

核融合研究連絡委員会報告

核融合炉工学における共同研究拠点の整備について

平成8年6月28日

日本学術会議

核融合研究連絡委員会

本報告は、第16期日本学術会議核融合研究連絡委員会の審議結果を取りまとめて発表するものである。

委員長	関口 忠 (第4部会員)	東京大学名誉教授
幹事	井上信幸	東京大学大学院工学系研究科教授
	宮 健三	東京大学工学部教授
委員	住田健二 (第5部会員)	原子力安全委員会委員 (大阪大学名誉教授)
	伊達宗行 (第4部会員)	日本原子力研究所先端基礎研究 センター長 (大阪大学名誉教授)
	三井恒夫 (第5部会員)	東京電力(株)最高顧問
	阿部勝憲	東北大学大学院工学研究科教授
	飯吉厚夫	文部省核融合科学研究所長
	一政祐輔	茨城大学理学部教授
	鹿園直基	日本原子力研究所理事
	中井貞雄	大阪大学レーザー核融合研究 センター教授
	山科俊郎	北海道大学大学院工学研究科教授
	吉川 潔	京都大学エネルギー理工学研究所 教授

要 旨

核融合エネルギーの研究開発は、その先端部分において、漸くその科学技術的実証を行うための実験炉の建設を構想する段階に入っている。すなわち、1988年中頃より、日本、欧州連合（EU）、米国および旧ソ連邦（現ロシア）の4セクターを中心として、大型国際協力によるトカマク型国際熱核融合実験炉（ITER）の共同設計、要素技術開発、建設計画が鋭意進められており、我が国はその重要な一翼を担っている。さらに我が国では、約10年前から日本原子力研究所においてトカマク臨界プラズマ試験装置（JT-60）が稼働中であり、現在なお主に炉心プラズマの性能に関し世界的なトップデータを更新し続けている。一方、文部省核融合科学研究所においては、炉心プラズマに関し科学技術的な観点からトカマクとは相補的な性格を持つ大型ヘリカル装置（現時点では世界最大級の超伝導マグネットシステムを持つ）の建設が鋭意進められており、その完成も間近い。また、磁気閉じ込め核融合とは原理的に大きく異なる慣性核融合についても、爆縮の物理と工学技術の両面で飛躍的な進歩を遂げて来ている。

この様に、エネルギー発生源となる核融合炉心プラズマを中心とする研究は急進展しつつあり、また、将来の核融合炉達成に不可欠なエネルギー取り出しに関わる核融合炉工学分野の多岐に亘る研究開発も、現時点では目前の上記ITER設計およびそれに必要な要素技術開発に向けて、我が国では主に日本原子力研究所を始め、科学技術庁傘下の各研究所と産業界が最大限の努力を傾注しており、各大学も基礎面においてこれに貢献している。

この核融合炉工学分野の現時点での最大の問題点は、ITER等の実験炉建設の段階では、最終的に必要と思われる多くの新技術を一挙に全て盛り込むことは不可能と判断されることである。重要な一例を挙げれば、核融合炉を構成する構造材料の問題がある。核融合炉は色々な理由から、相対的により高度な安全性と環境保全性が見込まれるが、これらの観点から最終的に残る問題は低放射化構造材料の探索、実用化の問題である。この目的に向けて、従来のオーステナイト・ステンレス鋼に替わる新材料が必須であり、このためフェライト鋼、各種バナジウム合金、セラミックス等が構想され、一部基礎研究が開始されている。しかし、これら諸新材料の本格的な探索、実用化に必要なリードタイムは可成り長いと予測され、またその性格上、長期的な視点からの大学等における先導的かつ精力的な研究が不可欠である。これは一例であり、その他にも、慣性核融合分野をも含めて、大学等での早期着手が必須な先駆的、長期的な研究課題が少なくない。

本報告書は、核融合エネルギーの早期実現を目指し、上記の長期的かつ幅広い視点から、特に大学等において先導的に着手する必要がある幾つかの分野を取り上げ、従来の研究成果を考慮して、早急に取るべき具体的施策としての共同研究拠点の整備について提言するものである。

1. はじめに

当核融合研究連絡委員会は、日本学術会議第15期において、核融合研究開発の世界並びに我が国の情勢を精査し、特に必要と思われた我が国大学関係の核融合炉工学分野の研究活動の拡充・整備問題に関して検討を行い、その結果を核融合炉工学「共同研究拠点」の整備についてと題する報告書にまとめ、平成6年2月25日に公表した。

これは、各大学の研究室レベルの研究と中枢研究所（現文部省核融合科学研究所）の中間の規模を持つ研究センター的な施設・設備（共同研究拠点）を、10年程度の期間内に、分野に応じて全国に7カ所設置することを提言内容としており、この分野における重点的な施設・設備の整備が長期的視点から不可欠であることを訴えたものである。

第16期に入り、この報告書の内容は、その後のITER国際共同事業、日本原子力研究所のJT-60、並びに文部省核融合科学研究所の整備とLHD装置建設の進展などの諸情勢の変化を踏まえて議論を一層深め、より重点化を図ることが必要であると考えられた。

一方、第15期における上記当研究連絡委員会の活動と並行して、文部省科学研究費による核融合研究全体のネットワーク化構想が討議・検討された。これは、各共同研究拠点をネットワーク的に運営し、研究企画および共同研究を有機的連携の下に実施することにより、研究の効率的推進を図ると共に、人材の有効活用と育成に貢献することを意図したものである。

これら拠点共同研究構想とネットワーク構想は、核融合炉工学分野における縦系と横系をなし、これらが有機的に結びつき運用されてこそ、長期的視点に立った効率的な核融合研究開発の推進が可能と考えられる。

以上を踏まえ、第16期日本学術会議核融合研究連絡委員会は、特に大学等において、核融合炉工学分野の研究を先導的に実施し、革新的技術のシーズを生み出すと共に、核融合エネルギー開発をリードする工学研究を行うための、計画的かつ組織的な研究推進体制をより綿密に検討し、ここに再度提言するものである。

2. 基本方針と審議経過

本第16期においては、前第15期報告書の主な内容である大学における共同拠点研究構想をより一層重点化することを軸とし、以下の基本方針の下に討議・検討が行われた：

- (1) 長期的視点に立って核融合炉工学分野の先導的研究の進展を図るためには、a) 大学等、日本原子力研究所を始めとする科学技術庁傘

下研究所，通商産業省工業技術院傘下の各国立試験研究機関，並びに産業界の各セクターの役割分担と相互協力，b) 国際協力の一層の強化，並びにc) 若手研究者の育成，供給の3つが主軸となること。

- (2) 共同研究拠点の提言に当たっては，当該各分野の全国的研究体制，従来の研究実績，拠点化により期待される成果，学内外からの支援体制等の実状を精査し，具体的に評価を加えた上で、優先順位を明確にすることを目標とすること
- (3) 現文部省核融合科学研究所の役割（COEを含む）と，共同研究の活用、別途科学研究費で検討されたネットワーク構想との関連を慎重に考慮すること。

以上の基本方針の下に、2回にわたり炉工学各分野のレビューを行うと共に、各分野から共同研究拠点に関する具体的な構想、提案を聴取し、これらに基づく多くの討議・検討を経て本報告書が纏められた。

3. 炉工学各分野における研究拠点の整備についての検討結果

以下に、炉工学各分野についての検討結果を示す。

(1) 核融合炉材料

東北大学金属材料研究所附属材料試験炉利用施設（茨城県大洗）は、すでに中性子照射研究を中心とした核融合炉材料の全国共同研究施設として多くの研究者が利用し、実績があると認められる。しかし、施設利用量の増加、設備の老朽化、日米協力照射研究（JUPITER計画）に対する国内体制整備の必要性などの点から見て、ホット・ラボラトリー（hot laboratory）を中心とした研究設備の再整備が急務である。以上の点から、研究拠点整備のなかでも高い優先度を有するものと認められる。

併せて提案されている中性子照射設備は、核融合炉材料研究にとって必須の設備であり、大学で特徴ある設備を整備する必要性は高いと認められるが、今後、国内及び国際的強力中性子源計画との役割分担を検討する必要がある。中性子照射設備は、構造材料だけでなく、炉内材料、中性子工学、ブランケット工学など広い分野で必要とされており、また、装置の設計、建設、運転においては、加速器技術、液体金属熱流体工学、トリチウム取扱い技術等の分野からの支援が必要であり、かつそれらの分野の研究対象としても活用し得るものである。中性子照射設備は、炉工学の総合的な研究設備と位置付けられ、炉工学全体で具体案とその進め方を検討する必要がある。また、建設サイトとしては、東北大学金属材料研究所附属材

料試験炉利用施設に隣接する地区が最適と考えられる。

(2) ブランケット工学

ブランケット工学は極めて多岐に渡る総合工学であり、大学で取り上げるべき基礎的テーマが多い。東京大学工学部附属原子力工学研究施設は、核分裂・核融合工学が一体となった研究・教育を推進し、日本原子力研究所等の近隣原子力関連施設との連携も強く保っているという特徴があり、このような場で核融合炉工学の基礎分野における研究・教育を重点的に発展させることの意義は大きいと考えられる。当研究施設では、全国共同利用としての研究センター化構想が進められており、ブランケット粒子制御工学を中心として、基礎的観点から炉工学の体系化を目指す研究・教育の拠点として整備の必要性が認められる。

(3) トリチウム生物影響

日本のトリチウム生物影響研究における大学の役割が大きいことを考慮し、提案された広島大学原爆放射能医学研究所を候補として研究拠点の整備が望まれる。ただし、トリチウム生物影響関連の実験は日本では大きな制約を受けているのが現状であり、役割分担を明確にしたカナダ等との国際協力研究の推進が望まれる。

(4) プラズマ・壁相互作用（炉内材料工学）および超伝導工学

これら両分野は、現時点では、LHD装置や実験炉への適用に関する研究課題に重点が置かれていること、核融合科学研究所との共同研究により研究が進展しつつあることなどの諸事情を考慮する必要がある。研究拠点としては核融合科学研究所がその機能を担うと位置付けられるとともに、幾つかの地区センター的な比較的小規模の整備が提案されている。

(5) 中性子工学

中性子工学は、核融合炉材料、ブランケット工学、システム安全性など多くの炉工学分野と関連して横断的に寄与する研究分野である。これまで、核融合炉特有の核データ、放射線輸送、核計装などに関する基礎研究が、大阪大学工学部の14 MeV 中性子源施設オクタピアンなどの共同利用を中心に、効率的に展開されてきた経緯に鑑み、これら中性子工学実験設備の増強計画に関しては、(1)と相補的な研究計画を立案、推進する可能性を検討すべきと考えられる。

(6) トリチウム理工学

大学で取扱い可能なトリチウム量が極めて限られている現状では、トリチウム大量取扱いについては日本原子力研究所などとの協力研究を推進することが重要と考えられる。トリチウムを取り扱う研究サイトを新たに設置することは多くの困難を伴うので、現在各大学、特に現在最も取扱量の多い富山大学付置水素同位体機能研究センターの設備の有効利用と老朽化に対応した再整備が必要であると認められる。

(7) システム安全性

システム安全性研究は今後特に重要となる分野である。大学においては研究グループの組織化を行い、協力研究体制の整備、拠点の具体像と整備すべき設備など、さらに検討が必要である。

(8) 慣性核融合炉工学

高エネルギー・ドライバーによる固体燃料ペレットの爆縮を原理とし、開表面液体金属流をプラズマ対向第一壁およびブランケットとする慣性核融合では、その技術的成立性を左右する基幹技術として、特徴的な炉工学課題がある。さらに炉用ドライバー工学、燃料ペレット工学が独特の技術分野として加わる。これまで大阪大学レーザー核融合研究センターを中心として、全国の関連炉工学およびレーザー研究者により進められてきた炉設計作業およびIAEAによる慣性核融合炉技術に関する国際協力レビュー作業等を通して、研究開発課題、その現状と動向が明らかにされて来ている。慣性核融合炉工学は、大阪大学レーザー核融合研究センターを拠点として、我が国におけるネットワーク、磁場核融合炉工学との連携等、研究開発推進の方策を検討する必要がある。

4. 大学等における核融合炉工学研究推進体制の整備について

以上の討議・検討結果に基づき、大学における核融合炉工学分野の研究推進体制の整備について、以下の提言を行う。

(1) 核融合炉材料分野の共同研究拠点として、中性子照射材料研究のためのホット・ラボラトリーの整備が早急に行われるべきである。このような整備の進め方としては、東北大学金属材料研究所附属材料試験炉利用施設(大洗施設)などの、既にホット・ラボラトリーとして活用されている設備の整備・拡充が望ましい。

(2) プランケット工学は、多岐に渡る総合工学であり、大学では粒子制御分野を中心とする基礎工学分野に重点を置いた取り組みが必要である。そのような形の研究拠点として、幅広く原子力関連の基礎工学を推進している施設の活用が考えられる。

(3) トリチウム生物影響分野では、トリチウム研究の活発なカナダ等との国際協力を推進しつつ研究を拡大進展させることが望まれ、そのための研究者の組織化をはかる必要がある。

(4) 核融合科学研究所の共同研究制度の充実により、重点的に炉工学研究を推進する必要がある。特にプラズマ・壁相互作用(炉内材料工学)および超伝導工学分野では、核融合科学研究所が拠点としての役割を果たすとともに、共同研究制度の有効的利用により全国各地域における研究の推進も図られるべきである。

(5) 核融合炉工学分野において実績がある日本原子力研究所等との協力研究は、今後とも一層の推進がはかられる必要があり、特に国内共同研究作業を要するプラズマ-炉壁材料相互作用データや核データ関連の活動、またトリチウム取り扱いを含む分野等では極めて重要である。

(6) 中性子照射設備は、大学の特徴を生かした研究を進展させ、材料開発等を行うために拡充・整備の必要性が極めて高い。その実現に向けて、核融合科学研究所を基盤とする研究組織のあり方を早急に検討する必要がある。

(7) 国際協力による研究の推進を一層進める必要がある。現在進行中の日米協力中性子照射研究「JUPITER計画」の着実な遂行と国内支援体制の整備、日本では大きな制約を受けるトリチウム生物影響関連の実験研究の国際協力による推進等が強く望まれる。

以上

なお、本報告書内容の討議には、本研究連絡委員会委員以外に、以下の各位に特に参加頂いたことを付記しておく：

香山 晃	京都大学エネルギー理工学研究所教授
近藤 達男	東北大学大学院工学研究科教授
室賀 健夫	文部省核融合科学研究所教授
杉崎 弓	工業技術院電子技術総合研究所部長
森 茂	(財)環境科学技術研究所理事長
関村 直人	東京大学大学院工学研究科助教授
小野 靖	東京大学大学院工学研究科助教授