

自然科学研究機構 核融合科学研究所

# 平成 1 7 年度外部評価報告書

2 0 0 6 年 3 月

核融合科学研究所 運営会議外部評価委員会

## 目次

第1章	経緯と目的	1
第2章	共同利用・共同研究に関する評価	7
	2. 1 総評	
	2. 2 項目別の評価	
	2. 3 まとめ	
第3章	炉工学研究センターに関する評価	45
	3. 1 総評	
	3. 2 項目別の評価	
	3. 3 まとめ	
第4章	安全管理センターに関する評価	65
	4. 1 総評	
	4. 2 項目別の評価	
	4. 3 まとめ	
第5章	おわりに	81
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.	共同利用・共同研究活動報告	平成17年度
2.	炉工学研究センター活動報告	平成17年度
3.	安全管理センター活動報告	平成17年度

## 第1章 経緯と目的

平成16年度に核融合科学研究所は自然科学研究機構共同利用機関法人の一員となり、その自然科学研究機構の設定した中期計画・年度計画に基づいて事業を実施することとなった。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等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することが提案され、外部評価委員会規則（添付資料1）及び委員の構成（添付資料2）を含め運営会議においてこれらが認められた。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、3名の著名な外国人研究者を評価委員会の委員に加え、日本の核融合研究コミュニティにおいて指導的立場にある日本人研究者17名を加え総計20名の所外の研究者のみでの構成とした。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評価した。本年度は運営会議での決定に基づき、「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」を外部評価の対象とし、それぞれに対応して共同利用・共同研究専門部会、炉工学研究センター専門部会及び安全管理センター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、炉工学研究センター専門部会及び安全管理センター専門部会にはそれぞれ3名の専門委員を加えて評価作業を行うこととした。

評価の目的は、主として平成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同じプラズマ・核融合の分野の所外の研究者により評価することにより、その結果を受けて一層研究活動が発展するよう今後の計画策定・遂行に反映させることであり、また核融合科学研究所としては、客観的な評価を受けることにより説明責任を果たすことも目的としている。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17年度）実績報告書の参考資料となる。また、本報告書の印刷物やWEBホームページでの公開も予定している。

第1回の外部評価委員会（平成17年10月28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整理した。第2回の外部評価委員会（平成17年12月17日）では、この評価の観点および評価項目を踏まえて、研究所の担当者からビューグラフや配布された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電子メールを活用した質疑応答や意見交換、各委員からの評価の集計を行うと共に、それぞれ個別に2回ないし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18年2月18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 共同利用・共同研究に関する評価、第3章 炉工学研究センターに関する評価、第4章 安全管理センターに関する評価、および第5章 おわりに の5章で構成されている。なお、外国人委員からの評価はそれぞれの委員の了解を得て、添付資料4にその原文と日本語訳を載せた。

## 評価の観点と評価項目

### 1. 「共同利用・共同研究」に関する評価の観点

核融合科学研究所は、大学の共同利用機関として「核融合プラズマに関する学理及びその応用の研究」を推進することを目的に設立され、全国の大学等の研究者の積極的な参加を得て活発な研究活動が展開されている。従って、共同利用・共同研究は、核融合科学研究所の根幹をなすものであり、日本の核融合コミュニティの研究の進展に貢献することが求められている。

核融合の研究は、大型装置を用いての本格的な核燃焼プラズマ実験を開始する段階にまで到達し、懸案であった国際熱核融合実験炉（ITER）を国際協力で建設することが決まった。この新しい局面を向かえ、我が国の核融合研究を今後さらに発展・強化させるため、これまで長年にわたり核融合研究を支えてきた大学と核融合科学研究所の複数の実験装置を整理・統合して重点化・効率化するとともに、共同利用・共同研究をさらに推進する方策が、科学技術・学術審議会・学術分科会・基本問題特別委員会に設置されたワーキンググループで審議され、報告書「今後の我が国の核融合研究の在り方について」として決定された。同報告書には、今後の核融合研究の発展のためには、大学共同利用機関の研究者が大学等へ出向いて共同研究を実施することが、両者の研究資源の相乗的な活用のために必要になるという提言がなされている。大学と核融合科学研究所は、この提言を平成16年度に双方向型共同研究として実現している。双方向型共同研究が加わったことにより、核融合科学研究所の共同利用・共同研究は、一般共同研究、LHD計画共同研究、双方向型共同研究の3つのカテゴリーへと拡大し、より自由に、また、より活発に推進できる体制が構築された。この体制は大学等において多彩な核融合研究を行う極めて重要な基盤となっている。

本外部評価委員会は、これを受け、「共同利用・共同研究」が真に我が国の核融合研究を発展・強化するものとなっているか、下記の観点から評価することとした。なお、この趣旨から、国際共同研究、連携研究等については、別の機会に評価を行うこととした。

(1) 学術進歩への貢献について

- a. 共同利用・共同研究が日本の核融合コミュニティの研究の進展に適切に貢献しているか

(2) 制度について

- a. 共同研究が、一般共同研究、LHD 計画共同研究、双方向型共同研究に別れているのは適切か
- b. 共同研究委員会委員の決め方は適切か、また、共同研究委員会は適切に機能しているか

(3) 公募から審査、採択までのプロセスについて

- a. 共同研究は、公募により提案され、各共同研究委員会で審査後、採択される仕組みとなっているが、この制度は、適切か、また、適切に運用されているか

(4) 受入・実施体制について

- a. 共同研究の申し込み、宿泊の申し込みなどが適切に処理されているか、このように研究に直接拘る以外のところ、即ち、研究支援環境は整っているか、改善すべき点があるか
- b. 実験では、共同研究に必要な機器の設置、機器運転、解析に必要なデータ収集など、また、理論・シミュレーションでは、計算機へのアクセス、ライブラリーの使用などが適切に行えるか、即ち、研究環境が整っているか、研究環境に関する事で改善すべき点があるか
- c. LHD・CHS では、LHD 実験会議などで、実験企画、実験条件、ショット数など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か、またデータの公開は適切に行われているか
- d. LHD 数値解析システム利用共同研究、大型シミュレーション共同研究では、大型シミュレーション研究プロジェクト推進会議などで、計算時間など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か
- e. 上記以外の共同研究において、機器の使用、実験期間など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か
- f. 外国からの共同研究申し込みに対して、受け入れ体制は整っているか、外国人に対して研究環境、研究支援環境が整っているといえるか

(5) 成果の公表、評価について

- a. 共同研究成果発表の手順ルール等は適切に定められているか
- b. 共同研究成果の評価は適切に行われているか

(6) その他

## 2. 「炉工学研究センター」に関する評価の観点

炉工学研究センターは、第 15 期、第 16 期学術会議核融合研究連絡委員会報告等における大学の炉工学共同研究推進提言と核融合科学研究所の果たすべき役割への期待を背景に、平成 11 年度に設立された。設立時の議論において、炉工学の中でも重要かつ長期の開発研究が必要とされる炉材料とブランケットが主テーマとされた。平成 12 年度から 5 年間は強力中性子源要素技術開発共同研究への支援協力を行っている。また、平成 15 年度には超伝導研究部門の一部が加わるなど、組織の見直しも行われている。

設立以降、炉工学研究センターでは核融合炉実現を目指す炉工学研究を広く支援し、牽引する COE としての役割を強く意識しながら、研究が展開されている。平成 15 年度の法人化に伴い、核融合科学研究所の中期計画、年度計画が検討され、炉工学分野について「大学の炉工学研究の中核として炉工学研究の集約と学術的体系化推進」が謳われ、共同研究と共同利用機能の更なる充実が図られている。今後の方向としては、ブランケット技術統合をこれまで以上に重要視して、大学における研究成果を集約することを目標にしながら、共同研究を更に活性化する方針を挙げている。

このような状況を踏まえ、炉工学研究センターについては、設立以来の活動と今後の方向性について下記の観点から評価することとした。

### (1) 炉工学研究センターの役割

(創設時のテーマ設定やこれまでの経緯を踏まえた上で現状の評価)

### (2) 創設以降の研究テーマ、目標の設定は適切だったか

(創設時以降の研究テーマの概要と 15-17 年度の研究テーマの設定)

### (3) 7 年間を通しての成果、特に 16、17 年度の成果の評価。それぞれ目標は達成されたか

### (4) 炉工学研究センターの設備の整備、拡充は適切に進められているか

### (5) COE としての役割、とくに共同研究（国内、国際）推進の役割を十分に果たしたか、また今後どのような共同研究の形態が望ましいか

### (6) 学術としての炉工学の深化、体系化、人材養成について貢献したか

### (7) 平成 18 年度以降の方向性とテーマ、目標は適切か

### (8) その他

## 3. 「安全管理センター」に関する評価の観点

安全管理センターは、核融合科学研究所における安全管理体制の支援、重水素実験計画に向けた安全管理計画検討および関連する研究、ならびに将来の核融合炉における安全性に関わる研究を柱として活動している。主な業務は、研究所の安全衛生委員会や安全衛生推進部が進める安全管理活動の支援や地域周辺環境の保全に関すること、大型ヘリカル装置（LHD）を始めとする各種の実験装置から発生する放射線管理の問題や重水素実験において発生する中性子、トリチウムや放射化物に対する放射線

防護計画および排気・排水処理技術の研究開発に関すること、である。さらに、環境安全性に優れた制御熱核融合炉を目指す安全技術の研究に取り組んでいる。

このような状況を踏まえ、安全管理センターについては、現状の活動状況と今後の方向性を中心に評価することとし、以下の評価項目を設定した。

- (1) 安全管理センターの位置づけと目標は適切か
- (2) 計画・目標に対する成果は得られたか
- (3) 研究所の放射線安全管理に対する安全管理センターの取り組みは適切か
- (4) 研究所の安全衛生管理に対する安全管理センターの取り組みは適切か
- (5) 安全管理センターの安全研究テーマの設定と進め方は適切か
- (6) 安全管理センターの大学等との共同研究や交流の進め方は適切か
- (7) 安全管理センターの社会との連携の進め方は適切か
- (8) 次年度以降の安全管理と研究に対する計画は適切か
- (9) その他

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 外部評価委員会、専門部会日程

添付資料 4 外国人評価委員の評価レポート





## 第2章 共同利用・共同研究に関する評価

2.1節では、まず(1)核融合科学分野における共同利用・共同研究の位置づけ、(2)全国共同利用研究機関としての核融合科学研究所の役割について分析し、(3)共同利用・共同研究の現状と成果について総評する。2.2節では、第1章で掲げた項目にしたがって、各委員から示された評価を集約して記述する。2.3節で評価のまとめを述べる。

### 2.1 総評

#### 核融合科学分野における共同利用・共同研究の位置づけ

核融合科学研究所は、その前身である名古屋大学プラズマ研究所の時代を含めて約40年間にわたり、プラズマ・核融合分野の全国共同利用研究機関として、プラズマ科学および核融合学の学術研究を支えてきた。核融合エネルギー開発は、全世界の科学者が協力し、科学を人類の福祉に役立てようと発案された壮大なプロジェクトである。その初期から現在に到るまで、プロジェクトの様々な局面で、わが国はリーダーシップを発揮してきた。その実力は、プラズマ研究所という揺籃で育まれたとって過言でない。黎明期においては、物理学をはじめとする多くの分野の研究者がプラズマ研究所に集合し、手探りの段階から研究が立ち上げられた。そこで生まれた研究のアイデアや実験技術は多くの大学等研究機関へ散種された。その結果、わが国のプラズマ・核融合研究は、世界一といえる多様性を産出し、盤石な学術基盤を築くことができた。さらに人的にも、この研究所を核とするネットワークは、国内に限らず世界的な広がりをもっている。

今、核融合研究は、ITERプロジェクトの推進など、エネルギー実用化へ到る一つの具体的な「シナリオ」を提示して、そこに多くの知を結集しようとしている。しかし、これは研究の「集約」を意味するものではない。「シナリオ」すなわち目的達成への作業仮説を厳しく検証してゆく研究こそ、新しい時代における学術研究の役割である。そのために国際的かつ学際的なネットワークがうまく機能しなくてはならない。知の結集と、新たな知の散種、この双方向の知の流通を媒介する共同利用研究機関として、核融合科学研究所に寄せられる期待は極めて大きい。

#### 全国共同利用研究機関としての核融合科学研究所の役割

核融合科学分野における研究は、

- (1) 様々な理工学分野の研究者の英知を結集する必要があること
- (2) 高度な技術を結集した大規模な実験設備を必要とすること
- (3) 理論とシミュレーションを結合した非線形解析を必要とすること
- (4) 国際的な厳しい競争環境におかれていること

(5) 長期的な研究開発を支える優秀な研究者を養成する必要があること

などの特徴をもつことから、全国的な研究のネットワークを形成することが不可欠である。また、

(6) 研究成果を広く発信する必要がある。

本研究所は、その中核たる役割を担うべく設立された全国共同利用研究機関である。したがって、共同利用・共同研究は、本研究所のアイデンティティを定める根源的な機能である。

前項において指摘したように、今後の核融合研究は、より大規模なプロジェクト研究への「知の結集」とともに、プロジェクト研究から生みだされる先端的な問題群を学術の地平に据える「知への還元」が求められる。この双方を媒介する役割が本研究所に期待される。こうした多様な要求に応えるためには、多層的なカテゴリーをもつ制度を設計する必要がある。すなわち、萌芽的な研究、発展的な研究、検証的・開発的な研究といった異なる特性をもつ研究が共時的に遂行され、知が循環し得るシステムである。

萌芽的な研究は、いわば学術の大地に根を張る学際的な広がりをもたなくてはならない。核融合エネルギー開発の前線と基礎学術の母体とを結び付ける「重要課題」を提示するなど、学問的リーダーシップをとる工夫が必要であろう。他分野の研究者を呼び込むなどの積極策も必要である。科学研究費補助金のような一般的な競争的研究資金とは異なる意味を確立することが求められる。

核融合科学分野の研究は、一般に大規模な実験装置や計算機を必要とすることから、発展的段階から検証的・開発的な段階においては、大学等の個別の研究室において遂行することが屢々困難である。共同利用研究機関において、これらの研究を発展させる機会を与える必要がある。この場合においても、どのようなテーマを選択するかについて合理的な判断と合意形成が求められ、学問的リーダーシップが必要となる。

共同利用機関は、共同研究を行う「場」とともに、この分野の「知的ストック」を培う役割をもつ。たとえば、プラズマ研究所時代に作られた『技術データハンドブック』は、全国の実験家にとって必携の書であった。他にも、種々のデータや計算機コードなどの知的財産がストックされ、共同利用に供されてきた。これは、若手研究者や、他分野から参入する研究者にとって極めて有用である。

## 共同利用・共同研究の現状と成果

現在、核融合科学研究所（核融合研）の共同研究は、(1)一般共同研究、(2)LHD 計画共同研究、(3)双方向型共同研究の 3 つのカテゴリーを設けて運営されている。これらは、それぞれ、(1)学術的な広がりを支える研究、(2)中核設備 LHD の実験に資する共同研究、(3)核融合研と他の研究機関が双方向的に協力する研究といった異なる特性をもつものであり、これらを分類して計画・実施する意義は大きい。

- (1) 一般共同研究は、プラズマ研究所の時代から長い歴史をもつ共同研究であり、本分野に係るわが国の多くの研究者がこの制度を利用してきた。実験から理論、シミュレーションにわたる全ての分野をカバーして、比較的小規模の研究計画を幅広く採択している。とくに核融合科学研究所となってからは、炉工学分野の共同研究も一般共同研究として取り上げられるようになった。計画の予算規模を調整するものの、学術的価値がある計画は積極的に採択する方針で運用されている。
- (2) LHD 計画共同研究は、核融合研の中核設備である LHD の実験に資する共同研究であり、ヘリカル型磁場閉じ込め核融合という先進的な核融合方式の探求と、ヘリカル型、トカマク型を含む環状磁場閉じ込め（トーラス型閉じ込め）の学術的基礎を築くために、わが国の研究者を結集する役割を担っている。
- (3) 双方向型共同研究は平成 16 年度から始まった新しい制度であり、大学におかれた核融合分野の研究センターと核融合研との双方向性共同研究に加えて、従来各大学のセンターに分散していた研究施設を全国の研究者コミュニティに広く開放し、新しい芽を生み出す共同利用研究を可能としようとするものである。
- 以下の節で詳述するように、各カテゴリーの特徴を活かした共同研究が多数実施され、毎年多くの成果が上がっている。核融合研の共同利用・共同研究は、わが国の核融合研究にとって必要不可欠なものであり、その成果は一致して高い評価を得た。

## 2. 2 項目別の評価

### (1) 学術進歩への貢献について

On the contribution to the progress of academic knowledge

#### a. 共同利用・共同研究が日本の核融合コミュニティの研究の進展に適切に貢献しているか

Does the collaborative research activity contribute the progress of Japanese nuclear fusion research?

### (1) 共同利用・共同研究全般に関する評価

- ・核融合科学研究所が実施する共同利用・共同研究は、全国の大学等における多くの研究者の英知を集め、長期的視点から見た日本の核融合研究の発展に寄与することが期待されている。LHD という大きなプロジェクトを有する核融合科学研究所のような場合、研究所外からの共同利用・共同研究は、概して垣根の高いことが多いと思われるが、できるかぎり門戸を広く開ける努力がなされていることに敬意を表したいと思う。LHD 実験においては、所外の若手研究者に共同利用・共同研究の主導性を与えようとしている姿勢は評価できるし、核融合コミュニティも歓迎していると思われる。(1名)
- ・核融合科学研究所の共同研究に関しては、申請件数、採択件数、共同研究員受入件数ともに増加し続けており、大学共同利用研究機関としての役割を果たすとともに、結果として、日本の核融合コミュニティの研究の進展に適切に貢献していると言える。(1名)
- ・共同研究の枠組みとしては、現時点では、「一般、LHD 計画、双方向型」の3本柱となっているが、それぞれの役割分担は適切で、これらの制度のもとでの核融合科学研究所と大学との研究交流の一層の活性化が望まれる。ただし、共同利用・共同研究体制は、世界の核融合研究動向を注視しつつ、時代とともにその在り方は変わっていくべきものであるから、今後、ITER の動向とも整合する取り組みが、重要になるものと思われる。更に、加速器分野のように、LHD を異分野間との連携共同研究におけるツールとして活用していく研究活動の一層の展開（既に、国立天文台と開始されている）が、学術研究の面から、益々期待されていくこととなるであろう。(1名)
- ・核融合科学研究所は、その前身である名古屋大学・プラズマ研究所の時代から約40年間にわたって、わが国のプラズマ・核融合研究の中核的な全国共同利用研究所として、プラズマ物理学および核融合学の分野における学術研究を支えてきた。プラズマ・核融合分野における研究は、
  - (1) 様々な理工学分野の研究者の英知を結集する必要があること

- (2) 高度な技術を結集した大規模な実験設備を必要とすること
- (3) 理論とシミュレーションを結合した非線形解析を必要とすること
- (4) 国際的な厳しい競争環境におかれていること
- (5) 長期的な研究開発を支える優秀な研究者を養成する必要があること

などの特徴をもつことから、全国的な研究のネットワークを形成することが不可欠である。本研究所は、その中核たる役割を十分に果たしている。(1名)

- ・今後の核融合研究は、より大規模なプロジェクト研究への「知の総合」とともに、プロジェクト研究から生みだされるラディカルな問題群を学術の地平に据える「知への還元」が求められる。この双方を媒介する共同利用研究所の役割は、ますます重要なものとなるであろう。(1名)
- ・当該共同研究には、核融合コミュニティの多くが参加しており、核融合研究の進展に大きく貢献している。研究の進展のみならず、人材の育成にも大きく寄与している。これらは、学術論文件数や学士・修士・博士の論文テーマになっていることから理解される。(1名)
- ・核融合への応用のみならずプラズマ物理の基礎的テーマについても幅広くカバーしており、学術的な寄与は大きい。(1名)
- ・プラズマ・核融合の研究に対する社会の理解の基盤は、各大学内でいかにプラズマ核融合研究の重要性を地道に訴える教員が研究室を維持し、良い成果を示して他分野の学者達の理解を促し、またいかに多くのプラズマ核融合に関わったことのある学生を輩出し、彼らが社会の各分野に進出した際に、経験に基づく共感を示しこれを支持してくれるか、そうした点は大変重要な観点である。これを支えるには、知識の共有・研究機会の共有と交流・資源の支援は、必要不可欠である。当該共同利用・共同研究は、こうした視点からも大変有効な機会を提供するものであり、日本の核融合コミュニティの研究の全体の進展に必要な不可欠であると考えられる。(1名)
- ・幅広い研究分野・課題において、日本国中の多くの大学等研究機関と共同研究を進めており、これが成果を上げていることは、発表論文等様々な報告が示すとおりであり、広い意味での日本の核融合コミュニティの研究の進展に適切に貢献していると考ええる。また、一般共同研究から出発し、その後の研究の進展状況、社会的要請に合わせた形で、LHD 計画共同研究、双方向型共同研究と柔軟に対応してきており、この点においても核融合コミュニティの研究の進展に貢献している。(1名)
- ・「一般共同研究」は広範囲の分野をカバーする共同研究を、「LHD 計画共同研究」は重点テーマに関する共同研究を、「双方向型共同研究」は各大学のセンター等を軸とする共同研究を推進することによって、日本における核融合研究の幅広い進展に寄与していると高く評価できる。(1名)
- ・核融合科学研究所はその共同利用・共同研究のシステムを介して、日本の核融合研究に関するソフト・ハード両面の情報・知識・技術発信、先端研究環境共有、及び人材交流を含む総合的活性化を図り、COE としての役割を果たしておりコミュニテ

- ィの研究の進展に適切に貢献している。(1名)
- 大学法人化に伴い、各大学が独自性を出すことが重点課題となり、研究分野横断的に研究コミュニティを形成し、学術の体系化を目指した活動を維持する上で、核融合研の共同利用・共同研究の役割はますます重要となってきた。(1名)
  - 核融合コミュニティの研究の進展に大変貢献している。共同利用・共同研究が機能していなければ、現在までの核融合およびプラズマ分野の進展はなかったはずであり、極めて大きな貢献をしてきたと評価できる。将来にわたってのこの分野の学術進歩のためには、共同研究のますますの発展が必須であろう。(1名)
  - 名古屋大学プラズマ研究所時代から、全国共同利用機関として、コミュニティの発展、研究の進展に大きく寄与する土壌が培われてきた。その延長線上にある核融合研も当初からその良い所を引き継いでおり、十分核融合コミュニティの研究の進展に大きく貢献していると高く評価できる。(1名)
  - 「一般共同研究」「LHD 計画共同研究」「双方向共同研究」は、それぞれが独立に重要な役割を有するとともに、短期的視野に立った研究から長期的視野に立った研究、独立性の高い個別研究からグループで望むプロジェクト研究、アイデアベースのシード的研究から成熟した計画研究など、核融合を支える幅広い学術・技術を包括的に発展させる観点から適切に設計されている。これらの共同利用・共同研究では、課題はそれぞれに残されているものの、巨大プロジェクトに関わる多くの科学・技術分野が人材育成や協力・共同研究のあり方を模索する中で、資源の効率的な集中と分配の双方の機能を有しており、全体的視野に立った熟慮の賜物であろう。これらの重層的なプログラムによって、大学・国公立研究機関をはじめとした、基礎から応用に至る幅広い研究者が多くの成果を挙げており、日本の核融合コミュニティの研究の進展に貢献している。(1名)
  - Collaborations are vital for efficient progress in all types of scientific research. The international fusion research effort has been noteworthy for its collaborative activities for the past four and a half decades. The NIFS program of collaborative research is particularly impressive, in terms of the relevant budget and also the number of scientists and institutions who are involved and the number of resulting publications. NIFS has a special responsibility for collaborations in Japan since it functions as an inter-university national institute. It appears to fulfill this role very successfully. (1名)
  - Numerous Japanese fusion communities are strongly encouraged to contribute to the progress of Japanese nuclear fusion research by participating in NIFS activities. NIFS is undoubtedly the fore front leader of the world fusion research. The synergy of the advanced geometry of the magnetic field, the superconductive coils and the enhanced heating provide for the achievement of record parameters highly relevant for fusion. It is obvious that most of results are impossible to achieve on a smaller scale university type facilities. Hence, 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 with 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 thereby making the cutting edge of fusion research within the reach of very many (about 45) universities. Obviously, this approach also guaranties not only the continuation of the program, but also the steady growth of the fusion effort in Japan. This is crucial to safeguard the energy supply for Japan in future. 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. This role has been taken up by NIFS since 1989. Hence, initial problems confronted have been overcome and the system has been improved significantly. Yet, it has to be kept in mind that there are unavoidable difficulties in reconciling conflicting requirements of very many groups involved in such enormous project. NIFS seems to solve them with acclamation showing a great deal of good will and flexibility. Major achievements obtained by NFS stems from this fact. Indeed, long pulse operation, very high value of  $\beta$  of the order of 4 %, development of 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. This 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 the development of the tritium removal system for LHD deuterium – deuterium experiments. Furthermore, collecting atomic database 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 lying outside the scope of the fusion effort. This is born out by the development of the high power micro- wave. These spin-offs benefit the Japanese industry in the shorter time scale than the duration of the program aimed at achieving the fusion power.

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

(1 名)

- During last 16 years, the Institution, NIFS, has made world-class scientific outputs and become the leading fusion research institute among world-wide scene. It is also recognized that the NIFS' role as Japanese Inter-University Institute inheriting 40-years of history, is well established with more than 150 Institutions in Japan. The major facilities of NIFS have been utilized and shared by Japanese fusion community. The joint research collaboration frameworks such as LHD Collaboration as well as newly started Bilateral Collaboration

works well in addition to the General Collaboration Works. Based on these reported results and outcome, such as collaborative activity list, published joint papers and education of graduate students, the success of NIFS' collaborative research is very highly commended. Therefore, it is appropriate to conclude that the NIFS' collaborative research contributed very effectively to the progress of Japanese fusion research. (1名)

## (2) 主に LHD 共同研究に関する評価

- LHD 共同研究で LHD 用に開発されたハードウェアは、LHD プラズマの発展を通して、参加共同研究者に大型装置での実験経験を与える好個の機会を提供するものとなっている。また、LHD 共同研究での開発機器は、広く他のセンターや研究施設、個々の大学の技術レベルを高め、利用にも供することのできるシーズを与えうる。このように LHD 共同研究と総称してはいるものの、決して LHD のみに役立つものではなく、全国の研究者のレベルを高めるといふ広範な波及効果を持っていることは特記すべき点である。(1名)
- LHD 数値解析システム利用共同研究については、課題件数がやや低下傾向にある。これは大学の計算機の性能向上に伴うものか、利用しやすさに問題点があるのかをさらに検討する必要がある。(1名)

## (3) 主に一般共同研究に関する評価

- 一般共同研究は、大学法人化で経費的困難が予想される個々の大学の比較的小規模なプラズマ実験講座の存続を支えるためにも、重要な役割を担うものである。(1名)
- 一般共同研究によって、LHD 実験研究者との恒常的な連携が図られたことはもちろんであるが、例えば、「非軸対称系プラズマにおける高精度新古典輸送解析」を進める上で、所外の研究協力者と強力な連携を保てることは、研究の推進にとって非常に効果的である。(1名)
- 自然科学研究機構中期計画に盛り込まれている“共同利用等の内容・水準に関する目標を達成するための措置”の特記事項として、核融合研に対しては「実験・理論双方からの基礎プラズマ科学研究を推進する体制の充実を図る」とあるが、本項の共同利用・共同研究の近年の状況では、理論分野に関しては納得できるが、実験分野に関しては基礎プラズマ科学の定義が不明であることもあり違和感が存在する。(1名)
- プラズマ物理研究が中心であった名古屋大学プラズマ研究所時代の共同利用・研究とは異なり、当然ながら核融合科学研究所の共同利用・共同研究は核融合開発の基盤となる装置工学的研究が主となってきたこと、ITER 時代を迎えたことなどから、基礎プラズマ科学の定義は広義的に考える必要があるということであろうか。そう



であるとしても、現在の特に一般共同研究には、萌芽的、学際的研究の推進、多分野への波及効果が唱えられているが、そのような基礎プラズマ科学研究成果が本共同利用・共同研究体制で誕生したような例は極めて少なかったのではなかろうか。(1名)

#### (4) 主に双方向型共同研究に関する評価

- ・平成 16 年度に開始された双方向型共同研究については、各大学における幅広い分野の研究者の核融合分野への参画を一層促し、かつ各大学のセンターのプラズマ実験装置や周辺機器を全国規模で有効利用していくうえで、大きな意義を有する共同利用・共同研究制度である。この制度設計を創設・推進してきた核融合科学研究所の日本の核融合コミュニティに対する貢献は、大学における核融合分野の学術基盤の長期的発展を促進する観点から、大変貴重なものであり、高く評価できる。各大学のセンターの大型装置が、コミュニティの共有資産として、日本の核融合研究の進展に大きく貢献していくことを切に望みたいと思う。(1名)
- ・双方向型共同研究の1つの成果として、核融合科学研究所を含めた全国の関連する研究者に、多様な共同研究の研究機会を増やすことができた点は重要である。ビッグサイエンスにおける学術進歩への貢献を考えると、限られた設備資源を活用した効果的な共同利用・共同研究体制の構築が可能となるかどうか、1つのキーファクターとなる場合があることは良く知られている。双方向型共同研究により、核融合科学研究所と双方向で行う共同研究、センター間で行う共同研究及び大学等の研究者がこれらのセンターに出向いて行う共同研究などが有機的連携をとりつつ、核融合の要素還元研究が推進されるようになった。その結果、各センターの研究展開が一段と活性化され、核融合科学研究所の優れた調整のもとで、以下のような重要な研究成果に結実している。(1名)
- ・核融合研の共同利用・共同研究の役割はますます重要となっており、その具体的策として、大学附置研・センターと連携して、核融合コミュニティを形成する上で、双方向型共同研究の活性化、拡充が重要である。大型・中型の核融合装置を適切に大学に配置し、学生に夢を与え、有能な人材を育成していくのに、双方型共同研究は有効であると期待される。双方型共同研究の方式が核融合以外のコミュニティにも導入されるなどの実績を上げることは核融合研究の自然科学研究機構におけるプレゼンスを高める上で重要である。双方型共同研究を成功させることは、核融合コミュニティ全体の活性化に影響するものであり、制度の有効活用が期待される。(1名)
- ・筑波大学ガンマ 10 共同研究では、開発したジャイロトロンを用いた高イオンモード実験で、過去の 3.5 倍のイオン閉じ込め電位 (2.5kV) を達成するとともに、電場 $E_r$ シアーによる乱流渦構造の晴れ渡り (乱流抑制) 現象をX線断層撮像計測で実証し、プラズマの高閉じ込め・高温化を実現した。これはトカマクやヘリカルにお

けるH-modeや内部輸送障壁(ITB)の物理の解明に、ガンマ 10 を用いて新たな展望を開く画期的な成果と言える。(1名)

- 京都大学Heliotron J共同研究では、世界に先駆けて採用されたヘリカル軸ヘリオトロロン配位において、Heliotron Eでは実現できなかったH-modeの発現を実証し、その高い閉じ込め改善度を持つH-modeの発現領域が周辺回転変換角に依存すること(主たる有理面よりわずかに離れた回転変換角の位置に実現できる)、また高い閉じ込め改善時に最外殻磁気面近傍に負径電場 ( $E_r < 0$ ) が形成されることを見いだした。またバンピー磁場制御実験で、高エネルギー粒子の閉じ込め、及びL-mode、H-modeにおける実効ヘリカルリップル率  $\varepsilon_{\text{eff}}$ の閉じ込め改善への寄与を明らかにした。これらの成果は、先進ヘリカルにおける改善閉じ込めの研究に大きく寄与するのみならず、トーラスプラズマ閉じ込めの普遍的諸問題に、先進磁場分布制御の観点から新たな知見を与えるものとして高く評価できる。(1名)
- 大阪大学激光 12 号共同研究では、高速点火のターゲット設計と実験結果の解析の高精度化を目指す研究が推進された。コーンターゲットの爆縮とペタワットレーザーによる加熱実験の解析が進められ、FIREX 第 1 期実験の準備が整備され、高速点火実証計画が大きく前進したと言える。(1名)
- 九州大学 TRIAM-1M 共同研究では長時間放電が可能な超伝導トカマクの利点を活かして、定常プラズマ壁相互作用を巨視的観点と微視的観点とから理解する研究が進展した。水素吸蔵率のモリブデン共堆積効果を調べる定量化実験が成功し、定常プラズマ制御の理解に大きく貢献したと言える。(1名)
- 筑波大学におけるジャイロトロンの開発は、1 大学 1 センターに留まらず、今後の各大学・研究所・各センターへのジャイロトン装置の供給・共同開発・コストの低減、これを用いたプラズマ加熱閉じ込め改善効果の学術共同研究を含め、「双方向型共同研究が無ければ容易ではない」新しい共同研究の意義を、他分野に対しても発信しうる事例になる大きな可能性を秘めている。今後のジャイロトン開発をキーワードとする国内共同研究者に広く全般に役立つ「広範な双方向型・オールジャパン的共同研究への貢献」が強く期待される。(1名)
- 双方向型共同研究は、各センターの自主性・自律性に基きつつ、センターの明確な責任において進められているが、そこで得られた成果は、将来、核融合炉を実現するために役立てられるだけでなく、LHD やレーザー装置等の重点化で集約された装置や ITER 等の新装置で活用されることとなり、核融合の基盤研究として、また広範な学術の進歩に向けて、極めて重要な貢献を果たしていると評価できる。(1名)
- 平成 16 年度から発足した双方向型共同研究は、研究室レベルの大学研究者が、核融合研との連携だけではなく、公募研究を通して大学設置のセンターのプロジェクトへの参加の道を開く等、大きな自由度を大学人に与えることとなり、他分野の模範となるものである。歴史が浅いため学術進歩への貢献は今後の成果によるが、大学学生や研究者が魅力的であると感じられるシステムの構築に成功すれば十分に

期待できる。(1名)

- ・核融合科学研究所の大型実験設備や大型計算機、各センターの研究設備等を利用した双方向型共同研究によって、大学における核融合・プラズマ研究の活性化や人材の育成に貢献していることは高く評価できる。(1名)
- ・双方向型共同研究については、各センターが、従来よりも広くより自由に開かれた研究環境をコミュニティに提供し、また各センター外の研究者と一般の他大学等の研究者間の緊密な研究協力ができることで、相互に新たな視点や、研究の機会、種々の見方に基づく多様な刺激を得ることができ、研究の様々な新展開を得ることができている。核融合科学研究所の調整の努力も特筆に値するものであり、立ち上がって2年も経ていない現状においても、重要な研究成果が得られ始めている。(1名)
- ・筑波大学では自己開発したジャイロトロンを用い電子サイクロトロン加熱 ECH を行うことで、ミラー装置端部に ECH 加速電子流を流し出し、プラスの両極性電位形成とそれに伴う径方向電場  $E(r)$  シアーを能動制御している。このミラーの特長を活かして、ITER 等のトカマクやヘリカル装置にも共通し且つ閉じ込め改善に本質的な、 $E(r)$  シアー効果や、 $E(r) \times B(z)$  シアーフロー効果による閉じ込め改善等、H モード理論や内部輸送障壁 (ITB) との関連・対応・普遍性の学術究明への、正に双方向型共同研究として学術研究を展開している。既に成果を上げ Phys. Rev. Lett. 等に報告しており、双方向型の新たな展開成果の実例の1つと評価できる。(1名)
- ・京都大学では、良好な粒子閉じ込めと MHD 安定性の両立性を究明すべく、世界に先駆けたヘリカル軸ヘリオトロン配位の新しい研究領域の開拓への大きな寄与を目指し、異常輸送の改善、高エネルギー粒子閉じ込め等、トーラスプラズマ閉じ込めの普遍的諸問題に、先進磁場分布制御の観点から成果を上げている。特に H モードの生成等、ヘリオトロン J で初めて得られた成果等の、良い研究成果を積み重ねている。(1名)
- ・大阪大学では、高速点火の推進に対するターゲット設計等を目指す研究が推進され今後の高速点火実証計画への推進力となることが期待されている。今後の国内外の研究成果の比較検討・研究協力等、計画の一層の進展が期待されている。(1名)
- ・九州大学では、他大学に先駆けて装置を新しくし、球状トーラスの全国の拠点としての活躍が期待されており、またプラズマ壁の研究では優れた実績を持ち、今後の進展が期待される。今後のプラズマ生成・加熱計画の進展と成果が期待される。

(1名)

- ・各センター等のより緊密な研究協力のもと、他研究分野に先駆けた双方向型共同研究がますます活性化される様に、財政の厳しい折、ハード面での相互協力と、プラズマ物理として普遍性を持つ成果、更には各装置の小型装置では達成できない特長あるプラズマパラメータを進展させ、広く核融合を目指すコミュニティのために、貴重な現有資源を有効に活用した研究の推進が強く期待される。(1名)
- ・国からの大きな投資がなされている核融合に関する研究や教育には、機関を越えた、物的・人的資源の有効活用が求められている。この観点から、核融合科学研究

所に構築された共同利用・共同研究のシステムは、大型の実験装置や計算機の共同利用のみならず、様々なタイプの共同研究をサポートするシステムが盛り込まれており、幅広い研究の発展に大いに貢献していると評価できる。特に、双方向型共同研究を通しての日本の関連研究機関・グループの有機的な連携が可能となったことはこれからの核融合研究の進展に大きく貢献することが期待される。(1名)

## (2) 制度について

### On the system of collaborative research

#### a. 共同研究が、一般共同研究、LHD 計画共同研究、双方向型共同研究に別れているのは適切か

Is it proper that collaboration system consists of three frameworks; General collaboration, LHD project collaboration, and Bilateral collaboration ?

- 一般共同研究、LHD 計画共同研究、双方向型共同研究は、それぞれの目的がはっきり分かれており、適切と考える。(10名)
- 我が国の約 40 年間に亘るプラズマ・核融合研究の歴史が生み出した、グローバルで効率に非常に優れた共同研究方式であると思われる。(1名)
- 研究を行う大学等の側には、それぞれの講座規模・人的構成・地理的要素・資源的事情、さらには研究テーマに対する共同研究の形態は、それぞれが千差万別でありつつも、研究にかける強い意志や大きな目的を、共同して持っているものと思われる。これらの目的や規模等に対応する、特徴ある3種類の共同研究の形態、すなわち、個々のやや小型のフレキシブルな研究を行える「一般共同研究」、大型装置 LHD の発展を支えつつこれを用いることのできる「LHD 計画共同研究」、さらには様々な特徴と目的を持って設立され相応の装置と人員を要する4センターの中型規模装置による高温プラズマ研究の機会を縦横に利用できる「双方向型共同研究」。以上の特長をうまく組み合わせることで、小規模から中規模大規模と、各大学の研究者の事情にあわせた無理のない選択ができることは、プラズマ核融合分野の発展のためにも大きな役割を果たす形態であろうと思われる。(1名)
- There are many different types of scientific collaborations, for example: (1) intra-institutional collaborations, in which scientists at the same institute but belonging to different departments or divisions work together; (2) inter-institutional collaborations, in which scientists from different home institutes collaborate; (3) cross-specialty collaborations, which bring together experimentalists, theorists, computer simulation experts, and technologists; and (4) cross-discipline collaborations, in which fusion physicists work with scientists in other scientific field, such as space and astrophysics, molecular biology, fluid dynamics, etc. (1名)
- NIFS has structured its collaborations into three frameworks: General, LHD, and Bilateral. This system appears to be appropriate for achieving the purposes of each of the frameworks.

Historically the current frameworks for NIFS collaborations (the offshoot of the collaboration activities of the former Institute of Plasma Physics) have progressively developed as the scope of fusion research activities at Japanese universities has evolved over the past several decades. The Bilateral framework for collaborations, which was instituted in 2004, is the most recent instance of such adaptation to the evolving university research situation in Japan. It is conceivable that the NIFS collaboration system may continue to adapt in response to future needs and opportunities in coming years. (1名)

- Each of the three collaboration frameworks has a distinct purpose and organization.

### **1. General collaboration framework:**

The purpose of this framework is to encourage non-NIFS scientists to do research that makes use of existing NIFS facilities and resources. The facilities include experimental devices (LHD, CHS), diagnostics, test equipment, and information technology hardware (large-scale computers, Super SINET). The resources include financial support for personnel exchanges and workshops, administrative infrastructure, and human resources (e.g., scientific collaborators). A minor but quite worthwhile component of the General collaboration framework is the Fusion Archive; I wish that the U.S. would initiate a similar activity. The funding for General collaborations is provided through NIFS.

### **2. LHD collaboration framework:**

The purpose of this framework is to encourage non-NIFS scientists to invent new experimental methods and tools—both scientific and engineering—that can subsequently be applied on LHD. The difference between “LHD Project collaborations” and “LHD collaborations” (cf. the chart on page 14 of the Collaboration talk) is that the former refers to the LHD collaboration framework and the latter to a component of the General collaboration framework. Research and development carried out under the LHD collaboration framework is performed off-site, at the home institution of the non-NIFS collaborator(s); when completed, it is then applied to LHD under the General collaboration framework. Funding for both of these types of activities is derived from the NIFS budget. One example of a collaboration in the LHD framework was described, namely, a material bed insertion system; there are several other examples, as well. I would suggest that, not only new experimental technologies, but also new theories and simulation methods can be developed at universities and then imported by NIFS for useful application on LHD.

### **3. Bilateral collaboration framework:**

The purpose of this framework is to encourage NIFS scientists to work on medium- and large-scale experimental facilities at several Japanese universities, so that these facilities become collaborative facilities. Funding to support these facilities is provided both through the universities themselves and also through NIFS. This shared funding arrangement lends stability and enhances connectivity, and for these reasons I applaud the creation of the Bilateral collaboration framework. In the description of the Bilateral collaborations with Kyushu, Osaka, Kyoto, and Tsukuba, an example of a NIFS contribution (viz., a cryostat

for laser-plasma targets) was described; there are other examples, as well. It would be interesting to hear more about the work that NIFS scientists are performing on these university facilities. Under the General collaboration framework, mention was made in the Collaboration talk (page 38) about the Fast Ignition Integrated Interconnecting Code project; this simulation effort could be viewed as a NIFS contribution to the Bilateral collaboration framework, although it is categorized in the General collaboration framework because the smaller size of its funding is appropriate to that framework. (1名)

- Each of the three collaboration frameworks also has a distinct style of operation. The Collaboration talk attempted a simplified portrayal of these operational styles by means of set theory diagrams with overlapping circles. These diagrams were mildly helpful. (1名)
- In general, it has to be kept in mind that the organizational tasks faced by NIFS are very difficult due to very complex problems of fusion research and very large number of institutes participating in the program bodies. Yet, it appears that the problem is solved in the excellent 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 big facilities located at university research centers. NIFS handles the collaboration system very skillfully offering the flexible scheme able to accommodate all school 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 throughout the country. In summary, there is the strong feeling that the collaboration system based on three frameworks mentioned above is organized properly. (1名)

It is a bit hard to understand fully to distinguish some part of General Collaboration in LHD and LHD Project Collaboration, the rational behind these two categories could be well understood. The newly started Bilateral Collaboration framework is appropriate to NIFS' role as Japanese leading fusion inter-university institution. Therefore, the NIFS' collaboration system consisted of three frameworks is deemed appropriate and effective.

(1名)

- 共同研究の多様性を確保する上で三つの共同研究制度を適宜利用することは適切である。今後 ITER の進展、レーザー核融合研究の進展などに合わせて様々な研究機関との連携・協力事業や産学連携研究あるいは柔軟な形での共同研究の可能性を模索することも今後の課題となろう。(2名)

- 3つのシステムのそれぞれの役割についての理解がコミュニティに十分浸透していないように思われる。色々な機会を通して、利用者に良く説明し、効率的な運用ができるよう努力していただきたい。(1名)
- 双方向型共同研究は始まったばかりであり、その機能と役割が固定化されたわけではない。今後、この試みが大きな広がりもち、世界的な評価を得る成果をあげるために、コミュニティと十分な議論を行ないながら発展することが望まれる。(1名)
- 一般共同研究のカテゴリーは、研究対象による分類と研究形態による分類が混在している面があり、将来的には再分類を検討することも考えられる。(1名)
- LHD 計画共同研究が終了後に一般共同研究に従事して成果が得られた例がどの程度あったのか、また、今スタートして間もない双方向型共同研究の真の成果は如何ほどかなど、今後もしめ細かく見張る必要があるだろう。(1名)
- 比較的大きな予算を大学に付与する「LHD 計画共同研究」は、LHD 計画に集約することを目標に掲げており、長期的視野に立った LHD の発展に適切なプログラムである。(1名)
- 新しく導入された双方向型共同研究は、当初から、関係の深い特定の研究施設だけが対象であった。コミュニティの研究の進展を考える点からは、特定の研究機関以外からも新しいテーマを提案して参入する事を期待したいし、これまで双方向型共同研究を実施してきた機関も、今後の核融合研究を効率良く進展させるべく、意義深い新しい提案をもっと積極的にすべきと考える。その努力に欠けている事に危機感を感じる。高額の研究費を導入しているので、考慮されたい。(1名)
- It is commendable that graduate students at universities can perform thesis research through the NIFS collaboration frameworks. In addition, NIFS supports its own graduate students and also hosts students through the Graduate University for Advanced Studies. Students can be very worthy collaborators. Hence the educational aspect of the NIFS collaboration program is important. Since LHD is a premier experimental facility in Japan, it is to be hoped that the number of Ph.D. students who graduate with theses based on LHD collaborative research will grow. (1名)
- In 2004, NIFS became one of five inter-university institutes that comprise a “super institute” called the National Institute for Natural Sciences (NINS). It would be interesting to learn about the domestic collaborations that NIFS is planning to develop within the NINS. The example of the application of virtual reality to medical education and diagnosis, mentioned in the Collaboration talk as belonging to the General collaboration framework, might well also be categorized as a NIFS-NINS collaboration. Incidentally, I would encourage NIFS to export its invention of Bilateral collaborations to the other NINS component inter-university institutes (and to other large flagship institutes in Japan, such as KEK for the high-energy physics field). (1名)

b. 共同研究委員会委員の決め方は適切か、また、共同研究委員会は適切に機能しているか

Are the members of collaboration committee determined properly?

Does the committee work well?

- ・共同研究委員会委員は核融合科学ネットワーク、核融合炉工学ネットワーク、プラズマ科学ネットワークなど、コミュニティの推薦を受けて委嘱されており、2期以上は原則として半数以上を改選していること、地域性や各分野における継続性も考慮され、概ね適切な決め方がなされている。(10名)
- ・共同研究委員会は、核融合科学研究所外の委員が25人、所員が19人の合計44人で構成され、幅広い分野からバランスよく選ばれており、委員会は開かれた運営により適切に機能している。(4名)
- ・共同研究委員会での議論には、広くコミュニティの意見が反映される必要がある。このような考え方から、LHD計画共同研究の採択には核融合ネットワークでの審査の段階が取り入れられるなど工夫がなされ、また一部の委員会委員にはネットワーク推薦の委員が入っている。今後はさらに全ての共同研究関連の委員会にネットワーク推薦の委員を入れ、より直接的にコミュニティの意見が反映される工夫が必要である。(1名)
- ・さらに活発に発展して行くためには、以前の名大プラズマ研究所の専門委員会選出の方式(選挙+自己補充方式)なども参考にしうと思われる。(1名)
- ・共同研究委員会の主な役割は、募集要項作成、公募、審査となるが、毎年問題になった点が改善されており、適切と判断している。(1名)
- ・共同研究計画の成否の最終責任は所長にある以上、委員の決め方は、現在の所長の推薦という形が適切であると考え。もしも、別な形で委員を決めた場合、例えば、投票というような形で決めた場合、その成否の責務は所長が負いきれるものではない。(1名)
- ・大学共同利用研究機関法人として、非常に多数の共同研究を実施しているにもかかわらず、成果が着実に上げられていることから、結果論として、共同研究委員会は適切に機能していると判断する。なお、多くの所外委員から構成されているにもかかわらず、共同研究委員会が(一般、LHD、双方向を含めて)、数多く開催されていることは、意見の集約がよく行われているとして高く評価する。(1名)
- ・新しく設置された双方向型共同研究委員会を除いては、共同研究委員会の開催回数は少ないが、メールによる連絡等により、有効に機能していると考え。(1名)
- ・名古屋大学プラズマ研究所時代は一般選挙で決めていたが、核融合科学研究所時代の使命を鑑みるに、現在の共同研究委員会委員の決め方でも悪いような気はしない。また、現在の共同研究委員会はルーチンワーク的活動が主であるが、膨大な応募数、外部委員の多忙性を考慮すると仕方がないことであろう。(1名)
- ・The Collaboration Committee has 44 members. The balance between committee members from NIFS (43%) and those from universities (57%) seems about right. The NIFS



Administrative Council is also reasonably represented on the Collaboration Committee through 16 of the 44 members, again balanced from NIFS and from universities (half-half).

(1名)

- The Collaboration Committee members are assigned to three subcommittees, which correspond to the three collaboration frameworks. Apparently several members serve on more than one subcommittee. The chair of each subcommittee is a non-NIFS scientist, which is probably a helpful policy. Members of the NIFS Administrative Council constitute a noticeably larger fraction of the membership of the Bilateral collaboration subcommittee (69%) compared to the other two subcommittees (30% for General collaborations and 43% for LHD collaborations). This larger fraction is probably due to the fact that the Bilateral subcommittee ponders the serious matter of strategy for fusion research at universities.

(1名)

- Members of collaboration committee are selected on the basis of nominations from the nuclear fusion society. The latter is the most representative body of the fusion community in Japan. This procedure warrants for justice electing 25 members out of 44 nominations. Responsibilities of the collaboration committees are very broad determining categories and priorities of different programs within frameworks described in the previous question, examining and adopting the proposal and finally reviewing the obtained results. Hence, all stages of a program remain under close scrutiny of all partners involved. It also provides coherence and harmony to NIFS main goal of research by fueling the database and experience with inputs from Japan and abroad. This is important in educating as many people as possible for work in the future fusion technology. The working moral is always very high in Japan. Yet, the proper structuring and the constant encouragement remain mandatory. This is maintained by NIFS at a very high level providing the sense of purpose and achievement to people who want to contribute. There is little bureaucracy in handling proposals because world leading scientists employed by NIFS are governing the process. This warrants for the value of chosen projects and excellence in carrying them out.

In summary, members of collaboration committee are determined properly and the committees work very well. (1名)

- 今後考慮すべき点として、自然科学研究機構の一員として機構内連携を推進し核融合研の研究所としてのプレゼンスをあげることが重要である。この点より、自然科学研究機構の研究所群との連携研究所と共同研究の進め方の整合性を図るため、共同研究委員会委員を自然科学研究機構の研究所群から選出する方法を考える必要もあるのではないか。(1名)

- The General collaboration subcommittee and the LHD collaboration subcommittee held no meetings during 2005. (Hopefully this means that these two collaboration frameworks were operating smoothly.) Instead, most of the collaboration effort was focused on the Bilateral collaborations, whose subcommittee was very busy, with five meetings last year. Obviously this busy schedule was associated with planning for the new experimental device at Kyushu

University, since the Bilateral subcommittee was also active in sponsoring workshops on this subject (four in 2004 and three in 2005). The full Collaboration Committee did hold one plenary meeting in 2005. (1名)

- The documented role of collaboration committee is to plan, promote, and manage collaboration program, and to check and review the status of collaboration, primarily. The additional role of “Bilateral Collaboration Sub-committee” is to consider the strategy of Japanese Universities’ fusion research. In this respect, the choice of committee members from Universities and NIFS is appropriate and the management of committee is also deemed proper. The organization of committee in the sub-committees reflecting three frameworks also seems reasonable. The records of committee meeting showed reasonable frequency of meetings, but year 2005 seems to have lower activity in a few areas. (1名)

### (3) 公募から審査、採択までのプロセスについて

On the process from calling for the proposals to adopting them

- a. 共同研究は、公募により提案され、各共同研究委員会で審査後、採択される仕組みとなっているが、この制度は、適切か、また、適切に運用されているか

Is the process of adopting collaboration subjects proper? Does it managed well?

- 毎年、各共同研究は、全体の計画の検討・公募・審査・研究実施・報告会・報告書作成公表という形態で実施され、制度は適切であり、概ね適切に運用されていると考えられる。(8名)
- この制度は適切であると判断できる。また、審査にあたっては、核融合研における共同研究性、他分野の受け入れを重視した上でのプラズマ・核融合研究との関わり度合い、前年度報告書提出の有無、同課題での継続申請年数、一般共同研究とLHD計画共同研究との申請内容の重複度などを調査した上でランキングしているので、適切に運用していると言える。(1名)
- 公募と審査の透明性、公平性は良く保たれている。公募や広報の仕方についてもIT技術の進歩への対応等年々工夫の跡が見られる。関係者の努力に敬意を表したい。(3名)
- 新年度の審査にあたって当年度1月時点での研究成果報告が考慮されており、適切と考えられる。3月末の採択決定後、4月初旬から共同研究を開始できることは高く評価できる。(1名)
- 一般共同研究の申請数はかなり多く、細かく研究費や旅費の配分まで決めるために、各審査委員の熱意と努力により多くの時間をかけて行われている。審査にあたっては、3段階にランク付けが行われ、その評価に基づいて予算が配分されており、公正・適切と考えられる。(3名)
- LHD計画共同研究の審査における、核融合ネットワークの幹事や委員によるピア

レビューとこれに基づく委員会での更なる審議・評価項目に対する採点結果に基づく評価等、制度上も運用上も適切であると思われる。(3名)

- 双方向型共同研究に対しては、センターの詳細な公募内容や研究資源・研究目的の公表に始まり、双方向型共同研究委員会における公募の適切さの審査、個々の研究者による公募に基づく応募計画の提案、双方向型共同研究委員会における採択審査、特に次年度採択の基盤の1つともなる年度末の公開発表会での多数の研究者による成果のチェック、成果報告書等に基づくチェック等、種々の視点からのチェックに基づき採択される制度は、適切な運用プロセスであると考えられる。(1名)
- Each year, the Collaboration Committee determines the collaboration categories and issues a call for proposals. It also reviews the research proposals that are submitted, assigning one of three grades to each proposal. Subsequently budgets are provided in accordance with these grades. (1名)
- 現在実施されている3種類の共同研究は、それぞれ異なる特性をもっている。一般共同研究は、できるだけ多くの研究に機会を与えて研究の広がりを支えようとするものであるから、ほとんど全ての応募が採択されている。一方、LHD共同研究、双方向型共同研究は一定のテーマが指定されており、それに合致する計画が応募される。(1名)
- 一般共同研究が極めて高い採択率をもつことは、海外あるいは他分野、他システムの公募型研究と比較すると特異である。これは上記の目的と合致して育まれた独自の文化であるともいえるが、今後は年間プランで重点テーマを指定して競争率を高めるなど、共同利用委員会が真に学問的リーダーシップを発揮することを模索しても良いかもしれない。(1名)
- 「共同研究審査評価」などは、一般に公開できないものであろうか。金額を表示する必要はないが、このような、S、A、B、Cの評価のようなものは、公表した方が、共同研究委員会が適切に審査していることの証になるのではないだろうか。もちろん、他の事情があるならば、必ずしも、公開に固執するものではない。(1名)
- 改善されるべき点として、所内担当者の評価・審査を積極的に取り入れて、所内の研究と一般共同研究が有機的につながることなどの効率化が考えられる。また、萌芽的研究を重点化するなど、一般共同研究の審査・採択等の方針を明確化すること。研究論文の出版を奨励するとともに、報告書の作成のための労力等を出来る限り削減すること。(1名)
- The call for proposals should include information not only about what are the current high-priority research goals, but also about what are the selection criteria. Publicizing this information is very helpful to prospective collaborators. (Calls for proposals in the U.S. routinely include this information.) Also, we were told that the proposals are typically only one page in length; in my opinion, requesting modestly longer proposals (of, say, 5-10 pages) would provide better information for the reviewers. (1名)
- It is striking that 99% of the General collaboration proposals (304 out of 308 submissions) were accepted in 2005. Also, the absolute number of proposals is very large (over 300);

perhaps more discrimination should be applied in order to channel increased funding to fewer, but more deserving, proposals. (1 名)

- It is even more striking that exactly 100% of the Bilateral collaboration proposals were accepted. The special nature of the Bilateral collaboration framework apparently determines the review procedure and selection criteria for these proposals. (1 名)
- It would be interesting to know the corresponding statistics for the acceptance rate of proposals in the LHD collaboration framework. The total number of LHD proposals is 215, of which 42 are from outside collaborators. (1 名)
- On page 14 of the Collaboration talk, the number of proposals is used as the measure of activity in the various collaboration frameworks. The number of proposals is a good measure, although other measures that might possibly be considered are budgets, number of personnel involved (full-time equivalents), and/or number of publications. The number of publications is used as the ordinate in the bar graph on page 16; however, the total number of publications is given, rather than the number corresponding to each of the three collaboration frameworks, which would require more refined gathering of information. It is interesting to note the very significant increase (almost doubling) of the number of publications from 2003 to 2004, which was attributed to better reporting procedures; the initiation of the Bilateral collaboration framework in 2004 apparently did not contribute much to this increase. (1 名)
- Other than soliciting, reviewing, and adopting collaboration proposals, the Collaboration Committee holds one annual meeting of several days duration at which all of the national collaborators—presumably for all three of the collaboration frameworks—report on their research results, which are then published in a book. There are specific persons in each sub-committee who monitor the progress of the various collaborations on an ongoing basis. (1 名)
- The process of adopting collaboration subjects is a rather complicated task because it requires insights and a lot of intuition to foresee future operation scenarios. 37 projects approved during 2005 including 9 new ones sometimes involve technical and financial risks caused by a possible failure. Yet, necessary risks are warranted by plausible gains advancing frontiers of research. The judgments are made following many discussions and routine checks of the proposed line of research. Applied to LHD experiment, the ultimate purpose of collaborations is to develop new experimental tools for LHD. For example, the material bed inserting system is tested at Kyushu university before installing on LHD, thereby preventing setbacks and caveats from occurring too often. Furthermore, all collaboration projects are open to a general review of the fusion community by posting on the NIFS website. There is a lot of effort on the side of NIFS to provide equal opportunities within Japan and to encourage scientists, especially young to contribute on top of their abilities. The process of adopting subjects is reviewed and improved routinely every year, thereby providing both continuity and innovation opportunities. Also, the handling of the

huge data volume is arranged very well due to NIFS efforts. This is important for a future upgrade of the LHD experiment. Some problems may arise because of difficulties in measuring the importance of a subject versus other projects. In general, the hierarchy of scientific tasks is an extremely difficult task. NIFS has found an elegant way of solving this task by determining the upper limit of the budget. In general, the management of NIFS performs excellent due to a very high commitment to the goals of fusion. They have managed to attract support of local authorities and population of the region, which is a very difficult task. The leadership also keeps very close touch with latest trends in fusion research thereby providing important incentives to collaboration subjects. Furthermore, there is the strong unity and commitment to NIFS goals within the broad community of the Japanese scientists. This must be due to efforts and skills of the NIFS management.

In summary, the process of adopting collaboration subjects is mature. This contributes at large to the overall success of the projects accepted by NIFS. (1名)

- The process of adopting collaboration subjects in General Collaboration and LHD Project Collaboration is evaluated as proper and effective. The Bilateral Collaboration area is considered as same process, but the results showed all acceptance of proposed collaborations. It could be understood that the Bilateral Collaboration framework has been started most recently so that the incubating period could be needed. (1名)
- Based on personal observation with regarding NIFS' role as Inter-University Institute, it is recommended that the "merit-based" competition selection mechanism and "promotion-based" target selection mechanism would be distinguished so that the transparent management of selecting and adopting collaboration subjects could be enhanced. (1名)

#### (4) 受入・実施体制について

##### On the supporting system of collaborative research

- a. 共同研究の申し込み、宿泊の申し込みなどが適切に処理されているか、このように研究に直接拘る以外のところ、即ち、研究支援環境は整っているか、改善すべき点があるか

Is the service for the collaborator organized well? For example, quick procedure of visiting NIFS, reserving accommodation, etc. If not, what should be improved?

- 共同研究および宿舎の申し込み手続きは、電子メールでの申請が可能で、適切かつ迅速に処理されており、良好な研究支援環境が整っている。(8名)
- 共同研究の申し込み及び実験時間の割り当て等は、核融合科学研究所の公募採択後は、受入担当者を通して、概ね適切に行われていると思われる。(2名)
- 各大学での双方向型共同研究では、共同研究の申し込み及び実験時間の割り当て等

は、双方向型共同研究委員会での採択後は、受入担当者を通して、大学の理解に基づく学内宿泊施設の利用等、適切に行われていると思われる。(1名)

- ・ 宿泊施設の規模についても適切で、設備は非常に良く整備されており、他の研究機関の支援環境と比較しても、非常にレベルの高いものである。満室時の外部ホテルの紹介も行われており、概ね評価できる。(5名)
- ・ 宿泊の経験が無いのでよく知らないが、不平不満を聞いたことはない。(1名)
- ・ 共同研究メンバーがヘリコンクラブなどを利用して戴き、効率の良い研究ができた。研究を推進する上で、研究所研究員と多くの建設的な議論ができ、また事務的支援を研究所職員から戴き、感謝の意を表したい。(1名)
- ・ Starting on a personal note, I, myself visiting NIFS many times, am impressed by the excellent organization of services provided by the institute. There are many spacious rooms well equipped with computers, telephones, faxes etc needed for a successful stay. Administrative department works very smoothly saving a lot of time in contrast to other places. The cafeteria works very long hours offering a wide range of meals three times a day. Lately, it was further improved offering a slightly different menu more suitable to international visitors. Conferences and workshops are held very frequently thereby enhancing the ever higher level of research carried out at NIFS. The library is very rich. For example, I always find publications in the NIFS library not available at my home institution. The level of service is also very high. The personal always has time to attend to the needs of a researcher regardless the nature or sophistication of a request. There is some room for improvement in providing the international media including satellite TV and English newspapers. This will benefit the well being and the comfort of non Japanese speaking scientists of older generation less inclined to surf on the internet. Also, bus service to Tajimi may be made more frequent. I find very important that one can come into contact very easily from NIFS to any Japanese plasma physicist.

In summary, the service for the collaborator is organized very well. This is true for visiting NIFS, reserving accommodations, contacts, discussions, presentations etc. (1名)

- ・ The NIFS' service to the collaborators is deemed proper and effective. (1名)
- ・ 食事施設に関しては、改善の余地があると思われる。食堂のメニューは質・量ともに乏しく、特に朝食を充実させていただきたい。歩いていける範囲内で食事がとれる場所が無い以上、この面での支援環境の改善を考慮する必要がある。(2名)
- ・ 研究支援環境はかなりよく整備されているが、研究所宿舎が孤立しているため、長期滞在にはやや不便であることは改善することが望ましい。(1名)
- ・ ヘリコンクラブに宿泊すると外へ出かける足がなくて不便である。自転車でもいいから置いてもらえないか。(1名)
- ・ 核融合研究所内での外部からの来訪者に対するインターネット接続が制限されており、非常に不便である。電波事情の関係でPHSなどを介しての接続が殆ど不可能なので、この点は至急改善していただきたい。セキュリティの問題が存在すると考

えられるが、改善を希望する。(2名)

- ・短期滞在者に発行される入構証(カードキー)では中央部品室の利用が出来なく、毎回申請しなおさなくてはならないので何とかして欲しい。(1名)
- ・今後知財権や論文作成の優先権などに関する規定の整備が必要となろう。一般共同研究についても三角出張が必要に応じて可能な事務手続きを検討すること。(1名)
- ・旅費払い込みのシステムは随分改良されたが、短期間での払い込みについて更なる努力をお願いしたい。(1名)
- ・NIFS has excellent service facilities, such as the Helicon Club, the cafeteria, and its huge library. My personal experience with NIFS administrative services—e.g., accommodation reservations, paperwork for visits—has been very favorable. The administration office was invariably prompt and helpful. Especially I would like to commend individual NIFS scientists for going out of their way to be of assistance to visitors, even in such mundane matters as transportation to the supermarket, which I very highly appreciated. If a minor peeve may be allowed, I do wonder why the cash corner automatic banking machine cannot be operational during more hours of the day. No bus service to and from NIFS on weekends is also an inconvenience. (However, these last two items may be out of the control of NIFS.) (1名)
- ・Also in reference to service programs for collaborators, I commend the following training activities: the various symposia and lectures on simulation science and high-performance computing, the Asian Winter School, and the GUAS summer school. It is worth noting that the number of international participants at the Toki Lectures on Simulation Science jumped significantly in its second year, becoming comparable to the number of domestic participants—probably an indication of the value of these lectures. (1名)

- b. 実験では、共同研究に必要な機器の設置、機器運転、解析に必要なデータ収集など、また、理論・シミュレーションでは、計算機へのアクセス、ライブラリーの使用などが適切に行えるか、即ち、研究環境が整っているか、研究環境に関することで改善すべき点があるか

Is the support for the collaborator organized well? For example, machine operation, data acquisition, software libraries, etc. If not, what should be improved?

- ・良好な研究環境が提供されている。(2名)
- ・各研究所・大学センターでは、良好な研究環境の提供に、大きな努力が払われている。各所の教員・技術職員・事務職員・それぞれの大学本部等の制度設計への理解に敬意を表したい。(1名)
- ・理論・シミュレーションにおいて、LHD 数値解析システムや大型シミュレーション用解析装置へのアクセス、ライブラリーの使用などは、外部の研究機関からの利用もよく考慮され、概ね適切に行えていると思われる。(4名)

- LHD 実験では、所内担当者が可能な限り、共同研究に必要な準備をしてくれているので、評価できる。(1名)
- 双方向型共同研究においては、センター側の実験装置・計測装置・解析装置を使用することにより、基本的な機器運転・実験結果解析は問題なく行えている。(1名)
- 研究環境については、非常に良く整っていると考えるが、これは所内世話人等に負うところが大きい。その負担の重さを考えると、研究部門以外の何かサービス部門のようなものの設立は考えられないか。(1名)
- 研究所の世話人が忙しい場合には対応が遅れがちなることもあるが、最終的には十分対応いただいている。(1名)
- NIFS is determined to support a collaborator on top of its ability. Excellent facilities such as Plasma Simulator, Virtual Reality systems, LHD numerical analysis system are at full disposal of a collaborator technically supported by NIFS permanent staff. Service programs available for a collaborator include preparation and improvement of collaboration environment consisting of information networks, main computer systems, supporting servers, mathematical and graphic libraries etc. Information service is provided at the website including system manuals, methods to access and utilize computer systems, computer service information and consultation via e mail system. Furthermore, a lot of know-how is disseminated at the simulation science symposium, large scale computer simulation meeting, lectures on high performance Fortran HPF, consultations on parallelization and HPF, “ Toki Lectures on Simulation Science “ and Asian Winter School, Sokendai summer school etc. New LHD numerical analysis system is beneficial for collaborations on the LHD project. Rather new network for “ Plasma Simulator “ has matured over last two years and probably requires some upgrading. The quality of the support is born out by the large attendance of Toki Lectures on simulation sciences given by a record 25 Japanese and 20 international visitors last year.  
In summary, the support for the collaborator is organized well. This is true for the machine operation including long hours and flexibility, data acquisition systems including both hardware and software and easy access to the knowledge collected at libraries. (1名)
- Flow charts for the execution of LHD experiments were presented in the Collaboration talk. The system appears to be working. The daily meetings, broadcasting, weekly reports, web service, and LHD group meetings are important. (1名)
- The support for the collaborators is deemed proper and effective. (1名)
- 大型シミュレーション用解析装置では、利用目的から仕方ない面もあり、徐々に改善もされつつあるが、通常より制限事項が多く、使いづらい点がある。(1名)
- スーパーコンピュータの使用形態やネットワーク環境(インターネット・電子メール等をふくむ)に関しては、核融合研内部或いは大学等外部からのアクセスや解析が容易かつ迅速に行うことのできるよう、いくつかの改善の余地はあろう。但し、ネットワークスピード等については社会的なインフラ整備にも依存するため、核融



合研だけの問題ではない。(3名)

- プラズマシミュレータの利用にあたって、OPEN 文が利用できない等の FORTRAN77/90/95 非互換の制約がある点は、計算コード開発の障害となる場合があるので改善すべきである。(1名)
- グラフィックライブラリや統合コードのプログラムファイルを格納するためには、home 領域 1GB は狭すぎるので、拡張できるようにしてほしい。(1名)
- There is a Board for the LHD Experiment, which is comprised of the director of the LHD department and the directors and deputy directors of the various LHD divisions, plus center directors and technical services directors. The Board also includes representatives of outside university collaborations. Some of the leaders of the LHD theme groups are represented on this Board. The membership of the LHD Board overlaps that of the Collaboration Committee. Its membership also overlaps that of the US-Japan Collaboration Committee and that of the International Exchange Committee. (1名)
- Remote participation in LHD machine operation is possible by means of branch control rooms that are connected to each other and to NIFS via the Super SINET fast network. I observe that Osaka University and Tsukuba University—two of the Bilateral collaboration partners—are not included on the diagram of the SINET network, nor are they listed as having remote stations (pages 60 and 61 of the Collaboration talk). Hopefully, the National Institute of Information, which oversees the Super SINET infrastructure, will expand the network. (1名)

c. LHD・CHS では、LHD 実験会議などで、実験企画、実験条件、ショット数など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か、またデータの公開は適切に行われているか

As for LHD and CHS, is the requirement of the collaborator reflected to the experimental program and machine time properly? Is the database opened properly?

- CHS との双方向型研究では、互いの情報交換が十分行われており、共同研究者の意見を反映して、適切な実験期間および実験条件設定が行われており、高く評価できる。LHD の共同研究も同様であると評価できる。(5名)
- LHD や CHS では様々な実験計画や研究内容について共同研究者の意見などを尊重していく姿勢が感じられる。もちろんすべての事項が共同研究者の意見や希望通りに動く訳ではないが、個々の実験企画において一般・計画共同研究等の共同研究者の参画を受け入れていく姿勢は評価出来る。(ショット数の割り当てやデータ公開などは直接関わっていないため判断できないが、適切に行われていると考えている。) 今後も外部研究者との共同研究を積極的に推進していくことをお願いしたい。(1名)

- LHD と CHS の研究目的の違いが明確であった。それを活かした研究体制が生まれ、実験が進められて来たと考え。今後は CHS が担って来た研究上の役割を研究所として発展させて行くのかしっかり議論してハイレベルの研究を可能にして欲しい。  
(1名)
- 実験計画策定については、その流れが明快であり、適切に決定されていると評価する。データの公開が策定結果に関するものであると考え、所内外を同等に扱っており、公開性はよく配慮されており、所員の努力を高く評価する。(2名)
- LHD の実験企画や条件に関して、放電実験の全体スケジュールにおいての調整が必要である。所内担当者は、企画及び条件に関して、かなり反映してくれている。  
(1名)
- LHD has 14 theme groups (not 13), which focus on various specific problem areas. Five of these groups (not four) are led by non-NIFS scientists from universities; this is healthy for the sake of domestic collaborations. Three of the 20 associate leaders of the theme groups are from universities; this fraction (15%) could be increased. (1名)
- For the last three years, LHD data has been available through its LAN Access Service, which is connected to the LHD numerical analysis system (currently an SX-5 computer, to be upgraded in early 2006). We were told that LHD experimental data is usually available on the web within an hour, which is commendable. (1名)
- Very many diagnostics are installed on LHD after testing on smaller devices. This provides invaluable source of information for future fusion reactors. (1名)
- The requirement of the collaborators for LHD and CHS is deemed appropriate. (1名)
- LHD の共同研究での実験スケジュール変更等については、共同研究者に周知し、共同実験を円滑に進めるべく、なお一層の努力をお願いしたい。(1名)
- 当然ながら、核融合研側の世話人との事前のコミュニケーションが大事である。共同研究者とその世話人との意識がずれないようにシステムの上からも工夫することが必要ではないか。(1名)
- 共同研究者参加による実施事項の決定などは、今後ますます重要になるかと思われる。ただし、遠隔実験などとも関連し、一定のルール作りが必須となると考えられる。(1名)
- Run time allocations with respect to collaborator requirements are determined by the theme leaders, after the acceptance of the proposals. Budgets are determined by the reviewers' grades of the proposals. (1名)
- Very little was said about CHS in the Collaboration talk, other than that it has 12 research collaborations. Presumably the CHS data is also made available on the web in a timely fashion. (1名)
- To reiterate, LHD is the fore frontrunner of the international and Japanese fusion research. CHS is the test bed for many ideas and methods to be implemented on LHD provided positive results and experiences have been obtained. Therefore, it appears utterly important to create most favorable conditions for collaborations. NIFS has solved this by offering

ample opportunities in terms of inclusive experimental program and long hours of operation for the machine of the LHD power and complexity. Another problem inherent in running such an important device is the necessity to impose stringent requirements in order to safeguard the continuous operation and the longevity of the device. (1名)

- NIFS addressed these stringent and sometimes conflicting requirements by establishing hard rules for Contributors to LHD program. This resulted in many bilateral collaborations with Kyushu, Kyoto, Osaka and many other universities in Japan and world wide exchange programs

with Princeton, ANU, IPP Garching etc. Furthermore, the board of the LHD experiment executes its duties in promoting universities contributions to the overall program. This procedure strongly broadens the input beyond the home team and at the same time maintaining the integrity and coherence of the program. The other devices like CHS are more open to risky experiments thereby providing ample opportunities for the innovation. Remote participation scheme is also highly beneficial for external collaborations. Service of information of LHD experiment also works well. The experimental data is quite open, yet examined carefully before a publication and maintained for use of collaborators. (1名)

- d. LHD 数値解析システム利用共同研究、大型シミュレーション共同研究では、大型シミュレーション研究プロジェクト推進会議などで、計算時間など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か

As for Plasma Simulator, is the requirement of the collaborator reflected to the machine sharing time and CPU time properly?

- LHD 数値解析システム利用共同研究・大型シミュレーション共同研究ともに、研究所内外、同数の委員から構成された委員会・会議で決定されており、また、ユーザ窓口や利用説明会など、実際のユーザの声を聞くことができるシステムを有しており、アフターケアといった点でも、適切に決定、運用されていると評価する。(5名)
- LHD 数値解析システム利用共同研究においては、新システムの説明会などで意見を集めるなど共同研究者の意見を反映する努力がなされており、計算時間など直接研究に拘る事項の決め方は適切である。(1名)
- 大型シミュレーション共同研究については、所外委員を含む大型シミュレーション研究プロジェクト推進会議において資源配分が行われており、共同研究者が申請した計算時間に対して、研究内容を考慮し適切な計算時間の認定がなされている。また、計算時間の追加申請についても、適切に認められており、共同研究者の意見は反映されている。(4名)
- The requirement of the collaborator for the Plasma Simulator is deemed appropriate.(1名)
- 大型シミュレーション研究プロジェクト推進会議において、さらに幅広く意見を集

める努力をする必要がある。審議結果の反映につき、公開・周知を希望する。

(2名)

- The Plasma Simulator (an SX-7 supercomputer) is connected to the LAN-SINET; presumably, therefore, it can be accessed and used remotely, which is a great boon to off-site university collaborators. Allocations for CPU and machine-sharing time on the Plasma Simulator are decided when the proposals are accepted. (1名)
- In general, the simulation research center has carried out high quality work. By adopting the Super SINET, a fast network operated by National Institute of Information is very instrumental in providing both the machine sharing time and the CPU at large. LHD remote operation stations exist in Sendai, Tokyo, Nagoya, Kyoto, Hiroshima and Kyushu. Multi-Protocol label switching and Virtual Reality Network are at full disposal of a collaborator. The board governing large simulation projects is charged with duties of allocating CPU time according to the LHD and NIFS priorities. Yet, there is some room for improvements and further investment in order to upgrade and refine already existing computers and their infrastructure. This is the subject of the highly desirable increase in funding NIFS and its activities. This should be possible bearing in mind the importance of full exploration of the excellent hardware of NIFS.

Finally, it is important to emphasize that the researches from different universities are strongly encouraged to join the board of the large simulation project. This facilitates the open nature of the works on simulations. (1名)

- e. 上記以外の共同研究において、機器の使用、実験期間など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か

As for other categories, is the requirement of the collaborator reflected to the research plan and schedule properly?

- 共同研究者の意見は、よく反映されており、公開性のある決定過程が配慮されている。(6名)
- Fusion Engineering Research and also Safety and Environmental Research are also both involved in the NIFS collaboration program, which is very commendable. (1名)
- Of course, it is obvious that any requirement by the collaborator cannot be fulfilled because of the complexity of managing a very large project. NIFS has worked out the system of appointing a caretaker from the home team to each research project, who is naturally well familiar with the overall outline of the campaign and peculiarities of the project. The caretaker brings the proposal further to the program leader thereby iterating the logistics of the implementation. The caretaker also resumes the responsibility of reconciling the program with other projects running in parallel and sometimes competing for operation time, budget, etc. The system works smoothly yielding very good results. To enhance the success NIFS may think of announcing their priorities on the web asking for collaborators

to contribute. This will facilitate the feedback to the university programs. There is also some room for amplifying the competition to take part and sharing the time of the NIFS program. Research plans and schedule are monitored very closely by the leadership. This is very important for the excellent management of this kind of the institute.

In summary, the requirement of the collaborator is reflected properly in the research plan.

The schedule for collaborations appears sufficient. (1名)

- The requirement of the collaborator for overall program of NIFS, is deemed appropriate. (1名)
- 核融合研究所で開発され、共同研究で活用可能なソフトウェアなどのユーティリティについても、共同研究者にアナウンスするなどして周知させることが望まれる。(1名)
- 双方向型共同研究においては、センター側の実験装置を使用しているため、機器の使用については共同研究者の意見がある程度反映されているものの、実験期間についてはセンター側の実験期間にあわせる必要があるのが現状である。(1名)

f. 外国からの共同研究申し込みに対して、受け入れ体制は整っているか、外国人に対して研究環境、研究支援環境が整っていると見えるか

Does the system for accepting the proposal from abroad exist? Is there supporting system for the collaborators from abroad?

- 最近はかなり多くの外国人研究者が滞在しているおり、客員制度も充実していると考えられる。受け入れ体制、研究環境、研究支援環境は整っていると評価する。(6名)
- Although this question diverges somewhat from the theme of Domestic Collaborations, I am happy to note that a system does exist by which international researchers can submit proposals to the LHD experimental steering committee. Financial support for international proposals also exists. Operation manuals are available in English. (1名)
- NIFS is the best known Japanese centre in fusion studies abroad. Therefore, there is a lot of interest throughout the world to visit NIFS and to contribute to its excellent facilities. There are many international meetings held at NIFS where scientists can come to NIFS and make a first hand experience of the activities. This is the reason why NIFS should have very many proposals from abroad. These proposals are well scrutinized by the home team and the useful part gets accepted and financed. To this end, the department of administration provides excellent support in terms of housing, travel and instructions. Seminars and less formal discussions are held quite frequently. There are also many sports and leisure activities organized by NIFS to make their stay more productive and pleasant. Furthermore, many prominent scientists employed by NIFS have stayed abroad for varying periods of time. Hence, there are many contacts on personal level helping to recruit contributions from abroad. Also, the experience from different facilities is fully exploited at NIFS due to its international nature. One can think of further improvement in terms of increasing the

budget in order to enhance the input from abroad. The system for accepting the proposal from exists and performs well. There is a lot of support for foreign collaborators. (1名)

- 共同研究申し込みの受入体制、受け入れた後の研究環境、支援環境については、所内世話人等に負うところが大きく、ほとんど所員によるボランティア活動というのが現状であり、受入体制全体が組織化しているとは思えない。常設の窓口等何らかのサービス部門のようなものの設立が望ましいと考えられる。(2名)
- 外国からの共同研究の申し込みに対する制度に改善の余地がある。英文の公募文などの準備が必要である。各種国際協力事業との一体運営を将来考える必要がある。(1名)
- 核融合研に滞在する研究者が、国内の他研究機関の研究者と交流する機会をより一層サポートしてほしい。(1名)
- 期待する点は、できるだけ若手の受け入れを増やす事と考える。研究所を活性化するために一番重要な事は年齢を下げる事と考えている。(1名)
- There is system for accepting proposals from foreign researchers and financial support. NIFS has its support for foreign researchers to join collaborations. It is still initiation stage, so the enhancement of supporting system to promote more vigorous international collaboration needs to be considered. (1名)

#### (5) 成果の公表、評価について

##### On the publication of results and their evaluation

#### a. 共同研究成果発表の手順ルール等は適切に定められているか

##### Is the rule for publishing the results of collaborative research determined well?

- 成果発表の手順・ルール等はフローチャートが整備されているため、明確であり、適切に定められていると考える。(8名)
- LHDにおいては、共同研究成果発表の手順ルールが定められており、適切であると考えられる。(2名)
- 最近、論文において共同研究のコード番号を記すことになったのは妥当である。(1名)
- 共同研究によって得られた研究成果の発表については、謝辞への記載を要請しており、おおむね適切であると考えられる。(1名)
- The fact that 80% of all published papers are jointly authored by NIFS and university researchers speaks very well of the NIFS collaboration program. (1名)
- All major research centers in the world confront the problem of working out rules for publishing obtained results. The excellence of NIFS facilities adds up to the complexity of the issue. By any standards, the publication record of NIFS should be considered excellent. This is born out by the number of publications in the best journals, invited and review talks

at major international meetings and references to many publications. Around 300 papers are published by NIFS per year. This should be considered a very good result. Furthermore, most of the published papers are joint publications coauthored by NIFS home team and external collaborators. This is the manifestation of the success of the collaboration research activity in general. Therefore, the results obtained at NIFS are well-known and closely monitored in the world.

Hence, the rule for publishing the results of collaborative research is determined well.

(1名)

- ・最近になって、成果発表の手順やルールが整って来たと考える。今後改良を加え、効率的に行えるシステムにして欲しい。(1名)
- ・共同研究成果をアーカイブし、容易にデータへアクセスできるようにしてほしい。すなわち、核融合研は共同研究を行う「場」であるとともに、この分野の「知的ストック」を培う役割を持つ必要がある。(1名)
- ・共同研究成果の評価において、論文件数、博士取得件数、国際会議招待講演数等の数値や共同研究関連での競争的資金の獲得状況などについても明らか出来ないか？共同研究が核になり発展したプロジェクト等の追跡調査をおこなうこと。共同研究に関連する核融合コミュニティの受賞状況などについてもデータとしてまとめる必要がある。(1名)
- ・日程的にやむをえないことであるが、成果報告発表会が大学の忙しい時期に重なるのが残念。(1名)
- ・本件は、共同研究者の側の意識の問題も含め、今後考えていく必要があるかと思われる。(1名)
- ・報告会での発表者はどのような基準で選ばれているのか良くわからない。(1名)
- ・The process for publishing results from research collaborations appears to be fairly similar to that used at other major international fusion laboratories. (1名)
- ・The rule for publishing results of collaborative research is well established and fair.

However, the systematic collection procedure of collaboration produced papers needs to be considered so that the collaborators could report their published papers in due time for proper accounting of outcome. (1名)

b. 共同研究成果の評価は適切に行われているか

Are the results evaluated properly?

- ・共同研究成果報告会等での活発な議論や報告書、その他の研究成果資料、学会発表等、様々な機会による成果報告を通じて、評価は適切に行われ、有効に利用されている。(8名)
- ・科研費なみの予算を伴うLHD計画共同研究では、継続テーマの結果についてかなりレビューされている。また、成果の発表も求められている。一般共同研究や双方

向共同研究でも成果報告会でレビューされている。これらは適切と判断する。

(1名)

- Apparently research results are evaluated in several ways. There is an internal LHD process by means of which an abstract is circulated, the work is presented locally (probably with a seminar talk), and the division head and the LHD steering committee give their approval. Also, universities have their own evaluation process. Finally, research results must be presented at the annual collaborative research meeting. Taken in combination, these various evaluation methods appear to be sufficient. (1名)

- The evaluation process on the results of collaboration research is deemed appropriate.

(1名)

- Results of collaboration are examined at NIFS annually at the end of the fiscal year. Furthermore, other research centers and universities have their own meetings evaluating results obtained from collaborations with NIFS. Obviously, all publications go through the peer review procedure. Conference presentations are widely discussed and commented during the meetings. Annual meetings of the Japanese fusion community offer good possibilities for the feedback and the enlargement of the collaboration program. As a result, the number of collaboration subjects has been increased significantly. This may be due to the new bilateral collaborations scheme. Here, again the management of NIFS deserves compliments and commendations.

In summary, the results are evaluated properly and should be considered excellent. (1名)

- 今後の課題として、長期的な共同研究につき、その成果を適宜レビューし、良いものを重点的支援するような方策を検討しては？ (1名)
- 現状では共同研究の成果の評価についての基準や方法が十分に定まっていない。また、成果を挙げた研究や、逆に成果を挙げなかった研究にどのように対処するかもあいまいである。今後、予算等が必ずしも楽観視できない現状を考えると、メリハリのある評価が必要となる。共同利用委員会で早急な議論が必要である。評価は時間がかかり大変であるが、共同研究を効率的に進め大きな成果を挙げるには不可欠なプロセスであり、コミュニティをあげて取り組むべき課題である。 (2名)
- 成果の公表は行なわれているが、評価は平均レベルでは行なわれているが、特に適切という事ではない。 (1名)
- 評価を適切に行うには、情報の収集が大切である。各研究系で情報集約して頂けると有り難い。 (1名)
- 共同研究としての成果は、一般に、他の評価に比べもっと意識されるべきものと思われる。 (1名)
- 継続年数が長い、特に成果が得られた、などの基準で選ばれた採択研究課題については毎年度成果発表会で報告させているが、全採択課題に対する終了後の評価機構・制度は存在していない。これを実施するとなると、共同研究委員会の負担が過度になるので現状の評価度合いで宜しいであろう。 (1名)



- ・全く共同研究が進展しないものなど問題の採択課題については、報告書内容から判断して何らかの措置を取るなどは検討する必要があるのでは（共同研究委員会の負担増大の問題がある）。現在では、前年度の報告書を提出していない場合のみに、次年度申請において不採択となる仕組みである。（1名）
- ・研究成果の評価に関連し、継続研究としては4年目となりやっと物理的議論に踏み込める最低限のシステムに構築できたように思える。上記のよう、成果が形になり始めるのは3年目（共同研究申請以前の予備研究も入れると4年目）からであった。積み残した課題は少なくないが、それは以降LHDでの研究に引き継ぎたい。修士・博士課程を通じ実験時常住していた大学院生へのCHSスタッフの長期にわたる多大なる助力に心より感謝すると共に、学生の5年間の研究期間を勘案すると、最長研究継続期間の再考を考えるべきではないか。（1名）

## (6) その他

### Other remarks

- ・一般共同研究においても、核融合科学研究所の外に出かけて行う共同研究の予算（旅費等）が付くようになったと聞いたが、これは大いに評価できる。今後、自然科学研究機構のみならず、様々な連携が重要になってくることを考えると、この面での更なる充実あるいはシステムの構築を期待したい。（1名）
- ・現在では共同研究が、一般共同研究、LHD計画共同研究、双方向型共同研究に効果的に分かれているが、自然科学研究機構の法人化による変化として、自然科学研究機構内の他の分野との連携研究を積極的に推進することが今後に求められているので、これを包括する新たな仕組みの考案が重要であると思われる。分野的にプラズマに関わる核融合1本のみでは、多々存在する他の研究機構との連携研究を幅広く展開することは容易ではないのでは？（1名）
- ・共同研究は入り込んで来る側も、受け手も、活性化でき、素晴らしいシステムと考える。特に、私立大学にいる者にとって、世界の最先端を走る核融合研の共同研究は大変重要であった。しかし、核融合研の共同研究は圧倒的に旧国立機関（大学）間が多い。大学の数、研究者の数は私立大学が多いのに、何故か私立大学からの共同研究が増えない。各大学の特殊な事情もあるが、私立大学から見ると、核融合研はやはり敷居が高い。今後、共同研究の広報活動を今以上に活発にして頂けると有り難い。特に、一般共同研究で、今後、核融合研として期待するテーマを例示し、HP上に出して頂けると有り難い。（1名）
- ・核融合研が共同研究機関として魅力ある場で有り続けるためには、LHDでの研究成果が常に世界をリードしている事である。より一層の努力を期待したい。また、同じコミュニティの他の研究機関も支援し続けて欲しい。（1名）
- ・Collaboration framework in universities with inter-university institute as a core has been working well in nuclear fusion research for four decades. This is a continuing trend bound to increase in future. The management of such a complicated enterprise 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. Numerous Japanese fusion community is encouraged to contribute to LHD in the capacity of the most relevant to fusion device in operation in Japan. Its results are of vital importance for the success of ITER project. (1名)

- 研究会形式のこの共同研究は有効に機能した。日程と参加者について所内世話人と協議し計画的に決めることができたので、旅費・宿泊施設・会議室に関し不便を感じることはなかった。平成18年度も継続を希望している(申請済)。旅費以外に研究会の報告書作成費用が考慮されれば研究会の成果を有効に蓄積し今後活かせるものと思われる。(1名)
- 相互交流型共同研究は核融合科学研究所の研究者が大学に出向いて研究をすることを可能にする画期的なシステムであるが、他大学の研究者が双方向型共同研究4センター以外の大学に出向いて研究することを可能にする枠組みを是非作っていただきたい。このような枠組みが実現すれば、全日本ST研究計画の基盤となる大学における研究の飛躍的な進展が期待できる。(1名)
- 相互交流型共同研究と双方向共同研究とは核融合研から相手機関に出向くための旅費が配慮されているが、資料を収集するために核融合研から出かける活動にはこれらの考え方は馴染みにくい。所外の共同研究者が他所に赴き資料を収集し核融合研に持ち込むために、アーカイブズに関する共同研究にそれらの活動のための旅費を配慮していただきたい。(1名)
- 配分旅費が少額で、核融合研への旅費には利用できたが、それ以外の地域からの参加は困難であった。(1名)
- 本研究においては、実験参加、テレビ会議システムによる会合への参加、核融合研の計算機を用いた安定性解析などを行ったが、すべてにおいて円滑に行うことができた。特に、トークンを用いた認証により実験データ解析や計算ジョブの投入などが遠隔でも容易に行うことができた。(1名)

## 2. 3 まとめ

### (1) 共同利用・共同研究の役割について

核融合科学研究所（核融合研）における共同利用・共同研究は、核融合分野の学術研究が発展するために必要不可欠なものである。核融合に係る研究は、基礎的あるいは萌芽的な段階においても、高度な研究の技法（ノウハウ）と比較的高価な研究設備が必要となる。ソフトとハード両面の学術・技術に関する知的ストックとして、また情報の発信源として、あるいは先端的な研究施設の共有空間として、核融合研は全国の核融合研究者にとって重要な位置づけをもつ。さらに、核融合への応用のみならずプラズマ物理の基礎的テーマ、あるいは他分野との交流といった学術的な広がりを作り出す役割も担っている。こうした強い期待に、核融合研は十分応えていると評価された。

核融合研究は、いま大きく前進しようとしている。その世界的動向、とくに ITER との関係性を考慮に入れた共同研究のありかたについて、様々な角度から検討することが必要となっている。とくに基礎的な学術研究と、核融合炉に集約されてゆく開発研究との間で、核融合研が果たすべき役割は多元化し、多様な機能が求められることになろう。わが国の核融合研究が世界に誇れる水準と活性をもち続けるために、研究者コミュニティと様々な機会を通じてコミュニケーションをはかりながら共同利用・共同研究を発展させることに、一致した期待が表明された。

### (2) 共同利用・共同研究の制度と運用について

共同利用・共同研究の実施内容は、共同研究委員会によって審議・決定されている。共同研究委員会は、所外の委員が 25 人、核融合研所員が 19 人の合計 44 人で構成されている。委員は、核融合ネットワークに意見を求めながら選任されており、開かれた運営だといえる。分野や地域性も考慮されている。

各年の共同研究は、年間プラン、公募、審査、研究の遂行、報告会という流れで実施される。これは標準的なプロセスであり、研究者コミュニティに十分根付いている。

研究課題の審査においては、できるかぎり門戸を広く開ける努力がなされている。実際に多くの研究成果が上がっており、共同研究委員会は適切に機能していると高く評価された。

今後に対する期待として、核融合研究の世界的な動向を分析し、共同研究の長期的なビジョンを明確にすること、学術的な基礎研究を重点化する方策を考えること、研究成果のアーカイブなど知的ストックの充実をより一層はかることなどが提言された。共同利用・共同研究に参加する研究者からの意見を運営に反映するシステムについては、これをより周知して適切なフィードバックが行われるよう望まれる。

### (3) 共同利用・共同研究の3つのカテゴリーについて

現在実施されている共同研究は、3つのカテゴリーに分類され、それぞれ異なる特

性をもっている。

**一般共同研究**については、応募された計画の90%以上が採択されている現状について賛否両論があった。このカテゴリーは、萌芽的な研究をサポートし、研究の内容とコミュニティが広がることを主眼とするために、できるだけ門戸を開こうとする姿勢が評価された。一方、学術研究の多様性を維持・発展させるためには、年間プランで重点テーマを指定して競争率を高めるなど、共同利用委員会が学問的リーダーシップを発揮すべきとの意見もあった。

**LHD 計画共同研究**については、具体的な研究計画が提示され、核融合ネットワークの幹事や委員によるピアレビューとこれに基づく委員会での更なる審議によって課題の採否が決定されている。この運用は計画性と透明性が高く、有効に機能している。とくに、所外の若手研究者に共同利用・共同研究の主導性を与えようとしている姿勢が評価された。さらに学際的な拡がりの拠点となることに期待が表明された。

**双方向型共同研究**は、新しい形の共同研究として注目された。これは、核融合研とセンター間の双方向性共同研究に加えて、従来各センターに分散していた研究施設を全国の研究者コミュニティに広く開放し、研究者間の緊密な研究協力を可能とすることを企てたものであり、学術研究の様々な新展開を可能とするものとして高く評価された。具体的な計画を議論する場として双方向型共同研究委員会の役割は大きく、コミュニティの意見を十分に反映するための更なる努力が望まれる。双方向型共同研究は始まったばかりであり、その機能と役割が固定化されたわけではない。今後、この試みが大きな広がりを持ち、世界的な評価を得る成果をあげるために、コミュニティと十分な議論を行ないながら発展することが望まれる。

以上のように、それぞれに課題は残されているものの、核融合研究と同様に「巨大プロジェクト」といわれる他の科学・技術分野が、人材育成や協力・共同研究のあり方を模索する中で、わが国の核融合分野は、資源の効率的な集中と分配の双方が合理的に行なわれており、核融合研が果たしている役割は高く評価された。

#### (4) 共同利用・共同研究の実施体制および設備などについて

共同利用・共同研究に参加した研究者にアンケート調査を行った結果、その実施において、打ち合わせや調整（実験時間の割り当てなど）は適切に行なわれているとの意見が大勢であった。なお、実験スケジュール変更等については、共同研究者に周知し、共同実験を円滑に進めるべく一層の努力を求める意見もあった。理論・シミュレーション研究では、大型シミュレーション研究プロジェクト推進会議が適正に機能していると評価されたが、さらに幅広く意見を集めるべきとの意見もあった。また、スーパーコンピュータの使用形態やネットワーク環境に関しては、大学研究者からのアクセスが容易かつ迅速に行うことができるよう改善を求める意見があった。所外との連絡に関しては、Super SINETによるネットワーク結合が有効に利用されていると評価された。

支援環境に関しては、一般に良好であると評価されたが、いくつかの要望も示され

た。研究所宿舍が孤立しているため、とくに食事が不便との意見が多かった。共同研究者の受けいれについては所内世話人等に負うところが大きく、ほとんど所員によるボランティア活動というのが現状である。今後は、組織化された受入態勢を整備し所員の負担を軽減する工夫が求められる。

核融合研は外国でも高い名声をもつ研究機関であり、外国から多数の共同研究が提案・企画されている。外国からの共同研究の申し込みに対応する体制をより改善する必要がある。例えば、英文の公募文などの準備が必要である。各種の国際協力事業と連携することも推奨される。

#### (5) 共同利用・共同研究の成果について

核融合研の共同研究からは多数の成果が得られ、毎年 300 篇ほどの研究論文が発表されている。また、申請件数、採択件数、共同研究員受入件数ともに増加し続けている。こうした数値からも、核融合研の共同利用・共同研究制度は極めて有効に活用されているといえる。

採択された共同研究については、成果報告会での報告を義務付けており、概ね適正な運営がなされている。ただし、各課題の最終的評価が必ずしも明確ではないとのコメントもあった。とくに長期的な共同研究については、その成果を適宜レビューし、良いものを重点的支援するような方策を検討すべきであろう。

核融合研の共同利用・共同研究には多数の若手研究者および大学院生が参加している。この分野を長期的に発展させるためには人材の育成が肝要であり、その意味でも核融合研が果たしている役割は重要である。

核融合研は共同研究を行う「場」であるとともに、この分野の「知的ストック」を培う役割ももつ。共同研究成果をアーカイブし、容易にデータへアクセスできるような工夫が期待される。また、共同研究が核になり発展したプロジェクト等の追跡調査をおこなうことも提言された。

双方向型共同研究については、各センターを双方向利用することで、既に顕著な成果が出始めていることは、特筆に価する。また、個々の大学センターで培った技術を他所で双方向的に活用し、コミュニティに広く貢献しようとする新たな展開も図られようとしている。この制度を利用し、わが国の核融合研究が一層発展することへの期待が大きい。

以上を要するに、核融合研の共同利用・共同研究は、我が国の核融合研究が発展するために必須のものであり、全国の研究者ネットワークから強い支持を得ている。ITER の建設・実験開始など、新しい時代を迎えようとする核融合研究において、学術研究が果たすべき役割も新しい意味をもとうとしている。研究者コミュニティとより一層密接なコミュニケーションをはかりつつ、活発な研究が行われることに一致した期待が示された。



## 第3章 炉工学研究センターに関する評価

この章において、先ず1節では、核融合炉工学の重要性を含め、炉工学研究センターの経緯と活動等を述べ、2節では、各委員からの評価結果の概要、3節では、評価結果のまとめを記す。

### 3. 1 総評 — 炉工学研究センターの概要

#### (1) 炉工学研究の重要性と現状

大学における核融合炉工学研究について、組織的な研究は文部省科学研究補助金「核融合特別研究」により本格的に実施されてきた。この特別研究では、炉内材料工学、構造材料工学、超伝導工学、トリチウム理工学などにおいて、各々の専門化によるグループがつくられ、主にグループ内で研究が実施されてきた。この特別研究では各分野の学術が深められてはきたが、核融合炉実現に向けた包括的な研究体制はとられていなかった。

国際熱核融合実験炉(ITER)の概念設計、工学設計が実施されるようになってから、ITERで実証されるべき炉工学及び原型炉に向けた炉工学課題に関する議論が深まり、今後重点的に実施されるべき課題がほぼ共通認識されてきた。これらに関する本格的な議論は第17期日本学術会議核融合専門委員会で開催された。ITERでは本格的にトリチウムの取扱い技術は確立していくものの、原型炉で不可欠な長寿命ブランケットの実現性は現状としてはかなり乏しく、ブランケットに使用されるべき低放射化材料開発と評価も不十分であること、及び燃焼プラズマを含む炉システム全体の挙動についても明らかになっていないことなどが指摘された。核融合炉の早期実現には、炉心プラズマ性能の向上を図るとともに、これら核融合炉工学の飛躍的な進展が不可欠であることはいうまでもない。

現在、ITERではテストブランケットとして固体、液体増殖ブランケットが使用されることになり、要素技術として最重要とされているブランケット開発が国際的に本格的に進められようとしている。国内では日本原子力研究開発機構(原子力機構)が固体増殖ブランケット開発を進めている。一方、自然科学研究機構核融合科学研究所及び大学では液体増殖ブランケット開発に向けた基礎研究が実施されている。ITERではテストブランケットモジュール(TBM)の開発は行われるが、中性子照射量が少ないので、原型炉で要請される長寿命ブランケットに対して外挿は難しく、更なる研究が必要である。このような背景から、ITERのブローダー・アプローチ(BA)においては、原型炉に向けて、強力中性子源によるブランケット及び構造材料に対する照射研究を行うため、国際核融合材料試験施設(IFMIF)の工学設計活動が行われることになっている。

ITERの建設が始められようとしている現在、核融合炉の実現への期待が益々高ま

ってきている。これまで炉心プラズマ研究が主流であった核融合研究は新しい時代を迎えており、核融合炉工学の重要性がこれまでなく大きく高まっている。核融合炉工学として、構造材料を含むブランケット開発研究のみならず、プラズマ対向材料、トリチウム工学、超伝導コイルそして炉システム統合などにおいて、本格的取り組みが強く要請されている。核融合炉の早期実現に向けて及び核融合炉工学の学術的発展のため、これらを担う人材を育成するため、国内及び国際的な連携を進めながら、これらの炉工学研究を推進していくことが必要である。

このような現状から、核融合科学研究所の炉工学研究センターの外部評価を実施して、これまでの活動を評価し、今後のあり方を検討することの重要性が意義づけられる。

## (2) 炉工学研究センターの経緯、活動と成果等

炉工学研究センターは、第 15 期、第 16 期学術会議核融合研究連絡委員会報告等における大学の炉工学共同研究推進提言と核融合科学研究所の果たすべき役割への期待を背景に、平成 11 年度に設立された。設立時の議論において、炉工学の中でも重要かつ長期の開発研究が必要とされる炉材料とブランケットが主テーマとされた。平成 12 年度から 5 年間は強力中性子源要素技術開発共同研究への支援協力を行っている。平成 15 年度に超伝導研究部門の一部を加え、現在専任 7 名、客員 2 名の大部門構成（材料開発、エネルギー変換システム開発、超伝導コイル技術開発の 3 分野）となっている。

設立以降、センターは核融合炉実現を目指す炉工学研究を広く支援し、牽引する COE としての役割を意識しながら、具体的には以下の研究と活動を進めてきている。

- ①大学共通材料の試作、製造（バナジウム合金大型溶解、加工、共通材料試作）
- ②比較的規模が大きく、長期間を要する研究（低放射化フェライト鋼の標準サイズ強度試験、クリープ・疲労・腐食等の試験）
- ③将来の魅力的な核融合炉概念成立に向けた先駆的な研究（液体ブランケット開発研究、超伝導コイル材料照射効果、低放射化超伝導材料開発など）
- ④強力中性子源、ITER テストブランケットモジュール、中性子照射試験、トリチウム利用試験など国内外協力計画への大学の参画支援
- ⑤システム設計に必要とされるデータの拡充、機器概念設計（ブランケット材料、先進超伝導コイル材料の核特性評価、ブランケット試験モジュール設計）

なかでも最も力点が置かれたのが低放射化バナジウム合金の高純度大量溶解であり、従来、米国で得られていた材料に比べて、高純度のバナジウム合金 166kg インゴット製作に成功している。大量溶解と高純度化による加工性の著しい向上は圧延、板材、管材製作、溶接など幅広い加工技術発展に繋がり、加工後の材料評価は多くの大学において、共同研究により系統的に行なわれている。低放射化フェライト鋼につい



ては、大学の微小試験片試験と相補的な役割を果たす標準サイズ試験片実験を実施している。ブランケット要素技術研究では、バナジウム合金開発と関連が深い液体リチウムブランケットの MHD 絶縁被覆開発を重点に研究開発を進めている。国内共同研究、日米協力 JUPITER-II、LIME 計画、民間との共同研究を利用して、いくつかの優れた候補材料を見出し、特に高結晶性酸化エルビウムが液体リチウム中で優れた耐食性を長期間維持すること示した。また炉設計グループに協力しながら、ヘリカル型炉 FFHR の核計算を行い、燃料増殖と中性子遮蔽の整合性を分析し、評価研究を進めている。強力中性子源共同研究では、東北大学、東京大学、大阪大学、九州大学の設備拡充、研究支援を行い、液体リチウム自由表面流形状の評価、テストセルの新しい構造の提案、試験片寸法、加工精度や破壊特性との相関、トリチウム回収法の原理実証などの研究を実施した。これらの一部は平成 17 年度から LHD 計画共同研究として継続発展している。平成 15 年度からセンターに加わった超伝導グループでは、原子力機構、物質材料機構、大阪大学、東北大学などと協力し、超伝導マグネット材料の中性子照射、その評価のための機器を拡充する努力を進めている。これらの研究活動は、核融合科学研究所と関連する機関及び大学研究室との共同研究を広げる役割を果たしつつある。

平成 16 年度の法人化に伴い、核融合科学研究所の中期計画、年度計画が検討され、炉工学分野について「大学の炉工学研究の中核として炉工学研究の集約と学術的体系化推進」が謳われ、共同研究と共同利用機能の充実が重視されている。核融合科学研究所・平成 17 年度計画の炉工学関連推進分野としては、「ヘリカル炉設計、ブランケット、超伝導、安全技術に関する研究」が挙げられ、大型ヘリカル研究部の炉設計グループ、超伝導グループ、安全管理センターとの分担・連携を図りつつ、炉工学研究センターの課題の見直しが進行している。今後の方向として、ブランケット技術統合をこれまで以上に重要視して、大学における研究成果を集約することを目標にしながら、共同研究を更に活性化する方針を挙げている。

### (3) 外部点検評価項目

炉工学研究センターは前節に記してあるように大学の共同研究を担う小規模なセンターとして 7 年前に設立され、現在では超伝導グループが加わり、若干ではあるが拡充されている。このような背景から、センターで行う研究はかなり限定されているが、これまでの活動及び将来の研究の方向性や目標なども含め、第 1 章に記してある 8 項目について外部評価委員による評価を実施し、更に「炉工学研究センター専門部会」で議論した。

### 3. 2 項目別の評価

前節で示してある評価項目について各委員からどのような意見があったかを以下に列記してある。なお、回答者数は、外国人評価委員 2 名を含む 11 名である。括弧内には類似した意見を述べた人数を記してある。

#### (1) 炉工学研究センターの役割。(Role of Fusion Engineering Research Center)

・本センターの規模は小さく、核融合炉工学全体をカバーできるものではないが、このような状況下で、本センターでは以下の 3 つの適切な役割が設定されている。

①大学共同利用機関のセンターとして、エネルギー源を目指した核融合炉工学研究を進める。

②共同研究制度の活用、ネットワークの利用により大学の研究活性化に寄与する。

③強力中性子源の要素技術開発を進めるため、大学における共同研究を推進する。

これらは、それぞれ、基幹となる役割①、センターとしての活動形態②、当面の重点課題③と位置づけられるが、それぞれ相互に関連しており、適切であると考えられる。

(3名)

・炉工学分野は、材料、ブランケット、トリチウム、熱流体、設計、安全性など広い範囲に渡るため、炉工学センターを中心として重点課題をかかげ、関連分野の学術体系化を行う意義は大きく、その中でも特に重要とされる先進低放射化材料、ブランケットに重点をおいて研究をおこない、大きな成果を挙げており、この分野で重要な役割を果たしている。(3名)

・限られた研究設備や人的資源の中で、共同利用研究所としての役割を強く認識した活動が展開されている。我が国の炉工学研究は、各大学の講座レベルでの研究が多く、しかも多岐にわたっているため、ともすれば分散しがちであるが、共同研究のシステムを活用し、大学の炉工学研究に方向性を示し推進してきたことは高く評価できる。特に、日米科学技術協力事業 (JUPITER-II など)、強力中性子源要素技術開発のプロジェクトは炉工学研究センターを中心とした核融合科学研究所の積極的な取り組み無しには実施できなかつたものである。今後もそのような役割を発展させていくことを期待する。(4名)

・核融合実験炉の建設が現実化する中で、炉工学研究センターの役割は極めて大きくなりつつあると考える。我が国における炉工学研究開発体制の構築が問われている。特に大学におけるこの分野の推進については、開発研究の基盤となる学術研究として期待されるところが非常に大きい。このような状況において、「核融合科学」の中核研究所は指導的役割を果たさなければならない。このような観点に立ち、核融合科学

研究所として炉工学研究センターの位置づけを将来計画に絡めて早急に検討することを要望したい。

このような背景の下で、現有スタッフのみでこれに応えていくのは無理があるものの、個々の研究を超えて、我が国の研究戦略を共同研究形式のワークショップを開催するなどして、意見を集約し、運営協議委員会等の内部委員会に留まらず、核融合科学研究所として原子力委員会核融合専門部会等に提言していく土台を作っていくことはセンターの果たすべき役割であると考えます。(1名)

- ・ 今後は益々、国際的活動 (ITER、IFMIF 等) が活発になってくる。このような活動の国内におけるまとめ役としての役割を今後も期待する。また、原子力機構との役割を分担することが重要である (2名)

- ・ 原子力機構が ITER を具体的ターゲットに置いた “near term” の炉工学研究に重点を置いているのに対して、本炉工学センターは、大学と密接な連携による人材育成を含め、” long term” の視点に立った先進性に重点をおいた炉工学研究を展開し、それを実現するための基盤技術を開発する役割を有している。“先進性” に重点を置いた開発戦略は大学における基礎研究重視の考えとも合致している。(1名)

- ・ LHD と理論シミュレーションについて、当センターが核融合科学研究所の第三の中核的研究拠点として発展することを期待する。(1名)

- ・ In the background of establishment of the Fusion Engineering Research Center of NIFS, FERC is targeted to become “Core Organization of Fusion Engineering Research” for Japanese Universities.

Since its establishment in 1999, the role of the Fusion Engineering Center evolves from rather narrow scope of low activation fusion structural material and key liquid-blanket technology studies to covering the intense neutron source and superconducting magnets, based on the recommendation of Science and Technology Council and Fusion Council.

The initial baseline policy was augmenting LHD Project for research on fusion engineering without new large-scale facility in NIFS.

Upon these policy and background, the role of FERC is very well served for promotion of fusion engineering research in a Inter-University Research Institute, NIFS. However, it is recommended to set FERC’s eventual goal considering Japanese Universities’ Fusion Engineering Research Community for FERC’s Core Competence in the future. It is also important to consider complementary role sharing with JAEA on ITER related as well as Broader Approach related Fusion Engineering. (1名)

- ・ If the fusion science program is serious about the future usefulness of fusion as an energy source, it must incorporate a parallel effort in fusion engineering. Hence NIFS is to be

commended on having had the foresight to establish the Fusion Engineering Research Center (FERC) seven years ago. (1名)

**(2) 創設以降の研究テーマ、目標の設定は適切だったか。(Were the objectives and research theme at the start of Fusion Engineering Research Center proper?)**

・設立以降、研究テーマとして下記の5項目が挙げられている。

- ①大学共通材料の試作、製造（バナジウム合金大型溶解、加工、共通材料試作）
- ②比較的規模が大きく、長期間を要する研究（低放射化フェライト鋼の標準サイズ強度試験、クリープ・疲労・腐食等の試験）
- ③将来の魅力的な核融合炉概念成立に向けた先駆的な研究（液体ブランケット開発研究、超伝導コイル材料照射効果、低放射化超伝導材料開発など）
- ④強力中性子源、ITERテストブランケットモジュール、中性子照射試験、トリチウム利用試験など国内外協力計画への大学の参画支援
- ⑤システム設計に必要とされるデータの拡充、機器概念設計（ブランケット材料、先進超伝導コイル材料の核特性評価、ブランケット試験モジュール設計）

限られた陣容と研究費の中で、エネルギー源を目指した核融合炉工学研究として重要かつ長期の研究開発が必要な炉材料とブランケットについて、それぞれ先進的低放射化材料と液体ブランケット開発に的を絞ったのは適切であった。特に、原子力機構が固体増殖材料を使用しているのに対して、液体リチウムや熔融塩を用いたブランケット開発は、学術推進、および、核融合炉の長期的な競争力を向上させる観点からも適切である。さらに炉設計グループや超伝導グループとの連携は長期的に核融合システムを構築する上で有効と考えられる。以上から、これまでのテーマ設定および今後の目標は適切であると評価できる。(9名)

・限られたスタッフと LHD 装置建設に伴う超伝導工学が一段落したこと等の状況において、設定された目標は限られたものであったと理解される。しかし、ITER の進展に伴い、我が国の炉工学分野の研究開発に向けて、その戦略を構築すべき時期に来ていることはコミュニティの共通認識になりつつある。その際、すべてを膨張させていくことが昨今の我が国の財政事情から難しいとすれば、核融合科学研究所の将来計画を検討する中で位置づける必要がある。将来計画の中で、大学を中心とした炉工学研究を、エネルギー科学という学術的側面を強調しつつ位置づけていくことが望ましい。このような意味で目標の見直しを行わなければならない。ただ、この問題は炉工学研究センターのみの問題ではなく、研究所全体に問われていることとして認識すべきである。(1名)

・炉工学研究センターは、また、大学連合の炉工学のセンターという役割も有することから、より一歩前を出て、大学の炉工学をまとめるというような課題の検討や、原

子力機構の炉工学分野との連携をさらに進めるという目標もあってよかった。(1名)

- ・炉システム的な観点からの検討がどの程度なされ、その結果として目標がどう設定されたかがもう少し分かり易く記述されていたならば、より良い資料になったであろう。(1名)

- ・炉工学研究センターの役割を果たすため、その戦略は何か、そのためのプライオリティと各項目の関連性についての議論が必要であろう。(1名)

- ・ Based on policy and background, the role and mission is clearly set-up from the establishment. Based on these main considerations, the objectives and research theme selection was deemed proper and appropriate. The evolutionary approach of scope expansion and extension was also proved to be effective achieving FERC's research objectives. (1名)

**(3) 7年間を通しての成果、特に16、17年度の成果の評価。それぞれ目標は達成されたか。(What are the results of these seven years, especially in recent two years? Have the objectives been attained?)**

- ・設定された目標に対して、低放射化材料、液体ブランケットに関する要素技術開発、強力中性子源共同研究の推進、低放射化超伝導材料の評価、などにおいて優れた成果が得られている。以上のことから、目標の達成度は高いと評価できる。(9名)

- ・それぞれの課題での目標は十分達成されていると評価できる。  
核融合科学研究所独自の研究者による研究のみならず、国内外の研究者や企業と密接な連携の下に進められた研究が多く、この分野のCOEとして良く機能していることがわかる。単なる研究成果にとどまらず、研究コミュニティの拡大や人材育成にも大きく貢献している。(2名)

- ・設定された課題に対しての成果はそれなりにあったとみなせる。特に、バナジウム合金に関連する成果は高く評価される。炉設計の分野においては、大学連合の中心として、原子力機構や企業との連携をさらに強めた取り組みもあるべきではなかったか。(1名)

- ・炉工学関連研究課題として平成17年度の計画において記載されているヘリカル炉設計及び安全技術に対してセンターが果たした役割や成果が不明である。センターとして分担する役割を明確にする事が重要であろう。(1名)

・超伝導コイルの中性子照射効果やクエンチ対策などの研究は、将来の核融合炉を意識した研究であり、今後の発展を期待する。(1名)

・豊富な成果があったと評価できる。ただし、成果を示す場合には、①センターの専任、客員研究者のみの成果、②センターの専任、客員研究者が中心となり、大学の協力を得て行った研究、③大学の研究者が中心となってセンターが協力して行った研究、④その中でも大学の研究者がセンターの施設を利用して行った研究、の区別を明確にすべきである。(1名)

・ From the establishment in 1999, the research of FERC focused on low activation Vanadium alloys, standard size testing of low activation ferritics, liquid-based blanket technology including MHD insulator coating, and intense neutron source technology. The reported results of these research areas indicated that the achievement was excellent and meet its targeted objectives. For the research results of the last two years, the superconducting magnet characterization with intense neutron irradiation is highlighted to demonstrate FERC's achievement. These results also demonstrate FERC's research capability in the area of fusion engineering research. (1名)

**(4) 炉工学研究センターの設備の整備、拡充は適切に進められているか。(Have the facilities in Fusion Engineering Research Center been improved and maintained properly?)**

・「センター創設にあたり、所内に大型施設の設置を想定しない」とのことであり、その範疇において適切に整備されてきた。(2名)

・大規模な装置は持たず、外国や他研究機関の施設を有効に利用した研究手法は妥当である。特に、大学等、他研究機関における設備の整備、拡充も行い、大学と当炉工学研究センターが相補的に開発を進める研究スタイルは、長期的な人材育成、人材確保の観点からも評価できる。(1名)

・センターの設備は未だ十分とはいえないが、共同研究者もよく使う備品を整えてきている。センターの規模は、今後ブランケット研究に重点をおいて適切に拡充している。しかし、規模はブランケットの総合的研究及び共同研究の推進をするのに未だ十分とはいえない。これまでの設備やマンパワーの拡充は評価できるが、今後更に拡充していくことが望まれる。(2名)

・限られた予算の中ではそれなりに充実されたと考えられる。大学等と十分な議論の下、炉工学研究センターの設備の整備、拡充が進められたと思われるが、どのような棲み分けの議論のもと進められたかが報告書からは読み取れない。大学連合の中心とすれば、本センターに設置すべき設備の妥当性については、全日本的な立場で検討することが必要であったかもしれない。所内に大型施設を設置しないという前提は適切であったかの検討が必要である。(2名)

・大きな実験設備を持たないという方針でこれまでセンターの整備がなされてきた。十分な設備整備がなされていれば、研究が更に進んでいったかと思われる部分も多々あることはいなめない。今後の炉工学研究センターの役割や研究の展開を考えると、この方針を再考する必要があるだろう。材料開発にしても、ブランケット開発にしても、大学等では設備が難しい大規模な研究が今後ますます増える。これに対応し、我が国の炉工学の COE としての役割を果たすにはそれ相応の人材と設備の整備が不可欠である。(1名)

・時宜にかなった形で拡充してきているとは言えない。昨今の核融合研究の新展開に対応して、炉工学研究センターが、我が国のこの分野の研究の新展開に向けて早急な検討を主導すべきであろう。(1名)

・疲労試験機など一部の整備は進められているが、共同利用研としての役割を果たすにはさらに整備のスピードを早め特徴を出すことが必要である。(1名)

・強力中性子源の共同研究経費は大学との研究協力に大きく寄与したとみなせる。高く評価できる。(1名)

・LHD 用設備や計算機などの NIFS の有する卓越したインフラと連携をはかり、これらを有効に活用するような設備を整備するのがよかろう。(1名)

・設備について、大学にはない、あるいは持つことが不可能な施設が重点となっているかどうかを知りたい。(1名)

・ It is difficult to quantitatively report on FERC's facility improvement and maintenance, because the reviewer's experience in person with FERC is very limited. However, it appropriateness of FERC's facility to achieve Role and its Research Objectives could be witnessed by reviewing its technical achievements. Therefore, within the reviewer's capacity, evaluation of FERC's facility is on high-mark side. (1名)

**(5) COE としての役割、とくに共同研究（国内、国際）推進の役割を十分に果たしたか、また今後どのような共同研究の形態が望ましいか。（Has the Fusion Engineering Research Center played a central role in promoting national and international collaboration? How is the most effective way of collaboration?）**

・センターは強力中性子源の共同研究、バナジウム合金標準試料の作製と評価、共同設計研究の遂行、JUPITER-II への対応などにおいて、国内外の共同研究を推進してきた。これらから現在の目標・計画に沿った共同研究の展開に力を注いできたことは評価できる。（9名）

・大学、当炉工学研究センター、および原子力機構との連携も順調であり、また様々な枠組みを利用した国内・国際共同研究も順調に進められ、共同利用施設としての役割を果たしている。核融合が長期に及ぶプロジェクトであることを考慮すれば、原子力機構と大学・炉工学研究センターが、“near term” と “long term” の車の両輪として役割分担を明確にして、特に大学・当炉工学研究センターは、人材育成を含めた長期的な視野に立った学術路線を堅持すべきであろう。このためには、資源や施設をセンターに集中させるのではなく、大学の施設拡充にも努め、人材についてもセンターから大学への人的流れも作ることが肝要であろう。（1名）

・中枢研究所の炉工学研究センターとして、重要な炉工学の幅広い分野全般において、炉工ネットワーク等と連携してコミュニティの意見を集約すべく活動を展開したとは言い難い。炉工学の重要性を訴えていくべく、提言をまとめたり、炉工学のどの分野に力を入れて研究すべきかを検討したり、クリティカル・イシューが何であるかについて課題の精査の作業を行うなど、中枢センターとしての役割を果たすことに怠慢であった。（1名）

・ITER への対応はもっと検討されてしかるべきではなかったか。原子力機構を含めた全日本的な共同研究行うべき、検討する余地があったのではなからうか、また人材（学生）育成に対しての質的評価はどうであったのか。（1名）

・LHD 実験会議のように、炉工学センターでは、定期的に外部の共同研究者を交えて具体的な運営方針を議論しているのかを知りたい。大学との共同研究のみならず、炉工学のもうひとつの拠点である原子力機構との連携、分業をも考える必要がある。特に、今後の活動においては、ITER 及び BA との連携を進め、その大学サイドの拠点として役割を果たすことが重要である。（3名）

・今後、各大学の講座レベルでの炉工学研究を有機的に連結させるために、炉工ネットワークと連携して双方向的な共同研究体制を構築し、センターや各大学の施設を有



効利用していくことが、核融合工学の発展に必要であり、この推進が強く期待される。

(3名)

・低放射化材料開発やブランケット開発は、ITER 計画後の原型炉開発を目指して国際的にも方向が具体化しつつあり、核融合研としてこれらの動向を十分に踏まえて、ITER-TBM 等への積極的な取り組みを進めるとともに、低放射化材料開発の実績をベースに液体ブランケットの研究開発に関して、双方向共同研究により重要課題の進展を図り、各大学の関連分野研究を活性化・集約し学術の体系化をさらに意識して進めるべきである。(2名)

・協力の具体的な方法やその内容の深さ等について、今後も更に成果が挙る形態を模索し、より良いものを目指して頂きたい。(1名)

・炉工学研究センターのみならず核融合科学研究所全体においても、炉工学に関する先端的な試験装置や評価装置の整備が遅れている。全国の研究者のニーズを把握した施設、設備の拡充が望まれる。個々の大学では設置が難しいような実験施設（例えば Flibe 実験施設）などがあれば、名実共に COE としての機能が発揮できると思われる。

(2名)

・原子力機構との役割分担を明確にして、特に人材育成、大学の施設拡充、大学との人的交流に努めることが慣用である。(1名)

・ Based on FERC's Role and Policy base, it is apparent to noticed to its goal as COE in National as well as International scene from the beginning. The complementary consideration on the choice of Vanadium alloy research and the Ferritics area demonstrated its targeted goal to become COE of Fusion Engineering Research in Japan. Also, the collaboration on Intense Neutron Source research demonstrated FERC's role as COE in national scale as well as international scene in IEA activities.

For the future plan, the strengthening of collaborative activities among Japanese Universities by augmenting their strength with central hub role, and actively involving ITER related as well as Broader Approach related activities by consolidating Universities' research capability in Fusion Engineering area. (1名)

**(6) 学術としての炉工学の深化、体系化、人材養成について貢献したか。** (Has the activities of Fusion Engineering Research Center contributed in deep and systematic understanding of fusion engineering as science? Has the Fusion Engineering Research Center made an effort to train young researchers?)

・金属材料の照射効果におよぼす不純物の影響に関して基礎的な理解が進むと共に、バナジウム合金の試作開発、セラミックス薄膜被覆の高度化、超伝導線材開発の分野でも進展がみられる。また、工学的視点からの研究も進展した。さらに、液体リチウムブランケット MHD 絶縁被覆の開発が大きく進展するなど、設定した課題について炉工学の深化や体系化に貢献している。(3名)

・炉工学の深化・体系化については、これまでも一定レベルの成果を挙げているが、学術を重視する観点からも、理論やコンピュータシミュレーション手法等も積極的に導入し、学術としての要素還元を図りつつ、fusion material design through advanced computing と云った計算科学の視点を持つことも重要ではないかと思う。資料にそのような視点が含まれていないのは若干残念である。特に、研究機構としての位置づけを最大限生かすためにも、広い学術分野の研究者を取り込むような研究戦略を積極的にとっていただきたい。(1名)

・炉工学全体の体系化については共同研究等を通して結果的に行われたが、それを意識した活動があったかは不明である。(1名)

・学術としての炉工学の体系化という点では、その考え方や成果についての検討が必要と思われる。今後を期待したい。(1名)

・核融合プラズマならびに炉工学については、機械工学や電気工学のように体系化されていない。炉工学の体系化のため、未だ不確定性の強いブランケット工学の進展が必要であり、この方針に沿って取り組んでいることは評価できる。しかし、未だブランケット工学の一部のみを対象としており、今後より包括的な取り組みが望まれる。(2名)

・炉工学における「学術」をどのように捉えていくかは難しい面もあり、議論を深めていく必要がある。成果が普遍性を持ち体系化していくには、単なる経験主義から脱しなければいけないのと、理論シミュレーションとも連携する努力も必要ではないかと思う。また、核融合科学としての炉工学を学術としてエネルギー科学の中に位置づけて外部に発信できることが望まれる。(3名)

・材料開発や超伝導などは核融合以外の分野への応用や発展などの可能性をもっと追求していくことを期待する。(1名)

・今後は年次計画で各分野のテキスト刊行を目指してほしい。(1名)

・一般共同研究及び LHD 計画共同研究において、炉工学センターと大学との共同研究が多彩に展開されており、また総研大教育によって人材育成にかなり貢献しており、評価される。(6名)

・人材育成に関して。共同研究を通して院生の教育に寄与した点は認めるものの、総研大の関連院生がすべて外国人であったことについては真摯に見直す必要がある。(1名)

・核融合研の中に炉工学の実験施設が充実すれば、人材育成に関しても更に大きな直接的な貢献が期待できる。(1名)

・ The initial seven-year's results FERC showed the growing depth and systematic approach of FERC's Fusion Engineering as science discipline, already. It is however recommended to review scope and area of research from top-to-bottom of all area of Fusion Engineering so that the new coverage area with FERC's Core Competence in relation to the NIFS infrastructure. The training of young researches is deemed appropriate considering the NIFS direct training of graduate students as well as through collaborative arrangements listed in the report. (1名)

・ For the purpose of enhancing deep and systematic understanding, one suggestion is to make more use of the powerful tool of theory and simulations for fusion engineering research. The only such mention in the FERC talk is that of "nuclear calculations" (page 30). (1名)

**(7) 平成 18 年度以降の方向性とテーマは適切か。(Are the future plan and objectives reasonable?)**

・ 所内炉工学・炉設計研究連絡会議の現状認識に基づき、システム技術開発に重点をおく全体的な方向性やテーマは適切と思われる。(6名)

・ 今後の方向性とテーマには多くのことが盛り込まれている。個々のテーマはそれぞれ極めて重要な課題であるが、現状の人員と設備でこれだけの課題に適切に対応できるのか、いささか心配である。研究組織と施設の整備計画なども含めてもう少し具体的なプライオリティをつけたプランにする必要がある。(2名)

・平成 18 年度の活動においては、材料照射試験用強力中性子源についての大学と協力した対応、及び炉工学研究の学術としての深化、体系化に対する具体的な目標の記述が望まれる。(1 名)

・今後益々自主科学技術が重要になるので、材料開発を今後も柱として位置づけ、非磁性金属系の低放射化材料としてバナジウム合金の一層の性能向上と応用性の向上に努め、世界をリードすべきである。また液体ブランケット統合システムのために、フェライト鋼、SiC 材料も含めて Li、Li-Pb、Flibe などの液体—構造材料両立性およびこれらの照射効果について、実験施設を整備して学術的体系化を進めるべきである。超伝導については、広範囲の課題について各機関との連携の中心となって進め、炉設計については安全性も含めて長期的な視点で特徴を出してほしい。(1 名)

・現時点において、低放射化材料や要素技術、ブランケットシステム、超伝導材料に関する方向性は一応評価できる。今後、BA を含めた ITER との連携及び炉工学の双方向共同研究を見据えて、炉工学研究を発展させ、人材育成に寄与できる仕組みをコミュニティとともに立案していくことが望まれる。(3 名)

・課題自身が我が国の炉工学が置かれている状況に適切に対応していると言うより、現有スタッフの専門分野とセンターの置かれている境界条件の中で決められてきた嫌いがある。できるだけ一般的な議論の中で将来計画と目標が位置づけられていくことが重要である。(1 名)

・核融合炉を目指した大学の炉工学研究の中核として炉工学研究の集約と学術的体系化を推進すると中期計画にあるが、具体的にどのように行うのかが見えない。これまでも中核としての活動を目指していたがそれについての自己評価はどうであったのか。また、液体ブランケット総合システムを目標とする複合要素、システム技術開発に重点を置くといっているが具体的には何をするのであろうか。大学との双方向研究は意味があると思うが、その司令塔（炉工センターでないかもしれない）はどこになるのかが重要である。また、単に形式的な司令塔でなく、炉工センターにおける学術のレベルが高いことも重要である。また、原子力機構を含めた共同研究を考えるとよいであろうか。ブランケット研究においては、液体ブランケット TBM 提案の取りまとめになるくらいの気概が大切ではないか。原子力機構を含めた全日本的な観点での検討も必要ではなからうか。また、ITER 関連炉工学研究にも積極的な関与を検討すべきであろう。(2 名)

・核融合の安全研究も重要であり、安全管理センターとの役割分担が重要になろう。LHD の DD 実験を炉工学分野の視点から支援する事が重要である。所内の他のグループ（低温・超伝導グループ、炉設計活動、安全研究など）との連携が益々重要になる

う。大学等における炉工学の中核としての役割を果たすことが強く期待される。

(1名)

・ The stated future direction is very appropriate considering its initial seven-year achievements. The continuation of on-going research area into deeper and more systematic approach would be proper. Also, the role of support and contribute to the Universities research would be mutually beneficial. The more emphasis on International Collaboration such as IEA, ITER, JA-US would be very important in future success of FERC. However, it would be important to consider other ITER Parties to conduct collaboration in Fusion Engineering Research.

(1名)

・ At the January 2005 meeting of the NIFS Peer Review Committee, we heard that a new World Academy of Materials Science is to be set up near NIFS. Does the FERC have future plans for collaborations with this research center? (1名)

・ Under the ITER Broader Approach, a new International Fusion Energy Research Center is to be established in Aomori, which will likely include a Fusion Power Plant Technology Coordination Center. Does the FERC have future plans for collaborations with this center?

(1名)

#### (8) その他。(Other remarks)

・ 炉工学研究センターは小規模であるが、先進的で特徴ある研究をセンターが中心となり実施してきた。着実に成果を挙げてきている。また、共同研究により強力中性子源材料研究、低放射化材料研究において多くの成果を挙げ、人材育成に貢献してきた。これらは大いに評価できる。炉工学研究は核融合研究において重要性が高まっており、センターの役割は益々重要になっている。今後の期待は、双方向共同研究の立ち上げや ITER との連携における適切な対応である。(1名)

・ 全日本的に核融合予算は一層厳しくなることが予想される。核融合エネルギーの早期実現には国際協力のもと、全日本的な整合性の中で、重要課題を遂行することが必要である。全日本的な司令塔を目指すことも一つの考えであろう。その中で、大学、原子力機構等との人事交流を考えることも有意義であろう。ITER との関係を明確にすべきではなかろうか。(1名)

・ 炉工学研究センターの活動は、大学のみではなく、炉工学のもうひとつの拠点である原子力機構との連携・分業を全日本的な視点で考える必要がある。特に、今後は

ITER および BA との連携において、大学サイドの拠点としての役割が重要である。

(1名)

・中性子源開発においては今後とも炉工センターが中心となり各大学と原子力機構と連携し国際的研究活動に貢献することが必要である。炉工学分野の国際協力として、JUPITER-II 計画と連携して非常に効率的に成果を得て、国際的に発信している。次期計画においてもさらに発展することが望ましい。(1名)

### 3. 3 まとめ

各委員からの評価についての意見分布をもとに、各項目の要点を記し、最後に部会での討議をもとにした提言を述べる。

#### (1) 炉工学研究センターの役割。(Role of Fusion Engineering Research Center)

センターの人的資源及び設備は限られてはいるが、役割として、絞った研究課題の遂行、共同研究制度による大学との連携、強力中性子源に関わる共同研究の推進は適切である。また、重要な課題において成果をあげており、役割を果たしているとみなせ、評価できる。

一方、今後の課題として、炉工学の現状を見据えたセンターの将来計画の策定を行うこと、ITER 及び BA に関して、原子力機構との連携を図ること、大学を中心とした炉工学全体の研究戦略の立案や調整を図ること（リサーチマネージメント）といった役割が期待されている。

#### (2) 創設以降の研究テーマ、目標の設定は適切だったか。(Were the objectives and research theme at the start of Fusion Engineering Research Center proper?)

センターが設定した5つの目標において、限られた陣容と予算で、炉工学分野で重要視されている先進的低放射化材料と液体ブランケットの研究開発に絞った点、及び炉設計と超伝導グループとの連携は、かなり評価できる。

一方、センターは学術を担う大学の炉工学の中核となるべきとの指摘もあった。また、原子力機構との連携をより進めるべきではなかったかとの指摘もあった。

#### (3) 7年間を通しての成果、特に16、17年度の成果の評価。それぞれ目標は達成されたか。(What are the results of these seven years, especially in recent two years? Have the objectives been attained?)

設定した低放射化材料、液体ブランケットに関わる要素技術、強力中性子源に関わる共同研究等について、優れた成果を得ており、目標の達成度は高い。これらの研究において、研究コミュニティの拡大や人材育成に寄与している。これらから高く評価できる。

一方、炉設計や安全性工学において、センターの役割がよくみえないとの指摘があった。また、炉設計において、原子力機構、企業などとの連携をもっと強めるべきではなかったかとの指摘があった。

#### (4) 炉工学研究センターの設備の整備、拡充は適切に進められているか。(Have the facilities in Fusion Engineering Research Center been improved and maintained properly?)

限られた予算の枠で充実させたとの意見がほぼ半数あるものの、今後、ブランケッ

ト総合研究や共同研究の推進のため設備の拡充が必要であるとの指摘があった。また、大型設備の設置を想定せず、共同研究により炉工学を推進していくという方針についての検討、炉工学の新展開に向けた策定についての検討が求められている。これらから、今後の検討が必要と判断される。

**(5) COE としての役割、とくに共同研究（国内、国際）推進の役割を十分に果たしたか、また今後どのような共同研究の形態が望ましいか。（Has the Fusion Engineering Research Center played a central role in promoting national and international collaboration? How is the most effective way of collaboration?）**

目標として掲げている強力中性子源関連やバナジウム合金などにおいて、国内外の共同研究を推進してきており、高く評価できる。

一方、ITER との連携、原子力機構との共同研究をより推進すること、中枢としてネットワーク等と連携してコミュニティの意見を更に集約していくようにすることが指摘された。

また、大学の炉工学研究を活性化するため、双方向共同研究体制の構築が求められている。さらに、ITER-TBM を見据えて液体増殖ブランケット開発に向けた全国的な共同研究を展開することが望まれる。

**(6) 学術としての炉工学の深化、体系化、人材養成について貢献したか。（Has the activities of Fusion Engineering Research Center contributed in deep and systematic understanding of fusion engineering as science? Has the Fusion Engineering Research Center made an effort to train young researchers?）**

取り組んだ課題については多くの成果が得られており、限られた分野においては深化させたとみなせ、一定の評価はできる。しかし、炉工学の体系化については、体系化をどうとらえるべきかの検討が必要である、かつ包括的な研究体制を組まねば体系化に貢献できない、理論・シミュレーションによるアプローチが必要である、等の指摘があり、体系化については今後の検討が求められる。人材育成においては、共同研究の展開によりかなり貢献しており評価できる。しかし、総研大の関連学生が全て外国人であり、今後の努力が必要である。

**(7) 平成 18 年度以降の方向性とテーマは適切か。（Are the future plan and objectives reasonable?）**

全体的な方向性とテーマはほぼ適切であるが、より優先度をつけた計画にすることが望まれる。一方、これまでの低放射化材料の実績を活かして、フェライト鋼、SiC/SiC も含めたブランケットシステムへの取り組み、ITER、BA、ITER TBM 及び原子力機構との積極的な連携、研究所内の安全管理センターとの役割分担の検討などが求められている。方向性やテーマについては一定の評価はできるが、検討が必要と判断される。



## (8) その他。(Other remarks)

センターの規模は小さいにも拘わらず、低放射化材料、強力中性子源関連課題において成果を挙げており、人材育成に寄与している。ITER および原子力機構との連携、双方向共同研究の構築が望まれる。

上記の項目別まとめを総括する。炉工学研究センターの限られた人材と設備にも拘わらず、これまでの役割、研究テーマ、研究成果、COE としての役割、関わった研究テーマの深化、人材育成において、概ねかなり高い評価が得られている。一方、センターの施設・設備の拡充、今後の研究テーマの方向と目標、炉工学の体系化については、一応の評価はあるものの、検討が必要と判断される。

現在、重要性が大きく高まっている核融合炉工学において、炉工学研究センターが国内の中核となるべきとの強い期待があり、当部会の議論をもとに以下の提言をしたい。

①センターが中心となって、炉工学研究全体の戦略をコミュニティとともに立案して、リサーチマネージメントの役割を果たすこと

②センターの平成 18 年度以降の目標となっている液体増殖ブランケット関連施設を軸にした共同研究を推進すること

③大学の炉工学研究の活性化と人材養成に不可欠な双方向共同研究を炉工学分野においても立ち上げていくこと、及び国際共同研究を推進すること

④センターでは ITER との連携を進めようとしているが、ブローダー・アプローチやテストブランケットモジュールを含め ITER との連携及び日本原子力研究開発機構との連携を具体化して推進すること

⑤炉工学の重要性が格段に高まっている現在、センターの役割と責任が大きくなっているため、組織を拡大するとともに設備も拡充すること

今後の核融合科学研究所の全体計画の策定において、上記の提言が十分に反映されることが望まれる。



## 第4章 安全管理センターに関する評価

### 4. 1 総評

核融合研究において、放射線に対する安全研究・安全管理は非常に重要である。具体的には、核融合反応で発生する中性子やアルファ線および高温プラズマからの X 線などの放射線に対する遮蔽、核融合反応の燃料となるトリチウムの閉じ込め、装置や機器等の放射化に対する取り扱い、などに対する十分な配慮が必要となろう。LHD 等の大型プラズマ実験装置では、これらの要素が複合的に関与しており、幅広い視点での安全に関する経験と基礎データの蓄積が得られる絶好の機会である。従って、LHD での経験と実績は、国際プロジェクトとして推進されている国際熱核融合実験炉 ITER 計画や、将来の核融合炉に向けた安全研究、安全対策に関する基礎研究としての貢献が期待できる。

LHD 装置では、本格的な重水素実験を計画しており、所内の関連する専門家の有機的連携による強力な推進体制を構築し、精力的に検討を進めている。LHD ではトリチウムを直接燃料として導入することはないが、DD 反応により 2.45MeV 中性子が発生すると共に、その 1/100 程度ではあるが DT 反応による 14MeV 中性子も発生するので、十分な中性子遮蔽が求められる。また微量ではあるが DD 反応でトリチウムが発生するので、その取り扱いも必要となる。さらには、放射化レベルは低い放射化物の取り扱いにも配慮する必要がある。

安全管理センターは、環境安全性に優れた制御熱核融合炉の実現に向けて、LHD による現在の実験および計画中の重水素実験に対する放射線安全管理と放射線防護の解析検討や放射線安全管理設備の開発を行ない、ITER 計画や将来の核融合炉のシステム安全性に関わる研究への展開をも視野に入れて研究を進めている。具体的には、重水素実験に伴って発生する中性子やトリチウムに対する放射線遮蔽解析、防護技術の検討や放射線監視技術および排出気体や液体の処理などの工学的安全技術の開発を行っている。これら安全技術の開発研究の成果は、将来の核融合炉に向けた炉工学システム安全性に関する研究への展開が期待される。これらの研究を進める上で、全国大学共同利用機関であることを鑑み、安全管理センターが主導で行う研究のほか、広く全国大学等の研究機関との共同研究や研究会を開催するなどして研究者間の交流に努めている。

さらに安全研究においては、信頼性の高い安全管理システムの構築とその改善も重要な課題である。安全管理センターは、特に放射線安全の確保と管理・保全に関するシステムの構築に尽力してきた。具体的には、現在の LHD 実験ならびに近い将来の重水素実験計画における放射線安全管理と関わる安全研究に取り組んでおり、安全管理計画の策定および安全管理システムの構築を進めている。ことに LHD の実験研究を進める上で必要な、安全性の確保と環境保全に対しては、装置および敷地周辺にお

いて放射線等の監視をするとともに、計測監視方法の改善や計測結果の解析等を行なっている。なお放射線安全に関しては、地域住民をはじめとした一般社会の理解が強く求められる。安全管理センターでは近隣高校の先生方との共同研究を実施するなどして、社会との連携も積極的に図っている。

ところで核融合科学研究所（以下、核融合研と略す）は、法人化前は人事院規則に基づいて安全衛生管理に関する規則を制定して安全管理を実施してきた。特に安全管理センター長は安全委員会の委員長としての責務を担ってきた。一方、法人化後は労働安全衛生法に対応した労働安全衛生管理体制を編成し、所長が総括安全衛生管理者として総括管理することとなった。所長の下に安全衛生委員会が組織され、安全衛生全般について審議されている。また日々の安全衛生の管理・運営に関しては、所長の下に安全衛生推進部が置かれ、その下に放射線管理室、高圧ガス管理室などの 10 室が設置され、実践されている。またこのような研究所全体の安全管理体制およびその推進にあたり、安全管理センターは総括安全衛生管理者である所長を補佐し、研究所における安全衛生管理に関わる諮問機関としての役割も担っている。

安全管理センターは7名の専任（教授3、助教授2、助手2）および客員教授1名から構成されており、安全に対する社会的な関心の高まりと研究所の安全衛生管理の体制強化と相まって、人員的にも強化されている。

以上見てきたように、安全管理センターは、LHD での重水素実験に向けた安全設備の整備と核融合炉システムの安全研究等の放射線安全に関する研究、および研究所の安全管理体制に対する安全管理システムの構築と改善に関する検討を中心として、以下のような目標・計画を掲げている。

- (1) LHD 重水素実験計画に向けた、安全管理計画ならびに安全設備の開発やシステムの構築
  - (ア) 放射線安全管理計画の策定とシステムの構築
  - (イ) 中性子の遮蔽解析と放射線防護計画の策定：遮蔽対策と管理区域の設定
  - (ウ) 排出気体液体処理システムの構築：トリチウム回収設備の設計検討と要素技術の実用化
  - (エ) 放射線監視システムの構築：中性子、トリチウム計測監視技術の開発
- (2) 安全管理に関する安全衛生推進部の中で問題を解決する推進役としての貢献
  - (ア) 放射線管理等の実験安全管理システムの改善・更新
  - (イ) 安全に関わる不具合、事故の要因分析と再発防止策の立案を行う
- (3) 核融合炉工学のシステム安全研究の全国大学共同利用機関の立場での推進
  - (ア) 重水素実験に向けた開発研究の核融合炉における安全研究への拡張
  - (イ) 安全研究について、プラズマ研究者および炉工学・炉設計研究者との連携交流の推進
- (4) 総括安全衛生管理者である所長を補佐し、研究所における安全衛生管理に関わる諮問に対応して必要な事項の調査、分析の実施

以上のような安全管理センターの業務に対して、ここでは以下の視点で評価を実施した。

1. 安全管理センターの位置づけと目標は適切か
2. 計画・目標に対する成果は得られたか
3. 研究所の放射線安全管理に対する安全管理センターの取り組みは適切か
4. 研究所の安全衛生管理に対する安全管理センターの取り組みは適切か
5. 安全管理センターの安全研究テーマの設定と進め方は適切か
6. 安全管理センターの大学等との共同研究や交流の進め方は適切か
7. 安全管理センターの社会との連携の進め方は適切か
8. 次年度以降の安全管理と研究に対する計画は適切か
9. その他

評価委員会は合計3回実施された。特に研究所内での労働安全衛生管理体制における安全管理センターの位置付けや役割に関して不明確な点があったので、安全管理センターと労働安全衛生管理体制との整合性に関して、研究所側と活発な意見交換を行った。その結果、研究所内および評価委員内においても十分な理解と合意がえられ、評価を進める上で大変有意義であった。

## 4. 2 評項目別の評価

安全管理センターに関する評価を以下に示す8つの観点から行った。ここでは評価委員からの評価結果を集計し、関連する事項や意見に関してまとめた。なお夫々の項目の末尾に示した人数は、その項目に対して同様な意見を述べた評価委員の総数である。

### 【(1) 安全管理センターの位置づけと目標は適切か】

Are the role and objectives of Safety and Environmental Research Center proper?

#### 「全体的評価」

- ・安全管理センターの位置づけとその目標・計画は、研究所にとって重要な役割を果たしており適切である。(6名)
- ・放射線安全に重点を置いている点は評価できる。(3名)
- ・安全管理に関しては、研究所の安全管理体制と整合性が取れるように配慮して推進することが望まれる(3名)

#### 「個々の課題に対する評価・意見」

- ・LHD 実験における安全管理は、LHD および核融合炉に向けた研究、近い将来の重水素実験に対する放射線安全管理とその計画検討、将来の制御熱核融合炉の実現に向けて、炉工学安全性に関する研究がバランス良く推進されており、高く評価できる。(6名)
- ・研究所にとって重要な位置づけであり、成果をあげていると評価する。(3名)
- ・難しい問題を内在したセンターであるため、現状では評価されるべきである。(1名)
- ・所内の安全衛生推進部とは独立した諮問機関として、その機能を有しておく必要がある。(1名)
- ・日常の安全管理業務の分担もかなりの比重を占めていると思われるので、順次、本来の機能に特化することが望ましい。(1名)
- ・日本語名から受ける印象が、誤解をうむ危険性がある。英語名の方がむしろ位置づけと目標を適格に表しているため、何れかの時点で適格な日本語名にして欲しいと考える。(1名)

### 【(2) 計画・目標に対する成果は得られたか】

Have the results for the laid plans and objectives been obtained?

#### 「全体的評価」

- ・安全管理や共同研究などを含む研究など、全体的に成果を上げているため、高く評

価できる。(7名)

- ・核融合炉の安全性に関わる日本の研究の取りまとめ役として、国内、国際的にさらにインパクトのある成果を得ることを期待する。(2名)

#### 「個々の課題に対する評価・意見」

- ・LHD 重水素実験に関する開発研究に向けて安全研究を推進しており、多くの実績を残しているため、評価できる。(5名)
- ・設定された目標に対しては、着実に成果が得られており、評価できる。(2名)
- ・重水素実験をふまえ、環境レベルの放射線監視系などは充実していて、長期の環境データの蓄積ができています。重水素実験による影響を議論する準備は整っている。(2名)
- ・要素技術の開発として低濃度トリチウムの高速計測技術の開発等に進展が見られる。これらは低レベル放射線の生物学的意義が未だ不明確な段階としては将来の実用炉に目指した要素技術として研究の意義を見いだすことができる。(1名)
- ・今後は重水素実験に向けた研究推進体制が益々重要になってこよう。(1名)
- ・他大学や研究機関に参考になる重要なデータの蓄積及び分析をし、研究資料としてまとめておいて欲しい。(1名)

#### 【(3) 研究所の放射線安全管理に対する安全管理センターの取り組みは適切か】

Is Safety and Environmental Research Center working on the nuclear safety management properly?

#### 「全体的評価」

- ・放射線管理室の活動の中でセンター構成員は、少ない人数ながら重要かつ適切な役割を果たしている。(3名)
- ・核融合研の放射線安全規則にしたがって、業者や研究者に対する教育訓練やそのための資料製作など適切な取り組みをおこなっている。(5名)
- ・地域の環境放射線測定は、地域社会の理解を得、交流を進める上でも重要であり、評価できる。(1名)

#### 「個々の課題に対する評価・意見」

- ・研究所の日常の放射線管理に対する貢献は評価できる。特に共同研究者に対する教育訓練などの活動は時間をとられるものであり、十分評価できる。(2名)
- ・環境放射線や環境放射能の評価や監視の活動は、現在の放射線管理に留まらず LHD 重水素実験に向けた重要事項なので、システムの在り方、測定方法の改善及び結果の評価等に関して、センターがより積極的に関与することが期待される。(1名)
- ・研究フェーズに合わせて、今後も的確に判断して、合理的に進めて欲しい。(1名)
- ・所長直属の安全管理についての諮問機関としての位置づけは適切である。ただその

機能を効果的にするためには、研究所全体としての安全管理を大所高所から検討する研究所安全管理委員会のような委員会を、安全管理センターの元に組織する方法もある。(1名)

- ・安全管理センターは研究センターとして放射線安全管理の監視対象でもある。このため研究所内の第三者が含まれる監視機能を持つ委員会が設けられても良いのではないか。(1名)
- ・研究面に比重があるセンターと安全管理の業務という二面性については、今後の検討が望まれる。(1名)
- ・安全管理センターが担う現業務を継続するのが良いのか、業務的なものを放射線管理室等に移し、安全管理センターはコンサルタント的な役割に限るのか検討する必要があるのではないか。(1名)

#### 【(4) 研究所の安全衛生管理に対する安全管理センターの取り組みは適切か】

Is Safety and Environmental Research Center working on the safety and sanitary management properly?

##### 「全体的評価」

- ・適切な取り組みをしている。(8名)

##### 「個々の課題に対する評価・意見」

- ・安全衛生に関連した専門的知識や資格を有する教員を抱えるセンターとして、研究所の安全衛生管理において重要な役割を果たし、適切な取り組みをしているといえる。(4名)
- ・個々の安全衛生管理業務への取り組みは評価できる。(1名)
- ・日米安全巡視は国際レベルの安全管理を実践する重要な活動であり、高く評価できる。さらに、非電離放射線である電場・磁場の監視は、他にあまり例のない管理項目であり、評価できるが、基準レベルをどのように設定するかを検討する必要があると思われる。(1名)
- ・定期的な安全巡視への貢献、安全ハンドブックの作成、さらには地域の環境保全を目的とした継続的な水質検査などを実施しており、これらの点は高く評価できる。(1名)
- ・研究面に比重があるセンターと安全管理の業務という二面性については、今後の検討が望まれる(1名)
- ・安全衛生管理において、機械的なモニタリングだけではなく、研究者・技術者・学生などの人達へのヒアリングや意見聴衆、分析にも眼を向けて万全を期して頂きたい。(1名)
- ・労基法による安全巡視には、年に1回ぐらいは外部の人の目を入れるのが望ましい。(1名)



- ・工場等と研究施設での管理体制は異なる視点が必要である。この問題に対して、研究現場での管理体制はどうあるべきかという観点でより高い見地で検討をおこなうことも望まれる。(1名)
- ・安全衛生推進部の各室の室長や室員として行っている業務は安全管理センターの支援業務ではなく、あくまで安全衛生推進部の業務と思われる。これが安全管理センターの支援業務に含める現在の記述では、安全衛生推進部と安全管理センターの役割分担、研究所の中での責任体制が不明確なように思われる。(1名)

#### 【(5) 安全管理センターの安全研究テーマの設定と進め方は適切か】

Are the theme and promotion of safety research proper?

##### 「全体的評価」

- ・安全管理研究テーマとしては、現在の所は重要な部分を網羅し、適格に進められていると評価する。(5名)

##### 「個々の課題に対する評価・意見」

- ・「重水素実験に関する開発研究」は、放射線管理・監視システムの構築、放射線防護計画の検討等を進めると共に、中性子線量計測、高感度トリチウム測定、微量トリチウム回収、環境放射線計測等の研究開発を着実に進めており、活発な研究発表と合わせて、高く評価できる。(3名)
- ・放射化関連では、重水素実験開始後は、被ばく管理と共に、放射化物の管理という新たな課題が生じる。実験計画により放射化された部品等を取り外したり、加工する必要性が出てくると予想される。この様な可能性に対応したシステムや設備の検討をテーマとして設定する必要がある。(2名)
- ・LHDの重水素実験計画の遂行に向けた放射線安全関連の研究は、今後も放射線防護や放射線監視システムの検討を深めてゆくことが必要である。(1名)
- ・研究所が進めているLHDの重水素実験計画に沿った放射線安全管理に関わる研究は積極的に進められているように見受けられるので一層の成果の高度化が期待される。(1名)
- ・核融合炉システムとしての安全研究は、トカマク・ヘリカル・レーザーなどの炉型によらず共通するものであり、今後益々重要となってくる。これは所内の炉工センターや所外の研究者と連携を図って進めてゆくことが肝要である。(1名)
- ・核融合研の置かれた状況で低濃度の放射線の測定に中心が置かれるのはやむをえないのではないかと。(1名)
- ・核融合炉に向けた安全研究は、装置の安全性、環境安全性、社会的受容性等の観点が必要で、内容的にも非常に幅が広い。他大学や他研究機関等との共同研究をさらに発展させることが望ましい。(1名)
- ・「重水素実験に関する開発研究」の主要なテーマである「中性子関連」、「放射化関

- 連」及び「トリチウム関連」の中で、トリチウム関連の研究と比較して、「中性子関連」と「放射化関連」の研究を強化する必要があるのではないか。(1名)
- ・核融合炉システム安全研究に関しては、全体としてどのように考えてこれら個々のテーマを選択したかの明確化が望まれる。(1名)
  - ・LHDの重水素実験の計画の具体化に対応する放射線安全管理体制の具体的構築は進められているのか説明が不十分だったように思える。(1名)
  - ・高温プラズマ研究や炉工学研究、周辺研究等が進んでくると、更に新しい研究テーマが発生する。常に問題点を探して、研究テーマ化し今後の安全に備えて欲しい。(2名)
  - ・今後はITERを含む将来の核融合炉での想定事故の解析、放出されるトリチウムの環境影響の普遍化等に研究中心をシフトしてはいかがなものか。(1名)
  - ・中性子関連では、重水素実験において最も重要な課題は、バースト状の中性子測定であり、現在設置している線量計が対応できるかどうかの研究を進める必要がある。(1名)
  - ・環境中性子の線量とその変動を測定しデータを公開していくことは、中性子についての理解を深める点と、中性子バックグラウンドの把握という点からテーマとして設定する必要がある。(1名)

#### 【(6) 安全管理センターの大学等との共同研究や交流の進め方は適切か】

Is the collaboration with universities properly carried out?

##### 「全体的評価」

- ・共同研究の主要課題は、安全管理センターの役割や目標に沿って進められ、成果も得られており適切に進められている。(4名)
- ・大学等との共同研究は、全国規模で積極的に進められており、高く評価できる。(3名)
- ・今後、さらに国内の共同研究や交流の中核としての働きを強力なものにしていくことが期待される(2名)

##### 「個々の課題に対する評価・意見」

- ・業績リストの中で、共同研究の成果はその旨明示されているとより分かり易かった。(1名)
- ・LHDの重水素実験計画の具体化ならびに欧州でのITER計画の進展に伴い放射線安全管理の研究は核融合炉の安全性についての社会的受容性を得るためにますますその重要性が増し、研究内容も多岐に渡っていく。安全管理センターは多岐にわたらざるを得ない放射線安全管理に関する国内の研究推進を取りまとめることが期待されている。これまでは各大学や他の研究所との共同研究や交流を通じてその機能が発揮されてきたが、今後ますます取りまとめの中核としての働きを強力なもの

にしていくことが期待される。(1名)

- ・高温プラズマ研究や炉工学研究、周辺研究等が進んでくると、更に新しい研究テーマが発生する。そのためには、共同研究や交流は重要である。計画共同研究や双方向共同研究等のシステムを活用して、全国大学共同利用機関としての特徴を活かして、研究テーマの開拓、安全研究の推進をして欲しい。コアとなるべき研究センターと考える。その点では、更に努力を期待したい。(1名)
- ・現在の研究所では、RIや放射線発生装置を使用した研究を研究所内で使用することができないということを考えるならば、センターで開発した測定器等をRIや放射線発生装置を使用できる大学や研究機関において研究する様な共同研究も進めることが必要なのではないかと思われる。(1名)
- ・炉システム安全性研究では、日本原子力研究開発機構との共同研究も視野に入れることが望ましい。(1名)

#### 【(7) 安全管理センターの社会との連携の進め方は適切か】

Does Safety and Environmental Research Center coordinate with the social community properly?

##### 「全体的評価」

- ・社会との連携の取り組みは、積極的かつ適切に行われていると思われる。(9名)

##### 「個々の課題に対する評価・意見」

- ・地元やSSH・SPP活動の高校生を対象とした啓蒙活動を進めている点は高く評価できる。今後は、この活動をより幅広く発展させることが重要である。(2名)
- ・地元教育委員会との共同研究や安全情報の公開を通じて放射線や放射能に関する理解を深める活動に取り組むなど、社会との連携の取り組みは適切に行われている。(1名)
- ・研究所ホームページ上での情報公開も積極的に進められており、地域社会だけでなく、広く社会の理解を得るための活動として、高く評価できる。(1名)
- ・土岐地区の住民と環境放射線測定の研究を毎年実施、地元のセラミック関連産業との連携などするなど、地元と蜜に連携を図っている点は高く評価される。(3名)
- ・核融合研特有の社会問題がある。しかし、土岐地区建設以前から、蓄積してきた基礎データは今後の研究進展に大きな力になると考える。研究所はしっかりした、正しい、信頼性のあるデータを蓄積して、社会との連携を図ってほしい。基礎データは他分野の研究や社会にも寄与する事になると思う。(1名)
- ・中性子に関する理解を深める取り組みを行うことも必要である。(1名)
- ・子供達に正しい知識を与えるために、研究所で蓄積した客観的なデータを元にした公開の安全教育を全国の学校で展開していけると、素晴らしいと考える。(1名)

## 【(8) 次年度以降の安全管理と研究に対する計画は適切か】

Is the future plan proper?

### 「全体的評価」

- ・適切と思われる。(6名)
- ・これまでの成果に基づいて、安全管理と研究開発を着実に発展させるものであり、評価できる。(1名)

### 「個々の課題に対する評価・意見」

- ・LHDの重水素実験に向けて、放射線安全管理の立場から積極的に関与してゆこうとしており、この点は高く評価できる。(1名)
- ・将来的には、本センターが両方の機能をどのようにバランスさせて行くのかが課題となろう。特に安全管理に関しては、統括安全衛生管理責任者である所長の諮問機関としての役割を強化すべきである。従って、例えば安全管理センター長は、安全衛生推進部には直接関与せず、諮問機関として独立の立場にいるなどの体制も考えられる。(1名)
- ・現在安全管理センターが担っている業務が、安全管理センターで行うべきものなのか、それとも安全管理センターは研究に主軸をおく、あるいは専門家としてのアドバイザー的な役割に徹し、日常業務は安全衛生推進部で行う等の方法もありえるように思える。(1名)
- ・研究所が進めているLHDの重水素実験計画に沿った放射線安全管理に関わる研究計画が組立てられ具体的に研究が進められているように見受けられる。ただLHDの重水素実験の計画の具体化に対応する放射線安全管理体制の具体的構築は進められているのかどうかについての説明が不十分だったように思える。(1名)
- ・核融合研は日本の大学関係の核融合研究の窓口であり、研究対象はLHDの範囲に留まらず、より多角的に、普遍的に、ITERや慣性核融合も含めた対象、パラメータ領域を広げ、核融合研究全体に貢献されることを期待する。(1名)
- ・「重水素実験に関する開発研究」の中では、「中性子関連」や「放射化関連」についても、次年度以降の課題として明確に示されているので、着実に実行されることを期待する。(1名)
- ・核融合炉に向けた安全研究に関しては、安全研究のみを独立して進めるべきか、炉工学あるいは炉システム設計と一緒に進めるべきかの議論が重要と思われる。(1名)
- ・さらに積極的に問題を掘り起こし、研究と研究所の安全管理に対する検討をおこなうことも望まれる。(1名)
- ・人員と仕事の範囲の問題、および研究面と管理の面の二面性について、配慮していくことが望まれる。(1名)
- ・I was quite excited to learn that LHD might operate with deuterium. This would enlarge the

critical importance of the role of the Safety and Environment Center. (1名)

## 【(9) その他】

### Other Remarks

- ・LHD 重水素実験計画が実施されるようになった場合には、放射線安全管理の比重が現在より飛躍的に重要になると思われる。また、地域との関係においても、放射線安全管理の主体がより明確に見えることが必要になると考えられるので、LHD 重水素実験への対応においては、放射線安全管理の在り方と、その中での安全管理センターの役割について再検討することが必要であると思われる。また、LHD 重水素実験の実現に向けた取り組みにおいては、現在センターが取り組んでいる放射線安全管理確保のための装置の開発や安全管理システムの構築に加えて、放射線安全管理体制をどの様にするかということについての検討も必要であると思われる。  
(1名)
- ・日常的な安全監視のデータ収集には時間と労力が必要となる。例えば環境モニタリングなどのシステム構築は安全管理センターの責務であろうが、その後の日常的な業務の遂行に関しては、技術部などとの連携・協力を図る必要がある。 (1名)
- ・LHD の重水素実験は研究上も大変重要な位置付けにあり、所内の関連部局が有機的に連携して推進している。ここで特に放射線安全に関しては、所内体制や関連する規則類を整備し慎重かつ迅速に推進する必要があり、安全管理センターには、主導的な役割が期待されよう。(1名)
- ・安全センターは、核融合研の労働安全衛生管理体制のなかで重要な任務をはたしていると評価できる。一方で、工場等での管理体制と研究施設での管理体制は異なる視点が必要である。この問題に対して、研究現場での管理体制はどうあるべきかという観点でより高い見地で検討をおこなうことも望まれる。(1名)
- ・重水素実験を確実に、かつ安全に行うための詳細な検討の中心的役割を果たすことが期待される。また、世界のレベルはDT 実験に向けて格段の進歩をとげようとしている。その活動の中でもリーダーシップをとることが望まれる。(1名)
- ・法人化して、これまでのシステムとの切り替えを明確にすることが大切である。外部からも判りやすい組織にし、わかりやすいスタッフの配置を行って欲しい。  
(1名)
- ・評価できる体制で活動を行っているが、次の2点についての考えをお尋ねしたい。
  - ①所内全体の安全管理を見る性格を持つ安全管理委員会的性格も安全センターの機能の中に含まれているのか。もしそうであれば、安全センターは研究センターの機能も合わせ持つので、他部門からの委員も含まれる安全管理委員会を判然と持つことは考えられないのか。
  - ②LHD の重水素実験の計画の具体化が進められているが、これに対応する放射線安全管理体制の具体的構築は安全センターの今後の計画に含まれているのか。

(1 名)

- In general, I would like to compliment all three talks—on Collaborations, on the Fusion Energy Research Center, and on the Safety and Environment Center—for being well prepared and well presented. It was especially helpful that each of the talks was intentionally structured so as to provide information and directly address the questions that the Peer Review Committee had been asked to consider. (1 名)

#### 4. 3 まとめ

各委員から提出された個々の評価を踏まえ、合計3回の評価専門部会を実施し、安全管理センターの評価について審議した。ここではその骨子を簡単にまとめた。

##### (1) 安全管理センターの位置付けと目標

安全管理センターの位置付けに関して不明確な点があったので、研究所側とまず議論した。今後精力的に推進しようとしている LHD 装置での重水素実験に向けた研究における役割や、法人化に伴い整備された労働安全衛生管理体制による全所的な取り組みにおける安全管理センターの位置付けが当初の説明では必ずしも明確ではなかった。その後、2回の評価専門部会を開催し、研究所側とこの点について十分議論した結果、4.1 項に掲げた項目が安全管理センターの目標・計画であるとの点に関して了解した。

これを受けて安全管理センターの位置付けと目標を評価した結果、安全管理センターの位置づけとその目標・計画は、研究所にとって重要な役割を果たしており適切であると評価した。特に LHD 実験での安全管理や近い将来の重水素実験に向けた放射線安全に重点を置いている点は高く評価できる。今後も所内の安全管理体制と整合性をとりつつ安全管理システムの構築および改善に尽力してゆくことを期待する。

##### (2) 計画・目標に対する成果

安全管理や共同研究などを含む研究など、全体的に成果を上げているため、高く評価できる。特に LHD 重水素実験に向けて安全研究を推進しており、多くの実績を残している点が評価できる。今後は、核融合炉の安全性に関わる日本の研究の取りまとめ役としての機能を高めて行くことも期待する。また今までの長期にわたる環境データを、他大学や研究機関に参考になるよう蓄積及び分析をし、研究資料としてまとめておいて欲しい。

##### (3) 研究所の放射線安全管理に対する安全管理センターの取り組み

放射線管理室の活動の中でセンター構成員は、少ない人数ながら重要かつ適切な役割を果たしており高く評価できる。また核融合研の放射線安全規則に従って、研究者等に対する教育訓練やそのための資料作成、さらに地域の放射線測定など、地域社会の理解を得るための取り組みは評価できる。

法人化後に整備された研究所の労働安全衛生管理体制において、所長直属の安全管理についての諮問機関としての位置づけは適切である。ただその機能を効果的にするためには、安全衛生推進部の放射線管理室との立場の違いや独立性が求められよう。

#### (4) 研究所の安全衛生管理に対する安全管理センターの取り組み

安全衛生に関連した専門的知識や資格を有する教員を抱えるセンターとして、研究所の安全衛生管理において重要な役割を果たし、適切な取り組みをしているといえ、高く評価できる。また定期的な安全巡視への貢献、安全ハンドブックの作成、さらには地域の環境保全を目的とした継続的な水質検査などを実施しており、これらの点は高く評価できる。

#### (5) 安全研究テーマの設定と進め方

安全管理研究テーマとして重要な研究課題を取り上げ、適格に進められていると評価できる。特に「重水素実験に関する開発研究」は、放射線管理・監視システムの構築、放射線防護計画の検討等を進めると共に、中性子線量計測、高感度トリチウム測定、微量トリチウム回収、環境放射線計測等の研究開発を着実に進めており、活発な研究発表と合わせて、高く評価できる。なお今後は、重水素実験にむけた中性子遮蔽、放射化物の管理などの検討をさらに深めてゆくことが求められよう。

一方、核融合炉に向けた安全研究は、装置の安全性、環境安全性、社会的受容性等の観点が必要で、トカマク・ヘリカル・レーザーなどの炉型によらない共通性があり内容的にも非常に幅が広い。他大学や他研究機関等との共同研究をさらに発展させることが望ましい。従って今後の研究内容も、より幅広い視点での課題選択が求められ、核融合における安全工学として炉工学研究センターなどとの連携も重要となつてこよう。

#### (6) 大学等との共同研究や交流の進め方

共同研究の主要課題は、安全管理センターの役割や目標に沿って全国規模で積極的に進められ、成果も得られており適切に進められていると評価できる。今後、さらに国内の共同研究や交流の中核としての働きを強力なものにしていくことが期待される。なおその際、計画共同研究や双方向共同研究等のシステムを活用して、センターで開発した測定器等を RI や放射線発生装置を使用できる大学や原子力研究開発機構との共同研究も視野に入れることが望ましい。

#### (7) 社会との連携の進め方

社会との連携の取り組みは、積極的でかつ適切に行われていると思われ、高く評価できる。具体的には、地元教育委員会や土岐地区住民との環境放射線測定、地元のセラミック関連産業との連携、研究所ホームページ上での情報公開、SSH・SPP活動での高校生を対象とした啓蒙活動などを積極的に推進している点は高く評価できる。今後も継続的な環境測定などを通して、正しい、信頼性のあるデータを蓄積して、社会との連携および理解を得る努力を続けてゆくことを要望する。またこのような基礎データは他分野の研究や社会にも寄与する事になると思う。



## (8) 次年度以降の安全管理と研究に対する計画

これまでの成果に基づいて、安全研究と安全管理を着実に発展させるものであり、適切であると評価できる。

安全研究に関しては、LHD の重水素実験に向けて放射線安全管理の立場から積極的に関与してゆこうとしている点は高く評価でき、今後も着実に進めてゆくことが望まれる。さらに今後は、核融合炉の安全工学としての一般化・普遍化が求められよう。一方、安全管理に関しては、統括安全衛生管理責任者である所長の諮問機関としての役割は大変重要であるが、具体的な権限などをより明確にしてゆく事が求められよう。

## (9) その他の事項

LHD の重水素実験は研究上も大変重要な位置付けにあり、所内の関連部局が有機的に連携して推進している。ここで特に放射線安全に関しては、所内体制や関連する規則類を整備し慎重かつ迅速に推進する必要がある、安全管理センターには、主導的な役割が期待されよう。また現在センターが取り組んでいる放射線安全管理確保のための装置の開発や安全管理システムの構築に加えて、放射線安全管理体制のさらなる整備・強化が求められよう。

安全管理センターは、核融合研の労働安全衛生管理体制のなかで重要な任務をはたしていると評価できる。安全管理センターの評価とは直接関係ない事項であるが、核融合研の労働安全衛生に関する取り組みにおいて、職員へのヒアリングや、外部の人の眼を積極的に取り込む、などの工夫が望まれる。一方で、工場等での管理体制と研究施設での管理体制は異なる視点が必要である。この問題に対して、研究現場での管理体制はどうあるべきかという観点でより高い見地で検討をおこなうことも望まれる。何れにしろ、法人化に伴う管理体制をより明確にし、外部からも判りやすい組織およびスタッフの配置に努めて頂きたい。

一方、日常的な安全監視のデータ収集には時間と労力が必要となる。例えば環境モニタリングなどのシステム構築は安全管理センターの責務であろうが、その後の日常的な業務の遂行に関しては、技術部などとの連携・協力を図る必要がある。

安全管理センターは、LHD での重水素実験に向けた安全設備の整備と核融合炉システムの安全研究等の放射線安全に関する研究、および研究所の安全管理体制に対する安全管理システムの構築と改善に関する検討を中心として、目標・計画を掲げ着実に実施してきており、この点は高く評価できる。特に今後は、LHD での重水素実験における放射線安全確保に向けて主導的な役割が期待される。安全管理システムの構築やその改善に係る努力は、地道ではあるが大変重要であり、今後も継続的かつ堅実な努力を期待する。また所内の安全管理体制への積極的な貢献も求められよう。



## 第5章 おわりに

当外部評価委員会では、前年度の「LHD」と「シミュレーション」に引き続き、本年度は「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」を対象として評価を行った。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。本格的なD-Tプラズマの核燃焼と炉システムの統合を主眼とした「ITER計画」、更に、ITER以降のデモ炉を視野に入れた新しいプログラム「幅広いアプローチ計画（ブロード・アプローチ）」も立ち上がろうとしている。このような状況に対処するには、更なる人材育成への取り組みや学術の発展のみならず、核融合研究体勢の早急な再構築が必至であり、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更に大きなものになる。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。

核融合研究のような大きな投資が必要となる研究においては、当然ながら常に研究資源の有効利用や研究の効率化・重点化を配慮しながら研究を進めていくことが求められる。この観点から、「共同利用・共同研究」は今後ますます重要な役割を担うことになり、わが国の核融合研究を支える根幹的なシステムとして整備していく必要がある。核融合科学研究所における「共同利用・共同研究」の体制はここ数年間で見直しが行われ、核融合研究の新しい段階に対応するためのシステムが構築された。この新しいシステムの下で、核融合への応用のみならず、プラズマ物理の基礎研究、あるいは他分野との交流といった学術的な広がりを持った幅広い研究が活発に展開されており、高く評価された。今後も「共同利用・共同研究」において更に大きな研究成果が上がるようシステムや運用方法を改善する努力を続けていただきたい。「共同利用・共同研究」の成否は受け入れ側となる核融合科学研究所の一人一人の所員に負うところが大きい。所員の方々には「共同利用・共同研究」が核融合科学研究所の根幹的な任務であることを常に強く認識し、核融合研究の進展に大きな役割を果たしていただきたい。

炉工学研究センターでは、限られた人材と設備にも拘わらずその任務を良く認識した研究が行われており、これまでの役割、研究テーマ、研究成果、COEとしての役割、関わった研究テーマの深化、人材育成において、かなり高い評価が得られている。

「ITER計画」や「幅広いアプローチ計画」にも見られるように、核融合炉の実現に向けて炉工学の重要性はますます高まっており、炉工学研究センターが国内の核融合炉工学研究の中核となるべきとの強い期待が寄せられた。本外部評価報告書では、3.3で述べたように、炉工学研究センターが今後果たすべき役割についても提言をまとめた。今後の核融合科学研究所の全体計画の策定において、この提言が十分に反映されることが望まれる。

安全管理センターは、LHDでの重水素実験に向けた安全設備の整備と核融合炉シ

システムの安全研究等の放射線安全に関する研究および研究所の安全管理体制に対する安全管理システムの構築と改善に関する検討を中心として、目標・計画を掲げ着実に実施してきており、この点は高く評価された。今後は、LHDでの重水素実験における放射線安全確保に向けて主導的な役割が期待される。安全管理システムの構築やその改善に係る努力は、地道ではあるが大変重要であり、今後も継続的かつ堅実な努力を期待する。また所内の安全管理体制への積極的な貢献も求められよう。

本委員会による外部評価は、同じプラズマ・核融合の分野の所外の研究者により評価することにより、その結果を受けて核融合科学研究所の研究活動が、ひいてはわが国に於ける核融合研究が更に発展するよう、今後の計画策定・遂行に反映させていただくことを目的としたものであり、本報告書がその役割を十分果たすことを願っている。

○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

(設置)

第1条 核融合科学研究所の研究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、20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。

(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。

(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。

## 平成17年度 核融合科学研究所運営会議外部評価委員会委員名簿

	氏名	職名	所属専門部会
委員長	吉田 直亮	九州大学応用力学研究所教授	共同研究・炉工
副委員長 共同研究専門部会長	吉田 善章	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授	共同研究
	Michael Tendler	Professor, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden	共同研究
	大澤 幸治	名古屋大学大学院理学研究科教授	共同研究
	岡島 茂樹	中部大学工学部教授	共同研究・安全
共同研究専門部会幹事	長 照二	筑波大学プラズマ研究センター長	共同研究
	福山 淳	京都大学大学院工学研究科教授	共同研究・安全
	岸本 泰明	京都大学大学院エネルギー科学研究科教授	共同研究・炉工
	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	共同研究
	畠山 力三	東北大学大学院工学研究科教授	共同研究
	三間 囃興	大阪大学レーザーエネルギー学研究センター長	共同研究
	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	共同研究
	James W. Van Dam	Director of Institute for Fusion Studies in the University of Texas at Austin	共同研究
炉工専門部会長	日野 友明	北海道大学大学院工学研究科教授	炉工・共同研究
	高村 秀一	名古屋大学大学院工学研究科教授	炉工・共同研究
	二宮 博正	日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門 先進プラズマ研究開発ユニット長	炉工・安全
	Gyung-Su Lee	Vice President National Fusion Research Center	炉工・共同研究
専門委員	阿部 勝憲	東北大学大学院工学研究科教授	炉工
専門委員	田中 知	東京大学大学院工学系研究科教授	炉工
炉工専門部会幹事 専門委員	寺井 隆幸	東京大学大学院工学系研究科教授	炉工
安全専門部会長	小川 雄一	東京大学高温プラズマ研究センター長	安全・炉工
安全専門部会幹事	笹尾 眞實子	東北大学大学院工学研究科教授	安全・炉工
	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	安全・共同研究
専門委員	西川 正史	九州大学大学院総合理工学研究院教授	安全
専門委員	乗松 孝好	大阪大学レーザーエネルギー学研究センター 教授	安全
専門委員	平山 英夫	高エネルギー加速器研究機構放射線科学 センター長	安全

## 核融合科学研究所運営会議外部評価委員会日程

平成17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17年10月28日（金）13:40～17:30

場 所：核融合科学研究所管理棟4階第2会議室

出席者：	◎吉田 直亮	○吉田 善章	大澤 幸治	●長 照二
	佐野 史道	渡邊 國彦	□日野 友明	△小川 雄一
	▲笹尾 真実子	佐藤 浩之助		

平成17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17年12月17日（土）10:00～15:40

場 所：キャッスルプラザ4階 梓の間

出席者：	◎吉田 直亮	○吉田 善章	Michael Tandler	大澤 幸治
	岡島 茂樹	●長 照二	福山 淳	岸本 泰明
	佐野 史道	畠山 力三	三間 罔興	渡邊 國彦
	James W. Van Dam	□日野 友明	二宮 博正	Gyung-Su Lee
	阿部 勝憲	田中 知	■寺井 隆幸	△小川 雄一
	▲笹尾 真実子	佐藤 浩之助	西川 正史	乗松 孝好
	平山 英夫			

平成17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18年2月18日（土）13:30～17:30

場 所：中部大学名古屋キャンパス5階 会議室

出席者：	◎吉田 直亮	○吉田 善章	大澤 幸治	岡島 茂樹
	●長 照二	福山 淳	岸本 泰明	佐野 史道
	渡邊 國彦	□日野 友明	高村 秀一	二宮 博正
	阿部 勝憲	■寺井 隆幸	△小川 雄一	佐藤 浩之助
	西川 正史	乗松 孝好	平山 英夫	

◎委員長

○副委員長（共同研究専門部会長）

□炉工専門部会長

△安全専門部会長

●共同研究専門部会幹事

■炉工専門部会幹事

▲安全専門部会幹事

## 共同利用・共同研究専門部会日程

共同利用・共同研究（第1回）専門部会

日 時：平成17年12月17日（土）16:30～17:30

場 所：キャッスルプラザ4階 梓の間

出席者：

○吉田 善章	●長 照二	吉田 直亮	Michael Tandler
大澤 幸治	岡島 茂樹	福山 淳	岸本 泰明
佐野 史道	畠山 力三	三間 罔興	渡邊 國彦
James W.Van Dam			

共同利用・共同研究（第2回）専門部会

日 時：平成18年1月28日（土）13:30～17:30

場 所：中部大学名古屋キャンパス8階 大学院ゼミ室

出席者：

○吉田 善章	吉田 直亮	大澤 幸治	岡島 茂樹
福山 淳	岸本 泰明	畠山 力三	渡邊 國彦
佐藤 浩之助			

○共同研究専門部会長

●共同研究専門部会幹事



## 炉工学研究センター専門部会日程

炉工学研究センター専門部会（第1回）

日 時：平成17年12月17日（土）16:30～17:30

場 所：キャッスルプラザ4階 梓の間

出席者：

<input type="checkbox"/> 日野 友明	<input checked="" type="checkbox"/> 寺井 隆幸	二宮 博正	Gyung-Su Lee
阿部 勝憲	田中 知		

炉工学研究センター（第2回）専門部会

日 時：平成18年1月6日（金）13:40～17:00

場 所：核融合科学研究所管理棟2階 特別会議室

出席者：

<input type="checkbox"/> 日野 友明	<input checked="" type="checkbox"/> 寺井 隆幸	小川 雄一	高村 秀一
二宮 博正			

炉工学研究センター（第3回）専門部会

日 時：平成18年2月2日（木）13:40～17:00

場 所：核融合科学研究所管理棟2階 特別会議室

出席者：

<input type="checkbox"/> 日野 友明	<input checked="" type="checkbox"/> 寺井 隆幸	吉田 直亮	高村 秀一
阿部 勝憲			

炉工専門部会長

炉工専門部会幹事

## 安全管理センター専門部会日程

安全管理センター（第1回）専門部会

日 時：平成17年12月17日（土）16:30～17:30

場 所：キャッスルプラザ4階 梓の間

出席者：

△小川 雄一	▲笹尾 真実子	佐藤 浩之助	西川 正史
乗松 孝好	平山 英夫		

安全管理センター（第2回）専門部会

日 時：平成18年1月20日（金）10:30～12:50

場 所：安保ホール 201号室

出席者：

▲笹尾 真実子	佐藤 浩之助	福山 淳	西川 正史
乗松 孝好	平山 英夫		

安全管理センター（第3回）専門部会

日 時：平成18年2月6日（月）10:00～12:00

場 所：安保ホール 403号室

出席者：

△小川 雄一	▲笹尾 真実子	岡島 茂樹	西川 正史
乗松 孝好	平山 英夫		

△安全専門部会長

▲安全専門部会幹事

**Review for Collaborative research activity****NAME: Michael Tendler****(1) On the contribution to the progress of academic knowledge****a. Does the collaborative research activity contribute the progress of Japanese nuclear fusion research?**

Numerous Japanese fusion communities are strongly encouraged to contribute to the progress of Japanese nuclear fusion research by participating in NIFS activities. NIFS is undoubtedly the fore front leader of the world fusion research. The synergy of the advanced geometry of the magnetic field, the superconductive coils and the enhanced heating provide for the achievement of record parameters highly relevant for fusion. It is obvious that most of results are impossible to achieve on a smaller scale university type facilities. Hence, 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 with 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 thereby making the cutting edge of fusion research within the reach of very many ( about 45 ) universities. Obviously, this approach also guaranties not only the continuation of the program, but also the steady growth of the fusion effort in Japan. This is crucial to safeguard the energy supply for Japan in future. 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. This role has been taken up by NIFS since 1989. Hence, initial problems confronted have been overcome and the system has been improved significantly. Yet, it has to be kept in mind that there are unavoidable difficulties in reconciling conflicting requirements of very many groups involved in such enormous project. NIFS seems to solve them with acclamation showing a great deal of good will and flexibility. Major achievements obtained by NFS stems from this fact. Indeed, long pulse operation, very high value of  $\beta$  of the order of 4 %, development of 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. This 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 the development of the 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 lying outside the scope of the fusion effort. This is born out by the development of the high power micro- wave. These spin-offs benefit the Japanese industry in the shorter time scale than the duration of the program aimed at achieving the fusion power.

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) On the system of collaborative research

a. Is it proper that collaboration system consists of three frameworks; General collaboration, LHD project collaboration, and Bilateral collaboration ?

In general, it has to be kept in mind that the organizational tasks faced by NIFS are very difficult due to very complex problems of fusion research and very large number of institutes participating in the program bodies. Yet, it appears that the problem is solved in the excellent 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 big facilities located at university research centers. NIFS handles the collaboration system very skillfully offering the flexible scheme able to accommodate all school 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 throughout the country.

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

b. Are the members of collaboration committee determined properly?  
Does the committee work well?

Members of collaboration committee are selected on the basis of nominations from the nuclear fusion society. The latter is the most representative body of the fusion community in Japan. This procedure warrants for justice electing 25 members out of 44 nominations. Responsibilities of the collaboration committees are very broad determining categories and priorities of different programs within frameworks described in the previous question, examining and adopting the proposal and finally reviewing the obtained results. Hence, all stages of a program remain under close scrutiny of all partners involved. It also provides coherence and harmony to NIFS main goal of research by fueling the data base and experience with inputs from Japan and abroad. This is important in educating as many people as possible for work in the future fusion technology. The working moral is always very high in Japan. Yet, the proper structuring and the constant encouragement remain mandatory. This is maintained by NIFS at a very high level providing the sense of purpose and achievement to people who want to contribute. There is little bureaucracy in handling proposals because world leading scientists employed by NIFS are governing the process. This warrants for the value of chosen projects and excellence in carrying them out.

In summary, members of collaboration committee are determined properly and the committees work very well.

(3) On the process from calling for the proposals to adopting them

a. Is the process of adopting collaboration subjects proper? Does it managed well?

The process of adopting collaboration subjects is a rather complicated task because it requires insights and a lot of intuition to foresee future operation scenarios. 37 projects approved during 2005 including 9 new ones sometimes involve technical and financial risks caused by a possible failure. Yet, necessary risks are warranted by plausible gains advancing frontiers of research. The judgments are made following many discussions and routine checks of the proposed line of research. Applied to LHD experiment, the ultimate purpose of collaborations is to develop new experimental tools for LHD. For example, the material bed inserting system is tested at Kyushu university before installing on LHD, thereby preventing setbacks and caveats from occurring too often. Furthermore, all collaboration projects are open to a general review of the fusion community by posting on the NIFS website. There is a lot of effort on the side of NIFS to provide equal opportunities within Japan and to encourage scientists, especially young to contribute on top of their abilities. The process of adopting subjects is reviewed and improved routinely every year, thereby providing both continuity and innovation opportunities. Also, the handling of the huge data volume is arranged very well due to NIFS efforts. This is important for a future upgrade of the LHD experiment. Some problems may arise because of difficulties in measuring the importance of a subject versus other projects. In general, the hierarchy of scientific tasks is an extremely difficult task. NIFS has found an elegant way of solving this task by determining the upper limit of the budget. In general, the management of NIFS performs excellent due to a very high commitment to the goals of fusion. They have managed to attract support of local authorities and population of the region, which is a very difficult task. The leadership also keeps very close touch with latest trends in fusion research thereby providing important incentives to collaboration subjects. Furthermore, there is the strong unity and commitment to NIFS goals within the broad community of the Japanese scientists. This must be due to efforts and skills of the NIFS management.

In summary, the process of adopting collaboration subjects is mature. This contributes at large to the overall success of the projects accepted by NIFS.

#### (4) On the supporting system of collaborative research

a. Is the service for the collaborator organized well? For example, quick procedure of visiting NIFS, reserving accommodation, etc. If not, what should be improved?

Starting on a personal note, I, myself visiting NIFS many times, am impressed by the excellent organization of services provided by the institute. There are many spacious rooms well equipped with computers, telephones, faxes etc needed for a successful stay. Administrative department works very smoothly saving a lot of time in contrast to other places. The cafeteria works very long hours offering a wide range of meals three times a day. Lately, it was further improved offering a slightly different menu more suitable to international visitors. Conferences and workshops are held very frequently thereby enhancing the ever higher level of research carried out at NIFS. The library is very rich. For example, I always find publications in the NIFS library not available at my home institution. The level of service is also very high. The personal always has time to attend to the needs of a researcher regardless the nature or sophistication of a request. There is some room for improvement in providing the international media including satellite TV and English newspapers. This will benefit the well being and the comfort of non Japanese speaking scientists of older generation less inclined to surf on the internet. Also, bus service to Tajimi may be made more frequent. I find very important that one can come into contact very easily from NIFS to any Japanese plasma physicist.

In summary, the service for the collaborator is organized very well. This is true for visiting NIFS, reserving accommodations, contacts, discussions, presentations etc.

b. Is the support for the collaborator organized well? For example, machine operation, data acquisition, software libraries, etc. If not, what should be improved?

NIFS is determined to support a collaborator on top of its ability. Excellent facilities such as Plasma Simulator, Virtual Reality systems, LHD numerical analysis system are at full disposal of a collaborator technically supported by NIFS permanent staff. Service programs available for a collaborator include preparation and improvement of collaboration environment consisting of information networks, main computer systems, supporting servers, mathematical and graphic libraries etc. Information service is provided at the website including system manuals, methods to access and utilize computer systems, computer service information and consultation via e mail system. Furthermore, a lot of know-how is disseminated at the simulation science symposium, large scale computer simulation meeting, lectures on high performance Fortran HPF, consultations on parallelization and HPF, "Toki Lectures on Simulation Science" and Asian Winter School, Sokendai summer school etc. New LHD numerical analysis system is beneficial for collaborations on the LHD project. Rather new network for "Plasma Simulator" has matured over last two years and probably requires some upgrading. The quality of the support is born out by the large attendance of Toki Lectures on simulation sciences given by a record 25 Japanese and 20 international visitors last year.

In summary, the support for the collaborator is organized well. This is true for the machine operation including long hours and flexibility, data acquisition systems including both hardware and software and easy access to the knowledge collected at libraries.

c. As for LHD and CHS, is the requirement of the collaborator reflected to the experimental program and machine time properly? Is the database opened properly?

To reiterate, LHD is the fore frontrunner of the international and Japanese fusion research. CHS is the test bed for many ideas and methods to be implemented on LHD provided positive results and experiences have been obtained. Therefore, it appears utterly important to create most favorable conditions for collaborations. NIFS has solved this by offering ample opportunities in terms of inclusive experimental program and long hours of operation for the machine of the LHD power and complexity. Another problem inherent in running such an important device is the necessity to impose stringent requirements in order to safeguard the continuous operation and the longevity of the device. NIFS addressed these stringent and sometimes conflicting requirements by establishing hard rules for Contributors to LHD program. This resulted in many bilateral collaborations with Kyushu, Kyoto, Osaka and many other universities in Japan and world wide exchange programs with Princeton, ANU, IPP Garching etc. Furthermore, the board of the LHD experiment executes its duties in promoting universities contributions to the overall program. This procedure strongly broadens the input beyond the home team and at the same time maintaining the integrity and coherence of the program. The other devices like CHS are more open to risky experiments thereby providing ample opportunities for the innovation. Remote participation scheme is also highly beneficial for external collaborations. Service of information of LHD experiment also works well. The experimental data is quite open, yet examined carefully before a publication and maintained for use of collaborators.

Finally, very many diagnostics are installed on LHD after testing on smaller devices. This provides invaluable source of information for future fusion reactors.

d. As for Plasma Simulator, is the requirement of the collaborator reflected to the machine sharing time and CPU time properly?

In general, the simulation research center has carried out high quality work. By adopting the Super SINET, a fast network operated by National Institute of Information is very instrumental in providing both the machine sharing time and the CPU at large. LHD remote operation stations exist in Sendai, Tokyo, Nagoya, Kyoto, Hiroshima and Kyushu. Multi-Protocol label switching and Virtual Reality Network are at full disposal of a collaborator. The board governing large simulation projects is charged with duties of allocating CPU time according to the LHD and NIFS priorities. Yet, there is some room for improvements and further investment in order to upgrade and refine already existing computers and their infrastructure. This is the subject of the highly desirable increase in funding NIFS and its activities. This should be possible bearing in mind the importance of full exploration of the excellent hardware of NIFS.

Finally, it is important to emphasize that the researches from different universities are strongly encouraged to join the board of the large simulation project. This facilitates the open nature of the works on simulations.

e. As for other categories, is the requirement of the collaborator reflected to the research plan and schedule properly?

Of course, it is obvious that any requirement by the collaborator cannot be fulfilled because of the complexity of managing a very large project. NIFS has worked out the system of appointing a caretaker from the home team to each research project, who is naturally well familiar with the overall outline of the campaign and peculiarities of the project. The caretaker brings the proposal further to the program leader thereby iterating the logistics of the implementation. The caretaker also resumes the responsibility of reconciling the program with other projects running in parallel and sometimes competing for operation time, budget, etc. The system works smoothly yielding very good results. To enhance the success NIFS may think of announcing their priorities on the web asking for collaborators to contribute. This will facilitate the feedback to the university programs. There is also some room for amplifying the competition to take part and sharing the time of the NIFS program. Research plans and schedule are monitored very closely by the leadership. This is very important for the excellent management of this kind of the institute.

In summary, the requirement of the collaborator is reflected properly in the research plan. The schedule for collaborations appears sufficient.

f. Does the system for accepting the proposal from abroad exist? Is there supporting system for the collaborators from abroad?

NIFS is the best known Japanese centre in fusion studies abroad. Therefore, there is a lot of interest throughout the world to visit NIFS and to contribute to its excellent facilities. There are many international meetings held at NIFS where scientists can come to NIFS and make a first hand experience of the activities. This is the reason why NIFS should have very many proposals from abroad. These proposals are well scrutinized by the home team and the useful part gets accepted and financed. To this end, the department of administration provides excellent support in terms of housing, travel and instructions. Seminars and less formal discussions are held quite frequently. There are also many sports and leisure activities organized by NIFS to make their stay more productive and pleasant. Furthermore, many prominent scientists employed by NIFS have stayed abroad for varying periods of time. Hence, there are many contacts on personal level helping to recruit contributions from abroad. Also, the experience from different facilities is fully exploited at NIFS due to its international nature. One can think of further improvement in terms of increasing the budget in order to enhance the input from abroad.

The system for accepting the proposal from exists and performs well. There is a lot of support for foreign collaborators.



(5) On the publication of results and their evaluation

a. Is the rule for publishing the results of collaborative research determined well?

All major research centers in the world confront the problem of working out rules for publishing obtained results. The excellence of NIFS facilities adds up to the complexity of the issue. By any standards, the publication record of NIFS should be considered excellent. This is born out by the number of publications in the best journals, invited and review talks at major international meetings and references to many publications. Around 300 papers are published by NIFS per year. This should be considered a very good result. Furthermore, most of the published papers are joint publications coauthored by NIFS home team and external collaborators. This is the manifestation of the success of the collaboration research activity in general. Therefore, the results obtained at NIFS are well-known and closely monitored in the world.

Hence, the rule for publishing the results of collaborative research is determined well.

b. Are the results evaluated properly?

Results of collaboration are examined at NIFS annually at the end of the fiscal year. Furthermore, other research centers and universities have their own meetings evaluating results obtained from collaborations with NIFS. Obviously, all publications go through the peer review procedure. Conference presentations are widely discussed and commented during the meetings. Annual meetings of the Japanese fusion community offer good possibilities for the feedback and the enlargement of the collaboration program. As a result, the number of collaboration subjects has been increased significantly. This may be due to the new bilateral collaborations scheme. Here, again the management of NIFS deserves compliments and commendations.

In summary, the results are evaluated properly and should be considered excellent.

(6) Other remarks

Collaboration framework in universities with inter-university institute as a core has been working well in nuclear fusion research for four decades. This is a continuing trend bound to increase in future. The management of such a complicated enterprise 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. Numerous Japanese fusion community is encouraged to contribute to LHD in the capacity of the most relevant to fusion device in operation in Japan. Its results are of vital importance for the success of ITER project.

## 「共同利用・共同研究」に関する評価

NAME: マイケル・テンドラー

### (1) 学術進歩への貢献について

a. 共同利用・共同研究が日本の核融合コミュニティの研究の進展に適切に貢献しているか？

日本の核融合コミュニティの大多数が核融合研の研究活動への参加によって日本の核融合研究の進展に寄与するよう促がされている。核融合研は疑いもなく世界の核融合研究の最先端にいる。先進磁場配位と超伝導コイルおよび強力な加熱との相乗効果により、核融合に接近するパラメータの達成を実現している。大学に於ける小・中規模設備ではこれらの結果を生み出すことは明らかに不可能である。従って大学は核融合研との共同研究により大きな利益を得ている。大学で実施されている研究を取り入れるために採用された本システムは日本における重要な発明を生み出す非常に独創的なものである。また、核融合研設立以前の旧体制と比較すると非常に顕著な進展が見られる。現行の共同研究システムの最大の魅力は、世界最高水準のハード・ソフトウェアを直接利用できることであり、これによって、約 45 という驚異的な数の大学との間で連携を図りつつ、最先端の核融合研究を行っている。この点からみても、現在の共同研究は研究プログラムの存続そのものを保証するだけでなく、日本の核融合研究努力の着実な発展に繋がるだろう。これは将来日本を支えるエネルギー供給を確保するという点で非常に重要である。さらに本共同研究プログラムには、若い世代に先進研究を紹介し、典型的な中間段階を省いて将来国際レベルの核融合研究を担うきっかけを与えるという、他に例をみない可能性を秘めている。

核融合研は 1989 年以來ずっとこの役割を担ってきた。従って初期段階で直面した問題は既に解決され、システムは飛躍的な進歩を遂げている。しかしながら多数団体の参加があつて進行する本件のような巨大プロジェクトでは、互いの個別要求を全体として調整しなければならないという必然的な困難が生まれることだけは念頭に置いておく必要がある。核融合研は誠意ある対応と柔軟な姿勢で見事にこの問題を乗り切ったようである。核融合研で得られた主要な功績の多くは、このような背景があつてこそその結果だといえる。長時間放電、 $\beta$  値 4% の達成、LHD 関連技術の発展などは、採択された研究方法の成功を顕著に指し示す一例である。

また、理論・シミュレーション研究においては、鼓動する心臓の映像化からプラズマ対向壁からの排塵の 2 次元シミュレートに至る、綿密に体系化された非常に幅広いアプローチから強く恩恵を受けている。これは 'FI3Fast Ignition Integrated Interconnecting code)' における多階層レーザプラズマ現象を探求するための、統合シミュレーションシステム開発の産物である。安全環境に関する共同研究もまた、LHD D-D 実験におけるトリチウム除去システムの研究開発という、大変重要な課題が示すプログラムの不可欠な一要素を担っている。加えて国際的に利用可能な原子データベースの集積は、世界規模で実施される共同研究における画期的な出来事である。最後になるが、核融合を志向した研究が核融合研究の範疇外にある他の先端技術にも貴重な波及効果を及ぼしていることを特筆しておきたい。これは高出力マイクロ波開発の功績である。これらの波及効果は、核融合電力実現を目指すプログラムより短いタイムスケールで、日本の産業界に寄与している。

つまり日本核融合研究の発展は、核融合科学研究所が実施する共同研究活動の極めて有意義な結果を反映したものと見える。

## (2) 制度について

### a. 共同研究が、一般共同研究、LHD 計画共同研究、双方向型共同研究に別れているのは適切か

一般的に核融合研究は大変複雑で、かつ共同研究プログラムに参加する機関が多数に及ぶため、核融合研が取り組む組織的課題は非常に困難なものであるという事実を留意されたい。しかし核融合研では透明性の高い制度を敷くことで、一連の問題を實に見事な方法で解決している。

共同研究は上記で述べられた通り、3つのカテゴリに分類される。一般共同研究では核融合研の主要施設が利用でき、核融合研研究プログラムに重要な実験を行うために訪れる研究者への予算配分を行っている。LHD 共同研究は LHD 実験に焦点をおき、この設備を効果的に利用することが保証されている。双方向型共同研究では大学研究機関に設置された他の大型設備を使用し、核融合研研究に関わりのある実験を行うことにより、現行の共同研究プログラムをより完全性の高いものへと補足している。核融合研は国内の様々な核融合思想、および研究に適した柔軟的な計画をうまく包括した共同研究システムを運営している。LHD 共同研究については、参加者は現在国内で動作している最も最新の装置にアクセスできる、という利点を与えられている。双方向型共同研究は比較的新しい分野であり、長い歴史をもつ数多くの研究プログラムを時代に沿った問題に向かわせている。一般共同研究は国内の様々な研究活動を支援するという点で、非常にうまく機能している。

まとめると、上記で述べた3の骨組みを基礎とする共同研究システムは適切に組織されているといえる。

### b. 共同研究委員会委員の決め方は適切か、また、共同研究委員会は適切に機能しているか

共同研究委員会のメンバーは核融合ネットワークからの推薦を参考に選出される。後者は日本国内における核融合コミュニティを代表する組織である。この過程により、44名の中から25人の委員を選出する際の正当性を保障している。共同研究委員会の責務は非常に幅広く、前項で紹介された枠組み内の複数プログラムの分類および優先順位の決定、提案の査定および採用、そして結果の評価にまで及ぶ。これによりプログラムはどの段階に於いても全参加機関の監視下におかれていることになる。また国内外参加者からの情報を基にデータベースや経験を投入し、核融合研の研究目的に一貫性と調和をもたらしている。これは未来の核融合技術分野で活躍できる人材を多く育成するという点において非常に重要である。日本の勤労意欲は常に高い。しかし適切な制度と一貫した奨励活動は今後も欠かせない。これらは核融合研によって高レベルを維持されており、研究活動への貢献を希望する人材は目的意識と達成感を与えられている。核融合研在勤の世界的科学者がプロセスを管理しており、各種提案を処理する際に官僚主義が持ち込まれることはほとんど見られない。これは採択されたプロジェクトの価値とそれらを実行する意義を保障するものである。

まとめると、共同研究委員会委員は適切に選出されており、委員会はいくも運営されている。

### (3) 公募から審査、採択までのプロセスについて

- a. 共同研究は、公募により提案され、各共同研究委員会で審査後、採択される仕組みとなっているが、この制度は、適切か、また、適切に運用されているか

共同研究課題の採用過程は、将来的な動作シナリオを確かな見識と洞察力を駆使して予想する必要があり、やや複雑な作業である。2005年に採用された（LHD 共同研究）全37件のプロジェクト（うち9が新規採用）も失敗によりもたらされる技術的あるいは経済的リスクを含んでいる。しかしながら必然的なリスクについては、新領域研究の進歩から得られる利益によって代えられる。決断は度重なる議論、または研究方向の定期的確認を行いながらなされている。LHD 実験への応用、共同研究の最終的な目的は LHD 用の新たな実験装置の開発にある。例えばマテリアルベッド抽入システムは LHD に設置する前段階で九州大学で試験されており、これにより不具合の発生を抑止している。さらに全共同研究プロジェクトは核融合研ウェブサイト上に公開されており、核融合コミュニティは広くこれらを評価することが可能である。国内に平等な機会を提供し、特に若手研究者が最高の実力を発揮できるよう促がすという点で、核融合研側がになう労力は計りしれない。課題を採択する過程は毎年評価・改良が繰り返され、プロセスの継続と発展の機会を提供している。また大量のデータ処理も核融合研の努力によりうまく整備されている。これは今後の LHD 実験向上に極めて重要である。課題の重要性を審査するのは難しく、問題が生じる場合もあるだろう。概して科学事業を序列化することは極めて難しい課題といえる。これについて、核融合研は予算の上限を決めるといふ、実に洗練された解決方法を見出した。核融合研は核融合実現に向けて大変意欲的であり、そのため優れた管理体制を発揮している。これまでも大変難しいとされている、地元関係機関や地域住民からの支援確保に努めてきた。また核融合研究を率いる立場として、常に関連分野の最新動向把握に努め、共同研究課題を活性化させている。さらに日本人科学者の幅広いコミュニティ内部では、核融合研の目標達成に向けた強固な連帯感と意欲が存在している。これは核融合研経営体制の努力と実力の結果に他ならない。

まとめると、共同研究課題制度は十分に円熟している。これは核融合研受け入れプロジェクトの総括的成功に大きく寄与している。

#### (4) 受入・実施体制について

- a. 共同研究の申し込み、宿泊の申し込みなどが適切に処理されているか、このように研究に直接拘る以外のところ、即ち、研究支援環境は整っているか、改善すべき点があるか

個人的に過去何度も核融合研を訪問しているが、そのたびに研究所の素晴らしいサービスには感銘を受ける。宿泊部屋は広く、コンピュータ・電話・FAXなど快適な滞在をする上で必要な設備が備えられている。他機関に比べて管理部の対応は非常にスムーズで、手続きにかかる時間が大きく節約される。食堂は長時間運営されており、様々なメニューで一日3度食事を提供している。最近では外国からの滞在者にも比較的受け入れられやすいメニューも追加されている。会議やワークショップは頻繁に開催されており、核融合研の研究レベル向上を支えている。図書館は豊かな蔵書を誇る。例えば私自身、自分の研究所では見つからない出版物を核融合研で探すことができる。サービスレベルは非常に高い。職員はその性質に関わらず、常に研究者からの要求に応える姿勢で勤務している。ただし衛星放送や英字新聞といった国際的な情報網の提供は必要かと思われる。インターネット等に馴染みの薄い年配の外国人科学者は、前述のサービスがあればより快適に滞在できるだろう。多治見駅へのバス運行はもう少し増やして欲しい。核融合研からその他国内のプラズマ物理学者と容易に連絡が取れる、という点は非常に重要だと考える。

まとめると、核融合研への訪問・宿泊先確保・連絡・会議・プレゼンテーション等、共同研究者に対するサービスは非常に整っている。

- b. 実験では、共同研究に必要な機器の設置、機器運転、解析に必要なデータ収集など、また、理論・シミュレーションでは、計算機へのアクセス、ライブラリーの使用などが適切に行えるか、即ち、研究環境が整っているか、研究環境に関する事で改善すべき点があるか

核融合研は、全力で共同研究者を支援する立場にある。共同研究者はプラズマシミュレータ、バーチャルリアリティシステム、LHD 数値解析システム等の設備が自由に使用でき、核融合研職員の技術的サポートを受けられる。また共同研究者には情報ネットワーク・メインコンピュータシステム・サポートサービス・数学およびグラフィックライブラリなど、共同研究環境の整備・改善に関わる支援も含まれている。情報サービスについては、システムマニュアル・コンピュータシステムへのアクセス及び利用法・コンピュータサービス情報・電子メールを用いた問い合わせ等のサービスがウェブサイト上から提供されている。加えてシミュレーション科学シンポジウム、大型コンピュータシミュレーション会議、高性能 Fortran HPF に関する講義、並列化および HPF に関する説明会、シミュレーション科学分野をテーマにした土岐会議、アジア冬の学校、総研大サマースクール等の機会を通じ、多くの専門知識が広められている。新しい LHD 数値解析システムは LHD プロジェクトに従事する共同研究者には非常に有益なものである。プラズマシミュレータに関する新しいネットワークはここ2年で完成されてきたが、多少改良が必要になるとと思われる。サポートの質は25人の日本人科学者と20人の外国人科学者が海外より参加した今年のシミュレーション科学に関する土岐会議によって裏付けられている。

まとめると、長時間および柔軟性のある機械運転・ハードウェア/ソフトウェアを含むデータ取得システム・図書で収集できる情報へのアクセス等、共同研究者への支援はよく整備されている。

c. LHD・CHS では、LHD 実験会議などで、実験企画、実験条件、ショット数など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か、またデータの公開は適切に行われているか

繰り返しになるが、LHD は日本国内外の核融合研究の先駆者である。CHS は LHD 搭載に先立ち多くのアイデアや方法を試験するテストベッドであり、これまでに有益な結果や経験が得られている。したがって、共同研究者にとって最適な条件を整備することは明らかに重要である。核融合研は LHD という複合装置に対して包括的な実験プログラムおよび長期間運転という側面でも多くの機会を提示することで、この点を解決してきた。このように貴重な装置を運転していると、装置の寿命や連続運転を確約するため厳重な規則を制定する必要性が生まれる。核融合研は LHD プログラム従事者に対して厳しい規則を設け、これらの厳重かつ場合によっては対立する要件に取り組んできた。これは九州・京都・大阪はじめその他多数の大学との双方向型共同研究およびプリンストン・ANU・IPP Garching 他との国際交流プログラムに発展している。さらに LHD 実験会議は、全てのプログラムについて大学側の寄与を強く推奨し、その責務を実行している。この過程は所内を超えて参加者を大いに増加させ、同時にプログラムの完成度と一貫性の維持に役立っている。CHS をはじめ、他の装置に関してはよりリスクの大きい実験に利用でき、技術革新への一歩に繋がるものである。LHD 実験の情報サービスはうまく整備されている。実験データは公開前に厳重に調査されるが、共同研究者が利用できるように常に維持されており、広く開放されている。

最後に小規模装置で試験後、LHD には実に多くの診断装置が搭載される。これは核融合炉実現に向けてかけがえのない情報源になるだろう。

d. LHD 数値解析システム利用共同研究、大型シミュレーション共同研究では、大型シミュレーション研究プロジェクト推進会議などで、計算時間など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か

概してシミュレーションリサーチセンターは非常に質の高い作業を行っている。情報通信研究機構が運営する高速ネットワーク SuperSINET の採用はマシンタイムや CPU タイムを広く提供する上で非常に有益なものである。LHD リモート運転ステーションは仙台・東京・名古屋・京都・広島・九州に設置されている。マルチプロトコラブルスイッチおよびバーチャルリアリティネットワークは共同研究者が自由に利用できる。大型シミュレーションプロジェクト会議主導による大型シミュレーションプロジェクトでは、LHD および核融合研の優先度に応じた CPU 時間の割当を受けている。しかしながら現在稼働中のコンピュータや周辺設備を改良するにあたって、若干の改善および投資が必要になると思われる。つまり核融合研およびその活動に要する財源の拡大が望ましい。これは最先端の核融合研ハードウェアを徹底調査することの重要性に留意すると、実現されるべき課題である。

最後に他大学からの研究者が、大型シミュレーションプロジェクト会議への参加を強く推奨されていることは、特筆すべき点である。これによりシミュレーション業務の開放的な気質がより際立っている。

e. 上記以外の共同研究において、機器の使用、実験期間など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か

このような大規模プロジェクトの運営は非常に複雑であり、共同研究者からの要求を全て満たせるわけではないのは明白である。核融合研では、活動の概要およびプロジェクトの特異性をよく理解した世話人を、所内から各研究課題に配置するシステムを考案した。世話人は計画を研究代表者に提示し、導入までの後方支援を担う。加えて世話人には同時進行する、または運転時間や予算が干渉しあう複数プロジェクト間で、プログラム調整を行う義務が課せられている。システムはうまく運用されており、前向きな結果を生み出している。成功をより着実にするため、核融合研の考える研究課題の優先度をウェブで公開し、共同研究機関からの寄与を募るのも一考である。そうすることで大学プログラムへの反映にも繋がるだろう。また競争拡大や核融合研主導の研究課題との割り当て等、改善すべき点が若干見受けられる。研究プランや基本構想は責任者の厳重な監視下にあり、これは核融合研のような組織を運営するうえで非常に重要である。

まとめると、研究プランにおいて共同研究者の要望は適切に反映されている。満足できる共同研究スケジュールである。

f. 外国からの共同研究申し込みに対して、受け入れ体制は整っているか、外国人に対して研究環境、研究支援環境が整っているといえるか

核融合研は、海外で最も名の通った日本の核融合研究機関である。よって核融合研を訪問し、優れた研究施設に貢献を希望する外国人研究者も数多い。核融合研では数多くの国際会議が開催されており、科学者はこの機会に核融合研を訪問し、その研究活動を視察できる。結果核融合研には海外からの提案が多く寄せられる。一連の提案は担当部署が慎重に検分し、有益と判断されれば資金が供給される。このため管理部では宿泊、移動、および指導等に関して、申し分の無いサービスを提供している。セミナーや非公式の議論は頻繁に開催されている。また核融合研職員が組織するスポーツ・娯楽活動も豊富で、滞在中の生活をより生産的かつ快適なものにしてくれる。さらに著名な核融合研科学者の多くは一定期間の海外生活経験があり、海外からの参加を公募する際に、個人レベルでの遣り取りが可能である。加えて国際的な職場環境のもと、他機関で積んだ経験は核融合研で存分に発揮されている。海外からの参加を強化するという点で、予算増額に向けた努力が必要かもしれない。海外からの提案受入れ制度はうまく機能している。海外共同研究者への支援も豊富に用意されている。

## (5) 成果の公表、評価について

### a. 共同研究成果発表の手順ルール等は適切に定められているか

各国の主要研究所は、皆実験結果の発表に関する規則制定の問題に直面している。核融合研施設の素晴らしさは問題の複雑さを表している。どの水準で判断しても、核融合研の研究発表記録は卓越したものであり、これらは一流ジャーナルへの寄稿、主要国際会議での招待講演またはレビュー講演、あるいは数々の出版物において参照されていることから裏付けられている。核融合研で発表される論文は毎年 300 件にのぼり、非常に優れた結果だといふべきである。さらに発表論文の多くは核融合研究所内と、外部からの共同研究者による共同著書である点に留意したい。これは共同研究活動の成功を表している。よって核融合研で得られた結果は広く知られており、世界中で注目されている。

したがって共同研究の成果発表に関わる規則は適切に制定されている。

### b. 共同研究成果の評価は適切に行われているか

共同研究の結果は核融合研で毎年度末ごとに評価されている。他の研究センターや大学では、核融合研との共同研究で得られた結果を独自の会議で評価している。全ての出版物が外部評価の過程に通される。学会で発表する内容は会議で広く議論され、論評が述べられる。日本のプラズマ・核融合学会の年次会議は、共同研究へのフィードバックやプログラム拡大の良い機会である。結果的に、共同研究課題数は大幅に増えてきた。これは新たに始まった双方向型共同研究の影響もあると思われる。

繰り返すが、核融合研の運営は賞賛に値する。

まとめると、結果は適切に評価されており、優れたものである。

## (6) その他

大学共同利用機関を中心とした大学における共同研究は、40 年にわたり核融合研究分野でうまく機能してきた。これは将来さらに増加が見込まれる傾向である。複雑な事業の運営は非常に優れたもので、出資機関からの各種支援を受けるに相応しい。さらなる活動拡大を図る計画は奨励され、支援されるべきだろう。核融合研の日本核融合プログラムにおける指導力は高い賞賛に値する。数々の日本核融合コミュニティは、現在国内で運転中の最も能力のある核融合装置である LHD への寄与を求められている。この結果は ITER の成功に向けて非常に重要なものである。



## Review for Collaborative research activity

NAME: Gyung-Su Lee

### (1) On the contribution to the progress of academic knowledge

a. Does the collaborative research activity contribute the progress of Japanese nuclear fusion research?

During last 16 years, the Institution, NIFS, has made world-class scientific outputs and become the leading fusion research institute among world-wide scene. It is also recognized that the NIFS' role as Japanese Inter-University Institute inheriting 40-years of history, is well established with more than 150 Institutions in Japan. The major facilities of NIFS have been utilized and shared by Japanese fusion community. The joint research collaboration frameworks such as LHD Collaboration as well as newly started Bilateral Collaboration works well in addition to the General Collaboration Works. Based on these reported results and outcome, such as collaborative activity list, published joint papers and education of graduate students, the success of NIFS' collaborative research is very highly commended. Therefore, it is appropriate to conclude that the NIFS' collaborative research contributed very effectively to the progress of Japanese fusion research.

### (2) On the system of collaborative research

a. Is it proper that collaboration system consists of three frameworks; General collaboration, LHD project collaboration, and Bilateral collaboration ?

It is a bit hard to understand fully to distinguish some part of General Collaboration in LHD and LHD Project Collaboration, the rational behind these two categories could be well understood. The newly started Bilateral Collaboration framework is appropriate to NIFS' role as Japanese leading fusion inter-university institution. Therefore, the NIFS' collaboration system consisted of three frameworks is deemed appropriate and effective.

b. Are the members of collaboration committee determined properly?  
Does the committee work well?

The documented role of collaboration committee is to plan, promote, and manage collaboration program, and to check and review the status of collaboration, primarily. The additional role of "Bilateral Collaboration Sub-committee" is to consider the strategy of Japanese Universities' fusion research. In this respect, the choice of committee members from Universities and NIFS is appropriate and the management of committee is also deemed proper. The organization of committee in the sub-committees reflecting three frameworks also seems reasonable. The records of committee meeting showed reasonable frequency of meetings, but year 2005 seems to have lower activity in a few areas.

(3) On the process from calling for the proposals to adopting them

a. Is the process of adopting collaboration subjects proper? Does it managed well?

The process of adopting collaboration subjects in General Collaboration and LHD Project Collaboration is evaluated as proper and effective. The Bilateral Collaboration area is considered as same process, but the results showed all acceptance of proposed collaborations. It could be understood that the Bilateral Collaboration framework has been started most recently so that the incubating period could be needed.

Based on personal observation with regarding NIFS' role as Inter-University Institute, it is recommended that the "merit-based" competition selection mechanism and "promotion-based" target selection mechanism would be distinguished so that the transparent management of selecting and adopting collaboration subjects could be enhanced.

(4) On the supporting system of collaborative research

a. Is the service for the collaborator organized well? For example, quick procedure of visiting NIFS, reserving accommodation, etc. If not, what should be improved?

The NIFS' service to the collaborators is deemed proper and effective.

b. Is the support for the collaborator organized well? For example, machine operation, data acquisition, software libraries, etc. If not, what should be improved?

The support for the collaborators is also deemed proper and effective.

c. As for LHD and CHS, is the requirement of the collaborator reflected to the experimental program and machine time properly? Is the database opened properly?

The requirement of the collaborators for LHD and CHS is deemed appropriate.

d. As for Plasma Simulator, is the requirement of the collaborator reflected to the machine sharing time and CPU time properly?

The requirement of the collaborator for the Plasma Simulator is deemed appropriate.

e. As for other categories, is the requirement of the collaborator reflected to the research plan and schedule properly?

The requirement of the collaborator for overall program of NIFS, is deemed appropriate.

f. Does the system for accepting the proposal from abroad exist? Is there supporting system for the collaborators from abroad?

There is system for accepting proposals from foreign researchers and financial support. NIFS has its support for foreign researchers to join collaborations. It is still initiation stage, so the enhancement of supporting system to promote more vigorous international collaboration needs to be considered.

(5) On the publication of results and their evaluation

a. Is the rule for publishing the results of collaborative research determined well?

The rule for publishing results of collaborative research is well established and fair. However, the systematic collection procedure of collaboration produced papers needs to be considered so that the collaborators could report their published papers in due time for proper accounting of outcome.

b. Are the results evaluated properly?

The evaluation process on the results of collaboration research is deemed appropriate.

(6) Other remarks

## 「共同利用・共同研究」に関する評価

NAME: ギュン・スー・リー

### (1) 学術進歩への貢献について

#### a. 共同利用・共同研究が日本の核融合コミュニティの研究の進展に適切に貢献しているか

過去 16 年で、核融合研は世界に知られる科学的功績をあげ、核融合研究分野で世界を率いる研究所に成長してきた。また、40 年を誇る大学共同利用機関としての核融合研の役割も認識されており、日本全国で 150 を越す機関との間で活動が継続中である。このシステムを利用し、核融合研の主要施設が国内核融合コミュニティ間で共同利用されている。LHD 共同研究や新たに創設された双方向型共同研究は一般共同研究に加えてうまく機能している。これらの報告結果を受けて、共同研究活動一覧、共同著書論文、さらに大学院生の教育にみられる核融合研共同研究の成功は、高く評価されている。

### (2) 制度について

#### a. 共同研究が、一般共同研究、LHD 計画共同研究、双方向型共同研究に別れているのは適切か

一般共同研究における LHD 共同研究と、LHD 計画共同研究の違いは若干わかりにくいだが、それぞれの合理性については理解できる。新規にスタートした双方向型共同研究は、大学共同利用機関として核融合分野で日本を率いる核融合研の役割を反映している。よって、3 つのグループに分けられた核融合研の共同研究体制は、適切かつ効果的だといえる。

#### b. 共同研究委員会委員の決め方は適切か、また、共同研究委員会は適切に機能しているか

書面に記された共同研究委員会の役割は、おもに共同研究を企画・推進・運営し、共同研究の状態を確認・評価することである。双方向型共同研究に加えられた役割として、日本の大学機関で実施されている核融合研究方針を検討することがあげられる。この点で、大学および核融合研からの委員選出は適切であり、委員会の運営も適切に行われている。3 つの共同研究プログラムごとに小委員会を設ける体制も、非常に理に適っていると思われる。過去の議事録をみるかぎり、適切な頻度で委員会が開かれているようだが、2005 年に関しては、活動がやや消極的な分野もみられる。

<p>(3) 公募から審査、採択までのプロセスについて</p>
<p>a. 共同研究は、公募により提案され、各共同研究委員会で審査後、採択される仕組みとなっているが、この制度は、適切か、また、適切に運用されているか</p> <p>一般共同研究および LHD 計画共同研究における研究課題採用プロセスは適切かつ効果的である。双方向型共同研究も同じプロセスで進められるが、提出された共同研究提案書は全て承認されていた。これに関しては、双方向型共同研究は最も新しい共同研究分野であるため、熟成期間が必要だったのだろうと推測される。</p> <p>大学共同利用機関としての核融合研の役割を私的レベルで観察してみる限り、結果を問う競争的課題選択方式と、その課題を推進すべきと判断する重要課題選択方式をはっきりと区別した方がいい。これにより、共同研究課題の採択・採用管理の透明化が進められるだろう。</p>
<p>(4) 受入・実施体制について</p>
<p>a. 共同研究の申し込み、宿泊の申し込みなどが適切に処理されているか、このように研究に直接拘る以外のところ、即ち、研究支援環境は整っているか、改善すべき点があるか</p> <p>共同研究者への核融合研のサービスは適切で効果的である。</p>
<p>b. 実験では、共同研究に必要な機器の設置、機器運転、解析に必要なデータ収集など、また、理論・シミュレーションでは、計算機へのアクセス、ライブラリーの使用などが適切に行えるか、即ち、研究環境が整っているか、研究環境に関する事で改善すべき点があるか</p> <p>共同研究者への核融合研のサービスは適切で効果的である。</p>
<p>c. LHD・CHS では、LHD 実験会議などで、実験企画、実験条件、ショット数など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か、またデータの公開は適切に行われているか</p> <p>LHD と CHS 共同研究者の意見に対する対応は適切である。</p>
<p>d. LHD 数値解析システム利用共同研究、大型シミュレーション共同研究では、大型シミュレーション研究プロジェクト推進会議などで、計算時間など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か</p> <p>プラズマシミュレータの意見に対する対応は適切である。</p>
<p>e. 上記以外の共同研究において、機器の使用、実験期間など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か</p> <p>核融合研の全プログラム共同研究者の意見に対する対応は適切である。</p>

f. 外国からの共同研究申し込みに対して、受け入れ体制は整っているか、外国人に対して研究環境、研究支援環境が整っているといえるか

外国研究者からの提案を受け入れ、研究資金を支援するシステムがある。核融合研では外国人研究者が共同研究に参加できるよう、このシステムを擁立している。まだ初期段階にあると思われるので、より活発な国際共同研究の推進に先立ち、支援システムの強化を図りたい。

(5) 成果の公表、評価について

a. 共同研究成果発表の手順ルール等は適切に定められているか

共同研究結果の発表に関するルールは適切に設定されている。しかしながら、系統的に共同研究成果発表論文を収集する方法を考える必要があるだろう。これにより、共同研究者は必要とする時に自分の業績を提出できるだろう。

b. 共同研究成果の評価は適切に行われているか

共同研究結果の評価プロセスは適切である。

(6) その他

## Review for Collaborative research activity

**NAME: James W. Van Dam**

### (1) On the contribution to the progress of academic knowledge

a. Does the collaborative research activity contribute to the progress of Japanese nuclear fusion research?

Collaborations are vital for efficient progress in all types of scientific research. The international fusion research effort has been noteworthy for its collaborative activities for the past four and a half decades. The NIFS program of collaborative research is particularly impressive, in terms of the relevant budget and also the number of scientists and institutions who are involved and the number of resulting publications. NIFS has a special responsibility for collaborations in Japan since it functions as an inter-university national institute. It appears to fulfill this role very successfully.

### (2) On the system of collaborative research

a. Is it proper that collaboration system consists of three frameworks: General collaboration, LHD project collaboration, and Bilateral collaboration?

There are many different types of scientific collaborations, for example: (1) intra-institutional collaborations, in which scientists at the same institute but belonging to different departments or divisions work together; (2) inter-institutional collaborations, in which scientists from different home institutes collaborate; (3) cross-specialty collaborations, which bring together experimentalists, theorists, computer simulation experts, and technologists; and (4) cross-discipline collaborations, in which fusion physicists work with scientists in other scientific field, such as space and astrophysics, molecular biology, fluid dynamics, etc.

NIFS has structured its collaborations into three frameworks: General, LHD, and Bilateral. This system appears to be appropriate for achieving the purposes of each of the frameworks. Historically the current frameworks for NIFS collaborations (the offshoot of the collaboration activities of the former Institute of Plasma Physics) have progressively developed as the scope of fusion research activities at Japanese universities has evolved over the past several decades. The Bilateral framework for collaborations, which was instituted in 2004, is the most recent instance of such adaptation to the evolving university research situation in Japan. It is conceivable that the NIFS collaboration system may continue to adapt in response to future needs and opportunities in coming years.

Each of the three collaboration frameworks has a distinct purpose and organization.

#### 1. General collaboration framework:

The purpose of this framework is to encourage non-NIFS scientists to do research that makes use of existing NIFS facilities and resources. The facilities include experimental devices (LHD, CHS), diagnostics, test equipment, and information technology hardware (large-scale computers, Super SINET). The resources include financial support for personnel exchanges and workshops, administrative infrastructure, and human resources (e.g., scientific collaborators). A minor but quite worthwhile component of the General collaboration framework is the Fusion Archive; I

wish that the U.S. would initiate a similar activity. The funding for General collaborations is provided through NIFS.

2. LHD collaboration framework:

The purpose of this framework is to encourage non-NIFS scientists to invent new experimental methods and tools—both scientific and engineering—that can subsequently be applied on LHD. The difference between “LHD Project collaborations” and “LHD collaborations” (cf. the chart on page 14 of the Collaboration talk) is that the former refers to the LHD collaboration framework and the latter to a component of the General collaboration framework. Research and development carried out under the LHD collaboration framework is performed off-site, at the home institution of the non-NIFS collaborator(s); when completed, it is then applied to LHD under the General collaboration framework. Funding for both of these types of activities is derived from the NIFS budget. One example of a collaboration in the LHD framework was described, namely, a material bed insertion system; there are several other examples, as well. I would suggest that, not only new experimental technologies, but also new theories and simulation methods can be developed at universities and then imported by NIFS for useful application on LHD.

3. Bilateral collaboration framework:

The purpose of this framework is to encourage NIFS scientists to work on medium- and large-scale experimental facilities at several Japanese universities, so that these facilities become collaborative facilities. Funding to support these facilities is provided both through the universities themselves and also through NIFS. This shared funding arrangement lends stability and enhances connectivity, and for these reasons I applaud the creation of the Bilateral collaboration framework. In the description of the Bilateral collaborations with Kyushu, Osaka, Kyoto, and Tsukuba, an example of a NIFS contribution (viz., a cryostat for laser-plasma targets) was described; there are other examples, as well. It would be interesting to hear more about the work that NIFS scientists are performing on these university facilities. Under the General collaboration framework, mention was made in the Collaboration talk (page 38) about the Fast Ignition Integrated Interconnecting Code project; this simulation effort could be viewed as a NIFS contribution to the Bilateral collaboration framework, although it is categorized in the General collaboration framework because the smaller size of its funding is appropriate to that framework.

Each of the three collaboration frameworks also has a distinct style of operation. The Collaboration talk attempted a simplified portrayal of these operational styles by means of set theory diagrams with overlapping circles. These diagrams were mildly helpful.

It is commendable that graduate students at universities can perform thesis research through the NIFS collaboration frameworks. In addition, NIFS supports its own graduate students and also hosts students through the Graduate University for Advanced Studies. Students can be very worthy collaborators. Hence the educational aspect of the NIFS collaboration program is important. Since LHD is a premier experimental facility in Japan, it is to be hoped that the number of Ph.D. students who graduate with theses based on LHD collaborative research will grow.

In 2004, NIFS became one of five inter-university institutes that comprise a “super institute” called the National Institute for Natural Sciences (NINS). It would be interesting to learn about the domestic collaborations that NIFS is planning to develop within the NINS. The example of the application of virtual reality to medical education and diagnosis, mentioned in the Collaboration talk as belonging to the General collaboration framework, might well also be categorized as a NIFS-NINS collaboration. Incidentally, I would encourage NIFS to export its invention of Bilateral collaborations to the other NINS component inter-university institutes (and



to other large flagship institutes in Japan, such as KEK for the high-energy physics field).

b. Are the members of collaboration committee determined properly? Does the committee work well?

The Collaboration Committee has 44 members. The balance between committee members from NIFS (43%) and those from universities (57%) seems about right. The NIFS Administrative Council is also reasonably represented on the Collaboration Committee through 16 of the 44 members, again balanced from NIFS and from universities (half-half).

The Collaboration Committee members are assigned to three subcommittees, which correspond to the three collaboration frameworks. Apparently several members serve on more than one subcommittee. The chair of each subcommittee is a non-NIFS scientist, which is probably a helpful policy. Members of the NIFS Administrative Council constitute a noticeably larger fraction of the membership of the Bilateral collaboration subcommittee (69%) compared to the other two subcommittees (30% for General collaborations and 43% for LHD collaborations). This larger fraction is probably due to the fact that the Bilateral subcommittee ponders the serious matter of strategy for fusion research at universities.

The General collaboration subcommittee and the LHD collaboration subcommittee held no meetings during 2005. (Hopefully this means that these two collaboration frameworks were operating smoothly.) Instead, most of the collaboration effort was focused on the Bilateral collaborations, whose subcommittee was very busy, with five meetings last year. Obviously this busy schedule was associated with planning for the new experimental device at Kyushu University, since the Bilateral subcommittee was also active in sponsoring workshops on this subject (four in 2004 and three in 2005). The full Collaboration Committee did hold one plenary meeting in 2005.

(3) On the process of calling for the proposals to adopting them

a. Is the process of adopting collaboration subjects proper? Is it managed well?

Each year, the Collaboration Committee determines the collaboration categories and issues a call for proposals. It also reviews the research proposals that are submitted, assigning one of three grades to each proposal. Subsequently budgets are provided in accordance with these grades.

The call for proposals should include information not only about what are the current high-priority research goals, but also about what are the selection criteria. Publicizing this information is very helpful to prospective collaborators. (Calls for proposals in the U.S. routinely include this information.) Also, we were told that the proposals are typically only one page in length; in my opinion, requesting modestly longer proposals (of, say, 5-10 pages) would provide better information for the reviewers.

It is striking that 99% of the General collaboration proposals (304 out of 308 submissions) were accepted in 2005. Also, the absolute number of proposals is very large (over 300); perhaps more discrimination should be applied in order to channel increased funding to fewer, but more deserving, proposals.

It is even more striking that exactly 100% of the Bilateral collaboration proposals were accepted. The special nature of the Bilateral collaboration framework apparently determines the review

procedure and selection criteria for these proposals.

It would be interesting to know the corresponding statistics for the acceptance rate of proposals in the LHD collaboration framework. The total number of LHD proposals is 215, of which 42 are from outside collaborators.

On page 14 of the Collaboration talk, the number of proposals is used as the measure of activity in the various collaboration frameworks. The number of proposals is a good measure, although other measures that might possibly be considered are budgets, number of personnel involved (full-time equivalents), and/or number of publications. The number of publications is used as the ordinate in the bar graph on page 16; however, the total number of publications is given, rather than the number corresponding to each of the three collaboration frameworks, which would require more refined gathering of information. It is interesting to note the very significant increase (almost doubling) of the number of publications from 2003 to 2004, which was attributed to better reporting procedures; the initiation of the Bilateral collaboration framework in 2004 apparently did not contribute much to this increase.

Other than soliciting, reviewing, and adopting collaboration proposals, the Collaboration Committee holds one annual meeting of several days duration at which all of the national collaborators—presumably for all three of the collaboration frameworks—report on their research results, which are then published in a book. There are specific persons in each sub-committee who monitor the progress of the various collaborations on an ongoing basis.

#### (4) On the supporting system of collaborative research

a. Is the service for the collaborator organized well? For example, quick procedure of visiting NIFS, reserving accommodation, etc. If not what should be improved?

NIFS has excellent service facilities, such as the Helicon Club, the cafeteria, and its huge library. My personal experience with NIFS administrative services—e.g., accommodation reservations, paperwork for visits—has been very favorable. The administration office was invariably prompt and helpful. Especially I would like to commend individual NIFS scientists for going out of their way to be of assistance to visitors, even in such mundane matters as transportation to the supermarket, which I very highly appreciated. If a minor peeve may be allowed, I do wonder why the cash corner automatic banking machine cannot be operational during more hours of the day. No bus service to and from NIFS on weekends is also an inconvenience. (However, these last two items may be out of the control of NIFS.)

Also in reference to service programs for collaborators, I commend the following training activities: the various symposia and lectures on simulation science and high-performance computing, the Asian Winter School, and the GUAS summer school. It is worth noting that the number of international participants at the Toki Lectures on Simulation Science jumped significantly in its second year, becoming comparable to the number of domestic participants—probably an indication of the value of these lectures.

b. Is the support for the collaborator organized well? For example, machine operation, data acquisition, software libraries, etc. If not, what should be improved?

Flow charts for the execution of LHD experiments were presented in the Collaboration talk. The system appears to be working well. The daily meetings, broadcasting, weekly reports, web service, and LHD group meetings are important.

There is a Board for the LHD Experiment, which is comprised of the director of the LHD department and the directors and deputy directors of the various LHD divisions, plus center directors and technical services directors. The Board also includes representatives of outside university collaborations. Some of the leaders of the LHD theme groups are represented on this Board. The membership of the LHD Board overlaps that of the Collaboration Committee. Its membership also overlaps that of the US-Japan Collaboration Committee and that of the International Exchange Committee.

Remote participation in LHD machine operation is possible by means of branch control rooms that are connected to each other and to NIFS via the Super SINET fast network. I observe that Osaka University and Tsukuba University—two of the Bilateral collaboration partners—are not included on the diagram of the SINET network, nor are they listed as having remote stations (pages 60 and 61 of the Collaboration talk). Hopefully, the National Institute of Information, which oversees the Super SINET infrastructure, will expand the network.

c. As for LHD and CHS, is the requirement of the collaborator reflected to the experimental program and machine time properly? Is the database opened properly?

Run time allocations with respect to collaborator requirements are determined by the theme leaders, after the acceptance of the proposals. Budgets are determined by the reviewers' grades of the proposals.

LHD has 14 theme groups (not 13), which focus on various specific problem areas. Five of these groups (not four) are led by non-NIFS scientists from universities; this is healthy for the sake of domestic collaborations. Three of the 20 associate leaders of the theme groups are from universities; this fraction (15%) could be increased.

For the last three years, LHD data has been available through its LAN Access Service, which is connected to the LHD numerical analysis system (currently an SX-5 computer, to be upgraded in early 2006). We were told that LHD experimental data is usually available on the web within an hour, which is commendable.

Very little was said about CHS in the Collaboration talk, other than that it has 12 research collaborations. Presumably the CHS data is also made available on the web in a timely fashion.

d. As for Plasma Simulator, is the requirement of the collaborator reflected to the machine sharing time and CPU time properly?

The Plasma Simulator (an SX-7 supercomputer) is connected to the LAN-SINET; presumably, therefore, it can be accessed and used remotely, which is a great boon to off-site university collaborators. Allocations for CPU and machine-sharing time on the Plasma Simulator are decided when the proposals are accepted.

e. As for other categories, is the requirement of the collaborator reflected to the research plan and schedule properly?

Fusion Engineering Research and also Safety and Environmental Research are also both involved in the NIFS collaboration program, which is very commendable.

f. Does the system for accepting the proposal from abroad exist? Is there supporting system for the collaborators from abroad?

Although this question diverges somewhat from the theme of Domestic Collaborations, I am happy to note that a system does exist by which international researchers can submit proposals to the LHD experimental steering committee. Financial support for international proposals also exists. Operation manuals are available in English.

(5) On the publication of results and their evaluation

a. Is the rule for publishing the results of collaborative research determined well?

The process for publishing results from research collaborations appears to be fairly similar to that used at other major international fusion laboratories.

The fact that 80% of all published papers are jointly authored by NIFS and university researchers speaks very well of the NIFS collaboration program.

b. Are the results evaluated properly?

Apparently research results are evaluated in several ways. There is an internal LHD process by means of which an abstract is circulated, the work is presented locally (probably with a seminar talk), and the division head and the LHD steering committee give their approval. Also, universities have their own evaluation process. Finally, research results must be presented at the annual collaborative research meeting. Taken in combination, these various evaluation methods appear to be sufficient.

(6) Other remarks

「共同利用・共同研究」に関する評価

NAME: ジェームズ W. ヴァンダム

(1) 学術進歩への貢献について

a. 共同利用・共同研究が日本の核融合コミュニティの研究の進展に適切に貢献しているか？

あらゆる科学研究において、効果的発展を遂げる上で協力体制は欠かせない。国際核融合研究は過去 45 年の共同研究活動実績を持つことで長く注目されてきた。核融合研主導の共同研究プログラムは、関連する予算、プログラムに参加する研究者または研究機関の数、研究成果出版物の多さという点で、殊更感銘をうける内容である。核融合研は大学共同利用機関に位置付けられており、よって日本の共同研究プログラムにおいて重責を担う研究機関である。そして同研究所はこの役割を非常にうまく果たしている。

(2) 制度について

a. 共同研究が、一般共同研究、LHD 計画共同研究、双方向型共同研究に別れているのは適切か？

様々なタイプの科学的協力が存在する。例えば

- 1) 研究機関内協力…同じ研究機関内の異なる部署に所属する研究者がともに協力しあうもの
- 2) 研究機関間協力…異なる研究機関に属する研究者が自らの機関を超えて協力しあうもの
- 3) 専門家協力………例えば実験研究者・理論研究者・シミュレーション専門家・技術者等がそれぞれの知識・技術を貢献しあうもの
- 4) 分野間協力………例えば核融合物理学者が宇宙または天体物理学・分子生物学・流体力学等、学外の科学分野の学者と協力し研究を進めるもの

核融合研は、一般共同研究、LHD 共同研究、双方向型共同研究、の 3 タイプの枠組みで共同研究を進めている。このシステムは各共同研究の主旨を達成するうえで利に適った方法である。歴史的にみると、国内大学機関での核融合研究がここ数十年で活動の幅を広げるにつれ、(旧プラズマ研究所における共同研究活動の後継とされる) 現行の核融合研共同研究体制も、それにつれて発展を遂げてきた。2004 年に開始され、進化する大学研究事情を視野に入れた双方向型共同研究は、その最近の例である。核融合研の共同研究システムは、今後も時代に即した要求や機会を敏感に取り入れていくだろう。

3 つの共同研究体制には、独自の主旨および組織が与えられている。

### 1. 一般共同研究

一般共同研究の主旨は、核融合研所外の研究者に核融合研施設および資源を利用した研究活動を奨励することにある。核融合研施設には LHD、CHS などの実験装置、計測装置、試験装置、および情報科学ハードウェア（大型コンピュータ、SuperSINET）が含まれる。資源には人材交流やワークショップにかかる経済支援、宿泊等の受入施設、または共同研究者等の人材が含まれる。主要ではないが、注目に値する一般共同体制の実績として、核融合アーカイブスの存在がある。合衆国でも同様の活動が創設できれば素晴らしい。一般共同研究にかかる経費は核融合研が負担している。

### 2. LHD共同研究

LHD 共同研究の趣旨は、核融合研所外の研究者が、科学・工学分野で将来的に LHD に実装可能な実験方法や、装置の開発を行うことを奨励することにある。「LHD プロジェクト共同研究」と「LHD 共同研究」の違いは、前者は LHD 共同研究枠内のプログラムを指しており、後者は一般共同研究枠内のプログラムである。LHD 共同研究枠内の研究は所外研究者の所属する機関で行われる。そしてそれが完了すると一般共同研究枠内で LHD に適用される。予算は共に核融合研が負担する。LHD 共同研究の一例としてマテリアルベッド抽入システムがあげられていた。また実験技術に留まらず、大学機関等で開発された新理論やシミュレーション方法を、核融合研が取り入れて LHD に有効活用することも検討してはいかがだろうか？

### 3. 双方向型共同研究

双方向型共同研究の主旨は、核融合研研究者が日本の大学機関に設置されている中・大型装置を使って実験するのを奨励することにある。これにより共同利用施設の枠が益々広がるからである。これらの施設に対する支援費は大学側・核融合研双方が負担している。この協力資金体勢はプログラムに安定性と継続性をもたらし、この理由から、私は双方向型共同研究の設立を強く賞賛したい。九州・大阪・京都・筑波大学との共同研究を進めており、一例としてレーザープラズマターゲット用クライオスタットが挙げられていた。核融合研研究者が前述の大学施設で、実際にどんな活動を行っているのかももう少し詳しく知りたいところである。一般共同研究プログラムにおいて、FI3 コードプロジェクトが紹介されている。このシミュレーション研究は少額の予算しか使わないので一般共同研究枠に入っているようだが、双方向型共同研究の成果と見なしても良いように思われる。

上記 3 タイプの共同研究体制はまた、それぞれ独自のスタイルで運営されている。研究所からは、これらの運営体制をより簡潔に描写すべく、集合論方式の図（重複円の描写）を使って説明してもらった、こちらはまずまず解りやすかった。

各大学の大学院生が、核融合研共同研究を通して学位論文を書けるのは素晴らしい。加えて核融合研は自らの大学院生も支援しており、総研大からの学生を受け入れている。生徒も有能な共同研究者となり得るのだ。よって、核融合研共同研究プログラムの教育的側面は非常に重要である。LHD は国内一等級の実験設備ということもあり、LHD 共同研究を基にした学位論文で卒業する博士課程学生の増加が今後も見込まれる。

2004 年、核融合研は 5 つの共同利用研究所の一つとして自然科学研究機構 (NINS) と呼ばれる“総合研究所”を構成した。自然科学研究機構内で展開予定の核融合研の共同研究についても興味がある。一般共同研究枠内の活動として紹介されていた、医療教育や診断へのヴァーチャルリアリティ適用例は、自然科学研究機構内共同研究に分類されてもよいかもしれない。また、核融合研には双方向型共同研究体制をぜひ他の自然科学研究機構内機関（または高エネルギー加速器研究機構など、他の国内主要研究機関）にも浸透させて欲しい。

b. 共同研究委員会委員の決め方は適切か、また、共同研究委員会は適切に機能しているか

共同研究委員は 44 人で構成されている。核融合研委員 (43%) と他大学選出の委員 (57%) の割合は適切である。核融合研運営会議メンバーも 44 人の共同研究委員内の 16 人と、適切な割合を占めており、核融合研・大学間で均整のとれた委員構成である。

共同研究委員会委員は、さらに各共同研究プログラムを代表する 3 つの小委員会に、それぞれ任命される。各小委員会の委員長は核融合研所外の委員になっており、これは恐らく有益な方策だろう。核融合研運営会議の委員は、他の 2 共同研究小委員会 (一般共同研究: 30%、LHD 共同研究: 43%) に比べ、双方向型共同研究小委員会委員を兼任することが多い (69%)。この背景には双方向型共同研究小委員会では、大学機関における核融合研究方針等、より重大な議題に取り組んでいる、という事実が関与していると判断できる。

一般共同研究小委員会および LHD 共同研究小委員会は 2005 年内に一度も個別に会議を開いていない。(これは運営上何ら問題が浮上しなかったためだろう。) 共同研究運営努力のほとんどは双方向型共同研究に集中しており、これに関わる小委員会は繁忙を極めている。昨年は 5 度の会議が開かれた。このような多忙スケジュールは、明らかに九州大学での新実験装置関連の計画と関わっている。実際双方向型共同研究小委員会はこの件に関するワークショップを頻繁に開催している (2004 年に 4 度、2005 年に 3 度)。共同研究委員会は 2005 年に 1 度総会を開いた。

(3) 公募から審査、採択までのプロセスについて

a. 共同研究は、公募により提案され、各共同研究委員会で審査後、採択される仕組みとなっているが、この制度は、適切か、また、適切に運用されているか

毎年、共同研究委員会は公募する研究分野を決定し、提案を受け付ける。また同委員会は、提出された研究提案を審議し、それぞれを 3 つのレベルに評価する。その後、レベルに応じた予算が配分される。

現状優先度の高い研究目的、または選択の基準などは提案公募の段階で知らされているべきである。この先共同研究者にとって、このような情報の提供は非常に役立つだろう。(合衆国では提案公募の際、通常このような情報が掲載される。) また、提案書は通常 1 ページ内に記載されていると聞くが、個人的にはもう少し長め (5-10 枚程度) の提案書であれば、委員側の理解もより深まるのではないかと考えられる。

一般共同研究に関する提案書の実に 99% (308 提出されたうち 304 件) が、2005 年に受け入れられた事実は驚くべきものである。又提案数も 300 件を超し非常に多い。採択数を縮小し、より将来性のある提案へ重点的に予算配分する方が望ましいのではないか。

また、双方向型共同研究の提案については 100%採用されている事実に更に驚かされる。双方向型共同研究の特殊事情があるのだろう。

対応する LHD 計画共同研究の受入れに関する統計データがあるとよかった。なお、一般共同研究枠内の LHD 共同研究は 215 件の提案のうち、42 件が他大学からのものであった。

研究所側からの報告では、提案数が各種共同研究における活動を量るものとして使用されている。確かに良い指標の一つであるが、他の指標として予算、参加人数（正規従事時間換算で）、および/または出版物の数等もあげられるであろう。事実、出版物の量については縦座標に使用されているグラフもあるが、各々の共同研究枠毎ではなく、共同研究全体としての数が表示されているのみである。もう少し細かな情報収集が必要と思われる。そのなかで、2003 年から 2004 年にかけての出版物の増加（ほぼ 2 倍）には目を見張るものがある。勿論これはデータ収集の整備によるものだと思われる。2004 年から始まった双方向型共同研究はこの大幅増加には寄与していない。

提案書の公募、評価、採択に加え、共同研究委員会では全ての国内共同研究者を対象として、各共同研究体制の研究報告を行う年次会議を、毎年数日間にわたって開催している。研究報告は後日書籍にて出版される。各種共同研究の現状を監視する世話人が各小委員会には設けられている。

#### (4) 受入・実施体制について

a. 共同研究の申し込み、宿泊の申し込みなどが適切に処理されているか、このように研究に直接拘る以外のところ、即ち、研究支援環境は整っているか、改善すべき点があるか

核融合研には素晴らしいサービス施設がある。ヘリコンクラブ、食堂、多数の蔵書を抱える図書館などがその例である。宿泊予約・訪問に関わる書類一式等の核融合研管理体制は非常にわかりやすい。管理部の事務も一様に仕事が速く、また的確な処理をする。ここで特筆すべきは、核融合研研究者たちの自発的な協力支援である。例えばスーパーに行く際の交通手段の提供など、ありふれているが、訪問者には非常に有難い心遣いである。少しだけ難を言えば、銀行の ATM がもう少し長い時間利用可能であればいいと思う。また、週末に多治見駅⇄核融合研のバス運行が無いのも非常に不便に感じられる。（ただ、これら 2 件については核融合研側でどうにかできる問題では無いのかもしれないが…）

また共同研究者へのサービスプログラムとして、各種シンポジウム、シミュレーション科学や高性能計算に関する講義、アジア冬の学校、総研大サマースクールにみられるトレーニング活動は賞賛に値する。シミュレーション科学をテーマにした土岐コンファレンスへの外国人参加者数が、2 年目にして大きく飛躍したことは、特に注目されるべきである。同コンファレンスへの外国人参加者は国内参加者数と並ぶほどになっており、その事実コンファレンスの質の高さが象徴されている。



b. 実験では、共同研究に必要な機器の設置、機器運転、解析に必要なデータ収集など、また、理論・シミュレーションでは、計算機へのアクセス、ライブラリーの使用などが適切に行えるか、即ち、研究環境が整っているか、研究環境に関する事で改善すべき点があるか

LHD 実験実行に関わるフローチャートが紹介された。システムは適切に運営されていると思われる。日々のミーティング、通信、週間レポート、ウェブサービス、および LHD グループミーティングは重要である。

LHD 実験会議が、総主幹、各研究系の主幹やセンター長、技術部長などで構成されている。委員会には大学共同研究の代表者も含まれている。テーマグループリーダーの何人かもこの委員会に参加している。LHD 実験会議のメンバーの何人かは共同研究委員会をはじめ、日米共同研究委員会や国際交流委員会とも兼任している。

LHD 装置運転への遠隔参加は、SuperSinet と呼ばれる高速ネットワーク経由で各制御室を核融合研と繋ぐことで可能になる。大阪大学と筑波大学は、双方とも双方向型共同研究機関であるにも関わらず、両者とも SINET ネットワークのダイアグラム上に表示されていなかった。またリモートステーション所有機関リスト上にも、これら2大学はリストされていなかったが、将来的には整備されることを期待する。

c. LHD・CHS では、LHD 実験会議などで、実験企画、実験条件、ショット数など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か、またデータの公開は適切に行われているか

共同研究のマシントイム配分は、採択された後で共同研究者の要求を聞きテーマグループリーダー間の討議で決められる。予算は提案の内容を段階評価して決められる。

LHD には 14 のテーマグループがあり、それぞれの研究テーマに集中した研究を行っている。これらのうち 5 グループは大学からの所外研究者がリーダーとなっている。国内共同研究としては健全な実績である。テーマグループ内 20 人の副責任者のうち、3 人が所外の間である。この割合（15%）は若干増加してもいいだろう。

過去 3 年間で、LHD 数値解析システム（現在 SX-5 型コンピュータ；2006 年アップグレード予定）に繋がった LAN アクセスサービスを通して、LHD データの利用が可能になった。また、LHD 実験データも通常 1 時間以内にはウェブ上で利用可能であると聞いている。

CHS に関しては 12 機関が共同研究に参加していること以外、詳しい説明はなかったが、おそらく CHS データに関しても、適宜ウェブ上から利用可能になるであろうと思われる。

d. LHD 数値解析システム利用共同研究、大型シミュレーション共同研究では、大型シミュレーション研究プロジェクト推進会議などで、計算時間など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か

プラズマシミュレータは LAN-SINET に接続されている。よって、遠隔からのアクセス・利用が可能であると思われる。これは遠隔地の大学共同研究機関にとって、非常に有益なシステムだろう。CPU 占有時間の割り振りは課題採択時に行われる。

e. 上記以外の共同研究において、機器の使用、実験期間など直接研究に拘る事項が、共同研究者の意見を反映して決められているか、決め方は適切か

炉工学研究、安全環境研究ともに核融合研共同研究プログラムに含まれており、これは非常によいことである。

f. 外国からの共同研究申し込みに対して、受け入れ体制は整っているか、外国人に対して研究環境、研究支援環境が整っているといえるか

この問題は国内共同研究というテーマから少し逸脱するが、外国人研究者も LHD 実験会議に提案書を提出できるということで受入体制は確かにあると強調したい。

外国人研究者の提案書についての経済支援も準備されている。運転マニュアルには英語版がある。

#### (5) 成果の公表、評価について

a. 共同研究成果発表の手順ルール等は適切に定められているか

共同研究の成果を出版するまでの過程は、他の主要国際的核融合研究機関のそれとよく似ている。

全出版論文の 80%が核融合研および大学研究者の共同著書である事実は、核融合研の共同研究体制の成功性をよく表している。

b. 共同研究成果の評価は適切に行われているか

明らかに研究成果は数種類の方法で評価されている。LHD グループ内では、アブストラクトが回覧され、研究成果の内部報告を（恐らくはセミナー等の場で）実施し、主幹や LHD 実験会議がそれらを承認する。また大学では大学自身が独自の評価法を設けている。最後に、研究成果は共同研究成果発表会において発表される。全てを合切すると、これら多様な評価方法は、恐らく十分なものだろうと思われる。

#### (6) その他

## Review for Fusion Engineering Research Center

**NAME: Gyung-Su Lee**

### (1) Role of Fusion Engineering Research Center

In the background of establishment of the Fusion Engineering Research Center of NIFS, FERC is targeted to become “Core Organization of Fusion Engineering Research” for Japanese Universities. Since its establishment in 1999, the role of the Fusion Engineering Center evolves from rather narrow scope of low activation fusion structural material and key liquid-blanket technology studies to covering the intense neutron source and superconducting magnets, based on the recommendation of Science and Technology Council and Fusion Council.

The initial baseline policy was augmenting LHD Project for research on fusion engineering without new large-scale facility in NIFS.

Upon these policy and background, the role of FERC is very well served for promotion of fusion engineering research in a Inter-University Research Institute, NIFS. However, it is recommended to set FERC’s eventual goal considering Japanese Universities’ Fusion Engineering Research Community for FERC’s Core Competence in the future. It is also important to consider complementary role sharing with JAEA on ITER related as well as Broader Approach related Fusion Engineering.

### (2) Were the objectives and research theme at the start of Fusion Engineering Research Center proper?

Based on policy and background, the role and mission is clearly set-up from the establishment. Based on these main considerations, the objectives and research theme selection was deemed proper and appropriate. The evolutionary approach of scope expansion and extension was also proved to be effective achieving FERC’s research objectives.

### (3) What are the results of these seven years, especially in recent two years? Have the objectives been attained?

From the establishment in 1999, the research of FERC focused on low activation Vanadium alloys, standard size testing of low activation ferritics, liquid-based blanket technology including MHD insulator coating, and intense neutron source technology. The reported results of these research area indicated that the achievement was excellent and meet its targeted objectives. For the research results of the last two years, the superconducting magnet characterization with intense neutron irradiation is highlighted to demonstrate FERC’s achievement. These results also demonstrate FERC’s research capability in the area of fusion engineering research.

(4) Have the facilities in Fusion Engineering Research Center been improved and maintained properly?

It is difficult to quantitatively report on FERC's facility improvement and maintenance, because the reviewer's experience in person with FERC is very limited. However, it appropriateness of FERC's facility to achieve Role and its Research Objectives could be witnessed by reviewing its technical achievements. Therefore, within the reviewer's capacity, evaluation of FERC's facility is on high-mark side.

(5) Has the Fusion Engineering Research Center played a central role in promoting national and international collaboration? How is the most effective way of collaboration?

Based on FERC's Role and Policy base, it is apparent to noticed to its goal as COE in National as well as International scene from the beginning. The complementary consideration on the choice of Vanadium alloy research and the Ferritics area demonstrated its targeted goal to become COE of Fusion Engineering Research in Japan. Also, the collaboration on Intense Neutron Source research demonstrated FERC's role as COE in national scale as well as international scene in IEA activities. For the future plan, the strengthening of collaborative activities among Japanese Universities by augmenting their strength with central hub role, and actively involving ITER related as well as Broader Approach related activities by consolidating Universities' research capability in Fusion Engineering area.

(6) Has the activities of Fusion Engineering Research Center contributed in deep and systematic understanding of fusion engineering as science? Has the Fusion Engineering Research Center made an effort to train young researchers?

The initial seven-year's results FERC showed the growing depth and systematic approach of FERC's Fusion Engineering as science discipline, already. It is however recommended to review scope and area of research from top-to-bottom of all area of Fusion Engineering so that the new coverage area with FERC's Core Competence in relation to the NIFS infrastructure. The training of young researches is deemed appropriate considering the NIFS direct training of graduate students as well as through collaborative arrangements listed in the report.

(7) Are the future plan and objectives reasonable?

The stated future direction is very appropriate considering its initial seven-year achievements. The continuation of on-going research area into deeper and more systematic approach would be proper. Also, the role of support and contribute to the Universities research would be mutually beneficial. The more emphasis on International Collaboration such as IEA, ITER, JA-US would be very important in future success of FERC. However, it would be important to consider other ITER Parties to conduct collaboration in Fusion Engineering Research.

(8) Other remark

## 「炉工学研究センター」に関する評価

**NAME:** ギュン・スー・リー

### (1) 炉工学研究センターの役割

核融合研炉工学センター設立の背景に、同センターを国内大学における中心的炉工学研究機関に据えようとする目的があげられる。

1999年の設立以来、炉工学研究センターの役割は、低放射化核融合炉構造マテリアルおよび主要液体ブランケット技術の研究という限られた範疇から、学術審議会および核融合審議会の推薦をもとに、強力中性子源や超伝導磁石も視野に入れる方向に発展している。初期の基本方針では、核融合研の新大型施設を用いずに行う炉工学研究としてLHDプロジェクトを補強していた。

これらの方針や背景を基に判断すると、炉工学研究センターの役割は、大学共同利用機関の中にあって炉工学研究の推進に余すところ無く貢献している。しかしながら今後の炉工学研究センターのコアコンピタンスとして、国内大学の炉工学研究コミュニティに関わる炉工学研究センターの最終目標を、定めておいたほうがいい。

また、ITER 関連および幅広いアプローチに関わる炉工学について、原子力機構と共有する補完的役割について考慮しておくべきである。

### (2) 創設以降の研究テーマ、目標の設定は適切だったか

炉工学研究センターの方針や背景を基に判断すると、その役割と使命は設立時から明確に設定されている。これらに基づき、目標および研究テーマの設定は厳密かつ適切に決定されている。研究領域の拡大および拡張への進歩的取り組みは、炉工学研究センターの研究目的達成に向けておおいに効果的だったことが証明された。

### (3) 7年間を通しての成果、特に16, 17年度の成果の評価。それぞれ目標は達成されたか。

1999年の設立以来、炉工学研究センターの研究は、低放射化バナジウム合金、低放射化フェライトの標準サイズ試験、MHD断熱コーティングを含む流体ベースブランケット技術、および強力中性子源に集中して行ってきた。これらの研究に関する結果報告から、研究の達成度は非常に高く、当初目標に適っていることがわかる。

過去2年間の研究で、強力中性子照射下の超伝導磁石特性評価は炉工学研究センターの実績を証明するものとして際立っている。これらの結果は炉工学研究センター分野における炉工学研究センターの研究能力を実証するものでもある。

<p>(4) 炉工学研究センターの設備の整備、拡充は適切に進められているか</p> <p>炉工学研究センターの施設向上や維持について、量的に解答するのは難しい。というのも、個人的に炉工学研究センターとの関係は非常に限られたものだからである。しかしながら、同センターの役割と研究目標達成にむけた同センター施設の適切性は、その技術的達成度の高さから伺い知ることができる。よって、私の知る限りにおいては、炉工学研究センターは高く評価される施設を保有している。</p>
<p>(5) COE としての役割、とくに共同研究（国内、国際）推進の役割を十分に果たしたか、また今後どのような共同研究の形態が望ましいか。</p> <p>炉工学研究センターの役割と方針から判断すると、当初から国内外の場面で COE としての活躍を意識していた事実が伺える。国内の炉工学研究分野で COE を目指そうとする目標が、バナジウム合金やフェライト分野の研究によく表れている。また強力中性子源に関する共同研究からは、国内をはじめ IEA 活動にみられる国際的場面での COE としての、同センターの役割が象徴されている。</p> <p>将来計画として、同センターのハブ的役割を意識した上で、国内大学の長所を生かして各大学との共同研究活動を活発化し、炉工学研究分野における大学の研究能力を集約することにより、ITER および幅広いアプローチに関連する炉工学研究を活発化させることがあげられる。</p>
<p>(6) 学術としての炉工学の深化、体系化、人材養成について貢献したか</p> <p>炉工学研究センターが当初 7 年間で得た実績は、科学の一専門分野として同センターの体系的アプローチおよび研究の深化を示している。しかしながら、今一度炉工学研究センター内の研究分野および研究範囲を、徹底的に見直すのもいいかと思われる。これにより、核融合研の持つインフラの中で炉工学研究センターの新たなコアコンピタンスが見えてくるだろう。</p> <p>若手研究者育成に関しては、核融合研が直接大学院生を教育する事実、または報告書に掲載されていた共同研究実績からも、その適切さが証明されている。</p>
<p>(7) 平成 18 年度以降の方向性とテーマは適切か</p> <p>述べられた方向性については、当初 7 年の実績を考慮すると適切である。現行研究分野をより掘り下げた、体系的アプローチの継続は利に適っている。</p> <p>また、大学研究への支援および貢献に関わる役割は双方に利益をもたらすだろう。IEA,ITER,日米にみられる国際共同研究にいっそう力を入れることは、炉工学研究センターの将来的な発展を予測する上で、非常に重要である。しかしながら、炉工学研究における共同研究を行う場合には、他の ITER 参加国について考慮する必要があるだろう。</p>
<p>(8) その他</p>

## Review for Fusion Engineering Research Center

**NAME: James W. Van Dam**

### (1) Role of Fusion Engineering Research Center

If the fusion science program is serious about the future usefulness of fusion as an energy source, it must incorporate a parallel effort in fusion engineering. Hence NIFS is to be commended on having had the foresight to establish the Fusion Engineering Research Center (FERC) seven years ago.

### (2) Were the objectives and research theme at the start of Fusion Engineering Research Center proper?

### (3) What are the results of these seven years, especially in recent two years? Have the objectives been attained?

### (4) Have the facilities in Fusion Engineering Research Center been improved and maintained properly?

### (5) Has the Fusion Engineering Research Center played a central role in promoting national and international collaboration? What is the most effective way of collaboration?

The FERC has clearly been involved in promoting domestic and international collaborations. Apparently the FERC collaborations have been through the General collaboration framework. It might be the case that FERC activities would also be appropriate for inclusion in the LHD collaboration framework and/or the Bilateral collaboration framework.

### (6) Has the activities of Fusion Engineering Research Center contributed in deep and systematic understanding of fusion engineering as science? Has the Fusion Engineering Research Center made an effort to train young researchers?

For the purpose of enhancing deep and systematic understanding, one suggestion is to make more use of the powerful tool of theory and simulations for fusion engineering research. The only such mention in the FERC talk is that of “nuclear calculations” (page 30).

(7) Are the future plan and objectives reasonable?

At the January 2005 meeting of the NIFS Peer Review Committee, we heard that a new World Academy of Materials Science is to be set up near NIFS. It would be interesting to know if the FERC has future plans for collaborations with this research center.

Under the ITER Broader Approach, a new International Fusion Energy Research Center is to be established in Aomori, which will likely include a Fusion Power Plant Technology Coordination Center. It would be interesting to know if the FERC has future plans for collaborations with this center.

(8) Other remarks



「炉工学研究センター」に関する評価

NAME: ジェームズ W. ヴァンダム

<p>(1) 炉工学研究センターの役割</p> <p>核融合科学研究がエネルギー源としての核融合の有益性を真剣にとらえるならば、炉工学研究を並行して進める努力を持たなければならない。従って核融合研が7年前に、炉工学研究センターを設立する先見性を持っていたことは、賞賛に値する。</p>
<p>(2) 創設以降の研究テーマ、目標の設定は適切だったか</p>
<p>(3) 7年間を通しての成果、特に 16, 17 年度の成果の評価。それぞれ目標は達成されたか。</p>
<p>(4) 炉工学研究センターの設備の整備、拡充は適切に進められているか</p>
<p>(5) COE としての役割、とくに共同研究（国内、国際）推進の役割を十分に果たしたか、また今後どのような共同研究の形態が望ましいか。</p> <p>炉工学研究センターは国内・国際共同研究の推進に深く関わっている。炉工学研究センターの共同研究が、一般共同研究プログラムを通して実施されているのは明白なことであり、炉工学研究センターの活動を LHD 共同研究プログラムおよび/或は双方向型共同研究プログラムに組み込むのも適切かと思われる。</p>
<p>(6) 学術としての炉工学の深化、体系化、人材養成について貢献したか</p> <p>体系的理解を深めるために、炉工学研究に関わる理論シミュレーションの強力なツールをより有効利用することを提案したい。報告では「原子核計算」のそれに関してしか触れられていなかった。</p>
<p>(7) 平成 18 年度以降の方向性とテーマは適切か</p> <p>核融合研外部評価委員会の 2005 年 1 月会議で、マテリアルサイエンスアカデミーが核融合研に設立されると聞いた。炉工学研究センターは将来的にこの施設と共同研究を行う計画があるかどうか知りたい。</p> <p>ITER の広域アプローチを受けて、国際核融合エネルギー研究センターが青森県に設立され、同センター内に核融合炉工学共同研究センターが併設されるようである。炉工学研究センターは将来的にこの施設と共同研究を行う計画があるかどうかは興味がある。</p>
<p>(8) その他</p>

**Review for Safety and Environmental Research Center**

**NAME: James W. Van Dam**

(1) Are the role and objectives of Safety and Environmental Research Center proper?
(2) Have the results for the laid plans and objectives been obtained?
(3) Is Safety and Environmental Research Center working on the nuclear safety management properly?
(4) Is Safety and Environmental Research Center working on the safety and sanitary management properly?
(5) Are the theme and promotion of safety research proper?
(6) Is the collaboration with universities properly carried out?
(7) Does Safety and Environmental Research Center coordinate with the social community properly?
(8) Is the future plan proper?  I was quite excited to learn that LHD might operate with deuterium. Such operation would increase the critical importance of the role of the Safety and Environment Center.
(9) Other remarks  In general, I would like to compliment all three talks—on Collaborations, on the Fusion Energy Research Center, and on the Safety and Environment Center—for being well prepared and well presented. It was especially helpful that each of the talks was intentionally structured so as to provide information and directly address the questions that the Peer Review Committee had been asked to consider.

「安全管理センター」に関する評価

NAME: ジェームズ W. ヴァンダム

(1) 安全管理センターの役割
(2) 創設以降の研究テーマ、目標の設定は適切だったか
(3) 安全管理センターは核の安全管理に適切に対応しているか
(4) 安全管理センターは安全衛生管理に適切に対応しているか
(5) 安全管理に関する研究のテーマおよび推進は適切か
(6) 大学との共同研究は適切に実行されているか
(7) 安全管理センターは地域コミュニティと適切に連携をとっているか
(8) 将来的な計画は適切か <p>LHD が重水素を使用した運転を開始するかもしれないと聞いて非常に喜んでいる。これは安全管理センターの決定的重要性をさらに際立たせるだろう。</p>
(9) その他 <p>共同研究、炉工学研究センター、安全管理センターに関する研究所側からの説明は、良く準備され発表されていた。特に、外部評価委員会が協議を求められていた質問を直接議論できるよう必要な情報を揃えそれぞれの説明が熟考のうえ構成されていたのは取り立てて有益であった。</p>

「共同利用・共同研究」活動報告書  
平成17年度

核融合科学研究所

# 目次

はじめに	1
I. 学術進歩への貢献	
I-1 大学共同利用機関としての核融合科学研究所の役割	2
I-1-1 共同利用・共同研究の展開	2
I-1-2 法人化による変化	2
I-2 共同利用・共同研究の充実	4
I-2-1 拡がる共同研究の輪	4
I-2-2 共同研究の効果	8
II. 共同利用・共同研究を推進する仕組み	10
II-1 核融合研に於ける共同研究の枠組み	10
II-1-1 一般共同研究	10
II-1-2 LHD計画共同研究	10
II-1-3 双方向型共同研究	10
II-2 共同研究委員会	12
II-2-1 共同研究委員会の組織	12
II-2-2 共同研究委員会の役割	13
III. 共同利用・共同研究の現状	16
III-1 公募から採択まで	16
III-2 共同研究の現状	26
III-2-1 一般共同研究	26
III-2-2 LHD計画共同研究	41
III-2-3 双方向型共同研究	45
IV. 受入実施体制	48
IV-1 研究直接支援環境	48
IV-1-1 LHD実験プロジェクト研究	48
IV-1-2 理論・シミュレーションプロジェクト研究	54
IV-1-3 プロジェクト以外の共同研究	60
IV-2 研究間接支援環境	62
IV-3 外国人研究者への支援	66
IV-4 環境改善を図る仕組み	68
V. 成果の公表と評価	69
V-1 共同研究成果の公表	69
V-2 共同研究成果の評価	70
VI. まとめ	71
おわりに	73

## はじめに

日本の大学におけるプラズマ・核融合研究は、個々の大学では持ち得ない大型設備を大学群全体で保有し、これを用いて共同利用・共同研究を進めるという世界的に類を見ない独創的なシステムを構築することによって、質的に高い学術レベルを全国の大学研究者が共有する仕組みを作り出しました。大型設備はコミュニティの共通財産であるという考えの下、中核的な機関として名古屋大学プラズマ研究所が装置の維持管理を行い、大学研究者を中心とするコミュニティが共同研究委員会を組織して共同利用・共同研究の遂行に責任を持つ、という仕組みでした。その後、プラズマ・核融合研究の進展は著しく、各大学における設備の充実も進められましたが、1980年代になり、日本独自のヘリカル磁場配位閉じ込めアイデアをさらに発展させ、核融合炉に外装可能なプラズマを対象にした研究を進めたいという大学関係者の熱意が実り、日本の大学における新たな中枢研究機関として、名古屋大学プラズマ研究所に代わり核融合科学研究所（核融合研）が平成元年に発足しました。名古屋大学プラズマ研究所を中核機関として始められた共同利用・共同研究は、「一般共同研究」として核融合研に受け継がれました。核融合研は「核融合プラズマの学理と応用」を目的とする全国大学共同利用研究機関であり、世界に比肩する大型プロジェクト研究の遂行を、それまで培った共同利用・共同研究の仕組みを用いて、全国の大学研究者が協力して行う場を提供しています。従って、共同利用・共同研究は、核融合研の根幹をなすものであり、また、日本の核融合・プラズマコミュニティの研究の進展に貢献することが求められております。

平成15年に科学技術・学術審議会・学術分科会・基本問題特別委員会に設置されたワーキンググループの報告書「今後の我が国の核融合研究の在り方について」において、ITERの建設などの新しい局面に対応するため、これまで長年にわたり核融合研究を支えてきた大学と核融合研の複数の実験装置を整理・統合して重点化・効率化するとともに、共同利用・共同研究をさらに推進して、核融合研究を進展させる方策が示されました。この報告書を受け、今後は、我が国の大学等における核融合研究を、共同利用・共同研究に双方向型共同研究を新に設けるなどして核融合研を中心とした共同利用・共同研究体制をいっそう活用し、発展させることになりました。共同利用・共同研究は、益々その重要性を増し、我が国の大学等における核融合研究推進の要の役割を果たすに至ったと言えます。

核融合研の共同利用・共同研究は、「LHD（大型ヘリカル装置）計画共同研究」が平成8年度に、また、上述のように「双方向型共同研究」が平成16年度に設けられ、現在、「一般共同研究」、「LHD計画共同研究」、「双方向型共同研究」の3つのカテゴリーを持つ共同利用・共同研究として、実施されています。このように、核融合研の共同利用・共同研究は、各々特徴のある3つのカテゴリーを持つ共同利用・共同研究へと拡大しており、より自由に、また、より活発に行える体制となっています。

## I. 学術進歩への貢献

### I-1 大学共同利用機関としての核融合科学研究所の役割

#### I-1-1 共同利用・共同研究の展開

核融合研は、一般共同研究を基盤に「核融合プラズマの学理と応用」を目的とする全国大学共同利用研究機関として、平成元年に発足した。核融合研の主計画である大型ヘリカル装置（LHD）は、その設計から建設までに10年を要したが、その中で一般共同研究の枠組みを用いて超伝導・加熱・計測の要素開発や製作検討が行われた。これにより、それまでプラズマ物理が中心であった共同研究の枠組みが大きく広がり、核融合開発の基盤となる装置工学研究がこの時期に大学の中で大きく進展した。この流れは、平成8年度から新しく共同研究の枠組みとして作られた「LHD計画共同研究」に依っても加速され、現在の共同利用・共同研究体制に取り込まれている。

また、LHDと並んで核融合科学研究所の大型プロジェクト研究である計算機シミュレーションでは平成5年にスーパーコンピュータを導入し、演算効率世界最高を記録するなど大規模計算技術の開発を進めながら、磁場閉じ込めシミュレーション、非線形・非平衡のプラズマ現象解析、地磁気の反転現象の解明等で多くの成果を上げてきた。この分野では、共同利用・共同研究で計算機リソースを無償で提供していることが、大学研究者の研究レベルの向上に大きく寄与しているものと思われる。

LHDの実験が開始されてからは、高温・高密度プラズマを対象とした実験研究の機会を大学等の研究者に提供することが可能となり、理論・実験両面で世界最先端の研究環境を大学等の研究者が共有できることになった。また、データベースの共用やスーパーサイネットによる遠隔実験も整備が平行して進められ、研究支援環境が整ってきている。

このように、共同利用・共同研究は個々の大学では持ち得ない大型設備を大学群全体で共有するという発想であったため、基本的に大学研究者が核融合研に来て研究を行うことを想定したシステムを作ってきた。しかし、最近では大学にも特長を持った装置が作られ、一方、プラズマ・核融合研究の研究者が核融合研に多く在職していることから、核融合研の研究者が大学に出向いて共同研究を行うことが、大学におけるプラズマ・核融合研究のさらなる進展に貢献すると考えられるようになった。このため、平成15年から一般共同研究の枠組みの中に新しく「相互交流型共同研究」を設け、人材の交流を主とした仕組みとしてスタートしている。

この流れは、さらに発展し、後述のように法人化後、双方向型共同研究が設置されることとなった。これにより、核融合研究の共同利用・共同研究は、「一般共同研究」、「LHD計画共同研究」、「双方向型共同研究」の3つのカテゴリー擁する体制で、実施されている。

#### I-1-2 法人化による変化

##### [新たなスタート]

平成16年より核融合研は大学共同利用機関法人自然科学研究機構の一員として新たなスタートを切った。志村自然科学研究機構長の挨拶文で、大学共同利用機関は「全国の国公立大学の研究者が、大学の枠を越えて共同で研究し、また最先端の施設や設備、資料を共同で利用できる他、当該大学共同利用機関に所属する研究者が、大学には設置することが困難な実験又は観測装置等を使用し、最先端の研究を推進する機関」と定義され、これまでも増して核融合研の共同利用・共同研究推進の役割と責任が明確になった。また、法人化を機に、機構内の他分野との連携研究を積極的に推進することが求め

られ、今後、共同利用・共同研究は益々その枠組みが大きく広がる方向に向かうこととなった。

一方、平成15年に科学技術・学術審議会・学術分科会・基本問題特別委員会に設置されたワーキンググループの報告書「今後の我が国の核融合研究の在り方について」において、これまで長年にわたり核融合研究を支えてきた大学と核融合研の複数の実験装置を整理・統合して重点化・効率化するとともに、共同利用・共同研究をさらに推進して、核融合研究を進展させる方策が示された。この方策を受け、核融合研究における重点課題を、重点化された核融合研のLHDと大学の設備を用いて行う、新しい共同利用・共同研究の枠組み「双方向型共同研究」を法人化と同時に平成16年度から開始した。これにより、今後は、我が国の大学等における核融合研究を、核融合研を中心とした共同利用・共同研究体制で推進することがいっそう明確になった。

#### [共同研究の運用と透明性]

名古屋大学プラズマ研究所を中核機関として始められた共同利用・共同研究は、既述のように「一般共同研究」として核融合研に受け継がれたが、公募によって研究課題を募集し、応募研究課題を審査、採択するという方式も、引き継がれている。法人化後、平成16年度から開始された双方向型共同研究は、一般共同研究の公募方式を取り入れ、一般共同研究と同時に公募が行われている。平成8年度から開始されたLHD計画共同研究は、当初、核融合ネットワークを介して募集が行われていたが、平成17年度から、一般共同研究、双方向型共同研究と同時に公募する方式に変更された。これにより、一般共同研究、LHD計画共同研究、双方向型共同研究は、同時に公募され、採択、実施されることとなり、透明性がより一層増すこととなった。

一般共同研究、LHD計画共同研究、双方向型共同研究は、実施後、必ず年度毎に報告書を提出して頂き、成果を公表している。また、成果報告会を開催し、LHD計画共同研究は採択された全ての研究課題、双方向型共同研究は中核となるセンターの研究課題並びに採択時に指定した研究課題、一般共同研究は採択時に指定した研究課題について、発表して頂いている。さらに、次年度の研究課題の審査の参考にするため、必要に応じて研究成果の評価が委員会で行われる等、共同利用・共同研究の運営に必要な全てのプロセスで透明性を確保するための方策が採られている。特に、平成18年度の公募案内からは、公募から採択までのプロセスも公募案内に記載するようにする等、広く核融合研の共同利用・共同研究を理解して頂くための試みを開始した。

#### [中期目標・中期計画]

法人化により各法人は6年間の中期目標及び中期計画を定め、これを公にして実行することが義務づけられた。さらにその業務内容について国立大学法人評価委員会並びに大学評価・学位授与機構による評価を受けることとされた。大学共同利用機関法人に於いては国立大学法人とは異なる特性を持っており、評価は大学法人とは異なった観点も持つて行われることが示されている。具体的には共同利用・共同研究を以て以下の点に貢献すべき事を期待されている。

- ① 独創的・先端的な研究の推進
- ② 国際的・中核的研究拠点の形成
- ③ 人材活用による我が国の研究ポテンシャルの増加
- ④ 国際的・先端的な研究遂行の中での若手研究者育成
- ⑤ 我が国の学術発展のための大型プロジェクトを推進し、それを共同利用に提供

これらを踏まえ核融合科学研究所は自然科学研究機構の中期計画・中期目標の中に共同利用・共同研究の水準向上とそれを推進する体制を充実する目標を掲げ、それに向かって努力することを決意している。（別冊資料：自然科学研究機構中期目標・中期計画）



## I-2 共同利用・共同研究の充実

### I-2-1 拡がる共同研究の輪

核融合研が行なっている共同研究の対象機関は全国157機関に及んでいる。



図 I-1 共同研究実施機関の分布



共同利用・共同研究を効果的に進めるためには、常に最新の研究課題に取り組むことのできる環境を用意する必要がある。核融合研では、新たな実験装置、計測器の導入や解析コードの更新などを進めると共に、共同研究の категорияについても常に見直し、共同研究者の便宜を図っている。下図は最近の共同研究採択課題数の推移を共同研究の категория別に示したもので、 categoriaごとの推移と共に、全体として採択課題数が増加していることが分る。

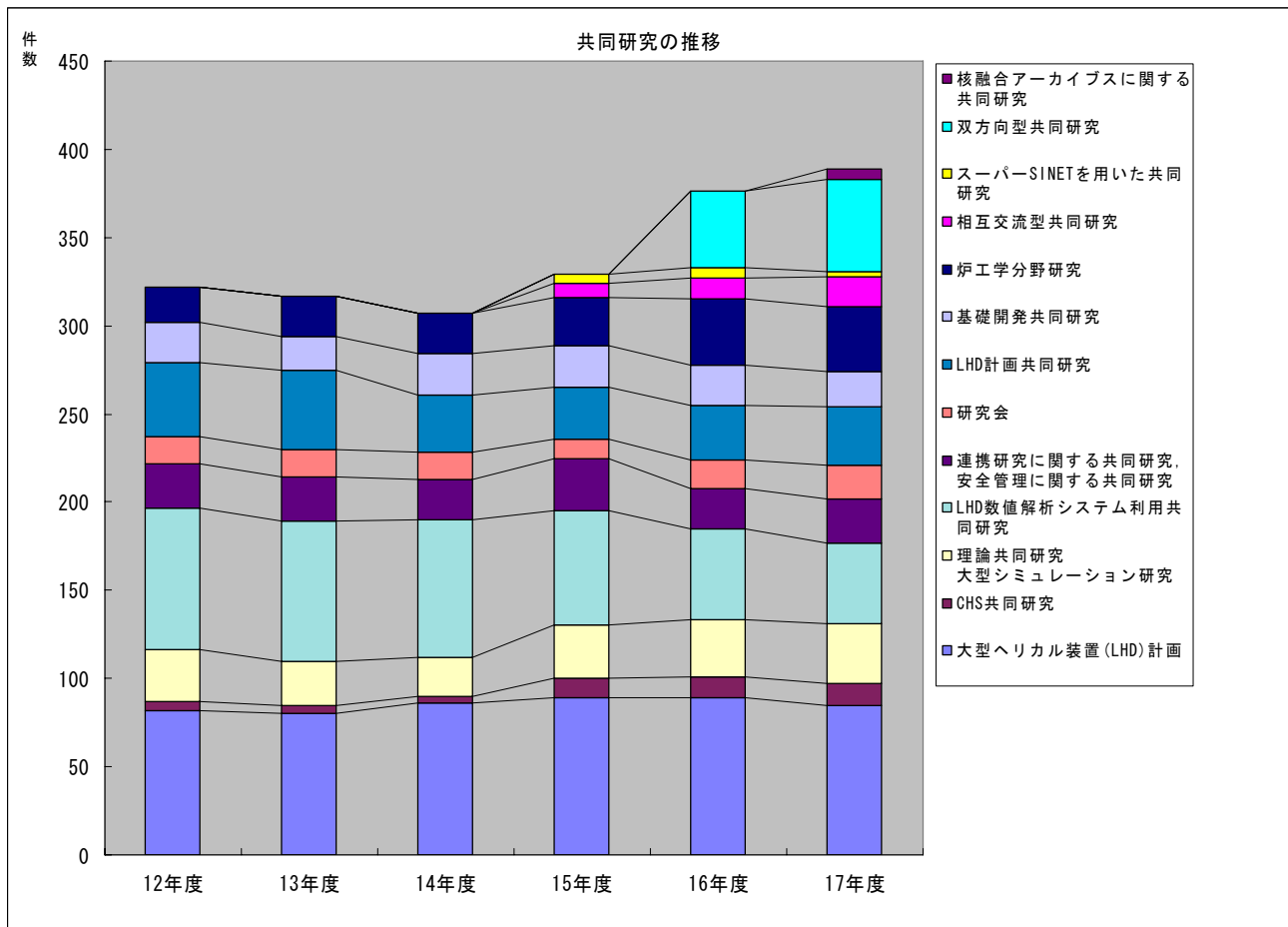


図 I - 2 共同研究課題数の categoria別変化

図 I - 3 は 3つの共同研究の categoriaごとに、研究課題応募件数および採択件数の推移を示したものである。LHD計画共同研究については予算規模が一般共同研究に比べて大きく、且つ複数年度にわたる研究計画が認められていることから、採択件数が少ないことが分る。採択件数に年度によってばらつきが見られるのは、終了する研究計画と新規の研究計画の件数、予算等のバランスで採択数が決まってしまうため、研究の活性度と採択件数は必ずしも比例しているわけではない。これに対して、一般共同研究と双方向型共同研究については、おおむね研究課題数が共同研究の活性度を表していると思われる。従って、法人化後は、共同利用・共同研究のさらなる活性化に向けた核融合研の姿勢、努力が、一定の成果を挙げていると言うことができる。

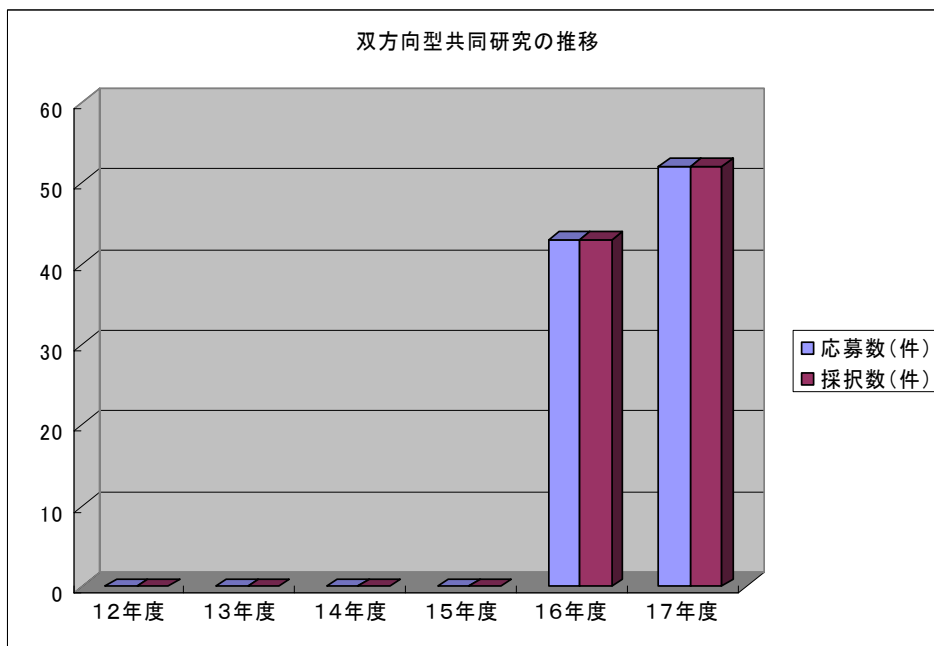
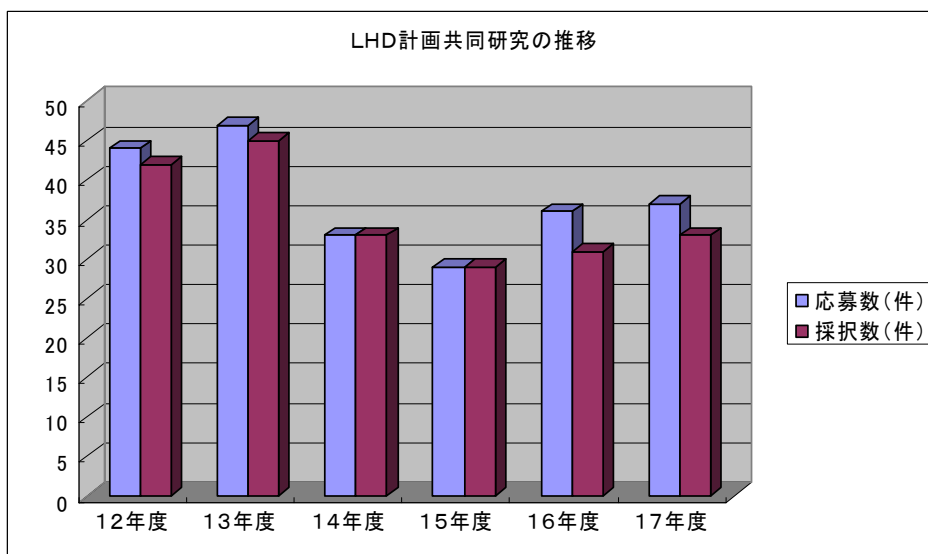
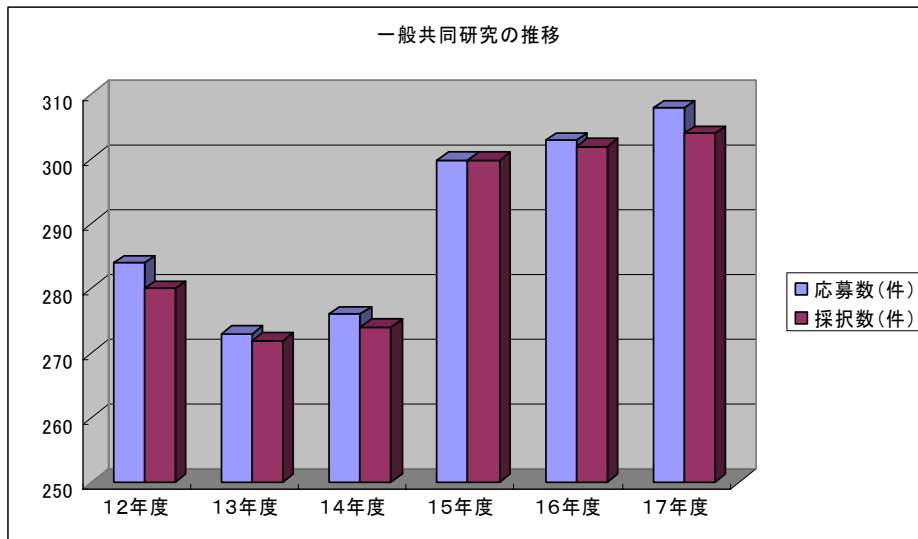


図 I - 3 3つの共同研究の応募者と採択数の推移

共同利用・共同研究の役割の一つとして大学院学生の教育が挙げられる。核融合研も総合研究大学院大学の一員として学生の教育に当たっているが、共同利用・共同研究を通して他大学の大学院教育にも寄与している。核融合研では大学院生を共同研究者として認めており、多くの学生が共同研究に参加している。添付資料 1 にはこの 2 年間に共同研究の成果として総研大以外の学生が筆頭者として発表したリストを示す。「一般」で 61 件、「LHD 計画」14 件、双方向で 41 件である。このうち、自身の修士論文には 17 名、学位論文には 2 名がそれぞれかかわっている。

## I-2-2 共同研究の効果

科学技術・学術審議会・学術分科会・基本問題特別委員会に設置されたワーキンググループの報告書「今後の我が国の核融合研究の在り方について」には、我が国の核融合研究を今後さらに発展・強化するため、大学と核融合研の複数の実験装置を整理・統合して重点化・効率化し、共同利用・共同研究をさらに活性化する必要性が謳われている。このため、法人化後の平成 16 年度に核融合研を中核として双方向型共同研究が始められた。これにより、大学と核融合研の複数の実験装置を整理・統合する問題は、双方向型共同研究を運用する双方型共同研究委員会を中心に検討が進められることになり、同委員会では、第 I 期中期計画を目処に、上記ワーキンググループの報告書に沿った研究体制の構築を目指すことになった。この我が国の大学等の新研究体制は、我が国の核融合研究をさらに発展・強化するとともに、優秀な人材を育成することによって、核融合炉実現に必要な ITER 等の長期にわたる世界的プロジェクトの成就にも大きく貢献するものと思われる。

双方向型共同研究は、既に我が国の核融合研究の推進に変化をもたらした。双方型共同研究は、筑波大学プラズマ研究センター、京都大学エネルギー理工学研究所エネルギー複合機構研究センター、大阪大学レーザーエネルギー学研究所、九州大学応用力学研究所炉心理工学研究センターと核融合研が双方向で行う共同研究、これらのセンター間で各々行う共同研究、及び大学等の研究者がこれらのセンターに出向いて行う共同研究からなっている。センターと核融合研が双方向で行う共同研究では、センターと核融合研の間で研究者が自由に行き来できる仕組みにしたこと、核融合研には我が国におけるプラズマ・核融合分野の研究者の多くが在職し、各センターが必要とする多才な人材が揃っていること等から、双方型共同研究は、今後、各センターにおけるプラズマ・核融合研究のさらなる進展に大きく貢献するものと思われる。また、全国大学共同利用研究機関でないセンターも、双方向型共同研究により、これと同等の機能を有することになったことから、全国の優秀な研究者が各センターの共同研究に参加し、センターの研究を促進するとともに、センターのアクティビティが全国の大学に伝えられ、センター以外の大学の研究も活性化するものと考えられる。このように、双方向型共同研究によって、我が国の大学等のプラズマ・核融合研究は、これまで以上に活性化されつつある。

LHD 計画共同研究は、大学等で育まれている各種の研究、萌芽的研究、技術等を LHD 実験に適用・集約するため、大学等で先ず研究・開発するための共同研究で、平成 8 年度から実施されている。LHD 計画共同研究の終了後、LHD 計画共同研究の 20% 程度の研究課題は、引き続き、LHD 実験の一般共同研究等として核融合研で共同研究が行われており、LHD における実験の進展に大きく寄与している。このように、大学等のアイデアであったものが一連の共同研究で実現し、最先端の成果を上げることができるようになること等から、LHD 計画共同研究は、大学等の研究の進展に大きく寄与していると言える。LHD 計画共同研究や双方向型共同研究が設けられる前は、これとは逆に核融合研の知見

が大学等で活かされる場合が多かったと思われる。一般共同研究も効果的に進めるためには、常に最新の研究課題に取り組むことのできる環境を用意する必要があり、核融合研では、新たな実験装置、計測器の導入や解析コードの更新などを行い、共同研究者の便宜を常に図っている。これらの最先端の知見は、大学等に伝えられ、大学等の研究の進展に貢献してきていると考えられる。

このように、核融合研は、現在その共同利用・共同研究の仕組みを発展させ、我が国の大学等の核融合研究の活性化を図っており、COEとしての役割を十分に果たしていると言える。

## Ⅱ. 共同利用・共同研究を推進する仕組み

### Ⅱ－１ 核融合研に於ける共同研究の仕組み

核融合研では、「一般共同研究」、「LHD（大型ヘリカル装置）計画共同研究」、「双方向型共同研究」の3つのカテゴリーを設けて、共同研究を実施している。

双方向型共同研究は、平成16年度から設けられた新しいタイプの共同研究で、これにより、核融合研の共同利用・共同研究は、従来の2つから上述の3つのカテゴリーへと拡大し、より自由に、また、より活発に推進できる体制となった。

#### Ⅱ－１－１ 一般共同研究

一般共同研究は、核融合研設立時から始められた最も歴史のある共同研究である。一般共同研究は、核融合研の実験装置、計測機器、計算機等を使うことによって共同利用・共同研究を進め、成果を上げることが基本となっており、研究を行っている核融合研の全ての部門で実施されている。また、共同利用・共同研究を促進するため、核融合研で研究会を開催すること等も含まれている。この基本理念から、一般共同研究では、大学等の共同研究者に核融合研に来て頂き、核融合研で研究・活動して頂くことが原則となっている。

一般共同研究では、上述のように核融合研の実験装置、計測機器、計算機等を使って行われることから、これらを稼働させるために必要な経費は、通常、核融合研から直接支出されている。従って、共同研究の経費としては、主に旅費が配分され、これに共同研究の研究課題に固有の機器製作等に必要な経費が配分されている。

#### Ⅱ－１－２ LHD計画共同研究

LHD計画共同研究は、大学等で育まれている各種の研究、萌芽的研究、技術等をLHD実験に適用・集約するため、大学等で先ず研究・開発するための共同研究で、平成8年度から実施されている。この共同研究は、LHDにおける実験の画期的進展、実験及び装置運転の効率化等に加えて、大学等の研究の進展に寄与することを目的としている。また、LHD実験に適用・集約可能な各種の研究、技術等を広く掘り起こすには、コミュニティからの意見・推薦が必要であり、LHD計画共同研究の募集には、コミュニティの代表として核融合ネットワークに関わって頂いている。LHD計画共同研究は、その趣旨から、終了後、一般共同研究に移り、LHDで実験等を行って頂くのが原則となっている。しかし、LHD計画共同研究の研究課題として、終了後直接LHDの実験・運転に関わらなくても、LHD計画の推進に貢献できるものであれば採択している。これは、例えば、LHD計画を推進する上で、LHDの実験や運転以外のところでも、LHD計画を推進するための研究・活動が必要なためである。

#### Ⅱ－１－３ 双方向型共同研究

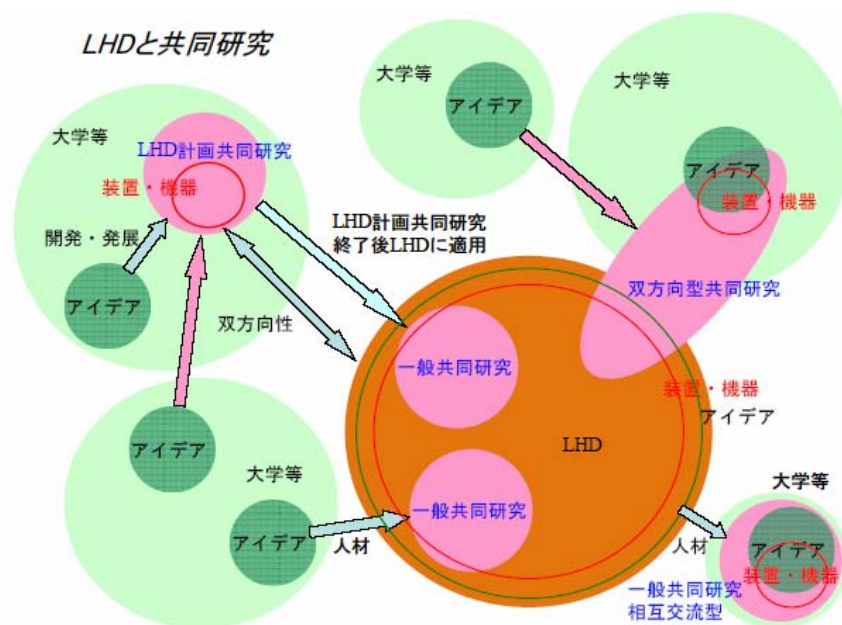
大学と核融合研における核融合研究は、視野の広い学術研究をベースに、より優れた核融合炉の開発という観点から、種々の閉じ込め概念の実証と核融合炉実現の可能性の学術的な探求と人材育成のため、各々異なる方式の核融合実験装置を用いて進められてきた。その結果、大学と核融合研における核融合研究は、多くの成果を上げることができたが、我が国の核融合研究を今後さらに発展・強化させるため、これまで長年にわたり核融合研究を支えてきた大学と核融合研の複数の実験装置を整理・統合して重点化・効率化するとともに、共同利用・共同研究をさらに推進する方策が、科学技術・学術審議会・学術

分科会・基本問題特別委員会に設置されたワーキンググループの審議の結果、平成15年1月の報告書「今後の我が国の核融合研究の在り方について」として決定された。

上記報告書には、研究機会を増やすための重要な施策として、双方向型共同研究が提案されている。今後の核融合研究の発展のためには、一般共同研究の研究者の動きと逆の動き、即ち、大学共同利用機関の研究者が大学等へ出向いて共同研究を実施することも両者の研究資源の相乗的な活用のために必要になると言う提言である。幸いにも、核融合研では、文部科学省、各大学附置研究所、研究センターの理解と協力を得て、この提言を平成16年度に双方向型共同研究として実現した。

具体的には、双方型共同研究は、筑波大学プラズマ研究センター、京都大学エネルギー理工学研究所エネルギー複合機構研究センター、大阪大学レーザーエネルギー学研究センター、九州大学応用力学研究所炉心理工学センターと核融合研が双方向で行う共同研究、これらのセンター間で各々行う共同研究、及び大学等の研究者がこれらのセンターに出向いて行う共同研究からなっている。核融合研と各センター間の共同研究は、核融合研からの委託研究として実施され、センター間、大学等の研究者がセンターで行う共同研究は、核融合研の一般共同研究と同じ形式で行われている。

双方向型共同研究は、大学と核融合研の自主性・自律性に基づき各組織の明確な責任において進めている。しかし、研究目標は、個々に定めるのではなく、今後我が国の核融合研究に必要とされる重要課題として、双方向型共同研究の中核である核融合研が、核融合コミュニティと協議しながら、集約後、これを各センターと分担、連携して進める方式が採用されている。これにより、核融合研究に必要な重要課題を効率的に解決していくことが可能となった。



図Ⅱ－1 共同利用・共同研究の3つのカテゴリーの役割 (LHDの場合)



## Ⅱ－２ 共同研究委員会

共同利用・共同研究の運用は、核融合科学研究所運営会議共同研究委員会規則(以下「委員会規則」)に基づく核融合科学研究所運営会議共同研究委員会(以下「共同研究委員会」)によって行われている。即ち、核融合科学研究所運営会議(以下「運営会議」)のもとに共同研究委員会が設けられており、そのもとに核融合研究共同研究委員会(所謂「一般共同研究委員会」)、LHD計画共同研究委員会、双方向型共同研究委員会の3つの専門委員会が作られ、必要に応じ開催されて各々研究課題の採択案の決定等を行っている。なお、研究課題の採択等の最終的な決定は運営会議で行われており、共同研究委員会の任務は、核融合研において実施する共同研究の計画及び運営に関する事項を調査審議することとなっている。

### Ⅱ－２－１ 共同研究委員会の組織

共同研究委員会は、委員会規則に基づき、次に掲げる委員をもって組織される。

- (1) 核融合研所内及び所外の運営会議委員各8名以上
- (2) 核融合科学又はこれに関連する分野の研究に従事する者36名以内

(1)の委員は、運営会議で選出され、(2)の委員は、運営会議の議を経て、所長が委嘱している。委員の任期は、2年で、再任が認められている。

共同研究委員会の委員長は、委員会規則に基づき、核融合研所内の運営会議委員のうちから運営会議が選出していますが、核融合研及び我が国の大学等の研究事情に精通している必要があること等から、大型ヘリカル研究部の研究総主幹が指名されてきている。共同研究委員会委員長は、共同研究委員会を招集し、その議長となることが定められている。

共同研究委員会の現在の組織は、委員会規則に加えて、下記のような共同研究委員長覚え書きや慣例に基づき、決定されている。

[委員会の員数]

- (1) 核融合研所内及び所外の運営会議委員各8名
- (2) 核融合科学又はこれに関連する分野の研究に従事する者は、所外17名、所内11名  
所外委員のうち、物理関係9名、炉工学関係8名

[運営会議への推薦]

- 上記(1)は、核融合研所長推薦
- 上記(2)の所内委員については、核融合研所長推薦
- 上記(2)の所外委員のうち、  
双方向型共同研究委員会の構成に必要な委員(後述)については、核融合研所長推薦  
それ以外の委員については、「核融合ネットワークの推薦」を尊重して核融合研所長推薦

[核融合ネットワークの推薦]

上記(2)の外部委員については、双方向型共同研究委員会の構成に必要な委員を除き、上述のように、核融合ネットワークの推薦を尊重して核融合研所長が運営会議へ委員の候補者を推薦している。その条件は下記のとおりである。

- 2期以上は原則半数改選
- 地域性や各分野における継続性に配慮

[各委員会の具体的構成]

- 一般共同研究委員会

所外運営委員 3名 所内運営委員 4名  
所外委員 10名 所内委員 6名

○ LHD計画共同研究委員会

所外運営委員 3名 所内運営委員 3名  
所外委員 5名 所内委員 3名

○ 双方向型共同研究委員会

所外運営委員 7名 所内運営委員 4名  
所外委員 3名 所内委員 2名

所外運営委員を含む所外委員には、下記センターのセンター長が含まれている。

- ・東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター
- ・筑波大学プラズマ研究センター
- ・東京大学高温プラズマ研究センター
- ・富山大学水素同位体科学研究センター
- ・京都大学エネルギー理工学研究所エネルギー複合機構研究センター
- ・大阪大学レーザーエネルギー学研究センター
- ・九州大学応用力学研究所炉心理工学研究センター

上記センターのうち、核融合研と双方向型共同研究を行っていないセンターのセンター長は、「核融合プラズマに関する学理及びその応用の研究」に関与していることが委員会に加わって頂く条件となっている。

[各委員会の幹事長（委員長）等]

それぞれの委員会の幹事長（委員長）にはコミュニティを代表して所外の委員にご就任頂き、審議の透明性を確保して頂きながら、各々研究課題の採択案の決定等を行っている。

又、各委員会の幹事には所内委員が就き、委員会で幹事長を補佐するとともに、公募文案のまとめ、委員会開催の諸手続き、成果報告会開催の準備等を行っている。

## II-2-2 共同研究委員会の役割

共同研究委員会の任務は、核融合研において実施する共同研究の計画及び運営に関する事項を調査審議することと委員会規則に規定されている。ここでは、共同研究委員会とこのもとに設けられている一般共同研究委員会、LHD計画共同研究委員会、双方向型共同研究委員会に分けて、具体的な役割とその例を説明する。

### (1) 共同研究委員会

- 双方向型共同研究に架せられた使命を果たすため、親委員会として、今後の我が国の核融合研究をさらに発展させ、核融合炉の実現に必要な知見を得るための研究課題、研究体制等について調査審議等を行う。
- 共同利用・共同研究を実施するための体制や共同利用・共同研究の促進に必要な事項等、大枠について調査審議等を行う。
- 一般共同研究、LHD計画共同研究、双方向型共同研究の区分の調整を行う。又、新しいタイプの共同研究の取り扱いの審議・決定等を行う。
- 共同利用・共同研究の公募に際して、その方針を決定するとともに、各委員会で作成した共同利用・共同研究の公募案を調整し、公募案を決定する。又、年度によっては、各委員会に任せること

なく、公募案の作成を直接行う。

- 共同利用・共同研究の公募、成果報告会等、共同利用・共同研究にかかる全体日程を決定する。
- (2) 一般共同研究委員会、LHD計画共同研究委員会及び双方向型共同研究委員会
  - 各委員会所轄の共同利用・共同研究を実施するための体制やその促進に必要な事項等について、必要に応じて検討会を設ける等して調査審議等を行う。
  - 各委員会所轄の共同利用・共同研究の公募案を作成する。但し、年度によっては、親委員会である共同研究委員会が、各委員会の作業を取りまとめる形で、公募案を作成する場合もある。
  - 応募のあった研究課題について審査し、採択案、予算案を作成する。
  - 特に双方向型共同研究委員会においては、今後の我が国の核融合研究をさらに発展させ、核融合炉の実現に必要な知見を得るための研究課題、研究体制等について調査審議等を行う。

(3) 双方向型共同研究委員会固有の役割

センターと核融合研が双方向で行う双方向型共同研究は、双方向型共同研究の根幹であり、研究課題が、

- 科学技術・学術審議会・学術分科会・基本問題特別委員会に設置されたワーキンググループの報告書「今後の我が国の核融合研究の在り方について」に合致しているか、
- 今後、我が国の核融合研究をさらに発展させるため、どのような方向、内容であれば良いか、
- II—1—3に記載されているセンター以外の機関から提案された新規研究課題を核融合研とセンター間の双方向型共同研究と同等の条件で採択するにはどのようなガイドラインが必要か、あるいは、どのような条件をクリアしていれば良いか

等について、双方向型共同研究委員会で年間を通して審議を行っている。また、双方向型共同研究のこれらの研究課題を遂行するために必要な予算の配分の大枠についても年間を通して議論を行っている。

[役割の具体的な例]

平成16年度に、九州大学から、双方向型共同研究の中心装置の一つとなっている応用力学研究所炉心理工学研究センターのトライアム1M計画を完了し、新装置、即ち「プラズマ境界力学実験装置」を建設したいとの提案がなされたため、双方向型共同研究委員会のもとに「九州大学プラズマ境界力学実験装置検討会」を設置した。検討会は4回開かれ、双方向型共同研究委員会に検討結果の報告書を提出した。双方向型共同研究委員会では、この報告書を受けて審議し、九州大学提案の「プラズマ境界力学実験装置」の建設を推進すべきであるとの結論に至った。九州大学提案の新装置及び我が国にある既設の同型の小型装置を用いた研究を、核融合研を中心とした双方向型共同研究の枠組みの下で密接な連携を図りつつ推進し、我が国の大学・国公立研究機関等における核融合研究の学術基盤の長期的構築に寄与させるものとした。このため、双方向型共同研究委員会では、九州大学の新装置の運営にあたって実験のコーディネータを外部の研究者にする等の斬新な試みを行うよう提言しており、実現される運びとなっている。

双方向型共同研究委員会の結論は、共同研究委員会を経て運営会議で審議され、新装置の建設が平成17年度から実行されることとなった。

法人化後の各共同研究委員会の開催実績を表に-1に示す。

表Ⅱ－1 共同研究委員会開催実績

<b>1. 共同研究委員会</b>	
平成16年度	第1回 平成16年12月 1日 (水) 13:40～ 第2回 平成16年12月 メールによる持ち回り会議 第3回 平成17年 3月 8日 (火) 13:40～
平成17年度	第1回 平成17年10月27日 (木) 13:40～ 第2回 平成17年11月 メールによる持ち回り会議 第3回 平成18年 3月15日 (水) 13:40～
<b>2. 一般共同研究委員会</b>	
平成16年度	第47回 平成17年3月17日 (木) 13:40 ～3月18日 (金) 12:00
平成17年度	第48回 平成18年3月14日 (火) 13:40 ～3月15日 (水) 12:00
<b>3. LHD計画共同研究委員会</b>	
平成16年度	第16回 平成17年1月21日 (金) 13:40～
平成16年度	平成17年2月 メールによる持ち回り会議
平成17年度	第17回 平成18年2月16日 (木) 13:40～
平成17年度	平成18年2月 メールによる持ち回り会議
<b>4. 双方向型共同研究委員会</b>	
平成16年度	第1回 平成16年10月21日 (木) 15:30～ 第2回 平成17年 2月 9日 (水) 13:40～
平成17年度	第1回 平成17年 5月24日 (火) 13:40～ 第2回 平成17年 6月24日 (金) 15:00～ 第3回 平成17年 7月22日 (金) 13:40～ 第4回 平成17年 9月13日 (火) 13:40～ 第5回 平成17年11月24日 (木) 13:40～ 第6回 平成18年 1月16日 (月) 13:40～ 第7回 平成18年 2月28日 (火) 13:40～
<b>5. 九州大学プラズマ境界力学実験装置検討会</b>	
平成16年度	第1回 平成16年 9月16日 (木) 10:30～ 第2回 平成16年10月 6日 (水) 13:40～ 第3回 平成16年12月20日 (月) 13:40～ 第4回 平成17年 1月11日 (火) 13:40～
平成17年度	平成17年 4月21日 (木) 京都 「STグループ検討会」 平成17年 8月 5日 (金) 東京 「STグループ検討会」 平成17年12月 7日 (水) 核融合研 「STグループ検討会」

### Ⅲ. 共同利用・共同研究の現状

#### Ⅲ－１ 公募から採択まで

##### 1. 一般共同研究

本研究所の研究設備は全て共同利用研究の対象である。これらは一般共同研究の枠内で共同利用・共同研究に供されている。一般共同研究は表Ⅲ－１に示すように現在13のカテゴリーに分かれ公募されている。この分類は所内の研究体制におおむね沿っている。一部研究系をまたがったカテゴリーもあるが、所内的に研究設備の所属及び責任者は明確になっており、この維持・管理体制の下で広く所外の研究者に対して最適な研究環境の維持を図っている。大型ヘリカルプロジェクトについては11個の、また、炉工学研究分野は3つの小分類に分け、各々所内担当者を明確にすることにより自分の研究テーマにあったカテゴリーの選択に便宜を図っている。このカテゴリー及び分類は研究内容の進展や研究設備の整備などに伴って毎年見直されている。

公募から申請に至る手続きについては準備も含め以下のようになっている。(図Ⅲ－１参照)

まず次年度の研究所の体制や設備の更新、予算事情などを考慮してカテゴリーの見直し、予算枠などを決定する。その後それぞれのカテゴリーの所内担当者が次年度に向けた公募文案を作成する。公募文案には現在進行している研究内容や研究設備の様子が記述され、応募者が研究課題を考える上で参考になるよう配慮している。これを研究委員会所内幹事が集めて全体をまとめ公募文案とする。

公募文案は所外13名、所内10名からなる一般共同研究委員会で審議され、承認を受けて親委員会である運営会議に提出される。運営会議の議を経て承認されると公募となる。

公募文は冊子として印刷され、登録された共同研究者と全国の大学や研究機関に配布されていたが、最近では核融合研からの登録された共同研究者へ公募開始を知らせるメールと研究所のホームページへの掲載が主になり、応募も全て電子媒体で行っている。ホームページから書式をダウンロードし必要事項を記入の上、メールに添付する形で研究所担当課に送付してもらう。申請書の例を表Ⅲ－２に示す。

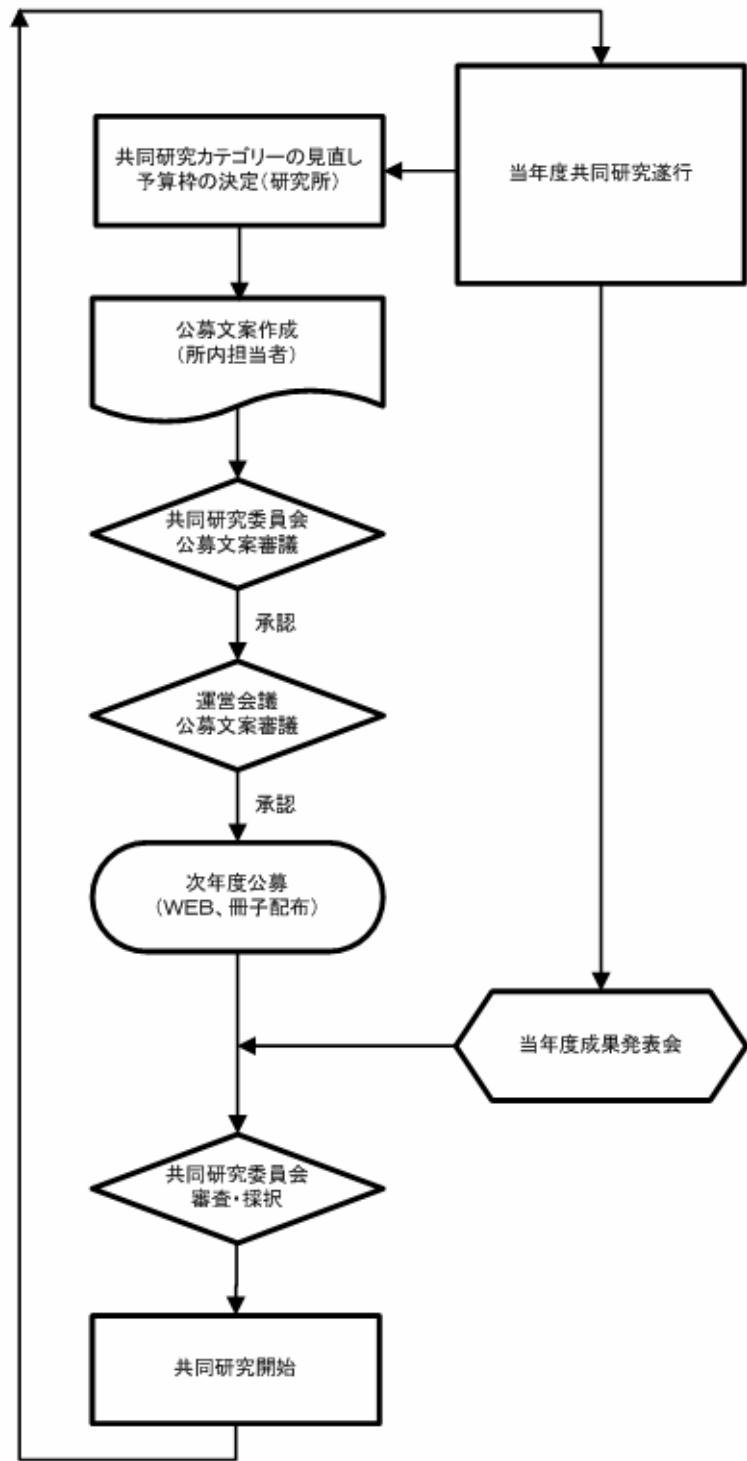
応募された課題はカテゴリー毎に整理され、一般共同研究委員会により審査される。委員会の下に5つの審査班を作り、担当するカテゴリーを分けて審査している。平成17年度のカテゴリー毎の審査結果は以下のようであった。

審査班	審査カテゴリー
A	LHD実験、スーパーSINET
B	LHDシステム技術・超伝導、炉工学分野
C	LHD加熱・計測、CHS
D	理論・シミュレーション
E	基礎、連携研究、相互交流、研究会

評価は3段階で行い、審査基準を表Ⅲ－３のように決めて行った。評価分布を図Ⅲ－２に示す。審査に当たり共通する幾つかのガイドラインを委員会全体で確認した後、各班別の審査を行い、最後にその結果を委員会全体で確認、承認するという方式を採っている。また、申請課題には新規と継続とがあるが、採択された課題には年度末に報告書の提出を義務づけており、継続課題の審査にはその報告書も参考とされる。表Ⅲ－４には平成17年度のカテゴリー毎の採択結果を示す。

表Ⅲ－１ 一般共同研究のカテゴリー

共同研究課題	共同研究 所内担当者	TEL	FAX	e-mail アドレス
		( 0572 ) 58-		
1. 大型ヘリカル装置 (LHD) プロジェクト	小森彰夫	2200	2620	komori@LHD.nifs.ac.jp
(1) 大型ヘリカル装置 (LHD) 実験共同研究	小森彰夫	2200	2620	komori@LHD.nifs.ac.jp
① 閉じ込め改善とプラズマ周辺制御	長山好夫	2234	2624	nagayama@LHD.nifs.ac.jp
② コアプラズマの輸送とMHD特性	山田弘司	2154	2618	hyamada@LHD.nifs.ac.jp
③ 高周波加熱物理と定常プラズマ維持	武藤 敬	2205	2622	mutoh@nifs.ac.jp
④ 粒子ビーム加熱プラズマの高性能化	居田克巳	2182	2619	ida@LHD.nifs.ac.jp
⑤ 装置工学実験	今川信作	2132	2616	imagawa@LHD.nifs.ac.jp
(2) 装置技術・開発共同研究				
① 本体システム物理・技術	大藪修義	2140	2618	ohyabu@LHD.nifs.ac.jp
② 超伝導技術	三戸利行	2120	2616	mito@LHD.nifs.ac.jp
③ 高周波加熱技術	大久保邦三	2190	2622	ohkubo@LHD.nifs.ac.jp
④ 高エネルギービーム技術	金子 修	2180	2619	kosamu@LHD.nifs.ac.jp
⑤ 計測技術	川端一男	2220	2624	kawahata@LHD.nifs.ac.jp
(3) 大型ヘリカル装置 (LHD) 理論共同研究	林 隆也	2270	2630	hayashi@nifs.ac.jp
2. 炉工学分野研究				
(1) 炉工学研究	野田信明	2124	2676	noda@LHD.nifs.ac.jp
(2) 炉設計	相良明男	2155	2618	sagara@LHD.nifs.ac.jp
(3) 炉システム安全性	朝倉大和	2321	2610	asakura@nifs.ac.jp
3. CHS 共同研究	岡村昇一	2157	2619	okamura@nifs.ac.jp
4. 基礎開発共同研究	田中雅慶	2184	2619	mytanaka@LHD.nifs.ac.jp
5. 理論共同研究 共同研究 A, B	林 隆也	2270	2630	hayashi@nifs.ac.jp
	堀内利得	2377	2626	hori@tcsc.nifs.ac.jp
6. 大型シミュレーション共同研究 A, B	岡本正雄	2369	2626	okamoto@nifs.ac.jp
7. 連携研究に関する共同研究 A, B	佐藤元泰	2248	2628	satomoto@LHD.nifs.ac.jp
8. 安全管理に関する共同研究 A, B	宇田達彦	2080	2610	udat@nifs.ac.jp
9. LHD 数値解析システム利用共同研究	堀内利得	2377	2626	hori@tcsc.nifs.ac.jp
10. 相互交流型共同研究	金子 修	2180	2619	kosamu@LHD.nifs.ac.jp
11. 研究会	金子 修	2180	2619	kosamu@LHD.nifs.ac.jp
12. スーパーSINET を用いた共同研究	長山好夫	2234	2624	nagayama@LHD.nifs.ac.jp
13. 核融合アーカイブズに関する共同研究	松岡啓介	2248	2628	matsuoka@LHD.nifs.ac.jp



図Ⅲ－１ 公募案作成から申請、採択までの流れ

表Ⅲ－２ 申請書の様式例

平成17年度核融合科学研究所共同研究（LHD実験）申請書

審査希望部門 大分類 ( 1 )		小分類 ( )		※整理番号	
実験テーマ枠名(下表参照)				※予算コード	
研究代表者氏名			研究代表者所属機関・部局・職		
連絡先	電話	FAX	代 表 者		
			e-mail		
核融合科学研究所 所内世話人			世 話 人		
			e-mail		
研究課題 (和文)					
研究課題 (英文)					
新規・継続の別		<input type="checkbox"/> 新規	<input type="checkbox"/> 継続	継続の場合、開始した年度	
				平成	年度
研究経費等 (金額の内訳は第2ページに記入下さい。)			前年度の予算コード (No.		)
研究用備品・消耗品の購入経費		千円	旅費	千円	
研究組織 (研究代表者及び研究協力者) ※人数に応じて行を増やしてください。					
氏 名	所属機関・部局・職		担当分野	電子メールアドレス	出張回数
合計	名				

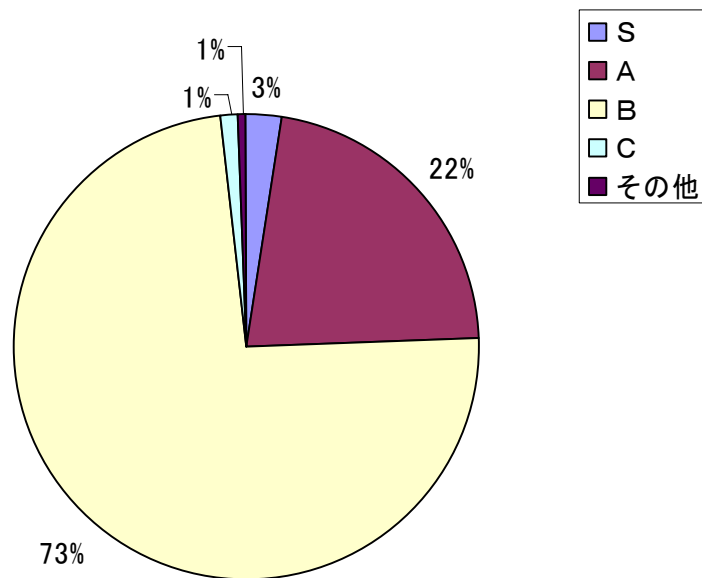
各研究課題に含まれる実験テーマ枠				
(1) 閉じ込め改善とプラズマ周辺制御	(2) コアプラズマの輸送とMHD特性	(3) 高周波加熱物理と定常プラズマ維持	(4) 粒子ビーム加熱プラズマの高性能化	(5) 装置工学実験
ア. 高密度 イ. 粒子制御と閉込改善 ウ. 粒子・不純物輸送	エ. 高ベータ オ. 平衡磁場配位の閉込・MFHDへの影響 カ. 低磁場プラズマ	キ. 高電子温度 ク. 定常放電 ケ. 波動加熱物理	コ. 高イオン温度 サ. 電場と輸送障壁 シ. 高エネルギー粒子閉込	ス. 装置工学実験



研究の目的と期待される成果
研究の具体的方法（使用ポート・計測器の概要・必要マシンタイムのショット数・時期など）
研究経費申請の内訳
※LHD実験会議の見解 （実験環境整備等の状況から実行可能性を判断します。申請者は記入する必要はありません。）

表Ⅲ－3 一般共同研究審査基準

項目別審査基準			
1. 評価を「A」「B」「C」の3段階とし、「C」を不採択とする。			
2. 予算の最高額の目安を150万円とした上で以下の基準とする*)。			
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「B」は申請額の1/3程度を認めるが、最大30万円を目安とする。</li> <li>・ 「A」は申請額の2/3程度を認めるが、最大70万円を目安とする。</li> <li>・ 「A」評価のものの中から特に重要と思われる課題に対しては「S」評価として申請額の100%まで最大150万円を目安として認める。</li> </ul>			
3. 評価件数の配分は以下を目安にする			
「A」は申請件数の20%程度。			
「S」は申請件数の5%程度。			
4. 最終的にはカテゴリー毎の予算枠を参考にしながら調整をする。			
審査基準	A	B	C
① 公募内容との整合性	整合が取れている	関連はあるが薄い	関連がない
② テーマの意義・内容	重要である	意義がある	意義がない
③ 研究遂行能力	十分と認められる	可能と認められる	不安がある
④ 予算規模の適切性	適切である	検討を要するが、修正しても共同研究として意義を残す	不適切である
⑤ 所内受け入れ体制	NIFSで行う体制ができています	NIFSとの協力体制ができています	NIFSとの連携ができていない
⑥ 研究の進展度 ・ 継続課題は原則3年まで(研究会は2年)とする	進展が大である	進展が認められる	進展が認められない
⑦ 報告書の期限内提出(継続課題)	提出済	—	未提出
⑦ 成果発表上の問題点	NIFSとの共同研究であることを明記	—	記載がない
総合評価	採択	採択	不採択



図Ⅲ－2 評価分布

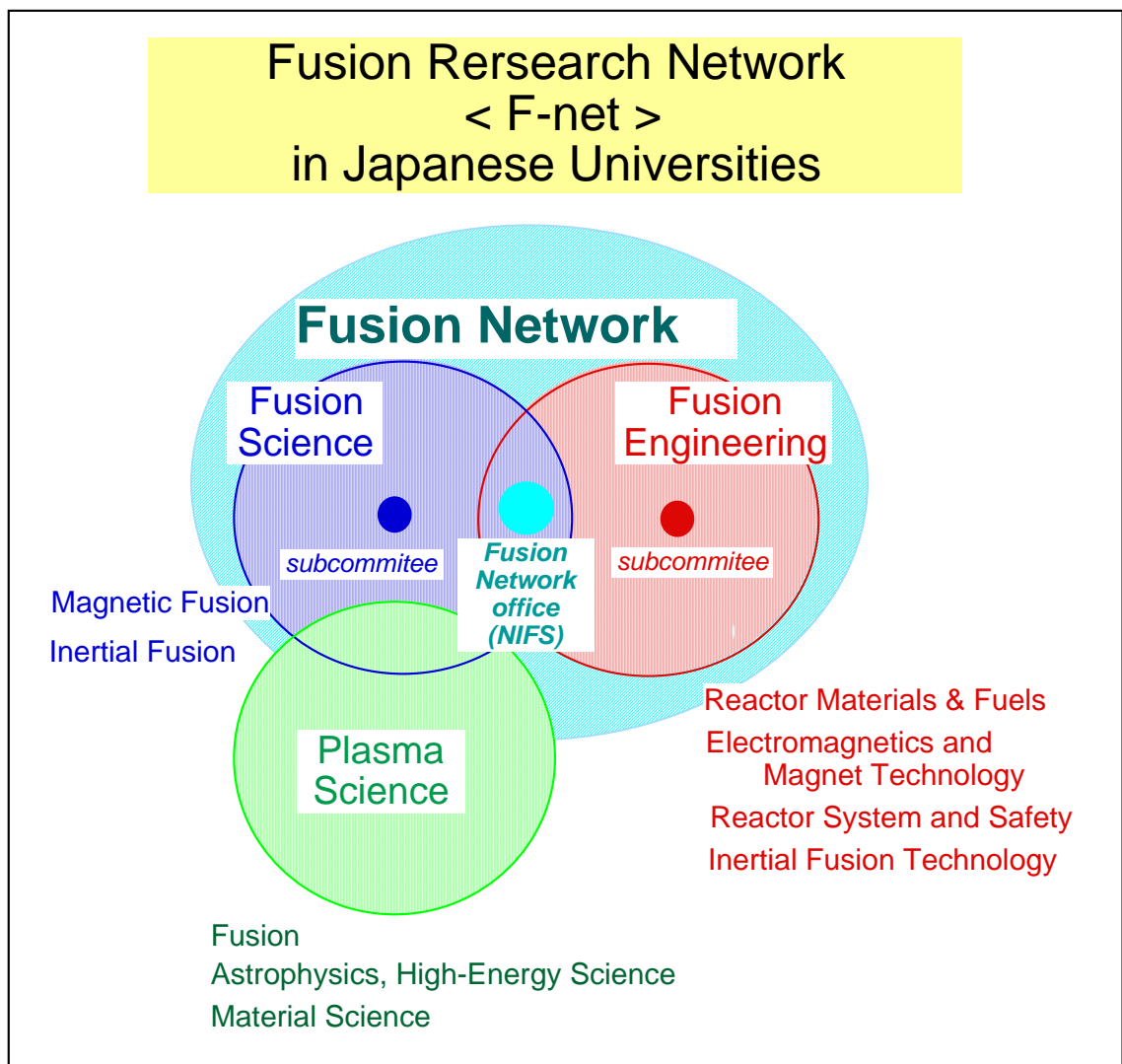
表Ⅲ－４ 平成17年度一般共同研究採択課題数

平成17年度一般共同研究採択状況

共同研究課題	申請件数	採択件数
1. 大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクト	86	85
(1)大型ヘリカル装置(LHD)実験共同研究	35	35
1 閉じ込め改善とプラズマ周辺制御	15	15
2 コアプラズマの輸送とMHD特性	5	5
3 高周波加熱物理と定常プラズマ維持	7	7
4 粒子ビーム加熱プラズマの高性能化	5	5
5 装置工学実験	3	3
(2)装置技術・開発共同研究	43	42
1 本体システム物理・技術	8	7
2 超伝導技術	13	13
3 高周波加熱技術	2	2
4 高エネルギービーム技術	7	7
5 計測技術	13	13
(3)大型ヘリカル装置(LHD)理論共同研究	8	8
2. 炉工学分野研究	39	37
(1)炉工学研究	26	25
(2)炉設計	8	8
(3)炉システム安全性	5	4
3. CHS共同研究	12	12
4. 基礎開発共同研究	20	20
5. 理論共同研究 共同研究A	17	17
6. 大型シミュレーション共同研究	17	17
大型シミュレーション共同研究A	8	8
大型シミュレーション共同研究B	9	9
7. 連携研究に関する共同研究	18	18
連携研究に関する共同研究A	15	15
連携研究に関する共同研究B	3	3
8. 安全管理に関する共同研究	7	7
安全管理に関する共同研究A	2	2
安全管理に関する共同研究B	5	5
9. LHD数値解析システム利用共同研究	46	46
10. 相互交流型共同研究	17	17
11. 研究会	19	19
12. スーパーSINETを用いた共同研究	4	3
13. 核融合アーカイブズに関する共同研究	6	6
合計	308	304

## 2. LHD計画共同研究

LHD計画共同研究は一般共同研究に比べて課題毎につく予算の規模が大きく、複数年度の計画をあらかじめ想定している。LHDの推進をコミュニティ全体として支える観点から本カテゴリーの審査プロセスは一般共同研究とは異なっている。即ち、LHD計画共同研究委員会の審査に、核融合研究者コミュニティの代表としての核融合ネットワークの意見が参考として活かされている。核融合ネットワークは図III-3に示すように、核融合科学と核融合炉工学の和集合にプラズマ科学が一部加わる構成であり、平成8年に活動開始後、現在約600名が登録されている。科学と炉工は、共に代表と世話人及び各研究分野の委員・幹事が全体活動をサポートしており、幹事会・委員会議事録を含む活動の詳細は各ホームページにて公開されている(<http://f-net.nifs.ac.jp/>)。



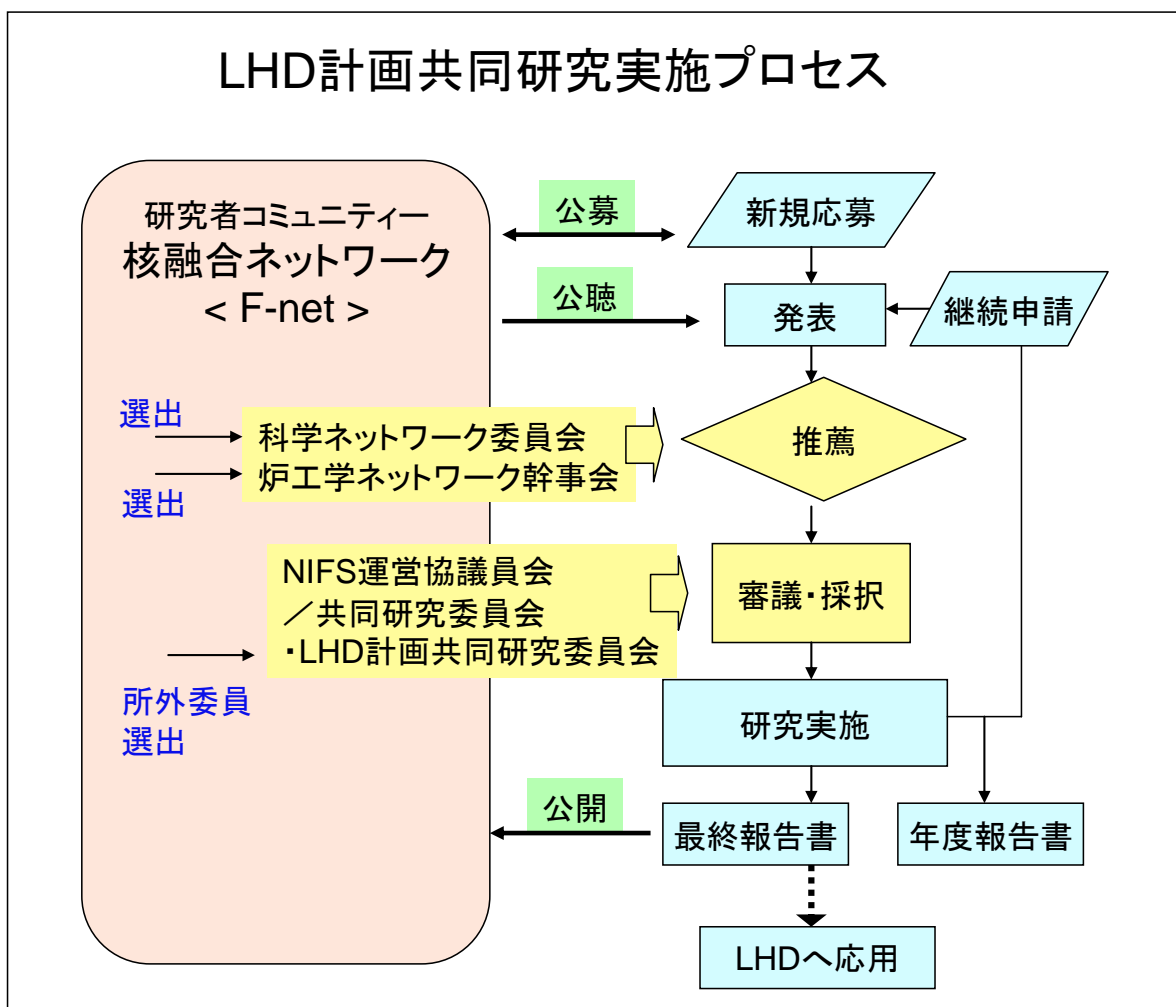
図III-3 核融合ネットワークの構成

研究課題の公募から成果の公表までの実施プロセスを図III-4に示す。公募及び成果発表会の情報は、一般共同研究と同時に、核融合研から登録された共同研究者への公募開始を知らせるメールと研究所のホームページへの掲載、あるいは、登録された共同研究者と大学や研究機関への印刷された冊子の配布等に加えて、核融合ネットワーク<F-net>の電子メールの一括発信により周知される。

計画及び成果の評価は、成果発表会の発表を基に科学ネットワーク委員会及び炉工学ネットワーク幹事会で行っている。その評価方法については両ネットワークで統一しており、

- 新規応募に関しては、
  - (1) LHD への応用、(2) 学術的重要性、(3) 研究内容の新規性、
  - (4) 計画の実現性、の4項目について採点評価する。
- 継続申請に関しては、
  - (1) 研究の進捗状況、(2) 期待される成果、の2項目について採点評価する。

これらの採点評価を基に採択すべき研究課題が LHD 計画共同委員会に推薦され、同委員会の審査を受けて、最終的に運営委員会にて採否決定される。各年度の成果報告書（和文 3 頁程度、英文年報）および最終報告書（A4 版、添付論文を除き 10 頁）は印刷物として公表される。



図Ⅲ－４ LHD計画共同研究の実施プロセス

### 3. 双方向型共同研究

双方型共同研究は、前述のように、

- (1) 筑波大学プラズマ研究センター、京都大学エネルギー理工学研究所エネルギー複合機構研究センター、大阪大学レーザーエネルギー学研究センター、九州大学応用力学研究所炉心理工学研究センターと核融合研が双方向で行う共同研究、
- (2) 上記のセンター間で各々行う共同研究
- (3) 及び大学等の研究者が上記のセンターに出向いて行う共同研究

からなっている。核融合研と各センター間の共同研究は、核融合研からの委託研究として実施され、センター間、大学等の研究者がセンターで行う共同研究は、この委託研究の一部として行われるが、センターが核融合研と同じ機能を果たすことによって、核融合研の一般共同研究と同じ形式で行われている。

これら双方向型共同研究は、一般共同研究、LHD計画共同研究と同様に、

- 公募、
- 双方向型共同研究委員会における審査、
- 同委員会における採択予定研究課題に対する予算配分案の作成、
- 運営会議での承認、

を経て、実施されている。双方向型共同研究では、応募書類受理後、

- 実際に研究が行われる核融合研あるいはセンターに書類を送付して「受け入れ側の見解」を記入頂き、

双方向型共同研究委員会での審査の参考にしている。これは、提案されている研究課題が実行可能なものか否かを事前に検討し、研究課題採択後に問題が生じないようにするためである。

さらに、上記(1)のセンターと核融合研が双方向で行う共同研究は、双方向型共同研究の根幹であり、前述のように、共同研究に応募があったからではなく、双方向型共同研究の方向、予算、研究課題採択の条件等について、双方向型共同研究委員会で年間を通して審議を行っており、公募後に行われる応募研究課題の審査等に短時間で対応できる体制が構築されている。

表Ⅲ－5 平成17年度双方向型共同研究採択課題一覧

研究分野	申請件数	採択件数
筑波大学プラズマ研究センター (GAMMA10)	14	14
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(Heliotron-J)	8	8
大阪大学レーザーエネルギー学研究センター (激光 XII)	14	14
九州大学応用力学研究所炉心理工学研究センター (TRIAM-1M)	16	16
合計	52	52

## Ⅲ－２ 共同研究の現状

### Ⅲ－２－１ 一般共同研究

#### (1) 大型ヘリカル実験

このカテゴリーでは、大型ヘリカル装置（LHD）を用い、1億度近傍の非燃焼プラズマについてヘリカル方式プラズマの物性を十分体系的に理解し、精度の高い科学的予言力を持つ物理モデルを確立すること、及びトカマクとの異同の理解を十分体系的に確立すること等を研究目的としている。また、炉心プラズマのための重要な工学的研究課題を解明することも目的としている。

特に重要研究課題として、以下の5つを採り上げている。

- 高 $n$   $\tau$  Tプラズマを発生し、炉心プラズマに外挿し得るプラズマの輸送の研究を広範に行う。
- 炉心プラズマに必要な5%以上の平均ベータ値の高ベータプラズマを実現し、関連する物理を調べる。
- ダイバータを設置して、無電流プラズマの長パルス実験を行い、定常運転に必要な基礎データを得る。
- 高エネルギー粒子のヘリカル磁場中での振舞いを研究し、炉心プラズマでの $\alpha$ 粒子を対象としたシミュレーション実験を行う。
- MHD平衡・安定性に関する物理モデルを確立する。

LHD 実験では初年度を除き毎年度1回、4～5ヶ月間の実験期間（実験サイクルと呼んでいる）をもうけ、集中的に実験を行っている。平成17年度は第9サイクル実験を行っている。LHDの研究には、その建設当初に掲げた目標を達成するためのミッション研究とヘリカルプラズマの新たな領域を開拓する物理課題研究とがある。当初は実験グループを2つもうけ、交代制で実験に当たっていたが、研究の進展とともに実験内容が多彩になってきた。そこで効率よく実験を進めるために平成14年度の第6サイクルからテーマグループ制を導入した。すなわちLHDの多様な実験テーマをいくつかのグループごとにまとめ、グループリーダーをおいてマシンタイムの配分や実験の立案・遂行をグループ内で議論しながら進める方法である。研究の進展に合わせて研究内容も変わっていくのでテーマグループは2サイクル毎に見直しをすることとしている。平成16年度からは、LHDのミッションを責任を持って達成するため、実験マシンタイムの構成として物理テーマ時間枠とミッション時間枠とに分けている。どちらも関係するテーマグループが実験の企画立案と遂行を行うが、目的をはっきりと意識するためである。このような枠組みから、電子温度10keV、イオン温度13keV(Ar)、平均ベータ値4.4%、ICRFによる30分放電、など多くの成果が生まれている。

共同研究もこの枠組みの中で実施している。平成16,17年度は、13のテーマ枠を持ち、所外からリーダー、サブリーダーにそれぞれ4名が就任していただいた。また、平成17年度は1テーマ枠を追加するとともに、一部リーダー、サブリーダーの交代があり、リーダー14名のうち、所外から5名、サブリーダーは21名のうち所外から3名となっている。表Ⅲ－6にこれらを記す。

平成17年度の実験テーマの申請総数は215件であり、そのうち所外からの申請は42件である。所内研究者の多くは複数の実験テーマを申請しているため、実効的な所外からの寄与は全体の30%程度に当たる。

表Ⅲ－6 平成17年度実験テーマ枠とグループ体制

提案数のカッコは所外からのもので内数

担当研究系	主幹 主幹代理	テーマ枠	リーダー	サブリーダー	提案数	
プラズマ制御	大藪修義 長山好夫	高密度	宮沢順一	坂本隆一	26(5)	
		粒子輸送	竹永秀信 (原研)	田中謙治	16(2)	
		LID・閉じ込め改善	大藪修義	森崎友宏	徳沢季彦	14(1)
		不純物輸送・PWI	増崎貴	庄司主	23(11)	
高温プラズマ 物理	川端一男 山田弘司	高 $\beta$ 領域の拡大	榊原悟	大館暁	13(3)	
		磁場平衡配位のMHD・閉じ込めへの影響	諫山明彦 (原研)	渡邊清政	成嶋吉朗	17(4)
		低磁場プラズマ	稲垣滋	舟場久芳	3	
高周波加熱 プラズマ	武藤敬 久保伸	高電子温度領域の拡大と電子系輸送	久保伸	吉村泰夫	8(1)	
		定常プラズマ維持と関連物理・工学研究	関哲夫	坂本瑞樹 (九大)	中村幸男	20(2)
		波動加熱物理の物理と最適化	長崎百伸 (京大)	下妻隆	斉藤健二	15(3)
粒子加熱 プラズマ	金子修 居田克己	高イオン温度領域の拡大	池田勝則	森田繁	16	
		電場と輸送障壁の物理	石井亀男 (筑波大)	斉藤輝雄 (筑波大)	吉沼幹朗 横山雅之	16(2)
		高エネルギー 粒子閉じ込め	村上定義 (京大)	長壁正樹		19(5)
炉システム 応用技術	三戸利行 今川信作	装置工学実験	高畑一也	岡村哲至 (東工大)	力石浩孝	9(3)

## (2) 実験技術開発研究

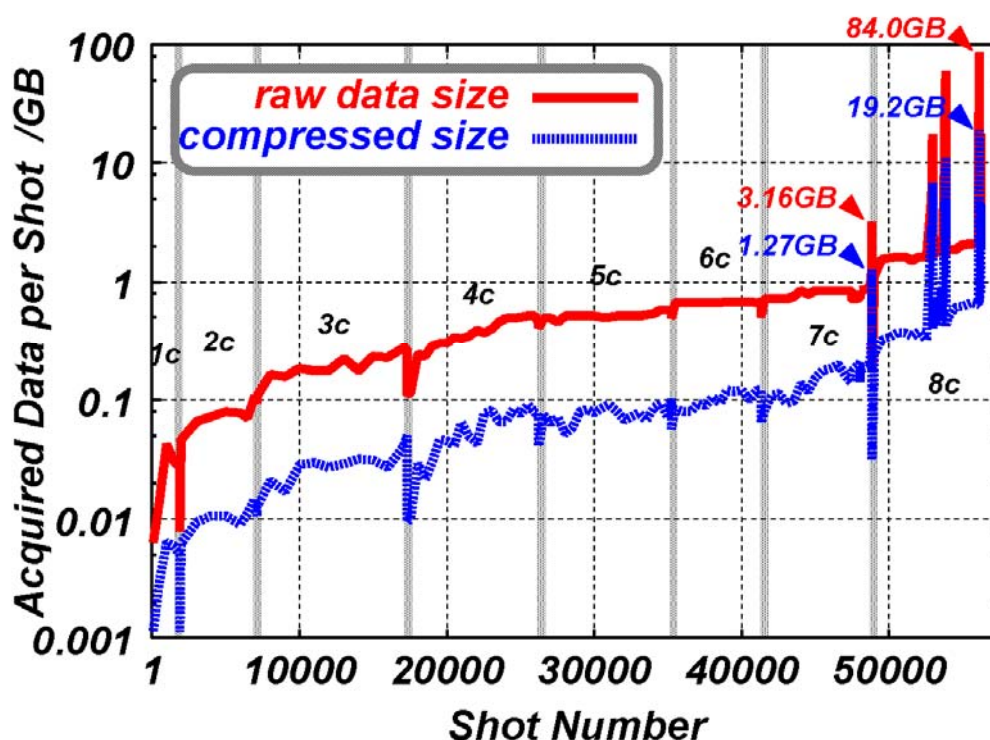
LHDではプラズマ実験以外にもLHD実験を遂行するために必要なプラズマ制御装置、加熱・計測機器、超伝導システムの改良・開発に常に取り組んでいる。具体的には以下のような課題がある

- ア. プラズマ生成装置、燃料補給装置（ペレット、コンパクトトロイド入射）の設計・開発
  - イ. ダイバータ板第一壁の開発、設計（耐高熱流束材料の開発と評価、冷却システムの開発と試験）
  - ウ. 放電洗浄、ボロニゼーションの開発および実験
  - エ. 核融合装置の電力システム技術開発（励磁電源、給電系、電力系統安定化、超伝導電力貯蔵など）
  - オ. 大型ヘリカル装置の過冷却ヘリウム・超流動ヘリウム冷却技術開発
  - カ. 大型超伝導コイルの冷却安定性とコイル保護（絶縁技術を含む）
  - キ. ジャイロトロンの長時間大電力化
  - ク. ミリ波伝送系試験評価
  - ケ. ICRFアンテナ改良・開発
  - コ. 中性粒子入射加熱装置用大型負イオン源の高効率化（セシウム添加量の管理と負イオン生成効率、等）
  - サ. 計測技術開発
- 干渉計、トムソン散乱、ECE、VUV分光、重イオンビームプローブ、荷電交換分光・



MSE 分光・BES 分光、中性粒子分析装置、軟 X 線揺動測定器及び高速度軟 X 線接線カメラ、ボロメーター、高エネルギー粒子及び中性子計測、トレーサー内蔵計測ペレット、データ処理、等

例として LHD のデータ処理を紹介する。LHD は 3 分に 1 回という高繰り返し運転を行っていると共に 1 時間に及ぶ長時間運転を実現させている。従って扱うデータ量も膨大になる。そのためデータ処理に関しては、PC/Windows サーバ技術を早期から導入して、フレキシブルな構成変更・増強が可能で、小規模～大規模までスケラブルに性能を伸張できる並行分散システムの研究開発を行ってきた。その結果、平成 16 年度 LHD 実験第 8 サイクルにおいて、1 回の実験あたり生データ 84.0 GB/shot を収集し、平成 15 年度に引き続いて世界新記録を更新した。LHD は大型実験でありながら、3 分間隔で一日約 150 回以上の実験をおこなっている世界でも極めてユニークな装置であるが、多数回を占める短パルス実験のデータ量も一回あたり約 2.5 GB となっており、そのデータ生成率は世界でも群を抜いている（グラフ参照）。日々成長を続ける大規模データをより柔軟に取り扱うため、分散データベースと階層化ストレージによる仮想化システムの研究開発を続けるとともに、核融合実験のもう一つの重要課題である定常化に向けて、ギガビット級リアルタイムデータ収集系の実用化研究も進めている。



図Ⅲ－5 LHD 第 8 サイクルまでのデータ収集量の変遷。横軸は実験番号、縦軸は一回あたりのデータ収集量。青線は圧縮保存される際のサイズ。

### (3) LHD 理論研究

LHD プロジェクトは、新しいパラメータ領域でのプラズマ実験を通して、磁場閉じ込め核融合の研究を推進しようとするものであるが、理論によるプラズマの描像や実験結果の理論的データ解析無しにはその物理機構を明らかにする事が困難な課題が数多く存在する。理論及びシミュレーション研究にとっても、新しいパラメータ領域のプラズマは理論研究の普遍化のために極めて魅力的な研究対象である。従って、LHD プロジェクトは、実験のみならず、理論・シミュレーション研究も大きく進歩させるも

のと期待される。LHD プラズマの理論及びシミュレーションによる物理検討・データ解析を目的とし、実験研究との密接な連携によって LHD プロジェクトに貢献し、ひいては磁場閉じ込め方式による核融合の学術研究の発展を目指す共同研究を展開している。大型ヘリカル研究部に属する理論・データ解析研究系が、研究代表者および所内世話人となって、このカテゴリーの共同研究推進において中心的役割を果たしている。国内の理論・シミュレーション研究者の知見を LHD 実験に結集する大きな役割を果たしていると言える。平成 15-17 年度の本カテゴリー採択課題件数は 10、7、8 件（ともに、所外代表者分 1 件を含む）、参加研究者数はのべ 100 名超となっており、さまざまな理論課題に基づいた研究が展開されていることがわかる。

LHD 磁場配位は非軸対称であり、3 次元磁場配位におけるプラズマ解析が本質的に必要である。このため、トカマクで用いられてきた計算機コードをそのまま適用することができず、計算機コード開発・環境整備も重要な研究課題となる。本カテゴリーの共同研究に基づいて独自に開発されたコード、ならびに、LHD プラズマ解析のために整備された代表的解析コードとしては以下が挙げられる。

HINT：磁気面の存在を仮定しない 3 次元 MHD 平衡解析（新 HINT への拡張・整備）

GNET：ヘリカル系プラズマ加熱解析（簡易バージョン：FIT）

DCOM：新古典輸送解析（モンテカルロ法）

FORTEC-3D：有限軌道幅効果を含めた新古典輸送解析

GOBLIN：ジャイロ運動論に基づく線形微視的不安定性解析

MPPP：周辺プラズマ輸送解析コード（モンテカルロ法）

CAS3D：3 次元 MHD 平衡における理想 MHD 安定性解析

GSRAKE：新古典輸送解析（バウンス平均法）

GIOTA：3 次元磁場配位におけるリップル輸送解析（運動論的方程式の低衝突極限）

ニューラルネットワーク概念を用いた LHD 新古典輸送データベースの構築作業も本カテゴリーの研究課題として強力に推進されてきている。

これら解析コード・データベースの開発・整備の進展に伴い、LHD プラズマを対象とした解析も、精度が向上するとともにその幅が広がりつつある。新古典輸送解析・それに基づく両極性電場解析は、プラズマ輸送のベースを把握する観点からルーチン的に行われている。新 HINT（コードのモジュール化）、FIT コードはすでに実験現場で実験家自身が扱う段階に至っている。磁気軸分離配位における最近の実験も、HINT コードの強力なバックアップによって進展している。アルベン不安定性に関する解析も、HAE（ヘリシティ駆動アルベンモード）の予測とその実験的検証など大きな成果を挙げている。揺動計測・乱流輸送機構解明の観点から、その原因の一つと考えられている微視的不安定性についても、LHD プラズマにおける解析が可能となっている状況である。局所磁気島ダイバータ(LID)ヘッドにおける粒子ストライクポイント分布の非対称性も明らかになるなど、周辺プラズマ研究における新たな知見も創出されている。LHD 実験会合において、これらの解析結果が発表され、実験結果の解釈・物理機構の解明に貢献するばかりでなく、新たな実験シナリオの立案、実験条件設定のための知見提供による効率的実験の促進にも大きく貢献している。LHD 成果報告会においても、理論・シミュレーション研究者による LHD 実験解析に関する発表件数が増えていることも、本カテゴリーの共同研究の着実な進展を示すものである。

#### （４）炉工学

炉工学研究センターでは炉工学の長期的な研究テーマである「炉材料開発研究」、「ブランケット開発

研究」および「超伝導コイル開発研究」を中心課題として取り上げている。炉材料開発研究においては、先進材料の製作と評価、各種評価法の高度化などを中心に、ブランケットは開発研究に関しては、材料開発研究と関連が深い表面被覆開発、共存性試験などを中心に、さらに、超伝導コイル開発研究に関しては、核融合炉環境を想定した粒子線照射下での特性評価、低放射化超伝導材料の開発、高度化などを中心に研究体制を整えつつある。炉工学関連の一般共同研究では、平成16、17年度それぞれ25、26件が採択されている。分野はブランケット5~6件、材料~10件、超伝導6件、その他3~5件となっている。これらの共同研究は、炉工学研究センターの進める液体ブランケット開発、バナジウムなどの材料評価、超伝導システム高度化に関わるものが半数以上を占め、その他は大学独自のアイデアに基づく要素技術開発支援の性格が濃い。

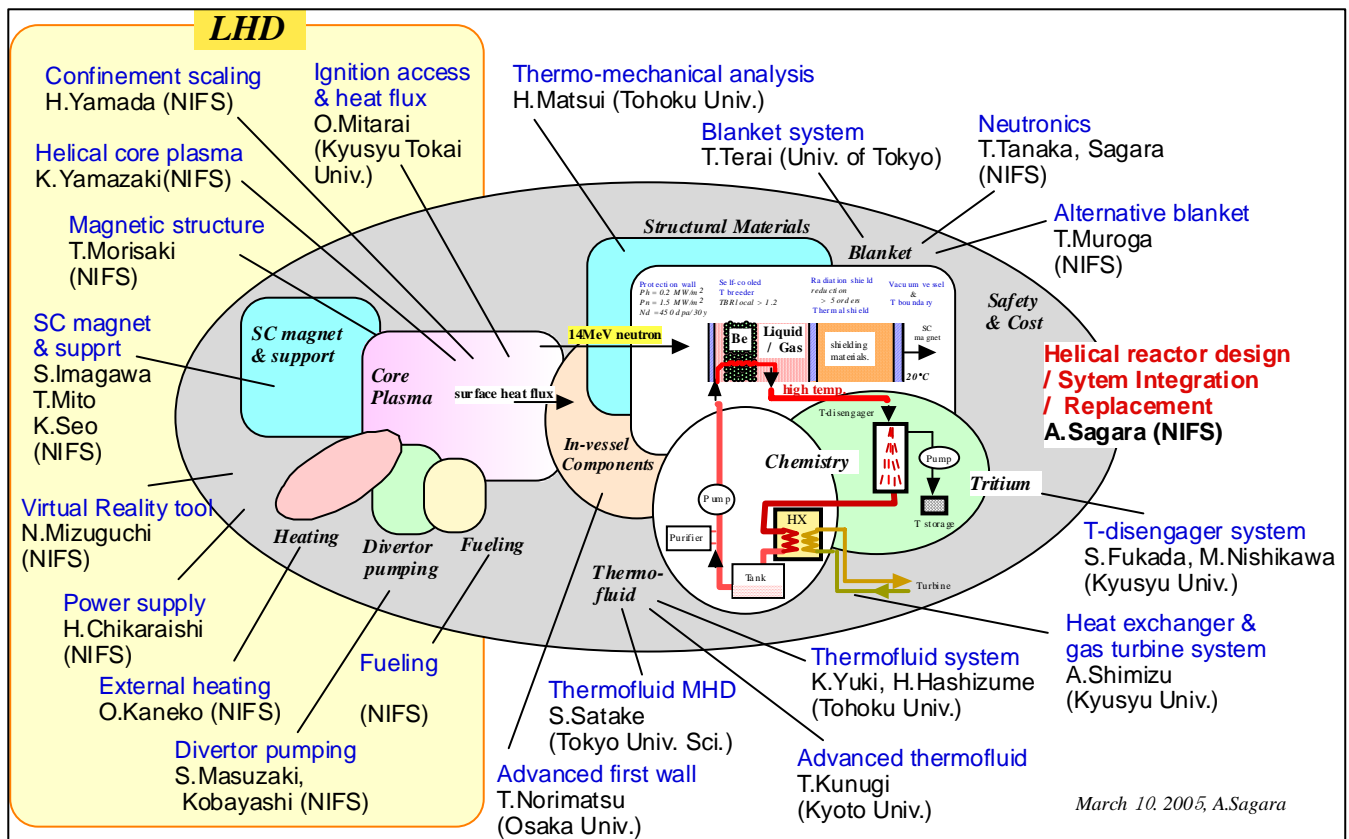
炉工学関連では一般共同研究とは別枠で強力中性子源要素技術開発共同研究を支援してきている。こちらは、大学の持つ施設を有効活用する共同研究であり、大学既存装置の拡充にも貢献している。強力中性子源要素技術開発共同研究は、所外の研究者を主要な構成員とする委員会（炉工学研究センター内に設置）、によって運営されてきたが、平成17年度からLHD計画共同研究枠に移行され、より透明性を増した形で継続発展させられつつある。

#### (5) 炉設計

炉設計関連ではLHDの建設、運転、実験による物理及び工学成果を積極的に取り入れると共に、全国規模の共同研究として炉心プラズマ及び炉工学の広い分野と連携することによって、ヘリカル型核融合炉の概念設計の構築を目指している。これによって、ヘリカル系装置の特長を最大限に引き出すと共に、ヘリカル系に限らず各種プラズマ閉じ込め方式に共通な研究課題も含めて、基幹エネルギー発生総合システムの観点から各研究分野の課題と展望を明らかにし、広く核融合研究の前進に寄与することを主目的としている。

LHD型の原理的な特長としての、無電流、定常、造り付けダイバータに立脚すると共に、連続ヘリカルコイル巻きピッチ角( $\gamma$ )の低減による電磁力低減の長所に着目した設計指針(フォースフリー・ヘリカル炉:FFHR)、および漏出安全性と対磁場環境性を優先した先進液体ブランケットとしての熔融塩Flibeブランケットの採用、の2点を一貫した基本路線としている。これによって図III-6に示すように、各共同研究の役割分担を炉システム統合の中で明確に位置づけるとともに、分野間連携による新しい研究展開の場を継続的に提供している点が特長である。

表III-5の炉設計共同研究・所内世話人の所属研究系別の採択数で示すように、当初はプラズマ制御研究系を中心に共同研究を開始し、炉工学研究センター発足後は構造材料およびブランケット要素研究に関する同センターの共同研究と連携協力を持ちながら進めている。トリチウムインベントリ評価や回収、および多重防護トリチウム格納系の概念検討を含む安全解析は安全管理センターでの共同研究と連携して進めている。他方、MHD効果を含む伝熱流動に関しては、LHD計画共同研究(表III-5には含めていない)等による拠点大学を中核として進めてきている。これらが基盤となって、2001年度からの日米プロジェクトJUPITER-IIにおいて、液体ブランケット、特に熔融塩Flibe研究に関する大学共同研究が、国際的にも先導的役割を果たしている。2004年度から、炉システム・応用技術研究部門(旧装置技術)発足を機に、図1に示すように、これまで以上にLHD実験での加熱、燃料供給、ダイバータ等との設計研究連携を強化するとともに、大型超伝導マグネット、炉構造設計、炉内機器交換、炉外機器システム、エネルギー変換応用、等を炉システム・応用技術研究系を軸として、共同研究に一層の広がりを提供している。



図III-6 炉設計共同研究の分担マップ

年度	採択件数	NIFS世話人				
		プラズマ制御	炉システム・応用技術	炉工研究センター	安全管理センター	高温プラズマ物理
2000	6	5		1		
2001	10	8		2		
2002	11	6	1	3	1	
2003	11	6	1	3	1	
2004	7	0	4	1	1	1
2005	8	0	4	2	1	1

表III-5 炉設計共同研究の採択数と世話人

### (6) 炉システム安全性

将来のエネルギー資源としての核融合を実現するためには、核融合炉工学技術の確立と環境・安全を含む総合的な核融合炉システムとしての成立性が不可欠である。核融合炉システムの安全性と環境に関する課題には、工学的安全研究に加えて、環境安全と社会的な受容性があげられる。本カテゴリーではこれらに関心のあるトリチウム工学、中性子工学、生物環境影響の研究者およびプラズマ科学、装置技術、安全工学、社会学などの多分野の研究者の参画により、核融合炉システムの安全管理の高度化と社会的受容性の確保を共同研究として推進している。

具体的な共同研究テーマとして以下を実施してきた。

- 1) 核融合炉トリチウムの安全取扱いに関わる基礎データの収集
  - (1) 材料表面へのトリチウム蓄積挙動 (東京大学・大矢助手)

## 2) 核融合炉トリチウムの安全取扱いに関わる先進的な要素技術の基礎研究

- (1) トリチウム水濃縮・減容装置 (名古屋大学・山本教授)
- (2) 水素同位体ガス分離・濃縮装置 (九州大学・古藤助教授)
- (3) 水/水素化学交換反应用高性能触媒 (九州大学・宗像助教授)

### (7) CHS

CHS 実験は 1988 年の実験開始以来、共同研究を積極的に受け入れつつ研究を進めてきた。CHS は実験装置として比較的小型であるために、新しく計測装置を取り付ける際の作業量と経費が少なくて済むため、共同研究を始めるときの会計上の問題点が小さいという利点を持ち、また精神的な面でも気軽に共同研究に参加できるという特徴がある。このような点から、共同研究としてまず CHS で実験を行い、そこである程度の成果を出した実績を持って、他の大学なり LHD などの大型装置での共同研究に進む、というケースもこれまで多く見かけられている。

CHS 実験は、実験スケジュールが年間を通して均等に継続されるために、共同研究者それぞれの大学なり研究所なりのスケジュールの空きに合わせて、共同研究に参加して頂くことが可能である。年間を通しての基本的な実験スケジュールは年度当初に策定するが、細部については柔軟に対応する体制を取っているために、共同研究者が突然来所するような場合でも、実験のスケジュールを共同研究者に合わせて立て直すという融通性も確保している。共同研究者の年間を通したスケジュールは、現実的には必ずしも年度当初に完全に決定するという訳にはいかないという現実において、共同研究施設のこのような柔軟性は共同研究の推進において重要な要素のひとつと考えられる。

CHS 実験の共同研究の過去 5 年の採択件数は下表の通りで、比較的共同研究者の来所回数の多い共同研究の多いことが特徴である。

共同研究採択件数推移

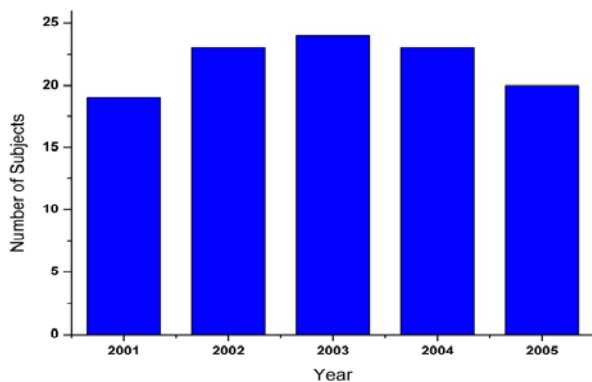
年度	H13 年度	H14 年度	H15 年度	H16 年度	H17 年度
採択件数	5	4	11	12	12

共同研究によって得られた研究成果の中から、代表的なものをひとつ紹介する。CHS では NBI 加熱入力が閾値を越える条件において、安定的に H-mode 放電が得られている。H-mode が発生すると、プラズマの境界で密度勾配が急峻となり、エネルギー閉じ込めの改善がもたらされる。その際の境界部での密度揺動の変化は、閉じ込め改善とエルムの抑制の両方の観点から重要な研究対象となっている。

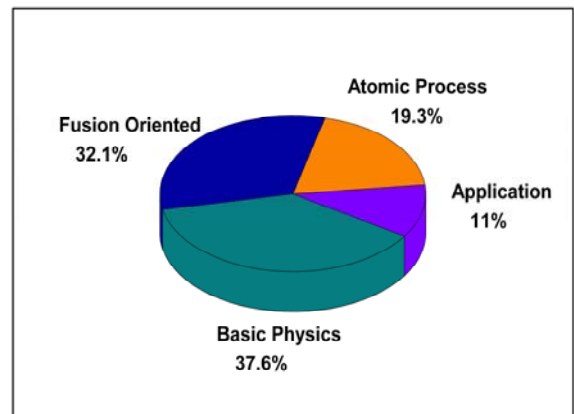
CHS では、NBI のビーム成分が発光する H $\alpha$  光を用いたビーム放射分光を用いて、プラズマ周辺部の揺動計測が共同研究によって精力的に進められており、その結果として H-mode 放電における Edge Harmonic Oscillation (EHO) の観測に成功した。この成果は 2005 年のヨーロッパ・プラズマ物理会議において、共同研究者によって発表され、PPCF Poster prize at the 32nd EPS conference on Plasma Physics を受賞した。EHO を含む揺動のスペクトルを下図に示す。

### (8) 基礎開発

基礎開発のカテゴリーでは、基礎プラズマ物理、新計測法の開発など核融合を指向した基礎研究、さらには原子・分子過程の基礎研究、プラズマ応用を目指した基礎研究などプラズマ科学全般にわたって行われている。比較的小規模の研究で、個人または共同研究者数人で行うものが多い。形式としては、核融合科学研究所の実験装置に追加・改良を行った遂行するものと、主として各大学研究室で開発するものに分類される。過去5年の共同研究採択件数の推移を図III-7に示している。平均の採択件数は20件程度である。過去5年の採択共同研究を研究分野別に見ると、基礎プラズマ物理が最も多く37.6%、次いで核融合基礎研究が32.1%、原子分子過程が19.3%、プラズマ応用研究が11%となっている。応用研究が少ないのは、研究自体が小規模であるため、各大学の研究室ですべてまかなえるという事情が反映していると考えられる。(図III-8)



図III-7 共同研究採択件数



図III-8 一般共同研究採択分野

### (9) 理論

理論・数値計算・モデリング・シミュレーション等によるプラズマ・核融合の研究、主に、核融合プラズマ閉じ込めの物理機構解明とその理論体系化を進めると共に、それを支える基礎研究としての複雑性科学の探求を目的として共同研究を推進している。理論・シミュレーション研究センターと大型ヘリカル研究部(特に理論・データ解析研究系)との連携、ならびに所外の研究者との連携の下、下記のような研究テーマに精力的に取り組んでいる。

一般共同研究の理論の枠では、理論・シミュレーション研究センターと大型ヘリカル研究部理論・データ解析研究系の連携協力を中心として推進する「核融合プラズマ閉じ込めの物理機構解明とその理論体系化」に関する共同研究、及び、理論・シミュレーション研究センターが中心となって推進する「複雑性の科学の探求」に関する共同研究に取り組んでいる。

LHD 理論共同研究の枠では、LHD プロジェクトに特化した理論課題に関する共同研究が推進されているが、この理論共同研究枠では、LHD プラズマの理論及びシミュレーションによる物理検討・データ解析はもちろんのこと、各種磁場閉じ込め方式の研究をはじめ、核融合プラズマ一般にわたる幅広い共同研究を展開し、理論研究の裾野の広がりとその体系化を目指している。

平成15-17年度において、理論・データ解析研究系の研究者が研究代表者あるいは所内世話人となった採択課題数は、6(1)、8(3)、12(2) [( )内は所外研究者が代表のもの、内数]であり、件数としても着実に進展してきている。参加研究者数も、のべ130名超、と国内の理論研究者を広く包含してお

り、国内における理論研究の組織的活動の推進にも大きく貢献している。主な研究課題としては、以下が挙げられる。

- ・ 核融合プラズマを始めとする非線形・非平衡・開放系で生起する各種不安定性の非線形発展、緩和現象、構造形成機構（自己組織化）などの非線形現象の解明
- ・ 乱流、新古典・異常輸送、シア一流、ラーモア半径効果、有限軌道幅による輸送への効果
- ・ 高エネルギー粒子による加熱機構の解明、高エネルギー粒子と背景プラズマの MHD 現象との非線形相互作用に起因する不安定性、輸送、構造形成、エネルギー損失等の様々な非線形物理現象の解明、その回避法
- ・ ダイバータ配位に強く依存する周辺プラズマ輸送などの物理現象の解明とその理論的モデリングの構築
- ・ 計算機利用技術の開発研究、数値処理法、可視化表現法等のシミュレーション科学のための基盤技術開発研究

これらの共同研究による成果は、トラスプラズマ一般の閉じ込め特性の理解の進展、閉じ込め改善に関する方策の提案などにも大きく貢献しており、組織的理論研究の実効性が認識されるに至っている。

また、核融合プラズマを非平衡・開放系の典型例として捉え、従来、熱平衡に近い系に対して展開されてきた非平衡系の物理学が、核融合プラズマ物理によっていかに拡張されるか、という、物理学の新展開に向けた研究もこの理論共同研究枠で取り組まれている。

#### （10）大型シミュレーション

大型シミュレーション共同研究は、本研究所に設置された、スーパーコンピュータを中核とする「プラズマシミュレータ」を用いて行うもので、その全性能を有効活用することにより初めて可能となる研究課題として、核融合プラズマ閉じ込めの物理機構解明とその体系化、それを支える基礎研究としての複雑性科学の探求、および、シミュレーション科学の確立を目指した研究を行うことを、その主目的としている。

共同研究は研究所が主導するプロジェクト研究とそれ以外の課題で応募者が申し込むものがある。

前者には

- ① LHD・磁場閉じ込めプロジェクト研究
- ② レーザー核融合プロジェクト研究
- ③ 複雑性シミュレーションプロジェクト研究
- ④ シミュレーション科学のための基盤技術開発研究

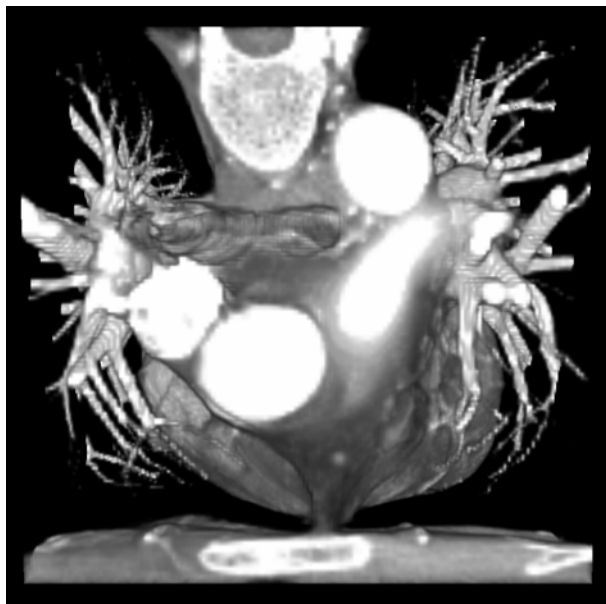
がある。このうちシミュレーション科学を支える基礎技術開発研究としては以下の6つの共同研究を推進している。

- (i) バーチャルリアリティ装置を用いたシミュレーションデータ、実験データの新しい表現法の開発
- (ii) バーチャルリアリティ装置を用いたシミュレーション実験室の構築
- (iii) 複数のバーチャルリアリティ装置を高速情報回線により接続し立体像を遠隔地間で共有する広域バーチャルリアリティネットワークの構築
- (iv) 大規模シミュレーションのための効率的なベクトル処理・並列処理技術の開発・応用
- (v) 大規模シミュレーションデータの集積・分散アルゴリズム開発

(vi) 開境界をもつシミュレーションモデルのための分散並列処理アルゴリズム開発

バーチャルリアリティーに関する共同研究（応用）の1例を図Ⅲ－9に示す。

表Ⅲ－6，7には課題採択数と所外研究者利用率を示す。



図Ⅲ－9 バーチャルリアリティー装置を用いた心臓鼓動の可視化。  
(北里大学との共同研究の成果。)

表Ⅲ－6. 「大型シミュレーション」共同研究課題数

	所内	所外	計
平成16年度	27	14	41
平成17年度	28	15	43

表Ⅲ－7. 「大型シミュレーション」所外研究者利用率

平成16年度	18%
平成17年度(4月-10月)	30%

### (11) 連携研究推進センター

核融合研究の長い道程で生まれる新しい科学知識、技術成果は、すみ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。核融合科学研究所は、この要請に積極的に応えるために、平成16年4月連携研究推進センターを発足させた。広いビジョンに立つ学術連携研究、および核融合技術の他分野への応用を推進する拠点である。

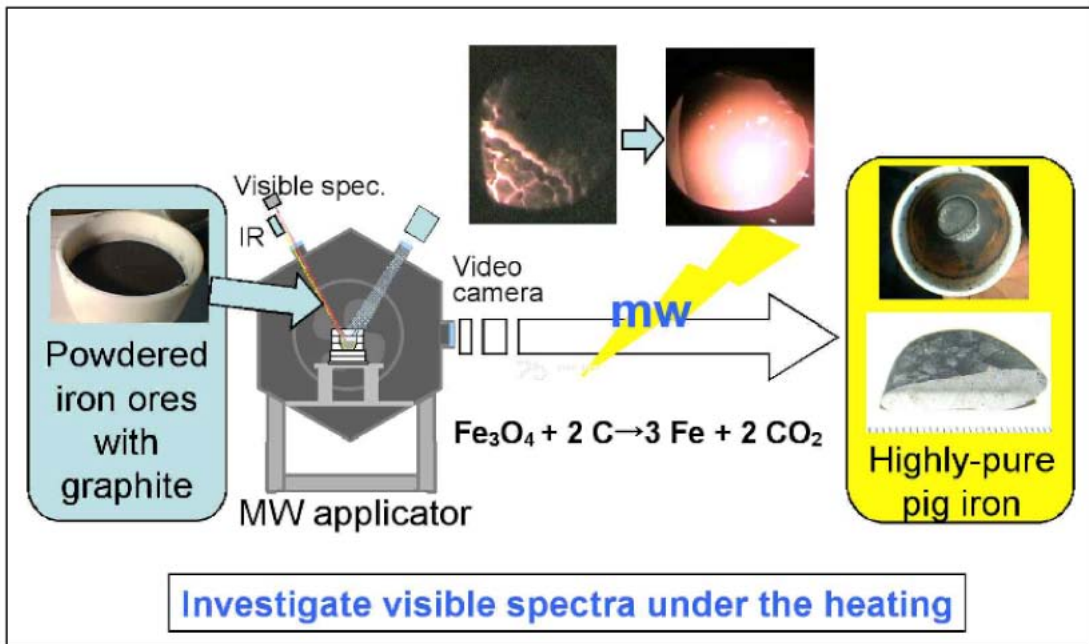
本カテゴリーでは「プラズマ・壁相互作用の解明」「プラズマ基礎と物質科学」「原子分子基礎過程とその応用」「マイクロ波・高周波加熱の応用」等を共同研究として行っている。

原子分子基礎過程に於いては広くデータベースを構築し、海外の研究者も対象として公開を行って



る。この活動に対しては国際的にも高く評価されている。

また最近では核融合研で開発したマイクロ波による金属焼結の技術を応用した超高純度製鉄技術の開発を東京工業大学と進め大きな成果を得ている。



図Ⅲ－１０ マイクロ波による超高純度製鉄

## (12) 安全管理

安全管理では、計画されている重水素実験にともなって発生する放射線や放射性物質に対する管理と防護の研究、将来の核融合炉に関する安全研究、環境科学の面からの共同研究を募っている。

主要な課題は、①LHD実験活動と環境影響の接点としての放射線監視、②環境放射線・放射能の動態測定、③重水素実験対応の放射線安全システムの開発研究、④電場・磁場（非電離放射線）環境の監視と安全管理システムの検討などである。

研究所主導の共同研究Aとして、2件実施している。

- ・ 大型プラズマ実験における放射線管理システムの研究
- ・ 環境トリチウムの研究

所外の研究者が主体となって所内の研究者と推進する共同研究B型の安全研究では以下のような研究がある。

- ・ トリチウム除去用高分子膜除湿装置に関する研究
- ・ 放射化ダストの事故時における飛散挙動に関する研究
- ・ 環境トリチウム測定
- ・ 大気中トリチウム測定用比例計数管の開発
- ・ イメージングプレートを用いたトリチウムの定量研究
- ・ 土岐地区における環境放射線の測定
- ・ 高レベル複合波源環境における電磁界測定の問題点と対策法に関する研究

- ・ LHDのD-D実験に伴うトリチウムの動的挙動および安全管理の研究会

安全管理の共同研究では特にトリチウム処理、計測などの研究を行う場合、当研究所にはトリチウムなどの放射性物質を取り扱える施設がないので、これらの実験施設を有する全国の大学等との共同研究が欠かせないものになっている。このような研究では、相互交流型は有効である。

### (13) LHD数値解析システム利用

LHD数値解析システム（旧大型汎用計算機システム）共同研究はLHDプラズマを中心に、関連する核融合プラズマや基礎プラズマの数値解析、中小規模のシミュレーション、装置設計やデータ処理などに関する共同研究を支援することを目的としている。現行のLHD数値解析システムは、平成13年1月に導入され、平成17年12月まで稼働する予定である。なお、平成18年1月からは、新システムに移行する予定である。下の表には課題数と利用者数を示す。また、本カテゴリーでは自由度の高い共同利用を実現するため、研究課題の随時受付にも対応している。

表Ⅲ－8．共同研究の課題数と利用者数

	課題数			利用者数		
	所内	所外	計	所内	所外	計
平成16年度	22	29	51	81	102	183
平成17年度	22	24	46	74	83	157

表Ⅲ－9．随時受付けの課題数と利用者数

	課題数			利用者数		
	所内	所外	計	所内	所外	計
平成16年度	4	9	13	3	9	12
平成17年度	0	2	2	0	2	2

利用者数は随時受付けの課題のみの利用者

表Ⅲ－11 研究協力者追加数

	所内	所外	計
平成16年度	9	10	19
平成17年度	5	10	15

### (14) 相互交流型

相互交流型共同研究は平成15年度から始まった新しいカテゴリーである。核融合研が行う共同利用・共同研究は大型設備を大学全体で共有するという発想のため、基本的に大学研究者が核融合研に来て研究するというを前提としている。しかしながら最近では大学にも小型ながら特長を持った装置があり、一方でプラズマ・核融合研究の専門家が核融合研に多く在職することを考えると、核融合研の研

究者が大学に出向いて共同研究を行うことが大学における研究の活性化に貢献すると考えられるようになり、共同研究委員会で議論の上実現したものである。核融合研の人的リソースの共同利用といってもよい。研究所員の出張に関しては旅費の制約が厳しかったが、法人化後は旅費執行の自由度が増した。法人化の恩恵の一つである。

相互交流型共同研究では、二つのカテゴリーを考えている。

- 「企画型」：大学等での研究装置などへのNIFSからの参加と、NIFSの装置などへの当該大学からの参加をペアーにして企画し、共通のテーマについて双方でシステムティックに研究を行い、それらを総合化した（普遍化した）研究成果が得られることを目指すもの。
- 「派遣型」：既にNIFSとの共同研究の実績がある研究者の所属する大学等での研究装置などへのNIFSからの研究者の参加を行い、新規な視点からの分析を行うなど、その研究成果をより豊富なものとすることを目指すもの。

この「企画型」枠を生かして京都大学ヘリオトロンJのグループと核融合研CHSグループとが互いに装置を使い合って相補的な研究を進める、また、「派遣型」も安全管理に関する共同研究などNIFSにない設備と環境を持つ大学へNIFSの研究者が出かけて行うという新しい共同研究体制の事例が生まれている。

#### （15）研究会

研究会は核融合科学研究所が提供する共同利用の一つの形で、全国から研究者が集まり一つのテーマについて議論するための場を提供するものである。数十人の会議ができる会議室と宿泊設備を持ち、核融合研に集まるための旅費を提供する。この研究会の場で専門家同士が情報交換を行い議論を深めることで、日本の核融合研究に関する学術を進展する上で学会を補完する機能を果たしているといえる。研究会は以下の4つのジャンルで応募を受け付けている。

- (1) プラズマ科学
- (2) 核融合科学
- (3) 核融合炉工学
- (4) NIFSシンポジウム

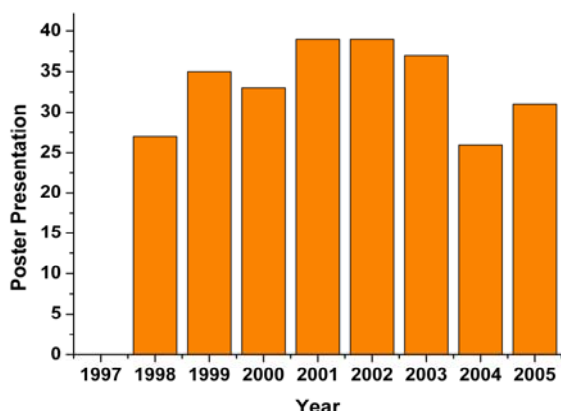
4番目のNIFSシンポジウムは核融合科学研究所及び大学のプラズマ・核融合研究の推進基盤を充実発展させるために、本研究所が中心となり広く所内外の関係者が一堂に会し、研究推進に関する具体的重要課題について討論し、意思の疎通、相互理解を図る場を設定するものである。（核融合ネットワークに資する会合も対象としている。）

研究会は毎回ごとの応募であるが、中には長年継続して行われているものもある。その一つの例がプラズマ基礎研究会である。プラズマ基礎は核融合プラズマから宇宙プラズマ、プラズマ応用にいたるまで、広範囲な物理現象を対象とし、それぞれが別々の学会において活動を行っている。一般共同研究は、それぞれの分野の研究事情を優先した個別の研究であるが、プラズマ基礎研究の研究者が一堂に集まって議論する機会もまた非常に重要である。そのような観点から核融合研では、研究分野間の相互交流の促進と若手研究者・大学院生の育成目的とし、プラズマ科学全体にわたって横断的に組織された研究討論の場を提供してきた。この活動は、研究会形式共同研究として、3人の代表者によって過去9年間継続している。研究会の形式は、各分野の代表的研究者による特別講演、大学院生・若手研究者を対象としたチュートリアル講演、ポスター発表から構成される。図

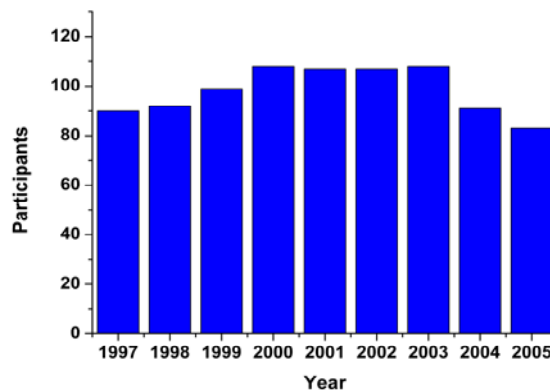
Ⅲ－１１，１２に示すように、毎回 90 人程度の参加者があり、研究所が主催する研究会形式共同研究としては最大規模のものである。ポスター発表形式の一般講演は約 30 件程度あり、これは研究会会場に隣接するポスター発表会場の最大収容件数とほぼ同じである。

研究会の案内や内容の詳細、参加申し込み等については研究会専用のホームページ (<http://rdecw.nifs.ac.jp/frontier/>) をつくり情報の効率的な配布を行っている。また、同じホームページを利用して、特別講演発表の資料やポスター発表の資料を掲載し、興味のある参加者が資料を自由にダウンロードできるようにしている。年度末には研究会資料の冊子体を作り配布している。従来、冊子体は参加者全員に配布していたが、ホームページを利用した研究会資料の共有がより実効的なので、平成 16 年度から冊子体の作成は保存用に限っている。

過去 9 年間の講演集計はチュートリアル講演 11 件、特別講演 85 件、ポスター発表 267 件、参加者総数 885 人(所員参加者も含む)である。参加者の構成は学生・若手研究者が約半数を占め、本研究会の目的である、相互交流と若手の育成は着実に根付いて来ている。



図Ⅲ－１１ 基礎プラズマ研究会ポスター発表件数



図Ⅲ－１２ 基礎プラズマ研究会参加者数

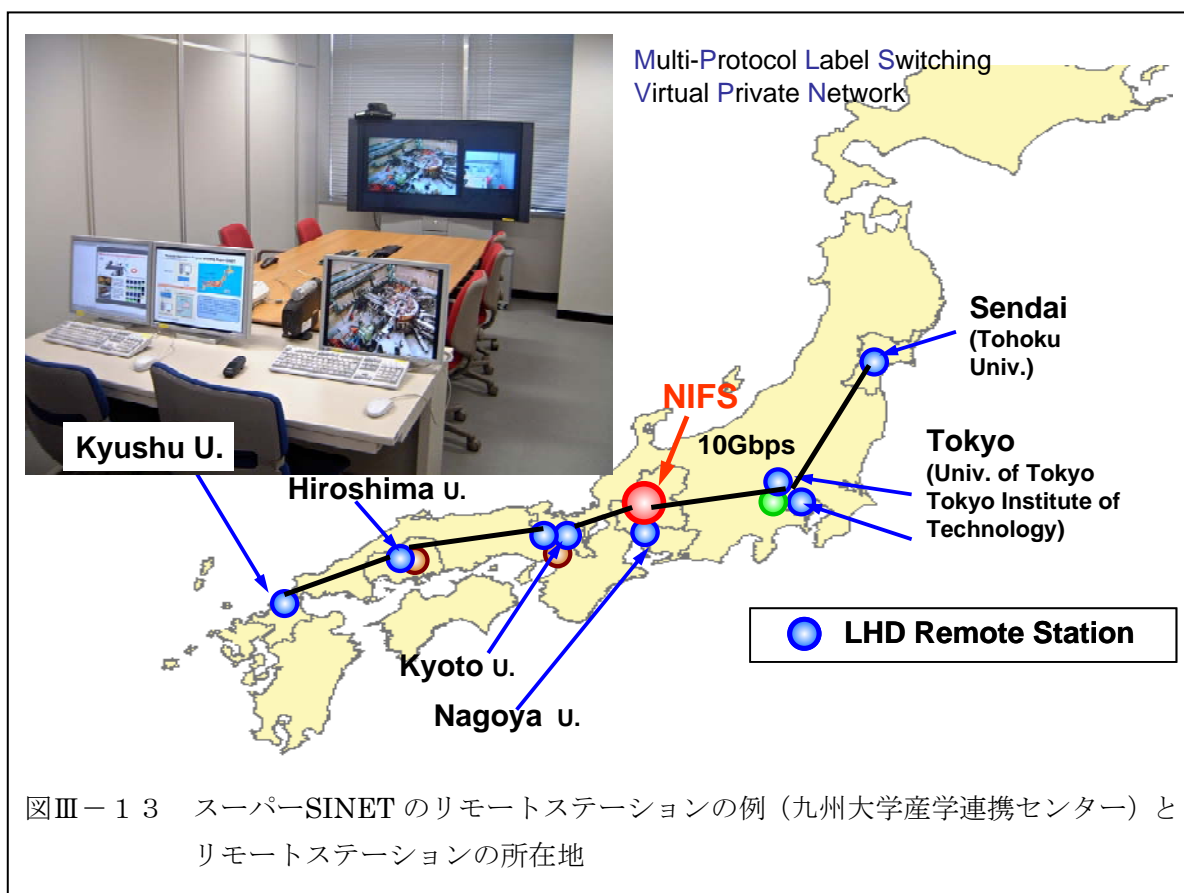
### (16) スーパーSINET

スーパーSINET とは先端的学術研究機関間の連携を強化して、日本の学術研究を飛躍的に発展・増進させることを目的とした超高速ネットワークである。10 ギガビットの光通信技術を用いる研究用のインターネットで、国立情報学研究所が平成 14 年 1 月 4 日から先進的研究分野について運用をしている。核融合科学研究所は高エネルギー・核融合科学分野の核融合班として、当初からスーパーSINET に参加している。

当初は高速データ転送の観点だけの限られた利用であったが、所内体制および共同研究体制の整備に伴い、SNET と名付けられた、LHD-LAN の遠隔延伸という画期的な利用システムへと発展した。SNET は、LHD-LAN の一部として全く自由に LHD-LAN 上の資源（コンピュータ、サーバ、プリンタ）と接続できるため、SNET と接続した遠隔地の各研究室から LHD 本体室内の計測機器を制御でき、かつ LHD 実験データを自由に閲覧・計算処理できる。

この SNET を用いた LHD 遠隔実験は、中核的な研究機関を中心に、現在、東大本郷、京大（吉田、宇治）、東工大、東北大、名大、九大、広島大へと、利用が広がっている。LHD 遠隔実験だけでなく、スーパーコンピュータの遠隔利用にも使われることになった。

新規接続費用は、国立情報学研究所の補助に依存している。現在、毎年2-3地点が新規の接続先となっている。本年度から始まった国立情報学研究所の新たな3年計画に、核融合科学研究所の計画「LHD 遠隔実験、シミュレーション、全日本 ST 研究計画」が採択され、本年3件の新規接続（九大応力研（シミュレーション、ST）、名大（LHD 遠隔実験））が可能になった。



図Ⅲ-13 スーパーSINETのリモートステーションの例（九州大学産学連携センター）とリモートステーションの所在地

このうち、全日本 ST 研究計画は双方向共同研究のコンセプトをフルに活用したバーチャルラボラトリとして、東大、京大、九大などの ST（球状トカマク）装置実験を、あたかも自研究室の装置かのように遠隔地から利用するものである。そのためには高度な遠隔実験システムが必須であり、SINET の利用が最適である。これはまだ、始まったばかりであり、LHD 遠隔実験のように使用法が確立してはいないが、今後の発展が大いに期待できる。

### （17）核融合アーカイブズ

日本の核融合研究の歴史は50年に及び、その中では大型プロジェクトの推進もあり、科学史・科学社会学の研究対象としても極めて興味深いものである。この歴史的考察には、資料的裏付けが必要で、それらの基礎的資料を組織的に収集・整理・保存し、それらを公開・閲覧に供すること、すなわちアーカイブズをつくることの重要性が近年指摘されるようになった。アーカイブズというものが、単に、科学史の研究家のためのものではなく、学問研究の社会的説明責任（アカウンタビリティ）という意味でも重要性を増していることが背景にある。核融合研に於いてもアーカイブ室を発足させ、共同研究を活用して、資料の収集を進める体制を整えている。

最近では資料のみでなく、聞き取り調査—オーラルヒストリ（Oral history）についての重要性も指摘されており、手法を学びながら進めている。

### Ⅲ－２－２ LHD計画共同研究

LHD 計画共同研究は、平成 8 年度から実施されており、大学等で育まれている各種の研究、萌芽的研究、技術等を LHD 実験に適用・集約し、LHD 実験の画期的進展、実験及び装置運転の効率化等を図ることを目的として、これらを LHD 実験に適用・集約するために必要な研究を大学等で実施するための共同研究である。従って、LHD 計画共同研究の終了後、一般共同研究のカテゴリに移り、LHD 計画共同研究の成果を基に LHD で実験を行う、あるいは LHD に適用することを原則としている。現在は、LHD 計画共同研究の研究課題として、LHD 計画を推進する上で将来 LHD タイプの炉の成立に必要な物理・工学研究課題等、LHD の実験や運転以外のところでも LHD 計画推進の活動・研究を行う必要があり、長期的視野に立って LHD 計画推進に重要な研究も推進することとしている。

平成 16 年度からの採択実施実績を表 1 にまとめる。研究期間は原則最大 3 年とし、研究終了後に、まとめを目的として、旅費のみの 1 年継続も認められる。平成 16 年度は多くの継続研究が終了したために新規採択が特に多くなっている。従って、平成 17 年度の申請の多くは継続申請であり、各年度の採択件数は 30 件程度でほぼ一定を維持している。また、炉工学分野とプラズマ科学分野との採択件数のバランスもほぼ同数に維持されている。

平成16年度/ 研究分野	申請件数	採択件数		
		新規	継続	計
(1)炉工学分野	18	11	4	15
(2)プラズマ分野	18	7	9	16
合 計	36	18	13	31

平成17年度/ 研究分野	申請件数	採択件数		
		新規	継続	計
(1)炉工学分野	18	6	11	17
(2)プラズマ分野	19	3	13	16
合 計	37	9	24	33

表Ⅲ－１２ 平成 16 年度からの採択実施実績

平成 17 年度の採択課題一覧を以下に示す。

#### 1. 炉工学分野

	研 究 課 題	代表者氏名	代表者所属・職名	所内世話人
1	Nb3AI CIC 導体における曲げ歪みの臨界電流値に対する影響の研究	玉井広史	日本原子力研究所・炉心プラズマ研究部・副主任研究員	西村 新
2	極低温下での 14MeV 中性子照射による超伝導マグネット材料の特性変化	西嶋茂宏	大阪大学・大学院工学研究科・教授	西村 新
3	核融合装置用高磁場・高電流密度超伝導導体の開発	太刀川恭治	東海大学・工学部・教授	三戸利行
4	LHD ヘリカルコイル導体における片側伝播現象の解明と安定性の改善	塩津正博	京都大学・大学院エネルギー科学研究科・教授	今川信作

5	ボロン・タイテニウムのプラズマ対向材料としての適合性	日野友明	北海道大学・大学院工学研究科・教授	西村清彦
6	LHD ダイバータ部での負イオン計測と再結合プラズマの制御	利根川昭	東海大学・理学部・教授	増崎 貴
7	プラズマ第1壁用5族金属材料の表面およびバルクにおける水素同位体の動的挙動	波多野雄治	富山大学・水素同位体科学研究センター・助教授	中村幸男
8	ナノ粒子多孔質層伝熱促進法を用いたプラズマ対向機器除熱性能の向上	功刀資彰	京都大学・大学院工学研究科・助教授	相良明男
9	LHD. DD 実験において発生するトリチウムの装置内構造物への付着・蓄積および排出トリチウム量の評価ならびに除去回収法の開発	田辺哲朗	名古屋大学大学院工学研究科	宇田達彦
10	LHD 実験時の放射線の生物学的影響評価に関する研究	一政祐輔	茨城大学・理学部・教授	宇田達彦
11	トリチウムの環境動態研究	百島則幸	熊本大学・理学部・教授	宇田達彦
12	液体金属リチウム自由表面流れの研究	堀池 寛	大阪大学大学院・工学研究科・教授	室賀健夫
13	液体リチウムからのトリチウム回収と不純物制御に関する要素過程と技術統合	田中 知	東京大学・大学院工学系研究科・教授	室賀健夫
14	材料照射用強力中性子源テストセルの最適熱機械設計	清水昭比古	九州大学・大学院総合理工学研究院・教授	室賀健夫
15	先進的な高温超伝導線材の核融合プラズマ実験装置への先駆的応用	小川雄一	東京大学・高温プラズマ研究センター・教授	三戸利行
16	プラズマ対向材料中の水素挙動に及ぼすヘリウム同時照射効果	上田良夫	大阪大学・大学院工学研究科・助教授	増崎 貢
17	パルス管冷凍方式による電流導入部の開発	前畑京介	国立大学法人九州大学・工学研究院・助教授	前川龍司

## 2. プラズマ分野

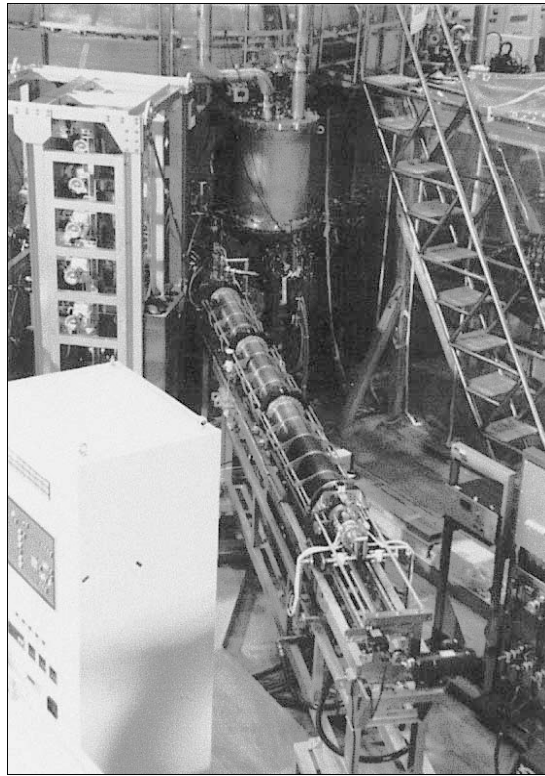
	研 究 課 題	代表者氏名		所内世話人
18	LHD におけるアドバンスド燃料核融合のための直接エネルギー変換	八坂保能	神戸大学・工学部・教授	富田幸博
19	ICRF 高次高調速波を使った高ベータプラズマ生成法の開発	高瀬雄一	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授	渡利徹夫
20	内部輸送障壁形成とその高速イオン閉じ込めに対する整合性の検証実験	笹尾眞實子	東北大学工学研究科・量子エネルギー工学専攻・教授	西村清彦
21	LHD 定常運転における粒子補給用定常ペレット入射の研究	吉川正志	筑波大学・大学院数理物質科学研究科・講師	坂本隆一
22	矩形コルゲート導波管アンテナを用いた電子サイクロトロン加熱・電流駆動	出射浩	九州大学・応用力学研究所・炉心理工学研究センター助教授	下妻隆
23	重水素負イオン生成過程の解明と引出し負イオン電流評価	福政修	山口大学・工学部・教授	竹入康彦
24	精密なサイズ可変ペレット入射装置の開発と湾曲ドリフトチューブのペレット通過性の詳細研究	佐藤浩之助	九大・応用力学研究所・教授	坂本隆一
25	磁化プラズマ中の低周波不安定性に起因するカオス制御	河合良信	九州大学・大学院総合理工学研究院・教授	東井和夫
26	50 $\mu$ m 帯 2 波長レーザー干渉計の開発	岡島茂樹	中部大学・工学部工学基礎教	川端一男

	と LHD への応用		室・教授	
27	LHD 周辺プラズマにおける水素原子・分子輸送機構の解明	岩前敦	京都大学大学院・工学研究科・助手	後藤基志
28	高速時間応答斜入射分光器の製作と重イオン計測への応用	西村博明	大阪大学レーザーエネルギー学研究センター 教授	森田繁
29	広帯域小型 X 線分光計測システムの開発	田原譲	名古屋大学・エトピア科学研究機構・教授	森田繁
30	非接触ダイバータプラズマの光学的診断	門信一郎	東京大学高温プラズマ研究センター・助教授	居田克己
31	大電力ジャイロトロンを用いた強力な ECH によるプラズマの高性能化研究	今井 剛	筑波大学 大学院 数理物質科学研究科 教授	下妻隆
32	ダイバータプラズマにおけるダスト微粒子の溶発と不純物輸送過程に関する研究	上杉喜彦	金沢大学・自然科学研究科・教授	増崎 貴
33	ヘリカル系プラズマ実験のための統合コード開発	中村祐司	京都大学・大学院エネルギー科学研究科・助教授	山田弘司

LHD 計画共同研究の説明で、「LHD 計画共同研究は、その趣旨から、終了後、一般共同研究に移り、LHD で実験等を行って頂くのが原則」と述べたが、この典型的な研究課題例として、平成 8 年度に LHD 計画共同研究が設けられると同時に採択された「LHD ダイバータ材料の損耗と損傷の評価」を挙げることができる。この研究課題は、まず、プラズマと壁との相互作用を材料の立場で研究するため、「材料試験装置」のアイデアを実現することを目標としていた。LHD 計画共同研究に採択後、九州大学で開発研究が行われて材料試験装置が完成し、九州大学の TRIAM-1M に実際に設置された。稼働試験とこれに続いてプラズマと壁との相互作用の研究等が行われた結果、材料試験装置をさらに有効に活用するために必要な改良等の知見やプラズマと壁との相互作用に関する多くの研究成果が得られている。材料試験装置を用いた最近の成果は、下記のような論文として公表されている。

- (1) The effect of co-deposition of hydrogen and metals on wall pumping in long duration plasma in TRIAM-1M,  
M. Miyamoto, M. Tokitani, K. Tokunaga, T. Fujiwara, N. Yoshida, M. Sakamoto, H. Zushi, S. Nagata, K. Ono and TRIAM group  
Journal of Nuclear Materials, Volumes 337-339, 1 March 2005, Pages 436-440
- (2) Microscopic damage of metals exposed to the helium discharges in TRIAM-1M tokamak and its impact on hydrogen recycling process  
N. Yoshida, M. Miyamoto, K. Tokunaga, H. Iwakiri, H. Wakimoto, T. Fujiwara and the TRIAM group  
Nucl. Fusion 43 No 8 (August 2003) 655-659





図III-14 TRIAMに設置された材料試験装置

LHD計画共同研究が終了した後、この研究課題は、一般共同研究に「LHDにおけるプラズマ対向面の変質と損傷の評価」として平成13年から応募、採択されている。LHDでは、LHD計画共同研究で得られた知見を活かして材料試験装置を設置し、プラズマと壁との相互作用の研究等を精力的に行っている。その結果、壁コンディショニング等に関して大きな成果が得られた。例えば、第6サイクルプラズマ実験では、ヘリウムグロー放電によりSUS316の真空容器壁にバブルの形成などの損傷が生じることを明らかにしている。また、壁コンディショニングの進行は真空容器壁表面の酸化層除去の進行で決まることが九州大学における研究と合わせて示唆されことから、ヘリウムに比べて壁材料のスパッタリング率が大きく、一方で材料損傷の度合いが低いネオン、アルゴンを用いた放電洗浄法を提案し、最近のLHDではサイクル開始前に同放電洗浄を実施している。その結果、第8サイクルプラズマ実験からは、実験開始時の残留不純物量を、従来の方法では実験開始後1ヶ月程度を要したレベルまで低下させることに成功した。この研究課題は、このようにLHD計画共同研究が一般共同研究に発展して、LHD実験の進展に大きく寄与している。これらの研究成果は、下記のようにIAEA等で公表されている。

(3) Microscopic modification of wall surface by glow discharge cleaning and its impact on vacuum properties of LHD

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

Nucl. Fusion 45 No 12 (December 2005) 1544-1549

### Ⅲ－２－３ 双方向型共同研究

双方向型共同研究は平成 16 年度から新たに開始され、16 年度と 17 年度は核融合科学研究所と筑波大学プラズマ研究センター (GAMMA 10)、京都大学エネルギー理工学研究所エネルギー複合機構研究センター(Heliotron J)、大阪大学レーザーエネルギー学研究センター (激光XII)、九州大学応用力学研究所炉心理工学研究センター (TRIAM-1M及び小型 PWI 実験装置) の 4 大学センターとの間で実施されている。それぞれのセンターとの間で進める重点研究課題は以下の通りである。この課題に沿って各センターはそれぞれの設備を用いた共同研究を他大学からも公募して実施している。

#### (1) 筑波大学プラズマ研究センター (GAMMA 10)

筑波大学では「電位／電場によるプラズマ閉じ込め向上の物理研究」を重点研究課題として掲げている。これは特に、ミラー装置の最大の利点である「ECH等のプラズマ半径方向パワー分布制御で、電子をエンド部開放端部へ局所的に加速・放出させ、自在に正電位分布・径方向電場 $E_r$ シア分布を制御できる」トーラス装置には無い開放端系ミラーの電場制御性を縦横に活かし、トーラス装置を含む「電位／電場のプラズマ閉じ込め向上の物理究明」を行うという独自のそして普遍的で重要な研究テーマである。

この研究を進めるに当たり、平成 17 年度は以下の 14 件の個別課題を公募により採択し、京大、東北大、新潟大、神戸大、等との共同研究により実施した。

- ① プラズマの可視化技術の開発と電位閉込め機構の研究
- ② 核融合プラズマにおける放射スペクトル強度の研究
- ③ タンデムミラーGAMMA 10 における ICRF 波動の励起と伝播
- ④ ガンマ 10 における電子加熱用高性能アンテナの開発
- ⑤ 大電力プラグ ECRH に伴うサイクロトロン波の伝搬・放射と揺動励起
- ⑥ GAMMA 10 開放端部における ICRF 加熱とイオン加速
- ⑦ 偏光プラズマ分光による非等方電子速度分布関数の定量評価
- ⑧ GAMMA 10 及び LHD における局所ミラー磁場配位中の高周波波動の励起
- ⑨ X 線計測による電子分布関数・空間構造解析システムの研究
- ⑩ リチウムビームプローブ法を適用したバウンスイオンの径方向輸送の研究
- ⑪ RF 印加によるタンデムミラープラズマの径方向輸送制御に関する研究
- ⑫ 開放端磁場配位プラズマにおけるリサイクリング挙動と中性粒子輸送解析
- ⑬ 電位生成・電位閉じ込めの物理機構・比例則の究明、及びそれに伴う径方向電場シアの効果の研究
- ⑭ GAMMA 10 における直接エネルギー変換の基礎研究

#### (2) 京都大学エネルギー理工学研究所エネルギー複合機構研究センター(Heliotron J)

京都大学では「先進閉じ込め磁場配位の研究」を重点研究課題として掲げている。これは良好な粒子閉じ込めとMHD安定性を高次に両立させ、よりすぐれた核融合炉への展望を開くことを目指すものである。このためヘリカル軸ヘリオトロン配位を持つヘリオトロン J 装置をベースに、各磁場コイルに独立した電源を持たせ、磁場分布制御の大きな自由度を確保して研究を進めている。

この研究を進めるに当たり、平成 17 年度は以下の 8 件の個別課題を公募により採択し、広島大、筑波大、との共同研究により実施した。

- ① ヘリオトロン J を使ったヘリカル系におけるプラズマ電流の駆動機構の解明
- ② ヘリオトロン J 装置における ICRF 加熱実験
- ③ ヘリオトロン J における閉じ込め並びに電子テイル形成に関するバンピー成分の役割
- ④ ヘリオトロン J における改善閉じ込めに対する磁場構造の効果についての理論解析とその実験的検証
- ⑤ ヘリオトロン J プラズマ中の中性水素および不純物挙動の研究
- ⑥ ヘリカル閉じ込めの最適化のための双方向型共同研究
- ⑦ 高速カメラによる Heliotron J 周辺プラズマの研究
- ⑧ ヘリカル非軸対称プラズマにおける中性粒子輸送の基礎研究

### (3) 大阪大学レーザーエネルギー学研究センター (激光XII)

大阪大学では「高速点火方式によるレーザー核融合開発」を重点研究課題として推進している。このため高速点火の原理実証となる研究計画「FIREX-I」の実験に向けて準備を進めており、双方向型共同研究では、これに関連する実験、理論シミュレーションや装置技術の研究が広範囲に進めることを目指している。

これらの研究を進めるに当たり、核融合研の持つ超伝導技術を用いたクライオ液体水素ターゲット開発を進める他、九大、京大、立命館大、広島大、岐阜大、東工大などと、新たな共同研究の枠組みを活かした課題を推進している。平成17年度の個別課題は以下の14件である。

- ① レーザー核融合炉液体壁チャンバー内のアブレーションプルームのダイナミクスに関する研究
- ② レーザー核融合炉液体ブランケットのトリチウム系設計に関する研究
- ③ 慣性核融合炉壁のアブレーション模擬実験と炉壁寿命評価モデリング
- ④ レーザー核融合炉液体壁自由液面のシミュレーションと設計に関する研究
- ⑤ レーザー核融合プラズマの X 線半影撮像計測
- ⑥ 統合シミュレーションによる高速点火用フォーム・クライオターゲット設計
- ⑦ レーザー核融合実験における飛行時間中性子測定へのダイヤモンド検出器の適用
- ⑧ レーザー核融合炉におけるターゲットインジェクション用ガス銃の開発
- ⑨ 高速点火レーザー核融合炉チャンバーの工学予備研究
- ⑩ 標的爆縮に起因する慣性核融合炉壁からの放射とその標的注入スキーム並びに炉システムに及ぼす影響
- ⑪ レーザー核融合固体壁用 SiC/SiC 複合材料の超高温までの耐照射特性を含む基本データ整備と材料設計
- ⑫ 高速点火ターゲット用コイルガンの開発
- ⑬ 液体重水素ターゲットの圧縮と高速加熱，ならびにその関連研究
- ⑭ 高速点火核融合実験における X 線画像計測

### (4) 九州大学応用力学研究所炉心理工学研究センター (TRIAM-1M及び小型PWI実験装置)

九大では「高温プラズマの定常化研究」を重点課題に掲げています。長年にわたる強磁場超伝導トカマク装置 TRIAM-1M によるプラズマ定常保持研究を、この双方向型共同研究の中で更に推進させる一方、新たな展開として「球状トカマク装置の定常化によるプラズマ壁相互作用の研究」を目指す研究計画を

提示し、双方向型共同研究の枠組みの中で議論を進めている。

これら研究を進めるに当たり、平成17年度は以下の16件の個別課題を公募により採択し、東大、京大、広島大、兵庫県立大、筑波大、との共同研究により実施している。

- ① ゼーマンスペクトル形状を用いた炉心プラズマのイオン温度・回転の局所値計測法の開発
- ② 電子サイクロトロン加熱・電流駆動による球状トカマクの立ち上げと保持
- ③ 小型 PWI 実験装置における実験研究
- ④ トライアムに於ける定常プラズマ・壁相互作用の実験と粒子バランスのモデリング
- ⑤ 定常運転小型球形トカマク中に於ける移動表面式プラズマ対向機器による壁リサイクリングの能動的制御
- ⑥ 小型 PWI 装置における球状トカマクプラズマへのコンパクトトロイド入射
- ⑦ トカマクプラズマの電流クエンチフェイズでの電子サイクロトロン波印加による高効率逃走電子電流生成
- ⑧ プラズマ境界力学実験装置における長時間プラズマ維持制御へ向けた定常 NBI 検討
- ⑨ 小型 PWI 実験装置におけるリチウムビームプローブを用いた周辺プラズマ計測
- ⑩ 定常プラズマの PWI 実験、計測、シミュレーションおよびモデル化研究の統合
- ⑪ TRAIM-1M 装置における高周波／ミリ波を用いた、電流立ち上げ／電流駆動、加熱実験
- ⑫ Triam-1M 周辺プラズマおよびプラズマ・壁相互作用研究への高速カメラの適用
- ⑬ 定常トーラスプラズマにおける中性粒子輸送
- ⑭ 九大におけるプラズマ境界力学実験装置の建設
- ⑮ 低電圧大電流 NBI 用イオンビーム発生装置の開発
- ⑯ 全日本 ST 研究グループの組織化

## IV. 受入実施体制

### IV-1 研究直接支援環境

#### IV-1-1 LHD実験プロジェクト研究

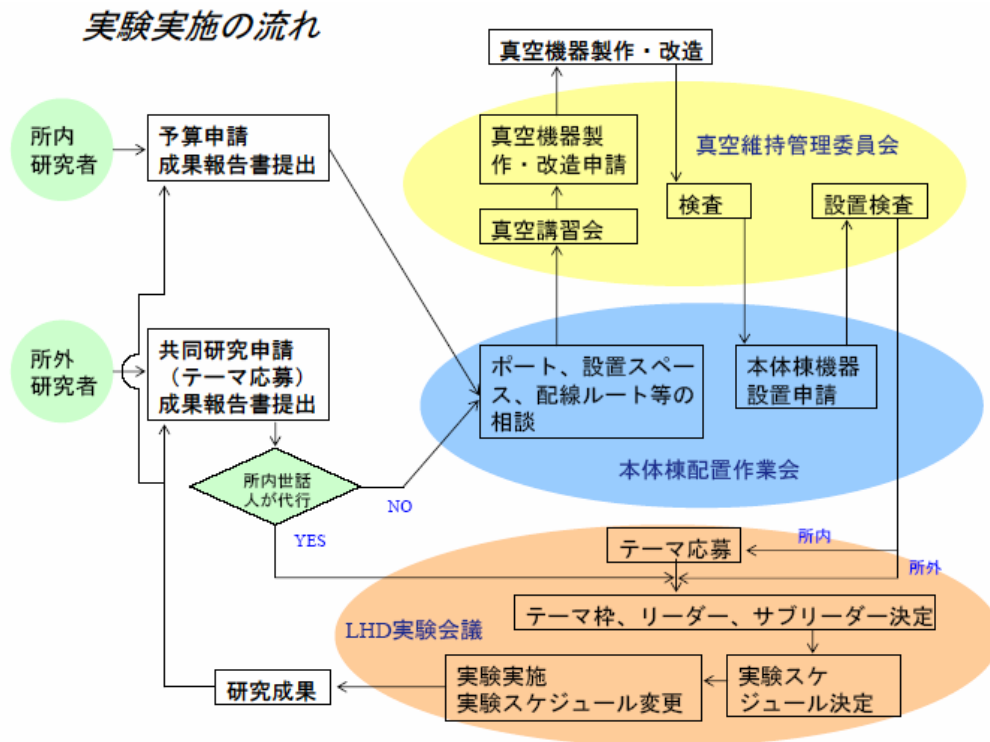
##### 研究環境の整備

##### 1) 機器の設置について

機器の設置、特に真空に関わる計測などの機器の取り付けを希望する場合には、LHD が多くの共同利用に供され、その計画的な運用に支障をもたらすトラブルを事前に防ぐ必要がある。ポートの使用、機器の設置スペース、真空機器の設計・製作・検査、機器設置等については、計画の初期段階から、所内世話人に相談すると共に、技術部と技術的な打合せをするよう求めている。さらに、実際の設置に当たっては所内所外、国内国外の研究者にかかわらず、同一の規定に従い、手順を踏んで実施することが求められている。これらの手順を図に示す。

設計の基本的な検討を行うためのポートの詳細は「大型ヘリカル装置実験資料集」として製本されており、また Web 上からも検索、閲覧できる。この実験資料集は現在、平成 14 年 10 月版となっているが、平成 17 年度末より、英語版も含め毎年更新していく予定である。また、実際の設置の際に必要な LHD 周辺機器の設置に関するチェックリスト、施工チェックリストなどの各種申請書類や規定についても Web 上で閲覧およびダウンロードができるようになっている。

これらの手続きが正しく履行されることが必要である。共同研究には必ず所内世話人が指名され、この所内世話人が必要に応じて代行することが可能である。LHD 計画研究などで開発が行われた機器の LHD 実験に応用など、所外の研究者が主導する実験機器については多くの場合、所内世話人が代行しており、技術部が相談を受ける体制が整っている。



図IV-1 機器設置を含んだ作業手順

## 2) 機器の運転について

機器の運転については、所内世話人に負うところが大きい。手順書が整備され日常業務となるものについては運転員への委託が可能である。

また、LHD 本体の運転に直接影響を及ぼさない計測機器については、スーパーサイネットを利用した高速通信回線による遠隔操作が可能である。共同研究者は全国にわたっており、必ずしも実験時に LHD 制御室に詰めることができるとは限らない。この弊害を解決するために計算機ネットワークを活用した遠隔実験参加環境の整備を進めている。特に 1Gbps の転送速度を有するスーパーSINET（学術情報ネットワーク）を利用して LHD の実験 LAN を現在 8 ヶ所の大学へ展開している。これによって、実質的な LHD 制御室の分室が設けられている。例えば、九州大学産学連携センターの間瀬研究室では、超短マイクロ波パルス反射計によって周辺密度分布の構造を明らかにする研究を進めているが、計測データの取得のみならず、高品質の測定に不可欠とされる LHD に取り付けられた送受信アンテナの位置を研究室から遠隔制御している。



図IV-2 九州大学（間瀬研究室）からの遠隔実験参加

## 3) 解析のためのデータ収集

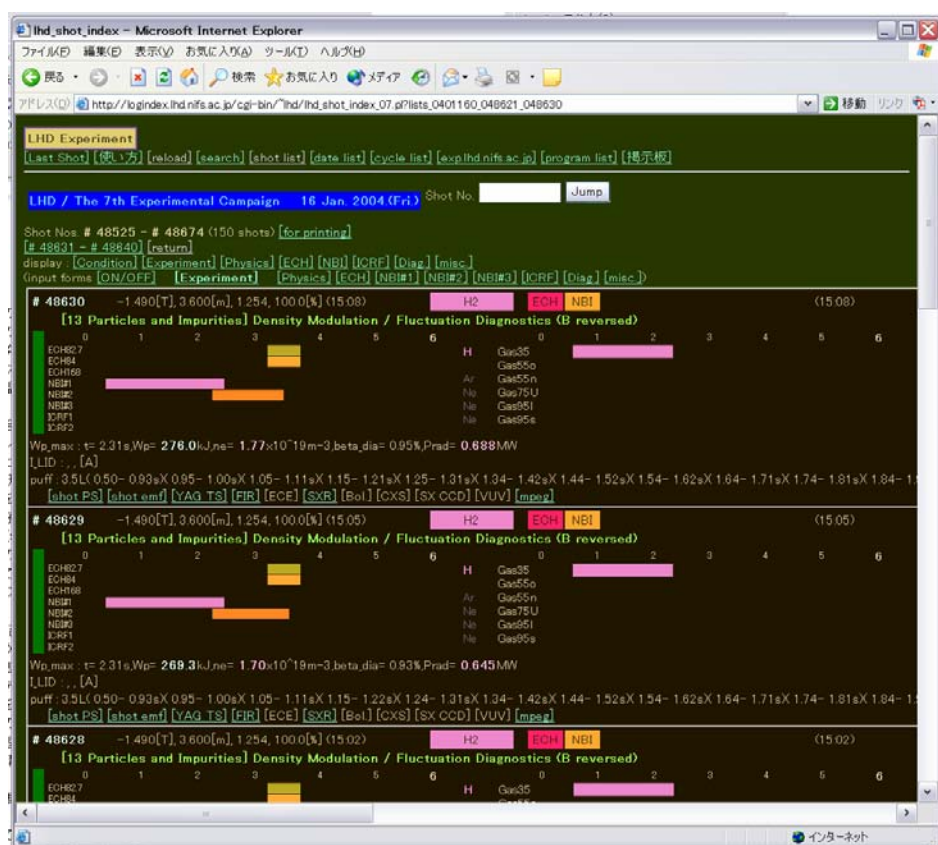
実験解析のためのデータへのアクセスや検索などのサービスが所外においても所内と同等に行えることが共同研究のために求められる。同時に LHD 実験のデータは貴重なものであることは論を待たないが、その高度なセキュリティの確保も必要である。

これらを両立させるために、共同研究を認められた研究者は LHD 実験グループの一員として位置づ

け、希望するものにワンタイムパスワードを発行するトークンを貸与し、これを VPN(Virtual Private Network)と組み合わせることにより、遠隔地からも所内と同じネットワーク環境を提供している。

また、核融合科学研究所のネットワークの一部である SUPER SINET においては、これ自体が所内と同じ扱いであり、制御室と同等のデータへのアクセス環境を実現した拠点が、これまで九州大学（間瀬研究室）、京都大学、名古屋大学（高村研究室）、広島大学、東京工業大学、東京大学、東北大学の7ヶ所に設けられている。さらに平成 17 年度中に九州大学応用力学研究所と名古屋大学（山崎研究室）への設置が行われ、平成 18 年度には日本原子力研究開発機構那珂研究所および東京大学柏キャンパスへの設置が予定されている。これらの拠点とは双方向環境を整備するために、16 地点まで接続可能な多地点中継が可能な TV 会議システムを導入し、制御室の情報だけではなく、テーマ別の研究打合せにも多用している。さらには、この TV 会議システムはコミュニティのインフラとして核融合研の会議以外にも活用されている。

SUPER SINET だけでなく通常のインターネットを用いた情報配信にも努めている。例えば、一般に開放された制御室や LHD の各実験室の実時間動画配信以外に、ユーザー登録によって、制御室の大型ディスプレイやショット番号の表示と音声を実時間で配信することを行っている。また、ショットログや実験条件検索などが Web を通じて利用できる。



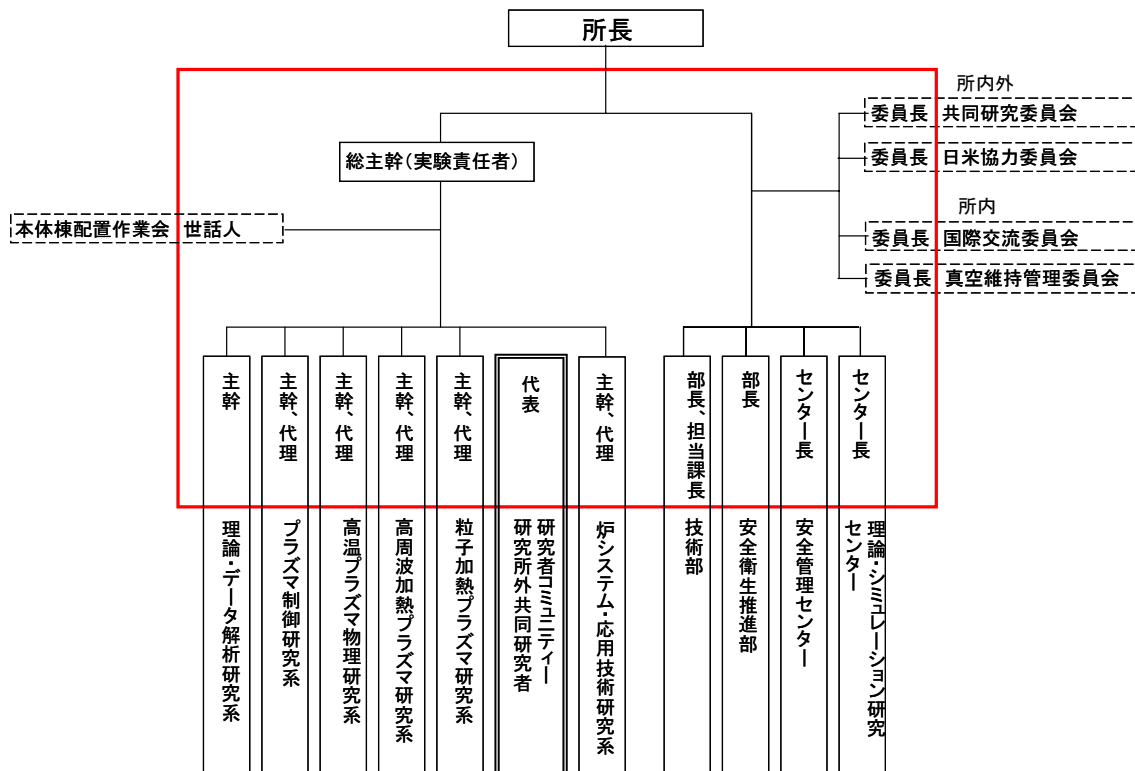
図IV-3 インターネットによる実験情報の実時間配信（例：ショットログ）

さらに、1年を経過した実験データのうち解析データと位置づけられている主だったデータ（揺動計測などの詳細なものは含まれていない）については、サーバーを介して、LHD 実験グループの一員でなくとも、ユーザー登録のみで利用できるように開放している。

## 実験計画の策定と実施

### 1) LHD 実験実施の流れ

LHD の実験の実施計画の骨子は LHD 実験会議において策定される。LHD 実験会議は通常、実験期間中は毎週、休止期間中は隔週で開催され、LHD に関わる最終決定を行う機関である。この会議は大型ヘリカル研究部研究総主幹が主催し、メンバーは 10 名の実験責任者 [大型ヘリカル研究部の理論・データ解析を除く 5 研究系から主幹および実験を主導する職務上の代理 (以下、主幹代理) が務める]、理論データ・解析研究系主幹、技術部の部長と 5 課長、安全管理センター長、理論・シミュレーション研究センター長、共同研究委員会委員長、日米協力委員会委員長、所内の国際交流委員会委員長、真空維持管理委員会委員長、本体棟配置作業会世話人、安全衛生推進部長、そして所外の共同研究者を代表した 6 名の研究者からなっている。



図IV-4 大型ヘリカル実験会議の構成

LHD 実験では平成 14 年度の第 6 サイクルからテーマ制を導入し、2 サイクル毎に見直しをすることとしている。平成 16 年度からは、LHD のミッションを、責任を持って達成するため、テーマ+ミッション制を実際上採用しており、今後も続けていく予定である。

実験計画実施の流れを図に示す。共同研究として申請されたものと合わせて、年度始めにその年の実験テーマを募集し、実験テーマ枠の見直し、テーマの採択と割り振り、リーダーの決定などを行う。テーマ枠リーダーはサブリーダーと協力して、そのテーマ枠内の実験テーマを勘案し、実験計画を立てる。このテーマ枠は実験領域の拡大 (高ベータや閉じ込め改善など) を強く志向したミッションと呼ばれるものと、物理機構の解明などを目指したものに大きく二分されるが、いずれも、つながりの深い 5 つの研究系 (プラズマ制御、高温プラズマ物理、高周波加熱プラズマ、粒子加熱プラズマ、炉システム・応用技術) にラインとしてはつながっているが、おのこのテーマ枠への参加は研究系にとらわれず横断



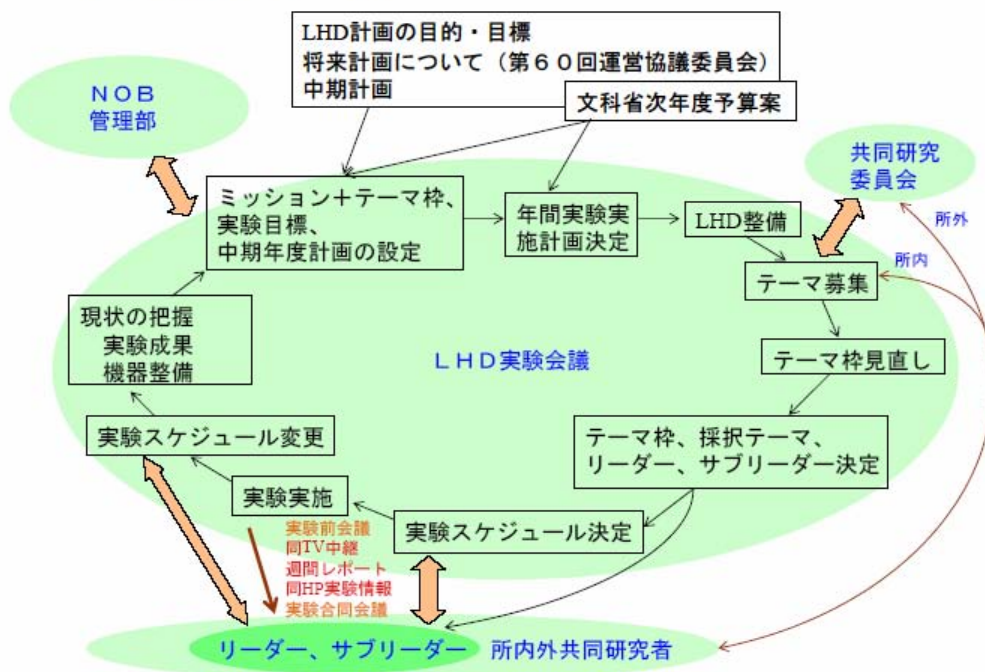
的なものとなっている。ミッションと位置づけられるテーマ枠についてはそれを担当する研究系が責任を持って当たっている。

各テーマ枠グループで議論された実験計画を集め、LHD 実験会議における全体的な整合性と合理性を勘案した調整作業によって年間実験スケジュールを策定する。おおむね、2つから3つのテーマ枠が1日のマシンタイムの中で割り当てられる。割り当てられたテーマ枠内での詳細な実験条件やショット数の配分については、基本的にはテーマ枠内で議論を行い、決定することとしている。

通常、実験責任者は9時から18時45分までの1日の実験日を通して担当する。実験実施については担当実験責任者（主幹と主幹代理）が当日の安全や緊急対応を含めた責任を持ち、テーマ枠リーダーとサブリーダーが中心となってプラズマ放電条件の決定などの実験研究の遂行に当たる。

装置や実験条件の状況によって前もって決められた年間スケジュール通りに行かない場合は LHD 実験会議において所期の目標に照らし合わせてもっとも生産的になるよう変更調整を行う。実験成果および機器整備の状況を判断し、次年度以降の計画に反映する。

### 実験実施スケジュール



図IV-5 実験計画策定の流れ

### 2) 共同研究者の意見の反映

第6及び第7サイクルの実験テーマは18のテーマ枠に分類されていたが、平成16年度の第8サイクルでは、実験の効率化に配慮して13のテーマ枠に再編した。また、テーマ枠の再編に伴って、テーマリーダーとサブリーダーも殆ど全員代わっている。平成16年度は、13のテーマ枠のうち、所外からリーダー、サブリーダーにそれぞれ4名が就任していただいた。また、平成17年度は1テーマ枠を追加するとともに、一部リーダー、サブリーダーの交代があり、リーダー14名のうち、所外から5名、サブリーダーは21名のうち所外から3名となっている。

共同研究者には共同研究の申請に基づいた実験グループメンバーとしての登録を行い、LHDに関する情報を所内とは分け隔てなくメーリングリストなどにより、連絡が周知されるように図っている。ま

た、テーマ枠リーダーは3分の1が、所外研究者が努めているように、所外からの参画を促し、所外研究者がリーダーの場合はサブリーダーが強くサポートする体制としている。さらに、LHD 実験会議にも所外研究者6名にメンバーとなっただき、常時TV会議を運用するとともに、資料の開示を行っている。このように、全体計画策定の意思決定から、個々の実験実施に至るまで、各階層において所外研究者の意見が反映される環境を整備しており、また積極的な参画を促す体制となっている。

## IV-1-2 理論・シミュレーションプロジェクト研究

理論・シミュレーション研究は、大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクトと共に、2本柱の一つとして位置付けられており、所内外の共同研究者の積極的な参加の下、理論・数値計算・モデリング・シミュレーション等によるプラズマ・核融合の共同研究を推進している。この共同研究には、以下の4つのカテゴリーがある。

- 1) LHD理論共同研究
- 2) 理論共同研究（共同研究A、共同研究B）
- 3) 大型シミュレーション共同研究（共同研究A、共同研究B）
- 4) LHD数値解析システム共同研究

2)と3)にある共同研究Aは所内主導型の共同研究で、共同研究Bは応募者主導型の共同研究に対応する。これらの研究課題では、主として、LHDプラズマをはじめとする核融合プラズマ閉じ込めの物理機構解明とその体系化を進めると共に、それを支える基礎研究としての複雑性科学の探求を目的としている。4課題ともお互いに密接な関係にあるため、緊密な連携を保ちながらこの共同研究の効率的推進を図っている。これらの共同研究には、主として「理論・シミュレーション研究センター」、「大型ヘリカル研究部理論・データ解析研究系」、「計算機・情報ネットワークセンター」が対応している。

共同利用・共同研究のための計算機資源等の研究環境としては、スーパーコンピュータSX7を中心として構成されている「プラズマシミュレータ」およびSX5を主演算サーバとするLHD数値解析システム（旧大型汎用計算機システム）が存在する。前者は、3)の大型シミュレーション共同研究に対応し、その全性能を有効活用することにより初めて可能となる研究課題の共同研究を、後者は、4)のLHD数値解析システム共同研究に対応し、数値解析、中小規模のシミュレーション、装置設計やデータ処理などに関する共同研究を対象とし、共同利用・共同研究のための資源の有効活用・効率的運用を図っている。

### 「大型シミュレーション」共同利用・共同研究のための計算機資源等の研究環境

#### 計算機資源

##### (ア) スーパーコンピュータ

- ① SX-7/160M5、共有メモリ型ベクトル並列機 5 ノード構成
- ② 総主記憶容量 1280 ギガバイト
- ③ 総合演算速度（理論値）1412 ギガフロップス
- ④ ノード数 5
- ⑤ PE 数 160

##### (イ) 大容量外部記憶装置

- ⑥ 記憶容量 100 テラバイト

##### (ウ) 恒久データ領域

- ⑦ 1 ユーザーあたり 4 ギガバイト

##### (エ) ゲートウェイサーバー

- ⑧ 所内外からネットワークを通じて ssh にて接続可能で、そこからスーパーコンピュータにジョブを投入できる。

(オ) 計算処理サーバー

- ⑨ 所内外からネットワークを通じ、ゲートウェイワークステーション経由で接続し、シミュレーション結果の処理などを行える。

(カ) シミュレーションラボ

- ⑩ Linux PC(約 35 台)及び windows PC(約 6 台)を用意し、来所して利用する共同研究者の便宜をはかる。

(キ) ビジュアライゼーションラボ

- ⑪ AVS 等が利用可能なグラフィックワークステーションを用意し、来所してシミュレーションデータの可視化などを行う共同研究者の便宜を図る。

(ク) バーチャルリアリティラボ

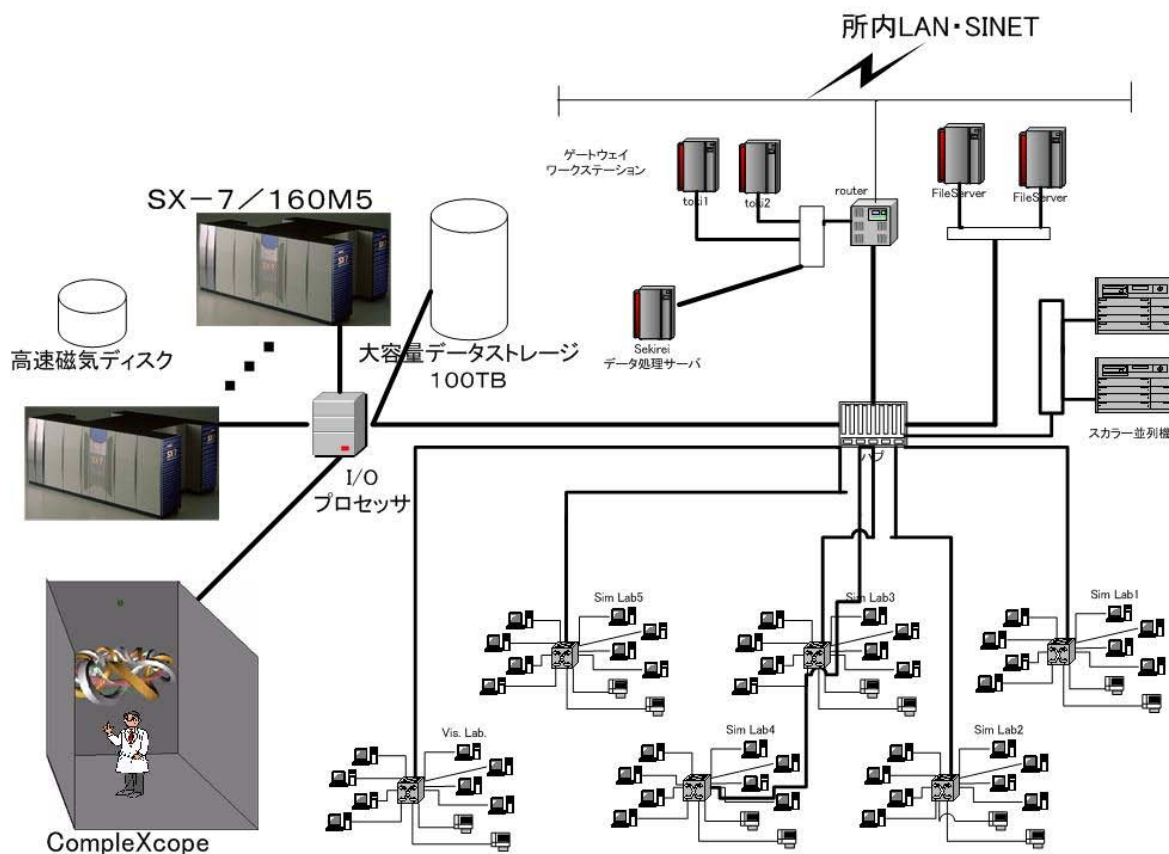
- ⑫ 没入型バーチャルリアリティシステム CompleXcope を用意し、シミュレーション結果のバーチャルリアリティ環境での解析を支援。

計算機利用のためのアクセス方法

- (ケ) ゲートウェイワークステーションにネットワーク経由で所内外から login でき、そこでソースファイルのコンパイル及びスーパーコンピュータへのジョブ投入ができる。

利用出来るプログラミング言語ライブラリー等

- (コ) 言語系、開発環境 Fortran90/SX, OpenMP Fortran, C++/SX, OpenMP C/C++, MPI/SX, MPI2/SX, HPF/SX V2, PSUITE サーバー, Vampirtrace/SX, Totalview
- (サ) ライブラリー ASL/SX, ASLSTAT/SX, ASLCINT/SX, MathKeisan
- (シ) 可視化関連 AVS, IDL



図IV-6 システム構成図

### 「大型シミュレーションプロジェクト推進会議」

共同研究委員会との連携の下、大型シミュレーション共同研究の推進を図ることを目的とする。委員は所内7名、所外6名で構成（責任者：理論・シミュレーション研究センター長）。

具体的な役割としては、A) 共同研究委員会による課題の審査を受けて、資源配分を行う。B) ジョブキューの編成等の計算機システムの具体的な運用計画の策定、C) 推進会議の下に作業班を置き、利用者のための様々な便宜を図る、ことである。

#### 共同研究者の便宜を図るための施策

- ① プログラム相談窓口
  1. メールによる相談の受付をしており、作業班が対応している。
  2. 平成16年度はNECのSEによるプログラム相談会を1月に1回程度開催。
- ② 利用説明会・講習会・シンポジウム等
  3. 年に1度、「大型シミュレーション研究報告会」を実施し、共同研究者間の研究交流、共同研究の実施状況の確認を行っている。
  4. 随時、利用説明会、講習会を開催している。平成16年度はHPF講習会を開催。（平成16年12月15日：核融合科学研究所）
  5. 年に1度程度、「シミュレーション科学公開講座」（平成16年と平成17年は総研大アジア冬の学校と共催）、及び「シミュレーションサイエンスシンポジウム」を主催し、シミュレーション科学に関する学術交流・情報発信・普及活動を行っている。
- ③ 利用者のためのウェブページの開設
  6. 理論・シミュレーション研究センターホームページに利用手引きを掲載、利用方法、Q&A、運用情報などを参照可能としている。また、NECのオンラインマニュアルも閲覧可能。<http://www.tcsc.nifs.ac.jp/workgr/>



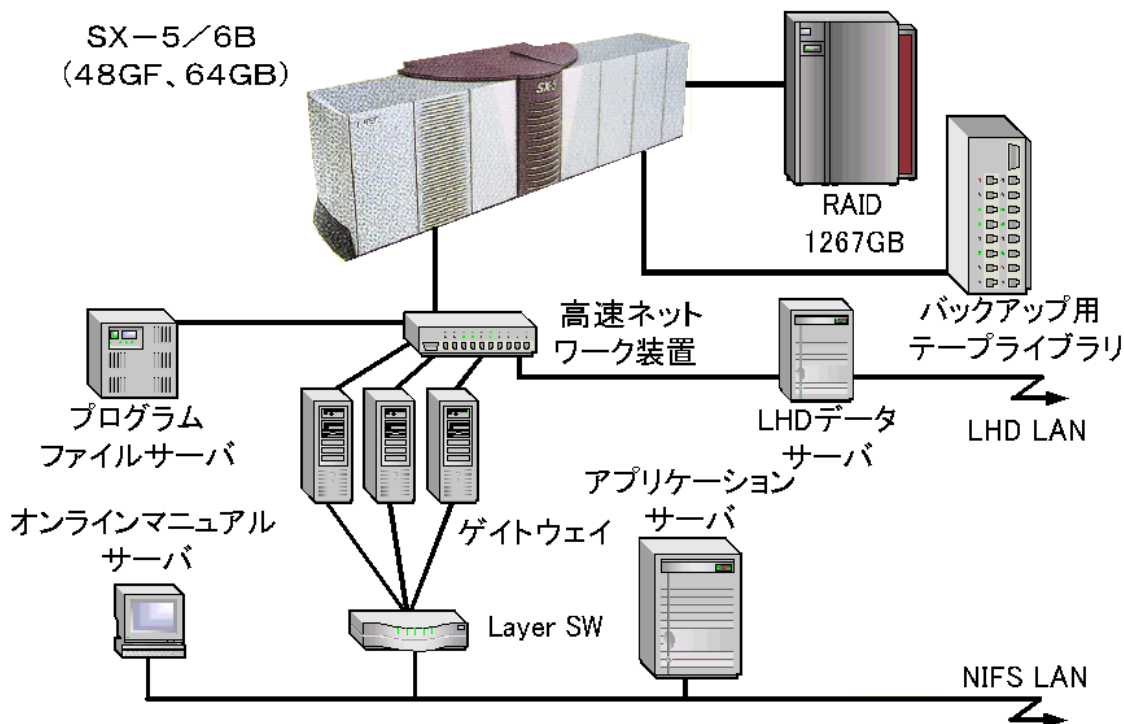
図IV-7. シミュレーション科学公開講座における授業風景（平成16年12月）

「LHD数値解析システム」共同研究

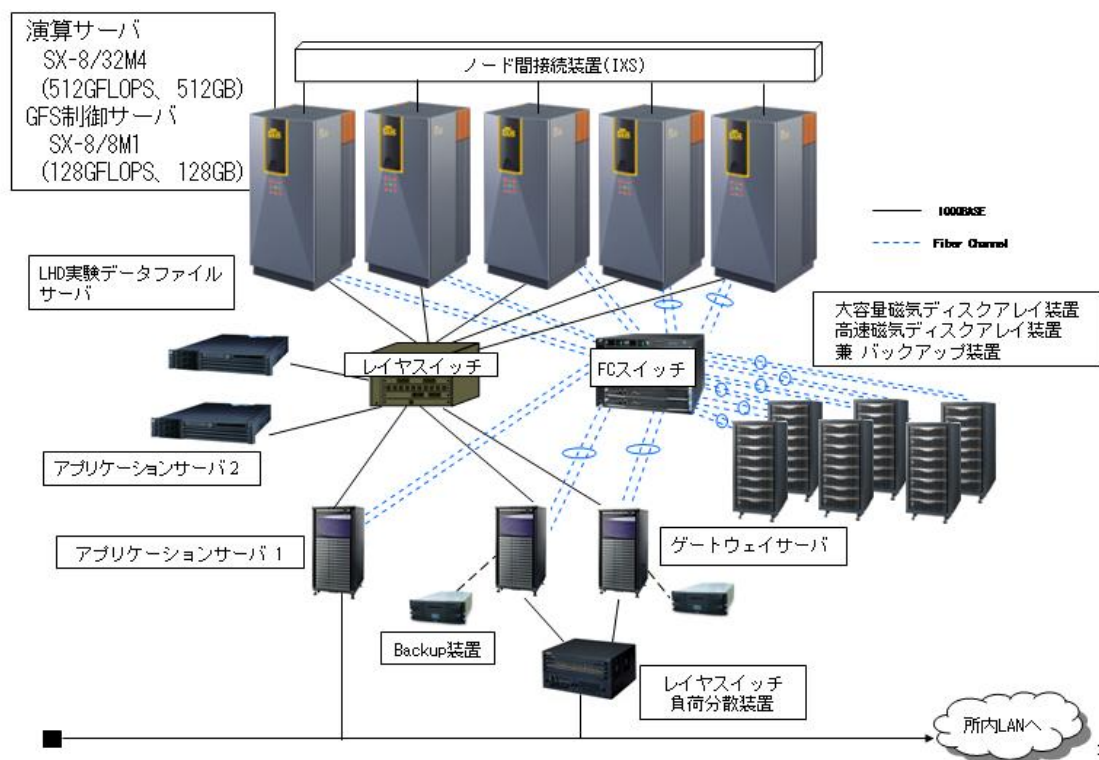
現行のLHD数値解析システムは、平成13年1月に導入され、平成17年12月まで稼働する予定である。なお、平成18年1月からは、新システムが稼働予定で、これまでと同様に、共同利用・共同研究のための設備として運用される。現行及び新システムのシステム構成図は図IV-8と9に、主な仕様は下記の表に列記する。

表IV-1. LHD数値解析システムの新旧対照表

	現システム(SX-5)	新システム(SX-8)
計算機	SX-5 6CPU 48GFLOPS メモリ：64G バイト	・SX-8：4 ノード 32CPU, 512GFLOPS メモリ 512G バイト ・SX-8(GFS)：1 ノード 8CPU 128GFLOPS, メモリ 128G バイト
磁気ディスク装置	1.2T バイト	20T バイト
バックアップ装置	10T バイト (テープ)	20T バイト (磁気ディスク) 19.2T バイト (テープ、GW用)



図IV-8. 現行のLHD数値解析システム構成図



図IV-9. 平成18年1月稼働予定の新システム構成図

### 1) 計算機利用のためのアクセス方法

LHD数値解析システムは、ネットワーク接続により遠隔地からのアクセスが可能なシステムとなっている。ユーザは、研究所のLANあるいは学術情報ネットワーク（SINET）を通して、ゲートウェイにログインし、プログラム編集やジョブ投入を行う。計算結果は高速磁気ディスクに蓄えられ、必要に応じて、主演算サーバあるいはアプリケーションサーバを用いて、データ処理・作画等を行う。

### 2) 利用出来る計算ライブラリ

主演算サーバあるいはアプリケーションサーバにおいて、以下の計算ライブラリ、図形処理ライブラリおよびアプリケーションが使用可能となっている。

- (ア) 科学技術計算ライブラリ：ASL/SX(NEC製)、PDLIB/SX(NEC製)、IPPJSSL(NIFS製)
- (イ) 図形出力ライブラリ：GSNIFS(NIFS製)
- (ウ) データ処理用：netCDF(Unidata)
- (エ) 計算機センター整備・開発コード：APPL(BETA, DEGAS45,.....)
- (オ) グラフィックスアプリケーション：IDL

### 3) 共同研究者の便宜を図るための施策

#### (ア) 利用者のための相談窓口

計算機・情報ネットワークセンターのホームページ (<http://ccweb.nifs.ac.jp/>) の中に「各種問い合わせ」のページを開設し、「LHD数値解析システムに関する質問、要望、事務連絡」に対応している。

(イ) 利用説明会・講習会等

年1回程度、利用者のためのシステム説明会あるいは計算機関連講習会を開催している。平成17年1月に、大型シミュレーション共同研究と合同で、「次世代のコンピュータシミュレーションの展望」と題する討論会を実施し、計算機システムのあり方に関する様々な要望を収集した。平成17年9月には、所内外の共同研究者の参加を得て、新LHD数値解析システム作業会議を開催し、新システムに関する説明と具体的な運営計画の策定を行った。さらに、平成18年1月に新システム利用説明会を計画している。

(ウ) 利用者のための情報公開サービス

計算機・情報ネットワークセンターのホームページ (<http://ccweb.nifs.ac.jp/>) の中に、「LHD数値解析システム」のページを開設し、以下の項目にある計算機システム利用者のための情報公開サービスを行っている。

- LHD数値解析システム利用案内
- ジョブ投入 script 例
- ジョブ処理の概要とファイル構成
- 核融合関連コードのソース
- 各種資料
- 手続きに必要な申請書案内

4) 資源配分・利用者登録のための施策

- (ア) 所内外の委員で構成される共同研究委員会による研究課題の審査を受けて、資源配分・利用者コード登録を行っている。利用者コード登録のための手順・申請書をウェブ上に公開している。
- (イ) 承認された課題に対しては、年度途中における研究協力者の追加申請の可能となっています。
- (ウ) 研究協力者の追加が必要となった時の手順および申請書をウェブ上に公開している。
- (エ) 短い計算ジョブを必要とする課題に関しては年度途中での随時申請が可能となっている。随時申請の手順および申請書をウェブ上に公開している。



### IV-1-3 プロジェクト以外の共同研究

プロジェクト以外の共同利用・共同研究については基本的に所内世話人が受入の責任を持つ。研究代表者が適任と思われる所員を選んで世話役を依頼している。また、公募案内には各カテゴリーの代表世話人が明示されており、代表世話人と相談して所内世話人を決める道筋も用意されている。世話人の選定に関してこれまでに特に混乱はない。

研究経費は共同研究委員会で申請書をもとに公平に審査されて決定されているが、研究費の総額に限度があるため、一般共同研究の場合は多くとも 50 万円程度の配分額となっている。このため、新規の研究よりも既存の装置に追加や改良を行う事によって遂行する研究テーマが選ばれる傾向にある。双方向共同研究を除き、旅費も含めた共同研究予算は課題毎にコード番号が付き、所内世話人の所属する研究系・センターに配分され、所内世話人の名前で財務上管理されている。従って共同研究代表者は所内世話人と連絡をとりながらスケジュール調整や必要物品の購入計画を立てていただくことになっている。

実験関係では共同研究に供する設備はいずれかの研究系・センターに属し、そこでは設備の維持・管理を行う責任者が定まっている。ほとんどの場合、該当責任者がその設備を用いた共同利用・共同研究の所内世話人となっているので設備が最良の状態を受け容れられるよう配慮がなされている。また、設備の基本的な維持・管理・運転に要する費用は研究所から別途出しており、共同研究費として配分される予算は純粋に研究経費として使うことが出来る。実験時間に関しては、大型装置を利用するものはないので、それぞれの実験装置の事情を反映して所内世話人と相談して決められている。

#### 「スーパーSINET」

スーパーSINET は技術的に非常に高度であり、セキュリティにも配慮する必要がある。そのため、SINET 管理人が常駐し、障害や要望には速やかに対処している。SINET 接続機器は Mac アドレス管理され、接続は申請により管理人の手によって行われる。また、SINET は核融合研のファイアウォールにしっかり守られている。各ユーザーは SINET および各分野の規則の遵守とともに、管理人の指示に従うことが義務づけられている。

SINET は SINET 規則に基づき、「SINET タスク」によって運営されている。SINET タスクは各接続先の担当者と所内世話人、SINET 管理人および関係者で構成され、タスクの代表は核融合班班長が務め、3 人の幹事の補佐によって SINET タスクを運営する。SINET タスク会議は毎年数回開催され、研究成果報告の場にもなっている。核融合班班長は報告に基づいて、情報研への「スーパーSINET を用いた研究」の成果報告（報告会、報告書）を行う。ルータ等の主要機器は核融合科学研究所が所有する。機器の管理（修理）は核融合科学研究所が行っている。

要望等は随時、管理人に申し出ることになっている。管理人は自ら対処できることはすぐに対処し、そうでない場合はタスク代表が対処する。規則変更が場合は、SINET タスクの議題となる。また、SINET タスクの議論の中で問題点が指摘されることもある。

スーパーSINET を用いた共同研究は、一般共同研究「12. スーパーSINET を用いた共同研究」によって募集される。採択は、共同研究委員会によって「設置のための物理的要件」、「研究計画」、「必要予算」などを総合して決められる。しかし、採択された年に接続されるとは限らない。なぜなら、新規接続には多額の費用がかかり、核融合科学研究所が支弁できるとは限らないからである。

一般の共同研究は 3 年が限度であるが、スーパーSINET を用いた共同研究にはこのルールは直接適

用されない。スーパーSINET はあくまでインフラストラクチャであり、実際の研究は別の題目で行っているからである。スーパーSINET を用いた共同研究は終了するのは、これを利用する共同研究が終了し、あらたな共同研究を開始しないときである。この場合、一般共同研究、LHD 計画共同研究、双方向共同研究を問わない。SINET を用いた共同研究が終了した場合は、接続を解除し、貸与機器が返却される。

## IV-2 研究間接支援環境

### 1. 共同研究の申込み

共同研究の実施に当たっては、所内世話人と連絡をとって実施することになっている。

新たに研究協力者を追加し研究を行う場合、「研究協力者追加申請書」（別紙1）を研究推進係へ提出し、各共同研究委員会幹事長（一般・LHD計画・双方向型）の承認を得て行っている。（「計算機使用時間追加申請書」（別紙2）についても同様の処理）

#### ・出張手続き

共同研究のため出張する場合は、核融合科学研究所HPの「各種様式」から  
(<http://www.nifs.ac.jp/kenkyo/kyodo-kenkyu/domestic.html>)

「共同研究出張申込書」をダウンロードし手続きを行う。

手続きの流れは、別紙3のとおり

#### ・物品等の購入手続き

共同研究のため物品等購入する場合は、別紙4のとおり

### 2. 研究所での滞在

#### (1) 宿泊の申込み（ヘリコンクラブ）

- ・名称：ヘリコンクラブ（管理人1名、予約・受付等は、総務課総務係）
- ・宿泊対象者：共同研究者
- ・施設：単身用32室、ツイン2室、夫婦室2室、家族室2室
- ・受付：電話、FAX、メール
- ・予約：宿泊日の3ヶ月前から、電話・FAX・メールで対応している。
- ・専用HP：<http://www.nifs.ac.jp/helicon/facilities.html>からの予約も対応している。
- ・チェックイン、チェックアウトの制限はない。8:30～17:30間は総務課総務係、それ以降は、守衛所に対応。

#### ヘリコンクラブ内写真

##### 単身・短期室



##### 単身・長期室



ツイン室



夫婦室



家族室



交流サロン



ダイニングルーム



フィットネスルーム



ランドリールーム



自販機コーナー



## (2) 食堂（職員食堂「土岐っ子」）

- ・営業時間は、8時から19時
- ・朝食は、8時から10時までで、トースト、ゆで卵、サラダ、コーヒー付きで300円。
- ・軽食は、15時から17時までで、スパゲティミートソース、エビピラフ、オムライス、ハヤシライスがあり、どれもサラダ、コーヒー付きで550～580円。
- ・昼食は11時半から13時半まで、夕食は17時から19時までで、日替わりメニューとなっており400～580円。



## 3. その他支援体制

- (1) 共同研究の研究会・作業会について核融合科学研究所HPで日程等を公開している。  
下の図にホームページの掲載例を示す。

日時	会議名	場所
2005年12月15日(木) 2005年12月16日(金)	「高ベータ磁気閉じ込めトロイダルプラズマの自己組織化と配位維持」 京都工繊大・政宗貞男 ( <a href="mailto:masamune@dj.kit.ac.jp">masamune@dj.kit.ac.jp</a> ) 所内世話人 水口直紀 ( <a href="mailto:mizu@nifs.ac.jp">mizu@nifs.ac.jp</a> )	研究棟(I) 4階会議室
2005年12月15日(木) 2005年12月16日(金)	第6回微粒子プラズマ研究会 「プラズマ中微粒子の発生・成長と挙動、およびその制御」 京都工繊大・林康明 ( <a href="mailto:hayashi@dj.kit.ac.jp">hayashi@dj.kit.ac.jp</a> ) 核融合研・富田幸博 ( <a href="mailto:tomita@nifs.ac.jp">tomita@nifs.ac.jp</a> ) 会議案内のホームページ <a href="http://www.tcsc.nifs.ac.jp/tomita/FPP_2005">http://www.tcsc.nifs.ac.jp/tomita/FPP_2005</a>	管理棟4階第1会議室
2005年12月12日(月) 2005年12月13日(火) 2005年12月14日(水)	プラズマ計測に関する日豪ワークショップ	研究一期棟 4階会議室
2005年9月29日 13:30-17:30	新 LHD 数値解析システム作業会議	計算機実験棟1階会議室
2005年9月29日 13:30-17:30 2005年9月30日 9:00-16:30	LHD での DD 実験に伴うトリチウムの動的挙動および安全管理 代表 富山大学 松山政夫 教授 所内世話人 安全管理センター 宇田達彦	管理棟 4 階第1会議室
2005年8月25日13:30-17:00 2005年8月26日 9:00-16:00	画像計測2005研究会	管理棟4階第1会議室

(2) 放射線業務従事者の登録

安全管理センター内放射線安全管理室にて放射線業務従事者登録手続きを行っている。登録手順は別紙5のとおり。

(3) 核融合科学研究所入構証（カードキー）の発行

- ・来所した共同研究者に対し、申請により仮入構証を付与している。
- また、2週間以上の滞在の共同研究者には、申請により、正規の入構証を付与している。カードキー発行基準と申請書様式は別紙6のとおり。

## IV-3 外国人研究者への支援

### IV-3-1 外国からの共同研究申し込みに対する受け入れ体制

外国の研究者が共同研究を行いたいと言う情報は、通常、個人的に伝えられる場合が多く、必ずしも確立した受け入れ体制になっているとは言えない。これは、情報を得た研究者等の判断が、その後の取り扱いに影響するためである。例えば、極端な場合、外国の研究者の共同研究を行いたいと言う希望を聞いても、これを誰にも伝えなければ、立ち消えになってしまうことは明らかである。しかし、このようなことが起らぬよう、核融合研では所員に対して、共同研究の情報を得た場合には、実施責任者に必ず伝えるよう指導している。例えば、LHDでは次のような手順で、外国との共同研究を年度途中でも新規に受け入れている。

#### ○ LHD実験会議への情報伝達

伝達者

国際共同研究拠点ネットワークの形成プロジェクト担当者

各国際共同研究協定担当者

日米、日韓、日中拠点の担当者

個人的、等

#### ○ LHD実験会議における検討

提案されている研究課題が実行可能なものか否かの判断

国内の共同研究と両立するか否かの判断及び調整

所内世話人と所属テーマ枠の決定

共同研究が継続することが明らかな場合には、4月に実施されている、所員に対する実験課題の募集時に、

#### ○ 所内世話人が所員と同じ様式で継続課題として申請する

ことにしている。要約すると、外国からのLHD実験参加の申し込みに対しては、随時対応しており、受け入れるか否かはLHD実験会議で判断している。受け入れ決定後は、所員、国内の所外共同研究者と同じ扱いとなる。これら一連の手順は、所員の手順に近いものとなっている。

外国との共同研究は、これまで特定領域の科学研究費科研費特定領域（B）「定常核融合炉の物理と工学の新展開」（LIME）や日本学術振興会のプログラム等を中心に行われてきた。平成17年度からは、新たに自然科学研究機構の事業として「国際共同研究拠点ネットワークの形成」プロジェクトをスタートさせ、精力的に外国との共同研究を進めている。核融合研では、外国の機関と共同研究を進めるための協定を結ぶ等して、積極的に外国の機関と共同研究を推進する方針を打ち出している。

### IV-3-2 外国人に対する研究環境、研究支援環境

外国人に対しては、

○ 関係する学術的な会議で、日本人も英語でプレゼンテーションを行うこと、

○ LHD実験で使うユーティリティーのソフトに英語表記を併記すること、

などを励行することにより、研究環境、研究支援環境の整備を図っている。

また、宿泊施設であるヘリコンクラブや所内建物等案内板に英文を併記し、

○ 安全ハンドブック

○ 大型ヘリカル装置実験資料集

の英語版を作成、あるいは作成を予定しており、最も優先されるべき安全と核融合研の主装置であるLHDでの実験に支障が生じないように配慮している。

又、ヘリコンクラブや図書には英字新聞や名古屋近辺の外人向けイベント紹介雑誌等も置いてある。

さらに、総合研究大学院大学が編集した、大学院生向けの

○ Guide Book for International Students 2004

のような冊子にも役に立つ部分があるため、この種の冊子を集めて、必要に応じて配布している。

核融合研では、本来、総合研究大学院大学の外国人院生向けであったが、滞在する全外国人に対して、

○ 週3回

○ 1回1時間

○ 各々レベルの異なる

日本語の講習会を

○ 通年

で開いており、平成17年度は、院生6人、研究者2人が受講している。



#### IV-4 環境改善を図る仕組み

研究の最先端は常に流動的であり、共同利用・共同研究の形態も変化していくことは免れない。従って共同利用・共同研究を効率よく進めるためには常に研究現場の声を聞き、改善を図っていく必要がある。共同利用機関はそのための仕組みを持つことを求められる。

核融合科学研究所では運営会議の下、幅広い分野から所内外の委員を選出して構成される共同研究委員会がその任を負っている。研究現場からの声は研究代表者や所内世話人を通して共同研究委員会委員へ伝えられる他、毎年開催される成果報告会で議論されることもある。このような声を受けながら委員会では共同研究のカテゴリーの分類や公募から申請、採択までの手続きについては常に当該年度の反省の基に次年度の方式の見直しを検討している。図III-1で示した公募案作成から申請、採択までの流れにおいて流れがループになっていることはこのことを表している

また、プロジェクト研究の中ではLHD実験会議や大型シミュレーションプロジェクト推進会議もその機能を果たしている。大型プロジェクト研究はマシンタイムの有効な活用などを通じてアウトプットの効率を求められる側面がある。IV-1-1で述べた大型ヘリカル実験に於けるテーマグループの再編やリーダーの交替などはこの趣旨に添った見直しの結果である。

## V. 成果の公表と評価

### V-1 共同研究成果の公表

共同研究で得られた成果は国内外の学会や学術雑誌に発表されている。核融合研も成果の公表については積極的に支援し、所外研究者が筆頭著者になる共同研究成果の論文については投稿料を負担するなど便宜を図っている。ただし、その成果が共同研究の枠組みの中で行われて得られたものを明らかにしていただくよう、謝辞への記載をお願いしている。これは自然科学研究機構としての考え方である。また平成17年度からは個別の共同研究課題に対してコード番号をつけた。合わせてこのコード番号の記載をお願いしている次第である。

大型プロジェクト研究に関しては事情が複雑になる。プロジェクト研究では多くの研究者が参加してはじめて成果が得られる。そのため一つ一つのデータに対して公共性とプライオリティーの問題が絡む。そこでプロジェクトに参加している研究者の合意を得ながら論文を書くルールが必要となる。

LHDにおける共同研究成果発表の手順ルールは以下のように定められている。

- 実験テーマを提案した研究者は、LHDのデータを使って論文発表を行うことができる。
- 査読付の論文を発表のために投稿する場合は以下の手順に従う。
  1. まずアブストラクトを所内の論文投稿システムに登録する。
  2. 特にコメントがなければ1週間後に承認する。
  3. その後、2ヶ月以内に論文を登録する。
  4. 所内で論文の内容に関する発表を行い、コメントをもとに修正する。
  5. 研究主幹が論文をチェックした後、LHD実験会議で承認する。
  6. 著者が論文を投稿する。
- 所内研究者と所外の共同研究は、同一の手順により成果発表を行う。

共同研究として採択された個別の課題については、年度の終わりに成果報告書の提出を義務付けている。成果報告書は次年度の課題採択の審査にも活かされる（継続課題の場合）。また、共同研究が全体としてどのような活動をしているかを把握するため、共同研究委員会は毎年度の終わり（1月）に成果報告会を開催し、当該年度の個別課題の成果発表をしていただいている。LHD計画共同研究についてはすべての課題について、一般共同研究については課題数が多いので、審査時にあらかじめ発表していただく課題を指定している。選択するに当たってのガイドラインは、採択時に評価が高く予算配分が大きかったもの、継続3年目で研究のまとめが必要と思われるもの、などであり、分野が偏らないよう配慮している。双方向型共同研究については4つのセンターにおいて採択された課題について報告をいただいている。また、プロジェクト研究においてはLHD、大型シミュレーションそれぞれが成果報告会を開催し、その中で共同研究の成果について発表されている。これら成果報告会の資料は「一般」「LHD共同」「双方向」の3つに分け、冊子としてまとめ、関係機関等に配布している。また、個別課題の成果報告は英文資料として核融合研究所のアンニュアルレポートにまとめられている。（参考資料：平成16年度一般共同研究成果報告書、平成16年度LHD計画共同研究成果報告書、平成16年度双方向型共同研究成果報告書、平成16年度LHD実験成果報告書、平成16年度大型シミュレーション研究成果報告書、平成16年度アンニュアルレポート）

## V-2 共同研究成果の評価

共同研究成果の学術的評価については査読つき学術雑誌への論文掲載数がひとつの指標である。添付資料2には、2004年と2005年に雑誌に発表された所内研究者と所外研究者の共著論文の一覧を示す（統計の都合上、年度ごとになっていない）。2004年は243本、2005年は調査途中であるが現在報告されているのは81本である。2004年の場合、この数字は研究所員のみの論文も合わせた全発表数（278本）の87%にあたり、共同研究のアクティビティーが高いことを示している。

共同研究の仕組みも含めてコミュニティの評価を受ける場として成果報告会がある。前節で述べたように「一般」「LHD共同」「双方向」の3つについて連続4日間の成果報告会を開催している。参加は自由であり、旅費の支給も研究所が行っている。ここでは個別の研究課題の成果に対する議論と共に、共同研究を進める仕組みや支援環境についてのご意見もいただいている。

また、双方型共同研究の研究目標は、今後我が国の核融合研究に必要とされる重要課題として、双方向型共同研究の中核である核融合研が核融合コミュニティと協議しながら集約、決定し、これを各センターと分担、連携して進める方式が採用されていることから、双方向型共同研究として採択されている研究課題は、核融合研及び各センター自身の主要課題、重要課題となっている。核融合研では、平成16年度の外部評価の対象に大型ヘリカル研究部の活動、研究成果が選ばれたことから、大型ヘリカル装置とコンパクトヘリカル装置等を用いて行われた大型ヘリカル研究部の平成16年度の全ての共同研究成果の評価は、この核融合研の外部評価のなかで行われている。九州大学応用力学研究所炉心理工学研究センターに関しても、現在、外部評価が進められており、平成16年度の双方向型共同研究の成果を含む業績がその対象となっている。このように、双方型共同研究の研究成果は、核融合研及び各センター各々の主要成果として、今後も各々の機関で外部評価が行われる予定である。

## VI. まとめ

プラズマ・核融合分野における我が国の大学等の共同利用・共同研究は、個々の大学では持ち得ない大型設備を核融合研が保有し、これを用いて進めるという世界的に類を見ない独創的なシステムを構築することにより、質的に高い学術レベルを全国の大学研究者が共有する仕組みとして維持されてきた。この「一般共同研究」と呼ばれる共同研究は、40年以上行われ、プラズマ・核融合分野に定着したものとなっている。この一般共同研究に加えて、「LHD計画共同研究」が平成8年度に、また、「双方向型共同研究」が平成16年度に設けられ、現在、「一般共同研究」、「LHD計画共同研究」、「双方向型共同研究」の3つのカテゴリーを持つ共同利用・共同研究が実施されている。このように、各々特徴のある3つのカテゴリーを持つ共同利用・共同研究へと拡大したことにより、共同利用・共同研究の実施体制は、より自由に、また、より活発に行えるものとなった。

特に、双方向型共同研究は、我が国の核融合研究の推進に大きな変化をもたらした。大学の附置センター等と核融合研が双方向で行う共同研究では、各センターと核融合研の間で研究者が自由に行き来できる仕組みにしたこと、核融合研には我が国におけるプラズマ・核融合分野の研究者の多くが在職し、各センターが必要とする多才な人材が揃っていること等から、双方型共同研究は、今後、各センターにおけるプラズマ・核融合研究のさらなる進展に大きく貢献するものと思われる。また、全国大学共同利用研究機関でないセンターも、双方向型共同研究により、これと同等の機能を有することになったことから、全国の優秀な研究者が各センターの共同研究に参加し、センターの研究を促進するとともに、センターの活動が全国の大学に伝えられることにより、センター以外の大学の研究も活性化するものと考えられる。このように、双方向型共同研究によって、我が国の大学等のプラズマ・核融合研究は、これまで以上に活性化されつつある。実際、採択された研究課題数は、共同利用・共同研究全体で、ここ数年増加しており、これは上記のような事情を反映しているものと思われる。

共同利用・共同研究には、LHD計画共同研究と双方向型共同研究が設けられたことに加えて、最近、種々の改革が行われた。共同研究委員会のもとに設けられた一般共同研究、LHD計画共同研究、双方向型共同研究の各々の委員会の幹事長には外部委員にご就任頂くこと、共同研究委員会の構成に必要な委員は核融合ネットワークの意見を尊重して核融合研所長が運営会議に推薦すること、核融合ネットワークの推薦にあたって2期以上勤められた委員は原則半数改選するものとし、地域性や各分野における継続性に配慮すること等が、共同研究委員長から提案され、共同研究委員会の同意を得て実施されている。また、LHD計画共同研究は平成17年度から、一般共同研究、双方向型共同研究と同時に、また、同様に公募する方式に改め、それまでの核融合ネットワークを通して募集する方式を止めた。これらの変革により共同委員会の活動の透明性が、さらに増したと考えられる。このように共同利用・共同研究は、共同研究者の声を吸い上げ、共同委員会委員あるいは共同研究委員会委員長の発議で改革案の検討を行い、共同研究委員会、また、必要に応じて運営会議の同意を得て、これを実現する言わば自浄能力を有している。

現在、共同研究委員会は、双方型共同研究委員会を中心に大学における核融合研究を、科学技術・学術審議会・学術分科会・基本問題特別委員会に設置されたワーキンググループの報告書「今後の我が国の核融合研究の在り方について」に合致したものに変えて行く責務を負っており、これが共同研究委員会のここ4、5年の最も重要な役割となっている。即ち、今後、我が国の核融合研究をさらに発展させるためには、我が国の大学における核融合研究はどのような方向、内容であれば良いかを調査審議し、その実現に向けて大学附置センター等の研究内容を変えて行かなければ、また、斬新で将来性のある研

究を立ち上げなければならない。双方型共同研究委員会では、年間を通して議論を行っており、この問題に対処している。

## おわりに

本資料は、プラズマ・核融合分野における共同利用・共同研究の現状をまとめたものである。本資料をもとに行われる外部評価結果を受け、核融合研は、共同研究委員会、運営会議等の同意を得て、必要であれば、共同利用・共同研究の研究体制等のさらなる改革を進める所存である。

一般共同研究委員会幹事長 殿

研究代表者 機関・所属・職・氏名

## 研究協力者追加申請書

下記により研究協力者の追加を申請しますので、許可願います。

## 記

1. 研究課題：
2. 研究コード：
3. 所内世話人：
4. 追加研究協力者  
氏名：  
所属：  
職名・身分等：  
Email：  
Tel.：  
FAX：
5. 追加理由

承認・不承認の別及び幹事長の印		研究連携課受理年月日
<input type="checkbox"/> 承認	平成 年 月 日 印	平成 年 月 日
<input type="checkbox"/> 不承認		

# 大学院学生を研究協力者として参画させる理由書

年 月 日

研究代表者氏名

参画させる大学院生

理由



<申請上の注意>

- ・この研究協力者追加申請書は、研究代表者が事前に[核融合科学研究所管理部研究連携課研究推進係](#)へお送りください。
- ・汎用計算機利用の研究代表者が、電子メールで申請する場合は、「[研究推進係](#)」と「[計算機・情報ネットワークセンター](#)」の双方にお送りください。
- ・送付は、電子メールでも郵送でも構いません。
- ・1. 研究課題、2. 予算コード、3. 所内世話人、4. 追加研究協力者名等、5. 追加理由を御記入ください。1. ～3. の各データは、核融合科学研究所ホームページの「[一般共同研究](#)」の採択課題一覧をご覧ください。
- ・予算コードがない研究課題は、整理番号をご記入ください。
- ・追加協力が複数の場合、次ページにわたって複数人記入しても構いません。ただし、追加理由が異なる場合は、追加協力者ごとに追加理由をご記入ください。
- ・大学院博士課程の前期課程の学生（修士課程）を追加する場合は、「5. 追加理由」欄には記入せず、「大学院学生を研究協力者として参画させる理由書」を作成し、添付してください。）
- ・委員会において研究協力者追加の審議を行い、その結果を研究代表者及び所内世話人宛にメールでお知らせ致します。公募案内に掲載しておりますように、必ずしも認められるとは限りませんのでご注意ください。
- ・出張が予想される場合は、「Y 8 銀行振込依頼書」を本人から提出させてください。

年 月 日

一般共同研究委員会幹事長 殿

研究代表者 機関・所属・職・氏名

計算機使用時間追加申請書

下記により計算機使用CPU時間の追加を申請しますので、御許可願います。

記

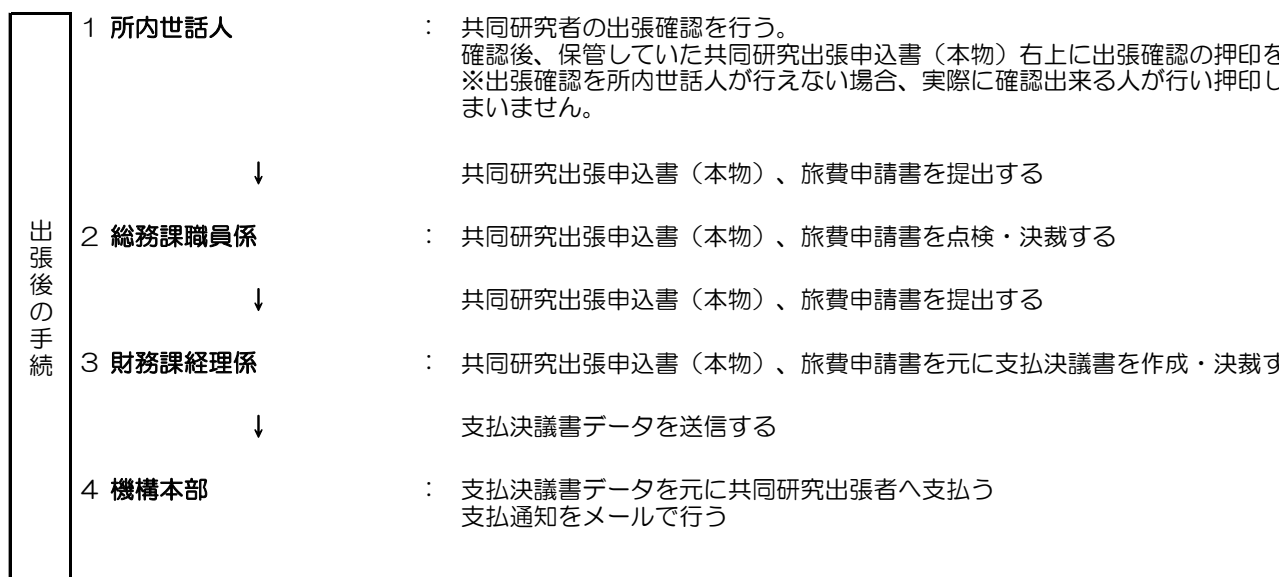
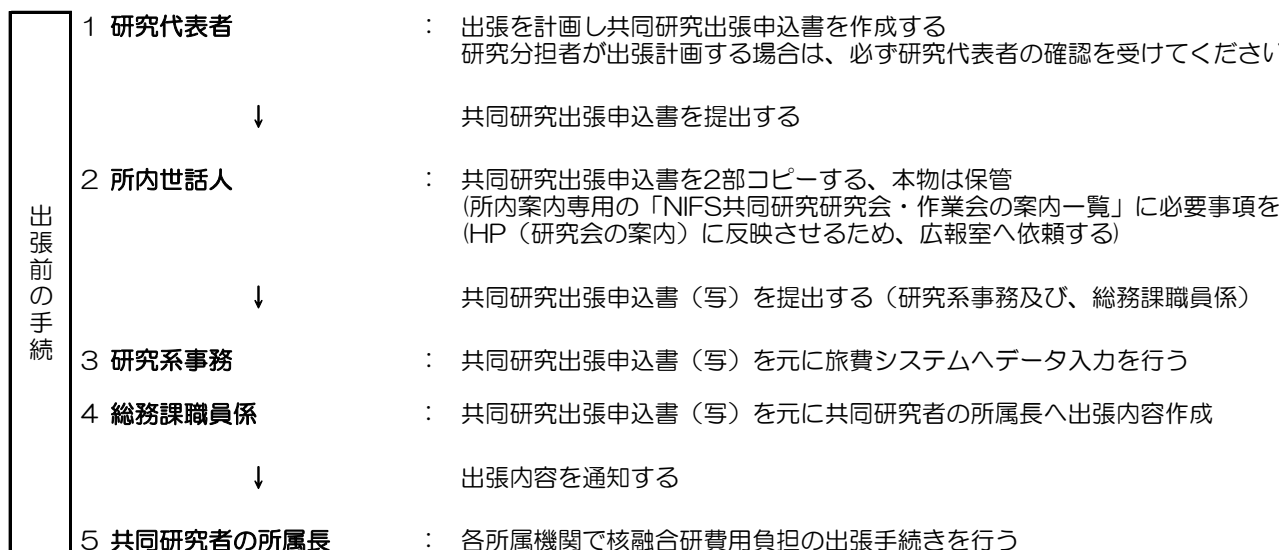
1. 研究課題：
  
2. 整理番号：
  
3. 追加希望CPU時間： \_\_\_\_\_ 時間
  
4. 追加理由

承認・不承認の別及び幹事長の印		研究連携課受理年月日
<input type="checkbox"/> 承認 <input type="checkbox"/> 不承認	年 月 日 印	年 月 日

<申請上の注意>

- ・この研究協力者追加申請書は、研究代表者が事前に[核融合科学研究所管理部研究連携課研究推進係](#)へお送りください。
- ・電子メールで申請する場合は、「[研究推進係](#)」と「[計算機・情報ネットワークセンター](#)」の双方にお送りください。
- ・送付は、電子メールでも郵送でも構いません。
- ・1. 研究課題、2. 整理番号、3. 追加希望CPU時間、4. 追加理由を御記入ください。1. ~ 2. の各データは、核融合科学研究所ホームページの「[一般共同研究](#)」の採択課題一覧をご覧ください。
- ・委員会において研究協力者追加の審議を行い、その結果を研究代表者及び計算機・情報ネットワークセンター宛にメールでお知らせ致します。

## 共同研究における基本的な出張手続きの流れ



下記のとおり出張 した こと確認しました	確 認 印
----------------------------	-------

## 一般共同研究出張申込書

年 月 日

核融合科学研究所 御中

研究代表者又は所内世話人

氏名

印

下記のとおり出張を申し込みますので、手続き方よろしくお願いいたします。

記

1. 研究課題：
2. 研究代表者：
3. 研究コード：
4. 出張者

氏名	所属機関・部局	職名等	出張期間	用務先	宿泊施設利用
			～ ( 日間)	核融合研 ( 棟)	～ ( 泊)
			～ ( 日間)	核融合研 ( 棟)	～ ( 泊)
			～ ( 日間)	核融合研 ( 棟)	～ ( 泊)
			～ ( 日間)	核融合研 ( 棟)	～ ( 泊)
			～ ( 日間)	核融合研 ( 棟)	～ ( 泊)
			～ ( 日間)	核融合研 ( 棟)	～ ( 泊)

5. 連絡事項：※連絡事項がある場合のみ、ご記入ください。

<申請上の注意>

- ・この出張申込書は、出張日の10日前までに各研究課題の所内世話人に提出してください。
- ・電子メールで申請する場合は、印は不要です。
- ・1. 研究課題、2. 研究代表者、3. 研究コード、4. 出張者を御記入ください。各データは、核融合科学研究所ホームページ「[共同研究](#)」のページをご覧ください。
- ・出張者が枠内に記入しきれない場合は、行数を増やしてください（エクセルの行挿入と同操作）。枠が次ページにわたっても構いません。
- ・宿泊施設は、核融合研究所構内に設置されている宿泊施設（名称：ヘリコンクラブ）です。詳しくは、核融合科学研究所ホームページの「[ヘリコンクラブ](#)」をご覧ください。

(別紙) 新規・変更 (どちらかに○)

&lt;様式 8 &gt;

平成 年 月 日

核融合科学研究所管理部総務課総務係 宛

氏名： \_\_\_\_\_ 印 (Eメールの場合、印は不要)

## 銀行振込依頼書

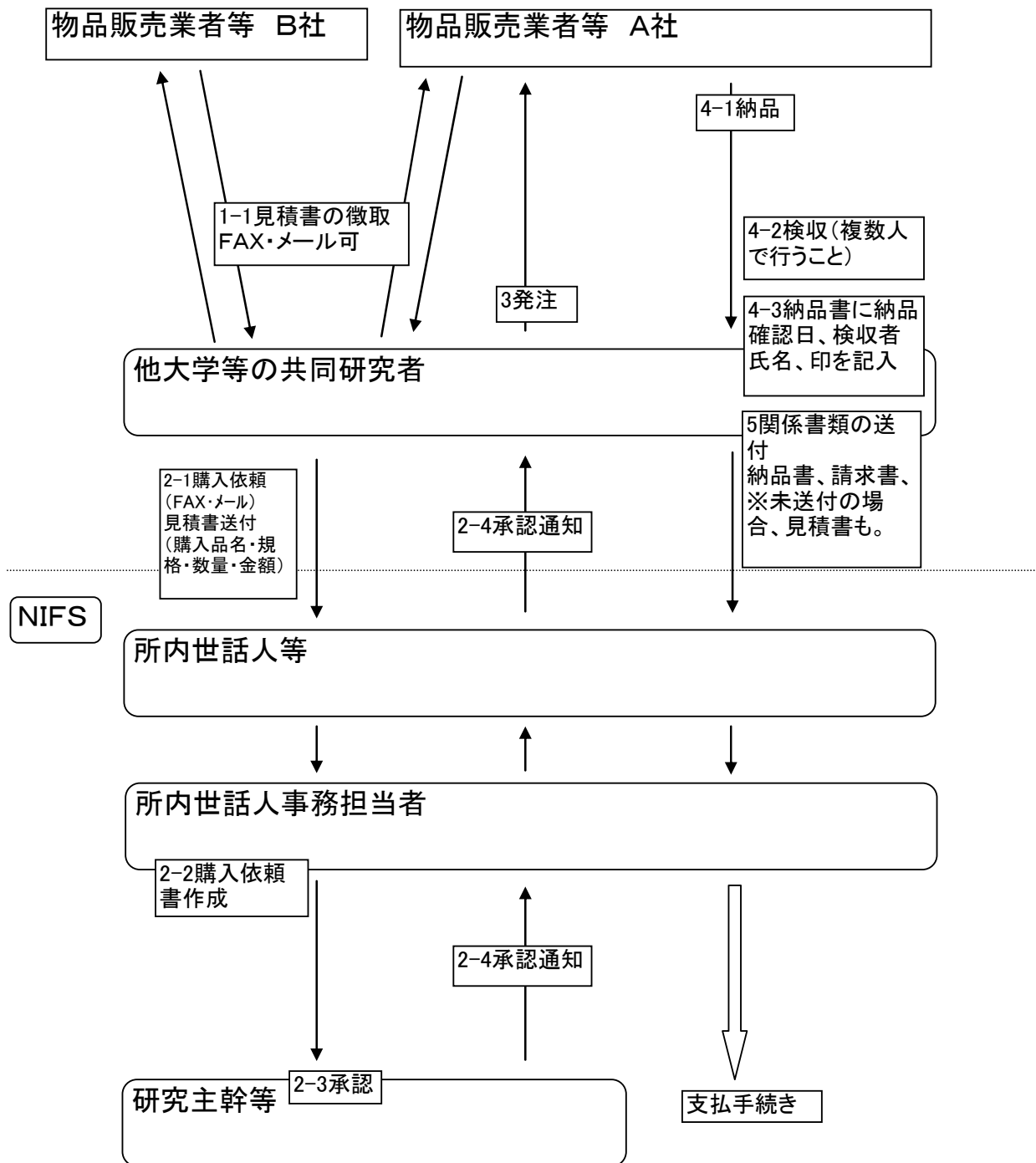
貴研究所から支払われる旅費は、下記銀行口座へ振り込み下さるようお願いします。

記

銀行情報 (郵便局は不可)	銀行名 (正式名で記入願います)	銀行・信用金庫	本・支店・出張所
	預金種別	普通預金	
	口座番号	(支店番号 3桁)	- (口座番号 7桁)
	フリガナ 預金口座名義 (本人名義のこと)		
勤務先 データ	勤務先 住所	〒 -	
	機関名称 (勤務先名)		
	所属部局 (部署)名		
	役職 (官職)等		
	Eメール アドレス		
	勤務先 電話番号	( ) -	
大学卒業年月	昭和・平成 年 月	※ 旅費の算定に必要ですので、 大学卒業年月の記入をお願いします。	

(040401~)

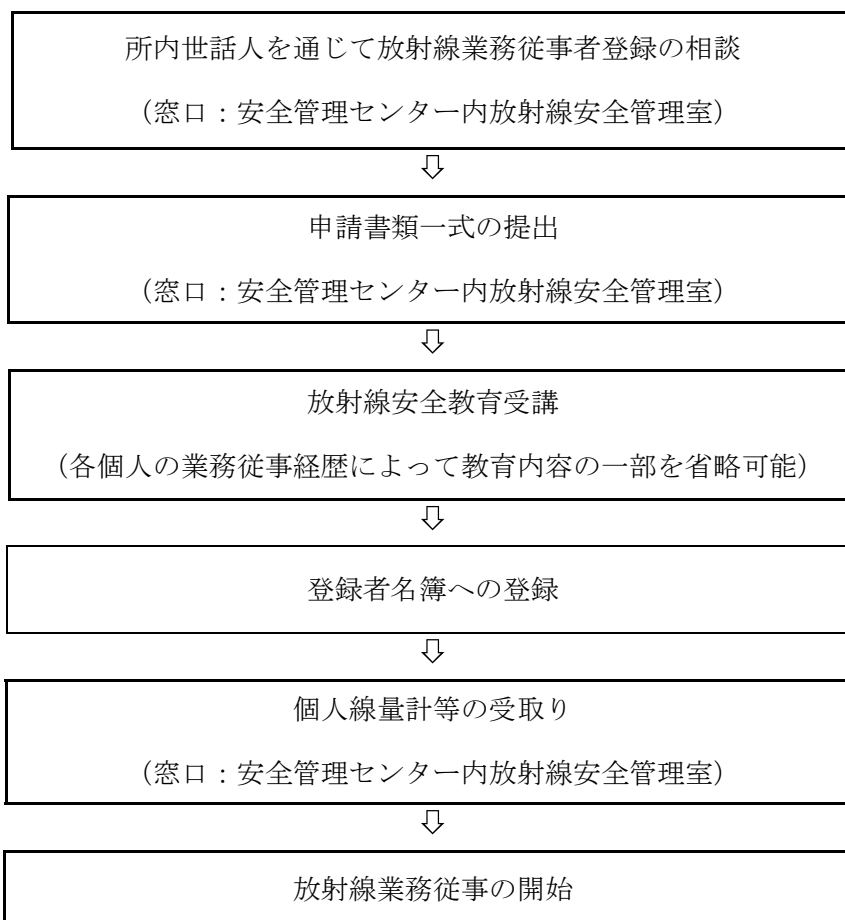
一般共同研究・LHD計画共同研究の所外共同研究者の物品等購入の流れ  
(100万円未満の場合)





## 共同研究者の放射線業務従事者登録手順

[あらかじめ所属機関において放射線従事者登録をしていること]



平成16年6月1日現在

## カードキー発行基準

A (10001～) : 職員等（職員録に掲載される者）に長期貸出します。写真付きで本人のみ使用可。  
 ※区域（LHD・共通）については、本人の申請に基づき、登録します。（契約職員は原則として「共通」。

職員，特定事務職員，事務支援員，技術支援員，COE 研究員，研究員（科学研究），技術支援員（研究支援推進員），大学院生，特別共同利用研究員，学振特別研究員，派遣職員

「LHD」区域を希望の際は発行申請書に「LHD」に○をつけてください。

<写真>

帽子なしで上半身が写っていて3ヶ月以内のもの。サイズは証明写真から L 判（89mm×127mm）まで任意で結構です。デジタルカメラで撮影して電子メールの添付ファイルにて送信していただいてもかまいません。その際は、財務課財務係にご相談ください。

B (20001～) : 2週間以上の長期の共同研究者や常駐業者等に長期貸出します。業者は会社名（放射線業務従事者は個人名）で登録し、本人又は会社内で管理。研究者は個人名で登録し、本人又は世話人が管理してください。

常駐業者（工事作業・運転保守・食堂・清掃・ソフトウェア開発等），客員研究員，共同研究者，学振招聘研究員，中国政府派遣研究員

※カードは、区域によって分けられています。世話人の申請により「LHD」，「共通」のどちらかのカードをお渡しします。

仮入構証

※共同研究者や点検業者等で、滞在が2週間未満の場合は、仮入構証で対応することとし、正規の入構証は発行しません。財務課財務係にて管理していますので財務課財務係に世話人本人が直接申し出てください。

C (30001～) : 一般業者に来所中のみ貸出。業者は会社名で登録し、門衛所で管理。

一般業者（工事作業・納品・営業・宅配等）

※区域はすべて「LHD」です。様式は財務課財務係にありますので、希望する業者がいましたら財務課財務係に出向くよう指示してください。

(B 様式：メンテナンスで常駐する業者・共同研究者向)

平成 年 月 日

核融合科学研究所入構証（カードキー）発行申請書

核融合科学研究所管理部財務課長 殿

下記により入構証（カードキー）を必要としますので、発行方よろしくお願ひします。

記

使用者	所 属 (大学名・研究所名・会社名等)	
	住 所	
	フリガナ 氏 名	
	必 要 理 由	区域： 共通 ・ LHD (どちらかを○で囲む) ※共通=管理棟・図書館・研究棟・計算機実験棟 LHD=共通区域を含むすべての建物
	連絡先	電話番号
	使用期間	平成 年 月 日～平成 年 月 日

誓約書

1. 本証はここに届け出た使用者以外使用しません。
2. 本証を紛失・破損した場合は、速やかに財務課に報告し、弁償します。
3. 本証を使用する必要がなくなった場合、速やかに世話人が責任を持って使用人から回収し財務課へ返却します。

世話人

所 属： \_\_\_\_\_

所属長氏名： \_\_\_\_\_ ㊦

世話人氏名： \_\_\_\_\_ ㊦

世話人内線電話番号： \_\_\_\_\_

財 務 課 長	財務課長補佐	財 務 係 長	担 当 者

カテゴリー	題目	著者名	修了年月	大学院名	指導教官名	NIFS世話人	備考
一般	両親媒性分子による自己会合の分子動力学シミュレーション	船岡大樹	200503	京都工芸繊維大学大学院	藤原 進	中村浩章	
一般	慣性静電閉じ込め核融合中性子源制御用マグネトロンイオン源の数値解析	久内敏久	200503	京都大学大学院エネルギー科学研究科エネルギー変換科学専攻修士課程	吉川潔	川端一男	
一般	静電場と動重力を組み合わせた新しい非中性プラズマトラップの研究	小澤龍馬	200503	京都大学大学院人間・環境学研究科	際本泰士	田中雅慶	
一般	外部回転電場を加えられた非中性プラズマ系の運動量についての検討	西原健	200503	京都大学大学院人間・環境学研究科	際本泰士	田中雅慶	
一般	大型ヘリカル装置における超短パルス反射計実験	内田和之	200503	九州大学大学院総合理工学府修士課程	間瀬 淳	川端一男	
一般	大気水素濃縮装置を用いる水素状トリチウム同位体組成分析法の確立	長尾 雄作	200402	熊本大学大学院自然科学研究科	百島則幸	宇田達彦	
一般	大気中トリチウムの化学形別測定法の確立と環境濃度測	高村 昌秀	200402	熊本大学大学院自然科学研究科	百島則幸	宇田達彦	
一般	(学位論文)超伝導燃り線の素線間接触抵抗と結合損失に関する研究	中村一也	200503	上智大学大学院	高尾智明	西村新	博士論文
一般	偏光近接場光学顕微鏡のFDTDシミュレーション	小橋保方	200503	信州大学大学院	澤田圭司	中村浩章	
一般	大口径後進波発振器の発振出力改善とモードの解析	酒井将和	200503	新潟大学大学院自然科学研究科	小椋一夫		修士論文
一般	円筒波形導波管中における軸対称遅波サイクロロン不安定性と非軸対称遅波サイクロロン不安定性の研究	岩井誠	200503	新潟大学大学院自然科学研究科	小椋一夫		修士論文
一般	ファジィ理論を用いた超伝導コイルおよび超伝導線材の状態推定	安達 弥真人	200503	成蹊大学大学院	石郷岡 猛	柳 長門	
一般	径電場による単純トラス磁場中の平衡	佐伯紘一	2005	静岡大学	佐伯紘一	佐貫平二	
一般	径電場による単純トラス磁場中の平衡	佐伯紘一	2005	静岡大学	佐伯紘一	佐貫平二	
一般	核融合実験装置における中性粒子挙動のモンテカルロ解析	井口智史	200503	大阪府立大学大学院	中部主敬、松浦寛人	岡村昇一	
一般	ガンマ10セントラル部におけるイオンセンシティブプローブを用いた周辺イオン計測	関根 貴之	200503	筑波大学大学院修士課程 理工学研究科	斉藤輝雄	長山好夫	
一般	GAMMA10におけるプラズマと対向壁材料との相互作用の研究	村上亮平	200503	筑波大学大学院修士課程理工学研究科	中嶋洋輔		
一般	GAMMA10中性粒子ビーム入射実験における中性粒子分析器を用いた高速イオン計測	山田正樹	200503	筑波大学大学院修士課程理工学研究科	中嶋洋輔		
一般	ガンマ10における電子加熱時の端損失電子エネルギースペクトル分析	池上博和	200503	筑波大学大学院理工学研究科	斉藤輝雄	久保 伸	修士論文
一般	拡散法によるコニカル状Bi2212酸化物超伝導体の作製と通電特性	渡辺 正人	200503	東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻博士課程前期	山田 豊	田村 仁、三戸 利行	
一般	拡散法によるコニカル状Bi2212酸化物超伝導体の作製と通電特性	渡辺 正人	200503	東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻博士課程前期	山田 豊	田村 仁、三戸 利行	

一般	修士論文 ヘリカル型磁場閉じ込め装置における電子密度揺動計測	富田尚樹	200603	東京工業大学大学院理工学研究科	飯尾俊二	秋山毅志	修士論文
一般	Nonlinear Processes in Two-Fluid Plasmas	Ryusuke Numata	200303	東京大学 大学院新領域創成科学研究科	吉田善章	林隆也	
一般	高機能非中性イオンプラズマ閉じ込め方式の開発	中野真紀	200408	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	外部回転波と結合した純電子プラズマの構造形成 —波動特性の検討—	曾我之泰	200408	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	強磁場中に閉じ込めた純電子プラズマの平衡状態プラズマ科学のフロンティア2004」研究会	青木順	200408	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	Structure formation and transport of a Nonneutral Plasma coupled to an internal rotating wave	Y. Soga	200410	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	非中性プラズマトラップの高機能化2	中野真紀	200411	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	非中性プラズマトラップの高機能化1	小澤龍馬	200411	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	強磁場中に閉じ込めた純電子プラズマの平衡状態への移	青木順	200411	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	波動トルク付与で制御した純電子プラズマの輸送実験2	曾我之泰	200411	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	強磁場で閉じ込めた非中性プラズマの特性III	青木順	200503	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	回転波動と結合した純電子プラズマの構造形成と輸送II	曾我之泰	200503	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	非一様な回転楕円分布をした非中性プラズマの3次元ポテンシャル	際本泰士	200503	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	純電子プラズマの平衡分布形成とその状態に固有な軸対称波動特性	河井洋輔	200503	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	強磁場で閉じ込めた非中性プラズマの平衡状態への遷移過程	青木順	200503	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	外部回転波と結合した純電子プラズマの輸送と構造形成	曾我之泰	200503	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	渦結晶形成における背景渦度分布の寄与に関する制御	橋爪宣弥	200507	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	純電子プラズマの平衡分布に固有な軸対称波動特性	河井洋輔	200507	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	外部回転波と結合した非中性プラズマの輸送と構造形成	曾我之泰	200507	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	Dubin Modeのシミュレーションによる数値解析と実験への	青木順	200507	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	Simulational analysis of Dubin mode for nondestructive diagnosis of a nonneutral plasma trapped in harmonic potential	J. Aoki	200507	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
一般	プラズマフロー速度シア現象の・計算機シミュレーション	松本 範明	200403	東北大学 大学院工学研究科	畠山 力三	石黒 静児	
一般	フロー速度シアの低周波プラズマ不安定性への効果	齋藤洋孝	200603	東北大学 大学院工学研究科	畠山力三	石黒静児	
一般	Characterization of Fatigue Crack Growth in GFRP Woven Laminates at Cryogenic Temperatures	稲本 哲広	200503	東北大学 大学院工学研究科 材料システム工学専攻	教授 進藤裕英	教授 西村新	
一般	高ベータプラズマ流に対する磁気ラバールノズルの最適	原田賢二	200503	東北大学工学研究科	犬竹正明	田中雅慶	
一般	DCスパッタ法を用いたバナジウム合金への酸化イットリウム被覆に関する基礎研究	澤田智世	200502	東北大学大学院	阿部勝憲	長坂琢也	
一般	4端子型マッハプローブの開発と電磁加速プラズマ流計測	渡邊貴史	200503	東北大学大学院	犬竹正明	田中雅慶	

一般	バナジウム合金の照射誘起析出に関する研究	安間勇介	200503	東北大学大学院	松井秀樹	長坂琢也	
一般	昇温脱離測定によるバナジウム中のヘリウムの挙動に及ぼす酸素の効果	宮脇賢	200503	東北大学大学院	松井秀樹	長坂琢也	
一般	Dust Plasma の理論研究	S.Taniguchi	2004	八戸工業大学	根城安伯	佐貫平二	
一般	修士論文 核融合炉における高レベル廃棄物の核変換処理	清田聡志	200503	名古屋工業大学大学院工学研究	田中靖敏	長山好夫	修士論文
一般	減圧下におけるトリクルベッド型水-水素化学交換反応塔を用いた水素同位体分離	阿部陽介	200403	名古屋大学大学院工学研究科	山本一良	杉山貴彦	
一般	水素同位体分離用トリクルベッド型水-水素化学交換反応塔の分離性能評価	塩崎太郎	200503	名古屋大学大学院工学研究科	山本一良	杉山貴彦	
一般	電子・陽電子・イオンプラズマ中の陽電子加速	加藤 健	2004.3	名古屋大学大学院理学研究科	大澤幸治	石黒静児	
一般	斜め衝撃波による電子捕捉の機構	神藤厚史	2005.3	名古屋大学大学院理学研究科	大澤幸治	石黒静児	
一般	電子・陽電子・イオンプラズマ中の陽電子加速	加藤 健	2005.3	名古屋大学大学院理学研究科	大澤幸治	石黒静児	
計画	次世代高磁界Nb3Sn超伝導線材の研究	池田 裕哉	200503	東海大学工学部金属材料工学科	太刀川 恭治	三戸利行	
計画	Ti添加ジェリーロール法(Nb,Ta)3Sn超伝導線材の作製	松本 洋明	200503	東海大学工学部金属材料工学科	太刀川 恭治	三戸利行	
計画	熱処理条件によるジェリーロール法(Nb,Ta)3Sn超伝導線材の特性と組織の変化	佐藤 道彦	200503	東海大学工学部金属材料工学科	太刀川 恭治	三戸利行	
計画	Ex-situ PIT法によるNb3Al線材の作製と特性	堀井 威久磨	200503	東海大学工学部金属材料工学科	太刀川 恭治	三戸利行	
計画	Stability of superconducting coils cooled by He II	繁柁 真一郎	2004	京都大学エネルギー科学研究科	塩津 正博	今川 信作	
計画	Stability of superconducting magnets cooled by He II	大屋 正義	2005	京都大学エネルギー科学研究科	塩津 正博	今川 信作	
計画	多価イオンの偏光プラズマ分光:レーザー生成プラズマとLHDプラズマ	堀本恭弘	200503	京都大学大学院工学研究科	藤本孝	後藤基志	
計画	大気中トリチウムの環境動態に関する研究	豊嶋 孝浩	200502	熊本大学大学院自然科学研究科	百島則幸	宇田達彦	
計画	水素ペレット入射における複合計測システムの開発	久保田雄介	修了年月なし	筑波大学	吉川正志		
計画	シートプラズマを用いた水素原子負イオンの生成機構に関する研究	汲田健太郎	200403	東海大学大学院理学研究科博士課程前期物理学専攻	利根川昭	増崎 貴	
計画	レーザー光脱離法を用いたダイバータプラズマにおける負イオンの挙動に関する実験的研究	梶田信	200503	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
計画	ダイバータ模擬装置MAP-IIIにおける衝突輻射モデルを用いたヘリウムプラズマの分光診断に関する研究	飯田洋平	200509	東京大学大学院工学系研究科	門 信一郎	居田克巳	
計画	Pd被覆によるV族系水素透過膜の特性改善に関する研究	石山敬太	200503	富山大学大学院理工学研究科博士前期課程化学専攻	渡辺国昭	中村幸男	
計画	金属膜における光誘起水素超透過現象に関する研究	千葉晋平	200503	富山大学大学院理工学研究科博士前期課程化学専攻	渡辺国昭	中村幸男	
計画	LHDプラズマ対向壁挙動	平田智也	200603	北海道大学工学部	日野友明	芦川直子	
計画	ボロン・タイテニウム燃料水素リテンション	橋場裕司	200603	北海道大学大学院工学研究科	日野友明	西村清彦	
計画	マテリアルプローブによるLHDプラズマ壁相互作用の解析	信太祐二	200603	北海道大学大学院工学研究科	日野友明	芦川直子	

計画	半導体レーザー吸収分光法を用いたプラズマ診断法に関する研究	奥村裕司	200503	名古屋大学大学院工学研究科	佐々木浩一	森田繁	
双方向	ヘリオトロンJプラズマの可視・真空紫外分光計測	山崎久路	200503	京都大学エネルギー科学研究科	近藤克己		修士論文
双方向	ヘリオトロンJにおけるトロイダル電流の研究	本島 巖	200603	京都大学大学院	佐野 史道	武藤 敬	
双方向	Development of a 70 GHz ECRH System on the Heliotron J Device	設楽弘之	200409	京都大学大学院エネルギー科学研究科	水内亨		博士論文
双方向	ヘリオトロンJにおける電子サイクロトロン波の伝播・吸収及び散乱に関する研究	嶋崎伸秀	200503	京都大学大学院エネルギー科学研究科	水内亨		
双方向	ヘリオトロンJにおける閉じ込め遷移に伴う周辺プラズマ特性の変化	大橋佳祐	200503	京都大学大学院エネルギー科学研究科	水内亨		修士論文
双方向	ヘリオトロンJにおけるICRF加熱を用いた高エネルギー粒子生成・閉じ込め研究	荒川純	200503	京都大学大学院エネルギー科学研究科	佐野史道		修士論文
双方向	ヘリオトロンJにおける放射損失測定	東貴久	200503	京都大学大学院エネルギー科学研究科	近藤克己		修士論文
双方向	ヘリオトロンJにおける損失イオンプローブの開発	濱上崇史	200503	京都大学大学院エネルギー科学研究科	水内亨		修士論文
双方向	ヘリオトロンJにおけるトロイダル電流の研究	本島巖	200503	京都大学大学院エネルギー科学研究科	佐野史道		修士論文
双方向	ヘリオトロンJプラズマの可視・真空紫外分光測定	山崎久路	200503	京都大学大学院エネルギー科学研究科	近藤克己		修士論文
双方向	ヘリオトロンJにおける軟X線薄膜吸収法を用いた電子温度計測	山田雅毅	200503	京都大学大学院エネルギー科学研究科	近藤克己		修士論文
双方向	Numerical Study of Microwave Imaging Reflectometry for Magnetically Confined Plasmas	Maxim Ignatenko	200509	九州大学大学院総合理工学府博士課程	間瀬 淳	長山好夫	
双方向	大口径後進波発振器における発振スタート電圧及び発振特性の実験的研究	小宮山清文	200503	新潟大学大学院自然科学研究科	小椋一夫	長山好夫	修士論文
双方向	遅波導波管中の電磁界とチェレンコフ相互作用・スローサイクロトロン相互作用の基本特性の解析	鈴木善高	200503	新潟大学大学院自然科学研究科	小椋一夫	長山好夫	修士論文
双方向	Numerical Study on High-Frequency and Compact Backward Wave Oscillator (高周波数化及び小型化を目指した後進波発振器に関する数値解析)	山崎星征	200503	新潟大学大学院自然科学研究科	小椋 一夫	長山好夫	博士論文
双方向	カスプ磁場を用いた荷電粒子分離と直接エネルギー変換に関する研究	切山勇介	200503	神戸大学大学院自然科学研究科	八坂保能		
双方向	紫外・可視分光器と衝突・輻射モデルを用いた炭素イオンスペクトルの解析	小林貴之	修了年月なし	筑波大学	吉川正志		
双方向	ミラー磁場配位におけるイオンサイクロトロン周波数帯の不安定波動計測	井上 大輔	200503	筑波大学修士課程理工学研究科	市村 真	長山 好夫	

双方向	リチウムビームプローブのGAMMA10プラズマ電子密度測定への適用	山口智弘	200603	筑波大学大学院 数理物質科学研究科(博士前期課程) 電子・理工工学専攻	市村真(石井亀男)	井口春和	
双方向	ミラー磁場配位におけるイオンサイクロトロン周波数帯の不安定波動計測	井上 大輔	200503	筑波大学大学院修士課程 理工学研究科	市村 真	長山好夫	
双方向	GAMMA10における低周波密度揺動発生時の高エネルギーイオンの挙動	井出 幸兵	200503	筑波大学大学院修士課程 理工学研究科	市村 真	長山好夫	
双方向	GAMMA10中性粒子ビーム入射実験時における中性粒子分析器を用いた高速イオン計測	山田 正樹	200503	筑波大学大学院修士課程 理工学研究科	中嶋洋輔	長山好夫	
双方向	GAMMA10におけるプラズマと対向壁材料との相互作用の研究	村上 亮平	200503	筑波大学大学院修士課程 理工学研究科	中嶋洋輔	長山好夫	
双方向	小型端損失イオン電流量計測器の開発とプラズマ空間分布計測への適用	時岡 優	200503	筑波大学大学院修士課程 理工学研究科	長 照二	長山好夫	
双方向	ガンマ10における電子加熱時の端損失電子エネルギースペクトル分析	池上 博和	200503	筑波大学大学院修士課程 理工学研究科	斉藤輝雄	長山好夫	
双方向	小型端損失イオン電流量計測器の開発とプラズマ空間分布計測への適用	時岡 優	200503	筑波大学大学院修士課程 理工学研究科	長 照二	長山好夫	
双方向	ガンマ10プラグ部における高電力電子加熱用アンテナ系の設計	野崎 潔	200603	筑波大学大学院数理物質科学研究科	斉藤輝雄	久保 伸	修士論文
双方向	ガンマ10プラグ部における電子加熱用高電力マイクロ波の透過計測	永井大智	200603	筑波大学大学院数理物質科学研究科	斉藤輝雄	久保 伸	修士論文
双方向	X線空間分布計測に基づく電位閉じ込め効果の研究	横山 昇	200503	筑波大学大学院博士課程 数理物質科学研究科 物理学専攻	長 照二	長山好夫	
双方向	タンデムミラーにおけるバウンスイオンの測定	宮田 良明	200503	筑波大学大学院博士課程 数理物質科学研究科 物理学専攻	石井亀男	長山好夫	
双方向	超低エネルギーX線波高分析用半導体検出器を用いた電子エネルギー閉じ込めの研究	深井 隆行	200503	筑波大学大学院博士課程 数理物質科学研究科 物理学専攻	長 照二	長山好夫	
双方向	モンテカルロシミュレーション及びH $\alpha$ 線計測に基づく中性粒子輸送の研究	東園 雄太	200503	筑波大学大学院博士課程 数理物質科学研究科 物理学専攻	中嶋洋輔	長山好夫	
双方向	ガンマ10サーマルバリア一部のイオン径方向損失に関する研究	西丸 浩	200503	筑波大学大学院博士課程 数理物質科学研究科 物理学専攻	北條仁士	長山好夫	
双方向	多チャンネルH $\alpha$ 線計測器を用いたGAMMA10バリア部の中性粒子密度測定	齋藤 将志	200503	筑波大学大学院博士課程 数理物質科学研究科 物理学専攻	長 照二	長山好夫	
双方向	タンデムミラー GAMMA10 における新古典共鳴拡散に関する研究	伊藤 融	200503	筑波大学大学院博士課程 数理物質科学研究科 物理学専攻	平田真史	長山好夫	
双方向	X線空間分布計測に基づく電位閉じ込め効果の研究	横山 昇	200503	筑波大学大学院博士課程 数理物質科学研究科 物理学専攻	長 照二	長山好夫	
双方向	超低エネルギーX線波高分析用半導体検出器を用いた電子エネルギー閉じ込めの研究	深井 隆行	200503	筑波大学大学院博士課程 数理物質科学研究科 物理学専攻	長 照二	長山好夫	



共同研究の教育への効果(学生による発表)

添付資料1

双方向	モンテカルロシミュレーション及びH $\alpha$ 線計測に基づく中性粒子輸送の研究	東園雄太	200503	筑波大学大学院博士課程数理物質科学研究科	中嶋洋輔		
双方向	直接エネルギー変換装置におけるイオン・電子分離に関する研究	小林俊彦	200503	筑波大学大学院理工学研究科	石川本雄		
双方向	4端子型マッハプローブの開発と電磁加速プラズマ流計測	渡邊貴史	200503	東北大学大学院	犬竹正明	長山好夫	
双方向	先進宇宙推進機を指向したプラズマ流の高周波加熱と加	畑中 基	200503	東北大学大学院	犬竹正明	長山好夫	

2004年				
	Authors	Title	Journal Name	Vol. No. Year pp.
1	Adachi, Y., Ninomiya, A., Uriu, Y., Ishigohka, T., Mito, T., Imagawa, S., Yanagi, N., Sekiguchi, H., Yamada, S.	ファジイ理論を用いた大型ヘリカル装置超電導コイルシステムのクエンチ検出	J. Cryo. Soc. Jpn.	Vol.40, No.3 (Mar. 2004) pp.93-99
2	Aiba, N., Tokuda, S., Hayashi, T., Wakatani, M.	Simulation Study on the Motion of the Pressure Perturbation in an Axisymmetric Toroidal System	J. Phys. Soc. Jpn.	Vol.73 (2004) pp.364-373
3	Aiba, N., Tokuda, S., Ishizawa, T., Okamoto, M.	Application of the Two-dimensional Newcomb Problem to Compute the Stability Matrix of External MHD Modes in a	Plasma Phys. control. Fusion	Vol.46, (Sep. 2004) pp.1699-1721
4	Aoki, J., Kiwamoto, Y., Soga, Y., Sanpei, A.	High-Fidelity Optical Transfer System for Two Dimensional Imaging of Density Distribution of a Pure Electron Plasma	Jpn. J. Appl. Phys	Vol.43, No.10 (2004) pp.7267 - 7270
5	Aoki, J., Kiwamoto, Y., Soga, Y., Sanpei, A.	Novel Application of Electron Vortex Dynamics to the Alignment of Magnetic and Cylinder Axes	Jpn. J. Appl. Phys	Vol.43, No.11 (2004) pp.7777 - 7781
6	Aoki, T., Hagiwara, M., Baba, M., Sugimoto, M., Miura, T., Kawata, N., Yamadera, A.	Measurement of Differential Thick Target Neutron Yields and $^7\text{Be}$ Production in the $\text{Li}, ^9\text{Be}(d,n)$ Reactions for 40 MeV	J. Nucl. Sci. Technol.	Vol.41, No.4(Apr. 2004) pp.399-405
7	Aramaki, M., Kato, K., Goto, M., Muto, S., Morita, S., Sasaki, K.	Development of a compact divertor simulator excited by helicon-wave discharge	Jpn. J. Appl. Phys.	Vol.43, No.3 (Apr. 2004) pp.1164-1165
8	Asakura, Y., Sugiyama, T., Kawano, T., Uda, T., Tanaka, M., Tsuji, N., Katahira, K., Iwahara, Azechi, H., Shiraga, H., Nakai, M., Shigemori, K., Fujioka, S., Sakaiya, T., Tamari, Y. Ohtani, K., Murakami, M., Sunahara, A., Nagatomo, H., Nishihara, K., Mivanaga, N. and Izawa, Y.	Application of Proton-conducting Ceramics and Polymer Permeable Membranes for Gaseous Tritium Recovery	J. Nucl. Sci. Technol.	Vol.41, No.8(Aug. 2004) pp.863-870
9		Suppression of the Rayleigh-Taylor Instability and its implication for the impact ignition	Plasma Phys. Control. Fusion	Vol.46 (Dec. 2004) pp.B245-B254
10	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
11	Chikaraishi, H., Sato, Y., Shimada, R.	Basic study on conductive characteristics of SiC power device for its application to AC/DC converter	IEEE Trans. Appl. Supercond.	Vol.14, No.2, (June 2004) pp.690-692
12	Fujioka, S, Shiraga, H., Azechi, H., Nishimura, H., Izawa, Y., Nozaki, S., and 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
13	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.	高Z物質ドーピングによるレーザー核融合ターゲット表面でのレイリー・テイラー不安定性の抑制	J. Plasma Fusion Res.	Vol.80, No.7 (July 2004) pp.597-604
14	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., Chen, Y.	Suppression of Rayleigh-Taylor instability due to radiative ablation in brominated plastic targets	Phys. Plasmas	Vol.11, No.5 (May 2004) pp.2814-2822

15	Fujioka, S., Sunahara, A., Nishihara, K., Ohnishi, N., Johzaki, T., Shiraga, H., Shigemori, K., Nakai, M., Ikegawa, T., Murakami, M., Naqai, K., Norimatsu, T.	Suppression of the Rayleigh-Taylor instability due to Self-Radiation in a Multiablation Target	Phys. Rev. Lett.	Vol.92, No.19 (May 2004) pp.195001-1~195001-4
16	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, P.H.	Identification of Zonal Flows in a Toroidal Plasma	Phys. Rev. Lett.	Vol.93, No.16 (Oct.2004) pp.165002-1~165002-4
17	Fukumoto, 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
18	Fukumoto, K., Matsui, H., Narui, M., Nagasaka, T. and Muroga, T.	Manufacturing pressurized creep tubes from highly purified V-4Cr-4Ti alloys, NIFS-Heat2	J. Nucl. Mater.	Vol.335, No.1 (Dec. 2004) pp.103-107
19	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
20	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	J. Nucl. Mater.	VOL.329-333 (2004) PP.1008-1012
21	Gohda, T., Ishiguro, S., Iizuka, S., Sato, N.	Electrostatic Shocks Excited by Velocity Modulation of an Ion Beam in a Plasma	Phys. Rev. Lett.	Vol.92, No.4(Jan. 2004) pp.045002-1~045002-4
22	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
23	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 Plasma	Proc of 31st EPS conf.	Vol.P5, No.112 (July 2004)
24	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
25	Hahn, 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
26	Hasegawa, H., Ohsawa, Y.	Low-Frequency Oblique Waves in Magnetized Electron-Positron-Ion Plasmas	J. Phys. Soc. Jpn.	Vol.73, No.7(July 2004) pp.1764-1774
27	Hata, K., Hama, K., Shirai, Y., Shiotsu, M.	Numerical Analysis of Two-dimensional Steady-state and Transient Heat Transfer in a Parallel Duct Filled with	Cryogenics	Vol.44, No.4(2004)pp.273-283
28	Hatano, Y., Livshits, A., Busnyuk, A., Nomura, M., Hashizume, K., Sugisaki, M., Nakamura, Y., Ohyabu, N., Watanabe, K.	Kinetics of Dissociative Absorption of Hydrogen through Nb Surface Covered by Oxygen	Physica Scr.	T108(2004)pp.14-18
29	Hattori, Y., Rubinstein, R., Ishizawa, A.	Shell Model for Rotating Turbulence	Phys. Rev. E	Vol.70 (2004) pp. 046311
30	Hayashi, K., Mito, T., Okumura, K., Abe, R.	Line voltage detector for SMES system designed to protect from momentary voltage drop	IEEE Trans. Appl. Supercond.	Vol.14, No.2 (June 2004) pp.754-757

31	Hemmi, T., Takahata, K., Mito, T., Iwamoto, A., Tamura, H., Yanagi, N.	Experimental Apparatus for Measuring the Characteristics of HTS Coils under Controllable Magnetic Field, Orientation and	IEEE Trans. Appl. Supercond	Vol. 14, No. 2 (2004), pp. 1806-1809
32	Higuchi, A., Ohya, M., Shirai, Y., Shiotsu, M., Imagawa, S.	Cooling Stability Test of He II Cooled LHD Conductor (1)-Current Supply and Measuring Method	IEEE Trans. Appl. Supercond.	Vol.4, No.2 (2004) pp.1443-1446
33	Himura, H., Wakabayashi, H., Fukao, M., Isobe, M., Okamura, S., Yamada, H.	Experiments on Injecting Electrons Helical magnetic Field Configuration	IEEE Trans. Plasma Sci.	Vol.32, No.2 (Apr. 2004) pp.510
34	Himura, H., Wakabayashi, H., Fukao, M., Yoshida, Z., Isobe, M., Okamura, S., Suzuki, C., Nishimura, S., Matsuoka, K., Toi, K.,	Observation of Collisionless Inward Propagation of Electrons into Helical Vacuum Magnetic Surfaces via Stochastic Magnetic Fields	Phys. Plasmas	Vol.11, No.2(Feb. 2004)pp.492-495
35	Hino, T., Sagara, A., Nobuta, Y., Inoue, N., Hirohata, Y., Yamauchi, Y., Masuzaki, ., Noda, N., Suzuki, H., Komori, A., Ohyabu, N., Motojima, O., LHD Experimental Group	Material probe analysis for plasma facing surface in the large helical device	Nucl. Fusion	Vol.44, No.4 (2004) pp.496-502
36	Hirooka, Y., Fukushima, H., Ohno, N., Takamura, S., Nishikawa, M.	Moving-Surface Plasma-Facing Components for Particle Control in Steady State Magnetic Fusion Devices	Fusion Sci. Technol.	Vol.45, No.Jan-issue (Jan. 2004)pp.60-64
37	Hishinuma, Y., Imagawa, S., Yanagi, N., Mito, T., Nishimura, A., Ymada, S., Takahata, K., Chikaraishi, H., Tamura, H., Iwamoto, A., Hamaguchi, S., Seo, K., Honda, T., Shinba, T., Yoshinaga, S., Satoh, H., Kakui, H., Motojima,	Design and Operation of the Sub-cooled Helium Test Facility for the LHD Helical Coils	IEEE Trans. Appl. Supercond.	Vol.14, No.2 (2004) pp. 1435-1438
38	Hishinuma, Y., Kikuchi, A., Iijima, Y., Yoshida, Y., Nishimura, A., Takeuchi, T., Inoue, K.	Microstructure and superconductivity of V-based Laves phase compound superconductor synthesized rapidly-heating/quenching process	J. Nucl. Mater.	Vol.329-333 (2004) pp.1580-1584
39	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
40	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
41	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

42	<p>           Ida, K., Inagaki, S., Shimosuma, 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., Ohyabu, N., Akiyama, T., Ashikawa, N., Emoto, M., Fujita, T., Fukuda, T., Goncharov, P., Goto, M., Idei, H., Ikeda, K., Isayama, A., Isobe, M., Kaneko, O., Kawahata, K., Kawazome, H., Kobuchi, T., Komori, A., Kumazawa, R., Masuzaki, S., Minami, T., Miyazawa, J., Morisaki, T., Morita, S., Muto, S., Mutoh, T., Nagayama, Y., Nakamura, Y., Nakanishi, H., Narushima, Y., Nishimura, K., Noda, N., Notake, T., Nozato, H., Ohdachi, S., Oka, Y., Okajima, S., Osakabe, M., Ozaki, T., Peterson, B.J., Sagara, A., Saida, T., Saito, K., Sakakibara, S., Sakamoto, R., Sakamoto, Y., Sasao, M., Sato, K., Sato, M., Seki, T., Shoji, M., Suzuki, H., Takeuchi, N., Toi, K., Tokuzawa, T., Torii, Y.,         </p>	<p>           Characteristics of Transport in Electron Internal Transport Barriers and in the Vicinity of Rational Surfaces in the Large Helical Device         </p>	<p>           Phys. Plasmas         </p>	<p>           Vol.11, No.5bv (May 2004)            pp.2551-2557         </p>
----	---	--	--	--

43	<p>Ida, K., Inagaki, S., Tamura, N., Morisaki, T., Ohyabu, N., Khlopenkov, K., Sudo, S., Watanabe, K., Yokoyama, M., Shimozuma, T., Takeiri, Y., Itoh, K., Yoshinuma, M., Liang, Y., Narihara, K., Tanaka, K., Nagayama, Y., Tokuzawa, T., Kawahata, K., Suzuki, H., Komori, A., Akiyama, T., Ashikawa, N., Emoto, M., Funaba, H., Goncharov, P., Goto, M., Idei, H., Ikeda, K., Isobe, M., Kaneko, O., Kawazome, H., Kobuchi, T., Kostrioukov, A., Kubo, S., Kumazawa, R., Masuzaki, S., Minami, T., Miyazawa, J., Morita, S., Murakami, S., Muto, S., Mutoh, T., Nakamura, Y., Nakanishi, H., Narushima, Y., Nishimura, K., Noda, N., Notake, T., Nozato, H., Ohdachi, S., Oka, Y., Osakabe, M., Ozaki, T., Peterson, B.J., Sagara, A., Saida, T., Saito, K., Sakakibara, S., Sakamoto, R., Sasao, M., Sato, K., Sato, M., Seki, T., Shoji, M., Takeuchi, N., Toi, K., Torii, Y., Tsumori, K., Watari, T., Xu, Y.,</p>	Radial Electric Field and Transport Near the Rational Surface and the Magnetic Island in LHD	Nucl. Fusion	Vol.44, No.2(2004)pp.290-295
44	<p>Ido, T., Miura, Y., Hoshino, K., Hamada, Y., Nagashima, Y., Ogawa, H., Shinohara, K., Kamiya, K., Nishizawa, A., Kawasumi, Y., Kusama, Y., JFT-2M group</p>	Electrostatic fluctuation and fluctuation-induced particle flux during formation of the edge transport barrier in the JFT-2M tokamak	Proc. 20th Int. Conf. of Fusion Energy (IAEA)	EX/4-6Rb (2004.11)
45	<p>Ignatenko, M., Mase, A., Bruskin, L., Kogi, Y. and Hojo, H.</p>	Effects of Asymmetry and Target Location on Microwave Imaging Reflectometry	Rev. Sci. Instrum.	Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.3810-3812
46	<p>Ishiguro, S., Nikolic Lj., Skoric, M. M., Li, B.</p>	Intense Reflection of a Relativistic Laser Pulse in Subcritical Plasmas	J. Plasma and Fusion Res.	Vol.6 (2004) pp.279-282
47	<p>Ishikawa, H., Itoh, T., Hashimoto, M. and Fujiwara, S.</p>	Phase Transition in Even-Even Nylon Crystals	J. Phys. Soc. Jpn.	Vol.73, No.2 (Feb. 2004) pp.303-306
48	<p>Ishizaki, R., Nakajima, N., Parks, P.B.</p>	Analysis of pellet ablation with atomic processes	J. Plasma Fusion Res. Series	Vol.6 (2004) pp.353-356
49	<p>Ishizaki, R., Parks, P.B., Nakajima, N., Okamoto, M.</p>	Two-dimensional Simulation of Pellet Ablation with Atomic Processes	Phys. Plasmas	Vol.11, No.8 (Aug. 2004) pp.4064-4080
50	<p>Isobe, M., Nakajima, N., Shimizu, A., Suzuki, C., Akiyama, T., Nishimura, S., Okamura, S., Matsuoka, K., Spong, D.A.</p>	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
51	<p>Itagaki, M., Kamisawada, J., Oikawa, S.</p>	Boundary-only integral equation approach based on polynomial expansion of plasma current profile to solve the Grad-Shafranov equation	Nucl. Fusion	Vol.44 (2004) pp.427-437

52	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
53	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
54	Itoh, S.-I., Itoh, K., Yagi, M., Toda, S.	Statistical Theory for Transition and Sustainment of the Improved Confinement State	Plasma Phys. Control. Fusion	46 (2004) pp.A341-A346
55	Jimbo, S., Kanno, R., Takamaru, H., Okamoto, M.	Strike Point Pattern on Local Island Divertor Head	J.Plasma Fusion Res.SERIES	Vol.80, No.8 (2004) pp.649-650
56	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 Trans. Appl. Supercond	Vol.14, No.2 (2004) pp.1443-1446
57	Kanno, R., Jimbo, S., Takamaru, H., Okamoto, M.	Monte Carlo Simulation of Particle Transport in the LID Configuration	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.527-530
58	Kasahara, H., Sumiyoshi, F., Kawagoe, A., Kubota, K. and Akita, S.	AC Losses in Long Bi-2223 Tapes Wound Into a Solenoidal-Coil	IEEE Trans. Appl. Supercond	Vol.14, No.2 (June 2004) pp.1078-1081
59	Kasuya, N., Itoh, K. and Takase Y.	Structural Formation Induced by Electrode Biasing in Tokamaks: Accessibility to a Double-Peaked Er Shear Layer	Plasma Phys. Control. Fusion	Vol.46, 5A (May 2004) pp.A235-A240
60	Kasuya, N., Itoh, K. and Takase, Y.	Radial and Poloidal Structure Coupled with Shear Viscosity under the Existence of a Large Flow Shear in Tokamaks <sup>♂</sup>	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.283-286
61	Katagiri, K, Murakami, A, Shoji, Y, Teshima, H, Sawamura, M., Iwamoto, A, Mito, T.,	Tensile and bending mechanical properties of bulk superconductors at room temperature	Physica C	Vol.412-414 (2004) pp.633-637
62	Katagiri, K., Takaya, R., Tachikawa, K., Yamada, Y., Iwamoto, A., Watanabe, K.	Stress/Strain Characteristics of PIT MgB2 Tapes with Ni Sheath	J. Japan Inst. Metals	Vol.68, No.9 (2004) pp.642-647
63	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 (Oct. 2004) pp.408-412
64	Kato, H., Miyazaki, T., Hase, T., Hamada, M., Tachikawa, K	Improved Fabrication Process for Nb3Sn Conductors with Ta-Sn Powder Core	IEEE Trans. Appl. Supercond.	Vol.14 (June 2004) pp.987-990
65	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-	(2004 ) pp.992-996
66	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
67	Kawagoe, A., Sumiyoshi, F., Mito, T. and Kawashima, T.	Compact stranded superconducting conductors with both low ac loss and high stability. II. Experiments to confirm fundamental performance	Cryogenics	Vol.44, No.9 (Sep. 2004) pp.623-630

68	Kawagoe, A., Sumiyoshi, F., Mito, T., Chikaraishi, H., Baba, T., Okumura, K., Iwakuma, M., Henmi, T., Hayashi, K., Abe, R.,	Winding Techniques for Conduction Cooled LTS Pulse Coils for 100 kJ Class UPS-SMES as a Protection from Momentary Voltage Drops	IEEE Trans. Appl. Supercond	Vol. 14, No. 2 (2004) pp. 727-730
69	Kawagoe, A., Sumiyoshi, F., Mito, T., Kawashima, T. and Hirano, N.	Compact stranded superconducting conductors with both low ac loss and high stability. I. Proposal of a new design	Cryogenics	Vol.44, No.9 (Sep. 2004) pp.617-622
70	Kawahata, K., Tanaka, K., Tokuzawa, T., Ito, Y., Akiyama, T., Sanin, A., Okajima, S., Tsujilio, 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
71	Kawahata, K., Tanaka, K., Tokuzawa, T., Akiyama, T., Ito, Y., Okajima, S., Nakayama,	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
72	Kawano, T., Tsubou, N., Tsujii, H., Sugiyama, T., Asakura, Y., Uda, T.	Stability Test and Improvement of Hydrogen Analyzer with Trace Reduction Detector	J. Chromatography A	Vol.1023(Jan. 2004)pp.123-127
73	Kawano, T., Tsubou, N., Tsujii, H., Sugiyama, T., Asakura, Y., Uda, T	Trace Analysis of Deuterium by Reduction of Mercury (II)Oxide	Radioisotopes	Vol.53(Jan. 2004)pp.25-30
74	Kiwamoto, Y., Aoki, J., Soga, Y.	Potential distribution of nonuniformly charged ellipsoid	Phys. Plasmas	Vol.11, No.10 (2004) pp.4868 - 4870
75	Kiwamoto, Y., Mohri, A., Fujiwara, M.	Equilibrium Density Distribution of a Two-Species Plasma with a Single Sign of Charge	J. Phys. Soc. Jpn.	Vol.73, No.1(2004)pp.102-106
76	Kiwamoto, Y.	非中性プラズマ”(分担),「プラズマの生成と診断」	Plasma Production and Diagnostics - a Guide to Applications	(2004)pp.433-440
77	Kobayashi, T., Yoshikawa, M., Kubota, Y., Saito, M., Numada, N., Ishii, K. and Cho, T.	Measurement technique of electric field using ultraviolet/visible spectroscopy in cylindrical plasmas	Review of Scientific Instruments	Vol.75 (2004) pp.4121-4123
78	Kodama, H. Oyaidzu, M., Sasaki, M., Kimura, H., Morimoto, Y., Oya, Y., Matsuyama, M.,	Studies on structural and chemical characterization for boron coating films deposited by PCVD	J. Nucl. Mater.	Vol.329, No.333 (Aug. 2004) pp.889-893
79	Koganezawa, T., Iida, T., Ogata, Y., Tsuji, N., Kakiuchi, M., Satake, H., Yamanishi, H., Sakuma, Y.♂	環境水中トリチウム濃度測定の簡素化♂ 一電解濃縮を用いた際の逆浸透膜による溶存イオン除去一	Radioisotopes	Vol.53, No.5 (May 2004) pp.277-285
80	Kogī, 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
81	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.
82	Konishi, S., Fujita, K., Okamura, T., Shirai, Y., Shiotsu, M.	Effect of orifice location on heat transfer in a duct filled with pressurized He II	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol.14, No.2 (June 2004) pp.1762-1765
83	Koyama, M., Fukumoto, K., Matsui, H.	Effects of purity on high temperature mechanical properties of vanadium alloys	J. Nucl. Mater.	Vol.329-333 (Aug. 2004) pp.442-446
84	Krashennnikov, 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



85	Kubota, Y., Yoshikawa, M., Nakashima, Y., Kobayashi, T., Saito, M., Ohki, T., Higashizono, Y., Itakura, A., Tsunoda, S. and Cho, T.	Temporal Behavior of Electron and Neutral Hydrogen Density Profiles during NBI in the GAMMA 10	J. Plasma Fusion Res. SERIES♂	Vol.6, No.1T (June 2004) pp.673-676
86	Kubota, Y., Yoshikawa, M., Nakashima, Y., Yamada, H. and Sakamoto, R.	Development of an integrated pellet diagnostic system for fueling pellets	Review of Scientific Instruments	Vol.75 (2004) pp.4228-4230
87	Kusakabe, T., Pichl, L., Buenker, R. J., Kimura, M. and Tawara, H.	Isotope Effect in Charge-Transfer Collisions of Slow H <sup>+</sup> and D <sup>+</sup> Ions with H <sub>2</sub> , HD, and D <sub>2</sub> Molecules	Phys. Rev. A	Vol.70, No.5(Nov. 2004) pp.052710 1-7
88	Kusano, K., Maeshiro, T., Miike, H., Yokoyama, T., Sakurai, T.♂	Study of Magnetic Helicity and Magnetohydrodynamic Relaxation in Solar Flare Processes	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.115-118
89	Kusano, K., Maeshiro, T., Yokoyama, T., Sakurai, T.	The Trigger Mechanism of Solar Flares in a Coronal Arcade with Reversed Magnetic Shear	The Astrophysical Journal	Vol.610, No.1 (July 2004) pp.537-549
90	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 Plasma	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.275-278
91	Li, B., Ishiguro, S., Skoric, M.M., Takamaru, H., Sato, T.	Acceleration of high-quality, well-collimated return beam of relativistic electrons by intense laser pulse in a low-density	Laser and Particle Beams	Vol.22, Issue3 (2004) pp.307-314.
92	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
93	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
94	Maehata, K., Iwamoto, A., Iwamoto, Y., Maekawa, R., Mito, T., Ishibashi, K., Shintomi, T., Takeo, M., Tachikawa, K., Yamada, Y.,	Development of 1.8 K HTS Current Feedthrough using Large-Sized YBCO Bulk Conductors	IEEE Trans. Appl. Supercond	Vol. 14, No. 2 (2004) pp. 1782-1785
95	Maekawa, R., Ooba, K., Nobutoki, M., Mito, T.	Dynamic simulation of helium liquefier	Adv. Cryog. Eng.	vol. 49A (2004) pp. 192-199
96	Maekawa, T., Tanaka, H., Uchida, M., Yoshinaga, T., Yamaguchi, S., Igami, H., Konno, M., Katsuura, K., Hayashi, K., Abe, Y., Yamada, J., Maebara, S. and Imai, T.	Formation of Spherical Tokamak Equilibria by ECH in the LATE Device	Proc. Of 20th IAEA Fusion Energy Conference	IAEA-CN-116/EX/P4-27
97	Masuda, K., Yoshikawa, K., Toku, H., Nagasaki, K., Mizutani, T., Takamatsu, T. and Imoto, M.	Performance Characteristics of an Inertial-Electrostatic Confinement Fusion Device with Magnetron	Proc. of 20th IEEE/NPSS Symposium on Fusion Engineering	(2004) pp.628-631
98	Matsumoto, N., Kaneko, T., Ishiguro, S., and Hatakeyama, R.	Three-Dimensional Electrostatic Particle Simulation of Parallel-Flow-Shear Driven Low-Frequency Plasma	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.707-710
99	Matsumoto, T., Niino, A., Ohtsu, Y., Misawa, T., Yonesu, A., Fujita, H., Miyake, S.	Influence of Substrate Biasing on (Ba, Sr)TiO <sub>3</sub> Films Prepared by Electron Cyclotron Resonance Plasma Sputtering	Jpn. J. Appl. Phys.	Vol.43, No.3(Mar. 2004) pp.1144-1148
100	Matsumoto, Y., Nagaura, T., Oikawa, S. and Watanabe, T.	Particle Orbit Analysis under ICRF Heating in the LHD	Jpn. J. Appl. Phys.	Vol.43 (2004) pp.332-341
101	Matsumoto, Y., Nishiura, M., Matsuoka, K., Sasao, M., Wada, M., Yamaoka, H.	Contribution of Local H <sup>-</sup> Density to Extracted H <sup>-</sup> Beam Current in a Cesium Seeded Hydrogen Plasma	Rev. Sci. Instrum.	Vol.75, No.5 (2004) pp.1757-1759

102	Matsuoka, K., Okamura, S., Nishimura, S., Isobe, M., Suzuki, C., Shimizu, A., Tanaka, N., Hasegawa, M., Naito, H., Urata, K., Suzuki, Y.,	Engineering Design Study of Quasi-Axisymmetric Stellarator with Low-Aspect Ratio	Fusion Sci. Technol.	Vol.46, No.2 (Sept. 2004) pp.378-387
103	Matsuura, H., Iguchi, S., Morisaki, T., Tanaka, K., Komori, A., Motojima, O., and LHD experimental Group	Relationship between Magnetic Field Structure and Plasma Density Profile in LHD Edge Region	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.662-664
104	Mesko, M., Cicman, P., Ohtsu, Y., Fujita, H., Kudrle, V.	Energy Distribution Functions of Ions Impinging on Substrate in Microwave Plasma	J. Phys. D:Appl. Phys.	Vol.37, (Jan. 2004) pp.438-444
105	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
106	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.,	Increased Understanding of Neoclassical Internal Transport Barrier on CHS	Nucl. Fusion	Vol.44, Issue2 (Feb. 2004) pp.342-349
107	Mitarai, O., Oda, A., Sagara, A., Yamazaki, K., Motojima, O.	Pellet injection algorithm for the FFHR helical reactor	Fusion Eng. Des.	Vol.70, No.3 (July 2004) pp.247-267
108	Mitarai, O., Sagara, A., Imagawa, S., Tomita, Y., Watanabe, K.Y., Watanabe, T.	Parameter Requirements for D-3He Helical Reactors	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.303-305
109	Mito, T., Kawagoe, A., Chikaraishi, H., Okumura, K., Abe, R., Baba, T., Yamauchi, K., Yokota, M., Henmi, T., Seo, K., Hayashi, K., Iwakuma, M., Sumivoshi, F.	Development of UPS-SMES as a Protection from Momentary Voltage Drop	IEEE Trans. Appl. Supercond	Vol. 14, No. 2 (2004) pp. 721-726
110	Mito, T., Morikawa, J., Ogawa, Y., Ohkuni, K., Hori, D., Yamakoshi, S., Iwakuma, M., Uede, T., Itoh, I., Fukagawa, M., Fukui, S.	Experiments of the HTS Floating Coil System in the Mini-RT Project	IEEE Trans. Appl. Supercond.	Vol.14, No.2 (June 2004) pp.1539-1542
111	Mito, T., Yanagi, N., Ogawa, Y., Morikawa, J., Ohkuni, K., Iwakuma, M., Uede, T., Nose, S., Itoh, I., Fukui, S., Nagayama, T., Okuno, J.	Design and Construction of a Mini-RT Device	J. Cryo. Soc. Jpn.	Vol.39, No.5(2004) pp.182-192
112	Miyamoto, M., Tokitani, M., Tokunaga, K., Fujiwara, T., Yoshida, N., Masuzaki, S. and	Microscopic damage of materials exposed to glow discharge cleanings in LHD	J. Nucl. Mater.	Vol. 329-333, No.1 (Aug. 2004) pp.742-746
113	Momoshima, N., Takamura, M., Nagao, Y., Toyoshima, T., Okai, T., Uda, T.	Development of sampling apparatus for atmospheric tritium	Radioecology and Environmental Dosimetry (IES)	(2004) pp.416-420
114	Morita S., Morisaki T., Tanaka K., Goto M., Masuzaki S., Osakabe M., Sakakibara S., Sakamoto R., Toi K., Ashikawa N., Funaba H., Ikeda K., Kaneko O., Kawahata K., Kubo S., Muto S., Nagaoka K., Nishimura K., Nozato H., Oka Y., Shimozuma T., Takeiri Y., Tokuzawa T., Tsumori K. and LHD experimental group	H-mode-like discharges under the presence of 1/1 rational surface at ergodic layer in LHD	J. Plasma Fusion Res.	Vol.80, No.4 (Apr. 2004) pp.279-280

115	Morita,S., Goto,M., Masuzaki,S., Suzuki,H., Tanaka,K., Nozato,H., Takeiri,Y., Miyazawa,J. and LHD experimental group	Effect of Ne glow discharge on ion density control in LHD	Plasma Sci. Technol.	Vol.6, No.5 (Oct. 2004) pp.2440-2444
116	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, S., Hino, T., Hoshino, M., Ichimura, M., Idei, H., Ido, T., Ikeda, K., Imagawa, S., Inagaki, S., Isayama, A., Isobe, M., Itoh, T., Itoh, K., Kado, S., Kalinina, D., Kaneba, T., Kaneko, O., Kato, D., Kato, T., Kawahata, K., Kawashima, H., Kawazome, H., Kobuchi, T., Kondo, K., Kubo, S., Kumazawa, R., Lyon, J.F., Maekawa, R., Mase, A., Masuzaki, S., Mito, T., Matsuoka, K., Miura, Y., Miyazawa, J., More, R., Morisaki, T., Morita, S., Murakami, I., Murakami, S., Mutoh, S., Nagaoka, K., Nagasaki, K., Nagayama, Y., Nakamura, Y., Nakanishi, H., Narihara, K., Narushima, Y., Nishimura, H., Nishimura, K., Nishiura, M., Nishizawa, A., Noda, N., Notake,	Review on the Progress of the LHD Experiment	Fusion Sci. Technol.	Stellarator Issue Vol.46 (July 2004) pp.1-12
117	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
118	Muroga, T., Watanabe, H.	Microstructure Response in Copper and Copper Alloys Irradiated with Fission Neutrons with Controlled temperature	J. ASTM Int.	Vol.1, No.9 (Oct. 2004) pp.753-762

119	Mutoh, T., Kumazawa, R., Seki, T., Saito, K., Watari, T., Torii, Y., Takeuchi, N., Shimpo, F., Nomura, G., Yokota, M., Watanabe, T., osakabe, M., Sasao, M., Murakami, S., Saida, T., Okada, H., Takase, Y., Fukuyama, A., Ashikawa, N., Emoto, M., Funaba, H., Goncharov, P.R., Goto, M., Hamada, Y., Ida, K., Idei, H., Ikeda, K., Imagawa, S., Inagaki, S., Isobe, M., Kobuchi, T., Kubo, S., Masuzaki, S., Matsuoka, K., Minami, T., Mito, T., Miyazawa, J., Morisaki, T., Morita, S., Muto, S., Nagayama, Y., Nakamura, Y., Nakanishi, H., Narihara, K., Narushima, Y., Nishimura, K., Noda, N., Notake, T., Ohdachi, S., Oka, Y., Ozaki, T., Peterson, B.J., Sagara, A., Sakakibara, S., Sakamoto, R., Sato, K., Sato, M., Shimozuma, T., Shoji, M., Suzuki, H., Takeiri, Y., Tamura, N., Tanaka, K., Toi, K., Tokuzawa, T., Tsumori, K., Watanabe, K., Yamada, H., Yamada, I., Yamazaki, K.	Long -Pulse Operation High-Energy Particle Confinement Study in ICRF Heating of LHD	Fusion Sci. Technol.	Vol.46 (July 2004) pp.175-182
120	Nagasaka, T., Heo, N.-J., Muroga, T., Nishimura, A., Watanabe, H., Narui, M.,	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
121	Nagayama, Y., Tomita, Y., Mitarai, O.	Feasibility of Advanced Fuel Fusion Reactor	J. Plasma Fusion Res.	Vol.80, No.11 (Nov. 2004) pp.962-964
122	Nakagawa, S., Matsuyama, M., Kodama, H., Oya, Y., Okuno, K., Sagara, A., Noda, N.,	Behavior of tritium release from thin boron films deposited on SS316	J. Nucl. Mater.	Vol.329, No.333 (Aug. 2004) pp.904-908
123	Nakahara, J., Miyoshi T., Kusano, K.	Simulation Study of Energy Conversion Process in Magnetohydrodynamic Turbulence Due to Magnetorotational Instability	J. Phys. Soc. Jpn.	Vol.73, No.1(Jan. 2004)pp.94-101
124	Nakai, H., Murakami, M., Yamamoto, A., Shintomi, T., Higashi, N., Terashima, A.	微細チャンネル中を通る加圧超流動ヘリウムの熱輸送特性	J. Cryog. Soc. J.	Vol.38, No.2(Feb. 2004) pp.69-76
125	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
126	Nakanishi, H., Hochin, T., Kojima, M., LABCOM group	Search and Retrieval Method of Similar Plasma Waveforms	Fusion Eng. Des.	Vol.71 No.1-4 (June 2004)pp.189-193
127	Nakano, H., Fujisawa, A., Shimizu, A., Ohshima S., Minami, T., Yoshimura, Y., Okamura, S., Matsuoka, K.	Simultaneous Measurements of Density and Potential Fluctuation with Heavy Ion Beam Probe in the Compact Helical System	Rev. Sci. Instrum.	Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.3505-3507

128	Narushima, Y., Watanabe, K.Y., Sakakibara, S., Nakajima, N., Nishimura, K., Yamada, H., Yamazaki, K., LHD Experimental Group, Cooper, W.A.	MHD Stability of Low-n Ideal External Mode in Large Helical Device Plasma	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.214-217
129	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
130	Nishimura, A and Kakeshita, T	Microstructural Stability of 316 Stainless Steel during Long Term Exposure to High Magnetic Fields at Cryogenic	Adv. Cryog. Eng.	Vol.50 (2004) pp.98-105
131	Nishimura, A., Iwahori, A., Heo, N. J., Nagasaka, T., Muroga, T. and Tanaka, S. -I.	Effect of Precipitation and Solution Behavior of Impurities on Mechanical Properties of Low Activation	Journal of Nuclear Materials	Vol.329-333 (2004) pp.438-441
132	Nishimura, A., Iwahori, A., Heo, N.J., Nagasaka, T., Muroga, T., Tanaka, S.-I.	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.
133	Nishimura, A., Mito, T., Yamada, S., Imagawa, S., Takahata, K., Yanagi, N., Chikaraishi, H., Tamura, H., Iwamoto, A., Hamaguchi, S., Y. Hishinuma, Y., Nvilas, A.	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.
134	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
135	Nobuta, Y., Yamauchi, Y., Hirohata, Y., Hino, T., Sagara, A., Masuzaki, S., Ashikawa, N., Noda, N., Motojima, O., LHD Experimental	Material probe study for plasma facing wall of LHD	J. Nucl. Mater.	Vol.329-333 (2004) pp.800-803
136	Nozato, H., Morita, S., Goto, M., Takase, Y., Ejiri, A., Amano, T., Tanaka, K., Inagaki, S., LHD Experimental Group	A Study of Charge Dependence of Particle Transport Using Impurity Pellet Injection and High-Spatial Resolution Bremsstrahlung Measurement on the Large Helical Device	Phys. Plasmas	Vol.11, No.5 (2004) pp.1920-1930
137	Nozawa, M., Murakami, M., Zhang, P., Kimura, N.	He II中のλ点圧力近傍から飽和圧力における膜沸騰モードの変化	J. Cryo. Soc. Jpn.	Vol.39, No.6 (June 2004) pp.277-284
138	Nozawa, N., Kimura, N., Murakami, M. Yamamoto, I.	Variation of Subcooled Film Boiling State in Hell with the Pressure	Adv. Cryog. Eng.	Vol.49(2004) pp.968-975
139	Numata, R., Yoshida, Z., Hayashi, T.	Two-Fluid Nonlinear Simulation of Self-Organization of Plasmas with Flows	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.130-133
140	Numata, R., Yoshida, Z., Hayashi, T.	Nonlinear three-dimensional simulation for self-organization and flow generation in two-fluid plasmas	Compt. Phys. Commun.	Vol.164 (2004) pp.291-296
141	Ogawa, H., Kumita, K., Ono, M., Tonegawa, A., Shibuya, T., Kawamura, K.	Spatial profiles of Molecular Assisted Recombination for the formation of the detached plasma	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (Apr. 2004) pp.453-456
142	Ohtsu, Y and Fujita, H.	Production of high-density capacitively coupled radio-frequency discharge plasma by high-secondary-electron-	Appl. Phys. Lett.	Vol.85, No.21 (Nov. 2004) pp.4875-4877
143	Ohtsu, Y., Fujita, H.	Influences of Gap Distance on Plasma Characteristics in Narrow Gap Capacitively Coupled Radio-frequency Discharge	Jpn. J. Appl. Phys.	Vol.43, No.2(Feb. 2004) pp.795-799

144	Ohtsu, Y., Fujita, H., Niino, A., Matsumoto, T., Miyake, S.	Energy Distribution of Ions Incident onto a dc-biased Substrate in Electron Cyclotron Resonance Sputtering Plasma for SrTiO <sub>3</sub> Thin Film Preparation	Jpn. J. Appl. Phys.	Vol.43, No.1, (Jan. 2004)pp.328-331
145	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
146	Ohya, K., Tanabe, T., Rubel, M., Wada, M., Ohgo, T., Hirai, T., Philipps, 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
147	Ohya, M., Higuchi, A., Shirai, Y., Shiotsu, M., Imagawa, S.	Cooling Stability Test of He II Cooled LHD Conductor (2)-Experimental Results	IEEE Trans. Appl. Supercond.	Vol.14, No.2 (2004) pp. 1447-1450
148	Oka, Y., Shoji, T., Hamabe, M., Sakawa, Y., Suzuki, C., Ikeda, K., Kaneko, O., Nagaoka, K., Osakabe, M., Takeiri, Y., Tsumori, K., Asano, E., Kawamoto, T., Kondo, T., Sato, M.	Characteristics of multiantenna rf ion source	Rev. Sci. Instrum.	Vol.75, No.5 (May 2004) pp.1841-1843
149	Oka, Y., Tsumori, K., Takeiri, Y., Ikeda, K., Kaneko, O., Nagaoka, K., Osakabe, M., Asano, E., Kawamoto, T., Kondo, T., Sato, M., Grisham, L., Honda, A., Umeda, N.	Studies of H- source for large helical device-neutral beam	Rev. Sci. Instrum.	Vol.75, No.5 (May 2004) pp.1803-1808
150	Oka, Y., Tsumori, K., Takeiri, Y., Ikeda, K., Kaneko, O., Nagaoka, K., Osakabe, M., Asano, E., Kawamoto, T., Kondo, T., Sato, M., Grisham, L., Honda, A., Umeda, N.	Studies of H- source for Large Helical Device-neutral Beam Injector (invited)	Rev. Sci. Instrum.	Vol.72, No.5(May 2005)pp.1803-1808
151	Okamoto, A., Nagaoka, K., Yoshimura, S., Vranjes J., Kono, M., Kado, S., Tanaka, MY.	Anti-ExB flow field associated with a vortex formation in a partially ionized plasma	Proceedings of 12th International Congress on Plasma	(Oct. 2004) <a href="http://hal.ccsd.cnrs.fr/ccsd-00001987">http://hal.ccsd.cnrs.fr/ccsd-00001987</a>
152	Okamoto, A., Yoshimura, S., and Tanaka, MY.	Measurement of Supersonic Rotation Accompanied with a Plasma Hole	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6(2004) pp.606-609
153	Okamoto, A., Yoshimura, S., Kado, S., Tanaka, M.Y.	Measurement of Azimuthal Flow Velocity Using Laser-induced Fluorescence Spectroscopy in a HYPER-I Plasma	J. Plasma Fusion Res.	Vol.80, No.12 (Dec. 2004) pp.1003-1004
154	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	Confinement Characteristics of Quasi-Axisymmetric Stellarator CHS-qa	Nucl. Fusion	Vol.44, No.5 (2004) pp.575-581

155	Okamura, S., Minami, T., Oishi, T., Suzuki, C., Ida, K., Isobe, M., Yoshimura, Y., Nagaoka, K., Toi, K., Fujisawa, A., Akiyama, T., Iguchi, H., Ikeda, R., Kado, S., Matsuoka, K., Matsushita, H., Nakamura, K., Nakano, H., Nishimura, S., Nishiura, M., Ohshima, S., Shimizu, A., Takagi, S., Takahashi, C., Takeuchi, M., Yoshinuma	Edge Transport Barrier Formation in Compact Helical System (CHS)	Plasma Phys. Control. Fusion	Vol.46, No.5A (May 2004) pp.A113-A119
156	Okamura, T., Saeki, M., Shiotsu, M.	Numerical analysis on forced convection heat transfer in pressurized He II	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	Vol.14 No.2 (June 2004) pp.1758-1761
157	Okita, T., Wolfer, W.G.	A Critical Test of the Classical Rate Theory for Void Swelling	J. Nucl. Mater.	Vol.327 (2004) pp.130-139
158	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
159	Ono, H., Kasada, R., Kimura, A.	Specimen Size Effects on Fracture Toughness of JLF-1 Reduced-Activation Ferritic Steel	J. Nucl. Mater.	Vol.329-333(Dec. 2004)pp.1117-1121
160	Ono, M., Kumita, K., Tonegawa, A., Shibuya, T., Kawamura, K.	Control of H- ion density in the sheet plasma by an electron emitter	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (Apr. 2004) pp.457-460
161	Osakabe, M., Seki, T., Takeiri, Y., Tanaka, K., Narihara, K., LHD- experimental Group, Murakami, S., Sasao, M.	Evaluation of Energetic Particle Confinement Using CXNPA with NB-blip Experiments on Large Helical Device	Rev. Sci. Instrum.	Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.3601-3603
162	Oya, Y., Kodama, H., Oyaidzu, M., Morimoto, Y., Matsuyama, M., Sagara, A., Noda, N., 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, S., Shoji, M., Nakanishi, H., Kojima, M., Yamauchi, K., Kawahata, K., Komori, A., Motojima, O.	Implanted hydrogen isotope retention and chemical behavior in boron thin films for wall conditioning	J. Nucl. Mater.	Vol.329-333 (Aug. 2004) pp.870-873
163	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, S., Shoji, M., Nakanishi, H., Kojima, M., Yamauchi, K., Kawahata, K., Komori, A., Motojima, O.	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
164	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 Device	Rev. Sci. Instrum.	Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.3604-3606
165	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. International Conference of Fusion Energy (IAEA), IAEA-CN-	IAEA-CN-116 (2004) TH/P3-9

166	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	Experiences with carbon divertor operation in LHD	Physica Scripta	Vol.T111 (2004) pp.29-33
167	Saeki, M., Hata, K., Hama, K., Shira, Y., Shiotsu, M.	Critical Heat Flux on a Flat Plate Located at the Middle of Duct in Forced Flow of Pressurized He II	Adv. Cryog. Eng.	Vol.49 (2004)pp.1023-1030
168	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
169	Sakamoto, R., Yamada, H., Tanaka, K., Tokuzawa, T., Murakami, S., Goto, M., Morita, S., Ohyabu, N., Kawahata, K., Motojima, O., LHD experimental group	Observation of pellet ablation behaviour on the Large Helical Device	Nuclear Fusion	Vol.44, No.5 (May 2004) pp.624-630
170	Sakaue, H. A., Danjo, A., Hosaka, K., Kimura, M., Matsumoto, A., Nakamura, N., Ohtani, S., Sakurai, M., Tawara, H., Yamada, I., Yoshino, S.	Electron Transfer and Decay Processes of Highly Charged Iodine Ions	J. Phys. B	Vol.37(Jan.2004)pp.403-415
171	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
172	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.,	Energetic particle physics in JT-60U and JFT-2M	Plasma Phys. Control. Fusion	Vol.46, No.7 (2004) pp.S31-S45
173	Shiraga, H	High-Density Implosion of Fuel Target for Laser Fusion <sup>♂</sup> 核融合燃料の高密度圧縮の展開	The Review of Laser Engineering	Vol.32, No.5 (May 2004) pp.306-312
174	Shiraga, H., Fujioka, S., A. Jaanimagi, P., Stoeckl, C., Stephens, R. B., Nagatomo, H., Tanaka, K. A., Kodama, R., and 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
175	Shirai, Y., Shiotsu, M., Imagawa, S.	Study on Stability of Superconducting Coil Cooled by Subcooled He I and He II at Atmospheric Pressure	Adv. Cryog. Eng.	Vol.49(2004)pp.750-757
176	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.
177	Smirnov, R., Tomita, Y., Takizuka, T., Takayama, A. Chutov, Y.	Dynamics of Dust Particles Coming off a Wall in Sheath and Presheath	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.752-755
178	Spineanu, F., Vlad, M., Itoh, K., Sanuki, H., Itoh, S-I.	Pole Dynamics for the Flierl-Petviashvili Equation and Zonal Flow	Phys. Rev. Lett.	Vol.93, No.2(July 2004)pp.025001-1~025001-1
179	Sudo, S., Kalinina, D., Stutman, D., Finkenthal, M., Tamura, N., Sato, K., Matsubara, A., LHD Experimental Group	Development of the Ultrasoft X-ray Diagnostic for Impurity Transport Studies with a Tracer-Encapsulated Solid Pellet Injection on LHD	J. Plasma Fusion Res.	Vol.80, No.7(2004) pp.545-546



180	Sugiyama, T., Asakura, Y., Uda, T., Abe, Y., Shiozaki T., Enokida, Y., Yamamoto, I.♂	Preliminary Experiments on Hydrogen Isotope Separation by Water-Hydrogen Chemical Exchange under Reduced	J. Nucl. Sci. Technol.	Vol.41, No.6 (June 2004) pp.696-701
181	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
182	Suzuki, Y., Nakamura, Y., Kondo, K., Nakajima N., Hayashi, T.	Magnetohydrodynamic Equilibrium of Heliotron J Plasmas	Fusion Sci. Technol.	vol.46, (2004) pp.234-240
183	Tachikawa, K., Yamada, Y., Katagiri, K., Kumakura, H., Iwamoto, A and Watanabe, K	Effect of metal powder addition in Ni-sheathed PIT MgB <sub>2</sub> tapes	Adv. Cryogenic Mater. Eng.	Vol.50 (2004) pp.561-568
184	Tachikawa, K.	Development of Nb <sub>3</sub> Sn Conductors	J. Cryo. Soc. Japan	Vol.39, No.9 (2004) pp.377-
185	Tachikawa, K., Ikeda, Y., Koyata, Y., Izawa, H., Takeuchi, T.	Structure and High-Field Performance of (Nb,Ta) <sub>3</sub> Sn Superconducting Wires Prepared from Sn-Ta sheets	J. Japan Inst. Metals	Vol.68, No.9 (2004) pp.624-628
186	Tachikawa, K., Izawa, H., Ikeda, Y., Koyata, Y., Takeuchi, T Watanabe, K.	Fabrication of High-Field (Nb,Ta) <sub>3</sub> Sn Conductors through a Jelly Roll Process	Adv. Cryog. Eng.	Vol.50 (2004) pp.387-394
187	Tachikawa, K., Izawa, H., Ikeda, Y., Koyata, Y., Takeuchi, T.	Structure and High-Field Performance of (Nb,Ta) <sub>3</sub> Sn Wires Prepared from Sn-Ta Matrix	Progress of Nb-Based	(Apr. 2004) pp.9-16
188	Tachikawa, K., Izawa, H., Ikeda, Y., Koyata, Y., Takeuchi, T.♂	New High-Field (Nb,Ta) <sub>3</sub> Sn Superconductors Prepared from Sn-Ta Matrix	IEEE Trans. Appl. Supercond.	Vol.14 (June 2004) pp.979-982
189	Takagi, S., Toi, K., Takechi, M., Murakami, S., Tanaka, K., Nishimura, S., Isobe, M., Matsuoka, K., Minami, T., Okamura, S., Osakabe, M., Takahashi, C., Yoshimura.	Characteristics of Sawtooth Oscillations Observed in the Compact Helical System	Phys. Plasmas	Vol.11, No.4 (2004) pp.1537-1544
190	Takami, S., Inoue, T., Sakakibara, S., Matsuoka, K., Ise, T., Eto, D., Haga, T.	Current control system of the power supplies for LHD superconducting coils	IEEE Trans. Appl. Supercond.	Vol.14, No.2 (June 2004) pp.1431-1434
191	Takeiri, Y., Kubo, S., Shimozuma, T., Yokoyama, M., Osakabe, M., Ikeda, K., Nagaoka, K., Yoshimura, Y., Ida, K., Funaba, H., Tanaka, K., Peterson, B.J., Yamada, I., Ohyabu, N., Ohkubo, K., Kaneko, O., Komori, A., LHD Experimental Group, Murakami, S.	Electron ITB Formation with Combination of NBI and ECH in LHD	Fusion Sci. Technol.	Vol.46 (July 2004) pp.106-114
192	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
193	Tamura, H., Mito, T., Iwamoto, A., Yamada, Y., Tachikawa, K.	Mechanical Properties and Reinforcement of Bi-2212 Tubular Bulk Superconductor for Current Lead	IEEE Trans. Appl. Supercond.	Vol.14, No.2 (June 2004) pp.1319-1322
194	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
195	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

196	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
197	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.	Particle transports and related turbulent fluctuations on LHD	Proc. International Conference of Fusion Energy (IAEA) 2004	EX/P6-28 (Nov. 2004)
198	Tanaka, M. Y., Nagaoka, K., Okamoto, A., Yoshimura, S., Kono, M.	Formation of Visco-dissipative Vortex and Quasi-neutrality Breaking in a Magnetoplasma	Physica Scripta	T107(Mar. 2004)pp.49-53
199	Tanaka, T., Suzuki, A., Muroga, T., Sato, F., Iida, T., Nishitani, T.	Radiation induced conductivity of ceramic coating materials under 14 MeV neutron irradiation	J. Nucl. Mater.	Vol. 329-333, Part 2 (Aug. 2004) pp.1434-1437
200	Tanaka, K., Sanin, A., Vyacheslavov, L., Akiyama, T., Kawahata, K., Tokuzawa, T., Ito, Y.	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
201	Taniguchi, S., Nejoh, Y.N., Nakamura, Y., Sanuki, H.	Dust Plasma Experiment and Collisional Oscillation	Proc.21st Symp. on Plasma Proc.(SPP-	(Jan. 2004)pp.72-73
202	Tatsumoto, H., Shirai, Y., Shiotsu, M.	Numerical Analysis on Heat Transfer from a Flat Plate at One End of a Rectangular Duct with an Orifice Filled with	Adv. Cryog. Eng.	Vol.49(2004)pp.1015-1022
203	Todo, Y., Berk, H. L. and Breizman, B. N.	Energetic ion transport due to Alfvén eigenmode bursts	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.69-73
204	Toi, K., Ikeda, R., Takeuchi, M., Ito, T., Suzuki, C., Matsunaga, G., Shoji, T., Okamura, S., CHS Experimental Group	Experimental Simulation of High Temperature Plasma Transport Using Almost Dimensionally Similar Cold Plasmas in the Compact Helical System	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.516-518

205	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, T., Ikeda, K., Imagawa, S., Isobe, M., Itoh, K., Kaneko, O., Kawahata, K., Kobuchi, T., Komori, A., Kubo, S., Kumazawa, R., Li, J., Y. Liang, Y., Masuzaki, S., Mito, T., Miyazawa, J., Morisaki, T., Murakami, S., Muto, S., Mutoh, T., Nagaoka, K., Nakamura, Y., Nakanishi, H., Nishimura, K., Nishizawa, A., Noda, N., Notake, T., Ohkubo, K., Ohtake, I., Ohyabu, N., Oka, Y., Okamura, S., Ozaki, T., Peterson, B.J., Sagara, A., Saida, T., Saito, K., Sakamoto, R., Sasao, M., Sato, K., Sato, M., Satow, T., Seki, T., Shimozuma, T., Shoji, M., Sudo, S., Tanaka, M.Y., Tamura, N., Tanaka, K., Tsumori, K., Uda, T., Watari, T., Weller, A., Xu, Y., Yamada, I., Yokoyama, M., Yoshimura, S.	MHD Instabilities and Their Effects on Plasma Confinement in Large Helical Device Plasmas	Nucl. Fusion	Vol.44, No.2 (Feb. 2004) pp.217-225
206	Toi, K., Ohdachi, S., Yamamoto, S., Sakakibara, S., Watanabe, K.Y., Nakajima, N., Ding, X., Li, J., Morita, S., Narihara, K., Tanaka, K., Tokuzawa, T., Yamada, H., Yang, Q., LHD	MHD Instabilities and Their Effects on Plasma Confinement in Large Helical Device Plasmas with Intense Neutral Beam Injection	Plasma Sci. Technol.	Vol.6, No.3(Jan. 2004) pp.2269-2274
207	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., Yamada, H., Yamada, I., Yamazaki, K., LHD Experimental	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
208	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., and	Microscopic Modification of Wall Surface by Glow Discharge Cleaning and its Impact on Vacuum Properties of LHD	Proc. International Conference of Fusion Energy (IAEA)	IAEA-CSP-25/CD, No.1(Nov. 2004.) Ex/P5-34
209	Tolstikhin, O, Namba, C.	Quantum-mechanical and semiclassical study of the collinear three-body Coulomb problem: Inelastic collisions below the three-body disintegration threshold	Phys. Rev. A	Vol.70, No.6 (Dec. 2004) pp.062721-1~062721-21

210	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
211	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
212	Toyofuku, M, Ohtsu, Y and Fujita, H.	High ozone generation with a high-dielectric constant material	J. J. A. P.	Vol.43, No.7 (July 2004) pp.4368-4372
213	Tsuchiya, T., Noguchi, S., Yamashita, H., Ishiyama, A., Yanagi, N., Mito, T.	Transient Stability Analysis of Large Aluminum Stabilized Superconductor by 2D and 3D Finite Element Analysis	IEEE Trans. Appl. Supercond	Vol. 14, No. 2 (2004) pp. 1330-1333
214	Tsumori, K., Nagaoka, K., Osakabe, M., Takeiri, Y., Ikeda, K., Kaneko, O., Oka, Y., Kawamoto, T., Asano, E., Sato, M., Kondo, T., Asano, S., Suzuki, Y., Okuyama, T., and	High power beam injection using an improved negative ion source for the large helical device	Rev. Sci. Instrum.	Vol.75, No.5 (May 2004) pp.1847-1850
215	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
216	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
217	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
218	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	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.237-240
219	Watanabe T., Gotoh T.	Statistics of a Passive Scalar in Homogeneous Turbulence	New Journal of	6 (2004) 40
220	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
221	Watanabe, K.Y., Weller, A., Sakakibara, S., Narushima, Y., Ohdachi, S., Narihara, K., Tanaka, K., Ida, K., Toi, K., Yamada, H., Suzuki, Y., Kaneko, O., Large Helical Device Experimental Group, Wendelstein 7-AS	Progress of High-Beta Experiments in Stellarator/Heliotron	Fusion Sci. Technol.	Vol.46, No.1 (July 2004) pp.24-33
222	Watanabe, T, Choyal, Y, Minami, K., Granatstein, V. L	Range of Validity of the Rayleigh Hypothesis	Phys. Rev. E	Vol.69, No.5(May 2005) pp.056606-056610
223	Watanabe, T., Choyal, Y., Minami, K.	Microwave Excitation by Constrained Large Orbit Electron Beam-Aunified Dispersion Relation for Slow and Fast -Wave	IEEE Trans. Plasma Sci.	Vol.32, No.3(June 2004) pp.1298-1309
224	Watanabe, T., Matsumoto, Y., Hishiki, M.Oikawa, S., Hojo, H.	Ignition Condition for p-11B Reactor with LHD Type Magnetic Field Configuration	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.630-633

225	Yamada, H., Ida, K., Murakami, S., Watanabe, K.Y., Ascasibar, E., Brakel, R., Dinklage, A., Harris, J.H., Okamura, S., Sano, F., Stroth, U., Inagaki, S., Tanaka, K., Goto, M., Nishimura, K., Narihara, K., Morita, S., Sakakibara, S., Peterson, B.J., Sakamoto, R., Miyazawa, J., Morisaki, T., Osakabe, M., Toi, K., Tamura, N., Ikeda, K., Yamazaki, K., Kawahata, K., Kaneko, O., Ohyabu, N., Komori, A., Motojima, O.	Configuration Effect on Energy Confinement and Local Transport in LHD and Contribution to the International Stellarator Database	Fusion Sci. Technol.	Vol.46, No.1 (July 2004) pp.82-90
226	Yamada, H., Sakamoto, R., Viniar, I., Goto, M., Kikuchi, K., Lukin, A., Masuzaki, S., Miyazawa, J., Morita, S., Oda, Y., Sudo, S., Tanaka, K.	Refueling for Steady-State Plasma by Repetitive Pellet Injection in Large Helical Device	Plasma Sci. Tech.	Vol.6, No.3(2004)pp.2275-2280
227	Yamada, Y., Chikai, S., Watanabe, M., Tachikawa, K., Tamura, H., Iwamoto, A. and Yamada, H., Ida, K., Watanabe, K.Y., Sakakibara, S., Inagaki, S., Ohyabu, N., Yokoyama, M., Yoshinuma, M., Cooper, W.A., Kobuchi, T., Osakabe, M., Toi, K., Suzuki, Y., Akiyama, T., Asakura, N., Ashikawa, N., Emoto, M., Fujita, T., Fujiwara, M., Funaba, H., Goncharov, P., Goto, M., Hamada, Y., Higashijima, S., Hino, T., Hoshino, M., Ichimura, M., Idei, H., Ido, T., Ikeda, K., Isayama, A., Isobe, M., Itoh, T., Itoh, K., Kado, S., Kalinina, D., Kaneba, T., Kaneko, O., Kawahata, K., Kawazome, H., Kondo, K., Lyon, J.F., Mase, A., Masuzaki, S., Matsuoka, K., Miura, Y., Miyazawa, J., Morisaki, T., Morita, S., Muto, S., Mutoh, T., Nagaoka, K., Nagasaki, K., Nagayama, Y., Nakamura, Y., Nakanishi, H., Narihara, K., Nishimura, K., Nishiura, M., Nishizawa, A., Noda, N., Notake, T., Nozato, H., Ohadachi, S., Ohkubo, K., Ohyama, N., Oka, Y., Okada, H., Ozaki, T., Peterson, B.J., Sagara, A., Saida, T., Saito, K., Sakamoto, M., Sakamoto, R., Sasao, M., Sato, K., Seki, T., Shimojima, T.	Transport Performance in Bi2212 Cylinders Prepared by the Diffusion Process for Current Lead Application	IEEE Trans. Appl. Supercond.	Vol.14, No.2 (June 2004) pp.638-641
228	Yamada, H., Ida, K., Watanabe, K.Y., Sakakibara, S., Inagaki, S., Ohyabu, N., Yokoyama, M., Yoshinuma, M., Cooper, W.A., Kobuchi, T., Osakabe, M., Toi, K., Suzuki, Y., Akiyama, T., Asakura, N., Ashikawa, N., Emoto, M., Fujita, T., Fujiwara, M., Funaba, H., Goncharov, P., Goto, M., Hamada, Y., Higashijima, S., Hino, T., Hoshino, M., Ichimura, M., Idei, H., Ido, T., Ikeda, K., Isayama, A., Isobe, M., Itoh, T., Itoh, K., Kado, S., Kalinina, D., Kaneba, T., Kaneko, O., Kawahata, K., Kawazome, H., Kondo, K., Lyon, J.F., Mase, A., Masuzaki, S., Matsuoka, K., Miura, Y., Miyazawa, J., Morisaki, T., Morita, S., Muto, S., Mutoh, T., Nagaoka, K., Nagasaki, K., Nagayama, Y., Nakamura, Y., Nakanishi, H., Narihara, K., Nishimura, K., Nishiura, M., Nishizawa, A., Noda, N., Notake, T., Nozato, H., Ohadachi, S., Ohkubo, K., Ohyama, N., Oka, Y., Okada, H., Ozaki, T., Peterson, B.J., Sagara, A., Saida, T., Saito, K., Sakamoto, M., Sakamoto, R., Sasao, M., Sato, K., Seki, T., Shimojima, T.	Recent Results from LHD Experiment with Emphasis on Relation to Theory from Experimentalist's View	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.51-59

229	Yamamoto, S., Ioi, K., Nakajima, N., Ohdachi, S., Sakakibara, S., Watanabe, K.Y., Goto, M., Ikeda, K., Kaneko, O., Kawahata, K., Masuzaki, S., Morisaki, T., Morita, S., Murakami, S., Narihara, K., Oka, Y., Osakabe, M., Takeiri, Y., Tanaka, K., Tokuzawa, T., Tsumori, K., Yamada, H., Yamada, I., Yamazaki, K. and	Observation of Helicity-Induced Alfvén Eigenmodes in Large-Helical-Device Plasmas Heated by Neutral-Beam Injection	Phys. Rev. Lett.	Vol.91, No.24 (Dec.2003) pp.(245001-1)-(245001-4)
230	Yamanishi, H., Miyake, H., Yamazaki, T., Komura, K.	Sensitivity of TLD and RPLD to Cosmic Ray Hard Component Measured in Ogoya Tunnel	Jpn. J. Health Phys.	Vol.39, No.2(June2004) PP.108-112
231	Yamauchi, Y., Yamada, T., Hirohata, Y., Hino, T., Muroga, T.	Deuterium retention in V-4Cr-4Ti alloy after deuterium ion irradiation	J. Nucl. Mater.	Vol. 329-333, Part 1 (Aug. 2004) pp.397-400
232	Yamazaki, K., Mikhailov, M., Sakakibara, S., Okamura, S., Garcia, J., Dies, J., Funaba, H., Amano, T.	Neoclassical and Anomalous Transport Analysis of Helical Reactor Plasmas	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.357-361
233	Yanagi, N., Mito, T., Morikawa, J., Ogawa, Y., Hamaguchi, S., Hishinuma, Y., Ohkuni, K., Hori, D., Iwakuma, M., Uede, T.	Engineering Development of an HTS Floating Coil for the Mini-RT Project	J. Cryog. Soc. J.	Vol.39, No.5(2004) pp.193-200
234	Yanagi, N., Morikawa, J., Mito, T., Ogawa, Y., Ohkuni, K., Hori, D., Yamakoshi, S., Iwakuma, M., Uede, T.	Cool-down and Excitation Tests of the HTS Floating Coil in the Mini-RT Project	J. Cryog. Soc. J.	Vol.39, No.5 (2004) pp.201-208
235	Yanagisawa, T., Itoh, T., Saruyama Y. and Fujiwara, S.	Thermal, Structural and Ferroelectric Properties of Amorphous Phases in Quenched Nylon 6 Film	J. Phys. Soc. Jpn.	Vol.73, No.10 (Oct. 2004) pp.2763-2767
236	Yao, Z., Suzuki, A., Muroga, T., Katahira, K.	Chemical formation of erbium oxide layer on V-4Cr-4Ti during exposure to liquid lithium doped with erbium	J. Nucl. Mater.	Vol. 329-333 (2004) pp.1414-1418
237	Yokoi, N., Yoshizawa, A., Itoh, K., Itoh, S-I.	A variational analysis of flow-reversal condition in a turbulent swirling pipe flow using the bulk-helicity concept	Phys. Fluids	Vol.16, No. 5 (2004) 1186
238	Yokoyama, M., Ida, K., Yoshinuma, M., Shimozuma, T., Watanabe, K.Y., Murakami, S., Wakasa, A., Kubo, S., Takeiri, Y., Narihara, K., Morita, S., Tanaka, K., Yoshimura, Y., Notake, T., Osakabe, M., Itoh, K., Komori, A., Motojima, O., and LHD experimental G	The Effect of Non-Axisymmetry of Magnetic Configurations on Radial Electric Field Transition Properties in the LHD	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.218-221
239	Yoshikawa, M., Kubota, Y., Kobayashi, T., Saito, M., Numada, N., Nakashima, Y., Cho, T., Koguchi, H., Yagi, Y. and Yamaguchi, N.	Absolute calibration for vacuum ultraviolet spectrograph system for plasma diagnostics	Review of Scientific Instruments	Vol.75 (2004) pp.4088-4090
240	Yoshikawa, M., Sedo, K., Kubota, Y., Kobayashi, T., Itakura, A., Kohagura, J., Murakami, I., Kato, T., Cho, T.	Study of Impurity Ion radiation intensities using collisional-radiative model in the GAMMA 10 plasma	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.685-688
241	Yoshimura, S., Okamoto, A., Tanaka, M.Y	Observation of Plasma Hole in an ECR Ar Plasma	J. Plasma Fusion Res. SERIES	Vol.6 (2004) pp.610-613

## NIFSと他機関研究者との共著論文一覧

添付資料2-1

242	Yoshinuma, M., Ida, K., Baldzuhn, J.	Charge Exchange Spectroscopy by Fabry-Perot Spectrometer in W7-AS	Rev. Sci. Instrum.	Vol.75, No.10 (Oct. 2004) pp.4136-4138
243	Yoshizawa, A., Itoh, S.-I., Itoh, K., Yokoi, N.	Dynamos and MHD Theory of Turbulence Suppression	Plasma Phys. Control. Fusion	Vol.46, No.3 (Mar. 2004) R25-R94

2005年				
	Authors	Title	Journal Name	Vol, No, year pp.
1	Chu, M.S., Ichiguchi, K.	Effect of the Resistive Wall on the Growth Rate of Weakly Unstable External Kink Mode in General 3D Configurations	Nucl. Fusion	45(2005) pp.804-813
2	Diamond, P.H., Itoh, S.-I., Itoh, K., Hahm, T.S.	Zonal Flows in a plasma-a review	Plasma Phys. Contr. Fusion	47(2005)R35-R161
3	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
4	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., Kramer-Flecken, A., Kreter, A., Liang, Y., Oosterbeek, H., Zimmermann, O., Telesca, G., Verdoolaege, G., Domier, C.W., Luhmann, N.C. Jr., Mazzucato, E., Munsat, T., Park, H., Kantor, M., Kouprienko, D., Alexeev, A., Ohdachi, S., Korsholm, S., Woskov, P., Bindslev, H., Meo, F., Michelson, P.K., Michelson, S., Nielsen, F., 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. S., Hillis, D. L., Hogan, J., McGrath, R. T., Matsuyama, M., Moyer, R., Nvaren, R. F.	Overview of Core Diagnostics for TEXTOR	Fusion Sci. Technol.	Vol.47, No.2 (Feb. 2005) pp.220-245
5		The Toroidal Pump Limiter ALT-II in TEXTOR	Fusion Sci. Technol.	Vol.47 (Feb. 2005) pp.126-137



6	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., Busch, C., Doone, A. J. H., Esser, H. G., Farshi, E., Gerhauser, H., Giesen, B., Harting, D., Hoekzema, J. A., D. Hogeweyj, G.M., Huttemann, P.W., Jachmich, S., Jakubowska, K., Kalupin, D., Kelly, F., Kikuchi, Y., Kirschner, A., Koch, R., Korten, M., Krete, A., Krom, J., Kruezi, U., Lazaros, A., Litnovsky, A., Loozen, X., Lopes Cardozo, N.J., Lysoivan, A., Marchuk, O., Matsunaga, G., Mertens, Ph., A. Messiaen, A., Neubauer, O., Noda, N., Philipps, V., Pospieszczyk, A., Reiser, D., Reiter, D., Rogister, A. L., Sakamoto, M., Savtchkov, A., Samm, U., Schmitz, O., Schorn, R. P., Schweer, B., Schller, F. C., Serdjenko.	Toroidal Plasma Rotation Induced by the Dynamic Ergodic Divertor in the TEXTOR Tokamak	Phys. Rev. Lett.	Vol.94 (Jan. 2005) pp.015003 1-5
7	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.022503-1~022503-7
8	Gao, Z., 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.022502-1~022502-10
9	Hameiri, E., Ishizawa, A., Ishida, A.	Waves in the Hall-magnetohydrodynamics Model	Phys. Plasmas	Vol.12 (July 2005) pp.072109-1~072109-13
10	Hasegawa, H., Kato, K., Ohsawa, Y.	Persistent acceleration of Positrons in a Nonstationary Shock	Phys. Plasmas	12(2005)pp.082306-
11	Hasegawa, H., Ohsawa, Y.	Positron Acceleration to Ultrarelativistic Energies by an Oblique Magnetosonic Shock Wave in an Electron-Positron-	Phys. Plasmas	Vol. 12, No. 1, (2005.1)pp.012312-
12	Hashizume, H., Ito, S., Takami, S., Sagara, A.	Joint Performance of HTc Superconductor for Remountable Magnet System	Fusion Sci. Technol.	Vol.47 (2005) pp.901-905
13	Hatano, Y., Hayakawa, R., Nishino, K., Ikeno, S., Nagasaka, T., Muroga, T., Watanabe, K.	Surface Segregation of Ti in a V-4Cr-4Ti Alloy and Its Influence on the Surface Reaction Rates of Hydrogen Isotopes	Materials Transactions	Vol.46, No.3 (Mar. 2005) pp.511-516
14	Hirooka, Y., Ohgaki, H., Hosaka, S., Nishikawa, M.	Lithium-Gettered Moving-Surface Plasma-Facing Components for Particle Control in Steady State Magnetic Fusion Devices	Fusion Sci. Technol.	Vol.47, No. Apr. issue (2005) pp.703-706
15	Hirooka, Y., Ohgaki, H., Ohtsuka, Y., Nishikawa, M.	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.	Vol.337-339 (Mar. 2005) pp.585-589

16	Ida, K., Yoshinuma, M., Yokoyama, M., Ingaki, S., Tamura, N., Peterson, B.J., Morisaki, T., Masuzaki, S., Komori, A., Nagayama, Y., Tanaka, K., Narihara, K., Watanabe, K.Y., Beidler, C.D., LHD experimental group	Control of the Radial Electric Field Shear by Modification of the magnetic Field Configuration in LHD	Nucl. Fusion	45(2005)pp.391-398
17	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
18	Ikeda, R., Takeuchi, M., Ito, T., Toi, K., Suzuki, C., Matsunaga, G., Shoji, T., Matsuoka, K., Okamura, S., CHS Exp. Group <sup>♂</sup>	Production of Over-Dense Plasmas by Launching of 2.45 GHz Electron Cyclotron Waves on the Compact Helical System	J. Plasma Fusion Res.	Vol.81, No.7(2005), pp.478-479
19	Ito, T., Aramaki, T., Otsuka, S., Suzuki, T., Togawa, O., Kobayashi, T., Kawamura, H., Amano, H., Senju, 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
20	Itoh, K., Hallatschek, K., Itoh, S.-I., Diamond, P.H., Toda, S.	Coherent Structure of Zonal Flow and Onset of Turbulent Transport	Phys. Plasmas	Vol.12, No.6(2005)062303
21	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
22	Itoh, K., Itoh, S.-I., Hahm, T.S., Diamond, P.H.	Effect of Turbulence Spreading on Subcritical Turbulence in Inhomogeneous Plasmas	J. Phys. Soc. Jpn.	Vol.74, No.7(July 2005) pp.2001-2006
23	Itoh, K., Itoh, S.-I., Yagi, M.	Self-sustained Annihilation of Magnetic Islands in Helical Plasmas	Phys Plasmas	12(7) (2005)pp.072512-1~072512-6
24	Itoh, S.-I. Itoh, K., Yoshizawa, A., Yokoi, N.	Periodic Change of Solar Differential Rotation	The Astrophysical Journal	Vol.618, (Jan. 2005), pp.1044-1048
25	Kasuya, N., Itoh, K.	Two-Dimensional Structure and Particle Pinch in Tokamak H Mode	Phys. Rev. Letters	Vol. 94, No. 19(2005) 195002-1~195002-4
26	Kiwamoto, Y., Aoki, J., Soga, Y., Sanpei, A.	Controlled experiments on self-organization of ordered structures in a pure electron plasma	Plasma Phys. Control. Fusion	Vol.47 (2005) pp.A41-A51
27	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., Nakanishi, H., Ohkubo, K., Oka, Y., Osakabe, M., Reiter, D., Sardei, F., Shimozuma, T., Takeiri, Y., Tsumori, K., Watanabe, K.Y., Yamada, I., Yoshimura, Y., Yoshinuma, M.	Edge Plasma Control by Local Island Divertor in LHD	Nucl. Fusion	45(2005)pp.837-842
28	Maekawa, R., Ooba, K., Nobutoki, M., Mito, T.	Dynamic simulation of a helium refrigerator/liquefier for LHD	Cryogenics	vol. 45 (2005) pp.199-211

29	Matsumoto, Y., Nishiura, M., Matsuoka, K., Sasao, M., Wada, M., Yamaoka, H.	Dependence of H- extraction probability on filter magnetic field and gas pressure of a volume type negative ion source	Thin Solid Films	2005 to be published
30	Matsunaga, G., Toi, K., Kawada, S., Kotani, J., Suzuki, C., Matsuoka, K., CHS Group♂♂	Excitation of Toroidicity-Induced Alfvén Eigenmodes by the Electrodes Inserted in a Heliotron/Torsatron Plasma	Phys. Rev. Lett.	Vol.94, No.22, (June 2005)pp.225005-1~225005-
31	Mito, T., Miller, J. R., Kawabata, S., Ichihara T., Hasegawa M., Seo, K.	Analysis of Joint-Resistance-Induced Non-Uniform Current Distribution	IEEE Trans. Appl. Supercond.	Vol.15, No.2 (2005.6)pp.1595-1598
32	Miyazawa, J., Yamada H., Murakami S., Funaba H., Peterson B.J., Osakabe M., Tanaka K., Sakakibara S., Inagaki S., LHD	Temperature dependence of the thermal diffusivity in high-collisionality regimes in the Large Helical Device	Plasma Phy. Control. Fusion	47 (2005) 801-813
33	Miyazawa, J., Yamada, H., Peterson, B.J., Murakami, S., Funaba, H., Osakabe, M., Tanaka, K., Sakakibara, S., LHD Experimental	Electron Pressure Profiles in High-Density Neutral Beam Heated Plasmas in the Large Helical Device	J.Plasma Fusion Res.	Vol. 81, No. 4 (2005), pp.302-311
34	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., Morita, S., Akiyama, T., Ashikawa, N., Beidler, C.D., Emoto, M., Fujita, T., Fukuda, T., Funaba, H., Goncharov, P., Goto, M., Ido, T., Ikeda, K., Isayama, A., Isobe, M., Igami, H., Ishii, K., Itoh, K., Kaneko, O., Kawahata, K., Kawazome, H., Kubo, S., Kumazawa, R., Masuzaki, S., Matsuoka, K., Minami, T., Murakami, S., Muto, S., Mutoh, T., Nakamura, Y., Nakanishi, H., Narushima, Y., Nishiura, M., Nishizawa, A., Noda, N., Notake, T., Nozato, H., Ohdachi, S., Oka, Y., Okajima, S., Osakabe, M., Ozaki, T., Sagara, A., Saida, T., Saito, K., Sakamoto, M., Sakamoto, R., Sakamoto, Y., Sasao, M., Sato, K., Sato, M.,	Confinement and MHD Stability in the Large Helical Device	Nuclear Fusion	Vol.45, No.10 (Oct 2005) S255-S265
35	Murakami, I., Safronova, 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	Vol.90, No.1, (May 2005) pp.1-74
36	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

37	Mutoh T., Kumazawa R., Seki T., Saito K., Nakamura Y., Kubo S., Takeiri Y., Shimozuma T., Yoshimura, Y., Igami, H., Ohkubo, K., Miyazawa, J., Masuzaki, S., Shoji, M., Watanabe, T., Ashikawa, N., Nishimura, K., Sakamoto, M., Osakabe, M., Tsumori, K., Ikeda, K., Chikaraishi, H., Funaba, H., Morita, S., Goto, M., Tokuzawa, T., Takeuchi, N., Ogawa, H., Shimpō, F., Nomura, G., Takahashi, C., Yokota, M., Zhao, Y.-P., Kwak, J.-G., Yamada, H., Kawahata, K., Ohyabu, N., Kaneko, O., Ida, K., Nagayama, Y., Noda, N., Komori, A., Sudo, S., Motojima, O. LHD	Thirty-Minute Plasma Sustainment by ICRF, EC and NBI Heating in the Large Helical Device	J. Plasma Fusion Res.	Vol.81, No.4 (2005) p. 229-230
38	Nagasaka, T., Muroga, T., Watanabe, H., Yamasaki, K., Heo, Nam-Jin, Shinozaki, K., Narui, M.	Recovery of Hardness, Impact Properties and Microstructure of Neutron-Irradiated Weld Joint of a Fusion Candidate Vanadium Alloy	Materials Transactions	Vol.46, No.3(2005) pp.498-502
39	Nakamura, H., Hatano, N., Shirasaki, R.	Quantum Nernst Effect	Solid State Communications	135(2005) pp.510-514
40	Nakamura, K., Iguchi, H., Ueda, M., Narihiro, Z., Shimizu, A., Morisaki, T., Isobe, M., Takahashi, C., Nishimura, S., Suzuki, C., Yoshimura, Y., Nagaoka, K., Minami, T., Yoshinuma, M., Ida, K., Okamura, S.	Two-dimensional diagnostic of edge plasma structure using a lithium beam probe in a compact helical system	Rev. Sci. Instrum.	Vol. 76, No.1 (2005) pp.013504-1~013504-9
41	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
42	Notake, T., Idei, H., Kubo, S., Shimozuma, T., Yoshimura, Y., Kobayashi, S., Mizuno, Y., Ito, S., Takita, Y., Ohkubo, K., Kasperek, W., Watari, T., Kumazawa, R.	Real time polarization monitor developed for high power electron cyclotron resonance heating and current drive experiments in Large Helical Device	Rev. Sci. Instrum.	Vol.76(2005) pp.023504-1~023504-9
43	Notake, T., Idei, H., Shimozuma, T., Sato, M., Kubo, S., Ito, S., Takita, Y., Ohkubo, K., Yoshimura, Y., Kobayashi, S., Mizuno, Y., Watari, T., Kumazawa, R., Shapiro, M.A.	Evaluation of Phase Correcting Mirrors for an 84GHz Gyrotron Based on Direct Phase Measurements at Low Power Level	Fusion Engineering and Design	vol.73(2005)p9-18
44	Notake, T., Kubo, S., Shimozuma, T., Idei, H., Yoshimura, Y., Inagaki, S., Ohkubo, K., Kobayashi, S., Mizuno, Y., Ito, S., Takita, Y., Watari, T., Narihara, K., Morisaki, T., Yamada, I., Nagayama, Y., Tanaka, K., Sakakibara, S., Kumazawa, R., Seki, T., Saito, K., Mutoh, T., Shimizu, A., Komori, A., and IHD	Optimization of Incident Wave Polarization for ECRH in LHD	Plasma Phys. Control. Fusion	vol.47, Issue3 (2005) pp.531-544
45	Okamoto, A., Nagaoka, K., Yoshimura, S., Vranjes, J., Kado, S., Kono, M., Tanaka, M.Y.	Tripolar Vortex in a Plasma	IEEE Trans.on Plasma Sci.	Vol.33, No.2(2005) pp.452-453

46	Okamura, S., Minami, T., Akiyama, T., Oishi, T., Fujisawa, A., Ida, K., Iguchi, H., Isobe, M., Kado, S., Nagaoka, K., Nakamura, K., Nishimura, S., Matsuoka, K., Matsushita, H., Nakano, H., Nishiura, M., Ohshima, S., Shimizu, A., Suzuki, C., Takahashi, C., Toi, K., Yoshimura, Y., Yoshinuma, M., CHS group <sup>♂</sup>	Edge and internal transport barrier formations in CHS	Nuclear Fusion	Vol.45, Issue8 (2005) pp.863-870
47	Okita, T., Wolfer, W., Garner, F., Sekimura, N.	Effects of titanium additions to austenitic ternary alloys on microstructural evolution and void swelling	Philosophical Magazine A	2005
48	Ozaki, T., Goncharov, P., Murakami, S., Sudo, S., Sanuki, H., Notake, T., Ida, K., Tanaka, K., Oka, Y., Osakabe, M., Takeiri, Y., Tsumori, K., Ikeda, K., Kaneko, O., Narihara, K., Okamura, S., Kubo, S., Shimozuma, T., Ohkubo, K., Sato, K., Tamura, N., Matsubara, A., Kalinina, D., Shoji, M., Kato, S., Yamauchi, K., Nakanishi, H., Koiima, M., Kawabata, K., IHD	Fast Neutral Particle Spectra in Different Pitch Angles in Large Helical Device	proc of 31st EPS Conf.	Vol.P5, No.109, (2005.10)
49	Rabin, Y., Tanaka, M.	DNA in Nanopore : Counterion Condensation and Coion Depletion	Phys. Rev. Lett.	Vol.94, No.14(Apr. 2005) pp.148103 1-4
50	Sagara, A., Imagawa, S., Mitarai, O., Dolan, T., Tanaka, T., Kubota, Y., Yamazaki, K., Watanabe, K.Y., Mizuguchi, N., Muroga, T., Noda, N., Kaneko, O., Yamada, H., Ohyabu, N., Uda, T., Komori, A., Sudo, S., Motojima, O.	Improved Structure and Long-life Blanket Concepts for Heliotron Reactors	Nucl. Fusion	Vol.45(Mar.2005), pp.258-263
51	Sagara, A., Tanaka, T., Muroga, T., Hashizume, H., Kunugi, T., Fukada, S., Shimizu, A.	Innovative Liquid Breeder Blanket Design Activities In Japan	Fusion Sci. Technol.	47 (2005) pp.524-529.
52	Sanae-I. Itoh, Kimitaka Itoh, Masatoshi, Yagi	Life Time of Plasma States Near Transition Boundary	J.Phys. Soc. Jpn.	Vol.74, No.3 (Mar. 2005) pp.947-950
53	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
54	Satake, S., Okamoto, Y., Nakajima, N., Sunaga, H., Yokoyama, M., Beidler, C.D.	Non-local neoclassical transport simulation of geodesic acoustic mode	Nucl. Fusion	Vol.45 No.11(Nov.2005) pp.1362-1369
55	Sato, M., Wakatani, M.	Study of neoclassical tearing modes based on a reduced MHD model in cylindrical geometry	Nucl. Fusion	Vol 45, No 2(Feb. 2005) pp.143-149
56	Seki, M., Yamamoto, I., Sagara, A.	Overview of Recent Japanese Activities in Fusion Technology	Fusion Sci. Technol.	Vol.47 (2005) pp.300-307
57	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
58	Shigemasa, S., Ohya, M., Shirai, Y., Shiotsu, M., Imagawa, S.	Stability of Superconducting Wire With Various Surface Conditions in Pressurized He II (2)&#8212;Numerical Analysis	Superconductivity/IEEE Transactions on Applied	Vol.15, No.2 (2005.6) pp.1707-1710

59	Shimizu, A., Fujisawa, A., Ohshima, S.(Nagoya Univ.), Nakano, H.(Graduate Univ. for Advanced Studies)	Consideration of Magnetic Field Fluctuation Measurements in Torus Plasma with a Heavy Ion Beam Probe	Rev. Sci. Instrum.	Vol.76, No.4 (Apr. 2005) pp.043504 1-6
60	Shimozuma, T., Idei, H., Shapiro, M., Temkin, R., Ito, S., Notake, T., Kubo, S., Yoshimura, Y., Kobayashi, S., Mizuno, Y., Takita, Y., Ohkubo,	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
61	Shinya, K., Nagayama, Y.	Analysis of Steady State ST Equilibrium	電気学会論文誌A	Vol.125 No.11(2005) pp.966-967
62	Sudo, S., Viniar, I., Lukin, A., Peznichenko, P., Umov, A.	Trace-encapsulated Pellet Injector for Plasma Diagnostics	Rev. Sci. Instrum.	Vol.76, No.5 (May 2005) pp.053507 1-7
63	Sugiyama, T., Asakura, Y., Uda, T. Abe, Y., Shiozaki, T., Enokida, Y., Yamamoto, I.	Hydrogen Isotope Separation by Combined Electrolysis Catalytic Exchange under Reduced Pressure	Fusion Sci. Technol.	Vol.48 No.1(2005) pp.132-135
64	Sugiyama, T., Asakura, Y., Uda, T., Kotoh, K.	Measurement of Breakthrough Curves on Pressure Swing Adsorption for Hydrogen Isotope Separation	Fusion Sci. Technol.	Vol.48 No.1(2005) pp.163-166
65	Suzuki, C., Nishimura, H., Ochiai, M., Kato, T., Okamura, S., More, R.M., Nishihara, K., Nakai, M., Shigemori, K., Fujioka, S., Ogawa, H.♂	Temperature-Dependent EUV Spectra of Xenon Plasmas Observed in the Compact Helical System	J. Plasma Fusion Res.	Vol.81, No.7(2005) pp.480-481
66	Takahata, K., Mito, T., Hayashi, H., Terazono, K., Semba, T. and Miyashita, K., Seo, K.	Calibration on Inductive Heater for Stability Test of Cable in Conduit Conductor	IEEE Trans. Appl. Supercond.	Vol.15, No.2 (2005.6) pp.1695-1698
67	Tanaka, M.Y., Nagaoka, K., Okamoto, A., Yoshimura, S., Kono, M.	Plasma Hole	IEEE Trans.on Plasma Sci.	Vol.33, No.2(2005)454-455
68	Tanaka, Y., Arita, K., Nagayama, Y., Kiyota, S.	Transmutation of High-level Wastes in a Spherical-tokamak Reactor	電気学会論文誌A	Vol.125 No.11(2005) pp.953-957
69	Todo, Y., Shinohara, K., Takechi, M., Ishikawa, M.	Nonlocal Energetic Particle Made in a JT-60U Plasma	Phys. Plasmas	Vol.12, No.1, (Jan. 2005), pp.012503-1~012503-7
70	Todo, Y., Shinohara, K., Takechi, M., Ishikawa, M.	Nonlocal Energetic Particle Mode in a JT-60U Plasma	Phys. Plasmas	Vol.12, No.1 (Jan. 2005) pp.012503-1~012503-7
71	Toi, K., Ondachi, S., Yamamoto, S., Sakakibara, S., Narihara, K., Tanaka, K., Morita, S., Morisaki, T., Goto, M., Takagi, S., Watanabe, F., Nakajima, N., Watanabe, K.Y., Ida, K., Ikeda, K., Inagaki, S., Kaneko, O., Kawahata, K., Komori, A., Masuzaki, S., Matsuoka, K., Miyazawa, J., Nagaoka, K., Nagayama, Y., Oka, Y., Osakabe, M., Ohyabu, N., Takeiri, Y., Tokuzawa, T., Tsumori, K., Yamada, H., Yamada, Y., Yoshinuma, K., LHD	Observation of the Low to High Confinement Transition in the Large Helical Device	Phys. Plasmas	Vol.12, No.2, (Feb. 2005) pp.020701-1~020701-4
72	Tokitani, M., Miyamoto, M., Koga, D., Tokunaga, K., Fujiwara, T., Yoshida, N., Masuzaki, S., Ashikawa, N., Morisaki, T., Shoji, M., Komori, A. and LHD Experimental Group	Microscopic and macroscopic damage in metals exposed to LHD divertor plasmas	J. Nucl. Mater.	Vol.337-339, No.1 (Mar. 2005) pp.937-941

73	Tokunaga, K., Baldwin, M. J., Doerner, R. P., Noda, N., Kubota, Y., Yoshida, N., Sogabe, T., Kato, T., Schedler, B.	Blister 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
74	Tomita, Y., Sumirnov, R., Zhu, S.	Stationary Potential Formation and Oscillations in Plasma with Immovable Dust Particles	Plasma Sci. Technol.	Vol.7 No.1(Jan.2005) pp.2657-2659
75	Tomita, Y., Yasaka, Y., Takeno, H., Ishkawa, M., Nemoto, T.	Experimental and Computational Study on the Cusp-DEC and TWDEC for Advanced Fueled Fusion	Science and Technology	Vol.47 No.1T(2005) pp.43-48
76	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
77	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 Trans. on Plasma Sci.	Vol.33, No.2(Apr. 2005), pp.464-465
78	Yamamoto, S., Ioi, K., Ohdachi, S., Nakajima, N., Sakakibara, S., Nuhrenberg, C., Watanabe, K.Y., Murakami, S., Osakabe, M., Goto, M., Kawahata, K., Masuzaki, S., Morita, S., Narihara, K., Narushima, Y., Ohyabu, N., Takeiri, Y., Tnaka, K., Tokuzawa, T., Yamada, H., Yamada, I., Yamazaki, K., LHD	Experimental Studies of Energetic-Ion-Driven MHD Instabilities in Large Helical Device Plasmas	Nucl. Fusion	45(2005)pp.326-336
79	Yamaoka, H., Matsumoto, Y., Nishiura, M., Sasao, M., Wada, M.	Angular resolved energy distributions of low energy light ions reflected from a polycrystalline Mo surface	J. Nucl. Mater.	Vol.337-339 (Mar. 2005) pp.942-945
80	Yao, Z., Suzuki, A., Nagasaka, T., Muroga, T.	Behavior of Oxygen in Fusion Candidate Vanadium Alloys during Oxidation and Annealing	Materials Science Forum	475-479 (2005) pp.1445-1448
81	Yatsuyanagi, Y., Kiwamoto, Y., Tomita, H., Sano, M. M., Yoshida, T., Ebisuzaki, T.	Dynamics of Two-Sign Point Vortices in Positive and Negative Temperature States	Phys. Rev. Lett.	Vol.94 (2005) pp.054502 (1-4)

2004

	Cat.	Title	Author	Journal name	Vol.	year.mon
1	一般	Computer Simulation of Ultrashort-Pulse Reflectometry in Helical Plasmas	A. Fukuchi H. Hojo A. Itakura	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	6	2004.00
2	一般	Winding Techniques for Conduction Cooled LTS Pulse Coils for 100kJ Class UPS-SMES as a Protection From Momentary Voltage Drops	A. Kawagoe F. Sumiyoshi T. Mito	IEEE Trans. Appl. Supercond.	14	2004.06
3	一般	Compact stranded superconducting conductors with both low ac loss and high stability. I. Proposal of a new design	A. Kawagoe F. Sumiyoshi T. Mito	Cryogenics	44	2004.09
4	一般	Compact stranded superconducting conductors with both low ac loss and high stability. II. Experiments to confirm fundamental performance	A. Kawagoe F. Sumiyoshi T. Mito	Cryogenics	44	2004.09
5	一般	Measurement of Supersonic Rotation Accompanied with a Plasma Hole	A. Okamoto S. Yoshimura M. Y. Tanaka	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	6	2004.12
6	一般	Interaction between the trapped electrons and magnetic curvature driven drift wave	A.K.Wang H.Sanuki J.Q.Dong	J. Plasma Fusion Res. Series	6	2004.00
7	一般	Measurement of the magnetic field fluctuations by use of a gold neutral beam probe in the tandem mirror GAMMA 10	A.Kojima K.Ishii Y.Takemura	Review of Scientific Instruments	75	2004.10
8	一般	Pole Dynamics for the Flierl- Petviashvili equation and zonal	F. Spineanu M. Vlad K. Itoh	PRL	39	2004.00
9	一般	Low-Frequency Oblique Waves in Magnetized Electron-Positron-Ion Plasmas	H. Hasegawa Y. Ohsawa	J. Phys. Soc. Jpn.	73	2004.00
10	一般	Production of Ultrarelativistic Positrons by an Oblique Magnetosonic Shock Wave in an Electron-Positron-Ion	H. Hasegawa Y. Ohsawa	J. Plasma Fusion Res. Series	6	2004.00
11	一般	Full-Wave Maxwell Simulation on R-Mode Tunneling in Electron Cyclotron Resonance Heating Study	H. Hojo N. Uchida A. Shimamura	Journal of Plasma and Fusion Research	80	2004.00
12	一般	Full-Wave Simulations on Ultrashort-Pulse Reflectometry for Helical Plasmas	H. Hojo A. Fukuchi A. Itakura	Review of Scientific Instruments	75	2004.00
13	一般	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	H. Izawa Y. Ikeda Y. Koyata	IEEE Transactions on Applied	14	2004.00
14	一般	Study of electromagnetic microinstabilities in helical systems with the stellarator expansion method	H. Sugama T.-H. Watanabe	Phys. Plasmas	11	2004.06
15	一般	Numerical Examination of Electromagnetic Field Properties in a Cylindrical Periodic Slow Wave Structure	H. Yamazaki K. Ogura T. Watanabe	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	6	2004.00
16	一般	Measurement of low frequency plasma fluctuations with a visible light detector in GAMMA10	H.Higaki M.Ichimura K.Horinouchi	Review of Scientific Instruments	75	2004.10
17	一般	Relationship between Magnetic Field Structure and Plasma Density Profile in LHD Edge Region	H.Matsuura S.Iguchi T.Morisaki	J.Plasma Fusion Res. SERIES	6	2004.03
18	一般	Effect of Magnetic Axis Shift on Neoclassical Transport in Helical Torus"	H.Sanuki J. Todoroki	J. Plasma Fusion Res. Series	6	2004.00
19	一般	Spatial Distribution of Lorentz Forces in an Applied-Field Magneto-Plasma- Dynamic Arcjet Plasma	H.Tobari M.Inutake A.Ando	J. Plasma Fusion Research	80	2004.08



20	一般	High-Fidelity Optical Transfer System for Two Dimensional Imaging of Density Distribution of a Pure Electron Plasma	J. Aoki Y. Kiwamoto Y. Soga	Jpn. J. Appl. Phys	43	2004.00
21	一般	Novel Application of Electron Vortex Dynamics to the Alignment of Magnetic and Cylinder Axes	J. Aoki Kiwamoto Y. Soga	Jpn. J. Appl. Phys	43	2004.00
22	一般	A New Method Constructing Magnetic Flux Coordinates	J.Todoroki H.Sanuki M.Yokoyama	J. Plasma Fusion Res. Series	6	2004.00
23	一般	Varying temperature effects on mechanical properties of vanadium alloys during neutron irradiation	K. Fukumoto H. Matsui T. Muroga	Journal of Nuclear Materials	9-333	2004.08
24	一般	Collisional effect on coherent structures of zonal flows and turbulent transport	K. Itoh K. Hallatschek S.Toda	Plasma Phys Control. Fusion	46	2004.00
25	一般	Tensile and bending mechanical properties of bulk superconductors at room temperature	K. Katagiri A. Murakami Y. Shoji	Physica C	2-414	2004.00
26	一般	Study on Oscillation Starting Condition of K-Band Oversized Backward Wave Oscillator Driven by a Weakly Relativistic Electron Beam	K. Ogura R. Yoshida Y. Yamashita	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	6	2004.00
27	一般	Fabrication of High-Field (Nb,Ta) <sub>3</sub> Sn Conductors through a Jelly Roll Process	K. Tachikawa H. Izawa Y. Ikeda	Advances in Cryogenic Engineering	50B	2004.00
28	一般	Experimental Simulation of high temperature plasma transport using almost dimensionally similar cold plasmas in the compact helical system	K. Toi R. Ikeda T. Shoji	J. Plasma Fusion Res. Series	6	2004.00
29	一般	Observation of Mirror Trapped Ions and Development of a High Energy Neutral Particle Analyzer in GAMMA 10	K.Hagisawa K.Ishii Y.Takemura	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	6	2004.00
30	一般	Direct measurements of the electro-statically and magnetically bounced ions in the tandem mirror	K.Ishii K.Hagisawa Y.Takemura	Review of Scientific Instruments	75	2004.10
31	一般	Coherent Structure of Zonal Flow and nonlinear Saturation	K.Itoh K. Hallatschek S.Toda	J. Phys. Soc. Jpn	73	2004.00
32	一般	Mechanical properties and microstructures of high-chromium V-Cr-Ti type alloys	K.Sakai M.Satou M.Fujiwara	Journal of Nuclear Materials	9-333	2004.00
33	一般	Calculation of cross sections for proton and antiproton stopping in molecules	L. Pichl R. J. Buenke M. Kimura	Advances in Quantum Chemistry	46	2004.00
34	一般	Differential ionization cross sections in proton-hydrogen atom collisions in the energy region of 0.1 - 10 keV/u	L. Pichl S. Zou M. Kimura	Journal of Physical and Chemical Reference Data	33	2004.00
35	一般	Transport Simulation of Internal Transport Barrier Formation Using Various Neoclassical Transport Models	M. Honda A. Fukuyama	J. Plasma Fusion Res. SERIES	6	2004.12
36	一般	CHARGE TRANSFER IN O <sup>+</sup> COLLISIONS WITH H <sub>2</sub> MOLECULES: GROUND AND EXCITED STATE	M. Kimura	Phys. Rev. A.	69	2004.00
37	一般	COMPARATIVE STUDY OF ELECTRON AND POSITRON SCATTERING FROM BENZENE AND HEXAFLUOROBENZENE MOLECULES	M. Kimura	J. Phys. B.	37	2004.00
38	一般	CONTRASTING LOW-ENERGY BEHAVIOUR IN TOTAL CROSS SECTIONS FOR ELECTRON AND POSITRON SCATTERING FROM BENZENE MOLECULES	M. Kimura	J. Phys. B.	37	2004.00

39	一般	DOUBLE AND SINGLE ELECTRON-TRANSFER IN H <sup>+</sup> + K COLLISIONS FROM 0.3 KEV TO 4 KEV	M. Kimura	Phys. Rev. A.	70	2004.00
40	一般	ELASTIC AND INELASTIC PROCESSES IN H <sup>++</sup> CH <sub>2</sub> COLLISIONS BELOW THE 1.5-KEV REGIME	M. Kimura	Phys. Rev. A.	70	2004.00
41	一般	EXPERIMENTAL STUDY ON TOTAL CROSS SECTIONS FOR POSITRON AND ELECTRON SCATTERING BY SF <sub>6</sub>	M. Kimura	Phys. Rev. A.	70	2004.00
42	一般	TOTAL AND PARTIAL IONIZATION CROSS SECTIONS IN PROTON COLLISIONS WITH H ATOM FROM 0.1 KEV TO	M. Kimura	J. Phys. Chem. Ref. Data.	33	2004.00
43	一般	TOTAL CROSS SECTION FOR ELECTRON AND POSITRON SCATTERING FROM 4-FLUOROBENZALDEHYDE (C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CHO)F) MOLECULES	M. Kimura	Nucl. Instrum.&Methods	B221	2004.00
44	一般	Effects of purity on high temperature mechanical properties of vanadium alloys	M. Koyama K. Fukumoto H. Matsui	Journal of Nuclear Materials	9-333	2004.08
45	一般	Absolute calibration of vacuum ultraviolet spectrograph system for plasma diagnostics	M. Yoshikawa Y. Kubota T. Kobayashi	Review of Scientific Instruments	75	2004.10
46	一般	Measurement of the plasma pressure profile with a time-of-flight type neutral-particle-analyser	M. Ichimura H. Higaki T. Kawabata	Review of Scientific Instruments	75	2004.10
47	一般	The Maximum Energy of 3He ions Accelerated by Current-Driven Instabilities	Mieko Toida Hayato Okumura	Physics of Plasmas	11	2004.04
48	一般	A Model for 3He Rich Events in Solar Flares	Mieko Toida Hayato Okumura	Journal of Plasma and Fusion Research	6	2004.06
49	一般	Three-Dimensional Electrostatic Particle Simulation of Parallel-Flow-Shear Driven Low-Frequency Plasma	N. Matsumoto T. Kaneko S. Ishiguro	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	6	2004.00
50	一般	Nonlinear three-dimensional simulation for self-organization and flow generation in two-fluid plasmas	R. Numata Z. Yoshida T. Hayashi	Computer Physics Communications	164	2004.00
51	一般	Two-fluid Nonlinear Simulation of Self-organization of Plasmas with Flows	R. Numata Z. Yoshida T. Hayashi	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	6	2004.00
52	一般	Dynamics of Dust Particles Coming off a Wall in Sheath and Presheath	R. Smirnov Y. Tomita T. Takizuka	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	6	2004.12
53	一般	Anomaly in the P- and R- Branches in the Spectra of Hydrogen Fulcher Band Emission	S. Kado D. Yamasaki Y. Iida and B	J. Plasma Fusion Res	80	2004.00
54	一般	Plasma Flow Measurement in Linear Divertor Simulator MAP-II Using Mach Probe and Directional Langmuir Probe,	S. Kado T. Shikama S. Kajita	Plasma Phys	44	2004.00
55	一般	Incessant Shock Acceleration of Fast Ions Enhanced by Relativistic Effects	S. Usami Y. Ohsawa	J. Plasma Fusion Res. Series	6	2004.00
56	一般	Motions of Ultrarelativistic Particles Accelerated in an Oblique Plasma Wave	S. Usami Y. Ohsawa	Phys. Plasmas	11	2004.00
57	一般	Expansion of Scaling Law of Field-Aligned Potential Difference with Increased Plug ECRH Power in GAMMA 10	SAITO Teruc TATEMATSU IKEGAMI Hiro	Journal of Plasma and Fusion Research	80	6 2004.00
58	一般	Evolution of Relativistic Ions Incessantly Accelerated by an Oblique Shock Wave	Shunsuke Uchiyuki Yukihiro Ohsawa	Phys. Plasmas	11	2004.03

59	一般	Material probe analysis for plasma facing surface in the large helical device	T. Hino	Nuclear Fusion	44	2004.00
60	一般	Isotope effect in charge-transfer collisions of slow H <sup>+</sup> and D <sup>+</sup> ions with H <sub>2</sub> , HD, and D <sub>2</sub> molecules	T. Kusakabe L. Pichl R. J. Buecke	Physical Review A	70	2004.11
61	一般	Beam emission spectroscopy measurement for density fluctuations in compact helical system,	T. Oishi S. Tanaka S. Kado	Rev. Sci. Instrum.	75	2004.00
62	一般	Edge Transport Barrier in CHS Measured Using Beam Emission Spectroscopy,	T. Oishi S. Kado M. Yoshinun	J. Plasma Fusion Res. SERIES 6	6	2004.00
63	一般	Ion Measurement of the Edge Plasma in the GAMMA 10 Tandem Mirror Device with an Ion Sensitive Probe	T. Sekine T. Saito Y. Tatematsu	Review of Scientific Instruments	75	2004.10
64	一般	Application of the Zeeman patterns in OV and H $\alpha$ spectra to the local plasma diagnostics of the TRIAM-1M tokamak	T. Shikama S. Kado H. Zushi	Phys. Plasma	11	2004.00
65	一般	Ignition Condition for p-11B Reactor with LHD type Magnetic Field Configuration	T. Watanabe Y. Matsumot M. Hishiki	J. Plasma Fusion Research SIRIES	6	2004.00
66	一般	Range of validity of the Rayleigh hypothesis	T. Watanabe Y. Choyal K. Minami	Physical Review E	69	2004.00
67	一般	The Range of Validity of the Rayleigh Hypothesis	T. Watanabe	Phys. Rev. E	69	2004.05
68	一般	Preliminary Experiments on Hydrogen Isotope Separation by Water-Hydrogen Chemical Exchange under Reduced	Takahiko Su Yamato Asa Tatsuhiko Ue	Journal of Nuclear Science and Technology	41	2004.00
69	一般	Microwave Excitation by a Constrained Large Orbit Electron Beam -A Unified Dispersion Relation for Slow and Fast wave	Y. Choyal T. Watanabe K. Minami	IEEE Transactions on Plasma Science	32	2004.00
70	一般	Slow Cyclotron Instability in a High-Power Backward-Wave	Y. Choyal K. Minami V. L. Granats	IEEE Trans. on Plasma Sci.	32	2004.12
71	一般	Kinetics of dissociative absorption of hydrogen through Nb surface covered by oxygen	Y. Hatano A. Livshits Y. Nakamura	Physica Scripta	T108	2004.08
72	一般	Fabrication of V-based Laves phase compound superconductor through rapidly-heating/quenching process	Y. Hishinun A. Kikuchi Y. Iijima	Superconductor Science and Technology	17	2004.00
73	一般	Microstructure and superconductivity of V-based Laves phase compound superconductor synthesized rapidly-heating/quenching process	Y. Hishinun A. Kikuchi Y. Iijima	Journal of Nuclear Materials	9-333	2004.00
74	一般	Equilibrium Density Distribution of a Two-Species Plasma with a Single Sign of Charge	Y. Kiwamoto A. Mohri M. Fujiwara	J. Phys. Soc. Jpn.	73	2004.00
75	一般	Potential distribution of nonuniformly charged ellipsoid	Y. Kiwamoto J. Aoki and Y. Soga	Phys. Plasmas	11	2004.00
76	一般	Temporal behavior of electron and neutral hydrogen density profiles during NBI in the GAMMA 10 tandem mirror	Y. Kubota M. Yoshikaw Y. Nakashim	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	6	2004.00
77	一般	Edge plasma measurements near the minimum-B anchor cell of GAMMA 10 using Langmuir probe and calorimeter arrays	Y. Nakashim M. K. Islam T. Natori	Review of Scientific Instruments 75	75	2004.10
78	一般	Particle Acceleration Mechanisms in Magnetosonic Shock	Y. Ohsawa	J. Plasma Fusion Res. Series	6	2004.00
79	一般	Characteristics of multiantenna rf ion source	Y. Oka T. Shoji M. Hamabe	Rev. Sci. Instrument	75	2004.00
80	一般	Reduction of Sheath Potential and Dust Ion-Acoustic Wave by Negatively Charged Dust Particles	Y. Tomita R. Smirnov Ar. Takayam	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	6	2004.12
81	一般	Transport Performance in Bi2212 Cylinders Prepared by the Diffusion Process for Current Lead Application	Y. Yamada S. Chikai M. Watanabe	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	14	2004.00

WEBアンケートによる追加分

添付資料2-2

82	一般	Retention and desorption of hydrogen and helium in inner wall material used for the large helical device	Y. Yamauchi	Journal of Vacuum Society in Japan	47	2004.00
83	一般	Two-dimensional potential profile and density measurements by use of an improved gold neutral beam probe	Y.Takemura K.Ishii A.Kojima	Review of Scientific Instruments	75	2004.10
84	一般	Nonstochastic Particle Acceleration in Collisionless Shock	Yukiharu Ohsawa	Physica Scripta	T107	2004.00
85	計画	Control of the negative hydrogen ion density by the electron-emitter	A.Uchino A.Tonegawa K.Kawamura	Control of the negative hydrogen ion density by the electron-emitter	16	2004.08
86	計画	Spatial Profiles of Molecular Assisted Recombination for the Formation of the Detached Plasma	H.Ogawa A.Tonegawa K.Kawamura	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	6	2004.00
87	計画	Development of 1.8 K HTS current feedthrough using large-sized YBCO bulk conductors	K. Maehata A. Iwamoto Y. Iwamoto	IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY	14	2004.06
88	計画	Development of a compact divertor simulator excited by helicon-wave discharge	M. Aramaki K. Kato M. Goto	Jpn. J. Appl. Phys.	43	2004.00
89	計画	Control of H- Ion Density in the Sheet Plasma by an Electron Emitter	M.Ono A.Tonegawa K.Kawamura	Journal of Plasma and Fusion Research SERIES	6	2004.00
90	計画	Experimental Study of the Atomic and Molecular Processes related to Plasma Detachment in Steady State Divertor	S. Kado S. Kajita Y. Iida	Plasma Sci. Tech.	6	2004.00
91	計画	Application of eclipse laser photodetachment technique to electron sheath thickness and collection region	S. Kajita S. Kado A. Okamoto	Phys. Rev.	E70	2004.00
92	計画	Effect of Probe Surface Ablation on the Laser Photodetachment Signals,	S. Kajita S. Kado T. Shikama	Contrib. Plasma Phys.	44	2004.00
93	計画	(i) Development of an integrated pellet diagnostic system for fueling pellets	Y. Kubota M. Yoshikaw Y. Nakashim	Review of Scientific Instruments	75	2004.10
94	計画	YBCOバルク導体を使った20kA電流導入端子の開発	前畑京介 石橋健二 新富孝和	低温工学	39	2004.03
95	計画	Cooling stability test of He II cooled LHD conductor (2) - Experimental results-	大屋 正義 白井 康之 塩津 正博	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	14	2004.00
96	計画	Study on stability of superconducting coil cooled by subcooled He I and He II at atmospheric pressure	大屋 正義 白井 康之 塩津 正博	Advances in Cryogenic Engineering	49	2004.00
97	計画	Cooling stability test of He II cooled LHD conductor (1) - Current supply and measuring method-	樋口 篤 大屋 正義 白井 康之	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	14	2004.00
98	双方向	Neutral transport analysis in non-axisymmetric anchor region of the GAMMA 10 tandem mirror using a Monte-Carlo	Y. Nakashim Y. Higashizo T. Ohki	Journal of Plasma Fusion Research SERIES	6	2004.00
99	双方向	High harmonic fast wave propagation in the GAMMA10 tandem mirror	Y.Yamaguch M.Ichimura H.Higaki	Journal of Plasma and Fusion Research, SERIES	6	2004.00

2005

	Cat.	Title	Author	Journal name	Vol.	year.mon
1	一般	Fluctuation Measurement Using an Ultrashort-Pulse Reflectometry on the GAMMA 10	A. Itakura S.Takagi S. Tsunoda	Transactions of Fusion Science and Technology	47	2005.00

2	一般	Stability Evaluation of a Conduction-Cooled Prototype LTS Pulse Coil for UPS-SMES	A. Kawagoe F. Sumiyoshi T. Mito	IEEE Trans. Appl. Supercond.	15	2005.06
3	一般	Tripolar Vortex in a Plasma	A. Okamoto K. Nagaoka S. Yoshimura	IEEE Transactions on Plasma Science	33	2005.04
4	一般	Deep Trapping of Electrons by Oblique Shock Waves	A. Zindo Y. Ohsawa N. Bessho	Phys. Plasmas	12	2005.00
5	一般	Temperature-Dependent EUV Spectra of Xenon Plasmas Observed in the Compact Helical System	C. Suzuki H. Nishimura N. Ochiai	J. Plasma Fusion Res.	81	2005.07
6	一般	Third-Harmonic Frequency Multiplication of a Two-Stage Tapered Gyrotron TWT Amplifier	C. W. Baik S. G. Jeon D. H. Kim	IEEE Trans. on Electron Devices	52	2005.05
7	一般	Energy Transfer and Intermittency in 4-Dimensional	E. Suzuki	Physics of Fluids	17	2005.08
8	一般	Persistent acceleration of positrons in a nonstationary shock	H. Hasegawa; K. Kato Y. Ohsawa	Phys. Plasmas	12	2005.00
9	一般	Positron Acceleration to Ultrarelativistic Energies by an Oblique Magnetosonic Shock Wave in an Electron-Positron-	H. Hasegawa; Y. Ohsawa	Phys. Plasmas	12	2005.00
10	一般	Dynamics of Zonal Flows in Helical Systems	H. Sugama T.-H. Watanabe	Phys. Rev. Lett.	94	2005.03
11	一般	The Radial Loss of Ions Trapped in the Thermal Barrier Potential and the Design of Divertor Magnetic Field in	I. Katanuma T. Ito H. Saimaru	Transactions of Fusion Science and Technology	47	2005.00
12	一般	Effect of Impurities on Microstructural Evolution and Deformation Process of Ion-Irradiated V-Cr-Ti alloys	K. Fukumoto K. Takahashi Y. Anma	Materials Transactions	46	2005.03
13	一般	Multi-component Adsorption Behavior of Hydrogen Isotopes on Zeolite 5A and 13X at 77.4 K	K. Kotoh K. Kudo	Fusion Science and Technology	48	2005.00
14	一般	Relation between contact resistance and twist pitches in superconducting doublets	K. Nakamura T. Takao A. Nishimura	IEEE Trans. on Applied Superconductivity	15	2005.02
15	一般	Possible effects of RF field near ICRF antenna on density control during long pulse discharge in LHD	K. Saito R. Kumazawa T. Mutoh	J. Nucl. Mater.	7-339	2005.00
16	一般	High-Field Performance and Structure of (Nb,Ta) <sub>3</sub> Sn wires Prepared from Sn-Ta Matrix	K. Tachikawa; Y. Ikeda Y. Koyata	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	15	2005.00
17	一般	Control of the radial electric field shear by modification of the magnetic field configuration in LHD	K. Ida M. Yoshinuma; M. Yokoyama	Nucl. Fusion	45	2005.00
18	一般	Control of the radial electric field shear by modification of the magnetic field configuration in LHD	K. Ida M. Yoshinuma; M. Yokoyama	Nucl. Fusion	45	2005.00
19	一般	Effect of the Radial Potential Profile on the Transport of the Bounced Ions by the Plug Potential and Radial Potential Control in the Tandem Mirror	K. Ishii A. Kojima Y. Miyata	Transactions of Fusion Science and Technology	47	2005.00
20	一般	Potential energy of H <sub>2</sub> -(2S+u) in the bound-state region	L. Pichl	Czechoslovak Journal of Physics	55	2005.00
21	一般	Science Mentor Engine: A Robust System for the On-Line Retrieval of Specialized Scientific Articles from the Electronic Journal Databases	L. Pichl M. Suzuki H. Kashiwaga	GESTS International Transaction on Computer Science and Engineering	12	2005.00
22	一般	INDIVIDUAL FUNDAMENTAL MODE DEPENDENCE OF H <sub>2</sub> VIBRATIONAL EXCITATION IN THE 6--8 EV RESONANCE REGION BY ELECTRON IMPACT	M. Kimura	J. Chem. Phys.	122	2005.00

23	一般	Charge Transfer Processes in Ion-Molecule Collisions at Intermediate Energies; the Vibrational Effect, Isotope Effect, Isomer Effect, and Steric Effect	M. Kimura L. Pichl H. Suno	Atomic and Molecular Data and Their Applications, AIP Conference Proceedings	771	2005.02
24	一般	Electron Acceleration Caused by Small Pulses in Shock	M. Sato S. Miyahara Y. Ohsawa	Phys. Plasmas	12	2005.00
25	一般	Three-dimensional proton trajectory analyses and simulation of neutralparticle transport in an ICRF heated long pulse discharge on the large helical device	M. Shoji R. Kumazaw K. Saito	J. Nucl. Mater.	7-339	2005.00
26	一般	Improvement of Corrosion Resistance of Vanadium Alloys in High-Temperature Pressurized Water	M.Fujiwara T.Sakamoto M.Satou	Materials Transactions	46	2005.00
27	一般	Low frequency fluctuations in ICRF-heated plasmas on	M.Ichimura H.Higaki S.Kakimoto	Transactions of Fusion Science and	47	2005.00
28	一般	Electrolytic Enrichment of Tritium with Solid Polymer Electrolyte for Application to Environmental Measurements	N. Momoshir Y. Nagao T. Toyoshima	Fusion Sci. Tech.	48	2005.00
29	一般	Production of Over-dense plasmas by launching off 2.45 GHz electron cyclotron waves on the compact helical system	R. Ikeda K. Toi T. Shoji	J. Plasma Fusion Res. Series	81	2005.00
30	一般	Test of the Theoretical Model for the Improved Confinement in Helical Plasmas	S. Toda K. Itoh	Journal of the Physical Society of Japan	74	2005.11
31	一般	Retention and desorption of hydrogen and helium in stainless steel wall by glow discharge	T. Hino	Fusion Engineering and Design	72	2005.00
32	一般	AE Measurement of the LHD Helical Coils	T. Ishigohka T. Tsuchiya Y. Adachi	IEEE Transactions on Applied	15	2005.03
33	一般	長波長マイクロ波による電子バーンシュタイン波加熱	T. Maekawa Y. Terumichi H. Tanaka	Nuclear Fusion	45	2005.12
34	一般	Hydrogen Isotope Separation by Combined Electrolysis Catalytic Exchange under Reduced Pressure	T. Sugiyama Y. Asakura T. Uda	Fusion Science and Technology	48	2005.00
35	一般	Magnetron-Discharge-Based Ion Source for Improvement of an Inertial Electrostatic Confinement Fusion Device	T.TAKAMAT K. MASUDA K.. YOSHIKA	Fusion Science and Technology	47	2005.00
36	一般	Development of high performance catalyst for oxidation of tritiated hydrogen and methane gases	Uda T	FUSION SCIENCE AND TECHNOLOGY	48(1)	2005.11
37	一般	Electronic transport properties of a bismuth microwire array in a magnetic field	Y. Hasegawa Y. Ishikawa H. Morita	Journal of Applied Physics	97	2005.00
38	一般	Reduction of contact resistance at terminations of bismuth wire arrays	Y. Hasegawa Y. Ishikawa H. Shirai	Review of Scientific Instrument	76	2005.00
39	一般	Fabrication of V-based Laves Phase Compound Multifilamentary Wires by Applying a Rapidly-Heating/Quenching Process to PIT Precursors and using V	Y. Hishinum A. Kikuchi Y. Iijima	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	15	2005.00
40	一般	Resistivity and Seebeck coefficient measurements of a bismuth microwire array	Y. Ishikawa Y. Hasegawa H. Morita	Physica B	368	2005.00
41	一般	Controlled experiments on self-organization of ordered structures in a pure on plasma	Y. Kiwamoto J. Aoki Y. Soga	Plasma Phys. Control. Fusion	47	2005.00
42	一般	Radial transport in magnetized nonneutral plasma driven by rotating wave	Y. Kiwamoto Y. Soga J. Aoki	Phys. Plasmas	12	2005.00
43	一般	HYDROGEN ISOTOPE BEHAVIOR IN TYPE 316 STAINLESS STEEL SORBED BY VARIOUS METHODS	Y. Oya Y. Onishi K. Okuno	Fusion Science and Technology	48	2005.07

## WEBアンケートによる追加分

## 添付資料2-2

44	一般	Acoustic emission and fracture behavior of GFRP woven laminates at cryogenic temperatures	Y. Shindo M. Sumikawa F. Narita	Cryogenics	45	2005.00
45	一般	Characterization of Mode I fatigue crack growth in GFRP woven laminates at low temperatures	Y. Shindo A. Inamoto Fumio Narita	Acta Materialia	53	2005.00
46	一般	Dynamics of Two-Sign Point Vortices in Positive and Negative Temperature States	Y. Yatsuyan Y. Kiwamoto H. Tomita	Phys. Rev.	94	2005.00
47	一般	Stationary Potential Formation and Oscillations in Plasma with Immobile Dust Particles	Yukihiro Tori Roman Smir Sizheng Zhu	Plasma Science and Technology	7	2005.01
48	一般	ファジイ理論を用いた大型ヘリカル装置超電導コイルシステムのクエンチ検出	安達 弥真人 ニノ宮 晃 石郷岡 猛	低温工学	40	2005.03
49	一般	The Configuration Dependence of Ripple Transport in LHD	横山 雅之 渡邊 清政 中島 徳嘉	プラズマ・核融合学会誌	81	2005.00
50	一般	The Role of the Bumpy Field for the Ripple Diffusion in Strongly Inward Shifted Configurations in LHD	横山 雅之 渡邊 清政 著者名3なし	Nuclear Fusion	45	2005.00
51	一般	The Effect of Non-Axisymmetry of Magnetic Configurations on Radial Electric Field Transition Properties in the LHD	横山 雅之 居田 克巳 吉沼 幹朗	プラズマ・核融合学会誌 SERIES6	6	2005.03
52	一般	Quasi-Optical Beam Analysis based Direct Phase Measurement at Low Power Level	出射 浩 下妻 隆 久保 伸	Journal of Plasma and Fusion Research	81	2005.00
53	一般	マイクロ波イメージング	長山好夫 間瀬 淳	Journal of Plasma and Fusion Research	81	2005.05
54	一般	Dependence of Contact Condition Between Strands on Twist Pitch in CIC Conductor	津田理 中村智史 勝田伸一郎	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	15	2005.00
55	一般	Transmutation of High-level Wastes in a Spherical-tokamak	田中靖敏 在田謙一郎 長山好夫	電気学会論文誌A	125	2005.00
56	計画	Polarization resolved Ha spectra from the large helical device: Emission location, temperature, and inward flux of neutral	A. Iwamae M. Hayakawa M. Atake	Physics of Plasmas	12	2005.03
57	計画	Anisotropic electron velocity distribution in an ECR helium plasma as determined from polarization of emission lines	A. Iwamae T Sato Y Horimoto	Plasma Physics and Controlled Fusion	47	2005.10
58	計画	Laser Thomson scattering system applicable to low-temperature plasma in the divertor simulator MAP-II	A. Okamoto S. Kado S. Kajita and	Rev. Sci. Instrum	76	2005.00
59	計画	Determination of Rovibrational Distribution of Hydrogen Molecules in Low Temperature Plasma,	Bingjia Xiao Shinichiro K Shin Kajita	Plasma Sci.	7	2005.00
60	計画	Experiments to Improve Power Conversion Parameters in a Traveling Wave Direct Energy Converter Simulator	H. Takeno Y. Kiriya Y. Yasaka	Trans. Fusion Sci. Technol.	47	2005.03
61	計画	A 1.8 K current feedthrough using YBCO bulk conductor for supplying 20 kA	K. Maehata K. Ishibashi T. Shintomi	Physica C	367-431	2005.09
62	計画	Productions of radicals and particulates by the interaction between high-density hydrogen plasma and a graphite plate	K. Sasaki T. Maeda N. Takada	Jpn. J. Appl. Phys.	44	2005.00
63	計画	Measurements of gas temperature in high-density helicon-wave H2 plasmas by diode laser absorption spectroscopy	M. Aramaki Y. Okumura M. Goto	Jpn. J. Appl. Phys.	44	2005.00
64	計画	Detached plasma control by negative ion in divertor simulator	M.Ono A.Tonegawa K.Kawamura	Journal of Nuclear Materials	37-339	2005.00
65	計画	Experimental study of negative ion profiles in H2-MAR plasmas in divertor simulator MAP-II,	S. Kado S. Kajita D. Yamasaki	J. Nucl. Mater.	337	2005.00

## WEBアンケートによる追加分

## 添付資料2-2

66	計画	Eclipse laser photodetachment method for avoiding probe surface ablation in negative ion measurement	Shin Kajita Shinichiro Kado	Plasma Sources Sci. Technol.	14	2005.00
67	計画	Practical formula for Mach number probe diagnostics in weakly magnetized plasmas	T. Shikama S. Kado A. Okamoto	Phys. Plasmas	12	2005.00
68	計画	Hydrogen absorption capability of a niobium panel for pumping neutral atoms in divertor region	Y. Nakamura A. Livshits Y. Hatano	Journal of Nuclear Materials	7-339	2005.03
69	計画	Experimental and Computational Study on the CUSP-DEC and TWDEC for Advanced Fueled Fusion	Y. Tomita Y. Yasaka H. Takeno	Trans. Fusion Sci. Technol.	47	2005.01
70	計画	Experimental and Computational Study on the Cusp-DEC and TWDEC for Advanced Fueled Fusion	Y. Tomita Y. Yasaka M. Ishikawa	Trans. Fusion Science and Technology	47	2005.01
71	計画	Stability of superconducting wire with various surface conditions in pressurized He II (1) -Experimental results-	大屋 正義 繁榎 真一郎 白井 康之	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	15	2005.00
72	計画	Stability of superconducting wire with various surface conditions in pressurized He II (2) -Numerical analysis-	繁榎 真一郎 大屋 正義 白井 康之	IEEE Transactions on Applied Superconductivity	15	2005.00
73	双方向	Heating and Acceleration of Fast-Flowing Plasma for Advanced Space Thruster	A.Ando M.Hatanaka M.Shibata	Plasma Application and Hybrid Functionally Materials	14	2005.01
74	双方向	Measurement of the Radial Flux Induced by the Fluctuations Using the Gold Neutral Beam Probe in the Tandem Mirror	A.Kojima K.Ishii Y.Takemura	Transactions of Fusion Science and Technology	47	2005.00
75	双方向	H-mode confinement of Heliotron J	F. Sano T. Mizuuchi K. Kondo	Nuclear Fusion	45	2005.11
76	双方向	Analysis of the Da spectral line shape on the carbon limiter insertion experiment in Heliotron J	H. Kawazom T. Takahashi S. Tsuboi	Journal of Nuclear Materials	7-339	2005.01
77	双方向	Ray Tracing Calculation of ECRH Power Absorption Profile in Heliotron J	H. Shidara K. Nagasaki V. Tribaldos	Journal of Plasma and Fusion Research	81	2005.01
78	双方向	Nonaxisymmetric Instabilities in Periodically Corrugated Cylindrical Waveguide with Low Magnetic Field	H. Yamazaki M. Iwai Y. Suzuki	IEEE Transactions on Fundamentals and Materials	125	2005.09
79	双方向	Measurement of excited fast Alfvén waves in the GAMMA 10 tandem mirror	H.Higaki M.Ichimura Y.Yamaguchi	Transactions of Fusion Science and Technology	47	2005.00
80	双方向	Experimental study of plasma breakdown by second harmonic electron waves in Heliotron J	K. Nagasaki K. Takahashi T. Mizuuchi	Nuclear Fusion	45	2005.01
81	双方向	Performance of Weakly Relativistic Oversized Backward Wave Oscillators	K. Ogura K. Komiyama M. Sakai	IEEE Transactions on Fundamentals and Materials	125	2005.09
82	双方向	Polarization-Reversal Induced Damping of Left-Hand Polarized Wave on Electron Cyclotron Resonance	K. Takahashi T. Kaneko R. Hatakeyama	Physical Review Letters	94	2005.06
83	双方向	Effects of Polarization Reversal on Localized-Absorption Characteristics of Electron Cyclotron Wave in Bounded	K. Takahashi T. Kaneko R. Hatakeyama	Physics of Plasmas	12	2005.10
84	双方向	He II MEASUREMENTS IN THE PLUG/BARRIER CELLS OF THE TANDEM MIRROR GAMMA 10	M. Yoshikawa M. Saito Y. Kubota	Transactions of Fusion Science and Technology	47	2005.00
85	双方向	High-speed 2-D image measurement for plasma-wall interaction studies	N. Nishino T. Takahashi H. Kawazom	Journal of Nuclear Materials	7-339	2005.01
86	双方向	High Power Electron Heating Experiments at the Plug Region of GAMMA 10	S. Teruo I. Kameo I. Akiyoshi	Journal of Plasma and Fusion Research	81	2005.04



## WEBアンケートによる追加分

## 添付資料2-2

87	双方向	Recent Progress in the GAMMA 10 Tandem Mirror	T. Cho H. Higaki M. Hirata	Transactions of Fusion Science and	47	2005.01
88	双方向	Observation of the Effects of Radially Sheared Electric Fields on the Suppression of Turbulent Vortex Structures and the Associated Transverse Loss in GAMMA 10	T. Cho M. Yoshida J. Kohagura	Physical Review Letters	94	2005.03
89	双方向	Progress in Potential Formation and Findings in the Associated Radially Sheared Electric-Field Effects on Suppressing Intermittent Turbulent Vortex-like Fluctuations	T. Cho J. Kohagura M. Hirata	Nuclear Fusion	45	2005.12
90	双方向	Edge fluctuation studies in Heliotron J	T. Mizuuchi V.V. Chechki K. Ohashi	J. Nucl. Mater.	7-339	2005.01
91	双方向	Experiment of Fundamental ECRH in the GAMMA 10 Central	Y. Tatematsu T. Saito H. Ikegami	Transaction of Fusion Science and	47	2005.01
92	双方向	Particle Discrimination Experiment for Direct Energy	Y. Yasaka Y. Kiriya S. Yamamoto	Trans. Fusion Sci. Technol.	47	2005.03
93	双方向	Steady state tokamak operation, ITB transition and sustainment and ECCD experiments in TRIAM-1M (VI)	関子 秀樹 廣岡 慶彦 中村 一男	Nuclear Fusion	45	2005.00

「炉工学研究センター」活動報告書  
平成17年度

核融合科学研究所

# 目 次

1. はじめに	1
2 炉工学研究センター概要	
2.1. 設立の背景・経緯, その後の拡充	1
2.2. 設立時の趣旨, 課題, 目標	2
2.3. 設備の拡充について	2
2.4. 中期計画と炉工学	3
3. 研究成果	
3.1. 研究活動の概要	4
(1)平成 11 年度から 14 年度まで	
(2)平成 15 年度以降	
3.2. 材料分野の研究成果	6
(1)低放射化バナジウム合金の製造加工性に関する研究	
(2)低放射化フェライト鋼の標準サイズ強度試験	
3.3. ブランケット分野の研究成果	10
(1)液体リチウムブランケット MHD 絶縁被覆の開発	
(2) 液体ブランケット核特性の評価	
3.4. 強力中性子源要素技術開発研究	13
3.5. 超伝導マグネットシステム分野の研究成果	15
(1)超伝導マグネット材料の核融合中性子照射効果	
(2)低放射化超伝導線材の開発研究	
(3)高磁場中大型超伝導導体安定性評価試験法の開発研究	
3.6. 研究成果のまとめ	21
4. 共同研究と人材育成, COE としての活動の要約	22
5. 今後の進め方と平成18年度計画・目標	23

## 1. はじめに

本報告では、平成 11 年度センター発足以降 7 年間の活動と成果の中で、最も重要と考えているポイントについて説明する。第 2 節、2.1、2.2 で、設立の経緯と目的、設立時に設定した課題とそのもととなった考え方を要約する。評価にあたり、基準のひとつになるものと考えている。2.3. ではセンターの施設の状況について、2.4. では法人化に際して設定した中期計画、年度計画における炉工学関連の記述を抜粋して示す。第 3 節は成果の報告である。3.1. で成果の概要、3.2.-3.5. で詳細、3.6. でそのまとめを述べる。3.1 と 3.6. を読んでいただくことにより、成果の最も重要なポイントがわかるように構成した。3.2.-3.5. では個々の成果の内容をより詳しく述べ、必要に応じて 3.1, 3.6. と対比させていただくことにより、成果のポイントや裏づけの理解が補強されるようにした。共同研究、人材育成等を通じての COE としての活動を第 4 節に要約した。第 5 節は今後の方針の説明であり、核融合と炉工学研究に関する情勢の進展、炉工学研究センターのこれまでの活動と成果を踏まえ、今後進むべき方向の認識と 18 年度の具体的な目標をまとめている。

## 2 炉工学研究センター概要

### 2.1. 設立の背景・経緯, その後の拡充

平成 6 年 2 月、第 15 期学術会議核融合研究連絡委員会から炉工学の拠点形成の必要性を訴える答申が、続いて平成 8 年 6 月、第 16 期連絡委員会から大学の炉工共同研究強化、強力中性子源推進に関し核融合研の積極的な役割を期待する答申が出された。核融合研では、平成 10 年 3 月に LHD が完成、ファーストプラズマ生成に成功し、次の段階へ歩を進める観点から炉工学の組織整備を高い優先度で要求する機運が高まった。また、大学の炉工学分野を広くカバーするネットワーク活動が活発になり、炉工学研究の中核的組織を形成する環境が整った。そのような背景のもとに、大学の炉工学共同研究推進を図る目的で核融合研は炉工学研究センター設立を概算要求し、平成 11 年度新設が認められた。設立時の構成は、専任 4（教授 1、助教授 2、助手 1）、客員 2（教授 1、助教授 1）であった。炉工学の中でも重要かつ長期の開発研究が必要とされる炉材料とブランケットが主テーマとされた。平成 12 年には原子力委員会核融合会議計画推進小委員会から、炉材料とブランケットに関する報告が出され（平成 12 年 5 月、8 月）、先進低放射化材料（バナジウム合金、SiC/SiC 複合材など）と液体ブランケットが大学の重点課題としてあげられ、炉工学研究センターのテーマ設定との整合性が確認された。その後、学術審議会から、材料照射試験用強力中性子源の開発に関し原研と大学の協力の重要性を指摘する報告（原子力部会報告、平成 11 年 4 月）が出され、中性子源開発共同研究が炉工学研究センターのミッションとして認識されるようになった。平成 12 年度には、炉材料及びブランケット研究のセンター経費及び強力中性子源要素技術開発共同研究の予算が認められ、センターとしての本格的活動を開始した。

平成 15 年度には、炉工学研究重点化の一環として、長期的な視野に立った超伝導研究の一部を大型ヘリカル研究部から炉工学研究センターに移し、センターは専任 7 名（現員、添付資料-1）、客員 2 名の大部門構成（材料開発、エネルギー変換システム開発、超伝導コイル技術開発の 3 分野によって構成）となって現在に至っている。他に炉設計グループ等との連携強化のため、16 年度以降所内併任 3 名が加わっている。

## 2.2. 設立時の趣旨, 課題, 目標

以上述べたように、センター設立は予算も含めて2年度にわたる概算要求に基づくもので、設立主旨、課題、目標をまとめると以下のようなになる。

- (1) 大学共同利用機関のセンターとしてふさわしい、エネルギー源を目指した核融合炉工学研究を進める。LHD計画の単純な延長線上で構想することが難しい領域、とりわけ炉材料・ブランケットの分野の研究を、全国的な開発計画を意識しつつ、大学との共同によって重点的に推進する。
- (2) 共同研究制度の活用、ネットワークの利用により大学の研究活性化に寄与する。
- (3) 強力中性子源の要素技術開発を進めるため、大学における共同研究を推進する。

設立以降、材料、ブランケット、超伝導の分野を中心に、核融合炉実現を目指す炉工学研究を広く支援し、牽引するCOEとしての役割を果たすことが炉工学研究センターには求められてきている。センターではそのような意識のもとに、具体的には以下の研究と活動を進めてきた。

- (1) 大学共通材料の試作、製造（バナジウム合金大型溶解、加工、共通材料試作）
- (2) 比較的規模が大きく、長期間を要する研究（低放射化フェライト鋼の標準サイズ強度試験、クリープ・疲労・腐食等の試験）
- (3) 将来の魅力的な核融合炉概念成立に向けた先駆的な研究（液体ブランケット開発研究、超伝導コイル材料照射効果、低放射化超伝導材料開発など）
- (4) 強力中性子源、ITER テストブランケットモジュール、中性子照射試験、トリチウム利用試験など国内外協力計画への大学の参画支援
- (5) システム設計に必要とされるデータの拡充、機器概念設計（ブランケット材料、先進超伝導コイル材料の核特性評価、ブランケット試験モジュール設計）

## 2.3. 設備の拡充について

センター創設にあたり、所内に大型施設の設置を想定しないことが前提とされたため、以下のような比較的小型の設備導入と整備を行ってきた。

- ・既製品であるが、目的を特化し、整備されている装置

走査電子顕微鏡－エネルギー分散型X線分光器（SEM-EDS）、硬度計、疲労試験機、熱処理炉、X線光電子分光器（XPS）など

- ・大学に無い、特徴ある試験装置

高真空、高温標準サイズ疲労試験機

高真空、微小試験片クリープ試験機

その場被覆試験装置

熱処理炉や各種試験機、分析器が同じサイト内に整備されており、材料の試作と特性試験がやりやすい環境が整えられていること、SEM-EDS、XPSなどは全国的に見ても使いやすい形で整備されていることなどにより、これらの装置は大学や民間との共同研究でよく利用されている。

一方、強力中性子源共同研究経費はターゲット熱流動試験装置（阪大）、テストセル温度制御試験装置（九大）等の整備に使用され、当該大学における研究中心ではあるが、中性子源要素技術確証をめざす国内外共同研究推進に重要な役割を果たしている。

創設以来の炉工学研究センター経費は土岐サイトにおける共同利用施設拡充というよりも大学共同研究

活性化のための先駆的領域開拓に主として充てられてきた。その中で最も力点が置かれたのが低放射化バナジウムの高純度大量溶解である。これは民間との共同研究で進められ、従来アメリカで得られていたよりもはるかに高純度の金属バナジウム素材製作に成功した。大量溶解と高純度化による加工性の著しい向上により、圧延、板材、管材製作、溶接など幅広い加工技術の進歩をもたらしつつある。そして加工と加工後の材料評価は大学における幅広い共同研究の新たな流れを産み出す結果となっている。

そのほか、平成15年度に加わった超伝導グループは、原研、物材機構、東北大などと協力し、超伝導マグネット材料の中性子照射、その評価のための機器をそれぞれのところで拡充する努力を進めている。これらの研究活動は核融合研と当該機関のみならず、その他の大学研究室にも共同研究の場を広げる役割を果たしつつある。

## 2.4. 中期計画と炉工学

自然科学研究機構の中期計画、年度計画から、炉工学に直接関連する記述を摘要すると以下のようになる。

### 中期計画

(研究水準、成果に関する目標達成のため)

「核融合科学とその基盤となるプラズマ物理学、炉工学などにおいて、学術的体系化を図り世界に先駆けた成果を上げる。」

「核融合炉を目指した大学の炉工学研究の中核として炉工学研究の集約と学術的体系化を推進するとともに、関連する幅広い工学の進展に寄与する。」

(実施体制整備)

「大学の炉工学研究の集約と推進のため、炉工学分野の共同研究、共同利用機能の充実を図る。」

### 17年度計画

「炉工学研究体制を強化し、ヘリカル炉設計、ブランケット、超伝導、安全技術に関する研究を進める。」

「研究所内の炉工学・炉設計関連グループの連携強化を目的とした連絡会議を継続し、炉工学研究の集約、学術的体系化を進める」

「炉工学関連実験設備充実、大学等の設備の有効活用、人材の相互交流による炉工学分野の共同利用等機能の活性化を図る。」

16、17年度はこれらの計画に従って活動を進めた。とくに第66回運営協議委員会・組織検討小委員会報告の趣旨に沿って連絡会議を開催し、所内炉工学・炉設計関連研究者間の認識の統一を図り、今後の活動を展開する基盤を形成した。その要点は「核融合科学研究所における炉工学・炉設計活動の今後の進め方について」(所内炉工学・炉設計研究連絡会議、平成17年12月15日)にまとめられている。具体的には「ヘリカル炉設計、ブランケット、超伝導、安全技術に関する研究」の4項目を炉工学関連研究課題として年度計画に明記し、材料開発を含めた研究活動のいっそうの拡充、発展、その中での炉工学研究センターの役割を明確にした。この経緯と前進を踏まえ、年度計画をいっそう充実させるとともに「世界に先駆けた成果」、「共同利用等機能の充実」をさらに豊富にする活動を今後も展開する。

### 3. 研究成果

#### 3.1. 研究活動の概要

##### (1)平成 11 年度から 14 年度まで

この期間は、炉材料、ブランケット、強力中性子源要素技術開発共同研究を中心に研究を行った。炉材料研究では、先進低放射化材料の中で、特に製造技術の高度化が課題となっている低放射化バナジウム合金の大量溶解試験に取り組んだ。金属バナジウムの高純度化の研究についてはセンター発足前から行ってきたが、発足後はセンターの中心研究課題に据え、高純度 V-4Cr-4Ti 合金の製造と加工技術の開発に取り組んだ。大学との共同研究、民間との協力研究により、不純物混入を最小限に抑える大量溶解技術開発を進め、30kg インゴット (NIFS-HEAT-1)、160kg インゴット (NIFS-HEAT-2) を製作した。続いて、インゴットからの各種成型加工技術開発を、組織制御、強度制御の観点から進め、良質の板材、棒材、管材等の製作に成功した。これらの試料は、国内の大学、国際協力 (アメリカ、ロシア、中国、ドイツ等) で評価され、不純物低減による優れた強度特性が明らかになった。炉工学研究センターではさらに溶接技術の開発を進め、ほとんど強度劣化を起ささない溶接部材の製作を可能とした。

また、大学の微小試験片試験と相補的な役割を果たす標準サイズ試験片実験を低放射化フェライト鋼について実施した。特に室温での破壊靱性、低サイクル疲労特性の評価を行い、大学で得られている試験データとの比較を進めた。

ブランケット要素技術研究では、バナジウム合金開発と関連が深い、液体リチウムブランケットの MHD 絶縁被覆開発を重点に取り組んだ。国内共同研究、日米協力 JUPITER-II、LIME 計画、民間との共同研究を利用し、いくつかの優れた候補材を見出すとともに、被覆法の高度化を進めた。特に、高結晶性酸化エルビウムが液体リチウム中で優れた耐食性を長期間維持することが分かった。本研究により、酸化エルビウムは MHD 絶縁被覆の最有力候補となった。

強力中性子源要素技術開発共同研究を進めるにあたり、平成 12 年 4 月、所外の炉工学関連研究者を主要メンバーとする「材料照射試験装置要素技術開発推進委員会」(委員長、松井秀樹東北大教授) が設置され、リチウムターゲット、テストセル、リチウム中不純物制御等の課題が採択された。設備として大阪大学の液体リチウムループ整備とターゲット試験体の設置、九大へのテストセル温度制御試験装置の設置、京大、東北大での微小試験片試験・解析システムの整備、東大へのリチウム純化試験装置の整備などを行った。これまで 15m/s までの液体リチウム自由表面安定流の生成、テストセル温度制御シナリオの策定と検証実験、破壊特性試験片のサイズ効果の解明、液体リチウム不純物制御法の高度化、などの成果を得て、IEA における強力中性子源 IFMIF の概念設計にも大きく寄与した。この共同研究は平成 12～16 年の 5 年間行われ、最終年度の平成 16 年 12 月、総括的な報告会が開催された。その内容は「核融合材料照射技術開発共同研究・最終成果報告書」(平成 16 年 12 月) にまとめられている。

##### (2)平成 15 年度以降

平成 15 年度から、材料分野では、NIFS-HEAT 製作を通じて高度化されたバナジウム合金の部材製作技術を生かし、溶接部材の照射効果、良質な管材を用いた圧力管クリープの試作と熱クリープ試験を行うとともに、V-4Cr-4Ti 合金の特性をさらに上げるためのイットリウム添加効果の試験を大学との共同研究で行い、レビテーション溶解による高純度 V-4Cr-4Ti-Y-Al-Si 合金を作成し、耐照射性の向上などを確認した。低放射化フェライト鋼の標準サイズ強度試験は、高温高真空低サイクル疲労試験に発展し、設計に有用なデータを得るとともに、転位と不純物の相互作用による変形挙動の変化、疲労変形による組織回復など基礎機構が

明らかになってきた。

ブランケット分野では、酸化エルビウム被覆の高度化を進めるとともに、自己修復性のある酸化エルビウムの液体リチウム内その場被覆試験を進め、従来の候補材だった酸化カルシウムに比べ遥かに安定な被覆を形成することに成功した。被覆セラミックスの放射線環境下での絶縁劣化を明らかにするため、D-T 中性子、核分裂中性子、 $\gamma$ 線照射実験を行い、放射線による劣化が MHD 絶縁特性に与える影響は十分小さいことを明らかにした。また、炉設計研究と連携し、液体リチウムや溶融塩 Flibe を用いた先進ブランケット開発を目指して、核特性の評価を行うとともに、放射化等の特性の実験による検証を進め、ブランケットの特性評価と高度化に向けた指針を明らかにしつつある。

平成 17 年度からは、ヘリカル炉設計研究との協力をより深め、溶融塩 Flibe ブランケットの技術開発に向けた検討を始めている。

強力中性子源共同研究は、実験開始当初の 3 年計画を 2 年間延長し、液体リチウム自由表面流形状の評価、テストセルの新しい構造の提案、試験片寸法、加工精度と破壊特性との相関、トリチウム回収法の原理実証などの研究を進めてきた。これらの一部は平成 17 年度から LHD 計画共同研究として継続発展し、間もなく開始が予定される IFMIF-EVEDA 計画への貢献も期待されている。

平成 15 年 4 月に超伝導マグネットに関わる研究分野が拡充され、原型炉以降を意識した超伝導分野の研究課題再検討を開始した。核融合炉内で用いられる構造材料研究、中性子遮蔽とトリチウム増殖を目指したブランケット研究と整合を図り、核融合炉用超伝導マグネットシステム構築を目標とする観点から、超伝導マグネットシステムの「高磁場化」、「高電流密度化」、「低放射化」、「最適な電磁力支持構造」といった各分野における進展の重要性を指摘し、「核融合中性子」をキーワードとして取り上げ、当面自ら先頭に立って進める課題として以下を設定した。

1. 核融合中性子照射下での超伝導線材、超伝導マグネット材料の特性変化
2. 低放射化を目指した V-Hf-Zr および MgB<sub>2</sub> などの新しい超伝導線材の開発研究

ITER の核設計において、NBI ポートからの核融合中性子の漏出が定量的に明らかにされている。将来の核融合炉における漏洩中性子の予測は現在必ずしも明確にされていないが、漏洩中性子による超伝導マグネットの特性変化を把握することは重要な課題のひとつと考えられる。低放射化超伝導材料の開発が進むことにより保守期間の短縮や、コイル材料のリサイクルに大きく貢献することも期待される。現在 ITER などで採用されているケーブルインコンジット (CIC) 導体の将来性と安定性評価試験も重要と考え、平成 17 年度には高磁場中安定性評価試験法の開発研究を開始している。現在開発しつつある誘導電流を利用する評価法 (TRAPSE, Transversally Pressed Superconducting Cable Loop Experiment) は、50mm 程度のボア空間内、高磁場中で、偏流を有する CIC 導体の安定性評価を比較的簡便に行うことのできる試験法である。



### 3.2. 材料分野の研究成果

#### (1) 低放射化バナジウム合金の製造加工性に関する研究

炉工学研究センター発足以前に、民間（太陽鋳工（株））との共同研究により、商用金属バナジウムの窒素不純物の低減化を進めていた。本研究では、候補合金 V-4Cr-4Ti の大量溶解を可能とする方法の検討を大学共同研究、民間（大同特殊鋼（株））との共同研究により進めた。いくつかの溶解法による試作を行うとともに、高温真空中の不純物吸収速度の実測値などから溶解条件を求め、最終的には、電子ビームによる一次溶解、真空アーク法による二次溶解により、不純物混入を抑えた合金化が可能であることが分かった。最初に 30kg 溶解 (NIFS-HEAT-1) を行い、組成の均一性を確かめた後、160kg 溶解 (NIFS-HEAT-2) を行った (図 1)。本溶解法では、鋳型を大きくするだけで溶解量を増やせるので、これにより V-4Cr-4Ti 合金の大量溶解が可能であることが実証された。図 2 は NIFS-HEAT-1 と NIFS-HEAT-2 の酸素と窒素の濃度を、1990 年代半ばにアメリカの核融合プログラムで製作された溶解材料 (US-DOE-HEAT) と比べて示す。US-DOE-HEAT に比べ、NIFS-HEAT では、酸素濃度を 1/2~1/3 に低減することができた。

続いて、この溶塊の鍛造、圧延などによる板材への加工を進めた。一般に大型材料の加工は、硬度や組成等をモニターし条件を決めているが、本研究では、各過程における微細組織を求め、組織制御の観点から、加工条件の最適化を進めた。図 2 は、溶塊から高温鍛造、熱間・冷間圧延、最終熱処理温度と析出組織の変化を示すもので、析出の均

一分布と固溶不純物量を最小にする条件を下に加工熱処理条件を求めた。

続いて、板材、線材、管材等の加工、TIG 及びレーザー溶接技術開発、W 溶射被覆などを行った。いずれも、不純物混入の抑制と微細組織の制御に基づいて最適条件を探し出した。図 4 に加工部材をまとめて示す。これらの部材は、大学共同研究、国際共同研究により様々な評価試験に用いられた。



図 1 V-4Cr-4Ti 合金 NIFS-HEAT-2 (160kg) の概観

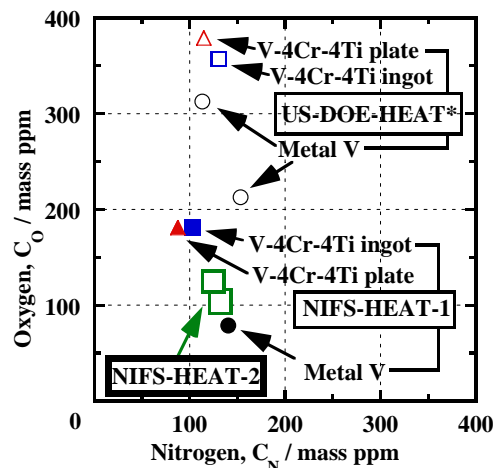


図 2 NIFS-Heat アメリカの溶解材との酸素、窒素濃度の比較

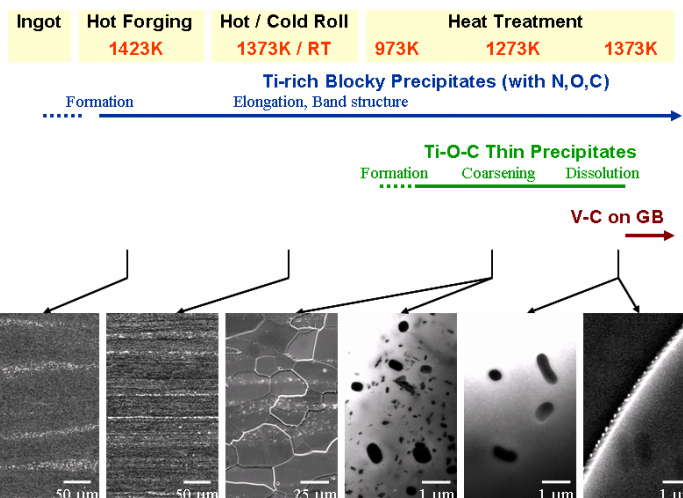


図 3 NIFS-HEAT の加工熱履歴と微細組織の関係

NIFS-HEAT の高純度化が特に特性改善に寄与したのが溶接部材の特性である。図5は、同じ条件で NIFS-HEAT-2 と US-DOE-HEAT を TIG 溶接し、溶接部の破壊吸収エネルギーの試験温度依存性を示したものである。図より、NIFS-HEAT のほうが吸収エネルギーが高く、破壊に対する抵抗力が大きいことが分かる。これは、溶接部分では析出に蓄えられていた酸素不純物がマトリクスに放出され延性低下を起こすが、NIFS-HEAT では酸素濃度が低いいため、その効果が小さかったためである。本研究は、アメリカ、ロシア、中国のバナジウム合金開発プログラムに大きな影響を与え、不純物低減が共通の開発目標となった。

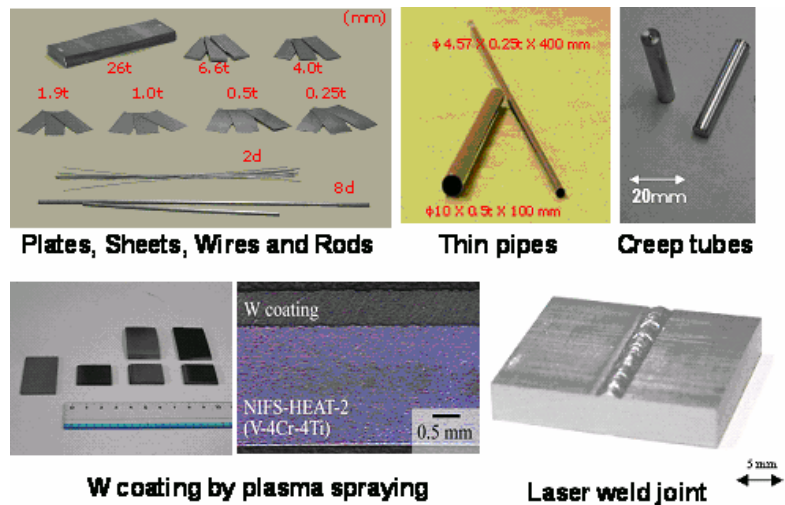


図4 NIFS-HEAT から製作した加工部材

シア、中国のバナジウム合金開発プログラムに大きな影響を与え、不純物低減が共通の開発目標となった。

NIFS-HEAT では、酸素、窒素不純物以外にも、長寿命誘導放射能を発生する Nb, Ag, Mo 等の不純物の低減も達成された。図6は、炉停止後の誘導放射能の減衰を比較したもので、100年後の誘導放射能は、US-DOE-HEAT では、遠隔操作で再利用できる範囲にたつて入るレベルだが、NIFS-HEAT では、それより約2桁低く、あと一桁の低減でハンズオン再利用が可能な領域に至る。NIFS-HEAT は、バナジウム合金の再利用の見通しを高めることに貢献した。

NIFS-HEAT の加工を進める上で、基礎研究で得られた理解を大規模溶解に適用することにより、学術的成果の正しさとその開発研究への適用の妥当性が明確に示された。一方、工業レベルの熱処理真空領域では、真空度が高いほど逆に酸素の混入が大きくなることが明らかになった。表面観察の結果、この領域では真空度を上げると表面に安定酸化膜が形成しなくなるため、酸素の合金内部への拡散が増加することが分かった。このように酸素分圧と酸化皮膜の安定性に関する基礎的な知見を、工業規模の製作過程から得ることができた。

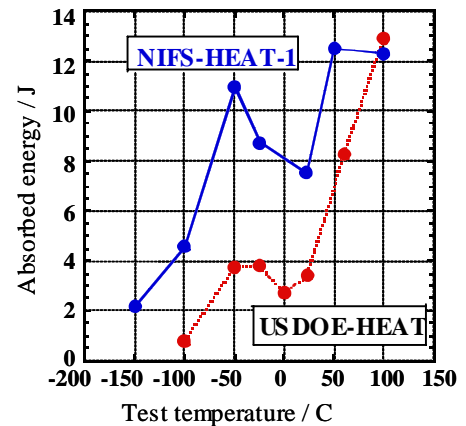


図5 TIG 溶接部材の破壊吸収エネルギーの試験温度依存性

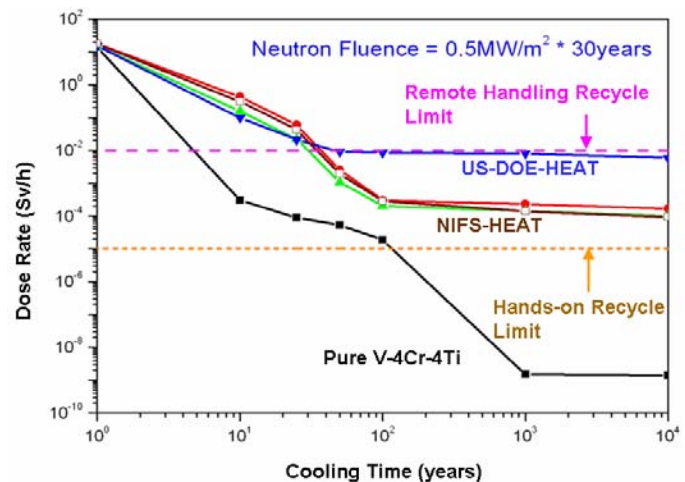


図6 NIFS-HEAT, US-DOE-HEAT の炉停止後の誘導放射能の計算例

NIFS-HEAT は、高純度化により成型加工が容易になるという特徴を持ち、これを生かした、高い製作精度の微小内圧管クリープ試験片の製作が行われた。(図4右上に試験片を示す) 内圧管クリープ試験片を用いて、高温液体リチウム環境でのクリープ変形を計測することが可能になった。図5に、真空環境での試験との比較を示す。試験範囲内では真空環境とリチウム環境でのクリープ変形が大差無いことがわかる。このような環境効果の比較は今までに無い新しい知見である。現在このクリープ試験片を用いた照射下クリープ試験が、HFIR と JOYO を用いて進められている。

また、NIFS-HEAT の開発で培った均質溶解、成型加工技術を応用することにより、V-4Cr-4Ti の特性をさらに向上させるため Al, Si, Y を加えた合金を中規模サイズで溶解、加工することが可能になった。図6は400°C以下の照射における照射硬化の比較で、添加材では硬化が抑制されることが分かる。V-4Cr-4Ti は照射硬化(脆化)のため、使用下限温度は450°C付近と考えられているが、Al, Si, Y 等の添加により、使用下限温度を下げられることが期待される。

標準試験片とミニチュア試験片とでどの程度機械的特性に違いが出るかを検討した。用いた材料はNIFS-HEAT-2で、標準試験片は平行部直径6.5 mm、平行部長さ30 mmの丸棒試験片である。ミニチュア試験片は、以下厚0.25 mm、幅1.2 mm、平行部長さ5 mmのヒューズ型試験片である。丸棒試験片では、ゲージ長6 mmの変位計を2個対象に取り付け、曲げひずみをキャンセルしてヤング率を求めた。引張試験は室温大気中で行っている。

これらのほか、NIFS-HEAT を用いた共同研究が、高温強度特性、酸化・腐食特性、不純物移行特性、物理特性、イオン・中性子等の照射特性、誘導放射能、水素脆化、水素(同位体)透過、水素・ヘリウムのリテンション、プラズマとの相互作用、などのテーマについて、国内9大学(北大、室蘭工大、東北大、東大、名大、富山大、福井大、広島大、九大)14グループのほか、原子力機構、物材機構、海外では、アメリカ(ORNL, ANL, PNNL, UCSB)、中国(SWIP)、ロシア(Bochvar Inst.)、ドイツ(IPP)、スペイン(Pais Vasco 大)と行われた。これらの活動は、NIFS 共同研究、各大学・機関にある共同研究制度、日米協力JUPITER計画、JUPITER-II計画、LIME計画、日中拠点プログラム、IEA協力などの制度を利用して進められた。

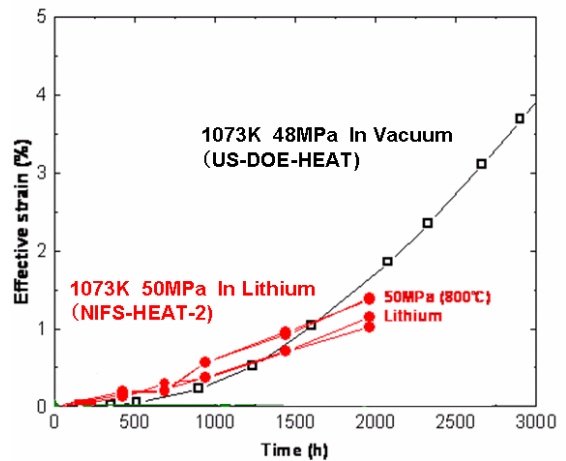


図5 真空中、およびリチウム中の800°Cにおけるクリープ変形の比較

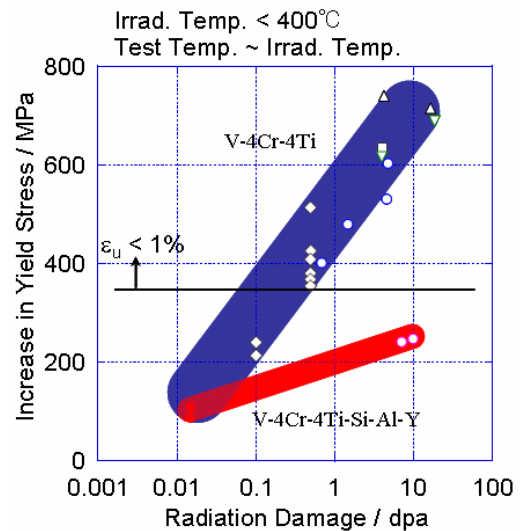


図6 照射硬化のV-4Cr-4TiとSi, Al, Y添加材の比較(東北大との共同研究)

## (2)低放射化フェライト鋼の標準サイズ強度試験

低放射化フェライト鋼の研究開発において、大学は主に基礎的な観点、および大学で培った材料開発の経験を生かした貢献を行なっている。日本には、候補材として 8Cr-2W 鋼 (F82H：原研で開発)、9Cr-2W 鋼 (JLF-1：大学連合で開発) があり、大学はサイズ効果などの基礎研究と JLF-1 のデータベース整備を中心に活動している。原子炉あるいは将来の強力中性子源を用いた照射においては、照射体積と誘導放射能の制限により、微小試験片を用いる必要があり、微小試験片を用いた研究が進んでいる。一方、標準サイズによる試験は、装置規模が大きくなりデータ取得に時間が掛かるなど、大学では取り組みにくいテーマであり、大学と相補的に NIFS が取り組むのに適しているテーマである。特に破壊、疲労試験は試験片サイズ依存性が顕著であり、標準サイズ試験の役割が大きい。

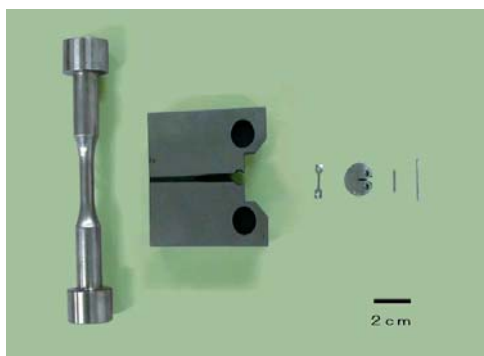


図7 標準サイズの低サイクル疲労試験片、破壊脆性試験片と微小試験片

核融合研では、炉工学研究センターの設立以前から LHD の構造グループの協力で、JLF-1 標準サイズ試験片による破壊靱性試験が行われてきた。センター設立後は、室温、高温・真空の低サイクル疲労試験を進めてきた。これらに用いた試験片と大学で行っている微小試験片と比較して図7に示す。

図8は JLF-1 の低サイクル疲労試験結果を示したもので、図中には、砂時計型試験片と平滑丸棒試験片の結果を比較して示している。ここでミニサイズ及びフルサイズ砂時計型試験片の最小直径はそれぞれ 12.5 mm, 6 mm である。また、平滑丸棒試験片は、直径 8 mm, 平行部長さ 20 mm で、いわゆる標準試験片である。

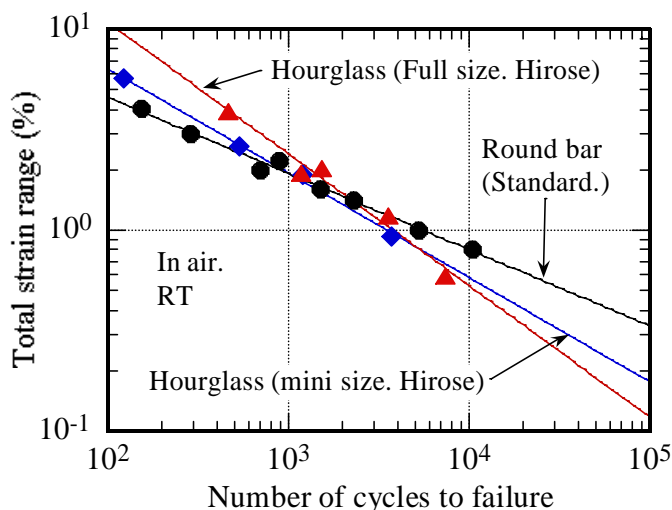


図8 JLF-1 の低サイクル疲労特性

砂時計型試験片は、平滑丸棒の中心部分の直径を小さくし、疲労破壊が生じる場所を限定しようとした試験片で、試験片中央部にわずかな応力集中がある。平滑丸棒試験片の結果と比較すると、短寿命側で疲労寿命が長く、長寿命側で疲労寿命が短くなる。これは、短寿命側では応力集中による加工効果分が長寿命に寄与し、長寿命側では応力集中によって寿命が短くなる。

600℃までの高温、真空中軸ひずみ制御疲労試験を行い、600℃では、室温、400℃での結果に比べ、少し寿命が長くなる傾向が認められている。また、特定の条件が整うと不連続変形（セレーション）が発生することが明らかになっており、転移-溶質原子相互作用、焼き戻しマルテンサイトの回復挙動など、基礎的な観点から疲労中の変形挙動の理解が進められつつある。

### 3.3. ブランケット分野の研究成果

#### (1) 液体リチウムブランケット MHD 絶縁被覆の開発

バナジウム合金を用いるブランケットで最も有望視されているのが、液体リチウム自己冷却システムである。このシステムの重要課題は、磁場中を導電流体が流れることによる MHD 圧力損失である。MHD 圧力損失の低減のためには、配管内部に絶縁性のセラミックス被覆を行うことが有望と考えられている。しかし、炉工学研究センター発足当時、アメリカでそれまで進められていた CaO 被覆研究が中断するなど、被覆開発は進んでいなかった。センターでは、バナジウム合金開発と関連の深いテーマとして MHD 絶縁被覆開発のテーマを取り上げ、大学共同研究、日米協力 JUPITER-II 計画や LIME 計画を活用し、研究体制の整備を進めた。

まず、候補材の選定のため、民間（株）TYK との共同研究により、自由エネルギー計算から有望と予測される幾つかのバルクセラミックスを作製し、液体リチウム浸漬試験を JUPITER-II 計画において行った。用いたバルク試料と Li 浸漬による質量減少を図 9 に示す。アメリカで従来候補材であった CaO は高温で腐食

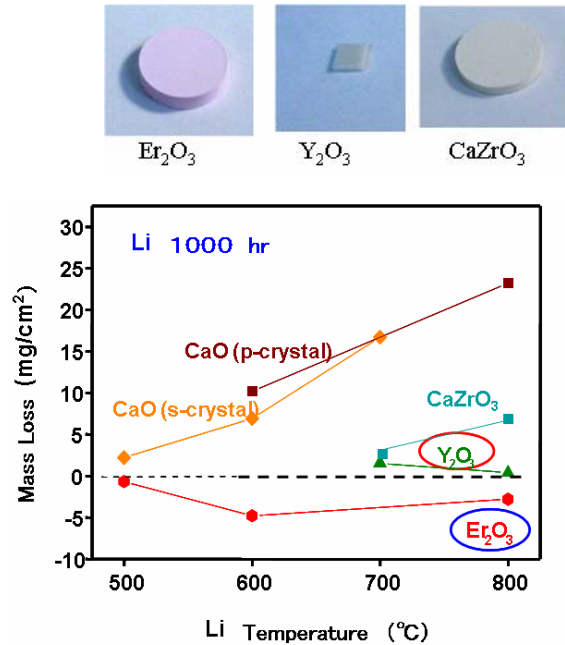


図 9 製作したバルクセラミックス試料と液体リチウム浸漬による質量減少

が激しいが、Ca<sub>2</sub>ZrO<sub>3</sub> は 700°C まで、Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は 800°C までほぼ安定であることが分かった。その後、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は表面反応層ができることがわかり、Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を第一候補として被覆開発を進めた。大学共同研究、LIME 計画により、RF スパッタ被覆、アークソースプラズマ被覆による NIFS-HEAT への Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 被覆を行った。図 10 はアークソースプラズマ被覆装置により NIFS-HEAT-2 基板へ被覆した Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の X 線回折と液体リチウム浸漬結果を示す。被覆基板温度が低いと、Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 結晶が形成せずリチウム浸漬により剥離するが、基板温度を上げると、700°C、1000 時間後も腐食はほとんど起こらないことが明らかになった。

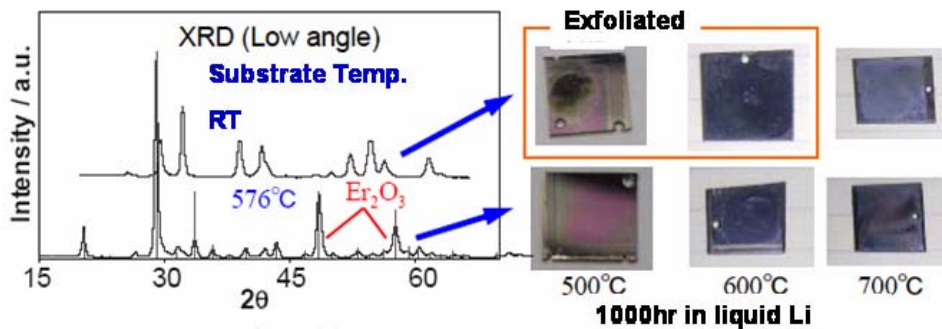


図 10 NIFS-HEAT-2 への Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 被覆材の X 線回折と液体 Li 浸漬結果

一連の $\text{Er}_2\text{O}_3$ 被覆製作と評価により、高結晶性被覆においては、Li耐食性、絶縁性、強度が上がるだけでなく、水素透過抑制効果も高まることが明らかになった。この成果を通じて、 $\text{Er}_2\text{O}_3$ 被覆が水素透過抑制被覆としての候補となるとともに、従来からの候補材であったアルミナについても膜全体を高結晶化することにより水素透過抑制効果をより高められる可能性が示された。

これら物理被覆開発に加えて、液体リチウム中のその場被覆法の開発を行った。この手法は、複雑配管内部の被覆を可能にし、自己修復性を有する魅力ある手法だが、以前アメリカではCaOについて開発進めたものの、高温での安定性が不足し、断念した経緯がある。本研究では、バルク材と物理被覆で優れたリチウム耐食性を示した $\text{Er}_2\text{O}_3$ について開発を進めることにした。NIFS-HEAT-2を予め表面酸化させ、液体リチウム中にErを添加し、 $\text{Er}_2\text{O}_3$ 皮膜の表面形成、被覆の安定性などを調べた。図11に形成した被覆の断面組成分析、図12に浸漬温度、時間と被覆厚さの関係を示す。550°C以上で被覆が形成し、600°Cでは約800時間まで安定であることが分かる。これは、この被覆は以前アメリカで試みられたCaOその場被覆よりも遥かに安定であることを示している。さらに、被覆に亀裂が生じても亀裂先端で被覆が再生する(自己修復性)ことも確かめた。

MHD絶縁被覆はブランケット照射環境下で用いられるので、照射が被覆材の電気抵抗を下げる効果がないかを調べる必要がある。照射下のみ絶縁材が抵抗を失う現象は、「照射誘起伝導」として知られているが、データはアルミナなど限られた絶縁材しか無く、MHD被覆候補材で評価されたことは無かった。そこで、14MeV中性子(FNS)、核分裂中性子(JMTR)、 $\gamma$ 線( $^{60}\text{Co}$ )照射下の電気伝導のその場測定を行った。図13に結果を従来のアルミナのデータと比較し示す。バルク材、被覆材とも吸収線量によってデータがほぼ整理でき、核融合炉ブランケットで想定される $\sim 5 \times 10^3 \text{ Gy/s}$ で $10^{-2} \text{ S/m}$ 以下という条件は充分満足すると予想された。続いて、 $\gamma$ 線照射下の測定を650°Cまでの高温で行い、高温では照射誘起電気伝導の効果は無視できることを確かめた。

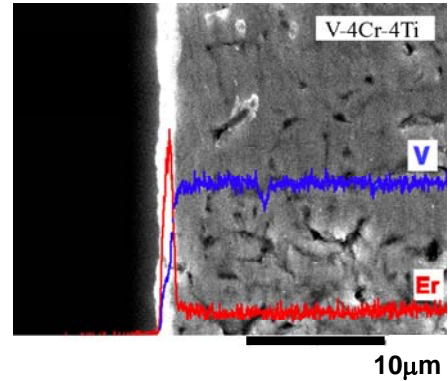


図11 その場 $\text{Er}_2\text{O}_3$ 被覆の断面組成分析 (600°Cにて形成)

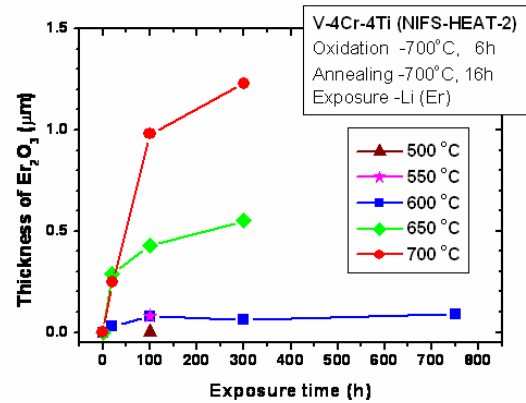


図12 その場 $\text{Er}_2\text{O}_3$ 被覆の厚さと浸漬温度、時間の関係

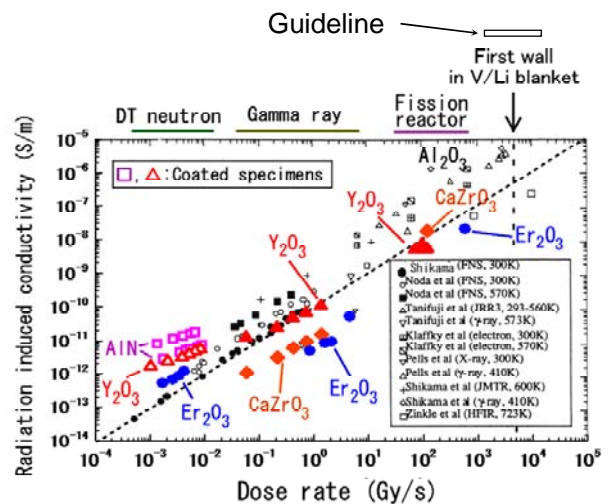


図13 照射誘起電気伝導の吸収線量依存性

## (2) 液体ブランケット核特性の評価

ブランケット研究開発の重点テーマの策定や目標の設定のためには、炉設計との連携を強めつつ、ブランケットの核、熱、構造特性を求める研究が必要である。核融合研で主に大学との共同研究により進めているヘリカル炉 FFHR (Force Free Helical Reactor) 設計では、ブランケットは、Flibe を冷却材に、フェライト鋼 JLF-1 を構造材に使用することを主案として進められている。その成立性、Li または Flibe にバナジウム合金を組み合わせる可能性、およびそれらの成立を確実にしていくための課題を明らかにする目的で、ブランケット体系の中性子核計算を行うとともに、いくつかの材料の核特性評価試験を行った。

FFHR で許容される 1200 mm のブランケット厚みを拘束条件として、増倍材ベリリウムを用いないブランケット体系の中性子輸送計算を行い、TBR (トリチウム増殖比)、マグネット領域の中性子束を評価した。得られた結果を図 14 に示す。Li, Flibe ブランケット双方について、成立の可能性が認められるとともに、Li では遮蔽の強化が、Flibe では TBR 上昇が重要課題であることが分かった。

ブランケット核特性の評価のため、先進液体ブランケット固有の使用材料である、バナジウム合金 (NIFS-HEAT2), (MHD 被覆用) エルビウム, (溶融塩 Flibe に含まれる) フッ素の FNS による 14 MeV 中性子照射を行い、誘導放射能、崩壊熱を測定し、核計算との比較を行った。図 15 は、NIFS-HEAT-2 の崩壊熱の減衰を比較したもので、計算と実験がよく合っていることがわかる。さらにブランケットの体系を模擬したスペクトルでの照射実験を進めている。

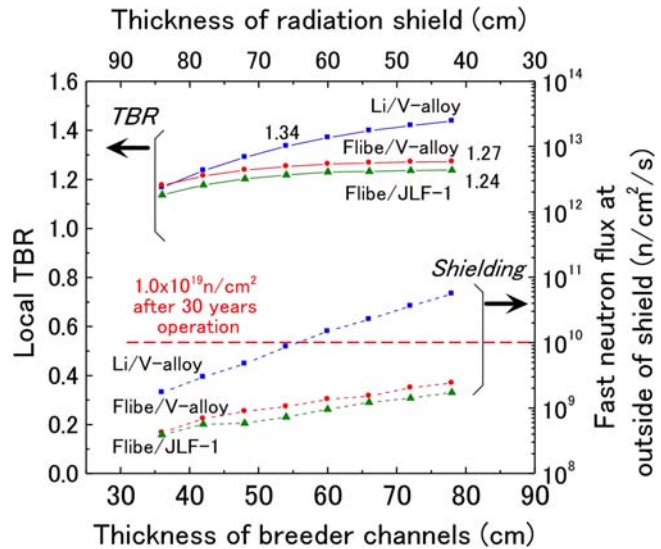


図 14 各種ブランケットにおける、ブランケット領域厚さとトリチウム増殖比、マグネット領域の中性子フラックスの関係 (ブランケット+遮蔽領域厚さを 120 cm に固定)

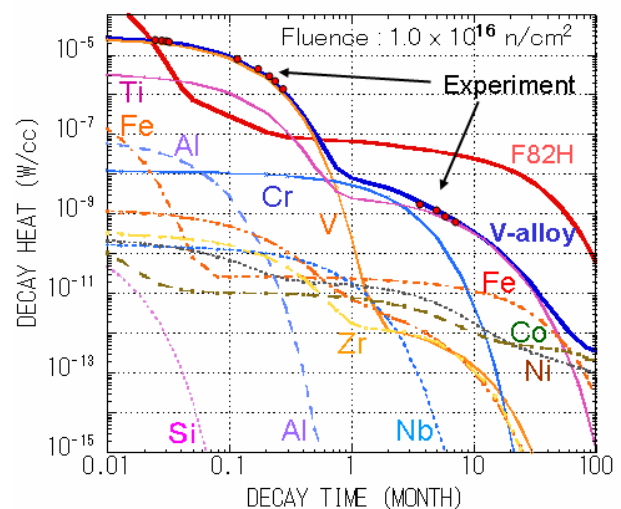


図 15 NIFS-HEAT-2 の 14MeV 中性子照射による崩壊熱減衰の実験と核計算の比較

### 3.4. 強力中性子源要素技術開発研究

平成 12 年度から発足した、大学の共同研究による強力中性子源要素技術開発研究のテーマと主な担当者は以下のとおりである。

- 課題 1. 液体リチウムターゲット用自由表面流実験 (阪大 堀池 寛)
- 課題 2. 液体リチウムの不純物制御 (東大 田中 知, 九大 深田 智)
- 課題 3. テストセルガス冷却温度制御 (九大 清水昭比古)
- 課題 4. 微小試験片技術開発 (京大 木村晃彦, 東北大 栗下裕明)
- 課題 5. 中性子生成と放射化 (東北大 馬場 護)

平成 13 年から例年 6 月に前年度の報告会が開かれ報告書が印刷された。平成 16 年 12 月、最終報告会が開かれ、成果は最終報告書としてまとめられている。平成 17 年度からは、課題 1, 2, 3 の発展的研究が LHD 計画共同研究に採択され、3 年計画で進められている。

これまでの各課題の成果をまとめると以下ようになる。

#### 課題 1. 液体リチウムターゲット用自由表面流実験

大阪大学に既設のリチウム循環実験装置に高速自由表面流れ試験部を製作設置し流動実験を行い、ノズル設計の妥当性を実験的に確認するとともに、実機定格の 15m/s の安定な高速流を確認した。さらに、流れの安定性について、液体金属に適用可能な計測法を開発し、流体理論との比較検討を行っている。核融合研では、ループ配管表面の腐食分析を行った。本研究は大学の資産を有効に利用した好例であり、また原研の水実験の成果を有効に利用するなど大学-原研の緊密な協力の例でもある。また、ヨーロッパから本装置を用いた計測実験のため研究者が訪れるなど、国際的な関心も高まった。現在世界で唯一、ターゲット定格条件での自由表面流を生成できる装置として、今後の IFMIF-EVEDA 活動に向けて研究の発展が大いに期待されている。

#### 課題 2. 液体リチウムの不純物制御

本研究では、当初 3 年間は、東大において窒素不純物低減のためのホットトラップ材料の最適化に取り組んだ。トラップ材として窒素と親和性の高いチタンと窒素の拡散が容易な鉄やバナジウムを合金化して用いることにより、窒素濃度を数 10 ppm まで低減できることが分った。その後、イットリウムを用いたトリチウム回収の可能性を明らかにする研究に重点を移し、東大と九大で研究を進めた。バナジウム-チタン合金により、リチウム中に浸漬したイットリウムにおける窒化物の形成が大幅に抑制できることが分り、ホットトラップがトリチウム回収系の健全性維持のために有効であることが実証された。また、液体リチウム中に固体イットリウムを浸漬させることにより水素の吸収量が大幅に上昇すること、400°C 以上では吸収が速やかに進行することが分った。これらによりイットリウムによるトリチウムGetter法の可能性が示されるとともにその基本特性が明らかになりつつある。

#### 課題 3. テストセルガス冷却温度制御

本研究では、九大を中心にテストセル環境での熱構造シミュレーションと伝熱実験が行われ、独自の工学設計案がまとめられた。この設計案は、今まで EU で設計されていたものとは大きく異なる構造であり、温度制御および評価の容易さ、試料毎の変動の少なさ、構造信頼性の高さ、試料交換やメンテナンスの簡素さ



など多くの利点を有する。さらに、伝熱実験によりその有効性が実証されているのも大きな特徴である。日本側からの詳細な検討と具体的な提案は、IFMIF のテストセルの設計活動に大きなインパクトを与えた。その後、EU 案と実験的な比較検討を行うなど、EVEDA 活動に向けて更なる発展が図られている。

#### 課題 4. 微小試験片技術開発

本研究では、第一候補財である低放射化フェライト鋼について、Compact Tension (CT) 試験法と 3 点曲げ試験法についてそれぞれ京大と東北大で評価法の高度化に関する研究を行った。CT 試験法に関しては、相似形および厚みの異なった試験片による形状と破壊靱性値の関係、および内部応力解析に基づく機構の検討が行われ、具体的な試験片形状への提言としてまとめられた。3 点曲げ試験法に関しては、疲労予亀裂とサイドグループを適切に入れることにより、微小試験片を用いて高い信頼性の破壊靱性評価が行えることが明らかになった。本研究は、強力中性子源を利用した照射試験計画の立案と深くかかわるものであり、IEA 協定下の IFMIF ユーザー会議における議論に反映されている。

#### 課題 5. 中性子生成と放射化

強力中性子源は、重水素ビームがリチウムと反応することによって生ずる中性子を利用する。発生中性子エネルギー（分布）の重水素ビームエネルギー依存性、角度依存性は、中性子源の特性を示すための基本データであるが、従来の実験データには大きな食い違いが認められていた。本研究では東北大学サイクロトロンを用いて、中性子スペクトルの重水素ビームエネルギー、角度依存性を系統的に調べるもので、スペクトル測定に工夫を凝らし広いエネルギー範囲と角度範囲について信頼できるデータベースを得ることができた。また、その後、ターゲットで発生する放射性核種と生成断面積のデータを得るとともに、計算コードの問題点を明らかにした。

本共同研究では、大学の設備や研究経験を生かすテーマに取り組み、それぞれ特色ある成果を上げることができた。これらは、IFMIF の設計、建設、運転、利用に向けて具体的に寄与するとともに、核融合炉工学（液体壁、リチウムブランケット、トリチウム、ガス冷却伝熱、材料試験技術、中性子工学等）の牽引の役も果たしてきた。また、炉工学研究センターの調整の下、大学の連合チームが協力して、ミッションの明確な研究を限られた期間で遂行したのは、大学において炉工学プロジェクトを推進する上で貴重な経験になった。

### 3.5. 超伝導マグネットシステム分野の研究成果

#### (1) 超伝導マグネット材料の核融合中性子照射効果

ITER の設計によって、NBI ポートからの核融合中性子の漏洩が明確になり、ポート周辺の超伝導マグネットが漏洩中性子を受けることが明らかになった。また、ブランケットの設計活動によって、中性子遮蔽効果は必ずしも完全になるとは言えず、一定量の中性子が透過することが示されてきている。ITER 後の原型プラントや発電実証プラントを想定した場合、核融合中性子照射による超伝導マグネット材料の特性変化を把握しておくことが重要である。中性子漏洩後の反射などによって、各位置に到達する中性子のエネルギー分布は異なる。従って、最も典型的な例として、14MeV の中性子照射効果を検討することとし、4.5K に試料を保持した状態で中性子照射が可能で、「極低温核融合中性子照射設備」を設計、製作し、日本原子力研究開発機構の核融合中性子工学施設 (Fusion Neutronics Source, FNS) に設置した。

照射試験設備の設置状況を図 16 に示す。回転ターゲット内面にはトリチウムを吸収させた Ti 粉末があり、そのターゲットに向かって約 400keV に加速した重水素を連続的にあて、D-T 中性子を発生させる。試料は真空断熱された Cold stage 上にセットされ、照射期間中試料は GM 冷凍機によって 4.5K に保持されている。Cold stage には、純銅線、Nb<sub>3</sub>Sn、Nb<sub>3</sub>Al 超伝導線が取り付けられている。超伝導線材の臨界温度 (T<sub>c</sub>) の計測は、試料温度を 20K まで徐々に増加させながら行う。4 端子法による電気抵抗を測定し 0.1K の精度で計測できる。純銅線の電気抵抗の変化もこの 4 端子法で行う。温度制御のための温度計測素子には Cernox を用いている。Cernox 自体どの程度 14MeV 中性子に耐えるか不明であり、中性子発生点からの距離を変えた 2 個の Cernox を同時計測しながら、計測素子の動作を確認し、温度制御を行っている。この実験そのものが Cernox の動作確認試験になっている。

回転ターゲット近くの常温空間には、ポリスチレン粉末、ガラス繊維強化プラスチック、InSb (インジウム・アンチモン) ホール素子、常温空間照射用の超伝導線材 (NbTi, Nb<sub>3</sub>Sn, Nb<sub>3</sub>Al, MgB<sub>2</sub>) を配置し、それぞれの照射効果を検討している。

照射試験は、平成 16 年 8 月から 9 月、平成 17 年 3 月、平成 17 年 6 月から 7 月の 3 回行い、中性子発生総量は  $1.28 \times 10^8$  個である。

純銅の中性子照射による抵抗値の変化を図 17 に示す。純銅は大型超伝導導体の安定化材として大量に使用されており、今後もその使用は変わらないものと思われる。

図の横軸は dpa であり、fluence からの換算には次の係数を用いた。核融合中性子の場合 ;  $3.67 \times 10^{-6}$

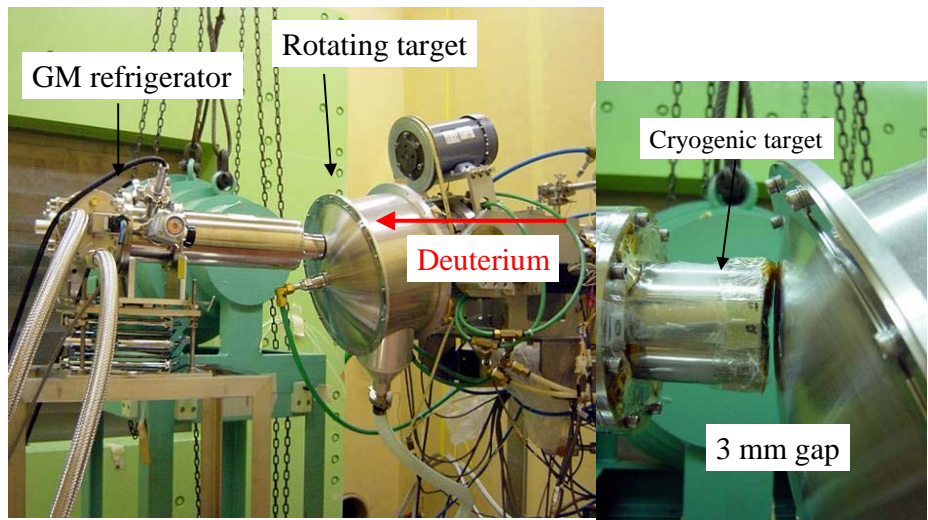


図 16 日本原子力研究開発機構の FNS に設置した極低温核融合中性子照射設備。(GM 冷凍機を水平に設置。)

dpa/1.00 x 10<sup>19</sup> n/m<sup>2</sup> , 原子炉照射の場合 ; 3.06 x 10<sup>-7</sup> dpa/1.00 x 10<sup>19</sup> n/m<sup>2</sup>。これらの数値は室賀らの研究 (T. Muroga, et. al., Journal of Nuclear Materials 191-194, pp.1150-1154 (1992)) から引用している。また, Coltman & KlabundeのデータはH. Weber, Advances in Cryogenic Engineering 32, (1986) pp.853-872 から引用した。

両者の間には傾きがほぼ 1 の関係があり, はじき出しによるクラスター形成が抵抗値の増加を引き起していることがわかる。また, Zinkle らの結果よりも抵抗値の増加量が多くなっているが, これは極低温下での計測を行ったことによるものであり, 極低温から常温に戻すことにより, 6-7 割程度抵抗値は回復する。照射量が増えると, 抵抗値の増加は dpa に対して 1/2 乗の関係となり, 増加量が低下することが知られているが, 超伝導コイルの安定化材の抵抗値が漏洩中性子量の増加とともに増加し, やがて設計値を越えることになるという認識が必要である。

超伝導線材のTc計測の結果を図 18 に示す。試料は急速加熱急冷法 (RHQ) で作成したNb<sub>3</sub>Al線材である。一つの試料はRHQのままのもの, 他の試料はRHQ後 800℃で 10 時間焼きなましたものである。RHQのままの試料の初期のTcは 13.8Kと低く, 焼きなましを行ったものは 18.3Kと高くなっている。Nb<sub>3</sub>AlはA15 型結晶構造を有しており, この結晶構造の規則性が長範囲にわたるとTcが高くなる。すなわち, RHQのままのものは長範囲規則性が悪く, 焼きなましたものは長範囲規則性が改善されている。中性子の照射によってはじき出し効果が起こり, A15 型結晶構造は損傷を受けるが, 長範囲規則性の悪い場合には, 規則性がさらに悪化し少ない照射量でTcの低下が引き起こされてしまうものと考えられる。

このようなデータは世界で始めて得られたものであり, 将来の核融合炉用大型超伝導マグネットシステムを構築するに当たり, 今後更なる検証と現象の把握, 蓄積が必要である。

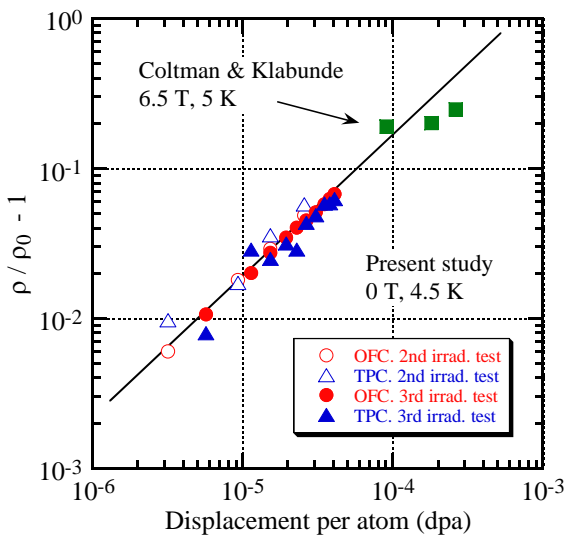


図 17 中性子照射による純銅の抵抗変化。

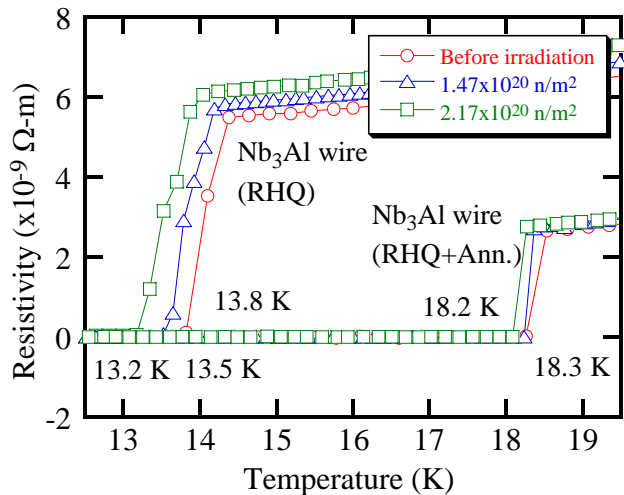


図 18 RHQにより作成したNb<sub>3</sub>Al線材とRHQ後に焼きなましたNb<sub>3</sub>Al線材の中性子照射による臨界温度の変化。

## (2)低放射化超伝導線材の開発研究

核融合を目指した大型超伝導マグネットでは、NbTi線材が最も一般的に持ちられ、13Tに至る高磁場応用ではNb<sub>3</sub>Sn線材が用いられている。超伝導線材の開発の大きな目標の一つは高磁場応用であり、これまで種々の材料開発が行われてきた。図19はWisconsin大学のPeter Lee博士の作られた臨界電流密度と磁場との関係を示したものである。16Tを越えるような次世代の核融合装置では、Nb<sub>3</sub>Al線材や高温超伝導線材の適用が期待されている。一方、ITER以降の原型プラントや発電実証プラントでは、燃焼プラズマが長期間に渡って維持され、非常に大量の中性子が発生することになる。このようなプラントにおいても中性子の漏洩や透過が想定され、それらの中性子による超伝導マグネットの放射化が、メンテナンスにおいてもシャットダウン後の材料のリサイクルという観点からも重要な課題となる。

現在研究開発が進められている超伝導線材の残留放射能の計算結果を図20に示す。この結果は物質材料研究機構の野田哲治氏の1次元の計算結果である。Nb系の超伝導線材では非常に長い半減期を有する同位体が形成されるため、放射能レベルが低下するまでに非常に長い時間が必要であることがわかる。即ち、リサイクルなどの観点からはNbやNiの使用は得策ではない。従って、半減期の長い元素をその構成要素として含まない高磁場応用の可能な低放射化超伝導線材の開発が必要である。

炉工学研究センター内に超伝導材料研究部門が設置されて以来、「低放射化超伝導材料」の開発の必要性を提唱し、その基礎研究を推進して来た。

核融合炉用大型超伝導マグネットの導体は数十kA以上の電流を流す大型導体であり、クエンチ時の安定化材として純銅が用いられる。ITER以降のプラントにおいても安定化材には純銅が用いられるものと考えられるため、残留放射能の減衰特性が銅より早い元素によって構成される低放射化超伝導線材の開発を目標とした。そこで先ず、低放射化材料で

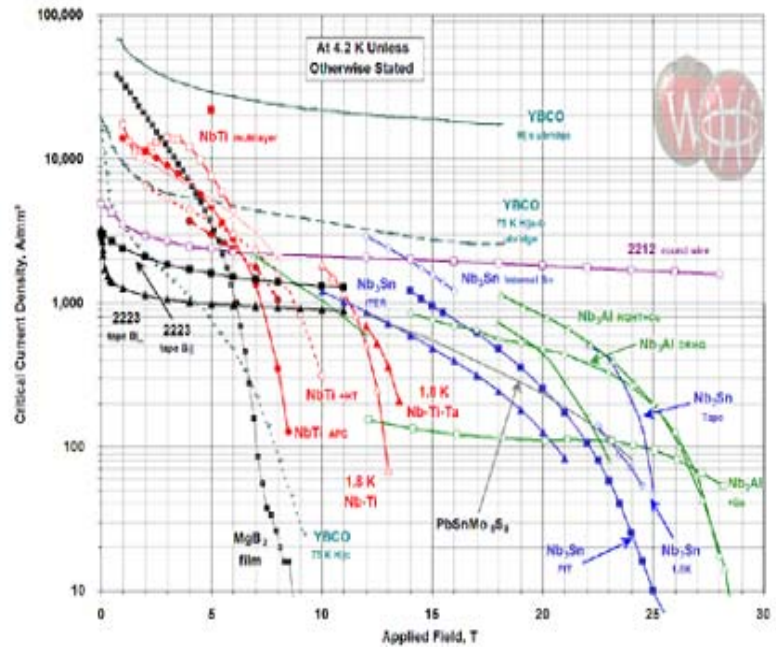


図19 種々の超伝導材料の臨界電流密度と磁場の関係。

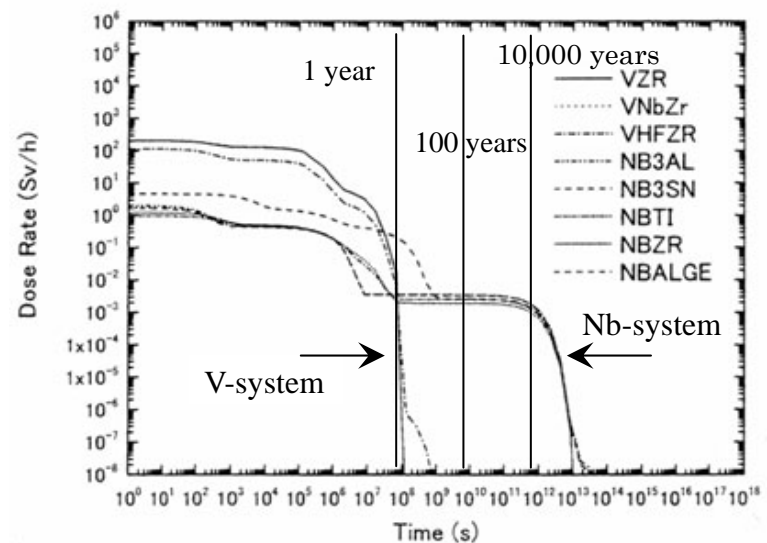


図20 10MWa/m<sup>2</sup>の中性子照射後の放射能減衰特性。

あるV系超伝導材料に注目し、V-Hf-Zr系の超伝導線材の試作を試みた。また、平成17年度からはV系超伝導体と同様に低放射化特性を有するMgB<sub>2</sub>超伝導体についても研究を開始した。これらの研究は「低放射化」をKey wordとした、核融合応用を明確に打ち出した研究であり、国内外の研究者から多くの議論をしていただいている。V-Ti合金およびV-Ti-Ta合金などの超伝導線材の開発研究も始めており、物質材料研究機構、徳島大学などとの共同研究が有効に機能している。

V<sub>2</sub>(Hf,Zr)系超伝導線材は耐中性子特性が良好な特性の他に、高磁場特性や歪特性においてもNb系超伝導線材よりも良好な特性を示すことが知られており、高磁場の発生を要求され且つ複雑形状を要求される超伝導コイル用の低放射化超伝導線材として期待できる。すでに直径0.754 mm、長さ30 m以上の多芯長尺線材化に成功し、線材複合加工性を実証している。さらに、V金属とHf-Zr粉末の相互固液拡散によるC15ラーベス相の生成にも成功した。試作した超伝導線材は図21に示すように、10T以上の高磁場下でも良好な超伝導特性を有している。このように、V系超伝導線材は、Nb系超伝導線材と同等あるいはそれ以上の特性を有する「低放射化超伝導線材」の可能性を有していることが期待される。

MgB<sub>2</sub>超伝導体はV系超伝導体と同様に低放射化材料に相当する。MgB<sub>2</sub>超伝導線材を核融合応用に適用する場合、臨界電流密度(J<sub>c</sub>)特性の大幅な向上が要求される。6T以上の中磁界下での応用

を目標に、Mg<sub>2</sub>Cu化合物からMgCu<sub>2</sub>化合物の相変化する化学的冶金的特性に注目し、MgB<sub>2</sub>超伝導相とMgCu<sub>2</sub>化合物を同時に生成させることでMgCu<sub>2</sub>化合物を有効な磁束ピンニングセンターとして導入する新しい生成プロセスを開発した。その結果、Mg<sub>2</sub>Cu化合物添加量の増加に従い、臨界温度(T<sub>c</sub>)特性が向上し、無添加に比べ最適熱処理温度を低下させる効果が見出された。また、1 at%から3 at%Cuの添加によって微量のナノサイズのMgCu<sub>2</sub>化合物が生成し、高磁界下でピンニングセンターとして寄与していることを見出し、1.3 at%Cuの添加において8Tの高磁界下でも約100 A/mm<sup>2</sup>という良好なJ<sub>c</sub>特性が得られた(図22)。現在、物質・材料研究機構と昭和電線電纜株式会社の3機関の共同研究による100m級の長尺化及びコイル特性研究を開始している。

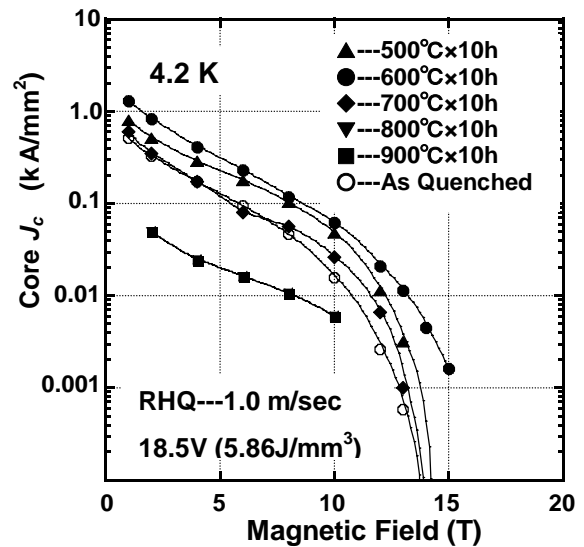


図21 (Hf,Zr)/V/Ta 複合多芯線の J<sub>c</sub>-B 曲線

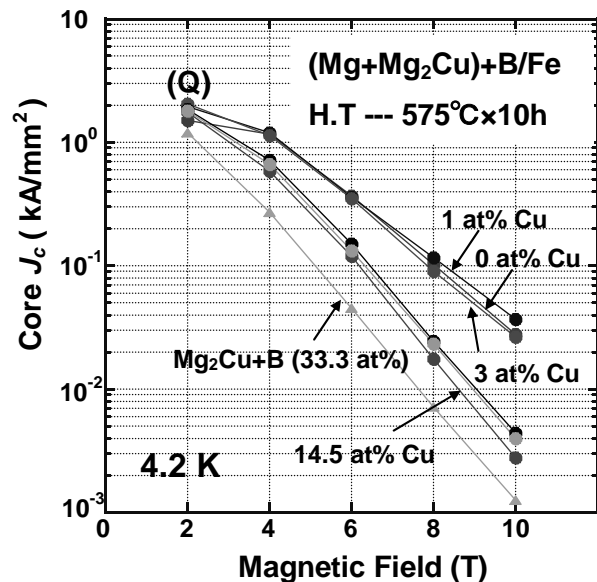


図22 新プロセスで試作した線材のCu添加量別の J<sub>c</sub>-B 特性。

### (3)高磁場中大型超伝導導体安定性評価試験法の開発研究

ITER 以降の原型プラントや発電実証プラントでは、16T 以上の高磁場マグネットが必要とされている。高い磁場を創出するためにはコイルに流す全電流を大きくしなくてはならない。小型導体を用い巻き数を増やすと、コイルのインダクタンスが増加し、電流値を変化させる際の電圧が大きくなる。また、緊急遮断時に極めて大きな電圧が発生する。このような状況に対して、電源の数を増やし、電流経路を増やすことによって対応することは可能であるが、システムとしては煩雑となり、信頼性、安全性の確保により一層の配慮が必要となる。従って、数十 kA を越える大電流を流すことの出来る大型超伝導導体が採用される。高磁場マグネットは電磁力が磁場の二乗に比例して増加し、その電磁力を支えるために構造材料の断面積を確保する必要がある。そのため、マグネットの全断面積に占める超伝導線の割合は少なくなり、高電流密度の線材が要望されることになる。一方、大型超伝導導体の素線には電磁力による横方向のひずみ加わり、このひずみによって超伝導特性が低下する。次世代の核融合装置のための大型超伝導導体を設計、製作するためには、高磁場における導体の安定性を簡便に評価する手法を確立することが急務である。高磁場中での機械的擾乱をも含めて評価することができればなおさら素晴らしい評価手法となる。

そこで炉工学研究センターでは、平成 17 年 4 月から、高磁場中大型超伝導導体安定性評価試験法の開発研究を開始した。図 23 にその原理図を示す。

電磁誘導によって閉ループ内に誘導電流を流し、その電流によって超伝導導体の安定性を評価しようとするものである。閉ループ内の磁束密度を  $\Phi$ 、接続抵抗を  $R_J$ 、超伝導導体の抵抗を  $R_{SC}$  とすること、誘導起電力は図中の式のように示される。なお、ここで  $R_{SC}$  は電流、磁場、温度、ひずみの関数であると考えている。磁束の変化速度を変えることにより、臨界電流やクエンチ電流の磁場依存性を評価することができる。また、なだれ状クエンチと横ひずみによる劣化を同時に評価することができるものと期待されている。

この評価方法の特徴は以下のようなものである。

- (1) 電流リードや電源なしで、大電流通電が可能。
- (2) サンプルが焼損する可能性はない。
- (3) 巻回しているため有効磁場長が長い。
- (4) 通電しながら横圧縮力を容易に印加することが可能。
- (5) 同時にジョイントの性能評価が可能。

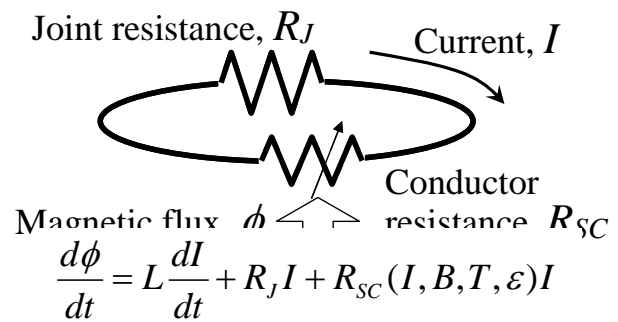


図 23 新しい高磁場中導体安定性試験法の原理図。

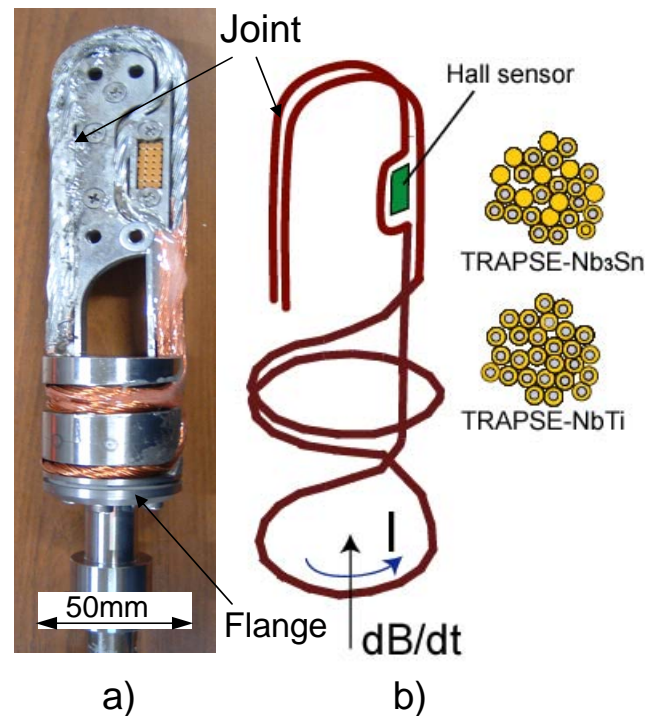


図 24 安定性試験治具と導体の試験準備状況。

試験治具に導体を取り付けた状況を図 24 に示す。a は外観であり、直径 52mm の超伝導マグネットのボアに入る構造になっている。b は導体部分のみを描いたもので、一番下部のループが圧縮荷重を加える部分、中段の 2 ターンのループは誘導電流を発生する部分、上部の低磁場の領域に接続部を配置している。誘導電流はホール素子で検出し、接続部両端に電圧計測端子がある。

この治具全体をソレノイドコイルに入れ、上下方向の磁場を一定速度で変化させる。誘導で電流を発生させるため、電源などは不要である。

実験結果を図 25、図 26 に示す。図 25 は NbTi 導体の結果で、誘導電流の増加が大きい場合には、なだれ状クエンチが顕著であり、その増加速度が小さくなるにつれてクエンチは起こらなくなる。クエンチを生じた電流値は、想定される臨界電流より小さく、わずかの機械的擾乱や電流の不均一性がクエンチの発端となり、それが急激に広がって、導体全体としてのクエンチにつながっていることが分かる。また、約 7T 以上の高磁場領域では、臨界電流が計測されており、高磁場での安定性とともに導体の臨界電流の磁場依存性も同時に計測できていることが分かる。Nb<sub>3</sub>Sn 導体の結果を図 26 に示す。Nb<sub>3</sub>Sn の場合にはなだれ状のクエンチは認められず、比較的安定した通電が維持されておる。

これらの高磁場中での導体の安定性には、素線の臨界温度や導体の偏流状態、機械的擾乱の容易さなどが影響している。

今後は、機械的擾乱を人為的に与えることにより、この評価手法の妥当性をさらに詳細に検討する予定である。

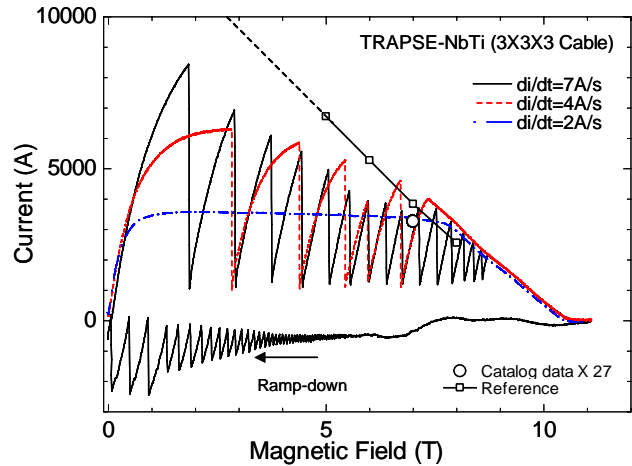


図 25 NbTi 導体の電流値と磁場の関係。磁場の変化

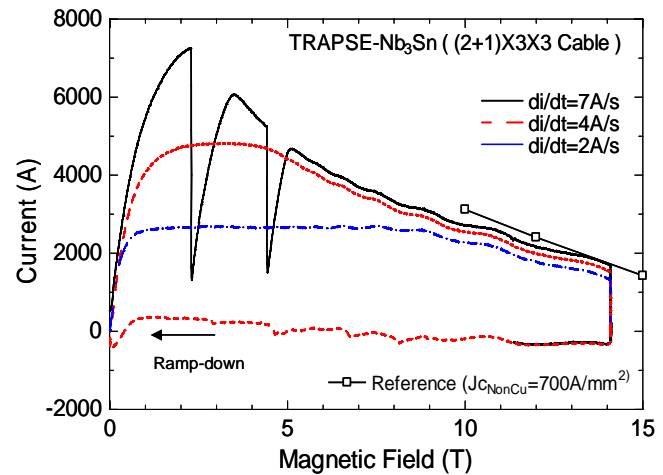


図 26 Nb<sub>3</sub>Sn 導体の電流値と磁場の関係。

### 3.6. 研究成果のまとめ

- ・ バナジウム合金の試作開発に関して、従来大学ではあまり関与しなかった実規模材料の製造過程に、組織制御、不純物移行挙動など基礎的な理解とその深化を図りつつ取り組み、高純度化による特性向上を達成した。そのことは学術的なアプローチと開発を成功裏に結びつけるよい例を示したもので言うことができよう。また、高品質、均質特性の共通材料を大学に提供することにより、この分野の研究開発のアクティビティーを大きく上げることができた。
- ・ バナジウム合金については、これらの研究により、大量製造、部材製作など工業材料としての発展の見通しが明らかになり、照射効果、耐食性、不純物侵入効果など、ブランケット特有の環境における挙動評価と高度化を集中して進める段階に至った。
- ・ 液体リチウムブランケットの重要課題である MHD 被覆開発については、これまでの研究により、酸化エルビウムを筆頭に有望な候補材が示され、また、照射誘起伝導や静的環境での Li 中の耐食性など、いくつかの課題について克服の見通しが付いたことにより、今後、流動環境試験など重点的に高度化研究を進める基盤ができた。
- ・ 酸化エルビウム被覆開発を通じて、高結晶化により、被覆強度、電気絶縁性、耐食性だけでなく、水素透過抑制機能も高まることが分かり、学術的なアプローチによるセラミックス薄膜被覆の高度化を進めることができた。
- ・ 計算と実験によるブランケットの核特性評価は、各先進ブランケットの特性と高度化に向けた開発課題を明らかにすることにより、ブランケット研究の課題の整理と重点化に寄与した。
- ・ 強力中性子源のターゲット、テストセルの技術開発を大学に有する研究設備と経験を有効利用することにより進め、強力中性子源の技術的見通しを高めるのに貢献するとともに、大学の関連ブランケット工学（液体金属熱流動・不純物制御、高温ガス温度制御、微小試験片技術、中性子工学）の発展に寄与した。
- ・ A15 型結晶構造を有する、臨界温度 ( $T_c$ ) の低い Nb<sub>3</sub>Al 超伝導線材に核融合中性子を照射し、照射によって  $T_c$  が低下することを明らかにした。この結果から、長範囲の規則性が確保される場合には  $T_c$  の低下は容易に起こらないが、長範囲規則性が上手く形成されない場合 ( $T_c$  が低い場合) には、比較的少ない照射量で  $T_c$  の低下が起こることが明らかになった。
- ・ 試料を 4.5K に保持した状態で純銅に核融合中性子を照射すると、常温での照射に比べその抵抗値の増加量は大きくなる。抵抗値変化のパラメーターとして dpa を用いると、原子炉照射の結果も核融合中性子照射の結果も同じ関係上にプロットされる。
- ・ V<sub>2</sub>(Hf,Zr)ラーベス相線材において、最新技術である急速加熱、急冷法 (RHQ) を適用することによって、短時間の熱処理で良質のV<sub>2</sub>(Hf,Zr)ラーベス相の生成に成功し、新規製作プロセスを見出した。そして、30 m級の長尺多芯線材の試作に成功し、加工性を実証した。
- ・ MgB<sub>2</sub>線材において、Mg<sub>2</sub>Cu化合物を添加源とする新しいプロセスの開発に成功し、Cu添加によるMgB<sub>2</sub>超伝導相の低温生成促進効果を見出した。また、ナノサイズのピニングセンターの導入に成功し、高磁界特性に優れた世界レベルの臨界電流特性を有する線材を製作した。
- ・ ケーブル・イン・コンジット (CIC) 導体中に偏流が発生すると、自発的なクエンチが発生し、安定性が劣化することを実規模導体試験によって世界に先駆けて明らかにした。また、高磁場下での超伝導導体の通電限界を簡便に評価する手法を提案し、実証しつつある。



- ・ これらの研究を通じて、大学、国立研究所、日本原子力研究開発機構との連携を強め、相互理解、相互交流が深まりつつある。明確な **Motivation** をもって研究課題を設定するとともに、はっきりしたイメージを共有しつつ共同研究を進展させることが必要である。

#### 4. 共同研究と人材育成, COE としての活動の要約

##### (1) 共同研究の推進

8 ページの最後の段落で述べたように、センターが中心となって開発した高純度バナジウム合金 NIFS-HEAT と加工材料を用いることにより、低放射化材料開発分野における研究の目標、課題を明確にし、国内外における共同研究の活性化を図ることができた。高温強度特性、酸化・腐食特性、不純物移行特性、物理特性、イオン・中性子等の照射特性、誘導放射能、水素脆化、水素（同位体）透過、水素・ヘリウムのリテンション、プラズマとの相互作用、などのテーマについて、国内9大学（北大、室蘭工大、東北大、東大、名大、富山大、福井大、広島大、九大）14 グループのほか、原子力機構、物材機構、海外では、アメリカ（ORNL, ANL, PNNL, UCSB）、中国（SWIP）、ロシア（Bochvar Inst.）、ドイツ（IPP）、スペイン（Pais Vasco 大）と行われた。これらの活動は、NIFS 共同研究、各大学・機関にある共同研究制度、日米協力 JUPITER 計画、JUPITER-II 計画、LIME 計画、日中拠点プログラム、IEA 協力などの制度を利用して進められた。3.4. で述べたように、強力中性子源要素技術開発共同研究においても主導的な役割を果たした。また、超伝導分野においても、原型炉以降を意識した研究開発課題に関する問題提起を行い、低放射化超伝導材料開発、中性子照射効果評価などの共同研究推進の役割を果たしつつある。

##### (2) 共同研究, 総研大教育による人材育成

- ・ 人材（若手、総研大生）の育成と確保、教育広い視野、深い専門性を身につけさせるための教育という観点に立ち、以下のような枠組みを利用しつつ人材育成活動を進めてきた。

国内共同研究（NIFS 共同研究、他研究機関共同研究）

国際共同研究（JUPITER、日中拠点大学事業、日韓拠点大学事業、研究所間協定）

受託研究（民間との共同研究、他機関からの受託研究）

総研大教育。特別共同利用研究員。学位審査への参加（所内外）。

- ・ 共通試料を用いた共同研究を実施することにより、材料の諸特性を横断的に評価し相互関連の視点からその機構を追求するという研究が発展し、そのような経験を持つ人材の育成に寄与した。
- ・ 超伝導システムの照射効果、低放射化超伝導材開発に取り組むことにより、長期的な核融合炉超伝導システムの高度化の課題に取り組める人材の育成を行った。
- ・ 共同研究への参画、共同研究者との交流により、総研大学生の経験、視野を広げる効果があった。

##### (3) COE としての役割と活動

- ・ 研究成果の項（第3節）で述べたように、高純度バナジウム合金と共通試料作成、標準サイズ試験等による低放射化材料開発、絶縁被覆法開発、ヘリカル炉ブランケットの核計算など、液体ブランケット要素技術開発、材料照射装置要素技術開発共同研究推進など、材料、ブランケット分野において炉工学研究の目標、課題の明確化、研究活動の活性化を図る努力を先頭に立って行い成果を上げている。
- ・ これらの分野、課題において国内及び国際共同研究の制度を活用し、企画、推進を含め研究活動を支援、牽引する役割を果たしている。
- ・ 原型炉以降の核融合を目標とし、超伝導マグネットシステムの開発を押し進めるため、核融合炉特有の

超伝導マグネットの運転環境，メンテナンス環境などを想定し，そのような環境下での超伝導特性の把握，評価方法の開発，提案，新しい材料の開発などに取り組み，それらの研究の方向性を示しつつそれぞれの研究分野において指導的な役割を果たしつつある。

## 5. 今後の進め方と平成18年度計画・目標

今後の炉工学センターの方針を考えるにあたり，核融合と炉工学研究をめぐる状況の進展と情勢について討論し，認識を改めて整理した。その議論は炉工学研究センター内部だけでなく，「所内炉工学・炉設計研究連絡会議」で行い，今後のセンターの活動を所内関係者の共通の認識のもとに実施する基盤を作った。連絡会議の報告（添付資料-7）は別添するが，その中から現状認識として「研究を進めるにあたり考慮すべきこと」としてまとめられた部分を以下に抜粋する。

- ① 低放射化材料開発について，フェライト鋼・酸化物分散強化鋼，バナジウム合金，炭化珪素繊維複合材の3種類の候補材料に絞り込まれ，それぞれの開発段階に適した課題，目標設定のもとに研究が進行している。フェライト系材料の中性子照射効果の系統的な研究が進み，数 10 dpa までの原子炉照射試験が実施されている。照射後解析，評価についても進行中である。実用化に関し，核融合炉相当の中性子環境における照射試験，ヘリウム効果などの評価が次段階の主要課題として重視されている。
- ② 核融合科学研究所は学術研究に軸足を置き，LHD 計画を重点とする研究計画，プログラムの展開，双方向型共同研究などによりいっそうの共同研究推進を図る方針である。この点は法人化に伴い中期目標・中期計画として設定されており，炉工学・炉設計分野においてもその計画に沿った結果が求められる。
- ③ LHD 重水素実験準備室が設置され，計画具体化の検討が開始されている。トリチウム安全取り扱い及び放射線安全を中心に，炉工学分野のいっそうの協力が求められている。一方，長期的な炉工学推進の観点からどのように重水素実験に関わるかの検討も重要である。
- ④ 炉設計研究活動の成果，大学及び核融合研における炉設計，低放射化材料研究の成果を基盤に，JUPITER-II 計画が策定され，現在 6 年計画の 5 年目である。来年度には日米協力次期プロジェクトの平成 19 年度以降の新規計画案が策定される。
- ⑤ ブランケットはエネルギー変換（発電），燃料増殖を受け持つシステムとして高温・定常炉心プラズマ生成・保持システムと並び，核融合炉の重要な二大構成要素のひとつである。核融合炉全体から見れば一構成要素ではあるが，エネルギー変換，燃料増殖，中性子遮蔽の要求を同時に満たし，低放射化構造材料，水素同位体，物質及び熱移動の制御，遠隔保守，安全等の技術を統合した総合システムとしての成立が要求される。炉心プラズマ生成，保持に見通しが開けつつある現在，炉成立の鍵となる開発課題として，核融合開発上の重要な位置を占めるに至っている。
- ⑥ ITER について「幅広いアプローチ」，「トカマク重点化装置」を含め，広範囲の協力が核融合研，大学に求められている。炉工学関連ではテストブランケットモジュール（TBM）計画への寄与が議論されている。当面最も実用上のデータ基盤が整っているフェライト鋼を構造材とし，固体増殖材，水冷却を軸としたブランケット設計が ITER-TBM 計画主案として取り上げられ，原子力機構を中心に進められつつある。大学では液体増殖材，炭化珪素繊維構造材などの利用を想定した先進ブランケット方式を目標とするブランケット研究に主力が置かれている。

- ⑦ 材料照射試験用強力中性子源については **KEP** 終了後 **EVEDA** への移行期が継続している。**EVEDA** 計画は「幅広いアプローチ」の一課題として実施が検討されている。
- ⑧ 民間との連携協力を引き続き重視し、炉工学研究成果の応用拡大が求められる。とくに核融合が長期の開発研究の性格を持つこと、工学の各分野における最先端の技術研究の一翼を担っていることを考慮すると、この方面での意識的努力をいっそう強めることが重要となっている。
- ⑨ 核融合が長期の研究開発課題であることから、研究活動継続・拡充の担い手である若手人材育成はますます重要な意義を持っている。

以上の認識に基づき、炉工学研究センターは、材料及び要素技術開発のみならず、炉工学研究集約のひとつの具体化としての液体ブランケット統合システムを目標とする複合要素、システム技術開発に重点をおいて研究計画を充実させる。また、炉システム・応用技術研究系との連携、役割分担を図りつつ超伝導マグネット材料の中性子照射効果、低放射化超伝導線材開発、強磁場中での **CIC** 導体の安定性評価などに関する共同研究を大学などの研究機関と連携して推進する。

さらに以下の方針を掲げ、共同研究と人材育成の活動において引き続き前進を図る。

- ・ ヘリカル炉設計活動における炉システム・応用技術研究系との連携協力をいっそう進め、ブランケット及び超伝導コイルシステム概念の構築に貢献する。
- ・ **ITER** テストブランケット計画、材料照射装置開発計画、**ITER** 用超伝導マグネットシステム設計などに関する全国的活動との連携を進め、大学その他の研究機関を含めた協力活動の充実貢献する。
- ・ 炉工学分野における国内外の共同研究のあり方について検討をいっそう進め、双方向型共同研究の可能性を含め共同研究の新しい展開を目指す。
- ・ 炉工学研究の学術としての深化、体系化を進める所内外の議論を活発にし、学術をより積極的に意識した研究活動の発展に寄与する。
- ・ 総合研究大学院大学による教育活動を引き続き積極的に進めるとともに、連携大学院など炉工学分野における新しい制度導入を含めた教育活動拡充の可能性を追求する

平成18年度には主に以下の活動で具体的な前進を図る。

- ・ 液体ブランケット研究用流動ループ建設、**Flibe** 取り扱い設備の新設を含め、**Flibe, Li** の流動条件下における材料腐食研究に着手する。また、絶縁被膜、水素同位体透過抑制被膜、耐腐食性被膜 など、これまで進めてきた要素技術研究を国内外共同研究として推進する。
- ・ ブランケット統合システムの構築に向け、大学における研究の集約と共同研究促進を図りつつ中期的な計画の立案と具体化を進める。
- ・ ヘリカル炉設計活動と連携し、核データ、コードの整備を図りつつ、トリチウム増殖、放射線遮蔽に関わるブランケットの多次元計算を行う。
- ・ 低放射化構造材料開発についてこれまでの成果を踏まえ、主にバナジウム合金を対象とするクリープ特性、高温疲労強度特性等のデータベース拡充に努めるとともに、いっそうの特性改善を目指す大学の研究活動支援、共同研究推進を図る。

- ・ 原型炉以降を展望した超伝導マグネットシステムの概念構築を目指す研究活動を継続発展させ、大学等との国内共同研究のいっそうの連携強化を図る。
- ・ 超伝導マグネット材料の中性子照射効果の評価に関しては、更なる現象の把握と検証、ならびに核融合炉用超伝導マグネットシステム構築に向けたデータベースの整備を進める。
- ・ 低放射化超伝導線材開発では、超伝導特性の更なる高度化、線材の長尺化を目指し、大学、国立研究機関、民間企業との共同研究を推進し、コイル試験の実現を目指す。
- ・ 高磁場中導体特性評価法開発研究では、人為的な機械的擾乱による導体安定性評価を実施し、新しい試験法の妥当性、有意性を大学との共同研究のもとで実証する。

## 添付資料

1. 炉工学研究センターの構成と役割分担
2. 論文リスト
3. 学会発表リスト
4. 総研大修士生・在学生一覧
5. 共同研究リスト
6. 共同研究による人材養成リスト
7. 所内炉工学・炉設計研究連絡会議報告

## 炉工学研究センターの構成と役割分担（平成17年12月現在）

### 現在のセンターの研究活動・業務と分担

- 1) 低放射化構造材料開発，評価を含め，発電・増殖ブランケットシステムを目標とする研究
- 2) 核融合炉用大型超伝導マグネットシステムの開発，構築を目標とする研究

### 現在のスタッフ（専任8名 内公募中1名，併任3名，客員3名）

野田信明 教授・センター長

室賀健夫 教授 ブランケットシステム，低放射化構造材料開発，照射効果，絶縁，水素透過抑制，耐腐食被膜開発，  
JUPITER-II, IFMIF, ITER-TBM 等国内外共同研究の推進

西村 新 教授 超伝導マグネット材料，試験法開発，中性子照射効果評価  
先進超伝導マグネットシステム開発、ブランケット構造、  
低放射化構造材料評価、  
低温・超伝導，ブランケット構造関係の国内外共同研究推進

長坂琢也 助教授 ブランケットシステム開発，溶融塩ブランケット基礎実験，低放射化材料開発

田中照也 助手 ブランケット核計算，中性子照射効果評価，絶縁皮膜評価

菱沼良光 助手 低放射化超伝導材料開発、先進超伝導マグネットシステム開発、  
ブランケット用被覆開発

妹尾和威 助手 先進高磁場用超伝導導体評価，強磁場下ブランケット特性評価

公募中の助手（平成18年4月着任予定） 液体ブランケット開発，Flibe/Li 流動ループ

（併任）

相良明男 教授 炉設計，ブランケット概念からの課題設定に関する討論

今川信作 教授 炉設計，超伝導・ブランケットシステム研究課題に関する討論

加藤太治 助手 分子動力学による材料の水素照射効果モデリング等，材料モデリング

（客員・平成17年度）

竹内孝夫 教授 物質・材料研究機構 強磁場用超伝導線材開発

鈴木晶大 助教授 東京大学大学院工学研究科 Flibe ブランケット開発，絶縁被覆開発

J. M. Chen 教授 西南物理研究院（中国・成都市） バナジウム合金クリーブ特性研究

（平成18年2月～6月 滞在予定）

## 論文リスト

著者名, 題名, 書名, 巻, 発行年, ページ

- (1) T. Muroga and T. Nagasaka, Reduction of impurity levels of vanadium and its alloys for fusion application, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, Vol. 18, 2000, pp. 225-230.
- (2) A. Kohyama, M. Seki, K. Abe, T. Muroga, H. Matsui, S. Jitsukawa and S. Matsuda, Interactions between fusion materials R&D and other technologies, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 283-287, 2000, pp. 20-27.
- (3) A. Nishimura, T. Nagasaka, N. Inoue, T. Muroga and C. Namba, Low cycle fatigue properties of a low activation ferritic steel (JLF-1) at room temperature, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 283-287, 2000, pp. 677-681.
- (4) H. Watanabe, T. Arinaga, K. Ochiai, T. Muroga and N. Yoshida, Microstructure of vanadium alloys during ion irradiation with stepwise change of temperature, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 283-287, 2000, pp. 286-290.
- (5) N. Inoue, T. Muroga, A. Nishimura, T. Nagasaka, O. Motojima, S. Uchida, H. Yabe, K. Oguri, Y. Nishi, Y. Katoh and A. Kohyama, Characterization of low-activation ferritic steel (JLF-1) weld joint by simulated heat-treatment, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 283-287, 2000, pp. 1187-1191.
- (6) R. J. Kurtz, K. Abe, V. M. Chernov, V. A. Kazakov, G. E. Lucas, H. Matsui, T. Muroga, G. R. Odette, D. L. Smith and S. J. Zinkle, Critical issues and current status of vanadium alloys for fusion energy applications, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 283-287, 2000, pp. 70-78.
- (7) T. Muroga, T. Nagasaka, A. Iiyoshi, A. Kawabata, S. Sakurai and M. Sakata, NIFS program for large ingot production of a V-Cr-Ti alloy, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 283-287, 2000, pp. 711-715.
- (8) T. Nagasaka, H. Takahashi, T. Muroga, T. Tanabe and H. Matsui, Recovery and Recrystallization Behavior of Vanadium at Various Controlled Nitrogen and Oxygen Levels, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 283-287, 2000, pp. 816-821.

- (9) 中頭利則, 長坂琢也, 室賀健夫, 佐藤学, 阿部勝憲, 柴山環樹, 富山茂樹, 坂田雅史, レビテーション溶解法による V-Cr-Ti-Y-Al-Si 合金の製作, 日本金属学会誌, Vol. 64, 2000, pp. 743-746.
- (10) T. Nagasaka, H. Takahashi, T. Muroga, N. Yoshida and T. Tanabe, Hardening of Vanadium Doped with Nitrogen by Heavy Ion Irradiation and Post-Irradiation Annealing, Effects of Radiation on Materials, ASTM STP 1405, S. T. Rosinski, M. L. Grossbeck, T. R. Allen, and A. S. Kumar, Eds., American Society for Testing Materials, West Conshohoken, PA, 2001, pp. 746-761.
- (11) E. T. Cheng and T. Muroga, Reuse of vanadium alloys in power reactors, Fusion Technology, Vol. 39, 2001, pp. 981-985.
- (12) T. Nagasaka, M. L. Grossbeck, T. Muroga and J. F. King, Comparison of impact properties of Japanese and US reference heats of V-4Cr-4Ti after gas-tungsten-arc welding, Fusion Technology, Vol. 39, 2001, pp. 664-668.
- (13) T. Nagasaka, T. Muroga, M. Imamura, S. Tomiyama and M. Sakata, Fabrication of high-purity V-4Cr-4Ti low activation alloy products, Fusion Technology, Vol. 39, 2001, pp. 659-663.
- (14) T. Sakurai, T. Yoneoka, S. Tanaka, A. Suzuki and T. Muroga, Compatibility test of SiC/SiC composite materials and AlN with liquid Li and LiPb, Fusion Technology, Vol. 39, 2001, pp. 649-653.
- (15) T. Terai, H. Nishimura, K. Yamaguchi, M. Yamawaki, A. Suzuki, T. Muroga, A. Sagara and O. Motojima, Compatibility of structural materials with Li<sub>2</sub>BeF<sub>4</sub> molten salt breeder, Fusion Technology, Vol. 39, 2001, pp. 784-788.
- (16) N. J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga, A. Nishimura, K. Shinozaki and N. Takeshita, Metallurgical and mechanical properties of laser weldment for low activation V-4Cr-4Ti alloy, Fusion Engineering and Design, Vols. 61-62, 2002, pp. 749-755.
- (17) T. Muroga, M. Gasparotto and S. J. Zinkle, Overview of materials research for fusion reactors, Fusion Engineering and Design, Vols. 61-62, 2002, pp. 13-25.
- (18) T. Nagasaka, N. J. Heo, T. Muroga and M. Imamura, Examination of fabrication process parameters for improvement of low-activation vanadium alloys, Fusion Engineering and Design, Vols. 61-62, 2002, pp. 757-762.
- (19) T. Sakurai, T. Yoneoka, S. Tanaka, A. Suzuki and T. Muroga, Control of nitrogen concentration in liquid lithium by hot trapping, Fusion Engineering and Design, Vols. 61-62, 2002, pp. 763-768.
- (20) A. Nishimura, T. Nagasaka and T. Muroga, Fracture toughness of high-purity V-4Cr-4Ti alloy (NIFS-HEAT-2) at room temperature, Journal of Nuclear Materials, Vols. 307-311, 2002, pp. 571-575.

- (21) D. L. Smith, J. Konys, T. Muroga and V. Evitkhin, Development of coating for fusion power applications, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 1314-1322.
- (22) H. Nakamura, L. Burgazzi, S. Cevolani, G. Dell' Orco, C. Fazio, D. Giusti, H. Horiike, M. Ida, H. Kakui, N. Loginov, H. Matsui, T. Muroga, H. Nakamura, B. Riccardi, H. Takeuchi and S. Tanaka, Status of activities on the lithium target in the key element technology phase of IFMIF, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 1675-1679.
- (23) H. Watanabe, M. Suda, T. Muroga and N. Yoshida, Oxide formation of a purified V-4Cr-4Ti alloy during heat treatment and ion irradiation, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 408-412.
- (24) H. Watanabe, T. Muroga and N. Yoshida, Effects of temperature change on vanadium alloys irradiated in HFIR, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 403-407
- (25) M. Ida, H. Horiike, M. Akiba, K. Ezato, T. Iida, S. Inoue, S. Miyamoto, T. Muroga, H. Nakamura, H. Nakamura, A. Suzuki, H. Takeuchi, N. Uda and N. Yamaoka, Water jet flow simulation and lithium free surface flow experiments for the IFMIF target, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 1686-1689.
- (26) M. L. Grossbeck, J. F. King, T. Nagasaka and S. A. David,, Gas tungsten arc welding of vanadium alloys with impurity control, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 1590-1594
- (27) N. Inoue, T. Muroga, A. Nishimura, K. Oguri, H. Yabe, S. Uchida and Y. Nishi, In-situ phase characterization in tempering and aging of Fe-Cr-W steels, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 505-508.
- (28) N. J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga, and H. Matsui, Effect of impurity levels on precipitation behavior in the low-activation V-4Cr-4Ti alloys, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 620-624.
- (29) T. Chuto, M. Satou, A. Hasegawa, K. Abe, T. Nagasaka and T. Muroga, Fabrication using a levitation melting method of V-4Cr-4Ti-Si-Al-Y alloys and their mechanical properties, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 555-559.
- (30) T. Muroga, T. Nagasaka, K. Abe, V. M. Chernov, H. Matsui, D. L. Smith, Z. -Y. Xu and S. J. Zinkle, Vanadium alloys - overview and recent results, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 547-554.
- (31) T. Nagasaka, T. Muroga, M. L. Grossbeck and T. Yamamoto, Effects of post-weld heat treatment conditions on hardness, microstructures and impact properties of vanadium alloys, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 1595-1599.
- (32) T. Sakurai, T. Yoneoka, S. Tanaka, A. Suzuki and T. Muroga, Control of the nitrogen concentration in liquid lithium by the hot trap method, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 1380-1384.



- (33) Y. C. Wu, T. Muroga, Q. Huang, Y. Chen, T. Nagasaka and A. Sagara, Effects of impurities on low activation characteristics of V-4Cr-4Ti alloy, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 1026-1030.
- (34) T. Nagasaka, T. Muroga, Y. C. Wu, Z. Y. Xu and M. Imamura, Low Activation Characteristics of Several Heats of V-4Cr-4Ti Ingot, *Journal of Plasma and Fusion Research SERIES*, Vol. 5, 2002, pp. 545-550.
- (35) A. Suzuki, F. Koch, H. Maier, H. Nishimura and T. Muroga, Fabrication of ceramics coatings on NIFS-HEAT by arc-source plasma-assisted deposition method for fusion blanket application, *Journal of Plasma Fusion Research SERIES*, Vol. 5, 2002, pp. 551-555.
- (36) N. J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga, A. Nishimura, K. Shinozaki and N. Takeshita, Development of laser welding technology for vanadium and its alloys, *Journal of Plasma Fusion Research SERIES*, Vol. 5, 2002, pp. 527-531.
- (37) O. Motojima, K. Akaishi, H. Chikaraishi, H. Funaba, S. Hamaguchi, S. Imagawa, S. Inagaki, N. Inoue, A. Iwamoto, S. Kitagawa, A. Komori, Y. Kubota, R. Maekawa, S. Masuzaki, T. Mito, J. Miyazawa, T. Morisaki, K. Murai, T. Muroga, T. Nagasaka, Y. Nakamura, A. Nishimura, K. Nishimura, N. Noda, N. Ohyabu, A. Sagara, S. Sakakibara, R. Sakamoto, S. Satoh, T. Satow, M. Shoji, H. Suzuki, K. Takahata, H. Tamura, K. Y. Watanabe, H. Yamada, S. Yamada, S. Yamaguchi, K. Yamazaki, N. Yanagi, T. Baba, H. Hayashi, M. Iima, T. Inoue, S. Kato, T. Kato, T. Kondo, S. Moriuchi, H. Ogawa, I. Ohtake, K. Ooba, H. Sekiguchi, N. Suzuki, S. Takami, Y. Taniguchi, T. Tsuzuki, N. Yamamoto, K. Yasui, H. Yonezu, M. Fujiwara and A. Iiyoshi, Progress summary of LHD engineering design and construction, *Nuclear Fusion*, Vol. 40, 2002, pp. 599-609.
- (38) T. Mito, A. Nishimura, S. Yamada, S. Imagawa, K. Takahata, N. Yanagi, R. Maekawa, H. Chikaraishi, H. Tamura, A. Iwamoto, S. Hamaguchi, Y. Hishinuma, T. Satow and O. Motojima, Design, development and operation of superconducting system for LHD, *Proceedings of 2002 Symposium on Fusion Engineering*, 2002, pp. 144-151.
- (39) A. Suzuki, T. Muroga, B. A. Pint, T. Yoneoka, S. Tanaka, Corrosion behaviour of AlN for self-cooled Li/V blanket application, *Fusion Engineering and Design*, Vol. 69, 2003, pp. 397-401.
- (40) A. Nishimura, S. Imagawa, H. Tamura, T. Satow and O. Motojima, Soundness Evaluation of Cryogenic Support Structure of Large Helical Device, *Fusion Engineering and Design*, Vols. 66-68, 2003, pp. 1087-1090.
- (41) H. Horiike, M. Ida, T. Iida, S. Inoue, S. Miyamoto, T. Muroga, H. Nakamura, H. Nakamura, I. Matsushita and N. Yamaoka, Lithium free surface flow experiment for IFMIF, *Fusion Engineering and Design*, Vols. 66-68, 2003, pp. 199-204.

- (42) S. Yamada, T. Mito, H. Chikaraishi, A. Nishimura, H. Kojima, Y. Nakanishi, T. Uede, T. Satow and O. Motojima, SMES-UPS for large-scaled SC magnet system of LHD, Fusion Engineering and Design, Fusion Engineering and Design, Vols. 66-68, 2003, pp. 1149-1153.
- (43) N. J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga, A. Nishimura, K. Shinozaki and H. Watanabe, Mechanical Properties of Laser Weldment of V-4Cr-4Ti Alloy, Fusion Science and Technology, Vol. 44, 2003, pp. 470-474.
- (44) T. Muroga, H. Watanabe, K. Fukumoto, M. Satou, A. Kimura, S. J. Zinkle, N. Hashimoto, D. T. Hoelzer and A. L. Qualls, Summary of the varying temperature irradiation experiment in HFIR, Fusion Science and Technology, Vol. 44, 2003, pp. 450-454.
- (45) T. Nagasaka, T. Muorga and T. Iikubo, Development of tubing technique for high-purity low activation vanadium alloys, Fusion Science and Technology, Vol. 44, 2003, pp. 465-469
- (46) S. Yoshizawa, S. Hirano, R. Yamamoto, Y. Hishinuma, A. Nishimura, A. Matsumoto and H. Kumakura, Improving Superconductivity and Mechanical Properties of Bi-2223/Ag-Wire Composite Bulk by Cold Isostatic Pressing, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 13, 2003, pp. 3176-3179.
- (47) N. Yanagi, T. Mito, Y. Hishinuma, Y. Ogawa, J. Morikawa, K. Ohkuni, M. Iwakuma, T. Uede, S. Nose and I. Itoh, Excitation Test Results of the HTS Floating Coil for the Mini-RT Project, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.13, 2003, pp. 1504-1507.
- (48) T. Mito, N. Yanagi, Y. Hishinuma, Y. Ogawa, J. Morikawa, K. Ohkuni, M. Iwakuma, T. Uede, S. Nose, I. Itoh and S. Fukui, Engineering Design of the Mini-RT Device, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.13, 2003, pp. 1500-1503.
- (49) J. M. Chen, T. Muroga, T. Nagasaka, Y. Xu and S. Qiu, The recovery and recrystallization of cold rolled V-W-Ti alloys, Journal of Nuclear Materials, Vol. 322, 2003, pp. 73-79
- (50) Y. Hishinuma, A. Nishimura, S. Hirano, S. Yoshizawa, A. Matsumoto and H. Kumakura, Improvement of critical current density and mechanical properties of Bi-2223 HTS bulk for current lead application, Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, Vol. 5, 2003, pp. 574-578.
- (51) Y. Ogawa, J. Morikawa, K. Ohkuni, H. Nihei, D. Hori, T. Mito, N. Yanagi, Y. Hishinuma, M. Iwakuma, T. Uede, I. Ito, S. Nose and S. Fukui, Construction of a Toroidal Plasma Confinement Device with a Floating Internal Coil for Studying High Beta Plasma, Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, Vol. 5, 2003, pp. 450-453.
- (52) S. Hirano, Y. Wakasa, A. Saka, S. Yoshizawa, Y. Oya-Seimiya, Y. Hishinuma, A. Nishimura, A. Matsumoto and H. Kumakura, Preparation of Bi-2223 Bulk Composed with Silver-alloy Wire, Physica C, Vols. 392-396, 2003, pp. 458-462.

- (53) Y. Hishinuma, A. Nishimura, T. Mito, O. Motojima, S. Hirano, S. Yoshizawa, A. Matsumoto and H. Kumakura, Preparation and Superconductivity of BPSCCO-2223 Sintered Bulk by New Design Composite, *Physica C*, Vols. 392-396, 2003, pp. 499-504.
- (54) S. Yoshizawa, S. Hirano, R. Yamamoto, Y. Hishinuma, A. Nishimura, A. Matsumoto and H. Kumakura, Densification effect on superconductivity of Bi-2223/Ag wires composite sintered bulk, *Science and Engineering of HTC Superconductivity*, Edited by P. Vincezini, S. Cerasara, @Techna Srl, 2003, pp. 149-156.
- (55) A. Nishimura, Y. Hishinuma and S. Yoshizawa, Three Point Bending Fracture Behavior of Bi-2223 Bulk Composed of Ag Wire and its Critical Current after Fracture, *Superconductor Science and Technology*, Vol. 16, 2003, pp. 980-983.
- (56) Y. Hishinuma, A. Nishimura, T. Mito, S. Hirano, S. Yoshizawa, A. Matsumoto and H. Kumakura, Fabrication and Superconductivity of BPSCCO-2223 Oxide Bulk by a New Design Composite, *Superconductor Science and Technology*, Vol. 16, 2003, pp. 845-851.
- (57) 秋場真人、実川資朗、室賀健夫, ブランケット開発の最新動向, *プラズマ・核融合学会誌*, Vol. 79, 2003, pp. 650-690.
- (58) A. Nishimura and T. Kakeshita, Microstructural Stability of 316 Stainless Steel during Long Term Exposure to High Magnetic Fields at Cryogenic Temperatures, *Advances in Cryogenic Engineering*, Vol. 50, 2004, pp. 98-105.
- (59) S. Hirano, S. Yoshizawa, Y. Hishinuma, and A. Nishimura, Current Remaining after Fracture by Three Point Bending Test of Bi-2223 bulk Composed of Ag-Plated Ni wires, *Applied Superconductivity*, Vol. 181, 2004, pp. 2465-2470.
- (60) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, A. Nishimura, T. Takeuchi and K. Inoue, Fabrication of V-based Laves phase compound superconductor through rapidly-heating /quenching process, *Applied Superconductivity*, Vol. 181, 2004, pp. 1154-1161.
- (61) T. Chuto, M. Satou, A. Hasegawa, K. Abe, T. Muroga and N. Yamamoto, Changes in mechanical properties of high-purity V-4Cr-4Ti-Si, Al, Y alloys after neutron irradiation at relatively low temperatures, *ASTM Special Technical Publications STP 1447*, 2004, pp. 693-701.
- (62) T. Muroga and H. Watanabe, Microstructural Response in Copper and Copper Alloys Irradiated with Fission Neutrons with Controlled Temperature Variations, *ASTM Special Technical Publications STP 1447*, 2004, pp. 753-762.
- (63) 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.

- (64) N. Yanagi, S. Imagawa, Y. Hishinuma, K. Seo, K. Takahata, S. Hamaguchi, A. Iwamoto, H. Chikaraishi, H. Tamura, S. Moriuchi, S. Yamada, A. Nishimura, T. Mito, and O. Motojima, Asymmetrical Normal-Zone Propagation Observed in the Aluminum-Stabilized Superconductor for the LHD Helical Coils, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Vol. 14, 2004, pp. 1507 -1510.
- (65) S. Hamaguchi, S. Imagawa, N. Yanagi, Y. Hishinuma, T. Mito, K. Takahata, H. Chikaraishi, H. Tamura, A. Iwamoto, S. Yamada, and A. Nishimura, Thermal Hydraulic Characteristics of Superconducting Coil Cooled by Subcooled He I, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Vol. 14, 2004, pp. 1439 -1442,
- (66) S. Imagawa, N. Yanagi, Y. Hishinuma, T. Mito, K. Takahata, H. Chikaraishi, H. Tamura, A. Iwamoto, S. Hamaguchi, K. Seo, S. Yamada, A. Nishimura, and O. Motojima, Results of Stability Test in Subcooled Helium for the R&D Coil of the LHD Helical Coil, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Vol. 14, 2004, pp. 1511-1514.,
- (67) Y. Hishinuma, S. Imagawa, N. Yanagi, T. Mito, A. Nishimura, S. Yamada, K. Takahata, H. Chikaraishi, H. Tamura, A. Iwamoto, S. Hamaguchi, K. Seo, T. Honda, S. Yoshinaga, M. Satoh, H. Kakui, and O. Motojima, Design and Operation of the Sub-Cooled Helium Test Facility for the LHD Helical Coils, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Vol. 14, 2004, pp. 1435 -1438.
- (68) S. Yoshizawa, S. Hirano, Y. Hishinuma, A. Nishimura, Current Remaining after Fracture by Three Point Bending Test of Bi-2223 Bulk Composed of Ag-Plated Ni Wires, *Institute of Physics, Conference Series Number 181, Applied Superconductivity 2003, Proceedings of the 6th European Conference on Applied Superconductivity, Sorrento, Italy, 14-18 September 2003*, 2004, pp. 2465-2470.
- (69) 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.
- (70) 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.
- (71) T. Chuto, M. Satou, A. Hasegawa, K. Abe, T. Muroga and N. Yamamoto, Effects of small amount of additional elements on control of interstitial impurities and mechanical properties of V-4Cr-4Ti-Si-Al-Y alloys, *Journal of Nuclear Materials*, Vol. 326, 2004, pp. 1-8.
- (72) 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.

- (73) J. M. Chen, T. Muroga, T. Nagasaka, Y. Xu, C. Li, S. Y. Qiu and Y. Chen, Precipitation behavior in V-6W-4Ti, V-4Ti and V-4Cr-4Ti alloys, *Journal of Nuclear Materials*, Vol. 334, 2004, pp. 159-165.
- (74) K. Fukumoto, H. Matsui, M. Narui, T. Nagasaka and T. Muroga, Manufacturing pressurized creep tubes from highly purified V<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>Ti alloys, NIFS-Heat2, *Journal of Nuclear Materials*, Vol. 335, 2004, pp. 103-107.
- (75) A. Nishimura, A. Iwahori, N. J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga, and S. -I Tanaka, Effect of Precipitation and Solution Behavior of Impurities on Mechanical Properties of Low Activation Vanadium Alloy, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 438-441.
- (76) A. Sawada, A. Suzuki, T. Terai and T. Muroga, Properties of AlN coatings produced by RF sputtering method, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 1411-1413.
- (77) 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.
- (78) 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.
- (79) H. Kondo, A. Fujisato, N. Yamaoka, S. Inoue, S. Miyamoto, F. Sato, T. Iida, H. Horiike, I. Matushita, M. Ida, H. Nakamura, H. Nakamura and T. Muroga, High speed lithium flow experiments for IFMIF target, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 208-212.
- (80) 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 and T. Yoneoka, 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.
- (81) H. Watanabe, T. Muroga and N. Yoshida, The study of temperature variation during HFIR irradiation on vanadium, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 425-428.
- (82) 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*, Vols. 329-333, 2004, pp. 401-405.
- (83) K. Fukumoto, H. Matsui, T. Muroga, S. J. Zinkle, D. T. Hoelzer and L. L. Snead, Varying temperature effects on mechanical properties of vanadium alloys during neutron irradiation, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 472-476.

- (84) M. Hatakeyama, H. Watanabe, T. Muroga and N. Yoshida, The precipitation behavior of ion irradiated V-4Cr-4Ti alloys at various oxygen and nitrogen levels, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 420-424.
- (85) 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.
- (86) S. Sato, T. Tanaka, J. Hori, K. Ochiai, T. Nishitani and T. Muroga, Radioactivity of the vanadium-alloy induced by D-T neutron irradiation, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 1648-1652
- (87) 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.
- (88) T. Nagasaka, N. J. Heo, T. Muroga, A. Nishimura, H. Watanabe, M. Narui and K. Shinozaki, Impact properties of NIFS-HEAT-2 (V-4Cr-4Ti) after YAG laser welding and neutron irradiation at 563 K, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 1539-1543.
- (89) T. Tanaka, A. Suzuki, T. Muroga, F. Sato, T. Iida and T. Nishitani, Radiation induced conductivity of ceramic coating materials under 14 MeV neutron irradiation, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 1434-1437.
- (90) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, A. Nishimura, T. Takeuchi and K. Inoue, Microstructure and superconductivity of V-based Laves phase compound superconductor synthesized rapidly-heating/quenching process, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 1580-1584.
- (91) 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.
- (92) Y. Yamauchi, T. Yamada, Y. Hirohata, T. Hino and T. Muroga, Deuterium retention in V-4Cr-4Ti alloy after deuterium ion irradiation, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 397-400.
- (93) Z. Y. Yao, A. Suzuki, T. Muroga and K. Katahira, Chemical formation of erbium oxide layer on V-4Cr-4Ti during exposure to liquid lithium doped with erbium, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 1414-1418
- (94) H. Kurishita, T. Yamamoto, T. Nagasaka, A. Nishimura, T. Muroga and S. Jitsukawa, Fracture Toughness of JLF-1 by Miniaturized 3-Point Bend Specimens with 3.3-7.0 mm Thickness, *Materials Transactions*, Vol. 45, 2004, pp. 936-941.

- (95) S. Hirano, S. Yoshizawa, Y. Hishinuma and A. Nishimura, Superconductivity and mechanical property of Bi-2223/Ni meshes composite bulk, *Physica C*, Vols. 412-414, 2004, pp. 734-738.
- (96) T. Muroga, T. Nagasaka, J.M. Chen, Z.Y. Xu, Q.Y. Huang and Y. C. Wu, Characterization for Fusion Candidate Vanadium Alloys, *Plasma Science & Technology*, Vol. 6, 2004, pp. 2395-2399.
- (97) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, A. Nishimura, T. Takeuchi and K. Inoue, Fabrication of V-based Laves phase compound superconductor through rapidly-heating/quenching process, *Superconductor Science and Technology*, Vol. 17, 2004, pp. 1031-1036.
- (98) 渡辺英雄, 長嶺成将, 山崎和宏, 吉田直亮, 室賀健夫, 長坂琢也, 許 男鎮, 篠崎賢二, YAG レーザー溶接した V-4Cr-4Ti 合金 (NIFS-HEAT2) のイオン照射特性, *プラズマ核融合学会誌*, Vol. 80, 2004, pp. 889-894
- (99) 小西哲之, 木村晃彦, 秋場真人, 中村博雄, 長坂琢也, 室賀健夫, 長谷川晃, 松井秀樹, 特集 核融合炉ブランケットを創る, *日本原子力学会誌*, Vol. 46, 2004, pp. 311-322.
- (100) A. Nishimura, Y. Hishinuma, T. Tanaka, T. Muroga, S. Nishijima, Y. Shindo, T. Takeuchi, K. Ochiai, T. Nishitani and K. Okuno, Design, Fabrication and Installation of Cryogenic Target System for 14 MeV Neutron Irradiation, *Fusion Engineering and Design*, Vols. 75-79, 2005, pp. 173-177.
- (101) A. Sawada, A. Suzuki, H. Maier, F. Koch, T. 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.
- (102) H. Kondo, A. Fujisato, N. Yamaoka, S. Inoue, S. Miyamoto, T. Iida, H. Nakamura, M. Ida, I. Matushita, T. Muroga and H. Horiike, Surface wave on high speed liquid lithium flow for IFMIF, *Fusion Engineering and Design*, Vols. 75-79, 2005, pp. 865-869.
- (103) T. Tanaka, T. Shikama, M. Narui, B. Tsuchiya, A. Suzuki and T. Muroga, Evaluation of insulating property of ceramic materials for V/Li blanket system under fission reactor irradiation, *Fusion Engineering and Design*, Vols. 75-79, 2005, pp. 933-937.
- (104) Z. Y. Yao, A. Suzuki, T. Muroga and K. Katahira, In situ formation and chemical stability of Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coating on V-4Cr-4Ti in liquid lithium, *Fusion Engineering and Design*, Vols. 75-79, 2005, pp. 1015-1019.
- (105) T. Nagasaka, T. Muroga, N. Noda, M. Kawamura, H. Ise and H. Kurishita, Tungsten Coating on Low Activation Vanadium Alloy by Plasma Spray Process, *Fusion Science & Technology*, Vol. 47, 2005, pp. 876-880.
- (106) A. Kohyama, K. Abe, A. Kimura, T. Muroga and S. Jitsukawa, Recent Accomplishments and Future Prospects of Materials R&D in Japan, *Fusion Science and Technology*, Vol. 47, 2005, pp. 836-843.

- (107) A. Sagara, T. Tanaka, T. Muroga, H. Hashizume, T. Kunugi, S. Fukada and A. Shimizu, Innovative Liquid Breeder Blanket Design Activities in Japan, Fusion Science and Technology, Vol. 47, 2005, pp. 524-529.
- (108) M. Enoeda, M. Akiba, S. Tanaka, A. Shimizu, A. Hasegawa, S. Konishi, A. Kimura, A. Kohyama, A. Sagara and T. Muroga, Plan and Structure for ITER Blanket Testing in Japan, Fusion Science and Technology, Vol. 47, 2005, pp. 1023-1030.
- (109) T. Muroga and T. Tanaka, Neutronics Investigation into Lithium/Vanadium Test Blanket Modules, Fusion Science and Technology, Vol. 47, 2005, pp. 540-543.
- (110) T. Tanaka, T. Muroga and A. Sagara, Tritium Self-sufficiency and Neutron Shielding Performance of Self-Cooled Liquid Blanket System for Helical Reactor, Fusion Science and Technology, Vol. 47, 2005, pp. 530-534.
- (111) S. Yoshizawa, S. Hirano, Y. Hishinuma and A. Nishimura, Optimization of CIP Process on Superconducting Property of Bi-2223/Ag Wires Composite Bulk, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.15, 2005, pp. 2495-2498
- (112) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi, A. Nishimura and K. Inoue, Fabrication of V-based Laves Phase Compound Multifilamentary Wires by Applying a Rapidly-Heating/Quenching Process to PIT Precursors and using V Tube, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.15, 2005, pp. 3536-3539.
- (113) S. Fukada, M. Kinoshita, K. Kuroki and T. Muroga, Hydrogen diffusion in liquid lithium from 500 ° C to 650 ° C, Journal of Nuclear Materials, Vol. 346, 2005, pp. 293-297.
- (114) 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.
- (115) 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.
- (116) T. Muroga, T. Nagasaka, A. Nishimura and J. M. Chen, Improvement of Vanadium Alloys by Precipitate Control for Structural Components of Fusion Reactors, Materials Science Forum, Vols. 475-479, 2005, pp. 1449-1454
- (117) Z. Y. Yao, A. Suzuki, T. Nagasaka and T. Muroga, Behavior of Oxygen in Fusion Candidate Vanadium Alloys during Oxidation and Annealing, Materials Science Forum, Vols. 475-479, 2005, pp. 1445-1448.
- (118) T. Muroga, Vanadium Alloys for Fusion Blanket Applications, Materials Transactions, Vol. 46, 2005, pp. 405-411.



- (119) 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.
- (120) S. Yoshizawa, T. Sato, H. Ohta, S. Hirano, Y. Hishinuma, S. Kohayashi, H. Fujimoto and H. Nakane, Dy-211 content dependence of superconductivity in a single-domain Dy-123 system, *Superconductor Science and Technology*, Vol. 18, 2005, pp. S198-S201.
- (121) A. Nishimura, Y. Hishinuma, K. Seo, T. Tanaka, T. Muroga, S. Nishijima, K. Katagiri, T. Takeuchi, Y. Shindo, K. Ochiai, T. Nishitani, K. Okuno, 14 MeV Neutron Irradiation Effect on Superconducting Magnet Materials for Fusion Device, *Advances in Cryogenic Engineering*, Submitted (presented in ICMC2005).
- (122) A. Nishimura, Y. Hishinuma, K. Seo, T. Tanaka, T. Muroga, S. Nishijima, K. Katagiri, T. Takeuchi, Y. Shindo, K. Ochiai, T. Nishitani, K. Okuno, Irradiation Effect of 14 MeV Neutron on Interlaminar Shear Strength of Glass Fiber Reinforced Plastics, *Advances in Cryogenic Engineering*, Submitted (presented in ICMC2005).
- (123) S. Yoshizawa, S. Hirano, Y. Oya-Seimiya, Y. Hishinuma and A. Nishimura, Superconducting and Mechanical Property of Bi-2223/Ag alloy Wire Composite Bulk, *Advances in Cryogenic Engineering*, Submitted (presented in ICMC2005).
- (124) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi, A. Nishimura and K. Inoue, Microstructure and superconducting properties of V-based Laves phase compound multifilamentary wires synthesized by a Rapidly-Heating and Quenching process to Hf-Zr/V composite, *Advances in Cryogenic Engineering*, Submitted (presented in ICMC2005).
- (125) A. Nishimura, T. Muroga, T. Takeuchi, T. Nishitani and A. Morioka, Nuclear Technology and Potential Ripple Effect of Superconducting Magnets for Fusion Power Plant, *Fusion Engineering and Design*, Submitted (presented in ISFNT-7).
- (126) A. Sagara, S. Imagawa, T. Tanaka, T. Muroga and Y. Kubota, System Integration for Long-life Liquid Blanket in Heliotron-type Reactor FFHR, *Fusion Engineering and Design*, Submitted (presented in ISFNT-7).
- (127) A. Suzuki, T. Muroga and K. Katahira, Calcium Zirconate as a candidate material for insulating coating in liquid lithium blanket, *Fusion Engineering and Design*, Submitted (presented in ISFNT-7).
- (128) H. Kondo, N. Yamaoka, M. Ida, H. Nakamura, T. Muroga and H. Horiike, Experimental study of lithium free-surface flow for IFMIF target design, *Fusion Engineering and Design*, Submitted (presented in ISFNT-7).

- (129) H. L. Li, A. Nishimura, T. Nagasaka, T. Muroga, Z. X. Li, Low Cycle Fatigue Behaviors of JLF-1 Steel at Elevated Temperatures, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ISFNT-7).
- (130) K. Seo, T. Mito, S. Kawabata, T. Ichihara and M. Hasegawa, Simulation of Electromagnetic Behaviors of Lap Joints for Fusion Magnet Systems, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ISFNT-7).
- (131) M. Enoda, M. Akiba, S. Tanaka, A. Sagara, T. Muroga and A. Kohyama, Overview of Design and R&D of Test Blankets in Japan, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ISFNT-7).
- (132) M. Kinoshita, S. Fukada, N. Yamashita, T. Muroga and M. Nishikawa, Experimental study of tritium recovery from liquid lithium by yttrium, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ISFNT-7).
- (133) T. Muroga, T. Tanaka and A. Sagara, Blanket Neutronics of Li/Vanadium-alloy and Flibe/Vanadium-alloy Systems for FFHR, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ISFNT-7).
- (134) T. Nagasaka, T. Muroga, M. M. Li, D. T. Hoelzer, S. J. Zinkle, M. L. Grossbeck, H. Matsui, Tensile Property of Low Activation Vanadium Alloy after Liquid Lithium Exposure, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ISFNT-7).
- (135) T. Tanaka, R. Nagayasu, F. Sato, T. Muroga, T. Ikeda and T. Iida, Comparison of Electrical Properties of Ceramic Insulators under Gamma Ray and Ion Irradiation, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ISFNT-7).
- (136) Y. Hirohata, Y. Yamauchi, T. Yamada, T. Hino, T. Nagasaka and T. Muroga, Helium retention of V-4Cr-4Ti alloy for first wall of breeding blanket, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ISFNT-7).
- (137) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi, A. Nishimura and K. Inoue, Research and Development of Low activation superconducting materials based on the requirement for an advanced fusion reactor application, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ISFNT-7).
- (138) Z. Y. Yao, A. Suzuki, T. Muroga, O. Yeliseyeva and T. Nagasaka, The In-situ Growth of Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Coatings on V-4Cr-4Ti in Liquid Lithium, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ISFNT-7).
- (139) H. L. Li, A. Nishimura, T. Nagasaka and T. Muroga, Dynamic Strain Ageing Behavior on Tensile and Low Cycle Fatigue Properties of JLF-1 Steel in Vacuum, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ITC-15).

- (140) K. Seo, Y. Hishinuma, A. Nishimura, G. Nishijima, K. Watanabe, K. Nakamura, T. Takao and K. Katagiri, Comparison of Avalanche-like Quenches induced Current Limits between NbTi and Nb<sub>3</sub>Sn Cable in Conduit Conductors, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ITC-15).
- (141) T. Tanaka, A. Sagara and T. Muroga, Investigation of tritium breeding performance in FFHR by three-dimensional neutronics calculation, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ITC-15).
- (142) Z. X. Li, T. Tanaka, T. Muroga, S. Sato and T. Nishitani, Activation experiment with D-T neutrons on materials relevant to liquid blankets, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ITC-15).
- (143) K. Kizu, K. Tsuchiya, K. Shimada, N. Koizumi, M. Matsukawa, K. Okuno, H. Tamai, T. Ando, Y. Hishinuma, A. Nishimura, K. Seo, K. Takahata, S. Yamada and Y. Miura, Effects of tensile and compressive strain on critical currents of Nb<sub>3</sub>Al strand and cable-in-conduit conductor, IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Submitted (presented in MT-19).
- (144) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi, K. Inoue and A. Nishimura, Annealing effect on microstructure and superconducting properties of the V-based Laves phase superconducting wire synthesized by a RHQ process, IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Submitted (presented in MT-19).
- (145) K. Seo, Electromagnetic Properties of Lap-Joint and its Influences on the Conductor Test Data, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Submitted (presented in MT-19).
- (146) K. Seo, Y. Hishinuma and A. Nishimura, Avalanche-like Quenches in Cable in Conduit Conductors, Journal of Korean Physical Society, Submitted (presented in APFS 2005).
- (147) A. Sawada, B. A. Pint, A. Suzuki, F. Koch, H. Maier, T. Terai and T. Muroga, Long Term Stability of Erbium Oxide Coatings, Journal of Nuclear Materials, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (148) A. Suzuki, A. Sawada, F. Koch, H. Maier, T. Terai and T. Muroga, Research on Calcium Zirconate as a Insulating Coating for Li Blanket, Journal of Nuclear Materials, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (149) C. P. C. Wong, V. Chernov, A. Kimura, Y. Katoh, N. Morley, T. Muroga, K. W. Song, Y. C. Wu, and M. Zmitko, ITER Test Blanket Module Functional Materials, Journal of Nuclear Materials, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (150) H. L. Li, A. Nishimura, T. Nagasaka and T. Muroga, Microstructure Analysis on JLF-1 Steel Tested by Tensile and Fatigue Deformation, Journal of Nuclear Materials, Submitted (presented in ICFRM-12).

- (151) H. Watanabe, K. Yamasaki, N. Yoshida, T. Nagasaka and T. Muroga, The Microstructure of Laser Welded V-4Cr-4Ti Alloy after Neutron Irradiation, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (152) K. Fukumoto, T. Nagasaka, T. Muroga, N. Nita and H. Matsui, Creep mechanism of V-4Cr-4Ti alloys after thermal creep in a vacuum, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (153) K. Hashizume, J. Masuda, T. Otsuka, T. Tanabe, Y. Hatano, Y. Nakamura, T. Nagasaka and T. Muroga, Diffusional behavior of tritium in V-4Ti-4Cr alloy, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (154) M. Fujiwara, B.A. Pint, T. Muroga, M. Satou, A. Hasegawa and K. Abe, Influence of Cr and Ti Content on Compatibility of V-Cr-Ti Type Alloys with Liquid Lithium, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (155) M. Hatakeyama, S. Tamura, T. Muroga, N. Yoshida, M. Hasegawa and H. Matsui, The Diffusion Behaviors of Interstitial Impurities in V-4Cr-4Ti Alloys under Ion Irradiation, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (156) M. M. Li, T. Nagasaka, D. T. Hoelzer, M. L. Grossbeck, S. J. Zinkle, T. Muroga, K. Fukumoto, H. Matsui and M. Narui, Thermal Creep of Two Heats of V-4Cr-4Ti in a Liquid Lithium Environment, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (157) O. Yeliseyeva, T. Muroga, A. Suzuki, Z. Yao and A. Lukyanenko, Charging of V-4Cr-4Ti by Oxygen to create in-situ Insulator Coating, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (158) T. Hino, M. Satou, M. Fujiwara, T. Nagasaka and K. Abe, Effects of Si, Al and Y Additions on Neutron Irradiation Behavior of V-Cr-Ti type Alloys, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (159) T. Muroga, J. M. Chen, V. M. Chernov, K. Fukumoto, D. T. Hoelzer, R.J. Kurtz, T. Nagasaka, B. A. Pint, M. Satou, A. Suzuki and H. Watanabe, Advances in Development of Vanadium Alloys and MHD Insulator Coatings, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (160) T. Nagasaka, M. Satou, T. Hino, T. Muroga, K. Abe, T. Chuto, and T. Iikubo, Impurity behavior in V-4Cr-4Ti-Y alloys produced by levitation melting, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (161) T. Tanaka, R. Nagayasu, A. Sawada, T. Ikeda, F. Sato, A. Suzuki, T. Muroga and T. Iida, Electrical Insulating Property of Ceramic Coating Materials in Radiation and High-Temperature Environment, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).

- (162) T. Yasuda, S. Ohnuki, K. Yashiki, T. Suda, S. Watanabe, T. Nagasaka and T. Muroga, Dynamic and static hydrogen effects on mechanical properties in Vanadium alloys, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (163) V. M. Chernov, M. V. Leonteva-Smirnova, M. M. Potapenko, V. R. Barabash, D. T. Hoelzer, R. L. Klueh, R. Kurtz, S. J. Zinkle, E. Diegele, R. Laesser, R. Lindau, E. Lucon, A. Moeslang, M. Rieth, B. van der Schaaf, T. Muroga, S. Jitsukawa, Chuanhong Pan and Y. C. Wu, Structural Materials for TBMs in ITER, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (164) Y. Hatano, R. Hayakawa, L. Wan, M. Matsuyama, T. Nagasaka, T. Muroga, Y. Nakamura, and K. Watanabe, Dissolution of Hydrogen Isotopes into V-4Cr-4Ti Alloy, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (165) Y. Li, Q. Huang, Y. Wu, T. Nagasaka and T. Muroga, Mechanical Properties and Microstructure of China Low Activation Martensitic Steel Compared with JLF-1 JOYO-II HEAT, *Journal of Nuclear Materials*, Submitted (presented in ICFRM-12).
- (166) T. Nagasaka, T. Muroga, K. -i. Fukumoto, H. Watanabe, M. L. Grossbeck, J. M. Chen, Development of Fabrication Technology for Low Activation Vanadium Alloys as Fusion Blanket Structural Materials, *Nuclear Fusion*, Submitted (presented in 20th IAEA Fusion Energy Conference).
- (167) M. Sakamoto, S. Yoshizawa, T. Yamaguchi, K. Toyoshima, S. Kojima, S. Yamazaki, A. Nishimura and Y. Hishinuma, Preparation of Bi-2223/Ni meshes composite cylindrical bulk for current lead, *Physica C*, Submitted (presented in ISS' 2005).
- (168) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi and A. Nishimura, Microstructure and Superconducting properties of Cu addition MgB<sub>2</sub> superconducting wires using Mg<sub>2</sub>Cu as additional source material, *Physica C*, Submitted (presented in ISS' 2005).
- (169) M. Sakamoto, K. Toyoshima, S. Yoshizawa, T. Yamaguchi, Y. Hishinuma, A. Nishimura, S. Yamazaki and S. Kojima, Preparation of Cylindrical Superconductor Composed with Metal Mesh, *Superconductor Science and Technology*, Submitted (presented in EUCAS2005).

平成15—17年度 国際会議 発表一覧平成15年度、国際会議発表

- (1) T. Muroga, T. Nagasaka, J.M. Chen, Z.Y. Xu, Q.Y. Huang and Y.C. Wu, “Characterization of Fusion Candidate Vanadium Alloys”, 4th General Scientific Assembly of Asia Plasma & Fusion Association On New Development of Plasma Physics and Fusion Technology, October 13-16, 2003, Hangzhou, China
- (2) A. Nishimura, Y. Hishinuma and S. Yishizawa, “Three point bending fracture behaviour of Bi-2223 bulk composed of Ag wire and its critical current after fracture”, 2nd Mechano-Electromagnetic Property of Composite Superconductors (MEM’03), March 3-5, 2003, Kyoto, Japan
- (3) A. Nishimura, T. Kakeshita, “Microstructural Stability of 316 Stainless Steel for Long Term Exposure to High Magnetic Field at Cryogenic Temperature”, International Cryogenic Materials Conference (ICMC2003), September 22-26, 2003, Anchorage, AK, USA
- (4) 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”, 18th Magnet Technology (MT-18), October 20-24, 2003, Morioka, Iwate, Japan
- (5) A. Nishimura, A. Iwahori, N. J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga and S. -I. Tanaka, “Effect of Precipitation and Solution Behavior of Impurities on Mechanical Properties of Low Activation Vanadium Alloy”, 11th International Conference on Fusion Reactor Material (ICFRM-11), December 7-12, 2003, Kyoto, Japan
- (6) A. Nishimura, Y. Hishinuma, “New Investigations of Neutron Irradiation Effect on Superconductors for Fusion Application”, 1st Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics (ACASC2003), December 14-16, 2003, Beijing, China
- (7) T. Nagasaka, N. J. Heo, T. Muroga, A. Nishimura, H. Watanabe, M. Narui and K. Shinozaki, “Impact properties of NIFS-HEAT-2 V-4Cr-4Ti after YAG laser welding and neutron irradiation at 563 K”, The 11th International Conference on Fusion Reactor Materials (ICFRM-11), December 7-12, 2003, Kyoto, Japan
- (8) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, A. Nishimura, T. Takeuchi and K. Inoue, “Fabrication of V-based Laves phase compound superconductor through rapidly-heating/quenching process”, 6th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS’2003), 14-18, September, 2003, Sorrento-Napoli, Italy
- (9) Y. Hishinuma, S. Imagawa, N. Yanagi, T. Mito, A. Nishimura, S. Yamada, K. Takahata, H. Chikaraishi, H. Tamura, A. Iwamoto, S. Hamaguchi and O. Motojima, “Design and Operation of the Sub-cooled R&D system for the LHD helical coils”, 18th International Conference on Magnet Technology (MT-18), 20-24, October, 2003, Morioka, Iwate, Japan,
- (10) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, A. Nishimura, T. Takeuchi and K. Inoue, “Microstructure and superconductivity of V-based Laves phase compound superconductor synthesized rapidly-heating/quenching process”, 11th International Conference on Fusion Reactor Material (ICFRM-11), 7-12, December, 2003, Kyoto, Japan,

- (11) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, A. Nishimura, T. Takeuchi and K. Inoue, "Research and Development of superconducting materials on the requirement for an Advanced Fusion Reactor Application", The 1st International Workshop on progress of Nb based Superconductors, 2-3, February, 2004, Tsukuba, Ibaraki, Japan,
- (12) T. Tanaka, T. Nagasaka, T. Muroga, S. Sato, J. Hori, K. Ochiai, T. Nishitani, Q. Huang, "Evaluation of Activation Properties of Fusion Candidate Vanadium Alloy NIFS-HEAT-2", 20th IEEE/NPSS Symposium on Fusion Engineering (SOFE2003), 14 - 17 October, 2003, San Diego, CA, USA
- (13) T. Tanaka, A. Suzuki, T. Muroga, F. Sato, T. Iida and T. Nishitani, "Radiation Induced Conductivity of Ceramic Coating Materials under 14 MeV Neutron Irradiation", 11th International Conference on Fusion Reactor Material (ICFRM-11), December 7-12 , Kyoto, Japan

平成16年度、国際会議発表

- (1) T. Muroga, and T. Tanaka, "Neutronics Investigation into Lithium Vanadium test Blanket Modules", Sixteenth Topical Meeting on the Technology of Fusion Energy (TOFE2004), September 14-16, 2004, Madison, Wisconsin, USA
- (2) T. Muroga, "Overview of Liquid Lithium-Vanadium Alloy Blanket Research in Japan, IEA International Workshop on Tritium Management and Corrosion Activities for Liquid Breeder Blanket", Sept. 27-29, 2004, ENEA, Brasimone, Italy
- (3) T. Muroga, T. Tanaka and A. Sagara, "Neutronics Characterization of Advanced Liquid Blanket for FFHR, Eighth Japan-China Symposium on Materials for Advanced Energy Systems and Fission & Fusion Engineering", October 4-6, 2004, Sendai, Japan
- (4) T. Muroga, T. Nagasaka, A. Nishimura and J.M. Chen, "Improvement of Vanadium Alloys by Precipitate Control for Structural Component of Fusion Reactors", Fifth Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing, November 2-5, 2004, Beijing
- (5) A. Nishimura, Y. Hishinuma, T. Tanaka, T. Muroga, S. Nishijima, Y. Shindo, T. Takeuchi, K. Ochiai, T. Nishitani, K. Okuno, "Design, Fabrication and Installation of Cryogenic Target System for 14 MeV Neutron Irradiation", 23rd Symposium on Fusion Technology (SOFT-23), September 20-24, 2004 , Venice, Italy
- (6) A. Nishimura, Y. Hishinuma, T. Tanaka, T. Muroga, S. Nishijima, Y. Shindo, T. Takeuchi, K. Ochiai, T. Nishitani, K. Okuno, "New Investigation on 14 MeV Neutron Irradiation on Superconducting Magnet Materials for Fusion", 8th Japan-China Symposium on Materials for Advanced Energy Systems and Fission & Fusion Engineering, , October 4-6, 2004, Sendai, Japan
- (7) A. Nishimura, Y. Hishiuma, T. Tanaka, T. Muroga, S. Nishijima, Y. Shindo, T. Takeuchi, K. Ochiai, T. Nishitani, K. Okuno, "Irradiation Effect of 14 MeV Neutron on Superconductivity of Nb<sub>3</sub>Sn and Nb<sub>3</sub>Al Wires", 2nd Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics, (ACASC2004), December 12-14, 2004, Miyazaki, Japan

- (8) T. Nagasaka, T. Muroga, N. Noda, M. Kawamura, H. Ise and H. Kurishita, “Tungsten Coating on Low Activation Vanadium Alloy by Plasma Spray Process”, The 16th ANS Topical Meeting on the Technology of Fusion Energy, September 14-16, 2004, Madison, Wisconsin, USA
- (9) 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
- (10) 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
- (11) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, A. Nishimura, T. Takeuchi and K. Inoue, “Fabrication of V-based Laves phase compound multifilamentary wires by a rapidly-heating/Quenching process to PIT precursor”, Applied Superconductivity Conference 2004 (ASC’2004), 3-8, October, 2004, Jacksonville, Florida, USA
- (12) T. Tanaka, Tatsuo Shikama, Minoru Narui, Bun Tsuchiya, Akihiro Suzuki, Takeo Muroga, “Evaluation of Insulating Property of Ceramic Materials for V/Li Blanket System under Fission Reactor Irradiation, 23rd Symposium on Fusion Technology (SOFT-23), September 20-24, 2004, Venice, Italy”
- (13) T. Tanaka, Takeo Muroga and Akio Sagara, “Tritium Self-Sufficiency and Neutron Shielding Performance of Liquid Li Self-Cooled Helical Reactor”, Sixteenth Topical Meeting on the Technology of Fusion Energy (TOFE2004), September 14-16, 2004, Madison, Wisconsin, USA

平成17年度、国際会議発表

- (1) T. Muroga, T. Tanaka and A. Sagara, “Blanket Neutronics of Li/Vanadium-alloy and Flibe/Vanadium-alloy Systems for FFHR”, Seventh International Symposium on Fusion Nuclear Technology, May 22-27, 2005, Tokyo
- (2) T. Muroga, J.M. Chen, V.M. Chernov, K. Fukumoto, D.T. Hoelzer, R.J. Kurtz, T. Nagasaka, B.A. Pint, M. Satou, A. Suzuki and H. Watanabe, “Advances in Development of Vanadium Alloys and MHD Insulator Coatings”, 12th International Conference on Fusion Reactor Materials (ICFRM-12), December 4-9, 2005, Santa Barbara, California, USA
- (3) A. Nishimura, Y. Hishinuma, T. Tanaka, T. Muroga, S. Nishijima, K. Katagiri, T. Takeuchi, Y. Shindo, K. Ochiai, T. Nishitani, K. Okuno, “14 MeV Neutrons Irradiation at Cryogenic Temperature on Superconducting Magnet Materials”, 7th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT-7), May 23-27, 2005, Tokyo, Japan
- (4) A. Nishimura, T. Muroga, T. Takeuchi, T. Nishitani, H. Tamai, “Nuclear Technology of Superconducting Magnet for Fusion Power Plant and Potential Ripple Effect”, 7th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT-7), May 23-27, 2005, Tokyo, Japan



- (5) A. Nishimura, Y. Hishiuma, K. Seo, T. Tanaka, T. Muroga, S. Nishijima, K. Katagiri, T. Takeuchi, Y. Shindo, K. Ochiai, T. Nishitani, K. Okuno, "Irradiation Effect of 14 MeV Neutron on Interlaminar Shear Strength of Glass Fiber Reinforced Plastics", International Cryogenic Materials Conference (ICMC2005), August 29-September 2, 2005 , Keystone, CO, USA
- (6) A. Nishimura, Y. Hishiuma, K. Seo, T. Tanaka, T. Muroga, S. Nishijima, K. Katagiri, T. Takeuchi, Y. Shindo, K. Ochiai, T. Nishitani, K. Okuno, "14 MeV Neutron Irradiation Effect on Superconducting Magnet Materials for Fusion Device", International Cryogenic Materials Conference (ICMC2005), August 29-September 2, 2005 , Keystone, CO, USA
- (7) A. Nishimura, Y. Hishinuma, K. Seo, T. Tanaka, T. Muroga, S. Nishijima, K. Katagiri, T. Takeuchi, Y. Shindo, K. Ochiai, T. Nishitani, K. Okuno, "Irradiation Effect of D-T Neutron on Superconducting Magnet Materials for Fusion Application", 15th International Toki Conference (ITC-15), December 6-9, 2005, Toki, Gifu, Japan
- (8) A. Nishimura, S. Nishijima, T. Takeuchi, T. Nishitani, "Fusion Neutron Irradiation Effect on Superconducting Magnet Materials", 3rd Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics (ACASC2005), December 12-14, 2005, Busan, Korea
- (9) T. Nagasaka, T. Muroga, M. M. Li, D. T. Hoelzer, S. J. Zinkle, M. L. Grossbeck, H. Matsui, "Tensile Property of Low Activation Vanadium Alloy after Liquid Lithium Exposure", 7 th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT-7), May 22-27, 2005, Tokyo, Japan
- (10) T. Nagasaka, M. Satou, T. Hino, T. Muroga, K. Abe, T. Chuto, and T. Iikubo, "Impurity behavior in V-4Cr-4Ti-Y alloys produced by levitation melting", 12th International Conference on Fusion Reactor Materials(ICFRM-12), December 4-9, 2005, Santa Barbara, California, USA
- (11) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi, A. Nishimura and K. Inoue, "Research and Development of low activation V-based superconducting materials on the requirement for an Advanced Fusion Reactor Application", 7th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT-7), 22-27, May, 2005, Tokyo, Japan
- (12) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi, A. Nishimura and K. Inoue, "Microstructure and Superconducting properties of V-based Laves phase compound multifilamentary wires synthesized by a rapidly heating and quenching process to Hf-Zr/V composite", 2005 Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference, 29 August - 2 September, 2005, Keystone, Colorado, USA
- (13) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi, K. Inoue and A. Nishimura, "Annealing effect on microstructure and superconducting properties of the V-based Laves phase superconducting wire synthesized by a RHQ process", 19th International Conference on Magnet Technology (MT-19), 18-23, September, 2005, Genoa, Italy

- (14) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi and A. Nishimura, "Microstructure and Superconducting properties of Cu addition MgB<sub>2</sub> superconducting wires using Mg<sub>2</sub>Cu as additional source material", 18th International Symposium on Superconductivity 2005 (ISS'2005), 24-26, October, 2005, Tsukuba, Ibaraki, Japan
- (15) Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi and A. Nishimura, "The low activation superconducting materials based on the requirement for an advanced fusion reactor application", 15th International Toki Conference (ITC-15), 6-9 December, 2005, Toki, Gifu, Japan
- (16) K. Seo, A. Nishimura, Y. Hishinuma, G. Nishijima, K. Watanabe, K. Katagiri, K. Nakamura and T. Takao, "Numerical Simulations for Superconducting Cable in Conduit Conductor", 19th International Conference on Magnet Technology (MT-19), September 18-23, Genoa, Italy
- (17) K. Seo, "Electromagnetic Properties of Lap-Joint and its Influences on the Conductor Test Data", 19th International Conference on Magnet Technology (MT-19), September 18-23, Genoa, Italy
- (18) K. Seo, A. Nishimura and Y. Hishinuma, "Avalanche-like Quenches in Cable in Conduit Conductors", The 5th conference of Asia Plasma & Fusion Association (APFA), August 29-31, Jeju, Korea
- (19) 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 Nb<sub>3</sub>Sn Cables", 15th International Toki Conference (ITC15), December 6-9, 2005, Ceratopia Toki, Gifu, Japan
- (20) K. Seo, T. Mito, S. Kawabata, T. Ichihara and M. Hasegawa, "Simulation of Electromagnetic Behaviors of Lap Joints for Fusion Magnet Systems", 7th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT-7), May 23-27, 2005, Tokyo, Japan
- (21) T. Tanaka, Ryo Ngayasu, Akihiko Sawada, Toshiji Ikeda, Fuminobu Sato, Akihiro Suzuki, Takeo Muroga, Toshiyuki Iida, "Electrical Insulating Property of Ceramic Coating Materials in Radiation and High-Temperature Environment", 12th International Conference on Fusion Reactor Materials (ICFRM-12), December 4-9, 2005, Santa Barbara, California, USA
- (22) T. Tanaka, R. Nagayasu, F. Sato, T. Muroga, T. Ikeda, T. Iida, "Comparison of Electrical Properties of Ceramic Insulators between Gamma ray and Ion Irradiations", 7th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT-7), May 23-27, 2005, Tokyo, Japan
- (23) T. Tanaka, Akio Sagara and Takeo Muroga, "Investigation of tritium breeding performance in FFHR by three-dimensional neutronics calculation", 15th International Toki Conference (ITC-15), 6-9, December, 2005, Toki, Gifu, Japan

## 平成15-17年度 国内学会 発表一覧

### 平成15年度、国内学会発表

- (1) 室賀健夫、「日米協力JUPITER-II計画前半の研究成果(4)バナジウム合金・液体リチウムシステムの研究」、日本原子力学会、2004年3月29日-31日、岡山大学、岡山
- (2) 西村 新、三戸利行、山田修一、今川信作、高畑一也、柳 長門、力石浩孝、田村 仁、岩本晃史、濱口真司、菱沼良光、本島 修、A. Nyilas、「過冷却R&Dコイル中の導体の動きの計測」、2003年度春季低温工学・超伝導学会、2003年5月21日-23日、産業技術総合研究所、つくば
- (3) 西村 新、掛下知行、「極低温下での長時間強磁場暴露によるSUS316の金属組織安定性」、2003年度秋季低温工学・超伝導学会、2003年12月3日-5日、島根県民会館、島根
- (4) 長坂琢也、許男鎮、室賀健夫、西村新、渡辺英雄、篠崎賢二、「YAGレーザー溶接しNIFS-HEAT-2 (V-4Cr-4Ti) 溶接材の563 Kにおける中性子照射硬化と衝撃特性変化」、日本金属学会、2003年10月11日-13日、北海道大学
- (5) 長坂琢也、許男鎮、室賀健夫、西村 新、渡辺英雄、篠崎賢二、「YAGレーザー溶接した高純度低放射化バナジウム合金NIFS-HEATの機械特性向上」、日本原子力学会、2003年9月24日-26日、静岡大学
- (6) 長坂琢也、室賀健夫、「低放射化バナジウム合金」、日本金属学会分科会シンポジウム、2003年10月14日、北海道大学クラーク会館
- (7) 長坂琢也、許男鎮、室賀健夫、西村新、渡辺英雄、鳴井実、篠崎賢二、「低放射化バナジウム合金レーザー溶接材の高温加熱後及び中性子照射後の機械特性」、プラズマ・核融合学会、2003年11月25日-28日、茨城県立県民文化センター
- (8) 菱沼良光、今川信作、柳長門、三戸利行、西村新、山田修一、高畑一也、力石浩孝、田村仁、岩本晃史、濱口真司、本島修、本田忠明、吉永誠一郎、榛葉透、佐藤昌彦、角井日出男、「LHDヘリカルコイル過冷却R&Dシステムの特性」、2003年度春季低温工学・超伝導学会、2003年5月21日-23日、産業技術総合研究所、つくば
- (9) 菱沼良光、菊池章弘、飯嶋安男、吉田勇二、竹内孝夫、西村新、井上廉、「V基C15ラーベス相超伝導体への急熱急冷法の適用」、2003年春季日本金属学会、2003年3月、東京工業大学
- (10) 田中 照也、鈴木 晶大、室賀 健夫、飯田 敏行、佐藤 文信、永安 怜、佐藤 聡、西谷 健夫、「液体Li冷却ブランケット用電気絶縁被覆材料の14MeV中性子照射下における放射線誘起伝導」、日本原子力学会 2003年秋の大会、2003年9月24日-26日、静岡大学、静岡
- (11) 田中照也、室賀健夫、「ITER V/Liテストブランケットモジュールの中性子工学からの検討」、日本原子力学会、2004年3月29日-31日、岡山大学、岡山

## 平成16年度、国内学会発表

- (1) 室賀健夫、田中照也、長坂琢也、鈴木晶大、「バナジウム合金・液体リチウムブランケットモジュールの検討」、第5回核融合エネルギー連合講演会、2004年6月17日、18日、仙台市民会館、仙台
- (2) 室賀健夫、「ITER テストブランケットモジュールの検討 (5)液体リチウムブランケットの検討」、プラズマ核融合学会、2004年11月23日－26日、静岡県コンベンションアーツセンター「グランシップ」、静岡
- (3) 室賀健夫、「核融合ブランケット工学の現状(5)ブランケット構造材料の現状と課題」、日本原子力学会、2005年3月29日－31日、東海大学、平塚
- (4) 西村 新、菱沼良光、田中照也、室賀健夫、西嶋茂宏、新藤裕英、竹内孝夫、奥野 清、落合謙太郎、西谷健夫、「14MeV中性子の極低温照射装置の製作と性能評価」、2004年度春季低温工学・超伝導学会、2004年5月24日－26日、横浜国立大学、横浜
- (5) 西村 新、菱沼良光、田中照也、室賀健夫、西嶋茂宏、竹内孝夫、奥野 清、落合謙太郎、西谷健夫、「超伝導マグネット材料の核融合中性子照射」、2004年度秋季低温工学・超伝導学会、2004年11月1日－3日、八戸工業大学、八戸
- (6) 西村 新、菱沼良光、田中照也、室賀健夫、野田信明、西嶋茂宏、新藤裕英、竹内孝夫、奥野 清、落合謙太郎、西谷健夫、「極低温下での14 MeV中性子照射装置の設計」、製作と設置、第5回核融合エネルギー連合講演会、2004年6月17日－18日、仙台市民会館、仙台
- (7) 西村 新、菱沼良光、田中照也、室賀健夫、西嶋茂宏、片桐一宗、竹内孝夫、進藤裕英、落合謙太郎、西谷健夫、奥野 清、「超伝導マグネット材料の中性子照射効果」、プラズマ・核融合学会第21回年会講演会、2004年11月23日－26日、静岡県コンベンションアーツセンター、静岡
- (8) 長坂琢也、福元謙一、室賀健夫、松井秀樹、鳴井実、M. L.. Grossbeck, H. L. Li, 西村新、野田信明, 「低放射化バナジウム合金の液体Li環境下における高温強度」、エネルギー連合講演会、2004年6月17日-18日、仙台市民会館、宮城県仙台市
- (9) 長坂琢也、室賀健夫、野田信明、川村昌志、伊勢英夫、栗下裕明、「低放射化バナジウム合金のプラズマスプレー法によるタングステン被覆」、日本金属学会、2005年3月29日-31日、横浜国立大学
- (10) 菱沼良光、菊池 章弘、飯嶋 安男、吉田 勇二、竹内 孝夫、西村 新、井上 廉、「低放射化V基超伝導線材への急熱急冷プロセスの適用」、第5回核融合エネルギー連合講演会、2004年6月17日－18日、仙台市民会館、仙台
- (11) 菱沼良光、菊池章弘、飯嶋安男、吉田勇二、竹内孝夫、西村新、井上廉、「急熱急冷法によるV基C15ラーベス相超伝導多芯線の作製」、2004年度春季低温工学・超伝導学会、2004年5月24日－26日、横浜国立大学、横浜
- (12) 菱沼良光、菊池章弘、飯嶋安男、吉田勇二、竹内孝夫、西村 新、「急熱急冷法によるV基C15ラーベス相超伝導多芯線の超伝導特性」、2004年度秋季低温工学・超伝導学会、2004年11月1日－3日、八戸工業大学、八戸

- (13) 田中 照也、鈴木晶大、室賀健夫、四竈樹男、鳴井實、「JMTR照射下における液体Li冷却ブランケット用絶縁被覆材料の電気特性評価」、第5回核融合エネルギー連合講演会、2004年6月17日－18日、仙台市民会館、仙台
- (14) 田中 照也、室賀 健夫、永安 怜、佐藤 文信、飯田 敏行、池田 稔治、鈴木 晶大、「液体Li冷却ブランケット用電気絶縁コーティング材料の高温における放射線誘起伝導」、日本原子力学会、2005年3月29日－31日、東海大学、平塚

#### 平成17年度、国内学会発表

- (1) 室賀健夫、田中照也、相良明男、Dai-kai Sze、「バナジウム合金・Flibeブランケットにおけるトリチウム制御の検討」、日本原子力学会 2006年春の年会、2006年3月24日－26日、原研機構、大洗、茨城
- (2) 西村 新、妹尾和威、菱沼良光、田中照也、室賀健夫、西嶋茂宏、片桐一宗、進藤裕英、竹内孝夫、奥野清、落合謙太郎、西谷健夫、「超伝導マグネット材料の核融合中性子照射(その2)」、2005年度春季低温工学・超伝導学会、2005年5月30日－6月2日、東京大学、東京
- (3) 西村 新、妹尾和威、菱沼良光、田中照也、室賀健夫、西嶋茂宏、片桐一宗、進藤裕英、竹内孝夫、奥野 清、落合謙太郎、西谷健夫、「超伝導マグネット材料の核融合中性子照射(その3)」、2005年度秋季低温工学・超伝導学会、2005年11月21－23日、朱鷺メッセ、新潟
- (4) 西村 新、妹尾和威、菱沼良光、田中照也、室賀健夫、西嶋茂宏、片桐一宗、進藤裕英、竹内孝夫、奥野 清、落合謙太郎、西谷健、「GFRPの層間せん断強度に及ぼす14MeV中性子と $\gamma$ 線の影響」、2005年度秋季低温工学・超伝導学会、2005年11月21－23日、朱鷺メッセ、新潟
- (5) 西村 新、菱沼良光、妹尾和威、田中照也、室賀健夫、西嶋茂宏、片桐一宗、竹内孝夫、進藤裕英、落合謙太郎、西谷健夫、奥野 清、「超伝導マグネット材料の中性子照射効果(その2)」、プラズマ・核融合学会第22回年会講演会、2005年11月29日－12月2日、タワー船堀、東京
- (6) 長坂琢也、室賀健夫、M. M. Li, D. T. Hoelzer, S. J. Zinkle, 松井秀樹、「低放射化バナジウム合金の液体リチウム浸漬による機械的特性変化」、日本原子力学会、2005年9月13日－15日、八戸工業大学
- (7) 菱沼良光、菊池章弘、飯嶋安男、吉田勇二、竹内孝夫、西村 新、井上 廉、「急熱急冷法によるV系ラーベス相線材における後熱処理の影響」、2005年度春季低温工学・超伝導学会、2005年5月30日－6月2日、東京大学、東京
- (8) 菱沼良光、菊池章弘、飯嶋安男、吉田勇二、竹内孝夫、西村 新、井上 廉、「Mg<sub>2</sub>Cu化合物を添加源としたCu添加MgB<sub>2</sub>超伝導線材の超伝導特性」、2005年度秋季低温工学・超伝導学会、2005年11月21－23日、朱鷺メッセ、新潟
- (9) 菱沼良光、菊池 章弘、竹内 孝夫、西村 新、「核融合応用を指向した低放射化高磁界用金属系超伝導線材の開発」、日本電子材料技術協会第42回秋期講演大会、2005年10月、高輪

- (10) 菱沼良光、菊池 章弘、飯嶋 安男、吉田 勇二、竹内 孝夫、西村 新、「高Ga濃度Cu-Ga化合物粉末を用いたPIT法 $V_3Ga$ 超伝導線材の作製」、プラズマ・核融合学会第22回年会講演会、2005年11月29日－12月2日、タワー船堀、東京
- (11) 妹尾和威、西村新、菱沼良光、西島元、渡辺和雄、片桐一宗、中村一也、高尾智明、「ケーブル・イン・コンジット導体における雪崩状クエンチ現象 ～NbTiと $Nb_3Sn$ 導体の比較～」、低温工学・超伝導学会、2005年11月21日－23日、朱鷺メッセ、新潟
- (12) 妹尾和威、「超伝導撚線導体間ラップジョイントの数値解析」、低温工学・超伝導学会、2005年5月31日－6月2日、東京大学
- (13) 妹尾和威、西村新、菱沼良光、西島元、渡辺和雄、片桐一宗、中村一也、高尾智明、「ケーブル・イン・コンジット導体における雪崩状クエンチ現象 ～NbTi導体と $Nb_3Sn$ 導体の比較～」、プラズマ核融合学会 第22回年会、2005年11月29日－12月2日、東京・タワーホール船堀
- (14) 田中 照也、相良明男、室賀健夫、M.Z.Youssef、「ヘリカル型核融合炉FFHR2の3次元輸送計算によるニュートロニクス特性評価」、日本原子力学会 2006年春の年会、2006年3月24日－26日、原研機構、大洗、茨城

## 総研大修士・在学生一覧

氏名	修了年度	研究題目	主任指導教官
許 男鎮	平成 15 年 3 月	Impurity behavior and weld joint properties of low activation vanadium alloys for fusion reactor	室賀健夫
姚 振宇	平成 17 年 9 月	Development of insulating coating on vanadium alloys for liquid blanket of fusion reactors	室賀健夫
李 懷林	平成 18 年 9 月 (予定)	Strain rate and temperature effect on tensile and fatigue properties of JLF-1 steel (仮題)	西村 新
栗 再新	平成 19 年 9 月 (予定)	Neutronics assessments of advanced liquid blankets for fusion reactors (仮題)	室賀健夫
徐 祺	平成 20 年 9 月 (予定)	Compatibility of low activation structural materials with liquid breeder materials (仮題)	室賀健夫

共同研究等リスト (H15-17を中心に)

添付資料-5

平成17年度NIFS一般共同研究(炉工学)

コード	題名	代表者	代表者所属	職名	所内世話人
NIFS05KFRF013	超伝導マグネット絶縁用複合材料システムの極低温はく離疲労き裂進展	進藤裕英	東北大学・大学院工学研究科	教授	西村新
NIFS04KFRF004	超伝導コイル用非金属系複合材料の熱・機械的特性に関する研究	高尾智明	上智大学・理工学部	教授	西村新
NIFS04KFRF005	円周切欠き丸棒試験片を用いた破壊靱性評価法の開発	笠場孝一	岩手大学・工学部	助教授	西村新
NIFS03KFRF002	MHD効果と材料共存性の観点からの液体ブランケット成立性評価	橋爪秀利	東北大学・大学院工学研究科	教授	室賀健夫
NIFS05KFRF014	V-Ti及びV-Ti-Ta合金系超伝導線材の開発	井上廉	徳島大学・工学部・電気電子工学科	教授	菱沼良光
NIFS04KFRF006	核融合炉応用に向けた低放射化高磁界発生用金属系超伝導線材の開発	菊池章弘	独立行政法人物質・材料研究機構・超伝導材料研究センター	主任研究員	菱沼良光
NIFS04KFRF007	核融合炉用大型超伝導コイルシステムの構造設計と材料特性評価	西村新	核融合科学研究所・炉工学研究センター	教授	西村新
NIFS05KFRF015	短い垂直円管内水の強制対流サブクール沸騰限界熱流束(加熱速度の影響)	畑幸一	京都大学・エネルギー理工学研究所	助手	野田信明
NIFS05KFRF016	強力中性子源要素技術確認試験の総括と工学実証試験の準備	松井秀樹	東北大学・金属材料研究所	教授	室賀健夫
NIFS04KFRF008	金属線複合化による電流リード用Bi-2223焼結体の超伝導特性と機械特性の向上	吉澤秀二	明星大学・理工学部	助教授	西村新
NIFS05KFRF017	先進液体冷却ブランケットシステムにおける核特性評価課題の検討	飯田敏行	大阪大学大学院・工学研究科	教授	田中照也
NIFS04KFRF009	核融合炉ブランケット環境における電気絶縁被覆材料の照射損傷	四籠樹男	東北大学 金属材料研究所原子力材料物性学部門	教授	田中照也
NIFS03KFRF003	液体ブランケットシステムにおける絶縁性被覆の開発	寺井隆幸	東京大学大学院・工学系研究科	教授	田中照也
NIFS04KFRP001	球状トカマク(ST)型体積中性子源(VNS)を用いた高レベル廃棄物の核変換処理	田中靖敏	名古屋工業大学・工学研究科	教授	長山好夫
NIFS05KFRF018	バナジウム合金中の照射誘起析出物に関する研究	二田伸康	東北大学・金属材料研究所	助手	長坂琢也
NIFS04KFRF010	内圧管によるNIFS-Heatバナジウム合金のクリープ変形機構の評価	福元謙一	福井大学大学院工学研究科・原子力エネルギー安全工学専攻	助教授	長坂琢也
NIFS05KFRM001	ヘリウム及び水素同位体照射された低放射化フェライト鋼における微細組織観察	岩切宏友	九州大学応用力学研究所・プラズマ・材料力学部門	助手	加藤太治
NIFS05KFRF019	LiPb二重冷却材ブランケット概念における化学管理のフィジビリティ検討	小西哲之	京都大学・エネルギー理工学研究所	教授	室賀健夫
NIFS04KFRF011	タンガスステンダイバータの接合とその熱負荷試験	友田陽	茨城大学大学院・理工学研究科	教授	野田信明
NIFS05KFRF020	強力中性子源(IFMIF)照射試験のための微小試験片技術の規格化に向けた課題の検討	木村晃彦	京都大学・エネルギー理工学研究所	教授	室賀健夫
NIFS05KFRF021	レーザー溶接されたY添加バナジウム合金のイオン照射効果	渡辺英雄	九州大学応用力学研究所プラズマ・材料力学部門	助教授	長坂琢也
NIFS04KFRF012	SiC/SiC複合材料の接合技術開発	檜木達也	京都大学・エネルギー理工学研究所	講師	室賀健夫
NIFS05KFRF022	高純度・超微細結晶粒・ナノ粒子分散組織をもつバナジウム固溶強化合金の耐照射特性と機械的性質	栗下裕明	東北大学・金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター	助教授	長坂琢也
NIFS02KFRF001	低放射化耐熱フェライト鋼の開発と高効率ブランケット要素特性評価	香山晃	京都大学・エネルギー理工学研究所	教授	室賀健夫
NIFS05KFRF023	バナジウム合金ブランケットにおける課題の整理と総合評価	阿部勝憲	東北大学大学院・工学研究科	教授	長坂琢也

平成17年度NIFS計画共同研究(炉工学センター関係)

NIFS04KOBF007	Nb3Al CIC導体における曲げ歪みの臨界電流値に対する影響の研究	玉井広史	日本原子力研究所・炉心プラズマ研究部	副主任研究員	西村新
NIFS04KOBF008	極低温下での14MeV中性子照射による超伝導マグネット材料の特性変化	西嶋茂宏	大阪大学・大学院工学研究科	教授	西村新
NIFS05KOBF009	液体金属リチウム自由表面流れの研究	堀池寛	大阪大学大学院・工学研究科	教授	室賀健夫
NIFS05KOBF010	液体リチウムからのトリチウム回収と不純物制御に関する要素過程と技術統合	田中知	東京大学・大学院工学系研究科	教授	室賀健夫
NIFS05KOBF011	材料照射用強力中性子源テストセルの最適熱機械設計	清水昭比古	九州大学・大学院総合理工学研究院	教授	室賀健夫



平成16年度NIFS一般共同研究(炉工学)

コード	題名	代表者	代表者所属	職名	所内世話人
4012-001	銅円管内の高熱流束サブクール沸騰の実験的研究	畑幸一	京都大学エネルギー理工学研究所	助手	野田信明
4012-002	核融合炉応用に向けた低放射化高磁界発生用金属系超伝導線材の開発	菊池章弘	独立行政法人物質材料研究機構超伝導材料研究センター	主任研究員	菱沼良光
4012-003	極低温材料システムの強度特性評価法開発	進藤裕英	東北大学大学院工学研究科	教授	西村新
4012-004	円周切欠き丸棒試験片を用いた破壊靱性評価法の開発	笠場孝一	岩手大学工学部	助教授	西村新
4012-005	強力中性子源を用いた材料照射試験計画の検討	松井秀樹	東北大学金属材料研究所	教授	室賀健夫
4012-006	超伝導コイル用非金属系複合材料の熱・機械的特性に関する研究	高尾智明	上智大学理工学部	教授	西村新
4012-007	高Zプラズマ対向壁材料の開発と総合的評価	栗下裕明	東北大学金属材料研究所	助教授	野田信明
4001-026	低放射化フェライト鋼における水素照射効果	岩切宏友	九州大学応用力学研究所プラズマ材料力学部門	助手	久保田雄輔
4012-008	材料照射挙動シミュレーションのためのモデル開発	関村直人	東京大学大学院工学系研究科	教授	室賀健夫
4001-027	球状トカマク(ST)型体積中性子源(VNS)を用いた高レベル廃棄物の核変換処理	田中靖敏	名古屋工業大学都市循環システム工学専攻	教授	長山好夫
4012-009	MHD効果と材料共存性の観点からの液体ブランケット成立性評価	橋爪秀利	東北大学大学院工学研究科	教授	室賀健夫
4012-010	金属線複合化による電流リード用Bi-2223焼結体の超伝導特性と機械特性の向上	吉澤秀二	明星大学理工学部	助教授	西村新
4012-011	超高純度バナジウム合金を用いたHe空孔複合体挙動の解明	二田伸康	東北大学金属材料研究所	助手	長坂琢也
4012-012	タングステンダイバータの接合とその熱負荷試験	友田陽	茨城大学工学部	教授	野田信明
4012-013	高純度バナジウム合金共通材料NIFS-HEATの総合評価	阿部勝憲	東北大学大学院工学研究科	教授	長坂琢也
4012-014	レーザー溶接されたNIFS-HEAT-2バナジウム合金のイオン照射効果	渡辺英雄	九州大学応用力学研究所プラズマ材料力学部門	助教授	長坂琢也
4012-015	液体Liブランケット用絶縁セラミック材料に対する照射効果の研究	飯田敏行	大阪大学大学院工学研究科	教授	田中照也
4012-016	核融合炉ブランケット環境における電気絶縁被覆材料の照射損傷	四竈樹男	東北大学金属材料研究所原子力材料物性学研究部門	教授	田中照也
4012-017	SiC/SiC複合材料の接合技術開発	檜木達也	京都大学エネルギー理工学研究所講師	講師	室賀健夫
4012-018	低放射化耐熱フェライト鋼の開発と高効率ブランケット要素特性評価	香山晃	京都大学エネルギー理工学研究所	教授	室賀健夫
4012-019	核融合炉用大型超伝導コイルシステムの構造設計と材料特性評価	西村新	核融合科学研究所炉工学研究センター	教授	西村新
4012-020	液体ブランケットシステムにおける絶縁性被覆の試作と機能評価	寺井隆幸	東京大学大学院工学系研究科	教授	田中照也
4012-021	内圧管によるNIFS-Heatバナジウム合金のクリープ変形機構の評価	福元謙一	福井大学工学研究科独立専攻原子力エネルギー安全工学専攻	助教授	長坂琢也
4012-022	耐中性子・耐ヘリウム照射脆化改善のための微細結晶粒・粒子分散組織をもつ高クリープ強度V合金の開発	栗下裕明	東北大学金属材料研究所	助教授	長坂琢也

平成16年度NIFS計画共同研究(炉工学センター関係)

L1-11 3012-001	Nb3Al/CuC超伝導体における曲げ歪みの臨界電流値に対する影響の研究	玉井広史	日本原子力研究所那珂研究所核融合装置試験部	研究員	西村新
L1-12 3012-002	極低温下での14MeV中性子照射による超伝導マグネット材料の特性変化	西嶋茂宏	大阪大学大学院工学研究科	教授	西村新
L2-19 3012-009	SiCセラミックスによるプラズマ対向機器の工学評価	香山晃	京都大学エネルギー理工学研究所	教授	野田信明
L2-22 3012-012	高熱負荷ダイバータ冷却設計データベースに関わる銅円管内強制対流沸騰熱伝達と限界熱流束の研究	畑幸一	京都大学エネルギー理工学研究所	助手	野田信明

平成15年度NIFS一般共同研究(炉工学センター関係)

コード	題名	代表者	代表者所属	職名	所内世話人
1	超高純度化バナジウム合金の機械的性質変化	福元謙一	東北大学金属材料研究所	助教授	長坂琢也
2	低放射化耐熱フェライト鋼の開発と高効率ブランケット要素特性評価	香山晃	京都大学エネルギー理工学研究所	教授	室賀健夫
3	極限特性評価のための核融合炉材料強度試験技術の高度化	加藤雄大	京都大学エネルギー理工学研究所	助教授	室賀健夫
4	中性子発生施設を用いた液体ブランケット技術統合試験の検討	松井秀樹	東北大学金属材料研究所	教授	室賀健夫
5	高純度バナジウム合金共通材料NIFS-HEATの総合評価	阿部勝憲	東北大学大学院工学研究科	教授	長坂琢也
6	材料照射挙動シミュレーションのためのモデル開発	関村直人	東京大学大学院工学系研究科	教授	室賀健夫
7	液体ブランケット材料の両立性とコーティング開発の基礎研究	寺井隆幸	東京大学大学院工学系研究科	教授	鈴木晶大

平成15年度NIFS計画共同研究(炉工学センター関係)

8	高Zプラズマ対向壁材料の開発と総合的評価	栗下裕明	東北大学金属材料研究所	助教授	野田信明
9	SiCセラミックスによるプラズマ対向機器の工学評価	香山晃	京都大学エネルギー理工学研究所	教授	野田信明
10	高熱負荷ダイバータ冷却設計データベースに関わる銅円管内強制対流沸騰熱伝達と限界熱流束の研究	畑幸一	京都大学エネルギー理工学研究所	助手	野田信明

核融合材料照射試験装置要素技術開発共同研究 研究テーマと代表

平成12年度～平成14年度

	研究テーマ	代表者
1	液体金属リチウムターゲット用自由表面流の実験研究	堀池 寛 (阪大)
2	溶融金属リチウム中非金属不純物の制御	田中 知 (東大)
3	テストセルのガス冷却温度制御に関する研究	清水昭比古 (九大)
4a	微小試験片による低放射化材料の破壊靱性評価	栗下裕明 (東北大)
4b		木村晃彦 (京大)
5	$^7\text{Li}(d,n)$ 反応中性子のエネルギー・空間分布に関する実験的研究	馬場 護 (東北大)

平成15年度～平成16年度

	研究テーマ	代表者
1	液体金属リチウムターゲット用自由表面流の実験研究	堀池 寛 (阪大)
2a	溶融金属リチウム中非金属不純物の回収制御	田中 知 (東大)
2b		深田 智 (九大)
3	高中性子束テストセルのガス冷却温度制御に関する研究	清水昭比古 (九大)
4a	微小試験片技術開発	木村晃彦 (京大)
4b		栗下裕明 (東北大)
5	重陽子によるIFMIF加速器構成材核種の中性子生成と放射化	馬場 護 (東北大)

## 他の国内共同研究（H15-H17を中心に）

### 大学、国立研究所との共同研究

NEDO（産業技術研究助成）（平成14年度－16年度。平成18年度まで期間延長）  
研究代表者：菊池章弘（NIMS）

「マイクロ複合粉末を原料としたMgB<sub>2</sub>等先進化合物系超電導線材の開発」

物質材料研究機構 強磁場センター 共同利用研究（平成14年度から継続中）  
「高磁界発生用低放射化金属系超伝導線材の基礎的研究」（NIFS 菱沼）

物質材料研究機構 共同研究（平成16, 17年度）  
「核融合炉を指向した低放射化超伝導体に関する基礎研究」  
（物材機構 竹内、菊池－NIFS 西村、菱沼）

大阪大学接合科学研究所 共同利用研究（平成15、16、17年度）  
「高温超伝導酸化物仮焼粉の微粉化による超伝導特性の向上」（阪大 内藤－NIFS 西村）

東北大学金属材料技術研究所 共同利用研究（平成17年度）  
「超伝導線材の臨界電流に及ぼす中性子照射効果」（東北大金研 渡辺－NIFS 西村）

日本原子力研究開発機構 核融合中性子工学研究グループ（協力研究。平成17年度－19年度）  
「極低温下での超伝導コイル材料の中性子照射効果」（JAEA 西谷－NIFS 西村）

東北大学金属材料研究所 共同研究（平成15年度－17年度）研究代表者：室賀健夫  
「バナジウム合金の溶接性に及ぼす不純物及び溶接後熱処理の影響」

東北大学金属材料研究所 量子エネルギー材料国際研究センター共同研究  
（平成15年度－17年度）研究代表者：室賀健夫  
「核融合炉液体ブランケット要素部材の照射効果」

九州大学応用力学研究所 共同研究（平成15年度－17年度）研究代表者：室賀健夫  
「バナジウム合金溶接部材の特性と照射効果」（平成15年度－16年度）  
「低放射化バナジウム合金の不純物輸送に伴う組織変化」（平成17年度）

日本原子力研究開発機構 FNS利用協力研究（平成15－17年度）研究代表者：室賀健夫  
「液体リチウム冷却核融合炉用絶縁コーティング材料に対する14MeV中性子照射効果」  
（平成15－16年度）

「先進液体ブランケットシステムの核特性評価」（平成17年度）

### 受託研究

物質材料研究機構（平成15年度）代表者 西村 新  
「極低温下での構造材料の破壊靱性試験法」

物質材料研究機構（平成16年度）代表者 西村 新  
「極低温下での構造材料のきれつ進展試験法」

### 民間との共同研究

太陽鈷工(株)（平成15年度－17年度）代表者 室賀健夫  
「核融合炉用金属バナジウムの試作開発」

(株)TYK（平成15年度－17年度）代表者 室賀健夫  
「核融合炉リチウムブランケット用絶縁性セラミックス素材の開発」

## 科学研究費補助金

- (基盤研究C)「14MeV中性子照射による超伝導材料の超伝導特性変化の機構解明」  
(課題番号16560725) 平成16年度－平成18年度 代表 西村 新
- (基盤研究B)「低放射化バナジウム合金による核融合炉ブランケット部材の製作要素技術開発」  
(課題番号1438023) 平成15年度－平成16年度 代表 室賀健夫
- (基盤研究C)「自己修復性を有する核融合炉ブランケット絶縁被覆概念の検証」  
(課題番号17560734) 平成17年度 代表 室賀健夫
- (特定領域2)「核融合炉材料開発」  
(課題番号13107202) 平成15年度－平成16年度 代表 室賀健夫
- (若手B)「多孔質セラミックス材料の電気絶縁特性に対する放射線照射効果」  
(課題番号16760675) 平成15年度－平成16年度 代表 田中照也
- (若手B)「核融合炉用低放射化バナジウム合金溶接継手の時効効果」  
(課題番号 )平成15年度 代表 長坂琢也
- (若手B)「核融合炉ブランケット配管への酸化カルシウムコーティング作成手法の検討」  
(課題番号 ) 平成15年度 代表 鈴木晶大

## 共同研究による人材育成 - 共同研究に関連した学位リスト(平成15-17年度)

修了年月	学位	氏名	大学	学部・研究科	論文題名	センター対応教官
平成16年3月	学士	島田 浩典	明星大学	理工学部	大型単一ドメインDy-123系超伝導体の作製	菱沼 良光
	学士	阪本 光孝	工学院大学	工学部		西村 新、菱沼 良光
	学士	加藤 多聞	九州大学	工学部 エネルギー科学科	IFMIFテストセルの構造解析	室賀健夫
	修士	小野広展	京都大学	エネルギー科学研究科	低放射化フェライト鋼の破壊靱性に及ぼす試験片サイズ効果	室賀健夫、長坂琢也
	修士	小田卓司	東京大学	工学系研究科	酸化リチウム中での水素同位体挙動	鈴木晶大、室賀健夫
	修士	金留正人	北海道大学	工学研究科	V合金の機械的性質に及ぼす照射欠陥と動的チャージングの影響	長坂琢也、室賀健夫
	修士	隅野裕也	九州大学	大学院総合理工学府	純銅の損傷組織に及ぼす照射温度変動効果	室賀健夫
	修士	黒木勝大	九州大学	大学院総合理工学府	液体リチウム中における水素同位体の拡散に関する研究	鈴木晶大、室賀健夫
	修士	靄岡裕介	愛媛大学	理工学研究科	微細結晶粒・粒子分散組織を有するV-Y合金の微細組織と硬さに及ぼす中性子照射の効果	長坂琢也、室賀健夫
	博士	P. Torres	北海道大学	工学研究科	Effect of Hydrogen on Mechanical Properties, Microstructure and Fracture of V-Cr-Ti Alloys	長坂琢也、室賀健夫
	博士	近藤啓悦	東北大学	工学研究科	軽イオン照射したオーステナイトステンレス鋼の腐食特性評価に関する研究	長坂琢也、室賀健夫
平成16年9月	博士	Kang YI	東京大学	工学系研究科	Hydrogen isotope behaviors in Lithium-tin alloy as a potential liquid breeder or coolant for fusion reactor	鈴木晶大、室賀健夫
平成17年3月	学士	奥 大輔	北海道大学	原子工学科	表面酸化されたバナジウム合金のヘリウム保持・脱離挙動	長坂琢也、室賀健夫
	学士	豊島 清崇	明星大学	理工学部	電流リード用金属メッシュ複合化Bi系超伝導円筒の作製	西村 新、菱沼 良光
	学士	入佐 浩史	九州大学	工学部 エネルギー科学科	IFMIFガス冷却テストモジュールの非一様加熱時の温度制御実験	室賀健夫
	学士	山下直哉	九州大学	工学部エネルギー科学科	液体ブランケットにおける水素同位体の挙動に関する研究	室賀健夫
	修士	山田 剛	北海道大学	工学研究科	バナジウム合金の重水素及びヘリウム保持・脱離挙動	長坂琢也、室賀健夫
	修士	安田朋晶	北海道大学	工学研究科	V-Cr-Ti合金の変形挙動に及ぼす転位と水素の動的相互作用の効果	長坂琢也、室賀健夫
	修士	澤田智世	東北大学	工学研究科	DCスパッタ法を用いたバナジウム合金への酸化イットリウム被覆に関する基礎研究	室賀健夫
	修士	安間勇介	東北大学	工学研究科	バナジウム合金の照射誘起析出に関する研究	長坂琢也、室賀健夫

## 共同研究による人材育成 - 共同研究に関連した学位リスト(平成15-17年度)

	修士	宮脇 賢	東北大学	工学研究科	昇温脱離測定によるバナジウム中のヘリウム挙動に及ぼす酸素の効果	長坂琢也、室賀健夫
	修士	永安 怜	大阪大学	工学研究科	核融合炉環境における液体リチウム用絶縁コーティング材料の照射効果に関する研究	田中 照也、室賀健夫
	修士	平兼慎二	東京大学	工学系研究科	Fe-Ti合金による液体Li中窒素のゲッターリング	室賀健夫
	修士	山崎和宏	九州大学	大学院総合理工学府	レーザー溶接されたV-4Cr-4Ti合金の微細組織とイオン照射特性評価	長坂琢也、室賀健夫
	修士	長田 智	九州大学大学院	総合理工学府 先端エネルギー 理工学専攻	非一様発熱分布を有するIFMIF高中性子束テストモジュール温度制御実験	室賀健夫
	博士	井田瑞穂	大阪大学	工学研究科	Study on stability of high-speed free-surface flow of liquid-metal target	室賀健夫
	博士	中村 一也	上智大学	理工学研究科	超伝導燃り線の素線間接触抵抗と結合損失に関する研究	西村 新
	博士	石島暖大	東北大学	工学研究科	ナノ組織制御による高靱性タングステン合金の開発	長坂琢也、野田信明
	博士	尾田茂	愛媛大学	理工学研究科	核融合炉用候補材料である粒子分散バナジウム合金の微細組織	長坂琢也、室賀健夫
平成18年3月 (予定)	学士	近田拓未	東京大学	工学部	核融合炉液体リチウムブランケットにおける酸化エルビウムコーティングの自己修復	室賀健夫、田中照也
	学士	原井 康孝	九州大学	工学部 エネルギー科学科	IFMIFテストセルにおける多孔体ガスマニフォールドの開発	室賀健夫
	学士	前田泰	九州大学	工学部 エネルギー科学科	液体ブランケットにおける水素同位体の挙動に関する研究	室賀健夫
	修士	島田 浩典	明星大学	理工学研究科	Dy-123系大型超伝導溶融体の組織と超伝導特性(仮題)	菱沼 良光
	修士	阪本 光孝	工学院大学	工学研究科	金属線複合化Bi-2223電流リード用超伝導円筒の作製(仮題)	西村 新、菱沼 良光
	修士	福島康隆	九州大学	大学院総合理工学府	V-4Cr-4Ti合金の低温領域での機械的特性評価	長坂琢也、室賀健夫
	修士	半田卓也	東京大学	工学系研究科	酸化エルビウムコーティングの作成と水素透過防止性能の評価	室賀健夫、田中照也
	修士	木下美佳	九州大学	総合理工学府	液体リチウムブランケットからの水素同位体の回収に関する研究	室賀健夫
	修士	工藤貴浩	東北大学	工学研究科	耐食性バナジウム基合金の開発と電気化学的腐食特性評価	長坂琢也、室賀健夫
	修士	谷口大輔	東北大学	工学研究科	イットリウム添加V-Cr-Ti合金の機械的性質に及ぼす表面酸化層の影響	長坂琢也、室賀健夫
	博士	澤田明彦	東京大学	工学系研究科	物理的気相蒸着法による核融合炉液体ブランケット用絶縁性被覆の研究	室賀健夫、田中照也

総研大生、特別研究生、共同研究先の学生が著者に含まれる論文

2000 年

- (1) T. Nagasaka, H. Takahashi, T. Muroga, T. Tanabe and H. Matsui, “Recovery and Recrystallization Behavior of Vanadium at Various Controlled Nitrogen and Oxygen Levels”, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 283-287, 2000, pp. 816-821
- (2) 中頭利則, 長坂琢也, 室賀健夫, 佐藤学, 阿部勝憲, 柴山環樹, 富山茂樹, 坂田雅史, 「レビテーション溶解法による V-Cr-Ti-Y-Al-Si 合金の製作」, *日本金属学会誌*, Vol. 64, 2000, pp. 743-746

2001 年

- (1) T. Nagasaka, H. Takahashi, T. Muroga, N. Yoshida and T. Tanabe, Hardening of Vanadium “Doped with Nitrogen by Heavy Ion Irradiation and Post-Irradiation Annealing, Effects of Radiation on Materials”, *ASTM STP 1405*, S. T. Rosinski, M. L. Grossbeck, T. R. Allen, and A. S. Kumar, Eds., American Society for Testing Materials, West Conshohocken, PA, 2001, pp. 746-761

2002 年

- (1) N. J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga, A. Nishimura, K. Shinozaki and N. Takeshita, “Metallurgical and mechanical properties of laser weldment for low activation V-4Cr-4Ti alloy”, *Fusion Engineering and Design*, Vols. 61-62, 2002, pp. 749-755
- (2) T. Nagasaka, N. J. Heo, T. Muroga and M. Imamura, “Examination of fabrication process parameters for improvement of low-activation vanadium alloys”, *Fusion Engineering and Design*, Vols. 61-62, 2002, pp. 757-762
- (3) N. J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga, and H. Matsui, “Effect of impurity levels on precipitation behavior in the low-activation V-4Cr-4Ti alloys”, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 620-624
- (4) N. J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga, A. Nishimura, K. Shinozaki and N. Takeshita, “Development of laser welding technology for vanadium and its alloys”, *Journal of Plasma Fusion Research SERIES*, Vol. 5, 2002, pp. 527-531

- (5) T. Chuto, M. Satou, A. Hasegawa, K. Abe, T. Nagasaka and T. Muroga, "Fabrication using a levitation melting method of V-4Cr-4Ti-Si-Al-Y alloys and their mechanical properties", *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 555-559
- (6) H. Watanabe, M. Suda, T. Muroga and N. Yoshida, "Oxide formation of a purified V-4Cr-4Ti alloy during heat treatment and ion irradiation", *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 307-311, 2002, pp. 408-412

#### 2003 年

- (1) N. J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga, A. Nishimura, K. Shinozaki and H. Watanabe, "Mechanical Properties of Laser Weldment of V-4Cr-4Ti Alloy", *Fusion Science and Technology*, Vol. 44, 2003, pp. 470-474
- (2) S. Yoshizawa, S. Hirano, R. Yamamoto, Y. Hishinuma, A. Nishimura, A. Matsumoto and H. Kumakura, "Improving Superconductivity and Mechanical Properties of Bi-2223/Ag-Wire Composite Bulk by Cold Isostatic Pressing", *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Vol. 13, 2003, pp. 3176-3179
- (3) S. Hirano, Y. Wakasa, A. Saka, S. Yoshizawa, Y. Oya-Seimiya, Y. Hishinuma, A. Nishimura, A. Matsumoto and H. Kumakura, "Preparation of Bi-2223 Bulk Composed with Silver-alloy Wire", *Physica C*, Vols. 392-396, 2003, pp. 458-462
- (4) Y. Hishinuma, A. Nishimura, T. Mito, O. Motojima, S. Hirano, S. Yoshizawa, A. Matsumoto and H. Kumakura, "Preparation and Superconductivity of BPSCCO-2223 Sintered Bulk by New Design Composite", *Physica C*, Vols. 392-396, 2003, pp. 499-504
- (5) S. Yoshizawa, S. Hirano, R. Yamamoto, Y. Hishinuma, A. Nishimura, A. Matsumoto and H. Kumakura, "Densification effect on superconductivity of Bi-2223/Ag wires composite sintered bulk, *Science and Engineering of HTC Superconductivity*", Edited by P. Vincezini, S. Cerasara, @Techna Srl, 2003, pp. 149-156
- (6) Y. Hishinuma, A. Nishimura, T. Mito, S. Hirano, S. Yoshizawa, A. Matsumoto and H. Kumakura, "Fabrication and Superconductivity of BPSCCO-2223 Oxide Bulk by a New Design Composite", *Superconductor Science and Technology*, Vol. 16, 2003, pp. 845-851.



2004 年

- (1) A. Nishimura, A. Iwahori, N. J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga, and S. -I Tanaka, “Effect of Precipitation and Solution Behavior of Impurities on Mechanical Properties of Low Activation Vanadium Alloy”, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 438-441
- (2) 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
- (3) T. Nagasaka, N. J. Heo, T. Muroga, A. Nishimura, H. Watanabe, M. Narui and K. Shinozaki, “Impact properties of NIFS-HEAT-2 (V-4Cr-4Ti) after YAG laser welding and neutron irradiation at 563 K”, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 1539-1543
- (4) Z. Y. Yao, A. Suzuki, T. Muroga and K. Katahira, “Chemical formation of erbium oxide layer on V-4Cr-4Ti during exposure to liquid lithium doped with erbium”, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 1414-1418
- (5) T. Chuto, M. Satou, A. Hasegawa, K. Abe, T. Muroga and N. Yamamoto, “Changes in mechanical properties of high-purity V-4Cr-4Ti-Si, Al, Y alloys after neutron irradiation at relatively low temperatures”, *ASTM Special Technical Publications STP 1447*, 2004, pp. 693-701
- (6) T. Chuto, M. Satou, A. Hasegawa, K. Abe, T. Muroga and N. Yamamoto, “Effects of small amount of additional elements on control of interstitial impurities and mechanical properties of V-4Cr-4Ti-Si-Al-Y alloys”, *Journal of Nuclear Materials*, Vol. 326, 2004, pp. 1-8
- (7) S. Hirano, S. Yoshizawa, Y. Hishinuma, and A. Nishimura, “Current Remaining after Fracture by Three Point Bending Test of Bi-2223 bulk Composed of Ag-Plated Ni wires”, *Applied Superconductivity*, Vol. 181, 2004, pp. 2465-2470
- (8) S. Yoshizawa, S. Hirano, Y. Hishinuma, A. Nishimura, “Current Remaining after Fracture by Three Point Bending Test of Bi-2223 Bulk Composed of Ag-Plated Ni Wires”, *Institute of Physics, Conference Series Number 181, Applied Superconductivity 2003, Proceedings of the 6th European Conference on Applied Superconductivity, Sorrento, Italy, 14-18 September 2003, , 2004*, pp. 2465-2470
- (9) S. Hirano, S. Yoshizawa, Y. Hishinuma and A. Nishimura, “Superconductivity and mechanical property of Bi-2223/Ni meshes composite bulk”, *Physica C*, Vols. 412-414, 2004, pp. 734-738

- (10) 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
- (11) Y. Yamauchi, T. Yamada, Y. Hirohata, T. Hino and T. Muroga, “Deuterium retention in V-4Cr-4Ti alloy after deuterium ion irradiation”, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 397-400
- (12) 渡辺英雄, 長嶺成将, 山崎和宏, 吉田直亮, 室賀健夫, 長坂琢也, 許 男鎮, 篠崎賢二, 「YAG レーザー溶接した V-4Cr-4Ti 合金 (NIFS-HEAT2) のイオン照射特性」, *プラズマ核融合学会誌*, Vol. 80, 2004, pp. 889-894

#### 2005 年

- (1) Z. Y. Yao, A. Suzuki, T. Muroga and K. Katahira, “In situ formation and chemical stability of  $\text{Er}_2\text{O}_3$  coating on V-4Cr-4Ti in liquid lithium”, *Fusion Engineering and Design*, Vols. 75-79, 2005, pp. 1015-1019
- (2) 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
- (3) Z. Y. Yao, A. Suzuki, T. Nagasaka and T. Muroga, “Behavior of Oxygen in Fusion Candidate Vanadium Alloys during Oxidation and Annealing”, *Materials Science Forum*, Vols. 475-479, 2005, pp. 1445-1448
- (4) 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
- (5) S. Yoshizawa, S. Hirano, Y. Hishinuma and A. Nishimura, “Optimization of CIP Process on Superconducting Property of Bi-2223/Ag Wires Composite Bulk”, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Vol.15, 2005, pp. 2495-2498
- (6) A. Sawada, A. Suzuki, T. Terai and T. Muroga, “Properties of AlN coatings produced by RF sputtering method”, *Journal of Nuclear Materials*, Vols. 329-333, 2004, pp. 1411-1413
- (7) 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

- (8) 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

(投稿中)

- (1) Z. X. Li, T. Tanaka, T. Muroga, S. Sato and T. Nishitani, “Activation experiment with D-T neutrons on materials relevant to liquid blankets”, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ITC-15)
- (2) Z. Y. Yao, A. Suzuki, T. Muroga, O. Yeliseyeva and T. Nagasaka, “The In-situ Growth of Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Coatings on V-4Cr-4Ti in Liquid Lithium”, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ISFNT-7)
- (3) T. Tanaka, R. Nagayasu, F. Sato, T. Muroga, T. Ikeda and T. Iida, “Comparison of Electrical Properties of Ceramic Insulators under Gamma Ray and Ion Irradiation”, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ISFNT-7)
- (4) Y. Hirohata, Y. Yamauchi, T. Yamada, T. Hino, T. Nagasaka and T. Muroga, “Helium retention of V-4Cr-4Ti alloy for first wall of breeding blanket”, Fusion Engineering and Design, Submitted (presented in ISFNT-7)
- (5) O. Yeliseyeva, T. Muroga, A. Suzuki, Z. Yao and A. Lukyanenko, “Charging of V-4Cr-4Ti by Oxygen to create in-situ Insulator Coating, Journal of Nuclear Materials”, Submitted (presented in ICFRM-12)
- (6) T. Nagasaka, M. Satou, T. Hino, T. Muroga, K. Abe, T. Chuto, and T. Iikubo, “Impurity behavior in V-4Cr-4Ti-Y alloys produced by levitation melting, Journal of Nuclear Materials”, Submitted (presented in ICFRM-12)
- (7) A. Sawada, B. A. Pint, A. Suzuki, F. Koch, H. Maier, T. Terai and T. Muroga, “Long Term Stability of Erbium Oxide Coatings, Journal of Nuclear Materials”, Submitted (presented in ICFRM-12)
- (8) A. Suzuki, A. Sawada, F. Koch, H. Maier, T. Terai and T. Muroga, “Research on Calcium Zirconate as a Insulating Coating for Li Blanket, Journal of Nuclear Materials”, Submitted (presented in ICFRM-12)
- (9) H. Watanabe, K. Yamasaki, N. Yoshida, T. Nagasaka and T. Muroga, “The Microstructure of Laser Welded V-4Cr-4Ti Alloy after Neutron Irradiation”, Journal of Nuclear Materials, Submitted (presented in ICFRM-12)

- (10) K. Hashizume, J. Masuda, T. Otsuka, T. Tanabe, Y. Hatano, Y. Nakamura, T. Nagasaka and T. Muroga, "Diffusional behavior of tritium in V-4Ti-4Cr alloy", Journal of Nuclear Materials, Submitted (presented in ICFRM-12)
- (11) M. Hatakeyama, S. Tamura, T. Muroga, N. Yoshida, M. Hasegawa and H. Matsui, "The Diffusion Behaviors of Interstitial Impurities in V-4Cr-4Ti Alloys under Ion Irradiation", Journal of Nuclear Materials, Submitted (presented in ICFRM-12)
- (12) T. Tanaka, R. Nagayasu, A. Sawada, T. Ikeda, F. Sato, A. Suzuki, T. Muroga and T. Iida, "Electrical Insulating Property of Ceramic Coating Materials in Radiation and High-Temperature Environment", Journal of Nuclear Materials, Submitted (presented in ICFRM-12)
- (13) T. Hino, M. Satou, M. Fujiwara, T. Nagasaka and K. Abe, "Effects of Si, Al and Y Additions on Neutron Irradiation Behavior of V-Cr-Ti type Alloys", Journal of Nuclear Materials, Submitted (presented in ICFRM-12)

# 核融合科学研究所における炉工学・炉設計活動の今後の進め方について（案）

平成18年2月16日

所内炉工学・炉設計研究連絡会議

## 1. 緒言

第66回運営協議委員会・組織検討小委員会報告（資料11）の趣旨に沿って所内炉工学・炉設計研究連絡会議\*を設置し、平成16～17年度に17回の会合を行い、所内外の炉工学・炉設計研究の現状認識、核融合科学研究所（以下「核融合研」と略記）における炉工学・炉設計研究活動の今後の進め方について意見交換を行った。その結果について要点をまとめる。

## 2. これまでの経緯, 成果と現状

### 2.1. ヘリカル炉設計

- ① LHD の建設, 運転, 実験による物理及び工学成果を積極的に取り入れると共に, 全国規模の共同研究として炉心プラズマ及び炉工学の広い分野と連携することによって, ヘリカル型核融合炉の概念設計の構築を目指している。
- ② これによって, ヘリカル系装置の特長を最大限に引き出すと共に, 各種プラズマ閉じ込め方式に共通な研究課題も含めて, 基幹エネルギー発生総合システムの観点から各研究分野の課題と展望を明らかにし, 広く核融合研究の前進に寄与することを主目的としている。
- ③ 当該研究においては, LHD 型の特長であるところの, 無電流, 定常, 造り付けダイバータに立脚すると共に, 連続ヘリカルコイル巻きピッチ角 ( $\gamma$ ) の低減による電磁力低減の長所に着目した設計指針 (フォースフリー・ヘリカル炉: FFHR), および漏出安全性と対磁場環境性を優先した先進液体ブランケットとしての熔融塩 Flibe ブランケットの採用, の2点を最大の特徴としている。
- ④ 平成3年度より共同研究として進めている。
- ⑤ 当初はプラズマ制御研究系が中心, 現在は炉システム・応用技術研究系の担当。炉工学研究センター発足後は同センターとも緊密な連携協力を持ちながら進めている。トリチウムインベントリ評価や多重トリチウム格納系の概念検討を含む安全解析は安全管理センターとの協力で進めている。
- ⑥ 平成6年度からは核融合ネットワークを通じた設計作業を積極的に進めてきており, システム統合の手法構築と, 各分野の活性化の両面に多くの成果を得ている

### 2.2. 材料開発・ブランケット要素技術

- ① 平成11年に炉工学研究センターが発足し, 主として低放射化構造材料及びブランケット研究を行ってきた。

---

メンバーは野田, 室賀, 西村<sup>新</sup>, 三戸, 相良, 今川, 宇田, 朝倉, 西村<sup>清</sup> (H17.4以降), 大藪,  
世話人は野田。

- ② LHD 実験の単純な延長線上では構想できない課題，核融合研に大規模装置新設を要しない課題，個々の大学規模で進めることが難しい課題，技術開発成果を大学共同研究に提供するのに適切な課題という指針に沿い，高純度低放射化バナジウム合金大量溶解と共同研究による評価を中核研究として重点的に進めてきた。また，LHD 材料強度研究グループとの協力で，低放射化フェライト鋼の標準サイズ強度試験を行ってきた。これは，大学の微小試験片研究と相補的な役割を果たすものである。
- ③ ブランケット研究では，これまで FFHR 炉設計の主要案である熔融塩 Flibe，バナジウム合金と関連が深い絶縁被覆開発に焦点をあて，大学共同研究，JUPITER-II，LIME 共同研究などをベースとして先導的役割を果たしてきている
- ④ 炉工学研究センターは平成 17 年度から Flibe を対象とした研究，流動ループ導入による腐食，熱流動研究計画の検討をはじめている
- ⑤ ブランケット構造材料開発・評価のために不可欠な強力中性子源（材料照射試験装置）について要素技術開発を平成 12~16 年度に炉工学研究センターの共同研究として実施した。

### 2.3. 超伝導関連技術

- ① 大型ヘリカル研究部・装置技術研究系は，LHD の大型超伝導・低温システムの研究開発，設計，建設，運転の立ち上げに中心的な役割を果たすと共に，LHD の実験成功に多大な貢献をしてきた。また LHD の性能を最大限に発揮するための超伝導・低温システムの安全で安定な運転，性能を維持するためのシステム保全，高性能化のための装置改良などに関する研究を一貫して進め成果をあげている。
- ② 平成 16 年度の自然科学研究機構発足と研究所内の組織改編を機に，装置技術研究系は炉システム・応用技術研究系へと改組され，LHD 関連低温・超伝導システムの運転，保守を引き続き担当するとともに，LHD の装置実験共同研究を推進している。
- ③ 大型の低温設備を有効利用し，核融合関連の研究に軸足をおきつつ，超伝導及び低温に関する基礎研究から周辺機器を含むシステム開発に至る応用研究を大学，国内外の他の研究機関及び産業界との共同研究として積極的に展開している。
- ④ 平成 15 年度に，炉工学研究重点化の一環として，将来の核融合炉を目指し長期的な視野に立った超伝導研究の一部を炉工学研究センターに移し，低放射化超伝導材料開発研究，中性子照射環境下での超伝導材料の特性評価等を中心とした研究を進めている。

### 2.4. トリチウム安全関連技術

- ① 安全管理センターが中心となり，トリチウム安全および炉システム安全の 2 つの観点から炉工学における安全技術の研究に取り組んできている。
- ② LHD 重水素実験時生成トリチウム安全取扱い技術開発の研究および実験開始後の環境トリチウム濃度への影響を明らかにするため環境濃度の経年測定を進めてきた。
- ③ 重水素実験に伴うトリチウム発生量の最大値が当初の年間 10Ci ( $3.7 \times 10^{11}$ Bq) から 1.5Ci ( $5.55 \times 10^{10}$ Bq) に約一桁低減されたことを踏まえて，設備の低コスト化とトリチウム汚染廃棄物発生量の低減化が見込める実用性の高いものに絞って実機適用性評価試験を主体に実施してきた。
- ④ 全国の大学における核融合炉安全に関わる共同研究を支援し，その活動をとりまとめつつ，将来の核融合炉の実現に寄与できる先進的かつ発展性のある研究に協力してきた。

- ⑤ 燃料・材料研究グループ，特にトリチウム理工学分野や材料グループの低放射化材などの研究との連携も重視した。

## 2.5. 炉心プラズマ制御，ダイバータ，プラズマ対向材料関連技術

- ① ダイバータおよびそれ以外の対向壁の材料評価を中心に，壁コンディショニング等をプラズマ制御研究系が中心となり研究を進めてきた。ダイバータ排気については LID 実験研究を進めており，ヘリカルダイバータについては今後計画されている。
- ② 長時間運転における熱，粒子制御について，現在は高周波加熱研究系が中心となり，共同研究で進めつつある。
- ③ 炉心プラズマ制御に関連する技術としては，そのほか燃料（水素）供給，NBI をはじめとする加熱技術の研究を進めている。
- ④ 炉設計の炉心運転制御に関し，磁場配位，点火・立ち上げシナリオ等について，共同研究を含め，プラズマ制御研究系，理論データ解析研究系などの研究活動が進んでいる。ダイバータ，加熱，燃料供給については 16 年度に検討と議論が開始されている

炉工学，炉設計に関連する主な研究活動，所内の組織と役割分担については以上に述べてきたとおりであるが，平成 16 年度に所内の併任制度が発足し，炉設計，対向壁などの課題については所内の共同活動をより緊密にする方向で進められつつある。

## 3. 炉工学・炉設計研究を進めるにあたり考慮すべきこと

- ① ITER 計画推進を前提に核融合研究の重点化，共同研究の活性化が求められている（科学技術・学術審議会・核融合研究ワーキンググループ，原子力委員会専門部会核融合基本問題検討会）。
- ② 個々のプログラムについて，核融合炉実現を目指す開発研究としての長期的展望の中での位置づけ，あるいは学術研究としての位置づけの明確化が求められている。
- ③ 低放射化材料開発について，フェライト鋼・酸化物分散強化鋼，バナジウム合金，炭化珪素繊維複合材の 3 種類の候補材料に絞り込まれ，それぞれの開発段階に適した課題，目標設定のもとに研究が進行している。フェライト系材料の中性子照射効果の系統的な研究が進み，数 10 dpa までの原子炉照射試験が実施されている。照射後解析，評価についても進行中である。実用化に関し，核融合炉相当の中性子環境における照射試験，ヘリウム効果などの評価が次段階の主要課題として重視されている。
- ④ 核融合科学研究所は学術研究に軸足を置き，LHD 計画を重点とする研究計画，プログラムの展開，双方向型共同研究などによりいっそうの共同研究推進をはかる方針である。この点は法人化に伴い中期目標・中期計画として設定されており，その計画に沿った結果が求められる。
- ⑤ LHD 重水素実験準備室が設置され，計画具体化の検討が開始されている。トリチウム安全取り扱い及び放射線安全を中心に，炉工学分野のいっそうの協力が求められている。一方，長期的な炉工学推進の観点からどのように重水素実験に関わるかの検討も重要である。
- ⑥ 炉設計研究活動の成果，大学及び核融合研における炉設計，低放射化材料研究の成果を基盤に，JUPITER-II 計画が策定され，現在 6 年計画の 5 年目である。来年度には日米協力次期プロジェクトの平成 19 年度以降の新規計画案が策定される。
- ⑦ ブランケットはエネルギー変換（発電），燃料増殖を受け持つシステムとして高温・定常炉心プラズマ生成・保持システムと並び，核融合炉の重要な二大構成要素のひとつである。核融合炉全体から見

れば一構成要素ではあるが、エネルギー変換、燃料増殖、中性子遮蔽の要求を同時に満たし、低放射化構造材料、水素同位体、物質及び熱移動の制御、遠隔保守、安全等の技術を統合した総合システムとしての成立が要求される。炉心プラズマ生成、保持に見通しが開けつつある現在、炉成立の鍵となる開発課題として、核融合開発上の重要な位置を占めるに至っている。

- ⑧ ITER について「幅広いアプローチ」,「トカマク重点化装置」を含め、広範囲の協力が核融合研、大学に求められている。炉工学関連ではテストブランケットモジュール (TBM) 計画への寄与が議論されている。当面最も実用上のデータ基盤が整っているフェライト鋼を構造材とし、固体増殖材、水冷却を軸としたブランケット設計が ITER-TBM 計画主案として取り上げられ、原子力機構を中心に進められつつある。大学では液体増殖材、炭化珪素繊維構造材などの利用を想定した先進ブランケット方式を目標とするブランケット研究に主力が置かれている。
- ⑨ 材料照射試験用強力中性子源については KEP 終了後 EVEDA への移行期が継続している。EVEDA 計画は「幅広いアプローチ」の一課題として実施が検討されている。
- ⑩ 民間との連携協力を引き続き重視し、炉工学研究成果の応用拡大が求められる。とくに核融合が長期の開発研究の性格を持つこと、工学の各分野における最先端の技術研究の一翼を担っていることを考慮すると、この方面での意識的努力をいっそう強めることが重要となっている。
- ⑪ 核融合が長期の研究開発課題であることから、研究活動継続・拡充の担い手である若手人材育成はますます重要な意義を持っている。

#### 4. 今後の進め方

- ① 所内研究組織として、当面、現状の組織と役割分担を継続する。
- ② ヘリカル炉設計については引き続き炉システム・応用技術研究系が中心となり、所内外の共同研究によって推進する。
- ③ 炉工学研究センターは、材料及び要素技術開発のみならず、炉工学研究集約のひとつの具体化としての液体ブランケット統合システムを目標とする複合要素、システム技術開発に重点をおいて研究計画を充実させる。また炉システム・応用技術研究系と連携しつつ強磁場、低放射化超伝導線材、中性子照射効果に関する共同研究を進める。
- ④ 炉システム・応用技術研究系は LHD 超伝導システムの高度化、ヘリカル型炉設計推進と要素技術開発を軸として進めつつ関連の基礎研究、共同研究を推進する。
- ⑤ 安全管理センターは LHD 重水素実験に必要とされる技術開発と関連基礎研究を中心とし、トリウムとシステム安全に関わる、基礎研究、共同研究を推進する。
- ⑥ 炉工学研究センター、炉システム・応用技術研究系、安全管理センターはそれぞれの炉工学研究を進めるとともに、互いに連携をとりつつ核融合研の共同研究制度やネットワークを活用し、それらの充実を図り、国内外共同研究のけん引役を果たす。
- ⑦ ヘリカル炉設計活動、重水素実験計画検討、低温、超伝導工学研究、プラズマ対向壁材料開発研究等を通じ、炉工学研究センター、安全管理センターと大型ヘリカル研究部とにおける炉工学研究活動のより緊密な連携を図る。
- ⑧ 核融合炉工学の学問としての深化、学術的な体系化を進め、一分野の技術開発にとどまらない普遍性を求めていく。



- ⑨ 核融合研では総研大核融合科学専攻科を中心にこれまでも炉工学分野における教育で成果を上げてきている。今後総研大のみならず連携大学院等さまざまな可能性を広く追求し、人材養成の面においても重要な責任を果たしていく。

### (各分野の計画, 方針, 提案)

#### 4.1. ヘリカル炉設計

- ① これまでの基本概念設計を第1段階とし、今後はシステム統合の基本設計を第2段階として推進する。
- ② 炉内保守交換性を確保した炉構造の最適化を主目標として進める。
- ③ その後、第3段階として、委託設計等を積極的に取り入れることによって装置システム概念設計をまとめる。
- ④ 研究の進め方としては、核融合ネットワーク共同研究の継続は維持しつつ、所内中心の炉設計活動を積極的に展開していく。
- ⑤ LHD プラズマ特性との対応に踏み込んだ設計検討を推進する。
- ⑥ ダイバータ、加熱、燃料供給等の炉工学設計への反映を推進する。
- ⑦ 炉条件でのマグネット、炉構造設計、炉内機器交換、炉外機器システム、エネルギー変換応用等を炉システム・応用技術研究系を中心に、共同研究と連携して設計検討を推進する。
- ⑧ ブランケット、中性子工学、高熱流機器等の先進設計研究を炉工学研究センターおよび共同研究との連携で進める。
- ⑨ トリチウム回収処理、環境安全等の設計研究を安全管理センターとの連携及び共同研究で進める。
- ⑩ 設計研究と実験研究との連動を重視し、必要な実験研究環境の整備を進める。
- ⑪ LHD 建設データを活かした建設・運転コスト評価の手法確立は意義があると考ええる。
- ⑫ 炉工学、炉設計分野の共同研究のひとつとして、慣性核融合の炉工学、炉設計についても積極的に支援協力する。

#### 4.2. ブランケット開発

- ① 炉工学研究センターが中核となり、液体増殖ブランケット技術統合システム（ブランケット集合体）研究計画を推進する。要素技術研究については大学との適切な課題分担および共同研究で進めることを基本とする。ただし、統合システムに直接必要な部分、大学で実施することの困難な部分を中心に一部を炉工学研究センターが直接分担し、開発研究を実施する。液体ブランケット技術統合に関しては、基本性能であるトリチウム増殖比や中性子遮蔽特性の点からの特性を明らかにするとともに、液体ブランケットの共通キーイシューである（1）増殖・冷却材／材料の両立性、（2）トリチウム制御、回収、（3）MHD・熱流動のテーマに対して、各種共同研究を含めた推進体制の構築が必要である。核融合研では今後、材料、被覆研究の経験を活かした両立性や水素挙動の研究、LHD の電磁・構造研究経験を活かした MHD 効果の研究などに取り組むべきである。
- ② 大学では現在主に Li/V , Flibe , Li-Pb の3種の液体ブランケット研究が行われている。これらの技術統合に関して、核融合研は以下の役割を果たす。
  - a) Li/V ブランケットは、核融合研がバナジウム合金開発、被覆開発をリードしてきた。また、強力中性子源との共通技術としてトリチウム回収要素技術の共同研究を推進している。今後さらに研究を進展させるとともに、液体リチウム腐食特性や MHD 圧力損失の評価と低減研究を進め、システム統合に向けた技術集約を進める必要がある。

- b) **Flibe** ブランケットは、核融合研が以前より **FFHR** ブランケットとして提唱し大学の共同研究を進展させてきた。核融合研では今後とも共同研究を一層推進し技術集約の役割を果たすとともに、これまでの研究経験を活かし、材料との両立性、核的特性などの研究に取り組む。**Flibe** の取り扱いを含む研究の実施場所については、大学、国際共同研究との役割分担の議論を行う必要がある。特に日米協力研究の今後との関連が重要である。
  - c) **Li-Pb** ブランケットは今後大学で研究が開始されている。当面は、液体リチウムとの共通技術(**MHD** 圧損等)、**Flibe** との共通技術(トリチウム漏洩抑制)などにおける協力を中心とする。
  - d) **ITER-TBM** 固体ブランケットに関しては、基礎データの取得など大学の役割も期待されている。大学と原子力機構との連携協力について、核融合科学研究所は積極的な支援を行っていく。
- ③ 先進液体ブランケットを **ITER-TBM** で試験する道筋は明確ではないが、核融合研は、大学で育てているコンセプトの試験を実現するためのコーディネーションの責任を持つ。特に **Li/V** と **Flibe** ブランケットの **TBM** 実現に向けては、そのための技術集約と試験計画立案の責任を果たす必要がある。
  - ④ 先進液体ブランケットを **ITER-TBM** で試験する体制及び資源確保の道筋は、日本も含めて現状では明確ではないが、核融合研は、これまでの一貫した長期的視野に立って、炉設計活動や要素技術開発など大学等との共同研究で育ってきているコンセプトの適切な段階での試験研究の実現に向けて、中心的な役割を果たす必要がある。**Li/V** と **Flibe** ブランケットの **TBM** 実現に向けては、今までの経験技術及び国内外との共同研究の実績を生かし、技術集約と試験立案の中核となる。**Li-Pb** ブランケットについては共同研究を利用した推進を図る。
  - ⑤ **FFHR** 設計研究により、核融合研・大学の研究資産を活かした魅力あるブランケットシステム概念の検討を一層進める必要がある。その活動には上記3種のブランケット以外のシステムの探索も含まれる。本活動では中性子工学的な検討の役割が大きく、トリチウム増殖比、遮蔽性能、誘導放射能などの点からの優位性を明らかにする必要がある。検討のあまりされていない物質体系を対象とする場合は、核特性を実験的に求めることも重要である。
  - ⑥ 現在提案中の日米協力次期プロジェクトは、大学の液体ブランケット・炉システムの研究集約の場であり、コーディネーションも含め積極的に参画推進する。

#### 4.3. 低放射化材料開発

- ① バナジウム合金、**SiC/SiC** 複合材料は大学が研究開発の中核的な役割を果たしてきている。これまでの重点的な取り組みにより、炉工学研究センターはバナジウム合金開発に関する中核の役割を果たしている。今後も、耐照射性を含め、試作評価研究に対して中心的な役割を果たす必要がある。**SiC/SiC** に関しては現在京都大学を拠点とした研究組織が形成されており、核融合研は今後研究体制の整備等、共同研究を通じての支援を行っていく必要がある。
- ② 低放射化フェライト鋼の開発について大学は大学特有の材料開発研究からの寄与および基礎研究からの貢献が期待されている。この課題について、核融合研は大学の研究を集約する機能を引き続き果たしていく必要がある。また、核融合研においては、低放射化フェライト鋼の特徴ある強度評価研究を継続発展させていく。
- ③ 材料開発研究の最大の課題である照射データの整備に関しては、照射場の確保とともに関連技術の高度化を進める必要がある。特に大学が目指す高度な学術研究のためには、高精度制御照射技術および照射後試験技術の開発が不可欠である。これらを大学の講座単位の活動で進めるのは難しく、原子力施設との協力の下、核融合研が推進役を果たす必要がある。

- ④ 強力中性子源は将来炉工学の中核となる装置であり、その設計、建設、運転、利用に向けてひきつづき核融合研は積極的な役割を期待されている。当面の進め方として、強力中性子源の設計、建設、運転、利用に向けてさらに発展させるべきものと、炉工学共通技術として発展させるべきものとの整理して進めることが考えられる。前者については、核融合・炉工学コミュニティーの理解を得て、EVEDA 開始において遅滞無く研究が進展させられるよう必要な準備を進める。後者については核融合研の共同研究として継続発展させる。

#### 4.4. 超伝導関連技術

- ① 核融合科学研究所の超伝導・低温グループは、超伝導の材料開発からシステム応用までの研究を総合して行うことのできる世界有数の組織である。また、低温実験棟には、大型の超伝導・低温実験設備が整備されており、研究環境も整っている。これらの資産を生かすと共に、更に発展・強化することにより、大型超伝導応用研究の COE として共同研究を推進する。
- ② LHD 超伝導低温システムの特性評価及び性能強化研究
- LHD 超伝導・低温システムの高性能化研究の目的は、LHD の性能を最大限に発揮させ、高性能なプラズマ閉じ込め実験を可能にすることである。そのための方策として、以下に示した高性能化のための改造・改良を計画している。
  - 超伝導コイルの高性能化研究では、運転範囲の拡大、冷却安定性の向上（ヘリカルコイルの過冷却改造）、コイル電流可変モード実験への対応、大型超伝導コイルの特性の解明、異常診断技術の確立を推進する。
  - 低温システムの高性能化研究では、長期連続運転に対する信頼性の向上、過冷却改造対応、電流可変モードによる熱負荷増加への対応、ダイナミックシミュレータの構築と発展、運転制御方式の最適化・高効率化を推進する。
  - 更に、超伝導コイル高磁場化のための要素技術研究や、コイル電源システムの高性能化研究を推進する。
- ③ 核融合炉を目指した先進超伝導システムの開発研究の推進
- ヘリカル型核融合炉の実現を目指した先進超伝導開発研究、新しいコイル冷却方式の研究など、R&D と連携した新概念の確立を目指す。また、電力系統との連携を含む核融合システム全体としての総合的な研究を推進する。
  - 核融合炉用超伝導マグネットに求められる技術的課題として、高磁場化・高電流密度化の要請がある。高磁場化により炉の小型化が、高電流密度化によりコイルのスリム化が可能となり、ブランケットや放射線シールドのための空間をより多く確保することができる。現状の NbTi, Nb<sub>3</sub>Sn 等の線材では、一定値以上の臨界電流密度を確保するためには、最大経験磁場は 13 T 程度以下に限られる。より高磁場で使用可能な材料、システムの開発を進める。
  - 先進的な超伝導材料を如何に核融合用の大型超伝導コイル及び冷却システムの設計に結びつけていくかが炉システム応用技術研究系の主要な研究テーマとなる。現段階では、複数の先進超伝導材料候補を用い、超伝導構造設計、冷却温度、冷却方式、巻線構造、絶縁方式を検討し、更に、電磁力支持方法、コイル製作方法を考慮した複数の設計を行う。
  - 低放射化超伝導材料の開発研究について炉工学研究センターが中心となり、大学、国立研究機関の研究を支援し、共同研究を実施しながら発展させる。

- e) 中性子及びガンマ線照射環境中での超伝導マグネット材料の諸特性の変化とその機構を解明することはきわめて重要な研究課題である。14MeV 中性子照射は大学で行うにはかなり困難が伴うため、原子力機構と核融合科学研究所がハード面を支え、大学などがソフト面で研究成果をあげるよう支援をいっそう強化する。

#### 4.5. トリチウム安全関連技術

- ① LHD 重水素実験時に必要となるトリチウム安全管理システムの構築を重要課題として推進し、核融合炉の炉工学安全研究へ拡張性を図る。  
LHDに適用されるプラズマ排気ガス中のトリチウム回収技術、水素ガス中のトリチウム分離・濃縮技術の要素開発研究や、気体および水中のトリチウム計測監視技術の開発研究を継続的に進める。
- ② 核融合炉への適用が期待される革新的なトリチウム安全技術に関連した基礎研究を共同研究として支援する。
  - a) 水中トリチウム分離・濃縮技術や、異常時対応を含めた気体中のトリチウム回収除去などの要素技術開発研究を進める。
  - b) 核融合炉の安全解析評価手法開発と解析コードの整備をはじめ、システム安全に関する学術的な研究を進める。

#### 4.6. 炉心、ダイバータ関連技術

- ① ヘリカルダイバータ炉設計研究活動をモンテカルロコード計算等を開発、活用して進める。並行してLHDヘリカルダイバータ実験の検討を行い、概念の確立、設計のためのデータベース拡充を図る。
- ② 燃焼プラズマ立ち上げ、定常制御について、ヘリカル炉設計に積極的に取り組むとともに、LHDでの実験課題の洗い出しを行う。
- ③ プラズマ対向材料の開発についてはプラズマ制御研究系、炉工学研究センターが協力し、引き続き共同研究を中心にLHD実験を有効に活用して進める。
- ④ LHD重水素実験を推進し、炉工学、炉設計の分野にも活かせるよう計画を検討する。

#### 5. 炉工学研究の学術的体系化

核融合炉工学は材料、機械、超伝導、電気、水素科学、安全、放射線、原子核、システムなど、核融合炉の成立に関わる幅広い工学分野を含んでいる。核融合を目指す研究を通じてそれぞれの領域における学問的深化に貢献するとともに、核融合工学としての学術的な体系化を意識し、研究成果の普及と普遍化に努める。

「安全管理センター」活動報告書  
平成17年度

核融合科学研究所

# 目 次

1. はじめに	1
2. 安全管理センターの位置づけと目標	2
2.1 研究所における位置づけと役割	2
2.2 センターの組織	4
2.3 目標・計画	4
2.4 目標・計画に対する成果	5
3. 重水素実験安全設備の整備および炉システム安全研究	6
3.1 重水素実験安全設備の整備	6
3.2 核融合炉システム安全研究	20
3.3 共同研究	25
3.4 大学院教育への協力	33
4. 安全管理システムの構築と改善	34
4.1 安全管理体制	34
4.2 放射線安全管理	35
4.3 地域の環境保全	45
4.4 日米安全巡視	51
4.5 非電離放射線の監視	52
4.6 安全衛生管理の支援活動	53
5. 社会との連携活動（安全情報公開）	61
5.1 地元教育委員会との共同研究	61
5.2 地元企業との連携	61
5.3 SSHとSPP活動への協力	61
5.4 安全情報公開	62
6. 今後の進め方	65
7. おわりに	66

## 1. はじめに

この報告書は、安全管理センターが17年度外部評価を受けるに当たってまとめたもので、本文では下記の評価の観点に答えるように記述している。

安全管理センターは、研究所が目指す環境安全性に優れた制御熱核融合炉の実現に向けて、現在および将来の大型ヘリカル装置(LHD)等による実験研究活動における安全の確保に取り組むとともに、関連する研究を行なっている。主な内容は、LHDを始めとする各種の実験装置から発生する放射線の監視と従事者の放射線防護のための放射線安全管理とそのシステム構築に関わること、将来計画にあるLHD重水素実験において発生する中性子、トリチウムや放射化物に対する放射線防護計画および排気・排水処理技術の開発についてである。研究については、大学などとの共同研究を活発に行ない、成果を将来の核融合炉のシステム安全性に関わる研究へ展開することも視野に入れている。安全管理センターは放射線管理を主導的に行なっているが、その他の各種安全衛生管理についても安全衛生推進部体制の中で研究所内の各部署と連携して行い、安全衛生委員会の監視活動には安全管理者や衛生管理者を通して進めるほか、研究所の安全上の課題に対する調査検討や、地域周辺環境の保全等に努めている。また、地域社会との連携にも努めており、それらの活動について述べる。

### - 外部評価を受けるに当たって安全管理センターの観点項目 -

1. 安全管理センターの位置づけと目標は適切か
2. 計画・目標に対する成果は得られたか
3. 研究所の放射線安全管理に対する安全管理センターの取り組みは適切か
4. 研究所の安全衛生管理に対する安全管理センターの取り組みは適切か
5. 安全管理センターの安全研究テーマの設定と進め方は適切か
6. 安全管理センターの大学等との共同研究や交流の進め方は適切か
7. 安全管理センターの社会との連携の進め方は適切か
8. 次年度以降の安全管理と研究に対する計画は適切か
9. その他

## 2. 安全管理センターの位置づけと目標

### 2. 1 研究所における位置づけと役割

研究所が目指す環境と安全性に優れた制御熱核融合炉の実現に向けて、LHD 等による現在及び将来の実験研究を安全に進めることは最も重要なことである。そのため、実験研究活動に伴って、放射線、電気、高圧ガス、危険物質、排水、廃棄物等により、従事者の健康や地域環境に影響を及ぼすことのないように安全確保と保全を行なうことが求められている。安全管理センターは、この安全の確保と保全に取り組むとともに、それに関わる研究を行なう部署としての位置づけと役割を担っている。特に、LHD の実験計画にある重水素実験に向けた準備を適切に進め、将来の核融合の研究開発を進めていく上で、放射線安全の問題は益々重要になる。そこで安全管理センターは、とりわけ放射線安全確保に関わることを主導的に行っている。具体的には、図 2. 1 の位置づけと役割に示すように、LHD の実験研究計画に沿って、現在の実験ならびに近い将来の重水素実験計画における放射線安全管理と関わる安全研究に取り組んでおり、安全管理計画の策定および安全管理システムの構築を目指している。まず、現在の LHD の実験研究を進める上で必要な、安全性の確保と環境保全に対しては、装置および敷地周辺において放射線等の監視をするとともに、計測監視方法の改善や計測結果の解析等を行なっている。最重要事項である LHD の重水素実験時の安全確保に向けては、実験に伴って発生する中性子やトリチウムに対する放射線遮蔽解析、防護技術の検討や放射線監視技術および排出気体や液体の処理などの工学的安全技術の開発を行いつつ、安全対策設備の整備を進めている。

安全管理センターが進める研究面では、これら安全技術の開発と整備計画の実行を通してその成果を、将来の核融合炉に向けた炉工学システム安全性に関する研究へ展開させることも視野に入れている。これらの研究を進める場合は、全国大学共同利用機関であることを鑑み、安全管理センターが主導で行う研究のほか、広く全国大学等の研究機関との共同研究を通して行っており、研究会を開催するなどして研究者間の交流に努めている。

放射線以外にも、電気、高圧ガス、危険物などの安全確保も重要である。これらの安全管理のために、研究所では労働安全衛生法に基づいて設置された安全衛生委員会を中心とする安全衛生監視組織と、現場を専門的に管理する各管理室からなる安全衛生推進部体制をつくって行っている。ここに述べた、労働安全衛生法に基づく研究所の安全管理組織体制は第 4 章の図 4. 1 に示す。この中で安全管理センターは、図 2. 2 に示すように、安全衛生委員会活動において、安全管理者や衛生管理者を輩出して巡視や指摘を行うほか、総括安全衛生管理者である所長を補佐して、研究所の安全管理の進め方や安全上の課題を摘出したり、必要な調査や対策検討を行う。さらに、研究所において安全上の不具合や事故が発生した場合は、発生要因の分析や再発防止の検討を行なう。安全衛生推進部の中で行なう安全管理については、放射線管理室の室長や中心的なメンバーとなって放射線安全管理を行なうとともに管理室のシステム改善や構築を図り、その他、電気、高圧ガス、危険物などの管理室の活動についても、安全管理センター職員が専門性を生かして加わり、積極的に貢献している。



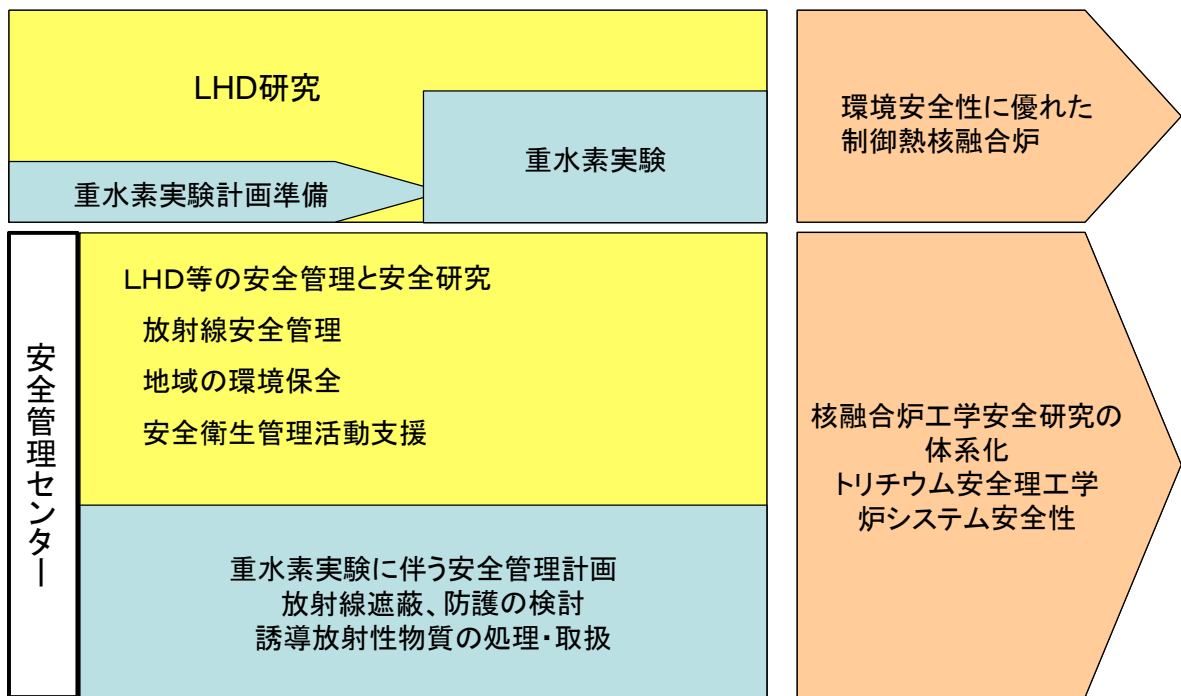


図 2.1 安全管理センターの位置づけと役割

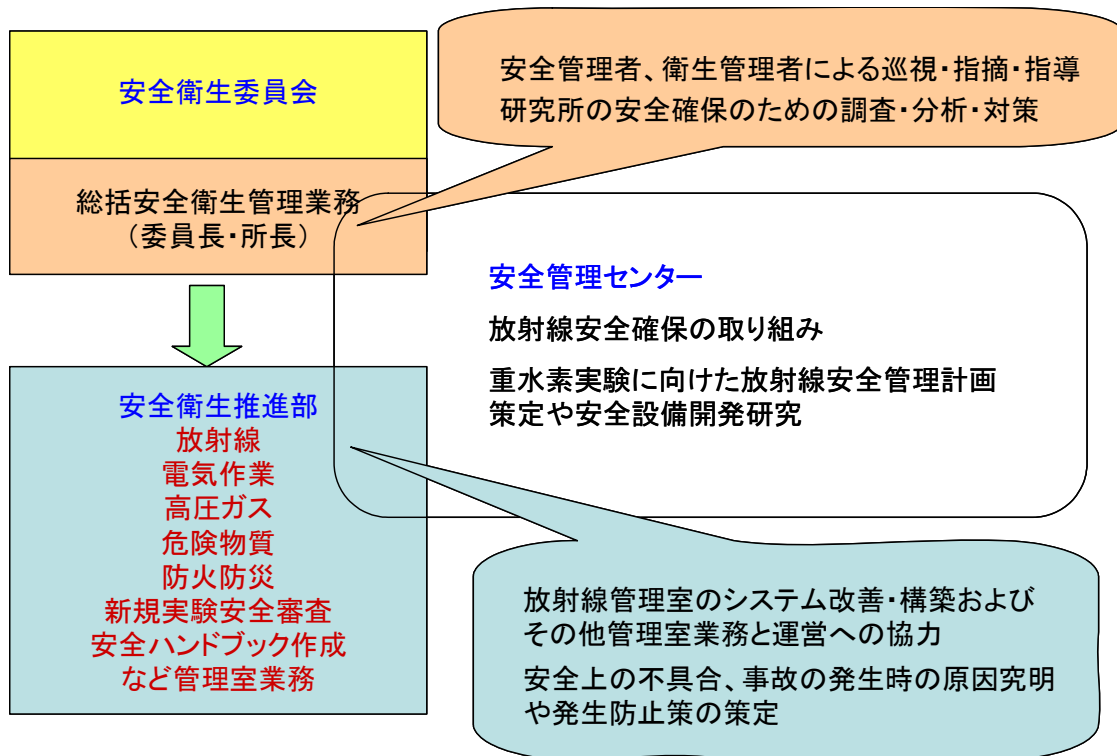


図 2.2 研究所の安全衛生管理における安全管理センターの位置づけ

## 2. 2 センターの組織

安全管理センターは平成 17 年 10 月 31 日までは 7 名の専任（教授 3，助教授 2，助手 2）および客員教授 1 名から構成されていたが、11 月 1 日以降は助手 1 名が転出し、専任は 6 名になっている。平成 18 年 1 月 1 日現在は 6 名の専任（教授 3，助教授 3）および客員教授 1 名で、補充の公募人事を行っている。安全に対する社会的な関心の高まりと研究所の安全衛生管理の体制強化と相まって、基本的には強化されている。（安全管理センター職員の役割と研究業務は資料 1 に示す）

## 2. 3 目標・計画

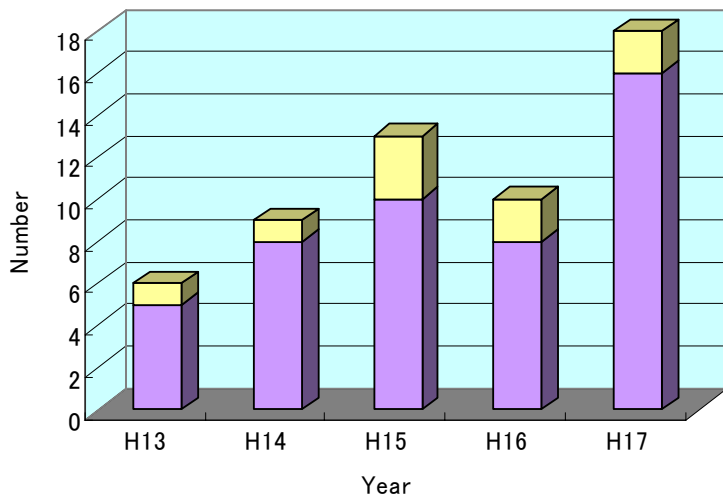
安全管理センターは、現在及び将来の LHD による実験研究に関する放射線安全確保に取り組みとともに、その他の安全管理活動にも積極的に貢献する。その取り組み方と目標・計画を以下に示す。

- (1) LHD 重水素実験計画に向けて、安全管理計画ならびに安全設備の整備と開発やシステムの構築を行う。
  - (ア) 放射線安全管理計画の策定とシステムの構築
  - (イ) 中性子の遮蔽解析と放射線防護計画の策定：遮蔽対策と管理区域の設定
  - (ウ) 排出気体液体処理システムの構築：トリチウム回収設備の設計検討と要素技術の実用化
  - (エ) 放射線監視システムの構築：中性子、トリチウム計測監視技術の開発
- (2) 核融合炉工学のシステム安全研究を全国大学共同機関の立場で推進する。
  - (ア) 重水素実験に向けた開発研究の成果を核融合炉における安全研究へ拡張を図る。
  - (イ) 安全研究について、プラズマ研究者および炉工学・炉設計研究者と連携交流を推進する。
- (3) 安全管理に関わる以下の業務を安全衛生推進部の中で、または連携して推進する。
  - (ア) 放射線管理等の実験安全管理システムの改善・更新  
放射線業務従事者の教育・登録、個人被曝管理、入退管理、装置周辺の放射線監視等の業務の運営を、研究部、技術部、管理部と連携して行い、改善を図る。
  - (イ) 安全に関わる不具合、事故の要因分析と再発防止策の立案を行う。
- (4) 総括安全衛生管理者である所長を補佐し、研究所における安全衛生管理に関わる諮問に対応して必要な事項の調査、分析を行う。

## 2.4 目標・計画に対する成果

安全管理センターは次章以降に述べていくように、LHD等による実験研究に沿って、核融合研究施設の放射線安全と周辺環境保全との観点から監視や管理を行い、関わる研究を計画的に進め、成果は国内外で学会発表し学会誌へ投稿している。

平成17年の査読付き論文掲載数は、英文8件、和文2件、平成17年は英文16件、和文2件である。成果（学会発表、論文リスト）は資料2に示す。平成13年から安全管理センター教員および関連した共同研究として連名で出された5年間の査読付き論文数を図2.3に示す。



	H13	H14	H15	H16	H17
Japanese	1	1	3	2	2
English	5	8	10	8	16

図2.3 安全管理センターの論文数

### 3. 重水素安全設備の整備および炉システム安全研究

研究所が進める現在及び将来のLHDの実験研究を支援する形で、特にLHD重水素実験計画に向けた中性子やトリチウムの放射線安全に関わる技術の研究・開発を最優先で進めている。得られた成果は炉工学分野のトリチウム安全工学や炉システム安全性研究分野へ拡張を図り、炉工学安全研究の体系化に資することを目指して進めている。

以下に各開発課題の進捗状況を示す。

#### 3.1 重水素実験安全設備の整備

重水素実験の実施は、核融合科学研究所の第二期計画として研究所の発足当初から検討が進められている。重水素実験に伴ない発生する放射線（中性子線、ガンマ線）の線量評価と遮蔽評価は安全管理センターの研究の一環として進められてきた。また、管理区域の出入り管理や、放射化物の保管・管理等、放射線安全管理に関しても並行して検討を進めてきた。

今後は、重水素実験実施に向けて発足したDD実験準備室と密に連携して、放射線遮蔽、トリチウム処理等の放射線安全管理施設の設計製作を進めていく。

##### 3.1.1 放射線管理と監視システムの構築

本研究は、重水素実験にともなう中性子線や $\gamma$  (X)線の発生状況の監視と、作業環境や敷地境界における線量評価に関するものである。

###### 1) 放射線監視システム RMSAFE の構築

LHDにおけるプラズマ実験においては、高温プラズマの生成、加熱、プラズマ内での反応、プラズマ対向材料との相互作用にともない、X線やガンマ線および中性子の発生が予想される。放射線安全の観点から、実験棟内外における放射線レベルの監視が必要である。核融合プラズマ実験による放射線は他の放射線発生施設と異なり、10秒以下の短時間パルスで発生する。この特徴を利用して、バースト状に発生する実験起因の放射線を自然放射線と弁別して精度良く測定する機能が必要である。さらに、サイト内および実験棟内に適切に配置された複数の測定器を連係させることによって実験による放射線の発生状況及び分布を正確に評価することが重要である。また、これらの機能が充分発揮できるよう運転開始前に監視装置を整備し、その運用の確実性を確認するとともに、自然放射線の変動を把握しておくことが重要である。以上の観点から、バースト放射線検知機能を有する核融合プラズマ実験対応型放射線監視システム RMSAFE 開発し、設置し、1992年に運用を開始した。敷地境界における実験起因線量は年間 $50\mu\text{Sv}$ 以下にすることが求められている。RMSAFEを用いると、この極小線量も測定可能である。重水素実験での本格的な運用に備えて以下を進めている。

###### (1) バースト検出機能の評価

バースト状放射線検出はRMSAFEの最も重要な機能である。CHSから発生したX線がRMSAFEの複数の測定局で検出されていることに着目して、そのデータを用いて性能評価を行った。検出データからの線量とガラス線量計による線量を比較した結果からも、バースト状X線を確実に検出できていることを確認した。図3.1.1-1にバースト状X線検出の例を示す。

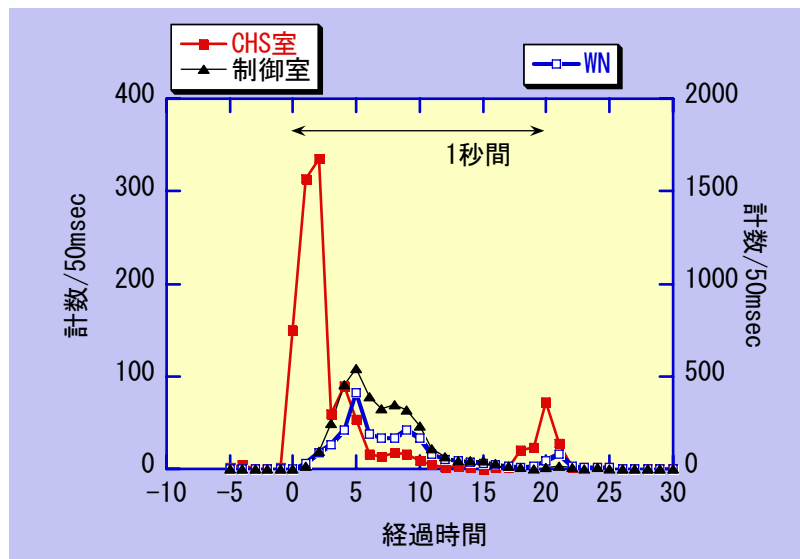


図3. 1. 1-1 CHS 周辺で検出したバースト状X線 (例)

## (2) 長時間実験への対応検討

RMSAFE では、10秒を超える実験起因線量の測定は困難である。長時間実験を想定した場合、降雨による線量率変動が実験起因線量評価の妨害因子になる。そこで、多地点同時測定である利点を生かして、放射線監視データから降雨起因の線量を差し引き、実験起因線量を正確に評価する方法を考案し、有用性を確認した。

## (3) システムの更新

現在のRMSAFEは、運用開始から13年経過した。この間の計算機性能の向上にはめざましいものがある。最近のCPUやメモリを使用したシステムに更新することで、簡単に強固なシステムが実現できる可能性がある。今後検討していきたい。

## 2) 中性子線量評価に関する検討

### (1) He-3 カウンタによる計数の線量換算

現在設置しているHe-3比例計数管は2.5cm厚ポリエチレン減速材を付けている。減速材厚のうすいカウンタは、低エネルギーにも高感度である。放射線輸送計算結果からみると、敷地境界ではエネルギー分布が低エネルギーから高エネルギーまでほぼ一様になっているので、このカウンタで微少な増加分も検出できる。しかし、カウンタの計数を線量に変換する場合、過大評価になることが、放射線輸送計算結果から推定した予想線量とカウンタの期待計数とを比較した結果から明らかになった。それを改善するために、2本の異なる厚みのポリエチレン減速材をもつカウンタを設置することを提案した。具体的には、現設置のカウンタに加えて、10cm厚モデレータを付けたカウンタを1本追加する。2本の計数から線量を算出する。現在は、その校正方法や線量換算方法について検討中である。これによって、高感度で確度・精度のよい線量評価が可能になると期待している。

## (2) 多層型エネルギー群別中性子線量測定器の開発

中性子線量は線質係数がエネルギーの関数なので、評価が容易ではない。エネルギー分布が異なると線量評価に誤差が生じる。そこで、エネルギー群別に中性子線を測定し、線量に変換できる測定器を開発中である。この測定器は、3段の検出器と2層の減速・吸収材を組み合わせた構造をもつ。最外層と中層にはHe-3電離箱またはLiガラスシンチレータを、中心には液体シンチレータを配置するものである。最外層では熱中性子線ー低速中性子線を測定、中層では中速中性子線を、中心では速中性子線をそれぞれ測定する。測定器の設計は、計算コードMCNPを用いて行った。一方で、速中性子線測定用の液体シンチレータについて、中性子線成分とガンマ線成分との弁別装置を試験している。

本測定器は、検出部の配置が複雑なので、実用化のために、最適な配置方法の検討していく予定である。また、この応用として次の積算型の測定器を開発中である。

## (3) 中性子積算線量測定器の開発

ガンマ線用の積算線量計は多く実用化されているが、中性子線用のものはほとんどない。それはエネルギー群毎に線量換算係数が異なるので、エネルギー応答性の良いものを実現するのが困難なためである。積算線量計があると、リアルタイムモニタの値を補完でき、モニタリングとしての信頼性が抜群に向上する。多層型エネルギー群別中性子線量測定器の応用として、エネルギー応答に優れた積算線量測定器を開発中である。検出素子にTLDを採用し、MCNPを用いて各素子のエネルギー応答を計算した。全体を球形にすることで方向依存性を小さくした。減速材と吸収材の厚みを最適化して線量応答性を改善した。図3.1.1-2に測定器の層構造を示す。また、 $^{252}\text{Cf}$ 重水減速場に適用した場合の線量応答を図3.1.1-3に示す。

今後は、設計を完了し、測定器を試作して照射試験を行い、現場への適用可能性を検討していきたい。

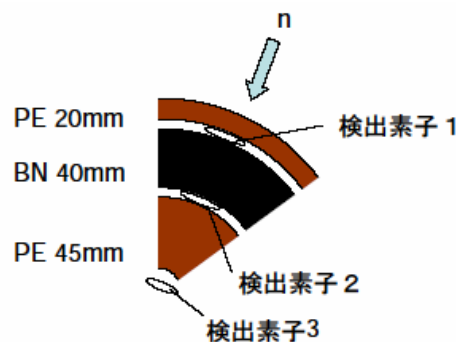


図3.1.1-2 測定器の層構造 (PE:ポリエチレン, BN:窒化ホウ素)

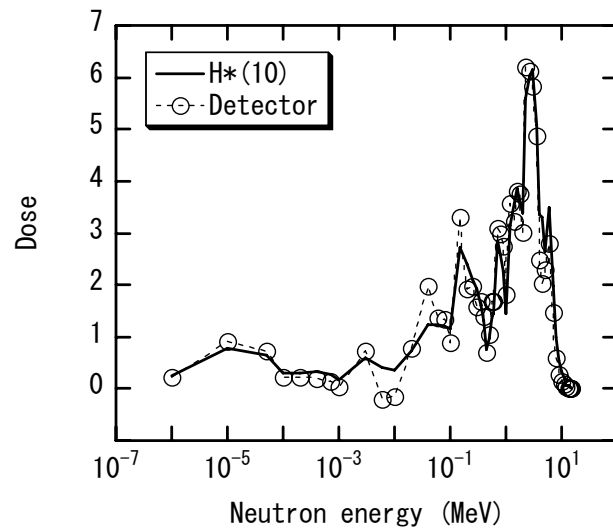


図3. 1. 1-3  $^{252}\text{Cf}$ 重水減速場に適用した場合の線量応答

### 3) 発生中性子量の測定に関する研究

#### (1) 双子型電離箱の開発

重水素実験を開始する上で最重要不可欠の課題として、LHDからの発生中性子量の測定手法の確立がある。核燃料物質管理が必要となるフィッションチェンバーの代替として、耐ノイズ性に優れ、広いダイナミックレンジを持つ測定システムを完成させなければならない。これの候補の1つが、開発をすすめてきた双子型電離箱である。重水素実験進行中、LHD本体室内は中性子線とX( $\gamma$ )線とが混在する場となる。現設置の比例計数管は、高線量率の場では適用困難である。また、X( $\gamma$ )線強度が大きいと中性子線による線量を精確に評価できなくなる。これを克服するために、同位体による中性子線に対する反応の差異を利用した双子型電離箱を考案・試作した。He-3ガスを封入した電離箱は中性子線とX( $\gamma$ )線の両方に有感だが、He-4電離箱はX( $\gamma$ )線のみ有感である。その差分をとることで、正味の中性子線強度を測定できる。この双子型電離箱について、ガンマ線源や中性子線源による照射で印加電圧特性や線量応答性、減速材の効果を把握した。これに加えて、京都大学原子炉の重水設備の熱中性子場によって、炉出力(熱中性子束密度)と電離箱出力電流との直線性、中性子線とガンマ線の弁別を実験的に確認した。図3.1.1-4に炉出力と電離箱出力電流との関係を示す。

実用化には、安定的なデータ取得を実現するとともに、プラズマ実験にも適用できる時間分解能を兼ね備えた測定システムとする必要がある。

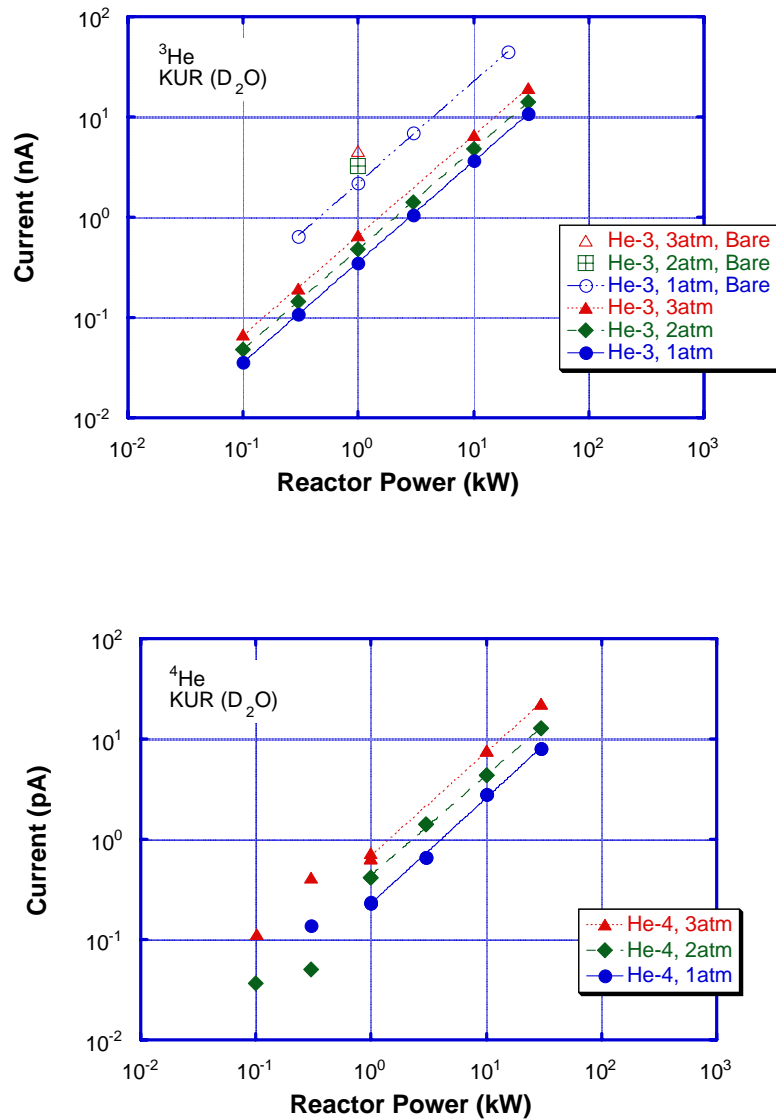


図3. 1. 1-4 炉出力と電離箱出力電流との関係（上図： $^3\text{He}$ 、下図： $^4\text{He}$ ）

#### 4) その他の放射線監視研究

##### (1) 放射線監視データを用いた放射線発生状況の分析

RMSAFEによって、CHS周辺の多地点でX線検出データが得られている。このデータを用いて、発生X線の方向特性の分析を行った。計算コードEGS4を用いて、建物による遮へい効果を考慮した線量を各測定局の位置で推定し、実測値と比較した。結果としてX線の方向特性が明らかになった。発生放射線の特徴を把握することが、より高度なモニタリングにつながると思われる。



## (2) 電子式積算線量計の環境モニタリングへの適用

線量の時間記録ができる電子式線量計を用いると、簡易に多地点同時測定が行えるので、線量測定のみではなく、発生放射線の方向分布把握にも役立つ。2003年から、この線量計の特性について評価を進めている。この線量計をガンマ線源で照射して、測定誤差を評価した。また、CHSの周辺に設置して、より詳細なX線方向分布について測定中である。

## (3) 可搬型中性子線源方向探知器の設計

中性子線源の方向探知器を中性子線量モニタ開発の過程で発案した。ヘリウム-3 比例計数管とポリエチレンモデレータを組み合わせた単純なものだが、空間分解能に優れたものができた。シミュレーション計算と照射による実測実験によって有用性を確認した。

## (4) 自然放射線の変動に関する研究

実験起因線量を精確に評価するには、自然バックグラウンド放射線や放射能の構成成分や変動の仕方を十分に把握しておくことが重要である。測定器の種類の違いによる測定値の差異を明らかにすることも重要である。また、その測定を通じて精度の高い測定手法の確立が期待できる。環境放射線の多地点長期連続測定に用いている熱ルミネッセンス線量計(TLD)とガラス線量計について、それらの自己線量と宇宙線に対する応答を測定した。研究所敷地内で、宇宙線の電離成分と中性子成分について測定した。この目的は、放射線監視データに含まれる宇宙線成分を把握することにある。また、建物による宇宙線の遮へい効果についても把握できた。

今後も高精度の放射線モニタリングを実現するために、放射線監視データの分析やそれに影響を与える自然放射線について測定したいけれども、研究体制の強化が課題である。

### 3.1.2 放射線防護計画検討

本研究は、LHDにおいて重水素実験を行うにあたって、放射線安全上、もっとも重要な課題である。すなわち、図3.1.2-1に示すように、発生した放射線を室内と建家の外への放射線について評価し防護計画を立てることが重要である。放射線安全管理の目標は、次の3点である。「被ばく管理」作業者の不必要な被ばくを低減する。「線源管理」線源が管理区域外に移動する量を最小限にとどめる。「環境管理」環境への放出が管理目標を越えていないことを確認する。これら3点に照らして考えると、実験に伴って発生する放射線の影響範囲を把握することは、もっとも基本的不可欠のデータである。このデータをもとに、敷地境界や作業環境における放射線強度が把握でき、実験量の計画作成や管理区域の設定案が導かれる。さらに、放射線発生装置として使用許可申請を行う際の申請書の内容を構成する。

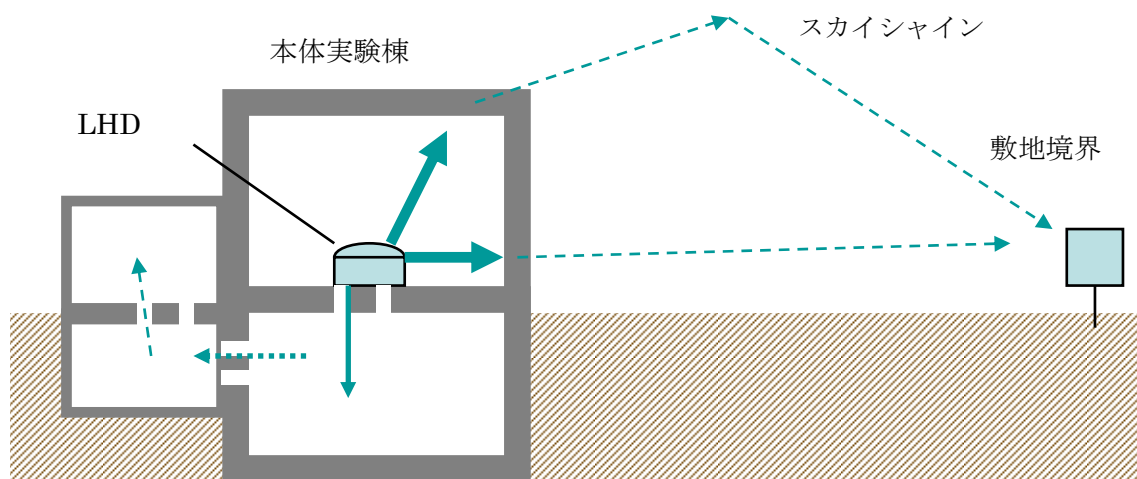


図 3. 1. 2-1 重水素実験における放射線と防護

### 1) 放射線遮へい解析

次期計画の重水素プラズマ実験では、中性子線とガンマ線が発生する。D-D核反応は 2.45 MeV 中性子の発生を伴い、それに起因して、放射線遮蔽、空気や装置の放射化、放射線発熱等が問題となる。これらの問題について放射線輸送計算コードを用いて検討を加えた。使用した計算コードは2次元 Sn 輸送計算コード DOT 3.5 で、断面積ライブラリーはFUSION-40を用いた。本体装置を矩形の組み合わせで表現し、2次元軸対象モデルとした。水平ポートモデルと垂直ポートモデルとを別々に作成し、それぞれについて放射線場の解析を行った。プラズマ実験1ショットは10秒間とし、その中性子発生量は、2.45 MeV 中性子が  $2.4 \times 10^{17}$  n/shot、14 MeV 中性子が  $4.3 \times 10^{15}$  n/shot とした。

LHD本体室内外における線束密度の空間分布を明らかにし、これらの結果をもとに直接線とスカイシャイン線の強度を算出し、敷地境界線量を評価した。図 3.1.2-1 に解析結果の一例を示す。さらに、本体室・本体地下室に隣接する領域における線量を算出して、管理区域の範囲について検討し、管理区域境界線量を満足するための遮へい条件について明らかにした。また、得られた放射線強度から、超伝導コイルにおける放射線発熱量を推定し、冷却能力の検討に資するデータを提供した。

近年は、本体地下室に隣接する部屋の線量評価と遮へいについて検討している。本体室側壁は貫通孔を有さず、配管類は本体地下室を経由して隣接する部屋へつながっている。これは、中性子のストリーミングによる線量を制限するためである。地下室貫通孔からの漏洩線量を評価したところ  $0.1 \text{ mSv/shot}$  を越える場所もあった。貫通孔に対する適切な穴仕舞(追加遮へい)が必要である。計算をより現実的なものに近づけて、最適な遮へい対策を行えるよう検討を進めている。

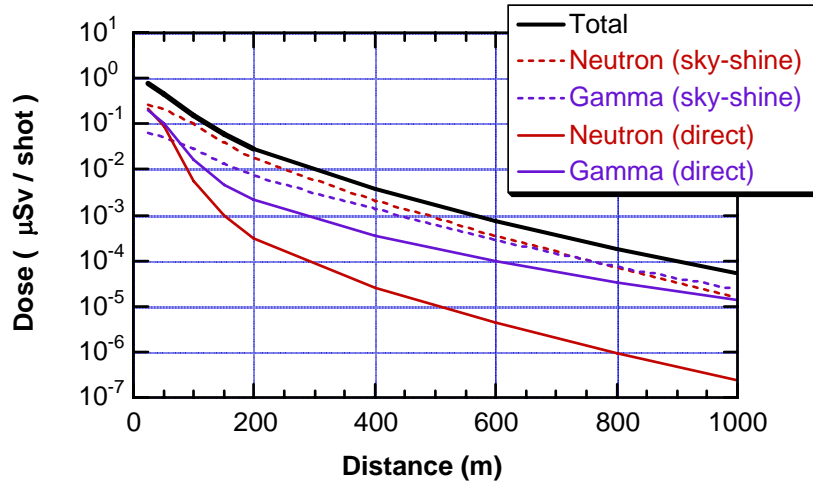


図3. 1. 2-2 直接線、スカイシャイン線に起因する線量

## 2) 中性子による装置の放射化評価と管理計画の策定

放射線遮へい解析（放射線輸送計算）の結果から、本体室について、空気、冷却水、装置、コンクリートの放射化計算を行った。本体室内の空気では、アルゴンの放射化によって、D-D実験後の入室や換気に制限が必要になることがわかった。また、放射化量は、実験量（中性子発生量）によって変化する。放射化物を線源とした本体室内線量率分布とその時間変化に関するデータを整備しつつある。結果の一部を図 3.1.2-3 に示す。これを元に、実験後の立ち入り制限や作業における線量管理の方法について検討している。

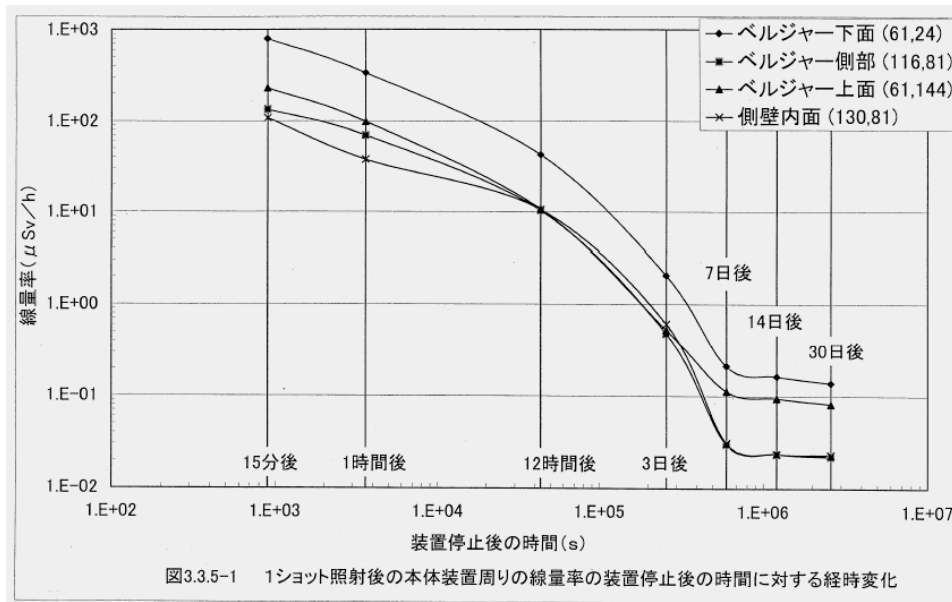


図3.3.5-1 1ショット照射後の本体装置周りの線量率の装置停止後の時間に対する経時変化

図3. 1. 2-3 1ショット後の線量率の推移

### 3.1.3 トリチウム回収・除去、濃度監視システムの開発

本研究は、LHD重水素実験にともなって発生するトリチウムを対象に低コストの回収装置と排気ガス中のトリチウム濃度が法定限度以下であることを連続的に監視する高感度モニタリングシステムの開発と、作業環境空气中トリチウムを対象に、トリチウムの規制値が化学形状により大きく異なることを考慮した化学形態別濃度測定装置の開発を目的としている。そのためそれぞれにおいてLHD重水素実験に起因するトリチウム含有排気ガスや作業環境空気への適用性を検討し、重水素実験開始に向けて17年度中に本設備を導入するための基本仕様を確定することを想定している。

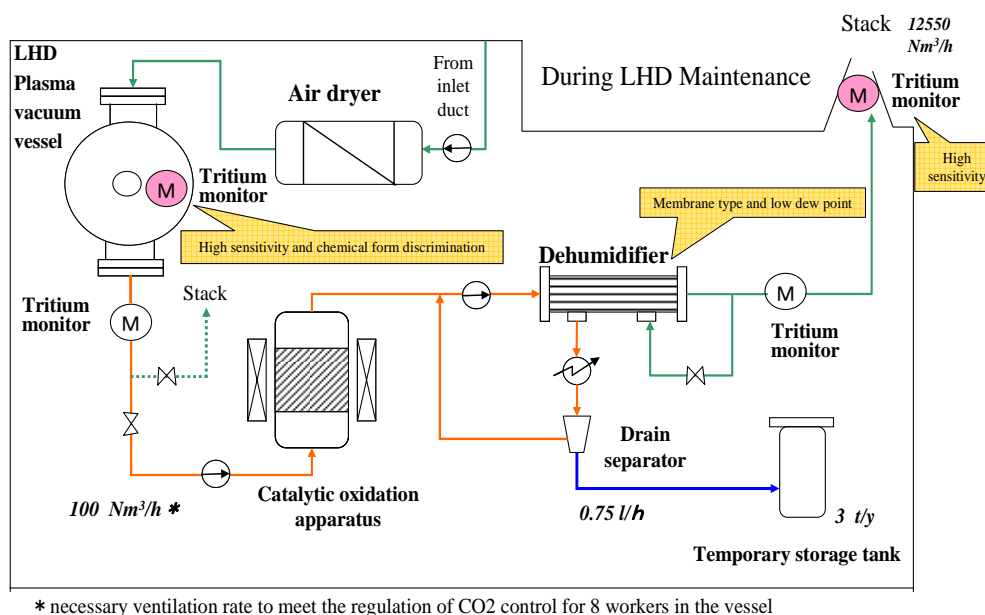


図3. 1. 3-1 開発設備の導入計画

各開発課題の進捗状況を以下に示す。

#### 1) LHD排出気体/液体処理装置の開発導入

LHD重水素実験に対応するため、真空容器内で生成・蓄積されるトリチウムのパージ、除去装置の設置が計画されている。既存の装置としては、トリチウムを酸化して水蒸気の化学形態に変換した後、モレキュラーシーブ吸着塔により脱湿除去する方法が一般的である。これに対して、乾燥空気の製造用に市販されている中空糸状高分子膜モジュールが適用できれば、設備の小型化とコストの低減が見込める。

適用する上での課題は、モレキュラーシーブ吸着塔と同様の極低露点（ $-60^{\circ}\text{C}$ 以下）を長期間安定に維持可能であることの実証と、最適設計のための特性データの収集・解析である。

これに対応するために、16年度に自動制御運転装置を製作し、各種市販モジュールの除湿特性データの収集と解析を静岡大学との共同研究として推進中である。

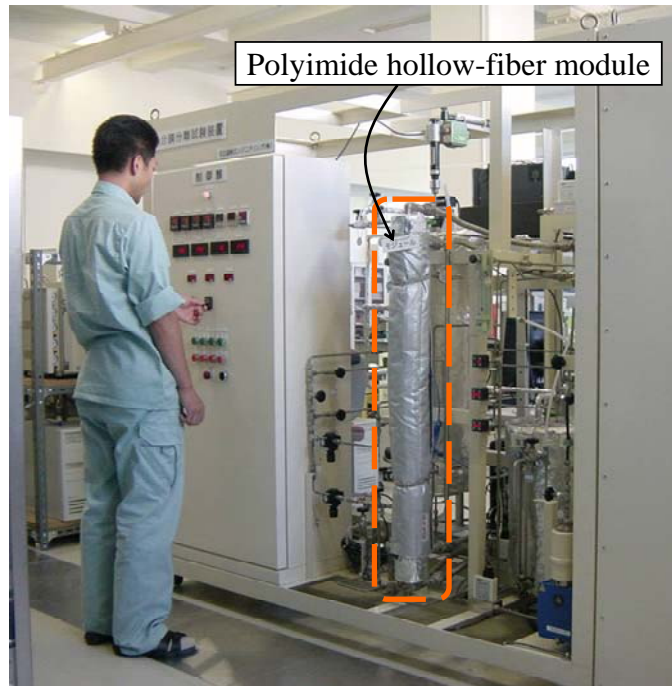


図 3. 1. 3-2 高分子膜モジュール除湿試験装置

これまでの主要な成果として以下が得られた。

- (a) 生成される乾燥空気を一部モジュールに戻すパージガス流量を可変制御するソフトの改良を進め、一週間以上の連続運転により $-7.0^{\circ}\text{C}$ 以下の極低露点を安定に維持できることを実証した。(図 3.1.3-3)
- (b) 複数の市販の高分子膜モジュールの特性データを収集し、装置の基本設計が可能となった。これまでの開発でモレキュラーシーブ吸着塔の代替技術としてLHD重水素実験に適用する見通しが得られたことから、本設備の基本設計に入ることを計画している。静岡大学で開発された高分子膜モジュールにおける $\text{H}_2-\text{N}_2$ 系の分離特性解析モデルを活用した除湿特性予測解析モデルの開発を並行して進めており、装置の最適設計に活用することを想定している。

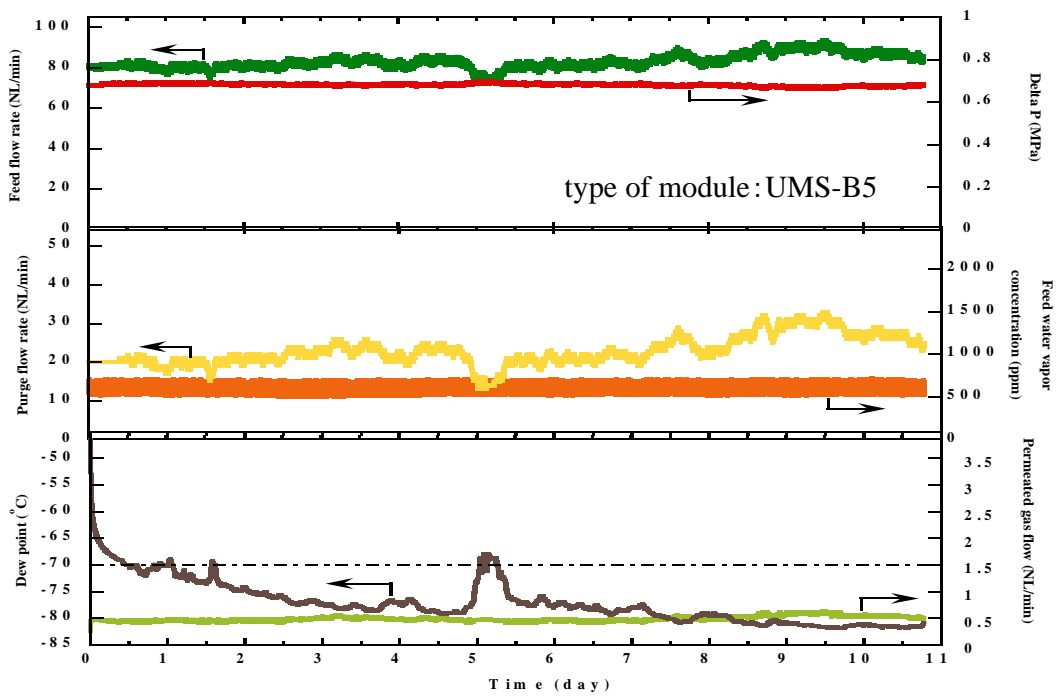


図3. 1. 3-3 長期除湿実験結果

2) 排気ガス中トリチウム高感度モニタリングシステムの開発導入 (図 3.1.3-4)

計測ガス中のトリチウム濃度を1桁以上高める水素ポンプの開発と検出器のS/N比を1桁以上高める信号処理系の開発を並行して進めている。最終的には、両者を組み合わせた計測システムにより市販のモニターより1桁以上高感度なオンライントリチウムモニターを開発導入することを目標としている。

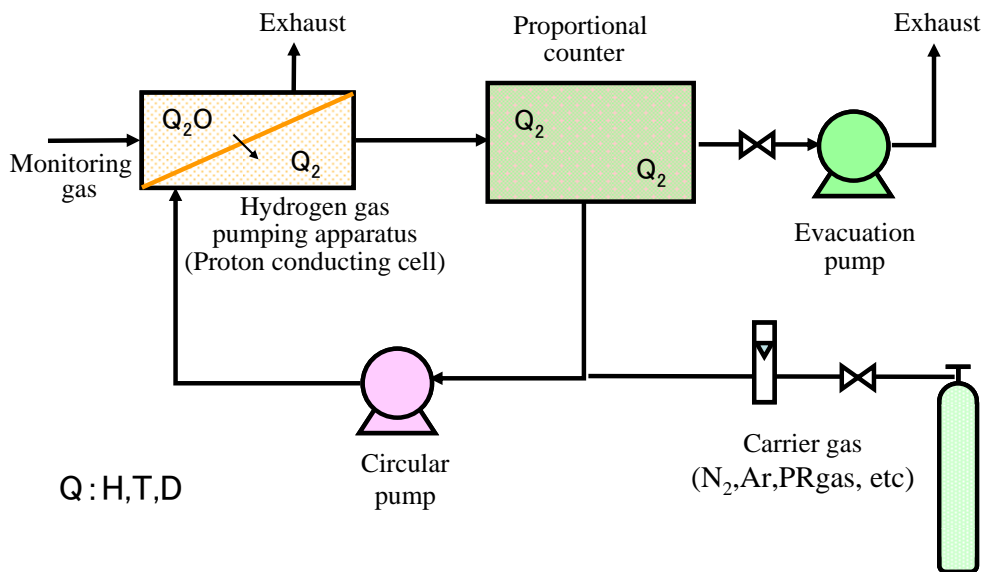


図3. 1. 3-4 高感度モニタリングシステムの構成

これまでの主要な成果として以下が得られた。

(a) プロトン導電性セラミックス利用した水素ポンプの実用化研究を専門メーカーである(株)TYKとの共同研究として実施。各種セラミックス組成のポンプ特性の把握、セラミックス表面への電極形成仕様の改善、チューブ状セラミックスの薄肉化、還元劣化対策の考案、等の改善により目標とする濃縮度を達成できる見通しが得られた。長期使用時の耐久性評価が今後の課題である。(図 3.1.3-5, 図 3.1.3-6)

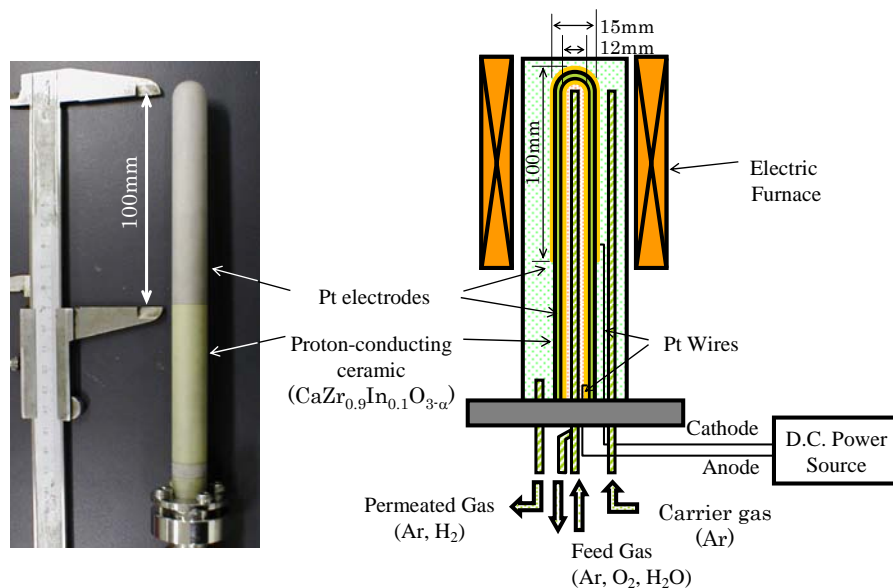


図 3. 1. 3 - 5 水素ポンプ試験装置

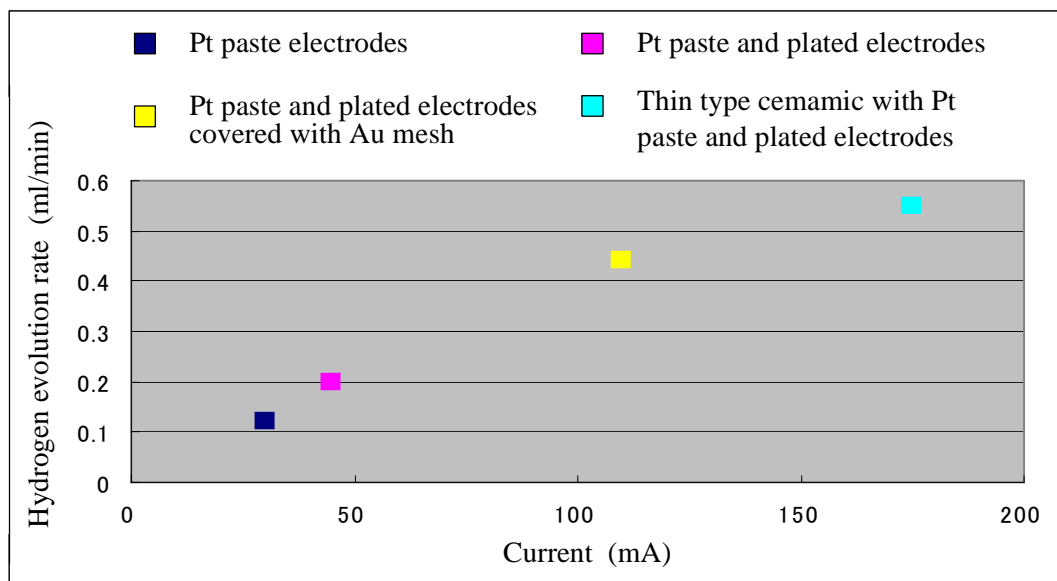


図 3. 1. 3 - 6 水素ポンプ性能改善結果 (目標性能: 1 ml/min 以上)

(b) 高S/N比検出器の開発状況

重水素実験では、わずかな量のトリチウムが発生し、室内空気や排気ガスに混入して、環境中に放出される恐れがある。本研究では、このトリチウムの環境放出を監視するため、これまでほとんど不可能であった法定濃度レベルを十分に下回る感度を有するトリチウム検出器を開発している。ノイズを低減してトリチウム検出器の感度を上げるためには、これまで、鉛遮蔽、エネルギー弁別処理、逆同時係数法、などが利用されてきたが、現在開発を進めている検出器では、これらのノイズ対策に加え新たに信号波形処理法を導入して、高感度化を図りたいと考えている。現在、装置の原型を組み立て、セシウム137密封線源等を利用して、性能と信号処理機能の評価を行っているところである。

3) 作業環境空気中のトリチウム化学形態別高感度測定装置の開発導入

トリチウムの法規制濃度は化学形態別に5段階に分れ、それらの間には最大4桁以上の差がある。しかし、これらを弁別してリアルタイムで測定できるモニターは存在しない。弁別ができない場合、最も厳しい化学形態である、メタンを除く有機物の規制値  $3 \times 10^{-3} \text{ Bq/cm}^3$  を用いる必要がある。LHDから作業環境空気中に漏洩の可能性があるトリチウムの化学形態は、主に水蒸気と水素分子でメタン状が含まれる可能性もあるが、弁別測定してより合理的な管理を行うことが望ましい。本研究はこれらを弁別して迅速に濃度測定が可能なモニター装置の開発を目指すものである。弁別収集するために、＜高分子気体透過膜＞、＜バイコールガラス膜＞、＜プロトン導電性セラミックス膜＞、＜パラジウム合金水素透過膜＞、＜ガスクロマトグラム・カラム＞、＜クライオポンプ＞など使って目的とする3つの物質を分離することを検討し、図3.1.3-7に示すような、高分子気体透過膜やパラジウム合金水素透過膜などで化学形態別に分離して、比例計数管で測定する装置を考案した。これまで、高分子気体透過膜やパラジウム合金水素透過膜、小型比例計数管の個々の性能試験を行い、管理区域排出基準を十分に下回る濃度まで測定する基礎実験に成功している。今後はこれらの個々の装置をプロトタイプモニターとして組み上げ、全体の性能を確認する。その後実用モニター装置の製作に進む計画である。

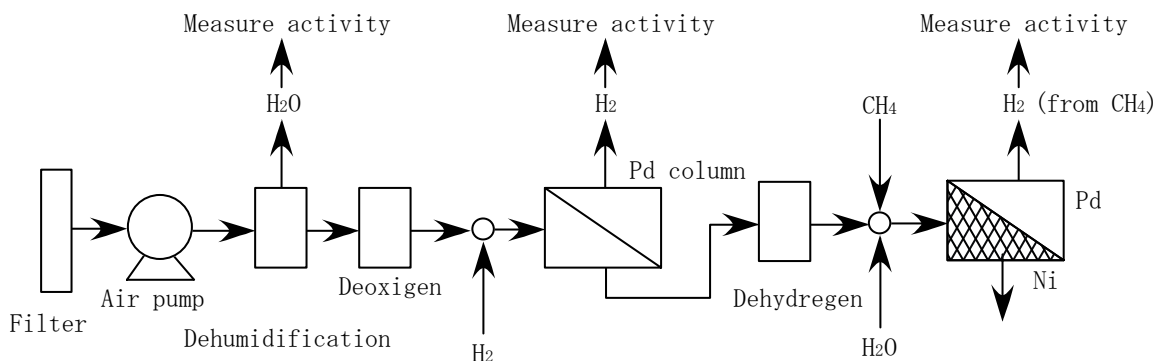


図3. 1. 3-7 空气中トリチウム化学形態別濃度測定装置の構成



#### 4) 化学形態別大気中水素成分捕集とトリチウム環境動態データベースの構築

施設から排気される気体状のトリチウムは環境に拡散し、その濃度は環境レベルに極めて近いと予想される。法律では、排出濃度限度を水蒸気、水素ガス、メタン形に分けて規制している。通常、環境レベルで大気中トリチウム濃度を弁別測定する際は、以下の分離工程を経て化学形態ごとに水素成分を酸化触媒で水に変換して捕集したのち、液体シンチレーション計数装置で計測している。そこで湿分捕集、水素ならびにメタンの触媒酸化、水分吸湿捕集、カラム再生・水分回収の分離捕集工程の自動化を図り、人的負担を軽減するとともに人的誤差要因を除くことおよび精度を確保するための装置を製作し、その性能評価と問題点を検討した。開発過程で、触媒の酸化性能試験、水成分を選択的に吸湿できる吸湿剤 MS-3A の選定試験等を行った。次に、大気中水素成分の化学形態別捕集の自動化装置により、水分の吸湿材捕集効率および大気中の水素とメタンの触媒酸化効率をほぼ 100%とできることを、マスバランスから確認した。また、本方式で回収した水中のトリチウム濃度測定結果から大気中のトリチウム濃度を評価した。引き続き、捕集装置の信頼性と、環境濃度のバックグラウンド変動の観測をしている。土岐地区の環境大気中トリチウム測定は、これまで九州大学が土岐地区で測定してきた。安全管理センターでも水素成分の捕集と大気中のトリチウム濃度測定を開始しており、図 3.1.3-8 にまとめて示す。図から長期的な環境トリチウムの減少傾向を考慮して、ほぼデータの継続性が確認されている。最近では熊本大学と共同研究を行い、データのクロスチェックもしている。2 回実施した結果、誤差範囲で妥当な値を得ているが、信頼性を上げるため継続してデータを重ねる必要がある。

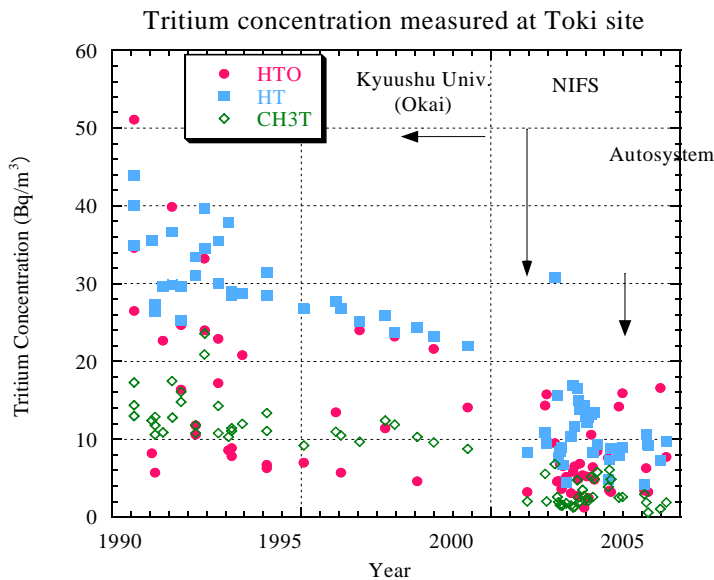


図 3. 1. 3 - 8 土岐地区における大気中トリチウム測定結果の例

### 3. 2 核融合炉システム安全研究

将来の環境安全性に優れた制御熱核融合炉を目指し、安全技術の研究を以下のように進めている。

- ・ 研究所内の炉工学・炉設計関連グループの連携強化を目的とした連絡会議に参加し、炉工学研究の集約、学術的体系化に向けた検討に加わる。
- ・ 核融合炉工学における安全技術、特にトリチウム安全理工学やヘリカル炉システム安全性に関する研究を進める。

将来のエネルギー資源としての核融合を実現するためには、核融合炉工学技術の確立と環境・安全を含む総合的な核融合炉システムとしての成立性が不可欠である。核融合炉システムの安全性と環境に関する課題には、工学的安全研究に加えて、環境安全と社会的な受容性があげられる。これらに関心のあるトリチウム工学、中性子工学、生物環境影響の研究者およびプラズマ科学、装置技術、安全工学、社会学などの多分野の研究者の参画により、核融合炉システムの安全管理の高度化と社会的受容性の確保を共同研究として推進していくことを考えている。

具体的な共同研究テーマとして以下を実施してきた。

#### 1) 核融合炉トリチウムの安全取扱いに関わる先進的な要素技術の基礎研究

##### (1) プラズマ排ガス中の未燃焼トリチウム高効率回収装置

プロトン導電性セラミックス利用した水素ポンプの実用化研究を専門メーカーである㈱TYKとの共同研究として実施。高感度トリチウムモニター用の水素ポンプに必要なポンプ容量に対して2桁以上の高処理容量化が研究課題である。セラミックス組成の改良、加工形状の改良による大幅な性能向上を目指した基礎研究を推進している。

##### (2) トリチウム水濃縮・減容装置

I T E Rでも採用が計画されている水/水素化学交換反応塔の反応効率を向上させることを目的に、反応塔内での水、水蒸気、水素ガス間での水素同位体の移行挙動をモデル化し、分離実験により検証すると共に、運転条件、触媒充填条件の最適化の検討を名古屋大学との共同研究として進めてきた。

図 3. 2-1 に触媒充填部と軽水素と重水素を使った触媒分離実験結果の例を示す。従来の気液分離型充填方式に対して、触媒と吸収剤を最適な割合で均一に混合充填することにより反応効率が向上することを実証した。E Uにおいて、同様の水/水素化学交換反応塔の改良を進めているF Z K (Forschungszentrum Karlsruhe)がこの結果に注目し、F Z Kとの共同研究が17年度中に開始されることになっている。

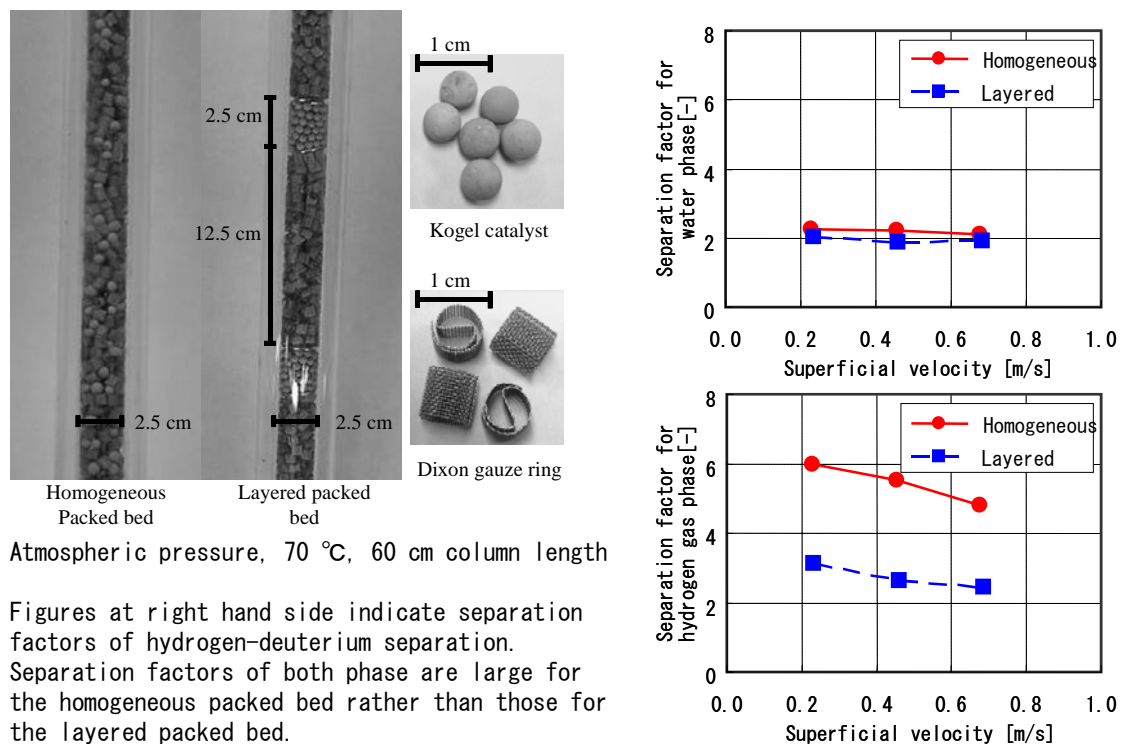


図3. 2-1 : 軽水素-重水素分離実験結果

### (3) 水素同位体ガス分離・濃縮装置

現在の深冷蒸留塔に比べてトリチウムインベントリーの大幅な低減が可能な吸着剤を利用した水素同位体の分離・濃縮要素技術の研究開発を九州大学との共同研究として実施している。これまで、原理的な実証データが得られた。今後は、高性能な吸着剤の開発・評価、連続処理による分離特性の評価を実験と解析の両面で進める計画である。

### (4) 材料表面へのトリチウム蓄積挙動

冷却配管材料とトリチウムとの相互作用に関するデータベースの構築を、東京大学との共同研究として進めている。これらの基礎的な知見はトリチウムで汚染した配管材料の効率的な除染手法の開発につなげることを想定している。

### (5) 水素の化学形態制御

金属ゲッター、機能性触媒による水素化合物の酸化・還元要素技術の開発を実施している。具体的には、

#### (a) 金属ゲッター、機能性触媒による水素化合物の酸化・還元要素技術の開発

本研究では、排気ガスに含まれるトリチウムを想定している。トリチウムは、いろいろな化学形状をして存在するが、注目すべきは、同じトリチウムの化合物であっても、化学形状の違いで人体に与える影響が大きく異なる点である。例えば水素分子状トリチウム（トリチ

ウムガス)は水蒸気状トリチウムなどの他の化学形のトリチウムに比較すると、人体に与える影響は100~10000分の1以下である。そのため本研究では、全ての化学形のトリチウムをトリチウムガスに変換する技術の開発に取り組んでいる。この技術が確立されるならば、核融合施設におけるトリチウム除去系はもちろん燃料回収系においても利用可能であると考えている。これまでの研究ではトリチウム化合物を模擬するため軽水素メタンと軽水素水蒸気を用い、水素ガスへの変換実験を進めてきたが、金属ゲッタ材であるZrNi合金を用いることにより、効率よく水素ガスへ変換されることを確認できた。またこれらのデータを用いてコンピューター上でトリチウム除去装置を組み立て、排気ガスからトリチウムを除去するシミュレーションを行って、ゲッタ材の性能評価を試みている。

#### (b) 気体中トリチウムの除去システム用酸化触媒の開発

核融合炉では大量のトリチウムを使用するため、多重の閉じ込め系でトリチウムの漏洩を防止する対策が取られる。LHDでも重水素を用いればトリチウムが発生するため、排気濃度を監視し、必要に応じて除去処理することを検討している。これに関わり、施設で発生する気体中のトリチウムを高い効率で除去・回収する装置の設計検討を行っている。特に、図3.2-2に計算評価したように圧力損失を小さくでき、大風量の気体処理に適用できると見られることからコージライトまたは金属を担体とするハニカム型貴金属触媒のセル密度や貴金属添着量を変えて、水素やメタンガスの酸化特性を調べ、触媒装置設計のデータベースを蓄積している。具体的には、粒子状の触媒DASH-520を従来との比較に用い、金属基材(FeCrAl)またはセラミックス基材(コージライト)に白金PtまたはパラジウムPdを添着したハニカム型触媒(田中貴金属製)を選び、アルミナまたは金属を担体とするハニカム型触媒を選び、その触媒活性を調べた。

実験は酸素20%、水素とメタン各々0.1%の試験ガスを流して、触媒の温度を室温から400℃まで上げて、試験気体をガスクロマトグラフで分析した。触媒加熱温度と水素およびメタンの酸化転換率との関係から、水素は室温から酸化するがメタンは200℃以上から酸化反応が起きること、水素酸化にはPt触媒が適し、メタンにはPd触媒が適することが分かった。また、図3.2-3に示すように反応速度を求め、表3.2-1に示すように、風量と温度を与えることで1,000Nm<sup>3</sup>/hr、転換効率99.9%の条件での触媒容量を評価することを可能にした。引き続き、セル密度や触媒添着率の最適化、および処理気体中に湿分があるときの触媒性能の低下について実験的に検討している。これら酸水素再結合用高性能酸化触媒、水・水素化学交換用疎水性触媒開発に関しては九州大学との共同研究として推進している。

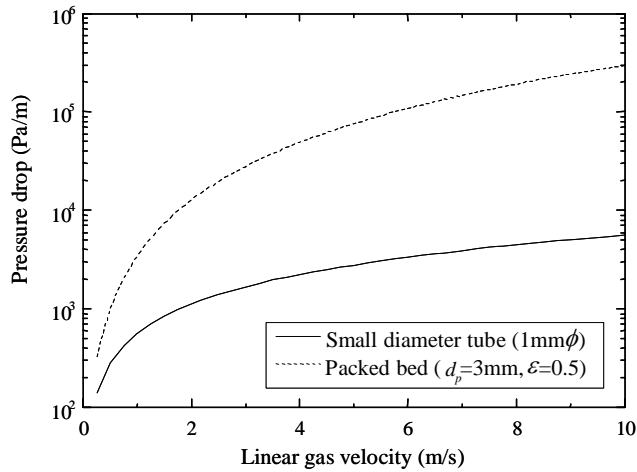


図3. 2-2 ハニカム触媒の圧力損失評価の結果

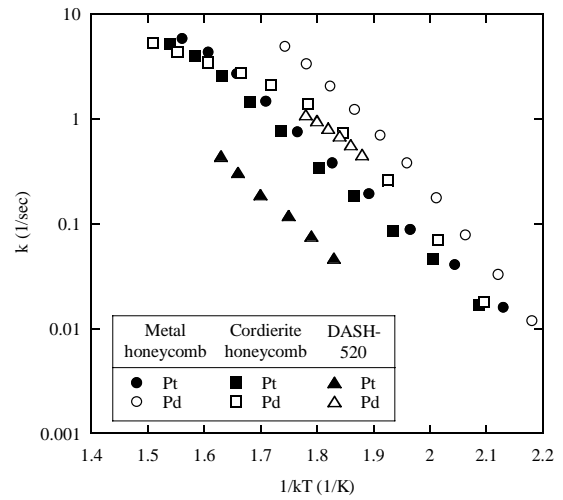
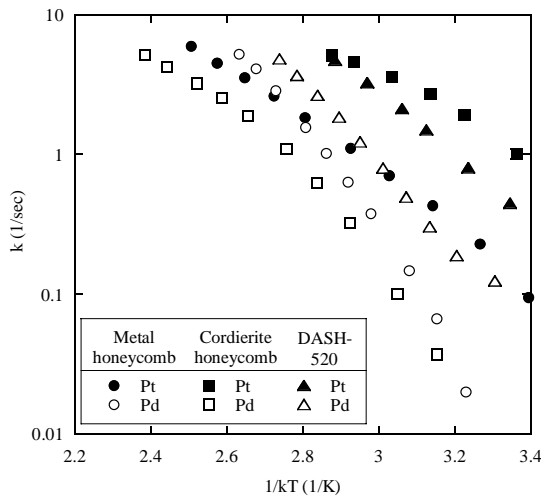


図3. 2-3 水素およびメタンの酸化反応速度評価の結果

表3. 2-1 水素およびメタンガス酸化触媒の容積評価の結果  
条件：1,000Nm<sup>3</sup>/hr、転換効率 99.9%

Catalysis metal	Operation temperature (°C)	Catalyst volume for H <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> )		
		Metal honeycomb	Cordierite honeycomb	DASH-520
Pt	60	2.3	0.5	0.7
Pd	60	6.6	11.3	1.9

Catalysis metal	Operation temperature (°C)	Catalyst volume for CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> )		
		Metal honeycomb	Cordierite honeycomb	DASH-520
Pt	300	2.0	2.8	3.7
Pd	300	0.4	1.0	0.4**

\*\*at 290°C

## 2) 核融合炉システムの安全設計に関する研究

大型ヘリカル装置LHDによるプラズマ物理の研究の進展と相まって、ヘリカル型核融合炉FFHR(Force Free Helical Reactor)の設計研究が進められている。核融合炉の概念を具体化していくには、熱流体、電磁力、放射線やトリチウム増殖やトリチウム燃料循環プロセスなど炉構造およびプラントを考慮した炉工学技術の研究開発が欠かせない。中でも、環境保全を含む安全確保のための総合的な核融合炉システム安全工学技術の体系化ならびに研究開発は重要な課題の一つである。安全管理センターは、所内の炉設計・炉工学連絡会議や炉設計会合に参画するなどして、核融合炉システムの中で、安全性に関わる問題をいかにとらえ、いかに対応するかについて検討している。

核融合炉は核分裂炉に言う臨界条件が無く、連鎖反応による核的な暴走がない固有の安全機能を有することのほか、FFHRにはプラズマにおいて電流崩壊がないことも安全上の特徴である。他に、核融合炉システム安全上の研究課題として以下があげられる。

(ア)多重の防護系による事故確率やリスクの低減の追求

(イ)バウンダリー（真空境界、トリチウム境界、圧力境界）の喪失や防護機能の喪失を想定した影響の拡大防止の追求（深層防護の考え方の導入）

(ウ)ブランケットの安全性追求：熔融塩の適用性検討

(エ)炉構造材料の放射化の低減と廃棄物の削減

(オ)環境放出トリチウムや放射化物による生物環境影響評価による安全性の追求

上記に関わり、これまで炉心にあたるプラズマ真空容器と炉内構造機器、トリチウム燃料サイクルや各サブシステムにおけるトリチウムインベントリーの推定やトリチウムバウンダリー設定の考え方を検討した。その結果、図3.2-4に示すような4段階のトリチウム閉じ込めバウンダリー(TB)のレベル分けを提示した。さらに、FFHRの概念設計が進んだ段階では、より精度の高い解析評価が必要となる。炉システム安全の設計研究では、炉心とそれを取り巻くサブシステム、燃料サイクル、エネルギー変換システム、排出処理システム、施設を取り巻く環境と大きく分けられるが、これらを総合的にとらえて行なう必要がある。このため、全国大学等との共同研究として進めることが重要であるが、現状では全てを並行して進めることはできない。当面の研究では、以下のような基本的考え方や解析評価手法の整備検討を行なっていく考えである。なお、これらの研究内容の一部は申請中の特定領域研究でも取り上げている。

(ア)炉システム安全性の基本的考え方、システムの安全基準分類

(イ)トリチウムインベントリー評価と閉じ込めバウンダリーの設定

(ウ)異常事象の発生と進展の解析および防止機能の基礎検討

放射化物やトリチウムの漏洩事象のシナリオに基づく施設内挙動および排出処理系の検討および放出時の環境影響評価

(エ)核融合における放射線防護やリスクの考え方と評価

Tritium confinement Boundary (TB) in FFHR

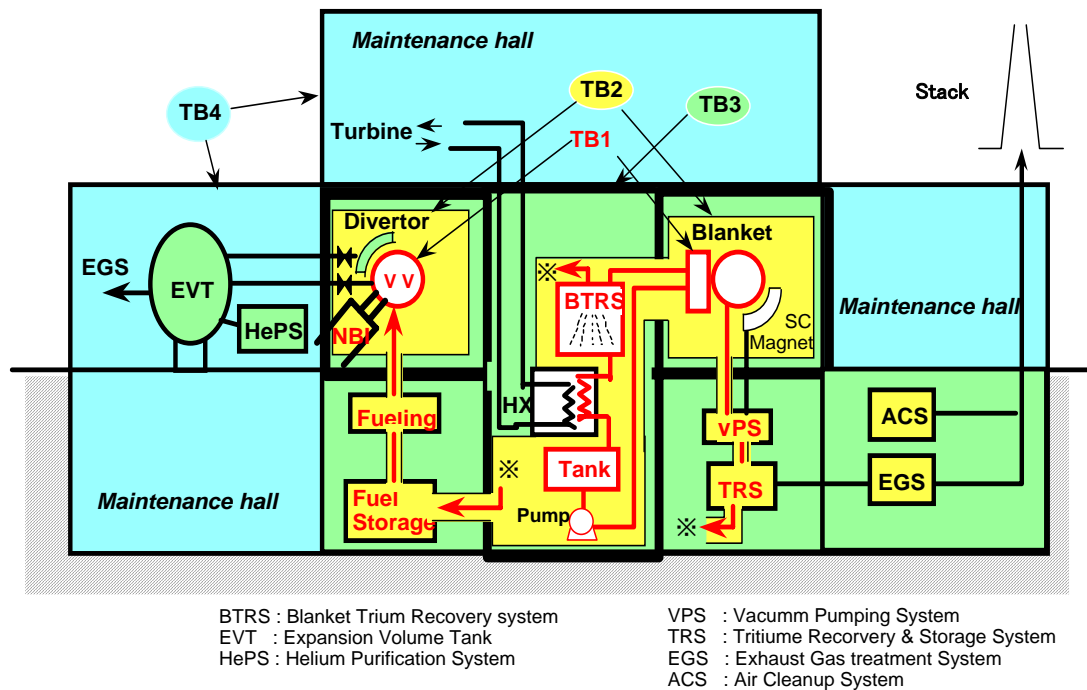


図 3. 2-4 FFHR 核融合炉におけるトリチウム閉じ込めバウンダリー

3) 将来の核融合炉を目指す炉工学研究への参画。

研究所内の炉工学・炉設計関連グループの連携強化を目的とした連絡会議に参加し、核融合炉システム安全の観点から炉工学研究の集約、学術的体系化に向けた検討に加わって、所内研究者と連携していく。そのため、安全管理センターが進める、重水素実験に向けた安全管理に関わる計画検討や研究成果を炉工学分野に拡張性を図るとともに、炉システム安全性に関わる研究の体系化を図っていく予定である。

3.3 共同研究

核融合の安全研究は、理学、工学、医学、生物学、社会学と広範囲の学問分野が関係することから、全国大学共同利用機関としての特徴を生かして大学等との共同研究を進めると共に、研究会の開催などを通して研究者の交流の機会を多く作るよう務めている。

研究所にはR I 取扱い施設が無い場合、トリチウムや放射線施設を必要とする実験では、共同研究を通してR I 取扱いが可能な外部機関との連携が欠かせないものとなっている。安全管理センターでは、安全管理に関することや炉システム安全性に関することを、一般共同研究の公募課題としてあげ、大学等と共同で進めている。以下に具体的に述べる。

### 3. 3. 1 安全管理に関する共同研究

安全管理では、計画されている重水素実験にともなって発生する放射線や放射性物質に対する管理と防護の研究、将来の核融合炉に関する安全研究、環境科学の面からの共同研究を行っている。

主要な課題は、①LHD実験活動と環境影響の接点としての放射線監視、②環境放射線・放射能の動態測定、③重水素実験対応の放射線安全システムの開発研究、④電場・磁場（非電離放射線）環境の監視と安全管理システムの検討などである。

研究所主導の**共同研究A**として、大型プラズマ実験における放射線管理システムと環境トリチウム測定に関する研究会を通して、研究者間の情報交換をしている。

#### （1）大型プラズマ実験における放射線管理システムの研究

重水素実験に対応可能な放射線防護システム仕様の高度化を目的とし、各種機器・設備の運転に伴って発生する放射線（ $\gamma$ （X）線・中性子線）の遮蔽対策、計測監視など防護システムを確立するため、多面的に検討し、そこに新しい開発要素を盛り込んで、核融合施設特有の放射線安全管理の体系化を目指している。この実施には、放射線安全や保健物理学の分野の専門家を交えた横断的な技術交流を重視して行っている。研究会では、研究所側から現状と課題を提供し、所外の研究者からはコメントや、その分野の最新の情報を報告してもらっている。

#### （2）環境トリチウムの研究

環境水中トリチウム測定法の開発を行っているが、最近の環境水中トリチウム濃度は液体シンチレーションカウンターで直接測定できないほど低い。それを測定するためには試料水の電気分解濃縮が必要であるが、従来の方法は非常に手間と時間が掛かるものであった。手法全体を見直して簡素化・時間短縮しつつ測定精度も上げる研究を行っている。その結果、従来一週間以上掛かった測定を、約3日間で0.02 Bq/lまで測定できるようになった。

大気中トリチウムモニターの開発も行い、水蒸気・分子状水素・メタンの分別収集の目処が立ち、名古屋大学と共同研究で開発している比例計数管と組み合わせたプロトタイプを検討している。

所外の研究者が主体となって所内の研究者と推進する**共同研究B型**の安全研究では以下のような研究がある。

#### （1）トリチウム除去用高分子膜除湿装置に関する研究（静岡大学）

LHD重水素実験に対応するため、真空容器内で生成・蓄積されるトリチウムのページ、除去装置の設置が計画されている。既存の装置としては、トリチウムを酸化して水蒸気の化学形態に変換した後、モレキュラーシーブ吸着塔により脱湿除去する方法が一般的である。これに対して、乾燥空気の製造用に市販されている中空糸状高分子膜モジュールが適用できれば、設備の小型化とコストの低減が見込める。

適用する上での課題は、モレキュラーシーブ吸着塔と同様の極低露点（ $-60^{\circ}\text{C}$ 以下）を長期間安定に維持可能であることの実証と、最適設計のための特性データの収集・解析である。これに



対応するために、16年度に自動制御運転装置を製作し、各種市販モジュールの除湿特性データの収集と解析を共同研究として推進中である。安全管理センターは静岡大学との共同研究を通して現象論的な面から検討を行っている。

<主な成果>

- ①生成される乾燥空気を一部モジュールに戻すパージガス流量を可変制御するソフトの改良を進め、一週間以上の連続運転により $-70^{\circ}\text{C}$ 以下の極低露点を安定に維持できることを実証した。
- ②複数の市販の高分子膜モジュールの特性データを収集し、装置の基本設計が可能となり、モレキュラーシーブ吸着塔の代替技術としてLHD重水素実験に適用できる見通しを得た。
- ④静岡大学で開発された $\text{H}_2-\text{N}_2$ 系の分離特性解析モデルを活用した除湿特性予測解析モデルを開発中で、これが汎用化されれば装置の最適設計にも活用できる。

## (2) 放射化ダストの事故時における飛散挙動に関する研究 (九州大学)

事故解析に関わる研究で、九州大学に設置された実験装置により、核融合炉での冷却水侵入事故事象を対象とした実験を行っている。想定している事故のシナリオは、冷却管破断による炉心内への冷却水侵入事象を原因として炉心内の圧力が上昇し、この圧力上昇が炉壁破断を引き起こし、そして炉内に堆積していた放射化ダストが炉外へ飛散する、というものである。従来の粒子飛散の研究では、粒子を巻き上げ輸送する流体は乾燥気体がほとんどであり、気体中での水分などは考慮されていない。しかし対象とする事象での粒子飛散は、高圧の湿潤気体が瞬間的に減圧され、そして駆動される流れによるものであり、粒子の飛散挙動には気体中の水の相変化が大きく影響することが予想される。16年度までは、高速湿潤気体流れによる粒子飛散挙動を実験により観測し、粒子の飛散や飛散した粒子の付着挙動の、気体湿度の影響を測定した。その結果、粒子の飛散は湿度の影響をほとんど受けないが、粒子の付着は湿度に大きく依存することが明らかとなった。湿度が大きくなるにつれ付着粒子量は増加するのだが、これを熱流体的に検討している。

17年度は、流路壁面の濡れが粒子付着にどのように影響するかを明らかにすることを目的とし、層流域での流れに焦点を絞って実験を行っている。また濡れ試験を、深さ1mmのプールを流路床面に設置し、部分的に“一様に濡れた壁面”を用い、粒子はグラファイトを用い、気体の流速やプールの流れ方向長さ等を変えて実験を行っている。

<主な成果>

今年度は、上記実験装置を製作した。流体は窒素ガスを用い、高圧窒素ボンベからサージタンクに供給すると、タンク内で均圧化された後、試験部に流入する。現在は試験部が完成し、濡れ壁付近での流れの測定や粒子供給量の調節などの予備実験を行い、成果はLHDや核融合炉における事故事象解析に応用可能と考えられる。

## (3) 大気中トリチウム測定用比例計数管の開発 (名古屋大学)

大気中トリチウムモニターのための比例計数管の開発を共同研究で行っている。このモニター

では化学形を弁別して測定することを想定しているため、感度が高くかつ小容積の比例計数管が望ましい。トリチウムモニターの妨害物質にはラドンがあり、ラドンとトリチウムの信号を容易に分離できる比例計数管はモニターに向いている。

<主な成果>

これまでの研究で、体積 244 cm<sup>3</sup>有効体積 134 cm<sup>3</sup>の比例計数管を作成した。これを用いると、計測時間を 6 秒、60 秒、3600 秒とした場合、それぞれ 0.0069 Bq cm<sup>-3</sup>、0.0022 Bq cm<sup>-3</sup>、0.00028 Bq cm<sup>-3</sup>、まで測定することができる。室内空気や排気の法定限度のリアルタイム測定には充分であるが、さらに環境レベルの測定を目指している。

#### (4) イメージングプレートを用いたトリチウムの定量研究 (新潟大学)

相互交流型で研究所から出向き、新潟大の施設を利用した共同研究を行っている

#### (5) 土岐地区における環境放射線の測定 (土岐市教育委員会、プラズマ研究委員会)

核融合研究所土岐サイトを含む土岐地区一帯において、自然条件下における環境放射線強度を系統的に測定し、LHDなどの放射線発生装置の運転開始前後のこの地域の放射線的な分布特性を明らかにすることを目的に継続実施している。土岐市、多治見市域内に複数の定点を設けて継続的に測定することにより、人工的に作られた環境の変化に付随して現れる要因について評価する基盤を与えている。

具体的には、3ヶ月毎に土岐市プラズマ研究委員会と核融合科学研究所との共同研究会を定例開催し、土岐地区の放射線測定データの採取と結果の考察を中心に活動している。同様の環境測定は、別に安全管理センターでも行っている。この共同研究の大きな特徴は、地元と地域の教育関係者と共同で行っている点と、関連するテキストを輪講形式で学習し、知見を深めている点にある。社会的な意義については第5章で述べる。

<主な成果>

- ① 土岐市域内を主体に約 18 箇所の測定点を定め、TLDを設置して環境放射線の集積線量 3ヶ月値の形で継続的に測定し、データベース化している。
- ② TLDに変わる最新の線量計 (電子式線量計) の適用性評価を並行して進めている。  
この共同研究成果は毎年報告書として発行されている。

#### (6) 高レベル複合波源環境における電磁界測定の問題点と対策法に関する研究

(宇都宮大学、名古屋工業大学)

プラズマ実験施設では、強力な静磁場、電源設備より発生するELF磁界、数十MHzから168GHzの各種プラズマ加熱装置等からの漏洩電磁波が存在する。加熱用の電磁波はバースト的に発生し、周波数域も幅広いスペクトルを示す。これらの変則的な電磁界が電磁界測定器の測定結果に誤差を生じさる可能性もある。こうした電場・磁場環境の計測監視と安全管理に関する検討を行っている。この分野の研究は、社会的な健康問題から派生したが、最近では、規制基準作りの根拠、測定方法、電子機器への影響などが課題になっている。安全管理センターでは、この分野

の専門家の指導を得て、安全管理に有効な情報を得たいと考えている。

研究では、核融合実験施設のような複合的な電磁環境下における安全性評価に対してより信頼性の高い測定技術を確立することを目的とし、電磁環境測定の問題点を洗い出し、その対策法を検討することになっている。

具体的には、実験施設において、広帯域電磁界プローブや携帯型電磁界ドシメータなど複数の測定器を用いて電磁界強度を実測し、周波数スペクトルを解析し、測定値の異なる原因の検討を計画している。

#### <主な成果>

各測定器の使用法を熟知し、対象となる設備ごとに適切な測定器を選択する必要がある。例えば、NBI用電動発電機近傍での低周波磁界測定の場合、専用測定器(EFA-200)のFFTモードを用いることで簡易な周波数スペクトル解析を行うことができ、さらにコンピュータにFFTデータを転送することでより詳細な解析が可能であること、STDモードを利用することで多周波やひずみ波を含む磁界について容易に磁界曝露評価を行うことができることなどがわかった。

入退管理システムのカードリーダーや携帯電話による電磁干渉が問題となることがあり、入退管理システムのカードリーダー用コイルの電磁界による影響の及ぶ範囲の推定など検討している。

#### 6) LHDのD-D実験に伴うトリチウムの動的挙動および安全管理の研究会(九州大学、富山大学など)

重水素実験と関わり深いトリチウム研究分野について討論しあう研究会であって、幅広い共同研究者間との学術交流の場として有効に機能している。研究会には50名前後の出席者を得て行っている。従来までは実施の結果を報告書にまとめてきたが、最近はCD-ROM版にして配布するようにしている。

### 3.3.2 炉システム安全性研究

将来のエネルギー資源としての核融合を実現するためには、核融合炉工学技術の確立と環境・安全を含む総合的な核融合炉システムとしての成立性が不可欠である。核融合炉システムの安全性と環境に関する課題には、工学的安全研究に加えて、環境安全と社会的な受容性があげられる。これらに関心のあるトリチウム工学、中性子工学、生物環境影響の研究者およびプラズマ科学、装置技術、安全工学、社会学などの多分野の研究者の参画により、核融合炉システムの安全管理の高度化と社会的受容性の確保を共同研究として推進している。

具体的な共同研究テーマとして、核融合炉トリチウムの安全取扱いに関わる基礎データの収集に関わる研究1件、核融合炉トリチウムの安全取扱いに関わる先進的な要素技術の基礎研究4件を実施している。

#### (1) 材料表面へのトリチウム蓄積挙動(東京大学)

配管材料表面におけるトリチウムとの相互作用に関するデータベースの構築をを目的として、LHD冷却配管材料を例に共同研究として進めている。これらの基礎的な知見はLHD重水素実験だけでなく、核融合炉の冷却水系配管材料へのトリチウムの付着・蓄積抑制手法

や効率的な除染手法の開発につなげることを想定している。

具体的には、LHDの配管材料（SUS316）、運転条件に合わせたTPを準備し、東大が所有する専用の分析装置（X線光電子分光装置，昇温脱離試験装置）を活用して、水素同位体の表面化学形態に関するデータベースの収集を進めている。

## （2）トリチウム水濃縮・減容装置（名古屋大学）

I T E Rでも採用が計画されている水/水素化学交換反応塔の反応効率を向上させ設備の小型化と低コスト化を図ることを目的に、反応塔内での水、水蒸気、水素ガス間での水素同位体の移行挙動をモデル化し、分離実験により検証すると共に、運転条件、触媒充填条件の最適化の検討を進めている。

具体的には、水/水素化学交換反応塔と水電解装置を組み合わせた小型の分離実験装置をN I F S側で設計・製作し、名大のホットラボに設置してトリチウムや重水素をトレーサーとした分離実験を実施している。試験設備の概観を図3.3.1に示す。



図3.3.1 C E C E実験装置の概観

従来の気液分離型充填方式に対して、触媒と吸収剤を最適な割合で均一に混合充填することにより反応効率が向上することを実証した。E Uで水/水素化学交換反応塔の改良を進めているF Z Kがこの結果に注目し、F Z Kとの共同研究が17年度中に開始されることになっている。

### (3) 水素同位体ガス分離・濃縮装置（九州大学）

従来の深冷蒸留法に比べてトリチウムインベントリーの大幅な低減が可能な吸着剤を利用した水素同位体の分離・濃縮要素技術の研究開発を共同研究として行っている。

共同研究を通して九州大学の指導を得て、低温圧力スイング吸着装置（PSA）と水素同位体ガスのオンライン高感度分析装置（Qマス）を安全管理センターで設計・製作・設置した。設置された試験設備の概観を図3.3.2に示す。



図3.3.2 低温PSA装置の概観

これまでH-D系での分離実験を共同で実施し、原理的な実証データが得られた。データの解析に必要となる水素同位体の吸着平衡、分離係数等の基礎データは九大が所有する装置で採取・提供を受けている。今後は、高性能な吸着剤の開発・評価、連続処理による分離特性の評価を実験と解析の両面で進める計画である。

### (4) 水/水素化学交換反応用高性能触媒（九州大学）

水・水素化学交換用疎水性触媒開発に関しては、九大で試作・提案された触媒を名大に設置の水/水素化学交換反応塔に適用して分離性能の改善効果を検証し、実用性の高い触媒については、計画中のFZKとの共同実験にも反映することを考えている。

#### (5) 核融合炉溶融塩ブランケットからの水素同位体回収システムの設計研究

(九州大学)

ブランケット研究は今後の主要なトリチウム研究の課題であり、日米共同研究 JUPITER-2 では Flibe の安全取り扱い技術の研究も進められており、協力している。

### 3. 3. 3 LHD計画共同研究など

LHD重水素実験時のトリチウムに対する社会的受容性を確保するためには、多分野の専門家による連携研究が不可欠であることから、プラズマ真空容器内での生成トリチウムの挙動に関する理工学的研究(九州大学・田辺教授)、トリチウムの環境動態研究(熊本大学・百島教授)、トリチウムの生物影響研究(茨城大学・一政教授)の3件を安全管理センターが世話人となりLHD計画共同研究として推進している。

この研究はLHD重水素実験の安全管理計画検討に有益な基礎データを与えるとともに核融合炉の安全工学研究としても重要な研究として捉えて実施している。

これまでの共同研究を通じて生まれた多分野のトリチウム関連研究者による連携研究推進のネットワークは、核融合炉トリチウムの社会的受容性の確保を目指した、理工学分野と医・生物分野の科学研究費・特定領域研究の申請にも生かされている。18年度発足新規特定領域研究として、「核融合炉実現を目指したトリチウム研究の新展開」(領域代表：九大・田辺教授)と「核融合炉施設からのトリチウム等環境放出放射性物質の環境、生物及び社会への影響の評価」(領域代表：電中研・酒井主席研究員)を申請した。

以上のべた共同研究を含む、平成16、17年度安全管理センターが関わっている共同研究リストを資料4に示す。

### 3.4 大学院教育への協力

①下記の特別共同利用研究員の受け入れを促進して大学院教育にも努めている。

16年度および17年度の特別共同利用研究員として受け入れた大学院生、指導教員、研究課題を表3.4.1に示す。

表 3.4.1 特別共同利用研究員の受け入れ指導

	受け入れ者の所属大学講座	指導教員	研究課題
16年度	名古屋大学環境学研究科・地球環境科学専攻・博士後期3年	教授 宇田達彦	高周波電磁場発生装置が個人被曝線量計に及ぼす影響
	名古屋大学工学研究科・原子核工学専攻・博士前期2年	教授 朝倉大和	トリクルベッドの採用による水—水素化学交換反応装置の高性能化に関する
	東北大学大学院工学研究科・電子工学専攻・博士後期1年	教授 西村清彦	ECRHに關与する電磁波の偏波反転
	新潟大学大学院・自然科学研究科材料生産開発科学専攻・博士後期3年	助教授 佐久間洋一	多孔質膜を利用した気体中水素化合物の化学形態別分離
17年度	東北大学大学院工学研究科・電子工学専攻・博士後期2年	教授 西村清彦	ECRHに關与する電磁波の偏波反転
	立教大学大学院・理学研究科・化学専攻・博士後期3年	助教授 佐久間洋一	T Lシートによる中性子線2次元測定

#### ②大学院生の教育

新入学大学院生ガイダンスにおける安全教育、放射線従事者教育の一環として放射線安全教育講習更新教育を行っている。主な内容は、放射線障害防止に関する法令、規定講義、測定実技の講義と指導ならびに放射線の人体に与える影響、安全取扱いの講義である。

#### ③大学院教育連携

17年度より富山大学大学院理工学研究科エネルギー科学専攻の博士後期課程の学生を対象に、エネルギー工学特論の講義を実施することになった。これにより、核融合工学分野における大学院教育連携への進展に努めている。

## 4. 安全管理システムの構築と改善

### 4. 1 安全管理体制

核融合科学研究所は、平成16年4月1日から、国立天文台、分子科学研究所などと「大学共同利用機関法人自然科学研究機構」を創設した。これに伴い、職場における安全衛生水準の向上、労働災害防止のため、労働安全衛生法が適用されることとなった。そのため法人化前の労働安全衛生管理体制を見直し、実効性のあるものに変えた。

法人化前後における安全管理体制を概要を以下に要約する。

#### (1) 法人化前の管理体制

法人化の前は人事院規則に基づく安全管理体制にあって、研究所の安全衛生管理に関する規則を作り管理を行なってきた。その中で、安全管理センター長は安全委員会の委員長、放射線管理のみならず、電気取扱、高圧ガス、危険物質など殆どの事項について、各責任者や監督者としてその責務を担う形になっていた。このような、形態を法人化後、いかなる形に変えていくかを、安全管理センター長がとりまとめ役となり、安全衛生管理タスクフォース組んで調査検討した。その結果、現在の体制が、実効性、責任体制の観点から決められた。

#### (2) 法人化後の管理体制

労働安全衛生法に対応した安全管理体制としては、所長が総括安全衛生管理者として総括管理し、その下に安全管理者、衛生管理者、産業医をおいてそれぞれが安全管理、衛生管理、健康管理を担当する。その他に指名された数名の安全衛生委員を加えて安全衛生委員会を組織し、月に一度会合を開いて安全衛生に関することを審議している。また、この委員会により指摘された事項を実施する組織として、所長の下に安全衛生推進部が設置されている。その中には環境安全管理室、健康管理室、放射線管理室など10の室が設けられ、安全衛生委員会の指摘に基づき、安全衛生水準の向上と労働災害防止を図っている。図4.1に核融合科学研究所の労働安全衛生管理体制を示す。

特に、放射線安全管理には、法人化前より安全管理センターの全職員が専門性を生かして、管理システムの構築と改善に対応してきたが、法人化後も主要な管理業務として継続担当している。



## 核融合科学研究所労働安全衛生管理体制

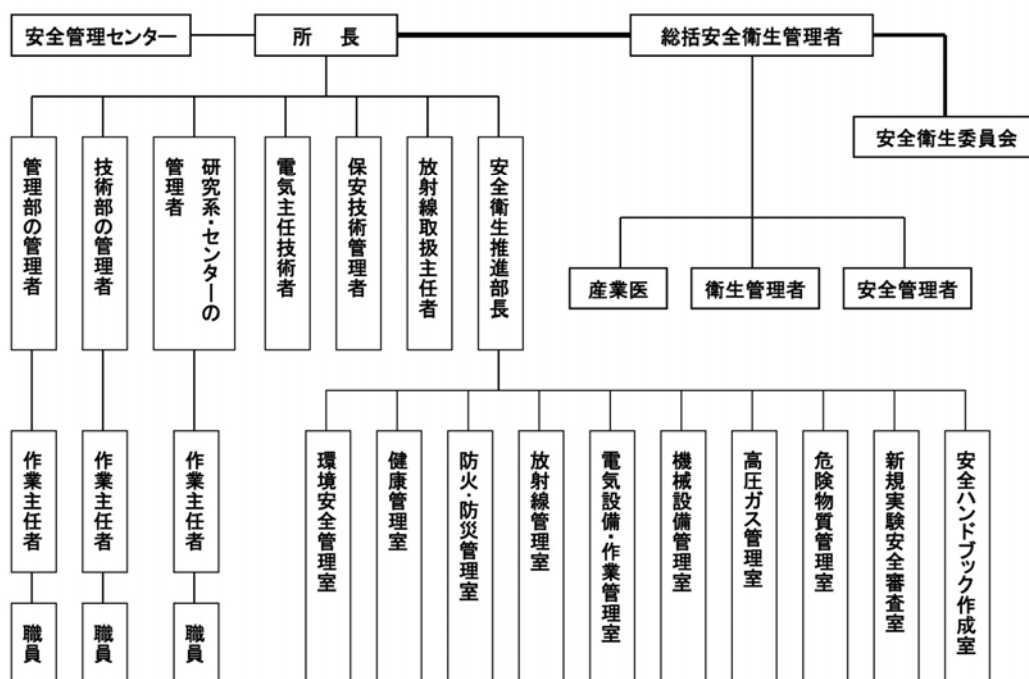


図 4. 1 核融合科学研究所労働安全衛生管理体制

### 4. 2 放射線安全管理

核融合科学研究所では、本体棟、加熱実験棟、開発実験棟、計測実験棟などにおいて、放射線を発生するおそれのあるいろいろな装置が使用されている。LHD、CHS、NB I、H I B P、その他のエックス線装置がそれに該当する。これら全ての装置が、放射線発生装置として法律の規制を受けているわけではないが、研究所の方針として法令を適用（あるいは準用）し、安全管理センターが中心となって放射線管理室の活動を推進している。図 4.2 に所内の放射線安全管理体制を示す。実際に管理業務を行う放射線管理室は、放射線管理室長をはじめ、環境放射線管理責任者、装置管理区域責任者、室員の計 14 名（平成 18 年 1 月現在）で構成されている。ここで、装置管理区域責任者は装置を使って実験研究をしている研究部の職員があたっている。なお、放射線取扱主任者と副主任者は安全管理センターの職員が務め、放射線管理室の室員としても職務に当たっている。

放射線管理室は研究所の放射線安全に関する線量測定、教育訓練、記録などの業務を行う。放射線業務従事者の登録、個人被曝管理、装置周辺の放射線監視等の放射線管理業務のうち、ルーチン業務は外注業者に助成を依頼しているが、ほぼ毎週その業務内容の打ち合わせをして

安全管理センター職員が作業の指示をしている。技術部職員は放射線監視装置 (RMSAFE、後述) の保守運転と外注業者の職務管理をしている。また、放射線業務従事者の特別健康診断 (後述) の実施は管理部総務課で行っている。このように放射線管理は研究所内の各部署が関与しているので、安全管理センターが主導して、円滑な運営に向けて、研究部、技術部、管理部と連携しつつ改善を図っている。

また、放射線安全管理に関わる専門的な事項について、特に検討する必要があるときは、放射線安全管理委員会を開催できることになっている。

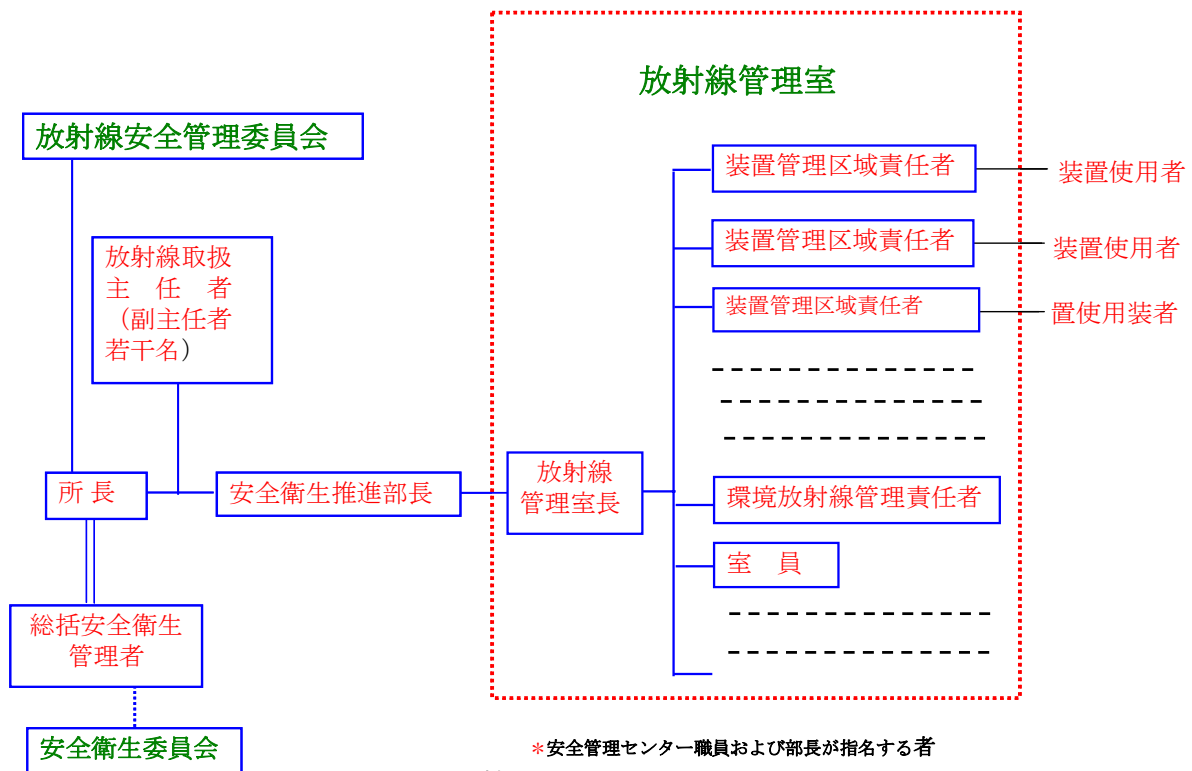


図4. 2 核融合科字放射線安全管理の体制

放射線管理室の活動内容は、以下の4項目に分けることができる。

1. 個人管理
2. 装置および施設管理
3. 作業環境放射線管理
4. 資料管理
5. 監督官庁対応

以下、それぞれについて概要をまとめて示す。

#### 4. 2. 1 個人管理

放射線安全管理における個人管理には（１）放射線業務従事者登録、（２）登録に必要な教育訓練、（３）特別健康診断、（４）個人被曝線量管理 などがある。

##### （１）放射線業務従事者登録

核融合科学研究所でLHDなどの装置を使うためには、はじめに放射線業務従事者として登録しなければならない。利用者にとっては、この登録作業をいかに迅速に、正確に行うかが重要である。そのため放射線安全管理業務の中では最も多くの時間と労力を掛けている。特に、国内外から来所して研究に当たる多くの共同研究者など所外者の申請書作成や教育訓練受講については、事前連絡や日程調整などに細心の注意を払って、負担の低減を図っている。

##### （２）教育訓練

教育訓練の受講は放射線業務従事者登録・更新を行うために必要な条件のひとつである。安全管理センターが実施している教育訓練には新規登録者のための「新規教育」と、次年度へ登録を更新するための「再教育」がある。安全管理センターではこの業務を円滑に進めるため、新規教育を月に一回程度開催できる体制を整え、たとえ受講者が一人であっても、開催する方針をたてている。そのため現在では、教育訓練を月に２度以上開催することも少なくない。再教育は、さらに臨機応変に実施できる体制を整えている。安全管理センターでは今後とも、出来るだけ受講者の便宜を図って教育訓練の業務を進めたいと考えている。

##### （３）健康診断

健康診断（特別健康診断）の受診は、放射線業務従事者登録を行うため、また登録後は次年度へ登録を更新するために必要な重要な条件の一つである。この特別健康診断を実際に行うのは総務課人事係であるが、実施日程の調整や健康診断記録様式の検討と改訂作業、記録の保管、などに関して安全管理センターが重要な役割を果たしている。核融合科学研究所の特別健康診断は原則として毎年２回（６月と１２月）実施することになっているが、新規採用職員などの便宜を図るために、当初、月に１度実施できる体制を作った。しかし最近では、月１度にこだわることなく、必要に応じて、迅速に実施している。

##### （４）個人被曝管理

安全管理センターでは放射線業務従事者全員に対し、個人被曝線量計（ルクセルバッジ）を配布し、毎月１日付けで交換して被曝線量を測定している。この業務ではバッジの交換作業を円滑に進めることが重要であり、そのため職員や共同研究者等の場合には対応事務室の協力を得て、また業者等の所外者にあつては放射線安全管理室に専用の連絡箱を設け、代表者が交換する体制を構築した。これまで８年にわたってこの測定を進めてきたが、その結果があつて初めて、有意な被曝の無いことを証明できたという意味で、大きな成果があつたと考える。

#### 4. 2. 2 装置および施設管理

安全管理センターが進めている「装置および施設管理」に関する業務は以下である。

- (1) 管理区域の設定・解除の手續と情報提供
- (2) 装置使用に関する記録
- (3) 装置管理区域への立ち入り記録
- (4) 微量密封線源の管理

##### (1) 管理区域の設定・解除の手續と情報提供

放射線障害防止法で放射線発生装置として定義されているH I B Pを除くLHDやCHS等の管理区域は、装置管理区域責任者の申請に基づいて必要な手続きをすることにより、設定していた管理区域を、一定の期間、解除することができる。安全管理センターでは、その申請受付と、設定・解除の手續きや連絡業務を行っている。LHDの実験サイクル期間中は、特に頻繁にこの設定・解除が行われる。また設定・解除の情報を関係者に周知させるため、放射線安全管理室前と制御室の所定の場所に設定・解除予定表を掲示し、また同時にホームページに掲載している。

##### (2) 装置使用に関する記録

放射線業務従事者が装置管理区域に立ち入った場合には、装置の使用が無くても、その旨の記録を、代表者名で残すことを原則にしている。これに加え、装置が使用された日に立ち入った者の立ち入り記録を残している。この装置の使用記録と立ち入り記録には1対1の関係がある。そのため、この両者の記録を担当者から回収するとともに、この両者に矛盾や疑問の無いことを確認して保管するという、一連の業務を行っている。そのほか装置使用に関して、巡視点検の記録についても同様に回収とチェックそして保管を行っている。

##### (3) 装置管理区域への立ち入り記録

平成8年度末までに、本体棟を始め、管理棟、研究棟、制御棟、その他各棟のほとんどの出入口に扉タイプのゲートか回転バータイプのゲートが設置され、平成9年には核融合科学研究所全体にわたってコンピューターによる入退室管理が開始された。このなかで安全管理センターでは、各装置管理区域の出入りを監視する入退管理装置の運用に関連して、(1)で述べた装置管理区域の設定・解除の手續と連絡業務のほか、入退室データの回収とチェック、帳簿の作成、保管業務、本体棟入退室ゲートへの管理対象者登録業務などを行っている。

##### (4) 微量密封線源の管理

微量密封線源とは、主に測定器校正用の微弱な放射線源と、装置に内蔵された微量放射能を含む線源である。これらの線源はいずれも危険度が小さく、人体への影響は無視できるため、もともとは法の規制を受けない密封された放射線源であったが、核融合科学研究所の自主規制

により、「微量密封線源」と称して安全管理を実施してきたものである。しかしながら平成16年6月の法令改正により、密封線源に対する法の制限下限値が変更され、今後は一部の取扱い（員数確認と廃棄時の記録）が、法規制を受けるようになる。平成17年3月31日現在、13核種、44個の微量密封線源のほか、装置に内蔵されている微量密封線源4核種、7個を保有し、管理している。なおこの線源を利用する際には、貸出の申請をして、安全管理センター職員立ち会いのもとに、当該微量密封線源を貸出し、また返却の確認を行うという管理体制をとっている。

#### 4. 2. 3 作業環境放射線管理

安全管理センターでは放射線安全管理の一環として、ガラス線量計や電子線量計、そして放射線監視システムにより、建屋内の装置周りにおける放射線量測定や、施設外の特に敷地境界における放射線量を測定し、作業環境の安全確認を行っている。

##### (1) ガラス線量計による定期測定

ガラス線量計（GD）を用いて作業環境の線量測定を実施している。その目的は、実験室内での放射線発生状況の把握、実験室外への放射線漏洩の有無の確認である。LHDとNBIのある本体棟本体室、ECHのある本体棟加熱装置室、本体棟本体地下室のHIBP周辺、NBIテストスタンドのある加熱棟、CHSのある開発棟において線量計を設置している。設置と回収は、原則として毎週月曜日の正午頃行い、これで1週間毎の積算線量データが得られる。

##### (2) 電子線量計等による測定

本体室のNBIがコンディショニングを行なっているとき装置周辺でX線が検出される。作業環境の線量管理として、入室を禁止しているプラズマ実験中の線量と、それ以外の線量を区別したい。そこで、電子式ポケット線量計を本体室NBI周辺に設置し、線量の時間変化を記録している。

その他、ガラス線量計による測定結果で、通常よりも高い線量が観測されたときは、可搬型放射線測定器やイメージングプレートを駆使して、詳細測定を行い、線源箇所や強度を特定している。また、装置が新たに設置されたときや、改良・増強等が行なわれたときには、その装置周辺の線量分布を、ガラス線量計や電子線量計を用いて把握し、その結果から、放射線監視の方法について検討している。

##### (3) 放射線監視システムによる監視

放射線監視システム RMSAFE (Radiation Monitoring System Applicable to Fusion Experiments) を1992年から運用し、土岐サイトの環境放射線を多地点で連続的に観測している。屋外には、モニタリングポストとして、敷地境界に9基、実験棟近傍に5基配置している。図4.3に屋外モニタリングポストの設置位置を、図4.4に測定データを示す。これらの

データは安全管理センターのホームページに掲載されている。全てのポストにX・γ線測定器を設置し、9基のポストに中性子測定器を設置している。LHD本体実験棟内では、本体室、本体地下室、周辺室、屋上にX・γ線測定器 18台、中性子線測定器 3台配置している。加熱実験棟、開発実験棟には、それぞれ2台のX(γ)線測定器を配置している。これらの測定器によって装置からのX線の発生を的確に検知・評価するとともに実験棟内外の放射線分布を知ることができる。さらに、複数の測定器の結果を比較することによって自然放射線及びノイズの影響を除去できる。屋外のポストでは、自然放射線の変動を把握することが充分可能で、このほか、降雨の影響によって線量率が増加することも観測されている。自然バックグラウンドレベルの線量率を精度良く継続的に測定するために、システム維持やデータ管理、検出器の保守・点検などを日常的に行っている。RMSAFEは長期的に良好な安定性を示している。敷地境界の発生放射線の管理目標値は年間 $50\mu\text{Sv}$ である。実験棟内外に設置した複数の測定器の連係によって、LHDからパルスバースト的に発生する放射線を敷地境界の自然放射線を弁別して測定し、管理することは充分可能であると考えられる。

#### (4) 敷地境界での3ヶ月間積算線量測定

敷地境界6地点と敷地内1地点にガラス線量計を設置して線量測定を行っている。線量計各3個を簡易百葉箱内に3ヶ月間置き、その間の積算線量を測定する。測定地点によって線量レベルが異なる様子が観測されている。各測定地点での時間的な変化は小さい。



図4. 3 屋外モニタリングポスト配置図

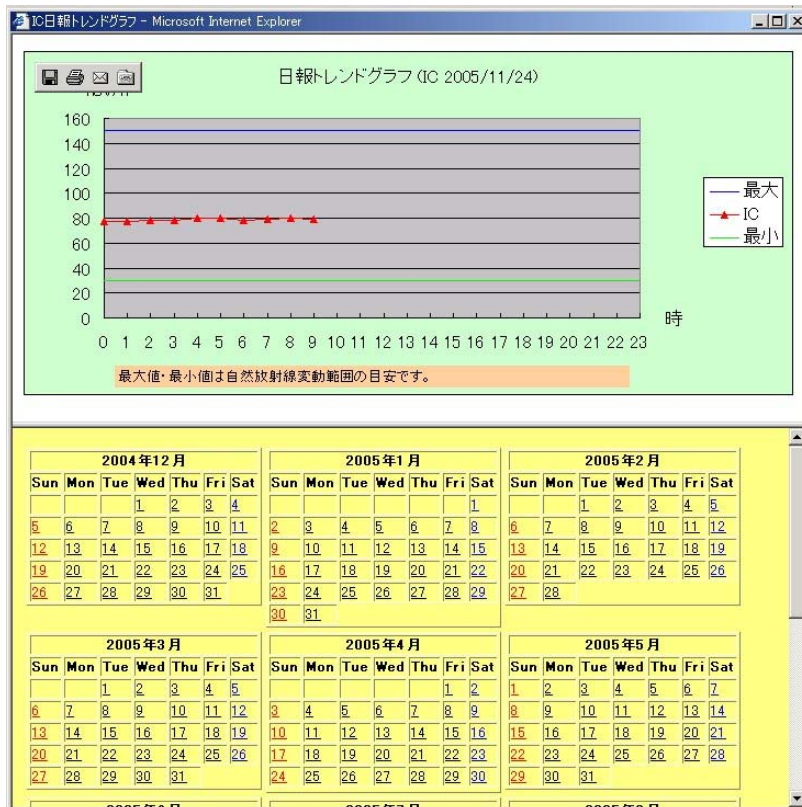


図4. 4 測定データの例

#### 4. 2. 4 資料管理

安全管理センターが実施している主な資料管理業務には、

- (1) 放射線安全管理室専用ホームページの運用と保守
- (2) 放射線安全管理年報の発行
- (3) 各種記録の年度締めと保管

がある。

##### (1) 放射線安全管理室専用ホームページの運用と保守

安全管理センターではこの1年近くをかけて放射線安全管理室のホームページ開設の準備をしてきたが、平成17年1月31日に、所内向けに公開することができた。このホームページ (<http://sewhite.nifs.ac.jp/~houkan/>) にアクセスすることにより、個人被曝線量計 (LBバッジ) の交換日程や教育訓練実施予定、管理区域設定解除計画、登録手順要領、様式のダウンロード (一部) など、いろいろな情報を得ることが出来る。またホームページを利用して、教育訓練受講申込みやいろいろな質問を受けることが出来る。

##### (2) 放射線安全管理年報の発行

安全管理センターでは「1999年度版放射線安全管理年報」を第1報としてまとめ、発行して以来、年報は順調に発行されており、現在は「2004年度版」に当たる第6報をまとめている。年報では、所内・所外者の個人登録、健康診断、個人被曝線量測定、放射線監視装置の整備と線量測定と評価、入退室管理状況など、放射線安全管理に関する各年度の活動状況1年分がまとめられている。第1報から5報までの年報で言えることは、敷地境界において、放射線安全管理上特に問題のある線量は観測されなかったこと、各個人の被曝線量もすべて検出限界以下であり、放射線安全管理上の問題は全く無かったことである。このような結果は、毎年変わらないため、一見変化に乏しい数値やグラフを羅列する結果になっているが、「安全管理がうまくいっているほど管理年報に変化は少なく内容が単純になる」という関係の重要性を見逃してはならない。この種の年報は、国内の主要な放射線施設でも定期的に刊行されており、その意味で核融合科学研究所も、放射線安全管理部門が主要な放射線施設の仲間入りをしたと言ってよい。今後さらに巻を重ね、より充実した年報になるよう努力していきたい。

##### (3) 各種記録の年度締めと保管

放射線安全管理現場では日常業務の中でいろいろな記録が生まれる。個人被曝線量測定記録、教育訓練実施記録、健康診断記録などである。これらの記録は、放射線障害防止法第25条 (記帳義務) および所内放射線障害予防規程「第9章 記帳及び保管」に基づいて帳簿として年度毎にまとめ、放射線安全管理室において保管している。このように法や規程に従った記録の他、安全管理に関する記録や書類も合わせて、年度毎に帳簿としてまとめ、保管している。この記録の年度締めと保管には、日頃の整理が大事であり、放射線安全管理室の重要な日常業務となっている。安全管理センターはこれらの業務を取り仕切っている。



#### 4. 2. 5 監督官庁対応

放射線安全管理は、放射線障害防止法などの法令に従って行っているため、以下の活動も行っている。

- (1) 法令改正にともなう所内規則の改訂
- (2) 監督官庁の立ち入り検査対応
- (3) 安全に関する調査への協力

##### (1) 放射線安全関連所内規則の改定

放射線関係の法律は、ICRP勧告の取り入れや時代の要請にともない、たびたび改正される。その改正があるたびに、所内管理体制と規則の検討・改訂が必要になる。特に平成16年度は、法令改正というより、独立法人化で適応法令が人事院規則から電離測に変わったことによる所内規則と細則の見直しを行った。その結果、改訂前は6種あった細則のうち大型ヘリカル実験棟と加熱実験棟そして開発実験棟の装置に関する細則が一本化され、現在は4種の細則にまとめられている。また、平成17年度は、国際標準値(BSS: Basic Safety Standard)の導入にともなう法令改正に対応した所内規則の見直しを進めている。

##### (2) 施設検査、定期検査、立ち入り検査

放射線安全管理に関して監督官庁によって実施される5つの大きな立ち入り検査がある。文部科学省科学技術・学術政策局原子力安全課放射線規制室(文部科学省規制室)が実施する立ち入り検査、原子力安全技術センターが実施する施設検査と定期検査そして定期確認、さらに行政管理庁の立ち入り検査である。核融合科学研究所は16年度に、このうち原子力安全技術センターの施設検査と、文部科学省規制室の立ち入り検査を受けた。

###### ① 施設検査

HIBPは平成14年8月29日に使用の承認を得た放射線発生装置であるが、その後施設検査の準備を進め、平成16年9月1日に原子力安全技術センター担当官による装置と施設の検査(施設検査)を受けた。研究所からは放射線取扱主任者を始め5人の立ち会い者と3人の装置運転者で対応した。まず研究所とプラズマ研究についての概要説明から始まり、HIBP制御室、インターロック制御、非常脱出ボタンなどについて現場を視察する形で検査を受けた。その結果、平成16年9月7日付けで施設検査に合格(合格番号:放検発16合第119号)している。

###### ② 立ち入り検査

施設検査に引き続き、平成16年11月19日に文部科学省科学技術・学術政策局原子力安全課放射線規制室3名の担当官(調査員1名、放射線検査員2名)による立入検査を受けた。研究所からは放射線取扱主任者を始め6人名で対応した。施設検査と同様に、HIBP制御室およびHIBP本体の現場で説明を行ったあと、研究所建屋やHIBP装置の図面等

を示しながら概要を紹介した。その後、12種類の書類や帳簿について詳細な検査を受けた。検査終了後には検査の総括として講評が行われたが、問題となるような文書指摘等はなかった。

### (3) 行政調査への協力

監督官庁の調査に対する報告書の作成は、毎年義務づけられている管理状況報告書の他、その時々々の社会状況に応じていろいろな調査が行われ、そのつど回答書を作成して報告している。管理状況報告書はHIBPのみが対象であり、これについて毎年計画的に報告している。平成16年度は、文部科学省放射線規制室から依頼のあった「管理下でない放射線源の調査」に協力し、核融合科学研究所における以下の施設を対象に、計画から報告書作成まで約1月を掛けて大がかりな調査を実施した。調査対象施設は、①制御棟、②大型ヘリカル実験棟、③計測実験棟、④加熱実験棟、⑤低温実験棟、⑥開発実験棟、⑦工務棟、⑧準定常電源棟、⑨特高変電所、⑩加熱実験棟、⑪ヘリウム圧縮機、⑫器材庫、⑬研究一期棟、⑭研究二期棟、⑮計算機実験棟、⑯冷却水装置棟Ⅰ、⑰冷却水装置棟Ⅱ、⑱自家発電棟である。このうち①から⑫の建屋については安全管理センター職員が直接立ち会って調査を行い、⑬から⑱の建屋については、責任者へアンケート用紙を送って間接的に調査を実施した。その結果、「管理下でない線源」がないことを確認し、文部科学省にその結果を報告した。

#### 4. 2. 6 その他、災害時等の危機管理体制の検討などへの協力

具体例として、核実験等で放射線レベルが以上に高くなる可能性が発生した時の対策案(資料3)を作成し、安全衛生委員会に提示した。

### 4.3 地域の環境保全

地元との話し合いに基づいて、研究所が土岐地区に建設を始める段階から地域周辺の環境保全の管理として、水理・水質などの監視を継続的に行っている。

#### (1) 下水の水質検査

研究所では生活排水とオーバーフローした冷却水を、集水升を経て公共下水へ流しているが、法律で定められた項目に従って、毎日の水温、pH の測定、2週毎の生物化学的酸素要求量(BOD)の分析、年毎の下水道法に定める全検査項目の分析を行い、いずれも基準値以下であることの確認を行っている。図4.5に、平成16年度の核融合科学研究所における排水の水温、pHの測定値を示す。例年、ほぼ同じ傾向にあることが確認されている。表4.1、表4.2には、平成16年度の下水のBOD測定結果と、全項目測定結果を示す。いずれも基準値以下、もしくは測定限度以下であり、排水の安全性が確認されている。

また、実験排水はすべて専用の貯水槽に溜めて、一切公共下水道には流しておらず、化学物質を使用した場合も、使用した器具の洗浄水も含めて保管し、処理業者に処理を委託している。

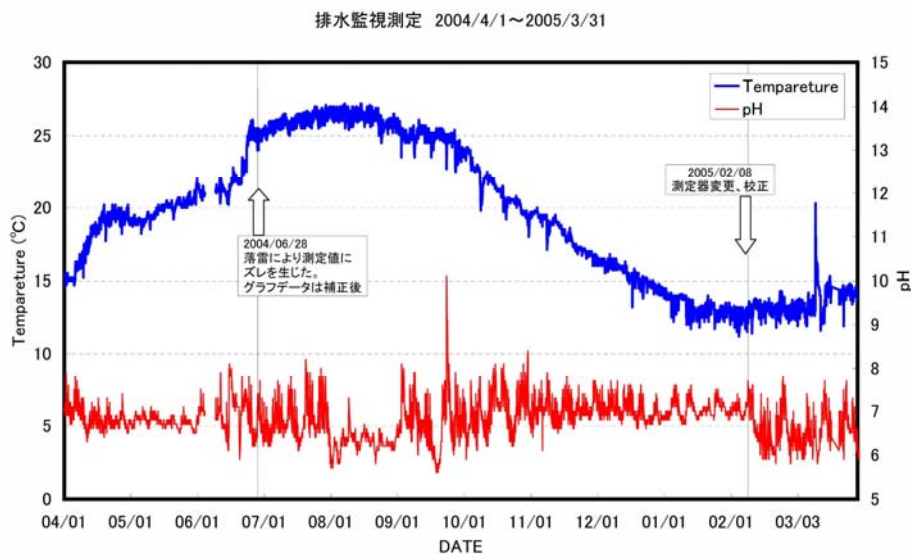


図4.5 核融合科学研究所における排水の水温、pHの測定値

表 4. 1 下水のBOD等 測定結果 (平成16年度)

採水日		BOD(mg/l) <sup>注1</sup>	BOD:月2回、ヘキサン:年1回 ヘキサン抽出物質(mg/l)	
			動植物油 <sup>注2</sup>	鉍物油 <sup>注3</sup>
H16年	4月8日	68	—	—
	4月22日	50	—	—
	5月7日	62	—	—
	5月17日	50	—	—
	6月11日	82	—	—
	6月25日	71	—	—
	7月9日	60	—	—
	7月22日	57	—	—
	8月5日	55	—	—
	8月20日	68	—	—
	9月10日	63	—	—
	9月24日	59	—	—
	10月8日	70	—	—
	10月20日	83	1未満	1未満
	11月12日	67	—	—
	11月25日	72	—	—
12月2日	65	—	—	
12月16日	62	—	—	
H17年	1月14日	46	—	—
	1月28日	52	—	—
	2月9日	50	—	—
	2月23日	64	—	—
	3月9日	45	—	—
	3月23日	58	—	—

注1) 基準値: 600mg/l

注2) 基準値: 30mg/l

注3) 基準値: 5mg/l



## (2) 土岐地域の河川水の水質検査

1982年以来核融合科学研究所の敷地を中心にして周辺河川水の水質検査を行っている。当初は約20ヶ所以上の測定を行っていたが、研究所の造成、建物の建設も終わり影響がない場所は検査を終了した。現在、河川流量と化学物質やBOD等の測定は12ヶ所で行っている。これまでに、問題となる結果は観測されていない。

## (3) 水理調査

核融合研究所の建設が、地下水の動きや敷地からの流出水に与える影響を調べるために、ボーリングを行って地下水の成分測定や水位変化、あるいは敷地からの流出水量変化を調べている。敷地造成や東海環状道路の建設に伴って測定不能になった箇所を除いて、現在も観測を続けている。結論としては、研究所建設がそれらに大きな影響を与えることはなかった。

## (4) 地域の環境放射線測定

ガラス線量計による環境放射線測定を、図4.6に示す、土岐市7地点、多治見市6地点、笠原町1地点で行なっている。線量計各3個を簡易百葉箱内に3ヶ月間置き、その間の積算線量を測定している。結果を図4.7に示す。

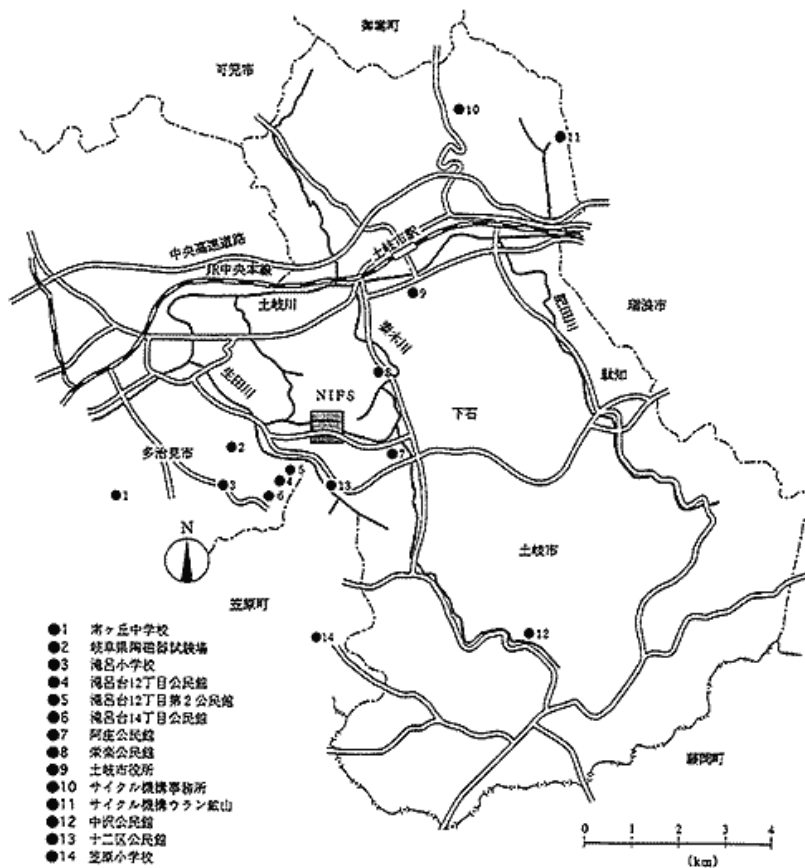


図4.6 環境放射線の測定点

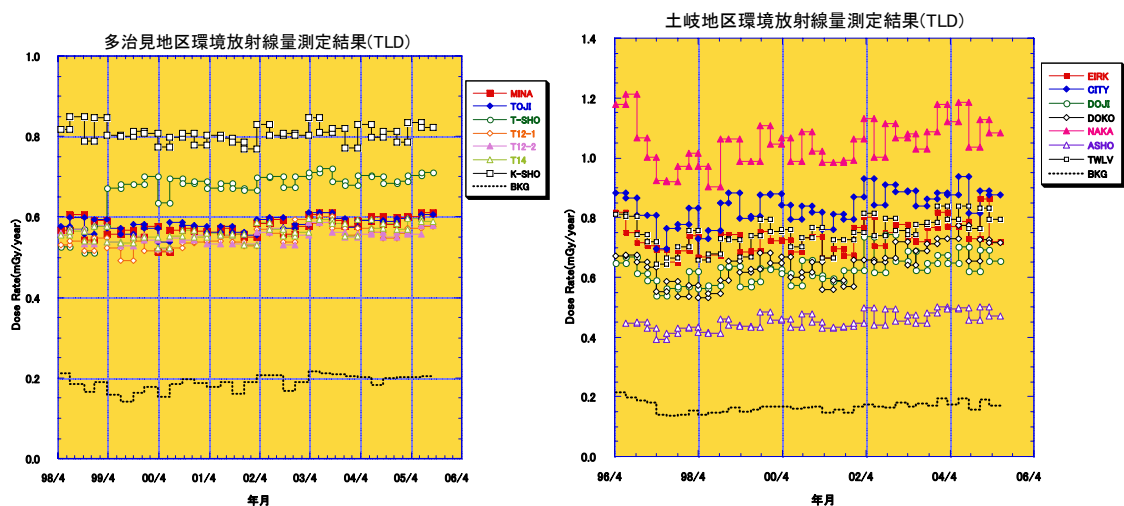


図 4. 7 環境放射線の測定結果

また、環境水のトリチウム濃度測定は地域の 15ヶ所（図 4.8）で行っている。トリチウム濃度はこの数年間全て測定下限（約 1 Bq/L）未満となっている。

図 4.9 に 1982 年以降分析測定を継続してきた環境水中のトリチウム濃度変化を示す。図から分かるように、長期的な減少傾向が見られる。最近では、低バックグラウンド液体シンチレーション検出器による測定限界以下になっている場合が多く、電気分解法によって濃縮を行う測定も試みている。測定結果を図 4.10 に示す。

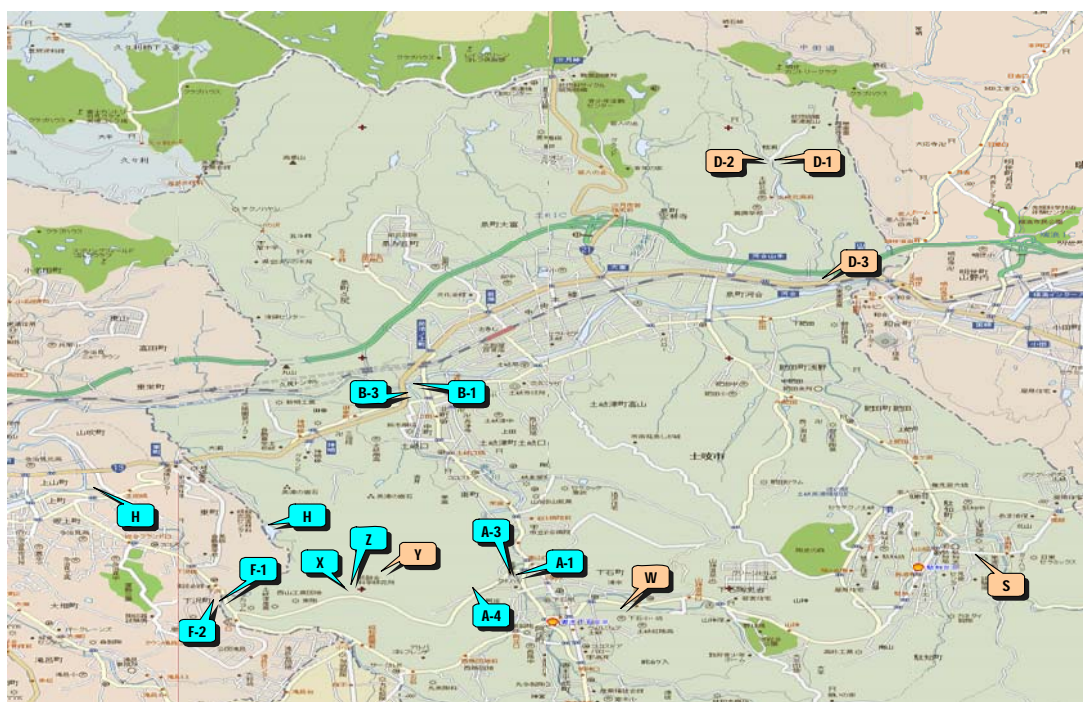


図 4. 8 環境水のサンプリング点

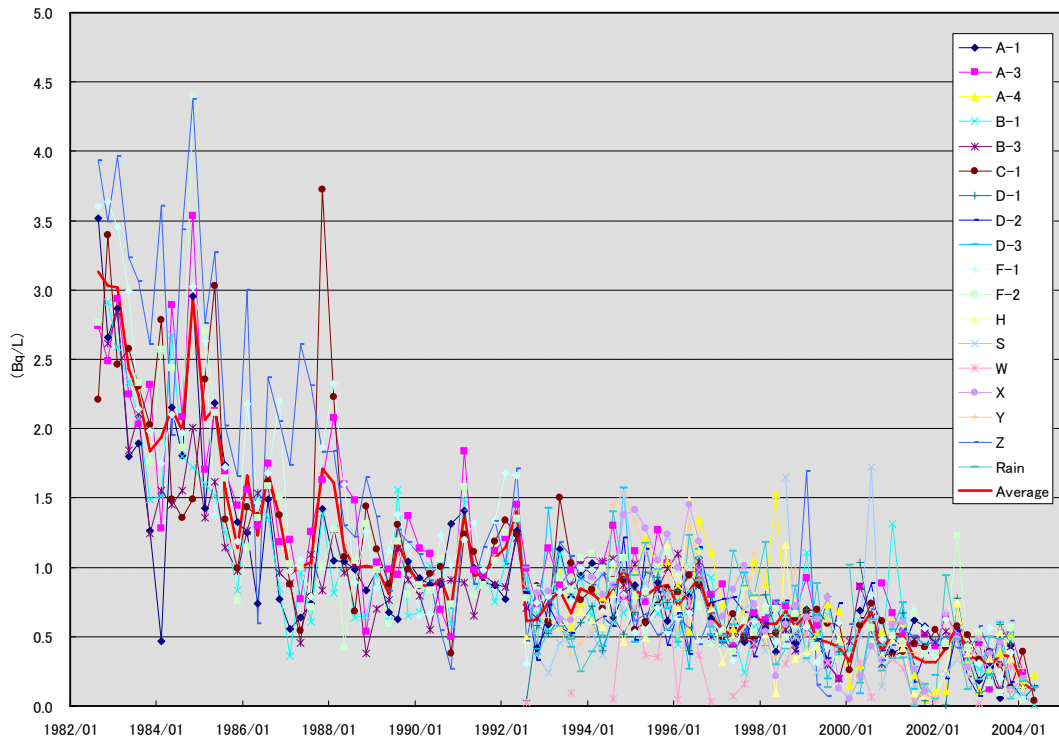


図4. 9 土岐地区における環境水のトリチウム濃度測定結果

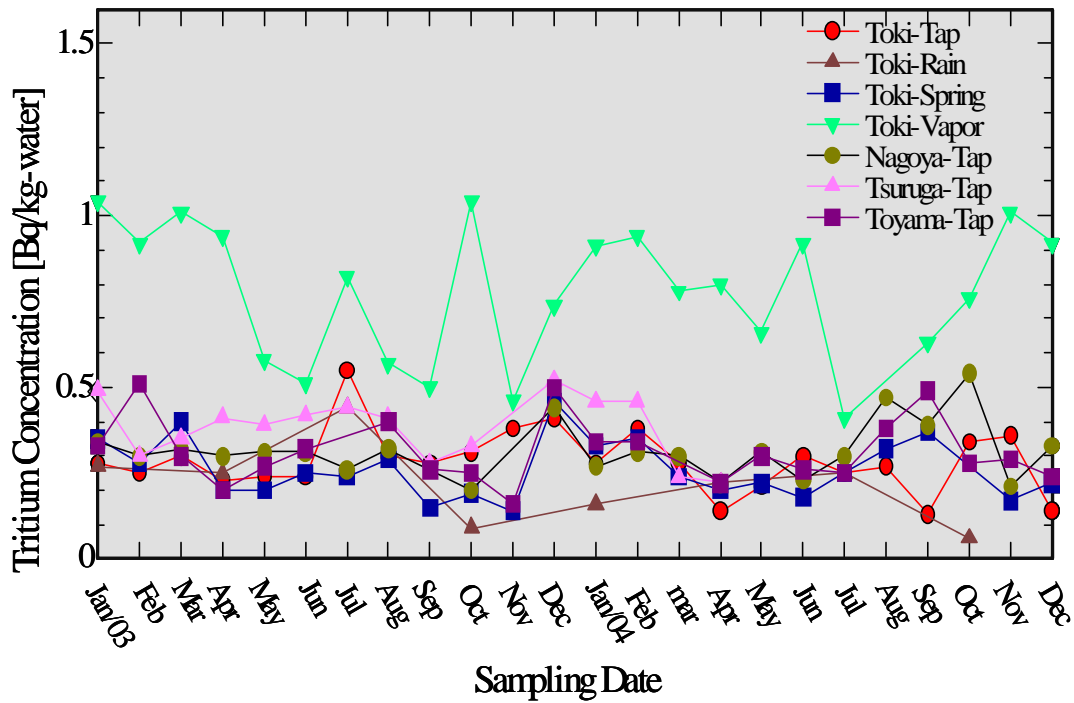


図4. 10 電界濃縮による環境水の測定結果 (2003年-2004年)



#### 4. 4 日米安全巡視

##### ・経緯

1992年2月に、米国のLawrence Livermore National Laboratoryに派遣された日本の核融合研究者が実験中に酸欠事故を起こしたことを契機に、日米核融合調整委員会（CCFE）において研究交流で派遣される研究者の安全を確保するため、合同ワーキンググループ（JWG）を設立するよう申し入れがなされた。表4.3に1995年以降の日米安全巡視の経緯を示す。両国の関係者間で2年ほど協議を積み重ねた末合意がなされ、日米の安全管理関係者が毎年相互に視察巡視して、安全ポテンシャルの指摘と改善を図る活動が始まった。この安全巡視活動は、開始当初は毎年なされた。これ以降、派遣者が関わる事故は発生していない。

##### ・参加と協力

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および研究機関と連携している。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年より後は2年おきに実施することになった。最近は2004年2月に米国側が巡視し、今年度は日本側が巡視する予定である。巡視は毎回、数名が訪問して行い、安全管理センターからは、米国への巡視に毎回1名参加している。また、米国側が日本の施設を巡視する場合は、安全管理センター職員が同行するなど対応に当たっている。

表 4. 3 日米安全巡視活動の経緯

年度	訪問形態	経緯とこれまでの訪問機関
1992	—	Lawrence Livermore National Laboratory にて日本の研究者が酸欠事故
1992-1994	—	日米核融合調整委員会（CCFE）にて、研究交流で派遣される研究者の安全を確保するため、合同ワーキンググループ（JWG）を設立。 日米相互安全巡視 について合意
1995 1997 2001 2005（予定）	JP→US	University of Texas, Pacific Northwest Laboratory, University of Wisconsin, Massachusetts Institute of Technology, Princeton Plasma Physics Laboratory, 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 Lawrence Berkley National Laboratory
1996 1999 2003	US →JP	核融合科学研究所, 名古屋大学, 大阪大学 京都大学, 九州大学, 東北大学, 東京大学, 筑波大学, 富山大学, 日本原子力研究所

- ・指摘と確認

巡視による指摘事項などは英文報告書にまとめられ、関係機関に配布されている。指摘事項の改善状況は次回巡視時に確認される。また、この活動を活用して、安全管理センターで作成した安全ハンドブックの英語版について、安全管理に関わる技術用語などについて米国側の担当者の添削で協力を得た経緯がある。日本側も米国の研究施設に対して不安全事項を指摘し、改善が図られている。この活動が始まってから派遣教職員等の事故がなかったことは、国際交流への貢献としても評価に値する成果である。ここで重要なことは安全文化の違いを理解しつつ、安全確保を図る継続的な努力活動であると考えられる。

#### 4. 5 非電離放射線の監視

LHDでは強い磁場発生装置の他、プラズマ加熱用に MW クラスの高周波発生装置を用いており、施設内には静磁場および 60 Hz の極低周波から 168GHz の高周波まで幅広い周波数域の電磁環境が存在するという特徴がある。こうした施設の電磁環境の安全管理に関して体系化された例がない。そのため、1996 年度特定研究「核融合施設の電場・磁場環境の監視と管理に関する研究」や、日本原子力研究所の委託を受けて同じ 1996 年から 2 年間、磁場の生体影響調査を行った。こうした調査の成果は、安全ハンドブックにある電磁環境の管理基準に反映されている。一方、LHD 運転開始時から漏れ磁場の計測監視も継続しており、最近では加熱装置室の IC RF 発信器周辺の高周波環境の計測監視も始めている。

- ・静磁場の計測監視

LHD 装置中心から約 23m 離れた本体室の外側、計測機器室の壁を定点とし、3 軸の磁場測定プローブを設置し、GAUSS METER9900(F.W.BELL 製により計測監視している。2002 年度からはデータロガーに連続して取り込む方式に改めている。測定の結果、周辺バックグラウンドは地磁気強さ約 0.03mT に対して約 2 倍に増加している。漏洩磁場強度は、運転条件で異なるが、プラズマ磁場強さとほぼ比例関係にある。例えば、プラズマ磁場 2.8T のとき壁の外側で 0.09mT~0.2mT 上昇している。また、コイルの防護動作のため急激に磁場を下げる時、1 mT 以上を記録した。職場環境として安全上の問題はほとんど無いが、長期的な変動傾向を調べるために継続して監視している。図 4.11 に漏洩磁場の監視測定結果を示す。

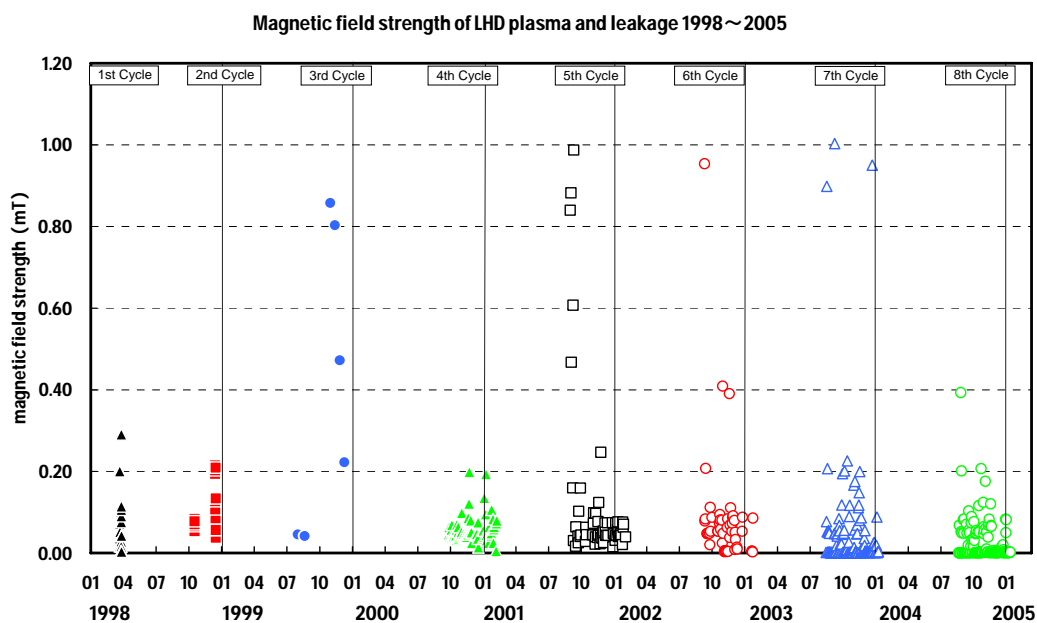


図4. 1.1 漏洩磁場の監視測定結果

・高周波の電磁場の計測監視

イオンサイクロトロン周波数帯 (ICRF) 加熱装置の発信器室においては 20-100 MHz(VHF) の漏洩電波が存在し、その電場強度を測定している。測定器は EMC-300 と 3 軸型の電界プローブ Type18(Narda Co.)で、5 Hz の計測信号を計算機に取り込み、データ処理をしている。ICRF の稼動時に単発的に高い値が検出されるが、管理基準である 6 分平均にすると 1V/m 以下の極めて小さい値となる。今後も、継続して計測監視を続ける。パルス的な電磁界を考慮した安全管理の課題については、名工大、宇都宮大等と共同研究を行っていく予定である。

#### 4. 6 安全衛生管理の支援活動

安全管理センターは核融合科学研究所の安全衛生管理体制の中で、所長を補佐して研究所の安全衛生管理を支援し、安全衛生管理の推進においては安全衛生推進部との連携を図り作業や研究における安全確保に取り組んでいる。このため、センターのメンバーはそれぞれ、安全管理者、衛生管理者、安全衛生推進部における室長、室員となって、個々にも安全衛生の推進の責を担っている。

##### (1) 安全管理者の業務

安全管理者は、核融合科学研究所の業務において安全に関わる技術的事項を管理するために一名、専任されている。主な仕事は、実験や作業に関わる安全を確保することで、以下の項目にまとめられる。

##### 1. 部屋の管理

室内の整理整頓、避難通路の確保、非難経路の周知、保護具の設置、

緊急連絡網の掲示、落下防止、転倒防止、感電・漏電防止 等

2. ガス管理

ボンベの取扱・保管、配管、取り扱うガスの危険性に関する認識 等

3. 薬品管理

薬品・器具の整理整頓、毒物・劇物の表示、帳簿管理、保護具の設置 等

4. 廃棄物管理

ごみ処理、廃液処理 等

年度当初の安全巡視計画に基づき、作業場等の巡視（月に1回程度）を行っている。巡視の際には上記の観点に基づいて作成されたチェックリストを用いてチェックを行い、必要に応じて危険防止措置、安全に関する措置を講ずることを提言している。この提言について安全衛生委員会で審議して、その実施を建屋責任者および安全衛生推進部に指示している。図 4.12、図 4.13 に平成16年度、17年度の安全巡視計画を、図 4.14 に安全巡視用のチェックリストを示す。これら巡視の結果は安全衛生推進部のホームページに掲載されている。

安全管理者巡視表(H16年度)

建屋	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
LHD 実験棟	4月21日			7月30日		9月16日						
制御棟		5月21日		7月23日		9月29日						
計測 実験棟			6月25日							1月14日		
低温 実験棟					8月27日					1月21日		
加熱 実験棟						9月17日						
開発 実験棟							10月22日 #				2月24日 サテライト室	
準定常 電源棟*								11月26日				3月25日
工務棟									12月17日			
計算機 実験棟										1月28日		
予備												
予備												

\*:特高変電所、冷却水棟Iを含む

#サテライト室は後日

- 第1回巡視
- 第1回改善確認
- 第2回改善確認
- 第3回改善確認

図 4. 1 2 平成16年度安全巡視計画

安全管理者巡視表(H17年度)

建屋	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
LHD 実験棟	4月22日				8月26日							
制御棟		5月27日										
計測 実験棟			6月23日									
低温 実験棟				7月29日								
加熱 実験棟							10月28日					
開発 実験棟						9月30日						
準定常 電源棟*								11月25日				
工務棟									12月22日			
計算機 実験棟										1月27日		
予備											2月24日	
予備												3月24日

\*:特高変電所、冷却水棟を含む  
第1回巡視(第4金曜日を原則とする)  
第1回改善確認  
第2回改善確認  
第3回改善確認

図4. 13 平成17年度安全巡視計画

# 安全管理巡視チェックリスト

ver.4 2004/7/26

棟名： \_\_\_\_\_  
 部屋名： \_\_\_\_\_  
 記入日： H16年 月 日 (金)

項目	チェック (○×等)	備考
部屋管理	室内は整理整頓されているか？	
	部屋の出入口及び廊下に不要な物を置いていないか？	
	避難通路の幅は80cm以上確保されているか？	
	避難経路は周知されているか？ 非常口の標識は見やすい位置にあるか？	
	緊急連絡網を各部屋に掲示しているか？	
	保護具(保護メガネ、安全靴、ヘルメット、手袋等)は備えているか？	
	高電圧、工作機械等、接触すると危険な箇所には「覆い」をしているか？	
	応急処置用器具が所定の数、所定の場所にあり周知されているか？	
	機器類の配線ケーブルが歩行時の障害となっていないか？	
	コンセントやテーブルタップは、たこ足配線等をしていないか？	
	消化設備の位置は周知されているか？ 標識は見やすい位置にあるか？	
	テーブルタップは接地極を活用する。 棚のものは、落下する恐れはないか？	
ガス管理	ガス配管には、ガス種、流れの方向を示すラベルはあるか？	
	取り扱うガスの危険性、有害性、緊急措置等を調べているか？	
	ガスボンベは、上下2カ所以上で固定しているか？	
	期限を越えた貸出ボンベを使用していないか？	
	使用していないボンベには、バルブ保護キャップをしているか？	
薬品管理	不要な薬品及び器具類を置いていないか？	
	床の上に薬品を置いていないか？	
	毒物は「医薬用外毒物」の表示をした保管庫に入れ施錠しているか？	
	毒物、劇物、特定化学物質を使用するときは帳簿をつけているか？	
	発火性・引火性・爆発性物質を火気や熱源から隔離しているか？	
	飛散すると危険な薬品を使用するとき、保護メガネを着用しているか？	
	有機溶剤、特定化学物質はドラフト内で使用しているか？	
	密栓不良や容器の破損している薬品ビンを置いていないか？ 仕切り板等により、薬品の転倒防止措置をしているか？	
廃棄物	ごみを放置していないか？	
	廃棄物は分別して出しているか？	
	廃液は分類基準に従い廃棄しているか？	
その他		

赤字：改善が必要な箇所を示す。  
 緑字：改善が確認された箇所を示す。

図4. 14 安全巡視用チェックリスト

(2) 衛生管理者の業務

労働安全衛生法第11条の規定に沿って、技術部から選出の衛生管理者と共に2名で週一回の職場巡視に対応している。巡視場所は、所内を建屋毎に14分割して、毎週一箇所づつ、巡視を進めている。平成16年度、17年度の巡視計画を図4.15、図4.16に示す。巡視では、作業環境、作業条件、施設、防護具等の衛生面での改善の要否を調査し、巡視結果はその都度、安全衛生推進部に報告され、改善事項がある場合には対応を依頼している。改善状況については、次回の巡視時に確認することで確実な改善をフォローしている。巡視結果、改善状況については月一回開催される安全衛生委員会で報告している。図4.17に平成16年度の巡視結果のまとめを示す。巡視を重ねることにより改善が進んでいることがわかる。また、産業医の巡視が月一回実施されるので、巡視計画の立案と同行に対応している。

衛生管理者定期巡視年間計画表(16年度)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
第1週	—	研究1期棟 (5/7)	計測 実験棟 (6/4)	工務棟 (7/2)	研究2期棟 (8/6)	LHD 実験棟 (9/3)	開発 実験棟 (10/1)	図書館棟 (11/5)	制御棟 (12/3)	低温 実験棟 (1/7)	その他 ** (2/4)	研究1期 棟 (3/4)
第2週	—	計測機 実験棟 (5/14)	加熱 実験棟 (6/11)	準定常 電源棟* (7/9)	研究1期棟 (8/13)	計測 実験棟 (9/10)	工務棟 (10/8)	研究2期棟 (11/12)	LHD 実験棟 (12/10)	開発 実験棟 (1/14)	管理棟 (2/10) ***	計測機 実験棟 (3/11)
第3週	管理棟 (4/16)	制御棟 (5/21)	低温 実験棟 (6/18)	その他 ** (7/16)	計測機 実験棟 (8/20)	加熱 実験棟 (9/17)	準定常 電源棟* (10/15)	研究1期棟 (11/19)	計測 実験棟 (12/17)	工務棟 (1/21)	図書館棟 (2/18)	制御棟 (3/18)
第4週	図書館棟 (4/21)	LHD 実験棟 (5/28)	開発 実験棟 (6/25)	管理棟 (7/23)	制御棟 (8/27)	低温 実験棟 (9/24)	その他 ** (10/22)	計測機 実験棟 (11/26)	加熱 実験棟 (12/24)	準定常 電源棟* (1/28)	研究2期棟 (2/25)	LHD 実験棟 (3/25)
第5週	研究2期棟 (4/30)			図書館棟 (7/30)			管理棟 (10/29)					

\*:特高変電所、冷却水棟 I を含む      \*\*:ヘリコン等その他建屋及び建屋周辺      \*\*\*:2/11祝日の為前日に実施

図4. 15 平成16年度衛生全巡視計画

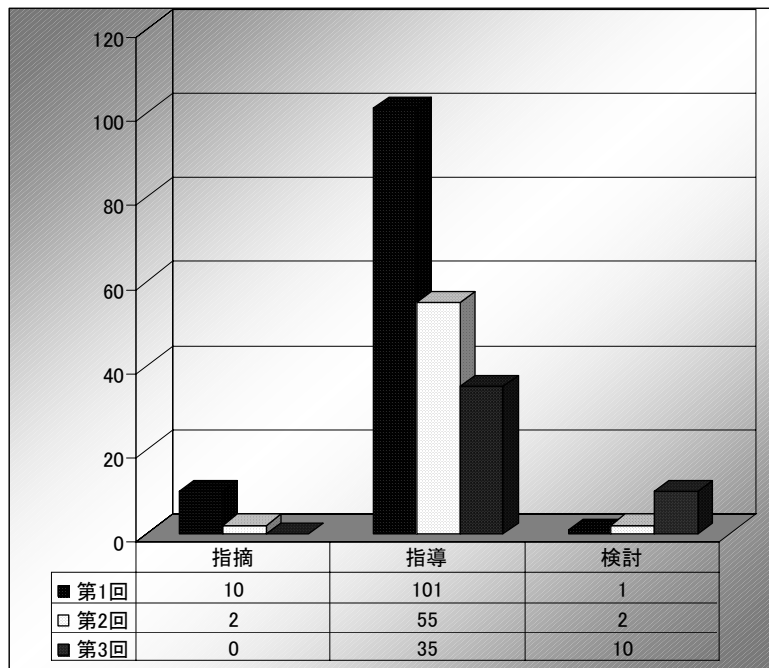
衛生管理者定期巡視年間計画表(17年度)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
第1週	計測 実験棟 (4/1)	準定常 電源棟* (5/6)	研究2期 棟 (6/3)	LHD 実験棟 (7/1)	工務棟 (8/5)	図書館棟 (9/2)	LHD 実験棟 (10/7)	開発 実験棟 (11/4)	管理棟 (12/2) ***	計測機 実験棟 (1/6)	加熱 実験棟 (2/3)	準定常 電源棟* (3/3)
第2週	加熱 実験棟 (4/8)	その他 ** (5/13)	研究1期 棟 (6/10)	計測 実験棟 (7/8)	準定常 電源棟* (8/12)	研究2期 棟 (9/9)	計測 実験棟 (10/14)	工務棟 (11/11)	図書館棟 (12/9)	制御棟 (1/13)	低温 実験棟 (2/10)	その他 ** (3/10)
第3週	低温 実験棟 (4/15)	管理棟 (5/20)	計測機 実験棟 (6/17)	加熱 実験棟 (7/15)	その他 ** (8/19)	研究1期 棟 (9/16)	加熱 実験棟 (10/21)	準定常 電源棟* (11/18)	研究2期 棟 (12/16)	LHD 実験棟 (1/20)	開発 実験棟 (2/17)	管理棟 (3/17)
第4週	開発 実験棟 (4/22)	図書館棟 (5/27)	制御棟 (6/24)	低温 実験棟 (7/22)	管理棟 (8/26)	計測機 実験棟 (9/22)	低温 実験棟 (10/28)	その他 ** (11/25)	研究1期 棟 (12/22)	計測 実験棟 (1/27)	工務棟 (2/24)	図書館棟 (3/24)
第5週	工務棟 (4/28)			開発 実験棟 (7/29)		制御棟 (9/30)						研究2期 棟 (3/31)

\*:特高変電所、冷却水棟 I を含む      \*\*:ヘリコン等その他建屋及び建屋周辺      \*\*\*:2/11祝日の為前日に実施

図4. 16 平成17年度衛生全巡視計画

## 平成16年度 衛生巡視結果



指摘:規則に抵触

指導:改善が望ましい

検討:対策方法、予算の検討が必要

図4. 17 平成16年度の衛生巡視結果

### (3) 安全衛生推進部の業務

安全管理センターの職員は、安全衛生推進部の放射線管理室（前述）において研究所における放射線安全管理業務に携わっているばかりでなく、推進部の高圧ガス管理室、防火・防災管理室、危険物質管理室、新規実験安全審査室、安全ハンドブック作成室の主要メンバーとしても関わっている。安全衛生推進部の人員構成を参考として資料5に示す。

#### ・高圧ガス管理室

この室では特定高圧ガスの取扱主任として、ジボラン供給システムの安全管理、およびLHDにおけるジボランを用いたボロニゼーション実施の安全管理を担当している。ジボランは特定高圧ガスであるので、ジボランボンベのジボラン供給システムへの繋ぎ込み、および切り離し時の立会い、ボロニゼーション実施中のシステムの監視により安全管理を行っている。平成16年度は、9月13日、11月8日、12月6日の3回ボロニゼーションが実施された。

平成17年度には、加熱装置の増強に伴ないジボランの配管ルートの一部変更が行われたので、消費設備変更届の書類を作成して、岐阜県知事に提出した。平成17年度は、9月

22日に第1回のボロニゼーションが実施された。年度内にあと1乃至2回実施する予定で



ある。

- ・ 防火・防災管理室

安全管理センターから防火防災管理室員としてかかわっている。防火防災管理室は、防火防災に関する規則・マニュアル案や体制案を作成する。また、防火防災訓練を企画し、実行している。

- ・ 危険物質管理室

安全管理センターから危険物質管理者としてかかわっている。危険物質管理室は、危険物や化学薬品について、入手、保管、廃棄の流れを把握するとともに、適正な使用がされるようにルール作りをしている。危険物質管理者は、管理室長を補佐して管理室を運営する。管理の要である。入手等の諸手続きに関与することはもちろんのこと、保管状況調査のとりまとめ、廃棄物の専門業者への処分委託を行なう。また、危険物質管理者は排水管理者を兼任しており、冷却水排水等について管理している。

- ・ 電気設備・作業管理室

安全管理センターから制御棟電気装置責任者としてかかわっている。制御棟における電気設備の使用状況を把握し、電気の使用申請があった場合には電気容量、配線設備、周囲の状況等を考慮して、安全確保に努めている。

- ・ 新規実験安全審査室

核融合科学研究所ではLHDやCHSによるプラズマ実験以外に、各種実験装置を用いた研究が行われている。このような比較的小規模な実験装置についても登録を行い、各研究者が安全意識を高めるとともに、当該実験の危険ポテンシャルをより低減させることを目的に、安全衛生推進部のもとで新規実験安全審査室を立ち上げて活動を行っている。この活動は、当初、安全管理センターが提案し、進めてきたもので、法人化後も継承されている。この中で、安全管理センターは室長と窓口担当の2名が活動に携わっている。但し、窓口担当者は11月より異動したためこの業務は技術部の担当者に代わっている。これまでに、室活動の方針、制度の意義、実施要項、審査の流れなど重要事項を決めてきたが、審査室会議にかける前に安全管理センター内で素案等を検討している。案件は審査室会議で審議したのち、最終的に安全衛生推進部にて決定している。

16年度の申請の実績は59件であった。また、17年度はその殆どが継続され、H16年度からの継続54件、H17年度からの新規7件、再審査指導2件、計63件（10月30日現在）である。

- ・ 安全ハンドブック作成室

安全ハンドブック作成室の活動には、安全管理センターから室長と室員として3名が携わっている。安全ハンドブック作成室の主な活動内容は、安全ハンドブックの編集・発行と安全講習会の実施である。それぞれについて平成16年度17年度今日までの活動状況をまとめる。

#### <安全ハンドブックの発行>

安全ハンドブック作成室の活動を開始するため、数名からなるワーキンググループを作って、従来の安全ハンドブックの改訂方針、改訂計画等を検討するとともに、改訂分担者を選し、それぞれに改訂依頼を行って、改訂作業を進めた。その結果、平成16年度は改訂を4回行い、次年度の印刷版の元を作った。このうち3回目の改訂版を10月19日に推進部のホームページに貼り付け、試行版として、所員に公開した。また、4回目の改訂版には、新たに作業手順の表や、法令と機器関係一覧表などを取り込んだ。

平成17年度も前年度に引き続き安全ハンドブックの改訂作業を進め、4月25日に**4月版**を印刷して発行するとともに、5月11日に安全衛生推進部ホームページに掲載した。その後寄せられたいろいろな意見を反映してさらに改訂を進めてきたが、特に、労働基準監督署との取り決め事項を取り入れるなどの改訂を行い、10月末日までにその作業をほぼ終了し、11月15日に安全ハンドブック2005年（**10月版**）としてのホームページに掲載するとともに、同23日には印刷を完成し、その後、4月版との交換作業を進めているところである。

#### <安全導入教育の実施>

安全ハンドブックの内容のほか、安全巡視などの結果報告を含めて、平成16年度10月5日と6日に安全講習会を実施した。受講者は、両日あわせて155名であった。この講習会は、前年度までは安全管理センターが企画して、安全関係の専門家を招いて講師を依頼してきたが、今年度は推進部が企画して、安全管理センターを含む職員が講師を務めた。また、平成17年度は関係者全員が受講することを目指して、安全講習会をすでに6回実施し、235名の受講者があった。安全ハンドブックのほか、安全・衛生巡視、そして危険予知訓練トレーナー研修会の受講報告などを取り入れて、内容をさらに充実させた。これで現在までに受講が必要な現場業務に従事する職員全員が受講したと考えている。ただし、新規採用者などには、そのつど早急に実施する予定である。

## 5. 社会との連携活動（安全情報公開）

安全管理センターは以下のように社会との連携活動に積極的に協力している。

### 5. 1 地元教育委員会との共同研究

地元教育委員会と地域の放射線測定を継続的な共同研究として実施し、環境の放射線理解に努めるなど地域社会と連携や交流を深めている。

土岐市教育委員会が主催する「土岐市プラズマ研究委員会」と、(名古屋大学プラズマ研究所時代から)25年にわたって、共同研究を行なっている。構成員は、地元(土岐市、多治見市、瑞浪市)の小中高の理科の先生である。核融合開発研究では放射線の発生を伴うことから地元住民から不安視される懸念があり、まず放射線に対する正確な知識を共有することから相互理解を進めようとして環境放射線測定を共同で始めたのが発端である。毎年、4回の会合を持ち、自然放射線の測定、放射線やエネルギーに関する学習会を実施している。熱ルミネッセンス線量計を地元の15地点に設置し、会合の度に、3ヶ月間の積算線量を読み出しており、測定結果について議論している。活動状況は、共同研究報告書としてまとめている。また、研究委員会では研究所の活動報告もなされており、放射線や放射能に対する地元小、中、高校の理科の先生方の理解が深まると共に、理科授業への反映も期待される。このように研究所の地元理解の点で極めて意義が深い。

### 5. 2 地元企業との連携

地元企業と連携した活動として、民間との共同研究や知的財産取得を図っている。

地元TYK(株)とプロトン導電性の機能性セラミックスを試作し、水素ガス成分濃縮技術の共同研究を行い、学会発表や論文化によって成果をあげている。内容は3.1.3トリチウム回収・除去、濃度監視システムの開発、で述べた。

### 5. 3 SSHとSPP活動への協力

核融合科学研究所が取り組んでいるスーパー・サイエンス・ハイスクール(SSH)プログラムとサイエンス・パートナーシップ・プログラム(SPP)活動において、環境放射線というテーマで、講習会を開催し、協力している。その内容と実施状況について概要を示す。

#### (ア) 環境放射線コース Environmental radiation course

環境放射線コースでは、簡単な講義と実習を行っている。

放射能や放射線は太古の昔から存在し、我々はそういった放射能や放射線と共存して生きているにも関わらず、その事実が正しく理解されていない、という現状を説明し、その事実を確認するために、目に見えない放射線を霧箱によって可視化して観察し、また身の回りの物質から放射線が出ていることを、放射線測定機器を用いて測定確認することにより、実際に身近に放射線が存在することを、体験できるような内容である。

#### (イ) 実施状況

平成16年度と17年度はそれぞれ3回実施し、16年度に36名、17年度に40名の受

講者があった。この活動には、今後とも力を入れて協力して行く考えである。

#### 5. 4 安全情報公開

安全管理センターは、放射線管理情報や環境放射線などの情報をホームページ上に公開している。また、「将来計画に対する安全検討」、放射線に関することを分かりやすく解説した「放射線の話」なども、ホームページ上から閲覧できるようにしている。

また、研究所に寄せられる一般市民からの質問は、研究所のホームページの下の「安全情報公開」－「Q&A」の中に紹介されていますが、重水素実験に関わる質問、放射線に関わる質問等に関する回答作成に貢献している。

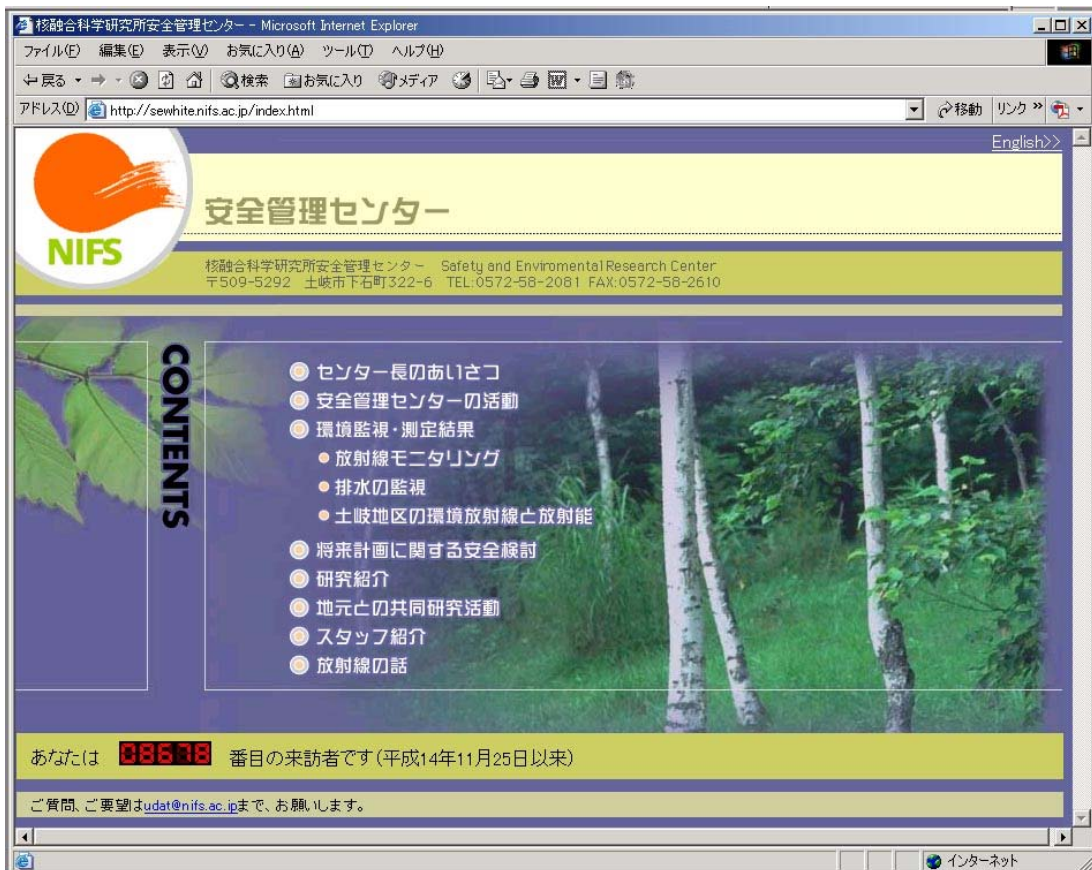


図5. 4. 1 安全管理センターのホームページ



図 5. 4. 2 一般市民からの Q & A トップページ

一般市民に、プラズマ、核融合、重水素実験を理解していただくためのパンフレット製作や、ホームページ製作にも積極的に貢献している。

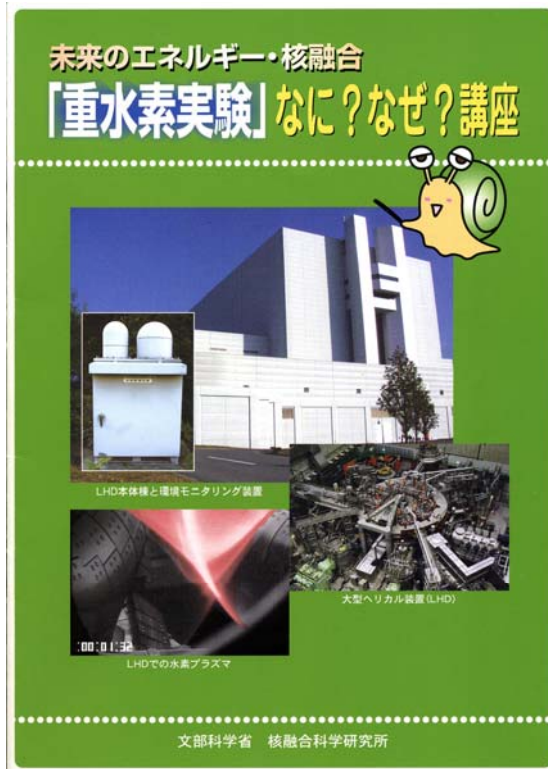


図5. 4. 3 「重水素実験」なに？なぜ？講座の表紙



図5. 4. 4 ホームページに掲載している「重水素実験」なに？なぜ？講座

## 6. 今後の進め方

次年度以降の安全管理センターの、研究目標および安全管理への取り組みと進め方を以下に示す。

- (1) LHDの重水素実験計画に向けた放射線安全管理システムの構築および放射線安全工学技術の開発と設備準備・検討に重点をおいて活動する。
  - ・中性子モニタリングと中性子線量測定方式の開発  
中性子の発生量を計測評価する技術を研究部と共同で確立する。  
中性子とX線の弁別測定、中性子のエネルギーを考慮した線量測定技術の開発を進める。  
また、放射線監視システムRMS A F Eの改良を行なう。
  - ・トリチウムを含む誘導放射性物質の安全取り扱いと排出処理および計測監視技術の開発  
低コストかつ信頼性の高いトリチウム処理システムの開発を行なう。  
極低濃度用排出気体トリチウムモニターを開発する。
  - ・環境放射線と放射能の測定法の開発と監視測定  
環境監視用の水中および大気中トリチウムの分析測定を継続すると共に測定の簡略化、省力化を図れる技術を開発する。
- (2) 重水素実験計画に向けた上記の開発研究成果を将来の核融合炉システム安全研究に拡張性を図る。
- (3) トリチウム安全取扱技術を始めとする核融合炉システム安全研究を大学等との共同研究を活発にしつつ進める。
  - ・核融合炉システムのトリチウム閉じ込めバウンダリーに応じたトリチウム安全取り扱い要素技術の研究  
真空容器内部、施設内部におけるトリチウムの拡散挙動や分布を定量化できる技術の研究を行なう。
  - ・核融合炉システムの安全性解析や環境影響評価に関わる研究  
環境に放出されたトリチウムの環境および生態での挙動に関わる研究を通して、安全性に関わるデータベースを構築する。
- (4) 全国大学共同利用機関における安全管理センターが、核融合安全研究の中核的な役割を果たせるよう、トリチウム理工学や放射線安全など炉工学分野の研究者との交流を深める。さらに、研究所のプラズマ研究者および炉工学研究者と安全研究について連携を密接にし、炉システム安全研究に関わる学術の体系化を図る。
- (5) LHDを始めとする研究所の実験研究活動における安全性の維持と、環境保全のための監視などに継続して取り組み、研究所の安全衛生管理を統括する所長を補佐して調査、検討対策を行なうなど積極的に貢献していく。また、安全衛生推進部が進める安全管理活動には、センター職員がその専門性を生かして放射線安全管理を中心に積極的に協力していく。

## 7. おわりに

今回の外部評価においては、安全管理センターの法人化後の位置づけと役割を明確にし、これまでの実施内容と成果をまとめることにより、自らの研究と業務の進め方を見直すことが出来、極めて有意義であったと考える。さらに、外部評価をうけることによって、今後の安全管理に関わる研究と業務を高度化し、研究所および全国大学等の研究者との連携に役立てる存在になれるように努めていきたい。

とりわけ、お忙しい中、安全管理センター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致します。

### 添付資料

- 資料1 安全管理センターの業務と役割分担概要
- 資料2 安全管理センター業績リスト
- 資料3 核実験による放射線異常値検出時の対応について
- 資料4 共同研究リスト
- 資料5 安全衛生推進部室員の内訳



### 安全管理センターの業務と役割分担概要

安全管理センターの主な研究・業務の役割分担は以下である。なお、研究・業務は必ずしも1名で行っていない部分もある。

宇田達彦：センター長・教授

- 1 研究
  - 気体中トリチウム除去システム用酸化触媒開発
  - 炉システム安全性の研究
  - 非電離放射線（電磁場）の監視と管理の研究
- 2 安全管理業務
  - 安全衛生推進部業務（放射線管理室長、新規実験安全審査室長）
- 3 その他
  - センター業務取り纏め
  - 炉工学分野ネットワーク幹事、日米安全巡視

朝倉大和：教授

- 1 研究
  - 排出気体中トリチウム除去システムと高感度トリチウムモニター開発
  - 水素同位体分離システム
- 2 安全管理業務
  - 研究所の衛生管理者、放射線取扱主任者
  - 安全衛生推進部業務（放射線管理室）
- 3 その他
  - 土岐市プラズマ委員会世話人、図書出版委員長

西村清彦：教授（平成16年10月1日から安全管理センターに異動）

- 1 研究
  - LHD重水素実験に伴う放射線防護計画の検討
  - 周辺プラズマの振舞と閉じ込め改善に関する研究
  - ヘリカル型装置における密度限界に関する研究
- 2 安全管理業務
  - 研究所の安全管理者、放射線取扱副主任者
  - 安全衛生推進部業務（放射線管理室、電気安全作業室、高圧ガス管理室、安全ハンドブック作成室）、排水水質管理
- 3 その他
  - LHD実験の安全管理と重水素実験準備室業務

佐久間洋一：助教授

- 1 研究
  - 環境水中トリチウム分析の迅速効率化の開発
  - 気体中トリチウムの化学形態別測定方法の開発

- 2 安全管理業務  
安全衛生推進部業務（放射線管理室）  
環境安全管理：環境水試料サンプリングとトリチウム測定  
地域の水利および河川水の水質監視

河野孝央：助教授

- 1 研究  
放射線管理システムの開発（Web化、管理区域入退管理）  
排気監視用高感度トリチウムガスモニター開発  
水素同位体の分離分析法の開発
- 2 安全管理業務  
放射線取扱副主任者  
安全衛生推進部業務（放射線管理室、安全ハンドブック作成室長）  
放射線管理：従事者教育登録、入退管理装置運営
- 3 その他  
SSH/SPP担当、パンフレット編集専門委員

山西弘城：助教授（平成18年1月1日助教授に昇格）

- 1 研究  
放射線監視システムの構築  
放射線監視に関する研究  
中性子線量評価に関する検討  
発生中性子量の測定に関する研究  
LHD 重水素実験に伴う放射線遮へい・防護計画の検討
- 2 安全管理業務  
放射線取扱副主任者  
安全衛生推進部（放射線管理室：環境放射線監視責任者、防火防災管理室：室員、危険物質管理室：危険物質管理者および排水管理者および特別管理産業廃棄物管理責任者）  
放射線安全管理（放射線監視・測定、微量密封線源管理、業務従事者教育訓練の一部）  
環境測定（環境放射線測定）
- 3 その他  
研究所オープンハウス実行委員  
土岐市プラズマ研究委員会：環境放射線測

\*杉山貴彦：助手（平成17年11月1日名大へ助教授として転出）

- 1 研究  
排出気体・液体処理設備の開発  
トリチウム廃水の化学的濃縮減容処理方式の研究  
気体状水素同位体分離技術の研究  
大気中トリチウムの化学形態別測定
- 2 安全管理業務  
安全衛生推進部業務（放射線管理室、新規実験安全審査室）排水の水質管理

## 安全管理センター業績リスト (2004年—2005年)

## 査読あり論文 欧文誌

- 1 Sugiyama Takahiko, Asakura Yamato, Uda Tatsuhiko, Abe Yousuke, Shiozaki Taro, Enokida Youichi and Yamamoto Ichiro,  
“Prelim Yamato inary experiments for Hydrogen Isotopes Separation by Water-Hydrogen Chemical Exchange under Reduced Pressure” J. Nuclear Science and Technology, Vol. 41, pp. 696-701 (2004)
- 2 Tanaka Masahiro, Katahira Koji, Asakura Yamato, Uda Tatsuhiko, Iwahara Hiroyasu, Yamamoto Ichiro  
“Hydrogen Extraction Using One-end Closed Tube Made of CaZrO<sub>3</sub>-based Proton-conducting Ceramic for Tritium Recovery System” Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.41, No.1, 61-67(2004)
- 3 Tanaka Masahiro, Katahira Koji, Asakura Yamato, Uda Tatsuhiko ,Iwahara Hiroyasu, Yamamoto Ichiro  
“Effect of Plated Platinum Electrode on Hydrogen Extraction Performance Using CaZrO<sub>3</sub>-based Proton-conducting Ceramic for Tritium Recovery System” Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.41, No.1, 95-97(2004)
- 4 Iwahara Hiroyasu, Asakura Yamato, Katahira Koji , Tanaka Masahiro  
“Prospect of hydrogen technology using proton-conducting ceramics” Solid State Ionics, Vol.168, 299-310(2004)
- 5 Asakura Yamato, Sugiyama Takahiko, Kawano Takao, Uda Tatsuhiko , Tanaka Masahiro , Tsuji Naruhito, Katahira Koji, Iwahara Hiroyasu  
“Application of Proton-conducting Ceramics and Polymer Permeable Membranes for Gaseous Tritium Recovery” Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.41, No.8, 863-870(2004)
- 6 Tanaka Masahiro, Katahira Koji, Asakura Yamato, Uda Tatsuhiko, Iwahara Hiroyasu , Yamamoto Ichiro  
“Hydrogen Extraction Characteristics of Proton-conducting Ceramic under a Wet Air Atmosphere for a Tritium Stack Monitor” Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.41, No.10, 1013-1017(2004)
- 7 Kawano Takao  
“Water-Vapor Decomposition Using Zirconium-Nickel Alloy” Jpn J. Appl. Physc. Vol.43, (2004) pp.L1127-1129
- 8 Yamanishi Hirokuni, Sakuma Yoichi, Yamamura Naofumi, Sato Hiroo and Ueki Kohtarō  
“Design of a multi-layer-type neutron monitor for measuring dose of three energy groups” J. Nuclear Science and Technology, Supplement 4 (2004) pp. 392-394.
- 9 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 Shigeru and Motojima Osamu,  
“Improved structure and long-life blanket concept for heliotron reactors”, Nucle. Fusion Vol. 45 (2005) pp.258-263
- 10 Sugiyama Takahiko, Asakura Yamato, Uda Tatsuhiko and Kotoh Kenji,  
“Measurement of Breakthrough Curves on Pressure Swing Adsorption for Hydrogen Isotope Separation” Fusion Science & Technology · Volume 48 · Number 1 · July/August 2005 · Pages 163-166
- 11 Uda Tatsuhiko, Sugiyama Takahiko, Asakura Yamato, Munakata Kenzo and Tanaka Masahiro,  
“Development of High Performance Catalyst for Oxidation of Tritiated Hydrogen and Methane Gases” Fusion Science & Technology · Vol. 48 · No. 1 · July/August (2005) pp 480-483
- 12 Ichimasa Yusuke, Sasajima E., Makihara H., Tauchi Hiroshi, Uda Tatsuhiko and Ichimasa Michiko,  
”Uptake of Heavy Water and Loss by Tangerine in the Heavy Water Vapor Release Experiment in a Greenhouse as a Substitute for Tritiated Water” Fusion Science & Technology · Vol. 48 No.1 July/August (2005) pp 775-778

- 13 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) · To be published
- 14 Asakura Yamato, Sugiyama Takahiko , Kawano Takao, Uda Tatsuhiko,  
 Tanaka Masahiro, Tsuji Naruhito, Katahira Koji, Iwahara Hiroyasu  
 "Application of New Technologies for Gaseous Tritium Recovery and Monitoring " Fusion Science and Technology, Vol.48, No.1, 401-404(2005)
- 15 Sugiyama Takahiko, Asakura Yamato, Uda Tatsuhiko , Abe Yousuke, Shiozaki Taro, Enokida Youichi,  
 Yamamoto Ichiro  
 "Hydrogen Isotope Separation By Combined Electrolysis Catalytic Exchange Under Reduced Pressure" Fusion Science and Technology, Vol.48, No.1, 132-135(2005)
- 16 Tanaka Masayoshi, Asakura Yamato, Uda Tatsuhiko , Katahira Koji , Iwahara Hiroyasu , Tsuji Naruhito,  
 Yamamoto Ichiro  
 "Studies on Hydrogen Extraction Characteristics of Proton-Conducting Ceramics and Their Applications to a Tritium Recovery System and Tritium Monitor" Fusion Science and Technology, Vol.48, No.1, 51-54(2005)
- 17 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., Takeiri, Y., Tanaka, K., Motojima, O. and LHD Experimental Group.  
 "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
- 18 Kawano Takao, Tsuboi Naohiro, Tsujii Hirotsugu, Asakura Yamato, Uda Tatsuhiko  
 "Isotopic Separation Analysis of Infinitesimal Concentrations of Hydrogen Using Trace Reduction Detector" Fusion Science and Technology, Vol.48, (July/August 2005) pp. 405-408
- 19 Oya Yasuhisa, Onishi Yoshihiro, Okuno Kenji., Kawano Takao, Asakura Yamato, Uda Tatsuhiko and Tanaka Satoru  
 "Hydrogen Isotope Behavior in Type 316 Stainless Steel Sorbed by Various Methanods" Fusion Science and Technology, Vol.48, (Jul/Aug 2005) pp.597-600 Jul/Aug 2005)
- 20 Kawano Takao  
 "Theoretical expressions for removing tritium from exhaust gas" Fusion Engineering and Design, Accepted
- 21 Kawano Takao  
 "Water Vapor Decomposition Reaction on A ZrNi Alloy" Fusion Engineering and Design, Accepted
- 22 Yamanishi Hirokuni  
 "Design of a portable directional neutron source finder" Nucl. Instrm. Methods in Physical Research, A544, (2005) , pp.643-648.
- 23 Ogata Yoshimune , Sakuma Yoichi, Ohtani Nobuo and Kotaka Masahiro ,  
 "Tritium Separation by Electrolysis by Solid Polymer Electrolyte" Fusion Science and Technology, Vol.48, No.1 (2005) pp.136-139.
- 24 Sakuma Yoichi , Iida Takao, Koganezawa Takayuki, Ogata Yoshimune, Aoyama Takahiko, Torikai Yuji , Ohta Masatoshi and Takami Michiko  
 "Development of a Low-Level Tritium Air Monitor" Fusion Science and Technology, Vol.48, No.1 (2005) pp.397-400

## 和文

- 1 山西弘城、三宅 均、山崎 直、小村和久  
「トンネルを利用したTLDとガラス線量計の宇宙線硬成分に対する感度の評価」、  
“Sensitivity of TLD and RPLD to cosmic ray hard component measured in Ogoya tunnel ”  
保健物理、Vol. 39 No. 2, (2004) pp. 108-112.
- 2 小金澤孝之、飯田孝夫、緒方良至、辻成人、垣内正久、佐竹洋、山西弘城、佐久 間洋一、  
「環境水中トリチウム濃度測定法の簡素化 –電解濃縮を用いた際の逆浸透膜による 溶存イオン除去 –」、  
“Development of a simplified treatment for measuring tritium concentration in environmental water – Removal of dissolved ions by reverse osmosis membrane for electrolysis enrichment –.”  
Radioisotopes, Vol..53, No..5 (2004) pp. 277-285.
- 3 河野孝央  
「トリチウム施設の廃止に伴う放射線管理上の留意点」  
“Problems and Concerns in Radiation safety Management Related with Decommissioning of Tritium Facility“  
日本放射線安全管理学会誌 Vol. 4 No2 (2005)pp. 127-132
- 4 山西弘城  
「電子式積算線量計を放射線監視に適用した場合の測定誤差」、  
“Measurement error of radiation monitoring by means of an electronic dosimeter”  
保健物理、Vol. 40 No. 4 (2005) (掲載予定) .

## 国際会議論文集

- 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)
- 2 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)

## 国内会議論文集

- 1 佐久間洋一、飯田孝夫、小金澤孝之、緒方良至、青山隆彦、鳥養祐二、太田雅壽、高見美智己  
“化学形弁別低レベルトリチウムモニターの開発2” ,  
Proc. The Fifth Workshop on Environmental Radioactivity, KEK, Tsukuba, Japan, March 2-4, 2004.
- 2 緒方良至、佐久間洋一、大谷暢夫、小高正敬  
“固体高分子膜電解装置によるトリチウム分離特性の解析”  
Proc. The Fifth Workshop on Environmental Radioactivity, KEK, Tsukuba, Japan, March 2-4, 2004.

## 学会発表 国際会議

- 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, June 1-4, 2004, Sendai, Japan
- 2 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, June 1-4, 2004, Sendai, Japan
- 3 Uda Tatsuhiko, Sugiyama Takahiko, Asakura Yamato, Munakata Kenzo, and Tanaka Masahiro  
“Development of high performance catalyst for oxidation of tritiated hydrogen and methane gases”,  
7th International Conference on Tritium Science and Technology, Sep. 12-17, 2004, Baden-Baden, Germany
- 4 Asakura Yamato, Sugiyama Takahiko, Kawano Takao, Uda Tatsuhiko, Tanaka Masahiro, Tsuji Naruhito,  
Katahira Koji , Iwahara Hiroyasu  
“Application of New Technologies for Gaseous Tritium Recovery and Monitoring ”  
7th International Conference on Tritium Science and Technology, E20-P1, Sep. 12-17, 2004, Baden-Baden, Germany
- 5 Kawano.Takao. , Tsuboi. Naohiro, Tsujii.Hirotsugu, Asakura.Yamato, Uda.Tatsuhiko  
“Isotopic Separation Analysis of Infinitesimal Hydrogen Concentrations Using a Trace Reduction Detectors”  
7th International Conference on Tritium Science and Technology, Sep.12-17, 2004, Baden-Baden, Germany
- 6 Oya Yasuhisa, Onishi Yoshihiro, Okuno Kenji., Kawano Takao, Asakura Yamato, Uda Tatsuhiko and Tanaka Satoru  
“Hydrogen Isotope Behavior in Type 316 Stainless Steel Sorbed by Various Methanods”  
7th International Conference on Tritium Science and Technology, Sep.12-17, 2004, Baden-Baden, Germany
- 7 Sakuma Yoichi , Koganezawa Takayuki , Ogata Yoshimune and Tsuji Naruhito,  
“A Simplified Method for Tritium Measurement in the Environmental Water Samples”,  
The 11th International Congress on Radiation Protection, May 23-27, 2004, Madrid, Spain.
- 8 Ogata Yoshimune, Sakuma Yoichi, Ohtani Nobuo and Kotaka Masahiro,  
“Tritium Separation by Electrolysis by Solid Polymer Electrolyte”,  
The 7th International Conference on Tritium Science and Technology, Sept. 12-17, 2004 Kongresshaus, Baden-Baden, Germany.
- 9 Sakuma Yoichi, Iida Takao, koganezawa Takayuki, Ogata Yoshimune, Aoyama Takahiko, Torikai Yuji, Ohta Masatoshi and Takami Michiko (Poster),  
“Development of a Low-Level Tritium Air Monitor”,  
The 7th International Conference on Tritium Science and Technology, Sept. 12-17, 2004 Kongresshaus, Baden-Baden, Germany.
- 10 Sugiyama Tkahiko, Asakura Yamato, Uda Tatsuhiko, Abe Yousuke., Shiozaki Taro, Enokida Youichi and Yamamoto Ichiro  
“Present status of hydrogen isotope separation by CECE process at NIFS”  
7th International Symposium on Fusion Nuclear Technology, May. 22-27, 2005, Tokyo, Japan
- 11 Kawano Takao  
“Water Vapor Decomposition Reaction A ZrNi Alloy”  
7th Seventh International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT 7 ) May 22-27, Tokyo, Japan

- 12 Tanaka Masahiro, Asakura Yamto, Uda Tasuhiko, Katahira Koji, N. Tsuji Naruhito and Iwahara Hiroyasu,  
“Hydrogen enrichment by means of electrochemical hydrogen pump using proton-conducting ceramics for a tritium stack monitor”,  
7th International Symposium on Fusion Nuclear Technology, May. 22-27, 2005, Tokyo, Japan
- 13 Uda Tasuhiko, Sugiyama Takahiko, Munakata Kenzo, Tanaka Masahiro and Momoshima Noriyuki,  
“Developments of gaseous water, hydrogen and methane sampling system for environmental tritium monitor”,  
7th International Symposium on Fusion Nuclear Technology, May. 22-27, 2005, Tokyo, Japan
- 14 Sakuma Yoichi,  
“<sup>3</sup>H and Microchip Reactor”,  
Workshop on Double Beta Decay and Isotope Science/Engineering, Nov. 22-23, Osaka Univ. Osaka, Japan.
- 15 Sakuma Yoichi and Ogata Yoshimune,  
“Low-Level Tritium Measurement Using Electrolysis Enrichment”,  
The 11<sup>th</sup> International ICIT Conference Progress in Cryogenics and Isotopes Separation, Oct. 12-14, 2005, Rm. Valcea, Romania.

## 国内学会

- 1 山西弘城  
「電子式積算線量計のトレンドデータを用いた放射線監視の可能性」  
日本保健物理学会、2004年4月、神戸大学
- 2 山西弘城  
「TLDを検出素子とした多層型中性子線量測定器の設計」  
日本原子力学会、2004年9月、京都大学
- 3 佐久間洋一, 山西弘城, 橋本光康, 佐藤博夫, 植木紘太郎, 石川雄三, 国枝悦夫, 古林徹, 義本孝明, 山崎敬三, 櫻井良憲  
「熱蛍光シートによる中性子線の二次元測定」,  
日本保健物理学会第39回研究発表会（講演要旨集：30p, A-12）, 2004年4月22～23日, 神戸大学深江地区（神戸市）
- 4 佐久間洋一, 小金澤孝之, 飯田孝夫, 緒方良至, 太田 雅壽, 高見実智己, 鳥養祐二,  
「大気中低レベルトリチウムモニターの開発2」,  
日本保健物理学会第39回研究発表会（講演要旨集：36p, A-18）, 2004年4月22～23日, 神戸大学深江地区（神戸市）.
- 5 佐久間洋一, 小金澤孝之, 飯田孝夫, 緒方良至, 青山隆彦, 鳥養祐二, 太田雅壽, 高見美智己, 鳥養祐二,  
「化学形弁別トリチウムモニター」,  
第41回理工学における同位元素・放射線研究発表会（要旨集：2a-II-6）, 2004年7月7～9日, 日本青年館（東京都）.
- 6 緒方良至, 佐久間洋一, 大谷暢夫, 小高正敬,  
「固体高分子電解質膜を用いた電気分解における水素同位体分離効果」,  
2004日本放射化学会年会・第48回放射化学討論会（要旨集：p73, 1P29）, 2004年11月26～29日, 東京大学山上会館（東京都）.

- 7 佐久間洋一, 飯田孝夫, 山西弘城, 緒方良至, 辻成人, 垣内正久, 佐竹洋, 鳥養祐二,  
「電解濃縮を用いた環境水中トリチウム濃度測定的时间効率化2」,  
2004日本放射化学会年会・第48回放射化学討論会(要旨集:p143, 3A05), 2004年11月26~29日, 東  
京大学山上会館(東京都).
- 8 佐久間洋一, 飯田孝夫, 山西弘城, 緒方良至, 辻成人, 垣内正久, 佐竹洋, 鳥養祐二,  
「環境水中トリチウム測定」,  
第三回放射線安全管理学会第3回学術大会(予稿集:p72, 3A03), 2004年12月1日~3日, 北海道大  
学学術交流会館(札幌市)
- 9 河野孝央  
「ZrN合金による水蒸気分解」  
プラズマ・核融合学会 2004年11月23日~26日 静岡コンベンションセンター
- 10 河野孝央  
「ZrN合金によるメタンおよび水蒸気の分解」  
日本放射線安全管理学会 2004年12月1日~3日 札幌 北海道大学
- 11 西村 清彦, 芦川 直子, 増崎 貴, 宮澤 順一, 相良 明男, 後藤 基志, Peterson, B. J., 小森  
彰夫, 野田 信明, 小淵 隆, 森田 繁, 久保 伸, 榊原 悟, 坂本 龍一, 佐藤 国憲, 下妻  
隆, 竹入 康彦, 田中 謙治, 大藪 修義, 本島 修, LHD実験グループ  
「LHD第7サイクル実験における壁コンディショニングとプラズマパラメータの進展」  
プラズマ・核融合学会第21回年会, 2004年11月23日~26日 静岡県コンベンションアーツセンター  
「グランシップ」
- 12 佐久間洋一  
「化学形弁別トリチウムモニターの提案」,  
研究会「放射線モニターとその応用」第19回研究会(予稿集:1),  
2005年2月1日~3日, 高エネルギー物理学研究機構(つくば市). 2005年2月1日~3日, 高エネルギー  
物理学研究機構(つくば市)
- 13 佐久間洋一, 太田雅壽  
「高感度排気モニターの提案」,  
第52回応用物理学関係連合講演会(講演予稿集:1a-III-01, 2005年3月29日~4月1日, 埼玉大学(さい  
たま市))
- 14 佐久間洋一, 山西弘城, 飯田孝夫, 緒方良至  
「環境トリチウム測定の簡素化3」,  
日本保健物理学会第39回研究発表会(講演要旨集:p143, B-29),  
2005年6月30日~7月1日, 六ヶ所文化村交流プラザ スワニー(青森県六ヶ所村)
- 15 佐久間洋一, 山西弘城, 緒方良至, 辻成人, 佐竹洋, 垣内正久, 飯田孝夫  
「環境水中トリチウム濃度測定的时间効率化および正確化2」,  
第42回アイソトープ・放射線研究発表会, 2005年7月6~8日, 日本青年館(東京都).
- 16 佐久間洋一, 山西弘城, 緒方良至, 辻成人, 鳥養祐二  
「環境水中トリチウム測定手法の簡素化2」,  
日本原子力学会2005年秋の大会(予稿集:D23), 2005年9月13日~15日, 八戸工業大学(八戸市).



- 17 佐久間洋一, 山西弘城, 飯田孝夫, 緒方良至, 辻成人, 垣内正久, 佐竹洋, 鳥養祐二  
「電解濃縮を用いた環境水中トリチウム濃度測定的时间効率化3」,  
2005日本放射化学会年会・第49回放射化学討論会(要旨集:p52, 1B05), 2005年9月27~28日, 金沢市観光会館(金沢市)
- 18 佐久間洋一, 飯田孝夫, 山西弘城, 緒方良至, 辻成人, 垣内正久, 佐竹洋, 鳥養祐二  
「環境水中トリチウム測定2」,  
第四回放射線安全管理学会第3回学術大会(予稿集:2a02-1), 2005年11月23日~25日, 京都大学(京都市).
- 19 山西弘城  
「TLDを検出素子とした多層型中性子線量測定器の設計(2)」  
日本原子力学会、2005年3月、東海大学
- 20 山西弘城、床次眞司  
「屋内ラドン規制に対する提言III - ラドン対策レベル導入に関する諸問題 -」日本保健物理学会、2005年6月、六ヶ所村
- 21 山西弘城  
「電子式積算線量計を環境モニタリングに適用した場合の測定誤差」  
日本保健物理学会、2005年6月、六ヶ所村
- 22 山西弘城  
「TLDを検出素子とした多層型中性子線量測定器の設計(3)」  
日本原子力学会、2005年9月、八戸工大
- 23 河野孝央  
「トリチウム棟の廃止措置について」  
日本放射線安全管理学会 2005年6月17日 東京工業大学大岡山キャンパス
- 24 河野孝央、坪井尚弘、辻井弘次  
「ガスクロマトグラフ法による空气中トリチウム濃度測定の見直し」  
日本保健物理学会 2005年6月30日、7月1日 青森 環境科学研究所
- 25 河野孝央、畔柳 誠、田部井 健  
「トリチウム棟廃止措置の経験から(1)」  
日本アイソトープ協会 2005年7月6日~8日 東京 日本青年館
- 26 河野孝央  
「自然放射能含有物質を圧縮成形して作った放射線源」  
日本放射線安全管理学会 2005年11月23日~25日 京都大学
- 27 宇田 達彦、杉山 貴彦、田中 将裕、百島 則幸  
「大気中トリチウム監視のための化学形態別水素捕集装置の自動化」  
Improvement of gaseous water, hydrogen and methane sampling system for environmental tritium monitoring  
日本放射線安全管理学会 第3回学術大会、2004年12月1-3日、北海道大学

28 宇田達彦、河野孝央、上村佳嗣、中吉久雄、大林治夫

「大型プラズマ実験施設における静磁場および変動電磁場環境の計測監視」

Measurement of static and variable electromagnetic fields in a large plasma fusion experimental facility

日本放射線安全管理学会 第4回学術大会、2005年11月23-25日、京都大学

29 朝倉大和、杉山貴彦、宇田達彦、田中将裕、片平幸司、岩原弘育

“LHD排出気体/液体処理系の開発研究(13)：プロトン導電性酸化物の還元劣化防止法の検討”日本原子力学会「2005年秋の大会」、B10(2005)

## 特許

1 【発明者】河野孝央

【発行国】日本国特許庁(JR) 【種別】特許

【番号】特許願2004-200018号 【特許出願】2004年7月7日

【発明の名称】微量水素分子及び水素同位体分子分離分析装置

2 【発明者】河野孝央

【発行国】日本国特許庁(JR) 【種別】特許

【番号】特許願2004-228352号 【特許出願】2004年8月4日

【発明の名称】気体分離濃縮装置

3 【発明者】佐久間洋一

【発明国】日本国特許庁(JP)、【種別】特許

【出願日】平成16年(2004)12月

【発明の名称】陽電子断層診断用医薬品製造時のトリチウム除去方法

4 【発明者】河野孝央

【発行国】日本国特許庁(JR) 【種別】特許

【番号】特願2005-293564号 【特許出願】2005年10月6日

【発明の名称】固体放射線源体

5 【発明者】朝倉大和、宇田達彦、田中将裕

【発行国】日本国特許庁(JP)、【種別】特許

【番号】特許第3731052号、【登録日】平成17年(2005)10月21日

【発明の名称】除湿装置の駆動方法及び除湿装置システム

6 【発明者】河野孝央

【発行国】日本国特許庁(JR) 【種別】特許

【番号】特願2005- 号(手続き中) 【特許出願】2005年 月 日

【発明の名称】放射線弁別測定器

## 核実験による放射線異常値検出時の対応について

## 1) 安全管理センター及び放射線管理室としての対応手順

## (1) 北朝鮮での核実験開始等の関連情報の入手



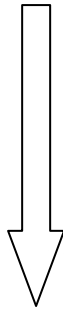
## (2) NIFS ホームページに公開されている RMSAFE 放射線量率データをチェック



## &lt;ケース 1&gt;

敷地境界モニターの線量率の変動が自然環境レベルの変動範囲の場合

- ① 事象発生の翌日にエアースAMPLING 試料について核実験起因の Cs-137 の核種分析を実施し、存在の有無を判定する。
- ② 検出時には、安管センターにおいて分析・検討を行い、地元向けの説明文を作成し、所長に提出する。



## &lt;ケース 2&gt;

自然レベルの変動を超えて警報レベル\*以上を示した場合

\*警報レベルは、敷地全体を代表する 3 台の敷地境界モニターが同時に 5 分以上継続して自然バックグラウンドレベルの 3 倍（線量率にして 300nSv/h）を超えた場合を目安に定める。

- ① 異常発生警報は、電子メールを介してセンター長と主任者に自動送信される。
- ② センター長は異常の事実を確認する。
- ③ 確認後、速やかに安管センターおよび放射線管理室員を召集し対策会議を開く。

同時に、警報レベル超えたことを所長（不在のときは②副所長、③総主幹）に報告\*する。

\*報告者はセンター長、不在の時は②主任者（教授）

\*夜間時には翌日の朝一番に召集および報告

- ④ 核実験起因の Cs-137 の核種分析を実施し存在を特定する。
- ⑤ その他の観測機関での情報を収集する。
- ⑥ 影響を総合的に分析・評価し、所内、地元向けの説明文を作成し所長に提出する。

## &lt;情報の公開について&gt;

- ・ 文科省、地元自治体とも調整の上、管理部にて判断し対応する。
- ・ 周辺住民などからの問合せには、放射線管理室が広報担当部署を通じて一貫性をもって対応する。

## &lt;職員への対応等&gt;

- ・ 影響の分析結果に基づき、安全管理センター長及び主任者が所長に対し技術的な助言を行う。
- ・ 所長は上記の助言に基づいて防護対策措置等についての指示を行う。

## 16年度共同研究

共同研究課題	研究代表	所属機関	世話人
<b>&lt;一般共同研究&gt;</b>			
1) LHDのDD燃焼にともなう炉内システムにおけるトリチウム挙動とそのトレーサビリティとの研究	田辺	名古屋大	宇田
2) 冷却配管材料とトリチウムとの相互作用とその化学的挙動に関する研究	大矢	東京大	河野
3) 圧カスイング吸着法水素同位体分離用高機能吸着剤の開発研究	古籾	九州大	杉山
4) 先進的トリチウム高性能酸化触媒の開発と物質移動速度の定量化	宗像	九州大	河野
5) トリクルベッド採用による水-水素交換反応装置の高性能化に関する研究	山本	名古屋大	杉山
6) 高レベル複合波源環境における電磁界測定の問題点と対策法	上村	宇都宮大	宇田
7) トリチウム除去用高分子膜除湿装置に関する研究	奥野	静岡大	朝倉
8) 核融合炉熔融塩ブランケットからの水素同位体回収のシステム設計研究	深田	九州大	杉山
9) 土岐地区における環境放射線の測定	プラズマ研究会	土岐市 教育委員会	朝倉
10) 環境トリチウム測定法	佐久間	NIFS	山西
11) 大型プラズマ実験の放射線管理システム	宇田	NIFS	山西
<b>&lt;相互交流型共同研究&gt;</b>			
多孔質バニールガラス管及びセラミックス管を用いたT化合物の分離システム	太田	新潟大	佐久間
<b>&lt;LHD計画共同研究&gt;</b>			
DD実験におけるトリチウム挙動	田辺	名古屋大	宇田
トリチウム生物影響評価	一政	茨城大	宇田
環境トリチウム測定	百島	熊本大	宇田
<b>&lt;双方向型共同研究&gt;</b>			
液体重水素ターゲットの圧縮と高速点火ならびに関連研究	(大阪大)		協力者 (宇田, 朝倉)
<b>&lt;民間との共研&gt;</b>			
放射能モニタリング方式	日本空調		宇田
プロトン導電セル	TYK		朝倉

17年度共同研究

研究課題	研究代表	所属機関	世話人
<b>&lt;炉工学分野研究&gt;</b>			
1) 核融合炉熔融塩ブランケットからの水素同位体回収のシステム設計研究	深田	九大	杉山 →宇田
2) 冷却配管材料とトリチウムとの相互作用とその化学的挙動に関する研究	大矢	東大	朝倉
3) 圧力スイング吸着法水素同位体分離用高機能吸着剤の開発	古藤	九大	杉山 →朝倉
4) トリカルハット <sup>®</sup> の採用による水-水素化学交換反応装置の高性能化	山本	名大	杉山 →朝倉
5) 化学交換法による同位体分離用触媒の高性能化に関する研究	宗像	九大	杉山 →朝倉
<b>&lt;安全管理に関する共同研究&gt;</b>			
1) 大型プラズマ実験における放射線管理システム	宇田	NIFS	山西
2) 環境トリチウム測定	佐久間	NIFS	佐久間
3) 放射化ダストの事故時における飛散挙動解析	井尻	九大	河野
4) 大気中トリチウム測定用比例計数管の開発	緒方	名大	佐久間
5) トリチウム除去用高分子膜除湿装置に関する研究	奥野	静大	朝倉
6) 土岐地区における環境放射線の測定	プラズマ研究会	土岐市 教育委員会	朝倉
7) 高レベル複合波源環境における電磁界測定の問題点と対策法	上村	宇都宮大	河野
<b>&lt;相互交流型共同研究&gt;</b>			
1) イメージングプレートを用いたトリチウムの定量及び二次元分布状況観察	太田	新潟大	佐久間
<b>&lt;研究会&gt;</b>			
1) 大型核融合装置のプラズマ対向壁とPWI	大野	名大	西村
2) LHDでのD-D実験に伴うトリチウムの動的挙動及び安全管理	松山	富山大	宇田
<b>&lt;LHD計画共同研究&gt;</b>			
内部輸送障壁形成と高速イオン閉込	笹尾	東北大	西村
ボロン・タイテニウムのプラズマ対向材	日野	北海道大	西村
DD実験におけるトリチウム挙動	田辺	九州大	宇田
トリチウム生物影響評価	一政	茨城大	宇田
環境トリチウム測定	百島	熊本大	宇田
<b>&lt;双方向型共同研究&gt;</b>			
高速点火実験用クライオターゲットの開発	(大阪大)	(宇田、朝倉、河野)	
<b>&lt;民間との共研&gt;</b>			
プロトン導電性セル	TYK		朝倉
トリチウムモニター	アロカ		河野

安全衛生推進部室員の内訳

安全衛生推進部	部長	研究系(総主幹)				
		安管セ	研究系	センター系	技術部	管理部
環境安全管理室	室長				1	
	室員		5	1	2	
健康管理室	室長					1
	室員					1
防火・防災管理室	室長					1
	室員	1	1		1	4
放射線管理室	室長	1				
	室員	5	7		1	
電気設備・作業管理室	室長					1
	室員	1	6	1	5	1
機械設備管理室	室長					1
	室員		3		5	1
高圧ガス管理室	室長		1			
	室員	1	13		5	1
危険物質管理室	室長				1	
	室員	1	5	1	5	2
新規実験安全審査室	室長	1				
	室員		4	1	1	
安全ハンドブック作成室	室長	1				
	室員	2	2		5	3