、技術職員の仕事の高度化に資するという観点から、むしろ評価できる。(1名)

- 技術職員と運転員の役割分担は、マニュアル化や個別指導によりスムーズに行われており適切である。(4名)
- 現在の技術部の人員(46名)では、大型ヘリカル装置LHD運転に係わるすべての業務を担当することは困難であり、その一部が外部委託されている状況は十分理解できる。またその役割分担も現在適切になされている。しかし今後さらに関連業務が拡大し、外部委託業務が増えることが予想される、技術部が担うべき業務と外部委託すべき(もしくは可能な)業務を常に精査していくことが必要である。人員が限られている中、技術部が今後担うべき業務について継続的に議論し、組織の改編を含め真に人員の拡充が必要であれば新規の人員を要求するなどの対応が必要である。(1名)
- Researchers, technical & engineering staff and operators are involved in a neatly designed scheme of mutually beneficial and productive interactions. Operators have a very important role to play in providing constant and reliable services to the device. The special requirements are in force while conducting the novel and groundbreaking experiments. There are also exchanges of job assignments between operators and the engineering staff. This definitely contributes to the success of the enterprise. (1名)

(命令系統)

- 問題点が発生した場合には必ず技術職員に報告され、技術職員や担当研究者が指示をする命令系統が明確にされていなければならない。このような命令系統の明確化は適切になされている。(1名)
- 大型ヘリカル装置LHDは大型実験装置であり、24時間体制で運転を必要とする設備もあるために、装置の運転・保守等を休むことなく維持しなければならない業務がある。これらの業務の主たる部分を外部の運転員に分担しているが、昼夜を問わず異常時などにおける指示・判断は技術職員からの連絡によって対応する体制がとられており、現状ではこのような管理体制がうまく機能していると判断される。尚、DD実験計画を考慮すると、実験の際の技術職員と運転員との間での役割分担を更に体系化し、緊急時に対するきめ細かい対応マニュアルの整備や訓練は、計画の中での大切な要素であると考えられる。(1名)

(情報交換)

- マニュアル作りや運転員との意思疎通の努力がなされているのはよいことである。(1名)
- 特にトラブルレポートの活用や、技術セミナーの開催などによる情報交換は、大型ヘリカル実験装置LHDの管理・運転には欠かせないノウハウであろう。今後のさらなる工夫・活用が望まれる。(1名)
- 毎月、問題点が全体の会議で報告される。縦方向の連絡だけでなく横方向の連絡も大規模装置では重要であり、適切に運営されている。(1名)
- 実験中は毎日運転員と技術職員間で業務内容の確認と報告が行われている。円滑な業務の引継ぎは大規模装置の運転では必須であり、この成否は装置運転の

実績に如実に現れている。(1名)

(視察)

- 技術職員と運転員との現場での着実な職務分担、運転員の人員配置、実験休止期の雇用も計画的に行われ、チームワークの必要性、重要性、危機管理性を考慮した体制を確認できた。(2名)
- 運転員の身分、雇用形態が確認でき、職務配置の必要性が理解できた。(1名)
- 運転員との役割分担は、責任の所掌の在り方を含め、十分によく考えられている。一方で、一般論として運転員のモチベーションを今後どのように維持するかという点が漠然とではあるが気になる将来の問題であるように思えた。その意味でも正規技術職員への処遇等、人事面の絡む多岐にわたる「技術部全般の人員確保・技術水準維持発展」にかかわる、本質的点であるように感じた。(1名)
- 冷凍機システムの場合には運転員はあくまで日常的な監視業務であり、技術職員が指示・命令を下す体制がしっかりと構築されている。加熱装置でも同様に装置の性能向上といった業務は技術職員と研究者の連携で行われており、業務の分担は明確である。(1名)
- 技術職員と運転員とが連携をとり、シフト勤務を行って大型ヘリカル実験装置LHDの運転に対処していることは評価できる。しかしスタッフ数も多くシフト勤務も複雑であるため、引継ぎでのコミュニケーション不足が懸念される。(1名)
- 装置の規模に比べて、異常時に対処できる作業決断者が少ないように思われる。リスク管理・安全対策を向上させるため、異常時に対処可能な作業決断者の育成と増員が急務であろう。(1名)

(その他)

- 運転員のより高度な専門化による、インセンティブとしての技術職員への採用がありうるのか、また技術の伝承の役割を担うのか、技術部の今後の計画としても重要な点の1つであるように思われる。(1名)
- 研究を支援するという立場から研究者と密な情報交換を行い、研究サイドの要求を的確に把握し研究支援を行うという、技術コンサルティング業務が今後益々重要となり、それに対応できる人材の育成が必要であると考え。(1名)
- 詳細なマニュアル作成、技術継承を行うことにより、今後運転員経費の効率的運用をめざしてさらなる努力を期待する。(1名)

(7) 機構内や大学等の技術職員との技術連携・技術交流は行われているか

Communication and Association: whether the Department keeps appropriate communication and cooperation with other engineering personnel within the National Institutes of Natural Sciences and universities over the technological issues

以下にあげた技術交流、その他の観点からの観点から視察を含めて評価を行った。

(技術交流)

- 平成10年度より大学、高専、機構内や大学技術職員との技術連携・技術交流は、盛んに行われていて、技術連携・技術交流は顕著に行われていると判断できる。(8名)
- 核融合科学研究所の技術職員の技術レベル向上のみならず、他の研究機関の技術職員のレベルアップにも繋がるものであり、今後も精力的に実施し活性化する方向で企画・検討されることが望まれる。(1名)
- 一般に、どうしても研究者同士の交流よりも、技術交流は外から見えにくい部分もあるため、如何により多くの情報発信を今後重ねるかは、技術部の実力のアピールを更に強めるために大切な観点だと思われる。その意味で他大学との交流は外へのアピールの場としては大変威力のあるものと考えられよう。(1名)
- 製作完了後の技術的達成度や製作物の発表とともに、技術開発の要請や困難な製作品の発注があった段階で、機構内や大学等の技術職員との技術相談が行われているのか。今後、機構や大学の枠を超えた技術交流のための連絡機能を充実させられないだろうか。(1名)
- 今後は、これらの連携・交流の活動が、機構内や大学等での人材育成、技術レベルの向上等、技術職員の活性化の具体的な成果につながることを期待したい。(1名)
- 技術部の高度な技術・ノウハウは、ITER へ向けての国際的な技術交流へと発展することが望まれる。(1名)
- 国立大学の法人化以降、各大学において技術職員の集中化による技術部の統合・再編が積極的に行われている。その中で、技術部評価として他大学、研究所との連携協力が奨励され、種々の技術交流会が全国的に行われるようになってきている。しかし、具体的な目的意識がない技術交流は、技術職員の多忙化をいたずらに助長し、本来業務に支障を与えると懸念する。明確な業務目的を有する核融合科学研究所の技術部においては、技術交流数を競うような現在の風潮に惑わされることなく、現在の業務遂行や将来予測される業務拡大への対応に資するように、技術交流の目的を明確にし、そのアウトカムを意識しながら、数は少なくとも有意義な技術連携・技術交流を図っていくことが望まれる。(1名)
- 自然科学研究機構の技術組織の意見交換の場としての技術会議の設置、技術職員の技術交流の場としての機構技術研究会の開催は機構内連携のために有意義な立ち上げである。今後を期待したい。(2名)
- 分子科学研究所、高エネルギー加速器研究機構、核融合科学研究所により立ち上

げられた技術研究会も今では各大学での開催に拡大され、大学共同利用機関技術組織が、大学の技術組織の立ち上げの先導役を果たした事例である。こうした企画を通じて大学の技術組織への応援を期待したい。(1名)

- The cryogenic target for the fast ignition laser fusion experiment has been developed due to the collaboration of ILE Osaka and NIFS. (1名)
- Training and Education Program are in force. Seminars on the high-pressure and radiation handling safety are organized and the risk identification training is provided. Technical exchanges are encouraged and promoted. The symposium on Safety and Health management with the broad attendance from the 25 universities and 4 institutes has taken place. This is of course due to the special attention paid to these issues by the Director- General. (1名)

(視察)

- 大型ヘリカル装置 LHD 運転の支障のない範囲で、機構内や大学等の技術職員との技術連携・技術交流は行われているが、一部の地域や関係者に限られているようである。今後、核融合科学研究所のホームページなどを用いて技術部の実績やレベルを機構内や大学等にアピールし、更なる技術連携・交流のための効率的で効果的な広報活動が望まれる。(2名)

(その他)

- 労働安全衛生に関する情報交換会の開催も、法人化とともに労働安全衛生法下におかれた大学等にとって有意義な情報交換の場となっている。会の充実を期待したい。(1名)

(8) その他

Others

- 核融合研究では高度で特殊な技術が必要とされる。このような技術をきちんと伝承する方策として少人数分野構成の体制は有効である。(1名)
- 知識の幅も分野間連携業務や研修等を通じて広がっていくものと考えられる。(1名)
- 技術の伝承についてはマンツーマンの伝承がもっとも有効ではあるが、業務日誌の電算化や業務報告のフォーマット等を工夫することで、検索を容易にして将来につなげていく努力も必要である。(1名)
- 横方向のつながりとして、事故の報告のみならず、成功例や「ひやりはっと」報告を公開し、技術部全体での周知を図ることが重要である。(1名)
- 最近のネットワーク管理業務などの新たな技術への対応の必要性や、ネットワークへの攻撃等からの安全な維持管理、更には共同研究への技術支援への必要性等、技術部には新たな要請が種々現れ始め、人員対策を考えねばならない時

期になりつつある。また、こうした中で、従来技術である機械加工や電子回路工作などの基礎基盤技術は、決してその重要性が失われたわけではなく、逆にその必要性は高まっていると考えられる。(資料によると、年間350件ほどの機械工作依頼があり、年間50～60件の電子回路製作依頼がある。)とりわけ機械工作の人員が2名のみとなり、ここ数年で半減したが、今後の補充等について真剣に検討しなければならないことは、この内1名は57歳という点から考えても若い技術職員の採用・育成は、緊要であると指摘できよう。(1名)

- 外注での工作もありうるが、現実には高度技術を自らの職責として継続的に継続的に支える責務を持つことで、特殊技術を要する技術職員の能力は高められて行く。勿論装置によってはトライ・アンド・エラーを必要とするものも多く、費用の面からも内作でないと対応出来ないものも多々あるものと思われる。こうした職種には、経済的にも長期的には外注が果たして適切かどうかは甚だ疑問であり、責任ある専任技術職員の採用配置も考える必要があるだろう。(1名)
- プラズマ・パラメータの向上は核融合科学研究所の重要な使命の1つだが、その具体的ツールとなる NBI 装置や ECH 装置は、性能を出すためのコンディショニングに多くの時間をついやす必要があり、人員増の必要性を検討しなければなるまい。(1名)
- 昨今の予算等の問題を抱える中であっても、しかしながら、技術職員の新規配置の重要性には十分な配慮が望まれる。(1名)
- 技術部は限られた人員の中で、技術職員一人一人の非常な努力により、大型ヘリカル装置 LHD 等の実験に対してきわめて重要な貢献をしている。今後、継続的な技術部の貢献を担保するためには、人員増も含めて、核融合科学研究所全体の問題として対応する必要があると思われる。(1名)
- 年齢構成は、全体的には特に高齢化しているとは思われない。しかし、ベテランと思われ55歳以上に8人おり、今後技術の伝承への配慮が必要である。特に、機械加工や電子回路製作分野ではこの配慮が重要と思われる。(1名)
- 今後予想される業務内容の拡大に対応するには、現状の人事構成と業務内容の見直しによる組織の統廃合・スリム化を行い、柔軟で高度な技術を維持・向上できる組織に再構築することが必要であろう。(1名)
- 核融合科学研究所技術部は、日本における最大のプラズマ・核融合研究に関する技術集団であり、その栄枯盛衰は直接日本におけるプラズマ・核融合研究のアクティビティに影響する。そのため、今回の外部評価を通じ、その組織が活性化され、さらに拡充されることを強く希望する。特に大学におけるプラズマ・核融合研究の継続が極めて難しい状況において、核融合科学研究所技術部が大学の研究者にも開かれた技術集団であることを期待する。(1名)
- 法人化後の労働基準法、労働安全衛生法に基づく業務遂行の体制整備が行われ、適正な労務管理が窺える。(1名)
- 技術職員の業務の評価方法は、技術職員の業務の多種多様さによる一律評価の

困難さを認識した上で、より公平な評価を進められ、部の業務遂行力の強化と向上に繋がるよう期待したい。(1名)

- During review of the Department, I was surprised to know that the number of staffs versus number of sections with their job responsibility. The total number of staffs in the Department was steady from initiation, but the responsibility grew to the very wide areas. It showed their hard work and efforts, but the needs for more staff members are evident. Also, the aging of the staff member without new members would result in eventual loss of technical knowhow and accumulated intangibles. However, it is not serious at this time, yet. Therefore, it would be advisable to initiate review of staff age distribution and long-term plan for continuation of knowhow and skills. (1名)
- 自然科学機構組織運営通則によれば、大型ヘリカル装置 LHD と同様に炉工学研究センターも長期的な炉工学課題の研究を行うようになっており、今後の D-D 実験計画を考慮するならば、何れかの課において炉工学研究センターの研究活動等に対する支援業務があっても良いのではないかと。(1名)
- 核融合科学研究所の炉工学センターの重要性が強く認識されており、Li ループや低放射化材料開発を実施しているが、技術職員の支援はないようである。このセンターにも支援することが重要である。(1名)
- 研究業務と技術業務の分離による技術組織の役割の必要性、重要性は理解ができたが、技術職員、研究支援員、運転員による技術業務構成を、細分化された係の再編を通して、技術部の潜在力、機動力、組織力の強化に繋げたい。(1名)
- 建設期から運転期への技術部の役割の変遷の中で、人員配置、業務変更がなされたであろうが、年齢構成から来る問題点を把握し、今後の研究展開に対応した制度設計を期待したい。(1名)
- 技術部の部員は国家公務員試験の専門職からの採用であろうが、法人下の技術部にとって人員採用等の人材確保の方針が重要であることを指摘しておきたい。(1名)
- The numerical simulations of deuterium release from LHD were nicely done. Whoever carried out these simulations should be complimented. (1名)
- 大型ヘリカル装置の、高信頼性をもった運転、高い稼働率、新規の技術導入への対応という点において外部メーカーとの協力も大きく貢献している。今後の経費の効率的運用のために、また、外部メーカーの技術やノウハウの継承のために、新しい試みもありうるのではないかと。(1名)
- これまで多くの技術の蓄積、新しいものを開発する力を蓄積していると思われるが、将来、このような蓄積を所外や多分野に展開するよう、技術部各員、組織としての技術部に留まらず研究所として検討することを期待する。(1名)
- Indeed, new stage design for neutral Beam Heating line 4, vacuum vessel displacement calculation at 95° degree baking and He refrigerator operation and management are eloquent examples of reliability and safety. It should be brought to light that the

- availability factor of the superconductive magnetic system reaches the very impressive 99,2 %. (1 名)
- Microwave Imaging Reflectometry, Timing Demodulator are examples of operational development servicing the LHD operations. Newly installed gyrotron at 84 GHz with the evacuated 3.5 inch waveguide system improve the plasma heating facilities. Data acquisition system has been installed in the Neutral Beam Injection BL -1 system. Also Thomson Scattering Diagnostics has been upgraded. LHD Plasma Data Management Client/ Server has to be developed to enable the remote participation in the LHD databank. (1 名)
 - The budget is modest given the complexity of the task. (1 名)
 - Radiation monitoring system has been designed commissioned and put into operation providing a valuable information for the planned D – D experiment and also for monitoring the level of radiation in the environment. Very sophisticated heavy Ion Beam Probe system is operational providing the important information to the LHD experiment. (1 名)
 - DC power supplies for the LHD superconducting coils perform very successfully. Control System for the Pellet injector has been employed and further developed. (1 名)
 - Phase Detection Circuit plays an important role in detecting the plasma electron density information from the interferometer output signal. This circuit is used for CO₂ Laser Interferometer, LHD Far Infrared and CHS Far Infrared Laser Interferometer. (1 名)
 - 製作技術課において、大型の電子ビーム溶接装置などの他にない技術をもとに技術連携・技術交流が行われていることは評価できる。また他機関で開発され、大型ヘリカル装置 LHD 実験に有用と判断されたシステムなどの導入が技術部主導で行われていることは評価できる。(1 名)
 - 技術職員も研究者と同様に、知的財産の創出・所得・管理・活用を積極的に行うためのシステム作りが必要であろう。(1 名)

4. 3 評価のまとめと提言

先ず、4.2節に記した各委員の評価結果を、以下に要約し、個別項目に対する今後必要となる事項や措置、具体的な提言について記す。

更に、これらを整理して、「技術部の活動状況と成果の総括と提言」としてまとめて示す。

(1) 技術部設置目的に対して充分役割を果たしてきたか

技術部は、大型ヘリカル装置 LHD 建設期から現在に到るまで、先端的また基盤的技術の遂行・実施に対し、設置目的・役割・業務分担に則して、十分にこれを果たしてきたと評価できる。

大型ヘリカル装置 LHD とその周辺機器の運転を年間業務計画に従い、個々の業務を5つの課がそれぞれ責任を持ち、業務遂行し、また運転員とも緊密な協力のもと、大型装置を安定して稼働させている技術部の連携力、組織力、そして個々の研究支援力は、高く評価できる。

また、こうした体制の維持・強化・展開には、今後も人員配置、技術継承、人材活用に特に配慮する必要がある。

(2) 年間業務計画に対して業務を遂行できたか

年度当初に決定された研究計画に基づき年間業務計画が適切に策定されており、その計画的遂行がよく実現されている。年間業務計画の周知が徹底され、業務の進捗状況の報告、調整、業務連携が組織的に適切になされていると評価できる。

(3) プラズマ・パラメータ向上のための機器増強や研究組織の変更に対応する研究支援業務に充分対応できる組織か

現状の組織は、大型ヘリカル装置 LHD の研究に対する広範な業務に対応し得るものであると判断される。

技術情報、管理情報の電子情報化や中央部品室の一括管理システムは重要であり、今後も継続することが必要である。

一方、技術の特殊性とデータの進展に伴う必要業務の膨張により、人員不足・熟練職員退職に対する今後の懸念が強く指摘された。

技術の伝承を考慮しつつ、学術研究の進展に伴う実験内容の変化に対応する人員の

配置転換や増員を今後柔軟に行うことが必要であると思料される。

(4) 共同研究に対し、また社会に対し、技術貢献できる組織か

共同研究に関連した業務への技術支援は適切になされている。

社会貢献に関しては、核融合科学研究所の研究活動に対する理解を促進するための活動を実施し高く評価できる。

一方、主業務との人員・時間的割り振りを、組織的に実施することが今後の課題であると思料される。

(5) 技術業務を行う上で具備すべき能力は充分整っているか、 またその向上に努めているか

技術職員は複数の高度な技術を必要とする業務を担当しており、その能力は充分高いと評価できる。

技術部職員の技術レベルを維持・発展させるために、研修及び技術交流等を定期的に行い、安全管理、業務に必要な技術・工業・電気関連・情報処理・労働安全衛生及び放射線管理等に関する資格を取得していることは評価できる。

但し、年齢構成、専門技術分野などを勘案すると、高度技術スタッフの育成や効率的な業務の実施には、適切な人員配置・人員補充等が不可欠であり、今後検討していく必要がある。

(6) 大型ヘリカル装置実験に関して運転員との職務の役割分担は適切か

技術職員と運転員の役割分担は適切に行われている。また技術職員と運転員との情報交換は適切になされている。命令・指揮系統や異常時の作業決断者は明確にされ、訓練も定期的に行われている。種々の突発的事態に対応可能な人材の育成が、研究の高度な進展と共に、今後益々重要となろう。

(7) 機構内や大学等の技術職員との技術連携・技術交流は行われているか

他機関や機構内の技術職員との技術交流制度を設けて実施していることは評価できる。技術連携や技術交流は、今後も人材育成、技術レベルの向上等、技術職員の活性化を目指して推進する必要がある。

(8) その他。視察に伴う「技術の現場」の評価

現場視察の目的は、配布資料や代表者の説明からはうかがうことができない現場技術職員の強い職業意識・熱意等、制度設計を超えて技術部に本質的に必要不可欠な点を評価することにある。

この点から、現場視察により、人力的不足がある困難な中を、プロ意識を支えに精一杯これを克服しようとする技術職員の姿に強い感銘を受け、技術部の本来の設置目的と業務内容、実施成果を確認できたことは有益であると共に、技術部の高い評価の根本を成しているように思料される。

技術部の現場活動状況として、最高レベルの技能を有する職員が、大型ヘリカル実験装置 LHD とその周辺機器の運転を年間業務計画に従って行い、5つの課が個々に責任を持ち連携し着実に遂行する体制が確立されていることは高く評価できる。

運転員との計画的作業分掌・協力、大型装置稼働への技術部の連携・組織力、個々の研究支援力は、非常に優れたものと評価できる。

核融合研究における拠点及び共同利用機関として、共同研究を積極的に推進するために、技術部は共同研究を成功へと導くための支援も適切に行っている。

こうした体制の維持と更なる強化には、今後も柔軟で適切な人員配置、技術継承、人材活用、若手技術者の採用・登用に配慮する必要がある。

特に実験中の人数の不足を現場の努力によりこなしている印象がある。今後の課題として、より安全を確保する上でも、適切で計画的な人員配置・補充等が研究所全体の人員配置等の中で、合理的に検討されねばならない。また技術職員の専門性の向上を目指し、研究者と技術職員の連携強化に関する施策も今後の発展と共に益々必要となろう。

技術部の活動状況と成果の総括と提言

技術部は、大型ヘリカル装置 LHD 建設期から現在に到るまで、先端的また基盤的技術の遂行・実施に対し、設置目的・役割・業務分担に則して、十分にこれを果たしてきたと評価できる。視察を通じてこれらの業績を支えているのは技術部の連携力、組織力、そして個々の研究支援技術力であることを確認できた。特に技術職員の強い職業意識を実感できたことは意義深い。

毎年年間業務計画を策定し、周知・実行・調整・連携が組織的かつ効率的に実施され、業務の計画的遂行が実現されている。

共同研究はもとより、最近では世論が要求する地域や社会への貢献は、核融合科学研

究所全体の役割の一部でもあり、これに対し技術部は、地域活動等を通し十分な貢献を行っているとは評価できる。

技術部を構成する個々の技術職員は多様で高度な技術を必要とする業務を複数担当しており、その能力は十分に高く、研修や技術交流・資格取得等により技術向上に努めていると評価できる。運転員の業務指導・管理を含めて、大型装置を運転・維持するための技術は無二のものであり、これらの高い技術を関連研究に適用し技術支援に活用することも、益々重要性が高まるものと考えられる。

一方、技術部の所掌範囲は、学術研究の進展に伴う実験内容の変化や研究環境の電子化等社会の要請や変化によって拡大し、他方で熟練職員退職等に伴う技術伝承の問題が表面化しつつある。現在のところ組織的・個人的努力により大型ヘリカル装置LHD 研究に対する広範な業務に対応し得ると判断されるが、近未来において人的対策を講ずる必要があると判断される。

このように、また上記の個別項目でも指摘したように、本評価専門部会では、核融合科学研究所の研究の全体方針・今後の計画の策定の中で、技術部の先端技術・一度失われると復元が大変難しい特殊技術・熟練技術・ノウハウの伝承・育成に時間のかかる基礎基盤技術の必要不可欠性を強く意識した、中長期的な視点での人員配置の最適化並びに新規配置計画の重要性をここに指摘し、今後の具体的措置の実施を、要望・提言するものである。

以上のように、技術部の技術水準・実施体制・職掌分担・協力体制・地域並びに社会貢献、そして上述のこれまでの様々な実績等は、委員全員により高く評価された。これらを維持発展させるためには、かかって「技術人」の意識の高さと日々の向上心、更には適切な人員の手当が考えられる。

今後も、運営組織と研究組織、更には現場を支える技術部や事務部の一体となった連携協力と、それぞれの世界第一流の活躍が、核融合科学研究所の発展の鍵を握るものと思料され、本評価書における種々の評価・提案が更なる研究所の発展へと繋がることを願い、以上のように報告するものである。

● 技術部視察について

(実施方法)

- (1) 技術部各課全体の概要が把握できる制御室を視察し、技術職員と運転員との配置関係を確認し、各課の機動性と業務内容を把握する。
- (2) 今後、業務の拡大が予想される加熱技術課、制御技術課などを視察し、スタッフの構成・配置などの現状を把握する。
- (3) 業務内容が急増し人的不足が懸念される製作技術課において、スタッフの構成・配置、技術伝承などの現状を把握する。また、共同研究支援状況、社会貢献、科学普及活動状況を把握する。

視察グループは、1グループ4名程度とし2グループとする。視察は、制御室で「技術部」の全体概要を把握した後、2グループにわかれ実施する。

表1 「技術部」視察スケジュール

時間	グループ1	グループ2
14:30 (10分)	初回打合せ(紹介、視察目的の説明、実施内容の確認) 場所:管理棟4階第2会議室	
14:40 (10分)	移動(徒歩)	
14:50 (30分)	制御室にて課全体の業務内容と課間の連携業務及び業務遂行を把握する。 加熱装置、ガスパフ、超伝導コイル電源などの技術職員と運転員との仕事の違い、課間の役割分担、連携状況等を確認する。 場所:制御室、資料:あり	
15:20 (10分)	移動(徒歩)	移動(マイクロバス)
15:30 (40分)	加熱制御室、液化制御室を視察する。 資料:あり	機械工作室、電子回路工作室、制御調整室、社会貢献、科学普及活動状況等を視察する。 場所:工務棟、資料:あり
16:10 (10分)	移動(徒歩)	移動(マイクロバス)
16:20 (15分)	評価内容の整理等(外部評価委員のみ) 場所:管理棟4階第2会議室	
16:35 (15分)	最終打合せ(追加質問、評価結果の説明等) 場所:管理棟4階第2会議室	

配布資料

- (1) 視察スケジュール表（表1）
- (2) 核融合科学研究所地図
- (3) 制御室説明図
- (4) 各課資料
- (5) 平成17年度教育連携活動

視察における評価のポイント：（評価は4.2節の各評価の中に○で示して記載。）

- (a) 各課の技術職員配置を基にした業務遂行状況を確認し、特に優れた項目は何か、具体的な問題点は何か、評価項目（1）（2）及び関連項目に対応させ評価する。
- (b) スタッフの構成が適切かどうか、メリハリをつけた配置になっているかどうか、評価項目（3）（4）（6）に対応させ評価する。
- (c) 技術レベルの維持・向上や技術伝承のため、適切な年齢構成になっているか、また、具体的な施策を実施しているか、評価項目（5）（7）に対応させて評価する。
- (d) 今後に向けた具体的な施策（スタッフの配置見直しなど）に関する情報を収集し提言を行う。
- (e) その他。

尚、本報告書第4章では、当専門部会各委員の熱心な協力と、関連事務の真摯なサポートのもとに作成され、4.2節の各項目の評価のまとめの担当を花田専門部会幹事、4.3節の技術部の視察について、並びに現場視察第2グループリーダーを利根川委員、現場視察第1グループリーダーを大庭委員にそれぞれお願いし、4.1節、4.3節及び全体のまとめを専門部会長が担当した。

第5章 おわりに

第1章で述べたように、今、核融合研究はこれまでのたゆまぬ研究が結実し大きな節目を向かえている。核融合研究・開発において更に強力な国際リーダーシップを発揮していくためには、わが国の核融合研究の中核機関である核融合科学研究所に求められる役割はますます大きくなっている。このような視点から今回の外部評価においてはこれまでの活動の評価に加えこれからの方向性についても多くの時間を割き議論した。

今回評価した「国際共同研究」、「連携研究推進センター」及び「技術部」のいずれにおいても、限られた人員で予算規模をはるかに超える大きな任務を着実に果たしており、その活動は高く評価できるものであった。本委員会では今後一層の発展拡充を期待しそれぞれについて幾つか課題を提起した。具体的には、①今後急速に拡大するであろうITERとの連携を支援するための体制の見直し（国際共同研究、連携研究推進センター）、②産学連携による財源を活用したさらなる研究の展開と人材の育成と確保（連携研究推進センター）、③LHDなどの研究の進展にともなう業務の増大に対応するための人員の確保と適切な配置（技術部）、などが急務である。

核融合科学研究所においては、すでに実施した平成16年度および17年度の外部評価の結果を踏まえて、研究組織や研究計画の見直し、研究設備の強化などが積極的に行われている。今回の外部評価についても、研究所の今後の計画策定・遂行に反映させることによって研究・業務の一層の充実を図り、わが国における核融合研究の中核機関としての大きな責任を果たすよう一層の努力を期待したい。

添 付 資 料

核融合科学研究所運営会議外部評価委員会規則

制 定 平成16年12月28日 規則第27号
最終改正 平成18年12月22日

(設置)

第1条 核融合科学研究所の研究等の実績に関する評価を行うため、核融合科学研究所運営会議（以下「運営会議」という。）に核融合科学研究所運営会議外部評価委員会（以下「委員会」という。）を置く。

(組織)

第2条 委員会は、25名以内の委員をもって組織する。

2 委員は、核融合科学研究所の研究等に関し識見を有する者で構成し、運営会議の議を経て、所長が委嘱する。

(任期)

第3条 前条第2項の委員の任期は、2年とし、再任を妨げない。

2 前項の委員に欠員が生じたときは、その都度補充する。この場合における委員の任期は、前任者の残任期間とする。

(委員長)

第4条 委員会に委員長及び副委員長を置く。

2 委員長及び副委員長は、第2条第1項の委員のうちから運営会議で選出する。

3 委員長は、委員会を招集し、その議長となる。ただし、委員長に事故があるときは、副委員長が議長となる。

(意見の聴取)

第5条 委員会は、必要に応じて、次に掲げるものから意見を聴くことができる。

- (1) 核融合科学研究所運営会議共同研究委員会
- (2) 核融合ネットワーク
- (3) その他必要と認める者

(専門部会)

第6条 委員会は、必要に応じて、専門部会を置くことができる。

2 前項の専門部会には、委員以外の者を加えることができる。

(庶務)

第7条 委員会の庶務は、管理部経営企画課において処理する。

(雑則)

第8条 この規則の実施に関し必要な事項は、別に委員会が定める。

附 則

1 この規則は、平成16年12月28日から施行する。

2 この規則の施行後最初の委嘱に係る委員の任期は、第3条第1項の規定にかかわらず、平成18年3月31日までとする。

附 則

1 この規則は、平成18年9月15日から施行する。

2 この規則の施行後最初の委嘱に係る委員の任期は、第3条第1項の規定にかかわらず、平成20年3月31日までとする。

附 則

この規則は、平成18年12月22日から施行し、平成18年10月1日から適用する。

平成18年度 核融合科学研究所運営会議外部評価委員会名簿

	氏 名	職 名	所属専門部会
委員長 連携専門部会長	吉田 直亮	九州大学応用力学研究所教授	連携
副委員長	吉田 善章	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授	国際
	James W.Van Dam	Director of Institute for Fusion Studies in the University of Texas at Austin	国際
	Thomas Klinger	Professor, Scientific Director of the Project Wendelstein 7-X, Max-Planck-Institute for Plasma Physics	国際
国際専門部会幹事	大澤 幸治	名古屋大学大学院理学研究科教授	国際
	小川 雄一	東京大学高温プラズマ研究センター長	国際
	佐藤 浩之助	九州大学応用力学研究所附属炉心理工学研究センター長	国際
	佐野 史道	京都大学エネルギー理工学研究所附属エネルギー複合機構研究センター長	国際
	福山 淳	京都大学大学院工学研究科教授	国際
国際専門部会長	三間 園興	大阪大学レーザーエネルギー学研究センター長	国際・連携
専門委員	上野 直人	自然科学研究機構基礎生物学研究所第一研究主幹	国際
専門委員	唐牛 宏	自然科学研究機構国立天文台研究連携主幹	国際
	Michael Tandler	Professor, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden	連携
	岸本 泰明	京都大学大学院エネルギー科学研究科教授	連携
	二宮 博正	日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門研究開発推進室長	連携
連携専門部会幹事	日野 友明	北海道大学大学院工学研究科教授	連携
	渡邊 國彦	海洋研究開発機構地球シミュレータセンタープログラムディレクター	連携
専門委員	北川 邦行	名古屋大学エコトピア科学研究所副所長	連携
専門委員	西 信之	自然科学研究機構分子科学研究所研究総主幹	連携
	Gyung-Su Lee	Vice President National Fusion Research Center	技術部
	齊藤 輝雄	福井大学遠赤外領域開発研究センター長	技術部
	笹尾 眞實子	東北大学大学院工学研究科教授	技術部
技術部専門部会長	長 照二	筑波大学プラズマ研究センター長	技術部
	利根川 昭	東海大学理学部教授	技術部
	畠山 力三	東北大学大学院工学研究科教授	技術部
	松山 政夫	富山大学水素同位体科学研究センター長	技術部
専門委員	大野 哲靖	名古屋大学エコトピア科学研究所エネルギー科学研究部門助教授	技術部
専門委員	大庭 明生	自然科学研究機構生理学研究所技術課長	技術部
技術部専門部会幹事 専門委員	花田 和明	九州大学応用力学研究所教授	技術部

核融合科学研究所運営会議外部評価委員会日程

平成18年度 第1回核融合科学研究所運営会議外部評価委員会

日 時：平成18年11月1日（水）11:00～14:15

場 所：核融合科学研究所管理棟4階第3会議室

出席者：(委員長) 吉田直亮、大澤幸治、小川雄一、笹尾眞實子、佐藤浩之助、
長 照二、利根川昭、日野友明、福山 淳、三間囿興、渡邊國彦、
唐牛 宏、北川邦行、西 信之、大野哲靖、大庭明生、花田和明
の各委員

平成18年度 第2回核融合科学研究所運営会議外部評価委員会

日 時：平成18年12月2日（土）10:00～17:00

場 所：名古屋栄東急イン 2階 オークルーム

出席者：(委員長) 吉田直亮、(副委員長) 吉田善章、Gyung-Su Lee、James W. Van Dam、
Thomas Klinger、大澤幸治、小川雄一、岸本泰明、斉藤輝雄、笹尾眞實子、
佐藤浩之助、佐野史道、長 照二、利根川昭、二宮博正、日野友明、
福山 淳、松山政夫、三間囿興、渡邊國彦、上野直人、唐牛 宏、
北川邦行、西 信之、大野哲靖、大庭明生、花田和明 の各委員

平成18年度 第3回核融合科学研究所運営会議外部評価委員会

日 時：平成19年2月23日（金）11:00～17:00

場 所：核融合科学研究所管理棟4階第3会議室

出席者：(委員長) 吉田直亮、(副委員長) 吉田善章、大澤幸治、斉藤輝雄、
笹尾眞實子、佐藤浩之助、長 照二、利根川昭、二宮博正、日野友明、
福山 淳、松山政夫、三間囿興、渡邊國彦、上野直人、唐牛 宏、
北川邦行、大野哲靖、大庭明生、花田和明 の各委員

国際共同研究専門部会 日程

国際共同研究（第1回）専門部会

日 時：平成18年12月2日（土）16:00～17:00

場 所：名古屋栄東急イン 2階 オークルーム

出席者：(部会長) 三間罔興、(幹事) 大澤幸治、James W. Van Dam、Thomas Klinger、
吉田善章、小川雄一、佐藤浩之助、佐野史道、福山 淳、上野直人、
唐牛 宏 の各委員

国際共同研究（第2回）専門部会

日 時：平成19年1月19日（金）15:30～17:30

場 所：核融合科学研究所管理棟4階第2会議室

出席者：(部会長) 三間罔興、(幹事) 大澤幸治、佐藤浩之助、佐野史道、福山 淳、
上野直人、唐牛 宏 の各委員

連携研究推進センター専門部会日程

連携研究推進センター（第1回）専門部会

日 時：平成18年12月2日（土）16:00～17:00

場 所：名古屋栄東急イン 2階 オークルーム

出席者：（部会長）吉田直亮、（幹事）日野友明、岸本泰明、二宮博正、三間圀興、
渡邊國彦、北川邦行、西 信之 の各委員

連携研究推進センター（第2回）専門部会

日 時：平成19年1月23日（火）13:30～17:00

場 所：安保ホール 702号室

出席者：（部会長）吉田直亮、（幹事）日野友明、岸本泰明、二宮博正、三間圀興、
渡邊國彦、北川邦行 の各委員

連携研究推進センター（第3回）専門部会

日 時：平成19年2月5日（月）13:30～15:30

場 所：安保ホール 201号室

出席者：（部会長）吉田直亮、（幹事）日野友明、岸本泰明、北川邦行、西 信之
の各委員

技術部専門部会日程

技術部（第1回）専門部会

日 時：平成18年12月2日（土）16:00～17:00

場 所：名古屋栄東急イン 2階 オークルーム

出席者：(部会長) 長 照二、(幹事) 花田和明、斉藤輝雄、笹尾眞實子、利根川昭、
松山政夫、大野哲靖、大庭明生、Gyung-Su Lee の各委員

技術部（第2回）専門部会（現場視察）

日 時：平成19年1月26日（金）13:40～16:50

場 所：核融合科学研究所管理棟4階第2会議室ほか

出席者：(部会長) 長 照二、(幹事) 花田和明、笹尾眞實子、利根川昭、松山政夫、
大野哲靖、大庭明生 の各委員

技術部（第3回）専門部会

日 時：平成19年2月5日（月）13:40～17:00

場 所：核融合科学研究所管理棟4階第2会議室

出席者：(部会長) 長 照二、(幹事) 花田和明、笹尾眞實子、利根川昭、大野哲靖、
大庭明生 の各委員

Review for the International Collaborative Research

NAME: Thomas Klinger

1. International collaborative research based on the inter-governmental agreement

(1) Administrative system

International collaboration is a key element in fusion research and an appropriate administrative system is required to foster collaboration instead of forming unnecessary overhead. NIFS has set up a dedicated division (head K. Matsuoka) within the Research Coordination Center (RCC) to support and to organize the international collaboration by (1) academic agreements, (2) international conferences and (3) exchanges of personnel. For the larger collaborations, specific committee structures have been set up. *The organization of the respective committees appears to be adequate.* Each of the five existing inter-governmental agreements on fusion research seems to be well administered. (A sixth inter-governmental agreement on spherical tori is close to conclusion.) Especially, the US-Japan Fusion Cooperation Program is extremely well established and managed by a joint committee. *The research surroundings of NIFS are clearly excellent and provide everything necessary for international collaboration.* Regular monitoring of the administration structure is useful and necessary, since international collaboration is a complex task also from the managerial point of view. *Systematic reviews of the management of the international collaboration are therefore highly advisable and should be continued.*

(2) Objectives of research

- (I) US-Japan collaboration: Here, the emphasis is on joint development of plasma diagnostic instruments, heating and current drive, and blanket development. Especially the latter (namely the JUPITER II) is a big effort shared between various institutions of both sides. Joint theory activities are organized within the JIFT-initiative and address important issues like non-linear MHD, reconnection and others. *The US-Japan collaboration concept is excellent. It is based on the right partners, has a high intellectual level and is of obvious benefit for both sides.*
- (II) China-Japan collaboration: Since its establishment in 2000, this collaboration has been steadily extended and deepened. The range of joint research subjects is remarkably broad, with a certain weight on discharge scenario development/plasma heating, fusion reactor technology and fusion plasma theory. *The China-Japan collaboration develops very positively. In particular, the collaboration on steady-state issues is promising for the future development (e.g. with EAST).*
- (III) Korea-Japan collaboration: The key element of this collaboration is the KSTAR device. NIFS is making a significant and valuable contribution to plasma diagnostic developments and ICRF heating. *This important contact should be maintained and extended wherever possible. After first plasma of KSTAR a review of the collaboration actions should be planned.*
- (IV) Collaboration within the IEA Implementing Agreement: Main topic is the exchange of information and the co-ordination of experimental programs in selected areas. A highlight

is the organization of the International Stellarator Data Base (Confinement), to which NIFS contributes enormously. Other valuable activities are in plasma diagnostics and code development. *These activities are important for proper embedding of the NIFS activities and information exchange.*

In all above cases, a large number of joint workshops, seminars and conferences were organized by NIFS or with NIFS participation. There is also a reasonable exchange of personnel between the respective countries. *Since dedicated seminars and mutual exchange of personnel are key elements of international collaboration, the already existing - and very successful - activities should be fostered and further intensified. Special attention should be devoted to young researchers.*

(3) Research results

- (I) Diagnostics: NIFS has a very strong program for the development of plasma diagnostic tools. Many of them are already subject of international collaboration and the partner institutes significantly benefit from the experience gained at NIFS. Highlights are further developments of pellet-related diagnostics (e.g. TESPEL), ECE imaging, CX spectroscopy, and Thomson scattering polychromators.
- (II) Heating: International collaboration is also well established in various topics of plasma heating. The NIFS know-how on ion cyclotron heating is the basis for a number of collaborations (KSTAR, HT-7) with emphasis on long pulses. These are important and so far very successful activities. But also on neutral beam injection and some more technical aspects of electron cyclotron heating meaningful collaborations were established and have made good progress.
- (III) Theory: The US-Japan joint institute for fusion theory contributed a great deal to the research results obtained (emphasis is put on non-linear plasma dynamics), owing to the intense exchange of personnel and the large number of joint workshops. But also the theoretical/computational studies of core plasma behavior performed in collaboration with China show encouraging first outcomes.
- (IV) Technology: The US-Japan development of advanced blanket concepts (JUPITER II and others) is a productive, fruitful and highly relevant joint activity. A remarkable success is also the organization of the Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics. The development of low-activation materials together with China show already interesting results.

General: The added (scientific) value owing of international collaboration with NIFS is considerable. Especially the long-standing US-Japan joint activities give an impressive picture. *The growing and strategically important contacts to the Asian neighbor countries Korea and China deserve special attention.* It is worth noting that the first HL-2A publication in the Physical Review Letters was made possible via the close collaboration with NIFS on the subject “geodesic acoustic modes”.

(4) Others (International collaboration, relationship with ITER collaboration)

A main outcome of the collaboration within the IEA Implementing Agreement on Stellarators

is the recent update of the international stellarator data base, resulting in the ISS04 version 4. Also the findings on the impact of ripple effects, collisionality and the establishment of transport barriers are of high relevance for the further development of stellarators. The existing collaboration was extended by works on profile data bases, equilibrium and transport code benchmarking and better determination of neoclassical coefficients.

NIFS is also participating significantly in the activities of the IEA Implementing Agreement on Plasma Wall Interaction. Here, valuable contributions were made to spectroscopic measurements of Tritium and constituent elements from ferritic steel limiters. The Penning gauge developed at FZJ was successfully applied to LHD plasma discharge scenarios.

The ITPA is actually not the major playground for an institute devoted to stellarator research. Nevertheless, NIFS is contributing via well selected results from LHD with emphasis on comparison between tokamak and stellarator discharge scenarios (e.g. the internal diffusion barrier) on LHD.

The collaborative research with ITER IT is currently focused on 3d-edge modeling. Using the EMC3-EIRENE code (a joint development with IPP and FZJ, Germany) the heat and particle load on limiter elements was studied. Very relevant results were obtained.

2. Collaborative Research in compliance with an inter-institutional academic scientific exchange agreement

(1) Administrative system

Inter-institutional academic/scientific exchange agreements have been concluded between NIFS and ten other institutes all over the world. An 11th one is under negotiation (with the University of California Los Angeles, USA). The International Exchange Committee of NIFS is doing an excellent job in promoting the exchange of personnel, joint developments and joint workshops/conferences. As far as I can see, the system works and does not put unnecessary loads on the researchers involved.

A promising new initiative is the NIFS project approved by NINS for the formation of an international research network. It is supported with 60,000kYen/a and replaces the expired LIME project.

(2) Objectives of research

The research objectives are closely tied to the exchange of the respective personnel; the projects are typically carried out by guest researchers and the home teams they are belonging to.

1. Stellarator research: With turbulence research and alpha particle physics, two current topics in fusion research are addressed. In these projects, stellarator specific aspects are put into the center of interest.

2. Technology development: Recently, an agreement with Research Center Karlsruhe (FZK) was concluded. It is made use of the common expertise on superconductivity, tunable
3. gyrotrons, tritium technologies, which is a meaningful step for NIFS.
4. Diagnostics development: By various inter-institutional collaborations, several diagnostics developments are underway, e.g. the nine images optical system for TESPEL, phase contrast imaging, microwave scattering, long-pulse in-vessel mirrors, atomic data for spectroscopy.
5. Code development and benchmarking: Several numerical codes further developed and mutually benchmarked (e.g. neoclassical transport, equilibrium, MHD codes). This highly important activity improves the reliability of stellarator code calculations.

(3) Research results

Quite a number of journal publications and conference contributions stem from inter-institutional collaboration on stellarator research, in particular theory and computer simulation. The results are timely and relevant for the international fusion research. The diagnostics development projects combine well the know-how of the respective partners. Of high future potential is the bilateral agreement with Research center Karlsruhe, where mostly technology and engineering aspects are addressed.

The inter-institutional collaboration with an emphasis on projects carried by guest scientists is a successful element in the international collaboration program of NIFS. It should be strengthened and extended where possible. It might be considered by NIFS to establish an inter-governmental agreement with the European union/EURATOM, similar to the very successful US-Japan agreement.

(4) Others

None.

「国際共同研究」に関する評価

NAME: トーマス・クリンガー

1. 政府間レベルの協定に基づく国際共同研究

(1) 実施体制について

国際協力は核融合研究の主要な要素であり、適切な管理システムは、不要な間接経費の計上を防ぎ、協力体制を育む上で不可欠なものである。NIFS は、連携研究推進センター内に専属部門（松岡主査）を設け、(1) 学術交流協定、(2) 国際会議、(3) 人物交流を通じて国際協力を組織し、支援してきた。より大規模な協力に関しては、専門の委員会組織を構成している。各々の委員会組織は適切であると考えられる。核融合に関する現在の5つの政府間協定は、良く運営されている。(球状トラスに関する6件目の政府間協力は、間もなく締結を迎える。) 特に、日米核融合プログラムは極めてよく制定されており、共同の委員会によって運営されている。NIFS の研究環境は際立って素晴らしく、国際協力に必要な要素を全て備えている。国際協力は管理面でも複雑なタスクであるため、運営体制を定期的に評価することは有益かつ必要である。国際協力の運営システムの系統的な評価は、それ故に望ましいことであり、継続されるべきである。

(2) 研究目的について

- (1) 日米協力： プラズマ計測装置、加熱・電流駆動、およびブランケットの共同開発に重点が置かれている。特に、後者（具体的に JUPITER II）については両国の様々な研究所にまたがって大きな努力が払われている。理論の共同研究が JIFT 主導のもと組織され、非線形 MHD 現象、再結合、他といった重要な問題を取り上げている。日米協力のコンセプトは素晴らしいものである。それは、優秀な共同研究者の故であり、高い知的レベルを有し、両国に利益をもたらすものである。
- (2) 日中協力： 2000 年の締結以降、本研究協力は着実に拡大・深化してきた。共同研究テーマは極めて広範囲に及んでいるが、中でも放電シナリオ開発・プラズマ加熱、核融合炉技術、そして核融合プラズマ理論に重点が置かれている。日中研究協力は非常に前向きに発展している。特に、定常運転に関する課題についての協力は将来の研究開発（例えば EAST）上、非常に有意義なものである。
- (3) 日韓協力： 本研究協力の重要な分野は KSTAR 装置である。NIFS はプラズマ計測開発および ICRF 加熱に貴重な貢献を行っている。この重要な協力は、今後とも許す限り継続・延長されるべきであろう。KSTAR のファースト・プラズマ点火後、協力活動の評価を計画されたい。
- (4) IEA 実施協定における研究協力： 主要議題は、いくつかの大事な分野における情報交換と実験プログラムの調整である。強調されるべきものは国際ステラレータデータベース（閉じ込め）の構築であり、NIFS の貢献度は極めて高い。他の有意義な活動としては、プラズマ計測とコード開発が挙げられる。これらの活

動は NIFS の活動を適切に組み込んでいく上で、また、情報交換のために、非常に重要である。

上記全てについて、多数の共同ワークショップ、セミナー、または会議が NIFS や NIFS 参加の下に開催された。また関係各国との間で、適正規模の人物交流が実施された。セミナーや人物交流は国際研究協力の重要な要素であるから、既存の素晴らしい活動を今後も促進し、より発展させていただきたい。若手研究者には、特別な配慮をしていただきたい。

(3) 研究成果について

- (1) 計測： NIFS はプラズマ計測ツールの開発にあたり、強力なプログラムを実行している。それらの多くは既に国際協力の下で実施されており、相手国側の研究所は、NIFS で得られた経験から多大な恩恵を受けている。特筆すべきは、ペレットを用いた計測 (TESPEL 等)、ECE イメージング、CX 分光、またはトムソン散乱ポリクロメーターなどの更なる発展である。
- (2) 加熱： プラズマ加熱の様々なテーマにおいて国際協力が適切に実施されている。イオンサイクロトロン加熱に関する NIFS の専門知識は、長時間放電に重点を置いたいくつかの協力 (KSTAR, HT-7) の基礎となっている。これらは、非常に重要でこれまでに非常に成功している活動である。また、中性粒子ビーム入射や、エレクトロンサイクロトロン加熱の幾分技術的な側面に関しても、有意義な研究協力がなされ、いい成果を挙げている。
- (3) 理論： 核融合理論の JIFT は、活発な人物交流や多数の共同ワークショップの結果、研究成果を挙げることに大きく貢献した (非線形プラズマ動力学に力点が置かれている)。また、中国との研究協力で実施された炉心プラズマの振舞に関する理論・計算研究において、最初の結果は今後に期待の持てるものであった。
- (4) 技術： 先進ブランケット概念 (JUPITER II、他) に関する日米開発は、生産的かつ非常に適切な共同活動である。応用超伝導と低温に関するアジア会議を組織したことは、目覚ましい成功である。中国と共同開発した低放射化材料の開発も、既に興味深い結果を示している。

全般： NIFS との国際協力による (科学的な) 価値は大きい。特に、長期継続中の日米共同プログラムは、感銘深い実態を印象づけるものである。アジアの近隣諸国、即ち、韓国や中国との間で活性化しつつある戦略的に重要な関係は、注目に値する。Physical Review Letters に初めて出版された HL-2A 論文は、“測地的音響モード” をテーマにした NIFS との緊密な研究協力の成果である点にも着目したい。

(4) その他 (国際連携、ITER 連携等との関係について)

ステラレータに関する IEA 実施協定内の協力の主な成果は、近年更新された国際ステラレータデータベースであり、ISS04 バージョン 4 として現れている。また、リップル及び衝突周波数の効果、輸送障壁の形成に関して分かったことについても、今後

のステラレータ開発に大いに関与するものである。現状の協力プログラムは、プロフィールデータベース、平衡と輸送コードのベンチマーク、および新古典拡散係数のより正確な決定、に関する作業によって、拡大されている。

NIFS はまた、PWI に関する IEA 実施協定活動に活発に参加している。ここでは、フェライト鋼リミターの成分やトリチウムの分光計測において、価値のある貢献を行った。FZJ で開発されたペニング真空計は、LHD プラズマ放電に成功裏に用いられた。

ITPA は実際のところ、ステラレータ研究を追及する研究機関にとって、主要な研究領域ではない。しかしながら、NIFS は、LHD のデータを用い、トカマクとステラレータの放電シナリオの比較（例：内部拡散障壁）に重点を置いた貢献を行っている。

ITER IT（国際チーム）との協力研究は現在 3D エッジモデリングに焦点を当てている。EMC3-EIRENE コード（IPP と FZJ とのドイツ国内の共同開発）を用いて、リミッターに対する熱と粒子の負荷が研究された。非常に意味のある成果が得られている。

2. 研究所間学術交流協定などによる共同研究

(1) 実施体制について

学術交流協定が NIFS と海外 10 の研究所との間で締結されている。11 件目（カリフォルニア大学ロサンジェルス校）の協定は、現在協議中である。NIFS 国際交流委員会は、人物交流、共同開発やワークショップ・会議の開催等において、素晴らしい活躍をみせている。拝見する限り、システムは機能しており、関連する研究者に不必要な負荷をかけている様子はない。

今後注目したい案件として、自然科学研究機構がこの程承認した国際研究ネットワークの形成があげられる。これは NIFS 主導のプロジェクトであり、6 千万円／年の援助を受けて、LIME プロジェクトの後継となっている。

(2) 研究目的について

研究目的は個々の人物交流に深く関わっている。プロジェクトは通常、招待された研究者、および彼らの所属するホームチームによって実行される。

1. ステラレータ研究： 現在の核融合研究において、乱流研究と α 粒子物理という 2 つのテーマが取り上げられている。これらのプロジェクトにおいて、興味の中心はステラレータ固有の側面に置かれている。
2. 技術開発： 近年、カールスルーエ研究センター（FZK）との間に協定が締結された。同協定では、超伝導、チューナブル・ジャイロトロン、トリチウム技術に関する共通の専門知識を利用しており、NIFS にとって有意義な一歩であろう。

3. 計測開発： 多様な研究所間協力によって、数件の計測開発が進行中である。例えば、TESPEL を用いた 9 チャンネルのイメージ光学システム、位相差イメージング、マイクロ波散乱、長時間放電に晒された真空容器内ミラー、分光診断用の原子分子データ、等があげられる。
4. コード開発とベンチマーク： いくつかの数値コードが更に開発され、互いにベンチマークされた（例：新古典輸送、平衡、MHD コード）。この非常に重要な研究活動は、ステラレータコード計算の信頼性を高めるのに役立っている。

(3) 研究成果について

かなりの数の学会誌論文や会議論文が、ステラレータの研究、特に、理論・計算機シミュレーション、を基に発表されている。これらの結果は、国際的な核融合研究にとって時宜を得たものであり、意義深いものである。計測開発プロジェクトは、関係各国の専門知識をうまく組み合わせている。将来高い可能性を秘めているのは、技術・工学面に取り組むカールスルーエ研究センターとの学術交流協定である。

招聘研究者によるプロジェクトに重点を置いた研究所間協力は、NIFS の国際協力プログラムの中でも成功した分野である。今後も可能な限り強化し、継続されたい。非常に成功している日米協力と同様に、EU/EURATOM との間に政府間協定の締結を考慮していただければと考える。

(4) その他

なし

Review for the International Collaborative Research

NAME: James W. Van Dam

1. International collaborative research based on the inter-governmental agreement

(1) Administrative system

The impressively large number of international collaborations in which the National Institute for Fusion Science (NIFS) actively participates is one of the ways that it fulfills its role as a world-leading center for fusion plasma science. Ever since the famous Atoms for Peace Conference in 1958 (whose half-century anniversary will be celebrated at the next IAEA Fusion Energy Conference, to be held in Geneva two years from now), international cooperation has been a hallmark of the worldwide effort in fusion research. The critical importance and mutual benefit of international collaborative research (in addition to domestic collaborative research) is universally acknowledged. Therefore NIFS is to be highly commended for its leadership in the Japan-US, Japan-China, and Japan-Korea bilateral collaboration programs; for its valued participation in the IEA Stellarator, IEA Plasma Wall Interactions, ITPA, and ITER cooperative activities; and for its pro-active establishment of numerous inter-institutional as well as inter-governmental collaborations.

The oldest Japanese inter-governmental collaboration is the IEA agreement on plasma-wall interaction research in TEXTOR, set up in 1978.

The next oldest inter-governmental collaboration is that with the USA, which was established in 1979. This collaboration program is apparently the largest, in terms of participants and budget support. Administratively, it is managed through three joint planning bodies: the Fusion Physics Planning Committee, the Fusion Technology Planning Committee, and the Joint Institute for Fusion Theory. On the Japanese side, these three planning bodies are overseen by the US-Japan Collaboration Planning Committee, a very influential nationwide committee, five of whose 16 members are from NIFS, with the chairman being the NIFS director-general (Prof. Motojima). Detailed annual reports are submitted to the US-Japan Executive Secretaries Committee, which reviews the operation and effectiveness of the exchange activities at its yearly meeting.

From my own personal experience of participation in the US-Japan joint fusion theory exchange program, I wish to take this opportunity to thank NIFS for its exemplary support of this important program for more than 25 years. I can state with confidence that the US fusion theory community has benefited greatly from these collaborations, which have led to numerous joint published papers and invited talks at major international conferences. Also, in particular, when there was some difficulty with renewing the US-Japan collaboration program last year (for bureaucratic reasons), I would like to acknowledge that the NIFS director-general (Prof. Motojima) had the foresight to propose and implement a successful solution, which has been effective in ensuring the continuation of these collaborations.

Shortly after the founding of the National Institute for Fusion Science, Japan entered into an

IEA agreement on cooperative development of the stellarator concept (1992). This agreement was entirely appropriate, since NIFS was clearly destined to become a world leader in helical-configuration fusion research (1992). This cooperative activity is supervised through an executive committee, consisting of two members each from Japan, Germany, Spain, and the USA. Three other countries (Russia, Australia, and Ukraine) are affiliate members. It is of interest to note that the National Institute for Natural Sciences (the super-institute of which NIFS is a partnering member) will now become the organization in Japan that is responsible for executing the IEA stellarator agreement; apparently the reason for this shift is related to the change of status of NIFS to that of a non-governmental agency. One could speculate whether this arrangement might become the pattern for other inter-governmental collaboration agreements.

During the past half-dozen years, two other cooperative research programs have been established, both with Asian neighbors of Japan whose national fusion programs have sharply ramped up their recent activity. The Core University Program between Japan and China was established in 2000; its scope is broad, ranging from experimental and theoretical plasma behavior to reactor technology and inertial confinement. Also, in 2004, a program of magnetic fusion collaboration was established between Japan and Korea.

The Core University Program (CUP) with China is organized by NIFS on the Japanese side and, for China, by the Institute of Plasma Physics of the Chinese Academy of Science (ASIPP). Thus NIFS and ASIPP serve as the primary representatives of the broader university and academic research communities in the two countries. Various plasma confinement devices in Japan and China are being used for collaborative study of physics issues. An evaluation of the CUP program was carried out in FY 2005; the very favorable assessment resulted in an extension of the program for another five years. The Core University Program appears to be well organized.

The newest inter-governmental agreement (set up in 2004) is the cooperation with Korea in fusion energy research and related fields. This is also a five-year agreement. A noteworthy feature is that its organizational framework involves JAEA and NIFS on an equal footing, with two representatives from Kyoto University in addition. This feature (i.e., JAEA participation) is apparently not a characteristic of the CUP program with China.

The Japan-US, Japan-China, and Japan-Korea exchanges are inter-governmental agreements and are well coordinated by overseeing bodies. In contrast, the collaborative activities with Europe are carried out through agreements with individual institutions. It might make sense to coordinate these research collaborations through an all-European organization such as Euratom or the European Fusion Development Agreement (EFDA).

(2) Objectives of research

It appears that the objectives of the inter-governmental cooperative research programs are well defined. Moreover, these objectives address significant cutting-edge research issues; the objectives take good advantage of the complimentary strengths of the participants; and they lead to mutual benefit for all of the participants.

In addition to the specifically research-focused objectives, the cooperative research programs also make a valuable contribution to the training of young scientists, by allowing them to attend workshops, providing opportunities to visit research groups in other countries and work with international scientists, and generally giving them broadened exposure and experience.

(3) Research results

Resulting from the NIFS research cooperation agreements, a number of joint workshops have been held, numerous joint-author talks have been presented at major international conferences, and many journal papers and conference proceedings have been published. The large number of such results is laudable, since it provides a measure of the quantity and also the quality of the international collaboration activities.

Under the Japan-US collaboration agreement, during the past three years (FY 2004-2006) 30 joint workshops were held in Japan and 33 in the US. Also, 40 researchers visited Japan from the US, while 104 visited the US from Japan. On average (either in terms of the number of participants or the number of exchange activity items), about 80% of the US-Japan exchanges were carried out. The joint research projects have focused on important issues, and the results have been mutually beneficial to both partner countries. In the fusion theory exchange program, for instance, the joint investigation of nonlinear toroidal Alfvén eigenmode evolution in the presence of energetic particles and the theoretical studies of zonal flow effects in turbulent transport have been fine examples of the productivity of collaborative work; other excellent examples also could be cited. The JUPITER-II technology research program, which involved scientists from NIFS and five universities on the Japanese side and three national laboratories and three universities on the US side, has also been highly productive.

The collaboration with China has grown rapidly since its inception only six years ago. The number of jointly authored papers published in refereed journals increased by 50% from FY 2003 to FY 2004 and then nearly doubled from FY 2004 to FY 2005. The number of joint presentations at conferences is also respectable, although it has not grown as much as the number of journal publications. Personnel exchanges between Japan and China have been quite active. In general, fewer Chinese scientists go to Japan than vice versa, but they tend to stay longer. For example, in FY 2005, China sent ~43 persons to Japan, whereas Japan sent ~52 to China; however, the Japanese exchange scientists spent ~325 man-days in total, whereas the Chinese spent ~680 man-days.

It is worth noting that the first paper ever published in *Physical Review Letters* from the Southwest Institute of Physics (Chengdu) was the result of collaboration with experts from NIFS on zonal flow physics. Other NIFS collaborative work on zonal flow experiments has occurred through the IEA Stellarator Agreement. A NIFS scientist (Prof. Fujisawa) reported about the recent zonal flow experimental work in a very good overview invited talk at the recent 21st Fusion Energy Conference (October 2006). The work on zonal flow and geodesic acoustic modes was also part of the NIFS contribution to the ITPA effort. Theoretical studies of zonal flow physics are being carried out through the Japan-US fusion theory exchange program. Also, NIFS has collaborated with Australia in experiments on zonal flow and

turbulence by varying the geodesic curvature in the LHD facility (which has good parametric flexibility for such studies) and the H-1 NF helical device. This is one of many fusion research areas in which NIFS can be proud of the important contributions it has made.

Another area of NIFS expertise that is fruitful for international collaborations, especially with Japan's East Asian neighbors, is that of superconductivity applications. The Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics (ACASC) was initially established (in 1999) between Japan and Korea and subsequently (in 2003) expanded to include China. An annual workshop has been held since 2000. The 2005 workshop had 143 participants. Superconductivity is an excellent theme for collaboration among Japan, Korea, and China, since these countries are world leaders in this area for fusion plasma confinement applications. Japan has operated a superconducting tokamak, TRIAM-1M, for many years (at Kyushu University). The Large Helical Device (NIFS-Japan) is the world's largest superconducting helical confinement experiment, while KSTAR (NFRC-Korea) and EAST (ASIPP-China) are the two largest superconducting diverted tokamaks in the world at present. There are plans to build a small superconducting tokamak in India; it might be beneficial to include India as a partner in the ACASC eventually. And, of course, superconductivity will be an enormously important subject for the successful operation of ITER.

Long-pulse operation in the superconducting LHD experimental facility has made significant progress during recent years. The discharge duration jumped from ~12 minutes to ~65 minutes in FY 2004. The stored energy has steadily increased year by year, to become comparable to that in large tokamaks. Maximum values for the electron and ion temperatures, for the normalized pressure, and for the density have likewise increased. The very recent results on the new operational regime with a super-high-density core plasma in LHD, due to the discovery of an "internal diffusion barrier," are quite spectacular. These results were reported at the recent IAEA Fusion Energy Conference (October 2006) and received considerable international attention. These results have obvious implications for a possible force-free helical fusion reactor design.

(4) Others (International collaboration, relationship with ITER collaboration)

During the past several years, NIFS scientists have participated in ITPA activities, primarily through meetings held at NIFS about Japanese ITPA efforts. The number of NIFS participants in ITPA activities was miniscule in FY 2003 and then dramatically increased (by more than a factor of ten) in FY 2004, although it has gradually declined since then, both in FY 2005 and again in FY 2006.

NIFS collaborative research with the Japan Atomic Energy Agency has resulted in a respectable number of joint publications (16 on physics and 17 on technology) during the past three years. Some of this work will be quite relevant to ITER.

The ITER Central Team specifically asked for a NIFS scientist (Dr. Kobayashi) to work at the ITER Joint Work Site for six months. He adapted the three-dimensional transport analysis used on the LHD helical device in order to investigate heat and particle loading on the limiter in ITER. This contribution to the ITER physics design was highly appreciated. A web page about

ITER collaboration activities has been set up and linked to the NIFS home page; however, since it is entirely in Japanese, its broader usefulness is limited.

We were told that the Theory and Computer Simulation Center and the Computer Center at NIFS are to be combined and re-organized as a new Department of Simulation Science in FY 2007. The new department will have three subunits (viz., two divisions and a Rokkasho research center) and three main simulation projects; however, there is not a one-to-one mapping between the subunits and the projects. An important project for the “LHD and Magnetic Confinement Simulation Division” will be predictive simulation studies of D-D operation in LHD, which is critical for continued progress in the helical line of fusion research. It is unclear whether laser fusion simulations will be included in the “New Field Simulation Division.” Although the Rokkasho research center (final name to be determined) does not yet have a specified research project, this new center has the potential to significantly strengthen NIFS collaborations with the ITER international team and the ITER Broader Approach activities.

As part of its international cooperation activities, NIFS is to be commended for serving as an educational resource for the training of graduate students from countries outside Japan. The number of international graduate students is 10-12, depending on the year. This number is a little less than half of all the students who are enrolled in the Graduate University of Advanced Studies (approximately 21-25). It would be interesting to construct a list of the international Ph.D. students who have graduated from NIFS, together with the names of the institutions where they now work.

2. Collaborative Research in compliance with an inter-institutional academic scientific exchange agreement

(1) Administrative system

NIFS has inter-institutional international cooperative agreements with 11 individual research institutions in seven different countries. During the early to mid-1990s, seven such agreements were established. In the past two years (2005 and 2006), four more such agreements have been set up, thanks to active promotion by the NIFS director-general (Prof. Motojima).

The details of the procedures by which these inter-institutional academic scientific exchange programs are to be administered are described in their respective Memoranda of Agreement.

NIFS has a commendable tradition of strong support for the Japan-US fusion collaboration activities. Even though the US-Japan inter-governmental agreement expired last year and has yet to be approved for renewal, fortunately these valuable bilateral exchange activities have continued apace—thanks to several new inter-institutional academic agreements, which NIFS took the initiative for establishing during FY 2006.

A new development since NIFS became a member institute of the National Institute of Natural Sciences (NINS) two years ago is the pursuit of interdisciplinary and international research

collaborations through NINS. These collaborations are supervised by the International Strategy Board of the NINS International Cooperation Office and by the Research Cooperation and Liaison Committee of the NINS Research Cooperation and Liaison Office. NIFS has an influential representative (Prof. Yamada) who participates in the planning of these collaborations. During 2005 and 2006, NIFS received a nontrivial amount of funding support (¥228M) through NINS.

(2) Objectives of research

The research objectives of the various inter-institutional academic scientific exchange programs are clearly spelled out in their respective Memoranda of Agreement.

Within the context of the new interdisciplinary and international collaborations being sponsored through the National Institute for Natural Sciences, currently NIFS is promoting two main activities, one on imaging science and another on hierarchy and holism in natural science. (The nicknames for these two efforts, “Fructifera” and “Lucifera,” are obscure.) In addition, there is an initiative to form an international network for scientific collaborations; it would be of interest to know how this network would supplement or supersede existing collaboration frameworks. Also there are projects related to the development of new scientific fields. For such projects, all scientists at the NINS member institutes—but not, apparently, from Japanese universities—are permitted to submit applications for financial support. Currently NIFS is involved in four such projects.

The objectives of simulation science are well articulated. The extension of simulation science to other fields is a worthwhile endeavor. Examples of the interdisciplinary connections of simulation science are the sharing of simulation techniques and the import and export of scientific results to other fields (such as medical physics, nanophysics, life sciences, space science, and manufacturing).

(3) Research results

As with the inter-governmental agreements, the inter-institutional exchange agreements have also resulted in numerous exchange scientist visits, joint workshops, and co-authored publications.

Inter-institutional/interdisciplinary research cooperation projects being carried out under the auspices of the National Institute of Natural Sciences are still rather new and just beginning to show results. A good example of an intra-NINS collaboration was this year’s Toki Conference (December 2006), which was a truly interdisciplinary meeting, devoted to the subject of “Imaging Science,” one of the NIFS activities within NINS. Scientists from each of the NINS member institutes presented invited talks ranging over fusion imaging, solar imaging, medical imaging, biological imaging, etc. The papers submitted to this conference will be published in a special issue of a scientific journal. The NIFS initiative through NINS to form an international network for scientific collaborations has so far led to a list of interdisciplinary research collaborations in space physics and astrophysics (6), materials science (5), and engineering research (4), as well as several international collaborations in fusion science (7).

Of these 22 collaborations, seven are headed by non-NIFS representatives. It appears that the seven NINS international collaborations in fusion science are all related to the IEA Stellarator Agreement.

(4) Others

Earlier in this report I complimented NIFS on its training of graduate students from other countries. NIFS is also involved in educating graduate students from Japanese universities through inter-institutional collaborations. During the past three years, respectively, 22, 19, and 16 students affiliated with Nagoya University and Hokkaido University have received Ph.D. training from NIFS scientists. Two years ago a new program was begun in which NIFS scientists gave lectures for about 15 graduate students affiliated with Toyama University. In addition, NIFS has its own graduate students (about two dozen), who receive their Ph.D. degrees through the Graduate University of Advanced Studies. In FY 2006, these three categories of graduate students amounted to a total of 52 students—which, interestingly, happens to be exactly the same as the number of lecturers. Thus, there is a one-to-one ratio between the number of instructors and the number of students. This is either very beneficial for the students or an indication of too many persons being involved in instruction. Other graduate students (24 from national universities and four from private universities) work at NIFS through research collaborations, but do not necessarily take courses at NIFS.

「国際共同研究」に関する評価

NAME: ジェームズ W. ヴァンダム

1. 政府間レベルの協定に基づく国際共同研究

(1) 実施体制について

NIFS が積極的に参加している国際協力は、非常に多岐にわたり、同研究所の核融合プラズマ科学における世界的拠点としての役割を果たす方法の一つとなっている。有名な 1958 年の”原子力の平和利用”会議（2 年後に、50 周年を記念してジュネーブで次期 IAEA 核融合エネルギー会議が開催される予定）以降、国際協力は核融合研究における世界的規模の努力の特徴とされてきた。（国内共同研究に加え）国際共同研究が決定的に重要であることと相互利益をもたらすことは世界に広く知られている。NIFS は、日米・日中・日韓両国共同プログラムにおいてリーダーシップを取っているが故に、高く評価されるものである。また、IEA ステラレータ、IEA プラズマ壁相互作用、ITPA、および ITER 協力活動に対する価値の高い参画、そして政府間協力や研究所間協力の積極的な構築に関しても、高く評価されるものである。

日本で最も古い政府間協力は、1978 年に始まった TEXTOR における PWI 相互作用の研究に関する IEA 実施協定である。

次に古い政府間協力は、米国との間に築かれており、1979 年に立ち上がった。この協力プログラムは、参加者数や予算規模の点で、明らかに最大のものである。管理上、プログラムは 3 つの日米合同の計画委員会によって運営されている。即ち、1) 核融合物理計画委員会、2) 核融合技術計画委員会、3) JIFT、である。日本側では、これら 3 つの委員会は、日米研究計画委員会、即ち、委員 16 人中 5 人が NIFS 職員で構成され、NIFS 所長（本島教授）が議長を務める非常に影響力のある全国的な委員会、によって所管されている。詳細な年次報告書が日米事務局会合に提出され、年次会合の場で、交流活動の運営と有効性がレビューされている。

日米共同核融合理論交流プログラムに参加した個人的経験から、この場を借りて、この重要なプログラムを 25 年以上の長きにわたり、賞賛に値する支援を行って来た NIFS にお礼を申し上げたい。米国核融合理論コミュニティはこれらの共同研究から多大な恩恵を受けており、その結果、主要な国際会議の場で招待講演を行ったことや、数々の共同著書論文の出版に繋がっていることを、確信をもって言うことができる。また、特に、昨年日米協力プログラムの更新が危ぶまれた（行政上の事情により）時があったが、NIFS 所長（本島教授）は優れた先見の明をもって、素晴らしい解決案を提案・実行され、その結果、これらのプログラムの継続が保証される運びとなったことに感謝したい。

NIFS 設立後まもなく、日本は、ステラレータ概念の開発協力に関する IEA 実施協定

に参画した（1992年）。本協定は、NIFSが明らかにヘリカル配位の核融合研究分野において世界的リーダーになることになっていた（1992年）ので、完全に理に適ったものであった。本協力活動は、日本・ドイツ・スペイン・米国から各々2人で構成されている実行委員会によって運営されている。他の3カ国（ロシア、オーストラリア、ウクライナ）は加盟メンバーである。NIFSが非政府機関として再出発したことを受けて、自然科学研究機構（NIFSの母体組織）が、今後IEAステラレータ実施協定の実行を担う国内機関となるだろうことは、興味深い。本協定が、他の政府間協力協定の模範となりうるものか、今後を見守りたい。

過去6年間、その他2件の共同研究プログラムが立ち上がった。パートナーはいずれも日本の隣国であり、両者ともに、国家規模の核融合プログラムにより近年その活動を急成長させてきた。日中拠点大学交流事業が2000年に設立されたが、その活動範囲は広く、実験的・理論的なプラズマの振舞から、炉工学、慣性閉じ込めに至るまで網羅している。また、2004年には磁気核融合協力プログラムが、日本と韓国の間で制定された。

中国との拠点大学事業（CUP）は、日本側ではNIFS、中国側では中国科学アカデミープラズマ物理研究所（ASIPP）によって組織されている。NIFSとASIPPは、両国における多様な大学、学術研究コミュニティの代表としての役割を担っている。日中両国の様々なプラズマ閉じ込め装置が、物理課題に関する共同研究のために利用されている。CUPプログラムの評価が2005年度に実施され、非常に高い評価を受けた結果、プログラムの5年間延長が認められた。拠点大学事業は良く組織化されているように見受けられる。

最新の政府間協定（2004年に策定）は核融合エネルギー研究、および関連分野における韓国との協力活動である。こちらも5年間の協定となっており、目覚ましい特徴としては、京都大学からの代表者2名を加え、JAEAとNIFSが対等の立場で組織に参画している点である。この特徴（例えばJAEAの参加）は一見したところ、日中拠点大学事業には見られない。

日米・日中・日韓交流は政府間協定であり、統括組織によって適切に運営されている。対照的に、ヨーロッパとの協力活動は個々の研究所間協力を通じて実行されており、これらの研究協力を、Euratomや欧州核融合開発協定（EFDA）にみられる全欧組織を通して調整することも一案だと思われる。

(2) 研究目的について

政府間協定プログラムの目的は明確に示されている。さらに、これらの目的は、重要な最先端研究課題を取上げており、参加者の長所が存分に生かされる内容である。その結果、全ての参加者の相互利益に繋がっている。

はっきりと研究に焦点を絞った目的に加えて、共同研究プログラムは若手研究者の育成にも大きく貢献している。ワークショップに参加する機会を与え、海外の研究所

を訪問させ、外国人研究者と共に研究するチャンスを与えることで、より幅広い経験と知識を身につけさせている。

(3) 研究成果について

NIFS との研究協力の結果、沢山の共同ワークショップが開催され、多くの共著講演が主要な国際会議において発表され、そしてジャーナル論文や学会プロシーディングも多く刊行されている。多くのこのような結果は国際協力活動の質と量の表れであり、大いに評価できる。

日米協力協定のもと、過去3年間（2004～2006年度）には、日本で30の、米国で33の合同ワークショップが開催され、米国から40人の研究者が日本を訪れ、日本からは104人が米国を訪問した。（参加人数または交流活動件数において）平均して申請数の80%の日米交流が実現したことになる。共同研究プロジェクトは重要な課題に焦点をあて、双方にとって有意義な成果を得た。核融合理論交流プログラムにおいては、例えば、高エネルギー粒子が存在している状況での非線形トロイダルアルヴェン固有モードの時間発展に関する共同研究を行い、乱流輸送における帯状流（ゾーナルフロー）に関する理論研究を実施したが、これらは共同研究の素晴らしい成果であると言えるし、他にも卓越した例を引き合いに出すことが出来る。NIFS 研究者および日本国内の5大学、米国内の3国立研究所及び3大学からの研究者で構成される JUPITER-II 技術研究プログラムも、非常に高い成果を挙げている。

中国との研究協力は、開始から6年しか経過していないが、急速な発展を遂げている。査読付きジャーナルに発表された共著論文は2003年度から2004年度には50%増加し、2004年度から2005年度には、ほぼ2倍に増加した。共著論文数にはやや及ばないものの、学会での共同発表数にも目を見張るものがある。日中間の人物交流も活発に行われている。概して、日本を訪れる中国人研究者の数は、中国を訪れる日本人研究者数に比べて少ないが、滞在期間は長い傾向にある。例えば、2005年度は43名の中国人研究者が日本を訪れ、52名の日本人研究者が中国を訪れた。ここで日本人研究者の滞在日数が全体で325人・日であるのに対し、中国人研究者の総滞在日数は総計680人・日にのぼる。

南西物理研究所（Southwest Institute of Physics; 成都）が *Physical Review Letters* に発表した最初の論文が帯状流の物理に関するもので、NIFS の専門家との共同研究の結果であることは注目に値する。帯状流実験に関する NIFS の他の共同研究は IEA ステラレータ協定を通して実施された。NIFS の研究者（藤沢助教授）は近年の帯状流実験研究について、第21回核融合エネルギー会議（2006年10月）で、非常に優れた招待講演を行った。帯状流と測地的音響モードに関する研究は、NIFS の ITPA への貢献の一部でもあった。帯状流物理の理論研究も日米核融合理論交流プログラムを通して実施されている。NIFS は、また、オーストラリアとの共同研究において、LHD 装置（パラメータの柔軟性が高く実験に適している）や H-1 NF ヘリカル装置の測地曲率を変えることで、帯状流および乱流に関する実験を行っている。これは数多くの核融合研究

分野で NIFS がもたらした誇るべき貢献の一部にすぎない。

NIFS が国際協力、特に東アジアの隣国との活動において専門知識を発揮した他の分野は、超伝導応用の分野である。応用超伝導および低温学に関するアジア会議 (ACASC) は日韓間で最初に設立され (1999 年)、その後中国も参画する会議へと発展した (2003 年)。2000 年以来、ワークショップが毎年開催されている。2005 年のワークショップには 143 名が参加した。日本・韓国・中国が核融合プラズマ閉じ込め応用技術における超伝導分野をリードしているので、超伝導はこれら 3 カ国にとって非常に素晴らしい研究テーマだといえる。日本は超伝導トカマク TRIAM-1M を (九州大学において) 長い間運転した。LHD (NIFS ; 日本) は世界最大規模の超伝導ヘリカル閉じ込め装置であり、KSTAR(NFRC ; 韓国)および EAST(ASIPP ; 中国)は、現在の世界の 2 大ダイバータ付き超伝導トカマク装置である。インドに小型の超伝導トカマクを建設する計画もあり、今後、最終的には ACASC にインドを迎え入れることも有益かと思われる。また ITER の運転が成功するために、超伝導が非常に重要な課題となるだろうことは言うまでもない。

超伝導装置 LHD の長時間運転は近年大幅な進展を遂げた。放電時間は 2004 年度に ~12 分から ~65 分に跳ね上がった。蓄積エネルギーは毎年着実に増加しており、大型トカマクの値に匹敵している。電子とイオン温度、規格化された圧力および密度の最大値も同様に上昇した。LHD における超高密度コアプラズマを伴う新しい運転領域についてのごく最近の成果は、内部拡散障壁の発見により、目覚ましいものとなった。これらの結果は、最近の IAEA 核融合エネルギー会議 (2006 年 10 月) で報告されており、国際的な注目を集めた。これらは、核融合ヘリカル炉 (FFHR : Force-Free Helical Reactor) の設計に深く関わっている。

(4) その他 (国際連携、ITER 連携等との関係について)

過去数年、NIFS 研究者は日本の ITPA 努力に関する、主に NIFS で開催される、会議を通じて、ITPA 活動に参加してきた。同活動への NIFS 参加者は 2003 年度には非常に限られていたが、2004 年に激増 (10 倍以上) した。その後、2005 年、2006 年には若干ながら再び減少した。

日本原子力研究開発機構との共同研究の結果、過去 3 年の間に数多くの著名な共著論文 (物理で 16 本、技術分野で 17 本) が発表された。これらのいくつかは ITER と深い関わりを持つことになる。

ITER 中央チームは、NIFS の研究者 (小林博士) に、ITER 共同作業サイトで 6 ヶ月間の勤務を依頼した。同博士は、ITER においてリミターへの熱および粒子負荷を調べるため、LHD ヘリカル装置で用いられた 3 次元輸送解析法を適応させた。ITER 物理設計へのこの貢献は高く評価された。ITER 連携活動に関する Web ページが開設され、NIFS ホームページにリンクされている。しかし、全て日本語で表示されているため、利便性は今ひとつ限られている。

2007年度には理論シミュレーションセンターと計算機センターが合併し、新たにシミュレーション科学研究部が設立されると伺った。新研究部は、3つの研究系（2つの研究系および六ヶ所センター）と、3つの主要シミュレーションプロジェクトを持つ。ただし、各研究系とプロジェクトが1対1に対応しているわけではない。“LHDと磁場閉じ込めシミュレーション研究系”の重要プロジェクトは、LHDにおけるD-D運転の予測シミュレーション研究であり、ヘリカル核融合研究に継続した進展をもたらす上で、極めて重要性が高い。レーザー核融合シミュレーションが、“新分野シミュレーション研究系”に含まれるのかは定かでない。六ヶ所センター（正式名称は未定）の詳細な研究プロジェクトはまだ発表されていないが、NIFSとITER国際チーム、およびITERの幅広いアプローチ活動との連携強化に大きく貢献する可能性がある。

国際協力活動の一環として、NIFSが外国人大学院生の教育機関として機能してきたことは、賞賛に値する。年度によって10～12人の外国人院生が在籍しており、NIFSの総研大・大学院生数（約21～25人）のおよそ半数にあたる。NIFSを卒業し、博士号を取得した外国人留学生の、現在の所属研究所を記載した「卒業生一覧」を作成してみたいだろうか。

2. 研究所間学術交流協定などによる共同研究

(1) 実施体制について

NIFSは海外の11の研究所と研究所間学術交流協定を結んでいる。1990年代前半から中頃にかけて、7件の協定が締結された。NIFS所長（本島教授）の積極的な働きかけのお蔭で、過去2年間（2005年・2006年）で更に4件が締結された。

国際学術交流プログラムの詳細な運営体制については、各々の協定の定款に記されている。

NIFSは日米核融合協力活動に対し、賞賛に値するサポートを常に提供してきた。日米政府間協定は昨年をもって失効し、今のところ更新が承認されなければならないが、2006年にNIFS主導による国際学術交流協定が新たに数件締結されたお蔭で、幸いこれらの価値ある二国間交流活動はすぐに継続されている。

2年前の法人化でNIFSが自然科学研究機構の一員となって以来の新しい進展は、NINSを通じた学際的・国際的な研究協力の追及である。これらの研究協力は、機構の国際戦略本部の国際連携室と研究連携委員会の研究連携室とで統括されている。NIFSからの影響力のある代表者（山田教授）が、これら研究協力の企画に参加している。2005-2006年度中、国際交流経費を含めNIFSは機構より、およそ2億2800万円の資金援助を受けた。

(2) 研究目的について

各種研究所間学術交流プログラムの目的は、協定定款の中で明確に述べられている。

NINS によって後押しされている新しい学際的・国際的研究協力の中で、現在 NIFS は主に 2 件の活動を推進している。イメージング科学と、自然科学におけるヒエラルキーと全体論に関する研究である。(これら 2 件のニックネーム『Fructifera』と『Lucifera』については定かでない。) 加えて、科学協力のための国際ネットワークの形成についても、率先して行っている。同ネットワークが既存の研究協力の枠組みをどのように補足、または更新していくのか、興味深いところである。また、新しい科学の分野の発展に関するプロジェクトがある。これらのプロジェクトについて、NINS の研究所に所属する科学者は一明らかに、日本の大学からではない、財政援助プログラムに応募することができる。現在、NIFS は 4 件のこれらのプロジェクトに関与している。

シミュレーション科学の目的は明確に表現されている。同研究の他分野への応用は、価値ある試みである。シミュレーション科学の学際的繋がり例として、シミュレーション技術の共有と他分野との科学的結果の輸入・輸出（医学物理、ナノ物理、生命科学、宇宙科学、製造のような分野）が挙げられる。

(3) 研究成果について

政府間協力と同様に、研究所間学術交流協定の結果、これまで多くの研究者相互訪問、共同ワークショップ、および共著出版において実績が挙げられている。

機構の主催のもとに進められる研究所間・学際的研究協力プロジェクトは、まだ新しいものであり、結果が出始めたところである。NINS 内部の協力の良い例は、本年の国際土岐会議（2006 年 12 月）であるが、これは真に学際的な会議であり、NINS 内での NIFS の研究活動の一つである“イメージサイエンス”がテーマであった。機構の各研究所からの研究者は、核融合イメージング、ソーラーイメージング、医療イメージング、生物学イメージング等にわたる招待講演を行った。本会議に提出された論文は学術誌の特集号に出版される予定となっている。NINS を通して NIFS が主導する科学的研究協力のための国際ネットワークの形成は、これまでに宇宙物理学と天体物理学（6 件）、物質科学（5 件）、工学研究（4 件）、および核融合における数件の国際協力（7 件）という学際的研究協力が繋がった。これら 22 件の共同研究のうち、7 件は NIFS 外の代表者が進めており、核融合科学における 7 件の NINS 国際協力は、全て IEA ステラレータ実施協定に関係していると思われる。

(4) その他

本報告書の始めの方で、NIFS の海外からの大学院生の教育について賞賛した。NIFS は研究所間協力を通して国内大学院生の大学院教育にも力を注いでいる。過去 3 年の

間で、各々22人、19人、16人の名古屋大学・北海道大学に所属する大学院生が、NIFS研究者の指導のもと博士号を取得した。2年前に新たなプログラムが始められ、NIFS研究者が富山大学に所属する大学院生15人に講義を行った。加えて、NIFS所属の大学院生（約24人）も在籍しており、彼らは総合研究大学院大学より博士号を授与される。2006年度にはこれら3つの枠組みの大学院生総数は52名にのぼり、興味深いことに講義の数とぴったり一致している。つまり、学生に対する講師の数が1対1の割合になっている。これは学生にとって非常に有益であると取るべきか、または指導にあたる人員が多すぎるという可能性もある。他の大学院生（国立大学から24名、私立大学から4名）は研究協力の一環としてNIFSで研究を行っているが、必ずしもNIFSの講義を受講している訳ではない。

Review for the International Collaborative Research

NAME: Michael Tandler

1. International collaborative research based on the inter-governmental agreement

(1) Administrative system

NIFS is the forefront leader of the world fusion research. This accomplishment is achieved within the framework of the National Institute of Natural Science beneficial for the formation of the Interdisciplinary and the International Research Networking. The Administrative system is very well defined and highly consistent with the important goal of achieving the fusion energy. It is transparent and very efficient in exercising both domestic activities and the very broad range of international interactions. The special attention is paid to the safety and the robustness of operations following exactly the chosen timescale and the scope of highlights of the research program. This is the absolutely unique feature of NIFS in the worldwide fusion community. This must be due to the excellent leadership and the profound engagement of all the staff. The administrative system has the adequate vertical structure augmented by independent national and international advisory and review committees warranting for timely and topical responses to numerous difficult challenges faced by NIFS. The excellent results are born out by fruitful national and international collaborations and by the successful use of the unique LHD facility. The important task of training and educating of young Japanese researchers is facilitated by the broad program of courses, lectures and seminars organized by NIFS. It also provides unique possibilities to introduce young people to advanced studies and to avoid typical intermediately steps, thereby offering unique opportunities for a future carrier in international fusion research.

In summary, the system is very well focused on the achievement of goals and tasks set up by NIFS.

(2) Objectives of research

Objectives of research are very ambitious and address an extremely broad range of issues. They include the missions of NIFS formulated as the list including the promotion of experimental research on the world largest superconducting device LHD, theoretical and simulation research activities coordinated with Japanese universities and institutes and very important international collaborations. Specifically, they comprise the realization of a high fusion triple product, demonstration of a stable long pulse operation, achievement of a very high beta value of the order of 5 % and the control of plasma-wall interactions by tuning edge and divertor plasmas and employing advanced material studies. It is important to emphasize that no other facility in the world is even attempting to address all these issues at the same time. The high level of objectives imposes very stringent requirements on the excellence of the leadership and the safety of different operational scenarios. These requirements are met with acclamation by all parties. Indeed, plasma parameters achieved by LHD are making steady progress recently accelerated by the important discovery of the Internal Diffusion Barrier thereby broadening the scope of operation quite significantly. Objectives also include providing for important technological spin-offs of fusion research carried out within the

framework of the Coordination Research Center. Fruitful International Collaborations are also the important part of the research objectives fulfilled by NIFS with excellence. In summary, the impact of research carried out at NIFS is very important for the international fusion research.

(3) Research results

Research results are at the cutting edge of the international fusion research. It is confirmed by the attainment of the temperature of a fusion reactor, the world record of steady state beta value and the injected energy and many other results. The discovery of the Internal Diffusion Barrier opens a new route to the reactor operation. Reactor relevant plasma performances in LHD, significant upgrading and broadening of confinement database of helical plasmas by LHD and experimental elucidation on zonal flows in CHS and HL – 2A are among the highlights of recent major achievements by NIFS. Design studies of the Force Free helical fusion reactor has been carried out in collaborations with the USA. Low activation large scale V-alloy sample with high purity is also an important milestone on the road to fusion. Novel diagnostics such as electron cyclotron emission imaging, millimeter imaging reflectometry, different pellet injection schemes and multi layer mirror-based spectrometer, multi-channel silicon detector neutral particle analyzer and improvement of transmission efficiency of ECH system enhance significantly the knowledge on the LHD plasmas. Among theoretical achievements one should mention collaborations on nonlinear MHD effects on the Alfvén eigenmode evolution, three dimensional simulation on collisionless driven reconnection and anomalous decay of cyclotron motion in a waveguide. Simulation science center has also achieved good results consisting of gyrokinetic simulations of Ion Temperature Gradient turbulence and the resulting from it zonal flows, the nonlinear analysis of an MHD mode driven by energetic particles and the multi-scale simulation based on two-fluid model. The capability of the center will be undoubtedly further enhanced by upgrading the capacity of the supercomputer by a factor of more than 10.

In summary, the research results have reached the new heights recently promising a lot of progress in future.

(4) Others (International collaboration, relationship with ITER collaboration)

Fruitful and important international collaborations are carried out with USA, China, Korea and with the EU also within the framework of IEA, Russia and Ukraine. All of them are focused at their specific emphasis complementing very well the major line of the LHD research. NIFS also helps MPI fuer Plasmaphysik in Germany to remedy the W 7 X program. Lively academic exchange program exists between NIFS and Australia resulting in joint publications and workshops. International Joint Research Base Network aimed at advanced characterization of turbulent regimes in experiments and simulations on fusion and space plasmas is an important part of the broader NIFS activity. Following the stratified structure of Japanese research towards fusion reactor the LHD program and NIFS activity is highly relevant to ITER in many ways. Long pulse operation, high beta studies, planned DD campaigns and component technologies in superconducting magnets developed at NIFS are bound to contribute to the construction and the operation of ITER. Key technologies for

blanket such as flibe blanket system, vanadium – Li blanket and Si/SiC- He blanket are also relevant for blanket modules envisaged to be installed at ITER.

Many of the issues addressed with the framework of international collaborations such as development of applied superconductivity and tritium measurements might turn out highly relevant to ITER as well. NIFS is also very active in the ITPA aimed directly at the development of the physics basis for ITER and the burning tokamak plasma issues in general. For example, Dr. M. Kobayashi from NIFS has been seconded to ITER site in Garching to address the issue of the power load analysis on the limiter configuration of ITER start-up phase.

In summary, international and ITER collaboration is the integral part of the NIFS activities.

2. Collaborative Research in compliance with an inter-institutional academic scientific exchange agreement

(1) Administrative system

NIFS and universities share the important task to develop nuclear fusion. Many university groups benefit greatly from their collaborations with NIFS. The system adopted to incorporate research carried out at universities is unique constituting the important Japanese invention. It also represents the major step forward in comparison of the old system in existence before the establishment of NIFS. The most attractive feature of the collaboration system adopted nowadays in Japan is the direct access to the best hard and soft ware in the world concentrated at NIFS thereby making the cutting edge of fusion research within the reach of very many (more than 100) universities. Obviously, this approach also guaranties not only the continuation of the program, but also the steady growth of the fusion effort in Japan. Four major universities are mostly instrumental in solving specific problems important for the NIFS program. Indeed, Kyushu addresses the physics of the steady state plasmas, Osaka - development of the inertial fusion, Kyoto - optimization of magnetic configuration and Tsukuba - the study of the electric field potential. It has to be kept in mind that the organizational tasks faced by NIFS in exercising the inter-institutional academic exchange program are very difficult due to a very complex problem of fusion research and very large number of participating in the program bodies. Yet, it appears that the problem is solved in the excellent way invoking the transparent and accountable infrastructure. General collaborations include mainly facilities available at NIFS and provide the budget for researches coming to NIFS in order to carry out experiments important for the NIFS research program.

In summary, the progress of Japanese nuclear fusion research benefits significantly from the collaborative research activities developed at the National Institute of Fusion Research.

(2) Objectives of research

Objectives are very broad addressing a wide range of issues. Fresh initiative of NINS aimed at the formation of interdisciplinary and international research hub through cooperation across

scientific fields fits very well for inter-institutional academic scientific exchange program. Five institutes, associating with each other beyond the borders of academic fields should cooperate actively with universities, university-affiliated research institutes and interuniversity research institutes to promote the formation of new research communities. Collaboration framework in universities with inter-university institute as a core has been working well in nuclear fusion research for a long time. This is a continuing trend bound to increase in future. The management of such a complicated enterprise as NIFS and LHD is excellent and deserves all the support from funding agencies. Plans to amplify this activity have to be encouraged and supported. NIFS has to be commended for its leading role in the Japanese fusion program. Populous Japanese fusion community is encouraged to contribute to LHD in its capacity of the most relevant to fusion device in operation in Japan.

Two major activities are promoted. Imaging science and slightly unclear hierarchy and holism in natural sciences are chosen to be major avenues for further development. The 16 th International Toki Conference has been organized addressing the Advanced Imaging and Plasma Diagnostics.

In summary, the objective to enhance and benefit from a broad infrastructure of NINS seems very worthwhile.

(3) Research results

Research results are very important. Major achievements such as long pulse operation, very high value of beta of the order of 5 %, development of the LHD related technology are some eloquent examples of the success of the chosen approach. Also theory and computer simulation tasks benefit strongly from a well structured and a very broad approach ranging from the visualization of the beating heart to 2 D simulation on release of dust from plasma – facing wall. The success is born out by the development of the integrated simulation system to explore multi-scale laser plasma phenomena in Fast Ignition Integrated Interconnecting code. Collaborations on safety and environment are also the integral part of the program demonstrated by the very important subject of research and development of tritium removal system for LHD deuterium – deuterium experiments. Furthermore, collecting atomic data base which is open for the international use is the important milestone in the collaboration program at the world scale. Last, but not least ramifications of the fusion oriented program are important spin-offs to other advanced technologies outside the fusion effort. This is born out by the development of the high power micro- wave generators. These spin-offs benefit the Japanese industry in the shorter time scale than the duration of the program aimed at achieving the fusion power.

Research results are excellent.

(4) Others

In general, it has to be kept in mind that the organizational tasks faced by NIFS are very difficult due to a very complex problem of fusion research and very large number of participating in the program bodies. Yet, it appears that the problem is solved in the outstanding way invoking the transparent infrastructure. It consists of three major frameworks

mentioned above. General collaborations include mainly facilities available at NIFS and provide the budget for researches coming to NIFS in order to carry out experiments important for the NIFS research program. LHD project collaborations are focused on LHD experiments thereby safeguarding the excellent use of the unique facility. Bilateral collaborations complement the program by carrying out relevant for NIFS research on other large facilities located at university research centers. NIFS handles the collaboration system very skillfully offering the flexible scheme able to accommodate all schools of thought and research on fusion existing in Japan. LHD Project collaborations benefit the access of the community to the most modern device currently operating in Japan. Bilateral collaborations program is relatively new promoting many other research programs with a long history and focusing them on highly timely and topical issues. General collaborations works well for supporting various research activities.

In summary, there is the feeling that the collaboration system based on three frameworks mentioned above is organized properly.

「国際共同研究」に関する評価

NAME: マイケル・テンドラー

1. 政府間レベルの協定に基づく国際共同研究

(1) 実施体制について

NIFS は世界の核融合研究を第一線でリードしている。この業績は、学際的および国際的研究ネットワークの形成にとって有益な NINS の枠組みの中で達成された。運営システムは、極めて明確にされており、核融合エネルギー達成という重要なゴールに高度に合致したものである。そのシステムは、国内の研究活動及び様々な分野をカバーする国際交流を実行する上で、透明かつ効率的である。研究プログラムの重要分野やタイムスケールに従った運営を安全に且つしっかりと行うことに細心の注意が払われている。この点は、世界の核融合コミュニティの中で、NIFS 独自の特徴だといえる。これは、全職員の素晴らしいリーダーシップと問題の核心をつく取り組みの現れであろう。運営システムは、独立した国内・国外の諮問・評価委員会によって補強された十分な縦型構造を有しており、NIFS の直面する課題について、適切かつ迅速な対応を保証している。素晴らしい成果は、実りある国内・国際協力とユニークな LHD 施設を成功裏に活用することによって挙げられた。若手日本人研究者の研修や教育という重要課題は、NIFS によって組織された広範なプログラム・講義・セミナーによって、解決が手助けされている。また、若手研究者に先進的な研究に従事する且つ典型的な中間プロセスを省くユニークな機会を与え、それによって、国際的な核融合研究において、将来のキャリアを蓄積するユニークな機会を提供している。

以上をまとめると、運営システムは NIFS が設定した目的と課題の達成に、非常に相応しいものである。

(2) 研究目的について

研究目的は、非常に意欲的であり、大変幅広い課題に着目している。目的は、世界最大超伝導装置 LHD に関する実験研究の推進、日本の大学および研究所の間で共同運営される理論・シミュレーション研究、そして非常に重要な国際協力、を含む一覧として策定された NIFS の使命を含んでいる。とりわけ、それらの中には、高い核融合三重積の実現、安定な長時間運転の実証、5%オーダーの非常に高いベータ値の達成、境界・ダイバータプラズマを調整することと先進的な材料研究によるプラズマ・壁相互作用の制御、が含まれている。これらの課題全てを同時に掲げる研究所は世界中どこを探しても NIFS をおいて他に見当たらないということ、を強調したい。高レベルの課題を目標に置くことは、素晴らしいリーダーシップや各種運転シナリオの安全性について、非常に厳しい要件を課すことになる。これらの要求は全ての関係者によって満場一致で支持されている。実際のところ、LHD で達成されたプラズマパラメータは、

着実な進歩を遂げており、最近では内部拡散障壁という重要な発見によって加速され、よって運転領域を目覚しく拡大している。また、研究目的には連携研究推進センターの枠内で行われる核融合研究の技術的な波及も含まれる。実りある国際協力もまた、NIFS が卓越して果たしている研究目的の重要な一部分である。

以上をまとめると、NIFS で行われている研究のインパクトは、国際核融合研究にとって非常に重要である。

(3) 研究成果について

研究成果は、国際核融合研究の最先端である。そのことは、核融合炉の温度の達成、定常ベータ値および入力エネルギーの世界記録、他数多くの実績によって確認される。内部拡散障壁の発見は、炉運転に新たな道を開いた。LHD における炉心プラズマに関連するプラズマ性能、LHD を用いたヘリカルプラズマの閉じ込めデータベースの目覚ましいアップグレードと拡張、および CHS と HL-2A におけるゾーナルフローの実験的解明は、近年 NIFS が達成した主要な成果である。フォースフリー（無電磁力）ヘリカル核融合炉の設計研究は、米国と共同で実施された。高純度低放射化大規模 V 合金サンプルは、核融合実現に向けて重要な一里塚だと言えよう。電子サイクロトロン放射イメージング、ミリ波イメージング反射計、多様なペレット入射系と多層膜ミラーを用いた分光計測、マルチチャンネルシリコン検出器を用いた中性粒子アナライザのような斬新な計測法、そして ECH システムの伝送効率の改善は、LHD プラズマに関する知見を著しく高めた。理論面の成果では、アルフヴェン固有モードの時間発展に関わる非線形 MHD 効果、無衝突駆動再結合および導波管におけるサイクロトロンモードの異常減衰に関する 3 次元シミュレーション、についての研究協力を挙げなくてはならない。シミュレーション科学センターはまた、イオン温度勾配乱流のジャイロキネティック・シミュレーションや、その結果であるゾーナルフロー、高エネルギー粒子によって駆動される MHD モードの非線形解析、および二流体モデルに基づいた多階層シミュレーション、といったような優秀な成果を達成した。センターの能力は、スーパーコンピューターの性能を 10 倍以上向上させることによって疑いなく更に高められるだろう。

以上をまとめると、ここ最近の研究成果は、将来に多くの進歩を約束する高いレベルに到達した。

(4) その他（国際連携、ITER 連携等との関係について）

実りあるかつ重要な国際協力活動が、米国、中国、韓国との間で、IEA 協定の枠内で EU との間で、ロシアそしてウクライナとの間で、行われた。どの研究も、それぞれの専門分野に注目したもので、LHD 研究の主要路線を適切に補完するものである。NIFS はまた、ドイツにあるマックスプランク・プラズマ物理研究所の W7X プログラムの修正を手助けしている。活発な学術交流プログラムが日豪間で進められており、

共著論文の出版やワークショップの開催に結実している。核融合及び宇宙プラズマに関するシミュレーションや実験における乱流領域の先進的な特性記述を目指した国際共同研究をベースにしたネットワークは、より幅広い NINS 活動の重要な一部分であろう。核融合炉を目指した日本の研究の階層構造に従って、LHD プログラムと NIFS の研究活動は、多くの面で ITER と高度に関連している。長時間運転、高ベータの研究、DD 実験キャンペーン、そして NIFS で開発された超伝導マグネットの要素技術、は ITER の建設と運転に大いに貢献するだろう。ブランケットの主要技術、たとえばフリーベブランケットシステムやバナジウム-リチウムブランケット、Si/SiC-ヘリウムブランケットもまた、ITER で導入予定のブランケットモジュールに関係している。応用超伝導の開発やトリチウム計測のような国際協力の枠組み内で取り組まれている多くの課題も、同様に ITER と深い関連性をもつことになるだろう。また、NIFS は、ITER の物理基盤や燃焼トカマクプラズマの課題全般の発展を直に目指す ITPA においても、非常に意欲的な活動を展開している。例えば、NIFS の小林博士は ITER 着火フェーズのリミッター配位における熱負荷の解析という課題に取り組み、ガルヒングの ITER サイトに赴いた。

以上をまとめると、国際的及び ITER 研究協力は NIFS 研究活動において不可欠なものである。

2. 研究所間学術交流協定などによる共同研究

(1) 実施体制について

NIFS と大学は核融合の開発という重要な使命を共有している。多くの大学のグループが NIFS との交流から恩恵を受けている。大学で行われた研究成果を取り入れるシステムは、非常にユニークなものであり、重要な日本の発明を構成する基礎となっている。また、同システムは、NIFS 創設以前に存在していた旧システムと比較してみると、大幅な前進を遂げたものであると言える。今日の日本で採用された共同研究システムの特筆すべき点は、NIFS に集結した世界中の最先端ハード/ソフトウェアへのダイレクトアクセスが可能だという点であり、これにより、最先端の核融合研究を非常に多くの（100 以上の）大学に提供可能となる。明らかに、本システムは、プログラムの継続のみならず、日本における核融合に対する努力の着実な成長をも保証している。主要4大学は、NIFS の研究プログラムにとって重要な固有の研究課題を解決する上で、必要な装置を概ね持ち合わせている。実際のところ、九州大学では定常プラズマ物理、大阪大学では慣性核融合の開発、京都大学では磁場配位の最適化、筑波大学では静電ポテンシャルの研究に、それぞれ取り組んでいる。核融合研究の複雑さと多様性及びプログラムへの参加人数の多さから、大学共同利用学術交流プログラムを実施する中で NIFS が直面している組織上の課題は非常に困難なものであることを心に留めておく必要がある。しかしながら、このような問題も、透明かつ説明責任を果たせる構造

基盤を築くことで、極めてうまく解決されているように思われる。一般共同研究は、主に NIFS で利用可能な施設と、NIFS の研究プログラムについて必要な実験を行うべく NIFS に来るための費用を含んでいる。

以上をまとめると、日本の核融合研究の進歩は NIFS で展開されてきた共同研究活動から大いに恩恵を受けている。

(2) 研究目的について

研究目的は、広範囲の課題に着目しており、大変多岐にわたっている。多様な科学分野間の協力を通して、学術的・国際的研究ハブを築こうとする NINS の新鮮な主導的な取り組みは、研究所間学術交流プログラムに非常にうまく適合している。5 研究所は、学術分野の垣根を越えて互いに連携しつつ、新しい研究コミュニティの形成を推進するために、大学および大学附置研究機関や大学共同利用機関と意欲的に協力しあうべきである。大学共同利用機関を中核として持つ大学の共同研究枠組みは、核融合研究において、長きにわたり上手く運営されてきた。将来に向けて、共同研究枠組みはますます増加していく傾向にある。NIFS や LHD といった大変複雑な施設の運営は素晴らしいものであり、資金提供機関から支援を受けてしかるべきだろう。本活動を拡大する計画は勇気づけられ、支援されてしかるべきである。NIFS は日本の核融合プログラムの担い手であり、その先導的な役割は賞賛されるべきものである。人口の多い日本核融合コミュニティは、日本国内で運転中の核融合装置に最も深く関連するという点において、LHD への貢献が期待される。現在 2 件の主要活動が展開されている。イメージング科学と自然科学におけるやや不明瞭なヒエラルキーと全体論が、今後の開発の主な柱に選ばれた。第 16 回国際土岐会議のテーマは先端イメージングとプラズマ計測であった。

要約すると、NINS の幅広い構造基盤を高め、またそこから恩恵を受けるという研究目的は、非常に価値あるものだと思われる。

(3) 研究成果について

研究成果は非常に重要である。長時間運転、5%オーダーの高いベータ値、LHD 関連技術の開発と言った主な成果は、選択したアプローチが正しかったことを雄弁に示す成功例である。また、理論・シミュレーション研究においては、鼓動している心臓の視覚化に始まりプラズマが面する壁からのダスト放出の 2 次元シミュレーションにいたる、整備された幅広いアプローチの恩恵を存分に受けている。この成功をもたらしたのは、高速点火統合連結コードにおける多層レーザープラズマ現象を調べるための統合シミュレーションシステムの開発によるものである。安全と環境に関する研究協力もまた、LHD 重水素実験のためのトリチウム除去システムの研究と開発という非常に重要な課題が示しているとおおり、同プログラムの不可欠な部分である。さらに、国際的に利用可能な原子データベースの収集は、世界規模での協力プログラムの貴重

な一里塚である。大事なことを言い忘れていたが、核融合を志向したプログラムからの副産物が、核融合の努力の外の先端科学分野に貴重な波及効果をもたらしている。これは、高出力マイクロ波発振器の開発による。これらの波及効果は、核融合発電の実現に向けたプログラムよりも短い時間的スパンで日本産業に恩恵をもたらしている。

研究成果は素晴らしいものである。

(4) その他

一般に、核融合研究の複雑さと多様性及びプログラムへの参加人数の多さから、NIFSが直面している組織上の課題は非常に困難なものであることを心に留めておく必要がある。しかしながら、このような問題も、透明な構造基盤を築くことで、ものの見事に解決されているように思われる。これは、上に述べた3つの枠組みから構成されている。一般共同研究には、NIFSで利用可能な主な施設が含まれ、NIFSの研究プログラムに欠かせない実験を行う目的で同研究所に来訪する研究者に予算が配分される。LHD共同研究は、LHD実験に焦点をあてており、その結果、ユニークな施設の極めて上手な使用を保っている。NIFSは、日本国内のあらゆる核融合思想と研究に対応した柔軟なプログラムを提供し、共同研究システムを潤滑に運営している。LHD共同研究によって、核融合コミュニティは日本国内で稼動する最先端装置へのアクセスが可能となっている。双方向型共同研究は比較的新しいもので、長い歴史をもつ様々な研究活動を推進しており、その時々で最も時宜を得た課題に着目している。一般共同研究は多様な研究活動を支援することによって、適切に運営されている。

以上をまとめると、上記3つの枠組みで運営される共同研究システムは適切に組織されていると思われる。

Review for the International Collaborative Research

NAME: Gyung-Su Lee

1. International collaborative research based on the inter-governmental agreement

(1) Administrative system

The International Collaboration on the Fusion Research is becoming more important as the ITER Project started officially. The Broader Approach related subjects such as IFMIF, DEMO R&D, Super Computer Application for fusion modeling, will also require further strengthening of the international collaboration. As Inter-University Collaboration Institute for Fusion Science in Japan, NIFS would need to have role to organize and administer in the area of international collaboration based on the inter-governmental agreement, somehow. In the Report, three inter-governmental agreements(JA-US, JA-KO, and JA-CN) and three IEA Implementing Agreements(except preparatory phase IEA Spherical Torus IA) are presented with detailed results. The technical results and outcome demonstrate that NIFS contribute international collaboration in these areas very well with well-organized manner.

Although the nature of inter-governmental international collaboration would make limited role for NIFS in administrative system point of view, it would be recommended that the strong effort toward integrate all inter-governmental collaboration program administration with single system. It would give whole picture of collaboration with coherent goals and purpose.

It is also recommended that under Joint Auspice of IAEA-IEA Program such as ITPA activities would be recognized as separate item in this category.

(2) Objectives of research

Because the inter-governmental collaboration has each specific purpose and objective for that specific Agreement, the selection of Objectives of Research by NIFS would be limited and comply within Agreement. Having said that, however, the adjustment of technical objectives would be very much possible and NIFS did indeed very well organize and execute within its limited leverage in the inter-governmental agreement framework.

It is also recognized that NIFS' role in IEA Stellarator Implementing Agreement is very much leading Institution in the world.

The selective adjustment of Objectives of each Agreement need to be reviewed and implemented to integrated program of NIFS itself and Japanese University Program Objective overall.

(3) Research results

The long history of JA-US Cooperation Program showed very well with strong research output such as workshop, visit, Graduate Student exchange, as well as joint projects. The JA-CN Cooperation Program also did very well with extensive output and achievement documented in Report. The JA-KO Cooperation Program started in Year 2005, so the first year has not completed, but the clear goal and plan is well established, so we could expect the good collaboration results within a couple of years of program period.

The IEA Stellarator IA program by NIFS was very well executed with leadership role by NIFS. The ITPA related activities and ITER Project related activities also produced some noticeable results, but it would be recommended that the stronger engagement to the major International Fusion Program, even though it has some complexity of administrative and policy-related issues to be resolved.

(4) Others (International collaboration, relationship with ITER collaboration)

In the event of full-start of the ITER Project in year 2007, the NIFS' role in International Collaboration needs to be reviewed, even though the program itself showed very strong output and execution performance. The technical expertise of LHD Construction and long experience of large superconducting device operation is invaluable to the ITER Project, and there are not many institutions that have capacity as well as experts, like NIFS. Also, the stronger engagement to the ITPA related activities need to be encouraged, so that it would need to be independently categorized. Also, the Broader Approach Projects need to be reviewed and engage strongly using NIFS' capacity and expertise, so far accumulated. The IFMIF and Supercomputing Facility would be very suitable categories to work with Japanese Universities. It is also recommended that the inter-governmental collaboration with other ITER Parties such as Euratom(and Associations), India and Russia would be also very valuable, in longer run, if Japanese Government develop relationship with these partners.

2. Collaborative Research in compliance with an inter-institutional academic scientific exchange agreement

(1) Administrative system

NIFS established 11 inter-institutional collaboration programs in 7 countries, as documented in the report. The new initiatives to expand relation in year 2006 need to be commended, as sign of stronger engagement of NIFS' international collaboration. It is also expected to expand further in coming years. Therefore, it is recommended to establish single administrative system to interface all the inter-institutional collaboration program. I recognized that the International Research Collaboration Group in the Research Coordination Center could be acting as the interface, but it would be useful to establish more visible system for clear interface with collaborating institutions in abroad.

(2) Objectives of research

All 11 programs except very recent ones, have been well-documented with Objectives of research. Especially, the Stellarator collaboration is well coordinated with shared role. The other collaboration program is toward technology and basic science field, so the objectives are depending upon the mutual interests of partners, of course. It is recommended that the new program with collaboration institutions could be review with NIFS' Objectives of Research, so that the excellent output and coherent objectives of program could be achieved.

(3) Research results

Except very recent collaboration programs, the output of inter-institutional collaboration is very excellent especially in the Stellarator research area. It is also recognized that Gyrotron development, TESPEL, diagnostics area technology program produced excellent results to convince the NIFS' international collaboration program's value.

(4) Others

In the similar recommendation as inter-governmental collaboration, the expansion of NIFS' effort for inter-institutional international collaboration needs to be encouraged. Especially, the special consideration for the main institutions in the ITER Partner countries, is recommended for strategic purpose in the longer run.

「国際共同研究」に関する評価

NAME: ギョン・スー・リー

1. 政府間レベルの協定に基づく国際共同研究

(1) 実施体制について

核融合研究に関する国際協力は、ITER 計画が正式に始動したことに伴い、重要性を高めている。IFMIF, DEMO R&D, 核融合モデリングへのスーパーコンピュータ適用といった幅広いアプローチに関連した題材においても国際協力の強化が必要になるだろう。日本国内の核融合研究共同利用機関として、NIFS は今後も政府間協定に基づく国際協力の分野を組織し、管理する役割を担うことが求められる。報告書では3つの政府間協定（日米、日韓、日中）および3つの IEA 下の協定（準備段階の IEA 球状トラス協定は除く）が詳細な結果とともに記述されている。技術的成果は、NIFS がこれらの分野の国際協力に首尾一貫した貢献をしていることを実証している。

政府間国際協力の性質上、運営管理上の NIFS の役割は限られてくるが、全ての政府間協力プログラムの管理を一つのシステムに集約化する努力は今後も継続されたい。これにより協力目標と目的に整合性を持った協力の全体像が鮮明化されるだろう。

また、IAEA-IEA プログラム共同主催の ITPA といった活動は本カテゴリーでは個別項目として認識されることを推奨したい。

(2) 研究目的について

政府間協力は協定ごとに個別の主旨および目的が定められている為、NIFS 主導による研究目的の選択には限界があり、全て協定の範囲内で行われなければならない。しかしながら、技術的な目的の調整には可能な部分もあり、NIFS は政府間協定の枠組みに定められた範囲内で、実にうまくこれらの調整を企画し、実行してきた。

また IEA ステラレータ協定においては、NIFS が世界を主導する役割を担っている、という事実が伺える。

各協定の目的の選択および調整には、NIFS 独自の研究目的と日本の大学プログラム全体の目的を統合したプログラムとなるよう評価し実行していく必要がある。

(3) 研究成果について

日米協力プログラムの長い歴史はワークショップ、視察、大学院学生交流、共同プロジェクトにみられる強力な研究成果を生み出してきた。日中協力プログラムにおいても報告書にあるとおり素晴らしい成果を残している。2005 年始動の日韓協力プログラムはまだ初年度を終えていないが、明確な目標と計画が確実に設定されているので数年の内には確実にプログラムの成果がみられるだろう。

IEA ステラレータ協定プログラムは NIFS 主導のもと、着実に実行された。

ITPA 関連活動や ITER 関連活動においてもめざましい成果をあげているが、主要な国際核融合プログラム——管理および政策に関わる未解決の課題が幾分残されているが——により一層関与することが望まれる。

(4) その他（国際協力、ITER 共同研究との関係）

2007 年の ITER 正式始動を受けて、プログラムそのものは着実な成果と実行力を示しているが、NIFS の国際協力における役割を今一度見直す必要がある。LHD 建設で得られた技術的専門知識や大型超伝導装置運転の長きにわたる経験は、ITER プロジェクトにとって貴重なものである。また、NIFS と同等の能力および知識を携える研究機関は非常に限られている。ITPA 関連活動への積極的貢献を今後より一層促がされるべきであり、それには独立したカテゴリーとして位置づけられるべきである。同時に幅広いアプローチ計画の見直しを実行し、これまで蓄積された NIFS の能力および専門知識を生かした協力が実施されるべきである。IFMIF およびスーパーコンピュータ設備は、日本国内の大学と研究協力を行うにあたり、非常に相応しい分野だといえる。

上記に加え、欧州原子力共同体、インド、ロシアといったその他 ITER グループとの政府間協力は、日本政府がこれらの国々と良好な関係を築ければ、非常に高い価値を生み出すものと思われる。

2. 研究所間学術交流協定などによる共同研究

(1) 実施体制について

報告書にあるとおり、NIFS は 7 カ国との間で 11 の研究所間協力を設立した。2006 年には関係拡大を図って新たな第一歩を踏み出しており、これは NIFS の国際協力貢献に対する強い意志の表れとして、高い評価に値する。次年度以降も引き続き活動の拡大を挙行されたい。その為には、全ての研究所間協力プログラムに適応できる単一実施システムの確立が望ましい。連携研究推進センターの国際研究協力グループが「繋ぎ役（インターフェース）」として機能していることは理解できたが、海外研究所との明確な協力活動を実施する上で、より目に見える形のシステムの確立が有効であると思われる。

(2) 研究目的について

ごく最近始動されたものを除き、全てのプログラムは研究目的に即して実施されている。特にステラレータ協力は役割分担と合わせてとうまく調整されている。その他の協力プログラムは技術および基礎科学分野に関するものであり、研究目的は協力者間の関心によって異なる。協力機関との新プログラムは NIFS の研究目的に基づいて検討されるとよいだろう。これにより素晴らしい成果と、研究目的の一貫性がもたらさ

れることと思われる。

(3) 研究成果について

ごく最近始動されたものを除き、研究所間協力は非常に優れた成果をあげている。特にステラレータ研究の分野における功績は素晴らしい。またジャイロトロン開発、TESPEL、計測技術に関するプログラムは非常に高い成果をあげており、NIFS 協力プログラムの価値を実証している。

(4) その他

政府間協力と同様、NIFS 研究所間国際協力の拡大が望まれる。長期的な戦略的目標という点で、特に ITER パートナー各国の主要研究所を対象にした研究協力を提言したい。

Review for the Coordination Research Center

NAME: James W. Van Dam

Comprehensive Review

(1) Role of the Coordination Research Center: whether the research objectives and themes at the time of the center's foundation were appropriate

In recognition of the importance of collaborations, NIFS created the Research Coordination Center (RCC). The timing of the establishment of the RCC (April 2004) suggests that it was set up in response to the report of the MEXT Working Group on Fusion Research (January 2003).

The Research Coordination Center consists of two divisions—one for academic research coordination and another for industrial-academic research coordination—and also a center for atomic and molecular data research.

The Division of Academic Research Coordination contains groups that coordinate international collaborations, ITER research, laser-plasma research, and inter-institutional research, respectively. The fact that the deputy director-general (Prof. Sudo) heads this division further highlights the significance of collaboration activities at NIFS.

The International Research Collaboration Group within the Division of Academic Research Coordination of the Research Coordination Center handles bilateral and multilateral cooperation activities. It has a close working relationship with the Committee of International Research Affairs, which is a committee that involves the entire Institute and that covers experiments, theory, etc. From the presentations, however, it was unclear what is the nature of this relationship and why two such similar committees exist in parallel.

Incidentally, in the presentations, two names were used: "Research Coordination Center" and "Coordination Research Center." Which is the appropriate name in English? (The NIFS web page should be consistent with whichever is the appropriate name; see <http://dpc.nifs.ac.jp/index.html/>.)

In 2005, one of the subjects reviewed by the External Peer Review Committee was "coordinated research and joint activity." This topic referred to domestic collaborations. The name of this topic ("coordinated research") and the name for the Research Coordination Center (reviewed separately this year) are very similar. Is there a distinction?

(2) Appropriateness of the research themes and objectives after the center's foundation

The original objectives of the Research Coordination Center were to spin off fusion technologies (e.g., developed on LHD) for industrial and non-fusion scientific collaborations and applications, and also derive a spin-in benefit from such collaborations for the advancement of fusion science ("boomerang effect"). In my opinion, these objectives were

appropriate when the Center was founded, and continue to be appropriate.

Let me mention that the US Congress has asked the Office of Fusion Energy Science (US Department of Energy) to report in early 2007 concerning how the US fusion program interacts with the broader scientific community. NIFS is to be commended in that it already has the Research Coordination Center for the purpose of facilitating such broader interactions, both scientific and industrial.

(3) Research results for these 3 years

Having already commented about academic research coordination in the first section of this review report, I will confine my remarks about the Research Coordination Center to its Division of Industrial-Academic Research Coordination and its Atomic and Molecular Data Research Center.

Previously I had been aware of the solid work on atomic and molecular research at NIFS (in particular, the atomic and molecular database). At this meeting of the External Peer Review Committee I had an excellent opportunity to learn about the work at NIFS on industrial-academic research collaborations.

One of the presentations noted that new types of achievements are being “strongly demanded” to demonstrate the success of the NIFS merger within NINS. In this respect, I think that the Research Coordination Center can contribute strongly. Examples are: (1) simulation science—useful across many fields of science and in technological applications; (2) imaging—another cross-cutting methodology; (3) interaction of microwaves and materials—applicable to research areas at other NINS partner institutes and also in industry; (4) plasma surface interactions—blending physics, chemistry, and technology; and (5) ceramic sintering—relevant to the world-famous ceramic industry in the Toki area.

As an administrator, I was struck by the sizeable grant from MEXT (¥800M) for microwave material physics studies. Applying microwave science to other scientific fields and in industry is certainly a good use of expertise developed in fusion research. The list of applications of microwaves in astrophysics, industry, etc., is quite impressive. The result about microwave penetration into compacted metal powder is interesting, since it provides a first-ever indication that the magnetic field of the microwaves is effective. The plan to use computer simulations for the microwave material physics project, coupled with the experimental studies, is very commendable, especially as it takes advantage of strong NIFS numerical expertise. The microwave work is part of an international inter-institutional collaboration between NIFS and FZK (Germany). The microwave materials investigations at NIFS would also seem to be a natural project for collaboration within NINS, which I definitely encourage.

The Atomic and Molecular Data Research Center has focused its activities on the AM/PWI database, which has existed for a number of years. New information included in this database comes from the evaluation of data collected outside and from the production of data through NIFS domestic and international collaborations; it would be of interest to know the approximate ratio of these two sources of new data. As of April 2006, over 1100 persons from

57 countries plus 544 persons in Japan have used this database. Of the approximately 7300 access hits recorded in 2005, it would be informative to know how many were from Japanese institutions outside NIFS and how many were from international users. The use of a collisional radiative model for iron ions, validated with LHD spectral data, in order to analyze satellite data for solar spectra and thereby gain understanding of the coronal heating mechanism is a cute idea and could be a nice collaboration with the National Astronomical Observatory within NINS. (Incidentally, is this the same project as the research on “non-equilibrium plasma by LHD and solar-B satellite?”)

(4) Appropriateness of the center’s human resources and facility maintenance as well as improvement

The Research Coordination Center has only 10 full-time personnel—and I doubt that Prof. Sudo, the head of the RCC’s Division of Academic Research Coordination, is full-time in this capacity. The Atomic and Molecular Data Research Center has six scientists (one of whom is now retired), and the Division of Industrial-Academic Research Coordination has only three. In view of the significant surge of activity in microwave material physics research, the industrial-academic research effort could probably use more personnel.

The Research Coordination Center has available an in-house PC cluster on which to perform numerical simulations of microwave material physics, plasma-surface interactions, etc. Having this cluster is an admirably cost-effective way to provide computing cycles for these simulations, supplementary to the NIFS super-computer facilities.

A general comment is that the Coordinated Research web page <http://www.nifs.ac.jp/en/kenkyo/kyodo-kenkyu/kyodo.html> needs to be updated.

(5) Level of Contribution: how much the center contributes to the deepening of science, systematization, and human resource fostering through academic scientific collaboration and atomic molecular data research

During the past three years, the members of the Atomic and Molecular Data Research Center have published 35 papers in refereed journals.

Out of curiosity, I would like to have heard more details about (1) plans for research on photo-ionized plasma using the scrape-off layer (with the Institute of Molecular Science within NINS); (2) proposed work on medical applications of the atomic and molecular database; (3) proposed work on radiotherapy; and (4) planned work on quantum plasma science.

(6) Level of Contribution: whether the center has made a nuclear fusion research based contribution to the industry in Japan through an academic–industrial collaboration

It is clear that spin-offs can be quite important for bolstering the reputation of fusion research in the broader scientific community and in industry.

One issue with industrial-academic collaborations is that care needs to be taken not to disclose specific information that is proprietary in industrial applications. The Research Coordination Center is aware of this issue and appears to be dealing with it successfully so far.

(7) Others

「連携研究推進センター」に関する評価

NAME: ジェームズ W. ヴァンダム

総合的観点からの評価

(1) 連携研究推進センターの役割

(創設時の目標、研究テーマの設定は適切だったか)

研究協力の重要性の認識から、NIFS（核融合科学研究所）は連携研究推進センターを設立した。同センター設立（2004年4月）の時期から、これは文部科学省の核融合研究に関するワーキンググループ（2003年1月）を受けたものと思われる。

連携研究推進センターは学術連携推進室と産学連携室、および原子分子データ研究室で構成されている。

学術連携推進室は国際連携、ITER 連携、レーザー連携、機構連携の部門で構成される。須藤副所長が本部門の代表であることから、NIFS における研究協力活動の重要性が伺える。

同センター学術連携推進室の国際連携部門では、二国間または多国間研究協力活動を担当している。同部門は研究所全体が関与する研究・理論等を扱う国際交流委員会と密接な連携をもっている。しかしながら報告を聞く限り、同部門と同委員会の関係が明らかでなく、同種の委員会が平行して存在する理由が定かでない。

ところで、報告会では2つの名前【Research Coordination Center】と【Coordination Research Center】が使用されていた。英語ではどちらが正しいのだろうか。（NIFS ホームページ内ではどちらか一方に名称を統一すべきである。【参照】<http://dpc.nifs.ac.jp/index.html/>）

2005年に外部評価委員会で取り上げられたテーマのひとつが、coordinated research と joint activity であった。このテーマは国内協力を意味していたが、この名称『共同研究（"coordinated research"）』と連携研究推進センターの名称『Research Coordination Center』（本年に別途評価）は非常によく似ている。何か明確な違いはあるのだろうか。

(2) 創設以降の研究テーマ、目標の設定は適切であったか

連携研究推進センター設立当初の目的は、核融合技術（例えば LHD で開発されたもの）を産業界や非核融合科学研究に波及させ、同時に、核融合科学の発展を目指してそれらの研究から成果を引き入れるものであった（『ブーメラン効果』）。私の見解では、これらはセンター設立時の目的として適切であり、今も継続して適切であると思う。

米国議会は核融合エネルギー科学局（米国エネルギー省）に対し、2007年初めに米国核融合プログラムが幅広い科学コミュニティとどのように関わるのか報告するよう求めた。この点において、NIFSが既に科学・産業両面において幅広い相互交流を推進する目的で連携研究推進センターを設立していることは、賞賛に値する。

(3) 3年間を通しての成果

本評価報告書の第一項で学術研究連携について述べたため、連携研究推進センターに関する評価は産学連携推進室と原子分子データ研究室に留めておく。

以前より NIFS における原子分子研究（特に原子分子データベース）の着実さは知っていたが、今回の外部評価委員会は産学連携推進室について知る、よい機会であった。

発表の中で、NIFS が自然科学研究機構へ合併した正当性を証明するため、新たな成果が求められているとあった。この点において、連携研究推進センターが大きく貢献できると思われる。例えば1) シミュレーション科学——多分野の科学研究や技術への応用で有用である、2) イメージング——新たな複合技術、3) マイクロ波と物質の相互作用——機構内の他研究所または産業界の研究に応用可能、4) プラズマ壁相互作用——物理・化学・技術の融合、そして5) セラミック焼結——土岐市内の世界的に有名なセラミック産業に関連、などが考えられる。

研究所長として、マイクロ波物質物理の研究に対する大きな額の文部科学省科学研究費（8億円）に感銘を受けた。マイクロ波科学を他の科学分野や産業界に応用することは、核融合研究の中で見出された専門知識の良い利用法であることは、言うまでもない。天体物理や産業界への各種マイクロ波応用技術は、非常に印象的である。マイクロ波磁場の有効性を初めて指摘したという理由から、圧縮した金属粉体へのマイクロ波浸透に関する成果は興味深い。実験研究とあわせて、マイクロ波—物質物理研究にコンピュータシミュレーションを使用する計画は、NIFSにある強力な数値計算技術を生かすことであり、非常に高く賞賛される。マイクロ波研究はNIFS-FZK（ドイツ）間で行われている国際研究所間協力プログラムの一環である。NIFSのマイクロ波物質研究は機構内の自然な連携プロジェクトであるように思われ、とくに奨励したい。

原子分子データ研究室はAM/PWIデータベースに関する活動に専念しており、設立してかなりの年月になる。本データベースに含まれる新情報は、所外で収集されたデータを評価したものや、NIFS国内外共同研究の成果によるものである。これら2種の新データについて、おおよその比率を知りたいところである。2006年4月時において、57カ国1100人、日本国内から544人の個人が本データベースを利用している。2005年には約7300のアクセス数を記録しており、国内研究所（NIFS所外）からのアクセス数、および外国からのアクセス数の把握は有益だろう。太陽スペクトルの衛星データを分析し、コロナ加熱のメカニズムを解明するため、LHDスペクトルデータで実証

した鉄イオンに対する衝突輻射モデルを使用することは気がきいたアイデアであり、国立天文台との優れた研究協力と成り得るだろう。(しかしこれは、LHD およびソーラーB 衛星による非平衡プラズマに関する研究プロジェクトと同じものではないだろうか?)

(4) 人員、設備の整備、拡充は適切に進められているか

連携研究推進センターの専属職員は 10 人だけであり、同センター学術連携推進室長の須藤教授も専属ではない。原子分子データ研究室には 6 名の研究者が在籍しており(うち一人は退職)、産学連携推進部門の専属職員は 3 名だけである。マイクロ波物質物理の研究活動の急増を視野に入れて、産学連携部門にはもう少し人材が必要と思われる。

連携研究推進センターでは、マイクロ波の物質物理やプラズマ・表面相互作用などについて数値シミュレーションを行う専用の PC クラスタ計算機を保有している。このクラスタの利用は NIFS スーパーコンピュータ設備を補足しつつ、前記のシミュレーションに計算資源を提供する、費用対効果が高い優れた方法である。

一般的見解を述べれば、連携研究推進センターの英語版ホームページを更新された

い。
(<http://www.nifs.ac.jp/en/kenkyo/kyodo-kenkyu/kyodo.html>)

(5) 学術連携、原子分子データの研究によって、学術の深化、体系化、人材養成に貢献しているか

過去 3 年間、原子分子データ研究室では査読ジャーナルに 35 件の論文を出版した。

個人的な興味から、1) (機構の分子科学研究所と共同で) スクレイプ・オフ層での光イオン化プラズマに関する研究計画、2) 原子分子データベースの医療応用に対する計画、3) 放射線治療に関する計画、4) 量子プラズマ科学に関する計画、について詳細を訊ねたい。

(6) 産学連携によって、我が国産業に、核融合研究を基礎とした貢献がなされているか

幅広いサイエンス・コミュニティや産業界で核融合研究が評価を高めるには、成果の波及活動が非常に重要な意義を持つ。

産学研究連携の課題のひとつに、産業応用で如何に企業の秘密情報を保護するかという点が指摘される。現段階で連携研究推進センターはこの問題点を認識しており、適切に対処していると見受けられる。

(7) その他

Review for the Coordination Research Center

NAME: Michael Tendler

Comprehensive Review

(1) Role of the Coordination Research Center: whether the research objectives and themes at the time of the center's foundation were appropriate

The role of the Coordination research center is very important. The idea behind the concept is to create a multifold feedback loop exploiting the scientific excellence of NIFS facilities and the collective knowledge of the staff employed at NIFS. The aim is to enhance many technological spin-offs resulting from the major thrust of fusion research and to benefit from them at the same time. This is very eloquently coined as "the Boomerang Effect". At the time of the center foundation research objectives and themes were definitely appropriate. Yet, it would appear problematic because of the stringent constraints imposed on the flexibility and competence of the management and the staff. It appears that NIFS has invested a very big effort in making this idea to work fruitfully. The RCC organizational chart is rather clear with the well defined sharing of duties. Different divisions are formed in agreement with their respective fields and responsibilities.

Conclusions, although preliminary due to the short time in existence of RCC 3 years only, should be very positive.

(2) Appropriateness of the research themes and objectives after the center's foundation

The research themes and objectives are appropriate for the synergy of the NIFS scientific strength and extremely broad range of challenges confronted by the world wide fusion effort. Four research groups are focusing on important issues of magnetic and inertial confinement and emerging fields in cooperation with NINS. Their activities are taking place domestically and internationally. They yield many results affecting for example the ILE fast ignition experiments and the ITER program. Activities are carried out in collaboration with Japanese universities, NINS, international fusion institutes and private industries. The budget allocated to the tasks seems to be adequate.

The research themes and objectives after the center's foundation are appropriate.

(3) Research results for these 3 years

Research results are considerable given the short time in existence.

In the field of inertial confinement one should mention fabrication of cryogenic targets, simulations for fast ignition with cone-guided targets, neutron and X-ray intensity measurements and development studies of the inertial confinement fusion reactors. This is very important because the inertial confinement concept is now at the critical stage. ITER is at present the focal point of the international fusion effort. Hence, a lot of support given by NIFS is highly beneficial for its success. Research on non-equilibrium plasma by LHD and Solar-B

satellite is the fine example of the inter-institutional research within the framework of NINS.

Industrial-Academic research has had many successes during these 3 years. Development of 1 MW, 1 sec superconductive magnetic energy storage, microwave applications to ceramic, dielectric materials and powder metals and sintering for the extremely large telescope project are major breakthroughs in their respective fields. In particular, the microwave field applications look extremely promising. It might prove to be a success in reduction of the green house effect on environment caused by the steel industry. This is bound to increase the goodwill to NIFS on behalf of the Japanese public and industry.

In summary, results obtained by the RCC are already very impressive and promise to be further amplified in the future.

(4) Appropriateness of the center's human resources and facility maintenance as well as improvement

The manpower allocated to the RCC activities is rather small. Yet, NIFS has delegated its most experienced and flexible scientists to contribute to this activity. Given the importance of other tasks such as LHD operation the increase can only be realized through inter-institutional academic scientific exchanges. This is already happening on a small scale. Yet, the involvement of the Japanese university scientists should be encouraged in all possible ways. To realize this goal Grant in Aid applications should be exploited to the maximum given the severe constraints on the NIFS fusion budget.

(5) Level of Contribution: how much the center contributes to the deepening of science, systematization, and human resource fostering through academic scientific collaboration and atomic molecular data research.

Atomic and Molecular Data sampling is an important part of fusion research. The team consists of five dedicated scientists. The database is widely used in the world resulting in numerous collaborations with the atomic physics community. This activity yields important applications to the field of fusion plasma diagnostics and geo and astrophysics. It is widely used in plasma wall interactions, impurity accumulation and neutral beam heating studies. Atomic physics is also relevant to pellet fuelling and detached plasma fusion issues. Future plans are very well defined on a rather long time scale.

(6) Level of Contribution: whether the center has made a nuclear fusion research based contribution to the industry in Japan through an academic-industrial collaboration

The level of Contribution: The center has made a nuclear fusion research based contributions to the industry in Japan through an academic-industrial collaboration. It should be considered to be very large. Fusion research is the generous donor in this case. Yet, the feedback to the fusion from the industrial oriented research is rather modest so far. This is probably due to a rather long time of implementation of scientific innovations by industry. Hence, it might take some time before we will see the full fledged results of this activity materializing the mentioned above "Boomerang Effect".

(7) Others

Organization to promote ITER collaborations is in place. Additional effort should be made to involve university research in ITER and BA. Future prospects are very good and the work to materialize this program is well underway. Web site on ITER has been made up in the NIFS home page containing plans and reports on this activity.

International research collaboration program is particularly important because of the role played by the LHD experiment. The long term program carried out there is of particular importance for fusion research. Hence, many bilateral and multilateral international collaborations should be further developed. It is also important to keep these activities unbureaucratic and expeditious.

「連携研究推進センター」に関する評価

NAME: マイケル・テンドラー

総合的観点からの評価

(1) 連携研究推進センターの役割

(創設時の目標、研究テーマの設定は適切だったか)

連携研究推進センターの役割は非常に重要である。設立の裏にある概念は、NIFS 施設の科学的良好さおよび NIFS 所員の総合知識を活用し、多階層のフィードバックループを構築することにある。同センターの目標は核融合研究の活発な推進の結果生じた技術的波及効果を高め、それにより利益を得ることである。これは【ブーメラン効果】と称される。センター設立時の研究目的およびテーマはきわめて適切であったが、運営の柔軟性や規模、またはスタッフに課せられた制約のため、少々問題があるように思われる。NIFS は本構想の実りある実現に向けて多大な努力を行ったとみられる。連携研究推進センターの組織図は、役割分担が明確に記されており、非常に分かりやすい。それぞれの分野・責任に従って、複数部門が設置されている。

結論として、センターは設立後 3 年で準備段階にはあるが、非常に肯定的な印象である。

(2) 創設以降の研究テーマ、目標の設定は適切であったか

研究テーマおよび目標は、NIFS の科学的利点と世界中の核融合研究が直面する幅広いチャレンジの相乗効果を得る上で適切である。4 つの研究グループが存在し、磁場・慣性閉じ込めおよび機構との連携で生まれる新分野の重要課題に焦点をあてている。同センターの活動は国内および国外に及ぶ。各研究グループは多くの実績を生み出し、例えば ILE 高速着火実験や ITER プログラムに影響を及ぼしている。活動は日本の大学、自然科学研究機構、国際的な核融合研究所および民間団体との連携で行われる。各プロジェクトに配分される予算は十分なものと思われる。

創設以降の研究テーマおよび目標は適切である。

(3) 3年間を通しての成果

同センターが設立されたまだ日が浅いことを考慮すると、その成果は相当なものである。慣性閉じ込めの分野において、低温ターゲットの製造、コーンガイドターゲットを用いた高速点火シミュレーション、中性子および X 線強度計測、慣性閉じ込め核融合炉の開発研究、等をあげておきたい。慣性閉じ込めの概念が現在重要な岐路にあることから、これは非常に意義深い。ITER は現時点で国際核融合研究の焦点であり、

NIFS が行う様々な支援は同プロジェクトの成功に非常に有益である。LHD および Solar-B 衛星による非平衡プラズマ研究は、NIFS 枠組み内における機構内研究連携の素晴らしい一例である。

産学連携研究は過去3年間で様々な成功を達成した。1MW、1secの超伝導磁場エネルギーの保存機器、セラミック、誘電体、金属粉体へのマイクロ波技術応用、超大型望遠鏡プロジェクト用資材の焼結、がそれぞれの分野における技術的な大躍進の例である。とくに、マイクロ波利用の将来性は計り知れない。鉄鋼業が引き起こす環境の温室効果の軽減が成功するかもしれない。これにより、日本国民および企業を代表し、NIFS への信用は益々高まるだろう。

以上をまとめると、連携研究推進センターの研究成果にはすでに目を見張るものがあり、将来的になお目覚ましい発展を遂げると確信している。

(4) 人員、設備の整備、拡充は適切に進められているか

連携研究推進センター所属の人員は十分とは言えない。しかしながら、NIFS はもっとも高度にして柔軟な研究者を選んで同センターに配属している。LHD 運転といった他のプロジェクトの重要性を踏まえると、センターの人材拡大は機構間学术交流を通してのみ可能であろう。これはすでに小規模ではあるが実現されている。しかし、日本国内大学に所属する研究者を活動に加えることが、あらゆる意味で期待される。NIFS の核融合研究予算の制約がきびしい現状から、この目標を実現するためには、科研費を最大限に活用すべきである。

(5) 学術連携、原子分子データの研究によって、学術の深化、体系化、人材養成に貢献しているか

原子・分子データ収集は核融合研究において重要な部分である。同部署は5名の専属研究者により構成されている。データベースは世界中で幅広く利用され、多彩な原子物理コミュニティーとの共同研究に繋がった。同活動は核融合プラズマ計測や地球・宇宙物理学といった分野に重大な応用をもたらした。データはプラズマ壁相互作用、不純物蓄積、および中性粒子ビーム加熱研究などにおいて広く利用されている。原子物理はまたペレット燃料や非接触プラズマ核融合の問題とも関連性がある。将来の計画は長期的スパンで丁寧に定義されている。

(6) 産学連携によって、我が国産業に、核融合研究を基礎とした貢献がなされているか

貢献度：センターは産学連携活動を通して日本の産業界に、核融合研究に基づく貢献を行ってきた。貢献度は非常に高いといえる。核融合研究はこの場合、寛大な援助

提供者である。しかしながら、産業ベースの研究から得られる核融合に対する貢献は控え気味だと思われる。これは産業界において科学的発明を具体化することに時間を要するためである。よって、我々が上記で参照された【ブーメラン効果】によりもたらされる同活動の完全な結果を目にするまでには、しばらくの時間がかかるだろう。

(7) その他

ITER 共同研究を推進する組織が編成されている。今後は大学研究を ITER や BA に取り入れるため、更に尽力されたい。将来的な見込みは非常に高く、本プログラムを具体化する運動は既にはじまっている。NIFS の Web サイト内においても ITER 関連のページが作成され、各種計画や本活動の報告等が掲載されている。

国際研究協力プログラムは、LHD 実験がもつ役割を考慮すれば、つくに重要なものである。進行中の長期プログラムは核融合研究にとりわけ重要なものである。よって、双方向・多国間の国際研究協力のさらなる発展が望まれる。また、これらの活動を非官僚的かつ能率的に保つことも非常に重要なことである。

Review for the Coordination Research Center

NAME: Gyung-Su Lee

Comprehensive Review

(1) Role of the Coordination Research Center: whether the research objectives and themes at the time of the center's foundation were appropriate

The Role of the Coordination Research Center, as defined in report, such as Academic Research Coordination, Industrial-Academic Research Coordination, and Atomic & Molecular Data Research Center, is well defined and very suitable for serving NIFS' missions. As inter-university research institute in Japan, it is very important to have inter-university research coordination, so it is done by overall NIFS function, and reviewed last year. It is also very important to have international collaboration, inter-institutional collaboration, as well as industrial-academic collaboration, to promote enhancement of cooperation centered around NIFS. So CRC has very well positioned in the objectives and themes. It is also very important to mention that the Atomic and Molecular Data Center's objectives and theme in the fusion plasma research in the world. It is well established as the leading center for fusion plasma data in the world to accumulate, maintain, and advance the data activities and utilization.

(2) Appropriateness of the research themes and objectives after the center's foundation

Same comments as abovementioned in #1.

(3) Research results for these 3 years

The research results from Atomic and Molecular Data Center, and Industrial-Academic Research Coordination Division are excellent, and well documented in the report. As a peer reviewer, I commended their effort during last three years, and would like to encourage their stronger effort for the coming years. The international collaboration part is separately reviewed, so I would not make comment here, again. The other three areas for Academic Research Coordination, such as Laser Research coordination, ITER Research coordination and Inter-Institutional Research Coordination, produced good results, even though some of work was initiated very recently. One recommendation that I would repeat as in the International Collaboration, is that for ITER Research collaboration area. The stronger engagement to the ITER Construction activities, ITPA activities, and Broader Approach activities should be in high priority with encouragement from NIFS.

(4) Appropriateness of the center's human resources and facility maintenance as well as improvement

It is difficult to assess appropriateness of RCC's resources including personnel and facility, by reading reports. However, RCC's personnel list showed that center is working with virtually "matrixed" operation mode with double-duty members. As foreign member of review committee, it is not possible to make firm recommendation, but it would be useful to clarify the mode of operation in the each division and group in the RCC in the future.

(5) Level of Contribution: how much the center contributes to the deepening of science, systematization, and human resource fostering through academic scientific collaboration and atomic molecular data research

As indicated in abovementioned sections, the Atomic and Molecular Data Center contributed very much for the fusion plasma data collection and utilization effort in the world-wide scene. The Academic Research Coordination Division and its four groups did very well with goals of RCC. The Industrial-Academic Research Coordination Division did contribute well to serve RCC's goal as well as NIFS overall mission, but it has stronger effort in spin-off of fusion developed technologies, so it has different output than other divisions of RCC.

(6) Level of Contribution: whether the center has made a nuclear fusion research based contribution to the industry in Japan through an academic-industrial collaboration

As abovementioned in #5, the Industrial-Academic Research Coordination produced important contribution to the spin-off technologies from fusion research, especially in the application of microwave technology. The superconducting technology application starts to make contribution for the spin-off in SMES area. These output could be evaluated very highly for the standard of fusion laboratory world-wide. However, NIFS accumulate many advanced technologies for LHD construction and operation in the area other than microwave and superconducting technologies, so it would be useful to evaluate all possible areas and develop systematic implementation plan would be very useful exercise to do more and better in the future.

(7) Others

「連携研究推進センター」に関する評価

NAME: ギュン・スー・リー

総合的観点からの評価

- (1) 連携研究推進センターの役割
(創設時の目標、研究テーマの設定は適切だったか)

報告書にあるとおり、学術連携推進室・産学連携推進室・原子分子データ研究室といった連携研究推進センターの役割は明確化されており、NIFS の使命に適合している。日本の大学共同利用機関として、大学間研究協力を行うことは非常に重要であり、NIFS では広く実施されており、昨年も評価を受けた。同様に国際協力、機構内協力また産学連携も、NIFS 主体の研究協力をより一層推進していく上で、極めて重要である。連携研究推進センターはその研究目的およびテーマに非常によく適合している。また、原子分子データ研究室が世界の核融合プラズマ研究に則した研究目的およびテーマを掲げていることに言及しておきたい。同センターは世界の主要核融合プラズマデータセンターとして発展を遂げ、データ活動および利用の蓄積・維持・発展に寄与している。

- (2) 創設以降の研究テーマ、目標の設定は適切であったか

第一項に同じ。

- (3) 3年間を通しての成果

原子分子データ研究室および産学連携推進室の研究成果は素晴らしく、報告書に明確化されている。外部評価委員として、同部門の3年間を通しての努力を高く評価するとともに、次年度以降も更なる進展を期待したい。国際連携部門は別途評価の対象であるため、ここではコメントしない。学術連携推進室のその他3分野、レーザー連携・ITER 連携・機構連携においても、ごく最近始動したものもあるが、よい成果をあげている。国際協力の分野で特に ITER 連携について、ITER 建設事業・ITPA 活動、幅広い (BA) アプローチ活動を NIFS の更なる支援のもと最優先に据えることをアドバイスしたい。

- (4) 人員、設備の整備、拡充は適切に進められているか

連携研究推進センターの人員および設備を含めた資源の適切性を、報告書をもとに審査するのは難しい。しかしながら、同センターの人員名簿を拝見するかぎり、同センターは併任職員を擁した『マトリックス (行列)』モードで運営されている。外国の外部評価委員として確固たるアドバイスを述べることはできないが、同センター内で

各系・グループの運営モードを明確にすることが有用ではないだろうか。

(5) 学術連携、原子分子データの研究によって、学術の深化、体系化、人材養成に貢献しているか

上記に述べたとおり、原子分子データセンターは核融合プラズマデータ収集および利用努力について、世界規模の貢献をした。学術連携推進室および所属部門の4グループは、連携研究推進センターの目標に沿った活動を首尾よく展開した。産学連携推進室はセンターの目標およびNIFS全体の使命に従ってよく貢献したが、核融合開発技術の波及効果に尽力を注いでいるため、センターの他部門とは異なる成果を収めている。

(6) 産学連携によって、我が国産業に、核融合研究を基礎とした貢献がなされているか

第5項で述べたとおり、産学連携室は核融合研究を応用した波及技術、特にマイクロ波技術の応用に重要な貢献を行った。超伝導技術の適用はSMES分野で波及効果を生み出しており、貢献が始まっている。これらの成果は世界中の核融合研究所の水準に照らし合わせて、非常に高く評価されてよいだろう。しかしながら、NIFSはLHD建設およびマイクロ波・超伝導技術以外の分野でも多くの先進技術を蓄積している。そこで今後は、評価可能な全分野に対して評価を実施し、体系化した導入プランを開発することで、更なる発展への準備が整えられるだろう。

(7) その他

Review for the Department of Engineering and Technical Services

NAME: James W. Van Dam

(1) Level of contribution to the objectives of the Department's foundation

Although engineering and technical services is not my area of expertise, this department certainly appears to be well organized and efficiently run.

(2) Job quality: how the Department has carried out their jobs in correspondence to the annual job plan

From this presentation, I definitely received the impression of high competence—which is critically necessary for the operation and maintenance of the world's largest superconducting fusion facility.

(3) Organizational quality: how much the Department is capable of supporting such researches that correspond to a device intensification for the purpose of a plasma parameter improvement or an organizational change within the institute

This department consists of five divisions, which comprise 20 sections; however, it has only 46 employees (about the same size staff as for the Department of Administration, incidentally). The Division of Fabrication Technology, for example, has six engineers to cover four sections. Device Technology has three engineers to cover four sections. Even though the department is run extremely efficiently, the number of staff seems to be somewhat inadequate—although we were told that engineering work can be outsourced if necessary.

(4) Technical Contribution: how much the Department can contribute their technology to the collaborative research as well as the society

The program of high school student internships and the Summer Science School are excellent not only for community relations, but also as part of the NIFS educational role. The School has been in operation for 12 years, and 960 students have participated in it. The high percentage (90%) of Summer School students who have gone on to study science and engineering at higher educational levels is also very impressive. The commendation that the Department of Engineering and Technical Services received from MEXT for running the School is quite understandable.

(5) Skills: whether the engineers are well qualified, having skills necessary to carry out technical skills; also, whether they constantly attempts to improve their skills

We were told that the Department has a budget earmarked for continued training of its staff engineers. Staff members attend technology meetings annually. On occasion they are sent to

lectures given by private organizations for skill enhancement.

A high priority for this Department is replacing staff members who will retire soon. A strategy is in place so that technical skills vital for operating and maintaining the LHD facility are not lost through the retirement of expert engineers.

(6) Job Role: as for the Large Helical Device (LHD) experiments, whether the Department shares the responsibilities appropriately with dispatched device operators

The numerical simulations of deuterium release from LHD were nicely done. Whoever carried out these simulations should be complimented.

(7) Communication and Association: whether the Department keeps appropriate communication and cooperation with other engineering personnel within the National Institutes of Natural Sciences and universities over the technological issues

The Department has hosted the Symposium on Technology four times during the past 16 years. It will host it again in 2007. The last time NIFS hosted this symposium (2001), there were over 400 participants.

Since 2006 the Department is also involved in a joint symposium on technology that is held with the other partner institutes of NINS. This is an excellent collaborative activity within NINS.

The Department participates in joint engineering and technical projects with seven national universities and two institutes. One of these joint projects is the manufacture of cryogenic targets for the fast ignition laser fusion experiment at Osaka University.

(8) Others

A couple of people from the Department help the Computer Center with the administration of computer networks and network security at NIFS. This is an expanding area of work, in view of the large number of computers and networks at NIFS.

「技術部」に関する評価

NAME: ジェームズ W. ヴァンダム

(1) 技術部設置目的に対して充分役割を果たしてきたか

専門外になるが、技術部は適切に組織され、効率的に運営されていると思う。

(2) 年間業務計画に対して業務を遂行できたか

本報告会から、技術部の質の高さが十分に伺えた。これは世界最大規模の超伝導核融合施設の運転・維持という点で、必要不可欠な要素である。

(3) プラズマ・パラメータ向上のための機器増強や研究組織の変更に対応する研究支援業務に充分対応できる組織か

技術部は5課から構成され、さらに20係に分かれている。しかしながら、同部に所属する職員は46人に留まっている（これは管理部の人員とほぼ同数）。製作技術課を例にとってみれば、同課には6人のエンジニアが所属しており、このメンバーで4係を構成している。装置技術課では3人のエンジニアが4グループを担当している。技術部自体は効率的に運営されており、同部の業務は必要に応じて外注も可能ということだが、やはり人員不足の感は否めない。

(4) 共同研究に対し、また社会に対し、技術貢献できる組織か

高校生のインターンプログラムやサマー・サイエンス・スクールは、公共活動という点だけでなくNIFSの教育的役割という点でも素晴らしいシステムである。サマー・サイエンス・スクールは始まって12年になり、これまで960人の生徒が参加している。サマー・サイエンス・スクールに参加した生徒の実に90%が、科学や工学分野の高等教育機関に進学しており、この実績には心から感銘を受ける。The Schoolの運営が認められ、技術部が文部科学省から表彰されたことは理解に難くない。

(5) 技術業務を行う上で具備すべき能力は充分整っているか。またその向上に努めているか

技術部にはスタッフ教育に指定された予算が割当てられていると伺っている。スタッフメンバーは毎年技術研究会に参加しており、スキル上達を目指し、民間機関が開催する研修にも参加する。

技術部の課題の高優先順位は間もなく定年を迎える職員の補充である。これら専門

家の退職により、LHD 設備の運転・維持に不可欠な技術能力が損なわれないよう、人材戦略は既に始まっている。

(6) 大型ヘリカル装置実験に関して運転員との職務の役割分担は適切か

LHD から出るアルゴンガスの数値シミュレーションは適切に行われた。これを算出した職員は高い評価に値する。

(7) 機構内や大学等の技術職員との技術連携・技術交流は行われているか

過去 16 年の間に、技術部では『技術研究会』を 4 回実施してきた。2007 年にも主催を予定している。前回 NIFS がシンポジウムを主催した折には (2001 年) 400 人を越える参加者があった。

2006 年からは機構内研究所と共同で主催する技術シンポジウムにも参加しており、機構内の素晴らしい技術連携活動である。

また、技術部は国内の 7 国立大学と 2 研究所との間で、共同研究の技術支援を行っている。これら共同研究・技術支援のひとつは、大阪大学で行われている『高速点火レーザー核融合実験用低温ターゲットの製造』である。

(8) その他

技術部所属の 2 名がコンピュータセンターで NIFS ネットワークおよびネットワークセキュリティの運営に関わっており、所内に設置されたコンピュータ台数やネットワーク数を考慮すれば、相当の作業範囲になる。

Review for the Department of Engineering and Technical Services

NAME: Michael Tendler

(1) Level of contribution to the objectives of the Department's foundation

LHD is the masterpiece of the art of engineering. Hence, the main task of the Department of Engineering and Technical Services is the operation of LHD. This duty is of course vital for the overall success. The department has a clear cut vertical structure functioning successfully. This task clearly requires many interactions with the scientific staff. Sharing of the tasks is decided in discussions and negotiations. Department works out the budget and submits this for approval. The progress is monitored on a permanent basis. Meetings are organized frequently for about 2 hours per week. There are five divisions with their respective fields of responsibility employing 46 professionals. The structure consists of Fabrication, Technology, Plasma Heating Technology, Diagnostics and Control Divisions. The first contributes to Mechanical, Electronic and Tutorial Engineering issues. Furthermore, there is the device technology division. Its duties are the design and the construction work related to LHD, execution and the maintenance of the operation and further improvement of the LHD. This concerns the vacuum system, the layout of the LHD hall, the utility system interfacing with the commercial power supply and the refrigerator system. The very special attention is paid to the safety of all components involved in the operation. This is the very difficult task in view of technical complexity of the LHD operations.

This task is solved with excellence by the leadership and the department.

(2) Job quality: how the Department has carried out their jobs in correspondence to the annual job plan

Job quality should be considered excellent by all standards. Indeed, new stage design for neutral Beam Heating line 4, vacuum vessel displacement calculation at 95° degree baking and He refrigerator operation and management are eloquent examples of reliability and safety. It should be brought to light that the availability factor of the superconductive magnetic system reaches the very impressive 99,2 %.

Microwave Imaging Reflectometry, Timing Demodulator are examples of operational development servicing the LHD operations. Newly installed gyrotron at 84 GHz with the evacuated 3.5 inch waveguide system improve the plasma heating facilities. Data acquisition system has been installed in the Neutral Beam Injection BL -1 system. Also Thomson Scattering Diagnostics has been upgraded. LHD Plasma Data Management Client/ Server has to be developed to enable the remote participation in the LHD databank.

About 500 ports have to be serviced permanently with about 150 to be replaced annually. The budget is modest given the complexity of the task.

In summary, the job quality is very good.

(3) Organizational quality: how much the Department is capable of supporting such researches that correspond to a device intensification for the purpose of a plasma parameter improvement or an organizational change within the institute

Organizational quality is fully commensurate with its duties, which are not simple due to the very ambitious goals of LHD. The special attention is paid by the leadership to the safety and the reliability of operations.

This is backed up by the NIFS Industrial Safety and Health Management Structure headed by the Director General and General Health and Safety Supervisor.

Operation parameters are very impressive ranging from 100% for vacuum system to 95,4 % for plasma itself. This results in the absolute minimum of the lost hours for operation. To this end, Chairman and the deputy chairman have to be commended.

(4) Technical Contribution: how much the Department can contribute their technology to the collaborative research as well as the society

Technical contribution to the collaborative research are very good.

See the previous section.

(5) Skills: whether the engineers are well qualified, having skills necessary to carry out technical skills; also, whether they constantly attempts to improve their skills

Skills are outstanding. A lot of effort goes into bringing up the young coworkers. Workshops are organized and contact with the engineering high school in the area are very well established. Air Diffusion simulation from the LHD building during the foreseen D-D experiment demonstrates the computational skills of the department. Vacuum leaks are very rare due to the tedious inspection work. New operation panel is used for the gate valves monitoring and enhancing the robustness of the operations. Electric power consumption is closely watched and minimized. Plasma Heating Division is undertaking the difficult task to prepare the CW ICRF system for the long pulse operation studies. Improvements of the CW waveguide transmission components have been made. This warrants for future successes during the long pulse operation campaigns.

(6) Job Role: as for the Large Helical Device (LHD) experiments, whether the Department shares the responsibilities appropriately with dispatched device operators

Researchers, technical & engineering staff and operators are involved in a neatly designed scheme of mutually beneficial and productive interactions. Operators have a very important role to play in providing constant and reliable services to the device. The special requirements are in force while conducting the novel and groundbreaking experiments. There are also exchanges of job assignments between operators and the engineering staff. This definitely contributes to the success of the enterprise.

Radiation monitoring system has been designed commissioned and put into operation

providing a valuable information for the planned D – D experiment and also for monitoring the level of radiation in the environment. Very sophisticated heavy Ion Beam Probe system is operational providing the important information to the LHD experiment.

DC power supplies for the LHD superconducting coils perform very successfully. Control System for the Pellet injector has been employed and further developed.

The cryogenic target for the fast ignition laser fusion experiment has been developed due to the collaboration of ILE Osaka and NIFS.

(7) Communication and Association: whether the Department keeps appropriate communication and cooperation with other engineering personnel within the National Institutes of Natural Sciences and universities over the technological issues

Training and Education Program are in force. Seminars on the high-pressure and radiation handling safety are organized and the risk identification training is provided. Technical exchanges are encouraged and promoted. The symposium on Safety and Health management with the broad attendance from the 25 universities and 4 institutes has taken place.

This is of course due to the special attention paid to these issues by the Director- General.

(8) Others

Phase Detection Circuit plays an important role in detecting the plasma electron density information from the interferometer output signal. This circuit is used for CO₂ Laser Interferometer, LHD Far Infrared and CHS Far Infrared Laser Interferometer.

「技術部」に関する評価

NAME: マイケル・テンドラー

(1) 技術部設置目的に対して充分役割を果たしてきたか

LHD は技術の粋を集めた最高傑作である。ゆえに LHD の運転が技術部の主な役割とされている。この責務は総合的な成功という意味合いにおいて、当然ながら生命線に匹敵する。技術部は明らかな部課長制で適切に運営されている。LHD 運転という役割には研究者との密な連絡関係が不可欠である。役割分担は議論・交渉のもと、決定される。技術部は予算を算出作成し、これを提出して承認を得る。過程は永続的に監視されている。会議は毎週 2 時間の頻度で開催されている。また技術部は 5 課に分割されており、各課がさらに個々の分野に分かれ、46 名の専門職員が所属している。課の名称は製作技術課・装置技術課・加熱技術課・計測技術課・制御技術課である。製作技術課は機械・電気・および技術指導を担当している。また装置技術課では LHD 関連の設計・建設、LHD 運転維持と改良などを担っている。これには真空システム、LHD 周辺装置のレイアウト、商業電源および冷却システムを繋ぐユーティリティシステムが関わっている。運転にかかわる全装置の安全性には特に細心の注意が払われる。これは LHD 運転の技術的複雑性を考慮すると、非常に難しい課題である。

この役割は技術部のリーダーシップにより、申し分なく解決されている。

(2) 年間業務計画に対して業務を遂行できたか

業務の質は全ての水準において卓越している。中性粒子加熱ライン 4 の新ステージ設計、95 度ベーキングでの真空容器の機械的変位量、冷却装置の運転・管理、などは部の信頼性・安全性を示す顕著な例だろう。超伝導コイルの冷却機の稼働率が、99.2% という驚異的な数字に到達している事は注目に値する。

マイクロ波イメージング装置や、タイミング・デモジュレータは LHD 運転にかかわる開発の一例である。新設された真空 3.5 インチ導波システム付 84GHz ジャイロトロンはプラズマ加熱装置の改善につながる。データ収集システムは中性粒子入射 BL-1 システムに設置された。また、トムソン乱流計測装置が改良された。LHD 実験データバンクの遠隔参加を可能にするため、LHD プラズマデータ管理クライアント/サーバの開発が必要である。

約 500 の真空ポートについて監視を行っており、このうち毎年約 150 ポートについて変更もしくは装置の設置が行われる。予算は業務の複雑性を考慮すると控えめである。

以上をまとめると、業務の質は非常に高い。

(3) プラズマ・パラメータ向上のための機器増強や研究組織の変更に対応する研究支援業務に充分対応できる組織か

組織としての業務の質は、LHD が掲げる壮大な目標に照らして決して単純ではないが、相応しいものである。

リーダーシップのもと、運転の安全性と信頼性に細心の注意が払われている。所長および安全衛生管理者が率いる NIFS 安全衛生管理体制が、これをバックアップしている。

運転パラメータは真空システムの稼働率 100%にはじまって、プラズマ実験実行率 95.4%と高く、心から感銘を受けた。この結果は最低限の運転ロス時間となっている。この点で、指導者達は高く評価されるべきだろう。

(4) 共同研究に対し、また社会に対し、技術貢献できる組織か

共同研究への技術貢献度は非常に高い。
前項を参照されたい。

(5) 技術業務を行う上で具備すべき能力は充分整っているか。またその向上に努めているか

技術部のスキルは群を抜いて秀でている。若手職員の育成に惜しみない尽力を注ぎ、また技術研究会が開催され、地元工業高校との連携も確立している。将来的な重水素実験期間中を予測した LHD 本体棟からのアルゴンガス拡散シミュレーションは、同部のコンピュータスキルを実証している。真空漏れは丁寧な巡視作業の結果、極めて低い。新運転パネルは運転の堅牢性を監視・向上するゲートバルブに利用されている。電力消費量は注意深く監視され、最小限にとどめられている。加熱技術課では長時間運転研究の為に ICRF システム準備という、難しい責務を担っている。連続マイクロ波伝送装置の改良がなされ、将来的に長期運転期間中の成功を保証するだろう。

(6) 大型ヘリカル装置実験に関して運転員との職務の役割分担は適切か

研究者、技術職員、および運転員は、良く考えられた有益かつ生産的な実験計画のもとついて業務を進めている。運転員は装置・機器に常時安定したサービスを提供するという重要な役割を担っている。斬新かつ画期的な実験を行う一方で、特別な必要条件が課されている。また運転員とエンジニアスタッフ間での運転技術ミーティングが開かれる。これは計画の成功に確実に貢献するものであろう。

放射線管理システムが導入されており、将来的な重水素実験計画に関する貴重な情報を提供している。また同システムにより、環境放射線レベルの監視が行われている。非常に複雑な重イオンビームプローブシステムが稼働を始めて、LHD 実験に重要な情

報を提供している。

LHD 超伝導コイル用 DC 電源は申し分なく稼動している。ペレット入射装置の制御システムが採用され、さらに開発が加えられた。

大阪レーザーエネルギー学研究センターと NIFS の共同研究の結果、高速着火レーザー核融合実験用低温ターゲットの開発に技術的な寄与を行った。

(7) 機構内や大学等の技術職員との技術連携・技術交流は行われているか

研修・教育プログラムが実施されている。高圧ガスや・放射線処理に関する安全性についてのセミナーが開催され、防災訓練が実施されている。技術交流が実施されている。25 大学・4 研究機関からの多様な出席者とともに、安全衛生管理に関する情報交換会が開催された。

これは NIFS 所長が特に安全衛生管理に強い関心を持っているからである。

(8) その他

位相検出回路 (Phase Detection Circuit) は干渉計出力シグナルからのプラズマ電子密度情報を検出するうえで、非常に重要な役割を担っている。この回路は CO₂ レーザー干渉計、LHD 遠赤外線・CHS 遠赤外線レーザー干渉計に使用されている。

Review for the Department of Engineering and Technical Services

NAME: Gyung-Su Lee

(1) Level of contribution to the objectives of the Department's foundation

As Report stated, the Department of Engineering and Technical Services founded with purpose and objectives for construction, operation and maintenance of the new equipment including LHD subsystems, in year 1989. The contribution of the Department to the original objectives are deemed very high, as the results of many LHD subsystem construction quality, operation steadiness, and well maintained facilities, speak for themselves. The coordinated effort with scientist group to execute abovementioned objectives needs to be commended, and the work with machine operators for stable operation results also need to be commended.

(2) Job quality: how the Department has carried out their jobs in correspondence to the annual job plan

Without inspecting details of the Annual Job Plan of the Department, it is difficult to assess job quality in quantitative manner. However, the documented work-performed and results are very impressive in many areas that need to be covered by limited professional staffs in almost 20 sections. Therefore, the delivered outcome of the Department should be given very high points. It is also noted that the quality level of delivered outcome seems very high, according to the documented report.

(3) Organizational quality: how much the Department is capable of supporting such researches that correspond to a device intensification for the purpose of a plasma parameter improvement or an organizational change within the institute

The Department has five divisions and twenty sections with history of year 1989 initiation, year 1995 diagnostics division addition, year 1996 Control division addition, and year 2004 computer center technical staff addition, showed changing and adopting capacity as organization. It is also showing the accommodation capacity of requested change of department from other part of Institute. However, the Department is having very wide area to cover with similar number of staffs from start-up.

(4) Technical Contribution: how much the Department can contribute their technology to the collaborative research as well as the society

The Report showed various activities of the Department for collaboration and contribution to the society, in addition to the its main mission and objectives, such as laser target fabrication and support of Summer Science School, to name a few. The Department's contribution is noted well, but it needs to be decided by management how far these activities need to be valued, compare with their main mission. By this assessment and priority setting with human resource availability could make final decision of effort level in this area, in the future.

(5)Skills: whether the engineers are well qualified, having skills necessary to carry out technical skills; also, whether they constantly attempts to improve their skills

The reported skills of engineer in all technical categories are evaluated as very high, by reviewing their work output and data for operation steadiness. Also, the Department did many activities for improving staffs' skills such as seminar and symposium participations.

(6) Job Role: as for the Large Helical Device (LHD) experiments, whether the Department shares the responsibilities appropriately with dispatched device operators

The role sharing of the Department engineers and device operator seems well defined and adequately executed. However, it is difficult to assess quantitatively with reported materials alone.

(7)Communication and Association: whether the Department keeps appropriate communication and cooperation with other engineering personnel within the National Institutes of Natural Sciences and universities over the technological issues

The communication and association with other engineering staffs of the NINS institutes are reported, and it is initial stage to formation. The report also makes plan for future plan to held meetings between engineers within NINS. So it is a bit premature to judge outcome yet. But I would expect the more frequent exchange of these activities for the future.

(8) Others

During review of the Department, I was surprised to know that the number of staffs versus number of sections with their job responsibility. The total number of staffs in the Department was steady from initiation, but the responsibility grew to the very wide areas. It showed their hard work and efforts, but the needs for more staff members are evident. Also, the aging of the staff member without new members would result in eventual loss of technical knowhow and accumulated intangibles. However, it is not serious at this time, yet. Therefore, it would be advisable to initiate review of staff age distribution and long-term plan for continuation of knowhow and skills.

「技術部」に関する評価

NAME: ギュン・スー・リー

(1) 技術部設置目的に対して充分役割を果たしてきたか

報告書にあるとおり、LHD と周辺機器を含む新装置の建設・運転・維持という目的および目標のもと、技術部は 1989 年に設立された。技術部の設立目的への寄与は非常に高いものであり、多くの LHD 周辺機器の品質、稼働の堅実さ、または設備維持の充実度から良い結果が伺える。上記の目的を達成する為、研究グループとの連携努力を重ねた事は、高く評価されるべきだろう。また、安定した装置運転実現のため、装置運転員と協力作業した点も高く評価できる。

(2) 年間業務計画に対して業務を遂行できたか

技術部の年間業務計画の詳細を査察しないまま、量的観点から彼らの業務品質を評価することは難しい。しかしながら、報告書に記された作業内容および結果を見る限り、20 近くにわたる係が限られた専門スタッフの手で支えられており、多くの分野で非常に感銘を受けた。このことから、技術部の業務成果に対する評価は非常に高い点数に値するものと思われる。また、報告書を見たかぎり、作業品質についても非常に高いものであると推測できる。

(3) プラズマ・パラメータ向上のための機器増強や研究組織の変更に対応する研究支援業務に充分対応できる組織か

技術部は 5 課・20 係から構成されており、1989 年の設立以来、1995 年には計測技術課が追加、1996 年には制御技術課が追加、そして 2004 年にはコンピュータセンターの技術職員が加わり、組織として変更に対応する姿勢を見せてきた。また、研究所の他研究部門から要請された変更にも対応できる能力を示している。しかしながら、技術部の人員は設立当初から限られており、現在に至っても、その中で担当すべき分野は実に多岐にわたっている。

(4) 共同研究に対し、また社会に対し、技術貢献できる組織か。

報告書では技術部の使命および主要目的に加えて、同部の社会協力または貢献に関わる様々な活動—レーザーターゲットの製造 (laser target fabrication) およびサマーサイエンススクールの支援等々—が述べられている。同部の社会貢献は非常に優れたものであるが、技術部の主要目的と比較したうえで、これらの活動がどの程度評価されるべきなのかは、管理部で決定されるべきだろう。管理部の評価および人員に応じた優先順位の設定により、この分野の最終的な貢献度が決定されるだろう。

(5) 技術業務を行う上で具備すべき能力は充分整っているか。またその向上に努めているか

全ての技術部門において、技術者の能力は彼らの業務実績や安定した装置稼働を示すデータから、非常に高く評価できる。また、技術部は職員の技術向上に向けて、セミナーやシンポジウムへの参加を始めとする様々な活動を実施してきた。

(6) 大型ヘリカル装置実験に関して運転員との職務の役割分担は適切か

技術部エンジニアと装置運転員の役割分担は明確に定義されており、適切に実行されている。しかしながら、報告書だけで量的評価をくださるのは難しい。

(7) 機構内や大学等の技術職員との技術連携・技術交流は行われているか

NINS 機構エンジニア職員との技術交流・連携が報告されているが、まだ初期段階である。報告書には将来的に機構内技術者間で会議を開催するなどの案が盛り込まれている。よって、現段階で結果を評価するには若干時期尚早と思われる。しかしながら個人的に、将来こういった交流活動がますます活発化することを期待している。

(8) その他

技術部の評価にあたり、まず人員に対する担当部署の多さに驚かされた。技術部全体の職員数は設立当初より変化していないのに対し、彼らの担当する領域は拡大し、多岐にわたっている。技術部職員の勤勉と努力の現われであるが、職員増員の必要性は明らかである。また、新職員のいない中で現職員の高年齢化が進み、やがて技術的専門知識や蓄積されてきた無形財産が失われる結果にも繋がりがねない。しかしながらまだ深刻な状況には到っておらず、これを機に技術や知識の継承を長期的視野でとらえ、今一度職員の年齢配分や部の長期計画を見直してはどうだろうか。

「国際共同研究」活動報告書
平成18年度

核融合科学研究所

目次

はじめに	1
I. 政府間協定に基づく国際共同研究	6
I-1. 日米科学技術協力事業（核融合分野）	6
I-2. 日中拠点大学交流事業	28
I-3. 日韓協力事業	38
I-4. 国際エネルギー機関（IEA）ステラレータ概念の開発協力に関する実施協定 （略称、IEA ステラレータ協定） 科研費特定領域研究「定常核融合炉の物理と工学の新展開」 自然科学研究機構・連携事業「分野間連携による学際的・国際的研究拠点形成」	48
I-5. 国際エネルギー機関（IEA）テキサトール国際協力	55
I-6. ITER連携	62
II. 研究所間協定などに基づく国際共同研究	66
II-1. 核融合科学研究所－マックスプランク・プラズマ物理研究所（ドイツ）学術交流協定	66
II-2. 核融合科学研究所－クルチャフ研究所（ロシア）学術交流協定	69
II-3. 核融合科学研究所－ハリコフ物理工学研究所（ウクライナ）学術交流協定	71
II-4. 核融合科学研究所－オーストラリア国立大学 学術交流協定	73
II-5. 核融合科学研究所－等離子体物理研究所（中華人民共和国）学術交流協定	75
II-6. 核融合科学研究所－基礎科学支援研究所（大韓民国）学術交流協定	77
II-7. 核融合科学研究所－カールスルーエ研究センター（ドイツ）学術交流協定	79
II-8. 核融合科学研究所－プリンストン大学プラズマ物理研究所（アメリカ）学術交流協定	81
II-9. 核融合科学研究所－テキサス大学オースチン校（アメリカ）学術交流協定	83
II-10. 核融合科学研究所－オークリッジ国立研究所（アメリカ）学術交流協定	85
II-11. その他	87
II-11-1. 協定締結以外の国及び研究機関との共同研究	87
II-11-2. 核融合科学研究所員の国際活動への貢献	93
まとめ	97
終わりに	98

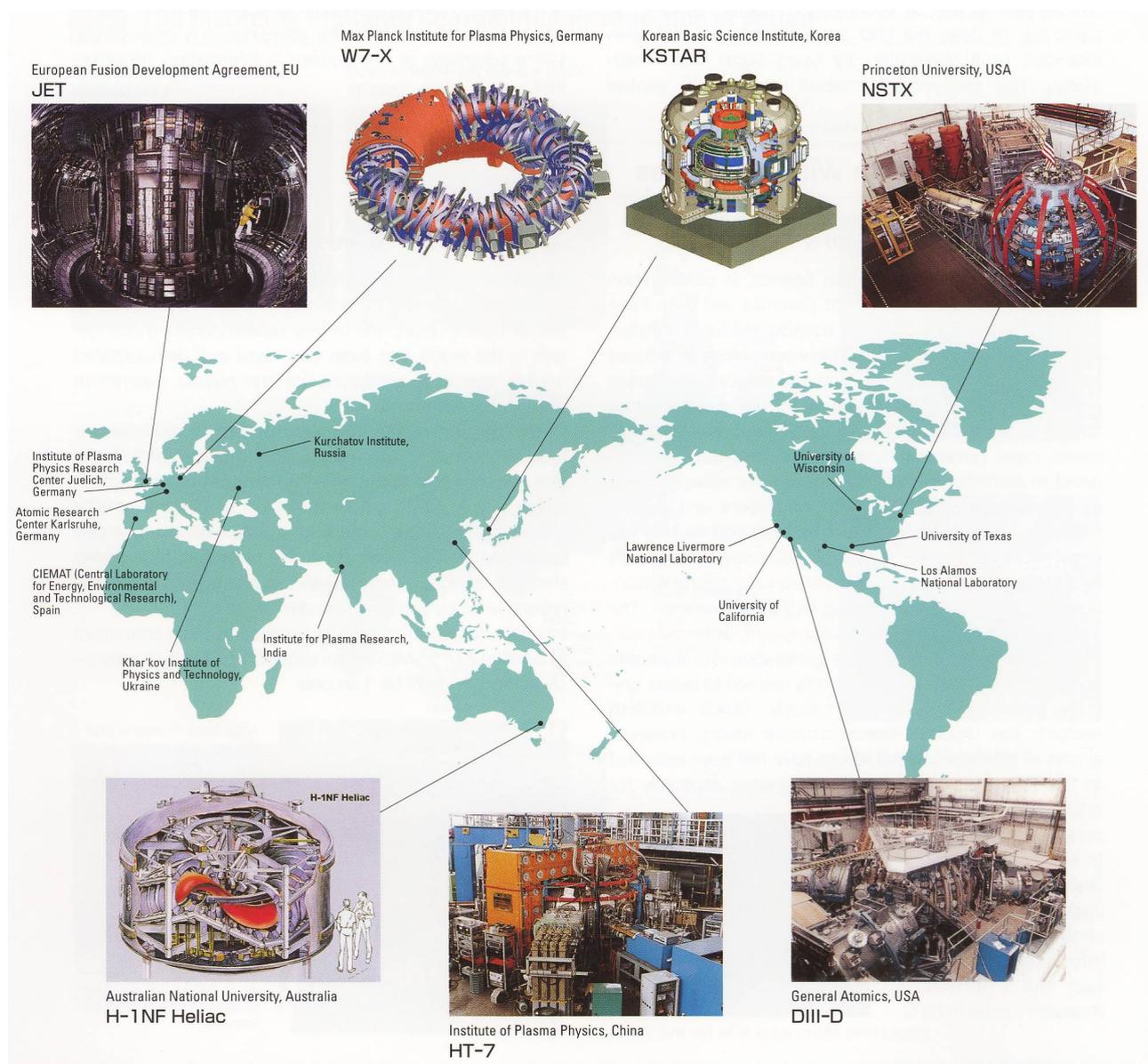
- 付属資料1 国際共同研究に関わる協定書
- 付属資料2 受入派遣一覧表
- 付属資料3 国際交流委員会規則
- 付属資料4 外国研究者との共著論文一覧
- 付属資料5 国際協力事業報告書

始めに

国際共同研究の役割

核融合炉実現のためには幾多の問題を解決しなければならず、1国だけで必要な全ての研究活動を遂行するには人的にも経済的にも負担が大きい。核融合研究はその初期の頃より国際協力を重視した体制の下で進められて来た。核融合科学研究所においても国際協力は本研究所の研究活動の重要な一角を占めており、その範囲は核融合に関連するほぼ全ての分野、即ち、高温プラズマの閉じ込め・制御・加熱・計測に関する物理・工学、高温プラズマの振舞等に関するシミュレーション科学、超伝導や材料等を含む炉工学、安全工学等を網羅している。

図1 世界の主要な核融合研究施設



国際共同研究の形態

核融合科学研究所における国際共同研究は、日米科学技術協力事業（核融合分野）に代表される政府間協定や、研究所間学術交流協定などの下で行われている。具体的には、政府間協定に基づく多国間協力（IEA傘下のステラレータ協定、テキサトール協定、締結予定のST協定）、二国間協力（日米科学技術協力事業、日中拠点大学方式による学術交流事業、日韓核融合協力事業）、研究所間協定に基づく研究所間協力（10の機関との学術交流協定、この他に今年度中に1件締結の予定）等がある（図1、表1、附属資料1）。核融合研究を行っている国の殆どはこれらの幅広い交流活動に含まれているが、特に、学術交流協定を締結している国（米国、ドイツ、中国、韓国、オーストラリア、ロシア、ウクライナ）は核融合研究に関して十分な実績と実力を有する国であり、国際交流を行うことによって日本の研究の進展に寄与することにもなる。学術交流協定等は相手国・研究機関の研究分野を考慮に入れ適切に締結されており、今後も研究所間の学術交流協定は必要に応じて締結する予定である。これらの協力の目的は一言で言えば、多国間、二国間協力は、協力を通して世界のトップレベルの成果を挙げるとともに、海外パートナーの実力の向上を図りつつ、世界の核融合研究推進への貢献を図ること、研究所間協力は、互いに得意な分野における相互交流を通して独創的な研究成果を挙げ、それぞれの分野において世界の研究を先導すること、である。また、国際会議の主催及び開催のための協力も国際共同研究の重要な要素である。核融合科学研究所は毎年国際土岐コンファレンスを開催している（資料Ⅱ－11－3）。この他、IAEA Technical Meeting や日米ワークショップ、国際ステラレータ会議等の主催及び開催への協力を行っている。更に、人物交流も重要な要素である。派遣及び受入のリストは附属資料2に示されている。二国間協力に基づく人物交流については、それぞれの節において紹介する。共同研究を行うための予算としては、①政府間協定、②外国人客員教員制度、③科学研究費補助金、④自然科学研究機構の分野間連携による国際的研究拠点形成事業、⑤研究所の実行予算などがある。

表1 核融合科学研究所が締結している国際協定一覧

政府間協定	二国間協力	日米科学技術協力事業
		日中拠点大学方式学術交流事業
		日韓核融合協力事業
		日ロ科学技術協力協定
		日豪協定
		日EU協定
	多国間協力	IEAステラレータ協定
		IEAテキサトール協定
		IEA ST協定
研究所間協定	米国	カリフォルニア大学ロサンゼルス校プラズマ核融合研究所
		プリンストン・プラズマ物理研究所
		テキサス大学オースチン校
		国立オークリッジ研究所
	中国	中国科学院等離子体物理研究所
	ドイツ	マックスプランクプラズマ物理研究所
		カールスルーエ研究センター（ITP、IHM、TLK）
	ロシア	ロシア科学センター・クルチャトフ研究所
	ウクライナ	ウクライナ科学センター・ハリコフ物理工学研究所
	オーストラリア	オーストラリア国立大学
韓国	韓国基礎科学支援研究所（国立核融合研究センター）	

本報告書では、実施されている国際共同研究を、政府間レベルの協定に基づくものと研究所間学术交流協定などによるものの2つに大別し、それぞれ共同研究が、①どのような体制の下で行われているのか、②研究目的はどのようなものか、③どのような成果があがっているのか、等を中心に述べる。

国際共同研究を推進する所内体制

核融合科学研究所には国際交流委員会（付属資料3）が設置され、所長からの国際共同研究に関する種々の諮問に答えている。国際交流委員会は必要に応じて年に5、6回開催され、必要事項を遅滞なく審議している。国際交流委員会は専門を異にした教員10名から組織され、陣容としては満足すべきであると考えられる。国際交流委員会の事務所掌は経営企画課が務めており、教員との連携はよい。外国人研究者の受入に際して、従来、外国人研究者に関する身の回りの世話（口座の開設など）は教員と管理部との間で役割分担が行われていたが、以下に示す最近の管理部組織の改編により管理部を中心に担当教員と連携して行うこととなった。また、核融合科学研究所の管理部は、政府間協定に基づく日本の核融合コミュニティメンバーの共同研究活動を事務的な側面から支援している。

所員は世界の核融合コミュニティの一員として、国際会議の組織委員会、実行委員会、プログラム委員会の委員、座長等として、またプリナリー講演、オーバerview講演、招待講演を行うなどして国際的な貢献を行っている（資料Ⅱ-11-2）。

国際共同研究全般に対する管理部の役割

○組織

管理部は、核融合科学研究所における研究の推進と共同研究の進展を支援するため様々な事務処理を行っているが、今後ますます増大・複雑化するであろう事務を高度な判断力のもと適切に処理するとともに共同研究者の一層の便宜を図るため、平成18年10月1日に組織変更を行った。

改組前の国際関係担当事務

研究連携課 国際学術係

改組後の国際関係担当事務

経営企画課 国際企画係
研究推進課 ユーザーズオフィス

（表2 組織図 参照）

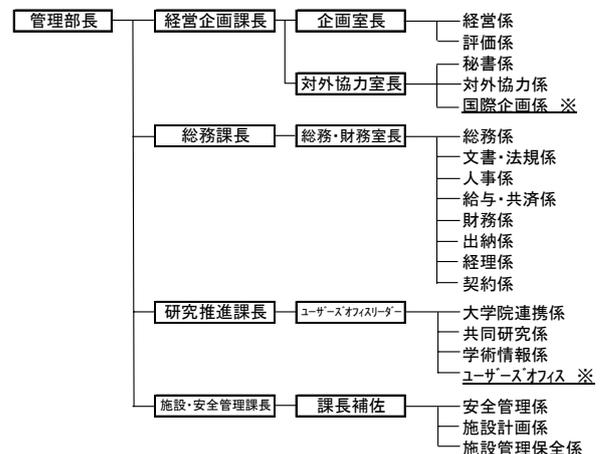
○機能（具体例を含む）

改組前

表2 管理部組織
管理部組織図(平成18年4月1日現在)



管理部組織図(平成18年10月1日改組後)



研究連携課において外国人研究者（日本学術振興会関係）の招へい、本研究所職員の海外派遣、外国人留学生の受入、国際会議等の開催・参加、国際共同研究の実施・参加などに係る事務的サポートを行ってきた。また、管理部各課が国際共同研究の業務分担に関わっており、外国人客員教授の採用・招へい、本研究所職員の海外派遣の際の出張手続、招へい者の宿泊手続については総務課総務係、旅費の支払手続については財務課経理係、招へい者の入構証発行手続については財務課財務係で行っていたため利用者に対し事務処理に時間がかかり不便を与えていた。

改組後

平成 18 年 10 月の管理部改組に伴い、ワンストップサービスにより国内外の共同研究者へのサービスを一元化しサービスの向上を図った。ワンストップサービスとは、一度の手続きで必要とする関連作業を 1 か所ですべて完了させることができるサービスである。具体的には、研究推進課にユーザーズオフィスを設置し、共同研究者及び外国人留学生等に対して、派遣依頼手続から、旅費支払手続、宿泊手続、入構証発行手続、在留資格認定証明書などのすべての手続やサポートを行う体制である。

また、研究連携課にあった国際学術係が行っていた研究者のためのサービス部門を研究推進課に移し、国際戦略に関する企画性をより重視した係として国際企画係を経営企画課に設置した。

研究活動の公開

研究所のホームページに用意した「共同研究」ページの中で、日米科学技術協力事業、日中拠点大学交流事業、日韓核融合協力事業、テキサトル協定の国際共同研究が紹介されており、研究活動の概要、研究成果、組織、応募要領等が詳しく説明されている。また、研究所パンフレットにおいても国際研究協力についての紹介をするなど広報にも力を入れている。

研究活動へのコミュニティ研究者の参加方法

協力事業に予算措置が伴う日米科学技術協力事業では、研究テーマや実施時期等は研究者個人やグループからの申請により、審査は当然行われるものの、参加申し込みは可能であり、開かれた活動となっている。また、同様に予算措置を伴う日中、日韓、テキサトル協定についても研究者個人からの提案等に対して開かれた活動となっている。予算措置を伴わない学術交流協定に関する共同研究については、科学研究費補助金を用いる等、研究者個人の裁量に委ねられている。

図 2 核融合科学研究所ホームページ



National Institute for Fusion Science



Copyright 1995-2006 自然科学研究機構 核融合科学研究所 (NIFS)
住所: 〒509-5292 岐阜県土岐市下石町322-6
電話: 0572-58-2222(代表)

規模の大きい政府間協定などに対応する委員会組織やその活動については、本報告書で別途詳しく説明する。

活動成果の公表

活動の成果は学術誌における論文、出版物として公表されている。また、協力事業毎に実績報告会が開催され、内容は報告書として公表されている。

自己評価及び改善のための仕組みについて

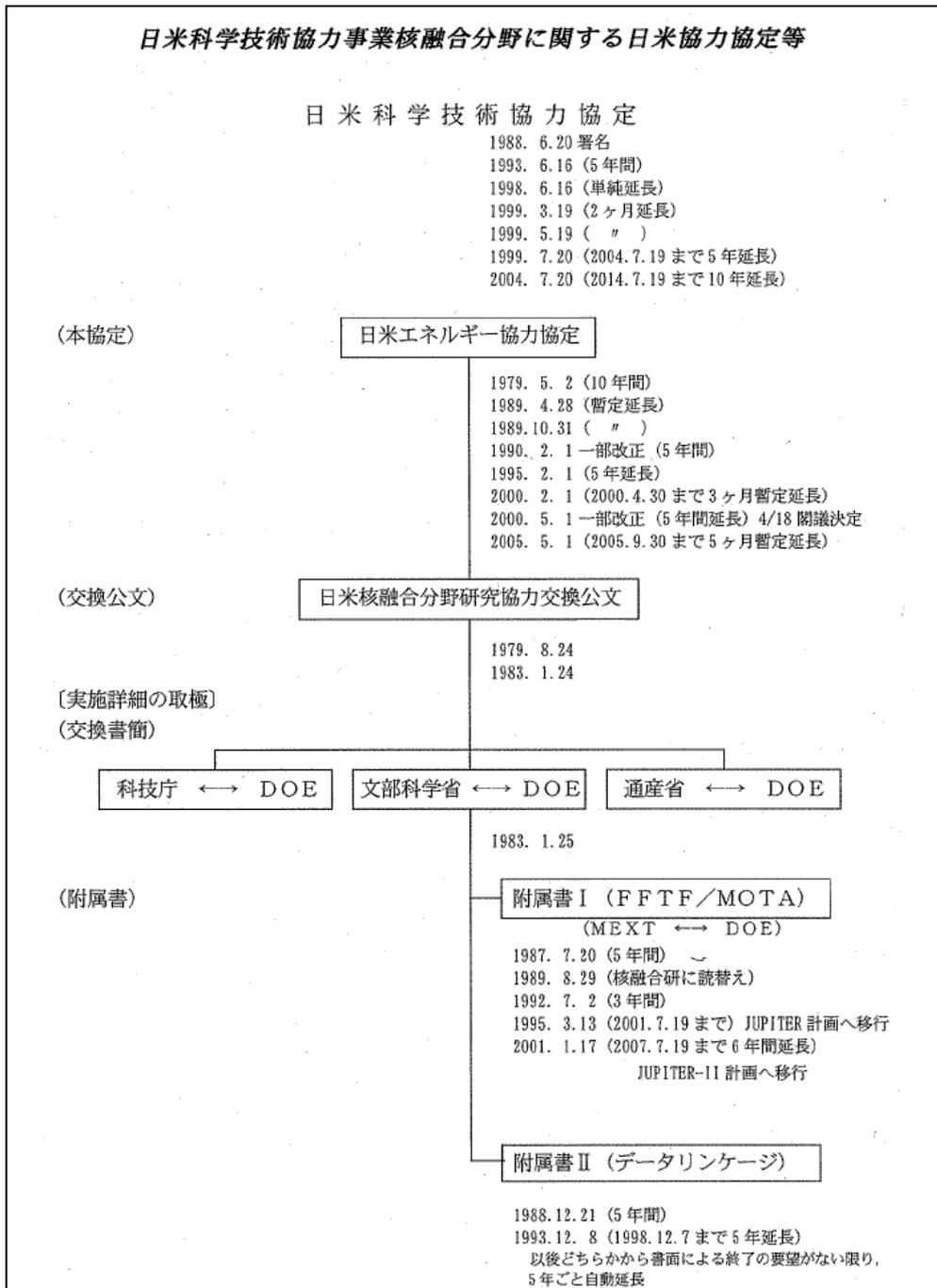
活動実績に対する自己評価は、核融合コミュニティをメンバーとする委員会や所内の国際交流委員会において行われる。これらの委員会において、年度毎の報告を受け、改善すべき箇所については、改善する努力を行っており、改善のための組織は確立されている。

I. 政府間協定に基づく国際共同研究

I-1. 日米科学技術協力事業（核融合分野）

本事業は昭和54年（1979年）5月に締結された政府間協定に基づく事業であり、核融合分野における我が国の大学、研究機関の研究者が分担する課題に関し研究者派遣、招聘を行っている。活動は核融合物理、核融合炉工学分野の研究者交流、ワークショップ、共同プロジェクトとしての先進ブランケットの照射下特性とシステムインテグレーション（JUPITER-II）計画、核融合理論共同研究（JIFT）、データリンクージ、慣性核融合、安全巡視などに分類される。

資料 I-1-1 日米エネルギー協力協定の構成と経緯



本事業は、日米間の科学技術協力事業の実施のために、1979年5月に日本政府とアメリカ合衆国政府との間で締結された日米エネルギー研究開発協定に基づく。核融合研究分野においては、1983年1月に文部省とDOEとの間で核融合研究開発協力についての具体的な実施の手続き、協力によって得られた知的財産の取り扱い等に関する協定を締結した。又、日米が協力して行う共同プロジェクトに関しては、文部科学省と米国エネルギー省との間で付属書(ANNEX)を締結し、遂行してきている。第1期の共同プロジェクトは1981年から1986年までRTNS-II計画が、第2期は1987年から1994年までFTF/MOTA計画が、第3期は1995年から2000年までJUPITER計画がそれぞれ実施された。現在は、「先進ブランケットの照射下特性とシステムインテグレーション」(略称：JUPITER-II計画)を2001年度からの共同プロジェクトとして実施している。

現在、協定は失効中であるため、研究所間協定(NIFS-PPPL、-IFS、-ORNL、-UCLA)を新たに締結することにより研究活動を高いレベルに維持すべく努力している。

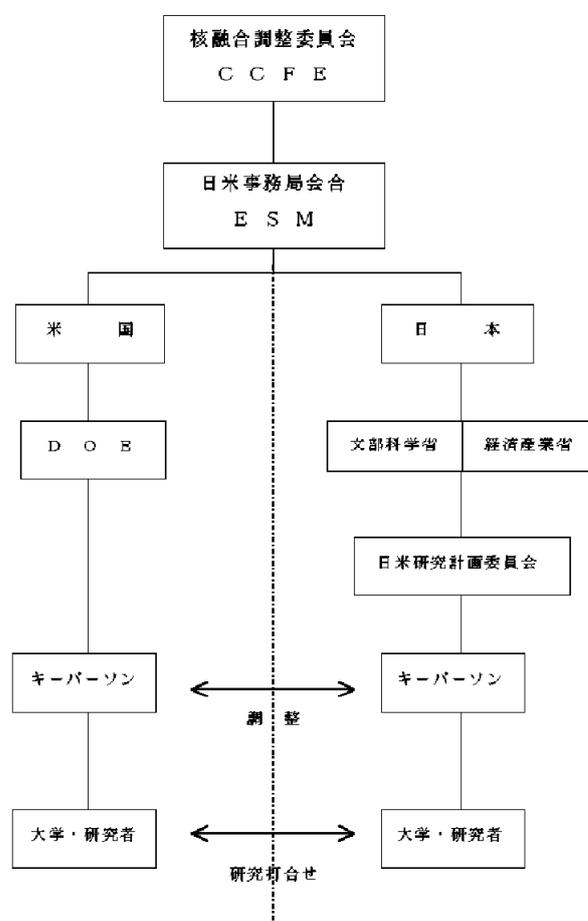
(1) 実施体制について

組織

全体の組織図を資料I-1-2に示す。

資料I-1-2 日米協力事業組織図

日本国内の実施体制の中核として日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会(以下、「日米研究計画委員会」という。委員長は核融合科学研究所所長、幹事は副所長、ほか委員は所内5名、所外11名から構成されている)が設置されている(資料I-1-3参照)。



日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会規則（抜粋）

制定 平成元年 5 月 29 日 規則第 5 号

（設置）

第 1 条 核融合科学研究所に日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会（以下「委員会」という。）を置く。

（任務）

第 2 条 委員会は、核融合科学研究所長（以下「所長」という。）の諮問に応じ、日米科学技術協力事業の実施に関する要綱（昭和 54 年 7 月 25 日 文部省学術国際局長裁定）第 4 の(1)及び(2)に規定する核融合分野における協力事業の事業計画等に関する事項について審議する。

（組織）

第 3 条 委員会は、次に掲げる委員をもって組織する。

(1) 所長

(2) 核融合又はこれに関連する分野の研究者 若干名

2 前項第 2 号の委員は、所長が委嘱する。

（以下略）

本事業の研究活動内容は、核融合一般、核融合炉工学、核融合物理、核融合理論、JUPITER-II 計画、慣性核融合の 6 つの分野に分類されており、研究計画は年度ごとに公募される（資料 I-1-4）。応募された研究計画は日米研究計画委員会で審査、全体計画を立案し、日米の事務局会合（ESM）を経て日米核融合調整委員会（CCFE）で最終決定される（資料 I-1-5）。

資料 I - 1 - 4 平成 18 年度日米科学技術協力事業核融合分野交流計画希望調書

様式 3

(J → US) 〈研究者派遣〉

キーパーソン：氏名

㊟

1	課 題	(和文) (英文)
2	実施責任者	所属 職名 氏名 ㊟ E-mail address : TEL :
3	資 格	博士 (大学)
4	略 歴	年 月 摘 要 (最終学歴・職歴等)
5	派遣者が現在 従事している 研究の内容	
6	派遣期間	平成 年 月 日 () ~ 平成 年 月 日 () (日間)
7	派遣先及び 受入責任者	機関等名 : (略称 :) 受入責任者名 : E-mail address :
8	派遣先が主として 行っている研究の 内容及び折衝経緯	DOE 担当者名 :
9	目的及び期待され る成果 派遣先において従 事を希望する研究 の内容を具体的に 詳しく記入してく ださい。	
10	その他	(複数回派遣を希望する場合は、キーパーソンと相談の上、その旨記入すること)
受付担当者記入欄		Item () S / L J / US W / P

資料 I - 1 - 5 日米研究計画委員会等の開催状況

平成15年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度
第21回日米核融合調整委員会事務局会合 (ESM) 15年5月28日 テレビ会議 (日本原子力研究所計算科学技術推進センターと DOE の間) 所外7名 所内2名 米国4名	第22回日米核融合調整委員会事務局会合 (ESM) 16年5月26日 アメリカ合衆国メリーランド州ジャーマンタウン DOE 本部 所外1名 所内0名 米国1名	第23回日米核融合調整委員会事務局会合 (ESM) 17年4月14日 テレビ会議 (日本原子力研究所計算科学技術推進センターと DOE の間) 所外6名 所内2名 米国3名	第24回日米核融合調整委員会事務局会合 (ESM) 18年8月31日 テレビ会議 (日本原子力研究所開発機構東京事務所と DOE の間) 所外6名 所内3名 米国3名
/	第24回日米核融合調整委員会 (CCFE) 16年11月1日 ポルトガル共和国ヴィラモウラ市 所外4名 所内3名 米国13名	第25回日米核融合調整委員会 (CCFE) 17年9月22日 テレビ会議 (核融合科学研究所と DOE の間) 所外4名 所内2名 米国7名	第26回日米核融合調整委員会 (CCFE) 18年10月19日 中華人民共和国成都市 所外5名 所内2名 米国4名
第1回日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会 15年6月26日 核融合科学研究所 所外6名 所内6名	第1回日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会 16年8月4日 核融合科学研究所 所外8名 所内7名	第1回日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会 17年6月17日 核融合科学研究所 所外10名 所内7名	第1回日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会 18年5月16日 核融合科学研究所 所外7名 所内6名
第2回日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会 15年9月25日 持ち回りで開催 所外12名 所内6名	第2回日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会 16年9月17日 核融合科学研究所 所外7名 所内7名	第2回日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会 17年9月16日 核融合科学研究所 所外9名 所内6名	第2回日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会 18年 月 日 核融合科学研究所 所外 名 所内 名
第3回日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会 16年1月19日 核融合科学研究所 所外9名 所内5名	第3回日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会 17年1月21日 核融合科学研究所 所外13名 所内7名	第3回日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会 18年1月20日 核融合科学研究所 所外9名 所内7名	第3回日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会 19年 月 日 核融合科学研究所 所外 名 所内 名

活動のための環境作り

分野ごとにキーパーソンが置かれ、計画の立案に当たっては日本側のキーパーソンとの打ち合わせの後、米国側とも十分な打ち合わせを行い、実施の効果があがるように配慮している。

また、JUPITER-II 計画は主にアメリカの施設を利用して行う炉材料、ブランケット分野の共同研究であるが、円滑な活動を行うため運営委員会を設置している。運営委員会のメンバーは、日米の代表者（現在 阿部勝憲（東北大）、G. Nardella（DOE））と計画調整官（現在 香山晃（京大）、田中知（東大）、および S. Zinkle（ORNL）、D. Sze（UCSD））であり、これにタスク毎の日米担当者、研究所調整担当者、および参加研究者を加え、実施体制が構築されている。年1回運営委員会が開かれ、当該年度活動の報告と評価、次年度以降の計画、予算などが日米で審議される。これまでの運営委員会の開催経過を次に示す。

第1回（計画発足前の予備打ち合わせ）

2001年1月29日－30日	オークリッジ国立研究所
第2回 2002年1月28日－29日	ネバダ州ラスベガス
第3回 2003年1月21日－22日	オークリッジ国立研究所
第4回 2004年2月26日－27日	カリフォルニア大学ロスアンゼルス校
第5回 2005年2月7日－8日	カリフォルニア大学ロスアンゼルス校
第6回 2006年2月22日－23日	メリーランド州ジャーマンタウン

国内における進め方は、代表者、計画調整官、タスク担当者、および参加研究者が一堂に会する「JUPITER-II 計画国内会議」が年2回行われ、各タスクの研究成果と計画、各派遣・受け入れ、及びワークショップの成果と計画、について審議を行っている。

組織の運営

上で述べたように委員会のメンバーはコミュニティの中から選出され、また研究課題も公募されており、透明性の高い運営が行われている。

評価と改善の仕組み

計画実施責任者は、事業の終了後に成果報告書を提出すると共に、年度末に公開で行われる成果報告会において口頭での報告を行っている。各々の分野のキーパーソンは報告会に出席し、座長を務めるとともに、報告書及び口頭発表の内容を基に各事業に対する評価を行っている。報告会には、研究所の顧問、名誉教授にも出席を依頼し、広い視点からのコメントを頂き、次年度以降の公募、審査に関する改善のための指針としている。

この観点での取り組みとして日米研究計画委員会、JUPITER-II 運営委員会等での審議が重要であり、幅広い分野からの委員の指名、確保を毎年行っている。日米研究計画委員会では、カテゴリーの内容、公募の方針等について審議し次年度の公募に反映している。

研究環境改善への取り組みとして極めてユニークな活動に安全巡視がある。本事業では、日米双方の特色ある実験装置を利用した協力研究が行われているが、このような国際協力では、協力事業実施者の安全の確保が特に重要である。そのため、核融合科学研究所は日米安全巡視活動の窓口機関として全国の大学及び研究機関と連携して安全巡視を実施している。当初の活動は毎年、交互に渡米と来日する形で進められたが、1997年以降は2年おきに実施されている。最近は2005年に日本側が米国施設を巡視した。過去の実施年、日本側または米国側が巡視した核融合関連研究機関を資料I-1-6に示す。巡視は数名で行われる。このように、日米安全巡視活動では国情の違いを理解しつつ、実質的な安全の確保を図るよう努力を行っている。

資料 I - 1 - 6 日米安全巡視実施実績

実施年	訪問形態	巡視者数	訪問機関
1995	JP ->US	JP:5 US:10	University of Texas、 Pacific Northwest Laboratory、 University of Wisconsin、 Massachusetts Institute of Technology、 Princeton Plasma Physics Laboratory
1996	US ->JP	JP:2 US:2	核融合科学研究所、名古屋大学、 京都大学、九州大学、東京大学、 筑波大学、日本原子力研究所
1997	JP -> US	JP:4 US:2	Oak Ridge National Laboratory、General Atomics、 University of California San Diego、 University of California Los Angeles、 University of California at Davis、 Lawrence Livermore National Laboratory
1999	US ->JP	JP:3 US:2	核融合科学研究所、名古屋大学、九州大学、 東北大学、大阪大学、京都大学、富山大学、 東京大学、筑波大学、日本原子力研究所
2001	JP -> US	JP:6 US:2	Massachusetts Institute of Technology、 Princeton Plasma Physics Laboratory、 General Atomics、 University of California San Diego、 Lawrence Livermore National Laboratory、 Lawrence Berkley National Laboratory
2003	US ->JP	JP:6 US:4	核融合科学研究所、名古屋大学、京都大学、大阪大学、 九州大学、東京大学、東北大学、筑波大学、 日本原子力研究開発機構
2005	JP -> US	JP:5 US:1	Princeton Plasma Physics Laboratory Univeristy of Rochester、LLE Oak Ridge National Laboratory University of California San Diego General Atomics

(2) 研究目的について

目的および意義

本事業は先に述べたように、エネルギー及びこれに関連する分野における研究開発のための協力に関する日本政府とアメリカ合衆国政府との間の協定に基づいて行われている。日本と米国が相互利益のために核融合研究開発を行うものである。JUPITER-II 計画は、核融合炉の先進ブランケット開発における伝熱流動および材料モデリング研究を進めることによって、核融合炉工学の高度化に貢献すると共に、日米双方の学術研究を促進し、同時に若手育成を目的としている。

目的の公表

協力事業の公募案内、協力事業報告会、事業内容、安全情報、問合せ先（キーパーソン）等についての必要な情報は、核融合科学研究所ホームページの国際共同研究欄において公開している（資料 I - 1 - 7）。

資料 I - 1 - 7 核融合科学研究所ホームページの日米科学技術協力事業の公募案内

1/1

日米科学技術協力事業(核融合分野)

最新情報

[平成18年度日米科学技術協力事業核融合分野交流計画希望調書の作成について\(依頼\)](#)

[日米次期共同プロジェクトの公募について\(照会\)](#)

[平成16年度日米科学技術協力事業核融合分野事業報告会](#)

[海外安全情報](#)

沿革(1979年5月から現在)

20周年史(PDFファイル(一括、分割))

体制(組織、[研究計画委員](#)、会議日程など)

予算(今年度、過去)

問い合わせ先(キーパーソン)一覧

[日米核融合研究分野一覧](#)

[日米共同研究のメカニズム](#)

関連研究施設

安全対策(PDFファイル(2003))

過去の事業内容

事業内容(概要)
一般交流計画(Personal Exchange Program)
共同計画(Joint Planning Program)
(1) 核融合炉工学(Fusion Technology)
(2) 核融合物理学(Fusion Physics)
炉心プラズマ現象
周辺プラズマ挙動と制御
プラズマ加熱と電流駆動
新しいアプローチと計測
核融合理論共同研究組織(Joint Institute of Fusion Theory)
共同プロジェクト(Joint Research Project)
(1) JUPITER-II計画
(2) Data-Link

実施計画書作成要領

[派遣依頼後の手続き\(派遣事務留意事項\)](#)

連絡先: 管理部 [研究連携課国際学術係](#) TEL 0572-58-2027(ダイヤルイン)

National Institute for Fusion Science

Copyright: 1995-2006 自然科学研究機構 核融合科学研究所 (NIFS)
住所: 〒509-5292 岐阜県土岐市下石町322-6
電話: 0572-58-2222(代表)

各年度の日米協力事業の公募案内は、公募締め切りまでに十分な時間が取れるように配慮している。これによって各協力分野のキーパーソン及び日米間での調整が可能なように配慮している。公募案内はその他、核融合学会誌への綴込み、共同研究者等への電子メールを用いて配信している。学識経験者には郵送による案内を行い、幅広い広報に努めている。

本協力事業実施希望者は、研究所ホームページから希望調書をダウンロードし、各分野のキーパーソンを通して調書の提出を行っている。

JUPITER-II においても、核融合科学研究所の日米科学技術協力事業・核融合分野のホームページで毎年公募を募っている。<http://JUPITER2.iae.kyoto-u.ac.jp/index-j.html>

(3) 研究成果について

成果の公表

日米科学技術協力事業活動とその成果は毎年開かれる日米科学技術協力事業核融合分野報告会で報告され(資料 I-1-8 参照)、報告書にもまとめられている。JUPITER-II 計画の成果は日本原子力学会、プラズマ・核融合学会、日本金属学会、核融合エネルギー連合講演会などの国内学会大会や、ICFRM (核融合炉材料国際会議)、や ISFNT (核融合炉工学国際シンポジウム) などの国際会議において継続的に報告されている。また、ホームページ、学会誌その他への寄稿により、共同研究計画の目標、概要、実施状況の広報、周知をはかり、広く参加者が応募できる措置を取っている。

資料 I-1-8 日米研究協力事業報告会開催状況

日米事業報告会	日米事業報告会	日米事業報告会	日米事業報告会
平成 16 年 3 月 4、5 日	平成 17 年 3 月 3、4 日	平成 18 年 3 月 8、9 日	平成 19 年 3 月 5、6 日
東京ガーデンパレス	東京ガーデンパレス	虎ノ門パストラル	東京ガーデンパレス
所内 31 名	所内 28 名	所内 23 名	所内 名
所外 71 名	所外 85 名	所外 74 名	所外 名
報告書配布数 230 部	報告書配布数 230 部	報告書配布数 230 部	報告書配布数 部

JUPITER-II においては、日米科学技術協力事業・核融合分野の成果発表会にて毎年報告すると共に、関連学会や国際会議にて、サブタスク毎の発表、および全体レビュー報告を積極的に行っている。

平成 18 年 3 月 8 日、9 日に行われた平成 17 年度日米科学技術協力事業核融合分野事業報告会のプログラム (第 1 日目の午前中の部分) を添付する (資料 I-1-9)。

第 1 日目

【3月8日(水) 10:00~18:30】

☆印は平成 15 年度事業

*印は平成 16 年度事業

10:00	開会のあいさつ	日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会幹事 自然科学研究機構核融合科学研究所 副所長 須藤 滋 文部科学省研究開発局原子力計画課核融合開発室 室長 板倉 周一郎 自然科学研究機構研究連携室・室員 国立天文台 教授 家 正 則
10:15	日本原子力研究開発機構の日米協力状況報告	日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門 上級研究主席 永見 正 幸
10:30	核融合物理分野における米国からの派遣研究者の研究成果概要	核融合科学研究所 副所長 須藤 滋
10:40	*核融合周辺プラズマ中の炭素系材料の損耗・輸送・堆積過程に関するワークショップ (名古屋大学エコトピア科学研究所 助教授 大野 哲 靖)	核融合科学研究所 副所長 須藤 滋
10:50	*核融合中性子計測のためのコンパクトプラズマ中性子源 (関西大学工学部 教授 大西 正 視)	
11:00	*先進的揺動計測法の研究 (九州大学産学連携センター 教授 間瀬 淳)	
11:10	低エネルギーイオン照射による2次粒子のエネルギー分布に関する研究 (岡山理科大学大学院総合情報研究科 教授 小野 忠 良)	
11:20	定常・大電力高周波加熱プラズマの物理 (核融合科学研究所 教授 熊沢 隆 平)	
11:30	*プラズマ合体・磁気リコネクション現象の物理 (東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授 小野 靖)	
11:40	高ベータ低アスペクト比トーラスプラズマの定常化と自己組織化の物理 (兵庫県立大学大学院工学研究科 教授 永田 正 義)	
11:50	質疑応答	

主要な成果の概要

毎年の研究者交流については約 60 件、ワークショップについては約 25 件が実施されている（資料 I-1-10）。その中で、先進ヘリカル閉じ込め研究、重イオン核融合と高エネルギー密度物理に関する日米ワークショップ等は、毎年、日米双方において交互に実施され、多くの実績を挙げている。

資料 I-1-10 日米協力実績 単位：件数（人）

年 度	WS (J→U)	WS (U→J)	PE (J→U)	PE (U→J)
平成 15	14 (70)	12 (60)	43 (43)	14 (14)
平成 16	16 (72)	14 (70)	41 (41)	15 (15)
平成 17	12 (71)	13 (59)	36 (36)	11 (11)
平成 18				

WS：ワークショップ、 PE：パーソナルエクステンジ

以下に成果を述べる。

核融合プラズマ研究のための先進マイクロ波計測の開発研究を、米国側（PPPL、UCD）と日本側（九州大学、核融合科学研究所）で開発項目を分担して進めている。本日米共同研究では、普遍的な炉心プラズマ物理を確立するという観点で、揺動輸送の解明を目的とした計測開発研究を進めている。

磁場核融合実験では、プラズマ中の不安定性に起因する揺動成分が閉じ込めを支配していると考えられているが、その機構については十分に解明されたとは言い難い状況にある。最大の要因は、揺動計測から得られる情報の欠如であると言われている。揺動計測では、高温プラズマへの適用性は勿論のこと、1) 周波数・波数スペクトルが得られること、2) 時間・空間分布が得られる事、が重要な点である。これらが未だ確立されていない状況にある。日米共同研究では、LHD プラズマを計測対象として、反射計あるいは電子サイクロトロン放射（ECE）測定を画像計測システムとして発展させる事により、プラズマ諸量の 2次元・3次元分布計測と同時に、揺動成分のスペクトル分布計測を実現する事にある。このような先進的な開発研究は、日米双方の特色ある研究機関がそれぞれの得意分野の開発を分担することによって初めて可能となるものである。

図1は LHD に取り付けられたミリ波イメージングシステム図であり、電子サイクロトロン放射とマイクロ波反射計測の同時計測が可能となっている。又、図2は、九州大学において開発している8チャンネルのマイクロ波集積回路であり、出力分配器、バンドパスフィルター、検出器、ビデオ増幅器を含んでいる。成果は5編の論文として発表されている。

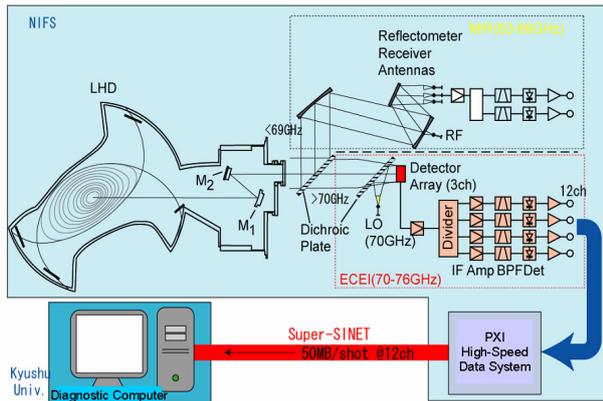


図 1. LHD における ECEI/MIR システム



図 2. 多チャンネル IF 検出部

トロイダルプラズマ中の不純物輸送を解明するために、ジョンホプキンス大学 (JHU) のプラズマ分光研究グループと「トレーサ内蔵ペレット (Tracer-Encapsulated Solid Pellet: TESPEL) を用いた計測における真空紫外光イメージング研究」という課題の共同研究を行っている (図 3)。トレーサ内蔵ペレットとは、核融合科学研究所が独自に開発した多層構造不純物ペレットで、磁場閉じ込めプラズマ中に不純物トレーサ粒子を 3 次元的に局所配置できるという他に類を見ない画期的な特徴を有している。プラズマ中に局所配置された不純物トレーサ粒子 (即座にイオンになる) のその後の振る舞いを局所的に計測することで、プラズマ中における不純物粒子の局所輸送を直接知ることができる。プラズマ中のイオンの振る舞いを局所的に計測する手法としては荷電交換分光計測があるが、適用範囲が限られている。そこで本共同研究では、荷電交換分光計測の適用範囲を拡大することのできる多層膜反射鏡 (Multi-layer Mirror: MLM) を用いた全く新しい高効率高分解能真空紫外 (VUV) イメージング分光器を日米共同で開発し、不純物輸送研究を大きく進展させることとしている。

これまでに、日米双方の研究者の意見を基に、同分光器を米国側が試作開発した。同試作器の心臓部となる凹面多層膜反射鏡は、日本側から供給された。平成 17 年度には、日本側から TESPEL を持ち込み、同試作機が取り付けられている米国のプリンストンプラズマ物理研究所の球状トカマク装置 NSTX において TESPEL 入射実験を初めて行い、データ取得に成功した。実験を実施するにあたり、数度に亘る現地視察の他、メール等を用いた綿密な打ち合わせを行った。今後、同試作機を LHD で運用する場合の効果的方法等についてさらに議論を重ね、周辺設備の準備や同試作機の移送を行い、本共同研究の目的の達成を図る。本共同研究は、PPPL の研究グループと開始したばかりの共同研究 (課題名「不純物入射による不純物輸送解析」と連携を取って進めている。TESPEL を用いた NSTX における不純物輸送の実験結果と、LHD での実験結果との比較から、トロイダルプラズマにおける不純物輸送を包括的に理解することが可能になると考えられる。こういった取り組みは、これまでになかったものである。

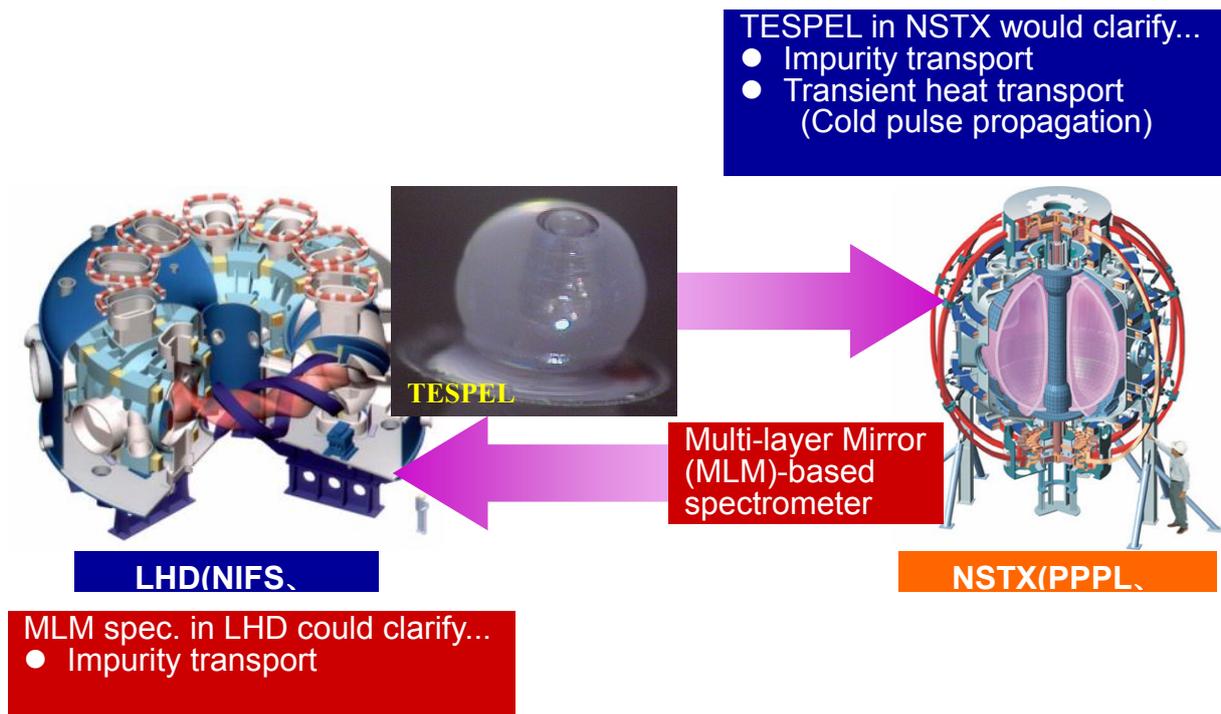


図3 本共同研究の関係を示した図。トレーサ内蔵固体ペレット(日本)と多層膜反射鏡型イメージング分光器(米国)の相互活用により様々な成果が期待される。

平成 11 年度より核融合科学研究所とオークリッジのライオン博士との間で多チャンネルシリコン検出器型中性粒子測定器の開発研究を開始した。この検出器は米国側からのものであり、比較的小型であり、中性ガス、高電圧などが不要で取扱が容易であるという利点を持つ。平成 14 年度より LHD において各種の物理実験を行い、本格的にデータを収集した。高エネルギーイオンスペクトルの磁気軸依存性、プラズマの種類によるスペクトルの変化、ICH 長時間放電時の空間スキャンによる共鳴層の確認、ロスコーンに関係したピッチ角依存性など多くの成果が得られた。

電子サイクロトロン共鳴加熱 (ECH) では、メガワット級で百ギガヘルツ帯の定常パワー入射が要求されている。パワーソースとしてのジャイロトロンは近年その要求を満たすレベルに達してきているが、一方そのパワーをプラズマ装置まで長距離伝送する際の高い伝送効率が重要になってきている。これは有効なパワー利用というだけでなく、定常伝送時の発生熱処理の問題に関係して重要な課題である。

我々は、米国 MIT グループとの共同研究により、LHD において、(1) ジャイロトロンから伝送系へのミリ波の結合効率の改善(FY1998-2001)、(2) 伝送系のアラインメント法の確立(FY2002-2005)、(3) モード分析法の実証(FY2006-)を進めてきている。

本研究は、精度の向上が可能な位相情報に基づいていること、その位相情報を高パワーレベルで得ていることが画期的であり世界初の方法である。位相情報を得るための解析コードは米国側からの貢献である。これにより伝送系の高精度なアラインメントが可能になり伝送効率の向上に寄与しただけでなく、モード成分分析法としての新しい発展が期待される。核融合科学研究所では、所有する大電力ジャイロトロンとコルゲート導波管による 100m 以上の伝送系を用いて、伝送各所で伝送パワー分布を高精度で

測定する方法を開発してきた。他方 MIT では、位相補正鏡の設計のため振幅情報のみから位相の情報を再構成する方法 (Phase retrieval method) を改良してきた。双方の研究基盤の上に有機的に共同研究が進められている。

その一例として、我々が提案している再構成位相情報から伝送系

のアラインメントを行う方法を図4に示す。ミリ波ターゲット上の放射パターンを赤外線カメラで測定し、複数点のデータを使い位相再構成法により位相情報を得る。その位相情報により、位相補正鏡を設計したり、コルゲート導波管とミリ波ビームのアラインメントを調整したりする。最近では伝送モードのモード分析を行う方法を考案している。パワー分布のみから再構成した導波管出口での位相分布を図5に示す。

本共同研究の結果はこれまで 6 編の論文としてまとめられている。

マサチューセッツ工科大学プラズマ核融合センター (MIT PSFC: Thomas W. Fredian、Joshua A. Stillerman、Martin Greenwald) とは、大量計測データから有意波形を採掘するデータベース検索法の共同研究を進めている。核融合実験における計測データの増加は近年特に著しく、人間の眼によって全データを識別・分類して解析することが困難になっている。その一例として、現在同分野内で世界最新鋭を誇るLHD実験では、平成15年度には1回の実験あたり最大3.16 GBであった計測データ量が、16年度で84 GB、17年度には90 GBと、「データ爆発」ともいえる劇的な増加を続けている (図6)。この実績値は、核融合実験におけるデータ収集の世界記録 (3年連続更新) であるが、世界の他の主要装置でも、ここ数年、大幅なデータ量増加が報告されており 1GB 超のデータ収集を行う実験も増えつつある。こうした急激な状況の変化によって、従来、人間の介入を基本としていたデータ認識と分類・検索を、コンピュータによる高速自動認識を援用したものへ移行し、肥大化した計測データの解析・吟味を半自動/全自動化する新技術への潜在的需要が高まってきた。

上記を踏まえ、この共同研究では、大規模計測データベース中の信号波形や計測画像を、その特徴によって自動的に分類し、特徴緒元をインデックス検索木に登録することで、類似性をもつ波形/画像を高速検索できるデータ採掘支援システムの研究開発に取り組んだ。

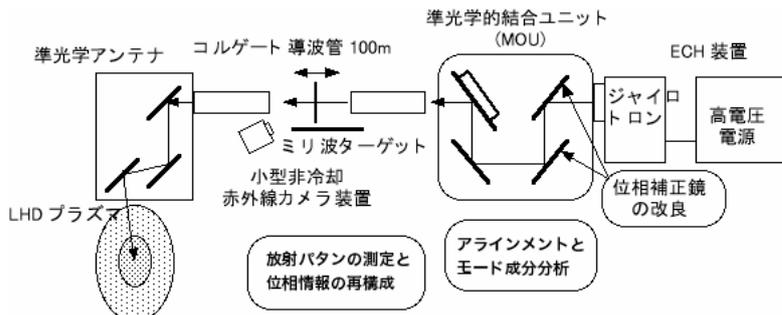


図4. ECH システムと伝送効率改善のための方法

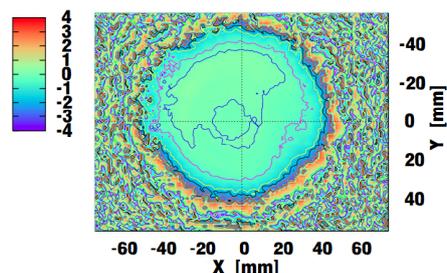


図5. 再構成された位相分布

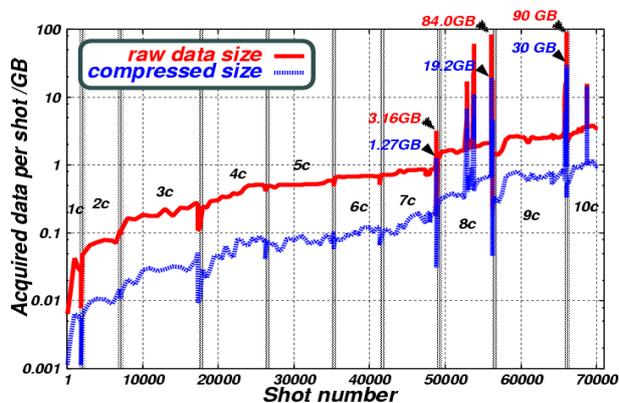


図6. LHD 計測データ量の年次変化

共同研究先の MIT PSFC は、核融合実験装置のデータ処理システムとして世界的に著名な MDSplus を開発しており、データ処理システムの研究開発では米国随一である。そのため、この本研究も同システムの開発者である Thomas W. Fredian、Joshua A. Stillerman、Martin Greenwald 氏らの協力のもと、データ採掘手法のアルゴリズム開発とシステム実装を目指した。

プラズマ放電持続時間全体にわたって変化する LHD の Bolometer 輻射熱量計測の波形を類似検索の対象とし、特徴量ベクトルの最適化をおこない、図 7 のような良好な類似検索結果を得た。

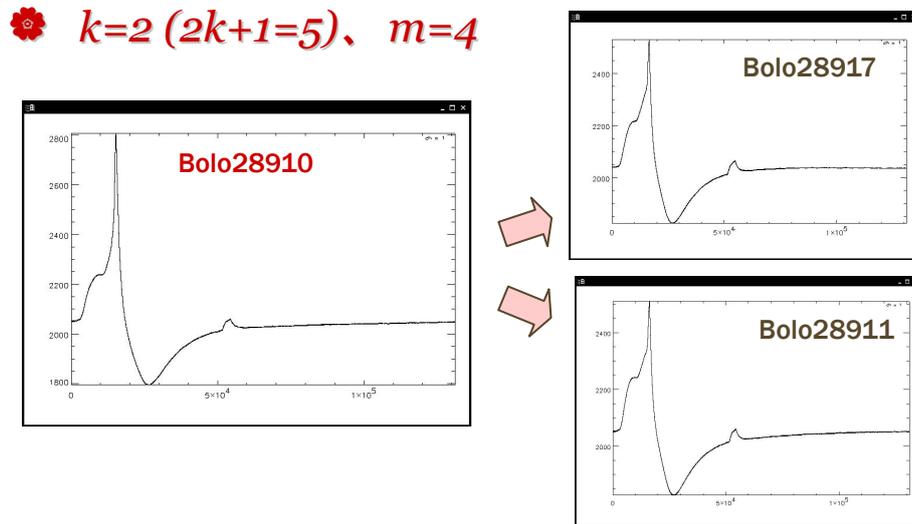


図 7. 複素フーリエ成分と R-tree による類似検索の例。Bolometer 信号全体(全長)を一つの波形パターンとして扱っている。 k 、 m は、特徴量ベクトルとして用いる複素フーリエ分解の 0～低周波側の次元数(k)、および振幅最大の次元数(m)を示す。

東大のグループが NSTX においてソレノイド無しでの電流立ち上げ実験を行った。平成 16 年の遠隔実験では、ポロイダル磁場がゼロとなる領域(ヌル領域)が存在しない磁場配位の下で行った。結果は、予備電離のパワー不足のためプラズマ電流の立ち上げには至らなかった。平成 17 年度には、プラズマ合体を用いた新しいシナリオを採用した。真空容器内の上下端の領域にヌル領域を作っておき、一部のポロイダルコイル電流の変化による誘導電場を利用して 2 つのプラズマを生成し、電流を立ち上げることを試みた。これらのプラズマは互いに引き合うため、磁気リコネクションを起こして合体する。この方法は、合体によるイオン加熱が起こるという利点を併せ持つ。これまでに、ヌル領域を大きく取る等の改良を試みて来たが、広島大学の共同研究者による高速度カメラの測定からは、磁場配位の時間的な変化は計画通りであることが分かったものの、プラズマ電流の立ち上がりの確証は今後の課題である。数 100kW のより高い予備電離パワーが必要であると考えられる。

JIFT の成果について

【概要】

JIFT プログラムでは、①プラズマの理論的理解を目指して、特に磁場閉じ込め核融合プラズマの輸送、加熱、平衡・安定性などの研究を、②非平衡・非線形・開放系でのプラズマ複雑現象などの理解の

ためにシミュレーション研究を、日米共同で推進することを目的として、ワークショップ、研究者派遣、共同計算プロジェクトなどを実施してきた。この実施に当たっては、日本側は核融合科学研究所の理論・シミュレーション研究センターを、米国側はテキサス大学核融合理論研究所をホスト機関として設け、計画の実施のための支援や調整を行ってきた。また、計画の立案と実施結果のレビューを毎年1回、JIFT 運営委員会を日米交互に開催し、実施してきた。JIFT に関する過去3年間の日米間の活動状況は資料I-1-11の通りである。

【ワークショップ】

ワークショップは、毎年、日米双方で2回ずつ、合計4回開催している。平成17年度のテーマは、米国で開催されたものとして、1) 3次元配位における理論解析、2) 超高強度レーザープラズマの理論シミュレーション、日本で開催されたものとして、1) 核融合プラズマにおける複合物理現象の統合モデリング、2) シミュレーション科学の新しい展開、であった。ワークショップのテーマは、核融合研究の幅広い分野に及んでおり、また、手法としても理論解析手法からシミュレーション手法まで、幅広く用いられている。特に、一連のワークショップでは「統合モデル」あるいは「連結階層モデル」といった今後のシミュレーション

表 I-1-11 JIFT の実績表

年 度	項 目	総出席者 /件数	日本→米	米→日本	所員
15年度	WS 米国開催	67名	16名		4名
	WS 日本開催	32名		9名	9名
	研究者交流		4名	2名	0名
	共同計算プロジェクト	12件			
16年度	WS 米国開催	49名	14名		5名
	WS 日本開催	57名		6名	15名
	研究者交流		6名	3名	4名
	共同計算プロジェクト	18件			
17年度	WS 米国開催	33名	11名		3名
	WS 日本開催	40名		12名	6名
	研究者交流		4名	1名	2名
	共同計算プロジェクト	14件			

研究やシミュレーション科学の発展に重要となる課題が活発に取り上げられるようになってきている。また、会議の主催者も、日米双方とも一部に偏ることなく、核融合関連の多方面の組織に及んでいる。

【研究者交流・その他】

研究者交流は、毎年、若手の交流を中心としており、単なる研究交流だけでなく、日米それぞれの若手研究者の育成に貢献している。実施した研究者の数は年5名～9名程度となっている。また、派遣および滞在期間は、2週間程度の短期から3ヶ月に及ぶ長期まで広範囲にわたっている。以上のように、JIFT は、核融合研究を推進していく上で、そのテーマ及び人材育成の両面から適切に運用されている。さらに、JIFT による研究活動を支援するプログラムとして、2006年3月、JIFT の日米双方のホスト組織である核融合科学研究所と米国テキサス大学核融合研究所の間で学術交流協定が調印された。

【JIFT の研究成果】

JIFT 活動において、①核燃焼プラズマにおける複合物理現象の理解ための統合モデルの検討、②LHD などを中心としたヘリカルプラズマの高周波加熱、高エネルギー粒子輸送、MHD 非線形過程の物理検討・理論構築、また、シミュレーション研究では、③大規模磁気流体シミュレーションや粒子シミュレーション、ヴラソフシミュレーション、ジャイロ運動論的粒子コードなどで成果を上げた。また、テラ級スーパーコンピュータの時代を迎え、核融合プラズマのシミュレーション研究の新たな展開として、連結階層シミュレーションモデル等の検討を行い、今後の研究戦略を議論した。以下に、成果の具体例を列挙する。

1. アルフベン固有モードの時間発展における非線形 MHD 効果

アルフベン固有モードの時間発展における非線形 MHD 効果を調べるために、MEGA コードとその MHD 部分を線形化したコードを開発することにより、アルフベン固有モードに関する様々な物理現象の解明に関して世界最先端の研究を行ってきた。最近の成果として、トロイダルモード数 $n=0$ の磁場揺動がアルフベン固有モードの飽和レベルを抑制することが世界で初めて明らかとなった (図 8)。この研究において、核融合科学研究所はシミュレーションの、IFS は理論の貢献を行い、世界トップレベルの成果を挙げる事が出来た。

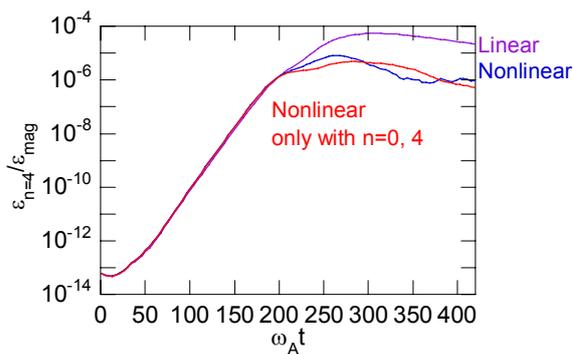


図 8. 標準非線形 MHD 計算、線形化 MHD 計算、および $n=0, 4$ モードのみを含む非線形 MHD 計算における、 $n=4$ トロイダルモードのエネルギー時間発展の比較。

2. 低衝突プラズマ領域における流体完結モデルとその応用

微視的乱流、ゾーナル流およびテアリングモードの多階層非線形相互作用に関する簡約化二流体方程式に基づくシミュレーションモデルを、世界に先駆けて構築した。開発したモデルを用いてシミュレーションを実行することにより、微視的乱流とゾーナル流が釣り合って形成された平衡状態から、巨視的な MHD 不安定性が現れることを初めて明らかにした。図 9 は静電ポテンシャルの時間発展を示す。この研究において、流体完結モデルは MIT と核融合科学研究所の共同作業、シミュレーションは核融合科学研

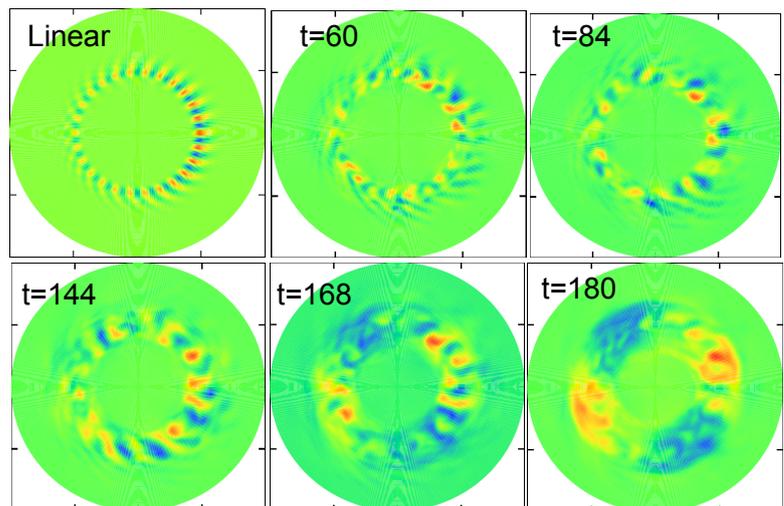


図 9. 静電ポテンシャルの時間発展。

研究所が行った。

3. 無衝突磁気リコネクション現象の開放系粒子シミュレーション

無衝突リコネクション研究のために世界に先駆けて開発された開放系電磁粒子シミュレーションコード (PASMO コード) を用いて、薄い電流層におけるプラズマ不安定性と無衝突磁気リコネクションの関係を解析した。低域混成ドリフト (LHD) モードおよびドリフト・キンク (DK) 不安定性の2種類の不安定性の成長が観測されたが、電流層中央で大きく成長する DK モードが無衝突磁気リコネクションの発生に重要な役割を果たしていることが明らかにされた。シミュレーションは核融合科学研究所が行い、結果の解析にあたっては、PPPL での実験結果と比較を行っている。図10は、この時の磁力線と磁場の強さ (色により) を示している。

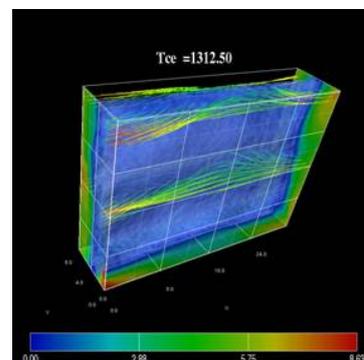


図10. DKモードの成長期における磁場構造。線が磁力線を、色が磁場強度を示している。

4. カオス散乱を伴う磁気リコネクション過程でのエネルギー開放の問題のリウビル方程式による理論的定式化

磁気リコネクションの発生機構として重要な役割を果たすと考えられている X 形に交わったセパトリックス近傍での荷電粒子のカオス散乱過程を解明する目的で、Lippmann-Schwinger 方程式の散乱問題としての定式化を始めた。これまでの共同研究からの前駆的な結果として、この方程式の具体的な表示が得られた。理論定式化はテキサス大、シミュレーションは核融合科学研究所が行った。この手法は、これまでにない斬新な磁気リコネクションに対するアプローチであり、今後の発展が期待されている。

5. 導波管内でのサイクロトロン運動の異常減衰とそのナノサイエンスへの応用

量子力学的状態の遷移確率は、 g^2 (g は結合常数) に比例するというフェルミの黄金律が広く知られている。この振る舞いは遷移の時間発展がマルコフ過程であることに起因する。一方、導波管内では電磁場の状態密度が切断振動数のところで振動数に関する分岐特異点をもつ。その効果が強く効いている場合は、フェルミの黄金律が破れ、これまでに知られていなかった新しい遷移確率の振る舞いを世界に先駆けて発見した。即ち、サイクロトロン運動の振動数が切断振動数に近傍になった場合、輻射減衰によるその運動の減衰比が場と電荷の間の結合常数 g に対して $g^{4/3}$ 乗則の非解析性を示すことを見つけた。この遷移確率の非解析性は力学系の時間発展に関して非マルコフ過程的な現象の存在を示すもので、しかも定量的に非マルコフ過程を評価することに成功した。これにより時間の対称性の破れを力学レベルから説明する一つの足がかりを作ることが出来たと言えるであろう。この共同研究は IFS における議論が出発点となっている。これらの結果は物性物理の方面にも興味の対象を拡げ、分子科学研究所との機構内連携研究に発展した。

JUPITER-II の成果

JUPITER-II 計画は本事業の大きな柱の一つである。日米双方が予算を計上して実施している。先進的なブランケットシステムの成立性に関わるいくつかのキーテクノロジーを重点的に取り上げ、その解決の見通しと先進ブランケット概念の成立性を明らかにすることを目的とする本計画では、(1) 熔融塩 Flibe を用いたブランケット、(2) バナジウム合金を構造材に、液体リチウムを増殖・冷却材に使う自己冷却ブランケット、(3) SiC 複合材を構造材に用い、固体増殖材、ヘリウムガス冷却を行うブランケット、を取り上げた。これまでに得られた代表的な成果を紹介する。また、ヘリカル炉に関するニュートロニクス、照射損傷に関する階層シミュレーションについて紹介する。

1. 熔融塩 Flibe の化学特性に関する研究成果

日本側は東大のグループが中心となっている。熔融塩 Flibe ($\text{LiF}+\text{Be}_2\text{F}$) では、中性子照射により Li が T に変換すると、遊離フッ素と結合し TF (フッ化トリチウム) が形成する。TF は腐食性が強いので濃度を抑える必要があるが、その有力な方法として、Flibe 中に Be を化学的に溶解させ、 $2\text{TF}+\text{Be}=\text{T}_2+\text{BeF}_2$ の反応により、腐食性の無いトリチウムガスに変換する方法 (酸化還元制御 (REDOX 制御) と呼ぶ) が有力視されている。しかし、Be が Flibe に溶解するか、反応がこの方向へ進行するか、この制御により腐食が抑えられるか、トリチウムガスは壁から漏洩せずに回収系へ移行可能か、など基本的なことがこれまで確かめられていなかった。JUPITER-II 計画では、トリチウム、ベリリウム、フッ化水素 (HF) 等の使用が可能なアイダホ国立研究所の STAR (安全・トリチウム応用研究施設) において REDOX 制御試験を行った。

図 1 1 は、Flibe に HF を連続的に注入しながら、Be 浸漬を行い、Be を取り出したあとの HF の濃度時間変化を示したものである。Be を 10 分～30 分浸漬することにより、HF の濃度を 300 分～1800 分間低く抑えることができることが分かる。これは世界初のデータであり、Flibe に Be を浸漬するだけで相当量の Be が化学的に溶解し、比較的長時間 HF の低減効果を維持できることを示している。したがって、ブランケットにおいて Be を Flibe 流路に配置することにより、ブランケット全体の TF 濃度を低減できると期待される。

Normalized HF concentration kinetic data: different Be exposure times
HF throughput rate (6E4 ppm-sccm)

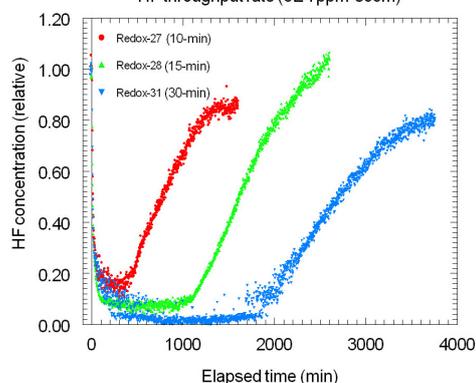


図 1 1 Flibe へのベリリウム浸漬時間と HF 濃度変化

この研究成果は、日本で進めた熔融塩腐食過程の化学速度論による解析、および高度化した腐食計測技術を適用するとともに、アメリカの施設におけるベリリウム取り扱い設備と技術を活かすことにより得られたものである。

本課題の研究では、現在 REDOX 制御下と非制御下の低放射化フェライト鋼の腐食速度の比較、REDOX 制御下で T を注入したときの液面、壁からの放出特性の評価を進めている。

2. 熔融塩 Flibe の熱流動特性に関する研究

日本側は京大のグループが中心となっている。Flibe は、熱伝導度が低く粘性が大きい（高プラントル流体）であり、除熱効率が課題である。Flibe の流動は磁場の影響をうけるので、磁場下での熱流動特性を明らかにする必要がある。本研究では、磁場下で流体の流速分布や熱伝達を測定できる UCLA の Fli-Hy 装置を用いて、Flibe と同等の流動特性を有する模擬流体 KOH を用いた熱流動実験を行っている。図 1 2 は、その結果の一部を示したもので、円管の流れ(z)方向の局所熱伝達率 Nu （無次元ヌッセルト数で表す）が磁場強度 Ha （無次元ハルトマン数で表す）を大きくすると、磁場無しに比べて磁場有では約 15%程度低下することが明らかになった。これらは Flibe ブランケットの熱設計にとって重要な情報である。

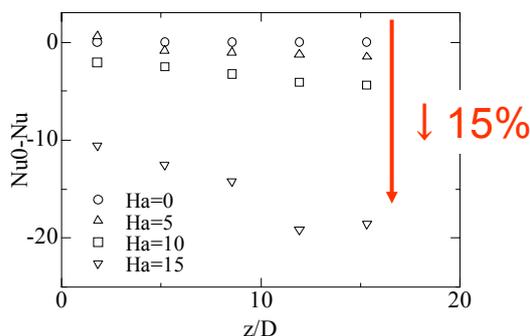


図 1 2 Flibe 模擬流体の円管方向の熱伝達効率の磁場による低下

3. 液体リチウムブランケットの MHD 絶縁被覆開発

日本側は核融合科学研究所が中心である。液体リチウム自己冷却ブランケットの重要課題に、導電流体が磁場中を流れることにより生ずる MHD 圧力損失がある。圧力損失を低減する有力な方法として、配管内面に絶縁セラミックスの被覆を施すことが考えられている。本研究課題では、還元性の強い液体リチウム環境下で安定な絶縁セラミックス被覆候補材を選択し、被覆技術を開発することを目標とした。ORNL の液体リチウム取り扱い施設 HFIR を利用し、種々の絶縁セラミックス材のリチウム浸漬腐食実験を行った。

図 1 3 に 1000 時間浸漬後の質量減少を示す。以前より候補材と考えられていた CaO は高温では腐食が大きく、一方、 Y_2O_3 、 Er_2O_3 はリチウム中で安定で、有望な候補材であることが世界で初めて分かった。即ち、液体リチウムブランケットの設計最高温度 $700^{\circ}C$ で、高結晶高純度酸化エルビウム被覆がリチウム腐食を起こさないことが実証された。これにより、磁場による圧力損失を低減する絶縁被覆を施した液体リチウムブランケット実現の見通しを高め、開発に大きく貢献した。この研究成果は、日本の高結晶高純度被覆製作技術とアメリカの施設における清浄環境での液体リチウム取り扱い設備と技術を活かすことにより得られたものである。その後、これらのセラミックスの PVD による被覆法の開発が行われ、特に高結晶の Er_2O_3 被覆は、リチウム中できわめて安定であることが示された。また被覆に亀裂が入ってもリチウムが侵入しない 2 重被覆の開発も進められた。現在 ORNL でリチウム流動試験ループを整備中で、流動環境下の被覆耐食性を明らかにする予定である。

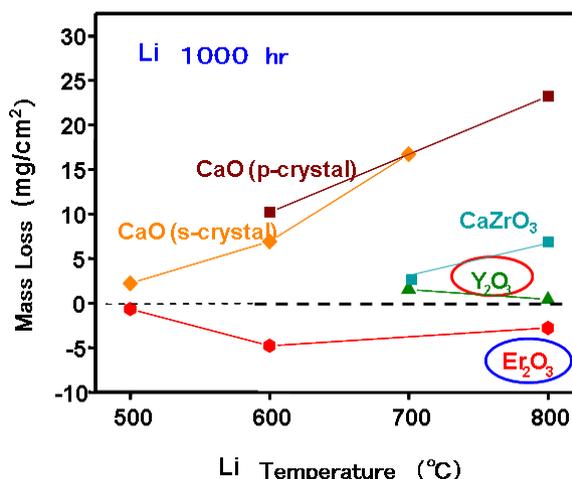


図 1 3 高温リチウム浸漬による、各種絶縁セラミックスの腐食量の評価結果

4. 先進低放射化材料の試作と耐照射性

日本側は核融合科学研究所が中心である。有望な低放射化構造材候補材であるバナジウム合金 (V-4Cr-4Ti) と SiC/SiC 複合材料の日米共同での製作法の高度化、耐照射性の評価が進められている。バナジウム合金については、日本で開発された高純度 V-4Cr-4Ti 合金 (NIFS-Heat) の不純物汚染を低減した細管製作技術、圧力管クリープ試験片の製作技術の高度化が進められた。得られた試料を用いた照射下クリープ試験が HFIR を用いて行われた。一方、SiC/SiC 複合材に関しては、ORNL で高結晶性の CVI (Chemical- Vapor Infiltration) 法、日本では、液相焼結 (NITE) 法による中型素材製作が行われ、HFIR による比較照射試験が進みつつある。図 1 4 はこれらの照射キャプセルと試料を示したものである。

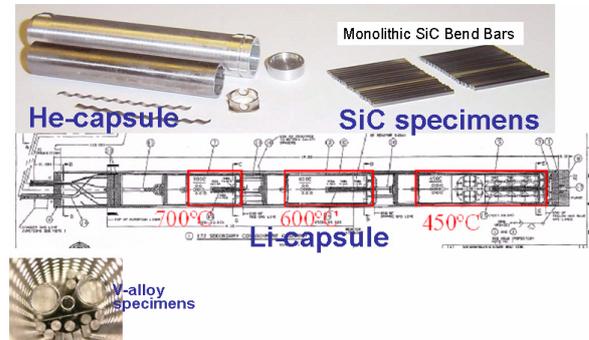


図 1 4 HFIR 照射ヘリウムキャプセルとリチウムキャプセルおよび SiC とバナジウム合金照射試料

照射後試験データは現在取得中であるが、図 1 5 に一例を示す。これは、V-4Cr-4Ti合金の照射下におけるクリープ変形速度を、リチウム雰囲気照射とナトリウム雰囲気照射 (常陽で実施) で比較したもので、雰囲気効果が殆ど認められないこと、応力により変形が急激に上昇することは起こらないこと、が初めて明らかになり、照射下クリープのデータの信頼性が高まった。また、アメリカで製作した合金 (US-Heat) と NIFS-Heat との差がほとんどないことも確かめられた。このことにより、これまでの各環境での照射試験データが有効に相互利用できることを示し、バナジウム合金の照射データベースの確立、及びそれらを利用したブランケット設計の高度化に大きく貢献した。この研究成果は、日本の高精度クリープ試験片製作技術と、アメリカの、液体リチウム環境で中性子照射試験を行う設備と技術を活かすことにより得られたものである。また、高純度高密度 SiC/SiC 複合材料において、800°C 15dpa、1000°C 1dpa までの照射により強度劣化および寸法変化が全く起こらないことを初めて実証した。これにより SiC/SiC 複合材を用いた高温ブランケット実現の見通しを高め、開発に大きく貢献した。

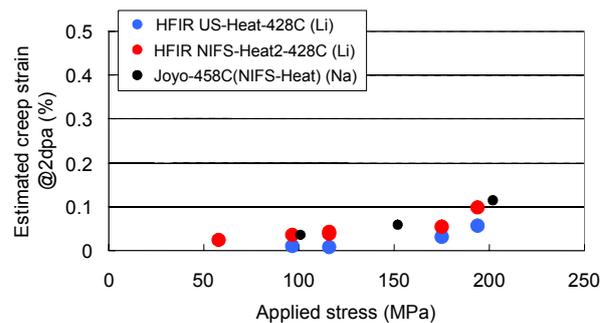


図 1 5 照射下クリープ速度の応力依存性

以上まとめると、JUPITER-II 計画により、日本の大学で構想を進めてきた先進ブランケットの要素技術とその統合研究が発展し、各コンセプトの成立性への見通しが得られつつある。今後さらにシステム間の整合性を明らかにする総合化研究や、ブランケットモジュール試験を想定した技術集約研究への発展を可能とする段階に至っている。

他方、核融合科学研究所を中心としたヘリカル炉設計に関連して、中性子工学における 3次元モンテカルロ放射線輸送計算コード MCNP に、非軸対称系の数学表記を世界で初めて組み込んだ。この独創的な発想によって、これまで一般的な 3次元 CAD 図面から MCNP 入力変換に費やされる複雑で長時

間の作業プロセスを回避し、計算結果とモデル修正との双方向の迅速なフィードバックが可能になり、特にヘリカル炉での中性子工学設計に大きく貢献した。この研究成果は、UCLA での MCNP と 3次元 CAD インターフェース開発研究を生かすことによって得られたものであり、国際会議等において高い評価を得ている。また、材料モデリングにおいて、京大のグループを中心に、分子動力学 MD、キネティックモンテカルロ法 KMC、反応速度論、透過電子顕微鏡法 (TEM) 等の連結によるナノからマイクロサイズ、およびサブピコから数秒に至る空間および時間に関するマルチスケールモデリングによって、ダイバータ板での He バブル生成速度が第 1 壁に比べて桁違いに大きく、活性化エネルギーも異なること等を世界で初めて示した。これにより、中性子照射環境での弾出し欠陥生成や核変換 He キャビティ形成による物性劣化等の予測性に大きく貢献した。この研究成果は、UCLA の 128 ノードの計算機クラスターを活用することによって得られたものであり、国際会議等において高い評価を得ている。

I-2 日中拠点大学交流事業

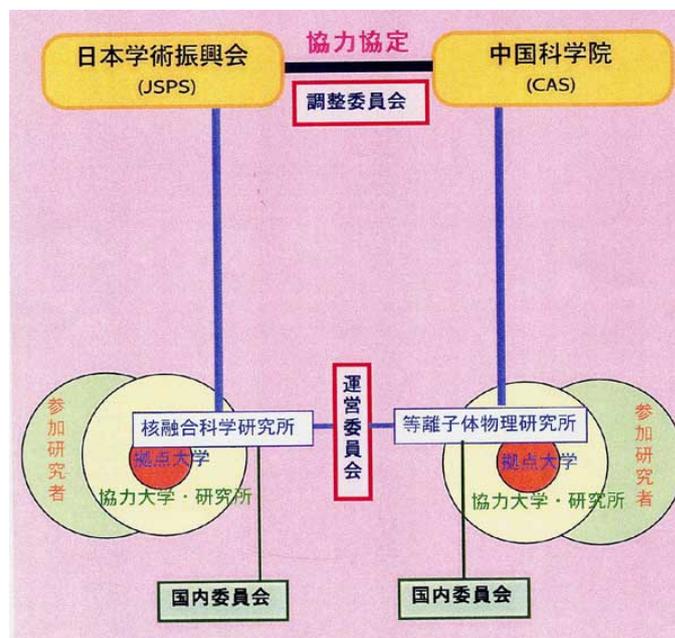
本事業は日本学術振興会が実施する拠点大学方式による学術交流事業のうち、プラズマ・核融合分野「先進核融合炉の炉心と炉工学に関する研究」によるものである。即ち、日本学術振興会と中国科学院との支援により、核融合科学研究所と中国科学院等離子体物理研究所が日本及び中国の拠点大学の役目を果たし、両国の各種研究機関や大学を協力大学として実施する2001年度より10ヵ年計画の事業である。なお、平成17年度末に日本学術振興会により中間評価を受け、事業は目標の達成に向けて順調に進展しており、最終的にも目標を達成できると考えられる、との評価を受けた。これにより当初計画の通り10ヵ年計画として後半5ヵ年の計画実施が承認された。

(1) 実施体制について

組織及び、活動のための環境作り

実施体制の概略を下図に示す。具体的な活動に当たっては、両研究所の所長を両国の代表者とし、両研究所にコーディネーター及びサブコーディネーターを、また、現場の研究者からの提案を受け取り企画するために、サブテーマ毎に複数のキーパーソンを置く実施体制としている(資料I-2-1)。ここで立案された企画は、国内委員会(資料I-2-2)を開いて最終的にオーソライズされる。中国側にも同様な組織があり、両国の代表者とコーディネーターによるコーディネーター会議を年2回行っている。

資料I-2-1 日中拠点大学方式学術交流事業の実施体制



日本側		相手国側
日本学術振興会	事業主体	中国科学院
核融合科学研究所	拠点大学	中国科学院等離子体物理研究所
本島 修・核融合科学研究所・所長	実施組織代表者	李建剛 (Li Jiangan)・等離子体物理研究所・所長
渡利徹夫・核融合科学研究所・教授	コーディネーター	王孔嘉 (Wang Kongjia)・等離子体物理研究所・所長助理
北海道大学・室蘭工業大学・岩手大学・東北大学・新潟大学・筑波大学・東京大学・東京工業大学・電気通信大学・富山大学・信州大学・岐阜大学・静岡大学・名古屋大学・三重大学・京都大学・大阪大学・広島大学・山口大学・九州大学・東京都立大学・大阪府立大学・兵庫県立大学・日本原子力研究所・慶応大学・上智大学・中央大学・東邦大学・中部大学・三重中京大学・大阪工業大学・産業技術総合研究所 ほかに3大学	協力大学	中国科学技術大学、近代物理研究所、西南物理研究院、北京科学技術大学、中国原子能科学研究院、上海セラミックス研究所、応用物理計算数学研究所、高効率激光物理研究所国家実験室、山西煤炭化学研究所、清華大学、西北師範大学、復旦大学、北京大学、上海交通大学、レーザー核融合研究センター、物理研究所、上海光学精密機械研究所、紫金山天文台、四川材料技術研究所、大連理工大学、華中大学

資料 I - 2 - 2 日中拠点大学方式学術交流事業 国内委員会 要項

日本学術振興会と中国科学院との拠点大学方式学術交流事業
プラズマ・核融合分野「先進核融合炉の炉心と炉工学に関する研究」
国内委員会要項

制定 平成13年6月12日 所長裁定

(設置)

第1条 核融合科学研究所に日本学術振興会と中国科学院との拠点大学方式学術交流事業プラズマ・核融合分野「先進核融合炉の炉心と炉工学に関する研究」国内委員会(略称「日中拠点大学交流事業国内委員会」。以下「委員会」という。)を置く。

(任務)

第2条 委員会は、日本学術振興会と中国科学院との拠点大学方式学術交流事業プラズマ・核融合分野(先進核融合炉の炉心と炉工学に関する研究)に関する事業(以下「日中拠点大学交流事業」という。)を円滑に遂行することを目的とし、次の任務を行う。

- (1) 日中拠点大学交流事業に参加する研究者を組織すること。
- (2) 日中拠点大学交流事業の事業計画等に関する事項について審議すること。
- (3) その他日中拠点大学交流事業の遂行に必要な事項を審議すること。

(組織)

第3条 委員会は、次の各号に掲げる委員をもって組織する。

- (1) 日中拠点大学交流事業における実施組織代表者 (Representative)
- (2) 日中拠点大学交流事業におけるコーディネーター (Coordinator)
- (3) 日中拠点大学交流事業におけるサブコーディネーター (Sub-coordinator)
- (4) 委員長が委嘱する日中拠点大学交流事業におけるキーパーソン
- (5) 委員長が委嘱するその他学識経験者 若干名
(以下 略)

組織の運営

上で述べたように委員会のメンバーはコミュニティの中から選出され、また研究課題も公募されており、透明性の高い運営が行われている。

評価と改善の仕組み

計画実施責任者は、国内委員会において報告を行っている。国内委員会ではその報告を参照しながら次年度以降の計画を決めている。

本活動は10年計画として提案され、過去5年間にわたって続けられてきた。既に述べたように、昨年度（平成17年度）末に実施された日本学術振興会の中間評価では、総合的評価としてA（学術研究及び国際交流のいずれの観点からも、目標の達成に向けて順調に進展しており、最終的にも目標を達成できるとの）評価を受けた。ただ、今後5年間は、中国側にEASTやHL-2Aといった中規模の優れた装置が本格稼動することを念頭に置いて日中で対等な共同研究ができるように配慮して共同研究課題に軽重をつけて進めるようにとのコメントが付された。

（2） 研究目的について

目的と意義

核融合のエネルギーを人類に開放する核融合炉の開発研究は、過去10年間に於いて急速な発展を遂げ、国際的な実験炉の建設が具体的に提案されるに至っている。これらの研究の中で、日本は先進的な寄与をなしてきた。大きな人口を抱えた中国では、生活水準の向上とともに電力需要が増大することは必至である。日本においては、エネルギー資源がなく安定したエネルギー源を必要としている。したがって、無尽蔵でクリーンなエネルギー源である核融合炉の開発は、日中両国の共通の課題である。経済的な高性能の核融合炉を実用化するためには、炉心性能をさらに向上させる必要があり、この目的のために両国が研究上の協力を行うことが、この拠点事業の背景及び目的である。世界的に先導的な役割を果たしてきた日本と、急速に成長しつつある中国が、研究者の研究交流、研究施設の共同利用を通じて次世代の核融合炉のために寄与することを目指す。

具体的には、国際熱核融合実験炉（ITER）等、核燃焼を志向する核融合研究段階において、経済性のある先進的核融合炉の開発を目指した共同研究を行うこととして、以下の3つの研究テーマを主要研究カテゴリーとしている。

- I. 「炉心特性の改善研究」：核融合炉の炉心となるプラズマの性能向上を目指した研究で、プラズマの加熱、プラズマの計測、プラズマのエネルギー輸送、プラズマ・壁相互作用等、核融合炉の小型化・定常化を目指す。
- II. 「炉工学の基礎研究」：核融合炉用低放射化構造材料、核融合炉のブランケット、先進核融合炉の設計統合等、核融合炉の建設のために必要な技術の研究を行う。
- III. 「理論シミュレーション研究」：プラズマのMHD及び微視的不安定性、トーラスプラズマの輸送理

論、プラズマの自己組織化の物理等、の研究テーマを通じて炉心特性改善のための方策を考案するとともに、核融合炉に関連したプラズマの物理を学問として確立することを目指す。

目的の公表

これら活動の目的・内容については核融合科学研究所ホームページ、Academic report（年刊）、NIFS レポート等で公開されている。（<http://www.nifs.ac.jp/collaboration/Japan-China/index-j.html>）

日中拠点事業活動では、毎年11月に上述の核融合科学研究所ホームページで共同研究の公募を行っており、協定に基づく交流もこの中に含まれている。

資料 I - 2 - 2 日中学術交流ホームページ

JSPS-CAS Core-University Program

日本学術振興会と中国科学院との拠点大学方式
学術交流事業

- プラズマ・核融合分野 (Plasma and Nuclear Fusion) / 先進核融合炉の炉心と炉工学に関する研究 -

拠点大学 日本側：核融合科学研究所 中国側：等離子体物理研究所

自然科学研究機構 核融合科学研究所 中国科学院等離子体物理研究所

最新情報	
2006.2.17	Coordinator Meeting 開催(開催地:核融合科学研究所)
2006.6.20	Coordinator Meeting 開催(開催地:合肥・等離子体物理研究所)

問い合わせ先:核融合科学研究所 経営企画課 対外協力室国際企画係
TEL:0572-58-2028 FAX:0572-58-2601 Email:kenkyou3@nifs.ac.jp

Last updated, January 1, 1970 GMT

National Institute for Fusion Science

 Copyright: 1995-2006 自然科学研究機構 核融合科学研究所 (NIFS)
住所: 〒509-5292 岐阜県土岐市下石町322-6
電話: 0572-58-2222(代表)

(3) 研究成果について

成果の公表

活動の成果は毎年開催の国内委員会にて概要が発表され、主要な成果は学術雑誌に投稿されている。本活動は 10 年計画として提案され、過去 5 年間わたって続けられてきた。この間、共同研究の成果として夥しい数の研究論文が発表されている。

主要な成果の概要

以下では本事業で得られた成果のいくつかを報告する。

1. 「炉心特性の改善研究」

I-11A 高性能炉心プラズマ閉じ込めのための高度加熱法の開発

(1) 加熱研究における協力

大学間協定に基づく日中交流が開始された当時、日本の核融合科学研究所には JIPP TII-U トカマクが、中国の等離子体物理研究所においては HT-6M トカマクがあった。ともに、イオンサイクロトロン加熱に関する研究交流が行われてきた。その後、核融合科学研究所においては LHD が建設され、等離子体物理研究所においては HT-7 トカマクが建設されたことから同分野における共同研究は質的にも量的にも拡大された。

(2) イオンバーンスタイン波加熱に関する研究交流

イオンサイクロトロン加熱に関して、核融合科学研究所において提唱され実証されたイオンバーンスタイン波加熱が HT-7 実験に導入された。図 1 (左) は核融合科学研究所で開発された名古屋 Type-III antenna と呼ばれる波動励起用アンテナである。図 1 (右) は HT-7 に装着された同型のアンテナである。

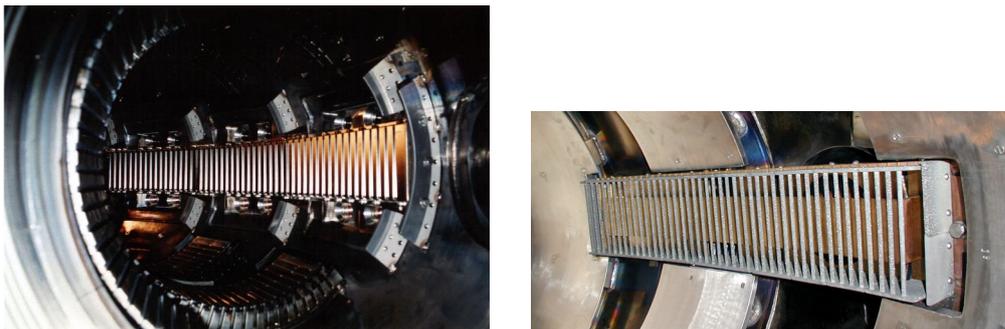


図 1. イオンバーンスタイン波用アンテナの進化

左図は、核融合科学研究所において開発された名古屋 type-III コイル。右図は等離子体物理研究所において使われた IBW アンテナ。ファラデーシールドに Si-C コーティングを施し、不純物の流入を抑えた。

イオンバーンスタイン波入射は、加熱効果のみではなくプラズマのエネルギー閉じ込め改善をもたら

すことが、JIPP T-IIU、PBX（米国）などの実験で知られており、HT-7 においても輸送障壁の生成が確認された。等離子体物理研究所では高周波周波数を変更させることにより障壁の位置を制御し、さらに研究を進展させた。

(3) 定常実験に関する協力

LHD と HT-7 はともに超伝導コイルを持つ装置であり長時間プラズマ保持実験を重要課題としている。等離子体物理研究所に建設中の超伝導トカマク EAST の極低温技術を支援するため、LHD 建設運転のノウハウの移植が行われた。EAST においても、ICRF による長時間加熱実験が予定されており、現在そのための開発研究が行われている。

核融合科学研究所において開発され現在 LHD に使用されている液体整合器の考え方にに基づき、HT-7 において液体整合器が準備されている。

I-11B 高性能炉心プラズマ閉じ込めのための計測および制御法の開発

プラズマ核融合研究、特にエネルギー輸送研究においてはプラズマパラメーターの分布計測が極めて重要な要素となる。LHD において開発され蓄積されたプラズマ診断の技術の HT-7、さらに EAST への移植は重要な役割を果たした。この方面の協力は今後さらに重要性を増すものと思われる。

(1) 改善閉じ込めプラズマの生成に関する協力

○閉じ込め改善プラズマ（Hモード）

LHD では ICRF 加熱により長パルスが実現されているが、高性能プラズマの定常維持のためには改善閉じ込めモードの実現とその特性解明が不可欠である。LHD でも数年来の NBI 加熱入力の増大に伴い、トカマクで観測されている LH 遷移を伴った H モードが実現されるようになった。このような改善閉じ込め状態を実現するにはプラズマ加熱電力が閾値を超える必要があるが、LHD の結果はトカマクプラズマで作られた閾値電力に対する ITER 経験則と極めて近いものとなっている（図 2）。ただ、高ベータプラズマでの H モードの閉じ込め改善度は周辺部の MHD 不安定性で規定されており、LHD 磁場配位の周辺部は磁気丘のため大きな改善が得られていない。MHD 安定性とエネルギー閉じ込めの更なる改善を目指して研究が進められた。たとえば、共鳴摂動磁場の印加や逆方向プラズマ電流による周辺 MHD 安定性の改善が試みられた。本研究は、中国科学院等離子体物理研究所及び西南物理研究院とともに LHD にて行われたが、中国側のダイバータトカマクである HL-2A(西南物理研究院)や極最近稼動を開始した超伝導ダイバータトカマク EAST での H モードプラズマ研究へ寄与するものと期待される。

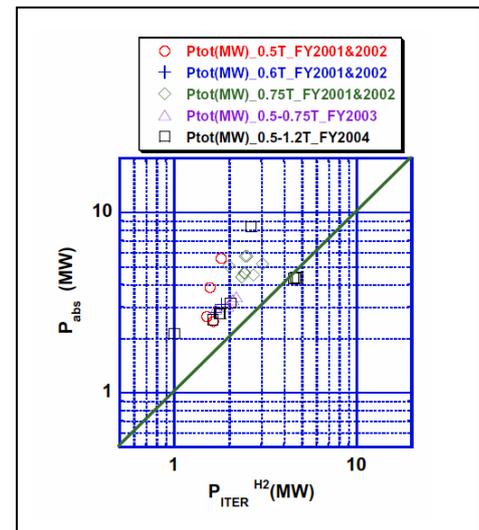


図 2 LHD で H モードを実現したときの加熱電力と ITER 経験則との比較。

○イオンバーンシュタイン波加熱による閉じ込め改善

HT-7 では 24MHz から 30MHz の高周波電力を 300 kW まで入射して種々の条件で名古屋タイプ III アンテナを用いたイオンバーンシュタイン波(IBW)加熱実験を行い、磁場と周波数に応じてイオンだけでなく電子も効率よく加熱できることを確認した。これについては I-11A(2)においてプラズマ加熱技術の観点から述べたが、ここではプラズマ輸送制御の観点からその成果を述べる。30MHz の高周波入射時に $H\alpha$ 光の減少と電子密度の上昇が観測され、粒子閉じ込めの明確な改善が観測された (図 3 (a))。しかも、IBW 加熱電力とともに電子熱拡散係数の低減、すなわちエネルギー閉じ込めの改善も実現された (図 3 (b))。さらに電子密度分布の尖塔化も観測された (図 3 (c))。IBW 加熱により内部輸送障壁を有する閉じ込め改善モードを実現しうることを示唆している。この加熱法は 1990 年ごろ名古屋大学プラズマ研究所の JIPP T-IIU で試みられた結果を再現するものであり、その手法を 10 年以上にわたる日中協力を通して継承、さらに発展させたものと言える。このように HT-7 では改善閉じ込めの長パルス化に向けて新たな手法での閉じ込め改善の研究も進めている。

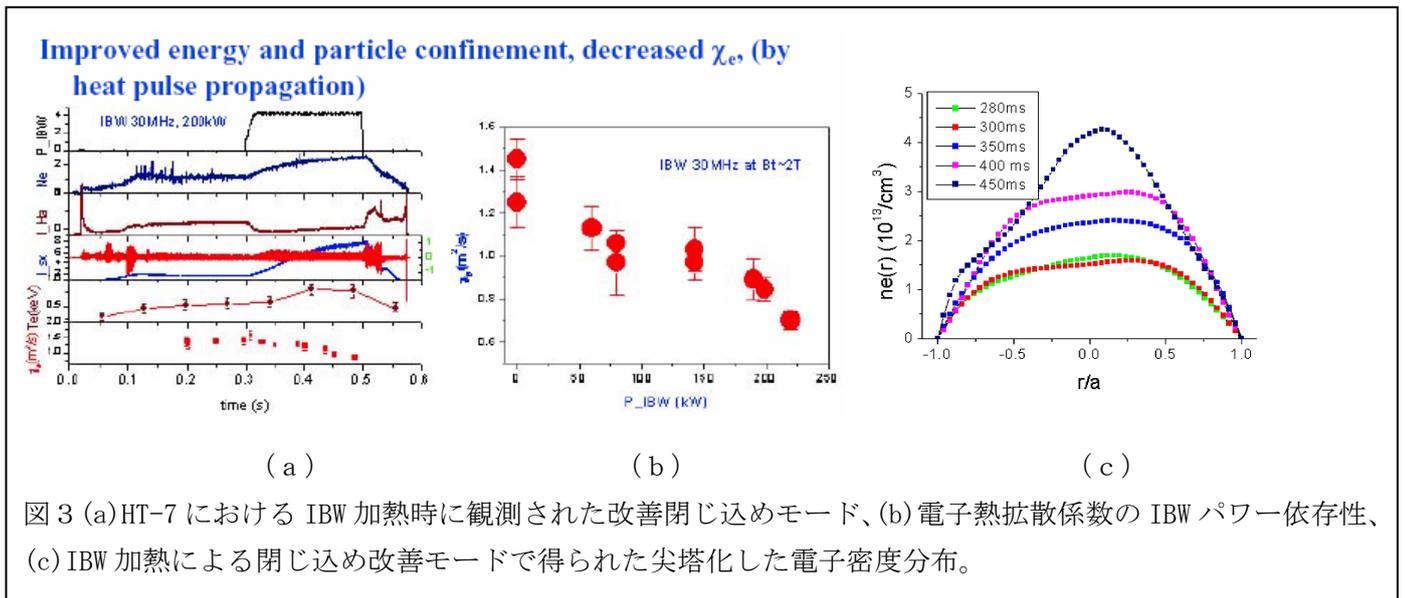


図 3 (a)HT-7 における IBW 加熱時に観測された改善閉じ込めモード、(b) 電子熱拡散係数の IBW パワー依存性、(c) IBW 加熱による閉じ込め改善モードで得られた尖塔化した電子密度分布。

(2) プラズマ粒子輸送及び揺動制御に関する共同研究

○電子密度変調による粒子拡散係数とピンチ速度計測

燃料補給に使われるガスパフ量を交流変調し、それに対する電子密度分布の応答測定から粒子拡散係数及び粒子の対流速度を実験的に導出することが多くのトカマクで行われている。LHD ではこのような密度変調実験を共同研究として進めてきた。磁場が低いほど、大電力加熱になるほどプラズマ中心から外に向かう対流が大きくなり中心で凹の密度分布となる。HT-7 のオーミック加熱プラズマでは LHD と異なり内向きの対流も観測される。最近、低衝突周波数領域のトカマクプラズマで粒子ピンチ現象が観測され、ITER でも起こりうる事が予想され、核融合出力のかなりの増大につながる可能性があり注目されている。今後、両装置でさらに共同研究を推進し、JT-60U や HL-2A と Heliotron J の結果も取り入れて、トーラスプラズマにおける粒子ピンチ現象を中心に粒子閉じ込めに関するさらに詳細な比較研究が計画されている。

○超音速分子ビーム入射による高密度プラズマ生成

超音速分子ビーム入射は高密度トカマクプラズマを得るため西南物理研究院で 1995 年ごろに開発され HL-1M トカマクに導入された。通常的气体パフに比べプラズマ内部まで燃料ガスが浸透し中心に尖塔化した密度分布が得られ粒子閉じ込めが改善された。この手法は、LHD に導入され、高密度プラズマを得るためにアイスペレット入射とともに通常的に使用されている。高密度化のためばかりでなく HL-2A では超音速分子ビーム入射によるガス導入量を変調し、その応答を第 2 及び第 3 高調波の電子サイクロトロン放射により測定している。これにより電子温度と電子密度の変化の同時測定を試みている。超音速分子ビーム入射実験は HT-7 においても核融合科学研究所との共同実験として行われた。

(3) MHD 平衡及び安定性と高ベータプラズマの生成に関する共同研究

高性能プラズマの生成と定常維持のためにはプラズマ輸送ばかりでなく MHD 平衡と安定性、さらには高ベータプラズマ生成に関する研究も重要である。高性能プラズマではプラズマ圧力が急激に増大し安定限界に近づくので MHD 安定性の研究とその制御は必須である。

○磁気センサーなしのプラズマ位置フィードバック制御

トカマクではプラズマの位置や形状をプラズマのすぐそばの真空容器内に設置した磁気コイルや磁束ループなどのセンサー信号を用いてフィードバック制御する必要がある。しかし、核融合炉ではこれらの磁気センサーはきわめて高い線量の中性子や放射線に曝され、さらに数百度の高温の厳しい環境に設置され、多くの損傷を受けやすく、しかも交換はきわめて困難である。したがって、制御系として問題が無いとは言えない。このような制御を、そのようなセンサー信号に頼らないコイル電源の電圧・電流のみを使用して行おうとする試みが九大の TRIAM-1M で始められ、ついで HT-7 に応用された。このような制御のもうひとつのメリットは磁気センサー信号の時間積分が不要であり、積分回路のドリフトの問題も回避できる。HT-7 ではプラズマ位置のみの制御が行われたが、水平位置がプラズマ小半径の 2% 以内に精度よく制御された。この共同研究は、九州大学応用力学研究所と中国科学院等離子体物理研究所が中心になって進められた。世界初の全構成コイルが超伝導コイルである EAST への適用が検討された。さらにこの方式による形状制御も検討された。この制御方式は、トカマク型核融合炉における信頼性の高い位置・形状制御につながる大きな可能性を有している。

(4) 周辺プラズマ制御とダイバータ特性に関する共同研究

ダイバータの構造と機能さらにスクレープオフ層 (SOL) プラズマの特性は高性能プラズマの生成と定常維持に深くかかわっている HL-2A はポロイダルダイバータを有するトカマクであり、また EAST はポロイダルダイバータを有する超伝導トカマクである。日本原子力研究開発機構の JT-60U はポロイダルダイバータを用いている。一方、LHD は 3 次元構造のヘリカルダイバータ及び局所磁気島ダイバータ (LID) を有している。この共同研究では、異なるダイバータプラズマ特性の差異と類似点に注目して、ダイバータプラズマの構造と磁力線の接続長との関連、スクレープオフ層プラズマとダイバータプラズマの相互作用、不純物流入と排出、粒子リサイクリングなどについての共同研究が行われた。

一例として、HT-7A において行われていた高周波放電による壁コンディショニングが、LHD において核融合科学研究所、等離子体物理研究所、日本原子力研究開発機構の共同研究として実施された。

(5) 高性能プラズマのための先進計測法の開発に関する共同研究

信頼性が高く高度の性能を有するプラズマ診断法の開発は、先進核融合炉実現に向けて必須である。長時間、高空間分解能を有し、2次元、3次元の計測法の開発が進んでいる。

ダイバータや SOL プラズマの分光計測、さらには主プラズマの不純物計測、プラズマの電子温度・電子密度計測のための多チャンネル高繰り返しトムソン散乱装置、プラズマイオン温度や回転速度計測のための多チャンネル荷電交換分光、内部磁場計測のための動的シュタルク効果計測器などは高性能プラズマを得るためには不可欠である。LHD ではこれらの高度なプラズマ計測法が開発されプラズマ中心部や周辺部の不純物輸送実験に活用されてきた。これらの計測法の、HT-7 や HL-2A への適用に向けての共同研究が行われた。この課題については、本協力事業開始当初は日本側からの指導という局面が強かったが、5年間の共同研究を通じて急速なレベルアップが図られた。さらに中国側の HT-7 や HL-2A の中型トカマクによる閉じ込め・加熱実験が軌道にのり、さらに ITER の小型版といえる EAST の稼動開始がプラズマ計測機器開発を一層加速している。

II. 核融合炉工学基礎研究

日中独自に製作したバナジウム合金の水素脆化特性を中国で、高温クリープ特性を日本でそれぞれ比較評価する研究、中国で高速イオン照射した炭化珪素材料を核融合科学研究所で電子線追加照射し損傷挙動の変化を確認する研究、中国でイオン注入した機能性セラミックス材の原子配列変化を日本で高分解能観察する研究など、日中の材料製作、評価研究の特徴を生かした共同研究が進められた。炭化珪素材料は HT-7A において実験に用いられた。ブランケット分野では、中国のハイブリッドブランケットと日本の増殖ブランケットの燃料生成、回収挙動の解析相互比較研究が進められた。炉設計の分野では、日本の高純度バナジウム合金を用いた廃棄物放射化量の推定を中国の核計算プログラムで行う研究が行われ、特に評価プログラムの効率化、核データの見直しなどが共同で進められた。

III. 理論・シミュレーションによる炉心プラズマ挙動の研究

プラズマの MHD 及び微視的不安定性解析理論の研究、トーラスプラズマの輸送理論・数値解析コードの開発及び閉じ込め改善モードの研究、複雑性プラズマにおける自己組織化の物理、及び周辺・ダイバータプラズマのモデリング及び不純物、リサイクリング粒子のコントロール等、重要な研究課題に関して協力研究を進めた。トーラスプラズマの閉じ込め改善を模索する上で重要なプラズマ中の微視的不安定性の特性を解析し、併せてこれらのモードにより誘起される異常輸送の構造の解明と軽減化の検討を進めた。特に、電子の異常輸送については、理論の定式化と実験結果の比較検討に力を入れ、イオン及び電子温度勾配型不安定性の非局所安定性解析を検討し、短波長領域での振る舞い、有限ベータ効果などについて新しい知見が得られた。プラズマとレーザーとの相互作用に関する理論及びシミュレーション手法の開発等広範な研究テーマについて、プラズマの複雑性の科学、自己組織化過程について共同研究が遂行されている。EAST や西南物理研究院の HL-2A の重要検討課題であるプラズマ周辺部及びダイバータ部でのプラズマの振る舞いを調べるための 2次元流体解析コード (B2/EIRENE) の開発など、共同研究の成果が挙げられた。

引き続き、平成 17 年度の理論共同研究成果としては、以下の二つの成果が特筆される。一つは、プラズマ乱流の構造形成の解明及び異常輸送の軽減化と zonal flow の関連性について、理論と実験結果の比較検討が進展したことである。この点において、核融合科学研究所の寄与は大きい。このテーマは HT-7U

実験で研究成果があがっているが、協力関係にある HL-2A で実施された zonal flow に関連する実験テーマの立案にも寄与し、ポロイダル及びトロイダル対称性 ($m=0, n=0$) で特徴づけられる zonal flow の特性について新しい知見が得られた。、これまで多くの実験でポロイダル対称性については検証されてきたが、プローブを用いた測定の工夫によりポロイダル及びトロイダル両方の対称性を検証し、乱流との結合に介在する物理機構の総合的理解が得られつつある。これらの研究成果は西南物理研究院最初の PRL 掲載論文に結実し、国際的にも高い評価を得ている。もう一つの成果は、電力中央研究所、核融合科学研究所、日本原子力研究開発機構、等離子体物理研究所による EAST における、簡易 Core-SOL-Divertor モデルによるプラズマの稼働可能領域に関する研究であり、ASIPP が今年 10 月に最初のプラズマ形成に成功した EAST 実験計画を模索する上で重要な理論からの提案となり、評価を受けている。このテーマについても今後更なる協力研究推進が期待される。

I-3 日韓協力事業

韓国科学技術部と文部科学省が、1985年12月20日に署名された「科学技術分野における協力に関する大韓民国政府と日本国政府との間の協定」の第5条に従って、21世紀に急増しているエネルギー需要に応じ、両当事者に有益な科学技術の協力を促進するため、核融合関連研究分野における研究開発において協定にもとづく協力を求めて交わした「韓国科学技術部と文部科学省との間の核融合関連分野における協力に関する実施取決め」に基づく事業であり、期間は平成16年11月16日より平成21年11月15日までの5年間である。

(1) 実施体制について

組織

各年度の事業計画の内容等は、日韓両国からの代表者（主調整役）による日韓核融合研究協力における合同調整役会議（Joint Coordinators Meeting (JCM) for Cooperation in the Area of Fusion Energy Research and Related Fields）で合意の上、実施する。また、合同調整役会議に加えて、調整等を行う専門家会議を適宜開催し、日韓核融合協力事業が円滑に行われるよう努めている。

日本側は、日本側の主調整役を務める文部科学省核融合開発室長を頭に資料I-3-1のような日韓核融合協力事業組織を作り、実施体制としている。実施取決めでは、取決めに基づく協力活動に参加できるよう招請することができる機関として、核融合科学研究所及び日本原子力研究開発機構が指名されていることから、活動のための技術調整役を核融合科学研究所所長と日本原子力研究開発機構執行役として実施体制が組織されている。

日韓の合同調整役会議は年1回、1月を目処に開催されている。また日韓の専門家会議も年間1～2回開かれている。

委員会の実施実績

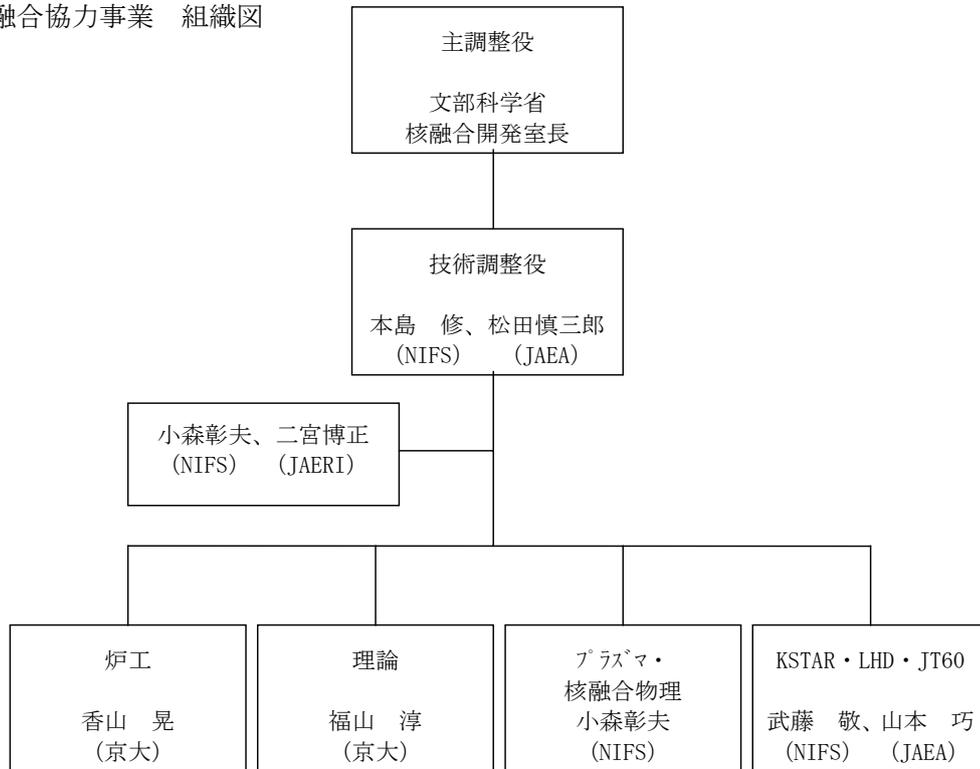
- ・平成17年度第1回日韓核融合研究協力におけるインフォーマル専門家会議
日時：平成17年8月29日
場所：韓国、済州島、ラマダプラザホテル
- ・第2回日韓核融合協力合同主調整役会合
日時：平成18年1月25日
場所：韓国、ソウル、科学技術部

活動のための環境作り

日韓核融合協力事業は、日韓核融合協力事業組織に基づいて国内委員会を作り、種々の活動の決定を行っている。即ち、毎年実施計画を公募の上、国内委員会が審査・採択を行っている。

共同研究者にメールで公募の開始、締め切りなどを知らせ、核融合科学研究所ホームページ上で公募している。

日韓核融合協力事業 組織図



日韓核融合協力事業は、KSTAR 研究協力、人材育成協力、ITER 研究協力から成っている。核融合科学研究所・大学では、この内、KSTAR 研究協力と人材育成協力を担っている。具体的に事業を進めるにあたっては、これら2つの事業を以下に述べる4つのカテゴリー「KSTAR・LHD・JT60」、「理論」、「炉工」、「プラズマ・核融合物理」に分け、「KSTAR・LHD・JT60」には2名の、他のカテゴリーには各々1名のキーパーソンをおいて、実施計画の公募、審査・採択、計画の実施、成果報告会の開催、成果報告などが円滑に行われるよう努めている。

この4つのカテゴリーで、「KSTAR・LHD・JT60」がKSTAR 研究協力に、「炉工」、「プラズマ・核融合物理」が人材育成協力に対応している。

(1) KSTAR・LHD・JT60 (キーパーソン：武藤敬核融合科学研究所教授)

KSTAR、LHD、JT60 間で行う KSTAR 研究協力であり、主に、韓国側の核融合研究センター NFRC 及び核融合研究センターが指定した機関と日本の核融合科学研究所及び日本原子力研究開発機構の間で行う共同研究である。KSTAR 協力を円滑に行うため、必要な研究者交流、ワークショップ・会議などが本カテゴリーに含まれる。

(2) 理論 (キーパーソン：福山淳京都大学教授)

理論に係わる日韓の大学・研究所間の研究者交流、ワークショップ・会議である。

(3) 炉工 (キーパーソン：香山晃京都大学教授)

炉工学に係わる日韓の大学・研究所間の研究者交流、ワークショップ・会議である。

(4) プラズマ・核融合物理（キーパーソン：小森彰夫核融合科学研究所教授）

理論、炉工以外の、プラズマ・核融合物理に係わる日韓の大学・研究所間の研究者交流、ワークショップ・会議である。

この他、KSTAR 協力を進めるため、年数回の調整会議が持たれている。KSTAR 研究協力の具体的な担当者を資料 I - 3 - 2 に示した。

資料 I - 3 - 2 KSTAR 研究協力に関する日韓の担当者表
KSTAR Collaboration Areas and Contact Persons in 2005

Collaboration Area		Contact Person	
		JA	KO
Plasma Heating Systems	Neutral Beam	K. Watanabe (JAEA)	B.H. Oh (KAERI)
	Microwave (ECH/LH)	K. Sakamoto (JAEA)	W. Namkung (POSTECH)
	Radio Frequency (ICRF)	T. Mutoh (NIFS)	J.G. Kwak (KAERI)
Diagnostic Systems	Bolometer	B. Peterson (NIFS)	S.J. Yoo (NFRC)
	Edge Thomson Scattering	T. Hatae (JAEA) K. Narihara (NIFS)	H.G. Lee (NFRC)
	Scanning Michelson Interferometer	Y. Nagayama (NIFS)	S.H. Jeong (KAERI)

組織の運営

日韓核融合協力事業を推進するため、キーパーソン、核融合科学研究所の経営企画課国際企画係の間ではメールにより、事業推進の調整を行っている。

国内委員会は、年 2 回程度開催され、日韓核融合協力事業は円滑に実施されている。この他、年度末には、国内の成果報告会が開催されている。

委員会のメンバーはコミュニティの中から選出され、また研究課題も公募されており、透明性の高い運営が行われている。

事業を実施するため、核融合科学研究所から、日韓技術協力として特別教育研究経費を要求し、認められている。また、京都大学が日韓拠点大学交流校として、先進エネルギーシステム技術の研究協力を進めていることから、大学・研究所間のワークショップ開催事業では、京都大学の交流事業とも協力し、ワークショップへの研究者などの派遣が最大の効果を生むように実施している。

評価と改善の仕組み

成果発表会を毎年開催し、活動成果を公表している。

・平成 17 年度日韓核融合協力事業報告会

日時：平成 18 年 3 月 22 日

場所：核融合科学研究所

成果報告会の発表に基づいて 8 名の評価者による評価を行っている。各評価者が 5 段階評価で点数をつけ、その平均点をもとに総合評価を行う。平成 17 年度の事業に就いては平均点で 3.44～4.08 の間に分布しており、おおむね優れた成果を上げていると評価される。

成果報告会の評価者の判定を次年度の研究計画の審査・採択などに反映させている。

(2) 研究目的について

目的と意義

21 世紀に急増しているエネルギー需要に応じ、日韓両国に有益な科学技術の協力を促進するため、核融合関連研究分野における研究開発において協定にもとづく協力を促進する。KSTAR 研究協力、人材育成などについて、核融合科学研究所及び日本原子力研究所を中心に協力を行う。これにより、KSTAR における共同研究の促進、将来を担う日韓両国の人材の育成が可能となる。

目的の公表

核融合科学研究所ホームページ（共同研究）に記載、公開している（資料 I - 3 - 3）。

<http://www.nifs.ac.jp/collaboration/Japan-Korea/index.html>



最新情報

0511.30	平成18年度日韓核融合協力事業実施計画希望調査の作成について (依頼)
05.5.31	平成17年度日韓核融合協力事業実施計画希望調査の作成について (依頼)

連絡先：管理部研究連携課国際学術係 TEL 0572-58-2027 (ダイヤルイン)

National Institute for Fusion Science



Copyright: 1995-2006 自然科学研究機構 核融合科学研究所 (NIFS)
住所：〒509-5292 岐阜県土岐市下石町322-6
電話：0572-58-2222(代表)

(3) 研究成果について

成果の公表

KSTAR 研究協力、ワークショップ、研究者派遣、研究者招へいなどを通じて幅広い分野で研究協力を進めている。活動成果は毎年開催する成果発表会で公表している。

主要な成果の概要

以下では核融合科学研究所が中心となった研究協力について、特筆すべき進展のあるものを項目別にまとめる。

1. KSTAR 研究協力における定常 ICRF 加熱の準備研究

KSTAR における定常 ICRF 加熱は、韓国では KAERI が担当しており、これに関する日韓研究協力は、研究者派遣、共同研究を通して準備研究を進めている。KSTAR では、2009 年に 25-60MHz/6MW のシステムを導入する予定であるが、世界的にもトカマクでの大電力定常 ICRF 加熱はこれまでになく、KSTAR 研究計画への期待は大きい。その意味で、LHD の実績に基づく研究協力に大きな期待が寄せられている。

共同研究では、これまでに KSTAR で使用予定の 4 ストラップアンテナの耐圧試験を行い、35 kV、300 秒の通電に成功した（図 1）。この値は KSTAR においては MW クラスの加熱に必要な耐圧であり、順調に進展していると言ってよい。これは、LHD 実験のために核融合科学研究所で開発された周波数フィードバック法を採用した成果である。



図 1 KSTAR 用プロトタイプアンテナ

液体ダミーロードの負荷試験に関しても共同実験を行い、25-60MHz という広範な周波数領域にわたって 50 オームの整合を取ることに成功した。この液体ダミーロードは韓国で開発中のものであるが、液体の濃度、温度の調整によって整合をとることができ、コンパクトで適用周波数範囲が広いという利点がある。核融合科学研究所でも導入を検討すべき技術である。また、トカマク用のマルチストラップアンテナや伝送路の空冷システムは LHD にとっても参考になる開発である。こうした観点から、核融合科学研究所側としても共同研究の意義は大きい。

なお、上記アンテナ試験においては、韓国で大口径セラミックフィードスルーの開発が進んでいないこともあり、LHD で開発したものを貸与している。

一方、KSTAR 用高周波発振器は米国製を購入契約しているが、四極真空管のトラブルが原因で、研修段階で仕様の 2 MW/300 秒が達成出来ていない。この仕様は LHD の開発試験で出した 1.6 MW/5、000 秒と同等かそれ以上の難しさに対応するものである。四極真空管は LHD でも多く使用しており、今回のトラブル対処に関して情報交換する予定である。

2. KSTAR 研究協力における定常プラズマ計測の準備研究

KSTAR は韓国国内で企画段階から国際共同実験のための装置として位置づけられている。KSTAR の計測分野の日韓協力に関しては韓国核融合研究センターにおいて打ち合わせが行われ、当面次の 3 項目において共同開発を進めることで合意した（表 1）。

- ・ エッジトムソン散乱用ポリクロメータ
- ・ 電子サイクロトロン放射計測器（ECE）
- ・ ボロメータシステム

表1 KSTAR計測開発スケジュール

year	2004				2005				2006				2007				2008				2009				2010				2011			
quarter	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
KSTAR Schedule																																
KSTAR first plasma																																
KSTAR operation																																
power upgrade (total in MW)																																
Bolometer System																																
Conventional Bolometers																																
purchase detectors																																
calibration																																
installation																																
Imaging Bolometer																																
purchase IR camera																																
calibration																																
installation																																
Edge Thomson Laser (JAEA)																																
purchase detectors																																
filters																																
housing																																
calibration																																
testing																																
ECE diagnostics																																
preliminary design																																
final design																																
purchase ECE instrument																																
calibration																																
testing																																
Collaboration Visits																																
J->K																																
K->J																																

・エッジトムソン散乱用ポリクロメータ

トムソン散乱計測システムは、複数の研究機関が分担して開発担当することになった。まず、レーザー本体については、日本原子力研究開発機構が5J、100HzのYAGレーザーを貸与する。検出系については、プリンストンプラズマ物理研究所が集光系の設計を担当し、核融合科学研究所が周辺計測用25チャンネルのポリクロメータの設計を担当する。

核融合科学研究所の担当分については、LHDのトムソン散乱システムの経験に基づいて、26台のポリクロメータ（レンズ及びフィルタホルダを含む）並びにアバランシェフォトダイオード（APD）を平成18年度に購入した。（不調時の対応を迅速に行うため1台核融合科学研究所に置いておくため26台になった。）APDに検出器ごと独立に高電圧をかける方式はLHDより進んだシステムになっている。また、超低ノイズ、超高速アンプの仕様設計を行い、さらに、フィルタの中心波長、バンド幅の最適化を行ってポリクロメータとしての最終仕様をほぼ完成した。その上で、KSTAR計測室の現地見学に基づいて、製作、調整、校正、設置の段取りについて詳細に打ち合わせを継続している。

・電子サイクロトロン計測器

当初は、マイケルソン型干渉分光器を検討したが、本体の入手が困難なためこの方式は撤回し、KSTARに最適な方式としてヘテロダインラジオメータ（110～196GHz）を導入することで合意した。現在、マイクロ波集積回路技術を用いた新型ヘテロダインラジオメータを九州大学との共同研究で開発を進めている。この新しいシステムの中核部分については、2006年のLHD実験期間に試験される予定である。

個別の技術開発についても情報交換し、韓国側の当初設計・開発試験に対し、デジタルシステムとして VME ではなく CompactPCI の採用を、導波管として円滑円形導波管ではなくコルゲート導波管の採用を検討するよう助言した。ECE 計測システムは、2008 年のファーストプラズマ後の休止期間に設置することになっている (図 2)。

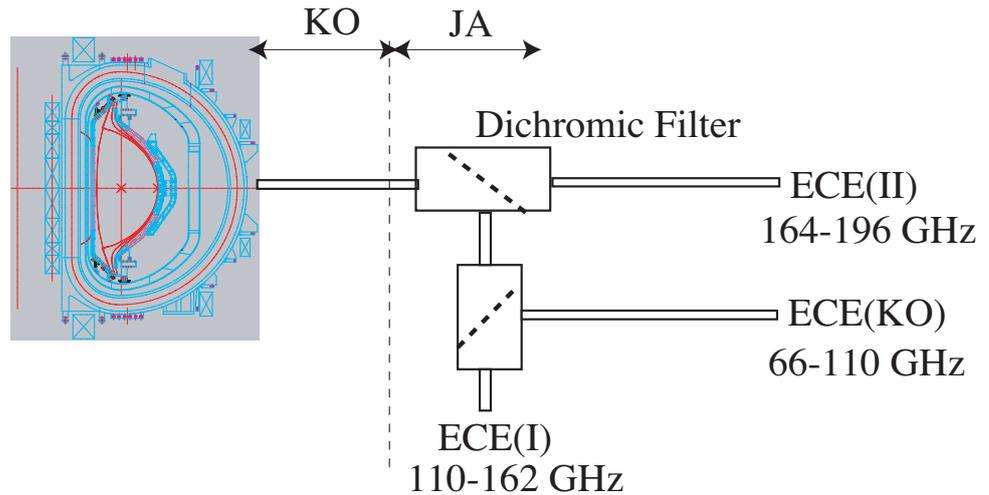


図 2 KSTAR 用 ECE システム

・ボロメータシステム

KSTAR では、放射損失を測定するためにいくつかのボロメータを設置する計画である。2009 年の第 2 キャンペーンに 12 チャンネルの抵抗性ボロメータを (図 3)、2010 年の第 3 キャンペーンにイメージングボロメータを、そして 2011 年の第 4 キャンペーンにダイバータ用の抵抗性ボロメータを設置する。これらシステムの構築のため D.C.Seo 博士が 2005 年 12 月より核融合科学研究所に 14 ヶ月間来所し、開発共同研究を進めている。これまでに金薄膜を使った 12 チャンネルの抵抗性ボロメータのシステムを完成させ、He-Ne レーザーを用いて較正を行った。必要な感度と応答が得られている。現在は赤外領域のイメージングボロメータ (図 4) の設計段階にある。これらはいずれも LHD で開発されたものであり、研究協力の成果が短期間に現れている。

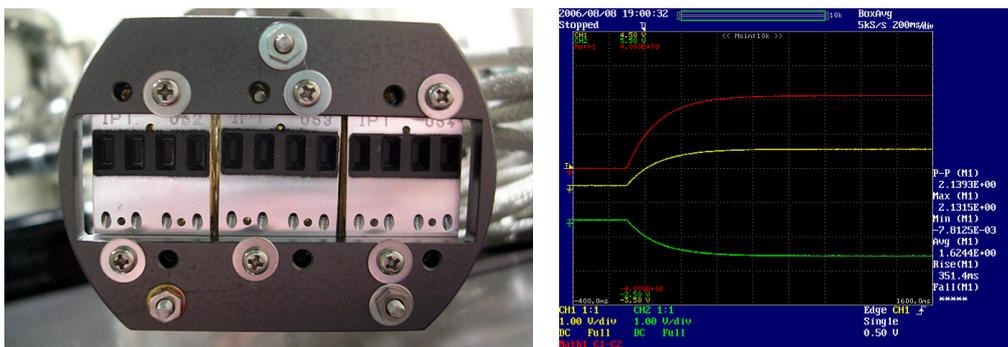


図 3 12 チャンネル抵抗性ボロメータシステムと He-Ne レーザーを用いた較正



図4 赤外領域のイメージングボロメータ

3. 超伝導及び低温技術に関する研究協力

超伝導及び低温技術に関しては、1999年の韓国超伝導・低温工学会と日本の低温工学協会との覚え書きに基づいて、ワークショップを中心とする研究協力を進めてきた。2003年からは日本、韓国、中国で「応用超伝導及び低温技術に関するアジア会議：Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics (ACASC)」を開始し、以後毎年各国の持ち回りで会議を開催している。この会議自体は超伝導応用を中心として幅広い研究領域を扱うものであるが、核融合研究において超伝導マグネットシステムは不可欠の要素であり、主要な位置を占める。第5回ACASC会議は、2005年12月に釜山で開催され、143名の参加者（韓国100名、日本26名、中国13名他）を得て、107件の報告がなされた。今回は日韓協力事業の支援により核融合分野の研究協力の強化が図られることになった。現在、中国、韓国とも大型超伝導核融合実験計画を進めており、また、ITERの構成メンバーともなっている。核融合研究における超伝導技術開発に関しては8年前にLHD実験を開始した日本が先んじており、今後の研究協力における日本の貢献が期待されている。

4. 原子・分子データ製造、収集、管理、公開に関する研究協力

これまでは、日韓両国において個別の大学間でこの分野の基礎研究に関する共同研究体制はあったが、韓国の原子分子データ研究者の核融合研究へのなじみがまだ薄い。一方、韓国政府は、原子分子基礎データの必要性を強く認識し、ハード・ソフトの両面に多くの予算をつぎ込んでいるが、韓国の原子分子データ製造の研究者層は薄く、日本に比べて基礎研究は立ち後れている。今回、日韓協力事業が、原子・分子データ分野の重要性の共通理解と共同研究体制が国レベルの統合したかたちで進む契機になったことには大きな意義がある。

5. KSTAR 研究協力における若手研究者育成のための教育プログラム

日韓の若手教育プログラムの一環として、「定常プラズマの計測に関する第3回日韓セミナー」を平成18年8月31日～9月2日に、宮城県松島で開催した。先進プラズマ計測に関する日韓セミナーは2000年に日本で初めて開催し、計測に関する日韓協力の足場を作った。今回は、最先端の大型核融合実験のレビュー及び重要な計測法に関する講義を柱とし、これに大学院生・若手研究者の研究発表を組み合わせたプログラム構成とした。このようなセミナーの性格上、講師にはあらかじめ講義内容を提出しても

らい、講義ノートを作成してセミナー会場で配布した。総参加者数 49 名のおよそ 2/3 を若手研究者・大学院生がしめ、韓国からは教官 4 員（講義 2）と大学院生 9 名（研究発表 7）が参加した。参加した大学院生・若手研究者にとっては、国際的研究レベルの現状とそこでの自分たちの研究の位置づけを実感させる絶好の機会となった。また、日韓がともに参加している ITER プロジェクトのスタートを勘案し、単に日韓の枠内にとどまらず、国際的なセミナーとして欧州の研究者 2 名にも講師として協力要請した。

大学院生・若手研究者の発表 25 件はすべて口頭とし、彼らにとってセミナーは単に講義を聴くだけでなく、自らの研究報告を通してプレゼンテーションのスキルを磨く機会であり、また国際語である英語で議論する場となった。韓国研究者には、初めての本格的な核融合実験装置 KSTAR の実験開始を目前に控え、若手の育成が喫緊の課題であるという認識があり、このような教育プログラムに大きな期待をかけている。

I-4 国際エネルギー機関（IEA）ステラレータ概念の開発協力に関する実施協定 （略称、IEAステラレータ協定）

科研費特定領域研究「定常核融合炉の物理と工学の新展開」

自然科学研究機構・連携事業「分野間連携による学際的・国際的研究拠点形成」

OECD/IEA の実施協定に基づき、9つの分野で核融合に関する国際協力が実施されているが、本協定もその一つである。核融合炉実現に必須とされるプラズマの高性能化と定常化のため、トカマク型に比較し有利な条件を持つヘリカル型磁場配位研究が核融合科学研究所 LHD 装置を先頭に進められているが、ステラレータ協定は世界のヘリカル型実験装置による研究の連携・共同研究活動を推進するものとして実施されている。1985年欧州原子力共同体、米国エネルギー省の間で締結された協定に、1992年より日本が参加した。その後、延長されており、現在、国立大学法人化に伴い、日本の代表責任機関は自然科学研究機構となった。

（1）実施体制について

組織

国際的な運営組織として本協定に参加していない国も准メンバーとして加えたステラレータ執行委員会(Stellarator Executive Committee: SEC)があり、7カ国（日本、米国、ドイツ、スペイン、ウクライナ、ロシア、オーストラリア）から選出された2名ずつの委員からなる。現在の日本からの委員は本島修核融合科学研究所長と小森彰夫核融合科学研究所研究総主幹である。また委員会議長は本島修核融合科学研究所長である。日本国内ではこれに対応するためのステラレータ国内委員会があり、核融合科学研究所が事務局を務めている。

SECはそれぞれ隔年で行われるIEA国際ステラレータワークショップ（西暦奇数年）とIAEA核融合エネルギー会議（西暦偶数年）に合わせて毎年1回開催されている。このうち、国際ステラレータワークショップは本国際協力が主催するものである。SECでは、ステラレータ概念の開発協力に関して包括的かつ組織的な検討が進められている。特に、国際協力の現状の共有、国際ワーキンググループの拡充、トカマク研究者コミュニティとの関わりなどが検討課題である。平成16年度以降では2004年11月フィラモーラ（ポルトガル）第33回、2005年10月マドリッド（スペイン）第34回、2006年10月成都（中国）第35回SECが開催されている。第33回において飯吉厚夫中部大学総長からカルロス・アルハドレ CIEMAT 部門長（スペイン）への議長の交代があった。その後、第35回において、アルハドレ氏がITER副機構長となったため、辞意を表され、副議長であった本島修核融合科学研究所長が議長を引き継ぐこととなった。

活動のための環境づくり

上記SECにて行われた議論を各国委員が持ち帰り実施を図る。本活動を傘として、多くの協定や共同事業が連携されて進められている。

我が国においては科研費特定領域研究「定常核融合炉の物理と工学の新展開」の下にLIME（LHD国

際共同実験)を構成してこの事業を推進した。その結果、多くの共同研究の成果があがり、国際的な協力関係が培われた。この科研費は平成16年度に終了したがSECからも事業の継続が強く求められた。

平成17年度より自然科学研究機構・連携事業「分野間連携による学際的・国際的研究拠点形成」が発足した。そこで核融合科学研究所ではこの事業の一環として、「国際共同研究拠点ネットワークの形成」事業を平成17年度から発足させこれに対応することとした。本事業は自然科学研究機構の本部に設置された研究連携委員会および研究連携室による実施取り決めに基づく。実施自体は機構から核融合科学研究所へ付託されている。ここでは、LIMEでの成果と形成された基盤を活かしつつ、より学際的な研究展開を図ることを骨子として新しい事業展開を進めており、SECでも高く評価されている。この他にも、マックスプランク・プラズマ物理研究所(ドイツ)、プリンストンプラズマ物理研究所(米国)、オークリッジ国立研究所(米国)、オーストラリア国立大学(豪)、クルチャトフ研究所(露)、ハリコフ物理工学研究所(ウクライナ)と核融合科学研究所との学術交流協定も本活動と連携している。

組織の運営

LIMEにおいては、総括班を中心に各研究計画の研究調整を行い、国際ステラレータ執行委員会を通じて海外との共同研究を進めてきた。

機構の事業となってからは、分野間連携による国際的研究拠点形成委員会を核融合科学研究所に設置し、核融合科学研究所長が委員長を指名した(現在、山田弘司教授)。委員は所内7名、所外8名からなる。機構が主体的に事業に当たるという観点から公募ではなく、委員会主導で実施を進めている。平成16年度で終了したLIMEの継続事業と分野間連携を目指した新しい展開が期待される事業を選定している。研究拠点ネットワークの形成という観点から個々の研究者の共同研究よりは、より組織的な人事交流を軸として実施に当たっている。委員会は、平成17年度は8月25日と9月16日、平成18年度は7月13日に開催されている。

評価と改善の仕組み

LIMEにおいては、各研究課題における研究は平成16年度で終了し、平成17年度は、研究成果の取りまとめを行った。平成17年度の9月にはシンポジウムを開催し、本研究の研究成果を広く知ってもらおうと同時に、コメントを得た。シンポジウムにおける発表、コメントなどをまとめて報告書を作成し、配布した。これらは平成17年度から発足した機構の事業「国際共同研究拠点ネットワークの形成」に活かされることになった。

国際共同研究拠点ネットワークの形成事業では、研究連携室において成果および次年度計画のヒアリングを年1回実施しており、その妥当性が検討されている。また、本活動は機構の事業であるものの、その運営に当たる分野間連携による国際的研究拠点形成委員会では核融合科学研究所7名、機構内機関2名、機構外の大学など6名となっており、国内的なネットワークの意見が適切に反映される構成となっている。

本協定自体は国際エネルギー機関IEA本部の指導の下に実施されており、機関のエネルギー研究技術委員会(Committee on Energy Research and Technology:CERT)で評価を受けている。特に実施協定は5年毎に継続すべきかどうかの判断がなされ、そのためには協定の機関が終了する6ヶ月前に期末報告書

の提出が義務付けられている。また、IEA に設けられた核融合パワー調整委員会（Fusion Power Co-ordinating Committee:FPCC）が本協定活動を把握し、CERT に対する助言を行っている。

（２） 研究目的について

目的および意義

核融合炉の実現に向けた研究開発において、ITER に象徴されるようにトカマク方式が先行しており、実証炉を目指して集中的な投資が行われているが、商用炉としての適性は確定されていない。最適化された商用炉に発展しうるものとして、ステラレータ（ヘリカル系）概念もトカマク代替方式として研究が進められている。外部コイルによる磁場のみでプラズマを閉じ込めるステラレータ概念は定常性と安定性に優れた特長を有しており、その科学実証に向けた研究が国際的に展開されている。これらの研究活動を国際的に連携させ、組織的な研究協力を進めることにより、ステラレータ概念の核融合炉研究を促進させることが活動の目的である。

LIME では

世界の多様な磁場配位におけるヘリカルプラズマの物理解明、および炉工学開発を進めてヘリカル型核融合炉の展望を開くことを目的として ①コアプラズマ閉じ込め、②周辺プラズマ制御、③プラズマ計測・加熱開発、④炉工学開発、の4分野を設定し、その具体的研究計画として、①「電場とプラズマ閉じ込め（ドイツとの協力）」、「高エネルギー粒子の振る舞い（アメリカ、ロシアとの協力）」、「磁場配位とプラズマ制御（ロシア、スイス、スペイン等との協力）」、「ヘリカル磁場配位の最適化（スペイン、ウクライナ、オーストラリアとの協力）」、②「ダイバータの最適化（ウクライナ、ロシアとの協力）」、「周辺プラズマの物理（ドイツ、ロシア等との協力）」、③「ペレット開発とプラズマ計測（ロシアとの協力）」、「高周波加熱と密度揺動計測（ロシアとの協力）」、④「超伝導工学開発（ドイツとの協力）」、「高熱流束機器開発（ドイツとの協力）」、「核融合炉材料開発（ドイツとの協力）」に分け、外国との共同研究を行う。

国際共同研究拠点ネットワークの形成事業では、

LIME の実績を基にさらなる展開を図ることになるが、単なる継承でなく、核融合分野に特化することなく、研究者単位の協力関係から、より組織的な取り組みを指向することによって、新分野創成に向けた計画としている。

目的の公表

国際エネルギー機関や核融合科学研究所のホームページに掲載している。

<http://www.iea.org/textbase/techno/technologies/fusion/NONTOK.PDF>

<http://www.lhd.nifs.ac.jp/result/international.html>

また、本活動において組織化された国際ステラレータデータベースについては

<http://iscdb.nifs.ac.jp/>

http://www.ipp.mpg.de/eng/for/intern/w7is/proj_w7as/ISS/

を参照されたい。

(3) 研究成果について

成果の公表

LIME の活動については、平成 17 年度の 9 月にはまとめのシンポジウムを開催し、本研究の研究成果を広く知ってもらおうと同時に、コメントを得た。シンポジウムにおける発表、コメントなどをまとめて報告書を作成し、配布した。

主要な成果の概要

本活動での特筆すべきものとして、国際ステラレータワークショップ、国際閉じ込めデータベース活動、輸送研究に関する国際調整作業会をあげる。

1) 国際ステラレータワークショップ

2 年毎に各国持ち回りで IEA の付託のもとにホストを務めており、2005 年には第 15 回が、CIEMAT（環境エネルギー中央研究所）がホストとなり、マドリッド（スペイン）において開催された。参加者は 16 カ国、約 120 名であった。国際プログラム委員長は核融合科学研究所の山田弘司教授（第 33 回 SEC において指名）が務めた。発表論文はプロシーディングとしてまとめられた他、加筆拡充した論文を Fusion Science & Technology 誌に 3 号にわたって特集号として発行されている（最終号は来年 1 月の予定）。これらの特集号について客員エディターとして山田教授が当たった。次回第 16 回は 2007 年に核融合科学研究所がホストし、土岐市において開催する予定である。国際プログラム委員長にはカルロス・ヒダルゴ博士（スペイン）が第 35 回 SEC において指名された。この会議に合わせて、いくつかの調整会合が持たれる。特に、第 15 回の際に、輸送研究についての国際調整作業会の立ち上げを決め、2006 年に京都において開催することとした。

2) 国際閉じ込めデータベース活動

ステラレータ・ヘリカル系核融合炉を設計するために、閉じ込め機構についての物理的理解を深め、モデルを構築することが必要である。ヘリカル系閉じ込め概念は多様性に富んでおり、一方、個々の実験装置で網羅できる範囲は限定されているため、装置間の比較を行うことが、より信頼性の高い、一般化されたモデルを構築することにつながる。このような動機のもとに、1993 年から国際ステラレータデータベース活動が開始され、1995 年には中型装置を基にしたスケーリング則が導かれ（国際ステラレータスケーリング 95 則、International Stellarator Scaling 95: ISS95）広く評価に供された。その後、LHD の稼動（1998 年）や多様な実験装置の実験開始（TJ-11、HSX など）を受け、このデータベース活動は 2002 年からより活発となっている。2004 年には新たなスケーリング則 ISS04 が提唱され、ここではヘリカル系の閉じ込め性能が実効ヘリカルリップルに依存するこ

とが示された。これは新古典拡散の最適化が乱流輸送の抑制に相関していることを示唆するもので、その後の閉じ込め研究の軸となる作業仮説となっており、多くの実験・理論研究を派生させている。この結果は国際共同論文として2004年の第20回IAEA核融合エネルギー会議において発表された。この成果は、実験データベースの集積と解析だけではなく、新古典拡散理論と数値解析コードのベンチマークに関する国際共同活動にも大きく貢献した。ここまでの閉じ込めデータベースは巨視的なスカラー量を対象としていたが、より詳細な、また決定的な結果をもたらすため、1次元分布データベースに活動の拡充が進められている。まず、最初にヘリカル系に特有な新古典拡散の両極性拡散条件による電場の形成と関わる電子ルートでの内部輸送障壁についての比較検討を進め、トカマクの内部輸送障壁とは物理的に全く異なったコア電子ルート閉じ込め (Core Electron Root Confinement: CERC) として理解の確立を図った。この成果については2006年の第21回IAEA核融合エネルギー会議において国際共同論文の発表がなされた。同会議においては巨視的閉じ込めの特徴付けとその物理モデルについての国際共同論文も発表された。今後、後述する国際調整作業の軸となる事業として継続して国際協力が続けられることになっている。

3) 輸送研究に関する国際調整作業会

2002年のSECからトカマク研究におけるITERおよびITPA(国際トカマク物理活動)との対応をステラレータコミュニティとして図ることが検討課題とされた。これによって、ITPAには各テーマグループに1名ずつのステラレータコミュニティ代表者が出され、窓口となっている。また、これに対応する国際共同作業が促進された。そのうち先行して成果をあげたものが上記の閉じ込めデータベース活動と新古典拡散理論のベンチマーク活動である。この両者は閉じ込め・輸送に深く関わっており、その活動範囲を組織的に広げることが2005年の国際ステラレータワークショップの際に行われた関係者会議で合意されるとともにSECからも支持されることとなった。そこでは、国際データベース活動について、2006年の第21回IAEA核融合エネルギー会議へ2件の共同論文(上述)を提出すること、2006年の秋に第1回の国際調整作業会を開くこととした。輸送研究に関する第1回国際調整作業会は2006年9月に京都において開催され、10月に開催される第21回IAEA核融合エネルギー会議への提出論文の最終確認がされるとともに、今後の方針を提案計画書としてまとめた。そこでは1次元分布データベース活動として、電場による閉じ込め改善、高ベータ、周辺プラズマ物理、高性能化、不純物・粒子輸送、密度限界のグループを作ること、データベースの構造についてはITERデータベースとの連携が可能かつ、後述の統合コードとの整合性を取ったものに一元化することが合意された。さらに、輸送解析の基盤となる3次元MHD平衡コードのベンチマークおよび、すでにベンチマークが済んだ新古典拡散解析コードを用いた新古典拡散輸送係数データベースの作成を進めることとした。また、輸送現象の実験解析および炉シミュレーションのためには統合輸送コードが必要であり、ドイツと日本で独立に開発が進められている。現在は平行して進めることが適当と考えられ、今後の協力を現在の協力関係の上に構築していくことで合意されている。

以上の他、多国間の共同研究として、帯状流に関する実験研究がある。第21回Fusion Energy Conference(2006年11月成都)において、物理のトピックスによる実験のオーバービュー講演がFEC会議の歴史上、初めて行われ、成果が紹介された。この講演はCHSを中心とした、現在活発に帯状

流の実験研究を行っている 10 に及ぶ各国の研究所や大学の共同研究のもとで実現した。その成果、帯状流の発見、帯状流の振動ブランチである GAM の同定とその特性、および帯状流が実際にプラズマの閉じ込めに多大な影響を及ぼすことが、初めて実証された。

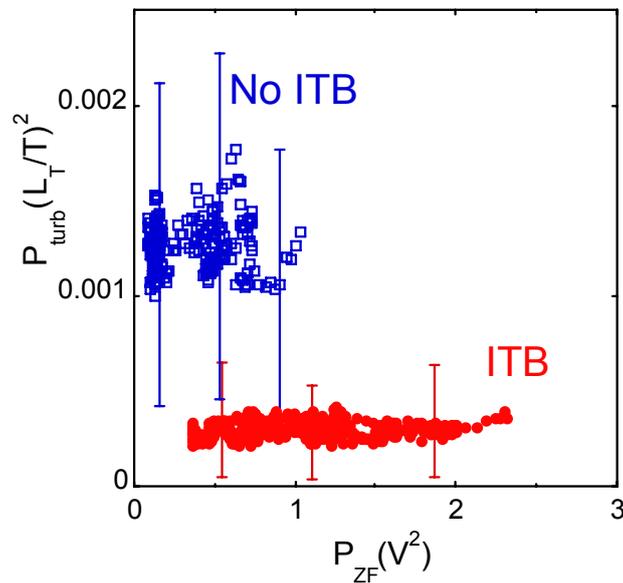


図 1 ITB の有無による帯状流と揺動の分配比。ITB がある状態では輸送に寄与しない帯状流成分が増加し、閉じ込めを改善していることが示されている。

また、個別の研究活動においても以下のような成果が上げられている。

1. 高速荷電交換分光の開発

磁場閉じ込め装置における輸送の研究は、定常状態の空間分布から求めた勾配と、そこを流れる熱流束の大きさを比較するというパワーバランスに基づく研究から、プラズマに摂動を与えその応答から輸送を研究する方向に変化してきた。このような研究の方向性の変化に伴い、高速のイオン温度計測の重要性も増してきた。核融合科学研究所において開発された計測システムが W7-AS 実験に用いられ、成果を上げた。

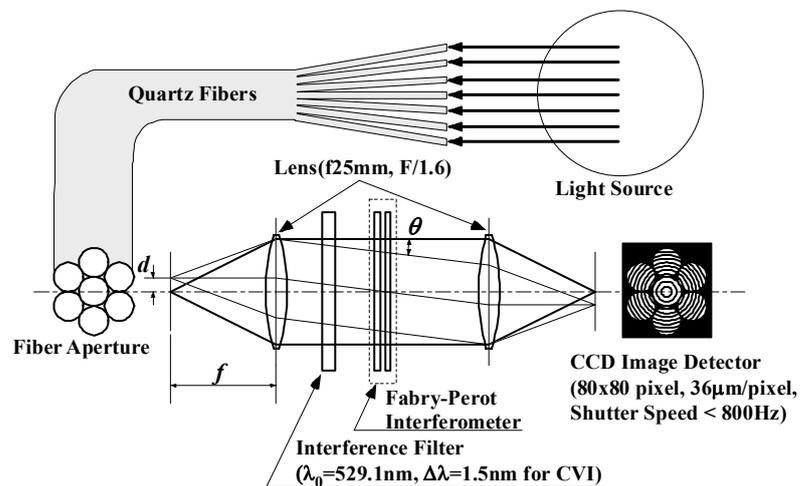


図 2 高時間分解荷電交換分光システム

またトカマクにおいても、荷電交換分光を高速化して、プラズマの周辺部で起こる Edge Localized Mode (ELM) 発生時のイオン温度や電場を高時間分解能で計測しようとしており、本研究で開発した「高速荷電交換分光」の技術は、他の磁場閉じ込め装置の荷電交換分光の高速化に貢献できると考えられる (図 2)。

一方、本研究で開発したダイヤモンド型検出器は、プラズマ中の高エネルギー粒子を測る検出器とし

て極めて優れていることが分かってきた。この検出器は磁場閉じ込めプラズマのみならず、レーザーによる慣性閉じ込めのプラズマにも応用できる。この研究課題は阪大レーザー研との共同研究へと発展しており、当該学問分野への貢献が認められる。

2. ペレット開発

「トレーサー内蔵計測ペレット」で得られた固体水素ペレットの製造技術は、磁場閉じ込めプラズマにおける粒子補給用ペレットにも応用できる技術である（図3）。またレーザーによる慣性閉じ込め装置に不可欠な爆縮用のターゲットペレットの製造にも応用できる技術と考えられる。核融合科学研究所と阪大レーザー研との爆縮用のターゲットペレットの共同開発もスタートしており、当該学問分野への貢献が認められる。

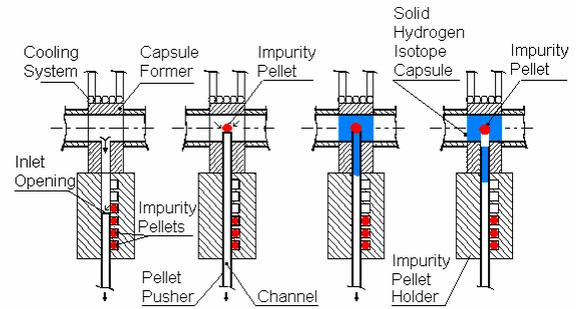


図3 不純物内包ペレット生成法

3. 超伝導工学開発

「超伝導工学開発」で開発された高温超伝導電流リードは、液体ヘリウム温度に冷やされた超伝導線への熱侵入量を従来の銅を用いた常伝導電流リードと比べて、大幅に減らすことができる（図4）。この高温超伝導電流リードの技術は、核融合の超伝導コイルのみならず、広く超伝導技術として応用可能であり、関連学問分野への大きな貢献が期待できる。この研究において、核融合科学研究所は電流リード用高温超伝導材料として、東海大学と共同で拡散法Bi2212バルク材を開発した。カールスルーエ研究所で開発された計算コードを拡張して、同材料を用いた電流リードの最適設計を日独共同で実施した。

一方、ドイツ側は20kA高温超伝導電流リードを開発し、核融合科学研究所・超伝導マグネット研究棟の試験設備を用いて日独共同実験により性能を確認した。今後の協力として、電流リードの国際標準化研究を推進する予定である。

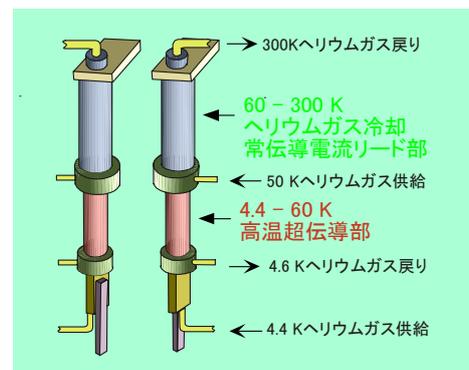


図4 高温超伝導大電流リード

I-5 国際エネルギー機関（IEA）テキサトール国際協力

TEXTOR（Torus Experiment on Technology Oriented Research）共同研究は（IEA：International Energy Agency）協定に基づき、ドイツ ユーリッヒ研究センターの TEXTOR を用いて定常運転にとって重要なプラズマと壁表面との相互作用に主題をおいた研究活動を行うものである。日本、EU、アメリカ、カナダ等が参加して 1978 年以来進められてきているが、EU では 97 年に TEC 協定が締結され、ユーリッヒの研究所を中心にベルギーの ERM 研究所、オランダの FOM 研究所が 3 極の共同研究組織（TEC：Trilateral Euregio Cluster）を構成し、運転を担当している。IEA テキサトール協定は何回かにわたり延長されてきたが、現在の期限は 2007 年 12 月となっている。

（1）実施体制について

組織

国際執行委員会、国内委員会、国内技術委員会が設置され、核融合科学研究所は国際執行委員会副議長、国内技術委員会主査、委員会事務局等を担当している。

国際執行委員会

- ・協定参加国から提案された研究計画の採択及び調整等を行う
- ・年 2 回開催（前 回：第 56 回（TV 会議）、平成 18 年 2 月 15 日、ドイツユーリッヒ研究センター）
（前々回：第 55 回（TV 会議）、平成 17 年 11 月 2 日、米国ゼネラルアトミック社）
- ・運営機関：ユーリッヒ研究機構プラズマ研究所（Trilateral Euregio Cluster）

（委員）

- 議長：U. Samm（EU）
- 副議長：野田信明（日本）、E. Oktay（米国）
- 委員：C. Boucher（カナダ）
- 委員補佐：中村幸男（日本）
- 客員：R. Weynants（ベルギー）、N. Lopes Cardozo（オランダ）、A. Grosman（フランス）、P. Oelhafen（スイス）

国内委員会

- ・研究計画の検討、執行委員会に向けての対処方針の決定等を行う
- ・国内委員会は、国際執行委員会の議題に議決案件がないときは、開催しないことがある。
（前 回：第 17 回、平成 13 年 9 月 4 日、文部科学省）
（前々回：第 16 回、平成 9 年 6 月 13 日、科学技術庁）
- ・事務局：文部科学省研究開発局原子力計画課核融合開発室

（委員）

- 主 査：野田信明 核融合科学研究所教授
- 委 員：外務省経済局国際エネルギー課長
経済産業省技術振興課長

文部科学省研究開発局原子力計画課核融合開発室長
中村幸男 核融合科学研究所教授

国内技術委員会

- ・研究計画に関する技術的検討及び具体案の作成等を行う
- ・年1回開催
- ・事務局：核融合科学研究所管理部研究連携課

(委員)

主 査：野田信明 核融合科学研究所教授

委 員：北島正弘 物質・材料研究機構材料研究所室長

庄司多津男 名古屋大学助教授

関根重幸 産業技術総合研究所 技術情報部門 技術経営調査室 シニアリサーチャー

久保博孝 日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門 研究主幹

高瀬雄一 東京大学教授

中村幸男 核融合科学研究所教授

津島 晴 横浜国立大学助教授

伴野達也 東京大学講師

間瀬 淳 九州大学教授

活動のための環境作り

20数年前から上記の実施体制がとられ、活動内容も周知され十分機能している。従って、この数年、委員の交代はあるが、実施体制そのものの変更はない。

組織の運営

応募されたテーマを分類し、国内技術委員会、執行委員会での審議を経て、例年6～10課題が実施されている。課題ごとに日本とユーリッヒ研究センターのキーパーソンを毎年執行委員会で確認し、詳細な実施計画はキーパーソン間の打合せで進めている。

評価と改善の仕組み

国内技術委員会について当該年度の研究実施報告を受け、評価と次年度の計画の妥当性を審議している。

国内技術委員会について次年度の計画の審議を行い、日本としての提案をまとめている。国内技術委員会及び執行委員会において実施の可否、必要とされる場合は活動の改善について議論される。

(2) 研究目的について

目的および意義

ユーリッヒ研究センターの(ドイツ) TEXTOR 装置の実験を中心にプラズマとプラズマ容器壁の相互

作用に関する研究を共同で実施し、

- ①壁材料がプラズマに与える影響の評価と混入抑制法
- ②プラズマが壁材料に与える影響、特に損耗の評価と損耗機構
- ③能動的な排気によるプラズマの境界の制御方法

などを中心にプラズマと表面の相互作用の研究を行う。

目的の公表

核融合科学研究所ホームページ (<http://www.nifs.ac.jp//textor/index.html>) に記載されるとともに、国内の核融合研究関係者に年度ごとの研究報告書を配布しており、応募要領が示されている（資料 I - 4 - 1）。

資料 I - 4 - 1 テキサトル国際協力 ホームページ

TEXTOR Collaboration 概要

TEXTORはドイツ・ユーリッヒ市の Forschungszentrum Juelich GmbH の**プラズマ研究所(IPP)**にあるトカマク型核融合プラズマ実験装置で、IEA協定に基づく国際共同研究プログラムになっております

共同研究プログラムについては毎年報告書を発行しておりますので、お問い合わせください。

[2003年度報告書](#) [現在の研究テーマ](#) [応募要領](#) [論文リスト](#) [国内技術委員名簿](#) [委員会議事録](#)

下の写真はTEXTOR装置内部のようすです。

[質問およびメッセージ送信](#)

National Institute for Fusion Science

Copyright: 1995-2006 自然科学研究機構 核融合科学研究所 (NIFS)
住所: 〒509-5292 岐阜県土岐市下石町322-6
電話: 0572-58-2222(代表)

(2) 研究成果について

成果の公表

年度ごとに報告書をまとめ、300部を国内配布している。論文リストは毎年最新のものに改訂され、報告書に記載されている。

主要な成果の概要

最近の共同研究の主な成果を列記すると以下のようになる。

1. フェライト鋼リミター実験

フェライト鋼は、ステンレス鋼に比べ、核融合中性子照射後の残留放射能の減衰が速く、将来の核融合炉においてブランケット低放射化構造材料の候補のひとつにあげられている。ブランケットのプラズマ対向面は、プラズマからのイオンや荷電交換中性粒子、及び熱流にさらされるため、耐熱、耐損耗が要求される。そのために特別の材料を被覆することも検討されているが、被覆なしのフェライト鋼が使えるならば最も単純な構造となり、経済的にも有利である。それがひとつの動機となって、原研の JFT-2M トカマクでプラズマ対向部に大面積のフェライト鋼 F82H を設置する実験が行われた。整備された TEXTOR の観測システムを用い、同種の材料のプラズマ壁相互作用をより詳細に調べる実験が提案され、原子力機構が用意したリミターを用い、原研、阪大、名大、九大の研究者が参加して共同で実験を行った。

実験では、D α 線用のフィルターを通し、リミター表面を見込む IRTV による 2 次元分光計測でリミター表面における重水素粒子束を測定し、Fe I、Cr I の強度との比を取るによって実効的なスパッタリング率の場所（したがって材料）による違いを調べている。図 1 はその結果を示したもので、ステンレス鋼(SS304)の部分の Cr I と Fe I の強度比に対し、フェライト鋼の場合のそれは 0.6 程度になることが示されている。この違いはステンレス鋼とフェライト鋼の成分比にほぼ相関し

ており、この熱負荷条件 (<5 MW/m²) では双方の成分のスパッタリング挙動やスパッタリング率に大きな違いがないことを示している。5 MW/m² 以下の条件では溶融も起こらず、炉心プラズマへの障害もなく、不純物の発生と壁面の損耗はスパッタリングによって支配されると考えられ、プラズマ対向面に直接フェライト鋼を使用する設計を検討する場合に有用な実機条件での半定量的なデータが初めて得られたことになる。

実験ではさらに熱負荷を大きくした場合も調べられ、10 MW/m² において溶融が見られた。溶融した金属の一部はリミター表面を離れてプラズマ周辺部を飛び、リミターの他の部分に戻る軌跡を描く様子が観測された。プラズマ中を動く溶融片のチャージアップと磁場による力によって軌道が決まるものと考え、解析を試みているが、軌道を再現できるまでには至っていない。これらの成果は 2005 年

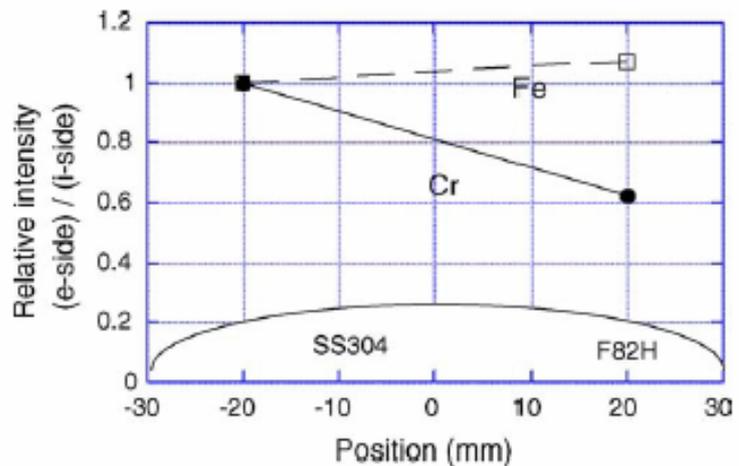


図 1 フェライト鋼／ステンレス鋼テストリミターからの Fe I、Cr I 強度比

4月に開催された国際会議 ISFNT-8 において口頭発表論文として発表され、その後論文 (K. Tsuzuki, T. Hirai, Y. Kusama, V. Phillips, A. Pospieszczyk, M. Sakamoto, T. Tanabe, Y. Ueda *et al.*, Fusion Engineering and Design Vol. 81 (2006) 925) として出版されている。

2. 炭素タイル中のトリチウム測定実験

この研究は、富山大学のグループが開発した固体中のトリチウムの計測法 BIXS (Beta-induced X-ray Spectroscopy) 法を初めて実機のタイルに適用し、その有用性を実証した実験である。

これまで JET トカマク等の DT 実験で、排気中のトリチウム量を電離箱等で計測し、トリチウムの粒子バランスを論じた研究はあるが、プラズマ真空容器内壁に残留するトリチウムを詳細に、しかも精度よく測定する方法はなかった。とくに、トリチウムは壁タイルの表面だけではなく、内部にも蓄積されているが、ベータ線を計測する方法では飛程が短いめにごく表面だけしか分からず、タイルを切り出して断面を見るとか、燃やして生成ガス中のトリチウムを測るなどの方法しかとられてこなかった。それに対し、富山大の開発した方法は、ベータ線そのものではなく、ベータ線が誘起する飛程

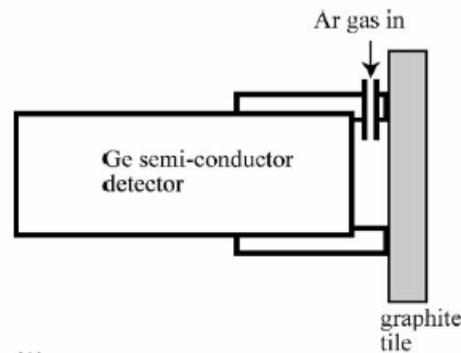


図2 BIXS 法の原理図

程が長い X 線を測定するため、個体の奥の方まで計測できることが第一の特徴である。炭素の場合、約 1 mm の深さまで検出可能であることが確認されている。ゲルマニウム検出器とタイル表面との間にアルゴンガスを流し、表面のトリチウム測定にはベータ線が誘起するアルゴンの $K\alpha$ 線を利用する。そして内部のトリチウムはタイル自身の元素とベータ線の衝突による制動 X 線を利用する。こうすることによって、非破壊で表面とタイルの奥にあるトリチウムを弁別し、同時に計測できる、という画期的な方法である。図 2 にその原理図を示す。この方法が実機にどのように適用できるかを調べるのがこの共同研究の目的であり、富山大学の研究者が主となって一連の実験が行われた。

最初の実験は、平成 11 年にテキサトルの DD 実験で使われた ALT-II 黒鉛タイルについて行われた。DD 実験であるため、トリチウム量は少ないが、表面のトリチウムと共堆積層の内部に埋もれたトリチウムを明確に弁別できることが確認された。

その実績を踏まえ、次の段階として平成 12 年度からはカールスルーエ研究センターにおいて、JET の DT 実験で使用されたダイバータタイルの分析に進んだ。図 3 はその典型的な結果の一例である。TEXTOR/DD 実験のタイルの結果と比較すると、まずは絶対量が 4 桁ほど大きいことに気づく。もちろん、DD で生成する T に比べ、JET の実験では T そのものを導入しているわけで、当然の結果である。S/N 比が大きいので、アルゴンの $K\alpha$ による連続スペクトル部分もより明確に判別できる。また、制動 X 線に加え、タイル中に含まれる鉄、クロム、ニッケルなどの金属不純物の特性 X 線も確認され、不純物密度の定量もあわせて出来ることがわかった。

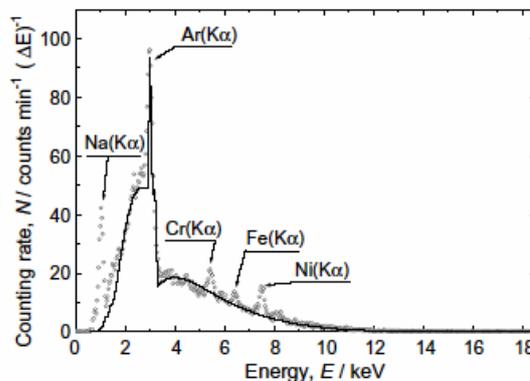


図3 JET、DT 実験で使用されたダイバータータイルの観測スペクトル例

JET のタイルについてはその後ダイバータ領域の複数のタイルを詳しく分析し、トリチウムの分布を3次元的に調べるなどの共同研究を行った。さらに、将来の DT 実験後の遠隔・その場・非破壊計測を目標とし、検出システムによる2次元スキャン実験、その場計測の場合に想定されるバックグラウンドガンマ線の影響評価の実験などをカールスルーエで行い、平成16年度までにほぼ実験を完了した。

図3のようなデータは、JET で使用したタイルをカールスルーエへ運び、支持構造の金属部分をはがしてカーボン単独の状態で測定したものである。したがって、放射化した金属からのガンマ線による擾乱の影響はない。しかし、この方法を in-situ (その場) 計測で用いる場合には、周囲に支持構造物や真空容器等があり、それらからのガンマ線のバックグラウンドを考慮する必要がある。そこで、その定量的評価のために、 ^{137}Cs などの放射性同位元素を用いてデータを取得した。BIXS 法で重要な <18 keV の領域のスペクトルは十分に滑らかであり、擾乱が想定される領域でのバックグラウンドガンマ線の感度に関する定量的な評価の出来るデータが得られた。

これらにより、ITER を含め、DT 実験に適用するための基礎データがそろった。BIXS 装置を遠隔操作アームに搭載し、遠隔操作にてトリチウムの計測を行う設計研究も行われた。先端部の形状とシールドを適切に設計することにより、DT ショット前後のトリチウム炉内分布を、カーボンタイルなどを取り外すことなく、無人・遠隔操作によってタイル表面に沿った分布を測定することができる。

このように、ここ数年、この共同研究は重要、かつ明解な結果を得ており、多くの論文に成果が発表されている。最も重要かつ最近の論文をひとつだけ以下に示しておく。

“Tritium distribution in JET Mark IIA type divertor tiles analysed by BIXS,” Y. Torikai, M. Matsuyama, N. Bekris, M. Glugla, P. Coad, W. Naegele, A. Erbe, N. Noda, V. Philipps, and K. Watanabe, *J. Nucl. Mater.*, Vol. 337-339 (2005) 575.

最後に、もうひとつ強調しておきたいのは、この共同研究は、ユーリッヒグループが JET PSI 実験の中軸になったこととうまく連動し、TEXTOR の成果と活動を JET とカールスルーエ研究センターに拡張する結果をもたらしたことである。このことにより、テキサトル協力が TEXTOR 装置にとどまらず、PWI に関する広い協力の可能性を開く第一歩となった。

3. ヘリウム分圧測定のための LHD への適用実験

ヘリウムと重水素は質量数と電荷の比が同じであるため、通常の質量分析計では分離できない。一方核融合炉ではダイバータ等によってヘリウムを連続的に除去することが重要で、その定量的な研究のためにはヘリウムと重水素を弁別して中性ガス圧を測ることが重要である。そのような背景から、TEXTOR では早くから十分高速で D、He の分圧を測定できる方法が開発されていた。その方法は真空測定用の通常のペニングゲージを利用し、分光法を組み合わせるもので、ユーリッヒで開発、確立され、すでに JET をはじめいくつかのトカマクで実際に用いられている。

この方法を LHD に導入し、プラズマ周辺部の中性ガス圧を測定する共同研究が平成15年度から開始された。ユーリッヒからは2度にわたり研究者及び技術者が核融合科学研究所を訪れ、共同で感度校正実験、実際の主放電実験に参加した。これまでに得られた結果を図4、5に示す。図4は He 及び軽水

素に関する感度校正実験の結果の一例である。 $10^{-4} \sim 10^{-2} \text{Pa}$ の領域にわたって、分圧と HeI、 $\text{H}\alpha$ の間にほぼ直線的な関係があることを確認している。図5はペレット入射により、高密度放電を行った場合の水素分圧の時間変化を示す結果である。ペレット入射後及び放電終了後に分圧上昇が見られる。ペレット入射放電時には時間分解能が5 ms までの測定が可能であることが分かった。LHD ではネオンガスパフ実験も実施されているが、ペニングゲージを拡張し、ネオンの分圧測定に利用できることも確認されている。これらの結果は平成18年6月の連合講演会で報告された。

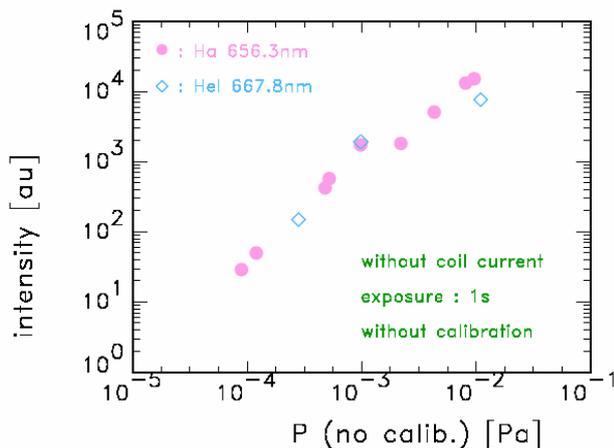


図4 ペニングゲージの校正結果

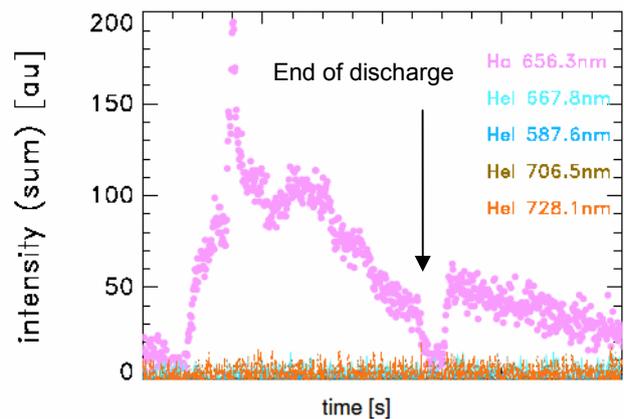


図5 ペレット入射高密度放電時の水素分圧時間変化

4. 動的エルゴード化実験の目的で用意したコイルに日本の持ち込んだ高周波電源を接続し、将来の炉で問題となるトロイダルアルファベーンモード不安定性の研究を開始した。不安定性の励起には成功しつつあり、抑制法の研究へと進展しつつある。
5. X線接線カメラ、ミリ波画像計測などについて、TEXTOR、LHD での計測を比較しつつ測定法開発が進展しつつある。

本共同研究は、ユーリッヒからのLHD実験参加を促し、PWI実験を相互の装置を用いて進める方向にテキサトル協力を拡大していく契機となりつつある。今後、周辺部密度、温度測定にユーリッヒグループと協力してヘリウム粒子ビーム法を適用していく計画も現在検討されている。

現在のテキサトル協定は平成19年12月までが期限とされているが、テキサトル装置も活用しつつ、日本とEUの他の装置も有効に活用してPWI関係の研究をさらに発展させていく国際協力活動として継承、発展させていくことが検討されている。

I-6 ITER連携

(1) 実施体制について

組織

核融合科学研究所では、法人化後の新たな組織として平成16年度に連携研究推進センター学術連携研究室 ITER 連携研究部門が設置された。部門創設時には教授1、助教授1、助手1の3名が併任で任命された。平成18年度には、併任助手1名が追加された。また、研究所の幅広い分野（核融合科学、炉工学等）において ITER 連携研究を推進するために ITER 協力専門委員会を立ち上げ、研究所内の各分野の専門家（13名）及び客員（日本原子力研究所）（2名）と協議しながら、ITER 連携研究活動の支援体制及び活性化の方法、そして、ITER 連携研究活動の評価の確立に関する方策等について検討している（資料 I-6-1）。

活動のための環境作り

平成17年度からは ITER 連携活動のための予算が ITER 連携部門に対して割り当てられている。本格的な ITER 連携研究活動推進のためには大幅な予算枠の獲得が必要不可欠であるが、ITER 事業体設立前の段階では、ITPA（国際トカマク物理活動）活動の活性化に力を入れることにし、その活動旅費の獲得を目指した。一つは外部資金の獲得で、核融合フォーラムの ITPA 活動のための外国出張旅費を獲得出来るように調整委員会に働きかけ、実現することが出来た。また、研究所内部では所員の ITPA 活動のための旅費（海外出張旅費を含む）が ITER 連携研究部門経費（平成17年度150円、平成18年度180万円）として認可された。これによって、研究所からの ITPA 会合への参加及び発表が大幅に増加し、ITPA 活動への大きな貢献が可能となった。

組織の運営

ITER 連携研究部門は研究所所員あるいは他機関との連携の窓口的な役割を担い、実際の活動方法等については ITER 協力専門委員会と連携しながら進めている。それぞれ年2回程度開催される7つの ITPA トピカルグループ（輸送及び内部障壁の物理、閉じ込めデータベースとモデリング、周辺及びペDESTALの物理、スクレープオフ層とダイバータの物理、MHD とディスラプション、定常運転と制御、計測）会合への研究所からの派遣者を ITER 連携部門と ITER 協力専門委員会が連携して検討している。ITER 協力専門委員会の推薦に基づいて、ITER 連携部門は ITER 連携活動予算によって ITPA 参加旅費を支援してきた。

資料 I - 6 - 1 ITER 協力専門委員会 開催状況

平成 16 年度	第 1 回委員会	平成 16 年 6 月 25 日開催
	第 2 回委員会	平成 16 年 8 月 25 日開催
平成 17 年度	第 1 回委員会	平成 17 年 4 月 12 日開催
	第 2 回委員会	平成 17 年 9 月 29 日開催
	第 3 回委員会	平成 18 年 2 月 24 日開催

評価と改善の仕組み

ITER 協力専門委員会において、ITER 連携研究活動の評価の確立に関する方策等について検討している。

(2) 研究目的について

目的および意義

本部門の活動目的としては、(1) ITER 連携研究の活性化 (ITPA 活動への積極的な参加と支援、ITER 連携研究の候補のリストアップ、新たな ITER 連携研究の開拓)、(2) ITER 連携研究の支援ルートの開拓 (共同研究、部門経費などによる予算獲得、新たな予算枠の開拓)、(3) ITER 連携協力体制の確立 (日本原子力研究機構及び核融合ネットワークとの連携)、(4) ITER 連携研究活動の広報 (所内の主要な会合での報告と講演会等の開催)、(5) ITER 連携研究の評価の確立 (所内の主要な成果報告会での報告、活動報告の公開) を掲げている。また、研究所での ITER 連携研究を活性化するため ITPA に関する活動方針を定め、ITPA 会合を「ITER 関連研究あるいはトーラスプラズマの総合的理解を目指す研究」に関する一つのワークショップとして位置付け、研究所からの発表を定着させることを目指している。

目的の公表

研究所での ITER 連携研究活動を広く知ってもらうこととこの活動の評価を確立していくために、研究所の WEB ページ (<http://www.nifs.ac.jp/ITER/>) に ITER 連携研究活動報告を掲載すると共に、様々な会合で活動報告を行ってきた。WEB ページには、ITER 連携研究活動の趣旨を紹介し、ITER 計画の概要及び ITER 最新情報等のリンク先を掲載すると共に、ITER 連携研究活動として、ITER 協力専門委員会、ITER 連携 (核融合研/原研) 協力会合の議事録の他に、前述の ITPA 活動への参加実績と参加者の報告書、ITER 連携研究活動に関連する会合等への参加を含めた活動日誌などが掲載されている。

(3) 研究成果について

成果の公表

ITER 計画の進捗状況や ITER 連携研究活動については、所内の主要な会合（LHD 実験グループ全体会議、LHD 成果報告会、大型シミュレーション成果報告会等）での報告や講演会を実施し、ITER 計画の現状と ITER 連携活動の内容及び成果について研究所所員に周知するように努めている。さらに、ITER 連携活動報告として、活動日誌をはじめ各種委員会の議事録や ITPA 活動報告などを研究所の WEB ページ (<http://www.nifs.ac.jp/ITER/>) に掲載し、公開している。

主要な成果の概要

研究者の派遣が主となっている。ITPA 会合への研究所からの派遣者を ITER 連携部門と ITER 協力専門委員会が連携して検討している。ITER 連携活動予算による ITPA 参加旅費の支援には、ITER 協力専門委員会の推薦が必要である。これまでトカマク研究結果を基にしてきた議論の中にヘリカル研究結果を同じテーブル上に載せることでその共通性と相違が明確になり、新たな知見が得られ始めている。

ITPA 会合への核融合科学研究所からの発表数と参加者数を以下の表（資料 I - 6 - 2）にまとめる。代表的な発表の例として、世界初のトロイダルプラズマの帯状流の実証に関する発表、電子熱輸送における非局所性の実証に関する発表、内部拡散障壁の形成についての発表、電子輸送障壁形成に関する加熱パワーしきい値に関する発表、トロイダルアルヴェン固有モード（TAE モード）のシミュレーションについての発表、などを挙げるができる。いずれもトーラスプラズマの包括的理解を深める上で注目を集めた。

資料 I - 6 - 2 I T P A 会合への参加状況[発表数(参加者数)]

	平成 1 6 年	平成 1 7 年	平成 1 8 年
輸送及び内部障壁の物理	5(7)	8(9)	4(4)
閉じ込めデータベースとモデリング	1(2)	1(3)	1(1)
周辺及びペDESTALの物理	2(2)	4(4)	2(2)
スクレイプオフ層とダイバータの物理	2(3)	1(1)	2(2)
MHD とディスラプション	1(7)	1(1)	3(3)
定常運転と制御	2(9)	1(1)	0(1)
計測	0(4)	2(4)	2(6)

ITER 国際チームからの要請で大型ヘリカル研究部プラズマ制御研究系の小林政弘助手が 2005 年 9 月

25日から2006年3月25日まで Garching ITER Joint Work Site で ITER のための研究支援を実施した。研究題目は「Power load analysis on the limiter configuration of ITER start-up phase」である。ITER のプラズマ立ち上げ時にはトロイダル方向に局所的なリミターを2箇所弱磁場側に設け、これによって熱・粒子束を制御する予定である。従来、トカマクの周辺輸送の解析には軸対称性を仮定したポロイダル断面における2次元解析が主流であったが、本配位ではリミターがトロイダル方向に局所的であるため、3次元解析が必要となる。そこで、Garching のダイバータグループの Dr. G. Federici、マックスプランク研究所 (Greifswald) の Dr. Y. Feng、那珂の ITER のダイバータグループの嶋田氏と協力して、3次元輸送解析コード EMC3-EIRENE をこの配位に適用し、リミターへの熱・粒子負荷の解析を行った。プラズマ立ち上げ時のプラズマ電流の変化に合わせて磁場配位を変化させて熱負荷の振る舞いを調べ、ITER のプラズマ立ち上げシナリオに対する制限を明らかにした。トカマクではあまり用いられない3次元コードの威力が存分に発揮され、ITER 物理設計への貢献が大きく評価された。

II. 研究所間協定などに基づく国際共同研究

II-1. 核融合科学研究所－マックスプランク・プラズマ物理研究所（ドイツ）学術交流協定

1993年5月11日に締結した2研究所間の学術交流協定に基づくものである。

(1) 実施体制について

組織

この協定に特化したものはないが、研究所内の実施体制の中核として、国際交流委員会が設置されており、それぞれの機関との学術協定ごとに交流責任者をおいている。前述のステラレータ協定による研究協力関係を強化する位置づけである。ステラレータ協定の運営を行う執行委員会などで、適宜報告や意見招請を行っている。核融合科学研究所では客員教授の招聘、機構の国際共同研究拠点ネットワークの形成、科学研究費補助金などの予算を、マックスプランク研ではユーラトムの予算を計上して、複層的な枠組みでの計画実施を可能としている。

評価と改善の仕組み

この協定に特化したものはないが、マックスプランク研は海外の共同研究相手先として最大かつ重要な機関であり、研究所活動の評価に所長級の役職者が相互交流することから、個々の共同研究まで、複層的な評価の機会がある。ステラレータ協定での執行委員会などで運営に関する改善を図るとともに、個々の共同研究に関しては、その内容や実施枠組みに沿った評価を受け、改善する機会がある。

今後の方針

協定に期限はなく、重要な共同研究相手であることから、密接な協力関係を継続していく。

(2) 研究目的について

目的および意義

ステラレータ協定の履行を容易たらしめ、2研究所間の学術交流と協力を進め、核融合研究分野における日独の友好と国際交流を促進することを目的とする。双方の利益と独立にかなう原則に則り、研究者交流、研究材料や情報の交換、共同研究を実行する。

(3) 研究成果について

成果の公表

この協定に特化したシステムはない。

主要な成果の概要

この包括的な学術交流協定を確固たる背景として個人単位のものから組織的なものまで多様な共同研究が推進されている。法人化後のマックスプランクプラズマ物理研究所からの来訪者は表1にあるように総計28名となっており、これとほぼ等価の派遣を行い、活発な交流が持たれている。

表Ⅱ-1-1 マックスプランクプラズマ物理研究所からの来訪者

平成16年度

氏名	期間		日数	受け入れ情報	
1 Wolfgang Eckstein	2004/8/26	2004/12/3	100	外国人客員	加藤 太治
2 Ralf Armin Kleiber	2004/9/3	2004/12/6	95	外国人客員	中島 徳嘉
3 Juri L. Igitkhanov	2004/9/28	2004/10/15	18	科学研究費補助金	山崎 耕造
4 Ursel Fantz	2004/10/4	2004/10/9	6	国際会議・セミナー等出席	加藤 隆子
5 Gerald Kent McCormick	2004/11/17	2004/12/3	17	学振招へい研究員	B.J.Peterson
6 Arthur Weller	2005/1/5	2005/4/5	91	外国人客員	東井 和夫
7 Rust Norbert	2005/1/9	2005/1/23	15	科学研究費補助金	竹入 康彦
8 Craig D. Beidler	2005/1/30	2005/2/11	13	EURATOM	横山 雅之
9 Andreas Dinklage	2005/1/30	2005/2/11	13	EURATOM	山田 弘司
10 Josef Schweinzer	2005/3/4	2005/3/18	15	学振招へい研究員	井口 春和
合計			383	うち客員として286、その他97	

平成17年度

氏名	期間		日数	受け入れ情報	
1 Juri L. Igitkhanov	2005/4/7	2005/9/7	154	外国人客員	B.J.Peterson
2 Roland Preuss	2005/5/29	2005/6/11	14	EURATOM	山田 弘司
3 Ralf Erwin Schneider	2005/7/10	2005/7/16	7	国際会議・セミナー等出席	石黒 静児
4 Alexey Runov	2005/7/10	2005/7/16	7	国際会議・セミナー等出席	石黒 静児
5 Heinrich P. Laqua	2005/10/15	2005/11/4	21	EURATOM	久保 伸
6 Axel Konies	2005/11/13	2005/11/20	8	国際会議・セミナー等出席	東井 和夫
7 Manfred Wanner	2005/12/5	2005/12/9	5	国際会議・セミナー等出席	今川 信作
8 Martin Schubert	2005/12/11	2005/12/21	11	交流協定に基づく研究協力	田中 謙治
9 Warr George	2005/12/12	2005/12/14	3	国際会議・セミナー等出席	川端 一男
10 Gerald Kent McCormick	2006/1/28	2006/2/4	8	交流協定に基づく研究協力	山田 弘司
合計			238	うち客員として154、その他84	

平成18年度

氏名	期間		日数	受け入れ情報	
1 Klaus Hallatschek	2006/4/11	2006/4/18	8	科学研究費補助金	伊藤 公孝
2 Juri L. Igitkhanov	2006/4/17	2007/4/16	365	外国人客員	須藤 滋
3 Ursel Fantz	2006/7/18	2006/10/20	95	外国人客員	竹入 康彦
4 Yuhe Feng	2006/9/19	2006/12/22	95	外国人客員	小林 政弘
5 Roland Preuss	2006/9/22	2006/9/28	7	EURATOM	山田 弘司
6 Yuri Turkin	2006/9/24	2006/9/30	7	EURATOM	横山 雅之
7 Craig D. Beidler	2006/9/24	2006/9/30	7	EURATOM	横山 雅之
8 Henning Maassberg	2006/9/24	2006/9/30	7	EURATOM	横山 雅之

平成 16 年度（2004 年度）から外国人客員教授として延べ 7 名を招聘した。毎年 2 名づつと継続的な関係を象徴している。高ベータの MHD 安定性に関する実験、不純物輸送シミュレーション、材料研究、加熱技術と課題も多岐にわたっている。それぞれ、LHD 実験や炉工学、理論の分野で核融合科学研究所に貢献いただいていた。

また、平成 18 年度（2006 年度）にはマックスプランクプラズマ物理研究所の中期計画の評価に本島修所長が、本外部評価にマックスプランクプラズマ物理研究所の W7-X 計画科学部長のトーマス・クリンガー博士が参画するなど、トップマネジメントの交流もなされている。組織的なものとしては、ECRH に関する物理と技術に関するものと閉じ込め・輸送研究に関するものの 2 つが特筆される。

ECRH 実験の推進にはカールスルーエ研究所も交えて 3 者間の共同研究を進めている。マイクロ波応用技術の分野では、IPP グラフスバルトの W7-X の ECRH 用に準備されている 140GHz ジャイロトロン核融合科学研究所への導入の技術的可能性について確認した。また、W7-AS での電子バーンシュタイン波動加熱での経験を LHD に活かす検討がなされた。現在は検討段階であるが、LHD での高密度、定常実験の今後の進展に大きな成果が期待される。

閉じ込め・輸送研究に関しては、閉じ込めデータベースおよび 3 次元磁場配位での新古典輸送ベンチマークを中心に進められており、人事交流と合わせて電子メールなどのより恒常的な協力を進めている。スケーリング則 ISS95 および ISS04 に代表される閉じ込めデータベース作業を共同で進めており、核融合科学研究所とマックスプランクプラズマ物理研究所がデータベースを共同ホストしている。これに関して、W7-AS における高密度 H モードと同位体効果に関するデータ登録作業および誤差の伝播に関する検討を共同で行った。さらに平成 17 年 10 月にマドリッドで開催された国際ステラレータワークショップの機会に合わせて核融合科学研究所と IPP が中心となって、今後の閉じ込め・輸送に関する共同研究方針を定めた。まず、電子ルートによる内部輸送障壁を対象とした 1 次元分布データベースなどの課題を選定し、その成果を平成 18 年度に開催された核融合エネルギー会議へ共同論文を 2 件提出するとともに、新古典拡散理論に関するレビュー論文の執筆を進めている。

さらに理論研究では核融合科学研究所において開発された 3 次元 MHD 平衡コード HINT の W7-AS および W7-X への応用を中心に共同研究が進められた。LIME の活動としてガルヒンサイトと耐環境性高機能セラミック被覆開発に関する共同研究が、LIME が終了後も自然科学研究機構の分野間連携による国際的研究拠点形成の枠組みによって継続されている。これについては東京大学とも協力している。この他、ガルヒンサイトでホストされている ITER 設計活動に貢献する派遣事業を行った。

II-2. 核融合科学研究所－クルチャトフ研究所（ロシア）学術交流協定

1993年5月15日に締結した2研究所間の学術交流協定に基づくものである。

(1) 実施体制について

組織

この協定に特化した組織は特にないが、研究所内の実施体制の中核として、国際交流委員会が設置されており、それぞれの機関との学術協定ごとに交流責任者をおいている。研究者の受入れ・派遣の活動計画の立案及び実施は、国際交流委員会が行っている。外国人研究者の受入れ、客員研究員等の任用は、研究主幹等連絡会議、運営協議員会において審議し、決定している。

評価と改善の仕組み

交流責任者は毎年、実績報告書を作成し、国際交流委員会へ提出している。委員会ではそれを基に必要であれば改善に向けた提言を行う。

今後の方針

協定に期限はなく、長年にわたり継続した成果を挙げていることから、今後も協力関係を継続していく。

(2) 研究目的について

目的および意義

両研究所の相互の研究上の協力及び交流を発展させ、もって、核融合研究分野における日ロ友好と国際交流の促進に資するためである。

協定書では、両研究所は双方の自主性を尊重するとともに、平等互惠の原則に基づいて、

- (1) 研究者の交流
- (2) 学術資料、刊行物及び学術情報の交換
- (3) 共同研究

を行う、と定めている。

(3) 研究成果について

成果の公表

活動成果は、1. 共著による論文として学術誌に投稿、2. 国際会議等での口頭やポスターによる発表、という形で公表される。また活動内容については核融合科学研究所ホームページに記載している。

<http://www.lhd.nifs.ac.jp/result/international.html>

主要な成果の概要

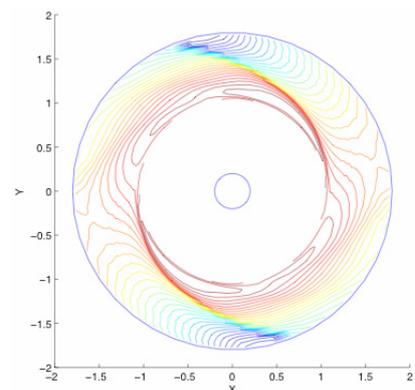
A.Melnikov 氏との間で、HIBP の開発及び CHS、LHD、T-10 トカマクにおける実験結果に関する情報交換を行った。関連して、T-10 での HIBP 実験を支援するために、ISTC (ロシアの研究者の国外流出を防ぐための資金援助のフレームワーク) に申請した。現在、ロシア国内において手続きが進行中である。

Sergey Neudatchin 氏を客員教授として招聘した。氏はトカマクの H-mode において、輸送係数の時間変化がプラズマ内部を速く伝播し、それが通常の局所的拡散過程では記述されないような現象であることを指摘した。その成果に立脚し、LHD での輸送係数変化の伝播研究について、LHD 実験グループも含め共同研究を行った。その結果、同様の現象が LHD でも観測されることを確信し、共同研究者と共に、内部輸送障壁の成立過程での速い時間変動を観測することに成功した。この共同研究成果は、論文 2 編にまとめられたほか、その後 LHD 実験グループで発表された多くの論文の基礎となった。

LHD におけるブートストラップ電流について、Maxim Isaev 氏を中心に開発が進められ試験的運用が開始されつつある計算コード VENUS- δf を用いた解析を行った。本研究所で開発が進められてきている計算コード SPBSC による解析結果との照合を行うことで、両計算コードのベンチマーク作業が進み、今後の開発課題が明らかになるとともに、実験解析への適応を考えた「電流データベースの構築」に向けた協力関係がより緊密になった。

ヘリカル系における新古典輸送解析コードについては、これまでも国際協力のもとで、粒子拡散係数評価のベンチマーク作業が進められてきているが、本共同研究は、その協力関係を「プラズマ電流」の観点へと進展させる、国際的にも重要なものとなった。高温ヘリカルプラズマにおける詳細な実験データを提供しているのが世界で LHD だけである状況を鑑みても、今後のコード間ベンチマークのみならず、実験結果との対照によるコード検証 (Code Validation) への方向性を確認することができた。

磁気面上における第二断熱不変量の分布を評価し、磁場配位最適化ルーチンに組み込むことで、優れたアルファ粒子閉じ込め性能を有する磁場配位を探求するための手法を、ヘリオトロン配位をはじめとする各種ヘリカル系磁場配位に適用し、定常炉への展望を考える上で必須となるアルファ粒子閉じ込め改善の可能性を探るため、核融合科学研究所の汎用計算機上に各種ツールをインストールし、既存の配位からスタートしてアルファ粒子閉じ込めがより改善された配位の探索を試みるとともに、計算手法および結果に関して関



連研究者との議論を行った。第二断熱不変量最適化の一例を図に示す。

II-3. 核融合科学研究所－ハリコフ物理工学研究所（ウクライナ）学術交流協定

1994年10月7日に締結した2研究所間の学術交流協定に基づくものである。

(1) 実施体制について

組織

この協定に特化した組織は特にないが、研究所内の実施体制の中核として、国際交流委員会が設置されており、それぞれの機関との学術協定ごとに交流責任者をおいている。研究者の受入れ・派遣の活動計画の立案及び実施は、国際交流委員会が行っている。外国人研究者の受入れ、客員研究員等の任用は、研究主幹等連絡会議、運営協議員会において審議し、決定している。

評価と改善の仕組み

交流責任者は毎年、実績報告書を作成し、国際交流委員会へ提出している。委員会ではそれを基に必要であれば改善に向けた提言を行う。

今後の方針

協定に期限はなく、成果も上がっていることから、今後も協力関係を継続していく。

(2) 研究目的について

目的および意義

両研究所の相互の研究上の協力及び交流を発展させ、もって、核融合研究分野における日本国とウクライナとの友好と国際交流の促進に資するためである。

協定書では、両研究所は双方の自主性を尊重するとともに、平等互惠の原則に基づいて、

- (1) 研究者の交流
- (2) 学術資料、刊行物及び学術情報の交換
- (3) 共同研究
- (4) 先進的研究に対する相補的努力

を行う、と定めている。

(3) 研究成果について

成果の公表

活動成果は、1. 共著による論文として学術誌に投稿、2. 国際会議等での口頭やポスターによる発表、という形で公表される。また活動内容については核融合科学研究所ホームページに記載している。

<http://www.lhd.nifs.ac.jp/result/international.html>

主要な成果の概要

過去3年間の人物交流実績

平成17年度

招聘 Voitsenya教授 (2006年1月10日ー4月10日)

平成16年度

招聘 Kononenko教授 (2004年10月5日ー10月8日)

平成15年度

派遣 濱田教授 (2004年3月15日ー3月21日)

西澤助手 (2004年3月15日ー3月21日)

招聘 Shishkin教授 (2003年12月8日ー2004年1月10日)

ハリコフ物理工学研究所とは主に1. 高エネルギー粒子と径方向電場制御、2. プラズマ壁相互作用に関する共同研究を行っている。1.に関しては、主に Shishkin 教授と、ヘリカル型核融合炉での高エネルギー粒子軌道と閉じ込め改善の理論研究を行っている。ヘリカル型装置では、粒子の軌道がプラズマ閉じ込め領域から大きくはずれてしまう条件(ロスコーン)がある。このロスコーンを利用し、荷電粒子をプラズマに注入してプラズマをチャージアップし、プラズマの閉じ込めを改善する、更に装置外部に付加的なコイルを設置し、時間的に磁場制御を行うことでヘリウム灰を選択的に排気する、等の斬新なアイデアを提案した。形成される電位やヘリウム灰の排気率の定量的な検討も行った。成果は共著による論文として学術誌に掲載されており、高い評価を得ている。

2.に関しては、主に Voitsenya 教授と核融合実験装置における効率的な壁コンディショニング手法の実験研究を行っている。窒素と水素の混合ガスを用いた放電ではカーボンフィルムに対する化学浸食を効果的に行うことができる。また、窒素イオンのステンレス壁に対する物理スパッタリング率はヘリウムイオンに比べて小さいため、窒素・水素混合ガス放電洗浄により、効率的な壁コンディショニングが行える可能性があり、 $N_2/(N_2+H_2)=0.24-0.3$ で最も高くなることが分かった。成果は共著による論文が学術誌に掲載されており、高い評価を得ている。また、スパッタリングは、計測用金属鏡の劣化につながり、ITERにおける計測で将来問題となりうる。この金属鏡の劣化特性を調べ、LHD とトカマクとの比較を行った。その成果を第33回ヨーロッパ物理学会(2006年ローマ)にて "The properties of contaminated films deposited on in-vessel mirrors in Large Helical Device、 Tore Supra、 TCV and TRIAM-1M" という題名で発

表したところ、大きな反響があった。

II-4. 核融合科学研究所-オーストラリア国立大学 学術交流協定

1995年5月8日に締結した2機関間の学術交流協定に基づくものである。

(1) 実施体制について

組織

この協定に特化した組織は特にないが、研究所内の実施体制の中核として、国際交流委員会が設置されており、それぞれの機関との学術協定ごとに交流責任者をおいている。研究者の受入れ・派遣の活動計画の立案及び実施は、国際交流委員会が行っている。外国人研究者の受入れ、客員研究員等の任用は、研究主幹等連絡会議、運営協議員会において審議し、決定している。

評価と改善の仕組み

交流責任者は毎年、実績報告書を作成し、国際交流委員会へ提出している。委員会ではそれを基に必要であれば改善に向けた提言を行う。

今後の方針

協定に期限はなく、成果も上がっていることから、今後も協力関係を継続していく。

(2) 研究目的について

目的および意義

両機関の相互の学術研究上の緊密な連携の基に研究協力及び交流を発展させ、もって、核融合研究分野における日本国とオーストラリアとの友好と国際交流の促進に資するためである。

協定書では、具体的な活動として、

- (1) ワークショップ開催および人物交流
- (2) 研究資料、計算機コード、出版物、学術情報の交換および貸し出し
- (3) 共同研究

を行う、と定めている。

(3) 研究成果について

成果の公表

活動成果は、1. 共著による論文として学術誌に投稿、2. 国際会議等での口頭やポスターによる発表、という形で公表される。また活動内容については核融合科学研究所ホームページに記載している。

<http://www.lhd.nifs.ac.jp/result/international.html>

主要な成果の概要

人物交流、研究交流に加えて、「プラズマ理論及びシミュレーションに関する日豪ワークショップ」及び「プラズマ計測に関する日豪ワークショップ」をそれぞれほぼ2年に1度の頻度で開催している。平成17年度は、核融合科学研究所において第7回プラズマ計測に関する日豪WSを開催した。オーストラリアから7名、その他の国から6名、日本の9つの研究機関から24名の参加があり、国際色豊かなWSとなった。

研究所から、横山雅之・助手（現助教授）がオーストラリア国立大学プラズマ研究所に滞在し、ヘリカルプラズマにおける乱流・構造形成、閉じ込め改善についての理論解析を展開した。ANU-PRLのヘリアックH1-NF装置で観測・実験解析されている無振動帯状流から振動帯状流へのエネルギー移送に、閉じ込め磁場構造の測地曲率の存在（ポロイダル方向の磁場強度変化に対応）が大きく影響を及ぼしていることが磁場構造解析によって示唆された。ヘリカル系磁場閉じ込めにおいては、この測地曲率を広い範囲で変化させることが可能で、この特性を活用して、振動帯状流への変換を抑制することによって乱流輸送を抑制することが可能であるというアイデアが提案された。この成果は、著名な学術誌に掲載されるとともに、LHDにおいて磁場配位の制御を通じた測地曲率の影響を調べる実験が共同研究として計画され、国際的に高い評価を得ている。また、LHDにおいては、イメージング計測法の共同開発を通じて、プラズマ中の乱流揺動と閉じ込め特性の研究が進められた。このような研究交流は、オーストラリア国内でのANUにおける核融合研究への高い評価に繋がっている。

II-5. 核融合科学研究所一等離子体物理研究所（中華人民共和国）学術交流協定

1992年6月27日に締結した2研究所間の学術交流協定に基づくものである。

(1) 実施体制について

組織

本交流事業は、I-2で既に述べた学術振興会・日中拠点大学交流事業の10年計画（2001～2010年）がスタートした後は、拠点事業の重要な一部として位置づけられ遂行されてきた。従ってその実施体制は拠点事業の傘下に組み込まれている。

評価と改善の仕組み

拠点事業の中で評価を受けている。

今後の方針

2010年まではこの体制で実施する。協定には期限は無い。

(2) 研究目的について

目的および意義

両研究所の相互の研究上の協力と交流を発展させ、もって、核融合研究分野における日中の友好と国際交流の促進に資するためである。

協定書では、具体的な活動として、

- (1) 研究者の交流
- (2) 学術資料、刊行物および学術情報の交換
- (3) 共同研究

を行う、と定めている。

(3) 研究成果について

成果の公表

活動成果は、1. 共著による論文として学術誌に投稿、2. 国際会議等での口頭やポスターによる発表、という形で公表される。また活動内容については核融合科学研究所ホームページに記載している。

<http://www.lhd.nifs.ac.jp/result/international.html>

主要な成果の概要

日中拠点事業において等離子体物理研究所との共同研究は中核を占めている。その成果については、I - 2 節を参照のこと。

II-6. 核融合科学研究所－基礎科学支援研究所（大韓民国）学術交流協定

1996年3月6日に締結した2研究所間の学術交流協定に基づくものである。

(1) 実施体制について

組織

本交流事業は、1994年～2004年までは、研究所間協定に基づき、両研究所に交流責任者を置き、研究者交流及び共同研究を実施した。2005年度からは、基礎科学支援研究所が超伝導トカマク KSTAR 装置をホストする機関であったことから I-3 で既に述べた「韓国科学技術部と文部科学省との間の核融合関連分野における協力」がスタートするとその活動の一翼を担う形でその実施体制を同事業の傘下に組み込んだ。しかし最近 KSTAR 計画を進める機関として新たに National Fusion Research Center が基礎科学支援研究所から独立したことにより、その位置づけを設定し直す必要が生じている。これに関しては国際交流委員会で議論している。

評価と改善の仕組み

国際交流委員会で評価を行う。

今後の方針

協定には期限は無いが、基礎科学支援研究所に残された核融合関係の研究活動を基に協力関係の枠組みを見直していく。

(2) 研究目的について

目的および意義

両研究所はプラズマ核融合科学の諸分野におけるアイデア、情報、技能および技術の交流を図り共同研究を行う。

協定書では、具体的な活動として、

- (1) ワークショップの開催および人物交流
- (2) 研究資料、科学技術、出版、学術情報の交換および貸し出し
- (3) 共同研究

を行う、と定めている。

(3) 研究成果について

成果の公表

活動成果は、1. 共著による論文として学術誌に投稿、2. 国際会議等での口頭やポスターによる発表、という形で公表される。また活動内容については研究所ニュースや核融合科学研究所ホームページに記載している。<http://www.lhd.nifs.ac.jp/result/international.html>

主要な成果の概要

I-3で述べた「韓国科学技術部と文部科学省との間の核融合関連分野における協力」の成果は基礎科学支援研究所において実施されたものが多い。I-3節を参照のこと。

II-7. 核融合科学研究所－カールスルーエ研究センター（ドイツ）学術交流協定

2005年10月6日に締結した2研究機関間の学術交流協定に基づくものである。

（1）実施体制について

組織

この協定に特化した組織は特にないが、研究所内の実施体制の中核として、国際交流委員会が設置されており、それぞれの機関との学術協定ごとに交流責任者をおいている。研究者の受入れ・派遣の活動計画の立案及び実施は、国際交流委員会が行っている。また、I-5節で触れた自然科学研究機構「分野間連携による学際的・国際的研究拠点形成」等のプロジェクトで、共同研究を進める際の重要な研究基盤ともなっている。

評価と改善の仕組み

交流責任者は毎年、実績報告書を作成し、国際交流委員会へ提出している。委員会ではそれを基に必要であれば改善に向けた提言を行う。

今後の方針

協定は2007年12月31日までであるが、有意義な共同研究ができれば延長可能である。

（2）研究目的について

目的および意義

両研究所の相互の利益となる共通する研究課題を解決するために

- （1）開発研究への相互参加
- （2）研究会等の開催

を行う、と定めている。

具体的な共同研究テーマとして、物理技術研究所（Institute for Technical Physics: ITP）の間では超伝導応用技術、パルスパワー・マイクロ波技術研究所（Institute for Pulsed Power and Microwave Technology: IHM）の間ではマイクロ波応用技術に関するものである。その他にも、安全管理センターとトリチウム研究室（The Karlsruhe Tritium Laboratory : TLK）の間でトリチウム水の減容に関する共同実験に関する契約書に合意した。

(3) 研究成果について

成果の公表

新しく締結された協力関係であり、活動成果はこれからであるが、論文投稿や国際会議等での発表はもちろんのこと、活動内容について核融合科学研究所ホームページで公開していく計画である。

主要な成果の概要

超伝導応用技術の分野では、EUにおける中心メンバーであるコマレク所長を招聘し、今後の共同研究計画についての打合せを行った。核融合科学研究所では、将来の核融合炉用超伝導マグネットの冷却方式の有望な選択肢として、従来の液体ヘリウムによる浸漬冷却方式、超臨界圧ヘリウムによる強制冷却方式に代わる間接冷却方式の採用を検討している。同方式の核融合炉への適用可能性について、議論を行った。また、高温超伝導の核融合装置への応用について議論を行い、高温超伝導体の優れた特性である高臨界温度及び高臨界磁場を生かした応用研究を長期的な視野で進める必要があることを確認すると共に、電流リードへの応用、イットリウム系高温超伝導体開発研究などの具体的な共同研究のテーマについて検討した。

マイクロ波応用技術の分野では、パルスパワー・マイクロ波技術研究所の所長 M.Thumm 氏他と面談し、以下の2点についての議論を行った。

1) IPP Greifswald の W7-X の ECRH 用に準備されている 140GHz ジャイロトロンは FZK が中心となって開発されている。本ジャイロトロンの核融合科学研究所への導入の技術的可能性については明らかになったが、2008 年中旬の IPP へのシステム引き渡しまでは FZK の所有になっているため、今後の契約などの交渉は、IPP との相談のもと、FZK と行っていく必要があることが確認された。

2) その他、テラヘルツジャイロトロンの開発共同研究については、日本国内の共同研究との調整を行い、NIFS-FZK-大学の3者間の共同研究として進める可能性の調査を行うことで合意した。また、周波数可変ジャイロトロン管については、ジャイロトロン出力窓である窒化珪素 Brewster 窓の共同研究を今後も継続していくことで合意した。

トリチウム技術の分野では、トリチウムを含む水を化学的に同位体分離濃縮する技術である CECE 法に関する共同研究を立ち上げる打ち合わせを行った。TLK の関連施設の現状を視察し、本共同研究に必要な実験設備が整備されていることを確認した。

II-8. 核融合科学研究所—プリンストンプラズマ物理研究所（アメリカ）学術交流協定

2006年3月3日に締結した2研究所間の学術交流協定に基づくものである。

（1）実施体制について

組織

この協定に特化した組織は特にないが、研究所内の実施体制の中核として、国際交流委員会が設置されており、それぞれの機関との学術協定ごとに交流責任者をおいている。研究者の受入れ・派遣の活動計画の立案及び実施は、国際交流委員会が行っている。

評価と改善の仕組み

交流責任者は毎年、実績報告書を作成し、国際交流委員会へ提出している。委員会ではそれを基に必要であれば改善に向けた提言を行う。

今後の方針

協定に期限はなく、有意義な成果が得られるよう推進していく。

（2）研究目的について

目的および意義

両研究所の相互の研究協力及び交流を発展させ、もって、核融合研究分野における日米の友好と国際交流の促進に資するため

- （1）研究者および学生交流
- （2）研究資料、出版物、理論解析や実験データを含む学術情報の交換
- （3）共同研究

を行う、と定めている。

（3）研究成果について

成果の公表

新しく締結された協力関係であり、活動成果はこれからであるが、論文投稿や国際会議等での発表は

もちろんのこと、活動内容について核融合科学研究所ホームページで公開していく計画である。

主要な成果の概要

新しく締結された協力関係であり、活動成果はこれからであるが、I-1節で述べた日米協力事業の枠組みの中で既に共同研究の実績があり、本協定を締結することにより、その一層の推進が期待される。

これまでの実績としては、

平成 16、17、18 年度の三年間にわたり、日米科学技術協力事業の枠組みの中で、継続的にプリンストンプラズマ物理研究所と共同研究を行っている。長期的な研究テーマは、コンパクトでかつ高ベータのヘリカル閉じ込め配位の設計である。ここ 10 年ほどの間に、LHD をはじめとするヘリカル系磁場閉じ込め研究は、実験研究の成果としてトカマク型に匹敵する閉じ込め性能を示すようになってきているが、この成果を将来のヘリカル型方式による核融合炉に結びつけるためには、特に経済性を重視した観点からの閉じ込め方式の改善が必要である。その場合のキーワードは、装置のコンパクト性とプラズマの高ベータ化である。この観点を特に重要視した研究として、核融合科学研究所で実施された CHS-qa 実験装置の設計研究があるが、日米科学技術協力事業の枠組みで進められている本研究課題は、それを国際共同研究としてさらに進展させようとするものである。また本研究課題は、プリンストンプラズマ物理研究所で建設中のヘリカル型閉じ込め実験装置 NCSX との国際共同研究を、今後具体的に立ち上げるために必要な基礎的環境として、研究者間の協力体制を築き上げるという側面も持っている。本研究課題三年間のそれぞれの年では異なる研究テーマを重点的に研究しつつ、長期的な視点も持ちつつ進められている。三年間の研究課題は「コンパクトで高ベータのヘリカル閉じ込め配位の検討」、「コンパクトなヘリカル配位における輸送特性の研究」、「準軸対称性を持つヘリカル配位における高温電子輸送特性の研究」である。

II-9. 核融合科学研究所－テキサス大学オースチン校・核融合研究所（アメリカ）学術交流協定

2006年3月6日に締結した2研究所間の学術交流協定に基づくものである。

（1）実施体制について

組織

この協定に特化した組織は特にないが、研究所内の実施体制の中核として、国際交流委員会が設置されており、それぞれの機関との学術協定ごとに交流責任者をおいている。研究者の受入れ・派遣の活動計画の立案及び実施は、国際交流委員会が行っている。

評価と改善の仕組み

交流責任者は毎年、実績報告書を作成し、国際交流委員会へ提出している。委員会ではそれを基に必要であれば改善に向けた提言を行う。

今後の方針

協定に期限はなく、有意義な成果が得られるよう推進していく。

（2）研究目的について

目的および意義

両研究所の相互の研究協力及び交流を発展させ、もって、核融合研究分野における日米の友好と国際交流の促進に資するため

- （1）研究者交流
- （2）ワークショップ等の開催
- （3）共同研究

を行う、と定めている。

（3）研究成果について

成果の公表

新しく締結された協力関係であり、活動成果はこれからであるが、論文投稿や国際会議等での発表は

もちろんのこと、活動内容について核融合科学研究所ホームページで公開していく計画である。

主要な成果の概要

新しく締結された協力関係であり、活動成果はこれからであるが、I-1節で述べた日米協力事業の枠組みの中で既に共同研究の実績があり、本協定を締結することにより、その一層の推進が期待される。

II-10. 核融合科学研究所-オークリッジ国立研究所（アメリカ）学術交流協定

2006年5月25日に締結した2研究所間の学術交流協定に基づくものである。

（1）実施体制について

組織

この協定に特化した組織は特にないが、研究所内の実施体制の中核として、国際交流委員会が設置されており、それぞれの機関との学術協定ごとに交流責任者をおいている。研究者の受入れ・派遣の活動計画の立案及び実施は、国際交流委員会が行っている。

評価と改善の仕組み

交流責任者は毎年、実績報告書を作成し、国際交流委員会へ提出している。委員会ではそれを基に必要であれば改善に向けた提言を行う。

今後の方針

協定に期限はなく、有意義な成果が得られるよう推進していく。

（2）研究目的について

目的および意義

両研究所の相互の学術研究協力を発展させ、もって、核融合研究分野における日米の友好と国際交流の促進に資するため

- （1）研究者および学生交流
- （2）研究装置、研究資料、出版物、および学術情報の交換
- （3）共同研究

を行う、と定めている。

（3）研究成果について

成果の公表

新しく締結された協力関係であり、活動成果はこれからであるが、論文投稿や国際会議等での発表は

もちろんのこと、活動内容について核融合科学研究所ホームページで公開していく計画である。

主要な成果の概要

新しく締結された協力関係であり、活動成果はこれからであるが、I-1節で述べた日米協力事業の枠組みの中で既に共同研究の実績があり、本協定を締結することにより、その一層の推進が期待される。

本協定が締結されるに至る共同研究実績の例として以下のものがある。

ORNL で開発された高速イオン輸送コード DELTA5D に摂動磁場を取り込む改良を行い、CHS にて観測されている高速イオン励起 MHD モードに起因する損失高速イオンデータとの比較を行ったものがある。この成果は、第 21 回 IAEA 核融合エネルギー国際会議にて報告され、当該分野で高い評価を得ている。

最近LHDで発見された内部粒子輸送障壁 (IDB) について、Harris博士と物理機構について議論を続けている。IDBのfootの位置がzero shear、wellとhillの境界、second stability領域と相関があるので、LHDのMHD特性がIDB物理機構に影響を与えているのではないかと推察している。また、Spong博士の電場計算結果は、電場shearがfootの位置で非常に強いことを示しており、これにも注目している。

II-11. その他

II-11-1 協定締結以外の国及び研究機関との共同研究

核融合科学研究所ではこれまで述べた学術協定を結んだ国や研究機関以外の研究者とも積極的な国際交流を推進している。これらは客員としての招聘や在外研究員としての派遣などによる。

最近3年間に客員教授・助教授として招聘した研究者の一覧を下表に示す。

資料II-11-1 最近3年間の外国人客員一覧

平成16年度				
Eliezer Hameiri	アメリカ合衆国	ニューヨーク大学	教授	プラズマ流のあるマクロ系でのエネルギー緩和と自己組織化
Ming-Sheng Chu	アメリカ合衆国	ジェネラル アトミックス社	主幹研究員	抵抗性壁モードの磁気流体理論
Uri V. Ralchenko	アメリカ合衆国	メリーランド大学カレッジパーク校	助教授	プラズマ中の非平衡原子過程
Olha Yeliseyeva	ウクライナ	ウクライナ国立科学アカデミー カルペンコ物理機械研究所	上級研究者	バナジウム合金上への酸化エルビウムコーティングのその場生成機構のモデル化
Yong-Joo Rhee	韓国	韓国原子力研究所	主任研究員	電子衝突励起・電離過程の理論的研究及び原子分子データベース
David Tskhakaya	オーストリア	インスブルック大学 理論物理研究所	研究員	周辺プラズマの輸送に関する高エネルギー粒子の運動論的效果
Gao Zhe	中華人民共和国	精華大学	助教授	プラズマ中の微視的モードの安定性解析
Yu Wei	中華人民共和国	上海光学精密力学研究所	教授	レーザープラズマにおけるマイクロ自己組織化
Wolfgang Eckstein	ドイツ	マックス・プランク プラズマ物理研究所	研究員	プラズマ壁相互作用の素過程数値データベースのアップデートと改
Ralf Armin Kleiber	ドイツ	マックス・プランク プラズマ物理研究所	研究員	3次元幾何配位における線形及び非線形ドリフト波の物理
Arthur Weller	ドイツ	マックス・プランク プラズマ物理研究所 グライフスバルト支部	主任研究員	LHD, W-7A及びW-7XプラズマのMHD安定性に関する比較研究
Alexander Iosifivich Livshits	ロシア	ボンチ・ブルエヴィッチ電機通信大学	教授	バナジウム及びバナジウム基板材料の水素超透過に関する研究
Nikolay Konstantinovich Kharchev	ロシア	ロシア科学アカデミー一般物理学研究所	上級研究員	LHDにおける密度揺動によるジャイロトンビームの散乱計測研究
Leonid Nikolaevich Vyacheslavov	ロシア	ブドケル核物理研究所	指導研究員	LHDプラズマの密度分布/揺動計測のためのCO2レーザー計測
Sergei Neudatchin	ロシア	クルチャトフ研究所	主任研究員	輸送の過渡応答現象の研究

平成17年度				
Tomio Yamakoshi Petrosky	アメリカ合衆国	テキサス大学オースティン校プリゴジン統計力学複雑系研究セン	上級研究員	プラズマの散逸構造と自己組織化
Vladimir Voytsenya	ウクライナ共和国	ハリコフ物理工学研究所	主任研究員	核融合実験装置における効率的な壁コンディショニング手法の研究
Serguei Vladimirov	オーストラリア	シドニー大学 理学部 理論天体物理研究所	教授	ダイバータプラズマ中での微粒子の生成と成長過程の理論, シミュレーション研究
Jesus Ramos	アメリカ合衆国	マサチューセッツ工科大学 プラズマ化学・核融合センター	主任研究員	低衝突プラズマ領域における物体完結モデルとその応用
Jiming Chen	中華人民共和国	中国西南物理研究院	教授	核融合炉バナジウム合金における溶質元素及びその相互作用の強度特性への効果
Yuri Igitkhanov	ドイツ	マックス・プランク プラズマ物理研究所	グループ長	ヘリカルプラズマの輸送解析
Igor Vasilievich Vinyar	ロシア	サンクトペテルブルク工科大学	主任研究員	輸送計測のためのトレーサー内蔵極低温ペレット開発に関する共同
Igor Skobelev	ロシア	VNIIFTRI, 多価イオンスペクトルデータセン	主任研究員	多価イオンX線分光と高温プラズマ診断

平成18年度				
Donald Atchison Spong	アメリカ合衆国	オークリッジ国立研究所	上級主任研究員	拡張MHDモデルに関する理論・シミュレーション研究
Alexander Alexandrovich Shyshkin	ウクライナ	ハリコフ物理工学研究所	教授	ヘリカル炉での粒子軌道制御による選択的ヘリウム排出
Gonzalo Luis Garcia	スペイン	カルロス三世大学	教授	LHDプラズマの閉じ込め性能に対する抵抗性MHDモードの影響
Yuhe Feng	ドイツ	マックス・プランク プラズマ物理研究所	主任研究員	LHDの周辺プラズマ輸送の3次元モデリング
Yuri Igitkhanov	ドイツ	マックス・プランク プラズマ物理研究所	グループ長	大型ヘリカル装置におけるテストペル入射の不純物輸送解析
Ursel Edith Fantz	ドイツ	マックス・プランク プラズマ物理研究所	主任研究員	セシウム添加負イオン源における分光計測手法を用いたセシウム計
Ratko Janev	マケドニア	マケドニア科学文化アカデミー	上級アドバイザー	原子分子・表面データベース作成とデータ評価
Leonid Nikolaevich Vyacheslavov	ロシア	ブドケル核物理研究所	指導研究員	LHDプラズマの密度分布/揺動計測のためのCO2レーザー計測

これらの研究者との共同研究成果の例を以下に列挙する。

● サнктペテルブルク工科大学との共同研究

ロシアのサンクトペテルブルク工科大学の計測研究グループとは2つの課題で共同研究を行っている。一つは常温トレーサー内蔵固体ペレット (Tracer Encapsulated Solid PELlet: TESPEL) をプラズマに入射した時のペレット溶発雲における局所電子密度の二次元分布計測手法の開発である。これは高エネルギー粒子計測手法の一つである PCX (Pellet Charge eXchange method) への重要な基礎データを与える。主として V.Y. Sergeev 博士と協力しており、平成 17 年度に基礎データを得ることに成功した。もう一つの課題は高性能の粒子輸送計測を行うためトレーサー内蔵極低温ペレット (Tracer Encapsulated Cryogenic PELlet: TECPEL) 生成・射出装置を開発することである。I. Vinyar 教授と共同で TECPEL-3 という装置を開発し、共同特許も取得した。この装置は平成 17 年度に LHD に設置され、LHD への入射実験も平成 17 年 11 月に成功するという成果を挙げた。

● 超透過メンブレンを核融合の粒子排気に使用することを目指す A. Livshits 教授との共同研究は 10 年以上も続いており、以下の成果を核融合科学研究所の装置を用いた実験で確認し、発展させた。

(1) スパッタリングに耐えうる超透過

高エネルギー水素粒子は、金属メンブレンの超透過をもたらす非金属単一層を破壊する。これに対する防御法として、不純物を金属中に注入すると Segregation により破壊された層が回復する。Nb メンブレンを用いたイオンビーム実験で実証した。

(2) 超透過に対するカーボニゼーションの影響

超透過 Nb メンブレンが炭素の層で覆われると水素の金属への implantation が阻止され、超透過能力が破壊される。堆積した炭素層のカーバイドへの In situ 変換 (加熱による) により超透過能力が完全に回復されることを発見した。また、超透過、水素の吸収は、炭素が 40%まで金属に吸収されるまで可能である。

● 一般物理研究所との共同研究 (カルチェフ教授)

加熱用ジャイロトロンを用いた散乱計測を既存の加熱用アンテナを用いて行った。この散乱計測の物理的解釈を行う際、常に問題となるのは、プラズマの局所的な密度揺動による散乱信号と浮遊マイクロ波との分離である。LHD プラズマからの前方散乱計測と同時に真空容器周辺で浮遊マイクロ波測定して二つの信号の相関を様々な手法を用いて解析した。特に、新たに導入したウェーブレットを用いた相互コヒーレンス解析によって散乱信号に含まれる浮遊マイクロ波成分の分離ができることが示された(図 1)。カルチェフ教授は解析的な側面において貢献した。今後の散乱波信号の解釈に活用する予定である。

さらに、プラズマの密度揺動の構造を観測するためには、空間、及び波数空間での多チャンネル同時計測および、その相互相関解析が重要である。本共同研究において、新たにガウス光学を応用した多ミラーシステム設計コードを開発し、現ジャイロトロン入射システム及びその対向側ポートの境界条件を満たす多チャンネル散乱受信系の設計を完了した。

Wavelet Cross Coherence Spectrum (Gamma) vs. time for fixed delay = 0 mn1 vs sc1

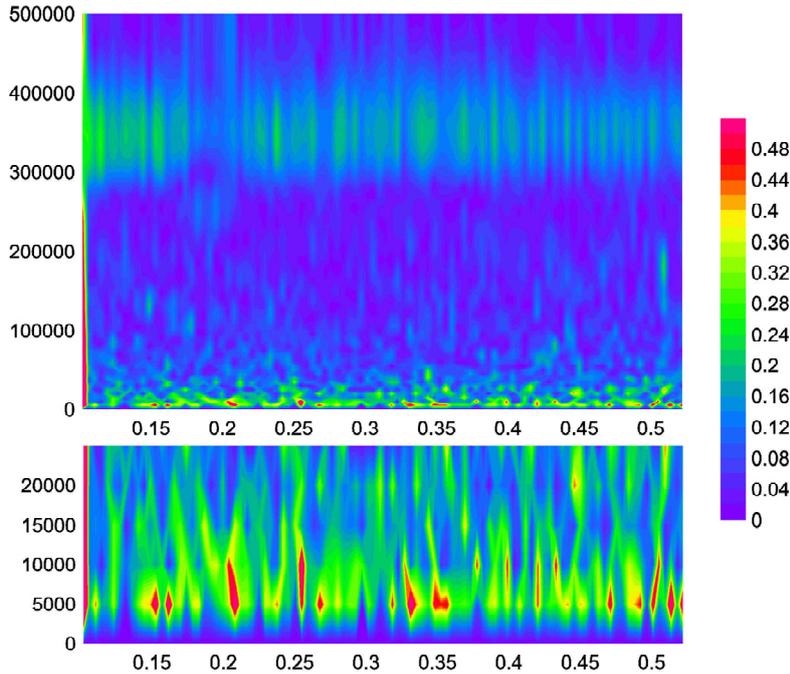


図1 前方散乱信号とスニファープローブによって測定した浮遊マイクロ波のウェーブレット相互コヒーレンス解析、横軸時間(秒)、縦軸は周波数(Hz)で、300~400 kHz 付近が浮遊信号成分、25 kHz 以下が密度揺動成分によるものと考えられる。

● ブドカー研究所との共同研究 (ヤチェラホフ教授)

ロシア、ノボシビルスクのブドカー核物理研と核融合科学研究所の共同研究により CO₂ レーザーを使った密度分布計測用イメージング干渉計と乱流揺動計測用位相コントラスト法を開発して LHD に設置した。イメージング干渉計は既存の FIR レーザー干渉計で計測不能な高密度領域での計測を可能にした。ペレット入射の制御信号に使われると共に高密度領域の粒子輸送解析、エネルギー輸送解析に使われている。LHD の輸送は幅広い運転領域で乱流揺動が支配する異常輸送である。その原因となる乱流揺動を位相コントラスト法を用いて計測し揺動の空間構造を明らかにした。データの解釈には数値計算モデルとの突合せが必要だが、図2に示すように周辺部の乱流揺動レベルは拡散係数が増大するにつれて増大する。このことは計測した乱流揺動 ($k_{\perp}\rho_i \sim 0.5$ で実験室系でイオンの反磁性方向に進行) が粒子輸送に寄与していることを示す。閉じ込めは異常輸送であるものの新古典輸送の小さい内寄せ配位ほど拡散係数も低く揺動レベルも低いことがわかった。

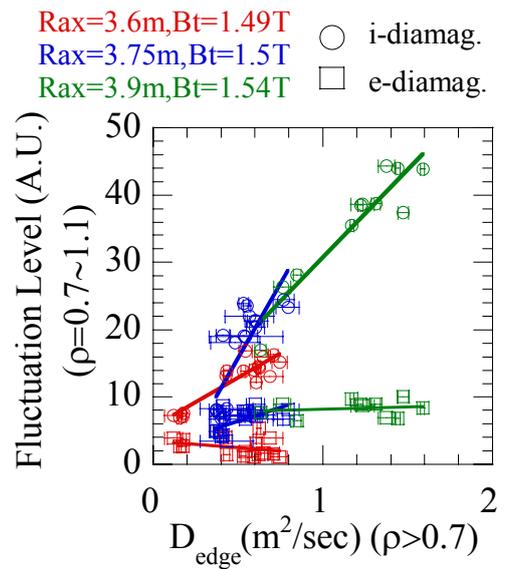


図2 異なる磁場条件下での揺動レベルと周辺拡散係数

● セルゲイ・ウラジミール教授との共同研究

Serguei Vladimirov 教授が、理論・シミュレーション研究センターにおいて、「Characteristics of Plasma and Electric Field near Plasma-Facing Wall in Oblique Magnetic Field」のテーマで共同研究を行った。微粒子が閉じ込めプラズマに対して不純物になることと、核融合燃料である放射性同位体の三重水素を吸着するため、本共同研究では核融合プラズマ中での微粒子の振る舞いの解明を目的に研究を推進した。微粒子がプラズマの接する壁から離れる条件を検討する際に、これまでは磁場の効果は入っていなかった。今回の共同研究では壁前面のデバイシースに続く磁場プレシースの構造解析の理論的解析を行った。その結果、壁への斜め磁場の効果を取り入れることができるようになった。本研究はプラズマが接する壁近傍の微粒子の振る舞いに関して、初めて磁場の存在を考慮したものであり、世界的に評価された。

● ツハカヤ教授との共同研究

David Tskhakaya 教授が、理論・シミュレーション研究センターにおいて、「Two-Dimensional Simulation Study on Charging of Dust Particle on Plasma-Facing Wall」のテーマで共同研究を行った。プラズマの接する壁上に存在する微粒子が壁から離脱する条件を求めるために2次元 PIC (Particle In Cell) 粒子シミュレーションを開発して調べた。その結果、微粒子半径がデバイ長程度より小さい場合は1次元理論モデルが適用可能であることを示し、それより大きい場合の離脱条件を求めることができた。近年、核融合プラズマ実験装置において微粒子の発生が観測されているが、それらは放射性同位元素の三重水素を吸着するために、それらの振る舞い、除去の研究が重要視されている。本共同研究は2次元シミュレーションによって、プラズマが接する壁にある微粒子近傍の電位構造を初めて明らかにし世界的評価を得た。

● スコーリック博士との共同研究

乱流構造について研究を進めた。英国カラム (Culham) 研究所 Richard Dendy 教授が短期核融合科学研究所に滞在された機会を利用して MAST と LHD のデータ交換を行い、これも核融合科学研究所に短期滞在されたビンカ研究所 (セルビア) の Milan Rajkovic 博士とともに解析し、マルチフラクタル構造が存在することを確認した。また、マルチスケールのプラズマ粒子シミュレーションを行う新しい手法 Equation Free Projective Integration Method の構築をニス大学 (セルビア) の Sandra Maluckov 博士とメリーランド大学 (米国) の George Stantchev 博士らとともに進め、まずは単純な定式化を行い、非線形1次元イオン音波への応用を試みた。

● スコベレフ博士との共同研究

スコベレフ氏は連携研究推進センターに客員として4ヶ月滞在し、村上泉助教授、加藤隆子教授と共同で主に鉄イオンの原子データの評価に関して研究を行った。これは、原子分子データ研究室で行っている Solar-B 衛星と LHD に関する共同研究で鉄イオンのスペクトル線モデルを作成するプロジェクトの一環で、より信頼できる原子データを用いるためである。スコベレフ氏が行ったのは、M殻鉄イオン及びL殻鉄イオンの陽子衝突による励起速度係数の評価で、既存のデータを比較検討し、最も信頼できるデータを評価済みデータとして解析的な式でフィッティングした。陽子による励起断面積の評価結果は、Feイオンスペクトル線の強度比を用いた電子密度の測定精度に大幅な向上をもたらした。また、M殻鉄イオンのうち Fe^{+9} 、 Fe^{+10} 、 Fe^{+12} の電子衝突励起速度係数についても評価を行い、 Fe^{+12} イオンについて

は、解析的な式でのフィッティングも行った。これらの成果はNIFS-DATAレポートとして出版、及び出版準備中である。

● アガワール博士との共同研究

Kanti Aggarwal 博士は、分野間連携による国際的研究拠点形成（国際共同研究拠点ネットワークの形成）の課題「LHD と Solar-B 衛星による非平衡プラズマの研究」で1ヶ月招聘し、連携研究推進センター原子分子データ研究室の村上助教授、加藤教授と共同研究を行った。鉄イオンスペクトル線モデルを作成するプロジェクトの中の鉄イオン原子データに関する研究で、M 殻鉄イオンの電子衝突励起断面積・速度係数について、既存データの評価に関する議論を行った。今まで無かった新しい Fe IX 原子データを理論的に計算し、世界的に有益な基礎データが得られた。Fe IX のデータは周辺プラズマ、太陽遷移層の低温度プラズマ診断に用いる事ができる。論文”Energy levels and radiative rates for transitions in Fe IX”を Astronomy & Astrophysics に出版予定である (in press)。

● オサリバン博士 (Univ. College of Dublin, Ireland) との共同研究

Gerry O’Sullivan 博士は、大阪受託研究「キセノンイオンのエネルギーレベル計測と平均原子モデル構築」により1ヶ月招へいされ、加藤隆子教授らと Xe イオンスペクトルについて共同研究を行った。LHD に Xe ガスをパフし 13.5nm 近辺の EUV スペクトルを測定し、発光イオンの同定を行った。中性粒子ビームで加熱時は $Xe^{23+} - Xe^{25+}$ が測定され、放射崩壊時は $Xe^{8+} - Xe^{17+}$ までの複雑なスペクトル線が測定されたが、これらの殆どのスペクトル線が同定された。Xe イオンからのスペクトル線については、世界で初めて新しい Xe^{17+} 線の同定を行いつつあり、原子物理学への新しい貢献である。また、これらのスペクトル線を用いた新しいプラズマ診断が期待できる。今年度もこの研究を完成させるため、2月に来所予定である。

II-11-2. 核融合科学研究所員の国際活動への貢献

核融合科学研究所では、国外研究機関や研究者との国際共同研究を進める一方、国際会議や学術雑誌出版の企画運営にも積極的に参加している。最近3カ年の実績を資料II-11-2にまとめた。

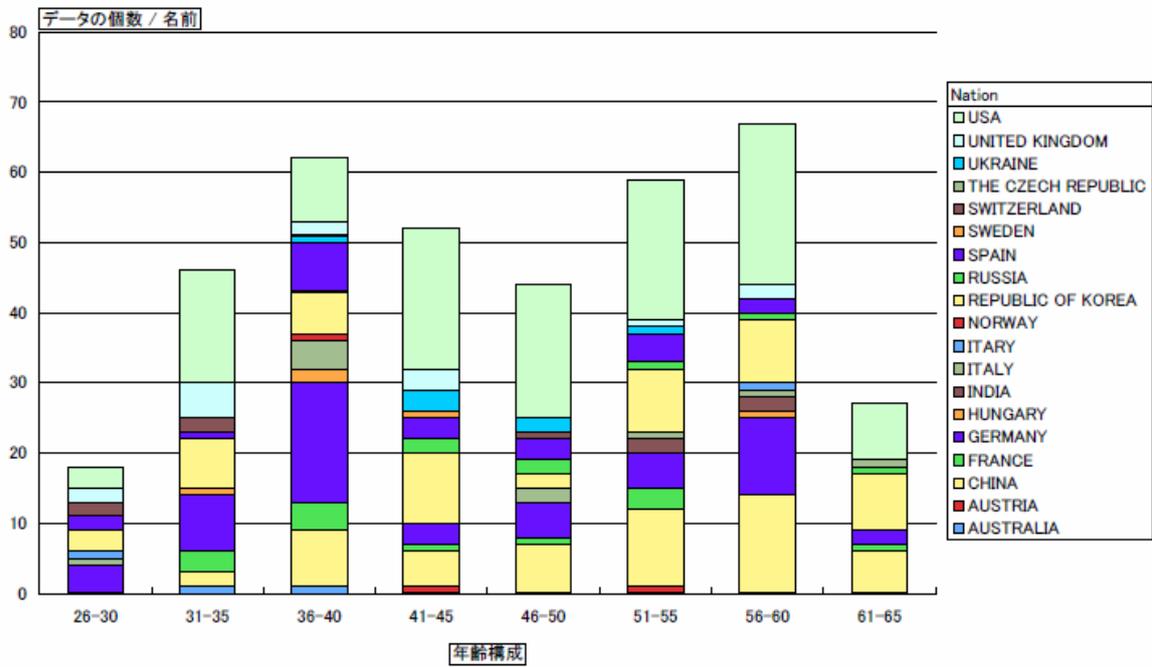
資料II-11-2 核融合科学研究所員が果たしている国際学術上の役割

役割	平成16年度	平成17年度	平成18年度
国際会議			
組織委員会	6	13	2
プログラム委員会	7	11	9
実行委員会	5	35	16
編集委員会	1	0	0
座長	4	11	5
招待講演	4	4	7
オーバービュー講演	0	7	1
学術雑誌			
編集委員	1	1	1

国際会議出張や共同研究打ち合わせ等を目的とする研究職員の海外渡航は、アメリカ、イギリス、イタリア、インド、オーストラリア、オーストリア、オランダ、韓国、スイス、スペイン、中国、ドイツ、ハンガリー、フランス、ポーランド、南アフリカ、ロシア、など年間2800人日に及ぶ。

資料II-11-3及び4にはこれら派遣者の年齢分布をまとめた。若手と研究を主導する2つの年代にピークがあり、これは核融合科学研究所の姿勢を示しているものである。

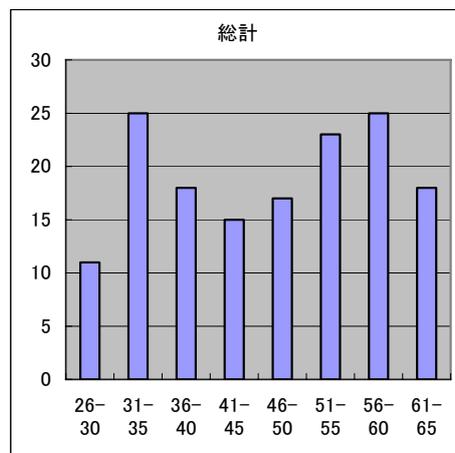
資料Ⅱ－１１－３ 海外派遣者の年齢分布（まとめ）



資料Ⅱ－１１－４ 海外派遣者の年齢分布（年度別）

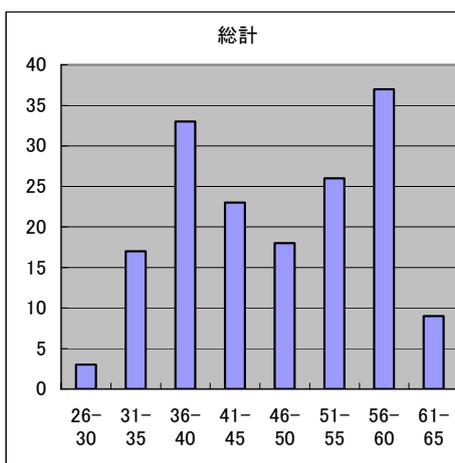
平成16年度

Nation	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	総計
AUSTRALIA		1							1
CHINA			4	4	4	5	9	3	29
FRANCE		2	2					1	5
GERMANY	4	2	5	1	1	1	3		17
INDIA						2	1		3
ITALY					1				1
ITARY	1						1		2
NORWAY			1						1
REPUBLIC OF KOREA	1	5		2	1	4	2	6	21
RUSSIA					1		1	1	3
SPAIN	1	1		1		3			6
SWITZERLAND	1								1
THE CZECH REPUBLIC								1	1
UKRAINE			1						1
UNITED KINGDOM	1	5	2	3			1		12
USA	2	9	3	4	9	8	7	6	48
総計	11	25	18	15	17	23	25	18	152



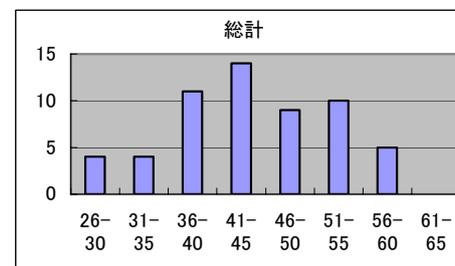
平成17年度

Nation	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	総計
AUSTRALIA			1						1
AUSTRIA				1		1			2
CHINA		2	4	1	2	5	3	3	20
FRANCE		1			1				2
GERMANY		5	7	2	4	3	8	2	31
HUNGARY		1	2				1		4
INDIA							1		1
ITALY			1		1				2
REPUBLIC OF KOREA	2		5	7		5	5	2	26
RUSSIA						1			1
SPAIN	1		7	2	3	1	2		16
SWITZERLAND		2							2
UNITED KINGDOM						1	1		2
USA		6	6	10	7	9	16	2	56
総計	3	17	33	23	18	26	37	9	166



平成18年度(4～11月)

Nation	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	総計
CHINA					1	1	2		4
FRANCE			2	1		3			6
GERMANY		1	5			1			7
ITALY	1		3			1	1		6
REPUBLIC OF KOREA		2	1	1	1		2		7
RUSSIA				2	1				3
SWEDEN				1					1
SWITZERLAND	1				1				2
UKRAINE				3	2	1			6
UNITED KINGDOM	1								1
USA	1	1		6	3	3			14
総計	4	4	11	14	9	10	5	0	57



また、本研究所の国際活動の一つとして、毎年「国際土岐コンファレンス」を主催している。毎回核融合関係からテーマを選び地元土岐市において開催されている。資料Ⅱ－１１－３にはこれまでの開催実績を上げる。

資料Ⅱ－１１－５ 国際土岐コンファレンス開催実績

回数 (年度)	テーマ	場所	参加者
第1回 (平成元年度)	世界の次期ヘリカル計画 Next Generation Experiments in Helical System	土岐市文化プラザ	国外 26人 国内 110人
第2回 (平成2年度)	核融合プラズマにおける非線形現象 Nonlinear Phenomena of Fusion Plasmas	土岐市文化プラザ	国外 24人 国内 90人
第3回 (平成3年度)	超伝導の核融合研究への応用 Applied Superconductivity for Nuclear Fusion Research	セラトピア土岐	国外 23人 国内 67人
第4回 (平成4年度)	核融合プラズマと天体プラズマ Fusion and Astrophysical Plasmas	セラトピア土岐	国外 34人 国内 86人
第5回 (平成5年度)	プラズマ加熱と電流駆動の物理と技術 Physics and Technology of Plasma Heating and Current Drive	セラトピア土岐	国外 33人 国内 105人
第6回 (平成6年度)	先進磁場核融合開発の物理と関連技術 Research for Advanced Concepts in Magnetic Fusion-physics and related technologies	セラトピア土岐	国外 55人 国内 189人
第7回 (平成7年度)	核融合プラズマ計測 Fusion Plasma Diagnostics	セラトピア土岐	国外 61人 国内 160人
第8回 (平成9年度)	ヘリカル研究の現状と展望 Developments of Helical System Research	セラトピア土岐	国外 79人 国内 132人
第9回 (平成10年度)	非平衡・非線形開放系核融合プラズマ物理の現状と発展 Developments of Physics in Non-Equilibrium and Open, Non-Linear Fusion Plasma	セラトピア土岐	国外 59人 国内 154人
第10回 (平成11年度)	定常プラズマのための物理と技術 Physics and Technology for Steady State Plasmas	セラトピア土岐	国外 69人 国内 153人
第11回 (平成12年度)	プラズマ中のポテンシャルと構造形成 Potential and Structure in Plasmas	セラトピア土岐	国外 56人 国内 149人
第12回 (平成13年度)	プラズマ閉じ込めのフロンティアと関連する工学・プラズマ科学 Frontiers in Plasma Confinement and Related Engineering/Plasma Science	セラトピア土岐	国外 49人 国内 160人
第13回 (平成15年度)	プラズマ理論と核融合プラズマ研究の展開 Progress of Plasma Theory and Understanding of Fusion Plasmas	セラトピア土岐	国外 66人 国内 199人
第14回 (平成16年度)	原子分子過程の新しい研究とプラズマ、科学、技術への先進的応用 New Research on Atomic and Molecular Processes and The Increasing Applications to Plasmas, Science and Technology	セラトピア土岐	国外 66人 国内 114人
第15回 (平成17年度)	核融合と応用技術 Fusion & Advanced Technology	セラトピア土岐	国外 40人 国内 97人

他の国際会議

平成8年度	プラズマ理工学国際会議： 核融合プラズマ科学に関する横断的研究 Comprehensive Research on Fusion Plasma Science	名古屋国際会議場	国外 193人 国内 459人
平成14年度	第15回制御核融合装置におけるプラズマ表面相互作用国際会議： 制御核融合装置におけるプラズマ表面相互作用 Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices	長良川国際会議場	国外 182人 国内 126人
平成17年度	第19回プラズマ数値シミュレーション国際会議 (ICNSP) 19th International Conference on Numerical Simulation of Plasmas (ICNSP) 第7回アジア太平洋プラズマ理論会議 (APPTC) 【合同開催】 7th Asia Pacific Plasma Theory Conference (APPTC)	奈良県新公会堂 (奈良市)	国外 57人 国内 141人

まとめ

国際共同研究は核融合研究の推進にあたって、欠くべからざる活動である。特に、政府間協定に基づく共同研究は、人類共通の課題である核融合エネルギーの実用化という極めて重要なミッションを持って進められている。特に、核融合科学研究所は共同利用機関としての立場から、研究所の教員、管理部の職員ともに、日本の核融合コミュニティ全体を含む国際共同研究の推進に責務を負っている。この責務を遂行するため核融合科学研究所は2つの役割を果たしている。ひとつは国家間の共同研究遂行の日本側代表機関としての役割であり、もうひとつは COE としての研究所間の共同研究の遂行である。前者は互いの国の核融合科学レベルの向上を図るための枠組みであり、日本においては広く大学における研究活性化に貢献してきた。後者は核融合分野における互いの研究所の持つ独創性を活かし合うことで最先端の成果を上げるためのものである。核融合科学研究所はこの2つの役割を同時に持つことで、それらを有機的に連携させ、より広範囲な領域で、かつ効果的な共同研究が実施できるよう努力してきた。

本報告書では、先ず日米協定、日中協力、日韓協力、IEA ステラレータ協定、IEA テキサトール協定、ITER 連携協力について、現状をまとめた。それぞれの協定枠内での活動は、本来の目的に沿ったものであると評価出来る。また、運営については透明性が確保され、成果報告会などの開催、成果報告書の出版などによる成果の公開、各種委員会における自己評価及び改善のための取り組みも行われている。世界のトップレベルの研究成果を上げることにより、世界の核融合研究をリードしつつ、相手国の研究レベルの向上に寄与することで、世界の核融合研究のレベルの向上に寄与している。具体的には、LHD 実験でこれまでに実現された超高密度プラズマ、長時間放電、高 β プラズマ等は、核融合炉の実現につながる成果と言える。また、CHS で実証された帯状流の存在とその役割は閉じ込め物理の解明の観点から高く評価出来る。LHD の実験結果を中心とした閉じ込めデータベースの拡充は、今後のトロイダルプラズマの進展にとって、重要な寄与を行ったものである。理論・シミュレーションの分野においても、IFS や IPP 他との共同研究により世界トップレベルの成果が上がっている。炉工学の分野では、ブランケットに関する JUPITER-II の成果は着実な進展を見せている。また、超伝導、高周波加熱などの分野においては、先導的な成果を上げるとともに、中国、韓国に対するそれらの支援は評価出来る。物理面での相手国のレベル向上への寄与の代表的な例としては、西南物理研究院初の PRL 論文の掲載が挙げられる。

研究所間の共同研究についても最先端の研究成果が上がっている。同時に、30年に及ぶ協力関係を結んできた相手との関係を維持・発展させる一方、法人化によって生まれた自由度を活かして現在は新しい相手との研究協力関係の締結を積極的に進めている。国家間協定の枠組みの下で培った共同研究の関係を協定締結により一層強固なものにするためである。これにより今後さらに多くの世界を先導する研究成果を挙げていくことを目指している。

研究成果のみならず、核融合科学研究所は国際会議の開催を通じた国際共同研究の推進にも貢献している。また所員も、国際会議の運営や各種委員会の要職を務めるなど国際的な学術コミュニティへの貢献度は大きい。

以上から、核融合科学研究所は、本研究所と日本の大学の持つ高い研究能力を集約することで世界の核融合研究の推進にとって、大きな役割を果たしており、その存在は無くしてはならないものであると言える。

終わりに

本資料は、昨年度の国内共同研究に引き続き、プラズマ・核融合分野における国際共同研究の活動状況についてまとめたものである。本資料を基に行われる運営会議外部評価委員会による外部評価の結果を受けて、核融合科学研究所は、運営会議等の議を経て国際共同研究の更なる推進を図る所存である。

ご多忙の中、国際共同研究の外部評価のために貴重な時間を割いていただいた外部評価委員会委員の先生方に厚く感謝いたします。

付属資料 1 国際共同研究に関する協定書

1983年1月25日付け文部省-DOE交換書簡

拝啓

日本国文部省は1979年5月2日ワシントンにおいて調印された日米政府間のエネルギー及び関連分野の研究協力協定（以下「基本協定」という）に従い効力を生じた両国政府間の1983年1月24日付交換公文（以下「交換公文」という）の第6項の（1）に基づく核融合分野の研究における日米政府間の協力計画（以下「文部省-DOE核融合研究開発協力」という）についての具体的実施手続及び詳細に関する協定をアメリカ合衆国エネルギー省（DOE）と締結する事を希望し、文部省及びDOEは以下の様に決定することを提案する。

- I. 文部省及びDOE（以下「当事者」という）は交換公文に基づき文部省-DOE核融合研究開発協力の調整及び日米核融合調整委員会への報告に責任をもつ連絡責任者をそれぞれ指名するものとする。

- II. 文部省-DOE核融合研究開発協力における協力分野は以下のものを含む
 1. トカマク、ミラー装置及びピンチなどのプラズマ閉じ込め装置
 2. プラズマ物理に関する共同研究
 3. 磁場核融合方式
 4. 核融合装置のための磁気システム
 5. プラズマ加熱、燃料供給及び核燃焼プラズマの保持・制御のための他の技術を含めたプラズマ工学
 6. 核融合炉材料
 7. 核融合システム工学
 8. 核融合エネルギーの環境及び安全性
 9. プラズマ診断及び真空技術

10. 核融合エネルギーの応用

11. 日米核融合調整委員会において、第1条にいう責任の範囲内で検討し一致し当事者間で互いに合意に達した他の分野

Ⅲ.

1. 文部省－DOE核融合研究開発協力の実施は、以下の活動を含むがこれのみに限られるものではない。

(1) 科学技術情報の交換；

(2) セミナー、ワークショップ及びその他の会合；

(3) 当事者双方の核融合施設への個人又は専門家チームによる短期滞在；

(4) テスト用試料、材料、機器、部品及び装置の交換及び貸借；

(5) 当事者双方の核融合施設において行われる研究、開発、解析、設計、計画及び実験活動の分担を目的とした科学者・技術者その他専門家の交流及び；

(6) 当事者双方の合意による他の形態の協力活動

2. 上記1の(1)から(5)までのサブパラグラフにあげた活動の実施の詳細に関しては必要に応じ、両当事者間の協議もしくは、補助の協定を結ぶものとする。

上記1のサブパラグラフ(6)にあげた活動の実施に関する期間や条件は両当事者間の合意文書を要するものとする。

IV.

1.

- (1) 財産的情報保護の必要性、著作権の制限及び第IV項の規定に基づき両当事者は文部省－D O E核融合研究開発協力において情報が可能な限り、広範囲に提供及び交換されることを支持するものである。
- (2) この情報が公表される場合は文部省－D O E核融合研究開発協力によって得られたものであることを明らかにするものである。

2. 財産的情報の扱い

A. 文部省－D O E核融合研究開発協力における定義

- (i) 「情報」とは、科学的又は技術的データ、研究開発の結果又は方法、並びに文部省－D O E核融合研究開発協力に基づき、取得又は交換が意図されたその他すべての情報をいう。
- (ii) 「財産的情報」とは貿易上の秘密あるいは、特権的又は機密性を有する商業上、財政上の情報を含んだ情報であり、以下のよう なものをいう。
 - a) 所有者により、秘密とされている情報
 - b) 所有権により慣習的に秘密とされるような情報
 - c) それが秘密とされるべき根拠がある場合を除き、提供側（受入側を含む）が他の機関に今まで伝えていない情報
 - d) さらに他へ情報を広めることを禁止することによって初めて入手できる情報

B. 手続き

- (i) 文部省－D O E核融合研究開発協力に基づき財産的情報を受け る側は、その特権的性格を尊重するものとする。財産的情報を含 むすべての書類には、以下のような（又は実質的に同様な内容の） ただし書きを明記するものとする。

「この書類は、米国エネルギー省及び日本国文部省間の1983年1月25日付交換公文の下に部内的に得られた財産的情報を含んでおり、文部省の承認なしにはこれら機関、その契約者、許可を受けた者、日米政府関連部門及び機関以外に流布することを禁ずる。」

「このただし書きは当件の全体あるいは一部のいかなる複製物にも付けられるものでこの規則は当情報が所有者によって制限なしに公表される場合自動的に消滅する。」

- (ii) 文部省－D O E核融合研究開発協力の下で、部内的に得られた財産的情報は受入側によって以下のものに伝えることができる。
- a) 受入国側内部の者、又は受入国側雇用人並びに受入側国内の関連政府部門及び機関。
 - b) 受入国の国内にある受入側の直請け又は下請け契約者。ただし財産的情報の主な内容に関連した仕事において受入側との契約の枠内で使用するものとする。この様にして伝えられたすべての財産的情報は、いずれも秘密性の合意に従うものであり、上記2 B (i) に記載されているものと実質的に同様なただし書きを付けるものとする。
- (iii) 文部省－D O E核融合研究協力の下で、財産的情報を提供した側よりあらかじめ文書による同意がある場合受入側は、上記(ii)に述べたより広い範囲へその財産的情報を伝えることができる。当事者双方は、この様なより広く情報を伝えることに対し事前に文書により同意を求めること及び同意を得るための手続きを進めるに際して相互協力するものとし、それぞれの当事者はその国の政策、規則及び法律に許された範囲内でその許可を与えるものとする。
- C. 一方の当事者が本条項の非公開規定に対処できなくなる又は対処できなくなると予想されることが認められる場合には、直ちに他方の当事者に通知するものとする。それにより当事者双方は、適当な対処方針を決めるため、協議を行うものとする。
- D. D O E－文部省核融合研究開発協力の下で、行われるセミナー、ワークショップ、その他の会合で生じた情報、あるいは、職員の派遣、施設の使用、装置の交換等で生じた情報は、双方により本条に規定されている原則に従い取り扱われるものとする。ただし、その情報提供者がその所有権について注意しない限り、口頭によるいかなる財産的性格を有する情報もD O E－文部省核融合研究開発協力の公開制限事項に従わないものとする。

- V. 当該情報を提供した当事者は、当該情報を受領した当事者に対し当該情報が特定の使用に適合するものであることを保証しない。
- VI. 両当事者はDOE－文部省核融合研究開発協力により得られる工業的財産の公正な配布に関しては、関係国又は、両国の適応される法律と規則に沿って必要な手続をとらなければならない。
1. DOE－文部省核融合研究開発協力の下になされ、あるいは考想された発明又は発見に関しては、
 - a. 科学者、技術者、その他の専門家の交換に関連し、当該発明又は発見が、一方の当事者（派遣当事者）又はその契約者に派遣されている間になされた場合には、
 - (1) 受入当事者は、自国及び第三国において、当該発明又は発見に関するすべての権利、所有権利益を享有するものとする。
 - (2) 派遣当事者は、自国において当該発明又は発見に関するすべての権利、所有権利益を享有するものとする。
 - b. DOE－文部省核融合研究開発協力の下に、一方の当事者、又はその契約者により他方の当事者又はその契約者により他方の当事者又はその契約者に伝達された情報、又はセミナー若しくはその他の合同会議中に伝達された情報を用い、その直接の結果として発明又は発見がなされた場合には、当該発明又は発見に関するすべての利益を享有するものとする。
 - c. 5,000米ドル以下の価格の資材、器具装置の貸与、交換の場合は、上記bを適用するものとする。
 - d. 上記a, b, cにより得た発明をもつ者は、他の当事者の要求があれば、適切な条件及び期限で、その政府及びその指定する国民に実施権を与えるものとする。
 - e. 上記a, b及びcに規定する諸権利の配分は人物交流及び情報交換並びに5000米ドル以下の価値を有する資料、機器及び装置の供用、又は交換のみに適用されるものとする。

特定の共同研究計画を含む他の特殊な形態の協力については、両当事者の利益、権利貢献度を考慮して当該協力から生じた発明、発見の権利を適正に配布するように定めるものとする。
 2. 本条の上記1の規定は意匠の保護に準用されるものとする。
 3. 各当事者は自国の法律に従い、自国の参加者に支払わなければならない報償あるいは補償を支払う責任を負うものとする。各当事者は自国の法律の下での発明者のいかなる権利も侵害せずに、本条の規定を実施するために必要なその発明者からの協力をとりつけるためにすべての必要な措置をとるものとする。

VII. 両当事者又は関連機関ならびに個人の著作権については、国際的に承認されている保護基準に沿って処理されるものとする。一方の当事者により保有され、又は管理されている第9条の範囲内の資料に関する著作権については、他方の当事者にその著作権のある資料を複製または翻訳する許諾を与えるよう努力するものとする。

VIII. DOE－文部省核融合研究開発協力に基づく協力はそれぞれの当事者の規則に従うものとする。DOE－文部省核融合研究開発協力又は、本書に基づき行われる活動に関連するすべての問題は、両当事者の相互の合意によって解決されるものとする。DOE－文部省核融合研究開発協力の下で生じた損害の補償は両当事者の国について適用される法律に従うものとする。

- IX. DOE－文部省核融合研究開発協力のもとでの職員の派遣に関しては、
1. DOE－文部省核融合研究開発協力に基づき職員の派遣が計画された場合には、各当事者は必要な技能と能力を備えた職員が他方の当事者への派遣のため選考されることを保証するものとする。
 2. 職員の派遣は両当事者間の派遣取極に従うものとする。
 3. 各当事者は当該職員に支払う給与、保険、手当等に責任を負うものとする。
 4. 派遣当事者は他に合意がない場合には受入当事者に派遣職員の旅費、滞在費を支払うものとする。
 5. 受入当事者は派遣職員及びその家族に対し相互に合意できる互惠原則にのっとり適当な宿泊設備を用意するものとする。
 6. 受入当事者は行政手続（旅行手続等）に関し、派遣職員（及びその家族）に対しあらゆる必要な便宜を与えるものとする。
 7. 各当事者の職員は、受入れ研究施設の一般的な就業及び安全に関する規則又は別に定める職員業務協定において合意されるところに従うものとする。

X. 両当事者は、一方の当事者より他方の当事者へ機器装置、資料、必要な部品（以後「機器等」という）を交換あるいは供用する際は、発送及び当該機器等の使用に関して以下の条項が適用されることに合意するものとする。

1. 送付当事者は速やかに機器等の詳細目録を関連の仕様書、技術書類及び情報書類と共に供するものとする。
2. 送付当事者から供される機器等はその所有権を送付当事者に留め、他に取極がない限り、相互合意の活動完了時送付当事者に返却されるものとする。
3. 上記機器等は主催機器において、双方合意又は、主催機関における上級代表者の合意によってのみ操作されるものとする。
4. 受入当事者はその機器等のために必要な建屋を用意するものとし、また、電気、水、ガス等を相互合意の技術上の必要事項に従って供給するものとする。
5. 米国より機器、材料を日本の最終目的地に搬入、搬出する際は輸送に伴う責任と費用及びその途上におけるそれらの安全保持と保険の責任は、米国エネルギー省が持つものとする。
6. 日本より機器、器材を米国の最終目的地に搬入、搬出する際は輸送に伴う責任と費用及びその途上におけるそれらの安全保持と保険の責任は文部省がもつものとする。
7. 受入当事者は税関に対し発送側から相互合意の活動を行うため送付される機器は科学的性格を有し、商業的性格をもたないものがあることを知らせるものとする。

XI. DOE - 文部省核融合研究開発協力の実施は、割当てられた財源の行使の可能性によるものとする。

XII.

1. DOE-文部省核融合研究開発協力は次のサブパラグラフ2に定める期間前の打切りをしない限り日米協定の有効期間中継続するものとする。
2. DOE-文部省核融合研究開発協力は、各当事者の判断によりいつでも終了させることができる。ただし、DOE-文部省核融合研究開発協力を終了させる意志を有する当事者は書面により終了のあらかじめ6箇月前に告知をなすものとする。かかる終了は、その終了の日までにDOE-文部省核融合研究開発協力をに基づき双方いずれかの当事者により取得された既得権を損うことはないものとする。
3. 本取極の終結時期とは別に、本協力で着手された個々の計画は、それが終了するまで継続されるものとする。
4. 本取極は、両当事者の文書による合意により改訂することができる。

私は上述の件が米国DOEに受け入れられることを貴殿が確認下されば大慶に存じます。

日本学術振興会と中国科学院との拠点大学方式による
学術交流（プラズマ・核融合分野）の実施大綱

日本学術振興会と中国科学院（以下、「両対応機関」とする）は、1979年9月17日に調印した学術交流に関する覚書に基づいて、新たに核融合科学研究所と中国科学院等離子体物理研究所（以下、「両機関」とする）を拠点機関とするプラズマ・核融合分野における拠点大学方式による学術交流を実施する。

1. 実施計画の策定及び交流の実施

(1) 両機関は、実施計画の策定及び交流の実施において主導的立場にある。両機関は協議の上、実施計画を策定し、計画に沿って交流を実施するとともに、実施報告書を作成する。両機関は、実施計画書と実施報告書を、それぞれ両対応機関に提出し、承認を得ることとする。

(2) 実施計画策定のための指針は次のとおりとする。

①研究課題

具体的かつ焦点化された研究課題であって、共同研究の実施により論文等の研究成果が得られる可能性があるもの。また、我が国及び相手国の研究者が共通に関心を有し、日本側及び中国側双方の研究者の主体的な取り組み及びひびきが確保される研究課題であること。

②コーディネーター及び研究代表者

両機関は、当該交流事業の実施に責任を有するとともに、必要な連絡調整を行うコーディネーターを1名定める。また、研究課題ごとに研究代表者を定める。

③協力機関及び協力研究者

両機関は、共同研究実施上の必要に応じて協力機関（両機関とともに機関単位で交流に参加する大学等学術研究機関）及び協力研究者（協力機関に所属しない参加研究者）を選定し、当該交流事業に参加させることができる。

2. 参加研究者の範囲

- (1) 日本及び中国の大学等学術研究機関に所属する常勤研究者を原則とする。
- (2) 但し、研究実施上の必要に応じて、日本及び中国の大学等学術研究機関に所属する大学院博士課程修了者並びに大学院博士課程在学者を参加させることができる。
- (3) 但し、研究実施上の必要に応じて、その他の国の大学等学術研究機関に所属する常勤研究者、大学院博士課程修了者並びに大学院博士課程在学者を参加させることができる。

3. 研究者等の派遣計画の作成

両機関は、実施計画の一部として、当該年度における研究者等の派遣リスト（派遣者名、派遣期間、受入機関名）を作成し、それぞれ両対応機関に提出し、承認を得ることとする。

4. 経費負担

拠点大学交流の実施に関して、両対応機関は次の区分により経費等の負担に責任を持つ。

(1) 日本側研究者に係る経費

- ① 中国訪問に必要な往復国際航空賃、並びに中国における滞在費及び国内旅費については、日本学術振興会がその規定に従って負担する。
- ② 中国の拠点大学、協力大学等における研究等のための便宜は中国側が提供する。

(2) 中国側研究者に係る経費

- ① 日本訪問に必要な往復国際航空賃については、中国科学院がその規定に従って負担する。
- ② 日本における滞在費、国内旅費及び保険料については、日本学術振興会がその規定に従って負担する。

③ 日本の拠点大学、協力大学等における研究等のための便宜は日本側が提供する。

(3) セミナー開催に係る経費

会場借料、印刷経費等、セミナーの開催に要する経費は、開催国側が負担する。

(4) 情報交換に係る経費

日本から中国への資料の購入費及び輸送費については、日本学術振興会が負担する。

5. 有効期間

この実施大綱は、両対応機関が当該学術交流に係る実施予算を確保することを条件として、両対応機関の代表が署名した後、2001年4月1日から発効し、5年間有効とする。

2000年10月16日

日本学術振興会理事

加藤寛一郎

中国科学院国际合作局長


Zhang Kan

IMPLEMENTING ARRANGEMENT
BETWEEN
THE MINISTRY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF THE REPUBLIC OF KOREA
AND
THE MINISTRY OF EDUCATION, CULTURE, SPORTS, SCIENCE AND
TECHNOLOGY OF JAPAN
FOR COOPERATION
IN THE AREA OF FUSION ENERGY RESEARCH AND RELATED FIELDS

The Ministry of Science and Technology of the Republic of Korea and the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (hereinafter referred to as "the Parties");

Pursuant to Article 5 of the Agreement between the Government of the Republic of Korea and the Government of Japan on Cooperation in the Field of Science and Technology signed on December 20th, 1985 (hereinafter referred to as the "Agreement"), and

Desiring to cooperate under the Agreement in research and development in the area of fusion energy and related fields in order to meet the rapidly growing energy requirements in the twenty-first century and to promote scientific and technological cooperation beneficial to both Parties;

Have reached the following arrangement:

Article 1
OBJECTIVE

The objective of this Implementing Arrangement is to promote scientific and technological cooperation between the Parties in the area of fusion energy research and related fields in order to enhance the Parties' capabilities to make positive contributions in these fields for their mutual benefit.

Article 2
FORMS OF COOPERATIVE ACTIVITIES

Forms of cooperative activities may include: conduct of joint or cooperative projects and programs, exchange of technical information, data and experience, collaborative or consultative visits, exchange of technical and managerial personnel for short term assignments, exchange of equipment, materials and instrumentation, joint conferences, seminars or workshops, and such other forms of cooperation as the Parties may mutually decide.

Article 3
MANAGEMENT

- a. Each Party shall designate a Principal Coordinator to supervise cooperative activities under this Implementing Arrangement. The Principal Coordinators shall jointly plan and coordinate cooperative activities, co-chair joint meetings for such planning and coordination, and prepare and publish an annual Program of Cooperation. Each Principal Coordinator may appoint a Technical Coordinator for each cooperative activity.
- b. The Principal Coordinators shall meet, on an annual basis, or otherwise as decided upon by the Parties, alternately in the Republic of Korea and in Japan, or in other locations as decided upon by mutual consent. The host Party will choose the meeting site and bear the costs for arrangements associated with the meeting. Representatives from each Party attending the meeting will be responsible for their own travel and lodging expenses. At these meetings, the Principal Coordinators shall review and assess the progress of cooperative activities and the next year's plans for continuations of cooperation under this Implementing Arrangement.
- c. The Principal Coordinators shall jointly prepare a written report of each meeting. Each Party will disseminate such report without prior notification to the other Party, after both Parties have approved the report for release.
- d. The Principal Coordinators may invite representatives of each of their organizations in the area of fusion energy research and related fields to attend joint meetings and

to serve as advisors to assist in planning the cooperative activities under this Implementing Arrangement and evaluating their progress.

Article 4
ORGANIZATIONS

The Parties may invite each of their organizations provided for in Article 3. d. to participate in cooperative activities under this Implementing Arrangement, subject to such terms and conditions as the Parties may specify. Such organizations in Japan may include, but are not limited to, the National Institute for Fusion Science and Japan Atomic Energy Research Institute.

Such organizations in the Republic of Korea may include, but are not limited to, the Korea Basic Science Institute, the Korea Advanced Institute of Science and Technology, and the Korea Atomic Energy Research Institute.

Article 5
EXCHANGE OF PERSONNEL

Unless otherwise mutually decided in writing, the following provisions shall apply to assignment or exchange of personnel under this Implementing Arrangement.

- a. Each Party makes its best effort to ensure the selection of qualified personnel with skills and competence necessary to conduct the activities planned under this Implementing Arrangement.
- b. Each Party is responsible for the salaries, insurance, and allowances to be paid to its staff or its contractors.
- c. Each Party pays for the travel and living expenses of its staff or its contractors when staying at an establishment of the other party.
- d. The Parties arrange for adequate accommodations for each other's staff or contractors (and their families) on a mutually acceptable and reciprocal basis.

- e. Each Party provides all necessary assistance to the staff or contractors of the other Party as regards administrative formalities.
- f. The staff or contractors of both Parties conform to the general rules of work and safety regulations in effect at their staying establishments.

Article 6
GENERAL PROVISIONS

- a. All cooperative activities carried out under this Implementing Arrangement shall be subject to the applicable laws and regulations of the Republic of Korea and Japan within their territories, and shall be subject to the availability of personnel, appropriated funds, and other resources of each Party.
- b. Unless otherwise decided upon by the Parties in writing, each Party will bear its respective expenses incurred in connection with collaboration under this Implementing Arrangement.
- c. Any questions of interpretation or implementation relating to this Implementing Arrangement will be resolved through consultations between the Parties.

Article 7
INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS

- a. Scientific and technological information of a non-proprietary nature arising from the cooperative activities under this Implementing Arrangement may be made available to the public by either Party through customary channels and in accordance with the normal procedures of the invited organizations.
- b. The Parties shall give due consideration to the protection and the distribution of intellectual property rights or other rights of a proprietary nature resulting from the cooperative activities under this Implementing Arrangement and shall consult with each other for this purpose as necessary.

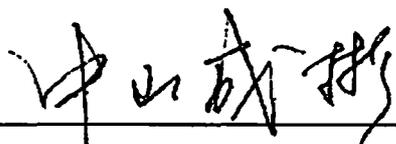
Article 8
ENTRY INTO EFFECT AND TERMINATION

- a. This Implementing Arrangement will come into effect upon signature by the Parties and remain effective for a period of five (5) years provided that the Agreement remains effective, and will remain effective thereafter indefinitely unless either Party notifies the other Party in writing six months in advance of its intention to terminate this Implementing Arrangement. This Implementing Arrangement may be amended by mutual written decision of the Parties.
- b. At the discretion of either Party, this Implementing Arrangement may be terminated by giving six months advance notice in writing to the other Party.

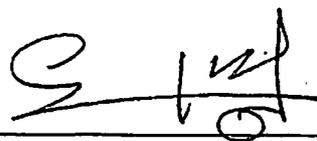
SIGNED at Tokyo in duplicate, on this 16th day of November, 2004, in the English language.

FOR THE MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS, SCIENCE AND
TECHNOLOGY OF JAPAN

FOR THE MINISTRY OF SCIENCE AND
TECHNOLOGY OF THE REPUBLIC OF
KOREA



Nariaki NAKAYAMA
Minister of Education, Culture, Sports,
Science and Technology of Japan



Myung OH
Deputy Prime Minister and Minister of
Science and Technology of the Republic of
Korea

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

**IMPLEMENTING AGREEMENT
FOR CO-OPERATION IN DEVELOPMENT
OF THE STELLARATOR CONCEPT****The Contracting Parties**

CONSIDERING that the Contracting Parties, being either governments of International Energy Agency ("Agency") countries, governments of other countries invited by the Governing Board of the Agency to be Contracting Parties, international organizations or parties designated by their respective governments, wish to co-operate in the development of the Stellarator concept as provided in this Agreement;

CONSIDERING that the Contracting Parties which are governments of Agency countries and the governments of Agency countries which have designated Contracting Parties (referred to collectively as the "Governments") have agreed in Article 41 of the Agreement on an International Energy Program (the "I.E.P. Agreement") to undertake national programmes in the areas set out in Article 42 of the I.E.P. Agreement, including energy research and development on controlled thermonuclear fusion;

CONSIDERING that in a meeting of the Governing Board of the Agency on 27th March, 1985 the Governments approved the special activities under Article 65 of the I.E.P. Agreement;

RECOGNIZING that the Contracting Parties consider Stellarator experiments to be an important part of their toroidal confinement programmes;

CONSIDERING that recent advances in the Stellarator area have considerably enhanced the viability of this concept;

CONSIDERING that the Agency has recognized information exchange and co-ordination of activities as important components of international co-operation in the field of thermonuclear fusion research and development;

HAVE AGREED as follows:

Article 1

OBJECTIVE AND SCOPE OF CO-OPERATION

(a) *Objective.* The objective of the co-operation is to improve the physics base of the Stellarator concept and to enhance the effectiveness and productivity of research and development efforts related to the Stellarator concept by strengthening co-operation among Agency member countries. For the purposes of this Agreement, the term "Stellarator" refers generally to all toroidal concepts based on external confinement of fusion plasmas, including Stellarators, Heliotrons and Torsatrons.

(b) *Scope of Co-operation.* The co-operative programme to be carried out by the Contracting Parties within the framework of this Agreement shall consist of the following activities:

- (1) Exchanges of information;
- (2) Assignment of specialists to the facilities or research groups of the Contracting Parties;
- (3) Joint planning and co-ordination of experimental programmes in selected areas;
- (4) Workshops, seminars and symposia;
- (5) Joint theoretical, design and systems studies;
- (6) Exchanges of computer codes; and
- (7) Joint experiments.

(c) *Method of Implementation.* The Contracting Parties shall implement the co-operation by undertaking one or more tasks (the "Task" or "Tasks") each of which will be open to participation by two or more Contracting Parties as provided in Article 2 hereof. The Contracting Parties which participate in a particular Task are, for the purposes of that Task, referred to in this Agreement as "Participants".

(d) *Task Co-ordination and Co-operation.* The Contracting Parties shall co-operate in co-ordinating the work of the various Tasks and shall endeavour, on the basis of an appropriate sharing of burdens and benefits, to encourage co-operation among Participants engaged in the various Tasks with the objective of advancing the research and development activities for all Contracting Parties in the field of Stellarators.

Article 2

IDENTIFICATION AND INITIATION OF TASKS

(a) *Identification.* The Tasks undertaken by Participants are identified in the Annexes to this Agreement. At the time of signing this Agreement, each Contracting Party shall confirm its intention to participate in one or more Tasks by giving the Executive Director

of the Agency a Notice of Participation in the relevant Annex or Annexes, and the Operating Agent for each Task shall give the Executive Director of the Agency a Notice of Acceptance of the Task Annex. Thereafter, each Task shall be carried out in accordance with the procedures set forth in Articles 2 to 11 hereof, unless otherwise specifically provided in the applicable Annex.

(b) Initiation of Additional Tasks. Additional Tasks may be initiated by any Contracting Party according to the following procedures:

- (1) A Contracting Party wishing to initiate a new Task shall present to one or more Contracting Parties for approval a draft Annex, similar in form to the Annexes attached hereto, containing a description of the scope of work and conditions of the Task proposed to be performed;
- (2) Whenever two or more Contracting Parties agree to undertake a new Task, they shall submit a draft Annex for approval by the Executive Committee pursuant to Article 3(e)(2) hereof; the approved draft Annex shall become part of this Agreement; Notice of Participation in the Task by Contracting Parties and acceptance by the Operating Agent shall be communicated to the Executive Director of the Agency in the manner provided in paragraph (a) above;
- (3) In carrying out the various Tasks, Participants shall co-ordinate their activities in order to further technical progress and to maximize the effective use of their individual and collective resources.

Article 3

THE EXECUTIVE COMMITTEE

(a) Supervisory Control. Control of the co-operation shall be vested in the Executive Committee constituted under this Article.

(b) Membership. The Executive Committee shall consist of two members designated by each Contracting Party; each Contracting Party shall also designate two alternate members to serve on the Executive Committee in the event that designated members are unable to do so.

(c) Responsibilities. The Executive Committee shall:

- (1) For the first year of the co-operation, and for each year thereafter, review the Programme of Work and Budget, if foreseen, for each Task, together with an indicative programme of work and budget for the following two years if necessary;
- (2) For the first year of the co-operation, and for each year thereafter, adopt by unanimity a programme of work and budget, if foreseen, for each of those Tasks involving all the Contracting Parties; the Executive Committee may, as required, make adjustments within the framework of the Programme of Work and Budget for these Tasks by unanimity;

- (3) For the first year of the co-operation, and for each year thereafter, adopt for each of those Tasks which do not involve all the Contracting Parties the Programme of Work and Budget agreed to by the Contracting Parties involved in each of those Tasks which do not involve all the Contracting Parties;
- (4) Make such rules and regulations as may be required for the sound management of the co-operation, including financial rules as provided in Article 6 hereof;
- (5) Carry out the other functions conferred upon it by this Agreement and the Annexes hereto; and
- (6) Consider any matters submitted to it by any of the Operating Agents or by a Contracting Party.

(d) *Procedures.* The Executive Committee shall carry out its responsibilities in accordance with the following procedures:

- (1) The Executive Committee shall elect each year a Chairman and one or more Vice-Chairmen;
- (2) The Executive Committee may establish such subsidiary bodies and rules of procedure as are required for its proper functioning. A representative of the Agency and a representative of each Operating Agent (in its capacity as such) may attend meetings of the Executive Committee and its subsidiary bodies in an advisory capacity;
- (3) The Executive Committee shall meet in regular session at least once each year; a special meeting shall be convened upon the request of any Contracting Party which can demonstrate the need therefor;
- (4) Meetings of the Executive Committee shall be held at such time and in such office or offices as may be designated by the Executive Committee;
- (5) At least twenty-eight days before each meeting of the Executive Committee, notice of the time, place and purpose of the meeting shall be given to each Contracting Party and to other persons or entities entitled to attend the meeting; notice need not be given to any person or entity otherwise entitled thereto if notice is waived before or after the meeting;
- (6) The quorum for the transaction of business in meetings of the Executive Committee shall be one-half of the members plus one (less any resulting fraction);
- (7) The Chairman of the Executive Committee shall ensure that minutes of each meeting are distributed promptly after the meeting to each person or entity entitled to attend the meeting.

(e) Voting.

- (1) Each Contracting Party shall have one vote.
- (2) Where this Agreement requires the Executive Committee to act by unanimity, this shall require the agreement of each member or alternate member present and voting at the meeting at which the decision is taken. The Executive Committee shall adopt decisions and recommendations for which no express voting provision is made in this Agreement by a majority vote of the members or alternate members present and voting, unless a member or alternate member declares that the issue is critical to his interest and requires a unanimous vote.
- (3) With the agreement of each member or alternate member entitled to act thereon, a decision or recommendation may be made by mail, telex or cable without the necessity for calling a meeting. Such action shall be taken by unanimity or majority of such members as in a meeting. The Chairman of the Executive Committee shall ensure that all members or alternate members entitled to act thereon are informed of each decision or recommendation made pursuant to this sub-paragraph.

(f) Reports. The Executive Committee shall, by 31st January each year, provide the Agency with reports containing technically substantive, non-proprietary information on the progress of the co-operation and its results.

Article 4**THE OPERATING AGENTS**

(a) Designation. Participants shall designate in the relevant Annex an Operating Agent for each Task. References in this Agreement to the Operating Agent shall apply to each Operating Agent with respect to the Task for which it is responsible.

(b) Scope of Authority to Act on Behalf of Participants. Subject to the provisions of the applicable Annex:

- (1) All legal acts required to carry out each Task shall be performed on behalf of the Participants by the Operating Agent for the Task;
- (2) The Operating Agent shall hold, for the benefit of the Participants, the legal title to all property rights which may accrue to or be acquired for the Task;
- (3) The Operating Agent shall operate the Task under its supervision and responsibility, subject to this Agreement, in accordance with the law of the country of the Operating Agent.

(c) Reimbursement of Costs. The Executive Committee may provide that expenses and costs incurred by an Operating Agent in acting as such pursuant to this Agreement shall be reimbursed to the Operating Agent from funds made available by the Participants pursuant to Article 6 hereof.

(d) *Replacement.* Should the Executive Committee wish to replace an Operating Agent with another government or entity, the Executive Committee may, acting by unanimity and with the consent of such government or entity, replace the initial Operating Agent. References in this Agreement to the "Operating Agent" shall include any government or entity appointed to replace the original Operating Agent under this paragraph.

(e) *Resignation.* An Operating Agent shall have the right to resign at any time by giving six months written notice to that effect to the Executive Committee, provided that:

- (1) A Participant, or entity designated by a Participant, is at such time willing to assume the duties and obligations of the Operating Agent and so notifies the Executive Committee and the other Participants to that effect, in writing, not less than three months in advance of the effective date of such resignation; and
- (2) Such Participant or entity is approved in its function of Operating Agent by the Executive Committee, acting by unanimity.

(f) *Accounting.* An Operating Agent which is replaced or which resigns as Operating Agent shall provide the Executive Committee with an accounting of any monies and other assets which it may have collected or acquired for the Task in the course of carrying out its responsibilities as Operating Agent, in accordance with Article 6 hereof.

(g) *Transfer of Rights.* In the event that another Operating Agent is appointed under paragraph (d) or (e) above, the Operating Agent shall transfer to such replacement Operating Agent any property rights which it may hold on behalf of the Task.

(h) *Information and Reports.* The Operating Agent shall furnish to the Executive Committee such information concerning the Task as the Committee may request and shall each year submit, not later than two months after the end of the financial year, a report on the status of the Task.

Article 5

ADMINISTRATION AND STAFF

(a) *Administration of Tasks.* The Operating Agent shall be responsible to the Executive Committee for implementing each designated Task in accordance with this Agreement, the applicable Task Annex, and the decisions of the Executive Committee.

(b) *Staff.* It shall be the responsibility of the Operating Agent to retain such staff as may be required to carry out its designated Task in accordance with rules determined by the Executive Committee. The Operating Agent may also, as required, utilize the services of personnel employed by other Participants (or organizations or other entities designated by Contracting Parties) and made available to the Operating Agent by secondment or otherwise. Such personnel shall be remunerated by their respective employers and shall, except as provided in this Article, be subject to their employers' conditions of service. The Contracting Parties shall be entitled to claim the appropriate cost of such remuneration or to receive an appropriate credit for such cost as part of the Budget of the Task, in accordance with Article 6(f)(6) hereof.

Article 6

FINANCE

(a) Individual Financial Obligations. Each Contracting Party shall bear the costs it incurs in carrying out this Agreement, including the costs of formulating or transmitting reports and of reimbursing its employees for travel and other per diem expenses incurred in connection with work carried out on the respective Tasks, unless provision is made for such costs to be reimbursed from common funds as provided in paragraph *(g)* below.

(b) Common Financial Obligations. Participants wishing to share the costs of a particular Task shall agree in the appropriate Task Annex to do so. The apportionment of contributions to such costs (whether in the form of cash, services rendered, intellectual property or the supply of materials) and the use of such contributions shall be governed by the regulations and decisions made pursuant to this Article by the Executive Committee.

(c) Financial Rules, Expenditure. The Executive Committee, acting by unanimity, may make such regulations as are required for the sound financial management of each Task including, where necessary:

- (1) Establishment of budgetary and procurement procedures to be used by the Operating Agent in making payments from any common funds which may be maintained by Participants for the account of the Task or in making contracts on behalf of the Participants;
- (2) Establishment of minimum levels of expenditure for which Executive Committee approval shall be required, including expenditure involving payment of monies to the Operating Agent for other than routine salary and administrative expenses previously approved by the Executive Committee in the budget process.

In the expenditure of common funds, the Operating Agent shall take into account the necessity of ensuring a fair distribution of such expenditure in the Participants' countries, where this is fully compatible with the most efficient technical and financial management of the Task.

(d) Crediting of Income to Budget. Any income which accrues from a Task shall be credited to the Budget of that Task.

(e) Accounting. The system of accounts employed by the Operating Agent shall be in accordance with accounting principles generally accepted in the country of the Operating Agent and consistently applied.

(f) Programme of Work and Budget, Keeping of Accounts. Should Participants agree to maintain common funds for the payment of obligations under a programme of work and budget of the Task, the following provisions shall be applicable unless the Executive Committee, acting by unanimity, decides otherwise:

- (1) The financial year of the Task shall correspond to the financial year of the Operating Agent;

- (2) The Operating Agent shall each year prepare and submit to the Executive Committee for approval a draft programme of work and budget, together with an indicative programme of work and budget for the following two years, not later than three months before the beginning of each financial year;
- (3) The Operating Agent shall maintain complete and separate financial records which shall clearly account for all funds and property coming into the custody or possession of the Operating Agent in connection with the Task;
- (4) Not later than three months after the close of each financial year, the Operating Agent shall submit to auditors selected by the Executive Committee for audit the annual accounts maintained for the Task; upon completion of the annual audit, the Operating Agent shall present the accounts together with the auditors' report to the Executive Committee for approval;
- (5) All books of account and records maintained by the Operating Agent for the Task shall be preserved for at least three years from the date of termination of the Task;
- (6) Where provided in the relevant Annex, a Participant supplying services, materials or intellectual property to the Task shall be entitled to a credit, determined by the Executive Committee, acting by unanimity, against its contribution (or to compensation, if the value of such services, materials or intellectual property exceeds the amount of the Participant's contribution); such credits for services of staff shall be calculated on an agreed scale approved by the Executive Committee and include all payroll-related costs.

(g) Contribution to Common Funds. Should Participants agree to establish common funds under the annual Programme of Work and Budget for a Task, any financial contributions due from Participants in a Task shall be paid to the Operating Agent in the currency of the country of the Operating Agent at such times and upon such other conditions as the Executive Committee, acting by unanimity, shall determine, provided, however, that:

- (1) Contributions received by the Operating Agent shall be used solely in accordance with the Programme of Work and Budget for the Task;
- (2) The Operating Agent shall be under no obligation to carry out any work on the Task until contributions amounting to at least fifty per cent (in cash terms) of the total due at any one time have been received.

(h) Ancillary Services. Ancillary services may, as agreed between the Executive Committee and the Operating Agent, be provided by that Operating Agent for the operation of a Task and the cost of such services, including overheads connected therewith, may be met from budgeted funds of that Task.

(i) **Taxes.** The Operating Agent shall pay all taxes and similar impositions (other than taxes on income) imposed by national or local governments and incurred by it in connection with a Task, as expenditure incurred in the operation of that Task under the Budget; the Operating Agent shall, however, endeavour to obtain all possible exemptions from such taxes.

(j) **Audit.** Each Participant shall have the right, at its sole cost, to audit the accounts of any work in a Task for which common funds are maintained, on the following terms:

- (1) The Operating Agent shall provide the other Participants with an opportunity to participate in such audits on a cost-shared basis;
- (2) Accounts and records relating to activities of the Operating Agent other than those conducted for the Task shall be excluded from such audit, but if the Participant concerned requires verification of charges to the Budget representing services rendered to the Task by the Operating Agent, it may, at its own cost, request and obtain an audit certificate in this respect from the auditors of the Operating Agent;
- (3) Not more than one such audit shall be required in any financial year;
- (4) Any such audit shall be carried out by not more than three representatives of the Participants.

Article 7

INFORMATION AND INTELLECTUAL PROPERTY

It is expected that for each Task agreed to pursuant to this Agreement, the applicable Annex will contain information and intellectual property provisions. The General Guidelines Concerning Information and Intellectual Property, approved by the Governing Board of the Agency on 21st November, 1975 shall be taken into account in developing such provisions.

Article 8

LEGAL RESPONSIBILITY AND INSURANCE

(a) **Liability of Operating Agent.** The Operating Agent shall use all reasonable skill and care in carrying out its duties under this Agreement in accordance with all applicable laws and regulations. Except as otherwise provided in this Article, the cost of all damage to property, and all expenses associated with claims, actions, and other costs arising from work undertaken with common funds for a Task shall be charged to the Budget of that Task; such costs and expenses arising from other work undertaken for a Task shall be charged to the Budget of that Task if the Task Annex so provides or the Executive Committee, acting by unanimity, so decides.

(b) Insurance. The Operating Agent shall propose to the Executive Committee all necessary liability, fire and other insurance, and shall carry such insurance as the Executive Committee may direct. The cost of obtaining and maintaining insurance shall be charged to the Budget of the Task.

(c) Compensation for Damages. Compensation for damages incurred during the implementation of this Agreement shall be in accordance with the applicable laws of the countries of the Contracting Parties.

Article 9

LEGISLATIVE PROVISIONS

(a) Accomplishment of Formalities. Each Participant shall request the appropriate authorities of its country (or its Member States in the case of an international organization) to use their best endeavours, within the framework of applicable legislation, to facilitate the accomplishment of formalities involved in the movement of persons, the importation of materials and equipment and the transfer of currency which shall be required to conduct the Task in which it is engaged.

(b) Appropriation of Funds and Applicable Laws. In carrying out this Agreement and its Annexes, the Contracting Parties shall be subject to the appropriation of funds by the appropriate governmental authority, where necessary, and to the constitutions, laws and regulations applicable to the respective Contracting Parties, including, but not limited to, laws establishing prohibitions upon the payment of commissions, percentages, brokerage or contingent fees to persons retained to solicit governmental contracts and upon any share of such contracts accruing to governmental officials.

(c) Decisions of Agency Governing Board. Participants in the various Tasks shall take account, as appropriate, of the Guiding Principles for Co-operation in the Field of Energy Research and Development, and any modification thereof, as well as other decisions of the Governing Board of the Agency in that field. The termination of the Guiding Principles shall not affect this Agreement, which shall remain in force in accordance with the terms hereof.

(d) Settlement of Disputes. Any dispute among the Contracting Parties concerning the interpretation or the application of this Agreement which is not settled by negotiation or other agreed mode of settlement shall be referred to a tribunal of three arbitrators to be chosen by the Contracting Parties concerned who shall also choose the Chairman of the tribunal. Should the Contracting Parties concerned fail to agree upon the composition of the tribunal or the selection of its Chairman, the President of the International Court of Justice shall, at the request of any of the Contracting Parties concerned, exercise those responsibilities. The tribunal shall decide any such dispute by reference to the terms of this Agreement and any applicable laws and regulations, and its decision on a question of fact shall be final and binding on the Contracting Parties concerned. Operating Agents which are not Contracting Parties shall be regarded as Contracting Parties for the purpose of this paragraph.

Article 10

ADMISSION AND WITHDRAWAL OF CONTRACTING PARTIES

(a) Admission of New Contracting Parties: Agency Countries. Upon the invitation of the Executive Committee, acting by unanimity, admission to this Agreement shall be open to the government of any Agency Participating Country (or a national agency, public organization, private corporation, company or other entity designated by such government), which signs or accedes to this Agreement, accepts the rights and obligations of a Contracting Party, and is accepted for participation in at least one Task by the Participants in that Task, acting by unanimity. Such admission of a Contracting Party shall become effective upon the signature of this Agreement by the new Contracting Party or its accession thereto and its giving Notice of Participation in one or more Annexes and the adoption of any consequential amendments thereto.

(b) Admission of New Contracting Parties: Other OECD Countries. The government of any Member of the Organisation for Economic Co-operation and Development which does not participate in the Agency may, on the proposal of the Executive Committee, acting by unanimity, be invited by the Governing Board of the Agency to become a Contracting Party to this Agreement (or to designate a national agency, public organization, private corporation, company or other entity to do so), under the conditions stated in paragraph (a) above.

(c) Admission of New Participants in Tasks. Any Contracting Party may, with the agreement of the Participants in a Task, acting by unanimity, become a Participant in that Task. Such participation shall become effective upon the Contracting Party's giving the Executive Director of the Agency a Notice of Participation in the appropriate Task Annex and the adoption of consequential amendments thereto.

(d) Contributions. The Executive Committee may require, as a condition to admission to participation, that the new Contracting Party or new Participant shall contribute (in the form of cash, services or materials) an appropriate proportion of the prior budget expenditure of any Task in which it participates.

(e) Replacement of Contracting Parties. With the agreement of the Executive Committee, acting by unanimity, and upon the request of a government, a Contracting Party designated by that government may be replaced by another party. In the event of such replacement, the replacement party shall assume the rights and obligations of a Contracting Party as provided in paragraph (a) above and in accordance with the procedure provided therein.

(f) Withdrawal. Any Contracting Party may withdraw from this Agreement or from any Task either with the agreement of the Executive Committee, acting by unanimity, or by giving twelve months written Notice of Withdrawal to the Executive Director of the Agency, such Notice to be given not less than one year after the date hereof. The withdrawal of a Contracting Party under this paragraph shall not affect the rights and obligations of the other Contracting Parties; except that, where the other Contracting Parties have contributed to common funds for a Task, their proportionate shares in the Task Budget shall be adjusted to take account of such withdrawal.

(g) Changes of Status of Contracting Party. A Contracting Party other than a government or an international organization shall forthwith notify the Executive Committee of any significant change in its status or ownership, or of its becoming bankrupt or entering into liquidation. The Executive Committee shall determine whether any such change in status of a Contracting Party significantly affects the interests of the other Contracting Parties; if the Executive Committee so determines, then, unless the Executive Committee, acting upon the unanimous decision of the other Contracting Parties, otherwise agrees:

- (1) That Contracting Party shall be deemed to have withdrawn from the Agreement under paragraph (f) above on a date to be fixed by the Executive Committee; and
- (2) The Executive Committee shall invite the government which designated that Contracting Party to designate, within a period of three months of the withdrawal of that Contracting Party, a different entity to become a Contracting Party; if approved by the Executive Committee, acting by unanimity, such entity shall become a Contracting Party with effect from the date on which it signs or accedes to this Agreement and gives the Executive Director of the Agency a Notice of Participation in one or more Annexes.

(h) Failure to Fulfil Contractual Obligations. Any Contracting Party which fails to fulfil its obligations under this Agreement within sixty days after its receipt of notice specifying the nature of such failure and invoking this paragraph may be deemed by the Executive Committee, acting by unanimity, to have withdrawn from this Agreement.

Article 11

FINAL PROVISIONS

(a) Term of Agreement. This Agreement shall remain in force for an initial period of five years from the date hereof. It may be extended by the Contracting Parties, acting by unanimity and taking into account any recommendation of the Agency's Committee on Energy Research and Development concerning the term of the Agreement.

(b) Legal Relationship of Contracting Parties and Participants. Nothing in this Agreement shall be regarded as constituting a partnership between any of the Contracting Parties or Participants.

(c) Termination. Upon termination of this Agreement, or any Annex to this Agreement, the Executive Committee, acting by unanimity, shall arrange for the liquidation of the assets of the Task or Tasks. In the event of such liquidation, the Executive Committee shall, so far as practicable, distribute the assets of the Task, or the proceeds therefrom, in proportion to the contributions which the Participants have made from the beginning of the operation of the Task, and for that purpose shall take into account the contributions and any outstanding obligations of former Contracting Parties. Disputes with a former Contracting Party about the proportion allocated to it under this paragraph shall be settled under Article 9(d) hereof, for which purpose a former Contracting Party shall be regarded as a Contracting Party.

(d) Amendment. This Agreement may be amended at any time by the Contracting Parties, acting by unanimity, and any Annex to this Agreement may be amended at any time by the Executive Committee, acting by unanimity of the Participants in the Task to which the Annex refers. Such amendments shall come into force in a manner determined by the Executive Committee, acting under the voting rule applicable to the decision to adopt amendments.

(e) Deposit. The original of this Agreement shall be deposited with the Executive Director of the Agency and a certified copy thereof shall be furnished to each Contracting Party and to the Operating Agents. A copy of this Agreement shall be furnished to each Agency Participating Country and to each Member country of the Organisation for Economic Co-operation and Development.

Done this 31st day of July, 1985.

< original > ¹⁴
6/17

Annex I

**CO-OPERATION ON RESEARCH AND PLANNING
FOR THE DEVELOPMENT OF THE STELLARATOR CONCEPT**

1. *Background and Objective*

- (a) ***Background.*** Recent advances in the Stellarator area have considerably enhanced the viability of this toroidal confinement concept. The advances include experiments with high plasma parameters and favourable confinement results, theoretical prospects for high beta operation, and more attractive reactor designs. Steady state operation is an inherent property of this concept. The United States, EURATOM and Japan have major Stellarator experimental programmes underway which are complementary to and supportive of each other.
- (b) ***Objective.*** The objective of this Task is to strengthen co-operation in research and planning to improve the physics base of, and the effectiveness and productivity of, the programmes for the development of the Stellarator concept.

2. *Means*

Co-operation between the Participants in the activities to be conducted under this Annex shall be:

- (a) **Exchanges of Information on:**
- Experimental results of Stellarator devices;
 - Development and testing of technology needed for the Stellarator experiments;
 - Theoretical and system analyses;
 - Conceptual designs of future advanced devices; and
 - National programme plans in the area of Stellarators;
- (b) **Assignment of specialists to the facilities or research groups of the Participants; and**
- (c) **Conduct of workshops, seminars and symposia.**

3. *Assignment of Personnel*

- (a) The Participants may assign experts to work at the facility sites of the Participants in accordance with agreements between the assigning Participants and the hosting

facility, with notification to the Chairman of the Executive Committee. Such agreements shall specify the work plan to be followed by such experts.

- (b) Each specialist on assignment may be accompanied by instrumentation or other such equipment necessary as part of his assignment, to assist in data collection or diagnosis of facility operation. The terms and conditions, including information and intellectual property provisions, for transportation and use of such instrumentation and equipment shall be agreed upon in writing between the concerned Participants.
- (c) The procedures to be followed in assigning experts shall be as follows:
- (1) Each Participant desiring to assign an expert shall submit its nomination to the Participant in whose country the facility or the research group's offices are located, as a general rule, at least four months prior to the expected assignment date. Each such nomination shall specify the qualifications of the expert, his work during the assignment and the length of the assignment;
 - (2) The Participant in whose country the facility or the research group's offices are located shall, as soon as possible, notify the nominating Participant of the acceptability of the assignment. The nominating Participant and the Participant in whose country the facility or the research group's offices are located shall agree upon the specific terms applicable to such assignments, after which the assignments may be implemented;
 - (3) The duration of the assignment shall normally be as agreed between the concerned Participants;
 - (4) Publications resulting from theoretical or experimental investigation carried out under this Task and in connection with the assignment shall normally be issued in the form of joint reports of the concerned Participants or individuals who contributed to the investigation;
 - (5) All personnel expenses associated with an assignment shall be borne by the assigning Participant. Such expenses shall include, but not be limited to, costs of salary, travel, insurance and living expenses of the assigned personnel. Assigned personnel shall in no way be deemed to be employees of the Contracting Party in whose country the facility or the research group's offices are located by virtue of the assignment. Assigned personnel shall adhere to all the general and special rules of work and safety regulations and other operating procedures of the Participant in whose country the facility or the research group's offices are located.

4. *Operating Agent*

The Operating Agent shall make arrangements for meetings of the Executive Committee, as directed by the Chairman of the Executive Committee; shall prepare, verify, and distribute the minutes of the Executive Committee; shall assist personnel assignments as directed by the Executive Committee; and shall act as the central repository for all reports, publications and other information as collected and developed under this Annex, and shall be responsible for their distribution to Members of the Executive Committee, and to others as directed by the Executive Committee. The cost for this administrative activity shall be borne by the Operating Agent.

5. *Information and Intellectual Property*

- (a) *Executive Committee's Powers.* The publication, distribution, handling, protection and ownership of information and intellectual property provided to or arising from activities conducted under this Annex shall be determined by the Executive Committee, acting by unanimity, in conformity with this Annex.
- (b) *Right to Publish.* Subject only to patents and copyright restrictions of this Annex, the Participants shall have the right to publish all information provided to or arising from the activities under this Annex, except proprietary information, if any, but they shall not publish it with a view to profit except as the Executive Committee, acting by unanimity, may agree. Neither the Participants nor personnel designated by them shall introduce into the facilities of any of the Participants any proprietary information unless such information is specifically identified and the terms and conditions for its introduction are agreed upon in writing by the concerned Participants.
- (c) *Proprietary Information.* The Participants shall take all necessary measures in accordance with this paragraph, the laws of their respective countries and international law to protect proprietary information. For the purposes of this Annex, proprietary information shall mean information of a confidential nature acquired prior to or outside the scope of this Annex, such as trade secrets and know-how (for example, computer programmes, design procedures and techniques, chemical composition of materials, or manufacturing methods, processes, or treatments), which is appropriately marked, provided such information:
- (1) Is not generally known or publicly available from other sources;
 - (2) Has not previously been made available by the owner to others without obligation concerning its confidentiality; and
 - (3) Is not already in the possession of the recipient Participant without obligation concerning its confidentiality.

It shall be the responsibility of each Participant supplying proprietary information to identify the information as such and to ensure that it is appropriately marked.

- (d) *Production of Relevant Information.* The Operating Agent should encourage the governments of all Agency Participating Countries to make available or to identify to the Operating Agent all published or otherwise freely available information known to them that is relevant to the activities under this Annex. The Participants should notify the Operating Agent of all pre-existing information, and information developed independently of the activities, known to them which is relevant to the activities under this Annex and which can be made available to the activities under this Annex without contractual or legal limitations.
- (e) *Information.* Each Participant agrees to provide to the other Participants and to the Operating Agent all information utilized in the activities under this Annex or which is necessary for practising the results of the activities in this Annex, as well as all information listed in paragraph 2(a) above. All information developed in connection with and during activities carried out under this Annex (arising information) shall be provided to each Participant and to the Operating Agent by the Participant performing the work, subject only to the need to retain information concerning patentable inventions in confidence until appropriate action can be taken to protect the rights to such inventions in accordance with paragraph (f) below. Reports containing arising information and pre-existing information necessary for and used in the activities under this Annex, including proprietary information in accordance with paragraphs (b) and (c) above, shall be provided to the Operating Agent and to the Participants by the Participant performing the work. The Operating Agent shall provide summary reports of work performed under the Annex and arising information therefrom, other than proprietary information, if any, to the Executive Committee. Information regarding inventions on which patent protection is to be obtained by the Participants shall not be published or publicly disclosed by the other Participants, or the Operating Agent until a patent application has been filed, provided, however, that this restriction on publication or disclosure shall not extend beyond six months from the date of receipt of such information. It shall be the responsibility of the inventing Participant to appropriately mark reports which disclose inventions that have not been appropriately protected by the filing of a patent application.
- (f) *Licensing of Inventions.* With respect to any invention or discovery made or conceived in the course of or under this Annex by personnel (the Inventor) of one Participant (the Assigning Participant) or its contractors while assigned to the other Participant (the Recipient Participant) or its contractors in connection with exchanges of scientists, engineers and other specialists, the Participants concerned will take all necessary steps subject to applicable laws and regulations to ensure that :
- (1) The Recipient Participant shall acquire all right, title and interest in and to any such invention or discovery in its own country and in third countries, subject to a non-exclusive, irrevocable, royalty-free licence in all such

countries to the Assigning Participant, its government and the nationals of its country designated by it; and

- (2) The Assigning Participant (or the Inventor, as the case may be) shall acquire all right, title and interest in and to such invention or discovery in its own country, subject to a non-exclusive, irrevocable, royalty-free licence to the Recipient Participant, its government and the nationals of its country designated by it.

Each Participant (or Inventor, as the case may be) shall license such invention or discovery to all Agency Participating Countries on reasonable terms and conditions for use in their own country in order to meet their energy needs.

Whether the rights provided above shall be held by the Participant or the Inventor shall be determined as between themselves by the Participant and Inventor concerned.

- (g) *Copyright.* The Operating Agent or each Participant for its own work under this Annex may take appropriate measures necessary to protect copyrightable material generated under the activities under this Annex. Copyrights obtained shall be the property of that Participant or Operating Agent, provided, however, that Participants may reproduce and distribute such material, but shall not publish it with a view to profit.
- (h) *Inventors and Authors.* Each Participant shall, without prejudice to any rights of inventors or authors under its national laws, take all necessary steps to provide the co-operation from its inventors and authors required to carry out the provisions of this paragraph. Each Participant shall assume the responsibility to pay awards or compensation required to be paid to its employees according to the laws of its country. It is understood that in extraordinary circumstances EURATOM and its associate IPP, may incur extraordinary expenses in fulfilling the requirements of this paragraph with regard to awards or compensation required to be paid to its employees. In that event, EURATOM may inform the United States Department of Energy and the Government of Japan of this difficulty and the Parties shall thereafter consult to define an appropriate course of action.
- (i) *Determination of "National".* The Participants may establish guidelines to determine what constitutes a "national" of a Participant provided, however, in recognition of the fact that all fusion power research and development programmes of the individual Member States of the European Atomic Energy Community (EURATOM), Sweden and Switzerland are carried out jointly in the framework of EURATOM, and that EURATOM acts on behalf of itself and its fusion power research and development associated national organizations in the EURATOM Member States and Sweden, the countries referred to in this paragraph shall, with respect to EURATOM, be understood to be the countries of the Member States of EURATOM and Sweden.

- (j) *Instrumentation and Equipment.* The information and intellectual property provisions governing instrumentation and equipment under paragraph 3(b) of this Annex shall be set forth in a written Agreement between the concerned Participants.

6. *Finance*

Since there is no intention to establish common funds for this Annex, Article 6(a) of the Agreement shall apply.

7. *Time Schedule*

This Annex shall enter into force on 31st July, 1985, and shall remain in force for a period of five years. It may be extended by agreement of two or more Participants acting in the Executive Committee and taking into account any recommendation of the Agency's Committee on Energy Research and Development concerning the term of this Annex. Extensions shall apply only to those Participants who agree to the extension or who notify the IEA Secretariat of their decision to continue to participate.

8. *Operating Agent*

This Task shall be conducted by EURATOM and by IPP in the EURATOM - IPP Association for Fusion. The Operating Agent shall be EURATOM and IPP, acting through IPP.

9. *Participants*

The Contracting Parties which are Participants in this Task are the following:

The European Atomic Energy Community (EURATOM),
The United States Department of Energy.

Collection des Traités (N° 2836)

IMPLEMENTING AGREEMENT FOR A PROGRAMME OF RESEARCH AND DEVELOPMENT ON PLASMA WALL INTERACTION IN TEXTOR

Done at Paris, October 6, 1977
Entered into force, October 6, 1977

Août 1978

Ministère des Affaires Etrangères

条 約 集 (分 冊)

(2836)

外務省条約局

昭和五十二年八月編纂

技術研究のためのトーラス試験装置(TEXTOR)におけるプラズマ壁面相互作用に関する研究開発計画のための実施協定

略称：プラズマ壁面相互作用に関する研究開発計画実施協定

昭和五十二年(一九七七年)十月六日にパリで作成
同年(同年)十月六日に効力発生
(以下略)

(備考) 略称、署名その他の年月日、目次、圖外の見出し、
 注番及び末尾の参考は執筆上の便宜に資するため、編纂に
 当たり作成したものである。なお、署名欄は、署名者の氏
 名を記載したものであって、署名本書等の原本における署
 名限りとは必ずしも一致していない。

◎技術研究のためのトーラス試験装置(TEXTOR)に
 おけるプラズマ壁面相互作用に関する研究開発計画の
 ための実施協定

(略称) プラズマ壁面相互作用に関する研究開発計画
 実施協定

昭和五十二年十月六日 パリで作成
 昭和五十二年十月六日 効力発生
 昭和五十二年四月十三日 署名
 昭和五十二年四月十三日 我が国について効力発生
 昭和五十二年八月二十四日 告発
 (外務省告示第二二七号)

	目 次	ページ
前 文	一
第 一 条 目的	二
第 二 条 執行委員会	二
第 三 条 運営機関	五
第 四 条 管理及び職員	六

第五 条 会 計..... 六

第六 条 情報及び知的所有権..... 七

第七 条 法的責任..... 一一

第八 条 立法規定..... 一一

第九 条 締約者の加盟及び脱退..... 一三

第十 条 最終規定..... 一六

末 文..... 一六

附 属 書 TEXTORにおけるフランスと他国相互作用..... 一七

1 目的..... 一七

2 方 策..... 一七

3 計画の段階..... 一七

4 運営機関の特定の責任..... 一一

5 技術説明..... 一一

6 難 点の派遣..... 一三

7 計画担当者..... 一三

8 期 間..... 一三

前 文

(原文)

技術研究のためのトラス実験装置(TEXTOR)におけるフランスと他国相互作用に関する研究開発計画の実施協定

締約者は、

千九百七十五年七月二十八日に国際エネルギー機関(以下「機関」という。)の理事会によって採択されたエネルギー研究開発の分野における協力のための推進原則第三条の規定に従い、政府若しくは国際機関又は政府によって指定された者である締約者が、この協定に規定するTEXTORにおけるフランスと他国相互作用に関する研究開発計画(以下「計画」という。)の設立及び運営に参加することを希望していることを考慮し、

政府である締約者及び他の締約者の政府(以下「政府」と総称する。)が、機関に参加し、国際エネルギー計画に関する協定(以下「IEP協定」という。)第四十一条において、協定第四十二条に規定する分野(計画が実施される国際協同組合)に関する研究開発の分野を含む。)における自国の計画を実施することを合意したことを考慮し、

機関が、千九百七十五年七月二十八日に機関の理事会においてIEP協定第六十五条に規定する特別活動として計画を承認したことを考慮し、

機関が、協同の研究開発の分野における国際協力の重要性を

IMPLEMENTING AGREEMENT FOR A PROGRAMME OF RESEARCH AND DEVELOPMENT ON PLASMA WALL INTERACTION IN TEXTOR

The Contracting Parties

Convinced that the Contracting Parties, being either governments or international organizations or parties designated by their respective governments pursuant to Article III of the Guiding Principles for Cooperation in the Field of Energy Research and Development adopted by the Governing Board of the International Energy Agency (the "Agency") on 28th July, 1973, wish to take part in the establishment and operation of a Programme of Research and Development on Plasma Wall Interaction in TEXTOR (the "Programme") as provided in this Agreement;

Convinced that the Contracting Parties which are governments and the governments of the other Contracting Parties (referred to collectively as the "Governments") participate in the Agency and have agreed in Article 41 of the Agreement on an International Energy Program (the "I.E.P. Agreement") to undertake national programmes in the areas set out in Article 42 of the I.E.P. Agreement, including research and development on controlled thermonuclear fusion in which field the Programme will be carried out;

Convinced that in the Governing Board of the Agency on 28th July, 1973, the Governments approved the Programme as a special activity under Article 63 of the I.E.P. Agreement;

Convinced that the Agency has recognized the establishment of the Programme as an important component of international co-operation in the field of fusion power research and development;

HAVE AGREED as follows:

(訳)

日本国核融合科学研究所と
ドイツ連邦共和国マックス・プランク・プラズマ物理研究所との
学術交流に関する協定書

日本国核融合科学研究所とドイツ連邦共和国マックス・プランク・プラズマ物理研究所は、「ステラレーターの概念の開発に関する協力のための実施協定」に基づき、両研究所の相互の研究上の協力及び交流を発展させ、もって、核融合研究分野における日独友好と国際交流の促進に資するため、次のとおり学術交流に関する協定を締結する。

1. 両研究所は、この協定書の定めるところにより、双方の自主性を尊重するとともに、平等互惠の原則に基づいて、次に掲げる活動を行うものとする。
 - (1) 研究者の交流
 - (2) 学術資料、刊行物及び学術情報の交換
 - (3) 共同研究
2. 前項の活動を行うに当たっては、双方の協議を経て、実施計画を定めることができる。
3. この協定書の改正又は廃止は、双方の協議と合意に基づくものとする。
4. この協定書は、英語で作成し、次に署名することによって効力を有する。

1993年5月11日

1993年5月11日

日本国
核融合科学研究所長

飯吉 厚夫

ドイツ連邦共和国
マックス・プランク・プラズマ物理研究所
所長 事務局長

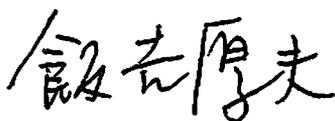
K. ピンカウ E.-J. モイゼル

日本国核融合科学研究所と
ロシア連邦ロシア科学センタークルチャトフ研究所との
学術交流に関する協定書

日本国核融合科学研究所とロシア連邦ロシア科学センタークルチャトフ研究所は、両研究所の相互の研究上の協力及び交流を発展させ、もって、核融合研究分野における日ロ友好と国際交流の促進に資するため、次のとおり学術交流に関する協定を締結する。

1. 両研究所は、この協定書の定めるところにより、双方の自主性を尊重するとともに、平等互惠の原則に基づいて、次に掲げる活動を行うものとする。
 - (1) 研究者の交流
 - (2) 学術資料、刊行物及び学術情報の交換
 - (3) 共同研究
2. 前項の活動を行うに当たっては、双方の協議を経て、実施計画を定めることができる。
3. この協定書の改正又は廃止は、双方の協議と合意に基づくものとする。
4. この協定のため、日本語及びロシア語を等しく正文とする本書各1通を作成し、次に署名することによって効力を有する。

1993年5月15日
日本国
核融合科学研究所長



飯 吉 厚 夫

1993年5月15日
ロシア連邦
ロシア科学センター
クルチャトフ研究所長



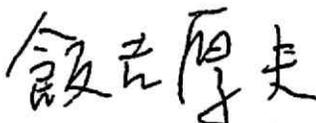
E. P. ヴェリホフ

日本国核融合科学研究所と
ウクライナ ウクライナ科学センターハリコフ物理工学研究所との
学術交流に関する協定書

日本国核融合科学研究所とウクライナ ウクライナ科学センターハリコフ物理工学研究所は、両研究所の相互の研究上の協力及び交流を発展させ、もって、核融合研究分野における日本国とウクライナとの友好と国際交流の促進に資するため、次のとおり学術交流に関する協定を締結する。

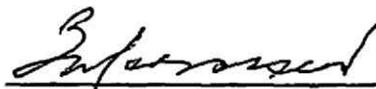
1. 両研究所は、この協定書の定めるところにより、双方の自主性を尊重するとともに、平等互恵の原則に基づいて、次に掲げる活動を行うものとする。
 - (1) 研究者の交流
 - (2) 学術資料、刊行物及び学術情報の交換
 - (3) 共同研究
 - (4) 先進的研究に対する相補的努力
2. この協定書の改正又は廃止は、双方の協議と合意に基づくものとする。
3. この協定のため、日本語及びウクライナ語を等しく正文とする本書各1通を作成し、次に署名することによって効力を有する。なお、英語による協定書を双方の連絡のために作成する。

1994年10月7日
日本国
核融合科学研究所長



飯吉厚夫

1994年10月7日
ウクライナ
ウクライナ科学センター
ハリコフ物理工学研究所長
アカデミー会員



ヴィクトル ゼレンスキー

日本国 核融合科学研究所と
オーストラリア国オーストラリア国立大学との
学術交流に関する協定書

核融合科学研究所とオーストラリア国立大学は、学術研究における緊密な連携を促し、もって日豪間の友情と国際交流を促進するため、両機関にとって相互に関心があり、かつ、有益な分野において人物交流及び研究交流を行う協定を締結する。この協定は平等及び相互利益の原則に基づくものであり、両機関の間の研究協力の一般的枠組みとなるものである。これに基づき、両機関は以下の具体的活動を行うものとする。

- a. ワークショップ開催及び人物交流
- b. 研究資料、計算機シミュレーションコード、出版物、学術情報の交換及び貸出し
- c. 共同研究

この協定は、いずれかの機関が他方の機関に対して、協定終結の意志を少なくとも6ヵ月前に表明することにより、終結させることができる。

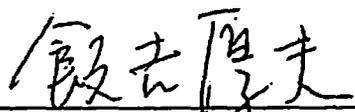
この協定書は、日本語及び英語を等しく正文とする本書各1通を作成し、次に署名することによって効力を発する。

1995年 5月 8日

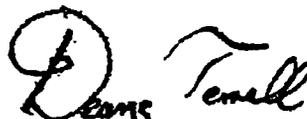
1995年 5月 8日

日本国
核融合科学研究所長

オーストラリア国
オーストラリア国立大学副学長



飯吉厚夫



Deane Terrell

日本国核融合科学研究所と中華人民共和国中国科学院
等離子体物理研究所との学術交流に関する協定書

日本国核融合科学研究所と中華人民共和国中国科学院等離子体物理研究所は、
両研究所の相互の研究上の協力及び交流を発展させ、もって、核融合研究分野に
おける日中友好と国際交流の促進に資するため、次のとおり学術交流に関する協
定を締結する。

1. 両研究所は、この協定書の定めるところにより、双方の自主性を尊重する
とともに、平等互惠の原則に基づいて、次に掲げる活動を行うものとする。
 - (1) 研究者の交流
 - (2) 学術資料、刊行物及び学術情報の交換
 - (3) 共同研究
2. 前項の活動を行うに当たっては、双方の協議を経て、実施計画を定めるこ
とができる。
3. この協定書の改正又は廃止は、双方の協議と合意に基づくものとする。
4. この協定のため、日本語及び中国語を等しく正文とする本書各1通を作成
し、次に署名することによって効力を有する。

1992年6月27日

日本国

核融合科学研究所長

飯吉厚夫

1992年6月27日

中華人民共和国

中国科学院等離子体物理研究所長

霍裕平

日本国 核融合科学研究所と
大韓民国 韓国基礎科学支援研究所との
学術交流に関する協定書

核融合科学研究所と韓国基礎科学支援研究所は、両研究所間の核融合科学に関する研究協力から得られる相互利益を認識し、次のとおり協定を締結する。

I. 本協力の主たる目的は、プラズマ核融合科学の諸分野におけるアイデア、情報、技能及び技術の交流を図ること及び共同研究を行うことである。

II. 協力活動の範囲及び種類は次のとおりである。

- a. ワークショップの開催及び人物交流
- b. 研究資料、科学技術、出版物、学術情報の交換及び貸出し
- c. 共同研究

両研究所が特定の共同研究計画に合意する場合には、この協定の附属書に上記の各項の細部について明記することができる。

III. この協定は、核融合科学研究所長と韓国基礎科学支援研究所長の署名により効力を発する。いずれかの機関が他方の機関に対して、協定終結の意志を少なくとも6ヶ月前に表明することにより、終結させることができる。

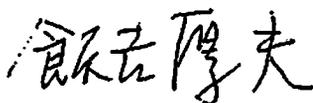
この協定書は、日本語及び韓国語を等しく正文とする本書各一通を作成し、英語による協定書を双方の連絡のために作成する。

1996年 3 月 6 日

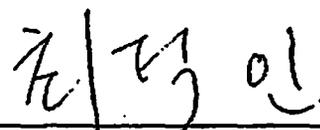
1996年 3 月 6 日

日本国
核融合科学研究所長

大韓民国
韓国基礎科学支援研究所長



飯 吉 厚 夫



崔 德 隣

AGREEMENT on ACADEMIC EXCHANGE and COLLABORATION

between

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Weberstraße 5, 76133 Karlsruhe
Federal Republic of Germany**

and

**National Institute for Fusion Science
322-6 Oroshi, Toki 509-5292
Japan**

This document constitutes an agreement between the National Institute for Fusion Science (NIFS), Japan and the Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (FORSCHUNGSZENTRUM), Germany.

WHEREAS, NIFS and the FORSCHUNGSZENTRUM conduct extensive research in the fields of applied superconductivity and micro-wave applications related to fusion engineering and are interested in a closer cooperation in these fields. Other research subjects for cooperation may be added based upon mutual interests; and

WHEREAS, the common goal of both NIFS and the FORSCHUNGSZENTRUM is to promote and to improve the quality of their research activities by means of collaboration; and

WHEREAS, researchers and students of both parties will be exchanged for the principle of mutual benefit.

THEREFORE, the parties hereby agree as follows:

1. Objectives

Collaboration research programs shall be directed towards finding solutions to mutually agreed problems and towards the exchange of information developed during the resolution of these problems. This collaboration may include exchange of experience and results of theoretical, experimental and development projects.

2. Forms of Collaboration

Collaboration shall cover the following forms:

- a. Participation of experts in research and development, testing, and design activities performed at the facilities of the parties in the course of their respective research programs.**
- b. Organisation of technical meetings, symposia or training courses, either jointly or separately.**

3. Specific Collaboration

The execution of any specific collaboration decided upon by both parties shall be subject to a separate prior written agreement between the parties (Specific Agreement). Each Specific

Agreement shall contain all major details of the execution of the cooperation. These shall include provisions concerning:

- a. Cost sharing;
- b. Delegation / exchange of staff;
- c. Warranty and liability;
- d. User rights of patentable and non-patentable results of work;
- e. Confidentiality and use of information;
- f. Publication rights.

4. Costs

Except when otherwise specifically agreed in writing, all costs resulting from cooperation shall be borne by the party that incurs them. In particular, whenever a delegation / exchange of staff is contemplated under this Agreement, the sending party shall be responsible for the salaries, insurance, benefits, travel expenses, and allowances to be paid to its personnel.

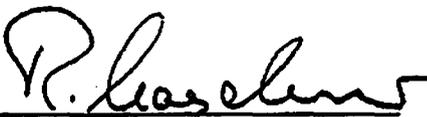
5. General Provisions

The provisions of this Agreement shall be applied in accordance with the laws and regulations in force in each country. This Agreement will become effective when signed by both parties. The Agreement will terminate on 31 December 2007, but may be extended by mutual written agreement. Either party may, at any time, terminate this Agreement by giving the other party a 6 (six) month's advance notice in writing. In the event of termination, or the expiration of this Agreement, obligations and commitments already agreed upon shall be honoured and continued by the parties until full completion.

This Agreement may be amended and supplemented at any time upon written agreement by both parties.

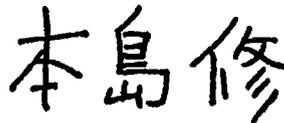


Prof. Dr. Manfred POPP
Chairman of the Board of Directors



Prof. Dr. Reinhard MASCHUW
Member of the Board of Directors

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Germany
Date: 06 October 2005



Prof. Osamu MOTOJIMA
Director General

National Institute for Fusion Science
Japan
Date: 06 October 2005

**AGREEMENT ON SCIENTIFIC EXCHANGE AND
COOPERATION BETWEEN
NATIONAL INSTITUTE FOR FUSION SCIENCE, JAPAN
AND
PRINCETON PLASMA PHYSICS LABORATORY, U.S.A.**

The National Institute for Fusion Science, Japan and The Princeton Plasma Physics Laboratory, U.S.A., desiring to facilitate the fulfillment of the MEXT-DOE Implementing Agreement for Cooperation, develop scientific exchange and cooperation in research between the two institutes, and promote Japanese-U.S.A. friendship and international exchange in the fields of plasma physics and nuclear fusion research, and scientific applications, have agreed as follows:

1. The two institutes, in keeping with the principles of mutual benefit and respect for each other's independence, shall conduct the following activities:
 - (1) Exchange of researchers and students
 - (2) Exchange of scientific materials, publication and information, including exchange of theoretical analyses and experimental data
 - (3) Joint research
2. In order to pursue the above-mentioned activities, a detailed plan, consistent with the Implementing Agreement, will be formed after consultation between the two institutes.
3. This Agreement will be revised or terminated upon mutual consultation between and consent of the two institutes.
4. This Agreement is drawn up in English and shall be made effective by the following signature.

Date: 3 March, 2006

本島 修

Prof. Osamu Motojima
Director General
National Institute for Fusion Science
Japan

Date: 3 March, 2006

Robert J. Goldston

Prof. Robert J. Goldston
Director
Princeton Plasma Physics Laboratory
U.S.A.

**AGREEMENT ON ACADEMIC EXCHANGE AND
COLLABORATION BETWEEN
NATIONAL INSTITUTE FOR FUSION SCIENCE, JAPAN
AND
INSTITUTE FOR FUSION STUDIES
THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN, USA**

The two Parties of this agreement — the National Institute for Fusion Science (Japan) and the Institute for Fusion Studies (USA) — conduct extensive research programs of theoretical analysis and computational simulations in plasma physics and fusion science. In order to enhance the quality of their research efforts through academic exchange and collaboration for mutual benefit, and to promote Japan-US friendship and international exchange in the fields of plasma physics and nuclear fusion research, the two Parties hereby enter into the Agreement on Academic Exchange and Collaboration whose terms are described in this document.

1. The two Parties, in keeping with the principles of mutual benefit and respect for each other's independence, shall conduct the following activities:
 - (a) Exchange visits by scientific experts from one Party to the other, of either short-term or long-term duration.
 - (b) Workshops, training meetings, and symposia, either jointly or separately organized.
 - (c) Joint research projects carried out by both Parties.
2. In order to pursue the above-mentioned activities, a detailed plan will be formed after consultation between the two Parties.
3. This Agreement may be revised or terminated upon mutual consultation between and consent of the two Parties.
4. This Agreement is drawn up in English and shall be made effective by the following signatures.

本島 修

Prof. Osamu Motojima
Director General
National Institute for Fusion Science
Japan

James W. Van Dam

Dr. James W. Van Dam
Director
Institute for Fusion Studies
The University of Texas at Austin
USA

Date 6 March, 2006

Date 6 March 2006

**AGREEMENT ON ACADEMIC AND SCIENTIFIC EXCHANGE
BETWEEN
NATIONAL INSTITUTE FOR FUSION SCIENCE, JAPAN
AND
OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY – UT-BATTELLE, LLC
DEPARTMENT OF ENERGY, USA**

The National Institute for Fusion Science, Japan and the Oak Ridge National Laboratory, operated by UT-Battelle, LLC for the U.S Department of Energy, USA, hereinafter referred to as the two Institutes, agree to cooperate in academic and scientific research, and enhance friendship and international relationship between Japan and the United States in the field of fusion energy sciences. The two Institutes agree as follows:

1. The two Institutes, in keeping with the principles of mutual benefit and accelerated progress via collaboration, shall conduct the following activities:
 - (1) Exchange of researchers and students
 - (2) Exchange of scientific equipment, materials, publication and information
 - (3) Joint research
2. In order to pursue the above-mentioned activities, a detailed plan will be formed after consultation between the two Institutes to address collaborative research activities, exchange of personnel, intellectual property, and other areas necessary to further promote the relationship.
3. This Agreement can be revised or terminated upon consultation between and consent by the two Institutes.
4. This Agreement is drawn up in English and shall be made effective by the following signatures.

本島 修

Prof. Osamu Motojima
Director General
National Institute for Fusion Science
Japan

Date May 25, 2006



Dr. Jeffrey Wadsworth
Director
Oak Ridge National Laboratory,
UT-Battelle, LLC
USA

Date May 25, 2006

**ARRANGEMENT
BETWEEN
FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE GMBH, GERMANY
AND
NATIONAL INSTITUTE FOR FUSION SCIENCE, JAPAN
ON
COLLABORATION OF TESTING A CATALYST PACKING MIXTURE
FOR AN LPCE COLUMN**

WHEREAS National Institute for Fusion Science (hereinafter referred to as NIFS) and the Tritium Laboratory of the Forschungszentrum Karlsruhe (hereinafter referred to as TLK) (hereinafter jointly referred to as the "Parties") recognize the importance and mutual interest of cooperation between them in the field of the technology of water detritiation;

WHEREAS TLK has set-up a test stand for technical experiments with tritiated water and has characterized a number of catalysts and packing materials from different suppliers and has developed their own catalyst for Liquid Phase Catalytic Exchange (LPCE) columns both Parties recognize potential from improvement;

WHEREAS NIFS has developed an LPCE column with their catalyst and packing and has tested it with non radioactive hydrogen isotopes in Japan both Parties recognize potential from improvement;

WHEREAS NIFS desires to send the LPCE column for characterization with tritiated water to TLK and to assign staff to TLK for participating in the tritium tests of the LPCE column prepared by NIFS;

WHEREAS TLK recognizes the necessity of accepting a delegated scientist from NIFS (hereinafter referred to as NIFS scientist) to attend the tasks at TLK;

Now, THEREFORE, the Parties have agreed as follows:



ARTICLE 1 PURPOSE

The purpose of this Arrangement is to provide the terms and conditions with regard to characterization of a LPCE column prepared by NIFS and an assignment of a scientist to TLK to attend the tests with tritium.

ARTICLE 2 SCOPES

NIFS will prepare a LPCE column to TLK specifications, fill it with catalyst and packing material and perform an endurance test of the catalyst for its water proof. The column will then be transferred to TLK for characterization with tritiated water.

ARTICLE 3 SUPERVISION AND CONTROL OF THE PARTICIPANT

3.1 A scientist will be assigned to TLK for joint characterization of the NIFS column with tritiated water.

The scientist shall remain an employee of NIFS during such assignment.

TLK will exercise administrative control and technical supervision of the scientists' occupational activities during such assignment.

3.2 The assigned scientist shall be required to observe all rules, regulations and requirements of the TLK, including, but not limited to, security, safety, health, working hours and conduct. Leave, time off, and vacations of the scientist shall be in accordance with the policy of the NIFS, however, it is expected that such leave, etc. will be integrated with the requirements of the TLK.

3.3 The assigned scientist may be reasonably given assistance necessary to carry out the tests at the TLK under this Arrangement.

ARTICLE 4 COSTS AND EXPENSES

4.1 NIFS shall be responsible for all costs and expenses incurred by it with respect to the assignment, to procurement of the LPCE column and transfer to TLK. NIFS shall also be responsible for all personnel costs and travel expenses of the assigned scientist while at TLK. Such expenses shall include, but not be limited to



travel and living expenses, allowance, salary and insurance of the assigned scientist.

- 4.2 TLK shall be responsible for all costs and expenses to carry out the tests at TLK and to clear out all the equipments including the LPCE column and packing materials used at TLK.

ARTICLE 5 RESPONSIBILITIES AND LIABILITY FOR DAMAGES

- 5.1 The TLK shall not be responsible for any alleged or actual liability, costs or expenses incurred as a result of personal injury, death or property damage that might occur to the assigned scientist, unless it is proven that such injury, death or property damage was caused by the gross negligence or intentional misconduct of the TLK or its employees.
- 5.2 The TLK shall not be responsible for any claims, losses, expenses or damages including, but not limited to, those arising from or connected in any way with property damage, personal injury or death, arising out of, or resulting in any way from, the use or misuse of information, techniques or technology communicated or imparted to the assigned scientist by the TLK, occurring at times when the assigned scientist is not engaged in activities under the supervision of the TLK.
- 5.3 The foregoing provisions shall not be applicable to damages caused by nuclear incidents, as defined by the laws of the country of the TLK, compensation for which shall be in accordance with such applicable laws.

ARTICLE 6 TECHNICAL DATA AND INFORMATION

- 6.1 The TLK shall grant the assigned scientist access to information within the scope of this Arrangement, subject to legal or other existing contractual obligations.
- 6.2 The assigned scientist shall neither transmit nor disseminate outside of the TLK any restrictive information without approval of the TLK.
- 6.3 All information which is obtained by the assigned scientist in connection with his work under this assignment shall be shared with the Parties.



- 6.4 All shared information which is to be delivered to others or to be prepared for publication or public distribution by the Parties shall be submitted to each other for review and clearance prior to such delivery, publication or distribution.
- 6.5 The application or use of any information exchanged, transferred or imparted between the Parties under this Arrangement shall be the responsibility of the Party receiving it, and the other Party does not warrant the accuracy, completeness or suitability of such information for any particular use or application.

ARTICLE 7 PATENT

- 7.1 Whenever any invention or discovery is made or conceived in the implementation of this Arrangement, the Parties shall share complete information thereon.
- 7.2 When any inventions or discovery is made or conceived by the Parties in the implementation of this Arrangement,
- (1) the TLK shall obtain all rights, titles and interests in and to such invention or discovery in the country of the TLK;
 - (2) the NIFS shall obtain all rights, titles and interests in and to such invention or discovery in the country of the NIFS;
 - (3) the Parties shall share all rights, titles and interests in and to such invention or discovery in the third country.
- 7.3 Each Party which obtains such rights, titles and interest referred to the paragraph 2 above shall grant, upon request of the other Party, a royalty-free, non-exclusive, irrevocable license to the other Party.

ARTICLE 8 PHYSICAL EXAMINATION

The assigned scientist shall undergo, at the request of the TLK and at the expense of TLK, a physical examination to be made by a medical doctor acceptable to the TLK at the beginning of his assignment.



ARTICLE 9 SETTLEMENTS OF DISPUTES

Any dispute between the Parties concerning the application or interpretation of this Arrangement shall be settled by an amicable effort of the Parties.

ARTICLE 10 TERMS AND TERMINATION

10.1 This Arrangement shall enter into force upon signature of the Parties, and shall terminate by 31st of December 2006. It may be amended or extended by mutual agreement in writing by the Parties.

10.2 This Arrangement may be terminated at the discretion of either Party upon advance notification in writing by the Party seeking to terminate the Arrangement. Such termination shall be without prejudice of the rights which may have accrued under this Arrangement of either Party up to the date of such termination.

In WITNESS WHEREOF, the Parties hereto have executed this Arrangement

For the Japan National Institute
of Fusion Science

Tateuchi Koda

For Forschungszentrum
Karlsruhe GmbH

[Handwritten signature]

9 of February 2006

付属資料 2 受入派遣一覽

(資料 2 - 1 受入)

来訪者一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	Remarks	集計
H16	ALGERIA	Laboratoire de Physique Des Rayonnements, Badji Mokhtar Univ.			Moncef Bouledroua (Oct.03.2004~Oct.10.2004)	14th Int.Toki Conf.	1
	AUSTRALIA	Murdoch Univ.			Dmitry Fursa (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1
		Research School of Physical Sciences and Engineering, The Australian National University	helical axis stellarator H-1 heliac, theory	May 8, '95	Boyd Blackwell (Jan.11.2005~Jan.30.2005) Micheal Cilve (Jul.01.2004~Jun.30.2006) Stephen J. Buckman (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	Optimization of helical axis stellarator Fluctuation diagnostics 14th Int.Toki Conf.	1 1 1
	AUSTRIA	Institute for Theoretical Physics, University of Innsbruck	theory and simulation		David Tskhakaya (Jan.06.2005~Apr.15.2005)	Kinetic effect of high energy ptl. on edge plasma	1
		International Atomic Energy Agency			Denis Humbert (Oct.04.2004~Oct.09.2004) R. Clark (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf. 14th Int.Toki Conf.	1 1
	CHINA	Beijing BBEF Science & Technology Co.Ltd			Ji Zhilin (Jan.28.2005~Feb.06.2005) Wei Zhang (Jan.28.2005~Feb.06.2005)	ICRF power source ICRF power source	1 1
		Gas Discharge and Plasma Laboratory, Department of Electrical Engineering, and Fusion Physics Laboratory, Department of Physics, Tsinghua University	gas puff Z-pinch, plasma focus, nuclear physics for fusion		Gao Zhe (Apr.13.2004~Jul.16.2004) He Yexi (Sep.27.2004~Sep.28.2004) Long Wang (Sep.27.2004~Sep.28.2004) Wenhao Wang (Sep.27.2004~Sep.28.2004)	Joint research on theory Meeting, discussion Meeting, discussion Meeting, discussion	1 1 1 1
		Institute of Coal Chemistry, Chinese Academy of Sciences			Guo Quanguai (Feb.07.2005~Feb.07.2005)	PWI and material	1
		Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences	HT-7U SC tokamak, HT-6M tokamak, RF heating, theory, fusion related technology	June 27, '92	Baonian Wan (Feb.21.2005~Feb.24.2005) Bingjia Xiao (Oct.04.2004~Oct.10.2004) Gao Ge (Nov.26.2004~Dec.10.2004) Jiansheng Hu (Jan.10.2005~Jan.29.2005) Jie Yinxian (Dec.15.2004~Jan.19.2005) Jiefeng Wu (Nov.26.2004~Dec.10.2004) Junyu Zhao (Feb.21.2005~Feb.24.2005) Kongjia Wang (Feb.21.2005~Feb.24.2005) Lei Wang (Jan.28.2005~Feb.06.2005) Liu Liman (Feb.21.2005~Feb.24.2005) Shaohua Dong (Feb.21.2005~Feb.24.2005) Wang Hongyan (Oct.13.2004~Oct.17.2004) Weihua Wang (Oct.13.2004~Oct.17.2004) Yanping Zhao (Jan.03.2005~Feb.06.2005) Yemin Hu (Nov.15.2004~Dec.02.2004) Yuan-xi Wan (May.30.2004~Jun.01.2004) Zhu Sizheng (Dec.11.2004~Dec.20.2004)	Coordinator meeting 14th Int.Toki Conf. Discussion RF conditioning Diagnostics Discussion Coordinator meeting Coordinator meeting ICRF power source Coordinator meeting Coordinator meeting Discussion Discussion ICRF heating Discussion on theory Joint research Divertor modeling	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
		Laboratory of Plasma Physics, University of Science and Technology of China	anomalous transport, KT-5C tokamak		Jinlin Xie (Jan.25.2005~Feb.07.2005) Wenlu Zhang (Dec.08.2004~Dec.12.2004)	CHS exp. Sokendai winter school	1 1
		Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics			Yu Wei (Sep.01.2004~Dec.28.2004)	Three-wave process in laser plasma	1
		Southwestern Institute of Physics	HL-1M, HL-2A, divertor physics, confinement improvement, theory, fusion-fission hybrid, materia development		Cui Zhengying (Jan.23.2005~Feb.05.2005) Jiaqi Dong (Jan.12.2005~Feb.06.2005) Liu Yi (Dec.20.2004~Dec.21.2004) Longwen Yan (Jan.23.2005~Feb.05.2005) Pan Chuanjie (Oct.13.2004~Oct.17.2004) Kaiming Feng (Oct.13.2004~Oct.17.2004)	LHD confinement experiment Discussion on theory Diagnostics and control LHD confinement experiment Discussion Discussion	1 1 1 1 1 1
		Technical Institute of Physics and Chemistry			Laifeng Li (Dec.12.2004~Dec.21.2004)	Discussion	1
		Xi'an Jiaotong University			Hou Yu (Dec.12.2004~Dec.21.2004)	Discussion	1
		Institute of Applied Physics and Computational Mathematics			Cai Hongbo (Dec.08.2004~Dec.12.2004)	Winter school (Sokendai)	1

来訪者一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	Remarks	集計	
H16	CHINA	Institute of Applied Physics and			Jiwei Li (Dec.08,2004~Dec.12,2004)	Winter school (Sokendai)	1	
					Jun Yan (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
					Lihua Cao (Jan.24,2005~Jan.30,2005)	Micro-structure formation in Laser-plasma interaction	1	
					Qiao Bin (Dec.08,2004~Dec.12,2004)	Winter school (Sokendai)	1	
		Northwest Institute for Nonferrous Metal			Zhengxian Li (Aug.18,2004~Sep.01,2004)	Tungsten material	1	
	Northwest Normal University			Chenzhong Dong (Oct.04,2004~Oct.08,2004)	14th Int.Toki Conf.	1		
				Chenzhong Dong (Oct.22,2004~Nov.05,2004)	Discussion	1		
	CZECHO SLOVAKIA	Charles Univ. of Prague			Jiri Horacek (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
	FRANCE	Observatoire de Paris				Evelyne Marguerite Roueff (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1
						Marie-Lise Dubernet (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1
		Universite De Provence Et Cnrs.			Frank B. Rosmej (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
		Cea/Saclay			Bertrand Baudouy (Jul.30,2004~Jul.30,2004)	Transport of super-fluid helium	1	
		CNRS			Jean F. Wyart (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
	GERMANY	Forschungszentrum Jülich GmbH, Euratom-Association		TEXTOR, pump limiter, Dynamic Ergodic Divertor, ECRH, ITER, JET, W7-X		Albert Hiller (Nov.07,2004~Nov.21,2004)	Penning gauge	1
						Alexander Marchuk (Oct.04,2004~Oct.10,2004)	14th Int.Toki Conf.	1
						Detlev Hermann Reiter (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1
						Michael Lehnen (Nov.07,2004~Nov.21,2004)	Penning gauge	1
		Max Planck Institut Für Plasmaphysik (Ipp)	ASDEX-Upgrade, advanced tokamak scenario, ITER, JET, W7-X, fusion power plant based on the stellarator concept		May 11, '93	Arthur Weller (Jan.05,2005~Apr.05,2005)	Confinement exp. in LHD	1
						C.D.Beidler (Jan.30,2005~Feb.11,2005)	Neoclassical transport	1
						Josef Schweinzer (Mar.04,2005~Mar.18,2005)	Diagnostics on electron density	1
						Ralf Armin Kleiber (Sep.03,2004~Dec.06,2004)	Edge transport analysis in LHD	1
						Rust Norbert (Jan.09,2005~Jan.23,2005)	High energy ptl. Diagnostics and NBI power deposition	1
						Ursel Fantz (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1
						Wolfgang Eckstein (Aug.26,2004~Dec.03,2004)	Numerical data on PWI	1
						Yuri Iglikhanov (Sep.28,2004~Oct.15,2004)	Transport analysis in helical system	1
						Kent McCormick (Nov.17,2004~Dec.03,2004)	Divertor physics	1
						Univ. of Kassel		
	Universitaet Giessenn			Erhard Salzborn (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1		
	INDIA	Department of Physics, College of Science, M.L.S.Univ.				Ghanshyam Purohit (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1
		Theoretical Physics Department, Indian Association for The Cultivation of Science				Arpita Chattopadhyay (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1
					Chandana Sinha (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
	IRAN	Plasma Physics Research Center, I. Azad Univ.				Kiomars Yasserian (Oct.03,2004~Oct.11,2004)	14th Int.Toki Conf.	1
					Mahmoud Ghoranneviss (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
IRELAND	University College Dublin				Gerard Daniel O'Sullivan (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
ITALY	Institute of Inorganic Methodologies and Plasmas				Fabrizio Esposito (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
					Roberto Celiberto (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
MACEDONIA	Macedonian Academy of Sciences and Arts				Ratko Janev (Sep.27,2004~Oct.14,2004)	Charge-exchange of multi-ionized ion	1	
NETHERLANDS	Fom-Institute for Plasma Physics "Rijnhuizen" Association Euratom-	small scale structures in tokamak, TEXTOR 94, ITER, free electron laser			Wim Goedheer (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
	Space Research Organization Netherlands				Jelle Sjerp Kaastra (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
PHILIPPINES	University of The Philippines Baguio				Crismar Patacsil (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
POLAND	Pedagogical Univ. of Krakow				Konrad Koc (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
REPUBLIC OF KOREA	Dept of Ee. Pohang University of Science and Technology				Gonjun Kim (Dec.08,2004~Dec.12,2004)	Winter school (Sokendai)	1	
					Seungming Lee (Dec.08,2004~Dec.12,2004)	Winter school (Sokendai)	1	
	Korea Advanced Institute of Science and Technology	KAIST tokamak, simulation of micro-instabilities			Robert B. Laughlin (Oct.04,2004~Oct.09,2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
	Korea Atomic Energy Research Institute	KT-1, heating for KSTAR			Chang-suk Seo (Aug.06,2004~Aug.06,2004)	Discussion on KSTAR NBI	1	

来訪者一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	Remarks	集計		
H16	REPUBLIC OF	Korea Atomic Energy Research	KT-1, heating for KSTAR		Jae-sung Yoon (Jul.05.2004~Jul.10.2004)	ICRF technique	1		
					Jinchoon Kim (Aug.06.2004~Aug.06.2004)	Discussion on KSTAR NBI	1		
					Jong Kwak (Jul.05.2004~Jul.10.2004)	ICRF technique	1		
					Kwang-won Lee (Aug.06.2004~Aug.06.2004)	Discussion on KSTAR NBI	1		
					Woo-sub Song (Aug.06.2004~Aug.06.2004)	Discussion on KSTAR NBI	1		
					Yong-Joo Rhee (Oct.01.2004~Dec.28.2004)	Collisional excitation and ionization by electron	1		
					National Fusion R&D Center, Korea Basic Science Institute Seoul National Univ.	KSTAR, steady state operation of high performance plasma, Hanbit	Mar. 6, '96	Gyung-Su Lee (Jan.28.2005~Jan.30.2005) Ki Woong Whang (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	Evaluation of NIFS activity 14th Int.Toki Conf.
	RUSSIA	Bonch-Bruевич University of Electrotechnical Communications General Physics Institute, Russian Academy of Sciences	transport, equilibrium and stability in helical system, ECH heating,			Alexander Livshits (Dec.01.2004~Mar.31.2005)	Membrane pumping	1	
						Anton Pshenichnikov (Jan.15.2005~Jan.31.2005) Nikolay Konstantinovich Kharchev (Dec.01.2004~Feb.28.2005)	Density fluctuation with gyrotron Density fluctuation with gyrotron	1 1	
		Keldysh Institute of Applied Mathematics, Russian Academy of Sciences	Algorithms and computer simulation methods, inertial laser fusion, nonlinear phenomena			Vladimir Novikov (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
		Russian Research Centre "Kurchatov Institute"	plasma theory, T-10, T-15, modeling, pulse power, alternative concepts, reactor technology,	May 15, '93	Maxim Yu. Isaev (Mar.04.2005~Mar.25.2005) Sergey Neudatchin (Jan.12.2005~Apr.15.2005) Viatcheslav Petrovich Boudaev (Jan.30.2005~Feb.19.2005)	Optimization of helical filed Transport theory and data analysis Edge turbulence analysis	1 1 1		
		St.Petersburg State Technical University			Igor Vasilievich Vinyar (Nov.01.2004~Dec.17.2004) Vladimir Sergeev (Feb.06.2005~Mar.18.2005)	TECPEL TESPEL	1 1		
		Troitsk Institute of Innovative and Thermonuclear Investigations (TRINITI), Department of Physics of Tokamaks and Reactors (OFTR)	T-11M, TSP, MHD instability, L-H transition, ICRF		Anatoli V. Krasilnikov (Jan.03.2005~Jan.18.2005) Anatolii F. Nastoyashchii (Oct.03.2004~Oct.11.2004)	Diamond detector Profile control	1 1		
		Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences	plasma physics on turbulence and anomalous transport		Alexander Michailovich Urnov (Mar.05.2005~Mar.19.2005) Inga Yurievna Tolstikhina (Mar.05.2005~Mar.26.2005) Inga Yurievna Tolstikhina (Oct.04.2004~Oct.10.2004) Leonid Presnyakov (Sep.29.2004~Oct.14.2004)	Joint research Joint research Collisional radiative model for plasma diagnostics Charge exchange of multi-ionized ions	1 1 1 1		
		SERBIA AND MONTENEGRO	Vinca Institute of Nuclear Sciences			Milos Skoric (Oct.07.2004~Oct.10.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
		SWEDEN	Division of Fusion Plasma Physics, Alfvén Laboratory, Royal Institute of Technology Stockholm Univ.	EXTRAP reversed field pinch, turbulence and transport, edge plasma physics, theory on ICRF, current drive, and edge phenomena			Michael Tandler (Jan.26.2005~Feb.03.2005)	Evaluation of NIFS activity	1
							Mats Larsson (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1
	Vitali Zhaunerchuk (Oct.04.2004~Oct.10.2004)						14th Int.Toki Conf.	1	
	SWITZERLAND	Swiss Federal Institute of Technology, Center of Research in				Sergi Ferrando I Margalet (Oct.04.2004~Oct.07.2004)	Lecture, discussion	1	
	TAIWAN	Fu-Jen Univ.				Chien-Nan Liu (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
	UAE	Department of Physics, American University of Sharjah				Asad Hasan (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
	UKRAINE	National Science Center of The Ukraine Kharkov Institute of Physics and Technology Institute of Plasma Physics	stellarator experiments and theory, quasi-stationary plasma accelerators	Oct. 7, '94		Igor Mikhailovich Pankratov (Jan.30.2005~Feb.21.2005)	Rotating magnetic filed	1	
						Sergey Kononenko (Oct.04.2004~Oct.10.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
Oiha Yeliseyeva (Aug.02.2004~Nov.02.2004)						coating of vanadium	1		
UNITED KINGDOM	Strathclyde University				Kanti Aggarwal (Oct.04.2004~Oct.08.2004)	14th Int.Toki Conf.	1		
USA	CFD Research Corporation Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University Fusion Power Program, Argonne National Laboratory	fusion plasma science, MHD theory, turbulent modeling, RF wave propagation, pellet ablation plasma facing materials and design, blanket technology			Vladimir I. Kolobov (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1		
					Eliezer Hameiri (Jun.02.2004~Sep.02.2004)	Relaxation and self-organization	1		
					Mitio Inokuti (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1		

来訪者一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	Remarks	集計	
H16	USA	General Atomics	DIII-D, heating and current drive, theory and computational science, RWM, transport barrier, fusion technology, inertial fusion technology.		Ming-Sheng Chu (Sep.01.2004~Nov.30.2004)	MHD behavior	1	
		Georgia Institute of Technology			Raymond Flannery (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
		Institute for Fusion Studies, The University of Texas At Austin	fusion theory (COE).	Mar. 6, '06	James W. Van Dam (Jan.26.2005~Feb.02.2005)	Evaluation of NIFS activity	1	
		Jet Propulsion Laboratory and Kansas State Univ.			Nada Djuric (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
		National Institute of Standards and Technology			Chii-Dong Lin (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
					Alexander Kramida (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
					Joseph Reader (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
					Phillip C. Stancil (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
					Wolfgang L. Wiese (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
		Oak Ridge National Laboratory (Ornl) Ut-Battelle, Llc	nearly all areas of magnetic fusion research, economical and environmentally attractive energy source, ITER	Mat 25, '06	David Robert Schultz (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
					Jim Lyon (Jan.12.2005~Jan.15.2005)	NPA with SD	1	
					Mark E. Bannister (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
					Mark Lloyd Adams (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
					Tetsuya Minami (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
		Ohio State University			Anil Kumar Pradhan (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
		Osram Sylvania			Graeme George Lister (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1	
		Princeton Plasma Physics Laboratory, Princeton University	NSTX, NCSX, VDX-U, MRX, fusion physics and advanced computing, DIII-D, Alcator C-Mod, JET, JT-60U, LHD, FIRE, ITER	Mar. 3, '06	Gregory Rewoldt (May.13.2004~May.14.2004)	Theory on micro-instabilities	1	
					Hyeon Park (Sep.02.2004~Sep.07.2004)	Imaging diagnostics with micro-wave	1	
					Masayuki Ono (Oct.04.2004~Oct.04.2004)	Research collaboration	1	
		Stanford Linear Accelerator Center			John G. Weisend II (May.19.2004~May.21.2004)	Seminar on accelerator in Stanford Univ.	1	
Univ. of Nevada Las Vegas			Bernard Zygelman (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1			
University of Maryland			Yuri Ralchenko (Jul.24.2004~Oct.23.2004)	Non-equilibrium atomic process	1			
University of Nevada, Reno			Ulyana Safronova (Oct.02.2004~Oct.30.2004)	Integrated model of radiation from impurities	1			
University of Wisconsin-Madison	MST, HSX, Theory and computation, Pegasus, Fusion Technology, PHAEDRUS		George Mckee (Jul.28.2004~Jul.31.2004)	Discussion on diagnostics	1			
			James Edward Lawler (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1			
Columbia Astrophysics Laboratory			Daniel Wolf Savin (Oct.04.2004~Oct.09.2004)	14th Int.Toki Conf.	1			
H16 集計							152	
H17	AUSTRALIA	Flinders University			Robin George Storer (Jul.10.2005~Jul.15.2005)	ICNSP&APPTC	1	
		Research School of Physical Sciences and Engineering, The Australian National University	helical axis stellarator H-1 heliac, theory	May 8, '95	Boyd Blackwell (Dec.12.2005~Dec.14.2005)	7th Australia-Japan WS on Diagnostics	1	
					Horst Punzmann (Dec.12.2005~Dec.14.2005)	7th Australia-Japan WS on Diagnostics	1	
					John Howard (Dec.12.2005~Dec.14.2005)	7th Australia-Japan WS on diagnostics	1	
					Matthew J. Hole (Jul.11.2005~Jul.15.2005)	ICNSP&APPTC	1	
					Micheal Cilve (Apr.01.2005~Mar.31.2006)	JSPS	1	
					Robert Leith Dewar (Jul.11.2005~Jul.15.2005)	ICNSP&APPTC	1	
					Rowena Ball (Jul.12.2005~Jul.15.2005)	ICNSP&APPTC	1	
		University of Sydney			Alex Samarian (Dec.12.2005~Dec.14.2005)	7th Australia-Japan WS on Diagnostics	1	
					Daniel Andruczyk (Dec.12.2005~Dec.14.2005)	7th Australia-Japan WS on Diagnostics	1	
					James Brian (Dec.12.2005~Dec.14.2005)	7th Australia-Japan WS on Diagnostics	1	
					Serguei Vladimirov (Jan.10.2006~Apr.11.2006)	Dust particle	1	
		AUSTRIA	Atomic Institute of The Austrian Universitites			Karl Humer (Dec.05.2005~Dec.09.2005)	15th Int. Toki Conf.	1
		CANADA	IREQ			Magdi Shoucri (Jul.10.2005~Jul.16.2005)	ICNSP&APPTC	1
CHINA	Gas Discharge and Plasma Laboratory, Department of Electrical Engineering, and Fusion Physics Laboratory, Department of Physics, Tsinghua University	gas puff Z-pinch, plasma focus, nuclear physics for fusion			Zhe Gao (Jun.30.2005~Jul.21.2005)	Discussion	1	
	Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences	HT-7U SC tokamak, HT-6M tokamak, RF heating, theory, fusion related technology	June 27, '92	Guisheng Xu (Feb.13.2006~Feb.22.2006)	Discussion	1		
				Hongyu Bai (Dec.05.2005~Dec.09.2005)	15th Int. Toki Conf.	1		

来訪者一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	Remarks	集計					
H17	CHINA	Institute of Plasma Physics, Chinese	HT-7U SC tokamak, HT-6M tokamak, RF heating,	June 27, '92	Huazhong Shen Biao Wang (Jan.14,2006~Jan.27,2006)	Magnetic measurements	1					
					Jiangng Li (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1					
					Jung Zheng (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1					
					Liuwei Xu (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1					
					Yanfen Li (May.27,2005~Jul.07,2005)	Fusion material	1					
					Yican Wu (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1					
					Yu Wu (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1					
					Zhengming Sheng (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1					
		Southwestern Institute of Physics	HL-1M, HL-2A, divertor physics, confinement improvement, theory, fusion-fission hybrid, materila development		Jiming Chen (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1					
					Jiming Chen (Feb.24,2006~Jul.24,2006)	Reactor engineering	1					
					Jiquan Li (Jan.22,2006~Feb.21,2006)	Discussion on collaboration	1					
					Jiquan Li (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1					
	Xi'an Jiaotong University Institute of Applied Physics and Computational Mathematics			Liu Yi (Nov.20,2005~Nov.19,2007)	Imaging bolometer	1						
				Xuru Duan (Dec.05,2005~Dec.18,2005)	charge-exchange	1						
				Zhou Yan (Dec.05,2005~Dec.18,2005)	LHD experiment	1						
				Zhen Feng (Dec.12,2005~Dec.14,2005)	7th Australia-Japan WS on Diagnostics	1						
	Anhui University of Technology Fudan University China Institte of Atomic Energy			Yanzhong Li (Jan.13,2006~Jan.19,2006)	Discussion on SC	1						
				Baiwen Li (Jul.11,2005~Jul.24,2005)	ICNSP&APPTC	1						
				Long Zheng (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1						
				Xian-Tu He (Jul.11,2005~Jul.16,2005)	ICNSP&APPTC	1						
	ECUADOR	Butler University Physics and Astronomy Department Lectuter				Hai Guosheug Wang (Sep.30,2005~Oct.01,2005)	Discussion	1				
						Shaojie Wang (Feb.15,2006~Mar.07,2006)	Discussion	1				
						Xiaogang Xue (Jan.10,2006~Jan.13,2006)	Discussion	1				
						Zheng Jianping (Jan.10,2006~Jan.13,2006)	Discussion	1				
Gonzalo E. Ordonez (Jan.06,2006~Jan.15,2006)						Discussion on collaboration with various fields	1					
Dider Van Houtte (Dec.05,2005~Dec.09,2005)						15th Int. Toki Conf.	1					
FRANCE	Association Euratom-Cea Association Euratom-Cea, département de Recherches sur La Fusion Contrôlée Cea/Cadarache Institu Elie Cartan de Nancy,Universit.Henri Poincar(Nancy) Le Havre University CETP-UVSQ-IPSC Laboratoire d'Optique Appliquee,ENSTA-Ecole	SC tokamak Tore Supra, current drive and heating, ergodic divertor, PFC, JET EP project, ITER			Jean-Luc Duchateau (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1					
					Vladimir Latocha (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1					
					Ioan F. Schneider (Feb.13,2006~Feb.14,2006)	Discussion	1					
					Bertrand Lembege (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1					
					Fabrice Roy (Jul.12,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1					
					GERMANY	Forschungszentrum Jülich Gmbh, Euratom-Association Forschungszentrum Karlsruhe Technik und Umwelt Max Planck Institut Für Plasmaphysik (Ipp)	TEXTOR, pump limiter, Dynamic Ergodic Divertor, ECRH, ITER, JET, W7-X ITER and long term technology, SC magnet, gyrotron, blanket, tritium, IFMIF, W7-X ASDEX-Upgrade, advanced tokamak scenario, ITER, JET, W7-X, fusion power plant based on the stellarator concept	Oct. 6 '05 May 11, '93		O. Schmits (Feb.20,2006~Feb.21,2006)	Seminar, discussion	1
										Guenter Janeschitz (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
										K. P. Weiss (Jul.21,2005~Jul.22,2005)	Discussion	1
										Peter Komarek (Jul.19,2005~Jul.21,2005)	Evaluation on SC activities	1
										Pierre Sardain (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
W. H. Fietz (Jul.21,2005~Jul.22,2005)	Discussion	1										
Peter Komarek (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1										
					A. Konies (Nov.13,2005~Nov.20,2005)	Exp. In CHS and LHD	1					
					Alexey Runov (Jul.10,2005~Jul.16,2005)	ICNSP&APPTC	1					
					Arthur Weller (Jan.05,2005~Apr.05,2005)	MHD stability	1					
					George Warr (Dec.12,2005~Dec.14,2005)	7th Australia-Japan WS on Diagnostics	1					
					Heinrich P. Laqua (Oct.15,2005~Nov.04,2005)	ECH	1					
					Kent McCormick (Jan.28,2006~Feb.04,2006)	Confinement data base of helical plasma	1					
					Manfred Wanner (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1					
					Martin Schubert (Dec.12,2005~Dec.14,2005)	7th Australia-Japan WS on Diagnostics	1					
					Martin Schubert (Dec.11,2005~Dec.21,2005)	7th Australia-Japan WS on Diagnostics	1					
					Ralf Erwin Schneider (Jul.10,2005~Jul.16,2005)	ICNSP&APPTC	1					
					Yuri Igitchkanov (Apr.07,2005~Sep.07,2005)	Impurity transport	1					

来訪者一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	Remarks	集計	
H17	HUNGARY	Department of Experimental Physics, Institute of Physics, University of KFKI Researcher Institute for Particle and Nuclear Physics			Sergei V. Kuxhleysky (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1	
					Piroska Giese (Oct.11,2005~Oct.24,2005)	Remote participation	1	
	INDIA	Institute for Plasma Research	ADITYA tokamak, SST 1			Biswanath Sarkar (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
						Indranil Bandyopadhyay (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1
						Manoj Warrier (Jul.11,2005~Jul.16,2005)	ICNSP&APPTC	1
						Sadhana Saxena (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
						Yogesh Saxena (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
	IRELAND	University College Dublin				Gerry O' Sullivan (Feb.12,2006~Mar.07,2006)	Collabotaion	1
	ITALY	Dipartimento Di				Roberto Zanino (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
	KAZAKHSTAN	Institute of Experimental and Theroretical Physics, Ai Farbi Kazakh National University				Tlekkabul S. Ramazanov (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1
	NETHERLANDS	Fom-Institute for Plasma Physics "Rijnhuizen" Association Euratom-	small scale struvtures in tokamak, TEXTOR 94, ITER, free electron laser			Anthony J. H. Donne (Dec.12,2005~Dec.14,2005)	7th Australia-Japan WS on Diagnostics	1
	PORTUGAL	Centro De Fusão Nuclear Instituto Superior Técnico	ISTTOK tokamak, microwave reflectometry			Joao P. S. Bizarro (Jul.10,2005~Jul.17,2005)	ICNSP&APPTC	1
						Paulo Rodrigues (Jul.11,2005~Jul.16,2005)	ICNSP&APPTC	1
						Felipe Jose Da Silva (Jul.11,2005~Jul.16,2005)	ICNSP&APPTC	1
	REPUBLIC OF KOREA	Cryo Eng. Inc Korea Atomic Energy Research Institute	KT-1, heating for KSTAR			Seung-han Yang (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
						Doo-Hee Chang (Apr.01,2005~May.31,2005)	LHD-NBI	1
						Yang Hee Kim (Mar.13,2006~Mar.16,2006)	Discussion on future collaboration Liquid-Li blanket	1
		National Fusion R&D Center, Korea Basic Science Institute	KSTAR, steady state operation of high performance plasma, Hanbit		Mar. 6, '96	Chang-Ho Choi (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
						Dongcheol Seo (Dec.01,2005~Feb.28,2007)	Bolometer	1
						J. S. Bak (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
						Jung Sik Yoon (Feb.15,2006~Feb.18,2006)	JSPS-KOSEF WS	1
						Gyung-Su Lee (Dec.16,2005~Dec.18,2005)	Evaluation of NIFS activity	1
						Felipe Iza (Jul.11,2005~Jul.16,2005)	ICNSP&APPTC	1
						Ei Sung Yoon (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1
		Hyun-Sun Han (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1				
		POSRECH Seoul National Univ.				Hae June Lee (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1
		Pusan National University				Yury N. Tolmachev (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1
		Samsung Advanced Institute of Technology				Jin-Seop Shin (Feb.15,2006~Feb.18,2006)	JSPS-KOSEF WS	1
		Korea Institute of Science and Technology				Young Dae Jung (Feb.23,2006~Feb.26,2006)	Discussion	1
	Applied Plasma Laboratory, Department of Nuclear Engineering,							
	REPUBLIC OF GEORGIA	I.Vekua Institute of Applied Mathematics, Tbilisi State				Mikheil Tsikauri (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1
	RUSSIA	Cable Institute (VNIKP)				Victor Sytnikov (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
Vitaly Vysotsky (Dec.05,2005~Dec.09,2005)						15th Int. Toki Conf.	1	
General Physics Institute, Russian Academy of Sciences		transport, equilibrium and stability in helical system, ECH heating,				Karen Agasevich Sarksyanyan (Feb.04,2006~Feb.18,2006)	Discussion on collaboration with various fields	1
						Nikolay Konstantinovich Kharchev (Feb.04,2006~Feb.18,2006)	Discussion on collaboration with various fields	1
						Nina Nikolaevna Skvortsova (Feb.04,2006~Feb.18,2006)	Discussion on collaboration with various fields	1
Russian Research Centre "Kurchatov Institute"		plasma theory, T-10, T-15, modeling, pulse power, alternative concepts, reactor technology,		May 15, '93		Maxim Yu. Isaev (Feb.27,2006~Mar.13,2006)	Discussion on collaboration with various fields	1
	Sergey Neudatchin (Jan.12,2005~Apr.15,2005)					transport	1	
St.Petersburg State Technical University					Alexander Lukin (Aug.24,2005~Sep.28,2005)	TECPEL	1	
					Igor Vasilievich Vinyar (Jun.25,2005~Sep.26,2005)	TECPEL	1	
					Igor Vasilievich Vinyar (Nov.06,2005~Dec.26,2005)	TECPEL	1	

来訪者一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	Remarks	集計	
H17	RUSSIA	Troitsk Institute of Innovative and Thermonuclear Investigations (TRINITI), Department of Physics of Tokamaks and Reactors (OFTR)	T-11M, TSP, MHD instability, L-H transition, ICRF		Anatoli V. Krasilnikov (Jan.04.2006~Jan.25.2006)	Diamond detector	1	
		Institute for High Energy, Density			Pavel R. Lavashov (Jul.11.2005~Jul.15.2005)	ICNSP&APPTC	1	
		Moscow State University, Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics			Alexander Popov (Jul.11.2005~Jul.16.2005)	ICNSP&APPTC	1	
		Mulicharged Ions Spectra data center of VNIFTRI			Vladimir Kalinin (Dec.05.2005~Dec.09.2005)	15th Int. Toki Conf.	1	
	SERBIA AND MONTENEGRO	University of Nis Vinca Institute of Nuclear Sciences			Igor Skobelev (Sep.15.2005~Jan.15.2006)	A&M data	1	
					Aleksandra Maluckov (Jan.16.2006~Mar.31.2006)	Discussion on collaboration with various fields	1	
					Ljupco R. Hadzievski (Jul.11.2005~Jul.15.2005)	ICNSP&APPTC	1	
	SLOVAK	Department of Experimental Physics, Comenius University Slovak Academy of Sciences			Milan Rajkovic (Feb.08.2006~Mar.03.2006)	Discussion on collaboration with various fields	1	
					Martin Kocan (Jul.11.2005~Jul.15.2005)	ICNSP&APPTC	1	
					Silvester Takacs (Dec.05.2005~Dec.09.2005)	15th Int. Toki Conf.	1	
	SPAIN	Department of Physics, Universidad Carlos III De Madrid Laboratorio Nacional De Fusion Por Confinamiento Magnetico Asociacion Euratom-Ciemat Ciemat	MHD stability, compact stellarator design, plasma turbulence, edge transport barrier		Gonzalo Luis Garcia (Feb.03.2006~Feb.19.2006)	Discussion on collaboration with various fields	1	
			TJ-II heliac, plasma turbulence, confinement, low-Z coating, radiation effect, remote handling					
	SWEDEN	Chalmers University of Tschnology Division of Fusion Plasma Physics, Alfvén Laboratory, Royal Institute of Technology	plasma stability and transport, burning plasma physics, stellarator physics		J. Anderson (Jan.27.2006~Jan.27.2006)	Joint research	1	
			EXTRAP reversed field pinch, turbulence and transport, edge plasma physics, theory on ICRF, current drive, and edge phenomena			Michael Tandler (Dec.13.2005~Dec.22.2005)	Evaluation of NIFS activity	1
						Michael Tandler (Mar.08.2006~Mar.13.2006)	Evaluation of NIFS activity	1
	SWITZERLAND	Swiss Federal Institute of Technology, Center of Research in			Sergi Ferrando I Margalet (Nov.28.2005~Nov.27.2007)	MHD equilibrium and stability of helical plasma	1	
	TAIWAN	Department of Mechanical Engineering, National Chiao-Tung University National Space Organizatin			Jong-Shinn Wu (Jul.11.2005~Jul.15.2005)	ICNSP&APPTC	1	
					Chio Z. Cheng (Jul.11.2005~Jul.15.2005)	ICNSP&APPTC	1	
	THE CZECH REPUBLIC	Institute of Plasma Physics, Academy of Sciences of The Czech Republic, Association Euratom/Ipp,Cr	CASTOR experiment and theory, pulsed system, PALS		Jakub Urban (Jul.10.2005~Jul.16.2005)	ICNSP&APPTC	1	
	TURKEY	Department of Physics, Science and Art Faculty, University of Kocaeli			Elif Kacar (Jul.11.2005~Jul.15.2005)	ICNSP&APPTC	1	
	UKRAINE	National Science Center of The Ukraine Kharkov Institute of Physics and Technology Institute of Plasma Physics	stellarator experiments and theory, quasi-stationary plasma accelerators	Oct. 7, '94	Alexander Shishkin (Dec.05.2005~Dec.09.2005)	15th Int. Toki Conf.	1	
Vladimir Voytsenya (Jan.10.2006~Apr.10.2006)					PWI and material	1		
Vladimir Y. Moiseyenko (Jul.11.2005~Jul.16.2005)					ICNSP&APPTC	1		
UNITED KINGDOM	Plasma Physics Group, Department of Physics, Imperial College of Science, Technology & Medicine, University of London Strathclyde University The Queen's University of Belfast UKAEA Culham Science Centre: Euratom/Ukaea Fusion Association	fundamental plasma physics, VALCAN and ASTRA laser for laser-plasma interaction, JET, MAST						
					Allan Whiteford (Jan.15.2006~Jan.31.2006)	Discussion on collaboration with various fields	1	
					Hugh Summers (Jan.22.2006~Jan.31.2006)	Discussion	1	
					Kanti Aggarwal (Feb.01.2006~Mar.01.2006)	Discussion on collaboration with various fields	1	
USA	Fusion Power Program, Argonne National Laboratory Fusion Science & Technology Center, University of California, Los Angeles	MAST, COMPASS, JET, theory and modeling		Richard Dendy (Nov.29.2005~Dec.02.2005)	Lecture, discussion	1		
		plasma facing materials and design, blanket technology Fusion engineering			Mitio Inokuti (Jan.10.2006~Feb.13.2006)	Discussion	1	
				Alexei Y. Pankin (Jul.11.2005~Jul.16.2005)	ICNSP&APPTC	1		

来訪者一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	Remarks	集計	
H17	USA	Fusion Science & Technology Center,	Fusion engineering		Takayuki Umeda (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1	
		General Atomics	DIII-D, heating and current drive, theory and computational science, RWM, transport barrier, fusion technology, inertial fusion technology.		Arnold Kellman (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1	
		Institute for Fusion Studies, The University of Texas At Austin	fusion theory (COE),	Mar. 6, '06		Ahment Y. Aydemir (Jul.10,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1
						James W. Van Dam (Nov.07,2005~Nov.07,2005)	Executive committee meeting on JIFT	1
						Tomio Y. Petrosky (Oct.20,2005~Jan.19,2006)	Dissipative structure in plasma	1
						James W. Van Dam (Dec.13,2005~Dec.19,2005)	Evaluation of NIFS activity	1
		Institute of Plasma and Fusion Research, University of California, Los Angeles	basic plasma experiment, laser particle accelerator, theory amd simulation, fusion science and technology	Nov., '06		Farrokh Najmabadi (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
						Mary Miller (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
						Vikotor K. Decyk (Jul.10,2005~Jul.17,2005)	ICNSP&APPTC	1
		Oak Ridge National Laboratory (Ornl) Ut-Battelle, Llc	nearly all areas of magnetic fusion research, economical and environmentally attractive energy source, ITER	Mat 25, '06		D. A. Spong (Nov.13,2005~Nov.18,2005)	Collaboration in CHS and LHD	1
		Plasma Science and Fusion Center, Massachusetts Institute of Technology	ALCATOR C-Mod, VTF, LDX, novel diagnostics, basic laboratory and ionospheric plasma pysics experiment, fusion technology, environment			Jesus Ramos (Jun.10,2005~Sep.09,2005)	Closure model of fluid eq.	1
						Joel Schultz (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
						Joseph V. Minervini (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
						Leslie Bromberg (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
						Oleg Batishchev (Jul.10,2005~Jul.16,2005)	ICNSP&APPTC	1
						Philip Michael (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
		Princeton Plasma Physics Laboratory, Princeton University	NSTX, NCSX, VDX-U, MRX, fusion physics and advanced computing, DIII-D, Alcator C-Mod, JET, JT-60U, LHD, FIRE, ITER	Mar. 3, '06		Hantao Ji (Feb.03,2006~Feb.03,2006)	Discussion on collaboration with various fields	1
						Hyeon Park (Dec.12,2005~Dec.14,2005)	7th Australia-Japan WS on Diagnostics	1
		University of California at Berkeley				Hyun-Chul Kim (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1
		University of Maryland				Georgy Stantchv (Feb.12,2006~Feb.19,2006)	Discussion on collaboration with various fields	1
		University of Nevada, Reno				Ulyana Safronova (Sep.29,2005~Oct.12,2005)	A&M database	1
		University of Wisconsin-Madison	MST, HSX, Theory and computation, Pegasus, Fusion Technology, PHAEDRUS			David Jeffery Larson (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1
						Peter J. Lee (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1
		U.S.Department of Energy				Stephen A. Eckstrand (Jul.10,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1
		University of California, Irvine				Liu Chen (Jul.10,2005~Jul.16,2005)	ICNSP&APPTC	1
						W. W. Heidbrink (Nov.12,2005~Nov.20,2005)	Collaboration in CHS and LHD	1
				Yasutaro Nishimura (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1		
				H. C. YEE (Jul.10,2005~Jul.16,2005)	ICNSP&APPTC	1		
NASA Ames Research Center				Thomas J. T. Kwan (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1		
Los Alamos National Laboratory				Dalton D. Schunack (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1		
Science Applications International				Vladimir Sothikov (Jul.11,2005~Jul.16,2005)	ICNSP&APPTC	1		
University of Nevada				John Miller (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1		
National High Magnetic Field				Alla A. Batishcheva (Jul.11,2005~Jul.15,2005)	ICNSP&APPTC	1		
Delta Search Labs				Neil Mitchell (Dec.05,2005~Dec.09,2005)	15th Int. Toki Conf.	1		
				Yu Lin (Jul.10,2005~Jul.17,2005)	ICNSP&APPTC	1		
Auburn University	CTH(Compact Toroidal Hybrid), MHD instabilities,							
YUGOSLAVIA	Institute of Physics	transport theory, AM data						
H17 集計							171	
H18	AUSTRIA	Institut für Theoretische Physik Abteilung für Plasmaphysik, Technische Universität Graz	Theoretical plasma physics and numerical modelling		W. Kernbichler (Sep.24,2006~Sep.28,2006)	Int. collaboration on transport analysis of helical plasma	1	
		International Atomic Energy Agency			R. Clark (Jul.09,2006~Jul.16,2006)	Atomic and molecular database	1	
	CHINA	Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences	HT-7U SC tokamak, HT-6M tokamak, RF heating, theory, fusion related technology	June 27, '92	Liu Zhimin (Sep.20,2006~Oct.10,2006)	NPA	1	
					Qing Zang (Sep.25,2006~Oct.15,2006)	Thomson scattering	1	
		Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics			Jun Zha Xue (Sep.04,2006~Sep.29,2006)	3d simulation on transport in divertor	1	
	FRANCE	Ens, Paris, France			Marie Farge (Sep.21,2006~Sep.21,2006)	Discussion with LHD group	1	
University of Marseille							Kai Schneider (Sep.21,2006~Sep.21,2006)	Discussion with LHD group

来訪者一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	Remarks	集計	
H18	GERMANY	Max Planck Institut Für Plasmaphysik (Ipp)	ASDEX-Upgrade, advanced tokamak scenario, ITER, JET, W7-X, fusion power plant based on the stellarator concept	May 11, '93	C.D.Beidler (Sep.24.2006~Sep.30.2006)	Transport analysis in helical system	1	
					H. Maassberg (Sep.24.2006~Sep.30.2006)	Transport analysis in helical system	1	
					Klaus Hallatschek (Apr.11.2006~Apr.18.2006)	Transport theory	1	
					Roland Preuss (Sep.22.2006~Sep.28.2006)	Stellarator data-base	1	
					Ursel Fantz (Jul.18.2006~Oct.20.2006)	Negative ion source in LHD	1	
					Y. Turkin (Sep.24.2006~Sep.30.2006)	Transport analysis in helical system	1	
					Yuehe Feng (Sep.19.2006~Dec.22.2006)	3D-analysis on divertor transport in LHD	1	
					Yuri Igitchkanov (Apr.17.2006~Apr.16.2007)	TESPEL	1	
	INDIA	Institute for Plasma Research	ADITYA tokamak, SST 1			Arun Kmar Chakuraborty (Jun.01.2006~Jun.02.2006)	Discussion	1
						Biswanath Sarkar (Jun.12.2006~Jun.15.2006)	Cooling of SC magnet	1
						C.V.S.Rao Vinary Kumar (Sep.13.2006~Sep.15.2006)	Spectroscopy, X-ray diagnostics	1
						Mahendrajit Singh (Jun.01.2006~Jun.02.2006)	Discussion	1
						S. K. Mattoo (Jun.01.2006~Jun.02.2006)	Discussion	1
	MACEDONIA	Macedonian Academy of Sciences and Arts				Ratko Janev (Nov.01.2006~Feb.28.2007)	A&M data	1
	REPUBLIC OF KOREA	National Fusion R&D Center, Korea Basic Science Institute	KSTAR, steady state operation of high performance plasma, Hanbit	Mar. 6, '96		Jung Sik Yoon (May.31.2006~Jun.21.2006)	Atomic and molecular database	1
	RUSSIA	St.Petersburg State Technical University				Artem Kostrykov (Jul.08.2006~Jul.18.2006)	Lost-alpha ptl.	1
	SPAIN	Department of Physics, Universidad Carlos Iii De Madrid	MHD stability, compact stellarator design, plasma turbulence, edge transport barrier			Gonzalo Luis Garcia (Sep.04.2006~Dec.04.2006)	MHD theory	1
	UKRAINE	National Science Center of The Ukraine Kharkov Institute of Physics and Technology Institute of Plasma Physics	stellarator experiments and theory, quasi-stationary plasma accelerators	Oct. 7, '94		Alexander Shyshkin (Jun.22.2006~Dec.21.2006)	Helical reactor	1
	USA	Idaho National Laboratory Lawrence Berkeley National National High Magnetic Field Laboratory/Florida State University Oak Ridge National Laboratory (Ornl) Ut-Battelle, Llc Pacific Northwest National Princeton Plasma Physics Laboratory, Princeton University Harvard Univ University of California, Los Angeles				Thomas J. Dolan (Jul.12.2006~Jul.14.2006)	Helical reactor	1
						Richard More (Apr.06.2006~Apr.23.2006)	Ultra high density low temp. plasma	1
						Steven W. Van Sciver (Aug.07.2006~Aug.07.2006)	Lecture on super fluid helium	1
J. H. Harris (Sep.05.2006~Sep.17.2006)						Int. collaboration on exp. and theory of helical plasma	1	
Rick Kurtz (Jul.13.2006~Jul.13.2006)						Creep characteristics of vanadium alloy	1	
Hyeon Park (Jul.05.2006~Jul.07.2006)						Seminar	1	
Masayuki Ono (Apr.26.2006~Apr.26.2006)						Research collaboration, lecture	1	
Maria Ong (Jul.19.2006~Jul.21.2006)						Archives	1	
Sharon Traweek (Jul.19.2006~Jul.21.2006)	Archives	1						
H18 集計							34	
総計							357	

付属資料 2 受入派遣一覽

(資料 2 - 2 派遣)

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計		
H16	AUSTRALIA	RESEARCH SCHOOL OF PHYSICAL SCIENCES AND ENGINEERING, THE AUSTRALIAN NATIONAL UNIVERSITY	helical axis stellarator H-1 heliac, theory	May 8, '95	Masayuki Yokoyama (Mar.23.2005~Jan.23.2006)	theory	theory	1		
	AUSTRIA	INSTITUT FÜR THEORETISCHE PHYSIK ABTEILUNG FÜR PLASMAPHYSIK, TECHNISCHE UNIVERSITÄT INSTITUTE FOR THEORETICAL PHYSICS, UNIVERSITY OF INNSBRUCK	Theoretical plasma physics and numerical modelling							
	BRAZIL	LABORATÓRIO ASSOCIADO DE PLASMA (LAP), INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE)	basic plasma physics, plasma technology, ETE tokamak							
	CANADA	PLASMA PHYSICS LABORATORY, DEPARTMENT OF PHYSICS AND ENGINEERING PHYSICS, UNIVERSITY OF SASKATCHEWAN	STOR-M tokamak, theory, basic plasma physics							
	CHINA	GAS DISCHARGE AND PLASMA LABORATORY, DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING, and FUSION PHYSICS LABORATORY, DEPARTMENT OF PHYSICS, TSINGHUA UNIVERSITY	gas puff Z-pinch, plasma focus, nuclear physics for fusion			Akihide Fujisawa (Dec.15.2004~Dec.16.2004)	トラスプラズマの輸送理論・数値解析コードの開発および閉じ込め改善モードの研究	Joint research	1	
						Heiji Sanuki (Dec.15.2004~Dec.16.2004)	プラズマのMHDおよび微視的不安定性解析理論の研究	Joint research	1	
						Syuichi Yamada (Feb.22.2005~Feb.23.2005)	先進核融合炉に必要な超伝導要素技術の開発に関する研究打ち合わせ	Discussion	1	
		Institute for Nonferrous Metal Research, Xian				Nobuaki Noda (Oct.13.2004~Oct.17.2004)	核融合炉におけるプラズマ・壁相互作用と対向材料研究	Joint research	1	
		INSTITUTE OF PLASMA PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	HT-7U SC tokamak, HT-6M tokamak, RF heating, theory, fusion related			June 27, '92	Akihide Fujisawa (Dec.17.2004~Dec.18.2004)	トラスプラズマの輸送理論・数値解析コードの開発および閉じ込め改善モードの研究	Joint research	1
							Akio Sagara (Jul.28.2004~Jul.30.2004)	先進核融合炉の設計統合と要素工学の実証	Joint research	1
							Chusei Namba (Jul.21.2004~Jul.22.2004)	Coordinators' Meeting	Coordinators' Meeting	1
							Heiji Sanuki (Dec.17.2004~Dec.18.2004)	プラズマのMHDおよび微視的不安定性解析理論の研究	Joint research	1
							Kazuo Toi (Jun.09.2004~Jun.13.2004)	HT-7Uカマクにおける回転変分布制御実験、負磁気シニア配位実験	Joint research	1
							Kenji Tanaka (May.10.2004~May.15.2004)	高性能炉心プラズマ閉じ込めのための計測および制御法の開発	Joint research	1
							Osamu Motojima (Jul.21.2004~Jul.22.2004)	Coordinators' Meeting	Coordinators' Meeting	1
							Ryuichi Sakamoto (May.10.2004~May.15.2004)	高性能炉心プラズマ閉じ込めのための計測および制御法の開発	Joint research	1
							Syuichi Yamada (Feb.24.2005~Feb.25.2005)	先進核融合炉に必要な超伝導要素技術の開発に関する研究打ち合わせ	Discussion	1
							Takeo Muroga (Jul.28.2004~Jul.30.2004)	先進核融合炉の設計統合と要素工学の実証	Joint research	1
							Tetsuo Seki (Mar.14.2005~Mar.19.2005)	高性能炉心プラズマ閉じ込め・維持のための高度加熱法の開発	Joint research	1
							Tetsuo Watari (Jul.21.2004~Jul.22.2004)	Coordinators' Meeting	Coordinators' Meeting	1
	Tomohiro Morisaki (Dec.09.2004~Dec.16.2004)						高性能炉心プラズマ閉じ込めのための計測および制御法の開発	Joint research	1	
	SOUTHWESTERN INSTITUTE OF PHYSICS	HL-1M, HL-2A, divertor physics, confinement improvement, theory, fusion-fission hybrid, materila development				Akihide Fujisawa (Dec.20.2004~Dec.22.2004)	トラスプラズマの輸送理論・数値解析コードの開発および閉じ込め改善モードの研究	Joint research	1	
						Akio Sagara (Jul.25.2004~Jul.27.2004)	先進核融合炉の設計統合と要素工学の実証	Joint research	1	
Chusei Namba (Jul.23.2004~Jul.24.2004)						視察	Inspection	1		
Heiji Sanuki (Dec.20.2004~Dec.22.2004)						プラズマのMHDおよび微視的不安定性解析理論の研究	Joint research	1		
Hiroataka Chikaraishi (Mar.05.2005~Mar.10.2005)						先進核融合炉に必要な超伝導要素技術の開発に関する研究打ち合わせ	Discussion	1		

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計	
H16	CHINA	SOUTHWESTERN INSTITUTE OF PHYSICS	HL-1M, HL-2A, divertor		Osamu Motojima (Jul.23.2004~Jul.24.2004)	視察	Inspection	1	
					Takashi Shimozuma (Mar.21.2005~Mar.26.2005)	高性能炉心プラズマ閉じ込め・維持のための高度加熱法の開発	Joint research	1	
					Takeo Muroga (Jul.25.2004~Jul.27.2004)	先進核融合炉の設計統合と要素工学の実証	Joint research	1	
					Tetsuo Watari (Jul.23.2004~Jul.24.2004)	視察	Inspection	1	
		TECHNICAL INSTITUTE OF PHYSICS AND CHEMISTRY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES, The Institute of Applied Physics and Computational Mathematics, Beijing			Syuichi Yamada (Feb.26.2005~Feb.27.2005)	先進核融合炉に必要な超伝導要素技術の開発に関する研究打ち合わせ	Discussion	1	
	FRANCE	ASSOCIATION EURATOM-CEA, DÉPARTEMENT DE RECHERCHES SUR LA FUSION CONTRÔLÉE CEA/CADARACHE	SC tokamak Tore Supra, current drive and heating, ergodic divertor, PFC, JET EP project, ITER			Satoru Sakakibara (Sep.14.2004~Sep.19.2004)	データ妥当性に関するWS	Workshop	1
						Tokihiko Tokuzawa (Jul.03.2004~Jul.07.2004)	マイクロ波計測に関する研究打ち合わせ	Discussion	1
		CEA/CENTRE D'ÉTUDES DE SACLAY/DSM/DRECAM SERVICE DE CHIMIE MOLÉCULAIRE, LABORATOIRE CEA DE RADIOLYSE	irradiation experiment on water		Richard More (Dec.13.2004~Dec.19.2004)	高密度高温プラズマでの電気抵抗, 原子過程計算モデルについて研究打ち合わせ	Discussion	1	
		École Polytechnique, Palaiseau Cedex			Shinji Yoshimura (Oct.20.2004~Oct.23.2004)	プラズマホール電位構造と準中性条件の破れに関する研究打ち合わせ	Discussion	1	
		LABORATOIRE DE PHYSIQUE DES GAZ ET DES PLASMAS	atomic physics for fusion plasma, strongly correlated dense plasma, inertial						
アンリポワンカレ研究所			Motoshi Goto (Jun.20.2004~Jun.25.2004)	International Conference on Spectral Line Shapes	International conference attendance	1			
GERMANY	FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GmbH, EURATOM-ASSOCIATION	TEXTOR, pump limiter, Dynamic Ergodic Divertor, ECRH, ITER, JET, W7-X			Kazuo Toi (Mar.14.2005~Mar.20.2005)	TEXTOR共同研究	Joint research	1	
					Motoshi Goto (Dec.12.2004~Sep.28.2005)	TEXTOR実験, 2次元X線分光計測装	Joint research	1	
					Motoshi Goto (Jun.26.2004~Jun.30.2004)	TEXTOR実験, 2次元X線分光計測装	Joint research	1	
					Nobuaki Noda (Mar.16.2005~Mar.20.2005)	TEXTOR執行委員会		1	
					Satoshi Ohdachi (Jun.23.2004~Jun.26.2004)	高速接続X線カメラに関する研究打ち合わせ	Discussion	1	
					Satoshi Ohdachi (Mar.13.2005~Mar.19.2005)	高速接続X線カメラに関する研究打ち合わせ	Discussion	1	
	FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE TECHNIK UND UMWELT	ITER and long term technology, SC magnet, gyrotron, blanket, tritium, IFMIF, W7-X	Oct. 6 '05	Hiroe Igami (Mar.22.2005~Mar.22.2005)	W7-XのECH用ジャイロトロン, 伝送系, 入射システムの研究開発	Joint research	1		
	Osamu Motojima (Mar.23.2005~Mar.25.2005)	視察	Inspection	1					
	Toshiyuki Mito (Mar.22.2005~Mar.26.2005)	超伝導応用に関する研究打ち合わせ	Discussion	1					
	INSTITUT FÜR PLASMAFORSCHUNG, UNIVERSITÄT STUTTGART	ECRH, current drive, stabilization, processing		Hiroe Igami (Mar.20.2005~Mar.21.2005)	W7-XのECH用ジャイロトロン, 伝送系, 入射システムの研究開発		1		
	MAX PLANCK INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK (IPP)	ASDEX-Upgrade, advanced tokamak scenario, ITER, JET, W7-X, fusion power plant based on the stellarator concept	May 11, '93			Hiroe Igami (Mar.17.2005~Mar.19.2005)	ASDEX-Upgrade ECH	Joint research	1
						Hiroshi Yamada (Nov.06.2004~Nov.10.2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1
						Kimitaka Ito (Nov.11.2004~Nov.22.2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1
Masahiko Emoto (Mar.15.2005~Mar.21.2005)						W7-X データ収集システム調査	Research	1	
Masayuki Yokoyama (Aug.23.2004~Sep.02.2004)						各種ヘリカル系における新古典輸送特性と磁場構造因子との関連についての研究打ち合わせ	Discussion	1	
Naohiro Kasuya (Mar.05.2005~Mar.11.2005)						研究打ち合わせ	Discussion	1	
Yoshio Nagayama (Mar.15.2005~Mar.21.2005)						W7-X 技術評価委員会		1	
INDIA	INSTITUTE FOR PLASMA RESEARCH	ADITYA tokamak, SST 1			Ryuhei Kumazawa (Jan.29.2005~Feb.07.2005)	定常プラズマ研究打ち合わせ	Discussion	1	
					Shigeru Morita (Jan.22.2005~Jan.29.2005)	総研大留費留学生の面接		1	
					Takashi Muto (Jan.29.2005~Feb.07.2005)	定常プラズマ研究打ち合わせ	Discussion	1	

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計		
H16	INDIA	PLASMA PHYSICS DIVISION, SAHA INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS	SINP tokamak							
	ISRAEL	RACAH INSTITUTE OF PHYSICS THE HEBREW UNIVERSITY, JERUSALEM	plasma spectroscopy, plasma physics							
	ITALY	CONSORZIO RFX	RFX experiments and							
		ITALIAN AGENCY FOR NEW TECHNOLOGIES, ENERGY AND THE ENVIRONMENT (ENEA), NUCLEAR FUSION DIVISION, BRASIMONE				Takeo Muroga (Sep.26.2004~Oct.01.2004)	IEA液体ブランケットにおけるトリチウム管理と腐食挙動ワークショップ参加	Workshop	1	
	ITALY	ITALIAN AGENCY FOR NEW TECHNOLOGIES, ENERGY AND THE ENVIRONMENT (ENEA), NUCLEAR FUSION DIVISION, FRASCATI RESEARCH	FTU tokamak, theory, fusion engineering, RFX, Ignitor project.							
		ABDUS SALAM INTERNATIONAL CENTER FOR THEORETICAL PHYSICS				Naohiro Kasuya (Feb.28.2005~Mar.04.2005)	IAEA TM on the Theory of Plasma Instabilities	Joint research	1	
	NETHERLANDS	FOM-INSTITUTE FOR PLASMA PHYSICS "RIJNHUIZEN" ASSOCIATION EURATOM-FOM	small scale structures in tokamak, TEXTOR 94, ITER, free electron laser			Tetsuo Watari (Mar.01.2005~Mar.07.2005)	2nd IAEA TM on the Theory of Plasma Instabilities	Joint research	1	
	NORWAY	The Norwegian University of Science and Technology				Hideaki Miura (Jun.28.2004~Jul.04.2004)	10th European Turbulence	Joint research	1	
	PORTUGAL	CENTRO DE FUSÃO NUCLEAR INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO	ISTTOK tokamak, microwave reflectometry							
	REPUBLIC OF KOREA	APPLIED PLASMA LABORATORY, DEPARTMENT OF NUCLEAR ENGINEERING, HANYANG UNIVERSITY	plasma material interaction, plasma focus, plasma-wave interaction			Dajji Kato (Mar.21.2005~Mar.23.2005)	高密度プラズマでの輻射過程に関する共同研究	Joint research	1	
		KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	KAIST tokamak, simulation of micro-instabilities			Richard More (May.19.2004~May.19.2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1	
						Takako Kato (May.19.2004~May.19.2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1	
		Myong Ji University				Richard More (May.18.2004~May.18.2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1	
						Takako Kato (May.18.2004~May.18.2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1	
		NATIONAL FUSION R&D CENTER, KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE	KSTAR, steady state operation of high performance plasma, Hanbit			Mar. 6, '96	Akio Komori (Apr.20.2004~Apr.22.2004)	日韓核融合研究協力に関する専門家会合	Joint research	1
							Akio Komori (Aug.25.2004~Aug.27.2004)	Summer School for Diagnostics for Fusion Plasmas	Joint research	1
							Akio Komori (Nov.25.2004~Nov.26.2004)	日韓共同研究打ち合わせ	Discussion	1
							Byron J. Peterson (Apr.20.2004~Apr.22.2004)	日韓核融合研究協力に関する専門家会合	Joint research	1
							Byron J. Peterson (Aug.25.2004~Aug.28.2004)	Summer School for Diagnostics for Fusion Plasmas	Joint research	1
							Katsumi Ida (Aug.25.2004~Aug.28.2004)	Summer School for Diagnostics for Fusion Plasmas	Joint research	1
							Kazuo Kawahata (Aug.25.2004~Aug.28.2004)	Summer School for Diagnostics for Fusion Plasmas	Joint research	1
Kazuo Kawahata (Jul.06.2004~Jul.08.2004)							日韓核融合研究協力に関する専門家会合	Joint research	1	
Naoki Tamura (Aug.25.2004~Aug.28.2004)							Summer School for Diagnostics for Fusion Plasmas	Joint research	1	
Takashi Muto (Nov.25.2004~Nov.26.2004)							共同研究打ち合わせ	Discussion	1	
Takashi Obuchi (Aug.25.2004~Aug.28.2004)	Summer School for Diagnostics for Fusion Plasmas						Joint research	1		
Tsuyoshi Akiyama (Aug.25.2004~Aug.28.2004)	Summer School for Diagnostics for Fusion Plasmas						Joint research	1		
Yoshio Nagayama (Apr.20.2004~Apr.22.2004)					日韓核融合研究協力に関する専門家会合	Joint research	1			
					Yoshio Nagayama (Aug.25.2004~Aug.28.2004)	Summer School for Diagnostics for Fusion Plasmas	Joint research	1		
POHANG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY					Richard More (May.20.2004~May.22.2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1		
					Takako Kato (May.20.2004~May.22.2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1		
RUSSIA	A.F. IOFFE PHYSICO-TECHNICAL INSTITUTE OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES	TUMAN 3-M, FT-1, -2, RF heating and current drive, GLOBUS-M.								

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計	
H16	RUSSIA	BUDKER INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES	High power relativistic electron beam-dense plasma interaction, plasma heating and confinement		Yukihiko Tomita (Jul.02,2004~Jul.10,2004)	5th International Conference on Open	International conference attendance	1	
		INSTITUTE OF APPLIED PHYSICS, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES	plasma physics, high power electronics, gyrotron		Shin Kubo (May.16,2004~May.22,2004)	ECE, ECH	Joint research	1	
		KELDYSH INSTITUTE OF APPLIED MATHEMATICS, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES	Algorithms and computer simulation methods, inertial laser fusion, nonlinear phenomena						
		LEBEDEV PHYSICAL INSTITUTE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES	plasma physics on turbulence and anomalous transport		Chusei Namba (Jan.18,2005~Jan.23,2005)	原子分子に関する研究打ち合わせ	Discussion	1	
		MOSCOW STATE ENGINEERING PHYSICS INSTITUTE (TECHNICAL UNIVERSITY)	plasma-wall interaction, reactor engineering						
		PLASMA PHYSICS DEPARTMENT, PHYSICS AND TECHNOLOGY FACULTY, STATE TECHNICAL UNIVERSITY	pellet injection, plasma turbulence, boundary plasma						
		TROITSK INSTITUTE OF INNOVATIVE AND THERMONUCLEAR INVESTIGATIONS (TRINITI), DEPARTMENT OF PHYSICS OF TOKAMAKS AND REACTORS (OFTR)	T-11M, TSP, MHD instability, L-H transition, ICRF						
	SPAIN	DEPARTMENT OF PHYSICS, UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID	MHD stability, compact stellarator design, plasma turbulence, edge transport barrier						
		INSTITUTO SUPERIOR TECNICO			Naoko Ashikawa (Nov.07,2004~Nov.13,2004)	ITPA会議 SOL・ダイバータ		1	
					Shoichi Okamura (Nov.07,2004~Nov.09,2004)	ITPA会議ペステル部会		1	
					Yukio Nakamura (Nov.07,2004~Nov.12,2004)	ITPA		1	
		LABORATORIO NACIONAL DE FUSION POR CONFINAMIENTO MAGNETICO ASOCIACION EURATOM-CIEMAT CIEMAT	TJ-II heliac, plasma turbulence, confinement, low-Z coating, radiation effect, remote handling		Kenichi Nagaoka (Jul.04,2004~Jul.07,2004)	TJ-II heliac, NBI		1	
	環境エネルギー技術研究所			Shoichi Okamura (Nov.10,2004~Nov.13,2004)	HIBP 共同研究打ち合わせ	Discussion	1		
				Hiroshi Yamada (Oct.30,2004~Nov.03,2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1		
	SWEDEN	DEPARTMENT OF ELECTROMAGNETICS, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	plasma stability and transport, burning plasma physics, stellarator physics						
		DIVISION OF FUSION PLASMA PHYSICS, ALFVÉN LABORATORY, ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY	EXTRAP reversed field pinch, turbulence and transport, edge plasma physics, theory on ICRF, current drive, and edge						
	SWITZERLAND	ASSOCIATION EURATOM - CONFEDERATION SUISSE CENTRE DE RECHERCHES EN PHYSIQUE DES PLASMAS, ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE	TCV tokamak, ECRH, PWI, theory and modeling on equilibrium and stability, RF heating and current drive, fusion technology			Hiroe Igami (Mar.23,2005~Mar.26,2005)	TCV tokamak のECHを用いた物理実験について		1
	THE CZECH REPUBLIC	INSTITUTE OF PLASMA PHYSICS, ACADEMY OF SCIENCES OF THE CZECH REPUBLIC, ASSOCIATION EURATOM/IPP.CR	CASTOR experiment and theory, pulsed system, PALS						
		INSTITUTE OF THEORETICAL PHYSICS, CHARLES UNIVERSITY PRAGUE				Takako Kato (Jun.26,2004~Jun.30,2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1
	UKRAINE	BOGOLYUBOV INSTITUTE FOR THEORETICAL PHYSICS, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE	Plasma theory and simulation on edge plasma, instabilities, plasma-wave interaction, transport						
		NATIONAL SCIENCE CENTER OF THE UKRAINE KHARKOV INSTITUTE OF PHYSICS AND TECHNOLOGY INSTITUTE OF PLASMA PHYSICS	stellarator experiments and theory, quasi-stationary plasma accelerators		Oct. 7, '94	Rostyslav O. Pavlichenko (Oct.30,2004~Nov.09,2004)	マイクロ波イメージング		1
SCIENTIFIC CENTRE "INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH"		theory on tokamak, ST, optimized stellarator							

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計		
H16	UNITED KINGDOM	CLRC CENTRAL LASER FACILITY, RUTHERFORD APPLETON LABORATORY	Central Laser Facility (Vulcan and Astra), high intensity interaction phenomena		Akihide Fujisawa (Jun.26,2004~Jul.04,2004)	31th EPS	International conference attendance	1		
					Katsuji Ichiguchi (Jun.27,2004~Jul.03,2004)	31th EPS	International conference attendance	1		
					Kenichi Nagaoka (Jun.27,2004~Jul.03,2004)	31th EPS	International conference attendance	1		
					Satoru Sakakibara (Jun.27,2004~Jul.04,2004)	31th EPS	International conference attendance	1		
					Satoshi Ohdachi (Jun.27,2004~Jul.03,2004)	31th EPS	International conference attendance	1		
					Shin Goto (Jun.01,2003~May.31,2004)	文部科学省在外研究員		1		
					Takashi Obuchi (Jun.27,2004~Jul.03,2004)	31th EPS	International conference attendance	1		
					Tokihiko Tokuzawa (Jun.27,2004~Jul.02,2004)	31th EPS	International conference attendance	1		
					Yoshiro Narushima (Jun.27,2004~Jul.04,2004)	31th EPS	International conference attendance	1		
					UKAEA CULHAM SCIENCE CENTRE: EURATOM/UKAEA FUSION ASSOCIATION	MAST, COMPASS, JET, theory and modeling		Byron J. Peterson (Mar.12,2005~Mar.20,2005)	ITPA計測グループ会合	
					Masaki Nishiura (Mar.13,2005~Mar.19,2005)	8th Meeting of the ITPA TG on Diagnostics		1		
					Osamu Motojima (Apr.17,2004~Apr.20,2004)	ITER専門家会合		1		
		USA		COURANT INSTITUTE OF MATHEMATICAL SCIENCES, NEW YORK UNIVERSITY Department of Physics, University of California, San Diego	fusion plasma science, MHD theory, turbulent modeling, RF wave propagation, pellet ablation					
EPARTMENT OF PHYSICS, UNIVERSITY OF COLORADO	plasma computation, turbulence modeling					Kimataka Ito (Aug.07,2004~Aug.18,2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1	
FUSION ENGINEERING LABORATORY, SCHOOL OF NUCLEAR ENGINEERING, PURDUE UNIVERSITY	plasma engineering study, blanket									
FUSION SCIENCE & TECHNOLOGY CENTER, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, LOS ANGELES	Fusion engineering					Akio Sagara (Feb.06,2005~Feb.12,2005)	JUPITER- II 計画運営委員会		1	
						Chusei Namba (Feb.06,2005~Feb.12,2005)	JUPITER- II 計画運営委員会		1	
						Hideo Sugama (Nov.12,2004~Nov.14,2004)	核融合研究の現状および施設の調査		1	
						Osamu Motojima (Feb.06,2005~Feb.09,2005)	JUPITER- II 計画運営委員会		1	
						Takeo Muroga (Feb.06,2005~Feb.12,2005)	JUPITER- II 計画運営委員会		1	
GENERAL ATOMICS	DIII-D, heating and current drive, theory and computational science, RWM, transport barrier, fusion technology, inertial fusion technology,					Hideo Sugama (Nov.10,2004~Nov.11,2004)	核融合研究の現状および施設の調査		1	
						Kimataka Ito (Aug.09,2004~Aug.09,2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1	
						Masaki Nishiura (Apr.20,2004~Apr.24,2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1	
Idaho National Laboratory						Osamu Motojima (May.19,2004~May.20,2004)	視察		1	
						Takeo Muroga (May.19,2004~May.22,2004)	訪問, 打ち合わせ	Discussion	1	
INSTITUTE FOR FUSION STUDIES, THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA	fusion theory (COE),	JIFT, Mar. 6, '06	Seiji Ishiguro (Nov.08,2004~Dec.03,2004)	日米 研究者派遣			1			
				Richard More (Oct.27,2004~Oct.31,2004)	Laser-matter interaction plasmas		1			

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計	
H16	USA	LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, MCF	DIII-D collaboration, modeling, R&D for ITER, SSPX			Osamu Motojima (Feb.03.2005~Feb.04.2005)	視察および研究者意見交換	1	
						Richard More (Jul.21.2004~Jul.31.2004)	高密度プラズマでの原子過程について研究打ち合わせ	Discussion	1
						Richard More (Nov.03.2004~Nov.09.2004)	Laser-matter interaction plasmas		1
						Richard More (Oct.20.2004~Oct.23.2004)	Laser-matter interaction plasmas		1
		LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, NIFCF	NIF programs directorate						
			NIF, target physics, target design, target fabrication, laser performance, NOVA, Trident laser						
		LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY, ICF							
		Microwave Processing and Engineering Centre, University of Pennsylvania, Philadelphia				Motoyasu Sato (Nov.12.2004~Nov.19.2004)	Microwave Processing of Metallic Powders for Fusion Applications		1
		National Institute of Standards and Technology				Daiji Kato (Feb.19.2005~Feb.24.2005)	EUV光源および核融合周辺プラズマ中の原子過程データの評価に関する研究打ち合わせ	Discussion	1
		NAVAL RESEARCH LABORATORY	basic and applied research in plasma physics						
		OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY (ORNL) UT-BATTELLE, LLC	nearly all areas of magnetic fusion research, economical and environmentally attractive energy source, ITER	Mat 25, '06	Mitsutaka Isobe (Nov.20.2004~Nov.26.2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1	
					Takeo Muroga (Feb.03.2005~Feb.05.2005)	共同研究打ち合わせ	Discussion	1	
					Takeo Muroga (May.23.2004~May.26.2004)	JUPITER-II 打ち合わせ	Discussion	1	
					Takuya Nagasaka (Jul.25.2004~Aug.22.2004)	Creep properties of vanadium alloys and impurity transfer in Li		1	
					Tetsuo Ozaki (Apr.15.2004~Apr.16.2004)	研究打ち合わせ	Discussion	1	
		PLASMA DYNAMICS LABORATORY, RENSSELAER POLYTECHNIC INSTITUTE, ECSE DEPARTMENT	HIBP(for ATF, TEXT)						
		PLASMA PHYSICS LABORATORY DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS AND APPLIED MATHEMATICS COLUMBIA UNIVERSITY							
		PLASMA PHYSICS LABORATORY, DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS AND APPLIED MATHEMATICS, COLUMBIA UNIVERSITY	High Beta Tokamak Experiment (HBT-EP), LDX, Columbia Linear Mirror Experiment, theory, NSTX, DIII-D						
		PLASMA SCIENCE AND FUSION CENTER, MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY	ALCATOR C-Mod, VTF, LDX, novel diagnostics, basic laboratory and ionospheric plasma physics experiment, fusion technology, environment		Hideya Nakanishi (Jun.08.2004~Jul.07.2004)	Study for Data Mining Method from Huge Diagnostic Waveform Database		1	
					Hideya Nakanishi (Mar.10.2005~Mar.26.2005)	データベース検索法に関する研究打ち合わせ	Discussion	1	
					Nagato Yanagi (Oct.09.2004~Oct.15.2004)	日米ワークショップ	Workshop	1	
					Naohiro Kasuya (Nov.11.2004~Nov.13.2004)	ALCATOR C-Mod 研究打ち合わせ	Discussion	1	
					Naoko Ashikawa (May.29.2004~Jun.03.2004)			1	
					Osamu Motojima (May.21.2004~May.21.2004)	視察		1	
					Toshiyuki Mito (Oct.09.2004~Oct.15.2004)	日米ワークショップ	Workshop	1	
		PRINCETON PLASMA PHYSICS LABORATORY, PRINCETON UNIVERSITY	NSTX, NCSX, VDX-U, MRX, fusion physics and advanced computing, DIII-D, Alcator C-Mod, JET, JT-60U, LHD, FIRE, ITER	Mar. 3, '06	Akio Komori (Aug.04.2004~Aug.06.2004)	視察		1	
Hideo Sugama (Nov.07.2004~Nov.09.2004)	核融合研究の現状および施設の調査					1			
Hiroaki Ohtani (Nov.13.2004~Dec.12.2004)	無衝突駆動型磁気リコネクションのシミュレーション研究(日米 JIFT)					1			

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計	
H16	USA	PRINCETON PLASMA PHYSICS LABORATORY, PRINCETON UNIVERSITY	NSTX, NCSX, VDX-U, MRX, fusion physics and	Mar. 3, '06	Kazuo Kawaharta (Mar.19.2005~Mar.25.2005)	2波長レーザーを用いた偏光計測法の調査研究		1	
					Kohzo Yamazaki (Nov.20.2004~Nov.25.2004)	MHDの制御に関する研究打ち合わせ	Discussion	1	
					Naoki Tamura (Nov.20.2004~Nov.28.2004)	VUV Imaging Study for the Tracer-Encapsulated Pellet Injection Diagnostic (TESPEL), J → US		1	
					Shoichi Okamura (Feb.22.2005~Mar.05.2005)	Compact High Beta Herikal		1	
					Tsuyoshi Akiyama (Mar.19.2005~Mar.25.2005)	干渉偏光計に関する研究打ち合わせ	Discussion	1	
		SANDIA NATIONAL LABORATORIES, MAGNETIC FUSION ENERGY PROGRAM	fusion technology			Daiji Kato (Feb.16.2005~Feb.19.2005)	第一原理分子動力学コードを用いた材料研究		1
						Richard More (Oct.24.2004~Oct.26.2004)	Laser-matter interaction plasmas		1
						Yoshihiko Hirooka (May.26.2004~May.31.2004)	Pulsed-power ion beam radiation behavior of selected candidate materials for wet chamber walls for IFE reactors		1
		School of Physical Sciences, University of California, Irvine				Osamu Yamagishi (Feb.20.2005~Feb.27.2005)	Workshop on Plasma Turbulence		1
		School of Physics and astronomy, University of Minnesota				Motohiko Tanaka (Sep.21.2004~Oct.01.2004)	分子物質における静電効果の研究		1
	UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY	Inertial fusion reactor design, Spheromak, Simulation, RF heating			Osamu Motojima (Feb.05.2005~Feb.05.2005)	視察および研究者意見交換	Workshop	1	
					Takeo Muroga (Jul.12.2004~Jul.16.2004)	MHD Coating Workshop	Workshop	1	
					Teruya Tanaka (Jul.12.2004~Jul.16.2004)	MHD Coating Workshop	Workshop	1	
University of California, Santa Barbara				Takeo Muroga (Feb.09.2005~Feb.09.2005)	共同研究打ち合わせ	Discussion	1		
YUGOSLAVIA	INSTITUTE OF PHYSICS	transport theory, AM data							
H16 集計								152	
H17	AUSTRALIA	RESEARCH SCHOOL OF PHYSICAL SCIENCES AND ENGINEERING, THE AUSTRALIAN NATIONAL UNIVERSITY	helical axis stellarator H-1 heliac, theory	May 8, '95	Masayuki Yokoyama (Mar.23.2005~Jan.23.2006)	プラズマ乱流中での構造形成・状態遷移にともなう改善閉じ込めと磁場構造との相関に関する理論研究		1	
	AUSTRIA	INSTITUT FÜR THEORETISCHE PHYSIK ABTEILUNG FÜR PLASMAPHYSIK, TECHNISCHE UNIVERSITÄT	Theoretical plasma physics and numerical modelling						
		INSTITUTE FOR THEORETICAL PHYSICS, UNIVERSITY OF INNSBRUCK	theory and simulation						
		VIENNA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY				Hitoshi Tamura (Sep.10.2005~Sep.17.2005)	7th European Conference on Applied Superconductivity		1
						Shuichi Yamada (Sep.09.2005~Sep.17.2005)	7th European Conference on Applied Superconductivity		1
	BRAZIL	LABORATÓRIO ASSOCIADO DE PLASMA (LAP), INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE)	basic plasma physics, plasma technology, ETE tokamak						
	CANADA	PLASMA PHYSICS LABORATORY, DEPARTMENT OF PHYSICS AND ENGINEERING PHYSICS, UNIVERSITY OF SASKATCHEWAN	STOR-M tokamak, theory, basic plasma physics						
	CHINA	Donghua University	INSTITUTE OF PLASMA PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	HT-7U SC tokamak, HT-6M tokamak, RF heating, theory, fusion related	June 27, '92	Naoko Ashikawa (Jan.08.2006~Jan.12.2006)	研究打ち合わせ	Discussion	1
						Arata Nishimura (Oct.30.2005~Nov.05.2005)	超伝導要素技術の開発研究		1
						Heiji Sanuki (May.22.2005~May.25.2005)	プラズマのMHDおよび微視的不安定性解析理論の研究		1
						Katuyoshi Tsumori (Jul.26.2005~Jul.30.2005)	拠点大学方式日中協力事業セミナー		1
						Kazuo Toui (Jul.26.2005~Jul.30.2005)	拠点大学方式日中協力事業セミナー		1
						Kenji Saitou (Feb.27.2006~Mar.04.2006)	HT-7およびEAST用ICRF加熱機器の研究		1
Kenji Tanaka (Jul.26.2005~Jul.30.2005)						拠点大学方式日中協力事業セミナー		1	
						トラスプラズマの輸送理論・数値解析コードの開発および閉じ込め改善モードの研究		1	
Kitataka Ito (May.22.2005~May.25.2005)								1	
Naoko Ashikawa (Jan.13.2006~Jan.14.2006)						ITPA SOL/Div 研究会		1	
Ryuhei Kumazawa (Jul.26.2005~Jul.30.2005)						拠点大学方式日中協力事業セミナー		1	
Satoshi Ohdachi (Jul.26.2005~Jul.30.2005)	拠点大学方式日中協力事業セミナー		1						
Shigeru Morita (Jul.26.2005~Jul.30.2005)	拠点大学方式日中協力事業セミナー		1						

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計	
H17	CHINA	INSTITUTE OF PLASMA PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	HT-7U SC tokamak, HT-6M tokamak, RF heating, theory, fusion related technology	June 27, '92	Tetsuo Watari (Jul.26,2005~Jul.31,2005)	拠点大学方式日中協力事業セミナー Production and Steady Confinement of High Performance Plasmas in Magnetic Confinement System		1	
					Tomohiro Morisaki (Jul.26,2005~Jul.30,2005)	拠点大学方式日中協力事業セミナー		1	
					Yukihiro Tomita (Jul.26,2005~Jul.30,2005)	拠点大学方式日中協力事業セミナー		1	
		Research Centre of Laser Fusion, CAEP,			Hitoshi Sakagami (Oct.12,2005~Oct.14,2005)	慣性核融合のプラズマの理論・シミュレーション		1	
		SOUTHWESTERN INSTITUTE OF PHYSICS	HL-1M, HL-2A, divertor physics, confinement improvement, theory, fusion-fission hybrid, materila development		Heiji Sanuki (May.26,2005~May.28,2005)	プラズマのMHDおよび微視的不安定性解析理論の研究		1	
					Kimitaka Ito (May.26,2005~May.28,2005)	トラスプラズマの輸送理論・数値解析コードの開発および閉じ込め改善モードの研究		1	
	Zhejiang University 応用物理計算数学研究所			Tomohiko Watanabe (Aug.29,2005~Sep.04,2005)	4th Workshop on Nonlinear Plasma Sciences		1		
	INSTITUTE OF APPLIED PHYSICS AND COMPUTATIONAL MATHEMATICS			Ritoku Horiuchi (Oct.06,2005~Oct.06,2005)	複雑性プラズマにおける自己組織化の研究		1		
	FRANCE	ASSOCIATION EURATOM-CEA, DÉPARTEMENT DE RECHERCHES SUR LA FUSION CONTRÔLÉE CEA/CADARACHE	SC tokamak Tore Supra, current drive and heating, ergodic divertor, PFC, JET EP project, ITER						
				French Atomic Energy Commission (CEA) /Saclay (Essonne), Cadarache, Grenoble		Shinji Hamaguchi (2005/9/26 2005/10/26 2006/1/23~2005/10/11 2005/11/18 2006/3/24)	超伝導ヘリウムの非定常熱物質輸送特性に関する研究		1
				GRAND ACCELERATEUR NATIONAL D'IONS LOURDS (GANIL)		Katsuyoshi Tsumori (Sep.11,2005~Sep.18,2005)	11th International Conference on Ion Sources		1
				LABORATOIRE DE PHYSIQUE DES GAZ ET DES PLASMAS	atomic physics for fusion plasma, strongly correlated dense plasma, inertial				
GERMANY	Deutschen Elektronen-Synchrotrons (DESY)				Shinji Hamaguchi (Nov.20,2005~Nov.25,2005)	大型超伝導マグネット冷却システムと超流動冷却キャビティに関する調査		1	
		FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GmbH, EURATOM-ASSOCIATION	TEXTOR, pump limiter, Dynamic Ergodic Divertor, ECRH, ITER, JET, W7-X		Motoshi Goto (Dec.12,2004~Sep.28,2005) Yukihiro Tomita (Oct.16,2005~Oct.21,2005)	TEXTOR実験 10th Plasma Edge Theory Workshop		1 1	
	FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE TECHNIK UND UMWELT	ITER and long term technology, SC magnet, gyrotron, blanket, tritium, IFMIF, W7-X		Oct. 6 '05	Akemi Kato (Mar.02,2006~Mar.03,2006)	ジャイロトロン管導入のため情報収集		1	
					Hitoshi Tamura (Mar.07,2006~Mar.16,2006)	HTS電流リードとダイポールマグネットに関する打合せ	Discussion	1	
					Kohji Okada (Mar.02,2006~Mar.03,2006)	ジャイロトロン管導入のため情報収集		1	
					Motoyasu Sato (Sep.09,2005~Sep.11,2005)	Japan-Germany Research Coordination on Microwave		1	
					Osamu Motojima (Oct.06,2005~Oct.07,2005)	学術交流協定調印式		1	
					Shinji Hamaguchi (2005/10/12 2005/12/13~2005/10/14 2006/1/20)	間接冷却コイルに関する設計研究の実施		1	
					Shinji Hamaguchi (Dec.13,2005~Jan.20,2006)	大学教育の国際化推進プログラム		1	
					Takashi Muto (Mar.02,2006~Mar.05,2006)	Gyrotrons 研究者交流の打ち合わせ (国際的研究拠点形成事業)	Discussion	1	
					Takashi Shimozuma (Mar.02,2006~Mar.05,2006)	Gyrotrons 研究者交流の打ち合わせ (国際的研究拠点形成事業)	Discussion	1	
					Tatsuhiko Uda (Feb.07,2006~Feb.12,2006)	トリチウム水の濃縮分離研究		1	
Yamato Asakura (Feb.07,2006~Feb.11,2006)	トリチウム水の濃縮分離研究		1						

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計				
H17	GERMANY	MAX PLANCK INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK (IPP)	ASDEX-Upgrade, advanced tokamak scenario, ITER, JET, W7-X, fusion power plant based on the stellarator concept	May 11, '93	Akemi Kato (Feb.26.2006~Mar.01.2006)	ジャイロトロン管導入のため情報収集		1				
					Kohji Okada (Feb.26.2006~Mar.01.2006)	ジャイロトロン管導入のため情報収集		1				
					Masahiro Kobayashi (Sep.25.2005~Mar.25.2006)	ITER Joint Work		1				
					Masaki Osakabe (Mar.19.2006~Mar.23.2006)	国際研究拠点形成事業打合せ (ステラレータにおける高エネルギー閉じ込めに関する共同研究および研究者交流打ち合わせ)	Discussion	1				
					Osamu Kaneko (Nov.01.2005~Nov.05.2005)	核融合大型設備の調査		1				
					Osamu Motojima (Feb.25.2006~Feb.27.2006)	視察・情報交換		1				
					Shoichi Okamura (Oct.04.2005~Oct.07.2005)	視察		1				
					Takako Kato (Jun.15.2005~Jun.19.2005)	Atomic and Molecular Data Research		1				
					Takako Kato (Nov.16.2005~Nov.20.2005)	Atomic and Molecular Data Research		1				
					Takashi Muto (Feb.25.2006~Mar.01.2006)	Gyrotrons 研究者交流の打ち合わせ (国際的研究拠点形成事業)	Discussion	1				
					Takashi Shimozuma (Feb.25.2006~Mar.01.2006)	Gyrotrons 研究者交流の打ち合わせ (国際的研究拠点形成事業)	Discussion	1				
					Tokihiko Tokuzawa (May.07.2005~May.14.2005)	7th International Reflectometry Workshop for Fusion plasma Diagnostics (IRW7), ITPA 反射計SWG 第7回国際反射計ワークショップ	Workshop	1				
					Yasuhiro Suzuki (Sep.30.2005~Mar.31.2006)	高ベータMHD平衡の磁気面構造最適		1				
					Zhenyu Yao (Feb.15.2006~Feb.25.2006)	絶縁性酸化物被覆の試作開発		1				
					Muegge Electronic GmbH				Motoyasu Sato (Sep.07.2005~Sep.08.2005)	915MHz発振器仕様の打合せ	Discussion	1
					TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN				Hirokata Chikaraishi (Sep.11.2005~Sep.16.2005)	11th European Conference for Power Electronics and Applications		1
					HUNGARY	Hungarian Academy of Sciences				Hideya Nakanishi (Jul.10.2005~Aug.01.2005)	5th IAEA Technical Meeting on Control, Data Acquisition, and Remote Participation for Fusion Research, 大型実験における臨場感ある遠隔実験技術の研究と遠隔教育	
Masahiko Emoto (Jul.10.2005~Jul.17.2005)	5th IAEA Technical Meeting on Control, Data Acquisition, and Remote Participation for Fusion		1									
Masaki Ohsuna (Jul.11.2005~Jul.17.2005)	制御・データ処理・遠隔実験に関する技術会議		1									
Shigeru Sudo (Jul.11.2005~Jul.17.2005)	5th IAEA Technical Meeting on Control, Data Acquisition, Remote Participation for Fusion Research		1									
INDIA		BHARAT HEAVY ELECTRICALS LIMITED PLASMA PHYSICS DIVISION, SAHA INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS	SINP tokamak		Motoyasu Sato (Feb.04.2006~Feb.06.2006)	Microwave Technology for Materials Processing, Industrial and Commercial Application		1				
ISRAEL		RACAH INSTITUTE OF PHYSICS THE HEBREW UNIVERSITY, JERUSALEM	plasma spectroscopy, plasma physics									
ITALY		CONSORZIO RFX	RFX experiments and									
		Istituto Gas Ionizzati, The National Research Council (CNR)			Yasyhiko Takeiri (May.08.2005~May.15.2005)	負イオン方式NBIに関するIAEA専門会議		1				
		ITALIAN AGENCY FOR NEW TECHNOLOGIES, ENERGY AND THE ENVIRONMENT (ENEA), NUCLEAR FUSION DIVISION, FRASCATI RESEARCH	FTU tokamak, theory, fusion engineering, RFX, Ignitor project.									
	モデナ大学 MODENA UNIVERSITY				Akihiro Matsubara (Sep.11.2005~Sep.16.2005)	第10回マイクロ波および高周波による加熱に関する会議	International conference attendance	1				
NETHERLANDS		FOM-INSTITUTE FOR PLASMA PHYSICS "RIJNHUIZEN" ASSOCIATION EURATOM-FOM	small scale strutures in tokamak, TEXTOR 94, ITER, free electron laser									

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計		
H17	RUSSIA	TROITSK INSTITUTE OF INNOVATIVE AND THERMONUCLEAR INVESTIGATIONS (TRINITI), DEPARTMENT OF PHYSICS OF TOKAMAKS AND REACTORS (OFTR)	T-11M, TSP, MHD instability, L-H transition, ICRF							
	SPAIN	DEPARTMENT OF PHYSICS, UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID	MHD stability, compact stellarator design, plasma turbulence, edge transport barrier							
		LABORATORIO NACIONAL DE FUSION POR CONFINAMIENTO MAGNETICO ASOCIACION EURATOM-CIEMAT CIEMAT	TJ-II heliac, plasma turbulence, confinement, low-Z coating, radiation effect, remote handling				15th International Stellarator Workshop		1	
							Akio Komori (Oct.02,2005~Oct.09,2005)		1	
							Gontcharov Pavel (Oct.01,2005~Oct.10,2005)	15th International Stellarator	1	
							Hideaki Miura (Oct.02,2005~Oct.09,2005)	15th International Stellarator	1	
							Hiroshi Yamada (Oct.01,2005~Oct.09,2005)	15th International Stellarator	1	
							Jyunichi Miyazawa (Oct.02,2005~Oct.09,2005)	15th International Stellarator	1	
							Kenji Tanaka (Oct.02,2005~Oct.09,2005)	15th International Stellarator	1	
							Masaki Osakabe (Mar.15,2006~Mar.18,2006)	拠点形成事業打合せ	Discussion	1
							Mitsutaka Isobe (Oct.02,2005~Oct.09,2005)	15th International Stellarator		1
								15th International Stellarator Workshop,		
							Noriyoshi Nakajima (Oct.02,2005~Oct.13,2005)	IAEA Technical Meeting on		1
							Osamu Motojima (Oct.01,2005~Oct.05,2005)	15th International Stellarator		1
							Satoru Sakakibara (Oct.02,2005~Oct.09,2005)	15th International Stellarator		1
						Shoichi Okamura (Oct.01,2005~Oct.04,2005)	15th International Stellarator		1	
						Suguru Masuzaki (Oct.02,2005~Oct.09,2005)	15th International Stellarator		1	
						Takashi Shimozuma (Oct.02,2005~Oct.09,2005)	15th International Stellarator		1	
						Tetsuo Seki (Oct.02,2005~Oct.09,2005)	15th International Stellarator		1	
						Tomohiro Morisaki (Oct.02,2005~Oct.09,2005)	15th International Stellarator		1	
	SWEDEN	DEPARTMENT OF ELECTROMAGNETICS, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	plasma stability and transport, burning plasma physics, stellarator physics							
DIVISION OF FUSION PLASMA PHYSICS, ALFVÉN LABORATORY, ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY		EXTRAP reversed field pinch, turbulence and transport, edge plasma physics, theory on ICRF, current drive, and edge								
SWITZERLAND	European Laboratory for Particle Physics (CERN)				Shinji Hamaguchi (Oct.17,2005~Oct.21,2005)	LHC, ATLAS, CMS の冷却システムと低温排気圧縮機に関する調査研究		1		
	LINDE-KCA-DRESDEN GMBH				Shinji Hamaguchi (Nov.27,2005~Nov.28,2005)	ヘリウム液化冷凍装置の調査と低温排気圧縮機の制御に関する議論		1		
THE CZECH REPUBLIC	INSTITUTE OF PLASMA PHYSICS, ACADEMY OF SCIENCES OF THE CZECH REPUBLIC, ASSOCIATION EURATOM/IPP.CR	CASTOR experiment and theory, pulsed system, PALS								
UKRAINE	BOGOLYUBOV INSTITUTE FOR THEORETICAL PHYSICS, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE	Plasma theory and simulation on edge plasma, instabilities, plasma-wave interaction, transport								
	SCIENTIFIC CENTRE "INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH"	theory on tokamak, ST, optimized stellarator								
UNITED KINGDOM	PLASMA PHYSICS GROUP, DEPARTMENT OF PHYSICS, IMPERIAL COLLEGE OF SCIENCE, TECHNOLOGY & MEDICINE, UNIVERSITY OF LONDON	fundamental plasma physics, VALCAN and ASTRA laser for laser-plasma interaction, JET,			Osamu Motojima (Oct.08,2005~Oct.11,2005)	視察		1		
	UKAEA CULHAM SCIENCE CENTRE: EURATOM/UKAEA FUSION ASSOCIATION	MAST, COMPASS, JET, theory and modeling			Osamu Kaneko (Oct.29,2005~Oct.31,2005)	視察・意見交換		1		
USA	COLORADO SCHOOL OF MINES, GOLDEN, COLORADO				Byron J.Peterson (Oct.31,2005~Nov.02,2005)	核融合炉の損失アルファ計測に関する研究打ち合わせ	Discussion	1		
	COURANT INSTITUTE OF MATHEMATICAL SCIENCES, NEW YORK UNIVERSITY	fusion plasma science, MHD theory, turbulent modeling, RF wave propagation, pellet ablation								

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計	
H17	USA	EPARTMENT OF PHYSICS, UNIVERSITY OF COLORADO	plasma computation, turbulence modeling						
		FUSION ENGINEERING LABORATORY, SCHOOL OF NUCLEAR ENGINEERING, PURDUE UNIVERSITY	plasma engineering study, blanket						
		FUSION RESEARCH CENTER, THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN	Alcator C-MOD, DIII-D, NCSX, QPS, drift wave turbulence			Hideo Sugama (Jan.29.2006~Feb.04.2006) Hiroshi Yamada (Mar.05.2006~Mar.08.2006) Osamu Motojima (Mar.05.2006~Mar.08.2006)	核融合理論の宇宙プラズマへの応用に関する研究打ち合わせ 学術交流協定調印式 学術交流協定調印式	Discussion	1 1 1
		GENERAL ATOMICS	DIII-D, heating and current drive, theory and computational science, RWM, transport barrier, fusion technology, inertial fusion technology,			Hiroshi Hayashi (Feb.21.2006~Mar.01.2006) Tatsuhiko Uda (Feb.21.2006~Mar.01.2006)	研究施設を安全面から視察 研究施設を安全面から視察		1 1
		INSTITUTE FOR FUSION STUDIES, THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN	fusion theory (COE),	JIFT, Mar. 6, '06	Hideaki Miura (Jan.25.2006~Mar.10.2006) Hideo Sugama (Jan.29.2006~Feb.04.2006) Hiroshi Yamada (Mar.05.2006~Mar.06.2006) Hitoshi Sakagami (Oct.26.2005~Nov.02.2005) Osamu Motojima (Mar.04.2006~Mar.08.2006) Tomohiko Watanabe (Jan.29.2006~Feb.04.2006)	MHDシミュレーション研究 核融合理論の宇宙プラズマへの応用 学術交流協定締結 超高強度レーザープラズマの理論シミュレーションに関する日米WSに参 視察・情報交換 核融合理論の宇宙プラズマへの応用に関する研究打ち合わせ		1 1 1 1 1 1	
		INSTITUTE OF PLASMA AND FUSION RESEARCH, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, LOS ANGELES	basic plasma experiment, laser particle accelerator, theory and simulation, fusion science and	Nov., '06	Keisuke Matsuoka (Dec.11.2005~Dec.13.2005) Teruya Tanaka (Nov.06.2005~Dec.05.2005) Yukihiko Tomita (Dec.11.2005~Dec.13.2005)	Archiving of the early days' nuclear fusion research in US and Japan 3次元輸送計算システムの高度化に関する研究 Archiving of the early days' nuclear fusion research in US and Japan		1 1 1	
		LABORATORY FOR LASER ENERGETICS, UNIVERSITY OF ROCHESTER	OMEGA, laser fusion engineering, theory		Hiroshi Hayashi (Feb.21.2006~Mar.01.2006) Tatsuhiko Uda (Feb.21.2006~Mar.01.2006)	研究施設を安全面から視察 研究施設を安全面から視察		1 1	
		LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, MCF	DIII-D collaboration, modeling, R&D for ITER, SSPX		Richard More (Jun.01.2005~Jun.05.2005)	高密度プラズマからのEUV放射に関する物性		1	
		LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, NIFCF	NIF programs directorate						
		LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY, ICF	NIF, target physics, target design, target fabrication, laser performance, NOVA, Trident laser						
		National Astronomical Observatory of Japan, Hawaii Observatory			Motohiko Tanaka (Dec.17.2005~Dec.17.2005)	Visiting The Subaru Telescope Base Facility		1	
		NAVAL RESEARCH LABORATORY	basic and applied research in plasma physics						
		OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY (ORNL) UT-BATTELLE, LLC	nearly all areas of magnetic fusion research, economical and environmentally attractive energy source, ITER	Mat 25, '06	Hiroshi Hayashi (Feb.21.2006~Mar.01.2006) Katsuji Ichiguchi (Jun.08.2005~Jun.29.2005) Takeo Muroga (Sep.19.2005~Sep.24.2005) Tatsuhiko Uda (Feb.21.2006~Mar.01.2006)	研究施設を安全面から視察 Nonlinear MHD Anarysis of LHD Plasmas バナジウム合金の照射後実験 研究施設を安全面から視察		1 1 1 1	
		PLASMA DYNAMICS LABORATORY, RENSSLAER POLYTECHNIC INSTITUTE, ECSE DEPARTMENT	HIBP(for ATF, TEXT)						

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計			
H17	USA	PLASMA PHYSICS LABORATORY DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS AND APPLIED MATHEMATICS COLUMBIA UNIVERSITY									
		PLASMA PHYSICS LABORATORY, DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS AND APPLIED MATHEMATICS, COLUMBIA UNIVERSITY	High Beta Tokamak Experiment (HBT-EP), LDX, Columbia Linear Mirror Experiment, theory, NSTX, DIII-D								
		PLASMA SCIENCE AND FUSION CENTER, MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY	ALCATOR C-Mod, VTF, LDX, novel diagnostics, basic laboratory and ionospheric plasma physics experiment, fusion technology, environment			Shinji Yoshimura (Feb.19.2006~Mar.02.2006)	ALCATOR C-Modにおける周辺プラズマ計測に関する共同実験		1		
		PRINCETON PLASMA PHYSICS LABORATORY, PRINCETON UNIVERSITY	NSTX, NCSX, VDX-U, MRX, fusion physics and advanced computing, DIII-D, Alcator C-Mod, JET, JT-60U, LHD, FIRE, ITER	Mar. 3, '06				Issues in the theoretical analysis of three-dimensional configuration		1	
								研究施設を安全面から視察		1	
								学術交流協定調印式		1	
								Impurity Transport Analysis by Impurity Injection		1	
								Archiving of the early days' nuclear fusion research in US and Japan		1	
								NSTX不純物ペレット溶発雲観測に関する研究打ち合わせ	Discussion	1	
								NSTX トレーサー内蔵ペレット入射実験準備		1	
								Issues in the theoretical analysis of three-dimensional configuration		1	
								学術交流協定調印式		1	
								Issues in the theoretical analysis of three-dimensional configuration		1	
								Issues in the theoretical analysis of three-dimensional configuration		1	
								MHD Study using high-speed tangentially viewing soft X-ray		1	
								核融合機器の見学・議論		1	
								Transport study of compact herical configuration		1	
								研究施設を安全面から視察		1	
								核融合機器の技術開発に関する研究打ち合わせ	Discussion	1	
								Archiving of the early days' nuclear fusion research in US and Japan		1	
								Large Tokamak 執行委員会, Poloidal Diverter 執行委員会		1	
			U.S. Department of Energy (DOE)					Akio Sagara (Feb.21.2006~Feb.26.2006)	JUPITER II 計画運営委員会		1
								Takeo Muroga (Feb.21.2006~Feb.26.2006)	JUPITER II 計画運営委員会		1
								Tatsuhiko Uda (Feb.21.2006~Mar.01.2006)	研究施設を安全面から視察		1
			UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY	Inertial fusion reactor design, Spheromak, Simulation, RF heating				Arata Nishimura (Jul.10.2005~Jul.14.2005)	第3回パークレーンポジウム出席		1
								Richard More (May.29.2005~May.31.2005)	高密度プラズマからのEUV放射に関する物性		1
			UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SAN DIEGO					Akio Sagara (Jan.22.2006~Jan.27.2006)	核融合動力炉設計と関連先端炉工学技術に関する日米ワークショップ	Workshop	1
								Hiromi Hayashi (Feb.21.2006~Mar.01.2006)	研究施設を安全面から視察		1
								Kimitaka Ito (Aug.01.2005~Aug.16.2005)	On the Bicoherence analysis of plasma turbulence		1
								Tatsuhiko Uda (Feb.21.2006~Mar.01.2006)	研究施設を安全面から視察		1

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計		
H17	USA	UNIVERSITY OF WISCONSIN-MADISON	MST, HSX, Theory and computation, Pegasus, Fusion Technology, PHAEDRUS		Teruya Tanaka (Feb.22,2005~Mar.05,2005)	3次元核設計・ブランケット核特性評価		1		
		ペンシルバニア州立大学 THE PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY			Yukihiro Tomita (May.18,2005~May.22,2005)	US-Japan Fusion Workshop on "Low energy ion sputtering"		1		
		ボストン大学 BOSTON UNIVERSITY			Motohiko Tanaka (Nov.27,2005~Dec.03,2005)	マイクロ波粉末冶金プロセスの研究		1		
		メリーランド大学 UNIVERSITY OF MARYLAND			Motohiko Tanaka (Dec.04,2005~Dec.07,2005)	マイクロ波粉末冶金プロセスの研究		1		
	YUGOSLAVIA	INSTITUTE OF PHYSICS	transport theory, AM data		Ritoku Horiuchi (Mar.20,2006~Mar.26,2006)	プラズマ合体・磁気リコネクション現象の解明に関するワークショップ	Workshop	1		
H17 集計								166		
H18	AUSTRIA	INSTITUT FÜR THEORETISCHE PHYSIK ABTEILUNG FÜR PLASMAPHYSIK, TECHNISCHE UNIVERSITÄT	Theoretical plasma physics and numerical modelling							
		INSTITUTE FOR THEORETICAL PHYSICS, UNIVERSITY OF INNSBRUCK	theory and simulation							
		VIENNA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY								
	BRAZIL	LABORATÓRIO ASSOCIADO DE PLASMA (LAP), INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE)	basic plasma physics, plasma technology, ETE tokamak							
	CANADA	PLASMA PHYSICS LABORATORY, DEPARTMENT OF PHYSICS AND ENGINEERING PHYSICS, UNIVERSITY OF SASKATCHEWAN	STOR-M tokamak, theory, basic plasma physics							
	CHINA	INSTITUTE OF PLASMA PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES		HT-7U SC tokamak, HT-6M tokamak, RF heating, theory, fusion related	June 27, '92	Kazuo Toui (Jun.19,2006~Jun.22,2006)	拠点大学協力事業コーディネータ会議		1	
						Shuichi Yamada (Jun.19,2006~Jun.22,2006)	拠点大学協力事業コーディネータ会議		1	
						Takeo Muroga (Oct.18,2006~Oct.21,2006)	核融合炉システムの高度化設計と技術統合研究		1	
		LABORATORY OF PLASMA PHYSICS, UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA Zhejiang University レーザー核融合研究センター(綿陽)	anomalous transport, KT-5C tokamak			Akio Sagara (Oct.18,2006~Oct.21,2006)	拠点大学方式による学術交流事業		1	
	FRANCE	ASSOCIATION EURATOM-CEA, DÉPARTEMENT DE RECHERCHES SUR LA FUSION CONTRÔLÉE CEA/CADARACHE		SC tokamak Tore Supra, current drive and heating, ergodic divertor, PFC, JET EP project, ITER		Kimitaka Ito (May.09,2006~May.09,2006)	プラズマの輸送理論の基礎研究		1	
						Yukio Nakamura (Jun.25,2006~Jul.01,2006)	国際トカマク物理活動調整委員会・大型トカマク執行委員会出席		1	
		GRAND ACCELERATEUR NATIONAL D'IONS LOURDS (GANIL)								
		LABORATOIRE DE PHYSIQUE DES GAZ ET DES PLASMAS	atomic physics for fusion plasma, strongly correlated dense plasma, inertial							
		OBSERVATORIE DE MEUDON					Daiji Kato (Oct.16,2006~Oct.21,2006)	原子・分子データ応用に関する国際会議	International conference attendance	1
							Hiroyuki Sakaue (Oct.16,2006~Oct.21,2006)	LHDとSolar-B衛星による非平衡プラズマの研究		1
							Motoshi Goto (Oct.15,2006~Oct.22,2006)	原子・分子データ応用に関する国際会議	International conference attendance	1
UNIVERSITÉ DE PROVENCE					Kimitaka Ito (May.10,2006~May.13,2006)	プラズマの輸送理論の基礎研究		1		
GERMANY	FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GmbH, EURATOM-ASSOCIATION	TEXTOR, pump limiter, Dynamic Ergodic Divertor, ECRH, ITER, JET, W7-X			Motoshi Goto (May.28,2006~Jun.04,2006)	データ評価ワークショップ	Workshop	1		
	FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE TECHNIK UND UMWELT	ITER and long term technology, SC magnet, gyrotron, blanket, tritium, IFMIF, W7-X		Oct. 6 '05	Masahiro Tanaka (Sep.24,2006~Oct.01,2006)	水素同位体分離に関する実験		1		

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計
H18	GERMANY	FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE TECHNIK	ITER and long term	Oct. 6 '05	Sadatsugu Takayama (May.14,2006~May.22,2006)	マイクロ波焼成炉のアンテナ設計		1
					Toshiyuki Mito (Nov.06,2006~Nov.10,2006)	高温超伝導電流リードと先進超伝導導体の開発研究		1
		MAX PLANCK INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK (IPP)	ASDEX-Upgrade, advanced tokamak scenario, ITER, JET, W7-X, fusion power plant based on the stellarator concept	May 11, '93	Masaki Nishiura (Jun.18,2006~Jun.25,2006)	損失アルファ粒子計測システムに関する検討		1
					Masayuki Yokoyama (Jun.26,2006~Jul.15,2006)	ヘリカル系内部輸送障壁物理に関する研究打合せ	Discussion	1
		Muegge Electronic GmbH			Mitsutaka Isobe (Jun.18,2006~Jun.25,2006)	損失アルファ粒子計測システムに関する検討		1
		TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN						
	HUNGARY	Hungarian Academy of Sciences						
	INDIA	BHARAT HEAVY ELECTRICALS LIMITED						
		PLASMA PHYSICS DIVISION, SAHA INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS	SINP tokamak					
	ISRAEL	RACAH INSTITUTE OF PHYSICS THE HEBREW UNIVERSITY, JERUSALEM	plasma spectroscopy, plasma physics					
ITALY	CONSORZIO RFX	RFX experiments and						
	Istituto Gas Ionizzati CNR							
	ITALIAN AGENCY FOR NEW TECHNOLOGIES, ENERGY AND THE ENVIRONMENT (ENEA), NUCLEAR FUSION DIVISION, FRASCATI RESEARCH ANGELICUM, PONTIFICAL UNIVERSITY OF SAINT THOMAS AQUINAS	FTU tokamak, theory, fusion engineering, RFX, Ignitor project.			Clive Michael (Jun.18,2006~Jun.23,2006)	第33回欧州物理学会		1
					Nobuyoshi Ohyabu (Jun.17,2006~Jun.26,2006)	第33回欧州物理学会		1
					Ryuichi Sakamoto (Jun.18,2006~Jun.25,2006)	第33回欧州物理学会		1
					Satoru Sakakibara (Jun.18,2006~Jun.25,2006)	第33回欧州物理学会		1
					Shigeru Inagaki (Jun.18,2006~Jun.25,2006)	第33回欧州物理学会		1
					Shin Kubo (Jun.17,2006~Jun.25,2006)	第33回欧州物理学会		1
NETHERLANDS	FOM-INSTITUTE FOR PLASMA PHYSICS "RIJNHUIZEN" ASSOCIATION EURATOM-FOM	small scale structures in tokamak, TEXTOR 94, ITER, free electron laser						
PORTUGAL	CENTRO DE FUSÃO NUCLEAR INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO	ISTTOK tokamak, microwave reflectometry						
REPUBLIC OF KOREA	Chonbuk University							
	KAPRA PHYSICO TECHNOLOGY LABORATORY				Hiroe Igami (Jul.05,2006~Jul.08,2006)	プラズマ加熱・電流駆動物理に関するワークショップ	Workshop	1
					Hiroshi Kasahara (Jul.05,2006~Jul.08,2006)	プラズマ加熱・電流駆動物理に関するワークショップ	Workshop	1
	NATIONAL FUSION R&D CENTER, KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE	KSTAR, steady state operation of high performance plasma, Hanbit	Mar. 6, '96	B.J.Peterson (Jun.22,2006~Jun.24,2006)	日韓核融合協力事業の実施			1
					Dongcheol Seo (Jun.22,2006~Jun.27,2006)	核燃焼プラズマ中の損失α粒子測定のためのイメージング・ポロメータ研		1
					Hideo Sugama (Aug.16,2006~Aug.20,2006)	ジャイロ運動論に基づくゾーナルフローの研究		1
					Kazumichi Narihara (Jun.22,2006~Jun.24,2006)	日韓核融合協力事業の実施		1
					Kazuo Kawabata (Jun.22,2006~Jun.24,2006)	日韓核融合協力事業の実施		1
					Yoshio Nagayama (Jun.22,2006~Jun.24,2006)	日韓核融合協力事業の実施		1
	東義大学							
	POHANG INSTITUTE OF SCIENCE AND							
RUSSIA	A.F. IOFFE PHYSICO-TECHNICAL INSTITUTE OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES	TUMAN 3-M, FT-1, -2, RF heating and current drive, GLOBUS-M,						
	D.V. EFREMOV SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF ELECTROPHYSICAL APPARATUS	Reactor engineering, SC magnet, PFC, material, vacuum			Takeo Muroga (Jun.03,2006~Jun.11,2006)	IEAバナジウムワークショップ・液体ブランクットワークショップ	Workshop	1

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計	
H18	RUSSIA	GENERAL PHYSICS INSTITUTE, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES	transport, equilibrium and stability in helical system, ECH heating,		Kenji Tanaka (Sep.06.2006~Sep.07.2006)	国際拠点ネットワーク形成共同研究		1	
		KELDYSH INSTITUTE OF APPLIED MATHEMATICS, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES	Algorithms and computer simulation methods, inertial laser fusion, nonlinear phenomena						
		MOSCOW STATE ENGINEERING PHYSICS INSTITUTE (TECHNICAL UNIVERSITY)	plasma-wall interaction, reactor engineering						
		PLASMA PHYSICS DEPARTMENT, PHYSICS AND TECHNOLOGY FACULTY, STATE TECHNICAL UNIVERSITY	pellet injection, plasma turbulence, boundary plasma						
		RUSSIAN RESEARCH CENTRE "KURCHATOV INSTITUTE"	plasma theory, T-10, T-15, modeling, pulse power, alternative concepts, reactor technology,	May 15, '93	Kenji Tanaka (Sep.08.2006~Sep.08.2006)	国際拠点ネットワーク形成共同研究		1	
	SPAIN	TROITSK INSTITUTE OF INNOVATIVE AND THERMONUCLEAR INVESTIGATIONS (TRINITI), DEPARTMENT OF PHYSICS OF TOKAMAKS AND REACTORS (OFTR)	T-11M, TSP, MHD instability, L-H transition, ICRF						
		DEPARTMENT OF PHYSICS, UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID 中央環境エネルギー研究所	MHD stability, compact stellarator design, plasma turbulence, edge transport barrier						
	SWEDEN	DEPARTMENT OF ELECTROMAGNETICS, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	plasma stability and transport, burning plasma physics, stellarator physics						
		DIVISION OF FUSION PLASMA PHYSICS, ALFVÉN LABORATORY, ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ウプサラ大学	EXTRAP reversed field pinch, turbulence and transport, edge plasma physics, theory on ICRF, current drive, and edge			Hirokuni Yamanishi (Jun.10.2006~Jun.18.2006)	中性子線量測定第10回シンポジウム		1
	SWITZERLAND	ASSOCIATION EURATOM - CONFEDERATION SUISSE CENTRE DE RECHERCHES EN PHYSIQUE DES PLASMAS, ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE	TCV tokamak, ECRH, PWI, theory and modeling on equilibrium and stability, RF heating and current drive, fusion technology			Clive Michael (Jun.25.2006~Jun.27.2006) Hideo Sugama (Aug.26.2006~Sep.06.2006)	第33回ヨーロッパプラズマ会議 プラズマ輸送とゾーナルフローの研究	International conference attendance	1 1
INSTITUTE OF PLASMA PHYSICS, ACADEMY OF SCIENCES OF THE CZECH REPUBLIC, ASSOCIATION EURATOM/IPP.CR		CASTOR experiment and theory, pulsed system, PALS							
UKRAINE	BOGOLYUBOV INSTITUTE FOR THEORETICAL PHYSICS, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE	Plasma theory and simulation on edge plasma, instabilities, plasma-wave interaction, transport			Hiroshi Yamada (May.20.2006~May.29.2006)	第13回プラズマ物理国際会議	International conference attendance	1	
					Kenji Tanaka (May.20.2006~May.29.2006)	第13回プラズマ物理国際会議	International conference attendance	1	
					Kiyomasa Watanabe (May.20.2006~May.29.2006)	第13回プラズマ物理国際会議	International conference attendance	1	
					Tomohiro Morisaki (May.20.2006~May.29.2006)	第13回プラズマ物理国際会議	International conference attendance	1	
	KIEV TARAS SHEVCHENKO NATIONAL UNIVERSITY				Akihide Fujisawa (May.20.2006~May.28.2006)	ICPP会議出席	International conference attendance	1	
					Ritoku Horiuchi (May.20.2006~May.28.2006)	第13回プラズマ理工学に関する国際会議	International conference attendance	1	

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計		
H18	UKRAINE	SCIENTIFIC CENTRE "INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH"	theory on tokamak, ST, optimized stellarator							
	UNITED KINGDOM	UKAEA CULHAM SCIENCE CENTRE: EURATOM/UKAEA FUSION ASSOCIATION	MAST, COMPASS, JET, theory and modeling		Clive Michael (Jun.27.2006~Jun.27.2006)	第33回ヨーロッパプラズマ会議	International conference attendance	1		
	USA	COURANT INSTITUTE OF MATHEMATICAL SCIENCES, NEW YORK UNIVERSITY	EPARTMENT OF PHYSICS, UNIVERSITY OF COLORADO	fusion plasma science, MHD theory, turbulent modeling, RF wave propagation, pellet ablation						
			FUSION ENGINEERING LABORATORY, SCHOOL OF NUCLEAR ENGINEERING, PURDUE UNIVERSITY	plasma computation, turbulence modeling						
			FUSION POWER PROGRAM, ARGONNE NATIONAL LABORATORY	plasma engineering study, blanket						
			FUSION ENGINEERING LABORATORY, SCHOOL OF NUCLEAR ENGINEERING, PURDUE UNIVERSITY	plasma facing materials and design, blanket technology			Yoshihiko Hirooka (Nov.12.2006~Nov.18.2006)	核融合工学トピカルミーティング		1
			GENERAL ATOMICS	DIII-D, heating and current drive, theory and computational science, RWM, transport barrier, fusion technology, inertial fusion technology,			(Jan.01,1904~Jan.01,1904) Kimitaka Ito (Aug.16.2006~Aug.17.2006)	科学研究費特別推進研究		1
			INSTITUTE FOR FUSION STUDIES, THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN	fusion theory (COE),	JIFT, Mar. 6, '06		Ryutaro Kanno (Nov.01.2006~Dec.21.2006)	磁気島内部及びその周辺における新古典輸送の研究		1
			INSTITUTE OF PLASMA AND FUSION RESEARCH, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, LOS ANGELES	basic plasma experiment, laser particle accelerator, theory and simulation, fusion science and	Nov., '06		Takeo Muroga (Nov.18.2006~Nov.23.2006)	JUPITER II 計画の総括と将来展望 ワークショップ	Workshop	1
			LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, NIFCF	NIF programs directorate						
			LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY, FE	tokamak, inertial fusion, Magnetized Target Fusion, Penning Trap Fusion, fusion technology			Yasuhiko Takeiri (Sep.12.2006~Sep.17.2006)	負イオン及び負イオンビームの生成と中性化に関する国際会議	International conference attendance	1
			LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY, ICF	NIF, target physics, target design, target fabrication, laser performance, NOVA, Trident laser						
			NAVAL RESEARCH LABORATORY	basic and applied research in plasma physics						
			OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY (ORNL) UT-BATTELLE, LLC	nearly all areas of magnetic fusion research, economical and environmentally attractive energy source, ITER	Mat 25, '06		Katsujii Ichiguchi (Jul.16.2006~Jul.30.2006)	非線型MHD解析		1
			PHYSICS DEPARTMENT, AUBURN UNIVERSITY	CTH(Compact Toroidal Hybrid), MHD instabilities, ICH			Takashi Minami (Nov.12.2006~Nov.17.2006)	第2回日米・京都大学21COE合同シンポジウム		1
					Tetsutaro Ooishi (Nov.12.2006~Nov.17.2006)	第2回日米・京都大学21COE合同シンポジウム		1		
					Yasuhiro Suzuki (Nov.12.2006~Nov.17.2006)	第2回日米・京都大学21COE合同シンポジウム		1		
		PLASMA DYNAMICS LABORATORY, RENSSELAER POLYTECHNIC INSTITUTE, ECSE DEPARTMENT	HIBP(for ATF, TEXT)							
		PLASMA PHYSICS LABORATORY DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS AND APPLIED MATHEMATICS COLUMBIA UNIVERSITY								
		PLASMA PHYSICS LABORATORY, DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS AND APPLIED MATHEMATICS, COLUMBIA UNIVERSITY	High Beta Tokamak Experiment (HBT-EP), LDx, Columbia Linear Mirror Experiment, theory, NSTX, DIII-D							

海外派遣一覧

年度(FY)	Nation	Organization	Major Research Activities	Agreement	Personal Exchange	用務	Remarks	集計	
H18	USA	PLASMA SCIENCE AND FUSION CENTER, MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY	ALCATOR C-Mod, VTF, LDX, novel diagnostics, basic laboratory and ionospheric plasma physics experiment, fusion technology, environment		Tomohiro Morisaki (Apr.08.2006~Apr.14.2006)	第10回ITPA周辺・ベデスタル物理グループ会議	International conference attendance	1	
		PRINCETON PLASMA PHYSICS LABORATORY, PRINCETON UNIVERSITY	NSTX, NCSX, VDX-U, MRX, fusion physics and advanced computing, DIII- D, Alcator C-Mod, JET, JT-60U, LHD, FIRE, ITER	Mar. 3, '06	Katsumi Ida (Apr.23.2006~Apr.28.2006) Kiyomasa Watanabe (Nov.05.2006~Nov.10.2006) Masaki Osakabe (Sep.03.2006~Sep.08.2006)	ITPA輸送トピカルグループ会議 MHD特性と閉じ込めへの影響 拠点形成事業打合せ		1 1 1	
		U.S. Department of Energy (DOE) カリフォルニア大学サンディエゴ校 UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SAN DIEGO				Kimitaka Ito (Aug.04.2006~Aug.19.2006)	科学研究費特別推進研究		1
		NAOJ Hawaii Observatory							
		YUGOSLAVIA	INSTITUTE OF PHYSICS	transport theory, AM data					
		H18 集計							
総計								377	

付属資料 3 国際交流委員会規則

○核融合科学研究所国際交流委員会規則

制 定 平成元年10月20日 規則第15号

最終改正 平成18年11月14日

(設置)

第1条 核融合科学研究所(以下「研究所」という。)における学術の国際交流の推進に資するため、核融合科学研究所国際交流委員会(以下「委員会」という。)を置く。

(任務)

第2条 委員会は、所長の諮問に応じ、学術交流協定等国際交流に関する基本的事項及び研究所が行う国際交流事業に関して必要な事項について、審議する。

(組織)

第3条 委員会は、研究所の教授又は助教授のうちから若干名の委員をもって組織する。

2 前項の委員は、所長が委嘱する。

(任期)

第4条 前条第1項の委員の任期は、2年とし、再任を妨げない。

2 前項の委員に欠員が生じたときは、その都度補充する。この場合における委員の任期は、前任者の残任期間とする。

(委員長)

第5条 委員会に委員長を置く。

2 委員長は、委員のうちから所長が指名する。

3 委員長は、委員会を招集し、その議長となる。ただし、委員長に事故があるときは、あらかじめ委員長が指名した委員が議長となる。

(意見の聴取)

第6条 委員会は、必要に応じて、委員以外の者の出席を求め、その意見を聴くことができる。

(庶務)

第7条 委員会の庶務は、管理部研究連携課において処理する。

附 則

1 この規則は、平成元年10月20日から施行する。

2 この規則の施行後最初の委嘱に係る第3条第1項の委員の任期は、第4条第1項の規定にかかわらず、平成3年3月31日までとする。

附 則(平成17年規則第7号)

この規則は、平成17年4月1日から施行する

附 則

この規則は、平成18年11月14日から施行し、平成18年10月1日から適用する。

付属資料4 外国研究者との共著論文一覧

Year	2004
著者に外国人を含む	○

キー: 国際学会はIAEA, EPS, APS, 炉工(国際) / 論文は査読有

データの個数 / 著者

キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No,pp.等	論文or口頭	査読	集計
IAEA	A. Sagara / 核融合研 / , S. Imagawa, O. Mitarai, T. Dolan, T. Tanaka, Y. Kubota, K. Yamazaki, K.Y. Watanabe, N. Mizuguchi, T. Muroga, N. Noda, O. Kaneko, H. Yamada, N. Ohyabu, T. Uda, A. Komori, S. Sudo and O.	Improved structure and long-life blanket concepts for heliotron reactors		20th IAEA Fusion Energy Conference (IAEA-20)		口頭	無	1
	F.Sano, T.Mizuuchi, K.Kondo, K.Nagasaki, H.Okada, S.Kobayashi, K.Hanatanani, Y.Nakamura, S.Yamamoto, Y.Torii, Y.Suzuki, H.Shidara, H.Kawazome, M.Kaneko, H.Arimoto, T.Azuma, J.Arakawa, K.Ohashi, M.Kikutake, N.Shimazaki, T.Hamagami, G.Motojima, H.Yamazaki,	"Confinement Studies of Helical-axis Heliotron Plasmas"		20th IAEA Fusion Energy Conference (Vilamoura, Portugal)		口頭		1
	M. Tokitani / 九大 / , M. Miyamoto, K. Tokunaga, T. Fujiwara, N. Yoshida, A. Komori, S. Masuzaki, N. Ashikawa, S. Inagaki, T. Kobuchi, M. Goto, J. Miyazawa, K. Nishimura, N. Noda, B.J. Peterson, A. Sagara	Microscopic Modification of Wall Surface by Glow Discharge Cleaning and its Impact on Vacuum Properties of LHD		20th IAEA Fusion Energy Conference (IAEA-20)		ポスター	無	1
	M. Tokitani, M. Miyamoto, K. Tokunaga, T. Fujiwara, N. Yoshida, A. Komori, S. Masuzaki, N. Ashikawa, S. Inagaki, T. Kobuchi, M. Goto, J. Miyazawa, K. Nishimura, N. Noda, B.J. Peterson, A. Sagara and LHD experimental group	Microscopic Modification of Wall Surface by Glow Discharge Cleaning and its Impact on Vacuum Properties of LHD		20th IAEA Fusion Energy Conference, Vilamoura, Portugal.		ポスター		1
	T. Nagasaka, T. Muroga, K. Fukumoto, H. Watanabe, M. L. Grossbeck, J. M. Chen	Development of Fabrication Technology for Low Activation Vanadium Alloys as Fusion Blanket Structural Materials		20th IAEA Fusion Energy Conference, November 1 - 6, 2004, Vilamoura, Portugal		口頭	無	1
IAEA 集計								
論文(査読有)	J.S. Park, Y. Katoh, A. Kohyama, J.K. Lee, J.J. Sha, H.K. Yoon	Tailoring the microstructure of hot-pressed SiC by heat treatment	Journal of Nuclear Materials,		Vol. 329-333, 558-561	論文	有	1
	T. Nozawa, T. Hinoki, L. L. Snead, Y. Katoh, A. Kohyama	Neutron irradiation effects on high-crystallinity and near-stoichiometry SiC fibers and their composites	Journal of Nuclear Materials,		Vol. 329-333, 544-548	論文	有	1
	Uda Tatsuhiko, Obayashi Haruo, Nakayoshi Hisao, Wang Jianqing and Fujiwara Osamu,	"Measurement of static and ELF magnetic fields in a large magnetic fusion plasma experimental facility",		2004 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Sendai, Japan,	Vol. 2, pp. 853-856 (2004)	論文	有	1
	A. A. Ivanov Jr., M. Bacal, C. Rouille, M. Nishiura, and M. Sasao	Effect of argon additive on H- density and temperature in volume negative ion source	Rev. Sci. Instrum		75(2004)1747-1749	論文	有	1
	A. Nishimura (核融合研), T. Mito, S. Yamada, S. Imagawa, K. Takahata, N. Yanagi, H. Chikaraishi, H. Tamura, A. Iwamoto, S. Hamaguchi, Y. Hishinuma, and A. Nyilas	Measurement of Superconductor Motion in R&D Coil for Supercooling of the LHD Helical Coil	IEEE Trans. Appl. Supercond		Vol. 14, No. 2, (2004), pp. 1515-1518.	論文	有	1
	A. Nishimura, T. Mito, S. Yamada, S. Imagawa, K. Takahata, N. Yanagi, H. Chikaraishi, H. Tamura, A. Iwamoto, S. Hamaguchi, Y. Hishinuma, and A. Nyilas	Measurement of Superconductor Motion in R&D Coil for Supercooling of the LHD Helical Coil	IEEE Transactions on Applied Superconductivity		Vol. 14, 2004, pp. 1515-1518.	論文	有	1
	A. Sagara, S. Imagawa, O. Mitarai, T. Dolan, T. Tanaka, Y. Kubota, K. Yamazaki, K.Y. Watanabe, N. Mizuguchi, T. Muroga, N. Noda, O. Kaneko, H. Yamada, N. Ohyabu, T. Uda, A. Komori, S. Sudo and O. Motojima;	Improved structure and long-life blanket concepts for heliotron reactors.		20th IAEA Fusion Energy Conference, 1 - 6 Nov. 2004, Vilamoura, Portugal		論文	有・有	1
	A.I Livshits (Bonch-Bruyevich U), M.E. Notkin, N.Ohyabu, Y.Nakamura, I.P. Grigoriadi and A.A. Samartsev	Hydrogen Release through Metallic Surface: the Role of Sputtering and Impurity Dynamics	Physica Scripta		T108 (2004) 23-26	論文	有	1
	A.I Livshits, M.E. Notkin, N.Ohyabu, Y.Nakamura, I.P. Grigoriadi and A.A. Samartsev	Hydrogen Release through Metallic Surface: the Role of Sputtering and Impurity Dynamics	Physica Scripta		Vol.T108(2004)23	論文	有	1
	A.K. Wang, H. Sanuki, J. Q. Dong, F. Zonca, K. Itoh	Magnetic Field Gradient and Curvature Driven Drift Modes in the Toroidal Plasmas	Chinese Physics Letter, Vol.21, (2004)1575.			論文	有	1
	A.K.Wang, H.Sanuki, J.Q.Dong	Interaction between the trapped electrons and magnetic curvature driven drift wave	J. Plasma Fusion Res. Series		6	論文	有	1
	B. A. Pint, P. F. Tortorelli, A. Jankowski, J. Hayes, T. Muroga, A. Suzuki, O. I. Yeliseyeva and V. M. Chernov	Recent progress in the development of electrically insulating coatings for a liquid lithium blanket	Journal of Nuclear Materials		Vols. 329-333, 2004, pp. 119-124.	論文	有	1
	C. H. Zhang, S. E. Donnelly, V. M. Vishnyakov, J. H. Evans, T. Shibayama and Y. Sun	A study of the formation of nanometer-scale cavities in helium-implanted 4H-SiC	Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms 218 (2004) 53-60			論文	有	1
	C.Z. Dong, L.Y. Xie, S. Fritzsche and T. Kato	A theoretical study of the 3d	Nuclear Instruments and Methods in Phys. Res. B,		205, 87- 92 (2003)	論文	有	1
	Chen, J.M., Muroga, T., Nagasaka, T., Xu, Y., Li, C., Qiu, S.Y., Chen, Y.	Precipitation behavior in V-6W-4Ti, V-4Ti and V-4Cr-4Ti alloy	J. Nucl. Mater.		Vol. 334, Issues 2-3(Sep.2004) pp.159-165	論文	有	1
	D. Nishijima, M. Y. Ye, N. Ohno and S. Takamura	Formation mechanism of bubbles and holes on tungsten surface with low-energy and high-flux helium plasma irradiation in	J. Nucl. Mater.		329-333(2004)1029	論文	有	1
	Donne, A.J.H., de Bock, M.F.M., Classen, I.G.J., von Hellermann, M.G., Jakubowska, K., Jaspers, R., Barth, C.J., van der Meiden, H.J., Oyevaar, T., van de Pol, M. J., Varshney, S.K., Bertschinger, G., Biel, W., Busch, C., Finken, K.H., Koslowski, H.R., Kr	Overview of Core Diagnostics for TEXTOR	Fusion Sci. Technol.		Vol.47, No.2 (Feb. 2005) pp.220-245	論文	有	1
	F. Koch, R. Brill, H. Maier, D. Levchuk, A. Suzuki, T. Muroga and H. Bolt	Crystallization behavior of arc-deposited ceramic barrier coatings	Journal of Nuclear Materials		Vols. 329-333, 2004, pp. 1403-1406.	論文	有	1

キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No,pp.等	論文or口頭	査読	集計
論文(査読有)	F. Spineanu, M. Vlad, K. Itoh	Pole Dynamics for the Flierl- Petviashvili equation and zonal flow	PRL			39	論文	有 1
	Finken, K. H., Reiter, D., Denner, T., Dippel, K. H., Hobirk, J., Mank, G., Kever, H., Wolf, G. H., Noda, N., Miyahara, A., Shoji, T., Sato, K. N., Akishi, K., Boedo, J. A., Brooks, J. N., Conn, R. W., Corbett, W. J., Doerner, R. P., Goebel, D., Gray, D	The Toroidal Pump Limiter ALT-II in TEXTOR	Fusion Sci. Technol.			Vol.47 (Feb. 2005) pp.126-137	論文	有 1
	Finken, K.H., Abdullaev, S.S., de Bock, M.F.M., von Hellermann, M., Jakubowski, M., Jaspers, R., Koslowski, H.R., Kramer-Flecken, A., Lehnen, M., Liang, Y., Nicolai, A., Wolf, R.C., Zimmermann, O., de Baar, M., Bertschinger, G., Biel, W., Brezinsek, S.,	Toroidal Plasma Rotation Induced by the Dynamic Ergodic Divertor in the TEXTOR Tokamak	Phys. Rev. Lett.			Vol.94 (Jan. 2005) pp.015003 1-5	論文	有 1
	Fujioka, S, Shiraga, H., Azechi, H., Nishimura, H., Izawa, Y., Nozaki, S., Chen, Y.	Temporal resolved x-ray penumbral imaging technique using heuristic image reconstruction procedure and wide dynamic range x-ray streak camera	Rev. Sci. Instrum.			Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.4010-4012	論文	有 1
	Fujioka, S., Sunahara, A., Ohnishi, N., Azechi, H., Shiraga, H., Nakai, M., Shigemori, K., Murakami, M., Nagai, K., Nishimura, H., Norimatsu, T., Nishihara, K., Izawa, Y., Nozaki, S., Chen, Y.	Suppression of Rayleigh-Taylor Instability Using High-Z Doped Plastic Targets for Inertial Fusion Energy	J. Plasma Fusion Res.			Vol.80, No.7 (July 2004) pp.597-604	論文	有 1
	Fujioka, S., Sunahara, A., Ohnishi, N., Tamari, Y., Nishihara, K., Azechi, H., Shiraga, H., Nakai, M., Shigemori, K., Sakaiya, T., Tanaka, M., Ohtani, K., Okuno, K., Watari, T., Yamada, T., Murakami, M., Nagai, K., Norimatsu, T., Izawa, Y., Nozaki, S., C	Suppression of Rayleigh-Taylor instability due to radiative ablation in brominated plastic targets	Phys. Plasmas			Vol.11, No.5 (May 2004) pp.2814-2822	論文	有 1
	Fujisawa, A., Itoh, K., Iguchi, H., Matsuoka, K., Okamura, S., Shimizu, A., Minami, T., Yoshimura, Y., Nagaoka, K., Takahashi, C., Kojima, M., Nakano, H., Oshima, S., Nishimura, S., Isobe, M., Suzuki, C., Akiyama, T., Ida, K., Toi, K., Itoh, S.-I., Diamond	Identification of Zonal Flows in a Toroidal Plasma	Phys. Rev. Lett.			Vol.93, No.16 (Oct.2004) pp.165002-165002-4	論文	有 1
	Fukamoto, K., Matsui, H., Muroga, T., Zinkle, S. J., Hoelzer, D. T., Snead, L. L.	Varying temperature effects on mechanical properties of vanadium alloys during neutron irradiation	J. Nucl. Mater.			Vol.329-333 (Aug. 2004) pp.472-476	論文	有 1
	Funaba, H., Ohyabu, N., Takeiri, Y., Watanabe, K., Kubo, S., Shimozuma, T., Ida, K., Miyazawa, J., Sakamoto, R., Nagaoka, K., Tanaka, K., Peterson, B.J., Osakabe, M., Nagayama, Y., Inagaki, S., Narushima, Y., Sakakibara, S., Lhd Experimental Group	Difference in Electron Transport between Co- and Counter-NBI-Heated Plasmas in the Inward-Shifted Configurations on LHD	Fusion Sci. Technol.			Vol.46 (Sep. 2004) pp.262-270	論文	有 1
	Gao Zhe, Sanuki, H., Itoh, K., Dong, J. Q.	Short Wavelength Ion Temperature Gradient Instability in Toroidal Plasmas	Phys. Plasmas			Vol.12, No.2 (Feb. 2005) pp.022502-1022502-10	論文	有 1
	Gao, Z., Sanuki, H., Itoh, K., Dong, J.Q.	Short Wavelength Electron Temperature Gradient Instability in Toroidal Plasmas	Phys. Plasmas			Vol.12, No.2 (Feb. 2005) pp.022503-1022503-7	論文	有 1
	Gao, Zhe, Dong, J. Q., Sanuki, H.	Effect of flow shear on temperature gradient short wavelength modes	Phys. Plasmas			Vol.11, No.6 (June 2004) pp.3053-3059	論文	有 1
	Garner, F., Gelles, D., Greenwood, L., Okita, T., Sekimura, N., Wolfer, W.	Synergistic Influence of Displacement Rate and Helium/dpa Ratio on Swelling of Fe-(9, 12)Cr Binary Alloys in FFTF at ~400°C	J. Nucl. Mater.			VOL.329-333 (2004) PP.1008-1012	論文	有 1
	Goncharov, P.R., Lyon, J.F., Ozaki, T., Sudo, S.	A Numerical Approach to the Localization of Passive Line Integrated Neutral Particle Measurements on LHD	J. Plasma Fusion Res. Series			Vol.6 (2004) pp. 314-317	論文	有 1
	Goncharov, P.R., Lyon, J.F., Ozaki, T., Sudo, S., Tamura, N., Sasao, M., Krasilnikov, A., Isobe, M., Saida, T., LHD Experimental Group	Local and Multi-Chord Neutral Particle Diagnostics of Complex 3D Shaped LHD	Proc of 31st EPS conf.			Vol.P5, No.112 (July 2004)	論文	有 1
	Goncharov, P.R., Ozaki, T., Sudo, S., Tamura, N., Isobe, M., TESPEL Group, LHD Experimental Group, Sasao, M., Saida, T., Krasilnikov, A.V., Sergeev, V.Yu.	Digital Processing of Solid State Detector Signals in Pellet Charge Exchange Measurements on LHD	Rev. Sci. Instrum.			Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.3613-3615	論文	有 1
	H. Kinoshita, Hu Benfu and H. Takahashi	Effect of Helium and Aging Treatment on Radiation Damage Behavior in Low Activation Fe-Cr-Mn(W, V) Alloy	Materials Science Forum Vols. 475-479 (2005) 1455-1458				論文	有 1
	H. Nakamura, B. Riccardi, N. Loginov, K. Ara, L. Burgazzi, S. Cevolani, G. Dell'Orco, C. Fazio, D. Giusti, H. Horiike M. Ida, H. Ise, H. Kakui, H. Matsui, G. Micciche, T. Muroga, H. Nakamura, K. Shimizu, M. Sugimoto, A. Suzuki, H. Takeuchi, S. Tanaka a	Present status of the liquid lithium target facility in the international fusion materials irradiation facility (IFMIF)	Journal of Nuclear Materials			Vols. 329-333, 2004, pp. 202-207.	論文	有 1
	H. Tamura, T. Mito, Y. Yamada, K. Tachikawa, and R. Heller	Design Study of HTS Current Lead Using Reinforced Bi-2212 Tubular Bulk	IEEE Trans. Appl. Supercond			Vol. 14, No. 2, (2004), pp. 686-689	論文	有 1
	H.Kurishita, T.Yamamoto, T.Nagasaka, A.Nishimura, T.Muroga, S.Jitsukawa Mater. Trans. 45 (2004) 936-941.	Fracture Toughness of JLF-1 by Miniaturized 3-Point Bend Specimens with 3.3-7.0 mm Thickness	Mater. Trans			45 (2004) 936-941	論文	有 1
H.Sanuki, K.Ito, A.Fujisawa and J.Q.Dong	Effect of sheared flow on microinstabilities and transport in plasmas	Plasma Science and Technology, Vol.7.No.1.(2005)2610				論文	有 1	
H.Stoh (Kogakuin University), T.Tanabe, H.Nakane, S.Yoshizawa, N.Mori,	Fluctuation Conductivity in (Bi,Pb)2Sr2Ca2Cu3Oy/Ag Multi-layered Bulk System,	Pysica C			412-414, 307-311(2004).	論文	有・有 1	

キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No,pp.等	論文or口頭	査読	集計	
論文(査読有)	Hahm, T.S., Diamond, P.H., Lin, Z., Itoh, K., Itoh, S.-I.	Turbulence Spreading into Linearly Stable Zone and Transport Scaling	Plasma Phys. Control. Fusion		Vol.46, No.5A (2004) pp.A323-A334	論文	有	1	
	Hattori, Y., Rubinstein, R., Ishizawa, A.	Shell Model for Rotating Turbulence	Phys. Rev. E		Vol.70 (2004) pp. 046311	論文	有	1	
	Hiwatari, R., Kuzuyama, Y., Hatayama, A., Okano, K., Asaoka, Y., Zhu, S., Tomita, Y.	Simple Core-SOL-Divertor Model to Investigate Plasma Operation Space	Plasma Phys.		Vol.44, No.1-3 (2004) pp. 76 - 82	論文	有	1	
	Hu Benfu, H. Kinoshita, T. Shibayama and H. Takahashi	Damage Behavior of Electron/Helium Dual-beam Irradiation on Fe-Cr-Mn(W, V) alloy	Materials Science Forum Vols. 475-479 (2005) 1463-1466			論文	有	1	
	Ichiguchi, K., Nakajima, N., Carreras, B.A.	Nonlinear Analysis for Stabilization of Interchange Mode in LHD Plasmas	Fusion Sci. Technol.		Vol.46, No.1 (2004) pp.34-43	論文	有	1	
	Ichiguchi, K., Carreras, B.A.	Effects of Self-Consistent Flow on Island Generation in Interchange Mode	J. Plasma Fusion Res. Series		Vol.6 (2004) pp.589-592	論文	有	1	
	Ida, K., Inagaki, S., Shimozuma, T., Tamura, N., Funaba, H., Narihara, K., Kubo, S., Murakami, S., Wakasa, A., Yokoyama, M., Takeiri, Y., Watanabe, K.Y., Tanaka, K., Yoshinuma, M., Liang, Y., Ohya, N., Akiyama, T., Ashikawa, N., Emoto, M., Fujita, T., Fu	Characteristics of Transport in Electron Internal Transport Barriers and in the Vicinity of Rational Surfaces in the Large Helical Device	Phys. Plasmas		Vol.11, No.5bv (May 2004) pp.2551-2557	論文	有	1	
	Ignatenko, M., Mase, A., Bruskin, L. Kogi, Y., Hojo, H.	Numerical Study of Microwave Imaging Reflectometer for a Tandem Mirror Device	Trans. Fusion Sci. Tech.		Vol.47, No.1T (2005) pp.183-186	論文	有	1	
	Ignatenko, M., Mase, A., Bruskin, L., Kogi, Y., Hojo, H.	Effects of Asymmetry and Target Location on Microwave Imaging Reflectometry	Rev. Sci. Instrum.		Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.3810-3812	論文	有	1	
	Ishiguro, S., Nikolic Lj., Skoric, M. M., Li, B.	Intense Reflection of a Relativistic Laser Pulse in Subcritical Plasmas	J. Plasma and Fusion Res.		Vol.6 (2004) pp.279-282	論文	有	1	
	Ishizaki, R., Nakajima, N., Parks, P.B.	Analysis of pellet ablation with atomic processes	J. Plasma Fusion Res. Series		Vol.6 (2004) pp.353-356	論文	有	1	
	Ishizaki, R., Parks, P.B., Nakajima, N., Okamoto, M.	Two-dimensional Simulation of Pellet Ablation with Atomic Processes	Phys. Plasmas		Vol.11, No.8 (Aug. 2004) pp.4064-4080	論文	有	1	
	Isobe, M., Nakajima, N., Shimizu, A., Suzuki, C., Akiyama, T., Nishimura, S., Okamura, S., Matsuoka, K., Spong, D.A.	Orbit Topology and Confinement of Energetic Ions in the CHS-qa Quasi-Axisymmetric Stellarator	J. Plasma Fusion Res. Series		Vol.6 (2004) pp.622-625	論文	有	1	
	Ito, T., Aaramaki, T., Otosaka, S., Suzuki, T., Togawa, O., Kobayashi, T., Kawamura, H., Amano, H., Serjyu, T., Chaykovskaya, E.L., Lishavskaya, T.S., Karasev, E.V., Novichkov, V.P., Scherbinin, A.F., Tkalin A.V., Volkov, Y.N.	Anthropogenic Radionuclides in Seawater of the Japan Sea: The Results of Recent Observations and the Temporal Change of Concentrations	J. Nucl. Sci. Tech.		Vol.42, No.1 (2005) pp.99-100	論文	有	1	
	Itoh, K., Hallatschek, K., Itoh, S.-I.	Excitation of Geodesic Acoustic Mode in Toroidal Plasmas	Plasma Phys. Control. Fusion		Vol.47 (2005) pp.451-458	論文	有	1	
	Itoh, K., Hallatschek, K., Toda, S., Itoh, S.-I., Diamond, P.H., Yagi, M., Sanuki, H.	Collisional Effects on Coherent Structures of Zonal Flows and Turbulent Transport	Plasma Phys. Control Fusion		Vol.46, No.5A (May 2004) pp.A335-A340	論文	有	1	
	Itoh, K., Hallatschek, K., Toda, S., Sanuki, H., Itoh, S.-I.	Coherent Structure of Zonal Flow and Nonlinear Saturation	J.Phys. Soc. Jpn.		Vol.73, No.11 (Oct. 2004) pp.2921-2923	論文	有	1	
	J. Chen, T. Muroga, S. Qiu, Y. Xu, Y. Den and Z. Xu	Hydrogen embrittlement of V4Cr4Ti alloy evaluated by different test methods	Journal of Nuclear Materials		Vol. 325, 2004, pp. 79-86.	論文	有	1	
	J. M. Chen, S. Y. Qiu, T. Muroga, Y. Xu, T. Nagasaka, Y. Chen, Y. Deng and Z. Y. Xu	The hydrogen-induced ductility loss and strengthening of V-base alloys	Journal of Nuclear Materials		Vol. 334, 2004, pp. 143-148.	論文	有	1	
	J. M. Chen, T. Muroga, S. Y. Qiu, T. Nagasaka, W. G. Huang, M. J. Tu, Y. Chen, Y. Xu and Z. Y. Xu	The development of advanced vanadium alloys for fusion applications	Journal of Nuclear Materials, Volumes 329-333, Part 1, 1 August 2004, Pages 401-405			論文	有	1	
	J.Harhausen	Characterization of Multi-channel Fabry-Perot Spectrometer and Charge Exchange Recombination Spectroscopy in the Poloidal Plane of ASDEX Upgrade. Diplomarbeit				-2004	論文	有	1
	J.J. Sha, T. Nozawa, J.S. Park, Y. Katoh, A. Kohyama	Effect of heat treatment on the tensile strength and creep resistance of advanced SiC fibers	Journal of Nuclear Materials,		Vol. 329-333,592-596	論文	有	1	
	Jain, R., Browning, P., Kusano, K.	Solar Coronal Heating by Forced Magnetic Reconnection: Multiple Reconnection Events	Phys. Plasmas		Vol.12 (Jan. 2005) pp.012904-012915	論文	有	1	
Jian Zheng, K.A. Tanaka, T. Sato, T. Yabuuchi, T. Kurahashi, R. Kodama, T. Norimatsu, and T. Yamanaka	Study of Hot Electrons by Measurement of Optical Emission from the Rear Surface of a Metallic Foil Irradiated with Ultraintense Laser Pulse	Physics Review Letters		Volume 92, Number 16, 2004, 23 April	論文	有	1		
K. H. Finken	The toroidal pump limiter ALT-II in TEXTOR.	Fusion Sci. and Technol.		47/2/p.126-136.	論文	有	1		
K. Itoh, K. Hallatschek, S.Toda	Collisional effect on coherent structures of zonal flows and turbulent transport	Plasma Phys Control. Fusion			46	論文	有	1	
K. Nakamura, Z.S. Ji, B. Shen, P.J.Qin, S.Itoh, K.Hanada, M.Sakamoto, E.Jotaki, M.Hasegawa, S.Kawasaki, H.Nakashima	Magnetic Sensorless Sensing of Plasma Position in the Superconducting Tokamak HT-7	Plasma Science and Technology		Vol.6(2004)2559.	論文	有	1		
K. Ohya, T. Tanabe, M. Rubel, M. Wada, et al	Modeling of erosion and deposition patterns on C-W and W-Ta twin limiters exposed to the TEXTOR edge plasmas	Journal of Nuclear Material		Vol.329-333 (2004) pp.732-736.	論文	有	1		

キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No.pp.等	論文or口頭	査読	集計
論文(査読有)	K. Tanaka, Gao Xiang, Jie Yin-Xian, R.Sakamoto, K.Toi	Density Modulation Experiments on HT-7 Tokamak	Chinese Physics Letters		Vol.21 (2004) 2458	論文	有	1
	K. Tokunaga, M.J. Baldwin, R.P. Doerner, N. Noda, Y. Kubota, N. Yoshida, T. Sogabe, T. Kato, B. Schedler	Blister formation and deuterium retention on tungsten exposed to low energy and high flux deuterium plasma	Journal of Nuclear Materials		Vol. 337-339, pp. 887-891	論文	有	1
	K.Iida 1 , T.Fujita 2 , T.Fukuda 3 , Y.Sakamoto 2 , S.Ide 2 , K.Toi 1 , S.Inagaki 1 , T.Shimozuma 1 , S.Kubo 1 , H.Idei 4 , A.Fujisawa 1 , S.Ohdachi 1 , M.Yoshinuma 1 , H.Funaba 1 , K.Narihara 1 , S.Murakami 5 , A.Wakasa 6 , M.Yokoyama 1 , Y.Takeiri 1 , K.	Comparison of electron internal transport barriers in the large helical device and JT-60U plasmas	Plasma Physics and Controlled Fusion		vol.46 no.5A(2004) p.A45	論文	有	1
	K.Itoh, K. Hallatschek, S.Toda	Coherent Structure of Zonal Flow and Nonlinear Saturation	J. Phys. Soc. Jpn		73	論文	有	1
	K.Saito, R.Kumazawa, T.Mutoh, T.Seki, T.Watari,Y.Nakamura, M.Sakamoto, N.Nada, T.Watanabe, <Shoji, S.Masuzaki, S.Morita, M.Goto, Y.Torii, N.Takeuchi, F.Shimpo, G.Nomura, M.Yokota, A.Kato, Y.Zhao, LHD Experimental Group	Possible effect of RF field near ICRF antenna on density control during long pulse discharge in LHD	Journal of Nuclear Materials		337-339 (2005) 995-999	論文	有	1
	K.Saito, R.Kumazawa, T.Mutoh, T.Seki, T.Watari,Y.Torii,N.Takeushi, F.Shimpo, G.Nomura, M.Yokota, A.Kato, T.Watanabe, Y.P.Zhao and Experimental Group	Distribution Function of Higher Harmonic ICRF Heated Plasma Calculated with Bounce-averaged Fokker-Planck Equation on	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES		Vol.6(2004) 626-629	論文	有	1
	Katayama, T., Tanabe, T., Syresin, E., Watanabe, I.	Simulation studies of the electron cooler for MUSUES at RIKEN	Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.		Vol.A532 (2004) pp.408-412	論文	有	1
	Kato, T., More, R., Yamamoto, N., Nishimura H., Rosmej, F.B.	X-ray satellite spectra of H-like ions	Inertial Fusion Sciences and Application 2003, Editors, B.A. Hammel, D.D. Meyerhofer, J. Meyer-ter-Vehn and H. Azechi, ISBN 0-89448-686-1		(2004) pp.992-996	論文	有	1
	Kato, T., Yamamoto, N., Rosmej F.B.	X-ray spectral diagnostics for satellite lines of H-like Mg ions measured by a high resolution spectrometer	Laser and Particle Beams		Vol.22 (2004) pp.245-251	論文	有	1
	Kawahata, K., Tanaka, K., Tokuzawa, T., Ito, Y., Akiyama, T., Sanin, A., Okajima, S., Tsuji-Iio, S., Vyacheslavov, L., the LHD Group	Electron Density Profile Measurements on LHD	IEEE Trans. Plasma Sci.		Vol.32, No.2 (Feb.2004) pp.519-524	論文	有	1
	Kawahata, K., Tanaka, K., Tokuzawa, T., Akiyama, T., Ito, Y., Okajima, S., Nakayama, K., Wylde, R.J.	Development of a new two color far infrared laser interferometer for future fusion devices	Rev. Sci. Instrum.		Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.3508-3510	論文	有	1
	Kogi, Y., Uchida, K., Mase, A., Bruskin, L., Ignatenko, M., Tokuzawa, T., Nagayama, Y., Kawahata, K.	Ultrashort-pulse reflectometer on LHD	Rev. Sci. Instrum.		Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.3837-3839	論文	有	1
	Kolesnichenko, Ya.I., Yamazaki, K., Yamamoto, S., Lutsenko, V.V., Nakajima, N., Narushima, Y., Toi, K., Yakovenko, Yu.V.	Interplay of Energetic Ions and Alfvén Modes in Helical Plasmas	Phys. Plasmas		Vol.11, No.1 (2004) pp.158-170.	論文	有	1
	Komori, A., Morisaki, T., Masuzaki, S., Shoji, M., Ohyabu, N., Yamada, H., Tanaka, K., Kawahata, K., Narihara, K., Morita, S., Peterson, B.J., Sakamoto, R., Sakakibara, S., Motojima, O., LHD Experimental Group	Initial Results of Local Island Divertor Experiments in the Large Helical Device	Fusion Sci. Technol.		Vol.46, No.1 (July 2004) pp.167-174	論文	有	1
	Krasheninnikov, S.I., Tomita, Y., Smirnov, E.D., Janev, R.K.	On Dust Dynamics in Tokamak Edge Plasmas	Phys. Plasmas		Vol.11, No.6 (2004) pp.3141-3150	論文	有	1
	Kusakabe, T., Pichl, L., Buenker, R. J., Kimura, M., Tawara, H.	Isotope Effect in Charge-Transfer Collisions of Slow H ⁺ and D ⁺ Ions with H ₂ , HD, and D ₂ Molecules	Phys. Rev. A		Vol.70, No.5(Nov. 2004) pp.052710 1-7	論文	有	1
	L. Pichl, R. J. Buenker, M. Kimura	Calculation of cross sections for proton and antiproton stopping in molecules	Advances in Quantum Chemistry		46	論文	有	1
	L. Pichl, S. Zou, M. Kimura	Differential ionization cross sections in proton-hydrogen atom collisions in the energy region of 0.1 - 10 keV/u	Journal of Physical and Chemical Reference Data		33	論文	有	1
	Li Baiwen, S. Ishiguro, M. M. Skoric, H. Takamaru, and T. Sato	Acceleration of high-quality, well-collimated return beam of relativistic electrons by intense laser pulse in a low-density plasma	Laser and Particle Beams(2004).22.307-314			論文	有	1
	Li, B., Ishiguro, S., Skoric, M. M., Takamaru., H.	Stimulated Raman Scattering, Cascade-into-Condensate and Acceleration of Large Relativistic Electromagnetic Solitons in Intense Laser Interaction with an Underdense	J. Plasma Fusion Res. Series		Vol.6 (2004) pp.275-278	論文	有	1
	Liu, X., Yamada, T., Yamauchi, Y., Hirohata, Y., Hino T., Noda, N.	Helium retention of vanadium alloy after energetic helium ion irradiation	Fusion Eng. Des.		Vol.70 No.4 (Oct. 2004) pp.329-334	論文	有	1
	Liu, X., Yang, L., Tamura, S., Tokunaga, K., Yoshida, N., Noda, N., Xu, Z.	Thermal response of plasma sprayed tungsten coating to high heat flux	Fusion Eng. Des.		Vol.70, No.4 (Oct. 2004) pp.341-349	論文	有	1
	Lukas Pichl, Shiyang Zou, Mineo Kimura, Izumi Murakami and Takako Kato	Total, Partial, and Differential Ionization Cross Sections in Proton - Hydrogen Atom Collisions in the Energy Region of 0.1 - 10	Journal of Physical and Chemical Reference Data,		Volume 33, Issue 4 (2004) 1031-1058	論文	有	1
M. Bacal, A. A. Ivanov Jr., M. Glass-Maujean, Y. Matsumoto, M. Nishiura, M. Sasao, and M. Wada	Contribution of wall material to the vibrational excitation and negative ion formation in hydrogen negative ion sources	Rev. Sci. Instrum.		75(2004)1699-1703	論文	有	1	
M. Nishiura, M. Isobe, T. Saida, M. Sasao, and D. S. Darrow	Scintillator probe diagnostic for high energy particles escaped from Large Helical Device	Rev. Sci. Instrum.		75(2004)3646-3648.	論文	有	1	
M. Nishiura, T. Katayama, T. Tanabe, E. Syresin, and I. Watanabe	Simulation studies of the electron cooler for MUSUES at RIKEN	Nuclear Instruments and Method		A532, 408-412(2004)	論文	有	1	

キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No,pp.等	論文or口頭	査読	集計	
論文(査読有)	M.Yoshinuma, K.Ida, and J.Baldzuhn	Charge exchange spectroscopy by Fabry-Perot spectrometer in W7-AS	Rev Sci Instrum		75(2004)4136-4138.	論文	有	1	
	Mihaila, I. Ohtsu, Y and Fujita, H.	Measurement of ion temperature in magnetized inductively coupled plasma with external helical antenna	Phys. Lett. A		Vol.327 (July 2004) pp.327-331	論文	有	1	
	Minami, T., Fujisawa, A., Iguchi, H., Liang, Y., Ida, K., Nishimura, S., Yokoyama, M., Murakami, S., Yoshimura, Y., Isobe, M., Suzuki, C., Nomura, I., Toi, K., Yoshimura, M., Shimizu, A., Takahashi, C., Matsuoka, K., Okamura, S., CHS Group	Increased Understanding of Neoclassical Internal Transport Barrier on CHS	Nucl. Fusion			Vol.44, Issue2 (Feb. 2004) pp.342-349	論文	有	1
	Motojima, O., Hamada, Y., Komoro, A., Watanabe, K.Y., Mutoh, T., Takeiri, Y., Ida, K., Akiyama, T., Asakura, N., Ashikawa, N., Chikaraishi, H., Cooper, W.A., Emoto, M., Fujita, T., Fujiwara, M., Funaba, H., Goncharov, P., Goto, M., Hamada, Y., Higashijima	Review on the Progress of the LHD Experiment	Fusion Sci. Technol.			Stellarator Issue Vol.46 (July 2004) pp.1-12	論文	有	1
	Muroga, T., Nagasaka, T., Chen, J.M., Xu, Z.Y., Huang, Q.Y., Wu, Y.C.	Characterization for Fusion Candidate Vanadium Alloys	Plasma Sci. Technol.			Vol. 6, No. 4 (2004) pp. 2395-2399	論文	有	1
	Muroga, T., Nagasaka, T., Nishimura, A., Chen, J.M.	Improvement of Vanadium Alloys by Precipitate Control for Structural Components of Fusion Reactors	Mater. Sci. Forum			Vols.475-479 (2005) pp.1449-1454	論文	有	1
	N. J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga	Recrystallization and precipitation behavior of low activation V-Cr-Ti alloys after cold rolling	Journal of Nuclear Materials			Vol. 325, 2004, pp. 53-60.	論文	有	1
	N. Ohno, K. Furuta, H. Miyoshi, S. Takamura and V.P. Budaev	Experimental Observation and Statistical Analysis of Density Bursts in the Linear Divertor Simulator NAGDIS-II	30th EPS Conf. on Contr. Fusion and Plasma Phys., St. Petersburg, 7-11, July 2003, ECA			Vol.27A, (2004)p.2.154.	論文	有	1
	N. Ohno, V.P. Budaev, K. Furuta, H. Miyoshi and S. Takamura	Reconstruction of Velocity Distribution of Density Bursts by Wavelet Analysis in the Linear Divertor Simulator NAGDIS-II	Contrib. Plasma Phys.			44(2004)222	論文	有	1
	Nagasaka, T., Heo, N.-J., Muroga, T., Nishimura, A., Watanabe, H., Narui, M., Shinozaki, K.	Impact properties of NIFS-HEAT-2 (V-4Cr-4Ti) after YAG laser welding and neutron irradiation at 563 K	J. Nucl. Mater.			Vol.329-333, Part 2 (Aug. 2004) pp. 1539-1543	論文	有	1
	Nakamura, Y., Livshits, A.I., Nakahara, Y., Hatano, Y., Busnyuk, A., Ohyabu, N.	Hydrogen absorption capability of a niobium panel for pumping neutral atoms in divertor region	J. Nucl. Mater.			Vol.337-339 (Mar. 2005) pp.461-465	論文	有	1
	Nakamura, Y., Suzuki, Y., Yamagishi, O., Kondo, K., Nakajima, N., Hayashi, T., Monticello, D.A., Reiman, A.H.	MHD equilibrium and pressure driven instability in L = 1 heliotron plasmas	Nucl. Fusion			Vol.44, No.3 (2004) pp.387-394	論文	有	1
	Nakanishi, H., Hochin, T., Kojima, M., LABCOM group	Search and Retrieval Method of Similar Plasma Waveforms	Fusion Engineering and Design			vol.71 no.1-4(2004) p.189	論文	有	1
	Nemov, V., Shimizu, A., Okamura, S., Isobe, M., Suzuki, C., Nishimura S., Akiyama, T., Matsuoka, K.	The Effect of Coil Misalignment on Particle Transport in Quasi-Axisymmetric Systems	J. Plasma Fusion Res. Series			Vol.6 (2004) pp.508-511	論文	有	1
	Nishimura, A., Iwahori, A., Heo, N.J., Nagasaka, T., Muroga, T., Tanaka, S., Ishitani, K., Ashikawa, N., Masuzaki, S., Miyazawa, J., Sagara, A., Goto, M., Peterson, B.J., Komori, A., Noda, N., Ida, K., Kaneko, O., Kawahata, K., Kobuchi, T., Kubo, S., Morita, S., Osakabe, M., Sakakibara, S., Sakamoto, R., Sato, K., Shimozuma, T.,	Effect of precipitation and solution behavior of impurities on mechanical properties of low activation vanadium alloy	J. Nucl. Mater.			Vol. 329-333, Part 1 (Aug. 2004) pp. 438-441.	論文	有	1
	Nishimura, K., Ashikawa, N., Sagara, A., Noda, N., Kawahata, K., Morita, S., Peterson, B.J., Sakakibara, S., Takeiri, Y., Tanaka, K., Sato, K., Komori, A., LHD Experimental Group	Development of the plasma operational regime in the large helical device by the various wall conditioning methods	J. Nucl. Mater.			Vol.337-339 (2004) pp.431-435	論文	有	1
	Nishimura, K., Ashikawa, N., Sagara, A., Noda, N., Kawahata, K., Morita, S., Peterson, B.J., Sakakibara, S., Takeiri, Y., Tanaka, K., Sato, K., Komori, A., LHD Experimental Group	Effects of Boronization in LHD	J. Plasma Fusion Res.			Vol.79, No.12 (Dec. 2003)pp.1216-1217	論文	有	1
	Nishiura, M., Isobe, M., Saida, T., Sasao, M., Darrow, D.S.	Scintillator Probe Diagnostic for High Energy Particles Escaped from Large Helical Device	Rev. Sci. Instrum.			Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.3646-3648	論文	有	1
	Nozawa, M., Murakami, M., Zhang, P., Kimura, N.	Variation of the film boiling mode in He II from the vicinity of the lambda pressure down to the saturated state	J. Cryo. Soc. Jpn.			Vol.39, No.6 (June 2004) pp.277-284	論文	有	1
	Ohya, K., Nakayama, Y., Hamada, Y., Tanabe, T., Kirschner, A., Phillips, V., Noda, N.	Modeling of Material Mixing Effects on Plasma Surface Interactions in Magnetic Fusion Devices	Physica Scripta			Vol.T111 (May 2004) pp.138-144	論文	有	1
Ohya, K., Tanabe, T., Rubel, M., Wada, M., Ohgo, T., Hirai, T., Phillips, V., Kirschner, A., Pospieszczyk, A., Huber, A., Sergienko, G., Brezinsek, S., Noda, N.	Modeling of erosion and deposition patterns on C-W and W-Ta twin limiters exposed to the TEXTOR edge plasmas	J. Nucl. Mater.			Vol.329-333 (Aug. 2004)pp.732-736	論文	有	1	
Ohya, K., Tanabe, T., Kirschner, A., Hirai, T., Phillips, V., Wada, M., Ohgo, T., Noda, N.	Dynamic transition between erosion and deposition on a tungsten surface exposed to edge plasmas containing carbon impurities	J. Nucl. Mater.			Vol.337-339 (Mar. 2005) pp.882-886	論文	有	1	
Oka, Y., Tsumori, K., Takeiri, Y., Ikeda, K., Kaneko, O., Nagaoka, K., Osakabe, M., Asano, E., Kawamoto, T., Kondo, T., Sato, M., Grisham, J.L., Honda, A., Umeda, N., Yamamoto, T.	Studies of H- source for Large Helical Device-neutral Beam Injector (invited)	Rev. Sci. Instrum.			75, 5 (2004) 1803-1808 (Oct. 2004)	論文	有	1	
Okamoto, A., Nagaoka, K., Yoshimura, S., Vranjes J., Kono, M., Kado, S., Tanaka, M.Y.	Anti-ExB flow field associated with a vortex formation in a partially ionized plasma	Proceedings of 12th International Congress on Plasma Physics			http://hal.ccsd.cnrs.fr/ccsd-00001987	論文	有	1	

キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No,pp.等	論文or口頭	査読	集計
論文(査読有)	Okamura, S., Matsuoka, K., Nishimura, S., Isobe, M., Suzuki, C., Shimizu, A., Ida, K., Fujisawa, A., S. Murakami, S., Yokoyama, M., Itoh, K., Hayashi, T., Nakajima, N., Sugama, H., Wakatani, M., Nakamura, Y., Anthony Cooper .	Confinement Characteristics of Quasi-Axisymmetric Stellarator CHS-qa	Nucl. Fusion		Vol.44, No.5(2004) pp.575-581	論文	有	1
	Okita, T., Wolfer, W.G.	A Critical Test of the Classical Rate Theory for Void Swelling	J. Nucl. Marer.		Vol.327 (2004) pp.130-139	論文	有	1
	Okita, T., Wolfer, W.G., Barnett, D.	Motion and Rotation of Small Glissile Dislocation Loops in Stress Fields	Phys. Rev. Lett.		Vol.92, No.8 (Feb. 2004) pp.085507 1-4	論文	有	1
	Ozaki, T., Goncharov, P., Murakami, S., Sanuki, H., Okamura, S., Sudo, S., Kubo, S., Shimozuma, T., Ohkubo, K., Notake, T., Ida, K., Tanaka, K., Oka, Y., Osakabe, M., Takeiri, Y., Tsumori, K., Ikeda, K., Kaneko, O., Narihara, K., Nagayama, Y., Sakakibara,	Temperature, Density, Magnetic Field and Pitch Angle Dependence of Neutral Particle Spectrum in Large Helical Device	J. Plasma Fusion Res. Series		Vol.6 (2004) pp.310-313	論文	有	1
	Ozaki, T., Goncharov, P., Sudo, S., Shoji, M., Kawahata, K., Kaneko, O., the LHD Experimental Group, Murakami, S.	Two dimensional scanning high-energy particle diagnostic system in Large Helical	Rev. Sci. Instrum.		Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.3604-3606	論文	有	1
	Pan Yaping, Wang Lei, Zhao Yangping, Qin Chengmin, Xue Diye, Deng Xu, Mao Yuzhou, Ding Jiayi, T.Watari, R.Kumazawa, T.Seki	Design and realization of Liqid Stub Tuner Control System	Plasma Science and Technology		Vol.6(2004)2531	論文	有	1
	Parks, P.B., Baylor, L.R., Ishizaki, R., Jardin, S.C., Samtaney, R.	Recent advances in the theory and simulation of pellet ablation and fast fuel relocation in tokamaks	Proc. 20th Int. Conf. of Fusion Energy (IAEA)		IAEA-CN-116/TH/P3-9(Nov. 2004)	論文	有	1
	Peterson, B. J., Sagara, A., Noda, N., Sato, K., Kato, T., Nakamura, Y., Masuzaki, S., Morisaki, T., Xu, Y., Goto, M., Morita, S., Shoji, M., Nishimura, K., Ashikawa, N., Kawahata, K., Ohyabu, N., Komori, A., the LHD Experiment Group	Experiences with carbon divertor operation in LHD	Physica Scripta		Vol.T111 (2004) pp.29-33	論文	有	1
	R. Hiwatari, Y. Kuzuyama, A. Hatayama, K. Okano, Y. Asaoka, S.Zhu, and Y. Tomita	Simple Core-SOL-Divertor Model to Investigate Plasma Operation Space	Contributions to Plasma Physics,vol. 44, no. 1-3 (2004) 76 - 82			論文	有	1
	R. J. Kurtz, K. Abe, V. M. Chernov, D. T. Hoelzer, H. Matsui, T. Muroga and G. R. Odette	Recent progress on development of vanadium alloys for fusion	Journal of Nuclear Materials		Vols. 329-333, 2004, pp. 47-55.	論文	有	1
	R. Maekawa and B. Baudouy,	Heat transfer through porous media in the counterflow regime of He II.	Advances in Cryogenic Engineering,		Vol. 49B(2004)983-990	論文	有	1
	R. Smirnov, Y. Tomita, T. Takizuka	Dynamics of Dust Particles Coming off a Wall in Sheath and Presheath	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES		6	論文	有	1
	R.Burhenn, J.Baldzuhn, R.Brakel, H.Ehmler, L.Giannone, P.Grigull, J.Knauer, M.Krychowiak, M.Hirsch, K.Ida, H.Maassberg, K.McCormick, E.Pasch, H.Thomen, AWeller, W7-AS Team, ECRH Group, NI Group	Impurity transport in the W7-AS stellarator	Fusion Science and Technology		46(2004)115-128.	論文	有	1
	S. Kado, D. Yamasaki, Y. Iida and B. Xiao	Anomaly in the P- and R- Branches in the Spectra of Hydrogen Fulcher Band Emission	J. Plasma Fusion Res		80	論文	有	1
	S. Tamura, X. Liu , K. Tokunaga , Y. Tsunekawa ,M. Okumiya , N. Noda , N. Yoshida	High-temperature properties of joint interface of VPS-tungsten coated CFC	Journal of Nuclear Materials		329-333 (2004) 711	論文	有	1
	S.J. Son, K.H. Park, Y. Katoh, A. Kohyama	Interfacial reactions and mechanical properties of W	Journal of Nuclear Materials,		Vol. 329-333, 1549-1552	論文	有	1
	S.Ohtani, T.Kinugawa, K.Hosaka,K.Hosaka, D.N.Crosby,K.Gaarde-Widdowson, C.J.Smith, J.D.Silver, E.G.Myers	Laser spectroscopy of hydrogenlike nitrogen in an electron beam ion trap	Phy.Rev A		69,011802(R),2004	論文	有	1
	S.Ohtani,B.E.O' Rourke,H.Kuramoto, Y.M.Li, X.M.Tong, H.Watanabe,and F.J.Currell	Dielectronic recombination in He-like titanium ions	J.Phys.B : At,Mol.Opt.phys.		37,2343-2353,2004	論文	有	1
	S.W. Kim, H.K. Yoon, W.J. Park, A. Kohyama	Fatigue crack growth behavior of JLF-1 steel including TIG weldments	Journal of Nuclear Materials,		Vol. 329-333, 248-251	論文	有	1
	Saida, T., Sasao, M., Isobe, M., Krasilnikov, A.V., Kumazawa, R., Mutoh, T., Watari, T., Seki, T., Saito, K., Murakami, S., Matsuoka, K., LHD experimental group	Study of Ripple-trapped Proton Behaviour in LHD by Two Line-of-sight Measurements of Fast Neutrals	Nucl. Fusion		Vol.44, No.4 (Apr.2004) pp.488-495	論文	有	1
	Sanin, A., Tanaka, K., Vyacheslavov, L., Kawahata, K., Akiyama, T.	Two-dimensional Phase Contrast Interferometer For Fluctuation Study on LHD	Rev. Sci. Instrum.		Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.3439-3441	論文	有	1
	Sanuki, H., Itoh, K., Fujisawa, A., Dong, J.Q.	Effect of sheared flow on microinstabilities and transport in plasmas	Plasma Sci. Technol.		Vol.7, No.1 (2005) pp.2610-2614	論文	有	1
	Sheng Zheng-Ming, Mima, K., Zhang Jie, Sanuki, H.	Emission of Electromagnetic Pulses from a Laser Wakefield through Mode Conversion	Phys. Rev. Lett.		Vol.94, No.11 (Mar. 2005) pp.950031-950034	論文	有	1
	Shimozuma, T., Idei, H., Shapiro, M., Temkin, R., Ito, S., Notake, T., Kubo, S., Yoshimura, Y., Kobayashi, S., Mizuno, Y., Takita, Y., Ohkubo, K.	Alignment Method of ECH Transmission Lines Based on the Moment and Phase Retrieval Method Using IR Images	J. Plasma Fusion Res.		Vol.81, No.3 (2005) pp.191-196	論文	有	1
	Shinohara, K., Takechi, M., Ishikawa, M., Kusama, Y., Tsuzuki, K., Urata, K., Kawashima, H., Tobita, K., Fukuyama, A., Cheng, C.Z., Darrow, D.S., Kramer, G.J., Gorelenkov, N.N., Nazikian, R., Todo, Y., Miura, Y., Ozeki, T.	Energetic particle physics in JT-60U and JFT-2M	Plasma Phys. Control. Fusion		Vol.46, No.7 (2004) pp.S31-S45	論文	有	1
	Shiraga, H., Fujioka, S., A. Jaanimagi, P., Stoeckl, C., Stephens,R. B., Nagatomo, H., Tanaka, K. A., Kodama, R., Azechi, H.	Multi-imaging x-ray streak camera for ultrahigh-speed two-dimensional x-ray imaging of imploded core plasmas	Rev. Sci. Instrum.		Vol.70, No.10 (Oct. 2004) pp.3921-3925	論文	有	1
	Smirnov, R., Tomita, Y., Takizuka, T., Takayama, A., Chutov, Yu.	Particle Simulation Study of Dust Particle Dynamics in Sheaths	Plasma Phys.		Vol.44, No.1-3 (2004) pp.150 - 156.	論文	有	1
Smirnov, R., Tomita, Y., Takizuka, T., Takayama, A.Chutov, Yu.	Dynamics of Dust Particles Coming off a Wall in Sheath and Presheath	J. Plasma Fusion Res. Series		Vol.6 (2004) pp.752-755	論文	有	1	

キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No pp.等	論文or口頭	査読	集計
論文(査読有)	Spineanu, F., Vlad, M., Itoh, K., Sanuki, H., Itoh, S-I.	Polo Dynamics for the Flierl-Petviashvili Equation and Zonal Flow	Phys. Rev. Lett.		Vol.93, No.2(July 2004)pp.025001-1~025001-4	論文	有	1
	Sudo, S., Kalinina, D., Stutman, D., Finkenthal, M., Tamura, N., Sato, K., Matsubara, A., LHD Experimental Group	Development of the Ultrafast X-ray Diagnostic for Impurity Transport Studies with a Tracer-Encapsulated Solid Pellet	J. Plasma Fusion Res.		Vol.80, No.7(2004) pp.545-546	論文	有	1
	Sudo, S., Peterson, P.J., Kawahata, K., Nagayama, Y., Narihara, K., Hamada, Y., Toi, K., Ida, K., Iguchi, H., Sato, K., Morita, S., Ozaki, T., Nishizawa, A., Tanaka, K., Minami, T., Yamada, I., Mutoh, S., Emoto, M., Nakanishi, H., Goto, M., Ohdachi, S., T	LHD Diagnostics Toward Steady-State Operation	IEEE Trans. Plasma Sci.		Vol.32, No.1 (Feb.2004) pp.167-176	論文	有	1
	Suzuki, C., Okamura, S., Isobe, M., Nishimura, S., Shimizu, A., Akiyama, T., Matsuoka, K., Nakajima, N., Cooper, W.A., Nuhrenberg, C.	Effects of Current Profile on Global Ideal MHD Stability in a Compact Quasi-Axisymmetric Stellarator	J.Plasma Fusion Res. SERIES		Vol.6 (2004) pp.519-522	論文	有	1
	Suzuki, C., Peterson, B.J., Ida, K.	Measurement of Impurity Emission Profiles in CHS Plasma Using AXUV Photodiode Arrays and VUV Bandpass Filters	Rev. Sci. Instrum.		Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.4142-4144	論文	有	1
	T. Hino, Y. Hirohata, Y. Yamauchi, M. Hashiba, A. Kohyama, Y. Katoh, Y. Lee, T. Jinushi, M. Akiba, K. Nakamura, H. Yoshida, S. Sengoku, K. Tsuzuki, Y. Kusama, K. Yamaguchi and T. Muroga	Plasma material interaction studies on low activation materials used for plasma facing or blanket component	Journal of Nuclear Materials		Vols. 329-333, 2004, pp. 673-677.	論文	有	1
	T. Hinoki, E. Lara-Curzio, L.L. Snead	Effect of Interphase on Transthickness Tensile Strength of High-Purity Silicon Carbide Composites	Ceramic Engineering & Science Proceedings,		25[4], 65-70	論文	有	1
	T. Kusakabe, L. Pichl, R. J. Buenker	Isotope effect in charge-transfer collisions of slow H ⁺ and D ⁺ ions with H ₂ , HD, and D ₂ molecules	Physical Review A		70	論文	有	1
	T. Taguchi, T. Nozawa, N. Igawa, Y. Katoh, S. Jitsukawa, A. Kohyama, T. Hinoki, L.L. Snead	Fabrication of advanced SiC fiber/F-CVI SiC matrix composites with SiC/C multi-layer interphase	Journal of Nuclear Materials,		Vol. 329-333, 572-576	論文	有	1
	T. Watanabe, Y. Choyal, K. Minami	Range of validity of the Rayleigh hypothesis	Physical Review E		69	論文	有	1
	T.Seki, R.Kumazawa, T.Mutoh, A.Fukuyama, K.Saito, Y.Torii, N.Takeuchi, T.Watari, Y.P.Zhao and LHD Experimental Group	Three-Dimensional Calculation Analysis of ICRF Heating in LHD	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES		Vol.6(2004) 655-657	論文	有	1
	Takeuchi, N., Seki, T., Torii, Y., Saito, K., Watari, T., Takase, Y., Kumazawa, R., Mutoh, T., Watanabe, T., Zhao, Y	Variation of N// and its effect on fast wave electron heating on LHD	J. Plasma Fusion Res. Series		Vol.6 2004) pp.642-646	論文	有	1
	Tamura, H., Mito, T., Yamada, Y., Tachikawa, K., Heller, R.	Design Study of HTS Current Lead Using Reinforced Bi-2212 Tubular Bulk	IEEE Transactions on Applied Superconductivity		Vol. 14, No. 2 (2004) pp. 686-689	論文	有	1
	Tamura, S., Liu, X., Tokunaga, K., Tsunekawa, Y., Okumiya, M., Noda, N., Yoshida, N	High-temperature properties of joint interface of VPS-tungsten coated CFC	J. Nucl. Mater.		Vol.329-333 (Aug. 2004) pp.711-716	論文	有	1
	Tamura, S., Liu, X., Tokunaga, K., Tsunekawa, Y., Okumiya, M., Noda, N., Yoshida, N.	High heat flux properties of pure tungsten and plasma sprayed tungsten coatings	J. Nucl. Mater.		Vol.329-333 (Aug. 2004) pp.687-691	論文	有	1
	Tanaka, K., Morita, S., Sanin, A., Vyacheslavov, L., Michael, C., Kawahata, K., Murakami, S., Wakasa, A., Yamada, H., Miyazawa, J., Tokuzawa, T., Akiyama, T., Goto, M., Ida, K., Yoshinuma, M., Yamada, I., Yokoyama, M., Masuzaki, S., Morisaki, T., Sakamo	Particle transports and related turbulent fluctuations on LHD	Proc. 20th Int. Conf. of Fusion Energy (IAEA)		EX/P6-28 (Nov. 2004)	論文	有	1
	Tanaka, K., Sanin, A., Vyacheslavov, L., Akiyama, T., Kawahata, K., Tokuzawa, T., Ito, Y., Okajima, S.	Precise Density Profile Measurements by using a Two Color YAG/CO2 Laser Imaging Interferometer on LHD	Rev. Sci. Instrum.		Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.3429-3432	論文	有	1
	Todo, Y., Berk, H. L., Breizman, B. N.	Energetic ion transport due to Alfvén eigenmode bursts	J. Plasma Fusion Res. Series		Vol.6 (2004) pp.69-73	論文	有	1
	Toi, K., Ohdachi, S., Yamamoto, S., Nakajima, N., Sakakibara, S., Watanabe, K.Y., Inagaki, S., Nagayama, Y., Narushima, Y., Yamada, H., Narihara, K., Morita, S., Akiyama, T., Ashikawa, N., Ding, X., Emoto, M., Funaba, H., Goto, M., Ida, K., Idei, H., Ido	MHD Instabilities and Their Effects on Plasma Confinement in Large Helical Device Plasmas	Nucl. Fusion		Vol.44, No.2 (Feb. 2004) pp.217-225	論文	有	1
	Toi, K., Yamamoto, S., Nakajima, N., Ohdachi, S., Sakakibara, S., Osakabe, M., Murakami, S., Watanabe, K.Y., Goto, M., Kawahata, K., Kolesnichenko, Ya.I., Masuzaki, S., Morita, S., Narihara, K., Narushima, Y., Takeiri, Y., Tanaka, K., Tokuzawa, T., Yama	Energetic Ion Driven Alfvén Eigenmodes in Large Helical Device Plasma with Three-dimensional Magnetic Structure and Their Impact on Energetic Ion Transport	Plasma Phys. Control. Fusion		Vol.46 No.7 (July2004) pp.S1-S13	論文	有	1
	Tokitani, M., Miyamoto, M., Tokunaga, K., Fujiwara, T., Yoshida, N., Komori, A., Masuzaki, S., Ashikawa, N., Inagaki, S., Kobuchi, T., Goto, M., Miyazawa, J., Nishimura, K., Noda, N., Peterson, B.J., Sagara, A., LHD experimental	Microscopic Modification of Wall Surface by Glow Discharge Cleaning and its Impact on Vacuum Properties of LHD	Proc. 20th Int. Conf. of Fusion Energy (IAEA)		EX/P5-34	論文	有	1
	Tokunaga, K., Baldwin, M. J., Doerner, R. P., Noda, N., Kubota, Y., Yoshida, N., Sogabe, T., Kato, T., Schedler, B.	Blisters formation and deuterium retention on tungsten exposed to low energy and high flux deuterium plasma	J. Nucl. Mater.		Vol.337-339(Mar. 2005) pp.887-891	論文	有	1
	Tolstikhin, O. Namba, C.	Quantum-mechanical and semiclassical study of the collinear three-body Coulomb problem: Inelastic collisions below the three-body disintegration threshold	Physi. Rev. A		Vol.70, No.6 (Dec. 2004) pp.062721-1~062721-21	論文	有	1
	Tomita, Y., Smirnov, R., Chutov, Y., Takayama, A., Takizuka, T.	Reduction of Sheath Potential and Dust Ion-Acoustic Wave by Negatively Charged Dust Particles	J. Plasma Fusion Res. Series		Vol.6 (2004) pp.429-432	論文	有	1

キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No,pp.等	論文or口頭	査読	集計
論文(査読有)	Tomita, Y., Smirnov, R., Chutov, Yu., Takayama, A., Takizuka, T.	Reduction of Sheath Potential and Particle Flux at a Target Plate by Negatively Charged Dust Particles	Plasma Phys.		Vol.44, No.1-3 (2004) pp.138 - 143	論文	有	1
	Tomita, Y., Smirnov, R., Zhu, S.	Stationary Potential Formation and Oscillations in Plasma with Immovable Dust	Plasma Sci. Technol.		Vol.17, No.1 (June 2005) pp.2657-2659	論文	有	1
	Torikai, Y., Tokunaga, K., Baldwin, M. J., Doerner, R. P., Noda, N., Kubota, Y., Yoshida, N., Sogabe, T., Kato, T., Schedler, B.	Tritium distribution in JET Mark IIA type divertor tiles analysed by BIXS	J. Nucl. Mater.		Vol.337-339 (Mar. 2005) pp.575-579	論文	有	1
	V. Budaev, Y. Kikuchi, Y. Uesugi and S. Takamura	Effect of Rotating Helical Magnetic Field on the Turbulence Fractal Structure and Transport in the Tokamak Edge Plasma	Nucl. Fusion		44(2004)S108	論文	有	1
	Vlad, M., Spineanu, F., Misguich, J.H., Reuss, J-D., Balescu, R., Itoh K., Itoh, S-I.	Lagrangian versus Eulerian correlations and transport scaling	Plasma Phys. Control, Fusion		volume 46, issue 7 (2004) 1051 - 1063	論文	有	1
	Vranjes, J., Tanaka, M.Y., Kono, M., Poedts, S.	Electrostatic Perturbations in Partially Ionized Plasma with the Effects of Ionization and Recombination	Phys. Plasmas		Vol.11, No.9(Sep. 2004)pp.4188-4195	論文	有	1
	Wang Jianqing, Fujiwara Osamu and Uda Tatsuhiko	Statistical measurement of radio-frequency electromagnetic fields in a fusion experimental facility"	2004 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Sendai, Japan,		Vol. 2, pp. 593-596 (2004)	論文	有	1
	Wang, A. K., Sanuki, H., Dong, J. Q., Zonca, F., Itoh, K.	Magnetic field gradient and curvature driven drift modes in the toroidal plasmas	Chinese Physics Letter		Vol.21, No.8 (2004) pp.1575-1577	論文	有	1
	Wang, A., Sanuki, H., Dong, J., Zonca, F., Itoh, K.	Interaction between the trapped electrons and magnetic field gradient and curvature-driven drift waves in the toroidal plasma	J. Plasma Fusion Res. Series		Vol.6 (2004) pp.237-240	論文	有	1
	Watanabe, K.Y., Narushima, Y., Sakakibara, S., Ohdachi, S., Toi, K., Cooper, A.W., Nakajima, N., Narihara, K., Tanaka, K.	Relationships between the Prediction of Linear MHD Stability Criteria and the Experiment in LHD	J. Plasma Fusion Res. Series		Vol.6 (2004) pp.523-526	論文	有	1
	Watanabe, T., Choyal, Y., Minami, K.	Microwave Excitation by Constrained Large Orbit Electron Beam-Aunified Dispersion Relation for Slow and Fast -Wave Devices	IEEE Trans. Plasma Sci.		Vol.32, No.3(June 2004) pp.1298-1309	論文	有	1
	X. Liu, L. Yang, S.Tamura, K. Tokunaga, N. Yoshida, N. Noda, Z. Xu	Thermal response of plasma sprayed tungsten coating to high heat flux	Fusion Engineering and Design		Vol.70 (4) (2004) 341	論文	有	1
	X. Liu, S. Tamura, K. Tokunaga, N. Yoshida, N. Noda, L. Yang, Z. Xu	High heat flux properties of pure tungsten and plasma sprayed tungsten coatings	Journal of Nuclear Materials		329-333 (2004) 687	論文	有	1
	X. Liu, T.Yamada, Y. Yamauchi, Y. Hirohata, T. Hino and N. Noda	Helium retention of vanadium alloy after energetic helium ion irradiation	Fusion Engineering and Design		Vol.70 (4) (2004) 329	論文	有	1
	X. Lui, S. Tamura, K. Tokunaga, N. Yoshida, N. Noda, L. Yang, Z. Xu	High heat flux properties of pure tungsten and plasma sprayed tungsten coatings	J. of Nuclear Materials		Vol. 329-333, pp. 687-691	論文	有	1
	Y. Choyal, K. Minami, V. L. Granatstein	Slow Cyclotron Instability in a High-Power Backward-Wave Oscillator	IEEE Trans. on Plasma Sci.		32	論文	有	1
	Y. Choyal, T. Watanabe, K. Minami	Microwave Excitation by a Constrained Large Orbit Electron Beam -A Unified Dispersion Relation for Slow and Fast wave devices	IEEE Transactions on Plasma Science		32	論文	有	1
	Y. Hatano (Toyama U), A. Livshits, A. Busnyuk, M. Norura, K. Hashizume, M. Sugisaki, Y. Nakamura, N. Ohyabu and K. Watanabe	Kinetics of Dissociative Absorption of Hydrogen through Nb Surface Covered by	Physica Scripta		T108 (2004) 14-18	論文	有	1
	Y. Kikuchi, Y. Uesugi, S. Takamura and A. G. Elfimov	Direct Observation of Tokamak Plasma Response to the Externally Allied Rotating Helical Magnetic Field in the Small Tokamak HYBTOK-II	Nucl. Fusion		44(2004)S28	論文	有	1
	Y. Kikuchi, Y. Uesugi, S. Takamura and A.G. Elfimov	Contribution of Alfvén Wave Dissipation to Penetration of Externally Applied Rotating Helical Magnetic Field into Tokamak Plasma	Proc. of 30th EPS Conf. on Controlled Fusion and Plasma Phys., St. Petersburg, July 7-11, 2003, Europhysics Conference Abstracts		Vol.27A,(2004)p2-119.	論文	有	1
	Y. Lee, S.J. Son, Y. Katoh, A. Kohyama	Damage evaluation of W-coated SiC by thermal conductivity measurement	Journal of Nuclear Materials,		Vol. 329-333, 549-553	論文	有	1
	Y. Nakashima, M. K. Islam, T. Natori	Edge plasma measurements near the minimum-B anchor cell of GAMMA 10 using Langmuir probe and calorimeter arrays	Review of Scientific Instruments 75		75	論文	有	1
	Y. Takase, C.P. Moeller, T. Seki, N. Takeuchi, T. Watari, R. Callis, A. Ejiri, H. Ikezi, H. Kasahara, N. Kasuya, R. Kumazawa, T. Mutoh, K. Ohkubo, R.A. Olstad, M. Saigusa, K. Saito, S. Shiraiwa, T. Taniguchi, H. Torii, H. Wada, K. Yamagishi and T. Yamamoto	Development of a Fishbone Travelling Wave Antenna for LHD	Nucl. Fusion		44 (2), 296-302 (2004).	論文	有	1
Y. Tomita, R. Smirnov, and S. Zhu	Stationary Potential Formation and Oscillations in Plasma with Immovable Dust	Plasma Science and Technology, 掲載決定済み			論文	有	1	
Y. Tomita, R. Smirnov, Ar. Takayama	Reduction of Sheath Potential and Dust Ion-Acoustic Wave by Negatively Charged Dust Particles	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES		6	論文	有	1	
Y. Wang, M. Kanedome, T. Yasuda, T. Suda, S. Watanabe, S. Ohnuki, T. Nagasaka, T. Muroga	Dynamic and Static Hydrogen Effects on the Mechanical Properties in Vanadium	Journal of Nuclear Materials		Vols. 329-333, 2004, pp. 477-480.	論文	有	1	

Year	2005
著者に外国人を含む	○

キー: 国際学会はIAEA, EPS, APS, 炉工(国際) / 論文は査読有

データの個数 / 著者

キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No,pp.等	論文or口頭	査読	集計		
EPS	K.Ida, S.Inagaki, R.Sakamoto, N.Tamura, K.Tanaka, H.Funaba, S.Morita, Y.Takeiri, K.Ikeda, T.Shimozuma, S.Kubo, C.Michel, T.Tokuzawa, O.Kaneko, A.Komori, O.Motojima and the LHD experimental group	Dynamic transport analysis of improved confinement plasmas in LHD		32nd EPS conference on controlled fusion and plasma physics , Tarragona			口頭	無	1	
	A.Cappa, F.Castej	"Experimental dependence of plasma breakdown on wave polarization in the TJ-II stellarator" (P2.099)		32nd EPS Conference on Plasma Physics (Tarragona, Spain)			口頭		1	
EPS 集計										
2										
IAEA	Komori, A. Morisaki, T. Masuzaki, S. Kobayashi, M. Feng, Y. Shoji, M. Ohyabu, N. Ida, K. Tanaka, K. Kawahata, K. Narihara, K. Morita, S. Peterson, B.J. Sakamoto, R. Sakakibara, S. Yamada, H. Ikeda, K. Kaneko, O. Kubo, S. Miyazawa, J. Nagaoka, K. Nakani	Edge plasma control by local island divertor in LHD		Collection of Contributions from NIFS to 20th IAEA Fusion Energy Conference		2005	口頭		1	
	Peterson, B.J. Miyazawa, J. Nishimura, K. Masuzaki, S. Nagayama, Y. Ohyabu, N. Yamada, H. Yamazaki, K. Kato, T. Ashikawa, N. Yuhong Xu Kostrioukov, A.Yu. Yi Liu Sakamoto, R. Goto, M. Narihara, K. Osakabe, M. Tanaka, K. Tokuzawa, T. Shoji, M. Funaba, H.	Density limit studies in the Large Helical Device		Collection of Contributions from NIFS to 20th IAEA Fusion Energy Conference		2005	論文		1	
	A.V.Krasilnikov, M.Isobe, T.Saida, S.Murakami, M.Sasao, H.Nishimura, M.Nishiura, M.Osakabe, Y.Takeiri, K.Toi, F.Watanabe, V.N.Amosov	Study of tangentially beam-injected ion behavior in LHD using natural diamond detectors" (P3)			9th IAEA Technical Meeting on Energetic Particles in Magnetic Confinement Systems (Takayama)			口頭		1
	K.Ida, S.Inagaki, R.Sakamoto, K.Tanaka, M.Yoshinuma, C.Michael, H.Funaba, S.Morita, A. Sanin1, L.N.Vyacheslavov1 and the LHD experimental group	Transient transport analysis of improved confinement plasmas sustained by repetitive pellets in LHD			10th IAEA TCM in H-mode physics and transport barriers St. Petersburg 3.3			口頭	無	1
	Motojima, O. Ida, K. Watanabe, K.Y. Nagayama, Y. Komori, A. Morisaki, T. Peterson, B.J. Takeiri, Y. Ohkubo, K. Tanaka, K. Shimozuma, T. Inagaki, S. Kobuchi, T. Sakakibara, S. Miyazawa, J. Yamada, H. Ohyabu, N. Narihara, K. Nishimura, K. Yoshinuma, M. Mori	Confinement and MHD stability in the Large Helical Device		Collection of Contributions from NIFS to 20th IAEA Fusion Energy Conference		2005	口頭		1	
	Nakanishi H. and Hochin T. and Kojima M. and LABCOM group	Similar Pattern Search for Time-Sectional Oscillation in Huge Plasma Waveform Database			Proc. of 5th IAEA TM on Control, Data Acquisition, and Remote Participation for Fusion Research-Budapest, Hungary			ポスター	無	1
IAEA 集計										
6										
論文(査読有)	Park KH, Hinoki T, Kohyama A	Indentation induced deformation and crack behavior of P-SiC irradiated at high temperature		ADVANCED SI-BASED CERAMICS AND COMPOSITES KEY ENGINEERING MATERIALS		287 489-494	論文	有	1	
	Park YH, Kim DH, Yoon HK, Kohyama A	Fabrication and strength properties of LPS-SiC ceramics		ADVANCED SI-BASED CERAMICS AND COMPOSITES KEY ENGINEERING MATERIALS		287 183-188	論文	有	1	
	A. L. Lei, K. A. Tanaka, A. Pukhov, R. Kodama, T. Yabuuchi, K. Adumi, R. R. Freeman, Y. Izawa, Y. Kitagawa, K. Kondo, G. R. Kumar, T. Matsuoka, K. Mima, T. Norimatsu, O. Shorokhov, R. Snavely & J. Zheng,	Relativistic laser channeling in plasmas for fast ignition		Nature Physics				論文	有	1
	A. L. Lei, K. A. Tanaka, R. Kodama, G. R. Kumar, K. Nagai, T. Norimatsu, and T. Yabuuchi,	Optimum hot electron production with low-density foams for fast ignition		Physical Review Letter				論文	有	1
	A. Yehia and A. Mizuno	Calculation of the electrical power dissipated in silent discharge reactors		Journal of Applied Physics		Vol.98, p.043305 (2005)		論文	有	1
	A.K.Wang,H.Sanuki,K.Itoh,F.Zonca and K.Itoh	Interaction Between the Trapped Electrons and Magnetic Field Gradient and Curvature-Driven Drift Waves in the Toroidal Plasmas		J. Plasma Fusion Research, SREIES Vol.6		(2004)237.		論文	有	1
	Akihiko Sawada, Akihiro Suzuki, Hans Maier, Freimut Koch, Takayuki Terai and T. Muroga	Fabrication of yttrium oxide and erbium oxide coatings by PVD methods		Fusion Engineering and Design		Vols. 75-79, 2005, pp. 737-740		論文	有	1
	B.J. Sung, A. Aly, S. Lee, K. Takashima, S. Katsura, and A. Mizuno	Agglomeration of submicron particles in an electrostatic precipitator using coated electrode with fibers		Journal of electrostatics (submitted)				論文	有	1
	Baiwen Li, S. Ishiguro, M. M. Skoric, Min Song, T.Sato	Stimulated Raman cascade and photon condensation in intense laser plasma interaction		Physics of Plasmas		Vol. 12, pp. 103103-1-8 (2005).		論文	有	1
	Bingjia Xiao, Shinichiro Kado, Shin Kajita	Determination of Rovibrational Distribution of Hydrogen Molecules in Low Temperature Plasma.		Plasma Sci.			7	論文	有	1
	C. W. Baik, S. G. Jeon, D. H. Kim	Third-Harmonic Frequency Multiplication of a Two-Stage Tapered Gyrotron TWT Amplifier		IEEE Trans. on Electron Devices			52	論文	有	1
	Chen Yan, Etsuko Ishizuka, Noboru Yoshikawa, Shoji Taniguchi	Grinding of Blast Furnace(BF) Slag Bearing High TiO2 Assisted by Microwave TiO2を含む中国南西部産スラグのマイクロ波加熱により導入されたクラックと強度変化について		Environmental Engineering Science				論文	有	1
	Chen Yan, Noboru Yoshikawa and Shoji Taniguchi	Microwave Heating Behavior of Blast Furnace Slag bearing High Titanium		ISIJ International,		vol.45, (2005) 1232-1237.		論文	有	1

キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No,pp.等	論文or口頭	査読	集計
論文(査読有)	Chu,M. S., Ichiguchi,K.	Effect of the Resistive Wall on the Growth Rate of Weakly Unstable External Kink Mode in General 3D Configurations	Nuclear Fusion		45, 8 (2005) 804-813	論文	有	1
	CUI Zhengying et al.	Impurity Measurement and Study on HL-2A Divertor Tokamak	Plasma Science and Technology		8 (2006) 61-64.	論文	有	1
	D. Nishijima, H. Iwakiri, K. Amano, M. Y.Ye, N. Ohno, K. Tokunaga, N. Yoshida, S. Takamura	Suression of Blister Formation and Deuterium Retention on Tungsten Surface due to Mechanical Polishing and Helium Pre-	Nucl. Fusion		45(2005)669	論文	有	1
	D. Nishijima, T. Sugimoto, M. Y. Ye, T. Iwakiri, N. Yoshida, N. Ohno and S. Takamura	Characteristic changes of deuterium retention on tungsten surfaces due to low-energy helium plasma pre-exposure	J. Nucl. Mater.		337-339(2005)927	論文	有	1
	D. Nishijima, T. Sugimoto, M. Ye, N. Ohno and S. Takamura	Hydrogen Blister Formation on Cold-Worked Tungsten with Layered Structure	Jpn. J. Al. Phys.		44(2005)380	論文	有	1
	Diamond,P. H., Itoh,S., Itoh,K., Hahm,T.	Zonal Flows in a plasma—a review	Plasma Physics and Controlled Fusion		47, 5 (2005) R35-R161	論文	有	1
	Dolan, T. J., Yamazaki, K., Sagara, A.	Helical Fusion Power Plant Economics Studies	Fusion Sci. Technol.		Vol.47, No.1(Jan. 2005) pp.60-72	論文	有	1
	DONG Jiaqi, et al.	MHD Flow Layer Formation at Boundaries of Magnetic Islands in Tokamak Plasmas	Plasma Science and Technology		8 (2006)101-104.	論文	有	1
	Dong, S.-M., Ding, Y.-S., Jiang, D.-L., Kohyama, A.	Effects of preparation conditions on the microstructure and properties of hot pressed SiC/SiC composites	Wuji Cailiao Xuebao/Journal of Inorganic Materials		Volume 20, Issue 4, 883-888	論文	有	1
	DUAN Xuru et al.	Divertor Experiments with MBI and Strong Gas Puffing on HL-2A	Plasma Science and Technology		8 (2006) 19-23.	論文	有	1
	E.L. Sorokovoy et al.	Characteristics of edge plasma turbulence in spontaneous change of confinement mode in the Uragan-3M trosatron	Problems of Atomic Science and Techonology, Series: Plasma Physics		10(2005)21	論文	有	1
	F. Koike, C. Z. Dong	Many electron correlations and dynamics in atoms and multi-charged atomic ions	J. Phys. B (2006), in press.			論文	有	1
	F.B. Rosmej, R. Stamm, S. Fritzsche, H. Capes, M. Koubiti, Y. Marandet, V.S. Lisitsa, N. Ohno, S. Takamura and D. Nishijima	Neutral helium line emission for edge plasma conditions	J. Nucl. Mater.		337-339(2005)1101	論文	有	1
	Fukamoto,K., Takahashi,S., Kurtz,R. J., Smith,D. L., Matsui,H.	Microstructural examination of V?(Fe or Cr)?Ti alloys after thermal-creep or irradiation-creep tests	Journal of Nuclear Materials		341, 1 (2005) 83-89	論文	有	1
	G.S.Xu and B.N.Wan	Measurement of Zonal Flows in a Tokamak using Langmuir Probe Array	submitted to Plasma Science and Technology		(2005).	論文	有	1
	H. Shidara, K. Nagasaki, V. Tribaldos	Ray Tracing Calculation of ECRH Power Absorption Profile in Heliotron J	Journal of Plasma and Fusion Research		81	論文	有	1
	H. Watanabe, M. Nagamine, K. Yamasaki, N. Yoshida, N. J. Heo, T. Nagasaka and T. Muroga	The Microstructure of Laser Welded V-4Cr-4Ti Alloy after Ion Irradiation	Materials Science Forum		Vols. 475-479, 2005, pp. 1491-1496.	論文	有	1
	H.Watanabe, A.P.Kavanagh, H.Kuramoto, Y.M.Li, N.Nakamura, S.Ohtani, B.E.O' Rourke,A.Sato, H.Tawara, X.M.Tong and F.J.Currell	Dielectronic recombination of hydrogen-like ions	Nucl.Instrum.Methods.		B 235,261-264.	論文	有	1
	Hameiri,E., Ishizawa,A., Ishida,A.	Waves in the Hall-magnetohydrodynamics Model	Physics of Plasmas		12, 7 (2005) 072109-1-072109-13	論文	有	1
	Han Yang, Keiji Nagai, Xiangwei Zhao, Haihua Chen, Zhong-Ze Gu	Fabrication of Photo-Encoded Beads for Bioanalysis	J Nanosci. Nanotechnol.		5 (11), 1821-1825, (2005)	論文	有	1
	HE Yex et al.	Preliminary Experiment of Non-Induced Plasma Current Startup in SUNIST Spherical	Plasma Science and Technology		8 (2006) 84-86.	論文	有	1
	Hinoki, T., Eiza, N., Son, S., Shimoda, K., Lee, J., Kohyama, A.	Development of joining and coating technique for SiC and SiC/SiC composites utilizing nite processing	Ceramic Engineering and Science Proceedings		Volume 26, Issue 2 399-405	論文	有	1
	Hun-Chae Jung, Han-Ki Yoon, Bu-Ahn Kim, Joon-Soo Park, and Akira Kohyama	Fracture Toughness of Liquid Phase Sintered SiC by using Indentation Fracture Method	Key Engineering Materials,		297-300, (2005), pp. 137-142	論文	有	1
	Ida,K., Peterson,B. J., Morisaki,T., Masuzaki,S., Komori,A., Nagayama,Y., Yoshinuma,M., Tanaka,K., Narihara,K., Watanabe,K. Y., Beidler, C. D., Yokoyama,M., Inagaki,S., Tamura,N.	Control of the radial electric field shear by modification of the magnetic field configuration in LHD	Nuclear Fusion		45, 5 (2005) 391-398	論文	有	1
	Igawa, N. Taguchi, T. Nozawa, T. Snead, L.L., Hinoki, T., McLaughlin, J.C. Katoh, Y. Jitsukawa, S. Kohyama, A.	Fabrication of SiC fiber reinforced SiC composite by chemical vapor infiltration for excellent mechanical properties	Journal of Physics and Chemistry of Solids		Volume 66, Issue 2-4, 551-554	論文	有	1
	Itoh,K., Hallatschek,K., Itoh,S. -I., Diamond,P. H., Toda,S.	Coherent Structure of Zonal Flow and Onset of Turbulent Transport	Physics of Plasmas		12, 6 (2005) 062303-1-062303-14	論文	有	1
Itoh,K., Itoh,S. -I., Hahm,T. S., Diamond,P. H.	Effect of Turbulence Spreading on Subcritical Turbulence in Inhomogeneous Plasmas	Journal of the Physical Society of Japan		74, 7 (2005) 2001-2006	論文	有	1	
Itoh,K., Nagashima,Y., Itoh,S. -I., Diamond,P. H., Fujisawa,A., Yagi,M., Fukuyama,A.	On the Bicoherence Analysis of Plasma Turbulence	Physics of Plasmas		12, 10 (2005) 102301-1-102301-9	論文	有	1	
J. Phillip Sharpe, P.W. Humrickhouse, C.H. Skinner, the NSTX Team, T. Tanabe, K. Masaki, N. Miya, the JT-60U Team, A. Sagara;	Characterization of dust collected from NSTX and JT-60U,	Journal of Nuclear Materials		337-339 (2005) pp.1000-1004.	論文	有	1	

キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No,pp.等	論文or口頭	査読	集計	
論文(査読有)	J.S Hu, N. Ashikawa, J.G Li, X.D Zhang, N. Noda and HT-7 team	Erosion/deposition of doped graphite tile with SiC coating under a long term plasma operation in HT-7	32nd EPS Conference on Plasma Physics, Tarragona, 27 June - 1 July, 2005 ECA Vol.29C (2005)		ECA Vol.29C (2005)	論文	有	1	
	K. Hensel, S. Katsura, and A. Mizuno	DC Microdischarges Inside Porous Ceramics	IEEE Transactions on Plasma Science		Vol.33, No.2, pp.574-575 (2005)	論文	有	1	
	K. Ohya, T. Tanabe, A. Kirschner, T. Hirai, et al.	Dynamic transition between erosion and deposition on a tungsten surface exposed to edge plasmas containing carbon impurities	Journal of Nuclear Materials		Vol.337-339 (2005) pp.882-886.	論文	有	1	
	K. Tanaka, C. Michael, K. Kawanata, T. Tokuzawa, M. Shoji, K. Toi, X.Gao, Y.X. Jie and HT7 experimental group and LHD experimental group	Density Modulation Experiment in HT7 and LHD	submitted to Plasma Science and Technology			-2005	論文	有	1
	K.Kasuya (Tokyo Institute of Technology), T.Norimatsu, S.Nakai, A.Prokopiuk and W.Mroz	IFE Chamber Wall Ablations with High-Flux Pulsed Beams Including Ions and UV Laser Lights	IAEA TECDOC			1466, 111-118	論文	有	1
	K.Kasuya (Tokyo Institute of Technology), T.Norimatsu, S.Nakai, T.J.Renk, and W. Mroz	Material Surface Ablation with Light and Medium-Mass Pulsed Ion Beams for Future IFE Reactor Design (Plenary Paper)	Proceedings of the 8th Japan-China Symposium on Materials for Advanced Energy Systems and Fission & Fusion Engineering			47-52	論文	有	1
	Kaneko,T., Reynolds,E. W., Hatakeyama,R., Koepke,M. E.	Velocity-Shear-Driven Drift Waves with Simultaneous Azimuthal Modes in a Barium-Ion Q-machine Plasma	Physics of Plasmas			12, 10 (2005) 102106-1-102106-6	論文	有	1
	Katoh, Y., Snead, L.L., Nozawa, T., Hinoki, T., Kohyama, A., Igawa, N., Taguchi, T.	Mechanical properties of chemically vapor-infiltrated silicon carbide structural composites with thin carbon interphases for fusion and advanced fission applications	Materials Transactions			Volume 46, Issue 3, 543-551	論文	有	1
	Keiji Nagai, QinCui Gu, ZhongZe Gu, Tomoharu Okuno, Shinsuke Fujioka, Hiroaki Nishimura, YeZheng Tao, Yuduri Yasuda, Mitsuo Nakai, Takayoshi Norimatsu, Yoshinori Shimada, Michiteru Yamaura, Hidetsugu Yoshida, Masahiro Nakatsuka, Noriaki Miyanaga, Katsunob	Angular distribution control of extreme ultraviolet radiation from laser-produced plasma by manipulating the nanostructure of low-density SnO2 targets	Appl. Phys. Lett.			88,094102 (2006)	論文	有	1
	Kenji Saito, Ryuhei Kumazawa, Takashi Mutoh, Tetsuo Seki, Tetsuo Watari, Fujio Shimpo, Yangping, Zhao et al.	Long Pulse Discharge with ICRF Heating in LHD	32nd EPS Conference on Plasma Physics, Proceeding of 32nd EPS Conference on Plasma Physics.			Vol 29C, (2005), P4.107.	論文	有	1
	Khan ZS, Hinoki T, Kohyama A	Microstructure of environmental barrier mullite and erbium silicate coatings on SiC-fiber bonded composites	ADVANCED SI-BASED CERAMICS AND COMPOSITES KEY ENGINEERING MATERIALS			287 471-476	論文	有	1
	Kishimoto, H., Hinoki, T., Ozawa, K., Park, K.-H., Kondo, S., Kohyama, A.	Dimension stability analysis of nite sic/sic composite using ion bombardments for the investigation of reliability as fusion materials	Ceramic Engineering and Science Proceedings			Volume 26, Issue 8, 215-222	論文	有	1
	Kobayashi,M., Miyazawa,J., Komori,A., Motojima,O., Experimental LHD, Masuzaki,S., Igitkhanov,Y., Sakamoto,R., Ashikawa,N., Morisaki,T., Ohyabu,N., Yamada,H., Funaba,H.	Analysis for hydrogen particle balance of plasma-wall system in the Large Helical Device	Journal of Nuclear Materials			350, 1 (2006) 40-46	論文	有	1
	Komori,A., Morisaki,T., Narihara,K., Morita,S., Peterson,B. J., Sakamoto,R., Sakakibara,S., Yamada,H., Ikeda,K., Kaneko,O., Kubo,S., Miyazawa,J., Masuzaki,S., Nagaoka,K., Nakanishi,H., Ohkubo,K., Oka,Y., Osakabe,M., Reiter,D., Sardei,F., Shimozuma,T., Tak	Edge Plasma Control by Local Island Divertor in LHD	Nuclear Fusion			45, 8 (2005) 837-842	論文	有	1
	Komori,A., Sakakibara,S., Ohyabu,N., Ida,K., Tanaka,K., Kawahata,K., Narihara,K., Morita,S., Peterson,B. J., Sakamoto,R., Yamada,H., Ikeda,K., Morisaki,T., Kaneko,O., Kubo,S., Miyazawa,J., Nagaoka,K., Nakanishi,H., Ohkubo,K., Oka,Y., Osakabe,M., Shimozuma	Characteristics of Confinement and Stability in Large Helical Device Edge Plasmas	Physics of Plasmas			12, 5 (2005) 056122-1-056122-8	論文	有	1
	Kubo,S., Shimozuma,T., Seki,T., Mutoh,T., Watari,T., Narihara,K., Yamada,I., Ida,K., Takeiri,Y., Funaba,H., Ohyabu,N., Kawahata,K., Yoshimura,Y., Kaneko,O., Yamada,H., Itoh,K., Ashikawa,N., Emoto,M., Goto,M., Hamada,Y., Ido,T., Ikeda,K., Isobe,M., Notake,	Extension and characteristics of an ECRH plasma in LHD	Plasma Physics and Controlled Fusion			47, 5A (2005) A81-A90	論文	有	1
	L. Pichl,	Potential energy of H2-(2S+u) in the bound-state region	Czechoslovak Journal of Physics			55	論文	有	1
	L. Pichl, M. Suzuki, H. Kashiwagi	Science Mentor Engine: A Robust System for the On-Line Retrieval of Specialized Scientific Articles from the Electronic Journal	GESTS International Transaction on Computer Science and Engineering			12	論文	有	1
	L.N. Vyacheslavov	Imaging of Turbulence Structure on LHD Using 2D-Phase Contrast	IEEE Transactions on Plasma Science			Vol.33, (2005) pp.464-465	論文	有	1
	LI Jiquan et al.	Dynamics of Secondary Large-Scale Structures in ETG Turbulence Simulations	Plasma Science and Technology			8 (2006)110-113.	論文	有	1
Li,B., Ishiguro,S., Skoric,M. M., Song,M., Sato,T.	Stimulated Raman cascade and photon condensation in intense laser plasma interaction	Physics of Plasmas			12, 10 (2005) 103103-1-103103-8	論文	有	1	
LIU Yi et al.	Tomographic Analysis of Central MHD Activities and Radiation Losses on the HL-2A	Plasma Science and Technology			8 (2006) 41-44	論文	有	1	
M. Asif et al.	Study of recycling and density limit in the HT-7 superconducting tokamak	Physics Letters			A 336 (2005) 61-65.	論文	有	1	

キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No,pp.等	論文or口頭	査読	集計
論文(査読有)	M. ICHIMURA, T. CHO, H. HIGAKI, M. HIRATA, H. HOJO, T. IMAI, K. ISHII, M. K. ISLAM, A. ITAKURA, I. KATANUMA, J. KOHAGURA, Y. NAKASHIMA, T. NUMAKURA, T. SAITO, Y. TATEMATSU, M. WATANABE.	ICRF Experiments and Potential Formation on the GAMMA 10 Tandem Mirror	Plasma Science and Technology		8 (2006) 87-90	論文	有	1
	M. Kimura, L. Pichl, H. Suno	Charge Transfer Processes in Ion-Molecule Collisions at Intermediate Energies; the Vibrational Effect, Isotope Effect, Isomer Effect, and Steric Effect	Atomic and Molecular Data and Their Applications, AIP Conference Proceedings		771	論文	有	1
	M. Nakano, K. Takashima, G. Touchard, S. Katsura, and A. Mizuno	Development of opto-electrostatic micro-pump using a focused laser in a high-frequency electric field	Transactions on IEEE IAS (submitted)			論文	有	1
	M. Sasao, K. A. Connor, K. Ida, H. Iguchi, A. A. Ivanov, M. Nishiura, D. M. Thomas, M. Wada, M. Yoshinuma	Ion sources for Fusion Plasma Diagnostics	IEEE Transactions on Plasma Science		Vol. 33, Issue6, Part I, 2005, Pages 1872-1900	論文	有	1
	M.I. Mikhailov, W.A. Cooper, M.F. Heyn, M.Yu. Isaev, V.N. Kalyuzhnyj, S.V. Kasilov, W. Kernbichler, V.V. Nemov, C.Nuhrenberg, J. Nuhrenberg, M.A. Samitov, V.D. Shafranov, A.A. Skovoroda, A.A. Subbotin, K. Yamazaki, R.	Comparison of the properties of quasi-isodynamic configurations for different numbers of periods	31st EPS Conference on Plasma Physics (28 June -2 July 2004, Imperial College London, UK)		(2005)P4-166.	論文	有	1
	M.X. Wang, H. Miyouchi, T. Nakahata, Y. Nishikawa, Y. Oya, N. Noda, and K. Okuno	Behavior of Deuterium in Boron Films Covered by Oxygen-containing Layer.	Journal of Nuclear Materials			論文	有	1
	Miyazawa, J., Masuzaki, S., Sakamoto, R., Peterson, B. J., Sakakibara, S., Ohyabu, N., Komori, A., Motojima, O., Experimental, LHD	Sustained Detachment with the Self-Regulated Plasma Edge beneath the Last Closed Flux Surface in LHD	Journal of Plasma and Fusion Research		81, 5 (2005) 331-332	論文	有	1
	Miyazawa, J., Tamura, N., Shoji, M., Nishiura, M., Murakami, S., Funaba, H., Masuzaki, S., Peterson, B. J., Sakakibara, S., Kobayashi, M., Tanaka, K., Narihara, K., Yamada, I., Morita, S., Goto, M., Osakabe, M., Ashikawa, N., Sakamoto, R., Morisaki, T., Nishimura, K., Yamada	Self-sustained detachment in the Large Helical Device	Nuclear Fusion		46, 0 (2006) 532-540	論文	有	1
	Miyazawa, J., Yamada, H., Experimental, LHD, Murakami, S., Funaba, H., Peterson, B. J., Osakabe, M., Tanaka, K., Sakakibara, S., Inagaki, S.	Temperature dependence of the thermal diffusivity in high-collisionality regimes in the Large Helical Device	Plasma Physics and Controlled Fusion		47, 6 (2005) 801-813	論文	有	1
	Miyazawa, J., Yamada, H., Peterson, B. J., Murakami, S., Funaba, H., Osakabe, M., Tanaka, K., Sakakibara, S., Experimental, LHD	Electron Pressure Profiles in High-Density Neutral Beam Heated Plasmas in the Large Helical Device	Journal of Plasma and Fusion Research		81, 4 (2005) 302-311	論文	有	1
	Mizuguchi, N., Khan, Hayashi, T.	Nonlinear Simulation of Edge-Localized Mode in Spherical Tokamak	IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials		125, 11 (2005) 934-937	論文	有	1
	Morisaki, T., Masuzaki, S., Kaneko, O., Kawahata, K., Kubo, S., Morita, S., Nagaoka, K., Nakanishi, H., Narihara, K., Oka, Y., Osakabe, M., Peterson, B. J., Komori, A., Sakakibara, S., Sakamoto, R., Shimozuma, T., Takeiri, Y., Tanaka, K., Toi, K., Tsumori, K., Watababe, K. Y.	Review of Divertor Studies in LHD	Plasma Science & Technology (China)		8, 1 (2006) 14-18	論文	有	1
	Motojima, O., Ida, K., Shimozuma, T., Inagaki, S., Kobuchi, T., Sakakibara, S., Miyazawa, J., Yamada, H., Ohyabu, N., Narihara, K., Nishimura, K., Yoshinuma, M., Watanabe, K. Y., Morita, S., Akiyama, T., Ashikawa, N., Beidler, C. D., Emoto, M., Fujita, T., Fukuda, T., Funaba	Confinement and MHD Stability in the Large Helical Device	Nuclear Fusion		45, 10 (2005) S255-S265	論文	有	1
	Motojima, O., Morisaki, T., Narushima, Y., Nishiura, M., Nishizawa, A., Noda, N., Notake, T., Nozato, H., Ohdachi, S., Oka, Y., Okajima, S., Osakabe, M., Peterson, B. J., Ozaki, T., Sagara, A., Saida, T., Saito, K., Sakamoto, M., Sakamoto, R., Sakamoto, Y., Sasao, M., Sato, K.	Overview of confinement and MHD stability in the Large Helical Device	Nuclear Fusion		45, 10 (2005) S255-S265	論文	有	1
	Murakami, I., Safranov, U. I., Vasilyev, A. A., Kato, T.	Excitation energies, radiative and autoionization rates, dielectronic satellite lines, and dielectronic recombination rates to excited states for B-like oxygen	Atomic Data and Nuclear Data Tables		90, 1 (2005) 1-74	論文	有	1
	MUTOH Takashi, KUMAZAWA Ryuhei, SEKI Tetsuo, SAITO Kenji, NAKAMURA ZHAO Yang-Ping et al.	Thirty-Minute Plasma Sustainment by ICRF, EC and NBI Heating in the Large Helical	Journal of Plasma and Fusion Research		Vol.81 No.4 229	論文	有	1
	N. Ashikawa, S. Masuzaki, K. Nishimura, T. Seki, K. Saito, R. Kumazawa, T. Mutoh, A. Sagara, N. Ohyabu, J.S. Hu, Y. Zhao and the LHD experimental group	Ion cyclotron conditioning with strong magnetic field in LHD	Journal of Fusion Engineering and Design			論文	有	1
	N. Ezumi, Zh. Kiss'ovskii, W. Bohmeyer, G. Fussmann	Ion sensitive probe measurement in the linear plasma device PSI-2	J. Nucl. Mater.		337-339(2005)1106	論文	有	1
	N. Takeuchi, T. Seki, K. Saito, T. Watari, R. Kumazawa, T. Mutoh, Y. Torii, G. Nomura, A. Kato, F. Shimo, Y. Takase, H. Kasahara, T. Taniguchi, H. Wada, N. Kasuya, K. Yamagishi, C. P. Moeller, M. Saigusa, Z. Yanping	Studies of the Electrical Properties of the LHD Comblin Antenna	Fusion Sci. Technol		48 (3) 1267-1284 (2005).	論文	有	1
	Nagayama, Y., Narihara, K., Morisaki, T., Sakamoto, R., Sudo, S., Tamura, N., Tokuzawa, T., Yamada, H., Yoshinuma, M., Experimental, LHD, Narushima, Y., Ohyabu, N., Hayashi, T., Ida, K., Inagaki, S., Kalinina, D., Kanno, R., Komori, A.	Experiment of Magnetic Island Formation in Large Helical Device	Nuclear Fusion		45, 8 (2005) 888-893	論文	有	1
Narushima, Y., Narihara, K., Ohdachi, S., Inagaki, S., Yoshinuma, M., Yamada, I., Cooper, Wilfred A., Sakakibara, S., Yamada, H., Yamaguchi, T., Takeiri, Y., Experimental, LHD, Watanabe, K. Y., Ida, K.	Effect of Plasma Current on m = 1 mode in LHD	Journal of Plasma and Fusion Research		1, 4 (2006) 1-3	論文	有	1	
Nishimura, K., Ashikawa, N., Masuzaki, S., Miyazawa, J., Sagara, A., Goto, M., Peterson, B.J., Komori, A., Noda, N., Ida, K., Kaneko, O., Kawahata, K., Kobuchi, T., Kubo, S., Morita, S., Osakabe, M., Sakakibara, S., Sakamoto, R., Sato, K., Shimozuma, T.,	Progress of the plasma operational regime in the Large Helical Device by the various wall conditioning methods	J. Nucl. Mater.		Vol. 337-339 (2005) pp.431-435	論文	有	1	

キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No,pp.等	論文or口頭	査読	集計
論文(査読有)	Oka,Y., Ikeda,K., Shibuya,M., Grisham,L., Umeda,N., Honda,A., Ikeda,Y., Yamamoto,T., Takeiri,Y., Tsumori,K., Kaneko,O., Nagaoka,K., Osakabe,M., Asano,E., Kondo,T., Sato,M.	Doppler-shift spectra of Ha lines from negative-ion-based neutral beams for large helical device neutral beam injection	Review of Scientific Instruments		77, 3 (2006) A538-1-A538-4	論文	有	1
	Okamoto,A., Nagaoka,K., Yoshimura,S., Vranjes,J., Kado,S., Kono,M., Tanaka,M. Y.	Tripolar Vortex in a Plasma	IEEE Transactions on Plasma Sciences		33, 2 (2005) 452-453	論文	有	1
	Q. Xu, T. Yoshiie, T. Nagasaka and T. Muroga	Effects of Impurities on Vacancy Mobility in V-4Cr-4Ti	Materials Science Forum		Vols. 475-479, 2005, pp. 1441-1444.	論文	有	1
	R. Hiwatari, A. Hatayama, S.Zhu, T.Takizuka and Y. Tomita	Overall Features of EAST Operation Space by Using Simple Core-SOL-Divertor Model	Plasma Science and Technology		Vol.8, No.1 (2006) 114-117	論文	有	1
	R. KUMAZAWA, T. SEKI, T. MUTOH, K. SAITO, T.WATARI, Y. NAKAMURA, M. SAKAMOTO, T. WATANABE, S. KUBO, T. SHIMOZUMA, ZHAO Yanping et al.	ICRF Heated Long-Pulse Plasma Discharges in LHD	Plasma Science and Technology		8 (2006) 28-32	論文	有	1
	Rabin,Y., Tanaka,M.	DNA in Nanopore: Counterion Condensation and Coion Depletion	Physical Review Letters		94, 14 (2005) 148103-1-148103-4	論文	有	1
	Rainer Burhenn, Juergen Balduhn, Craig Beidler, Rudolf Brakel, Hartmut Ehmler, Louis Giannone, Peter Grigull, Matthias Hirsch, Jens Knauer, Maciej Krychowiak, Katsumi Ida, Henning Maassberg, Kent McCormick, Ekkehart Pasch, Arthur Weller, W7-AS Team, NBI-	Transport of Impurity Ions in the Wendelstein 7-AS Stellarator Plasma	Proc. On Plasma2005 conference combined with the 3rd German-Polish conference on plasma diagnostics for fusion and application on september 6-9 in Opolo (Poland)		-2005	論文	有	1
	Reynolds,E. W., Kaneko,T., Koepke,M. E., Hatakeyama,R.	Laser-Induced-Fluorescence Characterization of Velocity Shear in a Magnetized Plasma Column Produced by a Segmented Q-machine Source	Physics of Plasmas		12, 7 (2005) 072103-1-072103-6	論文	有	1
	S. Sudo, I. Viniar, et al.	Tracer-encapsulated pellet injector for plasma diagnostics	Review of Scientific Instruments		Vol. 76, 53507(2005)1-7.	論文	有	1
	Sagara Akio, Imagawa Shinsaku, Mitarai Osamu, Thomas James Dolan, Tanaka Teruya, Kubota Yusuke, Yamazaki Kozo, Watanabe Kiyomasa, Mizuguti Naoki, Muroga Takeo, Noda Nobuaki, Kaneko Osamu, Yamada Hiroshi, Ohyabu Nobuyoshi, Uda Tatsuhiko, Komori Akio, Sudo	Improved structure and long-life blanket concept for heliotron reactors",	Nucle. Fusion		Vol. 45 (2005) pp.258-263	論文	有	1
	Sagara,A., Imagawa,S., Terai,T., Mitarai,O., Tanaka,T., Muroga,T., Kubota,Y., Dolan,T., Hashizume,H., Kunugi,T., Fukada,S., Shimizu,A.	Carbon tiles as spectral-shifter for long-life liquid blanket in LHD-type reactor FFHR	Fusion Engineering and Design		81, (2006) 1299-1304	論文	有	1
	Satake,S., Okamoto,M., Nakajima,N., Sugama,H., Yokoyama,M., Beidler,C. D.	Non-local neoclassical transport simulation of geodesic acoustic mode	Nuclear Fusion		45, 11 (2005) 1362-1368	論文	有	1
	Seo,K., Mito,T., Miller,J. R., Kawabata,S., Ichihara,T., Hasegawa,M.	Analysis of Joint-Resistance-Induced Non-Uniform Current Distribution	IEEE Transactions on Applied Superconductivity		15, 2 (2005) 1595-1598	論文	有	1
	Sha, J., Park, J.-S., Hinoki, T., Kohyama, A.	Hot corrosion, oxidation and their effects on the tensile strength of SiC fiber in alkaline melts	Materials Transactions		Volume 46, Issue 5 1032-1035	論文	有	1
	Sha, J.J., Park, J.S., Hinoki, T., Kohyama, A., Yu, J.	Tensile properties and creep behavior of SiC-based fibers under various oxygen partial pressures	Materials Science Forum		Volume 475-479, Issue II,1333-1336	論文	有	1
	Sharpe,J. P., Humrickhouse,P. W., Sagara,A., Skinner,C. H., Masaki,K., Miya,N.	Characterization of dust collected from NSTX and JT-60U	Journal of Nuclear Materials		337339, (2005) 1000-1004	論文	有	1
	SHI Zhongbing et al.	Experimental Observation of the Pulse High Pressure Gas Puffing on HL-2A Tokamak	Plasma Science and Technology		8 (2006) 72-75.	論文	有	1
	Shinohara,K., Ishikawa,M., Matsunaga,G., Ozeki,T., Takechi,M., Kusama,Y., Todo,Y., Gorelenkov,N., Cheng,C., Fukuyama,A., Kramer,G., Nazikian,R.	Instability in the Frequency-Range of Alfvén Eigenmodes Driven by Negative-Ion-Based Neutral Beams in JT-60U	Journal of Plasma and Fusion Research		81, 7 (2005) 547-552	論文	有	1
	Sudo,S., Viniar,I., Lukin,A., Reznichenko,P., Umov,A.	Trace-encapsulated Pellet Injector for Plasma Diagnostics	Review of Scientific Instruments		76, 5 (2005) 053507-1-053507-7	論文	有	1
	Suzuki,C., Nishimura,H., Ogawa,H., Ochiai,M., Kato,T., Okamura,S., More,R. M., Nishihara,K., Nakai,M., Shigemori,K., Fujioka,S.	Temperature-Dependent EUV Spectra of Xenon Plasmas Observed in the Compact Helical System	Journal of Plasma and Fusion Research		81, 7 (2005) 480-481	論文	有	1
	Suzuki,R., Rai,N. S., Liebermann,H. -P., Buenker,R. J., Pichl,L., Kimura,M.	Elastic and electron-capture processes in H+ + C2H4 collisions below the 10-keV regime	Physical Review A		70, 1 (2005) 032710:1-032710-10	論文	有	1
	T. Hino., E. Hayashishita, T. Yamada, X. Liu, A. Kohyama, Y. Yamauchi, Y. Hirohata, Y. Nobuta	Progress of plasma surface interaction study on low activation materials	Fusion Engineering and Design		81 (2006)181-186	論文	有	1
	T. Mito(核融合研), A. Kawagoe, H. Chikaraishi, K. Okumura, R. Abe, T. He rmmi, R. Maekawa, K. Seo, T. Baba, M. Yokota, Y. Morita, H. Ogawa, K. Yamauchi, M. Iwakuma, and F. Sumiyoshi	Prototype Development of a Conduction-Cooled LTS Pulse Coil for UPS-SMES	IEEE Trans. Appl. Supercond		Vol. 15, No. 2, (2005), pp. 1935-1938	論文	有	1
T. Mizuuchi, V.V. Chechkin, K. Ohashi	Edge Fluctuation Studies in Heliotron J	J. Nucl. Mater.		337-339	論文	有	1	
T. Muroga, T. Nagasaka, A. Nishimura and J.M. Chen	Improvement of Vanadium Alloys by Precipitate Control for Structural Component of Fusion Reactors	Materials Science Forum		475-479 (2005) 1449-1454.	論文	有	1	
T. Nagasaka, T. Muroga, H. Watanabe, K. Yamasaki, N. J. Heo, K. Shinozaki and M. Narui	Recovery of Hardness, Impact Properties and Microstructure of Neutron-Irradiated Weld Joint of a Fusion Candidate Vanadium Alloy	Materials Transactions		Vol. 46, 2005, pp. 498-502.	論文	有	1	

キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No,pp.等	論文or口頭	査読	集計
論文(査読有)	Takeiri,Y., Morita,S., Ashikawa,N., Yokoyama,M., Murakami,S., Narihara,K., Yamada,I., Kubo,S., Shimozuma,T., Inagaki,S., Tanaka,K., Peterson.B. J., Tsumori,K., Ida,K., Kaneko,O., Komori,A., Experimental,LHD, Ikeda,K., Oka,Y., Osakabe,M., Nagaoka,K., Goto,	High-ion temperature experiments with negative-ion-based neutral beam injection heating in Large Helical Device	Nuclear Fusion		45, 7 (2005) 565-573	論文	有	1
	Takuji Oda, Yasuhisa Oya, Ryan Uy Olivares and Satoru Tanaka	Reactivity of H2O gas with the surface of polycrystalline Li2O pellet	Fusion Engineering and Design,		81 (2006) 613-618	論文	有	1
	Tamura,N., Inagaki,S., Sudo,S., Nagayama,Y., Ohkubo,K., Kawahata,K., Komori,A., Experimental,LHD, Ida,K., Shimozuma,T., Kubo,S., Tokuzawa,T., Tanaka,K., Neudatchin.S. V., Itoh,K., Kalinina,D.	Observation of core electron temperature rise in response to an edge cooling in toroidal helical plasmas	Physics of Plasmas		12, 11 (2005) 110705-1-110705-4	論文	有	1
	Tatsuya Hinoki, , Lance L. Snead and Craig A. Blue	Development of refractory armored silicon carbide by infrared transient liquid phase processing	Journal of Nuclear Materials , Laser Fusion Materials		Volume 347, Issue 3 207-216 .	論文	有	1
	Tatsuya Hinoki, Lance L. Snead, Craig A. Blue,	Development of refractory armored silicon carbide by infrared transient liquid phase processing	Journal of Nuclear Materials,		207-216, (2005), pp. 207-216	論文	有	1
	Tokitani,M., Miyamoto,M., Goto,M., Miyazawa,J., Nishimura,K., Noda,N., Peterson,B. J., Sagara,A., Tokunaga,K., Fujiwara,T., Yoshida,N., Komori,A., Masuzaki,S., Ashikawa,N., Inagaki,S., Kobuchi,T.	Microscopic modification of wall surface by glow discharge cleaning and its impact on vacuum properties of LHD	Nuclear Fusion		45, (2005) 1544-1549	論文	有	1
	Tun Lwin, 高島和則, 桂進司, and 水野彰	再荷電によるPPエレメントフィルタのエレクトレット性能の復活と殺菌効果に関する研究	静電気学会誌		Vol.29, No.2, pp.130-136 (2005)	論文	有	1
	V.V. Chechkin et al.	Diverter flow and particle loss behaviors in spontaneous change of confinement state in the Uragan-3M torsatron	Problems of Atomic Science and Techonology, Series: Plasma Physics		11(2005)3	論文	有	1
	Vyacheslavov,L. N., Tanaka,K., Sanin,A. L., Kawahata,K., Michael,C., Akiyama,T.	2-D Phase Contrast Imaging of Turbulence Structure on LHD	IEEE Transactions on Plasma Sciences		33, 2 (2005) 464-465	論文	有	1
	W.A.Cooper, M.Yu.Isaev, M.I.Mikhailov, J.Nuehrenberg, S.Okamura, V.D.Shafranov, A.A.Subbotin, C.Suzuki, K.Yamazaki, R.Zille	Alpha-particle Confinement and Conservation of Second Adiabatic Invariant	32nd EPS Plasma Physics Conference (27 June		(2006)P2.120	論文	有	1
	Wang Jianqing, Fujiwara Osamu and Uda Tatsuhiko,	"New approach to safety evaluation of human exposure to stochastically-varying electromagnetic fields" IEEE Transactions of Electromagnetic Compatibility. (2005)				論文	有	1
	WANG Jun et al.	One-Dimensional Vertical Electron Cyclotron Emission Imaging Diagnostic for HT-7	Plasma Science and Technology		8 (2006) 76-79.	論文	有	1
	Wang,J, Fujiwara,O, Uda,T.	New approach to safety evaluation of human exposure to stochastically-varying electromagnetic fields	IEEE Transaction Dielectrics and Electrical Insulation		47, 4 (2005) 971-976	論文	有	1
	Watanabe,K. Y., Tanaka,K., Yamaguchi,T., Toi,K., Ohdachi,S., Kaneko,O., Sakakibara,S., Yamada,H., Suzuki,Y., Cooper,W. A., Murakami,S., Nakajima,N., Yamada,I., Kawahata,K., Tokuzawa,T., Komori,A., Narushima,Y., Funaba,H., Narihara,K.	Effects of global MHD instability on operational high beta-regime in LHD	Nuclear Fusion		45, 11 (2005) 1247-1254	論文	有	1
	Wei Yu, B. W. Li, M. Y. Yu, F. He, S. Ishiguro and R. Horiuchi	Laser-field synchrotron radiation	Physics of Plasmas		Vol. 12, pp.103101-1-5, (2005)..	論文	有	1
	Wei Yu, H. Xu, F. He, M. Y. Yu, S. Ishiguro, J. Zhang, and Y.Wong	Direct acceleration of solid-density plasma bunch by ultraintense laser	Physical Review E		Vol. 72, pp. 046401-1 (2005)	論文	有	1
	XIE JinLin et al.	Observation of Low Frequency Instability in a Magnetized Plasma Column	Plasma Science and Technology		8 (2006)99-100.	論文	有	1
	XU Guosheng, WAN Baonian	Measurement of Zonal Flows in a Tokamak using Langmuir Probe Array	Plasma Science and Technology		8 (2006) 10-13	論文	有	1
	Y. B. Fu, C. Z. Dong, D. H. Zhang, F. Koike and T. Kato	The influence from high-n dielectronic satellite to the Ka resonance line in helium-like aluminum	Chin. Phys. Lett., in preparing			論文	有	1
	Y. He, L. Zhang, C. Feng, H. Fu et al.	Preliminary experiment of plasma current startup by ECR wave on SUNIST spherical tokamak	submitted to Plasma Science and Technology		(2005).	論文	有	1
Y. Li, R. Hatakeyama, T. Kaneko, and T. Okada	Nano-Sized Magnetic Particles Less than 1 nm Encapsulated in Single-Walled Carbon Nanotubes	Japanese Journal of Applied Physics		Vol.45, No.15, 2006, pp. L428-L431	論文	有	1	
Y. Li, R. Hatakeyama, T. Okada, T. Kato, T. Izumida, T. Hirata, and J. Qiu	Synthesis of Cs-Filled Double-Walled Carbon Nanotubes by a Plasma Process	Carbon		44 (2006) 1586-1589	論文	有	1	
Y. Nakamura, A.I. Livshits, Y. Nakahara, Y. Hatano, A. Busnyuk, N. Ohyabu	Hydrogen absorption capability of a niobium panel for pumping neutral atoms in divertor region	Journal of Nuclear Materials		337-339(2005)461-465.	論文	有	1	
Y. Tomita, R. Smirnov, and S. Zhu	Stationary Potential Formation and Oscillations in Plasma with Immovable Dust	Plasma Science and Technology		Vol. 7, No. 1 (2005) 2657 - 2659	論文	有	1	
Y. Tomita, R. Smirnov, S. Zhu	Induced Charge of Spherical Dust Particle on Plasma-Facing Wall in Non-uniform Electric Field	Plasma Science and Technology		Vol. 8, No. 1 (2006) 122 - 124	論文	有	1	

Year	2006
著者に外国人を含む	○
キー: 国際学会はIAEA,EPS,APS, 炉工(国際) / 論文は査読有	

データの個数 / 著者								
キー	著者	タイトル	雑誌名	発表学会、会議名	Vol.No.pp.等	論文or口頭	査読	集計
炉工(国際)	Takao Kawano, Makoto Kuroyanagi and Takeshi Tabei	Tritium Contamination of Concrete Walls and Floors in Tritium Handling Laboratory		Second European IRPA Congress on Radiation Protection May 15-19 2006 Paris in France LA VILLETTE 会議場, Book of Abstract, P1-376 pp164		ポスター	無	1
炉工(国際) 集計								
論文(査読有)	K.Kasuya (Tokyo Institute of Technology), Y.Kinoshita, T.Norimatsu, S.Nakai, W.Mroz and A.Prokopiuk	First Wall Ablations with High-Flux Pulsed Proton Beams and UV Laser Lights for IFE Reactor Design Base	Fusion Engineering and Design		81, 8-14, 1653-1659	論文	有	1
	A. Sagara, S. Imagawa, T. Tanaka, T. Muroga, Y. Kubota, T. Dolan, H. Hashizume, T. Kunugi, S. Fukada, A. Shimizu, T. Terai, O. Mitarai;	Carbon tiles as spectral-shifter for long-life liquid blanket in LHD-type reactor FFHR	Fusion Engineering and Design		81 (2006) 1299	論文	有・有	1
	Bacal,M., Hatayama,A., Matsumiya,T., Hamabe,M., Kuroda,T., Oka,Y.	Extraction physics in volume H ⁻ ion sources Lifetimes and branching fractions of the high angular momentum states of aluminium-like iron group elements	Review of Scientific Instruments		77, 3 (2006) A502-1-A502-3	論文	有	1
	C.Z. Dong, S. Fritzsche, T. Kato, and F. Koike	High-Temperature Mechanical Property Improvements of SiC Ceramics by NITE Process	Mon. Note. R. Astron. Soc. (2006) accepted			論文	有	1
	K. Shimoda, N. Eiza, J.S. Park, T. Hinoki, A. Kohyama and S. Kondo	Fatigue crack growth behavior and microstructure of reduced activation ferritic/martensitic steel (JLF-1)	Mater. Trans.		Vol.47 No.4	論文	有	1
	Kim, S.W., Kohyama, A., Yoon, H.K.	Optimization of negative ion sources for a heavy ion beam probe	Fusion Engineering and Design (Proceedings of the Seventh International Symposium on Fusion Nuclear Technology - ISFNT-7 Part B)		Volume 81, Issues 8-14 1105-1110	論文	有	1
	M. Nishiura, T. Ido, A. Shimizu, S. Kato, K. Tsukada, A. Nishizawa, Y. Hamada, Y. Matsumoto, A. Mendenilla, and M. Wada	Impact of Real-time Magnetic Axis Sweeping on Steady State Divertor Operation in LHD	Rev. Sci. Instrums.		77(2006)03A537	論文	有	1
	Nakamura, S Masuzaki, T Morisaki, H Ogawa, T Watanabe, Y Kubota, R Sakamoto, N Ashikawa, K Sato, H Chikaraishi, K Saito, T Seki, R Kumazawa, T Mutoh, S Kubo, Y Takeiri, B J Peterson, A Komori, O Motojima and LHD experimental group	Observation of resonant-excitation double autoionization in electron-150+ collisions	Nuclear Fusion		46 (2006) p.714-724.	論文	有	1
	Nakamura,N., Tobiyaama,H., Nohara,H., Kato,D., Watanabe,H., Currell,F. J., Ohtani,S.	Atomic data for dielectronic recombination into C-like oxygen	Physical Review A		73, 2 (2006) 020705(R)-	論文	有	1
	Safronova,U. I., Ralchenko,Yu., Murakami,I., Kato,T., Kato,D.	Influence of oxygen and carbon on performance of superpermeable membranes	Physica Scripta		73, 2 (2006) 143-159	論文	有	1
Y. Hatano (Toyama U), A. Livshits, Y. Nakamura, A. Busnyuk, V. Alimov, C. Hiromi, N. Ohyabu and K. Watanabe		Fusion Engineering and Design		81 (2006) p.771-776.	論文	有	1	
論文(査読有) 集計								
								11
総計								
								12

付属資料5 国際協力事業報告書

(席上回覧)

- ・ 日米科学技術協力事業核融合分野報告書
- ・ 日韓核融合協力事業報告書
- ・ T E X T O R 共同研究報告書
- ・ 日中拠点大学交流事業報告書
- ・ 日中関係論文集
- ・ 第21回 I A E A 核融合エネルギー会議
論文集 (核融合研関係者)

「連携研究推進センター」活動報告書
平成18年度

核融合科学研究所

目 次

第 1 章 連携研究推進センター概要	1
1. センターの基礎	1
2. 組織と目標	1
3. 運営管理と経費	2
報告書・準備資料の整理方法	2
連携研究推進センター部門構成表	3
第 2 章 学術連携推進室の活動報告	5
国際連携研究部門	5
第 1 節 概要	5
第 2 節 活動成果の詳細	5
第 3 節 設置目的と成果の整合性	6
第 4 節 将来計画	6
表 1、資料 A	8
レーザー連携研究部門	10
第 1 節 概要	10
第 2 節 成果の詳細	10
第 3 節 設置目的と成果の整合性	13
第 4 節 将来計画への展望	14
I T E R 連携研究部門	16
第 1 節 概要	16
第 2 節 研究活動の成果	16
第 3 節 設置目的と成果の整合性	18
第 4 節 将来計画への展望	20
機構連携研究部門	21
第 1 節 概論	21
第 2 節 研究・活動の成果	21
第 3 節 設置目的と成果の整合性	23
第 4 節 将来計画への展望	24
資料 国際連携 1	25

第3章 産学連携推進室の活動報告	26
第1節 概要	26
第2節 産学連携研究活動の詳細	28
第3節 活動と設置目的の整合性	32
第4節 将来計画	32
第4章 原子分子データ研究室の活動	35
第1節 概要	35
第2節 平成16～18年度の活動の詳細	36
第3節 設置目的との整合性	42
第4節 将来計画	42
第5章 専任教員の研究成果の概要	47
国際連携部門	47
機構連携部門	50
産学連携推進室	
平成18年度発足文部科学省科学研究費・特定領域研究	54
第6章 結言	57
まとめ	57
組織に関する希望事項	60
巻末： 総合論文・活動業績リスト	62

第1章 連携研究推進センター概要

連携研究推進センター センター長 佐藤元泰

1. センターの基礎

設置の基盤

設置の根拠は、大学共同利用機関法人自然科学研究機構組織運営通則（平成16年4月1日、通則第1号）

第33条1 連携研究推進センターにおいては、連携研究、各種共同研究を推進する。

2 連携研究推進センターに長を置き、教授をもって充てる。

3 前項の長は、連携研究推進センターの研究業務を掌理する。

にある。法人化によって、これまでの事前評価・認可というプロセスに代わって、機構の決定により設置され、ワーキンググループ等の慎重な審議を経て、平成16年度第1回運営会議において承認された。今回、外部評価を受ける。

連携研究に対する基本的考え方

核融合研究はサイエンスとテクノロジーをインテグレートして、2030年代での実現を目指し、科学実証規模での研究・開発が進められている。その長い道程で生まれる新しい科学知識、技術成果は速やかに社会に還元すべきであるとの要請が、高まっている。連携研究推進センターは、この要請に積極的に応える。目的研究である核融合研究との整合をはかりつつ、この社会的要請に柔軟に対応し、社会に貢献すると共に、新しい学問、技術の創造に寄与する。この目標を達成するため、

(1) 専任者に加え、研究部・センターからの併任者による柔軟な人事構成のもと、

(2) 各自が研究者として高い自己の能力を持って、連携を推進する環境を整備し、

方向性を持った研究体制の推進を目指す。

2. 組織と目標

以下の3室4部門を設ける。

学術連携推進室（室長 須藤 滋）

目的：核融合関連および自然科学研究機構内研究機関、さらに内外の大学等との連携研究を実施する。以下の四部門を設け、それぞれ主査を置く

○ 国際連携（主査 松岡 啓介）

国際連携の一層の強化に向けての活動を国際交流委員会と連絡を取りつつ推進

○ レーザー連携（主査 坂上 仁志）

大阪大学レーザーエネルギー学研究センターと協力して、レーザー核融合を推進

○ **ITER連携**（主査 中村 幸男）

日本原子力研究開発機構との連携を進めると共にITPAなど国際活動

○ **機構連携**（主査 山田 弘司）

自然科学研究機構として一法人を構成することになり、これによる連携の効果を積極的に活かす新たな活動

産学連携推進室（室長 佐藤 元泰）

目的：核融合の学実・技術を基礎として、産業・学術への応用を推進し、新しい産業および新しい学術領域の開拓を推進する。大学共同利用機関法人傘下の大型研究所における産学連携は、大型施設、専門性の高い学術・技術を基礎にした産業、学術の創成を図る。

原子分子データ研究室（室長 加藤 隆子）

目的：国際的原子分子データセンターおよび国際的COEとして、原子分子データ研究を推進する。

これらの研究を基礎に、新しいプラズマ応用、プラズマ診断方法を開拓し、核融合物理に加えて天文学から工業プラズマまで広い分野に貢献する。学際的研究を発展させる。

3. 運営管理と経費

連携研究には、企画立案、実施、管理評価の三つの要素が必要である。連携研究推進センターは、実施機関としての活動に軸足を置いている。連携研究推進センターは、核融合科学研究所と外部との研究連携の仲立ちをする部署ではなく、核融合科学研究所の内外部局、センター独自あるいはその組み合わせなどによって発案され、上部管理組織、各種委員会の承認を得た課題を、その中核となって研究していく機関である。この目的のため、所属の研究者は高い自己の研究能力・研究業績が強く求められている。運営資金は、

- (1) 人件費および事務経費は全て運営交付金による、
- (2) LHD研究に直接関係しない研究経費は可能な限り外部資金の導入を図って推進するよう努めている。

報告書・準備資料の整理方法

本報告書は、3室4部門についてそれぞれ下記の項目に関し概要と詳細、前後に総概要とまとめを記した。

- (1) 連携研究推進センターの役割（創設時の目標、研究テーマの設定は適切だったか）
- (2) 創設以降の研究テーマ、目標の設定は適切であったか
- (3) 3年間を通しての成果・将来計画
- (4) 人員、設備の整備、拡充は適切に進められているか

[連携研究推進センター部門構成表]

センター長 佐藤 元泰

学術連携推進室

室長（併） 須藤 滋 （副所長、高温プラズマ物理研究系）

国際連携研究部門

主査 松岡 啓介

教授 松岡 啓介

教授 渡利 徹夫

教授（併） 野田 信明 （炉工学研究センター）

助教授 廣岡 慶彦

レーザー連携研究部門

主査（併） 坂上 仁志 （理論・シミュレーション研究センター）

教授（併） 坂上 仁志 （理論・シミュレーション研究センター）

教授（併） 三戸 利行 （炉システム・応用技術研究系）

助教授 田島 輝彦

助教授（併） 尾崎 哲 （粒子加熱プラズマ研究系）

助手（併） 岩本 晃史 （炉システム・応用技術研究系）

ITER 連携研究部門

主査（併） 中村 幸男 （高周波加熱プラズマ研究系）

教授（併） 中村 幸男 （高周波加熱プラズマ研究系）

助教授（併） 藤堂 泰 （理論・シミュレーション研究センター）

助手（併） 妹尾 和威 （炉システム・応用技術研究系）

助手（併） 芦川 直子 （プラズマ制御研究系）

機構連携研究部門

主査（併） 山田 弘司 （プラズマ制御研究系）

教授（併） 山田 弘司 （プラズマ制御研究系）

教授（併） 洲鎌 英雄 (理論・データ解析研究系)
助教授 田中 基彦

原子・分子データ研究室

室長 加藤 隆子
教授 加藤 隆子
助教授 村上 泉
助手 坂上 裕之
助手 加藤 太治
研究支援員 加藤 雅敏

産学連携研究室

室長 佐藤 元泰 (連携研究推進センター長)
教授 佐藤 元泰 (連携研究推進センター長)
助教授 高山 定次
助教授（併） 下妻 隆 (高周波加熱プラズマ研究系)
研究員 松原 章浩

教授（併） 三戸 利行 (炉システム・応用技術研究系)
助教授（任） 柳 長門 (炉システム・応用技術研究系)
助教授（任） 力石 浩孝 (炉システム・応用技術研究系)
助教授（任） 山田 修一 (炉システム・応用技術研究系)

第2章 学術連携推進室の活動報告

学術連携推進室 室長 須藤 滋

国際連携研究部門

第1節 概要

設置目的

国際連携研究部門の活動の目的は、核融合科学の分野における国際連携に基づく研究活動を研究者の立場から支援することである。

組織

この活動は国際交流委員会と密接な関係を持って行われている。国際連携研究部門は専任3名、併任1名の教員で構成されている。国際交流委員会は所長の諮問により、研究者の立場で国際交流に関する諸問題を審議し、所長に答申する委員会である。国際交流委員会の規則を添付資料1（第1章末）に示す。国際交流委員会には、2つの特化した課題について審議するための小委員会、即ち、派遣小委員会と受入小委員会、が属している。国際交流委員会の委員長を当該部門の専任教員が、また受入小委員会の委員長を当該部門の専任教員が務めている。派遣小委員会は、所員からの派遣申請についてその目的、役割、効果等を審議し、派遣に要する費用を査定することが主な目的である。受入小委員会は、外国人の招聘に当たり快適な日常及び研究生活を送れるよう、諸問題を審議することが主な目的である。これまで受入に関して管理部との役割分担を行って来たが、平成18年10月の管理部組織改編により、ユーザズオフィスがその役割を受け持つことになった。

第2節 活動成果の詳細

当該研究部門の教員は、研究者としての立場から国際交流に関連した研究活動を行っている。ここでは部門としての活動をのべ、専任教員の個々の研究活動は章を改めて紹介する（第5章、国際連携部門を参照のこと）。

核融合科学研究所における国際協力は、政府間の学術交流協定及び研究所間の学術交流協定を締結すること等により推進されている。これらの協力活動のうち、研究所間の学術交流協定については、国際交流委員会においてその内容が審議される。協定の締結後は年度当初における当該年度の活動方針及び年度末における当該年度の活動実績が報告され、国際交流活動の現状が把握されるとともに活動をより推進するための方策が議論されている。上述した枠組み等に基づく国際交流は夥しい数に上るが、国際交流委員会としてその内容を把握するよう努めている。表1に平成16年度以降の国際交流委員会の開催状況を示す。

表1に現れない当該部門教員の活動として、以下のことが挙げられる。

①T-10でのHIBP実験を支援するために、ISTC(ロシアの研究者の国外流出を防ぐための

資金援助のフレームワーク)に申請した。申請の内容を資料A (以下に添付) に示す。現在手続きが進行中である。

②日中共同研究に関して、核融合科学研究所は「プラズマ・核融合分野」の学術振興会拠点事業「先進核融合炉の炉心と炉工学」の採択を受け、2001年から日本側拠点校を勤めている。平成17年度は10年計画の5年目として、中間評価資料を提出し評価A(非常に優れている)を受けた。この評価に基づき後期5年の継続が認可された。この報告書及び資料作成に中心的な役割を果たした。

③テキサトル共同研究については、併任教員が国内技術委員会主査、国際執行委員会副議長を担当し、その推進、支援の役割を担っている。

④国立大学法人評価委員会からの年度評価に関する質問「研究所間の学术交流協定に基づく特筆すべき研究成果は何か」に対し、回答文書を作成した。

国際連携研究部門としては、国際交流による更なる研究成果を挙げるべく、今後とも国際交流の現状を把握し、活発な交流が行われるよう研究者の立場で支援して行くことを考えている。

第3節 設置目的と成果の整合性

設置目的は、冒頭にも記述したように、国際共同研究を研究者の立場で支援することであり、国際連携研究部門としての活動は、国際交流委員会との連携の下に行われている。その意味で、今回、連携研究推進センターの外部評価と同時に、国際共同研究に関する外部評価が行われることは適切である。国際共同研究の外部評価にあたっては、当該部門の主査が国際交流委員会委員長の立場も兼ねて、責任者を勤めている。詳しくは、国際共同研究の評価の中で、整合性を議論していただければ幸いであるが、設置目的との整合性はとれていると考えている。

第4節 将来計画

今回の国際共同研究の外部評価を契機として、国際共同研究の活動が研究者の間で広く知られるようになると考えられる。国際連携研究部門の将来計画として、国際交流委員会と連携して、年度末に当該年度の国際共同研究の報告会を開催し、自己評価を行うことを提案したい。これを行うことで、当該部門の年度毎の活動は集約される。日米、日中、日韓などの政府間協定に関する報告会は開催されているが、その他の研究所間の協定に基づく研究活動は余り知られていない。当該部門の活動として、広く議論する場を設け、より良い国際共同研究を推進することが責務と考える。

表1 国際交流委員会 開催一覧

■平成16年度

回	年月日	議 題
第43回	平成16年5月21日(金) 10:00～	(1)派遣小委員会委員及び受入小委員会委員の選出について (2)国際交流委員会規程について (3)国際交流協定実施機関との交流実施報告及び実施計画について (4)平成16年度国際研究集会等派遣計画について (5)その他
第44回	平成17年2月23日(水) 10:00～	(1)平成16年度派遣小委員会の審査状況について (2)外国人研究者受入時の役割分担について (3)国際交流協定実施機関との交流実施報告書及び実施計画書の様式変更について (4)その他

■平成17年度

第45回	平成17年4月28日(金) 13:30～	(1)派遣小委員会委員及び受入小委員会委員等の選出について (2)国際交流協定実施機関との交流実施報告について (3)平成16年度派遣小委員会の採択状況等について (4)国際会議の招待講演について (5)日中協力について (6)国際交流委員会の在り方について (7)その他
第46回	平成17年6月22日(水) 10:00～	(1)前回議事メモの確認 (2)プリンストン大学プラズマ物理研究所との学術交流協定について (3)カールスルーエ研究センターとの学術交流協定について (4)その他
第47回	平成17年7月1日(金) 10:00～	(1)前回議事メモの確認 (2)IUPAP(International Union of Pure & Applied Physics)及びUNESCOの主権による世界会議WCPSD (World Conference on Physics and Sustainable Development) への研究者派遣について (3)その他
第48回	平成17年8月31日(水) 10:00～	(1)前回議事メモの確認 (2)カールスルーエ研究センターとの学術交流協定について (3)その他
第49回	平成18年3月31日(金) 11:00～	(1)前回議事メモの確認 (2)カールスルーエ研究センターとの合意書について (3)その他

■平成18年度

第50回	平成18年5月11日(木) 持ち回り審議	(1)オークリッジ国立研究所(アメリカ合衆国)との学術交流協定の締結について
第51回	平成18年6月23日(金) 13:00～	(1)前回議事メモの確認 (2)原子分子データに関するNIFS(原子分子データ研究室)-NFRF(National Fusion Research Center, Republic of Korea)との覚書について (3)その他
第52回	平成18年7月18日(金) 16:00～	(1)前回議事メモの確認 (2)独・カールスルーエ研究所(FZK)との国際共同研究に係る輸出について (3)外部評価について (4)その他
第53回	平成18年10月6日(金) 13:30～	(1)前回議事メモの確認 (2)国際共同研究に関する外部評価について (3)派遣小委員会について (4)その他
第54回	平成18年10月27日(金) 10:00～	(1)前回議事メモの確認 (2)学術交流協定について(実績報告書と改善のための取り組み) (3)外部評価について (4)球状トラスに関する協力のための実施協定について (5)その他

[国際連携 資料A]

ISTC への申請内容

(学術的な意義)

重イオンビームプローブ (Heavy Ion Beam Probe (HIBP)) は、高温プラズマ中の電位 (ポテンシャル) の空間分布を直接計測することが出来る唯一の測定機器である。核融合炉の実現を目指す上で、物理的な最大の課題は超高温プラズマの閉じ込め機構の解明と改善である。この課題はトカマク型、ヘリカル型を問わず、未だ決定的な解決を見ていないため、現在、国際会議等においても最も激しい議論が戦わされている。一番のホットトピックである。HIBP 測定から得られる電位 (ひいては電場) の情報は、乱流 (エネルギー輸送、即ち閉じ込めの劣化を引き起こす渦の発生と成長) の理解に欠かせない。境界のあるプラズマにおいては、温度や密度に必ず勾配が伴うので、それらの勾配をエネルギー源として渦は必ず発生し、エネルギーや粒子の閉じ込めを悪くする。

しかしながら、一方で、改善閉じ込めモード (H モード) と呼ばれる閉じ込めの優れたプラズマの状態も存在する。改善モードにおいては、乱流の自律的な自己組織化の結果生じる帯状流が本質的な役割を果たしている。この帯状流の測定には HIBP がもっとも適しており、核融合科学研究所の CHS 装置において 2 台の HIBP を用いて世界で初めてその存在が実証された。HIBP を備えたプラズマ閉じ込め装置は、世界的に例が少なく、ヘリカル装置では、CHS の他、核融合科学研究所の LHD 装置、スペインの TJ-II、トカマクでは、アメリカの TEXT 装置 (既にシャットダウンされた)、ロシアの T-10 装置等である。例が少ない理由は、計測が色々な意味で容易でないためである。

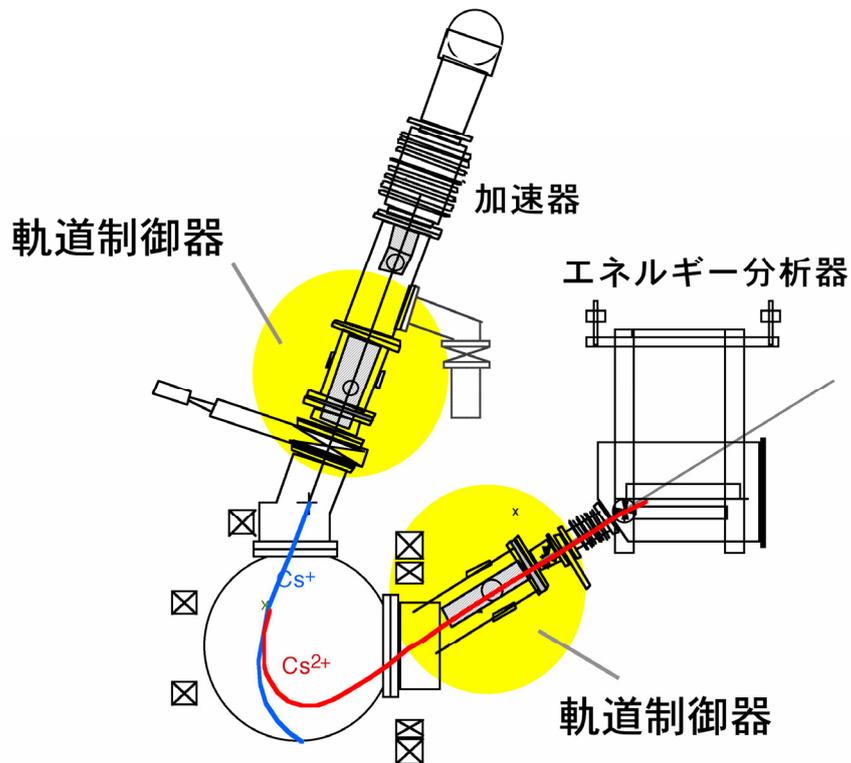
このように、HIBP を具備した装置における実験は、閉じ込めの解明及び改善のために学術的な意義は大きい。

帯状流は天文学における木星の縞の理解にも共通する現象である。帯状流の測定は、静電的な測定であるが、電磁的な測定として、ダイナモの測定が考えられ、ダイナモの存在をトラスプラズマにおいて観測できれば、学術的に極めて大きな成果となる。

CHS における HIBP を図に示す。重イオンであるセシウムの 1 価のイオンを入射し、プラズマ中で電子との衝突により 2 価に電離したセシウムイオンを計測するようにセットしている。電荷の変化 (1 価だけ増加) によるポテンシャルエネルギーの差 (運動エネルギーは衝突の過程で変化しない。相手が電子であり、質量の違いが極めて大きいため。) が全エネルギーの変化に現れるため、ポテンシャル (電位) を測定することが出来る。

(経済的な支援の必要性)

HIBP には高電圧の重イオンビームが用いられる。従って、研究者は高電圧 (高エネルギー) 重イオンビームの技術に習熟している。この技術の軍事的な転用は考えられなくはない。研究者が外国に流出すると、これらの技術も流出するため、核融合プラズマの研究が自国にて引き続き行えるよう経済的な支援が望まれる。



(ITER との関連)

ITER では、全ての計測機器は高フラックスの中性子線に晒されるため、現状の HIBP がそのまま使えるかどうかは分からないが、少なくとも HIBP 計測を用いた現在のプラズマ閉じ込め研究によって、ITER のプラズマ性能をより精度よく予測できるようになり、ITER にとっても必須のデータを与える。具体的には、先に述べた帯状流の測定の外、核融合反応の結果生じる α 粒子による TAE モード（トロイダル・アルフベン・固有モード、高速粒子の損失を増大させる）の機構の解明にとって、TAE モードに付随するポテンシャル計測は、新しい知見を与える。

レーザー連携研究部門

第1節 概要

設置目的

本部門は、本研究所の中期計画および平成15年1月8日に報告された科学技術・学術審議会学術分科会基本問題特別委員会核融合ワーキンググループの「今後の我が国の核融合研究の在り方について（報告）」に記述された内容に応えるため、平成16年4月に設置され活動を開始した。本部門の主目的は、大阪大学レーザーエネルギー学研究センター（以下、阪大レーザー研）と連携協力し、大学共同利用機関の中核研究所として我が国におけるレーザー核融合の研究開発を推進することである。また、レーザー核融合の研究に不可欠なプラズマ診断や先進的レーザードライバ等の応用技術開発にも目を向ける。

第2節 成果の詳細

世界的に慣性核融合研究の進展は著しく、間接照射方式で自己点火を目指すための装置である米国のNIF(National Ignition Facility)や仏国のLMJ(Laser Mega Joule)の建設が精力的に進められており、2010年には装置が完成し自己点火実験が始まる。また、他の大型レーザー実験装置として、米国ではロチェスター大学で直接照射方式のOMEGA EPが、中国では綿陽で間接照射方式のShenGuang IIIが建設されている。一方、我が国では、阪大レーザー研が高速点火方式を用いた実験計画FIREX(Fast Ignition Realization EXperiment)を提案している。FIREXは、点火温度への加熱を目的とする第1期計画と自己点火・燃焼を実証する第2期計画とから成る。本研究所の中期計画では、FIREX第1期計画を新規分野開拓と位置づけ、阪大レーザー研と連携協力して、第1期計画の遂行に必要な統合シミュレーションコードや実験設備を開発し、新たな診断技術を確認することを目指している。本研究所では平成16年4月より新たな共同研究の枠組みとなる双方向型共同研究を創設したので、この一環として本部門は阪大レーザー研との密接な共同研究を開始した。

活動内容は、高速点火実験用クライオターゲットの開発、新しい慣性核融合炉の検討、高速点火核融合のシミュレーション研究、LHD実験におけるペタワットレーザーの利用検討などである。表1.1に各研究活動について、本部門と阪大レーザー研の分担を示し、以下、項目毎の活動成果を述べる。

表 1.1 : 研究分担

	本部門	阪大レーザー研
クライオターゲットの開発	燃料注入・固化	ターゲット容器
統合シミュレーション	相対論的粒子コード 統合システム	放射・流体コード フォッカープランクコード
計測・診断技術の開発	トムソン散乱計測 中性子計測 X線制動放射計測	位相共役ミラー
新しい慣性核融合炉の設計	DT 点火 D 主燃料炉 マイクロZピンチ炉	

2.1 高速点火実験用クライオターゲットの開発

高速点火方式によるレーザー核融合の実験を行なうためには、図1.1に示す特殊なガイドコーン付きフォームクライオターゲットを開発する必要がある。ターゲットに必要なとされる真球度と均一性を持つフォームシェルをあらかじめ製作し、燃料をそのフォーム材に浸透させて固

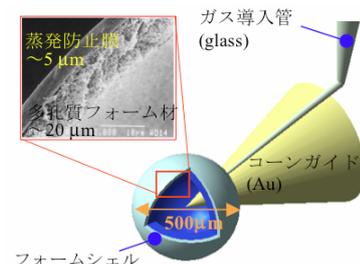


図 1.1 : フォームクライオターゲット

化し、必要なターゲット仕様を満足する固体燃料層を生成する。このターゲット開発について、2003年度より阪大レーザー研との連携研究が開始された。本部門は燃料の注入・固化技術の開発を担当し、阪大レーザー研はターゲットに必要な構成部品の開発やその組み立てを担当している。

2.1.1 燃料注入・固化技術の開発

本部門で担当するターゲットへの燃料注入・固化技術を開発するために実証試験装置を設計・製作した。実験の簡便性を実現するために冷却にはGM型小型冷凍機を採用している。ターゲットはターゲット用真空容器内に取り付けられ、容器内に封入されたヘリウムガスとの熱交換により冷却・温度管理ができる構造になっている。本装置を用いた液化・固化試験の結果を図 1.2 に示す。このとき、熱交換ガスであるヘリウムの温度は液化試験では 15.5K、固化試験では 13.0K であった。この結果より、本装置に関してはターゲットへの燃料注入・固化試験に必要な性能を有していることが確認できた。更に、液化→固化過程において、液体水素量をほぼ一定に保った状態で固化させる事にも成功した。

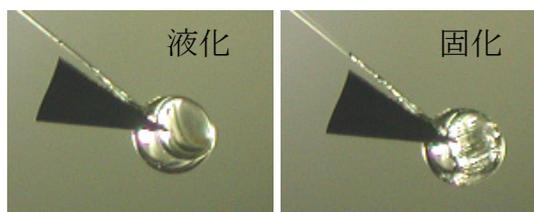


図 1.2：ターゲットの冷却試験

2.1.2 ターゲット容器の開発

固体燃料層は低密度のフォームに液体燃料を含浸させ、固化することによって均一な厚さを持つ中空状態に維持される。この燃料層の検査は可視光による干渉計測が有効で、それを行なうためにはフォームは十分透明で、散乱が少なく、可干渉性を損なわないものでなければならないため、RF（レシノル/フォルムアルデヒド）フォームを用いた。しかし、この材料は粘性が低く、エマルジョン法による中空化は困難であった。そこで、相間移動触媒を利用して壁厚の均一性を改善し、RF/PF（フロログルシンカルボン酸）を利用することにより粘度を上げ、仕様通りのフォーム中空球を作ることに成功した。更に、熱分解を利用したレーザー加工法を用いてコーン部を取り付け、燃料導入管、蒸発防止膜をコーティングし、図 1.3 のターゲットを完成した。

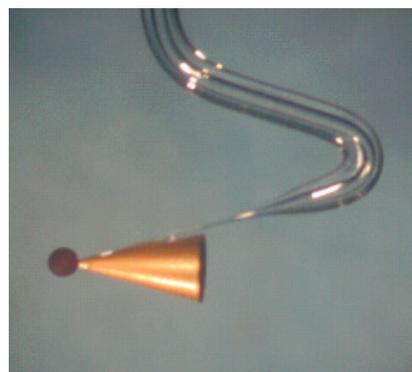
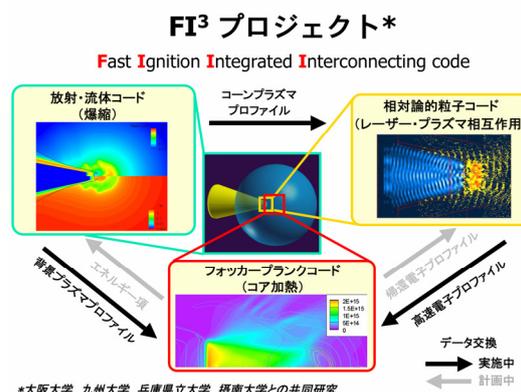


図 1.3：試作されたターゲット

2.2 高速点火核融合の統合シミュレーション

高速点火核融合における爆縮、高速電子生成および加熱過程を全体的に理解するため、放射・流体コード、相対論的粒子コードおよびフォッカープランクコードを連結階層的に統合してシミュレーションするシステムの研究をFI³プロジェクトとして進めており、第1バージョンの開発が完了した。この統合シミュレーションプロジェクトにおいて、各コード間で交換すべきデータをコード結合ダイアグラムとして図 1.4 に示す。

プラズマ中に高速電子が入射すると、電流中性を保つように背景電子による帰還電流が形成される。背景電子の密度が入射する高速電子の密度と同程度になると、背景電子のドリフト速度は光速に近いオーダーとなる。このため、非常に強い二流体不安定性が生じ、背景電子は加熱されるとともに、帰還電流としての流れは阻害される。この結果、高速電子流は減速する方



- 11 - 図 1.4：高速点火統合シミュレーション

向、背景の帰還電流は加速する方向に強い静電場が生じ、高速電子の一部は裏面プラズマ中に入射することができずコーンに閉じ込められ、背景電子は高エネルギーに加速されてコーンに浸入し、コーン内部には高エネルギーの電子が充満する。この高エネルギー電子は、点火用レーザー照射後に徐々に漏れ出し、コアを加熱する。統合シミュレーションにより、この効果は、背景電子密度が入射する高速電子密度と同程度になると顕著に現れることがわかった。図 1.5 にコーン裏面のプラズマ密度が $10n_c$ (この効果が大きい) と $100n_c$ (この効果が小さい) の場合について、点火用レーザーがピーク時と照射後の高速電子によるコアの加熱率と密度分布を示す。図 1.5 より $10n_c$ の場合には、レーザー照射後もコアが引き続き加熱されていることがわかる。このため、加熱の物理過程では、高速電子の輸送を解明することが重要であることが明らかにされた。

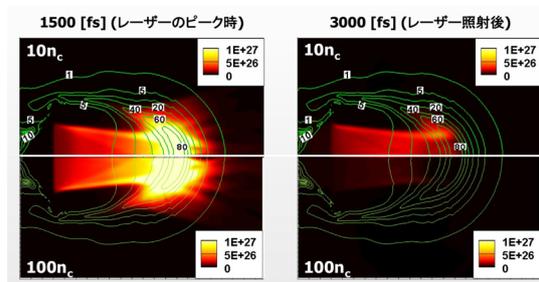


図 1.5 : コア加熱率の評価

2.3 計測・診断技術の開発

2.3.1 ペタワットレーザーによるプラズマ計測

阪大レーザー研に設置されているペタワットレーザーを本研究所に移設し、広い観点からLHD実験において活用する可能性を検討した。ペタワットレーザーは、高繰り返しは期待できないが、極短パルスで超高強度のレーザーであり、トムソン散乱用光源として用いた場合、極めて空間分解の優れた計測器を構成できる。この計測器の概念を図 1.6 に示す。キロジュール程度のエネルギーのレーザーを用いた散乱計測は、現在の数ジュールのレーザーを用いた散乱に比べて 30 倍以上の高精度測定を可能にし、磁気閉じ込め研究に新しい知見がもたらされると思われる。特に、レーザービームを 2 次元化して揺らぎのパターンが測定できる可能性があり、乱流輸送の研究が飛躍すると期待できる。

更に、高エネルギー粒子発生とその計測、パルスイオンビームによるイオン温度分布計測、X線源としての利用することを検討した。ペタワットレーザーは優れた輝度を持つレーザーであり、今後更なる検討を進めて有効な利用方法を提案していく必要がある。

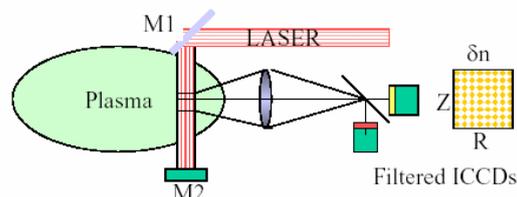


図 1.6 : ペタワットレーザーによるトムソン散乱計測器

2.3.2 計測機器の応用

阪大レーザー研では、多チャンネルの高速プラスチックシンチレータ MANDALA を用いて核融合中性子の飛行時間からイオン温度の評価を行っている。ペタワットレーザーによって Au コーンを照射した際、大量の γ 線が発生して中性子の検出を妨げる場合がある。一方、天然ダイヤモンド検出器は、検出部厚が薄いこと、比較的小さい実効原子番号を持つこと等の理由に加えて時間応答性にも優れていることから、上記の問題を回避できる可能性がある。そこで、ダイヤモンド検出器をレーザー核融合実験に適用し、中性子スペクトロメーターとしての適性について検討した。また、阪大レーザー研では、2 次反応縮退や制動放射絶対強度測定から爆縮されたターゲットの密度を算出している。制動放射絶対強度を計測する方法として、 $10\sim 30\text{keV}$ の X 線強度を SX-CCD カメラのイメージモードにより計測が可能だと考えられる。そこで、この計測の可能性について原理的問題点、技術的問題点の両面から検討した。更に、トムソン散乱計測用レーザーについて、パワーを上げると発生する歪を位相共役ミラーで補償してレーザーを高性能化することを検討した。この結果、LHD のトムソン散乱計測については 50Hz 程度の計測が可能になることがわかった。

2.4 新しい慣性核融合炉の設計

慣性核融合炉の基本課題としては、高ペレットゲイン爆縮、ドライバー（高繰り返し、長寿命、妥当なコスト）、現実性のある炉構造等があげられる。この中で、高ペレットゲイン爆縮に関しては高密度、すなわち固体密度の 500～2000 倍の達成が必要となる。将来性のあるドライバーとしては、現在半導体励起固体レーザーがもっとも有力視されているが、現在のコスト 3000 円/W を 10 円/W にまで低減させる必要があるが、具体的な創意工夫は、まだでていない。一方、高速点火に関する阪大レーザー研の成果があり、これによれば従来の中心点火方式に比較して、一桁小さい体積でも核融合燃焼が可能となり低コスト開発研究はもとより、従来 70～80 万 kWe が最小であったが、30 万 kWe 程度の小出力炉の構想も期待できる。1987 年に提案した DT 点火 D 主燃料慣性核融合炉 TAKANAWA の見直しを行っている。この概念は多くの魅力があるが、過大なドライバーエネルギーが必要とされる困難な課題があった。その後の慣性核融合の 3 大ブレークスルー、すなわち高効率半導体レーザー、高速点火、マイクロ Z ピンチ利用の新慣性核融合方式によって、この困難性を軽減しうる可能性が出てきた。また、近年の慣性核融合におけるダークホースであるマイクロ Z ピンチ方式の実現性を検討している。種々の利点はあるものの、この方式の最大の問題は、一ショット毎に電極部が消耗することであり、よほど軽量にできない限りその膨大さで非現実的となる。主としてこの電極部の工夫を続けている。

第3節 設置目的と成果の整合性

本研究所は、科学技術・学術審議会核融合ワーキンググループの答申に従い、大学における核融合研究の総括の役割を負うこととなっている。従って、今まで各大学で研究されてきた磁場閉じ込め方式とは異なる核融合方式の推進も本研究所が予算申請まで含めて行うことになっており、その中の慣性閉じ込め方式の一つであるレーザー核融合の研究推進が本部門の基本役割である。本研究所は設立以来約 20 年経つが、磁場閉じ込め核融合であるヘリカル方式を中心に研究開発を進めてきただけに、レーザー核融合に関する研究開発能力は非常に弱体であった。2 年前に本部門が設置されるのに伴いその能力の向上に努め、その成果は他章に述べた通りである。今後の改良点を中心に述べる。

3.1 成果の基本

本部門の存在意義は、FIREX 第 1 期計画の実験結果により大いに影響を受けることは論をまたない。来年夏より開始される実験は数年以内に最終結果が得られると考えられる。もし結果が順調な場合、第 2 期の計画推進を本部門が中心に行わなければならない。

3.2 体制

残念ながら本部門の専任は 1 人で他は兼任なため、到底十分な体制とはいえず、現時点においては、クライオターゲットの製作開発とシミュレーションによる高速点火物理の研究について、FIREX 計画を支援しているだけである。従って、FIREX 第 2 期を本格的に推進するためには、研究人員の充足が必要不可欠である。

3.3 今後の研究開発内容

本研究所の特質を生かすには、爆縮実験は阪大レーザー研に一任し、その爆縮シミュレーション、ペレット製作、計測等の支援を中心にして行くことが妥当と考えられる。もっとも重要な事は、レーザー核融合方式の有望性について評価作業を続けることであり、具体的には、実証炉の概念検討を早急に始めることである。30 年程度で実証炉が可能でなければ、核融合開発研究のロードマップに乗る方式にはならないからである。レーザー核融合がそのような方式となるよう推進するのが本部門の基本役割と考えるが、その活動はようやく始まったばかりである。

第4節 将来計画への展望

高速点火は、最先端のレーザー技術と極限状態の物質科学に準拠する新方式であることから、核融合研究に幅広い学術的・技術的広がりをもたらすとともに、21世紀をリードする科学技術立国の中核を形成する新たな学術分野と先端産業の発展に貢献する新しいスタイルのエネルギー開発研究と位置づけられる。

4.1 ターゲット開発

高速点火では高密度に圧縮したところにタイミング良く点火用レーザーを照射する必要があり、ターゲット容器の厚さ、燃料層の厚さなどは面密度に換算して1〜2%の精度が要求される。均一な厚さの固体燃料層を形成するにはフォーム法が有力であるが、核融合プラズマから見ればフォームは不純物であり、輻射ロスを増やし、利得を低下させる。そのため、最終的にはフォームの密度は $10\text{mg}/\text{cm}^3$ 程度であることが望まれる。ターゲットに用いるためには中空のシェル状に加工する必要があるが、現時点では $40\text{mg}/\text{cm}^2$ 程度に留まっており、今後の製作条件の改良、フォーム材料の検討の努力が必要である。プラスチックを用いず、BeH（ベリリウムハイドライド）を用いる方法も原子番号が小さく輻射ロスが少ないため有力であるが、シェル化には相当の努力が必要となる。実用炉まで展望すると、リチウム鉛によるコーンの大量生産、燃料充填量の制御などが課題になるとと思われる。

上記により開発されたターゲットに燃料を注入する技術開発では、ダミーターゲットによる冷却試験の結果から推測して、フォーム層自体に必要な仕様通りに形成することが可能であれば、FIREX計画のために必要な仕様の固体水素ターゲットは製造が可能であると考えられる。フォームターゲットの場合には気体→液化→固化という過程を経て固体水素が充填されるが、液化→固化過程における均一な燃料層の形成が最も大きな課題になると予想される。この過程において燃料の充填に不都合が生じた場合も想定して代替のシェルおよび燃料注入方式（気体→固化過程の利用など）を並行して検討しているが、FIREX計画の範囲内では固体水素ターゲット単体の製造は達成可能な課題であると考えている。しかし、現状では1つのターゲットを組み立て後、極低温に冷却、燃料を注入する過程に多くの労力が必要であり、将来的にDT燃料を使用した爆縮実験を1日数回行うためには、安全性も考慮して、ガスの取扱量を極力少なくした、しかも短時間にターゲットへの燃料の充填が可能である技術の開発が必要である。これらの技術開発はFIREX第1期計画において実行する予定である。開発された充填技術は実用炉へと発展可能であることが望ましい。

4.2 統合シミュレーション

高速点火方式は国際的にも脚光を集めているが、この方式は従来の中心点火方式よりも複雑であり、解明されていない物理も多い。このため、高速点火方式における複雑物理を連結階層型シミュレーションにより解明し、高速点火研究を加速する必要がある。そこで、FI³プロジェクトとして、統合シミュレーションによる研究を推進している。今後、FIREX計画をシミュレーションにより先導するためには、レーザー・コーン相互作用における多次元効果やコーン内における衝突の効果、加速イオンによる加熱効果等を考慮し、より実地的な解析を行う必要がある。このためには、統合コードを構成する個々のコードの物理モデルの改良や、より大規模な計算を高速で行うための計算手法の改良が必要である。

放射・流体コードについては、レーザープラズマ解析に必要な基本的な数値モデルはほぼすべて組み込まれているが、より定量的な解析を行うためには、光線追跡の3次元化、低温領域の状態方程式、燃焼モデル（拡散近似）、MHDモデル等の導入が考えられる。更に現実的な流体力学的不安定性問題や高速点火用爆縮の定量的な解析には3次元コードが不可欠である。これまでに開発した2次元コードの計算手法は、すべて3次元コードに拡張可能であるので、各研究機関の大型計算機の整備計画に合わせて3次元計算コードの整備を進める。

相対論的粒子コードについては、イオンによる直接加熱を扱う場合には Au イオンとその他のイオンを区別して扱う必要が有る。また、Au イオンは電荷数が大きいので、通常の粒子コードでは無視している衝突項の影響が大きい。このため、計算効率の良い新しい衝突モデルの開発を行う必要がある。更に、コーン壁面によるレーザーの集光効果や高速電子の集積効果は 1 次元コードでは扱えないので、大規模シミュレーションに備えるため 2 次元相対論的粒子コードのベクトル・並列化が必須である。

現在のフォッカープランクコードは、電磁場の解析モデルにより適用範囲が高密度プラズマに限定されている。このため、電磁場の解析モデルに陰的運動量法等を適用し、低密度周辺プラズマや真空境界で生じる静電場ならびに静磁場の効果を考慮できるように改良する必要がある。また、現在のモデルでは高速電子の速度が背景粒子の速度に比べ十分に大きいものと仮定している。しかし、高速電子がエネルギーを失い減速してくると、この仮定は破綻する。このような領域においては背景粒子の速度分布が衝突に影響するため、より厳密な衝突項を用い、より精度の高い輸送解析を行うとともに、近似モデルの妥当性および適用限界の検証を行う。

4.3 計測・診断技術

測定連携に関しては、阪大レーザー研の関係者と密接な打ち合わせのもとに、現在休止しているレーザープラズマ計測に重要と思われる計測器の稼働を念頭に、それを発展させる形で連携を進める必要がある。本研究所の LHD グループから既に数名の参加希望者があり、さらに希望者を募りチームでこれにあたるのが望ましい。一部スタートしているものもあるが将来的には以下の連携が可能であると考えている。

密度測定・・・2次反応縮退，制動放射絶対測定，放射化
温度測定・・・中性子スペクトロメーター，X線分光計測
画像計測・・・ α 画像，プロトン画像

本研究所で培った計測手法をそのままレーザープラズマ計測に適用するには時間・空間のパラメータが違いすぎるため困難である。そこで、まず新しい計測器を導入する前に実験に参加し感触をつかみ、その上で新たな工夫を付け加えていくことが一番確実な方法と考えている。新しい提案に基づいて核融合科学研において計測器開発を行い実機への適用を図る。

現在 LHD 装置において、天然ダイヤモンド検出器を用いて荷電交換高速中性粒子測定を行っている。この場合、検出器からの出力信号は、電荷有感型前置増幅器に入力され、波形整形増幅器を経た後、マルチチャンネルアナライザー(MCA)で波高分析される。この回路システムは、磁場閉じ込め核融合実験における高速中性粒子のエネルギー分析には適しているが、時間応答は遅い。しかし、本検出器を中性子飛行時間測定の目的でレーザー核融合実験に適応した場合、1 ナノ秒程度のオーダーでの時間応答が要求されるため、そのまま流用することはできない。そこで、ダイヤモンド検出器の高速応答性を確保するため、検出器への電圧印加並びに高速信号読み出しのために、10GHz までのバンド幅(-3dB)を持つ High Voltage Bias Tee(PSPL 社 Model:5531)を導入した。また同軸ケーブルにも高帯域(>10GHz)かつ電磁シールド性の高いセミリジッドケーブルを用いる。今後、フェムト秒幅の短パルスレーザー照射により計測システム全体の時間応答性能を確認した後、実際の実験への適用を試みる。

ITER 連携研究部門

第1節 概要

設置目的

制御核融合の実現を視野に入れた核融合科学とその基礎となるプラズマ物理学から炉工学までの基礎科学分野における学術的体系化を図る。核燃焼プラズマ実験の知識と経験が必要なことから、核燃焼実験あるいはシミュレーションを視野に入れた研究を今から育成につとめる。大学共同利用機関法人として、大学等との連携協力体制の強化及び研究支援、国際協力も含めた他研究機関との連携協力もはかる。さらに、将来の核燃焼実験あるいは炉設計のための人材育成は最重要課題である。このような観点から、研究所では国際的に進められてきた国際熱核融合実験炉（ITER）計画と幅広いアプローチ（BA）計画への研究支援を推進する。その研究支援の方法と体制作りを検討する。

第2節 研究活動の成果

1) ITER 研究支援専門部会における活動

ITER 連携研究部門が設置される以前の平成 15 年 4 月に研究所の大学共同利用機関法人自然科学研究機構への移行に先立ち、法人化後の組織体制を考慮して ITER 研究支援専門部会が設置された。この部会では 1 年間で合計 8 回の会合を開催し、ITER 研究支援の体制及び連携研究の進め方について検討し、法人化後の所内の ITER 研究支援体制（案）などを盛り込んだ提案を企画委員会に提出した。また、ITER 計画への研究支援についての所内アンケート調査を実施し、ITER 計画への大きな関心と研究支援参加への肯定的な意見が多く見られ、研究所の将来の研究活動の一つとして非常に重要であることが再認識出来た。

2) ITER 協力専門委員会における活動

平成 16 年度になって法人化後の新たな組織として連携研究推進センター学術連携研究室 ITER 連携研究部門が設置された。その後、研究所の幅広い分野（核融合科学、炉工学等）において ITER 連携研究を推進するために ITER 協力専門委員会を立ち上げ、研究所内の各分野の専門家（13 名）及び客員（日本原子力研究所）（2 名）と協議しながら、ITER 連携研究活動の支援体制及び活性化の方法、そして、ITER 連携研究活動の評価の確立に関する方策等について検討してきた。ITER 協力専門委員会の具体的な活動としては、ヘリカルとトカマクの比較研究などトロイダルプラズマの総理解に向けての課題を日本原子力研究所（現在の日本原子力研究開発機構）との協力研究を含めてリストアップし、今後の ITER 連携研究活動の育成を目指して原子力機構との協力体制の強化と協力研究の推進を進めてきた。また、研究所での ITER 連携研究を活性化するため、国際トカマク物理活動（ITPA）に関する活動方針を定め、ITPA への貢献に対する具体的な派遣者の人選と参加のための旅費の支援について議論してきた。

3) 国際トカマク物理活動（ITPA）への貢献

研究所としては、ITPA 会合を「ITER（トカマク）関連研究あるいはトラスプラズマの総合的理解を目指す研究」に関する一つのワークショップとして位置付け、研究所からの発表を定着させることを目指している。そのために、それぞれ年 2 回程度開催される 7 つ

の ITPA トピカルグループ(輸送及び内部障壁の物理、閉じ込めデータベースとモデリング、周辺及びペDESTALの物理、スクレイプオフ層とダイバータの物理、MHD とディスラプション、定常運転と制御、計測) 会合への研究所からの派遣者を検討し推薦している。平成 17 年度からは ITER 連携研究部門に対して割り当てられた ITER 連携活動のための予算により、ITER 協力専門委員会の推薦に基づいて、国内 9 名、国外 10 名の ITPA 参加旅費を支援してきた。具体的な ITPA 活動としては、トロイダルプラズマの包括的理解を深める上で重要なヘリカルとトカマクの比較研究を含めたヘリカル装置での研究成果をそれぞれの ITPA トピカルグループ会合で発表し、2004 年から 2006 年の発表件数は、それぞれ 12 件、19 件、及び 16 件にのぼり、研究所及びステラレータコミュニティからの貢献が大きく評価された。特に、トロイダルプラズマの帯状流の存在を初めて実験的に実証したこと、ペDESTAL 構造形成あるいは電子輸送障壁形成に関する加熱パワーしきい値についての報告、トロイダルアルヴェン固有モード (TAE モード) のシミュレーションについての発表はトラスプラズマの包括的理解を深める上で注目され、大きな評価を得た。また、ITPA 活動関連では、ITPA 活動の国内の支援部隊である核融合フォーラムの国内物理クラスターの会合を核融合科学研究所の研究会等と合同で(平成 16 年度は 7 回、平成 17 年度は 5 回、平成 18 年度は 5 回(予定を含む))開催することによって、研究所所員への ITPA 活動の周知と参加体制が整備されつつある。

4) 日本原子力研究開発機構との協力研究

日本原子力研究開発機構では核融合関連施設を利用した協力研究を公募しており、研究所からも毎年 10 件程度(平成 16 年度 8 件、平成 17 年度 10 件、平成 18 年度 12 件)の応募が行われている。核融合科学研究所の研究者が日本原子力研究開発機構の研究者と共同で実験及びデータの解析あるいはシミュレーションなどを行い、トロイダルプラズマの包括的理解あるいは核融合炉設計に向けてのデータベースの構築を目指して、共同研究を進めている。これらの研究活動の成果として、2004 年から 2006 年までに 33 編の論文が出版されており、今後の ITER 連携研究活動への接続性が大いに期待される。

5) ITER 国際チームへの研究者の派遣

最後に、ITER 国際チームからの要請で大型ヘリカル研究部プラズマ制御研究系の小林政弘助手が 2005 年 9 月 25 日から 2006 年 3 月 25 日まで Garching ITER Joint Work Site で ITER のための研究支援を実施した。研究題目は「Power load analysis on the limiter configuration of ITER start-up phase」である。ITER のプラズマ立ち上げ時にはトロイダル方向に局所的なリミターを 2 箇所弱磁場側に設け、これによって熱・粒子束を制御する予定である。従来、トカマクの周辺輸送の解析には軸対称性を仮定したトロイダル断面における 2 次元解析が主流であったが、本配位ではリミターがトロイダル方向に局所的であるため、3 次元解析が必要となる。そこで、3 次元輸送解析コード EMC3-EIRENE をこの配位に適用し、リミターへの熱・粒子負荷の解析を行った。プラズマ立ち上げ時のプラズマ電流の変化に合わせて磁場配位を変化させて熱負荷の振る舞いを調べ、ITER のプラズマ立ち上げシナリオに対する制限を明らかにした。トカマクではあまり用いられない 3 次元コードの威力が存分に発揮され、ITER 物理設計への貢献が大きく評価された。

6) 日本原子力研究開発機構及び大学等との連携協力

日本原子力研究開発機構及び大学等との連携協力体制の強化のため、ITER 日本極内チーム、核融合フォーラム、核融合ネットワーク等との連携協力を推進してきた。ITER 日本極

内チームとの ITER 連携（核融合研/原研）協力連絡会合を平成 16 年に設置し、これまでに 3 回の会合と情報交換会（2 回）を開催した。極内チームとの会合では、当面の連携協力分野及び方法について具体的な項目を上げて協議し、連携協力分野の開拓を推進している。超伝導マグネットや構造材料の分野では研究所の施設を利用した開発研究的な課題があることが分かった。また、現在 ITER 計画推進で大きな役割を果たしている核融合フォーラムとの連携を深めるために、平成 15 年度から核融合フォーラムの中の物理クラスター幹事会に出席し、国際トカマク物理活動（ITPA）の進め方あるいは ITER 計画への日本の貢献方法などについて議論している。さらに、平成 16 年度からは、核融合フォーラム調整委員会委員として、国内全体の ITER 計画についての様々な議論に参加し、計画推進活動を実施している。一方で、大学等との連携協力については、核融合ネットワーク（プラズマ科学及び炉工分野）の委員会（又は幹事会）に出席し、大学等の ITER 連携研究の進め方及び ITER 連携研究支援に関する共同利用機関としての研究所の役割などについての意見聴取を実施し、その後の ITER 連携研究活動に役立てている。

7) ITER 連携活動の周知と評価の確立

研究所での ITER 連携研究活動を広く知ってもらうこととこの活動の評価を確立していくために、研究所の WEB ページに ITER 連携研究活動報告を掲載すると共に、様々な会合での活動報告を実施してきました。WEB ページには、ITER 連携研究活動の趣旨を紹介し、ITER 計画の概要及び ITER 最新情報等のリンク先を掲載すると共に、ITER 連携研究活動として、ITER 協力専門委員会、ITER 連携（核融合研/原研）協力会合の議事録の他に、前述の ITPA 活動への参加実績と参加者の報告書、ITER 連携研究活動に関連する会合等への参加を含めた活動日誌などが掲載されている。

第 3 節 設置目的と成果の整合性

1) ITER 連携研究活動のための所内体制作りについて

研究所では連携研究推進センター学術連携研究室 ITER 連携研究部門が平成 16 年度に設置され、ITER 連携研究の活性化と大学等における ITER 連携研究の支援体制作りを検討してきた。昨年、長年検討されてきた ITER 計画はフランス（カデラッシュ）への建設サイトの決定により、大きな第一歩を踏み出した。このような時期に ITER 連携研究部門が設立されたことは、研究所の ITER 計画及び BA 計画への貢献を明確にし、ITER 事業体設立時からの参画を可能にした点で非常に大きな意義があった。

2) ITER 連携研究活動のための実施体制について

ITER 連携研究部門は教授 1、助教授 1、助手 1 の 3 名（平成 18 年度に助手 1 名が追加された）が併任で任命された。研究所の幅広い分野（核融合科学、炉工学等）での連携協力を推進するため、すぐに ITER 協力専門委員会（研究所の各分野の専門家 13 名と客員（日本原子力研究開発機構）2 名で構成）を立ち上げ、ITER 連携研究部門及び ITER 協力専門委員会で今後の活動方針について議論した。ITER 連携研究部門は研究所所員あるいは他機関との連携の窓口的な役割を担い、実際の活動方法等については ITER 協力専門委員会と連携しながら進めており、ITER 事業体設立前の研究所内の ITER 連携研究活動のための実施体制としては十分に整備されたと考えている。

3) ITER 連携研究活動目標の設定は適切か

ITER 連携研究の活動目標としては、(1) ITER 連携研究の活性化の促進 (ITPA 活動への積極的な参加と支援等)、(2) ITER 連携研究の支援ルートの開拓 (新たな予算獲得等)、(3) ITER 連携協力体制の確立、(4) ITER 連携研究活動の宣伝、(5) ITER 連携研究の評価の確立を掲げている。ITER 事業体の設立前の段階における主要な課題は、研究所内における ITER 連携研究のポテンシャル向上、核融合研究中枢機関としての役割の明確化と核融合コミュニティとの連携強化、そして、ITER 連携研究の評価の確立であると考えられる。

4) ITER 計画及び BA 計画への貢献度について

現在、ITER 連携研究活動において最も活発に行われているのは、ITPA 活動への貢献である。ITPA 活動での発表件数は年間 2 件程度であったものが、平成 16 年度には 6 倍、そして、平成 17 及び 18 年度には 10 倍程度にまで増加した。また、その貢献度に関しても大きなインパクトを与えると共に、非常に高い評価を得ている。もう一つの大きな ITER 計画への貢献として挙げられるのは、研究所所員の国際チームへの派遣である。ITER 国際チームとの協力研究のため 6 カ月間ドイツのガルヒン研究所に滞在し、3 次元粒子輸送コードによるプラズマ立ち上げ時のリミターへの熱負荷特性を明らかにし、ITER 物理設計に大きく貢献した。BA 計画に対しては、計算機シミュレーション研究、テストブランケット実験あるいは IFMIF 計画における材料研究における大学等の貢献について検討を進めており、これから具体的な提案がなされる段階である。

5) ITER 連携研究活動推進のための支援体制作りについて

ITPA 活動の活性化のために、核融合フォーラム調整委員会に働きかけ、外国出張旅費の獲得を実現することが出来た。また、研究所内部では所員の ITPA 活動のための旅費 (海外出張旅費を含む) が ITER 連携研究部門経費 (平成 17 年度 160 万円、平成 18 年度 180 万円) として認可された。これによって、研究所からの ITPA 会合への参加及び発表が大幅に増加し、ITPA 活動への大きな貢献が可能となった。一方で、新たな ITER 連携研究の支援ルートの開拓や大学等の ITER 連携研究への支援は今後の課題として残された。

6) ITER 及び核融合コミュニティとの連携はなされているか

研究所の窓口である ITER 連携研究部門と ITER 国際チームの窓口である日本原子力研究開発機構の ITER 日本極内チームとの間で連絡会合を開催し、ITER 建設及び工学設計に関する情報交換や ITER 国際チームとの協力研究などの大きな進展が見られた。一方で、核融合フォーラムや核融合ネットワーク会合に積極的に参加し、ITER 計画への大学等の参画方法などの提案を行うことにより、日本全体の ITER 連携協力体制を検討する場 (核融合研究作業部会) が設置されることになった。今後の ITER 連携活動の推進に繋がる大きな成果である。

7) ITER 連携研究活動の周知と評価の確立について

ITER 計画の進捗状況や ITER 連携研究活動については、所内の主要な会合 (LHD 実験グループ全体会議、LHD 成果報告会、大型シミュレーション成果報告会等) での報告や講演会を実施し、研究所所員に周知するように努めている。さらに、ITER 連携活動報告として、活動日誌をはじめ各種委員会の議事録や ITPA 活動報告などを研究所の WEB ページに ITER 連携に関する項目を掲載し、一般に公開している。ITER 連携研究活動の評価については、連携研究推進センターの成果報告会で高く評価されたが、今後さらに、具体的で実質的な貢献をアピールすることによって ITER 連携研究活動の評価の確立を目指したい。

第4節 将来計画への展望

これまで核融合科学研究所及び大学等の ITER 計画への研究支援の方法及び参画体制について検討し、具体的な方法についても様々な場において議論を重ねてきた。一方で、現時点で実施出来る研究支援として、国際トカマク物理活動 (ITPA) において、環状プラズマに共通する物理に関する話題を提供し、トカマクとヘリカルプラズマの比較検討により、トカマクプラズマ物理の体系化に貢献してきた。また、ITER 物理設計への実質的な貢献として ITER 国際チームでの協力研究も実施した。今後は、ITER の建設サイト決定により、今年度中には ITER 事業体が設立される見通しであり、その中で核融合科学研究所及び大学等の ITER 計画及び BA 計画への研究支援及び参画方法が具体化されることになる。これまでのボランティア的な研究支援から、より積極的な ITER 計画等への参画を求められる状況が予想されるため、ITER 機構の専任職員、派遣職員、客員など具体的な参加形態を早急に検討し、日本全体での整合性のとれた国内体制を構築する必要がある。一方で、ITER 計画は予算的に非常に厳しい状況にあり、外部からの研究支援に対しての ITER 機構からの予算的措置は期待できない状況にある。従って、ITER 機構内職員以外の立場で ITER 計画等に参加する場合、研究支援のための予算措置をどのような形で獲得するかを核融合コミュニティ全体で検討していく必要があるだろう。共同利用機関である核融合科学研究所としては、様々な共同研究の形態で大学等の基盤研究に対する支援を実施しているが、これらと同様に、ITER 及び BA 計画に関する共同研究というチャンネルを設置できるように検討中である。しかしながら、ITER 研究支援を考える場合に、ITER 計画等の建設期及び実験期にどのような学術的貢献が出来るのかという具体的な提案を示すことが一番重要である。ITER 計画等での学術的貢献としては、サテライトトカマク (JT60-SA) 等で実施される ITER 支援研究 (核燃焼プラズマ生成と定常化研究及び炉工学分野での核融合技術の実証に向けた研究) の他に、ITER での・粒子加熱物理、核燃焼プラズマの制御、テストブランケットによる実証試験などがあげられる。また、核融合炉 (DEMO) を見据えた炉工学分野の学術研究 (材料研究、増殖ブランケット、電力プラントシステム研究等) も将来的には非常に重要なものである。これらの学術研究の提案をきちんと吟味して、実現するための方策を提供できる仕組みを作るのが我々の最終的な目的である。この ITER 研究支援を成功させるためには、各研究機関での ITER 連携研究の正しい評価と核融合コミュニティ全体での ITER 連携研究への支援が不可欠であり、ITER 機構の極内機関を含めた各研究機関の連携協力が重要である。一方で、核燃焼プラズマ実験装置の建設及びその実験に参加する若い人材の育成と将来の核融合炉建設のための指導者を育てる上でも ITER 計画等への参画は非常に重要なものであり、この ITER 連携活動を通して、人材育成にも貢献できるような制度設計を作る必要がある。

機構連携研究部門

第1節 概論

設置目的

本機構連携部門は多様な研究分野において自然科学研究機構内の研究機関との連携を強め、新しい分野創成に向けて研究を推進する。各機関がその分野の COE としての機能を継続して維持発展させることに加えて、機構全体として各々の分野を越え、宇宙、物質、エネルギー、生命など広範な自然科学分野の研究を担う機関が連携し、共同することによって、自然の理解を一層深め、自然科学の新たな展開に貢献することを目指す。

活動概要

本部門の構成員は併任2名、専任1名である。機構発足を機に平成16年4月に、機構の総合的な取り組みを企画し、実施するために機構本部に研究連携委員会および研究連携室が設置され、さらに学際的活動を国際的にも展開するために、国際戦略本部および国際連携室が平成17年8月に設置された。これらの組織において機構本部としての戦略策定に参画し、連携プロジェクトの立ち上げを他研究所とともに行った。

本部門の研究連携活動としては、機構による「分野間連携による学際的・国際的研究拠点形成事業」に関わる核融合研を起点とした展開を図っている。本部門が中心となって他機関と調整し、連携研究「自然科学における階層と全体の科学」を立ち上げ、洲鎌を中心として企画と実施を行った。また、国際的研究拠点形成の観点から、本部門より「国際共同拠点ネットワークの形成」事業を提案し、核融合研に機構から付託される形で運営に当たっている。

この他、機構の大きな連携事業である「イメージングの科学」や、核融合研の発案である「プラズマイメージング」、「多体系における構造形成」、「自然界と実験室のプラズマ研究の交流研究拠点形成」などの事業に対して運営への協力を行っている。また、研究連携には広い研究者交流が基盤として欠かせないことから、平成17年度には約30名の岡崎3研究所の見学ツアーの実施、核融合研のオープンハウスへの機構内研究所からの協力、講演会などへの招聘を進めてきた。

さらに、連携に関わる研究の具体的な実体として、分子動力学法を用いて、グラフィットなどの核融合炉壁材や電荷を帯びた分子系物質の物性に関して優れた研究成果が挙げられている。これは高温プラズマを中心とする物質科学において、分野をまたがる学際的取り組み・連携研究の具体的事例といえる。

第2節 研究・活動の成果

(1) 自然科学研究機構での研究連携室活動

研究連携室では新分野創成を目指して、包括的な議論を進めているが、ここでは、核融合研が主導的な役割を果たしている2事業について本部門が行っている活動を説明する。2事業とも平成17年度からの5年間の計画として立案されている。これまでの機構内の研究機関が持つ優れた実績と機能を生かし、学際的な連携によって、新たな課題に取り組むこととしている。

1-1) 連携研究「自然科学における階層と全体」

「自然科学における階層と全体」の会合の趣旨は、宇宙、生命、物質、核融合の各分野で多階層からなる複雑なシステム全体を研究する際、発見・開発されてきた知識・学問的手法を提供しあい、互いの方法論の異質性や共通性を理解し、多階層複合系の統一的理解や普遍的原理を探求することにより、各分野の研究活動のさらなる活性化と新しい学問・学術の創造に貢献することである。本連携研究の主たる活動として、関係者による研究会を進めている。第1回を平成17年7月28-29日、第2回を平成17年2月21日-2日、第3

回を平成 18 年 7 月 19 日-20 日に開催した。ここでは、5 研究所の研究者と機構外からも本事業に共鳴する研究者を合わせて 30 名程度が集まり、各々の研究を「階層と全体」という切り口で多分野の研究者にも分かるように説明を行うことから開始し、議論を通じて共通すると思われる要素を抽出するとともに、どのような手法を持って研究を組織化（究極的には新分野の創成）していくかを検討してきた。

分子・天文・核融合等の物理・化学系分野は、対象とするとシステムの現象を、量子力学・古典力学・電磁気学等に基づく基礎方程式系を数値シミュレーションによって解くことにより理解あるいは予測するというスタイルでは共通しており、「プラズマ・MHDを中心としたシミュレーション」と「生物系における情報と階層：シグナル受容、シグナル伝達と階層形成」という 2 つのテーマを取り上げた。平成 18 年度からは「重力多体系・プラズマ系における連携階層シミュレーション拠点形成」と「生物系における情報統合と階層連結」の 2 つの課題に取り組んでいく。

1-2) 連携プロジェクト「国際共同研究拠点ネットワークの形成」

平成 17 年度より「分野間連携による学際的・国際的研究拠点形成事業」の一環としての機関主導事業として核融合研が主担当となり、「国際共同研究拠点ネットワークの形成」事業を進めることとなった。これは、科学研究費特定領域「定常核融合炉の物理と工学の新展開」（通称 LIME）によって大型ヘリカル装置（LHD）を中核として培われてきた国際共同研究の基盤の新たな展開を機構における事業の枠組みで行うものである。そこでは、LIME の単なる継承、すなわち、核融合分野に特化した個々の研究者の器量の範囲内での研究協力関係ではなく、自然科学における新分野創成までを目指すことを目的としている。そのためには、研究成果を個々のプロジェクトに滞留させることなく、分野間融合へ還流させ、新たな研究の可能性を萌芽させることが必要である。これによって核融合分野をまず軸として機構と国内ネットワークの国際的なプレゼンスを高める努力を図ることとした。戦略的には海外の代表的な研究機関との学術交流協定に代表される組織的な運営と、研究者からのボトムアップによる共同研究テーマの実施支援を効率的に組み合わせていき、長期的、総合的な戦略を継続できるロジスティクスを整備しつつ、学術研究の自律的發展を助長させていくことが重要である。共同研究テーマとしては、上記の基準に合致した平成 17 年度は 17、平成 18 年度は 22 の研究テーマの支援を行うとともに、運営委員会がそれらの横断的な活動を促している。

(2) 自然科学研究機構での国際連携室活動

文部科学省が企画し、日本学術振興会に付託された「大学国際戦略本部強化事業」が平成 17 年度より開始され、機構の「国際戦略本部・国際連携室」の申請が採択されたことにより、当国際連携室が平成 17 年度に設置された。まず副室長の山田を中心として、機構の国際戦略の起草案の作成作業を行った。ここでは、自然科学研究機構の COE としての役割を世界的に展開することが謳われている。この国際戦略は機構役員からなる国際戦略本部での議論を経て、公開された。新しい組織的な国際戦略を機関内研究機関と協力して策定しつつある。

(3) 分子動力学法を用いた分子系物質の研究

グラファイトなど核融合炉壁材の化学スパッタリング過程や高温プラズマの発展領域である電荷を帯びた分子系物質の物性に関する研究を、古典分子動力学法および第一原理（量子力学）分子動力学法を用いて、当研究センター内での共同研究、国内・国際共同研究、文部科学省特定領域研究（公募研究、計画研究）を通して行っている。また高温プラズマを中心とした物質科学における多分野間連携を促進する研究討論会を継続的に実施している。さらに総合研究大学院大学博士課程の学生 2 名の研究指導（学位取得 1 名、在籍 1 名）、機構内の他総合研究大学院の博士論文審査を行った。その成果概要については、専任教員の研究成果（第 5 章、機構連携部門）を参照のこと。

第3節 設置目的と成果の整合性

(1) 実施体制は組織されているか

連携研究推進センター・学術連携推進室には機構連携研究部門が置かれ、当該任務を担当している。このような組織は機構内の他機関にはない。

(2) 実施体制は整備されているか

部門は3名体制であり、うち2名が併任、1名が専任である。管理部の対応は当初、研究連携課が当たっていたが、管理部体制の変化に伴い、平成18年度より、財務課企画評価係が対応しており、連携・役割分担は明確である。また、専任の事務担当職員を機構本部の「分野間連携による学際的・国際的研究拠点形成事業」のための特別教育研究経費予算から1名雇用している。責任者である主査が指名され、組織としても考慮されたものとなっている。

(3) 実施体制が適切に機能しているかどうか

機構本部では、月1回の研究連携室および国際連携室会議があり、ここでの議論に出席している。これによって機構本部や他機関との情報交換、核融合研に求められる活動の受け入れ、核融合研から機構本部および他機関への要望に定期的な機会が得られている。併任の2名による機構連携の多岐に渡る運営と、専任1名による固有の特長を持つ研究の推進に矛盾などの支障は生じていない。

(4) 活動目的は適切か

自然科学研究機構の発足に伴って、機構連携は各々の機関の国際的競争力の増進と並んで、その存在価値自体を問う、最も重要な課題である。したがって、その活動目的は疑いの余地がなく、核融合科学研究所のみならず機構としても適切と考えられる。

(5) 活動のための環境作りは十分か

機構連携による新分野創成を目指した活動は一朝一夕に実を結ぶものではなく、萌芽的な研究の試みや分野横断的な交流を促進していくことが環境作りといえる。これらの制作面としての支援のための予算措置は「分野間連携による学際的・国際的研究拠点形成事業」のための特別教育研究経費予算からされている。環境作りの現在の段階としては概ね良好であると言える。より大きな展開を図るためには競争的資金など課題ごとに独立に予算を獲得していく必要がある。本部門構成員による文部科学省特定領域研究の公募研究および計画研究の採択はその一例といえる。

(6) 活動目的及び内容が予め公表され周知されているか

機構憲章から始まり、機構連携の活動目的についてはHP（ホームページ）やパンフレットなどによって広く公表周知されている。本部門でも、連携研究センターのHPにおいて公表している。さらに核融合研に実施母体が付託されている「国際共同研究拠点ネットワークの形成」事業については独自のHPを整備している。

(7) 活動に参加希望の場合のルートは開かれているか

連携事業は機構内に開かれており、大学共同利用機関の事業という位置づけからは国内の大学・研究機関とのネットワークを活用した双方向の協力が欠かせない。一方、連携事業は機構が主体的に戦略的に行うものであって、広く公募を行い、小規模な研究が並立する形態とは異なることに注意すべきである。「国際共同研究拠点ネットワークの形成」事業については、その運営委員会において所外の研究者が過半数を占めており、開かれた大学共同利用機関の特色を生かすことができる構成となっている。

(8) 活動の実施体制は十分か

機構連携に関してプロジェクトオフィサー的に制作面での支援を行っていくことだけに限れば実施体制は、機構本部と5機関、さらには本部門として十分な体制となっていると考えられる。さらに、機構連携の事業としての実質的な研究課題を進めていくには研究者を結集し、プロジェクト化していく必要があるが、これについては、本部門から直接に関与するまでの実施体制とはなっていない。しかしながら、個々の研究そのものは、課題に応

じて研究者が広く参加するものであり、これら全てを機構本部の研究連携室や本部門が管理運営するものではなく、あくまで、その研究を担う研究者が実施を行うものであると考えている。したがって、本部門の役割として実施体制は十分である。

(9) 成果は十分に挙げているか

前述したように、機構連携による新分野創成を目指した活動は一朝一夕に実を結ぶものではなく、萌芽的な研究などの試行錯誤が必要不可欠である。しかし、過去 2 年あまりの活動により、1. で述べたように実質的なプロジェクト研究が立ち上がりつつあること、分野を越えた共同研究も行いやすい環境が整っている。また個々の研究でも複数のテーマにおいて、連携研究推進センター内共同研究、国内・国際共同研究、文部科学省特定領域研究を通して、研究成果が挙げられている。これらのことから、この期間内の成果として十分であると考えられる。

(10) 成果が周知・公表されているか

「自然科学における階層と全体」については、発表資料集を作成し、関係者に配付しているが、今後、広く情報発信をしていく必要がある。「国際共同研究拠点ネットワークの形成」事業平成 17 年度の成果などの報告が冊子にまとめられており、研究所のホームページにも掲載されている。また、個々の研究成果については英文年報、掲載論文、固有のホームページにより成果が広く公表されている。

(11) 活動実績に対して研究所は自己評価を行っているか

まだ、自己評価の体制は整っていない。今回の評価が最初の試みとなる。

第 3 節 将来計画への展望

機構本部では研究連携室・国際連携室において 5 機関の連携を図っており、これと協調することが本部門の役割である。本部門だけで、連携事業・研究を実施するものではないが、核融合科学研究所の持つ特長を活かして、上記のような新分野創成に向けた萌芽を促し、それを発展させる環境を整えることが本部門の目的である。そこでは、核融合研と協力関係にある大学、研究機関との双方向の交流が欠かせず、本部門が機構本部という上位組織からの下請けではなく、この交流に基づいた企画を主体的に提案していくことが肝要である。

本部門は、今後も新たな学術研究分野の創成を目指して、核融合分野と他分野との交流を深め、学際的な研究を推進する事業の運営に当たっていく。

資料 [国際連携 1]

核融合科学研究所国際交流委員会規則

平成元年10月20日

規則第15号

(設置)

第1条 核融合科学研究所(以下「研究所」という。)における学術の国際交流の推進に資するため、核融合科学研究所国際交流委員会(以下「委員会」という。)を置く。

(任務)

第2条 委員会は、所長の諮問に応じ、学術交流協定等国際交流に関する基本的事項及び研究所が行う国際交流事業に関して必要な事項について、審議する。

(組織)

第3条 委員会は、研究所の教授又は助教授のうちから若干名の委員をもって組織する。

2 前項の委員は、所長が委嘱する。

(任期)

第4条 前条第1項の委員の任期は、2年とし、再任を妨げない。

2 前項の委員に欠員が生じたときは、その都度補充する。この場合における委員の任期は、前任者の残任期間とする。

(委員長)

第5条 委員会に委員長を置く。

2 委員長は、委員のうちから所長が指名する。

3 委員長は、委員会を招集し、その議長となる。ただし、委員長に事故があるときは、あらかじめ委員長が指名した委員が議長となる。

(意見の聴取)

第6条 委員会は、必要に応じて、委員以外の者の出席を求め、その意見を聴くことができる。

(庶務)

第7条 委員会の庶務は、管理部研究連携課において処理する。

附 則

1 この規則は、平成元年10月20日から施行する。

2 この規則の施行後最初の委嘱に係る第3条第1項の委員の任期は、第4条第1項の規定にかかわらず、平成3年3月31日までとする。

附 則(平成17年規則第7号)

この規則は、平成17年4月1日から施行する

第3章 産学連携推進室の活動報告

核融合科学研究所 連携研究推進センター 産学連携研究推進室長 佐藤元泰

第1節 概要

1. 設置の目的と指針

1. 核融合科学研究所は、研究途上で生まれる新しい科学知識や技術成果を、速やかに社会に還元する。
2. 我々はLHDを中心としたヘリカル系の核融合研究という明確な目的を与えられた研究機関である。その制約の中で、どのように産学連携を進めるべきかが問われている。
3. 中核技術は、超高温プラズマを支える超伝導・低温、マイクロ波加熱、材料、安全管理などである。
4. 講演会・研究会・学会・技術展など様々な発表の機会において、基礎になる自前の技術情報を発信し、外部の研究者・機関や企業との連携を図り、競争的外部資金の獲得や、民間等との共同研究・受託研究契約を結ぶ。
5. 最初の連携相手を大事にすれば、その成功が次の相手との出会いを連れて来るという連鎖となる。その過程でさらに新たな研究テーマが生まれ産学連携ネットワークが広がる。
6. 連携研究成果が新たな知見を生んで、大きなスパイラルを描いて核融合研究に再び戻ってくるという双方にメリットのある連携活動を推進する。単に、企業の研究を支援するのではなく、新しい技術・産業の創出を図る。

2. 組織

基本理念1を2の制約の中で実現するため、専任者2名を基幹要員として配置する。所内の研究系・センターから、状況に応じて、兼任者を配属する柔軟で効率的な組織とする。

3. 資金・活動・成果の概要

人件費をのぞき、原則として競争的外部資金および共同研究経費等を獲得し、研究経費に充当させる。運営費交付金は、LHD等の核融合の研究に優先的に配分されるべきである。しかし、産学連携は、核融合科学研究所の研究成果と技術および設備を研究資源として提供を受けている。この支援は大学等の研究室に比較して、特筆すべき非常に恵まれた環境にある。

平成16年度～18年度（9月末日現在）までの研究資金の推移を第1図に示す。

1. 民間等との共同研究・受託研究

民間等との共同研究費・受託研究費は、16年度2400万円、17年度3400万円、18年度3200万円（9月末日現在）であり、17年度以降順調な伸びを示している。民間等との共同研究は、民間等との共同研究および受託研究先のリストを添付資料1に示す。（なお、この添付資料は、企業との共同研究契約の守秘義務協定により部外秘となっているため、本文中には挿入していない。）

2. 外部競争的資金（科研費を除く）

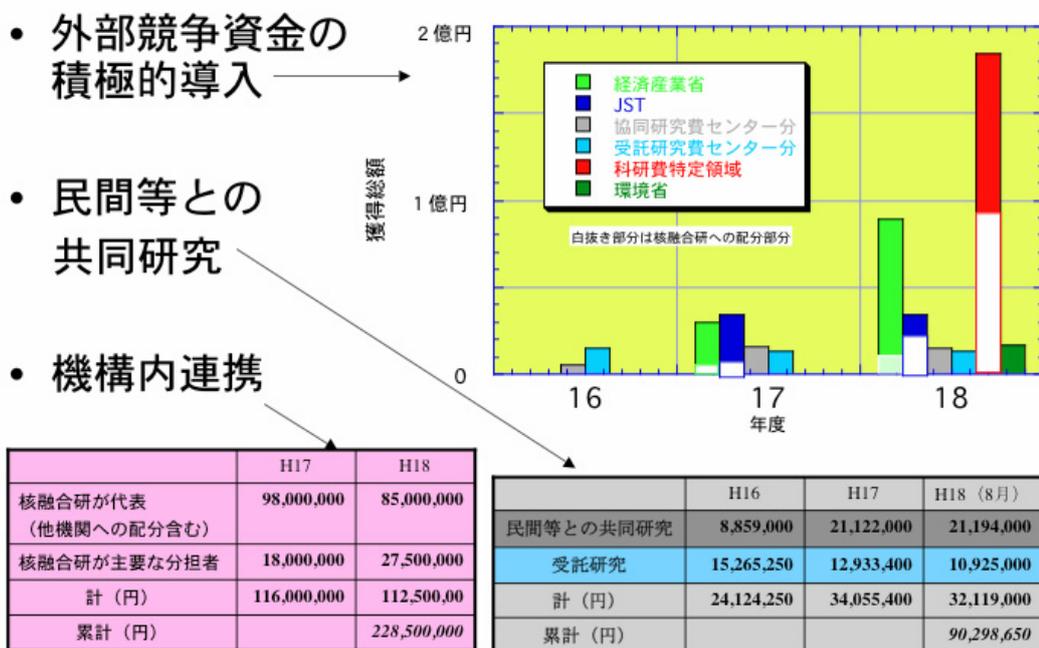
研究所発の技術シーズをベースとして、民間企業と連携して実用化研究に取り組んでいる。特に、科学振興機構、経済産業省、環境省およびNEDO等の公的な競争資金に応募している。採択率は平均でおよそ50%である。これは、平均採択率20%に較べて、かなり高い成功率である。

3. 科学研究費補助金

マイクロ波加熱の産業応用を通じて、ギガヘルツ帯の電磁波が物質の電子構造に直接に作用するエネルギー変換経路に関する仮説を打ち立てた。この仮説に基づく学理研究とその産業応用を目的として、18年度発足の科学研究費特定領域「マイクロ波励起・高温疲弊好反応場の科学」が採択された。5カ年 7億9千万円 5つの計画研究によって、熱伝導によらない新しい物材加熱原理を構築し、製鉄等への応用を目指す。

連携推進室の活動概要（研究費ベース）

産学連携推進室 競争資金



第1図 産学連携推進室競争的資金・共同研究・受託研究費の推移

4. 知的財産の創出

知財戦略は、国家・社会の資産として重要である。特許には、製造方法などを独占するという防衛的な側面と、実施許諾や売却により直接に収益を上げるという積極的な側面がある。連携研究センターは、知財創出活動を主要な業務の一つと位置づけ、所内のベンチマークとなるように活動している。

1. 発明届・特許出願の推移

平成16年度から平成18年度（9月末日）に、核融合科学研究所知財戦略員に申請された発明届、出願特許総数は、発明届26件、特許出願22件および権利化（平成16年以前に出願し16年以降に特許権成立）3件である。

このうち、連携研究センターの専任者、併任者が発明に参加した特許は17件である。

末尾の資料 第1表に、出願名称、出願日、出願番号、集計数を掲げる。（平成17年5月以降の出願は、公開されていないため、本表は評価委員会の内部資料であります。）

2. 知財の収支

出願及び維持には経費が必要である。費用対効果の関係で見ると以下のようになる。実施許諾等の直接的収益だけでなく、その知財を得るための共同研究やその知財をシーズとして獲得した競争的外部資金を獲得するなどの間接的効果があり、トータルで黒字である。

一定期間を経過しても収益のない場合は、維持すべきか否かを厳正に審議している。

第2節 産学連携研究活動の詳細

この節では、産学連携活動の事例を紹介する。産学連携推進室の活動は、現在、マイクロ波、超伝導、プロセスプラズマを基礎として展開している。民間等との共同研究を各年度10～13件程度、契約している。それぞれ特筆すべき成果を収めているが、守秘義務契約が結ばれており、非公開となっている。産業への応用が推進されているマイクロおよび超伝導から、競争的外部資金が関係しており、公開可能な案件について事例を紹介する。

1. 民間等との共同研究

事例1 (環境・安全安心の社会への貢献)

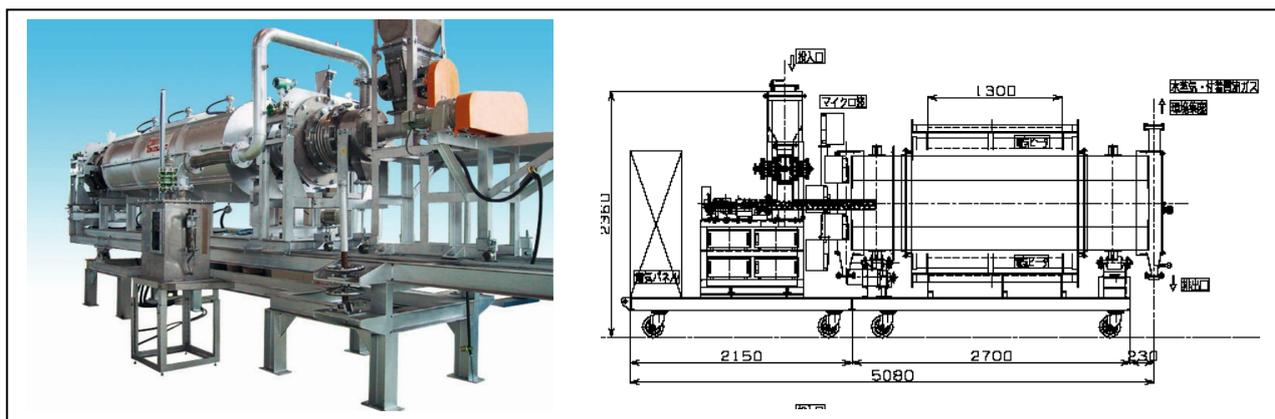
- 1 課題名：マイクロ波照射によるアスベスト廃棄物の迅速無害化処理技術
- 2 研究期間：平成18年6月から平成20年3月31日までの間
- 3 共同研究の相手方：核融合科学研究所、山口雲母工業所(株)、高砂工業(株)、クボタ松下電工外装(株)、菊水化学(株)、(財)ファインセラミックスセンター

4 概要

アスベストが重大な社会問題となっており、処理技術の開発は緊急の研究課題となっている。アスベスト含有建築廃材に含まれるセメントや石膏中のカルシウムがマイクロ波をよく吸収する性質に注目し、マイクロ波を使って廃材を均一・迅速に高温に加熱し無害化する方法を考案、実験によってその有効性を実証した⁽¹⁾。解体現場の密閉室内で廃材を投入するだけで、破碎処理、乾燥、高温無害化という一連の工程が安全確実に完了し、無害なセメント原料として搬出・再利用できる自然に優しい理システムの開発を、産学官連携によって推進中である。

5 出願特許

連続焼成炉および焼成方法 第1表 No17 およびNo23 それぞれ自然科学研究機構持ち分50%



第3図 核融合の大電力マイクロ波技術の応用（開発中のマイクロ波によるアスベスト無害化処理装置）

事例2 (生産技術)

- 1 課題名：915MHz デスクトップ型連続焼成炉の研究開発
- 2 研究期間：平成17年8月から平成18年3月31日までの間
- 3 共同研究の相手方：美濃窯業株式会社
- 4 概要

マイクロ波焼成は、原理実証・デモンストレーションから商業化に進んできた。これまでの機材は、大型の焼成品を主なターゲットとして開発されてきたため、IT産業などの微細部品の大量焼結には、熱効率、装置規模、価格等、お客様のニーズとミスマッチの状態になっている。

これまでの開発で蓄積した技術と経験を基礎として、問題点の分析、把握を行い、その結果を基に検討を加え、小型で高効率なデスクトップ型の連続焼成炉の構成案が誕生致した。

これまでは、多重モードを利用した大型焼成品の均一焼成に最適な構造である。寸法が数ミリ以下の小型品の大量生産では、製品を載せて搬送するトレイと炉体の熱容量が製品の熱容量の数倍から10倍に達し、必ずしも、マイクロ波の省エネ、迅速処理の効果が発揮されていなかった。マイクロ波の取り扱い方を変更することで、この問題を解決できた。導波管の進行波モードを利用した小型の連続焼成炉である。このマイク

ロ波の炉内のモードハンドリング以外は、これまでに開発した等温熱障壁、空冷炉壁による温度勾配制御、温度計測技術を適用している。

この炉は、核融合研が継続してきたマイクロ波焼成技術の集大成であり、セラミック製電子部品の生産に革命的变化をもたらす。本製品は、核融合研の技術シーズと相手先企業の高い開発能力が結合して誕生した。平成19年春の市場投入を目指している。

5 出願特許

連続焼成炉および焼成方法 第1表 No24 自然科学研究機構持ち分50%

事例3.

1 研究題目: **ゼロ膨張セラミックスを用いた大型超精密光学機器製造技術の開発**

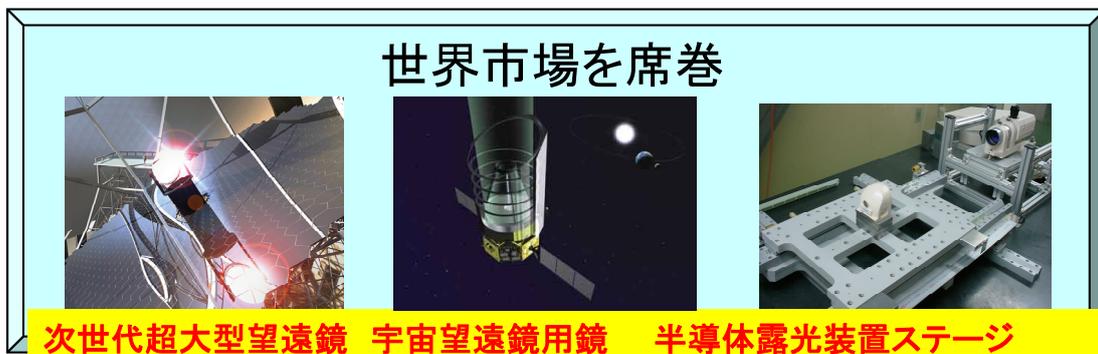
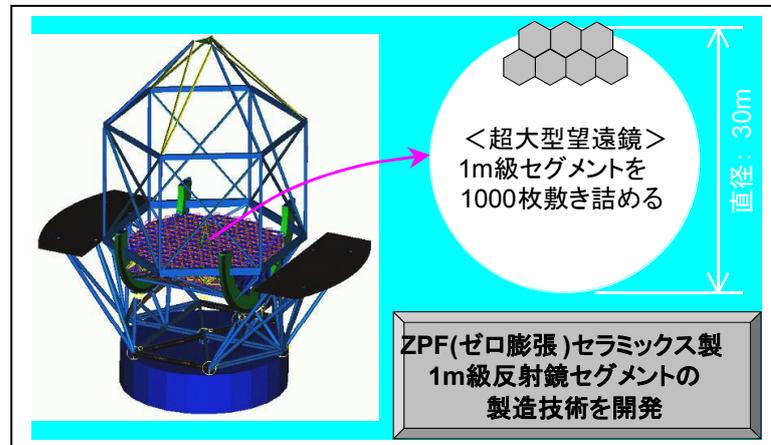
2 研究期間 平成17年6月21日から平成20年3月31日までの間

3 共同研究の相手方 株式会社日本セラテック

4 研究経過及び成果の概要

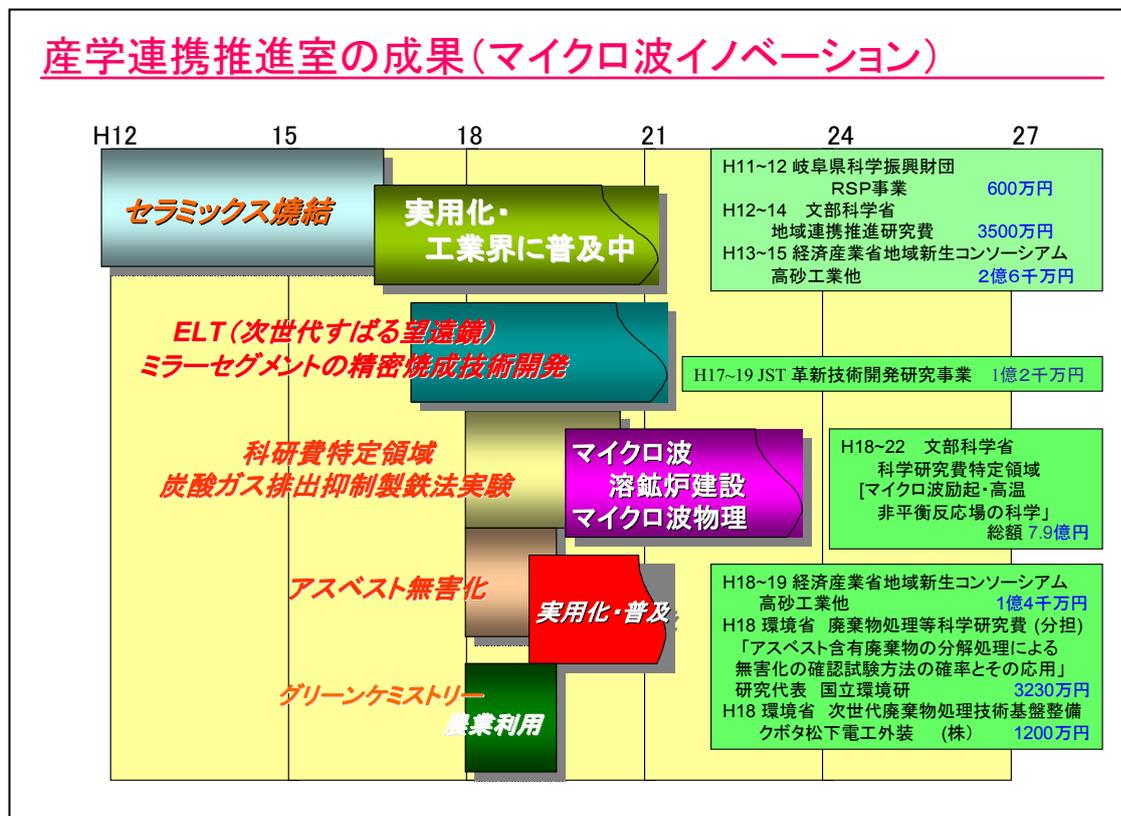
- ・この技術は、我が国の貢献による次世代超大型望遠鏡の実現のための基盤である。
我が国の光学技術の粋を集めた「すばる望遠鏡」の世界に誇るべき数多くの観測結果より、さらに高性能な次世代超大型望遠鏡(直径30mの反射鏡)の建設が待望されている。
- ・このため、軽量のZPF(ゼロ膨張)セラミックス製の1m級のセグメント鏡を約1000枚敷き詰めて、超大型反射鏡を製作することを自然科学研究機構 国立天文台で検討している。
- ・本研究では、(株)日本セラテックが自然科学研究機構 核融合科学研究所・岐阜県セラミックス技術研究所と共同で研究した等温熱障壁を使ったマイクロ波焼結技術を基礎として、ZPFセラミックスを焼結できる大型不活性雰囲気マイクロ波炉を開発する。
- ・これまでの光学機器部材は、補助的な部品を除いてガラスと金属材料の世界であった。
本研究開発によって、セラミックス業界の常識を覆す大型超精密部材の製造技術が実現する。セラミックス産業の光学機器への道が拓かれる。
- ・実用化した技術の市場として、半導体産業の基盤となる半導体用露光装置や精密鏡など、我が国発の新素材として国際的な巨大市場への展開が期待できる。

5 その他参考となる事項: JSTの17年度革新技术開発研究事業に応募し、採択された。



産学連携研究室関連のマイクロ波応用技術のまとめ

上記3例は、競争的資金に応募し催策された課題である。民間企業等との共同研究が各年年度10件程度結ばれ、成果を出している。結果は機密保持契約の制約のため、公表を控えさせていただきたい。産学連携のマイクロ波による技術イノベーションと学術研究をまとめると、第4図のようになる。



第4図 産学連携推進室の成果 (マイクロ波関係)

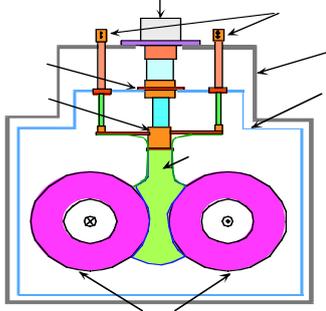
事例4 (超伝導)

- 1 課題名：瞬停対策 SEM の開発研究
- 2 研究期間：平成16年9月から平成19年3月31日までの間
- 3 共同研究の相手方：株式会社テクノバ
- 4 概要

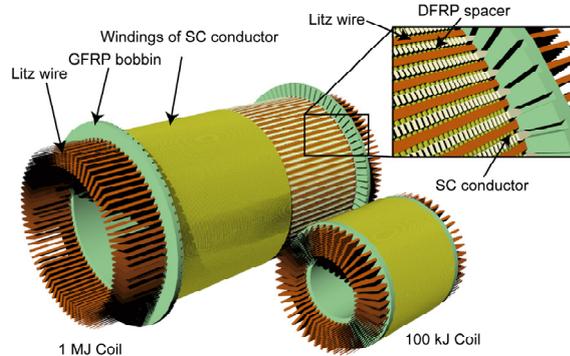
核融合、特に超伝導には、落雷等の瞬時停電による電圧の瞬時低下を捉えて、バックアップ電源から補給する保護システムが必要である。市販の瞬停対策装置はバッテリー方式、コンデンサー方式があるが、インダクタンスの大きなコイルに電流を流しておいて、必要なときに取り出すことも出来る。抵抗損失がない超伝導コイルを用いることで、大きな電力を長時間蓄えることができるのである。これを SMES という。大学間の連携研究から、超伝導線材の構造と巻き方に新しいアイデアが生まれ、核融合研の研究開発力と NEDO の外部資金によって、実用化研究が進められた。その結果、超伝導の常識を覆す「繰り返しパルス運転が可能な超伝導コイル」が誕生した。コストの安い線材、液体ヘリウムの補給が不要な伝導冷却を使用していることから、価格もバッテリー方式、コンデンサー方式と同じ土俵に上がってきた。大規模工場、特にハイテク産業向けの大容量バックアップ装置としても、大きな需要が見込まれている。この開発で得られた成果は、世界の超伝導研究者の注目を集め、その学術的な評価は高い。学位論文を含め、多数の論文や研究報告が生まれている。

Development of 1 MW, 1 sec UPS-SMES for a protection from a momentary voltage drop

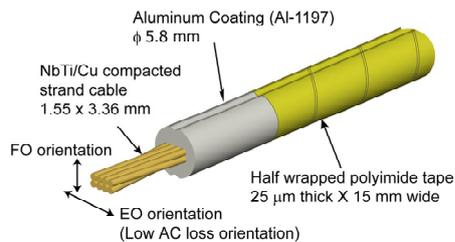
Concept of Conduction-Cooled LTS Pulse Coils for UPS-SMES



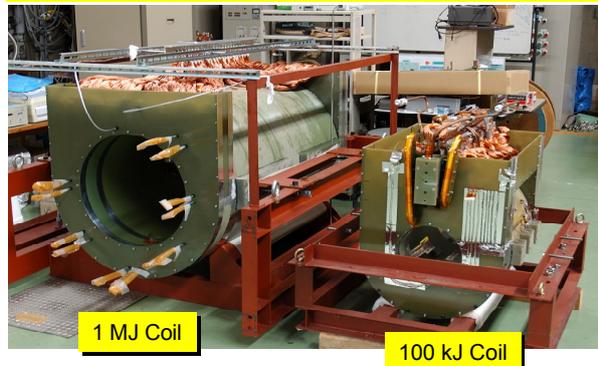
Structure of Conduction-Cooled LTS Pulse Coils



Development of Low AC Loss Superconductor



Developed Prototype Coils of 1 MJ and 100 kJ



第 5 図 舜提対策 SEM の開発研究の成果

大型科学研究費の獲得

マイクロ波加熱技術の応用と発展

我々は核融合のサーマルリアの概念を活用し、大型の工業用マイクロ波炉を地元産業と連携した開発研究を推進してきた。なんで核融合研が、陶磁器焼成なのか不思議がられていた。

これまでは、マイクロ波加熱はセラミックなど非導電性の物質が対象と考えられていたが、最近、ペンシルバニア大学のロイ⁽¹⁾らは、金属であっても粉末ならば焼結できることを見だし Nature に発表した⁽¹⁾。その成果を実用化するために、我々が開発した大型マイクロ波炉に注目、相互の交流が始まった。マイクロ波焼結はバナジウムなどの難焼結性の金属にも有効であることが実験的に確かめられ、日米科学技術協力事業の枠組みに入ってきた。

このように、飲食器製造技術のお手伝いという地元貢献が、大きなスパイラルを描いて、私たち関係者を再び物理研究に引き寄せている。そして、そのスパイラルは、さらに次の研究の萌芽にもなっている。すなわち、共同研究の結果、マイクロ波による物質の加熱は単なる熱源の代換えではなく、金属酸化物の還元反応など、分子または結晶の電子構造に直接働きかける作用のあることが、その研究過程で明らかになってきた。「金属粉体系における電磁波の分散関係」をどのように記述するか、「電磁界がどのようにして物質の電子構造に働きかけるのか」など未知の課題が明らかになり、各国研究者の注目の的となってきた。「電磁反応場における物質科学」という物性学を提唱し、日本電磁波エネルギー応用学会を発足させた。そしてこの学術面の展開は、さらに新しい産業の可能性へと発展している。

東工大の永田らは、マイクロ波が金属酸化物粉体中に浸透するという報告から、鉄鉱石などの金属酸化物粉末をマイクロ波で還元できると考え、核融合研との共同研究によって、不純物が在来の高炉の 1/10 の銑鉄を得ることができた。我々は、プラズマの分光手法を使って、マイクロ波炉では黒体放射に重畳して、数 eV の励起原子や分子の輝線スペクトラムが現れ、この発光に伴って迅速に還元が進むことを見いだした。

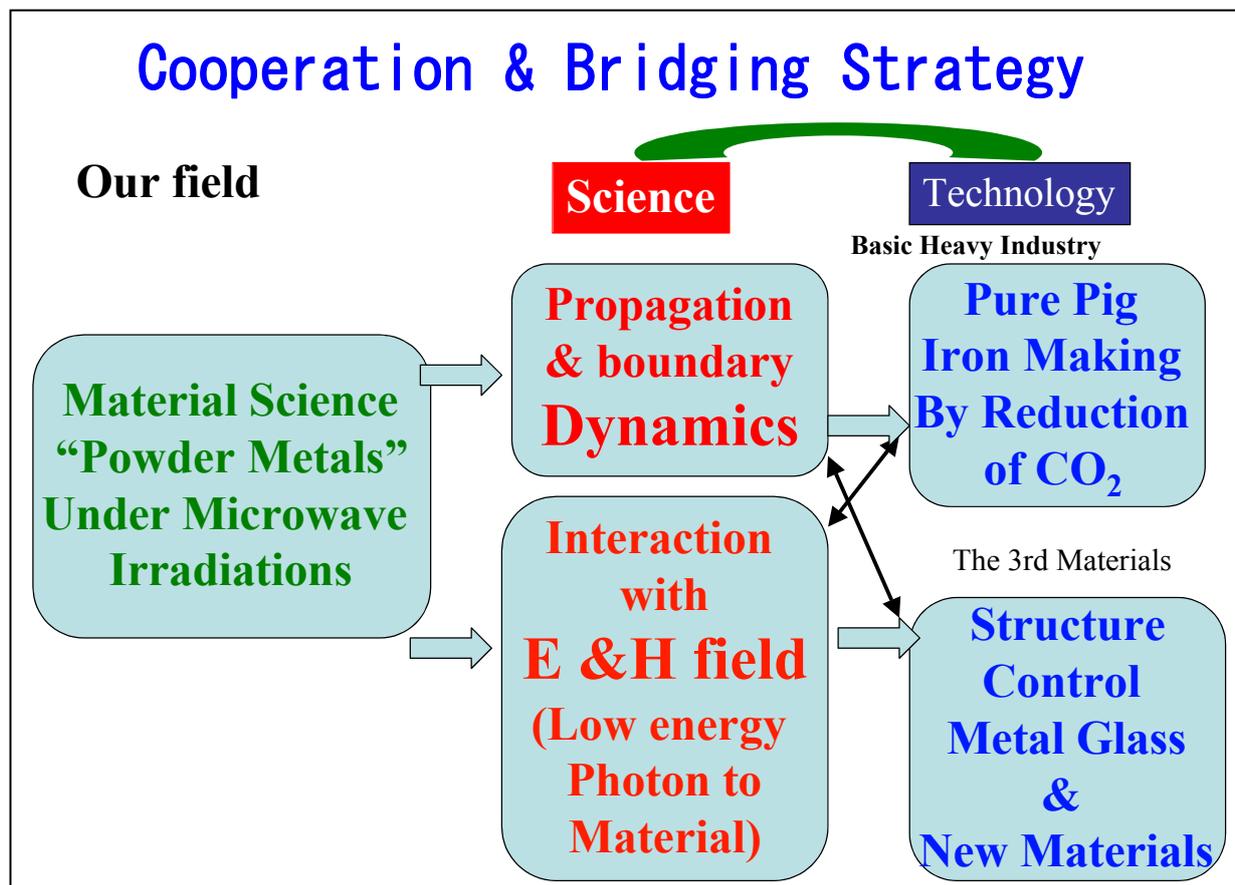
加熱と還元のエネルギーを電磁界で供給出来るので、熱源としての炭素の燃焼が不要となった。この結果、炭素が酸化鉄中の還元剤としての化学当量で済むため、炭酸ガスの排出が 1/2 になる。原子力や、将来は核融合発電と組み合わせ、高炉一基あたり年間数百万トンの炭酸ガス排出抑制が期待できる⁽²⁾。

マイクロ波製鉄という応用を目的とした、電磁反応場に於ける物質科学という学術研究を掲げて、18年度から、科研費特定領域「マイクロ波励起・高温非平衡反応場の科学」が発足した。

参考文献

(1) R.Roy, D. Agrawal, S. Gedevarishvili J. Cheng; Nature 399~668, (1999)

(2) M. Sato 他; Experimental Analysis For Thermally Non-Equilibrium State Under Microwave Irradiations Proc. 2006 TMS Fall Extraction & Processing Meeting.



第6図 科学研究費 18年度発足特定領域 「電磁波非平衡物性」のスキーム

第3節 活動と設置目的の整合性

社会的要請に応え、設置目的に沿った活動を展開しており、順調に活動規模を拡大している。特に、新しい技術・産業の創出による我が国工業力の増進、新しい学術領域の開拓等、単なる企業の研究の支援ではなく、日本に適した産学連携活動の指針・ベンチマークを目指してきた。我々は、これを産学連携のブーメラン効果と呼んでいる。この方針による活動は、科学研究費特定領域（工学）の発足、地域新生コンソーシアム研究開発事業へ採択など、大型の競争的資金の獲得に代表されるように、外部からも期待と評価を戴いている。マイクロ波による加熱過程が、粒子間に温度差を生じる非平衡過程であることを示し、これを応用した炭酸ガス排出抑制型製鉄法の開発、アスベスト含有建築廃材の迅速無害化技術などの新技術の開発などである。核融合研究を軸とした研究活動により、新しい学術・技術が生み出され、核融合研究に寄与する形で戻って来ている。

第4節 将来計画：産学連携の基礎<人材の活用とスピンオフ>

知財立国では、大学や企業の組織が個人を守るのではなく、アイデンティティを持った個人が組織を動かしている。核融合科学研究所で見れば、プラズマ研究を軸とした産学連携が運営の基本方針でなければならない、そのためにはプラズマの知識があり、その知識を広く産業にも活用できる実社会と繋がった人造りが不可欠である。現在、当研究所は、岐阜県の人材養成事業である「賢材塾」を全面的に支

援している。さらに、地域の学卒、または修士卒の社会人に、総合研究大学院大学の在職学生制度を活用している。2名の博士課程の学生が、会社等に在籍し勤務に就いたまま研究をおこないスキルアップを図っている。

新たに事業を創出する可能性が見込まれる案件に関して、積極的に支援する体制を作る。大学等発ベンチャー創出事業への応募、有限責任事業組合の出資（通称 LLP、平成 17 年 7 月に立法化された新しい法人。出資者が直接に運営を行い収益に応じた分配に対して課税される。出資額に応じた有限責任のため、法人清算に至った場合のリスクが限定される。）等を通じて、人材の育成、社会への貢献を進める。

多くの研究者が様々なアイデアにチャレンジし、スピンオフしていく。努力をした人、アイデアを出した人が報われる社会は、競争力があり、その国は栄えていく。産学連携推進室は、その先導役を目指している。時間はかかっても、我々は、理想に向かって一步一步進んで行きたいと願っている。

参考資料

第 1 表 知財創出（発明・出願特許）状況一覧

出願名称(発明名称)	出願日・出願番号	年度	実施許諾・競争資金獲得	金額
1 微量水素分子及び水素同位体分子分離分析装置（微量水素分子及び水素同位体分子分離分析装置）	H16. 7. 7 特願 2004-200018	16		
2 気体分離濃縮装置（空气中水素分子および水素同位体分子の分離蓄積濃縮装置）	H16. 8. 4 特願 2004-228352	16		
3 温熱治療装置、マイクロカプセル及び注射剤（磁性剤の Drug Delivery と電磁波を利用したハイパーサーミア治療）	H16. 10. 21 特願 2004-307299	16		
4 陽電子断層診断用医薬品製造時のトリチウム除去方法（陽電子断層診断用酸素-18 濃縮水からのトリチウム除去装置）	H16. 11. 9 特願 2004-325627	16		
5 陽電子断層診断用医薬品製造時のトリチウム除去方法（陽電子断層診断用酸素-18 濃縮水からのトリチウム除去装置）	H16. 11. 9 特願 2004-325628	16		
6 分光器（大口径高分解能イメージ分光器）	H16. 12. 9 特願 2004-356640	16		
7 水素ポンプ及びその運転方法（トリチウムモニター用水素ポンプ及びその運転方法）	H16. 12. 21 特願 2004-369922	16		
平成 16 年度集計				
8 シミュレーションシステム（大型超伝導低温システム用リアルタイムシミュレーションシステム）	H17. 11. 2 特願 2005-319298	17		
9 水素貯蔵金属又は、合金の初期活性化方法及び水素化方法（プラズマを用いた水素貯蔵合金の初期活性化法と水素注入法）	H18. 2. 14 特願 2006-36658	17		
10 溶鉱炉及びそれを用いた銑鉄の製造方法（マイクロ波による環境負荷低減型還元炉および銑鉄製造法）	H18. 2. 1 特願 2006-025055	17		
11 利用者案内システム（視覚障害者誘導システム）	H18. 1. 26 特願 2006-017776	17		
12 希ガスの固定化装置及び固定化方法（物理的共堆積による希ガスの固定法）※優先権基礎出願	H17. 5. 30 特願 2005-157187	17		
13 希ガスの固定化装置及び固定化方法（物理的共堆積による希ガスの固定法）※優先権主張出願（特願 2005-157187）	H18. 2. 14 特願 2006-36661	17		
14 固体放射線源体（自然放射能含有材料を利用した固体形状放射線源）	H17. 10. 6 特願 2005-293564	17		
15 内側ガード検出器による高・低飛程放射線弁別検出器（内側ガード検出器による高・低飛程放射線弁別検出器）	H17. 12. 16 特願 2005-362792	17		
16 （熱音響共振器による車載用廃熱利用発電機）	H18 出願予定	17		
17 アスベストの変性方法及びアスベスト加熱装置（アスベストをマイクロ波で加熱、人体への侵食性を奪って無害化する技術の開発）	H17. 9. 20 特願 2005-271929	17		
18 超伝導パルスコイル、それを用いた超伝導装置および超伝導電力貯蔵装置（伝導冷却型超伝導パルスコイル）	H17. 4. 20 特願 2005-122979	17		
19 （導波管接合器）	H18 出願予定	17		
20 複合超電導体（複合超電導導体）	H18. 1. 16 特願 2006-7993	17		
平成 17 年度集計				
21 湿潤ガスの除湿方法及びその除湿システム（除湿装置システムおよび除湿装置の運転再生方法）	06. 06. 15 特願 2006-209017	18		
22 マイクロ波浸炭炉及び浸炭方法（マイクロ波浸炭炉及び浸炭方法）	06. 06. 15	18		

		特願 2006-208142			
23	アスベスト含有物処理炉およびアスベスト含有物処理システム（アスベスト含有物処理炉およびアスベスト含有物処理システム）	06.08.07 特願 2006-202610	18		
24	連続焼成炉及び連続焼成方法（連続焼成炉及び焼成方法）	06.08.07 特願 2006-2199923	18		
25	外部加熱パワー最小化法及びそれを実現するヘリカル核融合装置	18年度出願準備中	18		
26	二層薄膜型赤外線イメージングボロメーター	18年度出願準備中	18		
平成18年度集計					

第4章 原子分子データ研究室の活動

連携研究推進センター 原子分子データ研究室 室長 加藤隆子

第1節 概要

設置の目的：

(1) 原子分子データ研究室は、磁場閉じ込めプラズマを中心とした基礎データの生産、収集、評価、整備によって核融合プラズマ研究を支える。

(2) 総合的・高品質の原子分子データの生産、収集、評価、整備により、天体プラズマから地球大気、工業プラズマにいたる広く物質の電離を伴うプラズマの診断方法の開発と応用を図る。

(3) 世界に開いた原子分子データセンター及び国際的 COE として活動し、国際的トップになることをめざす。

組織

教授、助教授 各1名、助手2名、研究支援員1名で構成され全員専任である。(平成17年7月まで教授2名)

おもな成果

- (1) LHD や ITER において必要とされる原子分子過程について、LHD と協力し、原子分子データの提供や原子分子データを利用したプラズマ研究を行っている。
- (2) 原子分子データ活動に関し、着実に成果を蓄積し世界の主要なデータセンターとしての地位を確立している。
- (3) 全国の関連研究者を組織しての共同研究を通して大きな成果をあげ、その一部は NIFS-DATA シリーズとして出版され世界の研究者に利用されている。
- (4) IAEA へのデータ提供など連携実績があり、原子・分子データ世界ネットワークの一環としての重要な役割を果たしている。
- (5) 独自に作成した原子分子数値データベース及びその検索表示システムは、質・量ともに、高い評価を得て世界的に広く利用されている。
- (6) ダイバータ領域の不純物元素の衝突電離等素過程データや不純物放射損失量、スパッタリングイールドや、中性水素ビームとの荷電交換分光のための荷電交換断面積等、各種データの提供や、原子データを利用して LHD プラズマの放射崩壊過程の解明、プラズマ分光診断、プラズマ状態方程式の研究などの新しい研究領域を開拓している。

設置と成果の整合性

設置目的に、そって活発な活動を行っており、目的を果たしている。構成員の減少が、活動の低下を招かないように、併任を含め柔軟な運営が必要であるが、現在の活動を維持・発展させるためには、構成員の補充は必要不可欠である。

今後の展開

- (1) 核融合に軸足をおきながら広い分野を視野に入れ学際的な新しい研究展開をも図る。
- (2) 世界に開いた原子分子データセンター及び国際的 COE として活動し、国際的トップになることをめざす。

外部との交流

(1) 原子分子データ生産やデータ応用の研究は、国内外の共同研究者との共同研究として進め、多くの国際交流も行っている。

(2) 平成16年度には第4回 ICAMDATA (原子分子データとその応用に関する国際会議) を核融合科学研究所第14回土岐コンフェランスとして主催した。

(3) 機構内連携として、国立天文台との共同研究 (LHD を用いる太陽非平衡プラズマの模擬実験とその分光診断手法の開発) も精力的に進めている。

第2節 平成16～18年度の活動の詳細

2.1. 原子分子データおよびデータベース活動

- (1) 原子分子データの収集およびデータベースの作成とウェブによる公開、
- (2) 特定の素過程について収集したデータの評価と評価済データベースの提供、
- (3) 国内外の原子分子データ活動との連携および国際原子分子データネットワークの構築、提供している原子分子数値データベースの多くは1980年代から作成・提供しており、6種類ある。現在57カ国から1185人が利用登録をし、その半数以上は海外からである。

特徴

作成・公開している原子分子数値データベースの特徴は、(i) プラズマ中の素過程である衝突過程の断面積・速度係数の数値データベースであり、他に例がない、(ii) 共同利用研究所の特徴を生かし国内の原子分子物理学研究者の協力を得て、絶えず最新のデータを収集している、(iii) ウェブで公開し、データ検索ツールやデータのグラフ表示ツールを完備していることである。

更新・改善

- (i) 分子への拡大

ダイバータなどの周辺プラズマや大気圧プラズマなどの低温プラズマに対する学術研究が進み、分子の衝突過程の重要性が指摘されたことに対応し、分子衝突過程に関する数値データベース AMOL, CMOL を作成、充実に努めている。

- (ii) データ評価

プラズマ研究者が原子データをプラズマシミュレーションや計測診断に用いるためには、信頼のできるデータが必要である。平成16～17年度は、核融合プラズマや天体プラズマ研究で重要な、炭素イオンと鉄イオンに関して、電子衝突による励起断面積、電離断面積（炭素）、荷電交換断面積（炭素）や、陽子衝突による励起断面積（鉄）の評価を行い、NIFS-DATA レポートとして出版した。

- (iii) プロセスプラズマへの対応

収集する分子の対象を広げる。平成15年度より、プロセスプラズマや地球大気化学などにおける既存のデータベースとのネットワークの構築も進めている。

- (iv) ソフトウェアの改善

コンピューターを用いたデータベース作成・提供のためのサーバーやソフトウェアの保守、改良などの活動も行っている。具体的成果として、AMDIS 電子衝突励起過程データベースのデータ表示方法の改良、ユーザーとデータベースサーバーとの間のデータ通信のSSL暗号化、所内アクセスの簡易化、機構内アクセスの簡易化、全INSPEC文献データベースの構築を行った。17年度には、データベースサーバーの管理が、計算機センターから連携研究推進センターに移管された。

図 1a 原子分子データベースのホームページ入り口

図 1b データ評価の例

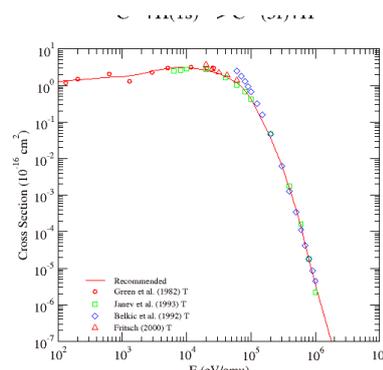


図 1 c 利用者国別データ

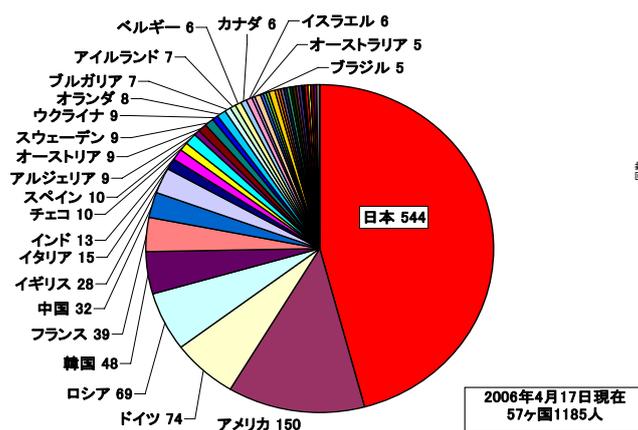
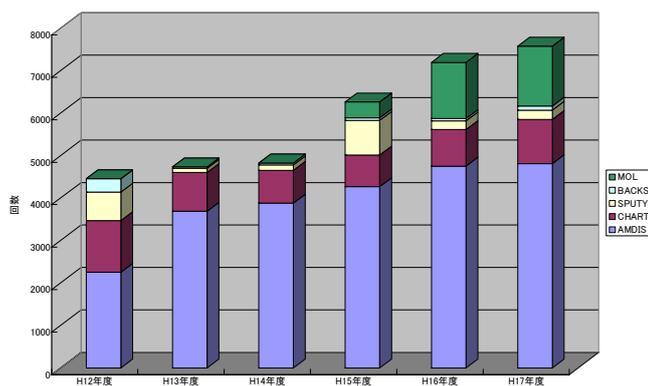


図 1 d 年次別原子分子データ利用数



2.2 原子分子素過程の研究及び原子分子データ生産

プラズマ、プラズマ壁相互作用、及び核融合炉材料におけるマクロな粒子輸送やエネルギーバランスの微視的メカニズムを解明するために、所外の専門家との共同研究を実施して原子／分子／物質物理学における諸問題に取り組んでいる。

平成16－18年度の研究内容は、高温プラズマ中での多価イオン原子の衝突輻射過程とプラズマ壁相互作用における原子分子過程に分けられる。表1に研究課題のリストを示す。

表1 原子分子素過程の研究課題リスト

多価イオン原子過程
1) 再結合過程の理論研究
・ L 殻酸素イオン及び M 殻鉄イオンの二電子性再結合速度係数の理論的研究
・ Xe ¹⁰⁺ イオンの二電子性再結合速度係数及び放射性再結合速度係数の理論的研究
2) 多価イオン - 原子衝突過程における電荷移行過程の実験的研究
3) 電子 - イオン衝突過程の放出電子分光計測の実験的研究
4) EBIT による高 Z 多価イオン X 線計測の理論解析によるスペクトル線同定
5) EBIT 計測による Li 様ヨウ素の共鳴励起二重自動イオン化の理論解析研究
プラズマ壁相互作用及び炉材料における原子過程
1) タングステン表面で反射した水素原子核による 1 電子捕獲と水素原子の励起状態分布の理論研究
2) 二次電子放出のシミュレーションコードの公開
3) フェライト鉄中での原子空孔 - 水素原子クラスタ構造の第一原理分子動力学計算による理論研究

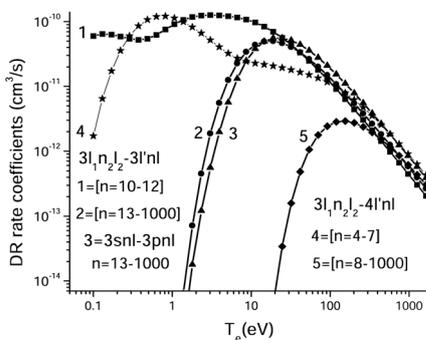


図2 理論計算で求めた Fe XVI から Fe XV への二電子性再結合全速度係数の電子温度依存性。

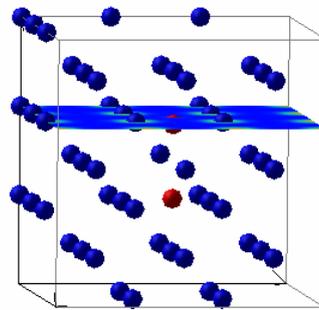


図3 フェライト鉄中に形成された原子空孔(中央)と水素原子クラスタ構造の計算例。密度汎関数理論(一般化密度勾配近似)を用いた VASP コードによる計算結果。青が鉄原子、赤が水素原子。

表1に示した様々な研究は、原子物理学的な素過程の解明と同時に、プラズマ応用を念頭に入れた研究となっている。

図2に示した鉄 M 殻イオンの二電子性再結合過程速度係数の研究により、高温非平衡電離プラズマの物理状態解明のためのプラズマ分光診断などに必要な原子データを導出する。既存のデータがない多価イオンについての研究であると同時に、プラズマ応用を目的としている。

図3に示すフェライト鉄中の原子空孔と水素原子クラスタ構造の計算については、核融合炉ダイバータ材料表面での高水素濃度によって起こると考えられる固体金属中の水素吸蔵量増加現象を調べる基礎研究であり、ポジトロン崩壊やイオン打ち込み－焼鈍実験の結果とも比較している。ITER 等のダイバータ材料候補であるタングステンなどへの研究の発展を計画している。

2.3 地上の太陽で宇宙を探る -原子分子データを用いたプラズマ診断-

原子分子データ研究室では、基礎データの収集、生産、提供という見えない部分でプラズマ研究を支えると言う基盤的な活動が主体であった。一方衝突輻射モデルについては長年の研究を行っており蓄積がある。連携研究推進センターの発足によって、これらの基礎的学術研究とLHDという大きな光源を結びつけたオリジナリティの高い創造的研究活動に舵を切った。

太陽フレアなどの天体现象に対して、非平衡電離が世界的にも徐々に認められてきている。これまで、宇宙プラズマでは電離と再結合がつりあった状態である電離平衡状態が仮定され、それにもとづいて発光線の強度などが解釈されるのが普通であった。本研究は**電離非平衡**という観点から宇宙プラズマからの発光線を解釈し、プラズマの本性に肉薄しようとするものである。

大型の磁場閉じこめ核融合プラズマ実験装置（LHD）を太陽プラズマのモデル実験に活用し、天体観測のデータを理解するという新しい有機的な手法によって研究を進める。鉄のL殻、M殻イオンに焦点をあて衝突輻射モデルとイオンの動きを結合した**鉄多価イオン非平衡電離原子モデル構築**を行う。LHDはディスラプションがないため、加熱パワーを切った後のプラズマは再結合が主要なプラズマであり、これまでの実験室では得られない、規模と温度・密度領域にまで広がっている。これを鉄などの多価イオンの光源として活用するアイデアである。

1. 非平衡電離原子モデルに必要な**鉄イオン原子データ**に関する精密測定実験及び理論研究を行い、必要なデータを生産し、衝突データに対して20%の精度で**評価データ**を作成する。
2. 核融合科学研究所にある世界最大級の連続運転プラズマ装置である**大型ヘリカル装置（LHD）**を光源とした鉄イオンの高分解能分光測定を行い、鉄イオンに対するモデルを検証する。
3. LHDプラズマにより検証された非平衡原子モデルを「ひので」、 「すざく」などの天体観測用人工衛星から得られた分光スペクトルへ適用する。特に**太陽観測衛星「ひので」**（Solar-B）で得られた分光スペクトルにより、彩層からコロナまでの急峻な温度上昇及び鉄イオンの電離状態の様子を明らかにし、コロナ加熱機構の解明に寄与する。

自然界に存在するプラズマは殆ど非平衡電離プラズマである。非平衡電離過程はプラズマのダイナミクスおよびプラズマの時間発展に密接に関連し、大きく分けて電離・励起過程が主要な**電離進行プラズマ**（図4a）と再結合過程が主要な**再結合プラズマ**（図4b）に分類する事ができる。

図4に示す様に、電離進行プラズマと再結合プラズマは同じ波長域でも全く異なったスペクトルを示す。一般に非平衡電離プラズマはこれらの和で表され、学問的には、孤立原子を扱う原子物理学と荷電粒子を集合体として扱うプラズマ物理学との境界という新しい領域にある。今まで取り扱いが困難であった、複雑な非平衡電離プラズマを解析するため、重元素多価イオンへ**衝突輻射モデル**を発展させ、これに粒子・エネルギーの移動**ダイナミクス**を取り入れることによって、スペクトル線解析に必要な**理論・手法**を確立する。この手法をLHD、太陽プラズマに適用する事により**非平衡プラズマの物理**を解明する。電離平衡の仮定の下で解析してきた従来のプラズマ診断法を刷新し、天文の知見、核融合研究、工業プラズマの開発の精度が格段に向上する。

図5は、機構内連携として国立天文台との共同研究によって調べているLHDで測定した鉄M殻イオンのスペクトルである。太陽観測衛星「ひので」で観測する太陽での非平衡電離プラズマの物理解明のため、LHDでの模擬実験を行うと同時に鉄M殻イオンの非平衡衝突輻射モデルを開発している。この研究に必要な原子データを実験的に求めるため、電気通信大学との共同研究も進めており、まさに原子物理学とプラズマ物理学を結びつけた研究となっている。

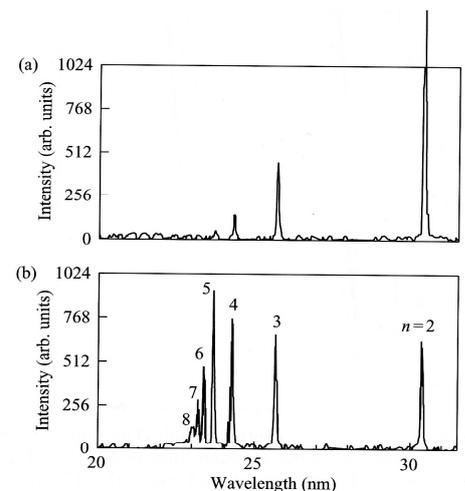


図4a 電離進行プラズマ
図4b 再結合プラズマからの
スペクトル (Fujimoto, 2004)。
プラズマ状態で異なる (科研費
加藤 60460222 による)。

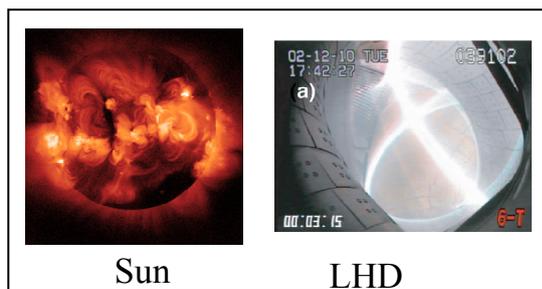


図 5 a 太陽コロナと LHD プラズマ

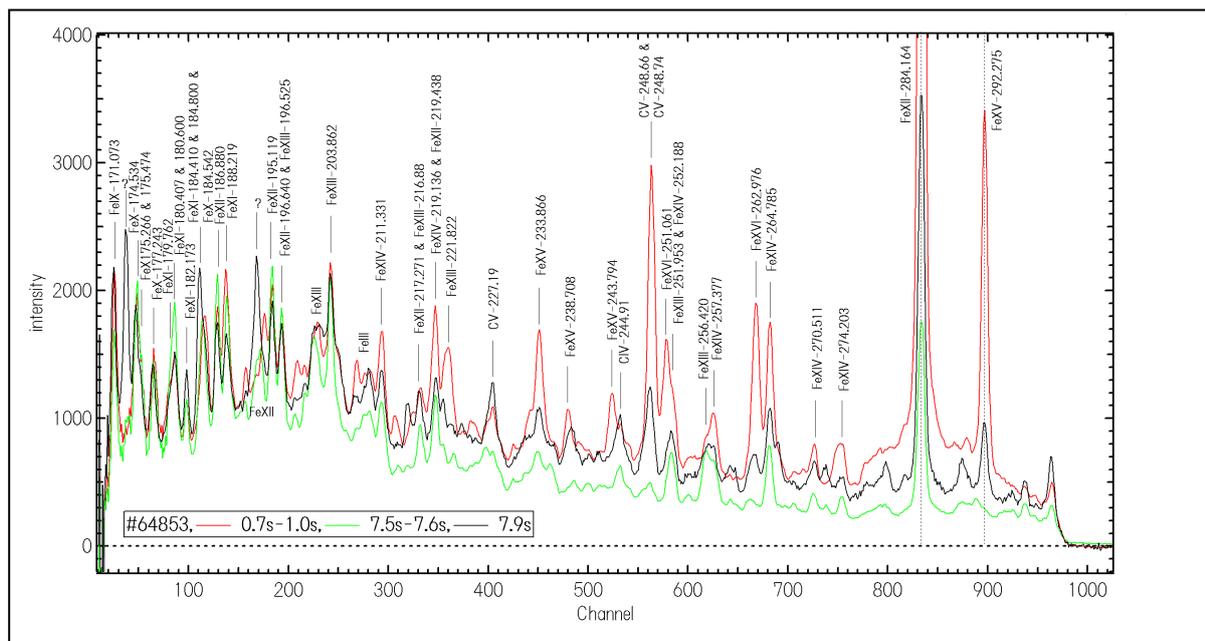


図 5 b、機構内連携として国立天文台と進めている共同研究により得られた LHD で測定した鉄 M 殻イオンのスペクトル

図 6 に示したスペクトル線は、二重励起状態を含んだヘリウム様イオンの衝突輻射モデルによって計算した He 様 Mg イオンの X 線スペクトルと、マグネシウム標的に対するレーザー生成プラズマで計測されたスペクトルを比較したもので、サテライト線強度比を用いて電子温度と密度の推定を行った。密度の高いレーザー生成プラズマでは共鳴線は光学的厚さが大きいいため、サテライト線のみを用いた電子温度・密度の推定方法は重要である。

図 7 に示したのは、LHD での放射崩壊過程における不純物イオンの役割を調べるため、分光計測で得た炭素イオンのスペクトル線強度の時間変化と、CIII スペクトル線強度比から導出した電子温度および C2+イオン密度の時間変化である。このような研究により放射崩壊時の電子温度、イオン密度、放射率の関係を調べる事が出来る。

物性研究の新領域である Warm Dense Matter と呼ばれる固体密度に近い高密度低温度プラズマの研究として、金属から絶縁体への遷移、正イオン・負イオンプラズマ、液体から気体への遷移領域における流体力学的性質などを調べた。気相・液体相の二相の状態方程式の導出には大規模な原子データを用いて錫について研究を行った。金の短パルスレーザー生成プラズマでは、金属から絶縁体への遷移に金の負イオンが重要な役割を果たしていることが明らかになった。

また、トルエンなどの揮発性有機化合物 (VOC) に対する原子分子過程とそのプラズマによる処理に関する検討を、共同研究として原子物理学研究者やベンチャー企業等と 18 年度から開始した。VOC 分解に対する新しい方法を見出すことを目指している。プラズマ応用として原子分子過程の観点からの取り組みは新しい試みであり、成果が期待される。(末尾表 2 参照)

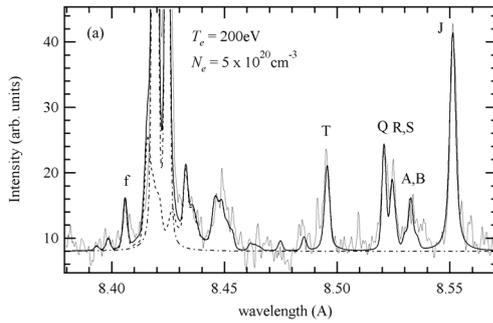


図6 レーザー生成プラズマによる測定 X 線スペクトル (薄い実線) と He 様 Mg イオンに対する電子温度 200eV と電子密度 $5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ の衝突輻射モデルにより得られた理論スペクトル (濃い実線)。

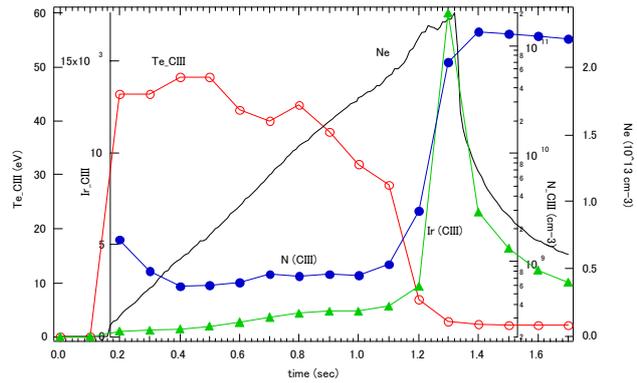


図7. LHD プラズマ (#28967) の分光計測で得られた CIII スペクトル線強度比から求めた電子温度の時間変化。

2.4 国内連携活動

本研究室では、原子分子物理研究者とプラズマ物理研究者との学術交流を促進し、学際的研究の芽を育てることを目標として、核融合科学研究所共同研究を活用すると同時に、学会活動なども活発に行っている。1) 物理学会/天文学会/地球電磁気・惑星圏学会共催セッション (平成 17 年 3 月 24-26 日東京理科大, 平成 18 年 5 月 14-18 日、幕張メッセ) の企画、2) 核融合科学研究所一般共同研究「プラズマ対向壁表面及び表面近傍でのエネルギー粒子 (荷電粒子+中性粒子) 挙動」(平成 15-17 年度)、「プロセスプラズマ関連の原子・分子データベースネットワークの構築」(平成 16-18 年度) の研究集会の企画・開催、3) 原子分子データ研究室セミナーを開催 (毎月 2 回程度) した。

また、原子分子データを応用した研究を、機構内連携として国立天文台と行っている。

教育活動・人材育成としては、プラズマ中の原子分子過程に関する講義を核融合研のほか、各大学で集中講義 (3 日間) を行った。名古屋大学ではエネルギー科学の基礎について授業を行った (More, 平成 12-16 年度)。総合研究大学院大学数理科学研究科核融合科学専攻夏の体験入学での学生の受け入れを行った。

2.5 国際協力

原子分子データセンターとして、IAEA の Atomic Data Unit が組織する A+M/PMI データセンターネットワークに創設時から参加し、世界各国の 15 のデータセンターと連携して、原子分子/プラズマ壁相互作用/材料データの収集・評価を進めている。一方、IAEA の International Fusion Research Council の Subcommittee on atomic and molecular data for fusion のメンバーとして、IAEA Atomic Data Unit の活動を評価する立場でもある。ある特定の課題についてデータ収集・評価を数年間で行う Coordinate Research Program の一つ「核融合における高 Z 不純物の原子データ」(2005 年開始) に参加している。また、核融合エネルギー開発に有用な原子分子過程データ計算機コードの開発促進を図り、より広く利用できるような環境 (インターネットによる情報公開プラットフォームの設置や計算機コードのオンライン利用化など) を整えるための原子分子過程計算機コード国際ネットワークの構築に協力している。IAEA と連携して原子過程データの国際的流通に寄与している。例えば、原子データアクセスホームページ GENIE から本研究所の原子分子データベース AMDIS が ID とパスワード無しで使う事が出来るように便宜を図っている。

データベース開発及びプラズマ原子過程研究において多くの国際協力を実施した。表 3 にまとめる。

平成 16 年 10 月 5-8 日、土岐市にて、核融合科学研究所が第 14 回国際土岐コンファレンスと

合同で第4回 ICAMDATA を主催した。欧米以外の地域での ICAMDATA 開催は今回が初めてである。日本、アメリカ、ドイツ、フランス、ロシア、中国、韓国、インドなど 23ヶ国から 180名の参加があり、またノーベル物理学賞（1998年）受賞者ロバート・ラフリン博士（米国）による「計算における物理の基礎」と題した特別講義が行われた。

第3節 設置目的との整合性

設置目的にそって活発な活動を行っており、目的を果たしてきた。構成員の減少が活動の低下を招かないように、併任を含め柔軟な運営が必要ではあるが、現在の活動を維持・発展させるためには、構成員の補充は必要不可欠である。

核融合研の共同研究を活用し、新しい分子データベース作成（2.1.(i)節）、原子分子データ生産（2.2節）および応用研究（2.3節）を行い、学術の深化、体系化に貢献した。

国際交流・共同研究については、国際会議の主催（2.5節）や表3で示すような国際協力を活発に行い、世界の主要なデータセンターとしての役割を果たし、目的以上の成果を挙げた。

天体、大気、工業などの核融合以外の分野への原子分子データの応用を積極的に企画し、ネットワーク作りを行い（2.3節）、学際研究の発展に貢献した。

他大学での集中講義、学会シンポジウム開催、夏の学校など人材養成に貢献した（2.4節）。

第4節 将来計画

4.1 活動目的

プラズマ・核融合研究のための原子分子データの生産・収集・評価・データベース作成・提供と、原子分子データを応用したプラズマや炉材料の状態や物性の解明を主目的として国際的 COE として活動する。そのための国際協力活動、国内共同研究を推進する。また、基礎データとしての原子分子データは、応用分野が広いと、新しい展開として他分野でも必要とされるデータニーズを把握しデータの収集・データベース作成も行き、連携研究を強化する。その活動の基礎として、国内外の研究者のネットワークを構築する。

4.2 活動内容

- (1) 国際的原子分子データセンターとしての活動。
- (2) LHDをはじめとするプラズマ実験との連携強化。

核融合研究では、コアプラズマから周辺プラズマに研究の中心が移ってきている。特にダイバーターなどのプラズマと固体壁の相互作用が大きな働きをする部分が、核融合炉の実現のために主要な要素になってきている。このダイバーターの研究には、これまでのプラズマ物理学に加えて、材料、物性、計測などの総合的研究能力が問われるようになってきている。コアプラズマは電離平衡プラズマとして取り扱うことが出来ると考えられる。ところが、ダイバータープラズマは電離過程と再結合過程がつりあっていない非平衡電離プラズマである。これを取り扱うには、分光学的な研究が必要であるが、鉄などの重い原子を含む非平衡電離プラズマの放射は複雑すぎて、従来の知識では取り扱うことが出来なかった。原子分子衝突データを基礎として、電離過程と再結合過程を分離しその代数和をとる所謂CRモデルを構築する。我々は、世界で初めて、LHDという温度・密度領域が任意に広く設定可能でありかつディスプレイのないプラズマを光源として、CRモデルを検証することによって、モデルの精度を高めることが出来る。これまでは、やむを得ず電離平衡を仮定していたダイバーターを含むプラズマについて、その発光を非平衡電離プラズマとして精度の高い研究を進めることが出来るようにしたい。プラズマは発光過程を伴い、核融合プラズマをはじめ天文学のほとんどの分野、工業プラズマの全ては、非平衡プラズマといってよい。分光分析の精度が格段に高まることにより、

天文学から工業プロセスまで、大きな学術的な飛躍が期待できる。

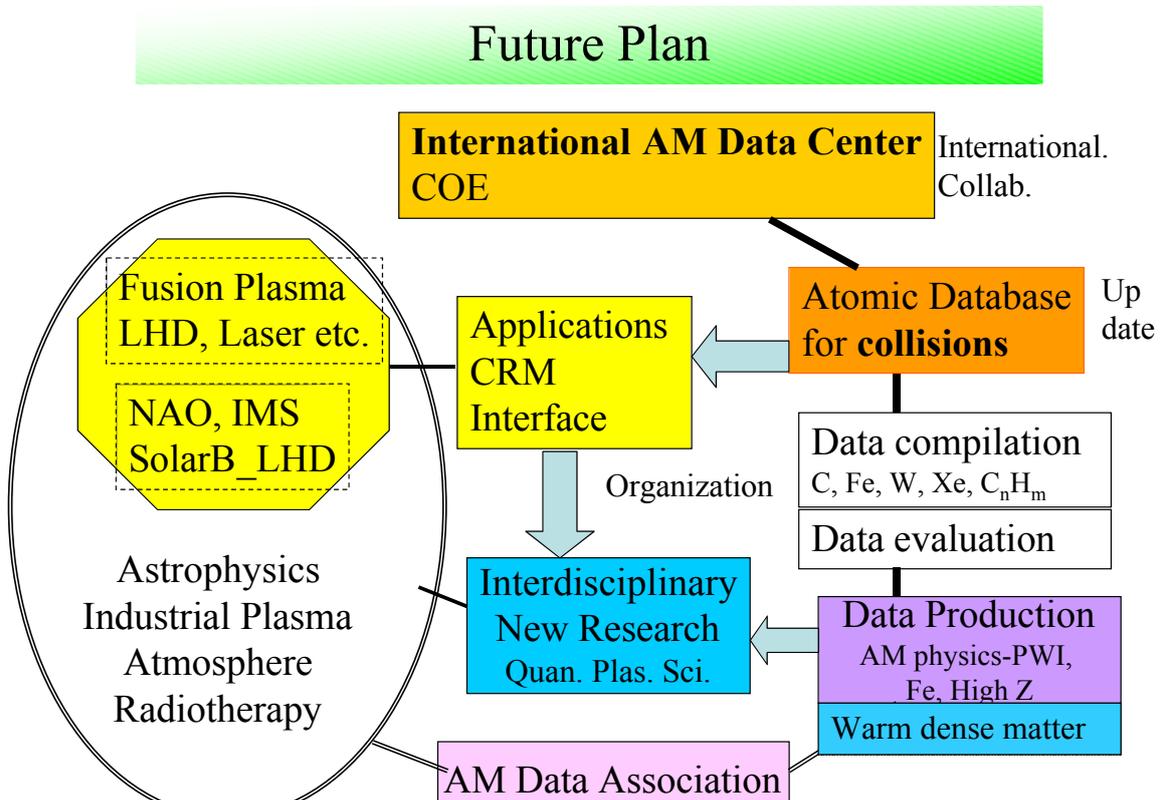
- (3) 機構内連携として、天文台、分子研との共同研究、特に LHD を用いた太陽非平衡プラズマの研究を中心に行う。
- (4) 原子分子データベースの拡大。
- (5) 将来の核融合炉プラズマにおける原子核反応や α 粒子を含んだ過程に関する研究などの可能性を検討する。原子分子過程を応用した高強度レーザー物質相互作用や天体における高密度プラズマの新しい物性研究を発展させる。
- (6) 国内の原子分子データの生産者（原子分子物理学研究者）と、データ利用者（プラズマ物理研究者等、応用分野の研究者）を結ぶネットワーク（フォーラム）を立ち上げ、原子分子データの流通促進を図る。

4. 3. 体制

データベース作成は大学共同利用機関として、不可欠な活動の一つと考えられる。この研究の基礎となるデータベースに関する作業は、高い専門的な学識を必要とする一方で、専門的な業績として認められ難い作業である。またそのような作業は、高度な資質を持つ研究者によってのみ可能である。更にデータベース構築には、コンピューターのソフト面やハード面での専門家、データ入力作業員など様々なレベルの人員が必要である。現状を見るとマンパワーが少なすぎる事は否めない。原子・分子データに関しては今まで国際的にも高い評価を受け、信頼性の高いデータベースとして世界的に認められているが、これらの活動を維持し、さらに発展させるには、今後組織面での補強が必要である。

特にデータの評価を的確に行うには高度な研究者が必要であり、そのような人材確保のためには研究面で十分な業績をあげ得る機会が与えられるような配慮も必要である。

本研究室の活動は国内外の研究者と利用者の協力によって支えられている。維持発展を図るには、関連研究者を含めた協議の場（例えば協議会）を設ける必要がある。



[原子分子データ研究室 1]

データベース利用統計

表 1-1 データベースの種類とデータ数 (2006年5月8日現在)

原子分子数値データベース		
データベース名	内容	データ数
AMDIS	原子・イオンの電子衝突による電離・励起・再結合・解離断面面積および速度係数	123,972
CHART	原子・イオン・分子の衝突による荷電交換および電離断面面積	4,847
AMOL	分子の電子衝突による各種衝突過程の断面面積および速度係数	1,574
CMOL	分子の重粒子衝突による各種衝突過程の断面面積および速度係数	1,691
SPUTY	スパッタリングイールド	1,243
BACKS	後方散乱係数	396
文献データベース		
データベース名	内容	データ数
FUSION	広い意味での核融合・プラズマに関する文献データベース	1,313,035
AM	原子分子物理学に関する文献データベース	944,952
PLASMA	プラズマ物理学に関する文献データベース(1986年まで)	80,032
INSPEC	2002年以降のINSPEC文献データベース	1,706,559
ORNL	原子衝突に関する文献データベース	76,809

表 1-2 原子分子サテライトデータベース

データベース名及び内容	アドレス
ALADDIN (電子衝突による電離断面面積と励起速度係数評価済みデータ)	http://dpc.nifs.ac.jp/aladdin/
二重励起状態のデータベース (二重励起状態のエネルギーレベルと二電子性再結合によるサテライト線)(日韓共同研究による)	http://dprose.nifs.ac.jp/DB/Auto/
電子衝突による分子の微分断面面積データベース (日韓共同研究による)	http://dprose.nifs.ac.jp/amdos/htdocs/impact/IMPACT/html
陽子衝突による水素原子の電離微分断面面積	http://crdb.nifs.ac.jp/dcsdb/
水素分子への電子の解離付着係数	http://dpc.nifs.ac.jp/DB/DA/
電離平衡時のイオン比表	http://dpc.nifs.ac.jp/ionfracdata/
固体表面のスパッタリング収率、反射係数、飛程値のデータベース (Eckstein博士の計算による)	http://dpc.nifs.ac.jp/DB/Eckstein/
核反応データ情報 (核反応データに対する情報)	http://dpc.nifs.ac.jp/Ndata/

【原子分子データ研究室 2】

表 2 原子分子データの応用に関する研究課題リスト

衝突輻射モデルの開発
1) L 殻酸素イオンの衝突輻射モデルの開発と LHD プラズマのスペクトル線解析応用 2) 二重励起状態を含んだ He 様イオンの衝突輻射モデルの開発とレーザー生成プラズマへの応用
プラズマ診断への応用
1) 炭素イオンの衝突輻射モデルによる LHD プラズマの CIII スペクトル線解析によるイオン温度時間変化と CV スペクトル線解析による電子温度評価と発光位置の推定 2) 放射崩壊過程での不純物イオンの振る舞いの解析。ネオンイオンからの放射損失量評価とボロメーター測定との比較 3) 太陽観測衛星「ひので」(Solar-B) による太陽における非平衡電離プラズマ計測のための LHD 模擬実験と、M 殻鉄イオンの衝突輻射モデルの開発 4) 高 Z イオンからの放射過程。Xe イオンの EUV スペクトル線解析 5) 高周波マイクロ波によるシュタルク効果、ゼーマン効果を考慮した水素輝線プロファイル解析 6) 揮発性有機化合物の原子分子過程とプラズマによる処理の研究
高密度プラズマの物性
1) LHD における水素固体ペレット入射実験による水素輝線解析のための熱伝導を考慮した流体力学計算による水素ガス密度の研究 2) Xe と錫に関するプラズマの熱力学性質の研究。二相(気相・液体相)の状態方程式、X 線吸収断面積の導出とレーザー生成プラズマによる低温プラズマの流体力学計算。 3) 金、錫、タングステンの短パルスレーザー生成プラズマの物理解明。 4) 金の低温プラズマにおける金属から絶縁体への遷移に関する研究。 5) 高温高密度プラズマにおける錫の二相の状態方程式の導出 6) 超高輝度 X 線レーザー照射による原子の非線形光学的性質の研究。高次調和光発生に関する研究

[原子分子データ研究室 3]

表 3 平成 16 年度以降実施した国際協力

データベース開発
1) オークリッジ国立研究所(米国)から原子衝突過程に関する文献データベースのデータ提供
2) ストラスクライデ大学が開発している ADAS コンソーシアムに参加
3) W. Eckstein 博士(マックスプランクプラズマ物理研究所、ドイツ)から固体表面のスパッタリング収率や反射係数データの提供
4) J. Horacek 教授(チャールズ大学、チェコ)から低エネルギー電子衝突によるハロゲン化分子の解離性電子付着、結合性電子脱離、振動励起断面積のデータ提供
5) Yu. Ralchenko 博士(国立標準技術研究所、米国)と、電子衝突電離断面積データベース、原子分子データの XML 標準化に関する研究。
6) Y. Rhee 博士(韓国原子力研究所、韓国)二電子性再結合過程データベースの共同開発。
プラズマ原子過程研究
1) U. Safronova 教授(ネバダ大学、米国)、Yu. Ralchenko 博士(NIST、米国)と二電子性再結合過程の理論的研究
2) H. Summers 教授、A. Whiteford 博士(ストラスクライデ大学、英国)と LHD における中性粒子ビーム減衰と輝線解析
3) K. Aggarwal 博士(クイーンズ大学ベルファスト校、英国)と鉄 M 殻イオンの電子衝突励起速度係数のデータ評価
4) G. O' Sullivan 教授(ダブリン大学、アイルランド)と Xe イオン基礎データの研究と LHD/CHS を用いた Xe イオンスペクトル線分光診断解析
5) I. Skobelev 博士(VNIIFTRI, 多価イオンスペクトルデータセンター、ロシア)と鉄多価イオンの用紙衝突励起断面積、電子衝突励起速度係数のデータ評価
その他
1) プラズマ・核融合分野における日中拠点大学交流事業の一環として「プラズマ中の原子過程」の日本側の代表者及び世話人として研究交流に貢献し、プラズマ原子過程の研究等を推進した。
2) エネルギー理工学分野における日韓拠点大学交流授業の一環として「高密度プラズマでの輻射過程」、「プラズマ中の基礎過程とその応用」について日本側の代表者及び世話人として研究交流に貢献し、プラズマ原子過程等の研究を推進した。

第5章 専任教員の研究成果の概要

[国際連携部門]

1. 「移動表面式プラズマ対向機器による定常炉の粒子制御に関する研究」(廣岡慶彦)

現在では磁気閉じ込め核融合コミュニティの常識となった「低リサイクリング=高性能中心プラズマ」の経験則は、1980年代後半に米国プリンストン大学プラズマ物理研究所の閉じ込め装置TFTRでヘリウムプラズマ放電を用いて十分に脱ガスコンデショニングされた黒鉛製バンパーリミターを用いて得られた高性能プラズマ(Supershot)閉じ込め手法[1]にその源流を見出すことが出来る。実際、TFTR-Supershotのエネルギー閉じ込め時間と壁リサイクリング指標としての D_{α} 強度に反比例するデータベースがある。

しかし、リミター表面が飛来する閉じ込め損失粒子や不純物捕捉により飽和するため数ショット毎に再コンデショニングする必要があった。このような壁の特性は、LHD等の大型閉じ込め装置で用いられているボロニゼーション法によりコンデショニングされたプラズマ対向機器(PFC)にも当てはまる。つまり、PFC表面が捕捉粒子に関して有限の飽和限界を持つ限り壁コンデショニングを繰り返すことが必要になる。

廣岡等は、この事が将来の核融合発電炉の定常運転を妨げる重大な問題に成り得ることに着目し、壁表面が水素で飽和しない状態を維持するような新しい概念として「移動表面式プラズマ対向機器(MS-PFC)」を考案[1]、図-1に示す回転ドラム型テストユニットを作成し粒子制御に関する原理検証実験を行った([2],平成15年度)。

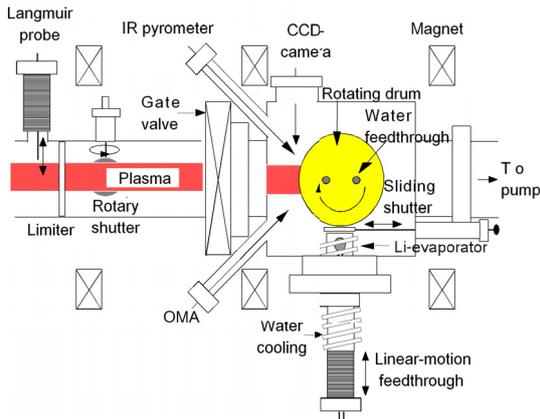


図-1 回転ドラム型 MS-PFC 試験装置[2]。

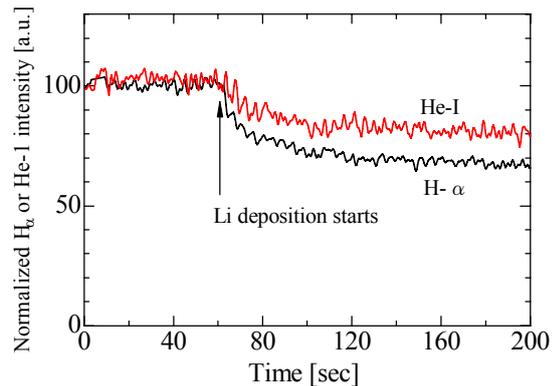


図-2 水素・ヘリウム混合プラズマのリサイクリング挙動。リチウム蒸着速度は約 40 \AA/s [4]。

この回転ドラム表面に定常水素プラズマを照射し、同時にチタンやリチウムを連続蒸着するとリサイクリング率が減少する事が H_{α} -光強度測定から確認された([2]:平成15年度)。また、詳細なる実験的検討からリサイクリング率の減少分がリチウムの蒸着速度にほぼ一次比例することが判明した([3],平成16年度)。つまり、チタン・リチウムとの水素化物生成を伴う「化学的共堆積」を以って水素を皮膜中に固定し、連続蒸着することで皮膜表面を不飽和状態に保つことで飽和限界に起因する定常炉の壁問題解決に糸口を見出したのである。

更に昨年度、回転ドラムへの蒸着リチウムとの「物理的共堆積」を以ってヘリウム灰粒子も捕獲可能であることを発見した([3], [4]平成17年度)。また、一昨年度からMS-PFCの究極的型式とも言える流動液体金属(リチウム)による粒子制御の原理検証実験のため装置改造と予備実験に着手、静止液体リチウム表面からの水素のリサイクリングが固体リチウムからのそれより約30%低いことが観測された([3],[5]平成16・17年度)。これらの結果を基に今年度は流動液体リチウムと水素プラズマとの相互作用実験を準備と並行して、日米(対PPPL)及び日韓(対NFRC)国際共同研究を立案、来年度からの遂行を計画当中である。

発表論文

- [1] Y. Hirooka et al., Y. Hirooka et al., Proc. 17th SOFE, Oct 6-10th, 1997, San Diego, 906-909.
- [2] Y. Hirooka et al., Fusion Sci. & Technol. **47**, 703-707 (2005)
- [3] Y. Hirooka et al., Nucl. Fusion **46**, S56-S61 (2006).
- [4] Y. Hirooka et al., Presented at the 17th PSI conf., May 25-30th, 2006, Hefei.
- [5] Y. Hirooka et al., Nucl. Mater. J. Nucl. Mater. **337-339**(2005)585.

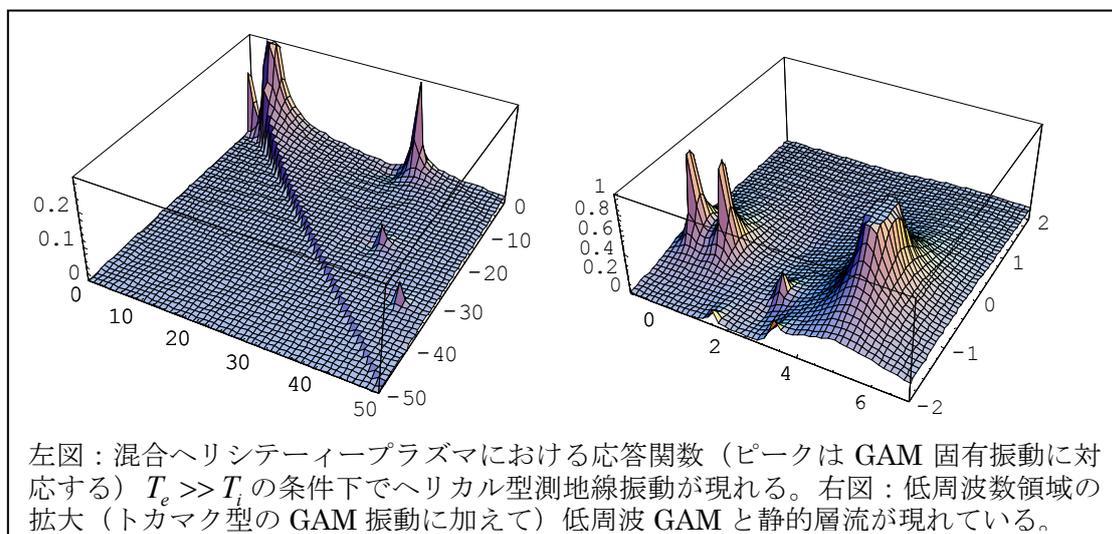
2. 「ヘリカルプラズマにおける測地線振動 (GAM) の研究」(渡利徹夫)

ドリフト波等の作り出す微視的乱流の非線形結合により定常層流と振動層流 (測地線振動 GAM) を励起することが理論的に指摘されている。ヘリカル型装置 CHS 及びトカマク型装置 JIPP-T IIU の実験において測地線振動(GAM)の存在が観測されており、重要な研究課題として世界的な注目を集めている。筆者は、CHS においても GAM 振動が観測されていることを考慮し、GAM の理論をヘリカル系に拡張する公式化を行った。GAM 振動の復元力が磁力線の測地線曲率に依存することから、磁場強度をポロイダル及びトロイダル座標で展開することにより、測地線曲率を統一的な表現で与えた。また、ドリフト方程式を使うことにより運動論的効果を含む拡張ともなっており、GAM 振動の周波数と無衝突減衰が与えられた。同公式から実験結果の解釈において以下のような結果が導かれる。

- 1) トカマク及びヘリカル GAM 振動は同じ公式で表され、磁場曲率とプラズマ断面形状の違いによって構成される幾何学係数によって表現される。
- 2) CHS および JIPP-T-IIU の実験条件 $T_e/T_i > 1$ の下では不均一ポテンシャルにより位相速度が増大し減衰が弱くなる。
- 3) ヘリカル系においては接続長が短いので復元力が弱く、ヘリカル系に特徴的な GAM 振動は起こりにくいが、 $T_e/T_i > 1$ の条件下ではイオン音波との結合により GAM 振動が起こりうる。
- 4) CHS/LHD などの実在するヘリカル系はトカマク型及びヘリカル型の磁場リップルを含んでいる。混合ヘリシティーの条件下では振動の減衰率が強まる。

以上の結果は下記の文献[1]に出版されている。その後の発展として、文献[2]では低周波領域への拡張を試みている。また文献[3-4]では GAM 振動及び定常層流を乱流非線形駆動に対する線形応答と見なし、その応答関数を導いている。この試みの中で、粒子軌道の持つ 1) モード結合に及ぼす影響、2) 有限ラーマー半径効果、3) 高調波共鳴などの現象に参与していることを指摘している。

下図は複素- ω 平面で解いた応答関数を示す。励起されたポテンシャルの振幅が複素平面において 3 次元表示で表されている。横軸 $\text{Re}[\omega] \approx 6$ のピークは通常の GAM 振動に対応する。 $\text{Re}[\omega] \approx 30$ のピークはヘリカル型の GAM に対応する。右図は左図の低周波領域を拡大したもので通常の GAM 以外に低周波領域のモードの存在が確認されるが減衰は大きい。



- [1] T.Watari, Y.Hamada, A. Fujisawa, K.Toi, and K.Itoh, Phys. Plasmas **12**, 062304, 1-8 (2005),
- [2] T.Watari, Y.Hamada, T.Notake, N.Takeuchi, K.Itoh, Physics of Plasmas, **13**(2006)062504, 1~13,
- [3] T.Watari, Y.Hamada, A.Nishizawa, T.Notake, N.Takeuchi, et al., Plasma Science and Technology, **8**, 105-109 (2006),
- [4] T.Watari, et al., NIFS-815 (Internal report in NIFS)

3. 「CHS における磁場配位と閉じ込め改善との関係」(松岡啓介)

図 1 に示した放電は、 H_α が減少することに見られる周辺輸送障壁に加えて、電子密度が従来よりも約 1 桁高い $3\text{-}4 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ の領域において内部の電子温度も際立って上昇するという新しいものである。 H_α が減少した直後の時刻 (3ms after 即ち 70ms で電子温度が上昇している) を含む電子温度分布の時間変化を図 2 に、また電子密度分布の時間変化を図 3 に示す。

H_α の低下の前後の磁気面量である磁気井戸を調べてみたところ、65ms(遷移 2ms 前)では磁気丘であるが 70ms(遷移 3ms 後)では非常に浅いものの磁気井戸になっている。磁気シヤはいずれの場合もステラレータシヤになっている。磁気井戸+ステラレータシヤの下では、ドリフト反転が生じ、捕捉粒子不安定性が安定化されるなど、微視的不安定性の安定化効果が期待出来る。しかしながら、70ms 前の時点(電子温度の上昇フェイズ)と 70ms 後の時点(電子温度の下降フェイズ)において、磁気井戸+ステラレータシヤの配位は大きく見れば変わっていない。このため、全てをこのモデルで説明しようとする、窮してしまふ。しかし、電子に対して断熱近似が成り立たないとすれば、輸送を決めるポテンシャルの渦と電子密度の渦の位相が異なることになり、熱輸送の他に粒子輸送が生じることになる。問題としている一連の時刻において密度分布がホロー分布になっているので、磁気丘の 65ms において電子温度の揺動をキャンセルする方向の作用が働き、電子のエネルギー輸送を低減させ、温度を上昇させた可能性がある。一方、70ms では温度の上昇により磁気井戸が形成されたため、磁気井戸とホロー分布の組み合わせでは電子温度の揺動を増幅させ、閉じ込めを劣化させうる。これについては、今後より詳細な検討が必要である。一方、MHD 不安定性との関連も調べる必要がある。これについて、2005 年の APS において、「Configurational study on confinement improvement of CHS plasmas」の題目にてポスター発表を行った。EBW 加熱プラズマに関する実験結果については現在検討中である。

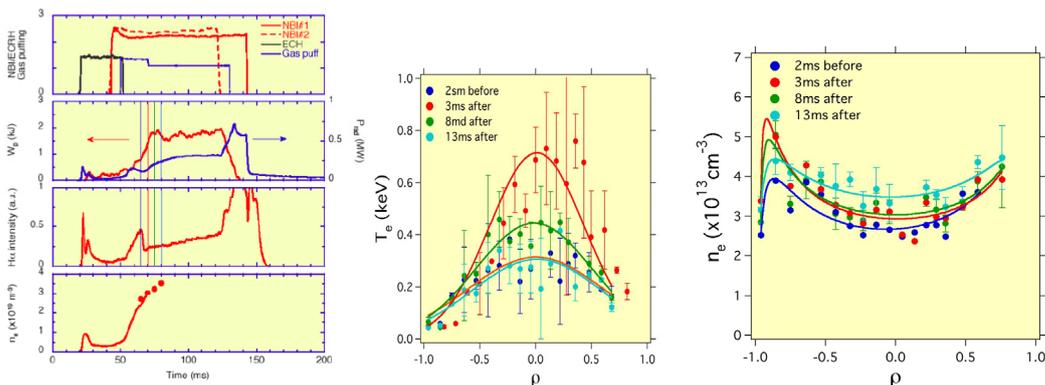


図 1 (左) 放電波形。65ms と 70ms の間で周辺輸送障壁が形成されている。図 2 (中央) 電子温度分布。周辺輸送障壁を境に 3ms 後で電子温度の顕著な上昇が見られる。図 3 (右) 電子密度分布の時間変化。強いガスパフのためホロー分布を保っている。

「日米両国における核融合研究開発黎明期の史料調査」 「Archiving of the early days' nuclear fusion research in US and Japan」 (実施責任者 松岡) この題目で、平成 17 年 12 月 11 日～平成 17 年 12 月 18 日の間、カリフォルニア州立大学ロサンゼルス校(略称:UCLA)及びプリンストン大学プラズマ物理研究所(略称:PPPL)において、核融合アーカイブズに関する日米 WS を初めて開催した。プログラムを資料 4 に示す。

[機構連携部門]

「古典・第一原理分子動力学法を用いた物質科学の研究」(田中基彦)

核融合炉材やナノテク材料の物性予測や設計、生体系での構造形成や機能発現の理解において、分子動力学法を用いた理論研究は、実験研究と並ぶ有用な研究手段である。第一原理分子動力学法などの量子力学的な手法を用いると、高温プラズマと接する物質の物性や物質表面で生じる分子レベルの化学過程を、経験的な仮定を排して理論的に研究できる。また、通常の古典的(ニュートン力学)分子動力学法では、分子の輸送・吸着過程、静電場の効果などをマクロなパラメタ空間で定量的に研究できる。本研究は専任スタッフ1名と総研大学生2名を中心に、当研究センター内、国内・国際共同研究、さらに既存分野の枠を超えた研究討論会により実施している。

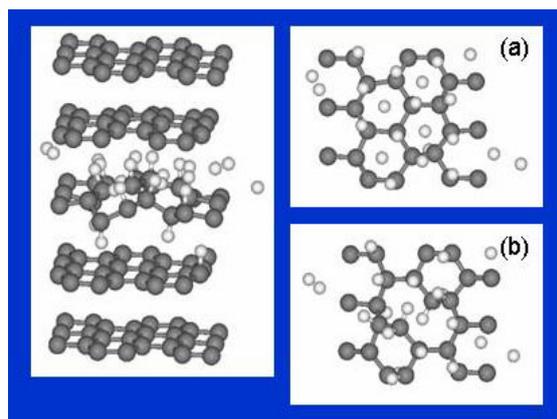


Fig.1. First-principle molecular dynamics simulation of the destruction process of graphite. The whole view of the simulated graphite (left), (a) the initial state, and (b) destroyed graphite after adsorption of hydrogen atoms and formation of hydrocarbon molecules.

(1) グラファイト損耗の第一原理(量子力学的)分子動力学研究

核融合炉壁材やナノ材料であるグラファイト損耗過程の化学スパッタリングを、第一原理分子動力学法により研究している。主な結果は、(i) 多層グラファイトが水素原子を原子数比で約40%吸蔵することで表面が凹凸に変形、破壊が極低エネルギーで起きる、(ii) 破壊サイトでは炭素原子に複数の水素原子が付加し、炭化水素分子が発生・脱離する、(iii) 高温900Kでは水素原子の熱運動のため吸着が減少して、グラファイトの損耗は小さい(論文1)。

(2) 生体系で重要な静電相互作用

強い静電力は生体系の構造形成でも重要である。ここでは電荷をもつ高分子DNAが低誘電率の(生体)膜孔を通り抜ける過程を古典分子動力学法で研究、その成果はPhysical Review Lettersに掲載された。数値シミュレーションでは厚さ5ナノメートルの膜に直径1.5ナノメートルの孔をあけ、膜以外を細胞液(水)で満たす。細胞液に比べて誘電率が約1/40の膜では、電界の連続性により縦電場が誘電率に反比例して強まる。このため、(i) 膜孔ではイオンが単独で存在せず、正と負電荷のイオンが合体して膜孔を通過する、(ii) DNAは対(正電荷)イオンで完全に中和された準安定状態で膜孔に存在、(iii) このとき、共(負電荷)イオンは膜孔から完全に排除される(国際共同研究、論文2と4)。

(3) マイクロ波による物質の加熱

マイクロ波による選択的かつエネルギー効率のよい加熱現象は、マイクロ波オーブンでの食品加熱にととまらず、金属粉体の焼結など新しい物質創成の可能性を持つ。この研究の主な結果は、(i) 印加マイクロ波による水

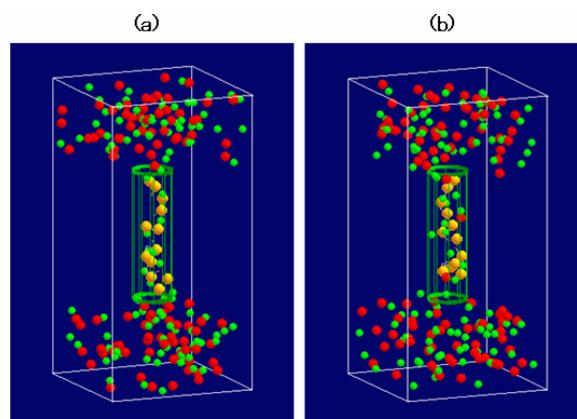


Fig.2 Snapshots of DNA (only charged phosphate groups are plotted), counterions [green spheres] and coions [red spheres] for the dielectric constant of the membrane (a) $\epsilon_m=2$ and (b) $\epsilon_m=80$ cases. DNA is charge compensated in the pore of a low dielectric constant membrane. These pictures demonstrate the importance of electrostatic interactions in biological systems (International collaboration with Prof. Y. Rabin, Bar-Ilan University, Israel).

(液体)の加熱は、AC電場による電気双極子の回転励起と緩和により生じる、(ii)氷(固体)は水素結合による硬い結晶化のため加熱されない、(iii)微量(1mol%)の塩イオンNaClを添加した溶液は、純水に比べて3倍程度加熱率が大きい。これは塩イオンのジュール加熱によることを証明した(論文3)。

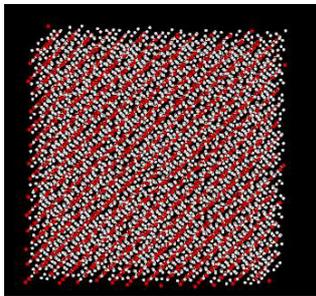
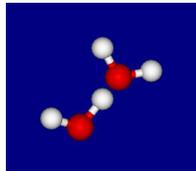


Fig.3 Microwave heating of water and ice, studied by molecular dynamics simulations. The simulation system contains 2700 H₂O molecules of liquid-phase water in a three-dimensional box after microwave application (left), where they are hairpin-like molecules H-O-H (below).



(4) 強レーザー照射によるフラーレン分子の破壊

ナノテク材料として重要であるフラーレン分子が、強度 $10^{15}\text{W}/\text{cm}^2$ の強いレーザー光の照射により破壊される過程を、分子軌道法 Gaussian03 による理論解析および第一原理分子動力学法 Siesta により研究している。フラーレンは 60 個の炭素原子が 2 次元網目状に結合しているため非常に頑丈であり、価数+12 価のカチオンまで安定構造が存在することを理論的に説明した。一方、強度が約 $10^{15}\text{W}/\text{cm}^2$ の強いレーザーパルス(波長 1800nm、パルス長 70fs)を照射した場合、フラーレン分子は電場方向に振動しフラグメンテーションを起こすこと、すなわち炭素原子が両端から 2 個ずつペアで脱離し崩壊することを示した(東北大学大学院理学研究科、河野裕彦先生との共同研究、論文5)。

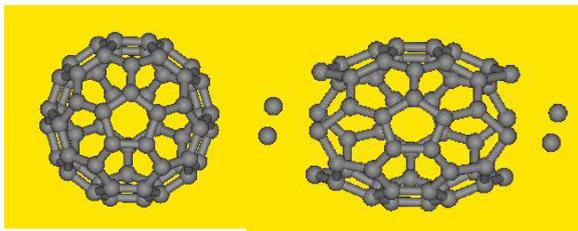


Fig.4 Fragmentation of a laser-irradiated fullerene molecule C₆₀, simulated by first-principle molecular dynamics code, the initial state (left) and the final state (right). The laser electric field of the wavelength 1800nm, the pulse length 70fs, the intensity $10^{15}\text{W}/\text{cm}^2$ is applied to the horizontal direction (Collaboration with Prof. H. Kono, Graduate School of Chemistry, Tohoku University).

(5) 水素ターゲットのクーロン爆発

レーザー核融合のターゲットである水素ペレットが、レーザー照射で高温の電子と冷たいプロトンに分離した直後に膨張拡散、飛散する様子を、2 流体方程式による理論解析と分子動力学シミュレーションにより研究した。この過程ではまず高温の電子が高速で拡散し、初期電子温度が数 10eV 程度まではプロトンも静電的に引きずられ動径方向に両極性拡散が起きる。水素ペレットのクーロン爆発で初め冷たかったプロトンが得るエネルギーは、初期ペレットサイズ Λ だけで記述でき、 Λ とともに単調に増加することを見出した

(大阪大学レーザーエネルギー学研究中心 村上匡且先生との共同研究)。

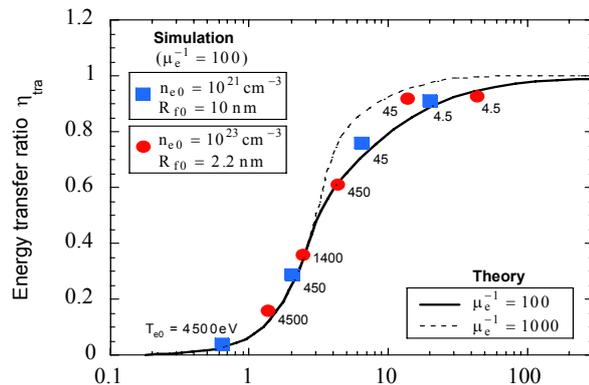
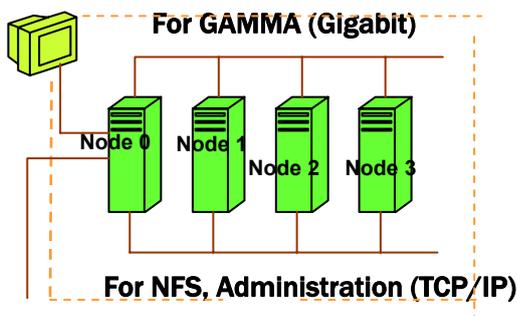


Fig.5 Transferable energy from warm electrons to cold protons during the Coulomb explosion of proton pellets (Collaboration with Prof. M. Murakami, Institute of Laser Engineering, Osaka University).

(6) 高速PCクラスター計算機の開発

分子動力学法のコード開発、さらに数値シミュレーションを効率的に行うため、汎用 PC をベースとした PC クラスター計算機システムを構築した。このシステムでは、PC 並列化のボトルネックであったプロセッサ間通信に GAMMA(Genoa Active Message Machine)通信ソフトウェアを導入することで、TCP/IP 通信に内在した大きなレイテンシ（通信待ち時間）を削減することに成功した。その結果、安価な PC（1 台 15～20 万円）を複数（4 台程度）同時に使用して、従来のベクトル型スーパーコンピュータと比較できる高い性能が分子動力学シミュレーションにおいて実現できた（論文 6、7）。



	Wallclock	Overhead	Ratio
PC : TCP/IP	93 sec	26sec	1.39
PC : GAMMA	66 sec	0.1sec	1.00
RISC : cluster	64 sec	0.1 sec	1.00

Table I. Comparison of TCP/IP and GAMMA communication methods for the PC cluster machine (Pentium-4), and that for the same number of a RISC-based cluster machine (IBM Regatta).

発表論文（査読あり）

- [1] T.Koga and M.Tanaka, First-principles molecular dynamics studies of plasma-surface interaction, Korean Journal of Physics, Suppl., in press (2006).
- [2] Y.Rabin and M.Tanaka, DNA in nanopores – Counterion condensation and coin depletion, Physical Review Letters, 94, 148103 (2005).
- [3] M.Tanaka and M.Sato, Microwave heating of water, ice and saline solutions: Molecular dynamics study, J.Chem.Phys., in press (2006).
- [4] M.Tanaka and Y.Rabin, Nanopores with DNA: Strong Electrostatic Interactions in Cellular Dynamics Processes, Flow Dynamics, 212-216 (American Institute of Physics, 2006)
- [5] R.Sahnoun, K.Nakai, Y.Sato, Ho.Kono, Y.Fujimura, and M.Tanaka, Stability limit of highly charged C₆₀ cations produced with an intense long-wavelength laser pulse: Calculation of electronic structure by DFT and wavepacket simulation, Chem.Phys. Lett., in press (2006).

和文（査読あり）

- [6] 田中基彦、「手軽に作れる研究室専用スーパーコンピュータ：高速通信ソフトウェアを利用した PC クラスター計算機」、日本物理学会誌「話題」、vol.59, No.12 898-902 (2004);

その他

- [7] M.Tanaka, PC Cluster Machine Equipped with Low-Latency Communication Software, Los Alamos Arxiv（論文アーカイブ）、Physics /0407152 (2004).
- [8] 基調講演：Materials Science of Molecular and Ionic Condensed Matters, 日本 MRS 学術講演会（日本大学理工学部、平成 17 年 12 月 11 日）
- [9] 講演会：グラフィック破壊および膜孔を通過する DNA の物質科学、日本原子力研究所 第 975 回金曜セミナー（高崎研究所、平成 17 年 9 月 16 日）
- [10] 招待講演：強結合系イオン性ソフトマター、物理・天文・地球物理 3 学会合同プラズマ科学シンポジウム（平成 18 年 5 月 17 日、幕張）
- [11] 招待講演: Heating of water and ionic solutions by applied microwaves: Molecular dynamics study, 11th International Conference of Colloidal and Molecular Electro-optics (May 22-25, 2006, 宇治)

科学研究費：特定領域研究

- 1) 「強レーザー場による分子制御」(領域代表 山内薫・東京大学教授) 平成 15-17 年度、公募研究 「強レーザー場による溶液中での分子構造形成の分子動力学研究」 研究代表者。
- 2) マイクロ波励起・非平衡反応場の科学」(領域代表 佐藤元泰・核融合科学研究所教授) 平成 18-22 年度、計画研究 「マイクロ波と分子磁性相互作用の理論・分子動力学研究」 研究代表者。

集中講義

- 1) 九州大学大学院理学研究科物理、「イオン性ソフトマターの物理化学と計算機シミュレーションの方法」(平成 16 年 11 月 24 日-26 日)
- 2) 京都大学理学部、大学院理学研究科・地球物理学特別講義、「高温プラズマとイオン性物質の分子動力学シミュレーション」(平成 18 年 11 月 20 日-22 日)

機構内学位論文審査

平成 17 年度総合研究大学院：O. Oloyede (分子科学研究所、指導教官：中村宏樹教授、審査日：平成 17 年 8 月 12 日)。最終判定：合格。

[産学連携推進室]

平成18年度発足科学研究費補助金 特定領域研究 「マイクロ波励起・高温非平衡反応場の科学」 —炭酸ガス排出抑制型新材料創成反応方法の開発—

佐藤元泰、田中基彦：核融合科学研究所

吉川昇、ルズキン ドミトリ：東北大学

永田和宏：東京工業大学

アブストラクト

本研究領域は、マイクロ波、物理化学、材料・物性にまたがる学際領域を結合し、マイクロ波固有のエネルギー経路を実験的に究明、蓄積したデータを説明する理論を構築すると共に、その工業応用を推進するものである。

マイクロ波は、在来型の加熱の単なる代替え手段ではなく、微視的な強い非熱平衡系という物性学上の新しい領域にあることが明らかとなってきた。このマイクロ波励起・非平衡反応場における電磁波から物質へのエネルギー経路を究明する。この目的のため、電磁波動エネルギーの物質内における緩和過程を明らかにする実験を行い、理論的説明を試みるとともにシミュレーション手法の開発を目指す。この成果を学術にとどめることなく、21世紀を担う新しい物材創成の手段として展開させる。重工業では最も省エネルギー効果の大きい製鉄事業、ハイテク分野ではナノ・薄膜などの機能材料の革新的製造技術などである。

序論

京都議定書の発効により、省資源・省エネルギー化の強力な推進は、我が国にとって焦眉の急となっている。しかしながら、現行の生産手段の改善によるこの問題の解決は、すでに限界に近づいており、あたらしい視点が求められている。文明とは極言すれば、物材を創製し、それを加熱し加工することである。工業の誕生から今日に至るまで、加熱は、外部の熱源からの熱伝導・熱伝達・放射を利用することを基本的としてきた。このプロセスに抜本的変革を加えられるならば、最も効果的に省エネルギーを実現出来る。

マイクロ波による加熱は、電子レンジで代表されるように火を使わない点に特徴がある。各種の工業応用が試みられてきた。近年、有機化合物、炭素、さらに金属まで、ほとんど全ての圧粉体（粒子集合体）や液体を効率よく反応させ、加熱、焼結できることが明らかになった。産業界では実用化を目指す研究開発が活発になっている。

1. 電磁波加熱の物理機構の究明

マイクロ波加熱の機構を究明する研究は各国で行われ、多くの仮説が示されてきたが、決め手となる実験結果は提示されていなかった。我々は、マイクロ波による金属

粉末の加熱過程をデジタル顕微鏡による可視動画像によって観測した。百ミクロン程度のホットスポットが、数秒の間にランダムに発生・移動・消滅する。その温度、大きさ、形状、継続時間は一定の秩序を持っている。加熱中に微視的な（ミクロンオーダーの）強い非熱平衡系（数百度/100ミクロン（数千度/mm））が形成されていることを世界で初めて実験的に捉えたものである^{(1),(2)}。二成分（多成分）からなる物質では、構成する化合物粒子や結晶ごとに、物質の成分、酸化度、結晶構造などによって、マイクロ波が吸収される割合が異なるために、選択加熱が発生し、成分間に大きな温度差を生じるものと考えられている。この微視的な非熱平衡下の物材加工は、人類1万年の物づくりの基本条件である熱平衡下のプロセッシングを、根底から変えるものである。マイクロ波効果といわれてきた現象を説明する基本であると考えられる。

「粒子間に有意な吸収差が生まれるその物理機構の解明」が、次の大きな研究課題となってきている。マイクロ波による電場および磁場による物質の加熱機構の理論は仮説の段階である。古典化学では、反応物と生成物の自由エネルギーを考慮して $A + B \leftrightarrow C + D$ という

ように反応を考える。自由エネルギーは熱力学的変数である温度と圧力とで多くの場合規定される。安定相は選ばれた温度と圧力の条件の下で決定される。この概念は、材料の温度がフォノン励起だけによる場合は一般的に正しい。しかしながら、マイクロ波加熱はフォノン励起だけで説明できない加熱現象をしめす。最近の実験でマイクロ波は固体材料の温度を上昇させるとともに物質の電子状態を励起させることが認められるようになった。さらにこの電子励起状態は電場と磁場によって異なる。したがって電場あるいは磁場によりすべての化学反応が影響される。結局マイクロ波は、単なる熱伝導ではない他のエネルギー経路で物質の電子構造を変える能力を持つ。このようにマイクロ波は加熱機構と生成物の結晶構造に影響を及ぼす。

マイクロ波の電場および磁場がどのように上記の励起状態を作り上げるのか、どのように結晶構造と結びつくかということをはっきりとすることが学術上の課題となっている。

我々は、分光分析の手法を取り入れ、1000°C、すなわち0.1電子ボルト(eV)のバルク温度に於いて、数eV即ち数万度オーダーのエネルギーに相当する線スペクトラムを持つ放射がマイクロ波印加中に発生することを突き止めた。可視光・赤外線と比較して波動エネルギー(hv)は低く、原子核内の電子エネルギー準位を直接に励起しないはずであり、別のエネルギー経路を考える必要がある。

固体では、原子の運動が格子によって制限されているので、このようにエネルギー準位のスペクトル線が見られるには、格子間結合が破壊していると考えなければ説明できない。結合が切れるメカニズム、再結合か相変化か、その遷移や持続時間の計測によって、新しい知見が得られると考えられる。例えば、マイクロ波の磁界成分で、磁性材料の非晶質化が認められることから、マイクロ波の電界だけでなく、磁界がこの励起に関与していると推定される⁽⁵⁾核融合研の佐藤と田中は、実験と理論シミュレーションの両面から、この物理機構の解明を行う。(計画研究A01, A03)

2. 産業応用

我々は、学術上の成果を工業応用に直結させることを重視してきた。マイクロ波加熱が省エネルギーに効果的に働く分野は、1000~2000度Cの高温領域にある。精錬、製鋼、焼結、ナノなどの素材産業である。基幹産業中の基幹産

業である製鉄への応用は、最も大きな炭酸ガス削減効果が期待できる分野である。

東京工業大学の永田らは、日本古来の製鉄法である「たたら製鉄」を基にした独自の超高純度製鉄技術の開発を進めていた。マイクロ波による金属粉末の加熱焼結の結果を知り、熱源を炭素の燃焼に頼ることなく、マイクロ波の印加で短時間に高純度に製鉄できるはずであると考えた。核融合研等と共同実験を行った結果、近代高炉と比較して、マンガ、硫黄、リン、珪素、チタンなどの不純物が1/10以下の高純度製鉄(炭素濃度2%)を短時間で精錬し、しかも炭素の消費量を2/3に削減できた。永田らを中心として、マイクロ波による炭酸ガス排出抑制短時間製鉄法に関する新しい計画研究が始まっている。年間数百万トン(高炉1基あたり)の炭酸ガス排出抑制による学術の社会への速やかな還元を目指す。(計画研究A04)

東北大学の吉川らは、マイクロ波を使ったスラグ処理をはじめとして、環境化学分野の研究を行っており、この特定領域における計画研究の一翼を担っている。(A05)

東北大学金属材料研究所は、金属ガラスに関する中枢機関である。同研究所のドミトリ ルズキンらは、マイクロ波の磁界下で、非晶質化が起こる現象に着想を得て、金属ガラス粒子のマイクロ波焼結を提案した。吉川らと予備実験を行った。10~30ミクロンの金属ガラス($Zr_{55}Cu_{30}Al_{10}Ni_5$)のアトマイズパウダーを圧粉し、シングルモードキャビティ中で加熱した。マイクロ波磁界中で強い加熱が認められ、部分的に粒界が融着した弱焼結体を得ることが出来た。XRD観測によれば、400°Cまでの焼結では、非晶質を保って焼結しており、450°C以上で、結晶化が起こることが確認できた。金属ガラスは casting法が基本であるが、粉末冶金が可能であれば、さらに大きな用途が開けてくる。(計画研究A03)

公募研究について

「非平衡状態における(ミクロな)界面のダイナミクス」、「遍歴電子など分子磁性と低エネルギーフォトンの相互作用、吸収過程」(実験中心の応募はA01, 理論中心はA03を選択)および「その応用的研究」(A05)について、一人または少数の研究者による2年間の研究を公募する。公募研究の単年度当たりの応募額は、平均700万円程度(実験研究1000万円上限、理論研究300万円上限)とする。採択目安件数は、概ね5件程度(実験3件程度、理論2件程度)を予定し

ている。なお、研究内容の詳細については、当領域ホームページ(<http://phonon.nifs.ac.jp>) を参照すること。

第6章 結言

6-1 まとめ

本章では、1～4章に記した、連携研究推進センター各部門の成果、目的との整合性、将来計画について、その要点を第6-1表にまとめる。また、これまでの活動をさらに効果的に推進するための体制・人員配置等について提言する。

第6-1表

		目標との整合性・達成度	将来計画
学術連携	国際学術	国際共同研究の評価の中で、設置目的との整合性などを議論していただければ幸いである。	国際連携研究部門の将来計画として、国際交流委員会と連携して、年度末に当該年度の国際共同研究の報告会を開催する。
	レーザー	<ul style="list-style-type: none"> 爆縮実験は阪大レーザー研が行っている。その爆縮シミュレーション、ペレット製作、計測等の支援を中心にして行く。 レーザー核融合方式の評価作業を続けることが本部門の基本役割と考える。 	<ul style="list-style-type: none"> 高速点火は、最先端のレーザー技術と極限状態の物質科学に準拠する新方式である。 核融合研究に幅広い学術的・技術的広がりをもたらすとともに、21世紀をリードする科学技術立国の中核を形成する。 新たな学術分野と先端産業の発展に貢献する新しいスタイルのエネルギー開発研究と位置づけられる。 このため、ターゲット開発、統合シミュレーション、計測診断技術等の開発をおこなう。
	ITER	<ul style="list-style-type: none"> ITER 連携研究部門が平成16年度に設置され、ITER 連携研究の活性化と大学等における ITER 連携研究の支援体制作りを検討してきた。 ITER 連携研究部門が設立されたことにより、研究所の ITER 計画及び BA 計画への貢献を明確にし、ITER 事業体設立時からの参画を可能にしている。 ITER 連携研究部門と ITER 国際チームの窓口である日本原子力研究開発機構の ITER 日本極内チームとの間で連絡会合を開催し、ITER 建設及び工学設計に関する情報交換や ITER 国際チーム 	<ul style="list-style-type: none"> 積極的な ITER 計画等への参画を求められる状況が予想されるため、ITER 機構の専任職員、派遣職員、客員など具体的な参加形態を早急に検討し、日本全体での整合性のとれた国内体制を構築する必要がある。 一方、ITER 計画は予算的に非常に厳しい状況にあり、外部からの研究支援に対する ITER 機構からの予算的措置は期待できない状況にある。従って、ITER 機構内職員以外の立場で ITER 計画等に参加する場合、研究支援のための予算措置をどのような形で獲得するかを核融合コミュニティ全体で検討していく必要がある。

		<p>との協力を進めている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最も活発に行われているのは、ITPA 活動への貢献である。現時点で実施出来る研究支援として、国際トカマク物理活動（ITPA）において、環状プラズマに共通する物理に関する話題を提供し、トカマクとヘリカルプラズマの比較検討により、トカマクプラズマ物理の体系化に貢献している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・共同利用機関である核融合科学研究所としては、様々な共同研究の形態で大学等の基盤研究に対する支援を実施しているが、これらと同様に、ITER 及び BA 計画に関する共同研究というチャンネルを設置できるように検討中である
	機構連携	<ul style="list-style-type: none"> ・自然科学研究機構の発足に伴って、機構連携は各々の機関の国際的競争力の増進を図っており、核融合科学研究所および機構の双方において重要と考えている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・機構本部では研究連携室・国際連携室において 5 機関の連携を図っており、核融合科学研究所の持つ特長を活かして、新分野創成に向けた萌芽を促し、発展させる環境を整える。 ・核融合研と協力関係にある大学、研究機関との双方向の交流が欠かせず、本部門がこの交流に基づいた企画を主体的に提案していくことが肝要である。 ・本部門は、今後も新たな学術研究分野の創成を目指して、核融合分野と他分野との交流を深め、学際的な研究を推進する事業の運営に当たっていく。
産学連携		<ul style="list-style-type: none"> ・社会的要請に応え、設置目的に沿った活動を展開し、順調に活動規模を拡大している。 ・新しい技術・産業の創出による我が国工業力の増進、新しい学術領域の開拓等、単なる企業の研究の支援ではなく、日本に適した産学連携活動の指針・ベンチマークを目標としている。 ・これを産学連携のブーメラン効果と呼んでいる。 ・科学研究費特定領域（工学）の発足、地域新生コンソーシアム研究開発事業へ採択など、大型の競争的資金を獲得している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・知財立国では、大学や企業の組織が個人を守るのではなく、アイデンティティを持った個人が組織を動かしている。 核融合科学研究所で見れば、プラズマ研究を軸とした産学連携が運営の基本方針である。 ・そのためにはプラズマの知識があり、その知識を広く産業にも活用できる実社会と繋がった人造りが不可欠である。現在、当研究所は、岐阜県の人材養成事業である「賢材塾」を全面的に支援している。さらに、地域の学卒、または修士卒の社会人に、総合研究大学院大学の在職学生制度を活用している。現在 2 名の博士課程の学生が、会社

	<p>・核融合研究を軸とした他分野・産業との研究活動により、新しい学術・技術が生み出され、核融合研究に寄与している。</p> <p>・マイクロ波による加熱過程が、粒子間に温度差を生じる非平衡過程であることを示し、これを応用して、炭酸ガス排出抑制型製鉄法の開発、アスベスト含有建築廃材の迅速無害化技術などの新技術の開発を行っている。</p>	<p>等に在籍し勤務に就いたまま研究をおこないスキルアップを図っている。</p> <p>・新たに事業を創出する可能性が見込まれる案件に関して、積極的に支援する体制を作る。大学等発ベンチャー創出事業への応募、有限責任事業組合の出資等を通じて、人材の育成、社会への貢献を進める。</p> <p>・努力をした人、アイデアを出した人が報われる社会は、競争力があり、その国は栄えていく。産学連携推進室は、その先導役を目指している。時間はかかっても、我々は、理想に向かって一歩一歩進んでいきたいと考えている。</p>
原子分子データ	<p>プラズマ・核融合研究のための原子分子データの生産・収集・評価・データベース作成・提供と、原子分子データを応用したプラズマや炉材料の状態や物性の解明を主目的として国際的COEとして活動している。具体的には、1) 国際的原子分子データセンターとしての活動、2) LHDをはじめとするプラズマ実験との連携、3) 天文台、分子研との共同研究、特にLHDを用いた太陽非平衡プラズマの研究、4) 原子分子データベースである。</p> <p>原子・分子データに関しては今まで国際的にも高い評価を受け、信頼性の高いデータベースとして、国内外の研究者と利用者の協力によって支えられている。</p> <p>データベースに関する作業には高度な資質を持つ研究者が、データベース構築にはコンピューターの専門家、データ入力作業員など様々な人員が必要である。</p>	<p>ダイバータなど重いイオンを含む核融合炉プラズマにおける原子核反応やα粒子を含んだ過程に関する研究の可能性を検討する。原子分子過程を応用した高強度レーザー物質相互作用や天体における高密度プラズマの新しい物性研究を発展させる。</p> <p>鉄イオンなどを含む非平衡電離プラズマを解析できる分光データの基礎を築くが、これは太陽を含めた天体物理にも大きく貢献する。(地上の太陽で宇宙を探る。)</p> <p>国内の原子分子データの生産者(原子分子物理学研究者)と、データ利用者(プラズマ物理研究者等、応用分野の研究者)を結ぶネットワーク(フォーラム)を立ち上げ、原子分子データの流通促進を図る。</p>

6-2 組織に関する希望事項

- 1) 国際連携は、既存の国際交流委員会との活動面での調整が必要であると考えられる。
- 2) ITER 連携は、現在進行形の形で進展している。核融合科学研究所の果たす役割が BA 活動、特にシミュレーション活動に集約される場合には、新規に発足するシミュレーション研究部に移管することも考慮すべきであろう。
- 3) レーザー連携および機構連携は学術連携推進室の中核としてさらに活動を推進する。
- 4) 産学連携は、順調に活動を展開しているが、現在の陣容では限界に達しており、専任のスタッフを求めたい。
- 5) 原子分子データ研究室は、ダイバータおよび太陽プラズマを指向したプロジェクトを推進する。このための人員を希望したい。
- 6) 発足以来、各研究部門が広報活動等を個別に行っている。発展に伴い、コミュニケーションの強化、地域への情報の提供、学術・産学研究連携の広報等を専門に扱う部門が必要になってきている。「サイエンスコミュニケーション部門」を立ち上げることを希望する。提案は、以下の通りである。

1. 広報室・連携研究センターの活動・強化の必要性

一般社会・地域への核融合研究の情報の提供、学術・産学連携研究成果の一般への公開は、核融合科学研究所が社会への説明責任を果たすために必要不可欠な活動である。広報室、アーカイブ室、評価情報室および連携研究推進センターを設置して、活発に活動し大きな成果を上げている。最近では、Web-II など代表されるように、情報の双方向性が広報活動の柱として重要視されている。これまでの核融合研の活動を発信する組織に加えて、外からの要請を吸い上げる（受信）組織を整備すべき時期に来ている。

一般社会からの要請を速やかに吸い上げ、的確に対応するために、核融合研と日本科学未来館や博物館さらに地域の教育委員会、初等中等高等学校、各種の科学館などの外部組織を結んだコミュニケーションネットワークを形成する必要がある。そのネットワークのハブとして機能する組織「サイエンスコミュニケーション部門」を提案する。その任務の詳細は次節に記す通りである。当面は、併任を主体とした人事構成とし、要として特任または年俸制の専任ポストを設けることが望ましい。

2. 新部門に期待する役割

「サイエンスコミュニケーション部門」

- 1) 目的： 核融合科学研究所及び自然科学研究機構の研究活動に基づく科学・技術について社会とのコミュニケーションの推進、正しい情報の提供、意見の吸い上げと迅速・的確な対応
- 2) 活動：
 - ・核融合科学研究所を拠点とした社会連携ネットワークの構築
日本科学未来館等の中央および教育委員会など地域の組織と、広報室・アーカイブ室・連携研究推進センターなどの所内広報活動部門間のネットワークを構築する。
 - ・ネットワークのハブ機能
 - ・ネットワークを活用した社会的デマンドの受信・把握
 - ・NIFS 科学館の設置・運営

- 理科教育 SSH や SPP の強化、科学を身近に感じられる環境提供、
- 一般公開の運営事務局機能
- 学術連携研究室、産学連携推進室等の知財業務等、センター業務の推進
- 広報室活動の支援・広報室との連携：
 - 核融合及び関連するサイエンスについて広報・説明資料の製作、
 - インターネットなどで配布するなどにより、核融合科学研究、LHD、その他の幅広いサイエンスへの理解増進
- アーカイブ室との連携：
 - 広く科学史の専門知識をもって、一般社会人のもつ科学への疑問に応える体制

3. 構成

室長（教授・併任）

助教授（特任または年俸制 1 名および併任 1 ～ 2 名）

助手（併任 1 ～ 3 名）

事務部門（派遣 1 ～ 5 名併任含む）

* 広報室を含め他部門との併任等、柔軟な人事構成を主体とする。

[総合論文・業績リスト]

学術連携推進室

1. 国際連携研究部門

査読つき論文

- [1] K. Matsuoka et al., “Engineering Design Study of Quasi-Axisymmetric Stellarator with Low Aspect Ratio”, Fusion Science and Technology 46, 378-387 (2004).
- [2] Y. Hirooka, et al., “Lithium-gettered moving-surface plasma-facing components for particle control in steady state magnetic fusion devices”, Fusion Sci. & Technol. 47, 703-707 (2005).
- [3] Y. Hirooka, et al., “A new versatile facility: Vehicle-1 for innovative PFC concepts evaluation and its first experiments on hydrogen recycling from solid and liquid lithium”, J. Nucl. Mater. 337-339, 585-589 (2005).
- [4] T.Watari, Y.Hamada, A. Fujisawa, K.Toi, and K.Itoh, “Extension of geodesic acoustic mode theory to helical systems”, Phys. Plasmas 12, 062304 1-8 (2005)
- [5] Y. Hirooka, Y. Ohgaki, S. Hosaka, M. Nishikawa and H. Zushi, “Particle Control in Steady State Magnetic Fusion Reactors by Solid and Liquid Lithium Plasma-Facing Components”, Nucl. Fusion 46, S56-S61 (2006).
- [6] T.Watari, Y.Hamada, A.Nishizawa, T.Notake, N.Takeuchi, et al., “Zonal Flows and Geodesic Acoustic Mode Oscillations in Tokamaks and Helical Systems”, Plasma Science and Technology, 8, 105-109 (2006)
- [7] T.Watari, Y.Hamada, T.Notake, N.Takeuchi, K.Itoh, "Geodesic Acoustic Mode Oscillation in the Low Frequency Range", to be published in Phys. Plasmas, June (2006)

国際会議発表

- [1] Y. Hirooka, H. Ohgaki, Y. Ohtsuka and M. Nishikawa, A new versatile facility: Vehicle-1 for innovative PFC concepts evaluation and its first experiments on hydrogen recycling from solid and liquid lithium, 第16回制御核融合装置のプラズマ表面相互作用国際会議 (ポートランド・米) 平成16年5月24-28日
- [2] Yoshi Hirooka, Hirotsugu Ohgaki, Souichiro Hosaka, Yusuke Ohtsuka, and Masahiro Nishikawa, Lithium-gettered moving-surface plasma-facing components for particle control in steady state magnetic fusion devices, 第16回核融合工学に関するトピカルミーティング (マジソン・米) 平成16年9月14-16日
- [3] Y. Hirooka, M. Nishikawa, H. Ohgaki and Y. Ohtsuka, Interactions of Solid and Liquid Lithium with Steady State Hydrogen and Helium Plasmas, Fusion Energy 2004 (Proc. 20th Int. Conf. Vilamoura, 2004) (Vienna: IAEA) CD-ROM file FT/P1-16, 第16回IAEA核融合科学国際会議 (ヴィラムーラ、ポルトガル) 平成16年11月1-6日
<http://www-naweb.iaea.org/naweb/physics/fec/fec2004/datasets/index.html>
- [4] Y. Hirooka, Y. Ohgaki, S. Hosaka, M. Nishikawa and H. Zushi : “Particle Control in Steady State Magnetic Fusion Reactors by Solid and Liquid Lithium Plasma-Facing Components”, Nucl. Fusion 46, S56-S61 (2006). 第4回IAEA核融合装置の定常運転に関する技術会議 (ガンデイナーガ、インド) 平成17年2月1日-2月5日
- [5] Y. Hirooka, M. Nishikawa and H. Zushi : “Particle control in steady state fusion devices by moving-surface plasma-facing components”, IEA 固体プラズマ対向機器に関するワークショップ (合同開催: 「核融合装置の熱除去・プラズマ-材料相互作用」に関する日米ワークショップ) 平成17年5月17-20日
- [6] K.Matsuoka, M.Isobe, T.Minami, et al. ”Configurational study on confinement improvement of CHS plasmas”, 2005年10月アメリカ物理学会プラズマ物理部会 (デンバー) ポスター発表

- [7] K.Matsuoka et al.” Establishment of Fusion Science Archives in NIFS and its activities”
2005年12月日米WS「日米両国における核融合研究開発黎明期の史料調査」(「Archiving of the early days’ nuclear fusion research in US and Japan」)

11. レーザー連携研究部門

1. 高速点火実験用クライオターゲットの開発

(1) NIFSにおける燃料注入・固化技術の開発

- [1] T. Mito, A. Kawagoe, H. Chikaraishi, K. Okumura, R. Abe, T. Baba, K. Yamauchi, M. Yokota, T. Henmi, K. Seo, K. Hayashi, M. Iwakuma, and F. Sumiyoshi, Development of UPS-SMES as a Protection from Momentary Voltage Drop, IEEE Trans. Appl. Supercond, 14, 21-726 (2004).
- [2] H.Chikaraishi,K.Hayashi, T.Mito, K.Okumura, R.Abe, Line voltage detector for SMES system designed to protect from momentary voltage drop, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 14, 754-757 (2004).
- [3] H.Chikaraishi},S.Takami, T.Inoue, S.Sakakibara, K.Matsuoka, T.Ise, T.Haga, Current control system of the power supplies for LHD superconducting coils, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 14, 1431-1434 (2004).
- [4] 三戸利行、柳長門、小川雄一、森川惇二、大國浩太郎、岩熊成卓、上出俊夫、能瀬眞一、伊藤郁夫、福井滋夫、長山俊毅、奥野純一、Mini-RT装置の設計・製作、低温工学、39, 182-192 (2004).
- [5] T. Mito, A. Kawagoe, H. Chikaraishi, K. Okumura, R. Abe, T. Henmi, R. Maekawa, K. Seo, T. Baba, M. Yokota, Y. Morita, H. Ogawa, K. Yamauchi, M. Iwakuma, and F. Sumiyoshi, Prototype Development of a Conduction-Cooled LTS Pulse Coil for UPS-SMES, IEEE Trans. Appl. Supercond, 15, 1935-1938 (2005).
- [6] 力石浩孝、今川信作、相良明男、LHD型ヘリカル炉の概念設計と課題、電気学会原子力研究会資料 (2005).
- [7] A. Iwamoto, R. Maekawa, T. Mito, M. Okamoto, O Motojima, S. Sugito, et al., Cool-down performance of the apparatus for the cryogenic target of the FIREX project, Fusion Engineering and Design 81, 1647-1652 (2006).
- [8] A. Iwamoto, R. Maekawa, T. Mito, M. Okamoto, O. Motojima, M. Nakai, et al., Preliminary results on the cryogenic target for FIREX project, to be published in Proceedings of Fourth International Conference on Inertial Fusion Science and Applications.
- [9] H.Chikaraishi, S.Takami, T.Inoue, S.Imagawa, T.Ise, LHD.Experimental group,Open-loop excitation and electrical parameter estimation of LHD superconducting coils, Fusion Engineering and Design (to be published in 2006).
- [10] H.Chikaraishi,S.Takami, T.Inoue, S.Sakakibara, T.Ise, T.Haga, H.Niwa, DC Power System for Superconducting Coils of Fusion Plasma Test Facility, IEEE Transactions on Industry Applications 126, 459-467 (2006).
- #### (2) 阪大レーザー研での FIREX 用クライオターゲットの開発
- [1] K. Nagai, H. Azechi, F. Ito, A. Iwamoto, Y. Izawa, T. Johozaki, R. Kodama, K. Mima, T. Mito, M. Nakai, N. Nemoto, T. Norimatsu, Y. Ono, K. Shigemori, H. Shiraga, K. A. Tanaka, Nucl. Fusion 45 1277-1283 (2005).
- [2] F. Ito, K. Nagai, M. Nakai, T. Norimatsu, A. Nikitenko, S. Tololonnikov, E. Koresheva, T. Fujimura, H. Azechi, And K. Mima, Jpn. J. Appl. Phys Part 2., 45 (11), L335-L338, (2006).
- [3] T. Norimatsu, D. Harding, R. Stephens, A. Nikroo, R. Petzoldt, H. Yoshida, K. Nagai and Y. Izawa,“Fabrication, Injection and Tracking of Fast Ignition Targets, Status and future prospects-“to be published in Fusion Sci. Technol., April 2006.

2. 新しい慣性核融合炉の検討

(1) D T 点火 D 主燃料慣性核融合炉概念検討

- [1] 田島輝彦, 井口春和: 核融合研究開発の評価—実証炉に向けて, NIFS-MEMO-44 (Mar. 2004).
- [2] T. Tazima, et al. "Improved ICF Concept with a DT Ignitor and a D Fuel Pellet Employing Fast Ignition, JSPS-CAS Core University Program Seminar on Laser Fusion Science and High Energy Density Plasma Physics (published in CD)", Hainan, China, Dec 1-4, 2004.

(2) マイクロ Z ピンチ方式慣性核融合

- [1] New Aspects of High Energy Density Plasma, Edited by E. Hotta, NIFS-PROC-61, Oct. 2005.
- [2] Physics and Applications of High Energy Density Plasmas Produced by Pulsed Power, Edited by H. Akiyama and S. Katsuki, NIFS-PROC-62, Apr. 2006.
- [3] The Frontiers of Pulse Power and Particle Beam Technology, NIFS-PROC-64, May 2006.

3. 高速点火核融合のシミュレーション研究

- [1] H. Sakagami and K. Mima, Interconnection between Hydro and PIC codes for Fast Ignition Simulations, Laser and Particle Beams, 22, 41-44 (2004).
- [2] 坂上仁志, 長友英夫, 城崎知至, 三間圀興: 高速点火模擬に向けたシミュレーションコードの統合, レーザー研究, 32, 324-329 (2004).
- [3] 西原功修, 坂上仁志, 長友英夫: レーザー核融合シミュレーションの発展とネットワークコンピューティングの試み, プラズマ・核融合学会誌, 80, 396-400 (2004).
- [4] H. Sakagami and H. Murai, Large-scale 3-D Fluid Simulations for Implosion Hydrodynamics on the Earth Simulator, Innovative Architecture for Future Generation High-Performance Processors and Systems, 102-108 (2004).
- [5] T. Sakaguchi, H. Sakagami, M. Nii, and Y. Takahashi, Implementation of Application Collaboration Protocol Parallel and Distributed Computing: Applications and Technologies, LNCS 3320 (eds. K. Liew, H. Shen, S. See, et al.), 90-93 (Springer-Verlag, Heidelberg, 2004).
- [6] K. Mima, K. A. Tanaka, R. Kodama, T. Johzaki, H. Nagatomo, H. Shiraga, Y. Sentoku, N. Miyanaga, H. Azechi, M. Nakai, T. Norimatsu, K. Nagai, J. Sunahara, K. Nishihara, T. Taguchi, H. Sakagami, "Present status and future prospects of laser fusion research at ILE Osaka university", Plasma Sci. Technol., 6 2179-2184 (2004)
- [7] T. Johzaki, H. Nagatomo, K. Mima, H. Sakagami, and Y. Nakao, Integrated Simulations for Fast Ignition Targets, J. Plasma Fusion Res., 6, 341-344 (2004).
- [8] 三間圀興, 田中和夫, 宮永憲明, 児玉了祐, 長友英夫, 城崎知至, 北川米喜, 西村博明, 坂上仁志, 田口俊弘: 高速点火核融合の展開, プラズマ・核融合学会誌, 81, 42-47 (2005).
- [9] 坂上仁志, 坂口智哉, 三間圀興: 粒子コードによるレーザープラズマ相互作用シミュレーションの発展, プラズマ・核融合学会誌, 81, 64-75 (2005).
- [10] H. Sakagami, T. Johzaki, H. Nagatomo, and K. Mima, Holistic Simulations for Fast Ignition with Cone-Guided Targets, Proc. of 4th Int. Conf. on Inertial Fusion Sciences and Applications, Biarritz, France, September 5-9, MPO1.16, (2005).
- [11] T. Johzaki, H. Nagatomo, H. Sakagami, T. Nakamura, K. Mima, Y. Nakao, and T. Yokota, Core heating analysis of fast ignition targets by integrated simulations, Proc. of 4th Int. Conf. on Inertial Fusion Sciences and Applications, Biarritz, France, September 5-9, FO27.1, (2005).
- [12] T. Nakamura, H. Sakagami, T. Johzaki, H. Nagatomo, and K. Mima, Hot electron generation by laser-cone interaction, Proc. of 4th Int. Conf. on Inertial Fusion Sciences and Applications, Biarritz, France, September 5-9, FO27.4, (2005).
- [13] 坂上仁志, 岸本泰明, 千徳靖彦, 田口俊弘: 多階層統合シミュレーションシステム FI3 の概要, プラズマ・核融合学会誌, 82, 137-140 (2006).
- [14] 中村龍史, 坂上仁志, 三間圀興: 相対論的レーザー・プラズマ相互作用, プラズマ・

核融合学会誌,82, 145-149 (2006).

- [15] 城崎知至, 長友英夫, 坂上仁志: コーン付シェルターターゲットの爆縮・加熱解析, プラズマ・核融合学会誌, 82, 164-168 (2006).
- [16] T. Nakamura, H. Sakagami, T. Johzaki, H. Nagatomo and K. Mima, Generation and transport of fast electrons inside cone targets irradiated by intense laser pulses, Laser and Particle Beams,24, 5-8 (2006).
- [17] H. Sakagami, T. Johzaki, H. Nagatomo and K. Mima, Fast ignition integrated interconnecting code project for cone-guided targets, Laser and Particle Beams, 24, 191-198 (2006).
- [18] K. Mima, K.A. Tanaka, R. Kodama, T. Johzaki, H. Nagatomo, H. Shiraga, N. Miyanaga, M. Murakami, H. Azechi, M. Nakai, T. Norimatsu, K. Nagai, T. Taguchi and H. Sakagami, Recent results and future prospects of laser fusion research at ILE, Osaka, J. Phys. IV France 133, 27-28 (2006).
- [19] T. Johzaki, H. Nagatomo, H. Sakagami, Y. Sentoku, T. Nakamura, K.Mima, Y. Nakao and T. Yokota, Core heating analysis of fast ignition targets by integrated simulations, J. Phys. IV France 133, 385-389 (2006).
- [20] T. Nakamura, H. Sakagami, T. Johzaki, H. Nagatomo and K. Mima, Hot electron generation by laser-cone interaction, J. Phys. IV France 133, 401-404 (2006).
- [21] H. Sakagami, T. Johzaki, H. Nagatomo, and K. Mima, Integrated simulations for fast Ignition with cone-guided targets, J. Phys. IV France 133, 421-423 (2006).
- [22] T. Norimatsu, T. Johzaki, H. Azechi, K. Mima, Y. Nakao, H.Sakagami, H. Shiraga, R. Kodama, H. Nagatomo, T. Endo, A. Iwamoto, H.Yoshida, M. Nakai and Members of Reactor Design Committee, Conceptual design of laser fusion reactor KOYO-fast - Target design and the fueling system, J. Phys. IV France 133, 841-843 (2006).
- [23] 坂上仁志, 坂口智哉, 三間圀興、多階層統合シミュレーションシステム FI3 の概要 プラズマ・核融合学会誌, 82, 137-140 (2006).
- [24] 中村龍史, 坂上仁志, 三間圀興、相対論的レーザー・プラズマ相互作用、プラズマ・核融合学会誌, 82, 145-149 (2006).
- [25] 城崎知至, 長友英夫, 坂上仁志、コーン付シェルターターゲットの爆縮・加熱解析、プラズマ・核融合学会誌, 82, 164-168 (2006).

4. ペタワットレーザーの利用検討

- [1] T.Ozaki, P.Goncharov, N.Tamura, D.Kalinina, S.Sudo, A.Matsubara, K.Sato and LHD Experimental Group, High Energy Particle Measurement using Compact Neutral Particle Energy Analyzer in Large Helical Device Plasma 2005 edited by M. Sadowski,812, 399-402 (2005).
- [2] T.Ozaki, P.Goncharov, T.Amano, I.Yamada, T.Saida, S.Murakami, S.Sudo, S.Morota, M.Goto, K.Narihara, K.Tanaka, K.Kawahata, Y.nagayama, K.Ida, M.Yoshinuma, Y.Oka, M.Osakabe, Y.Takeiri, K.Tsumori, K.Ikeda, O.Kaneko, S.Kubo, T.Shimozuma, K.Ohkubo, K.Sato, N.Tamura, A.Matsubara, Diana Kalinina³, M.Shoji, S.Kato, K.Yamauchi, H.Nakanishi, M.Kojima, A.Komori, O.Motojima and LHD Experimental Group, Neutral particle measurement in high Z plasma in Large Helical Device JSPS series (to be published) Vol.7, 2, 1-2 (2005).
- [3] T.Shimozuma, H.Idei, M.Shapiro, R.Temkin, S.Ito et al., Alignment Method of ECH Transmission Lines Based on the Moment and Phase Retrieval Method Using IR Images, Journal of Plasma and Fusion Research 81(3), 191-196 (2005)
- [4] T.Shimozuma, S.Kubo, H.Idei, S.Inagaki, N.Tamura et al., Transition phenomena and thermal transport properties in LHD plasmas with an electron internal transport barrier, Nuclear Fusion 45(11), 1396-1403 (2005)
- [5] T.Shimozuma, S.Kubo, Y.Yoshimura, H.Igami, K.Nagasaki et al., Progress on electron heating and electron cyclotron current drive experiments in LHD, Fusion Science and Technology 50(0),

403-411 (2006).

III. ITER 連携研究部門

査読有り

- 1) A.I. Livshits, M.E. Notkin, N.Ohyabu, Y.Nakamura, I.P. Grigoriadi and A.A. Samartsev, "Hydrogen Release through Metallic Surface: the Role of Sputtering and Impurity Dynamics", *Physica Scripta* **T108**, 23-27 (2004).
- 2) Y. Hatano, A. Livshits, A. Busnyuk, M. Nomura, K. Hashizume, M. Sugisaki, Y. Nakamura, N. Ohyabu, K. Watanabe, "Kinetics of dissociative absorption of hydrogen through Nb surface covered by oxygen", *Physica Scripta* **T108**, 14-18 (2004).
- 3) Y. Nakamura, A.I. Livshits, Y. Nakahara, Y. Hatano, A. Busnyuk, N. Ohyabu, "Hydrogen absorption capability of a niobium panel for pumping neutral atoms in divertor region", *Journal of Nuclear Materials* **337-339**, 461-465 (2005).
- 4) Y. Hatano, A. Livshits, Y. Nakamura, A. Busnyuk, V. Alimov, C. Hiromi, N. Ohyabu, K. Watanabe, "Influence of oxygen and carbon on performance of superpermeable membranes", *Fusion Engineering and Design* **81**, 771-776 (2006).
- 5) Y. Nakamura, S. Masuzaki, T. Morisaki, H. Ogawa, T. Watanabe, Y. Kubota, R. Sakamoto et al., "Impact of Real-time Magnetic Axis Sweeping on Steady State Divertor Operation in LHD", *Nuclear Fusion* **46**, 714-724 (2006).
- 6) Y. Todo, H. L. Berk, and B. N. Breizman, "Energetic ion transport due to Alfvén eigenmode bursts", *Journal of Plasma and Fusion Research SERIES* **6**, 69-73 (2004).
- 7) Y. Shiozaki and Y. Todo, "Computer simulation of fishbone oscillation", *Journal of Plasma and Fusion Research SERIES* **6**, 618-621 (2004).
- 8) K. Shinohara, M. Takechi, M. Ishikawa, Y. Kusama, K. Tsuzuki, K. Urata, H. Kawashima, K. Tobita, A. Fukuyama, C. Z. Cheng, D. S. Darrow, G. J. Kramer, N. N. Gorelenkov, R. Nazikian, Y. Todo, Y. Miura, and T. Ozeki, "Energetic particle physics in JT-60U and JFT-2M", *Plasma Physics and Controlled Fusion* **46**, S31-S45 (2004).
- 9) Y. Todo, K. Shinohara, M. Takechi, and M. Ishikawa, "Nonlocal energetic particle mode in a JT-60U plasma", *Physics of Plasmas* **12**, 012503-1-7 (2005).
- 10) Y. Todo, "A Complementary Fluid Method in delta-f Particle Simulation", *Journal of Plasma and Fusion Research* **81**, 944-948 (2005).
- 11) K. Shinohara, M. Ishikawa, M. Takechi, Y. Kusama, Y. Todo, N. Gorelenkov, C. Cheng, A. Fukuyama, G. Kramer, R. Nazikian, G. Matsunaga, and T. Ozeki, "Instability in the Frequency Range of Alfvén Eigenmodes Driven by Negative-Ion-Based Neutral Beams in JT-60U", *Journal of Plasma and Fusion Research* **81**, 547-552 (2005).
- 12) Y. Todo, "Properties of energetic-particle continuum modes destabilized by energetic ions with beam-like velocity distributions", *Physics of Plasmas* **13**, 082503(1-7) (2006).
- 13) Y. Todo, "Simulations of Alfvén eigenmodes with an extended Ohm's law", to appear in a

- special issue of Journal of Plasma Physics (2006).
- 14) N. Ashikawa, S. Masuzaki, K. Nishimura, T. Seki, K. Saito, R. Kumazawa, T. Mutoh, A. Sagara, N. Ohyaibu, J.S. Hu and Y. Zhao; “Ion cyclotron conditioning with strong magnetic field in LHD”, Fusion Engineering and Design (2006) in print.
 - 15) T. Hino, Y. Hashiba, Y. Yamauchi, Y. Hirohata, K. Nishimura, N. Ashikawa, S. Masuzaki, A. Sagara, N. Noda, N. Ohyaibu, A. Komori, O. Motojima “Deuterium retention and desorption behavior of boron–titanium as first wall material of fusion experimental device”, Fusion Engineering and Design, 81(2006) pp.127–131.
 - 16) Y. Nobuta, N. Ashikawa, T. Hino, Y. Yamauchi, Y. Hirohata, K. Nishimura, A. Sagara, S. Masuzaki, N. Noda, N. Ohyaibu, A. Komor and O. Motojima, “Material probe analysis of boronized wall in LHD”, Fusion Engineering and Design 81 (2006) pp.187–192.
 - 17) T. Hino, Y. Yamauchi, S. Satoh, Y. Hirohata, A. Komori, N. Ashikawa, A. Sagara, N. Noda, N. Ohyaibu and O. Motojima, “Retention and desorption of hydrogen and helium in stainless steel wall by glow discharge”, Fusion Engineering and Design 72 Issue 4, (2005) pp. 339-344.
 - 18) M. Tokitani, M. Miyamoto, K. Tokunaga, T. Fujiwara, N. Yoshida, A. Komori, S. Masuzaki, N. Ashikawa, S. Inagaki, T. Kobuchi, M. Goto, J. Miyazawa, K. Nishimura, N. Noda, B. J. Peterson and A. Sagara “Microscopic modification of wall surface by glow discharge cleaning and its impact on vacuum properties of LHD”, Nuclear Fusion, 45 (2005) pp.1544-1549.
 - 19) Y. Nobuta, Y. Yamauchi, Y. Hirohata, T. Hino, N. Ashikawa, K. Nishimura, A. Sagara, S. Masuzaki, T. Ozaki, N. Noda, A. Komori and O. Motojima ”Energy and fluence dependences of helium retention in stainless steel”, Journal of Nuclear Materials 337 339 (2005) pp.932 936.
 - 20) K. Seo, K. Takahata, T. Mito and S. Nishijima, “Numerical analyses of non-uniform current distribution within the multi-strand superconducting cable for fusion apparatus”, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, No. 14 (2004) pp. 1360 – 1364.
 - 21) K. Seo, T. Mito, J. R. Miller, S. Kawabata T. Ichihara and M. Hasegawa, “Analysis of Joint-resistance-induced, Non-uniform Current Distribution”, IEEE Trans. on Applied Supercond., **15**, (2005) pp. 1595-1598
 - 22) K. Seo, K. Takahata, T. Mito, H. Hayashi, K. Terazono, T. Semba and K. Miyashita, “Calibration of Inductive Heater for Stability Test of Cable in Conduit Conductor”, IEEE Trans. on Applied Supercond., **15** (2005) pp. 1695-1698.
 - 23) K. Seo, “Electromagnetic Properties of Lap-Joint and its Influences on the Conductor Test Data, IEEE Trans. on Applied Supercond., **16** (2006) pp.856-859
 - 24) K. Seo and M. Morita, “Guidelines for LTS Magnet Design based on Transient Stability”, Cryogenics, Vol. 46, Vol. 5 (2006) pp. 354-361.
 - 25) K. Seo, A. Nishimura, Y. Hishinuma, G. Nishijima, K. Watanabe, K. Katagiri, K. Nakamura and T. Takao, “Comparison of Avalanche-like Quenches between NbTi and Nb₃Sn Cables”, Fusion Engineering and Design (2006) in print.
 - 26) K. Seo, T. Mito, S. Kawabata, T. Ichihara and M. Hasegawa “Electromagnetic Behavior of

Lap-joints for Fusion Magnet Systems and Design Issues”, *Cryogenics* (2006) in print.

国際会議集録

- 1) Y. Todo, N. Nakajima, K. Shinohara, M. Takechi, M. Ishikawa, and S. Yamamoto, “Nonperturbative effects of energetic ions on Alfvén eigenmodes”, in *Fusion Energy 2004* (Proc. 20th Int. Conf. Vilamoura, 1-6 November 2004), IAEA, Vienna, TH/3-1Ra.
- 2) Y. Todo, H. L. Berk, and B. N. Breizman, “Nonlinear MHD effects on the Alfvén eigenmode evolution”, in proceedings of the 9th IAEA Technical Meeting on Energetic Particles in Magnetically Confined Systems (Takayama, 9-11 November 2005), IAEA, Vienna, OT09.

IV. 機構連携研究部門

査読あり

- [1] H. Yamada et al., “Configuration Effect on Energy Confinement and Local Transport in LHD and Contribution to the International Stellarator Database”, *Fusion Sci. Technology* 46, 82 (2004).
- [2] H. Yamada et al., “Characterization of Energy Confinement in Net-Current Free Plasmas Using the Extended International Stellarator Database”, *Nucl. Fusion* 45, 1684 (2005).
- [3] T.-H. Watanabe and H. Sugama, *Nuclear Fusion*, 46, 24-32 (2006)
- [4] H. Sugama and T.H. Watanabe, *Phys. Plasmas*, 13, 012501-12518 (2006)
- [5] M. Tanaka, “Charge inversion of a macroion in electrolyte solvent: A rotating rod with polyelectrolyte counterions”, *Slow Dynamics in Complex Systems*, pp.285-290 (American Institute of Physics, 2004).
- [6] Y. Rabin and M. Tanaka, “DNA in nanopores – Counterion condensation and coion depletion”, *Physical Review Letters*, 94, 148103-1~4 (2005).
- [7] T. Koga and M. Tanaka, “First-principles molecular dynamics studies of plasma-surface interaction”, *Journal of Korean Physical Society, Suppl.*, in press (2006).
- [8] M. Tanaka and Y. Rabin, “Nanopores with DNA: Strong electrostatic interactions in cellular dynamics processes”, *Flow Dynamics*, pp.212-216 (American Institute of Physics, 2006).
- [9] M. Tanaka and M. Sato, Microwave heating of water, ice and saline solutions: Molecular dynamics study, *J. Chem. Phys.*, in press (2006).
- [10] R. Sahnoun, K. Nakai, Y. Sato, Ho. Kono, Y. Fujimura, and M. Tanaka, Stability limit of highly charged C₆₀ cations produced with an intense long-wavelength laser pulse: Calculation of electronic structure by DFT and wavepacket simulation, *Chem. Phys. Lett.*, in press (2006).
- [11] 田中基彦、「手軽に作れる研究室専用スーパーコンピュータ：高速通信ソフトウェアを利用した PC クラスタ計算機」、*日本物理学会誌「話題」*, vol.59, pp.898-902 (2004).

査読なし

- [1] M. Tanaka, “PC Cluster Machine Equipped with Low-Latency Communication Software”, *Los Alamos Arxiv* (米国ロスアラモス国立研究所アーカイブ) *Physics / 0407152* (2004).

招待講演など

- [1] 基調講演：Materials Science of Molecular and Ionic Condensed Matters, 日本 MRS 学術講演会 (日本大学理工学部、平成 17 年 12 月 11 日)
- [2] 講演会：グラファイト破壊および膜孔を通過する DNA の物質科学、日本原子力研究所 第 975 回金曜セミナー (高崎研究所、平成 17 年 9 月 16 日)
- [3] 招待講演：強結合系イオン性ソフトマター、物理・天文・地球物理 3 学会合同プラズマ科学シンポジウム (平成 18 年 5 月 17 日、幕張)

[4] 招待講演: Heating of water and ionic solutions by applied microwaves: Molecular dynamics study, 11th International Conference of Colloidal and Molecular Electro-optics (May 22-25, 2006, 宇治)

科学研究費：特定領域研究

- 1) 「強レーザー場による分子制御」(領域代表 山内薫・東京大学教授) 平成 15-17 年度、公募研究 「強レーザー場による溶液中での分子構造形成の分子動力学研究」研究代表者。
- 2) マイクロ波励起・非平衡反応場の科学」(領域代表 佐藤元泰・核融合科学研究所教授) 平成 18-22 年度、計画研究 「マイクロ波と分子磁性相互作用の理論・分子動力学研究」研究代表者。

集中講義

- 1) 九州大学大学院理学研究科物理、「イオン性ソフトマターの物理化学と計算機シミュレーションの方法」(平成 16 年 11 月 24 日-26 日)
- 2) 京都大学理学部、大学院理学研究科・地球物理学特別講義、「高温プラズマとイオン性物質の分子動力学シミュレーション」(平成 18 年 11 月 20 日-22 日)

機構内学位論文審査

平成 17 年度総合研究大学院：O.Oloyede (分子科学研究所、指導教官：中村宏樹教授、審査日：平成 17 年 8 月 12 日)。最終判定：合格。

産学連携研究室

- [1] M. Sato, R. Roy, P. Ramesh, D.Agrawal: "Microscopic Non-equilibrium Heating - A Possible Mechanism of Microwave Effects", *Mat Res Innovation* 10 (2006)
- [2] M.Sato, A.Matsubara, K.Nagata, "Experimental Analysis for Thermally Non-Equilibrium State Under Microwave Irradiations A Greener Process for Steel Making", TMS Shon Symposium, Key note, Aug. 27~31, San Diego (2006)
- [3] M.Sato, A.Matsubara, K.Kawahata, O.Motojima, T.Hayashi, S. Takayama, "Microscopically In-situ Investigation for Microwave" Processing of Metals by Visible Light Spectroscopy, Proc.11th International Conference on Microwave and High Frequency Heating, O-24, Sep.11-15, 2005 Italy
- [4] S.Takayama¹, G.Link¹, M.Sato², J.Ichikawa³, M.Thumm¹ (¹Forschungszentrum Karlsruhe GmbH IHM, ²National Institute for Fusion Science, ³Hitachi Powdered Metal Co. Ltd.), "Millimeter-Wave Effects on Sintering Behaviour of Metal Powder Compacts ", *Powder and Powder Metallurgy* (2006)
- [5] 佐藤元泰、マイクロ波励起・高温非平衡場の科学、*金属* Vol.76 No.8 876~881 (2006)
- [6] 佐藤元泰、マイクロ波照射によるアスベスト廃棄物の迅速無害化処理技術、セラミックス、Vol.41, No10 851~855 (2006)

原子・分子データ研究室

査読つき論文

- [1] T. Kato, R. More, N. Yamamoto, H. Nishimura and F.B. Rosmej, "X-ray satellite spectra of H-like ions", *Inertial Fusion Sciences and Application* 2003, Editors, B.A. Hammel, D.D. Meyerhofer, J. Meyer-ter-Vehn and H. Azechi, ISBN 0-89448-686-1, American Nuclear Society, Inc. 992 - 996 (2004)
- [2] T. Kato, N. Yamamoto, and F. B. Rosmej, "X-ray spectral diagnostics for satellite lines of H-like Mg ions measured by a high resolution spectrometer", *Laser and Particle Beams* , 22 , 245-251 (2004)
- [3] H. Morikami, H. Yoneda, K.-I. Ueda and R. M. More, "Detection of hydrodynamic expansion in ultra-short pulse laser ellipsometric pump-probe experiments", *Phys. Rev.* **E70**, 035401 (2004).
- [4] L. Pichl, S. Zou, M. Kimura, I. Murakami and T. Kato, "Total, Partial, and Differential Ionization Cross Sections in Proton - Hydrogen Atom Collisions in the Energy Region of 0.1 - 10 keV/u", *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, Volume 33, Issue 4 (2004) 1031-1058.
- [5] H. A. Sakaue, A. Danjo, K. Hosaka, D. Kato, M. Kimura, A. Matsumoto, N. Nakamura, S. Ohtani, M. Sakurai, H. Tawara, I. Yamada and M. Yoshino; "Electron transfer and decay processes of highly charged iodine ions", *Journal of Physics B*, Vol. 37, pp. 403-415 (2004).
- [6] N. Yamamoto, T. Kato, F.B. Rosmej, "Plasma diagnostics for Ly-alpha and satellite lines from laser-produced plasma", *J. Plasma Fusion Res. SERIES*, Vol.6 (ITC-13 Proceedings), p748-751 (2004)
- [7] Y.-S. Kim, J.-S. Choi, B.-I. Nam, M.-G. Baik, T. Kato, I. Murakami and R. M. More, "Two-photon resonant third-order harmonic generation from atoms and ions interacting with

- intense short laser pulses", in Key Engineering Materials **277-279**, 1049 (2005).
- [8] I. Murakami, U. I. Safronova, A. A. Vasilyev, T. Kato, "Excitation energies, radiative and autoionization rates, dielectronic satellite lines, and dielectronic recombination rates to excited states for B-like oxygen" Atomic Data and Nuclear Data Tables 90, 1-74 (2005)
- [9] M.Sakurai, F.Nakajima, T.Fukumoto, N.Nakamura, S.Ohtani, S.Mashiko and H.A.Sakaue, "Development of electron beam ion source for nanoprocess using highly charged ions", Nucl. Instrum. Methods Vol.B 235, 519 (2005)
- [10] C. Suzuki, H. Nishimura, M. Ochiai, T. Kato, S. Okamura, R.M. More, K. Nishihara, M. Nakai, K. Shigemori, S. Fujioka, H. Ogawa, "Temperature-Dependent EUV spectra of Xenon plasmas observed in the compact helical system", Rapid Communication, J. Plasma Fusion Res. Vol. 81, 480-481 (2005)
- [11] N. Yamamoto, T. Kato, F.B. Rosmej, "Opacity free and space resolved x-ray diagnostics based on satellite lines near H-like Ly α of highly charged ions", JQSRT, Vol 96/3-4. pp. 343-361(2005)
- [12] G. Faussurier, R. More, C. Blancard and T. Kato, "Nonequilibrium Thermodynamics of Highly-Charged Ion Plasmas", Physical Review E 73, 016407 (2006).
- [13] J. Horacek, K. Houfek, M. Cizek, I. Murakami, D. Kato, T. Kato, "Calculation of Low-Energy Electron Dissociative Attachment of Molecular Hydrogen for Plasma Applications", J. Plasma Fusion Res. SERIES, vol. 7, 203-206 (2006).
- [14] D. Kato, N. Nakamura and S. Ohtani; "X-ray spectral analysis on electron interaction with highly-charged ions in Tokyo-EBIT", J. Plasma Fusion Res. SERIES, Vol. 7, 190-194 (2006).
- [15] D. Kato, H. Suno, T. Kato, M. Kimura and T. Tanabe; "Single electron capture by backscattered protons from high melting temperature metals", Journal of Plasma and Fusion Research Series Vol. 7, 183-186 (2006).
- [16] T. Kato, I. Murakami, M. Goto, S. Morita, K. Ida, B. Peterson, H. Funaba and T. Nakano, "Radiation loss by impurities measured from the Large Helical Device", J. Plasma Fusion Res. SERIES, Vol.7, 1-4 (2006)
- [17] T. Kobayashi, M. Yoshikawa, T. Kato, Y. Kubota, M. Saito, K. Matama, A. Itakura, T. Cho, "Study of Carbon Ion Behavior by Using Collisional Radiative Model in the GAMMA 10 Tandem Mirror", J. Plasma Fusion Res. SERIES, Vol. 7, 45-49 (2006).
- [18] R. More, H. Yoneda and H. Morikami, "Short-pulse Lasers and Electron Dynamics in Warm Dense Matter", JQSRT **99**, 409 (2006).
- [19] I. Murakami, T. Kato, D. Kato, U. I. Safronova, T.E. Cowan and Yu. Ralchenko, Large-scale calculation of dielectronic recombination parameters for Mg-like Fe, J. Phys. B, 39, 2917 (2006).
- [20] N. Nakamura, H. Tobiyama, H. Nohara, D. Kato, H. Watanabe, F.J. Currell, S. Ohtani, "Observation of resonant-excitation double autoionization in electron-I⁵⁰⁺ collisions" Physical Review A, Vol. 73, 020705(R) (2006).
- [21] T. Obara, T. Kato, D. Kato, R. More, K. Sato, H. Funaba, S. Morita, H. Nishimura, K. Nishihara, A. Sasaki, N. Yamamoto, U. Safronova, "EUV spectra from Xe¹⁰⁺ ions measured from LHD", Proc. ITC14, 2004, JPFR SERIES Vol.7, 31-34 (2006).
- [22] Yu. Ralchenko, R. E. H. Clark, D. Humbert, D. R. Shultz, T. Kato, Y. J. Rhee, "Development of the Atomic and Molecular Data Markup Language for Internet Data Exchange", J. Plasma Fusion Res. SERIES, Vol. 7, 338-342 (2006).
- [23] U. I. Safronova, Yu. Ralchenko, I. Murakami, T. Kato, D. Kato, "Atomic data for dielectronic recombination into C-like oxygen", Physica Scripta, Vol. 73, pp. 143-159 (2006).
- [24] H.A.Sakaue, K.Hosaka, H.Tawara, I.Yamada, N.Nakamura, S.Ohtani, A.Danjo, M.Kimura, A.Matsumoto, M.Sakurai, and M.Yoshino, "Total Electron Transfer Cross Sections for Highly Charged Ion - Alkali Metal Atom Collisions", J. Plasma Fusion Research Vol.7, 196-199 (2006)

- [25] A. Sasaki, J. Kazuki, H. Kashiwagi, C. Watanabe, M. Suzuki, L. Pichl, M. Ohishi, D. Kato, M. Kato, T. Kato, "Design and Implementation of an Evolutional Data Collecting System for the Atomic and Molecular Databases", *J. Plasma Fusion Res. SERIES*, vol.7, 348-351 (2006).
- [26] H. Suno, D. Kato, T. Kato and M. Kimura, "Resonance States of Hydrogen Atoms near Metal Surfaces", *J. Plasma Fusion Res. SERIES*, Vol. 7, pp. 187-189 (2006).
- [27] H. Suno and T. Kato, "Recommended Cross Section Data for Carbon Ions and Atoms: Electron-Impact Excitation, Ionization and Charge Exchange", *J. Plasma Fusion Res. SERIES*, Vol. 7, pp. 310-313 (2006).
- [28] H. Suno and T. Kato, "Cross section database for carbon atoms and ions: Electron-impact ionization, excitation, and charge exchange in collisions with hydrogen atoms", *At. Data Nucl. Data Tables*, 92, 407-455 (2006).
- [29] C. Suzuki, H. Nishimura, M.-Y. Song, T. Kato, S. Okamura, R. M. More, K. Nishihara, M. Nakai, K. Shigemori, S. Fujioka, H. Ogawa, A. Sasaki, "Observation of Xenon EUV Spectra in Compact Helical System", *J. Plasma Fusion Res. SERIES*, Vol. 7, 73-76 (2006).
- [30] M. Suzuki, L. Pichl, I. Murakami, T. Kato, A. Sasaki, "Automation of Plasma-Process Fulltext Bibliography Databases: An On-Line Data-Collection, Data-Mining and Data-Input System", *J. Plasma Fusion Res. SERIES*, vol.7, 343-347 (2006).
- [31] N. Yamamoto, T. Kato, F. B. Rosmej, "Satellite Line Spectra of H-like Mg Ions for Plasma Diagnostics and Atomic Data", *J. Plasma Fusion Res. SERIES*, Vol. 7, 131-134 (2006).
- [32] N. Yamamoto, T. Kohmura, S. Kitamoto, N. Shibazaki, T. Kato, "Collisional-Radiative Model for Fe Ions and X-Ray Spectra from Early-Type Stars", *J. Plasma Fusion Res. SERIES*, Vol. 7, 161-164 (2006).
- [33] H. Yoneda, H. Morikami, K.-I. Ueda and R. More, "Ultra-short pulse laser pump-probe experiments for investigation of warm dense plasmas", *JQSRT* **99**, 690 (2006).
- [34] T. Kato, T. Obara, M. Goto, S. Morita, K. Sato, H. Funaba, I. Murakami and U. Safronova, "Spectra from impurities in the Large Helical Device", *Pearl 2005, J. Phys. B*, in press
- [35] T. Kato, T. Obara, M. Goto, S. Morita, K. Sato, H. Funaba, B. Peterson, K. Ida, I. Murakami and N. Yamamoto, "Impurity emission spectra measured from Large Helical Device," *Proc. 5th Asia plasma fusion association*, to be published in Supplementary Issue of the *Journal of Korean Physical Society*, 2006

査読なし論文

- [1] T. Kato and I. Murakami, "NIFS DATABASE and Cooperations with IAEA DCN", "Nuclear Fusion Research: Understanding Plasma-Surface Interactions", R.E.H. Clark and D. Reiter eds., (Springer Series in Chemical Physics) Vol.78, ISBN 3-540-23038-6, 371-383 (2004).
- [2] I. Murakami, T. Kato, U.I. Safronova and A.A. Vasilyev, "Dielectronic Recombination Rate Coefficients to Excited States of Boronlike Oxygen and Dielectronic Satellite Lines", *NIFS-DATA-85*, (2004)
- [3] I. Murakami, J. Yan, H. Sato, M. Kimura, R. K. Janev, T. Kato, "Collision Processes of Li^{3+} with Atomic Hydrogen: Cross Section Database" *NIFS-DATA-86*, (2004)
- [4] K. Ohya, A. Chen, J. Kawata, K. Nishimura, D. Kato, T. Tanabe and T. Kato; "ELECTRAN – Monte Carlo Program of Secondary Electron Emission from Monoatomic Solids under the Impact of 0.1 - 10 keV Electrons", *NIFS-DATA-84* (2004).
- [5] L. Pichl, M. Suzuki, H. Kashiwagi, K. Joe, D. Kato, and A. Sasaki, "Science Mentor Engine: A Robust System for the On-Line Retrieval of Specialized Scientific Articles from the Electronic Journal Databases" *GESTS International Transaction on Computer Science and Engineering*, Vol.12 (No.1), pp. 93-104 (2005).
- [6] S.A. Pshenichnyuk, N.L. Asfandiarov, W. Barszczewska, I. Wnorowska, J. Kopyra, I. Szamrej, J.

- Horacek, D. Kato and T. Kato, "Dissociative Electron Capture by Halogenated Alkanes and Kinetics of the Low Energy Electron Attachment by Chloroalkanes", NIFS-DATA-92 (2005).
- [7] U.I. Safronova, I. Murakami, T. Kato, D. Kato, Yu. Ralchenko, "Dielectronic Recombination Rate Coefficients to Excited States of O III from O IV and Dielectronic Satellite Lines", NIFS-DATA-93 (2005).
- [8] M.-Y. Song and T. Kato, "Dielectronic Recombination of Xe¹⁰⁺ Ions and Satellite Lines of Xe⁹⁺ Ions", NIFS-DATA-94, (2005)
- [9] H. Suno and T. Kato, "Cross Section Database for Carbon Atoms and Ions: Electron-impact Ionization, Excitation, and Charge Exchange in Collisions with Hydrogen Atoms", NIFS-DATA-91, (2005)
- [10] 坂上裕之、加藤太治; "プラズマ中の多価イオンと原子過程", 真空誌 48 巻 8 号 pp. 483-488 (2005)
- [11] I. Murakami, T. Kato, D. Kato, U. I. Safronova, T. E. Cowan, Yu. Ralchenko, "Atomic data for dielectronic recombination into Mg-like Fe", NIFS-DATA-96 (2006)
- [12] I. Skobelev, I. Murakami, T. Kato, "Recommended Data on Proton-Ion Collision Rate Coefficients for Fe X - Fe XV Ions", NIFS-DATA-95 (2006)
- [13] M. Kimura, A. Igarashi, M. Imai, Y. Itikawa, M. Kitajima, T. Kusakabe, K. Moribayashi, T. Morishita, K. Motohashi, L. Pichl, R. Suzuki, D. Kato, I. Murakami, T. Kato and M. Kato, "Report on Cross Section Data Compilation for Electron and Ion Collisions with Molecules of Hydrogen, Hydrogen Isotopes, Nitrogen, Oxygen, Hydrocarbons, Water and Carbon Oxide", NIFS-DATA-98 (2006).
- [14] R. More, T. Kato, Young Soon Kim and Moon Gu Baek, "Chapter 13. Electromagnetic Waves" to appear in Plasma Polarization Spectroscopy, Ed. by T. Fujimoto (Springer), in preparation.
- [15] I. Skobelev, I. Murakami, T. Kato, "Recommended data on proton-ion collision rate coefficients for Fe XVII – Fe XXIII ions", NIFS-DATA, in preparation.

国際会議等発表

- [1] Daiji Kato, "Excited hydrogen atom formed by non-adiabatic electron transfer from metal surfaces", China-Japan Symposium on Atomic and Molecular Processes in Plasma (Northwest Normal University, Lanzhou, China 6-11 March 2004) 口頭発表
- [2] D. Kato, H. Suno, T. Takako, M. Kimura and T. Tanabe, "Single electron capture by back scattered protons from high melting temperature metals" (ポスター), 4th International Conference on Atomic and Molecular Data and Their Applications, Oct. 5-8 (2004), Toki, Japan
- [3] D. Kato, N. Nakamura and S. Ohtani; "X-ray spectral analysis on electron interaction with highly-charged ions in Tokyo-EBIT" (ポスター), 4th International Conference on Atomic and Molecular Data and Their Applications, Oct. 5-8 (2004), Toki, Japan
- [4] T. Kato, "NIFS AM Data Center Activities," (招待講演)、ICAMDATA, (Oct. 5-8, 2004, Toki, Japan)
- [5] R. More, "Atomic Physics of Dense Plasmas", University of California at San Diego, 2 February, 2004;
- [6] R. More, "Atomic Physics of Dense Plasmas", IAPCM, Beijing, China, 12 March, 2004 (招待講演) .
- [7] R. More, "Ultra-short pulse laser experiments on Warm Dense Matter", Invited Talk at International Conference on Radiative Properties of Hot Dense Matter, Santa Barbara California, November 1, 2004. (招待講演)
- [8] H.A. Sakaue, "Electron transfer and decay processes of highly charged iodine ions", China-Japan Symposium on Atomic and Molecular Processes in Plasma (Northwest Normal University, Lanzhou, China 6-11 March 2004) 口頭発表

- [9] H. A. Sakaue, "Development of electron beam ion source for nanoprocess using highly charged ions", 12th International Conference on the Physics of Highly Charged Ions (Vilnius, Lithuania, 6-10 September, 2004) ポスター発表
- [10] H. A. Sakaue, "Total Electron Transfer Cross Sections for Highly Charged Ion - Alkali Metal Atom Collisions", 14th International Toki Conference and 4th International Conference on Atomic and Molecular Data (Toki, Japan, 5-6 October 2004) ポスター発表
- [11] H. Suno, D. Kato, T. Kato and M. Kimura, "Resonance States of Hydrogen Atoms near Metal Surfaces" (ポスター), 4th International Conference on Atomic and Molecular Data and Their Applications, Oct. 5-8 (2004), Toki, Japan
- [12] H. Suno and T. Kato, "Recommended Cross Section Data for Carbon Ions and Atoms: Electron-Impact Excitation, Ionization and Charge Exchange" (ポスター), 4th International Conference on Atomic and Molecular Data and Their Applications, Oct. 5-8 (2004), Toki, Japan
- [13] D. Kato, "Program code activity at the NIFS for electron transfer and emission in ion-solid collision", IAEA Technical Meeting on Establishment of A+M Computer Code Network, May 23-25 (2005), Vienna, Austria (招待講演)
- [14] T. Kato, "Impurity emissions measured from Large Helical Device", Workshop PEARL 2005 on "Physics at EBIT and Advanced Research Light Sources" (Mar. 10-13, 2005, Hainan, Sanya, China) (招待講演)
- [15] T. Kato, "EUV line emission spectra of Xe ions from low density plasmas", IAEA Technical Meeting to "Assess Data Relevant to Spectral Analysis for Fusion Plasmas" (13-14 June 2005, IAEA Headquarters, Vienna, Austria)
- [16] T. Kato, "Past and current status of collaboration", Korea and Japan Joint Seminar on atomic and molecular data for plasma, (Aug. 31 - Sep.2, 2005, Jeju, Korea) (招待講演)
- [17] T. Kato, I. Murakami, D. Kato, M. Kato, "Overview of the atomic and molecular database of NIFS", Hanbit forum "plasma database" (Nov. 4, 2005, Daejeon, Korea) (招待講演)
- [18] T. Kato, T. Obara, M. Goto, S. Morita, K. Sato, H. Funabe, B. Peterson, I. Murakami, N. Yamamoto, "Impurity emission spectra measured from Large Helical Device", The 5th general scientific assembly of Asia Plasma & Fusion Association on progress of fusion science and technology in Asia, (Aug. 28-31, 2005, Jeju, Korea) (招待講演)
- [19] T. Kato, K. Sato, H. Funaba, M.Y. Song, I. Murakami, I. Skobelev and N. Yamamoto, "EUV line emission spectra of Xe ions and Atomic Data for Fe ions", Co-ordinated Research Program on "Atomic Data for Heavy Element Impurities in Fusion Reactors", (14-15 November, 2005, IAEA headquarters, Vienna, Austria) (招待講演)
- [20] R. More, "Ultra-short pulse laser experiments on warm dense matter", Seminar at Lawrence Berkeley National Laboratory, February 24, 2005. (招待講演)
- [21] R. More, Seminar on "Research in Japan" for the JSPS summer program, Sokendai, Hayama, Japan, June 16, 2005
- [22] R. More, "Equation of State of Hot Plasmas", Workshop on Inertial Fusion and Equations of State, Los Alamos National Laboratory, 7 November, 2005 (oral, invited)
- [23] R. More, "New Problems of Warm Dense Matter", Workshop on Ultra-short X-ray pulses and probe of the shocked state, Lawrence Berkeley National Laboratory, Dec. 3, 2005 (oral, invited).
- [24] R. More, "Warm Dense Matter Research", Workshop on Use of Ion Beams for Warm Dense Matter Science, LLNL-Lawrence Berkeley National Laboratory, Pleasanton, California, Feb. 22-23, 2006 (oral, invited)
- [25] R. More, "Warm Dense Matter Research", Lawrence Livermore National Laboratory, Physics and Applied Technology Directorate Seminar, March 7, 2006 (oral).
- [26] T. Kato, "X-ray and EUV emission from magnetic fusion plasmas", US-Japan Symposium on Collision-induced X-ray Emission and Antimatter Physics, Tokyo Metropolitan University, April

13-15, 2006 (招待講演)

外部資金

1. 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 一般 (平成 16 年度～18 年度) 「高強度イオン源を用いた新世代電子-イオン衝突実験」研究代表者 坂上裕之
2. 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 一般 (平成 16 年度～18 年度) 「新しいプラズマ計測のための励起原子素過程の研究」研究分担者 坂上裕之 (研究代表者 山田一博 核融合科学研究所 助手)
3. 科学研究費補助金 基盤研究 (C) (平成 15 年度～17 年度) 「非定常非平衡電離プラズマに対する統合でき衝突輻射モデルの開発とプラズマ診断の研究」研究代表者 村上泉 (平成 15 年 4 月～平成 15 年 12 月 (育児休業に伴い交代))、R. More (平成 16 年 1 月～平成 17 年 7 月 (退職に伴い交代)) 加藤隆子 (平成 17 年 8 月～平成 18 年 3 月)
4. 科学研究費補助金 基盤研究 (C) (平成 16 年度～17 年度) 「原子分子文献抄録読解データベースの研究」研究分担者 加藤隆子、村上泉、加藤太治 (研究代表者 佐々木明 日本原子力研究開発機構 副主任研究員)
5. 受託研究 文部科学省リーディングプロジェクト極端紫外 (EUV) 光源開発などの先進半導体製造技術の実用化、大阪大学受託研究 「キセノンイオンのエネルギーレベル計測と平均原子モデル構築」 (平成 15 年～平成 19 年) 研究代表者 R. More (平成 17 年 7 月まで (退職に伴い交代))、加藤隆子 (平成 17 年 8 月から)
6. 松尾学術助成金 (平成 17 年 10 月～平成 19 年 3 月) 「プラズマ中の高 Z イオンの再結合過程の研究」研究代表者 村上泉

「技術部」活動報告書

平成18年度

核融合科学研究所

技術部活動報告書

目 次

1. はじめに	1
技術部設置の背景とその概略	
2. 技術部の役割	2
3. 課の概略	3
3-1. 製作技術課	4
3-2. 装置技術課	4
3-3. 加熱技術課	4
3-4. 計測技術課	5
3-5. 制御技術課	5
4. 技術組織の運営と業務計画	6
4-1. 運営	6
4-2. 予算、経費	7
4-3. 人事交流	7
4-4. 年間業務計画と遂行	7
5. 各課の業務報告	
5-1. 製作技術課	7
5-2. 装置技術課	12
5-3. 加熱技術課	16
5-4. 計測技術課	21
5-5. 制御技術課	25
5-6. 中央部品室	29
5-7. LHD 実験の不都合調査	31
6. 共同研究・社会貢献	32
6-1. 同研究への製作支援	
6-2. 社会への貢献	
6-2-1. 中学生職場体験受け入れ	32
6-2-2. 高校生インターンシップ受け入れ	33
6-2-3. 高校生の日本版デュアルシステム受け入れ	34
6-2-4. 地域における教育連携活動	35
7. 技術業務と勤務時間の適正化	35
8. LHD 実験に関して運転員との職務の役割分担	36
9. 機構内や大学等の技術職員との技術連携・技術交流	37
9-1. 研修・技術交流	37
9-2. 技術研究会	39
9-3. 機構内での技術会議	40
9-4. 機構内技術研究会	40
10. 安全衛生	
10-1. 安全衛生推進部への取り組み	40
10-2. 安全衛生に関する情報交換会	41
11. 今後の進め方	42
12. おわりに	43

はじめに

技術部は、平成元年研究所創設時に主たるプラズマ実験装置である大型ヘリカル装置建設と運転に必要な技術支援を主な業務とするために設置された。建設時には建物の設計支援・装置の設置に関するレイアウト、装置建設に関しての施工管理、周辺設備の設計、各種周辺装置の設計、製作・試験等を行い、運転期には実験装置の運転・改良・装置の維持・管理や新装置の開発などに携わりながら、新しい装置の制御やデータ収集部の設計・製作またソフト開発も並行して行ってきた。大型ヘリカル装置の運転については技術部とほぼ同数の運転員が運転業務に従事しており、業務の指示を行いつつ協力して運転を行っている。

技術部組織も建設時に設立されたが、運転に業務が移行している現在は、それに必要な人員配置に変更しているため所属する係名と業務との間に違いが生じている。また研究組織の変更や研究規模の拡大に伴う業務もあり、評価を参考に業務や技術部組織を見直したいと考えている。

技術部の評価の観点

- 1、 技術部設置目的に対して充分役割を果たしてきたか。
- 2、 年間業務計画に対して業務を遂行できたか。
- 3、 プラズマパラメータ向上のための機器増強や研究組織の変更に対応する研究支援業務に充分対応できる組織か。
- 4、 共同研究に対する対応や社会貢献に対応できる組織化か。
- 5、 技術業務を行う上で具備すべき能力は充分整っているか。またその向上に努めているか。
- 6、 大型ヘリカル装置実験に関して運転員との職務の役割分担は適切か。
- 7、 機構内や大学等の技術職員との技術連携・技術交流は行われているか。
- 8、 その他

1、技術部設置の背景とその概要

技術部設置の議論は1988年に設置された核融合科学研究所（仮称）創設準備委員会の中で議論され以下のような提案がなされた。

核融合科学研究所は、1つの大型プロジェクト研究（大型ヘリカル装置を用いた研究）を中心に、核融合研究を進めることとしており、その機能を充分発揮させるには、研究を企画し、実験、研究を進める研究部と、この研究の活動を実行面から支援し、実験装置を信頼性良く再現性高く、かつ機動性良く稼働させ、柔軟に新しい着想に対応できる、技術系の組織（技術部）の設置が、不可欠である。

核融合研究で要求される技術は、超伝導や高熱負荷の第一壁材料、超高真空等の装置関連の技術、電子サイクロトロン加熱、中性粒子入射加熱等、プラズマ加熱に関連する技術、プラズマの計測技術と、実験装置系全体としての運転制御のための制御技術等があり、いずれも開発を必要とする最先端技術を数多く含んでいる。したがって、これらの装置の運転、保守を行い、かつ研究途上で派生してくる装置改良等の様々な技術的課題に対応し、実験を迅速かつ円滑に進めるには、これらの技術に習熟し、専門化された技術集団が必要である。

技術部においては、これらの専門技術を駆使し、研究系における各種装置の設計、建設及び開発研究を補助し、専門的業務を処理し、実験用機器、器具の工作、組立て等の業務並びに大型装置（へ

リカル装置を用いた研究実験)を遂行するための装置の保守、整備、運転の業務を専門分野別に分担することとしている。

したがって、大型プロジェクト研究の多種多様な専門分野に対応しつつ、それらの分野毎に派生する技術的課題を分担しながら、大型ヘリカル装置の設計、建設及び大型ヘリカル装置を用いた開発研究を行うという1つの目的に向かって、有機的連携を持って作業し、研究部と協力しつつ、実験を遂行するには、規模及び質的にも、専門的技術的見識と指導力のある部長のもとに組織化された技術部の設置が必要である。

また技術部に置く課の必要理由としては以下の様な提案がなされている。

現在、名古屋大学プラズマ研究所の技術室は、工務、特殊設備技術及び装置技術の3班で構成され、工務班は実験装置の構成部品及び実験用器具の製作並びに機材の調整を特殊設備技術班は実験装置用電源及び特殊計測機の製作、保守及び維持管理並びに実験補助を、装置技術班は実験装置の保守管理及び運転、改良並びに実験補助を、それぞれ行っている。

核融合科学研究所の創設後は、大型ヘリカル装置を研究所の中心装置として研究を行ってゆくこととしており、研究組織、装置規模のいずれもが現プラズマ研究所よりはるかに大きくなる。

大型ヘリカル装置を用いた研究を支障なく遂行するには、超伝導コイル、負イオン源中性粒子入射装置及び大出力ジャイロトロンによる電子サイクロトロン加熱装置等、先進技術開発を含む、装置技術と加熱技術が必要である。

また、大型ヘリカル装置を用いたプロジェクト研究の遂行及び各種の開発研究を伴う装置建設には、従来、名古屋大学プラズマ研究所の技術室で行ってきた個人的技術による研究部への補助のみだけでなく集団的作業によって1つの装置を組上げ、運転保守を行う統率のとれた技術部の組織でなければならない。したがって名古屋大学プラズマ研究所の技術室をより高度な専門内容をもつ装置技術課、加熱技術課に改組、充実し大型ヘリカル装置の建設に対応するとともに、実験研究部からの要求に迅速に応え、運転、保守を円滑に行うため、部品及び機材の調達や、装置部品等の製作業務に携わることによって研究部の諸活動を支援する製作技術課に加え、この3課で専門技術を駆使し、装置建設及び運転、保守の面から実験研究を支援する技術部の設置が是非とも必要である。

この提案に基づき概算要求がなされ、研究所が創立された昭和63年に京都大学ヘリオトロン核融合研究センターと名古屋大学プラズマ研究所の技術職員が異動し製作技術課、装置技術課、加熱技術課の3課10係で技術部が発足した。その後業務の拡大に伴い平成7年に計測技術課が、翌年の平成8年には制御技術課が新たに発足し5課20係になった。また、平成16年には計算機・情報ネットワークセンター所属の2名が合流して46名の技術部となった。

2、技術部の役割

技術部の主たる業務は、プラズマ実験装置である大型ヘリカル装置(LHD)及び支援研究装置などの装置と運転に必要とされる技術業務を行なうことである。建設期には建物の設計、装置の設置に関するレイアウト、装置建設に関しての施工管理、周辺設備の設計、各種周辺装置の設計、製作、試験等を行なってきた。また運転期には実験装置の運転・改良、装置の維持・管理や新装置の開発などに携わりながら、新しい装置の制御やデータ収集部の設計・制作、またソフト開発等も並行して行なっている。組織運営の特徴としては、研究系と職務分担をはっきりさせて、技術部として独立した業務を行なうことにある。

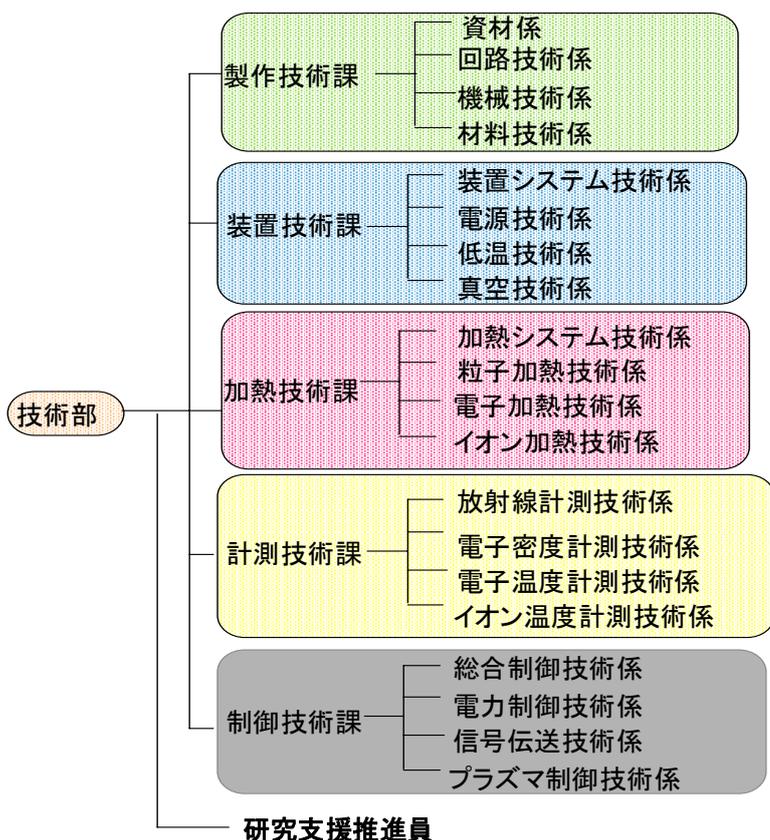


図 2-1 核融合科学研究所技術部組織

業務形態として装置技術課、製作技術課、制御技術課はLHDに関連した業務を、主体性をもって行なっている。具体的には、LHD真空管理、周辺装置取り付け審査、周辺装置の部品製作、周辺装置や中央制御装置、また超伝導コイル電流設定のソフトウェアの制作などである。これに対して加熱技術課、計測技術課は、各種装置を中心とした研究グループと共に密接に連携を持ちながら業務を行なっている。

大規模な実験に対処する支援体制では、研究全体を支える基盤技術、勤務体制が重要となる。そのために個別技術の高さと幅広い技術の習得が必要であり、また互いに持っている技術で協力しながら、業務を遂行しなければならない。従って職制として部下に指示を与える業務形態を執りながら、課を越えて互いに各課の独自技術で協力しながら仕事を進めている。また、比

較的定まった研究支援業務に従事している研究支援員（研究支援推進員）も部に所属している。

他に、LHD運転のために技術部員とほぼ同数の運転員が勤務しており、その仕様書作成支援、業務の指示などの職務も行なっている。運転員との業務分担は後の章で説明する。

3、課の概略

3-1、製作技術課

製作技術課は研究・実験で必要となる実験機器及び部品の製作依頼を受け、機械加工、電子回路などの製作相談から、部品加工、実験・計測機器、電子回路の製作及び資材調達などの業務を行っている。

LHDに取付けられる実験機器は複雑な3次元構造が要求される。厳しい加工精度の要求に対応するため、機械加工設備の高機能化を図りNC工作機械（マシニングセンタ、NC旋盤）の導入を進めてきている。既存の工作機械と共にこれらのNC工作機器を駆使して、ECH放物面ミラーアンテナ、マイクロ波イメージング反射計の製作、ECH導波管真空化部品等の製作を行ってきている。また、特殊金属を溶接する電子ビーム溶接機により、異種金属（タンタル、ステンレス鋼）などの溶接の要望にも対応している。

電子回路製作においてはプリント基板製作機の更新やソフトウェアにより電子回路を構築できるFPGA(Field Programmable Gate Array)の導入、試験計測装置の更新を図り、製作依頼に応じた回路設計から動作試験までを行ってきている。遠赤外レーザ干渉計用位相検出器、データ処理タイミング復調器等の製作を行ってきている。

3-2、装置技術課

装置技術課では、LHD本体室、本体地下室の装置・設備の維持管理を行うための努力を行ってきた。課の構成は、システム、電源、真空、低温の4係で構成されている。

- ・ システム係はLHD装置及び周辺機器の配置を主業務とし、配置作業会の委員をつとめ、空間配置、ポートの管理を行っている。施工管理チェックリスト、真空チェックリストの検査、管理を行っており、LHDの真空立ち上げ時は、リークテストの責任者としてコーディネータ（実験時最高責任者）を勤める。
- ・ 電源係はLHDに供給される商用電源、及びLIDコイル電源を管理することを主業務とし、電力小委員会の委員をつとめ、実験用電気料金を年度開始前に算出する。研究所内に実験用の電源盤の管理を行っている。デマンド管理を行うために、デマンド値を研究所内のネット上から常時見えるようにするための機器の開発を行った。このページには、電源盤の利用状況の情報が検索出来るようになっている。
- ・ 真空係はLHDの真空に関すること全てを業務とし、真空委員会の委員、取り扱い者をつとめ、真空排気装置、真空容器の維持管理を行っている。
- ・ 低温係は低温機器に関すること全てを業務とし、冷却運転計画を立案し、遂行する。高圧ガスにかんする特殊業務をつとめ、低温機器、制御装置の運転維持管理を行っている。LHDを運転する上で、制限要因は、超伝導コイルの状態から発生するので、冷却の推移は電力消費計画、真空排気計画に影響する。また真空排気の状態は冷却計画に影響をおよぼす。このため液化機と真空と電気の運転計画調整でトラブルによる計画の遅れを乗り越えることができ、実験計画に影響を与えることを最小にできている。

3-3、加熱技術課

平成元年の研究所発足時、技術部は3課体制でスタートし、加熱技術課も発足当初から組織されていた。まずは加熱システム技術係、電子加熱技術係、粒子入射加熱技術係の3係が整備され、その後、平成6年にイオン加熱技術係が整備されて現在に至っている。業務内容としては現在の5課体制となった平成8年までは課の名称と職務内容が必ずしも一致したものではなかったが、加熱実験棟の竣工に伴い、平成4年からは電子サイクロトロン共鳴加熱（ECH）、イオンサイクロトロン共鳴加熱（ICH）、中性粒子入射加熱（NBI）の各R&D装置の建設が始まった。そして機器の据付や電源、冷却水、制御・計測線などのユーティリティの整備をはじめ、開発試験に関わっては電源調整や改良、コンポーネントの試作やテストなどに関する技術業務に従事し、実機開発に貢献した。また、本体棟の建設時期に合わせて建て屋内の機器配置計画やユーティリティ・制御系の整備を行うなど、実機据付に備えた。

また、実機建設と併行して進めた加熱装置用の大規模な純水冷却装置の整備では設計の段階から建設までを担当し、実験期に入っても、その後担当することとなった準定常電源と併せて運転保守や維持管理を含めて運用のすべてが当課の所掌となっている。

LHD実験が開始された後は装置の運転に関する業務のウェイトが大きくなっているが、加熱装置の運転においては開発試験から実験期に至るまで、その性能を十分発揮するためにコンディショニング（エージング）が欠かせないものになっており、これに相当な労力を費やしてきた。また、加熱装置の運転・保守に関しては系統数や構成機器の多さとそれに付随する業務量の多さから職員のみでの対応が困難であることから運転・保守に関する業務の一部を業者委託しており、その業務指導や契約事務等を担当している。

平成9年度末にECHファーストプラズマで始まったLHDプラズマ実験では平成10年度の第2サイクルにNBIが稼働し、翌年にはICHも実験に加わった。その後は加熱装置の増力が逐次実施され、現在ではECH9系統（内1系統は定常対応）、ICH6系統（内2系統は伝送系が未整備）、NBI4系統を擁するようになった。この間、これらの機器の据付や周辺整備、また、改修、改造等の技術業務に携わってきた他、制御系の改良やモニター・計測系に関するソフト開発などを通して加熱装置の環境整備を進めてきた。最近ではミッション実験のテーマの一つとして定常プラズマ実験が行われたが、その際、ECHでは熱歪みによって伝送部品が破損するなどのトラブルが発生したが、代替品の開発や冷却強化などを実施し、定常プラズマの保持に貢献した。また、ICHでも伝送路の冷却強化や密度上昇によるプラズマ崩壊を避けるためにECH入射トリガをシーケンスに取り込むなどの対策を実施した。中でも制御技術課の協力を得てスタブチューナーのリアルタイム制御を行ったことは定常実験に大きく貢献している。

3-4、計測技術課

LHDプラズマ計測器、計測データ収集システム、放射線モニタリングシステムの開発と設置、調整を行いプラズマの諸パラメータ等の計測に貢献してきた。LHD計測器は主としてトムソン散乱計測器、重イオンビームプローブ（HIBP）、遠赤外レーザ干渉計（FIR）を担当した。トムソン散乱計測器では、レーザビームの光軸制御システムの開発を行った。また、大容量かつ高速演算処理が要求されるデータ処理系をFASTBUS-Windowsを用いて開発した。HIBPでは負の重イオンビーム源やビーム伝送偏向系、ビーム位置検出器の開発に関わってきた。第10サイクルよりHIBPでの計測が可能となった。FIRでは、高感度位相検出器の開発を行い、FIRレーザの運転を担当している。プラズマ計測のデータ収集システムは約30の計測器からの大量なデータを同時に収集するシステムである。ノイズ対策を施したハードウェア系の設置とWindowsによる分散システムをオブジェクト指向を用いたソフトウェア開発によって構築することに貢献した。またシステムをLinuxに変更すべく準備を進めている。放射線モニタリングシステムではシステムの試作開発を行い、仕様と設置計画の作成および整備を行ってきた。屋外14ヶ所、屋内22ヶ所にポストを設置して通年運転を行っている

3-5、制御技術課

中央制御、コイル電源制御、制御ネットワークの運転管理と技術開発を担当する。建設期にあつては、これらの設計、技術資料の作成および技術課題に対するR&Dである。高度な計算機利用技術および高信頼性ネットワーク技術により実現されている。実験期にあつては、建設期の経験を生かしたこれらの機器の運転および保守である。またプラズマパラメータの向上に向けての新たな装置の建設と設置があり、連続ペレット射出制御プログラムや、共同研究で瞬時電圧低下の対応として超伝導コイルに電力を蓄えておき、電圧低下時にコイルから電力を補充するためのSMESコイルの巻線機制御プログラムの開発を行っている。

3-6、共通業務-中央部品室

中央部品室は研究所の研究・実験の円滑な遂行の支援を行うため、研究・実験で必要とする部品を常備している。中央部品室で常備している部品は約1400種類にも及ぶが、その出庫や在庫の管理、利用者の利用後の会計的な処理はコンピュータにより行い効率化を図っている。利用された部品を集計し、利用者の利用予算から中央部品室へ移算を行い、その移算により部品補充を行う。常備する部品等は、研究・実験において必要とされる汎用的な常備品を新規に加えたり、必要性が薄れてきた部品は保管を中止したり、または新規形式への更新をするなどの見直しを行い、適時適正化を図っている。

4、技術部組織の運営と業務計画

4-1、運営

技術部としての運営は、図4-1に示すような会議を通して行なわれる。研究所全体の問題を審議・執行する主幹等連絡会議が隔週2時間程度開かれ、技術部も課長以上の管理職が参加している。

LHDでのプラズマ実験に対する実験計画などは、隔週で研究総主幹が召集するLHD実験会議が開かれ、実験関係の主幹や担当研究者、技術部からは部課長が出席し、必要な情報を得たり、意見を述べる事ができる。

それらの会議を通して、技術部として検討しなければならない事項がある場合には、部課長会議（部長、課長、課長代理が出席、毎週2時間程度）で審議を行なう。また各課内でも毎週1～2時間、会議を持ち部課長会議、主幹会議の報告と課内での意見交換を行なっている。課内会議で出された意見は、部課長会議にフィードバックされ技術部組織運営に反映される。

技術部会議

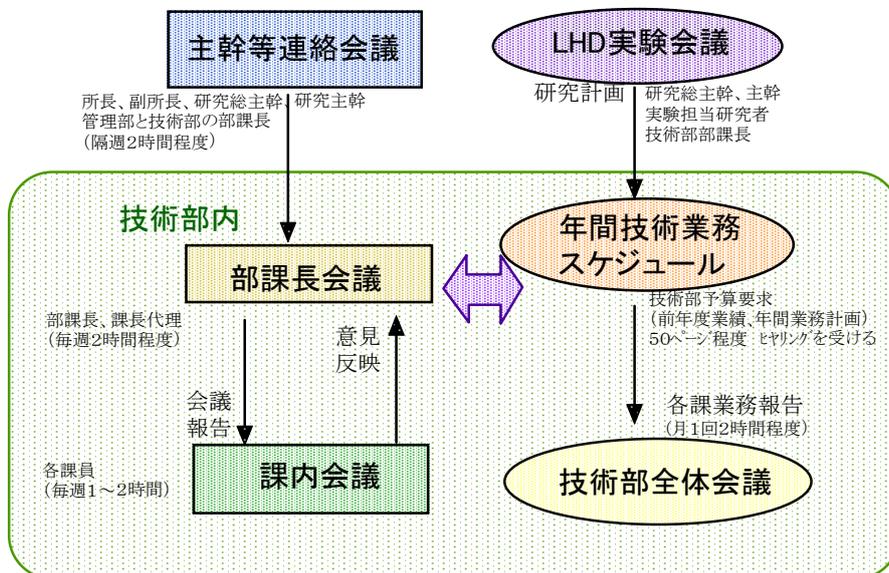


図4-1 技術部組織運営および技術業務遂行

また月1回2時間程度、部全体会議を開いて部長報告や、各課の月毎の業務報告を課長がまとめて報告を行ない、質問や改善案などの議論を行なう。その他委員会報告や事務連絡、出張などの報告もなされる。

この他、研究所運営のための各種委員会へも技術部から委員を出している。参加している委員会は、土岐コンファレンス会議（国際会議）、オープンハウス（一般公開）実行委員会、レ

クリエーション委員会、知的財産戦略委員会、安全衛生委員会、衛生管理者、安全衛生委員会からの指摘事項を改善する安全衛生推進部などである。

4-2、予算、経費

予算の要求にあたっては、前年度の技術部の行なった業務のまとめと年間の研究計画に沿った技術業務の工程表、職務遂行に必要な経費を要求書としてまとめて研究・業務計画企画評価委員会に予算要求の説明を行い、委員会の了承を経て予算が確定する。

平成13年度よりプラズマ実験に伴う運転経費の執行についても全面的に技術部に任されてきた。

- ・概算要求（定員、工務棟）
- ・LHDの運転経費計上（運転員契約仕様書、業務管理）
- ・実験支援設備維持費計上、執行（実験装置以外の計画、発注、運用）

出張については部として旅費を要求し、技術業務とそれに関連した研修、技術研究会に発表する場合には優先して出張している。

4-3、人事交流

LHD建設による定員増加期に京大、高エネルギー研、分子研、筑波大、富山大、名大などから異動があった。現在は運転期に入り装置の建設に関わった技術職員が、引き続いて運転・保守を行っている。これにより装置にトラブルが発生した場合に、直ぐに対応することが可能であるが、異動という観点から見ると停滞ぎみとなっている。他の機関との人事交流については検討課題であるが、他の研究所、機構で制度や待遇が同様でないと交流に支障がおきる。

4-4、年間業務計画と遂行

技術部業務は、年度当初にLHD実験会議で決定された研究計画に基づいて一年間の技術業務計画が立てられる。この技術業務計画に沿って業務を進め、各課の業務の進捗状況は課長が把握し、毎月開かれる技術部全体会議で図4

計測技術課月間業務報告 平成14年2月25日

放射線計測

- RMSAFEデータ整理、バックアップ(月報処理ソフトウェア改良版)
- 表示ソフト→WEB表示ソフトバージョンアップ版調整、試験公開WEBサーバーバックアップ法の検討。
- RMSAFE点検・修理→南側敷地境界X線モニター不調調査(継続)
- 年報2000年版資料作成。

トムソン計測

- CAMACによるデータ収集系の構築
一部のチャンネル(10から20チャンネル)、CAMACでも取り込み
- 長時間放電の対応
長時間放電実験時は手動にて切り替えが必要であったため、その対応
- 実験終了後は、生データ、解析データの整理作業

シ波・サブミ波

- FIR
・レーザー干渉計の運転、調整
・レーザー発振器除振架台用レール
・自動位相飛越修正回路の開発
- CO2
・24ch位相計の調整、一部改造
- ECE
・ミラー駆動用コントロール回路の追加

HIBP

- HIBPイオンビーム伝送
・ステアア#2用高圧電源回路

6ch 0~800VDC
CAMACによる遠隔操作

- 1F HIBP分析器真空排気
- HIBP入射ビーム輸送テスト
- Au-イオン減のセシウム・放射線管理区域申請書添付

月間業務報告例

- HIBP制御
タンデム加速器のPC制御システムの開発
ビーム輸送におけるCAMAC DAC のプログラム変更
ビームプロファイルモニタの改造検討
真空ゲージモニタ(入射側および分析器側)の24時間監視
データ収集および記録の整理(1週間毎のプロット出力含む)

計測ベレット

- TESPEL製作(穴あけ、トレーサー挿入)、ベレット装填作業

本体ベレット
連続ベレット入射装置検査報告書作成

NPA

- 設置打ち合わせ

データ処理

- 計測データ収集システムのプログラム開発・修正および新規計測対応
・プログラムソース整理およびライブラリ化作業(継続)
・PHA計測用CAMACモジュールのデータ収集プログラム開発(継続)
・NPA計測用CAMACモジュールのデータ収集プログラム開発(継続)
・PV-WAVE収集データ表示プログラム(Retrieve_plot)のGUI作成(完了)
・一次処理データのRAIDデータサーバーへの登録用プログラム開発(継続)
- 計測データ収集システムの保守・運用
・新規計測 MMINIT (シ波干渉計測) のデータ収集開始
・データ保存用大容量RAIDのコンフィグレーションおよびサーバ準備
・MOデータ保存システムの障害対応
・データ保存用RAIDの障害対応

共通業務

- 運転員作業調整
- 4-O新規取付け計測器準備
- PCX、TVトムソン計測機器
- PHA液体窒素補充作業運用
- 安全巡視(2/20)指摘事項対応
- CHS(多チャンネルボロメータ計測) XUVアンプの納品
- 技術研究会打ち合わせ(毎週火曜日3時~4時30分)
- 技術交流会 徳島大学総合情報情報センター 高橋氏 庫元氏

図4-2 業務計画に対する月間進捗状況報告例

ー2に示す様に、課内の業務の進行状況を図面や写真などを用いて報告する。報告に対して質問、また業務方法についてのコメントを受け、改善をはかっている。

5、各課の業務報告

5-1、製作技術課

製作技術課は年間約350件の機械加工製作は現在2名で担当し、年間約50件の回路製作も2名の担当者(1名は契約職員)で対応しているが、その製作依頼件数と製作依頼内容から担当者への負担が大きくなっている。

製作依頼のほとんどは所内の製作依頼であるが、双方向型共同研究としての製作依頼、共同研究者からの製作依頼も含まれる。

製作技術課は技術部の筆頭課として技術部各課への事務連絡業務も行っている。

平成16年度製作依頼数

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	総数	担当者数
機械	11	25	40	63	35	40	41	21	26	13	20	11	346	4
回路	7	3	2	6	4	5	2	6	8	5	1	0	49	2(1)
ガラス	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1	0	6	0
月別数	18	28	42	69	39	45	43	32	34	18	22	11	401	6(1)

平成17年度製作依頼数

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	総 数	担当者数
機械	24	21	43	34	53	36	32	22	24	23	10	33	355	2
回路	5	6	9	4	3	2	11	2	2	7	4	4	59	2(1)
ガラス	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
月別数	29	27	53	38	56	38	43	24	26	30	14	37	415	4(1)

担当者数()内の数字は担当者数に含まれる契約職員の数

図5-1-1 年度の業務依頼数

5-1-1、機械製作加工

製作依頼品は部品製作や加工、計測装置や実験装置の製作、実験装置への製作品の取付、加工にまで及ぶ。製作依頼品の多くは実験装置特有の高精度で複雑な仕様となり、NC工作機器や既存の工作機器を駆使して製作している。また、製作納期が短時間で対応しなくてはならない製作依頼も多く、緊急に必要となる加工への対応や、試作を行い、実験現場での試験を受け再度改良品を製作するなどへの対応も行っている。特殊金属を溶接する電子ビーム溶接機により、異種金属（タンタル、ステンレス鋼）などの溶接にも対応し、他機関からの要望にも対応している。

製作依頼は小物から大物まで、単品の部品製作、部品加工から計測装置や実験装置の製作、製作部品のLHD実験装置への取り付けまで多種多様である。

製作技術課において機械工作を担当する技術部員は、平成16年度において4名であったが、平成17年度には2名となっている。機械工作に対して熟練度の高い1名は平成21年度に定年退官を迎える。1名については、研究所就職以前に機械加工の経験もなく、製作技術課においても経験が浅いため、研究者の要求する複雑で精度の高い製作依頼を請け負えない状況があった。製作依頼は外注で製作すると高価になるようなものがほとんどであり、また急を要するものも多々あるため、これらの製作依頼に対応するため熟練度の高い担当者がほとんどの製作依頼品を加工しているのが現状である。製作以来件数も年間350件を越え、製作技術指導もできない状況である。このような状況下では定年退官した後の製作依頼に対して対応できない可能性がある。未熟な担当者を製作依頼に対応できるようになるには、汎用機といわれるフライス盤や旋盤を使用しての機械工作は長期間の経験によって工作技術を会得していく必要がある。指導者が指導できない状況であるのと、指導できる残り少ない期間では汎用機を使用しての工作技術の会得は困難と云える。このため平成16年度にNC旋盤を導入した。これにより飛躍的に加工対象が拡がり下記製作例で示すような「ECH3.5インチ導波管真空化部品」の短期間での試作・改良を行いながらの大量生産や「クライオターゲット実証試験装置」の高精度で複雑な部品加工が可能となった。NC旋盤では製作範囲に限られるため、精度が必要で複雑な3次元加工を行うためには新規にマシニングセンターを導入することも検討している。現在マシニングセンターは2台設置しているが、1台は昭和59年導入のため老朽化により自動刃物交換など一部機能に不具合があり、修理の対応ができないため作業の自動化ができない状況であり、高速回転、早送りなどの機能を備えていないので精密加工には熟練を要する。また1台は低速回転、低送りの大物の加工を目的とする重切削用の機械で精密加工には適さない。このため現状の製作依頼に敏速な対応ができ、精密性の高い加工が可能で、生産性の向上、省力化を図るため新規のマシニングセンターの導入、NC旋盤やマシニングセンターへ製作図面から3次元の加工データを作り、加工シミュレーションも可能で製作効率が向上できるCAD/CAMの導入、更には製作担当者の負担軽減となりえるような増員と製作の高効率化を図れるような機器の導入を検討していく必要がある。

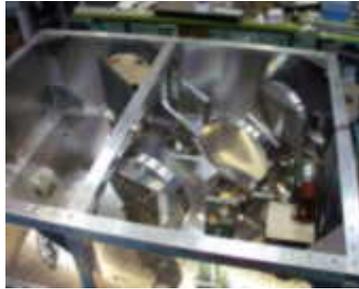
製作依頼の一例

・マイクロ波イメージング反射計

プラズマ計測のためにマイクロ波イメージング反射計の製作では、真空容器内に設置するイメージング鏡の可動機構の製作、イメージング鏡の製作を行った。イメージング鏡は大きいものでは楕円凹面鏡



可動機構部テストベンチ



受光部（種々の凹面鏡）



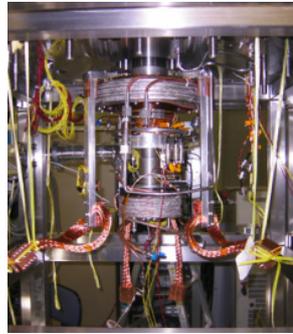
ダイクロイックプレー

写真5-1-1 マイクロ波イメージング反射計

の短径450mm×長径500mm（材質アルミ）ものをはじめ、数種類の大小の凹面鏡の製作を行った。凹面鏡の製作は1枚につきマシニングセンターで連続約1週間製作時間を必要とした。構成部品のダイクロイックプレートは厚さ8mmのアルミ板に穴径2.5mmの45度傾斜穴を2.8mm間隔で約7000個あけたものなども製作している。

・クライオターゲット実証試験装置

大阪大学レーザーエネルギー学研究センターと核融合科学研究所の双方向型共同研究により高速点火方式によるレーザー核融合実験用クライオジェニックターゲットの開発が行なわれている。そのターゲットの実証のための装置を製作した。その装置はSUS、アルミ合金、FRP、無酸素銅などで作られた300点以上の部品からできている。



部品類

写真5-1-2 クライオターゲット実証試験装置

・ECH3.5インチ導波管真空化部品

既存のECH3.5インチ導波管の伝送効率の向上を図るため、伝送路を真空化することとなり、導波管継手部分の真空化フランジ、真空引き口の製作を行った。既存の導波管に取り付けるため、最適な形状とするために試作、改良を繰り返し行った。部品点数としては1系統約300点に及んだ。

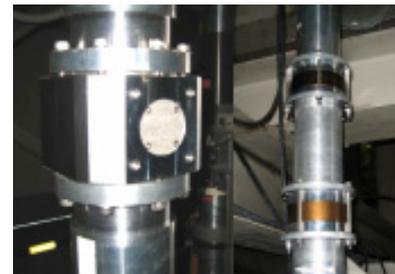


写真5-1-3 ECH3.5インチ導波管真空化

・各種ミラー

ECEや荷電交換分光等で必要となるミラーの製作依頼を受け製作したが、ミラー加工は表面精度が必要となるので刃物送り間隔を低間隔にする必要があり、数日間連続運転となる長時間の精密加工が必要となる。

・テフロンレンズ

ECEマイクロ波イメージング計測で使用するテフロンレンズの製作を行った。九州大学との共同研究で使用されるもので、種々の形状のレンズの製作を行った。

- 導体試験装置

超伝導実験のための導体試験装置。個々の部品作成から完成まで行ったが、製作依頼時には完成された図面がなく、研究教職員と個々部品の製作検討しながら製作を行い、組立を行っていった。

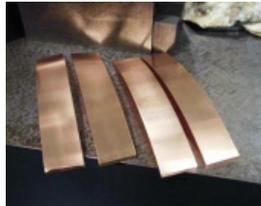
5-1-2、電子回路製作

電子回路機器の製作依頼を受け、仕様の相談を行い回路設計から部品調達、組立、動作試験まで行っている。回路製作ではプラズマ計測装置から検出される信号を処理するための回路製作や、装置や計測機器の制御回路の製作、完成して納めた機器の改良を行うなどの製作依頼に対応している。ほとんどの依頼品は実験装置特有の信号を処理するための特殊な回路製作になり、依頼者の仕様を満足するための回路開発が必要となる。このため一件の製作依頼に対して回路の開発、組立、試験、調整といった過程となるため長期間の製作期間が必要となる。

回路製作ではプログラミングにより約10万ゲートを組み込むことができるLSIのFPGA (Field Programmable Gate Array) の導入、コンピュータのCAD/CAMからプリント基板を製作できるプリント基板加工機を導入し部品実装、回路製作の軽減化を図ってきた。また回路製作では回路



テフロンレンズ



ミラー



導体試験装置



写真5-1-4 製作部品類

性能を保つために重要となる電源部の製作に於いて、その回路ごとに対応した電源負荷を製作し特性を調べる必要がある。この個々の負荷の製作の手間を必要とせず特性を調べることができる電子負荷装置、製作回路の回路周波数特性を調べるためのネットワークアナライザを導入し、回路製作の効率化、製作した回路の高精度、高信頼化を図ってきた。更に、最近の電子部品の小型、高密度実装に対応するために表面実装の器具も揃えてきている。しかし、これらのような効率化を図る機器や、精巧な計測装置の導入を行っても、対応する担当者が減員の状態では、実験研究で必要とされるような回路技術の伝承や要求される製作依頼への対応が困難であるので、増員が望まれる。

製作依頼の一例

- 位相検出回路

FPGAを使用し3ch分の回路を集積した。密度計測時に発生するフリンジジャンプを補正する回路を組み込み、実時間フリンジジャンプ補正機能を付加してある。現在LHD FIRレーザ干渉計で12ch分がテスト運用中である。本回路は中部大(2台)、京都大(2台)で使用しており、所内では他にLHD CO2レーザ干渉計で1台、LHD FIRで5台使用、CHSでも1台使用した。

・データ処理タイミング復調器

LHD中央制御装置から配信される光トリガ信号を受信して、そこから情報を取り出し、タイムカウンタを動作させて、トリガ受信時から任意の時間でユーザがトリガ用のパルスを得るものである。従来のVMEコンピュータ型のものが入手困難になったことと、小型化を図りたいため今回の製作依頼となった。一個のFPGAにLinuxコンピュータと復調回路を乗せ、Ethernetで復調器の動作を設定する。

・ゲート積分回路

東大との共同研究で使用されるゲート積分回路の製作を行った。RSI論文に掲載されていたものを元にゲート時間の高速化を図った。ゲート遅延で100ns～、ゲート時間で20ns～を達成した。



位相検出回路



データ処理タイミング復調器
写真5-1-5 電子回路業務例



ゲート積分回路

5-1-3、ガラス・セラミック製作加工

ガラス・セラミック製作加工では、ガラスフランジ、ガス封入ガラス管試料、ガラス管溶接、セラミック部品加工などの製作依頼に対応する業務を行ってきた。平成15年度末に担当者が退職し、定員削減により現在は担当者不在の状況である。その後も特殊な加工となるプラズマ展示装置のくるくるヘリカル放電管製作や、ガラスフランジ製作などの製作要望が生じた際には、退職者を短期間のスポット的な契約職員として雇用し対応を行っているが、今後この状態を継続することは困難である。



くるくるヘリカル放電管

5-1-4、展示物の製作

所内見学者にプラズマを紹介する展示装置としてくるくるヘリカルの製作を行った。ドイツGreifswald大学Alfred Rutscher教授のアイデアに基づき、製作技術課にてガラス放電管をはじめ電源部まですべて製作した。現在は2台あるが、所外への貸し出しを積極的に行っており、各種展示会でも好評のため3台目の製作を行っている。



写真5-1-6 くるくるヘリカル

また、研究所広報活動の一環として、研究所マスコットのメタルモデル、ペーパークラフトモデルの製作を行い所内外で展示している。

5-2、装置技術課

現在の形態と今までの活動

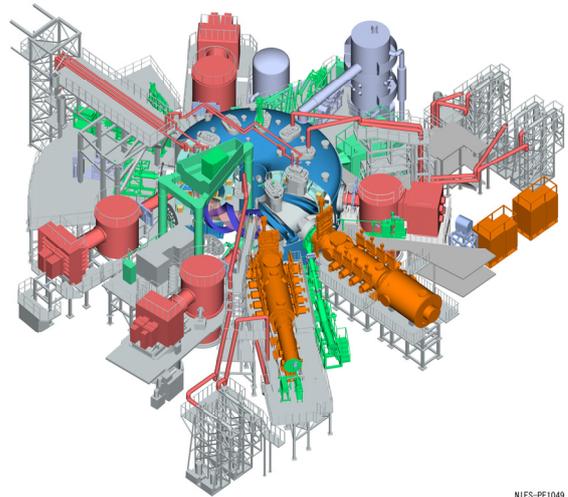
装置技術課では、LHD本体室、本体地下室の維持管理を行うための努力を行ってきた。課の構成は、システム、電源、真空、低温の4係で構成されている。

5-2-1、配置設計と解析

LHD装置及び周辺機器の配置を主業務とし、配置作業会の委員をつとめ、空間配置、ポートの管理を行っている。

施工チェックリスト、真空チェックリストの検査、管理を行っており、これらの情報を電子情報化している。

LHD真空立ち上げ時は、リークテストの責任者としてコーディネータ（実験時最高責任者）を勤める。右図は管理用ファイルから作成した、3次元図で説明用などに供されている。



NIFS-PE1049

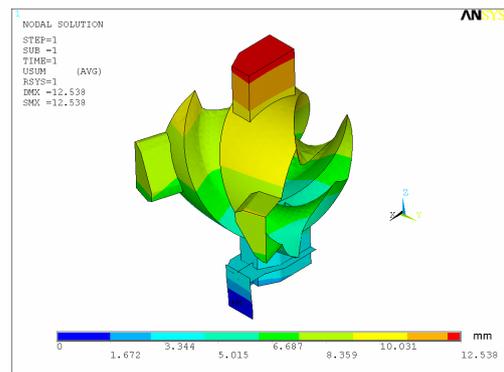
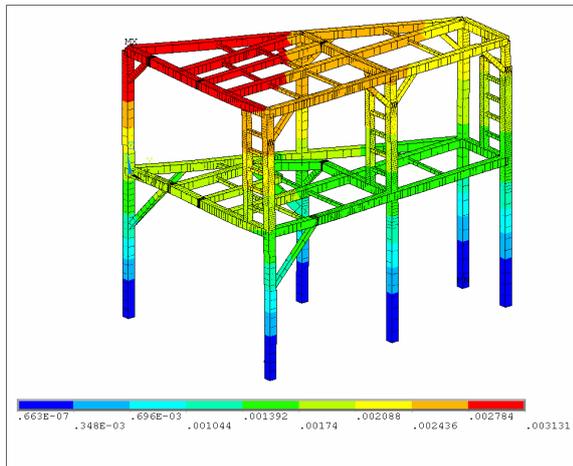


図5-2-1 LHD本体および周辺機器のCADおよび構造解析

右上図は真空容器ベーキング時の熱膨張を計算したもので、赤いところで12mm、緑の所で6mmの膨張が予想された。左上図は前サイクル前にNB I 4号機を設置するために作り直したステージの応力ひずみ解析で、0.3Gの力が働いたときに3.3mmの変位が生じることを示している。ステージ等の地震などの応力による歪みを小さくすることは、LHDの真空を維持するためにも重要で、大きな変位は装置同士の衝突、破壊を意味する。これらが発生しないように設計している。

5-2-2、重水素実験のためのアルゴンガス拡散計算

重水素実験を行うと本体室内のアルゴンガスが放射化する。これらのガスが大気に放出されたときどのように拡散するかを計算した。これにより0.01%以下の濃度になることが確認された。これらは住民への説明資料に供された。

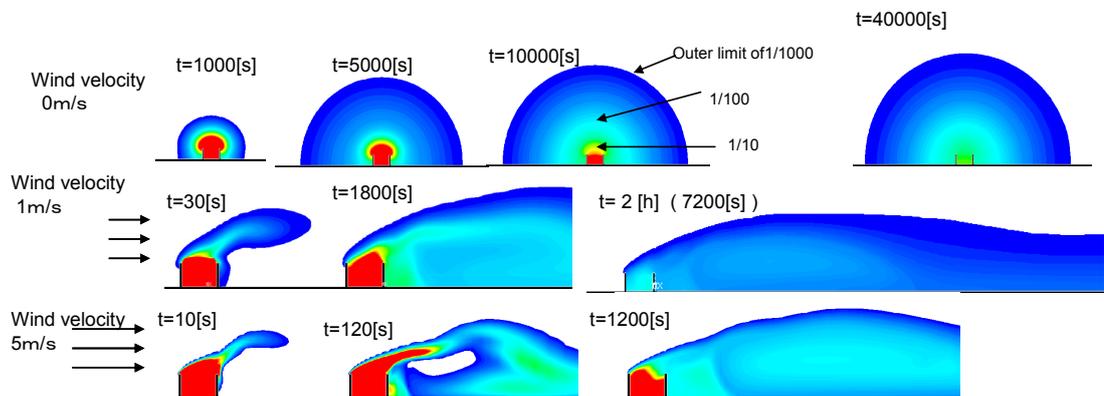


図 5-2-2 アルゴンガスの拡散についてのシミュレーション

5-2-3、電源管理

電源係はLHDに供給される、商用電源、及びLIDコイル電源を主業務とし、電力小委員会の委員をつとめ、実験用電気代を年度開始前に算出する。研究所内に実験用の電源盤の管理を行っている。デマンド管理を行うため、デマンド値を研究所ネット上から常時見える機器の開発を行った。(右図) このページには、電源盤の利用状態の情報リアルタイムで見え、かつ利用者等が検索できるようになっている。

LHDは年間60GWhの電力を必要とし、その予算確保のため、算出プログラムを作成した。研究所内の負荷とその運転スケジュールを調査し、負荷率を定め、年間計画をたてると消費量が算出できるようにした。

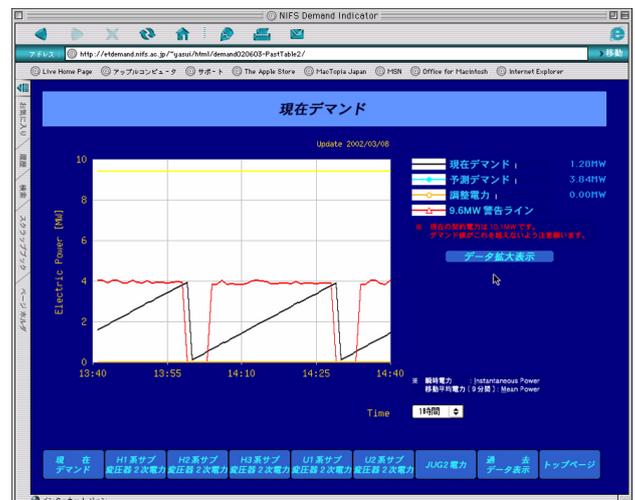


図 5-2-3 電力量デマンド表示

	2005		2004		2003	
	estimation (kWh)	results/estimate (%)	estimation (kWh)	results/estimate (%)	estimation (kWh)	results/estimate (%)
compressor building	17712158	100.0%	20118250	98.2%	20619816	100.0%
Heating lab.	1716240	99.6%	1370642	96.7%	1302570	100.1%
Develop lab.	3011024	99.7%	3069584	98.4%	3059235	96.1%
Computer lab	4722120	100.0%	4722120	102.7%	4722120	100.6%
Measurement lab	784080	99.1%	871200	101.7%	914760	100.4%
Fly wheel building	2709360	99.6%	3179970	101.2%	2728962	100.2%
Control building	1459963	100.6%	1537497	104.5%	1429404	101.2%
Superconducting lab	1401347	99.6%	1184418	99.9%	1427026	100.0%
LHD building	16250567	93.0%	17511226	97.9%	17888892	90.0%
Water cooling 1	2616739	100.5%	2598624	101.0%	2304029	100.2%

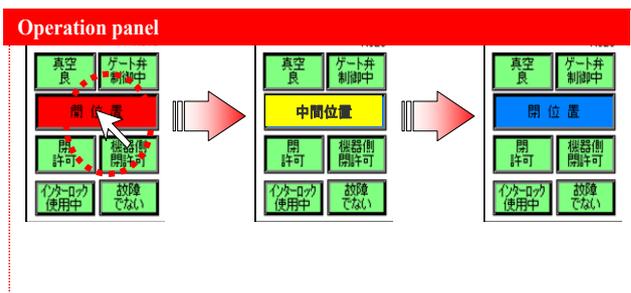
図 5-2-4 年間電力量の計算と実績比較

上記表はここ3年間の予想値と運転結果の表である。重要なのは合計でこれが100%を越えると予算不足が発生する。また小さすぎると年度末に余剰が発生するし、当初メンテナンス費用が削られることになる。このプログラムは毎年パラメータの見直しがされており、昨年は99.2%の消費であった。

5-2-4、真空に関する業務

LHDの真空に関すること全てを主業務とし、真空委員会の委員、取扱者をつとめ、施工管理チェックリスト、真空チェックリストを審査し、真空排気装置、真空容器の維持管理を行っている。真空ホームページを管理し、LHDの真空に関する情報を管理している。右図はここ数年間にセットアップしたポート数と真空リークの発生数である。毎サイクル120以上のポートに計測機、観測窓等を設置しているが現在の管理体制で5%以下に収まっている。また、本体冷却水設備の管理も行っており、情報はネット上からいつでも確認できる。冷却水の停止は圧縮機や真空排気機器の停止につながるので、健全性を保つことは重要である。

数年かけてゲートバルブ装置を一新した。管理するゲートバルブが増加したのと、信頼性をあげることが、真空リークを減らすために必要であったからである。リーク発生時などに確認しやすくするために、1画面上にすべてのゲートバルブの状態を表示した(右図)。右端の緑のグループボタンを押すと下記グループ表示が現れる。運転方法ごとにグループ分けして操作ミスが少しでも発生しにくくするようにした。これらのことは9年間の運転で得られた経験を反映した。グループ分けしたボタンを押すと下記表示のように開が赤、動作中が黄色、閉が青で表示される。



これらのシステムは製作技術課、制御技術課、との共同作業で達成された。部の中で必要な技術を持っている者たちでグループを作り、課の壁を越え作業された良い例である。すべてを設計し、操作画面まで作ることで、最良のシステムを構築できた。

真空に関する情報は次のようなホームページに集約しており、ポートの写真(毎年更新)、利用者情報、真空容器内部からみた写真、過去のリーク情報、モニターシステム、真空機器メーカー連絡先に至るまで

Attendance results of flange work

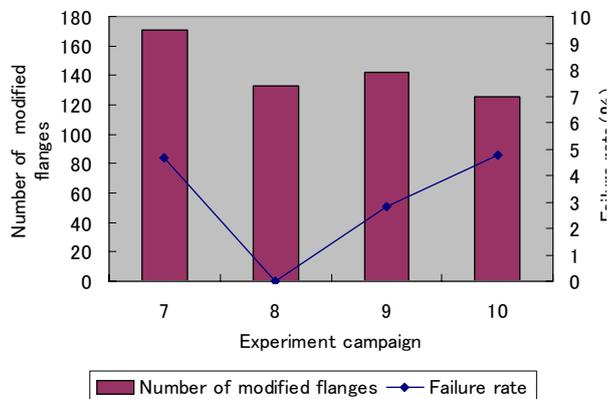


図5-2-5 ポート取り付け数と真空リーク



図5-2-6 ゲートバルブ表示

載っている。

モニターシステムはリアルタイムで表示され、システムの運転状況、真空度の時間変化、質量分析器の情報などが研究所内に公開されている。VPNシステムを使えば外部からみることもでき、担当者にはこれを用いて、自宅から状況確認してもらうことができる。このシステムはトラブル発生時には自宅に於いてほとんどの情報を得ることができ、判断ミスを減らすことにつながった。



5-2-5、低温装置に関する業務

低温係は低温機器に関すること全てを主業務とし、LHD冷却運転計画を立案し、遂行する。高圧ガスにかんする特殊業務をつとめ、低温機器、制御装置の運転維持管理を行っている。LHDを運転する上で、制限要因は超伝導コイルの状態から発生するので、冷却の推移は電力消費計画、真空排気計画に影響する。また真空排気の状態は冷却計画に影響を及ぼす。

低温システムは977のセンサと270の調整弁、8台の圧縮機、7台のタービン、その他ヒータ等があり、LHDでは最大の制御システムである。右上図はLHD運転開始時からの液化機システムの故障をまとめたものである。この間の低温システムの運転は 定常冷却積算運転時間は28,501 hr、低温システム積算運転時間は41,863 hrに達し、LHD 低温システム稼働率は99.2%になる。

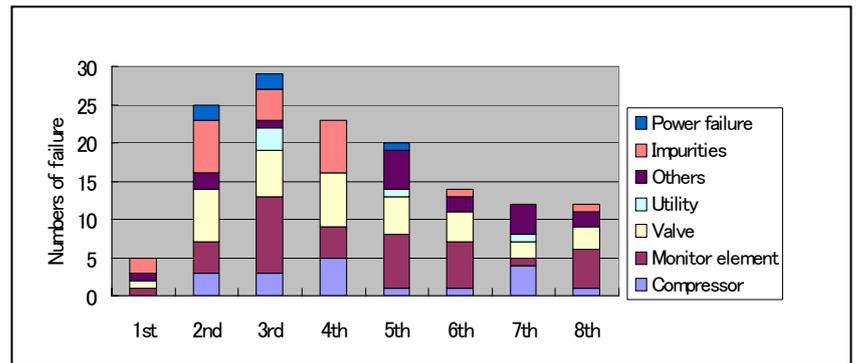


図 5-2-7 真空に関する Web 表示とトラブル数

このため液化機と真空と電気の運転計画調整でトラブルなどによる計画の遅れを乗り越える事ができ、実験計画に影響を与える事を最小にできている。前サイクルの低温システムの運転結果を示す。

装置技術課で管理している機器はインターネット上に情報を載せることで、担当が自宅から確認できるようになっている。液化機、真空排気機器、冷却水装置はリアルタイムで確認ができる。

核融合研設置時の指導により、運転員を雇用し24時間監視体制をひいている。運転員はマニュアルに従って、運転操作と監視をおこなっている。

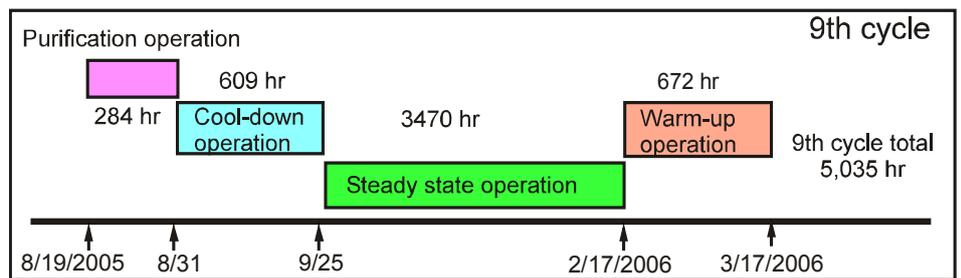


図 5-2-8 液化機運転実績

5-2-6、運転管理

ガスパフの運転は真空操作、教官の要望など多岐に渡り、かつ操作ミスはクライオポンプの運転停止など、影響が大きいので、技術職員を2名張り付けている。また低温システムの運転のために1名が液化機現場制御室に張り付いている。トラブルが発生するとこの3名が連絡を取り合い、最短時間で復帰させる努力を行う。運転員、技術職員はもちろんのこと、教育職員、事務職員にも協力を要請する。

真空の維持と冷却の維持を最優先に運転管理を行っている。

5-3、加熱技術課

LHD実験が開始されて以降の加熱技術課の業務としては実験期間の約半年間は主に装置の運転及び日常点検を行い、装置の運転データ計測やログ管理等を含め、加熱装置の安定な運用に努めている。特にNB Iの装置運転では装置能力を最大限に発揮させるために連日、実験開始前の時間から夜10時までコンディショニングを含めた運転を実施している。他の加熱装置についても同様にコンディショニングや調整運転を実施しているため実験期間中は3シフトの勤務態勢で対応している。また、非実験期間は装置の年次点検や改造・改修及び開発や調整試験に関する技術業務が主なものである。

以下に法人化後に実施した業務内容の内、いくつかの例を示す。

5-3-1、NB I

NB Iでは実験開始当初は2接線入射ビームラインでスタートしたが、その後現在に至るまで接線入射と垂直入射のビームラインをそれぞれ1系統増設した。接線入射のビームラインは全て負イオン源を使用しており、垂直入射は正イオン源である。これらのビームラインの増設に伴ってその据付、ユーティリティの整備、計測や制御に関する技術業務に取り組む一方、コンディショニングでは過去の運転データを基にしたデータベースによる自動コンディショニングにもトライしている。ここでは装置の安定運用と運転に関する改良例を紹介する。

5-3-N 1、NB Iにおけるビーム画像保存システム

LHDで使用しているような大型の負イオン源では、ビームが空間的に不均一になるという問題がある。この不均一性を評価するためにLHD-NB Iではビーム引き出し面近くの側面にCCDカメラを設置し、ビームと真空容器内の残留水素ガスによって発生するH α 光を観測し、この映像をPCに画像データとして取り込み、運転パラメータの調整によるビームの不均一是正を行った。図5-3-1はそのシステム構成図である。

5-3-N 2、LabVIEWによるNB I計測モニター画面

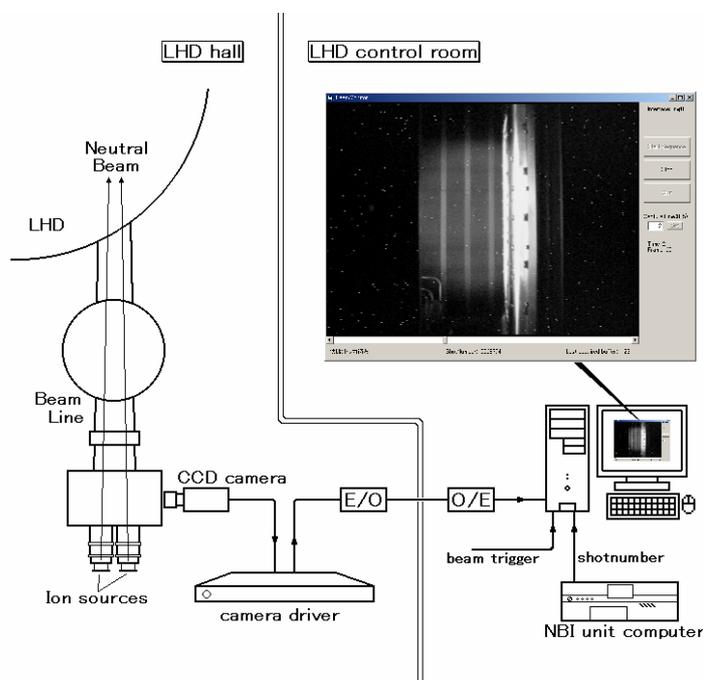


図5-3-1 ビーム画像保存システム

NBI加熱装置を運転する際は関連の全ての電源の電圧電流値をはじめ、各部の冷却水温度、流量やその他ビームラインの各部の温度等をモニターしながら運転することになるが、これらを数値データとしてモニターしていると状態を直感的に把握することが困難なことからPCベースの計測器であるWE7000を用いてアーク電流、電極冷却水温度、流量、ドリフト管温度、ビームダンプ室温度の他、各種の信号を計測し、データを計算したり、グラフ化して分かり易く表示するためのプログラムをLabVIEWを用いて作成した。図5-3-2はそのモニター画面の一例である。

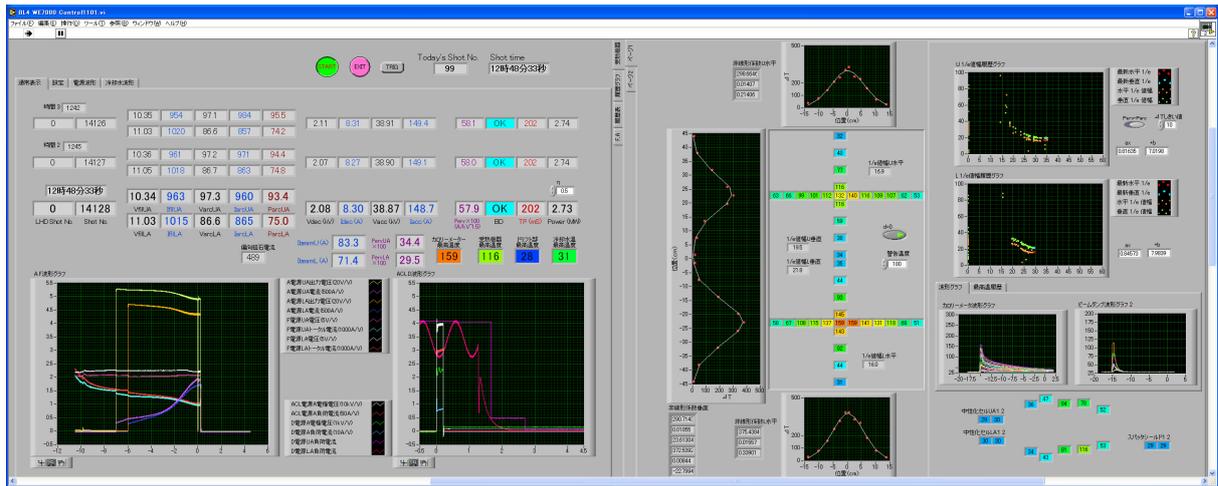


図5-3-2 LabVIEWを用いて作成したモニター画面

5-3-2、ECH

ECHでもこの間、ジャイロトロン及び伝送路の増設を行ってきており、当初は2系統だったシステムも現在は9系統（内1系統は定常対応）となっている。NBI同様に運転・保守や据付、ユーティリティの整備、計測や制御に関する技術業務を担当しており、ジャイロトロンの運転に関しては各種の計測信号から運転状態や出力の把握、データログの管理などプログラム作成をすることで制御画面等に反映し、運転環境を整えてきた。また、伝送系でのアーキングを回避するために導波路の真空化を順次行っているが、元々エアタイト型であった導波管を真空化するために改良や新たな伝送パーツの開発などを行ってきた。ここでは定常実験対応で不具合のあった伝送部品の改良、真空化対応で増設したジャイロトロン整備に関する例を紹介する。

5-3-E 1、ECH伝送系の定常実験対応

ECHでは1系統の定常動作ジャイロトロンを導入し、長時間のプラズマ保持実験に臨んだが、不要伝送モードの発生あるいは反射による伝送路での損失が大きくなり、使用していた1.25インチの真空導波路の一部の伝送部品が熱歪みによって変形してしまった。そこで新たに破損した部品である導波管真空排気ポートとDCブレークを開発し、同時に導波管の冷却を強化した。真空排気ポートについては排気コンダクタンスを考慮し、マルチギャップの高効率排気セクションからシングルギャップに変更し、DCブレークについてはギャップ構造でFRPによる絶縁確保からアルマイト加工の短い導波部（ギャップ無し）を挿入することによってECHによる定常プラズマ保持実験を成功に導いた。図5-3-3は熱歪みで変形（破損）した伝送部品と新たに開発したものを示している。

5-3-E 2、新設の 84GHz ジャイロトロン及び導波路の真空化

ECHシステムの伝送路はこれまで1.25インチの真空導波路以外は3.5インチの大気導波路であった。しかし、これまで大気導波路ではアーキングによって伝送パワーが制限されていた。その原因としては純度の高い伝送モードの確保が困難であったことが挙げられる。そこで導波路を真空化することでアーキングの限界を上げ、ハイパワー伝送を試みた。新設のジャイロトロンは絶縁オイルタンクを自前で設計し、据付調整、ビームアライメント等を行い実験に臨んだが、これまでの大気導波路での300kWの制限を大きく超える500kW入射を実現した。

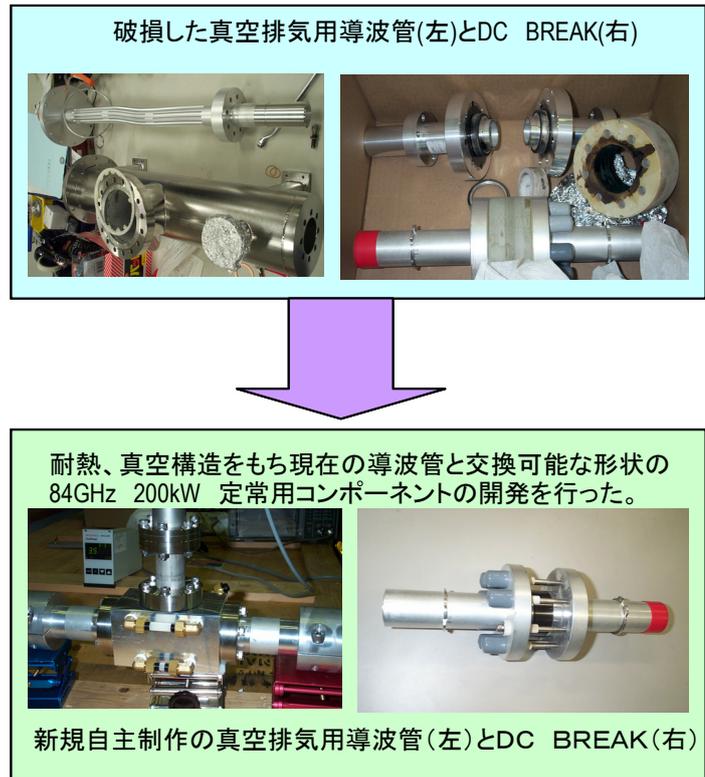


図 5-3-3 新規開発の導波管コンポーネント

5-3-3、ICRF

ICRFでは加熱実験棟でR&Dを行い、発振器としては定常動作を確認したものを実機としてLHDに移設し、東山キャンパスから移設した発振器を含め8台の発振器を整備していた。そして伝送路の整備を行い、第3サイクルから実験に使用してきた。これまでの間にAGC波形制御システムやアンテナ

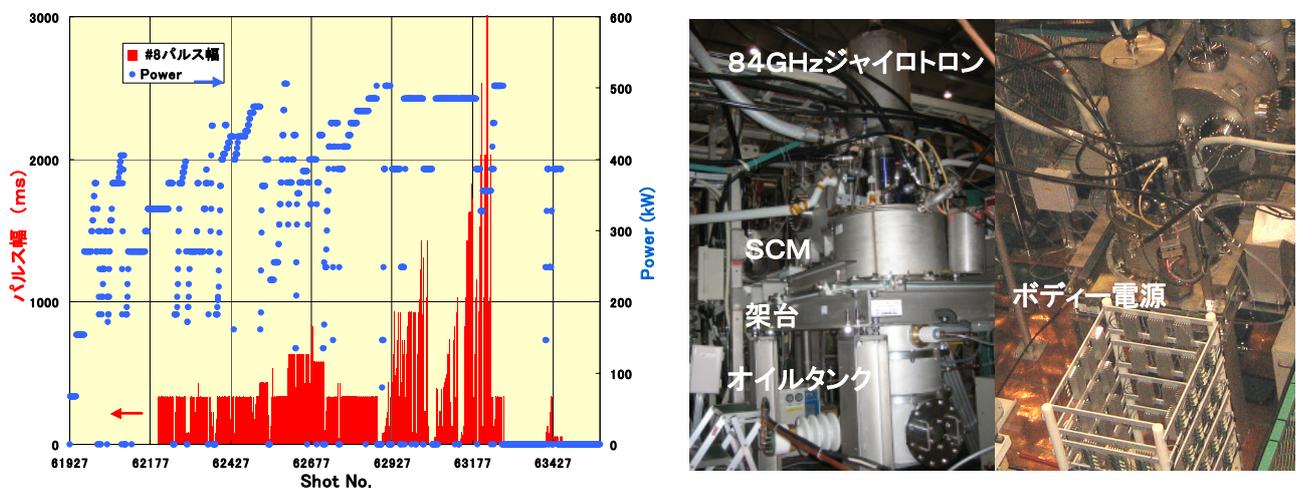


図 5-3-4 入射パワー履歴と新設ジャイロトロン

ナ整合用周波数負帰還制御システムなどの構築、液体ダミーロードの試作、高周波同軸切換器、定常用水冷同軸伝送管の開発などを行ってきた。東山から移設した発振器は老朽化のため手間の割にパワーが出ないことからある時期に整理を行い現在の発振器6台、伝送路4系統のシステムとなり、定常化に向けた整備を行った。ミッション実験となったICRFによる定常実験ではスタブのリアルタイム制御の実現と相まって大きな成果を残した。以下にそのスタブ制御と定常化に向けた整備について紹介する。

5-3-I 1、スタブフィードバック制御システム

この2-3年間は定常実験が大きなテーマであった。しかし、ICRFの長時間放電でプラズマを維持するためには常にアンテナからプラズマへのローディングを一定に保つ必要がある。プラズマの状態は刻々と変化するためICRFシステム側でインピーダンスの整合をとる必要があることから、その運転時の入・反射情報を液体スタブチューナーのコントロール回路にフィードバックし、リアルタイムで整合をとることに成功した。これによってICRFの長時間プラズマ保持実験が成功裏に進捗し、他の加熱装置と合わせて1.6GJの加熱入力の記録達成に貢献した。図5-3-5はそのスタブフィードバック制御システムを示している。

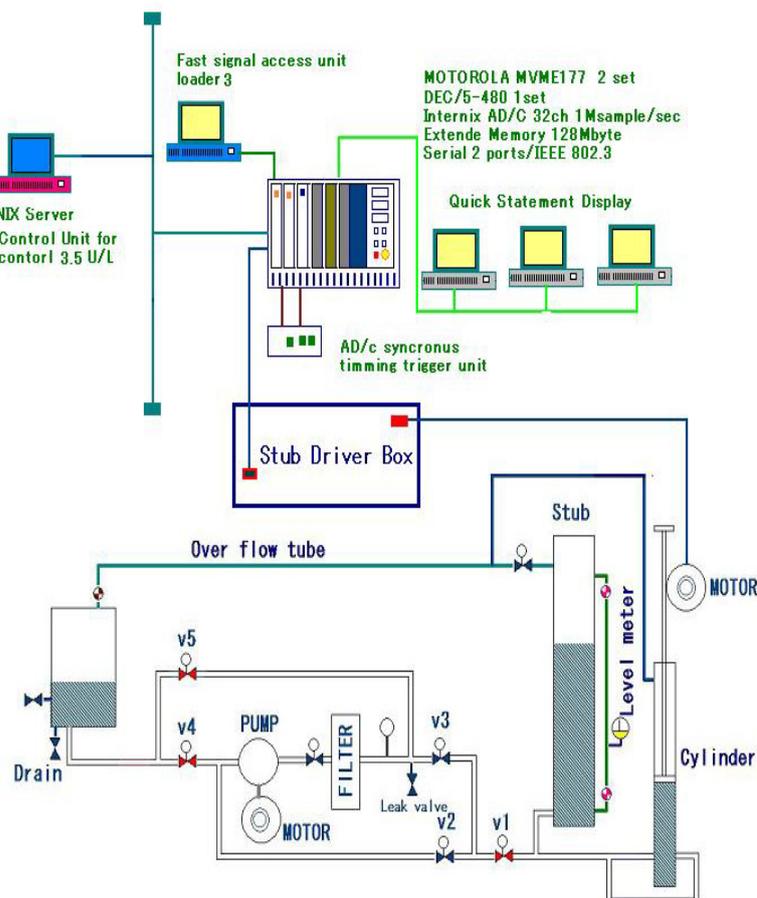


図5-3-5 スタブフィードバック制御システム

5-3-I 2、定常実験に向けた整備

ICRFシステムではハイパワー定常実験に向けて老朽化したパルス発振器を整理し、定常動作が可

能な発振器整備を行った。同時に伝送路も定常対応のために開発してきた水冷式同軸管に変更し、据付作業を行った。また、周波数可変に対応するために導波路長の変更が容易にできるように工夫している。また、制御回路も一新し、長時間運転に対するインターロックの強化やプラズマの崩壊を避けるために密度上昇等をモニターしてECHをカンフル入射させるシーケンスを組み込んだ。図5-3-6は新たに整備した発振器及び伝送路である。

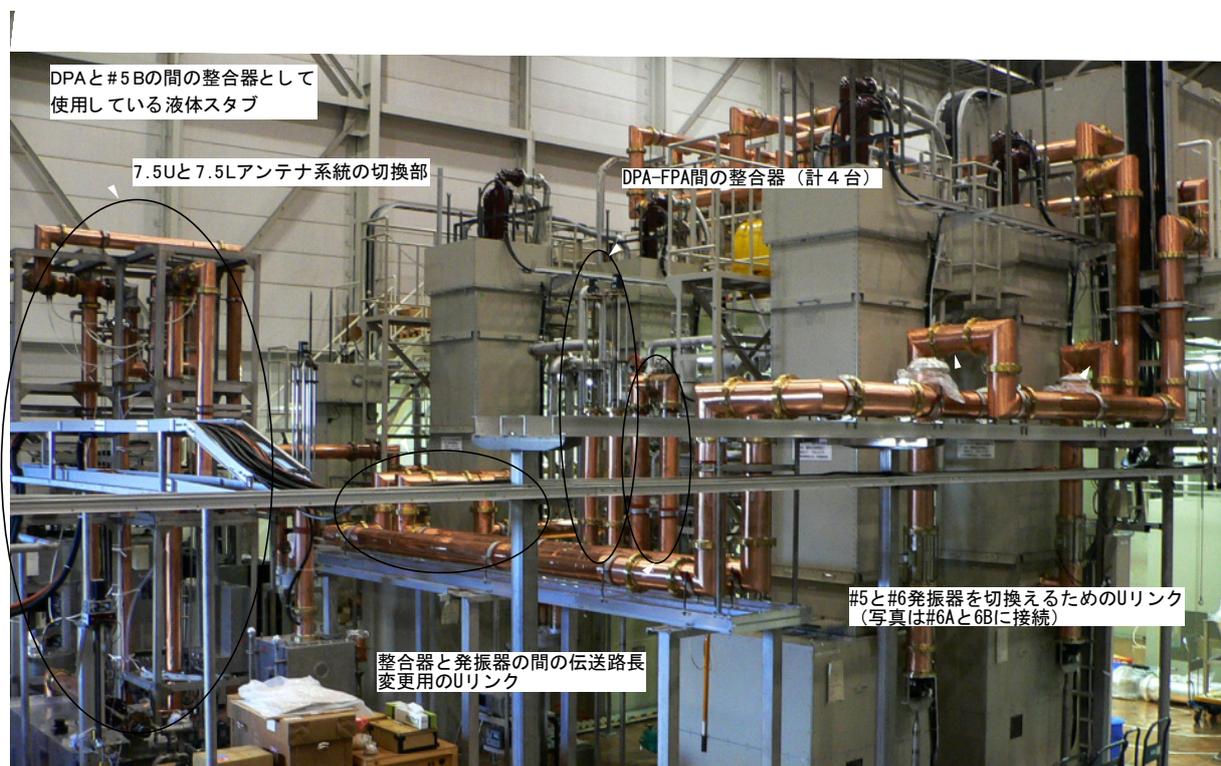


図5-3-6 定常実験に向けて整備された発振器と伝送路

5-3-4、付帯設備

準定常電源（MG）及び純水冷却装置は加熱装置の共通設備として運用及び維持管理を当課が担当してきている。準定常電源は3つの加熱装置にパルス大電力を供給するために整備されたが、現在の実績としてはNB Iと昨年度で実験を終了したCHS装置へ給電してきている。MGの仕様としては250MVAで、パルスあたりの最大発生エネルギーは1400MJとなっている。また、パルス幅は当初、最大60秒となっていたが負荷であるNB Iの要求により100秒運転が可能になるよう改造を行った。これまでに大がかりな上部ローターのオーバーホールを一度実施しており、平成17年7月までの累積運転時間は15,627時間、ショット数343,368となっており、大きなトラブルもなく順調に運用できた。また、純水冷却装置は全ての加熱装置に純水を供給する設備として設計の段階から担当してきた。設備としては2系統からなっており、当初の構成は図5-3-7のフローダイアグラムに示すようなものであった。熱除去能力としては当初想定されていたECHによる3MW定常入射に対応し、6500Mcal/hとなっており、ポンプの総流量を含め、大規模な冷却設備である。この間、実験時のトラブルによる加熱装置の運転停止を避けるための二次冷却水ポンプの増設及びシーケンスの改造や純水タンクの加圧化そしてNB Iロードポンプの増設に対応し、年次点検によるメンテナンスを確実に行って順調な運用を行ってきた。

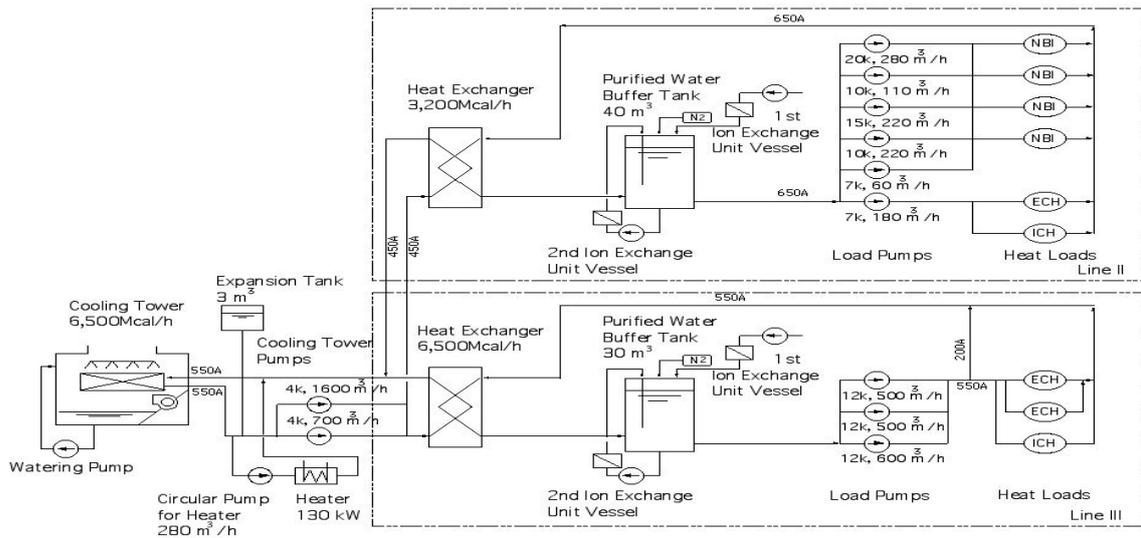


図 5-3-7 システム II & III フロー図

5-4、計測技術課

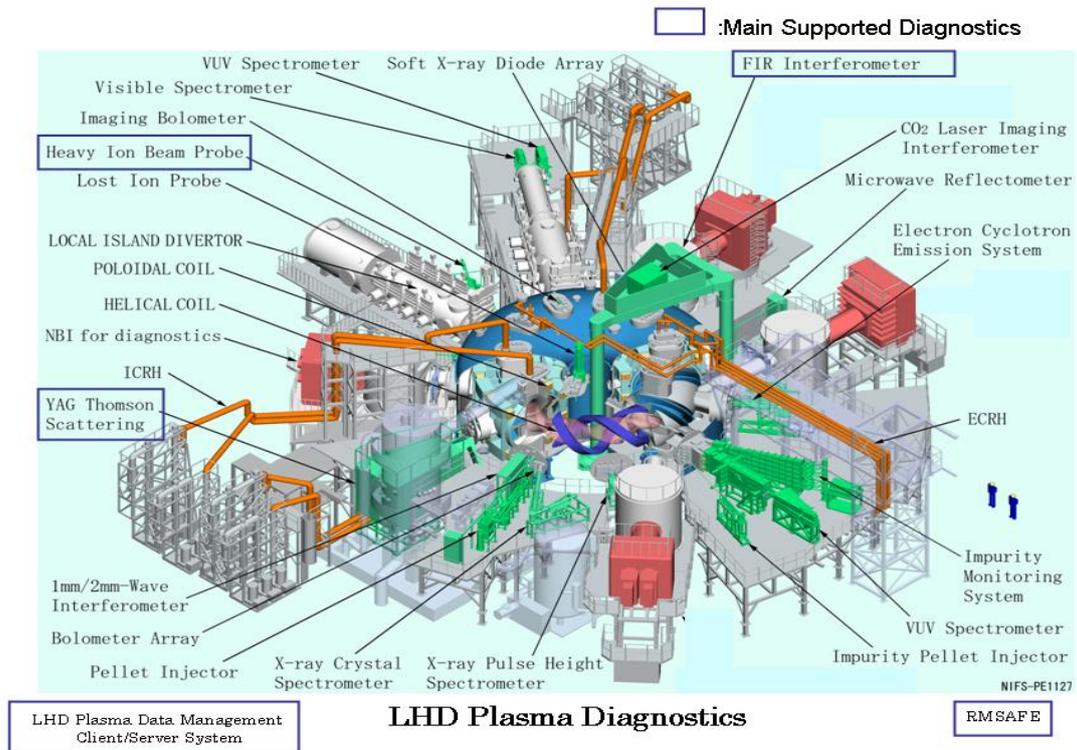


図 5-4-1 LHD 計測器と計測技術課の主な支援計測器

計測技術課は LHD プラズマ計測器、計測データ収集システム、放射線モニタリングシステムを担当している。LHD プラズマ計測器は小型から大型まで多数の設備と装置から構成される (図 5-4-1)。計測

技術課は、建設期において、これら計測器の開発、設置、調整を研究職員とともにいった。実験期に入ってから、既設計測器の運転、点検、保守を計測運転員の支援を受けながら実施するとともに、これら計測器の校正や改良を進めてきた。真空リークテスト装置（図5-4-2）によるLHD設置前計測機器の真空リークテストやシャッター制御装置の整備、配管配線の布設等により、新規計測器の設置支援も行ってきた。これらにより、当課はLHDの諸プラズマパラメータの計測に貢献してきた。また、技術研究会やプラズマ核融合学会といった国内学会ばかりでなくSOFTをはじめとする国際会議へも積極的に参加し、計測器開発に関連した技術発表を積極的に行うとともに、ソフトウェア開発、真空技術、回路技術、放射線等の講習会に参加し、



- Main diagnostics vacuum parts checked by the system (FY2005)**
- Al windows for the Thomson
 - Laser injection window for the edge Thomson
 - MLM spectrometer
 - Feed through of the Soft X-ray diode array
 - Part of the Li Beam Probe System
 - Window for monitoring of the bolonization
 - Window for monitoring of the pellet injection
 - The sample with shutter for the PSI experiment

図5-4-2 真空リークテスト装置

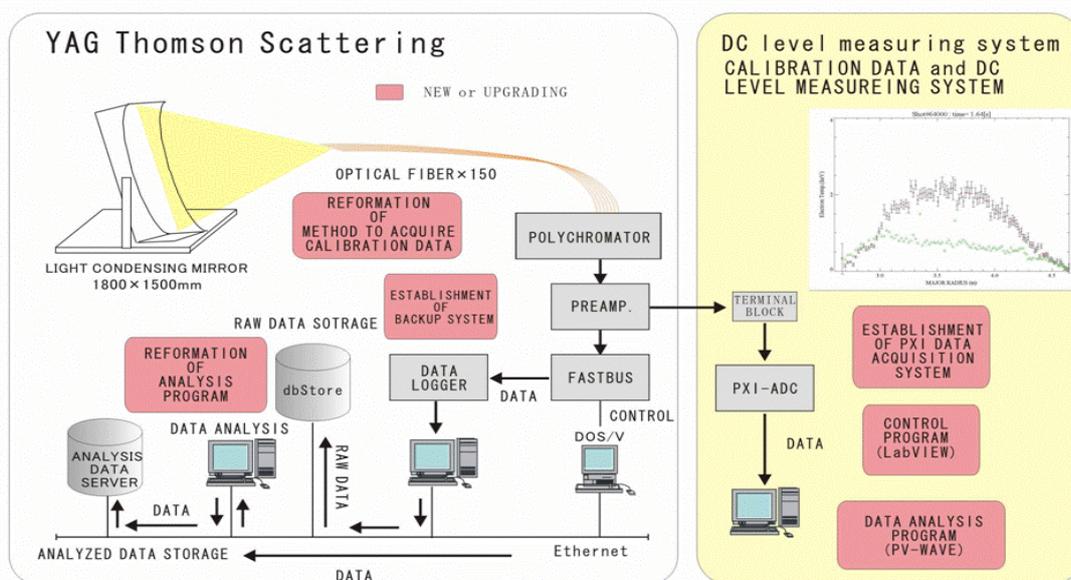


図5-4-3 トムソン散乱計測装置

技術力の向上に努めている。主な支援計測器はトムソン散乱計測器、HIBP及びFIRレーザ干渉計である。

5-4-1、トムソン散乱計測器

建設期において、レーザービームの光軸制御システムの開発、ビーム検出系と各種ミラー系等の製作、調整によりプラズマ中で0.1mmの制御精度を達成し実験に貢献した。また、大容量かつ高演算処理が要求されるデータ処理系をFASTBUS-WindowsNTを用いて開発した。実験期においては、計測運転員の支援によりYAGレーザ及びデータ収集系の運転を実施するとともに、ポリクロメータの校正、カバーガラスの透過率測定、ミラーの反射率測定等の保守作業を実施してきた。また、校正手法及びデータ収集系の改良や密度校正を実施するための多チャンネルデータ収集システムの開発を行い、トムソン散乱測定

器による LHD プラズマの電子温度及び電子密度データの取得に貢献している (図 5-4-3)。

5-4-2、HIBP

計測実験棟における、タンデム加速器試験運転、イオン源及び分析器開発実験を研究職員とともに行った。また、大型ヘリカル実験棟本体地下室へのタンデム加速器の移設作業と本体室への分析器移設作業等を実施した。移設後

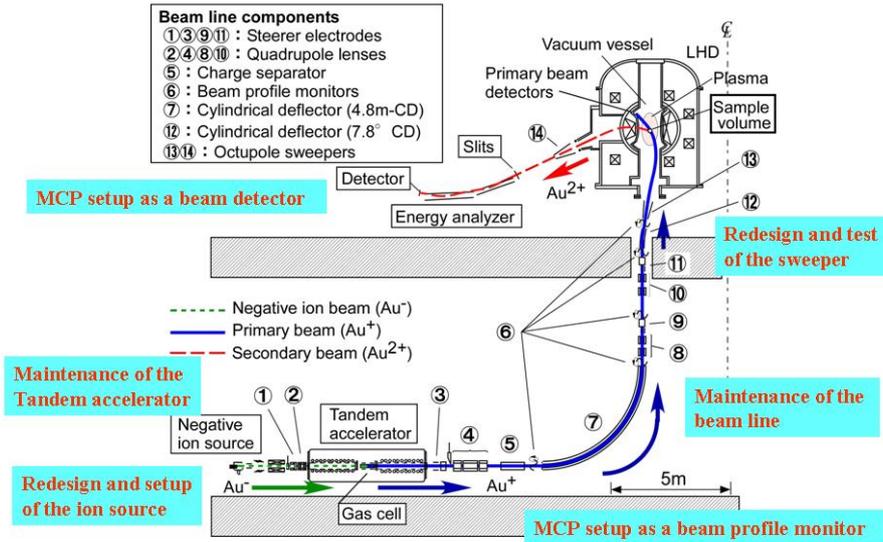


図 5-4-4 HIBP 計測システム

のシステム構成を図 5-4-4 に示す。移設後はビームラインの整備を行うとともにビームプロファイルモニター、スイーパーの改良を進め、2004 年度の実験において 2 次イオンビームの取得に初めて成功した。その後もビームの取得効率をあげるためにイオン源、ビームライン、スイーパー、検出器等の改良を引き続き行ってきた。その結果、2006 年度では本来の目的である電位計測につながる二次イオンビームの計測に成功した。今後は、HIBP による本格的な電位分布計測を行うためにさらにイオン源や検出器等の改良を進める。

5-4-3、FIR レーザ干渉計

計測実験棟においてプロトタイプ光学スタンドによる高感度位相検出器の開発試験を行った。また、大型ヘリカル実験棟計測機器室へのレーザの移設作業や本体地下室への主要計測機器の設置を行った。システムの全体図を図 5-4-5 に示す。設置後は計測運転員の支援によりレーザの運転保守を実施するとともにシャッター制御機構や真空排気系等の保守、整備を実施し、LHD プラズマ実験における電子密度計測に貢献してきた。また、高密度計測に対応したフリンジジャンプ修正回路を開発し高密

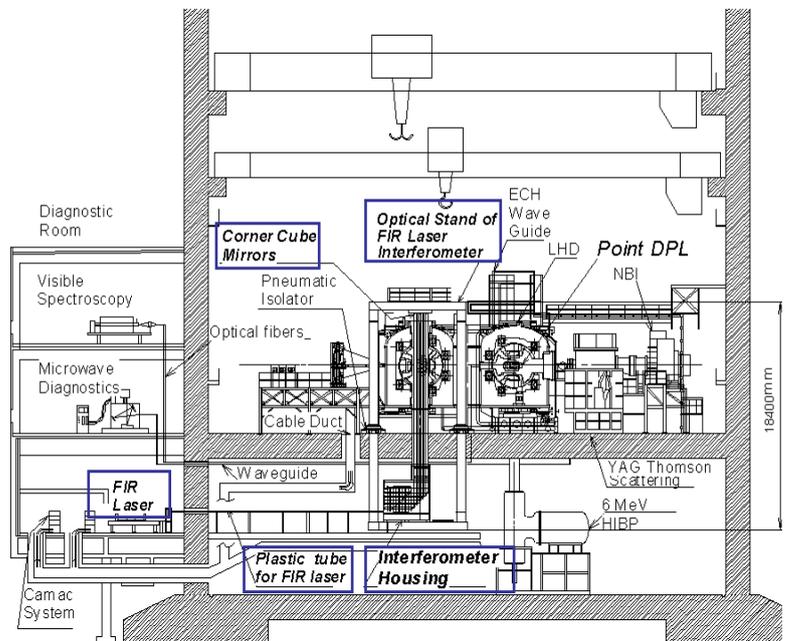


図 5-4-5 FIR レーザ干渉計

度プラズマ計測に貢献している。

5-4-4、計測データ収集システム

計測データ収集システムは、多数の計測器から生成される計測データを収集・保存・管理するデータ処理システムである（図5-4-6）。このシステムは、これまでに収集・保存された全てのデータを利用者に継続して提供しており、実験の進展と共に増加する計測器や、年々増大する収集データ量に対応して、ハードウェア及びソフトウェアの更新を継続して行っている。また、長時間プラズマ放電に対応した連続データ収集システムの構築により、第9サイクルでは、核融合実験分野でのデータ収集量の世界記録90GB/shotを樹立している。今後は、システムの保守・管理の省力化やTCO(総所有コスト)の削減も踏まえて、従来のWindowsベースのシステムからLinuxベースの新システムへの移行を進めるための整備を行い、より安定した計測データ収集システムの構築を図る。

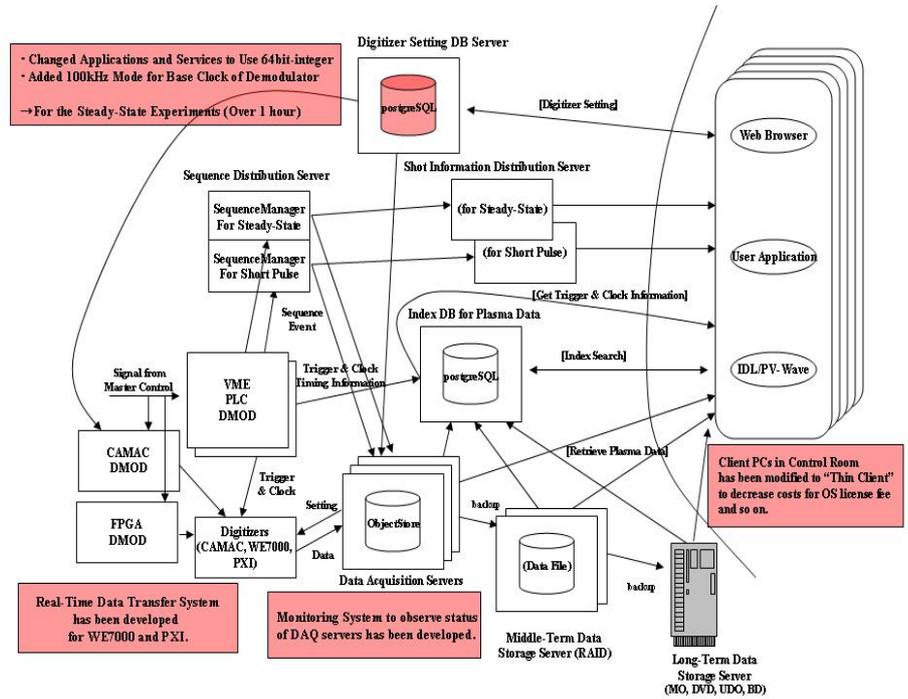


図5-4-6 計測データ収集システム

5-4-5、放射線モニタリングシステム

核融合実験施設のために開発された放射線モニタリング装置を試作開発し、土岐サイトへ設置するための仕様と設置計画の作成及び整備を行ってきた（図5-4-7）。2006年度現在、屋外14ヶ所、屋内22ヶ所に放射線モニターを設置し通年運転を行っている。実験開始時には放射線監視装置からLHD中央制御装置にインターロック信号を送信する発生器を整備した。観測データを一般に公開するためにホームページによるリアルタイムデータ公開システムを立ち上げた。また、実験中の放射線の発生状況を監視するために安全環境監視室を整備し放射線安全管理室担当運転員による実験中の放射線の監視体制を構築した。今後は、中性子線量測定モニタ

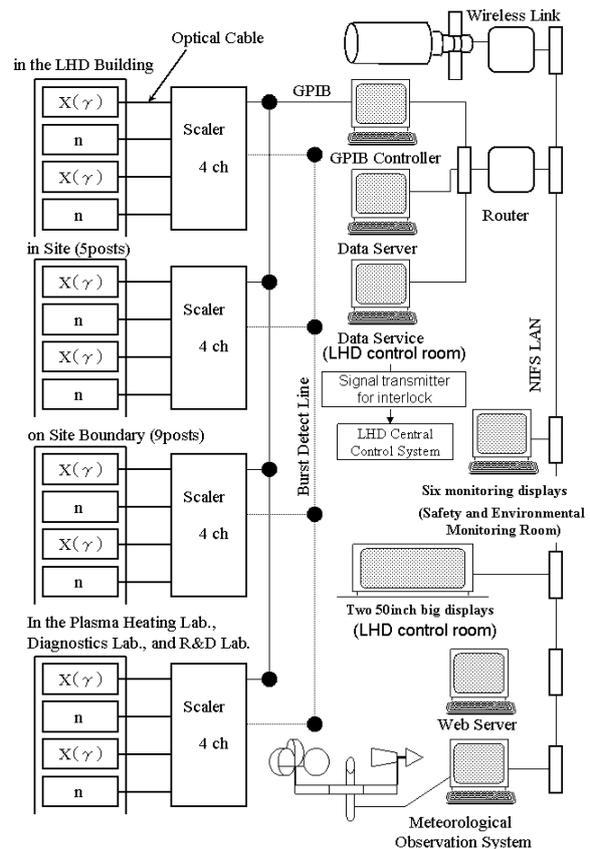


図5-4-7 放射線監視装置

一の開発を含めた D-D 実験に対応した放射線監視装置の企画整備を進める。

5-5、制御技術課

制御技術課は LHD に関わる中央制御、超伝導コイル電源制御、実験 LAN の運用と CHS 実験のデータ処理に責任を持って対応してきた。また、計算機・ネットワークセンターにおける汎用計算機の運用および NIFS キャンパス LAN の運用等を担当して来ている。更にパソコンを用いた制御技術を活用して研究に必要な各種装置の制御系の開発を行うとともに技術の向上に努めてきた。それらの概要は以下のとおりである。

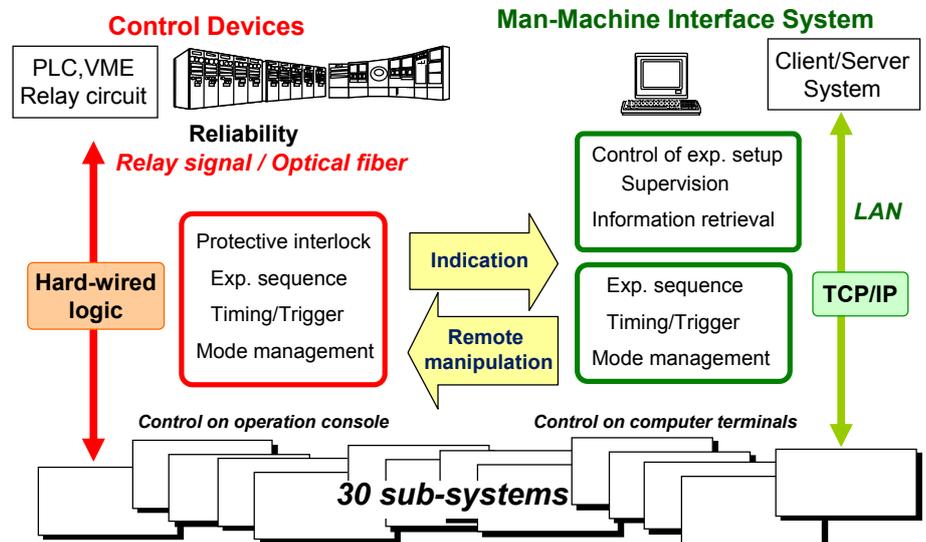


図 5-5-1 中央制御装置

5-5-1、LHD 中央制御・LMS 運転保守と LMS 改修

中央制御装置は、シーケンス制御、インターロック、タイミング制御などを担当するハードウェア部と、パラメータ設定、データ収集、データ配信などを行うソフトウェア部から成る。前者は、高度な信頼性と正確さが求められるため、リレーロジックと専用のコントローラを用いている。一方、後者はオペレータによる操作・表示にかかわる部分を主に担当することから、LMS(LHD man-machine interface system)と呼ばれている。

技術部は、これら両者の仕様策定の段階から関わっており、LMS に於いてはプログラミングからテスト、運用までを任されている。平成 18 年で実験が開始されて 9 年目となり、現状に合わせた機能の見直しを図るため、大幅な改修を行った。

5-5-2、LHD 超伝導コイルの電源制御と保守

LHD 超伝導コイル用電源は、ポロイダル用 3 台ヘリカル用 3 台の計 6 電源とこれらを統括的に制御する計算機システムから構成され、LHD 実験において重要な位置を占めている。制御技術課では、装置の保守管理及びオペレーションをおこなっている。保守管理では、日々の日常点検、定期点検の重要性を意識してトラブル防止に努めている。コイル電流の設定は、超伝導コイルの寿命に影響をおよぼす可能性があり、プラズマ実験から要望される各種の磁場条件に対して、安全に通電することが必要である。オペレーションミスの発生を抑えるために、自動で設定電流値を計算するプログラムを開発し、逐次バージョンアップを図ってきている。

5-5-3、LHD 実験 LAN の運用・保守

LHD 実験ネットワークは平成 7 年度からキャンパスネットワークシステムの一環として整備され、平成 9 年度末から開始された LHD の本格実験において LHD の運転データ・実験データの数値化及び

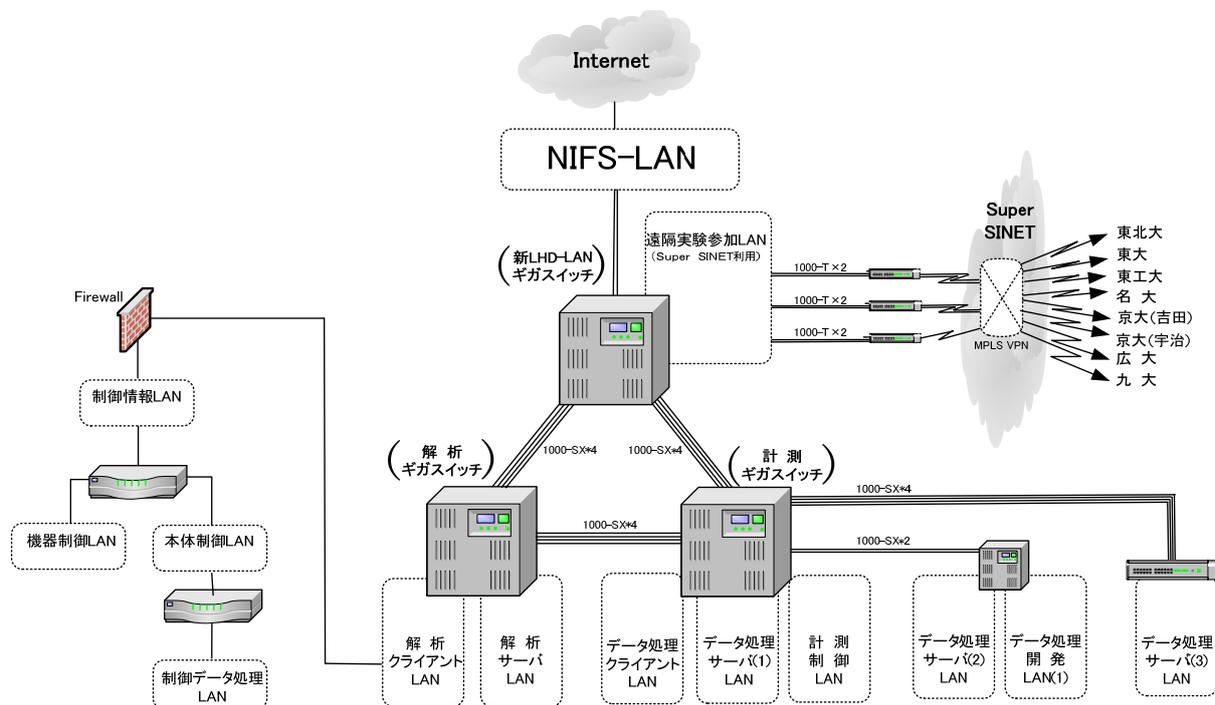


図 5-5-2 LHD 実験 LAN の構成図

共有化に多大な恩恵を与えてきた。当初は光ファイバ網を駆使した FDDI (Fiber Distributed Data Interface) 技術に基づいた 100Mbps のネットワークとして運用を開始した。その後、平成 12 年度にはより高速・大容量のデータ通信を実現すべくギガビットネットワークの導入を行なった。ギガビットネットワークのバックボーンは 3 台の超高速なスイッチングルータで構成し、これら相互を 4 本のギガビットポートを束ねて 4Gbps の超高速な通信が可能ないように構成した。セキュリティ対策にも十分配慮し、キャンパスネットワークでセキュリティ上の不具合が生じた場合にも LHD 実験ネットワーク単独で運用できるように構成した。更に、LHD の制御に関わる機器を接続する実験制御 LAN の上流にはファイアウォールを設置し、通信を監視するとともに限られた通信のみ行なえるよう制御を行なっている。

5-5-4、計算機・ネットワークセンターにおける LHD 数値解析システムおよびネットワークの運用

LHD 数値解析システムの運用・管理の業務として、稼働状況の監視と保守、利用状況の収集・データの分散退避・月毎の報告作成を行っている。また利用者サービスとして、利用者情報(利用者・グループ)の登録、システム利用可能時間・ディスク許容量の設定、セキュリティの強化(SSH 公開鍵認証制)、およびプログラム相談等を行い円滑な運用に努めている。センターのホームページを担当し、リニューアル、各種お知らせ、セキュリティ情報の掲載等を行っている。ネットワークの運用に関する業務として、ネットワークの変更、更新を行い、稼働状況の監視・トラブル対応を行っている。特にネットワークに重大な負荷が発生した場合や不正なアクセスまたは不正な利用があった場合には速やかに原因究明を行い、回線切断等の対応をしている。研究所のメールシステムの運用ではユーザ登録と削除、メーリングリストの作成と削除等のほか、トラブル対応を行い円滑な運用に努めている。

5-5-5、CHS データ処理システムの構築と改良および運用

CHS では実験開始の1989年から、積極的に計算機によるデータ収集システムを構築してきた。

特に32bit型(VAX)の計算機ではCAMACのメーカ供給ドライバには無いリアルタイム型の独自ドライバを開発し高い評価を得た。またデータベースや解析処理システムの構築ではDMG(ORNL)MDSplus(MIT)を導入、同時にプラズマ実験でのUNIX環境の整備をいち早く整え、実験データの保存や閲覧に統一性を持たせ利用者に高度な利便性を供給した。CHS実験の後半では高速シグナルプロセッシング

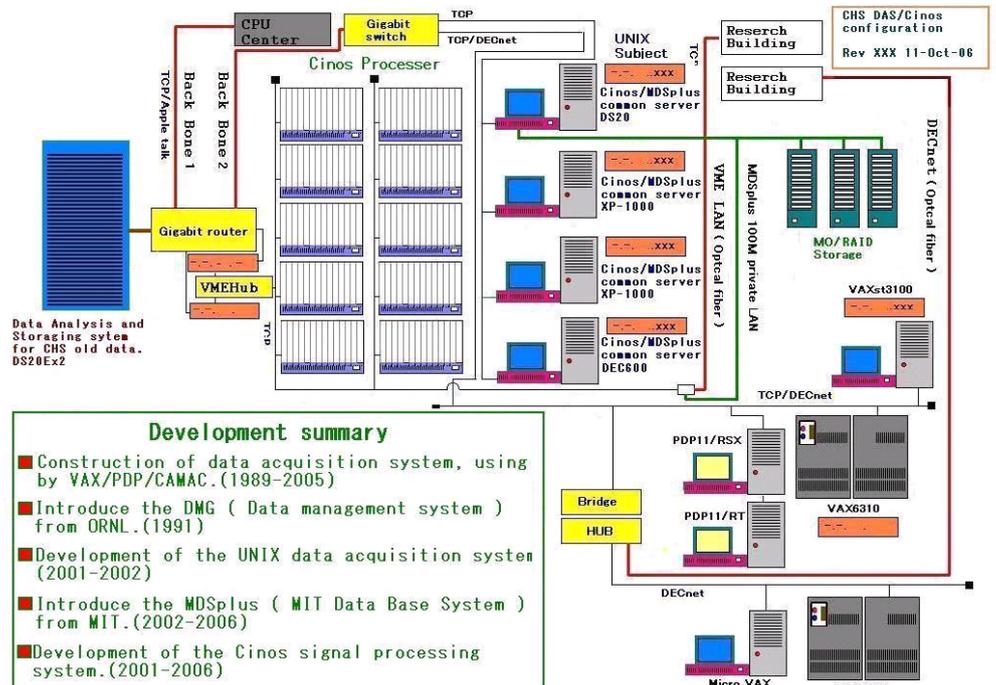


図 5-5-3 CHS データ処理システム概略

システム (Cinos) を開発し、MDSplus と統合した。このシステムは2003年後半から2006年までの本格供用で一度もハングしたことが無いなど高い信頼性をも示した。

5-5-6、LHD 周辺装置の制御系開発

・ペレット入射装置制御系の開発

ペレット入射装置の制御対象は、バルブ・ゲート弁の開閉、真空ポンプ・冷凍機の起 動停止、温度・真空度・モータの回転速度の計測、ペレット射出タイミングのコントロール、ペレット射出時・プラズマ入射時の映像の撮影、ペレット入射ポートコントロールなど多岐に わたり、

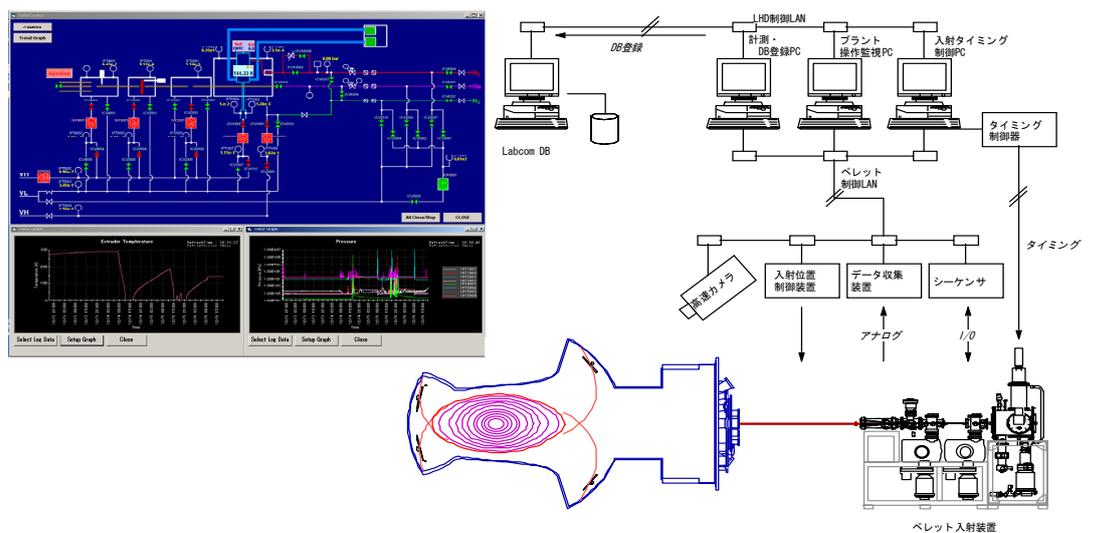


図 5-5-4 ペレット入射制御

Feature

- **Component Oriented Advanced Control System**
DCOM, Visual Basic, ActiveX
- **Control components and parameters are defined in XML**
Virtual Machine, Extensibility and Flexibility
- **Cooperative relationship**
with KEK, Tohoku Univ., DESY

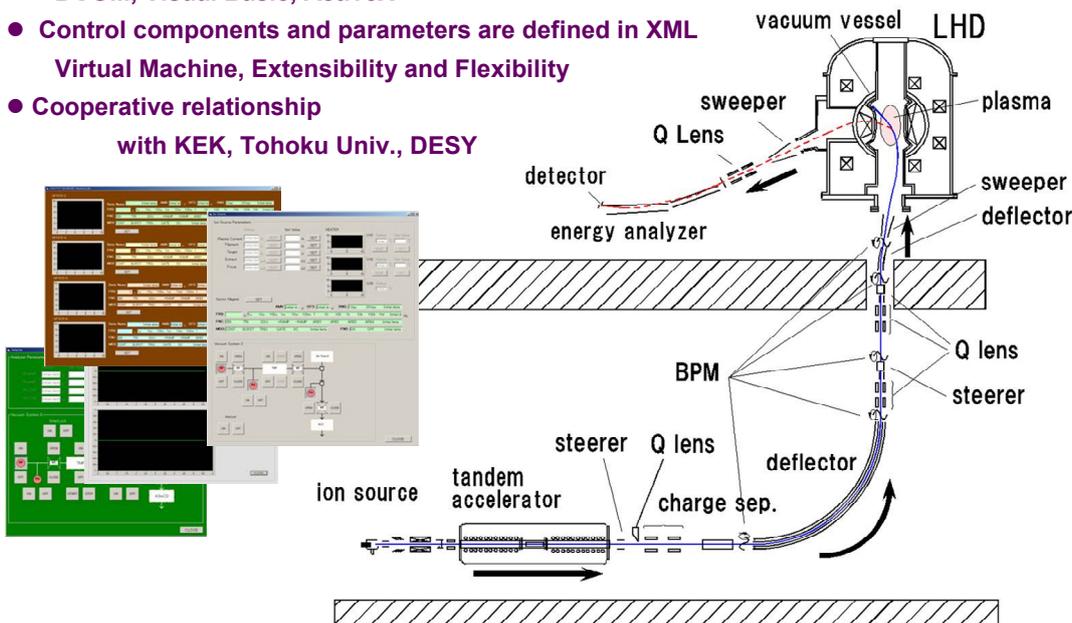


図 5-5-5 COACK による HIBP の制御

ソフトウェアはラダー、Visual Basic、インタッチにより構成し、連続長時間運転の信頼性と GUI を用いた操作性を両立させた。制御系開発後も実験担当者の依頼により、制御系の改良に随時対応している。

・重イオンビーム入射装置（HIBP）制御系の開発

HIBP(Heavy Ion Beam Probe)は、6MeV タンデム加速器により金イオンを加速し、プラズマ中に入射することでプラズマの電位を測定する装置である。我々は、HIBP 制御に COACK(Component Oriented Advanced Control Kernel)を導入し、平成 12 年度から開発を進めてきた。COACK はコンポーネント単位で機能の追加・削除が可能な制御アプリケーションで、HIBP のように多くの制御対象をもった大規模な装置制御に向いている。また COACK プロジェクトは、高エネルギー加速器研究機構が中心になって活動している自由参加型のプロジェクトで、他にも東北大学、DESY(ドイツ)などが参加し、活発な意見交換を行っている。COACK を用いた開発では、制御パラメータをサーバ上に登録することで、サーバ内にバーチャルなデバイスが構築される。これを我々はバーチャルマシンと呼んでいるが、この機能により HIBP のように機器側の仕様確定していない場合でも、ソフトウェア側の開発を先行して行うことが出来る。技術部では、HIBP 制御システムの仕様検討、機器設置、プログラミング、総合試験までを担当してきた。本システムは多くのパラメータをファイルに取り込んで、最適なオペレーションを可能とした結果、少人数での運転に関わらず安定な動作が得られている。

・瞬低用超伝導コイル（SMES）巻線機制御系の開発

核融合科学研究所で開発している SMES(Superconducting Magnetic Energy Storage)は、高い信頼性と保守性を得るため、低温超伝導体を用いた伝導冷却型パルスコイル方式を採用している。超伝導素線は、コイル巻線時の捻り角度を±5度の精度で巻くことで通電時の交流損失が最小になるように特別な工夫が施されている。

これらの制御点は 100 点を超える。これらの制御対象は定常運転状態のものから、プラズマ放電シーケンスに連動させて自動制御するものまでである。ハードウェアはシーケンサ、データロガー、PC、

技術部では、SMES コイルの巻線機の製作と制御システムを担当している。制御システムにおいては、上記の要求から、近接センサで測定された素線角度を基にPI制御を行っている。これまで、巻線機を用いて 100kJ 級のプロトタイプコイルと、1MJ 級の実証コイルが製作され、通電試験においても良好な結果を得ている。

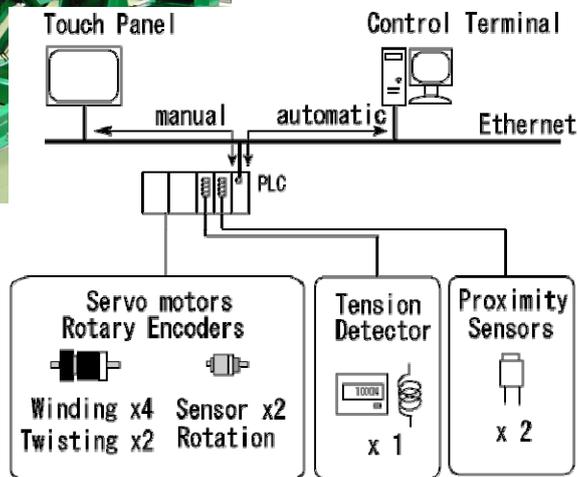
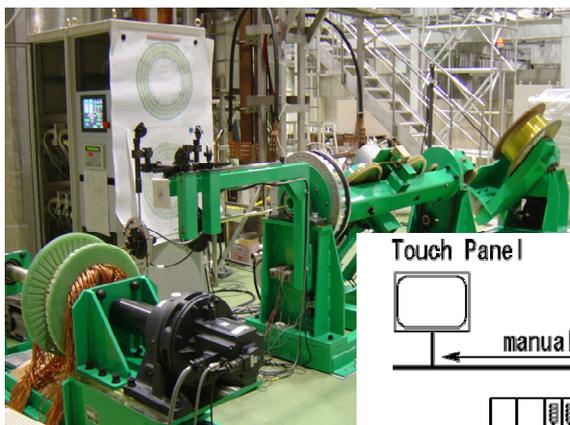


図 5-5-6 SMES 巻線機制御

・トリチウム回収用膜分離制御系の開発

トリチウム回収用膜分離装置は、将来計画されている LHD の D-D 実験で発生するガス状のトリチウムを除去

するための装置として評価・検討するための試験装置である。この装置は長時間連続運転の信頼性が要求されるため、この部分の制御系はシーケンサを用い、トレンドグラフ表示・プラント状態表示・各種設定部分は PC を用い、ソフトウェアは Visual Basic により画面を作成して操作性を良くしている。この装置は試験装置であるため、実験結果を元に制御方式・制御アルゴリズムの改造・改良が実験進捗に伴って生じるため、所内開発の利点を生かして、速やかに対応している。その結果、当初予想できなかった装置のスタート時における回収能力を向上させる機能を制御に組み込むことなど、試験装置としての役割を果たすことができている。

・MAC アドレス管理による DHCP 運用システムの開発

核融合研では、従前、接続の際に認証機能のない DHCP サービスを運用していたため、所内の情報コンセントに接続するだけで誰でも自由にネットワークを利用することが可能であり、所内にウイルスが入り込んだ場合には経路を特定するのに苦労していた。このような現状を踏まえ、その感染ルートを明確にすること、所内にウイルスを持ち込ませないという観点から、PC や所有者の情報を登録し、登録された MAC アドレスを持つネットワークカードからのみネットワーク接続を許可する DHCP 運用システムを計算機・情報ネットワークセンターと協力して構築した。技術部は入力インターフェース部及び認証部を担当し、相互の得意分野でのソフトウェア開発協力により短時間で完成させることができた。システム導入後、ノート PC による数件のウイルス持ち込みがあったが、登録情報から原因端末の特定に迅速に対応することが出来た。

5-6、中央部品室

中央部品室は、研究・実験の円滑な遂行に必要とされる物品を選定して取り扱うこととし、研究・実験の場での即時性に対応する無駄のない効率よい運用をはかることを目的としている。常備する対象の基準は、研究・実験で使用される汎用的なものとし、特に実験の運用・管理を行う側が推奨しているも

の（LHD実験で基準とされているもの）がある場合はこれを選定の対象とすることで、中央部品室の取り扱う物品を使用したために障害が発生した等のトラブルを未然に防ぐことに協力している。

中央部品室で取り扱う部品は役1400種類にも及ぶが、利用者の意見を取り入れ汎用的に扱われる物品と判断したときは新規に常備をしたり、機能や型式が古くなったものは更新して入れ替えを行い、使用されることがなくなってきたものは除外するなど常備品の適時適正化を随時行っている。

中央部品室は所員、共同研究者などの利用者が必要部品を出庫し、その出庫額を利用者の予算から中央部品室へ移算する。中央部品室に移算された予算により、部品を補充する運用を行っている。中央部品室での利用者の出庫手続、保管部品の管理や移算処理は平成11年度まではすべて手作業で行っていたが、平成12年度よりバーコードカードを使用した出庫手続、保有している物品の管理、出庫利用された使用高集計、移算処理のコンピュータ化を行い、管理の高効率化、利用者の利便性を図り運用の向上を図ってきている。保有している物品の現在数の調査としての棚卸は年度末に技術部総出で行っている。

年度別出庫点数と利用総額

年度	H16	H17
出庫点数	35,679	46,161
利用総額	11,778,200	14,230,480

出庫点数は出庫単位（個、袋、m等）での総数

中央部品室年間業務

月	年間業務
4	年度更新，新年度利用登録開始，前年度利用集計
5	
6	
7	4～6月期移算集計
8	
9	
10	7～9月期移算集計，機構中間監査報告
11	
12	
1	10～12月期移算集計
2	1月期移算集計
3	2月，3月期移算集計，棚卸，機構監査

中央部品室の運用

・利用者の出庫

中央部品室の利用登録申請を登録用紙またはホームページ（更新・変更のみ）から氏名，所属，利用コード番号等の登録を行う。利用者登録は年度毎に行う。利用登録情報は中央部品室入出庫管理システム（以後部品室システムという）に登録し，利用者管理を行う。

収納庫より部品とバーコードカードを取り出し，出庫端末で出庫手続を行う。

中央部品室で扱っている部品は出庫システム又はホームページから検索を行い，保有数や部品データの詳細を閲覧することができる。

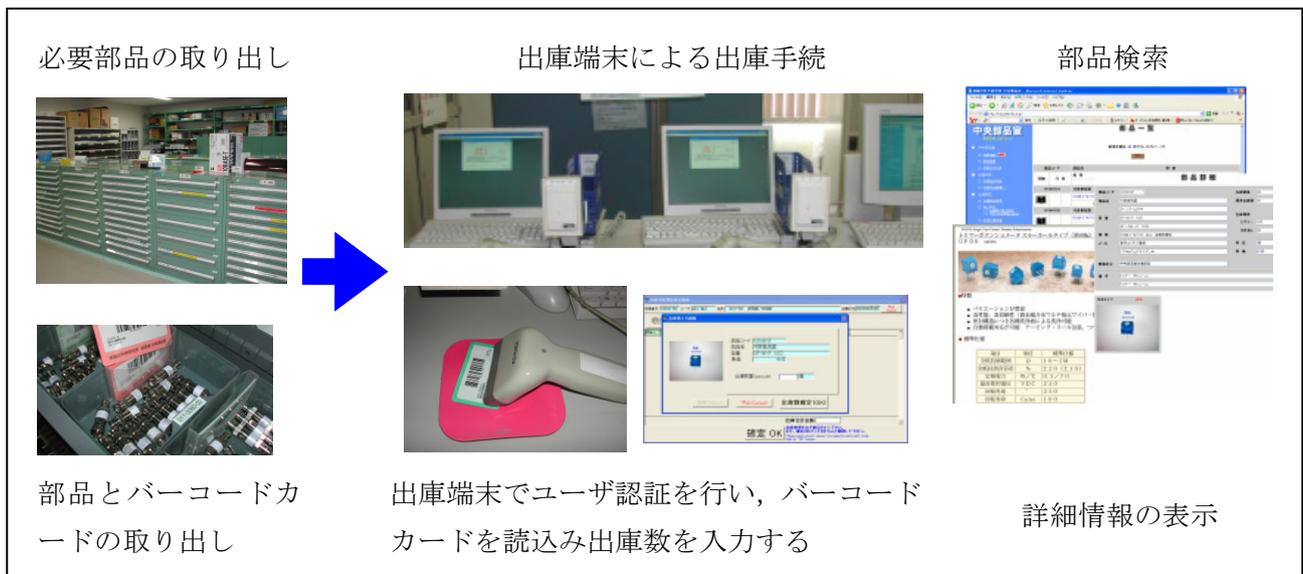


図 5-6-1 部品室での出庫管理

・在庫管理

中央部品室に保有する部品類は約 1,400 種類におよび、その管理は部品室システムで管理を行っている。利用者が出庫手続を行った部品数は自動的に処理され、現在個数を示す。中央部品室に保管している部品には標準在庫数を設け、現在の在庫数が標準在庫数の半数を下回った段階で部品補充の目安としている。部品室システムにより、部品補充対象リストを表示できるようにしている。部品補充に伴う入庫処理も部品室システムにより行い、保有部品の台帳管理を行っている。現在個数を調査する棚卸は年度末に行い、部品室システム上との現在個数との整合性を図る。

・移算処理

利用者の予算分類ごとに部品室システムで定期的集計し、利用分を中央部品室へ移算し部品補充に充当する。

管理用メニュー画面

・年次処理

中央部品室の運用は年度単位であるため、年度ごとに収支決算を行い、年度当初に部品室システムの年次更新処理を行う。



年度	収支	残高
15	200,000	200,000
16	200,000	400,000
17	200,000	600,000
18	200,000	800,000
19	200,000	1,000,000
20	200,000	1,200,000
21	200,000	1,400,000
22	200,000	1,600,000
23	200,000	1,800,000
24	200,000	2,000,000
25	200,000	2,200,000
26	200,000	2,400,000
27	200,000	2,600,000
28	200,000	2,800,000
29	200,000	3,000,000
30	200,000	3,200,000
31	200,000	3,400,000
32	200,000	3,600,000
33	200,000	3,800,000
34	200,000	4,000,000
35	200,000	4,200,000
36	200,000	4,400,000
37	200,000	4,600,000
38	200,000	4,800,000
39	200,000	5,000,000
40	200,000	5,200,000
41	200,000	5,400,000
42	200,000	5,600,000
43	200,000	5,800,000
44	200,000	6,000,000
45	200,000	6,200,000
46	200,000	6,400,000
47	200,000	6,600,000
48	200,000	6,800,000
49	200,000	7,000,000
50	200,000	7,200,000
51	200,000	7,400,000
52	200,000	7,600,000
53	200,000	7,800,000
54	200,000	8,000,000
55	200,000	8,200,000
56	200,000	8,400,000
57	200,000	8,600,000
58	200,000	8,800,000
59	200,000	9,000,000
60	200,000	9,200,000
61	200,000	9,400,000
62	200,000	9,600,000
63	200,000	9,800,000
64	200,000	10,000,000
65	200,000	10,200,000
66	200,000	10,400,000
67	200,000	10,600,000
68	200,000	10,800,000
69	200,000	11,000,000
70	200,000	11,200,000
71	200,000	11,400,000
72	200,000	11,600,000
73	200,000	11,800,000
74	200,000	12,000,000
75	200,000	12,200,000
76	200,000	12,400,000
77	200,000	12,600,000
78	200,000	12,800,000
79	200,000	13,000,000
80	200,000	13,200,000
81	200,000	13,400,000
82	200,000	13,600,000
83	200,000	13,800,000
84	200,000	14,000,000
85	200,000	14,200,000
86	200,000	14,400,000
87	200,000	14,600,000
88	200,000	14,800,000
89	200,000	15,000,000
90	200,000	15,200,000
91	200,000	15,400,000
92	200,000	15,600,000
93	200,000	15,800,000
94	200,000	16,000,000
95	200,000	16,200,000
96	200,000	16,400,000
97	200,000	16,600,000
98	200,000	16,800,000
99	200,000	17,000,000
100	200,000	17,200,000

図 5-6-2 部品の在庫管理

5-7、LHD 不具合調査

平成 13 年度の LHD 第 5 サイクルから毎サイクル

終了後に LHD 実験中における不具合調査を行ってきた。この調査目的は実験装置を健全に維持していくためにトラブル対策の資料とすることである。調査の内容は技術部各課により発生日、装置名、不具合の件名、内容、実験への影響、原因、対策日、対策内容、実験停止日数、実験への影響日数、等を詳細にリストアップされている。また不具合の原因を不可抗力、原因不明、ミスオペレーション、設定ミス、点検・部品交換の不足、設計製造不良、ソフトのバグ、配線・配管不良、老朽化、経験不足に分類

して分析している。過去5年間の不具合の原因別割合を下図に示す。

この調査結果を装置運転グループのみならず LHD に関係する実験者と共有することにより、人的ミスを減少させる努力の必要性、実験に影響を及ぼすような不具合を少なくする重要性和、保守部品の確保と老朽化部品の早期交換の必要性等が認識されることに貢献してきた。

6、共同研究、社会貢献

6-1、共同研究への製作支援

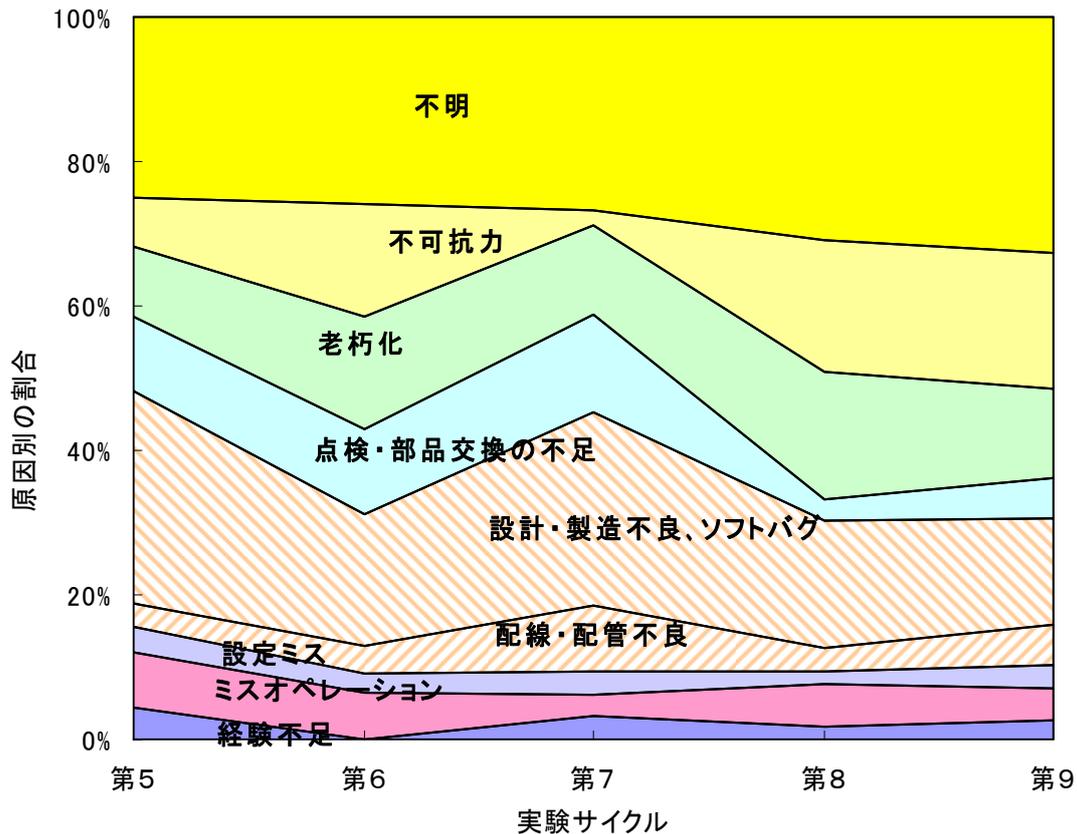


図 5-7-1 LHD における不具合調査結果

製作技術課では LHD 共同研究、一般共同研究等の共同研究での製作支援として、機械加工製作、回路製作を行っている。通常は共同研究者の所内世話人を通しての依頼のため、他大学、他研究所からの依頼として正確には把握はできないのが現状であるが、これまで製作した一例を下記に示す。

機械製作では、

- | | |
|--------------------|-----------------|
| ・クライオターゲット | 大阪大学 |
| ・SMES 用巻き線機 | NEDO (民間との共同研究) |
| ・マイターバンド | 産総研 |
| ・コルゲート導波管 | 九州大学 |
| ・スケーラーホーン | 九州大学 |
| ・ミリ波用ダイクロイックプレート | 九州大学 |
| ・マイクロ波入射用真空フランジ | 東京電機大学 |
| ・分光器用駆動機構 | 東京電機大学 |
| ・マイクロ波焼成炉用移動プランジャー | NEDO (民間との共同研究) |

- ・リチュームイオンプローブ 名古屋大学
- 電子回路製作では、
- ・2波長 FIR レーザ用バンドパスフィルタ 中部大学
- ・Hyper-1 用ゲート積分回路 東京大学
- ・2波長 FIR レーザ用位相検出回路 中部大学
- ・H-J FIR レーザ用位相検出回路 京都大学
- ・磁気プローブ用プリアンプ 九州大学
- ・2波長 FIR レーザ用バンドパスフィルタ 中部大学

6-2、社会への貢献

研究活動を行う上で社会への広報は重要なことであり、核融合科学研究所でも副所長のもとに広報委員会が設置されて、①ニュース編集、②Web、③教育連携、④地域連携、⑤展示物企画の5部会がそれぞれ広報活動をしている。特に研究所の次期実験計画に重水素実験があり、実施にあたっては地元住民との合意が必要となるため、技術部員も研究目的を住民に正しく理解してもらうよう広報専門部会委員として地元への社会貢献に努めている。今回教育連携専門部会の活動の中で、職場体験の担当、工業高校のデュアルシステム学習や地域の工作教室等の指導を担当したので、それらについて報告する。

6-2-1、中学生職場体験受け入れ

教育連携部会より中学生の職場体験は技術部が、全面的に受け持っており、毎年中学校からの要請に応じて受け入れている。平成17年度は多治見市南が丘中学校2年生3名が1日、土岐市駄知中学校2年生2名が2日間研究所を訪れた。平成18年度は多治見市南が丘中学校2年生7名が1日、土岐市駄知中学校2年生が2名2日間訪れた。LHDの実験中であつたため、制御室でガスパフ制御、NBIのデータ収集、ECHの実験準備といった内容で職場体験をさせた。また、約1時間「科学を研究する仕事」というテーマで若手研究者の話を聞く一時間研究者の話を聞く、管理部で事務業務について説明を受ける等といった内容のプログラムで実施してきた。生徒のアンケートによると、「大変なめになった」、「危険な職場と聞いていて不安を感じていたが安全とわかった」といった反応がみられた。



写真6-1 中学生の職場体験の様子

6-2-2、高校生インターンシップ受け入れ

平成15年度から多治見工業高校のインターンシップを受け入れている。平成16年度には3日間で10人、17年度には3日間10人、17年度には3日間で9人を受け入れた。LHDの実験中のために、技術部各課の代表的な業務を1つ選び、2、3人のグループで半日交代で体験するようにした。その結果、大型装置に多くの人がどのように関わって仕事をしているのかが良く分かったといった反応があり、全ての生徒が、「大変満足」または「ほぼ満足」と答えていた。16年度のインターンシップの参加者

から後述のデュアルシステムを利用して核融合研での長期職場体験の希望が出てきて、17年度からのシステムの実施に発展することになった。平成18年度のインターシップは1月31日から2月2日までの3日間実施する予定である。また、平成18年度は新たに土岐商業高校からWEP（勤労学習体験）の申し込みを受けており、管理部とともに受け入れの準備をしている。

6-2-3、高校生の日本版デュアルシステム受け入れ

平成17年度より日本版デュアルシステムの実施について多治見工業高校より打診され、技術部が中心となり受け入れることになった。日本版デュアルシステムとは、最近のフリーターの増加およびニートと呼ばれる未就業者の増加対策として文部科学省と厚生労働省が進める施策である。これは教育機関における座学と企業等における実習を並列に進めることにより、体系的技術の習得と社会人としての体験を身につけ、一人前の企業人の育成を目指すものである。

平成17年度は高校生3名から、将来宇宙に物質を運ぶことを考えた飛翔体としてのレールガンの開発というテーマでの発案があり、レールガン製作と実験を行った。その結果、定加速度運動を得ることができ、高校生が安全に扱える電力の範囲では満足のいく速度を得ることができないことがわかった。



写真6-2 高校生デュアルシステム実習の様子

平成18年度は前年度の結果を聞いた後輩4名がソレノイドコイルによる電磁力ロケットのパワーアップを目指すというテーマを希望してきた。受け入れ担当者と検討の結果ソレノイドコイルによる2段加速の実現を目標に設定することにした。6月から設計検討を開始し、8月の夏休みに製作に重点を置き、10月に完成させるという計画で取り組み、予定通り完成させることが出来た。今後、高校生の成果発表会が開催され、1年間のまとめが行われる予定である。

そこで、第2段階としてソレノイドコイルによる電磁力ロケットを作成して実験した。その結果、高校側から設計段階の計算、ガウスメータによる磁場計測や、カーボン材料による電極の作成等、高校では扱えない多くの経験を積むことが出来たことは教育上非常に良かったという評価を得ることができた。



写真6-3 新聞に載った実習成果(中日10月28日)

6-2-4、地域における教育連携活動

岐阜サマーサイエンススクールの支援

十数年前に青少年の理科離れが話題となっていた頃、そのことを憂慮された末松安晴情報学研究所前所長が中心となって、中津川市教育委員会とともに夏休みの期間に全国より80名の中学生を集めたサ

イエンススクールを企画された。研究者の講義と科学実験・工作実習とを織り交ぜた教室である。その内容は講義が「世界をつなぐ情報通信ネットワーク」末松安晴情報学研究所顧問、「ビックバン宇宙の発見と展望」小尾信彌東京大学名誉教授・前放送大学長、「生命の謎にせまる」軽部征夫東京工科大学バイオニクス学部長、「進化するロボット達」末松良一豊田高専学校長と「指南車づくり」「パソコン・ネットワーク」「モデル・ロケット製作」「鉱物実習」などの実習であり、平成18年度は松田大臣の特別講演もあり4日間にわたって実施された。



写真6-4 工作教室の様子

特別講演もあり4日間にわたって実施された。

技術部から全員工作実習の指導に参加しており、これまでに「蒸気機関車」「カラクリ茶運び人形」「光センサーロボット」「プログラム・ロボット」など機構の学習につながる工作を行ってきた。今回工作実習で末松良一校長のグループが考案された「指南車」をつくることになり、その準備から指導までを行なった。「指南車」は、指南という言葉の語源となった古代中国で、まだ磁石が発明されていない時代に、軍隊の行軍の先頭に立ち方角を指し示す機構を備えた車両で

あるが、具体的な設計図は消失しており、その構造について研究者の間で幾つかのモデルが提案されてきた。

今回、末松校長等の提案されたモデルについて、古代の歯車となる丸い円板に縁に穴をあけ棒を差し込んで作る部品などの準備から始めて、当日の工作指導を市内の理科教員等と共に行った。部品は歯車の円板の穴あけなど含め、ボランティアのひとりが経営する会社で行った。

7、技術業務と勤務時間の適正化

現在では建設期から運転期に移って来ており、各自が業務に就いている時間に偏りが生じてきている。今まで装置を製作しながらLHDに設置して実験を行い、不都合な箇所を改善するという作業を繰り返してきたが、装置の一部を除いては建設が一段落して運転が主体となっている。その場合に装置の運転が実験終了と同時に停止できるものと、実験終了後も翌日のために長時間コンディショニングを必要とするものがあり、担当する装置により勤務時間に大きな違いが生じていた。一方では超伝導コイル冷却用ヘリウム液化冷凍機のように24時間稼働している装置の運転・管理業務や、装置の真空漏れなどトラブル発生時に早急に修復をしなければならず長時間勤務や休日出勤を強いられる部門もある。このために、出来るだけ勤務時間の差が少なくなるよう業務の見直しを図った。

プラズマ実験期間中の実験時間は9時半から16時45分となっており、そのための装置運転時間は、8時半から1

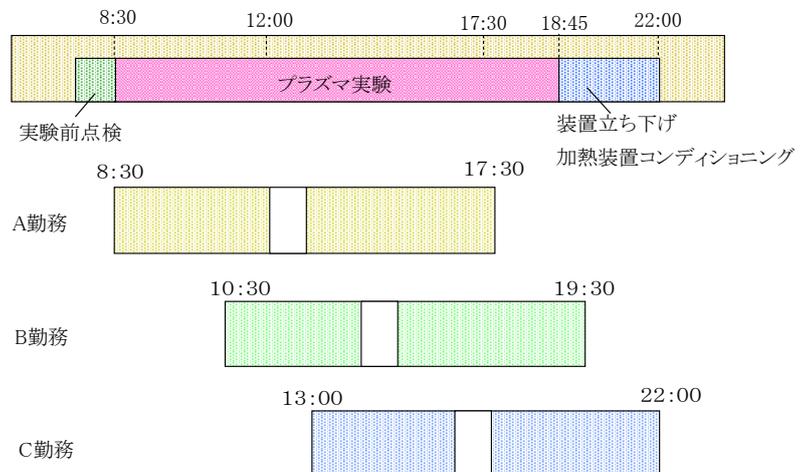


図7-1 実験期のシフト勤務時間

7時15分程度となり8時間の労働時間を越えてしまう。また加熱装置の様に翌日の実験に備えてコンディショニングを行う必要のある運転は、更に勤務時間が長くなる。この問題を解決するために、通常勤務時間の他に出勤時間を遅くするコースを2組づくり、加熱装置のコンディショニングに対応する夜間勤務が可能となるシフト制の勤務時間体制で対応している。

技術部業務の状況は、毎月の部全体会議で各課の業務として報告される。加えて各自の毎日の業務について報告を受け、これに基づいて例えば、同様な仕事を別々に技術職員が行なっている部門ではまとめて、シフト制にすることにより勤務時間の短縮を図っている。また勤務時間の長い部門には配置替えによって人員の増強を行い、超過勤務の偏りを減らそうとしている。技術部員については勤務時間の管理のために、日常の業務の記録として超過勤務も含めた業務日誌の提出を義務付けている。

また技術部業務の評価方法については学会や技術研究会での発表などだけでなく、広く日常業務や責任体制を含めた評価を行っている。また評価の新しい指針を出すべく検討を行なっている。

8、大型ヘリカル装置実験に関して運転員との職務の役割分担

技術職員と運転・保守業務委託

技術部ではLHDの実験開始を受けて、平成10年度から運転・保守業務の一部を業者委託している。これは装置を構成する機器が非常に多いこと、また24時間絶え間なくある業務があり、それに付随する業務量が現有の職員だけでは遂行しきれない量であることから委託に踏み切ったものである。これは当時の政府の方針に従ったものである。

本体・液化機及び付属装置には25名の運転員が配置されており、液化機と本体監視の2つのグループが4直3交代の24時間監視体制をとっている。液化機等の低温システムと真空排気装置関係の異常は要因が多岐にわたるため、マニュアル化する事が困難である。そのため監視パラメータが異常を示したときは、担当技術職員に連絡し、指示を仰ぐことで対応している。

加熱装置及び付帯設備の運転・保守のために契約している運転員数は加熱装置が増設された現在では実験期間に16名、休止期間に11名の体制をとっている。そしてNB I, ECH, ICRF, MGの各装置にそれぞれ8(4)名、3名、3(2)名、2名()内の数は休止期間)を配置している。

業務内容に関しては技術職員の業務とオーバーラップするところがあるが、運転員には研究所で仕事をする上で必要となる資格や講習受講について要求し、取得してもらっているが、各装置及びそれを構成機器に関する技術内容に精通するところまでは至っていないため、技術職員の指導のもとでの業務を遂行するという形をとっている。従って、点検、作業、運転マニュアルなどは十分整備し、必要に応じて改訂している。技術職員は運転員の作業指導、作業調整及び依頼などを行い、点検や運転などで判断が必要な部分については職員が行うことになっている。また、運転・保守業務委託に関する契約事務などは各所管課で原案作成を行っている。

技術職員は運転員業務とオーバーラップする部分以外に装置の改良や設計・製作そして開発あるいは改造に関する試験や機器の調整などの他、装置の安定な運転や合理化などに必要なプログラム開発にも携わっている。

LHDプラズマ計測器は小型から大型まで多くの計測装置及び設備を持つことが特色の一つである。しかし、これらの機器を担当する研究職員及び技術職員の数は限られており、多いところでも数名、少ないところでは担当者が研究職員1名のみの計測器もあるのが現状である。このような人数ではプラズ

マ計測器の十分な調整・保守ならびに運転ができない。このため、計測器の運転保守及び設置等の支援業務を行うために6名の運転員を業務委託している。実験期間は2名3グループで始業点検、計測器の立上げ、運転監視、保守、計測器立ち下げ、終業点検に対応する。これらプラズマ実験に関わる業務は研究職員と技術職員によりマニュアル化されている。休止期間は校正、保守、調整、改良等のための計測器の単独運転に対応するとともに、これら作業にともなう支援作業を研究職員や技術職員の指導のもとに行っている。

放射線監視装置の運転監視及び放射線管理室の事務手続きを行うために2名の運転員を業務委託している。放射線監視装置は開発から設置、運転保守はおもに技術部で担当している。しかし、実験の進展にともない常時監視体制が必要となったこと、放射線業務従事者の登録手続きや施設・装置の管理記録など事務量が増えたことなどからこれら業務を技術職員と研究職員の指導のもとに実施している。

9、機構内や大学等の技術職員との技術連携・技術交流

研修・技術交流

職員として必要な人事制度上の知識、職務に必要とされる技術について、技術部として次のように研修を企画したり、受講させている。（技術部初任者研修、東海・北陸地区大学等技術職員研修）

業務に必要とされる免許・資格は、必要度に応じて別紙資料に示すように順次取得を行っている。技術に関しては研修（放射線研修、クレーン講習、高圧ガス講習、危険予知トレーニング講習会や民間で開かれている業務研修（コンピュータ・プログラム、回路設計、機械工作講習会など費用も負担）も受講している。

また、図9-1の様に平成10年度より技術交流制度を発足させて、他の大学共同利用機関や大学の技術職員との技術交流を通じてのOJT研修などにより技術導入やその向上を図っている。

この技術交流の目的は大学、研究機関の技術者の持っている技術について実際に装置を設計・製作したり、コンピュータのプログラム制作等を通して相互に共有し研鑽しながら、その向上を旨とするものである。

・平成15年度技術交流

5大学、1研究所から8名の参加者があり4テーマについて交流を行なった。近年、研究所、大学で技術組織のあり方について検討が進みつつあり、実態を伴った業務を遂行している当研究所技術部との組織運営の交流も増えている。今年名古屋大学工学部技術部より技術班長の参加があり、技術業務の遂行方法と技術協力（双方向共同研究への協力）などについて当技術部と意見交換を行なった。

また当技術部より高エネ研・国立天文台・基生研・京大原子炉に出向いてそれぞれの技術職員と技術部運営、技術支援のあり方などについて交流を行なった。

・平成16年度技術交流

大学・共同利用研の技術組織との間で実施されて、京都大学防災研究所より「構造解析シミュレーション」で1名、三重大工技術部より「機械工作」で1名が、「放射線計測」、「低温」関係で分子研より各1名が参加される。法人化に伴って安全衛生管理業務が重要となっており、交流担当者が企画し大学・研究所に交流を呼びかけたところ二十数名の参加希望があり、各大学・研究所での取り組みの報告と改善などについての技術交流を1月27、28日の2日間で行った。

また、法人化を機会に交流する範囲を国立のみから私立大学の技術職員にまで拡大したところ、中部大学より「電子回路工作」「真空技術」で2名の参加があった。

技術面での交流と合わせて組織運営等に関する交流も実施しており、熊本大学工学部技術部から技術副部長が組織運営で来訪し、また名大工学部技術部より総括技術長ほか2名が勤務管理等について意見交換のため来訪した。平成16年度は36名の参加者があった。

・平成17年度技術交流

多くの、大学・共同利用研の技術組織との間で実施されて、鹿児島大学・熊本大学より「3次元CADシミュレーション」で2名、石川高専より「機械工作」で1名が、「PC計測制御」関係で高エネルギー研究機構より2名が参加された。安全衛生管理業務に関し、昨年に引き続き大学・研究所に交流を呼びかけたところ36名の参加があり、各大学・研究所での取り組みの報告と安全衛生管理の現状と課題についての報告が行われ技術交流を2月2、3日の2日間行われた。この会でも出されたレーザの安全に対して自然科学研究機構内の岡崎3研と核融合研の技術組織で近赤外レーザの可視化装置の開発について連携して取り組むことが確認されるなど実り多いものとなった。

また当技術部より分子研究所・生理研・基生研・国立天文台に出向いてそれぞれの技術職員と技術部運営、技術支援のあり方などについて定期的に交流を行なった。

技術交流プログラム

技術交流項目	交流人数	期間	開催予定	担当部署
1 NC加工技術	1～2名	3日～1週間	8月～12月 年1～2回	製作技術課
2 電子ビーム溶接加工	1～2名	3日～1週間	8月～12月 年1～2回	製作技術課
3 電子回路工作	1～2名	1～2週間	9月～12月が望ましい	製作技術課
4 シーケンス制御	1～2名	1～2週間	9月～12月が望ましい	製作,制御技術課
5 構造解析シミュレーション	1～2名	1～2週間	9月～12月	装置技術課,CAD室
6 3D-CADシミュレーション	1～2名	1～2週間	9月～12月上旬	装置技術課、CAD室
7 低温技術	1名	3日間	6月～7月	装置技術課、装置技術研究系
8 真空技術	1～2名	1週間	応相談	装置技術課、真空管理委員会
9 大電力高周波技術	1～2名	2週間	9月～12月	加熱技術課、プラズマ加熱G
10 VisualBasicによる画面制御	1～2名	1週間	1月～3月	制御技術課、プラズマ制御研究系
11 パースト放射線計測及び環境放射線監視技術	1～2名	5日間程度	9月～12月	計測技術課 安全管理センター、放射線安全管理室
12 PCを用いた大規模装置の制御技術	2～3名	1週間	6月～2月	制御技術課
13 技術組織、安全衛生管理	数名	1, 2日間	随時	技術部

図9-1 技術交流で企画されたプログラム

この技術交流制度を利用して外部から技術を導入した例としては、COACK (Component Oriented Advanced Control Kernel) による加速器制御が挙げられる。重イオンビームプローブ計測装置にはイオンを加速

するために6MeVの加速機を制御しなければならない。大型の加速器を制御するためのシステム構築を技術部として複数の課の業務として取り組んできた。これまでに高エネルギー加速器研究機構と東北大学の技術部で加速器の制御用にコンピュータ制御カーネル（COACK）が作られて運用されていた。技術交流制度を利用して高エネルギー加速器研究機構との間で技術交流を図り、COACKを重イオンビームプローブ計測装置の加速器制御に導入し数年かけて、運転に供した。

またアルミニウムの溶接技術については、アウトガスが少ないために真空容器にアルミニウムが使われ始めたが、アルミニウムは表面酸化や融点が低いことと熱伝導が良いために溶接が大変に難しいとされてきた。高エネルギー加速器研究機構のセンターが習得していたアルミニウムの溶接技術を導入しようと技術交流を行った。年度毎の大学や共同利用機関からの参加者と実施した内容を資料に示す。最近では大学で組織化が進み組織運営をどのように行うのか、比較的技術組織が独立して運営している核融合科学研究所の技術組織の運営が参考になると交流を持つケースが増えてきている。

また、法人化に前後して労働安全に対する意識の高まりと施設・設備の法令に対応する方策などから「安全・衛生に関する情報交換会」を技術部、管理部、研究部と合同で他大学や共同利用研究所の安全衛生担当者に呼びかけて会議を開催した。平成16年第1回目は各機関での取り組み状況の報告を行い、第2回目は実際の改善などの具体例についての報告が行われた。この会議は安全衛生の上で有意義なものであるので今年度以降も継続して行われる。詳細は安全に関する取り組みの中で述べる。

9-2、技術研究会

技術研究会はちょうど30年前に分子科学研究所で始められた。その当時は技術職員の研修機会が殆ど無く、また、大学の講座制の中で技術職員の環境も閉鎖的であった。そのような環境下では技術者自身が自ずと独善的になりがちで、中には余人をもって代え難しという所謂、名人も存在したりするが、研究支援に資する技術の継承が困難であった。そんな中、分子科学研究所で初めて技術職員組織である技術課が誕生し、名古屋大学との間で相互の技術交流を始めたことが技術研究会のきっかけであった。

技術研究会は日頃の実験装置の維持及び改善そして運転管理、開発に関わっての新たな技術導入などの業務の中で得た知識や経験などの技術発表を行い、討論することで技術交流を深め、そのことによって各人の持つ技術の質と量の拡大を目的として位置づけられた。急速に発展する科学技術に対応し、研究を技術の側面からサポートしていくためにも貴重な機会である。その後、高エネルギー物理学研究所（現、高エネルギー加速器研究機構）で技術部が創設され、核融合科学研究所の前身の一部である名古屋大学プラズマ研究所に技術室が設けられ、その3研究所で持ち回り開催されるようになり、全国の大学等からも多くの参加希望が出されるようになって年々規模が拡大し発展してきた。そして、大学における技術職員の組織化が進む中、大学での開催機運が高まり、東北大を皮切りに東大、阪大、で開催され、今年度は名大での開催が予定されている。また、その先も京大、熊本大などの開催希望があり、既に技術研究会の運営協議会において開催予定が決定されている。現在では、研究所主催の場合の参加者が400名前後、大学での開催では技術分野を拡げることもあって、500～900名の参加があり、さらに発展している。本研究所では研究所発足後だけでも平成2, 5, 9, 13年度に主催しており、開催時には技術部全体でその準備に取り組んできた。毎回の研究会では技術部から10名前後の発表をしている。また、技術研究会開催時には同時に運営協議会が行われ、次回開催機関の決定や運営上の課題等について検討を行っている。その中で過去の発表内容をデータベース化することなどが決められ、作業を進めてきた。これを活用することによって、研究会参加者以外のより多くの技術者に技術情報等を提供でき、更なる技術研究会の発展と技術者の技術向上に資することができるものと期待している。

9-3、機構内での技術会議

機構内技術組織の会議を定期的に行き、組織運営や技術的な課題や連携について検討を行っている。各研究所、天文台においては研究体制の違いにより組織の運営も違いがある。勤務形態については、核融合科学研究所の技術組織はLHDを中心に機能しており、研究系とは独立した業務について課単位で仕事を行っている。従って課の同僚がどのような仕事をしているか、どんな問題を抱えているかが見渡せる状況にあり上司がその内容を把握することは容易である。岡崎の3研究所の中でも施設で仕事をしている技術職員は同様な状況であるが、研究室に技術組織から出向して研究者とともに仕事をしている技術職員について、その業務の把握は面談によって内容を把握する方法をとっている。

機構内で技術職員が行う業務について核融合科学研究所、天文台、分子研のような理工系の研究所と生理研や基礎生物学研究所のような生物系の研究所では技術業務の内容に大きな差がある。しかし一方で機械工作、電子回路製作やコンピュータ技術など共通した技術で研究を支援していることも多い。

9-4、機構内技術研究会

これらの分野や業務の違いがある中で、機構内の技術連携が図れないものか検討してきた。議論の過程で、他の研究所の技術職員がどのような仕事をしているのか互いに交流を図ることが先決であるとの結論に達した。このために、各研究所の技術職員が互いに業務を報告する機構内技術研究会を開催することが決まった。開催場所は順次持ち回りにすることにより、開催機関の技術職員が多く参加できることになり、一巡すれば沢山の技術職員が参加できたことになる。初回は天文台で次年度は分子研、平成20年に核融合研で、その次に生理研、基生研の順に開くことにした。

開催するにあたり今回の共通のテーマを検討したところ理工学、生物分野で共通したテーマとして「画像・可視化技術」が提案された。生物系では顕微鏡観察、天文台では天体観測、核融合研においても画像計測は多くあるので、それらを中心とし、他のテーマと共に発表をすることにし、発表内容は会誌として発行し、参加出来なかった技術職員にも発表内容を理解してもらうことにした。第1回目は天文台で5月22日（金）23日（土）に開催されはじめに赤外研究部睨玉忠恭助教授の特別講演「すばる望遠鏡で見渡す遠方銀河団の姿」が行われた後各機関から5名程度の発表が行われた。終了後に実施したアンケートでは「他の研究所の仕事が分かり参考になった」という意見と「専門用語が分からなかった」という回答もあった。研究所内では常識のように使われている専門用語も他では通じないということが分かり、専門用語を分かりやすい言葉に置き替えたり、用語の解説書をつくる必要があるという反省点が出された。

10、安全衛生

10-1、安全衛生推進部への取り組み

技術部では、法人化の前年から、労働基準法、安全衛生法を満たすべく、様々な取り組みを行ってきた。核融合研では大型ヘリカル装置のある本体棟の装置などが安全な労働環境になるよう対応するために、安全衛生推進本部の設置を研究総主幹と検討した。

推進部は10室を設置したが、技術部は4人の室長を輩出している。筆頭室の環境衛生安全管理室長は推進部の執行に必要な予算を持ち、研究所内の全ての環境を掌握している。安全衛生推進本部のホームページを管理しており、衛生管理者、安全管理者、産業医の巡視結果を周知し、改善もしくは改善の指示を行う。

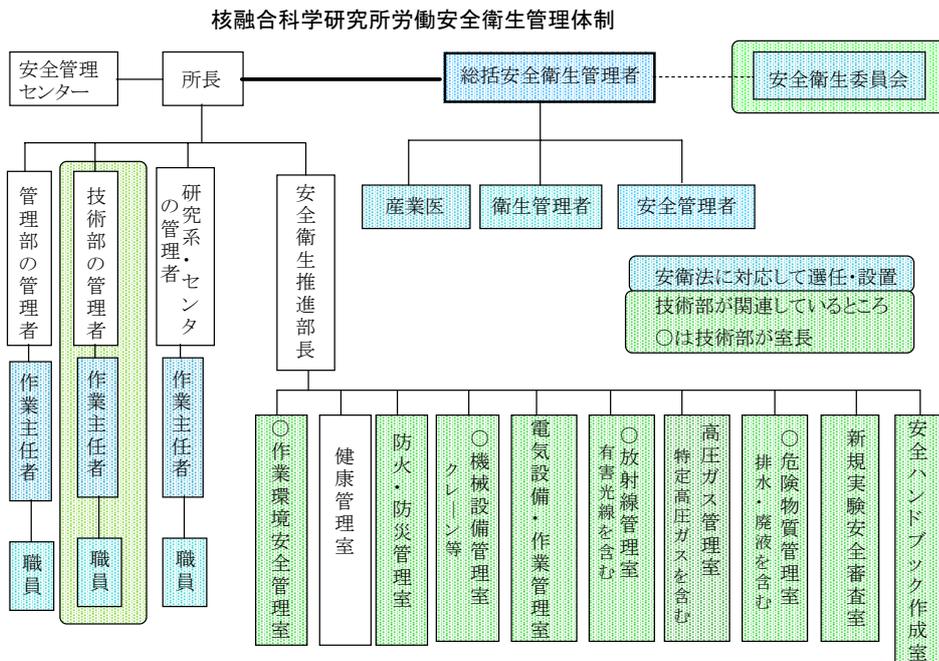


図 1 0-1 安全衛生管理体制

危険物管理室長は研究所内の化学物質、排水を管理している。各研究棟に配置している危険物質管理者を統括し、研究所内の危険物質の管理を行っている。

放射線管理室長は放射線取り扱い主任技術者の資格を持ち、研究所内の全ての放射線物質の管理、申請、また放射線管理委託業務の管理も行っている。

機械管理室長はクレーンの管理を行っており、免許の取得計画、クレー

ンの保守等を管理部の協力のもとに進めている。

安全衛生推進部は、毎週金曜日に会合を持ち、環境安全管理室長が議長となり、各室の報告、必要業務の確認、経費支出の確認を行っている。議事録はホームページに掲載されている。

推進部が設置された平成 1 6 年には、停電時でも発光する安全通路を設置、クレーンの無線運転化、本体室、本体地下室内照度改善を行った。また同年 6 月 2 8 日には研究所の建物に雷が直撃するという事故が発生した。雷が原因である損害調査を行い、法人化後に掛けた保険に対して対応した。雷の影響は入退室管理装置までおよび、建物間電位差の問題を解消すべく、管理装置の通信ケーブルを光ファイバ化した。平成 1 7 年には入退室管理サーバの更新、管理扉の最適化をはかった。危険物の MSDS を整備し、ホームページには危険物質の入手から消費、廃棄までの流れをまとめて表示し、各種届出用紙を整備して入手できるようにした。またクレーンの事故調査を行い、インターロックの設定に問題があることを突き止めた。本年度は危険物の試薬瓶の管理をするために ICチップの導入を開始した。

1 0-2、安全衛生に関する情報交換会

法人化後は大学や大学共同利用機関は安全衛生について労働安全衛生法の適用を受けることになり衛生巡視などが義務付けられた。これらの安全に関する業務は、技術職員の現場での業務と密接に関係しており、技術職員が安全・衛生に関する実務を担当する機会が多いため、大学や大学共同利用機関の技術職員を中心とした安全担当者に呼びかけて「安全衛生に関する情報交換会」を開いた。

第 1 回は平成 1 7 年 1 月 2 7、2 8 日に開催し 1 1 大学 4 共同利用機関 2 5 名が参加し発表と議論を行った。法人化に伴う労働安全基準法にどの様に対応するかといった制度づくりに関する報告が多くなされた。第 2 回は平成 1 8 年 2 月 2、3 日に開催し 1 1 大学 5 共同利用機関から 3 6 名の参加があった。今年度はクレーンの点検や高圧ガスの取り扱いや、この時期に大変問題となっていたアスベスト対策についてなど安全に関しての具体的な取り組み事例が多く報告された。

その中でレーザーの安全に関する発表があり、可視領域外でのレーザーの安全について報告されていた。



核融合研でもトムソン散乱やレーザー・ブローで強力なYAGレーザーが使われており関心があった。機構内技術組織の会合で各研究所でも強力なレーザーが使われていることが分かり、連携して安全な保護メガネを開発してゆくことを合意した。このような可視領域以外(特に赤外レーザー)を使う場合に最も危険なことは、最初の光軸調整のときである。光軸調整の時は、可視に変換したビーム・スポットを見なければならず、保護メガネをしていても危険ことがある。赤外線ゴーグルも市販されているが重いために作業性が悪い。この問題の解決に向けて、赤外領域に感度がある小型CCDカメラと超小型の液晶モニターを組み合わせる方法を考えて。これの利点は、直接にビーム・パターンを見ることなく光軸調整が出来ることと今までの保護メガネのように視界が暗くならずすむことである。このメガネについては、開催が予定されている「第3回安全衛生に関する情報交換会」や生理学研究所技術研究会で報告する。

写真10-2 文教ニュースに載った安全衛生に関する情報交換会

11、今後の進め方

大型研究施設は法人に移行し中期目標・計画にそって評価を受けるとともに、毎年内閣総理大臣が議長を務める総合科学技術会議による評価を受けなければならない。その評価結果は次年度の予算配分額から研究所の改組にいたるほどの影響力をもつ。

従って、プラズマパラメータの向上は研究所の使命であり、技術部としては研究成果を上げられるような、組織体系としなければならない。そのために、今後予定されている加熱装置の増強など、プラズマパラメータの改善に有効な部門や、大学共同利用機関として共同研究にも寄与できる装置開発部門の人員増強などを含めた業務と組織の見直しに取り組んでいなければならない。現在、LHDの建設期から運転時期に移っており、研究組織も改変された。技術部の業務は、部課長制度のもとにLHDと支援研究の技術業務を的確に把握することによって比較的うまく機能している。しかし、現在研究組織が実験時の体制へと再編されたことから技術部も部課長制を維持しつつ、共同研究に対する技術支援なども考慮し、さらに研究系の組織再編に対応した組織への見直しを検討している。

組織の見直しに対しては、その指針として

- 1、LHDプラズマ実験でプラズマパラメータの向上に貢献できる。
- 2、双方向共同研究、や共同研究全体に対する技術支援や業務拡大への対応。

3、技術業務の適正化と効率化

が挙げられる。

12、おわりに

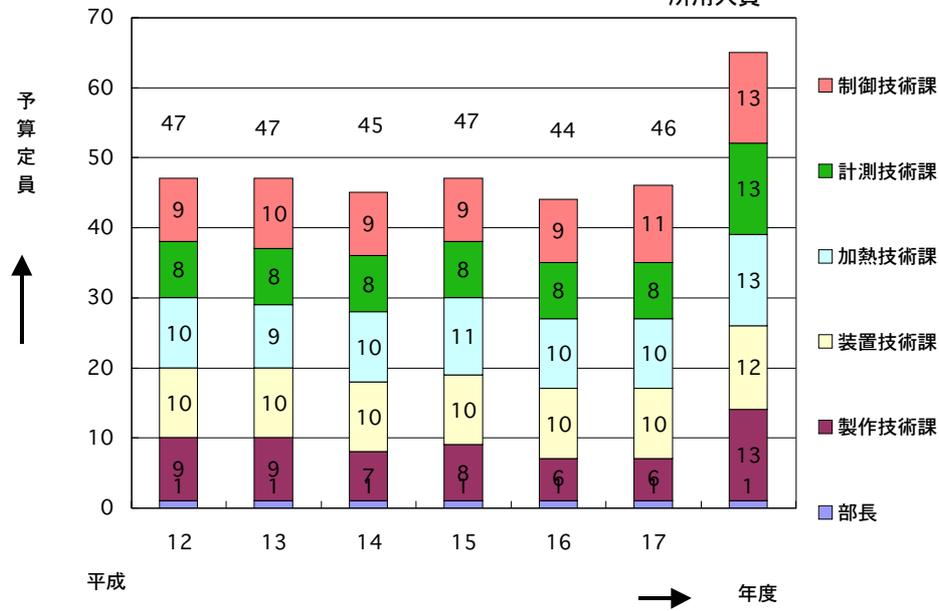
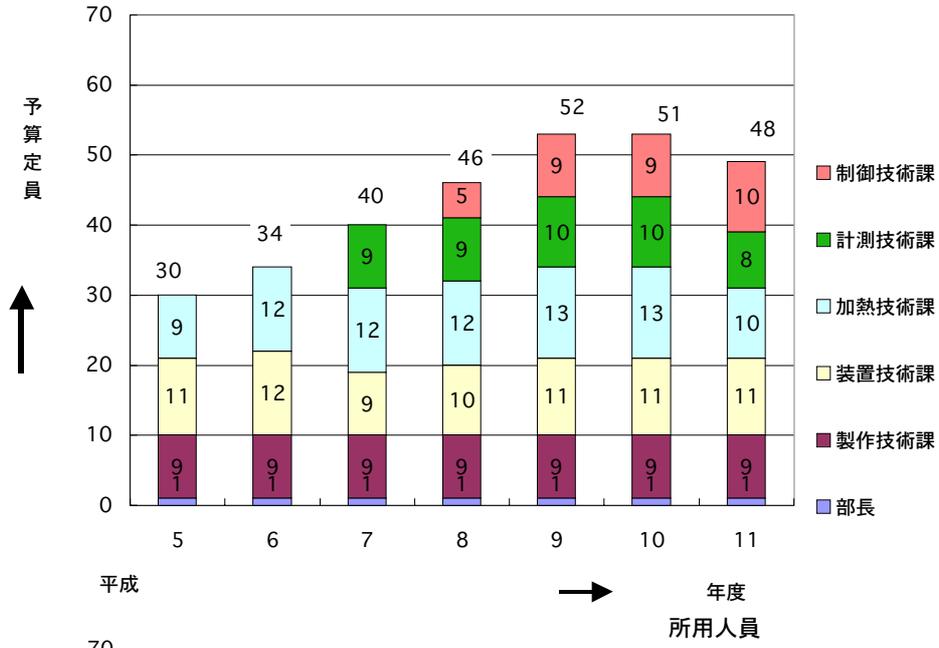
今回の外部評価においては、技術部の法人化による勤務形態の労働基準法や労働衛生安全法への適用や、LHD建設時から運転期に入ったの対応や、新たな業務の拡大などに対してどのように対応すべきか、整理し業務から組織の見直しまでを検討する機会を与えられたと考える。LHDの実験により寄与できること、新たなネットワーク管理業務、また共同研究にも技術支援が出来る組織となるよう努めていきたい。

最後に、お忙しい中、技術部の外部評価に時間を割いて頂いた外部評価委員会の委員の先生方に深く感謝いたします。

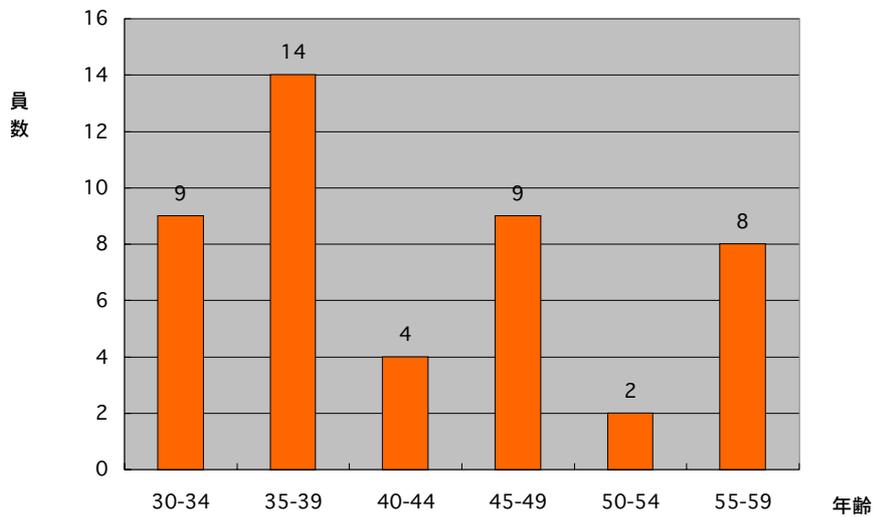
添付資料

- 資料1 技術職員の定数、年齢構成
- 資料2 技術分野、資格・免許
- 資料3 技術研究会・学会、国際会議での報告
- 資料4 技術研修、技術交流、新人研修
- 資料5 アニュアル・レポート（2004～2006）
- 資料6 自然科学研究機構技術研究会収録

技術職員の定数



年齢構成 (2006)

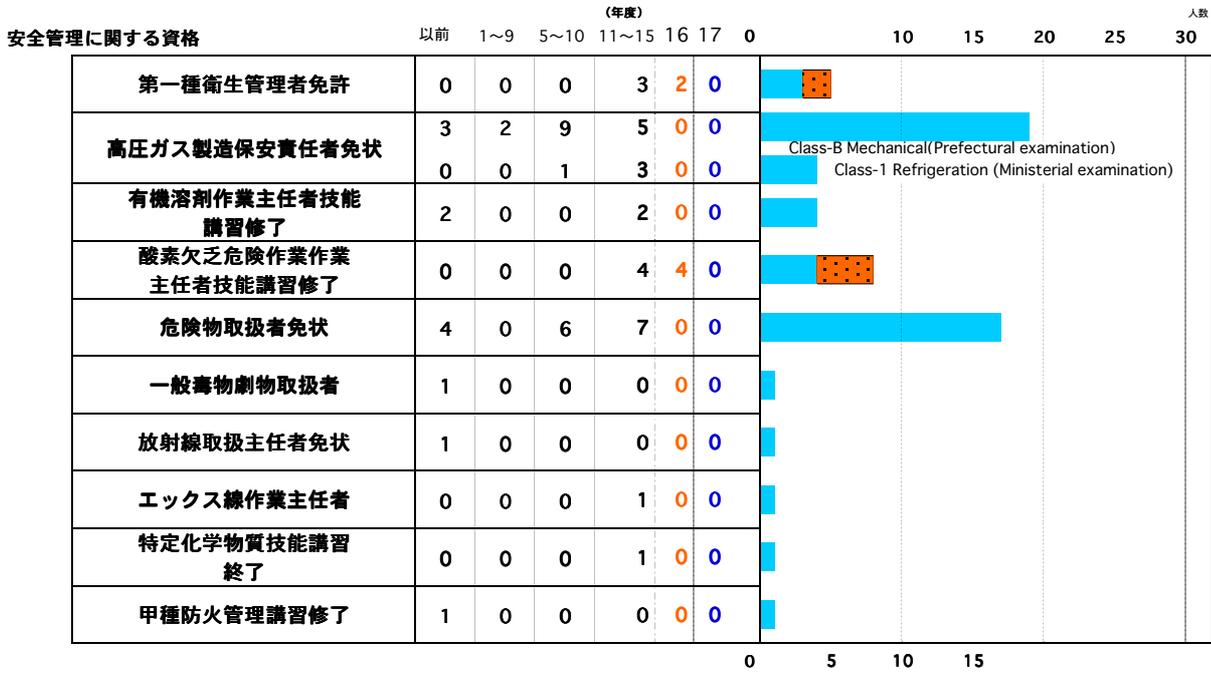


技術部の技術分野

法令で免許・資格が必要な技術は別に資料とした。(クレーン運転、放射線取り扱い主任者、高圧ガス、衛生管理者など)

機械技術	機械設計・CAD	ProEngineer、Vellum CAD、Auto CADを用いた機械設計 LHDと周辺装置の干渉予防のため3D表示、ポート取り付け装置図面 低温および加熱装置の冷却水設備の設計
	機械加工技術	汎用旋盤、フライス盤、NC工作機 溶接、電子ビーム溶接 ガラス工作 レーザ発振管、展示用放電管、試料封入
	構造解析	構造解析シミュレーション、流れ解析 (ANSYS:有限要素法解析ツール)
電気技術	電気工作技術	電子回路 弱電、パワー・エレクトロニクス、マイクロ・プロセッサ技術 高周波技術、FPGAによるIC製作、LSI設計、 電子回路シミュレーション(P-Spice) 電子回路設計—プリント基板製作(Protel)
	実験用電源技術	実験用電力実時間表示装置開発、実験電源盤の容量管理、 年間使用電力概算計算方式の開発
	大電力・高周波技術	MW級ジャイラトロン・システム構築 特殊電源仕様制作、 コレクタ、ボディ、アノード、ヒータ、超伝導マグネットの電源構築 マイクロ波伝送のための導波管の設置と光軸調整、 伝送モード変換機、偏波面変更器、伝送電力測定、模擬負荷 はずみ車付き電動発電機運転・保守
	業務無線技術	所内の防災無線を使った緊急時の対応
	レーザ技術	レーザを使ったマイクロ波伝送路光軸調整
計算機技術	大型汎用機	運用、管理、セキュリティ管理
	通信システム・ネットワーク	大規模、複合ネットワークの設計・維持、
	データ・ベース	リレーショナル・データベースへの外部機器からのデータ収集、 データ圧縮
	信号処理	高速データ収集。Cinosによるマルチ・コンピューティング
	ソフト・ウエア制作	C言語、Basic言語、LabVIEW、HiTach、PLCおよび VxWork—C言語による制御ソフト、HTMLによるホームページ作成
真空技術		真空装置の設計と装置組み立て、運転と監視、 LHDの真空リーク箇所の特定制と対処
低温技術	液化機	液化機の運転・保守、トラブル対応、冷却制御プログラム開発、 冷却水装置運転
放射線技術	計測	素粒子検出器、放射線計測システムの構築、 イメージング・プレートやTLDによる計測
画像技術	写真・画像処理	LHD建設過程の映像記録、各種画像加工と記録
大型装置	運転・保守及びマネジメント	大型装置の運転・保守及び運転員への業務指示

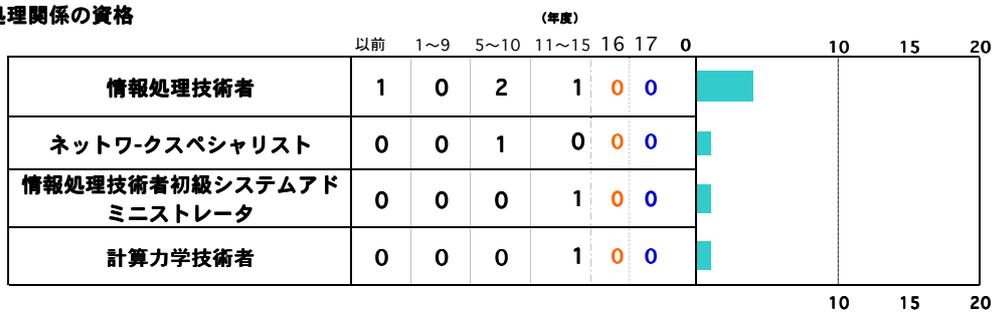
業務等に必要な資格取得状況



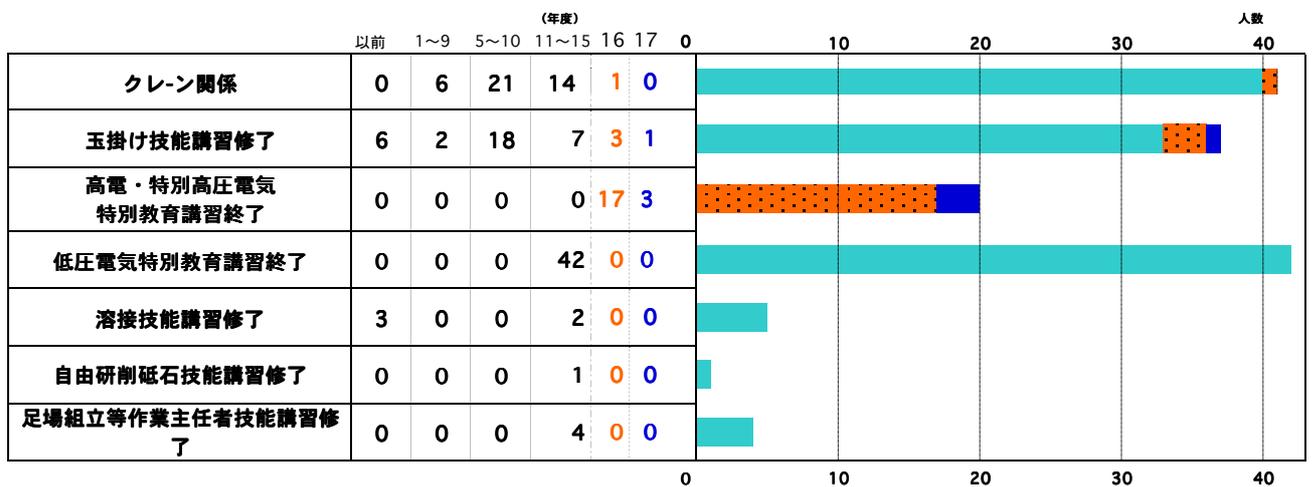
技術・工業・電気関係の資格



情報処理関係の資格



労働安全衛生による（就業）制限関係



技術研究会・学会・国際会議での報告 (過去5年間: 2000~2005)

学会名	年	月	課名	発表名	分科会・番号等	登壇(0) ・ポスター(P)	氏名	場所
技術研究会								
技術研究会	2006	3	製作技術課	マイクロ波イメージング反射計における真空容器内の可動式イメージング鏡の製作	登壇第一分科会 機械・ガラス工作技術	0	杉戸正治	分子科学研究所
技術研究会	2005	3	装置技術課	リアルタイムシミュレーション装置の構築及びヘリウム冷凍機のダイナミックシミュレーション	ポスターセッション P4-3	P	大場恒揮	大阪大学
技術研究会	2005	3	制御技術課	LHD実験における不具合調査結果	ポスターセッション P2-19	P	小平純一	大阪大学
技術研究会	2005	3	加熱技術課	核融合科学研究所のはずみ車付電動発電機運転制御の紹介	ポスターセッション P2-18	P	加藤明己	大阪大学
技術研究会	2005	3	加熱技術課	大型ヘリカルIGRF実験用大電力発振器のための各種インターロックとAGC制御系の開発	ポスターセッション P2-17	P	新保富士夫	大阪大学
技術研究会	2005	3	装置技術課	大型ヘリカル装置 (LHD) ゲートバルブ制御装置の運用 (その2)	ポスターセッション P2-16	P	村瀬尊則	大阪大学
技術研究会	2005	3	製作技術課	大型ヘリカル装置 (LHD) 用ゲートバルブ制御装置改造	ポスターセッション P2-15	P	岡田光司	大阪大学
技術研究会	2005	3	制御技術課	MACアドレス管理によるDHCP運用システムの開発	情報・ネットワーク 5-6	0	井上知幸	大阪大学
技術研究会	2005	3	制御技術課	プラズマ加熱用高周波発振器液体スタブチューナのマルチコンピュータ・フィードバック制御	回路・計測・制御 3-15	0	高橋千尋	大阪大学
技術研究会	2005	3	計測技術課	LHDトムソン散乱計測窓に設置されたカバーガラスの透過率測定とその影響の解析	回路・計測・制御 3-04	0	林 浩	大阪大学
技術研究会	2005	3	制御技術課	HIBPの安全管理システム	装置技術2-17		横田光弘	大阪大学
岐阜大学技術研究会	2005	3	部長	岐阜サマー・サイエンス・スクールについて		0	山内健治	岐阜大学
第15回生物学技術研究会、第26回生理学技術研究会	2005	2	部長	核融合科学研究所技術部の業務と運営	P43	0	山内健治	機構岡崎地区
技術研究会	2004	3	制御技術課	パイプガン固体水素ベレット入射装置制御システムの改造	ポスターセッション	P	井上知幸	KEK
技術研究会	2004	3	制御技術課	マルチクライアント環境における実験パラメータ配信システムの構築	ポスターセッション	P	小川英樹	KEK
技術研究会	2004	3	計測技術課	LHD定常実験におけるリアルタイムモニタリングシステムの開発	情報・ネットワーク5-020	0	大砂真樹	KEK
技術研究会	2004	3	計測技術課	運転パラメータを読み込み式にしたLHD-NBIの運転	装置技術4-004	0	浅野英児	KEK
技術研究会	2004	3	加熱技術課	LHD-NBI におけるビーム画像保存システムの開発	ポスターセッション	P	佐藤 守	KEK
技術研究会	2004	3	加熱技術課	LHDの定常ECHシステムの構築	ポスターセッション	P	伊藤 哲	KEK
技術研究会	2004	3	装置技術課	デマンドデータ配信サーバの構築	ポスターセッション	P	安井孝治	KEK
技術研究会	2004	3	装置技術課	コールドボックス内オイル汚染について		0	森内貞智	KEK
技術研究会	2004	3	製作技術課	ラザフォードケーブル (成型縫い線) を使用したSMESコイルの製作	低温技術2-009	0	森田佳隆	KEK
技術研究会	2004	3	製作技術課	実時間位相飛越修正型位相検出回路の設計・製作 (II)	計測・制御・回路3-002	0	伊藤康彦	KEK
技術研究会	2004	3	製作技術課	SMESコイル用巻き線機の製作	ポスターセッション	P	横田光弘	KEK
技術研究会	2003	3	制御技術課	テレビ会議システムの構築	情報・ネットワーク5-11	0	駒田誠司	東京大学
技術研究会	2003	3	制御技術課	核融合研究における実験データ保存のため大容量オンライン・ストレージ評価	情報・ネットワーク5-7	0	小嶋 護	東京大学
技術研究会	2003	3	装置技術課	大型ヘリカル装置のヘリウム供給ラインにおける不純物除去フィルタの圧力損失	極低温技術4-9	0	関口温朗	東京大学
技術研究会	2003	3	計測技術課	LHDトムソン散乱計測用データ収集システム	ポスター	P	林 浩	東京大学
技術研究会	2003	3	制御技術課	連続ベレット射出装置制御システムの開発	回路・計測・制御 3-8	0	鷹見重幸	東京大学
技術研究会	2003	3	製作技術課	実時間位相飛越修正型位相検出回路の設計・製作	回路・計測・制御 3-1	0	伊藤康彦	東京大学
技術研究会	2003	3	装置技術課	大型ヘリカル装置 (LHD) における真空管理	ポスター	P	鈴木直之	東京大学
技術研究会	2003	3	加熱技術課	250MVA電動発電機の初回オーバーホール	ポスター	P	加藤明己	東京大学
技術研究会	2003	3	装置技術課	NIFS技術交流における報告「構造解析シミュレーション技術」	装置技術2-6	0	林 浩己	東京大学
技術研究会	2002	3	制御技術課	重イオンビームブローブ (HIBP) 制御システムへのCOACKの導入	計測・制御	0	井上知幸	核融合研
技術研究会	2002	3	加熱技術課	大型ヘリカル装置のためのIGRF同軸管内放電位置検出装置の開発	ポスターセッション	P	新保富士夫	核融合研
技術研究会	2002	3	装置技術課	大型ヘリカル装置 (LHD) 用真空排気装置の移設・改造	ポスターセッション	P	米津宏昭	核融合研

技術研究会	2002	3	装置技術課	大型ヘリカル装置(LHD)用ゲートバルブ制御装置の運用	ポスターセッション	P	岡田光司	核融合研
技術研究会	2002	3	加熱技術課	マイクロ波電送電力モニターの開発	ポスターセッション	P	小林策治	核融合研
技術研究会	2002	3	計測技術課	核融合科学研究所放射線モニターシステム	ポスターセッション	P	三宅 均	核融合研
技術研究会	2002	3	計測技術課	位相検出回路の設計3	ポスターセッション	P	伊藤康彦	核融合研
技術研究会	2002	3	制御技術課	Cinosでの多重割り込み処理と時間遅延	ポスターセッション	P	高橋千尋	核融合研
技術研究会	2002	3	製作技術課	ICRF用液体スタブチューナのフィードバック制御	ポスターセッション	P	横田光弘	核融合研
技術研究会	2002	3	計測技術課	重イオンビームプローブの加速器制御	ポスターセッション	P	塚田 究	核融合研
技術研究会	2001	3	製作技術課	大型ヘリカル装置(LHD)電子サイクロトロン放射測定に用いるミラー及び偏向回転器コントロールシステムの開発	回路技術	0	佐藤 守	東北大学
技術研究会	2001	3	加熱技術課	LHD日におけるECH伝送路用アークセンサーの開発	回路技術	0	水野嘉誠	東北大学
技術研究会	2001	3	装置技術課	大型ヘリカル装置用低温システムの長期連続運転	極低温技術	0	森内貞智	東北大学
技術研究会	2001	3	計測技術課	オブジェクト指向データベースによるプラズマ実験データ処理システムの構築	情報・ネットワーク	0	大砂真樹	東北大学
技術研究会	2001	3	制御技術課	非磁性電波シールドキャビネットの開発	ポスターセッション	P	小平純一	東北大学
技術研究会	2001	3	装置技術課	大型ヘリカル装置(LHD)用真空排気装置の性能向上と保守	ポスターセッション	P	米津宏昭	東北大学
技術研究会	2001	3	計測技術課	高磁場中での電子機器の影響とその中で動作可能なアクチュエータ	ポスターセッション	P	山内健治	東北大学
技術研究会	2001	3	製作技術課	中央部品室の総合的計算機システム化について	ポスターセッション	P	渡邊典子	東北大学
技術研究会	2000	3	装置技術課	大型ヘリカル装置(LHD)用ガスバフ装置(2)	装置技術	0	安井孝治	分子研
技術研究会	2000	3	製作技術課	レーザービームサーチ管内走行車の製作	装置技術	0	杉戸正治	分子研
技術研究会	2000	3	制御技術課	CHS実験データ収集解析システムCIONSについて	回路技術	0	高橋千尋	分子研
技術研究会	2000	3	計測技術課	画像処理によるLHDトムソン散乱計測用レーザービームの位置制御と監視	回路技術	0	山内健治	分子研
技術研究会	2000	3	制御技術課	LHD実験ネットワークのセキュリティ対策	計算機技術	0	加藤文雄	分子研
技術研究会	2000	3	計測技術課	オブジェクト指向データベースによるプラズマ実験データ処理システムの概要	計算機技術	0	大砂真樹	分子研
技術研究会	2000	3	加熱技術課	大型ヘリカル装置のためのICRFダミーロードの実機サイズ試作II	ポスターセッション	P	新保富士夫	分子研
技術研究会	2000	3	加熱技術課	大型ヘリカル装置のためのICRF同軸伝送路の開発	ポスターセッション	P	野村吾郎	分子研
技術研究会	2000	3	製作技術課	工務棟の建設	ポスターセッション	P	幅驥一郎	分子研
技術研究会	2000	3	装置技術課	大型ヘリカル装置(LHD)低温制御の遠隔操作システム	ポスターセッション	P	大場恒揮	分子研
技術研究会	2000	3	計測技術課	大型ヘリカル装置(LHD)トムソン散乱計測のためのデータ収集システム開発	ポスターセッション	P	林 浩	分子研

学会・研修会等

京都大学総合技術部第5専門技術室専門研修(第4回) 京都大学原子炉実験所原子炉・放射線技術研究会(第13回)	2005	3	製作技術課	核融合科学研究所における安全衛生管理への取組	2-4	0	馬場智澄	京都大学・原子炉実験所
核融合エネルギー連合講演会 プラズマ・核融合学会	2004	6	製作技術課	レーザー干渉用実時間位相飛越修正回路の開発	ポスターセッション	P	伊藤康彦	仙台市市民会館
第4回国立天文台天文学に関する技術シンポジウム	2004	12	部長	核融合科学研究所技術部の組織運営		0	山内健治	国立天文台
プラズマ・核融合学会	2003	11	加熱技術課	LHDの定常ECHシステムの構築	11/27pA21P(ポスター)	P	伊藤 哲	茨城県民文化センター
プラズマ・核融合学会	2003	11	制御技術課	CHS実験データ収集・解析システムCIONSについて	11/28aB33P(ポスター)	P	高橋千尋	茨城県民文化センター
低温工学学会	2002	10	装置技術課	LHD超伝導・低温システムの運転実績	2B-a13	0	森内貞智	長崎厚生年金会館
第3回核融合エネルギー連合講演会	2000	6	加熱技術課	ECH導波管伝送電力モニタの開発	ポスターセッション	P	小林策治	中部大学

第3回核融合エネルギー連合講演会	2000	6	計測技術課	LHD遠赤外レーザー干渉計用高精度位相検出回路の開発	ポスターセッション	P	伊藤康彦	中部大学
第3回核融合エネルギー連合講演会	2000	6	加熱技術課	ジャイロトロン伝送路結合系の改造	ポスターセッション	P	伊藤 哲	中部大学
フー・核学会	2000	11	加熱技術課	168GHz用導波管伝送電力モニターの開発	加熱/炉設計	0	小林策治	仙台市
フー・核学会	2000	11	加熱技術課	LHDのECH伝送系統制御システム	加熱/炉設計	0	水野嘉識	仙台市

国際会議

15th-International Toki Conference	2005	12	装置技術課	Cryogenic Process Real-Time Simulator(C-PREST)	ポスターセッション	P	大場恒揮	土岐
15th-International Toki Conference	2005	12	装置技術課	Results of LHD Cryogenic System Operations	ポスターセッション	P	森内貞智	土岐
SOFE2005国際会議	2005	9	製作技術課	Development of Quasi-Optical Technology for Microwave Diagnostics in LHD	ポスターセッション	P	杉戸正治	Hilton Knoxville
5th IAEA Technical Meeting on Control	2005	7	計測技術課	5th IAEA Technical Meeting on Control, Data Acquisition, and Remote Participation for Fusion Research		0	大砂真樹	Budapest (Hungary)
PCaPAC2005	2005	3	制御技術課	Control System for SMES Coil Winding Machine	ポスターセッションWEP35	P	小川英樹	葉山
3rd Symp. on Fusion Technology (SOF T2004)	2004	9	製作技術課	Development of a phase counter with real-time fringe jump corrector for heterodyne interferometer on LHD	ポスターセッションP2C-D-202	P	伊藤康彦	イタリア・ベニス
4th International Workshop on Personal Computers and Particle Accelerator Controls	2003	12	計測技術課	DATA ACQUISITION SYSTEM BASED ON PCS FOR THE LHD THOMSON SCATTERING DIAGNOSTIC	ポスターセッション	P	林 浩	イタリア・ローマ
Workshop on Accelerator Operation (WAO) 2003	2003	3	装置技術課	Management and Operation at LHD	ポスターセッション	P	飯間理史	葉山
PCaPAC2002	2002	10	制御技術課	Introduction of COACK to the HIBP Control	オーラルセッションTU03	0	小川英樹	イタリア・フラスカッチ
14th Topical Conference Radio Frequency Power In Plasmas	2001	5	加熱技術課	Feedback Control Impedance Matching System Using Liquid Stub Tuner for Ion Cyclotron Heating	ポスターセッション	P	野村吾郎	アメリカ・カリフォルニア州・オクスナード
21st Symp. on Fusion Technology (SOF T2000)	2000	9	計測技術課	Improved resolution for a multi-fringe phase detection circuit of a far infrared laser interferometer on LHD	ポスターセッション	P	伊藤康彦	スペイン・マドリッド
COACK mini Workshop	2000	5	制御技術課	LHD man-machine interface for central control system		0	小川英樹	高エネ研
IRPA10(国際放射線防護学会)	2000	5	計測技術課	RADIATION MONITORING SYSTEM APPLICABLE TO NUCLEAR FUSION EXPERIMENTAL SITE, PART (2)	ポスターセッション	P	三宅 均	広島市
ITC-10	2000	1	制御技術課	Real-Time Coil Current Control System in LHD Experiments	P-3	P	鷹見重幸	土岐

21st Symp. on Fusion Technology (SOFT2000)	2000	9	計測技術課	Improved resolution for a multi-fringe phase detection circuit of a far infrared laser interferometer on LHD	ポスターセッション	P	伊藤康彦	スペイン・マドリード
COACK mini Workshop	2000	5	制御技術課	LHD man-machine interface for central control system		0	小川英樹	高エネ研
IRPA10(国 際放射線防 護学会)	2000	5	計測技術課	RADIATION MONITORING SYSTEM APLICABLE TO NUCLEAR FUSION EXPERIMENTAL SITE, PART (2)	ポスターセッション	P	三宅 均	広島市
ITC-10	2000	1	制御技術課	Real-Time Coil Current Control System in LHD Experiments	P-3	P	鷹見重幸	土岐

研修

資料4

	法人化以前 平成9～15年	法人化後 平成16年	平成17年
人事院、大学等利用 東海・北陸地区大学等技術職員研修	35人	5人	7人
安全関係講習会 労働安全衛生・高圧ガス・クレーン等	28人	45人	22人
民間機関等を利用 真空、回路設計、プログラミング	52人	13人	2人

同一人が異なった講習会を受講時は重複しています。

人事院、大学等利用

東海・北陸地区国立大学法人等技術専門職員研修
東海地区国立大学法人等新人職員研修
中部ブロック大学知的財産戦略研修会
東海・北陸地区国立大学法人等教室系技術職員合同研修
情報システム統一研修
岐阜県統計グラフ講習会
電子出版講習会
知的所有権セミナー

安全関係講習会

高圧ガス講習会
保安係員（一般ガス）講習
冷凍空調保安教育講習会
一般高圧ガス保安教育講習会
無線免許講習会
第二種電気工事士講習会
認定電気工事従事者講習
有機溶剤作業主任者技能講習受講
危険物取扱者保安講習受講
エネルギー管理研修
アーク溶接講習
H16年度労働安全衛生特別教育講習会（高電圧）
クレーン運転業務従事安全教育
クレーン運転士講習
玉がけ技能講習
労働衛生研修会
安全配慮義務等研修
マネジメントシステムリーダー研修
リスクアセスメント実務研修
第一種衛生管理者講習会
酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者技能講習
足場の組立等作業主任者技能講習
研削砥石技能講習
交通KYT研修会
危険予知訓練（KYT）トレーナー研修会
CRP（心肺蘇生法）及びAED（自動体外式除細動器）講習会

民間機関等利用

低温学会講座受講
低温工学サマーセミナー
真空技術基礎講習会
真空工業界研修
クライミングの使用法
Micro Pattern Gas Detector研究会
マシニングNC講習会
機械工作（NC）講習会
IC製作MAX+plus IIワークショップ
エレクトロニクスセミナー
実用アナログ回路設計セミナー
パワーデバイス講習
VHDLによるFPGA回路設計手法
OrCAD Layout セミナー
計測機器セミナー
日本テクトロニクス技術セミナー
PLC画面ソフトおよびラダープログラム作成講習会
SUNセミナーおよびソラリス講習会
JAVA講習
富士通（ラントラブルシューティングコース）講習会
計測制御プログラミング（Lab VIEW）GP-IBによる外部機器制御講習会
GPIB・シリアルネットワークによる計測制御講習会
リアルタイム計測制御アプリケーションSL-GMSセミナー
CORBAプログラミング講習会
Windows ソケットプログラミング 受講
WindowsXP環境でのネットワーク計測セミナー
MATLAB EXPOセミナー
PV-WAVE講習会
ドライバ作成実習セミナー
CompactPCI技術セミナー
Vx Works 研修
ネットワークモニタソフト講習
ネットワーク計測の基本テクニック
Open Network Solution Seminar
計算力学技術者認定付帯講習会

核融合科学研究所 技術交流 実績

当研究所ではお互いの技術向上をめざして技術交流を平成10年度より開始し広く大学、高専、共同利用研究機関より多数の方々の参加を頂いている。

技術交流は各コースに分かれそれぞれ1週間程度の日程で交流が行われている。各コースは年度により変化しているが概ね実習を主体としたNC加工技術、電子回路、構造解析・シミュレーション関係及び計測制御技術等を柱として進められている。これらの実習課程の中で実験装置を作成するまでに発展したり、再度交流を希望される方が見受けられる。以下に実績を示す。

技術交流実績

年度	交流コース	交流先（相手大学・機関等）	人数	担当課
平成10	NC加工技術	富山大学、石川高専	3	製作技術課
	CAD、シミュレーション	名古屋大学	1	装置技術課
	低温技術	分子研、高エネルギー研	3	装置技術課
	データ処理、制御	高エネルギー研、筑波大学	2	制御、計測技術課
	ネットワーク管理	石川高専	1	制御技術課
	技術検討会	分子研、高エネルギー研、天文台他	8	技術部
11	NC加工技術	富山大学、京都大学、石川高専	6	製作技術課
	CAD、シミュレーション	高エネルギー研	1	装置技術課
	計測制御技術	高エネルギー研	1	制御技術課
	機械加工技術に関する技術検討会	高エネルギー研、分子研、国立天文台	4	技術部
	組織運営	三重大等7大学、鈴鹿高専等	69	技術部
12	NC加工技術	徳島大学、石川高専	2	製作技術課
	電子回路	徳島大学、京都大学	2	製作技術課
	構造解析	京都大学	1	装置技術課
	計測制御技術	熊本大学	1	制御技術課
	放射線計測	鹿児島大、京都大学	2	計測技術課
	ネットワーク管理	鳥取大学、石川高専	2	制御技術課
	組織運営	富山医科薬科大学	1	技術部
	電子ビーム溶接	京都大学、大阪市立大学	2	製作技術課

13	電子回路	京都大学、筑波大学	2	製作技術課
	構造解析	徳島大学	1	装置技術課
	Visual Basic による画面制御	徳島大学	1	制御技術課
	リレーショナルデータベース	徳島大学	1	製作技術課
	次世代型制御システム	高エネルギー研、東北大	2	制御技術課
	組織運営	高エネルギー研、分子研、名古屋大学、大阪市立大学	17	技術部
14	組織運営	京都大学・名古屋大学	5	技術部
	組織運営法人化	大学共同研究機関技術部 (高エネ研、分子研、天文台、遺伝研、生理研、基礎研、宇宙研、統数研)	12	技術部
	構造解析シミュレーション	熊本大	1	装置技術課
	電子回路	徳島大学	1	製作技術課
	NC 加工	徳島大学	1	製作技術課
	VB による画像解析	分子研	2	制御技術課
15	組織運営	名古屋大学	1	技術部
	VB による制御	高エネ研、筑波大学、京大学	5	制御技術課
	NC 加工	三重大学	1	製作技術課
	シーケンス制御	筑波大学	1	製作、制御
16	組織運営	名古屋大学、熊本大学	3	技術部
	安全衛生管理	高エネ研等 4 機関、 (高エネ研、分子研、天文台、生理研、基礎研) 熊本大学等 11 大学 (熊本大学、琉球大学、東京工業大学、東京大学、大阪市立大学、京都大学、千葉大学、名古屋工業大学、名古屋大学、岐阜大学)	25	技術部
	電子回路	中部大学	1	製作技術課
	真空技術	中部大学	2	装置技術課
	構造解析シミュレーション	京都大学	1	装置技術課

	機械工作	三重大学	1	製作技術課
	放射線計測	分子研	1	計測技術課
	低温技術	分子研	1	装置技術課
17	3次元CADシミュレーション	鹿児島大学、熊本大学	2	装置技術課
	PCによる計測制御	高エネ機構	2	制御技術課
	NC加工	石川高専	1	製作技術課
	安全衛生管理	高エネ研等5機関、 (高エネ研、分子研、天文台、生理研、基礎研) 熊本大学等11大学 (熊本大学、琉球大学、鳥取大学、東京大学、富山大学、京都大学、横浜国立大学、名古屋工業大学、名古屋大学、岐阜大学)	36	技術部

* : 一部相手方旅費による

平成16年度技術部新人教育

	項目	内容	時間(h) 日数(d)	回数	担当	日程
1	技術部業務の概要					
	1) LHD		1d	1	各課 現場 担当者	5/6
	2) 加熱装置		1d	1		5/7
	3) 計測装置		1d	1		5/8
	4) 制御/データ処理		1d	1		5/9
	5) He液化機		1.5h	1		
	6) コイル電源		1.5h	1		
	7) MG		1.5h	1		
	8) 冷却水	各装置等における現場でのガイダンス	1.5h	1		
2	基礎・個別技術					
	1) 核融合システム	ヘリカル及びトカマクスシステム	1.5h	1	飯間	5/15
	2) 真空	真空排気システム等	1.5h	1	米津/林	5/22
	3) ネットワーク	ネットワーク技術・運用・利用	1.5h	1	加藤T	5/29
	4) 電源	受配電系統ほか電気設備	1.5h	1	安井	6/5
	5) 計算機制御	PC, UNIX, PLC, VME, etcを用いた制御	1.5h	1	高橋	6/12
3	安全関連					
	1) 工作機械	工作機械の取り扱い	1.5h	1	杉戸	5/15
	2) 高圧ガス・低温物質	高圧ガス知識・LHe、N2の取り扱い他	1.5h	1	馬場/森内	5/22
	3) 作業安全	電気作業時の感電防止等	1.5h	1	多喜田	5/29
	4) 放射線	放射線の基礎及び放射線障害の防護	1.5h	1	三宅	6/5
	5) 毒物・危険物等	種類、危険性及び取扱方法	1.5h	1	幅	6/12

* 5/6 新人は技術部会議室に9:00集合。(部長の挨拶)

- ・ 5/6～13は9:00に技術部会議室に集合後、担当課長が現場へ誘導。5/13については森内係長が最初の誘導を担当し、次の現場へ引き継ぐ。
- ・ 1 技術業務の概要については1日単位の現場ガイダンスとし、1)～4)は各1日、5)～8)は纏めて1日
- ・ 2, 3の講義は1.5hを単位とし、1日に各1単位ずつ実施。(実施場所:技術部会議室)
 { 2-1)～5)は9:00～10:30, 3-1)～5)は10:30～12:00}

IV. Department of Engineering and Technical Services

The Department of Engineering and Technical Services is involved in all kinds of work on design, fabrication, construction and operation of experimental devices in the fields of software and hardware.

This department is composed of the engineers, and their tasks fall under the following five goals:

To develop advanced and systematic engineering capabilities on the basis of basic engineering results which have been obtained thus far.

To educate excellent engineers with responsible administration.

To cultivate creative engineering abilities.

To improve the documentation of and the transfer of engineering knowledge to the next generation.

To perform tasks with a systematic responsibility.

The department consists of the following five divisions: the Fabrication Technology Division takes care of the construction of small devices and the quality control of parts for all Divisions. The Device Technology Division is responsible for LHD and LHD peripheral devices except for the heating devices and the diagnostic devices. The Plasma Heating Technology Division has responsibility for the ECH system, ICRF system and NBI system. Diagnostic Technology Division develops, operates and maintains all diagnostic devices and the Control Technology Division has responsibility for the central control system, the current control system and the LHD network. The number of staff is 46 engineers and several part-time workers. We take care of the development, the operation and the maintenance of LHD and the LHD peripheral devices with about 47 operators.

Our institute was reconstituted as a new corporate agency in April 2004. We have stipulated for the labor conditions according to the Labor Standards Law, which we will obey. Consideration was given to the division of the labor of the engineering staff in order to decrease the working time, and to the reorganization of the staff in order to promote good research results.

1. Fabrication Technology Division

The main tasks are the fabrication of the experimental equipment, technical consultation, research development of apparatus, technical cooperation and supply of experimental parts and materials. The division also administers all the office work of the department. The staff of our division is mainly working in the central workshop. In our division, we received about 400 jobs for the fabrication of devices in this fiscal year. 95% of them could be fabricated in our central workshop. We support the construction of the devices and their control systems as requested from each research division.

(1) Automatic Fringe Jump Corrector (AFJC) circuit

The Automatic Fringe Jump Corrector (AFJC) circuit (Figure 1) was developed for the phase counter of the FIR heterodyne laser interferometer system on LHD. In the laser heterodyne interferometer system, a phase counter is used to measure plasma electron density from the beat signals of the interferometer outputs. One of the important problems in the multi-fringe phase detection is the fringe jump error. The error is caused by the decreased signal to noise ratio of the beat signal, when the electric noise is increased or the signal amplitude is decreased due to refraction of the probe beam. The fringe jump causes severe problems for the data analysis and operation of the density feedback. The AFJC is designed to compensate the fringe jump automatically. The functions of the circuit are fringe jump detection and restoration of the phase counter to the correct fringe number stored before the fringe jump. The circuit can process the fringe jump correction within 3μ sec.

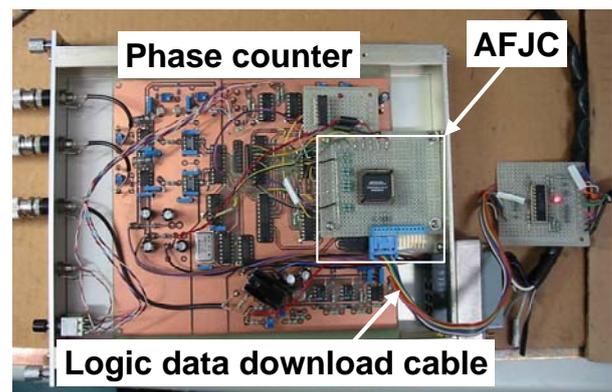


Fig.1 Automatic Fringe Jump Corrector (AFJC) circuit

The circuit is integrated on a CPLD (Complex Programmable Logic Device), which added to the conventional phase detection circuit with the following specifications: 1MHz input beat frequency, 31 fringes phase detection range and 10μ sec phase resolution.

The circuit was installed on the interferometer and was tested in the electron density measurements of the LHD plasma. As a result, the fringe jumps caused by the H_2 pellet injection and the radiation collapse can be corrected, the probabilities of the correction were approximately 70% and 20% respectively. However, the fringe jumps caused by a high-density plasma measurement, still cannot be compensated. A waveform of the phase jump correction with the H_2 pellet injection is shown in Figure 2.

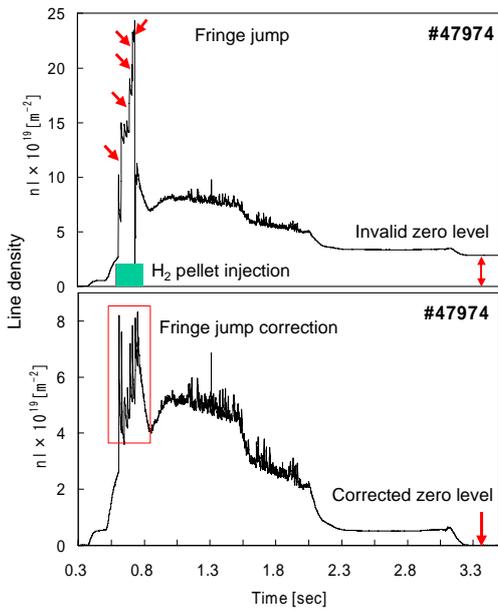


Fig.2 A waveform of the phase jump correction with H₂ pellet injection

(2) The electroforming matrix for an ultra low loss horn-antenna fabrication.

The ultra low loss horn-antenna was fabricated by using an electroforming matrix. The antenna is used for transmitting and receiving microwaves. The material of the matrix which is cut in half is aluminum alloy. It is very difficult to make a tapered hole in the center of the parts and cut corrugated tracks on the surface of the taper by a thin cutter. In order to give it rigidity, the form and the thickness of cutting tools must be adjusted. Figure 3 shows the machined matrix.

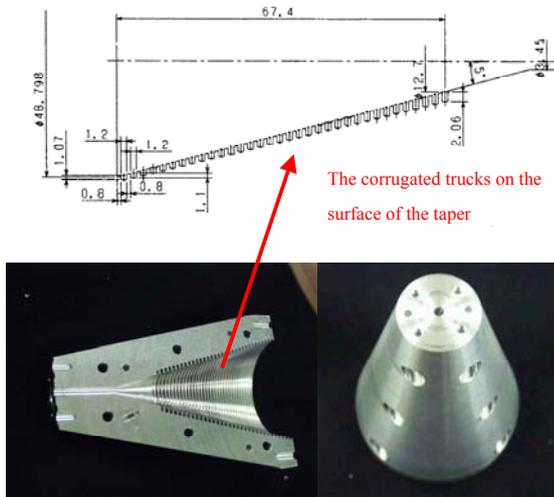


Fig.3 The electroforming matrix for the horn-antenna

(3) The peripheral equipment for the SMES coil winder.

In using the winder for the SMES coil winding, we manufactured the reel and drum with the function of cable kink prevention. The springs attached in the drum are used to wind up and draw out the cable smoothly as shown in figure 4.

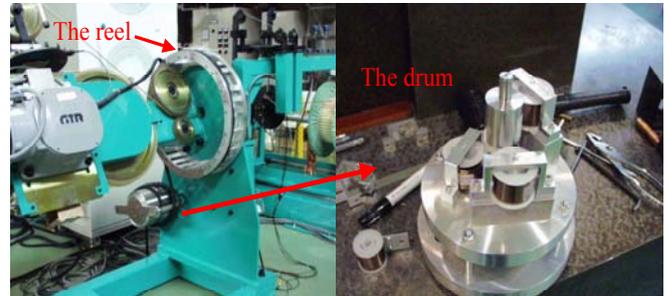


Fig.4 The peripheral equipment for the SMES coil winder.

(4) Quadrapole lens.

It was fabricated for use in detecting ions which have the property of a specific mass-to-charge ratio, in which the structure of this detector is such that all the lenses are opposite each other as shown in figure 5. Machining it for long period results in a thermal distortion of these parts, therefore an aluminum alloy is chosen to prevent the problem, along with careful adjustment of the cutting depth and the feed speed of the applied tool.



Fig.5 Quadrapole lens

(5) The controller of the SMES coil-winding machine

The UPS-SMES is under development for protection from a momentary voltage drop and an electric power failure. We have been manufacturing the 100kJ class SMES coil. In the winding of the coil, the winding machine controller using a Programmable Logic Controller and a Personal Computer was designed and fabricated. In order to cool the conduction cooling type coil, 1400 litz wires were placed between the layers of turns, which are inserted by manual labor. It took more than one month. Figure 6 shows the SMES coil-winding machine.



Fig.6 The controller of the SMES coil-winding machine

2. Device Technology Division

The Division supports the operation, the improvement and the maintenance of LHD, the peripheral devices for LHD, cryogenic and super conducting R&D devices,

(1) Operation and Maintenance of LHD

LHD operation started on July 26 in the seventh-experimental campaign, the cryostat was evacuated as usual. The evacuation of the plasma vacuum vessel began on August 1. We found thirteen vacuum leaks; nine CF-flanges of the plasma vacuum vessel, and four gate-valves had the seat leak. The vacuum leaks were fixed on Aug. 19, and the coil cool-down was started at Aug. 7. The cooling down was completed on Sep. 1. This period (9 days) is our new record in all previous vacuum-leak tests.

The first energizing of LHD in the seventh-campaign was on Sep. 2. The number of operation days of the SC-coils was 53 days. The number of days of the plasma experimental period was 143 days. The warm up of the S.C.-coils was started on Jan. 23.

During this period, the interruption of commercial power occurred three times due to thunderstorms. They were July 11, 12 and Aug.26.

The LHD cryogenic system did not have any major problems during the 7th operation. This system could suffer serious damage from the termination of the utility machines by instantaneous power failure. For this reason, the power supply of the utility machines (the oil pump, the instrumentation air compressor, the vacuum pump, etc.) was changed to the common power generation machine system. Although the instantaneous power failure occurred once during cool down operation of the 7th-campaign, there was no apparatus termination. Therefore, it is thought that power supply system change was effective.

(2) Re-connecting key devices for the LHD to the self-generator

The LHD has the super-conducting-coils, so it is necessary to cool down the super-conducting area for more than one

month. They are the coils, the support structures, the cooling lines, and the 80-kelvin thermal isolation plates.

The utilities used by these devices are crucial to the LHD experiment therefore these device must not stop during the LHD experimental-period. If the commercial electric power should be lost, LHD could be seriously damaged by the failure of those utilities.

NIFS has the standby generator, and the level of the output power was increased due to a change of the generator two years ago.

So it is better to re-connect these devices to the standby generator.

Table 1 Devices and load capacitance

Special Board	Device Name	Load Capacitance (kW)
A	Heating and cooling device	100
	Diborane exhaust device	17
	Diverter heating and cooling device	80
B	Plasma vacuum exhaust device	100
C	Gas-puff device	11
	LID exhaust device	160
D	Poloidal valve-box vacuum exhaust device	5
	Helical valve-box vacuum exhaust device	5
E	Diborane exhaust device	10
	Gas-puff device	5
F	Gas-puff device	1
G	Gas-puff device	21
H	Helium compressor	247
I	Cooling water pump	1016
	summation	1778

The important systems are the cryogenic systems, which include a compressor, the vacuum pumping systems, the water-cooling systems and a poisonous gas system (Diborane).

First, special power distribution boards for the standby generator were constituted in various places, and the cables were connected from the standby generator.

Next, these devices were reconnected from the commercial power system distribution board to the special distribution board.

The relation of the re-connected devices and their load capacitances is indicated in Table 1.

(3) Dynamic simulator development for the Helium Refrigerator/Liquefier for the LHD

In this year, the model of the Helium Refrigerator/Liquefier was made for the Dynamic Simulator. The cool-down sequence programs of the simulation model used the same program as the Helium Refrigerator/Liquefier for LHD.

This model has been used to check the liquefaction operation. This model was used for liquefaction operation training by the Helium Refrigerator/Liquefier for LHD. The speed of simulation equipment will be improved from now

on and the helical-coils and poloidal-coils and bus-lines will be modeled.

(4) Technical support of the structural analysis.

We supported to the staff of the Nagoya University regarding structural analysis technology.

The structural analysis was performed for the vacuum chamber.

In this vacuum chamber, the plasma is generated by the injection of microwaves.

The vacuum chamber has a large silica glass window (50mmx20mmx1050mm) for the injection of microwaves.

First, the structural analysis of silica glasses was performed for the vacuum chamber.

Atmospheric pressure will distort the silica glass.

Owing to it, the breakage of a silica glass and the vacuum destruction of the chamber are expected.

The structural strength of about the silica glass window was checked using ANSYS of CAE.

The result was provided to Nagoya University Ishijima Laboratory.

Figure 7 shows the stress of a silica glass by the force of atmospheric pressure on the vacuum

After finishing the structural analysis of silica glass window, analysis of the aluminum vacuum chamber was also performed because, the silica glass window will be stressed by the distortion of the aluminum vacuum chamber.

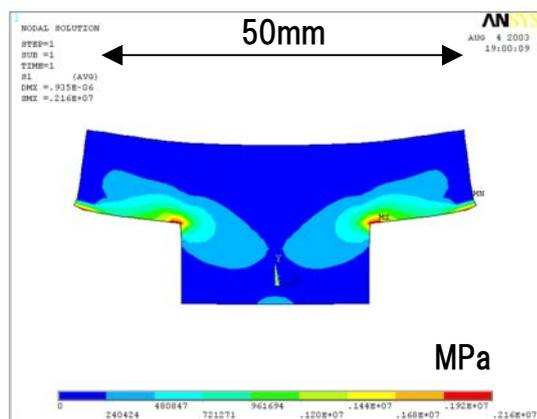


Fig. 7 Stress of silica glass by vacuum force

(5) Luminous safety warning

We have established a safe passage in the LHD room in order that people can work there safely and installed emergency refuge path markings on the passage. Since the LHD room has the structure where outer light does not enter at all, these path markings must be of the luminous type. The performance of the utilized one is described below.

Epochal environmental product made of 100% polyolefin

Pass the vigorous US flammability tests (ASTM)

Durability: 7~10 years (Indoor use)

Heat resistance: 180 - 200 degrees Celsius

Luminosity after intercepting light for 1 hour: 20 mcd/m²

(JIS Z 9107 (luminous type safe signboard) passing value: more than 7 mcd/m²)

Furthermore, sticking these Safety warning and Signs (Fig.8) would make it possible to guide people to outside more safely if they need to escape from the room. These signs are also of the luminous type.

These improvements were evaluated highly by a Meeting of the US-Japan Safety Monitor Joint Working Group, however, it was only pointed out that [EXIT] sign was not displayed at several emergency exits. This was corresponded immediately.



Fig. 8 Safety warning and Signs

(6) Technical Support for Cryogenics and Superconductivity Laboratories (CSL)

A cryogenic system with a capacity of 200 l/h (500 W at 4.2 K) and a high dc current supply of 75 kA at 21 V, including a cooling water system with an 800 kW heat exchanger, was installed at the CSL. Operation of these test facilities and daily inspection of them are carried out by the members of the Device Technology Division. In particular, we are responsible for the annual duty inspection of the cryogenic system, regular maintenance of the cooling water system and preparation for the experiments.

3. Plasma Heating Technology Division

The main works of this division is the operation and maintenance of plasma heating devices and common facilities. We have also performed technical support on the improvement and the development of these devices, and the installation of new devices.

In the 7th experimental campaign, only ECH&NBI system have been in operation for the LHD plasma experiment of the plasma heating devices so that all of the ICRF antennas were removed from the LHD vacuum chamber. As for the NBI, the total injection power of three beam lines exceeded 13MW into LHD during the experimental campaign. This value has increased in every experimental campaign over the previous one. In the steady state plasma experiment, ECH plasmas were sustained for 756 seconds although the injection power level was not so high. The success in higher

power and longer pulse injection is owed entirely to the great effort of our staff. The details of the activities are as follows.

(1) ECH

(a) Gyrotron Operation & LHD experiment

During the 7th experimental campaign, we could inject the millimeter wave which total power level was 1.7MW to LHD by 7 gyrotrons at the pulse operation. At the steady state experiment, injected millimeter wave energy was 54.4MJ by a continuous wave (CW) gyrotron. One of the most powerful gyrotrons at 84GHz suffered a short circuit at the heater filament just before the experimental campaign. It took almost half a year to repair, so the total number of available gyrotron was reduced from 8 to 7. The time history of the injection power is shown in Fig. 9. The reliability of ECH operation for the experimental shots was 90%. The average of transmission efficiency of all gyrotrons was about 68%.

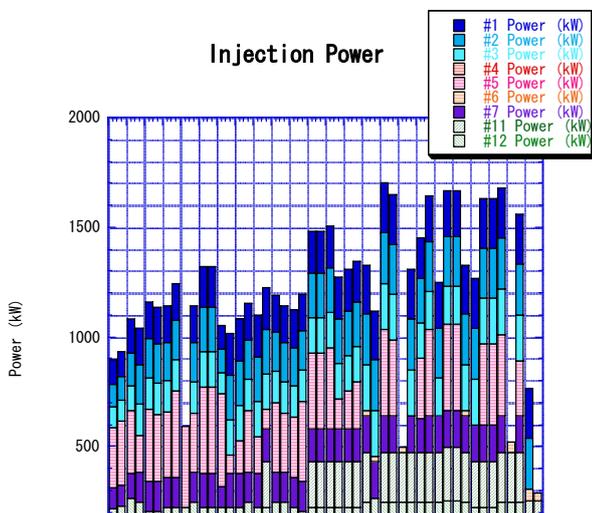


Fig.9 The history of the ECH injection power during 7th experimental campaign

One of the important missions in this experimental campaign was the sustainment of steady state plasma (5min~). It requires the CW ECH power source for plasma heating. We have installed a new CW gyrotron (#6), of which power level is 200kW at 84GHz. The transmission line for CW injection will have sharing of most of the #5 line by switching of the waveguide switch. As for the CW gyrotron, we couldn't operate the CW gyrotron during the experiment time of the pulse operation because of common use of the power supply with other pulsed gyrotrons. So, we had continuous conditioning of the CW gyrotron for steady state experiments until midnight after the LHD plasma experiment every day. In the steady state experiment, the successfully sustained time of ECH plasmas was 756 seconds.

(b) The temperature measurement system of waveguide components for a continuous wave experiment.

The steady monitoring of the temperature along the transmission line is important for safety, in particular, in the continuous wave or the long pulse operation of the ECH system. We built up a multi-point temperature monitoring system. The temperature measuring components are standard Cromel-Alumel type thermocouples. A specific feature of our system is that the required temperature measurement points are flexibly distributed all along the 100 m transmission line and the total number of the points is more than 23. Four thermocouples were installed on antenna components inside a LHD vacuum chamber. Nineteen were installed on the waveguides of 100 m length between the gyrotron and LHD. The temperature data acquisition is performed using the Programmable Logic Controller (PLC) and its remote terminals through serial communication by daisy chain in accordance with the requirement of sparse distribution and flexibility of the measuring points. The PLC communicated with a workstation for data display and storage. Figure 10 is a part of the results of temperature measurement in the heating device room during continuous wave injection experiment on 2004/01/22. The peak values at shot #48821 were the highest values recorded during this experimental campaign. We can estimate the loss of the transmitted power at each waveguide component from these temperatures, and use them as a basis for the enforcement of the cooling of each waveguide component.

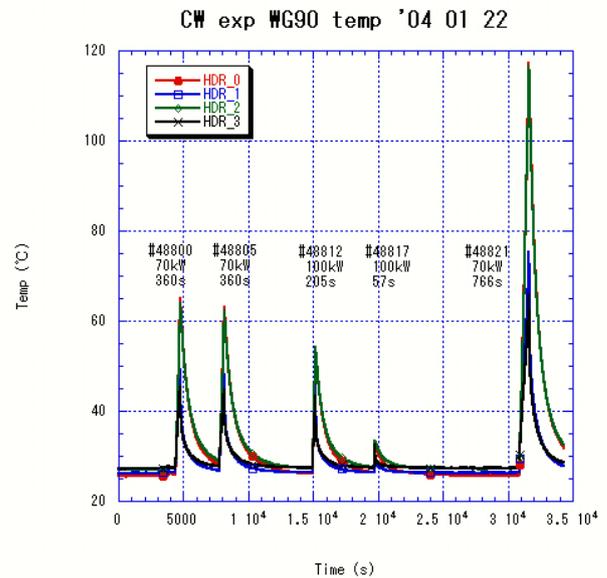


Fig. 10 Results of temperature measurement in heating device room during the continuous wave injection experiment on 2004/01/22

(c) Monitor and control system of the transmission line

In the ECH system for LHD, we use various components to transmit a millimeter wave from a gyrotron to LHD for the purpose of plasma production and heating. For example, they are antennas, polarizers, gate valves, miter-bends, waveguide switches and so on. So far, we had monitored and controlled these components individually. We unified a

control of many components into one control console of the transmission line. The control console of the transmission line has been linked with a server and a terminal PC by an exclusive LAN. Figure 11 shows the composition of the transmission control system. On the transmission control server or the terminal, we can monitor and control all those components. The server makes a LHD experiment log such as target positions, a polarization angles and states of switches.

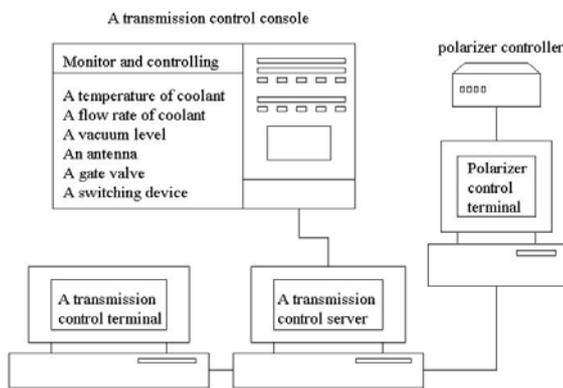


Fig.11. composition of transmission control system

(2) ICRF

(a) Improvement of transmission line in the Heating Power Equipment room

The #1 or #2 oscillator has been connected with the 3.5U or L port antenna, and the #5 or #6 oscillator with the 7.5U or L port antenna by transmission lines. The transmission lines of coaxial tube for the #1 and #2 oscillators had been prepared for a steady state operation. However in the heating power equipment room, the coaxial cables (AEZE50-10) had been set as a transmission lines for the #5 & #6 oscillators and their dielectric strength is only 39kV/min. In the next experimental campaign, all of the oscillators and the transmission lines will be required to operate in steady state. So, we have installed the coaxial tubes($\phi 203$) instead of coaxial cables as a transmission line for steady state operation. Furthermore we have prepared for three coaxial switches and one high power dummy load for the #5 & #6 oscillators in the heating power equipment room. The extra new coaxial switches direct the power to the antenna or the high power dummy load. Figure 12 shows the layout of the #5,6 oscillator lines.

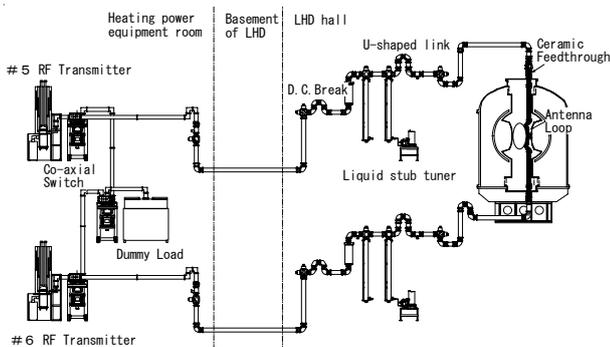


Fig.12 Layout of ICRF Heating System (#5)

(b) Improvement of electric power system for ICRF power generator

The ICRF heated plasma discharge experiments are typically carried out for a short pulse with high power and in steady state with moderate power. A power source from the motor generator is used for the short pulse with high power and a commercial power supply is used for the steady state operation. About 6MW of the electric power is required in the high RF power operation of the 8th experimental campaign. In the future experiment further power up to 12MW will be required. For the steady state ICRF heating 2.5MW will be used for 1hr plasma operation. The electric power control system is newly fabricated to accommodate two operations. The mode can be selected on the control board in the RF control room. The skeleton diagram of the power supply is drawn on it and the switches are located on the diagram indicating their status updated by each electric device as shown in Fig. 13. A tandem vacuum circuit breaker (VCB) is employed in this system. In the case of an emergency such that the VCB for the DC power source of the RF generators does not work, the upper VCB is immediately turned off. When a miss operation occurs at any device, a buzzer and a warning light are excited for the operators to notice the accident. In the next step this control board will be installed at the heating device room.

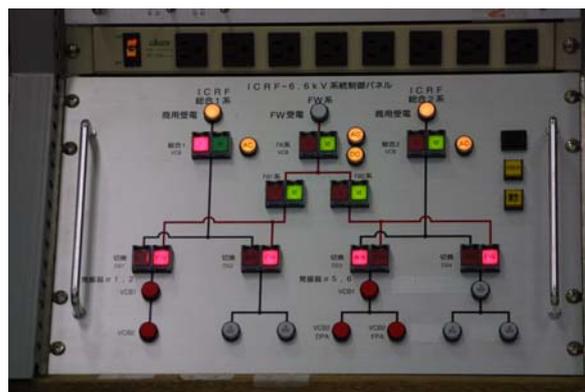


Fig.13 Control panel of the high voltage

(3) NBI

(a) The Operation and the Maintenance of NBI Devices (BL-1, BL-2, and BL-3) in the 7th experimental campaign of LHD.

We had performed the last adjustment from April to the begging of August and started the full-dress conditioning in the middle of September. In order to keep good condition of each NB device and to inject a high quality beam, the maintenance of each principal devices including the peripheral equipment is the most important work although it is simple and inconspicuous.

About 6000-shot beams were injected into LHD in this campaign. The total incidence power of NBI marked 13.1MW which is a world record as the negative ion NBI, and contributed to the new records of the plasma parameters of LHD greatly. The histogram of Injection beam power is shown in Fig.14.

BL-1 maintained a high power level. BL-2 worked without major troubles and offered the beam of various power levels. BL-3 worked stably. Each beam line obtained the highest ever injection power. Moreover, the long pulse

beam injection into LHD was tried by BL-2 and BL-3, and the pulse length was 74 seconds and 36 seconds, respectively.

The main troubles in this campaign were, an air leak by the drift tube (BL-1), the cooling-water leak by the beam dump (BL-1), the cooling-water leak by the ion source (BL-3), etc. Increase of beam power was the key factor of these troubles. Although these have been repaired for a short period of time, the LHD experiment schedule was influenced. We will continue efforts aiming at the further increase in the injection power and the stable operation of NBI.

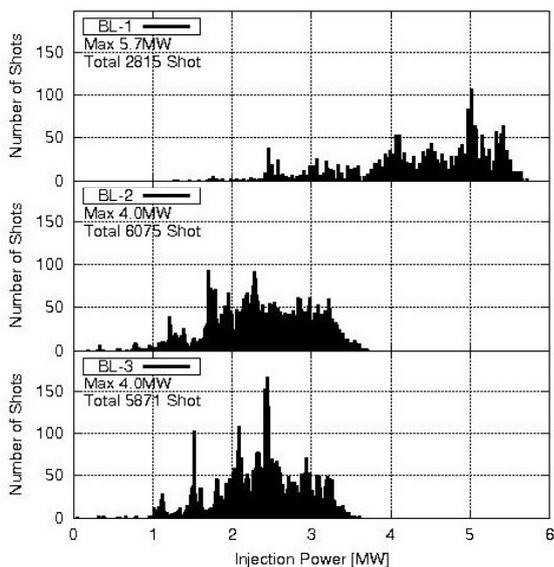


Fig. 14 Histogram of injection beam power in the 7th experimental campaign of LHD

(b) Development of capturing and saving system of negative ion beam images

A large negative ion source has a problem is that the beam is not necessarily spatially uniform. To evaluate the uniformity of the LHD-NBI negative ion beams, we have installed a CCD camera monitoring the side view of the beam close to the ion sources and observed $H\alpha$ images by collision between the beam and the residual hydrogen gas in the vacuum vessel. The beam images become stronger as the beam intensity increases, and the boundary lines of the beam groups are distinguished more clearly with an increase in the beam power. In order to check the beam properties according to stages of the beam-conditioning, we have developed a system where the beam images are captured and saved. Fig.1 shows a block diagram of this system.

In the system, the capturing starts at the timing of the beam start and continues during the pre-set time. A frame of the arc discharge image is also captured to get only beam images. The data is saved with a file name of the NBI shot number to refer to them easily.

This system will be working in the 8th campaign of LHD.

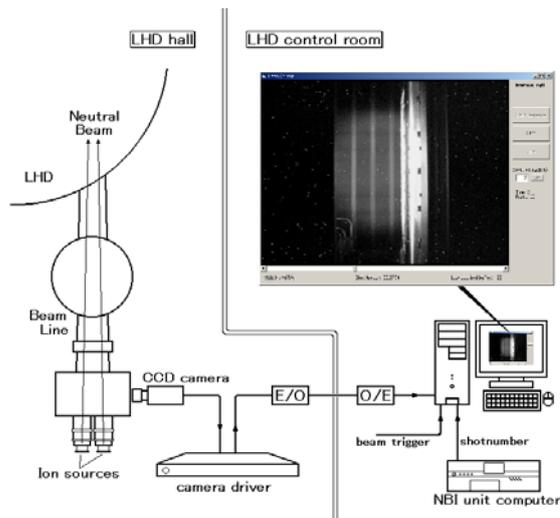


Fig.15. Capturing and saving system of beam images

(4) Motor-Generator (MG)

The MG is applied to supply the pulse power to the NBI for LHD and the CHS magnetic coils. The MG had generated 47,841 shots in this fiscal year. The system has been operated for 10 years since the construction, and the operation time exceeds 11,500 hours generating near 250,000 shots.

The vacuum circuit-breakers were inspected under the NIFS rules in April, 2003. The impeller and its cover of the water pump were exchanged by new ones on July 22, because they were worn-down by the mud. Also service failures of the two motor valves for the cooling water pipes were caused by fatigue due to long time operation, so we have replaced with new ones. In February, 2004 batteries that supply direct current to a braking system of MG were renewed. Additionally, a transformer, a rectifier, a circuit breaker, two air-break switches and a diesel engine generator are checked under the annual inspection in this fiscal year.

4. Diagnostics Technology Division

This division supports the utility construction and the device installation works for the LHD diagnostics, and the development, the operation and the maintenance of the diagnostic devices for the LHD plasma experiment. For the 7th experimental campaign, some diagnostics were newly installed and reconstructed on LHD: an energy analyzer of the HIBP, a new type reflectometer, and so on.

In this experimental campaign, the first beam injection into the LHD plasma by the tandem accelerator of the HIBP was achieved, and diagnostics of the electron density of the LHD plasma by the Thomson Scattering Diagnostics system had been tested. Some troubles were caused by some diagnostic systems, for example, by the FIR laser system, by the Thomson laser system, and so on, but the plasma experiment was not stopped by those troubles in this experimental campaign.

Our principal tasks in this fiscal year are described in the

following.

(1) Development, Operation and Maintenance of the Radiation Monitoring System

A web server system for using real time data display of the radiation monitoring system was installed in the last fiscal year. In this fiscal year, a page was added to the web system for logging of the users operation data in this system. This system had been tested in this LHD experimental campaign, then, we observed that this system is really useful for real time monitor of the radiation in the LHD experimental hall. Figure 16 shows a sample page of the real time data display for the radiation monitoring system.

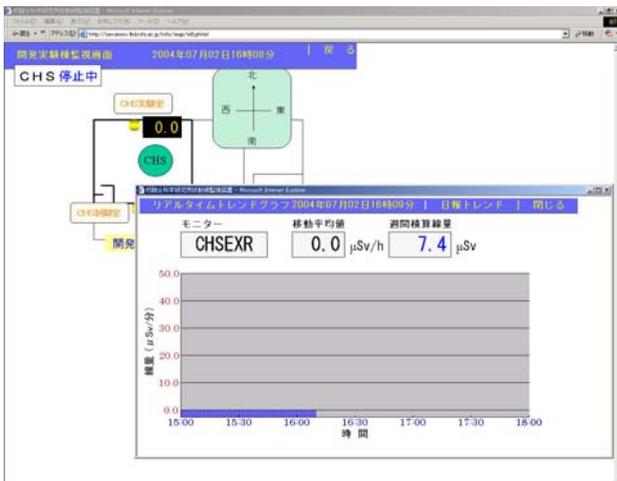


Fig. 16 A sample web page of the real time data display system for the radiation monitoring system.

(2) Thomson Scattering Diagnostics

In the Thomson scattering diagnostic, we have made ordinary preparation such as calibration of the equipment, several improvements for the 7th experimental campaign and operation during the experiment in this fiscal year. Here, we will mention about improvement of the data analysis.

In the Thomson scattering diagnostic, statistical error is inevitable because of the fluctuation in background plasma radiation and the shot noise, which is caused by the discreteness of photon-inducing electrons. The error of fluctuation (σ_{bk}) is estimated from the background data, which are acquired eight times after every laser scattering at intervals of 20μ second. On the other hand, the shot noise is shown as $c\chi_i$ and constant 'c' is easily estimated in principle. However, excess noise that arises in the amplification process of APD (Avalanche Photodiode) makes it difficult to estimate the noise in practice. Therefore, we used the long time discharge data, which is a feature of LHD. By analyzing a relatively steady 90 seconds discharge data, the constant 'c' turned out to be approximately 1.0.

Then, the error of Thomson scattering data is represented as

$$\sigma_i = \sigma_{bg,i}^2 + c\chi_i, \quad c \cong 1.0 \quad (i=1,2,\dots,5).$$

Here, the suffix 'i' means channel number.

All past data have been re-analyzed by the use of the modified 'c'.

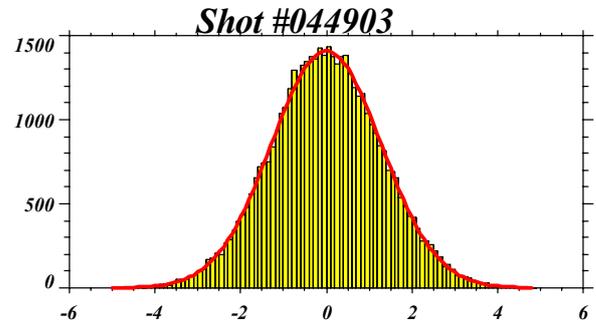


Fig. 17 Fluctuation of the long time discharged data

Fig. 17 Fluctuation of the long time discharged data is shown in histogram with a fitted gaussian curve. The constant 'c' is derived from the coefficient of the fitted gaussian curve.

(3) Operation and Maintenance of FIR Diagnostics and Microwave reflectometer

The operation and the maintenance of the FIR Diagnostics system (for example, high voltage power supply, vacuum system, supplied gas system, phase detection circuit, dehydrator, water cooling system etc.) were responsibly executed. Therefore in the 7th experimental campaign, in almost all shots, electron density data were taken completely. So it greatly contributed to the LHD plasma experiment.

An ultra short Pulse Reflectometer has been under development to measure the electron density profile and fluctuation of the plasma in LHD and in HYPER-I device. In this fiscal year, a new microwave reflectometer was developed to use in this system.

(4) Development of Maintenance tool for the electrostatic cylindrical deflector of the heavy ion beam probe (HIBP)

In LHD-HIBP a large electrostatic cylindrical deflector is used in order to deflect the probing beam from the accelerator to the vacuum vessel of LHD. The deflection angle is 90 degree and the radius is 4.8m, so we call it the 4.8m-CD. We apply an 80 kV between the electrodes whose gap is 30 mm. It worked well as designed.

In the latter half of the last campaign, however, the discharge started to occur between the electrodes and the accelerated electron produced a slight amount of X-rays through bremsstrahlung. So, we stopped the operation and examined to prevent the discharge.

At first, we check the surface of the electrode with a CCD camera. Then, there was dust on the whole surface, although such dust did not exist when the electrodes were installed. So we needed to clean it up. Because we needed too much

time and cost to disassemble the 4.8m-CD, we made a new maintenance tool to clean up the electrodes without disassembly.

Figure 18 shows the structure of the maintenance tool. It is mainly constituted of a flexible shaft, which is originally for the cleaning of chimney pipes, and a head covered with a micro-fiber cloth. A sponge is mounted under the cloth and it pushes the cloth against the electrode, so we can sweep the electrode when we insert the head between the electrodes. The cloth covers both sides of the head in order to sweep both electrodes simultaneously.

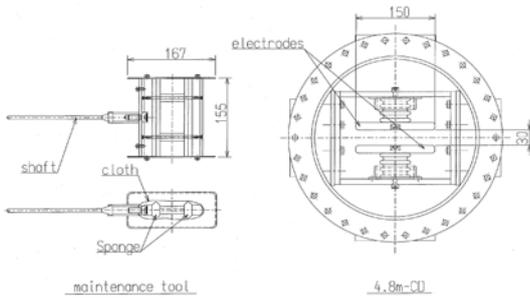


Fig. 18. The structure of the maintenance tool for cleaning 4.8m-CD of the HIBP systems.

After we swept the electrodes with it, the dust was swept out and the discharge did not occur. Thus, it worked successfully. Moreover, it took for a few days to clean it practically and it cost a hundred thousand yen or less to produce it. It also saved time and money.

By the way, we also analyzed the component of the dust with a scanning electron microscope (SEM). The main component is aluminum (Al) and some silicon (Si) also appears. The size of the dust is about 10 μ m. The origin of Si is a residual one which probably slipped into the beam line in the construction period probably, but Si is an insulator and it might not enhance the discharge. One possible origin of Al is the scraping by the maintenance tool, and the other is sputtering of the electrodes, which are made of aluminum, by the 6 MeV Au+ beam. We have not identified the cause of the discharge. If the sputtering is the cause of the dust inducing the discharge, we will suffer the same trouble. We will be able to clean it up with the maintenance tool easily, but we should examine the material of the electrode in order not to be sputtered or the control method of the beam radius (e.g. apertures in front of 4.8m-CD).

(5) Remote control system of slit width for silicone-diode based Fast Neutral Particle Analyzer

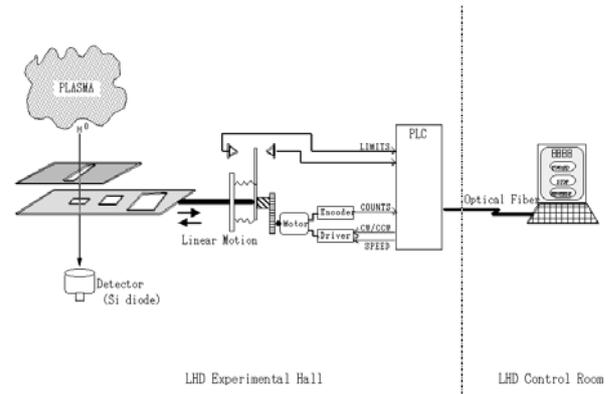


Fig.19 Schematic diagram of the slit remote control system for Silicon-diode based fast neutral analyzer.

A semiconductor (silicone diode) detector is applied to measure the energy of fast neutral particles. Since the energy of the particle is obtained from the amplitude of the detector output, the single event measurement is the key issue in the diagnostics and the neutral flux, which enters the detector, must be properly adjusted. To control the flux, one pair of slit plates which face each other is installed in front of the detector and form a pinhole. One of the plates is fixed and has single slit. The other is attached to the Linear Motion Manipulator driven by the ultrasonic motor and moves in its axial direction (Fig. 19). It has three slits with different width. By changing the position of these slits, the size of the pin hole is changed. A programmable logic controller is equipped for the position control. Fine location adjustment is obtained by feedback of the motor rotating angles.

In this fiscal year, we have developed the remote control system of the slit plate from the LHD Control Room, since it is forbidden to enter the LHD Experimental Hall during the experiments. We use LabVIEW as its developing software. On GUI window, the operator can turn on the ultrasonic motor clockwise /counterclockwise, get the pulse counts from its encoder and drive it by specified pulse counts.

(6) Vacuum leak test with the test chamber in the Plasma Diagnostics Laboratories

The preliminary vacuum leak tests were carried out on about the diagnostic devices to be used for the LHD plasma experiment and the parts to be used in these diagnostic devices by the leak test chamber in the Plasma Diagnostics Laboratories. For example, some parts of the Thomson Scattering Diagnostics System, a leak valve and some vacuum gauges of the HIBP systems, some parts of TESPEL, and so on. We carefully tested the leakage of these diagnostic devices to be used in this experimental campaign, therefore in this experimental campaign the LHD plasma experiment was not stopped by vacuum leakage of the diagnostic devices.

(7) Development of Data Acquisition System

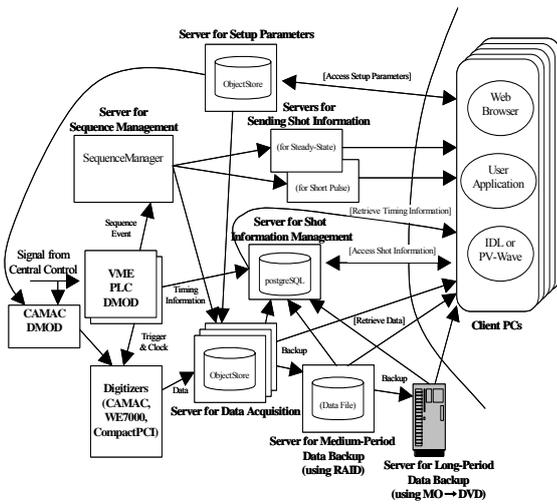


Fig. 20 Summary of LHD Data Management System

In the data management system for the LHD plasma experiment, the data acquisition using WE7000 and Compact-PCI digitizer was developed in addition to the former system using CAMAC. It makes possible that users can view real-time data in the steady-state plasma experiment. And using WE7000, users can reduce the costs per channel in comparison with CAMAC. And Compact-PCI can digitize and acquire data at a higher sampling rate, then it provides higher quality data management. For example, users can view camera images in real-time using Compact-PCI.

Also a system for retrieving the time information was developed. Then data with a time scale can be viewed.

In the data backup system, DVD replaced MO for the long-period backup media, and the whole system was set in the anti-quake rack. Therefore, the data backup system became more reliable and durable.

5. Control Technology Division

The missions of this division are to contribute to the LHD and the CHS experiments in the following technical assignments; the central control system and its man-machine interface system, the SC coil current control system, LHD-LAN system and the data acquisition system. In FY 2003, on these subjects, not only the operation and the maintenance were completed, but also many developments were continued for each technical theme. The activities of this division are as follows.

(1) Application of the new experimental parameter distribution system

In the LHD experiment, the sequence condition parameters (shot number, control signal) and the magnetic condition parameters (magnetic field strength, magnetic axis, Bq and gamma) are the most important parameters for the

measurement system control and the experimental data analysis.

These parameters had been distributed to the clients by windows file sharing since second experimental campaign, but the increase of the client number caused access concentration with some difficulties. Currently, the system consists of 20 clients that intermingle with Windows and Linux, and are developed on Visual Basic, Delphi, LabVIEW, C++, and so on.

Therefore, We had to develop a new system which doesn't depend on the platform and has higher reliability and performance. We realized these requests by adapting the RDB (relational database) and web technology, and producing an exclusive DLLs and C libraries for the client interface. (Fig.21)

We have smoothly started the new service at the beginning of the 7th experimental campaign. We had a presentation about this system as a title "Development of the experiment parameter distribution system in multi-client environment" in technical research meeting in KEK in Feb. 2004.

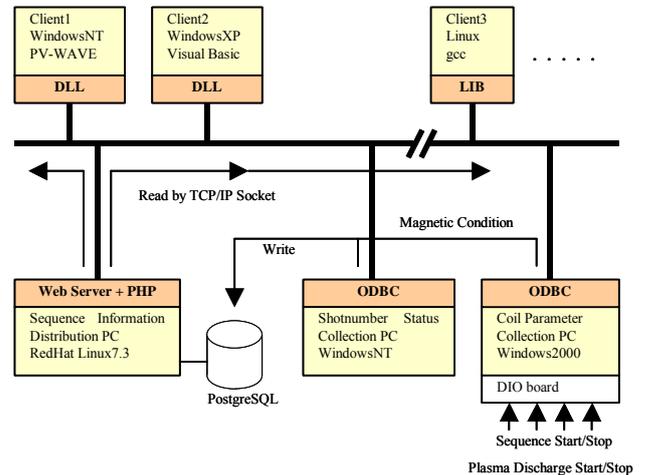


Fig. 21 System Composition

(2) The dispersion of COACK component

The COACK (Component Oriented Advanced control kernel) is the integrated control system which is based on the personal computer system. Originally, the COACK project had started in KEK(High Energy Accelerator research organization), then NIFS and LNS(Tohoku-Univ.) have participated in this project later. We have adapted the COACK for HIBP control which has been developed and maintained since 1999.

In COACK, each function is componentized by DCOM technology. And the user can extend its functions by embedding new components.

We realized load balancing by dispersing the COACK components into plural servers. Thereby, the typical rule "1 server in 1 system" was removed and users can develop a high performance and extensibility system easier and more freely. Next, we will investigate the sharing of the device class and the new functions.

(3) Improvement of control system for pipe-gun type solid hydrogen pellet injector

A pipe-gun type solid hydrogen pellet injector is an important device to control the plasma density for the LHD experiments. In this fiscal year, we extended the cryogenic refrigerator and optimized the gas flow to increase the number of pellet injections. It was necessary to improve the control system with these improvements of the pellet device. Although this control system had been contracted to a company, we decided to reconstruct all of the control system in this institute in order to save budgets and make correspondence at the time of improvement easily. At first, we analyzed the whole of the previous control system to understand the mechanism. We constructed the new control system using Visual Basic for the timing control and In Touch for the plant control. Figure 22 shows the new console page of the control PC. In the 7th campaign, we succeeded in solid hydrogen pellet injection using the new control system. This detail was reported in technical research meeting in KEK in Feb. 2004.



Fig.22 New designed GUI for timing control

(4) Development of Control System for Membrane Dehumidifier Test System

A membrane dehumidifier is a device for recovery of steam by a permeable polymer membrane. The device has been investigated as a device for recovery tritium from exhaust gas emitted by deuterium experiments on the LHD. A membrane dehumidifier test system is a device to get the dehumidification characteristic and to research the method of the optimum control. To operate automatically the device during a maximum of one month, we developed a control system for the device. Figure 23 shows the structure of the control system. We used a PLC which was a reliable and an extensible I/O controller, therefore it will be possible to apply the PLC to a system installed to the LHD in the future, too. The PLC gets about 20 analog data and controls the device by feedback according to some algorithm. A PC has some functions, GUI for operator, monitoring analog data, and saving analog data as files.

In order to get the best dehumidification performance, we need to optimize the control algorithm in the PLC from now on.

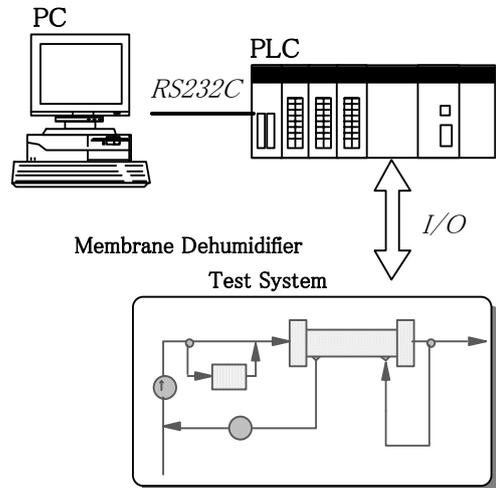


Fig. 23 Membrane dehumidifier control system.

(5) Development of Readout Electronics for E//B-NBI Diagnostics

The readout system for the electro magnetic field enhancement for the NBI (E//B-NBI) diagnostics has been developed. The output signal of the E//B-NBI is generated from the micro channel plate (MCP) detector. The proto-type readout electronics were designed and manufactured in this year.

In the preamplifier of the readout electronics, the CS-510 of a hybrid charge sensitive amplifier for use with a wide range of the detectors was adopted. This CS-510 was developed and used at TRISTAN project, High Energy Accelerator Research Organization (KEK) in 1990. [1]

The proto-type amplifier is constructed of this CS-510 and the BUF600 (high-speed buffer amplifier, Burr-Brown). Figure 24 shows the block diagram of the amplifier circuit. A single MCP anode output signal is expected to be a 2×10^5 electron pulses. Assuming that the input capacitance is 1 pF, the output voltage at the amplifier (V_o) is proportional to the number of signal electrons. The output will be as follows.

$$V_o = Q/C = (1.6 \times 10^{-19}) \times (2 \times 10^5) / (1 \times 10^{-12}) = 32 \text{ [mV]}$$

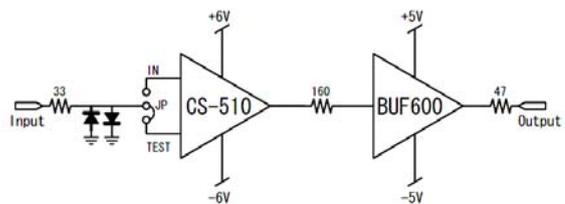


Fig.24 Circuit of the proto-type amplifier for the E//B-NBI readout electronics consists of a CS-510 and a BUF600.

The measurements of the circuit characteristics are follows: Charge to Volt Conversion Coefficient: 0.8 V/pC (as the charge sensitive type amplifier), Rise Time: 4.5 nsec, Decay Time: 50 nsec, Noise characteristics: 2 mV (p-p), etc. A picture of the amplifier output is shown in figure 25.

We have to test the circuit for connection to the MCP when a real signal is input in the realistic operating condition for the application in next steps.

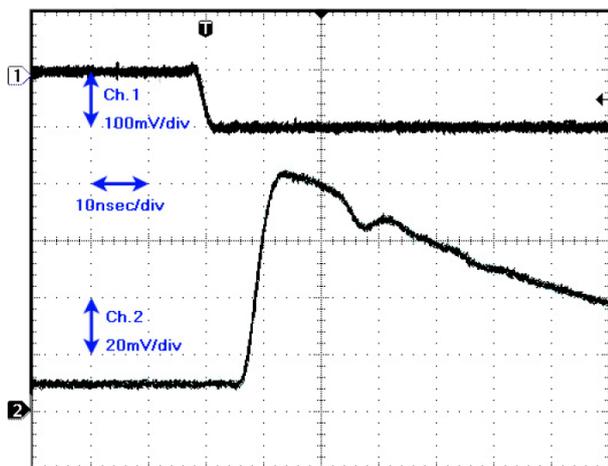


Fig. 25 Picture of the proto-type amplifier output (bottom) when a square pulse of 100 mV was fed into the test-pulse input of the CS-510

Reference

[1] K. Tsukada et al., "Readout electronics for the vertex chamber of the TOPAZ detector at TRISTAN, KEK" Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A300 (1991) pp.575-580.

(6) Management and maintenance of LHD-LAN

LHD-LAN has been provided for the LHD experiment. As the LHD experiment progresses, a large number of computers have been connected to LHD-LAN, a large amount of data has been stored in them and high-performance data transfer environments has been required. The Gigabit network system with high-performance was installed in LHD-LAN in FY 2000 and it is working. In FY 2003, our contributions are as follows in addition to the regular management and maintenance.

LHD information LAN, which is a component of LHD-LAN, had not been connected to LHD-LAN directly. It was connected with NIFS-LAN consisting of FDDI. To solve such a contradiction, we have connected directly LHD information LAN with LHD-LAN.

The remote participation system of the LHD experiments via Super-SINET called SNET was established in FY 2000. By FY 2002, 4 nodes of SNET were installed at University of Tokyo, Nagoya University, Kyoto University and Kyushu University. In this FY, 3 nodes of SNET were newly installed at Tohoku University, Tokyo Institute of Technology and Hiroshima University. Also a review was done in a network connectivity of SNET with LHD-LAN, because some nodes

were not connected with LHD-LAN or some nodes were extremely connected with LHD-LAN for limitation. As a result of the review work, all nodes of SNET except University of Tokyo connected with LHD-LAN directly and connected NIFS-LAN and Internet via firewall. The block diagram of LHD-LAN consisting of Gigabit Ethernet is shown in Fig. 26.

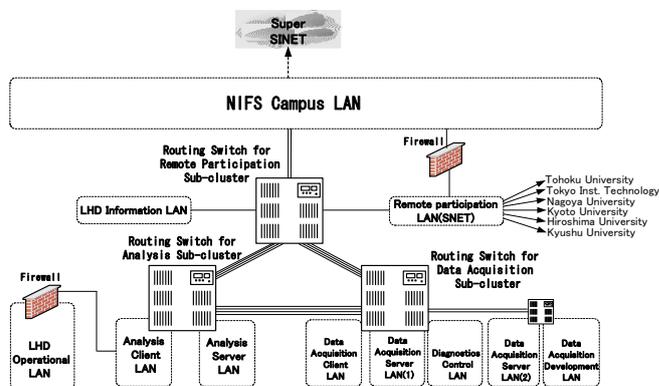


Fig. 26 Block diagram of LHD-LAN

(7) Constructing multipoint videoconference system

The videoconference systems were established in the meeting room (2) in the administration building and the LHD control room in the LHD control building. A multipoint control unit (MCU) was established in the control device room in the LHD control building. An outline of this system is shown in Fig. 27.

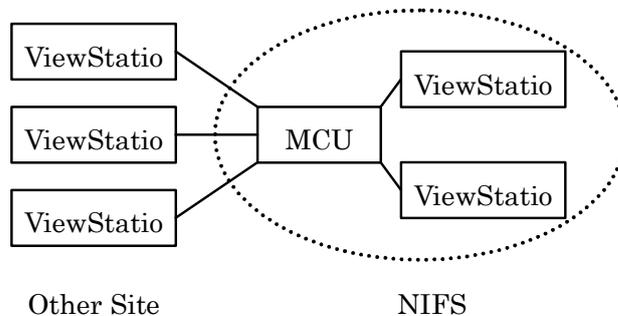


Fig. 27 Outline of multipoint videoconference system

The Polycom ViewStation is used as a terminal machine of the multipoint videoconference. The Polycom MGC25 is a multipoint control unit. ViewStations send video and voice signals from the conference room to MGC25. MGC25 composes these signals received by ViewStations and sends these signals to ViewStations. MGC25 can connect to 16 points. The data of these signals is transferred via the Internet. MGC25 is operated by using a computer in a conference room. To communicate with other universities,

the NIFS firewall setting is changed to pass the network packets of some communication ports.

On the other hand, a presentation using a computer is sent to each site by NetMeeting in Windows PC.



Fig. 28 Scene of a multipoint videoconference

(8) Data Acquisition and Analysis system for CHS

The Cinos computer system has been reinforced by increasing peripheral modules and the software for data acquisition has been modified as well. Main improvements are (a) building an independent LAN (own LAN) for the Cinos system (b) increasing the number of input channels of AD/Cs, and (c) increasing the VME reflective memory size. The purpose of the reinforcement is to keep the short data acquisition time and fast distribution of the acquired data to other computers via an independent LAN.

Details of the improvements are as follows:

(a) The Cinos system has a lot of NIC boards, which covers various data transfer speeds from high-speed to low speed. We had used one of the ports for data transfer. However, a delay in the range of 100 milliseconds had occurred occasionally since last year. Investigating the cause of this phenomenon, we found that the delay occurred when a DNS server of was connected on the same network line. After building the 100 Mbytes/s independent network for Cinos system, this problem was solved. But the reason is not understood yet.

(b) The VME reflective memory size has been extended from 256Mbyte to 512Mbyte, by which arbitrary channel data lower than 384Mbyte can be stored for the shot which is closest. As a result, the number of searches in the DMG or the MDSplus database has been decreased.

(c) New data acquisition and control modules for both VME and CAMAC systems are installed. Those are one CAMAC module for NTSC video amplifier (100 MHz, X10Gain, 3 CH), and five VME medium speed AD/C modules (200 kHz, 16 bit, 16 CH). As the result of these additional modules, the data size increased, and the performance deteriorates in some computers.

6. Symposium on Technology and Technical Exchange

(1) The Symposium on Technology

The Symposium on Technology was held on February 26 and 27 in 2004 at High Energy Accelerator Research Organization. At this symposium, more technical fields were integrated and it became the maximum scale as a result. There were 407 participants from many Japanese universities, national laboratories, technical colleges and some industries. In this symposium 122 papers were presented in 5 oral sessions and a poster session. Technical experience and new techniques were reported and discussed. Eleven papers were presented from our department. The contents of the presentations were as follows; Development of ECH system for CW operation in LHD, About the oil contamination in a cold box, Development of the real-time automatic fringe jump corrector for the multi-fringe phase counter, Development of the experiment parameter distribution system in multi-client environment, Operation method by a pre-programmed sequence developed for LHD-NBI system, Construction of the server to distribute the demand-data to staff, Development of capturing and saving system of beam images for LHD-NBI, Improvement of control system for pipe-gun type solid hydrogen pellet injector, etc. In the steering committee held during the symposium, Osaka University was adopted as a next host organization. Figure 29 shows a snapshot of the poster session.



Fig.29 Snapshot of the poster session

(2) The technical exchanges

The technical exchanges between our department and other institutes or universities were held in order to improve the technical skill of the staff. Thirteen technical officials of other laboratories participated to our 5 exchange programs in this fiscal year. The program names and participants were as follows; “Control technique by Visual Basic” from KEK national laboratory, Tsukuba University and Kyoto University, “NC machining technique” from Mie University, “Sequence control technique” from Tsukuba University and “Development of COACK control” from KEK national laboratory. Figure 30 shows a snapshot of the technical exchange.

A theme of “Management of technical organization”

was discussed with Nagoya University and the Institute for Molecular Science as part of the exchange program.



Fig. 30 Snapshot of Technical exchange

(3) The internship of junior high school and high school students

We receive junior high school and high school students as interns every year. Many students experienced the labor of our institute. In this fiscal year, nine students from a junior high school participated and experienced the 7th LHD experimental campaign, and four students from a high school participated after the campaign. The students practiced after learning about the purpose of this institutes and safety. It was the first experience for many students to know about academic and big science institute and they got a big impression. Especially, by the description of their impression, they felt this institute is not dangerous and they want to work in this institute in future.

This internship is important not only for students but also for us.

IV. Department of Engineering and Technical Services

The Department of Engineering and Technical Services is involved in all kinds of work on the design, fabrication, construction and operation of experimental devices in the fields of software and hardware.

This department is composed of engineers, and their tasks fall under the following five goals:

To develop advanced and systematic engineering capabilities on the basis of basic engineering results which have been obtained thus far.

To educate excellent engineers with responsible administration.

To cultivate creative engineering abilities.

To improve the documentation of and the transfer of engineering knowledge to the next generation.

To perform tasks with systematic responsibility.

The department consists of the following five divisions: the Fabrication Technology Division takes care of the construction of small devices and the quality control of parts for all Divisions. The Device Technology Division is responsible for LHD and LHD peripheral devices except for the heating devices and the diagnostic devices. The Plasma Heating Technology Division has responsibility for the ECH system, ICRF system and NBI system. The Diagnostic Technology Division develops, operates and maintains all diagnostic devices and the Control Technology Division has responsibility for the central control system, the current control system and the LHD network. The number of staff is 46 engineers and several part-time workers. We take care of the development, the operation and the maintenance of LHD and the LHD peripheral devices with about 47 operators.

1. Fabrication Technology Division

The main tasks are the fabrication of experimental equipment, technical consultation, research development of apparatus, technical cooperation and supply of experimental parts and materials. The division also administers all the office work of the department. The staff of our division is mainly working in the central workshop. In our division, we received about 400 jobs for the fabrication of devices in this fiscal year. 95% of them could be fabricated in our central workshop. We support the construction of devices and their control systems as requested from each research division.

(1) Phase detection circuit.

We designed and manufactured the high-phase resolution phase detection circuit. The 3ch digital phase comparator parts of this circuit are integrated in a one chip FPGA (Field Programmable Gate Array) device. With the FPGA, it is possible to program the inner logic circuit flexibly and the volume of this circuit can be downsized. As for the specification of this circuit, the input signal is 1 MHz, the phase detection range is the 15 fringes with a phase

resolution of 1/180 of a fringe, and a response speed of 1msec. This circuit has been used on the 3ch FIR laser interferometer on CHS.

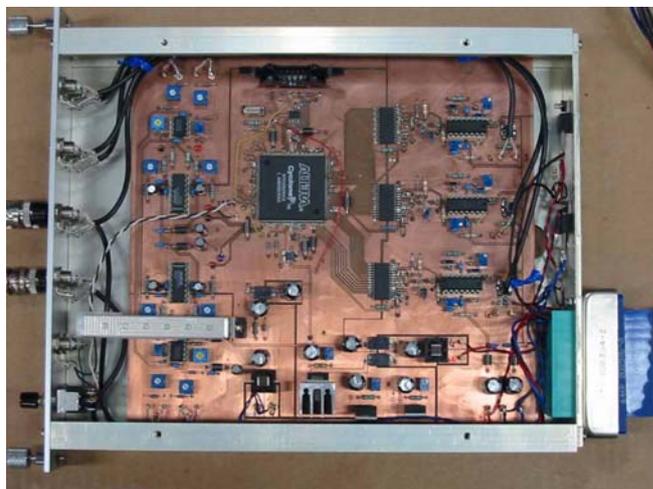


Fig.1 3ch phase detection circuit

(2) Gated integrator.

This circuit processes an output signal from a photomultiplier used for a laser Doppler spectrometer. The signal is gated by the analog switch controlled trigger signal, and the gated signal is output through an integrator. As for the specifications of this circuit, the minimum gate delay time is 200 ns, the minimum gate width is 40 ns, the input time constant is 200 ns~160us, the output time constant is 10 ms~10 s and the signal gain is 30. Rev. Sci. Instrum. 66(8) p4395 1995 is referred to manufacture this circuit.



Fig.2 Gated integrator

(3) The hydrogen gas shield for the cryogenic target of the FIREX project

In a cryogenic target used for the FIREX project, we have manufactured a prototype hydrogen gas shield. The apparatus is constructed of oxygen-free copper and an aluminum alloy. The hydrogen gas shield is welded by Electron Beam Welding (EBW).

a) EBW of oxygen-free copper.

In the case of oxygen-free copper, the fusion zone depth of the EBW is shallow and rough. In order to deepen the fusion zone, the distance from the EBW system to the base metal was set at 150mm.



Fig.3 EBW of oxygen-free copper.

b) EBW of aluminum alloy.

In the case of an aluminum alloy in EBW, a deep melting zone can be obtained, but sputtering loss often occurred at the weld zone. By setting the distance from the EBW system to the base metal at less than 150mm, we improved the condition of the welding zone.



Fig.4 EBW of aluminum alloy.

(4) Gate valve control system

In order to maintain ultra-high vacuum in LHD, the gate valve control system controls on the gate valves on LHD. The plasma vacuum vessel of LHD has about 550 ports and this system controls about 100 gate valves. This system had been operating from the second-experimental campaign, and has worked without a major leak accident for six years. In order to respond to added and relocated instruments with gate valves every campaign, we had to alter wiring and rebuild the control program. To resolve these problems, after the seventh-experimental campaign, we improved two aspects of the system as follows. (1) To get the control signals of the gate valve, the main terminal box was installed at a distance of more than 20m from LHD. In the modification of the gate valve location, long cabling is required. So, 10 relay terminal boxes were installed at each main port on LHD. The installation of these terminal boxes allows easy cabling for system modification. (2) The construction of the gate valve control program for the common use. There are various operation types of the instruments, whose major examples are as follows; a) The instrument is inserted into the plasma vacuum vessel of LHD. b) The gate valve is controlled by the instrument side at the plasma shot timing. c) The gate valve is always opened to the experiment. A common control program was

implemented, which does not require reprogramming after system modification and which improved the reliability of the system. As a result, the improved system has operated from the eighth-experimental campaign without trouble.

2. Device Technology Division

The Division supports the operation, the improvement and the maintenance of LHD, the peripheral devices for LHD, cryogenic and super conducting R&D devices,

(1) Operation and Maintenance of LHD

LHD operation started on July 26 in the eighth-experimental campaign, the cryostat was evacuated as usual. The evacuation of the plasma vacuum vessel began on July 27. We found four vacuum leaks; three CF-flanges of the plasma vacuum vessel, and an NBI gate-valve had a seat leak. The vacuum leaks were fixed on Aug. 7, and the coil cool-down was started at Aug. 11. The cooling down was completed on Sep. 9. These 4 leaks are our new record in all previous vacuum-leak tests.

The first energizing of LHD in the eighth-campaign was on Sep. 10. The number of operation days of the SC-coils was 56 days. The number of days of the plasma experimental period was 132 days. The warm up of the S.C.-coils was started on Jan. 21.

During this period, the interruption of commercial power occurred four times due to thunderstorms and one time due to an accident at a power plant. They were June 28, July 20, 27, Aug. 7 and Aug.26.

The LHD cryogenic system did not have any major problems during the 8th operation.

(2) C-stage design

For the installing a new NBI (BL-4) at the 5-O port, It was necessary to reconstruct the C-stage.

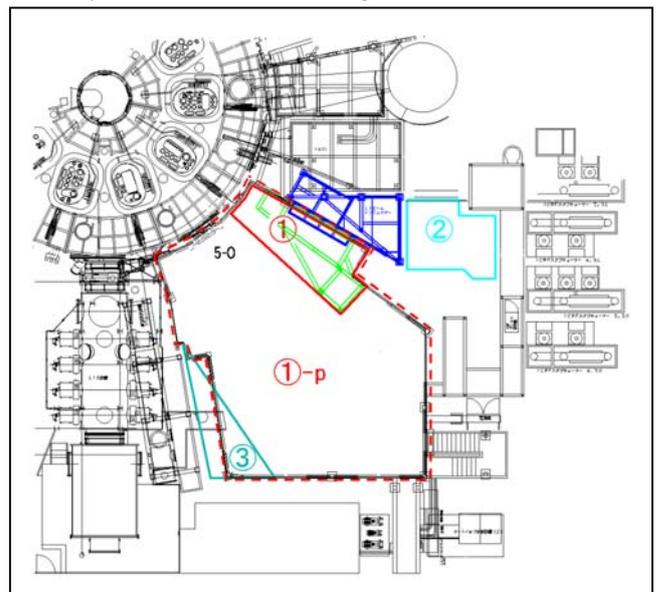


Fig. 5 C-stage reconstruction design

Figure 5 shows C-stage design for the BL-4. 1p is the previous C-stage. 1 is the new C-stage, 2 and 3 are new additional stages.

First of all, equipment, pipes and wires that had been installed above and below the stage must be removed. Next, the stage will be reconstructed. At the same time, it is necessary to select the equipment that would be reinstalled and to design the new stage for those. In addition, the routing for the piping and wiring that connected those instruments must be designed and carried out. To perform this smoothly, it is important to arrange the work schedule and area in the laboratory and among sub contractors.

(3) Dynamic simulator development for the Helium Refrigerator/Liquefier for LHD

The model of the Helium Refrigerator/Liquefier was modified for the Dynamic Simulator. The cool-down sequence programs of the simulation model used the same program as the Helium Refrigerator/Liquefier for LHD.

This year the helical-coils and poloidal-coils and bus-lines were modeled. The coil model was not a standard program. So, we made the calculation program for the coils and the bus-lines.

The coil models were used for the cool-down operation in the dynamic simulator. The coil parameters were adjusted by comparing between the calculation result and the cool-down data from the LHD. The result is shown in Figure 6.

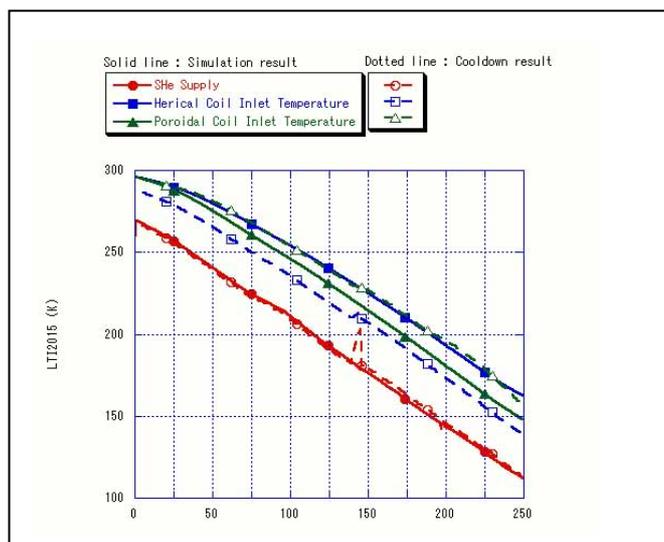


Fig. 6 Cool-down simulation data compared with the actual cool-down data in the 7th operation

The solid lines show the simulation results, the broken lines show the cooling result of the seventh experimental campaign.

(4) Gate Valve Control System

There are many diagnostic devices attached to the LHD. The gate valve control system controls the gate valves installed between the LHD and the accompanying equipment. It is partially responsible for preserving the vacuum in the plasma vacuum vessel.

More than seven years had elapsed since the system was

established and this control terminal had become obsolete.

Therefore, we developed a new control program for the Gate Valve Control System with the general-purpose software LabVIEW ver7.1 (figure 7).

(LabVIEW delivers a "graphical" development environment for signal acquisition, measurement analysis, and data presentation.)

With a fully functional control terminal, we can efficiently maintain the system.



Fig.7 Gate valve control panels

(5) Saving consumed electric power of the Helium Refrigerator/Liquefier

The helium refrigerator for LHD has an equivalent refrigeration capacity of 9.1 kW at 4.4K, it includes eight sets of the oil injected screw-type compressors. The in total consumed electric power is 3.49 MW with 1100 g/s mass flow rate in winter. The steady-state cooling has been maintained for more than four months in every experimental campaign. So, the reduction of a consumed power is one of the most important issues.

The characteristic of the unloaded operation of this system was investigated for power reduction. The mass flow rate of the main circulation to the cold-box was controlled to 700 g/s, and the other of 400 g/s was bypassed. We tried the reduction of this bypass flow by the unload-operation of the low-pressure compressor.

As a result, the maximum power consumption reduction was 520kW during steady-state cooling operation, at that time the reduced mass flow rate was 220 g/s.

15% of the consumed electric power was saved with this operation.

(6) Technical Support for Cryogenics and Superconductivity Laboratories (CSL)

A cryogenic system with a capacity of 200 l/h (500 W at 4.2 K) and a high dc current supply of 75 kA at 21 V,

4.2 K) and a high dc current supply of 75 kA at 21 V, including a cooling water system with an 800 kW heat exchanger, was installed at the CSL. Operation of these test facilities and daily inspection of them are carried out by the members of the Device Technology Division. In particular, we are responsible for the annual duty inspection of the cryogenic system, regular maintenance of the cooling water system and preparation for the experiments.

3. Plasma Heating Technology Division

The main works of this division are the operation and maintenance of plasma heating devices and common facilities. We have also performed technical support for the improvement and the development of these devices, and the installation of new devices.

In the 8th experimental campaign, the ICRF system with six reinstalled antennas was used for steady state plasma experiments as a main plasma heating device. The high temperature plasmas with $T_{i0} \sim 2$ keV were maintained for 1905 seconds. In this case, the total injection energy of all the heating devices was about 1.3 GJ. In the case of plasma sustained only by ECH, the duration time was drastically extended to 3900 seconds from the record of 756seconds achieved in the previous experimental campaign. This extension in the operation time owes to several improvements in the heating system. The details of the activities are as follows.

(1) ECH

(a) Gyrotron Operation & LHD experiment

During the 8th experimental campaign, we could inject millimeter waves with a total power level of over 2MW into LHD by using 8 Gyrotrons for pulsed operation. In the steady state experiment, the injected millimeter wave duration was 3900sec by a continuous wave (CW) Gyrotron. The time history of the injection power is shown in Figure 8. The reliability of the ECH operation for the experimental shots was 90%. The average of the transmission efficiency of all waveguide lines was about 68%.

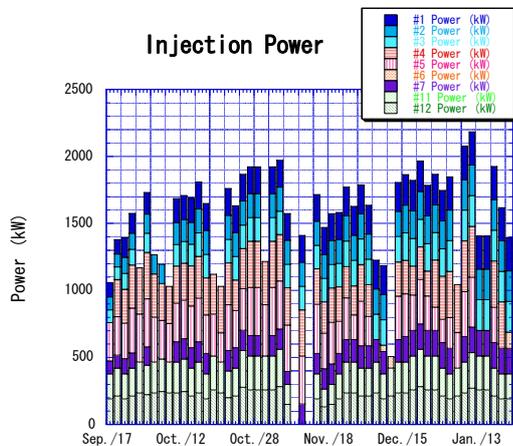


Fig. 8 The history of ECH injection power during the 8th

experimental campaign

One of the important missions in this experimental campaign was the sustainment of the steady state plasma with the ICRF power as a main heating source. It requires a CW ECH power source for plasma heating. In the steady state experiment, the plasma sustainment time was successfully extended up to 3900 seconds.

(b) Improvement of CW waveguide transmission system

We have improved two key components of the vacuum waveguide system with an inner diameter of 31.75mm for long pulse plasma experiments. One is the pump out tee and another is the DC-break. Both components were damaged in previous long pulse experiments. In order to increase the pumping efficiency, the wall of the waveguide in this part was made with many holes that made the heat conduction of this part worse and the mechanical strength weak, resulting in a strong deformation of the waveguide wall after the long pulse operation. The improved pump out tee has a small gap (1mm) in the waveguide and a water-cooling path through the housing block. As for the DC-break, ceramic insulator covering the waveguide gap was heated up due to leakage power or heat conduction from the waveguide and was broken during long pulse operation. We have replaced this ceramic part by an aluminum disk coated by an oxidation capsule ($50 \mu m$) for electrical insulation. These components are manufactured in the workshop of NIFS. Nine pump out tees and two DC-breaks (Figure 9) are installed on the waveguide system of 60 m length.

We used this upgraded CW waveguide system and succeeded in transmitting a power of 120 kW for more than one hour to LHD during the 8th cycle experiment. The problems with the pump out tee and DC-break were solved up to the 120 kW level in the real CW system.

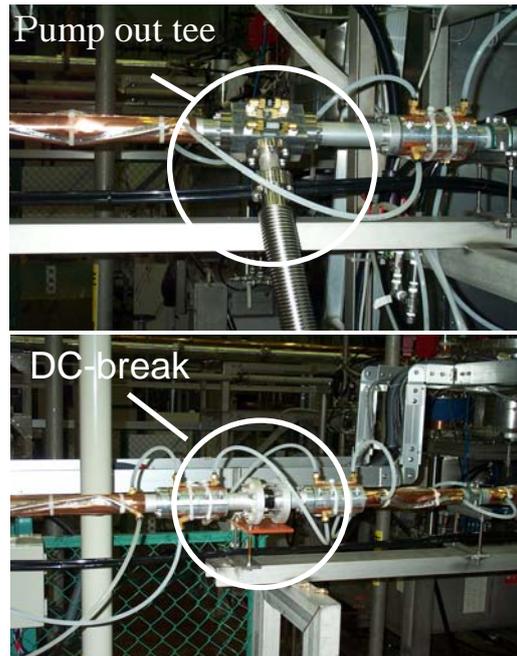


Fig 9. Set up of pump out tee and DC break installed on the

CW transmission system.

(c) Improvement of a polarizer

In ECH, it is the most important aim to increase the absorption power. The injection power has been increased step by step in every experimental campaign, but arcing occurs due to a concentrated electric field. We can reduce the concentration of the electric field by broadening the beam width with the same beam power. In the transmission line, we built in the quasi-optical units so that the polarizer was placed 1 m away from the wave-guide (Fig 10). The beam width at the mirror surface, which was about 25mm, became about 50mm. We could transmit a more high-power beam during the 8th experiment campaign.

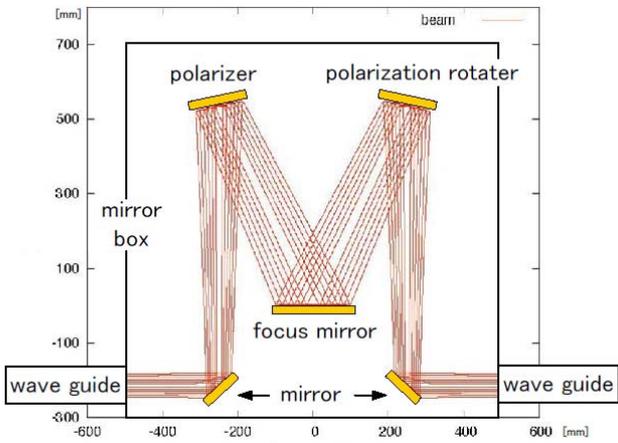


Fig 10. Beam profile in the polarizer mirror box. This figure shows the cross section of the beam expressed by the contour lines of a spot size normalized by the 1/e radius at each propagating position.

(2) ICRF

(a) Modification of the triggering sequence

In the 8th experimental campaign, a triggering sequence for the start-up of the ICRF heating was set up for a steady state plasma discharge. The ICRF heating was started simultaneously just after the neutral beam injection (NBI) was terminated. An electric circuit was fabricated for that purpose. The voltage of the plasma arc for the plasma production in NBI was used as the signal of the end of the pulse of the NBI and the trigger signal for the start-up of the ICRF heating was produced. However the voltage signal includes noise and several triggering pulses were formed in the circuit. This problem was solved employing a logic circuit as shown in the block diagram, in figure 11.

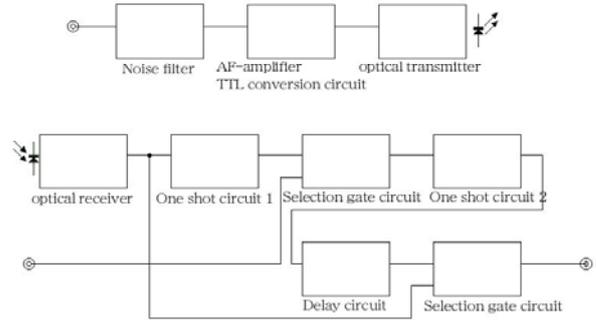


Fig. 11 block diagram of the trigger signal for the start-up of ICRF

(b) Water-cooled jacket for the outer conductor of transmission lines

In the transmission line of the ICRF heating system, the temperature rises by the RF dissipation loss. And the impedance shifts because of the expansion of the transmission line due to this temperature rise. The 240D coaxial tubes were cooled by water flow in the inner conductor. But the cooling for the outer conductor was only both free convection heat transfer to the inner conductor and to the atmosphere. Therefore, we put water-cooled jackets on the outer conductors of the transmission lines. The jackets consist of several copper 40x20 mm² rectangle pipes of 2mm thickness placed parallel to the coaxial tube and surrounding the outer conductor. The inner side of these pipes is shaped so as to have better contact to the curved surface of the outer conductor. These pipes are connected in series as a water channel, therefore in the 8th experimental campaign, the flow rate of water was only 5l/min. In order to increase the flow rate of water to improve the cooling efficiency, a change in the connection of each pipe of the water channel from series to parallel is planned.

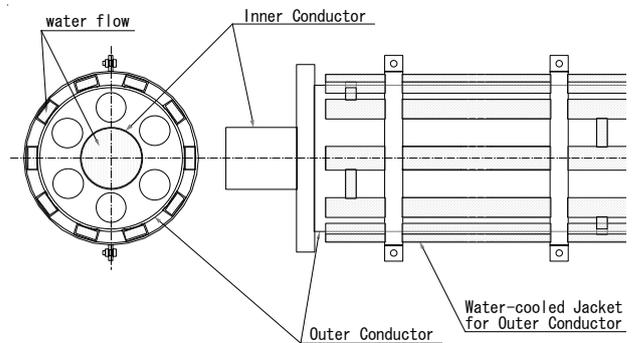


Fig. 12 Layout of a water-cooling jacket on a 240D coaxial tube

(3) NBI

(a) The Operation and Maintenance of NBI Devices (BL-1, 2, 3) in the 8th experimental campaign of LHD

During the 8th experimental campaign, three beam-lines have performed the operation for the neutral beam injector. The number of the beam shots injected into LHD amounts to about 15,000. The time history of the injection power is shown in Figure 13. On BL-2 we made a minor change to improve the electrode, conditioned the electrode increase the beam power and then started the beam line conditioning. The power drops and the lack of columns on the chart is due to some troubles occurring in the beam-lines. They are the cooling-water leaks at the electrode, or in the flexible tube connected to the beam dump and the breakdown of the semiconductor elements for the rectification in the power supply. The beam-lines made a quick recovery by the exchange of reserve stock parts and by repairs done within a short time.

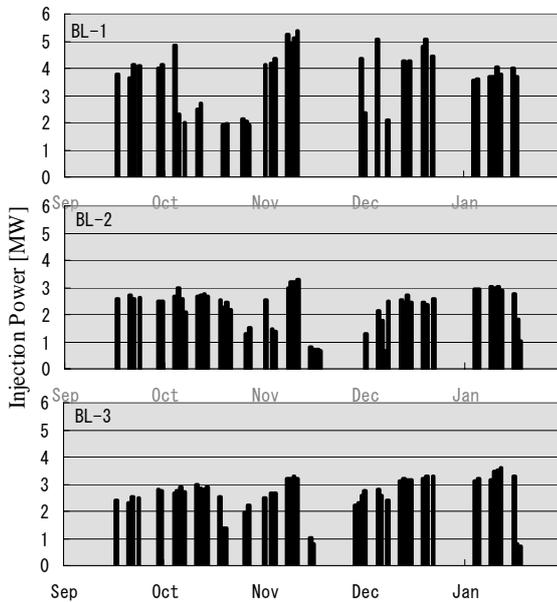


Fig. History of injection power during the 8th experimental campaign

Fig. 13 The time history of the NBI injection power

(b) Development of P-NBI data acquisition system

For the positive-NBI system, which is planned to start its operation in LHD from the 9th experimental campaign, we have been developing a data acquisition system. The system covers all of the data required for operation. The vacuum pressures along the beam-line are continuously monitored, the voltage and the current data of the power supplies are acquired by the sequence trigger at every shot and the beam profile is deduced from the heat load on the calorimeter. The data summary is also created from the acquired data for every shot. The data acquisition system is also equipped with an alert function, in which the interlock signals are sent to the control system at the detection of an excessive temperature rise of the beam-line components. Now we are

assembling the hardware system and making the control and GUI programs. The whole system will be operated successfully in the 9th campaign after test operations at the NBI test-stand.

(c) New NBI plan

We made the plan as follows about the construction of the new NBI (40keV-6 MW by 4 Positive ion sources). (Fig. 14)

A beam line vacuum vessel is installed at the 5-O port, and the C stage is removed. The power supply for the plasma production (for a filament and an arc) is installed in the LHD hall, and the other power supply is installed in the basement of the LHD hall or the trans-yard of the heating power supply building. All utilities (gas, cooling water, electric power, etc.) branch from existing NBIs and are connected in the basement of the LHD hall. The LN2 buffer tank for the cryo-pump will be replaced by a larger sized one. The same design as for the existing beam line apparatus (vacuum vessel, beam dump, calorimeter, vacuum pump, etc.) is applied to the new system, as well as the control system. But for the power supply, a part of the apparatus was re-designed using a different part because of the production stoppage of the parts used in the existing design. The measurement system with PC is used with the newest OS, maintaining compatibility with the existing one. This construction plan will surely be helpful also to the maintenance of the existing NBI, for example, by reservation of the service parts, and by renewal testing of various systems, etc.

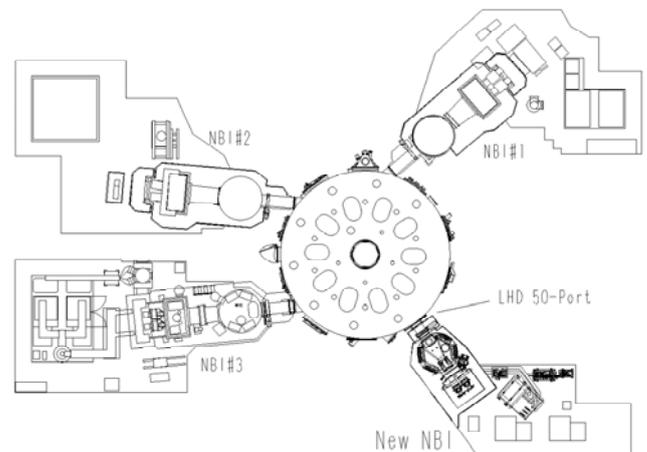


Fig. 14 The layout Plane of New NBI

(4) Motor-Generator (MG)

The MG is used to supply the pulsed power to the NBI for LHD and the CHS magnetic coils. The MG had generated 53,238 shots in this fiscal year and 302,377 shots since its construction. The operation time counted 2,163 hours in this fiscal year and 13,681 hours in a total.

Under the annual inspection in this fiscal year, the following components were checked: oil in the MG, a diesel engine generator, a rectifier for excitation, a transformer, a circuit breaker, two air-break switches, a liquid resistor, 3

condensers and 13 vacuum circuit-breakers. In another case, the CPU of the MG control computer was replaced by a new one since the old one suffered from communication errors. A 24 V power unit for the velocity control board was found to be damaged and was replaced. The network printer for the MG control computer was upgraded. During the next LHD experimental campaign, the length of the brushes due to wear would be below the critical level. So, new brushes should be installed before the start of the LHD experiment.

4. Diagnostics Technology Division

This division supports utility construction and device installation work for LHD diagnostics, and the development, operation and maintenance of the diagnostic devices and of the data acquisition system for LHD and the plasma experiment. For the 8th experimental campaign, some diagnostics were newly installed and reconstructed on the LHD: the compact NPA, etc. After this experimental campaign some diagnostics were removed from the 5-O and the 10-O ports of LHD for the NBI (BL-4) construction.

In this experimental campaign, the first diagnosis of the LHD plasma by the HIBP was achieved, and the diagnosis of the electron density of the LHD plasma by the Thomson Scattering Diagnostic Systems was also achieved. Some troubles were caused by some diagnostic systems, for example, by the FIR laser system, by the Thomson laser system, and so on, but the plasma experiment was not stopped by those troubles in this experimental campaign.

Our principal tasks in this fiscal year are described as follows.

(1) Development, Operation and Maintenance of the Radiation Monitoring System

An area radiation monitoring network system named RMSAFE has been developed at NIFS for application to the LHD fusion plasma experiment.

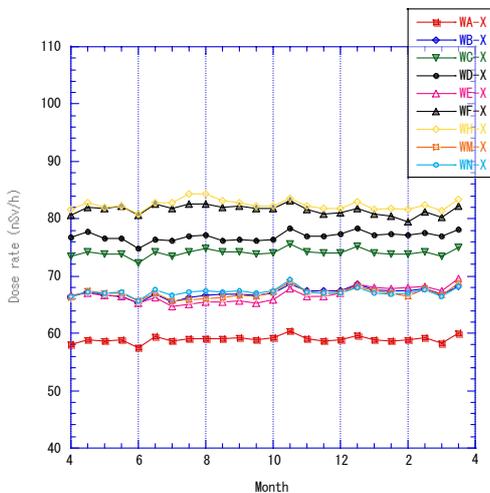


Fig. 15 The monthly average data of the $X(\gamma)$ radiation monitors on the site boundary in this fiscal year.

The RMSAFE is capable to accumulating burst-like exposure due to plasma experiments as well as observing the continuous background radiation level. The system was brought into operation in 1992. A total of 47 radiation detectors are now installed at 36 points in the Toki site and the experimental buildings. Figure 15 shows the monthly average data of the $X(\gamma)$ radiation monitors on the site boundary in this fiscal year. These data show that the levels of the radiation exposure at these monitoring posts are maintained at the environmental background level.

(2) Thomson Scattering Diagnostics

In the LHD Thomson scattering diagnostic, a sliding cover glass system is set in front of the diagnostic window to protect the window from being darkened and broken by thermal stress. After each experimental campaign, a cover glass is removed from the system and its transmittance is measured to check the influence of the cover glass on the analyzed data. The result of the error analysis is shown in Figure 16. The relative errors before the 7th campaign are much smaller than statistical and systematic errors (a few percents). Thus, they were negligible. However, in the 8th campaign the error was not negligible. Therefore, we are developing a diagnostic system to measure the transmittance during the experimental period.

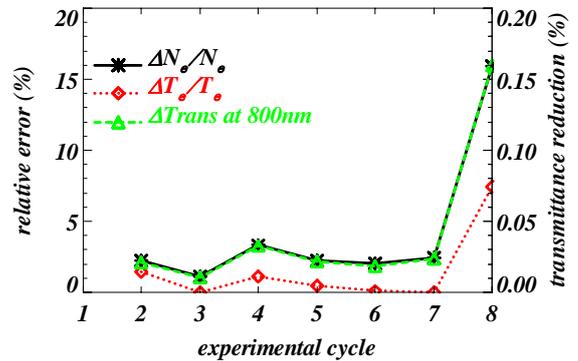


Fig. 16 The transmittance reduction of a cover glass and relative error of electron temperature (T_e) and density (N_e)

(3) Operation and Maintenance of FIR Diagnostics and Microwave Reflectometer

The operation and maintenance (for example, high voltage power supply, vacuum system, supplied gas system, phase detection circuit, dehydrator, water cooling system etc.) were responsibly executed. Therefore in this 8th experimental campaign, in almost all shots, the electron density data was completely acquired. So it contributed greatly to the plasma experiment.

(4) Micro channel plate (MCP) set up in the second beam line of the HIBP

Three highly sensitive MCPs were set up in the second beam line of the HIBP as a beam detector, because the

instead of the Faraday Cup type detector as a Beam Profile Monitor (BPM) in the path of the beam line. Figure 17 shows the MCP made as a movable type. The MCP is driven from the atmospheric side by a pneumatic system through a bellows. The beam detector in the final stage was changed to a MCP.

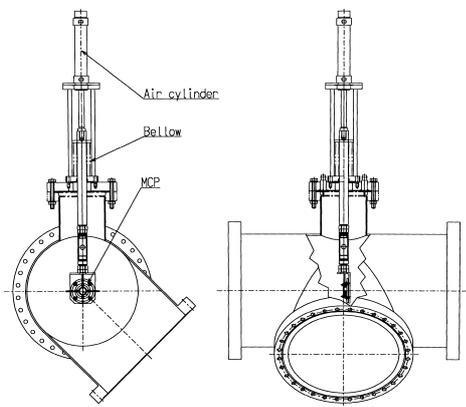


Fig.17 Structure of the MCP made as a movable type for the HIBP beam detection.

(5) Vacuum leak test with the test chamber in the Plasma Diagnostics Laboratories

Preliminary vacuum leak tests were carried out on diagnostic devices to be used for the LHD plasma experiment and the parts to be used in these diagnostic devices using the leak test chamber in the Plasma Diagnostics Laboratories. For example, the beam dump and some parts of the Thomson Scattering Diagnostics System, some parts of the Charge Exchange spectroscopic System, the window of the Boronization System, some parts of the HIBP system, some parts of the TESPEL Diagnostics System, etc. We carefully tested these devices and parts to be used in this experimental campaign, therefore in this experimental campaign the LHD plasma experiment was not stopped by vacuum leakage of the diagnostic devices.

(6) Technical support to diagnostic devices to prepare for measurement of plasma parameters.

The technical support has been performed to prepare for the measurement of plasma parameters by each diagnostic device starting a few months before the LHD plasma experiment every year. For the 8th experimental campaign, we prepared more developed diagnostic devices and managed to obtain plasma parameters. As for the main parts of each diagnostic device, researchers in charge control them directly, but as for most of the peripheral parts, technical staffs control them mainly. After checking the diagnostic device is installed for the measurement of the plasma parameter. For example, the Compact Neutral Particle

Analyzer (CNPA) had a minute air leak in the vacuum chamber for the signal detector at first and it took much time for us to find the leak and seal it. As a result, the CNPA was allowed to be used for the LHD experiment in the second half of this campaign and original useful plasma parameters could be obtained.

(7) Development of a Data Acquisition System

In the data management system for the LHD plasma experiment, the number of diagnostics using WE7000 and the Compact PCI digitizer has been increased very much. And in the Compact PCI diagnostic, the image data acquisition using the camera module has been achieved. Therefore, the acquired data size has been increased extremely. To backup and serve these expanded data, the huge storage RAIDs and DVD changers were introduced. And the plan to construct the SAN (Storage Area Network) system using the Fiber-Channel RAIDs is advancing now.

The data size per 1 channel has been increased dramatically (especially in the camera image diagnostics), and the new data retrieving method that can retrieve a part of the data is being developed.

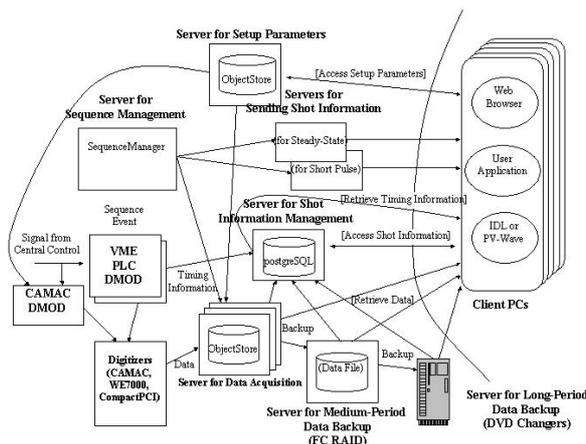


Fig. 18 Summary of LHD Data Management System

5. Control Technology Division

The missions of this division are to contribute to the LHD, to the CHS experiments and to Computer and Information Network Center in the following technical assignments; the central control system and its man-machine interface system, the SC coil current control system, the LAN system and the data acquisition system. In FY 2004, on these subjects, not only the operation and the maintenance were completed, but also many developments were continued for each technical theme. The activities of this division are as follows.

(1) Development of the function of real-time magnetic axis shift in the coil parameter setting

The main mission of the 8th experimental campaign was long pulse operation with ICRF heating. During a long discharge, the temperatures of the diverter plates suddenly

discharge, the temperatures of the diverter plates suddenly rise because the plates are exposed to the heat flux from the diverter legs. In this case, the magnetic axis should be shifted in a real-time to control the local rise of the plate temperature.

We have developed the function which enables the specification of the coil parameters to be done not only before the discharge but also at an arbitrary timing. After the currents parameter setting of the initial magnetic axis value, the final magnetic axis position value and the transfer time value to the coil power supply system, the magnetic axis starts to shift and the current axis position is informed to the experiment coordinator by computer voice.

Finally, the rapid rise of the plate temperature was controlled and it improves the cooling efficiency by dispersing the heat on the diverter plate.



Fig.19 Console window of the magnetic axis shift

(2) Liquid stub tuner control by multi computer system

The world record input heating energy of 1.29GJ was achieved in a long-pulse plasma discharge in the 8th experimental campaign of LHD. In order to always reduce the reflected RF power during a long-pulse plasma discharge, a multiple channel Feed Forward / Feed Back control method using a multi-computer system was developed for setting the 10 liquid stub tuners to the proper positions. The liquid stub tuner control system is composed of a Multi-computer system, Owner LAN and Unix server. Figure.20 shows the block diagram of this control system, and the system is composed of 8 computers. This system controls the start/stop and CCW/CW directions of the pulse-motors of the 10 liquid stub tuners monitoring the reflected and the forward RF powers. It was one of the keys to achieve the long-pulse plasma discharge. The LAN is not usually used in the feedback control system because of traffic and collisions. In this case noise is often introduced in the measurement of the liquid surface level because of the liquid bubble and the turbulence. This liquid stub tuner control system can ignore a dead time of several hundred

milliseconds. Considering these phenomena, a system using LAN was used. The plasma discharge could be maintained for a long time by optimizing the various functions for the liquid surface level controlled by this system. Control could be achieved using a PI control employing the LTIS law of Cinos. As a result, the ratio of the reflected to the forward RF power could be kept to less than 4% during the long-pulse plasma discharge of 31 minutes 45 seconds.

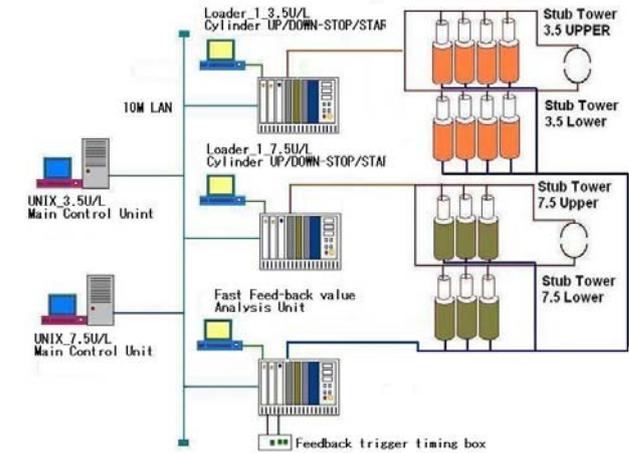


Fig. 20 Liquid stub Feedback computer control system

(3) Data Acquisition and Analysis system for CHS

The total operating time of the Cinos computer system was about 1500 hours in this fiscal year. There was no shutdown time caused by hardware or software trouble. The Cinos system was improved both in the core computer and the periphery modules as well as software resources. The new VME computer module has a faster processing speed than the old one. The number of AD/c input channels increased as well.

The main purpose of the improvement is to keep the data acquisition time short and to cope with the increase in the experimental data. More details about the new equipment are as follows:

[1] The VME computer module board for the data acquisition was changed, because the amount of data to be processed becomes now five times of the initial design. The computer clock speed is now 700 MHz instead of 60 MHz. The VME memory size was extended from 768 M byte to 1Gbyte, because the speed of the computer can not be improved without increasing memory size simultaneously.

[2] Six CAMAC fast AD/C modules (25 MHz, 12 bit, 4 CH) are installed.

[3] Experimental data are stored in the RAID system (Level. 5) of one computer system. The RAID system is sensitive to vibration from the outside and has a risk of crashing, because it contains a mechanically rotating structure. Therefore, an additional computer has been prepared for back-up, which can store the data of about 5000 CHS shots. When the data overflow, the old data are transferred and stored in a digital linear tape (DLT) device.

(4) Development of a DHCP operating system by MAC address administration

The necessity for strict security management has risen with the spread of note-PCs. In the current year, we developed the DHCP operating system by the MAC address administration in collaboration with the computer and the information network center. In this system, the MAC address and user information are related and managed. The database of the MAC address is offered to all DHCP servers in the institute, and the user cannot connect without permission.

This system is composed of four parts; the registration part, the output part to DHCP server, the inspection part and the administration part, and all processing is run on a UNIX machine. The DHCP service user registers the MAC address and user information by the Web browser. When the registration is completed, the MAC address information is sent to the DHCP server and the user can use the network at once.

This system has operated since September, 2004 without trouble. We were able to promptly identify the source terminal using this registered information when a virus infection occurred.

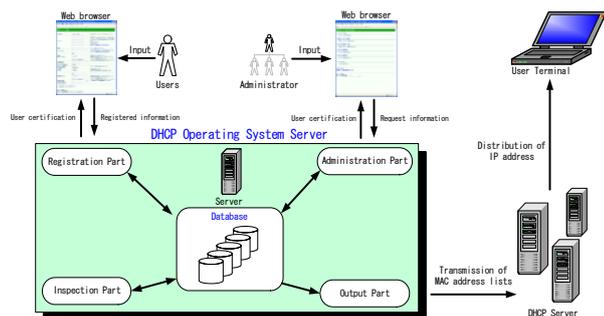


Fig. 21 Block diagram of the DHCP operating system using MAC address administration

(5) Shutter control for Charge Exchange Spectroscopy

In LHD, since the view windows must be protected from titanium gettinger reliable shutter systems are very important. Each shutter is moved by compressed air or a super sonic wave motor and it is controlled by a PLC (Programmable Logic Controller) shutter control system. A new idea for shutter operation was presented for the charge exchange spectroscopy system. The shutter will be moved by the reciprocal action of a control current and the magnetic field in LHD to protect an optical mirror of the system. Figure 22 shows the principle of the shutter and its control system. The PLC controls a power supply and a SSR (Solid State Relay) circuit. The SSR circuit controls the current directions to 4 shutters.

In this experimental campaign, this new shutter failed. The failure will be corrected by the next experimental campaign.

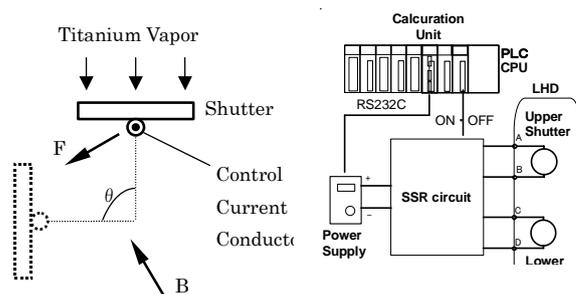


Fig. 22 Principle of the shutter and the control system

(6) Construction of the Network Quarantine room

Recently, computer virus infections are big problem in the network system. Our institute has ordered the installation of vaccine software for all PC. Also the NIFS mail server detects viruses and rejects mail or doubtful appended files.

This year, many virus infections were introduced by the laptop PCs brought on from the outside. No PC that was infected by a virus outside the institute should be connected to the campus LAN directly. The network quarantine room was constructed in the institute, that was connected to an outside Firewall. The person who brings a laptop PC must install the newest vaccine software, and he must scan the disk of the PC in the room. Many viruses have been detected in the network quarantine room. This room is important as a countermeasure against viruses. Figure 23 shows a snapshot of the network quarantine room.

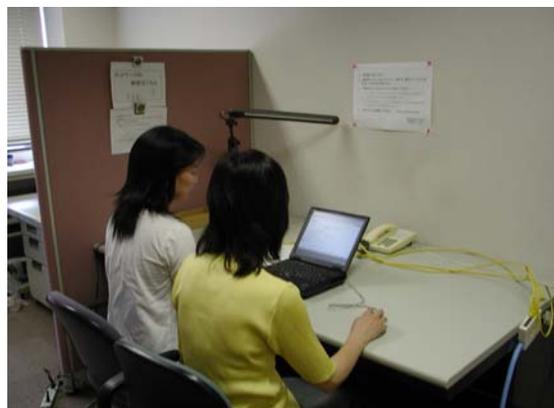


Fig. 23 Snapshot of the network quarantine room.

(7) Management and maintenance of the LHD-LAN

The LHD-LAN has been provided for LHD experiments. As the LHD experiment progresses, a large number of computers have been connected to the LHD-LAN, a large amount of data has been stored in them and a high-performance data transfer environment has been required. The Gigabit network system with high-performance was installed in the LHD-LAN in FY 2000 and it is working. In FY 2004, our contributions are as follows in addition to the regular management and maintenance;

- 1) Adaptation of the new DHCP system with the MAC

Address Certification. 2) Increase of SNET nodes. 3) Increase of Optical Fiber Cables.

1) The following work was carried out so that the MAC Address Certification System was running in LHD-LAN. The MAC Address Certification System was a new security standard of DHCP service proposed by the NIFS Information Security Committee.

a) Because the MAC address certification could not be constructed with the DHCP service originally included in the Windows Operating System which had been used in the LHD-LAN, an ISC DHCP server program which enabled the MAC address certification was installed into UNIX servers in LHD-LAN, and the new service was started.

b) The environment to forward the database made by the MAC Address Certification System developed by the NIFS MAC Address Certification System Project to DHCP servers of LHD-LAN was built. The environment is based on the following application software; Openssh, rsync, sudo and others.

c) The new DHCP system was running on servers in the LHD experiment analysis LAN. In order to provide the new DHCP service in another LHD subnet, LHD diagnosis client LAN, the DHCP Relay Agent was defined in a router of the LHD-LAN.

2) The remote participation system of LHD experiments via Super-SINET called SNET was established in FY 2000. By FY 2003, 7 nodes of SNET were installed at University of Tokyo, Nagoya University, Kyoto University (Uji Campus), Kyushu University, Tohoku University, Tokyo Institute of Technology and Hiroshima University. In this FY, 2 nodes of SNET were newly installed at Kyoto University (Yoshida Campus) and University of Tokyo (Depart. of Technology).

3) Many Optical Fiber Cables have been provided for the LHD experiment. They are used for networking or transmission of the LHD operational information. In FY 2004, 80 Optical Fiber Cables were laid in the LHD building. The latest block diagram of LHD-LAN is shown in Figure 24.

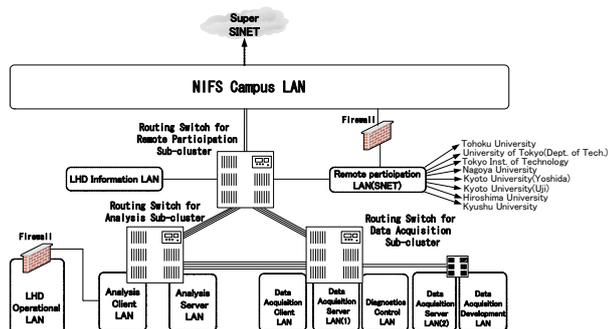


Fig. 24 Block diagram of LHD-LAN

(8) Programming lecture on Visual Basic(VB)

We have held a training course of the computer programming of the GUI(graphical user interface) using VB for other universities and institutes technical staffs as a technical exchanges. Also in our institute, there was a request for a VB training course. Therefore we held the

course 6 times during the period from June to August 2004. There were 11 participants. In this course, we lectured on the following contents; the foundation of VB, the foundation of socket communication, the control of a sequencer with socket communication, the control of a device with RS-232C communication and the development of an application by DLL(Dynamic Link Library). We think that they improved their skills in VB by this course.

Figure 25 shows a view of the training course.



Fig. 25 Snapshot of Visual Basic Lecture

6. Symposium on Technology and Technical Exchange

(1)The Symposium on Technology

The Symposium on Technology was held on March 3 and 4, 2005 in the Suita campus of Osaka University. There were 650 participants from many Japanese universities, national laboratories, technical colleges and some industries. In this symposium 242 papers were presented in 8 oral sessions and a poster session. Technical experience and new techniques were reported and discussed. Ten papers were presented from our department. The titles of the presentations were as follows; Transmittance Reduction of the Cover Glasses Installed on the LHD Thomson Scattering Diagnostic View Window, Analysis of Induced Errors, Construction of Real Time Simulation device and Dynamic Simulation of a Helium Refrigerator/Liquefier for LHD, Failure investigation during the LHD experiments, Development of DHCP operating system by MAC address administration, The operating of the gate valve control system for Large Herical Device (LHD), Introduction of 250MVA Motor-Generator driving control system at NIFS, Development of Interlock Systems and AGC System for ICRF Heating on the LHD and Safety interlock system of HIBP etc.

In the steering committee held during the symposium, Institute for Molecular Science was adopted as a next host organization and we exchanged our views frankly about symposium as it ought to be. Figure26 shows a snapshot of the poster session.



Fig.26 Snapshot of the poster session

(2) Technical exchanges

Technical exchanges between our department and other institutes or universities were held in order to improve the technical skill of the staff. Thirty-five technical officials of other laboratories participated in our 8 exchange programs in this fiscal year. The program names and participants were as follows; “Symposium on Safety and Health Management in the Laboratory” from 25 universities and 4 institutes, “Electronics technology” and “Vacuum technology” from Chubu University, “Radiation detection technology”, and “Cryogenic technology” from Institute for Molecular Science, “Structure analytic simulation technology” from Kyoto University, and “Machining process technology” from Mie University.

IV. Department of Engineering and Technical Services

The Department of Engineering and Technical Services is involved in all kinds of work in the design, fabrication, construction and operation of experimental devices in the fields of software and hardware.

This department is composed of engineers, and their tasks fall under the following five goals:

To develop advanced and systematic engineering capabilities on the basis of basic engineering results which have been obtained thus far.

To educate excellent engineers with responsible administration.

To cultivate creative engineering abilities.

To improve the documentation of and the transfer of engineering knowledge to the next generation.

To perform tasks with a systematic responsibility.

The department consists of the following five divisions: the Fabrication Technology Division takes care of the construction of small devices and the quality control of parts for all Divisions. The Device Technology Division is responsible for LHD and LHD peripheral devices except for the heating devices and the diagnostic devices. The Plasma Heating Technology Division has responsibility for the ECH system, ICRF system and NBI system. The Diagnostic Technology Division develops, operates and maintains all diagnostic devices and the Control Technology Division has responsibility for the central control system, the current control system and the LHD network. The number of staff is 46 engineers and several part-time workers. We take care of the development, the operation and the maintenance of LHD and the LHD peripheral devices with about 47 operators.

1. Fabrication Technology Division

The main tasks are the fabrication of experimental equipment, technical consultation, research and development of apparatus, technical cooperation and supply of experimental parts and materials. The division also administers all office work of the department. The staff of our division is mainly working in the central workshop. In our division, we received about 400 jobs for the fabrication of devices in this fiscal year. 95% of them could be fabricated in our central workshop. We support the construction of the devices and their control systems as requested from each research division.

(1) Phase detection circuit

The circuit (Fig.1) was designed and manufactured for the FIR heterodyne laser interferometer system on LHD. The 3-channel phase comparison part of this circuit is integrated on a FPGA (Field Programmable Gate Array). With the FPGA, it is possible to program the inner logic circuit flexibly and the size of this circuit can be downsized.

We manufactured 10 circuits, which supplied LHD(5 units), CHS(1), Kyoto University(2) and Chubu University(2). An Automatic Fringe Jump Corrector (AFJC) was added to the circuits for LHD use.

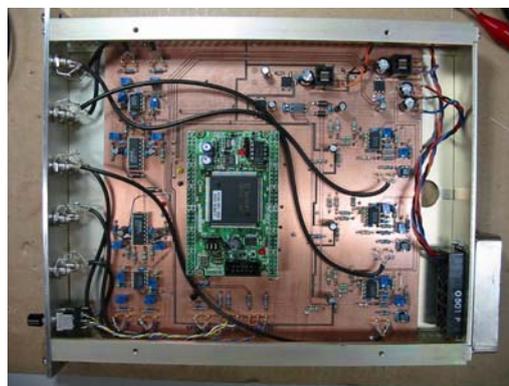


Fig .1 Phase detection circuit

(2) Timing demodulator prototype

The circuit (Fig.2) receives experiment timing signal from the LHD central control system through optical fibers and de-modulates it. The control data for the circuit is detected from the optical signal, the trigger for synchronization with the experiment sequence and clock signal are sent to plasma diagnostics instruments. The circuit is constructed from a timing de-modulator and Linux computer to control the de-modulator, which are integrated in a one-chip FPGA. We will manufacture the 10 circuits for practical use after the proto -typing phase.



Fig.2 Prototype of the timing de-modulator

(3) A concave mirror for the Microwave Imaging Reflectometer (MIR).

An MIR is developed in order to visualize electron density fluctuations in LHD. (Fig.3) In an MIR system, to focus the reflected microwave from the plasma to the detectors, it is necessary that we manufactured a large elliptical concave mirror. The material of the mirror is an aluminum alloy; the size is 500mm in the major axis, 450mm in the minor axis and a thickness of 40mm.



Fig.3 Microwave Imaging Reflectometer (MIR)

The mirror material is annealed before cutting it is cut. Annealing of the material aims to modify the crystal structure, and to remove the residual stress in the material. It takes about 192 hours to cut the material, because the cutting speed is slow to minimize the roughness of the mirror surface. The mirror is installed in the vacuum vessel, and is operated by remote control. In order to prevent perturbation to the magnetic field on LHD, non-magnetic materials must be used. Examples these are, the carbonized titanium sliding bearing, the SUS304 ball bearings and the ultrasonic motor. (Fig.4)



Fig.4 Sliding bearing

2. Device Technology Division

The Division supports the operation, the improvement and the maintenance of LHD, the peripheral devices, the cryogenic system for LHD and the super conducting R&D devices at SC magnet Laboratory.

(1) Operation and Maintenance of LHD

LHD operation started on August 8 in the ninth-experimental campaign, the cryostat was evacuated as usual. The evacuation of the plasma vacuum vessel began on August 9. We found ten vacuum leaks; five CF-flanges of the plasma vacuum vessel, four helico-flex gaskets and a gate-valve had a seat leak. The vacuum leaks were fixed on Aug. 23, and the coil cool-down was started at Aug. 31. The cooling down was completed on Sep. 26.

The first energizing of LHD in the ninth-campaign was on Sep. 27. The number of operation days of the SC-coils was 66 days. The number of days of the plasma experimental period was 142 days. The warm up of the S.C.-coils was started on Feb. 17.

During this period, the interruption of commercial power occurred seven times due to thunderstorms. They were on July 20, 27, Aug. 7 and Aug.26.

The LHD water-cooling system had an accident during the 9th operation.

(2) Measurement of pumping speed of the vacuum pumping system for LHD

We measured the pumping speed of the vacuum pumping system for LHD. Hydrogen gas with a constant gas flow rate Q (Pam³/s) was injected into the LHD by the gas puff device, and we measured the pressure P (Pa) at that time. The result is shown in Figure 5. The pumping speed corresponds to the gradient of the P-Q graph. We know that (1)the pumping speed of vacuum pumping system for LHD was 273 m³/s, (2)the pumping speed of LID device was 242 m³/s, and (3)the pumping speed of Vacuum pumping system + LID was 407 m³/s. The theoretical pumping speed derived by simple calculation is (1) 244 m³/s and (2) 204 m³/s, and there was no big difference between the experimental value and the theoretical value. We showed that we could measure the pumping speed even through the vacuum vessel has a big volume like as in LHD.

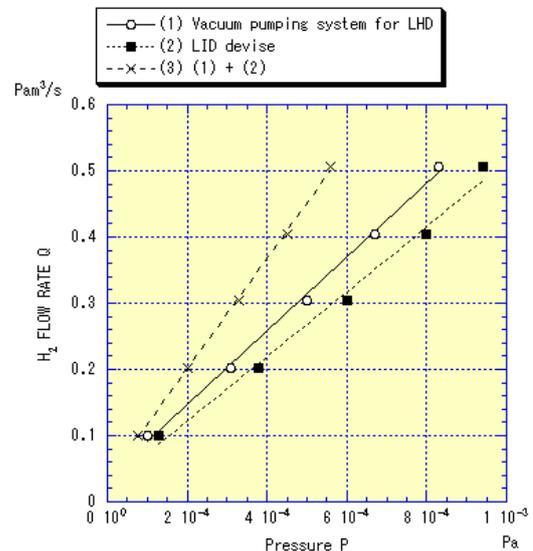


Fig.5 Pumping speed of the vacuum pumping systems (3) Elasto-plasticity analysis of hook.

The 30 ton crane hook the guide rail of a large shielding door due to operator error. The hook was deformed by 20mm due to this accident. The influence on the guide rail of the large shielding door and on this hook were examined through analysis using the CAE program ANSYS. This residual displacement of 20.5mm was caused by a load of 68.5ton. Figure 6 shows the stress on the hook by

elasto-plasticity analysis.

This result shows that the accident stress was more than 68 ton. After that we found that the inter-lock for the overload of this 30 ton crane was 80 ton. We will have to change this inter-lock value soon.

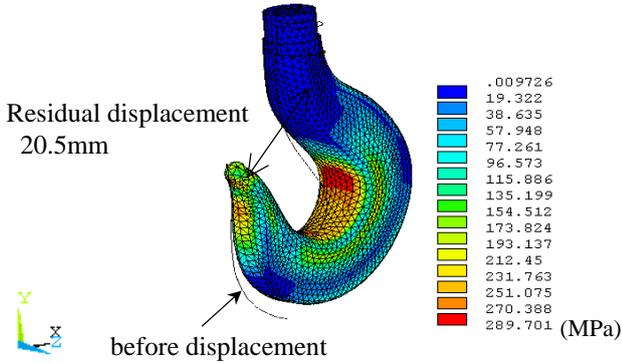


Fig. 6 Stress on hook at 68.5ton
(3) Water-cooling system stopped by accident.

At midnight on December 2, 2005, an accident occurred with a check valve of a load pump of the cooling water system (the 4th line, # 2). Because supply of cooling water stopped temporarily due to this accident, the LHD refrigerator system was emergency stopped by this accident.

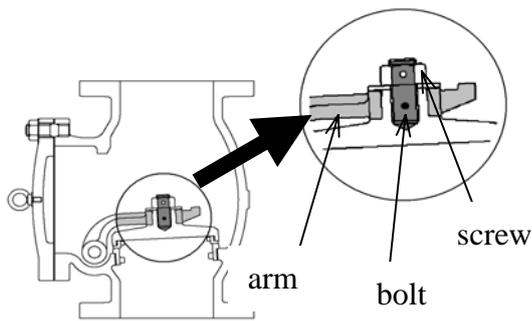


Fig. 7 Cross section of the check valve
Regarding the condition of the damaged valve, a bolt that linked an arm to a valve disc was left out of the valve disc (in figure 7), and the valve disc came off from the arm as shown in figure 8.



Fig. 8 Inside of damaged valve
After this experimental period, when we checked the other

check valves of the same model as the damaged valve (the 4th water-line, # 3pump-line, #4pump-line), we found that there was a wobble in a bolt that linked the arm to the valve disc in the #4pump-line. After a result of dismantling the valve to examine it in detail, we found that a spring pin to fix the bolt was broken. This phenomenon says that a spring pin of the # 2 check valve was broken by vibration, and the threads of the bolt and the valve disc wore down little by little.

In addition, the operation time of the #2pump-line was about 40,000 hours and about 13,000 hours for the #3 and #4 pump-lines. Therefore it is thought that a spring pin may break before its operation time exceeds 10,000 hours, so we replaced all of these check valves with new ones this time. And in the future, we will carry out periodical checks of the check valves each 10,000 hours.

(4) Recover operation of the Helium Refrigerator/Liquefier
The helium refrigerator for LHD has an equivalent refrigeration capacity of 9.1 kW at 4.4K, it includes eight sets of the oil injected screw-type compressors. The total consumed electric power is 3.49 MW with 1100 g/s mass flow rate.

During the steady-state cooling phase, the water cooling system was stop by an accident. The water flow late interlock system stopped the turbines and the helium compressors. An emergency stop program stopped the LHD Helium Refrigerator/Liquefier system in safely. But 6000m3 of Helium gas was lost in this accident. The water cooling system was fixed less than two hours after the accident, and we could turn on the compressors and the turbines by the end of that night.

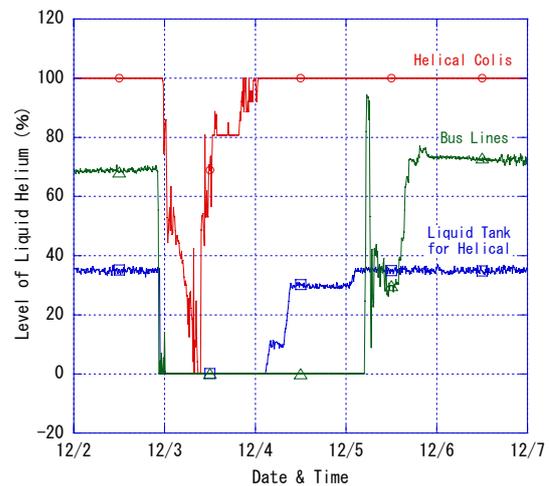


Fig. 9 Liquid helium level behavior during accident

Figure 9 shows the liquid helium level behavior of the helical coil, the helical liquid tank and the bus line. The helical coil liquid helium level was recovered in less than 1day. The liquid helium level of the bus-lines had took 3days.

The reason is that we worried about the variation in the

temperature of the inside of the cryostat. We must charge lots of helium gas and purify the charged helium gas before the liquefy operation, after that we recovered the bus line liquid helium level.

(5) Technical Support for SC magnet Laboratory

A cryogenic system with a capacity of 200 l/h (500 W at 4.2 K) and a high dc current supply of 75 kA at 21 V, including a cooling water system with an 800 kW heat exchanger, was installed at the CSL. Operation of these test facilities and daily inspection of them are carried out by the members of the Device Technology Division. In particular, we are responsible for the annual duty inspection of the cryogenic system, regular maintenance of the cooling water system and preparation for the experiments.

3. Plasma Heating Technology Division

The main works of this division are the operation and the maintenance of plasma heating devices and common facilities. We have also provided technical support for the improvement and the development of these devices, and the installation of new devices.

Steady state plasma experiments by the ICRF system with a power level of more than 1MW have been proposed as one of the main targets of the mission experiment. Though the power level of the ICRF system was below 1MW, the total injection energy of all the heating devices was about 1.6 GJ exceeding last year's record for this mission. Other than this effort, NBI(#4) which has a positive ion source and a pulsed high power gyrotron(#8) connected with evacuated transmission lines have been newly installed in order to upgrade the plasma performance. The details of these activities are as follows.

(1) ECH

(a) Gyrotron Operation & LHD experiment

During the 9th experimental campaign, we could inject millimeter waves with a total power level of over 2MW into LHD by using 8 gyrotrons for pulsed operation. The reliability of the ECH operation for the experimental shots was 90%. The average of the transmission efficiency of all waveguide lines was about 68%. A continuous wave (CW) gyrotron worked stably without any trouble and assisted steady state mission experiments by ICRF as a main heating source. We have newly installed a pulsed 800 kW output gyrotron(#8) at 84GHz instead of the gyrotron(#7) at 168GHz in order to increase the power level of the fundamental frequency. At the same time, we have modified the transmission line for this gyrotron from air tight to vacuum type in order to reduce the risk of arcing that had limited the power level of transmission so far. In the evacuated transmission line using two pumps the vacuum level reached down to $1\sim 1 \times 10^{-2}$ Pa. The operation of the newly installed gyrotron(#8) started in November, the power level of the injected millimeter waves from this gyrotron into LHD was 500kW.

(b) Compact gyrotron stand with insulating oil jacket.

We installed a new 84GHz gyrotron for the 9th experimental campaign. Since all existing gyrotron tanks were occupied, we needed to make a new one. Due limited setting space, and furthermore in order to reduce the volume of insulation oil, we decided to make a compact (1×2 m²) gyrotron stand which supports the gyrotron, super conducting magnet (SCM), matching optics unit (MOU) with an insulating oil jacket for introducing high voltage. The whole view of this stand after the gyrotron installation is shown in Fig. 10. The

advantages of the jacket structure are the conciseness of the maintenance and the compactness of the insulating oil volume. This oil jacket has two high voltage (cathode/heater and body) inputs, two sets of cooling water inlet and outlet and a view port. We installed this stand in a new area, and enabled up to 500 kW injection power to via an evacuated corrugated waveguide with an inner diameter of 88.9mm.

(c) Measurement of the beam pattern in the LHD vacuum vessel.

We confirmed the transmitted millimeter wave beam position in the vacuum vessel by the setting a Kapton sheet on the mid plane of LHD. We injected a gyrotron output beam and observed the temperature rise of the sheet by a thermal imaging camera. Table 1 shows the results obtained from such a measurement. Measured spot size, shape and position are generally in good agreement with the designed ones. Large discrepancies in the spot position between designed and measured one are found in the 1.5Lin antenna. These discrepancies are reproduced by a cross check using a He-Ne laser. It can be explained by the deviation of the steering plane mirror angle of 1 degree. This deviation might be caused by some external forces acting on the steering mechanism during the maintenance or cleaning process done after the final check using He-Ne laser at the initial setting. The other large deviation is found at the 2O antennas. Unlike other antennas, the drive of the 2O antennas was carried out by push and pull of a wire and a pulley. We checked antennas in the air, the movements of mirrors were smooth, and the reproducibility did not have any problem. A wire was driven without skidding. This deviation might be caused by a slight stretch of a wire. All of these deviations are corrected by the adjustment of the offset parameters in a control program

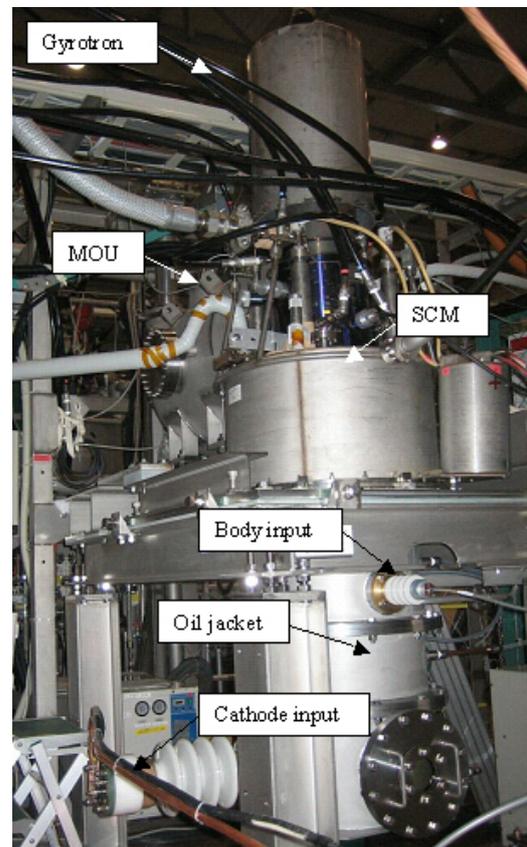


Fig.10. New gyrotron tank arrangement

antennas	1.5L in	1.5L out	2O left	2O right	5.5U out	9.5 in	9.5U out
radius direction (m)	-0.1	-0.015	—	—	0.01	0.01	0.03
toroidal direction (m)	-0.03	0.03	> 0.1	> 0.1	0.01	0.01	0.01
poloidal direction (m)	—	—	> 0.1	> 0.1	—	—	—

Table.1. Measurement of beam position

(2) ICRF

(a) ECH camphor injection

In the eighth experimental campaign the long pulse plasma discharge of about a half hour was achieved but was terminated by a sudden increase in the radiated power and the subsequent decrease in the electron temperature. This phenomenon occurred just after the impurity (eg., Fe) injection following sparking on the vacuum surface. An instantaneous injection of ECH (Electron cyclotron heating) power was tried just before the plasma collapse using a sudden increase in the electron density as a trigger. The triggering electric circuit is shown in Fig.11.

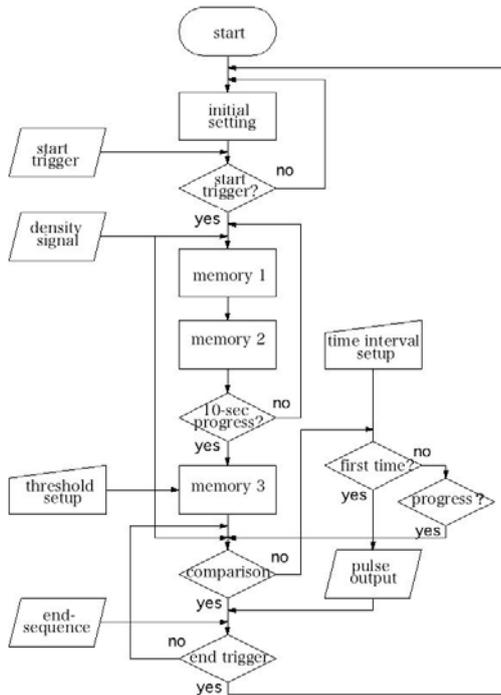


Fig. 11 Time evolutions of plasma parameters and heating power in the long-pulse plasma discharge of 1905seconds.

The electron density measured by FIR interferometer was employed to judge whether the ECH power was injected or not. The threshold setup can be change from 1.2 to 2.0 times that averaged electron density for 10 s before the event occurs. A time interval circuit is also employed in order to maintain the ECH power duty cycle, i.e., 1/150. The time is variable from 10s to 990s. In the ninth experimental

campaign trials were carried out of the long pulse discharge with more than 1MW of ICRF heating. A trial of the instantaneous ECH power injection (which we call ECH camphor injection) was carried out to restore the electron temperature using the sudden increase in the density as a trigger, as shown in Fig.12, where the plasma of $n_e=1 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$, $T_e \sim T_{i0}=1.2 \sim 1.3 \text{ keV}$ was sustained for 285 s with an applied RF heating power, $P_{\text{ICH}}(1.33 \text{ MW}) + P_{\text{ECH}}(0.11 \text{ MW})$. A small amount of heavy metal penetrated at 178.2 s, but the subsequent density increase was less than 25% (the level set to launch ECH power injection as the trigger threshold) and was not enough to trigger such ECH power injection. Heavier metal penetrated at 178.4 s. accompanied by a sudden increase in the electron density and a reduction of the electron temperature. Then the ECH power was simultaneously injected as shown in Fig.2; the electron temperature was increased to 2.1keV and the electron density was decreased to $0.9 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$, as often observed in the high electron temperature plasma discharge.

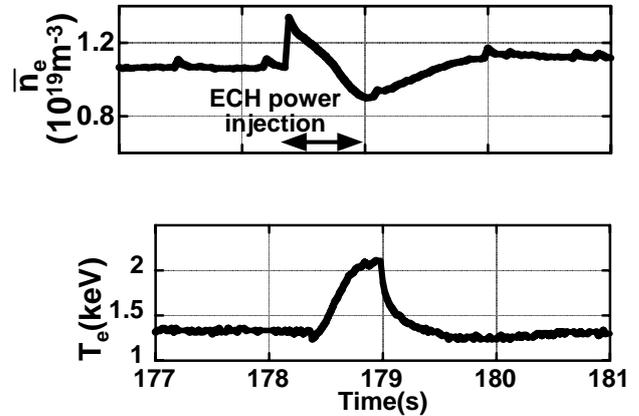


Fig.12. Total heating energy vs. average magnetic axis with the swing width

(b) Route change of the transmission line for 3.5U antenna

We had to change the route of the transmission lines for 3.5U and 4.5U antennas, since the newly installed LHD-NBI#4 at the southeast part of the LHD main hall interfered with them. Therefore, we removed the transmission lines and cables for the 3.5U and 4.5U antennas that had been installed until the eighth experimental campaign. We removed and transferred the stages for the transmission lines. Made a new route for the transmission line for the 3.5U antenna which was narrower in space and had more bends as compared with the former route. So, we need many corner components (L type coaxial tube) for the transmission line. As a result the number of the coaxial tubes used between the antenna and the stub for the 3.5U antenna increased from 19 to 24 pieces. The construction of the new stage for the transmission lines was completed at the space between C1 stage and C2 stage, thanks to the united efforts of the staff from the Device Technology Division.

(3) NBI

(a) The construction and operation of BL4

We constructed the fourth beam line for LHD (BL4) and operated it. (Fig.13) Although BL4 is a positive-NBI system, almost the same design concept as BL1-3, which are negative-NBI systems, was applied for the cost reduction.

The main specifications of BL-4 are as follows.

- Beam Energy : 40keV (H^0)
- Beam Power : 3MW(with two ion sources)

: 6MW(with four ion sources / upgrade)

Two years ago, the BL4 construction plan with two ion sources was approved. The construction began in March last year, and finished in October last year. We constructed the positive-ion sources for BL4 in May last year, and tested them at the NBI test bed. These ion sources are world's largest ones as a positive-NBI system (Size: 93cm x 47cm x 49cm, Weight: about 640kg). The maximum ion beam current recorded over 100A with one-ion source. At the beginning of the ninth experimental campaign, the beam injection into the LHD with a port-through power of 0.7MW (the beam energy of 27keV and the ion acceleration current of 50A) was successfully performed. About a month later, the design values of beam energy (40keV) and beam current (150A) were simultaneously achieved, and port through power is beyond 3MW. But in this campaign, long pulse operation was impossible, because of beam concentration on the residual ion beam dump. The improvement of the residual ion beam dump is necessary for 10sec beam operation, which is the specification. Although an NBI system with this specification is not new any longer, this quick achievement of the specification and the reliable operation were brought by our NBI group's activity and the high technical capabilities of the manufacturers. After the last experimental campaign, BL4 has been modified for upgrading the performance with four ion sources. We will inject over 6MW of neutral beam from BL4 into LHD in the next experimental campaign.

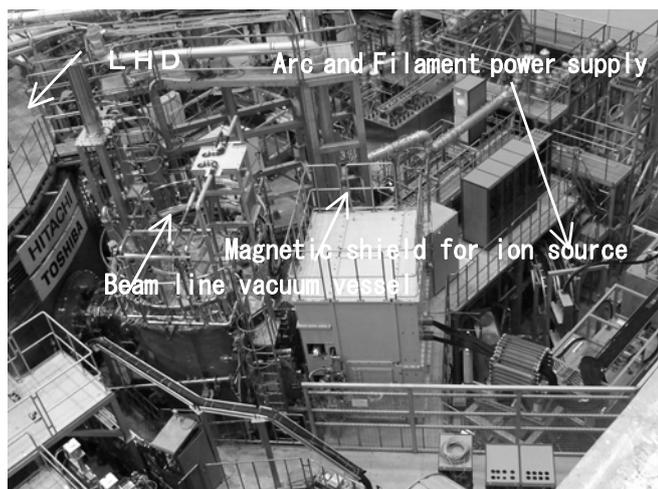


Fig.13. Over View Photograph of BL-4

(b) TV monitoring system for LHD-NBI#4 device

The fourth neutral beam injector(NBI#4) has been newly installed in the LHD Hall. This is a positive-ion-based NBI and is utilized for plasma-ion heating and the measurement of the ion temperature profile. NBI#4 has a power supply which generates 40kV. Ion sources are electrically floated at that high voltage against the beam-line stage when a positive ion beam is produced. Therefore, it is important for the NBI system to work normally with no electrical breakdown. Since we operate remotely the sequence controls for the beam conditioning and the beam injection at the Control Room outside the LHD Hall, a TV monitor system was constructed with CCD cameras to monitor the main facilities during operation. The viewed targets are the NBI device area fenced from the public, two ion sources located vertically up and down, the acceleration power supply facilities and the working area around the NBI injection port. These cameras

are connected with optical cables to the adaptors in a cabinet rack which is in the Control Room. This system is the same as the NBI#3 monitor system in which fine pictures are monitored with the optical cable transmission. In a rotating camera controlled remotely, image signals and camera control signals are multiplexed and transmitted. Higher-performance products were introduced into this system. 1) A rotating camera combines a color CCD camera with a zoom lens and a pan/tilt/zoom function, and all are in a compact package. 2) High sensitivity cameras are mounted for monitoring the ion sources because the ion sources are in dark environments, enclosed with the shield. As an image is darkened, the camera switches from a color mode to a B&W mode automatically by a function to maintain optimized sensitivity (minimum illumination: 0.8lux for color / 0.07lux for B&W). 3) A monitoring display is a 20-inch LCD panel in place of a CRT display. The displays monitoring the NBI#4 device are lined along with the other NBI monitors and remote-camera controllers on a table for the NBI operation. So all NBI device can be watched there.

(c) Data acquisition system in NBI

In NBI, PC-based measurement instruments "WE7000" are utilized to acquire various kinds of data such as output voltage and current of the power supplies, temperatures of the beam-line components, and cooling water temperatures and water flow rates of the electrodes. The data acquisition system consists of a PC and WE7000 stations, which programs are linked with network cables. Although a control program is attached to the WE7000 system, we coded some original programs in order to have the flexibility to respond to special situations in our experiments. There are four beam-lines for LHD, and some parts of the acquisition programs are common. There, however, are particular parts in the programs for individual beam-lines. The program consists of various subroutines connected to each other, and users can adopt some routines for their own purpose. Acquisition data are displayed in text form and graphical plots on a computer screen, and users can understand easily the present situation of each beam-line. So, this acquisition system is very useful for the proper operation of the beam-line.

(4) Motor-Generator (MG)

The MG is used to supply the pulsed power to the NBI for LHD and the CHS magnetic coils. The MG had generated 40,991 shots in this fiscal year and 343,368 shots since its construction. The operation time counted 1,945 hours in this fiscal year and 15,627 hours, in total.

Under the annual inspection in this fiscal year, the following components were checked: oil in the MG, a rectifier for excitation, a circuit breaker, two air-break switches, an air compressor, 35 protective relays and 14 vacuum circuit-breakers. Besides the annual inspection, the two switches of the air compressor indicated in with the units of Pascal, fifty-four batteries of the UPS for the MG control computer and heaters for antifreeze that exist in the cooling tower were renewed. During the next LHD experimental campaign, the length of the brushes would be worn below the critical level. So, new brushes should be installed before the start of the next LHD experiment. As for a human safety, a monitor for deficiency of oxygen was set up in the basement of the MG building.

4. Diagnostics Technology Division

This division supports utility construction and the device

installation work for the LHD diagnostics, and the development, operation and maintenance of the diagnostic devices and of the data acquisition system for LHD and the plasma experiment. For the ninth experimental campaign, some diagnostics were newly installed and reconstructed on the LHD: the PSD (Position Sensitive Detector), some diagnostics removed from the 50 ports of LHD for the new NBI construction after the eighth experimental campaign etc.

In this experimental campaign, the diagnostic data of LHD plasma by the HIBP was clearer than those of the eighth one by the modification of the beam alignment and improvement of the signal detectors. A new data acquisition system was developed for calibration of the Thomson Scattering Diagnostics system, which can collect all channels (~1000) calibration data at the same time. Some troubles were caused by some diagnostic systems, for example, by the ECE system, by the Thomson data acquisition system, and so on, but the plasma experiment was not stopped by those troubles in this experimental campaign.

Our principal tasks in this fiscal year are described in the following.

(1) Development, Operation and Maintenance of the Radiation Monitoring System

A radiation warning information system using e-mail messages was developed and installed in the radiation monitoring system of the NIFS site. In this system, when a radiation warning occurs, the e-mail message will be sent to the manager's portable telephone in the radiation control office of NIFS.

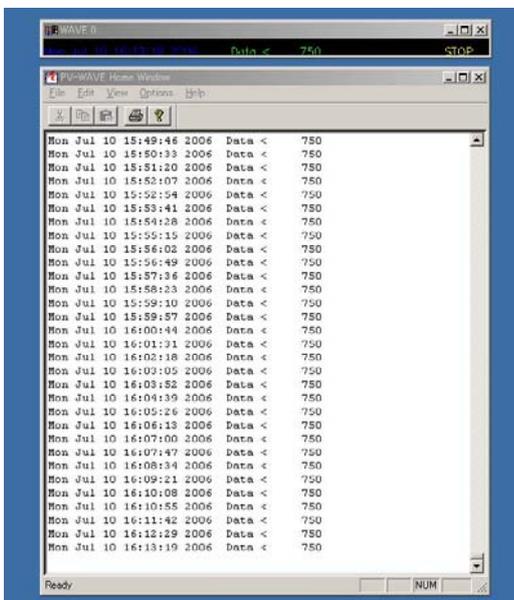


Fig.14 Display of the application program for the radiation warning information system.

(2) Thomson Scattering Diagnostics

In the LHD Thomson scattering diagnostic, calibration data has to be acquired for all of the about 100 polychromators

regularly. Thus, the connection was changed to each polychromator to get calibration data. In this fiscal year, the data acquisition system for calibration was constructed, which can collect all channels (~1000) of data at the same time. It is constructed with 13 PXI-6225 ADC's (National Instrument) that have 13x80 inputs. The schematic view is shown in below. The control application was developed with LabVIEW.

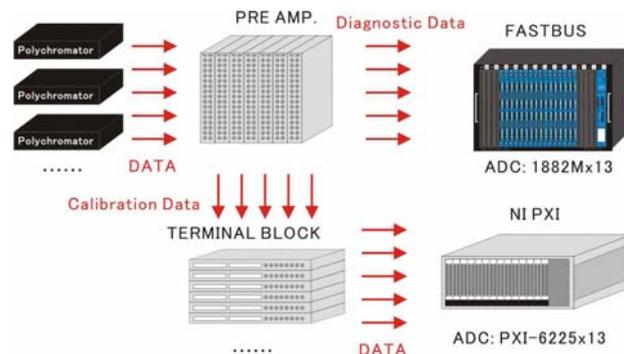


Fig. 15 The schematic view of the calibration and diagnostic data acquisition system

(3) Operation and Maintenance of FIR Diagnostics and Microwave reflectometer

The operation and the maintenance (for example, high voltage power supply, vacuum system, supplied gas system, phase detection circuit, dehydrator, water cooling system etc.) were responsibly executed. Therefore in this ninth experimental campaign, in almost all shots, electron density data was taken completely. So it contributed widely to the LHD plasma experiment.

(4) Improvement Designs for the HIBP Ionization Source

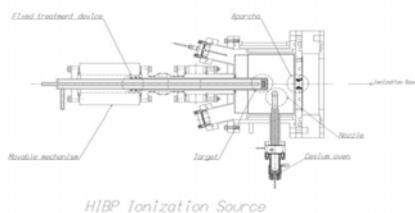


Fig. 16 HIBP ionization source

Three improved designs were made for the HIBP ionization source. (1)The center part in the aperture electrode opening was squeezed and the shape was optimized. (2)The center part of the target electrode was cut down spherically in the improved design so that the distance from the aperture opening would be uniform. The target position was improved to be continuously changeable. The quartz pipe, which covers the target and the prop, was also

improved to be fixable at an arbitrary position. Moreover, the target electrode was cooled by water so that cesium may adhere easily. (3) Heaters were installed directly on the cesium oven and the cesium nozzle in the improved design so that the entire cesium steam could reach the target. In addition, the top of the cesium nozzle was bent towards for the target for the efficient supply of cesium.

(5) Vacuum Leak Test with the Test Chamber in the Plasma Diagnostics Laboratories

Preliminary vacuum leak tests were carried out on diagnostic devices to be used for the LHD plasma experiment and the parts to be used in these diagnostic devices by using the leak test chamber in the Plasma Diagnostic Laboratories.

For example, a BaF2 window used for an interferometer and the vacuum parts used for the soft x ray diagnostic system, the Li beam probe diagnostic system, the MLM spectrometer, and the laser blow off system, the special flange used for the MIR diagnostic system and etc. We carefully tested the vacuum components. Therefore, in this 9th experimental campaign, the plasma experiment was not stopped because of diagnostic device vacuum leakage.



Fig. 17 Snap shot of the vacuum leak test in the Plasma Diagnostic Laboratories

(6) Trouble of ECE device and the correspondence

In the LHD plasma, the measurement of the electron temperature from the ECE (electron cyclotron emission) device has been a useful diagnostic tool. Trouble occurred in the ECE device including the Michelson interferometer in the latter half of the ninth experimental campaign. The cause of the trouble was an abnormal signal in value reading part of a linear scale for the detection of the mirror position in the spectroscop of the Michelson interferometer device. The linear scale and the photo-coupler make a pair function, from which a standard pulse signal is generated. A mechanical small scratch occurred on the linear scale surface. It made the reading abnormal and the accurate mirror position was not able to be detected. This time we exchanged the full set of the relevant section for a new one and confirmed that it passed the basic running test. We will be able to offer the new physical measurement data through this maintenance in the tenth experimental campaign as in

the previous campaigns.



Fig. 18 View of the one pair position sensor device to linear scale and photo-coupler

(7) Development of Data Acquisition System

To support the steady-state plasma experiments in LHD, new functions have been developed for the LABCOM data acquisition system. Using new WE7000 and PXI digitizers for continuous ultra-wideband data acquisition at 80 MB/s, the system is now able to perform data acquisition, storage, and server-to-client transfer fully in real-time. To manage the high amount of data for long-pulse experiments, the system has been modified to use 64-bit integer values for the number of samples, to segment the compressed data into multiple blocks by using the "titz" library, and to use the JPEG-LS algorithm for compressing image data. Its merit as a complete solution for the next generation of fusion experiments has been demonstrated by faultlessly recording an 84 GB shot.

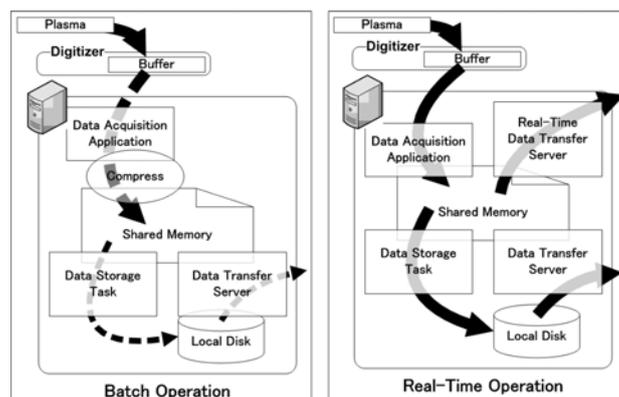


Fig. 18 Summary of LHD Data Management System

5. Control Technology Division

The Control Technology Division has contributed important technological parts in the system management and system development for the fusion research in this institute. The works of system management are as follows; the LHD

central control system, the LHD super-conducting coil power supply system, the LHD-LAN system, the LHD numerical analysis system, the NIFS campus LAN system, the CHS data acquisition system, etc. The works of system development in this year are as follows; an improvement of the LHD coil current calculation program for the LHD operator, a development of readout electronics for the neutron detector, a development of a coil winding machine for 1 MJ class SMES, an improvement of the ICRF stub tuner controller, a numerical simulation of the pulse tube refrigerator and the thermo-acoustic generator, etc. The activities in detail of this division are as follows.

(1) Improvement of the LHD coil current calculation program for the LHD operator

Setting the helical and the poloidal coil currents is one of the most important operations in terms of the safety of LHD. At the setting of those coil currents, care must be taken that each current value is under the maximum value for the magnetic field condition, and the necessity and the current values for the pre-stressing of those coils must be decided. It is necessary to not only confirm the setting to an accurate value but also to set it according to some decided operation rules. Until the eighth experimental campaign, we were applying the rule manually when we calculated the coil current. We have developed the automatic calculation program to avoid the operation mistakes. Besides, we reviewed the vague rules. In the next experimental campaign, we will develop the program to included it in the transmission of the coil current to SC coil control system.

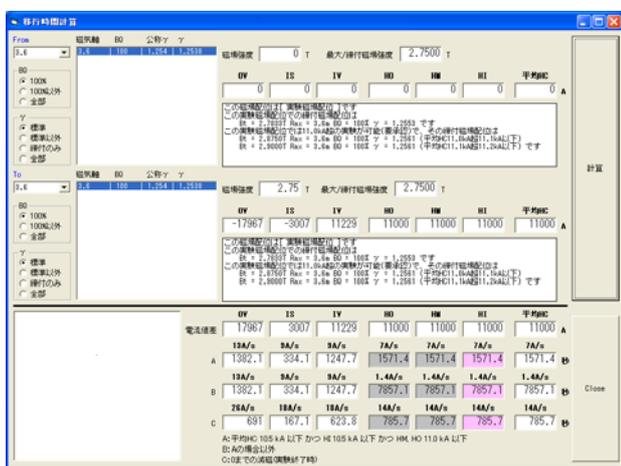


Fig.19 Console window of the LHD coil current calculation

(2) Liquid stub tuner controlled by multi computer system

The world record input heating energy of 1.6GJ was achieved in the long-pulse plasma discharge in the 9th experimental campaign of LHD. We have continued improving the feedback control of an ICRF liquid stub tuner since the eighth experimental campaign. It was one of the keys to achieve the long-pulse plasma discharge. The liquid

stub tuner control system is composed of a pulsed motor controller, AD/C, Digital I/O Multi-computer system of VME, Owner LAN and Unix server. This system controls the start/stop and CCW/CW directions of the pulse-motors of 10 liquid stub tuners monitoring the reflected and forward RF powers.

The LAN control line was not used in this fiscal year to employ other control methods. Therefore, we suffered noise troubles arising from employing this modification. The cause depends on a CW/CCW pulse inducing the electric current between the pulsed motor control board and motor driver. A CW/CCW pulse flowed into other power supplies in the control box and influenced the next motor. We rewired the control box to improve it. Figure 20 shows the control box, which could reduce the influences of electric noise. As a result, the ratio of the reflected to the forward RF power could be kept less than 1% during the long-pulse plasma discharge.



Fig. 20 Control box of the liquid stub tuner

(3) Development of Readout Electronics for a Neutron Detector

The readout system for the neutron detector of the heavy hydrogen experiment has been developed. The output signal of the neutron detector is generated from the electrolytic dissociation chamber. In order to measure accurately for the burst mode events of the neutrons, the signal processing system will use the pulse counter together with the current integrator. The proto-type readout electronics were designed and manufactured in this year.

The proto-type amplifier for the pulse counter is constructed a CS-510 and a MA-405. The CS-510 of a hybrid charge sensitive pre-amplifier and the MA-405 of a hybrid pulse-shaping amplifier with pole-zero cancellation for use with a wide range of the detectors was adopted. These hybrid amplifiers were developed and used at the TRISTAN project, High Energy Accelerator Research Organization (KEK) in 1990.^[*] Figure 21 shows the block diagram of the amplifier circuits for the pulse counter. Assuming the input capacitance of 1pF, the output voltage at the pre-amplifier (V_{CS-510}) is proportional to the number of signal electrons. In the case of an input for a CS-510 expected to be 2.5×10^5 electrons, the output will be as follows.

$$V_{CS-510} = Q/C = (1.6 \times 10^{-19}) \cdot (2.5 \times 10^5) / (1 \times 10^{-12}) = 40 \text{ [mV]}$$

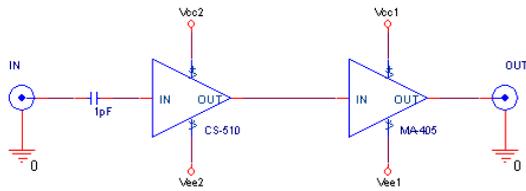


Fig. 21 The Schematic of the proto-type amplifier for the pulse counter. This circuit consists of a CS-510 and a MA-405.

The circuit characteristics of the proto-type pulse counter are as follows. The total gain (charge to volt conversion coefficient) and inverting rise time is measured to be 0.8 V/2.5x10⁵ electrons and 5 ns, respectively. A picture of the amplifier output is shown in figure 22. The inverting amplification factor of the MA-405 stage is found to be 20.

The other side, the proto-type amplifier for the current integrator was made of three AD845 (operational amplifier, Analog Device) and a MAX4278 (unity voltage gain buffer, Maxim). The 1st stage of this circuit is constructed as a current to voltage conversion integrator with a time constant of 10 μs. The 2nd and 3rd stages are constructed as gain and buffer drivers with an amplification factor of 1000. Figure 23 shows the block diagram of the amplifier circuits for the current integrator.

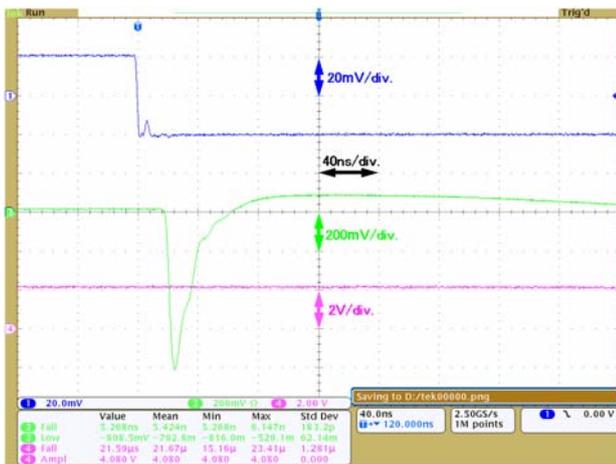


Fig. 22 The Picture of the proto-type amplifier for the pulse counter output (middle) when a square pulse of 40 mV (top) was fed into the test-pulse input of the CS-510

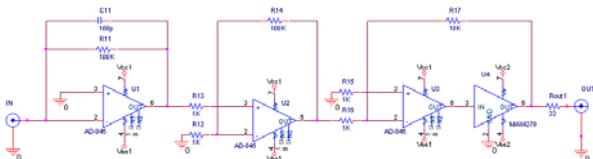


Fig. 23 The Schematic of the proto-type amplifier for the current integrator. This circuit consists of three AD845 and a

MAX4278.

The circuit characteristics of the proto-type current integrator are follows. The total gain (current to volt conversion coefficient) and inverting rise time is measured to be 0.1 V/nA and 20 μs, respectively. A picture of the amplifier output is shown in Figure 24.

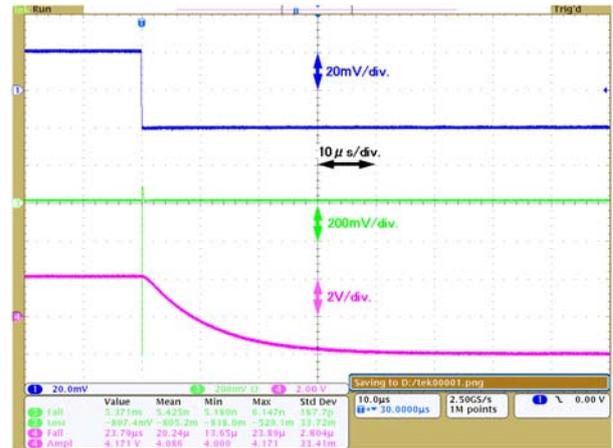


Fig. 24 Picture of the proto-type amplifier for the current integrator output (bottom) when a square pulse of 40 mV (top) converted for 40 nA with a 1 MΩ was fed into the input of the AD845

In the next steps, we will test the connection to the test chamber with a real signal input as a realistic operating condition for the application.

Reference

[*] K. Tsukada et al., “Readout electronics for the vertex chamber of the TOPAZ detector at TRISTAN, KEK” Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A300 (1991) pp.575-580.

(4) Development of coil winding machine for 1 MJ class SMES

We have developed a coil winding machine for a 1MJ class Super Conducting Magnetic Energy Storage (SMES) coil since 2002.

In the winding control it is necessary to control the twist angle of the conductor with an accuracy of plus or minus five degrees to suppress AC losses which are created while energizing. Therefore, the conductor angles have been collected with plural proximity sensors and they are analyzed for twist control with a personal computer.

In the 2004 fiscal year, a 100kJ class coil has been built as a proof of principle model and its excitation test was carried out successfully. This fiscal year, we modified the control program to cope with the 1MJ coil winding. The major modified points are as follows.

(a) The number of proximity sensor was increased from two to five, to research the detailed conductor behavior.

(b) A reflective photo-interrupter was placed near the coil bobbin. Its compactness enables it to rotate around the conductor to measure the actual conductor angle as close to the coil bobbin as possible. Consequently, it achieved an accuracy of ± 1 degree.

(c) A proportional control method was implemented to improve the following characteristic in case of a large error.

(d) The network communication method has been upgraded from UDP/IP with 10Base-T to TCP/IP with 100Base-T and the data collection code in the control program has been modified. As a result, the winding time was shortened by half and we were able to complete the 1 MJ coil within 90 days.

(e) The confirmation of the next twist angle and the tension control parameter which were judged manually has been completely automated.

The 1 MW class super-conducting pulse coil will be fabricated, adapting this new detecting technique. For the future step, we are planning to use the image data processing to improve the accuracy of twisted angle and the quality inspection of the conductor surface.



Fig. 25 The twist angle detector utilizing a reflective photo-interrupter

(5) Data Acquisition and Analysis system for CHS

The CHS data acquisition system (Cinos) consists of 10 similar sub-units. Each unit has a VME computer and various types of modules depending on their purposes. The total operating time of the Cinos computer system was about 2000 hours in this fiscal year. There was no shutdown time originating from troubles in the hardware or the software for the last two years. The Cinos was upgraded this year by adding peripheral modules and software resources. The added modules are a reflection memory module and AD/c modules. The purpose of this improvement is to keep the data acquisition time short even with an increase in the size of the experiment data. Main improvements are as follows:

(a) We replaced an old computer with a high-speed computer in one of the Cinos units last year, where the memory size was also increased from 768Mbyte to 1Gbyte. However, writing time into this 1Gbyte memory became

longer than before because the memory controller writes the data in turn. Some data related to the machine operation need to be displayed quickly after the shot. Therefore, we decided to add a VME reflected memory of 16Mbyte specially for such kind of data. Those data will be able to be referred more quickly than before. Since this memory is connected to the other Cinos units by 1.2 Gbaud speed fiber-optic, those data in this memory can be referred to from any other Cinos unit easily. This new memory system is still under development but will start to run soon.

(b) Five CAMAC fast AD/C modules (1MHz, 12 bit, 6 CH) have been installed on the 5 different Cinos units to meet with increasing data size.

(6) LHD-LAN Management

LHD-LAN has been provided for the LHD experiment since 1996. As the LHD experiment progresses, a larger number of computers has been connected to the LHD-LAN. They store a large amount of data, and therefore, require high-performance data transferring environments. Thus the Gigabit Ethernet (GbE) system has been installed in the LHD-LAN since FY 2000. In addition to regular management works, our new contributions for FY 2005 were as follows;

(a) Increase of L2 and L3 switches for LHD data acquisition server LAN.

(b) Upgrade of file server system for LHD domain users.

(c) Upgrade of NIFS-LAN gateway router for the LHD control building.

(d) Increase of SNET nodes.

(a) Due to the increase of data acquisition system, the high-performance GbE ports for them had become insufficient. The LAN upgrade has been carried out by two steps: Before the beginning of the 9th LHD experimental campaign, two Layer-2 switching hubs with 24 GbE ports were installed at first. After the campaigns, a new VLAN (Virtual LAN) (48 GbE ports) was established using a Layer-3 switching hub (48 GbE ports) that was installed in LHD data acquisition server LAN.

(b) The file server system for the LHD domain, Microsoft Windows 2000 and Windows Server 2003 Active Directory domain, has been upgraded to provide a wider home directory area for each user. The new server system consists of a computer and a disk array system which has a pair of mirrored RAID 5 with a hot standby disk. Its total capacity is 1.5 TB. As a result, the disk quota for each user has been extended from 10 GB to 100 GB. Monthly backup to the tape library is also scheduled automatically for all the user files..

(c) The NIFS-LAN gateway router for the LHD control building has been replaced. The new equipment is a Layer-3 switch which consists of 2 GbE ports and 24 Fast Ethernet ports, providing two VLANs of NIFS DHCP-LAN and the operator's subnet.

(d) The LHD's remote participation system via Super SINET, namely, SNET was initiated in FY 2000. By FY 2004, nine nodes of SNET were established at University of Tokyo (Depart. of Technology and High Temperature

plasma Center), Nagoya University, Kyoto University (Uji and Yoshida Campus), Kyushu University, Tohoku University, Tokyo Institute of Technology and Hiroshima University. In this FY 2005, two additional nodes have been installed at Nagoya University (Yamazaki Laboratory) and Kyushu University (Research Institute for Applied Mechanics). The latest block diagram of LHD-LAN is shown in figure 26.

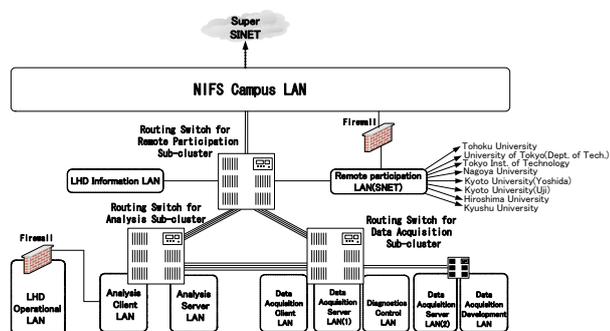


Fig. 26 The latest block diagram of LHD-LAN

(7) Renewal of a mailing list server with “Mailman”

The NIFS mailing list server was renewed in this fiscal year, because the warranty of the present mail server was expired. The old mailing list server had employed a mailing software “Majordomo” for seven years. However, there were some problems in “Majordomo” regarding the change of members, and the setting of sub-lists. In addition, version-up has been canceled for the past several years. We decided to use the free software “Mailman”, which doesn't have these problems. Since the “Mailman” has the web interface, we can access the server via the Web browser to perform management of the list. We chose the Solaris 9 operating system for the new server and installed necessary free software Mailman (mailman-2.1.6), Sendmail (sendmail-8.13.4), Python (python-2.3.3), and Apache (httpd-2.0.53) etc. Switching from the old server to the new server was done without any trouble with both systems running. After having shifted to the new mailing list server, some part of the work for making lists are left to the list manager of the software. The duties for the server manager were decreased. Those results were as we expected.

(8) Introduction of SSL-VPN

It is an important issue to improve the security level in the network system. There was a demand that the staff of this institute be able to access a server from outside of the institute, a VPN (Virtual Private Network) server was used for this purpose until now. The VPN system had to be installed as exclusive software in the PC of a user because the VPN required the use of exclusive client software so far. An SSL-VPN system has been prepared newly to be introduced instead of the conventional VPN.

So the SSL-VPN system works on a browser so that the user need not install some client software, and it will offer

secure service. We set up the new server that introduced Free-Radius for network authentication and accounting. As the result of the test operation, it is clear that we can use the system with no trouble. This system will operate after the decision to adopt it by the institute.

6. Symposium on Technology and Technical Exchange

(1) The Symposium on Technology

The Symposium on Technology was held on March 2 and 3, 2006 at the Institute for Molecular Science. There were about 400 participants from many Japanese universities, national laboratories, technical colleges and some industries. In this symposium 109 papers were presented in 5 oral sessions and a poster session. Technical experience and new techniques were reported and discussed. On the other hand, the Symposium on Technology of the practice or experiment for students was held with the same schedule at Tottori University. Seven papers were presented from our department; one of them was presented at the Tottori University. The titles of the presentations were as follows; The measures against the Dual System for Japan, Unification of Ultra-Wideband Data Acquisition and Real-Time Monitoring in LHD Steady-State Experiments, Approach of Department of Engineering and Technical Services in maintenance of peripherals for the Large Helical Device, Development of a Rotatable Mirror in Vacuum for Microwave Imaging Reflectometry in the Large Helical Device, Construction of a mailing list server by Mailman, One hour operation of a 84GHz gyrotron in LHD, Data acquisition system in NBI.

In the steering committee held during the symposium, Nagoya University was adopted as the next host organization and we exchanged our views frankly about the symposium as it ought to be. Figure 27 shows a snapshot of the poster session.

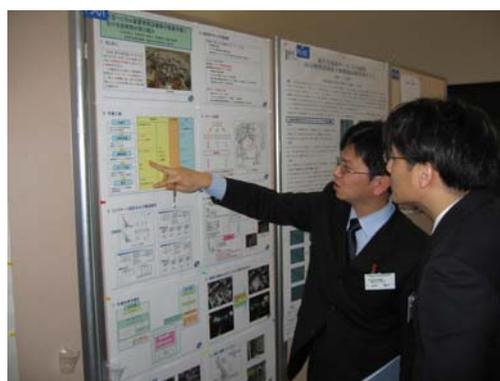


Fig.27 Snapshot of the poster session

(2) The technical exchanges

The technical exchanges between our department and other institutes or universities were held in order to improve the technical skill of the staff.

Forty-six technical officials of other laboratories

participated in our 6 exchange programs in this fiscal year. The program names and participants were as follows; "Symposium on Safety and Health Management in a Laboratory" from 8 universities and 4 institutes, "Three-dimensional CAD simulation" from Kagoshima University and Kumamoto University, "Application of a multitasking machining center" from Ishikawa Technical College, "Safety sanitation management" and "Measurement and control technique using a PC" from the High Energy Accelerator Research Organization.