

会議報告

第4回核融合エネルギー連合講演会

「新しい展開に向けて」

開催日：2002年6月13-14日

場 所：大阪大学コンベンションセンター

■はじめに

1. 概要

第4回核融合エネルギー連合講演会を企画する時点での、日本の核融合エネルギー開発の計画策定をめぐる動きは、次のようであった。総合科学技術会議では国際熱核融合実験炉ITERの日本誘致が議論され、また、文部科学省の科学技術・学術審議会基本問題特別委員会の基に設置された「核融合研究ワーキンググループ」では、ITERと並行してわが国として推進すべき研究プロジェクトとその体制が審議されていた。また、日本学術会議の核融合専門委員会では核融合研究の新しいあり方が議論され、核融合研究のロードマップに関する検討が進められていた。このような状況を踏まえ、第4回核融合エネルギー連合講演会では、核融合エネルギー開発研究の最近の進展について議論するだけでなく、実験炉、原型炉、さらには実用炉開発に向けた研究課題について、また大型研究と大学の研究との連携などについても幅広く議論することになった。これらのことから、講演会の副題を「新しい展開に向けて」と決定した。

また、社会への情報発信、あるいは説明責任の重要性が議論され、一般公開として、公開講演「核融合エネルギー開発研究の現状と今後」岸本泰明(原研)、招待講演「環境問題から見た核融合エネルギー開発への期待」山東昭子(元科学技術庁長官・参議院議員)を企画した。さらに、これらの講演についてはインターネットによるリアルタイム配信を行うことになった。

副題「新しい展開に向けて」を具体化する企画としては、最近の炉心・炉工研究の進展について、講演「ITER計画」、「核融合エネルギー開発研究の進展と課題への取り組み」とシンポジウム「炉工研究の最前線」を企画し、今後の研究課題、あるいは今後の進め方などについて議論する場として、パネル討論「日本の核融合エネルギー開発研究を取り巻く状況と今後の進め方」、「核融合エネルギーが満たすべき実用化への条件」を企画した。また、核融合エネルギー開発研究がもたらす他の科学・技術分野への波及効果についてシンポジウム「核融合研究の多様な展開」を企画した。さらにプログラム委員会の一部のメンバーが関連したデータの調査・収集を行い、会場で配布した。

さらに、実用炉実現へのクリティカルな課題を明らかにし、その解決策などについての議論を深めること、あるいは今後の研究のモチベーションを得ることなどを目的として、すべての炉心方式を含む炉開発への研究課題項目をまとめ、一般講演

を含めたすべての講演者に意見を求めることにした。特に、上記各講演、パネル討論などについてはコーディネータを設け、講演者とあらかじめ相談をして内容を深めることとした。

これらの講演、パネル討論、シンポジウムなどの企画は、すべて予定どおり実行され、時間的な制約があったが、活発な意見交換がなされ、今後の研究を進める上での共通の基盤が形成されつつあるとの印象を得た。一般講演については、すべてポスター発表とし、論文数は336件(ポストデッドライン1件を含む)であった。また、若手による優秀なポスター発表については21名に優秀賞が授与された。会場での登録をもとにした総参加者数は、447名(内訳：正会員296名、学生会員92名、非会員44名、公開講演のみの参加者15名)であった。発表件数、参加者ともこれまでの記録を更新した。また、公開講演・招待講演のインターネットアクセス件数は116件であった。今後、情報発信のため学会誌への本報告に加え別冊を作成する予定である。

2. 実施概要

核融合エネルギー連合講演会は、プラズマ・核融合学会と日本原子力学会の主催により、これまで1995年12月、1998年6月、2000年6月に開催されてきた。両学会が交互に開催主担当学会となってきたが、第4回の開催は、プラズマ・核融合学会が主担当となり、日本原子力学会核融合工学部会が協力する形で進められた。組織委員会委員長には井上信幸(プラズマ・核融合学会会長)、同副委員長には香山 晃(京大)日本原子力学会核融合工学部会長があたり、他委員29名より構成された。実行委員会委員長・副委員長は、それぞれ中井貞雄(高知高専)、関 昌弘(原研)があたり、西原功修(阪大)、岡田成文(阪大)、前川 孝(京大)が幹事を担当し、他委員12名より構成された。この他、プログラム委員会(委員長：西原功修、副委員長：長谷川 晃(東北大)、幹事：西村博明(阪大)、福山 淳(京大)、他委員31名)、財務委員会(委員長：岡崎隆司(日立)、他委員5名)、現地実行委員会(委員長：堀池 寛(阪大)、幹事：宮本斉児(阪大)、児玉了祐(阪大)、他委員24名)が組織された。組織委員会、実行委員会では、講演会の副題を含め開催趣旨の大枠と招待講演者を決定し、それに基づいてプログラム委員会で作成することになった。なお、本講演会は独立採算であり、各委員会への出席は手弁当とせざるを得なかった。

共催と後援については、13学協会(エネルギー・資源学会、応

http://jspf.nifs.ac.jp/fusion_energy02/もあわせてごらんください。

用物理学会、高温学会、低温工学協会、電気学会、日本機械学会、日本金属学会、日本真空協会、日本鉄鋼協会、日本物理学会、日本放射線影響学会、溶接学会、レーザー学会が共催、ならびに11団体(電気事業連合会、日本電機工業会、日本原子力産業会議、日本電線工業会、日本真空工業会、日本建設業団体連合会、未来エネルギー研究協会、IFEフォーラム、核融合科学研究会、Fusion Forum 懇談会、日本原子力研究所)より後援を得た。

日本における核融合・プラズマ研究の黎明期より研究と教育の両面で重要な役割を担ってきた大阪大学が、会場(同学コンベンションセンター)を提供し、また同学のネットワークODINSを用いたインターネットリアルタイム配信を行った。会場を大学に選んだのは、次代を担う学生の参加を促す意味もあった。

3. プログラム構成について

講演会開催までに、3回の組織委員会と8回のプログラム委員会(拡大幹事会等を含む)が開催され、そこで議論されたプログラム構成に対する基本的な考え方は、以下の様であった。

ITERが建設されようとしている状況を踏まえ、核融合研究開発の現状と日本の核融合研究開発の将来を議論する。そのために、核融合炉を最終目標とした「共通の課題項目を整理したマップ」の例をプログラム委員会で作成し、それをもとにして各講演者が、自分の評価加えたマップを提示し、発表する。このことにより、参加者が共通の基盤に立って、各方式の現状と将来展望について発展的な議論ができるようにする。

連合講演会(新しい展開に向けて)プログラム構成の考え方:

- 1) 連合講演会においては、核融合エネルギー開発における原型炉をめざした、「日本全体のロードマップ」を議論する。
- 2) 各方式における原型炉につながるための研究計画で、マイルストーンとクリティカルな課題をどう設定し、それらをどう解決しようとしているのか話していただく。
- 3) 経済性、安全性の観点から魅力的な動力炉につながる原型炉の条件、共通の評価基準を明らかにする。
- 4) 以上のことから、各セッションの役割を以下のようにアレンジした。
 - a) 核融合炉に必要な炉心プラズマを確立するのに必要なマイルストーンと最もクリティカルなissuesは何かを明らかにする。またそれはいつ、どのように解決しようとしているのかも示す。(講演1, 2, パネル討論1)
 - b) 各方式における総合燃焼実験炉(ITERに相当)を実現するためのマイルストーンと、どのような目的でどのような装置を考えているのかを明らかにする。(講演1, 2, パネル討論1)
 - c) 核融合炉を実証するためのクリティカルな炉工学、それを達成する研究戦略は何か?どのように解決しようとしているのかを議論する。(シンポジウム1)
 - d) 核融合炉が経済性、安全性、信頼性、システムの成立性の点から魅力的な動力炉につながる条件は何かを議論する。(パネル討論2)

これらの主旨を反映させるために、講演会全体を通して、参加者が連合講演会のテーマを一目で見渡せるマップとして「核融合炉開発の課題マトリクス」(以下「マトリクス」)を作成した(担当: 仙石, 田島, 岡野, 神前, 幹事, 委員長, 講演者への説

明担当: 仙石, 福山, 岡野, 西村)。(マトリクスの詳細は、学会誌4月号p.369参照)

なお、各企画の担当は以下のとおりであった。パネル討論1: 米田, 松井, 田島, 小川(雄), 高村, 幹事。パネル討論2: 岡野, 一政, 松山。シンポジウム1: 室賀, 實川, 奥野, 日野。シンポジウム2: 松嶋, 犬竹, 上田, 宇山, 大西, 石井, 大澤。

一般講演は、1件のポストデッドライン講演を含め、結果的には炉心プラズマ(磁場: 66件, 慣性: 21件), 加熱・電流駆動(19件), 慣性核融合ドライバー(11件), 計測(27件), 核融合工学(超伝導, ダイバータ: 46件), 炉材料(57件), トリチウム・ブランケット(24件), 炉システム, 設計(磁場・慣性: 18件), 理論・シミュレーション(19件), プラズマ基礎・応用(28件)の発表があった。

(阪大 西原功修)

■開 会

最初、井上信幸連合講演会組織委員会委員長より挨拶があり、講演会への参加者と協力いただいた関係各位への御礼が述べられた。さらに、20世紀なかばより始まった核融合研究は、21世紀を迎えて「燃焼プラズマ」実験に取り組む段階にきたが、今後核融合エネルギーの実用化に向けて、燃焼プラズマの制御、炉材料の開発等の幅広い研究と人材育成が重要となり、未踏の研究領域に踏み込むことになるとの状況認識のもとに、サブタイトル「新しい展開に向けて」を持つ今回の講演会を爽りあるものにしたとの希望が述べられた。

次に、開催地の大阪大学より宮西正宜副学長の挨拶があり、大阪大学は核融合・プラズマ研究の黎明期より重要な役割を担ってきて、現在では、工学研究科、超高温理工学研究施設、レーザー核融合研究センターなどで教育・研究の努力がなされ、特に、レーザー核融合研究センターが世界に先駆けて行った高速点火実験はネイチャー誌に報告され、比較的小型のレーザーで核融合点火を実現できる可能性を示したものと世界的な評価を得ており、今後、大阪大学としても研究を支援して行きたいと述べられた。

最後に、文部科学省からは今村 努研究開発局長の代理として核融合開発室の大塚隆志室長補佐から祝辞があり、政府全体でITER計画を推進し、青森県六ヶ所村を国内候補地としてITER政府間協議に臨むことが閣議で了解されたこと、今後の展開に向け、文部科学省 科学技術・学術審議会基本問題特別委員会に設置された「核融合研究ワーキンググループ」や原子力委員会核融合専門部会で核融合研究のあり方が議論されていることが述べられた。(阪大 岡田成文, 京大 前川 孝)

■招待講演

環境問題から見た核融合エネルギー開発への期待

山東昭子(参議院議員, 元科学技術庁長官)

21世紀はどんな時代になるのだろうか。高速ネットワークの普及で生活も仕事もどんどん便利になっていくだろう。ロボットも普及してくるに違いない。忘れてはならないことは、それらすべてに電気がいるということである。山東氏はそんな話題からご講演を始められ、以下のように述べられた。21世紀中旬には世界の人口は100億人を突破、最低でも世界のエネルギー消費は2倍にはなると考えられている。エネルギー消費の増加とともに問題となるのはCO₂排出をはじめとした環境問題である。しかしながら、日本の場合には、今日の環境問題はどうか

ら環境というより国内での感情問題になってしまっていることが少なくないように感じられる。まったく聞く耳をもたずに原子力とはとにかく絶対にだめ、という人たちもいる。本当に環境を大切にしたいならば、感情論でなく、冷静にかつ科学的に物事を判断していかなくてはならない。それには専門家と一般市民の相互理解が不可欠なのである。その観点で核融合について気になっているのは、「核」という文字である。核融合は内容がむずかしくて一般にはわかりにくい。そんな中では、名前に「核」という字がついただけで恐ろしいような気がしてしまうものなのだ。一般に受け入れやすい説明をしていくためにも、一度「核融合」と言う名前を変えることを真剣に考えてはどうだろうか。ところで電気が十分に供給されているということは、民主主義という観点でもとても重要なことである。エネルギー供給体制が不完全なところでは、エネルギーを支配できる階級が国を支配してしまう。電気がないところに民主主義は育たないのである。かくして、民主的な世界のためにもエネルギー需要は今後増加するに違いないのだが、それとともに、今後各国は、京都議定書をいかにして実現していくかを真剣に考えなければならなくなってくる。日本が世界のリーダーとなるには、やはり環境問題に主体性をもって取り組む姿勢を見せることが大切である。その中において核融合開発は重要であり、期待もされている。日本は科学技術立国であり、いいものを作るための開発にはますます力を注がなければならない時代になってくる。この点は、核融合には追い風が吹いているといえよう。このような講演の最後において、山東議員は、「エネルギーは今後とも絶対に必要なものであり、それぞれの専門分野でがんばっていくことが重要である。」と結ばれた。(電中研 岡野邦彦)

■公開講演 核融合エネルギー開発研究の現状と今後 岸本泰明(原研)

我々がめざしている「核融合エネルギー」は、「宇宙における核融合を考えると最もなじみが深いエネルギーである」と捉え、核融合エネルギーの意義とその実現に向けた開発研究の“これまで”と“これから”を概観する講演がなされた。

核融合を実現する手法として、大きく「磁場方式」と「慣性方式」の二つに分類され、それぞれがこれまで多くの研究成果をあげてきた。今後核融合に最適な「プラズマ閉じ込めの場」という共通の目標を具現する努力が展開される。

「磁場方式」では閉じ込めの場として、ドーナツ状のトカマク方式やヘリカル方式、直線的なミラー方式等があり、それぞれ開発研究が進められてきた。その中で近年のトカマク方式では、科学的ブレーク・イーブンを上回るプラズマ生成が可能となり、核融合炉が現実的視野に入るとともに、核燃焼を高い増倍率で実現する ITER の重要な科学基盤を導くに至った。

磁場に閉じ込められたプラズマの科学的特性について、氏の研究背景を透ませながら、連続媒質としての「流体的特性」と、個別粒子としての「粒子的特性」をあわせ持った“宇宙における第一の状態”として、プラズマ閉じ込め性能を決定付ける揺動や帯状層流に関する最新の研究成果を動画で紹介しつつ、感動的かつ分かりやすく解説された。

一方、「慣性方式」については、固体密度の千倍に及ぶ爆縮コアの生成に成功したことや、近年、高密度爆縮コアを超高強度レーザーにより、短時間で加熱する「高速点火」と呼ばれる新概念が導入され、500 TW のレーザー照射実験において、爆縮コアの温度上昇とそれに伴う中性子の増加を確認したこと等が紹介

され、慣性方式の新たなマイルストーンが築かれたことを説かれた。

ついで、両方式を問わず核融合プラズマ現象は、複数の異なった要因、例えば、電場・磁場の構造、揺らぎ・乱流の構造、流れ・回転の構造、さらには媒質の非線形性や非局所性等が密接に関連した複雑現象であることが示され、現今の核融合プラズマの進展は、これら複雑現象の制御がエネルギー開発をめざした核融合装置において次第に可能になりつつあることを物語っていると結ばれた。(原研 仙石盛夫)

■パネル討論

1. 日本の核融合エネルギー開発研究を取り巻く状況と今後の進め方

パネル討論に先立ち、小川雄一氏(東大)から文部科学省の「核融合研究ワーキンググループ」について、また、香山 晃氏(京大)から日本学術会議核科学総合研究連絡委員会「核融合研究の新しいあり方検討小委員会」についての報告があった。

文科省 WG は、原研と大学における核融合研究の将来を議論する目的で開かれ、これまでに核融合科学、炉工、プラズマ科学、理論、シミュレーション、球状トカマクなどについてヒアリングを行い、2002年3月末に中間取りまとめを行っている。このピアレビューの結果から、①人的、資金的に双方向性を持たせた研究交流、②装置依存の研究から装置横断的な研究への移行、③独創性に重点を置く、④社会の支持と若手の育成に努める、という方向性を決めている。これまでのいくつかの方式を平行させた研究体制ではなく、財政的な理由も考慮し、思いきった決断も踏まえた体制作りが必要であるとしている。具体的には ITER、IFNIF の推進をバックアップすること、さらに新規研究プロジェクトとしてはトカマク、レーザー、材料、ブランケットをあげ、その中でさらに重みをつけた研究体制を作り上げていく。このプライオリティを決定するために委員会下に第一部会を発足させ、さらにピアレビューを行っていく。また、双方向性を持たせた共同研究体制作りを考える第二部会も発足させている。本年(2002年)7月中旬には中間報告を出し、来2003年1月にWGとしての結論を得る予定である。

一方、日本学術会議側では、基本的な立場は一緒だが、枠組みを越えた議論をしている点が違う部分という説明であった。核融合計画は過去に決められた計画路線の中で第三段階という位置に来ているが、この計画そのものにずれが生じており、これを変更していくのも一つの役割としている。さらに、これまでは原型炉までは考えるが商業炉は他人任せであったことが問題であったと強調し、核融合の早期実現が核融合研究にとって最重要課題であるとしている。小委員会ではWG同様にヒアリングを行っているが、これまでにないような限られた資源の中での選択を促せる数値データを中心とした横並びの表を作成し議論するという方法をとった。

これらの結果から、早期実現には現在最も進んでいるトカマクの推進しかなく、ITERを最大限に活用し、次のステップに進むべきであるとしている。また、エネルギー計画上、発電実証を2030年ごろに行う必要性も示している。ただ、コメントとして、この結論は他方式の路線を否定するものではなく、トカマク以外は独自の立場で予算獲得と組織形態のあり方を検討すべきとしている。すでに中間報告を親委員会に提出済みで内容は了承されたということであった。核融合コミュニティには、これから既存組織の見直しと組織化への対応が求められてくる

が、現体制の追従ではだめで新しいやり方を真に検討していく必要性を説いていた。

委員会報告終了後、小川氏をコーディネータとして5人のパネラーによる討論会が行われた。ここでは紙面の都合上いくつかの討論部分についてのみ紹介する。コーディネータからは「ITER+大型装置、大学との相互作用を考える」という基本路線が示され、パネラーは自己紹介を兼ねてそれぞれのコメントを述べた。ICF側からは疇地 宏氏(阪大)が「ITERに一本化する必要があるか?ハイテクにかかわらず開発ではつねに複数の方式をとっている。複数路線を選ぶことは予算増だけでなく、例えば1.1倍の予算で成功率を2倍にするような意味がある。」という意見を述べた。これに対して、「1.1倍という小さいように思えるが0.1の絶対値は大きいので注意が必要」という意見や「このような開発研究でそもそも絶対値を大きく考えるのは問題がある。国民が納得できれば高くてもかまわないはず。」という意見が出された。続いて菊池 満氏(原研)は、「ITERでできることでできないことは何か」という問いに対し、「トカマクはコントロールノブが多くあり、多くのことに対応は可能である。今、考えるべきなのは、いかにITERで最大限にアウトプットを出すべきかということ。しかし、ITERをスーパーマンと思わないことも重要である。」との見解を示した。これに対し、「ITERがカバーできない点を明らかにすることは、それ以外の方式での計画の役割を明らかにすることでもある。これは研究の相補性を意味するので、ITER側が限界を明らかにすることは重要である。」というコメントが出された。これには、「ITERとしては多くの課題を含めさせることは可能であるがITER計画は国際協力のもとで進んでおり、どの範囲まで含ませるかはこの観点でも決まってしまう。」という返答があった。福山 淳氏には理論シミュレーションの研究者として「計算機シミュレーションを母体としたトカマクの可能性」について、「サイトックというプログラムがあるが全部やるという話にはなっておらず、現状では難しい」という見解があった。これに対し、会場から「アメリカで 10^{-10} ~ 10^{-4} 秒位までのマイクロな現象からマクロなものまでをつなげたシミュレーションを行う計画がある。今後これらからITERにさえ新しい提案がされるだろう」というコメントが出された。一方、小森彰夫氏(核融合研)は「ヘリカル研究をしている人間はITERなどのトカマク研究にも参加・貢献が可能か」という問いに対し、「環状系としては興味がある。しかし、建設に10数年はかかるので、はたしてITERが大学側に何を求めてくるのが問題である」というコメントを返した。これに対し「大学側に意欲があるのであれば、今、出すべき時期である」というコメントや「ITER計画では、職員は5年間連続で派遣されることが予定されている。この制約の中で実際にITERサイトにいけるのは、原研もしくはNIFSのような機関に限られるであろう」という実務的な見地からみたコメントも出された。最後に、「ICF側で進んでいるNIF計画が核融合コミュニティに及ぼす影響」について疇地氏は「NIF計画でイグニッションはほぼ確実で、2010年ごろ、人の手ではじめて点火・燃焼したプラズマができる。この結果はICFとMCFの研究バランスを是正する方向の力になるであろう」というコメントをした。さらに高速点火の最近の進展がNIFプログラムに及ぼす影響について「これまでは静観しているだけだったが、今年のスノーマス会議後に変化が現われるのではないか」という見解を示した。MCF側からは「いずれにせよこのような成功はMCFに対しては歓迎する問題」というコメントが

出された。

パネル討論会はこれまでも数多く開かれているが、今回はパネラーが比較的中堅研究者だったことやITERがまさに間近に迫っている時であったため、新しい展開が期待された。確かに二つの委員会報告などを聞いても、再編成、取捨選択の必要性がはっきりと出されており、決断もいよいよよかと思わせる雰囲気であった。パネラー討論の中にも本音が出てきた面もあり、とにかく全員がきれいごとを並べ、容易に予想できるコメントを発して終わりにしなかったことは評価できる。少なくともいくつかの討論は、分野を越えて互い領域に踏み込んだ議論になっていた。しかし、やはりパネラーは現在核融合研究の中心となるべき機関の研究者で構成されていたため、自分の機関の立場を捨てきれない面も出ていた。また、このパネル討論から新たな情報、考え方を発信できたとも言いがたかった。今後、このような討論会を企画する際にはこういった側面も考慮して行うべきではないか、と感じた。(電通大 米田仁紀)

■パネル討論

2. 核融合エネルギーが満たすべき実用化への条件

このセッションのコーディネータである岡野邦彦氏(電中研)は、ITER建設の現実化を目前に控えて、核融合は大変有望な巨大エネルギーであるが、完全ではないことも認識しておかねばならないことを述べ、実用化の道について議論を深めたいとの前置きで5件の講演に入った。

奥村憲博氏(日本エネルギー研究所)より、エネルギー需要と核融合の果たし得る役割について説明があった。この報告は「エネルギー需要モデルによる核融合の導入シナリオ分析評価作業」を踏まえて、2100年までの「超長期世界エネルギー需給モデル」によって、核融合の導入量、導入時期等の分析をおこなった。シミュレーションの結果、核融合発電を促進した場合では、脱炭素化が進展し、2100年のCO₂排出量はBAUに比べ約13%程度削減されること、さらに水素製造まで含めて計算すると2100年の一次エネルギーに占めるシェアは18%に達し、これはCO₂の放出量で約22%程度に削減されることを示した。単独シナリオではCO₂の削減量は不十分であることから、温暖化対策としては核融合推進に、省エネルギー推進、新エネルギー促進などの施策とのポリッシーミックスが重要であると述べた。

朝岡善幸氏(電中研)は、核融合炉の安全性と経済性(電気事業の支点から)について説明した。核融合エネルギーが実用化されるに際して満たされるべき条件には、核融合エネルギーを利用できる形態で取り出すことに技術的に成功すること、つまり核融合が「実現」すること、「社会の受容」すなわち、他のエネルギー源との比較など核融合開発以外の社会情勢との関係によって決まる相対的なものがあることを述べた。核融合エネルギーの実用化の条件は、電気事業の視点からは安全性や信頼性の確立を最優先し、また経済性の追及も重要であるが、社会情勢の変動を予見して環境安全性、エネルギーセキュリティといった政策や社会の支持を動かし得る特徴を示していくことが重要と述べた。

小松賢志氏(京大)より、トリチウムの取り扱いとその生物学的影響について説明があった。1970年代にわが国のトリチウム生物影響研究が始まり、すでに30年を経過していることが紹介され、その間に明らかになったトリチウムの生物学的効果比の研究では発ガン、遺伝的影響、発生異常などを生物指標にして成果が得られたことをデータを示しながら解説し、これからの研究課題としてトリチウムのDNAへの作用、低線量率トリチ

ウムの生物効果、ホルミシスのメカニズムを解明することが安全性を確保する上で重要であると述べた。また、最近のトピックスを紹介した。

小西哲之氏(原研核融合)より、高経済性の達成と放射性廃棄物の極小化への道筋、特にプランと設計の観点での核融合実用化への条件について説明があった。冒頭、エネルギー開発としての核融合研究開発の目的は社会に対する貢献であって、納税者の利益を最大化するように研究開発は指向されなければならないとして、核融合エネルギー実用化のための課題の考察を試みた。すなわち、開発にあたっては、エネルギーバランスと物質バランスで評価する必要がある、核融合炉の建設から廃止措置までを考慮して、それを最適化するための課題を明らかにしてゆく必要性を述べた。

田中 知氏(東大)より、核融合炉の安全規制と廃棄物処理について説明があった。商用核融合炉の安全規制についても多くの点でITERでの考え方が参考になるとの説明があった。このITERの安全上の特徴として、核融合反応は連鎖反応でなく、受動的に反応が終息すること、放射化生成物が発生するが、生物学的影響度が高い核種は発生しないこと、安全確保策を検討する上で考慮すべきものはトリチウムであること、出力制御または除熱の失敗によって第1壁の健全性が脅かされることはなく、事故を想定したとしても放射性物質に対する最終障壁の健全性を損ねるレベルに達する恐れはないことを述べた。またITERの放射性廃棄物は運転時と廃止時に発生するが、超ウラン元素のような長半減期で毒性の高いものが少ないという特徴があり、核分裂炉と比較すると低レベル放射性廃棄物に該当することが説明された。(茨城大 一政祐輔)

■講演1. ITER計画における核融合エネルギー開発と燃焼プラズマ研究

森 雅博(原研)

日本・米(1999年まで参加)・欧州・ロシアの4極による国際的な政府間協定の下に開始されたITER(国際熱核融合実験炉)計画は、その建設に向けてサイトの提案および選定という新たな段階を迎えている。本講演ではこれまで進められてきた、ITER工学設計活動(EDA, 1992年から9年間)の概要、ITERにおいて実施する研究開発計画および建設に向けての最近の状況について報告された。

ITER工学設計活動においては、共同中央チームと4極の国内チームが編成され、ITERの計画目標を達成するための具体的な技術目標に基づき、ITERの設計を行ってきた。この間、ITERの計画目標を維持しつつも、定常核融合炉の開発に重点を置き、装置の建設費用を半減する新たな技術目標への見直しを行った。また、ITER建設を確実に進行するために、重要な構成機器の工学R&Dを実施して、ITER実機製作の技術的見通しを得た。これにより、建設判断に必要な設計と技術データの取得という当初の目標を達成し、EDAは2001年7月のITER理事会で最終設計報告書が承認されて完了した。

ITERにおいて研究・開発を行う重要な課題としては、物理的には核燃焼プラズマの研究、工学的には発電ブランケットの試験計画を中心に紹介された。ITERプラズマでは核燃焼による自己加熱の割合が支配的となるため、内部加熱、輸送および温度分布等が相互に影響し合い、きわめて自律性の高いプラズマの輸送・閉じ込めの実験研究がITERによって初めて可能になる。原型炉用の発電ブランケットは発電、燃料増殖および

遮蔽という重要な役割を併せ持つ必要がある。そのため、テストモジュールをITERに取り付けて総合性能試験を実施し、ITERの次の発電実証段階に進むうえで重要な技術データを取得する。

建設に向けての最近の状況としては、ITERの建設地、建設における施設・設備の調達方式や参加各極の調達分担、ITER事業体の体制や運営等、建設のための国際取り決めの内容について、政府間の協議がなされている。我が国においては、「ITER計画の推進を基本方針とし、青森県上北郡六ヶ所村を国内候補地として提示して政府間協議に臨む」ことが閣議で了解された。今後、フランスのカダラッシュ、スペインのバンデロス、日本の六ヶ所村、カナダのクラリントン(4候補地)について国際的なサイト選定が進められる。(原研 荘司昭朗)

■講演2. 核融合エネルギー開発研究の進展と課題への取り組み

なぜ核融合は複数のコンセプトの開発研究が必要なのか?と他分野の人達にいつも問われる。完全なコンセプトが未だ完成していないからであるが、ではどのような課題が解決され、また残されているのかのわかりやすく定量的に説明することが要請されている。そこで主流候補のコンセプトとしてトカマク、ヘリカル、レーザーを選びそれを試みることとなった。

ここ10年核融合開発研究は大きな成果をあげ、ほとんどの開発課題を解決してきたと言っても過言ではないが、残されている課題はそれだけに困難で時間が必要なものばかりである。

それぞれのコンセプト固有の課題もあるが、例えば構造材料の中性子照射による劣化問題とダイバータ材料における過大な熱負荷とエロージョン問題は磁場閉じ込め核融合の共通課題であり、コンセプト成立の根幹に関わってくる。一方慣性閉じ込め核融合はこの材料問題を回避できうる可能性はあるが、効率的な爆縮法と実用的ドライバーの開発が残されている。

(核融合研 田島輝彦)

1. JT-60実験におけるトカマク研究開発課題への挑戦とその進展

鎌田 裕(原研)

他のコンセプトに対し圧倒的な実績があり、核融合共通の課題も明らかにしてきたのがトカマクである。JT-60実験での成果は目覚ましく当初の目標であったブレイク・イーブンを達成している。エネルギー閉じ込めは1秒を達成しその比例則も明らかにしてきた。また中性粒子ビームによる加熱も順調に進み10MJのプラズマ蓄積エネルギーを得ている。

一方トカマク固有の課題である、電流駆動維持とディスラプション防止の研究はその機構解明の進展に伴って順調に進み、もう一步のところまでできていると言えよう。

これら炉心プラズマ性能に関してはITERでの目標達成はほぼ確実と言えるまでの結果を得ている。ただし、さらなるプラズマ高性能と、高燃料純度や放射冷却ダイバータとの両立が今後の課題である。ITERの運転ではともかく、1年以上もの連続運転に耐えうるダイバータの開発が残されている。これはヘリカルシステムにも共通の課題である。(核融合研 田島輝彦)

2. 大型ヘリカル装置研究の進展と今後の展望

山田弘司 (核融合研)

大型ヘリカル装置 (LHD) 関係では炉心プラズマとしてのヘリカル系研究進展のレビューが報告された。定常炉心プラズマを形成しやすいと言う長所に対し、閉じ込めが悪い、高速イオンが閉じ込められない、アスペクト比が大きいという短所が挙げられてきたが、LHDにおいて実験が進んだ結果、これらの課題を克服する見通しが得られたと報告された。

4年間の実験の始めにスケールメリットが確認され、その後加熱パワーの増強に合わせてプラズマパラメータの拡大と、新しい閉じ込め物理の発見がなされ、研究が進展している段階であると報告された。LHDでは磁気軸のトーラス内側へのシフトにより、改善されたプラズマ閉じ込め性能が得られており、新古典拡散と異常輸送の両方で好ましい結果が得られるようなヘリカル系においてはMHD理論解析において強い非線形散逸過程が重要であることを示唆している。

ヘリカル系は優れた性質を多く有しているため、理想的なトーラスコンセプトを完成させるためにも、ITER計画の進行と平行して研究を進めることが重要であると主張された。

(核融合研 武藤 敬)

3. レーザー核融合研究の進展と高速点火・高利得への展望

兒玉了祐 (阪大)

大阪大学レーザー核融合研究センターにおける高速点火方式レーザー核融合研究の最新の成果を中心に報告が行なわれた。高速点火方式では燃焼に必要な燃料の爆縮過程と点火に必要な加熱過程を独立に最適化できる。また1パルスあたりの燃料を少なく抑えても高利得実現の可能性があり、炉壁に液体金属を用いない小型乾式壁炉も視野に入ってくる。ガイドコーン付きターゲットを用いた実験では、100 TW高強度レーザーの照射により爆縮レーザーエネルギーの5%の点火用レーザーエネルギーを追加しただけで中性子発生量が1桁増加している。現在PWシステムを開発中で、暫定値として0.4-0.5 PWの照射で中性子発生量が3桁増加したとの報告がなされた。本連合講演会のシンポジウムでは核融合開発戦略におけるFast trackの重要性が指摘されていたが、自己燃焼プラズマを最短距離で実現できる可能性があるのがレーザー核融合であり、欧米ではすでにその方向で進んでいる。我が国の核融合開発の新しい展開を考える上でも考慮すべき点と感じた。(産総研 松嶋 功)

■シンポジウム1 炉工学研究の最前線

本シンポジウムでは4件の講演があった。西尾 敏氏(原研)は、社会受容性の観点から見て不可欠な高い経済性、安全性を有する先進的な炉設計活動の現状を説明した。特に高い経済性を得るためには、炉本体の小型軽量化、高出力密度化等が必要である。トカマク装置と比較した場合、ヘリカル系はディスラプションはないが炉のコンポーネントが大きいという問題があり、FRCは超高ベータからD- ^3He 核融合炉では魅力はあるものの、DT炉での成立性は困難であることが述べられた。ヘリカル系は今後コンパクトヘリカルの開発が期待される。トカマク装置を小型・高性能化するための方策として、アスペクト比を2程度とし、超伝導トロイダルコイルを用いたSTトカマク炉が小型軽量炉として魅力的であることが示された。

井澤靖和氏(阪大)より、慣性核融合炉のドライバーの研究開発の現状と今後の展望について説明があった。慣性核融合炉の

ドライバーの課題として、固体レーザーについては、高効率・高繰返しの実証や励起用LDの低コスト化、KrF(ガス)レーザーについては、高効率化(電子ビームからガスへのエネルギー伝達効率向上)や大電力パルス電源の開発、重イオンビームについては、大電流ビームの生成と輸送の実証、等がある。LD励起固体レーザーの開発例として、ローレンスリバモア研究所の空冷式ディスク増幅器システムと阪大レーザー研の水冷式ジグザグスラブ型増幅器システム(HALNA)が紹介された。現在、HALNAは10Jのシステム開発を行っているが、これを1kJまでスケールアップするとドライバー技術はほぼ完成する旨が述べられた。

木村晃彦氏(京大)より、低放射化材料開発の現状について説明があった。低放射化材料として、低放射化フェライト鋼(Fe-9Cr-2Wなど)、バナジウム鋼(V-4Cr-4Tiなど)、SiC/SiC複合材料があり、どの材料についても近年、材料特性改善や製造法開発の点で大きな進歩が見られる。低放射化フェライト鋼は工学実証段階で早期実現に向けた炉の候補材料であり、一方、バナジウム合金やSiC/SiC複合材料は要素技術開発段階にあるが、高い熱効率が期待されるため、先進炉の候補材料として開発が進められている。原型炉や実証炉に向けて高中性子フルエンス照射下での材料特性の評価やブランケットシステムとしての成立性の検証が今後の課題である。

最後に、渡辺和弘氏(原研)より、ITER負イオン源とIFMIF用高輝度イオン源開発の現状について説明があった。ITER用負イオン源ではエネルギー1 MeV、イオン電流40 A(D-), 電流密度20 mA/cm², 運転時間3,600秒の仕様が要求される。現在までに、Cs添加型負イオン源と、5段の静電加速機構により、これらの仕様は独立にほぼ達成されている。今後は、ITERでの運転に向け、すべての要求を満たすイオン源の総合出力試験が不可欠である。また、IFMIF用正イオン源については、アークイオン源と長寿命を指向したECRイオン源との比較を行っている旨、説明があった。(阪大 上田良夫)

■シンポジウム2 核融合研究の多様な展開

核融合研究は、核燃焼実現を第1の目標として掲げ、炉心プラズマの性能向上と炉工学の技術開発を数十年に渡って続けてきた。その過程で様々な周辺技術開発がなされ、最近では多様な分野への幅広い波及効果が展開されつつある。本シンポジウム企画にあたって、多くの候補の中から、星の形成に関する学術的講演1件と核融合周辺技術に関する講演4件を紹介していただくことにした。

花輪知幸氏(名大)からは、最近の星形成の観測と理論について紹介された。M16やおうし座の星形成が盛んな領域を可視光、近赤外線、電波で観測した画像が紹介され、若い星にはガス円盤が付随していること、ガス円盤から星への降着が盛んであることが示された。数値シミュレーションにより、自己重力で希薄なガスから星が形成される過程における自己組織化が示された。また、ガス密度が時間の逆自乗に比例して増大し、空間的には相似的に変化すること、さらに磁場や回転の大きさが自己調節されること、これらを説明する相似解などが紹介された。

出原敏孝氏(福井大)からは、プラズマ加熱用として開発されたジャイロトロン他分野への応用について紹介された。高効率、高出力、波長可変性のミリ波・サブミリ波光源であるジャイロトロンは、核融合プラズマの散乱計測、電子スピン共鳴測

定による物質内部構造の解明、緻密な高強度セラミックの焼結、大気圏・環境リモートセンシングなどへの応用で成果が得られつつあり、また、一様な大面積薄膜の短時間生産が可能となるCVD用プラズマ生成や内径1 mm程度の細管伝送と局所的加熱による癌治療などの新医療技術開発への応用が期待され、さらにサブミリ波領域レーダーの開発や新たな周波数資源開発への応用も期待される。

大道博行氏(原研関西研)からは、超高強度レーザーを用いた学術的課題と産業シーズへの研究展開について紹介された。超短パルス高強度レーザーを用いた高輝度X線レーザー干渉計の開発、および今後の精密プラズマ形状計測やプラズマ制御への応用について、また、50フェムト秒級超短パルスレーザーを用いた0.1 MeV級イオンの発生、将来的には数MeV級イオンの発生により、がん治療用粒子加速器の入射系の小型化への応用について紹介された。

嶋田隆一氏(東工大)からは、JT-60の電源と制御系の開発に関わった経験を活かし、大学で現在研究を進めているフライホイール発電機および電磁力平衡コイルを用いた超伝導磁気エネルギー貯蔵(SMES)が紹介された。フライホイールを利用した電力周波数安定化装置や風力発電機の効率と電気出力の平坦化を同時に改善できるシステム、さらに、トカマク中の電流の平衡配位を応用し、大型SMES用コイルに働く巨大な電磁力および構造物重量の大幅に低減できることを実験室での小型超伝導コイルで実証するなど、魅力ある将来の産業応用への道を精力的に切り拓きつつあると感じられた。

最後に、尾崎 章氏(東芝)から、超伝導コイル技術、大出力ビーム・高周波マイクロ波加熱装置技術、遠隔制御技術、大型構造物溶接技術などのITER工学設計での開発技術を始め、医療、大直径シリコン結晶製造、加速器、交通、半導体や材料加工プロセス、電力などの広範な分野における先端技術との密接な相互関連について紹介された。

本シンポジウムで、核融合工学の技術開発が、他の分野における先端技術開発との相互波及しあい、相乗効果により進展してきたことがはっきりと示され、21世紀の産業社会においても一層の貢献が期待できることを多くの参加者が確信した。

(東北大 犬竹正明, 姫路工大 宇山忠男, 阪大 長友英夫)

■一般講演 ポスターセッション

A. 炉心プラズマ(磁場)

トカマク、ヘリカル、ミラー、コンパクトトーラス、FRC、逆磁場ピンチなど数多くの装置を中心に幅広い分野の実験、解析、装置設計などに関し、66件の発表がなされた。小型トカマクでは、高性能プラズマをめざしたFBCトカマクの製作、プラズマ水平位置の高速制御、周辺プラズマの熱、粒子制御法、プラズマ対向壁での水素リサイクリング制御等の発表が活発になされた。高ベータプラズマ生成へのアプローチとして、コンパクトトーラスの合体実験、磁気浮上内部導体コイルを有するトーラスの設計等、特徴ある発表が目立った。タンデムミラーでは径方向輸送と電位構造に関する発表があり、FRCプラズマの閉じ込め性能向上をめざす工夫や計測の発表があった。ヘリカル系に関する発表は、LHDやヘリオトロンJを中心に全体の半数を占め、活発な討論が展開された。LHDでは昨年度に第4期実験を迎え、NBIを始め、ECH、ICRFによる大電力加熱実験が本格的に行われた。ECHによる中心電子温度10 keV達成やネオンガス印加によるイオン温度5 keV達成など、当初の予想を

超える成果を着実に達成している。特に注目すべきは、電場形成機構を鍵とする内部輸送障壁(ITB)が形成されていることが明確に示されたことである。中型装置での結果から予見されていたこととはいえ、LHDでの確認は、トカマクを含めた環状プラズマの物理機構の総合的理解に大きく寄与する成果である。トカマクにおけるElmy遷移やMHD振動を伴わないなどヘリカル系の優位を示すデータもあり、今後の研究発展を期待したい。一方、ヘリオトロンJでは各種計測機器をそろえ、ECHプラズマでの放電開始時でのプラズマの挙動解析や無衝突領域における閉じ込め特性を調べた報告などがあり、興味深いものであった。

(筑波大 石井亀男, 東北大工 安藤 晃)

B. 炉心プラズマ(慣性)

初日のポスターセッションで22件(内若手は18件)の発表があった。内容は流体不安定性の理論・実験、高速点火および超高強度レーザー相互作用の理論・実験がそれぞれ半数近くと、ターゲット開発が2件であった。レイリー・テイラー不安定性を中心とするハイドロダイナミクス研究については阪大レーザー研で数年来進めてきた研究がほぼ完成の域に近づいており、今後はいかに不安定性を制御するかの手法とそのデモが研究の中心になってゆくであろう。現在精力的に進められている高速点火研究については、まとまった報告が招待講演であったのでポスターでは個々の物理や実験の報告が主であった。その中で特筆すべきは、コーン付きシェルターゲットの非対称爆縮に関する2次元シミュレーションによる解析および爆縮設計の報告であろう。超高強度レーザー照射で発生する高速電子流の理解とともに、爆縮プラズマの追加熱の研究が本格化してきた。ターゲット開発についても、炉システムまで考えた場合に高速点火にいかに対応するかの課題が整理報告された。なお、Bセッションの件数はさほど多くはなかったが、それでも個々に議論をするには時間が十分あったと言いがたい。若手の発表を促すなどポスターセッションを重視するのであれば、昼食時にかけて無理やりセッションを押し込むプログラムは構成上問題ありと言わざるを得ない。全体がタイトスケジュールであることは承知の上だが、やはり何らかの改良が望まれる。

(阪大レーザー研 白神宏之)

C. 加熱・電流駆動

加熱・電流駆動のセッションは高周波関係が12件、粒子ビームの関係が7件、合計19件の発表がされた。そのうち若手発表賞候補の発表が11件あり、若手研究者の意欲的な研究発表の場であった。内容はJT-60U、LHDでの既存加熱機器の性能・特性3件、大電力加熱機器要素部品開発として、ECH用ミリ波偏波器、ICRF用整合器、電流駆動用進行波型アンテナ設計、負イオン源高効率化、長寿命カソード開発、中性粒子ビーム制御、大型プラズマ源による中性化セル開発の研究発表が7件。物理的視野からの研究はECH電力吸収分布解析、3次元コードによるICRF加熱解析、イオンバーンスタイン波の光線軌跡解析、球状トカマクでの高次高調波の周波数広がり解析の4件。加熱・電流駆動の実験ではLHDでの偏波制御ECH、LATEでのECH電流駆動とEBW輻射計測、LHDでのICRF加熱実験、LHDでのNBI加熱実験の5件が発表された。加熱・電流駆動の研究を進めている全国の研究機関の数が限定されている中で、大学・研究室レベルの研究発表は興味深く、ヘリカル装置でのECH

研究、球状トカマクでの電流駆動の実験的研究とこれに関連した理論的解析と計測、ECH用偏波器開発、イオン源高性能化とプラズマ中性化セルの研究などが発表された。これらの研究と大型装置での研究が同一の場でのポスター発表となり、基礎と実用の見地から相補的な意見交換ができたことはプラズマ加熱・電流駆動研究進展に意義深い。(核融合研 大久保邦三)

D. 慣性核融合ドライバー

11件のポスター中、3件がレーザー、8件が重イオンビームに関する発表であった。レーザーに関しては、新しく完成した阪大のPWレーザー装置の達成性能が報告された。この装置はさっそく現在進行中の高速点火実験に使用されている。また、産総研からも高速点火研究を目的としてKrFレーザーにおける短パルス増幅システムが提案され、サブピコ秒パルスの高出力動作に向けた光学設計がなされている。炉用レーザーをめざしたLD励起個体レーザーの開発については、10J級の成果を基に100J級の設計が阪大から報告された。一方、重イオンビームについては東工大を中心としたグループから一連の報告がなされた。重イオンビーム装置開発ではイオン源、ビーム引き出し、輸送、加速システムについて、また標的実験ではビームエネルギー損失などの相互作用実験の結果や計画が報告された。このセッションでは若手による発表が2件のみであり、その意味ではやや寂しかった。(阪大レーザー研 白神宏之)

E. 計測

磁場および慣性核融合の計測に関して25件の発表があった。内容は電磁波放射・伝搬・散乱計測8件、粒子計測6件、分光測定4件、プローブ測定4件、データ処理1件、その他2件である。会場で活発な議論が行われ、とくに発表者の半数以上が若手で、今後の核融合研究の発展に大いに期待される。磁場核融合関係ではLHDプラズマの計測の報告が最も多く(7件)、トレーサ内蔵ベレットによる粒子輸送解析、水素スペクトルプロファイルからの水素原子速度分布計測、CO₂レーザーイメージング干渉計の開発、接続X線カメラによるMHD揺動観測、硬X線波高分布計測、パルスレーダ型反射計による密度揺動計測、データ処理の高性能化など、従来の報告から一段と進展した多彩な報告が行われた。この他、ガンマ10から金中性粒子ビームプローブと金被膜検出器を用いた電位と密度の同時計測、AIC揺動によるイオン損失などの興味深い報告があった。また全般に、不純物分光、プローブ計測、LIF計測、高エネルギー粒子測定、水素原子温度計測、中性子計測などに新たな展開が見られた。さらに、位相共役鏡を用いたトムソン散乱計測用高出力YAGレーザーの開発、光ファイバを用いた電流・磁気センサーの開発などが注目される。一方、慣性核融合関係では新たに開発された位相型フレネルゾーンプレートを用いたプラズマ密度計測の報告があった。取得データとシミュレーションの比較が進展している。(京大 佐野史道)

F. 核融合工学(超伝導・ダイバータ)

前回の当カテゴリでは2日間で23件のポスターが発表されたが、今回は1日で46件が集中して発表された。短期決戦で効率的ではあるにしても、実質4倍の超過密スケジュールは、他のカテゴリもあるので発表者には酷であった。件数の増加に関しては、JT-60改修での高ベータ化と安定化コイル、定常化とダイバータ設計、フェライト材の効果や超伝導コイル設計な

どの物理工学(24~36)、LHD超伝導コイル運転実績やダイバータ特性とタイル損耗計測(10~16)が目だったが、他は前回からの継続・進展および新規を交えて、ITER、IFMIFから原型炉までバラエティーに富み、連合講演会のメリットが遺憾なく発揮されていた。具体的には、TEXTOR高Zリミタ実験(01, 02)、ベブルダイバータ実験(03)、炉内構造物やTFコイルの熱機械構造(04, 05)、プラズマ位置センサーのニューラルネット(06)、分割型高温超伝導コイルと液体ブランケット設計(07)、超流動He冷却特性(08)、任意磁場分布のコイル設計手法(09)、WのHe照射効果実験(15)、日仏協定での定常LHCDアンテナ開発(37)、およびIFMIFイオン源・加速系とLiターゲット関連(17?23)が報告された。またITER関連としては、170GHzジャイロトロン長パルス実験(38)、ECH&CDランチャー可動部の中性子照射と遠隔駆動実験(39)、ポロメータの中性子照射効果(40)、マイクロフィッシュンチェンバーの中性子とガンマ線応答試験(41)、クライオスタットへの水進入シミュレーション(42)が報告された。工学技術として、炉心緊急停止用の液体窒素注入装置(43)、超音波による管内流体温度測定(44)、細管肉厚の渦電流探傷(45)、水素透過Pdでの炭素フラックスの影響(46)が報告された。(核融合研 相良明男)

G. 炉材料

本セッションでは、構造材料関係で低放射フェライト鋼10件、バナジウム合金13件、SiC/SiC複合材料12件、モデリングによる照射下挙動予測等5件、プラズマ対向材料で16件、その他2件の発表があった。低放射化フェライト鋼では核変換ヘリウムによる材料挙動予測のための加速器実験の成果や、強度特性に関する工学データ等の興味深いデータの発表があった。バナジウム合金では中性子照射下の温度変動効果と核変換に関する研究、NIFS-HEATの基本特性に関するデータや、耐食性、耐酸化性、水素の挙動といった環境効果に関する研究、溶接性や絶縁性被覆の研究等、材料とシステムを念頭においた研究の動向が見られた。SiC/SiC複合材料では、新しい製法により高密度を達成した複合材料の報告や、先進SiC繊維を使った複合材料の強度に関する研究および中性子照射効果、またイオン照射による核変換Heの組織および強度への影響や水素挙動について報告があった。低放射化構造材料については、3つの材料ともに照射下における挙動の基礎的なメカニズムのみならず、機器設計に向けた工学データの取得や機器製作のための基本的な技術開発が着実に進んでいることが示されたと思う。この他、最近の材料損傷評価コードと材料挙動予測に関する報告が4件あった。プラズマ対向材料ではJT-60U、LHD、TEXTOR等のプラズマ実験装置における対向材料中の水素・トリチウムについての報告があり、タングステンでは合金開発や電子やイオン照射挙動の報告があり、炭素材料では主に水素の挙動に関連した報告があった。プラズマ対向材料においては、高Z材料と低Z材料のそれぞれの特性を念頭においた具体的な使用についての研究が進んでいるという印象を受けた。またJUPITER-II計画での先進ブランケットにおけるシステムインテグレーションの研究についての紹介もあり、今後の炉材料研究の方向が示されていたと思う。(東北大 長谷川 晃)

H. トリチウム・ブランケット

本セッションの発表は23件あったが、このうち若手による発表が7件(30%)であり、全体の平均(50%)よりもかなり少な

く、今後、若手研究者の育成も重要な課題の一つかと思われる。発表内容の構成は、ブランケット(液体および固体)に関連するものが11件、金属およびセラミックス中での水素同位体挙動に関連するものが2件、トリチウムガスの酸化細菌に関連するものが2件、トリチウムによる被爆の線量評価に関連するものが6件および環境中でのトリチウム挙動の評価モデル並びに生体へのトリチウム影響に関連するものがそれぞれ1件ずつであった。まずブランケットに関しては、核融合炉での燃料生産ということ considering するならば、それぞれの候補材の物理的・化学的状态に応じた系統的なデータの蓄積・評価が急務であろう。各種材料とトリチウムとの相互作用に関する研究は、トリチウムの効果的な閉じ込めおよびインベントリの低減・評価を行う上できわめて重要であり、精力的かつ継続的な研究が切望される。環境中でのトリチウムガスの酸化反応に関与する種々の菌の探索およびその特性の研究は、生物学的影響のみならずトリチウムの環境動態を評価する上でも重要である。また、トリチウムによる被爆の線量評価に関連する基礎的研究は、トリチウムの危険性または安全性を客観的かつ定量的に議論する上で、最も基本となるデータベースの取得であり、今後さらに信頼し得るデータの蓄積が望まれる。(富山大 松山政夫)

I. 炉システム・設計(磁場, 慣性)

本セッションでは磁場閉じ込め14件、慣性閉じ込め3件の合計17件の発表があった。ITERに関連する発表は4件あり、ITERのパルス電源や圧力抑制システムの評価に加えて、プラズマ形状の再構築法や、先進運転領域の検討などITERで何が実験でき、何が得られるかという議論がなされ、今後、さらにこのような議論の発展を期待したい。ヘリカル炉に関しては2件の発表があり、ペレット入射とガスパフによる出力制御法やマグネットシステムの装置規模効果について報告された。また、2件のST型D-3He炉の可能性を示す発表があり、今後のその長所を活かした炉システム全体としての成立性の検討に期待する。また、RFP炉に関する発表(1件)では中性子壁負荷の観点からのコンパクト化の条件が議論され、トカマク炉に関する発表(2件)ではディスラプション時の安定化導体シェルにおける電磁気解析および固体ペレットの入射解析が報告された。また、安全性に関する発表(3件)では遮蔽構成の最適化によるフェライト系動力炉の放射性廃棄物の低減方策、異常時のダスト飛散挙動や真空容器内への冷却材侵入事象時の蒸気凝縮に関する解析が報告された。レーザー核融合炉システムについては3件の発表があり、設計のための液体金属壁のアブレーション挙動や固体壁の成立性、磁場による第一壁負荷の低減の可能性が議論された。

それぞれの発表は、炉システム・設計において重要な課題であるが、核融合エネルギーの具体的なイメージを核融合コミュニティから外に向けて発信できるような発表が見られなかったことは残念である。今後、「新しい展開に向けて」各分野の最新の成果を取り入れた核融合エネルギーの実現への具体像が示されていくことを期待したい。(電中研 朝岡善幸)

J. 理論・シミュレーション

理論・シミュレーションは19件のポスター発表があった。内訳はMHDが9件、輸送が6件、平衡が2件、波動が1件であった。装置別に見るとトカマクの輸送・MHDが9件、ヘリカル平衡・MHD・輸送が4件、ST・RFPの平衡・MHD(緩和)が3

件、それ以外が3件であった。トカマクのMHDでは先進的閉じ込めモードや核燃焼プラズマ中におけるダブルテアリングモードや新古典テアリングモードの研究やTAEモードの研究がかなり進展したと言える。ヘリカル系では新古典輸送理論と実験データとの比較研究が進展したが、異常輸送に関しては今後つめていく必要がある。シミュレーションではSTからRFPへの緩和に関する研究が興味を引いた。今回、理論・シミュレーション分野からも2名の若手ポスター発表優秀賞を輩出した。若手研究者のさらなる活躍を期待する。最後に核燃焼プラズマの物理研究をさらに押し進め、それに関連した発表件数を増やしていくことが今後の課題であるといえよう。

(九大 矢木雅敏)

K. プラズマ基礎・応用

プラズマ基礎・応用は26件のポスター発表があった。うちわけは慣性静電閉じ込め関連7件、慣性核融合・レーザー応用が8件、トカマク関連1件、その他の方式1件、基礎実験9件であった。今回、慣性静電閉じ込め方式による中性子源をめざした研究発表がこの領域の約1/4を占めたことは、注目に値するが、まだ基礎研究の段階であり、中性子源として実用化されるかどうかは今後の研究の進展しだいであろう。レーザー応用ではレーザー誘起衝撃波による高圧下におけるポリスチレンのHugoniotパラメータの計測や高強度レーザーによる地球深部ダイナミクスの研究、レーザー推進を用いたロケットや飛行機のシミュレーション研究等、多種多様な研究が行われており、レーザーがさまざまな分野で応用されていることが示された。基礎実験では高速プラズマ流中のイオン加熱の実験や磁気リコネクションの実験、プラズマフローシアに起因する低周波モードの研究といった理論屋にとって、興味深い研究発表があった。特に東北大学の発表はコンパクトにまとめられており、2名の若手ポスター発表優秀賞を輩出した点は特記すべき点である。(九大 矢木雅敏)

■若手ポスター発表優秀賞

今回の若手ポスター発表優秀賞の選考は、基本的に前回の選考方法にしたがった。唯一新しく試みたのは、参加者全員に投票を依頼したことであった。投票結果を整理し、16名の選考委員の合議により、上位の中から19名の受賞者を選んだ。400名以上の参加者があったが、投票総数は44票で、意外に若手ポスター賞への関心が低かったことは残念であった。選考委員会では分野別に総ポスター数に比例して受賞者数を割り当てて選考した。全ポスター172件に対し、19件を受賞者とした。受賞の選定としては、過去3回の連合講演会のポスター賞を受けたもの

および現地実行委員、プログラム委員、実行委員を除くこととした。表彰が閉会式で行われることから、受賞者の約半数が不在であった。この点は受賞の発表方法を工夫することなど、今後改善の余地がある。例えば、第一日目のポスター発表受賞者と第二日目のポスター賞を2回にわけて選考し、第一日目ポスター終了時および第二日目のポスター終了時のできるだけ早い時期に受賞者を公表することが考えられる。

受賞者の氏名とポスターのタイトルは以下に示すとおりであるが、いずれも力作であった。A全版によるポスター発表が数多く見られるなど、うまく工夫された発表が数多く見られたことや、科学的内容についても世界の研究をリードしていると思われるポスターが多数あり、充実したポスターセッションで

あったと 選考委員の感想である。

最後に 今後とも若手ポスター賞が刺激となり、優れた若手研究者が多数育っていくことに期待したい。

(阪大 三間國興)

長山好夫 (NIFS) 佐野史道 (京大) 木村晃彦 (京大) 相良明男 (NIFS) 松山政夫 (富山大) 朝岡善幸 (電中研) 岸本泰明 (原研) 犬竹正明 (東北大) 矢木雅敏 (九大) 山本 靖 (京大)

●受賞者一覧

芦川直子 (総研大) 「LHD における IR ボロメータを用いた非対称性放射崩壊現象について」

大黒敏光 (姫路工大) 「ヘリシティ入射による ST および球状 RFP 生成過程における MHD 緩和現象」

菊池祐介 (名大工) 「小型トカマク装置 HYBTOK-II における周辺エルゴディック磁場構造の回転を用いた熱・粒子制御法の基礎研究」

成嶋吉朗 (核融合研) 「LHD におけるリミタープラズマの MHD 特性」

住田裕之 (九大院工) 「相対論的電子による爆縮コアプラズマ加熱・点火過程の解析(2) 輸送-流体結合計算」

藤岡慎介 (阪大レーザー研) 「アブレーティブ・レーリー・テラー不安定性の理解へ向けたアブレーション密度計測」

池田勝則 (核融合研) 「多電源構成フィラメント・アーク電源による負イオンビーム制御特性」

秋山毅志 (東工大原子炉研) 「LHD における CO₂ レーザーイメージング干渉計の開発」

徳沢季彦 (核融合研) 「パルスレーダ型反射計による密度揺動計測」

彌政敦洋 (九大応力研) 「入力信号異常時の TRIAM-1 M プラズマ位置同定用ニューラルネットワーク出力の評価」

奥井隆雄 (阪大院工) 「ペブルダイバータ概念設計のためのペブル落下実験」

安堂正己 (原研那珂) 「イオン照射法による低放射化フェライト鋼の照射誘起強度変化」

上之恵子 (NIMS) 「SUS 316L 鋼の照射下クリープにおける転位密度効果の実験的評価」

小山正弘 (東北大金研) 「バナジウム合金のクリープ挙動に及ぼす高純度化の影響」

朴 峻秀 (京大院エネ科) 「核融合炉用セラミックス複合材料の破壊靱性評価法」

星野 毅 (東大院工) 「Li₂TiO₃ の不定比性構造と熱物性への影響」

山本敬治 (阪大レーザー研) 「レーザー核融合炉チェンバーのアブレーションと排気に関する研究」

石井康友 (原研那珂) 「負磁気シアプラズマにおけるダブルティアリングモードの長時間挙動と構造駆動型非線形不安定性」

影井康弘 (姫路工大) 「外部トロイダル磁界反転による ST から球状 RFP への緩和に関する MHD シミュレーション」

金子俊郎 (東北大院工) 「沿磁力線プラズマフローシアアに起因する低周波揺動のモード変換」

谷貝 剛 (東北大院工) 「高速プラズマ流中のイオン加熱」

●選考委員会

幹事：三間國興 (阪大) 委員：仙石盛夫 (原研) 安藤 晃 (東北大) 石井亀男 (筑波大) 松嶋 功 (産総研) 白神 宏之 (阪大)