

自然科学研究機構 核融合科学研究所
平成 21 年度外部評価報告書

NIFS Peer Review Reports in FY2009

2010 年 3 月

March, 2010



核融合科学研究所 運営会議外部評価委員会

NIFS Administrative Council External Peer Review Committee

目 次

第 1 章	経緯と目的	1
第 2 章	核融合工学研究に関する評価	4
2. 1	核融合工学研究の経緯とこれまでの活動状況	4
2. 2	項目別の評価	7
2. 3	評価のまとめと提言	32
第 3 章	安全管理に関する評価	37
3. 1	安全管理活動の経緯とこれまでの活動状況	37
3. 2	項目別の評価	40
3. 3	評価のまとめと提言	56
第 4 章	おわりに	61

添付資料 1 平成 21 年度 核融合科学研究所運営会議外部評価委員会委員名簿

添付資料 2 核融合科学研究所運営会議外部評価委員会規則

添付資料 3 平成 21 年度 核融合科学研究所運営会議外部評価委員会日程

添付資料 4 外国人委員評価書

資料編

平成 21 年度核融合工学研究報告書

平成 21 年度安全管理活動報告書

第1章 経緯と目的

大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 核融合科学研究所では、わが国における核融合研究の中核機関として、「制御熱核融合の実現を目指した核融合科学とその基礎となるプラズマ物理学、炉工学などにおいて、学術的体系化を図り、世界に先駆けた成果を上げる」ことを第一期中期計画に掲げ、研究活動が展開されてきた。中期計画においては、さらに教育研究等の質の向上を目指し「各専門分野において国内の外部委員を含む委員会で自己点検を行い、国際的に第一線で活躍する著名な研究者による評価に基づいて研究水準・成果の検証を行う。」と謳われている。これに対応して核融合科学研究所では、平成 16 年度の自然科学研究機構発足にともない運営会議のもとに、日本の核融合研究において指導的立場にある所外の日本人研究者と著名な外国人研究者により構成された外部評価委員会を設置し、毎年様々な視点から評価対象を選び実施してきた。これらの評価では、核融合科学研究所の研究活動を高く評価すると同時に、将来に向けた提言を行っており、それらは研究所の運営に大きく貢献した。

本年度は第一期中期計画期間の最後の年度に当たり、自然科学研究機構では平成 22 年度からの第二期中期計画の策定が進んでいる。核融合科学研究所では第一期中期計画期間の成果を基に、世界の情勢も踏まえて、第二期では原型炉をより意識した研究計画を考えている。これまでの「大型ヘリカル装置 (LHD) 研究」は更なる高性能化を図り、「シミュレーション研究」は数値試験炉を目指した統合シミュレーション構築を進めるとともに、核融合工学研究についてもこれまで以上に重点を置いて統括的に進めたいとの考えである。

このような背景から、本年度の評価対象の一つを「核融合工学研究」とした。核融合科学研究所では炉工学研究センターはもとより、大型ヘリカル研究部や安全管理センターにおいても核融合工学関連研究を進めており、これらを総合的に見てこの中期計画期間に核融合科学研究所がどのような研究成果を上げてきたか、また今後どのような方向に進むべきか、評価を行った。第二期中期計画期間において、核融合科学研究所が全国の大学の COE として工学研究を推進する上での指針となることを期待する。

もう一つの評価対象を「安全管理」とした。核融合科学研究所が大学共同利用機関として多数の共同研究者の来訪を受入れて共同研究を実施するに当たり、インフラ整備に並んで最も基本とされる項目である。特に法人化後は、安全管理の規範となる法律が人事院規則から労働安全衛生法に代わり、組織的にも対応を迫られた事項である。核融合科学研究所では法的に設置が義務づけられた「安全衛生委員会」に加えて、現場の安全を確保するための組織として「安全衛生推進部」を設けており、その活動を中心に評価を行った。合わせて核融合科学研究所が将来計画している重水素実験の安全管理に向けて、現組織がどのように対応できるかについても評価を行った。

上記 2 項目の評価に当たっては、それぞれに対応して核融合工学研究専門部会及び安全管理専門部会を設け、評価作業を行うこととした。外部評価委員会の委員長、副委員長は運営会議において、また各専門部会の部会長は外部評価委員会において決定した。外部評価委員は運営会議の所外委員 9 名に加え、専門性を配慮して核融合工学研究専門部会に 5 名、安全管理専門部会には 4 名の専門委員を加えて評価作業を行った。

平成 21 年 10 月 9 日に開催した第 1 回外部評価委員会において、まず、本年度の外部評価の進め方について協議し、それぞれの評価対象に対して下記の I. 及び II. に記した評価の観点及び具体的な評価項目を決定した。第 2 回の外部評価委員会（平成 21 年 12 月 12 日）では、研究所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)を用いての詳しい説明を受け、質疑応答が行われた。その後は、各専門部会を個別に開催し、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。専門部会での評価案が出揃った段階で第 3 回の外部評価委員会（平成 22 年 2 月 20 日）を開催し、最終報告書を取りまとめた。外部評価委員会及び各専門部会の日程を添付資料 3 に示した。

本報告書は、第 1 章 経緯と目的、第 2 章 核融合工学研究に関する評価、第 3 章 安全管理に関する評価、第 4 章 おわりに の 4 章で構成されている。なお、外国人評価委員からの評価レポートは、ご本人の許諾を得て添付資料 4 としてそのまま掲載した。

本報告書は、核融合科学研究所運営会議において承認された後、核融合科学研究所長から自然科学研究機構長に提出されることになる。その後、機構の教育研究評議会及び経営協議会に提出され、文部科学省に提出する平成 21 事業年度に係る業務の実績に関する報告書の参考資料となる予定である。本報告書は印刷物や WEB ページを通じて公開される。

核融合工学研究及び 安全管理の評価の観点は、以下のとおりである。

I. 核融合工学研究に関する外部評価の観点

1. これまでの研究の進め方とその成果

- 1) これまで進めてきた研究課題は適切であったか。
- 2) 1) の課題に対して、既存の施設は有効に活用され十分な研究成果が上がっているか。
- 3) これまでの関連外部評価が反映されているか。
- 4) 大学における核融合工学研究の COE としての役割を果たしてきたか。

2. 共同研究

- 1) 核融合工学研究に関して、共同研究体制は有効に機能しているか。
- 2) これまでの関連外部評価が反映されているか。

3. 今後の目標・計画

- 1) 課題設定と実施計画は適切か。
- 2) 計画を達成するための実施体制は適切か。

II. 安全管理に関する外部評価の観点

1. これまでの安全管理と実績

- 1) 法人化に伴い適用法令が人事院規則から労働安全衛生法に代わったことに対応した体制になっているか。また、機能しているか。(安全衛生委員会設置とその活動)
- 2) 安全環境整備のため設置した安全衛生推進部は機能を果たしているか。環境安全管理室や健康管理室など、10室で構成する組織は適切か。
- 3) 大学院生(所内)に対する安全教育を適切に行っているか。

2. 大学共同利用機関として安全管理・教育を適切に行っているか。

- 1) 所外共同研究者(大学院生を含む。)に対する配慮を行っているか。
- 2) 外国人研究者に対する配慮を行っているか。

3. 将来計画に対応した安全管理計画は適切か。

- 1) 平成22年度からの組織に対応した安全管理体制となっているか。
- 2) 重水素実験時の安全管理計画は適切か。

第2章 核融合工学研究に関する評価

2. 1節では核融合工学研究の経緯とこれまでの活動状況について述べる。2. 2節では核融合工学に関する研究活動について、第1章で掲げられた評価項目に従って、各委員から示された評価を集約して記述する。2. 3節では評価のまとめと提言を述べる。

2. 1 核融合工学研究の経緯とこれまでの活動状況

法人化に伴う経緯

核融合科学研究所は、平成16年度に共同利用機関法人自然科学研究機構の一員となり、その自然科学研究機構の設定した中期目標・中期計画に基づいて事業を実施することとなった。当該中期目標の中で、核融合工学に関しては、「エネルギー科学分野、とりわけ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、大学や研究機関とともに核融合科学及び関連理工学の発展を図る。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。」としている。この目標に必要な措置を定めた中期計画では、核融合工学に関して、「核融合炉を目指した大学の炉工学研究の中核として、炉工学研究の集約と学術的体系化を推進するとともに、関連する幅広い工学研究の進展に寄与する。」とするとともに、「集約的研究成果を生み出すために、柔軟かつ有機的な運営が可能な組織を目指し、これまでの研究系やセンターの機能を見直して新たな組織改編を行う。」としている。

以上の中期目標・中期計画に従って、平成16～17年度に組織等の再編及び工学研究体制の明確化と強化を推進し、研究所内の炉工学・炉設計関連グループの連携強化を図るとともに、産学連携を視野に入れた幅広い工学研究の進展を推進することによって、ヘリカル炉設計、材料・ブランケット、超伝導、安全技術に関する研究を進めた。この核融合工学研究の実施体制としては、主に

- ・ 炉システム・応用技術研究系（平成16年度に装置技術研究系より再編改称）、
- ・ 炉工学研究センター（平成11年度発足）、
- ・ 安全管理センター

によって構成され、相互に併任を導入することによって連携の強化を目指した。

第1期中間目標・中期計画に伴う経緯

計画初年度の平成16年4月に研究所の大幅な組織改編が実施され、特に、大型ヘリカル研究部は従来の建設期から実験遂行に対応した組織に移行した。その中で、「装置技術研究系」も「炉システム・応用技術研究系」に再編改称し、LHDを用いた装置工学実験と高性能化・信頼性向上研究とともに、ヘリカル炉設計、超伝導・低温工学等

及び応用研究を推進することにした。併せて、炉工学研究センターとの間で教授1人ずつを相互に併任とした。

炉工学研究センターは、低放射化材料開発や先進ブランケット開発研究等、長期的な炉工学課題の研究を行うこととした。

安全管理センターは、LHD実験を進める上で必要な環境保全や安全確保等の研究とともに、将来の核融合炉の安全性等に関する体系的な研究を行うこととした。

これらに合わせて、炉工学・炉設計連絡会議を設置し、ヘリカル炉設計、材料・ブランケット、超伝導、安全技術の4項目に集約して研究課題を確認するとともに学術的体系化の方向性について検討した。また、同時に新設された連携研究推進センターの間にも併任を置き、慣性核融合実験用クライオターゲット開発を大阪大学と協力して進めてきている。

平成 17 年度には、炉工学研究センター及び安全管理センターに関して、核融合科学研究所運営会議のもとに外部評価が実施された。また、炉システム・応用技術研究系に関しても、超伝導・低温グループとして社団法人低温工学協会による外部評価が実施された。

平成 18 年度には、従来の「低温実験棟」を「超伝導マグネット研究棟」(Superconducting Magnet System Laboratory)へ名称変更し、大型超伝導マグネットシステムの研究開発環境の知名度を高め、共同研究をより活性化することとした。

平成 19 年度には、従来の「加熱実験棟」を「総合工学実験棟」(Fusion Engineering Research Laboratory)に名称変更し、従来からの炉工学研究設備を移設集約することにより、炉工学研究の鍵となる拠点の確立と充実を図り、共同研究をより活性化することとした。

安全管理センターに関しては、平成 15 年に、微量水素同位体分離回収試験装置等の主要な実験設備を LHD 本体棟地下ピロティーから開発実験棟に移設した。

また、平成 5 年から共同研究として開始したヘリカル型核融合炉の概念設計研究に関しては、炉システム・応用技術研究系に平成 16 年度から新設された炉システム研究部門を中心として、所内外及び国外の広範な分野間の研究者ネットワークによる共同研究基盤を構築し、定期的な設計活動を展開することによって、長期的視野に立った炉システム統合と最適化に向けての物理工学に関する要素研究の提案と研究課題の抽出を行った。

以上の組織改編、実験棟の名称改変、研究設備の集約等を進めるとともに、所外の大学等の研究設備の共同利用や新設を積極的に支援することによって、広範な課題に関する共同研究を推進するのみならず、研究グループあるいは分野間連携を有機的に構築することによって、学術の体系化に向けての COE としての活動を展開した。

平成 16～21 年度の研究成果

所内の連携を深めるとともに核融合炉工学ネットワークを通じて、国内の大学及び研究機関との連携強化を図り、計25名の研究スタッフによって、研究論文総数529編

(査読付き500編、所外第1著者論文235編及び投稿中含む)、共同研究等総数582件(一般417件、LHD計画共同34件、双方向17件、他大学等35件、科研費等外部資金34件)等によって成果を得た。主な成果を以下に記す。

超伝導マグネット研究では、LHD超伝導システムの97%以上の高い稼働率を維持するとともに、超伝導ヘリカルコイルの4.4 Kから約3.5 Kへの過冷却(サブクール)改造による安定運転電流値の5%改善と高磁場化、コイル電源増強によるプラズマ放電中の磁気軸掃引など、実験可能範囲を拡大した。核融合中性子照射研究に関わる分野間連携研究体制の構築を進めるとともに、高温超伝導や低放射化超伝導材及び間接冷却法など、低温機械構造を含むヘリカル炉への要素研究を進めた。

材料・ブランケット研究では、液体増殖ブランケットを中心に、溶融塩及び液体リチウム中の不純物による構造材腐食機構の解明、電気絶縁や水素透過抑制被覆の開発、水素回収計測センサー開発、中性子工学データ評価など、システム統合への要素研究を進めた。バナジウム合金の高純度化による照射特性の飛躍的改善と世界共通試料の提供、低放射化フェライト鋼の熱加工履歴による強度特性の向上など、理工学基盤研究にも貢献した。並行して、強力中性子源である国際核融合材料照射施設(IFMIF)における要素試験研究の主導的活動や液体ブランケットの日米協力研究の牽引などに貢献した。

トリチウム・安全研究に関しては、気体/液体中のトリチウム分離回収と微量計測及びLHD重水素準備研究を特徴として、高温型プロトン導電性酸化物による水素回収、低温圧カスイング吸着法による同位体分離、高分子分離膜を用いた水蒸気分離、ハニカム型の気相中水分吸着材と酸化触媒の評価、及び微量トリチウムの高感度検出器の開発等を進めた。

ヘリカル炉設計研究では、大学等ネットワーク研究を基盤として、保守交換と炉サイズの最適化及びマグネットシステム概念成立性の観点から、14MeVスペクトル調整ブランケット提案、大型ポートの確保、ブランケット空間確保とアルファ加熱効率及び磁気エネルギーと支持構造等による炉サイズ最適化手法の高度化、高密度プラズマ炉心設計、熱・トリチウム回収システム設計、大型超伝導コイルの巻き線及び製作の概念設計を実施し、システム設計統合への基盤構築を進めた。

平成22年度からは第2期中期目標・中期計画が開始されるが、その原案では、「核融合炉を目指した大学の核融合工学研究の中核として、ブランケット及び超伝導コイルシステムの開発をはじめとした炉設計の高度化研究を進めるとともに、基礎となる学際領域の研究拡充を図る」ことを挙げている。これに併せて双方向型共同研究に工学分野を加えるとともに、所内体制を大幅に再編して、LHD高性能プラズマ実験研究、大規模シミュレーション研究及び核融合工学研究の3本柱によって進める計画を策定している。これによって、定常ヘリカル型原型炉に向けた物理工学研究の新展開を図ることを目的にしている。

2. 2 項目別の評価

1. これまでの研究の進め方とその成果

Research process and performance

1) これまで進めてきた研究課題は適切であったか。

Are the subjects we have worked for adequate and appropriate?

- 平成16年度から始まった中期目標・中期計画では、(1) 所内の炉工学・炉設計関連グループの連携を強化するため連絡会議を設けて、炉工学研究の集約と学術体系化を図ること、(2) 連携研究を推進するための組織を整備して、他分野との研究連携や産学連携を視野に入れた幅広い工学研究を推進することを目的としてきた。具体的には、(1) ヘリカル型原型炉、(2) 材料・ブランケット、(3) 超伝導、(4) 安全技術の4課題について研究を実施して学術体系化に向けた努力をしてきた。

超伝導では、LHD コイルに対する研究と炉に向けた研究を実施してきた。材料・ブランケットでは、低放射化材料開発と評価、ブランケット用液体冷却材の腐食、トリチウム透過抑制、ブランケット中性子工学などについて研究を進めた。安全技術では、特にトリチウムの挙動と生物学的及び環境への影響評価を行ってきた。ヘリカル原型炉では、設計における課題の抽出とともに、最新の成果を取り入れて設計を発展させてきた。

これらについて、常に重要な研究を行っており、多くの世界トップレベルの成果を上げてきており、国際的にも高い評価を得ている。この分野の所内研究者数は少ないが、他大学・研究機関との有機的連携を図ったこと、及び適切な共同研究を推進してきたからと判断される。以上の点から、研究課題は適切であったといえ、高く評価できる。(8名)

原子力委員会・核融合会議の方針に従って、液体ブランケットの研究を大学研究者と連携しながら進めてきており、また、核融合ネットワークでの議論をベースに超伝導応用・低温工学、材料・ブランケット、トリチウム・安全、ヘリカル炉設計等の分野において研究課題を適切に設定し、たくさんの優れた研究成果を上げてきた。(1名)

- 核融合科学研究所の核融合工学研究が進歩したと理解している。できるだけこのモーメンタムを維持できるようにすべきであり、またこれだけの優れた成果を上げている核融合工学の今後のますますの発展を期待する。(1名)
- 材料・ブランケットにおいては、国内の研究拠点としての実績や日米協力による活動など国際的な研究活動と成果をもとに、材料や工学分野の国際会議(ICFRM (International Conference on Fusion Reactor Material) や ISFNT (International Symposium on Fusion Nuclear Technology)) を主導するなど世界の牽引役を担っ

てきた。(1名)

- 研究課題の設定内容において、大型超伝導コイルの特性の解明の進展や、異常診断技術の確立、新しいアイデアのマグネット設計への積極的応用では顕著な内容が見受けられない点が懸念される。(1名)
- 核融合炉工学分野をすべて網羅的に行ってきたのではなく、核融合科学研究所として対応可能な分野(超伝導コイル、材料開発、トリチウム、ヘリカル炉設計)を中心に進めてきたと言える。このような視点でみれば、研究課題の選択は適切であった。ただし、今後は、大学との共同研究をも含めて、核融合炉工学分野全体をカバーした研究課題の推進に心がけるべきである。(2名)
- 超伝導マグネットについて、世界最大級の核融合炉超伝導コイルシステムを計画通りに建設し、大きなトラブルもなく、運転を開始し、その後の運転稼働率も大変高く、信頼性の高い装置となったのは、設計・製作・保守を通しての関係各位の不断の努力に負うものである。さらに、今回のサブクール改造、高速電流制御と電源の改造など、予定通りの大型装置の改善を成功裏に実施したことに敬意を表する。したがって、全体的には概ね高く評価できる。(2名)
- 超伝導システムの信頼性向上について、12年間、3,856時間、99.4%の稼働率の達成は大型核融合装置として最も実績が高いものであり、今後の核融合装置の冷却システムの貴重なデータベースとなり、さらに、サブクールにいたっては100%の実績であり、関係各位の努力の結晶であると高く評価できる。(1名)
- サブクール冷却による超伝導マグネットの特性改善について、コイル入口温度3.2Kを実現して運転電流を11.6kAまで改善しており、このような大型超伝導マグネットでのヘリウムのサブクール冷却システム開発は世界的にも特筆すべき技術であり、十分に評価できる。超伝導マグネットの更なる特性改善が必要な場合には、超流動冷却にするとそれに見合う特性向上が期待できるので、超伝導コイルの高性能化を目指して推進すべきである。また、超流動冷却技術は高磁界コイルに必須の技術であるにもかかわらず、日本は遅れているので、その技術の確立が望まれる。(1名)
- 高速電流制御について、コイルの高速電流制御により磁気軸の移動を制御できるための電源の改造とその達成は、今後の超伝導コイルでのプラズマ位置制御に有効であり、実績となるので、大いに評価できる。(1名)
- 放射線照射効果は核融合炉では重要なデータベースである。研究体制も作り上げたので、各グループの役割や分担などの計画を明確にして進める必要がある。また、ボロン添加水の氷結による電磁力支持方法では、冷却材として使用する水の膨張などの課題があるので、核融合炉用コイルでの研究課題を明確にすべきである。(1名)
- 低放射化超伝導線材の開発について、先進超伝導材料の低放射化線材は重要な課題であり推進すべきである。将来の先進材料としてY(イットリウム)系高温超伝導線材も対象とすべきである。特に、核融合炉が実現する時点では、高性能な高温

超伝導導体を使用できるので、そのためのデータベースを先駆けて取得する必要がある。(2名)

- 間接冷却導体の開発について、摩擦攪拌接合などの新しい技術の開発には評価できる側面があるが、将来のヘリカル炉用超伝導導体開発の中での位置付けや注力すべき点を明確にして、総花的にならないようにする必要がある。(1名)
- 伝導冷却コイルについて、核融合炉で開発した技術の産業応用という面で大いに評価できる内容である。これらの技術を今後どのように応用発展するかを検討し、さらに、これまでに育成してきた超伝導技術をどのような形で応用展開して産業に貢献するかも検討すべきである。(1名)
- 高温超伝導大型導体について、以前の最終目標値は 16T とされていたが、現在は 13T-100kA の Nb₃Al 導体開発を目標としている。この目標の変更の理由が明確でない。(1名)
- パルス管電流リードの開発について、新しい熱音響発電システムの開発は新規性があり将来に期待できるが、中間目標の位置付けが明確でないので、核融合炉の開発の中での重要度や位置付けを明確にする必要がある。開発する必要があるなら、具体的な目標を設定する必要がある。(1名)
- クライオターゲットの開発は大阪大学との共同研究であり、重要であるが、中間目標での位置付けが不明なので、早急に重要度や位置付けを明確にし、具体的な目標を立てる必要がある。(1名)
- 超伝導パワーラインの開発について、将来の核融合炉を考えると、発電のみでなく電力輸送方式も検討しておくことが、電力システムとして使用する場合に重要であり、今後も継続することが必要である。その際に、地球規模の温暖化防止として有効な水素と組み合わせて研究することは、これからの社会で必要であろう。(1名)
- 材料分野では、DEMO 炉、ヘリカル炉へ向けた課題を掲げており、個別には適切と思われる。ただし、LHD 実験での実証という課題も掲げるべきではなかったかと思う。(2名)
- 低放射化 V 合金 (NIFS-HEAT) のブランケットにおける適用性において、中性子照射特性、第一壁 W 被覆接合性について一定の見通しを得たことは高く評価できる。また高性能化に関し不純物酸素の制御や Y 添加技術で重要な成果を得ている。(2名)
- 液体 Li ブランケットの MHD (電磁流体力学) 損失を減らすための Er₂O₃ (酸化エルビウム) 被覆の放射線照射による絶縁性能の低下がなく、複雑な形状でも被覆できる方法の開発、トリチウム透過抑制機能等の優れた特性を明らかにしたことは高く評価できる。(2名)
- 低放射化フェライト鋼と液体増殖材の共存性については、液体 Li の腐食特性試験において不純物を制御して流動状態での特性を明らかにした。また、Li-Pb (リチウム-鉛) の腐食試験、Flibe (F-BeF₂ 混合溶融塩) フッ化水素濃度の測定に成

功するなど、大きく進展させた。また、低放射化 V 鋼と液体増殖材の共存性に関しても、不純物濃度を測定するなど大きく進展させたことは高く評価できる。(2名)

- 炉工学研究センターで進めている 4 種のブランケット (①低放射化フェライト鋼 + Flibe (F-BeF₂ 混合熔融塩)、②低放射化フェライト鋼 + Flibe + STB (スペクトルシフト・トリチウム・ブランケット)、③低放射化 V 鋼 + Li、④低放射化 V 鋼 + Flibe) について、FFHR で用いる場合の核特性を計算し、いずれの方式でも十分なトリチウム増殖、超伝導コイルに対する中性子遮蔽ができることを明らかにしたことは大きく評価できる。また、複雑な 3 次元構造を取り入れて計算した例として高く評価できる。(2名)
- ヘリカル型核融合炉の設計に関して FFHR 設計活動を着実にすすめてきた。今後とも拠点の特色を活かして R&D を進めてほしい。
- トリチウム分野の研究は DEMO 炉への寄与を目指した課題であり、適切であると考えられる。(1名)
- 周辺住民のトリチウム安全性に関する懸念から、非常に感度の良いトリチウム検出器を開発できたことはむしろ住民のおかげであるともいえる。トリチウム検出器の信頼性向上、微量水素同位体分離分析装置、波形弁別法を用いた高感度トリチウム・モニター、プラスチック・シンチレータを用いたトリチウム検出器の開発など高感度に測定できる検出器を開発していることは、真摯に周辺住民に接していることの表れである。十分な成果を上げているので高く評価できる。(1名)
- 核融合炉の排気系、排水中からトリチウムを回収することは経済的にも安全上も重要である。プラズマ排ガス中のトリチウム回収法として Zr (ジルコニウム) 系ペロブスカイト型プロトン導電体水素ポンプ特性の測定は興味深い。なお、無電解メッキ法で作成した電極が水蒸気やメタンを直接分解し、水素ガスを回収できたことは燃料電池の技術として使用可能かもしれない。また、トリチウム水の分離・濃縮には水・水素化学交換法 (CECE 法) の装置を製作して研究を行い、かつ水素ガス中のトリチウムの分離・濃縮には圧カスイング吸着法、ZrNi (ジルコニウム・ニッケル) を用いて水蒸気状トリチウムからトリチウムを取り出すなどの技術を開発し、十分な成果を上げているので高く評価できる。(1名)
- 中性子の遮蔽解析、放射線防護計画の策定、放射線監視システムの構築、トリチウム回収・除去装置の設計検討、水素同位体酸化・吸湿剤の開発、LHD 排気ガスのトリチウム除去のシミュレーション、真空容器壁の水素同位体吸着・脱離特性の解明など、またトリチウム関連技術の開発など、着々と準備を進めているのは高く評価できる。(1名)
- 十分なトリチウム増殖と遮蔽性能を確保できる 1.2m のブランケット空間の確保と最大応力の低減につながるコイル支持の簡素化によって、保守ポートの拡大を図ることができたことは今後のヘリカル炉設計を進める上で有益であり、研究課題は適切であったと高く評価する。(1名)
- Flibe (F-BeF₂ 混合熔融塩) ブランケットに中性子減速能の高い炭素材と Be₂C

を最適配置する STB ブランケットによって 30 年程度の寿命のブランケットができることは、保守点検にかかる時間を減らすことができ、かつ炉の経済性にもつながる大きな進歩であり、高く評価する。(1名)

- トーラス内側に WC (タングステン・カーバイド) 材を用いて遮蔽を薄くし、またヘリカルコイルの分離化による縦長断面の採用や、中性子壁負荷を $1.5\text{MW}/\text{m}^2$ に保つような炉のサイズを選ぶと主半径が約 16m の大きさの炉になることを見いだした。LHD のパラメータ向上と炉設計の進展のおかげで、以前は無理ではないかと思われたヘリカル炉の実現が現実味を帯びつつあり、十分な成果を上げているので高く評価する。(1名)
- ヘリカル炉のイグニッションに到達するには大電力が必要と思われがちであるが、ゆっくりと核融合出力を増大させると加熱パワーそのものは少なくすむという予想外の結果を出したのは、基礎的レベルから徹底的に燃焼制御を研究していたためと考えられる。また、LHD における高密度運転を核融合炉で実現するには熱的に不安定な点で運転する必要があるが、それを安定化する方法を見いだしたことは特筆に値する。困難と思われていた熱的不安定制御の問題を解決できたのは、大学の基礎的研究を長年にわたって地道にサポートしてきたからであり、その姿勢は高く評価できる。(1名)
- トカマクとは異なり、ねじれたプラズマからの中性子発生をシミュレートした計算はユニークなものであり、炉設計上も非常に重要で高く評価する。(1名)
- LHD の超伝導コイルの経験が炉設計に生かされており、ヘリカル炉設計でも最も重要な位置にあると高く評価する。炉設計があるので、超伝導マグネットの研究も活性化している。(1名)
- ヘリカル炉用大型超伝導マグネット設計において、断熱支持脚構造や CIC (ケーブル・イン・コンジット) コイル構造などの設計を行い、炉の成立を可能としてきた点は評価できるが、中間目標にある最大経験磁場 16T を達成するための先進超伝導材料を用いたコイル設計とその研究開発や新しいアイデアの創生などが少なく、核融合炉に向けた積極性が懸念される。核融合炉でのマグネットは高強度の高温超伝導体を用いることになっているので、高温超伝導体の開発の方向性を提案すべきである。(1名)
- In order to put the FER activity in the context of fusion energy it is important to keep in mind that fusion is an extremely demanding task comparable to sending a man to Mars. We now have a clear idea of what needs to be done and when we have the results of ITER the road towards the utilization of fusion for generating energy will become clear. To this end, the research subjects are very well chosen and the obtained results are at the cutting edge of the progress made in this area in the last years.

FER has made important input by specifying most outstanding issues to be confronted by a fusion reactor. Specific research in FER consists of blanket

material systems, neutronics and magnet material systems Blanket material systems, neutronics and magnet material systems are addressed properly. In the area of blanket material systems, new results have been obtained for the welding of vanadium alloys, the forced convection of molten salt. Blanket issues based upon Flibe and Li were addressed as well. Flibe, liquid Lithium and advanced coating technologies. represent a relatively new activity addressing fusion engineering issues in depth. Design and feasibility studies for forced convection loop of molten salt Flibe and liquid Li were advanced. Improvements of neutron calculations addressing complicated surrounding geometries were carried out. Fast feed back 3D code system is under development in order to study neutronics of a reactor. 14 MeV mockup tests are carried out albeit their limitations in relevance to a reactor. Validation measurements and study of the high – temperature superconductors were performed. Tests on welding, irradiation, corrosion and coating of V –alloy and ferrite steel were carried out. Critical currents of varying Nb compounds were investigated after the 14 MeV neutron irradiation. Low activation superconducting wires have been invoked to enhance the electron current in V_3Ga . (1 名)

- In the NIFS engineering research, the main goals are defined as: (1)Conceptual design of a helical fusion power plant, (2)Applied superconductivity (LHD operation and reactor studies), (3)Materials research and blanket development, (4)Tritium safety, handling and recovery.

These are clearly the most pressing subjects of fusion engineering and technology. Of particular importance are feasibility studies for a very large helical coil as required by a reactor concept based on LHD. Conclusion: The research subjects are timely and well defined. (1 名)

- Three groups at NIFS perform four types of fusion engineering research activities:
 - (1) The Fusion Energy Research Center carries out materials and blanket research, categorized in terms of nine subjects.
 - (2) The Fusion and Advanced Technology Systems Division within the Department of Large Helical Device Project carries out superconducting magnetic and cryogenics research, categorized in terms of 11 subjects. (One exception is that the Materials Research Group within the Fusion Energy Research Center covers the subject of neutron irradiation on superconducting magnetic materials.)
 - (3) The Safety and Environmental Research Center carries out safety engineering (mostly related to tritium), categorized in terms of 14 subjects.
 In addition, each of these three groups is involved in various aspects of helical

reactor design research, which is categorized in terms of ten subjects.

Overall, this is a very large effort, covering many research topics, carried out by 25 persons (plus four persons in associated groups) at NIFS. The scale of the effort is evidenced in the impressively large number of papers published during the first mid-term plan (2004-2009)—a total of 529 papers, which works out to a very respectable average of 3.5 papers per person per year during this six-year period. In addition, another 235 papers were written by non-NIFS scientists as the primary authors, arising from collaborations with NIFS. Extremely detailed and helpful information concerning publications and collaborations was provided in the Fusion Engineering talk, in the file named “Review09FER_PPTadd2.pdf”, and in the full written report about Fusion Engineering research (Attachment 5-1). (1名)

2) 1) の課題に対して、既存の施設は有効に活用され十分な研究成果が上がっているか。

Have we made effective use of our facilities and achieved satisfactory outcomes regarding each of the subjects in 1)?

- 所内にある既存の施設を有効利用することに加え、核融合工学研究に関わる数十の他大学・研究機関の研究室との共同研究を通して、他機関の設備や施設を有効利用してきた。このような設備・施設の有効利用のため、核融合科学研究所と他機関との共同研究の成果が格別に多く出されている。このような連携が円滑に行われてきているのは、核融合科学研究所の共同研究に国内のほとんどの研究者が参加していること、核融合炉工学ネットワークが連携を上手に支援しているからである。以上の点から、既存施設の有効活用により十分な研究成果が上がったといえる。

およそ 25 名のスタッフで 2004-2009 年に 500 編余りの論文を公表している。核融合科学研究所、大学、日本原子力研究開発機構、及び海外 (ORNL(米)、MP-IPP(独)) 等の施設を活用して十分な研究成果を上げており、高く評価できる。

(6名)

- LHD 超伝導システムを 11 年以上も安定に作動させ、また超伝導マグネットの開発において、サブクールシステム改良による高磁場化の達成、プラズマ軸制御による LHD の高効率化による長時間安定運転を可能にするなど、LHD システムの信頼性を向上させる成果を上げておりと高く評価できる。(3名)
- 超伝導コイルや低温工学に関しては、LHD 建設・運転で構築された世界的にも有数の施設を有効利用している点は高く評価できる。現在でも ITER (国際熱核融合実験炉) の超伝導コイル開発のために供しており、このような活動を通して世界の超伝導コイル開発の拠点となることを期待する。(1名)

- 超伝導マグネットの研究開発では、既存の施設を十分に有効活用して成果をだしており、さらに、性能向上では、新規設備でなく既存設備の大きな改造を加えているので、これらの点に関する評価は高いと判断できる。具体的には、サブクールシステムの開発では、既存の設備を改造することとそれにサブクール設備の追加により達成している。また、コイル電源の増強も、既存の装置を有効利用して、電源を追加している。しかし、大型超伝導コイルの研究開発では、大型高磁界用導体の評価など、これまで以上の評価設備が必要となるので、それらの財源などの確保が課題である。(1名)
- 次第に大型化する超伝導コイルの問題を解決しようとする意志から生まれた間接冷却方式の基礎研究は、既存の施設を有効に活用し、十分な成果を上げているので高く評価する。種々の問題はあるが更なる進展を期待する。(1名)
- 間接冷却方式に高温超伝導体を使用すると安定なコイルが実現できそうだという発想での基礎研究は面白い。Y (イットリウム) 系、Bi (ビスマス) 系線材等の試験コイルにおいて既存の施設を有効に活用し、十分な成果を上げているので高く評価する。しかし分割ヘリカルコイルの組み立ては原理的には可能であろうが、その支持法に困難が予想されるので、あわせて検討する必要がある。(1名)
- 超伝導リードの所での音響振動に端を発した現象を、発電機や冷凍機へも発展させているのは興味深く、超伝導グループがこのような基礎研究の幅を広げ、既存の施設を有効に活用し、十分な成果を上げているので高く評価できる。(1名)
- 水素利用の電力システムは面白い発想であり、このような研究は核融合技術のスピンオフにつながるし、核融合炉の新たな可能性を切り開く。既存の施設を有効に活用し、十分な成果を上げているので高く評価できる。(1名)
- 絶縁材料の放射線損傷の研究は、中長期的に重要で、この分野の研究を率先して牽引して行くことを期待している。耐放射線 GFRP (ガラス繊維強化プラスチック) の試作成功は非常に重要な進歩であり、近未来に使用できそうな材料ができることはトロイダルコイルの絶縁に最適であり、急いで開発するように要望したい。ボロン添加水の超伝導コイルの実験も大変に興味深い。既存の施設を有効に活用し、十分な成果を上げているので高く評価できる。(1名)
- 放射線照射では、研究に必要な国内でも数少ない重要な施設を効率的に利用しており、国内の設備の有効活用という面でも評価できる。(1名)
- V_3Ga 超伝導線材、 MgB_2 (2 ホウ化マグネシウム) 超伝導体などの低放射化材料を用いた超伝導体の開発も核融合研究にとっては非常に重要で、積極的に進めているのは大きく評価できる。既存の施設を有効に活用し、十分な成果を上げているので高く評価できる。(1名)
- NbTi (ニオブ・チタン) 伝導冷却型超伝導パルスマグネットを用いて瞬時電圧低下対策用の SMES (超伝導エネルギー貯蔵装置) を開発したことは有益な超伝導気技術の応用であり高く評価する。伝導冷却は机上の空論だと思っていたが、実際にできることを示したのはすばらしい。既存の施設を有効に活用し、十分な成果を上

げているので高く評価する。(1名)

- 材料開発に関しては、大学のホットラボ、研究機関の原子炉、さらには海外の設備を利用して幅広く研究を展開している点は評価できる。(2名)
- ブランケット工学に関しては、現在整備中の液体ブランケット関連の設備の充実に期待したい。(2名)
- 低放射化材料の開発においては、バナジウム合金のブランケット適応性に向けた中性子照射特性、第一壁 W (タングステン) 被覆接合性の検討など実用化に向けた研究に成果が上がっていると評価できる。(3名)
- 増殖ブランケットの開発においては、ブランケット機能材料の Er 酸化被覆の研究、液体フライベ等の高温溶融体による低放射化フェライト鋼の腐食特性研究に成果が上がっていると評価できる。(1名)
- 今まで分散していた研究設備を総合工学実験棟に集め、使いやすくしたこと、大学では設置しにくい長時間を要する試験設備を設置し、所内設備を有効に利用できるようにしたことは高く評価できる。大学、国内外の関連施設も有効に活用しているので高く評価できる。(1名)
- トリチウム・安全研究では、限られた施設を使ってよく研究している。(1名)
- 高感度トリチウム連続測定ガスモニターの開発、高温型プロトン導電体水素ポンプによる排ガス中トリチウムの回収技術開発、環境トリチウム測定及びトリチウム生物影響のトリチウム安全に関わる研究に成果を上げていると評価できる。(1名)
- 当面の LHD での DD 実験に対する中性子照射効果の実証を終えている点は評価できる。(1名)
- EU の JET や Tore-Supra トカマク装置では人間がアクセスできない所で検査用ロボットアームを用いているが、重水素実験を所内の研究者も含めて安全に行うためにこの開発の必要はないか。(1名)
- Cooling system for LHD helical coils has been upgraded. Dynamic control of LHD magnetic field is attained with enhanced power supplies. Robust and reliable operation scenarios has been achieved by the unique LHD superconducting system. Significant progress has been made in the area of high-temperature superconductors. It is applied to fusion magnets design and manufacture. The research on the 5 m long coils, the bending tests, shielding currents and development of joints are carried out. Fuel layering for FIREX target was demonstrated. Hybrid energy transfer line has been studied in some detail. Welding of vanadium alloys has been accomplished by oxygen impurity reduction. High purity metal vanadium was obtained for V alloy large heat loads. NIFS-HEAT-2 was welded in high purity Ar flow to avoid impurity contamination. Degradation of fracture energy was enhanced in weld material and later recovered by post-irradiation annealing. However, the degradation of the quality of welding appeared at neutron flow of 8.5 dpa. Advanced coating

technologies and the emergence of the tritium permeation barrier have been demonstrated. Fast feedback systems were integrated in the neutronics design works. Tritium breeding under sufficient shielding has been attained. (1名)

- There is a wealth of facilities available at NIFS, especially for materials research. This is complemented by the use of various other instruments and facilities that are used in close collaboration mainly with Japanese universities, but also with JAEA and institutions abroad. Hence the use of the facilities seems to be efficient. The outcome of the fusion engineering research is very good. Highlights (my personal selection) are (1) Study of neutron irradiation effects on superconductors, (2) Post-irradiation annealing of vanadium alloy, (3) Corrosion control of RAFM steel, and (4) Direct deposition of VPS-W coating on low activation materials, (5) Successful large area coating with Er_2O_3 . These are important achievements which make a substantial contribution to the advancement of fusion technology. I'm also appealed by the recent work on large-current HTS superconductors. This is highly relevant, even though many difficult problems remain to be solved. Also cross-fertilization into other fields is quite successful. One example is the development of a fuel layering technology for FIREX targets. Others are the development of a hybrid energy transfer line or the uninterruptible power supply based on superconductivity. Conclusion: The available test facilities were efficiently used, especially in collaboration with universities. The scientific outcomes are excellent. (1名)
- The section on Materials and Blanket in the Fusion Engineering presentation has specific information showing efficient use of existing facilities, both those that are in-house at NIFS and those that are outside NIFS at collaborating universities and laboratories. A table of the NIFS and non-NIFS facilities used for this area of research is given on page 18. The results obtained in the four areas of fusion engineering research seem to be excellent. To mention a few results of particular importance to LHD in the area of applied superconductivity and cryogenics: (1) the cooling system for the helical coils was upgraded with the use of sub-cooled helium as coolant, which allowed the operating current in the coils to be increased to 11.6 kA, (2) improved power supplies now permit dynamic control of the LHD magnetic field, and (3) the superconducting system for LHD has achieved very high operational reliability, exceeding 99%. (1名)

3) これまでの関連外部評価が反映されているか。

Have we learned from the past external review results?

- これまで、超伝導、材料・ブランケット、トリチウム安全について外部評価が実

施されており、これらについて様々の見地から意見が出された。核融合科学研究所では、いずれの指摘についても真摯に受け止め、かなりの努力や体制の見直しを図り改善してきた。炉工学研究センターの装置や施設の集約、研究スタッフの増員、日本原子力研究開発機構や ITER との連携強化、重水素放電に向けたトリチウム研究の格段の推進と安全技術の向上などは特に高く評価される。したがって、これまでの関連外部評価は十分に見直され、反映されているといえる。この対応は高く評価できる。(6名)

● 2005 年の低温工学協会による外部評価「ヘリカル炉設計の位置付けを明確にし、工学的到達点と重要度、難易度を整理し、研究体制を検討すること」についての意見

- 低温工学協会の外部評価(2005年)は、超伝導マグネット及びプラントの設計・開発に年次計画として反映した研究が進められており、蓄積したデータベースはヘリカル炉設計に生かされるものと評価できる。超伝導・低温グループの努力の結果、核融合炉用超伝導コイル開発、ITER への協力などの成果や実績をみると、関連外部評価に対する反映状況は概ね高く評価できる。(4名)
- ヘリカル炉用超伝導マグネットの開発では、概念設計を含め、それに至るまでの主要パラメータの解析式や近似式などのデータベースを整備してきたことは大いに評価できるが、大型超伝導導体開発などの面で Nb₃Sn、Nb₃Al、Bi (ビスマス)系、Y (イットリウム)系線材を用いたコイルの研究開発が総花的な印象を受ける。将来を見据えた核融合炉用コイルの重点的な開発とその集中的な注力、新規アイデアの積極的な研究開発、などを具体的に明確にすることが望まれる。特に、核融合炉が実現する時点では、高温超伝導導体が重要な役割を果たすので、その線材開発に関する指針を線材開発者やメーカーなどへ指示することなどが期待される。(1名)

● 外部評価「ヘリカル炉が実現できそうにない場合でも、他の炉への展開が可能になる目標設定を行い、共通基盤技術である超伝導・低温技術の分野で ITER に協力できるように配慮すること」についての意見

- 2005 年の外部評価のコメントに対応して、具体的な研究旧計画の策定、トカマク炉にも共通の要素技術開発としての間接冷却マグネットの開発研究への重点的な取り組み、IFMIF (国際核融合材料照射施設) や炉設計 R&D への大学の参画の体制作りを進め、ITER への協力という点で JT-60SA 用超伝導導体の特性評価などで核融合科学研究所の高磁界マグネットと大電流設備を活用して協力しているなど、真摯に取り組んでおり評価できる。(3名)
- パルスチューブ電流リードなどの熱音響応用研究は共通基盤技術としての開発としても、核融合炉としての位置付け、あるいは、産業応用としての位置付けなのか、明確にし、具体的な目標をたてて推進すべきである。(1名)

- 外部評価「過冷却方式の研究が将来役に立つか評価すること」についての意見
 - このような大型装置での過冷却システムの安定な運転とその稼働率が高いことは、世界的にも特筆すべき実績であり、大いに評価できる。(2名)
 - 近いうちに寿命となる機器の故障を含む故障診断技術の早期の確立が望まれる。核融合炉の寿命診断技術は今後の核融合炉の開発で重要な研究開発項目である。特に、世界最大規模の LHD 装置は信頼性が高いから、不要なトラブルによる中断がないので、寿命診断技術の確立には最適である。(1名)

- 外部評価「リサーチマネージメントの役割を果たすこと」についての意見
 - 核融合工学研究の分野では、これまでの関連外部評価の結果が適切に反映されており、特に炉工学研究センターを中心として、大学の炉工学の戦略立案を行い、IFMIF、炉設計 R&D、ITER-TBM (テスト・ブランケット・モジュール) への大学の参加等具体的な体制作りを始めた。このように研究推進のみならずリサーチマネージメントが着実に進展したことは高く評価できる。更にこの方向の活動を推進すべきである。(3名)
 - その中で、ヘリカル炉に特有な研究開発課題で、短期的あるいは長期的な研究開発目標を具体的に立案し、そのための研究開発体制を明確にして分担することが望まれる。(1名)
 - 材料関連に対するコメントに対しては炉工における戦略についての議論がなされているものの、明確な発信に欠ける印象がある。この分野でも双方向型共同研究が開始されるのは喜ばしい事である。(1名)

- 外部評価「ITER、日本原子力研究開発機構とも連携を推進すること」についての意見
 - 炉工学研究センターの外部評価 (平成 17 年度) は、IFMIF や炉設計 R&D、ITER-TBM への大学の積極的な参加及び研究体制の構築として反映され、日本原子力研究開発機構との具体的な連携として進んでいると高く評価できる。(4名)
 - ITER-BA (幅広い活動) との更なる連携の強化が望まれる。(2名)

- 外部評価「炉工学研究センターの組織を拡大し、装置整備を拡充すること」についての意見
 - 総合工学実験棟への設備の集中化、熱クリープ試験設備、スタッフの拡充を行った。このように関連外部評価が反映されているので高く評価する。(2名)

- 外部評価「重水素実験に向けた安全管理システムを構築及び改善すること」についての意見

- 安全管理センターは技術部等との連携をとり、管理システム、放射線計測システム、トリチウム関連技術、及び建屋の改造や、管理を進めている。このように関連外部評価が反映されているので高く評価する。(2名)
- 外部評価「長期にわたる環境データを蓄積及び分析すること」についての意見
 - 技術部等との連携をとり、計測システムの充実、データの蓄積、分析を行い、報告書を毎年出している。また、データの蓄積、分析では他大学との共同研究も進めている。このように関連外部評価が反映されているので高く評価する。(1名)
- 外部評価「他大学、研究機関等との共同研究を推進すること」についての意見
 - 微量トリチウムの計測から環境・生物に至るまで他大学、研究機関、民間機関との共同研究を実施している。このように関連外部評価が反映されているので高く評価する。(1名)
- 外部評価「地域社会との連携及び情報公開を継続すること」についての意見
 - 教育委員会、土岐地区住民との環境放射線測定等をおこない、核融合に関する啓蒙活動を継続している。このように関連外部評価が反映されているので高く評価する。(1名)
 - 安全管理センターの外部評価(平成17年度)は、DD実験を見据えた地域社会の理解と連携を進めるためのトリチウム安全技術開発や長期にわたる環境測定継続等として実施されていると高く評価できる。(1名)
- 外部評価「所内の他の部署(炉工学研究センター、技術部)との連携を推進すること」についての意見
 - トリチウムや安全管理に関して炉工学研究センター、大型ヘリカル研究部、技術部と協力して取り組んでいる。このように関連外部評価が反映されているので高く評価する。(1名)
- The 10 year research plans were made for the LHD superconducting system. The team study of the helical reactor issues has been founded and the research along these lines has been outlined. The performance of the sub-cooling system attained the design value and the stable operation of cold compressors has been demonstrated. However, the conflict in cryogenic stability between the model and the real coil employed at LHD remains unknown. Upgrade plan up to 15 T remains under planning. The progress should be accelerated. Existing facilities were gathered in the new Fusion Engineering Laboratory. The staff has been increased and the Universities participation has been amplified. This step is bound to accelerate the progress in this area. Safety Management system has been implemented. Collaborations with numerous and

varying partners have been invoked and enhanced. Very strong publication record achieved by FER has to be commended during the period of 2004 –2009. It includes 529 papers, 1)235 on the superconducting magnets & cryogenics , 2)185 on Materials & blanket, 3)72 on Tritium & safety, and 4)78 on reactor design (1名)

- During the review a number of tables were presented where the comments by the external evaluation were listed in detail. Each comment was complemented with an action and the related achievement. Based on this information, I got the impression that the team has carefully addressed the issues raised by previous reviewers. As the conclusion, NIFS has carefully addressed the external review results. (1名)
- Pages 44-46 of the Fusion Engineering talk provide tables of comments from external reviews, correlated with actions taken by NIFS to address the respective comments. Three tables are shown, one each for applied superconductivity and cryogenics, materials and blanket, and tritium and safety. (There is no table for helical reactor design, because it has not yet had an external review.) These tables are helpful to see that the Institute has responded well to past external review results. (1名)

4) 大学における核融合工学研究の COE としての役割を果たしてきたか。

Have we fulfilled a role as COE for universities who study fusion engineering?

- 核融合科学研究所では、核融合工学に関して、一般共同研究、LHD 計画共同研究に加え、平成 22 年からは双方向型共同研究において、国内の共同研究の舵取りをしてきている。毎年数十件の共同研究を実施している。核融合科学研究所は、国際的にも日米、日韓、日中等との共同研究を拠点として実施しており、核融合工学についても同様である。核融合研究者のほとんどがメンバーとなっている核融合ネットワークでは、研究者同士の共同研究や情報交換の他、予算獲得についても支援してきている。このネットワークを核融合科学研究所が支援してきている。このようなことから、大学における核融合工学研究の COE として十分に役割を果たしており、高く評価できる。(7名)
- 今後の課題として、大型かつ長期的な核融合研究開発では、長期的な視点に立った人材の確保や育成、研究の継続性を維持するための資金確保や周囲の理解に努める必要がある。(2名)
- 今後は、核融合工学研究の COE としての学術的体系化を見据え、核融合工学全体を網羅した形での研究推進を期待する。大学に設置が厳しいような大型設備など

を核融合科学研究所に整備するよう努力すべきである。(1名)

- 超伝導マグネットについては、超伝導マグネット研究の拠点としての役割を果たしている。中型導体試験装置を用いて Bi (ビスマス) 系高温超伝導材料、Y (イットリウム) 系高温超伝導テープ線材、Nb₃Al 超伝導体の研究を大学との共同研究として行い、小型導体試験装置では、各大学から持ち込まれた新しい超伝導体、小型サンプルなどの性能試験などを行っている。また、日本原子力研究開発機構の JT-60SA 平衡磁場コイル用ケーブル・イン・コンジット (CIC) 導体の特性評価の共同研究も行っている。超伝導材の中性子照射効果の研究にも着手し、COE としての役割を存分に発揮しているため、高く評価できる。(4名)

ただし、将来の核融合炉のための開発を考慮すると、現在の設備の増強が課題となるので、そのための資金獲得などにも注力し、COE としての役割を一層強固なものにしていくことが望まれる。(1名)

- 材料・ブランケットの材料関係は、V 合金 (NIFS-HEAT)、液体ブランケット、国際核融合材料試験施設 (IFMIF)、に重点を置き、COE を目指している。この目標設定は適切であり、V 合金に関する成果は充分と評価できる。更なる高性能化に向けて研究を推進することが期待される。(2名)
- 低放射化バナジウム合金開発については、低放射化バナジウム合金の開発に取り組み、高純度大量溶解と加工法の高度化を達成し、試料を大学との共同研究に用いた。また、長時間がかかるクリープ試験等を実施し V 合金のデータベースの構築に寄与した。このように COE としての役割を果たしているため、高く評価できる。(1名)
- IFMIF の要素技術試験については、液体リチウムターゲット、テストセル、微小試験との大学との共同研究を行った。このように COE としての役割を果たしているため、高く評価できる。(2名)
- 液体増殖ブランケット研究開発については、ヘリカル炉設計の一環として、Flibe (F-BeF₂ 混合溶融塩) ブランケット、液体リチウムブランケットに関して多くの大学との共同研究を進めた。このように COE としての役割を果たしているため、高く評価できる。(3名)
- 今後は、液体テストブランケットモジュールの実現に向けての一層の研究体制強化と予算獲得の努力を期待したい。(2名)
- トリチウム・安全、生物影響については、培養細胞やマウスを用いた低線量トリチウムや低線量被爆の影響を分子レベルで調べた。放射線の DNA 損傷に関する基礎研究も進めている。このように COE としての役割を果たしているため、高く評価できる。(1名)
- トリチウム・安全、環境トリチウムについては、大気中トリチウムの化学形別測定を核融合科学研究所と熊本市で行い、バックグラウンドの把握と地域差について比較検討を行った。このような測定は最近では他では行われておらず貴重なデータとなっている。施設起源のトリチウムを評価するためのバックグラウンドの測定も行っ

ている。このように COE としての役割を果たしているので、高く評価できる。(1名)

- LHD-DD 実験のトリチウム研究は COE としてはやや成果が不十分である。(1名)
- ヘリカル炉設計については、電磁力の低減、先進液体ブランケットである Flibe (F-BeF₂ 混合溶融塩) ブランケットを軸に FFHR (Force Free Helical Reactor) ヘリカル炉の設計を多くの大学との共同研究を通じて行ってきた。燃焼制御の進展もこの炉設計がなければここまで進歩することもなかったであろうと思われる。このように COE としての役割を果たしているので、高く評価できる。(2名)
- Collaboration network with JAEA on neutron irradiation impact on superconducting magnet materials has been founded and developed. Irradiation impact on superconductivity of Nb₃Sn has been studied in collaboration with JRR-3 at JAEA and BR 2 in Belgium. High temperature superconducting conical tubes for the current leads have been designed, manufactured and tested achieving a small heat leakage and a large transport current at the same time was obtained due to collaboration with the Tokai University. Multi-filamentary tapes from MgB₂ have been developed. Deformation of round wires into tape shape is shown to improve the electromagnetic properties in collaboration with the Kagoshima University. The development of superconducting EF coils and the complementary cable-in-conduit conductors has been carried out in collaboration with JAEA and ITER. Tests for cable-in-conduit conductors measuring the stability margin with the artificially triggered inhomogeneous current distribution have been performed in collaboration with Institute of Plasma Physics India. Impressive number of 235 papers have been published by coworkers from leading Japanese universities and other institutes outside of NIFS. (1名)
- NIFS plays an important role as “inter university facility”. The networking with Japanese universities is very intense and it seems as many well working collaborations have been established. There are three areas where NIFS aims for the role as COE, (1) Applied superconductivity, (2) Materials research and blanket, (3) Tritium science and safety. For each of the three areas there is at least one university partner, for topic 2 even numerous, which is no surprise because of the broad range of materials sciences in general. (Very big networks were established for vanadium alloys and liquid breeder blankets.) In topic 1 there are also close collaborations with JAEA and IPR/India, where a dedicated interest in superconductivity exists. Conclusion: The NIFS clearly serves as COE in the selected areas. (1名)
- Pages 48-53 of the Fusion Engineering presentation provide excellent

information about how NIFS has fulfilled its role as a Center of Excellence for fusion engineering in terms of research collaborations with Japanese universities, with Japan Atomic Energy Agency, and with international institutions. The COE work on helical reactor design is especially international in character. (1名)

2. 共同研究

Collaboration performance

1) 核融合工学研究に関して、共同研究体制は有効に機能しているか。

Does our collaboration system function effectively in the field?

- 核融合科学研究所が実施している共同研究は、世界に類が無いほど充実している。広い範囲をカバーする一般共同研究、LHD 研究に役立てる LHD 計画共同研究、国内の小拠点の資源を有効利用する双方向型共同研究があり、年間 400 件以上の共同研究が実施されている。これらの共同研究は、核融合工学の様々な分野の研究の発展に貢献している。国内の研究レベルの向上に加え、若手研究者の育成にも貢献している。双方向型共同研究として、核融合炉材料の中性子照射効果、及び核融合トリチウムにおいて国内屈指の設備をもつセンターが加わり、これら核融合工学分野の更なる発展が期待される。共同研究体制は有効に機能しており、高く評価できる。(8名)
- 4 分野の機能としては有効であると判断しうるが有効性 (= 発表論文数/共同研究数) は材料系 > 超伝導コイル > 炉設計の順であり、いずれも 1 以上であるが、トリチウム関係は 1 以下とやや劣る。原因を調べ、次期中期計画での改善を目指す事が望まれる。(1名)
- 超伝導マグネットについては、LHD 及び超伝導マグネット研究棟の各種実験装置を用いて多くの大学との一般共同研究による共同研究を行っている。また、大学や研究機関にある特徴のある研究設備を用いた数多くの LHD 計画共同研究を有効に行っている。日本原子力研究開発機構の JT-60SA 平衡磁場コイル用 CIC 導体の特性評価を行うなどトカマクの超伝導コイルについての委託研究による共同研究も行っている。このように共同研究体制は有効に機能しているので高く評価する。また、阪大レーザー研との低温工学分野では大変有意義な共同研究が実施されている。(3名)
- 材料・ブランケットについては、大学で取り組みにくい長時間の実験が必要な装置を核融合科学研究所に集中させ、一般共同研究において有効に活用している。また、LHD 計画共同研究では Flibe (F-BeF₂ 混合溶融塩) に関する研究や液体ブランケット、V 合金の評価試験など有効に共同研究体制を活用している。また JUPITER-II (Japan-US Program for Irradiation Test of Fusion Materials) 計画

において国内では難しい中性子照射試験などを行い国際共同研究体制をうまく利用している。このように共同研究体制は有効に機能しているので高く評価する。(4名)

- 日本原子力研究開発機構は、固体ブランケットを中心として開発しているのに対して、大学は液体ブランケットを中心とした先進ブランケット工学を進めている。核融合科学研究所として Flibe に力点を置いている点は理解するが、Flibe に限らず、液体ブランケット工学の拠点として国内の共同研究体制の活性化を期待する。(2名)
- トリチウム・安全の共同研究は、核融合科学研究所が直接トリチウムを取扱うことができないことから、大学等との連携研究は重要な位置を占め、トリチウム挙動を理解するための水素の安定同位体を用いる研究、トリチウムに直接関わる測定技術、生物影響及び環境影響研究など有効な研究体制が取られてきたと高く評価できる。(2名)
- ヘリカル炉設計については、一般共同研究によって燃焼制御の専門家と長期にわたって共同研究を行い、熱的不安定領域で作動する制御アルゴリズムを開発するなど、共同研究を十分に活用している。また、炉設計では、種々のオプションに対して多数回の検討会を多くの大学や研究機関と一緒に推進研究しており、その成果も多くの論文発表の実績として表れ、共同研究体制が有効に機能している点などで、概ね高く評価できる。(3名)
- Collaborations on the key technologies planned to address by the IFMIF device are carried out so far in collaborations with numerous Japanese universities. These include important topics on Materials & Blankets and Tritium & Safety. Fabrication and Characterization of high purity Vanadium alloys are the most extensive studies involving world famous Hokkaido, Tohoku, Fukui, Kyushu, Tokyo and Toyama Universities.
Also, international partners ANL, ORNL (USA); SWIPP & IPP (China) and VNINIM (Russia) are involved. Collaborations on the liquid breeder blankets are less developed. Yet, this activity remains the focus of the international studies. Very strong collaboration record must be commended. It includes 582 projects divided between issues as follows:
 - 1) 148 on Superconducting magnets & cryogenics
 - 2) 106 on materials & blanket
 - 3) 96 on Tritium & safety
 - 4) 67 on reactor design(1名)
- The collaboration is extremely well established with Japanese universities. This is actually supposed to be the main character of NIFS and I have got an excellent impression of the institute's performance. The international

collaborations are well developed in dedicated fields, e.g. with IPR/India, ORNL/USA and many others. NIFS should make any effort to extend their already fruitful international collaborations on all relevant areas of fusion technologies, especially in applied superconductivity and cryo-technologies. As the conclusion, the collaboration system is working effectively. The international network could be extended. (1名)

- From the Fusion Engineering presentation, it is clear that the NIFS research on fusion engineering is highly collaborative (see especially pages 14, 15, 18-20, 22, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 35, 48-53).

For example, page 14 of the Fusion Engineering talk shows a large network of collaboration activity among NIFS, universities, national laboratories, and industrial groups concerning the effects of neutron irradiation on superconducting magnet materials. (I wonder if there are any collaboration projects with other institutes within the National Institutes of Natural Sciences.) Page 59 states that there were 582 fusion engineering-related collaborations during the past five years. This is quite impressive. Evidence that these collaborations are functioning effectively is the large number of joint publications with non-NIFS staff as first authors (235 in total). (1名)

2) これまでの関連外部評価が反映されているか。

Have we learned from the past external review results?

- これまで共同研究体制の外部評価が複数回実施された。個別的な指摘も含め、数多くの指摘がされてきた。これらの意見に対して、共同研究が円滑に進むように常に適切に改善してきていることは高く評価される。(8名)
- 共同研究に配分される研究費については重点的配分を行うなど工夫が見られるが、予算の問題であり核融合科学研究所内での対応には限界があると思われる。共同研究のための試験設備の整備・拡充においても同じであり、核融合科学研究所としての戦略的な対応は妥当である。(1名)
- 核融合科学研究所で進めているブランケット関連設備の充実を図ることより、ブランケット工学の一層の発展を期待する。(2名)
- 超伝導・低温グループにおいて、低温工学協会による外部評価に基づき、研究費の重点配分の実施がなされた。また、中型導体試験装置、大型導体試験装置などの有効利用には十分に評価が反映された。しかし、高磁場実験設備などの新しい試験設備の整備は、予算の都合上まだなされておらず、評価は反映されていない。したがって、基本的には関連外部評価が反映されているので概ね評価できる。(2名)
- 炉工学研究センターでは、平成 17 年度外部評価に基づき、液体ブランケットの

共同研究を推進した。また、また外部評価の提言により、平成 21 年度より大学の照射試験施設、トリチウム試験施設との双方向型共同研究の準備が進んでいる。提言に基づく JUPITER-II 計画等の国際共同研究も順調に進展している。このように関連外部評価が反映されているので高く評価できる。(2名)

- 材料関連で、指摘事項に関する活動は共同研究等には反映していると判断できる。長期研究戦略の立案に関しては、一層の努力の必要性を感じる。より広範な研究者の参加を図り世界の牽引役をはたし続けてほしい。(2名)
- 双方向型共同研究に富山大学のトリチウム関連、東北大学の材料関連の研究を新たに加え、核融合工学分野の活性化に向けて努力している点は高く評価できる。また、トリチウム関連では、所内外の連携を図った努力が感じられ、DD 実験に向けた一層の指導性を期待する。(4名)
- The important role of the administrative manager of the project on Tritium Science and Technology has been obtained. The biological and the environmental impacts of Tritium has been studied in collaborations with Ibaraki and Kyushu Universities. Tritium concentration in rain has been studied for the period of 20 years. Radiation biological effect has been studied by means of mouse mutation rate. See also above. (1名)
- My impression is that past external review results have been sufficiently taken into consideration. (1名)
- In the tables on pages 44-46, there are several mentions of collaborations that were set up as responses to past external evaluation comments. One such example is the plan for initiating new Bidirectional Collaboration Research Programs in fusion engineering for materials and blanket research. (1名)

3. 今後の目標・計画

Goal and planning

1) 目標達成に向けた課題設定と実施計画は適切か。

Are our subject selection and implementation plans adequate and appropriate?

- 次期中期計画では、これまでの LHD プラズマの格段の進展に基づき、ヘリカル型原型炉に向けた学術体系の構築を目指している。このための重点課題は、LHD プラズマ性能の更なる向上、数値炉によるプラズマ・シミュレーションと設計の進展、核融合工学の進展である。核融合工学として、超伝導コイル、ブランケット、トリチウム工学、低放射化材料などの要素技術を進展させ、優れたヘリカル炉の設計を目的としている。ヘリカル炉の特徴は定常運転が自然にできることが大きなメリットであるため、要素技術のインテグレーションから炉への展望を探る研究は魅力的である。一方、ヘリカル固有の問題として、連続コイルの保守管理、ブランケ

ットをスペースが限られた領域に設置しなければならないことなどの課題もある。これらの課題にも取り組む予定とされている。目標の設定と課題の抽出及び課題に対するアプローチは適切であり、高く評価できる。また、定常ヘリカル実証炉を目指したロードマップを作成し、そのために必要な炉工学課題を整理し、大学等の研究グループと協力しながら、その研究を一步一步実施してゆく計画を作成したことは高く評価できる。(10名)

- 核融合工学研究の主要なテーマの一つである“ヘリカル炉設計”に関する計画があまり見えてこない。要素研究はもちろん進めるべきであるが、ヘリカル核融合炉の実現には、LHD プラズマ実験、数値シミュレーション研究と密接な連携を持って進む必要がある。特にヘリカル炉は実際に図面を描いて工学設計ができるかどうかが残された大きな課題なので、今後は更に要素研究+統合化研究が重要である。そのような炉設計の統合化を考える部門、部署があまり明確ではない。また、核融合工学の研究者と技術部のエンジニアが連携して、現実的なヘリカル炉の図面を描いてみることも緊急の課題である。そのためにも、技術部のエンジニアと容易に連携できるような組織も必要である。上記したような統合化研究を進めると、炉内機器の設計も必要になる。それは、ひいては ITER 計画の支援につながるし、ITER を先導することも可能になるので、そのような仕事を進める部署を作る必要があるかもしれない。(1名)
- ヘリカル炉の特色と優位性を活かすには関連する炉工学技術の進展がますます重要になる。これら科学技術課題は先端的な多くの挑戦を含むもので、関連する基礎分野の強化とともに、技術的成果の他分野への波及効果を積極的に図ることが期待される。(1名)
- これまでの中期目標・計画及び中間評価にもとづき炉工学研究センターを中心とするリサーチマネジメントなど COE としての機能強化が着実に進展してきたところ、次期計画では炉設計を柱にして核融合工学研究をより強力で推進することが重要である。共同研究についても今後は炉設計を中心に全日本体制でヘリカル炉のシステム設計を進めることが重要であり、課題の適切なシェアリング及び集約化が重要である。また、ITER への貢献、特に ITER-TBM に関して、すでに核融合ネットワーク、核融合エネルギーフォーラム炉工学クラスター及び TBM 作業会が中心となった活動が日本の TBM 開発方針の議論に極めて有効に機能している所、今後は ITER 建設も本格化し、TBM も詳細な設計に入る時期にきており大学側がどのように TBM 計画に参画するかについて、更に踏み込んだと取り組みが重要となりつつある。このため基礎・基盤的な研究を進めるとともに、パートナーとして他極の TBM に参加する方策を具体的に検討することも重要である。(1名)
- これらの研究開発課題のかなりの部分は、トカマク型核融合炉実証炉研究開発計画とも重複するものであり、限られた資源を有効に活用するという観点から、わが国の核融合炉研究開発全体とも大きく関係することから、トカマク型核融合炉開発

計画との相補性やヘリカル型核融合炉開発計画の特異性などの観点から優先順位をつける必要があるかもしれない。(1名)

- ヘリカル炉に必要な 16T の磁界がここでは 15T となっており、目標が曖昧となっている。核融合炉の建設時期では超伝導コイルに高温超伝導導体を使用されるので、そのような動向を正確に予測して反映していく必要がある。また、設計を進める中で、技術の革新的な発展などがあると、それに伴って仕様をグレードアップする必要があるので、数年のスパンで世の中の技術動向を取り入れた目標の見直しや修正をすることが望ましい。特に、当面と今後の時間軸の取り扱いや、重要性の重みづけ、技術動向をしっかりと把握した計画を立てることが肝要である。(1名)
- ヘリカル炉に拘らず、広く炉工学技術の発展に供する研究を推進して行くべきである。ITER での課題を積極的に取り込み、世界の核融合炉工学分野の拠点となることを期待する。近い将来、実現されることが期待される IFMIF での主導的立場をとれるよう、国内外の材料研究分野をリードすることを期待する。液体ブランケットの開発に必要な設備等の充実を図ることにより、この分野の中核としての役割を果たすことを期待する。(2名)
- Outline of FER activity and the road map for implementation have been worked out and presented. The broad range of subjects including large scale high field superconducting magnets, long life liquid blanket, low activation materials, high heat flux plasma facing walls and tritium control are chosen to be the focus of NIFS activities in FER. The road map is wisely divided into 3 stages. Conceptual design followed by Basic Design and further tests and improvements resulting in the Detailed Design within the period 2010 – 2027 are foreseen. The roadmap also includes close collaborations with BA effort and the exchange of the information with a possible IFMIF device. Given the uncertainty of the latter, FER should try to maintain a flexibility to address the relevant issues independently 6 and in collaborations with Japanese universities. (1名)
- The fusion engineering research at NIFS has to serve three areas: 1. Maintenance and enhancement of the LHD device, 2. Development of fusion technologies, 3. Design and planning for a future power reactor. The subjects selected to address these areas are relevant and complete, i.e. design of a large-scale helical SC magnet, liquid blanket modules, high heat flux plasma facing wall, low activation materials, tritium plant, and the appropriate engineering infrastructure. This is clearly a huge program which cannot be conducted by NIFS alone, even though competence and experience are present. Hence NIFS should look for further national and international collaborations since the engineering challenges of fusion can only be solved in an international joint effort (cf. no 2 point 1 above). The only point I'm missing in the above list is

remote handling. NIFS may consider to develop competences in this area, possibly in collaboration with universities and institutes working in the nuclear technologies area, which is particularly strong in Japan. Conclusion: The subjects are fully adequate. Remote handling should be considered. For the implementation the NIFS program should be a vital part of international research. (1名)

- Page 55 of the Fusion Engineering presentation shows pictorially important areas of research thrust for medium- and long-term planning. Development of engineering infrastructure is highlighted as being very important. A fairly detailed road map for engineering work to be done during the next 12 years for design of a steady-state helical DEMO reactor is given on page 56. This effort is critical for the future of the Institute and the advancement of fusion as an energy source. One suggestion is to provide a clearer indication of prioritization among the many fusion engineering research subjects, in terms of resources and manpower. (1名)

2) 計画を達成するための実施体制は適切か。

Is our system for implementing the plans adequate and appropriate?

- 実施体制として、工学に関するこれまでのセンターを取りまとめ、大きなディビジョンにする計画である。超伝導、トリチウム、プラズマ壁相互作用、材料とブランケットのグループが一緒になるので、有機的体制となる。再編に加え、これらの重点テーマに沿った共同研究を実施していくので、研究は各段に進展すると期待される。計画を達成するための実施体制は適切であり、高く評価される。DEMO 炉を目指した研究が決して机上の議論に終わる事なく、LHD 実験をベースにして、研究を展開できることが本実施体制の良い点であると判断できる。

今後は、若手研究者を積極的にプロジェクトの中核として登用し、それぞれの分野を担う将来のリーダーとして育成することを期待する。(10名)

核融合炉のように大型で、かつ、長期にわたる研究開発では、次世代を実質的に担う若手研究者の確保と育成、研究継承が最も重要であろう。そのために、核融合科学研究所のスタッフとして定期的に優秀な若手の採用をする必要がある。人員の年齢構成や将来の人事計画は不明であるが、団塊の世代の定年時期に合わせて中長期的な視野に立ったスタッフ構成をしっかりと構築しておくのが良い。(1名)

- これまでに炉工学研究センターを中心とするリサーチマネジメントなど COE としての機能強化が着実に進展してきたところ、次期計画では従来のような縦割りではなく、更に研究を効率的かつ有機的に遂行できるよう炉設計を柱とする核融合工学の研究体制の強化が重要である。(1名)

- 現在は、組織内兼担により、組織内人員の連携強化と有効活用を図っているが、今後は、実際に計画を達成するために必要な設備の要求・人員の増強・優先的な資源の活用などが期待される。(1名)
- 核融合炉を実現するには、多岐にわたる研究テーマを一つにまとめ上げることが重要である。今までは炉工学研究センターが中心になって研究をまとめていたように考えられるが、今後の新体制ではどこがそれを担うかが明確ではない。
核融合研究は明らかに目的研究である。「①学術研究の個人の自由な発想に基づく研究のための体制を充実する。」という目標があると、研究者の意識から核融合炉実現という気持を奪い、大きく外れてしまうのではないかという心配が生じる。「①核融合炉の実現を目指して、学術研究の個人の自由な発想に基づく研究のための体制を充実する。」とした方がよいのではないだろうか？(1名)
- 核融合炉を実現しようとする多くの困難に遭遇する。しかし、そこには多くの解決すべき基礎的な課題が横たわっている。即ち基礎から学問的に解決して行かなければならない問題が沢山ある。プラズマ物理も、シミュレーションも、核融合工学も核融合炉あったらこそ大きな意味があるのであり、学術的にしっかりやらなければならないと思う。核融合炉実現の途中には多くの興味深い基礎的、学術的課題が横たわっており、そこに個人の自由な発想を生かそうと提案したい。必要(核融合炉)は発明(学術研究)の母であるからである。(1名)
- これまでの核融合科学研究所の実績は、超伝導、材料、ブランケットなどの分野で国際的な拠点にふさわしいので、今後ともそのことを明示して国際的にもアピールできる組織と役割にすることが望ましい。(1名)
- 安全管理センターがなくなることから、そこで行われてきた研究の継続性を考慮すべきである。(1名)
- 4 projects will start in the new organization for the 2nd Mid-term goals and plans. Matrix type governing system will be implemented aimed at joining forces of 2 Divisions at NIFS and 1 Division at Rokkasho. However, the manpower involved so far appears to be modest given the broad range of issues to be addressed within the framework of the FER projects. (1名)
- After reorganization of NIFS, fusion engineering research will become one out of four projects that are conducted via a matrix structure. The project will address both the needs of LHD maintenance and development (esp. the preparation of D-D-operation) and general fusion technology development. The keep-in-touch and cooperation with ITER-BA/Rokkasho is realized via the Rokkasho research center that will be associated to the department of helical fusion research; this change is clearly sensible. Conclusion: The changes implemented in the new organization of NIFS strengthen the role of engineering research in a project sense. It appears likely that the ambitious plans can be implanted in this structure. (1名)

- Four groups (three of them new) will implement the plans for fusion engineering research and development activities at NIFS:
 - (1) Device Engineering and Advanced Physics Research Division, within the new Department of Helical Plasma Research—This new division will apparently replace the currently existing Fusion and Advanced Technology Systems Division.
 - (2) Fusion Systems Research Division, also within the new Department of Helical Plasma Research—This division will focus on helical reactor design, materials, and plasma-wall interactions.
 - (3) Rokkasho Research Center, also within the new Department of Helical Plasma Research—This center will work with the Broader Approach project at Rokkasho, on the subjects of remote participation, virtual reality, helical reactor design, and numerical and material tests. The proposed staffing level of one person is too small for this purpose.
 - (4) Fusion Engineering Research—This will be one of the four new Projects, intended to be cross Cutting with the new Department of Helical Plasma Research.

Page 58 gives a brief summary of activities for each of the three fusion engineering-related divisions within the new Department of Helical Plasma Research. A similar summary is not provided for the Fusion Engineering Research Project.

Other observations concerning the proposed re-organization of the Institute are included in my review of Safety Management.

Incidentally, the presentation on Recent Activities in NIFS says that there will be three, rather than four, Projects (see pages 22 and 23).

I would also like to say that the presentation on Recent Activities in NIFS was a very good introduction to the following two presentations, on Fusion Engineering and on Safety Management. The research progress on LHD in high beta, high density, and long pulse length is especially impressive, and NIFS is to be commended for these outstanding achievements.

Finally, I very much appreciate that the presentation on Fusion Engineering to the External Peer Review Committee was structured so as to directly provide information concerning the charge questions that the Committee was asked to address. (1名)

2. 3 評価のまとめと提言

2. 3. 1 評価のまとめ

前節の項目別の意見を総括すると、以下のようにまとめられる。

1. これまでの研究の進め方とその成果

1) これまで進めてきた研究課題は適切であったか。

核融合工学研究について、炉工学研究センターが中心となって超伝導コイル、材料・ブランケット、トリチウム・安全、ヘリカル炉設計の分野において研究課題を適切に設定し、多くの優れた研究成果を上げてきた。特にヘリカル炉設計において、材料・ブランケット、トリチウム・安全の研究を主導し、熔融塩など液体増殖方式を用いた炉設計並びに構造材料及びブランケット材料に関する基盤研究を着実に進展させ、世界を先導する成果を上げたことは高く評価できる。このようにこれまで進めてきた研究課題は適切であり高く評価できる。

LHD 超伝導コイルシステムは運転稼働率も高く、信頼性も高い。サブクール冷却システム開発は世界的にも特筆すべき技術である。超流動冷却技術は日本は遅れているので、更なる技術確立が望まれる。超伝導コイルに対する放射線照射効果、絶縁材料の放射線損傷のテーマも極めて重要であり、中でも耐放射線 GFRP の試作成功は特筆できる。炉に向けての高温超伝導線材もとりあげるのがよい。間接冷却（伝導冷却）方式の基礎研究も意欲的に進められている。NbTi 伝導冷却型超伝導パルスマグネットを用いて瞬時電圧低下対策用の SMES（超伝導エネルギー貯蔵装置）を開発したことも高く評価できる。

低放射化材料の開発において、バナジウム合金のブランケット適応性に向けた研究の成果が上がっていると評価できる。増殖ブランケットの開発では、低放射化フェライト鋼の腐食特性研究に成果が上がっており評価できる。低放射化フェライト鋼と液体増殖材の共存性に関しても高く評価できる。

トリチウムに関して、非常に感度の良いトリチウム検出器を開発できたことは真摯に周辺住民に接していることの表れである。また、中性子の遮蔽解析等や DD 実験に関するトリチウム関連技術の開発を着々と進めているのは高く評価できる。

炉設計では、十分なトリチウム増殖率、長寿命のブランケットを持ち、中性子壁負荷を 1.5MW/m^2 に保つ商用炉の主半径は 16m 程度であることを示し、ヘリカル炉設計を大きく進歩させたことを高く評価する。高密度運転を核融合炉で実現するには熱的不安定点で運転する必要があるが、それを安定化する方法を見いだした。これらの炉設計活動が、炉の実現に現実味を与えたことは高く評価できる。

2) 1) の課題に対して、既存の施設は有効に活用され十分な研究成果が上がっているか。

所内にある既存の施設を有効利用することに加え、核融合工学研究に関わる数十の他大学・研究機関の研究室との共同研究を通して、他機関の設備や施設を有効利用してきた。このような設備・施設の有効利用のため、核融合科学研究所と他機関との共同研究の成果が格別に多く出されている。このような連携が円滑に行われてきているのは、核融合科学研究所の共同研究に国内のほとんどの研究者が参加していること、核融合炉工学ネットワークが連携を上手に支援しているからである。以上の点から、既存施設の有効利用により十分な研究成果が上がったといえ、高く評価できる。具体的には、およそ 25 名のスタッフで 2004-2009 年に 500 編余りの論文を公表し、核融合科学研究所、大学、日本原子力研究開発機構、及び海外の施設を活用して十分な研究成果を上げており高く評価できる。

LHD のために作られた施設は、現在でも ITER の超伝導コイル開発のために働いており、この活動を通して世界の超伝導コイル開発の拠点となることを期待する。しかしながら、大型超伝導コイルの研究開発では、これまで以上の評価設備が必要となるので、それらの財源などの確保が課題である。ブランケット工学に関しては、現在整備中の液体ブランケット関連の設備の充実に期待したい。

3) これまでの関連外部評価が反映されているか。

これまで、超伝導、材料・ブランケット、トリチウム安全について外部評価が実施された。核融合科学研究所では、いずれの指摘についても真摯に受け止め、かなりの努力や体制の見直しを図り改善してきた。炉工学研究センターの装置や施設の集約、研究スタッフの増員、日本原子力研究開発機構や ITER との連携強化、重水素放電に向けたトリチウム研究の格段の推進と安全技術の向上など、これまでの関連外部評価は十分に見直され、反映されているといえ、対応は高く評価できる。

大型超伝導導体開発で研究開発が総花的な印象を受けるので、将来を見据えた核融合炉用コイルの重点的な開発が望まれる。特に、核融合炉に向けて、高温超伝導導体の開発が期待される。LHD 装置での過冷却システムの安定な運転とその稼働率が高いことは、大いに評価できるが、機器の故障診断技術の確立が望まれる。IFMIF、ITER-TBM への大学の積極的な参加及び研究体制を構築し、日本原子力研究開発機構との具体的な連携と安全管理センターの取組は大変重要であり大いに評価できるので、今後も一層の努力を期待する。

4) 大学における核融合工学研究の COE としての役割を果たしてきたか。

核融合科学研究所では、超伝導マグネット、材料・ブランケット、トリチウム・安全及びヘリカル炉設計の核融合工学に関して、一般共同研究、LHD 計画共同研究に加え、平成 22 年からは双方向型共同研究において、国内の共同研究の舵取りをする予定である。毎年数十件の共同研究を実施している。核融合科学研究所は、国際的に

も日米、日韓、日中等との共同研究を拠点として実施しており、核融合工学において日米協力 JUPITER-II 計画や TITAN (Tritium, Irradiation and Thermofluid for America and Nippon) 計画の活動など材料・ブランケット分野で国際的な先導役を果たしている。核融合研究者のほとんどがメンバーとなっている核融合ネットワークでは、研究者同士の共同研究や情報交換の他、予算獲得についても支援してきている。このネットワークを核融合科学研究所が支援してきている。このようなことから、大学における核融合工学研究の COE として十分に役割を果たしているため、高く評価できる。

また、今後も大学との共同研究を進めることで COE としての役割を果たしていくことを期待するとともに、核融合工学研究の COE としての学術的体系化を見据え、核融合工学全体を網羅した形での研究推進を期待する。

2. 共同研究

1) 核融合工学研究に関して、共同研究体制は有効に機能しているか。

核融合科学研究所が実施している共同研究は、世界に類が無いほど充実している。広い範囲をカバーする一般共同研究、LHD 研究に役立つ LHD 計画共同研究、国内の小拠点の資源を有効利用する双方向型共同研究があり、年間 400 件以上の共同研究が実施されている。これらの共同研究は、核融合工学の様々な分野の研究の発展に貢献している。国内の研究レベルの向上に加え、若手研究者の育成にも貢献している。さらに双方向型共同研究として、核融合炉材料の中性子照射効果及び核融合トリチウムにおいて国内屈指の設備をもつセンターが平成 22 年度から新たに加わり、これら核融合工学分野の更なる研究の発展が期待される。このように共同研究体制は有効に機能しており、高く評価できる。

2) これまでの関連外部評価が反映されているか。

これまで共同研究体制の外部評価が複数回実施された。個別的な指摘も含め、数多くの指摘がされてきた。これらの意見に対して、共同研究が円滑に進むように常に適切に改善してきていることは高く評価される。また、ITER との連携や日本原子力研究開発機構との連携については、IFMIF を含む BA (幅広い活動) R&D への大学参画の体制作りを進めるとともに、その窓口となってきた。また、テストブランケットモジュール計画に関しても日本原子力研究開発機構に技術協力を行ってきており、これらのことは高く評価できる。

3. 今後の目標・計画

1) 目標達成に向けた課題設定と実施計画は適切か。

次期中期計画では、これまでの LHD プラズマの格段の進展に基づき、ヘリカル型原型炉に向けた学術体系の構築を目指している。このための重点課題は、LHD プラズマ性能の更なる向上、数値炉によるプラズマ・シミュレーションと設計の進展、核

融合工学の進展である。核融合工学として、超伝導コイル、ブランケット、トリチウム工学、低放射化材料などの要素技術を進展させ、優れたヘリカル炉の設計を目的としている。ヘリカル炉の特徴は、プラズマ生成が容易で、ディストラクションもなく、定常運転が自然にできるので、炉として魅力的である。一方、ヘリカル炉固有の問題は、連続コイルの保守管理、ブランケットを限られたスペースに設置しなければならない等であり、これらの課題にも取り組む必要がある。このように目標の設定と課題の抽出及びアプローチは適切であり、高く評価できる。

次期計画ではヘリカル炉設計を柱にして核融合工学研究をより推進することが重要である。共同研究についても今後は炉設計を中心に全日本体制でヘリカル炉のシステム設計を進めることが重要である。

また、ITER への貢献、特にパートナーとして他極の TBM に参加する方策を具体的に検討することも重要である。近い将来、実現されることが期待される IFMIF での主導的立場をとれるよう、国内外の材料研究分野をリードしていくことを期待する。液体ブランケットの開発に必要な設備等の充実を図ることにより、この分野の中核としての役割を果たしていくことも期待する。このように、広く炉工学技術の発展に供する研究を推進して行くことも重要で、世界の核融合炉工学分野の拠点となることを期待する。

これらの研究開発課題のかなりの部分は、トカマク型核融合炉実証炉研究開発計画とも重複するものであり、限られた資源を有効に活用するという観点から、トカマク型核融合炉開発計画との相補性やヘリカル型核融合炉開発計画の特異性などの観点から優先順位をつける必要が出てくる。

核融合工学では産業への応用の可能性ある技術が多い。共同研究の特色を活かし、関連基礎研究を深化するとともに他分野への波及効果を積極的に行うことが期待される。

2) 計画を達成するための実施体制は適切か。

実施体制として、工学に関するこれまでのセンター等を取りまとめ、一つのプロジェクトにする計画である。超伝導、トリチウム、プラズマ壁相互作用、材料とブランケットのグループが統合され、有機的な体制となる。再編に加え、これらの重点テーマに沿った共同研究を実施していくので、研究は格段に進展すると期待される。このように計画を達成するための実施体制は適切であるので、高く評価される。特に、大型ヘリカル研究部、炉工学研究センター及び安全管理センターに分散していた炉工学関連分野がまとまることは高く評価できる。

今後は、若手研究者を積極的にプロジェクトの中核として登用し、将来のリーダーとして育成することを期待する。核融合炉を実現するには、多岐にわたる研究テーマを一つにまとめ上げることが重要である。

2. 3. 2 提言

何れの評価項目においても多彩な意見が出され、また、高く評価するとの意見が多かった。これらの意見に基づき、提言内容を議論した。以下に提言を記す。

- (1) ヘリカル炉設計を軸に組織横断的に核融合工学研究を発展させていくことを期待する。この発展により、トカマク炉と比較しての長所、相補性、特徴などが明らかになり、炉の実現に貢献できる。
- (2) 核融合科学研究所が、先進ブランケット及び低放射化材料研究の国内拠点となり、国際的にも研究の主導的立場を確保することを期待する。
- (3) 核融合炉開発に向けた超伝導コイル研究の更なる推進を期待する。
- (4) 核融合炉研究プロジェクトを担う若手研究者を育成することを期待する。
- (5) 核融合科学研究所の進める核融合工学研究の発展が、ヘリカル型核融合炉実現のための学術体系の構築に大きく貢献することを期待する。

第3章 安全管理に関する評価

3. 1節では安全管理活動の経緯とこれまでの活動状況について（1）法人化後の安全管理体制の構築、（2）安全の監視と維持の体制、（3）日常的な安全確保と安全教育という3つの観点から述べる。3. 2節では第1章で掲げた項目に従って、各員から示された評価及びコメントを集約して記述する。3. 3節で評価のまとめと提言を述べる。

3. 1 安全管理活動の経緯とこれまでの活動状況

核融合科学研究所は、ビッグプロジェクトである大型ヘリカル装置を始めとする大小様々な研究設備を備えて共同研究を展開する全国大学共同利用機関であり、研究所内には所員、学生その他、国内外の共同研究者が研究に従事している。

核融合研究では極端条件の環境を作り出すため、大電力、高電圧、極低温、高圧ガス、放射線、重量物取り扱いなど、研究を遂行する上で必須となる様々な特殊設備や作業が存在し、法的な規制を受けるものも少なくない。また、最先端研究は常に新しい研究環境を生み出しており、そこに潜む危険因子は必ずしも全て予見できるとは限らない。加えて、研究所内には不特定多数の共同研究者が滞在し、それらの設備を利用することから、安全管理については一層の配慮が必要となり、研究所発足当時から安全環境の整備に力を注いできた。

平成16年度より、核融合科学研究所は文部科学省の直轄研究所から大学共同利用機関法人自然科学研究機構の一員となった。この法人化に対応して、職場における労働安全衛生の推進は人事院規則から労働安全衛生法の適用を受けて行うことになった。法人化に伴い6年間の中期目標・中期計画が定められたが、自然科学研究機構では、中期目標として「労働安全衛生法等、各種法令等に適合した安全管理・事故防止に努める」ことを明確に掲げた。そして中期計画の中では労働安全衛生法に則ったマニュアル整備や体制作りを掲げて、円滑な移行を推進した。

核融合科学研究所もこの趣旨を受け、研究所内の安全管理体制を見直し、規則を整備し、労働安全衛生法に準じた安全衛生管理を進める所内体制を構築した。具体的にはそれまでの安全管理センターが安全衛生に関する事項を全て監督する体制から、安全衛生を監視する「安全衛生委員会」と安全衛生を健全に維持する「安全衛生推進部」とを組織として明確に分離した体制へと移行した。これにより安全衛生に関するPDCA（企画、実行、評価、改善）サイクルを組織的に責任分担して継続的に行う体制となり、研究所の安全衛生環境を保つことになった。

現在の核融合科学研究所安全衛生管理体制は、労働安全衛生法に基づき所長が総括安全衛生管理者として総括管理し、その下に安全管理者、衛生管理者、産業医をおいてそれぞれが安全管理、衛生管理、健康管理を担当している。核融合科学研究所の場

合、法的には安全管理者を置く義務はないが、最初に述べたように研究所の中には、大電力、高電圧、極低温、高圧ガス、放射線、重量物取り扱いなど、様々な危険因子が存在し、法的な規制を受けるものも少なくない現状を踏まえ、安全管理に特段の注意を払うことが必要との判断からあえて設置し、法に準じた資格で選任している。これらに所長により指名された数名の安全衛生管理に経験を有する委員を加えて安全衛生委員会を組織し、月に一度会合を開いて所内の安全衛生環境が労働安全衛生法に沿って良好に維持されているかどうか監視している。委員会では、安全管理者、衛生管理者、産業医の行う定期巡視結果を基に所内の安全衛生管理状態を把握し、必要な改善を必要部署に指示している。このため、安全衛生委員会には後述の安全衛生推進部長が陪席している。

一方、現場の安全衛生環境を良好に維持する組織として、所長の下に安全衛生推進部が設置されている。安全衛生推進部は核融合科学研究所独自の組織であり、10の室から構成され、様々な危険因子に対して専門的に対応している。それらは、①環境安全管理室、②健康管理室、③防火・防災管理室、④放射線管理室、⑤電気設備・作業管理室、⑥機械設備管理室、⑦高圧ガス管理室、⑧危険物質管理室、⑨新規実験安全審査室、⑩安全ハンドブック作成室、の10室である。各室員は法的な資格を持つ者、現場の担当責任者などから構成されている。安全衛生推進部長は研究部職員から所長が指名するが、室員は研究部、管理部、技術部の関係部署に勤務する職員の中から安全衛生推進部長が選任している。すなわち安全衛生推進部は専従の職員を持つ独立した組織ではなく、研究所の全組織を横断して職員が兼務する形で構成されている。これは核融合科学研究所の安全衛生管理が特殊な分野にも至り、法的な手続きなども生ずることから、専門的な知識と事務処理のノウハウを持つ研究部、技術部、管理部の連携が必要となるからであるが、結果的に安全管理の責任を一つの部局に集中させず、全ての部局で安全意識の高揚を図ることに役立っている。また、縦割りで構成される各部局の合議の場としても機能しており、懸案事項が未処置のまま置かれることが避けられる。

各室では日常的な業務の遂行の他、安全衛生委員会からの指摘事項の改善にも当たっている。また、安全衛生推進部は独自の安全巡視を毎月行っており、書類上の取り扱いのみでなく現場の状況を自分の目で把握することで安全環境の改善に努めている。具体的には各室が輪番制で大型ヘリカル実験棟を主体に関連する設備などを視察している。安全衛生推進部においても毎月全ての室長が集まる会議を定例に設けており、安全衛生委員会の指摘に基づき、安全衛生水準の向上と労働災害防止を図っている。

労働安全衛生文化の向上のためには、所員や共同研究者の安全意識向上が第一である。このために核融合科学研究所では、所員に対する安全講習会を年度末に2回実施している。この講習会は安全衛生推進部が該当年度内の巡回結果等を取りまとめ、次年度の安全確保を目指して実施している。受講者に対しては確認書を取り、次年度の作業許可を与える形になっている。また、共同研究者に対しては随時共同研究所内世話人による安全教育を行っている。この教育に使用する基本テキストは、核融合科学

研究所が発行する「安全ハンドブック」に記載されており、所内世話人はこの内容に加え、共同研究を実施する設備固有の危険因子について説明を行った後、確認書をとる仕組みになっている。安全ハンドブックの内容を全て英訳した英語版も用意されており、外国人共同研究者に対しては英語版を基に所内世話人が安全教育を実施している。安全ハンドブックの内容は、安全衛生推進部安全ハンドブック作成室で常に最新の状況が反映されるよう毎年更新を行っている。

また、安全情報を所内外に発信することも共同利用機関として必要であり、核融合科学研究所は上記の安全管理者と衛生管理者による定期巡視結果を、指摘箇所を写真で具体的に明示した形でホームページに公開し、所外も含めて閲覧可能にしている。巡視では前回指摘事項に対する改善の有無を確認しており、その履歴もホームページ上で明らかにされている。このように安全情報を公開し、透明性を確保することは、核融合科学研究所の安全管理姿勢に緊張感を与えるとともに、共同研究者への安心感を与えるものとなっている。

核融合科学研究所には総合研究大学院大学の他、連携大学院院生や特別共同利用研究員などの学生も在籍しており、これらの学生に対する安全教育も所員と同じレベルで行われている。さらに危険因子に対して不慣れな新入生に対しては、20コマ程度の実験安全チュートリアルと称する講義を開講し、研究所内で遭遇する様々な危険因子に対応し、その種類、発生原理、取り扱い方法、などについて実習も含めて解説・指導している。この講義は対象とする学生の所属を問わない、シラバスには無い講義であるが、指導教員の協力を得て学生に出席を促し実施している。

外国人研究者へ危険性を知らせるため、研究所内の標識には英語で併記を行い、シンボルなどもなるべく国際的に共通するものを用いているが、外国人研究者にとっては、日本の安全文化が彼らの慣れているものとは異なる点も存在すると思われる。この点において、核融合に関する日米協力事業の傘下で、2年に一度安全の専門家が互いに相手国の実験設備を巡視し、危険性を指摘する安全査察制度は非常に有効である。平成19年に行われた米国側査察における指摘事項は、安全衛生推進部により改善が図られ、日米間に共通な安全な環境の実現に向けた進歩があった。これらの巡視結果は報告書として米国側から提出されているが、核融合科学研究所では安全管理者の巡視と同じく、その内容をホームページに掲載し、その後の改善も含めて公開している。

平成16年度から開始されたこのような安全管理体制は、所員はもとより国内外の共同研究者や学生を含めた安全衛生環境を良好に保つ上で、現在まで良く機能しており、大学共同利用機関法人として核融合科学研究所の労働安全衛生環境の水準を維持する責任を果たしている。その結果は、この6年間で所員の関与する事故は物損事故1件のみであり、現在は無事故の状態が続いていることに現れている。

3. 2 項目別の評価

1. これまでの安全管理と実績

Management system and performance

1) 法人化に伴い適用法令が人事院規則から労働安全衛生法に代わったことに対応した体制になっているか。また、機能しているか。(安全衛生委員会設置とその活動)

Does our safety-management system respond properly to a shift in relevant law from the National Personnel Authority Regulations to the Industrial Safety and Health Law according to the reorganization of the national universities as corporation? (Please note the role of the Safety and Health Committee and its activities.)

総合的に高く評価できる。以下に個別評価とコメントを記す。

- 核融合科学研究所は、法人化に伴い適用法令が人事院規則から労働安全衛生法に代わったことに対応した体制として、安全管理センターによる一括監督体制から安全衛生委員会に代表される安全の監視組織と安全衛生を健全に維持する安全衛生推進部の2つの分離した独立組織を構築した。この体制は適用法令に適切に対応しており、高く評価できる。(8名)
- これまでの人事院規則より、厳格なチェック体制が敷かれることになった。安全衛生を監視する組織として、ラインから独立した安全衛生委員会と統括安全衛生管理者(所長兼務)、安全衛生を健全に維持する組織として、安全衛生推進部が担当するという2組織に分離した実施体制は、労働安全衛生の遂行にとって有効に働いている。監視組織からの指摘事項対応や事故等の予防推進に向けた研究所側の安全管理システムとしての安全衛生推進部は適切な体制と言える。安全衛生委員会の1回/月の定期開催・安全巡視・改善勧告・安全管理状況の公開等により、安全管理は有効に機能している。このことは、法人化以降、所員が関与する人身事故が皆無であることよりも証明されており、高く評価できる。(6名)
- 核融合科学研究所は、大電力、高電圧、極低温、高圧ガス、放射線及び重量物取り扱い等の広範なリスクが存在しており、法的規制を受けるものも少なくなく、それぞれに専任の安全管理者を置き、安全管理を図っている。安全の監視組織と安全衛生を健全に維持する組織による安全管理は十分機能しており、高く評価できる。(5名)
- この様な体制で最も問題となるのは、組織・体制を構築しても実際にこの組織・体制が実働するかである。この点に関して安全衛生委員会での報告及び改善勧告が出されると、その後の動向についても厳格に追跡されるシステムを採用している。この点は高く評価できる。(1名)
- 研究系・技術系、事務系職員が兼務し、現場に直結した安全の推進は、効率的で

あるとともに、安全意識の向上にも適切なシステムとして評価できる。一方、一部の職員にとって、兼務が、過大な負担とならないような適切な対応が必要である。

(1名)

- 現体制で、安全が確保されてきたという事実から特段の問題はないと考えられるが、安全衛生委員会による安全衛生推進部の内部監査システムをより有効にする目的で安全衛生委員会をラインから切り離す運用も一つのオプションとして想定しうる。(1名)
- By reviewing “Safety Management Activity Report” of NIFS in 2009, and its presentation during External Peer Review Meeting, it is clearly documented that new requirements and mandate on Safety Management are established and implemented according to new statute of NIFS as a legal standing of Corporation from previous governmental educational institute. The major shift of Safety Management is due to changes in applicable law to the “Industrial Safety and Health Act” and in supervisory body to Labor Standard Office. It would have been very significant changes in management and administration to the existing institute with long history for safety issues. However, NIFS did indeed very efficiently and effectively respond, so that the safety record of previous periods has been excelled with new system. The safety record also shows the proper handling of risks and safety issues by NIFS, and especially the Safety and Health Committee with proper and responsive manners to the new environment during review period. I would like compliment NIFS’ effort to keep institute safe and healthy, and at same time productive in research, during very challenging time of changes. (1名)
- The status of the Japanese national university system, including national institutes such as NIFS, changed in 2004 to that of an independent administrative agency. At that time, NIFS became a member of the National Institutes of Natural Science, an inter-university research institute corporation. Consequently, as explained in the Safety Management presentation, the safety regulations at NIFS shifted to become regulated by the Industrial Safety and Health Act. This required that positions be designated for Safety Officer, a Health Officer, and an Industrial Physician; NIFS has done so. It also required that a Safety and Health Committee be set up; NIFS did so, by re-organizing a pre-existent Safety Committee. Therefore, the Institute has correctly responded to the shift in safety management laws.

In accordance with Japanese law, the NIFS Director-General is required to function as the General Safety and Health Supervisor. Thus, he is personally in charge of the Safety and Health Committee. Also, the head of the Division for Safety and Health Promotion reports directly to him.

At previous annual international meetings of the External Peer Review Committee (since its inception in January 2005), there has only been one presentation on the subject of safety management. It was given at the December 2005 meeting, and its subject was the Safety and Environmental Research Center (SERC). According to this talk, SERC consisted of two divisions: (1) Safety, Health and Environment Committee, with two managers, one for safety and another for health and environment, and (2) a Promoting Safety, Health and Environment group, with a director for radiation protection, safety inspections for experiments, and safety handbook, and with a supervisor and staff members for high-pressure gases, hazardous materials, and electrical equipment. SERC members were described as contributing to the SH&E effort at NIFS by being members of the ten divisions under the Head for Promoting Safety, Health, and Environment. (In the December 2009 talk, the “Head for Promoting Safety, Health, and Environment” is renamed “Division for Health and Safety Promotion.”)

The December 2005 SERC talk showed an organization chart for Safety, Health, and Environment (SH&E) that is exactly the same as the one shown in the December 2009 Safety Management talk. However, in the December 2009 presentation, the functions and activities of the SERC that were described in the December 2005 talk are now largely attributed to the Safety and Health Committee and to the Division for Health and Safety Management. A function that apparently did not transfer is publications at conferences and in journals. The SERC also carried out some research and developmental work on monitors.

The Safety and Health Committee has three regular staff members. The other members of this committee are drawn from the pool of scientific, technical, and administrative staff of the Institute. The three regular staff members are a Safety Officer, who carries out monthly inspections of the buildings (especially the research-related buildings), a Health Officer, who inspects the buildings on a weekly basis; and an Industrial Physician, who performs monthly inspections. The results from the inspections by the Safety Officer, the Health Officer, and the Industrial Physician are posted on the NIFS web site and can be openly accessed not only by all Institute personnel, but also by the general public. (It would be interesting to know how many “hits” on this web site come from outside the Institute.) This practice is commended for the purposes of transparency and community reassurance. (1名)

- The institute has properly reacted on the change of its legal status. The safety management is based on two entities, the “safety and health committee” (SHC, supervision) and the “division for health and safety promotion” (DHSP,

execution). This is a reasonable structure since supervision and execution of safety and health measures are clearly separated (“four-eye-principle”). The SHC is chaired by the general safety and health supervisor who reports directly to the director general (DG) of NIFS. The director general is responsible for the implementation of measures via the DHSP. The SHC performs regular inspections of laboratory spaces and office buildings with safety and health officers. The so obtained information is collected and evaluated by the SHC and reported to the DG. This seems to be a clear cut and efficient way to ensure the information flow to the DG and to guarantee the immediate implementation of recommended measures. Especially useful is the high level of transparency of the information, which increases the confidence in the safety management and keeps the safety and health standards up.

Conclusion: I have the impression that the safety management structure is appropriate with well defined interfaces and responsibilities. (1名)

2) 安全環境整備のため設置した安全衛生推進部は機能を果たしているか。(環境安全管理室や健康管理室など、10室で構成する組織は適切か。)

Does the Division for Health and Safety Promotion function properly to ensure safe environment? (Is the structure adequate and appropriate, which consists of 10 offices such as the Environmental Safety Control Office, the Health Control Office and so on?)

総合的に高く評価できる。以下に広義の意味での衛生管理に関わるコメント等を記す。

- 核融合科学研究所での多様な安全関連業務には、適切なレベルでの専門性を持って対応する必要がある。安全衛生推進部は、環境安全管理室を初めとする健康管理室、防火・防災管理室、放射線管理室、電気設備・作業管理室、機械設備管理室、高圧ガス管理室、危険物質管理室、新規実験安全審査室及び安全ハンドブック作成室の10室で安全に関わる日常監視業務及び安全教育業務を分担して行っている。これらの業務はややもすると専従の人のみの関心事となる可能性があるが、核融合科学研究所では全職員が関わる形で実施しており、安全に関わる職員全体の意識高揚にも重要な役割を果たしていると考えられる。この点は高く評価できる。(7名)
- 10室にはそれぞれ法的有資格者、現場の責任者が配置されており、その上で所内の全組織を横断する組織運営を実践した点は全所員に安全管理の精神を実感させる点で極めて有意義な試みとして高く評価できる。これまで、ほとんど事故が起きていないことから、安全環境整備に非常に有効に機能していると判断できる。毎月の安全巡視の際にはカメラ等で具体的な指摘事項を記録として保存・公開するなど

しておりこの試みも安全管理の徹底という点で高く評価できる。指摘事項に対する措置に対しても写真にとり記録を保存するなどして、巡視活動を徹底することが重要と思われる。（4名）

- 安全衛生推進部の下で、規定や法令対象毎に室を設けており、分かり易い組織となっている上、その機能も適正に発揮されている。特に、実験装置であるという特徴から、新しい装置の付加などが頻繁にあることが予想され、そのような場合に不安全事故が発生し易いことが知られているが、「新規実験安全審査室」を設け、レビュープロセスを実施することで新規案件につきものの不安全事故の未然防止を実践している点は、高く評価できる。（1名）
- 本組織に属し、実際の業務をうまくこなす人材の確保も重要な要素であるが、資格が必要な役割などに対しては、講習会の実施やサポート、資格取得の推奨を行い、人材育成をされ、さらに職員の業務内容に合わせて適材適所に配置するよう工夫されており、評価できる。（1名）
- 概ね高く評価できるが、10室構成が最適かどうかは判断が難しい。例えば10室すべての部屋の人手や活動比重は同じではないと思われる。今後の検討事項であろう。例えば優先度は研究所の持つ潜在的な危険度で決まると思われるが状況に応じた柔軟な体制の構築を期待する。（2名）
- 10室の構成として縦割りを採用している点については、効率性から十分に理解できる。幾つかの室にまたがって安全を確保すべき案件が発生した場合に対して、環境安全管理室が中心となり縦割りの弊害が出ないように、情報共有の工夫している点は引き続き期待したい。（1名）
- 委託業者等による事故は、本来、研究所の責任ではないが、外部や社会の目からは、研究所の事故の一部と見られる事もあり、委託業者等の研究所で作業する業者の安全教育についても、可能な範囲でより充実していくことが望まれる。特に、複数業者が入ってきたような場合には、それぞれの室間での情報共有の仕方や対象の異なる同室内作業業者間の調整をどうするかなど、実際に即した対応については安全衛生推進部長の機能も安全確保には重要になることが想像される。これまで、事故がなかったことで、安全に対する意識が薄まらないように、意識の向上にもつながる防災訓練等を引き続き定期的に持つようにしていただくとともに、「ヒヤリハット活動」のような事故未満の事象を所内で共有する機会を持ち、KYT（危険予知訓練）等に取り込む事により、安全推進活動の一層の充実を希望したい。（2名）
- 今回の安全評価の範囲外かもしれないが、メンタルヘルスも安全衛生推進部の所掌ということであればこの観点から、ハラスメントに対する相談窓口などの整備も、一層の充実を希望する。（1名）
- 機械設備管理室に関して、クレーン以外に管理すべき機械設備がないのであれば、クレーン設備管理室としたほうが、分かりやすい。（1名）
- The document role and mission of the Division for Health and Safety Promotion is to keep the working environment safe and healthy and improve the

subjects charged from the Safety and Health Committee, with proper application of laws and rules. The Safety Management Activity Report of NIFS in 2009 showed the activities of ten Offices within the Division with very effective execution. The results of each office showed proper function and met expected role. Couple of recommendations that I would propose, is that the efficient IT technology such as RFID system to improve hazardous material control. And the Division name with “Promotion” could be misled to the Foreign visitors and students, so that word with compulsory nature would be more proper. (In Kanji, it is clear, however.) (1名)

- The Division for Health and Safety Promotion maintains a safe and healthy working environment in accordance with rules corresponding to relevant laws. It also implements improvements recommended by the Safety and Health Committee. The Division has ten offices, which appear to cover the gamut of health and safety issues. Hence its structure would seem to be both adequate and appropriate.

The Division for Health and Safety Promotion is commended for having been quick to take adequate measures to combat the spread of H1N1 influenza, a sudden new worldwide development in 2009.

The Institute has needed to field its own in-house fire fighting team, since the Toki City fire department is too small to be able to deal with the specialized type of fires that might occur in research laboratories.

The measures taken to monitor and control radiation are quite extensive. This function of the Division for Health and Safety Promotion should be very helpful in reassuring the neighboring communities concerning the adequacy of safety protections for conducting deuterium experiments.

The Division for Health and Safety Promotion has a total of 117 staff members spread among its ten divisions. (Some staff members may, of course, serve on more than one division.) All of the staff members of the ten divisions of the Division for Health and Safety Promotion appear to be seconded from the overall pool of scientific, technical, and administrative staff of the Institute. This approach has the advantage of fostering widespread knowledge of and responsibility for safety management throughout the Institute. The downside is that it could be a burden for these persons to perform their regular jobs and, in addition, to serve in divisions of the Division for Health and Safety Promotion. With the advent of the deuterium experiments, this additional workload might need to be re-considered. It is commendable that NIFS plans to enlarge the Radiation Control Office of the Division of Safety and Health Promotion by adding more full-time staff when the deuterium experiments begin.

Note that the names of the various departments and divisions are variously rendered in English translation. The name “Division for Health and Safety Promotion” is used on pages 5 and 6 of the presentation, whereas on page 30 the name “Safety and Health Promotion Division” is used. Although this is a very minor point, it would be helpful to have standardized names. (1名)

- The DHSP consists of 10 offices with different responsibilities, covering all relevant safety and health topics. The offices recruit their man power mostly part time from the institute’s staff. In that sense, the DHSP is rather an organizational structure than a real entity in the NIFS. This is, however, an appropriate way to organize the different tasks related to safety and health improvement as requested by the DG. Consequently, the different tasks seem to be efficiently pursued by the (usually experienced) researchers, engineers and administrators. In fact I’m very much impressed by the professionalism and systematic approach of the different offices of the DHSP. On the long run, especially when the LHD becomes a nuclear facility, it might become necessary to recruit also full time personnel for the DHSP.

Conclusion: The division for health and safety promotion has an adequate structure and is highly professional on the working level. (1名)

3) 大学院生(所内)に対する安全教育を適切に行っているか。

Do we provide safety education for in-house students adequately and appropriately?

総合的に高く評価できる。以下に個別評価とコメントを記す。

- 大学院生に対する教育として、「実験安全チュートリアル」と題する安全教育の講義を開催し非常に内容の充実した安全教育を授業に取り入れていることは、学生に安全意識を持たせる上で、また、実際に実験を行う場合の安全に非常に有効な手段であり、特筆に値し、高く評価できる。(4名)
- 大学院生に対して極めて密度の濃い安全教育を実践している点は高く評価できる。教育課程に実践コースが併設されており、この試みにより学生は具体的な安全確保や危険がどこに潜んでいるかを具体的に知ることができ、高く評価できる。(2名)
- チュートリアルとして放射線、電気、危険物の3種について、平成19年度、20年度それぞれで36時間の安全講習会の実施した実績も高く評価でき、今後もこのペースを維持されることを期待する。(1名)
- 概ね高く評価できるが以下の点を考慮してはどうか。安全教育後にテストを行った方がよいのではないか？安全教育に単位を与えるなどして学生の意識をさらに

高めることが大切ではないか？基礎コース、実践コースなどに分類することにより非実験系の院生に対しても安全に対する基礎教育を徹底してはどうか？導入教育として、安全に関する最小限のものは、入学後すぐに、集中的に実施してはどうか？
(4名)

- In the Report and by inspecting the Safety Handbook, I acknowledge NIFS for very well prepared documentations and educational effort to guide in-house students for their safety and mitigate possible risks. (1名)
- The Division of Health and Safety Promotion holds lectures about general safety procedures twice at the end of each fiscal year. Attendance at these lectures is mandatory for renewal of permission to work. NIFS staff members (including students), contractors, and collaborators must all attend these lectures.

For new students, 36 hours of lectures on various risks encountered in laboratories are provided. Theory students must also take lectures on safety, although not as many as experimental students. (1名)

- There is a safety handbook handed out that is updated on a regular basis by the “safety handbook publishing office”. A general safety lecture is conducted for all employees including the students. New students have to pass a course of lectures on radiation, electricity, lasers, hazardous materials, high pressure gas. This seems to be most appropriate and carefully done.

Conclusion: The safety education for in house students is fully appropriate. (1名)

2. 大学共同利用機関として安全管理・教育を適切に行っているか。

Safety performance as an inter-university research institute

1) 所外共同研究者（大学院生を含む。）に対する配慮を行っているか。

Are the visiting co-researchers including the graduate students educated and managed their safety adequately and appropriately?

総合的に高く評価できる。以下に個別評価とコメントを記す。

- 毎年1回、所員や来所頻度が低い共同研究者あるいは作業者に対する安全講習を実施しており、さらに来所頻度の少ない共同研究者については所内世話人が個別に現場における安全教育を実施している。毎年適正に実施されている上、実作業実施の前提条件として実施している点は、高く評価できる。(6名)
- 前項において述べたように、安全管理・教育においては、核融合科学研究所で作成した「安全ハンドブック」を用いて実施しており、所外の共同研究者にも十分に配慮している。通常1回の教育ではなかなか全ての事項に関して熟知するのは困難

であるが、これを補足するためにも「安全ハンドブック」の作成は安全管理を徹底する上でまた施設・設備等の安全に関わる内容の周知を図る上で重要な役割をなすものであり、この点は高く評価できる。(6名)

- 安全ハンドブックに基づく所外共同研究者への安全管理・教育においては、世話人の方が、安全環境について追加説明を行った上で、作業安全確認書のチェック及び作業安全確認書受領書への署名をとることは、共同研究者であることに十分な配慮をした行為であり、共同研究者の安全を守る上で適切であるとして、高く評価できる。(3名)
- 安全ハンドブックの15章に、『作業安全教育テキスト』として6ページからなる必要最低限の安全教育内容が示されている。来所頻度の異なる共同研究者に一律の充実した安全教育を実施することは効率が悪いので、上記の必要最低限の安全教育に加えて、必要に応じて更なる安全教育を行う方法が採られているが、実用上適切な対応である。(1名)
- 過去の事故例によると請負業者の作業が決して安全に注意して実施されていないことが示されており、そうした事故が安全ハンドブック、安全講習の徹底につながっていると報告されている。プロを自負する出入りの業者の作業全般を監督することは大変であるが、作業者集団全体に対して所としての安全の考え方を繰り返し周知することにより安全を確保していくことをお願いしたい。その意味でも安全教育後にテストを行った方がよいのではないかと(大学院生に限らず職員、共同研究者、請負業者も含む)。(2名)
- For same as in-house student case, the NIFS provided visiting researchers and graduate students with well-prepared documentations, comprehensive safety lectures, and proper check sheet for safety education. It is also noted that the “Radiation Safety Control” effort for co-researchers is implemented so that safe and healthy experimental environment could be provided for visitors. (1名)
- Collaborating researchers (including students) must attend the Division of Health and Safety Promotion lecture about general safety procedures before they are permitted to begin work in any laboratory area with potential risk. Also, collaborating researchers must be registered before being granted access (via card keys) to radiation-controlled areas. (1名)
- It is of utmost importance to implement adequate safety structures that are able to handle a large number of collaborators from various different universities. The above discussed structures and procedures seem to be well positioned to deal with this challenge. To my impression, there are sufficiently strict rules and careful instructions for visiting co-researchers implemented.

Conclusion: The safety education and safety rules are adequate for visiting co-researchers and should provide a high level of confidence. (1名)

2) 外国人研究者に対する配慮を行っているか。

Are the foreign co-researches provided safe environment?

総合的に高く評価できる。以下に個別評価とコメントを記す。

- 「安全ハンドブック」は英語版も作成されており、これは言語の相違を乗り越えるためにも重要なものとなる。また、日米の間では安全に関する相互査察が実施されており、文化の違い等を乗り越える上で重要な事業となっている。加えて、所内の標記を外国人研究者向けに英語標記も行っており、これらは高く評価できる。(7名)
- 外国人研究者に対する導入時の安全教育、英語による表示、英語による安全ハンドブックなど充実しており、外国人研究者に対する配慮は非常に高いレベルに有ると言える。緊急放送についても、英語のバージョンが用意され、かつ、英語の堪能なスタッフがそろっているということで世界のトップレベルの研究所として適切と言え、高く評価できる。また、日米協力による相互の安全査察も有効に機能し、安全意識の高揚とともに安全予防策の充実に大いに役立っている。今後も継続して実施していただきたい。(6名)
- 海外の安全対策に関する情報集めも検討し、また英語を母国語とする安全のプロに用語等が正しく使われているか見てもらえれば更に改善されると思う。今後は留学生のみを対象とした英語での安全教育の実施が望まれる。(3名)
- It is recognized that the NIFS prepared English version of the Safety Handbook, Warning Signs for safety, and Work Safety Check Sheet, to provide safe and healthy working environment for foreign co-researchers and visitors. For foreign co-researchers, the care-taker provides safety education before start of collaboration so that the safety and health issues of different cultural background and rules could be minimized. It is also acknowledged that US-Japan cooperation to improve safety of personnel exchange program, is very well planned and useful so it could be very beneficial to implement NIFS' safety management program for foreign visitors and co-researchers. (1名)
- International scientific collaborators who will work in laboratory areas with potential risk are required to attend a lecture on safety and sign a statement after the lecture. The training in safety procedures is done in English. The Japanese staff member who is the host for each foreign co-researcher is responsible for such training. Warning signs are in both Japanese and English. It would be helpful if public announcements about safety were also bilingual. The NIFS Safety Handbook is published in English as well as Japanese. However, I was unable to find the English version of the Safety Handbook posted on the Division for Health and Safety Promotion website—which, by the

way, is entirely in Japanese and therefore inaccessible to most foreign co-researchers.

Following the unfortunate accident suffered by a Japanese scientist at a US national laboratory in 1992, a US-Japan Joint Working Group for Safety Inspection was established, and a safety monitoring tour is held alternately in the two countries every other year. This activity is very valuable to ensure safety for visiting co-researchers in both countries. At NIFS, the Division for Safety and Health Promotion has the responsibility to address the recommendations that result from these joint safety tours. (1名)

- Most important for foreign co-researchers is to overcome the language barrier. Each foreign co-researcher at NIFS has a caretaker who carries out the safety education in English language. Also warning signs and the NIFS Safety Handbook are provided in English. Hence one can expect for the foreign co-researchers the same level of safety as for the national ones. It is also a good measure to have an exchange on safety issues with the US-collaborators on a regular level.

Conclusion: Also for foreign co-researchers the same high safety level is provided. (1名)

3. 将来計画に対応した安全管理計画は適切か。

Future plan

1) 平成 22 年度からの組織に対応した安全管理体制となっているか。

Is our safety-management system well-prepared for the reorganization of research division in 2010?

総合的に概ね高く評価できる。以下に個別評価とコメントを記す。

- 重水素実験以前の安全管理体制として、前述の安全衛生委員会と統括安全衛生管理者、安全衛生推進部という 2 組織に分離した実施体制の継続について、これまでの実績を考えた時、平成 22 年度からの組織にも対応した安全管理体制として適正であると評価できる。安全管理センターについては、構成員のレベルで見た時、安全衛生推進部の業務を遂行しているとのことから廃止するとの提案についても、適正である。重水素実験に備えて、地域住民の安全第一、所員の安全確保を柱として信頼と安心を獲得する方針は高く評価できるし、机上の方針でなくこれまでの安全管理活動の実践に基づくものであり高く評価する。特に放射線管理に関して所長とは独立して安全委員会、安全監視委員会を設置するなど透明性と公開性に富んだ試みとして、高く評価できる。(6名)
- 通常の安全衛生管理については、これまでのシステムが有効に機能していること

から、現状の所の方針として、大きな変更の必要がないとの判断は適切であり、次年度以降から予定されている重水素放電に対する対策に重点をおいた安全強化の計画は、高く評価できる。(5名)

- 重水素実験に備え、放射線管理室の体制を強化される方針は望ましいものと考えられる。特に、職員の兼務ではなく、専任者を設置することは重要な対策であると思われる。さらに、第三者による安全監視委員会の設置を行い、監視体制も強化されることは良い方針である。以上、今後の安全管理体制の計画は、高く評価できる(6名)
- 安全に関する業務が安全衛生推進部に一元化され、所長の傘下に入らない新たな組織として「安全委員会」が設置されているが、この委員会は重水素実験の実施に対して強い権限を持ち、放射線管理室の上位に位置付けられている。このような体制の構築は妥当であるが、当該委員会のメンバーが全て所内の人である点に対しては、当該委員会の独立性を担保する措置(例えば機構長からの任命など)が望まれる。この種の委員会が重要な役割を果たすのは、異常時の時であり、状況分析や対策の立案並びに情報公開において客観性を持たせるために第三者が加わる事も必要かと思う。安全委員会と安全監視委員会の相互の関係、位置づけは活動報告書(p.55 図4.4.2-1)ではやや不明な点があり異常時の対応に関しても記述の細部を改善されることを希望する。(6名)
- 現在までの安全衛生に対する体制、機能、さらに今後の計画は非常に高く評価できるが、100%事故が絶対に起こらないという安全管理はないので、今後も何事が起こっても迅速かつ的確に対応ができる検討を続けられることを強く希望する。また、安全衛生に関する有資格者の確保など安全管理面での人材の育成、継承という観点も重要であり、努力を継続されることを希望する。(2名)
- 研究者にとっては、研究時間をどの程度安全に費やすのか。今後の運営に期待する。(1名)
- As the first year of the second six-year mid-term plan, it is reported that the reorganization of research group to meet new research program to be implemented. It is noted that the organization of safety and health management is almost intact except for strengthening radiation safety for upcoming D-D experiments in LHD. I believe that it is very prudent approach to keep well functioning organization to manage properly without unnecessary disturbance. Also, it is very good to hear that the D-D experiment is soon to be executed, with proper preparation of safety management especially in the area of radiation safety. It is recommended that the previously existing role of "Safety and Environmental Research Center" needs to be clearly inherited by new organizational components so that the changes of new safety management system to be completely documented. (1名)
- A major internal re-organization of NIFS is planned for 2010. The

Department of Administration and the Department of Engineering and Technical Services will remain unchanged. The Safety and Environmental Research Center will be dissolved, as mentioned above. The Department of Large Helical Device Project, the Department of Simulation Science, the Coordination Research Center, and the Fusion Engineering Research Center will be unified into one research department, to be called the Department of Helical Fusion Research. In addition, four large-scale Projects will be established, which will cut across the research divisions of the Department of Helical Fusion Research.

Within the proposed re-organization, NIFS plans only a few changes in its safety management system.

- The first change is a slight restructuring of the internal organization of the Radiation Control Office (now to be called the Radiation Protection Section), as shown in the organization chart on page 47 of the presentation.
- The Safety and Environmental Research Center will be dissolved. The reason given for doing so is that the current efforts of this center are mainly focused on tritium measurements and removal, and that these efforts will be moved to the Department of Helical Fusion Research. It would be helpful to know exactly which division (or divisions) within the Department of Helical Fusion Research will now be responsible for handling these efforts. The Division for Safety and Health Promotion will handle the consultation function of the Safety and Environmental Research Center.
- The Safety Committee and the Safety Monitoring Commission (shown on the top left-hand side on page 47) will be independent groups of in-house experts and community participants. Their functions and their places in the NIFS organizational structure need to be clarified in the future.

In both the current structure of the NIFS safety management system and also the re-organized structure, there are the positions of Safety Technical Manager and Radiation Protection Supervisor. It is not clear why these positions are separate from the Division for Health and Safety Promotion.

For the research division, the planned re-organization is indeed a very significant change. Here, I offer some observations:

- In the new organization, the Department of Simulation Science and the Theory and Data Analysis Division of the Department of Large Helical Device Project would be merged into two new divisions—the Fusion Theory

and Simulation Research Division and the General Physics Theory and Simulation Research Division—both within the Department of Helical Fusion Research. The External Peer Review Committee had previously considered a merger of the two theory groups at its first-ever meeting in January 2005. There were arguments for and against such a merger, and I will not repeat them here. An argument for putting the merged theory/simulation effort within the new Department of Helical Fusion Research might be that this would facilitate theory interactions with experiment. However, I also point out that demoting the status of the area of simulation research from that of a department to that of a division within a department could be viewed as unfortunate, since Simulation Science is one of the three areas for which the Institute received from MEXT an evaluation ranking of “Excellent” for the mid-term plan 2004-2009. On the other hand, Numerical Experiment Research will be one of the four crosscutting new Projects of NIFS in the proposed re-organization, which could help preserve its eminence.

- In the Safety Management presentation (page 46), it is said that two research departments and two research centers are being combined into one research department. However, it looks like the two research centers (Fusion Engineering Research Center and Coordination Research Center) are actually being converted into Projects, to judge from their names.
- Re-organizing the research efforts of the Institute into a single unified department (with seven divisions) in parallel with four crosscutting projects appears to be a movement to a so-called matrix style of management. General Atomics, for example, has used the matrix management system effectively. A difference, however, is that the General Atomics system has crosscutting task forces (in addition to its physics groups), where the task forces are aimed at specific projects of focused scope and limited lifetime. The General Atomics task forces change every few years, depending on what are the currently hot topics of research. In contrast, the proposed NIFS Projects appear to be rather large in scope and long-lived in nature, almost similar to additional research divisions.
- With matrix management, it is essential to clarify the lines of authority—for example, who the real boss of experimental research would be, the leader of the Large Helical Device Research Project or the director of the Department of Helical Fusion Research. (1名)
- I see no reason why the present safety management system as implement should not provide the same service and the same safety level also under the

new structure of the organization of NIFS.

Conclusion: The safety-management should have no problems with a re-organized structure of NIFS. (1名)

2) 重水素実験時の安全管理計画は適切か。

Are our plans for safety control while conducting deuterium experiments adequate and appropriate?

総合的な評価としては適切と判断できる。以下に個別評価とコメントを記す。

- 重水素実験時の安全管理体制として、前述の安全衛生委員会と統括安全衛生管理者、安全衛生推進部という2組織に分離した実施体制を継続しつつ、放射線安全について補強するという方針については、適切である。さらに重水素放電時のトリチウム管理について、放射線管理室の人員増強や安全管理センターの一部を取り込んだ体制で、強化することは適切であり、評価できる。(5名)
- 安全に関する基本的な考え方や具体的な対応は練られていると考える。徹底した放射線監視と地域住民への公開、説明などのプロセスも重要なものとする。以上、重水素実験時の安全管理計画は適切で、高く評価できる。(5名)
- DD 実験時の放射線管理は総合監視システム、放射線教育及び訓練、環境放射線計測から構成されており、各々適切に管理されることが確信される。またトリチウム管理は真空排気ガス管理、真空容器パージ時のガス管理、ドレイン水管理から構成され各々数値目標が適切に設定されており、高く評価できる。(1名)
- 重水素実験が開始されれば、少ないとは言え、中性子やトリチウムの発生が起こる。この様な放射線や放射性物質の安全管理は大型装置では特に困難な業務となる事が予測される。特に、トリチウムについては散逸性が高く、検出が困難な放射性物質である。すなわち、一旦大型装置の外に出てしまうとその追跡が極めて困難となる。この様な予測の元で、安全衛生推進部には放射線管理室が設けられ、その中で細かく責任者が割り振られる組織となっている。この様な実施体制は評価できるが、研究者自身はもちろんであるが、管理の実効性を上げるために責任者となる人々の経験や教育訓練が重要となる事を踏まえるべきである。(1名)
- 今後、放射線障害防止法に基づく施設として申請が行われると思われるが、中性子の漏洩、中性子による機器や空気の放射化、トリチウムの貯蔵、空調による負圧管理、核燃料施設の扱いとなる中性子計測用フィッシュンチェンバー、管理区域の設定等、管理すべき対象が数多くなることが予想される。その時には、法律で規定された放射線管理のための独立した組織体が必要になるように思う。また事故やトラブルの場合の、防護活動要領の作成においては、研究系組織と安全組織とが密に結合して活動することが要請されるので、そのような緊急時対応のとり易い体制になっているかどうか重要なポイントである。以上のような観点で安全管理計画の

詳細化を今後実施していくことが期待される。(1名)

- 第三者による安全監視委員会の設置・放射線管理室の体制の拡充増強・トリチウム管理・放射線教育の拡充・環境モニター増強等適切に計画されていると思う。高性能の炉心プラズマを作れば、トリチウムや放射性物質の生成が増えるのであり、『デモ炉設計の学術基盤の構築』と例えば『真空容器内に留まるトリチウム量は、全量が放出されても規制値を超えない量とする』という安全計画を両立させて実施されることを期待する。(1名)

- As I reviewed NIFS for previous six-years, it is now imminent to start the D-D Experiment is LHD. Also, the long and well prepared safety control for D-D experiment is now finalized to get ready for experiment itself. The document showed that the organizational preparation and hardware and building renovation to meet D-D safety issues has been also addressed very well. (1名)

- To operate the LHD facility with deuterium, it will be essential to enhance safety management at the Institute. Plans for doing so have already been made, and these plans appear to be adequate and appropriate.

As mentioned already, the Radiation Control Office will add additional staff, on a full-time basis, for the duration of the deuterium experimental campaign. This is quite appropriate. Other offices within the Division of Safety and Health Promotion may also require additional full-time staff during this period.

Currently, the Industrial Physician for the Health and Safety Committee is a part-time position. It may also be advisable to make this a full-time position during the future campaign of deuterium experiments.

Overall, the Institute has a well-established and well-managed system for safety management. The current system appears to be working smoothly.

Incidentally, I very much appreciate that the presentation on Safety Management to the External Peer Review Committee was structured so as to directly provide information concerning the charge questions to which the Committee was asked to respond. (1名)

- For conducting D-D-experiments in the nearer future, the LHD building is renovated and modified according to the requirements of radiation protection. Furthermore, an organization for radiation protection was set up, supervised by the DG. I assume that the procedures and the entities in charge of radiation protection will be separately evaluated by the local authorities. I cannot see any obvious deviations from international good practice.

Conclusion: The plans for safety control during D-D-experiments seem to be appropriate and according to the standards. (1名)

3. 3 評価のまとめと提言

3. 3. 1 評価のまとめ

大学共同利用機関法人自然科学研究機構の定める中期計画において大学共同利用機関核融合科学研究所における安全管理に関する活動に対して行った評価に基づき、委員の意見を要約すると以下ようになる。

1. これまでの安全管理と実績

1) 法人化に伴い適用法令が人事院規則から労働安全衛生法に代わったことに対応した体制になっているか。また、機能しているか。(安全衛生委員会設置とその活動)

核融合科学研究所は、法人化に伴い適用法令が人事院規則から労働安全衛生法に代わったことに対応した体制として、安全管理センターによる一括監督体制から安全衛生委員会に代表される安全の監視組織と安全衛生を健全に維持する安全衛生推進部の2つの独立組織を構築した。これによりPDCA（企画、実行、評価、改善）サイクルを組織的に責任を分担して継続的に行う体制となり、結果として研究所の安全環境を現在まで良好に保つことを保証している。この体制は適用法令に適切に対応しており、高く評価できる。

具体的な安全管理体制としては、労働安全衛生法に基づき、所長が総括安全衛生管理者として総括管理し、その下に安全管理者、衛生管理者、産業医を置いてそれぞれが安全管理、衛生管理、健康管理を担当している。さらに、所長により指名された者、職員の過半数を代表する者の推薦を加えて安全衛生委員会を組織し、定期的な会議と巡視を行い所内の衛生環境の良好さを維持している。安全管理者は法に準じた資格で選任されており、核融合科学研究所のように大電力、高電圧、極低温、高圧ガス、放射線などを扱うリスクが存在する場合には、機能としてまさに適切であり、高く評価できる。

特に産業医、衛生管理者、安全管理者による各々独立した巡視を行っており、その結果をWEB上に公開するなど透明性が高く評価できる。例えば安全管理者による巡視は11の特別施設を含む16棟の建物の年間巡視計画に基づき行っており、巡視の結果を安全衛生委員会にて審議した後、建物責任者あるいは安全責任者に改善の勧告を行っている。こうした委員会の活動は十分機能しており、高く評価できる。

2) 安全環境整備のため設置した安全衛生推進部は機能を果たしているか。(環境安全管理室や健康管理室など、10室で構成する組織は適切か。)

現場の安全衛生環境を良好に維持する組織として、所長の下に10の室から構成さ

れる安全衛生推進部を設置し、毎月の定例会議を開催し、衛生水準の向上と労働災害防止を図っている。この 10 室は①環境安全管理室、②健康管理室、③防火・防災管理室、④放射線管理室、⑤電気設備・作業管理室、⑥機械設備管理室、⑦高圧ガス管理室、⑧危険物質管理室、⑨新規実験安全審査室、⑩安全ハンドブック作成室から構成されている。法的な資格を有する者、現場責任者等から構成されており、前述の研究所のリスクを統括し、職員の健康管理、外国人共同研究者、数年毎に入れ替わる学生への教育、系統的な安全指針という観点から適切な構成であり、高く評価できる。

この推進部の特徴は専従の職員を持つ独立した組織ではなく、研究所の全組織を横断して職員が兼務するという組織であり、これは安全管理を法的専門知識を有する研究部及び技術部と事務処理ノウハウを有する管理部の連携のもとで実施する思想に基づいており、高く評価できる。

こうした安全管理体制のもとで推進部は毎月安全巡視を実施しており、全職員階層の代表が現場を実際に確認している点が安全環境の改善につながっており、高く評価できる。

核融合科学研究所では大電力、高電圧、極低温、高圧ガス、放射線などを取り扱っており、作業現場に根ざした内容の安全講習を毎年実施している。全体安全講習、個別安全講習からなる講習を行っており、所内職員約 200 名弱が毎回受講している。この講習は年間約 4 回実施しており職員には年 1 回のいずれかの講義の受講を義務付けている。こうした安全講習は適切であり、高く評価できる。

3) 大学院生（所内）に対する安全教育を適切に行っているか。

核融合科学研究所には総合研究大学院大学に所属する大学院生、名古屋大学連携大学院、特別共同利用研究員など併せて 50 名程度の学生が学んでいる。約半数の実験系の院生のために「実験安全チュートリアル」と題した講義（放射線、電気、危険物質）を安全教育として実施している。講師は実際の現場での研究者が担当しており、例えば平成 20 年度は 11 月から翌年 1 月末までの 3 ヶ月間で 18 コマの講義並びに演習（見学）を行っている。基礎的な知識を学ばせるとともに、現場の実情を見学する中で実践的な知識も習得させており、安全教育として高く評価できる。

今後は受講者の意識の向上を図るうえでも、また安全教育の実をあげるためにも講義後にテストを実施するのも良いであろう。また全員を対象として入学時早期に講義を行うことも検討すべきであろう。

2. 大学共同利用機関として安全管理・教育を適切に行っているか。

1) 所外共同研究者（大学院生を含む。）に対する配慮を行っているか。

安全衛生推進部を構成する環境安全管理室、新規実験安全審査室、安全ハンドブック作成室は所外の研究者を対象として、①日米視察時の対応と指摘事項への改善、②

共同研究者が関与する新規実験装置の安全審査、③安全ハンドブック作成等、④安全講習会の実施等の業務を行っており、全所的な安全管理の元で適切に安全管理・教育を行っており、高く評価できる。

核融合科学研究所は年間 400 余件の共同研究を実施しており、研究所を訪問する共同研究者の安全確保も所の大きな責任である。それを担保するための方策として、前述安全講習後、現場での作業安全確認書の説明を経て、作業安全確認受領書への署名というプロセスを経ている。これは共同研究者、所員、大学院生、民間業者同等の手続きである。こうした施策は安全管理のために適切であり、高く評価できる。

核融合科学研究所は大電力、高電圧、極低温、高圧ガス、放射線などを取り扱うために外部の請け負い作業も多く作業に従事する。研究所はこうした所外の作業に対して希望すれば安全講習を受講できるようにしており年間 100 名弱の受講者が講習を受け、核融合科学研究所の安全指針・安全管理哲学を学んでいる。例えば 21 年度 5 月の講習では労働基準監督署立ち入り検査、クレーンの使用と安全、電気安全再教育などの講義項目であり、衛生巡視、安全巡視の状況報告も行われている。こうした外部に開かれた安全講習は適切であり、高く評価できる。

2) 外国人研究者に対する配慮を行っているか。

安全衛生推進部を構成する環境安全管理室、新規実験安全審査室、安全ハンドブック作成室は外国人研究者を対象として、①日米視察時の対応と指摘事項への改善、②共同研究者が関与する新規実験装置の安全審査、③安全ハンドブック作成等、④安全講習会の実施等の業務を行っている。特に日米安全視察時の対応は安全というよりはむしろ文化の違いによる安全の考え方の違いに基づくものが多く、米国側委員による指摘に適切に対応している点が評価できる。安全ハンドブックは日本語以外に英文のものを作成しており、先の日米安全視察委員に正しい英文への改訂を依頼するなど系統的・継続的改善を行っている点が評価できる。所内の安全標識の英語表記、サインの国際化、さらに安全訓練における英語のアナウンス等々緊急時の外国人研究者の安全確保に対する配慮は適切と判断できる。また受け入れ責任者が英語で個別に安全講習を実施するなど安全確保を徹底している。

以上こうして全所的な安全管理の元で可能な限り外国人研究者に対して配慮した安全管理・教育を行っており、高く評価できる。

安全講習会は毎年平均 4 回程度開催され、所内外の外国人研究者はこれまで 41 名受講している。講習は日本語とのことであるが、今後は外国人研究者を対象とした英語の講習、緊急時の英語アナウンスなどを検討することが望まれる。

3. 将来計画に対応した安全管理計画は適切か。

1) 平成 22 年度からの組織に対応した安全管理体制となっているか。

核融合科学研究所では、第2期中期計画において「核融合炉を実現させる学術基盤の体系化」を進めようとしており、そのために現状の2研究部・3センター体制を改組して1研究部体制として、研究部を構成する研究系を横断する形でLHD、数値実験、工学研究をプロジェクト研究として推進する。このプロジェクト期間内にLHDの重水素実験を計画しており、特別強固な放射線安全管理体制の構築を目指している。

重水素実験時の安全に対する基本的考え方はこれまで研究所が地域住民との交流の元で生み出されたものであり、大切なものとして高く評価する。

安全管理体制は現在の体制を保持するが、二点強化する。第一に改組に伴い安全管理センターの職務のうち安全管理は安全衛生推進部へ移し、また研究はヘリカル研究部に移すという変更を行う。第二に放射線管理室の機能を拡充し、「安全委員会」を設置するが、この委員会は放射線管理室とは独立した委員会であり、異常時の実験停止等の業務命令権を持つ。所員以外の学外者からなる安全監視委員会を組織し、重水素実験の監視を行う。両組織の権限、独立性の担保、相互の関係、緊急時の対応等々について更に詳細を詰めることを期待する。こうした新しい管理体制は重水素実験を実施するに当たり機能性、現実性、有効性、公開性の観点から、概ね高く評価できる。

2) 重水素実験時の安全管理計画は適切か。

重水素実験に対応した放射線安全管理として①放射線総合監視システム、②放射線教育及び訓練、③環境計測を強化している。総合監視システムは線量監視、放射能監視、設備監視から構成され適切である。環境計測は既設の測定機器を利用して数分からリアルタイムなどの時間分解能で対応を図っている。さらに新たな計測機器開発にも取り組み、この分野での挑戦的・学術的貢献も期待でき高く評価できる。

トリチウム排気管理は重水素実験における最も重要な項目であるが、実験中の真空排気目標値、真空容器パージ時の目標値を法令基準のはるかに下回る値に極めて厳しく設定した方針を掲げている。この目標を実現するためにトリチウム除去装置の回収率を定めており、排気塔からの総排気流量設備容量での運転で評価している。この場合のトリチウム濃度としては目標値を十分下回っており、極めて適切な管理計画であり、高く評価できる。

トリチウム含有水及び廃水管理も重水素実験における最も重要な項目の一つであるが、空調機器のドレイン水放出目標値を法令基準以下に定め、一時貯留、濃度確認を経てアイソトープ協会に引き取ってもらう計画である。直接管理区域外に放出しない、災害時に漏出しない措置など二重管理の計画は適切であり、高く評価できる。

真空容器内作業、管理区域内保守作業、入退室管理など本体棟入室、真空容器内作業、管理区域内作業に関しては更衣室、汚染検査、除染設備などの対応、濃度監視、負圧管理や簡易作業室の設置など汚染拡大防止と作業者の安全に配慮した計画になっており、高く評価できる。

3. 3. 2 提言

安全管理に関する活動は、評価項目に関しては高くあるいは概ね高く評価できる。しかしながら安全管理に100%がなく、常に限りなく100%を目指すという観点から、今後の安全管理に生かしてもらいたい提言をまとめた。

- (1) 安全意識の向上にもつながる防災訓練等を引き続き定期的に持つとともに、事故未満の事象を共有する機会を持ち、KYT（危険予知訓練）等に取り込む事により危険予知運動を定着させ、安全推進活動の一層の充実を希望する。
- (2) 重水素実験時に責任者となる人々の経験や教育訓練が重要であり、対応が望まれる。同時に一部の職員に責任が過度に負荷されないような配慮が望まれる。
- (3) 大学院生への安全教育の統括部署の明確化、留学生への英語講義、入学時の全院生を対象とした早期講義（4月期）、講習後のテスト、単位認定などの実施が望まれる。
- (4) 放射線障害防止法適用後の対応として、放射線安全管理のための安全委員会、安全監視委員会、放射線管理室の関連、緊急時の体制等を適切に具体化することが望まれる。

第4章 おわりに

核融合科学研究所では、これまで得られた成果を踏まえて、平成 22 年度から開始される第二期中期計画期間では、ヘリカル原型炉に向けた学術体系の構築を目指して研究を実施する計画である。このため、「核融合工学研究」についても、これまで以上に重点を置いて包括的に進める必要がある。また、核融合科学研究所は大学共同利用機関として多数の共同研究者を受入れて共同研究を実施しており、「安全管理」はインフラ整備に並んで最も基本となる項目である。このような点から、今回は「核融合工学研究」及び「安全管理」が評価対象となった。これらの評価の実施に当たり、運営会議のもとに外部評価委員会が設置され、さらに委員会においては「核融合工学研究」及び「安全管理」についての専門部会も設けられ、評価が実施された。以下、これまでの経緯と評価の要点を記す。

第 1 回外部評価委員会では、以下のように評価の観点が決められた。

I・核融合工学研究に関する外部評価の観点

1. これまでの研究の進め方とその成果

- 1) これまで進めてきた研究課題は適切であったか。
- 2) 1) の課題に対して、既存の施設は有効に活用され十分な研究成果が上がっているか。
- 3) これまでの関連外部評価が反映されているか。
- 4) 大学における核融合工学研究の COE としての役割を果たしてきたか。

2. 共同研究

- 1) 核融合工学研究に関して、共同研究体制は有効に機能しているか。
- 2) これまでの関連外部評価が反映されているか。

3. 今後の目標・計画

- 1) 課題設定と実施計画は適切か。
- 2) 計画を達成するための実施体制は適切か。

II. 安全管理に関する外部評価の観点

1. これまでの安全管理と実績

- 1) 法人化に伴い適用法令が人事院規則から労働安全衛生法に代わったことに対応した体制になっているか。また、機能しているか。(安全衛生委員会設置とその活動)
- 2) 安全環境整備のため設置した安全衛生推進部は機能を果たしているか。環境安全管理室や健康管理室など、10 室で構成する組織は適切か。
- 3) 大学院生(所内)に対する安全教育を適切に行っているか。

2. 大学共同利用機関として安全管理・教育を適切に行っているか。

- 1) 所外共同研究者（大学院生を含む。）に対する配慮を行っているか。
- 2) 外国人研究者に対する配慮を行っているか。
3. 将来計画に対応した安全管理計画は適切か。
 - 1) 平成 22 年度からの組織に対応した安全管理体制となっているか。
 - 2) 重水素実験時の安全管理計画は適切か。

第 2 回外部評価委員会では、上記の項目に沿って核融合科学研究所から詳しい説明があった。これらについて、各専門部会で討議を重ね、評価意見を集約してきた。第 3 回外部評価委員会では、各部会でまとめられた評価結果及び提言について討議して、この報告書を取りまとめた。

「核融合工学研究」については、1. これまでの研究の進め方とその成果、2. 共同研究、3. 今後の目標・計画、の何れの項目においても、ほとんどの委員が高く評価するとの意見であった。今後、①ヘリカル炉設計を軸に組織横断的に核融合工学研究を更に発展させること、②先進ブランケット及び低放射化材料研究の国内拠点となり、国際的にも主導的立場を確保すること、③核融合炉開発に向けた超伝導コイル研究を更に推進すること、④核融合科学研究所の進める核融合工学研究の発展が、ヘリカル型核融合炉実現のための学術体系の構築に大きく貢献することを期待するとの提言がなされた。また、核融合炉研究プロジェクトを担う若手研究者を育成することは重要であることも指摘された。

「安全管理」については、1. これまでの安全管理と実績、2. 大学共同利用機関として安全管理・教育を適切に行っているか、3. 将来計画に対応した安全管理計画は適切か、について、いずれの項目に関しても高く評価できるとの意見であった。特に、LHD においては、重水素放電実験を行う予定であり、この実験の安全性についての入念な検討と対応が行われていることは大いに評価できる。更に安全管理を推進するには、今後、①危険予知運動の定着、②大学院生を対象とした安全教育の更なる充実、③安全責任者へ更に教育訓練を行って経験を深めること、④重水素放電実験に向けた安全管理体制を更に具体化すること等の提言がなされた。

このように、核融合科学研究所の「核融合工学研究」及び「安全管理」においては、これまでに設定した目標が着実に達成されており、また今後の計画も適切と判断され、高い評価結果となった。最後に、この評価結果と提言を踏まえて、「核融合工学研究」においてはヘリカル型原型炉に向けた学術研究の飛躍的な推進、「安全管理」については更に安全を確保できる対応を期待する。

添 付 資 料

平成 21 年度核融合科学研究所運営会議外部評価委員会委員名簿

【核融合工学研究専門部会】

[委員]

大澤 幸治	名古屋大学大学院理学研究科教授
小川 雄一	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
◎□ 日野 友明	北海道大学大学院工学研究科教授
△ 御手洗 修	東海大学熊本教養教育センター教授

[外国人委員]

Michael Tendler	Professor, Alfvén Laboratory, Royal Institute of Technology, Sweden
Thomas Klinger	Directorate, Max-Planck-Institute for Plasma Physics, Germany

[専門委員]

秋場 真人	日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門研究主席
阿部 勝憲	八戸工業大学異分野融合科学研究所長
寺井 隆幸	東京大学大学院工学系研究科教授
濱島 高太郎	東北大学大学院工学研究科教授
百島 則幸	九州大学アイソトープ総合センター教授

【安全管理専門部会】

[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
今井 剛	筑波大学プラズマ研究センター長
○□ 笹尾 眞實子	東北大学大学院工学研究科教授
佐野 史道	京都大学エネルギー理工学研究所附属エネルギー複合機構研究センター長
△ 凶子 秀樹	九州大学応用力学研究所教授

[外国人委員]

Gyung-Su Lee	President, National Fusion Research Institute, Republic of Korea
James W. Van Dam	Director, Institute for Fusion Studies, The University of Texas at Austin, USA

[専門委員]

栗原 研一	日本原子力研究開発機構核融合研究開発部門研究主席
郷田 直輝	自然科学研究機構国立天文台教授
高瀬 雄一	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
松山 政夫	富山大学水素同位体科学研究センター長

◎委員長、○副委員長、□ 専門部会長、△ 専門部会幹事

核融合科学研究所運営会議外部評価委員会規則

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

(設置)

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

(組織)

第2条 委員会は、25名以内の委員をもって組織する。

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

(任期)

第3条 前条第2項の委員の任期は、2年とし、再任を妨げない。

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

(委員長)

第4条 委員会に委員長及び副委員長を置く。

2 委員長及び副委員長は、第2条第1項の委員のうちから運営会議で選出する。

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

(意見の聴取)

第5条 委員会は、必要に応じて、次に掲げるものから意見を聴くことができる。

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

(専門部会)

第6条 委員会は、必要に応じて、専門部会を置くことができる。

2 前項の専門部会には、委員以外の者を加えることができる。

(庶務)

第7条 委員会の庶務は、管理部経営企画課において処理する。

(雑則)

第8条 この規則の実施に関し必要な事項は、別に委員会が定める。

附 則

1 この規則は、平成16年12月28日から施行する。

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

附 則

1 この規則は、平成18年9月15日から施行する。

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

附 則

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

平成 21 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

日 時 平成 21 年 10 月 9 日 (火) 10 時 00 分～12 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 日野委員長，笹尾副委員長，今井，大澤，佐野，凶子の各委員
 秋場，栗原，高瀬，百島の各専門委員

○ 第 2 回委員会及び第 1 回専門部会

日 時 平成 21 年 12 月 12 日 (土) 13 時 00 分～17 時 40 分
 場 所 愛知県産業労働センター 12 階会議室 (1201 号室)
 出席者 日野委員長，笹尾副委員長，今井，大澤，
 小川，佐野，凶子，御手洗，Lee, Van Dam,
 Tendler の各委員
 秋場，阿部，栗原，郷田，高瀬，寺井，
 濱島，松山，百島の各専門委員



○ 第 2 回核融合工学研究専門部会

日 時 平成 22 年 1 月 22 日 (金) 13 時 40 分～16 時 20 分
 場 所 核融合科学研究所管理・福利棟 4 階第 2 会議室
 出席者 日野部会長，御手洗幹事，大澤の各委員
 秋場，阿部，寺井，濱島の各専門委員

○ 第 2 回安全管理専門部会

日 時 平成 22 年 1 月 23 日 (土) 13 時 30 分～16 時 40 分
 場 所 愛知県産業労働センター 12 階会議室 (1207 号室)
 出席者 笹尾部会長，凶子幹事，今井の各委員
 栗原，郷田，高瀬，松山の各専門委員

○ 第 3 回委員会

日 時 平成 22 年 2 月 20 日 (土) 13 時 30 分～15 時 50 分
 場 所 愛知県産業労働センター 13 階会議室 (1303 号室)
 出席者 日野委員長，笹尾副委員長，今井，大澤，
 佐野，凶子，御手洗の各委員
 秋場，阿部，栗原，高瀬，寺井，松山，
 百島の各専門委員



外国人委員評価書

Review reports by foreign peer members

1 . 核融合工学研究

Fusion Engineering Research

Reviewer:

Prof. Michael Tendler
(ミハエル・テンドラー)

Professor, Alfvén Laboratory, Royal Institute of Technology, Sweden

Prof. Thomas Klinger
(トーマス・クリンガー)

Directorate, Max-Planck-Institute for Plasma Physics, Germany

Prof. James W. Van Dam
(ジェームズ・W・ヴァン・ダム)

Director, Institute for Fusion Studies, The University of Texas at Austin,
USA

Reviews on fusion engineering research

Reviewer: Michael Tendler

1. Research process and performance

1) Are the subjects we have worked for adequate and appropriate?

In order to put the FER activity in the context of fusion energy it is important to keep in mind that fusion is an extremely demanding task comparable to sending a man to Mars. We now have a clear idea of what needs to be done and when we have the results of ITER the road towards the utilization of fusion for generating energy will become clear. To this end, the research subjects are very well chosen and the obtained results are at the cutting edge of the progress made in this area in the last years.

FER has made important input by specifying most outstanding issues to be confronted by a fusion reactor. Specific research in FER consists of blanket material systems, neutronics and magnet material systems. Blanket material systems, neutronics and magnet material systems are addressed properly.

In the area of blanket material systems, new results have been obtained for the welding of vanadium alloys, the forced convection of molten salt. Blanket issues based upon Flibe and Li were addressed as well. Flibe, liquid Lithium and advanced coating technologies represent a relatively new activity addressing fusion engineering issues in depth. Design and feasibility studies for forced convection loop of molten salt Flibe and liquid Li were advanced.

Improvements of neutron calculations addressing complicated surrounding geometries were carried out. Fast feedback 3D code system is under development in order to study neutronics of a reactor. 14 MeV mockup tests are carried out albeit their limitations in relevance to a reactor.

Validation measurements and study of the high – temperature superconductors were performed... Tests on welding, irradiation, corrosion and coating of V –alloy and ferrite steel were carried out. Critical currents of varying Nb compounds were investigated after the 14 MeV neutron irradiation. Low activation superconducting wires have been invoked to enhance the electron current in V_3Ga .

2) Have we made effective use of our facilities and achieved satisfactory outcomes regarding each of the subjects in 1)?

Cooling system for LHD helical coils has been upgraded.

Dynamic control of LHD magnetic field is attained with enhanced power supplies. Robust and reliable operation scenarios has been achieved by the unique LHD superconducting system. Significant progress has been made in the area of high-temperature superconductors. It is applied to fusion magnets design and manufacture. The research on the 5 m – long coils, the bending tests, shielding currents and development of joints are carried out.

Fuel layering for FIREX target was demonstrated.

Hybrid energy transfer line has been studied in some detail.

Welding of vanadium alloys has been accomplished by oxygen impurity reduction.

High purity metal vanadium was obtained for V alloy large heat loads.

NIFS-HEAT -2 was welded in high purity Ar flow to avoid impurity contamination.

Degradation of fracture energy was enhanced in weld material and later recovered by post-irradiation annealing. T

However, the degradation of the quality of welding appeared at neutron flow of 8.5 dpa.

Advanced coating technologies and the emergence of the tritium permeation barrier have been demonstrated.

Fast feedback systems were integrated in the neutronics design works.

Tritium breeding under sufficient shielding has been attained.

3) Have we learned from the past external review results?

The 10 year research plans were made for the LHD superconducting system.

The team study of the helical reactor issues has been founded and the research along these lines has been outlined.

The performance of the sub - cooling system attained the design value and the stable operation of cold compressors has been demonstrated.

However, the conflict in cryogenic stability between the model and the real coil employed at LHD remains unknown.

Upgrade plan up to 15 T remains under planning. The progress should be accelerated.

Existing facilities were gathered in the new Fusion Engineering Laboratory.

The staff has been increased and the Universities participation has been amplified.

This step is bound to accelerate the progress in this area.

Safety Management system has been implemented.

Collaborations with numerous and varying partners have been invoked and enhanced.

Very strong publication record achieved by FER has to be commended during the period of 2004 -2009

It includes 529 papers

1. 235 on the superconducting magnets & cryogenics
2. 185 on Materials & blanket
3. 72 on Tritium & safety
4. 78 on reactor design

4) Have we fulfilled a role as COE for universities who study fusion engineering?

Collaboration network with JAEA on neutron irradiation impact on superconducting magnet materials has been founded and developed. Irradiation impact on superconductivity of Nb₃Sn has been studied in collaboration with JRR-3 at JAEA and BR 2 in Belgium.

High temperature superconducting conical tubes for the current leads have been designed, manufactured and tested achieving a small heat leakage and a large transport current at the same time was obtained due to collaboration with the Tokai University.

Multifilamentary tapes from MgB₂ have been developed.

Deformation of round wires into tape shape is shown to improve the electromagnetic properties in collaboration with the Kagoshima University.

The development of superconducting EF coils and the complementary cable-in-conduit conductors has been carried out in collaboration with JAEA and ITER.

Tests for cable –in-conduit conductors measuring the stability margin with the artificially triggered inhomogeneous current distribution have been performed in collaboration with Institute of Plasma Physics India.

Impressive number of 235 papers have been published by coworkers from leading Japanese universities and other institutes outside of NIFS.

2. Collaboration performance

1) Does our collaboration system function effectively in the field?

Collaborations on the key technologies planned to address by the IFMIF device are carried out so far in collaborations with numerous Japanese universities.

These include important topics on Materials & Blankets and Tritium & Safety.

Fabrication and Characterization of high purity Vanadium alloys are the most extensive studies involving world famous Hokkaido, Tohoku, Fukui, Kyushu, Tokyo and Toyama Universities.

Also, international partners ANL, ORNL (USA); SWIPP & IPP (China) and VNINIM (Russia) are involved.

Collaborations on the liquid breeder blankets are less developed. Yet, this activity remains the focus of the international studies.

Very strong collaboration record must be commended.

It includes 582 projects divided between issues as follows :

1. 148 on Superconducting magnets & cryogenics
2. 106 on materials & blanket
3. 96 on Tritium & safety
4. 67 on reactor design

2) Have we learned from the past external review results?

The important role of the administrative manager of the project on Tritium Science and Technology has been obtained.

The biological and the environmental impacts of Tritium has been studied in collaborations with Ibaraki and Kyushu Universities.

Tritium concentration in rain has been studied for the period of 20 years.

Radiation biological effect has been studied by means of mouse mutation rate.

See also above

3. Goal and planning

1) Are our subject selection and implementation plans adequate and appropriate?

Outline of FER activity and the road map for implementation have been worked out and presented.

The broad range of subjects including large scale high field superconducting magnets, long life liquid blanket, low activation materials, high heat flux plasma

facing walls and tritium control are chosen to be the focus of NIFS activities in FER..

The road map is wisely divided into 3 stages.

Conceptual design followed by Basic Design and further tests and improvements resulting in the Detailed Design within the period 2010 – 2027 are foreseen.

The roadmap also includes close collaborations with BA effort and the exchange of the information with a possible IFMIF device.

Given the uncertainty of the latter, FER should try to maintain a flexibility to address the relevant issues independently and in collaborations with Japanese universities.

2) Is our system for implementing the plans adequate and appropriate?

4 projects will start in the new organization for the 2nd Mid-term goals and plans.

Matrix type governing system will be implemented aimed at joining forces of 2 Divisions at NIFS and 1 Division at Rokkasho.

However, the manpower involved so far appears to be modest given the broad range of issues to be addressed within the framework of the FER projects.

Reviews on fusion engineering research

Reviewer: Thomas Klinger

1. Research process and performance

1) Are the subjects we have worked for adequate and appropriate?

In the NIFS engineering research, the main goals are defined as:

- Conceptual design of a helical fusion power plant,
- Applied superconductivity (LHD operation and reactor studies),
- Materials research and blanket development,
- Tritium safety, handling and recovery.

These are clearly the most pressing subjects of fusion engineering and technology. Of particular importance are feasibility studies for a very large helical coil as required by a reactor concept based on LHD.

Conclusion: The research subjects are timely and well defined.

2) Have we made effective use of our facilities and achieved satisfactory outcomes regarding each of the subjects in 1)?

There is a wealth of facilities available at NIFS, especially for materials research. This is complemented by the use of various other instruments and facilities that are used in close collaboration mainly with Japanese universities, but also with JAEA and institutions abroad. Hence the use of the facilities seems to be efficient. The outcome of the fusion engineering research is very good. Highlights (my personal selection) are

- Study of neutron irradiation effects on superconductors,
- Post-irradiation annealing of vanadium alloy,
- Corrosion control of RAFM steel,
- Direct deposition of VPS-W coating on low activation materials,
- Successful large area coating with Er_2O_3 .

These are important achievements which make a substantial contribution to the advancement of fusion technology. I'm also appealed by the recent work on large-current HTS superconductors. This is highly relevant, even though many

difficult problems remain to be solved.

Also cross-fertilization into other fields is quite successful. One example is the development of a fuel layering technology for FIREX targets. Others are the development of a hybrid energy transfer line or the uninterruptible power supply based on superconductivity.

Conclusion: The available test facilities were efficiently used, especially in collaboration with universities. The scientific outcomes are excellent.

3) Have we learned from the past external review results?

During the review a number of tables were presented where the comments by the external evaluation were listed in detail. Each comment was complemented with an action and the related achievement. Based on this information, I got the impression that the team has carefully addressed the issues raised by previous reviewers.

Conclusion: NIFS has carefully addressed the external review results.

4) Have we fulfilled a role as COE for universities who study fusion engineering?

NIFS plays an important role as “inter university facility”. The networking with Japanese universities is very intense and it seems as many well working collaborations have been established. There are three areas where NIFS aims for the role as COE:

1. Applied superconductivity,
2. Materials research and blanket,
3. Tritium science and safety.

For each of the three areas there is at least one university partner, for topic 2 even numerous, which is no surprise because of the broad range of materials sciences in general. (Very big networks were established for vanadium alloys and liquid breeder blankets.) In topic 1 there are also close collaborations with JAEA and IPR/India, where a dedicated interest in superconductivity exists.

Conclusion: The NIFS clearly serves as COE in the selected areas.

2. Collaboration performance

1) Does our collaboration system function effectively in the field?

The collaboration is extremely well established with Japanese universities. This is actually supposed to be the main character of NIFS and I have got an excellent impression of the institute's performance. The international collaborations are well developed in dedicated fields, e.g. with IPR/India, ORNL/USA and many others. NIFS should make any effort to extend their already fruitful international collaborations on all relevant areas of fusion technologies, especially in applied superconductivity and cryo-technologies.

Conclusion: The collaboration system is working effectively. The international network could be extended.

2) Have we learned from the past external review results?

My impression is that past external review results have been sufficiently taken into consideration.

3. Goal and planning

1) Are our subject selection and implementation plans adequate and appropriate?

The fusion engineering research at NIFS has to serve three areas:

1. Maintenance and enhancement of the LHD device,
2. Development of fusion technologies,
3. Design and planning for a future power reactor.

The subjects selected to address these areas are relevant and complete, i.e. design of a large-scale helical SC magnet, liquid blanket modules, high heat flux plasma facing wall, low activation materials, tritium plant, and the appropriate engineering infrastructure. This is clearly a huge program which cannot be conducted by NIFS alone, even though competence and experience are present. Hence NIFS should look for further national and international collaborations since the engineering challenges of fusion can only be solved in an international

joint effort (cf. no 2 point 1 above).

The only point I'm missing in the above list is remote handling. NIFS may consider to develop competences in this area, possibly in collaboration with universities and institutes working in the nuclear technologies area, which is particularly strong in Japan.

Conclusion: The subjects are fully adequate. Remote handling should be considered. For the implementation the NIFS program should be a vital part of international research.

2) Is our system for implementing the plans adequate and appropriate?

After reorganization of NIFS, fusion engineering research will become one out of four projects that are conducted via a matrix structure. The project will address both the needs of LHD maintenance and development (esp. the preparation of D-D-operation) and general fusion technology development. The keep-in-touch and cooperation with ITER-BA/Rokkasho is realized via the Rokkasho research center that will be associated to the department of helical fusion research; this change is clearly sensible.

Conclusion: The changes implemented in the new organization of NIFS strengthen the role of engineering research in a project sense. It appears likely that the ambitious plans can be implanted in this structure.

Reviews on fusion engineering research

Reviewer: James W. Van Dam

1. Research process and performance

1) Are the subjects we have worked for adequate and appropriate?

Three groups at NIFS perform four types of fusion engineering research activities:

- The Fusion Energy Research Center carries out materials and blanket research, categorized in terms of nine subjects.
- The Fusion and Advanced Technology Systems Division within the Department of Large Helical Device Project carries out superconducting magnetic and cryogenics research, categorized in terms of 11 subjects. (One exception is that the Materials Research Group within the Fusion Energy Research Center covers the subject of neutron irradiation on superconducting magnetic materials.)
- The Safety and Environmental Research Center carries out safety engineering (mostly related to tritium), categorized in terms of 14 subjects.

In addition, each of these three groups is involved in various aspects of helical reactor design research, which is categorized in terms of ten subjects.

Overall, this is a very large effort, covering many research topics, carried out by 25 persons (plus four persons in associated groups) at NIFS. The scale of the effort is evidenced in the impressively large number of papers published during the first mid-term plan (2004-2009)—a total of 529 papers, which works out to a very respectable average of 3.5 papers per person per year during this six-year period. In addition, another 235 papers were written by non-NIFS scientists as the primary authors, arising from collaborations with NIFS. Extremely detailed and helpful information concerning publications and collaborations was provided in the Fusion Engineering talk, in the file named “Review09FER_PPTadd2.pdf”, and in the full written report about Fusion Engineering research (Attachment 5-1).

2) Have we made effective use of our facilities and achieved satisfactory outcomes regarding each of the subjects in 1)?

The section on Materials and Blanket in the Fusion Engineering presentation has specific information showing efficient use of existing facilities, both those that are in-house at NIFS and those that are outside NIFS at collaborating universities and laboratories. A table of the NIFS and non-NIFS facilities used for this are of

research is given on page 18.

The results obtained in the four areas of fusion engineering research seem to be excellent. To mention a few results of particular importance to LHD in the area of applied superconductivity and cryogenics: (1) the cooling system for the helical coils was upgraded with the use of sub-cooled helium as coolant, which allowed the operating current in the coils to be increased to 11.6 kA; (2) improved power supplies now permit dynamic control of the LHD magnetic field; and (3) the superconducting system for LHD has achieved very high operational reliability, exceeding 99%.

3) Have we learned from the past external review results?

Pages 44-46 of the Fusion Engineering talk provide tables of comments from external reviews, correlated with actions taken by NIFS to address the respective comments. Three tables are shown, one each for applied superconductivity and cryogenics, materials and blanket, and tritium and safety. (There is no table for helical reactor design, because it has not yet had an external review.) These tables are helpful to see that the Institute has responded well to past external review results.

4) Have we fulfilled a role as COE for universities who study fusion engineering?

Pages 48-53 of the Fusion Engineering presentation provide excellent information about how NIFS has fulfilled its role as a Center of Excellence for fusion engineering in terms of research collaborations with Japanese universities, with Japan Atomic Energy Agency, and with international institutions. The COE work on helical reactor design is especially international in character.

2. Collaboration performance

1) Does our collaboration system function effectively in the field?

From the Fusion Engineering presentation, it is clear that the NIFS research on fusion engineering is highly collaborative (see especially pages 14, 15, 18-20, 22, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 35, 48-53).

For example, page 14 of the Fusion Engineering talk shows a large network of

collaboration activity among NIFS, universities, national laboratories, and industrial groups concerning the effects of neutron irradiation on superconducting magnet materials. So far, there are no collaboration projects with other institutes within the National Institutes of Natural Sciences, although I was informed that collaboration possibilities such as high-field engineering for magnetic resonance imaging and nano-materials science are being discussed.

Page 59 states that there were 582 fusion engineering-related collaborations during the past five years. This is quite impressive.

Evidence that these collaborations are functioning effectively is the large number of joint publications with non-NIFS staff as first authors (235 in total).

2) Have we learned from the past external review results?

In the tables on pages 44-46, there are several mentions of collaborations that were set up as responses to past external evaluation comments. One such example is the plan for initiating new Bidirectional Collaboration Research Programs in fusion engineering for materials and blanket research.

3. Goal and planning

1) Are our subject selection and implementation plans adequate and appropriate?

Page 55 of the Fusion Engineering presentation shows pictorially important areas of research thrust for medium- and long-term planning. Development of engineering infrastructure is highlighted as being very important.

A fairly detailed road map for engineering work to be done during the next 12 years for design of a steady-state helical DEMO reactor is given on page 56. This effort is critical for the future of the Institute and the advancement of fusion as an energy source.

One suggestion is to provide a clearer indication of prioritization among the many fusion engineering research subjects, in terms of resources and manpower.

2) Is our system for implementing the plans adequate and appropriate?

Four groups (three of them new) will implement the plans for fusion engineering research and development activities at NIFS:

- Device Engineering and Advanced Physics Research Division, within the new Department of Helical Plasma Research—This new division will apparently replace the currently existing Fusion and Advanced Technology Systems Division.
- Fusion Systems Research Division, also within the new Department of Helical Plasma Research—This division will focus on helical reactor design, materials, and plasma-wall interactions.
- Rokkasho Research Center, also within the new Department of Helical Plasma Research—This center will work with the Broader Approach project at Rokkasho, on the subjects of remote participation, virtual reality, helical reactor design, and numerical and material tests. The proposed staffing level of one person is too small for this purpose.
- Fusion Engineering Research—This will be one of the four new Projects, intended to be cross cutting with the new Department of Helical Plasma Research.

Page 58 gives a brief summary of activities for each of the three fusion engineering-related divisions within the new Department of Helical Plasma Research. A similar summary is not provided for the Fusion Engineering Research Project.

Other observations concerning the proposed re-organization of the Institute are included in my review of Safety Management.

Incidentally, the presentation on Recent Activities in NIFS says that there will be three, rather than four, Projects (see pages 22 and 23).

I would also like to say that the presentation on Recent Activities in NIFS was a very good introduction to the following two presentations, on Fusion Engineering and on Safety Management. The research progress on LHD in high beta, high density, and long pulse length is especially impressive, and NIFS is to be commended for these outstanding achievements.

Finally, I very much appreciate that the presentation on Fusion Engineering to the External Peer Review Committee was structured so as to directly provide information concerning the charge questions that the Committee was asked to

address.

核融合工学研究に関する評価

評価者：ミハエル・テンドラー

1. これまでの研究の進め方とその成果

1) これまで進めてきた研究課題は適切であったか。

核融合エネルギー研究の中に核融合工学研究を組み込むためには、核融合の実現には、火星に人類を送るのに匹敵する程、極めて多くの事柄が要求されることを頭に入れておかななくてはならない。現在、我々が何をすべきかはっきりしているし、ITERでの成果が得られる頃には、核融合発電の実用化に向けての道筋が明確になっているだろう。研究課題の選出は、実用化に向けて十分適切である。また、その研究成果は、本分野での近年の進展の中でも最先端を行っているといえる。

核融合工学研究は、核融合炉実現に向けて最も重要な課題は何かを特定し、重要な知見を得ている。核融合工学の中で特出すべき研究は、ブランケット材料システム、中性子工学、マグネット材料システムの3つが挙げられるが、どれも適切に取り組まれている。

ブランケット材料の研究では、バナジウム合金の溶接性、熔融塩の強制対流に関していくつか新しい成果が得られた。熔融塩 Flibe やリチウムによるブランケットの課題についても同様である。Flibe や液体リチウム、先進被膜技術の研究は、比較的新しい取り組みで、核融合工学の課題を深く追究する代表的な活動といえる。中でも進展が見られたのは、熔融塩 Flibe や液体リチウムに用いられる強制対流試験設備の設計やその実用性の研究であった。

複雑な周辺形状を扱うことができる中性子計算の進展があった。核融合中性子工学研究の高速3D フィードバックコードシステムが開発中である。核融合炉と比較すると限定的であるものの、14MeV モックアップ試験が実施されている。

高温超伝導線材の性能検証や研究が進められた。バナジウム合金やフェライト鋼の溶接、照射、腐食、コーティングに関するテストも行われた。Nb 化合物に関する研究では、14MeV 中性子照射後の種々の Nb 混合比に対する臨界電流の変化が研究された。低放射化超伝導線材の研究も進められ、 V_3Ga の超伝導特性を向上させるべく取り組みが行われている。

2) 1) の課題に対して、既存の施設は有効に活用され十分な研究成果が上がっているか。

LHD の低温システムが増強された。

コイル電源が増強され LHD の磁場は動的制御が可能になった。健全で信頼性の高いオペレーション・シナリオが得られたのは、LHD 特有の超伝導システムのたまものである。高温超伝導研究に大きな進展が見られ、その成果は核融合用超伝導マグネットの設計や開発に応用されている。

長さ 5 m のコイル、曲げ評価、電流保護や接続構造の開発などの研究が行われた。

FIREX ターゲット用に開発された燃料層形成法が実証された。

電力と水素燃料を同時輸送させるラインが詳しく研究されている。

バナジウム合金は、酸素不純物を減らすことで溶接性が高まることが分った。

バナジウム合金にかかる膨大な熱負荷を考慮して、金属バナジウムの高純度化に成功した。

不純物汚染を避けるため、NIFS-HEAT 2 は高純度のアルゴンフローの中で溶接された。

溶接材は耐照射脆性の劣化が進むが、照射後焼鈍で回復することが分った。

しかし、8.5dpa の照射条件下では溶接性の低下が見られた。

各種先進被覆技術やトリチウム透過抑制機能の評価研究が行われている。

中性子工学設計研究に高速フィードバックシステムが統合された。

十分な遮蔽環境でのトリチウム増殖が達成された。

3) これまでの関連外部評価が反映されているか。

LHD 超伝導システムの 10 カ年の研究計画が策定された。

ヘリカル炉開発の為の研究体制が設立、研究の進め方が示された。

過冷却システムがその性能において目標値を満たし、低温排気圧縮機は安定した稼働を見せた。

しかし、低温安定性において、LHD に用いられている実際のコイルとモデルとの間に差異が見られ、まだ解明されていない点がある。

15T への増強計画は、まだ計画段階である。進展を急ぐ必要がある。

総合工学実験棟へ既存の研究設備を集中させた。

研究設備やスタッフが拡充され、大学の参画率が増加した。

これにより、この分野での研究成果が一層上がるものと期待される。

安全管理システムが導入された。

様々な数多くの相手との共同研究が積極的に進められ、活発化している。

2004 年から 2009 年にかけて核融合工学研究により発表された研究成果は非常に多く、これは賞賛に値する。

529 本の論文の内訳は、以下のとおり。

1. 235・・・超伝導マグネット・低温システム
2. 185・・・材料・ブランケット
3. 72・・・トリチウム・安全
4. 78・・・ヘリカル炉設計

4) 大学における核融合工学研究の COE としての役割を果たしてきたか。

JAEA とともに、超伝導磁石材料の中性子照射の影響に関する共同研究体制を設立し、発展させた。JAEA の JRR-3 やベルギーの BR2 といった共同研究体制では、 Nb_3Sn の超伝導特性の照射効果が研究されている。

東海大学との共同研究では、電流リード用高温超伝導線円錐形管が開発・製作・テストされ、少量の熱進入と大電流通電を同時に達成させた。

MgB_2 を使ったテープ状導線も開発されている。

鹿児島大学との共同研究では、円形の線材からテープ形状に変形させることで、電

磁性能が向上することが分った。

JAEA や ITER との共同研究では、超伝導 EF コイルや EF コイル用ケーブル・イン・コンジット導体の開発が進められている。

インドのプラズマ研究所との共同研究では、意図的に電流の不均一を作りこれを導入することで、ケーブル・イン・コンジット導体の安定性の変化を調べる研究が行われている。

NIFS 以外の大学や研究機関に所属する研究者から、共同研究を通じ、235 にも及ぶ研究論文が公表されている。目覚ましい数である。

2. 共同研究

1) 核融合工学研究に関して、共同研究体制は有効に機能しているか。

現在、多くの日本の大学と共同で、IFMIF による技術研究が計画されており、材料・ブランケットやトリチウム・安全の重要なトピックが研究されている。

高純度のバナジウム合金の製作や特性解明では、北海道大学、東北大学、福井大学、九州大学、東京大学や富山大学といった世界有数の大学との大規模な共同研究が行われている。また、米国の ANL や ORNL、中国の SWIPP や IPP、そしてロシアの VNINIM など海外の研究機関も参画している。

液体増殖ブランケットに関する共同研究体制はあまり進展していないが、こちらも国際的な取り組みの中心として研究が続けられている。

共同研究活動の多さは素晴らしい。

582 件の共同研究プロジェクトは、以下のとおり行われている。

1. 148・・・超伝導マグネット・低温システム
2. 106・・・材料・ブランケット
3. 96・・・トリチウム・安全
4. 67・・・ヘリカル炉設計

2) これまでの関連外部評価が反映されているか。

科学研究費補助金のトリチウムプロジェクト「核融合炉実現を目指したトリチウム研究の新展開」の中で、事務局担当として重要な役割を果たしている。

茨城大学や九州大学とともに、トリチウムによる生物影響・環境影響について研究が進められている。

雨水中のトリチウム濃度が、20年に渡り測定されている。

マウスによる高感度突然変異検出系の実験で、被ばくによる生物影響の研究がなされている。

前述の内容も参照のこと。

3. 今後の目標・計画

1) 目標達成に向けた課題設定と実施計画は適切か。

核融合工学研究の課題設定と実施計画が作成され、提示された。

NIFSの核融合工学研究では、研究課題を幅広く設定している。大型高磁場超伝導マグネット研究や、長寿命液体ブランケット研究、低放射化材料研究、高熱流プラズマ対抗壁研究、トリチウム管理技術研究などが含まれている。

実施計画は3段階に分かれている。見事な分け方である。

2010年から2027年にかけて、まず概念設計を行い、その後基本設計へと進む。各種試験を通して基本設計の改良を重ね、詳細設計へと結びつけるという段取りになっている。

幅広いアプローチ計画との密接な連帯関係や、IFMIFとの情報交換も、本計画では考慮されている。

計画の後半期に不確定要素はあるが、核融合工学研究は柔軟性を維持し、自力でも、そして国内の大学との連携でも、関連する課題に取り組めるようにしておくべきである。

2) 計画を達成するための実施体制は適切か。

第二期中期目標・中期計画に沿って構成された新しい実施体制のもとで、4つのプロジェクト研究がスタートする。

NIFSの2つの研究系と六ヶ所の1つのセンターが協力し、マトリックスタイプの組織作りがなされることと思われる。

核融合工学研究プロジェクトの枠組みで、広範囲に及ぶ研究課題に取り組むためには、現段階で参加している人手が十分ではないように思われる。

核融合工学研究に関する評価

評価者：トーマス・クリンガー

1. これまでの研究の進め方とその成果

1) これまで進めてきた研究課題は適切であったか。

NIFS の核融合工学研究では、主要な目標を以下のように掲げている。

- ヘリカル型発電炉の概念設計
- 応用超伝導（LHD の運転及び炉研究）
- 材料研究及びブランケット開発
- トリチウムの安全性、管理及び回収

核融合工学・技術研究の中でも、これらは、早急に解決せねばならない重要な課題ばかりである。中でも特に重要なのが、LHD をベースとした核融合炉のコンセプト作りに求められる、大型ヘリカルコイルの実用性研究である。

結論：研究課題は、タイムリーでよく検討されている。

2) 1) の課題に対して、既存の施設は有効に活用され十分な研究成果が上がっているか。

NIFS は優れた研究施設が豊富で、特に材料研究に関するものが多い。盛んに行われている国内の大学との共同研究のみならず、JAEA や海外の研究機関との共同研究によって、所外の装置や設備を用い、互いに補完するように生かされている。従って、既存の施設は有効に活用されているといえる。核融合工学の研究成果も大変優れたものである。個人的に優れていると思う成果は以下のとおりである。

- 超伝導体への中性子照射による影響
- 照射後のバナジウム合金の焼鈍
- RAFM 鋼の浸食作用のコントロール
- 低放射化材料への VPS-W 被覆の直接生成
- Er_2O_3 による広範囲被膜の実現

以上は、核融合技術の進展に実質的な貢献を果たすことのできる重要な成果である。このほかに魅力を感じたのは、大電流 HTS 超伝導体に関する近年の研究であった。まだ解決すべき難問が多く残されているものの、関係する重要な研究であるとい

える。

異なる分野との相互発展もかなり盛んである。例えば、FIREX ターゲット用の燃料層の開発が良い例である。あるいは、ハイブリッドエネルギー輸送ラインや、超伝導を前提とした無停電電力供給システムの開発なども、その例である。

結論：既存の実験施設は有効に活用されており、特に大学との共同研究において目覚ましい。優れた研究成果も上がっている。

3) これまでの関連外部評価が反映されているか。

評価委員会では、外部評価委員による多くのコメントを表形式にして詳細に載せられていた。それぞれのコメントに対し、対策が取られ成果が上がったと記されている。これを見る限りでは、委員から指摘された問題点に対し、注意深く取り組みがなされているように思われる。

結論：これまでの関連外部評価に対し、NIFS は慎重に対応している。

4) 大学における核融合工学研究の COE としての役割を果たしてきたか。

「大学共同利用機関」として NIFS は、重要な役割を果たしている。日本の各大学とのネットワークは活発に機能し、有効な共同研究が多く設定されているように思われる。NIFS の COE として役割を果たす研究に、以下の 3 つの分野がある。

1. 応用超伝導
2. 材料開発及びブランケット
3. トリチウム科学及び安全

上記 3 つの分野のいずれにも、少なくとも一校以上大学の参画があり、特に 2 の分野では、数多くの大学が参加している。というのも、材料研究は一般に広範囲にまたがるためだ。(バナジウム合金や液体増殖ブランケット研究においては、かなり大きなネットワークが構築されてきた。) 1 の分野では、JAEA やインドの IPR との密接な協力関係が見られ、ここに超伝導研究へのひたむきな熱意が見受けられる。

結論：上記の研究分野において、NIFS は COE としての役割をしっかりと果たしている。

2. 共同研究

1) 核融合工学研究に関して、共同研究体制は有効に機能しているか。

日本の大学との共同研究体制は、極めて充実している。これこそ、NIFS という機関が本来持っている持ち味であり、その働きぶりには大変感心させられた。国際的な共同研究体制に関しては、インドの IPR や米国の ORNL との共同研究体制など特定の分野ではよく整っている。しかし、既に成果を出しているとはいえ、NIFS はその国際共同研究体制を更に発展させて、核融合テクノロジー関連のすべての分野、特に応用超伝導研究や低温技術研究といった分野にも、広げていかななくてはならない。

結論：共同研究体制は有効に機能している。国際共同研究の体制はもっと拡張の余地がある。

2) これまでの関連外部評価が反映されているか。

私の印象では、これまでの関連外部評価は十分に考慮されていると思う。

3. 今後の目標・計画

1) 目標達成に向けた課題設定と実施計画は適切か。

NIFS での核融合工学研究は、以下の 3 つの分野に取り組みなくてはならない。

1. LHD のメンテナンス及び機能強化
2. 核融合テクノロジーの発展
3. 将来の発電炉の設計及び計画

その取り組みに向けた課題設定は、大型ヘリカル超伝導マグネット、液体ブランケットモジュール、高熱流プラズマ対抗壁、低放射化構造材料、トリチウムプラント、そして適切な工学インフラなど、関連性が深く、必要なものがすべて含まれている。これは巨大なプログラムであり、高い能力と経験を兼ね備えた NIFS といえど、独自で実施できるものではない。したがって NIFS は、国内はもちろん、国外との共同研究活動をもっと発展させていかななくてはならない。核融合の工学的課題は、国際的に協力して取り組んでいかななくては、その解決はあり得ない。(上記 2. 1) 項を参照のこと)。

上記の課題一覧で唯一補いたいと思うのは、遠隔操作の研究である。NIFS としてもこの研究・開発を進展させていく意向があるだろうと思う。恐らくは、日本の中で核テクノロジー分野を特に得意としている大学や他の機関との連携のもと進めていくのであらうと思われる。

結論：課題設定は十分適切である。遠隔操作の研究も視野に入れていくとよいと思われる。実施にあたって、NIFSは極めて重要な中心的存在となって、国際的研究を進めていかななくてはならない。

2) 計画を達成するための実施体制は適切か。

新体制発足後には、マトリックス構造組織のもと実施される4つのプロジェクトのひとつとして、核融合工学研究が進められていく。核融合工学研究プロジェクトは、LHDの補強と発展、とりわけ重水素実験に向けての準備、そして、その他の核融合技術の発展に取り組んでいくことになる。ITER-BA/六ヶ所との連携体制は、六ヶ所研究センターによって実行され、六ヶ所研究センターはヘリカル研究部に籍を置くことになる。実用的な体制改編である。

結論：NIFSの新体制に取り入れられた変更点により、プロジェクトという意味で核融合工学研究における役割が強化される。この実施体制のもとでなら、野心的な研究計画を実施していくことが十分可能であるように思われる。

核融合工学研究に関する評価

評価者： ジェームズ・W・ヴァン・ダム

1. これまでの研究の進め方とその成果

1) これまで進めてきた研究課題は適切であったか。

NIFS の 3 つのグループが、核融合工学関連の 4 つの研究テーマに取り組んでいる。

- 炉工学研究センターは、材料・ブランケットを研究テーマとし、それを 9 つの課題に分類して研究を進めている。
- 炉システム・応用技術研究系（大型ヘリカル研究部）は、超伝導マグネット・低温システムをテーマとし、11 の課題に分類して取り組んでいる（唯一の例外として、このカテゴリーに含まれる超伝導導体への中性子照射の影響についての研究は、炉工学研究センターに属する材料研究グループが行っている。）
- 安全管理センターは、安全工学（その多くがトリチウムに関連したもの）をテーマとし、14 の課題に分類して活動を行っている。

4 つめの研究テーマであるヘリカル炉の設計に関しては、10 の研究課題に分けられ、上記の 3 グループが様々な側面から関わっている。

以上を見てみると、これは多くの研究トピックを網羅した、非常に大がかりな取り組みであり、それを NIFS では 25 名（プラス所外の研究員 4 名）が担当している。この取り組みがいかにスケールの大きなものであるかは、2004 年から 2009 年までの期間に発行された論文の数の多さで証明される。合計 529 本の論文が書かれたわけであるが、この数字は、この 6 年間で毎年 1 人当たり 3.5 本もの論文を作成したという計算になる。この他にも、NIFS 所外からの研究者を第一著者とした論文が 235 本も発表され、NIFS との共同研究の成果がまとめられている。出版物や共同研究に関する非常に詳細で有益な情報は、「Review09FER_PPTadd2.pdf」とともに発表され、「平成 21 年度核融合工学研究報告書」（配付資料 5-1）という資料では詳細が全て記されている。

2) 1) の課題に対して、既存の施設は有効に活用され十分な研究成果が上がっているか。

特に材料・ブランケット研究が、既存の施設（NIFS 所内のみならず、連携する大学や研究機関など所外の施設も含めて）の有効利用について具体的に説明していた。プレゼンテーション資料の 18 頁にその詳細が一覧となって記載されている。

研究結果に関しては、核融合工学の 4 つの研究テーマのいずれもが、十分な成果を

上げているように思われる。例として応用超伝導・低温システム研究から、LHD にとってとりわけ重要な結果を 2、3 件取り上げてみても、十分な成果が上がっていることが伺える。例えば、(1)冷媒のヘリウムをサブクールすることでヘリカルコイルの冷却システムを向上させ、コイル通電電流値を 11.6kA まで引き上げることに成功した、(2)コイル電源を増強し、LHD 磁場の動的制御が可能になった、(3)LHD 超伝導システムは稼働率 99%を超え、高い信頼性を示した、などがそれである。

3) これまでの関連外部評価が反映されているか。

プレゼンテーション資料の 44～46 頁に、過去の外部評価委員からのコメントとそれに対する NIFS の対応が一覧としてまとめられている。「超伝導・低温システム」、「材料・ブランケット」、「トリチウム・安全」の 3 つに関して、それぞれ別々に対応表が作成されている（ヘリカル炉設計に関しては、過去に外部評価を受けていないためこうした一覧はない）。この対応表から、NIFS がこれまでの関連外部評価を着実に反映して活動を行ってきていることがよく分かる。

4) 大学における核融合工学研究の COE としての役割を果たしてきたか。

プレゼンテーション資料は、共同研究のもと NIFS がいかにして核融合工学研究の COE としての役割を果たしているのかを、実に分かりやすく示している(48～53 頁)。NIFS のこの役割は、日本の各大学や、日本原子力研究開発機構、そして海外の機関との共同研究活動の中で発揮されていることが分かる。とりわけ、ヘリカル炉のシステム設計分野においては、NIFS の COE としての役割が国際的なレベルで果たされている。

2. 共同研究

1) 核融合工学研究に関して、共同研究体制は有効に機能しているか。

NIFS の核融合工学研究は、非常に高いレベルの連携体制のもとで行われていることが分かる（プレゼンテーション資料の 14、15、18～20、22、24、25、27、29、30、31、35、48～53 頁を特に参照のこと）。

例えば、超伝導導体への中性子照射の影響を調べる共同研究は、NIFS や大学、国立研究機関だけでなく、民間の団体まで巻き込んだ広大なネットワークのもとで行われている（資料 14 頁）。現在、自然科学研究機構に属する他の研究所との間に共同研究プロジェクトの実施はない。ただし、将来的には、磁気共鳴映像診断用の高磁場工学やナノ材料科学などの分野で、共同研究の可能性があり、議論が進められているとのことである。

過去5年間を見てみると、582件にもものぼる核融合工学関連の共同研究が行われている（資料59頁）。素晴らしい数である。

これら共同研究の体制は有効に機能しており、所外の研究者を第一著者とした共著論文の発行数が合計235本という、その数の多さがそのことを証明している。

2) これまでの関連外部評価が反映されているか。

関連外部評価に対するNIFSの対応一覧（資料44～46頁）の中に、数カ所に渡り、外部評価結果を反映した共同研究の立ち上げが含まれている。材料・ブランケット研究の核融合工学分野における双方向型共同研究の設立などが、その1例である。

3. 今後の目標・計画

1) 目標達成に向けた課題設定と実施計画は適切か。

中長期計画に向けて重要となる研究課題が図を用いて提示された（資料55頁）。工学研究のインフラ整備も重要度の高い課題として設定されている。

定常ヘリカル型原型炉（DEMO）の設計のため、次の12年間でクリアすべき種々の工学研究目標に対する、ロードマップが非常に細かく記されている（資料56頁）。この計画を実施することはNIFSの今後にとって非常に重要な使命であるだけでなく、核融合エネルギー研究の発展のためにも極めて重大なものとなる。

ひとつ提言するとすれば、設定された核融合工学関連の課題はやはり数が多いので、人的資源やその他各種の資源という視点から、より明確な優先順位をつけることが望ましいのではないかという点である。

2) 計画を達成するための実施体制は適切か。

NIFSで行われる核融合工学関連の研究開発活動は、4つの研究グループ（うち3つは新しく発足）がその計画を実施する。

- 「装置工学・応用物理研究系」（ヘリカル研究部）－ 新しく設置される組織で、恐らく現行の「炉システム・応用技術研究系」の活動を引き継いでいくものと思われる。
- 「核融合システム研究系」（ヘリカル研究部）－ ヘリカル炉設計や材料研究、プラズマと壁の相互作用などを主眼に置く。
- 「六ヶ所研究センター」（ヘリカル研究部）－ 幅広いアプローチ計画のもと、

六ヶ所研究センターで活動を行い、遠隔参加、バーチャルリアリティ、ヘリカル炉設計、数値解析や材料試験などの研究に取り組む。この取り組みに対し、配置人員 1 名とあるが、これはあまりに少ない。

- 「核融合工学研究」－新たに実施される 4 つのプロジェクトのひとつ。ヘリカル研究部に属する各研究系から横断的にスタッフが参加することで、このプロジェクトチームは成立する。

上記ヘリカル研究部所属の 3 つの核融合工学関連の研究系については、その活動概要について説明があったものの (資料 58 頁)、核融合工学研究プロジェクトに関しては、同様の説明は見あたらなかった。

NIFS の新体制に関するこの他の所見は、安全管理の評価用紙に記入してある。

ちなみに、核融合科学研究所現状報告では、プロジェクトは (4 つではなく) 3 つになるだろう、としている (22、23 頁を参照)。

しかしながら、この現状報告のおかげで、その後の核融合工学研究と安全管理の活動報告の内容が一層分かりやすいものになった。LHD のベータ値や、高密度、長パルス幅に関する研究成果の進歩は本当に素晴らしく、こうした優れた業績を上げたことに対し NIFS はしかるべき評価を受けるべきである。

外部評価委員で行われた核融合工学研究に関するプレゼンテーションは、非常に綿密に構成され、評価に必要な情報を的確に提供してくれた。最後に、その尽力に対し心より感謝の意を述べたい。

2. 安全管理

Safety Management

Reviewer:

Dr. Gyung-Su Lee
(リー・ギュンス)

President, National Fusion Research Institute, Republic of Korea

Prof. James W. Van Dam
(ジェームズ・W・ヴァン・ダム)

Director, Institute for Fusion Studies, The University of Texas at Austin,
USA

Prof. Thomas Klinger
(トーマス・クリンガー)

Directorate, Max-Planck-Institute for Plasma Physics, Germany

Reviews on safety management

Reviewer: Gyung-Su Lee

1. Management system and performance

- 1) **Does our safety-management system respond properly to a shift in relevant law from the National Personnel Authority Regulations to the Industrial Safety and Health Law according to the reorganization of the national universities as corporation? (Please note the role of the Safety and Health Committee and its activities.)**

By reviewing “Safety Management Activity Report” of NIFS in 2009, and its presentation during External Peer Review Meeting, it is clearly documented that new requirements and mandate on Safety Management are established and implemented according to new statute of NIFS as a legal standing of Corporation from previous governmental educational institute. The major shift of Safety Management is due to changes in applicable law to the “Industrial Safety and Health Act” and in supervisory body to Labor Standard Office. It would have been very significant changes in management and administration to the existing institute with long history for safety issues. However, NIFS did indeed very efficiently and effectively respond, so that the safety record of previous periods has been excelled with new system. The safety record also shows the proper handling of risks and safety issues by NIFS, and especially the Safety and Health Committee with proper and responsive manners to the new environment during review period. I would like compliment NIFS’ effort to keep institute safe and healthy, and at same time productive in research, during very challenging time of changes.

- 2) **Does the Division for Health and Safety Promotion function properly to ensure safe environment? (Is the structure adequate and appropriate, which consists of 10 offices such as the Environmental Safety Control Office, the Health Control Office and so on?)**

The document role and mission of the Division for Health and Safety Promotion is to keep the working environment safe and healthy and improve the subjects charged from the Safety and Health Committee, with proper application of laws and rules. The Safety Management Activity Report of NIFS in 2009 showed the activities of ten Offices within the Division with very effective execution. The results of each office showed proper function and met expected role. Couple of

recommendations that I would propose, is that the efficient IT technology such as RFID system to improve hazardous material control. And the Division name with “Promotion” could be misled to the Foreign visitors and students, so that word with compulsory nature would be more proper. (In Kanji, it is clear, however.)

3) Do we provide safety education for in-house students adequately and appropriately?

In the Report and by inspecting the Safety Handbook, I acknowledge NIFS for very well prepared documentations and educational effort to guide in-house students for their safety and mitigate possible risks.

2. Safety performance as an inter-university research institute

1) Are the visiting co-researchers including the graduate students educated and managed their safety adequately and appropriately?

For same as in-house student case, the NIFS provided visiting researchers and graduate students with well-prepared documentations, comprehensive safety lectures, and proper check sheet for safety education. It is also noted that the “Radiation Safety Control” effort for co-researchers is implemented so that safe and healthy experimental environment could be provided for visitors.

2) Are the foreign co-researches provided safe environment?

It is recognized that the NIFS prepared English version of the Safety Handbook, Warning Signs for safety, and Work Safety Check Sheet, to provide safe and healthy working environment for foreign co-researchers and visitors. For foreign co-researchers, the care-taker provides safety education before start of collaboration so that the safety and health issues of different cultural background and rules could be minimized. It is also acknowledged that US-Japan cooperation to improve safety of personnel exchange program, is very well planned and useful so it could be very beneficial to implement NIFS’ safety management program for foreign visitors and co-researchers.

3. Future plan

1) Is our safety-management system well-prepared for the reorganization of research division in 2010?

As the first year of the second six-year mid-term plan, it is reported that the reorganization of research group to meet new research program to be implemented. It is noted that the organization of safety and health management is almost intact except for strengthening radiation safety for upcoming D-D experiments in LHD. I believe that it is very prudent approach to keep well functioning organization to manage properly without unnecessary disturbance. Also, it is very good to hear that the D-D experiment is soon to be executed, with proper preparation of safety management especially in the area of radiation safety. It is recommended that the previously existing role of "Safety and Environmental Research Center" needs to be clearly inherited by new organizational components so that the changes of new safety management system to be completely documented.

2) Are our plans for safety control while conducting deuterium experiments adequate and appropriate?

As I reviewed NIFS for previous six-years, it is now imminent to start the D-D Experiment is LHD. Also, the long and well prepared safety control for D-D experiment is now finalized to get ready for experiment itself. The document showed that the organizational preparation and hardware and building renovation to meet D-D safety issues has been also addressed very well.

Reviews on safety management

Reviewer: James W. Van Dam

1. Management system and performance

- 1) Does our safety-management system respond properly to a shift in relevant law from the National Personnel Authority Regulations to the Industrial Safety and Health Law according to the reorganization of the national universities as corporation? (Please note the role of the Safety and Health Committee and its activities.)

The status of the Japanese national university system, including national institutes such as NIFS, changed in 2004 to that of an independent administrative agency. At that time, NIFS became a member of the National Institutes of Natural Science, an inter-university research institute corporation. Consequently, as explained in the Safety Management presentation, the safety regulations at NIFS shifted to become regulated by the Industrial Safety and Health Act. This required that positions be designated for Safety Officer, a Health Officer, and an Industrial Physician; NIFS has done so. It also required that a Safety and Health Committee be set up; NIFS did so, by re-organizing a pre-existent Safety Committee. Therefore, the Institute has correctly responded to the shift in safety management laws.

In accordance with Japanese law, the NIFS Director-General is required to function as the General Safety and Health Supervisor. Thus, he is personally in charge of the Safety and Health Committee. Also, the head of the Division for Safety and Health Promotion reports directly to him.

At previous annual international meetings of the External Peer Review Committee (since its inception in January 2005), there has only been one presentation on the subject of safety management. It was given at the December 2005 meeting, and its subject was the Safety and Environmental Research Center (SERC). According to this talk, SERC consisted of two divisions: (1) Safety, Health and Environment Committee, with two managers, one for safety and another for health and environment, and (2) a Promoting Safety, Health and Environment group, with a director for radiation protection, safety inspections for experiments, and safety handbook, and with a supervisor and staff members for high-pressure gases, hazardous materials, and electrical equipment. SERC members were described as contributing to the SH&E effort at NIFS by being members of the ten

divisions under the Head for Promoting Safety, Health, and Environment. (In the December 2009 talk, the “Head for Promoting Safety, Health, and Environment” is renamed “Division for Health and Safety Promotion.”)

The December 2005 SERC talk showed an organization chart for Safety, Health, and Environment (SH&E) that is exactly the same as the one shown in the December 2009 Safety Management talk. However, in the December 2009 presentation, the functions and activities of the SERC that were described in the December 2005 talk are now largely attributed to the Safety and Health Committee and to the Division for Health and Safety Management. A function that apparently did not transfer is publications at conferences and in journals. The SERC also carried out some research and developmental work on monitors.

The Safety and Health Committee has three regular staff members. The other members of this committee are drawn from the pool of scientific, technical, and administrative staff of the Institute. The three regular staff members are a Safety Officer, who carries out monthly inspections of the buildings (especially the research-related buildings), a Health Officer, who inspects the buildings on a weekly basis; and an Industrial Physician, who performs monthly inspections. The results from the inspections by the Safety Officer, the Health Officer, and the Industrial Physician are posted on the NIFS web site and can be openly accessed not only by all Institute personnel, but also by the general public. (It would be interesting to know how many “hits” on this web site come from outside the Institute.) This practice is commended for the purposes of transparency and community reassurance.

2) Does the Division for Health and Safety Promotion function properly to ensure safe environment? (Is the structure adequate and appropriate, which consists of 10 offices such as the Environmental Safety Control Office, the Health Control Office and so on?)

The Division for Health and Safety Promotion maintains a safe and healthy working environment in accordance with rules corresponding to relevant laws. It also implements improvements recommended by the Safety and Health Committee. The Division has ten offices, which appear to cover the gamut of health and safety issues. Hence its structure would seem to be both adequate and appropriate.

The Division for Health and Safety Promotion is commended for having been quick to take adequate measures to combat the spread of H1N1 influenza, a sudden new worldwide development in 2009.

The Institute has needed to field its own in-house fire fighting team, since the Toki City fire department is too small to be able to deal with the specialized type of fires that might occur in research laboratories.

The measures taken to monitor and control radiation are quite extensive. This function of the Division for Health and Safety Promotion should be very helpful in reassuring the neighboring communities concerning the adequacy of safety protections for conducting deuterium experiments.

The Division for Health and Safety Promotion has a total of 117 staff members spread among its ten divisions. (Some staff members may, of course, serve on more than one division.) All of the staff members of the ten divisions of the Division for Health and Safety Promotion appear to be seconded from the overall pool of scientific, technical, and administrative staff of the Institute. This approach has the advantage of fostering widespread knowledge of and responsibility for safety management throughout the Institute. The downside is that it could be a burden for these persons to perform their regular jobs and, in addition, to serve in divisions of the Division for Health and Safety Promotion. With the advent of the deuterium experiments, this additional workload might need to be re-considered. It is commendable that NIFS plans to enlarge the Radiation Control Office of the Division of Safety and Health Promotion by adding more full-time staff when the deuterium experiments begin.

Note that the names of the various departments and divisions are variously rendered in English translation. The name “Division for Health and Safety Promotion” is used on pages 5 and 6 of the presentation, whereas on page 30 the name “Safety and Health Promotion Division” is used. Although this is a very minor point, it would be helpful to have standardized names.

3) Do we provide safety education for in-house students adequately and appropriately?

The Division of Health and Safety Promotion holds lectures about general safety procedures twice at the end of each fiscal year. Attendance at these lectures is

mandatory for renewal of permission to work. NIFS staff members (including students), contractors, and collaborators must all attend these lectures.

For new students, 36 hours of lectures on various risks encountered in laboratories are provided. Theory students must also take lectures on safety, although not as many as experimental students.

2. Safety performance as an inter-university research institute

1) Are the visiting co-researchers including the graduate students educated and managed their safety adequately and appropriately?

Collaborating researchers (including students) must attend the Division of Health and Safety Promotion lecture about general safety procedures before they are permitted to begin work in any laboratory area with potential risk. Also, collaborating researchers must be registered before being granted access (via card keys) to radiation-controlled areas.

2) Are the foreign co-researchers provided safe environment?

International scientific collaborators who will work in laboratory areas with potential risk are required to attend a lecture on safety and sign a statement after the lecture. The training in safety procedures is done in English. The Japanese staff member who is the host for each foreign co-researcher is responsible for such training. Warning signs are in both Japanese and English. It would be helpful if public announcements about safety were also bilingual. The NIFS Safety Handbook is published in English as well as Japanese. However, I was unable to find the English version of the Safety Handbook posted on the Division for Health and Safety Promotion website—which, by the way, is entirely in Japanese and therefore inaccessible to most foreign co-researchers.

Following the unfortunate accident suffered by a Japanese scientist at a US national laboratory in 1992, a US-Japan Joint Working Group for Safety Inspection was established, and a safety monitoring tour is held alternately in the two countries every other year. This activity is very valuable to ensure safety for visiting co-researchers in both countries. At NIFS, the Division for Safety and Health Promotion has the responsibility to address the recommendations that result from these joint safety tours.

3. Future plan

1) Is our safety-management system well-prepared for the reorganization of research division in 2010?

A major internal re-organization of NIFS is planned for 2010. The Department of Administration and the Department of Engineering and Technical Services will remain unchanged. The Safety and Environmental Research Center will be dissolved, as mentioned above. The Department of Large Helical Device Project, the Department of Simulation Science, the Coordination Research Center, and the Fusion Engineering Research Center will be unified into one research department, to be called the Department of Helical Fusion Research. In addition, four large-scale Projects will be established, which will cut across the research divisions of the Department of Helical Fusion Research.

Within the proposed re-organization, NIFS plans only a few changes in its safety management system.

- The first change is a slight restructuring of the internal organization of the Radiation Control Office (now to be called the Radiation Protection Section), as shown in the organization chart on page 47 of the presentation.
- The Safety and Environmental Research Center will be dissolved. The reason given for doing so is that the current efforts of this center are mainly focused on tritium measurements and removal, and that these efforts will be moved to the Department of Helical Fusion Research. It would be helpful to know exactly which division (or divisions) within the Department of Helical Fusion Research will now be responsible for handling these efforts. The Division for Safety and Health Promotion will handle the consultation function of the Safety and Environmental Research Center.
- The Safety Committee and the Safety Monitoring Commission (shown on the top left-hand side on page 47) will be independent groups of in-house experts and community participants. Their functions and their places in the NIFS organizational structure need to be clarified in the future.

In both the current structure of the NIFS safety management system and also the re-organized structure, there are the positions of Safety Technical Manager and Radiation Protection Supervisor. It is not clear why these positions are separate from the Division for Health and Safety Promotion.

For the research division, the planned re-organization is indeed a very significant change. Here, I offer some observations:

- In the new organization, the Department of Simulation Science and the Theory and Data Analysis Division of the Department of Large Helical Device Project would be merged into two new divisions—the Fusion Theory and Simulation Research Division and the General Physics Theory and Simulation Research Division—both within the Department of Helical Fusion Research. The External Peer Review Committee had previously considered a merger of the two theory groups at its first-ever meeting in January 2005. There were arguments for and against such a merger, and I will not repeat them here. An argument for putting the merged theory/simulation effort within the new Department of Helical Fusion Research might be that this would facilitate theory interactions with experiment. However, I also point out that demoting the status of the area of simulation research from that of a department to that of a division within a department could be viewed as unfortunate, since Simulation Science is one of the three areas for which the Institute received from MEXT an evaluation ranking of “Excellent” for the mid-term plan 2004-2009. On the other hand, Numerical Experiment Research will be one of the four crosscutting new Projects of NIFS in the proposed re-organization, which could help preserve its eminence.
- In the Safety Management presentation (page 46), it is said that two research departments and two research centers are being combined into one research department. However, it looks like the two research centers (Fusion Engineering Research Center and Coordination Research Center) are actually being converted into Projects, to judge from their names.
- Re-organizing the research efforts of the Institute into a single unified department (with seven divisions) in parallel with four crosscutting projects appears to be a movement to a so-called matrix style of management. General Atomics, for example, has used the matrix management system effectively. A difference, however, is that the General Atomics system has crosscutting task forces (in addition to its physics groups), where the task forces are aimed at specific projects of focused scope and limited lifetime. The General Atomics task forces change every few years, depending on what are the currently hot topics of research. In contrast, the proposed NIFS Projects appear to be rather large in scope and long-lived in nature, almost similar to additional research divisions.
- With matrix management, it is essential to clarify the lines of authority—for example, who the real boss of experimental research would be, the leader of the Large Helical Device Research Project or the director

of the Department of Helical Fusion Research.

2) Are our plans for safety control while conducting deuterium experiments adequate and appropriate?

To operate the LHD facility with deuterium, it will be essential to enhance safety management at the Institute. Plans for doing so have already been made, and these plans appear to be adequate and appropriate.

As mentioned already, the Radiation Control Office will add additional staff, on a full-time basis, for the duration of the deuterium experimental campaign. This is quite appropriate. Other offices within the Division of Safety and Health Promotion may also require additional full-time staff during this period.

Currently, the Industrial Physician for the Health and Safety Committee is a part-time position. It may also be advisable to make this a full-time position during the future campaign of deuterium experiments.

Overall, the Institute has a well-established and well-managed system for safety management. The current system appears to be working smoothly.

Incidentally, I very much appreciate that the presentation on Safety Management to the External Peer Review Committee was structured so as to directly provide information concerning the charge questions to which the Committee was asked to respond.

Reviews on safety management

Reviewer: Thomas Klinger

1. Management system and performance

- 1) **Does our safety-management system respond properly to a shift in relevant law from the National Personnel Authority Regulations to the Industrial Safety and Health Law according to the reorganization of the national universities as corporation? (Please note the role of the Safety and Health Committee and its activities.)**

The institute has properly reacted on the change of its legal status. The safety management is based on two entities, the “safety and health committee” (SHC, supervision) and the “division for health and safety promotion” (DHSP, execution). This is a reasonable structure since supervision and execution of safety and health measures are clearly separated (“four-eye-principle”). The SHC is chaired by the general safety and health supervisor who reports directly to the director general (DG) of NIFS. The director general is responsible for the implementation of measures via the DHSP. The SHC performs regular inspections of laboratory spaces and office buildings with safety and health officers. The so obtained information is collected and evaluated by the SHC and reported to the DG. This seems to be a clear cut and efficient way to ensure the information flow to the DG and to guarantee the immediate implementation of recommended measures. Especially useful is the high level of transparency of the information, which increases the confidence in the safety management and keeps the safety and health standards up.

Conclusion: I have the impression that the safety management structure is appropriate with well defined interfaces and responsibilities.

- 2) **Does the Division for Health and Safety Promotion function properly to ensure safe environment? (Is the structure adequate and appropriate, which consists of 10 offices such as the Environmental Safety Control Office, the Health Control Office and so on?)**

The DHSP consists of 10 offices with different responsibilities, covering all relevant safety and health topics. The offices recruit their man power mostly part time from the institute’s staff. In that sense, the DHSP is rather an organizational structure than a real entity in the NIFS. This is, however, an appropriate way to

organize the different tasks related to safety and health improvement as requested by the DG. Consequently, the different tasks seem to be efficiently pursued by the (usually experienced) researchers, engineers and administrators. In fact I'm very much impressed by the professionalism and systematic approach of the different offices of the DHSP. On the long run, especially when the LHD becomes a nuclear facility, it might become necessary to recruit also full time personnel for the DHSP.

Conclusion: The division for health and safety promotion has an adequate structure and is highly professional on the working level.

3) Do we provide safety education for in-house students adequately and appropriately?

There is a safety handbook handed out that is updated on a regular basis by the "safety handbook publishing office". A general safety lecture is conducted for all employees including the students. New students have to pass a course of lectures on radiation, electricity, lasers, hazardous materials, high pressure gas. This seems to be most appropriate and carefully done.

Conclusion: The safety education for in house students is fully appropriate.

2. Safety performance as an inter-university research institute

1) Are the visiting co-researchers including the graduate students educated and managed their safety adequately and appropriately?

It is of utmost importance to implement adequate safety structures that are able to handle a large number of collaborators from various different universities. The above discussed structures and procedures seem to be well positioned to deal with this challenge. To my impression, there are sufficiently strict rules and careful instructions for visiting co-researchers implemented.

Conclusion: The safety education and safety rules are adequate for visiting co-researchers and should provide a high level of confidence.

2) Are the foreign co-researchers provided safe environment?

Most important for foreign co-researchers is to overcome the language barrier. Each foreign co-researcher at NIFS has a caretaker who carries out the safety education in English language. Also warning signs and the NIFS Safety Handbook are provided in English. Hence one can expect for the foreign co-researchers the same level of safety as for the national ones. It is also a good measure to have an exchange on safety issues with the US-collaborators on a regular level.

Conclusion: Also for foreign co-researchers the same high safety level is provided.

3. Future plan

1) Is our safety-management system well-prepared for the reorganization of research division in 2010?

I see no reason why the present safety management system as implement should not provide the same service and the same safety level also under the new structure of the organization of NIFS.

Conclusion: The safety-management should have no problems with a re-organized structure of NIFS.

2) Are our plans for safety control while conducting deuterium experiments adequate and appropriate?

For conducting D-D-experiments in the nearer future, the LHD building is renovated and modified according to the requirements of radiation protection. Furthermore, an organization for radiation protection was set up, supervised by the DG. I assume that the procedures and the entities in charge of radiation protection will be separately evaluated by the local authorities. I cannot see any obvious deviations from international good practice.

Conclusion: The plans for safety control during D-D-experiments seem to be appropriate and according to the standards.

安全管理に関する評価

評価者： リー・ギュンス

1. これまでの安全管理と実績

1) 法人化に伴い適用法令が人事院規則から労働安全衛生法に代わったことに対応した体制になっているか。また、機能しているか。(安全衛生委員会設置とその活動)

平成 21 年度安全管理活動報告書や、外部評価委員会でのプレゼンテーションでは、NIFS の法的立場が、文部科学省直轄の教育機関から法人研究機構へと代わったことに対応し、安全管理活動に新たな条件や使命が課せられることになったということである。これは、適用法令が「労働安全衛生法」へ、担当の監督局が労働基準監督署へと移行したことによるものである。長年、安全管理問題に携わってきたこともあり、NIFS にとって今回の法人化は、運営管理の面で非常に大きな影響を受けたのではないかと察する。それにも関わらず、NIFS は実に効果的かつ効率的に対応し、新しい安全管理体制は以前のものにもまして優れたものになった。リスク回避や安全への各種課題への取組みが的確であったからこそ、ここまでの安全管理実績が上げられた。特に、安全衛生委員会による今回の新しい環境への対応が、適切で機敏なものであったことが大きい。所内の安全衛生の維持向上に努めた NIFS の努力に賛辞を述べると同時に、こうした大きな転換期であったにも関わらず、優れた研究成果を上げていることを大いに評価したいと思う。

2) 安全環境整備のため設置した安全衛生推進部は機能を果たしているか。(環境安全管理室や健康管理室など、10 室で構成する組織は適切か。)

安全衛生推進部の役割と使命は、適切な規定のもと、安全で衛生的な労働環境を維持し、安全衛生委員会から指摘のあった問題点を改善すること、とある。平成 21 年度安全管理活動報告書を見てみると、安全衛生推進部の 10 室の活動はそれぞれ大変効果的なものであった。結果から、各室ともよく機能しており、求められる役割をきちんと果たしていたことが分かる。私からの提言をすれば、ひとつは危険物管理をより効率的にするために、有効な IT テクノロジー (例えば無線 IC タグ等) を採り入れてはいかがだろうか、という点。ふたつめには、「安全衛生推進部」の英語名に「Promotion」が入っているが、これは海外から来た研究者や学生に誤解を与える可能性がある。別の、もっと直接的な意味合いの言葉の方が相応しいと思われる (勿論、漢字名は問題無い)。

3) 大学院生(所内)に対する安全教育を適切に行っているか。

報告書や安全ハンドブックを見る限り、安全に関する資料作成や教育活動といったNIFSの取組みは、大変行き届いたものになっている。所内の大学院生に対し、安全への意識付けがなされ、また危険を予測し、未然に防ぐことができている。

2. 大学共同利用機関として安全管理・教育を適切に行っているか。

1) 所外共同研究者(大学院生を含む。)に対する配慮を行っているか。

所内の学生と同様、所外の共同研究者や学生に対しても、行き届いた安全教育・管理が施されている。各種配付資料や、安全講習、安全教育用確認書などがそれである。また、「放射線安全管理」の業務も、所外共同研究者のために安全で衛生的な研究環境が整えられるべく、実施されていることにも着目したい。

2) 外国人研究者に対する配慮を行っているか。

安全ハンドブックや、警告などのサイン、作業安全確認書など、それぞれ英語版を作成し、外国人の共同研究者や短期滞在研究者のために、安全で衛生的な職場環境を整えている。研究を始める前に、世話人が外国人研究者に安全教育を実施、これにより、文化的な背景やルールの違いによるリスクが最小限に抑えられている。さらに、日米間の協力のもと、安全管理職員の交換派遣プログラムを促進すべく活動が行われているが、これは非常に良く練られた、実用性の高い取組みである。この派遣プログラムのおかげで、NIFSによる外国からの研究者に対する安全管理の活動が大いに有益なものになっている。

3. 将来計画に対応した安全管理計画は適切か。

1) 平成22年度からの組織に対応した安全管理体制となっているか。

第二期中期計画期間の初年度として、新たな研究計画を実施するためNIFSの研究部門が再編されるが、安全や衛生管理の部門に関しては、LHD重水素実験のための放射線管理強化を除けば、大きな変更はないということである。既に優れた機能を発揮している部門であるわけで、不必要に動かして不安材料を作らないという選択は賢明な方法であると思う。また、安全管理、特に放射線の安全管理が、準備万端な形で、重水素実験の開始をまもなく迎えられるというのは朗報である。「安全管理センター」が以前行っていた業務はすべて、新たな担当部署によって確実に引き継がれる必要がある、そのことも含め安全管理体制における変更点は、明確に文書化されなくてはならない。

2) 重水素実験時の安全管理計画は適切か。

以前の6年間の活動から改めて見直してみると、今やNIFSは、LHDにおける重水素実験を実施しようとするところまでできている。実験時の安全管理も、長い準備期間を経て最終の仕上げの段階に入り、これで重水素実験の準備もほとんど整いつつある。資料を見る限り、体制、ハードウェア、設備の改造なども、重水素実験にかかる必要事項に対し、しっかり対応できている。

安全管理に関する評価

評価者： ジェームズ・W・ヴァン・ダム

1. これまでの安全管理と実績

1) 法人化に伴い適用法令が人事院規則から労働安全衛生法に代わったことに対応した体制になっているか。また、機能しているか。(安全衛生委員会設置とその活動)

NIFS を含む国立の研究機関や大学に法人格が与えられた 2004 年、NIFS は大学共同利用機関法人である自然科学研究機構の一員となった。これに伴い、NIFS における安全管理を規定する法律が代わり、労働安全衛生法の適用を受けることになった。労働安全衛生法で義務づけられているとおり、NIFS は安全管理者、衛生管理者、産業医を配置し、また安全衛生委員会の設置に対しても、既存の安全委員会を再編成することでその義務を果たしている。結果、NIFS は安全管理の適用法令の変遷に対し、正しく対応できたといえる。

法律により、NIFS の所長が総括安全衛生管理者となり、全体をまとめる役割を担う。従って所長は安全衛生委員会の委員長でもある。安全衛生推進部長から直接報告を受けるのも、所長の役目となる。

外部評価は 2005 年 1 月から開始されたが、外国人委員も参加するこれまでの評価委員会では、安全管理に関する報告は 1 回されたのみであった。その年の 12 月に報告がなされ、安全管理センターが評価対象であった。このときの報告によれば、安全管理センターによる研究所の安全衛生管理への関わりは、(1) 安全衛生委員会と(2) 安全衛生推進部の両方にまたがるものであった。(1)では、安全管理者や衛生管理者という委員として、(2) では作業指示者 (director) として放射線管理室、実験安全管理、安全ハンドブック作成等を担当、管理者 (supervisor) や室員として高圧ガスや危険物処理、電気機器を担当とする職務に携わっていた。安全管理センターの職員たちは、安全衛生推進部長のもと、10 室の一員として、NIFS の安全や衛生、環境の向上のための活動に取り組んできた、ということであった。(2009 年の外部評価委員会では、「Head for Promoting Safety, Health, and Environment」であったが、「Division for Health and Safety Promotion」に名称が変わっていた。)

前回 2005 年の外部評価委員会で示された安全管理体制は、今回 2009 年の安全管理のプレゼンで示されたそれと全く同じのものであった。しかし、当時安全管理センターが担っていた役割や活動の大部分は、現在は安全衛生委員会と安全衛生推進部が受け持っており、一方、安全管理センターに残された業務は、会議や雑誌などへの成果報告と、(トリチウム) モニターの研究や開発ということであった。

安全衛生委員会の専任スタッフは3名で、その他のメンバーは所内の研究部、技術部及び管理部から選ばれる。専任スタッフとは、安全管理者、衛生管理者及び産業医の3名を指す。安全管理者は、建物（特に研究棟や実験棟などの研究施設）の安全点検を月単位で、衛生管理者は各建物内の衛生点検を週単位で、そして、産業医は健康チェックを月単位で行う。その結果は NIFS のウェブサイトで公開され、所内の職員のみならず、一般の人々にもアクセスできるようになっている。（所外からのアクセス数がどれくらいになるのかは興味深い。）これは、透明性が維持され、また地域社会に安心感を与えるという意味で、優れた活動である。

2) 安全環境整備のため設置した安全衛生推進部は機能を果たしているか。（環境安全管理室や保健管理室など、10室で構成する組織は適切か。）

安全衛生推進部は、適用法令に基づいて作成された規則に従い、安全で衛生的な職場環境の維持に務め、また、安全衛生委員会より提言があればその改善に努める。10室の組織構成は、安全や衛生に関する各種問題全体を網羅できているように思われる。したがって、その組織の在り方は、量・質ともに適切であるといえる。

2009年に突然地球規模で大流行した新型インフルエンザ（H1N1）に関して、安全衛生推進部が取った対応は、迅速かつ適切で評価できるものであった。

NIFS 周辺の地域を担当する土岐消防署が、研究施設等に起こり得る特殊な火災に対応できるほど十分な規模の消防施設ではないため、NIFS は、独自で消防隊を結成し配備している。

安全衛生推進部が行う放射線管理への取り組みの波及効果は大きい。重水素実験実施に向けて周辺住民に対し、十分な安全管理体制が整っていると安心感を与えられるよう、有効に機能するはずである。

安全衛生推進部には総勢 117 名が 10 室に分散して室員として所属している（2 室以上掛け持っているスタッフも何名かいることだろう）。すべての室員は、研究部、技術部、もしくは管理部に籍を置く併任スタッフであるということだが、この併任体制は、安全管理を高めるための知識や責任感を所内全体に広めるのに効率的である、という利点がある。しかし一方で短所としては、スタッフは通常の業務に加えて、安全衛生推進部室員としての任務を遂行しなければならないので、一層の負担がかかってしまう点が挙げられる。重水素実験実施により更なる負担が予想され、負担増に関し再考の余地が生じるかもしれない。計画では、重水素実験に合わせて専任スタッフを増強し、放射線管理室を拡大するということであるそうだが、この判断は評価でき

る。

各部署の名称の英訳にばらつきがあることに留意して欲しい。プレゼンテーション資料の5～6頁には”Division for Health and Safety Promotion”としてあるが、30頁には”Safety and Health Promotion Division”としてある。小さな問題点ではあるが、部署名は統一してある方が分かりやすい。

3) 大学院生（所内）に対する安全教育を適切に行っているか。

安全衛生推進部では、年度末に2回、安全のための全体講習会を実施している。この講習会への参加は必修で、参加しなければ作業更新許可が得られない。NIFS職員（学生も含む）はもちろん、請負業者や所外共同研究者も含め全員が受講しなければならない。

新入生に関しては、実験施設特有のリスクに関する講習が36時間用意されている。理論系の学生も、数は少ないものの、安全講習を受けなくてはならない。

2. 大学共同利用機関として安全管理・教育を適切に行っているか。

1) 所外共同研究者（大学院生を含む。）に対する配慮を行っているか。

所外研究者（大学院生も含む）に関しても、安全衛生推進部が実施する安全講習を受講しなければならない。受講しなければ、危険を伴う実験エリアでの作業は認められない。また、所外共同研究者は共同研究者としての登録が必要で、その後で放射線管理区域に立ち入る場合は放射線従事者登録を行い、カードキーで出入りが認められることになる。

2) 外国人研究者に対する配慮を行っているか。

危険の伴う実験区域で研究活動を行う外国人研究者は、安全講習に参加し、講習後に確認書にサインをすることを義務づけられている。安全作業教育は英語で行われ、受入れる日本人研究者がそれぞれ担当する。施設内にある各種標示も日本語と英語の両方で表記されている。安全に関する所内アナウンスも2カ国語で行われると更に良い。NIFSの安全ハンドブックも日本語版と英語版の両方が作成されている。しかし残念ながら、安全衛生推進部のウェブページからは英語版の安全ハンドブックを見つけることができなかった。このサイトの関連ページがすべて日本語で表記されているため、外国人共同研究者の多くにとっては、アクセスしても情報が得られないページになってしまっている点も指摘しておく。

1992年に米国の某国立研究所で起こった日本人研究者が被害にあった不幸な事故を受けて、日米合同安全視察が開始され、両国が隔年、交代でお互いの研究施設を視察し、安全点検を行っている。両国にいる異国からの共同研究者の安全が確保できるという点で、これは非常に価値のある取り組みである。この日米合同安全視察によって出される改善案への対応をするのが、NIFSでは、安全衛生推進部である。

3. 将来計画に対応した安全管理計画は適切か。

1) 平成22年度からの組織に対応した安全管理体制となっているか。

2010年に向けて、NIFSの組織が大がかりに再編されることになる。管理部や技術部に変更はないが、安全管理センターが廃止となる。大型ヘリカル研究部、シミュレーション科学研究部、連携研究推進センター、炉工学研究センターの4つがひとつに統合され、ヘリカル研究部となる。加えて4つの大規模なプロジェクトが開始予定にあり、ヘリカル研究部の各研究系から縦の枠を超えて招集されるメンバーでチームを結成し、それぞれのプロジェクトを実行する。

このとおり大がかりな再編案ではあるが、安全管理の組織に関しては2点ほど変更されるのみで、他はそれほど大きな変化はない。

- 1点目の変更は、放射安全管理室（今後は放射線管理室と呼ばれる）の拡充である。（プレゼンテーション資料47頁を参照）。
- 2点目は安全管理センターの廃止で、これは、現在センターが主として研究しているトリチウム管理・回収法を、再編後はヘリカル研究部が受け持つことになるためである。さらにいえば、これを担当するのがヘリカル研究部のどの研究系になるのかがはっきりしていれば、より分かりやすかった。センターがこれまで担当していたコンサルティング業務に関しては、再編後は安全衛生推進部が引き継ぐ。
- 安全委員会と安全監視委員会（資料47頁左上参照）は所内の専門家の他、地域住民が参加する独立系組織となることになっている。NIFSの組織体制におけるこれらの委員会の役割と位置付けを、今後明確にする必要がある。

再編前と後のどちらにも、保安技術管理者と放射線取扱主任者が配置されているが、この2つのポジションが安全衛生推進部から独立している理由が明確ではなかった。

研究系にとっては、今回の再編計画はかなり大きな変化をもたらす。そこで私の見解を数点述べたいと思う。

- シミュレーション科学研究部と理論・データ解析研究系（大型ヘリカル研究部）が再編され、核融合理論シミュレーション研究系と基礎物理シミュレーション

研究系の2つの新しい組織となり、両者とも同じヘリカル研究部に属する。この合併案は、2005年1月に行われた第1回目の外部評価委員会ですでに出されていたものの、当時の意見は賛否両論に分かれていた。ヘリカル研究部の中に理論研究とシミュレーション研究を融合させることは、理論・実験間の相互作用を促進させることにつながるだろうと思われる。しかしながら、シミュレーション研究がかつての「研究部」から別の研究部の下位に属する「研究系」へと格下げられてしまうことは、残念なことでもある。というのもNIFSのシミュレーション科学研究は、文部科学省による2004-2009年度中期計画に対する業務実績評価において、「優秀」であると評価された3分野のひとつであったからだ。とはいえ、新プロジェクトのひとつとして数値実験研究が立ち上げられ、研究系の縦枠を越えて横断的に取り組まれることになるわけなので、シミュレーション研究の卓越ぶりは変わらないままであるだろう、ともいえる。

- 2つの研究部と2つのセンターが合併し、1つの研究系になる（資料46頁）ということだが、名称を見る限り、その2つのセンター（炉工学研究センターと連携推進センター）は、実際はプロジェクトへと変遷していくということなのではないか。
- NIFSのすべての研究活動を1つの研究部（その中に7つの研究系を含む）に集約し、と同時に、系を横断的にまたいでプロジェクトを実行するという体制への編成は、いわゆるマトリクス型運営へと移行しているように見受けられる。例えば米国のGeneral Atomics社でも、このタイプの経営手法を有効に取り入れている。大きく異なるのは、General Atomics社のマトリクス型プロジェクトのあり方は、研究者チームだけでなく実行チームを横断的に結成し、その実行チームが、絞り込まれた課題に対し短期間での達成を目指して取り組んでいるという点である。その時の最新となる研究課題によって、数年ごとに実行メンバーが変わる。これとは対照的に、NIFSが計画しているプロジェクトは、課題範囲が広く時間のかかる目標を掲げているため、（プロジェクトというよりも）研究系と呼ばれるものに近いのではないか。
- マトリクス型運営の導入に伴って重要であるのは、命令系統を明確にすることである。例えば、実験系研究の実質責任者は誰なのか、大型ヘリカル装置計画プロジェクトのトップなのか、それともヘリカル研究部のトップなのか、ということをはっきりさせておくことが大切である。

2) 重水素実験時の安全管理計画は適切か。

重水素を用いてLHD実験を行うためには、NIFSの安全管理を強化していくことが絶対条件になってくる。このための計画は既に立てられ、質量ともに内容は適切であるように思う。

先にも触れたが、重水素実験期間中には放射線管理室に専任スタッフが増員される予定だというが、これは適切な判断である。安全衛生推進部の各室もまた、実験期間中は専任スタッフを増やさなくてはならない状況が生じてくるかもしれない。

現段階では安全衛生委員会の委員である産業医は非常勤勤務であるが、重水素実験期間中は、常勤とすることも必要になってくる可能性もある。

全体的に見てみれば、NIFSには、しっかりと系統立てられ管理の行き届いた安全管理体制があるといえる。現在の体制であれば、業務も問題無く進められるだろうと思われる。

最後に、安全管理のプレゼンテーションの内容を高く評価したい。情報が整理され適切にまとめられた報告内容で、各評価項目に対し、外部評価委員が求める情報を的確に伝えてくれるものであったことをここに申し添えたい。

安全管理に関する評価

評価者： トーマス・クリンガー

1. これまでの安全管理と実績

1) 法人化に伴い適用法令が人事院規則から労働安全衛生法に代わったことに対応した体制になっているか。また、機能しているか。(安全衛生委員会設置とその活動)

法人化に伴い新たに適応される法令に対し、適切に対応できている。NIFSの安全管理体制は、「安全衛生委員会」(監視業務)と「安全衛生推進部」(執行業務)との2つを基礎としている。所内の安全衛生を監視・点検する組織と維持・改善する組織が明確に分かれており、合理的な体制であるといえる(いわゆる「フォーアイ(4つの目)原則」である)。所長に直接報告する役目を持つ統括安全衛生管理者(実際は統括安全衛生管理者は所長)が、安全衛生委員会の委員長を務め、安全対策の実施は、所長の裁量で決められる。安全管理者や衛生管理者とともに安全衛生委員会は、実験棟や管理棟などの定期点検を行い、情報を集め、分析し、所長に報告する。これほど明確で効率的な仕組みであれば、情報が迅速に所長に届き、安全対策がスムーズに実行されるものと十分期待される。中でも特によく機能していると思われるのは、レベルの高い情報の透明性である。透明性が確保されているからこそ、安全管理の信頼性が向上し、安全や衛生環境がより改善される。

結論：安全管理の体制は、組織間の連携と責任分担が明確にデザインされており、十分整っていると思われる。

2) 安全環境整備のため設置した安全衛生推進部は機能を果たしているか。(環境安全管理室や健康管理室など、10室で構成する組織は適切か。)

安全衛生推進部は、10室で構成されておりそれぞれ担当任務がある。この10室で、安全衛生管理に関連する事項をすべてカバーできている。各担当室のスタッフは、ほとんどが所内の職員が併任で職務にあたっている。この意味では安全衛生推進部は、実在するものというよりは、組織的な構造であるといえよう。しかし、安全管理の任務は多岐に渡るということを考慮すれば、こうした特殊な分野を所長の指示に沿って管理していくにはこれが適切な方法であるといえる。この結果、研究部や技術部、管理部からそれぞれ経験豊富なスタッフが、安全管理の業務を自分の専門分野で担当することができる。事実、安全衛生推進部の専門性の高い仕事ぶりや系統立った効果的なアプローチに、私は非常に感心した。将来、LHDが更に本格的に稼働するころには、専従のスタッフを雇い入れる必要が出てくるのではないだろうか。

結論：安全衛生推進部の組織構造は適切であり、その仕事レベルも高い。

3) 大学院生（所内）に対する安全教育を適切に行っているか。

「安全ハンドブック作業室」が定期的に内容を更新している安全ハンドブックが配付され、学生を含むすべての所内の職員に対して、安全講習が実施されている。新入生には、放射線、電気機器、レーザー機器、危険物や高圧ガスなど一連の講習を受講することを義務づけている。安全教育は適切に行われ、丁寧に施されているように思われる。

結論：所内の大学院生に対する安全教育は、十分適切に行われている。

2. 大学共同利用機関として安全管理・教育を適切に行っているか。

1) 所外共同研究者（大学院生を含む。）に対する配慮を行っているか。

様々な大学から数多くの研究者が訪れるということである。ここで最も重要なことは、その多数の人たちに安全管理が行き届くよう、十分な体制を整えることである。これまでに触れてきた安全管理体制や規定を見れば、この重要な点を抑えているように思われる。所外の共同研究者に対して、十分徹底した規定を設け、安全教育も注意深く行われている、というのが私の印象である。

結論：所外共同研究者に対する安全管理や教育は十分適切に行われており、胸を張って良いレベルである。

2) 外国人研究者に対する配慮を行っているか。

外国人研究者に対しては、言語の壁を取り払うことが最大の課題となる。NIFSでは、一人一人の外国人研究者に対し、世話人があてがわれ、この世話人が英語で安全講習を行う。警告等の標示や安全ハンドブックも英語で表記されている。従って、国内の研究者と同様の安全配慮が、NIFSの外国人研究者に施されているといえる。米国の提携機関との間で、安全管理に関する意見交換を定期的に行っているということだが、これは素晴らしい取組みである。

結論：外国人研究者に対しても、同様の高いレベルで安全管理・教育が配慮されている。

3. 将来計画に対応した安全管理計画は適切か。

1) 平成 22 年度からの組織に対応した安全管理体制となっているか。

再編後、NIFS の組織構造に変更があるからといっても、現行の管理体制であれば、これまで行われてきた質の高い安全管理活動が、そのレベルを下げてしまうとは思えない。

結論：安全管理体制は、再編後の組織にも問題無く対応できるはずだと思われる。

2) 重水素実験時の安全管理計画は適切か。

まもなく開始される重水素実験に向けて、放射線の管理基準を満たすため LHD 本体棟が修繕され、改良される。さらに所長をトップとして放射線安全管理組織が結成される。放射線管理体制や規定などはそれぞれ、地元当局による査定を受けることになるだろうと思われるが、国際的な施行例からみても NIFS の安全管理計画に、明らかに基準から外れているようなところは見受けられない。

結論：重水素実験時の安全管理計画は適切で、必要基準をクリアできているように思われる。

資 料 編

平成 21 年度核融合工学研究報告書

核融合科学研究所

目 次

1. はじめに	1
1. 1 法人化に伴う経緯	1
1. 2 第1期中期目標・中期計画での経緯	2
2. 研究の進め方と成果	4
2. 1 研究課題の設定	4
2. 1. 1 超伝導マグネット	4
2. 1. 2 材料・ブランケット	5
2. 1. 3 トリチウム・安全	6
2. 1. 4 ヘリカル炉設計	7
2. 2 所内外施設の活用による成果	9
2. 2. 1 超伝導マグネット	9
2. 2. 2 材料・ブランケット	21
2. 2. 3 トリチウム・安全	31
2. 2. 4 ヘリカル炉設計	37
2. 3 これまでの関連外部評価の反映	45
2. 3. 1 超伝導・低温グループ	45
2. 3. 2 炉工学研究センター	46
2. 3. 3 安全管理センター	47
2. 4 COEとしての役割	49
2. 4. 1 超伝導マグネット	49
2. 4. 2 材料・ブランケット	51
2. 4. 3 トリチウム・安全	53
2. 4. 4 ヘリカル炉設計	56
3. 共同研究	57
3. 1 研究体制	57
3. 1. 1 超伝導マグネット	57
3. 1. 2 材料・ブランケット	57
3. 1. 3 トリチウム・安全	58
3. 1. 4 ヘリカル炉設計	59
3. 2 これまでの関連外部評価の反映	60
3. 2. 1 超伝導・低温グループ	60

3. 2. 2 炉工学研究センター	61
3. 2. 3 安全管理センター	62
4. 今後の目標・計画	63
4. 1 第2期中期目標・中期計画	63
4. 2 研究実施体制	66

添付資料（平成16～21年）

1. 論文リスト
2. 共同研究リスト
 2. 1 一般共同研究
 2. 2 LHD 計画共同研究
 2. 3 双方向
 2. 4 大学、国立研究所との共同研究
 2. 5 民間との共同研究
 2. 6 受託研究
3. 科学研究費補助金テーマ

1. はじめに

1. 1 法人化に伴う経緯

核融合科学研究所は平成16年度に共同利用機関法人 自然科学研究機構の一員となり、その自然科学研究機構の設定した中期目標・中期計画に基づいて事業を実施することとなった。

当該中期目標の中で、核融合工学に関しては、

II 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

において、

「エネルギー科学分野、とりわけ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。」

としている。

上記の中期目標に必要な措置を定めた中期計画の中で、

I 研究機構の教育研究等の質の向上に関する目標を達成するためにとるべき措置

1 研究に関する目標を達成するための措置

(1) 研究水準及び研究の成果等に関する目標を達成するための措置

において、

「各専門分野において国内の外部委員を含む委員会で自己点検を行い、国際的に第一線で活躍する著名な研究者による評価に基づいて研究水準・成果の検証を行う。」

と共に、核融合工学に関しては、

「制御熱核融合の実現を目指した核融合科学とその基盤となるプラズマ物理学、炉工学などにおいて、学術的体系化を図り、世界に先駆けた成果を上げる。」

とし、核融合工学に関しては、

「④ 核融合炉を目指した大学の炉工学研究の中核として、炉工学研究の集約と学術的体系化を推進するとともに、関連する幅広い工学研究の進展に寄与する。」

とすると共に、

(2) 研究実施体制等の整備に関する目標を達成するための措置

においては、

「集約的研究成果を生み出すために、柔軟かつ有機的な運営が可能な組織を目指し、これまでの研究系やセンターの機能を見直して新たな組織改編を行う。」

としている。

以上の中期目標・中期計画に従って、平成16年の年度計画では組織等の再編を推進することとし、

「次のように研究所内組織等の再編を行い、炉工学研究体制を強化する。

1. 研究所内の炉工学・炉設計関連グループの連携強化を目的とした連絡会議を設置し、炉工学研究の集約を図るとともに、学術的体系化を進める。
2. 連携研究を推進するための組織を整備し、他分野との研究連携や産学連携を視野に入れた幅広い工学研究の進展を推進する。」

を実施した。さらに平成17年の年度計画では工学研究体制の明確化と強化を推進することとし、

「炉工学研究体制を強化し、ヘリカル炉設計、ブランケット、超伝導、安全技術に関する研究を進める。」

ことを実施した。

以上の計画推進によって、核融合工学研究の実施体制としては、主に

- ・ 炉システム・応用技術研究系（平成16年度に装置技術研究系より再編改称）、
- ・ 炉工学研究センター（平成11年度発足）、
- ・ 安全管理センター

によって構成するとともに、相互に併任を導入することによって連携の強化も併せて推進してきている。

1. 2 第1期中期目標・中期計画での経緯

計画初年度の平成16年4月に研究所の大幅な組織改編が実施され、特に、大型ヘリカル研究部は従来の建設期から実験遂行に対応した組織に移行した。その中で、装置技術研究系も炉システム・応用技術研究系に再編改称し、LHDを用いた装置工学実験と高性能化・信頼性向上研究とともに、ヘリカル炉設計、超伝導・低温工学等および応用研究を推進することとした。併せて、炉工学研究センターとの間で教授1づつを相互に併任とした。

炉工学研究センターは、低放射化材料開発や先進ブランケット開発研究等、長期的な炉工学課題の研究を行うこととした。

安全管理センターは、LHD実験を進める上で必要な環境保全や安全確保等の研究とともに、将来の核融合炉の安全性等に関する体系的な研究を行うこととした。

これらに合わせて、炉工学・炉設計連絡会議を設置し、ヘリカル炉設計、材料・ブランケット、超伝導、安全技術4項目に集約して研究課題を確認するとともに学術的体系化の方向性について検討した。また、同時に新設された連携研究推進センターと

の間にも併任を置き、慣性核融合実験用クライオターゲット開発を大阪大学と協力して進めてきている。

平成 17 年度には、炉工学研究センターおよび安全管理センターに関して、核融合科学研究所 運営会議のもとに外部評価が実施された。また、炉システム・応用技術研究系に関しても、超伝導・低温グループとして低温工学協会による外部評価が実施された。

平成 18 年度には、従来の「低温実験棟」を「超伝導マグネット研究棟」(Superconducting Magnet System Laboratory)へ名称変更し、大型超伝導マグネットシステムの研究開発環境の知名度を高め、共同研究をより活性化することとした。

平成 19 年度には、従来の「加熱実験棟」を「総合工学実験棟」(Fusion Engineering Research Laboratory)に名称変更し、従来からの炉工学研究設備を移設集約することにより、炉工学研究の鍵となる拠点の確立と充実を図り共同研究をより活性化することとした。

安全管理センターに関しては、平成 15 年に、微量水素同位体分離回収試験装置等の主要な実験設備を LHD 本体棟地下ピロティから開発実験棟に移設した。

また、平成 5 年から共同研究として開始したヘリカル型核融合炉の概念設計研究に関しては、炉システム・応用技術研究系に平成 16 年度から新設された炉システム研究部門を中心として、所内外および国外の広範な分野間の研究者ネットワークによる共同研究基盤を構築し、定期的な設計活動を展開することによって、長期的視野に立った炉システム統合と最適化に向けての物理工学に関する要素研究の提案と研究課題の抽出を推進した。

以上の組織改編、実験棟の名称改変、研究設備の集約等を進めると共に、所外の大学等の研究設備の共同利用や新設を積極的に支援することによって、広範な課題に関する共同研究を推進するのみならず、研究グループあるいは分野間連携を有機的に構築することによって、学術の体系化に向けての COE としての活動を積極的に展開した。

2. 研究の進め方と成果

2. 1 研究課題の設定

2. 1. 1 超伝導マグネット

核融合炉を実現させるためには、炉の経済性、小型化の観点から超伝導の応用は必須条件とされている。超伝導核融合装置の開発が始まってから35年、核融合炉の設計が可能なレベルまで超伝導・低温技術は進歩してきた。しかし、商業炉としての経済性、小型軽量化、信頼性までを考えると残された課題は決して少なくない。2005年の(社)低温工学協会による外部評価を踏まえ、超伝導・低温グループの研究方針は、次のように設定されている。核融合炉の早期実現を目指し、次の1と2のテーマを柱として研究を進め、更に、基礎研究、応用研究を推進する。

1. LHD超伝導・低温システムの高性能化研究

LHD高性能化研究の目的は、LHDの性能を最大限に発揮させ、高性能なプラズマ閉じ込め実験を可能にすることである。超伝導コイルの高性能化研究として、ヘリカルコイルの過冷却(サブクール)改造による冷却安定性の向上、コイル電源電圧増強によるコイル電流可変モード実験の拡大、大型超伝導コイルの特性の解明、異常診断技術の確立を推進する。低温システムの高性能化研究として、長期連続運転に対する信頼性の向上、過冷却改造と電流可変モードによる熱負荷増加への対応、ダイナミックシミュレータの構築と発展、運転制御方式の最適化・高効率化を推進する。

2. ヘリカル炉システム設計研究と要素技術開発研究

ヘリカル炉設計研究の基盤となるのは、超伝導・低温システムに関する基礎研究及びLHD高性能化研究の成果である。そこから提案される新しい概念について、要素技術開発研究及び他分野/民間等との連携研究を実施してその有効性を確かめる。それらの研究成果に基づき、ヘリカル炉設計研究からの要請を取り入れ、新しい超伝導マグネットシステム及びプラントの設計・開発研究を実施する。核融合炉用超伝導マグネットには、高磁場化・高電流密度化が求められており、現状のNbTi、Nb₃Sn等の線材では、一定値以上の臨界電流密度を確保するためには、最大経験磁場は13 T程度以下に限られるため、先進的な超伝導線材の開発により、最大経験磁場を16 T以上にすることを目標とする。先進的な超伝導材料を如何に核融合用の大型超伝導コイル及び冷却システムの設計に結びつけていくかが超伝導・低温グループの主要な研究テーマとなる。現段階では、複数の先進超伝導材料候補を用い、導体構造設計、冷却温度、冷却方式、巻線構造、絶縁方式を検討し、更に、電磁力支持方法、コイル製作方法を考慮した複数の設計を行う。

3. 核融合用超伝導システム構築のための基礎研究

先進的な核融合用超伝導システムの設計・開発のためには、開発の最終目標を念頭に置いた基礎研究の積み上げが必要不可欠である。先進超伝導導体の電気・熱・機械

的特性、大電流導体の電磁現象、大電流導体の冷却安定性、構造材料の機械的特性、電力システムの要素技術、照射効果などの基礎研究を充実し、新しいアイデアのマグネット設計への応用を積極的に推進する。

4. 核融合開発技術の他分野及び民間等への応用研究

核融合研究の他分野及び民間等への応用研究の方針として、核融合で開発された技術は積極的に公表し、他研究機関、民間等との共同研究を活用して応用研究を推進する。応用研究で得られた成果は、核融合研究にフィードバックされると考えられる。

2.1.2 材料・ブランケット

低放射化材料と増殖・発電ブランケットの開発は、原型炉開発の鍵を握る重要な研究課題である。材料とブランケットの概念は、現在の技術の延長で比較的近未来に実現が見込めるが性能としては限界のあるもの、技術開発の課題は比較的大きいが高性能のシステムが見込まれるもの、に大きく分けられる。核融合科学研究所では、大学との共同研究、国際共同研究などを通じて、後者に重点を置いた研究開発を進めてきた。この研究は、日本原子力研究開発機構の研究開発と相補的な関係にあり、長期的展望でより学術的なアプローチが重要になる。

材料研究としては、高温仕様、低放射化特性に優れたバナジウム合金の実用化に向けた研究を中心に、また低放射化フェライト鋼に関して長期的な特性の改善を目指した基礎研究を行った。特に大学では取り組みの難しい共通材料製造、クリープ、疲労、腐食など長期間にわたるテーマを取り上げた。ブランケットに関しては、大学との連携の下、技術的な課題は多いが高性能のシステムが見込める液体増殖システムを目指した要素的な研究に重点を置いた。これらのテーマの重点化に向けては、原子力委員会、学術審議会等の議論、ネットワークにおける議論を経て方針が明確化した。

1. 低放射化材料

バナジウム合金に関しては、1998年～2003年の研究において高純度大型溶解に成功し、高純度化による優れた加工性、接合性を実証した。これらの成果を受けて、(1)ブランケット構造材としての適用性評価のため、(1-1)中性子照射特性、(1-2)第一壁W被覆接合性、(2)高性能化のため、(2-1)高温クリープ強度の改善、(2-2)照射後低温脆性の改善、を重点的に進めた。低放射化フェライト鋼に関しては大学との協力の下、(3)疲労および時効クリープ特性の研究、を行なった。

2. ブランケット機能材料

液体ブランケットは殆どのシステムにおいてMHD圧力損失低減のための絶縁被覆、またはトリチウム透過防止被覆が必要となり重要な開発項目である。核融合科学研究所では、大学との共同研究及び国際協力により、(1)MHD圧力損失低減および水素同位体透過抑制

セラミック被覆開発、を進めた。また、液体増殖材のトリチウム制御への適用を目指した、(2)水素同位体センサーの高度化研究、を進めつつある。

3. 液体ブランケット共存性

大学で進めている各種液体ブランケット概念を念頭に(1)低放射フェライト鋼の液体増殖材との共存性研究、を進めるとともに、先進概念を対象とした(2)低放射化バナジウム合金の増殖材リチウムとの共存性研究、を進めた。

4. ブランケット核設計と中性子工学実験

液体ブランケットのトリチウム増殖能、放射化、遮蔽などの基本特性、将来性と必要な研究課題を明らかにするとともに、炉設計に具体的に寄与することを目指した、三次元モデルを含む中性子輸送計算、及び中性子照射検証実験を進めた。

以上の研究は、低放射化特性を有する高温長寿命液体ブランケットシステム構築に向けた総合化研究への集約を目指したものである。

これらの研究を推進する上で、核融合科学研究所総合工学実験棟に集約された一連の材料強度試験装置、組織・組成解析装置、材料機能試験装置、材料試作試験装置が有効に活用された。また、大学共同利用設備であるホットラボラトリー(東北大学)、イオン照射施設(九州大学、大阪大学、東北大学など)、国内原子力施設(JMTR, 常陽、FNS)、国外施設(米国HFIRなど)も有効に利用された。

2. 1. 3 トリチウム・安全

平成17年の外部評価でのコメントを参考に、安全管理センターとしての研究課題を設定した。その中で、核融合工学研究に関連性が高い課題に関して、以下の節にまとめる。

1. トリチウム測定機器の開発・整備

トリチウム取扱い施設の排気ガス中のトリチウム濃度は液体シンチレーション法を適用することで十分な精度で管理可能であるが、リアルタイム監視が可能なガスモニタとしては核融合研が目指す、法令限度値の1/10以下の低レベルでの管理を実現可能なものとする計測器は市販されていない。そこで、安全管理センターでは、市販のモニターより1桁以上高感度なオンライントリチウムモニターの開発を目標に、研究を進める。以下に、研究課題を示す。

- ・トリチウム検出器の信頼性向上に関する研究
- ・TRDによる高感度水素分析装置の開発
- ・波形弁別法による高感度とガスモニターの開発
- ・プラスチックシンチレータを用いたトリチウム測定器の開発研究

2. トリチウムの分離・回収

核融合炉において、経済性、安全性の観点から、トリチウムの回収技術が不可欠である。安全管理センターでは、低濃度のトリチウムを含む排水、排気からトリチウムを高効率で回収するための先進的な要素技術を、特に安全性の観点から進める。以下に、研究課題を示す。

- ・高温型プロトン導電体の水素ポンプ機能による水素同位体回収技術
- ・水・水素化学交換法による水素同位体分離研究
- ・低温圧カスウィング吸着法による水素同位体分離研究
- ・ZrNiを用いた水蒸気状トリチウム分解反応器の開発

3. 重水素実験対応

核融合研の計画している、重水素実験を進める上で重要な要素である、安全管理および放射線管理の観点から、必要な要素を抽出して研究を進める。以下に、研究課題を示す。

- ・中性子の遮へい解析と放射線防護計画の策定
- ・放射線監視システムの構築
- ・トリチウム回収・除去装置の設計検討
- ・低圧力損失担体を用いた水素同位体酸化触媒・吸湿材の開発研究
- ・真空容器壁の水素同位体吸着・脱離特性の解明
- ・トリチウム施設解体にともなう廃止措置の検討
- ・トリチウム汚染コンクリートの簡易測定法の開発
- ・モニタリングカートの開発
- ・電磁環境監視と管理

2. 1. 4 ヘリカル炉設計

(1) 研究の目的

LHD の建設、運転、実験による物理及び工学成果の蓄積が着実に進展している。これらの豊富なデータベースを積極的に取り入れると共に、全国規模の共同研究として炉心プラズマ及び炉工学の広い分野と連携することによって、LHD 型ヘリカル核融合炉の概念設計の構築を目指している。これによって、ヘリカル系装置の特長を最大限に引き出すと共に、各種プラズマ閉じ込め方式に共通な研究課題も含めて、基幹エネルギー総合システムの観点から、各研究分野の課題と展望を明らかにすることを主目的としている。

(2) 特徴と課題

炉設計においては基本となる設計指針を定め、これの基づいたバランスの良い設計統合が重要である。当該研究においては、LHD 型の特長であるところの、無電流、定常、造り付けダイバータ、に立脚すると共に、

- ・ 連続ヘリカルコイル巻きピッチ角 (γ) の低減による電磁力低減の長所に着目した設計指針 (フォースフリー・ヘリカル炉 : FFHR)、および
- ・ 漏出安全性、MHD 効果抑制、トリチウム回収性に優れた先進液体ブランケットの熔融塩 Flibe ブランケットの採用、

の 2 点を最大の特徴としている。適切な範囲でのピッチ角 (γ) 低減にはブランケット空間の拡大効果もあるので、これらは全体として矛盾のない設計概念を形成している。この設計指針を基本として、LHD 建設、実験と並行して一貫した概念設計活動を段階的に推進してきている。特に熔融塩ブランケットに関しては、当該研究が国内外の炉工学研究を啓発した経緯は高く評価されており、構造材料、化学制御、伝熱流動、等の要素研究への課題提示と設計評価において先導的役割を果たしている。

他方、ヘリカル系は大半径が比較的大きくなるが、小型化するとブランケット空間が不十分になると同時に、磁場増強に伴う支持構造の強化により交換ポート面積の比率が小さくなる。従って、構造最適化と炉内構造物の交換保守、それと整合する超伝導マグネット、及びこれら全体の健全性を確保する中性子工学等、を中心とする研究課題は主に以下である：

1. ブランケット空間と交換ポートの確保
2. ブランケットの長寿命化
3. 炉サイズの最適化
4. 自己点火アクセスの最適化
5. 中性子工学設計
6. 大型超伝導マグネット設計

2. 2 所内外施設の活用による成果

2. 2. 1 超伝導マグネット

2.2.1-1 LHD サブクール改造

核融合研究所内超伝導マグネット研究棟の設備を利用して実施された R&D の成果を基に、LHD 実機ヘリカルコイル冷却システムのサブクール改造が平成 18 年度に実施された (図 2.2-1)。本システムは 2 段直列の低温排気圧縮機 (図 2.2-2) によって減圧された液体ヘリウム槽中の熱交換器で LHD ヘリカルコイルの供給液体ヘリウムをサブクールするものである。

改造後の冷却試験結果を図 2.2-3 に示す。設計流量である 50g/s のサブクールヘリウムが安定に供給できていることがわかる。ヘリカルコイル入口および出口についても、それぞれ設計温度である 3.2K、3.8K までの冷却に成功し、本改造の健全性が確認された。その結果、LHD ヘリカルコイルはプラズマ実験に対して 11.0 kA に制限されていた通電電流値を最大 11.6kA (そのときの磁気軸中心磁場 2.9T@R3.6 m) まで高めることが可能となった。

また、サブクールシステムの運転制御方法の最適化 (東工大: 岡村哲至) によって、安定な運転制御方法が確立され、これまでに 7,000 時間を超えるサブクール運転を 100% の稼働率で達成している。

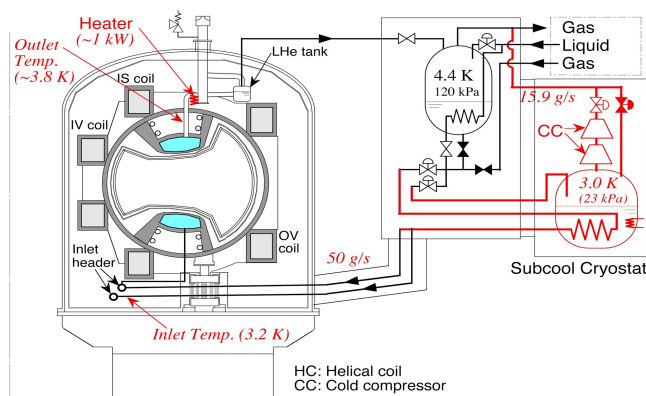


図 2.2-1 LHD ヘリカルコイルのサブクールシステム (赤い部分が改造箇所)

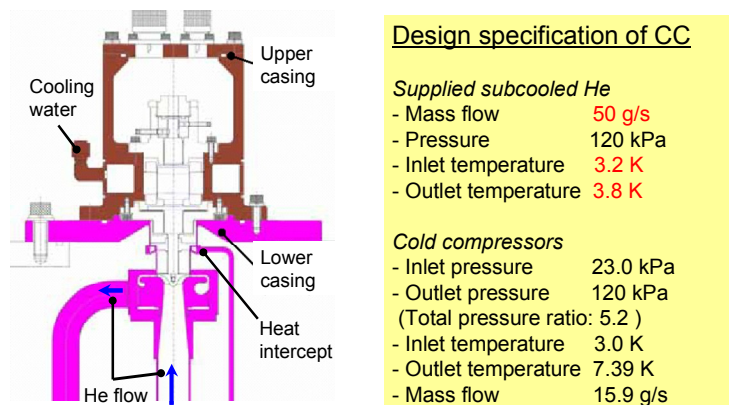


図 2.2-2 低温排気圧縮機の断面図と設計仕様

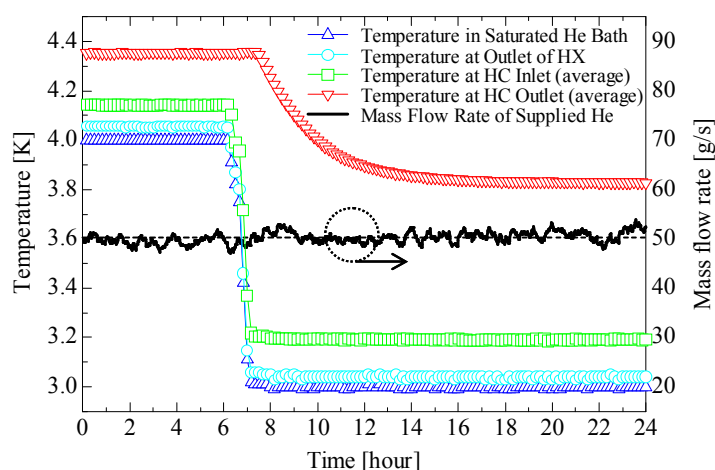


図 2.2-3 サブクール運転開始後の LHD ヘリカルコイルシステムの供給ヘリウム温度と流量

2.2.1-2 超伝導コイル励磁電源の高性能化研究

A. 電流制御の高性能化

LHD の運転では所定の閉じ込め磁場を生成するために 6 対の超伝導コイルの電流を独立に制御する必要がある。LHD の運転当初から比例制御を基本にした非干渉電流制御を使用してきた。しかし、0.1%程度の定常偏差が残留すること、電流制御の時定数が 10 秒程度と長く、後述のパルス通電に対応できないこと、プラズマ電流が流れたときにコイル電流の動揺を抑えきれない、という問題があったため、**電流制御の高性能化研究を進めた(一部は大阪大学との共同研究)**。その結果、 $H\infty$ 制御を基にした電流制御(プラズマ電流による電流動揺を抑えたもの、電圧動揺を抑えたもの)および比例制御に誤差オブザーバなどを負荷して特性改善を行った制御系を開発、導入した。同時に電源制御システムを改修し、最大8方式の電流制御プログラムを通電条件下で切り替える改修を行った。

B. パルス電源の増設による高速電流制御

プラズマ実験の進展に伴い、プラズマ実験中に動的な電流制御を行う要望がでてきた。代表的な要望は、プラズマ中心磁場1Tで磁気軸を10 cm²秒で移動できることである。必要なコイル電源の増強について検討を行い、磁気軸掃引に対しては6対のコイルのうち、最大の制約になっているISとIVの電圧をパルス電源の増設によって増強することとした。増設に際して、他の電源の最大出力電圧、実験磁場範囲を考慮し、出力電圧180 V、電流6.2 kAと決定した。また、冷却の制約から通電時間120秒の短時間定格とした。ここで、パルス電源の電流定格から、1Tを超える範囲の通電は従来の電源単独で行うこと、運転時間の制約から定常状態においては従来の電源により電流制御をする必要がある。そこで、機械的なバイパススイッチを設け、通常はパルス電源出力を短絡バイパスし、電流掃引時にバイパススイッチを開放しパルス電源と定常電源を直列運転する構成とした(図 2.2-4)。DS6に関しては通電状態で ON/OFF する必要があるが、パルス電源の出力電圧制御と組み合わせて無電圧で投入、無電流で開放する制御シーケンスを組み、接点の損耗を防止している。

パルス電源使用時には高速な電流制御が必要となるが定常電源単独の高磁場運転では低速でも電流変化の穏やかな電流制御系が望ましい。そこで、前述の電流制御切り替えの機能を使用して、自動的に適切な制御系を選定している。また、パルス電源の投入、切り離し、および掃引電流値の設定は電源制御計算機およびこれと連携する運転操作計算機によりLHDの実験シーケンスと同期をとり、運転の負担を低減し操作ミスを防止している。パルス電源を使用した通電波形例を図 2.2-5 に示す。図より所定の電流制御を実現していることが確認できる。

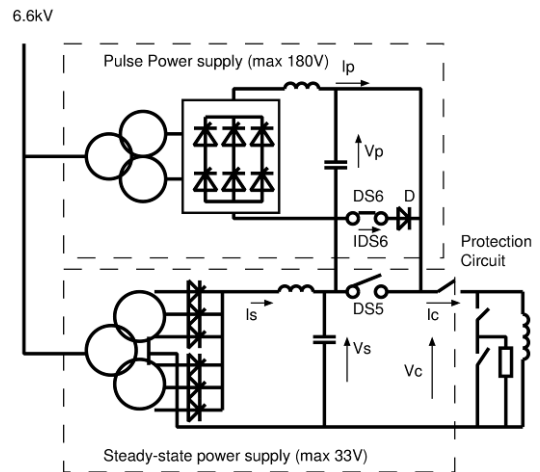


図 2.2-4 パルス電源による電源増力

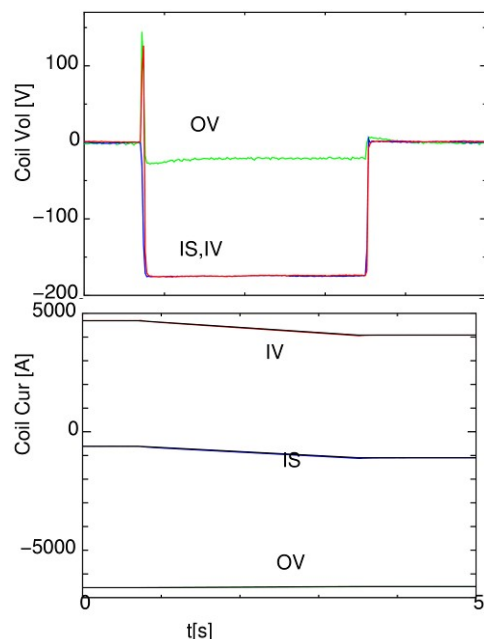


図 2.2-5 動的な電流制御

2.2.1-3 LHD 超伝導システムの信頼性向上

1) LHD 超伝導システムの冷却機器構成

LHD の超伝導システム (ヘリカルコイル, ポロイダルコイル, 電磁力支持構造物, 超伝導バスライン, 80 K 輻射シールド) は, 冷凍能力として 5.76 kW @ 4.4 K, 20.6 kW @ 80 K, 液化能力として 650 L/h を同時に発生する 1 台のヘリウム液化冷凍機で冷却される。LHD 超伝導システムの冷却フローと配置図を図 2.2-6 に示す。ヘリウム液化冷凍機で 4.5 K に冷却された圧力 1 MPa の超臨界圧ヘリウムはポロイダルコイルに供給される。コイルを冷却した超臨界圧ヘリウムは一旦ヘリウム液化冷凍機に戻し、JT 膨張させて 20,000L の液体ヘリウム貯槽に液化する。液化したヘリウムは、再度 LHD 実験棟に供給され、電磁力支持構造物及び超伝導バスラインを 2 相流ヘリウムで強制冷却すると共に、ヘリカルコイルの浸漬冷却に使用される。一方、LHD クライオスタット、バルブボックス、トランスファーラインの 80K 輻射シールドは、ヘリウム液化冷凍機の間段階から取り出した供給温度 40K、戻り温度 80K の低温ヘリウムガスで強制冷却される。

これらの複雑な運転モードに対応するため、LHD では低温システムに特化した専用の制御システムを開発した。2 重化した VME コントローラと運転操作端末をネットワークで接続した分散制御システムとして構成しており、制御ハードウェアの各機器が故障した場合、常用系から待機系に自動で切り替えることにより、制御システムとしての信頼性を向上させている。監視・制御点数は、温度 518 点、圧力 183 点、流量 110 点、液面 55 点、その他のセンサー 92 点、コントロール弁 164 個、ON/OFF 弁 74 個、総数 1196 点に達するが、極低温システムに特有の物性値の大幅な変化にも対応可能なフレキシブルなプログラム構築環境を活用して安定な制御を実現している。更に、LHD 通電時は、通電開始前に通電が可能かどうかをチェックする通電可能条件として 238 点、通電開始後に通電を停止する通電継続条件として 138 点を常時監視している。超伝導コイルおよび超伝導バスラインが通電可能状態であることを自動で監視し、LHD 超伝導システムの安全を確保している。

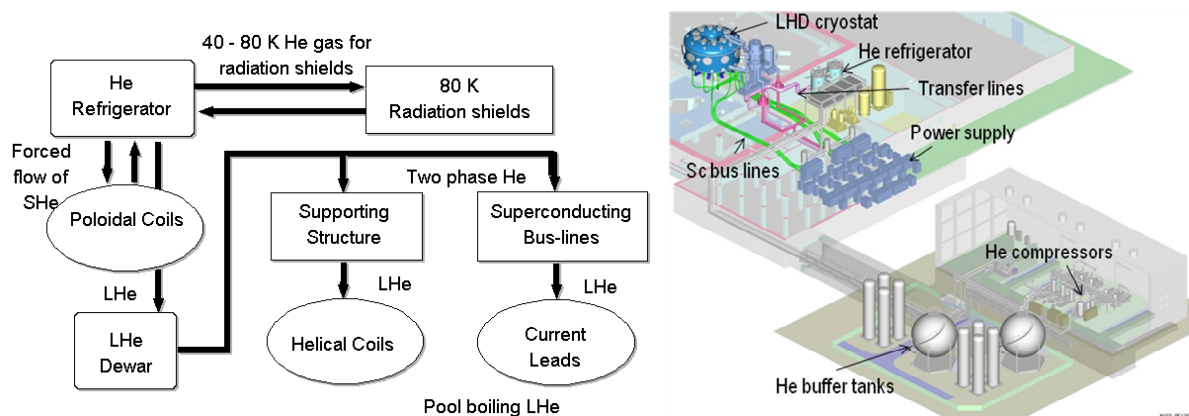


図 2.2-6. LHD 超伝導システムの冷却フローと LHD 低温システムの配置図

2) LHD 超伝導・低温システムの運転実績

LHD の冷却は、冷却を開始する前に 2 週間程度、ヘリウム系統内の不純物を除去する精製運転を行い、その後 4 週間の予冷運転を経て 3~5 ヶ月の定常運転が行われる。プラズマ実験期間終了後、予冷と同様に 4 週間の加温運転を経てメンテナンスのためにシステムを停止する。運転中は、冷却システムの故障、停電、超伝導コイルの電源遮断などの異常が発生した場合、それぞれに対応した非常処理を自動で行うよう

にプログラムされている。上記の運転を1サイクルとして1997年度から2008年度までに12サイクルの長期連続運転を実施した。第12サイクルは、2008年8月15日に低温システムの精製運転を開始、8月27日に予冷運転開始、9月21日に予冷完了、9月22日～12月25日まで定常運転の維持、12月26日～12月28日まで液体ヘリウム回収及び加温運転、年末年始の休暇のため加温運転を一旦停止し、2009年1月5日に加温運転を再開、1月30日にシステムの加温を完了した。超伝導システムを超伝導状態に保った定常運転時間は2,272時間、圧縮機起動から停止までは3,856時間の安定な連続運転を行った。

表2.2-1に第1サイクルから第12サイクルまでのLHD超伝導低温システムの運転履歴と、機器故障及び停電等の外部要因によるシステム停止時間、(運転時間－システム停止時間)／(運転時間)で定義した稼働率を示す。総運転時間は55,935時間、定常運転時間は37,886時間に達し、この間、安定な連続運転に支障を来すようなシステム故障は発生していない。稼働率99.4%を達成し、大型超伝導・低温システムの高い信頼性を実証し続けている。

表 2.2-1 LHD 超伝導・低温システムの運転履歴と信頼性

Operation Cycle / FY	Operating time (h)		System down time (h)	Reliability (%)
	Total	SC state		
1 /1997-8	2,895	1,350	138.0	95.2
2 /1998	3,522	2,359	5.3	99.8
3 /1999	5,361	3,965	12.4	99.7
4 /2000	5,016	3,538	13.8	99.2
5 /2001	5,294	3,791	38.2	99.9
6 /2002	4,920	3,366	0.1	100.0
7 /2003	5,001	3,446	64.5	98.7
8 /2004	4,814	3,216	54.1	98.9
9 /2005	5,035	3,470	2.3	100.0
10 /2006	5,037	3,436	0	100.0
11 /2007	5,184	3,607	23.4	99.5
12 /2008	3,856	2,272	0.2	100.0
Total	55,935	37,886	343.4	99.4

3) まとめ

LHD超伝導システムは、安定なプラズマ実験を可能にする長期連続運転を1997年度より11年以上継続している。その間、システムの稼働率99.4%の高い信頼性を実現している。LHDの建設に際しては、世界に例のない大型超伝導システムであることから、計画的な研究開発が必要不可欠であり、共同研究者や製造メーカーとの協力の基、研究開発の成果を生かした詳細設計及び製作を実施した。更に、運転に際して、各機器の細かな変化も見逃さない精密な監視制御及び運転データの蓄積を行うことにより、機器の異常を事前に察知し、重大な故障に至ることを防いでいる。また、長期連続運転終了後のメンテナンス期間中には、設計時に立ち戻ってシステムの見直しを行い、性能及び信頼性向上のための機器改良を実施している。これらの努力を一貫して計画的に実施することにより、LHD超伝導システムの高い信頼性を実現している。LHD超伝導システムの長期連続運転で得られたデータは、その後に建設された大型超伝導システムの設計に積極的に生かされているのみでなく、核融合炉設計のための貴重なデータベースとなるものである。

2.2.1-4 間接冷却導体

ヘリカル型核融合実証炉に必要とされる超伝導マグネットは、主半径 14 m 以上、最大経験磁場はおよそ 13 T であり、このような大型の超伝導マグネットに適した超伝導導体、支持構造、冷却方法を検討していかなければならない。これまでの核融合関連機器では浸漬冷却、強制冷却が多く採用されてきているが、装置が大型になるにつれて解決しなければならない問題点も指摘されている。間接冷却方式は、強制冷却における圧力損失に起因する流路および導体長の制限がない等の利点があり、機械的強度の点でも有望な候補と考えられる。しかしながら、間接冷却方式の核融合分野への適用は新しい試みであり、クリアにすべき課題も少なくない。そのため、間接冷却型超伝導導体の開発と試験を行ってきている。核融合実証炉への適用を検討している間接冷却型超伝導導体は電流容量 100 kA で、図 2.2-7 に示すように、50 mm × 50 mm の矩形断面で、ジャケットには超伝導導体部分に発生する定常発熱の除熱を考慮してアルミニウム合金を採用している。ジャケットの接合には摩擦攪拌接合 (Friction Stir Welding: FSW) を採用することで、React - jacketing - winding の順での製作過程を可能となる。このような新しい製法で開発した導体の通電性能実証のため、同じ概念の縮小導体を製作し、超伝導マグネット研究棟に設置している中型導体試験装置 (液体ヘリウム中、8T の磁場空間で 30 kA までの通電試験が可能) を用いて試験を行っている。図 2.2-8 は 12 T で 4.7 kA の通電性能を目指して作製した 17 mm × 5 mm の縮小導体の写真と通電試験結果を示している。導体成形状態と巻き線時の形状を考慮して曲げを経験させたサンプルの試験を行い、いずれのサンプルでも、構成する超伝導素線の本数から予想される臨界電流からほとんど劣化が生じていないことが示された。今後は長尺化と実規模の電流容量を目指して開発を進めていく予定である。

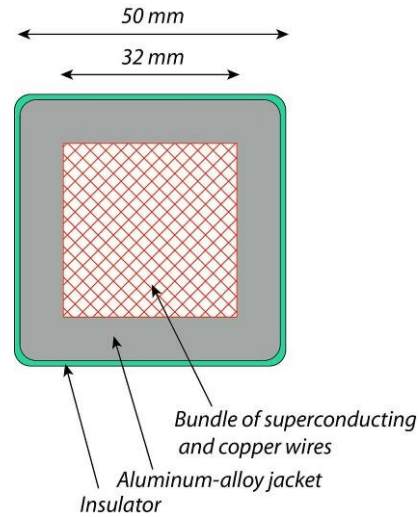


図 2.2-7 100 kA アルミニウム合金複合化超伝導導体概念図

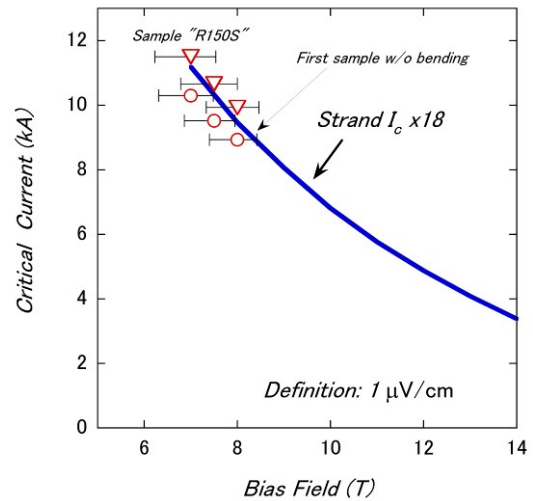
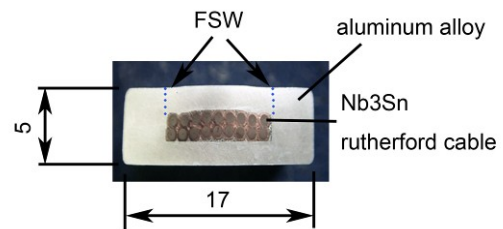


図 2.2-8 縮小アルミニウム合金複合化超伝導導体の縮小サンプル (上) と磁場中での通電性の試験結果 (下)

2.2.1-5 高温超伝導大型導体

2.1.4 節で述べられているように、ヘリオトロン型核融合エネルギー炉 (FFHR) の設計が物理および工学の両面から鋭意進められている。この装置の巨大なヘリカルコイル (大半径 15-17 m) に用いる 100 kA 級の超伝導導体として、現在は、Nb₃Al 線材を用いたケーブルインコンジット (CIC) 導体を基本オプションとして考えており、ITER で開発された技術の延長として位置づけられる。ただし、導体 1 本あたりの冷却長に関する制限から 5 条構造として巻かれるコイルには複雑な配管構造が要求されるため、ソリッド導体を間接冷却方式で用いることも別オプションとして提案できる。この際に、高温超伝導 (HTS) 導体を採用することについても、近年の急速な線材技術の進展をもととして想定可能である。特に、HTS 導体を用いると、間接冷却による限られた冷却条件においても極めて安定なコイルを実現できると期待される。そこで、2006 年より、HTS 大型導体開発のための基礎研究を開始した。

現在提案している HTS 導体の設計としては、図 2.2.1-5(a) に示すように、イットリウム (Y) 系薄膜テープ線材を単純に積層してステンレス製ジャケットに収めた構造としている。線材間にトランスポーズを施すべきかどうかは重要な検討課題であるが、まずは、単純に積層する案を基本案として考えている。これは、ヘリオトロン炉が直流マグネットであるため交流損失が問題とならないこと、励磁によって磁気遮蔽電流が誘起されても閉じこめ磁気面にほとんど影響を与えないと評価されること、電流分布の不均一が生じても導体の安定性にほとんど問題がないと評価されること、などの理由による。さらに、導体の製作性が高いことや機械的剛性が高いことに加えて、コイル製作時に巻線性が良いことなども長所として挙げられる。

導体開発のための基礎的 R&D として、まずは、入手性の良い Bi-2223 線材を多数本束ねて銅ジャケットに収め、外径 12.0 mm×7.5 mm、長さ約 1 m の短尺導体を製作した。これを外部磁場 8 T、導体温度 20 K のもとで通電試験を行ったところ、10 kA の臨界電流を観測するとともに、ヒータを用いた安定性試験によって同サイズの低温導体の場合と比べて 2 桁高い安定性マージンを確認した。次に、Y 系線材を用いて同サイズのサンプルを製作して実験を行い、さらに 1.5 倍高い臨界電流値を得た。今後は、長さ 5 m 程度の導体を製作しパンケーキ構造で試験を行う計画としている。

一方、HTS 導体を用いたコイルの設計検討も並行して行っており、巻線部の電磁応力を評価するために有限要素法を用いた計算や、巻線歪みの評価のための基礎実験などを行っている。また、HTS 導体を用いると、ヘリカルコイルの半ピッチごとに導体およびコイルを接続して分割組立することも原理的に可能となると考え (図 2.2-9(b) 参照)、低抵抗で製作性の高い接続構造に関する検討も進めている。

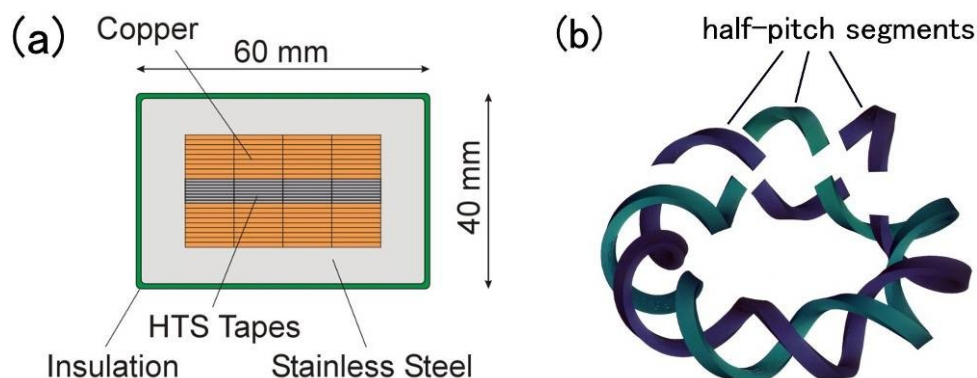


図 2.2-9 (a)100 kA 級 HTS 導体設計例と(b)接続方式によるヘリカルコイルの製作概念

2.2.1-6 熱音響機器の技術応用

(パルス管電流リードと排熱を利用した熱音響発電システムの開発)

熱音響現象を利用した、原動機や冷凍機は音波を仕事として利用しているため、機械的可動部分を必要としない次世代のシステムとして期待されている。また、作動ガスには高圧のヘリウムガスを利用しているため、排気ガスの懸念も無く、環境に優しいシステム構成が実現できる。

冷凍機の実応用例として、SMES への室温からの電流導入部をパルス管冷凍機と銅リードを一体型とした新しいシステムを開発した。図 2.2-10 は 1 対のパルス管冷凍機が超電導コイルに接続されている様子を表している。電流リードは、2kA 通電と 15kV の高耐電圧を達成し、実用化への可能性を実証した。

一方、熱音響エンジンは、熱エネルギーを利用し、音波とのエネルギー変換によって音響エネルギーを増幅させる。特に、利用できる熱エネルギーが小さい場合にも増幅ユニット部分をカスケード化することで、段階的に音響エネルギーを増幅させる方式を考案している(図 2.2-11)。すでに、基礎実験を進め、入力音響エネルギー15W~40W に体して、25W~70W の出力を確認している。今後は、発電効果について検討を進めると共に、最終的には、電気を利用した、自励振動型の熱音響発電機を開発予定である。

図 2.2-12 は予備実験に利用した、熱音響機器であり、図 2.2-13 は実験結果をあらわしている。このときの実験条件はヒータの温度 350 度、ヘリウムガスの封入圧 2.3 MPa である。

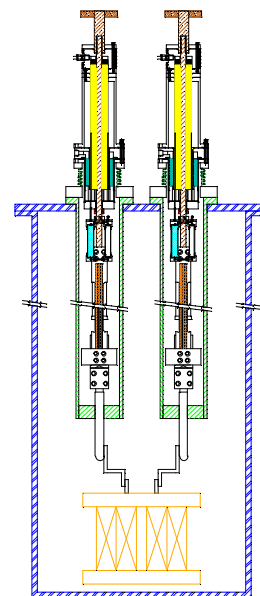


図 2.2-10 パルス管電流リードシステム

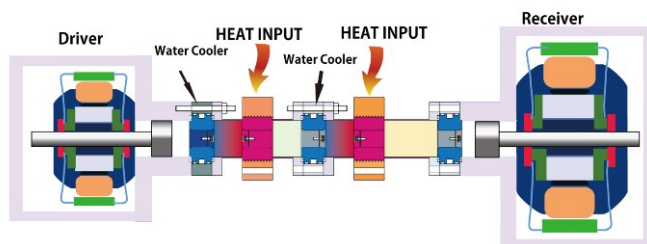


図 2.2-11 カスケード型熱音響発電機

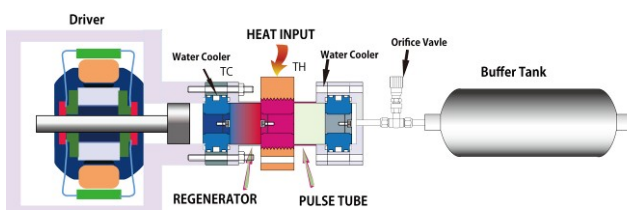


図 2.2-12 予備試験用熱音響機器

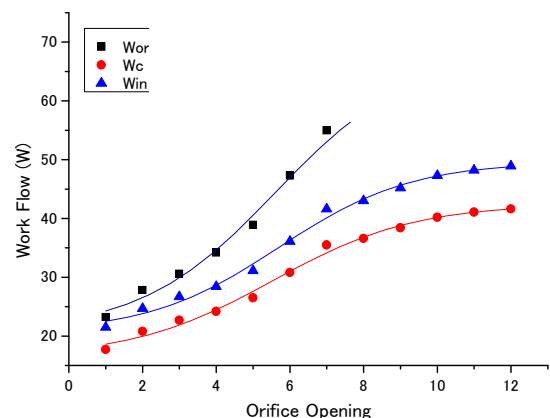


図 2.2-13 仕事増幅率—予備実験

2. 2. 1-7 クライオターゲット

大阪大学レーザーエネルギー学研究センター（以後、レーザー研）では高速点火方式によるレーザー核融合の実証研究が行われている。2003年度からレーザー研との双方向型共同研究により、その実証研究に用いる固体水素ターゲット開発を行っている。典型的なターゲットの例を図 2. 2-14 に示す。ターゲットの燃料球に取り付けられているレーザーガイドが熱交換機の働きをするため、米国などで中心点火方式用に開発された球対称性を最大限に活用している燃料層形成手法は採用できないため、ターゲットの独自開発を行っている。数年後のレーザー実験への使用を目標にして、現在は異なる2つの手法：1) フォームシェル法、2) レーザー加熱法、により開発を行っている。本研究ではレーザー研から特別共同利用研究員として大学院生を受け入れ、指導も行っている。

1) フォームシェル法

フォームシェル法は燃料層として必要な仕様を持つフォームシェル（スポンジ状の低密度プラスチック中空シェル）を使用し、そのフォーム材に液体状の燃料を注入、その後固化させることでターゲットを完成させる手法である。直径 $500\mu\text{m}$ フォームシェルについてはレーザー研と東工大の共同研究により開発が現在進行中であるが、本研究では、米国のジェネラルアトミクス社から直径約 1mm シェルを入手し、冷却・燃料注入試験を行った。図 2. 2-15 (a, b) に空の状態、約 100%燃料を注入した状態を示す。フォーム材に対して燃料は 0%~100%まで均一に燃料が吸収されるため、直接観測では燃料の吸収量を正確に測定することが困難であることがわかる。簡易的な干渉計測法を用い、フォーム内に吸収されている燃料量の評価を行った結果、約 10%の誤差により燃料の量が評価可能であった。レーザー実験では数%以内の誤差が要求されるため、現在はその評価手法の開発を行っている。

2) レーザー加熱法

温度の均一性を要求されないレーザーガイドは、外部からの熱的制御に使用可能である。この発想のもと、コーンガイドへのレーザー加熱による燃料層生成手法の着想に至り、実験的にその手法を実証した。図 2. 2-16 に直径 2mm のダミーターゲットを使用し、レーザー加熱法により生成された燃料層を示す。燃料層制御に改善の余地はあるが、高速点火方式用ターゲットに表面荒さ $30\mu\text{m}$ 、燃料層厚 $160\sim 190\mu\text{m}$ の燃料層を世界で初めて形成することができた。現在、燃料層の精度向上について検討を行っている。

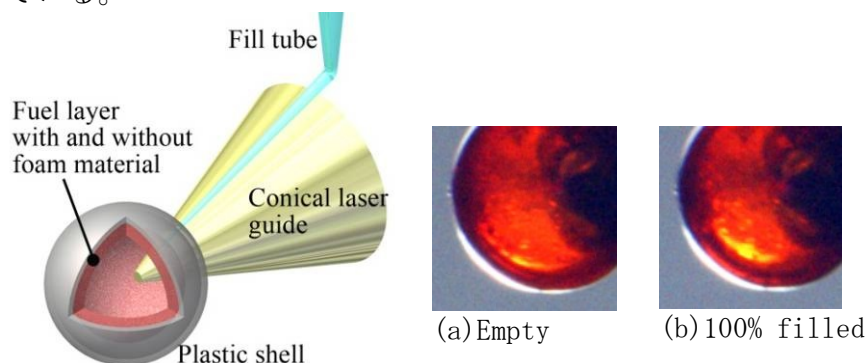


図 2. 2-14 高速点火用ターゲット

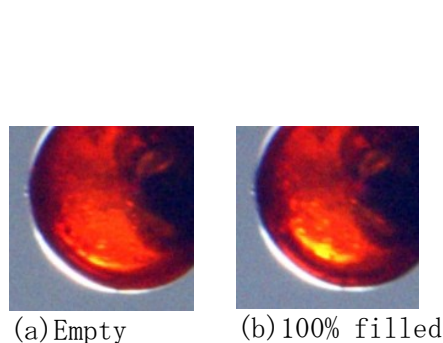


図 2. 2-15 フォーム法



図 2. 2-16 レーザー加熱法

2.2.1-8 水素利用の電力システム

我々は、核融合パワープラントで得られる発電出力の全量または一部を高温水蒸気電気分解に投入し、水素製造する運転方法を検討してきた。発電出力 1 GW 全てを水素製造に用いた場合、574 トン/日の液化水素が製造される。また、夜間電力で水素を製造する場合には、824 MW の電力と、100 トン/日の液化水素が得られる。電力と水素燃料をエンドユーザへ同時輸送するライン、Hybrid Energy Transfer Line (HETL) をとりあげ、圧力損失、侵入熱について検討を行った。

HETL 目標距離は 100 km とし、10km 毎に水素再冷却ステーションを置く。直流送電方式とし、超伝導ケーブルの往路と復路は独立の管路に設置することにより、耐電圧の向上と水素輸送能力の向上を図る。運転電圧及び電流はそれぞれ 100 kV、10kA とした。超伝導線材として、製造工程の単純化、低廉化が期待できる MgB₂ を候補とし、10 kA 級超伝導ケーブルの概念設計を行った。10 kA 級 MgB₂ ケーブルの構造を図 2.2-17 に示す。MgB₂ 素線の直径は 1.3 mm で、20 K での運転電流は 20 A とした。この素線を 500 本以上束ねて 10 kA ケーブルを構成する。

100 トン/日の液体水素の液体水素を流したときの管路の圧力損失を調べた。結果を図 2.2-18 に示す。液体水素の圧力を高くすれば、沸点も高くなる。高い圧力での送液は、超伝導ケーブルの温度マージンの上昇、敷設ルートのヘッド損失にも対応可能となる。トランスファーチューブへの侵入熱の低減のために、熱伝導の小さなスペーサの採用、高真空の確保、SI の層数の増加によって、侵入熱の低減は可能である。送液温度を 17 K とし、侵入熱をパラメータとして、10 km 先の出口温度を調べた。結果を表 2.2-2 に示す。侵入熱が 1 W/m (目標値) の場合、出口では 2 度程度しか上昇しない。2 W/m であっても、送液温度が 20 K 以下であれば、MgB₂ ケーブルは安定に通電可能となることが確認できた。

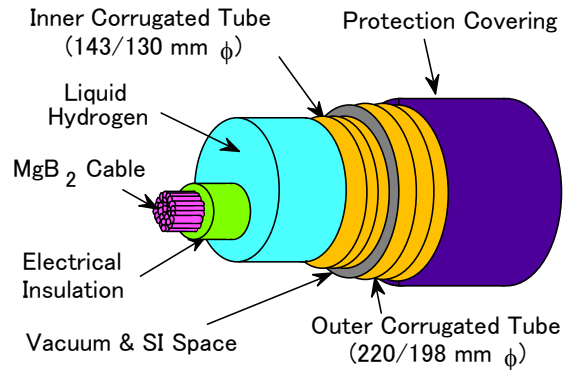


図 2.2-17 HETL の構造

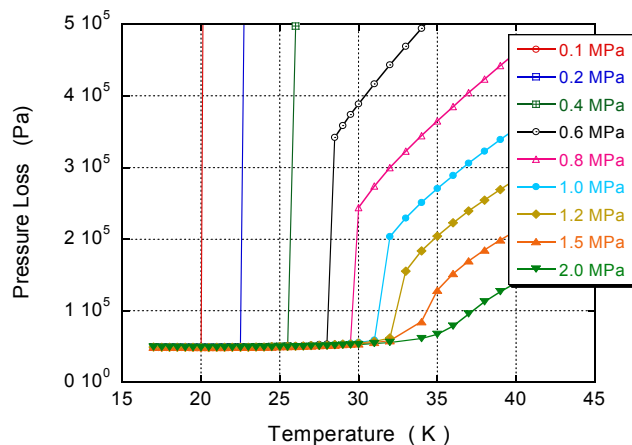


図 2.2-18 HETL (10 km) の圧力損失

表 2.2-2 侵入熱と出口温度 (10 km 先)

入口温度 (K)	出口温度 (K)			
	0.5 W/m	1.0 W/m	1.5 W/m	2.0 W/m
17.0	18.1	19.1	20.0	20.9
18.0	19.0	20.0	20.9	21.7
19.0	19.9	20.8	21.7	22.5
20.0	20.9	21.8	22.6	23.4
21.0	21.9	22.7	23.4	24.2

2.2.1-9 超伝導磁石材料の放射線照射効果

1. 放射線照射効果の研究体制の設立と拡大

超伝導磁石材料の中性子照射効果に関する研究体制を図 2.2-19 に示す。日本原子力研究所 (JAEA。ITER 超伝導磁石技術グループ、核融合中性子源施設)、東北大学 (強磁場超伝導材料研究センター、大洗センター)、大阪大学、物質・材料研究機構、九州大学など、多くの研究機関、研究者が参加し、NIFS はその中核的役割を担っている。中性子照射場は JAEA の FNS、JRR-3 およびベルギーの BR2 である。

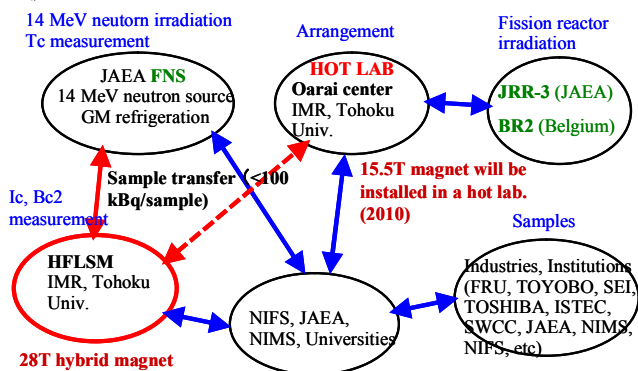


図 2.2-19 中性子照射研究の共同研究体制

この体制を基礎とした計画が平成 20 年原子力イニシアティブ (代表: 四竈樹男教授。3 年間) で採択された。

2. 超伝導磁石材料の放射線照射効果研究成果

Nb_3Sn 線材などの線材に $1.78 \times 10^{21} \text{ n/m}^2$ の 14MeV 中性子照射を行った後の臨界電流 (I_c) の変化を図 2.2-20 に示す。臨界磁場 (世界初の実測)、臨界温度の変化も計測されている。照射による超電導特性変化の新しいモデルを提案している。

シアネートエステル樹脂およびエポキシ樹脂との混合樹脂でカプトン/ガラスクロス積層板を試作し、その層間せん断強度 (ILSS) に及ぼす中性子照射量 (JRR-3 で照射) の影響を検討している (図 2.2-21)。日本製シアネートエステル樹脂を用いた世界初の GFRP の試作にも成功している。世界レベルで超伝導磁石材料の中性子照射効果に関する研究をリードしている。

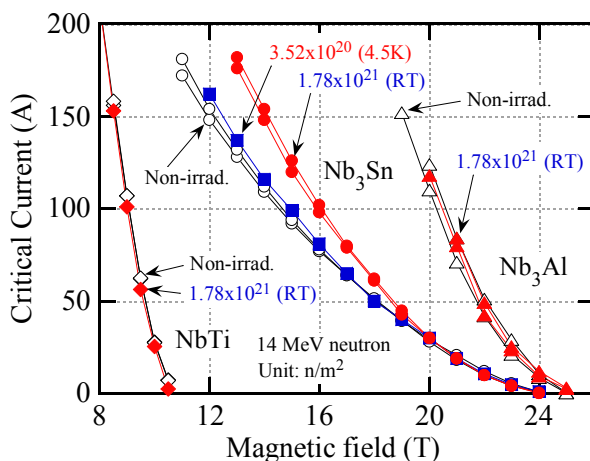


図 2.2-20 中性子照射による I_c の変化

3. 核融合炉用大電磁力導体の開発研究

B 添加水が中性子を捕捉し、超伝導磁石材料の放射化を低減させる。また、B 添加水の氷結によって超伝導素線が固定され、巨大電磁力による I_c 劣化が抑制される。この考察に基づき、27 本の素線で構成された模擬 CICC 導体を水で固化し、千回の繰り返し荷重に対して I_c 劣化が生じないことを実証した。

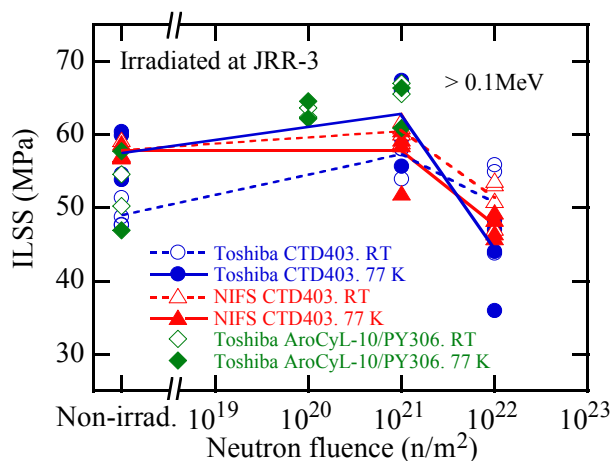


図 2.2-21 試作 GFRP の ILSS と照射量

2.2.1-10 低放射化超伝導線材

先進核融合を目指した大型超伝導マグネットでは、高磁場・高電流密度特性が必須であり、 Nb_3Sn あるいは Nb_3Al 線材が用いられる。先進超伝導線材開発の目標の一つは高磁場における超伝導特性向上である。ITER以降の原型炉や発電プラントでは、長期間燃焼プラズマによって大量の中性子が発生し、その漏洩や透過による超伝導マグネットの放射化が、補修や廃炉後の材料リサイクルという中長期的観点からも重要な課題となる。このような観点から、Nb やNi 等の半減期の長い元素をその構成要素として含まない高磁場応用の可能な超伝導線材として V_3Ga 超伝導線材を取り上げ、その高磁場特性の向上を目的に(独)物質・材料研究機構、東海大学、徳島大学、富山大学、(株)大阪合金工業所等と有機的な連携をもとに検討を行った。

高濃度のGa化合物粉末とV金属管の新規複合体を考案し、実験室レベルでは長い直径1.04 mm、長さ50 m以上の121芯長尺線材化に成功し、複合線材加工性を実証した。更に、それらの相互拡散による均質で厚い化学量論組成を持つ V_3Ga 相の生成に成功した。これにより従来の V_3Ga 線材よりも高く、そして V_3Ga 超伝導体では最も高い23Tの H_c2 が得られ、15T以上の高磁場下でも良好な J_c 特性を有している(図2.2-22)。この成果により(社)低温工学・超電導学会から優良発表賞を受賞した。今後の高Ga化合物の探索、 Nb_3Sn のTi添加のような第3元素添加、線材断面構成の検討によりNb系線材と同等あるいはそれ以上の特性を示す V_3Ga 超伝導線材が期待できる。

MgB_2 超伝導体はV系と同様に低放射化材料に相当する。 MgB_2 線材を核融合応用に適用するには J_c 特性の大幅な向上が要求される。 Mg_2Cu 化合物によるCu添加を考案し、その相変態による $MgCu_2$ 化合物粒子を磁束ピンニングセンターとする新規生成プロセスを開発した。 Mg_2Cu 化合物添加量の増加に伴って T_c 特性が向上し、無添加に比べ最適熱処理温度を低下させる効果を見出した。また、200時間以上の長時間熱処理を施す事で4T以下の低磁場領域において実用Nb-Ti線材より高い J_c 特性が得られた。(独)物質・材料研究機構と昭和電線電纜株式会社の共同研究によって150m級の引抜加工のみの MgB_2 単芯長尺線材化に成功した(図2.2-23)。更に長尺線によるコイルを作製し、その励磁試験により当時の世界最高レベルである2.62Tの磁場発生と88%の良好な負荷率が確認された(図2.2-24)。現在、多芯化による特性改善とその長尺加工性の検討を開始している。

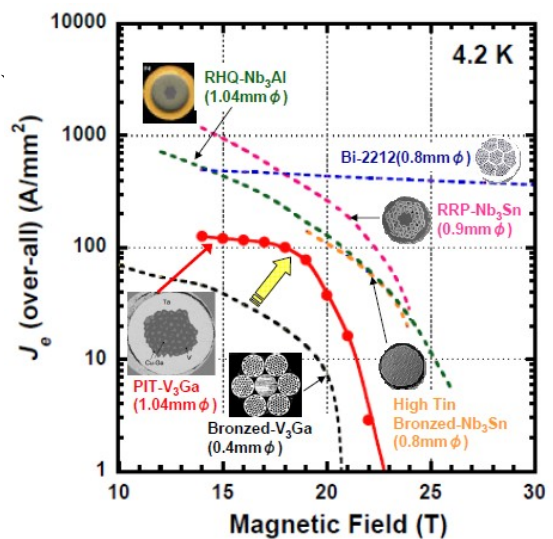


図 2.2-22 V_3Ga の臨界電流

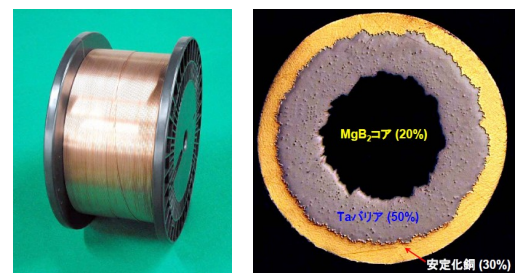


図 2.2-23 MgB_2 線と断面写真

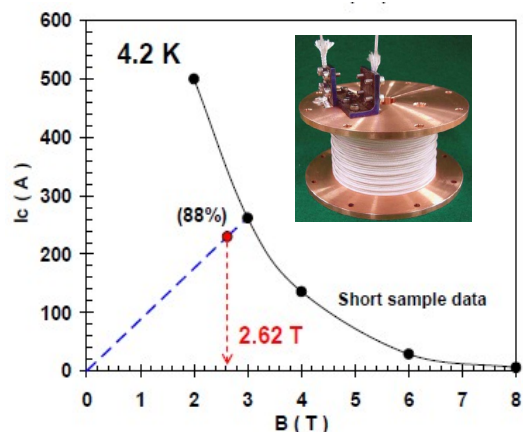


図 2.2-24 MgB_2 コイルの臨界電流

2.2.1-11 伝導冷却パルスマグネット

核融合で開発された超伝導・低温技術の他分野への応用と、大型の核融合実験装置ではいきなり実現することが困難な先進的な技術開発の両方を目的とし、具体的な目標を定めた超伝導・低温技術の開発研究を、共同研究を基盤として進めている。その一例として、NEDOの基盤技術研究促進事業の一環として2002年度～2006年度に行った伝導冷却型超伝導パルスマグネットの研究開発成果を示す。核融合や加速器等の大型科学実験設備や、工場の生産設備等の基幹電力系統に1秒以下の瞬時停電や電圧低下(以下では瞬低と略す)が発生すると実験の長期間の中断や製品歩留まりの低下による大幅な損失を招くなど、その影響は非常に大きい。しかしながら、MW級の電力を補償するいわゆる無停電電源を従来技術である蓄電池等を用いて用意することは設備規模とコストが膨大になることから非現実的であり、新たな技術開発が必要とされている。ここでは短時間で大容量のエネルギー出し入れが可能な電力蓄積装置としての超伝導マグネットの特徴に着目し、瞬低対策SMES (Superconducting Magnetic Energy Storage) に適した伝導冷却型低温超伝導パルスマグネットを開発した。超伝導体にNbTiを用いた低温超伝導マグネットを液体ヘリウムで浸漬冷却し、瞬低対策SMESのシステムとした製品は既に米国のAMSC社で開発され市販されていた。しかしながら、液体ヘリウムの取扱いは一般のユーザーには容易ではなく、誤った取扱いは機器の故障や事故を引き起こすことから限られた用途への普及に止まっていた。高温超伝導体の発見により、これらの課題が一気に解決されることが期待されたが、残念ながら現在の高温超伝導体の価格/性能比は低温超伝導体に比べてまだ低く、電気二重層コンデンサやフライホイール等の他の電力蓄積装置との価格競争に打ち勝つことが必要な瞬低対策装置への応用には時期尚早であった。そこで、価格/性能比に優れたNbTi低温超伝導体を用い、低温超伝導体の温度余裕の少なさからパルスマグネットへの適用は困難と考えられていた伝導冷却方式を独自の工夫により、実現することに成功した。開発した伝導冷却低温超伝導パルスコイルを図2.2-25に示す。まず、交流損失の発生を抑えつつ高度の安定性を両立した超伝導導体を、核融合用大型超伝導導体の開発研究の成果である電流分布制御型超伝導導体の構造を採用することで実現した。次に、マグネット内の交流損失を最小にするため、導体を捻りながら巻線する独自の捻り巻線を専用の自動巻線機を開発することで実現した。更に、極低温でのマグネット材料の熱拡散率の増大効果を活用し、マグネット内の発熱を効率的に除去できる伝導冷却構造を巻線内に組み込むことにより、1秒で蓄積エネルギーの半分を取り出すパルス運転に対応可能な伝導冷却型低温超伝導パルスマグネットの開発に成功した。

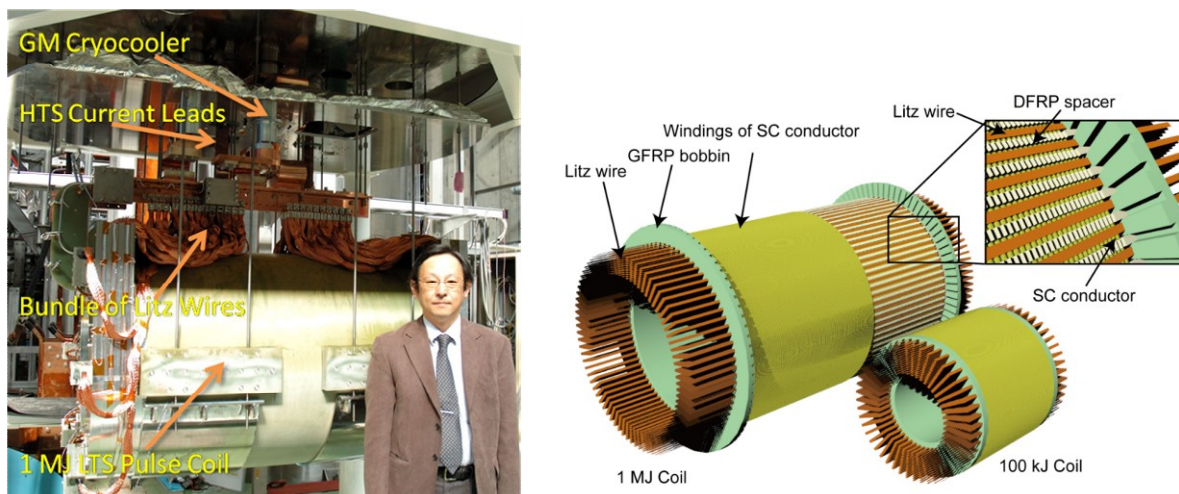


図 2.2-25 伝導冷却型低温超伝導パルスマグネットの外観と内部構造

2. 2. 2 材料・ブランケット

2.2.2-1 低放射化材料

2003年までの期間における、高純度 V-4Cr-4Ti 合金 NIFS-HEAT の製作、加工性、衝撃特性、溶接性など非照射の特性の格段の向上の実証、**大学、米、独、中、露との共同研究の開始**を受け、2004年～2009年の期間においては、ブランケットにおける NIFS-HEAT 合金の適用性を評価するため、中性子照射特性、第一壁 W 被覆接合に関する研究等を行い見通しを得た。一方、バナジウム合金の使用温度は 450～700℃とされているが、低温側は中性子照射脆化、高温側はクリープ強度が最大の決定因子でありこれらを改善できれば材料のデザインウインドウを広げられる。合金の一層の特性向上を目指し、微量元素添加、加工強化、析出強化、固溶強化、分散強化による新合金の小規模試作を行い、優れた特性を得ることに成功し、その発現機構を解明した。

低放射化フェライト鋼の研究では、低サイクル疲労特性、長時間時効特性等、これまで大学では実施が困難であった長時間にわたる実験研究に取り組んだ。フェライト鋼における疲労軟化、あるいは時効硬化、時効軟化の基礎機構を明らかにした。疲労寿命や時効後のクリープ強度は構造材料としては十分であり、疲労軟化あるいは時効軟化がフェライト鋼の設計応力には影響しない小さなものであることを明らかにした。

さらに、照射効果の原理的な理解のため、照射欠陥、ヘリウム、水素の相互作用に関するモデル計算を進めた。

以下に主な成果について具体的に示す。

(1) 低放射化バナジウム合金のブランケット適用性

(1-1) 中性子照射特性

図 2.2.2-1-1 に中性子照射した NIFS-HEAT の母材と溶接材について、衝撃破断させた際に吸収したエネルギーを示す。**中性子照射には国内の JMTR、常陽、米国の HFIR を用いた。** 図中には、照射温度 (K)、照射量 (dpa)、照射雰囲気 (He ガス、液体 Na または Li) を示した。非照射の状態では、母材、溶接金属ともに、全ての試験温度で高い吸収エネルギーを示した。材料の靱性の指標として延性脆性温度 DBTT を、非照射の吸収エネルギー飽和値 E_U の半分になる温度と定義する。中性子照射後の母材の DBTT は、最も厳しい照射条件である 720K、8.5 dpa においても 188 K と室温より十分低く、優れた耐照射脆化特性が示された。一方、溶接金属においては、同じ照射条件で比較すると母材に比較して DBTT の上昇が大きく、720 K、8.5 dpa 照射後では 423 K 以上と DBTT の上昇、すなわち脆化が激しいことが明らかとなった。873 K×1 hr の照射後焼鈍で照射欠陥をある程度消滅させたところ、図中の矢印で示す通り吸収エネルギーは回復した。これにより、溶接後熱処理をすれば、脆化が抑えられることが充分期待できることが示された。**(九大:渡辺英雄、東北大:鳴井実、日米 JUPITER-II 計画)。**

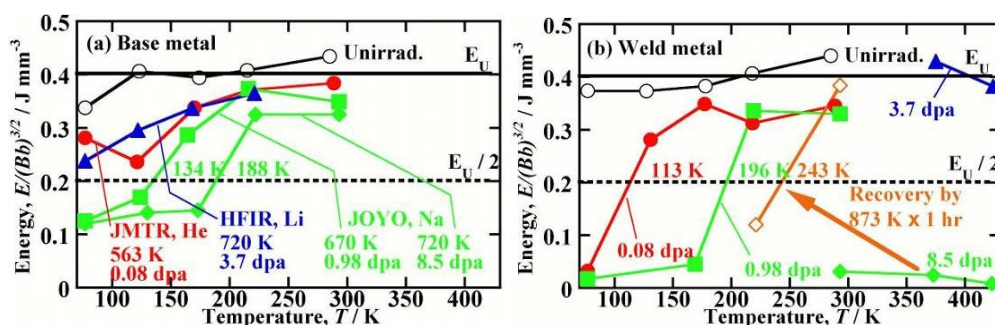


図 2.2.2-1-1 中性子照射したバナジウム合金 NIFS-HEAT の (a) 母材及び (b) 溶接金属の衝撃吸収エネルギー値

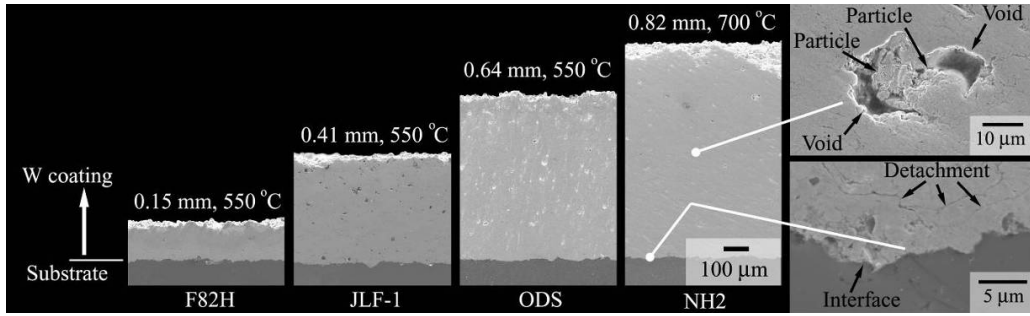


図 2.2.2-1-2 真空プラズマプレー法により低放射化材料基板上に製作したタングステン被覆の断面（基板 F82H、JLF-1：フェライト鋼、ODS：19Cr 分散強化鋼、NH2：バナジウム合金 NIFS-HEAT-2）

(1-2) 第一壁 W 被覆接合性

バナジウム合金の第一壁への適用性については、ガス放出特性試験などを行ってきた(北大:日野友明)。その後、大面積、厚肉被覆、複雑形状に適用できる方法として、真空プラズマプレー (VPS) 法を取り上げ、耐熱Wアーマー材被覆研究を進めた。被覆試作実験においては、バナジウム合金のみでなく、低放射化フェライト鋼、ODS 鋼についても検討が行われた(京大:木村晃彦、日米 TITAN 計画)。図 2.2.2-1-2 に VPS 法による W 被覆の断面を示す。全ての低放射化材料において、W 被覆の直接成膜が実証された。図で示したように、VPS による W 被覆は空へきや、溶け残った粒子、あるいは W 層間の剥離などの欠陥が観察された。これらの欠陥に起因し、密度は約 90%であった。図 2.2.2-1-3 には、VPS によるバナジウム合金への W 被覆の熱伝導率を示す。上述した欠陥と低密度の効果により、被覆の W 部分のみの熱伝導率は、焼結 W の 30~50%であるが、NIFS-HEAT よりは大きく、また接合界面では熱抵抗が無いことも確認された。よって、W 被覆の熱伝導率低下がこの範囲であれば第一壁の除熱特性には悪影響を及ぼさないと結論できる。

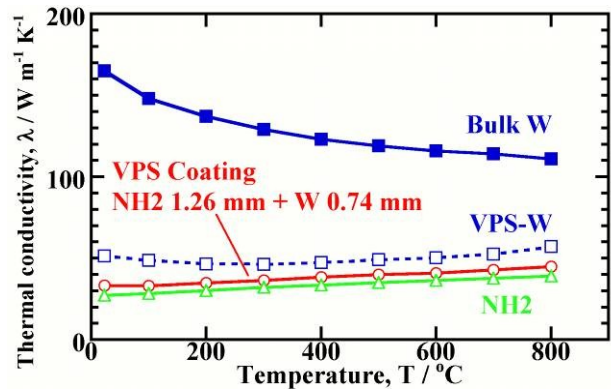


図 2.2.2-1-3 VPS により製作した W 被覆の熱伝導率 (NH2：NIFS-HEAT-2 基板のみ、VPS-W：被覆の W 部分のみ、VPS Coating：基板+W 被覆、Bulk W：焼結 W)

(2) バナジウム合金の高性能化研究

大学との共同研究により、さらなる高性能化を目指した小規模試作と、そのスケールアップを行っている。

(2-1) 高温クリープ強度の改善

バナジウム合金において、加工と熱処理を適当に組み合わせることで、加工強化と析出強化の相乗作用があることを見出した。図 2.2.2-1-4 に NIFS-HEAT 及び中国製 V-4Cr-4Ti 合金 (SWIP-11) のクリープ速度を示す。バ

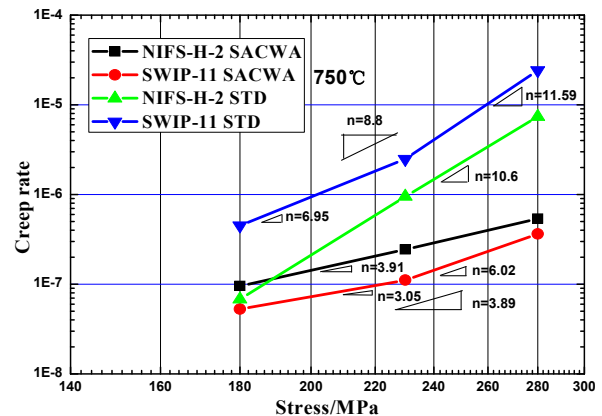


図 2.2.2-1-4 通常熱処理材 (STD) と加工・析出強化材 (SACWA) のクリープ速度

ナジウム合金を冷間加工し微細析出が発生する条件で熱処理することにより、750℃のクリープ速度を一桁低下させることに成功した(中国:SWIP)。しかし、微細組織観察の結果、クリープ寿命末期では、加工転位はほとんど回復してその寄与を失っていることが分かった。すなわち、その回復を妨げることができれば、さらにクリープ特性を改善できる見込みがある。転位回復の障害として、安定なナノ粒子を分散させることが有効と予測され、分散強化合金の小規模試作(100 g規模)を開始している。

(2-2) 照射後低温靱性の改善

上記(2-1)の研究では、不純物酸素が照射欠陥に蓄積しこれを安定化させて照射硬化と照射脆化を促進させていることが示された。Yは酸素との親和力が強く、Tiよりもさらに強力な酸素の析出安定化が見込まれるので、V-4Cr-4Ti-Y合金の小規模試作が大学で重ねられてきた。本研究では、添加Y量の最適化(0.15 wt%)を行い、レビテーション溶解で20 kgまでのスケールアップを行った(東北大:佐藤学)。

以上のような様々な強化法あるいは微量元素添加は、互いに組み合わせることで相乗的な効果が期待できる。大学との共同研究による小規模試作の成果を統合し、材料プロセスや組織の最適化、そして実機を見据えたスケールアップを行っていくことが今後の課題である。

(3) 低放射化フェライト鋼の疲労及び時効クリープ特性

核融合炉プラズマの点火、消滅に伴う熱応力の変動等への材料応答を評価するため、低サイクル疲労に関する研究を行った。(図 2.2.2-1-5) 室温~873 Kの試験により、疲労寿命は構造材料としては十分で、疲労軟化があるものの設計応力には影響を及ぼさないことを明らかにした。疲労軟化はフェライト鋼特有のマルテンサイト組織の粗大化で説明される。

ブランケットは長時間高温で運転されるため、高温での熱時効特性が重要となる。823~973 Kで2000 hrまでの長時間熱時効試験を行ったところ、比較的低温(823 K)の時効の初期では一旦硬化するが、長時間時効、あるいはそれ以上の温度の時効では軟化することが明らかとなった。この挙動は、時効に伴う析出とその後の粗大化、マルテンサイトラス組織の粗大化により説明することができる。図 2.2.2-1-6 は様々な条件での時効熱処理後のクリープデータの、ローソンミラーパラメータを用いた解析結果である。ブランケット条件である823 K、10万時間時効後のクリープ強度を予測したところ、131~150 MPaの範囲であり、時効条件の影響は小さいことが明らかとなった。また応力下時効では析出と硬化が促進されることが発見された。これはフェライト鋼の長時間にわたるクリープ変形挙動を理解するうえで重要、かつ学術的に興味深い現象である。

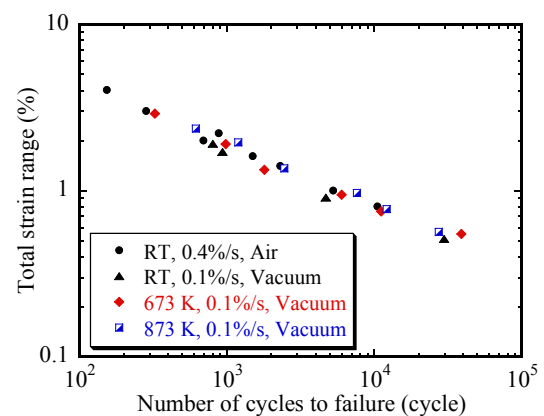


図 2.2.2-1-5 低放射化フェライト鋼 JLF-1 の低サイクル疲労寿命

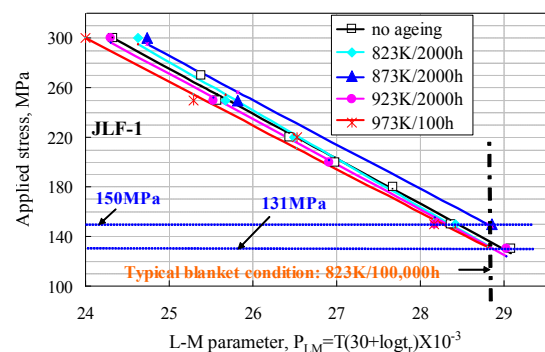


図 2.2.2-1-6 ローソンミラーパラメータによるクリープデータの解析結果

2.2.2-2 ブランケット機能材料

(1) MHD 圧力損失低減および水素同位体透過抑制セラミック被覆開発

液体 Li 冷却ブランケットでは、強い磁場中を液体金属が流れることに伴う MHD 圧力損失の低減が重要な課題となる。炉工学研究センターでは、還元性の強い液体 Li 中における化学的安定性の観点から Er_2O_3 、 Y_2O_3 、 CaZrO_3 、 AlN 等のセラミック材料を候補材とし、MHD 圧力損失低減用電気絶縁被覆の開発研究を開始させた。これら候補材料の中から焼結バルク試料を用いた液体 Li への浸漬試験結果から、特に Er_2O_3 を有望な被覆材料として選択している。

Er_2O_3 被覆の特性については、RF スパッタ法およびアークソースプラズマ法により作製した被覆試料に対して評価を行った(東大:寺井隆幸、MP-IPP:H. Bolt)。V 合金 NIFS-HEAT2 上にアークソースプラズマ蒸着により作製した被覆試料に対する高温 Li 浸漬試験では、被覆製作時の基板温度が高く、結晶性が良い場合に $700^\circ\text{C} \cdot 1000$ 時間の Li 浸漬試験においても腐食はほとんど見られず、非常に安定であることが明らかになった(日米:JUPITER-II)。また、RF スパッタ蒸着による被覆試料に対する電気特性評価では、 Er_2O_3 被覆が非常に高い電気絶縁性能を有し、放射線誘起伝導による絶縁性能の低下はブランケット内の高温・放射線環境においても十分小さいことを明らかにした(東北大:四竈樹男、JAEA:FNS 共同研究、阪大:飯田敏行)。

大面積で複雑形状を持つブランケット配管への被覆手法開発としては、液体 Li 冷却材に Er を溶解させ、あらかじめ表面酸化させた V 合金基板と反応させることで Er_2O_3 被覆を自己生成・修復させる、その場被覆の実証を行い(図 2.2.2-2-1)、 550°C 以上で Er_2O_3 被覆が形成され、 600°C で 800 時間まで安定であることを確認した。また、ブランケット構造物へ酸化セラミック被覆を直接形成する手法として、気相法である MOCVD (Metal organic chemical vapor deposition) 法、および液相法である MOD (Metal organic decomposition) 法の研究を進めている(東大:寺井隆幸)。MO-CVD 法では、Er 有機錯体を酸素を含む Ar キャリアガスにより基板まで導き、基板上で有機錯体を分解させるとともに Er_2O_3 被覆を形成させる。MOD 法では、Er 有機酸塩の中に基板を浸漬した後に引き上げ、高温焼成することにより、有機溶剤を蒸発・分解させるとともに Er_2O_3 被覆を得る。MOCVD 法では 475°C 以上で、また、MOD 法では 500°C 以上で Er_2O_3 の結晶化が起こることを確かめ、両手法ともブランケット構造材料への影響が小さい温度領域で、セラミック被覆の成膜が可能であることを明らかにした(図 2.2.2-2-2)。両手法による被覆とも、RF スパッタ蒸着による高結晶性 Er_2O_3 被覆と同程度の非常に高い電気絶縁性能を有している。さらに、複雑形状基板への被覆試験として石英管($\phi 10\text{mm}$ 長さ 60mm) 内への成膜を試み、MO-CVD 法、MOD 法ともに、管内壁に均一な被覆層が得られることを確かめた(図 2.2.2-2-3)。これら手法による大面積被覆の健全性を調べる手法として、カソードルミネッセンス(ビーム誘起発光)法による発光測定の適用を試み、 Er_2O_3 被覆の結晶性と $640\text{--}690\text{nm}$ の波長の発光強度に相関があることがわかった(阪大:飯田敏行、名大:長崎正雅)。

Er_2O_3 被覆については、電気絶縁だけでなく良好な水素同位体透過抑制機能を持つことが見出されている。そこで、 Er_2O_3 被覆を水素同位体の溶解

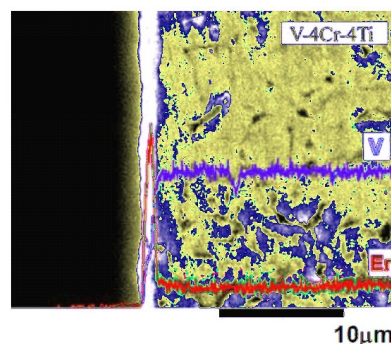


図 2.2.2-2-1 600°C の Er 添加液体 Li 中において、V 合金表面に生成された Er_2O_3 被覆の断面組成分析

度が低い液体 Flibe 冷却ブランケットにおけるトリチウム透過抑制被覆として適用するための研究を開始した。水素透過特性評価装置を構築し、JLF-1 基板および MOD 法により Er_2O_3 被覆を施した JLF-1 基板の水素透過速度の比較を行った。JLF-1 基板表面と Er_2O_3 被覆の間に酸化鉄の層が形成されると水素透過抑制効果が小さくなることが示唆され、焼成時の酸化ポテンシャル制御による透過抑制性能の向上を進めている。また、液体 Flibe の模擬として液体 Flinak 中への浸漬試験を実施するとともに、計画中の水素・熱回収両立実験用 Flinak ループ Oros²i-1 における透過抑制性能評価に向けて、金属配管内への MO-CVD および MOD 法による成膜試験を実施している。

(2) 水素同位体センサーの高度化研究

熔融塩冷却材中の水素同位体濃度をオンラインで測定するために、固体電解質水素同位体センサーの開発研究を実施した。本センサーは CaZrO_3 セラミック材料中を水素同位体がイオンとして拡散する際に発生する起電力を測定するもので、特に電極部における電極反応が重要となる(図 2.2.2-2-4)。そこで、電極には、従来の Pt 電極のポア部における三相界面における電極反応を応用し、緻密な Pd 膜状電極における電極反応機構を明らかにした。更にこの電極改良型センサーを用いて熔融塩 Flinak 中における測定試験を実施し、熔融塩 Flinak 中の水素のオンライン測定に成功した(株)TYK 共同研究(図 2.2.2-2-5)。

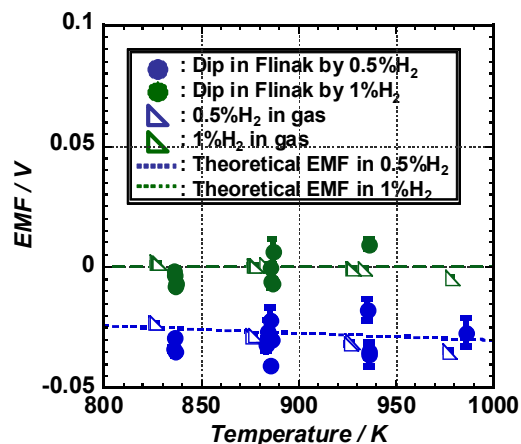


図 2.2.2-2-5 Flinak 中の水素濃度オンライン測定試験結果

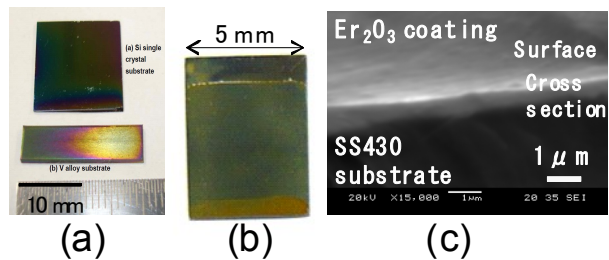


図 2.2.2-2-2 MOCVD および MOD 法により成膜した Er_2O_3 被覆。(a) Si, V 合金上への MOCVD 法による被覆。(b) SS430 基板上への MOD 法による被覆。(c) MOD 法被覆の断面。

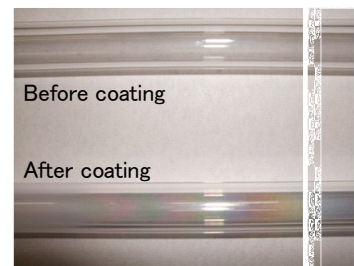


図 2.2.2-2-3 MOCVD 法による石英管 (10mm φ x 60mm 長) 内への Er_2O_3 被覆

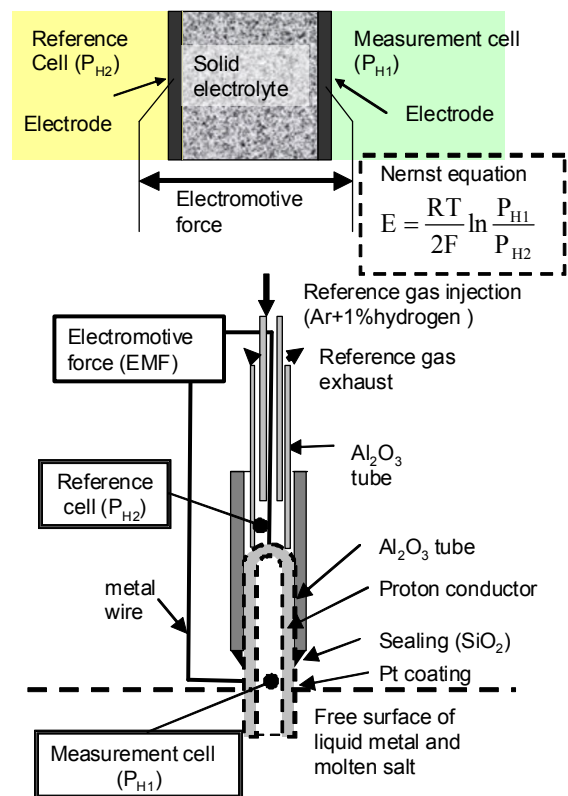


図 2.2.2-2-4 電極改良型固体電解質水素同位体センサー

2.2.2-3 液体ブランケット共存性

(1) 低放射化フェライト鋼の液体増殖材との共存性

先進ブランケットシステムとして液体金属リチウム(Li)、鉛リチウム共晶合金(Pb-Li)、熔融塩フライベ(LiF-BeF₂: Flibe)、フライナック(LiF-NaF-KF: Flinak)を自己冷却型トリチウム増殖材として使用する事が検討されている。しかし、構造材料との共存性が課題とされている。これらの高温融体中の腐食は、主に不純物元素として溶存する炭素(C)、窒素(N)、酸素(O)により大きく影響を受ける。そこで、それぞれの目的に合わせて腐食試験装置を設計・製作し、高温融体中の不純物濃度と流動条件を精度良く制御した上で低放射化フェライト鋼(JLF-1)を中心として材料の共存性を明らかにした。

液体金属リチウム中の共存性に関する研究成果として、低放射化フェライト鋼 JLF-1 の詳細な腐食特性が得られた事が挙げられる。不純物制御の難しいリチウムを用いた腐食試験において、炭素濃度と窒素濃度の制御に成功した。リチウム中の炭素濃度が低い条件において、JLF-1 表面から炭素が溶出し材料表層の組織がマルテンサイト組織からフェライト組織への組織変化が生じる現象を明らかにした(図 2.2.2-3-1 (a))。また、窒素濃度が高い条件では JLF-1 合金元素の Cr の溶出が促進されることが定量的に評価された。また、自然対流試験、攪拌流動場試験の結果から物質輸送特性を明らかにし、特に攪拌流動場試験を実施したことにより、これまで報告例が極めて少ない流動リチウム中のコロージョン・エロージョンの特性を明らかにする事に成功した(図 2.2.2-3-2)。JLF-1 鋼のリチウム中におけるコロージョン・エロージョンは、炭化物の析出している旧オーステナイト粒界、パケット境界、ブロック境界、ラス境界が選択的に腐食され、粒同士の結合が弱くなり、粒が流れにより剥離されることにより生じる事がわかった。その他、セラミックス材料やコーティングについても腐食試験を実施し、メカニズムを明らかにしつつある。

液体金属鉛リチウム中の共存性に関する研究成果としては、産業界との連携により高純度の鉛リチウム合金を合成し、

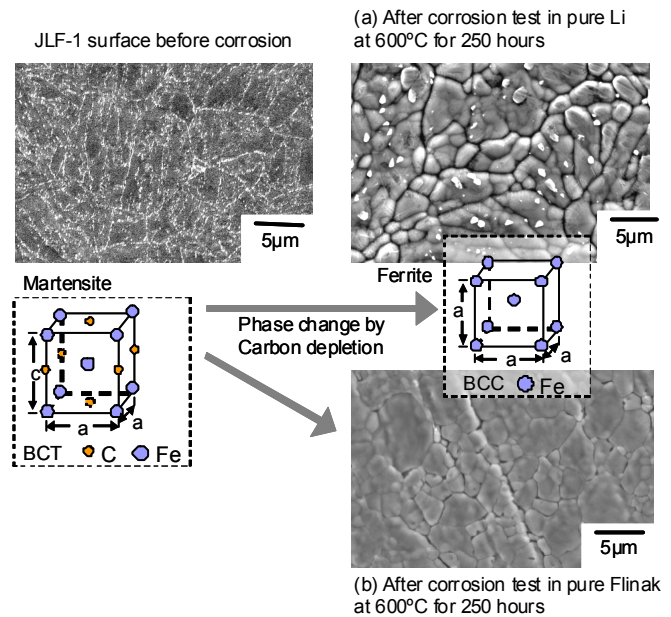


図 2.2.2-3-1 低放射化フェライト鋼の液体金属リチウム及び熔融塩 Flinak 中における腐食過程における相変化

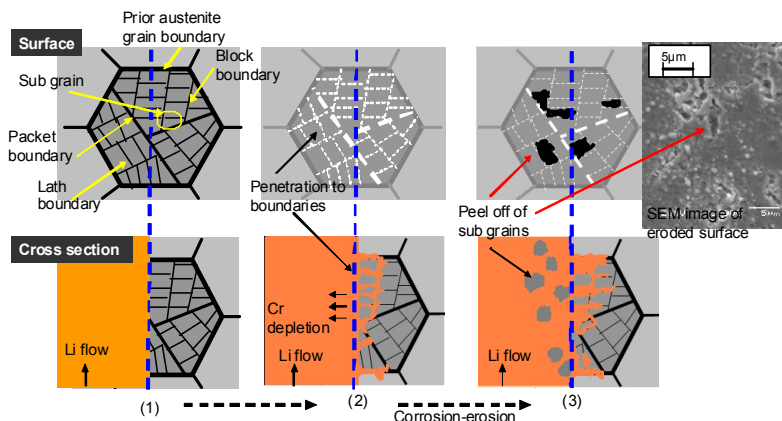


図 2.2.2-3-2 液体金属リチウム中におけるエロージョン・コロージョン機構

静止場試験・攪拌流動場腐食試験を実施し、JLF-1 の腐食特性評価を進めている（東工大:高橋実、京大:小西哲之）。

熔融塩 Flibe 中の共存性に関する研究成果としては、まず高純度 Flibe の静止場腐食試験・流動場腐食試験を実施した（東大:寺井隆幸）。また腐食に大きく影響する事が示唆されている弗化水素濃度の測定に成功し、腐食機構解明への見通しを得た。また、高温融体としての性質が極めて近く Flibe のシミュラントとしての応用が可能な熔融塩 Flinak の合成に成功するとともに電解精製技術を応用し、Flinak の高純度化をする事に成功した。高純度 Flinak を用いた腐食試験では、腐食量は攪拌流動場（流速 0.17cm/s）であっても非常に小さい事を明らかにした（図 2.2.2-3-3）。また、リチウムと同様にマルテンサイト組織からフェライト組織への相変態が生じることもわかった（図 2.2.2-3-1 (b)）。腐食挙動に影響する熔融塩中の不純物として弗化水素と酸素に注目し、これら的高温ガス中における腐食試験を実施した。この結果、弗化水素による表面の弗化と酸素による表面の酸化が同時に発生する腐食特性の解明に成功した。これらの結果を踏まえて、クロムやタングステンのコーティングによる耐食膜の開発も進められている。

（2）低放射化バナジウム合金の増殖材リチウムとの共存性

図 2.2.2-3-4 に、973 K、1073 K の液体 Li に最長 943 hr まで浸漬した V-4Cr-4Ti 共通材料 NIFS-HEAT の C, N, O 不純物濃度の変化を示す（日米 JUPITER-II 計画）。973 K、1073 K とともに C, N が液体 Li から NIFS-HEAT に移行し、特に N は最大 2273 wppm まで濃度が上昇した。一方 O 濃度は、973 K では変化が小さいが、1073 K では 29 wppm まで減少した。1073 K で浸漬した試料の引張強さを図 2.2.2-3-5 に示す。943 hr 浸漬試料では N 濃度が大きく上昇したにもかかわらず、強度上昇は無く、むしろ 973 K 以上で強度低下している。微細組織観察によると、混入した N は粗大な Ti 析出物に吸収されるために強度には寄与せず、固溶 O 濃度あるいは Ti-O が主成分の析出物が減少することによって強度が低下することが明らかとなった。

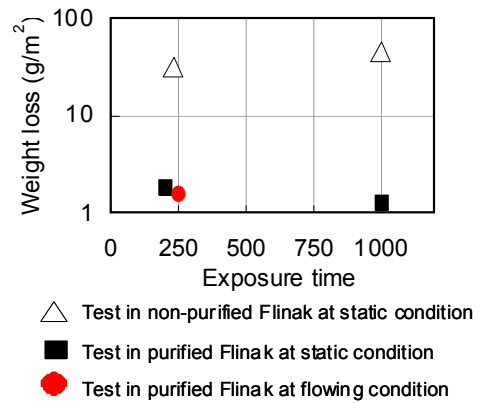


図 2.2.2-3-3 JLF-1 鋼試験片の熔融塩中腐食試験による重量損失(試験温度 600°C)

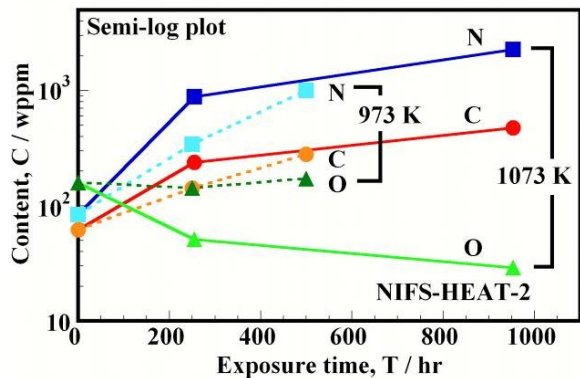


図 2.2.2-3-4 973 K または 1073 K の液体 Li に浸漬したバナジウム合金 NIFS-HEAT の不純物濃度変化

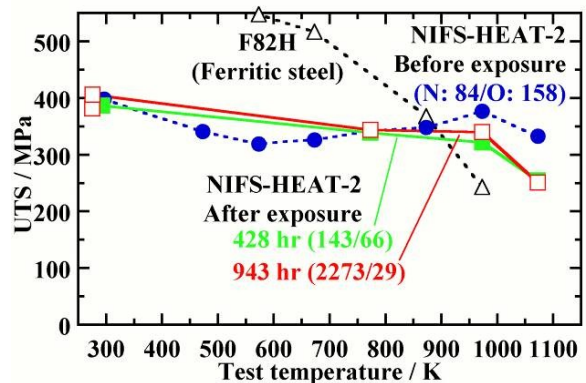


図 2.2.2-3-5 1073 K の液体 Li 浸漬後の引張強さ

2.2.2-4 ブランケット核設計と中性子工学実験

DT 核融合炉ブランケットには、(1) 炉心で発生する高速中性子エネルギーの熱への変換、(2) トリチウム燃料の増殖、(3) 超伝導コイルに対する十分な放射線遮蔽、の3つの機能が要求される。本研究課題では、熔融塩 Flibe および液体 Li 冷却形式の先進ブランケット概念を対象とし、ヘリカル型発電炉 FFHR2 において、この3つの機能に対する要求を満たすためのブランケット材料選択および配置に関して核計算に基づく設計研究を進めた。現在、炉工学研究センターでは、構造材に低放射化フェライト鋼を用いる (a) Flibe+Be / JLF-1 およびカーボンアーマーにより第一壁の交換を不要とする (b) Flibe 冷却 STB、構造材にバナジウム合金を用いるとともに固体中性子増倍材を用いない (c) Li/V-alloy、(d) Flibe/V-alloy の4種類のブランケット概念について研究を進めている。各ブランケット概念について、核特性の観点からの成立性を調べるために、核データライブラリー JENDL3.3 および MCNP コードを用いたモンテカルロ中性子・ γ 線輸送計算を実施し、特にトリチウム燃料増殖および中性子遮蔽性能について評価した。単純トーラス計算体系を用いた輸送計算により、ブランケット材料の組成、厚み、配置の最適化を進め、4種類のブランケット概念のいずれもヘリカル型発電炉 FFHR2 で許容される $\sim 120\text{cm}$ のブランケット空間の中で十分なトリチウム燃料増殖および超伝導コイルに対する中性子遮蔽を両立できることを示した。

実際のヘリカル型発電炉ではブランケットやコイル形状、ダイバーター配置等も複雑な螺旋状となるため、それらの形状を模擬した3次元中性子輸送計算を実施し、ダイバーター排気ポートや加熱ポート等における中性子損失や中性子ストリーミングを考慮した核設計を進めることが必要となる。そこで、炉の断面形状座標を入力することにより、ヘリカル構造を定義する解析式に従って構造物の3次元座標を計算し、MCNP コード用体系データを生成する3次元ヘリカル炉核計算システムの開発を行った。(図2.2.2-4-1)。これにより、概念設計段階における、(1)ブランケット配置・形状の提案、(2)核特性評価、(3)改良案へのフィードバック、の一連の作業を迅速に繰り返すことを可能とした。

本計算システムを用いた評価により、FFHR2 概念設計において当初提案されていたブランケット形状ではダイバーター排気開口部における中性子損失に起因して、十分なトリチウム燃料増殖比を得られないこと、トーラス外側における中性子ストリーミングが超伝導コイル遮蔽の観点から問題となることを定量的に示した(図2.2.2-4.2)。トリチウム増殖比については、ブランケット形状の変更により、 ~ 1.1 とすることが可能であることを示した。遮蔽に対する中性子ストリーミングの影響低減については、本

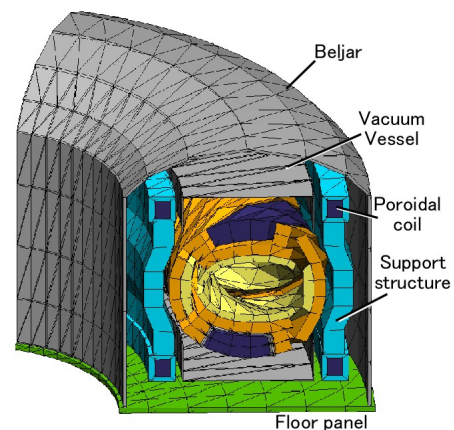


図 2.2.2-4-1 ヘリカル型発電炉 FFHR2 の3次元核計算用体系

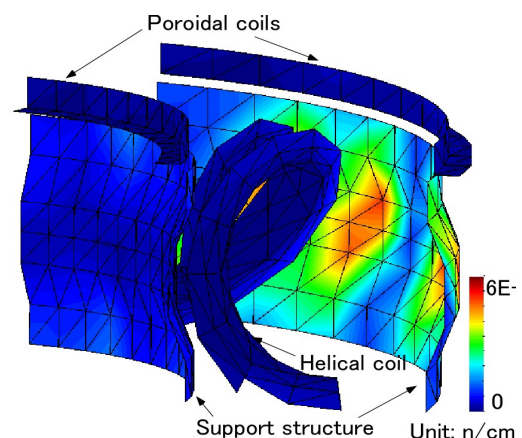


図 2.2.2-4-2 ヘリカルコイル、トロイダルコイル、支持構造材の高速中性子束計算結果、3次元分布

評価結果をもとに新概念に基づくダイバーター配置の研究が進められている。また、ヘリカル形状プラズマにおける DT 中性子発生分布を模擬することで、FFHR2 におけるブランケット第一壁の中性子壁負荷分布を詳細に評価し、ピーキングファクターが～1.2 に抑えられることを示した。

ブランケット核設計では、核データライブラリーおよび計算コードを用いて、前述のトリチウム燃料生成、中性子遮蔽に加えて、材料の放射化特性の評価を行っている。これら評価結果の妥当性および計算精度に関する検証を行うために、[日本原子力研究開発機構 FNS 施設における中性子工学実験](#)を共同研究により実施している。

ブランケット材料の放射化特性に関する検証実験では、構造材料である V-4Cr-4Ti (NIFS-HEAT2)、Flibe 冷却材の F を模擬するためのテフロン、Li 冷却ブランケット用 Er_2O_3 電気絶縁被覆を模擬するための金属 Er を照射試料とし、14MeV 中性子の直接照射および液体ブランケット内の中性子環境を模擬するための固体 Li、固体 Be、固体 Li+Be ブロックの3種類の体系（ $\sim 25 \times 25 \times 30 \text{ cm}^3$ ）中に試料を設置しての照射を実施した。 ^{51}Ti 、 ^{48}Sc 、 ^{52}V 、 ^{167}Ho 、 ^{168}Ho 、 ^{161}Er 、 ^{171}Er 、 ^{18}F の8核種について、照射後の誘導 γ 線を測定し、中性子輸送計算コード MCNP および誘導放射能計算コード FISPACT を組み合わせた放射能計算結果との比較を行い、 ^{168}Ho 、 ^{171}Er を除いて、概ね 20%以内で一致することを確認した。 ^{168}Ho 、 ^{171}Er については、FISPACT においてエネルギー領域を 315 群分割して放射能計算していることが～40%の誤差要因となることを明らかにした。

また、Li/V-alloy ブランケット概念設計における中性子輸送計算精度に関する情報を得るために、内部に厚さ 5cm の V 合金層を設けた金属 Li ブロック体系（ $\sim 45 \times 50 \times 50 \text{ cm}^3$ ）を構築して照射実験を実施した（図 2.2.2-4-3）。体系内部には、Nb、Ni、In、Au 放射化箔検出器を設置し、照射後の誘導放射能

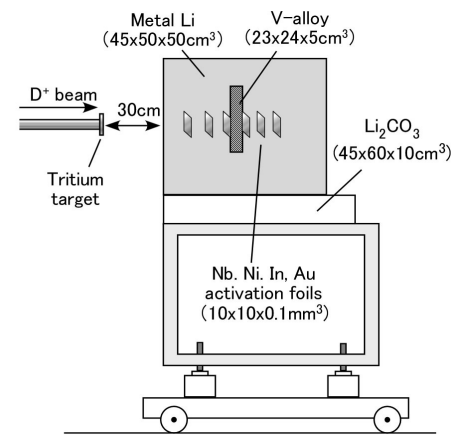


図 2.2.2-4-3 Li/V 模擬体系に対する DT 核融合中性子照射の概略

と JENDL-3.3 核データライブラリーを用いた中性子輸送計算により計算される放射能との比較を行った。高エネルギー領域に感度のある Nb、Ni 箔では、計算値と実験値はおおむね 5%以内でよく一致する一方、低エネルギー領域に感度のある In 箔、Au 箔では 10%程度の違いがみられた（図 2.2.2-4-4）。特に、V 合金層通過後ずれが大きくなる傾向が見られ、V の核データに起因すると考えられる。現在、トリチウム生成率の計算精度への影響を解析するとともに、シンチレーション検出器や炭酸 Li ペレット検出器等を用いたトリチウム生成の直接測定を試みている。また、Flibe 冷却等の液体ブランケットの核特性評価の実施についても検討している。

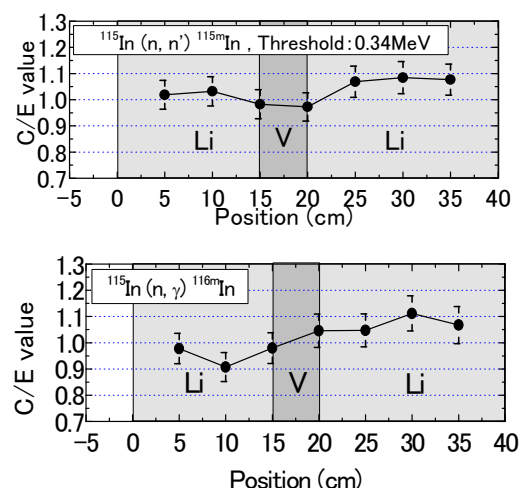


図 2.2.2-4-4 In 放射化箔検出器による Li/V 模擬体系内の中性子輸送検証の例

2.2.2-5 所内、所外研究設備の利用

核融合科学研究所では、2007年それまで各実験等に分散していた材料・ブランケット研究設備のほとんどを総合工学実験棟に集中させ効率的な活用を可能とした。特に、大学で取り組みにくい長期間実験期間を必要とする、高温熱クリープ、時効（エージング）効果、低サイクル疲労、腐食特性などに試験設備整備に重点を置いた。これらの設備は多くの国内共同研究、国際共同研究で活用されている。表 2.2.2-5-1 に材料・ブランケットの研究設備と共同研究（国際協力を含む）を、また本資料での掲載章節をまとめて示した。

また、大学のホットラボや照射施設、ベリリウムの取り扱い可能な施設、PWI 関連施設などの設備、国内の原子力施設、国際協力協定に基づく海外施設なども有効に活用された。所外施設の利用について表 2.2.2-5-2 にまとめて示す。

表 2.2.2-5-1 核融合科学研究所内の材料・ブランケット研究設備と共同研究、成果の本資料における掲載章節








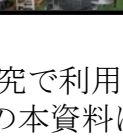
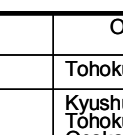
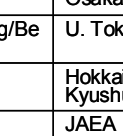
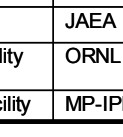
Category	Facility	Photo	Collaboration partners	Chapter/Section
Mechanical property	Tensile test machine		Tohoku-U. Kyushu-U. SWIP (China) ASIPP (China)	2.2.2-1 (1-1) (1-2)(2-1) (2-2)(3)
	Creep test machine		Tohoku-U. Ehime-U. SWIP (China) ASIPP (China) JAEA	2.2.2-1 (2-1) (2-2)(3)
	Fatigue test machine		Tohoku-U. JAEA	2.2.2-1 (3)
	Hardness and Micro-indentation tests machines		Toshima MFG Co.	2.2.2-1 (1-1) (1-2)(2-1) (2-2)(3) 2.2.2-2 (1) 2.2.2-3 (1)
Micro-structure and micro-chemistry	Scanning Electron Microscope		U. Tokyo SWIP (China) ASIPP (China) PhMI NASU (Ukraine) TYK Co.	2.2.2-1 (1-1) (1-2)(2-1) (2-2)(3) 2.2.2-2 (1)(2) 2.2.2-3 (1)
	X-ray Photoelectron Spectroscopy		U. Tokyo Kyushu-U. SWIP (China) ASIPP (China)	2.2.2-2 (1) 2.2.2-3 (1)
	X-Ray Diffractometer		U. Tokyo	2.2.2-2 (1) 2.2.2-3 (1)
Functional property	Hydrogen permeation		U. Tokyo Shizuoka U.	2.2.2-2 (1)
	Compatibility test facility		U. Tokyo PhMI NASU (Ukraine) TYK Co. Santoku-Co. Biko Chemical Co.	2.2.2-2 (1)(2) 2.2.2-3 (1)
	Luminescence test facility		Nagoya-U. Osaka-U.	2.2.2-2 (1)
Materials fabrication	Electron beam welder		Tohoku-U. ASIPP (China)	2.2.2-1 (1-1)

表 2.2.2-5-2 共同研究で利用した所外の材料・ブランケット研究設備と成果の本資料における掲載章節

Category	Facility	Organization	Chapters
Facilities in Universities	Hot Laboratory	Tohoku-U.	2.2.2-1 (1-1)
	Ion Accelerator	Kyushu-U. Tohoku-U. Osaka-U.	2.2.2-1 (1-1) 2.2.2-2 (1)
	Corrosion/Coating/Be Facilities	U. Tokyo	2.2.2-2 (1) 2.2.2-3 (1)
	PWI Facilities	Hokkaido-U. Kyushu-U.	2.2.2-1 (1-2)
Domestic Nuclear Facilities	JMTR, JOYO	JAEA	2.2.2-1 (1-1)
	FNS	JAEA	2.2.2-4
Overseas Facilities	HFIR and Li Facility	ORNL (USA)	2.2.2-1 (1-1) 2.2.2-3 (2)
	PVD Coating Facility	MP-IPP (Germany)	2.2.2-2 (1)

2. 2. 3 トリチウム・安全

2. 2. 3-1 トリチウム測定機器の開発・整備

トリチウム取扱い施設の排気ガス中のトリチウム濃度は液体シンチレーション法を適用することで十分な精度で管理可能であるが、リアルタイム監視が可能なガスモニターとしては法令限度値の1/10以下の低レベルを測定可能なものは市販されていない。安全管理センターでは、LHD重水素実験時に想定される低レベルのトリチウム濃度監視にも適用することを想定し、市販のモニターより1桁以上高感度なオンライントリチウムモニターの開発を進めてきた。

・トリチウム検出器の信頼性向上に関する研究

作業環境および施設排出ガス中のトリチウム濃度監視のため、トリチウム検出器の信頼性向上(高感度化)を目指し、気体分離膜によるトリチウム成分の抽出とトリチウム検出器とを組み合わせた手法を検討した。これまでに、高分子膜を用いて化学形態別トリチウム検出器の設計検討を行った(原研 TPL との共同研究)。また、分離膜としてプロトン導電体による水素ポンプ機能の応用も検討し、名古屋大学同位体分離実験室(杉山貴彦、山本一良)において、トリチウム水蒸気を用いたトリチウムポンプ性能を評価した。

・TRDによる高感度水素分析装置の開発

ガスクロマトグラフ部と原子吸光部で構成される、微量水素同位体分離分析装置を開発した。窒素(空気)中の水素を分析した結果、検出限界は数 ppb であることが分かった。これは通常のガスクロの1000倍以上の感度である。また、リテンションタイムの変動をアフターカット法を適用して改良することにより、軽水素では数 ppb、軽水素と重水素の同時測定では、1ppm 以下の濃度測定が可能となった。さらにプレカット法を導入した結果、ほぼ100%の軽水素に含まれる重水素を250ppb程度まで分析できる装置の開発に成功した。

・波形弁別法による高感度とガスモニターの開発

高感度トリチウムガスモニターを開発するために波形弁別法(PSA法)を導入した通気型トリチウムガスモニターを試作し、メタン計数ガスを用いて性能試験を実施した。60分および5分間測定でそれぞれ、 $1.4 \times 10^{-5} \text{ Bq/cm}^3$ および $3.0 \times 10^{-5} \text{ Bq/cm}^3$ の検出感度が得られた。これは従来の装置に比べて100倍以上の高感度である。今後は、空気の影響について詳細な評価を行う。

・プラスチックシンチレータを用いたトリチウム測定器の開発研究

トリチウム自動モニタリングシステムの開発として(株)化研との共同研究によりネブライザー・デニューダー(ND)型トリチウム水蒸気捕集装置にフローセル型の光検出装置を組み合わせた空気中トリチウム自動モニタリングシステムの開発を目指し、固体シンチレータによる液体中のトリチウム検出系の感度試験を実施した(平成18年から3年間)。その結果、固体シンチレータの有効面積を拡大することで新たなモニター開発の可能性を示した。

2. 2. 3-2 トリチウムの分離・回収

核融合炉において、経済性、安全性の観点から、トリチウムの回収技術が不可欠である。安全管理センターでは、核融合炉の排水、排気系に移行したトリチウムを高

効率で回収可能な先進的な要素技術の試作評価を、大学及び民間との共同研究として推進してきた。

○プラズマ排ガス中の未燃焼トリチウムの回収 (TYK、H13年度～)

・高温型プロトン導電体の水素ポンプ機能による水素同位体回収技術

高温型プロトン導電体の水素ポンプ機能を利用した、混合ガス中からの水素同位体の直接回収手法に関する研究開発を(株)TYK との共同研究により進めている。これまでに、機械強度と化学的安定性に優れた Zr 系ペロブスカイト型プロトン導電体の3種類を選定し、それらの水素ポンプ特性を比較評価した。また、無電解メッキ法で作成された電極による水素ポンプ性能の改善や、水蒸気(H₂O)やメタンガス(CH₄)を直接分解し水素ガスとして回収できることを実証した。

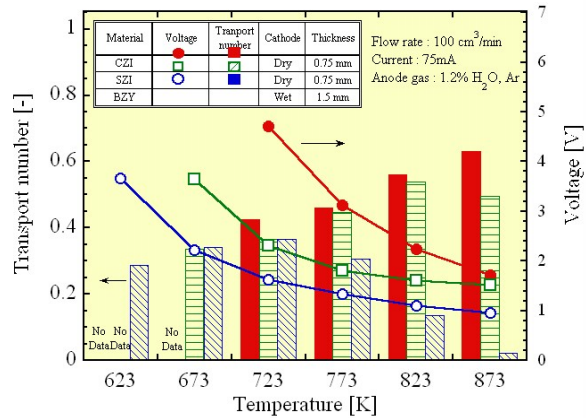


図2.2.3-1 水素ポンプのプロトン輸率(効率)と電圧の温度依存性

○水中トリチウムの分離・濃縮 (名大、H16年度～)

・水・水素化学交換法による水素同位体分離研究

水状水素同位体分離手法として、水・水素化学交換法(CECE法)の開発研究を進めている(名古屋大学：杉山貴彦、山本一良)。日本で唯一の大型電解槽を組み込んだCECE実験装置を名古屋大学に製作し、トリチウム水を用いた研究を行っている。これまでの研究で、塔内圧力、充填物の充填割合、塔内気液流量比や反応塔温度が分離の最適値に影響を与えることが分かった(図2.2.3-2)。これらの成果を基に、ドイツのカールスルーエ工学研究所(FZK)との国際共同研究(FZK-TLK: I. Cristescu, M. Glugla)を推進した。

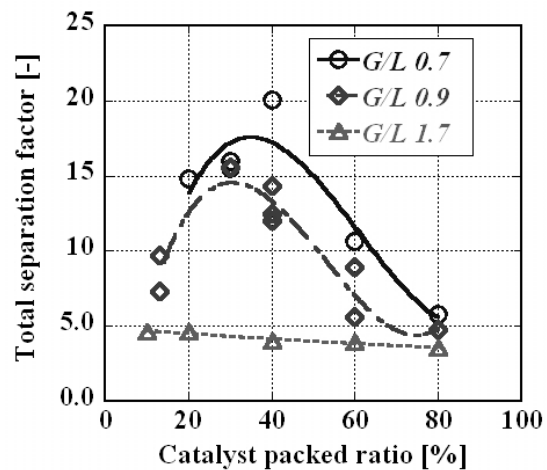


図 2.2.3-2 均一混合充填層による全分離係数の触媒充填比率・気液比依存性

○水素ガス中トリチウムの分離・濃縮 (九大、H14年度～)

・低温圧カスウィング吸着法による水素同位体分離研究

ガス状水素同位体分離手法として圧カスウィング吸着法(PSA法)に着目し、低温

PSA水素同位体分離システムの開発研究を行っている(九州大学：古藤健司)。これまでに、NIFSに設置した低温PSA実験装置を使用して、水素・重水素混合ガス(H₂-D₂およびH₂-HD-D₂)を用いた合成ゼオライト系吸着剤の吸着破過実験とその解析から、吸着操作において1.8-1.9のD₂/H₂濃縮度が、減圧操作における同位体効果の相乗により6.7-9.7の濃縮度がえられた。

・ ZrNiを用いた水蒸気状トリチウム分解反応器の開発

ZrNiを利用して、有機化合物や水蒸気などの水素化合物から水素を取り出す技術を開発した。今のところ、一定使用時間ごとにZiNiを交換する必要があるが、この分解反応器を使用することにより、将来の核融合炉においてトリチウム回収システムへの応用が考えられる。

2.2.3-3 重水素実験対応

・ 中性子の遮へい解析と放射線防護計画の策定

これまで放射線遮へい解析には計算コードDOT3.5の結果を用いてきたが、汎用プログラムのDORTとMCNPによる計算環境を整備し計算を開始した。これによって詳細なエネルギー分布情報を得て、解析の精度を向上させることができるようになった。これらにより、放射線防護計画策定において、装置と建屋の放射化量の推定、放射化物による放射線場推移の把握、放射線場での作業計画立案を進めていく。また、放射化計算の計算環境として計算コードFLUKAの整備を進めている。

・ 放射線監視システムの構築

漏洩中性子線量把握を目的として、TLDを検出素子とした多層型球形線量測定器を開発している。計算コードMCNPを用いた設計に基づいて試作し、JAEAの放射線標準施設や近畿大学原子炉で照射して、応答特性を得た。

また、自然バックグラウンド放射線場の測定を継続し、データを蓄積している。環境ガンマ線の継続的測定では、ガラス線量計を用いた敷地内外での3ヶ月測定に加えて、電子式線量計の適用試験を行った。測定器の複数化によって測定値の信頼性を向上させる。環境中性子測定は継続的な線量測定には至っていないが、建物の中で多数の地点で測定を行い、測定場所によってバックグラウンドの中性子線量に違いがあることを明らかにした。重水素実験による放射化を起こす前のバックグラウンド測定として、大型ヘリカル実験棟において高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いてガンマ線エネルギースペクトル測定を行った。

放射化物や汚染物の測定手法、放射化物クリアランスレベル検認方法に関する検討も進めている。

・ トリチウム回収・除去装置の設計検討

LHD重水素実験に対応するため、真空容器内で生成・蓄積されるトリチウムのパ

ージ、除去装置の設計検討を行っている。真空排気装置系の量流量の排気ガスには、トリチウムを酸化して水蒸気の形態に変換した後モレキュラーシーブ吸着塔により脱湿除去する一般的方法を適用する計画である。これに対して、大流量である換気気体には、乾燥空気の製造用に市販されている中空糸状高分子膜モジュールの適用による設備の小型化とコストの低減を検討している。現在、モレキュラーシーブ吸着塔と同様の極低露点（ -60°C 以下）を長期間安定に維持可能であることの実証と、最適設計のための特性データの収集・解析（静岡大学、九州大学との共同研究）を行っている。

これに対応するために、16年度に自動制御運転装置を製作し、各種市販モジュールの除湿特性の比較評価と設計データの収集を推進してきた。

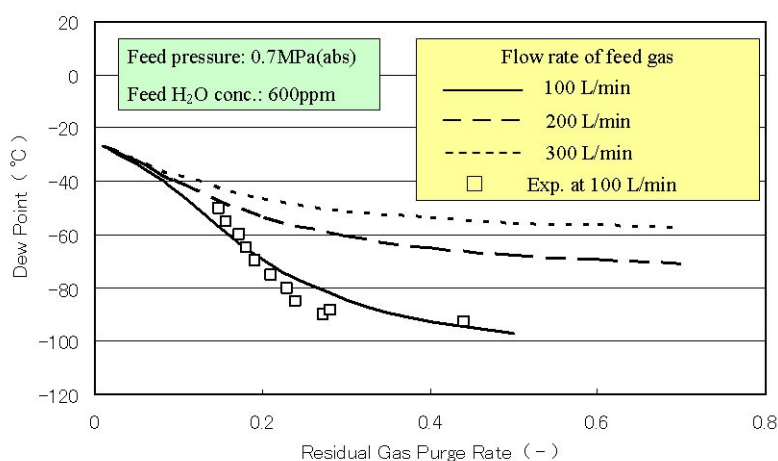


図2. 2. 3-3 除湿特性に及ぼす供給ガス流量の評価（供給ガス圧力0.7MPa）

・低圧力損失担体を用いた水素同位体酸化触媒・吸湿材の開発研究

トリチウム分離回収装置の処理流量が大きくなると、装置内圧力損失の増大によるポンプなどへの過負荷が懸念される。そこで、圧力損失低減を目的に、各種ハニカム型酸化触媒の水素・メタン酸化性能評価を行った。その結果、球状触媒と比較してハニカム型触媒は圧力損失を約1/10に低減できること、NA型ハニカム触媒は球状触媒と同等の酸化速度を有すること、酸化速度の低下が水蒸気吸着量と相関があることが分かった(秋田大学: 宗像健三)。開発されたハニカム触媒の一つは、化学形態別大気中トリチウム捕集装置で使用されている。

・LHD排気ガスのトリチウム除去コンピューターシミュレーション

新しい概念に基づくトリチウム除去装置の主要部である水素分離器、分解反応器、水素吸蔵器、循環ポンプなどに現段階で実際に入手可能な機器を割り当て、コンピューター上でトリチウム除去装置を組み上げ、性能を評価した。

・真空容器壁の水素同位体吸着・脱離特性の解明

LHD では DD 放電を予定しており、生成されるトリチウムが内壁にどの程度及びどのように保持されるか、またトリチウムを如何に除去できるか、メンテナンス期間に大気圧下で、壁に吸着されたトリチウムがどのように大気中に放出されるかを解明することは急務である。

そこで、利便性がよい重水素プラズマを用いて広いパラメータ範囲で対向壁のトリチウムインベントリーを見積もるとともに、希ガスを用いたグロー放電でのインベントリー低減化の評価実験を行っている（北海道大学：日野友明）。

また、分子状及びプラズマ状トリチウムを用い、LHDで使用されているステンレス(SS316L)及びホウ素コーティングされたステンレス(B/SS316L)を評価対象として、種々の条件でトリチウムを曝露した後、各種の条件下でトリチウムの放出速度を測定するとともに、放出トリチウムの化学形を調べ、LHD内でのトリチウム放出に関する動的挙動を予測・評価し得るような速度論的データベースを蓄積している（富山大学：松山政夫）。

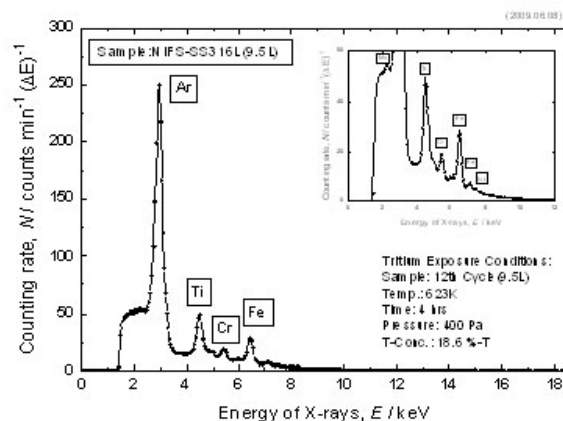


図 2.2.3-4 BIXS で測定された LHD プラズマに曝露されたステンレス試料のトリチウム保持状況

2.2.3-4 トリチウム周辺関連技術の開発

○トリチウム施設解体にともなう廃止措置の検討

核融合科学研究所に設置されていたトリチウムシステム開発実験装置室は、昭和 58 年に使用の承認を得てから、約 20 年にわたり研究の場を提供してきたが、研究所移転にともなって一連の廃止措置を実施し、平成 14 年 3 月に廃止の手続きを完了した。この廃止措置をもとにして、放射線施設の廃止措置の一連の手順を研究し、まとめた。

・トリチウム汚染コンクリートの簡易測定法の開発

放射線施設の構造物となる壁、床、天井のコンクリートは、トリチウムガスを吸着しやすい。そのため汚染を評価する場合には、表面だけでなく内部の汚染状況を測定

する必要がある。このとき加熱冷却法が汚染を最も正確に測定できるが、前処理に時間と手間がかかるため、汚染評価の際には円滑性に欠ける。そこで加熱冷却法に代わる測定法として、水抽出法（コンクリート試料を蒸留水に入れ一定時間後にフィルムでろ過し、ろ液をシンチレーターに入れて液シン測定）や直接浸漬法（試料を直接シンチレーターに入れる）の有効性を検討し、水浸漬時間を10時間程度以上にとれば加熱冷却法に代わる方法として採用可能であることを実証した。

・モニタリングカートの開発

放射線管理区域での作業環境モニタリングを想定し、装置本体の近辺に横付けして使用できるモニタリングカートの概念設計を行った。ここでは、核種をトリチウムとその他に区分して、市販の放射線関連機器をベースに空気中濃度および表面汚染密度のオンサイト測定が可能なモニタリングカードを検討した。市販品をベースにしているため大きさと重量に問題が残る。今後、小型化、軽量化に向けて、計装系の共通化などの検討が必要である。

・電磁環境監視と管理

LHDでは、超伝導コイル磁場発生装置とMWクラスの高周波プラズマ加熱装置ICRF、ECHならびに中性粒子入射装置等の大電力機器を使用しており、装置近傍においては、静磁場、極低周波ELFから25-100MHzおよび168GHzの高周波までの幅広い周波数帯域の複合電磁環境が想定され、それらは時間的ないしは統計的に変動する特徴を有する。そこで、電磁界レベルや発生様態を把握し、国際的基準に照らした防護管理について検討を進めている（名古屋工業大学、宇都宮大学との共同研究）。

2. 2. 4 ヘリカル炉設計

2.2.4-1 ブランケット空間と交換ポートの確保

これまでは炉のサイズ（大半径 R ）を可能な限り小さくする方針で設計を進めて来たが、それに伴い、プラズマとコイルの間隔が狭まるヘリカル特有の課題が大きかった。このことは磁場の増強に伴うコイル支持構造の肥大化につながり、炉内機器交換ポートの確保を難しくする。同時に中性子壁負荷増大によるブランケット交換頻度の増加となり、設計統合の観点から大幅に見直す必要があった。

そこで、これまでの FFHR2 の炉サイズを増やし、閉じ込め磁場を下げて、連続コイル巻きピッチ角 (γ) に関して 1.15 と 1.25 の 2通りの FFHR2m1 (LHD の磁気軸 $R_{ax}=3.9$ m 相当の外寄配位) および FFHR2m2 (LHD の磁気軸 $R_{ax}=3.6$ m 相当の内寄配位) の設計を実施した (図 2.2.4-1)。

その結果、十分なトリチウム増殖と遮蔽性能を確保できる 1.2 m 程度のブランケット空間の確保と、コイル支持構造の最大応力 1.5Sm 以下での簡素化 (図 2.2.4-2) による保守ポートの拡大、に関する工学課題を同時に軽減できるブレイクスルーが十分に可能であることが分かった。

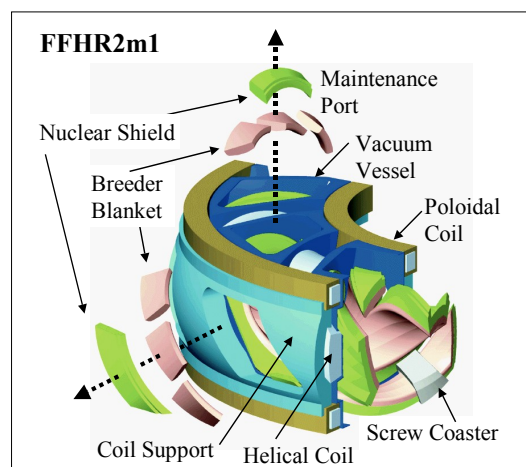
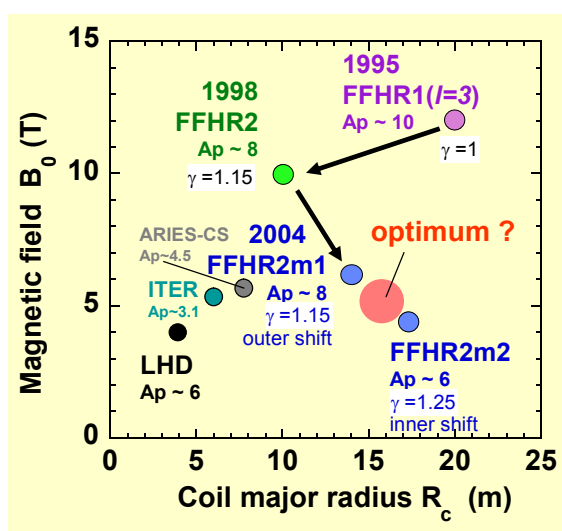
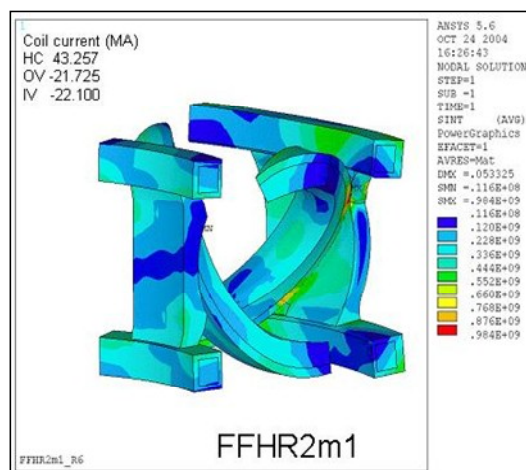
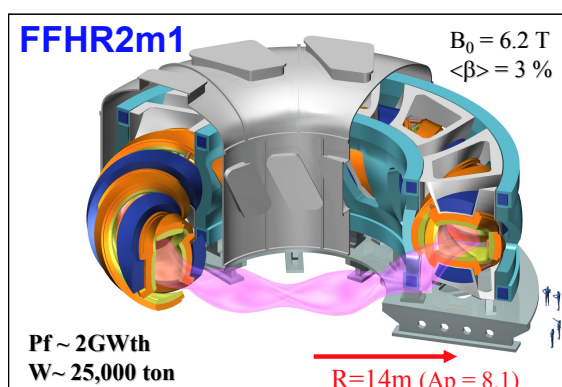


図 2.2.4-1 FFHR 炉の全体外観と設計の進展マップ

図 2.2.4-2 電磁力支持構造の応力分布とブランケット交換概念

2.2.4-2 ブランケットの長寿命化

溶融塩 Flibe ブランケットに関しても新しい提案を試みた。中性子減速能に優れた炭素材を第1壁保護タイルに用いるスペクトル調整概念を採用し、新たに中性子増倍の炭化ベリリウム材を最適配置する増殖ブランケット (STB) を設計した (図 2.2.4-3)。これに関して、高プラントル流体伝熱促進実験 (東北大: 結城和久、橋爪秀利) とその MHD 効果解析 (東京理科大: 佐竹信一、京大: 功刀資彰) に基づく熱構造解析、及び増殖トリチウム回収と熱交換システム設計 (九大: 深田智、清水昭比古) に基づく核特性解析を実施した。その結果、制約のあるブランケット空間内でのブランケットの長寿命化、即ち炉寿命 30 年での交換不要 (約 100 dpa 以下)、トリチウム増殖、および超伝導コイルに対する放射線遮蔽の 3 要求を同時達成できる可能性が充分にあることが分かった。他方、第1壁フェライト材の厚さが、黒鉛アーマ表面温度およびトリチウム増殖比に強く影響することが分かった (図 2.2.4-4)。機械強度との最適化が課題であるとともに、保護タイルの片面冷却、中性子照射による物性劣化、それに伴う保護タイルの定期交換、等の研究開発課題が明らかとなった。

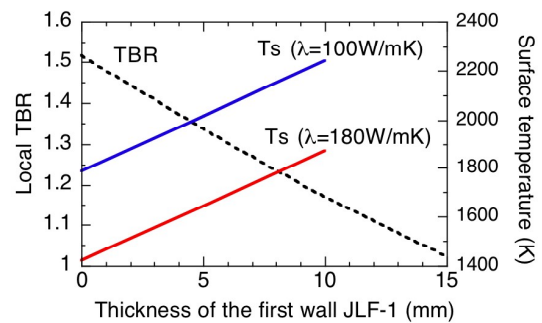
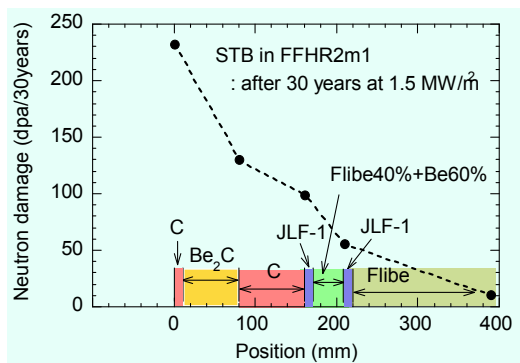


図 2.2.4-4 STB における金属第1壁の厚さに対するトリチウム増殖比と黒鉛表面温度の依存性。

λ は黒鉛と金属間の熱伝達係数。

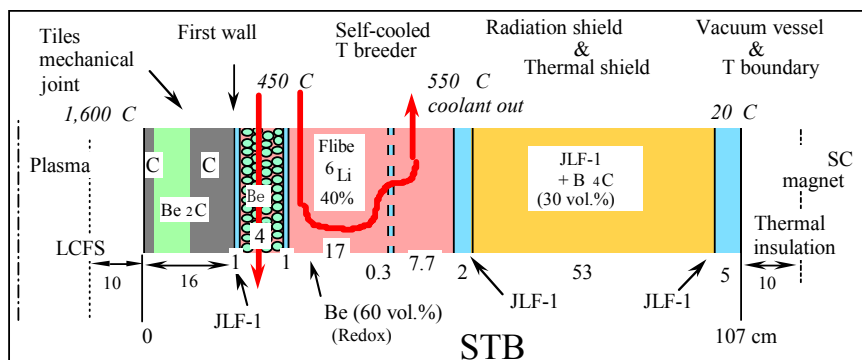


図 2.2.4-3 長寿命増殖ブランケット STB の 30 年での中性子損傷 (dpa) と構造概念

2.2.4-3 炉サイズの最適化

FFHR2m1 を基準として、ブランケットと炉サイズ、加熱点火と制御、核設計と超伝導(SC)マグネット、等の概念最適化に向けての設計統合を進めた。ブランケットに関しては、ヘリカル X ポイントダイバータ (HXD) の提案によって周辺カオス磁場との干渉を回避する設計であったが、アルファ加熱効率を下げるということが分かったので (図 2.2.4-5)、トーラス内側のみ WC 材によって放射線遮蔽を約 20cm 薄くする (図 2.2.4-6)、ヘリカルコイルのスプリット化によって縦長磁気断面を整形する、中性子壁負荷 $1.5\text{MW}/\text{m}^2$ を増やさない条件で炉サイズを増やす、等を新たに提案し解析するとともに、ITER コスト評価データ (2002 年) に基づく FFHR の経済性解析を実施した。その結果、建設費 (TCC) の増大と発電単価 (COE) の低下から概ね $R=16\text{m}$ 前後が有望であることが分かった (表 2.2.4-1) (図 2.2.4-7)。

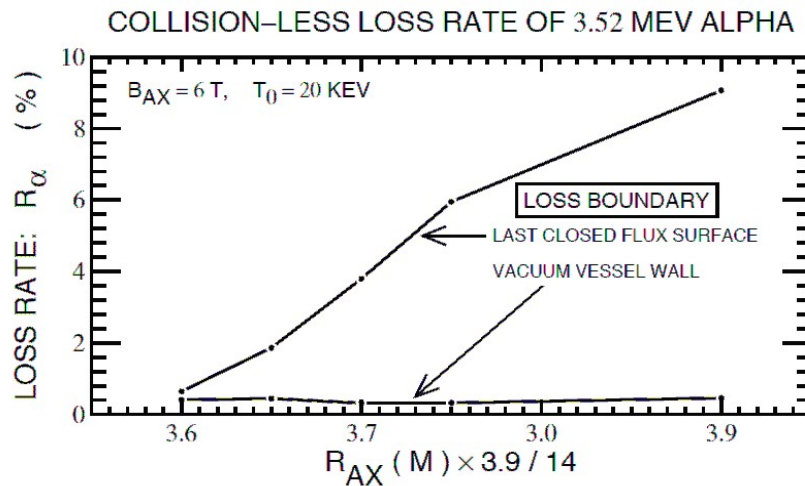


図 2.2.4-5 壁境界に依存した高エネルギーアルファ粒子損失率の磁気軸依存性

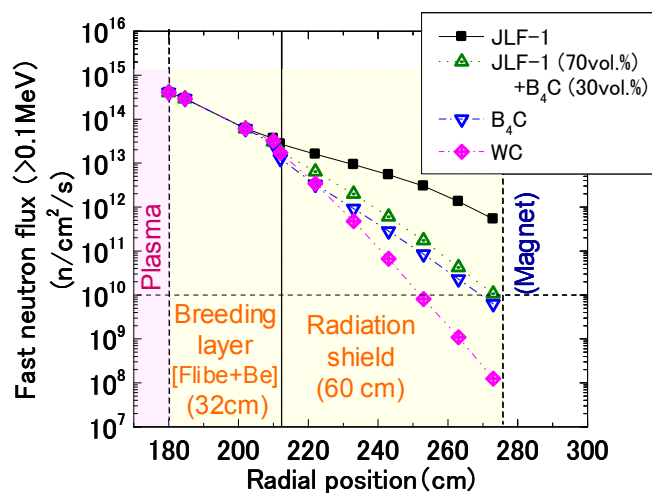


図 2.2.4-6 高速中性子遮蔽に対する材料依存性

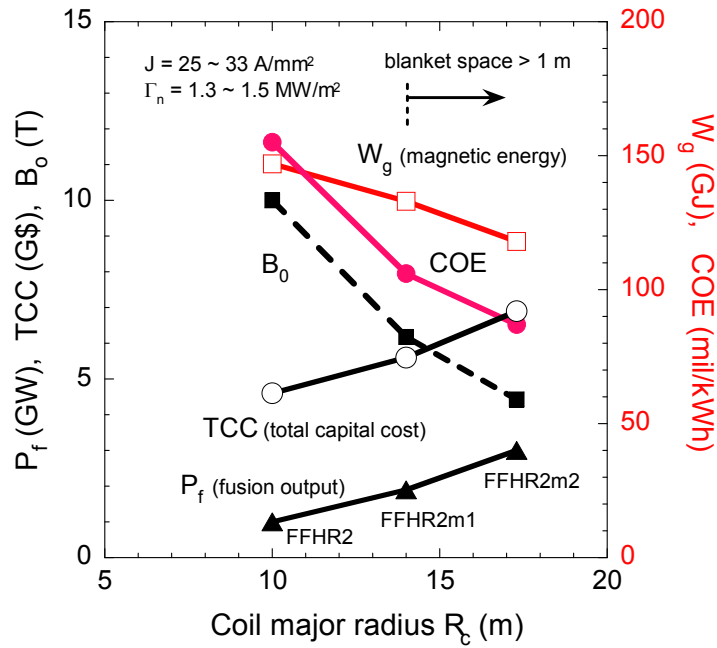


図 2.2.4-7 主要炉設計パラメータの大半径 R 依存性

表 2.2.4-1 FFHR 設計パラメータ

Design parameters		LHD	FFHR2	FFHR2m1	FFHR2m2	SDC
Polarity	l	2	2	2	2	2
Field periods	m	10	10	10	10	10
Coil pitch parameter	γ	1.25	1.15	1.15	1.20	
Coil major Radius	R_c m	3.9	10	14.0	17.3	
Coil minor radius	a_c m	0.98	2.3	3.22	4.16	
Plasma major radius	R_p m	3.75	10	14.0	16.0	
Plasma radius	$\langle a_p \rangle$ m	0.61	1.24	1.73	2.35	
Plasma volume	V_p m ³	30	303	827	1744	
Blanket space	Δ m	0.12	0.7	1.1	1.05	
Magnetic field	B_0 T	4	10	6.18	4.84	
Max. field on coils	B_{max} T	9.2	14.8	13.3	11.9	
Coil current density	j MA/m ²	53	25	26.6	26	
Magnetic energy	GJ	1.64	147	133		
Fusion power	P_F GW		1	1.9	3	
Neutron wall load	Γ_n MW/m ²		1.5	1.5	1.5	
External heating pow	P_{ext} MW		70	80	43	100
α heating efficiency	η_α		0.7	0.9	0.9	0.9
Density lim improvement			1	1.5	1.5	7.5
H factor of ISS95			2.40	1.92	1.92	1.60
Effective ion charge	Z_{eff}		1.40	1.34	1.48	1.55
Electron density	$n_e(0) 10^{19} \text{ m}^{-3}$		27.4	26.7	17.9	83.0
Temperature	$T_i(0)$ keV		21	15.8	18	6.33
Plasma beta	$\langle \beta \rangle$ %		1.6	3.0	4.40	3.35
Plasma conduction lo	P_L MW			290	453	115
Diverter heat load	Γ_{div} MW/m ²			1.6	2.3	0.6
Total capital cost	G\$(2003)		4.6	5.6	7.0	
COE	mill/kWh		155	106	93	

2.2.4-4 自己点火アクセスの最適化

燃焼炉心プラズマの動特性解析（九州東海大：御手洗修）では、密度上限の向上に関する最近の LHD 成果を導入することによって、自己点火条件到達に必要な閉じ込め改善度を ISS95 則に対して 2 以下に緩和出来ることが分かった。

加熱点火と制御に関しては（九州東海大：御手洗修）、プラズマ電流不要の長所を利用して、自己点火立ち上げ時間を長くすることによって外部加熱入力を 30MW 程度に低減でき且つ機器の熱ひずみ緩和にも有利であること（図 224-8）、最近の LHD 高密度プラズマ達成(SDC)に基づく高密度燃焼炉での熱的不安定性制御が、通常の PID 制御の符号反転によって制御可能であること（図 2.2.4-9）、およびダイバータ熱負荷を 1/4 に低減できることが分かった（表 2.2.4-1）。

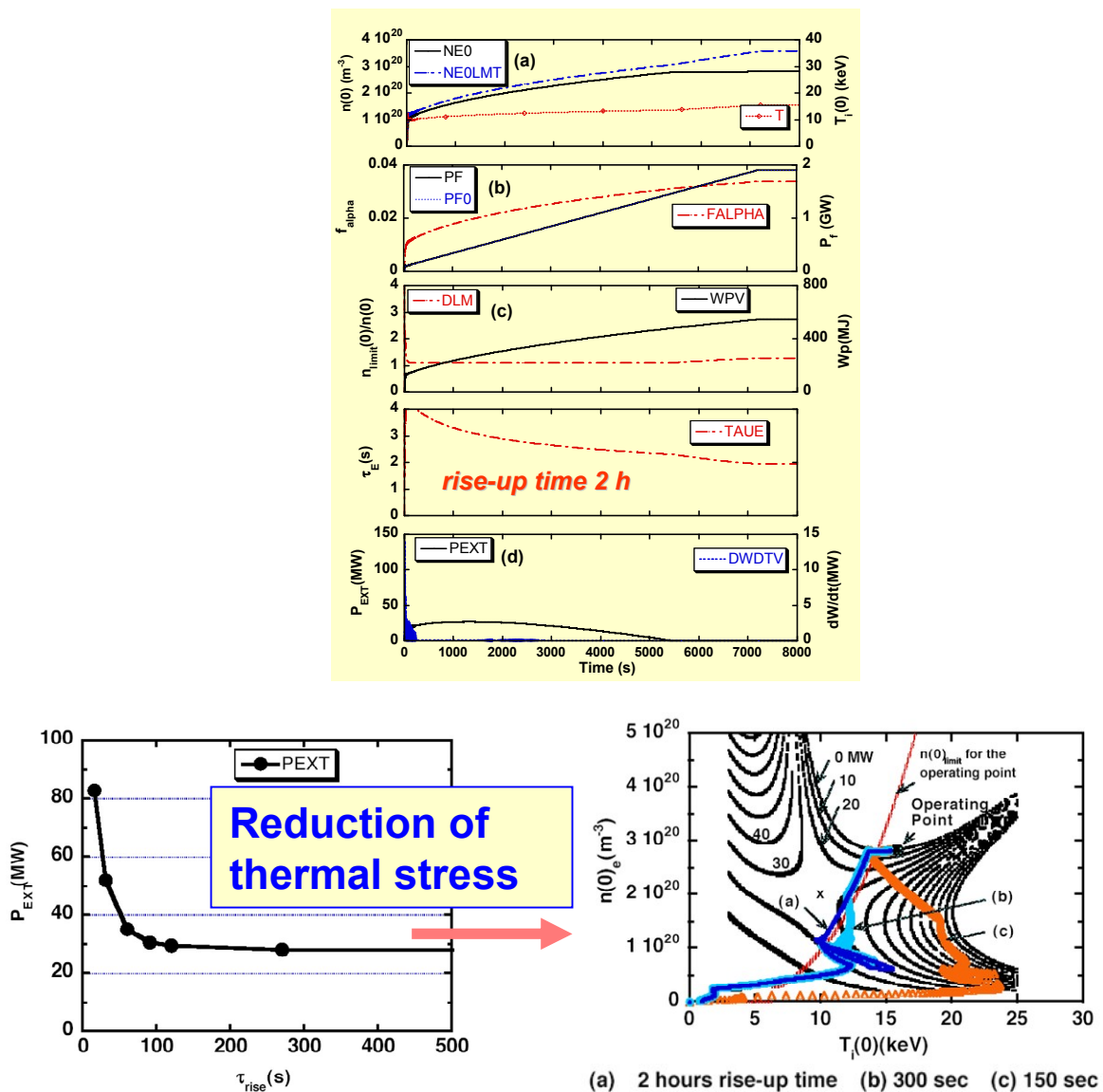


図 2.2.4-8 自己点火への 2 時間立ち上げ例、加熱パワーの立ち上げ時間依存性、および POPCON 図上での経路の違い

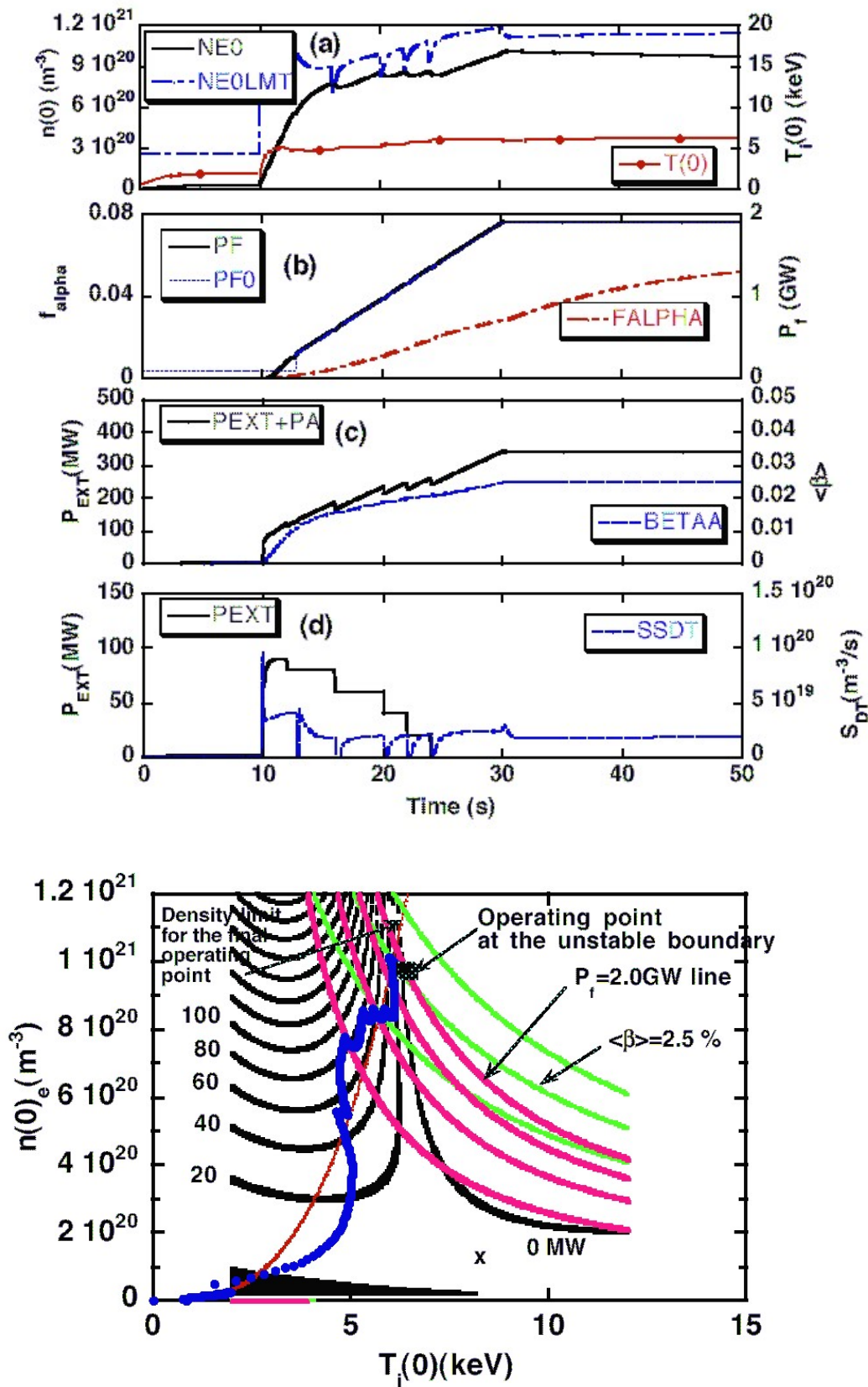


図 2.2.4-9 PID 法での熱的不安定制御による
高密度点火接近と POPCON 図での経路

2.2.4-5 中性子工学設計

核設計に関しては、3次元モンテカルロ計算コードとCADデータとを解析関数でつなげることによって、非軸対称系での設計・計算の迅速なフィードバックを可能にし、プラズマ分布に依存した中性子壁負荷分布のピーキングが高々1.3であることが分かった(図2.2.4-10)。また内側ダイバータポンプダクト以外を完全に遮蔽するDiscrete Pumping with Semi-closed Shield (DPSS)の提案によって(図2.2.4-11)、SCマグネットでの高速中性子束 $<3 \times 10^{14} \text{ n/m}^2 \text{ s}$ (図2.2.4-12)、最大放射線発熱 $<0.2 \text{ mW/cm}^3$ (図2.2.4-13)、全放射線発熱 $\sim 40 \text{ kW}$ (冷凍系電力 $<1\% P_f$)、の設計仕様を満たせる見通しが得られた。

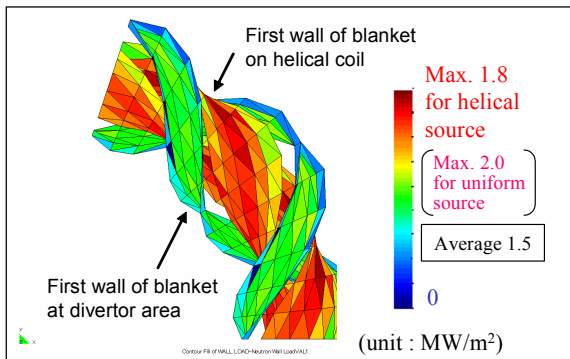


図 2.2.4-10 ヘリカル体積源での中性子壁負荷分布

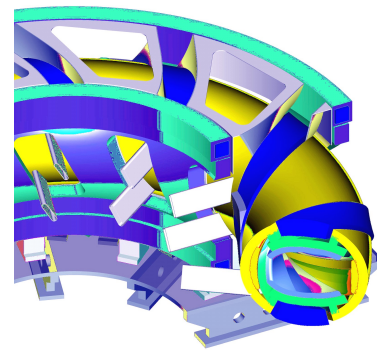


図 2.2.4-11 準閉鎖遮蔽型分散排気ポンプ構造: Discrete Pumping with Semi-closed Shield (DPSS)

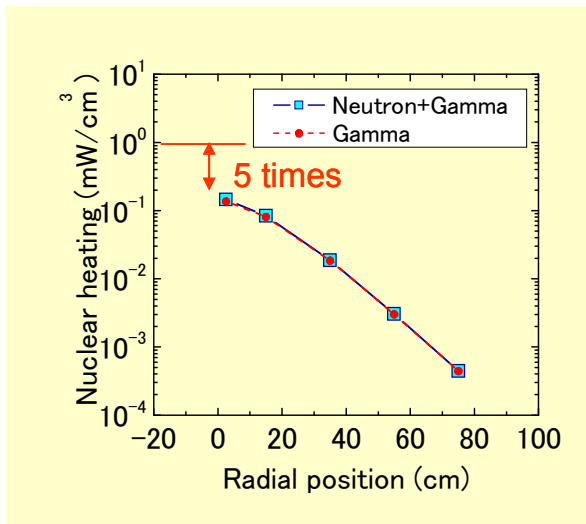


図 2.2.4-13 超伝導ヘリカルコイルでの放射線発熱分布

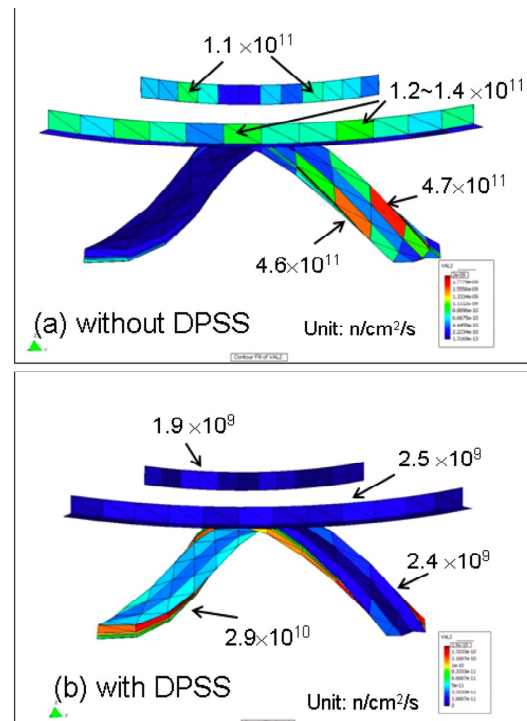


図 2.2.4-12 DPSS 無し(a)有り(b)でのヘリカルおよびポロイダルコイルでの高速中性子束

2.2.4-6 大型超伝導マグネット設計

超伝導マグネットに関しては、Nb₃Al の React & Wind 円形ケーブル・イン・コンジット (CICC) 連続巻き大型ヘリカルコイルの基本設計を実施し (図 2.2.4-14)、最大冷却長<500m、電流<100A、最大磁場<13T、コイル電流密度<30A/mm²、核発熱<1mW/cm³の仕様を満たせる見通しが得られ (表 2.2.4-2)、ITER TF コイル仕様とも整合する。また約 16,000 トンに対す断熱支持脚には LHD 型支持脚 30 本で設計可能であり (図 2.2.4-15)、4K での熱侵入も 0.34kW 程度と、ITER のステンレス仕様より 1/20 に抑制できることが分かった。

表 2.2.4-2 FFHR2m1 のヘリカルコイル概念設計パラメータ

Table 1. Design criteria for CIC conductors based on ITER-TF coils.		
Items	Design criteria	ITER-TF
Max. cooling length (m)	< 500	390
Current (kA)	< 100	68
Maximum field (T)	< 13	11.8
SC current density (A/mm ²)	< 300	273
Coil current density (A/mm ²)	< 30	20.3
SC material for HC	Nb ₃ Al (*1)	Nb ₃ Sn

(*1) "react and wind" method can be adopted by managing strain during winding within about 0.5%.

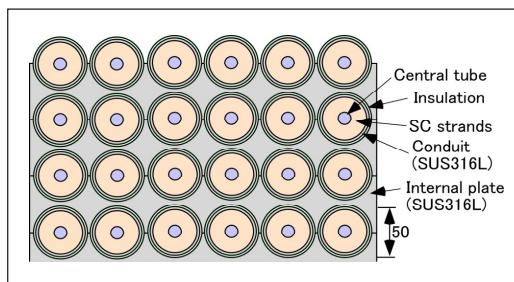


図 2.2.4-14 CICC ヘリカルコイル
概念設計断面構造

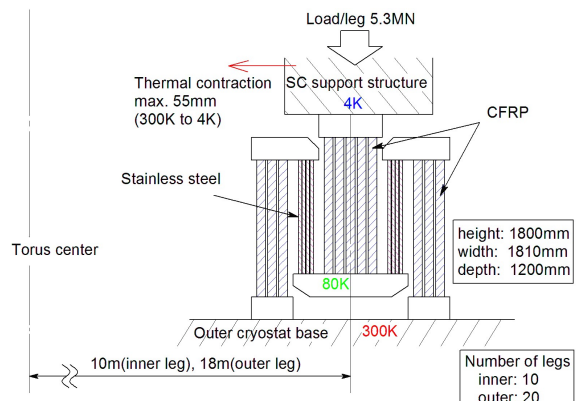


図 2.2.4-15 FFHR の LHD 型断熱支持脚

2. 3 これまでの関連外部評価の反映

2. 3. 1 超伝導・低温グループ

超伝導・低温グループは、2005年に(社)低温工学協会による外部評価を受けた。その評価報告書の「2. 評価概要」の「今後の研究指針・目標への評価」に示された提言とその反映状況について以下にまとめる。

1. ヘリカル炉設計研究では、実用炉開発の中でヘリカル炉の位置付けがあまり明確ではないが、これの位置付けをすることは研究所自体、もしくは核融合コミュニティ全体の役割であるとしても、当該グループとしては、総花的に開発項目を列挙するのではなく、達成すべき工学的到達点と重要度、難易度を、年度毎に具体的に分かり易く整理する必要がある。また、計画の遂行に見合った研究体制の検討をしておくことが重要である。

外部評価を踏まえ、2.2.1 に示した研究計画を策定した。ヘリカル炉設計研究を精力的に進め、そこからの要請を取り入れて新しい超伝導マグネットシステム及びプラントの設計・開発研究を実施する体制とした。ヘリカル炉用マグネットの最大磁場や蓄積磁気エネルギーなどの主要パラメータを求める解析式や近似式を整備するとともに、ヘリカルコイルの概念設計を行い、ヘリカル巻線などのヘリカル炉特有の開発課題を抽出した。

2. また、この設計研究を推進する中で、ヘリカル炉のシナリオが変更された場合にも、研究で得られた成果が他の方式の炉への展開が可能となるような目標設定とそれに基づく研究開発を設定する必要がある。さらに、当該グループの行っている超伝導・低温技術は、この分野での共通基盤技術に関するものであり、例えば ITER への協力も必要に応じて対応できるように配慮する必要がある。

トカマク炉にも共通の要素技術開発として、高強度化が可能な間接冷却マグネットの開発研究に重点的に取り組み、アルミ攪拌接合技術を用いた Nb₃Sn 導体の開発に見通しをつけた。また、高温超伝導テープ線材を用いた大電流導体の基礎実験を開始し、課題を明らかにすると共に、核融合炉用導体の概念設計研究も精力的に進めている。さらに、中性子照射効果に関する研究においては、研究組織および研究設備の整備を精力的に進めることにより、研究ネットワークが構築され、最新の超伝導材料の照射効果に対する研究が進展している。基礎研究／応用研究として、パルスチューブ電流リードや熱音響エンジンなどの熱音響応用研究において大きな進展があった。レーザー核融合用のクライオターゲットの研究においても着実な進展があった。また、低放射化を目指した超伝導材料の研究において、顕著な性能改善を実証し、実用化を目指した開発研究への展開の可能性を示した。

3. LHD 高性能化研究では、過冷却方式の採用による初期目標磁場の達成を支持する。また、この研究が将来の核融合炉用の超伝導マグネット技術に役立つかを検討する必要がある。

LHD超伝導・低温システムの高性能化研究として、過冷却(サブクール)改造およびコイル電源電圧増強を計画通りに実施し、LHD プラズマ実験領域を拡大させることによってプラズマの高性能化に大きく貢献している。過冷却改造においては、冷却温度低下による運転電流値の 5%の上昇を実証したことに加えて、低温排気圧縮機を用いたサブクールシステムの安定な連続運転を実現したことなどが、要素技術として将来に役立つことが期待できる。また、故障診断技術の開発は遅れているものの、低温制御システムの機器更新を計画的に実施することなどにより、99%以上の稼働率を達成している。低温弁や電子部品などの老朽化による機器故障が増加傾向にあり、その原因分析と対策は、高い稼働率が要求される大型超伝導システムに共通の技術として有用である。

2. 3. 2 炉工学研究センター

平成 17 年度外部評価において、炉工学研究センターの評価がなされ、それまでの材料・ブランケット分野の研究の評価を受けた。評価報告書 3.3 まとめ、に示された提言とその後の反映状況について以下にまとめた。(共同研究に関しては 3.2.2 で示す)

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

核融合ネットワークでの議論をベースに、大学の炉工学研究全体の戦略立案に関する議論を進めてきた。材料・ブランケット分野では、ブローダーアプローチにおける IFMIF-EVEDA や炉設計 R&D、ITER-TBM への大学の参画について議論とともに具体的な体制作りを進めた。

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

ネットワークでの議論をベースに、材料・ブランケット分野で関連の深い IFMIF-EVEDA、炉設計 R&D への大学の参画の体制作りを進めた。ブランケットモジュール計画に関しては、材料製作技術などで日本原子力研究開発機構に技術協力を行うとともに、国際協力による技術協力の進め方も検討しつつある。モジュール試験をマイルストーンとした DEMO 液体ブランケット開発のための技術統合化研究を進めている。

3. 炉工学の重要性が格段に高まっている現在、センターの役割と責任が大きくなっ

ているので、組織を拡大するとともに整備を拡充すること

総合工学実験棟への設備の集中化、効率化を図るとともに、新たに、材料・ブランケットの重要テーマである熱クリープ試験や耐食性試験の設備整備とスタッフの拡充を行った。

2. 3. 3 安全管理センター

平成17年度外部評価報告書において、

- 1) 重水素実験に向けた安全管理システムの構築および改善
- 2) 長期間にわたる環境データの蓄積および分析
- 3) 他大学、研究機関等との共同研究の推進
- 4) 地域社会との連携、情報公開の継続
- 5) 所内の他の部署（炉工学研究センター、技術部）との連携の推進

が、安全管理センターに対して求められていた。以下に、それぞれの項目に対する、安全管理センターの取り組みを示す。

1) 「重水素実験に向けた安全管理システムの構築および改善」に関しては、技術部や安全衛生推進部の放射線管理室、管理部施設安全化との連携をとり、管理システム、放射線計測システム、トリチウム関連技術、建屋の改造と管理を進めている。また、放射線計測システム、トリチウム関連技術に関しては、研究所内の他の研究系や、他大学や研究機関、民間との共同研究も含めて、積極的に進めている。

2) 「長期間にわたる環境データの蓄積および分析」に関しても、技術部や安全衛生推進部の放射線管理室、管理部施設安全化との連携をとり、計測システムの充実と、データの蓄積、解析を進め、毎年報告書としてまとめている。また、トリチウムに関するデータの蓄積、分析では、他大学との共同研究も積極的に進めている。重水素実験の関連としては、環境中性子線量の測定、試作した中性子線量測定器のJAEAの放射線標準場と近大原子炉での照射実験による応答特性試験、放射化物の測定手法に関する研究を進めている。

3) 「他大学、研究機関等との共同研究の推進」に関しては、微量トリチウムの計測から、環境・生物影響にいたるまで、他大学や研究機関、民間との共同研究も含めて、積極的に進めている。

4) 「地域社会との連携、情報公開の継続」に関しては、継続して地元教育委員会や土岐地区住民との環境放射線測定、放射線や核融合に関する啓蒙活動、SSH・SPPでの高校生を対象とした啓蒙活動を積極的に推進している。また、環境放射線データ等を研究所のホームページ上に定期的に公開している。

5) 「所内の他の部署（炉工学研究センター、技術部）との連携の推進」に関して

は、ヘリカル型核融合炉におけるトリチウムを含めた安全評価、設計に、「炉工学研究センター」や「大型ヘリカル研究部」と積極的に連携、協力して取り組んでいる。また、トリチウムや環境放射線等の計測機器の開発や、データの取得は、「技術部」と協力して取り組んでいる。

以上、平成17年度外部評価報告書において求められていた項目に関しては、すべて積極的に安全管理センターの活動に反映して、研究を進めてきた。

2. 4 COE としての役割

2. 4. 1 超伝導マグネット

超伝導マグネット研究棟は、200 liter/h の液化能力のヘリウム液化冷凍設備と 75 kA、30 kA、6 kA の直流電源を設備として備え、外部磁場 9 T で電流容量 75 kA の大型超伝導導体試験装置、外部磁場 8 T で電流容量 30 kA の中型導体試験装置、4 K で 5 MN の負荷容量の剛性試験装置、外部磁場 8 T で電流容量 300 A の小型導体試験装置など試験装置を備えている。これらの装置を利用した超伝導マグネット研究の拠点としての役割を果たしている。

大学との共同研究として、中型導体試験装置を利用した最近の成果では、拡散方式で焼成した Bi2212 高温超伝導バルク材料及び薄膜 YBCO 高温超伝導テープ線材を応用した電流リードの開発研究(東海大学:山田 豊)や金属系 Nb₃Al 超伝導導体のひずみによる疲労効果の研究(総研大:博士論文テーマ)等が行われ、重要なデータの取得と検証がなされている。一方、小型導体試験装置は、装置内の液体ヘリウムを保持した状態でサンプル交換が可能な構造となっており、この特徴を生かして、数多くの形状や材料のパラメータを変化させる実験を可能としており、新しい超伝導線材の開発や小型サンプルの性能実証試験にさかんに用いられている。小型導体試験装置を利用した最近の成果では、MgB₂ 超伝導線材の成形時の断面アスペクト比が臨界電流や交流損失にどのような影響を与えるかの検証とテープ形状化の研究(鹿児島大学:川越明史)がこの装置を用いて実施されており、効率的な研究開発に貢献している。また、大学生を対象に超伝導の原理からマグネットへの応用を体得してもらうことを目的に、小型コイルの製作と高磁場発生実験を体験入学のテーマとして行い、この分野を目指す学生への教育にも貢献している。

2007 年より日本原子力研究開発機構(JAEA)との共同研究として、JT-60SA プラズマ平衡磁場(EF)コイル用ケーブル・イン・コンジット(CIC)導体の特性評価を実施している。これまでに、9T 用超伝導スプリットコイルを装備した大型超伝導導体試験装置(図 2.4.1-1)に温度可変の流動冷却機能を追加することにより、EF コイル用プロトタイプ型 CIC 導体の臨界電流値(I_c)、電流分流開始温度(T_{cs})の評価試験、及び安定性試験を実施し、本導体の性能を評価することができた。また、図 2.4.1-2 に示す中型超伝導導体試験装置を使用し、外部磁場環境下における EF コイル用ジョイントサンプルの接続抵抗測定を行った。本測定により、導体接続部の接続抵抗に関する基礎データを収集することができた。

国際共同研究として、インドのプラズマ研究所(Institute for Plasma Research, IPR)との共同研究によって、同研究所で建設が進められている超伝導トカマク装置 SST-1 に用いられているケーブルインコンジット(CIC)導体の短尺導体試験を 2005 年に実施した。サンプルの設計と実際の実験には、同研究所の Dr. Biswanath Sarkar と Dr. Gourab Bansal(当時、総合研究大学院大学に在籍)が参加した。このサンプルでは、導体内の 486 本の超伝導素線を電流導入部で 11 本のバンドルに分割するとともに、それぞれにヒータを取り付けて強制的に電流分布の不均一(偏流)を導入し、冷却安定性の変化を調べた。実験には超伝導マグネット研究棟の大型超伝導導体試験装置を用い、外部磁場のもと温度制御した超臨界ヘリウ

ムを供給した。サンプルと組み込み時の写真を図 2.4.1-3 に示す。これは、偏流がある場合の CIC 導体の安定性評価を実規模導体で行った世界最初の例となり、国際会議における4件の発表において高い評価を得ることができた。

新たな取り組みとして、大学と研究機関等と連携して超伝導磁石材料の中性子照射効果に関する研究体制を構築した。日本原子力研究所 (JAEA。ITER 超伝導磁石技術グループ、核融合中性子源施設)、東北大学 (強磁場超伝導材料研究センター、大洗センター)、大阪大学、物質・材料研究機構、九州大学など、多くの研究機関、研究者が参加し、NIFS はその中核的役割を担っている。中性子照射場は JAEA の FNS、JRR-3 およびベルギーの BR2 である。この体制を基礎とした計画が平成 20 年原子力イニシアティブ (代表：四竈樹男教授。3 年間) で採択され、活動が広がっている。

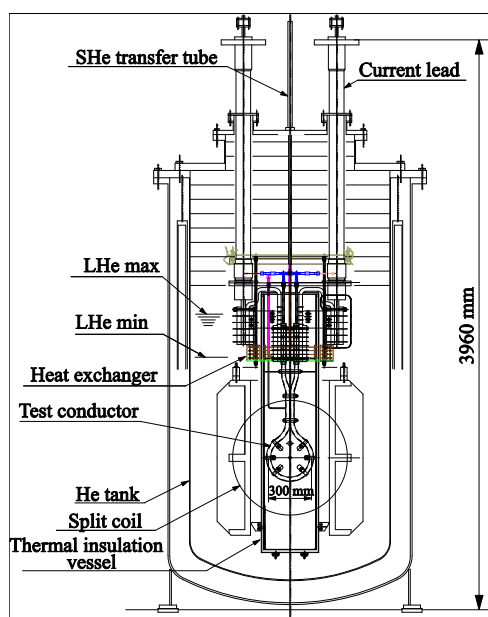


図 2.4.1-1 大型超伝導導体試験装置

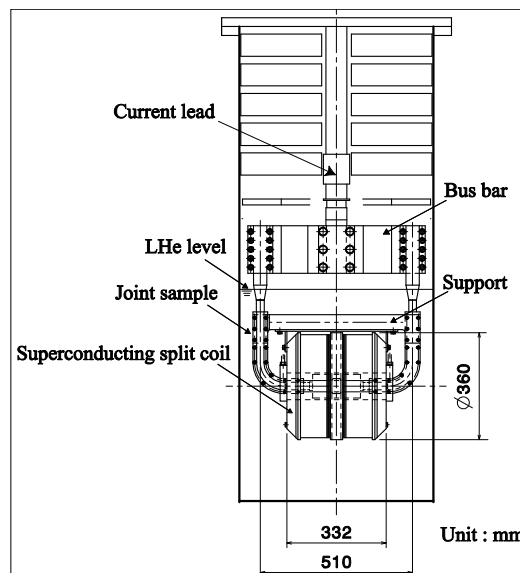


図 2.4.1-2 中型超伝導導体試験装置

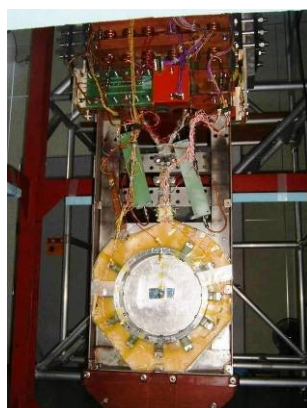


図 2.4.1-3 SST-1 用 CIC 導体サンプルと大型導体試験装置への組み込み時の写真

2. 4. 2 材料・ブランケット

材料・ブランケット分野の COE として役目を以下のように果たした。

1. 低放射化バナジウム合金開発

大学及び核融合科学研究所では、日本原子力研究開発機構が近未来の候補材として低放射化フェライト鋼の実用化の責任を有しているのと相補的に、先進材料であるバナジウム合金・SiC/SiC 複合材料の開発に向けた研究を行ってきた。その中で核融合科学研究所は、低放射化バナジウム合金の製作開発に取り組み、高純度大量溶解と加工法の高度化を達成し、得られた試料を各大学との共同研究及び国際協力において活用した。また、核融合科学研究所では、長い試験期間を必要とするため大学での取り組みが比較的難しいクリープ試験、腐食試験、疲労試験などに取り組み、バナジウム合金のデータベースの構築に中心的な役割を果たしている。図 2. 4. 2-1 に合金インゴット、図 2. 4. 2-2 に共通試料の一部を、表 2. 4. 2-1 に行なわれた共同研究を示す。



図 2. 4. 2-1 核融合科学研究所で製作した 167kg の高純度バナジウム合金インゴット

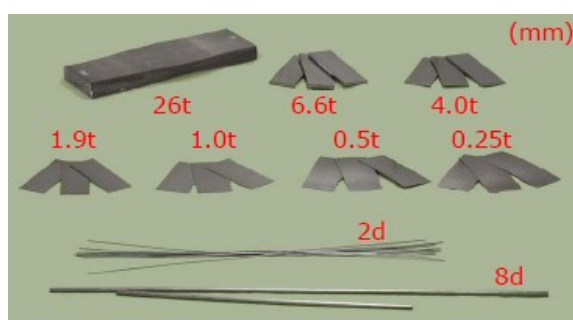


図 2. 4. 2-2 共同研究で用いたバナジウム合金の成型加工材料

表 2. 4. 2-1 核融合科学研究所で製作した高純度バナジウム共通合金を用いた共同研究

Category	Collaboration subjects	Collaboration partners
Fabrication technology	Purification	Tohoku U., Taiyo-koko Co. Daido-Bunseki Research Co.
	Tubing and piping	Fukui U., Tohoku U., JAEA Daido-Bunseki Research Co. ORNL (USA), GA (USA)
	Welding	Hiroshima U., ANL (USA), ORNL (USA)
	W-coating	Kyoto U.
Hydrogen isotope behavior	Bulk hydrogen isotope behavior	Toyama U., Muroran IT, Kyushu U. UPV-EHU (Spain)
	Interaction with plasma	Hokkaido U., Toyama U.
	Hydrogen embrittlement	Hokkaido U., SWIP (China)
Mechanical properties	Tensile and fracture	Tohoku U., Fukui U., UCSB (USA)
	Thermal creep	Fukui U., ORNL (USA), SWIP (China)
Corrosion and coating	Liquid Li corrosion	U. Tokyo, ORNL (USA), PhMI NASU (Ukraine)
	Ceramics coating	U. Tokyo, Meisei U. Toshima MFG Co.
Radiation effects	Ion irradiation effects	Kyushu U., NIMS
	Neutron irradiation effects	Tohoku U., Kyushu U., ORNL (USA), PNNL (USA)
	Radioactivity and transmutation	Osaka U., JAEA
Basic characterization	Comparison of reference alloys	ORNL (USA), VNIINM (Russia), SWIP (China), CEA/Saclay (France)

2. 強力中性子源 (IFMIF) 要素技術試験

核融合科学研究所では、強力中性子源の液体リチウムターゲット、テストセル、微小試験等に関する大学との共同研究を 2000 年から 2008 年まで行った。これらの成果は、日本が IFMIF 設計活動で主導的な地位を得るのに貢献し、現在進められている IFMIF-EVEDA 計画に大学が特徴ある貢献を果たす道筋を作った。図 2.4.2-3 に共同研究の概要を示す。

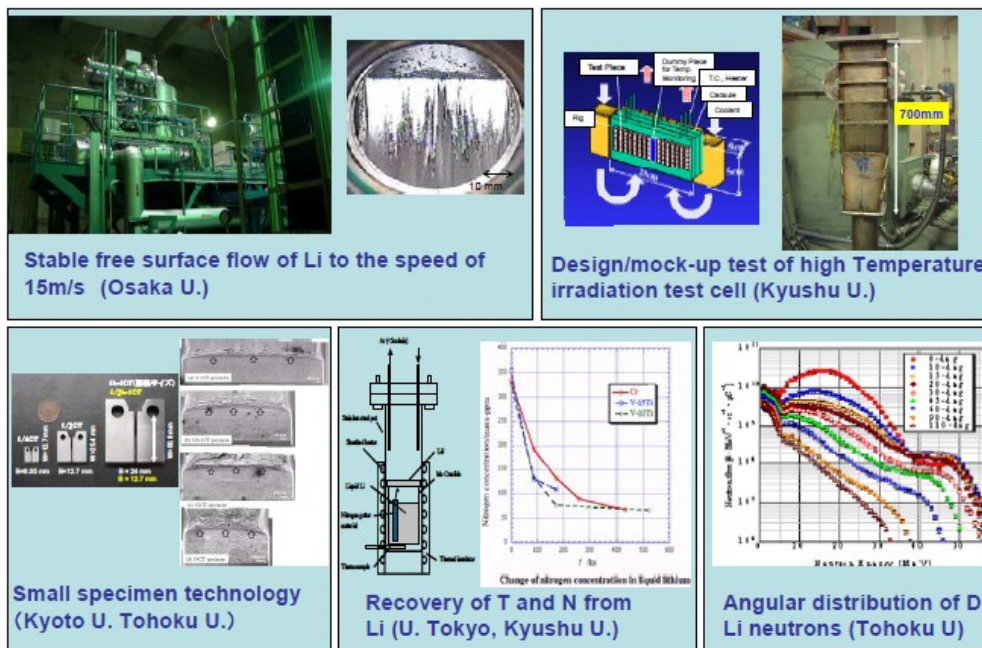


図 2.4.2-3 強力中性子源 (IFMIF) 要素技術に関する大学共同研究の概要

3. 液体増殖ブランケット研究開発

核融合科学研究所では、大学との間で先進液体ブランケットに重点をおいた共同研究を進めてきた。特に、ヘリカル炉 FFHR 設計共同研究の一環として大学との熔融塩 FLiBe ブランケットに関する共同研究を、バナジウム合金研究開発や IFMIF 技術開発と連携し液体リチウムブランケットに関する共同研究を進め、大学の液体ブランケット研究コミュニティの育成に貢献した。表 2.4.2-2 に液体ブランケットに関する共同研究を示す。

表 2.4.2-2 液体ブランケットに関する共同研究

Category	Collaboration subjects	Collaboration partners
Thermofluid	Enhancement of heat transfer	Tohoku U., Kyushu U., Tokyo US., UCLA (USA)
	MHD effects	Tohoku U., Kyoto U., Tokyo US., UCLA (USA)
Tritium technology	Tritium recovery	Kyushu U., U. Tokyo, INL (USA)
	Tritium sensing	TYK Co., U. Tokyo
Materials compatibility	Corrosion	U. Tokyo, TIT, Kyoto U., PhMI NASU (Ukraine), ORNL (USA), INL(USA), ASIPP (China)
	Coating	U. Tokyo, Tohoku U, Nagoya-U., ORNL (USA), MP-IPP(Germany), Meisei U., Toshima MFG Co.
Neutronics	Tritium breeding, activation, shielding, 3D code	JAEA, Osaka U., ASIPP (China), SWIP (China), UCLA (USA), U. Wisconsin (USA)

2. 4. 3 トリチウム・安全

核融合の安全研究は、理学、工学、医学、生物学、社会学と広範囲の学問分野に亘っている。核融合科学研究所は、全国大学共同利用機関としての特徴を生かして大学等との共同研究を進めると共に、研究会を開催するなど、研究者間の交流と情報交換の場を供し、COEとしての役割をはたしている。

特に、生物影響研究や環境影響研究ではR Iや放射線取扱いが欠かせないため、他大学や他研究機関等との連携を図り、その中で取りまとめ役として中心的役割をはたしてきた。また、核融合研究に対する地域社会の理解を得るためには、トリチウムを含む低線量被ばくの生物影響研究、漏洩トリチウムの環境動態研究は不可欠であるため、他大学や他研究機関等の中核となるよう努めている。

また、平成19年度から、科学研究費補助金（特定領域研究）による「核融合炉実現を目指したトリチウム研究の新展開」が開始された。この中で、分担者としてばかりでなく、事務局担当して研究推進の中心的役割をはたしている。

1. 生物影響

核融合においてトリチウムを含む低線量被ばくにおける生物影響の有無を科学的データによって客観的に解明することは、社会的理解を得るために必須である。安全管理センターでは、平成16年度から遺伝子をキーワードにした低線量被ばくにおける生物影響の従来データの解析、培養細胞や実験動物を用いた、トリチウムや低線量被ばくの影響の評価を確立することを目指してきた。

これまでに低線量トリチウム影響を評価できるマウス個体、細胞レベルの高感度実験系を確立し、DNA損傷や細胞応答機構について分子レベルでの解明を進めた。さらに、生物影響をシミュレーションやモデリングによって評価することを可能にするために、放射線DNA損傷に対する生体応答の分子機構に関する基礎的研究も進めている（茨城大学：田内広、立花章）。今後、トリチウムと他の放射線の実験データと比較・総合し、分子レベルの機構解明と合わせ、低レベルトリチウムの生体影響シミュレーション法の確立を目指す。

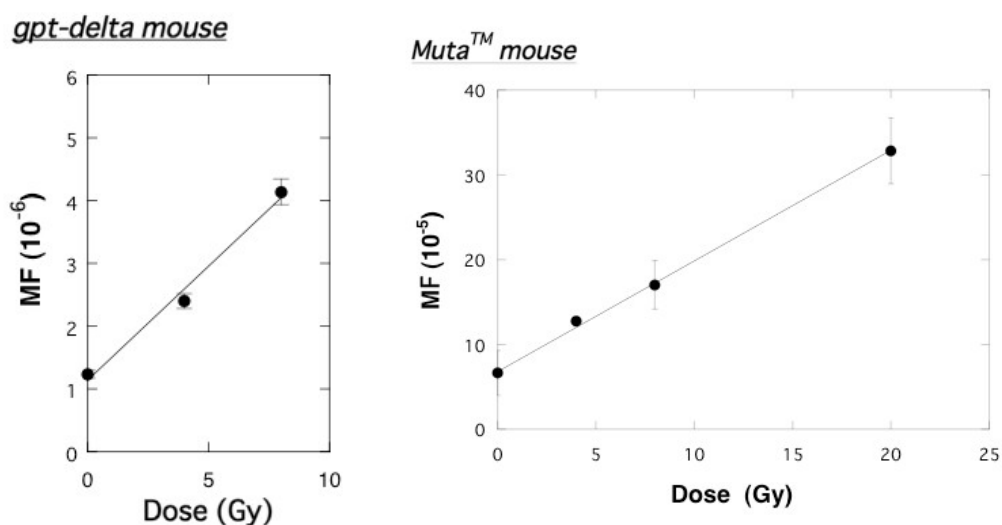


図 2.4.3-1 マウスによる高感度突然変異検出系の実験

2. 環境トリチウム

核融合施設から出るトリチウムの環境安全性を確保するために、トリチウムの環境動態を明らかにすることを目的とする研究である。

○化学形態別環境トリチウム濃度測定

大気中トリチウムの化学形態別測定を研究所（土岐市）と熊本大学で行い、バックグラウンドの把握とその地域差について比較検討を行った。それぞれの化学種の平均値に差は見られないが、個々のデータには変動がみられる(九州大学: 百島則幸)。この濃度変動は測定誤差以外に、地球規模での大気循環と大気中での混合拡散の程度、放出源と大気サンプリング地点の地理的な位置関係に支配されている。

表 2.4.3-1 土岐地区と熊本での大気中トリチウム

	Kumamoto			NIFS		
HTO (Bq/L)	0.7	±	0.4	0.6	±	0.3
HTO (mBq/m ³)	7.6	±	5.5	4.4	±	3.4
HT (mBq/m ³)	11.6	±	6.2	10	±	5.7
CH ₃ T (mBq/m ³)	7.7	±	7.1	6.7	±	6.7

近年では、化学形態を弁別して環境トリチウム濃度を測定している機関は、NIFSのみとなっている。大気圏内核実験の影響が少なくなりつつある今、貴重な環境測定データである。

○施設起源のトリチウムを評価するためのバックグラウンドの測定

施設起源のトリチウムを評価するためには、雨水、河川水中バックグラウンドトリチウムの濃度の変動を把握しておくことが必要である。図 2.4.3-2 に、雨水中のトリチウム濃度の変動を示す。同時に導電率や水素、酸素の同位体を測定することにより、降雨イベント毎の流出パターンを解析し、モデル解析への適用性を可能にした。

また、河川水トリチウム測定地点のデータを再現する移行モデルを作り、トリチウムが地域の水系に負荷された時の環境移行を解析するモデルを開発した。

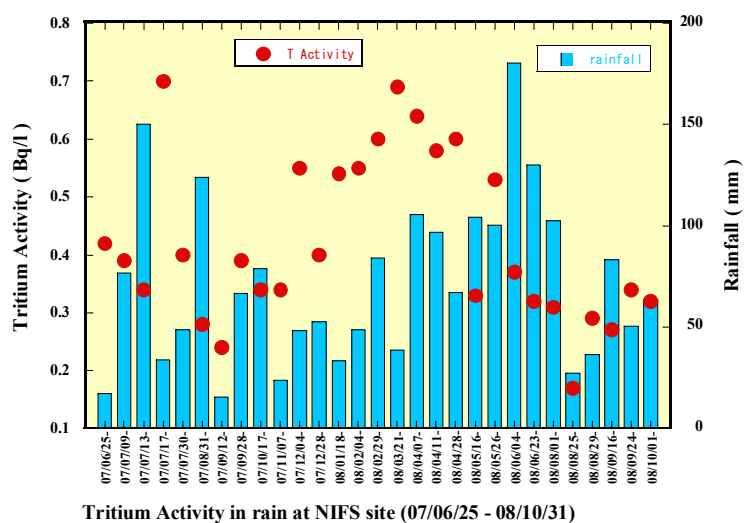


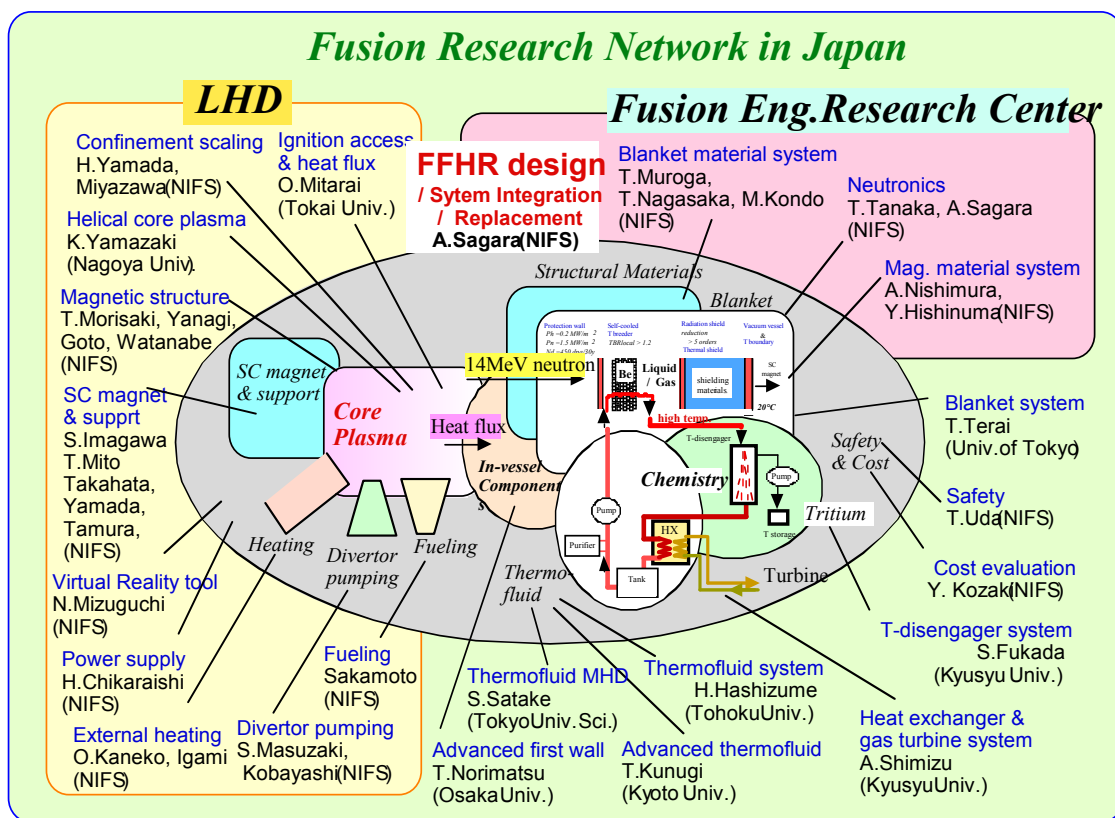
図 2.4.3-2 土岐地区での雨水中トリチウム

2. 4. 4 ヘリカル炉設計

LHD 型の原理的な特長としての、無電流、定常、造り付けダイバータに立脚すると共に、連続ヘリカルコイル巻きピッチ角 (γ) の低減による電磁力低減の長所に着目した設計指針 (フォースフリー・ヘリカル炉: FFHR)、および漏出安全性と対磁場環境性を優先した先進液体ブランケットとしての熔融塩 Flibe ブランケットの採用、の2点を一貫した基本路線としている。さらに、液体金属との比較の観点から、MHD 絶縁被覆やトリチウム透過障壁などの設計評価の研究範囲も広がっている。これらによって図 2.4.4-1 に示すように、**大学等との各共同研究の役割分担**を明確に位置づけることによって、

- ・ 核融合炉工学ネットワークを基盤とした炉システム統合研究を牽引している、
 - ・ 炉心を含む核融合工学共通の要素研究に定量的拠り所を提供している、
 - ・ 分野間連携による新しい研究展開の場を国内外に継続的に提供している、
- 等が特長である。

具体的成果として、2001 年度からの日米プロジェクト JUPITER-II において、液体ブランケットに関する大学共同研究が、国際的にも先導的役割を果たし、2007 年度からの同 TITAN プロジェクトにおいても、実験とモデリングによって引き継がれている。



April 10, 2008, A.Sagara

図 2.4.4-1 核融合炉工学ネットワークを基盤とするヘリカル炉設計活動の概要

3. 共同研究

3. 1 研究体制

3. 1. 1 超伝導マグネット

1. 一般共同研究による共同研究

LHD および超伝導マグネット研究棟の各種実験装置を利用して、全国の大学との共同研究を実施してきている。LHD を用いた共同研究として、CIC 導体の超長時定数磁場の観測、AE 信号と電気信号の相関に着目した超伝導コイル診断、コイル電源の電流制御、ヘリウム冷却系等の流量配分の最適化、過冷却システムの制御法の最適化などの研究を実施している。超伝導技術に関する一般共同研究として、高温超伝導の応用研究、応力最小ヘリカルコイルを用いた超伝導電力貯蔵の研究、超流動ヘリウムの熱伝達特性、先進超伝導材料の開発研究などを実施している。

2. LHD 計画共同研究による共同研究

LHD 計画共同研究では、主に大学や研究機関にある特徴ある研究設備を用いた研究を推進した。Nb₃Al CIC 導体における曲げひずみの臨界電流に対する影響、LHD ヘリカルコイル導体の超流動ヘリウム冷却下での冷却安定性、高磁場・高電流密度超伝導導体の開発などの研究は、大学等の特徴ある試験設備を活用する共同研究であり、パルス管冷凍方式による電流導入部の開発研究、MgB₂ 先進超伝導導体の開発研究などでは、大学と核融合研の双方の試験設備を活用して共同研究を実施した。また、14 MeV 中性子照射による超伝導マグネット材料の特性変化、原子炉照射による超伝導マグネット材料の特性変化の研究は、JAEA などの照射施設を利用する共同研究であり、研究ネットワークを新たに構成して試験設備の整備も行っている。

3. 委託研究による共同研究

2007 年度より JAEA からの受託研究として、JT-60SA プラズマ平衡磁場(EF)コイル用 CIC 導体の特性評価を実施している。これまでに、9T 大型超伝導導体試験装置に温度可変の流動冷却機能を追加することにより、EF コイル用プロトタイプ型 CIC 導体の臨界電流、電流分流開始温度の評価試験、及び安定性試験を実施した。また、中型導体試験装置を利用して EF コイル用ジョイントサンプルの接続抵抗測定を実施した。今後、実機導体の特性評価を予定している。

3. 1. 2 材料・ブランケット

1. 一般共同研究による共同研究

2.2.2-5 で報告したように、核融合科学研究所では、2007 年それまで各実験等に分散していた材料・ブランケット研究設備のほとんどを総合工学実験棟に集中させ効率的な活用を可能とした。一般共同研究（炉工学）において、これらの共同利用を軸とした研究を推進した。特に、大学で取り組みにくい長期間実験期間を必要とする、高温熱クリープ、時効（エージング）効果、低サイクル疲労、腐食特性などに重点を置いた。これまでの一般共同研究を通じて、バナジウム合金研究開発や液体ブランケット要素技術に関しての大学の研究コミュニティが育成された。

2. LHD 計画共同研究による共同研究

LHD 計画共同研究では、主に大学にある特徴ある研究設備を用いた研究を推進した。大学のベリリウム取り扱いが可能な施設を用いた熔融塩 Flibe に関する研究、大学既存の液体ブランケット試験ループを用いた熱流動等に関する研究、大学の特長ある試

験設備を用いたバナジウム合金の評価試験、などが例として挙げられる。また、2.4.2で紹介した強力中性子源（IFMIF）要素技術研究は、大学の設備を有効に利用する共同研究であり、平成17-20年度はLHD計画共同研究の枠組みで進められた。

3. 国際協力プログラムによる研究

国内の施設では試験が難しい高線量中性子照射試験やトリチウム・ベリリウム同時利用試験などを、日米共同プロジェクト JUPITER-II 計画（平成13-18年度）、TITAN計画（平成19年度-）で進めている。

3. 1. 3 トリチウム・安全

核融合炉におけるトリチウムの取扱は重要なテーマである。特に、環境に対する影響を見積もるには、微量なトリチウムを如何に測定するかが、環境に放出されるトリチウムの総量を把握するには不可欠となる。核融合科学研究所では、重水素実験において発生する微量トリチウムを対象として、とく定義出の開発、管理技術の開発を進めている。しかしながら、核融合科学研究所ではトリチウムを直接取り扱うことができないため、トリチウムを用いた実試験等は、トリチウムを取り扱える大学や研究機関と連携して行っている。また、LHDなどの実験装置に用いられている材料へのトリチウム吸着特性、材料からの放出特性、トリチウムの除染技術などは、トリチウムと同じく水素同位体である重水素を用いた実験も非常に有効であるため、トリチウムを取り扱えない大学や研究機関との連携も、一般共同研究、LHD計画共同研究（添付資料参照）を活用して基礎的データを取得している。これらの共同研究の中には、LHD内に試料を設置してデータを取得するなど、大型ヘリカル研究部との連携も積極的に行われている。また、生物影響研究や環境影響研究では広域のフィールドワークも重要であるため、共同研究により他大学や他研究機関等と積極的に連携を図っている。核融合科学研究所は、研究会を開催するなどして相互間のデータの共有や、相互理解に関して中心的役割をはたしてきた。

以下に、他大学、研究機関、民間等との共同研究についてまとめる。

1. トリチウム測定機器の開発・整備

- ・原研T P L：高分子膜を用いて化学形態別トリチウム検出器の設計検討
- ・名古屋大学(杉山貴彦、山本一良)：分離膜としてプロトン導電体による水素ポンプ機能の応用。トリチウム水蒸気を用いたトリチウムポンプ性能の評価
- ・株式会社 化研：ネブライザー・デニューダー(ND)型トリチウム水蒸気捕集装置にフローセル型の光検出装置を組み合わせた空気中トリチウム自動モニタリングシステムの開発

2. トリチウムの分離・回収

- ・株式会社 TYK：高温型プロトン導電体の水素ポンプ機能を利用した、混合ガス中からの水素同位体の直接回収手法に関する研究開発
- ・名古屋大学(杉山貴彦、山本一良)：水状水素同位体分離手法としての、水・水素化学交換法(CECE法)の開発研究
- ・ドイツ カールスルーエ工学研究所(FZK)：水状水素同位体分離に関する研究
- ・九州大学(古藤健司)：低温PSA水素同位体分離システムの開発研究

3. 重水素実験対応

- ・JAEAの放射線標準施設、近畿大学原子炉：漏洩中性子線量把握を目的とした、多層型球形線量測定器の開発
- ・静岡大学、九州大学：除湿特性データの解析と評価モデル化
- ・北海道大学(日野友明)：重水素プラズマを用いたトリチウムインベントリーの評価と、希ガスを用いたグロー放電でのインベントリー低減化の評価
- ・富山大学(松山政夫)：トリチウムを用いた、LHD真空容器材料からの、トリチウム吸着・放出特性の評価
- ・秋田大学(宗像健三)：ハニカム触媒の酸化速度の同位体効果
- ・名古屋工業大学(藤原修)、宇都宮大学(上村佳嗣)：電磁環境監視と管理に関する研究
- ・東京大学(小佐古教授)：中性子線量の計測手法の開発
- ・福山大学(占部教授)：環境中性子のエネルギースペクトル測定
- ・東北大学(笹尾教授)：重水素実験に伴う発生中性子の測定手法に関する研究
- ・名古屋大学(瓜谷教授)：中性子測定器の校正方法の検討

4. 生物影響、環境トリチウム

- ・茨城大学(田内広、立花章)：放射線DNA損傷に対する生体応答の分子機構に関する基礎的研究
- ・熊本大学：大気中トリチウムの化学形別測定
- ・九州大学(百島則幸)：大気中トリチウムの地域差比較検討

3. 1. 4 ヘリカル炉設計

1991年度より炉設計準備を開始し、1～2年ごとにサブテーマを設定して軸になる研究担当者を明確に定めて共同研究を段階的に進めてきている。1994年度からは核融合ネットワークの各研究分野と広範に連携して設計作業を進めている。当初はプラズマ制御研究系を中心に一般共同研究を開始し、1999年度の炉工学研究センター発足後

は構造材料およびブランケット要素研究に関する同センターの一般共同研究と連携協力を持ちながら進めた。トリチウムインベントリ評価や回収、および多重防護トリチウム格納系の概念検討を含む安全解析は安全管理センターでの一般共同研究と連携して進めた。他方、乱流促進やMHD効果を含む伝熱流動に関しては、LHD計画共同研究（添付資料）等による拠点大学を中核とする研究ネットワークを構築して進めてきている。

特に2004年度からの第1期中期目標・中期計画に伴う研究所の大幅な組織改編により炉システム・応用技術研究部門（旧装置技術）に新設された炉システム研究部門を中心として、所内外および国外の広範な分野間の研究者ネットワークによる共同研究基盤を構築し、定期的な設計活動を展開することによって、長期的視野に立った炉システム統合と最適化に向けての物理工学に関する要素研究の提案と研究課題の抽出を推進してきている。具体的には、2004年5月から開始した所外共同研究者との炉設計作業を目的とした会合は、毎月及び年数回の拡大会合の継続によって、今年度は計50回に達する見込みである。これらの成果としてFFHR関連論文はこれまで総計93編、特に2004年以降は計50編、そのうちIAEA会議6編、所外共同研究者が第1著者23編に達している。

現在は、LHD実験での加熱、燃料供給、ダイバータ等との設計研究連携を強化するとともに、大型超伝導マグネット、炉構造設計、炉内機器交換、炉外機器システム、エネルギー変換応用、等の共同研究に一層の広がりを提供している。

3. 2 これまでの関連外部評価の反映

3. 2. 1 超伝導・低温グループ

超伝導・低温グループは、2005年に(社)低温工学協会による外部評価を受けた。その評価報告書の「2. 評価概要」の「共同研究の成果・進め方への評価」に示された提言とその反映状況について以下にまとめる。

1) 共同研究を行うことで、ケーブル・イン・コンジット導体の特性評価、伝導冷却パルスマグネット開発など、多くの学術的、技術的成果が得られており、超伝導・低温分野におけるCOEとしての役割を十分に果たしていると評価する。ただ、共同研究の中で、一般共同研究は、ここ数年1件当たりの研究費が小額過ぎるために、十分な機能を果たしていない傾向があり、将来計画に沿った研究テーマの選択と予算配分の重点化が必要である。

核融合科学研究所の設備を利用する一般共同研究は、幅広く受け入れているため、1件当たりの研究費が少額になっているという課題については、共同研究委員会で継

続して議論されており、特に優れた申請課題を限定して研究費の重点配分が実施されている。

2) また、低温実験棟の設備は、試験専用設備として国内随一の性能と規模を有しており、不断の整備と改良を行い、共同利用試験設備としての機能を付加し、有効に活用されることが望まれる。

中型導体試験装置を利用して、Bi2212 高温超伝導バルク材料や薄膜 YBCO 高温超伝導テープ線材を応用した電流リードの開発研究、MgB₂ 超伝導線材の成形時の断面アスペクト比の影響評価などを大学との共同研究で実施している。また、大型導体試験装置に既設設備の機能を追加することにより、原子力機構との共同研究で JT-60SA の導体試験を実施しており、研究資源の有効活用および大学や研究機関等と連携という観点で、期待される成果を挙げてきている。高磁場実験設備などの新しい試験設備の整備においては、具体的な計画の策定に至っておらず、研究資金の獲得に向けて研究戦略が必要である。

3. 2. 2 炉工学研究センター

平成 17 年度外部評価において出された共同研究に関して提言と、その後の反映状況について以下にまとめた。

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

総合工学実験棟への設備の集中化、効率化を図るとともに、新たに、液体ブランケットの重要テーマである熱クリープ試験や耐食性試験、水素透過試験等の設備整備とスタッフの拡充を行い、共同研究を推進した。

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

双方向型共同研究委員会における議論を経て、大学の材料照射施設、トリチウム試験施設との双方向型共同研究の立ち上げの準備を行っている。これらが順調に開始し、経験を積んだところで、共同研究の規模を大きくするとともに、他の炉工学分野の双方向型共同研究の立ち上げを行うことを目指している。国際共同研究は、日米プロジェクト、日中拠点プログラム、分野関連携プログラム (EU, ロシア、ウクライナ、韓国) 等により進めた。材料・ブランケットの重要課題を中心とした日米共同プロジェ

クト JUPITER-II 計画 (2001-2006) において液体増殖ブランケットのタスクやシステム統合タスクを、TITAN 計画 (2007-) では統合モデルのタスクの推進役となるとともに、全体のコーディネーションの役割を果たしている。日中拠点プログラムでは、炉工学カテゴリーのコーディネーションを行うとともに、材料、ブランケット関連のタスクを推進している。

3. 2. 3 安全管理センター

研究全体に関する「平成17年度外部評価報告書の反映」は、2. 2. 3節に示した。その中から共同研究に関する項目を再掲すると、

3) 他大学、研究機関等との共同研究の推進

5) 所内の他の部署（炉工学研究センター、技術部）との連携の推進

である。

放射線計測システム、トリチウム関連技術、トリチウムに関するデータの蓄積、分析において、他大学との共同研究を積極的に進めている。また、環境中性子線量の測定、試作した中性子線量測定器の JAEA の放射線標準場と近大原子炉での照射実験による応答特性試験、放射化物の測定手法に関する研究を進めている。

4. 今後の目標・計画

4. 1 第2期中期目標・中期計画

核融合科学研究所は平成22年度から開始する第2期中期目標・中期計画の素案を作成した。

当該中期目標の中で、

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

において、

「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。」

としている。

上記の中期目標に必要な措置を定める中期計画の中で、核融合工学に関しては、

I 研究機構の教育研究等の質の向上に関する目標を達成するためにとるべき措置

1 研究に関する目標を達成するための措置

(1) 研究水準及び研究の成果等に関する目標を達成するための措置

において、

「③ 核融合炉を目指した大学の核融合工学研究の中核として、ブランケット及び超伝導コイルシステムの開発をはじめとした炉設計の高度化研究を進めるとともに、基礎となる学際領域の研究拡充を図る。」

としている。

平成 22 年度概算要求では、従って新規事業として下記の目標と中長期計画を策定した。

事業名「定常ヘリカル型原型炉に向けた電磁石・発電システムの工学研究の推進」

【概要】

LHD で発見された超高密度プラズマにより新しい炉心シナリオの見通しが得られたことから、今世紀前半に定常ヘリカル型原型炉を実現するためのヘリカル方式固有の電磁石・発電システム等の工学研究を、双方向型等の共同研究も活用して推進する。

【全体計画】(図 4.1-1)

定常ヘリカル型原型炉の詳細工学設計を 2020 年代に開始することを目指して、工学実証研究とそれを可能にするための工学基盤の構築を推進する。並行して、定常へ

リカル型原型炉の基本設計高度化を進め、その高い信頼性と実現性の確保を図る。工学実証では、電磁石（15 テスラ・10 万アンペア級の超伝導ヘリカルモデルコイル）と発電システム（ブランケット熱流動構造ユニット、ダイバータ熱除去コンポーネント、安全のための微量トリチウム管理）の主要4課題の重点的推進が必須である。これらを可能にするために、第2期中期計画では、これまでの共同利用・共同研究による要素研究を格段に発展させ、実規模超伝導導体とヘリカル巻き線、液体長寿命ブランケット、低放射化材の耐高温化、耐熱3次元ダイバータ壁、微量トリチウム制御等に関する研究分野で基盤を構築する。

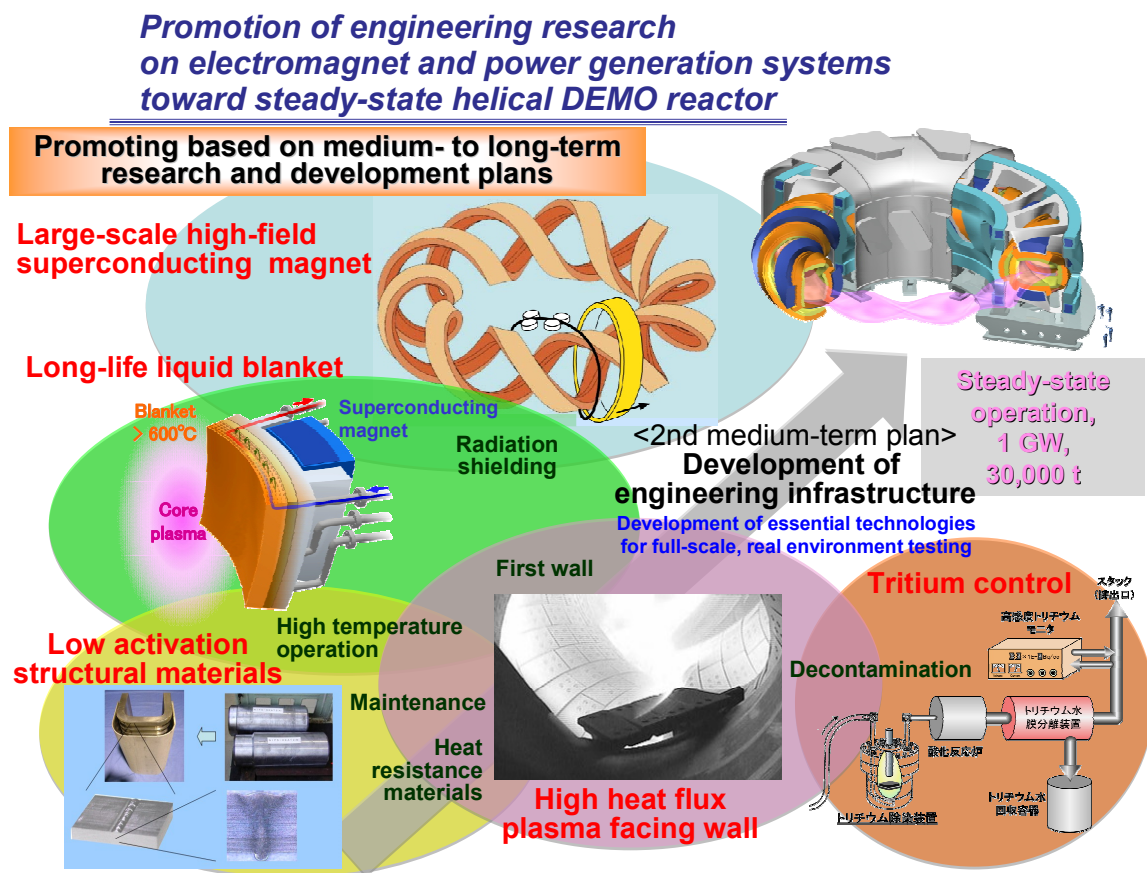


図 4.1-1 第2期中期目標・中期計画における定常ヘリカル型原型炉に向けた核融合工学研究の推進

〔全体スケジュール〕（図 4.1-2）

まず核融合工学基盤として、実規模・実環境試験を可能にする基幹技術の構築を6年程度で実施する。これらは、最初に概念設計、その後基本設計を行い、大学との共同研究をベースに、炉設計工学R&Dの工学基盤データ等の知見を得ながら、具体的な要素研究を実施していく。このような炉設計の段階的高度化を進展させ、次段階として、工学実証研究について、6年程度を目処に実施予定である。これは、これま

でに得られた基本設計を改良し、実規模・実環境実施試験を通して、定常ヘリカル型原型炉の詳細工学設計を2020年代に開始することを目指す。この実施についても、大学との共同研究は必要不可欠であり、一層の拡充を図るとともに幅広いアプローチにおける工学研究や強力中性子源（IFMIF）計画との協力も推進する。これらそれぞれ特長ある装置・方式から得られる試験結果も取り込み、最終的に原型炉設計に必要な研究成果をフィードバックさせて、今後30年程度で原型炉の建設・稼働を目指す。

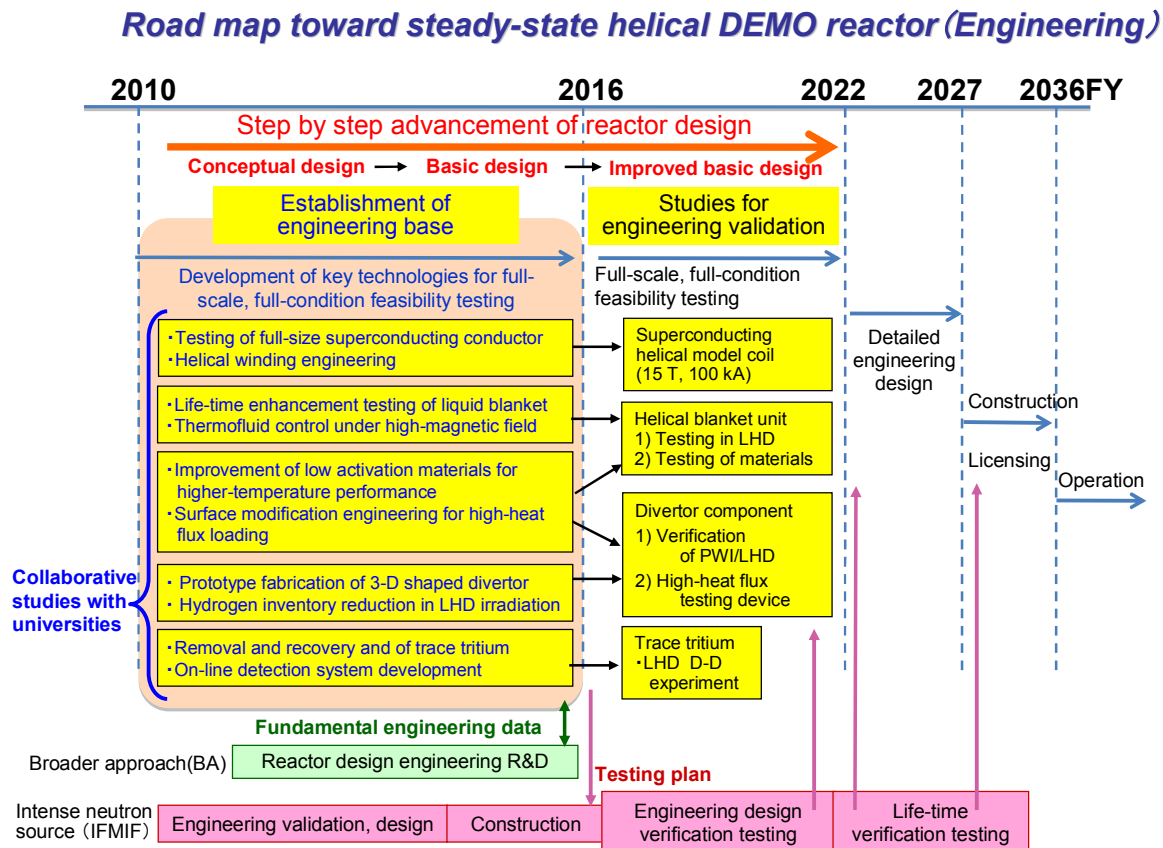


図 4.1-2 核融合工学研究の中長期計画ロードマップ

[当面の実施内容]

1) 大型高磁場超伝導マグネット研究

ヘリカル炉設計と連携して高磁場・高信頼性・低コストマグネットシステムの設計研究を進展させるとともに、要素技術開発研究を実施する。高磁界ヘリカルコイルの実現に向けて、ニオブ・アルミ (Nb_3Al) とニオブ・スズ (Nb_3Sn) の高磁界線材および高温超伝導線材を対象として、電磁力による高い応力下での超伝導特性の改善を目指した研究を行う。並行して、耐放射線照射実験と超伝導システムの信頼性向上・高

効率化の研究を進める。さらに、核融合用超伝導システム構築のための基礎研究を充実して、他分野や民間等への応用にも積極的に取り組んでいく。

2) 液体長寿命ブランケット研究

核融合炉で発生する中性子の熱化とトリチウム増殖に必要なブランケットの基礎となる熱・物質流動試験を開始する。初年度は温度勾配無しの低流速条件にて、低放射化構造材料や、水素透過防止膜などの機能材料の腐食特性、基本性能を明らかにする。

3) 低放射化構造材料研究

低放射化材料の高温化と耐熱化の目標に従い、粉末冶金法による酸化物分散強化(ODS)-バナジウム合金等の少量試作を行い、破壊特性、耐食性などの評価および製作性から、大型化試作への改良指針を得る。

4) 高熱流プラズマ対向壁研究

大型試験体に適応可能な超高熱負荷試験装置の開発・製作を行い、対向壁試作と照射試験を開始して改良点を明らかにする。並行して、LHDに試作壁をさらす実験を進め、水素同位体蓄積の低減化および壁損傷抑制に関する方策を明らかにする。

5) 微量トリチウム管理技術研究

微量トリチウムの検出に適した、時間分解と検出感度の共に高い実時間検出器を複数試作し、双方向型共同研究を活用して最適化を進める。また、研究を進めてきた除染技術の評価を行い、高効率の除染装置の設計を行う。

4. 2 研究実施体制

目標を達成するためにとるべき措置として

I-1- (2) 研究実施体制等に関する目標を達成するための措置において、

「① 学術研究等の個人の自由な発想に基づく研究のための体制を充実する。

② 新たなプロジェクト研究に対して適切な研究体制を構築するとともに、既存のプロジェクト研究に対して不断の点検を行い、強力な研究体制を整備・維持する。」としている。

従って平成 22 年度より、核融合科研究所では、定常ヘリカル型原型炉に向けた理工学研究の展開を、LHD高性能プラズマ実験研究、大規模シミュレーション研究および核融合工学研究の 3 本柱によって進めることとし、平成 16 年度からの所内体制(図 4.2-1)を大幅に再編する計画を策定した(図 4.2-2)。

核融合工学研究をプロジェクトとして立ち上げ、実施計画の策定と実行は、所内の

超伝導研究グループ、高熱流機器を含む炉工学研究グループ、および安全研究グループ等を実情に即して再編し、横断的に統括して推進すると共に、各グループが進めてきた大学等との共同利用・共同研究を結集して進める。また、当該工学研究の実施に向けて、新たに双方向型等の共同研究も活用する。総括的な研究計画は所外研究者が半数を占める核融合科学研究所運営会議の審議を経て定める。共同利用・共同研究は所外研究者が半数以上を占める運営会議共同研究委員会において採否を決定する。

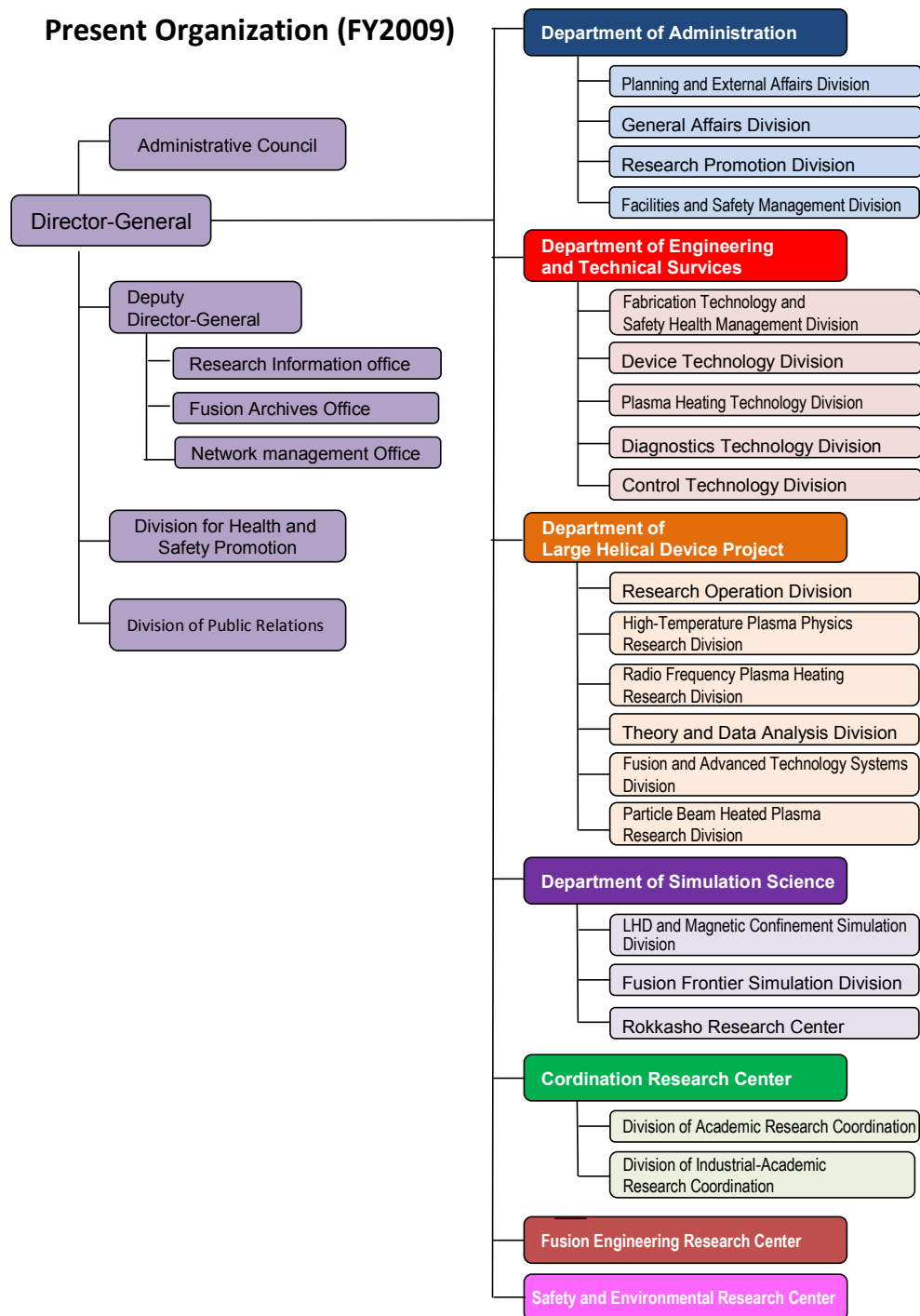


図 4.2-1 核融合科学研究所の平成 16～21 年度の所内体制

研究計画、実験実施計画、共同利用・共同研究のあり方等については、コミュニティを組織した「核融合ネットワーク」等に意見を求め、コミュニティとの調和を図って進める。

具体的には平成22年度から双方向型で工学研究グループ（富山大学水素同位体科学研究センター、および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）との共同研究を開始する。

New Organization (FY2010～)

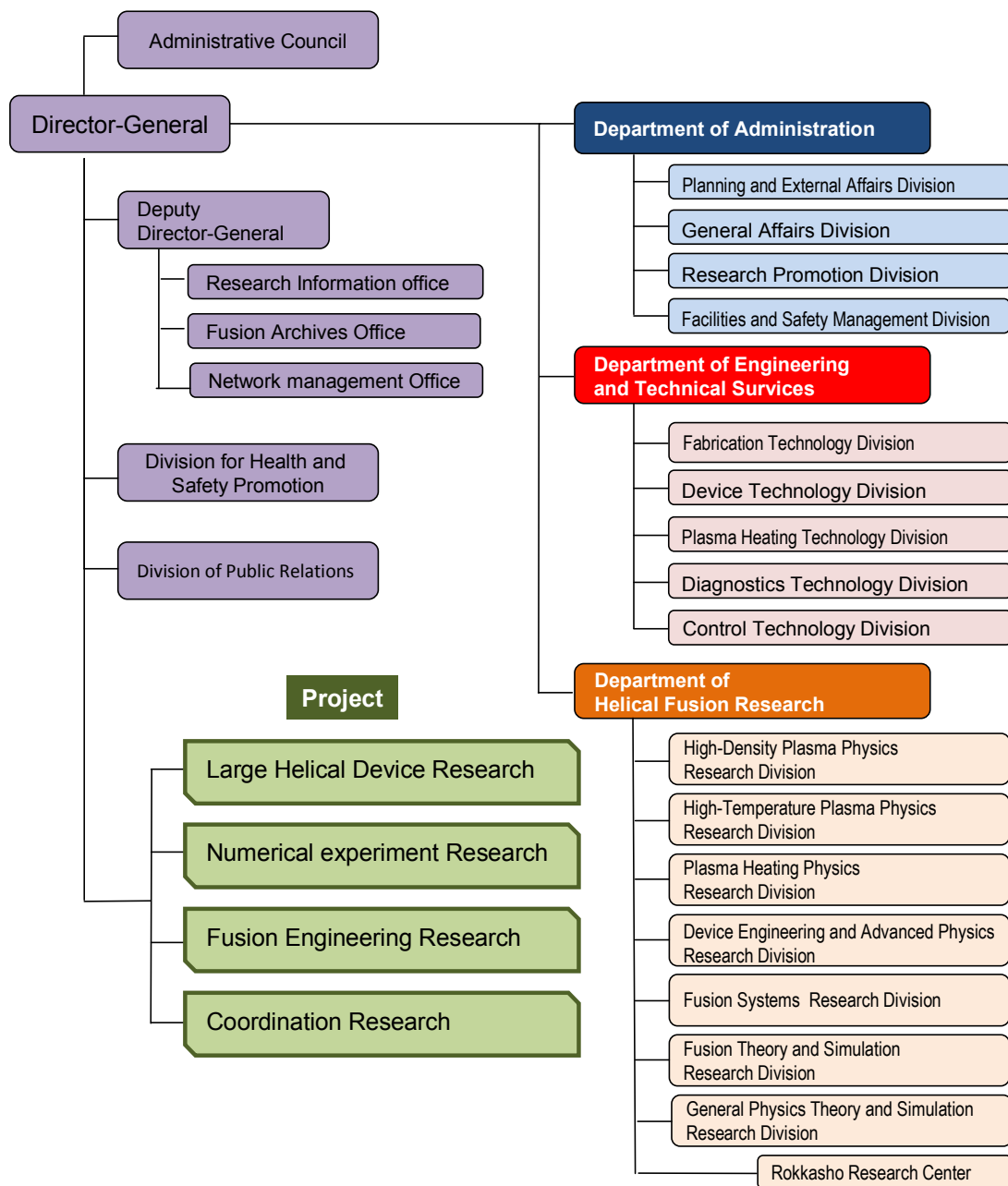


図 4.2-2 核融合科学研究所の平成22年からの新体制

添付資料（平成16～21年）

1. 論文リスト p. 39
2. 共同研究リスト
 2. 1 一般共同研究 p. 29
 2. 2 LHD 計画共同研究 p. 2
 2. 3 双方向 p. 2
 2. 4 大学、国立研究所との共同研究 p. 2
 2. 5 民間との共同研究 p. 3
 2. 6 受託研究 p. 1
3. 科学研究費補助金テーマ p. 2

1. 論文リスト

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
2004年度								
超伝導マグネット関連								
1	2004	1	T. Mito, A. Kawagoe, H. Chikaraishi, K. Okumura, R. Abe, T. Baba, K. Yamauchi, M. Yokota, T. Henmi, K. Seo, K. Hayashi, M. Iwakuma, and F. Sumiyoshi, "Development of UPS-SMES as a Protection from Momentary Voltage Drop", IEEE Trans. Appl. Supercond, Vol. 14, No. 2, (2004) pp. 721-726.	1				
2	2004	1	A. Nishimura, and T. Kakeshita; "Microstructural Stability of 316 Stainless Steel during Long Term Exposure to High Magnetic Fields at Cryogenic Temperatures", Advances in Cryogenic Engineering, Vol. 50 (2004) pp. 98-105.	1				
3	2004	1	A. Nishimura, T. Mito, S. Yamada, S. Imagawa, K. Takahata, N. Yanagi, H. Chikaraishi, H. Tamura, A. Iwamoto, S. Hamaguchi, Y. Hishinuma, and A. Nyilas; "Measurement of Superconductor Motion in R&D Coil for Supercooling of the LHD Helical Coil", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 14, No. 2 (2004)	1				
4	2004	1	S. Imagawa, N. Yanagi, H. Sekiguchi, T. Mito, and O. Motojima, "Performance of the Helical Coils for the Large Helical Device in Six Years' Operation", IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol. 14 (June 2004) pp.1388-1393.	1				
5	2004	1	S. Imagawa, N. Yanagi, Y. Hishinuma, T. Mito, K. Takahata, H. Chikaraishi, H. Tamura, A. Iwamoto, S. Hamaguchi, K. Seo, S. Yamada, A. Nishimura, and O. Motojima, "Results of Stability Test in Subcooled Helium for the R&D Coil of the LHD Helical Coil", IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol. 14 (June 2004) pp.1511-1514.	1				
6	2004	1	K. Takahata, H. Tamura, and T. Mito; "Thermal Contact Conductance between the Bundle and the Conduit in Cable-in-Conduit Conductors", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 14, No. 2 (2004) pp. 1477-1479.	1				
7	2004	1	S. Yamada, T. Mito, R. Maekawa, S. Moriuchi, T. Uede, H. Hiue, I. Itoh, O. Motojima "Thermal Contraction and Heat Load Characteristics of the SC Current-Feeder System for LHD", Proc. of the 6 th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2003, Sorrento, Italy, 14 - 18 Sept. 2003), IoP Series Number 181(2004) pp.542-548.	1				
8	2004	1	N. Yanagi, S. Imagawa, Y. Hishinuma, K. Seo, K. Takahata, S. Hamaguchi, A. Iwamoto, H. Chikaraishi, H. Tamura, S. Moriuchi, S. Yamada, A. Nishimura, T. Mito, O. Motojima; "Asymmetrical Normal-zone Propagation Observed in the Aluminum-stabilized Superconductor for the LHD Helical Coils", IEEE Trans. Appl. Supercond. Vol.14, No.2 (2004) pp.1507-1510.	1				
9	2004	1	N. Yanagi, T. Mito, J. Morikawa, Y. Ogawa, K. Ohkuni, D. Hori, S. Yamakoshi, M. Iwakuma, T. Uede, I. Itoh, M. Fukagawa, S. Fukui; "Experiments of the HTS Floating Coil System in the Mini-RT Project", IEEE Trans. Appl. Supercond. Vol.14, No.2 (2004) pp.1539-1542.	1				
10	2004	1	H. Chikaraishi, K. Hayashi, T. Mito, K. Okumura, R. Abe; "Line voltage detector for SMES system designed to protect from momentary voltage drop", IEEE Trans. on Applied Super conductivity, Vol 14 (June 2004) pp.754 - 757.	1				
11	2004	1	H. Chikaraishi, S. Takami, T. Inoue, S. Sakakibara, K. Matsuoka, T. Ise, D. Eto, T. Haga; "Current control system of the power supplies for LHD superconducting coils", IEEE Trans. on Applied Superconductivity, Vol. 14 (June 2004) pp.1431 - 1434.	1				

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
12	2004	1	R. Maekawa and B. Baudouy, "Heat transfer through porous media in the counterflow regime of He II," Advances in Cryogenic Engineering, vol. 49B (2004) pp. 983-990.	1				
13	2004	1	R. Maekawa, K. Ooba, M. Nobutoki, and T. Mito, "Dynamic simulation of helium liquefier," Advances in Cryogenic Engineering, vol. 49A (2004) pp. 192-199.	1				
14	2004	1	R. Maekawa, A. Iwamoto, and S. Hamaguchi, "Transient heat transport in subcooled He II associated with JT effect," Advances in Cryogenic Engineering, vol. 49B (2004) pp. 991-998.	1				
15	2004	1	H. Tamura, T. Mito, Y. Yamada, K. Tachikawa, R. Heller, "Design Study of HTS Current Lead Using Reinforced Bi-2212 Tubular Bulk", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 14, No. 2, (2004), pp. 686-689.	1				
16	2004	1	A. Iwamoto, R. Maekawa, T. Mito, "Development of evaluation technique on thermal impedance between dissimilar solids," Advances in Cryogenic Engineering Vol.49 (2004) pp643-650.	1				
17	2004	1	S. Hamaguchi, S. Imagawa, N. Yanagi, Y. Hishinuma, T. Mito, K. Takahata, H. Chikaraishi, H. Tamura, A. Iwamoto, S. Yamada, and A. Nishimura, "Thermal Hydraulic Characteristics of Superconducting Coil Cooled by Subcooled He I," IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 14, No. 2 (2004) 1439-1442.	1				
18	2004	1	Y. Hishinuma, S. Imagawa, N. Yanagi, T. Mito, A. Nishimura, S. Yamada, K. Takahata, H. Chikaraishi, H. Tamura, A. Iwamoto, S. Hamaguchi, K. Seo, T. Honda, S. Yoshinaga, T. Shinba, M. Satoh, H. Kakui and O. Motojima, "Design and Operation of the Sub-cooled Helium Test Facility for the LHD helical coils", IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.14, (2004), p.1435-p.1438	1				
19	2004	1	Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, A. Nishimura, T. Takeuchi and K. Inoue, "Microstructure and superconductivity of V-based Laves phase compound superconductor synthesized rapidly-heating/quenching process", Journal of Nuclear Materials, Vol. 329-333, (2004), p.1580-p.1583.	1				
20	2004	1	Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, A. Nishimura, T. Takeuchi and K. Inoue, "Fabrication of V-based Laves phase compound superconductor through rapidly-heating/quenching process", Superconductor Science and Technology, Vol. 17, (2004), p.1031-p.1036.	1				
21	2004	1	K. Seo, K. Takahata, T. Mito, and S. Nishijima, "Numerical analyses of non-uniform current distribution within the multi-strand superconducting cable for fusion apparatus," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 14, 2004, pp. 1360-1364.	1				
22	2004	1	T. Hemmi, K. Takahata, T. Mito, A. Iwamoto, H. Tamura, and N. Yanagi, "Experimental apparatus for measuring the characteristics of HTS coils under controllable magnetic field, orientation and temperature," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 14, 2004, pp. 1806-1809.	1				

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
23	2004	1	Motojima O, Yamada H, Komori A, Watanabe KY, Mutoh T, Takeiri Y, Ida K, Akiyama T, Asakura N, Ashikawa N, Chikaraishi H, Cooper WA, Emoto M, Fujita T, Fujiwara M, Funaba H, Goncharov P, Goto M, Hamada Y, Higashijima S, Hino T, Hoshino M, Ichimura M, Idei H, Ido T, Ikeda K, Imagawa S, Inagaki S, Isayama A, Isobe M, Itoh T, Itoh K, Kado S, Kalinina D, Kaneba T, Kaneko O, Kato D, Kato T, Kawahata K, Kawashima H, Kawazome H, Kobuchi T, Kondo K, Kubo S, Kumazawa R, Lyon JF, Maekawa R, Mase A, Masuzaki S, Mito T, Matsuoka K, Miura Y, Miyazawa J, More R, Morisaki T, Morita S, Murakami I, Murakami S, Mutoh S, Nagaoka K, Nagasaki K, Nagayama Y, Nakamura Y, Nakanishi H, Narihara K, Narushima Y, Nishimura H, Nishimura K, Nishiura M, Nishizawa A, Noda N, Notake T, Nozato H, Ohdachi S, Ohkubo K, Ohyabu N, Oyama N, Oka Y, Okada H, Osakabe M, Ozaki T, Peterson BJ, Sagara A, Saida T, Saito K, Sakakibara S, Sakamoto M, Sakamoto R, Sasao M, Sato K, Seki T, Shimozuma T, Shoji M, Sudo S, Takagi S, Takahashi Y, Takase Y, Takenaga H, Takeuchi N, Tamura N, Tanaka K, Tanaka M, Toi K, Takahata K, Tokuzawa T, Torii Y, Tsumori K, Watanabe F, Watanabe M, Watanabe T, Watari T, Yamada I, Yamada S, Yamaguchi T, Yamamoto S, Yamazaki K, Yanagi, N., Yokoyama M, Yoshida N, Yoshimura S, Yoshimura Y, Yoshinuma M., "Review on the progress of the LHD experiment", Fusion Science and Technology, Vol.46, No.1 (2004) pp. 1-12.	1				
24	2004		三戸利行, 柳長門, 小川雄一, 森川惇二, 大國浩太郎, 岩熊成卓, 上出俊夫, 能瀬眞一, 伊藤郁夫, 福居滋夫, 長山俊毅, 奥野純一, 解説「Mini-RT装置の設計・製作」, 超伝導・低温工学会誌, Vol.39 (2004) pp. 182-192.	1				
25	2004		柳長門, 三戸利行, 森川惇二, 小川雄一, 濱口真司, 菱沼良光, 大國浩太郎, 堀暖, 岩熊成卓, 上出俊夫, 解説「Mini-RT装置用高温超伝導磁気浮上コイルの開発」, 超伝導・低温工学会誌, Vol.39 (2004) pp. 193-200.	1				
26	2004		柳長門, 森川惇二, 三戸利行, 小川雄一, 大國浩太郎, 堀暖, 山越茂雄, 岩熊成卓, 上出俊夫, 「Mini-RT装置用高温超伝導磁気浮上コイルの冷却・励磁試験」, 超伝導・低温工学会誌, Vol.39 (2004) pp. 201-208.	1				
27	2004	1	S. Hirano, S. Yoshizawa, Y. Hishinuma and A. Nishimura, "Superconductivity and mechanical property of Bi-2223/Ni meshes composite bulk", Physica C, Vol.412-414, (2004), p.734-p.738.	1				1
28	2004	1	A. Kawagoe, F. Sumiyoshi, T. Mito, and T. Kawashima, "Compact stranded superconducting conductors with both low ac loss and high stability II. Experiment to confirm fundamental performance," Cryogenics, vol. 44, Sep. 2004, pp. 623-630.	1				1
29	2004	1	A. Kawagoe, F. Sumiyoshi, T. Mito, H. Chikaraishi, T. Baba, K. Okumura, M. Iwakuma, T. Hemmi, K. Hayashi, R. Abe, T. Ushiku, K. Miyoshi, , "Winding techniques for conduction cooled LTS pulse coils for 100 kJ class UPS-SMES as a protection from momentary voltage drops", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 14, 2, p.727-730,	1				1
30	2004	1	A. Kawagoe, F. Sumiyoshi, T. Mito, T. Kawashima, and N. Hirano, "Compact stranded superconducting conductors with both low ac loss and high stability. I. Proposal of a new design," Cryogenics, vol. 44, Sep. 2004, pp. 617-622.	1				1
31	2004	1	K. Katagiri, A. Murakami, Y. Shoji, H. Teshima, M. Sawamura, A. Iwamoto, T. Mito, and M. Murakami, "Tensile and bending mechanical properties of bulk superconductors at room temperature," Physica C: Superconductivity, vol. 412-414, Oct. 2004, pp. 633-637.	1				1
32	2004	1	K. Katagiri, R. Takaya, K. Tachikawa, Y. Yamada, A. Iwamoto, K. Watanabe; "Stress/Strain Characteristics of PIT MgB ₂ Tapes with Ni Sheath", 日本金属学会誌(Journal of the Japan Institute of Metals) 68 (2004), pp.642.	1				1
33	2004	1	K. Maehata, A. Iwamoto, Y. Iwamoto, R. Maekawa, T. Mito, K. Ishibashi, T. Shintomi, M. Takeo, K. Tachikawa, Y. Yamada, S. Yamada; "Development of 1.8 K HTS current feedthrough using large-sized YBCO bulk conductors", IEEE Transactions on Applied Superconductivity 14 (2004), pp.1782-1785.	1				1

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
34	2004	1	K. Maehata, K. Ishibashi, T. Shintomi, A. Iwamoto, R. Maekawa, T. Mito; "Development of a 20 kA Current Feedthrough using YBCO Bulk Conductors", 低温工学(Journal of the Cryogenic Society of Japan) 39(2004), pp.108-115.	1				1
35	2004	1	T. Matsukawa, H. Chikaraishi, Y. Sato, R. Shimada, "Basic study on conductive characteristics of SiC power device for its application to AC/DC converter", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 14, 2, p.690-692	1				1
36	2004	1	T. Tsuchiya, S. Noguchi, H. Yamashita, A. Ishiyama, N. Yanagi, and T. Mito, "Transient stability analysis of large aluminum stabilized superconductor by 2D and 3D finite element analysis," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 14, 2004, pp. 1330-1333.	1				1
37	2004	1	Y. Yamada, S. Chikai, M. Watanabe, K. Tachikawa, H. Tamura, A. Iwamoto, and T. Mito, "Transport performance in Bi2212 cylinders prepared by the diffusion process for current lead application," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 14, 2004, pp. 638-641.	1				1
38	2004	1	山田 豊, 渡辺 正人, 太刀川 恭治, 田村 仁, 岩本 晃史, 三戸 利行, "拡散法で作製したBi2212酸化物超電導電流リードの特性", 低温工学 39, No. 3, (2004) pp. 116-121.	1				1
39	2004	1	小川雄一, 森川惇二, 大國浩太郎, 二瓶 仁, 堀 暖, 山越茂雄, 後藤拓也, 三戸利行, 柳 長門, 岩熊成卓, 上出俊夫, 「磁気浮上内部導体装置Mini-RTの全体設計」, 超伝導・低温工学会誌, Vol.39 (2004) pp. 175-181.	1				1
40	2004	1	森川惇二, 大國浩太郎, 堀暖, 山越茂雄, 後藤拓也, 小川雄一, 柳長門, 三戸利行; 「内部導体装置Mini-RTにおけるプラズマ生成と高温超伝導コイルの磁気浮上実験」, 低温工学, 第39巻, 第5号 (2004) pp. 209-215.	1				1
			材料・ブランケット関連					
41	2004	1	A. Nishimura, A. Iwahori, N. J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga, and S. -I Tanaka; "Effect of Precipitation and Solution Behavior of Impurities on Mechanical Properties of Low Activation Vanadium Alloy", Journal of Nuclear Materials, 329-333 (2004) pp. 438-441.		1			
42	2004	1	H. Kurishita, T. Yamamoto, T. Nagasaka, A. Nishimura, T. Muroga, S. Jitsukawa; "Development of Fracture Toughness Testing by Miniaturized 3-Point Bend Specimens with 3.3-7.0 mm Thickness of JLF-1", Materials Transactions, Vol. 45 (2004) pp. 936-941.		1			1
43	2004	1	T. Chuto, M. Satou, A. Hasegawa, K. Abe, T. Muroga and N. Yamamoto, Changes in mechanical properties of high-purity V-4Cr-4Ti-Si, Al, Y alloys after neutron irradiation at relatively low temperatures, ASTM Special Technical Publications STP 1447, 2004, pp. 693-701		1			1
44	2004	1	T. Muroga and H. Watanabe, Microstructural Response in Copper and Copper Alloys Irradiated with Fission Neutrons with Controlled Temperature Variations, ASTM Special Technical Publications STP 1447, 2004, pp. 753-762		1			
45	2004	1	J. Chen, T. Muroga, S. Qiu, Y. Xu, Y. Den and Z. Xu, Hydrogen embrittlement of V4Cr4Ti alloy evaluated by different test methods, Journal of Nuclear Materials, Vol. 325, 2004, pp. 79-86,		1			1
46	2004	1	N. J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga, Recrystallization and precipitation behavior of low activation V-Cr-Ti alloys after cold rolling, Journal of Nuclear Materials, Vol. 325, 2004, pp. 53-60,		1			
47	2004	1	T. Chuto, M. Satou, A. Hasegawa, K. Abe, T. Muroga and N. Yamamoto, Effects of small amount of additional elements on control of interstitial impurities and mechanical properties of V-4Cr-4Ti-Si-Al-Y alloys, Journal of Nuclear Materials, Vol. 326, 2004, pp. 1-8,		1			1
48	2004	1	J. M. Chen, S. Y. Qiu, T. Muroga, Y. Xu, T. Nagasaka, Y. Chen, Y. Deng and Z. Y. Xu, The hydrogen-induced ductility loss and strengthening of V-base alloys, Journal of Nuclear Materials, Vol. 334, 2004, pp. 143-148,		1			1
49	2004	1	J. M. Chen, T. Muroga, T. Nagasaka, Y. Xu, C. Li, S. Y. Qiu and Y. Chen, Precipitation behavior in V-6W-4Ti, V-4Ti and V-4Cr-4Ti alloys, Journal of Nuclear Materials, Vol. 334, 2004, pp. 159-165,		1			1

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
50	2004	1	K. Fukumoto, H. Matsui, M. Narui, T. Nagasaka and T. Muroga, <i>Manufacturing pressurized creep tubes from highly purified V-4Cr-4Ti alloys, NIFS-Heat2</i> , Journal of Nuclear Materials, Vol. 335, 2004, pp. 103-107,		1			1
51	2004	1	A. Sawada, A. Suzuki, T. Terai and T. Muroga, <i>Properties of AlN coatings produced by RF sputtering method</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 1411-1413,		1			1
52	2004	1	B. A. Pint, P. F. Tortorelli, A. Jankowski, J. Hayes, T. Muroga, A. Suzuki, O. I. Yeliseyeva and V. M. Chernov, <i>Recent progress in the development of electrically insulating coatings for a liquid lithium blanket</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 119-124,		1			1
53	2004	1	F. Koch, R. Brill, H. Maier, D. Levchuk, A. Suzuki, T. Muroga and H. Bolt, <i>Crystallization behavior of arc-deposited ceramic barrier coatings</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 1403-1406,		1			1
54	2004	1	H. Kondo, A. Fujisato, N. Yamaoka, S. Inoue, S. Miyamoto, F. Sato, T. Iida, H. Horiike, I. Matushita, M. Ida, H. Nakamura, H. Nakamura and T. Muroga, <i>High speed lithium flow experiments for IFMIF target</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 208-212 ,		1			1
55	2004	1	H. Nakamura, B. Riccardi, N. Loginov, K. Ara, L. Burgazzi, S. Cevolani, G. Dell'Orco, C. Fazio, D. Giusti, H. Horiike M. Ida, H. Ise, H. Kakui, H. Matsui, G. Micciche, T. Muroga, H. Nakamura, K. Shimizu, M. Sugimoto, A. Suzuki, H. Takeuchi, S. Tanaka and T. Yoneoka, <i>Present status of the liquid lithium target facility in the international fusion materials irradiation facility (IFMIF)</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 202-207,		1			1
56	2004	1	H. Watanabe, T. Muroga and N. Yoshida, <i>The study of temperature variation during HFIR irradiation on vanadium</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 425-428		1			1
57	2004	1	J. M. Chen, T. Muroga, S. Y. Qiu, T. Nagasaka, W. G. Huang, M. J. Tu, Y. Chen, Y. Xu and Z. Y. Xu, <i>The development of advanced vanadium alloys for fusion applications</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 401-405		1			1
58	2004	1	K. Fukumoto, H. Matsui, T. Muroga, S. J. Zinkle, D. T. Hoelzer and L. L. Snead, <i>Varying temperature effects on mechanical properties of vanadium alloys during neutron irradiation</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 472-476		1			1
59	2004	1	M. Hatakeyama, H. Watanabe, T. Muroga and N. Yoshida, <i>The precipitation behavior of ion irradiated V-4Cr-4Ti alloys at various oxygen and nitrogen levels</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 420-424		1			1
60	2004	1	R. J. Kurtz, K. Abe, V. M. Chernov, D. T. Hoelzer, H. Matsui, T. Muroga and G. R. Odette, <i>Recent progress on development of vanadium alloys for fusion</i> , <i>Journal of Nuclear Materials</i> , Vols. 329-333, 2004, pp. 47-55		1			1
61	2004	1	S. Sato, T. Tanaka, J. Hori, K. Ochiai, T. Nishitani and T. Muroga, <i>Radioactivity of the vanadium-alloy induced by D-T neutron irradiation</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 1648-1652		1			1
62	2004	1	T. Hino, Y. Hirohata, Y. Yamauchi, M. Hashiba, A. Kohyama, Y. Katoh, Y. Lee, T. Jinushi, M. Akiba, K. Nakamura, H. Yoshida, S. Sengoku, K. Tsuzuki, Y. Kusama, K. Yamaguchi and T. Muroga, <i>Plasma material interaction studies on low activation materials used for plasma facing or blanket component</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 673-677		1			1
63	2004	1	T. Nagasaka, N. J. Heo, T. Muroga, A. Nishimura, H. Watanabe, M. Narui and K. Shinozaki, <i>Impact properties of NIFS-HEAT-2 (V-4Cr-4Ti) after YAG laser welding and neutron irradiation at 563 K</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 1539-1543		1			
64	2004	1	T. Tanaka, A. Suzuki, T. Muroga, F. Sato, T. Iida and T. Nishitani, <i>Radiation induced conductivity of ceramic coating materials under 14 MeV neutron irradiation</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 1434-1437		1			

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
65	2004	1	Y. Wang, M. Kanedome, T. Yasuda, T. Suda, S. Watanabe, S. Ohnuki, T. Nagasaka, T. Muroga, <i>Dynamic and static hydrogen effects on the mechanical properties in vanadium</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 477-480		1			1
66	2004	1	Y. Yamauchi, T. Yamada, Y. Hirohata, T. Hino and T. Muroga, <i>Deuterium retention in V-4Cr-4Ti alloy after deuterium ion irradiation</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp. 397-400		1			1
67	2004	1	Z. Y. Yao, A. Suzuki, T. Muroga and K. Katahira, <i>Chemical formation of erbium oxide layer on V-4Cr-4Ti during exposure to liquid lithium doped with erbium</i> , Journal of Nuclear Materials, Vols. 329-333, 2004, pp.		1			
68	2004	1	T. Muroga, T. Nagasaka, J.M. Chen, Z.Y. Xu, Q.Y. Huang and Y. C. Wu, <i>Characterization for Fusion Candidate Vanadium Alloys</i> , Plasma Science & Technology, Vol. 6, 2004, pp. 2395-2399		1			
69	2004	1	渡辺英雄, 長嶺成将, 山崎和宏, 吉田直亮, 室賀健夫, 長坂琢也, 許 男鎮, 篠崎賢二, <i>YAGレーザー溶接したV-4Cr-4Ti合金(NIFS-HEAT2)のイオン照射特性</i> , プラズマ核融合学会誌, Vol. 80, 2004, pp. 889-894		1			1
70	2004		小西哲之, 木村晃彦, 秋場真人, 中村博雄, 長坂琢也, 室賀健夫, 長谷川晃, 松井秀樹, <i>特集 核融合炉ブランケットを創る</i> , 日本原子力学会誌, Vol. 46, 2004, pp. 311-322		1			1
			トリチウム・安全関連					
71	2004	1	H. Yamanishi, H. Miyake, T. Yamasaki, K. Komura, <i>"Sensitivity of TLD and RPLD to Cosmic Ray Hard Component Measured in Ogoya Tunnel"</i> , Japanese Journal of Health Physics, Vol.39.2 (June, 2004), p108-112.			1		
72	2004	1	M. Tanaka, K. Katahira, Y. Asakura, T. Uda, H. Iwahara, I. Yamamoto, <i>"Hydrogen extraction using one-end closed tube made of CaZrO₃-based proton-conducting ceramic for tritium recovery system"</i> , Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.41 (October, 2004), pp61-67.			1		
73	2004	1	M. Tanaka, K. Katahira, Y. Asakura, T. Uda, H. Iwahara, I. Yamamoto, <i>"Effect of plated platinum electrode on hydrogen extraction performance using CaZrO₃-based proton-conducting ceramic for tritium recovery system"</i> , Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.41 (October, 2004), pp95-97.			1		
74	2004	1	M. Tanaka, K. Katahira, Y. Asakura, T. Uda, H. Iwahara, I. Yamamoto, <i>"Hydrogen Extraction Characteristics of Proton-conducting Ceramics under a Wet Air Atmosphere for a Tritium Stack Monitor"</i> , Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.41.10 (October, 2004), p1013-1017.			1		
75	2004	1	Takao Kawano, Naohiro Tsuboi, Hirotsugu Tsujii, Takahiko Sugiyama, Yamato Asakura, and Tatsuhiko Uda, <i>"Stability Test and Improvement of Hydrogen Analyzer with Trace Reduction Detector"</i> , Journal of Chromatography A, Vol.1023 (2004), pp.123-127.			1		
76	2004	1	Takao Kawano, Naohiro Tsuboi, Hirotsugu Tsujii, Takahiko Sugiyama, Yamato Asakura, and Tatsuhiko Uda, <i>"Trace Analysis of Deuterium by Reduction of Mercury (II)Oxide"</i> , RADIOISOTOPES, Vol.53 (2004), pp.25-			1		
77	2004	1	Takao Kawano, <i>"Access Control System Developed for LHD Controlled Area"</i> , Radiation Safety Management, Vol.2 (2004), pp.17-23.			1		
78	2004	1	H. Iwahara, Y. Asakura, K. Katahira, M. Tanaka, <i>"Prospect of hydrogen technology using proton-conducting ceramics"</i> Solid State Ionics, Vol.168 (2004), pp299-310.			1		1
79	2004	1	T. Kawano, <i>"Water-Vapor Decomposition Using Zirconium-Nickel Alloy"</i> , Japanese Journal of Applied Physics, Vol.43.9A/B (August, 2004), pL1127-1129.			1		
80	2004	1	T. Sugiyama, Y. Asakura, T. Uda, Y. Abe, T. Shiozaki, Y. Enokida, I. Yamamoto, <i>"Preliminary Experiments on Hydrogen Isotope Separation by Water Hydrogen Chemical Exchange under Reduced Pressure"</i> , Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.41.6, (June, 2004), p.696-701.			1		1
81	2004	1	Y. Asakura, T. Sugiyama, T. Kawano, T. Uda, M. Tanaka, N. Tsuji, K. Katahira, H. Iwahara, <i>"Application of Proton-conducting Ceramics and Polymer Permeable Membranes for Gaseous Tritium Recovery"</i> , Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.41.8 (August, 2004), p863-870.			1		

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
82	2004		T. Uda, H. Obayashi, H. Nakayoshi, J. Wang, O. Fujiwara, "Measurement of static and ELF magnetic fields in a large magnetic fusion plasma experimental facility", Vol.2 (June, 2004), p593-596.			1		
			炉設計関連					
83	2004	1	H. Hashizume, Y. Usui, S. Kitajima, A. Sagara, "New concept of the first wall to reduce MHD pressure drop", International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, Vol.19, No.1-4 (2004) pp.591-595.				1	1
84	2004	1	O. Mitarai, A. Oda, A. Sagara, K. Yamazaki and O. Motojima, "Pellet injection algorithm for the FFHR helical reactor", Fusion Engineering and Design, 70 (2004) pp.247-267.				1	1
85	2004	1	O. Mitarai, A. Sagara, S. Imagawa, Y. Tomita, K. Watababe, T. Watanabe, "Parameter Requirements for D-3He Helical Reactors", J. Plasma Fusion Res. SERIES, Vol. 6 (2004) pp.303-305.				1	1
86	2004	1	後藤 拓也、小川 雄一;「ヘリカル型核融合炉のシステムコード開発とその物理的・工学的課題に関する研究」、プラズマ・核融合学会誌、第80巻、第11号、(2004) pp.981-987.				1	
87	2004		松川誠、飛田健次、力石浩孝、相良明男、乗松孝好、「2. 核融合炉システムにおけるパワーフロー」、小特集、プラズマ・核融合学会誌、第80巻、第7号 (2004) pp.559-562.				1	1
			2005年度					
			超伝導マグネット関連					
88	2005	1	T. Mito, A. Kawagoe, H. Chikaraishi, K. Okumura, R. Abe, T. Henmi, R. Maekawa, K. Seo, T. Baba, M. Yokota, Y. Morita, H. Ogawa, K. Yamauchi, M. Iwakuma, and F. Sumiyoshi, "Prototype development of a conduction-cooled LTS pulse coil for UPS-SMES," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 15,	1				
89	2005	1	A. Nishimura, T. Muroga, T. Takeuchi, T. Nishitani and A. Morioka; "Nuclear Technology and Potential Ripple Effect of Superconducting Magnets for Fusion Power Plant", Fusion Engineering and Design, Vol. 81 (2006) pp. 1675-1681.	1				
90	2005	1	A. Nishimura, Y. Hishinuma, T. Tanaka, T. Muroga, S. Nishijima, Y. Shindo, T. Takeuchi, K. Ochiai, T. Nishitani and K. Okuno; "Design, Fabrication and Installation of Cryogenic Target System for 14 MeV Neutron Irradiation", Fusion Engineering and Design, Vol. 75-79 (2005) pp. 173-177.	1				
91	2005	1	S. Imagawa and A. Sagara, "Scale Effects on Magnet Systems of Heliotron-Type Reactors", Plasma Science & Technology, Vol. 7, No.1 (February 2005) pp.2626-2628.	1			1	
92	2005	1	S. Imagawa, K. Takahata, N. Yanagi, and T. Mito, "Measurement of Residual Magnetic Field by Superconducting Magnets of The LHD," IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol. 15 (June 2005) 1419-1422.	1				
93	2005	1	S. Yamada, Y. Nakanishi, H. Kojima, H. Hiue, T. Mito: "Elimination of variable harmonics on motor generator circuit for experimental fusion facility", Fusion Engineering and Design, Vol. 75-79 (2005) pp.93-97.	1				
94	2005	1	N. Yanagi, T. Mito, T. Hemmi, K. Seo, J. Morikawa, Y. Ogawa, M. Iwakuma, "Effective resistance of the HTS floating coil of the mini-RT project", IEEE Trans. Appl. Supercond. Vol.15, No.2, (2005) pp. 1399-1402.	1				
95	2005		H. Chikaraishi, T. Mito, T. Baba, F. Sumiyoshi, A. Kawagoe, M. Iwakuma, T. Hemmi, K. Okumura, A. Kuge, R. Abe, K. Hayashi; "UPS SMES using Dry Type Superconducting Coil Designed to Protect from Momentary Voltage Drop", European Conference on Power Electronics and Applications 2005, (2005)	1				
96	2005	1	R. Maekawa, K. Ooba, M. Nobutoki, and T. Mito, "Dynamic simulation of a helium refrigerator/liquefier for LHD," Cryogenics, vol. 45 (2005) pp.199-211.	1				
97	2005	1	Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi, A. Nishimura and K. Inoue, "Fabrication of V-based Laves Phase Compound Multifilamentary Wires by Applying a Rapidly-Heating/Quenching Process to PIT Precursors and using V Tube", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.15, (2005), p.3536-	1				

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
98	2005	1	K. Seo, K. Takahata, T. Mito, H. Hayashi, K. Terazono, T. Semba, and K. Miyashita, "Calibration of inductive heater for stability test of cable in conduit conductor," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 15, 2005, pp. 1695-1698.	1				
99	2005	1	K. Seo, T. Mito, J. Miller, S. Kawabata, T. Ichihara, and M. Hasegawa, "Analysis of joint-resistance-induced, non-uniform current distribution," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 15, 2005, pp. 1595-1598.	1				
100	2005	1	T. Hemmi, N. Yanagi, K. Seo, R. Maekawa, K. Takahata, and T. Mito, "Experimental evaluation of loss generation in HTS coils under various conditions," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 15, 2005, pp. 1711-1714.	1				
101	2005	1	T. Muto, R. Kumazawa, T. Seki, K. Saito, Y. Nakamura, S. Kubo, Y. Takeiri, T. Shimozuma, Y. Yoshimura, H. Igami, K. Ohkubo, J. Miyazawa, S. Masuzaki, M. Shoji, T. Watanabe, N. Ashikawa, K. Nishimura, M. Sakamoto, M. Osakabe, K. Tsumori, K. Ikeda, H. Chikaraishi, H. Funaba, S. Morita, M. Goto, T. Tokuzawa, N. Takeuchi, H. Ogawa, F. Shimpo, G. Nomura, C. Takahashi, M. Yokota, Y. Zhao, J. Kwak, H. Yamada, K. Kawahata, N. Ohyabu, O. Kaneko, K. Ida, Y. Nagayama, N. Noda, A. Komori, S. Sudo, O. Motojima, "Thirty-Minute Plasma Sustainment by ICRF, EC and NBI Heating in the Large Helical Device", Journal of Plasma and Fusion Research, 81, 4, p.229-230,	1				
102	2005		T. Seki, T. Muto, R. Kumazawa, K. Saito, T. Watari, Y. Nakamura, M. Sakamoto, T. Watanabe, S. Kubo, T. Shimozuma, Y. Yoshimura, H. Igami, K. Ohkubo, Y. Takeiri, Y. Oka, K. Tsumori, M. Osakabe, K. Ikeda, K. Nagaoka, O. Kaneko, J. Miyazawa, S. Morita, K. Narihara, M. Shoji, S. Masuzaki, M. Goto, T. Morisaki, B. Peterson, K. Sato, T. Tokuzawa, N. Ashikawa, K. Nishimura, H. Funaba, H. Chikaraishi, N. Takeuchi, T. Notake, H. Ogawa, Y. Torii, F. Shimpo, G. Nomura, M. Yokota, C. Takahashi, A. Kato, Y. Takase, H. Kasahara, M. Ichimura, H. Higaki, Y. Zhao, J. Kwak, H. Yamada, K. Kawahata, N. Ohyabu, K. Ida, Y. Nagayama, N. Noda, A. Komori, S. Sudo, O. Motojima, "Long Pulse Plasma Heating Experiment by Ion Cyclotron Heating in LHD", 787, p.98-105, Topical Conference on Radio Frequency Power in Plasmas 2005	1				
103	2005		Y. Nagayama, K. Ikeda, A. Komori, R. Kumazawa, S. Morita, N. Ohyabu, B.J. Peterson, S. Sakakibara, T. Shimozuma, H. Yamada, N. Ashikawa, H. Chikaraishi, M. Emoto, H. Funaba, P. Goncharov, M. Goto, Y. Hamada, K. Ida, T. Ido, H. Igami, S. Imagawa, S. Inagaki, A. Isayama, M. Isobe, A. Iwamoto, O. Kaneko, K. Kawahata, T. Kobuchi, Y. Kogi, S. Kubo, A. Mase, S. Masuzaki, K. Matsuoka, T. Minami, T. Mito, J. Miyazawa, T. Morisaki, S. Murakami, S. Muto, T. Mutoh, Y. Nakamura, H. Nakanishi, K. Narihara, Y. Narushima, A. Nishimura, K. Nishimura, A. Nishizawa, N. Noda, T. Notake, H. Nozato, S. Ohdachi, Y. Oka, M. Osakabe, S. Okajima, T. Ozaki, A. Sagara, K. Saito, M. Sakamoto, R. Sakamoto, M. Sasao, K. Sato, T. Seki, M. Shoji, S. Sudo, H. Suzuki, K. Takahata, Y. Takeiri, H. Takenaga, N. Tamura, K. Tanaka, K. Toi, T. Tokuzawa, Y. Torii, K. Tsumori, T. Uda, K. Y. Watanabe, I. Yamada, K. Yamazaki, N. Yanagi, M. Yokoyama, Y. Yoshimura, Y. Yoshinuma, T. Watari, O. Motojima, and LHD group, "Recent Results in Large Helical Device," 2005, pp. 1-6.	1				
104	2005	1	高畑一也;「ケーブル・イン・コンジット導体のホットスポット温度低減」, 低温工学, Vol. 39, No. 4 (2004) pp.161-165	1				
105	2005		高畑一也;講座「核融合用超伝導コイル」, プラズマ・核融合学会誌, 第81巻, 第12号 2005年4月	1				
106	2005	1	S. Yoshizawa, T. Sato, H. Ohta, S. Hirano, Y. Hishinuma, S. Kohayashi, H. Fujimoto and H. Nakane, "Dy-211 content dependence of superconductivity in a single-domain Dy-123 system", Superconductor Science and Technology, Vol.18, (2005), p.198-p.201.	1				1

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
107	2005	1	S. Yoshizawa, S. Hirano, Y. Hishinuma and A. Nishimura, "Optimization of CIP Process on Superconducting Property of Bi-2223/Ag Wires Composite Bulk", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.15, (2005), p.2495-p.2498.	1				1
108	2005	1	A. Kawagoe, F. Sumiyoshi, T. Mito, H. Chikaraishi, R. Maekawa, K. Seo, T. Baba, T. Hemmi, K. Okumura, M. Iwakuma, K. Hayashi, R. Abe, , "Stability evaluation of a conduction-cooled prototype LTS pulse coil for UPS-SMES, Stability evaluation of a conduction-cooled prototype LTS pulse coil for UPS-SMES", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 15, 2-2, p.1891-1894,	1				1
109	2005	1	A. Murakami, K. Katagiri, R. Kan, H. Miyata, Y. Shoji, K. Noto, A. Iwamoto, and T. Mito, "Compressive mechanical properties of Sm123 bulk superconductor at liquid nitrogen temperature," Physica C: Superconductivity, vol. 426-431, Oct. 2005, pp. 644-648.	1				1
110	2005	1	K. Maehata, K. Ishibashi, T. Shintomi, A. Iwamoto, R. Maekawa, T. Mito; "A 1.8 K current feedthrough using YBCO bulk conductor for supplying 20 kA", Physica C: Superconductivity 246-431 (2005), pp.770-776.	1				1
111	2005	1	K. Nagai, H. Azechi, F. Ito, A. Iwamoto, Y. Izawa, T. Johzaki, R. Kodama, K. Mima, T. Mito, M. Nakai, N. Nemoto, T. Norimatsu, Y. Ono, K. Shigemori, H. Shiraga, K. Tanaka K.; "Foam materials for cryogenic targets of fast ignition realization experiment (FIREX)", Nuclear Fusion 45 (2005), pp.1277-1283.	1				1
112	2005	1	M. Ohya, S. Shigemasu, Y. Shirai, M. Shiotsu, and S. Imagawa; "Stability of Superconducting Wire With Various Surface Conditions in Pressurized He II (1)-Experimental Results", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 15, No. 2 (June 2005) 1703-1706.	1				1
113	2005	1	Y. Ogawa, J. Morikawa, K. Ohkuni, S. Yamakoshi, T. Goto, T. Mito, N. Yanagi, M. Iwakuma, "ECH plasma experiments on an internal coil device with a high temperature superconductor coil", Fusion Science and Technology, Vol.47, No.1T (2005) pp. 63-70.	1				1
114	2005	1	S. Shigemasu, M. Ohya, Y. Shirai, M. Shiotsu, and S. Imagawa; "Stability of Superconducting Wire With Various Surface Conditions in Pressurized He II (2)-Numerical Analysis", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 15, No. 2 (June 2005) 1707-1710.	1				1
115	2005	1	T. Ishigoka, T. Tsuchiya, Y. Adachi, A. Ninomiya, N. Yanagi, K. Seo, H. Sekiguchi, S. Yamada, S. Imagawa, and T. Mito; "AE Measurement of the LHD Helical Coils", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 15, No. 2 (June 2005) 1423-1426.	1				1
116	2005	1	小泉徳清、西村 新:「連載講座よくわかる核融合炉のしくみ 第9回プラズマ閉じ込めの磁場を作る超伝導コイル」、日本原子力学会誌、Vol.47、No.10、(2005)pp. 703-709.	1				1
			材料・ブランケット関連					
117	2005	1	Huailin Li, A. Nishimura, Zaixin Li, T. Nagasaka, T. Muroga; "Low Cycle Fatigue Behavior of JLF-1 Steel at Elevated Temperatures", Fusion Engineering and Design, Vol. 81 (2006) pp. 241-245.		1			1
118	2005	1	Q. Xu, T. Yoshiie, T. Nagasaka and T. Muroga "Effects of Impurities on Vacancy Mobility in V-4Cr-4Ti" Materials Science Forum 475-479 (2005) 1441-1444.		1			1
119	2005	1	Z. Yao, A. Suzuki, T. Nagasaka and T. Muroga "Behavior of Oxygen in Fusion Candidate Vanadium Alloys during Oxidation and Annealing" Materials Science Forum 475-479 (2005) 1445-1448.		1			
120	2005	1	T. Muroga, T. Nagasaka, A. Nishimura and J.M. Chen "Improvement of Vanadium Alloys by Precipitate Control for Structural Component of Fusion Reactors" Materials Science Forum 475-479 (2005) 1449-1454.		1			
121	2005	1	H. Watanabe, M. Nagamine, K. Yamasaki, N. Yoshida, N.J. Heo, T. Nagasaka and T. Muroga "The Microstructure of Laser Welded V-4Cr-4Ti Alloy after Ion Irradiation" Materials Science Forum 475-479		1			1
122	2005	1	T. Muroga "Vanadium Alloys for Fusion Blanket Applications" Materials Transactions 46 (2005) 405-411.		1			

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
123	2005	1	T. Nagasaka, T. Muroga, H. Watanabe, K. Yamasaki, N.-J. Heo, K. Shinozaki and M. Narui, "Recovery of hardness, impact properties and microstructure of neutron-irradiated weld joint of a fusion candidate vanadium alloys" Materials Transactions 46 (2005) 498-502.		1			
124	2005	1	T. Tanaka, T. Muroga and A. Sagara "Tritium Self-sufficiency and Neutron Shielding Performance of Self-Cooled Liquid Blanket System for Helical Reactor" Fusion Science and Technology 47 (2005) 530-534.		1		1	
125	2005	1	T. Muroga and T. Tanaka "Neutronics Investigation into Lithium/Vanadium Test Blanket Modules" Fusion Science and Technology 47 (2005) 540-543.		1		1	
126	2005	1	A. Kohyama, K. Abe, A. Kimura, T. Muroga and S. Jitsukawa "Recent Accomplishments and Future Prospects of Materials R&D in Japan" Fusion Science and Technology 47 (2005) 836-843.		1			1
127	2005	1	T. Nagasaka, T. Muroga, N. Noda, M. Kawamura and H. Ise, "Tungsten Coating on Low Activation Vanadium Alloy by Plasma Spray Process", Fusion Science and Technology 47 (2005) 876-880.		1			
128	2005	1	M. Enoeda, M. Akiba, S. Tanaka, A. Shimizu, A. Hasegawa, S. Konishi, A. Kimura, A. Kohyama, A. Sagara and T. Muroga, "Plan and Structure for ITER Blanket Testing in Japan" Fusion Science and Technology 47 (2005) 1023-1030.		1		1	1
129	2005	1	Zhenyu Yao, Akihiro Suzuki, Takeo Muroga, Koji Katahira, "In situ formation and chemical stability of Er ₂ O ₃ coating on V-4Cr-4Ti in liquid lithium" Fusion Engineering and Design 75-79 (2005) 1015-1019		1			
130	2005	1	Akihiko Sawada, Akihiro Suzuki, Hans Maier, Freimut Koch, Takayuki Terai and Takeo Muroga, "Fabrication of yttrium oxide and erbium oxide coatings by PVD methods" Fusion Engineering and Design, Volumes 75-79 (2005) 737-740		1			1
131	2005	1	Hiroo Kondo, A. Fujisato, N. Yamaoka, S. Inoue, S. Miyamoto, T. Iida, H. Nakamura, M. Ida, I. Matsushita, T. Muroga and H. Horiike, "Surface wave on high speed liquid lithium flow for IFMIF" Fusion Engineering and Design, 75-79 (2005) 865-869.		1			1
132	2005	1	Teruya Tanaka, Tatsuo Shikama, Minoru Narui, Bun Tsuchiya, Akihiro Suzuki and Takeo Muroga "Evaluation of insulating property of ceramic materials for V/Li blanket system under fission reactor irradiation" Fusion Engineering and Design, 75-79 (2005) 933-937		1			
133	2005	1	S. Fukada, M. Kinoshita, K. Kuroki and T. Muroga, "Hydrogen diffusion in liquid lithium from 500 ° C to 650 ° C" Journal of Nuclear Materials, Volume 346 (2005) 293-297		1			1
134	2005	1	M. Hagiwara, T. Itoga, N. Kawata, N. Hirabayashi, T. Oishi, T. Yamauchi, M. Baba, M. Sugimoto and T. Muroga "Measurement of neutron emission spectra in Li(d, xn) reaction with thick and thin targets for 40-MeV neutrons" Fusion Science and Technology, 48 (2005) 1320-1328.		1			1
135	2005	1	A. Suzuki, T. Muroga, T. Yoneoka, S. Tanaka, "Compatibility of compound oxides with liquid lithium for fusion reactor blanket application" Journal of Physics and Chemistry of Solids 66, 690-693 (2005).		1			1
136	2005		田中知、秋場真人、榎枝幹男、長谷川晃、小西哲之、室賀健夫、相良明男 ITERテストブランケット開発の現状、プラズマ・核融合学会誌 81巻、第6号 (2005) pp.343-350.		1		1	1
			トリチウム・安全関連					
137	2005	1	H. Yamanishi, "Design of a portable directional neutron source finder", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Vol.544.3 (June, 2005), p643-648.				1	
138	2005	1	H. Yamanishi, "Measurement Error of Radiation Monitoring by Means of an Electronic Dosimeter", Japanese Journal of Health Physics, Vol.40.4 (December, 2005), p372-375.				1	
139	2005	1	J. Wang, O. Fujiwara, T. Uda, "New approach to safety evaluation of human exposure to stochastically-varying electromagnetic fields", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol.47.4, (November, 2005), p.971-976.				1	1

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
140	2005	1	K. Nishimura, N. Ashikawa, S. Masuzaki, J. Miyazawa, A. Sagara, M. Goto, B. Peterson, A. Komori, N. Noda, K. Ida, O. Kaneko, K. Kawahata, T. Kobuchi, S. Kubo, S. Morita, M. Osakabe, S. Sakakibara, R. Sakamoto, K. Sato, T. Shimozuma, Y. Takeiri, K. Tanaka, O. Motojima, "Development of the plasma operational regime in the large helical device by the various wall conditioning methods", Journal of Nuclear Materials 337-339 (March, 2005), p.431-435.			1		
141	2005	1	M. Tanaka, Y. Asakura, T. Uda, K. Katahira, H. Iwahara, N. Tsuji, I. Yamamoto, "Studies on Hydrogen Extraction Characteristics of Proton-Conducting Ceramics and Their Applications to a Tritium Recovery System and a Tritium Monitor", Fusion Science and Technology, Vol.48.1 (July, 2005), p51-54.			1		
142	2005	1	T. Kawano, "Problems and Concerns in Radiation Safety Management Related with Decommissioning Tritium Facility", Japanese Journal of Radiation Safety Management, Vol.4.2 (March, 2005), p127-132.			1		
143	2005	1	T. Kawano, "Theoretical expressions for removing tritium from exhaust gas", Fusion Engineering and Design, Vol.73.2-4 (October, 2005), p127-134.			1		
144	2005	1	T. Kawano, N. Tsuboi, H. Tsujii, Y. Asakura, T. Uda, "Isotopic Separation Analysis of Infinitesimal Concentrations of Hydrogen Using Trace Reduction Detector", Fusion Science and Technology, Vol.48.1 (July, 2005), pp.39-44.			1		
145	2005	1	河野孝央, "トリチウム施設の廃止に伴う放射線管理上の留意点", 日本放射線安全管理学会誌 第4巻2号 (2005), pp.39-44.			1		
146	2005	1	T. Kawano, "Water Vapor Decomposition Reaction on A ZrNi Alloy", Fusion Engineering and Design, Vol.81 (2006), pp791-796.			1		
147	2005	1	T. Sugiyama, Y. Asakura, T. Uda, K. Kotoh, "Measurement of Breakthrough Curves on Pressure Swing Adsorption for Hydrogen Isotope Separation", Fusion Science and Technology, Vol.48.1, (July, 2005), p.163-			1		1
148	2005	1	T. Sugiyama, Y. Asakura, T. Uda, Y. Abe, T. Shiozaki, Y. Enokida, I. Yamamoto, "Hydrogen Isotope Separation by Combined Electrolysis Catalytic Exchange Under Reduced Pressure", Fusion Science and Technology, Vol.48.1, (July, 2005), p.132-135.			1		1
149	2005	1	T. Uda, T. Sugiyama, Y. Asakura, K. Munakata, M. Tanaka, "Development of High Performance Catalyst for Oxidation of Tritiated Hydrogen and Methane Gases", Fusion Science and Technology, Vol.48.1 (July, 2005), p480-483.			1		
150	2005	1	Y. Asakura, T. Sugiyama, T. Kawano, T. Uda, M. Tanaka, N. Tsuji, K. Katahira, H. Iwahara, "Application of New Technologies for Gaseous Tritium Recovery and Monitoring", Fusion Science and Technology, Vol.48.1 (July, 2005), p401-404.			1		
151	2005	1	Y. Ichimasa, E. Sasajima, H. Makihara, H. Tauchi, T. Uda, M. Ichimasa, "Uptake of Heavy Water and Loss by Tangerine in the Heavy Water Vapor Release Experiment in a Greenhouse as a Substitute for Tritiated Water", Fusion Science and Technology, Vol.48.1, (July, 2005), p.775-778.			1		1
152	2005	1	Y. Nobuta, Y. Yamauchi, Y. Hirohata, T. Hino, N. Ashikawa, K. Nishimura, A. Sagara, S. Masuzaki, T. Ozaki, N. Noda, A. Komori, O. Motojima, "Energy and fluence dependences of helium retention in stainless steel", Journal of Nuclear Materials, Vol.337-339 (March, 2005), p.932-936.			1		1
153	2005	1	Y. Ogata, Y. Sakuma, N. Ohtani, M. Kotaka, "Tritium Separation by Electrolysis Using Solid Polymer Electrolyte", Fusion Science and Technology, Vol.48.1, (July, 2005), p.136-139.			1		1
154	2005	1	Y. Oya, Y. Onishi, K. Okuno, T. Kawano, Y. Asakura, T. Uda, S. Tanaka, "Hydrogen Isotope Behavior in Type 316 Stainless Steel Sorbed by Various Methods", Fusion Science and Technology, 48, 1, (2005), July, p.597-600			1		1
155	2005	1	Y. Sakuma, T. Iida, T. Koganezawa, Y. Ogata, T. Aoyama, Y. Torikai, M. Ohta, M. Takami, "Development of a Low-Level Tritium Air Monitor", Fusion Science and Technology, Vol.48.1 (July, 2005), p397-400.			1		
			炉設計関連					

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
156	2005	1	A. Sagara, S. Imagawa, O. Mitarai, T. Dolan, T. Tanaka, Y. Kubota, K. Yamazaki, K.Y. Watanabe, N. Mizuguchi, T. Muroga, N. Noda, O. Kaneko, H. Yamada, N. Ohyabu, T. Uda, A. Komori, S. Sudo and O. Motojima; "Improved structure and long-life blanket concepts for heliotron reactors", Nuclear Fusion, 45 (2005) pp.258-263.	1	1		1	
157	2005	1	A. Sagara, T. Tanaka, T. Muroga; "Innovative Liquid Breeder Blanket Design Activities in Japan", Fusion Science and Technology, Vol.47 (2005) pp.524-529.		1		1	
158	2005	1	T. J. Dolan, K. Yamazaki, A. Sagara, "Helical Fusion Power Plant Economics Studies", Fusion Science and Technology, 47 (2005) pp.60-72.				1	1
159	2005		力石浩孝、今川信作、相良明男、「LHD型ヘリカル炉の概念設計と課題」、電気学会原子力研究会,NE-05,(2005),P19-23				1	
160	2005	1	H. Hashizume, S. Ito, S. Takami, A. Sagara; JOINT PERFORMANCE OF HTc SUPERCONDUCTOR FOR REMOUNTABLE MAGNET SYSTEM, Fusion Science and Technology, 47 (2005) pp.901-905.				1	1
161	2005	1	M. Okumura, K. Yuki, H. Hashizume, A. Sagara; EVALUATION OF FLOW STRUCTURE IN PACKED-BED TUBE BY VISUALIZATION EXPERIMENT, Fusion Science and Technology, 47 (2005) pp.1089-1093.		1		1	1
162	2005	1	Shin-ya Chiba, Masahiro Omae, Kazuhisa Yuki, Hidetoshi Hashizume, Saburo Toda, Akio Sagara; Experimental Research on Heat Transfer Enhancement for High Prandtl-Number Fluid, Fusion Science and Technology, 47, No.4 (2005) pp.569-573.		1		1	1
163	2005	1	S. Fukada, R. A. Anderl, A. Sagara, M. Nishikawa; Diffusion Coefficient of Tritium Through Molten Salt Flibe and Rate of Tritium Leak from Fusion Reactor System, Fusion Science and Technology, 48 (2005) pp.666-669.		1		1	1
			2006年度					
			超伝導マグネット関連					
164	2006	1	T. Mito, A. Kawagoe, H. Chikaraishi, R. Maekawa, K. Okumura, R. Abe, T. Baba, T. Hemmi, M. Iwakuma, M. Yokota, H. Ogawa, Y. Morita, K. Yamauchi, A. Kuge, and F. Sumiyoshi, "Validation of the High Performance Conduction-Cooled Prototype LTS Pulse Coil for UPS-SMES," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 16, 2006, pp. 608-611.	1				
165	2006	1	T. Mito, A. Sagara, S. Imagawa, S. Yamada, K. Takahata, N. Yanagi, H. Chikaraishi, R. Maekawa, A. Iwamoto, S. Hamaguchi, M. Sato, N. Noda, K. Yamauchi, A. Komori, and O. Motojima, "Applied superconductivity and cryogenic research activities in NIFS," Fusion Engineering and Design, vol. 81, Nov. 2006, pp. 2389-2400.	1				
166	2006	1	A. Nishimura, Y. Hishinuma, K. Seo, T. Tanaka, T. Muroga, S. Nishijima, K. Katagiri, T. Takeuchi, Y. Shindo, K. Ochiai, T. Nishitani and K. Okuno; "14 MeV Neutron Irradiation Effect on Superconducting Magnet Materials for Fusion Device", Advances in Cryogenic Engineering, Vol. 52 (2006) pp. 208-215.	1				
167	2006	1	A. Nishimura, Y. Hishinuma, K. Seo, T. Tanaka, T. Muroga, S. Nishijima, K. Katagiri, T. Takeuchi, Y. Shindo, K. Ochiai, T. Nishitani and K. Okuno; "Irradiation Effect of 14 MeV Neutron on Interlaminar Shear Strength of Glass Fiber Reinforced Plastics", Advances in Cryogenic Engineering, Vol. 52 (2006) pp. 241-248.	1				
168	2006	1	S. Imagawa, N. Yanagi, S. Hamaguchi, T. Mito, K. Takahata, H. Chikaraishi, H. Tamura, A. Iwamoto, S. Yamada, and O. Motojima, "Improvement in Cryogenic Stability of the Model Coil of the LHD Helical Coil by Lowering the Temperature," IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 16, No. 2 (June 2006) 755-	1				

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
169	2006	1	S. Imagawa, S. Hamaguchi, N. Yanagi, H. Sekiguchi, S. Moriuchi, T.Mito, A. Komori, O. Motojima, "Upgrading program for improving the cryogenic stability of LHD helical coils by lowering the operating temperature," Fusion Engineering and Design, 81 (2006) 2583-2588.	1				
170	2006	1	K. Takahata, S. Imagawa, N. Yanagi, H. Chikaraishi and T. Mito, "Influence of magnetic hysteresis on quench-voltage detection in large superconducting magnets", Fusion Engineering and Design, Vol. 81, Issues 20-22 (November 2006) 2571-2575.	1				
171	2006	1	S. Yamada, S. Morouchi, R. Maekawa, M. Noguchi, K. Kuramochi, et al; "Overall Characteristics of 9 kW Class Helium Refrigerator for Experimental Fusion Device", Journal of Physics Conference Series (Proc. of 7th European Conference on Applied Superconductivity), 43 (2006) pp.1063-1067.	1				
172	2006	1	N. Yanagi, K. Seo, S. Imagawa, H. Sekiguchi, K. Takahata, S. Yamada, T. Mito, T. Ishigohka, A. Ninomiya, "Pulse height analysis on the balance voltage and acoustic emission signals for the LHD superconducting coils", Fusion Engineering and Design, Vol.81, No.20-22 (2006) pp. 2561-2565.	1				
173	2006	1	H. Chikaraishi, S. Takami, T. Inoue, S. Imagawa, T. Ise; "Open-loop excitation and electrical parameter estimation of LHD superconducting coils", Fusion Engineering and Design, Vol.81 (2006) pp.2555-2559	1				
174	2006	1	H. Chikaraishi, S. Takami, T. Inoue, S. Sakakibara, T. Ise, T. Haga, H. Niwa;"DC Power System for Superconducting Coils of Fusion Plasma Test Facility LHD", IEEJ Transactions on Industry ApplicationsJ , Vol 126-D (2006 April) pp.459-467	1				
175	2006	1	R. Maekawa, Y.Matsubara, A.Kato, , "Characterization of a co-axial pulse tube cryocooler applied as a current lead," Advances in Cryogenic Engineering, vol. 51 (2006) pp.1711-1718,.	1				
176	2006	1	R.Maekawa, K.Oba, M.Nobutoki, T.Mito, "Dynamic simulation of a large scale cryogenic plant," Advances in Cryogenic Engineering, vol.51 (2006) pp.2002-2009,	1				
177	2006	1	H. Tamura, T. Mito, Y. Yamada, M. Watanabe, J. Ohkubo and R. Heller, "Bi2212 HTS Tubular Bulk with Conical Shape for Current Lead", Journal of Physics: Conference Series, 43, (2006), pp. 1035-1038.	1				
178	2006	1	A. Iwamoto, R. Maekawa, T. Mito, M. Okamoto, O. Motojima, M. Nakai, T. Norimatsu and K. Nagai; "Preliminary results on the cryogenic target for FIREX project", J. Phys. IV France 133 (2006), pp.899-901.	1				
179	2006	1	A. Iwamoto, R. Maekawa, T. Mito, M. Okamoto, O. Motojima, S. Sugito, K. Okada, M. Nakai, T. Norimatsu, K. Nagai; "Cool-down performance of the apparatus for the cryogenic target of the FIREX project," Fusion Engineering and Design 81(2006), pp.1647-52.	1				
180	2006	1	A. Iwamoto, R. Maekawa, T. Mito; "Steady state heat transfer of an oxidized copper surface in subcooled liquid helium," Fusion Engineering and Design 81(2006), pp.2611-15.	1				
181	2006	1	S. Hamaguchi, R. Maekawa, T. Okamura and B. Baudouy, "Experimental and numerical studies on thermal hydraulic characteristics of He II through porous media," Advances in Cryogenic Engineering, 51A (2006) pp. 105-112.	1				
182	2006	1	S. Hamaguchi, S. Imagawa, N. Yanagi, K. Takahata, R. Maekawa, T. Mito, "Performance of cold compressors in a cooling system of an R&D superconducting coil cooled with subcooled helium," Fusion Engineering and Design, Vol. 81, Issues 23-24 (2006) pp. 2617-2621.	1				
183	2006	1	Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima. Y. Yoshida, T. Takeuchi, A. Nishimura and K. Inoue, "Research and Development of Low activation superconducting materials based on the requirement for an advanced fusion reactor application", Fusion Engineering and Design, Vol.81, (2006), p.975-p.980.	1				

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
184	2006	1	Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi, A. Nishimura and K. Inoue, "Microstructure and superconducting properties of V-based Laves phase compound multifilamentary wires synthesized by a Rapidly-Heating and Quenching process to Hf-Zr/V composite", Advances in Cryogenic Engineering, Vol.52, (2006), p.607-p.614.	1				
185	2006	1	Y. Hishinuma, K. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi, A. Nishimura and K. Inoue, "Annealing effect on microstructure and superconducting properties of the V-based Laves phase superconducting wire synthesized by a RHQ process", IEEE Trans. Appl. Superconductivity, Vol.16, (2006), p.1196-p.1199.	1				
186	2006	1	Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi and A. Nishimura; "Microstructure and superconductivity of Cu addition MgB2 wires using Mg2Cu compound as additional source material", Superconductor Science and Technology, Vol.19, (2006), p.1269-p.1273.	1				
187	2006	1	Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi and A. Nishimura, "Fabrication of MgB2 superconducting wires as low activation superconducting materials for an advanced fusion reactor application", Fusion Engineering and Design, Vol.81, (2006), p.2467-p.2470.	1				
188	2006	1	K. Seo, Y. Hishinuma, A. Nishimura, G. Nishijima, K. Watanabe, K. Nakamura, T. Takao, K. Katagiri, "Comparison of avalanche-like quenches between NbTi and Nb ₃ Sn cables", Fusion Engineering and Design, Vol.81, (2006), p.2497-p.2502.	1				
189	2006	1	T. Muto, S. Masuzaki, R. Kumazawa, T. Seki, K. Saito, Y. Nakamura, S. Kubo, Y. Takeiri, T. Shimozuma, Y. Yoshimura, H. Igami, K. Ohkubo, T. Watanabe, H. Ogawa, J. Miyazawa, M. Shoji, N. Ashikawa, K. Nishimura, M. Sakamoto, M. Osakabe, K. Tsumori, K. Ikeda, H. Chikaraishi, H. Funaba, S. Morita, M. Goto, T. Tokuzawa, N. Takeuchi, F. Shimpo, G. Nomura, C. Takahashi, M. Yokota, Y. Zhao, J. Kwak, H. Yamada, K. Kawahata, N. Ohyabu, O. Kaneko, K. Ida, Y. Nagayama, N. Noda, A. Komori, S. Sudo, O. Motojima, "Thirty-minute plasma sustainment by real-time magnetic-axis swing for effective divertor-load-dispersion in the Large Helical Device", Physics of Plasmas, 13, , p.056118-1 -8	1				
190	2006	1	T. Seki, T. Muto, R. Kumazawa, K. Saito, Y. Nakamura, M. Sakamoto, T. Watanabe, S. Kubo, T. Shimozuma, Y. Yoshimura, H. Igami, K. Ohkubo, Y. Takeiri, Y. Oka, K. Tsumori, M. Osakabe, K. Ikeda, K. Nagaoka, O. Kaneko, J. Miyazawa, S. Morita, K. Narihara, M. Shoji, S. Masuzaki, M. Goto, T. Morisaki, B. Peterson, K. Sato, T. Tokuzawa, N. Ashikawa, K. Nishimura, H. Funaba, H. Chikaraishi, N. Takeuchi, T. Notake, H. Ogawa, Y. Torii, F. Shimpo, G. Nomura, M. Yokota, C. Takahashi, A. Kato, Y. Takase, H. Kasahara, M. Ichimura, H. Higaki, Y. Zhao, J. Kwak, H. Yamada, K. Kawahata, N. Ohyabu, K. Ida, Y. Nagayama, N. Noda, T. Watari, A. Komori, S. Sudo, O. Motojima, "Study of Long-Pulse Plasma Experiment Using ICRF Heating in LHD", Fusion Science and Technology, 50, 2, p.186-191	1				
191	2006	1	R. Kumazawa, T. Muto, K. Saito, T. Seki, Y. Nakamura, S. Kubo, T. Shimozuma, Y. Yoshimura, H. Igami, K. Ohkubo, Y. Takeiri, Y. Oka, K. Tsumori, M. Osakabe, K. Ikeda, K. Nagaoka, O. Kaneko, J. Miyazawa, S. Morita, K. Narihara, M. Shoji, S. Masuzaki, M. Kobayashi, H. Ogawa, M. Goto, T. Morisaki, B. Peterson, K. Sato, T. Tokuzawa, N. Ashikawa, K. Nishimura, H. Funaba, H. Chikaraishi, T. Watari, T. Watanabe, M. Sakamoto, M. Ichimura, Y. Takase, T. Notake, N. Takeuchi, Y. Torii, F. Shimpo, G. Nomura, C. Takahashi, M. Yokota, A. Kato, Y. Zhao, J. Kwak, J. Yoon, H. Yamada, K. Kawahata, N. Ohyabu, K. Ida, Y. Nagayama, N. Noda, A. Komori, S. Sudo, O. Motojima, "Long-pulse plasma discharge on the Large Helical Device", Nuclear Fusion, 46, 3, p.S13-S21,	1				

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
192	2006	1	R. Kumazawa, T. Seki, T. Muto, K. Saito, T. Watari, Y. Nakamura, M. Sakamoto, T. Watanabe, S. Kubo, T. Shimozuma, Y. Yoshimura, H. Igami, Y. Takeiri, Y. Oka, K. Tsumori, M. Osakabe, K. Ikeda, K. Nagaoka, O. Kaneko, J. Miyazawa, S. Morita, K. Narihara, M. Shoji, S. Masuzaki, M. Goto, T. Morisaki, B. Peterson, K. Sato, T. Tokuzawa, N. Ashikawa, K. Nishimura, H. Funaba, H. Chikaraishi, T. Notake, Y. Torii, H. Okada, M. Ichimura, H. Higaki, Y. Takase, H. Kasahara, F. Shimpo, G. Nomura, C. Takahashi, M. Yokota, A. Kato, Y. Zhao, J. Yoon, J. Kwak, H. Yamada, K. Kawahata, N. Ohyabu, K. Ida, Y. Nagayama, N. Noda, A. Komori, S. Sudo, O. Motojima, , "ICRF Heated Long-Pulse Plasma Discharges in LHD", Plasma Science and Technology, 8, 1, p.28-32	1				
193	2006	1	Y. Nakamura, S. Masuzaki, T. Morisaki, H. Ogawa, T. Watanabe, Y. Kubota, R. Sakamoto, N. Ashikawa, K. Sato, H. Chikaraishi, K. Saito, T. Seki, R. Kumazawa, T. Muto, S. Kubo, Y. Takeiri, B. Peterson, A. Komori, O. Motojima, , "Impact of real-time magnetic axis sweeping on steady state divertor operation in LHD", Nuclear Fusion, 46, 7, p.714-724,	1				
194	2006	1	S. Yoshizawa, S. Hirano, Y. Oya-Seimiya, Y. Hishinuma and A. Nishimura, "Superconducting and Mechanical Property of Bi-2223/Ag alloy Wire Composite Bulk", Advances in Cryogenic Engineering, Vol.52, (2006), p.834-p.839	1				1
195	2006	1	S. Yoshizawa, M. Sakamoto, Y. Hishinuma, A. Nishimura, S. Yamazaki and S. Kojima, "Preparation of Cylindrical Bi-2223 sintered bulk composed with nickel meshes for current lead", Journal of Physics, conf. ser, Vol.43, (2006), p. 1027-p.1030.	1				1
196	2006	1	M. Sakamoto, S. Yoshizawa, Y. Hishinuma, A. Nishimura, S. Yamazaki and S. Kojima, "Large-sized cylinder of Bi-2223/Ni meshes composite bulk for current lead", Physica C, Vol.445-448, (2006), p.451-p.454.	1				1
197	2006	1	K. Kizu, K. Tsuchiya, K. Shimada, N. Koizumi, M. Matsukawa, K. Okuno, H. Tamai, T. Ando, Y. Hishinuma, A. Nishimura, K. Seo, K. Takahata, S. Yamada, Y. Miura, "Effects of tensile and compressive strain on critical currents of Nb ₃ Al strand and cable-in-conduit conductor", IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.16, (2006), p.872-p.875.	1				1
198	2006	1	A. Kawagoe, H. Yamamuro, F. Sumiyoshi, T. Mito, H. Chikaraishi, T. Baba, M. Yokota, Y. Morita, H. Ogawa, T. Hemmi, K. Okumura, R. Abe, M. Iwakuma, , "Heat Transfer Properties of a Conduction Cooled Prototype LTS Pulse Coil for UPS-SMES", IEEE Transactions on Applied Superconductivity", 16, 2, p.624-627,	1				1
199	2006	1	A. Kawagoe, H. Yamamuro, F. Sumiyoshi, T. Mito, H. Chikaraishi, T. Hemmi, T. Baba, M. Yokota, Y. Morita, H. Ogawa, R. Abe, K. Okumura, and M. Iwakuma, "Optimization of a conduction-cooled LTS pulse coil," Fusion Engineering and Design, vol. 81, Nov. 2006, pp. 2457-2462.	1				1
200	2006	1	G. Bansal, K. Seo, N. Yanagi, T. Hemmi, K. Takahata, T. Mito, B. Sarkar, Y. Saxena, "Stability measurements with non-uniform current distribution in NbTi cable-in-conduit conductor for SST-1", Fusion Engineering and Design, Vol.81, No.20-22 (2006) pp. 2491-2495.	1				1
201	2006	1	G. Bansal, N. Yanagi, T. Hemmi, K. Takahata, T. Mito, "Stability measurements of LTS/HTS hybrid superconductors", Fusion Engineering and Design, Vol.81, No.20-22 (2006) pp. 2485-2489.	1				1
202	2006	1	T. Hemmi, N. Yanagi, G. Bansal, K. Seo, K. Takahata, T. Mito, "Electromagnetic behavior of HTS coils in persistent current operations", Fusion Engineering and Design, Vol.81, No.20-22 (2006) pp. 2463-2466.	1				1
203	2006	1	J. Ohkubo, Y. Yamada, K. Tachikawa, H. Tamura, and T. Mito, "Bi2212 HTS bulk tubes prepared by the diffusion process for current lead application," Fusion Engineering and Design, vol. 81, Nov. 2006, pp. 2449-2455.	1				1

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
204	2006	1	K. Hamamura, K. Yamazaki, H. Chikaraishi, S. Sakakibara, N. Yanagi, T. Shoji, T. Watari, , "A new method for measuring plasma energy using superconducting helical coils", Fusion Engineering and Design, 81, 23-24, p.2827-2830	1				1
205	2006	1	K. Katagiri, A. NYILAS, T. Sato, Y. Hatakeyama, T. Hokari, H. Teshima, A. Iwamoto, T. Mito; "Temperature dependence of the mechanical properties of melt-processed DyBaCuO bulk superconductors evaluated by three point bending tests", Superconductor Science and Technology 19 (2006), S545-S549.	1				1
206	2006	1	N. Kawawada, S. Noguchi, H. Igarashi, A. Ishiyama, N. Yanagi, S. Imagawa, "Transient stability analysis taking into account Hall effect for large aluminum stabilized superconductor", IEEE Trans. Appl. Supercond. Vol. 16, No.2, (2006) pp. 1717-1720.	1				1
207	2006	1	M. Hara, Y. Maeda, Y. Nakagawa, J. Sehiro, S. Yamada: "DC Breakdown Voltage Characteristics of Saturated Liquid Helium in the presence of metallic particles", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 3, No. 3 (2006) pp.470-476.	1				1
208	2006	1	M. Ohya, Y. Shirai, M. Shiotsu, and S. Imagawa, "Effect of Surface Oxidation on Stability of LHD Conductor Immersed in Pressurized Helium", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 16, No. 2 (June 2006) 739-742.	1				1
209	2006	1	A. Minoda, M. Nagao, T. Ishizuka, Y. Murakami, N. Hozumi, S. Yamada: "Flashover characteristics along spacer at cryogenic temperature influenced by minute gaps between spacer and electrode", Fusion Engineering Design, Vol.81,(November 2006) pp.2577-2582	1				1
210	2006	1	N. Noguchi, S. Yamada, S. Moriuchi, K. Kuramochi, T. Kishi, T. Mito; "Power Saving of Large-Scaled Helium Compressor for Fusion Device", Journal of Physics Conference Series (Proc. of 7th European Conference on Applied Superconductivity), 43 (2006) pp.1072-1075.	1				1
211	2006	1	S. Nomura, H. Tsutsui, S. Tsuji-Iio, H. Chikaraishi, R. Shimada, "Feasibility study on high field magnets using stress-minimized helical coils", Fusion Engineering and Design, 81, 20-22, p.2535-2539,	1				1
212	2006	1	S. Yoshizawa, S. Hirano, Y. Oya-Seimiya, Y. Hishinuma, and, A. Nishimura; "Superconducting and Mechanical Properties of Bi-2223/Metal Alloy Wires Composite Bulk", Advances in Cryogenic Engineering, Vol. 52 (2006) pp. 834-839.	1				1
213	2006	1	T. Ishigohka, T. Mito, S. Imagawa, N. Yanagi, H. Sekiguchi, and S. Yamada, "Protection of LHD coils by intelligent observation of voltage signals," Fusion Engineering and Design, vol. 81, Nov. 2006, pp. 2567-2570.	1				1
214	2006	1	T. Norimatsu, T. Johzaki, H. Azechi, K. Mima, Y. Nakao, H. Sakagami, H. Shiraga, R. Kodama, H. Nagatomo, T. Endo, A. Iwamoto, H. Yoshida, M. Nakai; "Conceptual design of laser fusion reactor KOYO-fast -- Target design and the fueling system", J. Phys. IV France 133 (2006), pp.841-843.	1				1
215	2006	1	T. Takeuchi, A. Kikuchi, N. Banno, Y. Iijima, M. Kosuge, T. Kiyoshi, K. Tagawa, G. Iwaki, Y. Hishinuma, A. Nishimura, N. Koizumi, K. Okuno; "RHQT JR Nb3Al Conductors Developed for Nuclear Fusion Devices", Fusion Engineering and Design, Vol. 81 (2006) pp. 2443-2448.	1				1
216	2006	1	T.Norimatsu, T. Endo, H. Yoshida, A. Iwamoto; "Special Topic Article: Conceptual Design of the Fast Ignition Laser Fusion Power Plant (KOYO-Fast) 4. Design of Target Fabrication and Injection System", プラズマ・核融合学会誌(Journal of Plasma and Fusion Research) 82 (2006), pp.829-835.	1				1
217	2006	1	S. Takács, N. Yanagi, "Change of the induced magnetic field and time constant along twisted superconducting cables with finite length", Fusion Engineering and Design, Vol.81, No.20-22 (2006) pp. 2515-2519.	1				1
218	2006	1	Y. Ogawa, J. Morikawa, T. Mito, N. Yanagi, and M. Iwakuma, "Application of high-temperature superconducting coil for internal ring devices," Fusion Engineering and Design, vol. 81, Nov. 2006, pp. 2361-2369.	1				1

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
219	2006	1	Y. Yamada, M. Watanabe, J. Ohkubo, K. Tachikawa, H. Tamura, A. Iwamoto, T. Mito, "Bi2212 HTS Conical Tubes Prepared by the Diffusion Process for Current Lead Application" IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 16, No. 2, (2006) pp. 461-464.	1				1
220	2006		小川雄一, 三戸利行, 柳 長門, 解説「実験室で使える新しい高温超伝導技術」, プラズマ・核融合学会誌, Vol.82 (2006) pp. 807-816.	1				1
			材料・ブランケット関連					
221	2006	1	H. Li, A. Nishimura, T. Nagasaka and T. Muroga; "Stress-strain behavior on tensile and low cycle fatigue tests of JLF-1 steel at elevated temperature in vacuum", Fusion Engineering and Design, Vol. 81 (2006) pp. 2907-2912.		1			1
222	2006	1	Z. Yao, A. Suzuki, T. Muroga, Olga Yeliseyeva and T. Nagasaka "The in situ growth of Er ₂ O ₃ coatings on V-4Cr-4Ti in liquid lithium" Fusion Engineering and Design, 81(2006) 951-956		1			
223	2006	1	T. Tanaka, R. Nagayasu, F. Sato, T. Muroga, T. Ikeda and T. Iida "Comparison of electrical properties of ceramic insulators under gamma ray and ion irradiation" Fusion Engineering and Design, 81(2006) 1027-1031		1			
224	2006	1	Yuko Hirohata, T. Yamada, Y. Yamauchi, T. Hino, T. Nagasaka and T. Muroga "Helium thermal desorption and retention properties of V-4Cr-4Ti alloy used for first wall of breeding blanket" Fusion Engineering and Design, 81 (2006) 193-198		1			1
225	2006	1	Huailin Li, Arata Nishimura, Zaixin Li, Takuya Nagasaka and Takeo Muroga "Low cycle fatigue behavior of JLF-1 steel at elevated temperatures" Fusion Engineering and Design, 81,(2006) 241-245		1			
226	2006	1	T. Nagasaka, T. Muroga, M. Li, D. T. Hoelzer, S. J. Zinkle, M. L. Grossbeck and H. Matsui "Tensile property of low activation vanadium alloy after liquid lithium exposure" Fusion Engineering and Design, 81 (2006) 307-313		1			
227	2006	1	T. Muroga, T. Tanaka and A. Sagara "Blanket neutronics of Li/vanadium-alloy and Flibe/vanadium-alloy systems for FFHR" Fusion Engineering and Design, 81, (2006) 1203-1209.		1		1	
228	2006	1	M. Kinoshita, S. Fukada, N. Yamashita, T. Muroga and M. Nishikawa "Experimental study of tritium recovery from liquid lithium by yttrium" Fusion Engineering and Design, 81 (2006) 567-571		1			1
229	2006	1	H. Kondo, A. Fujisato, N. Yamaoka, S. Inoue, S. Miyamoto, T. Iida, H. Nakamura, M. Ida, I. Matushita, T. Muroga and H. Horiike "Experimental study of lithium free-surface flow for IFMIF target design" Fusion Engineering and Design, 81(2006) 687-693		1			1
230	2006	1	Y. Hirohata, T. Yamada, Y. Yamauchi, T. Hino, T. Nagasaka and T. Muroga "Deuterium and helium retentions of V-4Cr-4Ti alloy used as first wall of breeding blanket in a fusion reactor" Journal of Nuclear Materials, 348 (2006) 33-39		1			1
231	2006	1	Takuya Nagasaka, Takeo Muroga, Ken-ichi Fukumoto, Hideo Watanabe, Martin L. Grossbeck and Jiming Chen "Development of fabrication technology for low activation vanadium alloys as fusion blanket structural materials" Nucl. Fusion 46 No 5 (May 2006) 618-625		1			
232	2006	1	T. Tanaka, A. Sagara, T. Muroga and M.Z. Youssef "Development of three-dimensional neutronics calculation system for design studies on helical reactor FFHR" Fusion Engineering and Design, Volume 81, Issues 23-24, November 2006, Pages 2761-2766		1		1	1
233	2006	1	Zhenyu Yao, Akihiro Suzuki, Takeo Muroga and Takuya Nagasaka "Structural stability and self-healing capability of Er ₂ O ₃ in situ coating on V-4Cr-4Ti in liquid lithium" Fusion Engineering and Design, Volume 81, Issues 23-24, November 2006, Pages 2887-2892		1			

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
234	2006	1	Zaixin Li, T. Tanaka, T. Muroga, S. Sato and T. Nishitani "Activation experiment with D - T neutrons on materials relevant to liquid blankets" Fusion Engineering and Design, Volume 81, Issues 23-24, November 2006, Pages 2893-2897		1		1	
235	2006	1	J.M. Chen, T. Muroga, T. Nagasaka, S.Y. Qiu, C. Li, Y. Chen, B. Liang and Z.Y. Xu "The mechanical properties of V-4Cr-4Ti in various thermo-mechanical states" Fusion Engineering and Design, 81, 2006, 2899-2905		1			1
236	2006	1	Huailin Li, A. Nishimura, T. Nagasaka and T. Muroga "Stress-strain behavior on tensile and low cycle fatigue tests of JLF-1 steel at elevated temperature in vacuum" Fusion Engineering and Design, Volume 81, Issues 23-24, November 2006, Pages 2907-2912		1			1
237	2006	1	D. Kato, H. Suno, T. Kato, M. Kimura and T. Tanabe, "Single electron capture by backscattered protons from high melting temperature metals" J. Plasma Fusion Res. SERIES 7 (2006) pp. 183-186.					
238	2006	1	H. Suno, D. Kato, T. Kato and M. Kimura, "Resonance States of Hydrogen Atoms near Metal Surfaces" J. Plasma Fusion Res. SERIES 7 (2006) pp. 187-189.		1			1
			トリチウム・安全関連					
239	2006	1	H. Yamanishi, "Correlation between Neutron Component and Ionizing Component of Cosmic Ray Dose in Concrete Buildings", Radioisotopes, Vol.55.7 (July, 2006), p385-389.				1	
240	2006	1	M. Tanaka, Y. Asakura, T. Uda, K. Katahira, N. Tsuji, H. Iwahara, "Hydrogen enrichment by means of electrochemical hydrogen pump using proton-conducting ceramics for a tritium stack monitor", Fusion Engineering and Design, Vol.81.8-14 (February, 2006), p1371-1377.				1	
241	2006	1	N. Ashikawa, K. Kizu, J. Yagyu, T. Nakahata, Y. Nobuta, K. Nishimura, A. Yoshikawa, Y. Ishimoto, Y. Oya, K. Okuno, N. Miya, T. Hino, S. Masuzaki, A. Sagara, N. Ohyabu, "Comparison of boronized wall in LHD and JT-60U", Journal of Nuclear Materials, Vol.363-365 (2006), p.1352-1357.				1	
242	2006	1	N. Ashikawa, S. Masuzaki, K. Nishimura, T. Seki, K. Saito, R. Kumazawa, T. Muto, A. Sagara, N. Ohyabu, J. Hu, Y. Zhao, "Ion cyclotron conditioning with strong magnetic field in LHD", Fusion Engineering and Design, Vol.81.23-24 (November, 2006), p.2831-2836.				1	
243	2006	1	T. Hino, Y. Hashiba, Y. Yamauchi, Y. Hirohata, K. Nishimura, N. Ashikawa, S. Masuzaki, A. Sagara, N. Noda, N. Ohyabu, A. Komori, O. Motojima, "Deuterium retention and desorption behavior of boron/titanium as first wall material of fusion experimental device", Fusion Engineering and Design, Vol.81.1-7 (February, 2006),				1	1
244	2006	1	T. Hino, Y. Yamauchi, Y. Hirohata, K. Nishimura, N. Ashikawa, S. Masuzaki, A. Sagara, N. Noda, N. Ohyabu, A. Komori, O. Motojima, "Deuterium retention and desorption behavior of boron/titanium as first wall material of fusion experimental device", Fusion Engineering and Design, Vol.81.1-7 (February, 2006), p.127-131.				1	1
245	2006	1	T. Kawano, "Potassium Chloride Radiation Sources Fabricated by Compressing and Forming Method", Japanese Journal of Radiation Safety Management, Vol.5.1 (December, 2006), p5-11.				1	
246	2006	1	T. Kawano, "Water vapor decomposition reaction on ZrNi alloy", Fusion Engineering and Design, Vol.81.1-7 (February, 2006), p791-796.				1	
247	2006	1	T. Sugiyama, Y. Asakura, T. Uda, T. Shiozaki, Y. Enokida, I. Yamamoto, "Present status of hydrogen isotope separation by CECE process at the NIFS", Fusion Engineering and Design, Vol.81.1-7, (February, 2006), p.833-838.				1	1
248	2006	1	T. Uda, T. Sugiyama, M. Tanaka, K. Munakata, N. Momoshima, "Developments of gaseous water, hydrogen and methane sampling system for environmental tritium monitoring", Fusion Engineering and Design, Vol.81.8-14 (February, 2006), p1385-1390.				1	

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
249	2006	1	Y. Nobuta, N. Ashikawa, T. Hino, Y. Yamauchi, Y. Hirohata, K. Nishimura, A. Sagara, S. Masuzaki, N. Noda, N. Ohyabu, A. Komori, O. Motojima, "Material probe analysis of boronized wall in LHD", Fusion Engineering and Design, Vol.81.1-7 (February, 2006), p.187-192.			1		1
			炉設計関連					
250	2006	1	T. Goto, and Y. Ogawa, "Optimization of Plasma Performance for a Helical Fusion Reactor", Fusion Eng.Des., Vol. 81, Issues 8-14, (2006) pp.1251-1255.				1	
251	2006	1	T. Goto, Y. Ogawa, Y. Asaoka, R. Hiwatari and K. Okano, "Development of a System Code for an ICF Reactor and Investigation of a Design Regime for a Dry Wall Chamber Concept", Fusion Eng. Des., Vol.81, Issues 23-24, (2006) pp.2785-2790.				1	
252	2006	1	N. Mizuguchi, Y. Tamura, S. Imagawa, A. Sagara and T. Hayashi, "Development of reactor design aid tool using virtual reality technology", Fusion Engineering and Design, Vol. 81, Issues 23-24 (November 2006) 2755-2759.				1	
253	2006	1	S. Satake, T. Kunugi, N. Naito, A. Sagara; Direct numerical simulation of MHD flow with electrically conducting wall, Fusion Engineering and Design 81 (2006) 367-374.		1		1	1
254	2006	1	Mikio Enoeda, Masato Akiba, Satoru Tanaka, Akihiko Shimizu, Akira Hasegawa, Satoshi Konishi, Akihiko Kimura, Akira Kohyama, Akio Sagara, Takeo Muroga; Overview of design and R&D of test blankets in Japan, Fusion Engineering and Design 81 (2006) 415-424.		1		1	1
255	2006	1	Satoshi Fukada, Akio Morisaki, Akio Sagara, Takayuki Terai; Control of tritium in FFHR-2 self-cooled Flibe blanket, Fusion Engineering and Design 81 (2006) 477-483.		1		1	1
256	2006	1	Shin-Ya Chiba, Kazuhisa Yuki, Hidetoshi Hashizume, Saburo Toda, Akio Sagara; Numerical research on heat transfer enhancement for high Prandtl-number fluid, Fusion Engineering and Design 81 (2006) 513-517.		1		1	1
257	2006	1	A. Kimura, R. Kasada, A. Kohyama, S. Konishi, M. Enoeda, M. Akiba, S. Jitsukawa, S. Ukai, T. Terai, A. Sagara; Ferritic steel-blanket systems integration R&D-Compatibility assessment, Fusion Engineering and Design 81		1		1	1
258	2006	1	A. Sagara, S. Imagawa, T. Tanaka, T. Muroga, Y. Kubota, T. Dolan, H. Hashizume, T. Kunugi, S. Fukada, A. Shimizu, T. Terai, O. Mitarai; Carbon tiles as spectral-shifter for long-life liquid blanket in LHD-type reactor FFHR, Fusion Engineering and Design 81 (2006) 1299-1304.				1	
259	2006	1	O. Motojima, S. Sakakibara, S. Imagawa, A. Sagara, T. Seki, T. Mutoh, T. Morisaki, A. Komori, N. Ohyabu, H. Yamada, LHD Experimental Group; Progress of plasma experiments and superconducting technology in LHD, Fusion Engineering and Design 81 (2006) 2277-2286.	1			1	
260	2006	1	A. Sagara, O. Mitarai, S. Imagawa, T. Morisaki, T. Tanaka, N. Mizuguchi, T. Dolan, J. Miyazawa, K. Takahata, H. Chikaraishi, S. Yamada, K. Seo, R. Sakamoto, S. Masuzaki, T. Muroga, H. Yamada, S. Fukada, H. Hashizume, K. Yamazaki, T. Mito, O. Kaneko, T. Mutoh, N. Ohyabu, N. Noda, A. Komori, S. Sudo, O. Motojima, FFHR design group; Conceptual design activities and key issues on LHD-type reactor FFHR, Fusion Engineering and Design 81 (2006) 2703-2712.				1	
261	2006	1	A.A. Shishkin, A.Yu. Antufyev, O. Motojima, A. Sagara; Removal of cold alpha particles from helical device for fusion, Fusion Engineering and Design 81 (2006) 2737-2742.				1	1

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
262	2006	1	T. Morisaki, S. Imagawa, A. Sagara, O. Motojima: <i>Numerical study of magnetic field configuration for FFHR from a viewpoint of divertor and edge field structure</i> , Fusion Engineering and Design 81 (2006) 2749-2754.				1	
2007年度								
超伝導マグネット関連								
263	2007	1	T. Mito, A. Kawagoe, H. Chikaraishi, R. Maekawa, T. Hemmi, K. Okumura, R. Abe, T. Baba, H. Ogawa, M. Yokota, Y. Morita, K. Yamauchi, M. Iwakuma, A. Kuge, A. Nakamura, and F. Sumiyoshi, "Development of 1 MJ Conduction-Cooled LTS Pulse Coil for UPS-SMES," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 17, 2007, pp. 1973-1976.	1				
264	2007	1	A. Nishimura, S. Nishijima, T. Takeuchi, T. Nishitani; "Change in Properties of Superconducting Magnet Materials by Fusion Neutron Irradiation", Fusion Engineering and Design, Vol. 82, (2007) pp. 1555-1560.	1				
265	2007	1	S. Imagawa, N. Yanagi, S. Hamaguchi, T. Mito, K. Takahata, H. Tamura, S. Yamada, R. Maekawa, A. Iwamoto, H. Chikaraishi, S. Moriuchi, H. Sekiguchi, K. Ooba, M. Shiotsu, T. Okamura, A. Komori, O. Motojima, "Achievement of High Availability in Long-term Operation and Upgrading Plan of the LHD Superconducting System," Nuclear Fusion, Vol. 47 (2007) 353-360.	1				
266	2007	1	K. Takahata, T. Mito, H. Tamura, S. Imagawa, A. Sagara, "Conceptual design of an indirect-cooled superconducting magnet for the LHD-type fusion reactor FFHR", Fusion Engineering and Design, Volume 82, Issues 5-14, October 2007, Pages 1487-1492.	1			1	
267	2007	1	N. Yanagi, G. Bansal, T. Hemmi, K. Takahata, T. Mito, "Cryogenic Stability of LTS/HTS Hybrid Superconductors", IEEE Trans. Appl. Supercond. Vol.17, No.2, (2007) pp. 2486-2489.	1				
268	2007		H. Chikaraishi, T. Mito, T. Baba, F. Sumiyoshi, A. Kawagoe, M. Iwakuma, T. Hemmi, K. Okumura, A. Kuge, R. Abe, K. Hayashi; "Study of SMES system using dry type superconducting coil designed to protect from momentary voltage drop", European Conference on Power Electronics and Applications 2007, (2007)	1				
269	2007	1	R.Maekawa, Y.Matsubara, S.Takami, A.Kato, "Development of a two-stage GM type pulse tube refrigerator for the current lead system", ICEC21, (2007) pp.537-514	1				
270	2007	1	A. Iwamoto, K. Nagai, M. Nakai, F. Ito, T. Fujimura, R. Maekawa, T. Mito, T. Norimatsu, M. Okamoto, O. Motojima, H. Azechi, and K. Mima; "Development of the Foam Cryogenic Target for the FIREX Project", Proc. of the 21st IAEA Fusion Energy Conference 2007, IF/P5-1.	1				
271	2007	1	A. Iwamoto, R. Maekawa, T. Mito, H. Sakagami, O. Motojima, M. Nakai, K. Nagai, T. Fujimura, T. Norimatsu, H. Azechi, K. Mima; "Preliminary Results of Fuel Layering on the Cryogenic Target for the FIREX Project," Fusion Science and Technology 51(2007), pp.753-757.	1				
272	2007	1	S. Hamaguchi, B. Baudouy, "Numerical Study on Transient Heat and Mass Flow of He II Through Porous Media," Proceedings of the Multiconference CryoPrague 2006, Vol. 1 (2007) pp. 409-412.	1				
273	2007	1	Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, T. Takeuchi and A. Nishimura, "A new wire fabrication processing using high Ga content Cu-Ga compound in V3Ga compound superconducting wire", Journal of the Japan Institute of Metals, Vol.71, (2007), p.959-p.966.	1				
274	2007	1	Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi and A. Nishimura, "Fabrication and superconducting properties of PIT-V3Ga mono-cored wires using high Ga content Cu-Ga compound powders", Superconductor Science and Technology, Vol.20, (2007), p.569-p.573.	1				

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
275	2007	1	Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, Y. Yoshida, T. Takeuchi and A. Nishimura, "Superconducting properties of Mg ₂ Cu-doped MgB ₂ wires with several metal sheath for fusion reactor application", IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.17, (2007), p.2798-p.2801.	1				
276	2007	1	Y. Hishinuma, A. Kikuchi and T. Takeuchi, "Superconducting properties and microstructure of MgB ₂ wires synthesized with a low-temperature diffusion process", Superconductor Science and Technology, Vol.20, (2007), p.1178-p.1183.	1				
277	2007	1	K. Seo, A. Nishimura, Y. Hishinuma, K. Nakamura, T. Takao, G. Nishijima, K. Watanabe and K. Katagiri, "Critical current of mechanically loaded Nb ₃ Sn superconducting multi-strand cable", IEEE. Transaction on Applied Superconductivity, Vol.17, (2007), p.1390-p.1393.	1				
278	2007	1	K. Seo, G. Bansal, N. Yanagi, T. Hemmi, K. Takahata, T. Mito, B. Sarkar, and Y.C. Saxena, "Design and fabrication of a superconducting conductor sample to evaluate instabilities due to artificial non-uniform current distribution," Cryogenics, vol. 47, 2007, pp. 490-496.	1				
279	2007	1	K. Seo, G. Bansal, N. Yanagi, T. Hemmi, K. Takahata, T. Mito, N. Sarkar, and Y. Saxena, "Ramp Rate Limitation of NbTi Cable-in-Conduit Conductor With Artificially Introduced Non-Uniform Current Distribution," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 17, 2007, pp. 2434-2437.	1				
280	2007	1	K. Seo, T. Mito, S. Kawabata, T. Ichihara, and M. Hasegawa, "Electromagnetic behavior of lap-joints for fusion magnet system," Cryogenics, vol. 47, Jan. 2007, pp. 25-30.	1				
281	2007	1	O. Motojima, H. Yamada, A. Komori, N. Ohyabu, T. Mutoh, O. Kaneko, K. Kawahata, T. Mito, K. Ida, S. Imagawa, Y. Nagayama, T. Shimozuma, K. Watanabe, S. Masuzaki, J. Miyazawa, T. Morisaki, S. Morita, S. Ohdachi, N. Ohno, K. Saito, S. Sakakibara, Y. Takeiri, N. Tamura, K. Toi, M. Tokitani, M. Yokoyama, M. Yoshinuma, K. Ikeda, A. Isayama, K. Ishii, S. Kubo, S. Murakami, K. Nagasaki, T. Seki, K. Takahata, H. Takenaga, and T.L.E. Group, "Extended steady-state and high-beta regimes of net-current free heliotron plasmas in the Large Helical Device," Nuclear Fusion, vol. 47, 2007, pp. S668-S676.	1				
282	2007	1	T. Muto, R. Kumazawa, T. Seki, K. Saito, H. Kasahara, Y. Nakamura, S. Masuzaki, S. Kubo, Y. Takeiri, T. Shimozuma, Y. Yoshimura, H. Igami, T. Watanabe, H. Ogawa, J. Miyazawa, M. Shoji, N. Ashikawa, K. Nishimura, M. Osakabe, K. Tsumori, K. Ikeda, K. Nagaoka, Y. Oka, H. Chikaraishi, H. Funaba, S. Morita, M. Goto, S. Inagaki, K. Narihara, T. Tokuzawa, R. Sakamoto, T. Morisaki, B. Peterson, K. Tanaka, H. Nakanishi, M. Nishiura, T. Ozaki, F. Shimo, G. Nomura, C. Takahashi, M. Yokota, Y. Zhao, J. Kwak, S. Murakami, H. Okada, H. Yamada, K. Kawahata, N. Ohyabu, O. Kaneko, K. Ida, Y. Nagayama, K. Watanabe, N. Noda, A. Komori, S. Sudo, O. Motojima, "Steady-state operation and high energy particle production of MeV energy in the Large Helical Device," Nuclear Fusion, 47, 9, p.1250-1257,	1				
283	2007	1	西村 新, 西嶋茂宏:「小特集 磁場閉じ込め核融合炉に向けた超伝導マグネット材料工学 5. 中性子環境下における課題」, Journal of Plasma and Fusion Research, Vol. 83, No. 1 (2007) pp. 50-54.	1				
284	2007	1	西村 新, 妹尾和威:「小特集 磁場閉じ込め核融合炉に向けた超伝導マグネット材料工学 1. はじめに」, Journal of Plasma and Fusion Research, Vol. 83, No. 1 (2007) pp. 30-32.	1				
285	2007	1	西村 新:「核融合炉材料研究の最近の現状と課題 超伝導磁石および超伝導材料」, 金属, Vol. 77, No. 4 (2007) pp. 398-404.	1				
286	2007	1	M. Tai, K. Inoue, A. Kikuchi, T. Takeuchi, T. Kiyoshi and Y. Hishinuma, "Superconducting properties of V-Ti Alloys", IEEE. Transaction on Applied Superconductivity, Vol.17, (2007), p.2542-p.2545.	1				1
287	2007	1	K. Matsuda, S. Ikeno, K. Nishimura, T. Kawabata, K. Mori, Y. Hishinuma, S. Aoyama and Y. Yabumoto, "Aluminum based composite materials with superconducting property", Journal of the Japan Society of Applied Electromagnetics, Vol.15, (2007), p.410-p.414.	1				1

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
288	2007	1	A. Kawagoe, S. Tsukuda, F. Sumiyoshi, T. Mito, H. Chikaraishi, T. Hemmi, T. Baba, M. Yokota, Y. Morita, H. Ogawa, R. Abe, A. Nakamura, K. Okumura, A. Kuge, M. Iwakuma, , "The design to downsize a conduction-cooled LTS pulse coil for UPS-SMES as protection from momentary voltage drops," , IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 17, 2-2, p.1963-1966,	1				1
289	2007	1	G. Bansal, N. Yanagi, T. Hemmi, K. Takahata, T. Mito, "Experimental Investigation of the Minimum Propagation Currents and Quench Characteristics of the LTS/HTS Hybrid Superconductors", IEEE Trans. Appl. Supercond. Vol.17, No.2, (2007) pp. 2474-2477.	1				1
290	2007	1	F. Sumiyoshi, A. Kawagoe, A. Jikuzono, T. Mito, N. Yanagi, and T. Hemmi, "AC Losses and Critical Current Densities of NbTi/Cu Multifilamentary Tapes," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 17, 2007, pp. 2546-2549.	1				1
291	2007	1	Hemmi T, Yanagi, N., Seo K, Bansal, G., Takahata K, Mito T., "Improvements of Current Decay Behaviors of HTS Coils in Persistent Current Operations", IEEE Trans. Appl. Supercond. Vol.17, No.2, (2007) pp. 2422-	1				1
292	2007	1	K. Kizu, K. Tsuchiya, K. Shimada, T. Ando, Y. Hishinuma, N. Koizumi, M. Matsukawa, Y.M. Miura, A. Nishimura, K. Okuno, K. Seo, K. Takahata, H. Tamai, S. Yamada; "Evaluation of Bending Strain Dependence of Critical Current of Nb3Al Conductor for Coils with React-and-wind Method", Fusion Engineering and Design, Vol. 82, (2007) pp. 1493-1499.	1				1
293	2007	1	M. Noguchi, S. Yamada, S. Moriuchi, K. Kuramochi, T. Kishi, and T. Mito, "Power saving of large scaled helium compressor for fusion device using an adsorption chiller," Fusion Engineering and Design, vol. 82, Oct. 2007, pp. 2824-2828.	1				1
294	2007	1	S. Noguchi, N. Kawawada, H. Igarashi, A. Ishiyama, N. Yanagi, S. Imagawa, "Asymmetrical Normal-Zone Propagation Analysis Considering Hall Effect for Large Aluminum Stabilized Superconductor", IEEE Trans. Appl. Supercond. Vol.17, No.2, (2007) pp. 2490-2493.	1				1
295	2007	1	T. Fujimura, T. Norimatsu, M. Nakai, K. Nagai, A. Iwamoto, K. Mima; "Laser Machining of RF Foam by Second Harmonics of Nd:YAG Laser", Fusion Science and Technology 51(2007), pp.677-681.	1				1
296	2007	1	山田豊、下廣拓哉、大谷武、太刀川恭治、田村仁、三戸利行、小方正文、岩松勝、拡散法で作製したBi2212酸化物超伝導体電流リードの組織と通電特性の評価、日本金属学会誌、71 (2007) pp. 972-976.	1				1
297	2007	1	西村 新, 奥野 清: 「小特集 磁場閉じ込め核融合炉に向けた超伝導マグネット材料工学 6. おわりに」, Journal of Plasma and Fusion Research, Vol. 83, No. 1 (2007) pp. 55-56.	1				1
298	2007	1	西嶋茂宏, 西村 新: 「小特集 磁場閉じ込め核融合炉に向けた超伝導マグネット材料工学 3. 電気絶縁材料」, Journal of Plasma and Fusion Research, Vol. 83, No. 1 (2007) pp. 39-43.	1				1
			材料・ブランケット関連					
299	2007	1	H. Li, A. Nishimura, T. Muroga and T. Nagasaka; "Microstructural analysis on JLF-1 steel tested by fatigue deformation", Journal of Nuclear Materials, Vol. 367-370 (2007) pp. 147-152.		1			1
300	2007	1	H. Li, A. Nishimura, T. Nagasaka and T. Muroga; "Fatigue life and cyclic softening behavior of JLF-1 steel", Fusion Engineering and Design, Vol. 82, (2007) pp. 2595-2600.		1			1
301	2007	1	田中照也、室賀健夫、四竈樹男、土屋文、鳴井実、西谷健夫、飯田敏行、佐藤文信、池田念治、鈴木晶大 「液体Liブランケット用セラミックス被覆材料の照射下電気絶縁特性」 プラズマ・核融合学会誌 83巻4号 (2007) pp.391-396.		1			
302	2007	1	坂村奮史、斉藤英之、本間啓史、波多野雄治、長坂琢也、室賀健夫、中村幸雄 「ラジアルミングラフ法による低放射化V-4Cr-4Ti 合金中のトリチウム分布の観察」日本金属学会誌 第71巻、第5号(2007)482-487.		1			1
303	2007		室賀健夫 「構造材料:バナジウム合金等の高融点金属」 金属 vol. 77 (2007) No.4 379-383.		1			

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
304	2007	1	J. Masuda, K. Hashizume, T. Otsuka, T. Tanabe, Y. Hatano, Y. Nakamura, T. Nagasaka and T. Muroga "Diffusion and trapping of tritium in vanadium alloys" Journal of Nuclear Materials, Volumes 363-365, 2007,		1			1
305	2007	1	Y. Li, Q. Huang, Y. Wu, T. Nagasaka and T. Muroga "Mechanical properties and microstructures of China low activation martensitic steel compared with JLF-1" Journal of Nuclear Materials, Volumes 367-370, 2007, Pages 117-121		1			1
306	2007	1	Huailin Li, Arata Nishimura, Takeo Muroga and Takuya Nagasaka "Microstructural analysis on JLF-1 steel tested by fatigue deformation" Journal of Nuclear Materials, Volumes 367-370, 2007, Pages 147-152		1			
307	2007	1	Teruya Tanaka, Rei Nagayasu, Akihiko Sawada, Toshiji Ikeda, Fuminobu Sato, Akihiro Suzuki, Takeo Muroga and Toshiyuki Iida "Electrical insulating property of ceramic coating materials in radiation and high-temperature environment" Journal of Nuclear Materials, Volumes 367-370, 2007, Pages 1155-1159		1			
308	2007	1	O. Yeliseyeva, T. Muroga, A. Suzuki, Z. Yao and A. Lukyanenko "Charging of V-4Cr-4Ti by oxygen to create in situ insulator coating" Journal of Nuclear Materials, Volumes 367-370, 2007, Pages 1160-1164		1			1
309	2007	1	C.P.C. Wong, V. Chernov, A. Kimura, Y. Katoh, N. Morley, T. Muroga, K.W. Song, Y.C. Wu and M. Zmitko "ITER-Test blanket module functional materials" Journal of Nuclear Materials, Volumes 367-370, 2007, Pages 1287-1292		1			1
310	2007	1	T. Muroga, J.M. Chen, V.M. Chernov, K. Fukumoto, D.T. Hoelzer, R.J. Kurtz, T. Nagasaka, B.A. Pint, M. Satou, A. Suzuki and H. Watanabe "Review of advances in development of vanadium alloys and MHD insulator coatings" Journal of Nuclear Materials, Volumes 367-370, 2007, Pages 780-787		1			
311	2007	1	Meimei Li, T. Nagasaka, D.T. Hoelzer, M.L. Grossbeck, S.J. Zinkle, T. Muroga, K. Fukumoto, H. Matsui and M. Narui "Biaxial thermal creep of two heats of V4Cr4Ti at 700 and 800 ° C in a liquid lithium environment" Journal of Nuclear Materials, Volumes 367-370, 2007, Pages 788-793		1			1
312	2007	1	H. Watanabe, K. Yamasaki, A. Higashizima, N. Yoshida, T. Nagasaka and T. Muroga "The microstructure of laser welded V-4Cr-4Ti alloy after neutron irradiation" Journal of Nuclear Materials, Volumes 367-370, 2007, Pages 794-799		1			1
313	2007	1	Takuya Nagasaka, Takeo Muroga, Takeshi Hino, Manabu Satou, Katsunori Abe, Toshinori Chuto and Tomohito Iikubo "Impurity behavior in V-4Cr-4Ti-Y alloys produced by levitation melting" Journal of Nuclear Materials, Volumes 367-370, 2007, Pages 823-828		1			
314	2007	1	Ken-ichi Fukumoto, Takuya Nagasaka, Takeo Muroga, Nobuyasu Nita and Hideki Matsui "Creep mechanism of highly purified V-4Cr-4Ti alloys during thermal creep in a vacuum" Journal of Nuclear Materials, Volumes 367-370, 2007, Pages 834-838		1			1
315	2007	1	K. Hashizume, J. Masuda, T. Otsuka, T. Tanabe, Y. Hatano, Y. Nakamura, T. Nagasaka and T. Muroga "Diffusional behavior of tritium in V-4Cr-4Ti alloy" Journal of Nuclear Materials, Volumes 367-370, 2007, Pages 876-881		1			1
316	2007	1	M. Hatakeyama, S. Tamura, T. Muroga, N. Yoshida, M. Hasegawa and H. Matsui "The diffusion behaviors of interstitial impurities in V-4Cr-4Ti alloys under ion irradiation" Journal of Nuclear Materials, Volumes 367-370, 2007, Pages 882-886		1			1
317	2007	1	H. Homma, Y. Hatano, H. Daifuku, H. Saitoh, T. Nagasaka, T. Muroga, M. Hara, Y. Nakamura and M. Matsuyama "Influence of heat treatment on tritium distribution in V-4Cr-4Ti alloy" Journal of Nuclear Materials, Volumes 367-370, 2007, Pages 887-891		1			1
318	2007	1	Q. Xu, T. Nagasaka and T. Muroga "Compatibility of Low Activation Ferritic Steels with Liquid Lithium" Fusion Science and Technology, 52 (2007) 609-612.		1			

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
319	2007	1	M. Nagura, M. Kondoh, A. Suzuki, T. Muroga and T. Terai “ <i>Experimental Study on Corrosion of Ceramic materials in National Convection Lithium Loop</i> ” Fusion Science and Technology, 52 (2007) 630-634.		1			1
320	2007	1	T. Muroga, T. Tanaka, Z. Li, A. Sagara and D.K. Sze “ <i>Tritium Control for Flibe/V-alloy Blanket System</i> ” Fusion Science and Technology, 52 (2007) 682-686.		1			
321	2007	1	Zaixin Li, T. Tanaka, T. Muroga, S. Sato, T. Nishitani “ <i>Spectral Effects of Activation for Liquid Blanket Relevant Materials Induced by D-T Neutron Irradiation</i> ” Fusion Science & Technology, 52 (2007) Pages 817-		1			
322	2007	1	Huailin Li, A. Nishimura, T. Nagasaka and T. Muroga “ <i>Fatigue life and cyclic softening behavior of JLF-1 steel</i> ” Fusion Engineering and Design, Volume 82, 2007, Pages 2595-2600		1			
323	2007	1	Takumi Chikada, Akihiro Suzuki, Zhenyu Yao, Akihiko Sawada, Takayuki Terai and Takeo Muroga “ <i>Basic study on self-healing of Er₂O₃ coating for vanadium-lithium blanket system</i> ” Fusion Engineering and Design, Volume 82, 2007, Pages 2572-2577		1			1
324	2007	1	T. Kanemura, H. Kondo, N. Yamaoka, S. Miyamoto, M. Ida, H. Nakamura, I. Matsushita, T. Muroga and H. Horiike “ <i>Investigation of free-surface fluctuations of liquid lithium flow for IFMIF lithium target by using an electro-contact probe</i> ” Fusion Engineering and Design, Volume 82, 2007, Pages 2550-2557		1			1
325	2007	1	H. Kondo, T. Kanemura, N. Yamaoka, S. Miyamoto, M. Ida, H. Nakamura, I. Matsushita, T. Muroga and H. Horiike “ <i>Measurement of free surface of liquid metal lithium jet for IFMIF target</i> ” Fusion Engineering and Design, Volume 82, October 2007, Pages 2483-2489		1			1
326	2007	1	Satoshi Fukada, Yasushi Maeda, Mika Kinoshita and Takeo Muroga, “ <i>Verification to recover tritium in neutron-irradiated Li by Y plate</i> ” Fusion Engineering and Design, Volume 82, 2007, Pages 2152-2157		1			1
327	2007	1	N. Baluc, K. Abe, J.L. Boutard, V.M. Chernov, E. Diegele, S. Jitsukawa, A. Kimura, R.L. Klueh, A. Kohyama, R.J. Kurtz, R. Lässer, H. Matsui, A. Möslang, T. Muroga, G.R. Odette, M.Q. Tran, B. van der Schaaf, Y. Wu, J. Yu and S.J. Zinkle “ <i>Status of R&D activities on materials for fusion power reactors</i> ” Nucl. Fusion 47 (2007) S696-S717		1			1
328	2007	1	Zaixin LI, Teruya TANAKA and Takeo MUROGA “ <i>Neutronics and Activation Analyses for Li/V-alloy and Flibe/V-alloy Blankets of FFHR2 with and without Beryllium</i> ” Plasma and Fusion Research Volume 2, 046 (2007)		1		1	
			トリチウム・安全関連					
329	2007	1	T. Hino, Y. Nobuta, N. Ashikawa, K. Nishimura, S. Masuzaki, A. Sagara, Y. Hirohata, Y. Yamauchi, N. Noda, N. Ohyabu, A. Komori, O. Motojima, “ <i>Plasma wall interaction study in the large helical device</i> ”, Fusion Engineering and Design, Vol.82.15-24 (October, 2007), p.1621-1626.			1		1
330	2007	1	T. Kawano, M. Kuroyanagi, T. Tabei, “ <i>Direct-Immersion and Water-Extraction Methods for Measuring Tritium Contamination of Concrete</i> ”, Health Physics, Vol.93.2 (August, 2007), p157-160.			1		
331	2007	1	T. Kawano, N. Tsuboi, H. Tsujii, T. Uda, “ <i>Detection of deuterium in diprotium gas at infinitesimal concentration using a trace reduction detector</i> ”, Journal of Chromatography A, Vol.1157.1-2 (July, 2007),			1		
332	2007		河野孝央 他, “放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアル”, 日本放射線安全管理学会「放射線施設廃止の確認手順と放射能測定法検討」(2007年6月).			1		
333	2007	1	Takao Kawano, Makoto Kuroyanagi and Takeshi Tabei, “ <i>Direct-immersion and water-extraction methods for measuring tritium contamination of concrete</i> ”, Health Physics, Vol.93 (2007), pp.157-160.			1		
334	2007	1	T. Nakahata, A. Yoshikawa, M. Oyaidzu, Y. Oya, Y. Ishimoto, K. Kizu, J. Yagyu, N. Ashikawa, K. Nishimura, N. Miya, K. Okuno, “ <i>Dynamics of deuterium implanted in boron coating film for wall conditioning</i> ”, Journal of Nuclear Materials, Vol.367-370.2 (August, 2007), p.1170-1174.			1		1
			炉設計関連					

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
335	2007	1	S. Yamada, A. Sagara, S. Imagawa, T. Mito, O. Motojima ; "Conceptual Design of the Cryogenic System for the Helical-Type Fusion Power Plant FFHR", Fusion Engineering and Design, Vol. 82 (2007) pp.2817-2823.	1			1	
336	2007	1	T. Goto, D. Ninomiya, Y. Ogawa, R. Hiwatari, Y. Asaoka, and K. Okano, "Design Study of Dry Wall Fast Ignition Laser Fusion Reactor with High Repetition Laser", Fusion Sci. and Technol., Vol.52, No.4, (2007)				1	
337	2007	1	R. Hiwatari, Y. Asaoka, K. Okano, S. Mori, H. Yamada, T. Goto, and Y. Ogawa, "Preliminary Consideration on Maintenance Approach for a Fast Ignition ICF Reactor with a Dry Wall Chamber and a High Repetition Laser", Fusion Sci. Technol., Vol. 52, No. 4, (2007) pp.911-915.				1	1
338	2007	1	E. Yatsuka, H. Kato, D. Sakata, J. Morikawa, Y. Ogawa, N. Yanagi, T. Mito, "Electron Bernstein wave heating on the internal coil device Mini-RT", Fusion Science and Technology, Vol.51, No.2T (2007) pp. 310-312.				1	1
339	2007	1	S. Fukada, M.F. Simpson, R.A. Anderl, J.P. Sharpe, K. Katayama, G.R. Smolik, Y. Oya, T. Terai, K. Okuno, M. Hara, D.A. Petti, S. Tanaka, D.-K. Sze, A. Sagara: "Reaction rate of beryllium with fluorine ion for Flibe redox control ", Journal of Nuclear Materials, 367-370, Part 2, (2007) 1190-1196.		1		1	1
340	2007	1	O. Mitarai, A. Sagara, H. Chikaraishi, S. Imagawa, K. Watanabe, A.A. Shishkin and O. Motojima: Minimization of the external heating power by long fusion power rise-up time for self-ignition access in the helical reactor FFHR2m, Nucl. Fusion.47.(2007) 1411-1417.				1	1
341	2007	1	Alexander Shishkin, Akio Sagara, Osamu Motojima, Osamu Mitarai, Tomohiro Morisaki and Nobuyoshi Ohyaub: Controlling the cross-field flux of cold α -particles with resonant magnetic perturbations in a helical fusion plasma device, Nucl. Fusion 47.(2007) 800-808.				1	1
2008年度								
超伝導マグネット関連								
342	2008	1	A. Nishimura, S. Nishijima, and Y. Izumi; "Effect of Gamma Ray Irradiation on Interlaminar Shear Strength of Glass Fiber Reinforced Plastics at 77 K", Advances in Cryogenic Engineering, Vol. 54 (2008) pp. 219-226.	1				
343	2008	1	A. Nishimura; "Effect of Radius of Loading Nose and Supports in Short Beam Test Fixture on Fracture Mode and Interlaminar Shear Strength of GFRP at 77 K", Advances in Cryogenic Engineering, Vol. 54 (2008) pp. 50-59.	1				
344	2008	1	S. Imagawa, T. Obana, S. Hamaguchi, N. Yanagi, T. Mito, S. Moriuchi, H. Sekiguchi, K. Ooba, T. Okamura, A. Komori, and O. Motojima, "Results of the Excitation Test of the LHD Helical Coils Cooled by Subcooled Helium," IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol. 18 (June 2008) 455-458.	1				
345	2008	1	S. Yamada, Y. Hishinuma, T. Uede, K. Schippel, O. Motojima ; "Study on 1 GW Class Hybrid Energy Transfer Line of Hydrogen and Electricity", Journal of Physics: Conference Series 97 (2008) 012167.	1			1	
346	2008	1	H. Chikaraishi, S. Takami, T. Inoue, T. Ise, H. Niwa, T. Haga; "Control system of dc power supplies for LHD superconducting coils", Fusion Engineering and Design, Vol. 83 (2008) pp. 260-264	1				
347	2008		H. Chikaraishi, T. Inoue, S. Takami, K. Aoyama, T. Haga; "Voltage enhancement of the dc power supply for dynamic current control of LHD superconducting coils", International Toki Conference 2008 (2008)	1				
348	2008	1	R.Maekawa, K.Oba, M.Nobutoki, T.Mito, "Understanding dynamic behaviors of a large scale cryogenic plant," Advances in Cryogenic Engineering, vol.53 (2008) pp.483-492,	1				
349	2008	1	R.Maekawa, Y.Matsubara, S.Takami, A.Kato, "Development of a two-stage GM type pulse tube refrigerator for the current lead system", ICEC21, (2007) pp.537-514	1				
350	2008	1	H. Tamura, A. Sagara and S. Imagawa, "Design and Optimization of Support Post for Cryogenic Components in FFHR", Plasma Fusion Res. 3, (2008) S1051.	1			1	

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
351	2008	1	H. Tamura, K. Takahata, T. Mito, S. Imagawa and A. Sagara, "Mechanical behaviour analysis of superconducting magnet in LHD-type reactor FFHR", Journal of Physics: Conference Series 97, (2008) 012139.	1			1	
352	2008	1	A. Iwamoto, T. Fujimura, M. Nakai, K. Nagai, T. Norimatsu, R. Maekawa, T. Mito, H. Sakagami, O. Motojima, H. Azechi, K. Mima; "Study on a fuel layering sequence of the foam target for the FIREX project," Journal of Physics: Conference Series 112 (2008), pp.032067-1.	1				
353	2008	1	S. Hamaguchi, S. Imagawa, T. Obana, N. Yanagi, S. Moriuchi, H. Sekiguchi, K. Oba, T. Mito, O. Motojima, T. Okamura, T. Semba, S. Yoshinaga, H. Wakisaka, "Performance of upgraded cooling system for LHD helical coils," Advances in Cryogenic Engineering, 53B (2008) pp. 1724-1730.	1				
354	2008	1	Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, T. Takeuchi and A. Nishimura, "The new route process of V3Ga mono-cored and multifilamentary wires using high Ga content Cu-Ga compound and V matrix precursor", Journal of Physics, conf. ser., Vol.97, (2008), p.012131-p.012236.	1				
355	2008	1	Y. Hishinuma, A. Kikuchi, T. Takeuchi and S. Yamada, "Critical transport current properties in the high-temperature region of Cu added MgB2 wire using Mg2Cu compound as the additional source material", Journal of the Cryogenic Society of Japan, Vol.43, (2008), p.330-p.335.	1				
356	2008	1	T. Obana, S. Imagawa, S. Hamaguchi, N. Yanagi, S. Moriuchi, H. Sekiguchi, K. Oba, T. Mito, "Performance Tests of the Subcooling System for the LHD Helical Coils", IEEE Trans. Appl. Supercond, Vol. 18, No. 2, (2008) pp. 1475-1478.	1				
357	2008	1	Y. Nagayama, M. Emoto, H. Nakanishi, S. Sudo, S. Imazu, S. Inagaki, C. Iwata, M. Kojima, M. Nonomura, M. Ohsuna, K. Tsuda, M. Yoshida, H. Chikaraishi, H. Funaba, R. Horiuchi, S. Ishiguro, Y. Ito, S. Kubo, A. Mase, T. Mito, J. Miyazawa, T. Mutoh, Y. Nakamura, K. Saito, R. Sakamoto, T. Seki, M. Shoji, S. Takami, T. Watanabe, T. Yamamoto, A. Komori, and O. Motojima, "Control, data acquisition, data analysis and remote participation in LHD," Fusion Engineering and Design, vol. 83, Apr. 2008, pp. 170-175.	1				
358	2008	1	K. Seo, A. Nishimura, Y. Hishinuma, K. Nakamura, T. Takao, G. Nishijima, K. Watanabe and K. Katagiri, "Mitigation of Critical Current Degradation in Mechanically Loaded Nb3Sn Superconducting Multi-Strand Cable", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.18, (2008), p.491-p.494.	1				1
359	2008	1	K. Seo, A. Nishimura, Y. Hishinuma, K. Nakamura, T. Takao, G. Nishijima and K. Watanabe; "Mitigation of Critical Current Degradation in Mechanically Loaded Nb3Sn Superconducting Multi-Strand Cables by Ice Molding", Plasma and Fusion Research, Vol.3, (2008) pp. 042-1-042-6.	1				1
360	2008	1	G. Bansal, K. Seo, N. Yanagi, T. Hemmi, K. Takahata, T. Mito, B. Sarkar, Y. Saxena, "Quench Characteristics of an NbTi CICC With Non-Uniform Current Distribution", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 18, (2008) pp. 1245-1248.	1				1
361	2008	1	G. Bansal, N. Yanagi, T. Hemmi, K. Takahata, T. Mito, "Experimental Results of Large-Current Capacity HTS Conductors, IEEE Transactions on Applied Superconductivity", 18 (2008) pp. 1151-1154.	1				1
362	2008	1	G. Bansal, N. Yanagi, T. Hemmi, K. Takahata, T. Mito, A. Sagara, "High-Temperature Superconducting Coil Option for the LHD-Type Fusion Energy Reactor FFHR", Plasma and Fusion Research, 3, (2008) pp. S1049-1-5.	1				1
363	2008	1	K. Matsuda, K. Nishimura, S. Ikeno, S. Aoyama, Y. Yabumoto, Y. Hishinuma, I. Mullerova, L. Frank, V. V. Yurchenko and T. H. Johansen, "Fabrication of extruded wire of MgB2/Al composite material and its superconducting property and microstructure", Journal of Physics, conf. ser., Vol.97, (2008), p.012230-p.012235.	1				1

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
364	2008	1	A. Kawagoe, S. Tsukuda, F. Sumiyoshi, T. Mito, H. Chikaraishi, T. Baba, M. Yokota, H. Ogawa, T. Hemmi, R. Abe, A. Nakamura, K. Okumura, A. Kuge, M. Iwakuma, , "AC Losses in a Conduction-Cooled LTS Pulse Coil With Stored Energy of 1 MJ for UPS-SMES as Protection From Momentary Voltage Drops", , IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 18, 2, p.783-786,(2008)	1				1
365	2008	1	A. Murakami, H. Miyata, R. Hashimoto, K. Katagiri, A. Iwamoto; "Oxygen annealing effect on mechanical properties of Dy123 bulks melt-processed in air", Physica C: Superconductivity and its Applications 468(2008), pp.1395-1398.	1				1
366	2008	1	T. Takao, K. Yamamoto, Y. Yamada, Y. Nakajima, K. Nakamura, M. Arikawa, S. Fukui, A. Nishimura, A. Yamanaka; "Effect of Thermal Cycles on Critical Current and AC Loss for Superconducting Coils Having Positive or Negative Thermal Expansion Bobbin", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.18, (2008) pp. 1378-1381.	1				1
367	2008	1	Y. Shirai, R. Ikuta, T. Goto, M. Ohya, M. Shiotsu, S. Imagawa; "Transient Stability Analysis of Large Scale Aluminum Stabilized Superconductor Cooled by He II", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 18, Issue 2 (June 2008) 1275 - 1279.	1				1
368	2008	1	Y. Yamada, T. Shimohiro, T. Ohtani, K. Tachikawa, H. Tamura, T. Mito, M. Ogata, and M. Iwamatsu, "Bi2212 superconducting tubular conductors prepared by the diffusion process for current lead," Journal of Physics: Conference Series, vol. 97, 2008, p. 012055.	1				1
369	2008	1	藤村 猛, 中井 光男, 岩本 晃史, 乗松 孝好, 長井 圭治, 本間 啓史, ヤンハン, 坂上 仁志, 三間 園興, 「レーザー核融合高速点火実証実験用クライオターゲットの開発-燃料充填状況の可視化技術-」, 低温工学 Vol. 43 (2008), No. 3 pp.109-113.	1				1
			材料・ブランケット関連					
370	2008	1	T. Tanaka, A. Sagara, T. Muroga and M.Z. Youssef "Neutronics investigation of advanced self-cooled liquid blanket systems in the helical reactor" Nucl. Fusion 48 (2008) 035005 (7pp)		1		1	
371	2008	1	J.M. Chen, T. Nagasaka, T. Muroga, S.Y. Qiu, C. Li and N. Nita, "Mechanical properties of V-4Cr-4Ti strengthened by precipitation and cold rolling" Journal of Nuclear Materials, Volume 374, 2008, Pages 298-303		1			1
372	2008	1	M. Kondo, T. Muroga, K. Katahira, T. Oshima "Application of proton conductors to hydrogen monitoring for liquid metal and molten salt systems" J. Power and Energy Systems, Vol. 2, 2008, Pages 590-597.		1			
373	2008	1	渡辺英雄, 山崎和宏, 東嶋彬, 吉田直亮, 長坂琢也, 室賀健夫, 許男鎮, 篠崎賢二 「YAGレーザー溶接されたV-4Cr-4Ti合金の照射組織に及ぼす溶接後熱処理の効果」 Journal of Plasma and Fusion Research, 84 (2008) 46.		1			1
374	2008	1	Kenichi FUKUMOTO, Minoru NARUI, HidekiMATSUI, Takuya NAGASAKA and Takeo MUROGA "Irradiation Creep Behavior of Vanadium Alloys during Neutron Irradiation in a Liquid Metal Environment" Plasma and Fusion Research, Volume 3, 017 (2008)		1			1
375	2008	1	K. Hashizume, J. Masuda, K. T. Otsuka, T. Tanabe. Hatano, Y. Nakamura, T. Nagasaka, T. Muroga, " TRITIUM DIFFUSION IN V-4Cr-4Ti ALLOY" FUSION SCIENCE AND TECHNOLOGY VOL. 54 (2008), 553-556.		1			1
376	2008		若井栄一, 室賀健夫, 長谷川晃 「核融合炉構造材料の照射損傷 6. 最近の核融合炉壁候補材料の照射損傷」プラズマ・核融合学会誌 84-9 (2008) 571-582.		1			1
377	2008	1	近藤浩夫, 金村卓治, 顧和平, 山岡信夫, 宮本齊児, 井田瑞穂, 中村博雄, 松下出, 室賀健夫, 堀池寛 「IFMIF 液体金属リチウムターゲット流に関する実験研究」プラズマ・核融合学会誌 84-9 (2008) 600-605.		1			1
378	2008		谷川博康, 室賀健夫, 檜木達也 「核融合炉ブランケット構造材料開発-低放射化フェライト鋼, バナジウム合金, 炭化珪素複合材料」まてりあ 47-9(2008)464-468		1			1

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
379	2008	1	K. Abe, A. Kohyama, S. Tanaka, C. Namba, T. Terai, T. Kunugi, T. Muroga, A. Hasegawa, A. Sagara, S. Berk, S.J. Zinkle, D.K. Sze, D.A. Petti, M.A. Abdou, N.B. Morley, R.J. Kurtz, L.L. Snead, N.M. Ghoniem "Development of advanced blanket performance under irradiation and system integration through JUPITER-II project" Fusion Engineering and Design, Volume 83, (2008) Pages 842-849		1			1
380	2008	1	Qi Xu, Masatoshi Kondo, Takuya Nagasaka, Takeo Muroga, Masaru Nagura, Akihiro Suzuki "Corrosion characteristics of low activation ferritic steel, JLF-1, in liquid lithium in static and thermal convection conditions" Fusion Engineering and Design, Volume 83, (2008), Pages 1477-1483		1			
381	2008	1	T. Shikama, R. Knitter, J. Konys, T. Muroga, K. Tsuchiya, A. Moesslang, H. Kawamura, S. Nagata "Status of development of functional materials with perspective on beyond-ITER" Fusion Engineering and Design, Volume 83,(2008) 976-982		1			1
382	2008	1	H. Nakamura, P. Agostini, K. Ara, S. Cevolani, T. Chida, M. Ciotti, S. Fukada, K. Furuya, P. Garin, A. Gessii, D. Guisti, V. Heinzl, H. Horiike, M. Ida, S. Jitsukawa, T. Kanemura, H. Kondo, Y. Kukita, R. Lösser, H. Matsui, T. Muroga et al. "Latest design of liquid lithium target in IFMIF" Fusion Engineering and Design, Volume 83, (2008) Pages 1007-1014		1			1
383	2008	1	T. Kanemura, H. Kondo, H. Sugiura, Y. Niwa, K. Ko, N. Yamaoka, S. Miyamoto, M. Ida, H. Nakamura, I. Matsushita, T. Muroga, H. Horiike "Measurement of free-surface velocity of liquid lithium flow for IFMIF" Fusion Engineering and Design, Volume 83, (2008), Pages 1529-1535		1			1
384		1	Masatoshi Kondo, Takeo Muroga, Koji Katahira, Tomoko Oshima "Sc-doped CaZrO3 hydrogen sensor for liquid blanket system" Fusion Engineering and Design, Volume 83,(2008) Pages 1277-1281		1			
385	2008	1	T. Tanaka, B. Tsuchiya, F. Sato, T. Shikama, T. Iida, T. Muroga "Examination of electrical insulating performance of Er ₂ O ₃ ceramic coating under ion beam irradiation" Fusion Engineering and Design, Volume 83,(2008), Pages 1300-1303		1			
386	2008	1	T. Tanaka, A. Sagara, T. Muroga, F. Sato, T. Iida, and J. Yamamoto "Improvements of Radiation Shielding Designs on Advanced Liquid Blankets for Fusion Reactor FFHR", Journal of Nuclear Science and Technology, Supplement 5, (2008) Pages 120-123.		1			
387	2008	1	Yanfen Li, T. Nagasaka, T. Muroga, Long-term thermal stability of reduced activation ferritic/martensitic steels as structure materials of fusion blanket, presented at 18th International Toki Conference, December 9-12, 2008, Toki		1			
388	2008	1	T. Ohshima, M. Kondo, M. Tanaka, T. Muroga, Study on Pd membrane electrode of solid electrolyte hydrogen (isotope) sensor for application to liquid blankets, presented at 18th International Toki Conference, December 9-12, 2008, Toki		1			
			トリチウム・安全関連					
389	2008	1	K. Kotoh, M. Tanaka, T. Sakamoto, Y. Nakamura, Y. Asakura, T. Uda, T. Sugiyama, "Breakthrough curve analysis of pressure swing adsorption for hydrogen isotope separation", Fusion Science and Technology, Vol.54.2, (August, 2008), p.415-418.				1	1
390	2008	1	K. Kotoh, M. Tanaka, Y. Nakamura, T. Sakamoto, Y. Asakura, T. Uda, T. Sugiyama, "Experimental verification of hydrogen isotope separation by pressure swing adsorption", Fusion Science and Technology, Vol.54.2, (August, 2008), p.411-414.				1	1
391	2008	1	K. Nishimura, H. Yamanishi, K. Hayashi, A. Komori, "Activation Analysis for LHD Experiments with Deuterium Gases", Plasma and Fusion Research, Vol.3 (June, 2008), S1024-1-5.				1	
392	2008	1	M. Tanaka, Y. Asakura, T. Uda, "EXPERIMENTAL STUDY ON ELECTROCHEMICAL HYDROGEN PUMP OF SrZrO ₃ -BASED OXIDE", Fusion Science and Technology, Vol.54.2,(August, 2008), p479-482.				1	

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
393	2008	1	M. Tanaka, Y. Asakura, T. Uda, "Performance of the electrochemical hydrogen pump of a proton-conducting oxide for the tritium monitor", Fusion Engineering and Design, Vol.83.10-12 (December, 2008), p1414-1418.			1		
394	2008	1	T. Hino, Y. Higashi, Y. Yamauchi, A. Komori, K. Nishimura, N. Ashikawa, "Reduction of hydrogen and helium retention in stainless steel by argon glow discharge", Vacuum, Vol.83.3 (October, 2008), p.493-496.			1		1
395	2008	1	T. Kawano, "Bend points of hydrogen partial pressure curves obtained by tritium removal simulation tests", Fusion Engineering and Design, Vol.83.10-12 (December, 2008), p1395-1399.			1		
396	2008	1	T. Kawano, "Disk Shaped Radiation Sources for Education Purposes made of Chemical Fertilizer", Radioisotopes, Vol.57.11 (November, 2008), p703-708.			1		
397	2008	1	T. Kawano, K. Nomura, "Report on Questionnaire Survey on Measurement of Radioactivity in Working Environment of Radioisotopes Facility", 日本放射線安全管理学会誌 (Japanese Journal of Radiation Safety Management), Vol.7.1 (August, 2008), p72-80.			1		
398	2008	1	T. Kawano, T. Yamano, K. Yamada, M. Tanaka, Y. Asakura, T. Uda, "PERFORMANCE EVALUATION OF A HIGH-SENSITIVITY TRITIUM GAS MONITOR USING A PULSE-SHAPING ANALYZER", Fusion Science and Technology, Vol.54.1 (July, 2008), p189-192.			1		
399	2008		河野孝央, "化学肥料を材料に製作した教育用ディスク状線源", RADIOISOTOPES, Vol.57 (2008), 703-708.			1		
400	2008	1	T. Sugiyama, M. Tanaka, K. Munakata, Y. Asakura, T. Uda, I. Yamamoto, I. Cristescu, L. Doerr, "Development of an improved LPCE column for the TLK facility with the help of the channeling stage model", Fusion Engineering and Design, Vol.83.10-12 (December, 2008), p.1442-1446.			1		1
401	2008	1	T. Uda, M. Tanaka, K. Munakata, "Characteristics of honeycomb catalysts for oxidation of tritiated hydrogen and methane gases", Fusion Engineering and Design, Vol.83.10-12 (December, 2008), p1715-1720.			1		
402	2008	1	T. Uda, M. Tanaka, T. Sugiyama, T. Yamaguchi, N. Momoshima, "THE BACKGROUND LEVELS OF ATMOSPHERIC TRITIUM CONCENTRATION IN THE ENVIRONMENT AT NIFS TOKI SITE OF JAPAN", Fusion Science and Technology, Vol.54.1 (July, 2008), p281-284.			1		
403	2008	1	Y. Asakura, M. Tanaka, T. Uda, H. Ogawa, S. Takami, Y. Oya, K. Okuno, "Application of Membrane Dehumidifier for Gaseous Tritium Recovery in LHD", Fusion Science and Technology, Vol.54.1 (July, 2008),			1		
			炉設計関連					
404	2008	1	S. Imagawa, A. Sagara, and Y. Kozaki, "Conceptual Design of Magnets with CIC Conductors for LHD-type Reactors FFHR2m," Plasma and Fusion Research, Vol. 3 (July 2008) S1050-1-5.	1			1	
405	2008	1	A. Sagara, O. Mitarai, T. Tanaka, S. Imagawa, Y. Kozaki, M. Kobayashi, T. Morisaki, T. Watanabe, K. Takahata, H. Tamura, N. Yanagi, K. Nishimura, H. Chikaraishi, S. Yamada, S. Fukada, S. Masuzaki, A. Shishkin, Y. Igitkhanov, T. Gotoh, Y. Ogawa, T. Muroga, T. Mito, O. Motojima, "Optimization activities on design studies of LHD-type reactor FFHR", Fusion Engineering and Design, 83, (2008) pp. 1690-1695.				1	
406	2008	1	T. Goto, Y. Ogawa, K. Okano, Y. Asaoka, R. Hiwatari, and Y. Someya, "Analysis of a Core Plasma Dynamics and Dry Wall Chamber for Fast-ignition IFE Power Plant", Journal of Physics: Conference Series (IOP), Vol.112, (2008) pp.032038(4pp).				1	
407	2008	1	Y. Ogawa, T. Goto, K. Okano, Y. Asaoka, R. Hiwatari and Y. Someya, "Conceptual Design of a Fast-ignition Laser Fusion Reactor based on a Dry Wall Chamber", Journal of Physics: Conference Series (IOP), Vol.112, (2008) pp.032033(4pp).				1	1
408	2008	1	Y. Someya, T. Matsumoto, K. Okano, Y. Asaoka, R. Hiwatari, T. Goto and Y. Ogawa, "Maintenance method and its critical issues for a fast-ignition laser fusion reactor based on a dry wall chamber", Journal of Physics: Conference Series (IOP), Vol.112, (2008) pp.032037(4pp).				1	1

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
409	2008	1	Y. Someya, T. Matsumoto, R. Hiwatari, Y. Asaoka, K. Okano, S. Mori, H. Yamada, T. Goto, and Y. Ogawa, "Preliminary Neutronics Analysis and Maintenance Approach for Final Optical Devices of Fast Ignition ICF Reactor FALCON-D", Fusion Eng. Des., Volume 83, Issues 10-12, (2008) pp.1884-1887.				1	1
410	2008	1	山田, 菱沼, 上出, 相良: "LHD型核融合発電炉による水素製造・輸送の研究", 低温工学, 43巻, 10号 (2008) pp.430-436.	1			1	
411	2008	1	Nao Seto, Kazuhisa Yuki, Hidetoshi Hashizume, Akio Sagara: <i>Heat transfer enhancement in sphere-packed pipes under high Reynolds number conditions</i> , Fusion Engineering and Design, 83, Issues 7-9, (2008) 1102-1107.		1		1	1
412	2008	1	O. Motojima, A. Komori, A. Sagara, H. Yamada, O. Mitarai, R. Sakamoto, J. Miyazawa, M. Kobayashi, T. Morisaki, S. Masuzaki, S. Imagawa, Y. Kozaki, T. Tanaka: <i>Progress of design studies on an LHD-type steady state reactor</i> , Fusion Engineering and Design, 83, Issues 7-9, (2008) 983-989.				1	
413	2008	1	T. Ihli, T.K. Basu, L.M. Giancarli, S. Konishi, S. Malang, F. Najmabadi, S. Nishio, A.R. Raffray, C.V.S. Rao, A. Sagara, Y. Wu: <i>Review of blanket designs for advanced fusion reactors</i> , Fusion Engineering and Design, 83, Issues 7-9, (2008) 912-919.		1		1	1
414	2008		相良明男, 乗松孝好: "数値モデリングでチャレンジ今, 核融合炉の壁が熱い! 連載講座、I. はじめに", 日本原子力学会誌, Vol. 50, No. 6(2008) pp.378-380.		1		1	
415	2008		大宅薫, 相良明男: "数値モデリングでチャレンジ今, 核融合炉の壁が熱い! 連載講座、III. 壁の表面で何が起きているか", 日本原子力学会誌, Vol. 50, No. 6(2008) pp.511-515.		1		1	1
416	2008		相良明男, 乗松孝好: "数値モデリングでチャレンジ今, 核融合炉の壁が熱い! 連載講座、XI. まとめと今後の展望", 日本原子力学会誌, Vol. 51, No. 7(2008) pp.563-567.		1		1	
			2009年度					
			超伝導マグネット関連					
417	2009	1	T. Mito, H. Chikaraishi, A. Kawagoe, R. Maekawa, R. Abe, T. Baba, K. Okumura, A. Kuge, M. Iwakuma, and F. Sumiyoshi, "Summary of a 1 MJ Conduction-Cooled LTS Pulse Coil Developed for 1 MW, 1 s UPS-SMES," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 19, 2009, pp. 1999-2003.	1				
418	2009	1	A. Nishimura, H. Nakajima; "JSME Construction Standard for Superconducting Magnet of Fusion Facility, Material", Proceedings of ASME PVP2009, Prague, Czech Republic (2009) PVP2009-77825.	1				
419	2009	1	A. Nishimura, T. Takeuchi, S. Nishijima, G. Nishijima, T. Shikama, K. Ochiai, N. Koizumi; "Neutron Irradiation Effects on Superconducting Wires and Insulating Materials", Fusion Engineering and Design, Vol. 84, (2009) pp. 1425-1428.	1				
420	2009		H. Chikaraishi, S. Takami, T. Inoue, T. Haga, K. Aoyama; "Voltage enhancement of the dc power supplies for dynamic current control of large scale superconducting coils for fusion plasma experimental device LHD", European Conference on Power Electronics and Applications 2009, (2009)	1				
421	2009	1	R.Maekawa, S.Takami, K.Oba, M.Nobutoki "Adaptation of advanced control to the helium liquefier with C- <i>PREST</i> ," ICEC22, (2009) pp.243-248	1				
422	2009	1	H. Tamura, K. Takahata, T. Mito, S. Imagawa and A. Sagara, "Conceptual design and development of the indirect-cooled superconducting helical coil in FFHR", Plasma Fusion Research, in press.	1			1	

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
423	2009	1	H. Tamura, S. Imagawa, K. Takahata, T. Mito and A. Sagara, "Rigidity evaluation of a superconducting helical coil for an LHD-type fusion magnet", Journal of Physics, submitted.	1			1	
424	2009	1	A. Iwamoto, T. Fujimura, M. Nakai, T. Norimatsu, K. Nagai, R. Maekawa, H. Sakagami, T. Mito, O. Motojima, H. Azechi, and K. Mima; "Temperature control in a cryogenic target with a conical laser guide for fuel layering", Fusion Science and Technology. Vol. 56, no. 1(2009), pp. 427-43.	1				
425	2009	1	A. Iwamoto, T. Fujimura, M. Nakai, T. Norimatsu, K. Nagai, R. Maekawa, H. Sakagami; "A Proposed Procedure for Temperature Control of the Cryogenic Target for the FIREX Project", to be published in Plasma and Fusion Research	1				
426	2009	1	S. Hamaguchi, T. Okamura, S. Imagawa, T. Obana, N. Yanagi, K. Oba, S. Moriuchi, H. Sekiguchi, T. Mito, "Operation and Control of Cold Compressors in Subcooling System for LHD Helical Coils," Proceedings of the ICEC 22 and ICMC 2008 (2009) pp. 811-816.	1				
427	2009	1	Y. Hishinuma, A. Kikuchi, Y. Iijima, T. Takeuchi, H. Taniguchi, M. Tomonaga and A. Nishimura, "Superconducting properties and microstructure of V_3Ga multifilamentary wires through a PIT process using high Ga content compounds", IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.19, (2009), p.2670-p.2673.	1				
428	2009	1	T. Obana, K. Takahata, S. Hamaguchi, N. Yanagi, T. Mito, S. Imagawa, K. KizuA, K. TsuchiyaA, R. Hoshi, K.Yoshida, "Upgrading the NIFS superconductor test facility for JT-60SA cable-in-conduit conductors", Fusion Engineering and Design, Vol. 84, Issues 7-11, (2009) pp. 1442-1445.	1				
429	2009	1	T. Obana, S. Imagawa, S. Hamaguchi, N. Yanagi, T. Mito, S. Moriuchi, H. Sekiguchi, K. Oba, "Influence of mass flow on the upgraded cooling system for the LHD helical coils", Proceedings of ICEC22-ICMC2008, (2009) pp. 805-810	1				
430	2009	1	T. Obana, T. Ogitsu, A. Yamamoto, M. Yoshimoto, "Design Study of a Curved Dipole Superconducting Magnet for Beam Transport", IEEE Trans. Appl. Supercond, Vol. 19, No. 2, (2009) pp. 1199-1202.	1				
431	2009	1	H. Yamada, S. Imagawa, Y. Takeiri, O. Kaneko, T. Mutoh, T. Mito, H. Chikaraishi, S. Hamaguchi, K. Ida, H. Igami, K. Ikeda, H. Kasahara, M. Kobayashi, S. Kubo, R. Kumazawa, R. Maekawa, S. Masuzaki, J. Miyazawa, T. Morisaki, S. Morita, K. Nagaoka, Y. Nakamura, Y. Narushima, M. Osakabe, K. Saito, S. Sakakibara, R. Sakamoto, T. Seki, T. Shimozuma, M. Shoji, Y. Suzuki, K. Takahata, H. Tamura, K. Tsumori, K. Watanabe, S. Yamada, N. Yanagi, Y. Yoshimura, K. Kawahata, N. Ohyabu, A. Komori, and O. Motojima, "10 years of engineering and physics achievements by the Large Helical Device project," Fusion Engineering and Design, vol. 84, Jun. 2009, pp. 186-193.	1				
432	2009	1	O. Kaneko, M. Tokoyama, M. Yoshinuma, K. Nagaoka, K. Ida, K. Sakamoto, T. Akiyama, N. Asakawa, H. Chikaraishi, M. Emoto, H. Funaba, P. Goncharov, M. Goto, T. Goto, S. Hamaguchi, K. Ichiguchi, T. Ido, H. Igami, K. Ikeda, S. Imagawa, M. Isobe, K. Itoh, A. Iwamoto, R. Kanno, H. Kasahara, N. Kasuya, D. Kato, K. Kawahata, M. Kobayashi, S. Kubo, R. Kumazawa, R. Maekawa, S. Masuzaki, T. Mito, J. Miyazawa, N. Mizuguchi, T. Morisaki, S. Morita, G. Motojima, S. Muto, T. Muto, Y. Nagayama, N. Nakajima, Y. Nakamura, H. Nakanishi, K. Narihara, Y. Narushima, K. Nishimura, M. Nishiura, T. Obana, S. Ohdachi, N. Ohyabu, M. Osakabe, T. Ozaki, B. Peterson, A. Sagara, K. Saito, S. Sakakibara, S. Satake, K. Sato, T. Seki, A. Shimizu, T. Shimozuma, M. Shoji, S. Sudo, H. Sugama, C. Suzuki, Y. Suzuki, H. Takahashi, K. Takahata, Y. Takeiri, H. Tamura, N. Tamura, K. Tanaka, S. Toda, K. Toi, M. Tokitani, T. Tokuzawa, K. Tsumori, K. Watanabe, I. Yamada, H. Yamada, O. Yamagishi, N. Yanagi, S. Yoshimura, Y. Yoshimura, A. Komori, "Extension of Improved Particle and Energy Confinement Regime in the Core of LHD Plasma", Plasma and Fusion Research, 4, , pp.027-1-027-9	1				

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
433	2009	1	乗松孝好、長井圭治、岩本晃史、河仲準二、中田芳樹、「高速点火核融合研究の進展－高速点火実証ターゲット、ペタワットレーザー-LFEX- 3. 燃料充填と可視化技術」、J. Plasma Fusion Res. Vol.85 No.11 (2009), pp.755-761.	1				
434	2009		今川信作、濱口真司、尾花哲浩、柳長門、三戸利行;解説「大型ヘリカル装置のサブクール冷却への改造と運転状況」低温工学 Vol. 44, No. 5 (2009) 194-200.	1				
435	2009	1	尾花 哲浩, 濱口 真司, 柳 長門, 三戸 利行, 森内 貞智, 関口 温朗, 大場 恒揮, 今川 信作, "LHD サブクール冷却システムの特性", 低温工学, Vol. 44 (2009) No. 7, pp.304-313	1				
436	2009		中曾根祐司、高橋由紀夫、佐藤和義、西村 新、鈴木哲也、入江宏定、中平昌隆、「日本機械学会核融合炉用超伝導マグネット構造規格－国際熱核融合実験炉ITER建設を目指して－」、高温学会誌、第35巻、第6号 (2009) pp 294-299	1				1
437	2009	1	A. Kawagoe, F. Sumiyoshi, Y. Fukushima, Y. Wakabayashi, T. Mito, N. Yanagi, M. Takahashi, and M. Okada, "Critical Currents and AC Losses in MgB2 Multifilamentary Tapes With 6 Twisted Filaments," Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, vol. 19, 2009, pp. 2686-2689.	1				1
438	2009	1	H. Azechi, K. Mima, Y. Fujimoto, S. Fujioka, H. Homma, M. Isobe, A. Iwamoto, T. Jitsuno, T. Johzaki, R. Kodama, M. Koga, K. Kondo, J. Kawanaka, T. Mito, N. Miyanaga, O. Motojima, M. Murakami, H. Nagatomo, K. Nagai, M. Nakai, H. Nakamura, T. Nakamura, T. Nakazato, Y. Nakao, K. Nishihara, H. Nishimura, T. Norimatsu, T. Ozaki, H. Sakagami, Y. Sakawa, N. Sarukura, K. Shigemori, T. Shimizu, H. Shiraga, A. Sunahara, T. Taguchi, K.A. Tanaka and K. Tsubakimoto, "Plasma physics study and laser development for the Fast-Ignition Realization Experiment (FIREX) Project," Nucl. Fusion 49 No 10 (October 2009) 104024.	1				1
439	2009	1	H. Azechi, M. Nakai, H. Homma, T. Johzaki, M. Koga, K. Mima, N. Miyanaga, M. Murakami, H. Nagatomo, K. Nagai, T. Nakamura, K. Nishimura, H. Nishimura, T. Norhimatsu, Y. Sakawa, K. Shigemori, H. Shiraga, A. Iwamoto, T. Mito, H. Sakagami, O. Motojima, R. Kodama, K. A. Tanaka and A. Sunahara, "Advanced Target Design for the FIREX-I Project," Plasma and Fusion Research Vol. 4(2009), S1001.	1				1
440	2009	1	K. Kizu, K. Tsuchiya, T. Obana, K. Takahata, R. Hoshi, S. Hamaguchi, Y. Nunoya, K. Yoshida, M. Matsukawa, N. Yanagi, S. Imagawa, and T. Mito, "Critical current measurement of prototype NbTi cable-in-conduit conductor for JT-60SA," Fusion Engineering and Design, vol. 84, Jun. 2009, pp. 1058-1062.	1				1
441	2009	1	K. Nagai, H. Yang, T. Norimatsu, H. Azechi, F. Belkada, Y. Fujimoto, T. Fujimura, K. Fujioka, S. Fujioka, H. Homma, F. Ito, A. Iwamoto, T. Jitsuno, Y. Kaneyasu, M. Nakai, N. Nemoto, H. Saika, T. Shimoyama, Y. Suzuki, K. Yamanaka and K. Mima, "Fabrication of aerogel capsule, bromine-doped capsule, and modified gold cone in modified target for the Fast Ignition Realization Experiment (FIREX) Project", Nucl. Fusion 49 No 9 (September 2009) 095028.	1				1
442	2009	1	N. Ozaki, T. Sano, M. Ikoma, K. Shigemori, T. Kimura, K. Miyanishi, T. Vinci, F. H. Ree, H. Azechi, T. Endo, Y. Hironaka, Y. Hori, A. Iwamoto, T. Kadono, H. Nagatomo, M. Nakai, T. Norimatsu, T. Okuchi, K. Otani, T. Sakaiya, K. Shimizu, A. Shiroshita, A. Sunahara, H. Takahashi, and R. Kodama, "Shock Hugoniot and temperature data for polystyrene obtained with quartz standard", Phys. Plasmas 16 (2009), 062702.	1				1
443	2009	1	T. Fujimura, A. Iwamoto, M. Nakai, T. Norimatsu, K. Nagai, H. Yang, Y. Kimura, H. Sakagami, T. Mito and K. Mima; "Developments of characterization of the foam shell target for Fast Ignition Realization Experiment-I (FIREX-I)", Journal of Physics: Conference Series 112 (2008), 032066.	1				1
444	2009	1	T. Suzuki, A. Nishimura, H. Nakajima; "JSME Construction Standard for Superconducting Magnet of Fusion Facility, Quality Assurance", Proceedings of ASME PVP2009, Prague, Czech Republic (2009) PVP2009-77337.	1				1
445	2009	1	Y. Aso, T. Hashimoto, T. Hashimoto, and S. Yamada ; "Inductive Pulsed- Power Supply with Marx Generator Methodology", IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 45, No. 1 (2009) pp. 237-240.	1				1

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
446	2009	1	Y. Nakasone, Y. Takahashi, A. Nishimura, T. Suzuki, H. Irie, M. Nakahira; "JSME Construction Standard for Superconducting Magnet of Fusion Facility", Proceedings of ASME PVP2009, Prague, Czech Republic (2009) PVP2009-78018.	1				1
			材料・ブランケット関連					
447	2009	1	Huailin Li, Arata Nishimura, Takeo Muroga, Takuya Nagasaka <i>Fatigue life and strain hardening behavior of JLF-1 steel</i> , <i>Journal of Nuclear Materials</i> , Volumes 386-388, 30 April 2009, Pages 433-436		1			1
448	2009	1	Y.F. Li, T. Nagasaka, T. Muroga, Q.Y. Huang, Y.C. Wu, <i>Effect of thermal ageing on tensile and creep properties of JLF-1 and CLAM steels</i> , <i>Journal of Nuclear Materials</i> , Volumes 386-388, 30 April 2009, Pages		1			
449	2009	1	Y. Hatano, H. Homma, T. Sakamura, H. Saitoh, T. Nagasaka, T. Muroga, M. Matsuyama, <i>Correlation between hydrogen distribution in V-4Cr-4Ti alloy and impact strength</i> , <i>Journal of Nuclear Materials</i> , Volumes 386-388, 30 April 2009, Pages 569-571		1			1
450	2009	1	K. Fukumoto, M. Narui, H. Matsui, T. Nagasaka, T. Muroga, M. Li, D.T. Hoelzer, S.J. Zinkle, <i>Environmental effects on irradiation creep behavior of highly purified V-4Cr-4Ti alloys (NIFS-Heats) irradiated by neutrons</i> , <i>Journal of Nuclear Materials</i> , Volumes 386-388, 30 April 2009, Pages 575-578		1			1
451	2009	1	H. Watanabe, A. Higashijima, N. Yoshida, T. Nagasaka, T. Muroga, <i>The microstructure of laser welded Y doped V-4Cr-4Ti alloys after ion irradiation</i> , <i>Journal of Nuclear Materials</i> , Volumes 386-388, 30 April 2009, Pages 598-601		1			1
452	2009	1	T. Muroga, T. Nagasaka, J.M. Chen, Y.F. Li, H. Watanabe <i>Microstructure of creep-deformed V-4Cr-4Ti strengthened by precipitation and cold rolling</i> , <i>Journal of Nuclear Materials</i> , Volumes 386-388, 30 April 2009, Pages 606-609		1			
453	2009	1	Masatoshi Kondo, Takuya Nagasaka, Akio Sagara, Nobuaki Noda, Takeo Muroga, Qi Xu, Masaru Nagura, Akihiro Suzuki, Takayuki Terai, <i>Metallurgical study on corrosion of austenitic steels in molten salt LiF-BeF₂ (Flibe)</i> <i>Journal of Nuclear Materials</i> , Volumes 386-388, 30 April 2009, Pages 685-688		1			
454	2009	1	O. Yeliseyeva, T. Muroga, Z. Yao, V. Tsisar, <i>Conception of operation of in situ oxide coating as applied to V/Li blanket</i> , <i>Journal of Nuclear Materials</i> , Volumes 386-388, 30 April 2009, Pages 696-699		1			1
455	2009	1	Zhenyu Yao, Akihiro Suzuki, Denis Levchuk, Takumi Chikada, Teruya Tanaka, Takeo Muroga, Takayuki Terai, <i>Hydrogen permeation through steel coated with erbium oxide by sol-gel method</i> , <i>Journal of Nuclear Materials</i> , Volumes 386-388, 30 April 2009, Pages 700-702		1			1
456	2009	1	Takuya Nagasaka, Masatoshi Kondo, Takeo Muroga, Nobuaki Noda, Akio Sagara, Osamu Motojima, Akihiro Suzuki, Takayuki Terai, "Fluoridation and oxidation characteristics of JLF-1 and NIFS-HEAT-2 low-activation structural materials", <i>Journal of Nuclear Materials</i> , Volumes 386-388, 30 April 2009, Pages 716-719		1			
457	2009	1	T. Hirouchi, M. Nishiura, T. Nagasaka, T. Ido, D. Funaki, T. Kobuchi, A. Okamoto, S. Kitajima, M. Sasao, K. Fujioka, M. Isobe, T. Mutoh, <i>Effect of ion beam and neutron irradiations on the luminescence of polycrystalline Ce-doped Y₃Al₅O₁₂ ceramics</i> , <i>Journal of Nuclear Materials</i> , Volumes 386-388, 2009, Pages 1049-1051		1			1
458	2009	1	Juro Yagi, Akihiro Suzuki, Takayuki Terai, Takeo Muroga, Satoru Tanaka "In-situ observation of hydrogen hot trapping from molten lithium with yttrium", <i>Fusion Engineering and Design</i> , Volume 84, Issues 7-11, June 2009, Pages 1993-1996		1			1
459	2009	1	Takumi Chikada, Akihiro Suzuki, Zhenyu Yao, Denis Levchuk, Hans Maier, Takayuki Terai, Takeo Muroga, <i>Deuterium permeation behavior of erbium oxide coating on austenitic, ferritic, and ferritic/martensitic steels</i> , <i>Fusion Engineering and Design</i> , Volume 84, Issues 2-6, June 2009, Pages 590-592		1			1

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
460	2009	1	Masatoshi Kondo, Takuya Nagasaka, Qi Xu, Takeo Muroga, Akio Sagara, Nobuaki Noda, Daisuke Ninomiya, Masaru Nagura, Akihiro Suzuki, Takayuki Terai, Naoki Fujii, "Corrosion characteristics of reduced activation ferritic steel, JLF-1 (8.92Cr-2W) in molten salts Flibe and Flinak", Fusion Engineering and Design, Volume 84, Issues 7-11, June 2009, Pages 1081-1085		1			
461	2009	1	Hiroo Kondo, Takuji Kanemura, Hirokazu Sugiura, Nobuo Yamaoka, Seiji Miyamoto, Mizuho Ida, Hiroo Nakamura, Izuru Matsushita, Takeo Muroga, Hiroshi Horiike "Thickness distribution of high-speed free-surface lithium flow simulating IFMIF target", Fusion Engineering and Design, Volume 84, Issues 7-11, June 2009,		1			1
462	2009	1	Chunjing Li, Qunying Huang, Qingsheng Wu, Shaojun Liu, Yucheng Lei, Takeo Muroga, Takuya Nagasaka, Jianxun Zhang, Jinglong Li "Welding techniques development of CLAM steel for Test Blanket Module" Fusion Engineering and Design, Volume 84, Issues 7-11, June 2009, Pages 1184-1187		1			1
463	2009	1	Masaru Nagura, Akihiro Suzuki, Takeo Muroga, Takayuki Terai "LiErO ₂ formation on Er ₂ O ₃ in static and natural convection lithium" Fusion Engineering and Design, Volume 84, Issues 7-11, June 2009, Pages 1384-1387		1			1
464	2009	1	H. Sugiura, H. Kondo, T. Kanemura, Y. Niwa, N. Yamaoka, S. Miyamoto, M. Ida, H. Nakamura, I. Matsushita, T. Muroga, H. Horiike, Development of velocity measurement on a liquid lithium flow for IFMIF, Fusion Engineering and Design, Volume 84, Issues 7-11, June 2009, Pages 1803-1807		1			1
465	2009	1	T. Muroga, T. Tanaka, M. Kondo, T. Nagasaka, Q. Xu, "Characterization of liquid lithium blanket with RAFM and V-alloys", Fusion Science and Technology (2009) vol.56 897-901		1		1	
466	2009	1	Yanfen Li, T. Nagasaka, T. Muroga "Creep properties and microstructure of JLF-1 and CLAM stels aged at 823 to 973K", Fusion Science and Technology (2009) vol.56 323-327		1			
467	2009	1	Takuya Nagasaka, Ryuta Kasada, Akihiko Kimura, Yoshio Ueda, Takeo Muroga, "Thermophysical Properties and Microstructure of Plasma-Sprayed Tungsten Coating on Low Activation Materials" Fusion Science and Technology (2009) vol.56 1053-1057		1			
468	2009	1	Masaru Nagura, Akihiro Suzuki, Takeo Muroga, Takayuki Terai "Effect of Oxygen on Corrosion of Erbium Oxide in Lithium" Fusion Science and Technology (2009) vol.56 841-845		1			1
469	2009	1	Q. Xu, M. Kondo, T. Nagasaka, T. Muroga and O. Yeliseyeva, "Effects of chemical potential of carbon on phase transformation and corrosion of JLF-1 steel in a static lithium" Journal of Nuclear Materials 394 (2009) 20-25.		1			
470	2009	1	N. Hara, S. Nogami, T. Nagasaka, A. Hasegawa, H. Tanigawa, T. Muroga, "Mechanical Property Changes and Irradiation Hardening Due to Dissimilar Metal Welding with Reduced Activation Ferritic/Martensitic Steel and 316L Stainless Steel" Fusion Science and Technology (2009) vol.56 318-322		1			1
471	2009	1	D. Kato, T. Kenmotsu, K. Ohya, T. Tanabe, "Excited state distribution of reflected hydrogen atoms at metal surfaces - Development of theoretical models -", J. Nucl. Mater. 390-391 (2009) 498-501		1			
472	2009	1	Daiji KATO, Hiroto Iwakiri, Kazunori MORISHITA, "First-principle Study on Binding Energy of Vacancy-Hydrogen Cluster in Tungsten", J. Plasma Fusion Res. SERIES 8 (2009) pp. 404-407		1			
			トリチウム・安全関連					
473	2009	1	H. Yamanishi, H. Miyake, H. Nakayoshi, "Application of Electric Personal Dosimeter to Environmental Radiation on Long Term Continuous Measurement", Radioisotopes, Vol.58.9 (September, 2009), p611-615.				1	
474	2009	1	H. Yamanishi, N. Sugiura, "Variation of Detection Ability with Scanning Method on Surface Survey of Radiological Density", Japanese Journal of Health Physics, Vol.44.3 (September, 2009), p304-312.				1	

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
475	2009	1	K. Kotoh, M. Tanaka, T. Sakamoto, S. Takashima, Y. Asakura, T. Uda, T. Sugiyama, "MULTI-COMPONENT BEHAVIOR OF HYDROGEN ISOTOPES IN ZEOLITE PACKED-BEDS USED FOR CRYOGENIC PRESSURE SWING ADSORPTION", Fusion Science and Technology, Vol.56.1 (July, 2009), p.184-189.			1		1
476	2009	1	K. Kotoh, M. Tanaka, T. Sakamoto, S. Takashima, Y. Asakura, T. Uda, T. Sugiyama, "OVERSHOOTING BREAKTHROUGH CURVES FORMED IN PRESSURE SWING ADSORPTION PROCESS FOR HYDROGEN ISOTOPE SEPARATION", Fusion Science and Technology, Vol.56.1 (July, 2009), p.173-178.			1		1
477	2009	1	M. Tanaka, T. Uda, K. Munakata, "Hydrogen and methane oxidation performances of hybrid honeycomb catalyst for a tritium removal system", Fusion Engineering and Design, Vol.84.7-11 (June, 2009), p1818-1822.			1		
478	2009	1	T. Sugiyama, M. Tanaka, I. Cristescu, L. Doerr, S. Welte, R. Michling, Y. Asakura, T. Uda, I. Yamamoto, "PERFORMANCE TESTS OF TRITIUM SEPARATION BY LPCE COLUMN AT TLK FACILITY", Fusion Science and Technology, Vol.56.2 (August, 2009), p.861-866.			1		1
479	2009	1	Y. Asakura, M. Tanaka, T. Uda, H. Ogawa, S. Takami, Y. Oya, K. Okuno, S. Fukada, "Design of Gaseous Tritium Recovery System Applying Commercially Available Membrane-Type Dehumidifier", Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.46.6 (June, 2009), p641-647.			1		
480	2009		T. Uda, M. Tanaka, "Tritium Distribution in the Environment and Transfer Model of Tritium Released from Nuclear Facilities 2. Recent Status and Distribution of Environmental Tritium 2.1 History of Atmospheric Tritium Concentrations and Measurement of Tritiated Water Vapor, Hydrogen and Methane Gases", プラズマ・核融合学会誌 (Journal of Plasma and Fusion Research), Vol.85.7 (July, 2009), p423-425.			1		
			炉設計関連					
481	2009	1	S. Imagawa, K. Takahata, H. Tamura, N. Yanagi, T. Mito, T. Obana and A. Sagara, "Concept of Magnet Systems for LHD-type Reactor," Nuclear Fusion, Vol. 49 (2009) 075017(7pp)	1			1	
482	2009	1	Y Kozaki, S Imagawa and A Sagara: Design windows and cost analysis on a helical reactor, Nucl. Fusion 49 (2009) 115011(8pp)				1	
483	2009	1	S. Yamada, A. Sagara, S. Imagawa, O. Motojima ; "Study on Hydrogen Production from Steam Electrolysis in LHD-type Power Reactor FFHR", Fusion Engineering and Design, Vol. 83 (2009) pp.260-264.	1			1	
484	2009	1	T. Goto, Y. Ogawa, A. Sagara, and S. Imagawa, "New Magnetic Scaling for Heliotron/Torsatron-type Reactors", Fusion Sci. and Technol., Vol.56, No.2, (2009) pp.925-929.				1	
485	2009	1	T. Goto, Y. Someya, Y. Ogawa, R. Hiwatari, Y. Asaoka, K. Okano, A. Sunahara, and T. Johzaki, "Conceptual Design of Fast-ignition Laser Fusion Reactor FALCON-D", Nuclear Fusion, Vol.49, No.7, (2009) pp.075006(8pp).				1	
486	2009	1	Y. Someya, T. Matsumoto, R. Hiwatari, Y. Asaoka, K. Okano, T. Goto, and Y. Ogawa, "Comparison of Two Types of Blanket Concepts for a Fast Ignition ICF Reactor FALCON-D", Fusion Sci. Technol., Vol. 56, No.1 (2009) pp.478-482.				1	1
487	2009		三戸 利行, 辺見 努「核融合装置用間接冷却型超電導マグネットの設計研究」 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials (2009) September vol.129 609	1			1	
488	2009	1	Osamu Mitarai, Akio Sagara, Nobuyoshi Ohyabu, Ryuichi Sakamoto, Akio Komori, Osamu Motojima: Stabilization of Unstable Low-Temperature and High-Density Operation in The Force-Free Helical Reactor, Fusion Science & Technology, 56 (2009) pp.1495-1511.				1	1
			投稿中					
			超伝導マグネット関連					

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
489	投稿 中	1	A. Iwamoto, T. Fujimura, M. Nakai, K. Nagai, T. Norimatsu, H. Azechi, R. Maekawa and H. Sakagami; "Study on Possible Fuel Layering Sequence for FIREX Target", submitted to Journal of Physics: Conference Series.	1				
490	投稿 中	1	magnets and their enhancement for dynamic control of the magnetic field", Fusion Science and Technology, to be published.	1				
491	投稿 中	1	S. Hamaguchi, T. Okamura, S. Imagawa, T. Obana, N. Yanagi, K. Oba, S. Moriuchi, H. Sekiguchi, and T. Mito, "Operation and Control of Helium Subcooling System of LHD Helical Coils during Change of Rotational Speed of Cold Compressors," IEEE Transactions on Applied Superconductivity (投稿中).	1				
492	投稿 中	1	S. Hamaguchi, T. Okamura, S. Imagawa, T. Obana, N. Yanagi, T. Mito, "HELIUM SUBCOOLING SYSTEM FOR LHD HELICAL COILS," Fusion Science and Technology (投稿中).	1				
493	投稿 中	1	S. Imagawa, T. Mito, K. Takahata, S. Yamada, N. Yanagi, H. Chikaraishi, R. Maekawa, H. Tamura, A. Iwamoto, S. Hamaguchi, T. Obana, T. Okamura, Y. Shirai, Y. Ise, T. Hamajima, LHD Group, "12.1 Overview of LHD Superconducting Magnet System and Its Ten-year Operation," Fusion Science and Technology, to be published.	1				
494	投稿 中	1	N. Yanagi, S. Imagawa, H. Sekiguchi, A. Ninomiya, K. Takahata, S. Hamaguchi, T. Obana, T. Mito, LHD Group, "Performance of the Superconducting Helical Coils of LHD", submitted to Fusion Science and Technology	1				
			材料・ブランケット関連					
495	投稿 中	1	M. Nishiura, T. Nagasaka, T. Ido and T. Tanaka, Design and development of lost alpha detection system, presented at 23rd Symposium on Fusion Engineering, May 31-June 5, 2009, San Diego		1			
496	投稿 中	1	T. Muroga, T. Nagasaka, H. Watanabe and M. Yamazaki, The Effect of Final Heat Treatment Temperature on Radiation Response of V-4Cr-4Ti, presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			
497	投稿 中	1	Takuya Nagasaka, Takeo Muroga, Hideo Watanabe, Ryuta Kasada, Noriyuki Iwata, Akihiko Kimura, Mechanical property of V-4Cr-4Ti alloy after first wall coating with tungsten, presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			
498	投稿 中	1	T. Tanaka, M. Yoshino, Y. Hishinuma, D. Zhang, W. Kada, F. Sato, T. Iida, T. Nagasaki, T. Muroga, Characterization of Er ₂ O ₃ ceramic coatings by luminescence measurements, presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			
499	投稿 中	1	Y. Hishinuma, T. Tanaka, T. Nagasaka, S. Yoshizawa, T. Tanaka, Y. Tasaki and T. Muroga, Development of Er ₂ O ₃ coating on liquid blanket components synthesized with MOCVD process, presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			
500	投稿 中	1	Masatoshi Kondo, Takeo Muroga, Qi Xu, Takuya Nagasaka, Tomoko Oshima, Corrosion and Mass Transfer of RAFM Steel in Li Thermal Convection Loop, presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			
501	投稿 中	1	Yanfen Li, Takuya Nagasaka, Takeo Muroga, Influence of Stress during Thermal Ageing on Microstructure and Mechanical Properties of JLF-1 and CLAM Steels, presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			
502	投稿 中	1	D. Kato, H. Iwakiri, K. Morishita "Formation of vacancy clusters in tungsten crystals under hydrogen-rich condition" presented at 14th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
503	投稿 中	1	Dongxun Zhang, Teruya Tanaka, Takeo Muroga, <i>Electrical resistivity and hydrogen permeation of dip-coated Er₂O₃ on JLF-1 at high-temperature</i> , presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			
504	投稿 中	1	Valentyn Tsisar, Masatoshi Kondo, Takeo Muroga, Takuya Nagasaka, <i>Nitrogen Effect on the Corrosion Behavior of RAFM JLF-1 Steel in Lithium</i> , presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			
505	投稿 中	1	Akihiro Suzuki, Masaru Nagura, Takumi Chikada, B. A. Pint, Freimut Koch, Hans Maier, Takayuki Terai, Takeo Muroga, <i>Long term lithium compatibility of erbium oxide coatings fabricated by arc source method</i> , presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			1
506	投稿 中	1	Y. Yamauchi, D. Oku, T. Hino, T. Shibayama, Y. Nobuta, T. Nagasaka and T. Muroga, <i>Helium Retention and Surface Morphology of Oxidized Vanadium Alloy</i> , presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			1
507	投稿 中	1	G. A. Esteban, G. Alberro, I. Peñalva, F. Legarda, T. Nagasaka, T. Muroga, <i>The hydrogen absorption and migration parameters of NIFS-HEAT-2</i> , presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			1
508	投稿 中	1	M. Satou, Y. Nagata, T. Nagasaka, A. Hasegawa, <i>Irradiation performance database of V-Cr-Ti type alloy containing small amounts of yttrium</i> , presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			1
509	投稿 中	1	D. Ohyama, A. Suzuki, M. Nagura, T. Terai, D. Ninomiya, M. Kondo, T. Nagasaka, A. Sagara, <i>Removal of Metal Impurities in Flibe by Electrolytic Separation</i> , presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			1
510	投稿 中	1	H. Watanabe, N. Yoshida, T. Nagasaka, T. Muroga, <i>The microstructure and hardness change of neutron irradiated weld joint of vanadium alloys</i> , presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			1
511	投稿 中	1	M. Hatakeyama, T. Muroga and S. Tamura, <i>Nanostructural evolution of Ti (O, N, C) Precipitates in V-4Cr-4Ti Alloys Studied by 3 Dimensional Atom Probe</i> , presented at 14 th International Conference on Fusion Reactor Materials, Sept. 6-10, 2009, Sapporo, submitted to Journal of Nuclear Materials		1			1
512	投稿 中	1	T. Muroga and B.A. Pint, <i>Progress in the development of insulator coating for liquid lithium blankets</i> , presented at 9 th International Symposium on Fusion Nuclear Technology, Oct 11-16, 2009, Dalian, submitted to Fusion Engineering and Design		1			
513	投稿 中	1	Takuya Nagasaka, Masatoshi Kondo, Takeo Muroga, Akio Sagara, Osamu Motojima, <i>Development of anti-corrosion coating on low activation materials against fluoridation in Flibe blanket environment</i> , presented at 9 th International Symposium on Fusion Nuclear Technology, Oct 11-16, 2009, Dalian, submitted to Fusion Engineering and Design		1			
514	投稿 中	1	T. Ohshima, M. Kondo, M. Tanaka, T. Muroga, A. Sagara, <i>Hydrogen transport in Molten Salt Flinak Measured by Solid Electrolyte Sensors with Pd Electrode</i> , presented at 9 th International Symposium on Fusion Nuclear Technology, Oct 11-16, 2009, Dalian, submitted to Fusion Engineering and Design		1			

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
515	投稿 中	1	Huailin Li, Arata Nishimura, Takuya Nagasaka, Takeo Muroga, <i>Tensile Properties of JLF-1 Steel at Elevated Temperature</i> , presented at 9 th International Symposium on Fusion Nuclear Technology, Oct 11-16, 2009, Dalian, submitted to Fusion Engineering and Design		1			1
516	投稿 中	1	Akihiro Suzuki, Daisuke Ohyama, Masaru Nagura, Daisuke Ninomiya, Takayuki Terai, Masatoshi Kondo, Takuya Nagasaka, Akio Sagara, <i>Establishment of electrochemical cell for the unification work of Flibe redox parameters</i> , presented at 9 th International Symposium on Fusion Nuclear Technology, Oct 11-16, 2009, Dalian, submitted to Fusion Engineering and Design		1			1
517	投稿 中	1	Masatoshi Kondo, Takuya Nagasaka, Akio Sagara, Takeo Muroga, Naoki Fujii, <i>Corrosion of RAFM JLF-1 steel in flowing Flinak</i> , presented at 9 th International Symposium on Fusion Nuclear Technology, Oct 11-16, 2009, Dalian, submitted to Fusion Engineering and Design		1			
518	投稿 中	1	Teruya Tanaka, Wataru Kada, Tatsuya Hinoki, Toshiji Ikeda, Kazuya Shimoda, Min-Soo Suh, Fuminobu Sato, Toshiyuki Iida, Akira Kohyama, Takeo Muroga, <i>Electrical insulating performances of SiC materials under gamma-ray irradiation</i> , presented at the Asia Plasma and Fusion Association 2009, October 27-30, 2009, Aomori, submitted to Plasma and Fusion Research		1			
519	投稿 中	1	T. Nagasaka, M. Kondo, A. Sagara, T. Muroga, <i>Mechanical properties and corrosion behavior of hydrogen permeation materials for molten salt blanket system</i> , presented at Asia Plasma and Fusion Association in 2009, Oct 27-29, Aomori, submitted to Plasma and Fusion Research		1			
520	投稿 中	1	M. Kondo, V. Tsisar, T. Muroga, T. Nagasaka, O. Yeliseyeva, <i>Corrosion of RAFM JLF-1 steel in Li flow induced by impeller</i> , presented at Asia Plasma and Fusion Association in 2009, Oct 27-29, Aomori, submitted to Plasma and Fusion Research		1			
521	投稿 中	1	D. Kato, T. Kenmotsu, K. Ohya, T. Tanabe, <i>Linear polarization of photons emitted from excited hydrogen atoms formed above metal surfaces</i> submitted to Contributions to Plasma Physics		1			
			トリチウム・安全関連					
522	投稿 中	1	T. Kawano, <i>Radiation Sources Fabricated from Kelp Powder for Educational Purposes</i> , Radiation Safety Management, Vol.8 No.1 (2010), to be published.			1		
			炉設計関連					
523	投稿 中	1	S. Imagawa, A. Sagara, H. Yamada, N. Nakajima, A. Komori, O. Motojima, LHD experiment group, <i>13 Prospects Toward An Integrated Heliotron Fusion Reactor</i> , Fusion Science and Technology, to be published.	1			1	
524	投稿 中	1	N. Yanagi, K. Nishimura, G. Bansal, A. Sagara, O. Motojima, <i>Split and Segmented-Type Helical Coils for the Heliotron Fusion Energy Reactor</i> , to be published in Plasma and Fusion Research				1	
525	投稿 中	1	Goto, T., Suzuki, Y., Watanabe, K.Y., Imagawa, S., and Sagara, A., <i>Core Plasma Design of a Heliotron Reactor</i> , submitted to Contribution to Plasma Physics				1	
526	投稿 中	1	N. Yanagi, K. Nishimura, A. Sagara, O. Motojima, <i>Configuration Studies on the Heliotron Fusion Energy Reactor with Split-Type Helical Coils</i> , submitted to Contribution to Plasma Physics				1	
527	投稿 中	1	Akio Sagara, Yuri Igitkhanov, Farrokh Najmabadi: <i>Review of stellarator/heliotron design issues towards MFE DEMO</i> , Submitted to Fusion Engineering and Design				1	
528	投稿 中	1	O. Mitarai, A. Sagara, R. Sakamoto, N. Ohyabu, A. Komori, and O. Motojima: <i>The low temperature and high density ignition in the FFHR helical reactor by pellet injections</i> , Submitted to Fusion Engineering and Design				1	
529	投稿 中	1	Y. Suzuki, N. Yanagi, T. Goto, S. Okamura, K. Nishimura, A. Sagara and N. Ohyabu: <i>Optimization of the heliotron configuration using split-type helical coils</i> , Submitted to ITC-19				1	

No.	Year	Refereed		SC mag. Cryo.	Material, Blanket	Tritium, Safety	Reactor design	所外 第1著者
合計		500		235	185	72	78	235

2. 共同研究リスト

2.1 一般共同研究(平成16年度～21年度)核融合工学関連

(一般共同研究カテゴリー区分に準拠して整理した)

(総計 417 / 超伝導・低温・装置 148、材料・ブランケット 106、トリチウム・安全 96、炉設計 67)

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
		超伝導・低温・装置関連					
16		1. 大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクト(1)大型ヘリカル装置(LHD)実験共同研究⑤装置工学実験					
16	4005-001	LHD超伝導ポロイダルコイルにおける超長時定数磁場の観測	濱島高太郎	東北大学大学院工学研究科	教授	高畑一也	超伝導・低温・装置
16	4005-002	AE信号と電気信号との相関に着目した超伝導コイルの診断	石郷岡猛	成蹊大学工学部	教授	柳長門	
16	4001-009	実時間帰還制御システムによるプラズマの位置制御	西村清彦	核融合科学研究所大型ヘリカル研究部	助教授	西村清彦	
16	4005-003	LHD超伝導コイル電源の電流制御ープラズマ電流消滅時の制御特性向上ー	伊瀬敏史	大阪大学大学院工学研究科電気工学専攻	教授	力石浩孝	
16		1. 大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクト(2)装置技術・開発共同研究②超伝導技術					
16	4005-004	ケーブル・イン・コンジット型超電導導体の長時定数ループに関する研究	濱島高太郎	東北大学大学院工学研究科	教授	高畑一也	超伝導・低温・装置
16	4005-005	ヘリカルコイルの応力最適化に関する研究	嶋田隆一	東京工業大学原子炉工学研究所	教授	力石浩孝	
16	4005-006	超流動ヘリウムの電気絶縁特性の研究	原雅則	九州大学大学院システム情報科学研究院	教授	山田修一	
16	4005-007	超流動ヘリウム冷却による超伝導磁石システム設計のためのデータベース構築	春山富義	高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所	教授	岩本晃史	
16	4005-008	希土類系高温超電導バルク単結晶の機械的特性と破壊機構に関する研究	片桐一宗	岩手大学工学部	教授	岩本晃史	
16	4005-009	パルス管冷凍方式を利用した低冷凍負荷電流導入システムの開発	前畑京介	九州大学大学院工学研究科	助教授	前川龍司	
16	4005-010	YBCOバルク体を用いた超伝導磁気浮上の核融合装置への応用に関する基礎研究	津田理	山口大学工学部	助教授	柳長門	
16	4005-011	SiCパワーデバイスの低温特性と交直変換器への適用に関する基礎研究	松川達哉	名古屋大学理工科学総合研究センター	客員助教授	力石浩孝	
16	4005-012	極低温環境下でのIn-situで使用可能な小型汎用圧力センサーの研究と開発	木村誠宏	高エネルギー加速器研究機構低温工学セン	助手	岩本晃史	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
16	4005-013	ポインティングベクトル法を応用した超伝導コイル監視と診断システムの開発	住吉文夫	鹿児島大学工学部	教授	三戸利行	
16	4005-014	核融合装置用酸化物超伝導導体の基礎研究	岩熊成卓	九州大学大学院システム情報科学研究所	助教授	三戸利行	
16	4005-015	超流動ヘリウムにおける相転移がもたらす熱伝達への影響	小林久恭	日本大学量子科学研究所	教授	濱口真司	
16	4005-016	LHD複合電気絶縁系における絶縁信頼性の向上	長尾雅行	豊橋技術科学大学工学部	教授	山田修一	
16	4005-017	電流リード用高温超伝導体の製作と最適設計の研究	山田豊	東海大学工学部材料科学科	教授	田村仁	
16	4005-018	高温超伝導コイルのコイル内温度分布を考慮した通電特性の最適化の研究	福井聡	新潟大学大学院自然科学研究科	助教授	力石浩孝	
16	4005-011	フライホイール式エネルギー貯蔵装置による電力品質の向上・安定化に関する基礎研究	石田宗秋	三重大学工学部電気電子工学科	教授	力石浩孝	
16		2. 炉工学分野研究(1)炉工学研究					
16	4012-002	核融合炉応用に向けた低放射化高磁界発生用金属系超伝導線材の開発	菊池章弘	独立行政法人物質材料研究機構超伝導材料研究センター	主任研究員	菱沼良光	超伝導・低温・装置
16	4012-003	極低温材料システムの強度特性評価法開発	進藤裕英	東北大学大学院工学研究科	教授	西村新	
16	4012-004	円周切欠き丸棒試験片を用いた破壊靱性評価法の開発	笠場孝一	岩手大学工学部	助教授	西村新	
16	4012-006	超伝導コイル用非金属系複合材料の熱・機械的特性に関する研究	高尾智明	上智大学理工学部	教授	西村新	
16	4005-020	先進ヘリカル炉マグネットシステム開発とそのためのデータベースの構築	橋爪秀利	東北大学大学院工学研究科	教授	柳長門	
16	4012-010	金属線複合化による電流リード用Bi-2223焼結体の超伝導特性と機械特性の向上	吉澤秀二	明星大学理工学部	助教授	西村新	
16	4012-019	核融合炉用大型超伝導コイルシステムの構造設計と材料特性評価	西村新	核融合科学研究所炉工学研究センター	教授	西村新	
16		10. 相互交流型共同研究 企画型					
16	4005-029	スターリング型パルス管冷凍機の冷却メカニズムの解明	八十濱和彦	日本大学量子科学研究所	教授	前川龍司	超伝導・低温・装置
16		10. 相互交流型共同研究 派遣型					
16	4005-031	高温超伝導コイルを用いた磁気浮上内部導体装置の高性能化とECHプラズマ実験	小川雄一	東京大学高温プラズマ研究センター	教授	柳長門	超伝導・低温・装置
16		11. 研究会					

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
16	4005-033	核融合実験装置用超伝導・低温システムの進展	三戸利行	核融合科学研究所大型ヘリカル研究部	教授	三戸利行	超伝導・低温・装置
17		1. 大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクト(1)大型ヘリカル装置(LHD)実験共同研究⑤装置工学実験					
17	NIFS05KLAA003	LHDヘリウム冷却システムの流量分配の最適化	岡村哲至	東京工業大学・創造エネルギー専攻	教授	濱口真司	超伝導・低温・装置
17	NIFS04KLAA001	LHD超伝導ポロイダルコイルにおける超長時定数磁場の観測	濱島高太郎	東北大学・大学院工学研究科	教授	高畑一也	
17	NIFS04KLAA002	AE信号と電気信号との相関に着目した超伝導コイルの診断	石郷岡猛	成蹊大学・工学部	教授	柳長門	
17		1. 大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクト(2)装置技術・開発共同研究②超伝導技術					
17	NIFS05KCAA007	希土類系高温超伝導バルク単結晶の熱-機械的強度特性に関する	片桐一宗	岩手大学・工学部	教授	岩本晃史	超伝導・低温・装置
17	NIFS04KCAA004	電流リード用高温超伝導体の製作と最適設計の研究	山田豊	東海大学・工学部	教授	田村仁	
17	NIFS04KCAA005	超流動ヘリウムにおける相転移がもたらす熱伝達への影響	小林久恭	日本大学・理工学部	教授	濱口真司	
17	NIFS05KCAA008	応力最小化ヘリカルコイルを用いた超伝導電力貯蔵装置の可能性研究	嶋田隆一	東京工業大学・原子炉工学研究所	教授	力石浩孝	
17	NIFS05KCAA009	立体構造を有する先進銀化合物の極低温材料適用可能性基礎研究	力石紀子	神奈川大学・理学部	助手	力石浩孝	
17	NIFS03KCAA001	ケーブル・イン・コンジット型超電導導体の長時定数ループに関する研究	濱島高太郎	東北大学・大学院工学研究科	教授	高畑一也	
17	NIFS05KCAA010	LHDにおける極低温複合電気絶縁の信頼性	長尾雅行	豊橋技術科学大学・工学部	教授	山田修一	
17	NIFS05KCAA011	超伝導コイルの電気絶縁評価	原雅則	九州大学・大学院システム情報科学研究所	教授	山田修一	
17	NIFS03KCAA002	先進的ユニポーラ型パワーエレクトロニクスデバイスの低温特性と高効率交直変換器への適用に関する基礎研究	松川達哉	三重大学・工学部	助教授	力石浩孝	
17	NIFS03KCAA003	YBCOバルク体を用いた超伝導磁気浮上の核融合装置への応用に関する基礎研究	津田理	山口大学・産学公連携創業支援機構	助教授	柳長門	
17	NIFS05KCAA012	大型超伝導・低温システムに関する技術標準化研究	春山富義	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所	教授	岩本晃史	
17	NIFS05KCAA013	低温超伝導コイルの高性能化のための捻り角制御型新導体の開発	住吉文夫	鹿児島大学・工学部	教授	三戸利行	
17	NIFS04KCAA006	核融合装置用酸化物超伝導導体の基礎研究	岩熊成卓	九州大学・大学院システム情報科学研究所	助教授	三戸利行	
17		2. 炉工学分野研究(1)炉工学研究					

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
17	NIFS05KFRF013	超伝導マグネット絶縁用複合材料システムの極低温はく離疲労き裂進展	進藤裕英	東北大学・大学院工学研究科	教授	西村新	超伝導・低温・装置
17	NIFS04KFRF004	超伝導コイル用非金属系複合材料の熱・機械的特性に関する研究	高尾智明	上智大学・理工学部	教授	西村新	
17	NIFS04KFRF005	円周切欠き丸棒試験片を用いた破壊靱性評価法の開発	笠場孝一	岩手大学・工学部	助教授	西村新	
17	NIFS05KFRF014	V-Ti及びV-Ti-Ta合金系超伝導線材の開発	井上廉	徳島大学・工学部・電気電子工学科	教授	菱沼良光	
17	NIFS04KFRF006	核融合炉応用に向けた低放射化高磁界発生用金属系超伝導線材の開発	菊池章弘	独立行政法人物質・材料研究機構・超伝導材料研究センター	主任研究員	菱沼良光	
17	NIFS04KFRF007	核融合炉用大型超伝導コイルシステムの構造設計と材料特性評価	西村新	核融合科学研究所・炉工学研究センター	教授	西村新	
17	NIFS04KFRF008	金属線複合化による電流リード用Bi-2223焼結体の超伝導特性と機械特性の向上	吉澤秀二	明星大学・理工学部	助教授	西村新	
17		10. 相互交流型共同研究 企画型					
17	NIFS04KKMA002	スターリング型パルス管冷凍機の冷却メカニズムの解明	八十濱和彦	日本大学・量子科学研究所	教授	前川龍司	超伝導・低温・装置
17		10. 相互交流型共同研究 派遣型					
17	NIFS05KKMF001	低放射化超伝導線材における高磁界下での臨界電流特性の評価解析	菱沼良光	核融合科学研究所・炉工学研究センター	助手	菱沼良光	超伝導・低温・装置
17	NIFS05KKMF002	横方向電磁圧縮力による超伝導ケーブル導体の臨界電流特性劣化	片桐一宗	岩手大学・工学部	教授	妹尾和威	
17	NIFS03KKMA001	高温超伝導コイルを用いた磁気浮上内部導体装置の高性能化とECHプラズマ実験	小川雄一	東京大学・高温プラズマ研究センター	教授	柳長門	
17		11. 研究会					
17	NIFS05KKGA002	核融合と応用技術	三戸利行	核融合科学研究所・大型ヘリカル研究部	教授	三戸利行	超伝導・低温・装置
18		1 大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクト(1) 大型ヘリカル装置(LHD)実験共同研究⑩ 装置工学実験					
18	NIFS04KLAA001	LHD超伝導ポロイダルコイルにおける超長時定数磁場の観測	濱島高太郎	東北大学・大学院工学研究科	教授	高畑一也	超伝導・低温・装置
18	NIFS06KLAA004	LHD過冷却システムの制御法の最適化	岡村哲至	東京工業大学・創造エネルギー専攻	教授	濱口真司	
18	NIFS06KLAA005	LHDコイルの監視と状態推定	石郷岡猛	成蹊大学・理工学部	教授	柳長門	
18		1 大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクト(2) 実験技術・開発共同研究② 超伝導技術					

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野	
18	NIFS05KCAA012	大型超伝導・低温システムに関する技術標準化研究	春山富義	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授	教授	岩本晃史	超伝導・低温・装置	
18	NIFS04KCAA006	核融合装置用酸化物超伝導導体の基礎研究	岩熊成卓	九州大学・大学院システム情報科学研究所・助教	助教授	三戸利行		
18	NIFS05KCAA013	低温超伝導コイルの高性能化のための捻り角制御型新導体の開発	住吉文夫	鹿児島大学・工学部	教授	三戸利行		
18	NIFS05KCAA010	LHDにおける極低温複合電気絶縁の信頼性	長尾雅行	豊橋技術科学大学・工学部	教授	山田修一		
18	NIFS05KCAA007	希土類系高温超伝導バルク単結晶の熱-機械的強度特性に関する	片桐一宗	岩手大学・工学部	教授	岩本晃史		
18	NIFS05KCAA008	応力最小化ヘリカルコイルを用いた超伝導電力貯蔵装置の可能性研究	嶋田隆一	東京工業大学・原子炉工学研究所	教授	力石浩孝		
18	NIFS04KCAA004	電流リード用高温超伝導体の製作と最適設計の研究	山田豊	東海大学・工学部	教授	田村仁		
18	NIFS06KCAA014	希土類系超伝導熔融材料を用いた超小型球殻状バルク体の磁気浮上制御に関する研究	津田理	東北大学・大学院工学研究科	助教授	柳長門		
18	NIFS06KCAA015	LHDヘリカルコイルの常伝導伝播速度の温度・磁場依存性	白井康之	京都大学・エネルギー科学研究科	助教授	今川信作		
18	NIFS06KCAA016	ヘリカル炉における分割型超伝導マグネット実現可能性の検討	伊藤悟	東北大学・大学院工学研究科	助手	田村仁		
18	NIFS06KCAA017	種々の電力品質を有する負荷が混在する核融合炉の電力システムの研究	伊瀬敏史	大阪大学・大学院工学研究科	教授	力石浩孝		
18	NIFS06KCAA018	フライホイール式エネルギー貯蔵装置による電力品質の向上に関する研究	松川達哉	三重大学・工学部	助教授	力石浩孝		
18	NIFS06KCAA019	ケーブル・イン・コンジット型超伝導導体の素線配置3次元計測	濱島高太郎	東北大学・大学院工学研究科	教授	高畑一也		
18	NIFS06KCAA020	超流動ヘリウムにおける過熱がもたらす熱伝達への影響	小林久恭	日本大学理工学部・量子科学研究所	教授	前川龍司		
18	NIFS05KCAA009	立体構造を有する先進銀化合物の極低温材料適用可能性基礎研究	力石紀子	神奈川大学・理学部	助手	力石浩孝		
18		2 炉工学分野研究(1) 炉工学研究						
18	NIFS05KFRF014	V-Ti及びV-Ti-Ta合金系超伝導線材の開発	井上廉	徳島大学・工学部電気電子工学科	教授	菱沼良光		超伝導・低温・装置
18	NIFS04KFRF008	金属線複合化による電流リード用Bi-2223焼結体の超伝導特性と機械特性の向上	吉澤秀二	明星大学・理工学部	教授	西村新		
18	NIFS06KFRF024	円周切欠き付丸棒試験片による破壊靱性試験法の規格化	笠場孝一	岩手大学・工学部	助教授	西村新		
18	NIFS06KFRF026	先進核融合炉用低放射化MgB2超伝導線材の作製	菊池章弘	物質・材料研究機構・超伝導材料センター	主任研究員	菱沼良光		

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
18	NIFS06KFRF028	超伝導マグネット絶縁用複合材料システムの極低温引張疲労強度	進藤裕英	東北大学・大学院工学研究科	教授	西村新	
18	NIFS06KFRF032	超伝導コイルの熱・機械的疲労と交流電損失に関する研究	高尾智明	上智大学・理工学部	教授	西村新	
18		10 相互交流型共同研究 派遣型					
18	NIFS05KKMF001	低放射化超伝導線材における高磁界下での臨界電流特性の評価解析	菱沼良光	核融合科学研究所・炉工学研究センター	助手	菱沼良光	超伝導・低温・装置
18		11 研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					
18	NIFS05KKGA002	核融合と応用技術	三戸利行	核融合科学研究所・大型ヘリカル研究部	教授	三戸利行	超伝導・低温・装置
19		1大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクト (1)大型ヘリカル装置(LHD)実験共同研究 ⑩装置工学実験					
19	NIFS06KLAA004	LHD過冷却システムの制御法の最適化	岡村哲至	東京工業大学・創造エネルギー専攻	教授	濱口真司	超伝導・低温・装置
19	NIFS06KLAA005	LHDコイルの監視と状態推定	石郷岡猛	成蹊大学・理工学部	教授	柳長門	
19		1大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクト (2)実験技術・開発共同研究 ②超伝導技術					
19	NIFS07KCAA021	核融合装置用酸化物超伝導体の電磁特性に関する基礎研究	岩熊成卓	九州大学・大学院システム情報科学研究院	助教授	三戸利行	
19	NIFS07KCAA022	MgB ₂ 超伝導線材を用いた極低温侵入電流リードに関する研究開発	山田豊	東海大学・工学部	教授	田村仁	
19	NIFS07KCAA023	超伝導コイルの最適化設計コード開発	山本明	高エネルギー加速器研究機構・共通基盤研究	教授	尾花哲浩	
19	NIFS07KCAA024	2次元流路における超流動ヘリウムの挙動	小林久恭	日本大学・理工学部	教授	前川龍司	
19	NIFS05KCAA010	LHDにおける極低温複合電気絶縁の信頼性	長尾雅行	豊橋技術科学大学・工学部	教授	山田修一	
19	NIFS06KCAA014	希土類系超伝導溶融材料を用いた超小型球殻状バルク体の磁気浮上制御に関する研究	津田理	東北大学・大学院工学研究科	助教授	柳長門	超伝導・低温・装置
19	NIFS07KCAA025	高温超伝導単結晶バルクのインデンテーションによる機械的特性評価に関する研究	村上明	弘前大学・理工学部	助手	岩本晃史	
19	NIFS06KCAA015	LHDヘリカルコイルの常伝導伝播速度の温度・磁場依存性	白井康之	京都大学・エネルギー科学研究科	助教授	今川信作	
19	NIFS05KCAA008	応力最小化ヘリカルコイルを用いた超伝導電力貯蔵装置の可能性研究	嶋田隆一	東京工業大学・統合研究院	教授	力石浩孝	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
19	NIFS06KCAA019	ケーブル・イン・コンジット型超電導導体の素線配置3次元計測	濱島高太郎	東北大学・大学院工学研究科	教授	高畑一也	
19	NIFS06KCAA017	種々の電力品質を有する負荷が混在する核融合炉の電力システムの研究	伊瀬敏史	大阪大学・大学院工学研究科	教授	力石浩孝	
19		2炉工学分野研究 (1)炉工学研究					
19	NIFS05KFRF014	V-Ti及びV-Ti-Ta合金系超伝導線材の開発	井上廉	徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部	教授	菱沼良光	超伝導・低温・装置
19	NIFS06KFRF024	円周切欠き付丸棒試験片による破壊靱性試験法の規格化	笠場孝一	岩手大学・工学部	助教授	西村新	
19	NIFS06KFRF032	超伝導コイルの熱・機械的疲労と交流電損失に関する研究	高尾智明	上智大学・理工学部	教授	西村新	
19	NIFS06KFRF026	先進核融合炉用低放射化MgB2超伝導線材の作製	菊池章弘	物質・材料研究機構・超伝導材料センター	主任研究員	菱沼良光	
19	NIFS07KFRF038	3次元溶湯浸透法を経由した押出MgB2/Al複合材料線材の超伝導特性	松田健二	富山大学大学院・理工学研究部	助教授	菱沼良光	
19	NIFS07KFRF040	超伝導マグネット絶縁用複合材料システムの極低温モードII層間破壊靱性	進藤裕英	東北大学・大学院工学研究科	教授	西村新	
19		10相互交流型共同研究派遣型					
19	NIFS07KKMF003	低放射化超伝導線材の高磁界下におけるT-J-H臨界特性解析	菱沼良光	核融合科学研究所・炉工学研究センター	助手	菱沼良光	超伝導・低温・装置
19		11研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					
19	NIFS05KKGA002	核融合と応用技術	三戸利行	核融合科学研究所・大型ヘリカル研究部	教授	三戸利行	超伝導・低温・装置
20		1 大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクト (1)大型ヘリカル装置(LHD)実験共同研究 ⑩装置工学実験					
20	NIFS06KLAA005	LHDコイルの監視と状態推定	石郷岡猛	成蹊大学・理工学部	教授	柳長門	超伝導・低温・装置
20	NIFS07KLAA004	LHD過冷却システムの制御法の最適化	岡村哲至	東京工業大学・創造エネルギー専攻	教授	濱口真司	
20		1 大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクト (2)実験技術・開発共同研究 ②超伝導技術					
20	NIFS06KCAA014	希土類系超伝導溶融材料を用いた超小型球殻状バルク体の磁気浮上制御に関する研究	津田理	東北大学・大学院工学研究科	准教授	柳長門	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
20	NIFS06KCAA019	ケーブル・イン・コンジット型超伝導導体の素線配置3次元計測	濱島高太郎	東北大学・大学院工学研究科	教授	高畑一也	超伝導・低温・装置
20	NIFS07KCAA021	核融合装置用酸化物超伝導導体の電磁特性に関する基礎研究	岩熊成卓	九州大学・大学院システム情報科学研究所	准教授	三戸利行	
20	NIFS07KCAA022	MgB2超伝導線材を用いた極低熱侵入電流リードに関する研究開発	山田豊	東海大学・工学部	教授	田村仁	
20	NIFS07KCAA025	高温超伝導単結晶バルクのインデンテーションによる機械的特性評価に関する研究	村上明	弘前大学大学院・理工学研究科	助教	岩本晃史	
20	NIFS08KCAA026	新しい機構による高性能Nb3Sn層の拡散生成に関する研究	太刀川恭治	東海大学・工学部	教授	三戸利行	
20	NIFS08KCAA027	LHD電気絶縁の信頼性向上のための部分放電防止技術の確立	長尾雅行	豊橋技術科学大学・工学部	教授	山田修一	
20	NIFS08KCAA028	間接冷却方式を用いた超伝導多層化コイルの熱的安定性解析	荻津透	高エネルギー加速器研究機構・大強度陽子加速器計画推進部	教授	尾花哲浩	
20	NIFS08KCAA029	新型パワーデバイスの核融合装置用電源への適用検討	伊瀬敏史	大阪大学大学院・工学研究科	教授	力石浩孝	
20	NIFS08KCAA030	LHDヘリカルコイル導体の最小伝播電流に対する擾乱時間の影響	白井康之	京都大学・エネルギー科学研究科	准教授	今川信作	
20		2 炉工学分野研究 (1)炉工学研究					
20	NIFS07KFRF038	3次元溶湯浸透法を経由した押出MgB2/Al複合材料線材の超伝導特性	松田健二	富山大学大学院・理工学研究部	准教授	菱沼良光	超伝導・低温・装置
20	NIFS08KFRF045	超伝導マグネット絶縁用複合材料システムの極低温混合モード層間破壊靱性	進藤裕英	東北大学・大学院工学研究科	教授	西村新	
20	NIFS08KFRF046	V-Ga化合物をGa源としたV3Ga超伝導線材の開発	菊池章弘	物質・材料研究機構・超伝導材料センター	主任研究員	菱沼良光	
20	NIFS08KFRF053	液体Ga金属塗布したV複合前駆体線材を経由したV3Ga線材の開発	井上廉	徳島大学大学院・ソシオテクニクス研究部	教授	菱沼良光	
20	NIFS08KFRF054	有機物電気絶縁材料の照射効果	西嶋茂宏	大阪大学・大学院工学研究科	教授	西村新	
20	NIFS08KFRF055	超伝導コイルの構造材料とクエンチ特性に関する研究	高尾智明	上智大学・理工学部	教授	西村新	
20		10 相互交流型共同研究 企画型					
20	NIFS08KKMA001	内部導体トラス装置における電子バーンシュタイン波の励起実験	小川雄一	東京大学・高温プラズマ研究センター・教授	教授	柳長門	超伝導・低温・装置
20		10 相互交流型共同研究 派遣型					
20	NIFS07KKMF003	低放射化超伝導線材の高磁界下におけるT-J-H臨界特性解析	菱沼良光	核融合科学研究所・炉工学研究センター	助教	菱沼良光	超伝導・低温・装置

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
20		11 研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					
20	NIFS05KKGAA002	核融合と応用技術	三戸利行	核融合科学研究所・大型ヘリカル研究部	教授	三戸利行	超伝導・低温・装置
21		1 大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクト (1)大型ヘリカル装置(LHD)実験共同研究 ⑩装置工学実験					
21	NIFS09KLAA006	AE信号とバランス電圧信号の相関によるLHDコイル巻線挙動の解析	二ノ宮 晃	成蹊大学・理工学部	教授	柳長門	超伝導・低温・装置
21		1 大型ヘリカル装置(LHD)プロジェクト (2)実験技術・開発共同研究 ⑨超伝導技術					
21	NIFS07KCAA021	核融合装置用酸化物超伝導導体の電磁特性に関する基礎研究	岩熊成卓	九州大学・大学院システム情報科学研究院	准教授	三戸利行	超伝導・低温・装置
21	NIFS08KCAA026	新しい機構による高性能Nb ₃ Sn層の拡散生成に関する研究	太刀川恭治	東海大学・工学部	教授	三戸利行	
21	NIFS08KCAA027	LHD電気絶縁の信頼性向上のための部分放電防止技術の確立	長尾雅行	豊橋技術科学大学・工学部	教授	山田修一	
21	NIFS08KCAA028	間接冷却方式を用いた超伝導多層化コイルの熱的安定性解析	荻津透	高エネルギー加速器研究機構・大強度陽子加速器計画推進部	教授	尾花哲浩	
21	NIFS08KCAA029	新型パワーデバイスの核融合装置用電源への適用検討	伊瀬敏史	大阪大学大学院・工学研究科	教授	力石浩孝	
21	NIFS09KCAA031	高性能超電導ケーブル・イン・コンジット導体の基礎研究	濱島高太郎	東北大学・大学院工学研究科	教授	高畑一也	
21	NIFS09KCAA032	YBCOテープ線材を用いた超伝導電流リードの研究開発	山田豊	東海大学・工学部	教授	田村仁	
21	NIFS09KCAA033	酸化物高温超伝導バルクの緻密化による機械的特性の改善に関する研究	村上明	弘前大学大学院・理工学研究科	助教	岩本晃史	
21	NIFS09KCAA034	超伝導機器冷媒としての液体水素の熱伝達特性	白井康之	京都大学・エネルギー科学研究科	教授	今川信作	
21	NIFS09KCAA035	パルス管電流リードの蓄冷器における損失原因の究明	増山新二	大島商船高等専門学校・電子機械工学科	准教授	前川龍司	
21		2 炉工学分野研究 (1)炉工学研究					
21	NIFS07KFRF038	3次元溶湯浸透法を経由した押出MgB ₂ /Al複合材料線材の超伝導特性評価	松田健二	富山大学大学院・理工学研究部	教授	菱沼良光	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
21	NIFS08KFRF046	V-Ga化合物をGa源としたV3Ga超伝導線材の開発	菊池章弘	物質・材料研究機構・超伝導材料センター	主任研究員	菱沼良光	超伝導・低温・装置
21	NIFS08KFRF054	有機物電気絶縁材料の照射効果	西嶋茂宏	大阪大学・大学院工学研究科	教授	西村新	
21	NIFS08KFRF055	超伝導コイルの構造材料とクエンチ特性に関する研究	高尾智明	上智大学・理工学部	教授	西村新	
21	NIFS09KFRF061	中性子照射欠陥によるA15型超伝導体のピンニング特性	木内勝	九州工業大学大学院情報工学研究院・電子情報工学研究系	助教	西村新	
21	NIFS09KFRF062	高強度Bi-2212超伝導線材の銀シース断面構成の検討	山田豊	東海大学・工学部	教授	菱沼良光	
21	NIFS09KFRF060	極低温・強磁場下におけるオーステナイト系ステンレス鋼の破壊・疲労き裂進展挙動	進藤裕英	東北大学・大学院工学研究科	教授	西村新	
21	NIFS09KFRF063	仮想き裂硬化曲線を用いた円周切欠き丸棒によるR曲線法破壊靱性試験の開発	笠場孝一	岩手大学・工学部	准教授	西村新	
21		10 相互交流型共同研究 企画型					
21	NIFS08KKMA001	内部導体トラス装置における電子バーンシュタイン波の励起実験	小川雄一	東京大学・大学院新領域創成科学研究科	教授	柳長門	超伝導・低温・装置
21		10 相互交流型共同研究 派遣型					
21	NIFS09KKMF004	液体水素温度環境下におけるMgB2超伝導線材の超伝導特性評価解析	山田修一	核融合科学研究所・炉システム応用技術研究	准教授	菱沼良光	超伝導・低温・装置
21		11 研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					
21	NIFS05KKGA002	核融合と応用技術	今川信作	核融合科学研究所・大型ヘリカル研究部	教授	今川信作	超伝導・低温・装置
		材料・ブランケット関連					
16		2. 炉工学分野研究(1)炉工学研究					
16	4012-001	銅円管内の高熱流束サブクール沸騰の実験的研究	畑幸一	京都大学エネルギー理工学研究所	助手	野田信明	
16	4012-005	強力中性子源を用いた材料照射試験計画の検討	松井秀樹	東北大学金属材料研究所	教授	室賀健夫	
16	4001-026	低放射化フェライト鋼における水素照射効果	岩切宏友	九州大学応用力学研究所プラズマ材料力学部	助手	久保田雄輔	
16	4012-008	材料照射挙動シミュレーションのためのモデル開発	関村直人	東京大学大学院工学系研究科	教授	室賀健夫	
16	4012-009	MHD効果と材料共存性の観点からの液体ブランケット成立性評価	橋爪秀利	東北大学大学院工学研究科	教授	室賀健夫	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
16	4012-011	超高純度バナジウム合金を用いたHe空孔複合体挙動の解明	二田伸康	東北大学金属材料研究所	助手	長坂琢也	材料・ブランケット
16	4012-013	高純度バナジウム合金共通材料NIFS-HEATの総合評価	阿部勝憲	東北大学大学院工学研究科	教授	長坂琢也	
16	4012-014	レーザー溶接されたNIFS-HEAT-2バナジウム合金のイオン照射効果	渡辺英雄	九州大学応用力学研究所プラズマ材料力学部	助教授	長坂琢也	
16	4012-015	液体Liブランケット用絶縁セラミック材料に対する照射効果の研究	飯田敏行	大阪大学大学院工学研究科	教授	田中照也	
16	4012-016	核融合炉ブランケット環境における電気絶縁被覆材料の照射損傷	四竈樹男	東北大学金属材料研究所原子力材料物性学研究部門	教授	田中照也	
16	4012-017	SiC/SiC複合材料の接合技術開発	檜木達也	京都大学エネルギー理工学研究所講師	講師	室賀健夫	
16	4012-018	低放射化耐熱フェライト鋼の開発と高効率ブランケット要素特性評価	香山晃	京都大学エネルギー理工学研究所	教授	室賀健夫	
16	4012-020	液体ブランケットシステムにおける絶縁性被覆の試作と機能評価	寺井隆幸	東京大学大学院工学系研究科	教授	田中照也	
16	4012-021	内圧管によるNIFS-Heatバナジウム合金のクリープ変形機構の評価	福元謙一	福井大学工学研究科独立専攻原子力エネルギー安全工学専攻	助教授	長坂琢也	
16	4005-021	高効率エネルギー変換のためのネルンスト/ゼーベック複合素子の基礎研究	山口作太郎	中部大学工学部	教授	佐藤元泰	
16	4012-022	耐中性子・耐ヘリウム照射脆化改善のための微細結晶粒・粒子分散組織をもつ高クリープ強度V合金の開発	栗下裕明	東北大学金属材料研究所	助教授	長坂琢也	
16		11. 研究会					
16	4014-023	高効率ガス冷却固体ブランケットシステムの設計検討	長谷川晃	東北大学大学院工学研究科	助教授	難波忠清	材料・ブランケット
17		2. 炉工学分野研究(1)炉工学研究					
17	NIFS03KFRF002	MHD効果と材料共存性の観点からの液体ブランケット成立性評価	橋爪秀利	東北大学・大学院工学研究科	教授	室賀健夫	
17	NIFS05KFRF015	短い垂直円管内水の強制対流サブクール沸騰限界熱流束(加熱速度の影響)	畑幸一	京都大学・エネルギー理工学研究所	助手	野田信明	
17	NIFS05KFRF016	強力中性子源要素技術確証試験の総括と工学実証試験の準備	松井秀樹	東北大学・金属材料研究所	教授	室賀健夫	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
17	NIFS05KFRF017	先進液体冷却ブランケットシステムにおける核特性評価課題の検討	飯田敏行	大阪大学大学院・工学研究科	教授	田中照也	材料・ブランケット
17	NIFS04KFRF009	核融合炉ブランケット環境における電気絶縁被覆材料の照射損傷	四竈樹男	東北大学 金属材料研究所原子力材料物性学研究部門	教授	田中照也	
17	NIFS03KFRF003	液体ブランケットシステムにおける絶縁性被覆の開発	寺井隆幸	東京大学大学院・工学系研究科	教授	田中照也	
17	NIFS05KFRF018	バナジウム合金中の照射誘起析出物に関する研究	二田伸康	東北大学・金属材料研究所	助手	長坂琢也	
17	NIFS04KFRF010	内圧管によるNIFS-Heatバナジウム合金のクリープ変形機構の評価	福元謙一	福井大学大学院工学研究科・原子力エネルギー安全工学専攻	助教授	長坂琢也	
17	NIFS05KFRM001	ヘリウム及び水素同位体照射された低放射化フェライト鋼における微小組織観察	岩切宏友	九州大学応用力学研究所・プラズマ・材料力学部門	助手	加藤太治	
17	NIFS05KFRF019	LiPb二重冷却材ブランケット概念における化学管理のフィジビリティ検討	小西哲之	京都大学・エネルギー理工学研究所	教授	室賀健夫	
17	NIFS05KFRF020	強力中性子源(IFMIF)照射試験のための微小試験片技術の規格化に向けた課題の検討	木村晃彦	京都大学・エネルギー理工学研究所	教授	室賀健夫	
17	NIFS05KFRF021	レーザー溶接されたY添加バナジウム合金のイオン照射効果	渡辺英雄	九州大学応用力学研究所プラズマ・材料力学部門	助教授	長坂琢也	
17	NIFS04KFRF012	SiC/SiC複合材料の接合技術開発	檜木達也	京都大学・エネルギー理工学研究所	講師	室賀健夫	
17	NIFS05KFRF022	高純度・超微細結晶粒・ナノ粒子分散組織をもつバナジウム固溶強化合金の耐照射特性と機械的性質	栗下裕明	東北大学・金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究	助教授	長坂琢也	
17	NIFS02KFRF001	低放射化耐熱フェライト鋼の開発と高効率ブランケット要素特性評価	香山晃	京都大学・エネルギー理工学研究所	教授	室賀健夫	
17	NIFS05KFRF023	バナジウム合金ブランケットにおける課題の整理と総合評価	阿部勝憲	東北大学大学院・工学研究科	教授	長坂琢也	
17		10. 相互交流型共同研究 企画型					
17	NIFS05KKMA003	液体ブランケット溶融塩増殖材料の純化と構造材料両立性に関する研究	寺井隆幸	東京大学大学院・工学系研究科	教授	相良明男	材料・ブランケット
17		11. 研究会					

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
17	NIFS05KKG02	フェライト鋼ブランケットの製作における材料課題の抽出と対策の検討	木村晃彦	京都大学・エネルギー理工学研究所	教授	室賀健夫	材料・ブランケット
17	NIFS05KKG001	「最適動力炉形態の確立に向けた核融合炉熱流動工学」研究会	清水昭比古	九州大学・大学院総合理工学研究院	教授	相良明男	
17	NIFS04KKG001	高効率ガス冷却固体ブランケットシステムの設計検討	長谷川晃	東北大学大学院・工学研究科	助教授	野田信明	
18		2 炉工学分野研究(1) 炉工学研究					
18	NIFS05KFRF017	先進液体冷却ブランケットシステムにおける核特性評価課題の検討	飯田敏行	大阪大学大学院・工学研究科	教授	田中照也	材料・ブランケット
18	NIFS05KFRM001	ヘリウム及び水素同位体照射された低放射化フェライト鋼における微細組織観察	岩切宏友	九州大学応用力学研究所プラズマ・材料力学部門	助手	加藤太治	
18	NIFS05KFRF022	高純度・超微細結晶粒・ナノ粒子分散組織をもつバナジウム固溶強化合金の耐照射特性と機械的性質	栗下裕明	東北大学・金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究	助教授	長坂琢也	
18	NIFS05KFRF019	LiPb二重冷却材ブランケット概念における化学管理のフィジビリティ検討	小西哲之	京都大学エネルギー理工学研究所	教授	室賀健夫	
18	NIFS03KFKR003	液体ブランケットシステムにおける絶縁性被覆の開発	寺井隆幸	東京大学大学院・工学系研究科	教授	田中照也	
18	NIFS05KFRF015	短い垂直円管内水の強制対流サブクール沸騰限界熱流束(加熱波形の影響)	畑幸一	京都大学・エネルギー理工学研究所	助手	野田信明	
18	NIFS03KFRF002	MHD効果と材料共存性の観点からの液体ブランケット成立性評価	橋爪秀利	東北大学・大学院工学研究科	教授	室賀健夫	
18	NIFS04KFRF009	核融合炉ブランケット環境における電気絶縁被覆材料の照射損傷	四竈樹男	東北大学 金属材料研究所原子力材料物性学研究部門	教授	田中照也	
18	NIFS05KFRF016	強力中性子源要素技術確証試験の総括と工学実証試験の準備	松井秀樹	東北大学・金属材料研究所	教授	室賀健夫	
18	NIFS04KFRF012	SiC/SiC複合材料の接合技術開発	檜木達也	京都大学・エネルギー理工学研究所	講師	室賀健夫	
18	NIFS05KFRF021	レーザー溶接されたY添加バナジウム合金のイオン照射効果	渡辺英雄	九州大学応用力学研究所プラズマ・材料力学部門	助教授	長坂琢也	
18	NIFS06KFRF025	核融合炉ブランケット用低放射化フェライト鋼の寿命評価	香山晃	京都大学・エネルギー理工学研究所	教授	室賀健夫	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
18	NIFS06KFRF027	先進炉材料における異種材料界面の特性評価と工学課題の整理	佐藤学	東北大学大学院・工学研究科	助手	長坂琢也	
18	NIFS06KFRF029	高速炉照射したバナジウム合金の中性子照射下クリープ挙動	福元謙一	福井大学大学院工学研究科・原子力エネルギー安全工学専攻	助教授	長坂琢也	
18	NIFS06KFRM002	核融合炉材料中の照射損傷過程のマルチスケールモデリング	森下和功	京都大学・エネルギー理工学研究所	助教授	加藤太治	
18	NIFS06KFRF030	バナジウム合金における照射損傷組織発達に及ぼす冷間加工の効果	二田伸康	東北大学・金属材料研究所	助手	長坂琢也	
18		11 研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					
18	NIFS05KKMA003	液体ブランケット熔融塩増殖材料の純化と構造材料両立性に関する研究	寺井隆幸	東京大学大学院・工学系研究科	教授	相良明男	材料・ブランケット
18	NIFS05KKGA001	「最適動力炉形態の確立に向けた核融合炉熱流動工学」研究会	清水昭比古	九州大学・大学院総合理工学研究院	教授	相良明男	
18	NIFS04KKGF001	高効率ガス冷却固体ブランケットシステムの設計検討	長谷川晃	東北大学大学院・工学研究科	助教授	野田信明	
19		2炉工学分野研究 (1)炉工学研究					
19	NIFS07KFRA001	材料照射用強力中性子源における背面壁の構造設計および溶接部の機械特性評価	古谷一幸	独立行政法人国立高等専門学校機構八戸工業高等専門学校・機械工学科	講師	田村仁	
19	NIFS06KFRF025	核融合炉ブランケット用低放射化フェライト鋼の寿命評価	香山晃	京都大学・エネルギー理工学研究所	教授	室賀健夫	
19	NIFS06KFRM002	核融合炉材料中の照射損傷過程のマルチスケールモデリング	森下和功	京都大学・エネルギー理工学研究所	助教授	加藤太治	
19	NIFS07KFRF034	低放射化V合金の照射脆化に及ぼす転位チャネルの効果	渡辺英雄	九州大学応用力学研究所プラズマ・材料力学部門	助教授	長坂琢也	
19	NIFS07KFRF035	SiC/SiC複合材料の熱・電気伝導特性に及ぼす構成要素の影響	檜木達也	京都大学・エネルギー理工学研究所	助教授	田中照也	
19	NIFS05KFRF017	先進液体冷却ブランケットシステムにおける核特性評価課題の検討	飯田敏行	大阪大学大学院・工学研究科	教授	田中照也	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
19	NIFS07KFRF036	Flibeブランケットシステムの熱流動構造評価とTBM設計検討	橋爪秀利	東北大学・大学院工学研究科	教授	野田信明	材料・ブランケット
19	NIFS07KFRF037	先進液体増殖ブランケットシステムにおける酸化物絶縁被覆プロセスの開発	吉澤秀治	明星大学・理工学部	教授	菱沼良光	
19	NIFS05KFRF015	高レイノルズ数域における短い垂直円管内水の強制対流サブクール沸騰限界熱流束	畑幸一	京都大学・エネルギー理工学研究所	助手	野田信明	
19	NIFS07KFRF039	低放射化フェライト鋼における高信頼性微小疲労試験法の開発	野上修平	東北大学・大学院工学研究科	助手	西村新	
19	NIFS07KFRF041	核融合炉用セラミックスにおけるプロトン伝導の放射線誘起現象の解明	土屋文	東北大学金属材料研究所原子力材料物性学研究部門	助手	田中照也	
19	NIFS07KFRF042	熱時効処理したバナジウム合金中のチタン析出による強度変化機構の解明	福元謙一	福井大学大学院工学研究科・原子力エネルギー安全工学専攻	助教授	長坂琢也	
19	NIFS07KFRF043	高温強度に優れた高純度・超微細結晶粒・ナノ粒子分散バナジウム合金の開発	栗下裕明	東北大学・金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究	助教授	長坂琢也	
19	NIFS07KFRF044	高クロム濃度及びイットリウム添加バナジウム合金の時効熱処理と機械的性質の評価	佐藤学	東北大学大学院・工学研究科	助手	長坂琢也	
19	NIFS07KFRM003	ベリリウム金属間化合物中における水素同位体の挙動に関する研究	岩切宏友	九州大学応用力学研究所プラズマ・材料力学部門	助手	加藤太治	
19		11研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					
19	NIFS07KKGA004	「最適動力炉形態の確立に向けた核融合炉熱流動システム工学」研究会	功刀資彰	京都大学・大学院工学研究科	助教授	相良明男	材料・ブランケット
19	NIFS07KKGA005	先進ブランケット研究の推進と技術課題	日野友明	北海道大学・大学院工学研究科	教授	相良明男	
20		2 炉工学分野研究 (1)炉工学研究					
20	NIFS05KFRF021	低放射化V合金の照射脆化に及ぼす転位チャンネルの効果	渡辺英雄	九州大学応用力学研究所 プラズマ・材料力学部門	准教授	長坂琢也	
20	NIFS06KFRF025	核融合炉ブランケット用低放射化フェライト鋼の寿命評価	香山晃	京都大学・エネルギー理工学研究所・教授	教授	室賀健夫	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
20	NIFS06KFRM002	核融合炉材料中の照射損傷過程のマルチスケールモデリング	森下和功	京都大学・エネルギー理工学研究所	准教授	加藤太治	材料・ブランケット
20	NIFS07KFRA001	IFMIF背面壁の構造設計及び背面壁溶接部の機械特性評価	古谷一幸	独立行政法人国立高等専門学校機構 八戸工業高等専門学校	准教授	田村仁	
20	NIFS07KFRF035	SiC/SiC複合材料の熱・電気伝導特性に及ぼす構成要素の影響	檜木達也	京都大学・エネルギー理工学研究所	准教授	田中照也	
20	NIFS07KFRF036	Flibeブランケットシステムの熱流動構造評価とTBM設計検討	橋爪秀利	東北大学・大学院工学研究科	教授	長坂琢也	
20	NIFS07KFRF037	先進液体増殖ブランケットシステムにおける酸化物絶縁被覆プロセスの開発	吉澤秀治	明星大学・理工学部・環境システム学科	教授	菱沼良光	
20	NIFS07KFRF039	低放射化フェライト鋼における高信頼性微小疲労試験法の開発	野上修平	東北大学・大学院工学研究科	助教	西村新	
20	NIFS07KFRF044	高クロム濃度及びイットリウム添加バナジウム合金の時効熱処理と機械的性質の評価	佐藤学	東北大学大学院・工学研究科	助教	長坂琢也	
20	NIFS08KFRF048	酸化エルビウム被覆の照射誘起発光による特性評価	長崎正雅	名古屋大学・名古屋大学エトピア科学研究所	教授	室賀健夫	
20	NIFS08KFRF049	液体ブランケットのニュートロニクス評価実験における中性子計測の高度化	飯田敏行	大阪大学大学院・工学研究科・電気電子情報工学専攻	教授	田中照也	
20	NIFS08KFRF051	三面三層コーティングを用いた液体ブランケットの流動特性	伊藤悟	東北大学・大学院工学研究科	助教	室賀健夫	
20	NIFS08KFRF052	レーザープラズマ分光分析法による材料中の微量ヘリウム分析法の開発	福元謙一	福井大学大学院工学研究科・原子力エネルギー安全工学専攻	准教授	長坂琢也	
20	NIFS08KFRF056	液体ブランケットに関する鋼材・セラミックスの腐食特性に関する研究	高橋実	東京工業大学・原子炉工学研究所	准教授	近藤正聡	
20	NIFS08KFRF057	超微細結晶粒・粒子分散V-Y-W-TiC合金の高温クリープ特性	栗下裕明	東北大学・金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究	准教授	長坂琢也	
20	NIFS07KFRM003	ベリリウム金属間化合物中における水素同位体の挙動に関する研究	岩切宏友	琉球大学・教育学部	准教授	加藤太治	
20		11 研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					
20	NIFS07KKGA004	「最適動力炉形態の確立に向けた核融合炉熱流動システム工学」研究会	功刀資彰	京都大学・大学院工学研究科	教授	相良明男	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
20	NIFS07KKGGA005	先進ブランケット研究の推進と技術課題	日野友明	北海道大学・大学院工学研究科	教授	相良明男	材料・ブランケット
20	NIFS08KKGGF005	核融合炉における機器システムの材料接合課題	長谷川晃	東北大学・大学院工学研究科	教授	室賀健夫	
21		2 炉工学分野研究 (1)炉工学研究					
21	NIFS05KFRF015	短いスワール管内水の強制対流サブクール沸騰限界熱流束	畑幸一	京都大学・エネルギー理工学研究所	助教	増崎貴	材料・ブランケット
21	NIFS07KFRF035	SiC/SiC複合材料の熱・電気伝導特性に及ぼす構成要素の影響	檜木達也	京都大学・エネルギー理工学研究所	准教授	田中照也	
21	NIFS07KFRF039	低放射化フェライト鋼における高信頼性微小疲労試験法の開発	野上修平	東北大学・大学院工学研究科	助教	西村新	
21	NIFS08KFRF048	酸化エルビウム被覆の照射誘起発光による特性評価	長崎正雅	名古屋大学・名古屋大学エトピア科学研究所	教授	室賀健夫	
21	NIFS08KFRF049	液体ブランケットのニュートロニクス評価実験における中性子計測の高度化	飯田敏行	大阪大学大学院・工学研究科・電気電子情報工学専攻	教授	田中照也	
21	NIFS08KFRF051	三面三層コーティングを用いた液体ブランケットの流動特性	伊藤悟	東北大学・大学院工学研究科	助教	室賀健夫	
21	NIFS08KFRF052	レーザープラズマ分光分析法による材料中の微量ヘリウム分析法の開発	福元謙一	福井大学大学院工学研究科・原子力エネルギー安全工学専攻	准教授	長坂琢也	
21	NIFS08KFRF056	液体ブランケットに関する鋼材・セラミックスの腐食特性に関する研究	高橋実	東京工業大学・原子炉工学研究所	准教授	近藤正聡	
21	NIFS08KFRF057	超微細結晶粒・粒子分散V-Y-W-TiC合金の高温クリープ特性	栗下裕明	東北大学・金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究	准教授	長坂琢也	
21	NIFS09KFRM004	核融合材料のマルチスケールモデリング	森下和功	京都大学・エネルギー理工学研究所	准教授	加藤太治	
21	NIFS09KFRF059	レーザー衝撃法を用いた第一壁コーティング皮膜の機械強度の評価	佐藤学	東北大学大学院・工学研究科	助教	長坂琢也	
21	NIFS09KFRM005	照射材料における水素同位体の捕獲特性	岩切宏友	琉球大学・教育学部	准教授	加藤太治	
21		11 研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
21	NIFS07KKGA004	最適動力炉形態の確立に向けた核融合炉熱流動システム工学研究会	功刀資彰	京都大学・大学院工学研究科	教授	相良明男	材料・ブランケット
21	NIFS07KKGA005	先進ブランケット研究の推進と技術課題	日野友明	北海道大学・大学院工学研究科	教授	相良明男	
		トリチウム・安全管理関連					
16		2. 炉工学分野研究(1)炉工学研究					
16	4001-027	球状トカマク(ST)型体積中性子源(VNS)を用いた高レベル廃棄物の核変換処理	田中靖敏	名古屋工業大学都市循環システム工学専攻	教授	長山好夫	トリチウム・安全
16		2. 炉工学分野研究(3)炉システム安全性					
16	4013-002	冷却配管材料とトリチウムとの相互作用とその化学的挙動に関する研究	大矢恭久	東京大学アイトープ総合センター	助手	河野孝央	トリチウム・安全
16	4013-003	トリクルベッドの採用による水-水素化学交換反応装置の高性能化に関する研究	山本一良	名古屋大学大学院工学研究科	教授	杉山貴彦	
16	4013-004	圧カスイング吸着法水素同位体分離用高機能吸着剤の開発研究	古藤健司	九州大学大学院工学研究院	助教授	杉山貴彦	
16	4013-005	LHDのDD燃焼にともなう炉内システムにおけるトリチウム挙動とそのトレーサ ビリテイーとの研究	田辺哲朗	名古屋大学大学院工学研究科	教授	宇田達彦	
16		8. 安全管理に関する共同研究 A					
16	4013-006	大型プラズマ実験における放射線管理システムに関する研究	宇田達彦	核融合研安全管理センター	教授	山西弘城	トリチウム・安全
16	4013-007	環境トリチウム測定に関する研究	佐久間洋一	核融合科学研究所安全管理センター	助教授	山西弘城	トリチウム・安全
16		8. 安全管理に関する共同研究 B					
16	4013-008	高レベル複合波源環境における電磁界測定の問題点とその対策法に関する研究	上村佳嗣	宇都宮大学工学部	助教授	宇田達彦	トリチウム・安全
16	4013-009	トリチウム除去用高分子膜除湿装置に関する研究	奥野健二	静岡大学理学部	教授	朝倉大和	
16	4013-010	先進的トリチウムの高性能酸化触媒の開発と物質移動速度の定量化に関する研究	宗像健三	九州大学大学院総合理工学研究院	助教授	河野孝央	
16	4013-011	土岐地区における環境放射線の測定	三宅敏弘	土岐市プラズマ研究委員会委員長		朝倉大和	
17		2. 炉工学分野研究(3)炉システム安全性					
17	NIFS03KFSS001	冷却配管材料とトリチウムとの相互作用とその化学的挙動に関する研究	大矢恭久	東京大学・アイトープ総合センター	助手	朝倉大和	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
17	NIFS04KFSS002	圧力スイング吸着法水素同位体分離用高機能吸着剤の開発研究	古藤健司	九州大学・大学院工学研究院	助教授	杉山貴彦	トリチウム・安全
17	NIFS04KFSS003	トリクルベッドの採用による水-水素化学交換反応装置の高性能化に関する研究	山本一良	名古屋大学大学院・工学研究科	教授	杉山貴彦	
17	NIFS05KFSS004	化学交換法による同位体分離用触媒の高性能化に関する研究	宗像健三	九州大学大学院総合理工学研究院・エネルギー理工学部門	助教授	杉山貴彦	
17		8. 安全管理に関する共同研究A					
17	NIFS01KSAS001	大型プラズマ実験における放射線管理システムに関する研究	宇田達彦	核融合研・安全管理センター	教授	山西弘城	トリチウム・安全
17	NIFS02KSAS002	環境トリチウム測定に関する研究	佐久間洋一	核融合研・安全管理センター	助教授	佐久間洋一	
17		8. 安全管理に関する共同研究B					
17	NIFS05KSBS004	放射化ダストの事故時における飛散挙動解析	井尻秀信	九州大学・大学院総合理工学研究院	助手	河野孝央	トリチウム・安全
17	NIFS05KSBS005	大気中トリチウム測定用比例計数管の開発	緒方良至	名古屋大学・医学部保健学科	助手	佐久間洋一	
17	NIFS03KSBS002	トリチウム除去用高分子膜除湿装置に関する研究	奥野健二	静岡大学・理学部	教授	朝倉大和	
17	NIFS03KSBS001	土岐地区における環境放射線の測定	増田章	土岐市プラズマ研究委員会・委員長(土岐市立土岐津小学校・校長)(事		朝倉大和	
17	NIFS04KSBS003	高レベル複合波源環境における電磁界測定の問題点とその対策法に関する研究	上村佳嗣	宇都宮大学・工学部	助教授	河野孝央	
17		10. 相互交流型共同研究 派遣型					
17	NIFS05KKMS001	イメージングプレートを用いたトリチウムの定量および二次元分布状況観察	太田雅壽	新潟大学・工学部	助教授	佐久間洋一	トリチウム・安全
17		11. 研究会					
17	NIFS05KKGS002	LHDでのD-D実験に伴うトリチウムの動的挙動および安全管理	松山政夫	富山大学・水素同位体科学研究センター	教授	宇田達彦	トリチウム・安全
18		2 炉工学分野研究(3) 炉システム安全性					
18	NIFS04KFSS003	トリクルベッドの採用による水-水素化学交換反応装置の高性能化に関する研究	山本一良	名古屋大学大学院・工学研究科	教授	朝倉大和	トリチウム・安全
18	NIFS06KFSS005	冷却配管材料でのトリチウム捕捉状態制御とその除去挙動に関する研究	大矢恭久	東京大学・アイソトープ総合センター	助手	朝倉大和	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
18	NIFS06KFSS006	圧力スイング吸着法による水素同位体分離濃縮の実験的検証	古藤健司	九州大学・大学院工学研究院	助教授	朝倉大和	トリチウム・安全
18	NIFS06KFSS007	核融合施設におけるトリチウム安全性データベース構築の研究	山西敏彦	日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門トリチウム工学研究Gr	グループリーダー	宇田達彦	
18		8 安全管理に関する共同研究 共同研究A					
18	NIFS01KSAS001	大型プラズマ実験における放射線管理システムに関する研究	宇田達彦	核融合研 安全管理センター	教授	山西弘城	トリチウム・安全
18	NIFS02KSAS002	環境トリチウム測定に関する研究	佐久間洋一	核融合科学研究所 安全管理センター	助教授	佐久間洋一	
18		8 安全管理に関する共同研究 共同研究B					
18	NIFS05KSBS004	放射化ダストの事故時における飛散挙動解析	江原真司	九州大学・大学院総合理工学研究院	助手	河野孝央	トリチウム・安全
18	NIFS06KSBS006	空気中の水蒸気中のトリチウムモニタ試作	緒方良至	名古屋大学・医学部保健学科	助手	佐久間洋一	
18	NIFS03KSBS002	トリチウム除去用高分子膜除湿装置に関する研究	奥野健二	静岡大学・理学部	教授	朝倉大和	
18	NIFS05KFSS004	化学交換法による同位体分離用触媒の高性能化に関する研究	宗像健三	九州大学大学院総合理工学研究院・エネルギー理工学部門	助教授	朝倉大和	
18	NIFS06KSBS007	光子/中性子混在場における放射線方向測定に関する研究	小佐古敏荘	東京大学大学院 工学系研究科	教授	山西弘城	
18	NIFS91KSBS001	土岐地区における環境放射線の測定	増田章	土岐市プラズマ研究委員会・委員長(土岐市立土岐津小学校・校長)		朝倉大和	
18	NIFS06KSBS008	プラズマ実験環境における電磁界と測定器電子回路との電磁結合に関する研究	王建青	名古屋工業大学・大学院工学研究科	教授	河野孝央	
18		10 相互交流型共同研究 派遣型					
18	NIFS05KKMS001	イメージングプレートを用いたトリチウムの定量および二次元分布状況観察	太田雅壽	新潟大学・工学部	助教授	佐久間洋一	トリチウム・安全
18	NIFS06KKMS002	プラズマ対向壁材料におけるトリチウムの吸着-脱離挙動の研究	松山政夫	国立大学法人富山大学・水素同位体科学研究センター	教授	西村清彦	
18		11 研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
18	NIFS05KKG002	LHDでのD-D実験に伴うトリチウムの動的挙動および安全管理	松山政夫	国立大学法人富山大学 水素同位体科学研究センター	教授	宇田達彦	トリチウム・安全
18	NIFS06KKG003	核融合炉システムにおけるトリチウム移行と熱流動制御	奥野健二	静岡大・理	教授	室賀健夫	
19		2炉工学分野研究 (1)炉工学研究					
19	NIFS07KFRF033	核融合炉のトリチウム移行と熱制御に関する総合的検討	奥野健二	静岡大学・理学部	教授	室賀健夫	トリチウム・安全
19	NIFS07KFRM003	ベリリウム金属間化合物中における水素同位体の挙動に関する研究	岩切宏友	九州大学応用力学研究 所プラズマ・材料力学部 門	助手	加藤太治	
19		2炉工学分野研究 (3)炉システム安全性					
19	NIFS06KFSS005	冷却配管材料でのトリチウム捕捉状態制御とその除去挙動に関する研究	大矢恭久	静岡大学・理学部附属 放射化学研究施設	助教授	朝倉大和	トリチウム・安全
19	NIFS07KFSS008	トリチウム回収システムの高度化に関する研究	宗像健三	九州大学大学院総合理 工学研究院・エネル ギー理工学部門	助教授	田中将裕	
19	NIFS07KFSS009	低エネルギープラズマ下でのステンレス鋼再堆積層形成と水素捕捉に関する研究	片山一成	九州大学・大学院総合 理工学研究院	助手	宇田達彦	
19	NIFS06KFSS006	圧カスイング吸着法による水素同位体分離濃縮の実験的検証	古藤健司	九州大学・大学院工学 研究院	助教授	田中将裕	
19	NIFS06KFSS007	核融合施設におけるトリチウム安全性データベース構築の研究	山西敏彦	日本原子力研究開発機 構核融合研究開発部門 トリチウム工学研究Gr	グループ リーダー	宇田達彦	
19		9安全管理に関する共同研究共同研究A					
19	NIFS07KSAS003	トリチウムモニタ校正用トリチウムガス供給装置の開発	杉山貴彦	名古屋大学大学院・工 学研究科	助教授	田中将裕	トリチウム・安全
19	NIFS07KSBS009	土岐地区における環境中性子線の測定	占部逸正	福山大学工学部	教授	山西弘城	
19		9安全管理に関する共同研究共同研究B					
19	NIFS06KSBS008	プラズマ実験環境における電磁界と測定器電子回路との電磁結合に関する研究	王建青	名古屋工業大学・大学 院工学研究科	教授	河野孝央	
19	NIFS07KSBS010	マイクロチップによるトリチウム水からのトリチウム除去及び同位体分離	裕隆太	広島大学大学院・工学 研究科	講師	佐久間洋一	
19	NIFS06KSBS006	空気中の水蒸気中のトリチウムモニタ試作	緒方良至	名古屋大学・医学部保 健学科	助手	佐久間洋一	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
19	NIFS03KSBS002	トリチウム除去用高分子膜除湿装置に関する研究	奥野健二	静岡大学・理学部	教授	朝倉大和	トリチウム・安全
19	NIFS91KSBS001	土岐地区における環境放射線の測定	増田章	土岐市プラズマ研究委員会・委員長(土岐市立土岐津小学校・校長)		朝倉大和	
19	NIFS07KSBS011	電離箱におけるトリチウム化合物の残留効果	太田雅壽	新潟大学・自然科学系(工学部)	助教授	朝倉大和	
19	NIFS06KSBS007	光子/中性子混在場におけるIPによる放射線測定に関する研究	小佐古敏荘	東京大学大学院工学系研究科	教授	山西弘城	
19		11研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					
19	NIFS07KKGS003	LHDにおけるトリチウム挙動と安全研究の展望	奥野健二	静岡大学・理学部	教授	宇田達彦	トリチウム・安全
20		2 炉工学分野研究					
		(1)炉工学研究					
20	NIFS07KFRF033	核融合炉のトリチウム移行と熱制御に関する総合的検討	奥野健二	静岡大学・理学部	教授	室賀健夫	トリチウム・安全
20	NIFS07KFRM003	ベリリウム金属間化合物中における水素同位体の挙動に関する研究	岩切宏友	九州大学応用力学研究 所 プラズマ・材料力学部門	助教	加藤太治	
20	NIFS08KFRF047	核融合炉材料中のトリチウム挙動に及ぼす中性子照射効果	波多野雄治	富山大学・水素同位体 科学研究センター	教授	室賀健夫	
20	NIFS08KFRF050	核融合炉ブランケット用酸化物セラミックスに捕捉された水素同位体の動的照射誘起挙動	土屋文	東北大学金属材料研究 所原子力材料物性学研 究部門	助教	田中照也	
20	NIFS08KFRP002	体積中性子源を用いた高レベル廃棄物の核変換処理	田中靖敏	名古屋工業大学	名誉教授	長山好夫	
20		2 炉工学分野研究					
		(3)炉システム安全性					
20	NIFS06KFSS005	冷却配管材料でのトリチウム捕捉状態抑制とその除去挙動に関する研究	大矢恭久	静岡大学・理学部附属 放射化学研究施設	准教授	朝倉大和	トリチウム・安全
20	NIFS07KFSS008	トリチウム回収システムの高度化に関する研究	宗像健三	九州大学大学院総合理 工学研究院・エネル ギー理工学部門	准教授	田中将裕	
20	NIFS07KFSS009	低エネルギープラズマ下でのステンレス鋼再堆積層形成と水素捕捉に関する研究	片山一成	九州大学・大学院総合 理工学研究院	助教	宇田達彦	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
20	NIFS08KFSS010	水素同位体分離圧力スイング吸着法の最適化実験研究	古藤健司	九州大学・大学院工学研究院	准教授	田中将裕	
20	NIFS08KFSS011	水-水素化学交換法によるトリチウム水処理	杉山貴彦	名古屋大学大学院・工学研究科	准教授	田中将裕	
20		9 安全管理に関する共同研究 共同研究A					
20	NIFS02KSAS002	環境トリチウム測定に関する研究	佐久間洋一	核融合科学研究所安全管理センター	准教授	佐久間洋一	トリチウム・安全
20	NIFS07KSBS009	土岐地区における環境中性子線の測定	占部逸正	福山大学・工学部	教授	山西弘城	
20		9 安全管理に関する共同研究 共同研究B					
20	NIFS91KSBS001	土岐地区における環境放射線の測定	楓正敏	土岐市プラズマ研究委員会・委員長 (土岐市立土岐津小学校・校長)		朝倉大和	トリチウム・安全
20	NIFS06KSBS006	空気中の水蒸気中のトリチウムモニタ試作	緒方良至	名古屋大学・医学部保健学科	助教	佐久間洋一	
20	NIFS06KSBS007	光子/中性子混在場におけるIPによる放射線測定に関する研究	小佐古敏荘	東京大学大学院工学系研究科	教授	山西弘城	
20	NIFS07KSBS010	マイクロチップによるトリチウム水からのトリチウム除去及び同位体分離	裕隆太	広島大学大学院・工学研究科	講師	佐久間洋一	
20	NIFS07KSBS011	電離箱におけるトリチウム化合物の残留効果(2)	太田雅壽	新潟大学・自然科学系(工学部)	准教授	朝倉大和	
20	NIFS08KSBS012	核融合実験施設等広帯域環境電磁界の測定と曝露評価	藤原修	名古屋工業大学・大学院工学研究科	教授	河野孝央	
20		11 研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					
20	NIFS07KKGS003	LHDにおけるトリチウム挙動と安全研究の展望	奥野健二	静岡大学・理学部	教授	宇田達彦	トリチウム・安全
21		2 炉工学分野研究 (1)炉工学研究					
21	NIFS07KFRF033	核融合炉のトリチウム移行と熱制御に関する総合的検討	奥野健二	静岡大学・理学部	教授	室賀健夫	トリチウム・安全
21	NIFS08KFRF047	核融合炉材料中のトリチウム挙動に及ぼす中性子照射効果	波多野雄治	富山大学・水素同位体科学研究センター	教授	室賀健夫	
21	NIFS08KFRF050	核融合炉ブランケット用酸化物セラミックスに捕捉された水素同位体の動的照射誘起挙動	土屋文	東北大学・金属材料研究所・原子力材料物性学研究部門	助教	田中照也	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
21	NIFS09KFRM005	照射材料における水素同位体の捕獲特性	岩切宏友	琉球大学・教育学部	准教授	加藤太治	
21		2 炉工学分野研究 (3)炉システム安全性					
21	NIFS08KFSS010	水素同位体分離圧カスイング吸着法の最適化実験研究	古藤健司	九州大学・大学院工学研究院	准教授	田中将裕	トリチウム・安全
21	NIFS08KFSS011	水-水素化学交換法によるトリチウム水処理	杉山貴彦	名古屋大学大学院・工学研究科	准教授	田中将裕	
21	NIFS09KFSS012	冷却配管材料におけるトリチウム透過挙動に関する研究	大矢恭久	静岡大学・理学部附属放射化学研究施設	准教授	朝倉大和	
21	NIFS09KFSS013	トリチウム回収用ハニカム触媒・吸着材の高度化と共存成分の触媒活性への影響の検討	宗像健三	秋田大学・工学資源学部	教授	宇田達彦	
21	NIFS09KFSS014	金属-炭素混合堆積層の形成と水素同位体挙動に関する研究	片山一成	九州大学・大学院総合理工学研究院	助教	宇田達彦	
21	NIFS09KFSS015	大気圧プラズマ法による水素および水素化合物の効率的な酸化処理手法の開発	江角直道	長野工業高等専門学校・電子制御工学科	准教授	田中将裕	
21	NIFS09KFSS016	プロトン伝導性酸化物を用いた水素分離・検知に関する研究	松本広重	九州大学・稲盛フロンティア研究センター	特任教授	田中将裕	
21	NIFS09KFSS017	イメージングプレートを用いた強ガンマ線場におけるトリチウム放射線の弁別測定法の開発	大内浩子	東北大学・大学院薬学研究科	助教	朝倉大和	
21		9 安全管理に関する共同研究 共同研究B					
21	NIFS91KSBS001	土岐地区における環境放射線の測定	加藤紀久朗	土岐市プラズマ研究委員会・委員長(土岐市立土岐津小学校・校長)		朝倉大和	トリチウム・安全
21	NIFS07KSBS011	電離箱におけるトリチウム化合物の残留効果(3)	太田雅壽	新潟大学・自然科学系(工学部)	准教授	朝倉大和	
21	NIFS08KSBS012	核融合実験施設等広帯域環境電磁界の測定と曝露評価	藤原修	名古屋工業大学・大学院工学研究科	教授	河野孝央	
21	NIFS09KSBS013	広範囲エネルギー中性子場におけるCR-39による放射線測定に関する研究	飯本武志	東京大学 環境安全本部	准教授	山西弘城	
21	NIFS09KSBS014	トリチウム除去及び同位体分離に向けた μ TASシステムの構築	裕隆太	広島大学大学院・工学研究科	講師	田中将裕	
21		10 相互交流型共同研究 派遣型					
21	NIFS08KKMS001	波形弁別法による高感度トリチウムガスモニターに関する研究	河野孝央	核融合科学研究所安全管理センター	准教授	田中将裕	トリチウム・安全

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
21		11 研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					
21	NIFS09KKGS005	LHDにおけるトリチウム安全研究の展望	百島則幸	九州大学・アイソトープ総合センター	教授	宇田達彦	トリチウム・安全
		炉設計関連					
16		2. 炉工学分野研究(2)炉設計					
16	4013-001	核融合炉溶融塩ブランケットからの水素同位体回収のシステム設計研究	深田智	九州大学大学院工学研究院エネルギー量子工学部門	教授	杉山貴彦	炉設計
16	4005-022	核融合炉の高熱粒子環境下における先進第1壁の設計評価	乗松孝好	大阪大学レーザー核融合研究センター	教授	相良明男	
16	4005-023	ヘリカル炉設計におけるブランケットの保守交換に関するシステム統合研究	相良明男	核融合科学研究所大型ヘリカル研究部	助教授	妹尾和威	
16	4002-012	ヘリカル核融合炉の燃焼プラズマの物理的課題の検討	御手洗修	東海大学工学部	教授	渡邊清政	
16	4005-024	液体ブランケットでの流動システムにおける伝熱界面に関する研究	佐竹信一	東京理科大学基礎工学部講師	講師	相良明男	
16	4005-025	高Pr数流体ブランケットにおける伝熱促進技術の開発	結城和久	東北大学大学院工学研究科	助手	相良明男	
16	4005-026	溶融塩ブランケット方式におけるヘリウムガスタービンシステムの可能性	清水昭比古	九州大学大学院総合理工学研究院	教授	今川信作	
16		10. 相互交流型共同研究 企画型					
16	4005-030	核融合炉の社会受容性向上に向けたアセスメント	小川雄一	東京大学高温プラズマ研究センター	教授	相良明男	炉設計
16		11. 研究会					
16	4005-032	「熱流動工学から見た核融合炉システムの総合化検討」研究会	清水昭比古	九州大学大学院総合理工学研究院	教授	相良昭男	炉設計
16	4001-039	球状トカマク炉への展望と課題	西尾敏	日本原子力研究所那珂研究所	主任研究員	長山好夫	
		2. 炉工学分野研究(2)炉設計					
17	NIFS05KFDA004	核融合炉の高熱粒子環境下におけるVapor Shielding 効果の研究	乗松孝好	大阪大学レーザー・エネルギー学研究センター	教授	相良明男	
17	NIFS04KFDA001	液体ブランケットでの流動システムにおける伝熱界面に関する研究	佐竹信一	東京理科大学・基礎工学部	講師	相良明男	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
17	NIFS04KFDA002	溶融塩ブランケット方式におけるヘリウムガスタービンシステムの可能性	清水昭比古	九州大学・大学院総合理工学研究院	教授	今川信作	炉設計
17	NIFS04KFDS001	核融合炉溶融塩ブランケットからの水素同位体回収のシステム設計研究	深田智	国立大学法人九州大学大学院工学研究院・エネルギー量子工学部門	助教授	杉山貴彦	
17	NIFS05KFDH001	ヘリカル核融合炉燃焼プラズマの立ち上げ, 維持, 立ち下げの物理的検討	御手洗修	九州東海大学・工学部	教授	渡邊清政	
17	NIFS04KFDF001	ヘリカル炉設計におけるブランケットの保守交換に関するシステム統合研究	相良明男	核融合科学研究所・大型ヘリカル研究部	教授	妹尾和威	
17	NIFS05KFDA005	Flibe液体ブランケットにおける第一壁冷却技術に関する研究	結城和久	東北大学大学院・工学研究科	講師	相良明男	
17	NIFS05KFDF002	体積発熱による内部温度勾配を考慮したペブル充填層熱伝達に関する研究	横峯健彦	九州大学・大学院総合理工学研究院	助教授	妹尾和威	
17		10. 相互交流型共同研究 企画型					
17	NIFS04KKMA001	核融合炉の社会受容性向上に向けたアセスメント	小川雄一	東京大学・高温プラズマ研究センター	教授	相良明男	炉設計
17		11. 研究会					
17	NIFS04KKGP004	球状トカマク炉への展望と課題	西尾 敏	日本原子力研究所 那珂研究所	主任研究員	長山好夫	炉設計
18		2 炉工学分野研究(2) 炉設計					
18	NIFS06KFDA007	ヘリカル型核融合炉の第一壁冷却を可能とする特殊伝熱促進体の開発	結城和久	東北大学大学院・工学研究科	講師	相良明男	炉設計
18	NIFS05KFDH001	ヘリカル核融合炉燃焼プラズマの立ち上げ, 維持, 立ち下げの物理的検討	御手洗修	九州東海大学・産業技術研究所	教授	渡邊清政	
18	NIFS04KFDA002	溶融塩ブランケット方式におけるヘリウムガスタービンシステムの可能性	清水昭比古	九州大学・大学院総合理工学研究院	教授	今川信作	
18	NIFS04KFDF001	ヘリカル炉設計におけるブランケットの保守交換に関するシステム統合研究	相良明男	核融合科学研究所・大型ヘリカル研究部	教授	力石浩孝	
18	NIFS05KFDF002	体積発熱するペブル充填層熱伝達に関する研究	横峯健彦	九州大学大学院・総合理工学研究院	助教授	妹尾和威	
18	NIFS06KFDS002	溶融塩Flibeブランケットにおけるフッ化トリチウム挙動解析とトリチウム回収	深田智	国立大学法人九州大学・大学院工学研究院	助教授	宇田達彦	
18	NIFS06KFDA008	液体ブランケットでのMHD効果を伴う熱輸送に関する研究	佐竹信一	東京理科大学・基礎工学部	講師	相良明男	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
18		11 研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					
18	NIFS04KKGP004	球状トカマク炉への展望と課題	西尾敏	日本原子力研究開発機構・那珂研究所	研究主幹	長山好夫	炉設計
18	NIFS06KKGT004	先進核融合炉における燃料と炉方式とに関する研究	渡辺二太	核融合科学研究所	名誉教授	富田幸博	
18	NIFS06KKGA003	各種方式による核融合炉設計の相互比較とクリティカル課題の抽出	小川雄一	東京大学・高温プラズマ研究センター	教授	相良明男	
19		2炉工学分野研究 (2)炉設計					
19	NIFS07KFDH002	FFHRヘリカル核融合炉における高密度プラズマの燃焼制御の検討	御手洗修	九州東海大学・産業技術研究所	教授	渡邊清政	炉設計
19	NIFS07KFDA009	ヘリカル炉設計における装置サイズ最適化に関するシステム統合研究	相良明男	核融合科学研究所・大型ヘリカル研究部	教授	力石浩孝	
19	NIFS06KFDA008	液体ブランケットでのMHD効果を伴う熱輸送に関する研究	佐竹信一	東京理科大学・基礎工学部	助教授	相良明男	
19	NIFS07KFDA010	ヘリカル炉とトカマク炉との比較研究	山崎耕造	名古屋大学・大学院工学研究科エネルギー理工学専攻	教授	相良明男	
19	NIFS07KFDA011	核融合炉の設計統合コードの構築と設計の標準化に関する研究	小川雄一	東京大学・高温プラズマ研究センター	教授	相良明男	
19	NIFS06KFDA007	ヘリカル型核融合炉の第一壁冷却を可能とする特殊伝熱促進体の開発	結城和久	東北大学大学院・工学研究科	講師	相良明男	
19	NIFS06KFDS002	溶融塩Flibeブランケットにおけるフッ化トリチウム挙動解析とトリチウム回収	深田智	国立大学法人九州大学・大学院総合理工学研究院	教授	宇田達彦	
19	NIFS06KCAA016	ヘリカル炉における分割型超伝導マグネット実現可能性の検討	伊藤悟	東北大学・大学院工学研究科	助手	田村仁	
19	NIFS07KFDF003	粒子充填層における熱流動及び熱機械特性の大規模in-silico実験	江原真司	九州大学・大学院総合理工学研究院	助手	妹尾和威	
19		11研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					
19	NIFS04KKGP004	球状トカマク炉への展望と課題	西尾敏	日本原子力研究開発機構・那珂研究所	研究主幹	長山好夫	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
19	NIFS06KKGT004	先進核融合炉における燃料と炉方式とに関する研究	渡辺二太	核融合科学研究所	名誉教授	富田幸博	炉設計
19	NIFS06KKGA003	各種方式による核融合炉設計の相互比較とクリティカル課題の抽出	小川雄一	東京大学・高温プラズマ研究センター	教授	相良明男	
20		2 炉工学分野研究 (2)炉設計					
20	NIFS06KCAA016	ヘリカル炉における分割型超伝導マグネット実現可能性の検討	伊藤悟	東北大学・大学院工学研究科	助教	田村仁	炉設計
20	NIFS06KFRF024	円周切欠き付丸棒試験片による破壊靱性試験法の規格化	笠場孝一	岩手大学・工学部	准教授	西村新	
20	NIFS07KFDA009	ヘリカル炉設計における装置サイズ最適化に関するシステム統合研究	相良明男	核融合科学研究所・炉工学研究センター	教授	力石浩孝	
20	NIFS07KFDA010	ヘリカル炉とトカマク炉との比較研究	山崎耕造	名古屋大学・大学院工学研究科エネルギー理工学専攻	教授	相良明男	
20	NIFS07KFDA011	核融合炉の設計統合コードの構築と設計の標準化に関する研究	小川雄一	東京大学・高温プラズマ研究センター	教授	相良明男	
20	NIFS07KFDF003	粒子充填層における熱流動及び熱機械特性の大規模in-silico実験	江原真司	九州大学・大学院総合理工学研究院	助教	相良明男	
20	NIFS07KFDH002	FFHRヘリカル核融合炉における低温・高密度自己点火運転の研究	御手洗修	東海大学・熊本教養教育センター	教授	坂本隆一	
20	NIFS08KFDF004	高熱伝導球充填管を用いたSpectral-shifter第一壁の冷却性能評価と実機装荷へのアプローチ	結城和久	東北大学大学院・工学研究科	講師	相良明男	
20	NIFS08KFDF005	液体ブランケットにおける印加磁場下の熱輸送機構に関する研究	佐竹信一	東京理科大学・基礎工学部	准教授	相良明男	
20	NIFS08KFDS003	核融合炉Flibeブランケットにおけるトリチウム回収用向流抽出塔の実験的研究	深田智	九州大学・大学院総合理工学研究院	教授	宇田達彦	
20		11 研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					
20	NIFS06KKGA003	各種方式による核融合炉設計の相互比較とクリティカル課題の抽出	小川雄一	東京大学・高温プラズマ研究センター	教授	相良明男	炉設計
20	NIFS08KKGL005	先進核融合炉の高性能化と燃料とに関する研究	渡辺二太	核融合科学研究所	名誉教授	富田幸博	
20	NIFS08KKGP010	球状トカマク炉の経済性志向に伴う技術的課題	西尾敏	日本原子力研究開発機構・那珂研究所	研究主幹	長山好夫	

年度	コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	分野
21		2 炉工学分野研究 (2)炉設計					
21	NIFS06KCAA016	ヘリカル炉における分割型超伝導マグネット実現可能性の検討	伊藤悟	東北大学・大学院工学研究科	助教	田村仁	炉設計
21	NIFS07KFDA009	ヘリカル炉設計における装置サイズ最適化に関するシステム統合研究	相良明男	核融合科学研究所・炉工学研究センター	教授	後藤拓也	
21	NIFS07KFDA011	核融合炉の設計統合コードの構築と設計の標準化に関する研究	小川雄一	東京大学・大学院新領域創成科学研究科	教授	相良明男	
21	NIFS08KFDF005	液体ブランケットにおける印加磁場下の熱輸送機構に関する研究	佐竹信一	東京理科大学・基礎工学部	准教授	相良明男	
21	NIFS08KFDS003	核融合炉Flibeブランケットにおけるトリチウム回収用向流抽出塔の実験的研究	深田智	九州大学・大学院総合理工学研究院	教授	相良明男	
21	NIFS09KFDF006	ヘリカル炉とトカマク炉の経済性および環境評価	山崎耕造	名古屋大学・大学院工学研究科エネルギー理工学専攻	教授	相良明男	
21	NIFS09KFDF007	FFHRダイバータ冷却のためのハイブリッド型EVAPORATORの開発	結城和久	山口東京理科大学・工学部	講師	相良明男	
21	NIFS09KFDH003	ペルチェ電流リードの動作特性の解析コードの開発	山口作太郎	中部大学 超伝導・持続可能エネルギー研究センター	教授	江本雅彦	
21	NIFS09KFDP001	コンパクトFFHRヘリカル核融合炉のイグニッション運転の研究	御手洗修	東海大学・熊本教養教育センター	教授	坂本隆一	
21		11 研究会(プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学、NIFSシンポジウム)					
21	NIFS08KKGP010	球状トカマク炉の経済性志向に伴う技術的課題	前川孝	京都大学大学院・エネルギー科学研究科	教授	長山好夫	炉設計
21	NIFS09KKGF006	核融合炉開発のロードマップと社会受容性	小川雄一	東京大学・大学院新領域創成科学研究科	教授	相良明男	
21	NIFS09KKGL006	先進燃料核融合炉の核燃焼特性と高性能化に関する研究	松浦秀明	九州大学・大学院工学研究院	助教	富田幸博	

2.2 LHD計画共同研究（平成16年度～21年度）核融合工学関連（計 34）

コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	期間
3005-001	LHD用高温超伝導電流導入システムの開発研究	前畑京介	九州大学大学院工学研究院	助教授	三戸利行	H16旅費の
3012-001	Nb3Al CIC導体における曲げ歪みの臨界電流値に対する影響の研究	玉井広史	日本原子力研究所那珂研究所核融合装置試験部	研究員	西村 新	平成16～18
3012-002	極低温下での14MeV中性子照射による超伝導マグネット材料の特性変化	西嶋茂宏	大阪大学大学院工学研究科	教授	西村 新	平成16～19
3005-002	核融合装置用高磁場・高電流密度超伝導導体の開発	太刀川恭治	東海大学工学部	教授	三戸利行	平成16～19
3005-003	LHDヘリカルコイル導体における片側伝播現象の解明と安定性の改善	塩津正博	京都大学大学院エネルギー科学研究科	教授	今川信作	平成16～17
3005-004	ボロンコーティング膜におけるトリチウムを含む水素同位体動的挙動	奥野健二	静岡大学理学部	教授	相良明男	H16旅費のみ
3012-003	SiCセラミックスによるプラズマ対向機器の工学評価	香山 晃	京都大学エネルギー理工学研究	教授	野田信明	H16旅費のみ
3012-004	高熱負荷ダイバータ冷却設計データベースに関わる銅円管内強制対流沸騰熱伝達と限界熱流束の研究	畑 幸一	京都大学エネルギー理工学研究	助手	野田信明	H16旅費のみ
3001-003	ボロン・タイテニウムのプラズマ対向材料としての適	日野友明	北海道大学大学院工学研究科	教授	西村清彦	平成16～18
3005-005	ナノ粒子多孔質層熱促進法を用いたプラズマ対向機器除熱性能の向上	功刀資彰	京都大学大学院工学研究科	助教授	相良明男	平成16～19
3013-001	LHD.DD実験において発生するトリチウムの装置内構造物への付着・蓄積および排出トリチウム量の評価ならびに除去回収法の開発	田辺哲朗	名古屋大学大学院工学研究科	教授	宇田達彦	平成16～18
3013-002	LHD実験時の放射線の生物学的影響評価に関する研究	一政祐輔	茨城大学理学部	教授	宇田達彦	平成16～18
3013-003	トリチウムの環境動態研究	百島則幸	熊本大学理学部	教授	宇田達彦	平成16～18
NIFS05KOBF009	液体金属リチウム自由表面流れの研究	堀池 寛	大阪大学大学院・工学研究科	教授	室賀健夫	平成17～20
NIFS05KOBF010	液体リチウムからのトリチウム回収と不純物制御に関する要素過程と技術統合	田中 知	東京大学・大学院工学系研究科	教授	室賀健夫	平成17～20
NIFS05KOBF011	材料照射用強力中性子源テストセルの最適熱機械設計	清水昭比古	九州大学・大学院総合理工学研究院	教授	室賀健夫	平成17～20
NIFS05KOBA017	先進的な高温超伝導線材の核融合プラズマ実験装置への先駆的応用	小川雄一	東京大学・高温プラズマ研究センター	教授	三戸利行	平成17～19
NIFS05KOBP008	プラズマ対向材料中の水素挙動に及ぼすヘリウム同時照射効果	上田良夫	大阪大学・大学院工学研究科	助教授	増崎 貢	平成17～19

コード	題目	代表者	代表者所属	職名	所内世話人	期間
NIFS05KOBA018	パルス管冷凍方式による電流導入部の開発	前畑京介	国立大学法人九州大学・工学研究院	助教授	前川龍司	平成17～19
NIFS06KOBP009	長時間放電中のプラズマ対向壁表面改質の実時間計測	坂本瑞樹	九州大学 応用力学研究所 付属高温プラズマ力学研究セン	准教授	芦川直子	平成18～20
NIFS06KOBF012	先進タンクステン材のプラズマ対向機器への適用評価	吉田直亮	九州大学 応用力学研究所	教授	野田信明 時谷 政行	平成18～19 平成20～21
NIFS07KOBP009	LHD用ステンレス鋼材料からのトリチウム放出挙動	松山政夫	富山大学 水素同位体科学研究センター	教授・センター長	西村清彦	平成19～22
NIFS07KOBF013	液体ブランケット材料システムにおける両立性と物質移行に関する研究	寺井隆幸	東京大学 大学院工学系研究科 原子力国際専攻	教授	野田信明 近藤正聡	平成19 平成20～22
NIFS07KOBF014	原子炉照射による超伝導マグネット材料の特性変化	竹内孝夫	独立行政法人物質・材料研究機構 超伝導材料センター 強磁場線材グループ	グループリーダー	西村 新	平成19～21
NIFS07KOBF015	原子炉LiPb-He-SiC高温発電ブランケットの工学基礎研究	小西哲之	京都大学 エネルギー理工学研究	教授	野田信明 室賀健夫	平成19 平成20～22
NIFS07KOBA019	核融合装置用先進超伝導導体の開発	住吉文夫	鹿児島大学 工学部 電気電子工学科	教授	三戸利行	平成19～21
NIFS07KOBP010	LHD-DD実験時のトリチウム蓄積低減化、給排気燃料(H,D)の定量及び回収ガス中のH,D,T分離のための基礎研究	田辺哲朗	名古屋大学大学院工学研究科 エネルギー理工学専攻	教授	朝倉大和	平成19～21
NIFS07KOBA020	炭素、水素同位体、ヘリウム同時照射環境での金属-炭素複合堆積層表面の水素同位体滞留評価	大矢恭久	静岡大学 理学部附属放射科学研究施設	准教授	相良明男	平成19～22
NIFS07KOBP011	環境トリチウムの動態と環境影響評価手法に関する研究	杉原真司	九州大学 アイソトープ総合センター	助教	宇田達彦	平成19～22
NIFS07KOBP012	LHD実験に伴う低線量放射線の生物学的影響評価に関する研究	田内 広	茨城大学 理学部	教授	宇田達彦	平成19～21
NIFS08KOBP013	LHDのDD放電下における第一壁及びダイバータ壁の重水素リテンションと制御	日野 友明	北海道大学 大学院工学研究科 量子理工学専攻	教授	西村 清彦	平成20～23
NIFS08KOBH001	LHD重水素実験のための中性子計測システムの開発	笹尾 眞實子	東北大学 大学院工学研究科 量子エネルギー工学専攻	教授	磯部 光孝	平成20～23
NIFS09KOBP016	Flibeブランケット実現に向けた除熱実証研究	橋爪秀利	東北大学 大学院工学研究科 量子エネルギー工学専攻	教授	相良明男	平成21～24
NIFS09KOBP017	低放射化構造材料のW被覆プロセス技術開発研究	木村晃彦	京都大学 エネルギー理工学研究	教授	長坂琢也	平成21～24

2.3 双方向型共同研究 (平成16年度～21年度)核融合工学関連 (計 17)

実施年度	センター大学	研究課題	研究代表者	所属機関等	センター世話人	NIFS世話人	研究コード
H16	大阪大学	レーザー核融合固体壁用SiC/SiC複合材料の超高温での耐照射特性評価と材料特性に基づく第一壁設計	香山 晃	京都大学・エネルギー理工学研究所・教授	乗松 孝好	室賀 健夫	NIFS05KUGK013
H16	大阪大学	レーザー核融合炉液体ブランケットのトリチウム系設計に関する研究	西川 正史	九州大学・大学院工学研究科・教授	乗松 孝好	相良 明男	NIFS04KUGK001
H16	大阪大学	レーザー核融合炉液体壁自由液面のシミュレーションと設計に関する研究	功刀 資彰	京都大学・大学院工学研究科・助教授	乗松 孝好	相良 明男	NIFS04KUGK003
H16	大阪大学	高速点火レーザー核融合炉チェンバーの工学予備研究	小西 哲之	京都大学・エネルギー理工学研究所・教授	乗松 孝好	三戸 利行	NIFS04KUGK006
H17	大阪大学	レーザー核融合炉液体ブランケットのトリチウム系設計に関する研究	西川 正史	九州大学・大学院総合理工学研究院・教授	乗松 孝好	相良 明男	NIFS04KUGK001
H17	大阪大学	レーザー核融合炉液体壁自由液面のシミュレーションと設計に関する研究	功刀 資彰	京都大学大学院・工学研究科・助教授	乗松 孝好	相良 明男	NIFS04KUGK003
H17	大阪大学	高速点火レーザー核融合炉チェンバーの工学予備研究	小西 哲之	京都大学・エネルギー理工学研究所・教授	乗松 孝好	三戸 利行	NIFS04KUGK006
H17	大阪大学	レーザー核融合固体壁用SiC/SiC複合材料の超高温までの耐照射特性を含む基本データ整備と材料設計	香山 晃	京都大学・エネルギー理工学研究所・教授	乗松 孝好	室賀 健夫	NIFS05KUGK013
H18	大阪大学	レーザー核融合炉液体壁自由液面のシミュレーションと設計に関する研究	功刀 資彰	京都大学大学院工学研究科・助教授	乗松 孝好	相良 明男	NIFS04KUGK003
H18	大阪大学	レーザー核融合用SiC/SiC複合材料の超高温までの耐照射特性を含む基本データ整備と材料	香山 晃	京都大学・エネルギー理工学研究所・教授	乗松 孝好	室賀 健夫	NIFS05KUGK013
H18	大阪大学	高速点火レーザー核融合炉チェンバーの工学予備研究	山本 靖	京都大学・エネルギー理工学研究所・助教授	乗松 孝好	三戸 利行	NIFS04KUGK006
H18	大阪大学	レーザー核融合炉液体ブランケットのトリチウム系設計に関する研究	深田 智	九州大学・大学院工学研究院・助教授	乗松 孝好	相良 明男	NIFS04KUGK001
H19	大阪大学	レーザー核融合炉落下液体膜ブランケットのトリチウム回収系設計に関する研究	深田 智	九州大学・大学院総合理工学研究院・教授	乗松 孝好	相良 明男	NIFS04KUGK001
H20	大阪大学	レーザー核融合炉落下液体膜ブランケットのトリチウム回収系設計に関する研究	深田 智	九州大学大学院・総合理工学研究院・教授	乗松 孝好	相良 明男	NIFS04KUGK001
H20	大阪大学	慣性核融合燃料容器用低密度材料の開発、特に大量安定製造へ向けて	長井 圭治	大阪大学・レーザーエネルギー学研究中心・助教	乗松 孝好	岩本 晃史	NIFS08KUGK018

実施年度	センター大学	研究課題	研究代表者	所属機関等	センター世話人	NIFS世話人	研究コード
H21	大阪大学	レーザー核融合炉落下液体膜ブランケットのトリチウム回収系設計と実験的研究	深田 智	九州大学大学院・総合理工学研究院・教授	乗松 孝好	相良 明男	NIFS09KUGK027
H21	大阪大学	慣性核融合燃料容器用低密度材料の開発、特に大量安定製造へ向けて	長井 圭治	東京工業大学・資源化学研究所・准教授	乗松 孝好	岩本 晃史	NIFS09KUGK031

2.4 大学、国立研究所との共同研究（平成16年度～21年度）核融合工学関連（計 35）

年度	研究課題	代表者	他大学等
H18	核融合炉材料の高温変形下の内部組織発達過程	室賀健夫	九州大学応用力学研究所
H18	核融合炉用バナジウム合金の液体金属環境下における機械特性変化	室賀健夫	東北大学金属材料研究所
H18	超伝導マグネット材料の照射効果	西村 新	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
H18	核融合炉バナジウム合金被覆部材の照射効果	室賀健夫	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
H18	先進液体ブランケットシステムの核特性評価	室賀健夫	(独)日本原子力研究開発機構
H19	先進液体ブランケットシステムの核特性評価	室賀健夫	(独)日本原子力研究開発機構
H19	エネルギー応答に優れた中性子線量測定器の特性試験	山西弘城	(独)日本原子力研究開発機構
H19	中性子線量測定器の応答特性試験	山西弘城	近畿大学原子力研究所
H19	熱間粗圧延機へのフライホール発電機の実用化	力石浩孝	東京工業大学統合研究院ソリューション研究機構
H19	超伝導線材の臨界電流に及ぼす中性子照射効果	西村 新	東北大学金属材料研究所附属強磁場超伝導材料研究センター
H19	核融合炉用低放射化材料被覆部材・異種接合材の照射効果	長坂琢也	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
H19	超伝導線材の高磁場超伝導特性に及ぼす中性子照射効果	西村 新	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
H19	HFIR照射したバナジウム合金溶接部材の強度特性と微細組織	室賀健夫	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
H19	SiC/SiC複合材料の電気伝導および熱伝導特性に関する研究	田中照也	京都大学エネルギー理工学研究所
H19	高磁界発生用低放射化金属系超伝導線材の基礎的研究	菱沼良光	(独)物質・材料研究機構 強磁場研究センター
H19	低放射化MgB ₂ 超伝導線材における作製プロセスに関する基礎研究	菱沼良光	(独)物質・材料研究機構 超伝導材料研究センター
H20	核融合炉ブランケット核特性評価用中性子検出器の応答関数取得および較	田中照也	(独)日本原子力研究開発機構
H20	エネルギー応答に優れた中性子線量測定器の特性試験	山西弘城	(独)日本原子力研究開発機構
H20	核融合炉材料の高温変形下の内部組織発達過程	室賀健夫	九州大学応用力学研究所
H20	中性子線量測定器の応答特性試験	山西弘城	近畿大学原子力研究所
H20	超伝導線材の高磁場超伝導特性に及ぼす中性子照射効果	西村 新	東北大学金属材料研究所附属強磁場超伝導材料研究センター

年度	研究課題	代表者	他大学等
H20	核融合炉用低放射化材料被覆部材・異種接合材の照射効果	長坂琢也	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
H20	超伝導マグネット材料の照射効果	西村 新	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
H20	HFIR照射したバナジウム合金溶接部材の強度特性と微細組織	室賀健夫	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
H20	LHD用ステンレス鋼材料からのトリチウム放出挙動の研究	西村清彦	富山大学水素同位体科学研究センター
H20	小型中性子プローブを用いた先進ブランケットのトリチウム増殖・遮蔽性能評価	田中照也	(独)日本原子力研究開発機構
H20	SiC/SiC複合材料構成要素の組成と電気伝導・熱伝導特性の関係	田中照也	京都大学エネルギー理工学研究所
H21	小型中性子プローブを用いた先進ブランケットのトリチウム増殖・遮蔽性能評価	田中照也	(独)日本原子力研究開発機構
H21	核融合炉材料の高温変形下の内部組織発達過程	室賀健夫	九州大学応用力学研究所
H21	SiC/SiC複合材料の構成要素配置と電気伝導・熱伝導特性の関係	田中照也	京都大学エネルギー理工学研究所
H21	タングステン被覆バナジウム合金の微細組織制御による熱物性と機械的特性の向上	長坂琢也	京都大学エネルギー理工学研究所
H21	中性子線量測定器の応答特性試験	山西弘城	近畿大学原子力研究所
H21	核融合炉用低放射化材料被覆部材・異種接合材の照射効果	長坂琢也	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
H21	超伝導マグネット材料の照射効果	西村 新	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
H21	超伝導線材の高磁場超伝導特性に及ぼす中性子照射効果	西村 新	東北大学金属材料研究所附属強磁場超伝導材料研究センター

2.5 民間との共同研究（平成16年度～21年度）核融合工学関連（計39）

区分	研究題目	所内共同研究代表者	相手方民間機関等	期間
B	核融合実験設備における電力系統安定化に関する研究	炉システム・応用技術研究系 助教授 山田修一	富士電機システムズ株式会社	平成16年度
B	大型プラズマ実験施設周辺の放射線モニタリング方式と環境要因に関する研究	安全管理センター 教授 宇田達彦	日本空調サービス株式会社	平成16年度
B	核融合炉V/Liブランケット用絶縁性セラミックス材の開発	炉工学研究センター 教授 室賀健夫	株式会社TYK	平成16年度～平成17年度
B	核融合炉用金属バナジウムの試作開発	炉工学研究センター 教授 室賀健夫	太陽鋳工株式会社 赤穂研究所	平成16年度～平成17年度
B	瞬低対策SMESの開発研究	炉システム・応用技術研究系 教授 三戸利行	株式会社テクノバ	平成16年度～平成17年度
B	プロトン導電性セラミックスを応用した乾式水素化装置の開発	安全管理センター 教授 朝倉大和	株式会社TYK	平成16年度～平成18年度
B	リアルタイムシミュレーション開発研究	炉システム・応用技術研究系 助手 前川龍司	日本酸素株式会社	平成16年度～平成18年度
B	高耐電圧伝導冷却電流リードの熱伝導特性等の評価に関する研究	炉システム・応用技術研究系 助手 前川龍司	九州電力株式会社総合研究所	平成16年度～平成19年度
B	Bi-2212集合導体の通電特性評価	炉システム・応用技術研究系 助教授 高畑一也	昭和電線電纜株式会社	平成17年度
B	熱音響発電装置及び熱音響冷却装置	炉システム・応用技術研究系 助教授 前川龍司	日野自動車株式会社	平成17年度
B	低レベルトリチウムガス検出器の開発	安全管理センター 助教授 河野孝央	アロカ株式会社	平成17年度～平成19年度
B, C	伝導冷却型超伝導パルスコイルの高性能化研究	炉システム・応用技術研究系 教授 三戸利行	澁谷工業株式会社	平成17年度～平成19年度
B	ヘリウム冷凍設備（圧縮機）の効率改善に関わる調査研究	炉システム・応用技術研究系 助教授 山田修一	株式会社 前川製作所	平成17年度～平成20年度
B	伝導冷却型超伝導パルスコイルの高性能化研究	炉システム応用技術研究系 教授・三戸利行	澁谷工業株式会社	平成18年度
B	熱音響発電装置	炉システム応用技術研究系 助教授・前川龍司	日野自動車株式会社	平成18年度
B	瞬低対策SMESの開発研究	炉システム応用技術研究系 教授 三戸利行	株式会社テクノバ	平成18年度～平成19年度
B	トリチウム自動モニタリングシステムの開発	安全管理センター 教授 宇田達彦	株式会社 化研	平成18年度～平成20年度

区分	研究題目	所内共同研究代表者	相手方民間機関等	期間
B	核融合炉リチウムブランケット用材料の開発と評価	炉工学研究センター 教授 室賀健夫	株式会社TYK	平成18年度～ 平成21年度
B	伝導冷却型超伝導コイル用高熱伝導率機能材料の開発研究	炉システム応用技術研究系 教授 三戸利行	(財)国際超電導産業技術研究センター	平成18年度～ 平成21年度
B	液体金属流動試験装置の設計と構成材料の開発評価	炉工学研究センター 教授 室賀健夫	株式会社三菱ハイテック	平成19年度
B	次世代酸化物コイルの伝導冷却構造評価	炉システム応用技術研究系 教授 三戸利行	中部電力株式会社	平成19年度
B	プロトン導電性セラミックスを応用した水素ポンプの高性能化	安全管理センター 教授 朝倉大和	株式会社TYK	平成19年度
B	長パルス用強制冷却超伝導導体の安定性に関する研究	炉システム応用技術研究系 教授 三戸利行	独立行政法人日本原子力研究開発機構	平成19年度
B	熱音響発電装置の研究	炉システム応用技術研究系 准教授 前川龍司	日野自動車株式会社	平成19年度
B	ヘリウム液化冷凍プロセスの動的挙動解析	炉システム応用技術研究系 准教授 前川龍司	大陽日酸株式会社	平成19年度～ 平成21年度
B	高温動作型プロトン導電性酸化物による水素ポンプの高性能化	安全管理センター 助教 田中将裕	株式会社TYK	平成20年度
B	高性能ハニカム酸化触媒の開発	安全管理センター 教授 宇田達彦	株式会社 長峰製作所	平成20年度
B	熔融塩Flinakの生成及び高純度化と腐食に関する研究	炉工学研究センター 助教 近藤正聡	美交化学株式会社	平成20年度
B	超電導コイルの高効率伝導冷却技術の開発	炉システム応用技術研究系 教授 三戸利行	中部電力株式会社	平成20年度～ 平成21年度
B	低放射化フェライト鋼F82-BA07 における時効析出の効果	炉工学研究センター 准教授 長坂琢也	独立行政法人日本原子力研究開発機構	平成20年度～ 平成21年度
B	熱音響発電装置の研究	炉システム応用技術研究系 准教授 前川龍司	日野自動車株式会社	平成20年度～ 平成21年度
B	長パルス用強制冷却超伝導導体のクエンチ特性と導体接合抵抗に関する研究	炉システム応用技術研究系 教授 三戸利行	独立行政法人日本原子力研究開発機構	平成20年度～ 平成21年度
B	液体増殖ブランケットにおける酸化物絶縁被覆プロセスの開発	炉工学研究センター 助教 菱沼良光	株式会社 豊島製作所	平成21年度
B	空気中トリチウム連続モニタリング装置の研究開発	安全管理センター 准教授 河野孝央	株式会社アトックス	平成21年度
B	プロトン導電体による電気化学的水素ポンプの電極開発	安全管理センター 助教 田中将裕	株式会社TYK	平成21年度

区分	研究題目	所内共同研究代表者	相手方民間機関等	期間
B	ベリリウム金属間化合物の微細構造解析と微細組織発達と機械的特性に対する照射効果	炉工学研究センター 准教授 長坂琢也	独立行政法人日本原子力研究開発機構	平成21年度
B	溶融塩の腐食特性改善に関する研究	炉工学研究センター 助教 近藤正聡	株式会社三徳	平成21年度
B	疲労特性、破壊靱性、及びき裂成長速度に関する微小試験片の試験技術開発	炉工学研究センター 教授 西村 新	独立行政法人日本原子力研究開発機構	平成21年度
B	ITER-TFコイル用耐放射性絶縁材料の機械特性評価	炉工学研究センター 教授 西村 新	独立行政法人日本原子力研究開発機構	平成21年度

2. 6 受託研究 (平成16年度～21年度) 核融合工学関連 (計6)

期間	研究 題 目	代 表 者	委 託 者
平成16年度	① 高精度電圧変動補償装置の開発の「電力貯蔵装置：超伝導コイルの開発」 ② 高品位新電力供給システム開発	炉システム・応用技術研究系 教授 三戸利行	株式会社テクノバ
平成16年度	極低温下での構造材料のき裂進展試験法	炉工学研究センター 教授 西村 新	独立行政法人物質・材料研究機構
平成17年度	① 高精度電圧変動補償装置の開発の「電力貯蔵装置：超伝導コイルの開発」 ② 高品位新電力供給システム開発の「高精度電圧変動補償装置のシステム開発」、「本システムの実証」	炉システム・応用技術研究系 教授 三戸利行	株式会社テクノバ
平成18年度	① 高精度電圧変動補償装置の開発の「電力貯蔵装置：超伝導コイルの開発」 ② 高品位新電力供給システム開発の「高精度電圧変動補償装置のシステム開発」、「本システムの実証」	炉システム・応用技術研究系 教授 三戸利行	株式会社テクノバ
平成20年度	超伝導マグネット磁場分布評価	炉工学研究センター 教授 西村 新	国立大学法人東北大学 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
平成21年度	超伝導マグネット温度インサートの検討	炉工学研究センター 教授 西村 新	国立大学法人東北大学 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

3. 科学研究費補助金テーマ（平成16年度～21年度）核融合工学関連（計34）

研究種目	課題番号	研究代表者	職名	所属部局	研究課題	期間
特定領域(計画)	11210209	三戸利行	教授	炉システム・応用技術 研究系	超伝導工学開発	平成11-16
特定領域(計画)	13107201	野田信明	教授	炉工学研究センター	高熱流束機器開発	平成13-16
特定領域(計画)	13107202	室賀健夫	教授	炉工学研究センター	核融合炉材料開発	平成13-16
特定領域(公募)	20049008	近藤正聡	助教	炉工学研究センター	液体ブランケット用水素(同位体)センサー・ポンプの電極 高度化研究	平成20-21
基盤研究(A)	16206028	三戸利行	教授	炉システム・応用技術 研究系	伝導冷却型金属系超伝導パルスコイルの開発研究	平成16-18
基盤研究(A)	19206100	室賀健夫	教授	炉工学研究センター	低放射化材料・液体金属増殖材間の動的物質移行と材 料健全性	平成19-21
基盤研究(A)	21246141	相良明男	教授	炉工学研究センター	液体ブランケットシステム構築に向けた溶融塩循環系で の水素と熱の回収両立実験研究	平成21-24
基盤研究(B)	14380223	室賀健夫	教授	炉工学研究センター	低放射化バナジウム合金による核融合炉ブランケット部材 の製作要素技術開発	平成14-16
基盤研究(B)	19360135	西村 新	教授	炉工学研究センター	A15型高磁場用超伝導材料の歪みによる反磁性および 輸送電流特性劣化に関する研究	平成19-21
基盤研究(B)	20360132	宇田達彦	教授	安全管理センター	核融合実験施設等統計的に変動する広帯域環境電磁界 に対する人体安全性評価法の研究	平成20-22
基盤研究(B)	21360455	三戸 利行	教授	炉システム・応用技術 研究系	次世代超伝導マグネットの冷却構造最適化による高性能 化研究	平成21-23
基盤研究(C)	16560725	西村 新	教授	炉工学研究センター	14MeV中性子照射による超伝導材料の超伝導特性変 化の機構解明	平成16-18
基盤研究(C)	16560726	相良明男	助教授	大型ヘリカル研究部	剥離ダスト発生の前駆過程の定量化	平成16-17
基盤研究(C)	17560734	室賀健夫	教授	炉工学研究センター	自己修復性を有する核融合炉ブランケット絶縁被覆概念の 検証	平成17-18
基盤研究(C)	17560735	柳 長門	助教	炉システム・応用技術 研究系	イットリウム系薄膜高温超伝導線材を用いた先進高安定 浮磁気浮上コイルの開発	平成17-18
基盤研究(C)	18560296	今川信作	教授	炉システム・応用技術 研究系	列間絶縁を無くした大型超伝導マグネットの原理実証研 究	平成18-19
基盤研究(C)	18560793	高畑一也	助教	炉システム・応用技術 研究系	核融合炉用超伝導マグネットの重量最小化を目指した高 剛性巻線構造の研究	平成18-19
基盤研究(C)	20560286	今川 信作	教授	炉システム・応用技術 研究系	列間高抵抗層によるクエンチバックの原理実証研究	平成20-22
萌芽	17656098	妹尾 和威	助手	炉システム・応用技術 研究系	氷が充填された高安定超伝導導体の原理実証	平成17-19
萌芽	19650234	河野 孝央	助教授	安全管理センター	放射線教育用自然放射能線源の開発と実践	平成19-21

研究種目	課題番号	研究代表者	職名	所属部局	研究課題	期間
若手研究(B)	14750151	濱口慎司	助手	大型ヘリカル研究部	三層が共存している超流動ヘリウム流路内の熱輸送特性に関する研究	平成14-16
若手研究(B)	14780397	長坂琢也	助手	炉工学研究センター	核融合炉用低放射化バナジウム合金溶接継手の時効効果	平成14-16
若手研究(B)	15760143	岩本晃史	助手	大型ヘリカル研究部	極低温における界面熱抵抗の界面状態依存性の研究	平成15-17
若手研究(B)	16760675	田中照也	助手	炉工学研究センター	多孔質セラミック材料の電気絶縁特性に対する放射線照射効果	平成16-17
若手研究(B)	17760175	濱口真司	助手	炉システム・応用技術研究系	超流動ヘリウムのファウンテン効果を利用した超伝導導体の冷却向上に関する研究	平成17-18
若手研究(B)	18760643	田中照也	助手	炉工学研究センター	極低温環境を利用した微小崩壊熱測定システムの開発	平成18-20
若手研究(B)	18760644	菱沼良光	助手	炉工学研究センター	核融合応用に向けた二ホウ化マグネシウム超伝導線材の高性能化	平成18-19
若手研究(B)	19760599	近藤正聡	助手	炉工学研究センター	液体ブランケット用オンライン水素センサーの開発	平成19-20
若手研究(B)	19760600	長坂琢也	准教授	炉工学研究センター	核融合炉用液体増殖材と低放射化材料溶接材の共存性	平成19-21
若手研究(B)	21760224	尾花哲浩	助教	炉システム・応用技術研究系	高度先進ガン治療装置のための複合磁場型超電動マグネットの実証的開発研究	平成21-23
若手研究(B)	21760240	菱沼良光	助教	炉工学研究センター	液体水素冷却超伝導導体を指向した二ホウ化マグネシウム多芯素線の開発	平成21-23
若手研究(B)	21760693	田中将裕	助教	安全管理センター	高温型プロトン導電体による減圧雰囲気への水素の直接回収	平成21-23
若手研究(B)	21760695	近藤正聡	助教	炉工学研究センター	核融合炉液体ブランケットにおける金属蒸気の腐食化学	平成21-22
若手研究(B)	21760696	田中照也	助教	炉工学研究センター	電位・電流分布の可視化によるセラミック被覆の診断	平成21-22

平成 21 年度安全管理活動報告書

核融合科学研究所

目次

1. はじめに	1
1. 1 法人化に伴う安全推進を巡る環境の変化	1
1. 2 中期目標・中期計画	1
2. 安全管理体制と実績	2
2. 1 安全衛生委員会	3
2. 2 安全衛生推進部	5
2. 2. 1 環境安全管理室	7
2. 2. 2 健康管理室	10
2. 2. 3 防火・防災管理室	11
2. 2. 4 放射線管理室	13
2. 2. 5 電気設備・作業管理室	20
2. 2. 6 機械設備管理室	22
2. 2. 7 高圧ガス管理室	24
2. 2. 8 危険物質管理室	28
2. 2. 9 新規実験安全審査室	35
2. 2. 10 安全ハンドブック作業室	38
2. 3 安全教育	41
2. 4 事故例とその対応	46
3. 大学共同利用機関としての安全管理・教育	48
3. 1 共同研究者に対する措置	48
3. 2 外国人研究者に対する配慮	49
3. 3 安全情報公開	50
4. 将来計画	51
4. 1 第2期中期目標・中期計画	51
4. 2 研究組織の再編と安全管理体制	51
4. 3 重水素実験時の安全管理計画	53
4. 3. 1 安全管理体制	54
4. 3. 2 放射線管理	55
4. 3. 3 トリチウム管理	59
4. 3. 4 入退域管理	64
5. おわりに	67

付属資料

1. はじめに

核融合科学研究所は全国大学共同利用機関として、大型ヘリカル装置を始めとする大小様々な研究設備を備えて共同研究を展開しており、多数の共同研究者が利用している。

特に核融合実験研究に於いては、大電力、高電圧、極低温、高圧ガス、放射線、重量物取り扱いなど、研究を遂行する上で必須となる様々な特殊設備や作業が存在し、法的な規制を受けるものも少なくない。加えて、研究所内には不特定多数の共同研究者が滞在し、それらの設備を利用することから、安全管理については一層の配慮が必要となる。

本報告書は自然科学研究機構核融合科学研究所における安全管理について総括し、報告するものである。

1. 1 法人化に伴う安全推進を巡る環境の変化

平成16年度より、核融合科学研究所は文部科学省の直轄研究所から大学共同利用機関法人自然科学研究機構の一員となった。この法人化に対応して、職場における安全衛生の推進は人事院規則から労働安全衛生法の適用を受けて行うことになった。このため、研究所内の安全管理体制を見直し、労働安全衛生法に準じた安全衛生管理を進めることとした。具体的には安全管理センターが安全衛生に関する事項をすべて監督する体制から、安全衛生を監視する組織と安全衛生を健全に維持する組織とを明確に分離した体制へと移行した。これによりPDCAサイクルを組織的に責任を分担して継続的に行う体制となり、研究所の安全環境は現在まで良好に保たれている。

1. 2 中期目標・中期計画

法人化に伴い、6年間の中期目標・中期計画が定められている。自然科学研究機構では、中期目標として「労働安全衛生法等、各種法令等に適合した安全管理・事故防止に努める。」ことを明確に掲げた。そして中期計画の中では労働安全衛生法に則ったマニュアル整備や体制作りを掲げて、円滑な移行を推進した。核融合科学研究所もこの趣旨を受け、規則を整備し、所内体制を構築した。

2. 安全管理体制と実績

核融合科学研究所の安全管理体制は、労働安全衛生法に基づき、所長が総括安全衛生管理者として総括管理し、その下に安全管理者、衛生管理者、産業医をおいてそれぞれが安全管理、衛生管理、健康管理を担当している。（付属資料1 核融合科学研究所安全衛生管理規則）

これらに所長により指名された数名の委員を加えて安全衛生委員会を組織し、月に一度会合を開いて所内の安全衛生環境が労働安全衛生法に沿って良好に維持されているかどうか監視している。

一方、現場の安全衛生環境を良好に維持する組織として、所長の下に安全衛生推進部が設置されている。安全衛生推進部は10の室から構成され、様々なリスクに対して専門的に対応している。安全衛生推進部においても毎月すべての室長が集まる会議を定例に設けており、安全衛生委員会の指摘に基づき、安全衛生水準の向上と労働災害防止を図っている。図2-1に核融合科学研究所の労働安全衛生管理体制を示す。

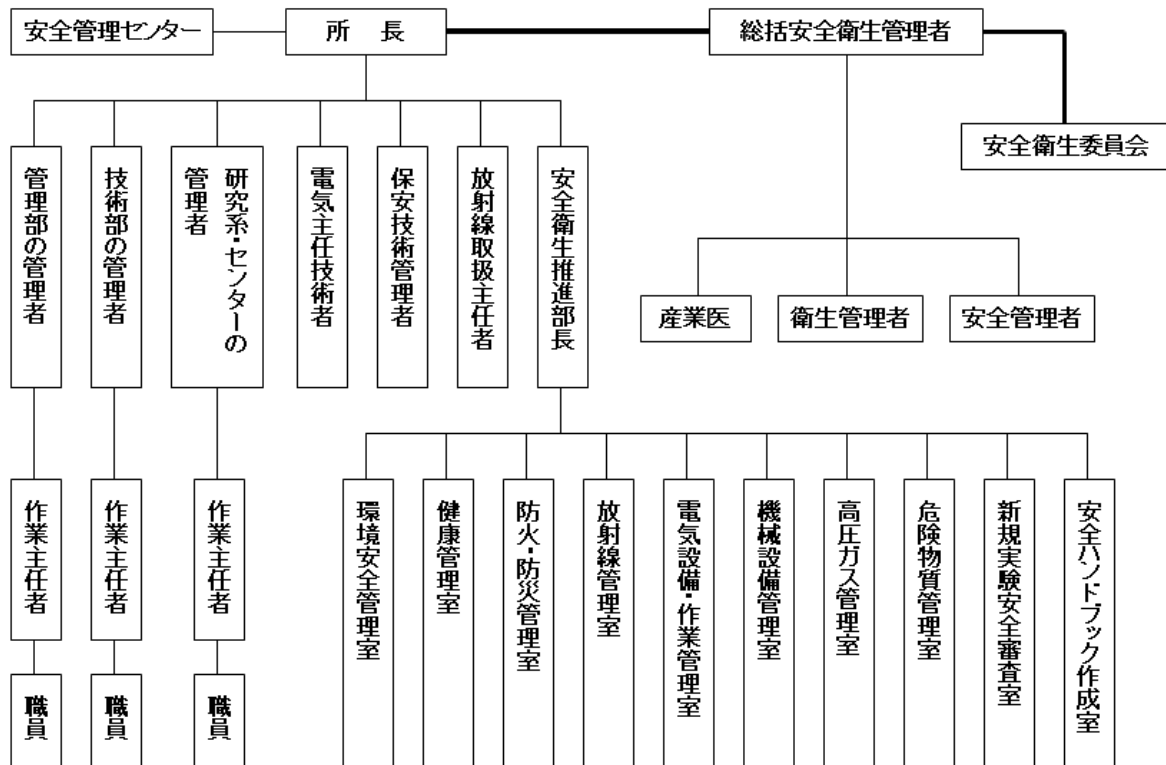


図2-1 安全管理体制


なお、研究所には安全管理センターがあり、法人化される前はここが所内のすべての安全に関する事項を掌握していたが、センター職員数に限りがあり、主として放射線関係の専門家であるため、法人化後は安全管理に関して専門的な立場から所長へ助言すると共に、センター職員が安全衛生推進部の中に入り活動をしている。

2. 1 安全衛生委員会

安全衛生委員会は、核融合科学研究所安全衛生管理規則において核融合科学研究所に安全管理者と衛生管理者を置くことを定めた上で、総括安全管理者が委員長となって構成するよう定められている。(付属資料2 核融合科学研究所安全衛生委員会規則) 核融合科学研究所の場合、法律上は安全管理者を置く必要はないが、最初に述べたように研究所の中には、大電力、高電圧、極低温、高圧ガス、放射線、重量物取り扱いなど、様々なリスクが存在し、法的な規制を受けるものも少なくない現状を踏まえ、安全管理に特段の注意を払うことが必要との判断からあえて設置している。安全管理者は法に準じた資格で専任されている。

安全衛生委員会の構成は総括安全衛生管理者を筆頭に、安全管理者及び衛生管理者、産業医の他、職員のうちから安全に関し経験を有する者、衛生に関し経験を有する者のうちからそれぞれ所長が指名したものであり、委員の半数は職員の過半数を代表する者の推薦に基づき指名することになっている。委員会は毎月1回定期的に開催され、安全管理者、衛生管理者、産業医の行う巡視結果を基に所内の安全衛生管理状態を把握し、必要な改善を必要部署に指示している。このため、安全衛生委員会には後述の安全衛生推進部長が陪席している。

研究所には16棟の建物があり、その内11棟は特別な施設を持つものである。安全巡視に関してはこの11棟、衛生巡視についてはすべての建物1年間でくまなく回るよう年間計画を立てて実施している(図2.1-1)。その結果及び指摘事項に関しては毎月定例に開催される安全衛生委員会で報告した後、建物責任者や管理責任者に改善の勧告がなされる。建物責任者や管理責任者は改善結果を安全管理者乃至は衛生管理者に報告し、その結果は次回の視察時に確認されるシステムになっている。なお、この指摘事項とその

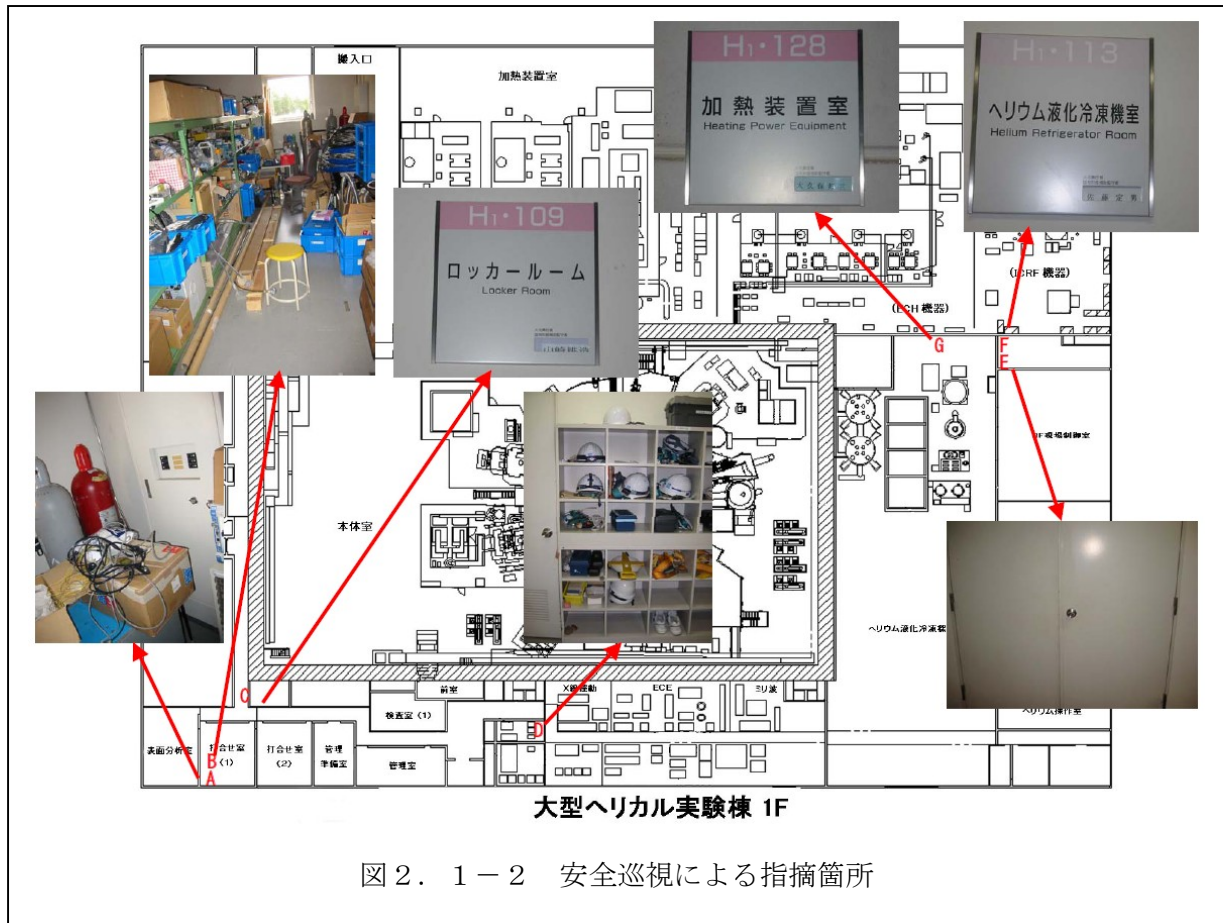


核融合科学研究所では、安全衛生推進委員会による以下の巡視を行っています。

	場所	巡視日
衛生管理者定期巡視結果 巡視予定は こちら(H21年度・H20年度) で確認できます	管理・福利棟	2009年8月27日
	図書館棟	2009年8月7日
	研究II期棟	2009年8月14日
	研究棟	2009年8月21日
	シミュレーション科学研究棟 (旧:計算機実験棟)	2009年8月27日
	制御棟	2009年9月4日
	本体棟	2009年9月11日
	計測実験棟	2009年9月18日
	総合工学実験棟 (旧:加熱実験棟)	2009年10月2日
	超伝導マグネット研究棟 (旧:低温実験棟)	2009年10月8日
	開発実験棟	2009年7月3日
	工務棟	2009年7月10日
	準定常電源棟	2009年7月17日
	特高変電所	2009年7月17日
安全管理者定期巡視結果 巡視予定は こちら(H21年度・H20年度) で確認できます	冷却水棟	2009年7月17日
	研究所敷地内・ヘリコン等	2009年7月24日
	制御棟	2009年4月24日
	計測実験棟	2009年5月22日
	大型ヘリカル実験棟	2009年7月24日
	超伝導マグネット研究棟 (旧:低温実験棟)	2009年6月26日
	総合工学実験棟 (旧:加熱実験棟)	2009年8月21日
	開発実験棟	2009年9月18日
	準定常電源棟	2008年10月23日
	冷却水棟	2007年11月22日
日米合同巡視 (JWG Safety Walkthrough)	NIFS	2008年3月19日
		2009年4月13日 2009年5月11日 2009年6月8日 2009年7月14日 2009年8月11日
産業医定期巡視報告書		平成21年度 平成20年度 平成19年度 平成18年度 平成17年度

図2. 1-1 定期巡視スケジュール

改善履歴はすべて研究所のホームページに掲載され、誰でも見る事が出来るようになっている。図2-2の建物名をクリックすると巡視の履歴が表示され、その日付をさらにクリックすることにより図2. 1-2に示すような建物の各部屋の平面図上に具体的な場所と内容が示されている。これは研究所の安全管理状況を公開することにより、研究所職員が安全衛生に対して自覚を持つことを促すものである。



上記のようなルーチン的な監視事項に加え、突発的な出来事に対しても逐次安全衛生委員会は報告を受け、その対処方針を決定し、関係部署に対応を指示している。最近の例で言えば新型インフルエンザへの対処方針は安全衛生委員会で議論され、安全衛生推進部健康管理室の下で必要な機材の備蓄や対処方針の所員への周知、情報収集などを行った。

2. 2 安全衛生推進部

安全衛生推進部は法律で規制されている機器・物質類の取り扱いや、安全衛生上の日常監視、安全教育などの業務を以下の10室に分担して行っている。

- ① 環境安全管理室
- ② 健康管理室
- ③ 防火・防災管理室
- ④ 放射線管理室
- ⑤ 電気設備・作業管理室
- ⑥ 機械設備管理室
- ⑦ 高圧ガス管理室
- ⑧ 危険物質管理室
- ⑨ 新規実験安全審査室
- ⑩ 安全ハンドブック作業室

各室員は法的な資格を持つ者、現場の担当責任者などから構成され、それぞれ室長を置いている。安全衛生部長は研究部職員から所長が指名するが、室員は研究部、管理部、技術部の関係部署に勤務する職員の中から安全衛生部長が専任している。すなわち安全衛生推進部は専従の職員を持つ独立した組織ではなく、研究所の全組織を横断して職員が兼務する形で構成されている。これは核融合科学研究所の安全衛生管理が特殊な分野にも至り、法的な手続きなども生ずることから、専門的な知識と事務処理のノウハウを持つ研究部、技術部、管理部の連携が必要となるからであるが、結果的に安全管理の責任を一つの部局に集中させず、すべての部局で安全意識の高揚を図ることに役立っている。また、縦割りで構成される各部局の合議の場としても機能しており、懸案事項が未処置のまま置かれることが避けられる。

各室では日常的な業務の遂行の他、安全衛生委員会からの指摘事項の改善も行う。また、安全衛生推進部は独自の安全巡視を毎月行っており、書類上の取り扱いのみでなく現場の状況を自分の目で把握することで安全環境の改善に努めている。具体的には各室が輪番制で大型ヘリカル実験棟を主体に関連する設備などを視察している。

安全衛生推進部では部長と室長が集まる安全衛生部会合を定期的を開催することにより、研究所内の安全管理に関する情報を共有すると共に、その報告を安全衛生委員会に上げている。

各室の特徴を簡単に述べる。

① 環境安全管理室

研究所全体の安全環境を維持する。研究所内の安全衛生環境を阻害する要因は様々であり、管轄がどの部署か明確でない場合も多々ある。環境安全管理室はそのような場合の受け皿となり、迅速な対応を図る。

② 健康管理室

職員および共同研究者、訪問者の健康管理に必要な事項を行う（管理部主体）。

③ 防火・防災管理室

研究所の防火・防災、非常時の対応に必要な事項を行う。

④ 放射線管理室

核融合科学研究所には放射線障害防止法で規制される加速器を1台、労働安全衛生法（電離放射線障害防止規則）で規制されるX線発生装置3台を保有する他、規制には該当しないがX線による被曝の恐れがある発生設備が複数存在するため自主管理を行っている。これらの設備に基づき、研究所の環境放射線管理、職員および共同研究者の教育訓練と放射線被曝管理を行う。

⑤ 電気設備・作業管理室

核融合科学研究所には大型ヘリカル実験装置を始め大電力を扱う設備が多い。本室では所内の電気設備の維持管理状況を把握するとともに、実験設備の改造・設置に伴う電気工事など新たな計画の技術上の審査・助言や工事計画への指導・助言を行う。

⑥ 機械設備管理室

大型工作機械、主としてクレーン設備の維持・管理を行う。核融合科学研究所には大型ヘリカル実験棟の250トクレーンをはじめとして多数の天井クレーンがある。本室ではこれらの維持管理状況を把握するとともに、安全な使用がなされるよう指導する。

⑦ 高圧ガス管理室

核融合科学研究所にはLHD用ヘリウム液化冷凍機を始めとする特殊な高圧ガス設備（一般および冷凍）がある。本室ではこれらの設備の維持・管理状態を把握し、定期検査など監督官庁への対応も行う。

⑧ 危険物質管理室

所内で取り扱う危険物の購入・保管を一括管理する。危険物質には様々な種類があり、そのリスクの種類も異なるが、購入時に管理することによりその存在が把握できる。

⑨ 新規実験安全審査室

所内で新たに計画された実験に対してその実験環境が安全上の基準を満たしているかどうか、実験設備を含めて審査する。この審査に合格しないと実験の許可は下りない。また、所内のすべての実験装置は登録制としており、実験装置の新設、廃止を含め実験装置の稼働状況を把握している。この登録は毎年更新する。

⑩ 安全ハンドブック作業室

安全ハンドブック（和文、英文）の内容を毎年見直し改訂する。所員および共同研究者に対する安全教育の企画も本室で行う。

以下では各室の具体的な業務内容とその実績について照会する。

2. 2. 1 環境安全管理室

1. 概要

研究所内の環境を調査し、作業環境を改善し、安全な環境を作ることを目的とする。安全管理者、衛生管理者及び日米安全査察等の指摘事項を改善するために、関係者への周知、改善確認を行う。法規制の有無に関わらず、一般的な安全環境を維持する広範囲にわたる活動を行う。

2. 室員構成

課長代理 1 名、課長 1 名、准教授 2 名、助教 2 名、研究主幹 2 名

3. 業務内容

安全管理者、衛生管理者、産業医による指摘事項の改善を関係部署に要請、実施の確認を行う。

日米安全査察等による指摘事項の改善、入退室管理システムの管理、各種表示（避難誘導等）の管理

実験室における防災、火災訓練の立案と実施、労働安全衛生に関する各種講習補助。

その他 業務環境の安全に関する事

4. 実施状況

本室の性格上、仕事の内容は雑多である。

- 1) 安全衛生委員会にオブザーバとして参加、安全衛生推進部の業務報告をとりまとめ、報告している。
- 2) 衛生管理者指摘事項の対策要請を行い、対策済みの確認を行っている。
- 3) 安全管理者の指摘事項の改善を確認している。
- 4) 産業医の指摘事項の改善を確認している。
- 5) 日米査察指摘事項を改善すべく手配し、改善を確認した。
- 6) 入退管理装置管理

サーバの管理、システムの健全性の確保、並びに故障時の対応を行っている。入退管理システムは 37カ所のカードリーダーと電子錠、放射線管理用回転バーが 5カ所、遮蔽扉が 8カ所ある。PLCは 1つあたり 2個の電子錠と 4つのカードリーダーが繋がっている。

平成 16 年 8 月受雷により、誤動作が発生していることが判明。ハブを交換するときに、光通信ハブに移行。平成 17 年 9 月にはサーバを交換。これによりカードの一斉更新が可能となった。平成 18 年からは全員顔写真入りに移行した。

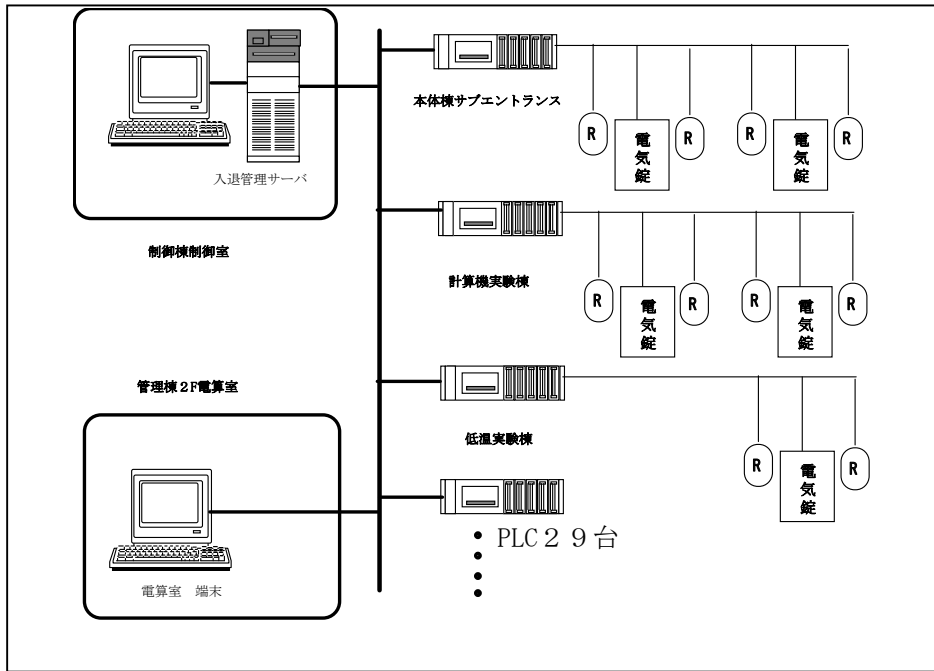


図 2. 2. 1-1 入退管理システム構成

7) 表示類の整備

磁場サイン、避難誘導サイン等 各種サインを作成し、設置した。
 日米安全査察の指摘を受け、各所に注意サイン（頭上注意、足下注意）誘導サインを設置した。地下室は蓄光塗料を用いたものを作成し、設置した。

120 × 360mm	120 × 360mm
120 × 360mm	120 × 360mm
120 × 360mm	100 × 300mm

誘導マーク



磁場警告（ペースメーカー）

- 8) LHD実験中火災訓練
 - ① 毎年1回LHD実験中に火災訓練を企画・実施
 - ② 火災訓練実施要領書、実験時火災時対応マニュアルを作成
- 9) 各種講習会等受講奨励
第一種酸素欠乏危険作業主任者、
足場の組立等作業主任者技能講習、
衛生管理者免許
危険予知訓練トレーナー研修会、
安全管理者講習、
衛生管理者講習 等
- 10) 実験LANにウイルスの侵入を調査、ファイヤーウォールを設置（平成19年4月、ネットワーク管理は別途組織が存在しており、その補助）。
- 11) 生活排水pH値の変動原因調査、升到溜まった水にコンクリートからのアルカリ成分がしみこんだためと判明、水質監視装置を贈設（平成20年2月）
- 12) 労働基準監督署指摘事項の改善
保護帽の更新、メータ表示の最高値、常用値表示の徹底

2. 2. 2 健康管理室

1. 概要

核融合科学研究所安全管理規則に定められた職員の健康の保持、推進を図るための必要な事務を行う。

2. 室員構成

総務課長（衛生管理担当者、安全衛生推進部会議メンバー）…室の統括

人事係長…衛生管理者巡視随伴

安全管理係長…室事務の取りまとめ、衛生管理者巡視随伴、産業医巡視随伴

安全管理係主任…衛生管理者巡視随伴

安全管理係員…健康診断関係事務、産業医巡視随伴、衛生管理者巡視随伴、その他室関係業務

3. 業務内容

(1) 健康診断（一般定期健康診断、特別健康診断、採用時健康診断、外国出張等職員の健康診断、再検査等）の実施

(2) 衛生管理者巡視随伴

(3) 産業医巡視随伴等

(4) 産業医による健康相談の実施

(5) 講習会等の実施、補助

(6) その他職員の健康保持、推進対策

※詳細は別紙活動状況のとおり

4. 実施内容

健康診断関係、産業医による健康相談……安全衛生規則の規定に基づいて、計画、実施

衛生管理者および産業医巡視随伴等……衛生管理者等の指示に基づいて実施

講演会等の実施、実施補助……衛生管理者等と相談し、計画、実施

2. 2. 3 防火・防災管理室

1. 概要

防火・防災管理室は、研究所における、地震、暴風、豪雨、豪雪等の自然災害並びに火災及び事故が発生することを防ぎ、発生した場合における災害を最小限にとどめ、かつ災害の復旧を計ることを目的とし、消防法に基づく研究所防火・防災計画のための防火・防災規則の改定及び、防災訓練等の審議を行い、消火・通報・避難等の訓練の実施や火気の使用並びに取扱の指導、防災管理上必要な施設の点検及び整備を行なう。

2. 室員構成

防火・防災管理室は安全衛生推進部の中に設置され、防火・防災管理者を室長とし、高周波加熱プラズマ研究系教授1名、安全管理センター教授1名、技術部2名、管理部総務課（資産管理担当）1名、管理部施設・安全管理課安全管理係（室会庶務担当）2名で、計8名の室員により構成される。

3. 業務内容

1) 消防計画、防災計画の作成

本年度は消防法改定のため、室会開催により、研究所防火・防災規則の一部改定を行ったが、消防の指導により、大幅な改定が必要となった。

届出書類：管理権原者選任届出・防災計画・自衛防災組織設置届出・
・防災管理者選任届出

2) 防災訓練の計画及び実施（所内全体 9月4日）

防災訓練の想定内容を審議するため、室会を開催し、訓練内容について、訓練参加者を対象に説明会を開催し、訓練実施に望んだ。

届出書類：消防訓練報告書（計画）と（実施）

3) LHD消火訓練の計画及び実施（LHD、制御棟 9月30日）

本体室での出火を想定し、LHD装置の操作手順と本体室内への立入手順とを確認し、危機管理班の消火訓練を行った。

届出書類：消防訓練報告書（計画）と（実施）

4) 応急手当普及講習会（AED講習）1回目を実施（9月29日）

参加者17人、土岐市南消防署で、受講した。次回は2月に予定している。

5) 年1回の消防署立入検査の立会

消火器については、法に定められた数を設置してあるが、昨年の消防署立ち入り検査での要望により、消火器を増設した。6) 消防設備の点検実施（年2回）及び不良箇所整備を行った。

7) 年間予定

4月～5月・研究所防火・防災規則の改定及び消防署届出（8月14日提出）

6月～7月・防災訓練及び、LHD消火訓練準備（室会6月26日,7月15日）

8月～9月・消防署届出及び防災訓練・LHD消火訓練実施（9月4日,30日）

9月・2月・応急手当普及講習会（AED）実施（9月29日,2月実施予定）

10月～11月・オープンキャンパス安全対策作成及び消防署届出（開催日11月14日）
7月・2月・消防設備点検（9月4日～18日実施、2月実施予定）
2月～3月・消防署の研究所立入検査（平成21年2月17,18,19日実施）

4. 実施例の紹介

LHD 消火訓練

最大規模の共同利用装置である大型ヘリカル装置に於いては、研究者が参加する消火訓練を、毎年実験期間中に実施している。

ここでは実験中に火災が発生したと想定し、装置の安全な停止から、自衛消防隊による消火活動、消防署への通報など、一連の流れを想定して訓練を実施している。

本訓練は研究所全体で行う防災訓練とは別に実施している。

以下は平成21年9月30日のLHD消火訓練状況写真である。



制御棟制御室での情報収集



モニターに映し出される出火場所



突入準備の危機管理班（消火隊）



消火中の危機管理班

2. 2. 4 放射線管理室

1. 概要

放射線管理室は、研究所における放射線の発生をとまなう装置等の管理組織として核融合科学研究所放射線障害予防規程（以下、予防規程という。）に定められている。管理実施体制は図2. 2. 4-1のとおりである。

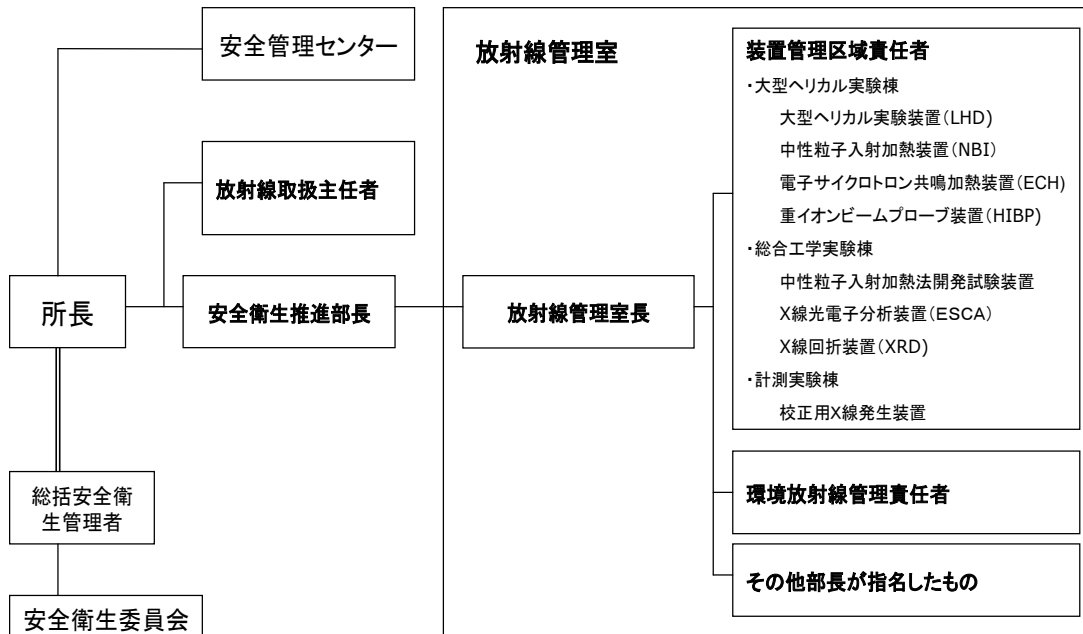


図2. 2. 4-1. 研究所における放射線管理実施体制

放射線管理室の業務は装置の保守及び点検、装置及び管理区域に係る放射線の量の測定、管理区域に立ち入るものの被ばく線量の管理、業務従事者の登録と教育及び訓練の実施、放射線測定器の保守管理さらにはこれらの業務に関する記帳及び記録並びにその管理、関係法令に基づく申請、届出及び報告に係る書類の作成等の放射線安全管理に関するものである。なお、共同研究者の登録業務を円滑に進めるために制御棟安全環境監視室に管理室窓口を設け対応している（図2. 2. 4-2）。

研究所が放射線管理を行っている装置は、つぎのとおりである。

- (1) 「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」（以下、障防法という。）に基づき国から使用承認を得た装置

- ・重イオンビームプローブ装置 (HIBP)

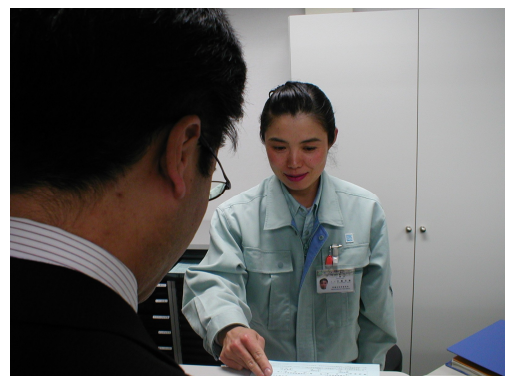


図2. 2. 4-2. 管理室窓口での登録の様子

(2) 「労働安全衛生法」(以下、安衛法という。)に基づき労働基準監督署に設置等の届けが必要なエックス線装置

- ・エックス線光電子分光分析装置(ESCA)
- ・エックス線回折装置(XRD)
- ・校正用エックス線発生装置

(3) その他の装置

- ・大型ヘリカル実験棟に設置された大型ヘリカル実験装置(LHD)本体、中性粒子入射加熱装置(NBI)及び電子サイクロトロン共鳴加熱装置(ECH)
- ・総合工学実験棟に設置された中性粒子入射加熱法開発試験装置

なお、コンパクトヘリカル実験装置(CHS)は平成20年7月1日付けで廃止された。

2. 構成

室長

装置管理区域責任者

- ・大型ヘリカル実験棟に設置されたLHD
- ・大型ヘリカル実験棟に設置されたNBI
- ・大型ヘリカル実験棟に設置されたECH
- ・HIBP
- ・総合工学実験棟中性粒子入射加熱法開発試験装置
- ・ESCA、XRD(エックス線作業主任者)
- ・校正用エックス線発生装置(エックス線作業主任者)

環境放射線管理責任者

部長が指名したもの

- ・安全教育担当者(2名)
- ・LHD入退管理装置担当者

3. 業務内容

- (1) 装置の保守及び点検
- (2) 装置及び管理区域に係る放射線の量の測定
- (3) 管理区域へ立ち入るものの入退域及び被ばく線量の管理
- (4) 放射線業務従事者及び一時立入者に対する教育及び訓練の実施
- (5) 放射線測定器の保守管理
- (6) 放射線業務従事者の登録に関する業務
- (7) 記帳及び記録並びにその管理
- (8) 関連法令に基づく申請、届出及び報告に係る書類の作成業務
- (9) 注意事項等の掲示
- (10) 放射線に関わる安全マニュアルの作成
- (11) その他放射線障害の防止に必要な技術的事項

4. 業務の実施内容

- (1) 装置の保守及び点検

細則に定められた巡視を装置の稼動前に実施し記録を1週間毎にまとめて室長に提出している。また、細則に定められた点検を半年毎に行いその都度管理室窓口に提出している。

(2) 放射線の量の測定

○積算線量計による測定

①装置周辺の測定

実験室内で放射線の発生状況の把握と実験室外への放射線の漏洩の有無の確認のために、電子線量計及びガラス線量計を装置の周辺、管理区域及び監視区域に設置している。線量計は原則として週1回月曜日に回収して計測している。電子線量計は積算線量を直読できること、トレンドデータを記録できることから本体室管理区域解除中のNBI管理区域境界の線量やECH管理区域境界の線量の確認にも使用している。これまでに、特に放射線管理上問題なることはない。測定結果の詳細は放射線安全管理年報に公開している(資料1)。また、装置の性能が向上した場合などには別途装置周辺等の詳細な放射線分布測定を行い、結果によっては遮蔽の強化等の対策を行う。これまでに、大型ヘリカル実験棟に設置されたNBI周辺の測定を実施し、必要な対策を講じてきた。平成21年はジャイラトロンの性能が向上したECH装置管理区域周辺でエックス線測定を行っている(図3)。

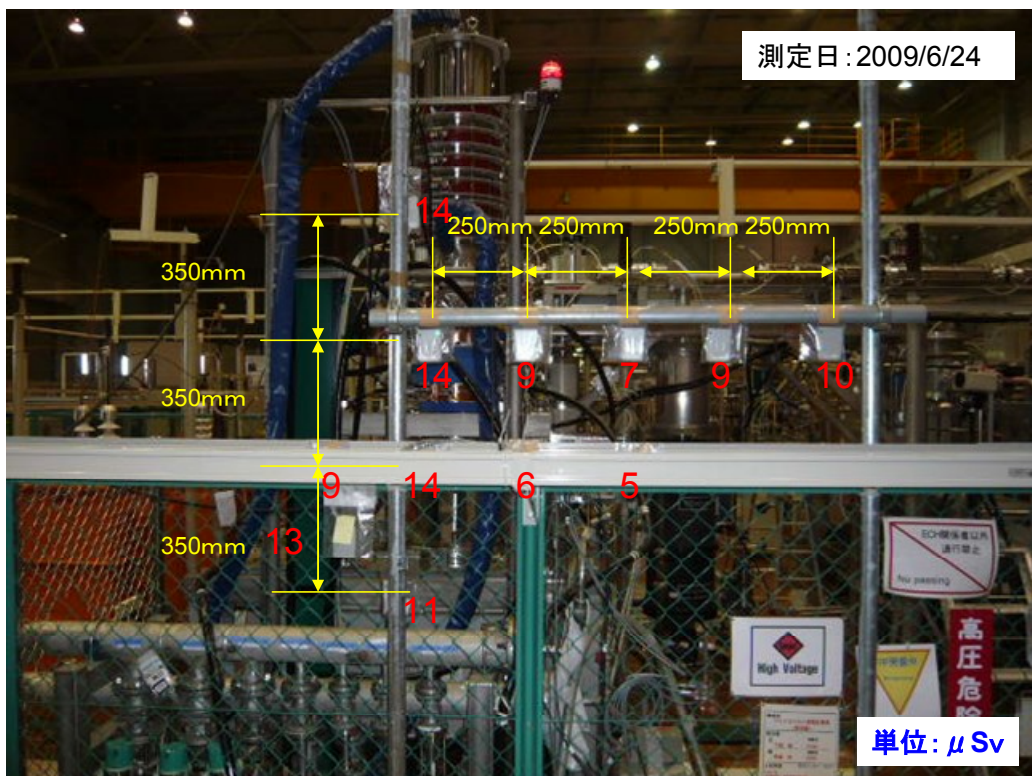


図2. 2. 4-3. ECH周辺のエックス線測定結果の一例

②環境測定

研究所周辺 8 箇所、土岐市内 7 箇所及び多治見市内 8 箇所においてガラス線量計による環境放射線測定を行っている。測定ポイントを図 2. 2. 4-4 に示す。測定結果は研究所ホームページに公開している。

○放射線監視システム RMSAFE による監視

実験棟内、実験棟近傍及び敷地境界に設置された複数の放射線検出器からなる放射線監視システム (RMSAFE) による監視を行っている。RMSAFE はバースト状の放射線を検知した際、複数の検出器の結果を比較することにより、検知された放射線が装置から発生したものかノイズ等のそれ以外の原因によるものかを区別することができる。敷地境界において LHD の実験に起因する放射線は確認されていないが CHS では平成 11 年から平成 18 年の実験終了まで観測されており最大で年間 0.5 マイクロシーベルト (管理目標値 50 マイクロシーベルト) であった。このように非常に微量の放射線を環境放射線と区別して評価できるシステムは RMSAFE 以外にはない。LHD の実験中は制御棟安全環境監視室において常時監視する体制をとっている (図 2. 2. 4-5)。また、屋外に設置された検出器のデータは研究所のホームページで常時公開されている。平均値等のデータは放射線安全管理年報に公開している。



図 2. 2. 4-4. ガラス線量計設置ポイント

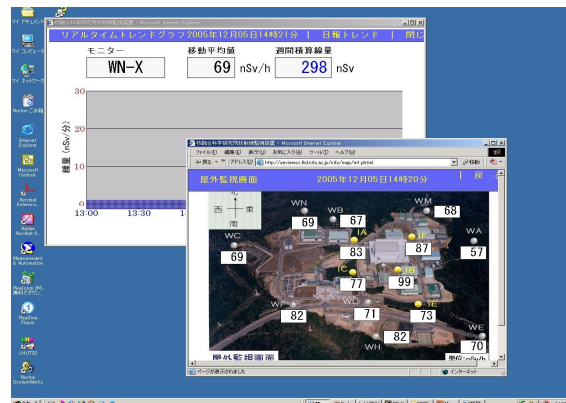


図 2. 2. 4-5. 安全環境監視室監視画面の一例

(3) 管理区域への入退域及び被ばく線量の管理

LHD、HIBP 及び総合工学実験棟中性粒子入射加熱法開発試験装置では個人認証カードを用いた入退室管理を行っている。NBI、ECH では記帳による管理を行っている。入退域の記録は管理室にて整理保管している。

個人被ばく線量の測定はルクセルバッジにより行っている。必要に応じて電子線量計やサーベイメータで対応する。ルクセルバッジの発行、回収及び測定結果の通知は月 1 回管理室窓口にて対応している。これまでに、研究所内での有意な被ばく

線量の検出はない。ルクセルバッジの使用状況及び測定結果は放射線安全管理年報に公開している。

(4) 放射線業務従事者及び一時立入者に対する教育及び訓練の実施

教育及び訓練には新規講習会、更新講習会及び現場教育がある。新規講習会は初めて研究所で放射線業務従事者に登録する際に、更新講習会は研究所で以前に登録したことがある場合に、また現場教育は初めて登録を希望する装置管理区域で作業する前に受講する。平成20年度は新規が10回、更新が11回、現場教育が22回実施された。10回の新規講習会の内2回は外国人共同研究者向けで5名の受講者があった。また、共同研究者のためにDVDの貸し出しによる更新教育も実施している。詳細は放射線安全管理年報に公開している。

(5) 放射線測定器の保守管理

ガラス線量計、サーベイメータ及び液体シンチレーションカウンターの校正を実施する等の保守管理を行っている。RMSAFEは日常点検、週間点検及び月例点検を業務請負にて実施している。異常があれば担当者に報告、担当者はこれを受けて修理等対応をする。また、メーカーによる校正を含めた定期点検を毎年実施するとともに経年劣化が認められる検出器等の部品交換を進めている。

(6) 放射線業務従事者の登録に関する業務

放射線業務従事者登録申請書に基づき、健康診断の受診と教育及び訓練の受講を確認のうえ、装置管理区域責任者、室長、主任者の承認を得て、希望する装置の業務従事者として登録する。登録業務は放射線管理室窓口にて対応している。平成21年度から研究所でのみ特殊業務（放射線業務を含む）がある共同研究者の健康診断は研究所で実施することになり、登録業務がより迅速に進めることができるようになった。表2. 2. 4-1に平成16年度（2004年度）以降の登録者数の推移を示した。

表2. 2. 4-1. 放射線業務従事者数の推移

年度	所内	所外	計（外国人）
2004	167	111	278（10）
2005	167	105	272（13）
2006	174	101	275（16）
2007	165	89	254（12）
2008	164	91	255（12）

(7) 記帳及び記録並びにその管理

(1) から (6) に関する記帳及び記録を放射線管理室窓口にて取りまとめている（資料2 放射線管理室ファイルリスト）。

(8) 関連法令に基づく申請、届出及び報告に係る書類の作成

予防規程及び維持管理細則の策定及び変更。障防法に定められた「管理状況報告書」の作成、装置の変更届出及びこれにともなう施設検査への対応、定期検査及び定期確認への対応。エックス線装置にかかる届出及び労働基準監督署立入り検査対応等がある。平成18年と19年に予防規定の改正を行った。HIBPの改造



にともなう変更申請と指定機関による施設検査が平成19年に実施された。また、HIBPでは平成21年に5年毎に実施される指定機関（原子力安全技術センター）による定期検査及び定期確認が行われた（図2. 2. 4-6）。エックス線装置では、XRD及びESCAの計測実験棟から総合工学実験棟（旧加熱実験棟）への移設に伴い、安衛法に基づく届出を多治見労働基準監督署に行った。また、平成20年に行われた労働基準監督署による立入り検査に対応した。また、平成20年にはコンパクトヘリカル装置（CHS）を廃止した。

図2. 2. 4-6. 定期検査・定期確認の様子

平成16年の法人化以降の主な業務はつぎのとおりである。

○予防規程の制定及び改正（文部科学省へ届出）

平成16年4月制定：法人化にともない旧規程を廃止し制定

平成18年3月改正：法律改正にともなう変更

平成18年6月改正：安全管理体制見直し等のため

平成19年4月改正：安全管理体制の見直しのため

現行の規程は資料3のとおり。

○細則の制定及び改正

・重イオンビームプローブ装置の維持管理細則

平成16年7月改正：法人化にともなう組織変更により改正

平成18年12月改正：字句の変更

現行の細則は資料4のとおり。

・エックス線装置の維持管理細則

平成16年7月改正：法人化にともなう組織変更による改正

平成18年12月改正：ESCA、XRDの移設にともなう変更

平成19年8月：実験棟名の変更による改正

現行の細則は資料5のとおり。

・実験装置等の維持管理細則

平成16年7月制定（4月実施）：法人化にともない旧細則を廃止し制定

平成18年12月改正：字句の変更

平成19年8月：実験棟名の変更による改正

平成20年7月：CHS廃止による変更

現行の細則は資料6のとおり。

○管理状況報告書（文部科学省へ提出）

HIBPでは、障防法に定められた「管理状況報告書」を毎年作成して文部科学省科学技術・学術政策局原子力安全課放射線規制室（以下、規制室という。）に提出している。平成20年度の報告書は資料7のとおり。

○装置及び管理区域の変更

- ・HIBP 変更承認申請（文部科学省へ）

平成19年4月：ビームモニター追設のため

- ・ESCA、XRDの移転届（多治見労働基準監督署へ）

平成18年12月：移転のため

- ・CHSの廃止

平成20年7月：研究計画終了のため

安全衛生委員会で審議され、研究主幹等連絡会議で了承されてCHSは放射線管理が必要な装置としては廃止の手続きが完了した。

- ・NBI2号機装置管理区域の変更（フェンス位置の変更）

平成21年2月：周辺機器の配置変更のため

○施設検査

- ・平成19年9月：HIBP 変更申請にともなう検査

○定期検査、定期確認

- ・平成20年9月：障防法による5年毎の定期検査及び定期確認

(9) 注意事項等の掲示

装置管理区域及び監視区域に係る標識や注意事項等を記した掲示を行っている。標識は外国人研究者のために英語表記の併記を心がけている。

(10) 放射線に関わる安全マニュアルの作成

各装置の安全マニュアルを整備するとともに安全ハンドブックによる指導を行っている。

(11) その他放射線障害の防止に必要な技術的事項

○放射能濃度測定

試料採取による河川水等における環境放射能濃度測定を研究所周辺、土岐市周辺及び多治見市周辺で行っている。

○微量密封線源の管理

微量密封線源の入手、保管、貸し出し等の管理を行っている。平成21年3月末で、14核種、43個の微量密封線源が使用できる。これらの線源は3.7MBq以下で使用と保管については法律の管理外であるが安全管理の観点から管理を行っている。

○放射線安全管理年報の発行

毎年度、研究所の放射線管理と監視結果をまとめて研究所刊行物（NIFS-MEMO）として放射線安全管理年報（資料1）として発行している。

2. 2. 5 電気設備・作業管理室

1. 概要

- ・所内における電気設備が技術基準を満たすものか審査を行う。
- ・電気取扱者の資格取得（安衛法に関わるもの）、安全に関わる教育の実施。
- ・官公庁（中部経済産業局等）との協議、手続きを行う。
- ・電力供給事業者との協議。（受電電力量の決定、停電計画等）

2. 室員構成

室長：施設保全係長

室員：各棟責任者、技術部電気設備担当、経営企画課長、契約係担当で構成している。

3. 業務内容

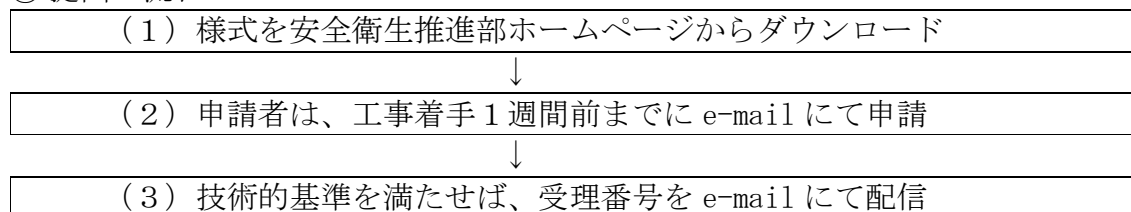
1) 電気工事作業申請書

① 電気工事作業申請書の審査

実験に関わる電気配線について、技術的基準（電気設備の技術基準、内線規程）に合致するか審査し、疑義のあるものについては現場確認を行った。

年度	件数
平成 20 年度	27 件
平成 21 年度（9 月 30 日まで）	17 件

② 提出の流れ



2) 労働安全衛生法に伴う電気安全教育

所内安全衛生管理計画に基づき講習会、特別教育について計画、実施を行った。

① 所内における電気安全教育

- ・従前から継続している講習会について、労働安全衛生法と電気事業法に基づいた内容に改めた。

② 労働安全衛生特別教育講習

- ・新規の低圧電気取扱作業従事者に対し、中部電気保安協会の講習会の受講の取りまとめを行った。

年度	参加者数
平成 21 年度	3 名

2) 東海総合通信局無線通信部陸上課への手続

平成 20 年 6 月 無線局再免許申請
平成 20 年 7 月 高周波利用設備変更許可申請

3) 安全管理者巡視随同行（毎月第 4 金曜日実施）
改善箇所の指摘とその具体的改善策（工事方法など）の指導を行った。

4) 電力供給事業者との協議（デマンド、停電計画）

① デマンド値の決定

昨年の実績、実験機器の導入などを総合的に協議し、電力デマンド値について決定を行った。

平成 21 年度 特別高圧 8,700 kW 業務用電力 800 kW

② 停電計画について

電気設備年次点検に伴う停電について、中部電力と日程を協議し、実施時期を決定した。

また、停電範囲を調整及び事前通知し、改修工事を行った。

5) 安全ハンドブックの改訂

労働安全衛生法に対応した平成 21 年 5 月版に向けて改稿を行った。

4. 実施例の紹介

1) 電気設備年次点検

平成 21 年 6 月 14 日、電気設備保全業務を中部電気保安協会に発注、実施した。

2. 2. 6 機械設備管理室

1. 概要

機械設備管理室は、所内におけるクレーン等における災害防止とクレーン作業者の安全を確保する目的で活動を行っている。クレーン設備の保全として、法に基づいた点検及び補修工事の実施、クレーン作業については、クレーンの運行管理、作業に必要な免許、講習などの取得計画、免許取得者における安全教育の実施を行っている。

2. 室員構成

機械設備管理室を運営する上で、各クレーンの管理責任者を室員に選任し活動を行っている。

機械設備管理室長：1名 他室員：10名

3. クレーン保守管理台数 全34基

- 1) 機上運転式クレーン（3トン以上）：8基
無線操作 3基
- 2) 床上操作式クレーン（3トン以上）：6基
- 3) 床上操作式クレーン（3トン未満）：20基

4. クレーン作業従事者（平成21年4月現在）

- ・クレーン運転免許取得人数：92名
クレーン運転士免許：34名
床上操作式クレーン運転技能講習受講者：58名
- ・玉掛け技能講習受講者：90名



図2. 2. 6-1 大型ヘリカル実験棟
250トンクレーン

5. 機械設備管理室活動内容

- 1) クレーン管理責任者及び副責任者の選任
- 2) 所内クレーン定期点検の計画と実施（施設課）
 - 2-1) 月例点検、年次点検、性能検査の実施（クレーン全34台）
クレーンの管理責任者は年間点検計画を施設・安全課に提出
業者による保守点検契約を結び点検を遂行している。
 - 2-2) 所員による月例点検作業（2.8トン未満）
 - 2-3) 年次点検における荷重試験用の重りの管理業務
- 3) クレーン作業の安全管理
 - 3-1) 各種免許取得、技能講習・安全教育参加の計画と実施
 - 3-2) 所外でのクレーン運転業務安全教育講習会参加
 - 3-3) 安全教育及び講習の実施
 - 1) クレーン運転所内規定
 - 2) クレーンを使用手続
 - 3) クレーン作業での注意事項

4) クレーンの運行管理作業

4-1) 機械設備管理室のホームページの作成

4-2) クレーンの定期自主検査（年次点検）における荷重試験の軽減処置の実施

低温実験棟大実験室	30t→10t
大型ヘリカル実験棟本体室	250t（2台）→10t
加熱実験棟大実験室	30t→10t
準定常電源棟発電機室	50t→10t
開発実験棟サテライト装置室	10t→2t

5) 安全ハンドブックの修正と追加

6) 毎年の機械設備管理室会議の開催

7) 所内クレーンの補修、改良工事

7-1) 本体棟 30 トンクレーンの無線化工事

日米査察の指摘で作業の死角を無くし、フックの近くでクレーン操作ができるよう無線化工事を行った。

7-2) 本体室クレーンの衝突防止用インターロックの設置（250 トンクレーンと 30 トンクレーン）

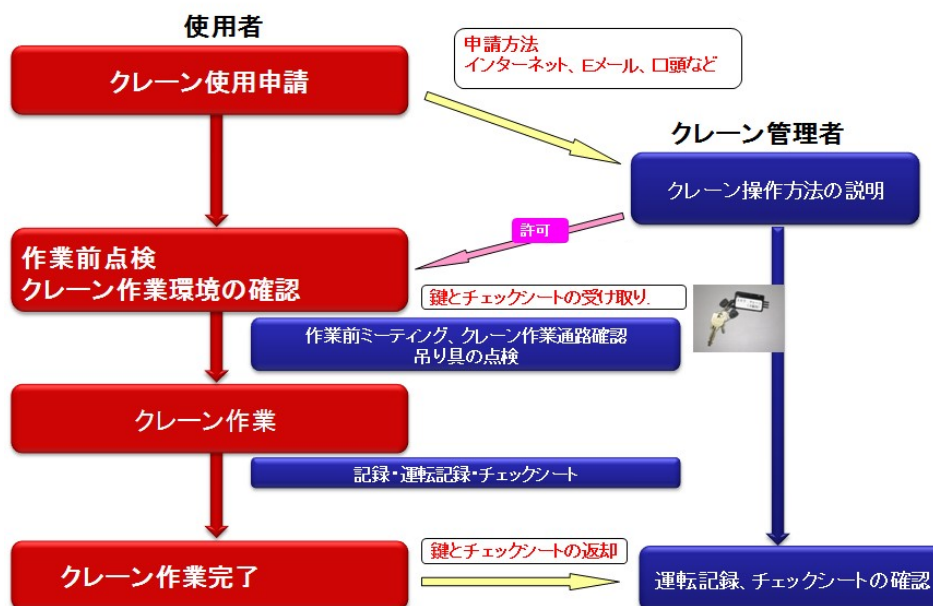
7-3) 本体棟 30 トンクレーンのインバータ交換工事

7-4) 本体室 30 トンクレーン事故報告書の作成

6. クレーンの利用申請の仕方について

クレーンの使用については、以下のフローチャートに示す流れで申請を行い、鍵を借りて使用する。使用者は免許保持者または運転技能講習受講者に限られる。この規則は工事や点検作業を行う業者に対しても適用される。

クレーン利用の流れ



2. 2. 7 高圧ガス管理室

1. 概要

核融合科学研究所では、大型ヘリカル装置の超伝導システムを液体ヘリウム温度に冷却維持するヘリウム液化冷凍設備を始めとして、液体窒素供給設備、特定高圧ガス（ジボラン）消費設備など、複数の高圧ガス設備が設置されている。対象となる高圧ガス設備を設置されている建物毎に表2. 2. 7-1に示す。これらの高圧ガス設備は、高圧ガス保安法でその設備の設計や施工方法、取扱いや維持管理方法が厳しく規定されている。核融合科学研究所では、高圧ガス管理室を設置し、各設備毎に資格（高圧ガス製造保安責任者等）と専門知識を有する係員を配置することにより、設備の維持・管理、保安教育の実施、保安意識の高揚や自主的な安全活動の推進を行っている。

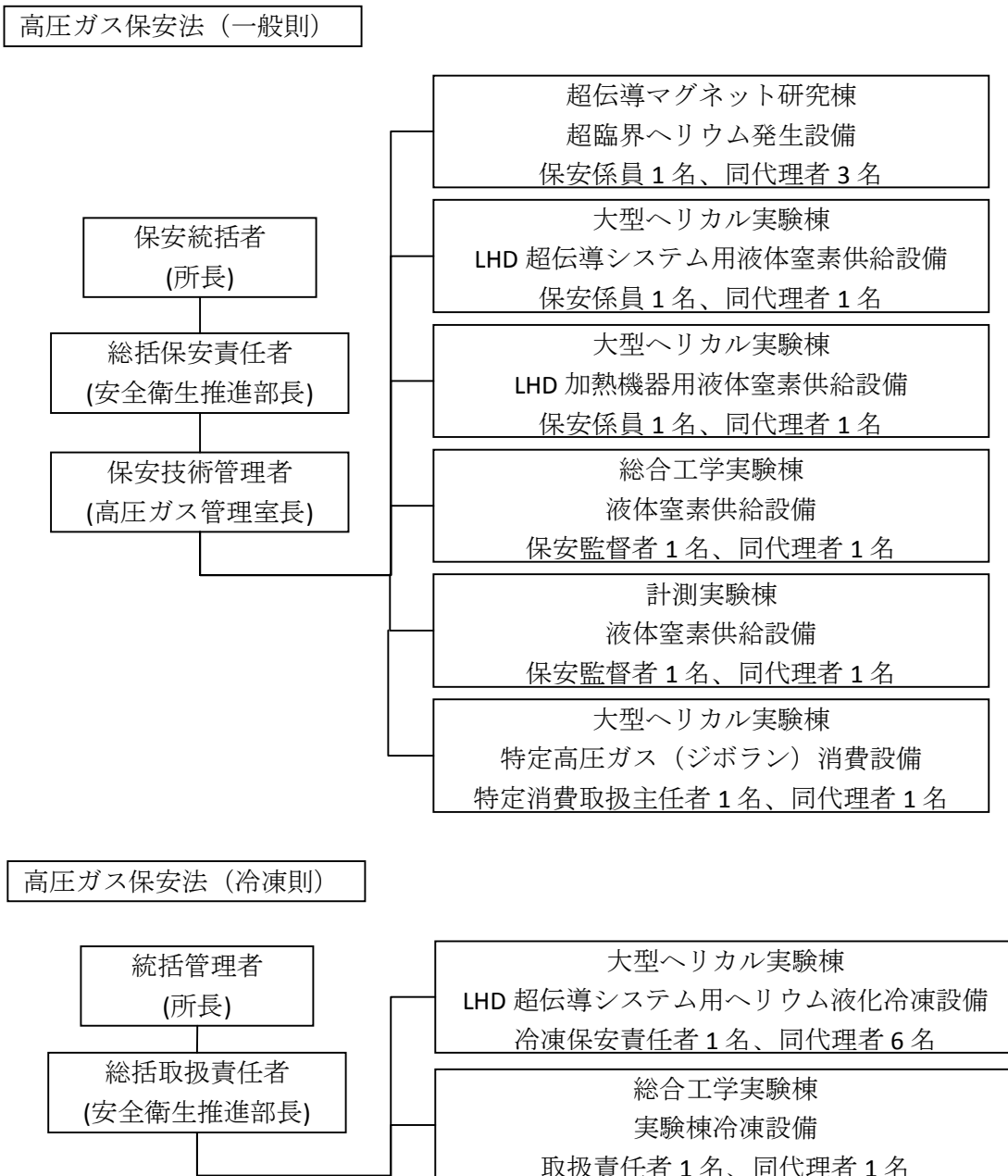
表2. 2. 7-1. 高圧ガス保安法の対象となる高圧ガス製造／消費設備

建物	装置名称	装置概要／適用法規
大型ヘリカル実験棟	LHD 超伝導システム用 ヘリウム液化冷凍設備	LHD 超伝導システムを超 伝導状態に維持／冷凍則
	LHD 超伝導システム用 液体窒素供給設備	LHD 超伝導システムの予 冷・加温運転、ヘリウムガ ス精製に使用 ／一般則
	LHD 超伝導システム用 ヘリウムガス貯蔵設備	LHD 用ヘリウム液化冷凍 設備への補給ヘリウムガス の貯蔵／一般則
	LHD 加熱機器用 液体窒素供給設備	LHD 加熱機器への液体窒 素供給／一般則
	特定高圧ガス（ジボラン） 消費設備	LHD 真空容器内へのジボ ランガス供給／一般則
	ガスパフ用ヘリウムガス供 給設備	LHD 真空容器内へのヘリ ウムガス供給(1MPa 以上) ／一般則
超伝導マグネット研究棟	超臨界ヘリウム発生設備 (ヘリウム液化冷凍設備)	超伝導・低温に関する開発 研究、共同研究に使用 ／一般則
総合工学実験棟	液体窒素供給設備	実験棟内の実験機器への液 体窒素供給／一般則
	実験棟冷凍設備	実験棟空調冷却設備 ／冷凍則
計測実験棟	計測実験用 液体窒素供給設備	計測機器への液体窒素供給 ／一般則

2. 室員構成

高圧ガス設備を有する事業所では、高圧ガス保安法の適用法規（一般則、冷凍則）に対応した高圧ガス保安管理体制を構築する必要がある。表2. 2. 7-2に核融合科学研究所の高圧ガス保安管理体制を示す。高圧ガス管理室は、保安技術管理者を室長とし、各設備毎に選任された保安係員及び同代理者、保安監督者及び同代理者、特定消費取扱主任者及び同代理者、冷凍保安責任者及び同代理者、取扱責任者及び同代理者、管理部・施設安全管理課担当者の総勢22名（研究職員13名、技術部職員7名、管理部職員2名）で構成されている。

表2. 2. 7-2. 核融合科学研究所の高圧ガス保安管理体制



3. 業務内容

- 1) 高圧ガスの保安および安全管理にかかわる企画、立案、規則の制定及び改廃
高圧ガス設備の保安、維持、管理について、核融合科学研究所・高圧ガス（一般）危害予防規則、核融合科学研究所高圧ガス（冷凍）危害予防規則を定める。核融合科学研究所高圧ガス（一般）保安教育計画書、核融合科学研究所高圧ガス（冷凍）保安教育計画書を立案する。設備の新設、改造や、運転方法の変更、関連法規の改定、所内組織の変更などに対応した改訂作業を行う。
- 2) 高圧ガスの保安安全および管理にかかわる指導及び助言
核融合科学研究所に設置される高圧ガス関連設備の設計、施工、運転、維持、管理について、安全の観点から技術上、法規上の指導及び助言を行う。
- 3) 高圧ガスの保安および安全管理にかかわる教育訓練
年間の保安教育計画を作成し、保安及び安全管理に関する教育訓練を実施する。高圧ガス製造保安責任者の免許取得者の拡充のため、毎年の高圧ガス製造保安責任者講習への受講者を計画的に勧誘すると共に、保安係員に3年毎に義務づけられている一般高圧ガス製造保安係員講習会の受講を指導する。
- 4) 高圧ガスの保安および安全管理にかかわる情報収集
岐阜県の主催で毎年開催される高圧ガス製造等に係わる保安検査及び立入検査説明会、高圧ガス保安協会の主催で行われる一般高圧ガス保安教育講習会、冷凍空調保安教育講習会等へ室員を積極的に参加させ、高圧ガスの保安及び安全管理にかかわる情報収集を行うと共に、得られた情報を所内の勉強会や報告会で報告し、情報の共有化を図る。
- 5) 異常及び事故の原因調査、事故、危害及び障害の防止
高圧ガス設備の異常や事故の原因調査を行う。また、事故や危害、傷害を防止するための対策についての活動を行う。
- 6) 高圧ガス製造設備の新設、改造等に伴う監督官庁等への申請、届け出等の実施
- 7) 監督官庁等による完成検査、保安検査、立入検査への対応
- 8) 高圧ガス設備等の保安等に対する自己点検評価
- 9) 高圧ガス安全管理定常業務
 - ・ 法令に定める技術上の基準に適合するように監督を行う
 - ・ 巡視・点検の結果報告の確認、パトロールやチェックリストに基づく異常の有無の確認
 - ・ 作業内容確認、安全対策についての指示
 - ・ 実操作での基準類の見直し

- ・ 各設備毎に年間の教育訓練の実行計画作成し、業務委託の運転員、研究所運転担当者等に計画的な教育訓練を行う

10) 高圧ガス安全管理非定常業務

- ・ 定期修理等の作業計画の立案等
- ・ 非定常作業用要領書の作成等
- ・ 定期自主検査の実施の監督

4. 実施状況

法令に沿った活動が主である。年度当初に立てる年間計画に沿い、毎年7月の定期検査を中心に、改造等もそのスケジュールに合わすようにしているが、新規設備がある場合には年度末に保安検査を受けることもある。

以下は平成20年度の例である。

2004年度

2004年 4月	高圧ガス小委員会開催 高圧ガス管理室発足
5月	年間教育計画の策定 変更申請作成(LHD用冷凍設備：乾燥器)、県庁事前打ち合わせ 危害予防規則（一般、冷凍）の改正
6月	県庁へ危害予防規則（一般、冷凍）改正の提出 高圧ガス保安状況報告会及び保安検査事前打ち合わせ 変更申請作成（特定高圧ガス）県庁へ提出及び、 特定高圧ガス取扱主任者の変更 県庁へ保安検査申請書提出 2004年度第1回保安係員講習受講者（2名）推薦
7月	保安検査 対応 2004年度第1回保安係員講習受講者（2名） 軽微変更申請作成（加熱用CE）県庁へ提出
8月	容器登録番号廃止届け作成 県庁へ提出
9月	2004年度一般高圧ガス関係保安教育講習受講者（2名）推薦
10月	2004年度一般高圧ガス関係保安教育講習会受講（1名） 防災訓練
11月	2004年度冷凍空調保安教育講習会受講（1名） 2004年度冷凍設備自主検査・保安調査 高圧ガス保安責任者試験受験者選考
12月	2004年度第2回保安係員講習受講者（3名）推薦
2005年 1月	2004年度第2回保安係員講習受講会受講（3名）
3月	2005年度高圧ガス製造等に係る保安検査及び立入検査説明会 岐阜県主催 受講

2. 2. 8 危険物質管理室

1. 危険物質管理室の概要

危険物質管理室では所内における危険物、化学薬品、劇物・毒物及び有害物質（以下「危険物質」という。）に関して、災害を防止し、保安を確保するとともに、環境の保全のためと、廃液に対し公共用水域及び地下水の水質汚濁を未然に防止し、人体の健康を保護するとともに生活環境を保全するために構内における下水道管渠への廃液の排出を規制するために下記のとおり活動を行っている。

危険物質とは、主に次のものを指す。

1. 消防法による危険物（第1類～第6類）
2. 労働安全衛生法施行令に規定された危険物、有機溶剤及び特定化学物質等
3. 毒物及び劇物取締法に規定された物質
4. 特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（PRT法）で定められた物質
5. その他、人体の健康及び生活環境に有害な物質

2. 危険物質管理室構成

危険物質管理室長（危険物質保安監督者）、危険物質管理者（排水管理者）、各実験棟・建屋の危険物質保管庫責任者（排水管理担当者）、及び特別管理産業廃棄物管理責任者、一般産業廃棄物管理責任者より構成する。

危険物質保管庫責任者は各実験棟（室）の危険物質保管庫の責任者で、危険物質保管庫の管理及び危険物質の取り扱いに責任を持ち、危険物質を使用する者等の安全の確保に努める。各実験棟（室）ごとに責任者を置くため、各実験棟・建屋の責任者が任命する。また各実験棟（室）の排水管理担当者を兼ねる。危険物質保管庫責任者が置かれる実験棟・建屋は、大型ヘリカル実験棟、大型ヘリカル実験棟加熱装置室（NBI）、加熱電源棟、ヘリウム圧縮機棟、超伝導マグネット研究棟、総合工学実験棟（NBI、炉工学、連携研究）、計測実験棟、開発実験棟、準定常電源棟、工務棟、一般建物（特高変電、自家発電機棟を含む）である。排水管理担当者のみ置く実験棟は、冷却水棟Ⅰ、冷却水棟Ⅱである。

危険物倉庫は消防法で定める危険物屋内貯蔵所であるため、危険物保安監督者を充てる必要があり、危険物屋内貯蔵所に貯蔵する危険物の対象である、危険物取り扱い者乙種第4類と第6類または危険物取り扱い者甲種の有資格者である必要がある。

所内から排出されることがある特別産業廃棄物を取り扱うために、特別管理産業廃棄物管理責任者の有資格者を置く必要がある。組織構成を図2. 2. 8-1に示す。

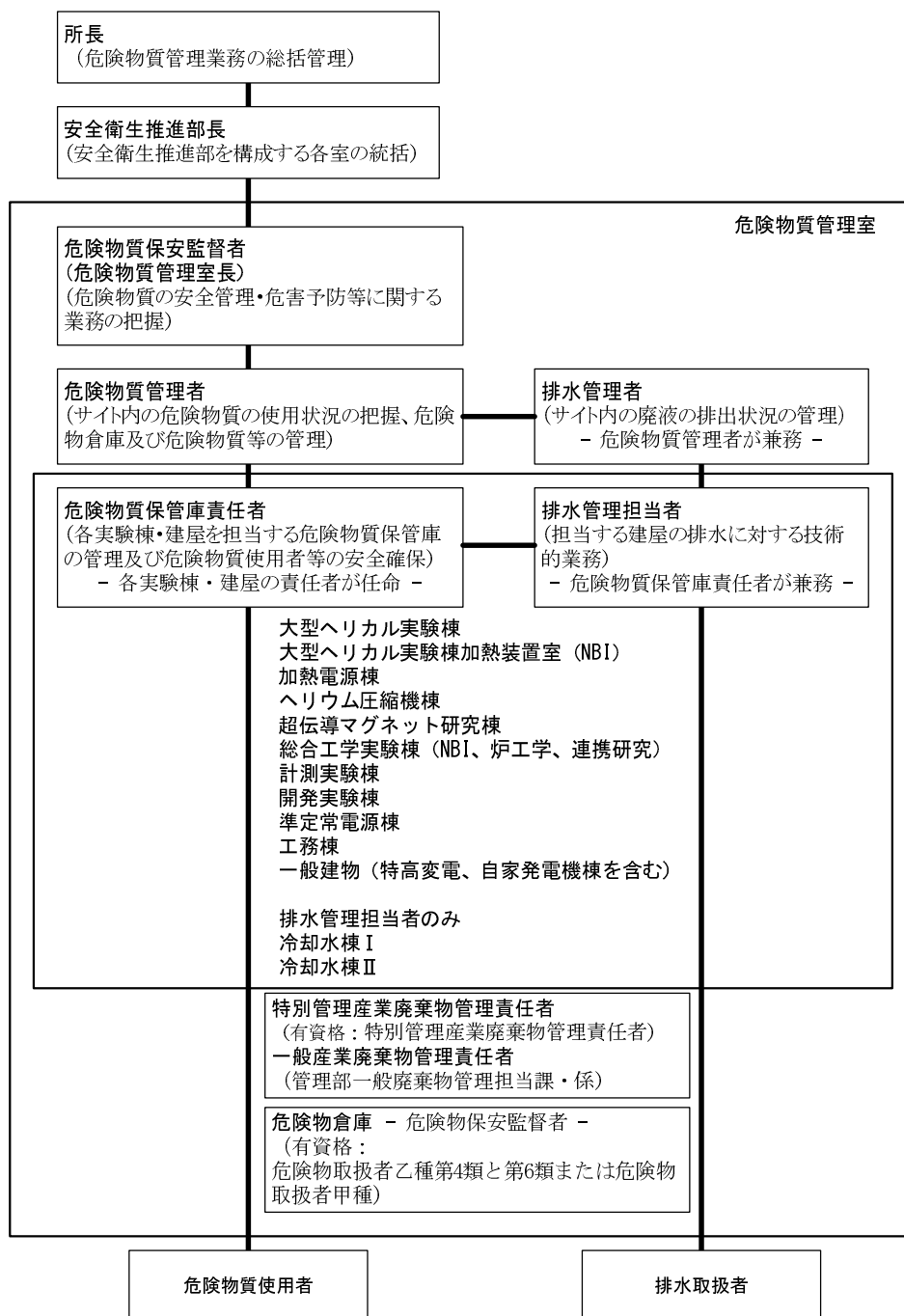


図 2. 2. 8 - 1 組織構成

3. 業務内容

危険物質管理室は、核融合科学研究所規則「核融合科学研究所危険物質管理規則」、
「核融合科学研究所における廃液取り扱いに関する規則」に従い、所内の危険物質の使用状況等の把握、危険物質管理者に対する監督、指導及び助言、危険物質倉庫及び保管

する危険物質等の管理業務並びに廃棄物となった危険物質、廃液、洗浄水等の処分の外部委託、排水に関する業務を行っている。

- 1) 所内で扱う危険物質の入手状況、保管場所の把握。（危険物質入手願、危険物質移動願）
- 2) 危険物質の安全保管を行うための保管管理。（危険物質入庫願、危険物質出庫願）
- 3) 廃棄物となった危険物質及び廃液、洗浄水等を安全に廃棄するための措置。（危険物質廃棄願、貯留層廃液廃棄処理願）
- 4) 所内での危険物質の保管状況の把握。（危険物質管理状況調査）
- 5) 排水による公共用水域及び地下水の水質汚濁を未然に防止するための排水状況の管理。（事前届出制）
- 6) 危険物質の安全使用に関する使用者に対する教育、周知。（安全講習会、危険物質管理室会議）

◎平成 19 年度、20 年度の危険物質の届け出状況

	平成 19 年度	平成 20 年度
危険物質入手願	6 2 件	2 6 件
危険物質移動願	1 1 件	5 件
危険物質入庫願	8 件	1 0 件
危険物質出庫願	6 件	6 件
危険物質廃棄願	5 2 件	5 5 件
貯留層廃液廃棄処理願	0 件	0 件
排水申請	6 3 件	8 3 件

4. 実施内容

4-1 危険物質の入手から、保管・消費・廃棄までの流れ

危険物質の入手から、保管・消費・廃棄までの流れを図 2. 2. 8-2 に示す。

入手から、保管・消費・廃棄に至るまで使用者からの届出を必要とし、所内での入手状況、保管場所の把握、廃棄・排水状況の管理を行っている。

各種届出申請を行うための届出用紙は、安全衛生推進部ホームページ、安全ハンドブックより入手可能としている。使用者は必要とする措置の届出用紙に必要項目を記入し、危険物質を使用する実験棟（室）の危険物質保管庫責任者へ提出し、危険物質管理者の承認を得た後、届出用紙は使用者に戻され必要な措置の行為を可能とする。入手の場合は、届出用紙が使用者に戻される際に承認タグも併せて渡す。

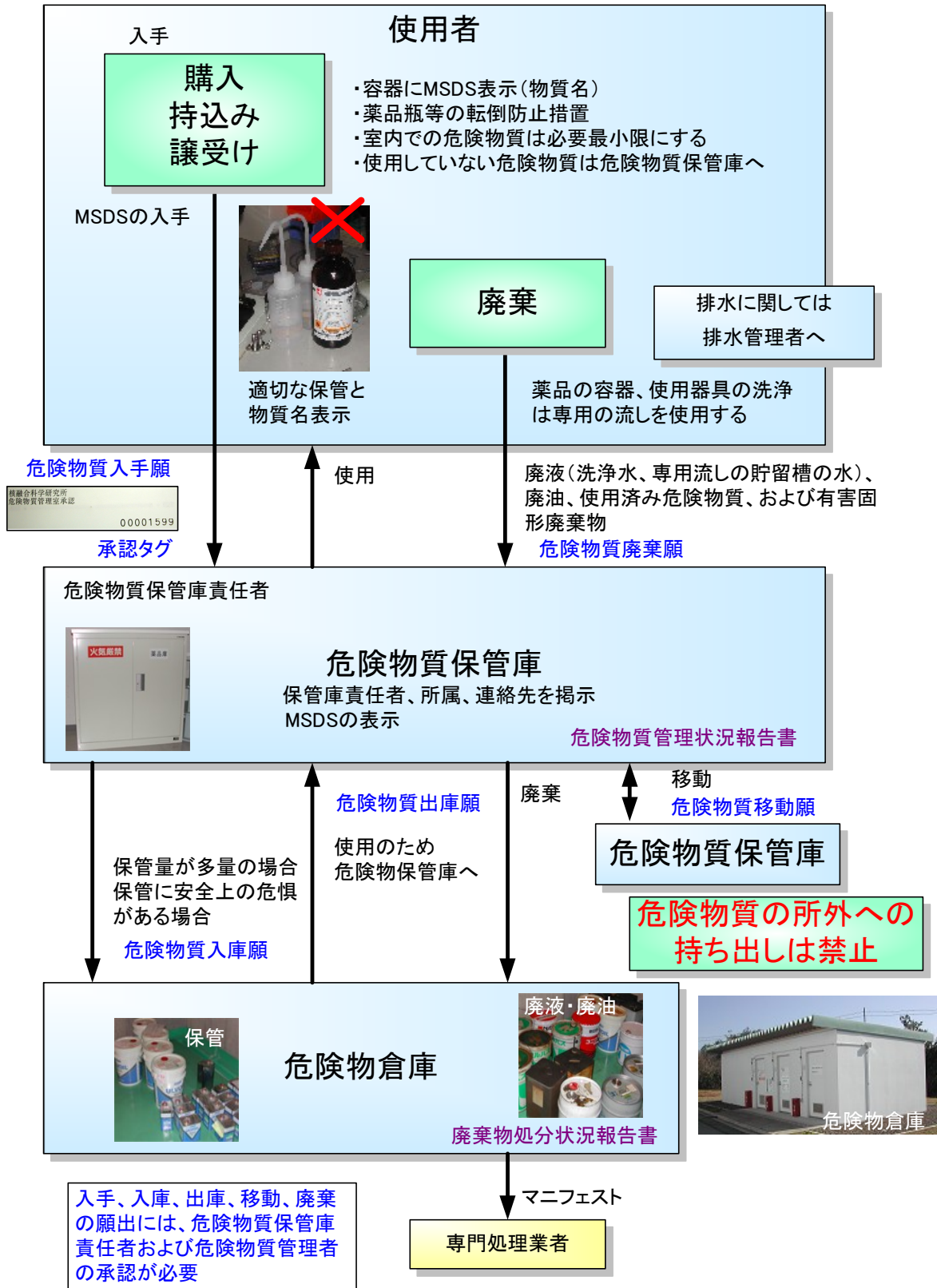
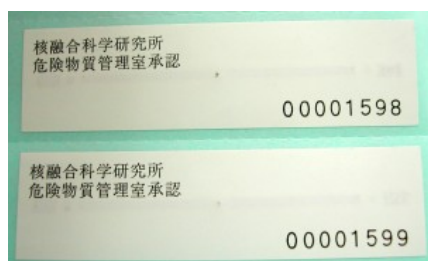


図 2. 2. 8 - 2 危険物質の入手から保管・消費・廃棄までの流れ

入手時に承認を得た危険物質には承認タグを発行し、容器に貼り付けて明示している。このタグをリーダーで読み取ることで、所有者や内容物等がわかるようになっている。



承認タグ



リーダー

4-1-1 危険物質の入手

危険物質の入手（購入、持込、譲受）は、使用者が危険物質入手願（付属資料4）に必要事項を記入し危険物質保管庫責任者、危険物質管理者の承認を得て入手を行う。入手の承認を得た危険物質には申請者に承認タグを発行する。危険物質を入手時の危険物質保管庫から他の実験棟（室）の危険物質保管庫へ移動して使用する場合には危険物質移動願（付属資料5）の届出を必要とする。

4-1-2 危険物質の各実験棟（室）での保管

入手した危険物質は、使用する各実験棟（室）に設置している危険物質保管庫で保管する。保管時にはMSDS（製品安全データシート）も用意し併せて保管する。有機溶剤は蒸気が外部へ放出される構造をもつ専用の保管庫で保管し、使用を終えた容器は所内の一時保管場所で保管し廃棄する。

◎危険物質保管庫



◎有機溶剤用保管庫



◎使用済み容器一時保管庫



4-1-3 危険物倉庫での保管

保管量が多量の場合や実験棟（室）での保管に安全上の危惧が見込まれる場合には、危険物倉庫での保管を行う。この場合は危険物質入庫願（付属資料6）に必要事項を記入し危険物質保管庫責任者、危険物質管理者の承認を得て入庫を行う。使用のために危険物倉庫より持ち出して各実験棟（室）で使用する場合は危険物質出庫願（付属資料7）の届出を必要とする。

4-1-4 危険物質の廃棄

使用者によって廃棄物となった危険物質及び廃液、洗浄水等は、使用者が危険物質廃棄願（付属資料8）に必要事項を記入し、危険物質保管庫責任者、危険物質管理者の承認を得ることとし、また、排水貯留槽にたまった洗浄排水については貯留槽廃液処理願（付属資料9）を使用して、排水管理者の承認を得て、マニフェストを添付し随時廃液処理専門業者に委託して処理を行っている。

廃棄物となった危険物質及び廃液、洗浄水等は上記届出により危険物倉庫へ一時保管を行うが、一時保管ができないような多量の場合は、実験棟（室）にて保管を行っている。

使用を終えた危険物質や使用見込みがなく保存のみしているような危険物質は積極的に廃棄するように指導している。

4-1-5 PCB 汚染物及び廃棄 PCB の保管

研究所内から排出された PCB 汚染物及び廃棄 PCB について、適切な処理が可能になるまで、外部に排出されないように保管を行っている。対象 PCB 汚染物及び廃棄 PCB は PCB を含む油約 1500g と蛍光灯安定機 86 台である。

4-2 危険物質の保管・管理状況の調査把握

定期的に各実験棟（室）に保管している危険物質の危険物質取り扱い・保管状況の調査を行い、随時保管状況の調査を行っている。

4-2-1 危険物質管理状況調査

危険物質保管庫責任者は定期的に危険物質管理者に担当する危険物質保管庫における危険物質保管庫状況を報告することになっており、毎年度末に危険物質の管理状況の調査を行っている。対象は危険物質保管庫に保管している危険物質であるが、装置に多量に含まれる潤滑油や絶縁油についても認知しておくため記載を行っている。

4-2-2 危険物質保管状況の現状調査

危険物質保管状況を確認するため適宜現場の確認調査を行っている。保管庫状況の現状調査は安全衛生推進部の作業安全巡視と併せてもを行っている。改善点については使用者及び危険物質保管庫責任者に改善を求めている。

4-2-3 化学物質の取り扱い調査 (PRTR)

PRTR 制度とは「事業者が特定化学物質を排出・移動した際には、その量を把握し国に届け出る義務がある。国等は集計データを公表し、また国民は事業者が届け出た内容について開示を請求することができる。」というものである。しかしながら、本研究所では、PRTR 対象物質を扱ってはいるが、扱う量が少ないため国への届け出義務はないが、調査依頼に従い該当する物質の報告をしている。

4-3 排水の管理

市水を使用している冷却水槽の冷却水および冷却装置に用いている純水の排水は、排水時の pH、水温、排水量を明示し、排水管理者の承認を得て排水を行っている。実験で生じるその他の排水は廃液として扱うため、この排水には該当しない。

4-4 危険物質、廃液等に関する安全指導

4-4-1 危険物質保管庫責任者への安全指導

危険物質管理室構成員を必要に応じ招集し危険物質管理室会議を開催している。各実験棟（室）の危険物質保管庫責任者から保管、使用状況等の現状報告を聞き、必要な助言、指導を行ない、使用者等の安全確保に努めるよう周知している。また、適宜メモリスクリプトを使用し、各危険物質管理室構成員に必要な指示を行っている。

4-4-2 所内関係者への危険物質、廃液についての安全指導

毎年開催される安全講習に於いて、危険物質の所内での取り扱い方法について説明を行い、所内関係者への安全指導を行っている。

2. 2. 9 新規実験安全審査室

1. 概要

新たな実験装置（LHDを除く）に対して、第三者の視点から安全性確認を行うことにより実験実施者のみでは見落とししてしまうかもしれない不安全事項を発見するなどして、当該実験の危険ポテンシャルを低減させることを目的として活動を行っている。また、定期的に各実験装置の自主点検の報告を求めることにより、安全性の再確認を行うとともに、各実験装置の状況を把握することによって安全管理の効率化に寄与している。

2. 室員構成

室長	1名
室員	プラズマ制御研究系（大型ヘリカル実験棟） 1名
	高温プラズマ物理研究系（計測実験棟） 1名
	炉システム・応用技術研究系（超伝導マグネット研究棟） 1名
	粒子加熱プラズマ研究系（開発実験棟） 1名
	炉工学研究センター（総合工学実験棟） 1名
	安全管理センター 1名（窓口担当）
	技術部 1名

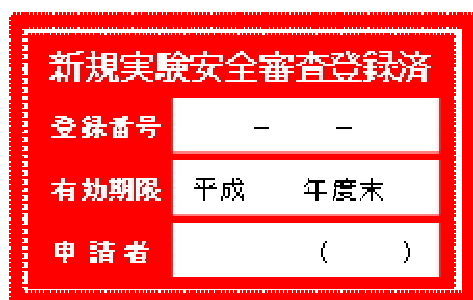
3. 活動内容

- ・ 申請書類の受付業務
- ・ 審査（2名の審査担当者を指名して審査を依頼）と現場実検
- ・ 審査結果の報告（室長から申請者へ）
- ・ 年度更新実験装置の取扱い方
- ・ 登録申請書式および審査方式の審議
- ・ 実験の終了、装置の廃止措置についての審議
- ・ その他、申請者の資格など諸問題の審議

4. 活動の実施内容

- (1) 審査室活動方針と制度の意義について室員間で確認した。
 - ・ 各実験装置の安全対策を実験開始前に確認できる。
 - ・ 研究所内の実験内容と実態を把握できる。
 - ・ 申請書を書く人：定期的に手続きする事で安全について再確認し、自己管理能力がつく。
 - ・ 申請書を承認する人（主幹等）：職制上の監督責務を果たす。
 - ・ 第三者（審査室）の目で確認する事で、実験実施者では見落とししてしまうかもしれない不安全事項を見出す。
 - ・ 実験の安全確保を図るとともに、研究所として安全管理責任を果たすことの1つにつながる。

- (2) 登録申請の様式を作成し、最終的に、新規実験安全審査要領としてホームページ上に貼り付けて、利用者が、実施の趣旨、目的、審査の流れ、その他留意事項を理解し、添付の様式で申請書を作成できるシステムとフォーマットを作成した。初めての場合は新規申請を、その後は毎年更新を申請するように主幹等を通して指導した。
- 審査の結果、承認された装置について、「登録済」シールを発行し、実験装置に貼り付けるよう指示した。このシールの有効期限は、各年度末として、継続して使用する実験装置には、更新申請を義務づけている。



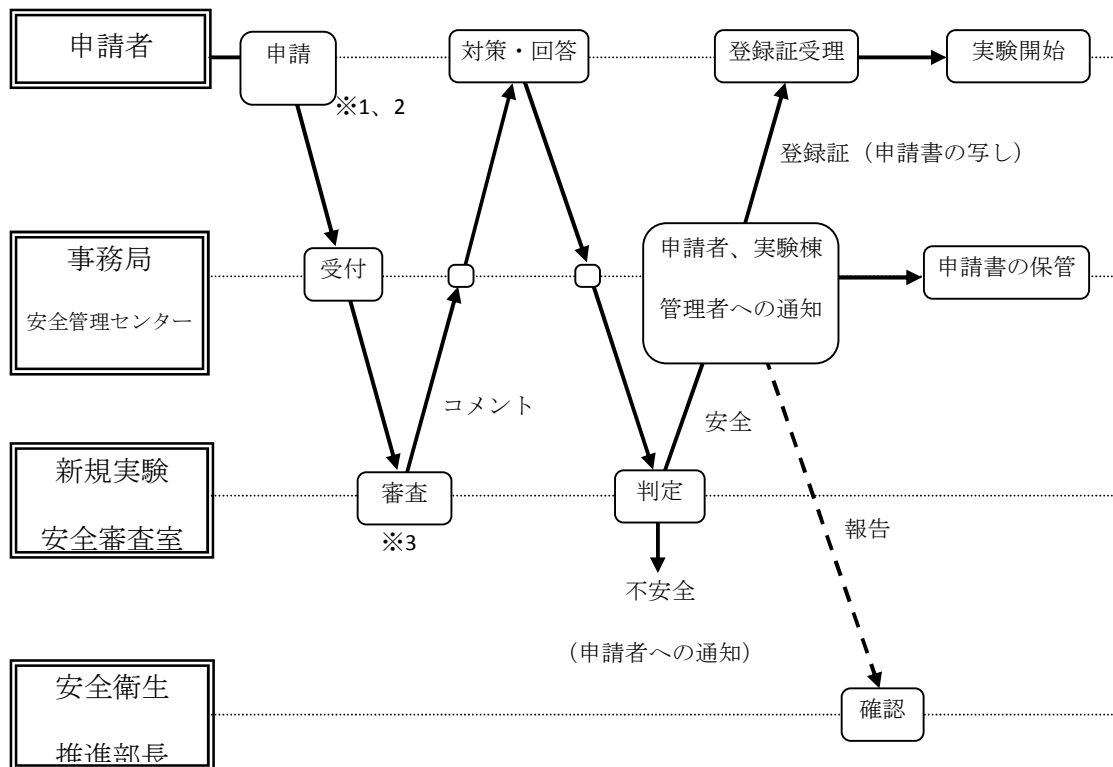
<新規実験安全審査登録済シールの例>

(3) 登録申請と更新の実績

年度	新規実験安全審査申請件数	前年度からの更新件数
H16	59	-
H17	7	更新56 (内2件は再審査)
H18	7	更新63
H19	16 (内13件は移設)	更新54, 移設・終了16
H20	5	更新67, 終了3
H21	5 (10月時点)	-

平成16年度は、この制度の開始の年であったため、既に実験に供している全実験装置（LHDとCHSを除く）について届け出として申請書を提出してもらった。平成19年度には、炉工学研究センター関連の実験装置が総合工学実験棟（旧加熱実験棟）に移設されたため、審査件数が増えているが、新しい実験装置の申請としては、年間5件程度である。

5. 新規実験安全審査のフローチャート



※1 主幹、センター長、部長以上の者の承認を得て提出すること。

※2 許認可事項を含む場合、あらかじめ関係する管理室等と協議の上、所定の手続きを終えていること。

※3 審査員は、原則として新規実験安全審査室員のうち2名を選定して審査を行う。審査に高度の専門性を要するなど必要に応じて専門的知識を有する者にかえることができる。

2. 2. 10 安全ハンドブック作業室

1. 概要

安全ハンドブック作成室では、安全ハンドブックの日本語版と英語版の作成、改定、発行、配布すること、そして安全講習会を企画して実施することを主要な役割として活動している。

2. 構成

安全ハンドブックに掲載すべき内容は広範囲にわたっており、作成や改訂に当たって、それぞれの分野について専門知識と実務経験を必要とする。そのため室員は、安全衛生推進部の各管理室室長または室長と同等レベルの能力を有する職員を中心に構成されている。このほか、安全ハンドブックを詳細にチェックするため、室員以外に20名程度の協力者に協力を依頼できる体制を有している。従って安全ハンドブック作成室は、室員として正式に指名された職員と、必要に応じてその都度活動に参加する協力者で構成される。

3. 業務内容

平成16年の独立法人化にともなって安全ハンドブックの全面改定を実施した。その後は、研究所の安全組織や建屋名称などの変更に応じて、安全ハンドブック作成室の室員と所員協力者30名以上の共同作業で、適宜、改定と発行を行ってきた。

改定作業を効率よく進めるため、会議形式をとらない、メールによる作業体制を構築し、室員のみならず、多くの職員の協力の元に改訂作業を進める体制と手順がほぼ出来上がった。

4. 実施例の紹介

○ 安全ハンドブックの内容

安全ハンドブックは以下に示す16の章で構成され、核融合科学研究所における安全について、ほぼ全ての項目を網羅している。

目 次

1 緊急時の対処

火災、地震、自衛防災隊、救急、医療機関等電話番号、緊急連絡網

2 安全確保の一般原則

一般原則、作業手順と申請様式の入手先、安全、資格に関する資料

3 放射線

管理区域、監視区域、敷地境界、放射線業務従事者登録、個人被曝管理、警告灯、管理区域への出入り、外部被曝の防止、放射線安全管理室への連絡、健康診断、教育・訓練、放射線管理体制組織図

4 主な実験棟における出入り管理

カードキーによる各棟への入退管理、大型ヘリカル実験棟、加熱実験棟、計測実験棟、開発実験棟(CHS)、カードキー発行の基準、申請書(職員等、業者、共同研究者等)、管理区域と監視区域

5 作業環境

事務労働(VDT作業)、標識・警告灯、防護用具、酸素欠乏、搬送、クレーンによる作業、玉がけ作業動作基準例、高所作業、閉所作業、溶接、作業情報、緊急作業、災害予防

6 電気

電気一般、電気用品、配線、計測器、高電圧・大電流装置、実験盤、各種届け出について、電気工事に関する法規制 電気工事作業申請書、組織表、配電ブロック図、各種の結線図

7 高圧ガス・液化ガス

高圧ガス容器(ボンベ)の取扱い、液化ガスの取扱い、可燃性ガスの取扱い、特殊高圧ガス、ジボランデータ

8 レーザー、電磁波、高磁場

レーザー、電磁波・高磁場、各種の防護指針

9 危険物・化学薬品・有害物質

概要と重要事項、取扱上の注意事項、中央部品室の利用各種の別表(毒物、劇物、特定毒物、産業廃棄物、“特定管理”産業廃棄物、危険物質の入手から保管・消費・廃棄までの所内での流れと各種の申請書類

10 工作機械

工作機械使用上の注意、教訓となる過去の事故の実例

11 作業の進め方

12 災害に対する予防策

13 安全管理体制

自衛防災隊(組織図)、自衛防災隊の業務分担表

14 実験安全審査

趣旨と目的、申請の基準、審査方法、審査の流れと申請関連書類

15 作業安全教育テキスト

16 安全管理関係法令等

○ 安全ハンドブック改訂の経緯

平成16年度に安全ハンドブック作成室が設置されたが、それ以来今日まで、研究所の状況に対応して、以下のような安全ハンドブックの改定作業と発行を行ってきた。

① 2004 (H16) 年 10 月 19 日 : HP公開

平成16年度は研究所の独立法人化にともなう体制の整備や規則・マニュアルの変更が進められている最中であるため、安全ハンドブックに最新データを取り入れて発行することが出来なかった。そこで、その時点までに整理した安全ハンドブックの電子ファイルをPDFファイル化し、所員の意見を募る形で安全衛生推進部のホームページに公開した。

② 2005 (H17) 年 4 月 25 日 : 2005 年 4 月版発行

平成16年度に引き続き、改定作業を進めた。特に作業手順のフローチャートや法令と機器関係一覧表を取り込んで、改定版を作成し、安全ハンドブック2005年4月版として発行した。

③ 2005 (H17) 年 5 月 11 日 : 2005 年 4 月版をPDF化してHP公開

安全ハンドブック2005年4月版をPDF化して、安全衛生推進部のホームページに公開した。

④ 2005 (H17) 年 10 月 2005 年 10 月版発行

労働基準監督署との取り決め事項などを反映させながら改定作業を進め、安全ハンドブック 2005 年 10 月版を発行した。

⑤ **2006 年 (H18) 4 月 : 2005 年 10 月版の増刷版発行**

安全ハンドブック 2005 年 10 月版に、その後行われた建屋名称の変更や規則名の変更等を取り込んで改定したが、小規模の変更であったため、改訂版とはせず、安全ハンドブック 2005 年 10 月版の増刷版として発行した。

⑥ **2006 (H18) 年 9 月 : 英文ハンドブック 2006 年 7 月版発行**

安全ハンドブック 2005 年 10 月版をベースに英語版を作成し、安全ハンドブック 2006 年 7 月 (英語) 版を発行した。

⑦ **2008 (H20) 年 6 月 : 2008 年 (H20) 5 月改訂版の発行**

その後研究所で行われた施設名等の変更と削除、および一部の章については全面的に改定し、安全ハンドブック 2008 年 5 月版を発行した

⑧ **2008 (H20) 年 11 月 : 英文ハンドブック 2008 年 8 月版発行**

日本語版安全ハンドブック 2008 年 5 月改訂版の発行において行われた施設名称の変更、および各章の改定を英語版に反映させて改訂し、安全ハンドブック 2008 年 8 月 (英語) 版を発行した。

2. 3 安全教育

(1) 安全講習会

安全講習会は、講師を全て職員が分担することにより、核融合科学研究所の作業現場に根ざした内容の、いわゆる手作りの講習会を実施している。

講師は主として室長、安全管理者、衛生管理者など安全担当職員に依頼しているが、開催年度の状況に応じて、KYT（危険予知トレーニング）講習会受講者その他の協力者に講演を依頼することもある。

研究所で実施する講習会には全体安全講習会と個別安全講習会がある。全体安全講習会は、所内者全員を対象に、依頼した講師による講演が行われる講習会である。個別安全講習会は、全体安全講習会を受講できなかった所内者を対象に、依頼した講師に代わって安全ハンドブック作成室が実施するものである。なおこれまでは同室の室長が実施してきた。個別安全講習会の内容は、全体安全講習会をそのまま反映させたものとなっている。核融合科学研究所の所内者で現場作業に携わる者は全員、年に一度は、全体安全講習会か個別安全講習会を受講しなければならない。なおいずれの安全講習会も、希望すれば所外者の受講も受け入れている。

これまでの活動で、安全講習会の実施体制と作業手順はほぼ整った。この手順に含まれる主な作業内容として、以下の項目が挙げられる。

- ・ 手作り安全講習会と個別安全講習会の実施日程調整
- ・ 会場の手配、講師への講演依頼と確認
- ・ 安全講習会実施プログラムの作成と所員への開催案内
- ・ 開催当日の会場設営と安全講習会の実施
- ・ 受講者の集計と未受講者に対する受講推進のための連絡
- ・ 安全講習会に関する問い合わせの受付と回答 など

○講習会実施内容

安全講習会で取り扱う内容の例として 2009 年 5 月に実施した講習会のプログラムと、講習会の様子を以下に示す。

平成21年度 第2回 安全講習会

1. 日 時
平成21年5月13日（水）
13時30分～15時30分
2. 場 所 管理棟4階第一会議室
3. 主 催 安全衛生推進部
4. 進 行 安全ハンドブック作成室 (河野)
5. 講習会概要
- (1) 推進部長挨拶 (金子)
 - (2) 安全教育と作業手順の再確認
 - ① 労働基準監督署立入検査関連
 - ・健康管理、職員に関する事項 (出口)
 - ・労働安全衛生に関する事項 (河地)
 - ・危険物質取扱いに関する事項 (谷口)
 - ② クレーン使用と安全について (林浩巳)
 - ③ 電気安全再教育 (根門)
 - (3) NIFSの衛生巡視状況 (朝倉)
 - (4) NIFSの安全巡視状況 (西村清彦)
-



○ 実施状況

平成16年度～21年度別に、安全講習会の実施回数と受講者数について以下の表にまとめる。なお21年度は9月までの集計である。

講習会受講状況

年度	実施回数	所内受講者数		所外受講者数		所内外合計	
		受講者*	外国人	受講者*	外国人	受講者*	外国人
平成16年度	2	130	1	25		155	1
平成17年度	7	168	8	47		215	8
平成18年度	4	193	8	72	1	265	9
平成19年度	4	179	9	94		273	9
平成20年度	6	171	6	85		256	6
平成21年度	3	184	8	81		265	8

(2) 大学院生に対する安全教育

*:外国人を含む合計数

核融合研には総合研究大学院大学に所属する大学院生の他、名古屋大学連携大学院、特別共同利用研究員、など合わせて50名程度の学生が学んでいる。このうち半数以上は実験系であり、入学した当初は必ずしも安全に対する知識も意識も高いとはいえない。特に核融合研には通常の大学にはない特別な設備も存在する。

そこで自身の関係するテーマに直接関連するリスクはもちろんであるが、研究所内にある様々なリスクについて入学時に系統的に学ぶことは、学生の将来を考えても意義のあることと捉え、核融合研では「実験安全チュートリアル」と題した講義を開講し、実験系の新生入生に対し安全教育を始めた。これは特に総合研究大学院大学が5年一貫制のコースを持ち、学部卒業生が入学することになったことに起因する。

平成19年度から下記3コースの講義を企画実施している。

- ・チュートリアル(1)－放射線－
サブタイトル：放射線安全管理
- ・チュートリアル(2)－電気－
サブタイトル：実験における電気・電磁波、レーザー取扱い
- ・チュートリアル(3)－危険物質－
サブタイトル：高圧ガス、危険物質取扱い、労働安全衛生

チュートリアル(1)では、従来から実施している放射線業務従事者を対象にした新規及び更新講習を取り込むと共に、LHD重水素実験時の放射能や放射線管理に関する知識を深める講義を実施している。

チュートリアル(2)では、研究所内で使用される高電圧機器や電磁波、レーザー応用機器の安全取扱いを念頭に置いた講義を実施している。

チュートリアル（3）では研究所内で使用される高圧ガス（特に、液化ガス、可燃性ガス）や化学物質の安全取扱いに関する講義の他に、法人化後に新たに適用されることとなった法律（労働基準法、労働安全衛生法）に関する講義も付加して安全衛生に関する意識の向上を図っている。

19、20年度の開催実績を以下に示す。

平成19年度実験安全チュートリアル

プログラム	開催日時	講師	内容
チュートリアル(1) ー放射線ー	H19年10月23日 13:30-15:00	安全管理センター 教授・朝倉大和	放射線源と測定原理、測定実習
	H19年10月23日 15:30-17:00	安全管理センター 准教授・山西弘城	自然界の放射線と放射能
	H19年10月24日 13:30-15:00	安全管理センター 教授・西村清彦	放射線の利用
	H19年10月24日 15:30-17:00	安全管理センター 教授・朝倉大和	LHD重水素実験時のトリチウム管理
		安全管理センター 教授・西村清彦	LHD重水素実験時の放射線管理
チュートリアル(2) ー電気ー	H19年12月5日 13:30-15:00	LHD粒子加熱 准教授・藤澤彰英	電気回路の基礎
	H19年12月5日 15:30-17:00	安全管理センター 教授・西村清彦	電気・電磁波・レーザーに関する法規制
	H19年12月6日 13:30-15:00	LHD粒子加熱 准教授・藤澤彰英	高電圧発生回路の基礎
		LHD粒子加熱 准教授・長壁正樹	高電圧発生と絶縁破壊
	H19年12月6日 15:30-17:00	LHD粒子加熱 准教授・長壁正樹	保護回路と電気絶縁、高電圧装置見学
	H19年12月12日 13:30-15:00	安全管理センター 教授・西村清彦	電磁波の基礎
	H19年12月12日 15:30-17:00	安全管理センター 教授・西村清彦	NIFSにおける電磁波取り扱い研究 (ECH, ICRF)
	H19年12月13日 13:30-15:00	LHD粒子加熱 准教授・尾崎 哲	レーザーの基礎と防護に関する法規制
H19年12月13日 15:30-17:00	LHD粒子加熱 准教授・尾崎 哲	LHDにおけるレーザー応用、現場見学	
チュートリアル(3) ー危険物質ー	H19年11月20日 13:30-15:00	安全管理センター 准教授・山西弘城	危険物質の法規制と安全取扱い
	H19年11月20日 15:30-17:00	安全管理センター 准教授・山西弘城	NIFSにおける危険物質取扱い管理
	H19年12月4日 13:30-15:00	LHD粒子加熱 准教授・岡 良秀	高圧ガスの基礎理論
	H19年12月4日 15:30-17:00	LHD粒子加熱 准教授・岡 良秀	高圧ガス保安法の概要
	H19年12月11日 13:30-15:00	安全管理センター 教授・朝倉大和	労働基準法と労働安全衛生法の概要
	H19年12月11日 15:30-17:00	LHD粒子加熱 准教授・岡 良秀	液化ガス・高圧ガス取扱い実習

平成20年度実験安全チュートリアル

プログラム	開催日時	講師	内容
チュートリアル(1) ー放射線ー	H20年11月26日 13:30-15:00	LHD粒子加熱 准教授・長壁正樹	自然界の放射線と放射能
	H20年12月16日 13:30-15:00	安全管理センター 教授・朝倉大和	放射線源と測定原理、測定実習
	H20年12月16日 15:30-17:00	安全管理センター 准教授・佐久間洋一	トリチウムの環境動態と高感度測定
チュートリアル(2) ー電気ー	H21年1月27日 13:30-15:00	LHD粒子加熱 准教授・藤澤彰英	電気回路の基礎
	H21年1月27日 15:30-17:00	LHD粒子加熱 准教授・藤澤彰英	高電圧発生回路の基礎、波形測定実習
	H21年1月28日 13:30-15:00	LHD粒子加熱 准教授・津守克嘉	電気回路計測の基礎、データ処理実習
	H21年1月28日 15:10-16:30	LHD粒子加熱 教授・竹入康彦	高電圧発生と絶縁破壊
	H21年1月28日 16:30-17:10	LHD粒子加熱 教授・竹入康彦	保護回路と電気絶縁、高電圧装置見学
	H21年1月29日 13:30-14:30	LHD粒子加熱 准教授・津守克嘉	電気・電磁波・レーザーに関する法規制
	H21年1月29日 14:30-16:00	LHD粒子加熱 准教授・尾崎 哲	レーザーの基礎と防護に関する法規制
	H21年1月29日 16:00-17:00	LHD粒子加熱 准教授・尾崎 哲	LHDにおけるレーザー応用、現場見学
チュートリアル(3) ー危険物質ー	H20年11月25日 13:30-15:00	安全管理センター 准教授・山西弘城	危険物質の法規制と安全取扱い
	H20年11月25日 15:30-17:00	安全管理センター 准教授・山西弘城	NIFSにおける危険物質取扱い管理
	H20年12月16日 13:30-15:00	安全管理センター 准教授・佐久間洋一	化学薬品の安全取扱い
	H20年12月17日 13:30-15:00	安全管理センター 教授・朝倉大和	労働基準法と労働安全衛生法の概要
	H20年12月17日 15:30-17:00	安全管理センター 准教授・佐久間洋一	化学実験安全ガイド
	H20年12月18日 13:30-15:00	LHD粒子加熱 教授・竹入康彦	高圧ガス保安法の概要
	H20年12月18日 15:30-17:00	LHD粒子加熱 教授・竹入康彦	液体窒素・高圧ガス取扱い実習

基礎的な知識を与えると共に出来る限り現場を経験させている。

ただし、これまでの講義はすべて日本語である。核融合研には実験系の留学生も在籍しており、彼らに対する安全教育は、現場での教育に限られているのが現状である。

2. 4 事故例とその対応

法人化以降、所員が関与する人身事故をはじめとする大きな事故は起こっておらず、現在の安全体制が有効に機能している証といえる。

安全を保つためには、各人の安全意識の高揚と同時に、第三者の作業であっても危険な点に気づけばそれを指摘し注意をすることを許容する風土の醸成が望ましい。

核融合研では多くの業者の行う作業が日常的に行われている。これらの多くは請負作業であり、業者の責任で行うもので所員が指示することがあってはならないが、作業環境については所員が熟知していることから、請負作業であっても安全面に関しては所員が指導することを行っている。

ここに至る経緯として、平成17年3月に起こった請負業者作業員の死亡事故がある。これは、大型ヘリカル実験棟において高圧受電盤を設置場所へ移動中に盤が転倒し、作業員が頭部を床と盤の間に挟まれる形で打撲したもので、作業員はその後に亡くなっている。慎重さに欠けた作業が原因だったようであるが、この件を契機に、核融合研としては、請負作業であっても作業中に安全指導を行い、危険な場合は作業を停止させることもやむなしという方針をとった。この方針については労働基準監督署に相談し、了解を得ている。

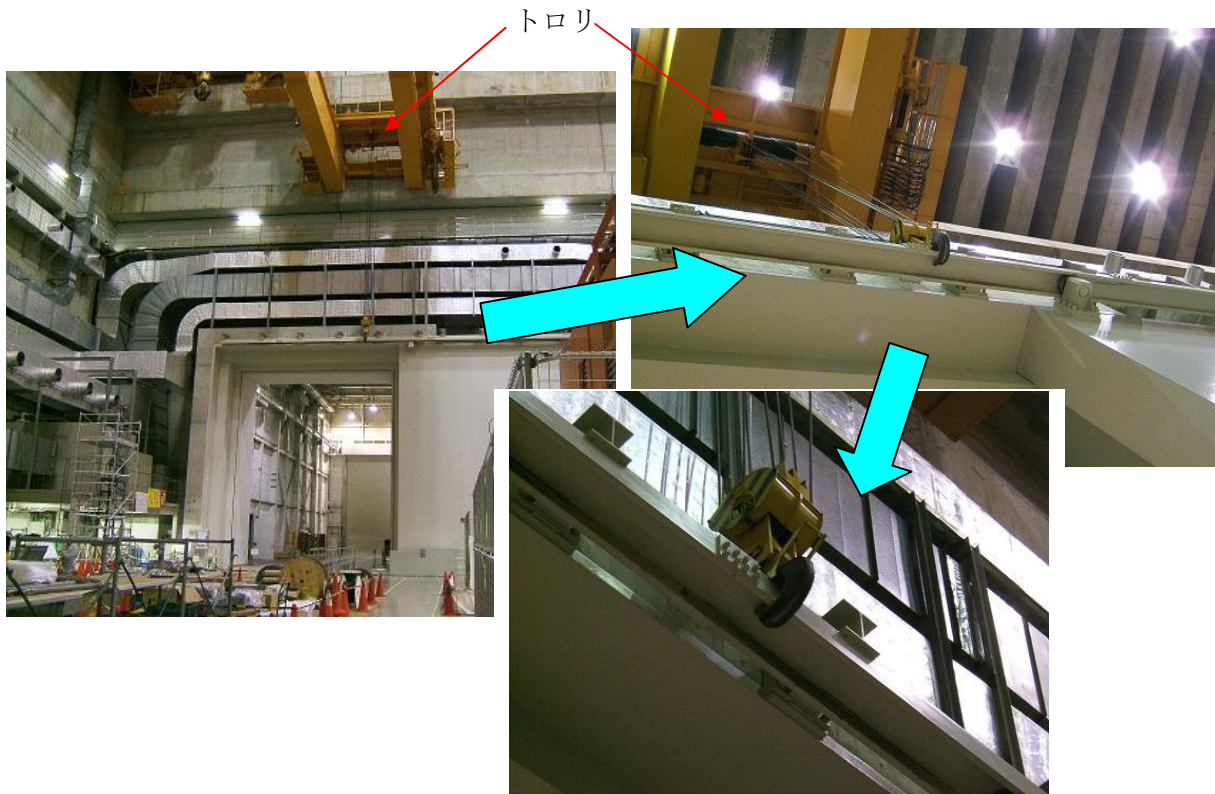
所員が関係する事故としては以下に示す物損事故が1件のみである。

(1) 大型ヘリカル実験棟 30 トンクレーンフック接触事故

1) 事故状況

大型ヘリカル実験棟本体室にて、クレーン運転者が、クレーンの収納作業中に誤って、フックを本体室の大型遮蔽扉のガイドレールに接触させる事故が発生した。フックの落下等は無くクレーンが緊急停止した。

発生日時 平成17年7月28日（木）17時30分頃



2) 被害状況

人身事故：無

30 トンクレーン：フックの変形（約 2 倍の荷重がクレーンへ印加）
大型遮蔽扉のガイドレールの変形

3) 原因

運転者は、荷を吊ってないことから上部のトロリに気をとられ、フック部分から目を離したため、フック部とレールが近づいているのに気づかなかった。
クレーンのフック移動エリアとガイドレールの位置が干渉していた。

4、対策

30 トンクレーン運転者への緊急教育： 収納手順の確認・フックエリア確認・
収納位置の変更等
フック移動エリアの調整： 機械的なインターロックを設置

3. 大学共同利用機関としての安全管理・教育

核融合科学研究所は大学共同利用機関として、一般共同研究、LHD計画共同研究、双方向型共同研究、の3つのカテゴリで、年間400余件の共同研究を実施している。このうち一般共同研究はもっとも件数が多く、基本的に共同研究者が研究所を訪れ、研究活動を行うものである。これらの共同研究者が安全に研究を行えるよう配慮するのも研究所に与えられた大きな責任の一つである。

3. 1 共同研究者に対する措置

共同研究に供される実験設備は、大型ヘリカル装置がある大型ヘリカル実験棟を始め、超伝導マグネット研究等、計測実験棟、総合工学実験棟、開発実験棟などに配置されている。それぞれの建物はカードキーにより入退管理がなされており、共同研究者として登録されるとカードを発行され入退室が可能となる。それぞれの実験棟にある設備は異なるリスクを持つものであるから、まずそれを理解していただくことが必要となる。

初めて来られた共同研究者に対しては、対象となる設備を中心に安全教育を行う。研究所では毎年一回所員および運転員等所内に常駐する業者に対して安全講習を実施しているが、来所頻度の低い共同研究者や作業員に対しては所内世話人や発注者が個別に現場における安全教育を実施している。この時に基本テキストとして使われるのは安全ハンドブックである。従って安全ハンドブックには技術的な基準等も掲載してある他、第15章には「作業安全教育テキスト」として必要最低限の安全教育内容が示されている。その内容は以下の通りである。

1. 一般事項
 - 1.1 はじめに
 - 1.2 構内での規則、規制
 - 1.2.1 入構手続き
 - 1.2.2 交通規則
2. 安全活動
 - 2.1 安全管理の重点事項
 - 2.2 安全衛生管理体制
 - 2.3 現場における安全管理活動
 - 2.4 就業制限業務
3. 一般安全知識
 - 3.1 災害防止の心得
4. 緊急事態発生時の措置
 - 4.1 発見者及び作業責任者の対応手順
 - 4.2 緊急時の体制
 - 4.3 火災、爆発事故
5. 日常的に確認すべき事項
6. 工程会議への出席
7. 各実験棟の電源盤からの電気工事

8. その他

9 災害防止の心得

- 9.1 玉掛け作業
- 9.2 高所作業など、墜落の危険がある作業
- 9.3 飛来落下の危険がある作業
- 9.4 酸素欠乏の危険がある作業
- 9.5 感電の危険がある作業
- 9.6 危険物、高圧ガスを扱う作業
- 9.7 電気、ガス溶接、溶断作業
- 9.8 作業終了時の心得

10. むすび

- 連絡先一覧
- 作業安全確認書

これらに作業者が具体的に扱う機器や建物の安全環境について世話人が追加説明をした後、章末にある「作業安全確認書」を渡して内容を確認してもらい、「作業安全確認書受領書」に署名を戴くことになる。書式は作業を行う研究所員（大学院生を含む）や民間業者に対するものになっているが、共同研究者もこれに準じてもらっている。

放射線管理区域に入る場合はあらかじめ所属大学において放射線従事者登録をして戴く必要がある。この条件については共同研究公募案内の中で記載し、採択後共同研究者として発令する時に手続きをとって戴いている。しかしながら所属大学で放射線に関する取り扱い施設が無い場合は登録が出来ないので、その場合は例外的に核融合研において従事者登録をして戴いている。

3. 2 外国人研究者に対する配慮

安全に関しては国による文化の違いも考慮する必要がある。この点で有効なのは日米核融合協力事業の下で行われる日本とアメリカとの間の相互安全査察である。これは2年ごとに日米の安全管理関係者が相手国の実験施設を訪れ、安全の観点から査察を行うというものであり、そのレポートが公表される。最近では平成20年にアメリカより3名の専門家が来所し実験棟を査察した。その指摘事項はレポートとして公表されている（付属資料12）が、研究所では随伴者が直接受けたコメントを整理し、その結果を安全衛生委員会にあげ、指摘事項の改善を行った。英語表記をはじめとして、サインなども出来る限り国際的に共通するものに変えている。

安全ハンドブックは法人化以前から作られており、法人化後はその改訂の頻度が高くなったが、英語版については法人化後の平成18年に初めて作られた（付属資料13）。内容は日本語版の英訳になっているが、日米査察に訪れた安全関係の専門家に内容を吟味戴き、表現等を直したものになっている。海外から訪れる共同研究者の数も期間も様々であるので安全教育に関しては、所内の共同研究受け入れ担当者がハンドブックを参照しながらマンツーマンで実施している。これは留学生についても同様に指導教官が安全教育を行っている。

3. 3 安全情報公開

核融合科学研究所が安全を推進していることを一般市民の方を含めて知っていただくことは、核融合研究の理解促進にもつながり大切なことである。このため核融合研のホームページには「安全衛生推進部」のページを設けてその活動を掲載すると共に、「安全情報」のページも設け、一般市民の方向けに、特に放射線に関連した安全情報の提供を行っている。具体的には研究所敷地内の環境放射線測定結果の現在値と履歴や、市民の方からのご質問の受付、回答を載せている。また同ページに核融合エネルギーの分かり易い解説も載せている。



図 3. 3-1 核融合研ホームページ



図 3. 3-2 「安全情報公開」のページ

関連してホームページではLHDの制御室の様子をライブ中継しており、異常時もその様子が所外からわかるようになっている。実験予定の変更などもメーリングリストを用いて逐次発信されている。

また、安全衛生推進部のページには、安全管理者や衛生管理者の巡視による指摘事項とその改善の様子が現場の写真入りで掲載されている。これも所外からの閲覧が自由なのでその進捗状況はどこからでもチェックできる。

このように核融合研の安全管理は極めて公開性の高い環境の中で推進されていると言える。

4. 将来計画

4. 1 第2期中期目標・中期計画

先に述べたように、第1期中期目標・中期計画に於いて核融合研は大学との共同研究を積極的に展開する中で、核融合科学分野のCOEとしての役割を果たすことを使命とした。その結果は、大型ヘリカル装置（LHD）による高密度、定常運転等、これまで実現されたことのなかった新たな領域への展開や、大規模数値シミュレーション手法の構築、新たな共同研究形態である双方向型共同研究の成功、など多くの成果を挙げることが出来た。これにより、平成21年度で終了する第1期中期計画期間の中間評価では高い評価を得た。

第1期中期計画期間では、LHDの基礎性能が確認され更なる可能性が期待できる、など核融合研が中心課題として設定した要素研究の成果と今後の見通しが明確になり、次の段階へ進む準備が整ったと言える。そこで平成22年度から開始される第2期中期計画期間においては、これら第1期の成果を基に、核融合研の最終的な目標である「核融合炉を実現させる学術基盤の体系化」を目指すとしている。そのため第2期中期計画においては、これまでの研究を整理統合して、LHDプラズマの高性能化研究、数値試験炉を実現させるシミュレーション手法の統合化研究の2つの柱に、炉設計を現実のものとする核融合工学基盤研究を加え、これらを有機的に関連させることでデモ炉設計を可能とする学術基盤の構築へ向け大きく踏み出すこととしている。具体的なターゲットとしてヘリカル型デモ炉を設定することで、LHD高性能化研究との相乗的な進展を図る一方、双方向型共同研究の枠組みに新たに工学的課題を組み込むことで、共同研究による核融合工学研究の一層の展開も図る計画である。

4. 2 研究組織の再編と安全管理体制

第2期中期計画期間においては、LHD研究はデモ炉を意識した高性能化を目指し、シミュレーション研究は数値試験炉の構築を視野に入れた階層連結・統合化を図り、核融合工学研究は炉設計に必要な基盤研究を進め、これらの研究を互いに関連させながら総合的に「核融合炉を実現させる学術基盤の体系化」を進めようとしている。これに対して現在の組織は個々の要素研究に向けた形になっており、より効果的かつ自由度の高い組織への再編が望まれ、現在組織変更が検討されている。その方向は、現状の2研究部・3センター体制を改組して1研究部体制とし、研究部を構成する研究系を横断する形でLHD、数値実験、工学研究、をプロジェクト研究として走らせようとするものである。

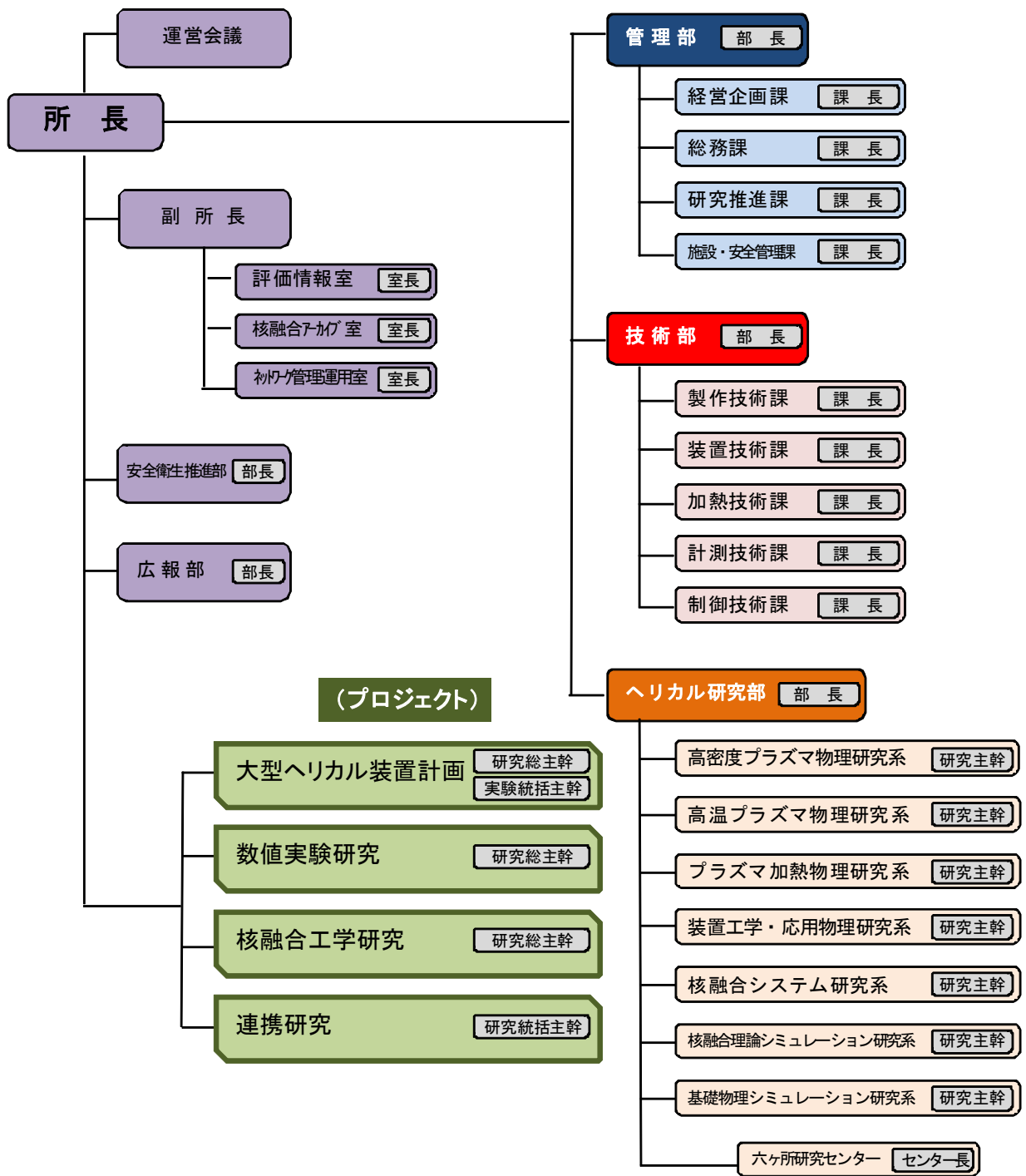


図4. 2-1 平成22年度組織案

核融合研では法人化に対応した現安全管理体制が第1期中期目標・中期計画期間に於いて有効に機能したと判断しており、第2期中期目標・中期計画期間に於いてもこの体制を踏襲するのが適切と考えている。

ただし、LHDでは重水素実験をこの期間内に開始することを望んでおり、その場合には放射線に対する安全管理体制を強固に構築する必要がある。これに対しては、現在ある放射線管理室の体制を拡充・増強する考えである。詳細は次節で述べるが、放射線管理室に人の管理と物の管理を集約させる予定である。これを具体的に実行すると仕事量が大幅に増大するため、これまでのような兼務では無理を生じる。技術部及び管理部から出向という形で専任者を置く必要があると判断している。放射線管理室を独立させないのは、研究所全体の安全環境を安全衛生推進部という母体で総合的に見ることが、重水素実験が始まって重要であると考えからである。

なお、重水素実験時の放射線管理に関しては、新たに第三者による独立した組織である安全監視委員会を設置する必要があり、それを世話する安全委員会を所内に作ることになる。

平成22年度にはまだ重水素実験は行われないので、現状の安全管理体制を継続させる予定であるが、安全管理センターに関しては、個々の職員は安全管理体制や安全衛生推進部の中で重要な働きをしているものの、センターとしての活動としては放射線計測や処理研究になっていることに鑑みて、再編の中では他のセンターと共に廃止し、研究部に一体化することにする。これにより研究活動は研究部、安全管理は安全衛生推進部で行うという明確な役割分担を行う。

4. 3 重水素実験時の安全管理計画

重水素実験ではプラズマの高性能化に伴い、わずかではあるが重水素の核融合反応が起こり、中性子と放射性物質であるトリチウムが発生する。従って、重水素実験の開始に当たっては、これまで以上に安全に十分配慮する必要がある。重水素実験開始に当たっての安全に関する基本的な考え方は、

- (1) 重水素実験は、十分な放射線対策を実施し、地域住民の安全を第一に考える
- (2) 同時に、研究所内に於いても職員、外来者、共同研究者等が安全に職務出来る環境を整える
- (3) これにより、地域住民の安全を担保するとともに、研究所に対する信頼と安心感の持てる計画とする

である。具体的な項目は以下の通りである。

- 1) 発生する中性子、トリチウムの量をできるだけ少なくする、
- 2) 真空容器内に留まるトリチウム量は全量が放出されても規制値を超えない量とする、
- 3) 環境に影響を及ぼす可能性が考えられる放射性物質の生成は、規制値を超えない量とする、
- 4) トリチウム含有水の保管は、漏洩に関して厳重に注意を払う。

また、重水素実験開始にあたり関係する放射線関連の法律等は、

- ・労働安全衛生法
- ・電離放射線障害防止規則（電離則）
- ・放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（障防法）
- ・核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律

であり、これらの法律を遵守しながら、基本的考え方を基にして、安全衛生委員会、安全衛生推進部、ヘリカル研究部、技術部が連携して、安全管理を行う。

4. 3. 1 安全管理体制

重水素実験遂行にあたり、基本的な安全管理体制は第2章で報告したものと大きく変わることはないが、LHDが障防法に基づいて管理を行う装置となることが想定されるので、放射線管理室を拡充して放射線管理にあたる。図4. 3. 1-1に核融合科学研究所労働安全衛生管理体制を示す。安全管理センターはその職務のうち、安全管理の部分を「安全衛生推進部」へ、研究に関する部分を「ヘリカル研究部」に移し、センターとしては廃止される。

核融合科学研究所労働安全衛生管理体制

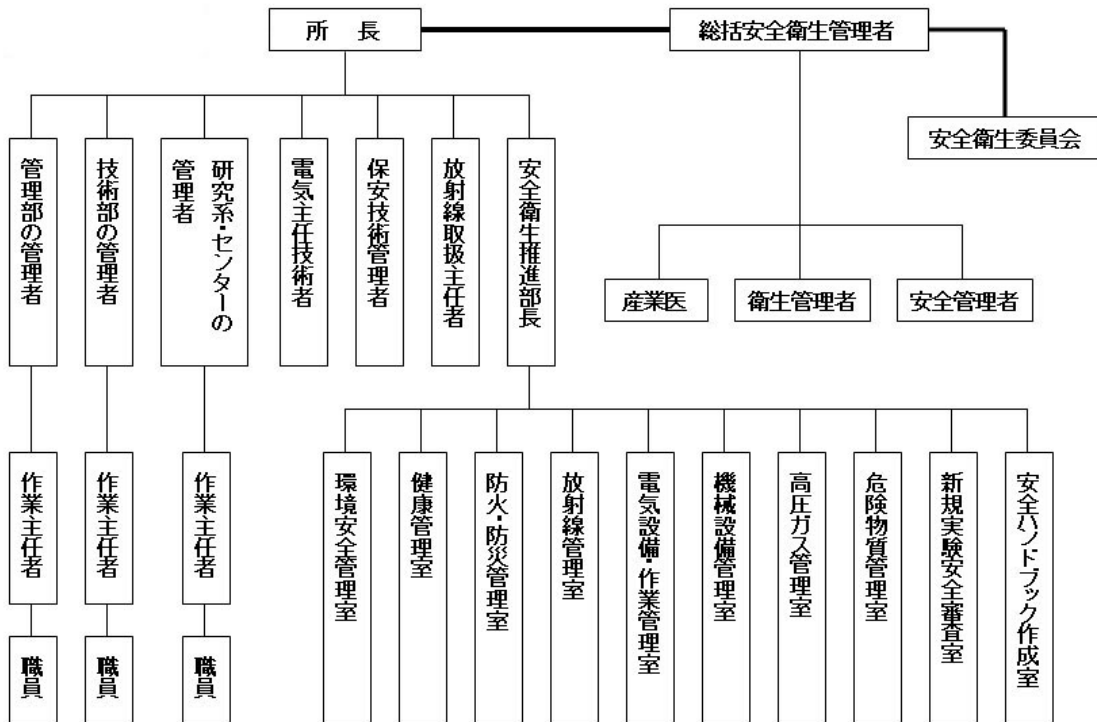


図4. 3. 1-1 核融合科学研究所労働安全衛生管理体制

4. 3. 2 放射線管理

放射線に関する安全管理は、安全衛生推進部の中の放射線管理室を拡充し、この室が中心となって行う。また、障防法に沿った重水素実験管理計画に基づき「安全委員会」を設置する。この委員会は、放射線管理室とは独立した委員会であり、放射線監視、管理区域の入退出管理等の指導を行うと共に、異常時に実験停止等の業務命令権を持ち、委員長及び委員はすべて所員で構成される。さらに、所員以外の学識経験者を含む第三者によって構成される「安全監視委員会」組織し、重水素実験の監視を行う。「安全委員会」は、「安全監視委員会」を支える役目も持つ。

放射線管理に充たる部分組織案を 図4. 3. 2-1 に示す。障防法に基づいた管理区域が設定されるため、主としてLHD実験に関わる本体棟本体室と、主として放射性物質の保管に関わる本体棟ピロティにそれぞれ管理区域責任者を置く。

放射線管理室の業務は2. 2. 4節で報告されている、装置の保守及び点検、装置に係る放射線の量の測定、被ばく線量の管理、業務従事者の登録と教育及び訓練の実施、放射線測定器の保守管理、これらの業務に関する記帳及び記録並びにその管理、関係法令に基づく申請、届出及び報告に係る書類の作成に加えて、放射線発生装置に係る「管理区域」の管理、非密封RIに係る管理、作業環境測定、トリチウムを含んだ排水の管理等が加わる。

核融合科学研究所 放射線安全管理組織図案（重水素実験開始後）

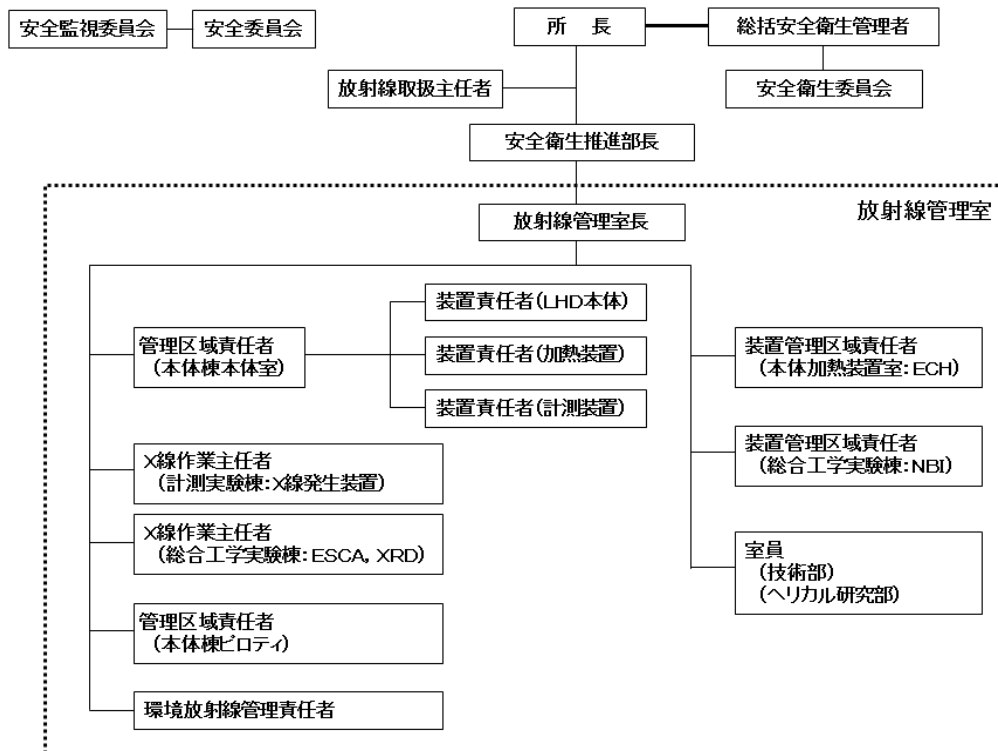


図4. 3. 2-1 核融合科学研究所 放射線安全管理組織案

以下に、放射線管理の具体例を述べる。

○ 放射線総合監視システム

放射線安全管理の基本的な情報を常時監視するために、放射線総合管理システムを構築し、LHD入退管理室（後述）と制御室に置く。このシステムは、表示パネル等にエリアモニターその他の測定値（放射線管理状況）をライブ表示するとともに、排水処理槽や低濃度用貯留槽切り替えバルブの遠隔操作やバルブ開閉状況表示等、放射線安全管理業務関連装置の制御運転や監視の機能を有する。

表 4. 3. 2-1 放射線総合監視システムの概要

<p>線量監視（管理区域内外の空間線量）</p>	<p>現在すでに設置してあるRMSAFE*の運用実績をベースに、重水素実験作業環境の線量監視を行うために、線量監視機能の増強を行う。特に中性子発生状況や空気放射化状況を連続把握するために、専用のエリアモニター（$\beta \cdot \gamma$、n）を本体棟内壁その他の位置に適当数設置する。空気の放射化には、通気型電離箱、あるいはNaIやプラスチックシンチレーター検出器を用いる。測定データは、放射線総合監視システムにより常時見ることが出来るようにし、記録する。</p>
<p>放射能監視（空気中・排気中濃度）</p>	<p>① 空気中・排気中放射能濃度監視 管理区域内空気と排気についての放射能濃度を連続監視するため、管理区域内と排気口に以下のモニターを設置する。測定された放射能濃度のデータは、放射線総合管理システムに送り、LHD入退管理室や制御室等で表示するとともに、記録を残す。 ガスモニター、ダストモニター、トリチウムガスモニター</p> <p>② 排水中放射能濃度監視 排水中の放射能濃度は、専用の容器や貯留槽に一定量を蓄積した状態でバッチ処理的に測定して評価する。なお排水中の濃度測定を行う際、手動サンプリング測定と市販の装置を用いた自動サンプリング測定を行うが、自動サンプリング測定で得られたデータは、その排水が放流されるまでの間、排水待ちにある排水中の放射能濃度として、本体室現場の放射線管理室等で表示するとともに、記録を残す。なおこのデータの中には、トリチウム濃度も含まれる。</p>
<p>設備監視</p>	<p>以下の設備情報を集め、表示する。 トリチウム処理状況、排水処理槽および低濃度用貯留槽の水位、配水管バルブ開閉状況、給・排気フィルター差圧、室内外差圧、入室者リスト等の入退室装置情報 これら表示されたデータから、管理状況を把握確認し、円滑な放射線安全管理を行う。</p>

○放射線教育及び訓練

重水素実験が開始された後の教育訓練体制もこれまでと同様に、始めて入域する者の教育訓練として、新規講習会および現場教育を実施し、継続者の教育訓練として更新講習会を実施する。ただし、新規講習会については、非密封R I の取扱施設となるため内容を大幅に変更し、通常多くの大学アイソトープ総合センター等で実施されている程度の密封されていない放射性同位元素を用いた実習を組み込んだ2日間にわたる新規講習会を実施する。以下に、現在検討を進めている教育訓練の概要を示す。

表4. 3. 2-2 教育訓練の概要

新規講習会 (基礎教育)	○法令（電離則を含む）、予防規程（細則を含む）、放射線の生物影響、LHD等の装置のおよび放射性同位元素の安全取扱い ○実習（免除レベル以下の放射性同位元素を使用） 放射線測定実習、非密封R I 取扱実習、レポート作成
現場教育 (現場ガイダンス)	装置ごとにそれぞれの装置現場で、装置特有の安全管理項目に主眼をおいて実施する。新規登録者は新規講習会を受講したのち各装置での作業を開始する前に受講しなければならない。
更新講習会	従来通り、2月～3月にかけて2回実施し、いずれかの一回を受講すれば良いとする。内容は以下の通りである。 更新講習会は放射線管理室が企画して実施する。

○環境測定用計測機器

重水素実験において重要となる環境への放出量を測定するための測定器に関するまとめを表4. 8-2に示す。この表では現行の入手可能な装置での測定をメインの測定として示している。現在開発中の装置が完成した場合には、並行して設置し、所定の性能を確認した時点で移行していく予定である。

表 4.8-2 環境測定用計測機器

使用目的	検出対象	測定器	検出方法	検出速度(注0)	検出下限	管理目標値	備考
中性子計測	本体室	連続	電離箱	リアルタイム		1-6年(2.1E19/年) 9-年(3.2E19/年)	別途、警報レベルを設定する
	排気塔	連続	通気式電離箱	5分～(検出下限による)	0.0013Bq/cc(計測時間60分)	0.005 Bq/cc(法規制値)	異常値を検出
排気測定		連続	比例計数管	1～10分(検出下限による)	0.003 Bq/cc(計測時間1分), 0.001 Bq/cc(計測時間10分)	0.005 Bq/cc(法規制値)	異常値を検出
		連続(開発中)	比例計数管	約10分	0.0001 Bq/cc以下(目標値)	0.0002 Bq/cc	
排出量算出用	除去装置通過後		シリカゲル等に水分を捕集。水素成分は酸化して捕集。捕集終了後に水分を回収して液シン測定。	1週間～3ヶ月(捕集時間の違うサンプリングによる多重計測)	0.00002 Bq/cc以下	総排出量、年間0.1Ci、3ヶ月平均濃度0.0002 Bq/cc	総量及び濃度管理
	真空排気ガス系	連続	測定用タンクに空気を引き入れ、NaI検出器で検出。	1時間	F-18で0.0007 Bq/cc (Bkgd=10/sの時)	0.0005 Bq/cc(法規制値)	計算と併用
排水測定	排水槽(トリチウム含有水)	連続	通気式電離箱	2～3分	0.1Bq/cc	35 Bq/cc(注1)	
	(ドレン水など)	連続	比例計数管	1～10分(検出下限による)	0.003 Bq/cc(計測時間1分), 0.001 Bq/cc(計測時間10分)	0.007Bq/cc(注1)	
放射線測定		採水後測定	液体シンチレータ	10分	0.3 Bq/cc水	0.6 Bq/cc水	
	敷地境界線量	採水後測定	NaI検出器	10分	0.01 Bq/cc水		
放射線測定		採水後測定	液体シンチレータ	測定開始後、約3時間		0.6 Bq/cc水	
		採水後測定	各種、放射線測定器				
放射線測定	X(γ)線	連続	電離箱	ほぼリアルタイム			
	中性子線	連続	比例計数管	ほぼリアルタイム		50 μSv/年	

研究所管理値の監視
法令値の監視

注0: データになるまでに要する時間
注1: T回収率95%時の最大出口濃度

4. 3. 3 トリチウム管理

トリチウムは、重水素プラズマ実験中に発生するため、真空容器の排気装置からの排気は、全てトリチウム除去装置を用いて水の形で除去・回収をする。トリチウム除去に関するフローを図4. 3. 3-1に示す。

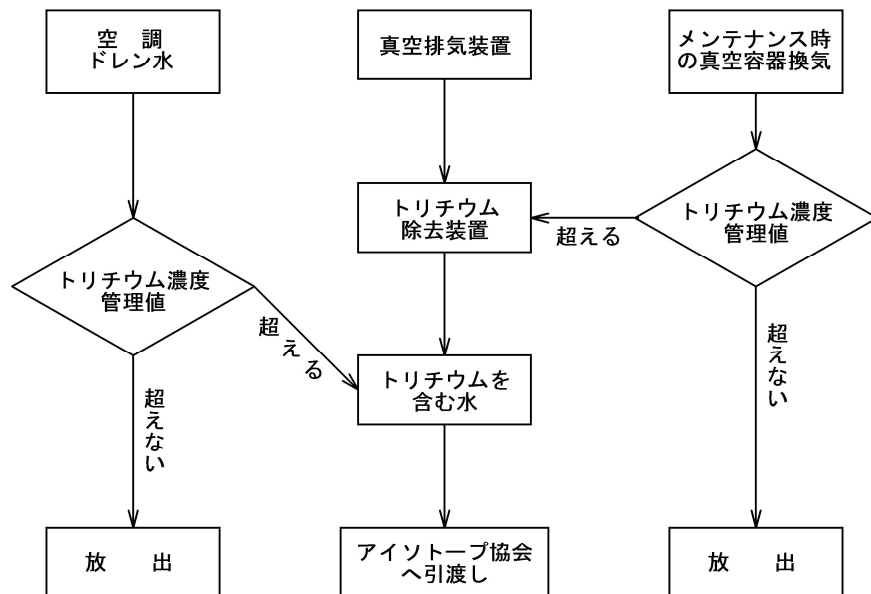


図4. 3. 3-1 トリチウム除去に関するフローチャート

トリチウム管理に関する基本方針を表4. 3. 3-1に示す。また、この基本方針に対応したトリチウム除去装置の設計仕様を表4. 3. 3-2に示す。トリチウムの年間発生量の最大値 (55.5 GBq) を想定した場合でも、トリチウム除去装置の回収率が95%以上あれば、研究所の管理目標の達成が可能である。

表4. 3. 3-1 トリチウム管理方針（案）

発生源	管理方針	法令基準 (水蒸気状 T)	研究所 管理値
実験中の 真空排気ガス	<ul style="list-style-type: none"> 水の形で除去回収 建屋排気塔出口で研究所管理値以下を確認 回収トリチウム水はR I 協会に引き渡し処分 	5×10^{-3} Bq/cm ³ (3ヶ月平均値)	2×10^{-4} Bq/cm ³ (3ヶ月平均値)
メンテナンス時の 真空容器パージ空気	<ul style="list-style-type: none"> トリチウム除去装置を設置 研究所管理値を超える場合に除去装置を使用 回収トリチウム水はR I 協会に引き渡し処分 	5×10^{-3} Bq/cm ³ (3ヶ月平均値)	2×10^{-4} Bq/cm ³ (3ヶ月平均値)
<ul style="list-style-type: none"> 本体室空調機ドレン水 手洗い水 	<ul style="list-style-type: none"> 研究所管理値以下を確認のうえ、下水に放出 管理値を超える場合にはR I 協会に引き渡し処分 	60 Bq/cm^3 (3ヶ月平均値)	0.6 Bq/cm^3 (3ヶ月平均値)

○排気中のトリチウム管理

上記の、基本方針に対応したトリチウム除去装置の設計仕様を表4. 3. 3-2に示す。トリチウムの年間発生量の最大値（55.5 GBq）を想定した場合でも、トリチウム除去装置の回収率が95%以上あれば、排気中のトリチウムに関する研究所の管理目標の達成が可能である。図4. 3. 3-2には、重水素プラズマ実験中に発生するトリチウムの除去の概要図を示す。

表4. 3. 3-2 処理装置の検討仕様

処理装置		真空排気系 気体処理装置	真空容器内 気体処理装置
処理ガス流量		0.02 Nm ³ /h	100 Nm ³ /h
運転時間		4000 h/年	4000 h/年
トリチウム発生量		55.5 GBq /年	55.5 GBq /年
トリチウム回収率		95%以上	95%以上
トリチウム 濃度 (Bq/cm ³)	装置入口	700	0.14
	装置出口	35	0.007
	排気塔出口	5.6×10^{-5}	5.6×10^{-5}
管理値 (Bq/cm ³)	法令規制値	5×10^{-3}	
	研究所	2×10^{-4}	

表4. 3. 3-2に示すように、真空排気ガスの処理流量を $0.02 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 、排気塔からの総排気流量を現在の設備容量である $12,550 \text{ Nm}^3/\text{h}$ で運転することを想定すると、排気塔出口でのトリチウム濃度は $5.6 \times 10^{-5} \text{ Bq}/\text{cm}^3$ となり、法定の規制値 ($5 \times 10^{-3} \text{ Bq}/\text{cm}^3$) に対して1/100程度、研究所管理値 ($2 \times 10^{-4} \text{ Bq}/\text{cm}^3$) に対して1/4程度で管理することが可能であると、試算される。

○トリチウム含有水および廃水の管理

トリチウム除去装置等から出るトリチウム含有水は、専用の保管容器で保管し日本アイソトープ協会に引き取りを依頼する。それ以外の、放射線管理区域内で発生した全ての排水は、貯留槽に一時的に保管し、一定量ごとに放射能濃度を測定（モニター）する。その結果、排水中の濃度が研究所管理値 ($0.6 \text{ Bq}/\text{cm}^3$) を超えていない場合は、放出処分を行う。また濃度が研究所管理値を超える排水は、トリチウム除去装置等から出るトリチウム含有水と同様に処理する。以上の方針で、管理区域内で発生するすべての排水は一時的に貯留され、濃度の確認がなされた後、放出あるいは引き渡しを行い、直接管理区域外に放出しない。

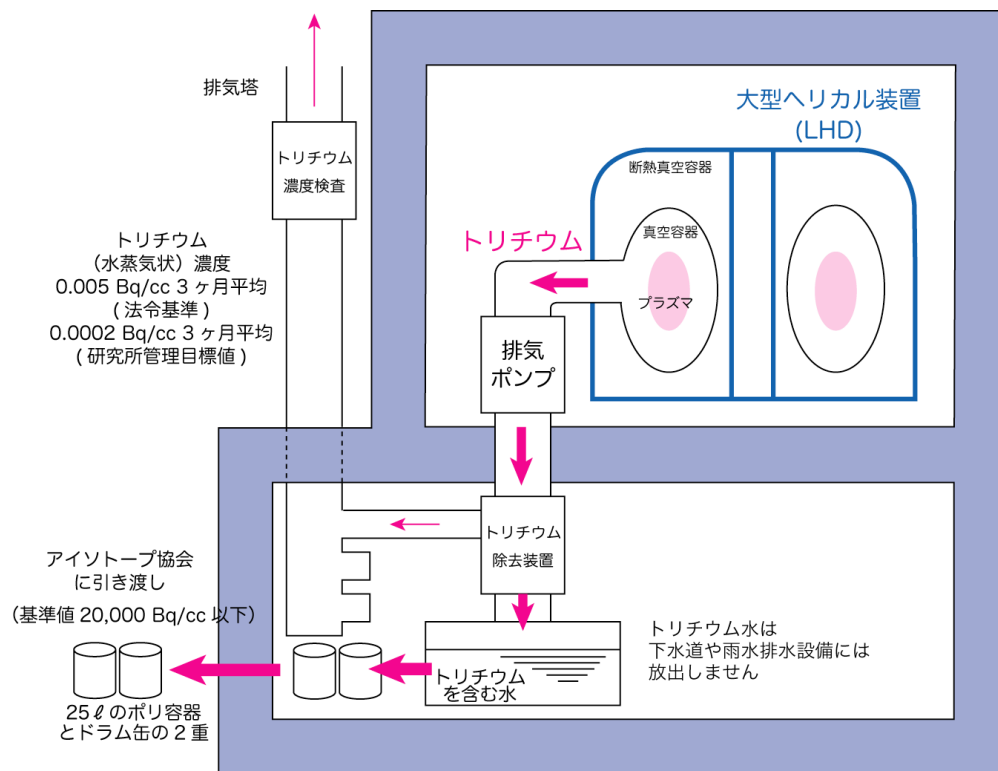


図4. 3. 3-2 重水素プラズマ実験中に発生するトリチウムの除去の概要図

- ・保管容器

トリチウム含有水や真空ポンプの廃油等（廃液）を保管するために使用される保管容器は、図4. 3. 3-3に示すように耐火性外容器（金属製容器：50L）と液体収納用容器（ポリエチレン製液体容器：25L）からなる。これは日本アイソトープ協会から貸与されるものである。廃液は、発生してから日本アイソトープ協会へ引き渡されるまでの間、この容器に保管された状態で、R I 保管施設において保管される（保管廃棄）。

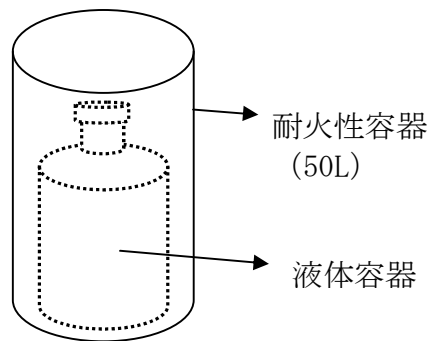


図4. 3. 3-3 廃液を保管するために使用される保管容器

- ・トリチウム含有水の搬出計画

トリチウム含有水は、一定期間日本アイソトープ協会から貸与された保管容器にいて、R I 保管施設において保管する。日本アイソトープ協会への引き渡しは、この容器でもって行われる。引き渡しは、日本アイソトープ協会と事前に協議するが、現時点では、年4回程度の搬出、一回の搬出では200本程度の保管容器の搬出を計画している。なお、R I 保管施設には保管容器用の保管槽を設けて、災害時に漏出しないよう対応する。

○真空容器内作業

真空容器内で作業を行うに当たっては、トリチウムの本体室内への放出を最小限にするため、次のような設備、手順で行う。

- (1) 真空容器内に入るにあたり、以下の項目をチェックし、限度以下であること、換気がなされていること等を確認する。また、管理室の職員から指示があった場合には、その指示に従う。

真空容器内作業前の確認事項（放射線防護に関するもの）

- 真空容器の放射化
 - トリチウム濃度
 - 真空容器内換気（送風）
- ・常時、送風

- (2) 真空容器内に入出入りするのための前室（新設）において専用の作業着、靴、手袋を着用する。真空容器内に持ち込むものは、十分吟味し不要なものを持ち込まない。
- (3) 修理等のため、真空容器内から、「管理区域内保守作業室（後述）」等に機器、作業着等を、持ち出す場合には、必要に応じてバイトンOリング程度の密閉容器に入れるか、トリチウムの透過性の悪いフィルムで覆う等の措置を取る。
- (4) 真空容器内の作業に関しては、従来の真空容器内作業指針に従う。
- (5) 真空容器内作業後は、前室でトリチウムサーベイメーターにより汚染の有無を確認する。汚染がある場合は管理室の職員の指示に従い必要な除染処置をとる。

・ポート作業

ポート作業を行うに当たっては、真空容器は負圧で本体室の空気が真空容器に流れ込む状態になっているが、トリチウムの本体室内放出を最小限にするために、必要に応じて当該ポートを覆い、換気設備を取り付けた簡易作業室を設ける。さらに必要であれば、「真空容器換気装置」に繋がる空気吸い込み口をポート近くに設置する等の措置を取る。

この簡易作業室内での作業にあたっては、真空容器内作業に準じて、専用の作業着、靴、手袋を着用すること。入室にあたり、換気がなされていることを確認すること。また、管理室の職員から指示があった場合は、その指示に従うこと。取り外した機器は、速やかにビニール袋等で覆い、機器からのトリチウム漏出を最小限にすること。また、ポートは開放のまま放置せず、作業終了後、速やかに閉止すること。退室にあたり、使用した作業着、靴、手袋は着替え、トリチウムサーベイメーターにより汚染の有無を確認する。汚染がある場合は管理室の職員の指示に従い必要な除染処置をとる。

○管理区域内保守作業室

トリチウム管理のため、管理区域内（本体棟）で行わなければならない作業に対処するため、管理区域内保守作業室を設ける。室内には3トン程度の走行クレーンを備え、室内での重量物運搬に備える。通常の入出入りは1.8 m 両開き扉であるが、大型物品を搬入するために、間口8 m 程度の扉を設置する。

この作業室には遮蔽機能はないが、換気機能を有する。本体室内の空気をフィルターで浄化して天井位置から室内に給気し、西側の排気口からプレフィルターバンクをとおして排気する。本体室内よりも負圧を維持することにより、トリチウムの本体室内への漏出を防ぐ構造とする。排気口は、「真空容器換気装置」に繋ぐものとする。管理区域内保守作業室案を図4. 3. 3-4に示す。

管理区域内保守作業室の作業においても、トリチウムの付着した機器の修理等を行う場合には、修理機器の近くに空気吸い込み口を置き、トリチウムの汚染拡大防止に努めるものとする。

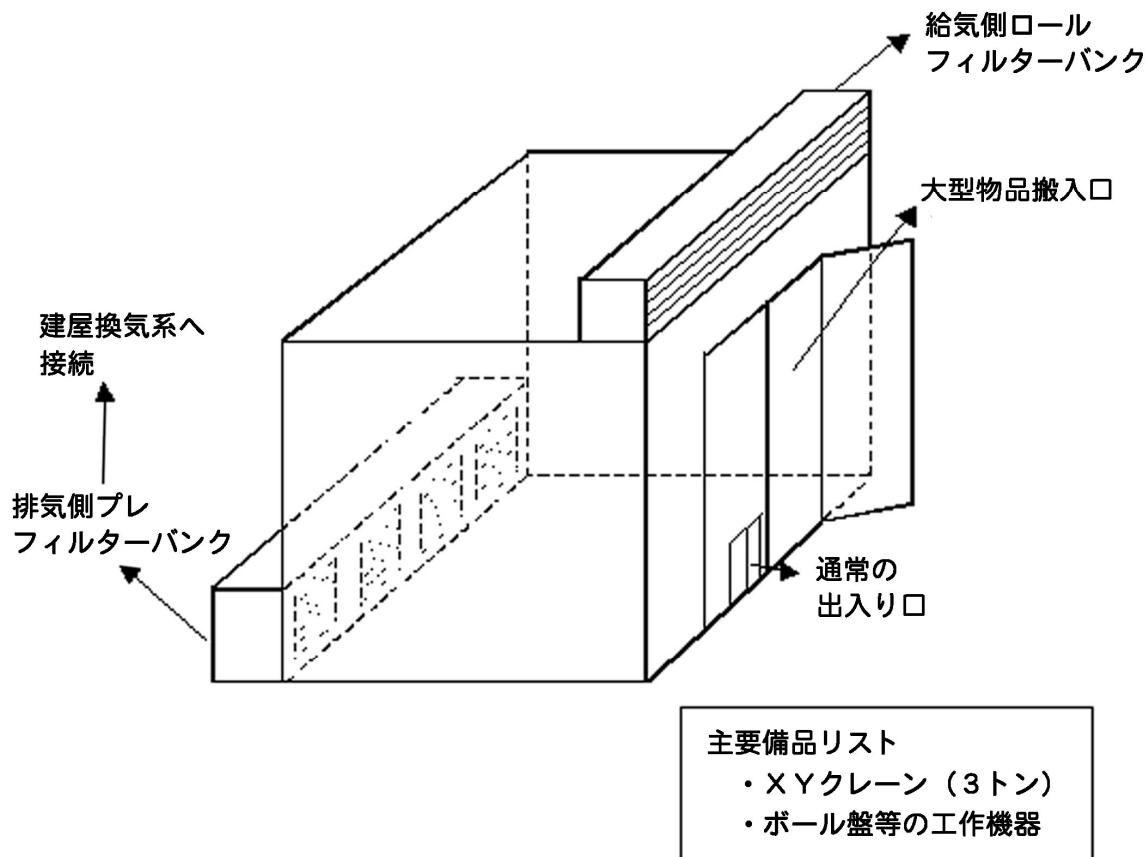


図4. 3. 3-4 管理区域内保守作業室案

4. 3. 4 入退域管理

○本体室出入口の整備

本体室が加速器施設であると同時に非密封R I取扱施設になることを想定して、放射線安全管理を円滑に進めるために必要な出入口の整備を行う。また、入室しようとする者は、以下の項目を管理室の職員に確認し入室すること。

放射化（装置および空気）、
ダスト、
室内のトリチウム濃度

なお、放射線施設の出入口には、入退域管理室、更衣室、汚染検査室、除染設備、作業準備室（非管理区域）そして入退室管理装置等を設ける。

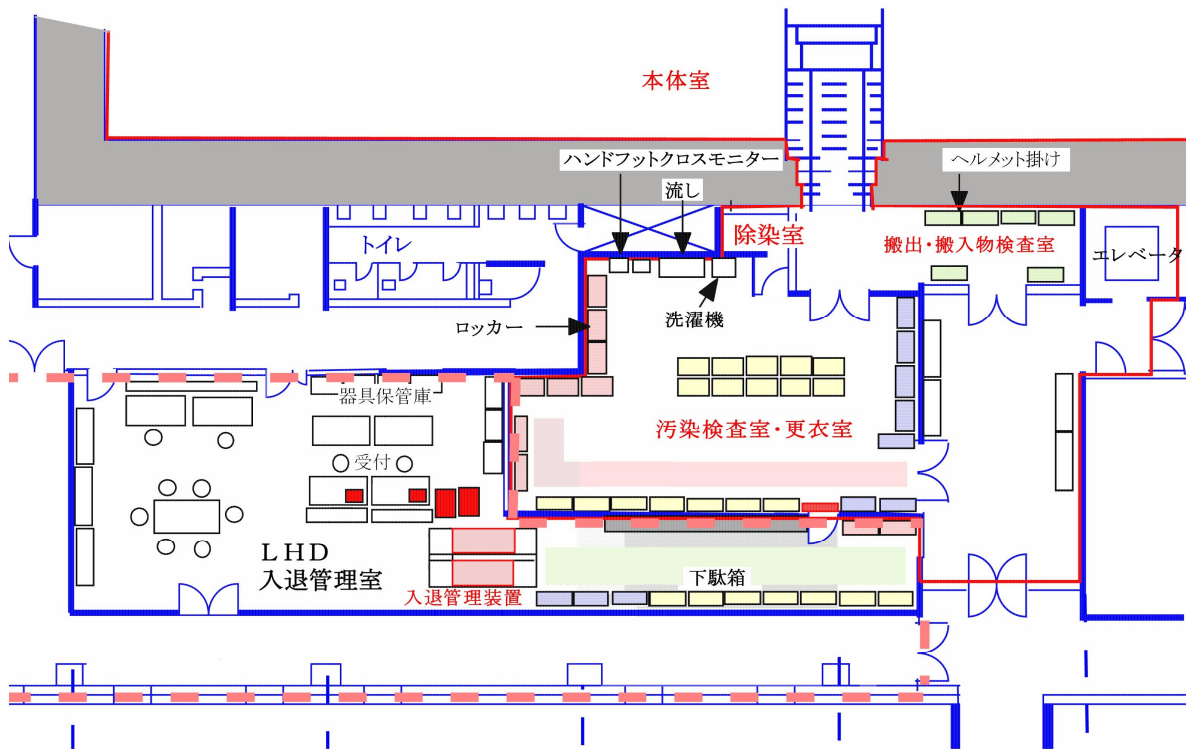


図4. 3. 4-1 LHD入退管理室、汚染検査室・更衣室等の配置案

○付帯設備の整備

重水素実験により、本体室内の装置は中性子照射を受けて放射化する。また、微量ではあるがトリチウムが発生するため、真空容器内に設置した機器にはトリチウムが付着する。そのため、故障等により本体室から撤去される機器に対しては、トリチウム管理が必要となる。また、トリチウム除去装置から発生するトリチウム含有水等の廃液の保管も必要となる。これらの目的のため、「R I 保管施設」を設ける。この施設は管理室、汚染検査室、廃棄物保管室、廃水処理設備、換気設備等、法律に基づいた設備の他に、機器の汚染の度合いを計測する各機器類を備えた測定室、管理資材庫等を整備する。R I 保管施設案を図4. 3. 4-2に示す。この施設は法律に基づき耐火構造とするが、特に廃棄物保管室は地震に備え、震度7の耐震構造とする。

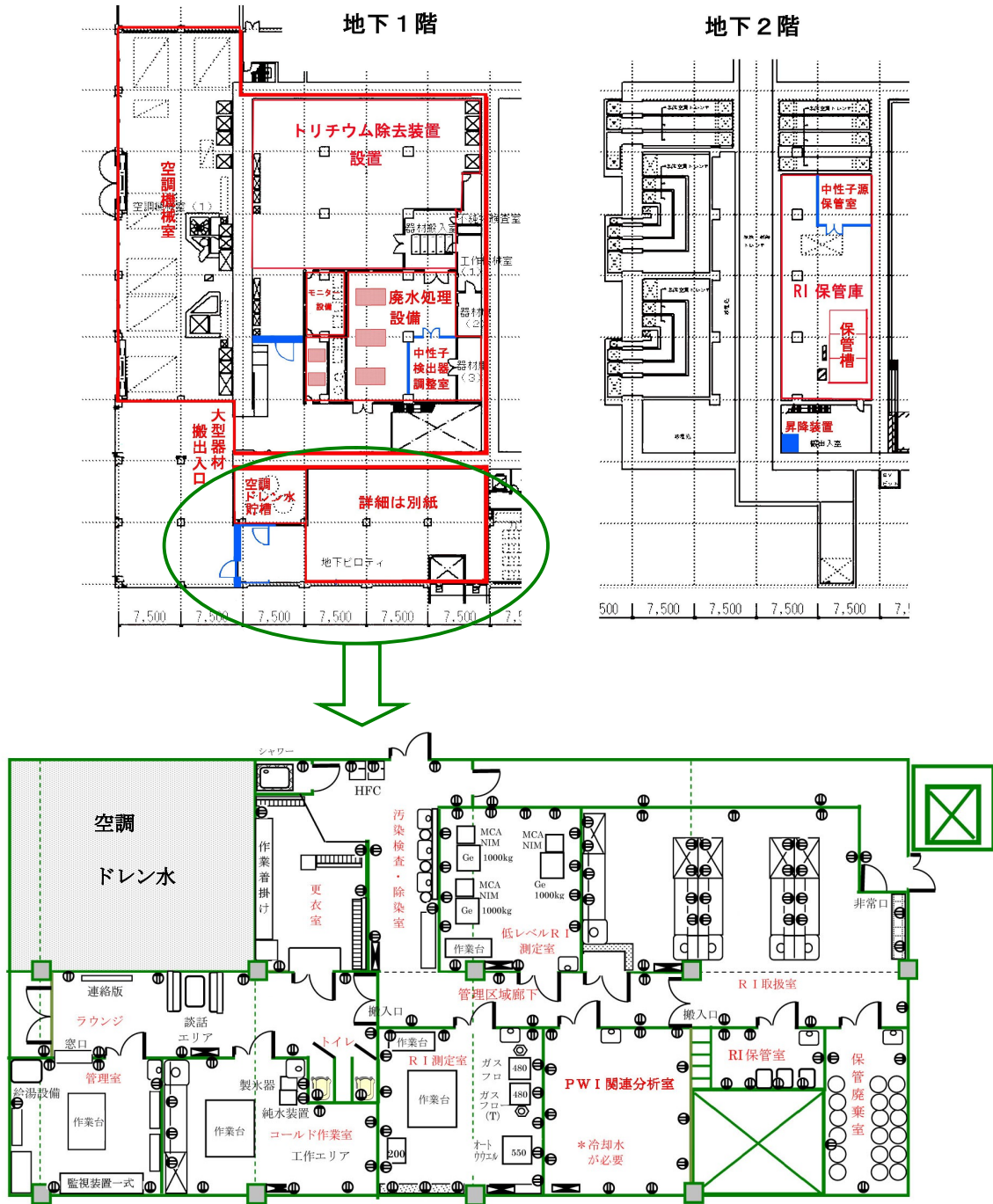


図4. 3. 4-2 本体棟ピロティの改造案

5. おわりに

どのような優れた科学技術も安全を犠牲にして成り立つものではない。しかしながら、最先端研究は常に新しい研究環境を生み出しており、そこに潜むリスクは必ずしも先見できるとは限らない。このリスクを最小限に抑えるためには、経験の積み重ねによる想像力と日常的な監視体制で臨むことが肝要である。

核融合科学研究所は大型装置を有するビッグプロジェクトを推進する研究所として、また所外から多数の共同研究者を受け入れる大学共同利用機関として、安全環境の整備に力を注いできた。その結果、この6年間で所員の関与する事故は物損事故1件のみであり、現在は無事故の状態が続いている。

核融合研究は将来のエネルギー源としての実用化を目指すものである。従って当然それは安全な環境下で実現されなくてはならない。それ故、核融合研究に於ける安全は研究の目的そのもの一部である。研究手段としての新しい物作りにおいても安全を意識した設計がされなくてはならない。大型ヘリカル装置実験ではそうしたQAを技術部中心に行っている。このことを通じて研究者も安全に配慮した装置作りに携わるようになってきている。

今後も所員の安全意識の高揚に努め、無事故の研究環境を維持していく所存であるが、それには共同研究や作業に来所される方からの指摘が大いに役立つ。所内で仕事をされる方からのご意見・ご指摘をいただくチャンネルと合わせて今後も整備を進めていくつもりである。ただし、安全確保にはどうしても規制が絡む。共同利用研究所としての使い勝手の良さと安全とは時に相反することも起こりえる。その点は共同研究者の方々にも十分ご理解を得た上で、安全環境整備に努めていきたい。

付属資料

付属資料 1	核融合科学研究所	安全衛生管理規則
付属資料 2	核融合科学研究所	安全衛生委員会規則
付属資料 3	核融合科学研究所	安全衛生推進部規則
付属資料 4	危険物質入手願	
付属資料 5	危険物質移動願	
付属資料 6	危険物質入庫願	
付属資料 7	危険物質出庫願	
付属資料 8	危険物質廃棄願	
付属資料 9	貯留槽廃液処理願	
付属資料 1 0	新規実験安全審査申請書	
付属資料 1 1	安全ハンドブック（日本語版）	
付属資料 1 2	日米安全査察レポート（抜粋）	
付属資料 1 3	安全ハンドブック（英語版）	

核融合科学研究所安全衛生管理規則

制 定 平成 16 年 4 月 20 日 規則第 3 号
最終改正 平成 21 年 1 月 20 日 規則第 7 号

第 1 章 総則

(目的)

第 1 条 この規則は、自然科学研究機構安全衛生管理規程（平成 16 年規程第 22 号。以下「規程」という。）第 4 条に基づき、核融合科学研究所（以下「研究所」という。）における安全衛生の管理活動を充実し、労働災害を未然に防止するために必要な基本的事項を明らかにし、職員の安全の確保及び健康の保持増進を図るとともに快適な職場環境の形成を促進することを目的とする。

(他の規則との関連)

第 2 条 研究所の安全衛生管理に関して必要な事項は、労働安全衛生法関連法令（以下「法令」という。）及びこの規則に定めるところによる。

2 研究所は必要に応じ各種作業手続き、危害予防規則等を設けることがある。

(研究所の責務)

第 3 条 研究所は、法令及びこの規則の定めるところに基づき、快適な職場環境の実現と労働条件の改善を通じて職場における職員の安全と健康を確保するものとする。

(職員の責務)

第 4 条 職員は、研究所が法令及び本規則に基づき講ずる措置に積極的に協力し、労働災害の防止及び健康保持増進に努めなければならない。

第 2 章 安全衛生管理体制

(総括安全衛生管理者)

第 5 条 研究所に規程第 2 条第 2 項に基づく総括安全衛生管理者をおく。

2 総括安全衛生管理者は、所長とする。

3 総括安全衛生管理者は、安全管理者、衛生管理者を指揮し、次の各号に掲げる事項を総括管理する。

- (1) 職員の危険又は健康障害を防止するための措置に関する事
- (2) 職員の安全又は衛生のための教育の実施に関する事
- (3) 健康診断の実施その他健康保持増進のための措置に関する事
- (4) 労働災害の原因の調査及び再発防止対策に関する事
- (5) 前各号に掲げるもののほか、労働災害の防止に関する事

(総括安全衛生管理者の代理者)

第 6 条 総括安全衛生管理者が旅行、疾病、事故その他やむを得ない事由によって職務を行うことができないときは代理者を選任するものとする。

2 代理者は所長が選任又は解任する。

(安全管理者)

第 7 条 研究所に安全管理者を置く。

- 2 安全管理者は、法令で定める資格を有する者または安全管理の業務に関し平成18年10月において2年以上の経験を有する者のうちから所長が指名又は解除する。
- 3 安全管理者は、次の各号に掲げる事項を管理する。
 - (1) 建築物、設備、作業場所又は作業方法に危険がある場合における応急措置または適当な防止の措置
 - (2) 安全装置、保護具その他危険防止のための設備・器具の定期的点検及び整備
 - (3) 作業の安全についての教育及び訓練
 - (4) 発生した災害原因の調査及び対策の検討
 - (5) 消防及び避難の訓練
 - (6) 作業主任者その他安全に関する補助者の監督
 - (7) 安全に関する資料の作成、収集及び重要事項の記録
 - (8) 混在作業における安全上の必要な措置
 - (9) 前各号に掲げるもののほか、安全管理に関する必要な事項

(安全管理者による巡視及び権限の付与)

第8条 安全管理者は、作業場等を巡視し、設備、作業方法等に危険のおそれがあるときは、直ちに、その危険を防止するため必要な措置を講じなければならない。

- 2 総括安全衛生管理者は、安全管理者に対し、安全に関する措置をなし得る権限を与えるものとする。

(衛生管理者)

第9条 研究所に法令に基づく衛生管理者を置く。

- 2 衛生管理者は、法令で定める資格を有する者のうちから所長が選任又は解任する。
- 3 衛生管理者は、次の各号に掲げる事項を管理する。
 - (1) 健康に異常のあるものの発見及び処置
 - (2) 作業環境の衛生上の調査
 - (3) 作業条件、施設等の衛生上の改善
 - (4) 労働衛生保護具、救急用具等の点検及び整備
 - (5) 衛生教育、健康相談その他職員の健康保持に必要な事項
 - (6) 職員の負傷及び疾病、それによる死亡、欠勤及び異動に関する統計の作成
 - (7) 混在作業における衛生上の必要な措置
 - (8) 衛生日誌の記載等職務上の記録の整備
 - (9) 前各号に掲げるもののほか衛生に関する必要な事項

(衛生管理者の定期巡視及び権限の付与)

第10条 衛生管理者は、少なくとも毎週1回作業場等を巡視し、設備、作業方法又は衛生状態に有害のおそれがあるときは、直ちに、職員の健康障害を防止するため必要な措置を講じなければならない。

- 2 総括安全衛生管理者は、衛生管理者に対し、衛生に関する措置をなし得る権限を与えるものとする。

(衛生管理担当者及び安全管理担当者)

第11条 研究所に衛生管理担当者及び安全管理担当者を置く。

- 2 衛生管理担当者は衛生管理者の事務を補助するものとし、安全管理担当者は安全管理者の事務を補助するものとする。

3 衛生管理担当者及び安全管理担当者は所長が指名又は解除する。

(産業医)

第12条 研究所に法令に基づく、産業医を置く。

2 産業医は、所長が選任又は解任する。

3 産業医の業務は、次の各号に掲げる事項で医学的分野を中心に管理するものとする。

(1) 健康診断の実施及びその結果に基づく職員の健康を保持するための措置に関する事
と

(2) 作業環境の維持管理に関する事

(3) 作業の管理に関する事

(4) 前三号にかかげるもののほか、職員の健康管理に関する事

(5) 健康教育、健康相談その他職員の健康の保持増進を図るための措置に関する事

(6) 衛生教育に関する事

(7) 職員の健康障害の原因に関する調査及び再発防止のための医学的措置に関する事

4 産業医は、前項各号に掲げる事項について、総括安全衛生管理者に対して勧告し、又は衛生管理者に対して指導し、若しくは助言することができる。

(産業医による定期巡視及び権限の付与)

第13条 産業医は、少なくとも毎月1回作業場等を巡視し、作業方法又は衛生状態に有害のおそれがあるときは、直ちに、職員の健康障害を防止するため必要な措置を講じなければならない。

2 総括安全衛生管理者は、産業医に対し、前条第3項に規定する事項をなし得る権限を与えるものとする。

(作業主任者)

第14条 研究所内の法令に定める作業を行う作業場に、作業主任者を置く。

2 作業主任者は、法令で定める資格を有するもののうちから管理部、技術部、研究部等の管理者が選任又は解任する。

3 作業主任者は、法令で定める職務を行うものとする。

4 管理者は、第1項の作業主任者を選任したときは、当該作業主任者の氏名及びその者に行わせる事項を作業場のみやすい箇所に掲示する等により、関係作業者に周知するものとする。

(安全衛生委員会)

第15条 研究所に安全衛生委員会（以下「委員会」という。）を置く。

2 委員会について必要な事項は、別に定める。

(安全管理者等に対する教育等)

第16条 研究所は、研究所における安全衛生の水準の向上を図るため、安全管理者、衛生管理者その他労働災害の防止のための業務に従事する者に対し、これらの者が従事する業務に関する能力の向上を図るための教育、講習等を行い、又はこれを受ける機会を与えるように努めるものとする。

第3章 安全衛生対策

(危険防止措置)

第 17 条 研究所は、次の危険を防止するため必要な措置を講ずるものとする。

- (1) 機械、器具その他の設備（以下「機械等」という。）による危険
- (2) 爆発性、発火性の物、引火性の物等による危険
- (3) 電気、熱その他のエネルギーによる危険
- (4) 採掘、採石、荷役、伐木等の業務における作業方法から生ずる危険
- (5) 職員が墜落するおそれのある場所、土砂等が崩壊するおそれのある場所に係る危険

2 研究所は、職員の作業行動から生ずる労働災害を防止するため必要な措置を講ずるものとする。

（健康障害防止措置）

第 18 条 研究所は、次の健康障害を防止するため必要な措置を講ずるものとする。

- (1) 原材料、ガス、蒸気、粉じん、酸素欠乏空気、病原体等による健康障害
 - (2) 放射線、レーザー、赤外線及び紫外線等の有害光線並びに高温、低温、超音波、騒音、振動、異常気圧等による健康障害
- (3) 計器監視、精密工作等の作業による健康障害
- (4) 排気、排液又は残さい物による健康障害

（健康障害環境保全措置）

第 19 条 研究所は、職員を就業させる建設物その他の作業場について、通路、床面、階段等の保全並びに換気、採光、照明、保温、防湿、休養、避難及び清潔に必要な措置その他職員の健康、風紀及び生命の保持のため必要な措置を講ずるものとする。

（作業環境測定）

第 20 条 研究所は、有害な業務を行う屋内作業場その他の作業場で、法令で定めるものについて、法令で定めるところにより、必要な環境測定を行い、その結果を記録するものとする。

2 研究所は、前項の結果の評価を行い記録するとともに、必要があると認められるときは、法令で定めるところにより、適切な措置を講ずるものとする。

（設備等の使用等の制限）

第 21 条 研究所は、ボイラーその他の特に危険な作業を必要とする機械等で、法令で定めるもの（以下「特定機械等」という。）は法令で定める検査を受けたものでなければ職員に使用させてはならないものとする。

2 研究所は、特定機械等以外の機械等で、危険もしくは有害な作業を必要とするもの、危険な場所において使用するもの又は危険もしくは健康障害を防止するため使用するものうち、法令で定めるものは法令で定める規格又は安全装置を具備しなければ、譲渡し、貸与し、又は設置してはならないものとする。

（計画の届出等）

第 22 条 研究所は、特定機械等、又は機械等で法令で定めるものを設置、移転、又は主要構造部分を変更しようとするときは法令で定めるところにより届け出るものとする。

（設備等の検査）

第 23 条 研究所は、特定機械等、及び機械等について、法令及び所内点検基準に定めるところにより点検整備を実施し、その結果を記録保存するものとする。

(作業前点検)

第24条 機械等を使用する職員は、その日の作業を開始する前に機械等の点検を行わなければならない。

- 2 前項の点検の結果、異常を認めるときは、直ちに是正しなければならない。ただし、是正の困難な場合は、使用禁止又は立入り禁止等の応急措置を講じ、速やかに研究所に報告しなければならない。

(製造等の禁止等)

第25条 職員は、黄りんマッチ、ベンジジン、ベンジジン含有する製剤その他職員に重度の健康障害を生ずる物で、法令で定めるものは製造し、輸入し、譲渡し、提供し、又は使用してはならない。ただし、試験研究のため製造し、輸入し、又は使用する場合は、法令で定める要件に該当するときは、あらかじめ、研究所の許可を受けなければならない。

- 2 ジクロルベンジジン、ジクロルベンジジン含有する製剤その他の職員に重度の健康障害を生ずるおそれのある物で、法令で定めるものを製造しようとするものは、あらかじめ、研究所の許可を受けなければならない。

(安全衛生教育)

第26条 研究所は、安全衛生に関する知識及び技能を習得させることによって労働災害防止に役立たせるため、次の教育を行うものとする。

- (1) 雇入れ時教育、作業内容変更時教育
- (2) 危険・有害業務従事者特別教育
- (3) 作業員教育・その他監督者安全衛生教育
- (4) その他安全衛生の水準の向上を図るため、危険又は有害な業務に現に就いている者に対する安全衛生教育

第4章 健康の保持、推進措置

(健康診断)

第27条 研究所は、職員に対し法令で定めるところにより、次の各号に掲げる健康診断を行うものとする。

- (1) 一般健康診断
 - ア 採用時健康診断
 - イ 定期健康診断
 - ウ 特定業務従事者の健康診断
 - エ 海外派遣職員の健康指診断
 - オ その他法令で定める健康診断
 - (2) 特殊健康診断
 - ア 有害な業務で、法令で定めるものに従事する職員の健康診断
 - イ 有害な業務で、法令で定めるものに従事させたことのある職員で、現に使用している職員の健康診断
 - ウ 有害な業務で、法令で定めるものに従事する職員の歯科医師による健康診断
- 2 職員は、前項の規定により研究所が行う健康診断を受けなければならない。ただし、研究所の指定した医師又は歯科医師が行う健康診断を受けることを希望しない場合において、他の医師又は歯科医師の行うこれらの規定による健康診断に相当する健康診断を受け、その結果を証明する書面を研究所に提出したときは、この限りではない。

3 健康診断の事務に従事した者は、その業務上知り得た職員の秘密を漏らしてはならない。

(健康診断実施後の措置)

第28条 研究所は、前条第1項の規定による健康診断の結果（当該健康診断の項目に異常の所見があると診断された職員にかかるものに限る。）に基づき、当該職員の健康を保持するために必要な措置について、法令の定めるところにより、医師又は歯科医師の意見を聞くものとする。

2 研究所は前号の規定による医師又は歯科医師の意見を勘案し、その必要があると認めるときは、当該職員の実情を考慮して、法令の定めるところにより適切な措置を講ずるものとする。

3 研究所は、前条第1項の健康診断を受けた職員に対し、遅滞なく、当該健康診断の結果を通知するものとする。

4 研究所は、前条第1項の健康診断の結果に基づき、法令で定める健康診断個人票を作成し、これを5年間保存するものとする。健康診断個人票には第1項で聴取した医師又は歯科医師の意見を記載するものとする。

5 研究所は、前条第1項の健康診断（定期のものに限る。）を行ったときは、遅滞なく、法令に定める定期健康診断結果報告書を所轄労働基準監督署長に提出するものとする。

(病者の就業禁止)

第29条 研究所は、伝染性の疾病その他の疾病で次の各号のいずれかに該当する者については、その就業を禁止するものとする。

(1) 病毒伝ばのおそれのある伝染性の疾病にかかった者（ただし、伝染予防の措置をした場合を除く。）

(2) 心臓、腎臓、肺等の疾病で労働のため病勢が著しく増悪するおそれのあるものにかかった者

(3) 前各号に準ずる疾病で法令の定める疾病にかかった者

2 研究所は、前項の規定により、就業を禁止しようとするときは、あらかじめ、産業医その他専門の医師の意見を聞くものとする。

(就業制限)

第30条 研究所は、クレーンの運転その他の業務で、法令で定めるものについては法令で定める当該業務に係る免許を受けた者又は法令で定めた者が行う当該業務に係る技能講習を修了した者その他法令で定める資格を有する者でなければ、当該業務に就かせないものとする。

2 前項の規定により当該業務につくことができる者以外の者は、当該業務を行ってはならない。

3 第1項の規定により当該業務につくことができる者は、当該業務に従事するときは、これに係る免許証等を携帯していなければならない。

(妊産婦等に係る危険有害業務の就業制限)

第31条 研究所は、妊娠中の女性及び産後1年を経過しない女性（以下「妊産婦」という。）を、重量物を取り扱う業務、有害ガスを発散する場所における業務その他妊産婦の妊娠、出産、哺育等に有害な業務に就かせないものとする。

2 研究所は、妊産婦以外の女性を、法令で定める女性の妊娠又は出産に係る機能に有害である業務に就かせないものとする。

(年少者に係る危険有害業務の就業制限)

第 32 条 研究所は、満 18 才に満たない者に、法令で定める危険有害な業務に就かせないものとする。

(作業時間の制限)

第 33 条 研究所は、健康障害を生ずるおそれのある業務で、法令の定めるものに従事させる職員については、法令の定める作業時間についての基準に違反して、当該業務に従事させないものとする。

(中高年齢職員等に対する配慮)

第 34 条 研究所は、中高年齢者その他労働災害の防止上その就業に当たって特に配慮を必要とする者については、これらの者の心身の条件に応じて適正な配置を行うように努めるものとする。

(健康教育等)

第 35 条 研究所は、職員に対する健康教育、健康相談及びその他職員の健康の保持増進を図るため必要な措置を継続的かつ計画的に講ずるよう努めるものとする。

2 職員は、前項の研究所が講ずる措置を利用してその健康の保持増進に努めなければならない。

(異常時の措置)

第 36 条 職員は、勤務中に負傷し、又は発病したときは、直ちに管理者にその旨を申し出て、医師の診断を受けなければならない。

2 前項の申し出を受けた管理者は、適切な措置をとるとともに、直ちに安全管理者、又は衛生管理者に報告しなければならない。

3 職員は、事故又は災害の発生若しくは発生するおそれのある事態を発見したときは、適切な措置をとるとともに、所定の緊急連絡網により他の職員に通報しなければならない。

4 研究所は、前項の報告を受けたときは直ちに作業を中止させ、職員を作業場から退避させる等必要な指示をするとともに、原因の調査と再発防止のための措置を講ずるものとする。

5 研究所は、第 1 項から 4 項までの措置を的確かつ円滑に講ずることができるようにするため、避難設備、救命用具等の整備、職員の防火訓練等の措置を行うものとする。

第 5 章 雑則

(機械、施設の一時使用者に対する通知)

第 37 条 研究所は、研究所職員以外の者に機械等又は施設を一時的に使用させる場合には、その安全な使用に関し、使用者に必要な事項を通知するものとする。

(職員以外の者への準用)

第 38 条 この規則は、職員以外の者で研究所の業務に従事する者に準用する。

(細部事項の定め)

第 39 条 この規則の実施に必要な事項は、所長が別に定める。

附則 (平成 16 年規則第 3 号)

この規則は、平成16年4月1日から施行する。

附則（平成20年規則第7号）

この規則は、平成21年1月20日から施行する。

核融合科学研究所安全衛生委員会規則

制 定 平成 16 年 4 月 20 日 規則第 4 号
最終改正 平成 18 年 11 月 14 日

(設置)

第 1 条 核融合科学研究所安全衛生管理規則（以下「規則」という。）第 15 条に基づき核融合科学研究所安全衛生委員会（以下「委員会」という。）を置く。

(任務)

第 2 条 委員会は、研究所における安全衛生管理に関する次の各号に関して調査審議し、所長に意見を述べることができる。

- (1) 職員の危険を防止するため及び健康障害を防止するための基本となるべき対策に関すること
- (2) 労働災害の原因及び再発防止対策で安全及び衛生に係るものに関すること
- (3) 職員の健康の保持増進を図るための基本となるべき対策に関すること
- (4) 安全及び衛生に関する規定の作成に関すること
- (5) 安全及び衛生に関する教育の実施計画の作成に関すること
- (6) 新規に採用する機械、器具その他の設備又は原材料にかかる危険の防止に関すること
- (7) 法令の規定により行われる有害性の調査並びにその結果に対する対策の樹立に関すること
- (8) 作業環境測定の結果及び結果の評価に基づく対策の樹立に関すること
- (9) 定期に行われる健康診断及び法令の規定により指示を受けて行われる臨時の健康診断及び法に基づく他の省令の規定に基づいて行われる医師の診断、診察又は処置の結果並びにその結果に対する対策の樹立に関すること
- (10) 職員の健康の保持増進を図るため必要な措置の実施計画の作成に関すること
- (11) その他安全衛生に必要と認められる重要な事項に関すること

(組織)

第 3 条 委員会の委員は次のものをもって構成する。

- (1) 総括安全衛生管理者
 - (2) 安全管理者及び衛生管理者
 - (3) 産業医
 - (4) 職員のうちから安全に関し経験を有するものうちから所長が指名したもの
 - (5) 職員のうちから衛生に関し経験を有するものうちから所長が指名したもの
- 2 前項 1 号委員以外の委員の半数は職員の過半数を代表するものの推薦に基づき指名するものとする。
- 3 委員会の委員長は総括安全衛生管理者とする。委員長が不在のときは総括安全衛生管理者の代理者がこれを代行する。
- 6 委員長は、委員会を総括するとともに、会議の議長を務め、委員会の付議事項及びその他必要な事項を処理する。

(任期)

第 4 条 前条第 1 項の委員の任期は、1 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。この場合における任期は、前任者の残任期とする。

(招集)

第5条 委員会は委員長が召集し、月1回以上開催するほか、次の場合に開催する。

- (1) 緊急性のある調査審議事項が発生したとき
- (2) その他委員長が必要と認めたとき

(成立)

第6条 委員会は、委員の過半数の出席により成立する。

2 委員会の議事は、委員長を除く出席委員の過半数をもって決定し、賛否同数の場合は委員長がこれを決定する。

(意見の聴取)

第7条 委員会は、必要に応じて、委員以外のものの出席を求め、その意見を聴くことができる。

(専門部会)

第8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 専門部会は委員長の指示により専門的な事項について調査を行い、これを委員会に報告する。

(庶務)

第9条 委員会の庶務は、管理部施設・安全管理課において処理し、主として次の事務を行う。

- (1) 委員会の召集及び付議に関すること
 - (2) 委員会に必要な資料の準備及び配布に関すること
 - (3) 委員会の議事録の作成、配布及び保管に関すること
 - (4) その他委員会が依頼したこと
- 2 議事録のうち重要な事項の記録は、これを3年間保存するものとする。
- 3 専門部会を処理する課は、専門部会を設置する際に、その都度定める。

(附則)

1 この規則は、平成16年4月1日から施行する。

(附則)

この規則は、平成18年11月14日から施行し、平成18年10月1日から適用する。

安全衛生推進部規則

制 定 平成16年4月1日 規則第6号
 最終改正 平成18年11月14日

(設置)

第1条 核融合科学研究所に安全衛生推進部（以下「推進部」という。）を置く。
 2 推進部に部長を置き、所長が選任又は解任する。

(目的)

第2条 推進部は、核融合科学研究所安全衛生管理規則（平成16年規則第3号）に基づき、研究所における労働災害を未然に防止するとともに、規則に則った機器の運用・保全、職員の安全の確保及び健康の保持増進を図り、快適な職場環境の形成を促進することを目的とする。

(推進部の業務)

第3条 推進部は、次の号に掲げる事項を遂行する。
 (1) 核融合科学研究所安全衛生管理規則に定められている安全管理者、衛生管理者および産業医の管理事項で、総括安全衛生管理者を介して指示のあったもの
 (2) 核融合科学研究所安全衛生委員会から総括安全衛生管理者に述べられた意見で、総括安全衛生管理者から指示のあったもの
 (3) 次に掲げた関連する規則・要項の履行に際して、補助を必要とするもの
 核融合科学研究所放射線障害予防規則
 核融合科学研究所電気保安規則
 核融合科学研究所高圧ガス（一般）危害予防規則
 核融合科学研究所高圧ガス（冷凍）危害予防規則
 核融合科学研究所クレーン使用要項
 核融合科学研究所危険物質管理規則
 核融合科学研究所における廃液取扱いに関する規則
 (4) 前各号に掲げるもののほか、安全衛生の推進に必要な事項

(推進部組織)

第4条 推進部に次の10室を置き、部長は前条に定めた業務を最も適切な室に遂行させる。
 (1) 環境安全管理室
 (2) 健康管理室
 (3) 防火・防災管理室
 (4) 放射線管理室
 (5) 電気設備・作業管理室
 (6) 機械設備管理室
 (7) 高圧ガス管理室
 (8) 危険物質管理室
 (9) 新規実験安全審査室
 (10) 安全ハンドブック作成室
 2 室に室長を置き、部長が選任又は解任する。
 3 健康管理室長は、施設・安全管理課課長をもって充てる。
 4 防火・防災管理室は、施設・安全管理課課長をもって充てる。
 5 放射線管理室長については、別に定める。
 6 高圧ガス管理室長は、核融合科学研究所高圧ガス（一般）危害予防規則に定める保安技術管理者をもって充てる。

(室長の業務)

第5条 室長は、室の業務を総括する。

2 室長は、業務執行に当たり、各研究系・センターおよび各部長などに必要な事項を指示することができる。

(室員の構成)

第6条 室員は以下に掲げた者で構成する。

(1) 部長の選任した者

(2) 電気設備・作業管理室の室員は、(1)に核融合科学研究所電気保安規則に定める以下の者を加えて構成する。

ア 電気主任技術者及び代務者

イ ボイラー・タービン主任技術者

ウ 電気装置責任者

(3) 機械設備管理室の室員は、(1)に核融合科学研究所クレーン使用要項に定める以下の者を加えて構成する。

ア クレーン管理責任者

イ 副管理責任者

ウ 施設課設備第二係係長

(4) 高圧ガス管理室の室員は、(1)に核融合科学研究所高圧ガス(一般)危害予防規則に定める以下の者、

ア 保安技術管理者代理

イ 保安監督者及び代理

ウ 保安係員及び代理

エ 特定消費取扱主任者

及び核融合科学研究所高圧ガス(冷凍)危害予防規則に定める以下の者を加えて構成する。

オ 冷凍保安責任者及び代理

カ 取扱責任者及び代理

(5) 危険物質管理室の室員は、(1)に核融合科学研究所危険物質管理規則に定める以下の者、

ア 危険物質管理者

イ 危険物質保管庫責任者

廃棄物処理および清掃に関する法律に定める以下の者、

特別管理産業廃棄物管理責任者

及び県条例に定める以下の者を加えて構成する。

一般産業廃棄物管理責任者

一般産業廃棄物管理責任者は、財務課財務係係長をもって充てる。

2 放射線管理室については、別に定める。

3 1項の(1)で選任された者は、部長が解任する。

(実施細則)

この規則に定めるもののほか推進部の運営に関し必要な事項は、部長が別に定める。

附 則

この規則は、平成16年4月1日から施行する。

附 則

この規則は、平成18年11月14日から施行し、平成18年10月1日から適用する。

危険物質入手願

平成 年 月 日

危険物質管理者 殿

使用者 所属
氏名

下記の危険物質を（購入 持ち込み 譲受け）したいので、承認願います。
なお、使用に当たっては安全に注意します。

記

メーカー及び品名		
規 格		
容器容量		
容器数		
容器材質	金属 ポリ容器 ガラス	金属 ポリ容器 ガラス
危険性（チェック）	危険物 有機溶剤 特化物 毒・劇	危険物 有機溶剤 特化物 毒・劇
種別（類別）		
排水規制の有無	有 無	有 無
保管場所		
使用目的		

入 手 許 可 書

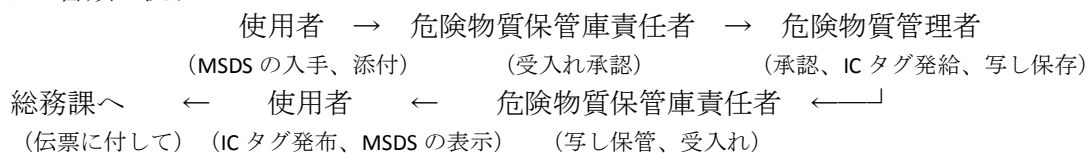
上記の危険物質の入手を承認します。

平成 年 月 日 危険物質保管庫責任者（サイン）

平成 年 月 日 危険物質管理者 （サイン）

IC タグ No.		
-----------	--	--

※ 書類の流れ



危険物質移動願

平成 年 月 日

危険物質管理者 殿

使用者 所属
氏名

下記の危険物質を移動したいので、承認願います。
なお、使用に当たっては安全に注意します。

記

品名		
規格		
容器容量		
容器数		
危険性 (チェック)	引火可燃 注水 毒・劇	引火可燃 注水 毒・劇
保管場所		
使用目的		

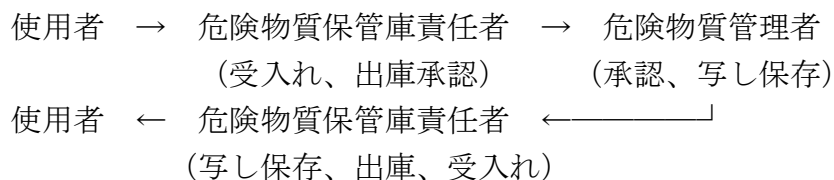
上記の危険物質を上記保管場所に受け入れることを承認します。
平成 年 月 日 危険物質保管庫責任者 (サイン)

上記の危険物質を出庫することを承認します。
平成 年 月 日 危険物質保管庫責任者 (サイン)

移動許可書

上記の危険物質を移動することを承認します。
平成 年 月 日 危険物質管理者 (サイン)

※ 書類の流れ



危険物質入庫願

平成 年 月 日

危険物質管理者 殿

使用者 所属
氏名

下記の危険物質を危険物倉庫へ入庫したいので、承認願います。

記

品名		
規格		
容器容量		
容器数		
危険性 (チェック)	引火可燃 注水 毒・劇	引火可燃 注水 毒・劇
保管場所		

上記の危険物質の倉庫への入庫を承認します。

平成 年 月 日 危険物質保管庫責任者 (サイン)

入庫受入れ許可書

上記の危険物質の入庫受入れを承認します。

平成 年 月 日 危険物質管理者 (サイン)

※ 書類の流れ

使用者 → 危険物質保管庫責任者 → 危険物質管理者
(入庫承認) (受入れ承認、写し保存)

使用者 ← 危険物質保管庫責任者 ←
(写し保存)

危 険 物 質 出 庫 願

平成 年 月 日

危険物質管理者 殿

使用者 所属
氏名

下記の危険物質を危険物倉庫より出庫したいので、承認願います。
なお、使用に当たっては安全に注意します。

記

品 名		
規 格		
容器容量		
容器数		
危険性 (チェック)	引火可燃 注水 毒・劇	引火可燃 注水 毒・劇
保管場所		
使用目的		

上記の危険物質を上記保管場所に受け入れることを承認します。

平成 年 月 日 危険物質保管庫責任者 (サイン)

出 庫 許 可 書

上記の危険物質を出庫することを承認します。

平成 年 月 日 危険物質管理者 (サイン)

※ 書類の流れ

使用者 → 危険物質保管庫責任者 → 危険物質管理者
(受入れ承認) (承認、出庫、写し保存)

使用者 ← 危険物質保管庫責任者 ←—————
(写し保存、受入れ)

危 険 物 質 廃 棄 願

平成 年 月 日

危険物質管理者 殿

使用者 所属
氏名

下記の危険物質を危険物倉庫へ廃棄のため返却したいので、承認願います。

記

品 名		
規 格		
容器容量		
容器数		
危険性 (チェック)	引火可燃 注水 毒・劇	引火可燃 注水 毒・劇
保管場所		

上記の危険物質の倉庫への廃棄のための搬出を承認します。

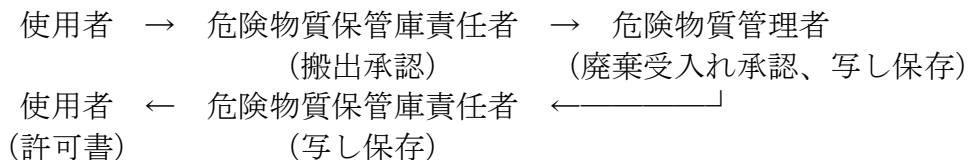
平成 年 月 日 危険物質保管庫責任者 (サイン)

廃 棄 返 却 受 入 れ 許 可 書

上記の危険物質を倉庫へ返却の為の返却受入れを承認します。

平成 年 月 日 危険物質管理者 (サイン)

※ 書類の流れ



貯留槽廃液廃棄処理願

平成 年 月 日

排水管理者 殿

排水管理担当者 所属
氏名

下記の貯留槽廃液を廃棄処理願います。

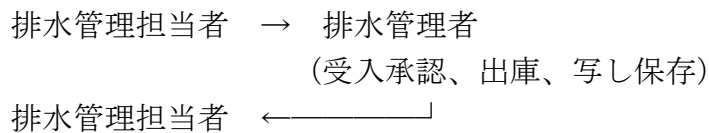
記

棟名		
貯留槽容量		
液量		
主な使用薬品		

上記の貯留槽廃液の廃棄のための受入を承認します。

平成 年 月 日 排水管理者 (サイン)

※ 書類の流れ



様式 1 (新規)

太枠内について記載して下さい。

実験装置安全審査申請書

申請日 平成 年 月 日

受 付：平成 年 月 日
登 録：平成 年 月 日
登録番号：

申請者	所属：	印
	内線番号 ()	

主幹等印		

実験装置名：	
実験期間： <input type="checkbox"/> 登録日～本年度末, <input type="checkbox"/> その他 (月 日 ~ 月 日)	
実験場所：	
実験内容：(様式任意で別紙を作成して下さい。ただし次の項目については特に記載して下さい。) ・主要装置図 ・主要装置の設置場所 ・実験手順の概要 ・安全対策 ・許認可事項の概要	
共同実験者：(所外者の場合, 所内世話人が申請者となり, 共同研究代表者を記載)	予想される危険項目： <input type="checkbox"/> 感電, <input type="checkbox"/> 酸欠, <input type="checkbox"/> 爆発, <input type="checkbox"/> 火傷, <input type="checkbox"/> 高所作業, <input type="checkbox"/> 高圧ガス (種類) , <input type="checkbox"/> 毒物危険物 (種類) , <input type="checkbox"/> 放射線被曝, <input type="checkbox"/> 非電離放射線被曝, <input type="checkbox"/> その他 ()
許認可事項： <input type="checkbox"/> 無し, <input type="checkbox"/> 有り (許可証の写し等, 手続きが完了していることがわかる書類を添付して下さい。)	

審査者		
特記事項		
<p>申請のあった上記の実験について安全確保の点から問題ないことを認めます。 なお実験に当たっては, 安全点検を実施するなど安全に十分注意して下さい。</p> <p>平成 年 月 日</p> <p style="text-align: center;">新規実験安全審査室長</p> <p style="text-align: right;">印</p>		

様式 2 (継続)

太枠内について記載して下さい。

実験装置安全審査申請書

申請日 平成 年 月 日

受 付：平成 年 月 日
登 録：平成 年 月 日
登録番号：

申 請 者	所属：	印
	内線番号（ ）	

主 幹 等 印		
------------------	--	--

※学生または所外者の場合、指導責任者または所内世話人を申請者とする

前年度登録番号：
実験装置名：
実験期間： <input type="checkbox"/> 登録日～本年度末， <input type="checkbox"/> その他（ 月 日 ～ 月 日）
共同実験者：（変更が有る場合記載して下さい。）
実験内容の変更，安全対策の改善： <input type="checkbox"/> 無し， <input type="checkbox"/> 有り（以下に概略記載，別紙添付可）
許認可事項： <input type="checkbox"/> 無し， <input type="checkbox"/> 有り

審査結果	継続 <input type="checkbox"/> 可， <input type="checkbox"/> 不可
特記事項	

申請のあった上記の実験について安全確保の点から問題ないことを認めます。
なお実験に当たっては、安全点検を実施するなど安全に十分注意して下さい。

平成 年 月 日

新規実験安全審査室長

印

太枠内について記載して下さい。

実験装置安全審査チェックリスト

記入日 平成 年 月 日

対策が取られている項目に「○」、該当しない項目には「-」を記入して下さい

実験装置名：		チェック
項目		
一般	過熱や高圧などを防止する適切な保護インターロックが組み込まれているか 冷却水を必要とする装置では流量インターロック等が組み込まれているか	
	放射線，高圧ガス，高周波，危険物などの許認可は不要か (出力 50W 以上の高周波発生装置は許認可の対象)	
装置 周辺	装置周辺は整理整頓されているか	
	実験室の出入り口および通路に不要な物を置いていないか	
	高所作業にならないか	
	落下防止対策はとられているか	
	標識表示は見やすい位置に適切にされているか	
	発火の予防対策，消火対策は適切か	
電 気 管 理	必要な保護具（保護めがね・安全靴・ヘルメット・手袋等）は備えられているか	
	高電圧，回転機械等，接触すると危険な箇所には「覆い」をしているか	
	機器類の配線ケーブルが実験時の障害とならないか	
	コンセントやテーブルタップは，たこ足配線等をしていないか	
ガ ス 管 理	テーブルタップは接地極をとってあるか	
	ガス配管には，ガス種，流れの方向を示すラベルはあるか	
	取り扱うガスの危険性，有害性，緊急装置等を調べているか	
	ガスボンベは，チェーンで固定する等，転倒防止措置がなされているか	
	ガス漏れ検知対策はとられているか	
薬 品 管 理	酸欠表示はされているか	
	排気対策はとられているか	
	毒物，劇物，特定化学物質を使用するときは手続きや管理は適切か	
	発光性・引火性・爆発性物質を火気や熱源から隔離しているか	
放 射 線	有機溶剤，特定化学物質はドラフト内で使用するようになっているか	
	廃液は分類基準に従い廃棄する対策はとられているか	
非 電 離 放 射 線	電離放射線の発生の恐れはないか（高電圧装置からの X 線など） 微量密封線源の使用の場合の線源管理は適切か	
	レーザー使用時，防護具は備えてあるか	
	表示はされているか	
	電磁場，漏洩磁場が考えられるときの対策はとられているか	
	心臓ペースメーカー使用者の立ち入り禁止等の表示はされているか	

様式4

太枠内について記載して下さい。

実験装置安全審査報告書

記載日 平成 年 月 日

審査者	印
	内線番号 ()

実験装置名：	
実験内容の説明	<input type="checkbox"/> わかりやすい, <input type="checkbox"/> わかりにくい, <input type="checkbox"/> 不十分
危険項目の予測	<input type="checkbox"/> 十分, <input type="checkbox"/> 不十分
安全対策	<input type="checkbox"/> 十分, <input type="checkbox"/> 不十分
許認可事項の取り扱い	<input type="checkbox"/> 適切または該当無し, <input type="checkbox"/> 不適切
所見：	
判定	<input type="checkbox"/> 安全である, <input type="checkbox"/> 指摘を反映すれば安全とみなせる, <input type="checkbox"/> 安全ではない

様式 5 (終了)

太枠内について記載して下さい。

実験装置使用終了報告書

報告日 平成 年 月 日

受理：平成 年 月 日

報告者	所属： _____ 印
	内線番号 (_____)

主幹等印		
------	--	--

登録番号：
実験装置名：
実験装置使用終了日： <input type="checkbox"/> 本年度末， <input type="checkbox"/> その他 (月 日)
使用終了後の実験装置の処置 (下記例のように，以下に概略記載，別紙添付可)
例1. 装置は解体撤去，電源・冷却水等のユーティリティは端末閉止措置を施した。許認可項目にあつては登録抹消の手続きを行い，機械油等の危険物は引き取り処分を依頼した。 例2. 電源・冷却水等のユーティリティは端末閉止措置を施し，真空槽は大気開放，充電部が残らないよう接地を施すなどの処置を行った。再利用の可能性があり，現場で保管する。 例3. 当面使用予定が無く，例2と同様な安全策を施し，保管場所(場所を明記)に移動，保管した。 例4. 他の機関(機関名，場所を明記)に移管した。
許認可事項が有る場合，使用終了後の許認可の処置： (以下に概略記載，別紙添付可)

安全ハンドブック (日本語版)

別册 参照

**Report on the 12th Meeting of the Joint Working Group of
the U.S.-Japan Coordinating Committee of Fusion Energy
on Safety in Inter-Institutional Collaborations
(U.S.-Japan Safety Monitoring Program)
Meeting in Japan, March 9-22, 2008**

A. PURPOSE

The purpose of the 12th meeting of the U.S.-Japan Safety Monitor Joint Working Group was to informally evaluate the programmatic aspects of environmental, health and safety (ESH) programs in Japanese fusion research facilities by touring laboratory areas and meeting with researchers and safety professionals. Based on these interactions, the U.S.-Japan delegation was able to share information and provide suggestions in an effort to reduce the likelihood of bodily injury and/or property damage. In addition, good approaches and practices developed at different institutions should be utilized to improve environmental, health and safety programs at other institutions.

B. EXECUTIVE SUMMARY

The U.S. participants in the 12th meeting of the U.S.-Japan Safety Monitor Joint Working Group conducted from March 9-22, 2008 were:

Richard Savercool, Fusion Safety Manager, General Atomics (3/9 – 3/22)
Keith Rule, Senior Program Engineer, Princeton Plasma Physics Lab (3/9 - 3/22)
Lee Cadwallader, Fusion Safety Analyst/Advisor, Idaho National Lab (3/9 – 3/15)

The main Japanese Participants were:

Dr. Yuichi Takase (University of Tokyo)
Dr. Yousuke Nakashima (University of Tsukuba)
Dr. Mamiko Sasao (Tohoku University)
Dr. Takashi Maekawa (Kyoto University - Yoshida Campus)
Dr. Hiroyuki Okada (Kyoto University - Uji Campus)
Dr. Hideki Zushi (Kyushu University)
Dr. Takayoshi Norimatsu (Osaka University)
Dr. Akio Komori (NIFS)
Dr. Masayasu Sato (JAEA)

The Safety Monitor Tour is an exchange of information between U.S. and Japanese fusion researchers to review personnel safety at fusion experiments operated in each country. This work is part of U.S. Department of Energy exchanges; the tour is listed in the DOE Coordinating Committee of Fusion Energy (CCFE) version 27-10, the safety monitoring tour for the U.S.-Japan Cooperation. Every two years a tour is conducted where safety professionals walk through fusion facilities and review the safety precautions at the selected facilities. In February 2006, the Japanese contingent came to the US and the US contingent visited Japan in March 2008.

Overall impressions of the labs and universities were very good. After the previous U.S. visit in February 2004, the major Japanese universities were incorporated into the Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT). One result of this change was that the major universities are now subject to Japan national rules for occupational and industrial safety. Some of the professors stated that compliance with some of the national laws and rules was expensive, but overall we noted the facilities were cleaner, less cluttered, and tools were better organized. There was better attention to gas cylinder safety, more safety signs were in use, and more attention to general industrial safety than in past visits. As always, the facilities with

larger annual operating budgets tend to have more safety provisions. It is a well known, but not quantified, safety principle that well-run, safe facilities are cleaner, more productive, and more efficient than facilities that do not practice safety.

There were many port covers and flanged openings at all of the facilities we visited. However, few were designated or labeled as confined spaces. In addition several facilities did not have a formal program for personnel entry into these spaces. Confined spaces may be encountered in virtually any occupation; therefore, their recognition is the first step in preventing fatalities. Since deaths in confined spaces often occur because the atmosphere is oxygen-deficient, toxic or combustible, confined spaces that contain or have the potential to contain a serious atmospheric hazard should be classified as Permit-required confined spaces and should be tested prior to entry and continually monitored. We would like to suggest that the facilities consider using some form of the U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) regulations with regard to confined spaces. The following web link can be used to obtain information and resources:
<http://www.osha.gov/SLTC/confinedspaces/recognition.html>

We would also like to provide information in regard to the U.S. fall protection programs. In the U.S. all fall protection products fit into four functional categories. 1. Fall Arrest; 2. Positioning; 3. Suspension; 4. Retrieval. A fall arrest system is required if any risk exists that a worker may fall from an elevated position. As a general rule, the fall arrest system should be used anytime a working height of six feet or more is reached. A full-body harness with a shock-absorbing lanyard or a retractable lifeline is the only product recommended. A full-body harness distributes the forces throughout the body, and the shock-absorbing lanyard decreases the total fall arresting forces. A positioning system holds the worker in place while keeping his/her hands free to work. Whenever the worker leans back, the system is activated. However, the personal positioning system is not specifically designed for fall arrest purposes. Suspension systems lowers and supports the worker while allowing a hands-free work environment, and is widely used in window washing and painting industries. Retrieval Preplanning for retrieval in the event of a fall should be taken into consideration when developing a proactive fall management program. We suggest the following web links for more specific guidance:
http://www.osha.gov/Region7/fallprotection/fall_protection_info.html
<http://www.hfes.org/web/hfesnews/fallarrestsizing.pdf>

The U.S. visitors also noted that there have been several new machines built and operated since the 2004 visit. These new machines indicate not only a healthy research program but also the need to continue performing these safety walkthrough tours.

The U.S. safety personnel making this trip were Lee Cadwallader from the INL Fusion Safety Program, Rick Savercool, the Fusion Safety Manager of the DIII-D fusion experiment operated by General Atomics in San Diego, California, and Keith Rule, a Senior Program Engineer from the Princeton Plasma Physics Laboratory in New Jersey. The U.S. trip itinerary is listed in section E.

C. Sites Visited

March 19 – National Institute for Fusion Science

Contacts:

Dr. Akio Komori, NIFS
Dr. Nobuaki Noda, NIFS
Dr. Osamu Kaneko, NIFS
Dr. Masashi Iima, NIFS
Dr. Hiroshi Yamada, NIFS
Dr. Kazuya Takahata, NIFS
Dr. Kiyohiko Nishimura, NIFS
Mr. Hiromi Hayashi, NIFS

US Participants:

Rick Savercool (GA)
Keith Rule (PPPL)

We appreciate the opportunity to meet with the Director of LHD project, Dr. Komori. Dr. Kaneko and Dr. Noda greeted us and provided the extensive tours of the many facilities at NIFS along with Dr. Nishimura. The Large Helical Device is the latest research experiment at this facility which utilizes hydrogen gas and heating power up to 25 MW to research the continued possibilities associated with fusion energy. In addition to the LHD, NIFS also provides research and development facilities for superconducting magnet systems, fusion reactor materials, fusion engineering research and university-based studies in physics.

Issues called to the attention to the lab staff:

Superconducting Laboratory

- ◆ Facility was very clean and organized.
- ◆ Protection of wiring and hoses on floors was very good.
- ◆ Please consider installing additional toe-boards at base of railings for all elevated areas. Some areas did have proper installations.
- ◆ Please consider using a face shield when transferring liquid nitrogen from one dewar to another.
- ◆ Please consider using a checklist or installing interlocks to ensure personnel safety prior to conducting operations. Such methods do not currently exist.
- ◆ Remove heavy items on top of cabinets. Items could fall and cause injury during an earthquake.
- ◆ Please consider installing machine guards on rotating shafts for pumps in basement.
- ◆ Please post sign at entry to area when ear protection is required.

Fusion Engineering Laboratory

- ◆ Please consider improving personnel access around the neutral beam areas.
- ◆ Please consider improving material storage to improve access to electrical panels. Access to several panels was blocked.

- ◆ A panel cover was removed from an electrical panel on a wall and covered with plastic sheeting. The panel cover was then leaning against plastic sheeting and could then come in contact with internal areas of panel. Please consider a better method or replace panel cover.

Research and Development Laboratory

- ◆ Protection of equipment and personnel in the event of seismic events was very good. Cabinets and shelving were fastened to walls.
- ◆ Several areas need to be reviewed for proper protection of wiring on floor surfaces.
- ◆ Please consider improving material storage to improve access to electrical panels. Access to several panels was blocked.

D. ACKNOWLEDGEMENTS

The U.S.-Japan Safety Monitor JWG members would like to thank all the individuals who participated in the facility tours. The U.S. JWG members especially thank the hosting institutions for their very gracious hospitality. In addition, the U.S. members were very appreciative of Yuichi Takase (the Japanese team leader) and others for their efforts in organizing the trip and providing guides as needed. Their attention to detail, prior to and during the trip, made the entire event both profitable and enjoyable to all.

E. AGENDA

Saturday, March 8, 2008 - All three JWG members depart the U.S.

Sunday, March 9, 2008 - All members arrive in Japan.

Monday, March 10, 2008 - Visit Kashiwa campus of the University of Tokyo.

Tuesday, March 11, 2008 - Visit University of Tsukuba. Travel to Sendai.

Wednesday, March 12, 2008 - Visit Tohoku University. Travel on to Kyoto.

Thursday, March 13, 2008 - Visit Yoshida campus of Kyoto University.

Friday, March 14, 2008 - Visit Uji campus of Kyoto University.

Saturday, March 15, 2008 - Lee Cadwallader returns to the US.

Sunday, March 16, 2008 - Travel to Fukuoka

Monday, March 17, 2008 - Visit Kyushu University. Travel to Osaka.

Tuesday, March 18, 2008 – Visit Osaka University. Travel to Nagoya.

Wednesday, March 19, 2008 – Visit the National Institute for Fusion Science (NIFS).

Thursday, March 20, 2008 – Travel to Mito.

Friday, March 21, 2008 – Visit the Japan Atomic Energy Agency (JAEA).

Saturday, March 22, 2008 - Travel from Mito to Narita airport. Rick Savercool and Keith Rule depart for U.S. and arrive in U.S. the same day.

安全ハンドブック (英語版)

別冊 参照



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/>