

自然科学研究機構 核融合科学研究所  
平成 28 年度外部評価報告書  
NIFS Peer Review Reports in FY2016

2017 年 3 月

March, 2017



核融合科学研究所 運営会議外部評価委員会  
NIFS Administrative Council External Peer Review Committee

# 目 次

第1章	これまでの経緯	1
第2章	項目別の評価	4
	[1] 国内共同研究	4
	[2] 国際共同研究	24
第3章	評価のまとめと提言	34
	[1] 評価のまとめ	34
	[2] 提言	40
第4章	おわりに	42

## 資料編

- 1 平成28年度 共同研究報告書

## 参考資料

- 1 平成28年度 外部評価「共同研究」の評価結果一覧
- 2 平成28年度 核融合科学研究所運営会議外部評価委員会及び専門部会  
構成名簿
- 3 核融合科学研究所運営会議外部評価委員会規則
- 4 平成28年度 核融合科学研究所運営会議外部評価委員会日程



## 第1章 これまでの経緯

核融合科学研究所（以下、「核融合研」とする。）は、大学共同利用機関として大学における核融合研究を推進するため、大型ヘリカル装置（Large Helical Device、以下、「LHD」とする。）を主装置として平成元年に設立された。核融合コミュニティの総意と期待を背負って計画された LHD は、我が国独自のアイデアであるヘリオトロン型磁場を超伝導で発生することを特長とし、高出力の加熱によりヘリカル方式による高性能プラズマを生成させるとともに、環状型磁場閉じ込め核融合炉の実現を見据えた物理的・工学的課題を解明することを目指して実験研究を進めている。一方、これと並行して、本質的に複雑性を持つ核融合プラズマの解析には、大規模シミュレーションを用いた理論的研究が必須である。そのため、核融合研では専用のスーパーコンピュータを導入し、これを全国の核融合理論研究者に対して共同利用を通じて提供することで、先導的な研究を進めてきた。そして、平成22年度からは、プラズマ・核融合研究分野での COE（Center Of Excellence、以下、「COE」とする。）としての求心力を一層強化するため、LHD、理論シミュレーション、核融合工学の3分野で研究プロジェクトを構成し、核融合炉実現に向けてこれらの成果を統合していく研究計画をスタートさせた。研究所内の研究組織を改編し、全研究教育職員を一つの研究部にまとめた上で、研究プロジェクトへ自由に参画する体制とすることで、LHD・理論シミュレーション・核融合工学の3つのプロジェクト間の連携がこれまで以上に容易となり、新しい課題に対して臨機応変に対応できるようになっている。

この間において、国内学術研究体制の変化があり、核融合研は、平成16年度より大学共同利用機関法人自然科学研究機構（以下、「機構」とする。）の一機関として全国共同利用・共同研究をより一層推進することになった。法人化にあたっては、6年間の中期目標・中期計画を掲げ、その進捗状況について毎年評価を受けるという制度が導入された。この毎年度の評価は主として管理運営面のものであるが、核融合研においては研究成果についても外部の有識者による評価を受けることが重要と判断し、核融合研の運営会議の下に外部評価委員会を組織して研究面の評価を毎年度実施している。評価項目は運営会議で決定し、評価は運営会議所外委員及び評価項目に対応した専門家で構成された外部評価委員会で行っている。外部評価委員会は評価結果を運営会議に報告し、核融合研は、その結果を Web ページ等で公開するとともに、次年度以降の研究活動の改善に役立てている。

外部評価委員会の評価項目は運営会議で審議・決定され、年度毎に異なる。直近では、平成25年度に核融合工学研究プロジェクト、平成26年度に LHD での重水素実験実施計画、平成27年度に数値実験炉研究プロジェクトの外部評価を実施した。そして、本年度においては「共同研究」を対象として、外部評価を実施することとした。そこで、外部評価委員として運営会議の所外委員10名と外国人委員3名、さらに所外の国内専門委員3名を加えて外部評価委員会を構成し、評価を行った。

まず、平成28年10月12日に開催した第1回外部評価委員会及び専門部会において、本年度の外部評価の進め方について協議し、評価の観点及び具体的な評価項目を決定した。その内容を章末に示す。平成28年12月10日に開催した第2回外部評価委員会及び専門部会では、核融合研の担当者から、この評価の観点及び評価項目を踏まえたビューグラフや活動報告書などの資料（資料編参照）を用いて詳しい説明を受け、質疑応答を行った。その後、平成29年2月1日に第3回外部評価委員会及び専門部会を開催し、研究所との更なる質疑応答も含め、外部評価委員会及び専門部会で定めた評価の観点と項目に沿った評価作業とその取りまとめを行った。その結果、評価結果の基本的な結論に関しては大筋合意が得られたため、その後はメールによる持ち回り審議により、最終報告書を取りまとめた。本年度の外部評価委員会及び専門部会の日程を参考資料4に示す。

本年度の評価項目である「共同研究」の評価の観点は、機構の定める中期計画において、核融合研が推進する「共同研究」の評価に必要な不可欠なものから成っており、達成度評価及び研究水準の評価を基本とする。

なお、平成22年度に実施された「国内共同利用・共同研究」及び「国際共同研究」での「提言」に基づき、次の点も今回の評価の参考とする。

1. 双方向型共同研究の工学課題への拡張を一層推進しているか。
2. ヘリカル型核融合炉を見据えて、大学を牽引した学術的な共同研究を展開しているか。
3. 数値実験炉に関するプロジェクト及び計測器の共同利用に供する制度について、拡充を進めているか。
4. これまでの日韓、日中、IEA協力における研究が国内外の状況に応じて内容を見直してきたか。

本年度実施した「共同研究」の評価項目は、以下のとおりである。

(国内共同研究)

1. 共同研究の公募内容は、研究の進展と関連分野の動向を踏まえたものになっているか。
2. 共同研究課題の審査において、核融合コミュニティと連携し意見を反映する仕組みが構築されているか。
3. 成果に対する評価を行うとともに成果の集約及び共同研究者間の共有がなされているか。
4. 設備の拡充など研究環境の整備を進め、産学共同も含めた共同研究・共同利用に供しているか。
5. 大学の機能強化、研究力強化に貢献しているか。

6. 人材育成に貢献しているか。
7. 異分野連携を含む、幅広いプラズマ・核融合分野の学術研究を推進しているか。

(国際共同研究)

8. 海外研究機関との共同研究基盤・体制を整えているか。
9. ITER 計画/BA 活動との連携を進めているか。また、ITPA などボランティアな貢献をしているか。
10. 実施機関として進めている国際共同研究において、その役割を十分果たしているか。また、その内容が適宜見直されているか。
11. 国際共同研究を通して、国内外の人材の育成に貢献しているか。

## 第2章 項目別の評価

本章では共同研究の活動実績について、第1章で掲げられた具体的な評価項目に従って、各委員から示された評価を集約して記述する。括弧内の数字は意見の内容がほぼ同じであった委員の人数である。外国人からの意見については原文のまま英文で記してある。

### [1] 国内共同研究

#### Domestic Collaborative Research

##### 1. 共同研究の公募内容は、研究の進展と関連分野の動向を踏まえたものになっているか。

**Do the recruitment contents for collaborative research reflect trends in research developments and in the respective fields?**

- 公募要項では、一般共同研究、LHD 計画共同研究、双方向型共同研究の3種類の枠組みを利用し、各共同研究の枠組みの中で適切にカテゴライズされ、研究カテゴリーを応募者が指定して応募する形式となっており、幅広い要請に応えることのできる公募となっている。また、そのカテゴリーは核融合研の研究体制に応じた修正を行っており、核融合研究の動向や進展に応じた見直し・修正が毎年行われている。基礎分野や環境安全など関連分野からも応募しやすい形式を整えており、高く評価できる。(10名)
- LHD 計画共同研究は、核融合科学及び炉工学分野における大学研究室レベルの研究を重点的に支援しており、必ずしもすぐに核融合研での研究に直結しなくても、大学等で育まれる萌芽的研究など関連分野の発展に高く寄与する研究を支援していることから、長期的に見て LHD 計画の推進に大きく貢献している。このように、核融合研が主体となって課題を設定し、コミュニティに要請する共同研究が、LHD 計画共同研究に設置されていることは高く評価できる。(3名)
- 双方向型共同研究では、各研究所・センターにおける核融合関連研究施設を利用する共同研究を支援し、重点課題を決めて該当する主要研究課題に対して予算を傾斜配分するなどして、大学センターの施設拡充が戦略的に進められ、広くプラズマ・核融合研究を支援する体制が構築できており、高く評価できる。(4名)
- 一般共同研究においては、核融合研のプロジェクトに対応した研究所推進型の研究テーマと研究者個人の発想に基づく研究テーマが幅広く推進されていることを高く評価する。特に大学間の共同研究を支援する「ネットワーク型共同研究」や各大学での計測器の利用を可能にする「計測機器等共同利用制度」は大学における研究推進に大きく貢献しており、非常に高く評価できる。(1名)
- 特に、相互交流型のネットワーク型への発展や核融合研の研究者が共同研究先に出張

できるようにしたことなどは、共同研究を機動的に進めることにつながっている。(1名)

- 固有の施設を主軸にした LHD 計画共同研究、重点化した連携組織での共同研究(双方向型)、より一般的な共同研究を核融合ネットワークとそれぞれの研究委員会での議論を通して吟味されており、コミュニティの意見も反映された妥当なものとして評価する。(1名)
- 公募文案は、核融合研担当者が原案を作成し、それを外部委員が含まれる透明性に配慮した共同研究員会で審議し、運営会議で決定するプロセスをとっており、研究の進展や関連分野の動向をより幅広い視点で組み込み得る手順となっている。(1名)
- 予算規模が比較的大きい LHD 計画共同研究、双方向型共同研究においては、核融合研の将来計画、大学における核融合研究の進め方をベースに、公募内容について更なる精査を行うことが期待される。(1名)
- 特に、大学から核融合研への一方通行であった共同研究が、最近では核融合研の研究者が大学に出向くことも積極的に推奨しており、さらにネットワーク型共同研究を試行的に立ち上げ、大学間の交流が可能となっており、これらは大学の研究力強化に対して非常に大きな貢献をしている。(1名)
- 今後は、分野間連携や異分野連携による新たな学術領域の創成などが求められるので、多種多様な学術分野の交流の場である大学の役割が大変重要となる。そのためには、核融合研から大学への人的貢献だけではなく、大学での研究へのハード・ソフト面からの支援・貢献を期待する。(1名)
- 「関連分野の動向を踏まえる」ことを明確に、かつ戦略的に公募文書に表しているかという点必ずしもそうとは言えないが、むしろ研究であるので自由な発想に基づいたものが採用されるのであり、公募の説明に大きな研究内容上の制約がなされていないことが評価される。(1名)
- 核融合研としての各年度における研究推進理念・目標などは端的に記載されており、公募の説明文としては研究の方向付けを行う上で十分な内容となっている。(1名)
- 双方向型共同研究、LHD 計画共同研究、一般共同研究の間の予算配分の変更や、一般共同研究の中での重点配分など、もう少し柔軟な議論があっても良かったかと思う。(1名)
- 提供された資料だけでは、双方向型の重点課題の選択方法や、傾斜配分の妥当性を評価することができない。(1名)
- 核融合研は機構内の他の研究所との連携を積極的に図っているため、機構と大学との橋渡し役としての共同研究の幅広い展開なども考えられるのではないかと。(1名)
- 核融合研究開発のためには社会の理解と支援が不可欠であり、核融合研でも地元との継続的な環境放射線計測や陶器の高周波利用などの共同研究、さらに地元住民に対するアウトリーチ活動を積極的に行っているが、それらを継続・発展させるとともに、



このような活動を核融合コミュニティ全体として活性化させるような共同研究の活用方法もあるのではないか。(1名)

- ここで問題となるのは、所外委員の選出方法の透明性・適正さ、全体での議論の際の議論の深さ、議論の視点がどのように設定されている(設定される)のか、であろう。最初の項目については、コミュニティの代表としての委員の選出方法が公開されていても良いように思われる。また、後二者については、形式的な「多段階」では意味がなく、実質的な多段階議論がなされなければならないことは明白である。(1名)
- 広くコミュニティの意見を反映するために定期的(3年毎程度)にアンケート調査を行うことも有効であろう。(1名)
- 平成23年度からのカテゴリー変更に関して、ネットワーク型共同研究の効果がよく示されており高く評価できるが、他のカテゴリーについても必要な分析評価を行い、将来に反映することが重要と考える。(1名)
- 関連分野をどこまで広げるかにもよるが、その動向まで踏まえた公募内容になっているかどうかの判断は難しい。第3期でもこの視点が重視されるなら、「関連分野の動向の踏まえ方」の検討が必要ではないか。(1名)
- Yes, contents for collaborative research Do reflect trends in fusion and plasma science research developments.
- The domestic collaboration is distinguished into three different (hierarchical) frameworks:
  - (1) small scale collaboration
  - (2) LHD project collaboration
  - (3) bilateral collaboration

Each framework has its specific importance for the collaboration concept of NIFS: (1) organizes smaller, mostly fusion-relevant collaboration projects with various universities where specific expertise is available, (2) are collaborative research projects on the NIFS fusion facility LHD, (3) are strategic partnerships with universities that operate fusion or fusion-relevant mid-size facilities. If compared to the previous review in 2010, the collaboration has now a better defined structure. It is also appreciated that each framework has its own steering committee to make sure that only timely and relevant topics are supported. It is clearly in the hands of the steering committees (consisting of NIFS staff and representatives of the Japanese fusion research community) to guarantee for quality and importance of the collaboration subjects. As it looks this role is successfully played and a valuable contribution to NIFS research is made via various joint projects.

- NIFS manages domestic collaboration research through three frameworks pertaining to general, LHD project, and bilateral collaborations. All three

frameworks rely on panels of scientists consisting of NIFS staff and researchers from the fusion community to assure that recruitment contents reflect trends in research developments in the respective fields. Scientists from universities chair the panels. The efficacy of this system is illustrated by the effort to promote boundary plasma science at Tsukuba University, leading to the achievement of 23MW/m<sup>2</sup> heat flux and the realization of divertor detachment.

以上、評価項目「共同研究の公募内容は、研究の進展と関連分野の動向を踏まえたものになっているか」に対して、極めて高く評価するが6名、高く評価するが8名、評価するが2名であった。

## 2. 共同研究課題の審査において、核融合コミュニティと連携し意見を反映する仕組みが構築されているか。

**Regarding the screening of collaborative research topics, has a mechanism for reflecting the opinions of the fusion community been constructed?**

- 共同研究課題の審査は、その共同研究毎に委員会を設け、審査員を核融合研の研究者だけでなく、核融合ネットワークを利用し、全国の研究者にも協力を求め、その委員長に所外委員を充てるなど、核融合コミュニティの幅広い研究者が多数加わり、それらの意見が反映できる仕組みが構築された極めて透明性の高いものとなっている。また、採択プロセスについても公募案内の中に明示・公開されており、各コミュニティからの代表者が選考過程に参加できる体制が整っており、極めて高く評価できる。(12名)
- 核融合研の共同研究の審査は、伝統的にコミュニティの仕事だという認識が形成されているため、多くの研究者が労を惜しまず協力している。審査の際に行われる議論から共同研究に対する多くの共通意識が形成され、それが共同研究を実施する各研究者にも浸透している。(1名)
- 双方向型共同研究、LHD 計画共同研究、一般共同研究ともに、外部委員を入れた透明性のある審査体制をとっている。特に、LHD 計画共同研究では、核融合ネットワーク委員の参加の下、審査をしており、核融合コミュニティとの連携に配慮が見られる。(1名)
- LHD 計画共同研究及び双方向型共同研究は2段階の審査が行われており、受け入れに対して実施機関側の意見を反映できる体制が整備されている点も、実施する際の無用なトラブルを未然に防ぐ意味で重要である。現状の審査体制は十分に機能していると考ええる。(1名)
- 双方向型共同研究では、プラズマ核融合学会のインフォーマルミーティングや、各セ

ンターで開催されているシンポジウム、研究会等を通じてコミュニティと適切に意見交換が行われている。(1名)

- 一般共同研究においては予算規模に比較して採択件数が多く、審査に関わる作業負荷がかなり大きくなっていることには留意する必要があるのではないか。一方で一般共同利用件数の推移を見ると、平成28年度の件数増加が過去6年間に比較して顕著な増加を示していることは、今後への指針となる要素があるかどうか興味深いのではないか。(1名)
- 今回の評価対象外かもしれないが、核融合研の組織の大きさが審査プロセスを複雑化していないだろうか。特に、共同研究課題の採択に対して、運営会議の承認が必要なのかどうか。共同研究課題の審査・採択プロセスを信頼して、運営会議に対しては事後報告にすることも考えられないだろうか。(1名)
- 外部委員の選定方法、現委員の活動領域など、公平性を担保する具体的な仕組みを報告いただけたらもっと良かったと思う。(1名)
- 今後は幅広い学術発信や異分野連携、更には産業界との連携強化が求められるので、機構内の他の研究分野からの委員を加えたり、産業界の意見を聞く機会などを積極的に設けるのが良いのではないか。(1名)
- 客観的な審査を適切な労力により行うためには、ある程度審査員数を制限する必要があるので、現在以上の審査員数とするのは適切ではない反面、十分な意見を聴取しているかと言えば、コミュニティの一部の意見しか聞いていないと指摘を受ける部分もあると考えられる。(1名)
- 試みとして、Webベースで採択課題に対する一般共同研究者からの意見を受け入れられる形を構築すれば、一般からの意見吸い上げに役立つかも知れない。(1名)
- Yes, management mechanism for this research is well organized for its goal.
- The steering committees of the three frameworks (already mentioned under 1.) are in charge to screen the research topics proposed for a collaboration project. Proposals are documented using the 2013 established electronic platform Nicollas, which is essentially an application form. Based on the available data, the project is assessed and either accepted or declined. This seems to be a reasonable and functioning mechanism. NIFS may consider agreeing with each collaboration partner concrete deliverables, if that's not already the case.
- The review panels for the three collaboration frameworks are the primary vehicles for reflecting the opinions of the fusion community. This is an effective mechanism but it appears to be a costly one, making significant time-demands on a large number of scientists to manage many small grants in addition to the few large ones.

以上、評価項目「共同研究課題の審査において、核融合コミュニティと連携し意見を反

映する仕組みが構築されているか」に対して、極めて高く評価するが8名、高く評価するが8名であった。

3. 成果に対する評価を行うとともに成果の集約及び共同研究者間の共有がなされているか。

**Together with engaging in the evaluation of research results, are summarizing the results and then sharing them among the collaborating researchers occurring?**

- 全国の研究者が Web で応募し、審査ができる共同研究データベースシステム（以下、「Nicollas」とする。）の導入により、多数の応募書類の審査が滞りなく進められる環境整備が行われ、システム上での共同研究関連情報の統一的な管理、そして過去の共同研究報告書の提出の有無に基づいた審査が実現されており、共同研究成果の集約共同研究者間での共有するベースが適切に構築されていることは、高く評価できる。また、研究成果論文等の論文情報システム（以下、「NAIS」とする。）が整備されていること、論文投稿のサポートがされていることを含めて、高く評価できる。（8名）
- 全てのカテゴリーの共同研究について研究成果報告書が取りまとめられ、共同研究者に配布されており、その意味では成果の共有はなされている。特に Annual Report は全ての共同研究課題の報告書を掲載しており、これだけで十分読み応えのある内容になっている。また、成果の集約についても NAIS によるデータベース化がなされており高く評価できる。（5名）
- 報告書未提出者に対しては継続審査を認めないなど、成果報告書の実績が、次年度申請の際に参照されることは高く評価できる。（2名）
- 核融合研が開催する成果報告会や双方向型共同研究における、各センターで開催されるシンポジウム、研究会において意見交換が積極的に行われ、他の課題も含めた共同研究者間の知見の交流も期待できる。（1名）
- 核融合分野人材育成に関するアンケート調査（68 研究グループと核融合研（総数 365 名））（第5回核融合科学技術委員会資料）によると、平成 27 年度の在籍者修士 434 名、博士 101 名である。また平成 18～26 年の修士修了者数は 1,511 名で、平均 168 人/年である。修士取得のうち、LHD 計画共同研究により取得した学生の割合が 26%、双方向型共同研究で 30%、博士に関しては、 $101 \times 6/5 = 120$  名のうち、LHD 計画共同研究により学位を取得した学生の割合が 27%、双方向型共同研究で 33%であり、重複はあると思われるが、両共同研究で関連分野の 60%近い数の修士・博士を輩出していることは驚愕に値する。十分に関連分野の人材育成に貢献している。（1名）
- NAIS 上で、研究成果（論文）と研究課題との関係が明らかでないなど、成果の集約については、運用・システムともに改善が必要である。（1名）
- NAIS に関しては、まだ大学の研究者には馴染みが薄く、その利便性が浸透していない

ので、更なる努力が求められよう。(1名)

- 全ての研究が狙い通りの成果を出すとは限らず、所謂「成果」(成功した成果)のみを評価することは避けるべきであろう。当初目的に従った「努力」の過程、望み通りの成果が得られなかった場合の状況分析、あるいはその「失敗」から新たに見つかった視点などにも留意した評価がなされるべきであろう。(1名)
- 3つのカテゴリーの共同研究に対して運営・制度の説明で終わってしまっていることを残念に感じた。本来それぞれの共同研究には目的・目標があり、それに対応できる制度設計となっていることを説明すべきである。一般共同研究は、今まさに全国的に議論され始めている厚層化に資する共同研究として核融合研が最も力を入れている共同研究である。LHD 計画共同研究は、核融合研の中核装置である LHD を大学の立場からどのように支え、また核融合研の立場からどのような英知を必要としているのかを議論し、実施する共同研究として位置付けられている。双方向型共同研究は、広く核融合科学 (Fusion Science) を工学実証も含めて核融合研と大学が一体となって推進する共同研究であり、各拠点には目的と目標が核融合研の双方向型共同研究委員会より提示されている。このような各共同研究の目的を勘案すると、必然的に一般共同研究では、厚層化にどの程度寄与したのか、LHD 計画共同研究では、LHD の主計画 (重水素実験) の中で、LHD 計画共同研究がどのように貢献したのか、双方向型共同研究では、各拠点の目標・目的をどの程度達成したのか、双方向型共同研究委員会で提示された目標は的を射たものであったか等が評価されるべきである。今回示された論文数や学生の数は、一般共同研究に対して行うべき評価項目であるが、一般共同研究の資料は示されていない。一方、LHD 計画共同研究、双方向型、論文数や学生の数は、必要最小限の資料ではあるが、前述の観点の資料は見当たらない。(1名)
- 共同研究を行った際には報告書及び発表・論文リストの提出が義務付けられており、成果に対する評価は実施されている。一方、費用対効果に関しては、第2期中期計画期間中で LHD 計画共同研究が 662 論文/ (107M JPY×6 年) に対して、双方向型共同研究が、~700 論文/ (526M JPY×6 年) と差がある。これは今後改善していく必要があるだろう。修士課程数は LHD 計画共同研究 268 人×2 年/ (107M JPY×6 年) に対して双方向型共同研究 302 人×2 年/ (526M JPY×6 年) で、119 万円/1 人年、522 万円/1 人年といずれの場合も国立大学の学部・大学院学生の平均値 1,000 万円/1 人年よりも低額となっている。理系大学院生の大型装置を使用した研究でこの数値は特筆すべきと考える。一方、LHD 計画共同研究は、文系も含めた平均値の 1/10 程度と驚愕の数値ではあるが、おそらく学生は LHD 計画共同研究の関連する研究だけでなく、それ以外の研究も行っている場合も含まれていると考えられる。博士に関しては、LHD 計画共同研究 31 人×5 年/ (107M JPY×6 年) =414 万円/1 人年、40 人×5 年/ (526M JPY×6 年) =1,580 万円/1 人年となり、双方向型共同研究に関しては国立大学の学部・大学院生の平均値よりも上回っているが理系大学院博士でいる点からこの程度になることはやむ

- を得ないとも言える。(1名)
- 双方向型共同研究、LHD 計画共同研究、一般共同研究は別の日に成果報告がなされており、核融合研の共同研究の成果の全貌を知ることは難しい。(1名)
  - データベースの整備・拡充は重要であるが、現状では、実質的な成果共有、特に顕著な成果の存在が広く知られるまでには至っていないのではないかと。(1名)
  - 今後、核融合研の Web ページで、共同研究の成果を積極的に広報することも検討されて良い。例えば、学振の科研費の Web ページでは、成果が広報されている。また、双方向型共同研究の成果も、各研究所・センターによる発信に加えて、核融合研自身による広報も望まれる。(1名)
  - 共同研究課題の審査において、核融合コミュニティと連携し意見を反映する仕組みが構築されていることの反動でもあるが、評価に際しては評価者と被評価者の距離が近く、かつお互いに顔が見えてしまう場合が多く、少なくともコミュニティ外から見ると客観性に欠ける評価という批判を受ける恐れがある。的確な評価を行う仕組みの構築は今後の課題であろう。核融合コミュニティとも協力して、仕組みを考える必要がある。(1名)
  - この様なシステムの利用、特にデータベース利用は、大学へも公開されているのだろうか。されていないのであれば、是非検討願いたい。(1名)
  - CD や冊子体のみならず、過去数年の全員の報告書が、例えば Nicollas などパスワード保護されたウェブサイトから閲覧でき、かつ検索機能なども使用できれば、より情報価値が高まるであろう。(1名)
  - 現状では、共同研究者本人の入力が要求されているようだが、外部データベースからの自動入力で、共同研究者には確認あるいは、不足分の補足を依頼するようになれば良い。分野の研究業績データシステムとして外部組織からの活用が拡大されると良いと思う。(1名)
  - 「共有」の部分については研究者、成果報告書まとめ部署が各研究成果のハイライトを編集することにより Annual Report の意義と価値も向上しようが、新たな業務が発生することになるので、費用対効果を考える必要があろう。例えば5年に一度、各研究部門における重要な成果を報告するような制度を考えるのは意義があるかも知れない。(1名)
  - Yes, a web based modern data sharing system is acting and performed nicely.
  - As apparent from the good publication record of the NIFS team, research results are made available via the established scientific journals, conference papers and workshops. I do not see any deficit here.
  - Sharing of the research results is facilitated by a web-based online information system, the “NIFS Article Information System” (NAIS). This system, operated by the Research Strategy Office, collects and organizes information regarding

published papers, books and conference presentations. In addition to this system, research results are shared through publication in international scientific journals. In 2010-2015, 662 papers were published based on the LHD project collaboration. In the same period, however, web of Science lists 1,442 papers published with a NIFS co-author. The average citation per paper for these publications is an impressive 4.64: this shows that research results are being communicated effectively.

以上、評価項目「成果に対する評価を行うとともに成果の集約及び共同研究者間の共有がなされているか」に対して、極めて高く評価するが3名、高く評価するが12名、妥当（適切）であるが1名であった。

#### 4. 設備の拡充など研究環境の整備を進め、産学共同も含めた共同研究・共同利用に供しているか。

**Is improvement of the research environment improving through the expansion of equipment advancing, and is it also contributing to collaborative research and collaborative use including industry-university collaboration?**

- 炉工学分野では評価試験装置の整備が行われ、LHD内への照射装置設置など共同研究用の整備が進められている点、大規模並列型計算サーバー「プラズマシミュレータ」は、演算性能が8倍以上向上し、プラズマ・核融合分野のより大規模なシミュレーション共同研究に利用されていることは高く評価できる。また、新たな施設の整備や計測器等の外部利用など、コミュニティの意見も反映しつつ整備されており、大学のみならず民間との共同研究も進められていることは高い評価に値する。（11名）
- 数年前に立ち上げた「計測機器の共同利用」（高速カメラやデータロガーのプラズマ診断ツール等）の貸し出し制度も定着しており、供用される機器が年を追って拡充されていることも高く評価できる。（5名）
- 稼働日数があまり多くない装置がある。共同利用・共同研究に使われたマシンタイムそのものも重要ではあるが、当該装置の実働時間（あるいは稼働可能時間）に対する割合も重要な指標ではないか。産学連携の可能性も含めてもう少し稼働率を上げる工夫が欲しいところである。（3名）
- 費用対効果という意味では大型装置の設備費は巨額であり、学生数や論文数で割ると大変な数値になってしまうが、設備という意味ではこれほどの設備を研究に供しているということが関連分野にとっての大変素晴らしい研究・教育環境である。（1名）
- 核融合研は大学共同利用機関である。一般の大学がLHDを建設・運転することは全く不可能であり、LHDを整備してその研究に一般の大学研究者を参加させることこそが核

融合研の存在意義であり、共同研究・共同利用システムこそが日本の学術の高度化を経済的に実現させていると言える。(1名)

- 産学共同については、核融合研究の特殊性と先進性を熟知し、企業との橋渡しができる人材の育成と仕組みが必要である。(1名)
- LHD やプラズマシミュレータが核融合コミュニティに大いに利用されていることは、比較的理解されているが、炉工関連のハードに関しては、まだその有用性や活用の成果が弱いと感じる。(1名)
- 産学連携の観点からは他の研究分野と比べて見劣りがする。極限環境下での材料の詳細計測等、民間との共同研究に供することのできる知見は多くあるように思う。核融合研の研究者の意識を変えるか、産学連携を推進するための何らかの制度設計を行う必要があるだろう。(1名)
- ここで「産学共同」と言う部分には若干の注意が必要であろう。確かに核融合研の所員の発明が産業界に利用可能であれば積極的に展開すれば良いが、このことが本当に研究成果の適切な評価に繋がるかと言われれば甚だ疑問である。核融合研が産業界に貢献しようと様々な活動を繰り広げていることは評価する一方、その方向での所員の負担が、本来業務である日本全体の核融合学の進歩を目指した共同研究拠点形成という基本ミッション達成のための時間削減に繋がるとすれば、それは本末転倒と言わざるを得ない。この辺りをチェックする機能が必要となって来ているかも知れない。(1名)
- どの程度の子算規模で実施されているのか。施設の整備、機器の故障対応など、経費も含めて聞かせていただくと注力度が分かりやすかったのではないかと思う。(1名)
- 平成24年度補正予算で設備の新設・増強がなされ、研究環境の整備が進んだ。これらの施設は全て、産学共同も含めた共同研究・共同利用に供している。これらの施設の共同利用実績については、集束イオンビーム/電子ビーム加工観察装置を除いて、延べ60日以下に留まっており、そもそもその施設のニーズが少ないのか、大学等にその存在が熟知されていないのか、原因を分析して、より効果的な活用や施設整備に努めることが望ましい。(1名)
- プラズマシミュレータの規模拡大に伴い、利用される CPU 時間は大幅に増大しているが、利用者数に大きな変化はない。今後シミュレーション利用分野の拡大を図るため、利用者の増加に努めることも望まれる。(1名)
- 共同利用機器整備の予算増額など、今後更に核融合研での共同研究の進展に資する環境整備を進めて欲しい。(1名)
- 産学共同の観点からは、産業界からの積極的な共同研究への参画や共同研究のアウトプットの有効活用という点で、何らかの枠組みの構築を含む工夫が必要と思われる。(1名)
- 今後は大学での炉工学研究の発展に供するとともに、ITER への寄与、工学基準・規格



などへの貢献、更には産業界からの利用などをもっと積極的に推進すべきである。(1名)

- 一般に高度な実験装置や分析装置の操作には専門知識と経験が必要であり、共同研究者・利用者の誰もが容易に扱えるものではない。核融合研に利用に来る研究者の大部分は、その所属機関において当該装置にアクセスできないからこそわざわざ来訪するのであり、共同研究者・利用者側に専門知識と経験を求めることには無理がある。すなわち、これら装置群を有効に活用するためには、例えば専任のオペレータを付けるなど、サポート体制を充実させる必要がある。一人が複数の機器を担当しても良いし、必ずしも常勤の研究者である必要はないので、例えばメーカーの退職者を再雇用するなどして、サポート体制の充実を図るべきである。(1名)
- 計測機器の共同利用についても、徐々に申請利用数が増えてきているものの、引き続き更に有効活用されるように努力されることを期待する。(1名)
- Yes, more and better results have been produced year by year due to the improvement of the research environment improving through the expansion of equipment advancing. However, more productive results should be encouraged in the future between university and industry.
- NIFS makes enormous efforts to keep the research equipment up-to-date and shares the equipment with all collaboration partners. A good example for that is the high-performance computer that is operated and maintained by NIFS. The university partners have excellent access to the NIFS computing facilities and frequent upgrades and replacements provide a competitive research environment to all partners. Another example is the multi-purpose manipulator on LHD that allows even smaller university groups to perform highly relevant fusion research. Also expensive laboratory equipment like fast cameras and analog-to-digital converters for laboratory research are generously provided by NIFS to collaboration partners. All together the top-class research equipment of NIFS is made available to collaboration partners, which also supports industry-university collaborations.
- The expansion of the equipment basis for collaborative research has been robust. In the period 2012-2015, the following facilities have been installed: FLiNaK/LiPb twin loop with 3T magnet for liquid blanket research; a thermal creep test facility; a hot isostatic press facility; a divertor heat load test facility; an ion beam accelerator for analysis; a transmission electron microscope; a Focused Ion Beam (FIB) and an Electron Backscatter Diffraction System (EBDS); a high-field and large-bore magnet; and a variable-temperature cryogenic test stand. These facilities are also used for industrial research. In addition, NIFS has sustained a program of regular upgrades to the plasma simulator, enabling their computational

program to remain internationally competitive.

以上、評価項目「設備の拡充など研究環境の整備を進め、産学共同も含めた共同研究・共同利用に供しているか」に対して、極めて高く評価するが5名、高く評価するが9名、評価するが2名であった。

#### 5. 大学の機能強化、研究力強化に貢献しているか。

**Is this collaboration contributing to the strengthening of the functions of universities and to the research enhancement of universities?**

- 研究推進における貢献に対しては、大学の研究室規模では実現できない高性能実験設備、計測設備（機器）、大型計算機環境を用いてプラズマ物理、核融合工学の研究が行えることが大きい。特に双方向型共同研究や LHD 計画共同研究では、核融合研以外の中心的役割を担う大学に数百万円程度の核融合研究装置が整備され、研究力向上に大きく寄与している。一般共同研究や LHD 計画共同研究は、広く大学での基盤的研究を支援する役割を果たしている。また、双方向型共同研究及び LHD 計画共同研究における発表論文数において、その 90%が所外の研究者の著者によるものであり、大学主導の研究成果に対する貢献として、その貢献は高く評価できる。（5名）
- 大学の機能強化への貢献という意味では、核融合研の共同研究は第2期において既に先取りされており、一般共同研究はもとより、双方向型共同研究及び LHD 計画共同研究による大学の機能強化、研究力強化、教育への貢献は極めて高く、核融合研の第3期中期計画に、「大学の研究力強化への支援」を盛り込んだ点は非常に高く評価できる。（2名）
- 大学研究者を筆頭著者とする論文が共同研究・共同利用の成果として多数発表されていることは、高い評価に値する。特に成果論文の中の所外筆頭著者の比率が高いことをみても、核融合研との共同研究が、大学の機能強化に貢献していることが窺われるが、外国人申請を認める、ネットワーク型の新設、装置の持ち出しを可能にするなど、大学の機能強化、研究力強化に対する配慮も評価される。（2名）
- 双方向型共同研究及び LHD 計画共同研究において、多くの大学主導による研究成果が得られていることを高く評価する。（1名）
- 共同研究の制度により、何度かの核融合研までの旅費さえ支給される。核融合研での研究により、各共同研究者は本務校の研究力強化に大いに貢献することになる。さらに、積極的に改革に取り組む核融合研の運営体制に触れることになるため、大学からの共同研究者は自身の大学・大学院に対して適切な改革について核融合研所員と議論して学ぶことになるため、本務校の改革について考慮することになり、大学の機能強化に繋がられている。（1名）

- 長期の開発期間を要する核融合分野の研究開発を学術研究として推進していくためには、それなりの規模の装置や人員を要するプロジェクト研究とイノベティブかつ学際的な基礎研究とが両輪となって推進されなければならない。前者は核融合研がその任を負うが、後者は多種多様な研究及び価値観をする研究者の交流の場である大学がその役割を果たさなければならない。昨今の大学での核融合研究の環境は予算的・人的にも厳しいものがあり、核融合研との連携による大学の機能強化・研究力強化が強く求められている。(1名)
- この項目に関し、報告書では「必然的に第2期の活動は不十分であり」とされていることに違和感をもつ。これまでは、大学の機能強化・研究力強化への貢献は眼中になく、本当に「不十分」だった、と言われるのだろうか。そうであれば、「じゃあ、これからはきちんと考えてください」と言うまでである。「この観点でのデータ解析が不十分である」とすべきであろう。(1名)
- 大学の機能強化への貢献とは、要するに共同利用機関から大学への予算の流れを作ることなので、重水素実験を控えたこの時期には困難であろう。(1名)
- 平成28年度からの第3期中期計画に新たに盛り込まれた項目に関する評価項目として、今回の評価に関わる期間後に提示されたものであり、どのような基準で貢献度が判定できるか未知である。その中で、発表論文数の推移を統計調査し、大学研究者と核融合研の研究者の代表著者による分類で示したことは一つの指針として評価できるが、統計の精度、論文における共同研究活動の程度等の精査が必要と考える。(1名)
- 双方向型共同研究における大学の設備拡充、データベースの活用やシミュレーションコードの利用は研究基盤強化の観点から大学への貢献度として活用できる可能性があると考えられる。(1名)
- これからの核融合研の共同研究のあり方に対して、期待も込めていくつか述べさせていただきます。
  - (1) 計測機器の共同利用は大変良い取り組みであり、継続・拡充を望みたい。
  - (2) 大学の機能強化の観点では、予算面で厳しいこともあると思われるが、双方向型共同研究が行われている拠点大学以外にも、例えば、成果と能力の評価に基づいた上で、LHD計画共同研究より一段予算規模の大きい支援があると、研究力が強化された大学の拡がり・裾野の強化につながるのではないかと。これには、年度ごとに双方向型共同研究、LHD計画共同研究、一般共同研究の予算割合を柔軟に見直す仕組みも必要かも知れない。
  - (3) 12月10日の資料5「平成28年度共同研究活動報告書」30ページの最後の段落の視点は大変重要である。なかなか難しいと思われるが、この視点の実質化を望みたい。(資料編参照)
  - (4) これから開始される重水素実験においては、新しい視点の共同研究課題が出てくることが期待される。そのため、共同研究への支援体制の一層の整備が望まれる。

(1名)

- 法人化ののち、核融合研究の拠点となっているセンター・施設の運営は著しく困難を増している。中長期的には核融合研究を維持できないセンター・施設が現れる可能性もある。今後は、センター・施設レベルでの研究力強化を図っていく必要があるであろう。例えば、より大きな予算を投入して目玉となる装置を整備する、核融合研の研究者が一定期間センター・施設に滞在して研究活動を行うことで実質上のスタッフ増を図る、マスコミからの核融合関連の取材の際に核融合研や LHD の紹介で終わるのではなくセンター・施設との共同研究活動も積極的にアピールする、などの支援があり得る。(1名)
- 大学の機能強化、研究力強化にどの程度貢献しているのかについては、その判断指標が明確でなく、評価が難しい。(1名)
- 双方向型共同研究については、6センター6年間で600編を超える論文が発表されており、しかもそのうち約90%数は核融合研以外の第一著者ということで、大学主導で研究成果が生み出されているが、論文数が費用対効果で高いのか低いのか、必ずしも明確な指標は提示されていない。また、共同研究において、核融合研の研究者が第一著者の論文が約10%という割合が適切な比率であるのかという点についても、判断しがたく、今中期計画期間において、大学の強化の視点でどのように取り組むべきか、いかに評価していくべきか、今後の検討が必要である。(1名)
- まず、この項目に関しては、核融合研がなすべき大学の機能強化・研究力強化に対する貢献とは何かを定義し、評価項目を明確にする必要があると考える。(1名)
- 今後は上記の貢献を更に進め、研究室規模では予算と人員的に維持管理ができない特徴あるプラズマ・核融合研究に有用な小型、中型装置を核融合研で受け入れて、研究を展開するなどの施策が求められる。(1名)
- URA 制度の更なる活用が必要であると考え。(1名)
- 双方向型共同研究で推進されている大学のセンター規模の研究は、核融合炉開発における幾つかの主要概念やコンポーネント開発(閉じ込め方式、ダイバータ物理など)を中心に進められている。一方、大学の講座レベルの研究では、核融合を学術研究として発展させ、学問としての体系化や普遍化を目指すとともに、他の分野との連携や学術発信、更には新たな学術分野の創成等を見据えて推進されている。今後は、伝統的な分野間連携にとどまらず、新たな分野間連携や新分野の創成を醸成する研究の推進が重要であり、そのためには、幅広い学術分野との接点である大学と核融合研との連携強化を促進すべく、大学のハード・ソフト及び人的な支援を見据えた、今までに無い新たな共同研究の仕組み・制度設計を作り上げる必要がある。(1名)
- 評価指標としては、研究論文等の成果はもちろんであるが、大学の研究者や学生の国外派遣や、核融合研の招聘研究者による関連大学等での講演(講義)等もカウントできるのではないだろうか。(1名)

- 今後、大学と連携した予算獲得なども評価指標とできるのではないか。(1名)
- 核融合分野では既に双方向型共同研究という組織連携が機能しているので、研究や学生教育にも貢献していることの見える化に注力すべきである。(1名)
- Yes.
- Clearly yes: The NIFS collaboration scheme offers opportunities for the Japanese universities that otherwise would not exist. It is the access to LHD, one of the leading fusion devices, to high-performance computers and top-class equipment. It is also the enhanced visibility in the fusion community, which is otherwise not so easy for universities, especially the smaller ones. The positive impact of the NIFS collaboration scheme on the Japanese universities working on fusion research or related topics cannot be overrated. It is extremely important to maintain the university network. This becomes obvious by the number of PhD students and the joint publications with university groups. Major contributions to the scientific output of LHD are made by non-NIFS members.
- Web of Science, which catalogues a limited list of journals, lists 542 papers involving NIFS and collaborators from the 6 leading partner Universities. Of these papers, 400 address LHD. This demonstrates the broad impact of NIFS on University research related to broad topical domains as well as LHD. The collaboration also contributes to the educational mission of the universities through educational activities including but not restricted to the training of students, which is discussed at greater length in the answer below.

以上、評価項目「大学の機能強化、研究力強化に貢献しているか」に対して、極めて高く評価するが7名、高く評価するが6名、評価するが3名であった。

## 6. 人材育成に貢献しているか。

### **Is this collaboration contributing to the development of human resources?**

- 大学での研究課題として核融合研との共同研究課題に関連した研究を推進している大学院生、大学生が数多く在籍しており、共同研究が人材育成に寄与している点は高く評価できる。(10名)
- ネットワーク型共同研究など様々な共同研究体制を通じて、大学院生の教育及び若手研究者の活動支援に貢献しており、高く評価することができる。(3名)
- 核融合研の種々のカテゴリーの共同研究によって、大学だけでは実施できないレベルの高い研究テーマを学生に提示することができる。若手研究者にとっても、共同研究を通して鍛錬される機会が得られている。(2名)

- 共同研究の研究協力者に占める大学院生の割合が、20%程度と非常に高いこと、共同研究を通じた成果発信に大学院生、若手研究者による研究会への参加、学会や国内・国際会議での発表、共著論文の投稿などに寄与しており、共同研究を通じた人材育成への貢献が認められ、高く評価できる。(2名)
- 核融合分野人材育成に関するアンケート調査(68 研究グループと核融合研(総数 365 名))(第 5 回核融合科学技術委員会資料)によると平成 27 年度の在籍者修士 434 名、博士 101 名である。また平成 18~26 年の修士修了者数は 1,511 名で、平均 168 人/年である。修士取得のうち、LHD 計画共同研究により取得した学生の割合が 26%、双方向型共同研究で 30%、博士に関しては、 $101 \times 6/5 = 120$  名のうち、LHD 計画共同研究により学位を取得した学生の割合が 27%、双方向型共同研究で 33%であり、重複はあると思われるが両共同研究で関連分野の 60%近い数の修士・博士を輩出していることは驚愕に値する。(1名)
- 核融合研に共同研究で訪れる学生は、核融合学という学術を追求する現場を実体験することにより、大きなインパクトを受ける。核融合研が開催する多くの研究会では、多くの機関と核融合研の研究者が学生を交えて議論し、大きな研鑽の場となっている。さらに、共同研究の予算により遠方の研究機関・大学からも共同研究・研究会の参加が可能となるため、正に「核融合学の研究ハブ」の機能を果たし、人材育成に大いに貢献していると考えられる。(1名)
- 核融合研の共同研究に参加した学生の多くが研究職ではなく産業界に就職している状況から、プラズマ核融合分野の知識を持った人材を社会に送り出す役割や、ひいては我が国の人材育成全体への寄与としても評価できる。(1名)
- これから核融合分野に入ろうとしている学部学生には、研究の醍醐味を示すことができるので、より若い世代への啓発活動に尽力すべきである。(1名)
- 若手研究者に関する支援として優れた成果をあげた共同研究を表彰し、博士学生の場合には COE 研究員への積極的採用を行う等のキャリアパスと連動させることも考えられる。そのためには博士学生が代表者となれる共同研究の枠組みを構築する必要があるだろう。(1名)
- LHD のような大型装置でのプロジェクト研究では、研究や装置の全容を把握し難いことから、大学院生や若手研究者には独創性を生かし難い側面もあるので留意する必要がある。(1名)
- 博士取得者が修士取得者の 14%程度という事実は、核融合科学の今後の動向に留意する必要がある、仮に低すぎると判断される場合には、何らかの対策が必要になると考える。共同研究による学位取得という定義の判断基準を広く捉えて明確にすれば、より客観的で説得力のある統計となると考える。(1名)
- 核融合研の人材育成に関する貢献は、連携大学院や体験入学など多岐にわたる取り組みを通じて統合的に実施されており、共同研究のみの側面から人材育成を抽出するこ

との意義は大きくないと思われる。(1名)

- プラズマ核融合分野の若手人材育成、特にこの分野を担う人材を、共同研究を通じて見出して育成し、更に核融合研と大学が連携して研究支援する仕組みを整えることが有効と考えられる。(1名)
- 人材育成は核融合研の取り組みとして大きな課題であり、共同研究や連携大学院などを有機的に結びつけた、見える化された人材育成プログラムを構築する必要がある。(1名)
- 人材育成の評価は、在学中や派遣中に得られる成果(論文数や学位数)で計ることだけでは不十分である。時間も手間もかかる地道な作業となろうが、卒業後の進路やその後のアクティビティの検証など数年にわたるフォローアップが必要ではないか。(1名)
- 「大学の機能強化、研究力強化に貢献しているか」とも関連するが、学生教育に対しては総合研究大学院大学とも連携して、学生所属の大学とのジョイントディグリーやデュアルディグリーの可能性等も検討する必要があるのではないだろうか。さらに、大学におけるクロスアポイントメント制の動向に応じ、制度を活用した人材交流を通じて若手研究者を育成することも考えられるだろう。(1名)
- 核融合研を中心とした卓越大学院への応募等、これまで培ってきた連携の見える化と一層の充実を図ることが重要である。(1名)
- 所員の大学等での講義、兼任の実績や核融合研で直接研究指導を受けている総合研究大学院大学等の学生の具体的な状況と今後の対応など、情報開示が有効。(1名)
- 現状の貢献が十分かという点での指標としては、大学強化への貢献と同様、教育に関わっている教育者の数や、かかった費用との対比で見てよいのかも含め、判断基準が定かではない。(1名)
- 大学の法人化以降、「核融合コミュニティとしての人材育成」と「大学としての人材育成」の間に乖離が生じている。大学では論文数のみならず、大学の社会への浸透度を高めることへの貢献(=研究者の知名度?)や外部資金の獲得などが評価の対象となる。また、地方大学の場合には地域への貢献も求められる。核融合研の共同研究はこれらには直結せず、そのため「論文はどんな研究をしても書けるのに、何故あえて時間を割いて核融合研のために研究をしているのか」というネガティブな評価にすらなるという話も聞こえる。その結果、特に学部において、若い人が一生懸命核融合の研究をしても上のポジションへの昇任につながりにくいという結果になっている。そこで、更なる人材育成として、核融合研が積極的に(若手)大学研究者を個人レベルにおいても側面支援することが必要と考える。例えば、以下のような方法がある。
  - (1) 大学で外部資金として評価される形で核融合研の共同研究予算の一部を運用する。
  - (2) 科学雑誌などの核融合関連の取材がある時に、核融合研やLHDの紹介で終わるのではなく、共同研究の中でインパクトがあるものも積極的にアピールする。

- (3) 共同研究で特筆すべき成果をあげた大学の若手核融合研究者を、文部科学大臣表彰等、大学内で評価されそうな賞に推す。
- Sure, education young talent has been successfully carried out by this program including training international students.
  - The key role of universities if the education of young scientists. Without a close collaboration network, NIFS would detach from the university world and would have difficulties to recruit the best candidates for researcher positions. Conversely, by means of collaborations with NIFS, the universities can offer their best students attractive work conditions, excellent research equipment and an early start in a professional science environment. Also attractive career opportunities for students should not be forgotten. In that sense it is a real win-win situation for both sides.
  - In addition to the collaboration's effect on University research described above, the collaboration supported participation by about 400 students, leading to approximately 40 Masters' and 7 PhD degrees per year. The ratio between Masters and PhD degrees is extraordinarily high by western standards (in the US, for example, Masters degrees are rarely sought by students). While undoubtedly of great benefit to industry, the education of all these Masters is costly (about ¥10M/year) and of minimal benefit to the advancement of the research programs. I was told that NIFS and collaborating scientists actively seek Masters students. The collaboration should be commended for providing this important service to the Japanese private sector. Regarding PhDs, the number awarded seems marginally adequate given the size and breadth of the research effort: assuming 35 career researchers at collaborating universities in addition to the 125 at NIFS and assuming careers of 40 years, maintaining the work force would require 4 PhDs per year. The seven PhDs produced thus allow for some selection and growth, but increasing that number would enable greater selectivity.

以上、評価項目「人材育成に貢献しているか」に対して、極めて高く評価するが1名、高く評価するが13名、評価するが2名であった。

7. 異分野連携を含む、幅広いプラズマ・核融合分野の学術研究を推進しているか。

**Is this collaboration advancing academic research in wide-ranging plasma and fusion fields, including cooperation with different fields?**

- 機構が進めている連携事業など、プラズマ核融合研究以外の異分野との連携を進めている姿勢は評価できる。(5名)



- 原子分子関連研究での研究連携は、高温プラズマの持つ特徴を生かせる分野でもあり、今後の発展・他分野への波及に期待する。(3名)
- もともと「異分野連携」が必要不可欠な核融合学の発展という基本理念に則り、適切に共同研究の推進が行われている。機構全体としての繋がりも意識されており、共同研究者に対する目標の周知も十分に行われている。(1名)
- 核融合研究で培われたレーザー計測技術、原子分子過程に関する知見などが他分野に波及し、高度な研究成果が上げられており、高く評価できる。(1名)
- 複数の装置を活用したプラズマ基礎科学や計測技術の継続的な進展が認められる。プラズマ計測技術の、大気圧プラズマ応用に関わる計測技術の適用は高く評価できる。(1名)
- 天文学、生物学、原子分子分野、光科学分野との連携研究活動は積極的な分野間連携研究の試みとして極めて高く評価でき、今後に向けて成果の達成度(論文発表、新たな展開など)が期待される。(1名)
- プラズマ揺動計測やプラズマの生物応用、光科学の分野等で異分野連携を含む学術研究を進めており、幅広いプラズマ・核融合分野の学術研究を推進しようとする努力が認められる。(1名)
- 機構における分野間連携研究によるプラズマ中の揺動計測手法の確立や天文・核融合・光科学分野における原子分子過程の共同研究が進展し、多くの研究成果が得るとともに、人材育成にも貢献していることを高く評価する。(1名)
- 核融合研究は息の長い研究でもあることもあり、より多くの情報交流を通じて異分野の先端研究の知見や研究者同士の連携活動を進める体制整備を期待したい。(1名)
- 現在の異分野連携は、個々の優秀な研究者による個別的な活動による成果であり、核融合研全体として組織的に行われているものではない。産学連携も含め、核融合研の将来計画に鑑みて、組織的な取り組み(適正な規模)と成果の見える化が必要であり、推進する研究者への適切な評価も不可欠である。(1名)
- 大学共同利用機関としての核融合研には、大学を含んだ、「異分野連携を含む、幅広いプラズマ・核融合分野の学術研究」におけるプラットフォーム形成、並びにそのオーガナイザー的役割を期待する。(1名)
- 「幅広いプラズマ・核融合分野の学術研究」の推進と言うのであれば、核融合研として、もっと双方向型共同研究(連携先の成果)を利用してもよいのではないか。(1名)
- 波面センサーによるプラズマ揺らぎ計測のように、異分野の成果・知見を核融合研究に取り入れることは良いとしても、通常イメージする異分野連携は核融合研究以外の所に限られたマンパワーを割くことにつながりかねないことに注意を要する。まず、核融合研や共同研究で得られた知見や技術が異分野で応用されて、それらの研究価値を一層高めるとともに、学術研究の進展に貢献できればよいのではないか。この意味でも成果の発信が重要。(1名)

- 核融合研や機構の規模を考えると、ややもの足りない。液体金属・溶融塩技術、材料分析評価、計算機シミュレーションなどの分野でも、異分野連携が可能ではないだろうか。バランスを考える必要はあるが、核融合研内でも各研究者がそれぞれの本筋の研究に加えて、やや遊び心を持った異分野への展開も期待できる研究テーマを持つことを許容するような自由闊達な雰囲気があっても良いと思う。(1名)
- 異分野連携は推進されているが、それに基づく学術的な成果が必ずしも具現化していない。人文社会系も含め、昨今の大学はまさに異分野のるつぼでと化し、異分野連携・学融合を強力に推進している。異分野間を結びつけるハブとして機能している大学と機構内での連携を推進している核融合研とが連携協力することにより、より大きな連環を形成され、新たな分野創成の可能性も高まるものと期待される。(1名)
- 第2期においては、異分野連携や幅広いプラズマ・核融合分野の学術研究は核融合研の中心ミッションではなかったと思われる。むしろ、第3期に向けて体制と・方向性を整理すべき。(1名)
- 異分野連携は重要なテーマではあるが、win-winの関係が築けない限り、一過性となる。(1名)
- Yes, world –range high quality results have been produced by the collaboration research which shows the unique feature of NIFS role for promoting high standard research in fusion and plasma science.
- The advantage of the universities is their broad scope and embedding into a liquid research environment. This fosters cooperation with different fields and industry and stimulates creative new ideas. NIFS is clearly benefiting from this effect. Via the umbrella organization NINS various links to other research fields are well developed. A good example for cross-fertilization is the improvement of telescope optics by using NIFS know-how on (plasma) turbulence. Other examples are exchange of atomic data, industrial applications of atmospheric plasmas and the keep-in-touch with inertial confinement fusion research.
- The large number of non-LHD papers mentioned in the answer to question 5 is one example of the breadth of science supported by the collaboration. Other examples are offered by the HYPER-I experiment that has been used for an impressively diverse collection of investigations ranging from super-permeation to various diagnostic and basic plasma studies. The collaboration also promoted research applying high temperature plasma diagnostics to ultra low temperature plasma. The application to the study of plasma turbulence of adaptive optics techniques for the cancellation of atmospheric fluctuations is another inspiring example of the benefits of cross-disciplinary collaboration. The collaboration has also promoted basic research on atomic and molecular physics, with particular emphasis on the

spectroscopy of high-Z elements.

以上、評価項目「異分野連携を含む、幅広いプラズマ・核融合分野の学術研究を推進しているか」に対して、極めて高く評価するが4名、高く評価するが6名、高く評価するが5名、妥当（適切）であるが1名であった。

## [2] 国際共同研究

### International Collaborative Research

#### 8. 海外研究機関との共同研究基盤・体制を整えているか。

**Is the collaboration being prepared soundly for collaborative research bases and systems with foreign research organizations?**

- 核融合分野を中心として、海外の多くの機関と協定を締結し、共同研究の基盤及び体制を整えていると言え、国際的な核融合研究の拠点としての役割を果たしており、非常に高く評価できる。（5名）
- 日米協力、日中協力、日韓協力、IEA 協力など、海外の研究機関との幅広い国際共同研究の基盤・体制を整えて、共同研究の実施基盤を築いていると言え、高く評価できる。（1名）
- 連携研究委員会における国際共同研究支援体制のもと、二国間政府協定に基づく共同研究、多国間協定による共同研究推進、そして研究所間学術交流協定に基づく共同研究の推進が統合的に行われており、極めて高く評価できる。（2名）
- 研究力強化推進室を設置し、海外研究所との共同研究協定締結、現地研究所での共同研究推進のための協議、機構の国際交流プログラムの活用等、共同研究の推進に積極的に対応していることが高く評価できる。（1名）
- 拠点形成のため、所員が様々な海外研究機関を訪れ、核融合研を核にした国際協力・共同研究のために努力している。また、協定を結ぶことにより共同研究の基盤を構築し、研究を推進する体制を整備している。（1名）
- 数多くの機関と交流協定を締結しており、国際的な認知度も十分に高い。（1名）
- 多くの学術交流協定を締結して研究活動を進めており、枠組みの整備という意味ではこれまでの積み重ねも含め、十分に配慮して進められていると評価できる。（1名）
- 欧米やアジア・オーストラリアでの研究機関との連携を進め、毎年研究者交流を実施しており、高く評価できる。（1名）
- 研究力強化戦略室を中心に連携基盤整備が行われ、25の海外研究機関と学術協定が結ばれており、適切な共同研究基盤・体制の構築が整えられていると高く評価できる。

(1名)

- A3 フォーサイトプログラムなどが実施されており、積極的に共同研究基盤・体制を整えていると評価できる。(1名)
- 連携研究委員会や研究力強化戦略室を設置するなどの体制整備を進めており、新たな協定の締結など積極的な展開を進めていることは、極めて高く評価できる。(1名)
- 我が国の主要な共同利用機関として、今後更に海外交流活動を進めること、特に若手人材育成の視点からも、若手研究者に海外での研究活動を奨励する必要がある。(2名)
- 今後も開発途上国のプラズマ・核融合研究を支援する国際共同研究の推進を期待する。

(1名)

- 核融合研が中核となって国内の大学からの要望をまとめ上げ、核融合研と大学連合との共同体として海外との連携協力を推進して行って欲しい。(1名)
- 海外研究者の受け入れも含め、国際的な研究交流を進めることとそのための予算措置を強化する姿勢が必要となろう。(1名)
- 今後、締結した学術協定の運用状況を適宜評価することにより、活発な国際交流活動が推進されることを期待したい。また、アジア戦略などについては研究力強化戦略室を中心に更に戦略を明確化していくことが重要。(1名)
- 核融合研究展開の中での箇々の国際協力の位置づけ、グランドデザインの様なものの中での核融合研(あるいは日本)のプレゼンスをどこにおこうとしているのかについて説明が必要。(1名)
- 国際学術交流協定は、形式的に自動継続される場合もあるのでその数は重要ではない。協定に基づく活動の活発さが重要で、交流協定をもとにした国際共同研究の推移を見るのも一つの方法であろう。大学等を巻き込んだ活動がどれだけあるのかも分析すべきで、研究活動の実施資金の出处を示すことも、今後の予算獲得戦略として必要ではないか。(1名)
- 各機関と自由に連携を構築しつつ、研究効率を改善するシナリオ作りが必要となるものと思われる。(1名)
- 一部不活発な協定もあるとのことであるが、資源が限られている中、研究状況を踏まえてメリハリのある協力を進めるといった観点からそのようになっているのであれば、むしろ適切といえよう。(1名)
- ヘリカルに関してはW7-Xが動き出したので、ヘリカル系の拠点として更に存在意義を高めて欲しい。(1名)
- 連携の推進や実施体制が外部から見えにくいように思われる。(1名)
- 広報が十分ではなく、その活動が必ずしも核融合コミュニティに浸透しているとは言えず、整備された共同研究基盤・体制がコミュニティ全体の財産となっていないところが残念である。(1名)
- Yes, especially between Japan-US and A3 country.

- Due to NIFS strong role in international organizations (e.g. IEA) and traditional links to research organizations abroad (especially in CH, USA, EU), there is a very good basis for collaboration projects. Long standing is the collaboration with the USA, the collaboration with both China and the European Union is progressing well. More emphasis could be put on removing language barriers, data usage and access, and general transparency.
- NIFS has a vigorous program of international collaboration that has played a key role in ensuring the international impact of its research programs. International collaborations include bilateral coordination through intergovernmental agreements, topical multilateral coordination under IEA, and 25 International academic exchange agreements with other institutes. Some of these exchange agreements have a long and distinguished history, such as that with my home institution. Others are recent, including 7 new agreements established since 2013. A good example of research resulting from the new agreements is the application of helical simulation tools to the modeling of the quasi-helical saturated states in the reversed field pinch experiments, in collaboration with Consorzio RFX. It is very fortunate and important that the National Institute for Natural Sciences (NINS) has supported some international collaboration frameworks that could not be supported by NIFS.

以上、評価項目「海外研究機関との共同研究基盤・体制を整えているか」に対して、極めて高く評価するが6名、高く評価するが6名、高く評価するが4名であった。

9. ITER 計画/BA 活動との連携を進めているか。また、ITPA などボランティアな貢献をしているか。

**Is the collaboration advancing cooperation with the ITER-BA project? Further, is the collaboration contributing to voluntary activities such as ITPA and others?**

- ITER 計画/BA 活動との連携推進について、ITER 機構との間で技術協力について覚書きを交わしており、超伝導技術やプラズマ計測技術、加熱機器開発、壁材料、基礎研究、DEMO 設計など、多方面で積極的に ITER 計画や BA 活動に貢献しており、高く評価できる。(7名)
- 核融合研の研究者が各 ITPA 課題グループのテーマリーダーを務めるとともに、毎年1～3名が各 ITPA 会合に参加しており、非常に高く評価することができる。(2名)
- 代表者として JET の ITER like wall 実験で使用された壁材料評価活動に参加するなど、ITER 計画/BA 活動にも積極的に関与し、非常に高く評価することができる。(2名)

- ITER 日本事業所 (JA-DA) からの委託研究の実施、ITER 本部への技術支援事業としての核融合研から現地への派遣による人的交流・貢献を含めた計測器開発のエキスパート支援が行われていることなど、高く評価できる。(1名)
- BA 活動において、IFERC における原型炉設計や原型炉工学 R&D に関する共同研究に参加し、JT-60SA の超伝導導体試験にも貢献していることに加えて、所員が IFERC の事業長に就任し、運営に参加していることを高く評価する。(1名)
- 大規模研究においてはコミュニティからのボトムアップでの組織化が極めて重要であり、ITER 計画/BA 活動や ITPA 等への活動参加・支援についても、具体的な課題、参加人数等から見て、十分に貢献しているものと評価される。(1名)
- ITER 計画を支援する ITPA 活動に所員が参加し、輸送、MHD、高エネルギー粒子、計測等の分野で大きく貢献していることを高く評価する。(1名)
- ITER 計画に関して、極低温プロセスのシミュレーションや計測機器の開発に貢献していることを高く評価する。(1名)
- ITPA などボランティアな活動に対して、核融合研としての組織的な取り組みはないものの、ITPA への貢献に繋がる各研究者による自主的な活動に関わる旅費等を支援し、核融合研における会合の開催、各課題グループに設けられたサブグループのリーダーを所員が努めるなど、積極的な関与を行っており評価できる。(1名)
- ヘリカル実証炉等、様々な提案を通じて ITER 計画/BA 活動との連携を深めている。更なるオピニオンリーダーとなっていくものと予想される。さらに、ITPA などのボランティア貢献も行っており、世界に対する意見発信を行っている。(1名)
- ITPA への研究者の参加が着実に進められており、研究者による積極的な活動が行われている。今後は研究者ベースの活動に加え、核融合研としての方向性を検討することも必要と考える。(1名)
- ITER 計画/BA 活動との連携に関しては、実施機関が量子科学技術研究開発機構 (以下、「量研機構」とする。) であることもあり、大学から直接コンタクトが取りにくいところもあるので、核融合研自体が ITER 計画/BA 活動により直接的に寄与することはもちろん、核融合研を通じて大学研究者が ITER 計画/BA 活動と連携できるよう、橋渡しの役割を演じることが重要である。(1名)
- ITPA においては、3次元物理及び計測では主導的な立場が取れる可能性もあるので、核融合研としての更なる努力をお願いしたい。例えば ITPA のワークショップを積極的に核融合研で開催するなどの努力を行えば、所内研究者の ITER への関心を高めることにも有効であり、主導的な役割を獲得することにも繋がろう。(1名)
- ITER 機構と契約を結んで ITER に直接貢献している例が数件あるようだが、このような締結に基づく活動をより一層増やす努力が必要である。核融合研に限らず、大学の研究者が ITER 機構との契約を積極的に締結できるよう、核融合研が中核となって制度設計をして欲しい。(1名)

- 大学の研究者が ITER へ関与する場合の日本側の窓口として資金的及び制度的な面で核融合研がまとめ役を務めて欲しい。ITER/EDA 活動の時のように、量研機構と核融合研とでアンブレラ協定を締結できないか検討いただきたい。(1名)
- 核融合研の研究者の ITPA 等への参加は評価するが、大学研究者の参加をどれだけ支援してきたかが不明である。大学の機能強化・研究力強化の面からも大学の参加についての便宜を図って欲しい。(1名)
- 大学の関連研究者が行っている ITER 計画/BA 活動への貢献から比べると十分とは言えない状況である。ITPA に関しても、分野によっては大きな貢献をしている場合もあるが、国内最大の研究者集団を要する核融合研としてはやや不十分と感じる。(1名)
- 第3期でも一層の貢献が望まれる。このために、より多くの所員、共同研究者が貢献できるための体制整備や、旅費支援の拡充も検討されてよい。活動を通じた日本のプレゼンス向上のためには、量研機構との連携も含めた組織的な取り組みも必要だろう。(1名)
- ITPA は、ITER 計画へ貢献する物理活動として重要である。とりわけ量研機構からの貢献が重要であることは論を待たないが、JT-60SA の建設中である現在は、核融合研の貢献も特に期待される場所である。ボランティアを基本とする貢献であるが、その貢献をより一層エンカレッジするため、大学からの貢献を核融合研経由(旅費負担)のような形で支援できないかなど、今後のより一層の連携強化・拡充を期待したい。(1名)
- Yes, the activities for ITPA are highly carried out with leading role in several fields. Need more efforts for ITER-BA which is very important for Japan.
- Yes. NIFS contributes very actively to the ITER-BA activities, in particular DEMO-studies, IFERC and – very important for Japanese fusion research – to the construction and physics program of JT-60SA. NIFS also participates with a very significant number of researchers to the ITPA and is active in the bodies of IEA, in particular the TCP on stellarators and heliotrons.
- NIFS has served as a base for R&D on superconducting coils, plasma diagnostics and plasma heating, under contract to JA-DA and ITER-IO. It has participated in DEMO and IFMIF/EVEDA collaborations, as well as to the management of the BA. NIFS is also surprisingly active in ITPA (given the tokamak vs. heliotron bifurcation), contributing 15 participants and 12 presentations a year to ITPA meetings and activities. This participation has become particularly appreciated in view of the growing importance of 3D effects in tokamaks for phenomena ranging from the control of ELM to disruptions, low-density locked modes caused by error fields, and saturated modes. Modeling tools developed at NIFS are being applied productively to simulate tokamak phenomena.

以上、評価項目「ITER 計画/BA 活動との連携を進めているか。また、ITPA などボランティアな貢献をしているか」に対して、極めて高く評価するが 2 名、高く評価するが 10 名、評価するが 4 名であった。

10. 実施機関として進めている国際共同研究において、その役割を十分果たしているか。また、その内容が適宜見直されているか。

**As an implementing body involved in advancing international collaborative research, is that role being sufficiently carried out? Further, are those contents being revised appropriately?**

- 日米協力、日中協力、日韓協力など二国間共同研究を着実に進めるだけでなく、国際エネルギー機関（IEA）や TEXTOR、球状トーラス（ST）、ステラレータ・ヘリオトロン共同研究など多方面の国際共同研究に参画し、役割を果たしている点が非常に高く評価できる。（9名）
- 日米協力は順調に進展しており、高く評価できる。日中協力については、拠点大学交流事業（CUP）終了後、所内予算(Post-CUP)や日中韓でのフォーサイト（A3）プログラムを活用するなど、適切に運用されていると認められ高く評価できる。日韓協力については、A3 プログラムの活用により適切に計画されていること、特に日本国内から韓国への学生の交流が増加してきていることは高く評価できる。（2名）
- 機構の国際的学術拠点形成事業に核融合分野として貢献し、核融合研のみならず大学研究者の派遣・招へいを実施していることを高く評価する。（1名）
- 多くの国際共同研究における窓口、あるいは実施機関としての役割を果たしており、高く評価する。（1名）
- 政府間協定に基づく日米協力と日韓協力において、実施機関としての役割を果たし、国際共同研究として多くの成果を得ていることを高く評価する。（1名）
- 研究力強化戦略室を整備して、研究所としての窓口を明確にしている点が評価できる。（1名）
- IEA のプラズマ壁相互作用（PWI）協定について、TEXTOR 協定からの移行に伴う内容の見直し等が適切かつ迅速に行われており、高く評価できる。（1名）
- IEA の下での多国間共同研究では、2015年に実施協定（IA）から技術協力プログラム（TCP）への変更に伴って移行された PWI、ST、ステラレータ・ヘリオトロン概念の3つの TCP において、継続的に日本を代表した活動が行われており高く評価できる。（1名）
- IEA の TCP（ステラレータ・ヘリオトロン概念、PWI、ST）について、日本国代表として契約を締結し、国内活動を取りまとめていることを高く評価する。（1名）



- ステラレータ・ヘリオトロン概念 TCP において、機構の国際交流プログラムが有効に活用されていることは高く評価できる。さらに、ITER や原型炉の定常運転に関わる連携部会(SSOCG)での活動について今後の進展が期待される。(1名)
- 国際的な枠組みが変わる中、上記の枠組みを横断するような共同研究(IEA 協力)と二国間共同研究の関係性を有機的に結びつけ、戦略的に取り組むことが必要である。(1名)
- 大きな予算を使うプロジェクト研究については定期的な見直しがあり、その他の研究についても、外的要因による見直しがなされている。一般共同研究については、もう少し定期的かつ積極的に見直しに関する議論がなされても良い。(2名)
- 個別プログラムの内容やその成果を発信すべきであろう。特に核融合研の研究者と大学の研究者の割合など、大学研究者の活躍・貢献が示されていれば大学の機能強化・研究力強化に対する指標ともなろう。(1名)
- 内容の見直しを行うには情報不足である。国際共同研究の成果が所員や国内共同研究者筆頭著者による学術論文に繋がっているか、日韓協力での日本側からの装置・技術供与が日本側研究者主導による研究課題設定に繋がっているかどうかなどの実施状況の発信が不足している。(1名)
- 派遣と受け入れに人数的アンバランスが大きいプログラムもあり、費用対効果と研究戦略に基づいた人員交流シナリオをプロジェクトごとに描くことが必要。(1名)
- 研究者個人ベースだけでなく組織的な取組として機能しているかを明確にして欲しい。(1名)
- NIFS take the leading role for promoting international cooperation between Japan and Asia country and US.
- NIFS is well regarded as a leading research institution. It is thus an attractive partner for scientific collaborations. For example has NIFS developed over the decades a great expertise in diagnostics and heating systems, which has resulted in numerous international collaboration projects. The internal and external supervision bodies revise the program on a regular basis. This appears to be appropriate.
- We commend NIFs for its management of international collaborative research and in particular for keeping complete records of exchanges, publications and workshops. These records demonstrate the vitality of the programs and enable the effective management of an extensive collaboration network responsible for a total of about 120 visits to the US, China, Korea, and IEA collaborators. The growth in the number and types of collaborating foreign institutes shows that the contents of the collaborations are evolving appropriately in response to the developments in the corresponding science. The collaborations with China and Korea appear strong and

are contributing to the critical mass supporting the development of Asian plasma science, a development reflected in the recent creation of the Asia-Pacific conference on Plasma Physics and in Asian leadership in long-pulse science. Looking across the pacific, the US-Japan collaboration is proving remarkably robust despite the weakness of the US program and, in particular, its lack of new experimental helical experiments.

以上、評価項目「実施機関として進めている国際共同研究において、その役割を十分果たしているか。また、その内容が適宜見直されているか」に対して、極めて高く評価するが5名、高く評価するが8名、評価するが3名であった。

#### 11. 国際共同研究を通して、国内外の人材の育成に貢献しているか。

**Is this international collaborative research contributing to the development of human resources in Japan and abroad?**

- 若手研究者や学生の海外研究機関への派遣については、二国間や多国間協定に基づく派遣や機構の国際的学術拠点形成事業予算により、研究所をはじめ各大学の人材を派遣する活動が行われ、次世代を担う国内外の若手研究者の育成に貢献していることは高く評価できる。(6名)
- 若手研究者の育成を目的とした国際的なスクールを幾つか開講して国内外の人材の育成に貢献している点などは高く評価できる。(1名)
- 国際共同研究を通じた国内の人材育成に関しては、大学との連携協力の下で十分に責務を果たしている。(1名)
- 核融合研が進めている幅広い国際共同研究形態に応じて、核融合研の研究者だけでなく日本国内大学の研究者、学生の海外への派遣が適切かつ積極的に行われており、海外からのインターンシップ等による滞在研究者受け入れについて、確実な実施が行われていることは国際的な人員交流の実績として高く評価できる。(1名)
- 核融合研が実施機関を務める国際共同研究を通して、日米・日中をはじめとして強い人的交流が確立され、それが若い研究者・学生の交流につながっている。今後は、若い研究者や学生の派遣や招へいを更に強く経済的にサポートできるような制度の拡充を期待する。(1名)
- アジアを中心として海外の若手研究者を積極的に受け入れ育成しており、高く評価できる。(1名)
- 核融合研が代表機関となっている日米、日中、日韓の二国間協定では、毎年20~30名以上の研究者及び学生を派遣しており、その中で大学の研究者・学生の占める割合が高いことは高く評価できる。(1名)

- 国内人材のグローバル教育という観点から見れば、国際共同研究の機会が与えられるという観点から、一定の貢献があると考えられる。同様に国際共同研究を通じて海外の学生、若手研究者とのコミュニケーションが進むことにより、海外の人材への貢献も果たしていると評価できる。(1名)
- 研究力強化戦略室において、Wendelstein7-X 装置立ち上げへの参加のための若手研究者派遣など、積極的な取り組みが行われてきたことは高く評価できる。(1名)
- インターンシップや海外若手研究者、学生の受け入れについて、LHD 実験や理論・シミュレーション研究を通じた教育を実施するなどの貢献が高く評価される。(1名)
- 人材育成は長期的視点が必要である。示されたデータは必ずしも多くはないが、今後の期待も含めて高く評価したい。第3期は更に多くの人材の育成を期待する。(1名)
- 共同研究に若手人材をどう参画させ、核融合研究開発を担う我が国の若手育成計画を、どのように戦略的に進めていくかという点については今後の検討課題である。(1名)
- 現在の中国や韓国では米国で学び成長した研究者が帰国して活躍しているように、今後は日本で学んだアジアの若者が帰国後に活躍するよう、アジアの若手研究者の育成への積極的な貢献が期待される。特にインドには優秀な若者も多いので、インドからの研究者を積極的に受け入れるのも良いかもしれない。(1名)
- タイとの学術交流協定締結にみられる東南アジアにおける活動も、今後の人材育成への貢献が期待されるものとして評価される。(1名)
- 人材育成は組織的に取り組むべき課題であり、国際共同研究を教育におけるインターンシップ制度として活用することなどの施策の議論が必要である。
- 国際スクール活動をより発展させて、我が国のみならず海外の若手研究者や大学院生などが定期的に集まる拠点として発展してもらいたい。(1名)
- 報告書に「戦略的な若手研究者派遣」と記述されているところがあったが、どのような「戦略」の中での事業であったのか、必ずしも明確でない。(1名)
- 海外からの学生受け入れに関しては、日本の大学における研究の状況を鳥瞰できるような、あるいは、実地体験してもらえようなプログラムを組み込んでいけば、大学の機能強化へも繋がっていくのではないだろうか。(1名)
- 調査の実施は必ずしも容易ではないが、人材育成への貢献を評価するためには、受入・派遣の対象となった人材の、その後のトレースが不可欠であろう。
- 国外の人材育成に関しては他国や他機関との比較がないので定量的な評価が難しいが、大学等での博士学生の半数が留学生であることを考えると、やや国際化が不十分であると感じる。(1名)
- 質・量とも一般の外部の人間には成果が判断し辛い。核融合研のスタッフ、研究設備、研究環境の中で人材が育成されない訳は無いが、成果をどのように発信していくかが課題である。(1名)
- グローバル人材育成に対する効率を高める工夫も必要な時期に差し掛かっている。「人

材育成の成果を客観的に評価できるシステム」構築と、成果の外部発信が効果的な貢献拡大に繋がるものと考えられる。(1名)

- 受け入れ学生数は報告されているが、国際的な人材育成と言う視点からすれば、核融合研の施設を利用した上での、あるいは共同研究成果としての外国人筆頭著者による論文数が意味をもつのではないだろうか。
- 人材育成の観点では、国際共同研究プログラムによる人的交流並びにグループリーダー経験の積み重ね等による研究能力及びリーダーシップの向上が判断できる指標の明確化、及び海外から日本に派遣された研究者の本務研究所に戻ってからのフォローアップなどを含めた評価基準の明確化が必要。(1名)
- 若手研究者が海外に出やすいように、クロスアポイントメント制などで核融合研や大学に籍は残しつつ、ITER 機構に雇用される制度などが整備できないだろうか。(1名)
- 研究者の国外派遣について見れば、若手研究者や学生はもとより、シニア研究者の派遣も人材育成に貢献する。この点が配慮されていることを評価する。(1名)
- 外国からの研究者受け入れについては、その目的と、目的ごとに見合った対象者をどの程度受け入れ、その効果がどうか明確にすべきであり、戦略的観点を持った計画が重要となる。(1名)
- Certainly, this cooperation contributes a lot both in Japan and Abroad.
- The international collaboration opens attractive opportunities for young Japanese researchers. This is strongly supported by NIFS. Conversely, NIFS is hosting your researchers from abroad. These experiences are invaluable for the career development in the early stage. The collaborative research is thus making an important contribution to human resource development.
- NIFS plays an important role in sending Japanese students for study abroad, resulting in a significant Japanese presence in most ITER countries including the US. Japan also hosts a significant contingent of foreign students and in several cases, serves as a bridge between western and Asian countries. There is a growing network of established researchers in foreign countries, including university Faculty, who have spent some of their formative years in Japan. This network endows Japan with a special role in international fusion research.

以上、評価項目「国際共同研究を通して、国内外の人材の育成に貢献しているか」に対して、極めて高く評価するが1名、高く評価するが10名、評価するが5名であった。

## 第3章 評価のまとめと提言

第2章で記載された意見及び外部評価委員会での論議を基に、評価の要点をまとめ、共同研究の推進に重要ないくつかの提言をする。

### [1] 評価のまとめ

#### (国内共同研究)

##### Domestic Collaborative Research

1. 共同研究の公募内容は、研究の進展と関連分野の動向を踏まえたものになっているか。

**Do the recruitment contents for collaborative research reflect trends in research developments and in the respective fields?**

公募内容は、一般共同研究、LHD 計画共同研究、双方向型共同研究からなる3つの枠組みの元に適切にカテゴライズされ、応募者の幅広い要請に応えるものであり、核融合研究の動向や進展に応じた見直し・修正が行われている。LHD 計画共同研究では、核融合科学及び炉工学分野における大学研究室レベルの研究を重点的に支援しており、双方向型共同研究では、重点課題を決めた予算を傾斜配分など、大学センターの施設拡充が戦略的に進められ、広くプラズマ・核融合研究を支援する体制が構築できている。一般共同研究では、研究所のプロジェクトに対応した研究所推進型の研究テーマと研究者個人の発想に基づく研究テーマが幅広く推進されている。以上のことから高く評価できる。

一方、予算規模が比較的大きい LHD 計画共同研究、双方向型共同研究においては、核融合研の将来計画、大学における核融合研究の進め方を基本に、更なる精査が期待され、各共同研究における予算配分の変更や、一般共同研究の中での重点配分など、もう少し柔軟な議論があっても良かったかと思われる。今後は、分野間連携や異分野連携による新たな学術領域の創成などが求められるので、多種多様な学術分野の交流の場である大学の役割が大変重要となる。そのためには、核融合研から大学への人的貢献だけでなく、大学での研究へのハード・ソフト面からの支援・貢献を期待する。

2. 共同研究課題の審査において、核融合コミュニティと連携し意見を反映する仕組みが構築されているか。

**Regarding the screening of collaborative research topics, has a mechanism for reflecting the opinions of the fusion community been constructed?**

共同研究課題の審査は、その共同研究毎に委員会を設け、審査員を核融合研の研究者だけでなく、核融合ネットワークを利用し、全国の研究者にも協力を求め、その委員長に所外委員を充てるなど、核融合コミュニティの幅広い研究者が多数加わり、それらの意見が反映できる仕組みが構築された極めて透明性の高いものとなっている。また、採択プロセスについても公募案内の中に明示・公開されており、各コミュニティからの代表者が選考過程に参加できる体制が整っており、極めて高く評価できる。

一方、外部委員の選定方法、現委員の活動領域など、公平性を担保する具体的な仕組みをもう少し明らかにする必要がある。また、一般共同研究においては予算規模に比較して採択件数が多く、審査に関わる作業負荷がかなり大きくなっていることには留意する必要があるのではないかと。今後は幅広い学術発信や産業界との連携強化が求められるので、機構内の他の研究分野からの委員を加えたり、産業界の意見を聞く機会などを積極的に設けるのが良いのではないかと。

### 3. 成果に対する評価を行うとともに成果の集約及び共同研究者間の共有がなされているか。

**Together with engaging in the evaluation of research results, are summarizing the results and then sharing them among the collaborating researchers occurring?**

全国の研究者が応募し、審査ができる共同研究データベース (Nicollas) の導入により、多数の応募書類の審査に関する環境整備が行われ、システム上での共同研究関連情報の統一的な管理、そして過去の共同研究報告書の提出の有無に基づいた審査が実現されており、共同研究成果の集約共同研究者間での共有するベースが適切に構築されていること、また、研究成果論文等の論文情報システム (NAIS) が整備され、論文投稿のサポートがされていることを含めて、高く評価できる。また、全ての共同研究について、研究成果報告が取りまとめられ、共同研究者向けに配布されていることから、成果の共有及び集約についても上述の登録システムによるデータベース化がなされており高く評価できる。

一方、上記システムについては発展途上の部分もあり、特に NAIS 上で、研究成果 (論文) と研究課題との関係が明らかでないなど、まだ大学の研究者には馴染みが薄く、その利便性が浸透していないので、運用・システムともに改善が求められる。

### 4. 設備の拡充など研究環境の整備を進め、産学共同も含めた共同研究・共同利用に供しているか。

**Is improvement of the research environment improving through the expansion of equipment advancing, and is it also contributing to collaborative research and collaborative use including industry-university collaboration?**

炉工学分野では評価試験装置の整備が行われ、LHD 内への照射装置設置など共同研究用の整備が進められている点、大規模並列型計算サーバー「プラズマシミュレータ」は、演算性能が8倍以上向上し、プラズマ・核融合分野のより大規模なシミュレーション共同研究に利用されていることは高く評価できる。また、数年前に立ち上げた「計測機器の共同利用」も定着し、コミュニティの意見も反映しつつ整備されており、大学のみならず民間との共同研究も進められて、供用される機器の年々の拡充は高く評価できる。

一方、稼働日数が余り多くない装置もあるので、その原因の分析や、産学連携の可能性も含め、稼働率を上げる工夫に努めることが望ましい。「プラズマシミュレータ」は、利用される CPU 時間は大幅に増大しているが、利用者の増加に努めるため、今後シミュレーション利用分野の拡大を図ることも望まれる。産学共同では、核融合研究の特殊性と先進性を熟知し、企業との橋渡しができる人材の育成と何らかの制度設計が必要であろう。

#### 5. 大学の機能強化、研究力強化に貢献しているか。

**Is this collaboration contributing to the strengthening of the functions of universities and to the research enhancement of universities?**

大学の研究室規模では実現できない高性能実験設備、計測設備（機器）、大型計算機環境を用いたプラズマ物理、核融合工学の研究は、各大学の研究力向上に大きく貢献している。特に、一般共同研究や LHD 計画共同研究は広く大学での基盤的研究を支援する役割を果たしている。また、双方向型共同研究及び LHD 計画共同研究における発表論文数において、その 90%が所外の研究者の著者によるものであり、大学主導の研究成果に対する貢献度は高いことから、その機能と研究力強化への貢献は高く評価できる。

大学の機能・研究力強化の観点は、平成28年度からの第3期中期計画に新たに盛り込まれた項目に関する評価項目であり、どのような基準で貢献度が判定できるか未知な部分もあることから、本報告内容ではまだデータの解析が不十分であるとの意見も見られ、その統計の精度、論文における共同研究活動の程度等の精査に基づき、新たな分野間連携や新分野の創成を醸成する研究の推進が期待される。

今後、核融合研がなすべき大学の機能強化・研究力強化に対する貢献とは何かを吟味し、評価項目を明確にするとともに、多様な共同研究制度を有効に利用しつつ、URA 制度の更なる活用も視野に入れ、伝統的な分野間連携にとどまらず、新たな分野間連携や新分野の創成を醸成する研究の推進が重要である。そのためには、幅広い学術分野との接点である大学と核融合研との連携強化を促進すべく、大学のハード・ソフト及び人的な支援を見据えた、今までに無い新たな共同研究の仕組み・制度設計を作り上げる必要がある。大学の研究力強化の尺度として、発表論文だけでなく、学内のプロジェクト展開や外部資金の獲得、拠点形成等に繋がっているのかも考慮することが重要である。

## 6. 人材育成に貢献しているか。

### **Is this collaboration contributing to the development of human resources?**

核融合研は大学共同利用機関として共同研究を公募し、その研究チームのメンバーである共同研究大学の大学院生、学部学生に対して、核融合研の実験機器を用いて核融合研の研究者と共同研究を行う機会を与えており、人材育成の面から見て高く評価できる。共同研究に使用する装置・機器には大学が保有しない大型・高性能な機器もあり、また所内の専門研究者との議論の場も与えられることから、共同研究参加学生の能力開拓に大きく貢献している。特に大学とは一線を画した、大型ミッション研究のための研究機関である核融合研で共同研究を行うことは、将来の研究者としてのキャリアパスに関して学生が考慮するきっかけともなり、研究人材確保の面から見ても高く評価できる

共同研究に参加する学生に対して与えられるより大きな影響として、核融合研での共同研究現場そのものが「プラズマ理工学」「核融合学」について考える場となっており、核融合研に滞在する国外からの留学生や研究者との交流を通じたグローバル視野を有する人材の育成に期待したい。

## 7. 異分野連携を含む、幅広いプラズマ・核融合分野の学術研究を推進しているか。

### **Is this collaboration advancing academic research in wide-ranging plasma and fusion fields, including cooperation with different fields?**

基礎となる学理が広範であるという意味において「核融合学」は様々な分野を巻き込んでおり、核融合研にて展開される共同研究も、幅広い分野からの多様な提案を受け付けており、高く評価できる。共同利用実験施設の中には稼働率の高いものも多く、プラズマ物理の基礎過程や原子分子過程、プラズマ計測などの研究が継続的に展開されているのと同時に、大気圧プラズマやプラズマの生物・生命応用などの新分野への展開が進められつつある。また、核融合研が機構内で分野間連携事業積極的に取り組む姿勢を示すことにより、共同研究参加機関・メンバーに対して分野間連携活動の指針を示す役割も果たしていることが評価される。実際に一般共同研究の中には息の長い基礎的な、或いは新分野開拓的な研究課題も含まれ、広い範囲でプラズマに関わる学術研究が進められており、特に天文・核融合一般・光科学・生物学・原子分子などの領域で一定の評価を受けている。

核融合研がプラズマ・核融合コミュニティの中核となっていることから「プラズマ研究のハブ」としての立場を確立し、年間に開催する数多くの研究会を通じて外部発信を行っており、高く評価される。ただし、個別の研究成果については外部に対して学術論文など



の形で適切に開示されているものの、核融合研が進めている学術研究の推進に費やす資源と運営体制については外部に対する発信が不十分な部分もあり、一般社会に分かりやすい形での情報発信が求められる。

## (国際共同研究)

### International Collaborative Research

#### 8. 海外研究機関との共同研究基盤・体制を整えているか。

**Is the collaboration being prepared soundly for collaborative research bases and systems with foreign research organizations?**

核融合研は海外の多くの研究機関との間で学術交流協定を提携し、日米協力、日中協力、日韓協力、IEA 協力などの幅広い国際共同研究の枠組み・体制を整えることにより、国際共同研究の実施基盤を築いている。各国際共同研究プロジェクトにおいて多くの日本人研究者を派遣し、国外から研究者を招へいしている。運営体制として、連携研究委員会や研究力強化戦略室を設置するなど、研究内容の充実に役立つ形態を構築しており、十分な研究成果が挙げられるよう努力がなされており、評価できる。現在行っている事業の推進状況や実施体制について、核融合コミュニティにおいてさえ情報共有されていないところもあり、今後の情報発信に対する取り組みが求められる。

大学からは核融合研に対して、日本のプラズマ・核融合分野における国際共同研究統括を依頼する意見もある。また、核融合研全体や日本のプラズマ・核融合研究コミュニティ全体としての国際共同研究の戦略作りについても、イニシアティブをとって貰いたいという意見も大学側から寄せられている。

#### 9. ITER 計画/BA 活動との連携を進めているか。また、ITPA などボランティアな貢献をしているか。

**Is the collaboration advancing cooperation with the ITER-BA project? Further, is the collaboration contributing to voluntary activities such as ITPA and others?**

核融合研は ITER 機構との間で技術協力について覚書きを交わし、超伝導技術やプラズマ計測技術、加熱機器開発、壁材料、基礎研究、DEMO 設計など、多方面で積極的に ITER 計画や BA 活動に貢献しており、高く評価される。技術支援や評価活動などにおいて所員がリーダーシップを発揮して積極的に参加し、大学とも共同して大きな貢献を果たしている。量研機構とともに日本の研究協力の窓口的存在として使命を果たしており、今後とも核融合

学研究分野の、日本の意見形成の中核として機能するものと期待される。

期待が大きい「一層の貢献」に対する大学の要望も大きい。「大学の機能強化・研究力強化」を目指して大学が ITER 計画/BA 活動との連携を更に深められるよう、核融合研に対して日本の研究コミュニティコーディネーターとしての戦略作りを求める声も大きい。

10. 実施機関として進めている国際共同研究において、その役割を十分果たしているか。また、その内容が適宜見直されているか。

**As an implementing body involved in advancing international collaborative research, is that role being sufficiently carried out? Further, are those contents being revised appropriately?**

日米協力、日中協力、日韓協力など二国間共同研究を着実に進め、IEA や ST、ステラレータ・ヘリオトロン共同研究など多様な国際共同研究を円滑に運営しており、高く評価できる。機構の国際的学術拠点形成事業の核融合分野を担当することにより、核融合研のみならず大学研究者の派遣・招へいを行い、国際共同研究プロジェクト核融合分野の取りまとめ機関として、核融合研が国際共同研究プロジェクトを統括する責務を十分に果たしている。今後は国際協力研究プロジェクトの戦略策定についての意見取りまとめがコミュニティから要求され、国際的な枠組みが変遷する中、個別プロジェクトを横断する形の統合化戦略が求められよう。

11. 国際共同研究を通して、国内外の人材の育成に貢献しているか。

**Is this international collaborative research contributing to the development of human resources in Japan and abroad?**

核融合研が実施する国際共同研究では派遣・受け入れの両面で、学生を含む若手研究者の交換が行われ、グローバル人材育成に寄与しており、高く評価できる。また、核融合研のベテラン研究者が国際共同研究の機会に現地を訪れる場合、海外若手研究者を核融合研での共同研究に迎え入れる場合のいずれにおいても、共同研究参加学生・若手研究者の育成に役立っている。国際共同研究と併せてインターンシップや国際スクールなどの企画とも統合し、国際的な人材育成機会となっている点は評価される。

国際共同研究の第一ミッションが人材育成とは謳われていないことから、成果としての人材育成に関する発信が十分なされていない。戦略的に若手の派遣・受け入れを行うのであれば、定期的に効果を確認しつつ、成果の情報発信ができるような制度作りと体制整備が必要となる。

## 〔2〕 提言

今回の評価において、核融合研における共同研究について議論した。その内容を踏まえて今後の共同研究に関する提言を以下にまとめた。

- (1) 一般・LHD 計画・双方向型共同研究という対象や予算規模が違う 3つの共同研究を有機的に運営してきた点を評価するとともに、今後もプラズマ核融合分野全体を俯瞰的に網羅した共同研究体制をより一層発展させることを期待する。共同研究を積極的に活用し当該分野の研究基盤の拡充に努めつつ、他分野への学術発信や分野間連携の促進、産業界との連携協力を図るなど、幅広い協力体制の構築を進めていただきたい。
- (2) 共同研究の活性化のために、核融合コミュニティの動向を常に把握し、研究者の多様な意見や要望をより一層積極的に取り込むことを期待する。併せて、共同研究の申請や研究成果の報告など事務手続の電子化では、情報通信技術の進歩が期待されることから、今後ともさらなる利便性の改善に向けた努力を期待する。
- (3) 大学の機能・研究力強化を第3期中期計画に盛り込んだ点は高く評価できる。幅広い学術分野間の連携に取り組む大学と核融合研との連携強化をさらに促進することにより、大学の研究基盤の強化及び人的交流の活性化など、多様な協力・支援関係の新たな構築につながる共同研究の改革に向けた取り組みを望む。
- (4) 国際共同研究を全世界に幅広く展開し精力的に推進している点は高く評価できる。今後も我が国の核融合分野の学術研究を推進する中核機関として、ITER 計画/BA 活動への積極的な関与、及び広範な国際共同研究への参画に対して、大学との連携や意見を取り入れつつ一層の機能的な発展を望む。
- (5) 核融合を基軸とした学術研究を通して、国内の大学院生や若手研究者及びアジアを中心とした海外の若手研究者の育成に貢献しているが、今後もさらなる内容の充実を期待する。また、国際共同研究をより積極的に人材育成の機会ととらえ、多様な研究者育成制度も活用しつつ、我が国のプラズマ核融合分野の戦略的な人材育成につながる方策と体制の整備を望む。

大学共同利用機関を基軸とした共同研究・共同利用は我が国独自の制度であり、大学を中心とした我が国の学術研究の推進に対して大いに貢献してきている。特に核融合研では、

核融合コミュニティに対して共同研究に関する様々な試みや改善を図ってきている点は高く評価できるので、今後も核融合分野における学術研究の拠点として発展させるべく、共同研究のより一層の拡充を期待する。

## 第4章 おわりに

核融合研では平成22年度からの第2期中期目標期間の開始にあたり、プラズマ・核融合分野でのCOEとしての求心力を一層強化するため、LHD、理論シミュレーション、核融合工学の3分野で研究プロジェクトを構成し、核融合炉実現に向けて、これらの成果を統合していく研究計画をスタートさせた。このために平成22年度には所内研究組織の改編も行った。全研究教育職員が一つの研究部にまとめられ、3つのプロジェクトへの参画を自由にする体制を取っており、LHD、理論シミュレーション及び核融合工学との連携が推進され、課題に対して臨機応変に対応できることが期待される。

核融合研の外部評価委員会では、平成25年度に核融合工学研究プロジェクト、平成26年度にLHDでの重水素実験実施計画、平成27年度に数値実験炉研究プロジェクトの評価を実施した。そして、本年度は運営会議において「共同研究」を対象として外部評価を実施することとした。外部評価委員会は運営会議の所外委員10名と外国人委員3名、さらに所外の国内専門委員3名を加えて構成され、以下の観点で評価を行った。

### (国内共同研究)

1. 共同研究の公募内容は、研究の進展と関連分野の動向を踏まえたものになっているか。
2. 共同研究課題の審査において、核融合コミュニティと連携し意見を反映する仕組みが構築されているか。
3. 成果に対する評価を行うとともに成果の集約及び共同研究者間の共有がなされているか。
4. 設備の拡充など研究環境の整備を進め、産学共同も含めた共同研究・共同利用に供しているか。
5. 大学の機能強化、研究力強化に貢献しているか。
6. 人材育成に貢献しているか。
7. 異分野連携を含む、幅広いプラズマ・核融合分野の学術研究を推進しているか。

### (国際共同研究)

8. 海外研究機関との共同研究基盤・体制を整えているか。
9. ITER計画/BA活動との連携を進めているか。また、ITPAなどボランタリーな貢献をしているか。
10. 実施機関として進めている国際共同研究において、その役割を十分果たしているか。また、その内容が適宜見直されているか。
11. 国際共同研究を通して、国内外の人材の育成に貢献しているか。

外部評価委員会は、平成28年10月から平成29年2月にかけて3回開催され、核融合研からの評価項目に沿った詳しい説明及び質疑応答等が行われた。外部評価委員の評価結果が出揃った段階でこれらを取りまとめ、外部評価報告書を作成した。

本年度実施した「共同研究」に対する外部評価の結果としては、国内共同研究及び国際共同研究のそれぞれの項目に対して、概ね高く評価するとの結論となった。今回の評価では、一般・LHD計画・双方向型共同研究という3つの共同研究体制が高く評価され、一層の発展を期待するとともに、さらなる改善・改革に向けた取り組みの期待も寄せられた。例えば、大学の機能・研究力強化の視点から核融合研と大学とのより一層の連携強化を図る必要性が謳われている点や、核融合分野では不断の人材育成が必須であると言われ続けているが、国際共同研究を利用した戦略的な人材育成の必要性が指摘された点などが挙げられよう。なお、研究プロジェクトの評価では、一般的に達成すべき目標が数値的な指標で明示されていることが多いので、評価基準が比較的明確であるが、共同研究に対しては、継続的な努力により連続的に発展してゆくものであり、明確な指標がある訳ではないため、評価者により評価基準が少し異なるのは仕方ないと言える。そのためか、今回の共同研究の評価では、過去の研究プロジェクトに対する評価に比べて評価点がやや低かったと思われる。ただし、個々の意見を見ると、さらに良い共同研究を目指してもらいたい、という趣旨のメッセージが多いことから推察するに、共同研究を高く評価していない、というよりはむしろ、共同研究に対する期待が大きいということの裏返しであると言えよう。なお、より良い共同研究体制は、核融合研のみならず、プラズマ核融合コミュニティが一体となって醸成してゆく必要があるのは言うまでもない。

最後に、核融合研の共同研究の今後の進め方に関する提言を下記のようにまとめた。

- (1) 一般・LHD計画・双方向型共同研究という対象や予算規模が違う3つの共同研究を有機的に運営してきた点を評価するとともに、今後もプラズマ核融合分野全体を俯瞰的に網羅した共同研究体制をより一層発展させることを期待する。共同研究を積極的に活用し当該分野の研究基盤の拡充に努めつつ、他分野への学術発信や分野間連携の促進、産業界との連携協力を図るなど、幅広い協力体制の構築を進めていただきたい。
- (2) 共同研究の活性化のために、核融合コミュニティの動向を常に把握し、研究者の多様な意見や要望をより一層積極的に取り込むことを期待する。併せて、共同研究の申請や研究成果の報告など事務手続の電子化では、情報通信技術の進歩が期待されることから、今後ともさらなる利便性の改善に向けた努力を期待する。

- (3) 大学の機能・研究力強化を第3期中期計画に盛り込んだ点は高く評価できる。幅広い学術分野間の連携に取り組む大学と核融合研との連携強化をさらに促進することにより、大学の研究基盤の強化及び人的交流の活性化など、多様な協力・支援関係の新たな構築につながる共同研究の改革に向けた取り組みを望む。
- (4) 国際共同研究を全世界に幅広く展開し精力的に推進している点は高く評価できる。今後も我が国の核融合分野の学術研究を推進する中核機関として、ITER 計画/BA 活動への積極的な関与、及び広範な国際共同研究への参画に対して、大学との連携や意見を取り入れつつ一層の機能的な発展を望む。
- (5) 核融合を基軸とした学術研究を通して、国内の大学院生や若手研究者及びアジアを中心とした海外の若手研究者の育成に貢献しているが、今後もさらなる内容の充実を期待する。また、国際共同研究をより積極的に人材育成の機会ととらえ、多様な研究者育成制度も活用しつつ、我が国のプラズマ核融合分野の戦略的な人材育成につながる方策と体制の整備を望む。

大学共同利用機関を基軸とした共同研究・共同利用は我が国独自の制度であり、大学を中心とした我が国の学術研究の推進に対して大いに貢献してきている。特に核融合研では、核融合コミュニティに対して共同研究に関する様々な試みや改善を図ってきている点は高く評価できるので、今後も核融合分野における学術研究の拠点として発展させるべく、共同研究のより一層の拡充を期待する。

# 資料編 1

平成28年度 共同研究報告書





平成28年度  
共同研究 活動報告書

自然科学研究機構 核融合科学研究所



# 目次

1. はじめに	
1. 1 核融合科学研究所の共同研究の概要	1
1. 2 第2中期目標・中期計画	2
2. 国内共同利用・共同研究	4
2. 1 共同研究の公募内容	4
2. 1. 1 双方向型共同研究	4
2. 1. 2 LHD計画共同研究	6
2. 1. 3 一般共同研究	6
2. 1. 3. 1 一般共同研究の目的、公募内容	6
2. 1. 3. 2 ネットワーク型共同研究について	10
2. 2 共同研究課題の審査	11
2. 2. 1 双方向型共同研究課題	12
2. 2. 2 LHD計画共同研究	13
2. 2. 3 一般共同研究	14
2. 3 共同研究成果のまとめ	17
2. 3. 1 評価と共同研究費への反映	17
2. 3. 2 成果の共有	18
2. 3. 3 データベースの構築	19
2. 4 共同研究設備・環境の整備	21
2. 4. 1 炉工学関連設備	21
2. 4. 2 大型コンピュータ	25
2. 4. 3 計測機器の共同利用	27
2. 5 大学の機能強化・研究力強化への貢献	29
2. 5. 1 研究推進における貢献	29
2. 5. 2 人材育成への貢献	31
2. 6 プラズマおよび核融合に関する幅広い学術共同研究の推進	33
2. 6. 1 プラズマ基礎研究	33
2. 6. 2 異分野との連携研究	35
2. 7 国内共同利用・共同研究に関するまとめ	38
3. 国際共同研究	40
3. 1 国際共同研究体制の整備	40
3. 2 国際共同研究基盤の整備	40
3. 3 ITER、BAとの連携	42
3. 3. 1 ITPAなどボランティア活動への貢献	42
3. 3. 2 ITER/BA活動への貢献	43

3. 4	実施機関となっている国際共同研究の進展	45
3. 4. 1	日米協力	45
3. 4. 2	日中協力	48
3. 4. 3	日韓協力	50
3. 4. 4	I E A協力	52
3. 4. 4. 1	ステラレータ・ヘリオトロン概念の開発実施協定	53
3. 4. 4. 2	テキサトール・P W I	55
3. 4. 4. 3	球状トーラス	56
3. 4. 4. 4	定常運転	58
3. 4. 5	自然科学研究機構国際的学術拠点形成事業	59
3. 5	国際共同研究を通じた人材育成	60
3. 6	国際共同研究に関するまとめ	61
4.	おわりに	62

## 1. はじめに

### 1. 1 核融合科学研究所の共同研究の概要

核融合科学研究所は、大学共同利用機関法人自然科学研究機構の一機関として、全国の大学との共同研究を広く推進している。特に、個々の大学では持ち得ない大型設備を保有しこれを用いて共同利用・共同研究を進め核融合科学分野におけるCOEとしての役割を果たしている。これらの研究は、「双方向型共同研究」、「LHD（大型ヘリカル装置）計画共同研究」、「一般共同研究」の3つのカテゴリーに分けられる。国内の共同研究としてはそのほかにも、自然科学研究機構の連携活動に基づく共同研究、大学・研究機関との協定に基づく共同研究、民間等と個別に契約を結ぶ共同研究などがある。一方、国際共同研究においては、政府間レベルの協定に基づく日米協力、日韓協力、日中協力、IEA協力研究の一環としてのステラレータ・ヘリオトロン協定、テキサトール・PWI協定などに基づく共同研究、自然科学研究機構の国際連携活動に基づく共同研究、ITER、BAとの連携、ITPAなどボランティア活動としての貢献、研究機関間の学術交流協定による国際共同研究などを進めている。

このように、多種多様な国内・国際共同研究が多くの制度の下、あるいは協定や契約を締結して進められている。今回の外部評価においては、以下に示す核融合科学研究所の代表的な共同研究について、評価をいただきたい。

#### 国内共同研究

核融合科学研究所の共同研究制度に基づく大学共同研究

双方向型共同研究

LHD計画共同研究

一般共同研究

そのほかの共同研究制度によるプラズマ・核融合に関する幅広い学術共同研究

#### 国際共同研究

ITER、BAとの連携に基づく共同研究

ITPAなどボランティア活動としての貢献

核融合科学研究所が実施機関となり、大学も含めて推進する共同研究

日米協力研究

日中協力研究

日韓協力研究

IEA TCPに基づく共同研究

ステラレータ・ヘリオトロン共同研究

テキサトール・PWI共同研究

球状トーラス共同研究

定常運転共同研究

自然科学研究機構国際的拠点形成事業

## 1. 2 第2期中期目標・中期計画

今回の外部評価の対象年度は、平成22年度から27年度までであり、第2期中期計画・中期目標期間と一致する。第2期においては、自然科学研究機構として共同利用・共同研究に関し、第一期に比べ一層の充実を図ることを目標に中期目標・中期計画を制定した。以下、自然科学研究機構及び核融合科学研究所について、基本的な計画・目標、及び共同利用・共同研究に係わる記述を抜粋する。

### 第2期中期目標

#### I 研究機構の教育研究等の質の向上に関する目標

##### 1 研究に関する目標

###### (1) 研究水準及び研究の成果等に関する目標

核融合科学分野では、我が国における核融合科学研究の中核機関として、大学や研究機関と共に核融合科学及び関連理工学の学術的体系化と発展を図る。環境安全性に優れた制御熱核融合の実現に向けて、大型の実験装置や計算機を用いた共同研究から、国際協力による核融合燃焼実験への支援までを含む日本全体の当該研究を推進する。

##### 2 共同利用・共同研究に関する目標

###### (1) 共同利用・共同研究の内容・水準に関する目標

本機構は、各専門分野を先導する中核拠点として、国内外の研究者との共同利用・共同研究を一層推進し、優れた研究成果を上げる。

###### (2) 共同利用・共同研究の実施体制等に関する目標

大学共同利用機関として自然科学分野で今後も着実に研究成果を積み上げ、一層優れたものとするために、現在、必要とされている共同利用・共同研究の仕組みについては維持し、更に共同利用・共同研究の実績評価や利用者の意見を反映して改善できる体制を構築する。

#### IV 自己点検・評価及び当該状況に係る情報の提供に関する目標

##### 1 評価の充実に関する目標

国際的に優れた研究成果を上げるために、研究体制、共同利用・共同研究体制や業務運営体制を適宜、見直し、改善・強化するために自己点検、外部評価等を充実する。

### 第2期中期計画

#### 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

##### 2 共同利用・共同研究に関する目標を達成するための措置

###### (1) 共同利用・共同研究の内容・水準に関する目標を達成するための措置

① 国内外の研究動向を見極めながら各機関の役割と各研究施設の機能を充実させ、国際的に高い水準の共同利用・共同研究を推進する。

② 国公立大学及び国内外の研究機関等との双方向型などの連携により、各専門分野の学術研究ネットワークの中核拠点として共同利用・共同研究を実施する。

(核融合科学研究所)

LHDによる高性能プラズマ実験、大型計算機システムによる大規模シミュレーション及び炉工学研究の高度な共同利用・共同研究を推進する。双方向型共同研究を、東北大学や富山大学の参画を得て拡充し、推進する。国際熱核融合実験炉及び「幅広いアプローチ」等の国際事業や、慣性核融合等の国内事業に対して、卓越した研究拠点として大学とともに連携協力を図る。

(2) 共同利用・共同研究の実施体制等に関する目標を達成するための措置

① 公募型の共同利用・共同研究については、各機関が持つ研究施設や研究体制の特長を活かして、共同利用・共同研究の仕組みを研究者コミュニティの要請に応えられるものとする。

② 国際的な共同利用・共同研究を促進するため、(中略)政府レベルの国際エネルギー機関実施協定による核融合科学の実施などによって国際共同利用・共同研究の基盤とその利用制度を充実させる。また、国際研究集会や外国人研究者招へいに対しては、提案の公募を実施して審査の上、支援を行う。

③ 双方向型、大学連携型、ネットワーク型等の共同利用・共同研究については、(中略)ヘリカル型核融合研究などにおいて各機関が中核となる戦略的な研究課題を設定して、大学等との協力によって成果を上げる体制を充実する。

4 その他の目標を達成するための措置

(2) 国際化に関する目標を達成するための措置

① 機構長のリーダーシップの下、国際戦略本部を中心に、本機構が締結した国際交流協定に基づき、国際共同事業を促進する。

② 各機関においては、各機関が締結した国際交流協定などに基づき、海外の主要研究拠点との研究者交流、共同研究、国際シンポジウム及び国際研究集会の開催により連携を推進する。(後略)

下線は特に今回の活動報告の要点と関連の深い部分である。

第2期中期計画・中期目標に沿って行われた平成22年度から27年度までの業務内容については、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ているところである。

第3期中期計画・中期目標(平成28年度から33年度まで)では、第2期の計画・目標で示された共同利用・共同研究のより一層の充実を図るとともに、機構の公募型の共同利用・共同研究の申請、審査、採択、成果報告と分析までを総合的に管理するシステムの構築、機構内各機関における個別の大学間連携を集約し、柔軟に大学の研究力強化を推進する制度構築、双方向型共同研究をはじめとする大学間ネットワークの整備・活用による共同研究の先導、などを図るとされている。第2期と比べて新しく加わった文言として、「大学の機能強化への貢献」「異分野連携」が挙げられる。これらは第3期期間での目標ではあるが、これまでの活動報告をまとめる上での視点として加えた。



## 2 国内共同研究・共同利用

### 2. 1 共同研究の公募内容

核融合科学研究所では、国内の大学等からの幅広いニーズに対応するため、「双方向型共同研究」、「LHD計画共同研究」、「一般共同研究」という3つの形態の共同研究を設け、毎年研究課題の公募を行って、共同利用・共同研究活動を展開している。これらの共同研究を円滑に運営ために、核融合科学研究所運営会議のもとに共同研究委員会が設けられている。さらにそのもとに双方向型共同研究委員会、LHD計画共同研究委員会、核融合研究共同研究委員会（通称：一般共同研究委員会）の3つの専門委員会が設けられており、それぞれのカテゴリーの共同利用・共同研究の運営に当たっている。それぞれの専門委員会の幹事長（委員長）は、コミュニティの代表として所外の委員が就任し、審議の透明性を確保しつつ、研究課題の採択等を行っている。

公募内容は毎年、各専門委員会で共同研究全体を取り巻く状況、研究の進展等を考慮して「共同研究公募案内」を作成し、その内容を共同研究委員会で審議を経て、運営会議で承認後、研究所ホームページで公開される。双方向型共同研究ではこれまで、国内外の研究動向に対応して、2～3年単位で重点課題を決め、該当する主要研究課題に対して予算を傾斜配分する措置や、一般共同研究では、LHDの重水素実験開始に伴って、関連分野を増設する等、柔軟に対応してきた。

#### 2. 1. 1 双方向型共同研究

双方向型共同研究は、特徴のある核融合関連研究施設を持つ大学附置研究所・センターと核融合科学研究所との間で双方向性のある共同研究を進めることで、核融合研究の重要課題を解決しようとするものである。そのために、参画する大学の附置研究所・センターの装置を、大学共同利用機関である核融合科学研究所の共同利用施設と同等にみなし、当該装置を用いた全国の大学研究者との共同研究を、核融合科学研究所の共同研究として受け入れる制度である。

双方向型共同研究は現在、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附属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高温プラズマ力学研究センター、富山大学研究推進機構水素同位体科学研究センターの5センターが参画して進めている。研究課題は核融合研や各センターの持つ特長を互いに活かす形での連携を強く意識したものになってきており、各センターがサブコアとなって他の大学への共同研究へと広く展開している。

双方向型共同研究の採択件数は、図 2.1.1-1 に示すように全体として微増傾向にある。予算配分は、双方向型共同研究委員会で決定するが、当該分野における重要度と緊急性を鑑みて、特定のセンターに対して重点配分を行う場合がある。図 2.1.1-2 に現在の双方向型共同研究の概念図を示す。なお、平成27年度まで双方向型共同研究の枠組みに入っていた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は、現在、協力機関として共同利用・共同研究の申請・受付を東北大学金属材料研究所側で行っている。

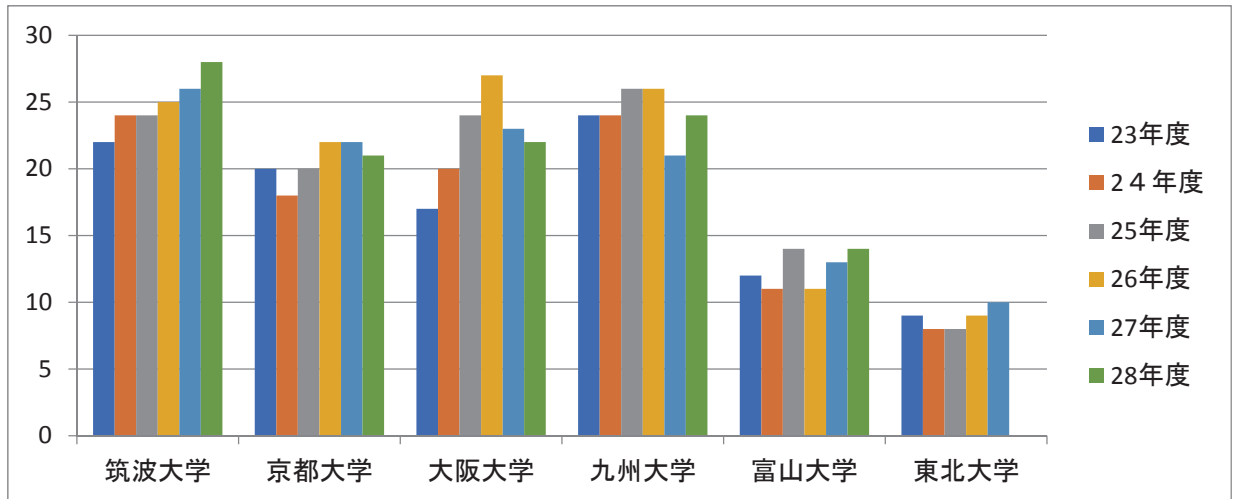


図 2.1.1-1 双方向型共同研究のセンター別採択課題数の推移

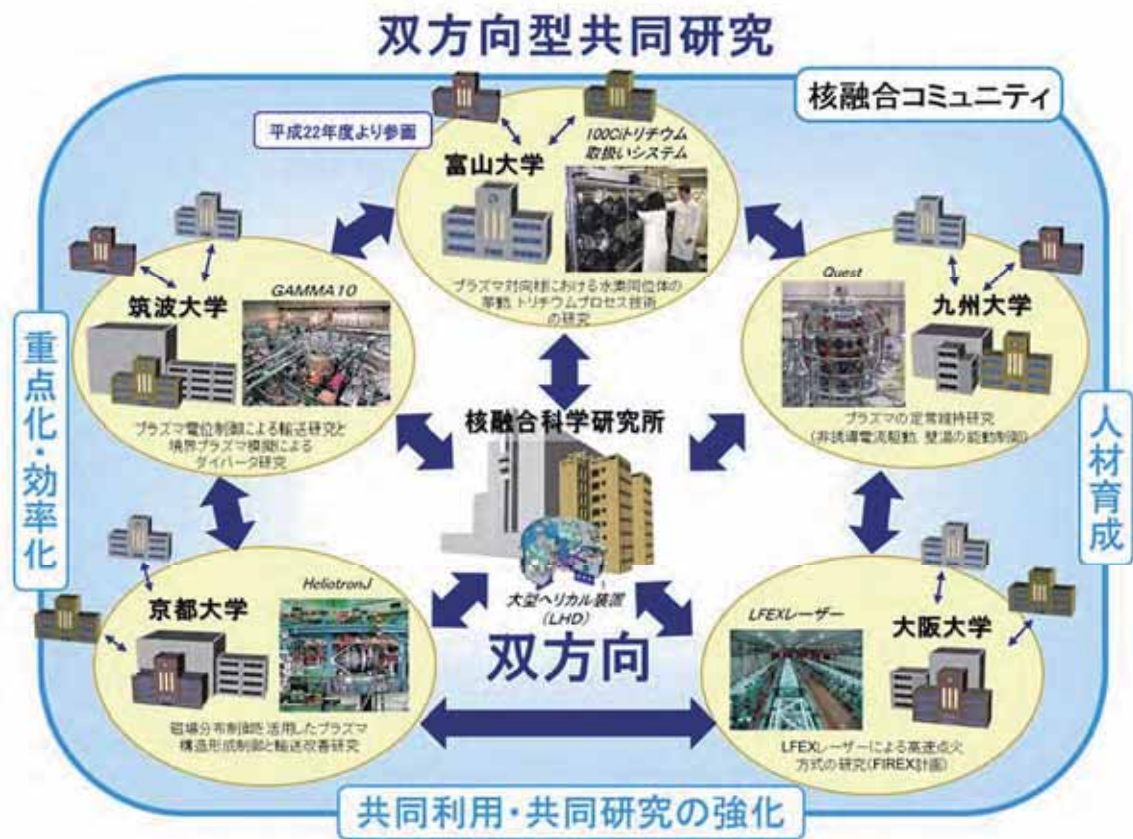


図 2.1.1-2 双方向型共同研究の概念図

## 2. 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、知見、技術等をLHD実験に適用・集約することで、全国の大学研究者がLHD実験をコミュニティとして支えることを目的としている。本共同研究は、課題毎の予算規模が大きく、複数年の計画が想定されており、この点が他の共同研究と大きく異なる。本共同研究は、まず、大学等で研究・開発を行い、その後、その成果をLHDに適用するという形式をとっている。このようにすることで効率的に共同研究を進めること、さらには大学等の研究の発展に寄与することを目指している。また、本共同研究で整備した機器をLHDに取り付ける等のLHD実験への直接的な関与がない場合であっても、その知見がLHD計画の推進に貢献できるものであれば、公募の対象としている。

LHD計画共同研究は、平成8年から開始した。当初は、(1)プラズマ分野と(2)炉工学分野の2つの申請カテゴリーを設定して公募を行った。平成19年度の共同研究の公募より、新たに申請カテゴリー(3)「核融合科学研究所が指定した研究課題」を設定し、LHD重水素実験の研究計画の充実や重水素実験に関連する課題の解決を目指した。当初の「研究所が指定した研究課題」としては、(i)高ベータプラズマの制御手法及び、正確な計測機器の開発、(ii)プラズマ乱流や乱流輸送の研究及び実験法の開発、(iii)LHD-DD実験時の真空容器内材料におけるトリチウム挙動の研究、の3課題が示された。平成22年度の公募において、課題(i)及び(ii)のみとなり、その後、平成26年度からは、新たに課題(iii)としてトリチウムの環境・生物影響に関する研究が追加された。

## 2. 1. 3 一般共同研究

### 2. 1. 3. 1 一般共同研究の目的、公募内容

一般共同研究は、核融合研設立時から行っている最も歴史のある共同研究である。対象とする課題は、プラズマ・核融合に関するあらゆる分野にわたっている。大学等の研究者に核融合研に来ていただき、核融合研の実験装置、計算機資源、予算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いる。

しかし、研究者コミュニティのからの要望により、第1期中期計画時の平成16年度より「相互交流型共同研究」として、核融合研の研究者が大学等に出向き、そこでの実験設備を使用しての研究ができるようなカテゴリーを新設した。毎年15件程度の応募があり、相互交流型の特色を活かした申請が提案され採択、実施された。これを受けて第2期中期計画期の平成23年度からは、研究会を除くすべてのカテゴリーを相互交流型とし、核融合研の職員が大学等に出張できるようになった。

さらに、一部の研究領域で要望の強かった仕組み、すなわち相互交流型共同研究の仕組みをさらに進めた共同研究の形態として、核融合研のほか、複数の大学が参加し研究所と大学間だけでなく、大学間の研究者の移動を可能とする「ネットワーク型共同研究」を新たなカテゴリーとして創設した。従来の共同研究は、核融合研を中心とした各大学との一対一の関係を基本としていたため、研究者の移動は、大学と核融合研間に限られ、

研究協力者の大学間の移動は認められなかった。これに対してネットワーク型共同研究では、複数の大学等が連携して初めて可能になる共同研究課題に限り、大学間の研究者の移動も可能としたものである。現状では、申請内容がネットワーク型の特色を十分に活用したものであるかを審査し、年間5件程度の課題を採択している。

一般共同研究の公募内容については、内容の見直しを毎年度行っているが、前回の外部評価を受けて、第2期中期計画期では以下の対応を行った。

(1) 研究所の組織変更に伴い、「大型ヘリカル装置計画」、「核融合工学研究」「数値実験炉研究」の3つのプロジェクトに対応した大項目を立て、内容の整理、統合を行った。

(2) 平成16年度に開始した「相互交流型共同研究」は平成23年度より廃止し、研究会を除くすべてのカテゴリーを相互交流型とし、核融合研所員も大学へ出向き、共同研究できるようにした。

(3) 従来の共同研究は、核融合研を中心とした各大学との一対一の関係を基本としていたため、研究者の移動も大学と核融合研間のみに限られ、研究協力者の所属大学間の移動は認めていなかった。そこで、平成23年度により、新たに「ネットワーク型共同研究」を設け、複数の大学が連携して初めて可能になる共同研究課題に限り大学間の研究者の移動も可能とした。

(4) これまで国内機関の所属者に限定していた共同研究の代表者について、計算機利用を除き、外国籍の研究者がなることを可能とした。

(5) 移動可能な共同利用機器を新たに核融合研が整備し、各大学へ持ち出して利用できる制度「計測器等共同利用制度」を開始した。

研究所のプロジェクト制を主とした組織改編に伴い、平成23年度の公募に向けて再編成された公募カテゴリーの対応を図 2.1.3.1-1 に示す。「大型ヘリカル装置プロジェクト」、「核融合工学プロジェクト」、「数値実験プロジェクト」の3つのプロジェクトと従来からの募集項目に大別した。「大型ヘリカル装置プロジェクト」には、従来のLHDプラズマ実験共同研究に加えて、重水素を用いた実験とそのための安全管理に関する課題を集約した。「核融合工学プロジェクト」では、従来の「炉工学分野共同研究」を引き継ぐとともに、将来の核融合炉を見据えた長期的展望に立って、「超伝導システム研究」の課題を新設、集約した。また「相互交流型共同研究」は、発展的に解消され、新規に「ネットワーク型共同研究」が設定された。

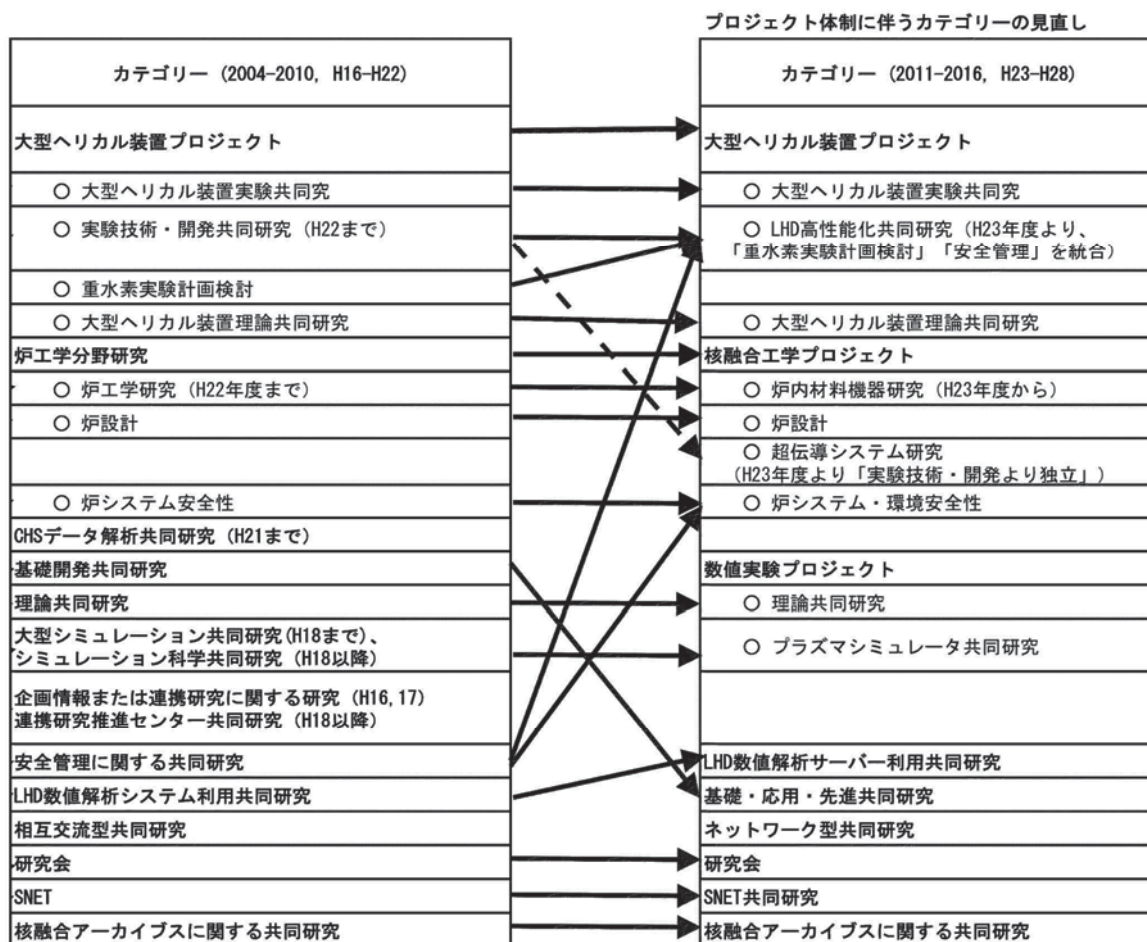


図 2.1.3.1-1 第1期中期計画期から第2期中期計画期への共同研究カテゴリーの再編成の対応図。

次に、一般共同研究の公募から実施までについて、公募文の作成、申請、審査の流れを説明する。図 2.1.3.1-2 に、共同研究の公募の流れを示す。

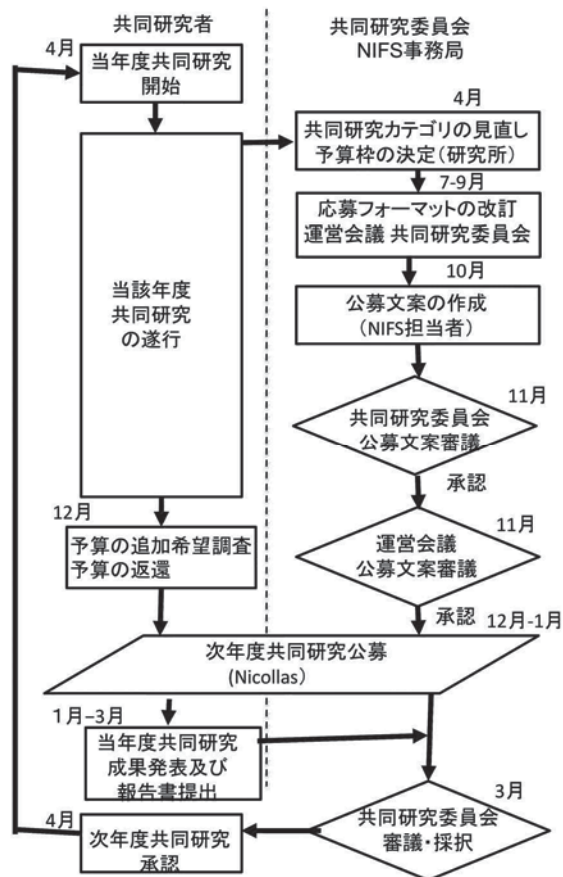


図 2.1.3.1-2 公募文の作成から申請、採択、共同研究の実施までの流れ

年度初期から9月頃までに、前年度3月開催の一般共同研究委員会での議論を受けて、募集カテゴリーの見直し、募集方法、申請フォーマット等の見直し、9月の運営会議共同研究委員会で共同研究の進捗状況レビュー、及び次年度の共同研究公募の方針を議論する。それらに基づき10月に次年度共同研究公募文案を作成し、11月に公募文案について共同研究委員会で審議する。その後運営会議の承認を得て、12月初めより約1ヶ月間で、次年度共同研究の公募が行われる。申請はWebベースのNicollasシステムを用いて入力、提出される。採択時に選定された課題と、ネットワーク型共同研究の全課題について1月開催の報告会における成果発表を、また2月末を目途にすべての共同研究について報告書の提出を課している。その後3月中旬に一般共同研究委員会を開催し、提出された次年度共同研究申請書と当該年度共同研究報告書をもとに、次年度共同研究課題の審査を行う。その後、運営会議での承認を経て、4月より共同研究が開始される。

## 2. 1. 3. 2 ネットワーク型共同研究について

平成23年度より開始された「ネットワーク型共同研究」ネットワーク型共同研究は、従来は認められていなかった大学間の研究者移動の旅費をも認めるものである。初年度の平成23年度は、試みとして3件の課題を採択したが、その後は5件程度を採択している。ネットワーク型共同研究については、予算規模（物品購入費+旅費）を100万円程度とし、他の一般共同研究課題に比べて大きな予算が認められている。9月には中間報告書を、2月には全期間の報告書を提出してもらい、一般共同研究の報告会では、すべてのネットワーク型共同研究課題について報告を課している。平成23年度から平成28年度までの採択課題の推移を、図2.1.3.2に示す。

採択課題は、当初想定されたプラズマ対向材の評価をはじめ、大学の装置間比較を活かした高ベータプラズマ研究、実験・観測・シミュレーションからの磁気リコネクション研究、近年では日本の環境トリチウム・ラドン濃度評価研究など新たな発想に基づく分野まで拡大しており、ネットワーク型共同研究がうまく機能しているだけでなく、新たな展開がなされていることが分かる。

課題名	代表者	所属	所内世話人	初年度参加大学等	初年度 共同研究者数	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
						H23年	H24年	H25年	H26年	H27年	H28年
環状磁場閉じ込め高ベータプラズマの能動的制御のプラズマ性能への影響	政宗貞男	京都工機大	成嶋吉朗	京都工機大、兵庫県立大、東大、日大、海上保安大、群馬大、核融合研等	24	■	■	■			
水素リサイクリング解明のための水素同位体-材料相互作用ダイナミクス	大矢恭久	静岡大	増崎 貴	静大、富山大、北大、九大、鳥根大、琉球大、名大、核融合研等	21	■	■	■			
実験・観測・シミュレーションが連携した磁気リコネクション物理研究	小野 靖	東京大	堀内利得	東大、名大、原研、京大、産総研、千葉大、天文台、プリンストン大、核融合研等	19	■	■	■			
環状磁場プラズマ消滅時のトロイダル電流減衰時間の決定機構の研究	渡邊清政	核融合研	榎原 悟	核融合研、名大、京都工機大、京大、東工大、九大、兵庫県立大、北大、原研	20		■	■			
球状トカマクにおける高周波プラズマ生成・電流立ち上げ実験	高瀬 雄一	東京大	笠原 寛史	東大、京大、九大、核融合研	12		■	■	■		
プラズマの急激な変化に伴うMHD平衡ダイナミクス及びその閉じ込めとの相互作用の研究	中村祐司	京大	渡邊清政	京大、核融合研、名大、石川高専、京都工機大、東工大、九大、兵庫県立大、北大、原研	24				■	■	■
高ベータトラスプラズマにおける自律的現象の観測と制御	井通暁	東京大	成嶋吉朗	東大、核融合研、京都工機大、兵庫県立大、日大、東大、群馬大、海上保安大、九大、高工研、総研大	58				■	■	■
共通設置試料を用いたプラズマ対向材の表面改質と粒子リサイクリングに関する研究	信太祐二	北海道大	増崎貴	北大、核融合研、富山大、京大、静岡大、筑波大、名大、大阪大、鳥根大、琉球大、九大	23				■	■	■
日本の環境トリチウム・ラドン濃度の地域のおよび季節的変化の評価	古川雅英	琉球大	赤田尚史	琉球大、核融合研、弘前大、北大、福島県立医科大、総研大、環境研、名大	15					■	■
プラズマ実験・シミュレーション・太陽観測を融合したO点とX点のダイナミクス解明	小野靖	東京大	堀内利得	東大、核融合研、名大、原研、日大、産総研、千葉大、宇宙研、天文台、情報研、九大	25					■	■
球状トカマクにおける高速電子を介した自己組織化	高瀬雄一	東京大	笠原寛史	東大、核融合研、京大、九大	12						■

図 2.1.3.2 ネットワーク型共同研究の採択課題の推移

ネットワーク型共同研究では、年度毎に中間報告書と最終報告書を提出してもらっている。そこでは、この共同研究における効果や問題点について意見を自由に挙げてもらっている。それらの意見をまとめると以下ようになる。

- 学生や若手教員に対する教育的効果が大きいこと（教育的効果）  
「大学院生や若手の教員にとって、他大学の実験装置に触れることは自らの研究をより広い視野で見直す良い機会であることから、若手人材育成の観点からも高い効果を有していると考えられる」
- 材料分析などに複数の分析機器を使用できるようになったこと（材料分析）  
「国内の大型プラズマ装置を活用するとともに、大学機関が有する小型照射装置や分析装置を活用し、多角的な視点で評価することができる」  
「横断的な共通試料の分析や特徴ある各大学の装置利用の活性化が可能」等。
- 同一事象に対して、実験・観測・理論の多方面からのアプローチの結果を統合できること（融合）  
「本予算の若手の長期派遣によって実験・観測・理論の分野融合は大きく進み、実験研究者によるシミュレーション論文、太陽観測者の実験室論文、3分野連合の論文につながった」等。
- 大学間協力が必須のS T研究や環境とリチウム濃度の広域・長期間観測などの研究ネットワークの形成（ネットワーク形成）  
「大学間協力が必須の全日本S T研究計画の実績構築に大変役立っている」  
「核融合研を中核機関とした複数研究機関による研究ネットワークを構築し、環境水中トリチウム濃度の広域・長期観測、ラドンを加えたマルチトレーサー手法の開発、これらに関連した若手研究者の育成を行っている」等。

## 2. 2 共同研究課題の審査

共同研究・共同利用を円滑に運用するため、核融合科学研究所運営会議のもとに共同研究委員会が設けられており、さらに、そのもとに双方向型共同研究委員会、LHD計画共同研究委員会、核融合研究共同研究委員会（通称：一般共同研究委員会）の3つの専門委員会が設けられている。それぞれのカテゴリーの共同利用・共同研究の運用は、対応する専門委員会が行っている。それぞれの専門委員会の幹事長（委員長）にはコミュニティを代表して所外委員が就任し、審議の透明性に確保しつつ審査を行っている。

平成22年度からの、各カテゴリーの採択件数の変遷を図2.2に示す。全体として微増傾向であるが、これは主に双方向型共同研究の採択件数の増加によることが分かる。

次節以降に申請から採択までの各カテゴリーの審査プロセスを述べる。



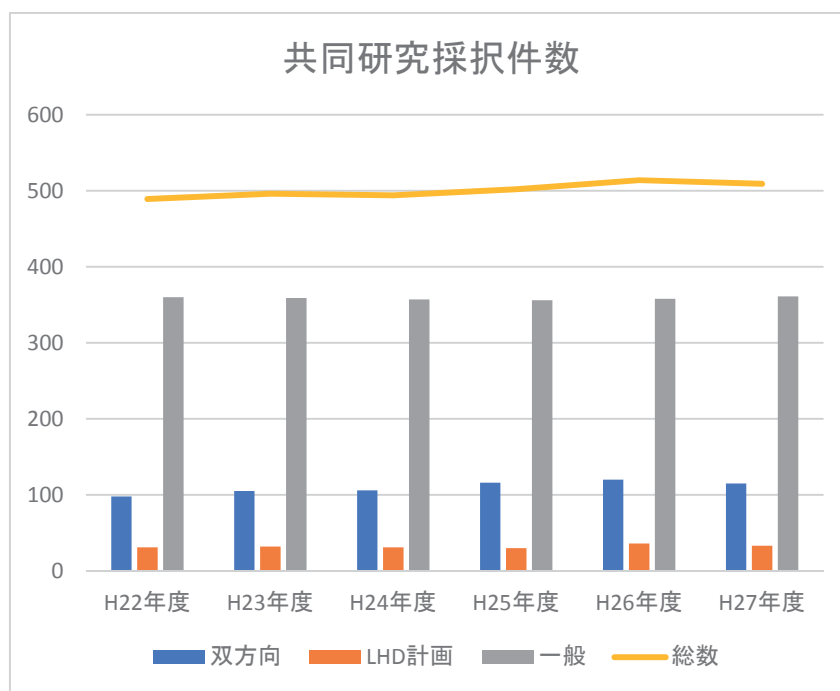


図 2.2 各カテゴリーの採択件数の変遷

## 2. 2. 1 双方向型共同研究課題

双方向型研究課題の審査は他の2つのカテゴリーと異なり、各センターにおける審査プロセスが加わるため、最終的な審査結果が出るまでに長期間を要することとなる。このため報告書提出期限を他のカテゴリーより早めに設定し、審査時に前年度の成果が反映できる体制をとっている。以下、具体的なプロセスを記述する。

- 1) 各応募課題について、継続の場合、前年度の研究成果報告書と申請書を、新規の場合、申請書を基に双方向型共同研究委員会委員が4段階の点数で評価。
- 2) 各課題毎に双方向研究委員会としての評価点数を付け、実施を希望している研究センターへ送付。
- 3) 各研究センターは双方向研究委員会の点数を基に、センターが独自に任命した委員で構成される審査委員会で、その実施可能性を含めて各課題の採択可否案と予算配分案を作成。
- 4) 双方向委員会の点数、各研究センターにおける案を参考に、双方向型共同研究委員会で採択案、予算配分案を決定。
- 5) 運営会議における最終審議。

## 2. 2. 2 LHD 計画共同研究

本カテゴリーの共同研究の審査は一般共同研究と異なり、LHD 計画共同研究委員会の審査に核融合ネットワークの意見が強く反映されている。核融合ネットワークは図 2.2.2-1 に示すように核融合科学ネットと核融合炉工学ネットから主に構成され、一部にプラズマ科学の分野が参加している。平成 8 年に活動が始まり、約 600 名が登録されている。

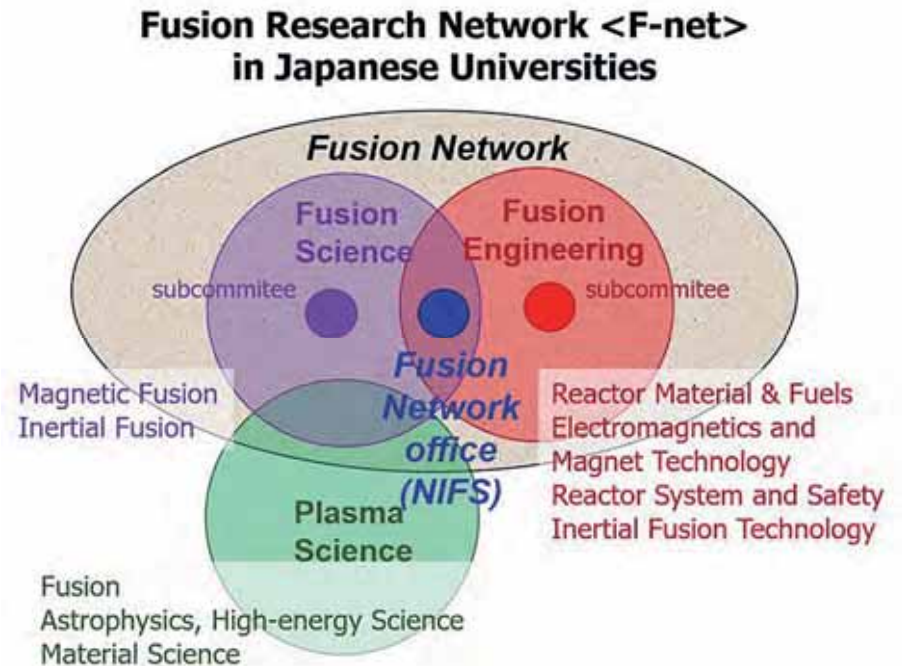


図 2.2.2-1 Strategy of the Fusion Research Network in Japan

核融合科学と炉工のネットワークは、各々多くの分野を代表する

委員と幹事からなる委員会（科学ネット）と幹事会（炉工ネット）で運営されており、ともに代表（科学ネット）と世話人（炉工ネット）が全体活動をまとめている。平成 27 年度より、主に若手による委員・幹事補佐も各分野に加えることとした。

研究課題の公募から成果の公表までのプロセスを図 2.2.2-2 に示す。審査は前年度の成果発表と深く関係して行われるため、毎年 LHD 計画共同研究成果報告会と新規課題の提案報告会の後にネットワーク委員及び幹事の採点及び審議によって評価される。平成 27 年度の報告会より幹事補佐も採点に限って加わっている。その評価の基準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とになっている。採点では、その理由もコメントとして記入することとしている。審議では課題一件毎に多角的に評価し、最終的に核融合ネットワークコミュニティから採択すべき研究課題が LHD 計画共同研究委員会に推薦され、同委員会の審査を経て、研究所の運営会議の議を経て採否が決定される。ネット

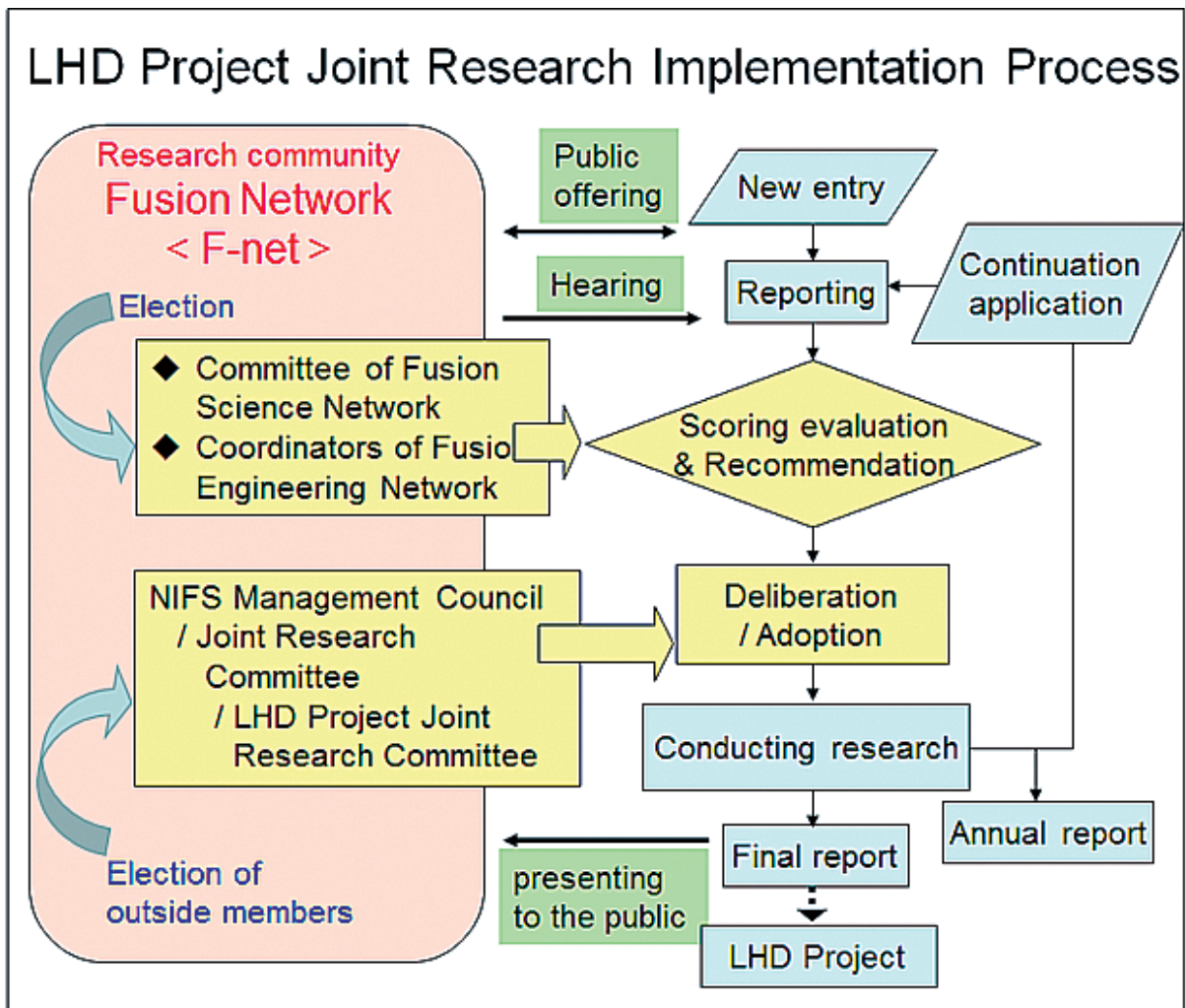


図 2. 2. 2-2 LHD Project Joint Research implementation process based on the Fusion Network in Japan

ワーク委員会・幹事会でまとめたコメントは、採択結果の通知と一緒に各代表に周知される、その後の活動にフィードバックされている。

### 2. 2. 3 一般共同研究

一般共同研究では、萌芽的な研究課題をはじめとして、できるだけ広範囲にわたる共同研究課題を認めているため、手続き上の問題がなければ、原則としてすべての課題を採択している。ただし継続課題については、3年までを区切りとして、3年を超える継続課題については審査を厳しくして、共同研究の新たな課題への展開を推奨している。

共同研究の採択課題のカテゴリー別採択件数、予算額（物品購入費と旅費）、総予算額の年度毎の変遷を、平成9年度（1997年度）から平成28年（2016年度）までグラフにまとめ示したものが図2.2.3である。採択された申請の件数は、年度毎に増加し、平成9年で262件であったものが、平成28年には384件となり、20年間

で約1.5倍にまで増加している。これは、一般共同研究の課題の広がりと期待を示すものである。

核融合研の一般共同研究が、プラズマ・核融合研究の中心となり、研究者コミュニティからますます期待されるものとなっていることが分かる。反面予算面では、総予算額の減少（図中の黒線）により一件あたりの予算配分額は減少し、物品購入費（図中の赤

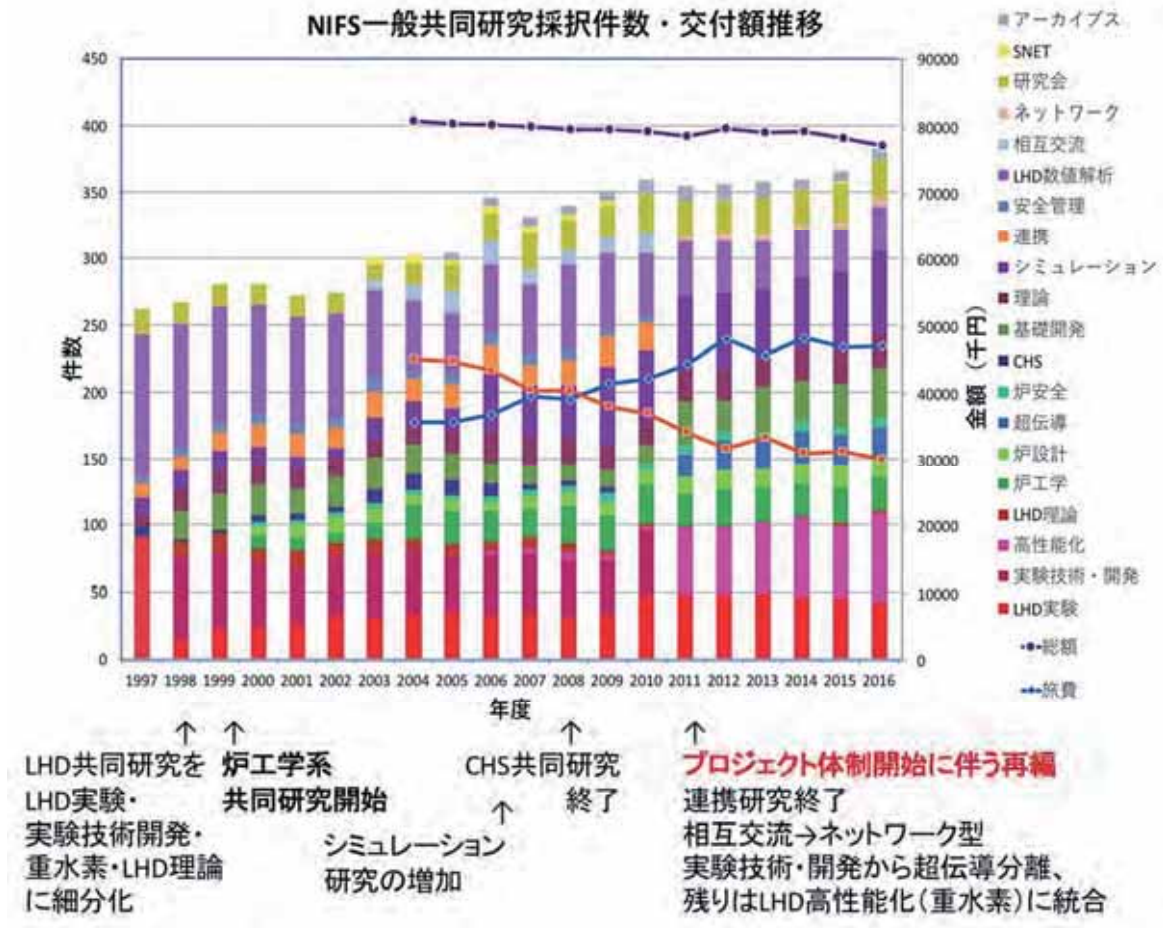


図 2.2.3 一般共同研究の採択件数と交付額の推移

線) というよりも研究者の移動に必要な旅費（図中の青線）に期待がシフトせざるを得ない実情を示している。

本一般共同研究申請の審査は、一般共同研究委員が担当している。現在、一般共同研究委員会の委員は、所外委員として14名（うち3名は運営会議による選出）、所内委員は12名（うち4名は運営会議による選出）の26名の委員から構成されている。多くの分野にまたがる一般共同研究の性格上、それぞれの分野に精通した大学等の先生に所外委員をお願いしている。また所内委員としては、LHD実験、機器開発、理論、計算機シミュレーション、炉工学等の研究、及び研究所の設備等に精通した委員が選出されている。

一般共同研究の審査に当たっては、申請数が400件近くに及ぶため、一般共同研究委員から構成される審査員は、各々の専門別に5グループに分かれて審査を行っている。グループの編成は、現状、下表のようになっている。

審査班	審査カテゴリー
A	LHD計画プロジェクト（LHD実験、安全管理）、SNET
B	核融合工学プロジェクト
C	LHD計画プロジェクト（計測技術）、基礎・応用・先進
D	数値実験研究プロジェクト、数値解析サーバー
E	ネットワーク型、研究会、核融合アーカイブス

Dグループ以外の審査件数は、およそ50～70件であり、計算機利用のDグループは120件程度に及んでいる。

審査方法は、カテゴリー毎に、下表の審査基準に基づき、S、A、B、Cの評価をつける。評価件数の配分は、Aランクを全体の20%程度選定し、そのうちから特に優れたものをSランクとして25%程度選定する。Cランクは不採択、Sランクは報告会での報告を義務づける。審査基準については、以下の表に記述する。上記のランク付けに基づき、一定の基準で、物品購入費、旅費の配分、計算機利用については利用可能な計算時間の配分を決定している。

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 できている	NIFSとの協力体制が できている	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
⑧ 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

特に、配分金額の大きいネットワーク型については、以下の基準を設けている。

- 他の共同研究(他のカテゴリー、LHD計画、双方向)提案との整合性を確認し、ネットワーク型共同研究の特長が十分に生かされる提案であるかを判断する。
- 採用予定件数は、新規、継続申請を含めて5件程度以内とする。また、申請額も研究費と旅費を合わせて100万円程度を上限とする。
- 可能な限り多様な領域から選択する。研究者の集まる作業会的なものはネットワーク型とは認定しない。
- 継続申請については、他の一般共同研究と同様に原則として最長3年までとする。すべての採択課題は一般共同研究報告会で報告する義務がある。

## 2. 3 共同研究成果のまとめ

### 2. 3. 1 評価と共同研究費への反映

双方向型共同研究、LHD計画共同研究、一般共同研究は同時に公募され、全ての共同研究課題には年度末にA4、1ページの実施報告書の提出が求められている。それぞれのカテゴリーで審査方法等は異なるものの、報告書は次年度に向けて各共同研究委員会で課題の採否、予算配分を決定する際、共同研究課題の進捗度、成果等を吟味し、判定基準の一つとして使用している。報告書が提出されていない研究代表者については、次年度申請課題のすべてについて審査対象外としている。

## 2. 3. 2 成果の共有

核融合科学研究所は、共同研究の申請から審査、成果報告書の提出、公表に至る全ての手続きを電子化し、Webベースで管理する「核融合科学研究所共同研究システム (NiCollaS, NIFS Collaboration System) の運用を平成25年度より開始した。

NiCollaSの運用開始に伴って、以前行われていた紙媒体による共同研究申請、報告書の提出は完全に廃止され電子化された。研究所の全ての共同研究はNiCollaSで行われるため、共同研究を希望する大学、研究機関の研究者はまず、NiCollaSへの利用者登録を行う必要がある。利用者登録自体はWeb上の自動応答システムで常時受け付けているが、システムへの不正アクセス等のセキュリティ上の問題から、最終的な資格審査とシステムへの登録は、担当者が確認作業を含めて手動で行っている。後述する電子審査のために、各共同研究委員会の委員には、審査に必要な閲覧権限も与えられる。

共同研究の募集要項は、毎年度12月ごろに研究所ホームページ「共同研究」欄に掲載される。募集要項には申請書の書き方とともに、NiCollaSから申し込むよう、そのURLとともに記載されている。申請者は、研究の目的、計画、期待される成果、研究組織等をWeb上の記入画面に直接入力する。提出された申請書はカテゴリー、申請分野毎に自動的に分類、整理される。提出リストは自身が提出したのものとともに、他の申請者の研究協力者になっている研究課題も閲覧することが可能である。

成果報告書の提出は、研究課題リストの一覧ページから課題ごとに行う。成果報告書の提出期限はカテゴリー毎に異なるが、NiCollaSで一元管理されており、期限までは差し替えも行うことができる。

提出された成果報告書は、閲覧権限を付与された各委員会委員が閲覧可能である。委員は申請書及び報告書をもとに各申請課題を審査し、結果(評点)をNiCollaSに入力し、その後担当者によって集計され、各委員会の審議の際の資料とされる。

以下にNiCollaSの表紙画面及び申請画面を示す。



図2.3.2 NicollaSのWEB画面の例。

研究所は、2. 3. 1で述べた実施報告書を全て公表している。一般共同研究の中で特にネットワーク型共同研究については、さらに8月末頃を目途に中間報告書も提出する。加えて、核融合科学研究所英文年報（Annual Report）用の原稿提出も、採択された課題の各代表者（研究会及び計算機利用を除く）に依頼している。

さらに年度末（1月中旬頃）には成果報告会を開催し、双方向型共同研究は核融合研と中核となる各センター間の研究課題並びに採択時に指定した研究課題、LHD計画共同研究は採択された全ての研究課題、一般共同研究は、採択時に共同研究委員会において課題の重要性、経費額や継続年数等を勘案して抽出した20件程度の研究課題の代表者が口頭発表形式で成果を報告している。

また、核融合研の共同研究成果を論文として発表された場合、核融合研の論文情報システムNAIS (<http://nais.nifs.ac.jp>)への論文の登録をお願いしている。さらに、論文の謝辞には、核融合研の共同研究として行われた研究であることを記載し、共同研究の研究コードも明記するように指導している。英文誌の謝辞に、本共同研究によるものであることを記載する雛型の例として、

This work is performed with the support and under the auspices of the NIFS Collaboration Research program (NIFS\*\*#####\*\*\*)

が共同研究公募文に明記されている。

### 2. 3. 3 データベースの構築

共同研究の成果として一番重要なものは研究発表であることは言うを待たない。核融合科学研究所は、研究報告のデータの収集と整理・分析のために、平成16年10月より評価情報室を設置して運用してきた。また研究報告のデータの入力と保存のためのシステムとして、NAIS(NIFS Article Information System)を独自に開発し、研究所全体の研究業績データを集積してきている。

研究業績は、研究者の活動内容をアピールする上に重要なデータであり、個々人の責任においてデータの集積が行われていることは当然であるが、核融合科学研究所では、研究所としても研究業績の組織的な収集が重要であるとの認識に基づいて、積極的にそれを推進している。近年、大学等研究機関の研究業績を、客観的なデータによって説明することが強く求められているところから、このような組織としての研究業績データの重要性が強く認識されるようになってきている。しかし一般に広く用いられているデータベースは、研究データ収集の専門業者や出版社系列の民間業者が提供するデータを流用しているケースが多く、研究所としてしっかりとした研究業績の収集を行っているところはあまり例を見ない。

上記の研究データ収集の専門業者の場合、出版物の全文検索がデータ源となっているため、出版物についてはかなりの範囲を網羅することができるが、会議発表等の研究発表についてはデータが十分揃ってはいない。それに対して本研究所のNAISは、研究者自身からのデータの入力がデータ源であるため、出版物以外の国際会議等での研究発表のデータも含めた、総合的なデータベースとなっている。また研究所の機能は本来国際的



なものであり、研究者の構成も国際的なものとの基本的認識から、NAIS 利用のためのウェブ表示は全て英語表記となっている。

評価情報室では、研究所の研究業績データについての文部科学省からの問い合わせ等についても、管理部とも協力しながら研究業績を分析した報告を行ってきている。その際においても、NAIS を始めとした研究所独自のデータベースが整備されていることは、分析作業の迅速さと、分析データの正確度を得る上で大きく貢献するものとなっている。

平成25年11月には研究力強化戦略室(Research Enhancement Strategy Office: RESO)が発足し、その活動の一部として、評価情報室がそれまで行ってきた研究データの収集及び分析の機能を受け継いだ。RESO では3人の事務支援員の活動により、評価情報室においてNAISの運用に関わってきたスタッフを増強して、研究所の研究業績の収集をより完璧なものとする努力を継続してきている。その成果の一つとしては、研究業績データを NAIS による集積のみによらずに、近年一般社会で広く利用されるようになってきたトムソン・ロイター社の Web of Science と、エルゼビア社の SCOPUS による検索結果からもデータを補充するようにしている。これらのサービスは有料であるが、核融合科学研究所は自然科学研究機構の一機関であると同時に、大学院教育を行う組織として総合研究大学院大学にも属するため、両組織でそれぞれ別に契約した二つのサービスを活用することが可能になっている。

核融合科学研究所の研究データベースの優れた特徴の一つは、研究所の所員が著者に加わっている論文だけではなく、研究所の共同研究活動の成果であって、共著者としては研究所の所員が加わっていない論文の多くが登録されていることである。このような研究成果は大学共同利用機関として重要なものの一つであって、一般の大学からは生まれにくい性格のものである。すなわち大学共同利用機関の果たすべき役割として、自分たちの研究のためだけではなく、広く大学の研究者のために役立つ研究環境や研究施設を提供することが重要であり、そのような役割から生まれた研究成果を正確に把握す

装置略称	装置名
LHD	大型ヘリカル装置
CHS	サテライト装置
HYPER-I	
TPD-II	
PS	Plasma Simulator
LNAS	LHD Numerical Analysis Server
AMDIS	原子分子数値データベース
NICE	Naked Ion Collision Experiment
CoBIT	Compact Electron Beam Ion Traps
ACE	Atomic Collision Experiment
ACE-IT	Atomic Collision Experiment - Ion Target
ACT1	Active Cooling Test-stand
ACT2	Active Cooling Test-stand 2
SUT	SURface modification Test-stand
Oroshi-1	Operational Recovery Of Separated Hydrogen and Heat Inquiry-1
Oroshi-2	Operational Recovery Of Separated Hydrogen and Heat Inquiry-2
Creep	Ultra High Vacuum Creep Test Machine
IBA	Ion Beam accelerator for Analysis
TEM	Transmission Electron Microscope
FIB-SEM	Focused Ion Beam and Scanning Electron Microscope
FE-SEM	Field emission Scanning Electron Microscope
SEM	Scanning Electron Microscope
HIP	Hot Isostatic Pressing system
VT-REAS C	Variable Temperature Research Equipment for Applied Superconductivity and Cryogenics
XPS	X-ray Photoelectron Spectroscopy system
ESCA	Electron Spectroscopy for Chemical Analysis system
XRD	X-Ray Diffractometer
HT-XRD	High Temperature X-Ray Diffraction system
TG-DTA	Thermogravimetry-Differential Thermal Analyzer
PWI-TDS	Steady state plasma-wall interactions research facility and thermal desorption spectrometry facility
MFS	microwave furnace System
GD-OES	microwave furnace System

表 2.3.3 共同研究・共同利用装置

ることが求められている。NAIS を始めとする核融合科学研究所の研究データベースは、そのための機能を十分備えている。所外の研究者による研究業績のデータベースへの登録を促すための手立てとしては、核融合科学研究所が毎年発行している英文年報への研究報告提出において、同時にNAISへの登録を依頼することにより、データベースへの登録漏れを防ぐような工夫を行っている。

NAIS は研究所独自に開発したデータベースシステムであるため、自前の努力によってその機能の改善を速やかに行うことができる。そのためソフトウェアの開発グループと共同で、毎月一回の検討作業会を開催し、利用者側からの使い勝手についての質問や、また研究業績データベースとしての機能の拡充について議論を行い、その結果を随時システムの改善に反映させている。利用者による手入力を基本とするシステムにおいては、このような継続的な使い勝手の改善の努力は、システムが収集するデータの完全さを獲得するためには、欠かせないものである。

大学共同利用機関の役割として、共同研究そのものと並んで重要な機能は、大学の講座単位では設置することが困難な、規模の大きな研究施設や費用のかかる研究設備を共通設備として用意し、それを大学の研究者に提供することである。このような役割から生まれる研究成果には、そのデータ項目として研究施設名を加えることが、研究業績の評価のためにも、また将来的にどのような設備が必要であるかの分析においても、有用なデータとなる。NAIS では新しく研究設備の名前を登録する機能を増設し、このようなニーズにも答えるようにした。第一表には、登録されている研究設備名を示す。これらの略称に加えて、それぞれの設備の説明にあたるデータもNAISには登録されている。

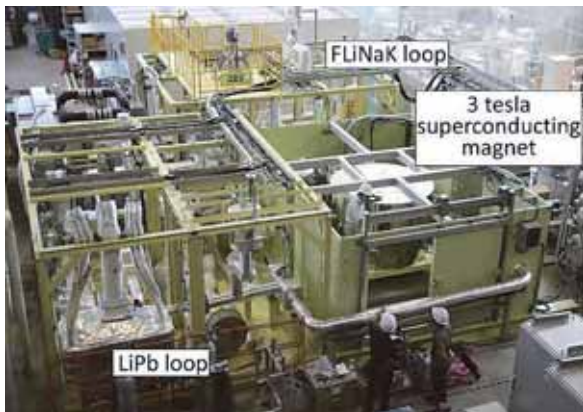
## 2. 4 共同研究設備・環境の整備

すべての設備は、共同研究に供することを前提に進めている。補正予算に申請においても同様である。

### 2. 4. 1 炉工学関連設備

核融合炉の実現を目指した理学・工学研究を進めるために、基幹設備の整備を概算要求として提案し、平成24年度補正予算にてそれらの一部が認められ、設備の新設・増強を行った。これらの研究設備は、「核融合炉実現を目指す革新的エネルギー循環工学研究設備」と位置づけ、高温液体技術、核融合炉材料、耐熱機器、超伝導技術などの炉工学研究を支援する世界最大級の実験装置群となっている。これらを国内外の研究機関との幅広い共同利用・共同研究に供することにより、工学研究を一層加速させるとともに、エネルギー循環工学という新しい分野の創成を目指し、若手研究者の育成にも貢献できる。以下に整備した主な設備の概要と共同研究での利用実績を示す。

① 熱・物質流動ループ装置 Oroshhi-2 (Operational Recovery Of Separated Hydrogen and Heat Inquiry-2)



核融合炉で発生した中性子を吸収してその熱を回収すると同時に、核融合燃料を生産するブランケットの総合的な技術開発研究及び特性試験を行うための装置である。高効率先進ブランケットの熱輸送媒体候補である溶融塩 (FLiNaK) と液体金属 (LiPb) を 300～600℃ で高速循環流動させる、世界唯一のツインループ装置である。超伝導コイルが発生する流動直交3テスラの磁場は世界最強であり、高磁場下での高速循環への影響を調べる

ことも可能である。

共同研究実績：超音波による管内リチウム鉛流れの流速度分布計測法に関する研究（一般：阪大・植木）、分散ナノ粒子による溶融塩の熱的物性向上に関する研究（一般：阪大・植木）、COE としての Oroshhi-2 利用に関する共同研究検討会（一般：研究会・代表 京大・功刀）。平成27年度共同利用開始、のべ日数52日。

② 超高真空クリープ試験装置 Ultra High Vacuum Creep Test Machine

長期間にわたって材料に力を加え（クリープ）、その変形の様子から材料強度を調べるための装置である。超高真空中での試験が可能で、高温中での試験でも材料の酸化を防ぐことができる。核融合炉で発生する放射線による放射化を抑えつつ、強度を向上させた新材料の開発のために使用する。



共同研究実績：核融合炉ダイバータ用タングステンの材料データベース構築（一般：東北大・長谷川）、核融合炉ブランケット ODS 鋼の機械強度に及ぼす酸素影響（一般：東北大：阿部）。平成27年度共同利用開始、のべ日数4日。

③ 高温静水圧焼結接合試験システム HIP (Hot Isostatic Pressing system)

最大2,000気圧で最大2,000℃の高圧・高温熱処理で、粉末材料を押し固めての成型や、異種材料の接合を行う装置である。直径10cm、高さ24cm、重さ24kgまでの材料が加工可能である。核融合炉のための高性能かつ多機能な先進材料の開発を迅速うことを目的とする。



共同研究利用実績：機械的合金化と熱間等方圧法によるダイバータ用分散強化銅の高度化（大学院教育：名大・修士論文）。平成26年度共同利用開始、のべ日数14日。

④ 超高熱負荷試験装置 ACT2 (Active cooling Test-Stand 2)

核融合炉の高温プラズマから真空容器壁を守るダイバータの研究を行うための装置である。強力な電子ビームを走査（スキャン）することで材料表面に超高熱負荷を照射することができる。この装置は従来設備の電子銃を100kWから300kWに高出力化し、電子ビーム走査幅も10cmから50cmに増大しており、大型材料の試験が可能となっている。



共同研究利用実績：LHDダイバータのタングステン化に向けたコーティング技術の開発と膜特性評価（LHD計画：富山大・波多野）、加速器BNCT用ターゲットの除熱性能評価試験（民間等：八神製作所、名大）。平成27年度共同利用開始、のべ日数27日。



⑤ イオンビーム解析装置 Ion Beam accelerator for Analysis

端子電圧100万ボルト（1MV）のタンデム型（2段加速）で、水素あるいはヘリウムのイオンビームを加速し、これを材料試料に打ち込むことで表面から内部まで様々な定量分析を行うための装置である。材料の表面に堆積している元素の深さ分布や、材料中に捕捉

されている水素の深さ分布、ppm（百万分の一）レベルの微量元素高感度分析などが可能である。

共同研究利用実績：固体金属内に吸蔵された水素の定量分析（民間等：豊田中央研究所）、窒化タングステン中の水素粒子挙動（一般：名大・松波）、鉄鋼材料中の高Z不純物添加元素が水素捕捉特性に及ぼす影響の評価（一般：阪大・Lee）。平成27年度共同利用開始、のべ日数10日。

⑥ 超高分解能電界放出型走査電子顕微鏡 FE-SEM (Field Emission Scanning Electron Microscope)

ナノメートルレベルでの表面観察や、超高分解能での組成分析を行うための電子顕微鏡で、10cm程度の大きさのサンプルでもそのまま分析することが可能である。

共同研究利用実績：水素リサイクリングに対する反射水素励起状態の影響（一般：筑波大・坂本）、LHDダイバータ用VPSタングステン被覆炭素材の開発（一般：九大・吉田）、核融合炉水素化物遮蔽ブロックの水素保持特性評価および特性向上・長寿命化の研究（科研費：東工大・近藤）、構造材料へのタングステンの被覆・接合法の開発と熱負荷特性評価（一般：九大・徳永）、鉄鋼



材料中の高Z不純物添加元素が水素捕捉特性に及ぼす影響の評価（一般：阪大・Lee）、先進ブランケット用酸化物被覆の水素透過測定手法の最適化の検討（静岡大・近田）、シリコン炭化物の水素およびヘリウムイオン照射誘起効果（一般：名城大・土屋）。平成26年度共同利用開始、のべ日数23日。



⑦ 温度可変低温設備 VT-REASC (Variable Temperature Research Equipment for Applied Superconductivity and Cryogenics)

各種超伝導試験装置の極低温までの冷却を行うための設備で、温度可変機能の追加によって、液体ヘリウム温度での低温超伝導のみならず、高温超伝導の研究にも対応できるようになっている。この設備は既設の75kA 直流電源、30kA 直流電源、導体試験マグネット設備（9テスラ大型導体試験装置）、強制冷却試験装置、剛性クライオ装置、及び⑧の大口径高磁場導体試験装置などの大型試験設備とともに使用され、超伝導工学及び低温工学の研究に使用されている。

共同研究利用実績：RHQT 法 Nb3Al ラザフォードケーブルの大電流通電試験（一般：KEK・土屋）、ITER 導体コンダクタンス測定（LHD 計画：上智大・谷貝）、ITER-TF 導体接続部試験（民間等：東芝）、温度可変液化冷凍機の性能評価方法の新提案（民間等：大陽日酸）。のべ日数31日。

共同研究利用実績：RHQT 法 Nb3Al ラザフォードケーブルの大電流通電試験（一般：KEK・土屋）、ITER 導体コンダクタンス測定（LHD 計画：上智大・谷貝）、ITER-TF 導体接続部試験（民間等：東芝）、温度可変液化冷凍機の性能評価方法の新提案（民間等：大陽日酸）。のべ日数31日。

⑧ 大口径高磁場導体試験装置 High Magnetic Field and Large-Bore Superconducting Magnet

核融合炉と同じ強磁場環境下で超伝導導体の特性を調べるための設備で、既設の最大磁場9テスラの試験空間を、世界最大級13テスラで直径70cmの試験空間まで増強するための超伝導コイルを新たに製作し、現在試験サンプルの製作と合わせ、利用に向けた整備を行っている。また、低温端の温度を4Kから50Kの範囲で温度可変の電流リードを整備して、高温超伝導コイルの実使用環境における性能評価も可能となっている。



⑨ 透過型電子顕微鏡 (TEM)

20万ボルトで加速した電子により、材料内部の微細構造や元素分布を原子レベルで観察する透過型電子顕微鏡である。透過像や二次電子像など複数の像観察を統合処理し、組成像マッピングや三次元トモグラフィを得ることが可能である。

共同研究利用実績：核融合炉ダイバータ材料タングステン合金の開発（一般：京大・徐）、共通設置試料を用いたプラズマ対抗材料の表面改質と粒子リサイクリングに関する研究（ネットワーク型：北大・信太）、LHDヘリウムプラズマを照射したタングステンの損傷組織形成に及ぼす温度の影響（一般：九大・



大・吉田)、プラズマ対向材料の表面状態その場診断に関する研究(一般:島根大・宮本)。平成27年度共同利用開始、のべ11日。

#### ⑩ 集束イオンビーム/電子ビーム加工観察装置

Multi Functional FIB-SEM (Focused Ion Beam and Scanning Electron Microscope)

材料から厚さ100ナノメートルのTEM観察用の超薄断面試料片を作る装置で、超薄断面試料片を作る作業と同時に微細構造や結晶方位、組成分析も可能となっている。ガリウム(Ga)イオン銃と電子銃のデュアルビーム仕様で様々な材料の分析に適応可能である。



共同利用実績: LHDダイバータのタングステン化に向けたコーティング技術の開発と膜特性評価(LHD計画:富山大・波多野、吉井)、マイクロ放電損傷の効率的抑制法の開発(民間等:本田技研)、LHDヘリウムプラズマを照射したタングステンの損傷組織形成に及ぼす温度の影響(一般:九州大・吉田)、共通設置試料を用いたプラズマ対向材料の表面改質と粒子リサイクリングに関する研究(ネットワーク型:北大・信太)、ナノ構造タングステンの核融合炉内での影響と利用(一般:名大・梶田)、水素同位体による鉄鋼と鉄の高温スパッタリング(一般:阪大・Lee)、低放射化フェライト鋼の3次元変形組織解析(一般:QST・谷川)、核融合炉ダイバータ材料タングステン合金の開発(一般:京大・徐)、ダイバータ用ヒートシンク材を指向したMA-HIP法酸化物分散強化銅合金の微細構造解析(一般:東北大・嶋田)、プラズマ対向材料の表面状態その場診断に関する研究(一般:島根大・宮本)。平成26年度共同利用開始、のべ日数120日。

## 2. 4. 2 大型コンピュータ

数値実験炉研究プロジェクトの様々な研究課題に関する共同研究を推進するため、大規模並列型計算サーバ「プラズマシミュレータ」を運用している。プラズマシミュレータは定期的な更新・性能向上を行ってきており、平成21年3月に導入した日立製作所製SR16000モデルL2(128ノード)を、平成24年10月に中間レベルアップにより同社製SR16000モデルM1(322ノード)に更新した。さらに、平成27年6月には、富士通製PRIMEHPC FX100(2592ノード)に更新を行った。この更新により、世界のスーパーコンピュータ性能の指標であるTop500において世界27位、もう一つの指標であるHPCGにおいて世界12位を記録した(いずれも平成27年7月時点)。表2.4.2-1に大規模並列型計算サーバの主な性能を、表2.4.2-2にプラズマシミュレータ利用共同研究利用課題状況を示す。大規模並列型計算サーバは、数値実験研究プロジェクトの大規模並列計算のための計算機「プラズマシミュレータ」(2448ノード)、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に関する共同研究を支援することを目的と

して運用されるLHD数値解析サーバ(144ノード)と、これを支えるフロントシステム、データ解析を目的としたデータ解析サーバ、可視化処理サーバ等で構成されている。

日常的なプラズマシミュレータ・LHD数値解析サーバの管理・運用、関連研究環境の整備や共同研究者への様々なシステム利用支援は、富士通株式会社(2015年3月までは日立製作所、以下同)運用支援員の協力によるプログラム開発支援室の活用や計算機作業班等の活動を通じて行っている。管理・運用の具体的な作業は、利用者登録と計算機資源割当作業、ジョブクラス構成と運用スケジュールの決定、ハードウェア・ソフトウェア障害への対応、利用者向けWebページの開設等である。管理・運用に関する問題点を整理し改善策を検討するために、計算機作業班と富士通株式会社の関係者が出席して運用報告会を毎月1回開催している。Webページでは、利用の手引きの他、新着情報、オンラインマニュアル集、利用者からの質問とそれに対する回答をまとめたQ&A集、講習会資料、チューニングガイド等を掲載している。さらに、年度初め(4月~6月)には利用者講習会を毎年開催し、プラズマシミュレータ及びLHD数値解析サーバの利用方法、チューニング、OpenMPとMPI入門、AVS/Expressの利用方法について講習を行っている。プラズマシミュレータの借入契約により、富士通株式会社運用支援員1名とプログラム開発支援員2名が核融合科学研究所プログラム開発支援室に常駐している。大規模並列型計算サーバが日立製作所製から富士通株式会社製に更新されたこと、また、計算ノード数が322ノードから2592ノードに大きく増加したことから、プログラムの最適化、SMP並列化、MPI並列化、及び利用者が自身で行うそれらの作業への助言・提案が必要となった。プログラム開発支援員はそのような利用者からの要望・質問に対応して、平成24年10月から平成27年3月までに158件のプログラム開発支援を実施した。この内の28件は所外利用者からの要望・質問に対応したものであり、7件についてはプログラム開発支援員が利用者を出張訪問して作業打ち合わせを行った。また、平成27年6月から平成27年10月までの間に、プログラム開発支援員による11件のプログラム最適化を含め、71件のプログラム相談(所内39件、所外32件)を行った。

以上のようなシステム利用支援の結果、プラズマシミュレータを用いた共同研究に参加する共同研究者の人数は常に150名余となっている(表2.4.2-2)。特に、毎年、所外からの100名を超える利用者がプラズマシミュレータを利用した共同研究を実施していることは特筆すべき事項である。

現行のプラズマシミュレータの契約期間は平成27年6月から平成31年5月までであり、平成31年度途中に機種更新を行う予定である。数値実験炉研究プロジェクトでは、MHD、運動論など各種課題についての3次元(ジャイロ運動論の場合は5次元)シミュレーションコードによる大規模並列計算を共同研究をベースに推進している。現行のプラズマシミュレータは世界27位の高性能機ではあるが、これらの3次元シミュレーションを十分な精度と性能で遂行するためには世界トップクラス的环境が必要であり、共同研究をより一層推進するためには、更なる性能向上が求められる。このため、平成31年度の更新では、プラズマシミュレータの性能を、現行機種と比べて4倍以上に向上させる予定である。

表 2.4.2-1 大規模並列型計算サーバの主要性能

期間	機種	演算性能	主記憶容量	外部記憶装置容量
H21.3～H24.8	SR16000 モデル L2 128 ノード	77TFlops	16TB	0.5PB
H24.10～H27.3	SR16000 モデル M1 322 ノード	315TFlops	40TB	2.0PB
H27.6～H31.5	PRIMEHPC FX100 2592 ノード	2.62PFlops	81TB	10.0PB

表 2.4.2-2 プラズマシミュレータ大規模並列計算サーバの利用状況

年度	共同研究課題数	利用者数 (所内/所外)	ジョブ本数	A:運用時間 (千CPU時間)	B:使用時間 (千CPU時間)	利用率 (B/A)
H24(phaseI)	56	169(60/109)	4,188	14,306	13,395	93.63%
H24(phaseII)	同上	同上	12,496	47,901	40,102	83.72%
H25	53	158(59/99)	19,548	87,457	75,770	86.64%
H26	59	162(62/100)	21,540	85,359	76,763	89.93%
H27	60	166(53/113)	46,078	564,836	440,572	78.00%

### 2.4.3 計測機器の共同利用

核融合科学研究所における計測機器等の共同利用制度は、平成19年のプラズマ・核融合学会年会の特別企画において、大学の講座レベル研究室の研究活性化の一環として、核融合研から計測機器等を共同研究に供する制度ができないかとの提案が出されたことを受け、核融合ネットワーク委員会において議論を行い、平成21年7月より核融合研の核融合研究（一般）共同研究委員会の下に検討グループを設置して準備が進められた。

まずは利用者となる大学の共同研究者に広く制度に対する要望をアンケート調査するとともに核融合研の内で貸出可能機器の調査を行い、制度の枠組み、運用体制の検討、要項及び利用ルールの策定作業を進めて、平成22年11月より本制度の管理・運営を審議する計測機器等共同利用小委員会を設置、共同利用ルールを定めて運用を開始した。

発足当初の小委員会は、共同研究委員会からの大学側委員3名と核融合研の研究教育職員3名で構成された検討グループがそのまま移行し、大学側委員より委員長、核融合



研の研究職員から幹事が選任された。現在もその枠組みが維持されている。これに申請等受付窓口・機器の取り扱いのため核融合研の技術部職員を委員に加え、庶務取り扱いは核融合研の管理部研究支援課が所掌している。制度に関する詳細情報は、全て核融合研の共同研究Webよりオンラインで提供されており、機器の貸出・予約状況を含めた利用可能機器リストのほか、利用申請書・報告書様式、運用に関する小委員会要項や共同利用ルールなども公開されている。

(計測機器等共同利用Web URL → <http://www.nifs.ac.jp/collaboration/lend.html>)

下表に共同利用制度発足後の利用状況の推移を示す。年度を経るごとに順調に利用数が増加しているが、発足当初から2年程は、制度の存在がコミュニティにあまり認識されておらず、利用研究室・機関ともに広がりが限定的であった。そのため本制度の広報にも力を入れるべく、核融合研の毎年度の共同研究公募案内に制度を紹介する一節を新たに設けたり、共同研究採択通知にも紹介文を加えたりして、広くコミュニティ内への周知に努めている。また1～2年に一度のペースで、共同研究者に対して共同利用制度への意見や利用したい新規機器の要望等アンケート調査を定期的に行って、利用者の意向をできるだけ直接取り込み、速やかに反映する努力を継続している。

特に、共同研究者から集められた新規機器導入への要望に具体的かつ速やかに応えるべく、小委員会では核融合研の共同研究予算から一定額を毎年、共同利用機器の新規導入に割り当て、新型機種 の 供用化を図っている。新たに供用された機器としては、高速デジタルオシロ、ネットワークアナライザ、高速度カメラ、小型分光器、赤外線カメラ、標準光源、四重極質量分析器、ガンマ線MCA、放射温度計、絶縁アンプ、多チャンネルADC等があり、適宜、共同研究者メーリングリストを通して紹介を行っている。

こうして新規導入された機器は、利用者の希望を反映したものが多く、特にここ1～2年は利用申請の競合、期間重複がしばしば生じており、その都度、毎月末に開催される小委員会において、1カ月単位で利用者及び期間の調整を行っている。こうした普及と充実化の両方の活動の結果として、申請利用数・大学研究室数ともに順調な伸びが継続されている。

表 2.4.3-1 計測機器等共同利用制度の申請利用数の推移 (年度)

	H22 (2010)	H23	H24	H25	H26	H27 (2015)
申請利用数	4	8	11	21	33	38
利用講座数	3	5	5	10	12	17
利用機関数	3	5	5	10	10	12
新規利用機関	名大 筑波大	兵庫県立 大、九大	京都工繊大	富山高専 広大、日大 関西大	長野高専 阪大 金沢大	東北大 石川高専

## 2. 5 大学の機能強化・研究力強化への貢献

「大学の機能強化・研究力強化」という文言は第2期中期計画では用いられず、第3期中期計画で、「公募型の共同利用・共同研究については、(中略)統括システムの基盤を整備し、(中略)成果内容・水準を把握するとともに、大学の機能強化への貢献度を明らかにする。」、「各機関における個別の大学間連携を集約し、より広くかつ柔軟に大学の研究力強化を推進する。」、「優秀な若手研究者の育成と活発な人材交流を通して新たな分野を大学で展開させるなど、大学の機能強化に貢献する。」とあり、大学との、及び大学間の連携を強めることにより研究推進と人材育成・交流を通じて大学の機能強化・研究力強化を図ることとしている。本節では、これらの視点で第2期における核融合科学研究所の共同研究の大学の機能強化・研究力強化への貢献についてまとめた。この観点からみると、必然的に第2期の活動は不十分であり、現状をまとめ評価をいただくことで第3期の活動の指針としたいと考えている。

共同研究の大学への貢献を調べる上で、「一般共同研究」は多数の大学にその活動が広がり、大学への貢献を明らかにするのは容易ではない。一方、「双方向型共同研究」は参加するセンター(2010年度～2015年度は6センター)を通じて行うもので、センター及びセンターと共同研究を行う大学の機能強化・研究力強化(研究成果、人材育成の実績など)については、比較的状况を把握しやすい。また、LHD計画共同研究は、大学所属の代表者、分担者、核融合科学研究所の世話人により構成され、3～4年単位で区切りをつける共同研究であり、その研究成果、学生教育の実績は比較的把握しやすい。そこで、主にこの2つの共同研究に関する研究推進、人材育成の実績について調査を行った。

### 2. 5. 1 研究推進における貢献

「研究成果の発表論文数」は、共同研究の大学の研究推進への貢献を示す一つの尺度である。特に大学主導による研究の成果として、第一著者が核融合科学研究所以外のメンバーである論文数はより明確な尺度と考えられる。

図2.5.1-1は、双方向型共同研究に参加する6センターの2010年度～2015年度(2

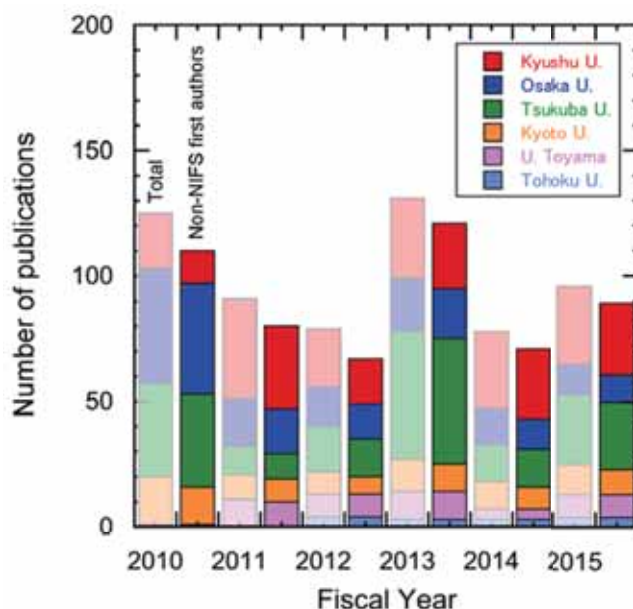


図 2.5.1-1 Number of publications, based on the Bilateral Collaboration Program from the research centers, in total and those by non-NIFS first authors.

016年度は予定を含む)の双方向型共同研究による成果の発表論文数と、そのうちの第一著者が核融合科学研究所以外である内数を示す。6センターでこの期間に600編を超える論文が発表されているが、そのほぼ90%が核融合科学研究所以外の第一著者であり、大学主導の研究成果が得られていることが明確に示されている。双方向型共同研究は、各センターにある拠点的研究施設を核融合科学研究所も含めた大学との共同研究により有効活用するもので、センター及びセンターと共同研究を行う大学の研究推進への貢献を示すものである。

図2.5.1-2は、2010～2015年度のLHD計画共同研究代表者(回答率71%)による発表論文数と第一著者が核融合科学研究所以外である内数、及びこれらの1課題当たりの平均数を示す。双方向型共同研究とほぼ等しい600編以上の論文が発表され、その約90%において核融合科学研究所以外が第一著者となっている。また、1件の共同研究(3～4年の研究期間)当り平均約13編の論文が発表されている。LHD計画共同研究は、将来LHDに装置を組み込むなど、成果のLHDへの適用を見越しながら、大学の設備整備や研究の展開を支援するもので、大学主導の研究成果が得られていることは、本共同研究の主旨に合っていると見えよう。

大学の研究力強化の尺度として発表論文だけでは不十分なのは言うまでもない。大学における核融合科学研究所との共同研究は、それ自身で完結するべきものではなく、大学の研究展開のトリガーとして、学内プロジェクトの展開や外部資金の獲得、拠点形成などにつながっているかどうかの調査が必要と思われる。これらの点は、第3期中期目標・中期計画の成果とその評価に直結する課題として今後重視していきたい。

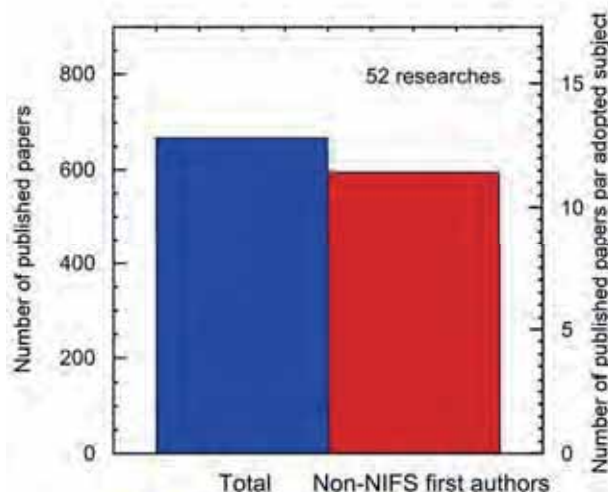


図2.5.1-2 Number of publications, based on LHD Project Collaboration Program, in total and those by non-NIFS first authors. The numbers per adopted subject are also indicated.

## 2. 5. 2 人材育成への貢献

核融合炉実現を目指した人材育成が急務であることが各方面で指摘されているが、核融合科学研究所の共同研究は、核融合研の持つ大型設備の利用や総合的・国際的な研究ネットワークへの参画を通じて全国の大学及び各種研究教育機関での人材育成にも大きく貢献している。

図 2.5.2-1 は、双方向型共同研究、LHD 計画共同研究及び一般共同研究の各申請カテゴリーに研究協力者として参画した大学院生（修士課程・博士課程）の延べ人数と、全参画者中の大学院生の割合の推移を示す（なお LHD 計画、数値実験炉研究、核融合工学研究の 3 プロジェクト体制開始前の 2010 年度については、一般共同研究の申請カテゴリーが現在と大きく異なるが、比較のため申請カテゴリーとして近いものに再分類した）。ここから、例年延べ 800 人（実数でも 400 人）を超える大学院生が共同研究に参画し、全参画者に占める割合も 15% 程度を保っていることが分かる。共同研究先に限れば

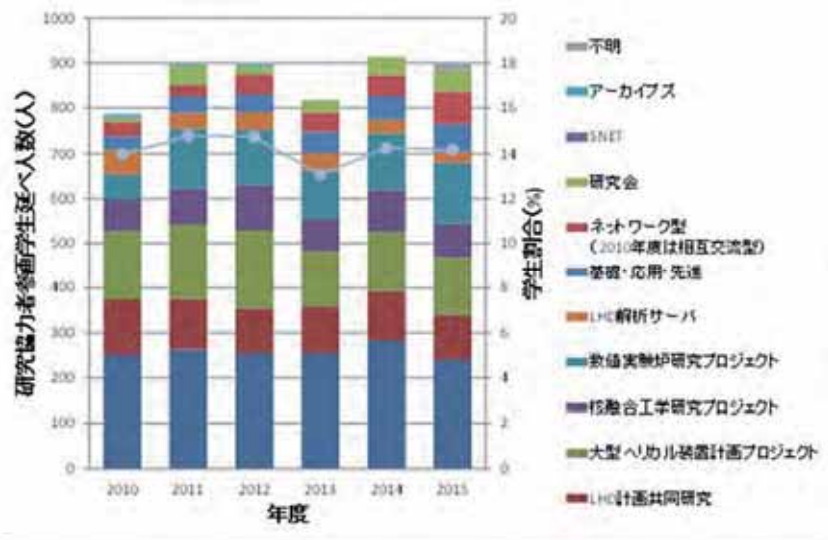


図 2.5.2-1 共同研究参画大学院生延べ人数と割合の推移

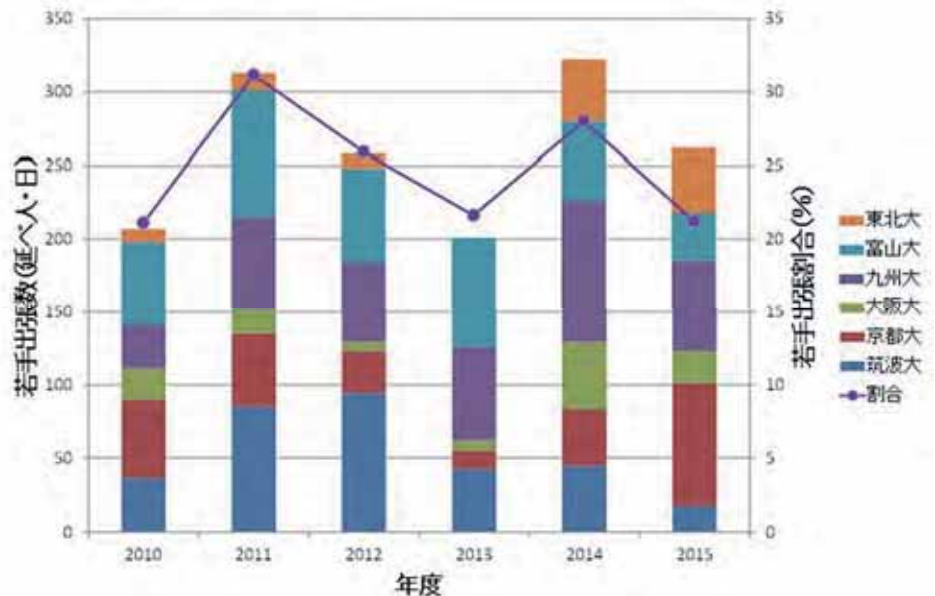


図 2.5.2-2 双方向型共同研究における若手の出張数および割合の推移

大学院生の占める割合は20%程度となり、これは関連学会の学生会員割合と比較しても高い。またPD等を加えた人数は延べ900人（実数でも450人）近くとなっており、近年大学での核融合研究のウエイトが減少傾向にあることを考えると、核融合研の共同研究が果たしている役割は非常に大きいと考えられる。

カテゴリ別に見ると、人数の絶対数では双方向型共同研究が最も多く、次いで一般共同研究のLHD計画プロジェクト及び数値実験炉研究プロジェクトが同程度で多くなっている。一方で学生の割合は一般共同研究のネットワーク型共同研究が30%以上と最も高く、次いでLHD計画共同研究と一般共同研究の数値実験炉研究プロジェクト、LHD解析サーバ利用共同研究が20%程度となっている。特に3プロジェクト体制移行後は数値実験炉研究プロジェクトの理論共同研究の数が大きく増大している。ここ数年で核融合工学研究プロジェクト関連の大型実験設備の整備が進んでおり、この分野での共同研究の更なる活性化も期待される。

また、共同研究を通じた人的交流も活発である。例として図 2.5.2-2 に双方向型共同研究を通じた若手（大学院生及びPD等の若手研究者）の出張数（延べ人数×日数）と、出張数全体に占める割合の推移を示す。こちらも年間70～10件、1回あたり3日程度の出張が継続しており、設備利用や研究会等を通じた人的交流が効果的に行われていることが分かる。また過去においても相互交流型共同研究における学生割合の高さなどから、核融合研の研究者の大学等への出向が教育活動において重要であることが指摘されていたが、2011年度以降に設定され、複数の大学が参画して大学間の研究者移動を可能となったネットワーク型共同研究への若手研究者の参画数、割合双方が増加傾向にあること、また同じく2011年度以降に核融合研から共同研究先の研究機関への出張が可能となった一般共同研究において、2015年度には核融合研からの出張が130件程度行われていることなどから、柔軟な人的交流の体制の構築が人材育成にも大きく貢献しているものと考えられる。これら共同研究を通じて得られた成果は、共同研究に参画する大学院生・若手研究者の学会・国際会議での発表、共著論文の投稿、また各大学の大学院生の修士論文や博士論文の一部として活用されており、核融合研の共同研究の人材育成における意義が示されているといえる。

次に、これらの若手の共同研究への参画の結果取得した修士、博士学位数の調査を行った。図 2.5.2-3 は、双方向型共同研究の成果を含む修士課程修了者、

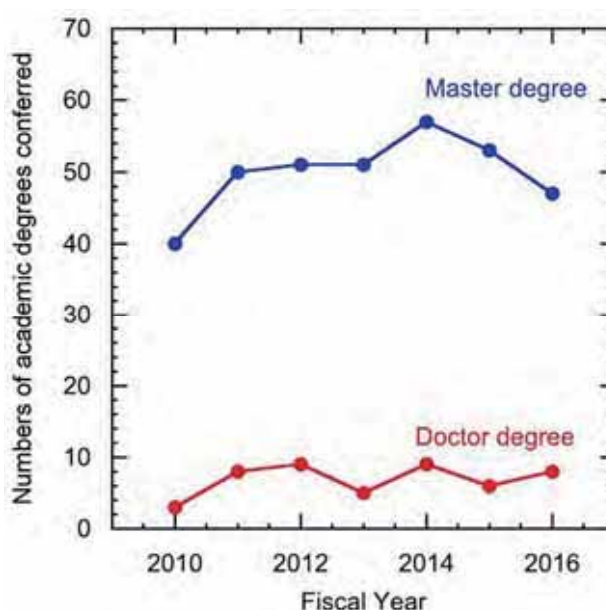


図 2.5.2-3 Number of master and doctor degrees conferred based on research by Bilateral Collaboration Program.

博士課程修了者の年度毎の変化を示す（双方向型共同研究の成果を含む学外の学位取得者も把握できる範囲で含めている）。各センターの修士課程修了者数は年毎の変動が少なく、全体で毎年ほぼ50名が取得している。一方、博士課程修了者数は年度のばらつきは大きいですが、総計では7年間で約50名であり、修士の約14%である。これは、修士課程から博士課程の進学率（学位取得率ではなく）が工学系で6%、理学系で18%、主要11大学平均で16.5%という数字（中教審大学院部会参考資料（2016.2）より）からみてほぼ標準レベルと言えよう。図2.5.2-4は、LHD計画共同研究の成果を含む学位取得者数と共同研究1件当たりの平均値で、1件当たり修士5.2人、博士課程0.6人（修士の約11.5%）となっており、博士課程の割合が若干低くなっている。2つの共同研究を合わせてこの7年間で約600人の修士課程修了者、80人の博士課程修了者（重複あり）を輩出している。一方、この分野の人材育成という意味では、学位取得後のキャリアパスが重要であるが、これについても、第3期中期目標・中期計画の成果とその評価に直結する課題として今後重視していきたい。

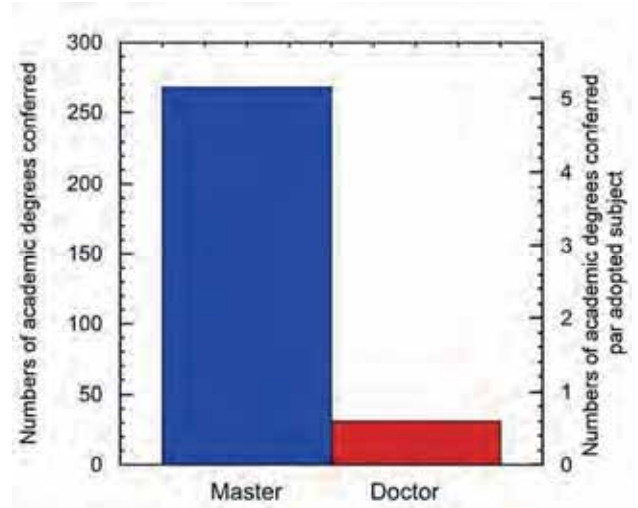


図 2.5.2-4 Number of master and doctor degrees conferred based on research by LHD Project Collaborations Program. The numbers per adopted subject are also indicated.

## 2.6 プラズマおよび核融合に関する幅広い学術共同研究の推進

### 2.6.1 プラズマ基礎研究

プラズマによるレーザー光の位相変化を測定する干渉計は、プラズマの電子密度評価方法として一般的である。しかし、大型核融合装置では計測システムが巨大で機械振動が無視できず、光学系の振動による光路長の変化が計測誤差となる欠点がある。それに対し、「ディスペーション干渉計」は干渉計でありながら、光路長変化による位相変化を自己補正し、プラズマによる位相変化のみを測定できる特長を有する。そのため、ここ5年程度でLHDをはじめとして核融合プラズマ計測にて急速に開発が進んでいる。

一方、近年医療・環境応用で注目される大気圧プラズマでは、計測システムは比較的小さいものの、プラズマによる位相変化よりも大気（中性ガス）圧変化による位相変化が大きく、従来の干渉計では精度良く電子密度を評価できないという問題があった。核融合プラズマでの振動による光路長  $L$  の変化と、大気圧プラズマでの大気圧変化による屈折率  $N$  の変化は、結果として生じる位相変化  $2\pi NL/\lambda$  という点では等価である。そこで、東京大学、首都大学東京の大気圧プラズマ研究グループと共同で、LHDで開発したディスペーション干渉計を大気圧プラズマに適用し、その有用性を実証した。共同研

究者（占部継一郎博士）によるディスペーション干渉計による大気圧プラズマ計測結果(図 2.6.1-1)を報告した論文 (K Urabe, T Akiyama, K Terashima, Journal of Physics D: Applied Physics 47 (26), 262001) は、IOPselect 論文に選出された。

また、直線型高密度プラズマ発生装置 HYPER-I (図 2.6.1-2) を用いた基礎・応用・先進共同研究が進められている。HYPER-I装置では周波数2.45 GHz、最大出力80kWのクライストロン増幅器を用いて、電子サイクロトロン共鳴によってプラズマを生成している。強磁場側から右回り円偏波でマイクロ波を入射することにより、正常波のカットオフ密度より2桁以上高密度のプラズマを定常に生成できる。直線型の基礎実験装置であるため、多くの計測用ポートを活用することができ、様々なプラズマ基礎研究や将来的なLHDへの適用を目指した新しい計測機器の試験装置として利用されている。

HYPER-I 装置では、回転プラズマ中の衝突性ドリフト不安定性によるスパイラル渦、台風様の流れ場構造をもつプラズマホール、中性粒子との相互作用によりE×Bドリフトとは逆方向に回転する単極渦など、多様な渦構造の自発的形成が観測されている (S. Yoshimura et al., J. Plasma Phys. 81, 345810204 (2015))。これらの渦構造の形成機構を各種プローブ、発光分光、レーザー分光を駆使することで解明してきた。プラズマ中の粒子の速度分布関数を直接計測できるレーザー分光に特に力を入れており、名古屋大学、九州大学との共同研究では「飽和吸収分光と単一モード半導体レーザーを組み合わせた高精度レーザー誘起蛍光ドップラ分光システムの開発」としてプラズマ・核融合学会の技術進歩賞を受賞した実績がある。これまで共同研究を行った大学は、東北大学、宇都宮大学、東京大学、日本大学、横浜国立大学、名古屋大学、京都大学、九州大学、大分大学で、現在も活発な共同実験が行われている。

LHDの休止期間中も稼動する基礎実験装置であるため、マイクロ波反射計、ヘリウムビームプローブといったLHDへの適用を目指した計測機器の試験の受け入れも積極的に行っており、これらの機器は実際にLHDでのプラズマ計測に使用されている。

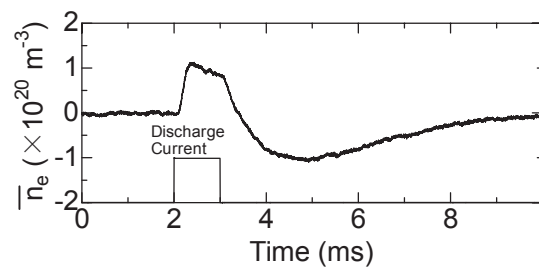
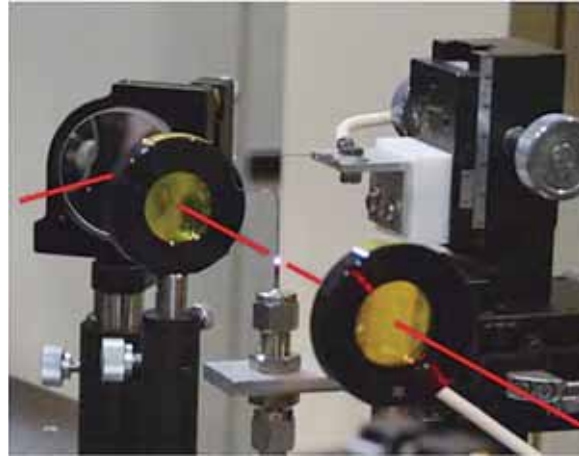


図 2.6.1-1 大気圧プラズマ源とディスペーション干渉計による電子密度計測結果

これらの研究は学生教育としても側面も持ち、これまでに名古屋大学、九州大学、総合研究大学院大学の修士課程・博士課程大学院生の研究テーマとして実施されてきている。HYPER-I 装置を用いた基礎実験で学位を取得し、現在では核融合プラズマ研究の一線で活躍している研究者も多く輩出されている。

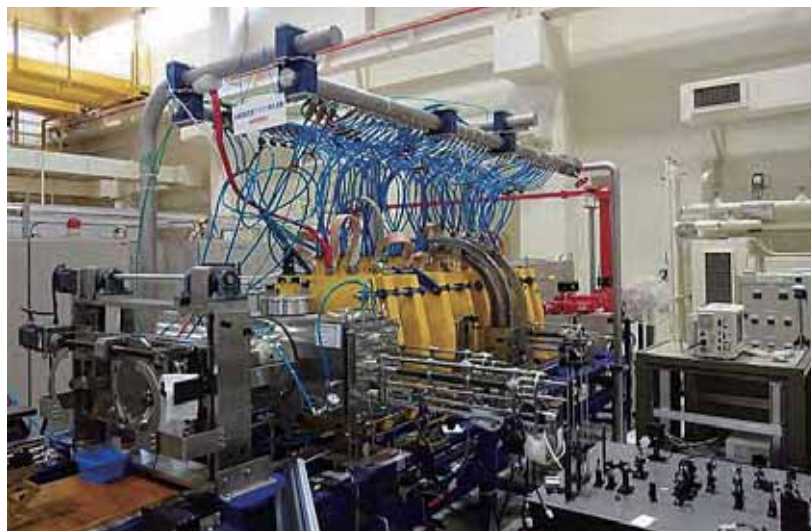


図 2.6.1-2 The HYPER-I device

## 2.6.2 異分野との連携研究

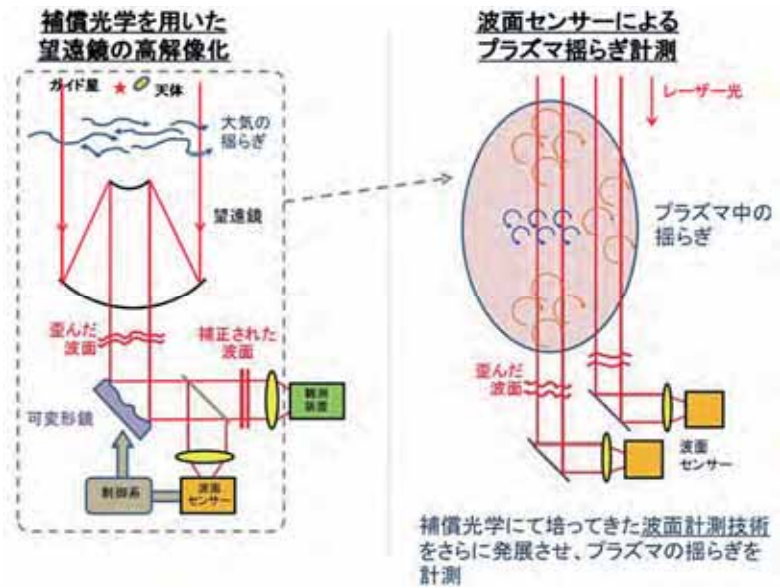
### 【計測技術】

すばる望遠鏡をはじめとする大型望遠鏡では、天体像のボケの原因となる大気揺らぎによる波面の乱れを波面センサーで測定し、補正する補償光学が活用されている。本技術は顕微鏡にも応用され、解像度の向上に寄与している。図 2.6.2 に示すように、天体観測での大気揺らぎによる観測光の波面（位相）変化は、プラズマの密度揺動によるレーザー光の位相変化と同じとみなせるため、原理的に波面センサーによる揺動計測が可能である。そこで、自然科学研究機構の「若手研究者による分野間連携研究プロジェクト」において、国立天文台、基礎生物学研究所と共同研究グループを構成し、「高精度波面計測によるプラズマ揺動計測と分子生物学的揺らぎ研究への展開」という題目で、波面乱れからプラズマ揺動を計測する手法の確立を進めている。

波面センサーには、CCD 等の撮像素子とその前面に配置したマイクロレンズアレイからなる、シャックハルトマン波面センサーを用いている。プラズマ揺動による波面変化は、天体観測、生体観測と比較して変化量が小さいため、高い波面計測精度が要求される。これまでにそのような要求精度はなかったため、用いるマイクロレンズアレイ、及びカメラ性能の最適化を進めている。原理検証実験は、九州大学応用力学研究所共同研究を利用し、プラズマ揺動研究を主眼とした応用力学研究所の直線プラズマ装置 PANTA にて実施している。



これまで、生物内部での分子揺動ダイナミクスはあまり研究がなされていなかったが、プラズマ計測で進展した高精度波面センサーを用いた揺らぎの計測を利用することで、その可能性が広がってきた。原理検証として実施した、溶液中のコロイド（初期計測では牛乳内の油滴）運動の波面計測で葉、ブラウン運動を反映していると考えられる揺らぎデータを取得している。



### 【プラズマ生物】

核融合プラズマ研究は、高真空下における超高温プラズマ

の磁場による閉じ込めを目指したものである。一方、近年、大気圧下で気体温度が室温程度のプラズマを生成する技術が開発されている。この大気圧低温プラズマは生体組織への直接照射が可能であることから、医療・農水産業分野への応用研究が世界的に注目され、興味深い成果が発表されている。しかしながら、これらの応用研究では現象論的な臨床・現場研究が先行し、その生物学的な作用機構の理解が課題となっている。

核融合科学研究所では、プラズマ活性化媒質（Plasma Activated Medium: PAM）を用いた先駆的な癌治療研究を行っている堀勝教授（名古屋大学）の研究グループと共同で、大気圧プラズマの生体への影響の解明を目指した研究を開始している。生物に対する作用機構の理解のためには、印加電圧やガス流量といった大気圧プラズマの外部パラメータではなく、プラズマ中の様々な粒子種の密度・温度・流束の分布をその場計測することが必要となる。平成27年度に導入された名古屋大学と同型の大気圧プラズマ源に対して、核融合研究で培われてきた先進レーザー計測技術等を駆使することで、大気圧プラズマの詳細な時空間計測が期待されている。

### 【光科学】

近年、光科学の分野では軌道角運動量をもつ伝搬モードである光渦が注目されている。光渦は通常の平面波光と異なり螺旋状の等位相面をもち、その位相構造はトポロジカルチャージと呼ばれる量で特徴づけられる。中心軸上は強度ゼロの位相特異点となっており、ドーナツ状の強度分布をもつ。量子情報分野では、原理的に任意の整数値を取り得るトポロジカルチャージの性質を利用した、通信速度の向上が目指されている。ナノ工学分野では、その軌道角運動量を利用した革新的光マニピュレーションやレーザーアブレーションによる螺旋ナノニードルの形成などが研究されている。核融合科学研究所では、光渦を世界で初めてプラズマ分光に適用することを目的として、平成26年度より自然科学研究機構の「若手研究者による分野間連携研究プロジェクト」の枠組みで異分

野融合共同研究を開始した。量子情報分野から鹿野豊特任准教授（分子科学研究所）及び小林弘和講師（高知工科大学）、光科学分野から戸田泰則教授（北海道大学）、プラズマ分野から荒巻光利准教授（日本大学）、寺坂健一郎助教（九州大学）、Uwe Czarnetzki 教授（ルール大学ボーフム、ドイツ）が連携研究者となっている。光渦を用いることで、これまでのレーザー計測では原理的に不可能であった光の進行方向を横切る流れの計測が可能となる。平成28年度までに、実験室での光渦生成（トポロジカルチャージの制御）、吸収分光実験による光渦に特徴的な方位角方向のドップラーシフトの検出に成功しており、今後更なる発展が期待される。

本研究は世界的にも注目されており、国際会議において3件の招待講演を行った。また、大気圧プラズマの生体応用研究を行っているライプニッツ研究所（グライフスバルト、ドイツ）のStephan Reuter博士のグループから、光渦レーザーを用いた大気圧プラズマジェットの流れ計測に関する国際共同研究の申し込みもあり、平成29年度からの開始を予定している。

### 【原子・分子】

プラズマ中の原子分子素過程は、核融合プラズマを始めとする様々なプラズマに共通の過程であり、プラズマのマイクロ過程の理解に原子分子データは欠かせない。本研究所では、基礎的な原子分子物理学に関する理論や実験に関する共同研究や、LHDプラズマを安定な光源とし、TESPEL や不純物ペレットを用いてプラズマに様々な元素を導入して、その元素の分光的性質の研究や原子データの検証といった応用研究を共同で行い、大学の学生教育にも貢献している。

原子分子物理学に関する研究としては、水素イオンと希ガスの荷電移行断面積測定（近畿大）イオン衝撃による固体表面のスパッタリング過程実験（東洋大、東邦大）、多価イオンの荷電交換再結合過程（首都大）、多価イオン照射によるセラミックの発光過程（神戸大）、タングステンイオンと水素原子衝突による電荷交換過程断面積測定（新潟大）、タングステンイオンと炭化水素分子衝突による電荷移行過程断面積測定（近畿大）、多価イオンの電子捕獲断面積測定（東邦大、新潟大）、小型電子ビームイオントラップ装置（CoBIT）やLHDプラズマを使ったタングステンイオンの発光線同定（電気通信大、京都大）、原子分子衝突過程データ調査（東工大ほか）、重水素等水素同位体分子の解離過程（奈良女子大、東邦大）、リチウムイオンの電荷移行断面積測定（近畿大）、などの、核融合プラズマで重要と考えられる原子分子素過程に関する幅広い共同研究を実施し、大学の学生の卒業研究や修士論文研究にも貢献している。

2006年に打ち上げられ、現在も運用されているひので太陽観測衛星は、太陽コロナ加熱機構解明に向けて太陽の様々な観測をしているが、搭載されている極端紫外線撮像分光装置（EIS）では、太陽からの鉄イオンなどの発光線を計測して太陽プラズマの電子温度や密度といった太陽の物理状態を調べている。その際に発光線強度とプラズマの状態を結び付ける分光モデル、それに用いられている原子データの信頼性が重要である。国立天文台、電気通信大、中部大等との共同研究で、LHDやCoBITを用いた鉄イオンの分光計測により、多くの鉄イオンの原子データや分光モデルの検証を行った。特にFe XVII 発光線強度比をLHDでの計測で検証し、EISの計測値の異常は、計測系に

感度補正の問題があることを示した。この研究論文はプラズマ・核融合学会第24回論文賞を受賞した。

半導体リソグラフィのための次世代極端紫外光源開発や水の窓軟X線顕微鏡開発に適した元素とその分光的性質を調べるため、北里大、上智大、宇都宮大、富山大の研究グループとの共同研究により、希土類元素やビスマス、金といった原子番号の高い元素をLHDプラズマや、CoBIT装置へ導入して計測した極端紫外域スペクトルの性質を実験と理論とによって系統的に調べてきた。その研究の中で、テルビウム、ホルミウム、ツリウム（原子番号65、67、69）の新たなスペクトル線を世界で初めて同定・発見した。

平成28年度より重力波天体の同定と重元素の起源解明に向けた原子データ構築に関する共同研究が、国立天文台、首都大、電気通信大。上智大、東邦大と始まり、新しい分野での連携研究も進めている。

## 2.7 国内共同利用・共同研究に関するまとめ

第2章で記述した議論を基に、国内共同研究・共同利用について、平成22年度から平成27年度までの活動状況をまとめる。

核融合研の国内共同研究は、大学等からの幅広いニーズに対応するため、「双方向型共同研究」、「LHD計画共同研究」、「一般共同研究」という3つの形態を設け、研究の進展と関連分野の動向を踏まえたものになるよう、毎年研究課題の公募を行って、共同利用・共同研究活動を展開している。公募内容は毎年、各専門委員会で共同研究全体を取り巻く状況、研究の進展等を考慮して見直しを行って「共同研究公募案内」に反映させる仕組みが確立している。双方向型共同研究では、国内外の研究動向に対応して2～3年単位で重点課題を決め、該当する主要研究課題に対して予算を傾斜配分する措置をとってきた。第2期中期計画期間では、第1期の九州大学に続き筑波大学において「境界プラズマ研究」を推進した。これにより、ダイバータ熱負荷模擬装置の整備が進むとともに、課題の採択件数が増加する等、共同研究の活性化も見られた。一般共同研究では、研究所の研究組織の変更や、重水素実験の準備の進展に伴って、課題の分類を見直す等、柔軟な対応を行ってきた。

共同研究・共同利用を、審査から実施に至るまで円滑に運用するめに、核融合科学研究所運営会議のもとに共同研究委員会が、さらにそのもとにそれぞれのカテゴリーの特徴に合わせた3つの専門委員会が設けられている。すべて専門委員会は外部委員を含んでおり、それぞれの専門委員会の幹事長（委員長）にはコミュニティを代表して所外委員が就任する等、審議の透明性に確保しつつ審査を行っている。特に計画共同研究は、課題の採択から予算配分まで、核融合科学と炉工学のネットワークと密に連携し、コミュニティの意見を取り入れる仕組みが構築されている。

共同研究で得られた成果の最終発表形態は論文の執筆である。これらの論文の追跡とデータベースの構築を容易に行うためのWebベースのシステムを構築した。また、毎年

度の研究成果は、その一部が成果報告会で発表されるとともに、すべての課題は報告書にまとめられ、共同研究者間で共有される。

研究所の設備も年々充実を図っている。特に平成24年度補正予算で整備された高温液体技術、核融合炉材料、耐熱機器、超伝導技術などの炉工学研究を支援する世界最大級の実験装置群は、「核融合炉実現を目指す革新的エネルギー循環工学研究設備」と位置づけられ、国内外の研究機関との幅広い共同利用・共同研究に供するとともに、若手研究者の育成にも貢献している。さらに、計測器の共同利用制度に関しては、広くコミュニティ内への制度の周知に努めている。また、共同研究者にアンケート調査を定期的に行って新規機器導入計画を立て、小委員会です算化を図っている。こうした普及と充実化の両方の活動の結果として、申請利用数・大学研究室数ともに順調な伸びが継続している。

大学の機能強化、研究力強化、若手の人材育成に関しては、双方向型共同研究、LHD計画共同研究において発表された論文、大学院生の教育に関するデータから分析した。その結果、発表論文中その約90%は、第一著者が核融合科学研究所以外の著者であり、大学主導の研究成果が得られていることが明確に示された。また、LHD計画共同研究1件当りの平均論文数は約13編で、これは大学主導の研究成果が得られていることを示しており、大学の機能強化に大いに貢献していると言えよう。人材育成に関しては、双方向型共同研究、LHD計画共同研究及び一般共同研究の各申請カテゴリーに、研究協力者として参画した大学院生の、全参画者に対する割合が15%程度を保っていることが分かった。共同研究先に限れば大学院生の占める割合は20%程度となり、これは関連学会の学生会員割合と比較しても高い。この結果は、近年大学での核融合研究のウエイトが減少傾向にあることを考えると、核融合研の共同研究が果たしている役割は非常に大きいと考えられる。また、大学院生の出張件数の分析からも、柔軟な人的交流の体制の構築が人材育成にも大きく貢献していることが示された。これら共同研究を通じて得られた成果は、共同研究に参画する大学院生・若手研究者の学会・国際会議での発表、共著論文の投稿、また各大学の大学院生の修士論文や博士論文の一部として活用されており、核融合研の共同研究の人材育成における意義が示されているといえる。

共同研究により、基礎的な原子分子物理学に関する理論や実験に関する研究、LHDプラズマを安定な光源とし、TESPELや不純物ペレットを用いてプラズマに様々な元素を導入し、その元素の分光的性質の研究や原子データの検証といった応用研究も推進している。また、高温プラズマ計測の技術を、超低温プラズマ計測に適用する研究も進行中で、産業界への応用等が期待されている。さらに、天文観測で培われた技術をプラズマ計測に応用する研究も行われており、異分野連携を含む幅広い学術研究を推進している。

### 3 国際共同研究

#### 3. 1 国際共同研究体制の整備

平成22年4月に実施された核融合科学研究所の改組時に、連携研究プロジェクトを設置し、国内を含めて連携研究体制の整備を行った。研究所の方針として長期的な視野に立った計画的な国際共同研究の推進を目的として、連携研究を実施する連携研究委員会の下に、学術交流協定に基づく研究連携、国際協力事業及び国際会議の主催・共催等に関わる支援活動を推進する国際連携部会を設置した。

平成25年度10月からは、自然科学研究機構が、国の研究力強化事業に採用され、同機構の主導の下、核融合科学研究所に、「広報力強化」、「若手研究力強化」、「共同研究力強化」を目的とする研究力強化戦略室が設置された。同戦略室では共同研究力強化のため、既に学術交流協定等を締結している海外研究機関との連携の深化、また新たな海外研究機関との連携の探索を進めている。これに伴い、連携研究プロジェクトはその役割を研究力強化戦略室に移して終了し、連携研究委員会は研究力強化戦略室の下に移動した。

#### 3. 2 国際共同研究基盤の整備

海外研究機関との国際共同研究を円滑に、また継続的に進めるための基盤として、学術交流協定等は重要である。核融合科学研究所は、平成2年に米国カリフォルニア大学ロサンゼルス校プラズマ核融合研究所との間に学術交流協定を締結して以来、平成21年度までに9カ国15研究機関との間に学術交流協定を締結していた。

平成22年度以降も、戦略的見地から、あるいは共同研究を実施している研究者からのボトムアップ的な要望から、新たに10研究機関との間に学術交流等の協定を締結し、その結果平成28年12月現在で25の研究機関との間に学術交流協定を締結するに至った。表3.2に平成28年12月までに協定を締結した海外研究機関を示す。

前節で述べた研究力強化戦略室では、共同研究力強化のため、海外研究機関との新たな連携の探索が一つの役割となっている。平成26年度には、研究力強化戦略室員が欧州と米国の、既に核融合科学研究所との間に協定が締結されている研究機関を含む主要な研究機関を訪問し、今後の、また新たな連携研究に関する議論を行った。平成27年のフランス原子力・代替エネルギー庁 (CEA)、イタリア RFX コンソーシアム、同電離ガス研究所との学術交流協定は、この訪問時の議論から締結に至ったものである。特にCEAは、所属する磁場核融合研究所のトカマク型装置 Tore Supra の改造を実施し、長時間放電が可能な金属壁トカマク型装置 WEST として、平成28年の実験開始を目指しており、LHDにおいて長時間放電実験を推進している核融合科学研究所の研究者が積極的に共同研究を進めるために学術交流協定を締結することが重要であった。また同戦略室は、総研大物理科学研究科核融合科学専攻と協働して、平成28年度にタイのチェンマイ大学および同国原子力技術研究所との間に学術交流協定を締結することにも貢献した。経済発展著しい東南アジアにおけるプラズマ及び核融合研究へ貢献するとともに、優秀な留学生の獲得も期待している。

一方で、これらの協定には個別の予算措置はなく、活動費用は、自然科学研究機構の「自然科学における国際的学術拠点の形成事業」の「磁場閉じ込めプラズマ中の乱流、磁気島及び磁力線の研究」（平成22年度～平成27年度）からの支援や、研究力強化戦略室予算、個々の研究課題に関わる科研費等から得ている。また、実施していた共同研究課題の終了とともに活動が一時的に不活発になっている場合もある。

表 3.2 学術交流協定締結研究機関（平成28年12月現在）

年	研究機関	国
平成2年（1991）	カリフォルニア大学ロサンゼルス校プラズマ核融合研究所	米国
平成4年（1992）	中国科学院等離子体物理研究所	中国
平成5年（1993）	マックスプランク研究所プラズマ物理研究所	ドイツ
平成5年（1993）	クルチャトフ研究所	ロシア
平成6年（1994）	ハリコフ物理工学研究所	ウクライナ
平成7年（1995）	オーストラリア国立研究所	オーストラリア
平成8年（1996）	基礎科学支援研究所（現 国立核融合研究所）	韓国
平成17年（2005）	カールスルーエ研究所	ドイツ
平成18年（2006）	プリンストンプラズマ物理研究所	米国
平成18年（2006）	テキサス大学オースティン校	米国
平成18年（2006）	オークリッジ国立研究所	米国
平成18年（2006）	カリフォルニア大学ロサンゼルス校エネルギー科学技術先端研究所	米国
平成19年（2007）	プロヴァンス大学	フランス
平成19年（2007）	一般物理研究所	ロシア
平成19年（2007）	国立科学研究センター	フランス
平成21年（2009）	エネルギー環境技術研究センター	スペイン
平成23年（2011）	ITER 国際機構	
平成23年（2011）	基礎エネルギー研究所	オランダ
平成24年（2012）	西南物理研究所	中国
平成24年（2012）	エクスマルセイユ大学（旧プロヴァンス大学）	フランス
平成27年（2015）	原子力・代替エネルギー庁	フランス
平成27年（2015）	RFX コンソーシアム	イタリア
平成27年（2015）	電離ガス研究所	イタリア
平成28年（2016）	チェコ科学アカデミー物理部門 HiLASE センター	チェコ
平成28年（2016）	チェンマイ大学	タイ
平成28年（2016）	ウィスコンシン大学マジソン校	米国
平成28年（2016）	タイ国立原子力技術研究所	タイ

### 3. 3 ITER、BA との連携

#### 3. 3. 1 ITPA などボランティア活動への貢献

ITPA (International Tokamak Physics Activity) は、建設中の国際熱核融合実験炉 (International Thermo-nuclear fusion Exeprimental Reactor、ITER) における物理課題をリストアップし、それを解決するための活動である。ITPA は、ITER からの給与や旅費の手当てを伴わないボランティアベースの活動であり、主として ITER 参加国の研究者が参加している。7つの課題グループがあり、それぞれ半年に1回のペースで会合を開いている。基本的にトカマク型装置における物理課題を検討対象としているため、トカマク実験を行っている研究機関では組織的に ITPA から提示される課題に取り組み、会合に研究者を派遣している。現在のところ核融合科学研究所では組織的な取り組みや派遣は行っておらず、研究者の自主的な活動に任されているが、LHD における実験や、理論・シミュレーション、国内共同研究における基礎実験など、ITPA に貢献し得る成果が多数得られており、連携研究委員会 ITER/BA 連携部会から会合参加のための旅費を支援している。

図 3.3.1 に、核融合科学研究所から ITPA への参加状況を示す。平成 22 年度から 27 年度の期間、ITPA の課題グループのうち核融合科学研究所から研究者が参加しているのは輸送・閉じ込め、MHD、定常運転、高エネルギー物理、スクレイプオフ及びダイバータ、周辺・ペDESTAL、計測の7つの課題グループである。各グループで、毎回平均して1～3名程度が参加している。また、発表件数も同程度である。核融合科学研究所の研究者は、各課題グループにおける検討課題を国内の研究者に紹介し、国内における

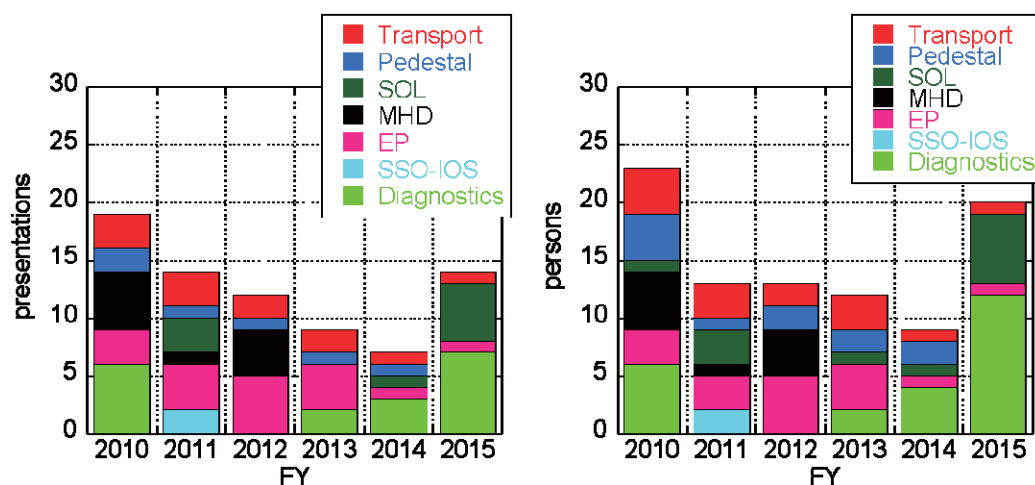


図 3.3.1 核融合科学研究所から ITPA への参加状況。左参加人数、右発表件数。

関連研究や国内研究者の各課題グループ会合におけるアレンジを行っている。また、核融合科学研究所において会合を開催することや、各課題グループにおける検討課題ごとのサブグループのリーダーを務めているケースもある。

トカマク型装置における物理課題は、LHDなどのヘリカル型装置における物理課題と必ずしもすべて同じではないが、近年トカマク型装置では周辺プラズマ不安定性（ELM）制御用の共鳴磁場コイルによるMHD安定性や、輸送への影響の解明が課題となっており、LHDにおいて研究が先行している磁気島の形成や、その輸送への影響に関する核融合科学研究所からの報告は、ITPAに大きく貢献している。また、核融合科学研究所で開発した計算機シミュレーションコードのトカマク型装置への適用、プラズマ計測機器開発も高い評価を得ている。

例として、核融合科学研究所で開発したジャイロ運動論による乱流シミュレーションコードGKV-Xを用いたITERにおける燃焼プラズマの予測が挙げられる。これまでにGKV-Xによる非線形シミュレーションは、JT60-Uにおける実験結果と、計測誤差の範囲内で一致することが検証されており、ITERの燃焼プラズマの予測にも用いることができると期待されている。また、核融合科学研究所で開発したMEGAコードを用いた、ITERにおけるTAEモードの不安定性に関する研究も良い例である。この研究では核融合科学研究所の研究者がリーダーシップを取り、TAEモード線形成長率のベンチマークを行った。

計測機器開発については、レーザー偏光及び干渉計、中性子計測、放射光計測（ボロメーター）について積極的な貢献を行っている。これらについてはLHDで開発を進めてきた機器、及び計測手法をITERに適用、または、有用な知見を、ITPAを通じて提供している。さらに、ITERにおいて危惧されている電子機器への放射線の影響について、核融合科学研究所と大阪大学との共同研究で実施した放射線環境下での機器動作試験結果などの知見も提供している。

これらのITPA活動については、会合参加後に報告書を作成し、外部の共同研究者からもアクセス可能なホームページに掲載している。また、ITER/BA連携部会では年に2回程度、これらのITPA活動における核融合科学研究所の貢献、及びITPAにおける議論の現状について情報交換を行っている。

### 3. 3. 2 ITER/BA 活動への貢献

核融合科学研究所では、BA共同研究等を通してBA活動へ貢献している。原型炉設計及び原型炉工学R&Dに係る共同研究では、これまで低放射化フライト鋼、セラミックス材料、設計コードなどの分野で参加してきた。トリチウム技術に関して、平成25年度から、JETトカマク装置におけるITER Like Wall（ILW）実験で使用されたダイバータ板やダストの分析を行っている。ILW実験は、ITERのプラズマ対向材料と同じ材料を使った第一壁（ベリリウム）、ダイバータ板（タングステン）を設置してプラズマ実験を行うものである。金属壁がプラズマ閉じ込め性能へ及ぼす影響の調査とともに、プラズマ対向材料中の水素同位体蓄積も重要な研究課題となっている。核融合科学研究所は平成25年度から共同研究を開始し、現在は3人の研究者が、関連する課題でそれぞれ研究代表者になり、大学等からも共同研究者が参加している。トリチウムを含むベリリウ



ムを取り扱うことができる施設は、日本では量子科学技術研究開発機構（QST）の六ヶ所核融合科学研究所だけであるため、JET から使用済みのダイバータ板試料、及び同装置の真空容器内で採取したダスト試料を六ヶ所核融合研究所に搬入し、同研究所の分析設備を用いて研究を進めている。

核融合科学研究所は、大学の強力中性子源の基礎技術開発研究の取りまとめを長年行ってきており、IFMIF/EVEDA 事業が開始してからは、リチウムターゲットの水素同位体計測・制御、微小試験片技術などの共同研究に参加している。

JT-60SA への貢献では、平成 19 年度から平成 26 年度まで、QST との共同研究で、核融合科学研究所の大型超伝導試験設備を活用した JT-60SA の超伝導導体試験（EF 及び CS コイル導体）と CS コイル試験を実施している。また、平成 21 年度から、核融合科学研究所から 4 名の研究者が、JT-60SA リサーチプラン策定に参加している。さらに、JT-60SA に設置する計測機器や PWI 実験のための試料搬送装置などの設計に関わる共同研究を、トカマク炉心プラズマ共同研究などにより実施している。

なお BA 活動に関しては、核融合科学研究所の所員が運営委員、事業長、事業委員、などに就任し、運営面でも協力している。

核融合科学研究所は平成 23 年度に、ITER 機構との間に技術協力に関する覚書を取り交わし、積極的に ITER へ貢献している。平成 25 年度より JA-DA (Japanese Domestic Agency) からの委託研究により、ITER のトロイダル磁場コイル（TF コイル）接続部の性能試験を実施している。核融合科学研究所の大型導体試験装置を用いて、ITER-TF コイルの導体接続サンプルの接続抵抗を測定し、要求性能を満足することを確認するとともに、大電流導体の接続抵抗の高精度測定法を確立することを目的としている。

平成 22 年度から平成 26 年度まで、ITER 業務外部委託事業により、ITER Cryoplant Process Study を進めている。核融合科学研究所において開発した極低温プロセス実時間シミュレータ（C-PREST）を使用してテストループのモデル化を行い、シミュレータの高度化及び検証を行った。ITER TF コイル構造物のモデルを作成し、シミュレータの能力評価及び冷凍機への熱負荷低減法の検討も行った。また、平成 25 年度から平成 29 年度まで、同じく ITER 業務外部委託事業により、Dynamic Simulation for Tokamak Cryo System 研究を実施している。核融合科学研究所において開発した極低温プロセス実時間シミュレータ（C-PREST）を使用して ITER トカマク低温システムのプロセスについてシミュレーションを行い、運転や設計に必要な指針を得ることを目的としている。

ITER では支援業務を行うエキスパートを ITER 計画の参加国から募集しており、平成 27 年 4 月から 3 年間の予定で、核融合科学研究所の研究者が、” Engineering Support to ITER Diagnostics Interferometer (ITER 計測干渉計のための専門家による技術支援)” に従事している。本契約は、ITER サイトで年間 50 日業務を行い、バックアップ用電子密度計測器の設計検討を行うものである。本密度計測器は、LHD で開発した変調強度比を利用したディスパージョン干渉計を基に設計を行っており、LHD で培った計測技術を ITER でのプラズマ計測に生かすものである。当初 ITER のファーストプラズマでは密度計測器の設置予定が無かったが、本密度計測器が設置されることに決定している。

### 3. 4 実施機関となっている国際共同研究の進展

#### 3. 4. 1 日米協力

##### (1) 協定、取極

本事業は昭和54年(1979年)5月に締結された政府間協定「エネルギー及びこれに関連する分野における研究開発のための協力に関する日本国政府とアメリカ合衆国政府との間の協定(基本協定-1)」に基づき、核融合分野の研究開発を明記した公文、書簡を交換し、進めてきた。特に、共同プロジェクトの実施に当たっては、その内容を明記した付属書を締結した。その中で、核融合科学研究所は、名古屋大学プラズマ研究所時代から一貫して、大学側の実施機関としての役割を果たしてきた。

平成12年に基本協定-1が失効し、その後付属書等も失効したため、これらの活動は核融合科学研究所と米国の代表的な研究所(PPPL、IFS、ORNL、UCLA)との間の研究所間協定を活用あるいは新たに付属書等を締結することにより、継続して進めてきた。しかしこれらをベースとした活動では知的財産の扱いの規定などに不十分な面があった。

その後、昭和63年(1988年)6月に締結された別の政府間協定「科学技術における研究開発のための協力に関する日本国政府とアメリカ合衆国政府との間の協定(基本協定-2)」の下に、平成25年(2013年)4月「文部科学省及びアメリカ合衆国エネルギー省間のエネルギーおよび関連分野の研究開発協力に関する実施協定」が締結された。また、この実施協定の下、進行中の共同プロジェクト(PHENIX計画(後述))に関し、「原型炉プラズマ対向機器開発のための要素技術の工学的評価に関するアメリカ合衆国エネルギー省と文部科学省間の実施取極」が平成27年(2015年)7月に締結され(日本側は核融合科学研究所長が署名)、必要な協定、取極等が整備された。

##### (2) 事業内容

本事業内容は、次の4種類に分かれている。

##### 1. 一般交流計画(Personnel Exchange Program)

研究者の相互派遣(短期・長期)、情報交換、ワークショップの開催等。

##### 2. 共同計画(Joint Planning Program)

日米両国でそれぞれ実験研究が行われ、互いに相補的な内容をもつテーマについて交流を盛んにし、協力して研究計画を進めようとするもので、現在は次のようなテーマが採り上げられている。

① 核融合炉工学(Fusion Technology)

② 核融合物理学(Fusion Physics)

##### 3. 核融合理論共同研究組織(Joint Institute of Fusion Theory, JIFT)

日米科学技術協力事業を契機として、両国間の核融合理論に関する共同研究を長期的・組織的に推進する。

##### 4. 共同プロジェクト(Joint Research Project)

両国のいずれかにある装置や設備を共同使用して研究を行う事や、改造あるいは新しい装置の建設を両国共同で企画・実行するものを含むプロジェクト。平成19年度から24年度まで TITAN 計画（磁場および慣性核融合炉システムにおけるトリチウム・熱流動制御）が行われ、平成25年度に PHENIX 計画（原型炉プラズマ対向機器開発のための要素技術の工学評価）が6年計画で開始された。

### （3）実施組織

日本国内の実施体制の中核として日米科学技術協力事業核融合分野研究計画委員会（以下「日米研究計画委員会」、委員長は核融合科学研究所長、ほか委員は所内6名、所外11名から構成されている）が設置されている。日米研究計画委員から、核融合炉工学、核融合物理分野、核融合理論のキーパーソンを指名し、計画の立案や米国担当者との打ち合わせなどを行い、共同研究や研究者交流に十分な実施効果が上がるように配慮している。研究旅費は日本学術振興会から手当てされている。協力事業の公募案内、協力事業報告会、事業内容、安全情報、問合せ先（キーパーソン）等についての必要な情報は、核融合研のホームページの国際共同研究欄において公開している。各年度の日米協力事業の公募案内は、公募締め切りまでに十分な時間が取れるように配慮している。これによって各協力分野のキーパーソン及び日米間での調整が可能なように配慮している。日米研究計画委員会において採択された結果をもとにして日米核融合調整委員会（CCFE）で確認し、最終決定を行っている。これら運営において核融合研が主導的な役割を果たしている。JIFT では、JIFT 運営委員会を組織し、日本側共同議長及び幹事の活動を通じて、具体的な JIFT 活動の立案、調整、実施状況の確認、各種支援活動を行う等、JIFT 計画の全体の推進に貢献している。

以上の日米協力の日本側を中心とした実施体制を図 3.4.1-1 に示す。

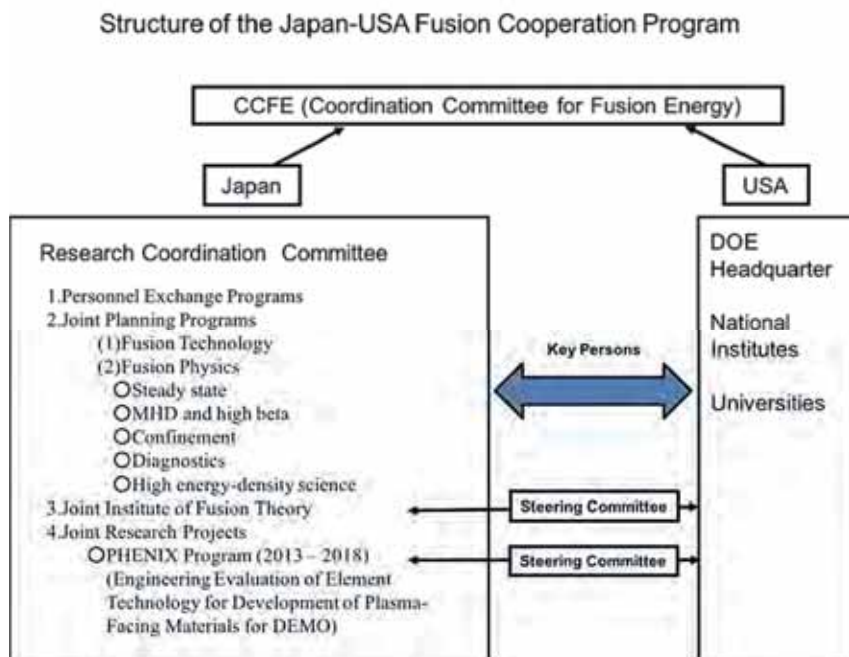


図 3.4.1-1 Structure of the Japan-USA Fusion Cooperation Program.

#### (4) 成果報告と評価

計画実施責任者は、事業の終了後に成果報告書を提出するとともに、年度末に公開で行われる成果報告会において口頭での報告を行っている。各々の分野のキーパーソンは報告会に出席し、報告書及び口頭発表の内容をもとに各事業に対する評価を行っている。報告会には毎回約100名の大学関係者、名誉教授等の出席があり、広い視点からのコメントをいただき、次年度以降の公募、審査に関する改善のための指針としている。また、成果報告書を冊子体で印刷及びCD-ROMにより、広く配布を行っている。日米研究計画委員会では、評価と改善のための取り組みとしてカテゴリーの内容、公募の方針等について審議し次年度の公募に反映している。

#### (5) 共同プロジェクトの選定と実施、報告、評価

共同プロジェクトは、約6年間の計画を公募し、委員会を設けて審議、選定し、米国側の同意を確認し、日米研究計画委員会で最終決定を行っている。平成25年度から開始している「PHENIX プロジェクト」に関しては、平成23年2月に「日米次期共同プロジェクト推進小委員会」（委員長は日米研究計画委員会の所外委員より選出、所外から10名、所内から2名により委員を構成）を発足させ、プロジェクトのガイドラインの制定、公募、提案者からのヒアリング、評価・採点などを行った。またその途中において、核融合ネットワーク委員によるヒアリングを行い、広く核融合コミュニティの意見を聞いた。

共同プロジェクトの実施においては、その計画を円滑に進めるために、運営委員会を設置している。運営委員会のメンバーは、日米の代表者とコーディネーターであり、これにタスク毎の日米担当者及び参加研究者を加え、実施体制が構築されている。年1回運営委員会が開かれ、当該年度活動の報告と評価、次年度以降の計画、予算等を日米合同で審議する。国内における進め方は、代表者、コーディネーター、タスク担当者、及び参加研究者が一堂に会する「国内会議」が年1～2回行われ、各タスクの研究成果と計画、各派遣・受け入れ、次年度の計画について審議を行っている。成果は毎年の報告書、成果報告会で発表するとともに、3年を過ぎた段階で中間報告会を行い、研究計画委員の数名による評価を実施し、後半の計画への提言をまとめている。

本事業では、日米双方の特色ある実験装置を利用した協力研究が行われているが、このような国際協力では、協力事業実施者の安全の確保が日米双方にとって特に重要である。そのため、核融合科学研究所は日米安全巡視活動の窓口機関として全国の大学及び研究機関と連携して「日米安全巡視」を主導している。2～3年おきに着実に実施し、毎回冊子体の報告書を出版し、安全巡視での指摘事項とその後の改善結果を関連研究者に広報している。直近では平成25年に米国からの来訪者3名を受け入れている。また平成28年12月に日本から米国への視察が予定されている。本活動では国情の違いに配慮しつつ、実質的な安全の確保を図るよう努力を行っている。

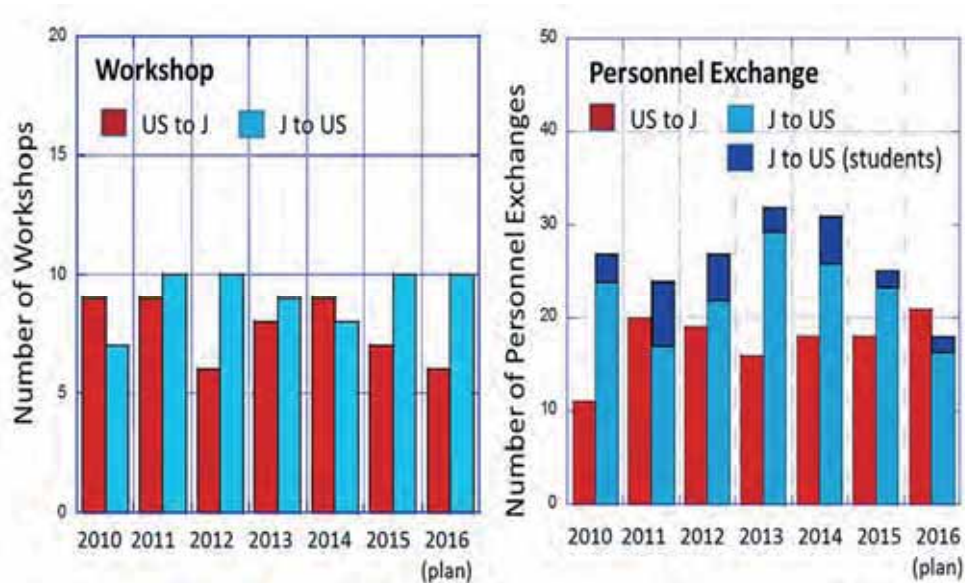


図 3. 4. 1-2. Statistics of the Japan-US Fusion Cooperation Program

本事業における最近のワークショップ、派遣者数の推移を図 3. 4. 1-2 に示す。毎年一定割合の学生（主に博士課程学生）の派遣が行われており、学生教育、若手育成にも貢献している。

### 3. 4. 2 日中協力

#### (1) 概要

日中協力事業は、核融合分野における日中拠点大学方式交流事業（CUP 事業：日本学術振興会、平成 13 年度～平成 22 年度の 10 年計画）の立ち上げと共に本格化した。中国側は中国科学院等離子体物理研究所（ASIPP、合肥）を拠点として約 20 の大学及び研究機関、日本側は核融合科学研究所を拠点として多くの大学及び研究機関が協力事業に参加した。協力分野は、磁場核融合、慣性核融合、核融合炉工学、原子分子、プラズマ応用の多岐にわたり、毎年 50 名前後の研究者が相互往来を重ねた。また、年に 2 回のセミナーも各カテゴリーの持ち回りで開催した。10 年間の継続的な協力事業の下で日中間に強固な人的ネットワークが形成でき、共同研究の基盤を確立した。CUP 事業終了後、平成 24 年 8 月から平成 29 年 8 月までの 5 年計画として日中韓フォーサイト事業（A3 事業：日本学術振興会）を開始した。本 A3 事業は「プラズマ物理」が対象で、特定の研究課題のみを扱い、中国側での参加者は ASIPP、中国科技大学（USTC）、華中科技大学（HUST）の 3 研究機関のみに限定されている。そこで、他の物理課題や炉工学を対象とし、多くの大学・研究機関との共同研究を継続するため、Post-CUP 事業を並行して実施している。これらを基盤として LHD、EAST、HL-2A 等装置における共同研究を本格的に実施し、国際会議での発表や論文掲載等を通して多くの共同研究成果を公表している。同時に、政府間協力

事業（JWG：平成19年12月締結）を、核融合研、QST（日本側）及びASIPP、西南物理研究所（SWIP）の4研究機関に限定して実施している。年度末には全ての日中協力事業で実施した各共同研究のまとめを出版し、セミナー開催時にはNIFS-PROCとしてプロシーディング集を出版している。平成24年4月には核融合研とSWIPの間で学術交流に関する協定を新たに締結した。なお、核融合研とASIPP間の学術交流協定は、平成4年6月に既に締結されている。

## （2）事業内容

本事業内容は、次の3種類に分かれている。

### 1. A3 事業

以下の3つの物理課題を設定し、LHD、EAST、J-TEXT、KSTAR装置を中心に共同研究を実施している。参加者は学振への共同研究者登録が必要となる。

①磁場配位の定常維持（電流駆動と分布制御）

②周辺・ダイバータプラズマの制御

②-A 周辺・ダイバータプラズマの輸送（壁相互作用・原子分子含む）

②-B 周辺・ダイバータの安定性

③アルファ粒子の閉じ込め（高エネルギー粒子とバルクプラズマの相互作用）

④理論・シミュレーション（上記①-③の実験データ解析が主体）

全体を統括するためにコーディネーター（Post-CUP 事業兼任）を置き、各分野にキーパーソン・サブキーパーソンを指名している。共同研究の実施、成果報告、今後の計画等を議論するために、年2回のセミナーを開催している。適宜、小グループのワークショップも開催し、共同研究の具体化を計っている。四半期毎に学振に報告書を提出している。大学院生を含む若手研究者の育成もA3事業の大きな柱となっており、共同研究やセミナーに積極的に若手研究者を参加させている。中国人大学院生の日本での長期滞在、また、日本人大学院生の中国での長期滞在を通して、学位取得のためのデータ解析・論文執筆等、相互教育を実施している。

### 2. Post-CUP 事業

炉工学分野やSWIPとの共同研究を核融合研及び大学を中心として実施している。炉工学分野にはキーパーソンを指名し、建設的な共同研究の実施とその効率化に努めている。炉工学・原子分子等の分野でセミナーを隔年で開催している。

### 3. JWG 事業

本事業は主に共同研究を通じたITERへの貢献を目的としており、調整役を1名指名している。毎年7月頃に年度計画を議論するため、日中の持ち回りで調整会議を開催している。核融合研、ASIPP、SWIP間での研究交流を実施している。

## （3）交流事業の現状と成果

日中協力事業全体の成果報告書を年度末に作成している。キーパーソン会合、セミナー、調整会議等を通して共同研究の立案、活動状況及びその評価を行っている。成果報告書は冊子体で作成し、閲覧できるよう配慮している。セミナー開催後にはプロシーディングをNIFS-PROCとして公表し、冊子体及びCDとして配布するとともに、学位論文の成果として利用できるよう、工夫している。

過去5年間に実施された日中協力事業で実施された年度毎の交流人員及び交流延べ人数（交流人員×滞在日数）を図 3.4.2(a) 及び(b)に示す。中国からの来訪者数（図 3.4.2(a)）は年によってかなりばらつきが見られるが、延べ日数にすると双方とも、300～500人日に分布している。A3 事業による共同研究を通しては公表された論文数を図 3.4.2(c)に示す。2012 年（平成24年）は A3 事業の開始年であり、論文数は少ないが、その後は双方とも20～25編の論文成果が得られている。IAEA 等の国際会議にも日中協力事業の成果が発表されている（例えば、京都 IAEA 会議（2016 年 10 月）では5編）。また、交流人員の30～40%は若手研究者であり、将来の人材育成にも大いに貢献している。

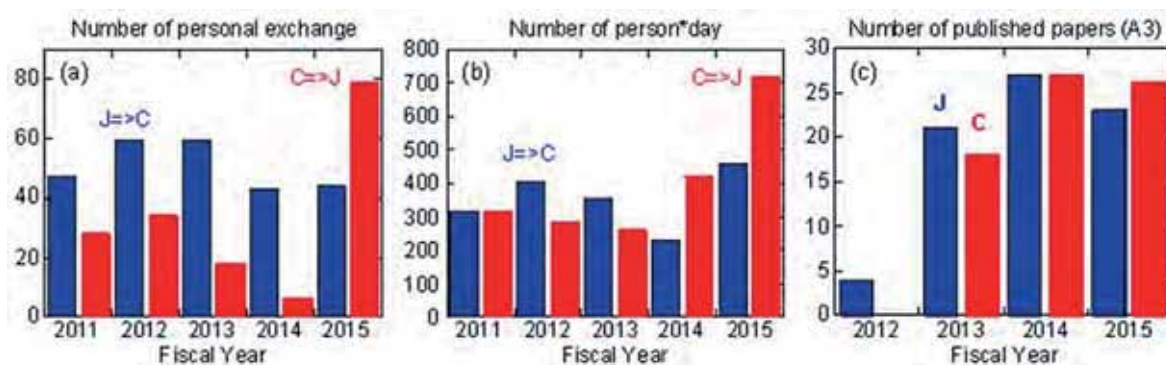


Fig. 3.4.2 (a) Number of personal exchange from Japan to China (J=>C) and China to Japan (C=>J), (b) number of person×day and number of papers published in international journals as a basis of A3 foresight program collaboration as a function of Japanese fiscal year.

### 3. 4. 3 日韓協力

日韓核融合協力事業は両国の政府間の核融合開発に関する協力協定に基づき始められている。その内容は ITER 協力、KSTAR 協力、人材育成協力、そしてワークショップや研究者派遣等の人的交流協力がある。また、前節の日中協力の中で述べたように、平成24年8月から平成29年8月までの5年計画として日中韓フォーサイト事業（A3 事業：日本学術振興会）を開始した。

日韓核融合協力事業では、年に一度、両国の政府関係者と主な研究所代表者からなるコーディネーター会議が相互の会場で行なわれ、前年の活動の評価と次年度の計画の議論と承認が行なわれ、協力活動が実施されている。このような形態を取っているために、毎年効率的な評価と長期的計画が再考された後に協力事業が実施されている。

また、日韓核融合協力事業研究計画委員会（委員長：核融合科学研究所所長、所内委員4名、所外委員5名）を組織し、研究課題の公募、採択審議に主導的な役割を果たしている。年度末には成果報告会を開催し、採点方式の評価を行い、次年度の課題の採択の参考とし、事業の改善に当たっている。

### 【交流実績】

年間の人的派遣交流は相互に約50名程度となっており、活発な研究協力と情報交換が行われている。特に韓国核融合科学研究所（NFRI）のKSTAR装置は、核融合科学研究所のLHDと同じく超伝導磁場コイルを持つ定常運転可能なトロイダル装置であり、計測装置、高周波加熱装置等の分野で本研究所や大学関係者との緊密な研究協力が行われている。

プラズマ計測に関するKSTAR協力では、核融合科学研究所において高い研究実績を有するボロメータ計測、エッジトムソン散乱計測、電子サイクロトロン放射計測器に加え、2011年度から荷電交換分光器、中性子・高エネルギー粒子計測に関する研究協力を開始した。さらに、KSTAR、LHD双方の研究者の要望に基づき、様々な計測器の設置の議論を随時行い、KSTARへのSXCCDカメラ、VUVカメラの新たな設置に向けた検討を進めてきた。また、若手研究者の教育と人的交流を図る目的で日韓両国の大学院生を主体とする「先進プラズマ計測に関する日韓セミナー」を、日韓双方で2年毎に大学、研究機関との協力により実施している。高周波加熱に関する協力では、KSTARのICRFシステムとECHシステムの開発と調整について研究協力を行った。

### 【今後の方針】

現在、日韓核融合協力事業研究計画委員会を組織し、研究課題の公募、採択審議、成果の公表を行っているが、これを更に充実させ、事業を進展させる。協力の方針、方向、大枠等は、同委員会で、評価や必要性を踏まえて議論し、決定している。

本事業の中心となるKSTAR・LHD・JT60分野では、次のようなことを行う方針・計画である。

- ・ KSTARの計測関係の協力では、計測装置の建設時に共同研究を行った、ボロメータ、ECE計測、エッジトムソン散乱計測に加え、荷電交換分光器、中性子・高エネルギー粒子計測、イメージングボロメータ、SXCCDカメラ、VUVカメラによるイメージング計測を進める。
- ・ これらの精度の高いデータ取得へ向けて協力をを行い、合わせてプラズマ実験の共同研究を行うのが適切である。KSTARで得られる知見は、トロイダルプラズマの閉じ込めを総合的に理解する上で重要であり、我々核融合科学研究所の研究目的に合致する。この国際協力が核融合科学研究所にとっても実りあるものとなる。
- ・ プラズマ実験の実施に当たっては、有用な人的協力をを行い、質の高い実験が実施できるよう協力するのが適切である。そのために今年度から設けられた客員実験コーディネーター制度を活用し、これに継続して核融合科学研究所の研究者を派遣するものとする。
- ・ 今後協力できる課題として、高周波加熱実験への協力を進める。LHDの豊富な経験を生かして、イオンサイクロトロン共鳴加熱（ICH）と電子サイクロトロン共鳴加熱（ECH）によるKSTARプラズマパラメータの向上と閉じ込め改善に貢献するものとする。同じ定常運転装置であり、長パルス運転は共通であるので、両装置での経験はLHDや将来のヘリカル装置での加熱物理の理解と加熱装置開発にも有益である。



### 3. 人的交流のまとめ

KSTAR と LHD との間の実験協力を軸に交流が実施されているが、他に広い分野でもワークショップや研究者派遣が行なわれており、年間のワークショップ開催は約10件、人的交流は約350人日に達している。図 3.4.3 には、ワークショップ参加を含まない共同研究のための相互派遣人数と、日本から韓国への同派遣者の内訳を示す。近年、日本からは20人以上が派遣されている一方、韓国からの来訪は年により変化が大きいことが分かる。日本から韓国への派遣者は、大学の研究者や学生の割合も大きいことが分かる。

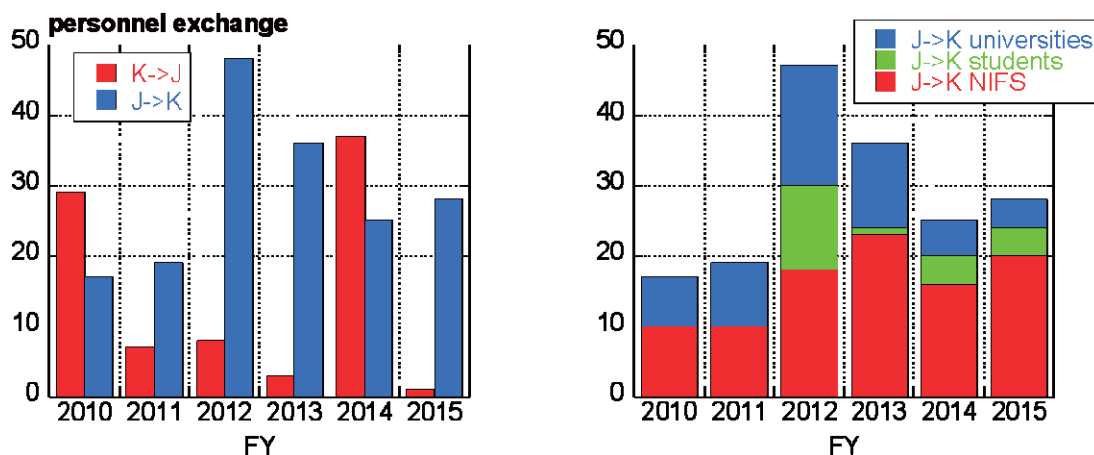


図 3.4.3 日韓協力における共同研究のための人的交流（ワークショップ参加は含まない）。  
左は相互交流の全人数、右は日本から韓国への派遣者の内訳。

### 3. 4. 4 IEA 協力

核融合科学研究所は、国際エネルギー機関（International Energy Agency、IEA）の多国間協定である3件の実施協定（Implementing Agreement、IA）、「ステラレータ・ヘリオトロン概念の開発実施協定（SH IA）」、「テキサトールにおけるプラズマ・壁相互作用実施協定（TEXTOR IA）」、「球状トラスに関する協力のための実施協定（ST IA）」について、日本国政府を代表して署名、締結し、これらに関わる国内の活動を取りまとめるとともに、国際的な活動を促進してきた。このうち TEXTOR IA については、平成24年から「プラズマ・壁相互作用研究装置における核融合炉のための研究開発実施協定（Plasma Wall Interaction、PWI IA）」となった。詳細は後述する。また、IEA では、平成27年にIAという枠組みが40周年を迎えたことを契機に、この枠組みを発展させ、新たに技術協力プログラム（Technology Collaboration Programme、TCP）とした。これまでIAであったものはすべてTCPとして継続されている。また、核融合に関わるTCPを横断して、「定常運転」に関する議論を行う調整グループ（Steady State Operation Coordination Group、SSOCG）が組織されており、核融合科学研究所も参加している。平成27年度まで、同グループの共同議長の一人名には、核融合科学研究所の研究者が就いた。

さらに核融合科学研究所は、IEA における核融合関連事業全体を統括する核融合調整委員会 (Fusion Power Co-ordinating Committee、FPCC) に日本代表として参画し、現行事業の評価及び将来計画の作成等に貢献している。

以下に、核融合科学研究所が実施機関となっている3つの TCP と、SSOCG について、平成22年から27年の活動についてそれぞれ述べる。

### 3. 4. 4. 1 ステラレータ・ヘリオトロン概念の開発実施協定

我が国は本協定に平成4年に署名・参加し、核融合科学研究所が日本側締結機関としての責任を持っている。ヘリカル方式による核融合研究を国際的に主導する核融合科学研究所にとって非常に重要な実施協定である。この協定には、EU (ドイツとスペインが主)、米国、オーストラリア、ロシア、ウクライナと日本が参画している。

平成18年より平成27年10月まで日本が議長国 (本島修、小森彰夫) を務めた。平成27年10月に議長がドイツに移った後も、副議長国 (竹入康彦) として、日本国内の間活動 (主に核融合科学研究所と京都大学エネルギー理工学研究所) の取りまとめとともに、国際協力活動の推進に主体的な役割を果たしてきている。

本協定は、5年ごとに、IEA 傘下の委員会 FPCC (Fusion Power Co-ordinating Committee) における評価を得た上で延長が認められることになっている。平成22年の延長では、我が国独自の創案である「ヘリオトロン」概念の進展を反映して、当初の「ステラレータ概念の開発実施協定」に、「ヘリオトロン」の名称が付与されることとなった (平成22年度活動報告書にも記載)。

IEA 内の評価手続きの改正により、平成28年6月30日まで有効であった本協定の延長手続きを議長国として主導した。平成27年10月の議長移譲後すぐの必要文書提出や、FPCC における評価対応などが円滑に行われ、本協定の5年間の延長が高評価の下に認められたことは、核融合科学研究所が本協定を基盤として国際協力活動を主導してきたことの証左である。

議長国を務めた平成27年10月までの間、本協定による活動の記録を取りまとめ、国際的に公表することを目的として、Web ページ (ポータル) を立ち上げ、管理運営を行った。その後、素材等一式を提供することで、現在は、議長国機関であるマックスプランクプラズマ物理研究所 (ドイツ) で引き続き管理運営が行われている。

本協定傘下の重要な活動として、隔年開催される国際ステラレーターヘリオトロンワークショップがある。平成22年度活動報告書以降、3回開催履歴されている。いずれの回においても、核融合科学研究所の、国内外からの共同研究に基づく成果は、多くの招待講演などで報告がなされた。また、本協定議長国機関として、日本の協定執行委員および幹事 (いずれも核融合科学研究所) が準備段階から深く関与し、会議の成功に貢献した。

本協定が支持する国際的な活動が国際調整作業会合 CWGM (Coordinated Working Group Meeting) 活動である。ボランティアな活動であり、発足以来、核融合科学研究所とマックスプランクプラズマ物理研究所が主たる調整役を務めてきたが、最近では、活動の拡がりとは各機関からの継続的参画を意図して、CIEMAT (スペイン)、プリンストンプラ



図 3.4.4.1 ステラレータ - ヘリオトロン実施協定のポータル。核融合科学研究所が立ち上げ、平成27年10月まで管理、その後、議長国機関であるマックスプランクプラズマ物理研究所（ドイツ）で引き続き管理運営されている。

ズマ物理研究所（米国）からの「CWGM 担当者」も交えて企画・運営を行っている。平成22年度以降、7回の開催履歴がある。CWGM での議論を経て、滞在型共同研究や国際共著論文発表などが組織的に行われている。第14回は、EUROfusion の展開と相補して、初めて、本協定参加国ではない国ポーランドで開催した。この会合での議論を基にして、計測やPWI の分野を中心に、核融合科学研究所とポーランドの IPPLM (Institute of Plasma Physics and Laser Microfusion) との国際共同研究が立ち上がっていることは特記すべき事項である。また、Wendelstein 7-X の実験開始、重水素実験を目前に控えたLHDという、大型のヘリカル装置での新しい実験期に入り、CWGM 活動の更なる活性化を図る議論を行っている。なお、次回、第16回は、平成28年1月18～20日の日程で、CIEMAT において開催される予定である。

本協定に関わる活動予算は、自然科学研究機構事業（平成27年度まで「国際共同研究拠点ネットワーク活動の推進」、平成28年度からは「自然科学研究における機関間連携ネットワークによる拠点形成事業」および「戦略的国際研究交流加速事業」）の組織的活用と個々の課題に沿った科学研究費補助金等によって、派遣や招聘の経費を賄っている。これまで核融合科学研究所として、本協定に関わる予算は配分されていなかったが、Wendelstein 7-X の実験開始などを受けて、平成28年度から、連携研究委員会の下にステラレータ・ヘリカル連携部会が設立され、予算配分が行われるようになった。

### 3. 4. 4. 2 テキサトール、PWI

TEXTOR IA は、ドイツ・ユーリッヒ市の Forschungszentrum Juelich GmbH のプラズマ研究所（以後、ユーリッヒ研究所）にあるトカマク型装置 TEXTOR（テキサトール）を用いた国際共同研究プログラムである。テキサトールは、特にプラズマ・壁相互作用（Plasma Wall Interaction, PWI）を調べるために設計されたトカマク型装置である。本 IA は昭和 53 年（1978 年）から実施され、前節の SH TCP と同様に 5 年毎に FPCC の評価を受けて延長されてきた。

本 IA は執行委員会を設置し、活動方針の策定、FPCC への報告などを行っている。委員長はユーリッヒ研究所の研究者が就き、参加国から 1 または 2 名の委員が参加している。平成 24 年の本 IA 執行委員会において、将来の核融合炉に、より近い実験条件における PWI 研究が必要であるとの考えから、次回延長時には本 IA を新たに PWI IA とし、研究の範囲をテキサトールだけでなく、よりフレキシブルな実験が可能な直線型装置における研究まで広げることが提案され、満場一致で承認された。テキサトールが平成 25 年 12 月でシャットダウンされることもあり、平成 25 年の本 IA 延長時に、名称を PWI IA とする予定であったが、諸手続きのため、延長時の名称変更はできなかった。そのため、数年以内に PWI IA とする前提の下で TEXTOR IA として 5 年間延長され、研究内容としては予定通り拡大することとした。ちょうど EUROfusion の立ち上がり時期と重なったこともあり、PWI IA への正式な移行は遅れたが、平成 27 年に正式に移行がなされ、IA から TCP への変更もあり、PWI TCP となった。移行時の協定締結国・地域は、EU、日本、米国であり、平成 28 年、豪州が新たに協定締結国となった。

表 3.4.4.2-1 に、PWI 実施協定に参加している国・地域の代表的な PWI 実験装置を示す。特にユーリッヒ研究所では、テキサトールシャットダウン後の方針として、中性子照射を受けて放射化した材料試料を用いた PWI 研究を行うこととしており、そのために

表 3.4.4.2-1 PWI TCP に参加する国・地域の代表的な PWI 実験装置

	PWI facilities	Special capabilities
日	NAGDIS-II (Nagoya University)	Divertor studies at high densities, detachment studies
	GAMMA10 (Tsukuba University)	Divertor studies in the largest mirror machine, high ion energy flux under high magnetic field, core-edge coupling like SOL plasmas
	MAP-II (Tokyo University)	Sophisticated diagnostics for near surface plasmas and materials. (MAP-II will be moved to Tsukuba University)
	QUEST (Kyushu University)	Spherical torus. PWI studies with hot walls
	TPD-Sheet IV (Tokai University)	It generates a sheet plasma (0.04x0.01m in cross-section). It is equipped with the Omegatron mass analyzer and ICRH.
米	PISCES-B (LICSD)	Be operation, extensive set of post-mortem analysis methods
	TPE (INL)	Tritium plasmas, moderately neutron activated targets
	PMTS (ORNL)	High particle and energy flux density, RF heating, reactor relevant divertor conditions, neutron activated targets
欧	MAGNUM-PSI (DIFFER, TEC)	High particle and energy flux density, reactor relevant divertor conditions, sophisticated target analysis and exchange chamber
	PILOT-PSI (DIFFER, TEC)	High particle and energy flux density, forerunner of MAGNUM-PSI
	JULE-PSI (FZJ, TEC)	Located inside Hot Cell, Be operation, neutron activated targets, sophisticated target exchange and analysis chamber
	PSI-2 Jülich (FZJ, TEC)	Forerunner of JULE-PSI, sophisticated target exchange and analysis chamber

ホットラボ内に設置する直線型プラズマ装置 Jule-PSI の開発を進めている。共同研究としては、テキサトールのシャットダウン前は同装置における PWI 実験及び、擾乱磁場印加によるエルゴディックダイバータ実験などのプラズマ実験、周辺・ダイバータプラズマ輸送計算など、シミュレーション研究が実施された。テキサトールのシャットダウン後は、表 3.4.4.2-1 に挙げたような直線型プラズマ実験装置における PWI 実験が主となった。特にオランダの MAGNUM-PSI 装置は高密度のプラズマ生成が可能であり、材料へのプラズマ照射実験で利用されることが多い。

核融合科学研究所は、本実施協定に対応する国内技術委員会を主催している。委員会の主査は核融合科学研究所の研究者が務め、10名程度の委員は大学等の研究者である。委員の任期は2年である。本委員会では、研究課題を国内の大学・研究機関から公募し、毎年4月頃、応募された研究課題を基にその年度の研究計画を定めている。公募は、国内の PWI 研究メーリングリストを用いて行っている。核融合科学研究所では運営費交付金に、本実施協定のための経費を計上し、主に研究者の派遣費用に充てている。図 3.4.4.2-2 に、本実施協定予算で海外研究機関へ派遣した研究者の人数、人日を示す。各年度の事情で増減はあるが、6～8人の研究者を派遣している。派遣期間は、最近では1週間程度、長くて2週間程度である。学生教育も重要であるとの考えから、平成26年度からは博士後期課程の学生の派遣も実施している。また、平成28年度は1ヵ月程度の長期派遣の募集も行った。

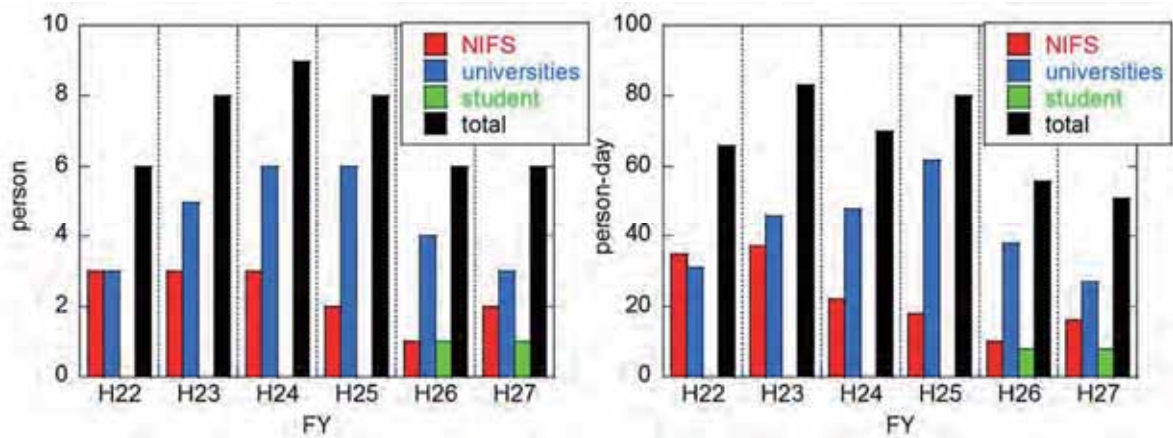


図 3.4.4.2-2 核融合科学研究所の、本実施協定予算で海外研究機関へ派遣した研究者の人数、人日

### 3.4.4.3 球状トーラス

本実施協定は、球状トーラス型プラズマ閉じこめ方式（以下 ST）による核融合研究に関する国際協力の進展を目的として、研究情報の交換、研究者の派遣、ワークショップ、セミナー等の開催を主な活動内容とする。

トカマクの改良型である ST は、優れた安定性と良好な閉じ込め性能を併せ持つプラズ

マ閉じ込め配位として有望視されており、その研究は各国で急速に進展している。現在、中型トカマクに匹敵する規模の装置 NSTX（アメリカ）及び MAST（EU）が稼動している。日本でも核融合科学研究所の双方向型共同研究の下に全日本的な ST 研究組織が構築され、平成 18 年度（2006 年）には双方向型共同研究推進専門部会が発足した。九州大学では定常化を目指す QUEST、東京大学では超高ベータを目指す UTST が建設され、新たな研究の展開が図られている。

本実施協定の目的は、ST 研究計画及び施設間の協力を強化することにより、(1) 核融合エネルギー科学及び工学の効力と生産性を高めること、(2) 科学的・工学的データベースを ST の物理領域へ拡張し、トーラス型閉じ込め概念の総理解に貢献すること、そして、(3) ST を用い、経済性の高い核融合発電炉の開発に求められる科学的・工学的基盤を形成することである。

平成 12 年（2000 年）10 月のソレントでの IAEA 会議での研究者レベル（日、米、英、露、中、ブラジル）の話し合いがきっかけとなり、その後の ST ワークショップ等で協定発足及び協定内容の議論が行われてきた。平成 18 年（2006 年）10 月 13 日には中国の成都で実施協定予備執行委員会が開かれ、協定発足後の活動について意見交換を行った。IEA は平成 14 年（2002 年）6 月 18 日に本実施協定を認可した。アメリカ、EU、日本により、平成 19 年（2007 年）2 月 21 日付けで協定は発効した。

本協定の執行委員会は、これまで以下の 9 回開催されている。第 1 回：日本・福岡（平成 19 年 10 月）、第 2 回：イタリア・フラスカティ及びスイス・ジュネーブ（平成 20 年 10 月）、第 3 回：アメリカ・マディソン（平成 21 年 10 月）、第 4 回：韓国・大田（平成 22 年 10 月）、第 5 回：日本・土岐（平成 23 年 9 月）、第 6 回：アメリカ・サンディエゴ（平成 24 年 10 月）、第 7 回：イギリス・ヨーク（平成 25 年 9 月）、第 8 回：ロシア・サンクトペテルブルグ（平成 26 年 10 月）、第 9 回：アメリカ・プリンストン（平成 27 年 11 月）。

具体的な協力活動として、アメリカから、イギリスの MAST 装置にジャイロトロンを移設し、日本も協力して電子バーンシュタイン波（EBW）を用いたプラズマ立ち上げと電流駆動実験を行うため、本協定のもとに「ST 科学研究開発」に関する附属書が締結され、共同実験が行われた。平成 23 年には「将来の ST 装置の物理と工学」及び「核融合装置の定常運転」に関する 2 件の新たな附属書が追加された。本協定の期間は当初 5 年間であったが、前述の他の 2 つの協定と同様に、FPCC の審査を受けて延長され、現在平成 29 年 6 月 30 日までの活動が認められている。

本実施協定実施のための具体的な個々の協力活動については、本実施協定の執行委員会において決定され、個々の協力活動毎に、目的及び協力の実施に係る事項を規定するための附属書が作成される。例として、国際ワークショップの開催、締約者間での人員派遣や実験用機器の移設による研究協力等がある。執行委員会では、ST 研究全体を考慮した、各研究施設での研究の役割分担や、複数研究機関間の研究協力の調整、次ステップの研究計画の共同策定等を行い、より効率的な研究の推進に寄与する。日本からは、大学を中心とした全日本 ST 研究組織の研究者が参加している。

核融合科学研究所では、連携研究委員会の下に ST 連携部会を設け、運営費交付金を配分し、主に全日本 ST 研究組織の国内旅費としている。また、平成 22 年度から 27 年度まで、核融合科学研究所が実施する自然科学研究機構の国際的拠点形成事業の「磁場閉

じ込めプラズマ中の乱流、磁気島及び磁力線の研究」において予算を配分し、海外出張旅費等にあてた。

### 3. 4. 4. 4 定常運転

平成24年(2012年)末に開催されたFPCCにおいて、ITERやDEMOの定常運転に関する課題とその解決に向けた国際的、組織的な研究の必要性を鑑み、Steady State Operations Coordination Group (SSOCG、定常運転に関する連携部会)を構成すること、その共同議長の一人を核融合科学研究所の研究者とすることが裁定された。これに従い、第7回 IAEA Technical Meeting on Steady State Operation in Magnetically Confined Fusion Devices (磁場閉じ込め核融合装置の定常運転に関する技術的会合、IAEA-TM SSO]の会期中の平成25年(2013年)5月16日に第一回目のSSO-CG会合が開催され、共同議長から開催経緯・主旨の説明がなされた後、トカマクグループ、球状トカマクグループ、ヘリカルグループ、炉工・炉材料グループ、プラズマ・壁相互作用グループからそれぞれ、現状と可能性のある寄与に関する簡単な報告が行われ、今後の方針を議論した。この結果、表3.4.4.4に示す7つのWork Packageを設定し、それぞれの担当者を決めて課題の抽出と個々の装置における現状分析、実験テーマの課題提案、共同実験の提案などを行うこととした。

表 3. 4. 4. 4 第1回 SSOCG で決まった7つのワークパッケージ

	Area	Contact
SSOCG-1	The use of IR cameras to detect hot spots with real-time event handling	X. Litaudon
SSOCG-2	The documentation of vacuum conditions required for steady state operation	G. Sips
SSOCG-3	The use of MIMO control of plasma shapes with SC coils, including error field compensation	Y.S. Bae, X. Gong
SSOCG-4	The control of wall particle content and sudden influxes (flakes)	K. Hanada, T. Mutoh
SSOCG-5	The documentation of irradiation damage on superconducting coils	IPR, India
SSOCG-6	The evaluation of gaps in the H&CD developments for steady state operation	D. Bora
SSOCG-7	Draft a roadmap for developing steady state operation	Chairs to ask for participation

### 3. 4. 5 自然科学研究機構国際的学術拠点形成事業

大学共同利用機関法人自然科学研究機構では、機構を形成する国立天文台、核融合科学研究所、基礎生物学研究所、生理学研究所、分子科学研究所の5つの機関が、その分野における中核機関としての機能を継続的に発展させるのと同時に、機構全体として各々の分野を越え、共同することによって、自然の理解を一層深め、自然科学の新たな展開に貢献することを目指すことを目的とし、平成17年度より平成21年度までの5年間、機関横断的な事業として「分野間連携による学際的・国際的研究拠点形成」に取り組んだ。この事業の枠組みの中で、核融合科学研究所が提案し、実施されたプロジェクトの一つが、「国際共同研究拠点ネットワークの形成」である。この事業の推進によって得られた先端的かつ創造的な研究成果や、萌芽的学際研究を更に発展させ、国際的にも高く評価される自然科学の国際的学術拠点を形成することを目的として、平成22年度から、「自然科学研究における国際的学術拠点の形成」事業を展開することとなった。核融合科学研究所では、この主旨に沿って、「磁場閉じ込めプラズマ中の乱流、磁気島及び磁力線の研究」を掲げ、国際的 researcher コミュニティの共同研究交流拠点形成と、新しい方法論としての「イメージングサイエンス」へ核融合科学からの貢献を目指すこととした。

本事業では、核融合科学研究所が締結している幅広い学術交流協定等を基盤とした国際共同研究の組織的な先導や体系的な展開とあわせ、大学共同利用機関としての役割と機能を国際的に広く発揮し、国内研究者と国際的研究コミュニティとを結ぶハブ機能を更に強化することに注力した。この事業のキーワードは滞在型共同研究交流であり、特に、基盤となる予算手当てのない欧州との協力関係を担保する役割を担った。図3.4.5に、本事業予算で派遣、招へいされた研究者数の年次変化を示す。概ね、毎年10名以上の大学研究者を含む30人以上の派遣を実施し、特に大学へ、毎年10名以上の海外

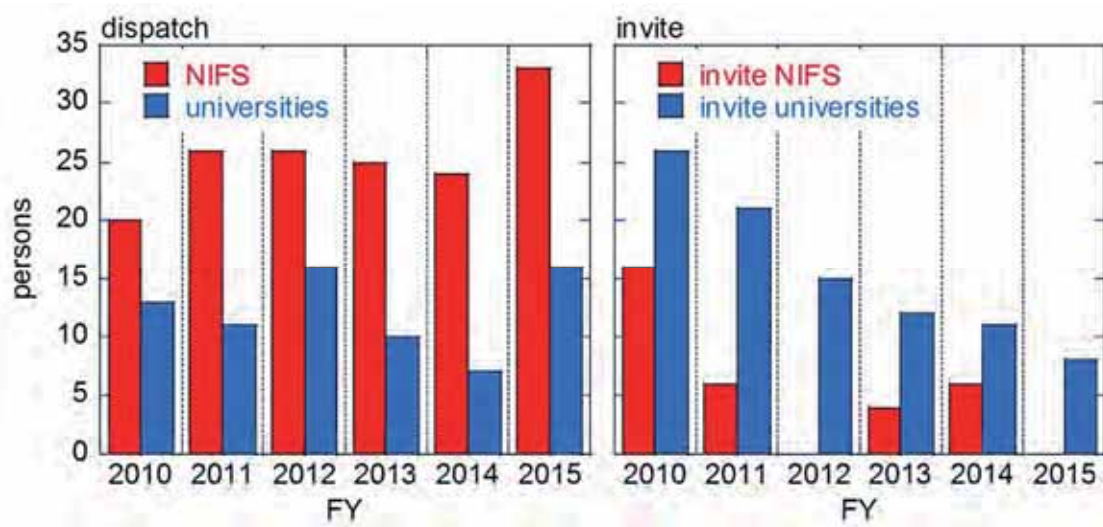


図3.4.5 自然科学研究機構国際的学術拠点形成事業予算による、派遣および招へい研究者数



の研究者を招へいすることができた。

### 3. 5 国際共同研究を通じた人材育成

今後も長く続く核融合研究のため、人材育成は国を問わず、最重要課題の一つである。国際共同研究を通じた人材育成は、グローバル化する核融合研究に参加する人材育成のための良い機会を提供し得る。核融合科学研究所では、日本の若手研究者・学生はもちろん、海外研究機関の若手研究者・学生を受け入れ、人材育成に貢献している。

若手研究者や学生の海外研究機関の派遣については、これまで各節で述べたように、二国間、多国間協定に基づく派遣や、自然科学研究機構の国際的学術拠点形成事業予算により、核融合科学研究所、大学の人材の派遣が行われてきた。核融合科学研究所では、平成26年度から設立された研究力強化戦略室において、国からの補助金や、自然科学研究機構の機能強化予算による戦略的な若手研究者派遣を実施した。その一つの例が、平成27年度の、Wendelstein 7-X装置立ち上げへの参加のための派遣である。大型核融合実験装置の建設期や実験開始前後の期間に立ち会うことは、頻繁にある機会ではない。そこで数名の若手研究者を、同装置立ち上げと初期実験に参加し、他では得難い経験を得るため、同装置のあるマックスプランクプラズマ物理研究所グライフスヴァルト研究所へ2～3ヵ月派遣した。

海外若手研究者・学生の受け入れ、教育については、これまで述べてきたように、日中協力や日韓協力の枠での実施、本国のインターンシップ制度の利用、研究機関からの派遣というケースがある。例えば、平成22年度から平成24年度まで、マックスプランクプラズマ物理研究所に所属する学生が、1～3ヵ月ずつ数回、核融合科学研究所に滞在してLHDにおける実験に参加している。図3.5に、平成22年度から27年度に核

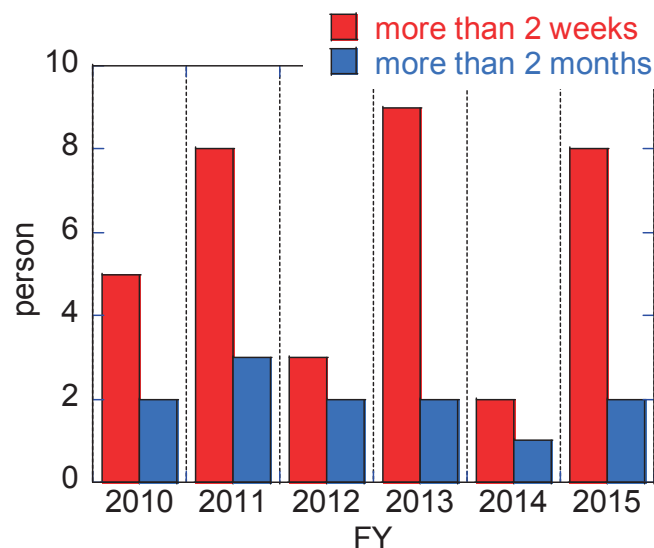


図 3.5 核融合科学研究所に2週間以上及び2か月以上滞在した、海外若手研究者及び学生の数

融合科学研究所が受け入れた、海外の若手研究者及び学生の人数を示す。平成28年度にも、すでに4人の学生を受け入れて、LHDの実験データ解析を中心に研究を指導している。

### 3. 6 国際共同研究に関するまとめ

本章では、平成22年度から平成27年度における国際共同研究状況について、一部平成28年度の状況も交えて報告した。今回の評価の観点に沿った形で本章を以下にまとめる。

海外研究機関との共同研究基盤・体制の整備については、平成22年度の連携研究プロジェクトと、その下の連携研究委員会の設置、平成25年度の研究力強化戦略室の設置により、共同研究体制の整備を続けている。共同研究の基盤となる海外研究機関との学術交流協定等の締結を積極的に進め、平成22年から平成28年12月現在までに、新たに10の研究機関と協定等を締結した。その結果、協定等を締結している海外研究機関の数は25となった。

ITER-BA計画との連携推進について、核融合科学研究所は、平成23年度にITER機構との間で技術協力に関する覚書を取り交わし、超伝導技術やプラズマ計測技術について、ITERへの積極的な貢献を行っている。BA計画に対しては、原型炉設計や原型炉工学R&Dに関するBA共同研究に積極的に取り組んでいる。また、大学の強力中性子源の基礎技術開発研究の取りまとめを長年行ってきており、IFMIF/EVEDA事業が開始してからは、関連する共同研究に参加している。JT-60SAへの貢献では、核融合科学研究所の設備を用いての超伝導コイル導体試験や、リサーチプランの策定、計測機器等の設計を行っている。なおBA活動に関しては、核融合科学研究所の所員が運営委員、事業長、事業委員、などに就任し、運営面でも協力している。

ITPAなどボランティアな貢献については、LHDにおける研究、計算機シミュレーション、国内大学等との共同研究成果などのITPAでの報告を行っている。ITPAの課題グループにおける主導的役割を果たしている場合もある。また、ITPAの各課題グループでの検討項目に対して、国内大学等の研究のアレンジなども実施している。

実施機関として進めている国際共同研究において、その役割を十分果たしているか、また、その内容が適宜見直されているか、については、核融合科学研究所からの予算配分のある日米、日中、日韓の各協力とIEA PWI TCPについては、大学の研究者も含めた国内組織により、派遣・招へいを含む共同研究計画の立案を行っている。これらのフレームワークにおける大学の研究者の派遣等も進めている。一方、予算配分の無いIEA SH TCP、ST TCPについては、自然科学研究機構の国際的学術拠点形成事業などの予算を用い、大学の研究者や学生を含めた派遣、海外研究者の招へいを実施している。

国際共同研究を通じた国内外の人材育成への貢献については、上述の各協定や自然科学研究機構事業の予算により若手研究者、学生の派遣を積極的に実施するとともに、インターンシップや海外研究機関から派遣されて来る海外若手研究者、学生を受け入れ、LHD実験や理論・シミュレーション研究などの指導を通じた教育を行うなど、推進している。

## 4. おわりに

本資料において核融合科学研究所の大学共同利用機関としての共同研究の活動をまとめた。法人化後、研究所の活動は中期目標・中期計画に合致すべく進められている。

「共同研究」の外部評価は前回2010年以来6年ぶりであり、ちょうど第2期中期目標・中期計画の期間に対応した時期の評価をお願いすることになった。従って、第2期中期目標・中期計画における共同研究に関する記述に対応するよう観点を設定し、評価をお願いすることとした。

核融合科学研究所は自然科学研究機構の一研究所であり、機構、他の研究所と足並みをそろえて共同研究体制の構築を進める方向にある。自然科学研究機構の第3期中期目標・中期計画における共同研究に関する新しい方向として、1. 大学間連携推進、2. 分野融合型共同研究推進、が挙げられている。大学間連携推進は、核融合を含む各分野で構築されてきた連携・ネットワークに対し更に相互連携を強化し、ネットワーク化することにより、組織的な連携強化と大学の機能強化、研究力強化を目指すものである。分野融合型共同研究推進は、分野を超えた新しい研究を生み出すための体制整備を行い進めるもので、自然科学研究機構として統一的な共同利用・共同研究統合システムを構築し、その中で分野融合型の共同研究を発掘、深化させていくことを目指している。このように第3期においては、核融合分野における核融合科学研究所と大学等との共同研究、というこれまでの枠を大きく超えた相互連携と分野の新展開が必要となっている。

今回の外部評価の観点到「大学の機能強化、研究力強化」「異分野連携」を加え、第3期に向けた現状を評価いただくこととした。本評価において、これまでの活動を踏まえるとともに、上記視点も含め、今後の進むべき方向についての示唆をいただければ幸いである。

# 参考資料

- 1 平成28年度 外部評価「共同研究」の評価結果
- 2 平成28年度 核融合科学研究所運営会議外部評価委員会及び専門部会  
構成名簿
- 3 核融合科学研究所運営会議外部評価委員会規則
- 4 平成28年度 核融合科学研究所運営会議外部評価委員会日程



## 平成28年度 外部評価「共同研究」の評価結果

単位:人

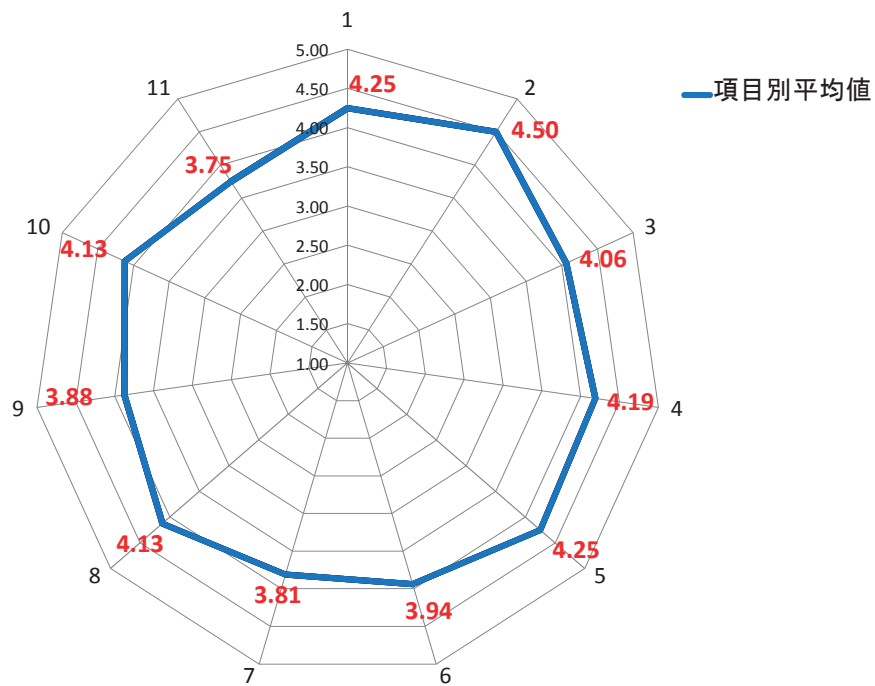
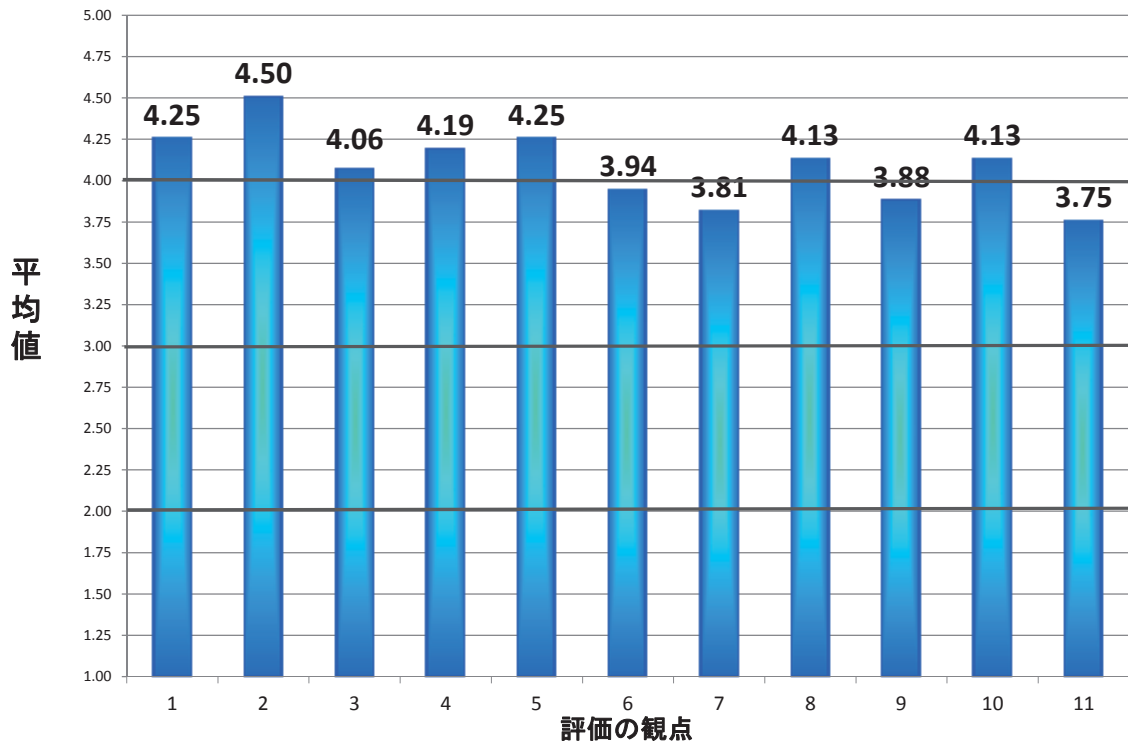
項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
極めて高く評価する	6	8	3	5	7	1	4	6	2	5	1
高く評価する	8	8	12	9	6	13	6	6	10	8	10
評価する	2	0	0	2	3	2	5	4	4	3	5
妥当(適切)である	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
妥当(適切)でない	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平均点	4.25	4.50	4.06	4.19	4.25	3.94	3.81	4.13	3.88	4.13	3.75

評価の対応表	
極めて高く評価する	5
高く評価する	4
評価する	3
妥当(適切)である	2
妥当(適切)でない	1

※ 評価結果は、国内委員及び外国人委員の結果を合わせたものになっています。

項目	評価の観点
[1]	国内共同研究
1	共同研究の公募内容は、研究の進展と関連分野の動向をふまえたものになっているか。
2	共同研究課題の審査において、核融合コミュニティと連携し意見を反映する仕組みが構築されているか。
3	成果に対する評価を行うと共に成果の集約及び共同研究者間の共有がなされているか。
4	設備の拡充など研究環境の整備を進め、産学共同も含めて共同研究・共同利用に供しているか。
5	大学の機能強化、研究力強化に貢献しているか。
6	人材育成に貢献しているか。
7	異分野連携を含む、幅広いプラズマ・核融合分野の学術研究を推進しているか。
[2]	国際共同研究
8	海外研究機関との共同研究基盤・体制を整えているか。
9	ITER-BA計画と連携を進めているか。また、ITPAなどボランティアな貢献をしているか。
10	実施機関として進めている国際共同研究において、その役割を十分果たしているか。また、その内容が適宜見直されているか。
11	国際共同研究を通じて、国内外の人材の育成に貢献しているか。

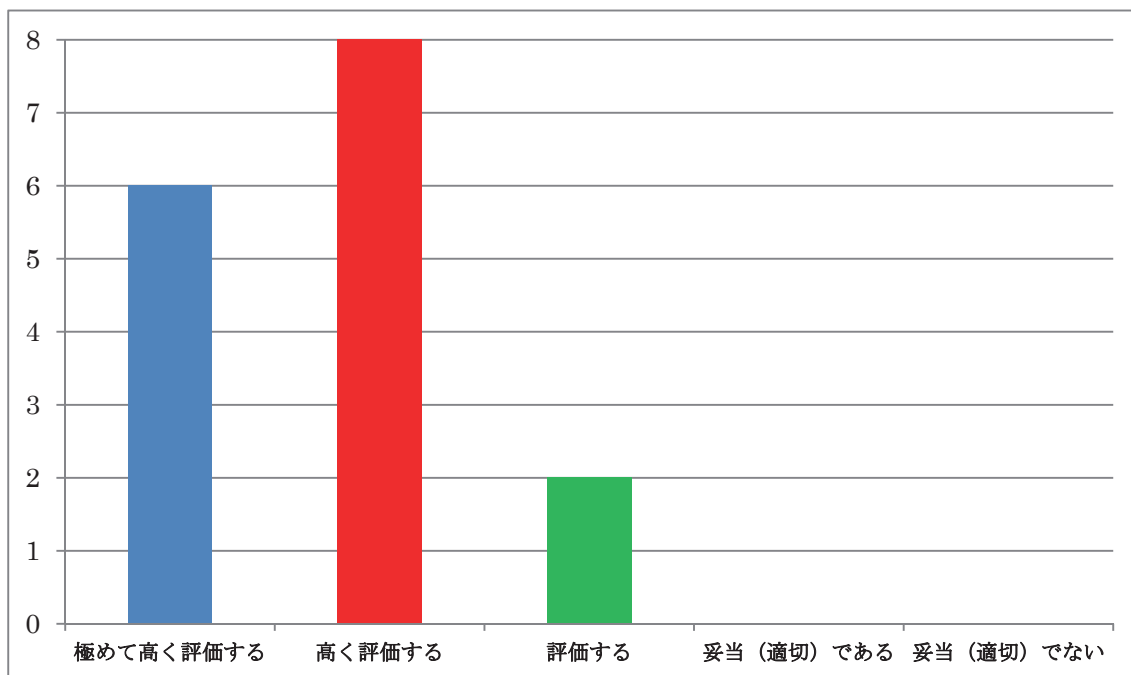
## 評価項目別の平均点数



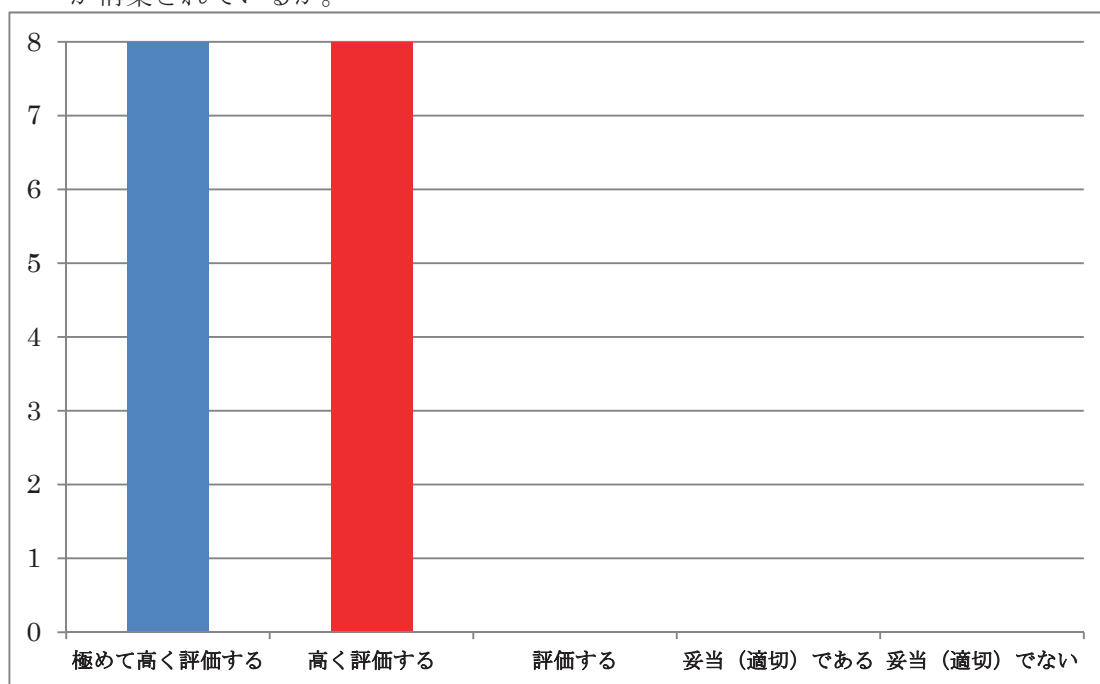
## 評価項目別の人数分布

### [1] 国内共同研究

(1) 共同研究の公募内容は、研究の進展と関連分野の動向をふまえたものになっているか。

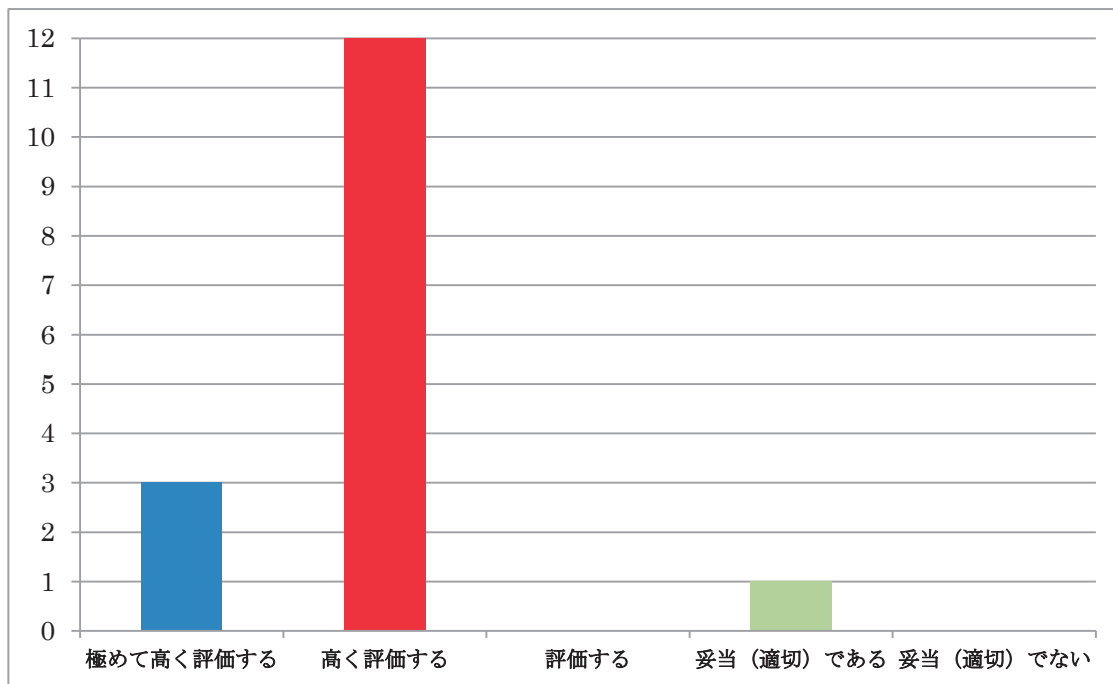


(2) 共同研究課題の審査において、核融合コミュニティと連携し意見を反映する仕組みが構築されているか。

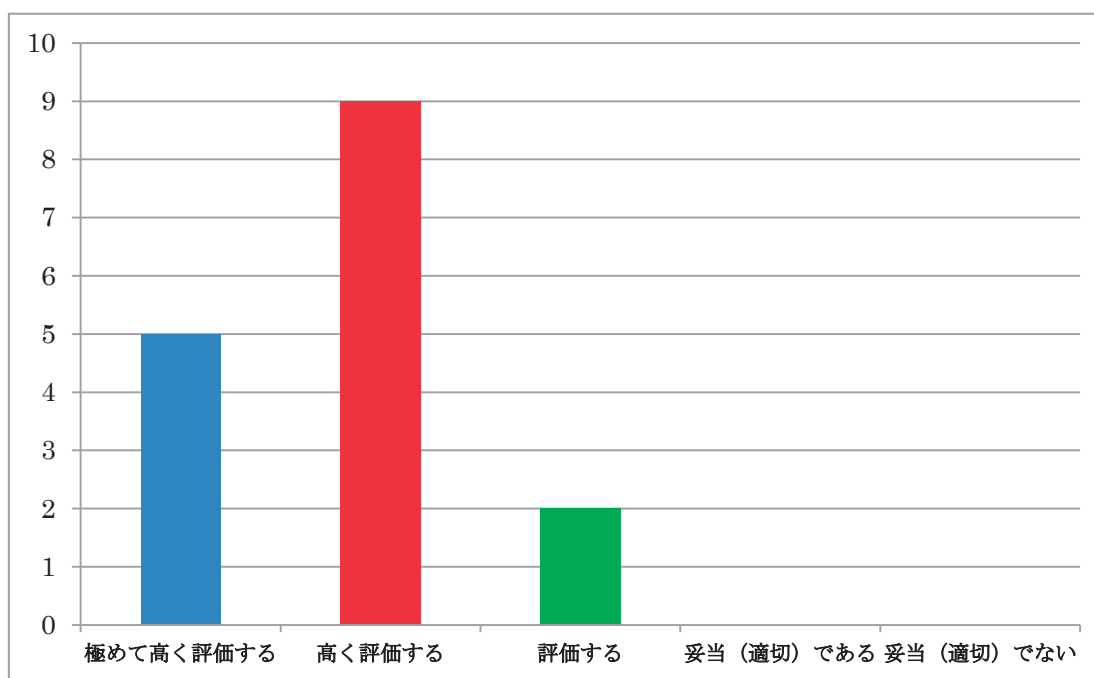




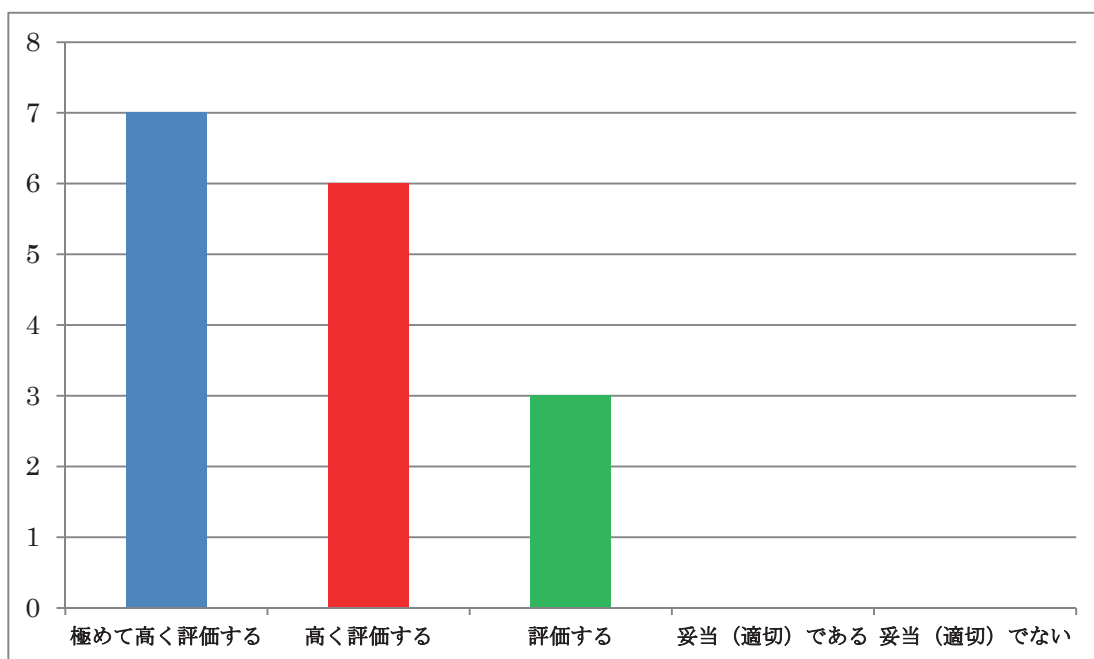
(3) 成果に対する評価を行うと共に成果の集約及び共同研究者間の共有がなされているか。



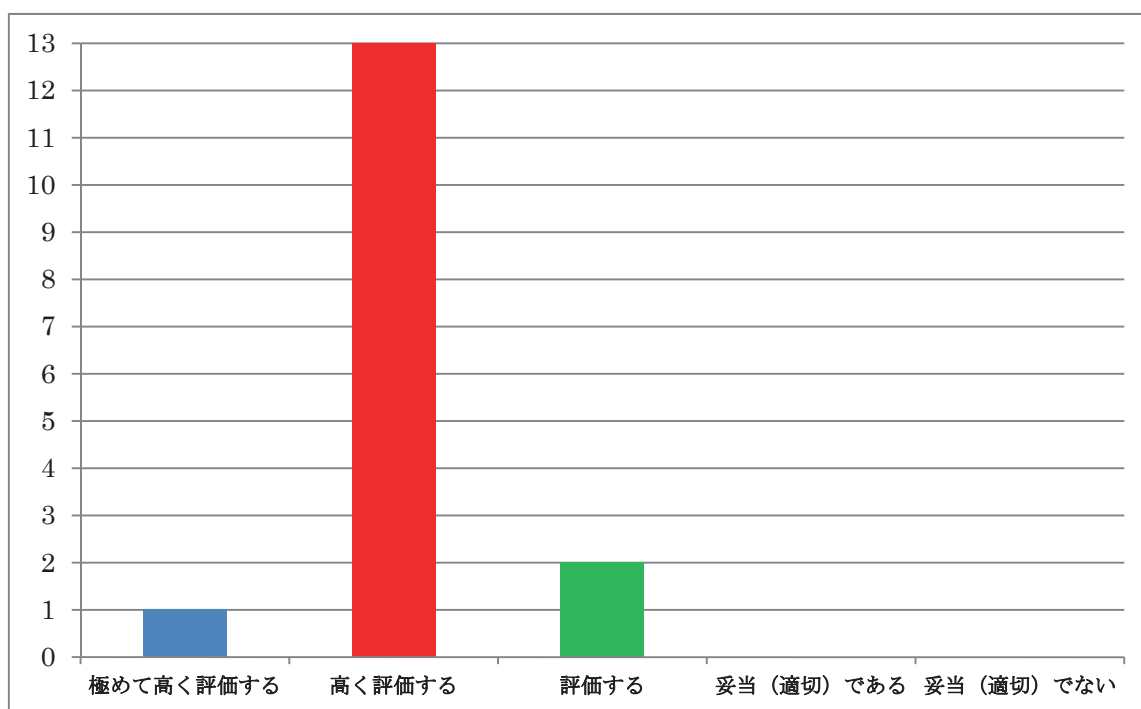
(4) 設備の拡充など研究環境の整備を進め、産学共同も含めて共同研究・共同利用に供しているか。



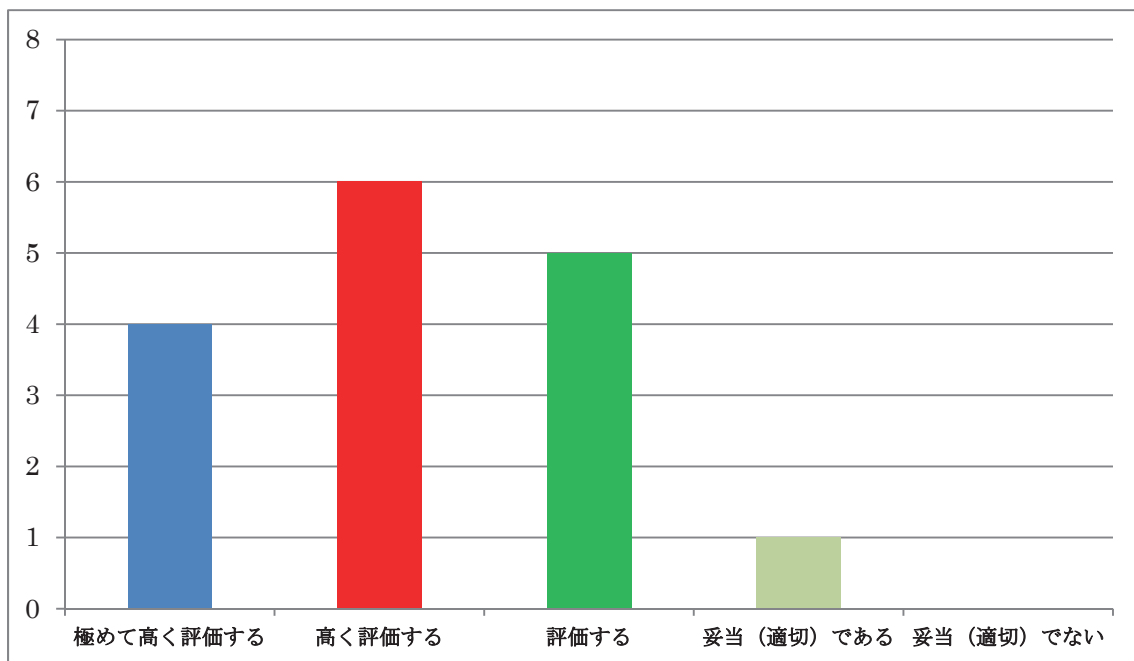
(5) 大学の機能強化、研究力強化に貢献しているか。



(6) 人材育成に貢献しているか。

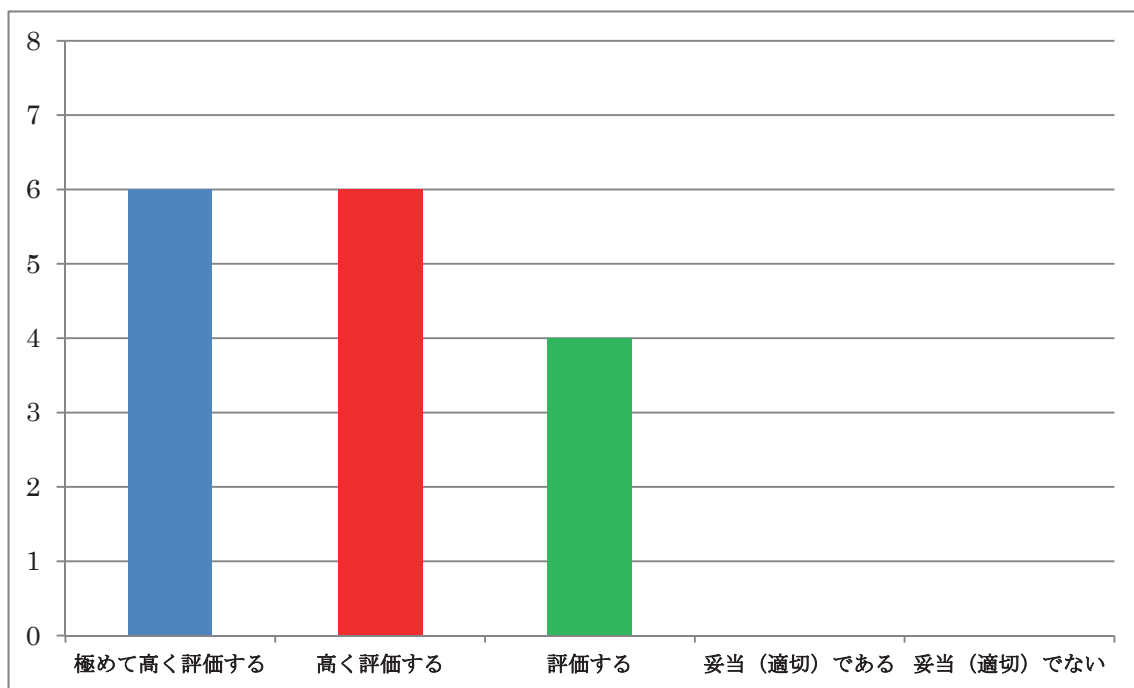


(7) 異分野連携を含む、幅広いプラズマ・核融合分野の学術研究を推進しているか。

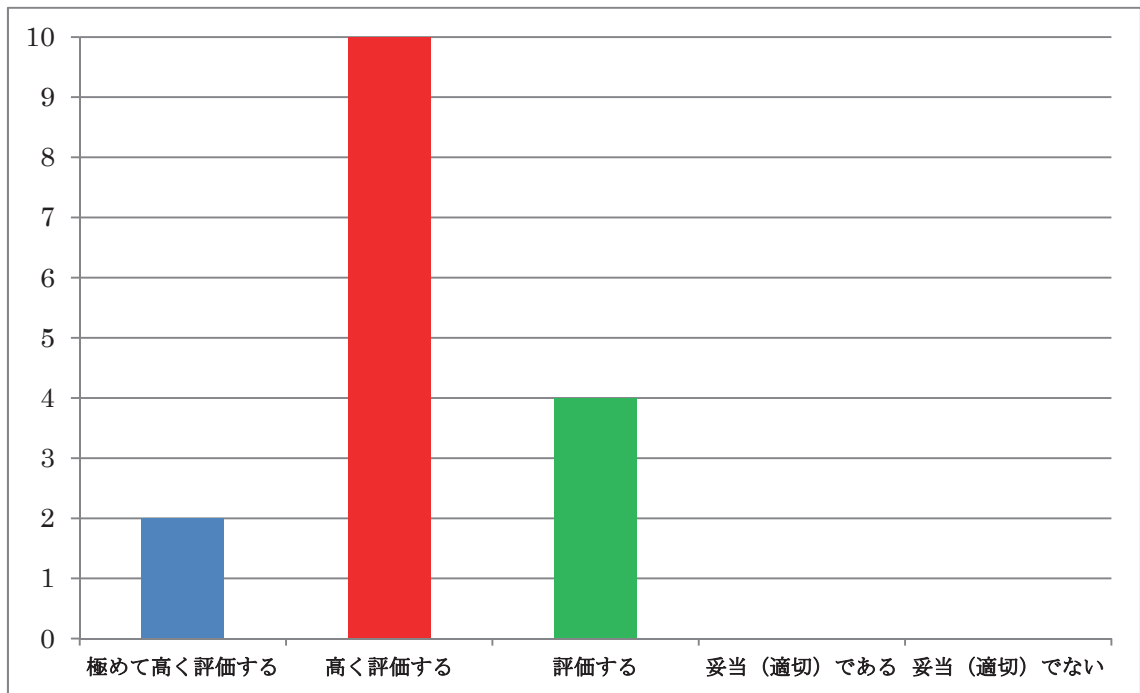


[2] 国際共同研究

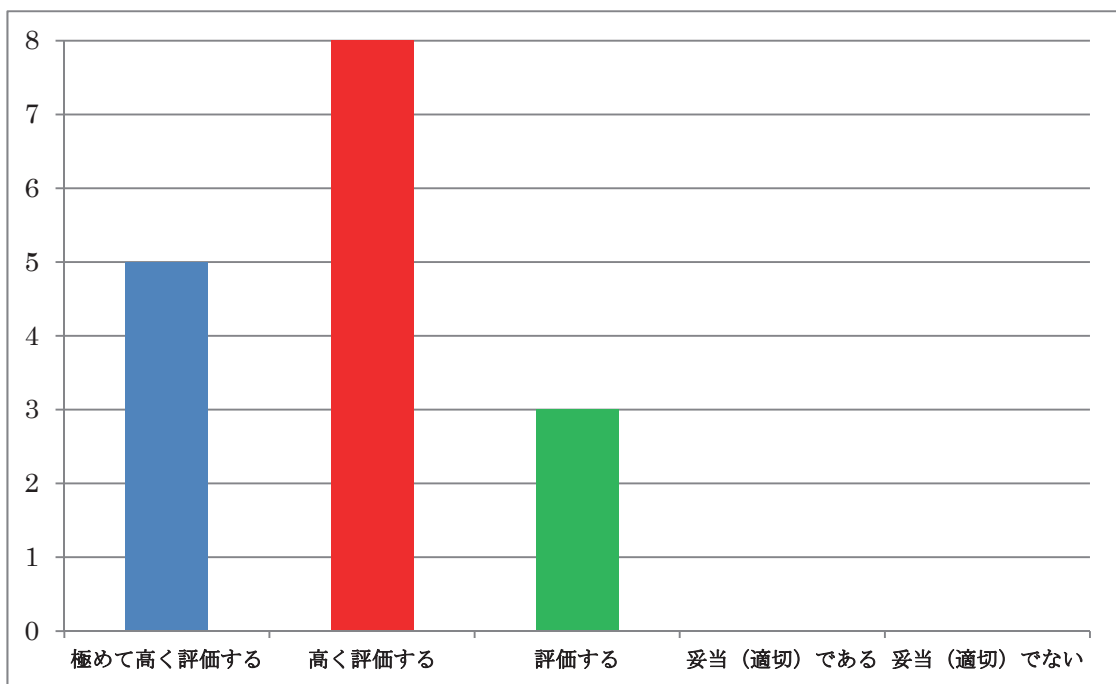
(8) 海外研究機関との共同研究基盤・体制を整えているか。



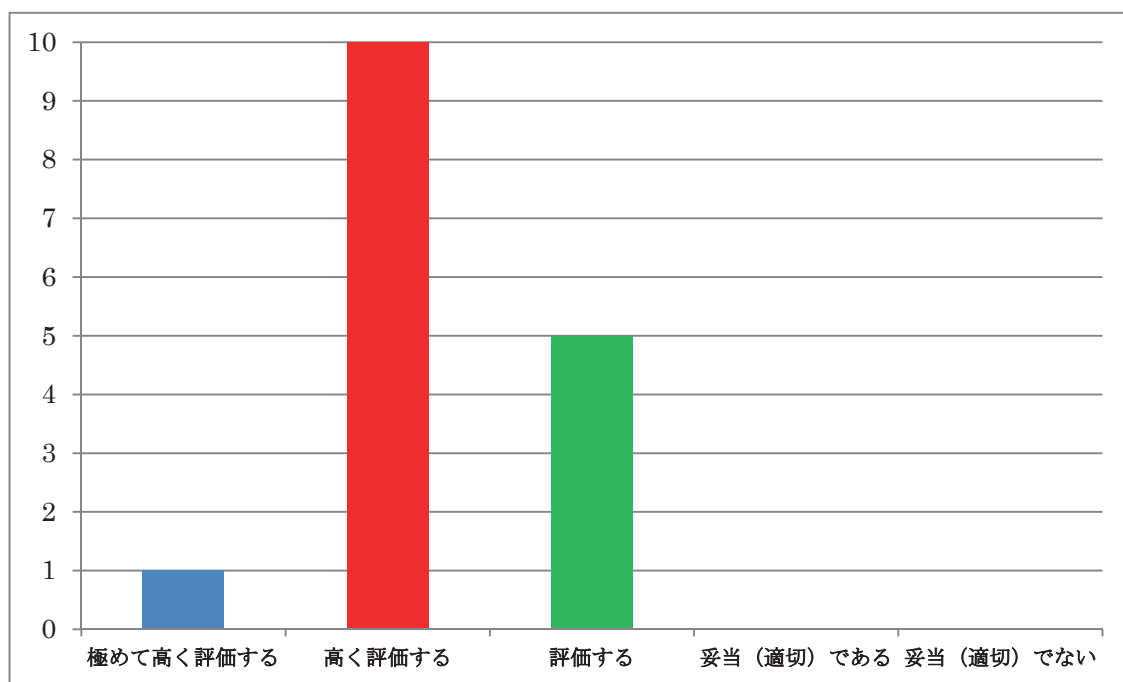
(9) ITER-BA 計画と連携を進めているか。また、ITPA などボランティアな貢献をしているか。



(10) 実施機関として進めている国際共同研究において、その役割を十分果たしているか。また、その内容が適宜見直されているか。



(11) 国際共同研究を通じて、国内外の人材の育成に貢献しているか。



## 平成28年度核融合科学研究所運営会議外部評価委員会及び専門部会構成名簿

### 1. 平成28年度核融合科学研究所運営会議外部評価委員会 構成名簿

#### [外部評価委員会 国内委員]

- |   |       |                                |
|---|-------|--------------------------------|
|   | 疇地 宏  | 大阪大学レーザーエネルギー学研究センター長          |
| ○ | 安藤 晃  | 東北大学大学院工学研究科教授                 |
|   | 大野 哲靖 | 名古屋大学大学院工学研究科附属プラズマナノ工学研究センター長 |
| ◎ | 小川 雄一 | 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授            |
| □ | 中嶋 洋輔 | 筑波大学プラズマ研究センター長                |
|   | 花田 和明 | 九州大学応用力学研究所長                   |
|   | 福山 淳  | 京都大学大学院工学研究科教授                 |
|   | 水内 亨  | 京都大学エネルギー理工学研究所長               |
|   | 森 雅博  | 量子科学技術研究開発機構核融合エネルギー研究開発部門長    |
| □ | 和田 元  | 同志社大学理工学部教授                    |

#### [外部評価委員会 外国人委員]

- |  |                     |   |
|--|---------------------|---|
|  | François Waelbroeck | Professor, The Institute for Fusion Studies, The University of Texas at Austin, USA   |
|  | Jiangang Li         | Professor, Institute of Plasma Physics Chinese Academy of Sciences, Republic of China |
|  | Thomas Klinger      | Directorate, Max-Planck-Institute for Plasma Physics, Germany                         |

◎委員長、○副委員長、□専門部会幹事

※ 外部評価委員会委員の任期は、平成29年3月31日までとする。

2. 平成28年度核融合科学研究所運営会議外部評価委員会専門部会 構成名簿

【共同研究 専門部会】

[外部評価委員会 国内委員]

- |   |       |                                |
|---|-------|--------------------------------|
|   | 疇地 宏  | 大阪大学レーザーエネルギー学研究センター長          |
| ○ | 安藤 晃  | 東北大学大学院工学研究科教授                 |
|   | 大野 哲靖 | 名古屋大学大学院工学研究科附属プラズマナノ工学研究センター長 |
| ◎ | 小川 雄一 | 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授            |
| □ | 中嶋 洋輔 | 筑波大学プラズマ研究センター長                |
|   | 花田 和明 | 九州大学応用力学研究所長                   |
|   | 福山 淳  | 京都大学大学院工学研究科教授                 |
|   | 水内 亨  | 京都大学エネルギー理工学研究所長               |
|   | 森 雅博  | 量子科学技術研究開発機構核融合エネルギー研究開発部門長    |
| □ | 和田 元  | 同志社大学理工学部教授                    |

[外部評価委員会 外国人委員]

- |  |                     |   |
|--|---------------------|---|
|  | François Waelbroeck | Professor, Institute for Fusion Studies, University of Texas at Austin, USA           |
|  | Jiangang Li         | Professor, Institute of Plasma Physics Chinese Academy of Sciences, Republic of China |
|  | Thomas Klinger      | Directorate, Max-Planck-Institute for Plasma Physics, Germany                         |

[外部評価委員会 委員以外（国内専門委員）]

- |  |        |                           |
|--|--------|---------------------------|
|  | 小笠原 隆亮 | 自然科学研究機構国立天文台教授           |
|  | 斉藤 輝雄  | 福井大学遠赤外領域開発研究センター教授       |
|  | 波多野 雄治 | 富山大学研究推進機構水素同位体科学研究センター教授 |

◎委員長、○副委員長、□専門部会幹事

※ 外部評価委員会委員の任期は、平成29年3月31日まで、  
外部評価委員会委員以外（専門委員）の任期は、平成29年3月31日までとする。

## 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  
最終改正 平成22年 7月30日

### (設置)

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

### (組織)

第2条 委員会は、25名以内の委員をもって組織する。

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

### (任期)

第3条 前条第2項の委員の任期は、2年とし、再任を妨げない。

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

### (委員長)

第4条 委員会に委員長及び副委員長を置く。

2 委員長及び副委員長は、第2条第1項の委員のうちから運営会議で選出する。

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

### (意見の聴取)

第5条 委員会は、必要に応じて、次に掲げるものから意見を聴くことができる。

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

### (専門部会)

第6条 委員会は、必要に応じて、専門部会を置くことができる。

2 前項の専門部会には、委員以外の者を加えることができる。

### (庶務)

第7条 委員会の庶務は、管理部総務企画課において処理する。

### (雑則)

第8条 この規則の実施に関し必要な事項は、別に委員会が定める。

### 附 則

1 この規則は、平成16年12月28日から施行する。

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

### 附 則

1 この規則は、平成18年9月15日から施行する。

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

### 附 則

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



附 則  
この規則は、平成22年8月1日から施行する。

## 平成28年度核融合科学研究所運営会議外部評価委員会日程

### ○ 第1回委員会及び第1回専門部会

日 時 平成28年10月12日（水） 13時40分～15時30分  
場 所 核融合科学研究所管理・福利棟4階第3会議室  
出席者 小川委員長、疇地、中嶋、福山、  
水内、森の各委員  
小笠原、斉藤の各専門委員



### ○ 第2回委員会及び第2回専門部会

日 時 平成28年12月10日（土） 13時00分～16時00分  
場 所 AP名古屋 名駅IMAIビル8階 BCD会議室  
出席者 小川委員長、疇地、安藤、大野、中嶋、花田、  
福山、水内、森、和田、Waelbroeck  
の各委員  
小笠原、斉藤、波多野  
の各専門委員



### ○ 第3回委員会及び第3回専門部会

日 時 平成29年2月1日（水） 13時40分～15時30分  
場 所 核融合科学研究所管理・福利棟4階第3会議室  
出席者 小川委員長、疇地、中嶋、花田、福山、水内、  
和田の各委員  
小笠原、斉藤、波多野の各専門委員







大学共同利用機関法人 自然科学研究機構  
核融合科学研究所  
〒 509-5292 岐阜県土岐市下石町 322-6  
<http://www.nifs.ac.jp/>