

大学における核融合研究の展開について

(報 告)

平成10年1月19日

学術審議会特定研究推進分科会原子力部会

〔目次〕

はじめに	1
1 核融合研究の現状について	1
2 プラズマ閉じ込め方式による先駆的・基礎的研究の在り方について	2
(1) ヘリカル方式	2
(2) トカマク方式	3
(3) その他のプラズマ閉じ込め方式	3
① トカマク以外の環状電流系磁場閉じ込め方式	3
② 磁気ミラー方式	4
③ 慣性閉じ込め方式	4
3 核融合炉工学の研究への取り組みについて	5
(1) 核融合炉材料研究	5
(2) 超伝導コイルの研究開発	6
(3) ブランケット工学の研究	6
(4) トリチウム製造の研究	6
(5) 中性子工学の研究	6
(6) 核融合炉の概念設計の研究	6
4 核融合研究のネットワークの構築について	7
5 人材養成の在り方について	8
（付録） 大学における核融合研究の展開について（報告）－用語解説－	9

「大学における核融合研究の展開について（報告）」

はじめに

我が国の大学における核融合研究は、将来のエネルギー源としての核融合炉の実現等のため、幅広い領域にわたる高度な基礎科学の研究が着実に進められてきている。

本報告は、昭和61年2月の学術審議会特定研究領域推進分科会核融合部会による「大学における今後の核融合研究について」の報告に沿って平成元年度に創設された核融合科学研究所に平成9年度にLHD（大型ヘリカル装置）が完成することに伴い、この報告から10年を経過した今、大学における今後の核融合研究の位置づけを改めて明らかにする必要があることから、この度、東北大学金属材料研究所附属材料試験炉利用施設、筑波大学プラズマ研究センター、東京大学大学院工学系研究科・理学系研究科、富山大学水素同位体機能研究センター、核融合科学研究所、京都大学エネルギー理工学研究所、大阪大学レーザー核融合研究センター、九州大学応用力学研究所附属炉心理工学研究センターの8機関から、これ以外の機関については核融合科学研究所長から、核融合研究活動の現況、得られた成果、今後の課題等についての説明を受け、それをもとに、核融合炉実現のための各種のプラズマ閉じ込め方式による先駆的・基礎的研究、関連研究機関との連携及び炉工学研究の推進等の在り方について検討を行い、本報告を取りまとめるに至ったものである。

1 核融合研究の現状について

核融合研究は、21世紀の世界のエネルギー問題の解決に大きく貢献することが期待され、世界各国の協力のもとに研究が行われている。我が国においては、大学、大学の研究所、日本原子力研究所、通商産業省や科学技術庁傘下の研究所等が、原子力委員会核融合会議のもとで、緊密な連携を図りつつ核融合研究を実施しており、世界における最先端の研究成果をあげている。また、核融合研究は、プラズマ物理学や宇宙物理学、あるいは原子力工学や材料工学等の学術分野の発展を刺激し、一方で産業における先端技術開発にも多大の貢献を果たしている。

大学における核融合研究は、昭和61年2月に学術審議会特定研究領域推進分科会核融合部会より出された「大学における今後の核融合研究について」の報告等に沿って推進されつつある。平成元年度に大学共同利用機関として、核融合科学研究所が岐阜県土岐市に創設され、世界最大級の外部導体系大型ヘリカル装置LHDの建設が予定通り進行しており、その運転開始と得られる研究成果に対して、大きな期待が寄せられている。このほか、大学における既存の各種核融合研究設備については、その改造等により活発な研究が行われ、一定の成果があげられてきている。

なお、科学研究費補助金の分科細目の見直しに伴い、核融合学が新たな細目として採用されたことは大学の核融合研究の発展に大いに資することとなった。

これらの結果、高温プラズマの発生・閉じ込め・加熱に関する理解が一段と深まり、また核融合炉構造材料研究をはじめとする炉工学研究の進歩につながっている。

また、大学の核融合研究においては、国際交流や国際共同研究も盛んであり、大学は、日米科学技術協力協定、日・EC協力協定、IEA（国際エネルギー機関）傘下の協力協定、IAEA（国際原子力機関）傘下の協力協定等、核融合に関する多数の協力協定の実施に関与している。関連学会における国際セッシ

ヨンの導入、国際会議の頻繁な開催などにより、国際的な視野で研究活動が活発に行われている。これらの国際協力により、核融合研究が大きく進展し、若手研究者が国際社会で成長し、活躍する機会が増加している。なお、欧州連合が新たな超伝導コイル付きヘリカル装置をドイツ国内に建設することを決定したことから、大学間の日欧協力が格段に発展することが期待されるとともに、今後はアジア諸国との協力をも念頭におきつつ、運転が開始されるLHD、ならびに我が国の大学の多彩な核融合実験装置を用いた国際共同研究の一層の進展が見込まれる。

大学以外の核融合研究では、日本原子力研究所がJT-60（大型トカマク装置）により、欧州連合のJET（大型トカマク装置）とともに世界で初めて臨界条件を達成した。

諸外国の研究では、JETと米国のTFTR（大型トカマク装置）で実際にDT燃料を用いた実験が行われ、10MW台の核融合出力の発生をみたことが注目に値する。このことは、炉心プラズマにおけるアルファ粒子によるプラズマ加熱の実証等のみならず、トリチウム取り扱い技術の確立など、核融合炉工学の上でも有意な成果である。なお、TFTR計画は所定の目標を達成して、平成9年に完了した。

国際的には、日本、米国、欧州連合、ロシアの4国が共同して、ITER（国際熱核融合実験炉）計画を推進している。ITER計画は、自己点火条件の達成と長時間核燃焼、原型炉に必要な統合技術の開発と試験等を目標とするものであり、現在工学設計活動が行われているところである。我が国では日本原子力研究所がこの計画を担当しており、大学の研究者は、大学と日本原子力研究所との協定を通して多数参加し、寄与している。

以上のように、これらの大型装置による炉心研究によってプラズマの閉じ込めパラメーターが向上し、実用化に向けての勢力が進む一方で、磁気閉じ込めプラズマ及び慣性核融合プラズマに関する知見が拡充深化し、炉心プラズマ科学は学術としての深みを増すことになった。こうした進歩により、より優れた核融合炉概念を探索する基盤が強化されつつあることから、欧米では多様な先進的炉心プラズマ研究を再構築し、長期的展望の下で学術としての核融合研究を発展させる方向に動き始めている。我が国の大学等における核融合研究においては、JT-60やLHDによる研究と同時に、先進的炉心プラズマ研究においても、この間に大きな進展が図られ、このような国際動向に極めて重要な貢献を果たしている。LHD計画をはじめとする我が国の核融合研究の推進は、大学、研究所、企業における層の厚い人材の蓄積があってはじめて可能である。このため、大学、日本原子力研究所は双方の研究の特質を活かし、相補的かつ緊密な連携がますます必要となり、双方の統一のとれた組織的連携が極めて重要となっている。

なお、行財政改革の進展及びこれに伴う原子力関連施策についての様々な議論の動向などを踏まえながら、今後の核融合研究についても、大学における基礎研究と日本原子力研究所をはじめとする、大学以外の研究開発との連携の在り方などについて更に必要な検討を進めるべきである。

2 プラズマ閉じ込め方式による先駆的・基礎的研究の在り方について

我が国の大学では、核融合の主要装置としてヘリカル方式を採用し、併せて、環状電流系磁気閉じ込め方式、磁気ミラー方式、慣性閉じ込め方式など、多岐にわたる閉じ込め方式の基礎研究が、炉心プラズマに関する体系化された知識基盤の構築のために行われている。

(1) ヘリカル方式

ヘリカル方式では、プラズマ閉じ込め磁場を内部電流を駆動せずに外部コイルにより発生させるために、電流による重大な不安定性の発生がなく、長時間連続して運転・研究することが可能である。このことは環状系の閉じ込めに関する基礎的な研究のためにも、また経済性のよい炉の実現にも有利である。

これらの理由により、ヘリカル方式はプラズマ電流を要するトカマク方式の補完的役割を担うものである。したがって、我が国の核融合研究において、日本原子力研究所が大型トカマク方式で開発を行う一方で、大学がヘリカル方式を主要計画と位置づけて、共同研究を通して学術的貢献を果たすことは適切であると考えられる。

LHDは大学の研究者の英知を集めて設計され、建設が順調に進んでいる。この装置の設計のために世界の主要ヘリカル装置による実験データの集積、解析が行われ、ヘリカル系閉じ込めの比例則が確立されたが、この比例則がトカマク方式のそれとほぼ一致することの発見は、トロイダル磁気閉じ込めの共通的理解に大きく寄与した。LHDに先立ち核融合科学研究所に設置されたヘリカル装置では、高圧力プラズマの閉じ込め、プラズマ内の電位の詳細測定による新現象の発見、ヘリカル系における高性能閉じ込めモードの発見等の成果が得られており、今後LHDへの一層の寄与と閉じ込めの最適化に向けた新しい展開が期待される。また、京都大学のヘリカル装置はLHDの原形であり、閉じ込め比例則確立に寄与する等、支援的役割を十分果たしており、現在新たな閉じ込め配位の検討がなされている。

(2) トカマク方式

プラズマ中に電流を流す環状磁場閉じ込めの主たる方式は、トカマク方式である。現在の核融合装置の多くは、プラズマ閉じ込め性能の優れたトカマク方式を採用しており、今後は、ITER計画に代表される自己点火プラズマの実証と同時に、高性能化、高効率化、かつ定常化を目指した研究を推進している。しかしながら、トカマク方式では電流が突然切れる崩壊不安定性が起こり、核融合反応が突然停止したり、強力な電磁力が発生して装置の破損を招く可能性があり、さらに、定常運転のためにはプラズマ中に大電流を維持する技術確立が必要がある。電流崩壊不安定性の制御と高効率電流駆動法の開発は、トカマク方式における今後の最重要課題である。

大学のトカマク装置では、世界初の超伝導コイルを用いての長期にわたる安定した運転の継続など、核融合技術開発に重要な貢献を果たした。また、高周波電流駆動とプラズマの精密制御により、2時間を超える定常運転が達成され世界の注目を集めている。

(3) その他のプラズマ閉じ込め方式

トカマク方式に代わる、いわゆる代替方式では、ヘリカル方式を含めプラズマ閉じ込め特性においては未だトカマク方式に及ばないものの、経済性、安全性、工学的利点等についての優位性が期待される研究が行われている。加えて、各種方式で研究対象とするプラズマは、温度、密度、閉じ込め条件等が互いに異なり、それぞれがプラズマの術達いに広いパラメータ領域の部分々々をカバーしている。このため学術的観点からは、各種方式についての研究はプラズマの複雑多様な振る舞いの総合的理解に極めて有効であり、研究成果はトカマク方式のみならず、核融合炉心開発に著しく貢献してきたものと考えられる。

我が国の大学では、ヘリカル方式、トカマク方式以外にも以下のようなプラズマ閉じ込め方式に関する研究が行われている。

① トカマク以外の環状電流系磁場閉じ込め方式

トカマク以外の環状電流系磁場閉じ込め方式は、磁場構成をもとに、球状トーラス、ULQ（極低q放電）、スフェロマック、コンパクトトーラス、RFP（逆磁場ピンチ）と分類される。ULQ領域の準安定放電は我が国の大学で発見され、諸外国に波及した。このような種々の磁場構成の研究は、コンパクトで低コストの核融合炉開発に寄与するのみならず、ヘリカル方式やトカマク方式とともにプラズマのトロイダル磁場閉じ込めの総合的知識基盤を構築する上で重要である。このような研究は、

先駆的・基礎的研究を推進し、知識の総合化を担う大学の研究として適しており、今後より充実発展させる必要がある。また、これらのプラズマにおいて観測される自己組織化やダイナモ効果、あるいはカオスや乱流等、強い非線形現象についての研究も精力的に行われており、その成果に基づく核融合研究以外の研究分野への学術的発信やそれらとの交流も盛んである。これらの環状電流系の研究は、学生にも扱える比較的小規模な装置を用いて行われており、大型核融合開発計画等に必要な多くの人材養成にも貢献している。

② 磁気ミラー方式

ミラー方式は、トカマク方式やヘリカル方式等の環状系とは異なる閉じ込め原理と単純な装置構成、熱粒子の制御の容易さなど大きなメリットを備えている。特に、最近のミラー方式は、複合ミラー（タンデムミラー）方式が中心で、電位と磁場を併用する特異な閉じ込め手段を用いており、我が国の大学を中心に研究が行われている。これまでの成果として、プラズマ中にキロボルトを超える電位差の発生に成功し、これを用いた高温プラズマの閉じ込め制御を立証するとともに、閉じ込め実験例の確立と理論的説明がなされた。さらに、非等方圧力高ベータプラズマの実現やその安定保持の機構説明に成果をあげている。また、 10keV を超える高イオン温度プラズマが達成され熱核融合中性子を観測している。ミラー方式で研究解明された径電場によるプラズマの安定化や磁力線に沿った電位制御は、近年、環状系の閉じ込め改善モードの機構説明やダイバーターの熱粒子制御の開発に大きな寄与をなしている。

③ 慣性閉じ込め方式

慣性核融合方式は、磁場核融合方式とは全く異なる原理によるものであり、密度をはじめとするプラズマパラメーターが磁場核融合のそれとかけ離れているために、両者は互いに相補的な関係にあるといえる。過去10年の間に、慣性核融合方式の実験的・理論的研究は大きく進展し、その学術的な理解が深められた。特に既存設備の活用・改良によって行われた我が国の大学の研究において、慣性核融合の目標とする固体密度の千倍程度までの爆縮が初めて実現されたことは特筆に値する。その成果は厳しい国際評価によって確認され、現在も最高記録として保持されている。また、大強度、短パルスレーザーを用いた高速点火等の我が国独自のアイデアも世界的に高く評価されている。

米国においては、最終的な点火の段階におけるブレイク・スルーを求めて、NIF（点火・燃焼の検証を目的とする大型の研究計画）が新たに発足したがその一方で、レーザー技術の大きな進展も見られ、固体レーザーの効率と出力の大幅な向上の可能性が慣性核融合の将来に対する期待を高めていることも注目される。

また、慣性核融合プラズマの物理は、天体物理学などの他の領域と共通の学術的基盤を持つことから、慣性核融合の実験研究と理論・シミュレーション研究がこれらの関連領域との密接な協力によって行われることにより、新しい学問領域が開拓されることも期待される。我が国の慣性核融合の研究の進展のためには、関連領域で活躍する多くの研究者の英知を集めるなど充実・発展を図ることが必要である。

以上のように、我が国の大学は核融合炉心プラズマの研究分野では、高温プラズマ挙動の制御に必要な知識基盤の体系化と強化を目指して、幅広く研究開発に取り組んでいる。大学の研究方針は、大型トカマク開発に焦点を絞る日本原子力研究所と対照的に、核融合パラメーターで世界の先端を担うものではなく、複雑多様で未解明の高温プラズマの挙動を究明するものである。こうして得られる体系化された知識基盤は、核融合炉心開発を推進、加速し、炉心の小型化・高効率化の指針を見出すために不可欠である。プラ

ズマに関する新しい知識基盤は他の学術分野との交流を促進し、新領域を創出する。さらには核融合の実験的研究に伴い開発されたプラズマ生成技術、各種プラズマ加熱技術、燃料入射技術、プラズマ計測技術、大電力制御技術等、新技術の多くは広範な産業分野で応用されており、波及効果大きい。

研究組織の構成は、大別すればLHDと百数十名の大規模な研究組織を擁する核融合科学研究所、10及至30名の研究者を擁して特色ある中型装置を運用する研究所や研究センター、並びに小型装置による先駆的研究を展開する多数の大学の講座、研究部門、あるいは研究施設等に分けられる。現在の研究体制は、いずれも核融合に対する研究者の熱意の向上に有効に機能しているが、研究・教育の進展状況に合わせた柔軟な対応が必要である。それぞれの研究の進捗状況にあわせて厳正な研究評価を行い、その結果を踏まえた上で、核融合研究の促進と人材養成に有効とされるならば、研究体制を適切に再編することが重要であり、老朽化した研究設備については、研究経費の意義が認められるものについて、更新を図る必要がある。

3 核融合炉工学の研究への取り組みについて

核融合研究は、炉心プラズマ研究と炉工学研究が相互に影響を与えつつ進展するものであり、この二つの分野の研究をバランスよく進めることが必要である。我が国の大学では、炉工学分野においても多彩な研究が実施されている。日本原子力研究所等の他省庁の研究機関や企業においてもこの分野の研究が行われているが、これらはITER開発等に目標を絞った開発研究や試作研究が中心である。それに対して大学の研究は基礎的、探索的、先駆的であるとともに、学術的側面を重視している点に特色がある。

(1) 核融合炉材料研究

核融合プラズマに面する材料は、核融合反応で発生する高エネルギー中性子に常に晒されることから、中性子の重照射に耐える長寿命低放射化材料の開発が、核融合炉の安全性、信頼性、経済性の確保の観点から重要である。この研究は多くの種類の材料について、機械的、熱的、化学的、電気的、あるいは核的特性等に関する多様で複合的な試験・解析を重ね、データベースを蓄積しつつ、性能劣化機構等に関する知識を体系化し、これに基づいて適正な材料を創成し、最適化するものであり、極めて困難な長期的研究課題である。従って、その目的達成には基礎的・創造的成果が求められ、その点で特に大学等の特長が発揮できる研究課題である。

また、大学は多数の優れた材料研究者を擁していることから、核融合炉用材料に関する組織的研究の推進に適している。昭和57年に発足した日米科学技術協力事業核融合分野において、米国の中性子照射装置を用いて実施されている中性子照射下材料挙動に関する一連の共同研究は、この一つの例である。この共同研究においては、大学の材料試験炉利用施設が全国の大学の研究者の共同利用に供され、重照射研究のほか、高耐熱負荷材料の開発が行われている。材料開発研究は近年大きく進展しているが、高エネルギー中性子の照射に耐える材料の創成は、核融合炉心の開発と同様に極めて重要な課題であり、中性子照射源などを用いた高度な学術的知見が必要である。工学を指向した基礎的研究による素過程の十分な解明に基づき、新材料創成のシナリオを確立した上で、炉心研究の進展と位相を合わせて計画性ある炉材料研究を進めることが重要であり、その観点に立った今後の研究の継続が望まれる。

(2) 超伝導コイルの研究開発

磁場閉じ込め核融合炉には閉じ込め磁場を実現する磁場コイルが必要であり、強い磁場コイルの開発が炉の小型化、高性能化、経済性向上の観点から重要である。世界で初めて強磁場超伝導コイルを実機

に採用した我が国の大学の閉じ込め装置は、長年にわたる運転実績を積み上げてきている。一方、LHD施設に伴い、世界最初のギガジュール級の磁気エネルギーを有する大型・強磁場超伝導コイルが製作された。超伝導コイルの研究開発には、材料・構造、電磁気学等の基礎学理の探求とともに企業との連携による試作・実証研究が欠かせない。今後は核融合科学研究所の設備を利用した研究協力が期待される。

(3) ブランケット工学の研究

核融合反応で発生する中性子の運動エネルギーを熱エネルギーに変えるとともに、これとトリチウムの核反応により燃料トリチウムを生産する領域であるブランケットの設計は、大学における基礎研究が重要な役割を果たす様々な開発課題を含有する。ブランケットの総合工学的研究が大学の原子力工学に関する研究施設を中心に行われ、学術的体系化が図られつつある。今後はブランケット中のさまざまな粒子の振る舞いに関わる研究の発展が期待される。

(4) トリチウム関連の研究

核融合炉システム中のトリチウムの振る舞いに関するトリチウム理工学やトリチウムによる生物への影響などトリチウムに関する基礎研究は幾つかの大学で行われている。今後は、核融合炉材料研究の展開を踏まえたトリチウム理工学の進展とともに、大型施設でのトリチウム挙動の評価と制御に関する研究の進展が核融合炉の安全性の向上に資する観点から期待される。

(5) 中性子工学の研究

炉心プラズマで発生する中性子は核融合エネルギーの担い手であるとともに、ブランケットでトリチウムを生成し、構造材料との相互作用により放射線が発生する。この中性子並びにそれが発生する放射線の物質との相互作用を研究する中性子工学の分野では、大学に設置された中性子発生装置を用いて核データ、放射線輸送、核計測などに関する基礎研究が実施されている。今後はこれらの基礎研究を踏まえたデータと方法論の充実に目指した研究を推進するとともに、大型閉じ込め装置におけるプラズマ診断への貢献をはじめとして他分野との共同研究を強化していくことが望まれる。

(6) 核融合炉の概念設計の研究

核融合炉の概念設計の研究や安全研究等は、幾つかの大学で実施され、各種核融合炉概念の成立性や開発課題、利点や欠点の明確化が試みられてきている。これらはその総合性のゆえに研究の方向づけや研究課題の優先度など、核融合研究開発を進めるに際して重要な判断の基礎となる知見を提供している。今後は閉じ込め分野及び炉工学分野の新知見を速やかに反映して核融合炉システムの設計研究を不断に進展させるとともに、社会的受容性の向上を目指して新しい炉概念を探索する努力を強化していくことが望まれる。

以上のように、核融合炉工学の分野においても我が国の大学は、核融合炉の実現に必要な広範にわたる工学知識基盤の体系化を目指して先駆的に研究に取り組んでいる。一方、日本原子力研究所は、大学における研究との連携を図りながら、実用核融合炉の概念設計やシステム安全解析を実施しつつ、主としてはITERに目的を絞った超伝導コイル、ブランケット、トリチウム処理技術及び安全試験、プラズマ対向材料の損傷と冷却、炉壁や炉構造の遠隔保守技術、耐放射線絶縁材料の開発研究などを実施している。

このような開発研究と大学の先駆的、探索的、基礎的研究は補完的関係にあるので、両者の一層緊密な連携協力を推進することが重要である。

なお、炉工学研究については、長期にわたって活性を保ち、目的を見失わずに有効に推進されるよう、常に外部から研究の推移を点検し評価することが極めて重要であり、また、老朽化した設備については、研究継続の可否についての評価を得た上で、適宜改修・更新を図る必要がある。

4 核融合研究のネットワークの構築について

核融合研究は、基礎学理を明らかにしつつ、広く核融合エネルギーの応用を目指した理工学であり、核融合炉の実用化を目的として新たに形成されつつある学際領域であるとともに、関連する学術分野、領域は広域にわたり、その研究領域は、プラズマ科学、核融合科学、核融合炉工学の3領域に大別してとらえられる。学問体系上の核融合指向の度合いは領域により異なり、プラズマ科学は本来、宇宙・地球科学、あるいは電気・電子工学等の一環と位置づけられていたものが、核融合研究を契機として躍進を遂げ、格段に進歩した。近年プラズマが半導体産業や先端材料技術等でも応用されるにつれ、核融合以外のプラズマ研究も盛んとなり、他分野との研究交流が必須である。核融合科学では現在の核融合研究の主要課題であるプラズマ閉じ込め配位の最適化やプラズマ加熱・電流駆動等に関して、多岐にわたる研究が推進されており、相互の連携による充実発展が望まれる。また、核融合炉工学では、我が国の大学等における中小の研究組織での主体的研究及び開発指向の研究が期待されている。

このような状況の中で、更なる核融合研究の進展のためには、総合化、体系化された知識基盤の確立と、その上に立った研究の展開が不可欠である。すなわち、核融合閉じ込め方式により分類されたこれまでの研究の取り組み方だけでなく、閉じ込め方式を横断する研究課題も積極的に取り入れるなど、閉じ込め方式相互間の共通知識、研究手段の集約とその有効活用が重要であり、そのことが核融合炉の早期実現を促すものと考えられる。

特に、広範な領域の学術的基盤を持つという大学の特色を活かすためには、広い関連領域の研究者が互いに情報交換し、流動的組織における共同研究の推進など互いに協力を行うことが極めて有効である。このため、平成4年7月に出された学術審議会答申「21世紀を展望した学術研究の総合的推進方策について」に基づき、全国の大学の研究者が参加する核融合研究ネットワークの構築を進めることが重要である。

核融合研究ネットワークは核融合研究の活性化、高度化、流動化を目的とするものである。具体的には①研究情報の交換、②共同研究の活性化、③研究拠点の充実・整備、④国際協力の有機的推進、⑤独創的基礎的研究の促進、⑥若手研究者の育成を旨とするものであり、研究・教育の合理化、実験設備の有効活用、人事の流動化にも有用である。

核融合研究のネットワークを確立するためには、核融合科学研究所がその中心的機能を果たすとともに、より一層の有機的な組織化のために各研究拠点の充実、各大学等研究機関との緊密な連携、大学間の共同利用や共同研究、あるいは人材養成のための協力を進め、関係機関の研究設備や経費が有効活用される体制を構築することが大切である。具体的には、大学の若手研究者を含む研究者の相互乗入れによる共同実験、技術の共同開発、大型ヘリカル装置計画共同実験の立案と実施、データ交換のための情報ネットワークの整備と運用、大学の研究のチェックアンドレビューと将来計画の立案等である。さらにネットワーク内での実験設備の流動化は、研究資源の有効活用に寄与することとなる。

ネットワークのもとで共同研究を企画・実施し、そのチェックアンドレビューを実施することは、大学全体としての核融合研究を総合的に発展させるために有効であり、さらに研究の相互評価機能を充実させる上でも重要である。

5 人材養成の在り方について

大学では核融合研究開発の基礎となるプラズマ物理学、核物理学、原子・分子物理学、電気・電子工学、機械工学、材料工学、真空工学、原子力工学、計算機科学等の専門の教育が幅広く施されており、長年にわたる人材養成、世代間の連携を必要とする核融合の研究を進める上で、大学の果たす役割は大きい。特に、核融合開発で世界をリードしている我が国の立場を築くことは、人材養成における大学の多大な貢献があつて初めて可能であつた。一方、核融合炉の開発が広範な学術分野にわたることや、多様な最先端高度技術を必要とすることから、核融合関連の教育は他分野においても有用な多数の人材輩出にもつながっている。核融合開発に必要な人材養成において、大学は相当の貢献をしているが、今後の開発研究の展開においては、人材養成の在り方についてなお改善の必要がある。

大学の核融合分野にはまとまった専攻、研究科等がなく、教育は各専攻や研究科で個別的に実施されているため、それぞれが基礎的内容の教育に留まり、核融合の最先端教育の実施には困難を来す傾向がある。そこで、学内的には大学内の核融合研究者が、学部、学科、あるいは研究科を超えて協力する体制の確立が必要であり、学外的には全国的な核融合研究ネットワークを研究のみならず核融合分野の教育の推進にも利用していくことが重要である。大学における核融合研究においては、多くの人材を確保して高度な教育を施すために必要な基盤を整備・充実するとともに、核融合分野のみならず関連周辺分野からも研究者が養成される環境を整えることが求められている。研究者の養成には、国際協力が特に重要である。核融合分野で我が国がリーダーシップを発揮するためには、国際的に活躍できる人材の育成が不可欠である。このためには、学生や若手研究者が早期に海外の大学や研究所で研鑽できる派遣制度が有効であると同時に優秀な外国人研究員の受け入れを通して、若手研究者が学び、刺激を受ける場を提供することが重要である。

さらに、核融合研究においては広範な最先端技術を必要とするため、産学間の研究協力、あるいは交流が重要であり、特に大学や研究所への民間研究者等の受け入れを促進する必要がある。

また、大学における核融合研究は、理論、実験、計算機コード開発等多岐にわたり、特に実験研究においては、強磁場、高電圧、大電流、超高真空、高圧ガス、放射線等に関する知識が要求され、安全には特別の訓練が必要である。

そのため、若手研究者や学生にこれらを速やかに習得させるための研究・教育体制の整備とともに、これらを専門とする研究支援者の充足が不可欠である。独創的成果の創出や高度な人材養成のため、研究者に係る大型装置や精密測定器、あるいは複雑なソフトウェアの維持、管理の負担を軽減し、研究者を研究・教育に専念させるという観点からも多数のすぐれた研究支援者が必要であり、研究支援者はまた、学生に対する核融合基礎技術の教育にも重要な役割を果たすものである。

(付録)

大学における核融合研究の展開について（報告）

— 用語解説 —

1. 核融合研究の現状について

1 ページ

LHD (大型ヘリカル装置)

Large Helical Device の略。岐阜県土岐市の文部省核融合科学研究所に建設中の大型ヘリカル実験装置 (トーラス主半径: $R = 3.9$ m, 磁場強度: $B = 3 - 4$ 万ガウス)。1991年より建設が開始され、1998年に運転開始予定。2本のヘリカルコイルと3対のボロイダルコイルから構成されるヘリオトロン方式のヘリカル装置である。ヘリカル装置としては世界最大であり、すべてのコイルが超伝導であるので、高温プラズマの定常運転が可能である。なおヘリカルコイルの蓄積エネルギーも世界最大規模である。

2 ページ

JT-60 (大型トカマク装置)

Japanese Torusの略。日本原子力研究所那珂研究所にある大型トカマク実験装置 (トーラス主半径: $R = 3.4$ m) であり、世界3大トカマクの一つである。1985年に実験が開始され、1996年には臨界条件 (プラズマへの加熱入力パワーと等しい核融合パワーが発生する条件) 相当のプラズマパラメーターが達成された。トカマクの定常運転を目指した非誘導方式による電流駆動でも顕著な成果を挙げており、3.6 MAの電流駆動に成功している。

2 ページ

JET (大型トカマク装置)

Joint European Torusの略。欧州連合として英国カラム研究所に建設された大型トカマク実験装置 (トーラス主半径: $R = 3.4$ m) であり、世界3大トカマクの一つである。1983年に実験が開始され、1991年には世界に先駆けてトリチウムを用いたDT核燃焼の予備実験を行った。1997年からの本格的な核燃焼実験では13 MWの核融合出力を達成しており、現在の世界トップデータである。また臨界条件相当のプラズマパラメータも達成されている。

2 ページ

JFTF (大型トカマク装置)

Tokamak Fusion Test Reactor の略。米国プリンストンプラズマ物理研究所にある大型トカマク実験装置 (トーラス主半径: $R = 2.6$ m) であり、世界3大トカマクの一つである。1982年に実験が開始され、スーパーショットと呼ばれる閉じ込め改善モードを発見し、世界に先駆けて3億度を越えるプラズマ温度を達成した。1994年から本格的なDT核燃焼実験を行い、1995年には10 MWを越える核融合出力発生に成功している。なお1997年3月にシャットダウンした。

ITER (国際熱核融合実験炉)

International Thermonuclear Experimental Reactorの略。核融合炉の科学的実証である自己点火条件の達成および長時間運転(1000-2000秒)を目指したトカマク型の核融合実験炉(トーラス主半径: $R = 8.1\text{ m}$)。日本・米国・欧州・ロシアの国際協力として推進されており、1988年から3年間の概念設計(CDA: Conceptual Design Activity)を行い、引き続いて6年間の工学設計(EDA: Engineering Design Activity)及び、R&Dを行っているところである。なおEDA活動は1998年7月に終了する予定であるが、3年間程度の延長を検討中。

2. プラズマ閉じ込め方式による先進的・基礎的研究の在り方について

ヘリカル方式

トロイダル磁気閉じ込め方式の一つであり、外部コイルをヘリカルにねじることにより、プラズマ閉じ込めに必要なポロイダル磁場を定常的に発生させている。プラズマ中に電流を流す必要が無いので、定常運転が比較的容易であり、しかもプラズマ電流に起因した電流崩壊不安定性の心配がない。現在建設中の大型装置としては、文部省核融合科学研究所のLHD装置と、ドイツ・マックスプランク研究所のWendelstein-7X (W-7Xと略す、トーラス主半径 $R: 5.5\text{ m}$, $B = 3\text{ 万ガウス}$)がある。

磁気ミラー方式

直線形状をした磁場閉じ込め方式の一種。プラズマは、磁力線方向には比較的自由に動けるが、磁場の強いところに向かう時は、進行方向と逆向きの力を受け、反射され戻ってくる。これをミラー効果と呼ぶ。従って直線状の磁力線でも、その両端の磁場を強くすることにより、ミラー効果を利用したプラズマ閉じ込めが可能となる。このような高温プラズマ閉じ込め方法を、磁気ミラー方式と呼ぶ。ただしこの方式では、一部のプラズマが、端から逃げてしまうので、現在のミラー閉じ込め実験装置では、これを磁力線方向の電位により反射させている。

慣性閉じ込め方式

レーザー等の大出力パルスパワーを用いて、直径数mmの燃料小球を、等方的に爆縮(断熱圧縮)させ、瞬時(ナノ秒(10⁻⁹秒)程度)に超高密度・高温プラズマを生成し、核融合反応を起こす方式。超高密度プラズマを生成するためには、流体不安定性の一種であるレイリ

ー・テイラー不安定性を回避すべく、小球をより均一に圧縮させることが肝要である。慣性閉じ込め方式の核融合炉では、10Hz程度の繰り返し運転が要求されるので、技術的には高繰り返し大出力レーザーの開発が必要である。

2 ページ

炉心プラズマ

プラズマ状態となっている核融合炉の炉心。核融合反応を起こさせるには、燃料元素を超高温にする必要があり、このような高温状態では原子核の周りを回っている電子は剥ぎ取られる。このように原子核と電子が自由に運動している状態をプラズマと呼ぶ。核融合炉の炉心は、このプラズマ状態となっている。なお炉心プラズマが核融合炉として成立するためには、自己点火条件と呼ばれるプラズマパラメーターを満足していなければならない。

3 ページ

閉じ込め比例則

エネルギー閉じ込め時間に対する半経験則、電磁流体として非常に複雑な振舞いをするプラズマの閉じ込め機構は、まだ理論的に十分理解されていない。従って、複数の実験装置のデータを集計し、各種の実験パラメーターで統計処理することにより、エネルギー閉じ込め時間がプラズマの温度や、密度、装置寸法、磁場強度などにどう依存するかの比例則（半経験則）を構築する作業が、世界的な共同研究として推進されている。現在では、この閉じ込め比例則をベースとして、核融合炉の条件を達成できる装置（ITER等）を設計している。

3 ページ

トロイダル磁気閉じ込め

トーラス（ドーナツ）形状をした磁場閉じ込め方式。リング状の磁力線にプラズマを巻き付けることにより、高温プラズマを閉じ込める。なおリングの内周方向をトロイダル方向と呼び、その方向の磁場をトロイダル磁場と言う。ただしトロイダル磁場のみでは、プラズマを閉じ込めておくことが出来ず、円環プラズマの上下を連結する磁場（ポロイダル磁場と呼ぶ）が必要である。なおポロイダル磁場成分の発生方法の違いにより、外部コイルをヘリカルにねじるヘリカル方式と、トカマクのようにトロイダル方向にプラズマ電流を流す環状電流方式に分類される。

3 ページ

トカマク方式

環状電流によるトロイダル磁場閉じ込めの一方式。強いトロイダル磁場を有し、かつプラズマ中にトロイダル方向の電流を流すことによりポロイダル磁場を発生させ、プラズマを安定に閉じ込めている。しかもプラズマ電流はオーム加熱の原理により、プラズマ加熱としての役割

も果たしている。旧ソビエトのクルチャトフ研究所で考案され、その優れた閉じ込め性能のために世界各国の研究所で、この形式のプラズマ実験装置が建設されている。

3 ページ

高周波電流駆動

プラズマ中に高周波を入射して、プラズマ電流を駆動すること。現在の多くのトカマク実験装置では、変流器（トランス）の原理によりプラズマ中に電流を流しているが、この電流駆動方式では、核融合炉が間欠運転となる。トカマク型核融合炉を定常運転させるためには、これに替わる定常電流駆動が必要であり、その代表的なものの一つに高周波電流駆動が挙げられる。現在考えられている周波数帯域は、電子サイクロトロン波を利用した数十GHz帯、低域高成波を利用した数GHz帯、イオンサイクロトロン波を利用した数十MHz帯である。

3 ページ

パラメーター

「4 ページ プラズマパラメーター」を参照。

3 ページ

球状トーラス

トーラスプラズマの大半径（ドーナツリングの半径） R と小半径（ドーナツリングの太さ） a の比をアスペクト比（ $A=R/a$ ）と呼ぶが、このアスペクト比が極端に小さい（ $A<2$ ）プラズマを、その形状が球に近いことから球状トーラスと呼ぶ。通常のトーラスプラズマでは、超伝導コイルに対する放射線遮蔽等の装置技術的な制約から $A>2$ 、 $5\sim3$ であるが、球状トーラス装置では、常伝導コイルを用いることにより、低アスペクト比化を図っている。なお英国カラム研究所のSTART装置において、 $A<1.4$ のプラズマ発生・保持に成功している。

3 ページ

ULQ（極低 q 放電）

環状電流によるトロイダル磁場閉じ込めの一方式。トロイダル方向に大電流を流すことによりプラズマを安定に閉じ込める。トカマクと比較して、比較的小さなトロイダル磁場で、非常に大きなプラズマ電流を安定に流せることが特徴である。東京大学のREPUTE-1実験装置による研究で見い出され、その後、世界の多くの装置に波及した。ULQはトカマクとRFPを補完するパラメーター領域にあり、この領域の研究から、ダイナモ効果を初めとするプラズマ中の磁場構造の形成機構に関する一般的な理解が深まった。

スフェロマック

環状電流によるトロイダル磁場閉じ込めの一方式。トーラス方向にプラズマ電流を流し、トロイダル磁場とポロイダル磁場からなる捩じれた磁力線によりプラズマを閉じ込めている点は、他の環状電流系磁気閉じ込め方式と類似であるが、スフェロマックでは、プラズマの常磁性効果を介してプラズマ自身がトロイダル磁場を自発的に発生させている。スフェロマックではトロイダル磁場を作るための中心導体が不要になるので、トーラス中心までプラズマを満たすこと（アスペクト比が1のプラズマ）ができる。

コンパクトトーラス

環状電流によるトロイダル磁場閉じ込めの一方式で、一般的にトカマクと比較して、より弱い磁場や、より小型のプラズマ閉じ込め方式の総称。代表的には反転磁場配位(FRC: Field Reversed Configuration)が挙げられ、スフェロマックと同じようにトロイダル磁場を作るための中心導体が不要なだけでなく、プラズマ圧力と磁場の圧力の比であるベータ値が1に近い効率の良い磁場閉じ込め配位である。なお、近年プラズマ中心部への燃料注入の観点から、コンパクトトーラスを利用したトカマクプラズマへの燃料入射も、関心を集めている。

RFP (逆磁場ピンチ)

環状電流によるトロイダル磁場閉じ込めの一方式。比較的弱いトロイダル磁場中に、非常に大きなプラズマ電流を流すことが特徴である。プラズマ中心部と周辺部のトロイダル方向磁力線の向きが逆向きとなっている点が、逆磁場ピンチという名称の由来である。RFPの安定平衡の発見はトカマクよりも早く、1960年代に英国カラム研究所のゼータ装置においてなされた。英国カラム研究所のJ. B. Taylorにより逆磁場ピンチ配位の安定性を説明する理論が提唱されたので、これをTaylor状態とも呼ぶ。

ダイナモ効果

プラズマ（電磁流体）の力学的運動エネルギーを、電磁誘導効果を介して電磁エネルギーに変換する機構を言う。地磁気などの自然発生的な磁場に関連して、古くから研究されているが、その機構はまだ解明されていない。極低 q 放電(ULQ)や逆磁場ピンチ(RFP)などの核融合プラズマでも、ダイナモ効果により、外部からの印加磁場とは異なる磁場配位にプラズマ自身が自己組織化される現象が観測されている。

カオス

少数自由度の力学系で、力学系自身の非線形性により発生する不規則な運動を言う。初期値のわずかな違いが、長時間後には大きな違いとなって現れる軌道不安定性に特徴付けられる。非線形媒体であるプラズマでは、プラズマ実験で観測されている数多くの場面（プラズマシース、波動現象、プラズマ輸送・加熱など）においてカオス的な特徴が見られ、非線形力学の体系化への貢献が期待されている。

非等方圧力高ベータプラズマ

非等方圧力であり、かつベータ値が高いプラズマ。プラズマ圧力（温度）が磁力線に対して平行・垂直方向で異なる場合を、非等方圧力プラズマと呼ぶ。一般的にプラズマ粒子は、衝突を介して圧力（特に温度）の等方化が起るが、強い非等方加熱（例えばイオンサイクロトロン波による垂直方向への選択的加熱）がある場合、非等方圧力プラズマが生成される。プラズマ圧力と磁場圧力の比をベータ値と呼ぶが、この値が大きいほど、比較的弱い磁場で高い圧力のプラズマを閉じ込めていることになり、核融合炉としては好ましい。

径電場

プラズマ小半径方向に発生する電場を径電場と呼ぶ。トカマク等の対称性のある磁場構造において、衝突による古典拡散の場合では、イオンと電子の拡散の流れの大きさが等しいので、小半径方向の電場は発生しない。しかし実際のプラズマ実験では、径電場が観測されており、エネルギー閉じ込め時間が大幅に改善されるHモードなどは、この径電場が影響していると考えられている。なお非軸対称であるヘリカル系では、この径電場が古典拡散でも発生し、プラズマ閉じ込めにとって、重要な役割を果たしている。

ダイバーター

中心部から流れ出た高温プラズマが、磁力線により導かれ、真空容器内構造材と交差する領域をダイバータ部と呼ぶ。炉心で発生したヘリウム灰の排気と、高温プラズマの除熱及び排気がダイバータに対して要求される機能である。磁力線が交差するダイバータ板は、高温プラズマに直接曝されるため、非常に高い熱負荷を受けるので、これに耐えられる高耐熱負荷材料の開発が必要である。一方ダイバータ板への熱負荷低減を目指して、ダイバータ板に到達する前にプラズマを低温化する方策が、現在の装置でも色々と試みられている。

プラズマパラメーター

プラズマを特徴付ける基本的なパラメーターは、プラズマの密度と温度である。これにエネルギー閉じ込め時間を加えた3つのパラメーターが、核融合炉の成立条件を規定している。まず核融合反応を起こすためには、一億度以上の温度が必要である。さらにプラズマを高温状態に保持するには、密度とエネルギー閉じ込め時間の積が、約 10^{21} 秒・ m^{-3} 、以上である必要がある。なお磁場閉じ込め方式では、非常に薄いプラズマを長時間（密度： $10^{20} m^{-3}$ 、閉じ込め時間：10秒程度）閉じ込めているのに対して、慣性核融合では高密度プラズマを短時間（密度： $10^{23} m^{-3}$ 、閉じ込め時間： 10^{-11} 秒程度）閉じ込めている。

爆縮

慣性閉じ込め方式において、直径数mmの燃料小球が、大出力レーザー等の等方的な照射により、瞬時に圧縮されることを言う。より均一に照射するため、多数のレーザービームを照射する直接照射方式や、一度レーザー光をX線に変換してから照射する間接照射方式がある。

NIF（点火・燃焼の検証を目的とする大型の研究計画）

National Ignition Facilityの略。米国リバモア研究所に建設中の、レーザーを用いた慣性核融合実験装置。間接照射方式により核融合点火の実現を目指している。建設予算としては、約1,200億円（約12億ドル）の世界最大規模の慣性核融合実験装置であり、1997年に建設が着手された。なお2004～2007年頃に核融合点火の実現を目指している。フラッシュランプ動起Nd：ガラスレーザーを用いており、192本のレーザービームラインから構成されている。レーザーエネルギーは1.8MJである。

固体レーザー

レーザー光の発振媒体がガラス等の固体であるレーザーを言う。なおレーザー波長に近い光での選択的励起を行うことにより、従来のフラッシュランプ動起と比較して、レーザー発振効率を大幅に改善できる。近年、産業応用分野においてその技術革新が著しい高出力半導体(LD)レーザーを、その励起光源として利用することにより、高効率・高繰り返しのLD動起固体レーザードライバの可能性が期待されている。

4. 核融合炉工学研究における重要課題への取り組み方

5 ページ

高エネルギー中性子

中性子のエネルギー領域は、核反応で発生した初期のエネルギー（D-T核融合反応では14 MeV）から、熱化した後のエネルギー（0.025 eV）まで広がっている。一般に高エネルギー中性子とは、数百keV以上のエネルギーを有する中性子を呼ぶ。このような高エネルギー中性子は、材料等への照射損傷の効果が大きい。また核分裂反応で発生する2 MeV程度の中性子と比べて、核融合反応で発生する14 MeV中性子は、各種反応を引き起こす可能性が高く、特に(n, α)反応で発生するヘリウムが、材料脆化に重大な影響を与える。

6 ページ

長寿命低放射化材料

核融合反応で発生した中性子は、構造材料の元素と各種核反応を起こし、新たな放射性元素を生成する可能性がある。これを材料の放射化と呼ぶが、その放射化レベルの低い材料を言う。核融合炉の保守・廃棄などの観点から、中性子による放射化レベルの低い材料が望まれており、中性子照射損傷が少なく、かつ低放射化の材料の開発が精力的に推進されている。

5 ページ

重照射研究

核融合炉からの多量の中性子照射による材料損傷の研究。第一壁等の核融合炉構成材料に中性子が当たることによって、スエリングや機械的延性低下などの材料損傷が引き起こされ、構造材料としての健全性が損なわれる。これは主として構成原子が中性子との衝突により格子点から弾き出されること、(n, α)反応によって材料中にヘリウムが生成されることによる。核融合炉では、核分裂炉に比べて中性子エネルギーが高いので、ヘリウムの生成がかなり大きいことが特色である。

5 ページ

高耐熱負荷材料

高い熱負荷に耐えられる材料。高温プラズマが閉じ込められている容器の内壁は、プラズマからの輻射熱や、荷電粒子・中性粒子による熱流束に直接曝される。非常に強い中性子照射下での、このような高い熱負荷に耐えられる材料の開発及び除熱方法の確立が重要である。特に、高温プラズマが磁力線にガイドされ直接導かれてくるダイバータ部では、その熱負荷は数 MW/m² から数十 MW/m² にまで達する。

中性子照射源

材料照射研究に必要な中性子発生装置。材料開発やブランケット機能試験などの観点から、強力な中性子照射が可能な装置が必要である。従来は、核分裂炉（主として高速炉）を用いて中性子照射研究を行ってきたが、今後はDT核融合特有の問題である14 MeV領域の中性子を、大量に発生できる中性子照射源が必要とされている。

ブランケット

核融合炉で炉心プラズマを取り囲んでいる部分、ブランケットには2つの大きな役割がある。一つは核融合炉で発生する全エネルギーの80%を占める中性子の運動エネルギーを、熱に変換して取り出すことであり、もう一つは中性子とリチウムによる核反応を利用して燃料となるトリチウムを生産することである。リチウムの形態により固体ブランケットと液体ブランケットがある。

リチウム

原子記号Li、元素番号3の元素。中性子と反応してトリチウムを生成するので、重水素・トリチウムによるDT核融合炉では必須である。プラズマを取り囲むブランケット部にリチウムを充填し、燃料となるトリチウムの生成を図る。従って、DT核融合炉の資源量はリチウム採掘量で決まると言われている。なお最近では、海水からのリチウム採取の可能性が指摘されている。

トリチウム

原子記号³HまたはT。水素の同位体で、三重水素とも呼ばれ、核融合炉の燃料として使用される。水素の原子核が陽子1個だけであるのに対し、トリチウムの原子核は陽子1個、中性子2個よりなっている。天然にはほとんど存在しないが、核融合炉では、核融合反応によって発生する中性子と、リチウムの反応を利用して作ることができる。半減期12.3年の放射性物質で、ベータ崩壊をする。水分子中の水素と同位体交換し、人体に取り込まれやすい。

中性子工学

中性子と物質との相互作用を、特に工学的応用の観点から研究する分野。重水素とトリチウムの核融合反応では、80%のエネルギーを中性子が担っており、これをブランケットに導き、熱エネルギーに変換すると同時に、リチウムと反応させてトリチウムを生成させる。対象となる中性子のエネルギー領域が広い（14 MeV から0.025 eVまで）、色々な核反応を引き起

こす、各種の放射線を発生する、などがその主な特徴である。

6 ページ

核データ

色々な核反応の確率（断面積と呼ぶ）を核データと呼ぶ。核融合反応の反応断面積も核データではあるが、一般的には中性子と各種元素との反応断面積を核データと呼ぶ。様々な反応に対して、広範な中性子のエネルギー領域にわたり、しかも散乱角方向の断面積をも知る必要があるので、中性子の核データは膨大な量である。核分裂炉での長年の蓄積もあるが、核融合固有の問題（中性子エネルギーが高い、トリチウム増殖）もあり、必ずしも十分な核データが精度高く整備されているとは言えない。

6 ページ

放射線輸送

中性子・ガンマ線をはじめとする、様々な放射線の核融合炉内での輸送現象。放射線輸送は、放射線遮蔽の観点から重要である。核融合炉では、加熱・電流駆動用および各種プラズマ計測用の大口径開口部が設置されている。これら開口部からの放射線輸送は、超伝導コイルや各種機器の損傷を引き起こすと同時に、放射線濃洩問題にも関連しており、重要な研究テーマである。

6 ページ

核計測

核反応に関連した各種パラメータを計測する機器およびその装置。核融合炉出力の測定は14 MeV 中性子発生量の計測により行われるので、高い精度での中性子計測が要求される。また核融合炉出力の制御は、プラズマ密度・温度制御を介して行われるので、これらプラズマパラメーターの正確な計測も必須である。なおこれらの計測は、強い放射線照射下で行わなければならないので、各種計測器に用いられる半導体素子・光学機器の損傷が問題となる。

学術審議会特定研究領域推進分科会原子力部会（第15期）委員

委 員	石 井 繁 郎	国際日本文化研究センター教授
	志 村 令 郎	生物分子工学研究所長
	(部会長) 増 本 健	財団法人電気磁気材料研究所長
	三 田 勝 茂	株式会社日立製作所取締役会長
	吉 川 弘 之	日本学術会議会長
専 門 委 員	河 村 和 孝	東海大学教授（総合科学技術研究所）
	近 藤 駿 介	東京大学教授（大学院工学系研究科）
	鹿 園 直 基	財団法人高度情報科学技術研究機構副理事長
	住 田 健 二	原子力安全委員会委員
	宅 間 宏	日本原子力研究所関西研究所総括研究リーダー
	玉 野 輝 男	筑波大学教授（プラズマ研究センター）
	東 邦 夫	京都大学教授（エネルギー理工学研究所長）
	藤 井 保 彦	東京大学教授（物性研究所附属中性子散乱研究施設長）
	藤 原 正 巳	核融合科学研究所教授（大型ヘリカル研究部研究総主幹）
	三 岡 匡 典	大阪大学教授（レーザー核融合研究センター長）

（職名は平成10年1月19日現在）

学術審議会特定研究領域推進分科会原子力部会
核融合研究に関するワーキンググループ委員

原子力部会委員	増 本 健	財団法人電気磁気材料研究所長
同 専門委員 (主査)	近 藤 駿 介	東京大学教授（大学院工学系研究科）
	宅 間 宏	日本原子力研究所関西研究所総括研究リーダー
	藤 原 正 巳	核融合科学研究所教授（大型ヘリカル研究部研究総主幹）
事 務 局	井 上 信 幸	京都大学教授（エネルギー理工学研究所）

（職名は平成10年1月19日現在）