



■第6回核融合エネルギー連合講演会報告

1. 連合講演会の概要

本連合講演会は2006年6月13-14日の2日間にわたり、富山国際会議場で開催された。13-14日の参加者は一般市民を含め、631名であった(参加登録者数423名)。第1日目の夕刻には、公開講演会が会場にて開催され、地元大学の学生等208名が参加した。引き続き、富山第一ホテルにおいて懇親会が行われ、138名が出席した。また、第1日目の特別講演および招待講演は公開講演とともに一般公開されたが、加えて事前に開催案内新聞掲載および当日に記者会見を行う等のプレス発表にも注力した。会議の要綱・プログラム、参加者数の詳細、運営組織については末尾の資料に示す。

本連合講演会の副題は「炉心・炉工の総合化とエネルギー科学としての拡がりに向けて」である。副題に関する検討は、組織委員会委員長・高村秀一氏の強い発案・リーダーシップのもとに2005年2月から開始され、2005年6月末にITER建設サイトに関する政府間交渉も終結し建設が開始されること、および日本で幅広いアプローチ(BA:国際核融合エネルギー研究センター (ITER遠隔実験センター、計算機センター、原型炉設計・研究開発調整センター)、サテライトトカマク装置、国際核融合材料照射施設(IFMIF))が実施されることが決定される、というITER元年の潮流を見据えて組織委員会、プログラム委員会、拡大組織委員会の連繋した議論の末に策定された。すなわち、(1)ITERへの多様な取り組みとデモ炉へ向けてのBAの展望、(2)炉心・炉工システム全体の制御を意識した新たな技術の総合化の視点、(3)高自律性核融合燃焼プラズマの新しい科学への展開、およびヘリカル磁場・慣性核融合・先進トカマク方式研究と材料研究・テストブランケット開発等から発する新しい展開によるイノベティブ科学の拡がり、の三本柱を核融合エネルギー実現のための研究開発ロードマップ上とエネルギー科学の中に位置付けるという歴史的認識の表明である。実際に、以上の考えは特別講演、招待講演、シンポジウム、パネル討論の形で具現されている。

第1日目のプログラムは、「ITER計画の全貌」(日本の核融合研究開発戦略;ITER計画の概要・国内機関の役割;幅広いアプローチ)と題する特別講演、産業技術総合研究所理事長・吉川弘之氏による「エネルギー科学の展望」と題する招待講演、ポスター発表による一般講演、「核融合炉の基盤工学研究の進展と拡がり」(核融合超伝導技術;高出力ジャイロトロン;高出力イオンビーム;超高強度レーザー)に関するシンポジウム、日本原子力研究開発機構 栗原研一氏(ミニ太陽)と京都大学 小西哲之氏(未来社会)による「持続可能な発展における核融合エネルギー

が果たす役割」と題する公開講演で構成された。「特別講演」ではITER機構長予定者・池田要氏による、機構内組織と建設・研究計画の基盤確立に向けての元科学技術庁出身大使特有の意欲的抱負と高らかな宣言が会場を魅了した。「招待講演」では、持論の持続可能な発展(Sustainable Development)を実現する学術創成論が熱弁され、本連合講演会の副題の深化、すなわち核融合エネルギー研究に対する新たなグローバルな視点を聴衆に認識させた。このことはまた図らずも、「公開講演」において、究極的にはリサイクル社会が目標とされるべきことが一般向けにわかりやすく示され、感動を与えたことと合い通じることとなった。「シンポジウム」では、副題の中の「拡がり」に関わる巨大プロジェクト核融合工学技術に焦点を当て講演・議論され、基盤的な超工学技術が応用されることにより核融合研究が拡がる科学として進展する期待が披露された。

第2日目のプログラムは、ポスター発表による一般講演を挟んで、午前の「核融合エネルギー科学としての学術の拡がり」(最適閉じ込め形状;高エネルギー密度状態;高ベータプラズマ学術・実用化;新たな緩和状態;放射線損傷・モデリング;核データ)、および午後の「ITER研究と将来展望」(ITER・BA/燃焼プラズマ;ITER・BA/炉工学;炉材料/ITER;理論・シミュレーション;IETR参画方法の合意)と題するパネル討論で構成された。「前半のパネル討論」は、正に副題に関わる広い範囲における学術の水平線の拡がりを発信する機会と位置づけられ、核融合個別分野の最前線と将来の発展性についての紹介が先ず成され、次いで活発な議論が展開された結果、核融合分野の科学の多面性ゆえに対応不可能な側面・領域が存在することが指摘され、このような学術的連携の試行の重要性が深く認識された。「後半のパネル討論」は、フォーマルな企画の第1日目特別講演に対して、事前のアンケート実施結果を基にして研究者の立場からITER・BA研究内容・参加形態等を論ずる場として設定された。チャレンジングな課題である高規格化ベータはITERよりはBAで取り組むべきとか、参画方法の人材派遣・支援研究体制に関する早急な制度確立等といったフロアとパネラーとのかみ合った議論が展開された。

今回はポスター発表による321件の一般講演を、第1日目と第2日目の昼食後2時間にバランス良く配置し活発な議論・交流を促進した。「炉心・境界プラズマ(磁場)」が最大発表件数の研究分野であり、また「核融合工学」分野では、半分以上がITER関連の発表であり、いよいよITER建設に向けての息吹を感じさせた。一方「炉材料」分野においては、ITER・BAへの大学の材料関連研究者の現状での関わりの困難さを感じられた。「トリチウム・ブランケット」分野は、富山大を中心とした新たな技術が報告され活発であった。「炉システム・設計」分野では、JT-60超

伝導化改修装置に直結したプラズマ設計・コイル設計に関する真剣な報告が行われた。“プラズマ基礎・応用”分野では、多岐多様な領域に亘る研究成果が数多く発表され、学術の拡がりを示した。最後に、ポスターセッションでは恒例の若手表彰を行ったが、今回は人材育成の「優秀発表賞」として4件のみが少数厳選され、閉会式の際に授与された。

このように、今回の連合講演会は現地実行委員会の着実な準備を背景にして、多くの参加者に感動と力強い展望を与えたと言える。(畠山力三)

2. 開 会

開会は実行委員会委員長の畠山力三氏の司会によって進められ、まず本講演会組織委員会委員長でありプラズマ・核融合学会会長である高村秀一氏から、来賓の方々並びに特別講演および招待講演を引き受けていただいた方々に対する謝辞に続き、本講演会の開催経緯・趣旨等に関する開会の辞が述べられた。本講演会の副題を「炉心・炉工の総合化とエネルギー科学としての拡がりに向けて」としたが、その背景には、(1)ITERへの多様な取り組みとデモ炉へ向けてのBAの展望、(2)新たな技術の総合化を念頭に置いた取り組みおよび(3)新たな学術の広がりとの3点を基本的な柱とし、これらを核融合エネルギー実現のための開発研究のロードマップ上とともにエネルギー科学の中に位置づけられるように努力していくことが求められている旨示された。また本講演会の特徴として、公開講演および招待講演を設け社会に対する情報発信を考慮するとともに、人材育成という観点より若手研究者によるポスター発表の優秀発表賞の表彰および学会誌への氏名等の掲載を配慮した旨述べられた。

引き続き、来賓として招待された富山県知事石井隆一氏の代理である齋田道夫副知事から、本核融合エネルギー連合講演会の富山での開催に対する県知事の歓迎の辞が述べられた。昨今のエネルギー情勢を鑑みるならば資源量、安全性および環境適合性を考慮すると核融合エネルギー開発の重要性が益々大きくなり、本講演会を契機として核融合エネルギーの開発研究が着実に進展することを期待する旨述べられた。また、富山県は青少年の理科離れ対策として科学技術に対する関心および理解の深化に力を入れており、本講演会に多くの富山県民が参加されることを期待すると共に講演会の成功を祈念する旨述べられた。

次いで、富山大学長西頭徳三氏の代理である龍山智榮理事・副学長から本核融合エネルギー連合講演会の開催に対する祝辞および県外からの参加者に対する謝辞が述べられた。本講演会の現地世話係となった富山大学水素同位体科学研究センターの設立経緯および研究活動等の紹介があった。本エネルギー連合講演会は、ITERの建設サイトの決定以来、初めて開かれる連合講演会であり、核融合炉に対する色々な意見がある中で時期を得た講演会である旨述べられた。また、学会が主催する講演会にも拘らず特別講演、招待講演および公開講演が一般公開(参加無料)されており、これは広く一般の方々の理解を得ることに配慮したも

ので非常に特徴的である旨述べられた。ITERの建設により、核融合炉実現の第一歩が踏み出され、今後建設に10年、その後実験に20年と長期に亘る研究開発を継続することとなるが、本講演会において核融合エネルギーの実現に向かって一歩でも前進するような成果を挙げられることを祈念している旨述べられた。(松山政夫)

3. 特別講演「ITER計画の全貌」

本連合講演会初日の冒頭に、「ITER計画の全貌」という主題の特別講演が企画された。錚々たる講演者の方々が二時間にわたり力のこもった講演をなさった。各講演者の記憶に残る一言を紹介する。

近藤駿介原子力委員会委員長：「原子力政策を時間軸で三層構造として練り上げた。核融合はプロダクト・イノベーションをめざす長期の取組に位置づけられ、内容としてはITERを中心とした開発、学術基盤研究、人材育成が鍵となる。核融合が社会からサポートされるよう努力すべきであり、それはまた原子力委員会の使命である。」

藤原正巳原子力委員会核融合専門部会長：「第三段階計画およびその後の核融合開発について、ITER・原型炉を経て実用化段階をめざす研究の道が敷かれた。」

池田 要 ITER機構長予定者：「未踏のプロジェクトに携わることができるのは幸せ。参加各極からは、モーメンタムを保ち建設期間の10年は頑張れと言われた。ITER機構には、学会や研究者との密接な交流を図るため" Fusion Science & Technology"という部局を設ける予定。調印が済んだら直ちに機構には法人格を持たせ、人を集めたい。ぜひ参加を。」と熱く語った。

松田慎三郎原子力機構執行役：「極内機関は物納とスタッフの推薦・派遣の窓口業務に責任をもつ。核融合フォーラムの役割が重要。」

須藤滋核融合科学研究所副所長：「学術研究を進める大学等では全国共同研究を今後一段と重視する。当研究所を拠点とする共同研究の仕組みは、ITERの参加へも自然に発展できるものと考えられる。」

板倉周一郎文科省核融合開発室長：「ITER BAで国際的に研究者を引きつける中心にしたい。特に、青森県六ヶ所村に建設する国際核融合エネルギー研究センターは、原子力機構と国内大学、大学共同利用機関との連携も積極的に進め、国内の総力を結集するとともに人材育成の拠点ともしていきたい。どのような形で連携ができるかについては、核融合フォーラム等の場で議論してもらおうのがよいと思っている。」と説明。

会場では、池田大使の講演に応え、機構長へ送るエールの拍手が巻き起こった。若い研究者の廊下の会話では「この機構長ならついていける」という声があがっていた。プラズマ・核融合学会会長は「ここからITERが始まる。」(伊藤早苗)

4. 招待講演 「エネルギー研究の展望」

吉川弘之先生(産業技術総合研究所理事長)は平成9年

から日本学術会議会長を、平成11年から国際科学会議 (International Council of Science : ICSU) 会長を務められ、この間一貫して新しい学術の枠組みに関する提言を行ってこられた。これらを基礎に、日本学術会議の提言「日本計画 (Japan Perspective)」や「新しい学術の体系」に活かされてきた。そこでは単なる「学際」を超えて「俯瞰的視点」が強調され、「持続可能な発展 (Sustainable Development)」を実現する学術の創成を訴えている。本講演では、これらの一般的な考えを紹介するとともにエネルギーと環境に特に焦点をあてて持論を展開された。本連合講演会の副題にある「エネルギー科学としての拡がりに向けて」にふさわしいお話を聞くことができ、聴衆に深い印象と感銘を与えた。

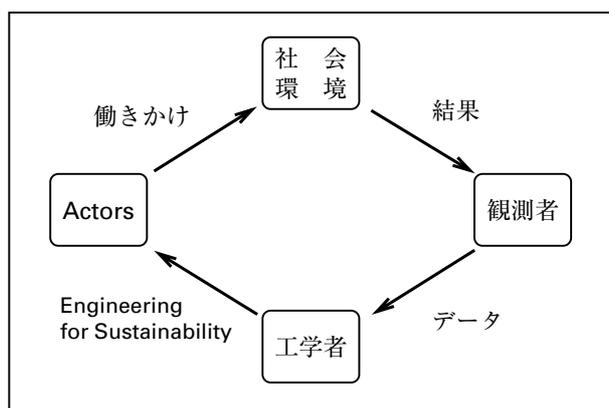
「学際」を超えた広い横断的な概念として「Sustainable Engineering (Manufacturing)」をまず提案し、これまでの「Development Engineering」と対峙させた。この Sustainable Engineering を実現するには次に示す三つの重要な観点があると指摘した。

- 1) 新しい規範 (Discipline) のための基礎研究
- 2) 既存の規範を総合化する数学的手法
- 3) 社会学的手法

まず1) に関して、デモクリトス以来の、要素に分解して理解する手法はこれまで大きく科学を進展させ、完成の域にある。一方、ヘラクリトスの主張は変化・流転を捉えようとする考えであり、これまでなおざりにされてきたもののこれから重要となる概念であり、完成にほど遠い。これらの二つの考え方は次のような対局する考えで象徴された。

(未知の探求) ↔ (既知のもの の保存) ; (発見の時代) ↔ (環境の時代) ; (保存量や変化の法則) ↔ (現象の変化や変化の原因) ; (存在の法則) ↔ (変化の法則) ; (顕微鏡と望遠鏡) ↔ (コンピュータ・シミュレーションを含む系統的観察) という具合である。

次に2) について、総合科学として三つの要素の重要性を提案している。すなわち、Natural Science, Social ScienceそしてEngineering Scienceである。この論の一環としてエネルギー源としては多様な資源 (ガス, 水素, バイオマス, 太陽光, 核融合, 原子力等) のベストミックスが大切であることが主張された。



最後に3) に関しては、社会における情報 (知) の循環の重要性を指摘している。これを示す下図において循環を閉じる Engineering for sustainability の部分が特に重要である。

以上が吉川先生の講演から筆者が興味を持った部分に焦点を置いて概要を示したに過ぎず、十分にまとめたとはとても考えていない。これを契機に核融合エネルギー研究を Sustainable Engineering の一環として見ることを吉川先生の強いメッセージとして受け止めたい。(高村秀一)

5. シンポジウム「核融合炉の基盤工学研究の進展と拡がり」

建設開始が決まり、ITER 計画は大きく動き出した。ITER 建設段階となった核融合研究は、エネルギー科学としての位置づけが確固たるものとなってきた。この進展の背景の一つには ITER や次世代のレーザー核融合装置に向けた不断の核融合工学技術の開発研究がある。核融合連合講演会の副題「炉心・炉工の総合化とエネルギー科学としての拡がりに向けて」の「拡がり」の工学技術に焦点を当て、核融合工学技術の開発現状とその先端性、先進性、そこから期待される応用、波及効果を明らかにしていくこと目的に、以下の4件の講演と議論を行った。

力石 (核融合研) は、LHD の超伝導コイルの開発について、特に、ヘリカルコイルで、世界最大級の 800 MJ の蓄積エネルギーを達成、その開発を成功に導いた低温の高純度アルミの安定化材、ホール効果の抑制技術、また、ポロイダルコイルやバスラインで開発された様々な最先端の技術の紹介があった。瞬時に電気に変換可能な超伝導コイルの大きな蓄積エネルギーを応用することにより、東工大が提案している系統系の電力安定化装置への応用例が紹介された。また、小規模なものでは、瞬停対策用としても有望である。

坂本 (原子力機構) は、最新の ITER 用ジャイロトロンの開発成果について、170 GHz では世界最高の性能である 600 kW で1000秒の発振に成功し、その基盤となった内部の各要素の効率の向上技術について紹介した。効率についても、エネルギー回収により、1 MW で50%を超えるデータも紹介され、ITER/核融合炉に向けた開発が大きく進展していることが窺えた。応用では、東大と共同実施しているマイクロ波プラズマ宇宙推進の原理実証実験が紹介され、デモンストレーションの映像が興味を引いた。また、プラズマプロセッシングへの応用として、人工ダイヤモンド生成の紹介があり、従来に比べ、大型で高速のダイヤモンド生成が期待できるとの見通しが紹介された。

渡邊 (原子力機構) は ITER 用 1 MeV 負イオン NBI の開発の進展について、1 MeV 級での高電流密度負イオンビームでは、これまでのデータを大きく上回る世界最高の 146 A/m² (836keV) 達成、また、大面積のイオンビームの一様性改善の成果を紹介し、ITER へ向け着実な進展が得られていることが窺えた。イオンビームについては、これまでに、既に様々な応用がなされており、加速器、直流送電、半導体加工などが挙げられる。最近では、大型の液晶画面の製作用の大型イオン源、イオンビーム加工装置、また、高

性能中性子ミラーの開発への応用についても紹介があった。

河仲（阪大レーザー）は、レーザー核融合炉に不可欠な高強度かつ高平均出力レーザーの開発について、最近注目されているレーザー材料であるイッテルビウム（Yb）系 YAG セラミックスを低温動作させることで、炉用ドライバーに必要な厳しい条件を満たす画期的な高性能レーザーが実現できる可能性を見出した。100 W 程度の小出力ながら高性能レーザーの開発に成功しており、得られた知見を基に商用炉に向けた大まかな概念設計の紹介があった。

これらの巨大プロジェクト核融合で開発されてきた基盤的な「超」工学技術が、世の中に、より、広く、早く発信されていき、応用され／波及することで、核融合研究がより「拡がり」のある魅力的な科学へと着実に進んで行く、本シンポジウムがその一端に少しでも貢献できたのではと思う次第である。（今井 剛）

6. 公開講演「持続可能な発展における核融合エネルギーが果たす役割」

「持続可能な発展における核融合エネルギーが果たす役割」をテーマに、一般向けの公開講演が行われた。このテーマは、午前の吉川弘之先生（産総研）による招待講演の内容とよく対応していて、大変適切なテーマ選択だったといえよう。

最初に、司会の岡野（電中研）から、日本の CO₂ 排出が占める割合はアジアの中でさえも小さいため、日本分を少々減らしただけでは温暖化に大きな貢献はできないという事実や、日本が発電のために燃している石油量は世界最多であることなど、日本のおかれた特殊なエネルギー事情と、それゆえに日本は世界で使える革新エネルギー技術の開発に寄与すべき責任があることなどが述べられた。

それを受けて行われた栗原（原子力機構）の講演「ミニ太陽の夢に近づく - ここまで来た核融合開発 -」では、核融合エネルギーとはなにか、プラズマとは何かから始まり、太陽でどうやって核融合が起こっているのか、核融合反応を起こすために高温がいる理由、閉じ込めるために磁場が使える理由など、基礎的なことが、わかりやすいアニメーションなどを交えながら紹介された。その上で、JT-60Uなどで実現している世界最高温度のプラズマのムービーなど、最先端の核融合研究の現状が紹介された。これまでの実験から見た核融合炉の運転シナリオが示され、炉心プラズマ制御に関する興味深い課題も説明された。実験が10年後から始まる予定の ITER はどんなものか、なにを研究するのか、ITER に先立って超電導化への改造が行われる JT-60SA 計画の狙いなど、今後の開発計画の紹介を通して、核融合研究の今後の発展見通しも示された。

引き続いて、小西（京大）により「核融合エネルギーがある未来社会」と題する講演が行われた。まず、人類がこれまでに実際にやってきたこと、すなわち、生物が何十億年もかけて太陽から取り込んだ化石燃料に内在するエネルギーを、その大量消費によって一気に開放し、わずか100年ほどの間に化石エネルギー資源を燃し尽くそうとしていること、それに伴って CO₂ を集中的に放出していること、な

どを紹介。その上で、「持続可能(サステイナブル)な発展」とは何か、その実現のためになにをすべきかを考えさせる形で話が進んだ。無限にエネルギーが供給できる核融合さえあれば未来のエネルギーは大丈夫、というような安易な形式での紹介ではなく、生きていくことだけで精一杯であるような市民も世界にまだ多いといった視点も含め、未来社会のあるべき姿としてリサイクル社会という目標を示し、その中で核融合が果たしうる大きな役割がありうることを紹介する、という流れで説明されたのが非常に自然な流れでありながら、新鮮に感じられた。

一般参加者の数は正確に記録していないが、会場にはおそらく百名を超える高校生たちが見受けられ、目的を十分に達した有意義な公開講演会であった。（岡野邦彦）

7. パネル討論「核融合エネルギー科学としての学術の拡がり」

「核融合研究は、明らかに新しいフェーズに足を踏み入れた。磁場核融合の ITER は、建設を開始し世界の強い注目を集めている。LHD は、長時間運転の記録を塗り替えている。レーザー核融合では、新しい手法が提案され、コンパクトな核融合の可能性が議論されている。対して地球上のエネルギーは、確実に枯渇していき、化石燃料による環境劣化は、進むばかりである。核融合エネルギーが、エネルギー戦略のテーブルに一日も早く登場する必要があるのは、誰の目にも明らかである。そのために若い世代を引きつけ、人工太陽を地上に灯すまで、効率よい世代交代を進めていかなければならない。この分野が健全に育つためには、常に科学・工学において、革新的、新しいイノベーションが生まれ続けることが必要であろう。またそれらが、スピノフとして産業や他分野の学術研究に応用され外部と常に、接触し、競争と協力を通じて切磋琢磨することも必要であろう。そうしたことを常に、可能にしておくためには、核融合分野の現状が常に透明に外部に対して見えるようにしておき、分野内の研究活動が自由競争状態に保たれ、かつ常にその研究成果について積極的に外部への働きかけがなされていることが必要であろう。」という趣旨で今回のパネル討論会が企画された。

パネル討論では、核融合分野に深く関連する第一人者により、学術としての拡がりについて、その最前線と、その将来の発展の可能性について平易に紹介してもらった。核融合の最深部分である核データ、放射線損傷から、さらなる最適な磁場配位への挑戦、高ベータプラズマとその理解を木星磁気圏への理解につなげる試み、球状トカマクの新展開、高強度レーザーが確立しようとする Warm Dense Matter 物理などの応用へまたがる広範囲における学術の水平線の拡がりを発信する機会と位置づけた。

岡村（核融合研）は、「最適な閉じ込め形状の探求」と題して、次世代、次々世代の見通しのない（電気）製品などは廃れていくという観点から、次世代は、ITER(磁場核融合)、高速点火もしくは NIF (National Ignition Facility) (レーザー核融合)であり、次々世代は原型炉、先進的磁場／慣性核融合というスタンスを示した。閉じ込め改善のた

めの磁場配位の最適化の手法を示した。外部コイルの形状や配置の工夫によらずに、直接平衡配位を決定する磁気面形状の制御を用いた磁場配位設計法が広く行われるようになってきており、新しい配位による MHD 安定性と輸送特性の改善は、LHD などの実験研究からの新しい実験事実の発見と相まって、ヘリカル系閉じ込め研究の可能性をさらに広げる。

米田（電通大）は、「高エネルギー密度状態の科学」と題して、ウォームデンスマターというものを温度／密度の相図において温度 0.1–10 eV 密度 0.1–10 g/cm³ 周辺の領域と定義し、この領域は、複数の相が存在する可能性があり、これまで詳細な実験データが存在しなかったために、理論・シミュレーションモデルの精度が低い状態が続いてきたと指摘した。この状態を明らかにすることは、レーザー核融合、高エネルギー密度材料科学、プラズマモデリング、ダイバータ物理など複数の分野に大きな影響を及ぼすことも示唆した。たとえばタングステンのクリティカル温度は、1500–2300 K という大きな誤差を持ったまま、放置されている。これを超短パルスレーザーを用いて、反射率などを正確に計測することで精度の高い実験データが得られる手法を紹介した。

吉田（東大）は、「新たな緩和状態の探求」と題して、緩和 (relaxation) の定義を「自然な無秩序化の傾向」とし、多様性の起源と維持のメカニズムは、秩序と無秩序の混在（階層の棲み分け＝マルチスケール）から発生しており、保存則（＝対称性）からわかることは、構造の多様化、安定性 (Lyapunov 関数) などであり、保存されない（束縛されない）自由度を支配する法則としては、エントロピー vs. ダイナミクスがあることを示した。この応用としては、より高 β の先進核融合や反物質プラズマに関わることを紹介した。

高瀬（東大）は、「高ベータプラズマの学術研究および核融合実用化への貢献」と題して、球状トカマク（以降 ST）の高い自律性、自己組織性、動的平衡をもつ複雑系は、宇宙物理や複雑系科学と共通の研究テーマを持ち、小型で高 β 装置の開発に繋がり、トカマクの高 β 化に貢献することを示した。学術の分野横断型としては、典型的であり、複雑系科学の非線形、自己組織化、自己維持乱流と関連し、宇宙物理の高レイノルズ数、磁気リコネクション、衝撃波形成と関連する。すでに、全日本 ST グループが組織化されておりこれら研究機関ネットワークを有効に使った研究展開が可能であることを示した。当面の目標としては、(1) 超高 β プラズマ、(2) 超長時間プラズマ、(3) CS なし立ち上げ、新電流駆動法開発をめざすことが示された。

森下（京大）は、「放射線損傷とマルチスケールモデリング」と題して、放射線損傷が、複数のスケールリングの下に、起こる過程であり、時間、空間、エネルギーを考慮しつつこれらを繋ぐモデルを構築する必要性を示した。また、モデルのベンチマークのために、実験は必須であるが、モデルが対象とするパラメータ領域だけの実験にとどまらず、パラメータ領域を広げた実験が有効に機能することを示唆した。

西谷（原子力機構）は、「核融合研究と核データ」と題して、中性子反応断面積、崩壊定数、 γ 線放出断面積などの現状を報告した。これらデータは、加速器、核分裂、核物理・核化学、核融合という複数の分野横断する関連性を強く持つことが示された。主に高エネルギー加速器・核破砕中性子源用 20–50 MeV 領域の中性子および D 入射断面積はデータも少なく整備が遅れていること、IFMIF のための実験値、評価値ともに不足していること、データ精度の向上とともに、核物理／核科学分野との連携が必然性を増していることを指摘した。

最後のパネル討論会では、会場とパネラー（発表者全員）との間で活発な議論が展開された。会場からは、核融合分野の科学の多面性は大変広いために、このコミュニティが対応しきれない面がある点が指摘され、こうした学術的な連携の試みが強く支持された。今後、各分野から重要なキーポイントを洗い出し情報を共有することで、何ができて何ができないかが明確になると、パネラー側から、提案があった。単なる寄せ集めではなく、お互いがフィードバックループを持つ相互連携が今後立ち上がることが期待され、パネル討論会を終了した。

（田中和夫）

8. パネル討論「ITER 研究と将来展望」

初日午前の特別講演「ITER 計画の全貌」がフォーマルな企画であったのに対して、本パネル討論は、ITER および BA の研究内容・課題と ITER 後の将来展望を、ITER/BA 計画への参加形態も含めて、研究者の立場から討論することを目的に企画された。また、パネル討論を充実させるため、事前にアンケートを実施して、各講演に対して期待する内容を集計し、講演者の参考にしてもらった。このアンケートは、ITER/BA 計画に対する意識、核融合研究の今後の方向性等、幅広い内容に及んでおり、その集計結果の概要も簡単に報告された。

趣旨説明と講演に対するアンケート結果の紹介の後、石田（原子力機構）から「ITER および BA における燃焼プラズマ制御実験」についての講演が行われた。プラズマ燃焼の課題は ITER で確実に達成される見込みであるのに対して、高自発電流を伴う ITER 定常運転はチャレンジングな課題であり、高規格化ベータは ITER よりはむしろ BA の JT-60SA で主に取り組むべき課題であることが示された。会場からは、原型炉を見据えた課題としての熱粒子制御の重要性が指摘された。

「ITER および BA における炉工学研究」については高津（原子力機構）が講演を行い、アンケート結果の内容を踏まえて、建設段階および運転段階での炉工学課題、ITER を利用したブランケット工学試験、BA における IFMIF-EVEVA 活動、原型炉に向けたロードマップ等が示された。会場からはトリチウムに関する課題にもっと統合的に取り組むべきとの指摘が出された。

続いて、室賀（核融合研）より「炉材料研究開発と ITER 計画」の題目で、アンケート結果を踏まえて、低放射化フェライト鋼を第一候補としつつ先進材料開発に取り組む炉材

料開発戦略, IFMIF の位置づけとその限界, 材料開発の視点からの ITER プランケットモジュール試験等に関する講演が行われた。

福山(京大)からは、「ITER 研究と両輪をなす理論・シミュレーション研究」というタイトルで, ITER および原型炉における自律性の高い核燃焼プラズマに対しては, 第一原理に基づいた多要素結合・多階層連結の統合シミュレーション・コードが不可欠であることが示され, その開発状況, BA 核融合計算センターの計画概要の報告とそれらの位置付け, 体制等に対する提案が行われた。

これらの研究に関する講演に続いて, 関子(九大)から「ITER 研究計画への参画方法の合意形成へ向けた提言」が述べられた。参画に対する合意形成の原則が確立されているのかという視点から, 現状の問題点を指摘し, そして他の巨大科学分野での例を紹介しながら, 国民的関心の中で参画することの重要性, 持続的な国民の支持を形成するための情報の開示, 国民との実体験の共有等の必要性を示した。そして, 民間企業の果たす「匠の力」も含めた日本チームの選抜, 今後の行動指針の提案等を行い, とかく内にこもりがちなコミュニティの目を外へ向けさせる講演となった。

引き続き小川(東大)による討論とまとめが行われた。時間の関係で, ITER/BA 計画への参画方法に関することを中心に, 核融合フォーラムと核融合ネットワークの位置付け, 核融合関係全体の人員拡充も含めた人材派遣・支援研究体制等に関する制度設計等が議論され, 急速に進展している ITER を取りまく環境の変化に対して, 時機を逸することなくコミュニティの意見や要望を早く反映できるようにすることの重要性が指摘された。全体として, 事前のアンケート実施により, 会場と壇上での議論のかみ合ったパネル討論となった。なお, アンケート結果の詳細と分析は, 後日改めて公表される予定である。(竹入康彦)

9. 一般講演

A. 炉心・境界プラズマ(磁場)

磁場閉じ込めの炉心・境界プラズマ分野は全部で68件の発表があり, 最も発表件数の多い研究分野となっている。閉じ込め装置からの実験結果の報告という視点では, ヘリカル系が28件, トカマクなどの軸対称系が24件となっている。シミュレーションおよび理論解析からの研究報告は4件。ヘリカル系では LHD, CHS, ヘリオトロン J, 東北ヘリアックなどの実験が順調に進展していて, それぞれの研究の特徴を示すような基本的な研究課題について, 本講演会の性格を考慮した総括的な報告がなされていたと感じた。日本のトカマク研究を代表する JT-60 実験からはダイバータと H モードについての報告に加えて, BA (Broader Approach) に関連した改修計画の紹介もされていた。軸対称系は球状トカマクまで含めると, 大学における比較的小規模の実験研究が盛んに行われていることも特徴的であり, Mini-RT, LATE, UTST, CPD など, 良い成果の出始めている装置や, これからスタートしようとしている実験など, にぎやかな印象もあって楽しみである。大学での特

徴的な研究という意味では, 名大グループの小型トカマクを含めた実験研究も元気である。軸対称系のもう一つの軸としては, FRC や RFP 配位での閉じ込め研究は息の長い研究であり, 本講演会でも研究の様々な展開の成果が報告されている。磁場閉じ込め研究に共通する研究課題という見地に基づいた報告としては, ダストの問題が比較的目新しいものであるが, 近年の研究環境において共同研究や分野をまたがった連携研究が強く推進されている状況において, もう少し個々の実験装置にあまり強く特化されない研究のアプローチが出てきても良いのに, といった思いがしなくもない。(岡村昇一)

B. 慣性核融合炉心・ドライバー

本セッションでは, 慣性核融合の炉心設計にかかわる研究課題8件とパルスパワーの高エネルギー密度プラズマ研究への応用研究1件が報告された。8件の内訳は, 5件が高速点火方式に関連する報告, 2件は HIB の伝播, 収束, そして1件のプラズマ計測開発であった。

4件の阪大レーザー研からの報告では, FIREX (高速点火実証実験) プロジェクトの課題となっている, 極低温燃料ターゲットの製作, 予備過熱, 圧縮, 追加熱の問題が議論され, 九大の中尾からは, 高速点火での DHe^3 先進燃料の可能性が報告され, わが国における高速点火核融合の現状と展望が一瞥できるものとなった。

慣性核融合ドライバー開発としては, 重イオンビームでの課題である伝播および均一照射技術に関するシミュレーション結果が東工大, 宇都宮大のグループから報告された。固体レーザー開発の現状に関しては, シンポジウムに於いて新しいレーザー材料を用いた半導体レーザー励起によって炉設計の概念設計が完了したことが報告されており, 着実な進展が見られることを印象づけた。

慣性核融合プラズマ計測技術に関しては, 他のセッションにおいても議論されており, ここでは, 特定領域科研(代表者: 笹尾)での課題の一つともなっている, 高密度プラズマにおける縮退効果を利用した測定技術の開発の現状が報告された。

高強度レーザーを用いた高エネルギー密度プラズマ研究への応用研究についてはプラズマ基礎・応用のセッションにて報告されている。本セッションでは, パルスパワーを用いた基礎実験の結果と今後の展望が報告された。この領域での応用が期待される。(中井光男)

C. 加熱・電流駆動

加熱・電流駆動分野では全部でポスター15件の発表があった。15件の内訳はプラズマ加熱実験関連8件, 機器開発関連6件であった。プラズマ加熱実験関連では実験が6件(ECH: 2, ICRF: 1, LHCD: 1, HRFW: 1, NBI: 1), 計画が2件, 機器関連ではイオン源関連が5件, マイクロ波関連2件であった。発表件数の総数が多くないのでこの数から全体の研究の傾向を議論することは困難であるが, 加熱実験ではバラエティに富んだ加熱機器が用いられているが, 機器開発はイオン源に集中している感がある。

加熱の計画についても連合講演会で内容を報告することは機器開発に対する動機付けとともにお互いの情報交換という意味で大切ではないかと考える。トカマクやヘリカル装置では近年新しい加熱・電流駆動の概念に基づく実験は実施されておらず、むしろ性能(効率や局所性, パルス長)の向上が急ピッチで進んでいる。これは炉の成立性に関する研究が進み、性能・仕様に対する数値目標が明確化されてきているからであろう。球状トカマク(ST)ではトカマクやヘリカルとは異なる概念のRF加熱研究が盛んであり、今回の学会でもHHFWやEBCDの実験報告がなされ、今後の発展が期待できる。

発表分野として、炉心・境界プラズマ分野にも加熱・電流駆動に関する実験の報告が数多く見られる。これはプラズマ実験には加熱は必須であり、加熱をプラズマの反応と捉えれば炉心プラズマとしての報告となることは必然でもある。これはプラズマ実験と加熱実験の関係を端的に表していると感じる。(花田和明)

E. プラズマ診断

プラズマ診断分野では全29件の発表があり、その内3分の2にあたる20件が若手からの発表で占められ、とても活発な議論が行われていた。内訳としては、レーザー計測関連(4件)、マイクロ波などを用いた計測(3件)、磁気計測(3件)、分光関連計測(6件)、ビーム関連計測(5件)、イオン等の粒子計測(4件)、中性子計測(4件)となっており、主要な計測手段の多くが自然と盛り込まれた形となった。主な概要としては次のとおりである。スーパー回転グレーティングを用いたレーザー散乱計測システムにCotton-Mouton法を適用した電子密度計測。高周波領域の周波数変調による電子密度分布計測、磁気センサーの有無による断面形状計測、高速プローブによる高時間分解磁気揺動計測、ガスパフイメーシング計測、MSE偏光の高時間分解収集による密度揺動の分布計測、アルファ粒子計測用ビーム源の開発、損失イオン検出器の開発、中性子スペクトロメータの設計、ガンマ線を弁別可能とした中性子検出手法の研究など、その他多岐にわたった。

基本的に計測器は実験装置依存性が少ないこともあり、ITERに応用させた場合における計測システムの課題などを盛り込んだ研究が多く見受けられた。若手からの発表が多いことは、ITER実機での計測を考えると非常によい傾向であると思える。(榎田 創)

F. 核融合工学

26件の発表の内、ITER関連が14件あり、まさにITER建設に向けて研究が進展していると感じた。特に日本が分担すると予定されている機器類、例えば超伝導コイル、ブランケット・ダイバータ、加熱機器、中性子遮蔽やトリチウム機器、計測機器などについて、詳細な現状の報告があった。特に超伝導コイルに関しては、実機製作が目の前に迫ってきているという臨場感があった。またそれ以外の機器類も、技術開発R&Dレベルから、実機製作に向けたR&Dや試作、およびその製作性・健全性評価というレベルに進展してきている。

ITER以外の超伝導コイル関連の発表が8件あった。ITERの超伝導コイル関連も含めると全体で11件であり、このように多くの超伝導コイル関連の発表があったという点が今回の特徴でもある。これは超伝導コイル技術が核融合分野で重要な役割を果たしていることの証左でもあろう。ここでは、核融合炉特有の超伝導コイルに対する課題である放射化や照射損傷の問題を取り上げた研究、新しい超伝導線材V3Gaの可能性、新しい間接冷却方式の提案、CIC導体の安定性解析の深化、などに関する研究が発表された。また高温超伝導コイルをプラズマ実験装置に初めて応用した装置の紹介もあった。

ヘリカル系のダイバータ構造に関する研究、および第一壁冷却への特殊伝熱促進体の開発などの研究発表もあり、興味を引いた。またダイバータや第一壁の候補材料となっているタングステンのヘリウムイオン照射効果の発表もあった。IFMIFに関しては、リチウムターゲットの熱構造と線量評価の報告があった。(小川雄一)

Table 1 炉材料発表の分布

材料の発表33件	関連する発表14件 (JUPITER等)	その他の分野での材料関連	7件		
バナジウムおよびバナジウム合金に関するもの 15件	バナジウムへの被覆関連 6件	耐酸化性(固溶酸素、イットリウムの影響等) 3件	照射関連	4件	水素・トリチウム関連 4件
タングステン 11件	バブルおよびプリスタ関連 6件	耐熱性に関連 2件	水素関連	2件	PMI関連 2件
炭素 PMI 関連 8件	JT-60U 2件	JET・ASDEX 各1件	ダスト関連	3件	トリチウム除去に関連 1件
シミュレーション・モデリング 4件	MD関連 2件	PMI 1件			
SiC 4件	SiC/SiC 2件	LiPbとの両立性 1件	水素挙動	1件	
Flibe 3件	Beとの共存性 1件	トリチウムとの相互作用 1件			
フェライト 3件	強度特性 3件				
ボロン 1件	水素関連 1件				
その他 4件	ミラー関連 1件				

G. 炉材料

材料関連の発表は、材料としての発表33件 関連する発表14件 (JUPITER 等)、さらにそれ以外の分野での材料関連の発表7件があった。それらはTable 1のとおり、バナジウム、タングステン、炭素、SiC、フェライト、シミュレーション・モデリング、その他に分類される(分類では重複を許している)。タングステンのプリスタ関連の研究、およびバナジウムおよびその合金へのエルビウム酸化膜被覆等の発表が目をつけた。大学からの発表がほとんどで、長期的な視野からの研究が多いのが特徴と言えようか。一方でITER建設を目前にしているにもかかわらず、特にそのPMIを視野にいたった研究が少ないのは寂しい。大型の研究施設でないと、ITER等に直接に関連する研究がやりにくくなっている現実を目の当たりにする思いがした。ITERやBAに大学の材料関連の研究者がどのようにかかわっていくのか、議論を喚起したい。(田辺哲朗)

GJ. JUPITER-II 関連

日米協力 JUPITER-II 計画は、平成13-18年度の6年計画で進められており、成果の取りまとめの時期に入っている。本会では、シリーズ発表(14GJ01-14GJ14)として代表的な研究成果が報告された。14GJ01は概要の説明であり、本計画の目的、タスク構成、成果のハイライトが要領よくまとめられた。溶融塩Flibeの化学制御に関する2件の発表があり、Flibe中のBeの溶解制御が可能であること、溶解BeがHFをH₂に還元することが示され、REDOX制御の可能性が示された。磁場下の熱流動特性に関する実験成果の報告では、乱流計測のための粒子画像計測法により磁場による流動様式の変化を計測した結果、強磁場下で乱流熱伝達を定量的に評価した実験結果が報告された。液体リチウムブランケット用MHD絶縁被覆開発に関しては、イットリウム濃度によって異なるという結果が、また酸化エルビウムに関して、PVD法により製作された結晶性の高い被覆が液体リチウム中700℃まで長時間安定であることが示された。バナジウム合金に関しては、液体金属雰囲気下の照射下クリープの実験結果が熱クリープと比較し報告された。イットリウム添加バナジウム合金の報告が2件あり、レビテーション溶解により酸素の低減が可能であることが示され、最適なY添加量と加工熱処理条件が明らかにされた。SiC/SiC複合材料に関しては、日米共同で製作した大型FCVI法による複合材の内部構造、繊維多層被覆効果、酸素分圧制御流動ヘリウム中での酸化挙動、質量変化が報告された。日米共同で行なわれた3次元中性子輸送計算によりヘリカル炉の複雑な構造を考慮したトリチウム増殖比や遮蔽性能が始めて明らかにされた。MHD被覆に関する第一原理計算結果が報告され、界面の原子結合状態と接合力の関係を明らかにした。

(室賀健夫)

H. トリチウム・ブランケット

トリチウム関連11件、IFMIF関連2件、固体3件、液体

1件。地元開催ということもあり、大学として最大規模のトリチウム施設を擁する富山大からの5件を含めトリチウム測定、材料との相互作用、除染について新たな技術が報告され、充実を見せた。制動X線による測定法BIXSはほぼ完成の域に達している。水中のトリチウムのモニタリング2件、ガスクロ分析、また水中トリチウム分離2件、と核融合動力炉施設もスコープに入る研究が展開している。ステンレス鋼のトリチウム除染、水-水素同位体交換は古くからある問題ながら新規性を出している。ブランケット関係は、リチウムチタネートとジルコネートからのトリチウム放出、Li₂Oの拡散、照射欠陥、水素の結合状態なども、掘り下げるタイプの研究である。液体Liに関してはIFMIFのターゲットのための流動解析、ホットトラップと、高温ブランケット志向のLiPb-SiC共存性。個々の研究にはそれなりに興味深い進展が見られるものの、特に核融合エネルギー実現に向けた重要分野であるはずのトリチウム、ブランケット研究としては少々寂しい状況であり、危惧が感じられるといったら過言であろうか。(小西哲之)

I. 炉システム・設計

本セッションでは、21件の報告があった。内訳は、核融合炉の社会受容、開発シナリオ等の全般に関する報告(3件)、原子力機構にて検討中のJT-60超伝導化改修装置(JT-60SA)および原型炉に関する報告(それぞれ4件および2件)、核融合科学研究所にて検討中のヘリカル炉に関する報告(8件)、阪大にて検討中のレーザー核融合炉に関する報告(2件)、その他(2件)であった。特に、日欧間の「幅広いアプローチ」のサテライトトカマク計画と国内計画の合同計画となるJT-60超伝導化改修装置に関する報告は、装置建設を来年より計画されていることもあり、A炉心・境界プラズマのセッションでの計画概要説明に加え、本セッションではプラズマ設計およびコイル設計について、熱の入った報告が見られた。また、報告件数で圧倒したヘリカル炉に関する報告では、システム統合、最適化に関する報告の他に設計ツールの開発、水素製造に関する紹介があった。さらに、レーザー核融合炉概念設計では抽出された課題の紹介等があり、逆磁場ピンチ炉の設計紹介と合わせ、本セッションにて扱う分野の幅広さが伺えた。最後に、本セッションからは、「早期発電実証を目指した高性能トカマク核融合炉の開発シナリオ」に関する報告(電中研)が、トカマク炉に関する全般的な評価法を示し、明確な開発シナリオを策定していることを理由に、優秀発表賞として選ばれた。(小野塚正紀)

J. 理論・シミュレーション

理論・シミュレーションでは、輸送・乱流シミュレーション7件、MHD理論・シミュレーション8件、ダイバータ関連、レーザー関連、材料関連各2件、その他2件と多岐にわたる発表が合計23件あり、熱心な討論が行われた。統合化シミュレーションに向けて、輸送コードへの波動加熱と電流駆動の統合化を行い、波動による加熱・電流駆動の自己矛盾のないシミュレーションを可能にしてい

る。また、輸送コードへの SOL とダイバータの統合化により、ELM 崩壊時のダイバータの動的挙動の解明が進められた。加熱効果を入れた ITG 乱流と帯状流・GAM のシミュレーションを行い、準定常状態におけるイオン温度分布に対する q 分布の効果を明らかにした。磁気島があつて入れ子状の磁場配位をしていないときの新古典輸送解析のため、磁場構造を考慮したラベリングを工夫して、 δf シミュレーションによる輸送解析コードの開発を行っている。非線形 MHD コードによる交換型モードシミュレーションと平衡コードによる β 値増加計算との結合により、 β 値上昇によるモードの安定特性、圧力分布形成を明らかにした。また、外部ヘリカル磁場による磁気島の回転制動に関する結果や、強制磁気再結合による爆発的な成長と磁気島挙動の特性が明らかにされている。入射ペレットのアブレーション雲を含んだ 3 次元の MHD シミュレーションを行い、アブレーション雲のトロイダル方向への伝搬、低磁場側へのドリフトを矛盾無く説明した。スクレープオフ層の様な開いた磁場に囲まれたプラズマの電場形成について粒子シミュレーションを行い、規格化イオンラーモア半径が大きくなると径電場が外向きから内向きに遷移することを示した。LHD プラズマで、最外殻磁気面より出た粒子の再突入効果を含めた解析を行い、再突入効果を含めると総飛程距離が数 km に達し示された。また、ダイナミカル・モンテカルロシミュレーションによって、壁材料の損耗に関するシミュレーションモデルが示された。

(小関隆久)

K. プラズマ基礎・応用

プラズマ基礎・応用分野の発表件数は 48 件あり、基礎と応用ほぼ半数の発表割合であった。プラズマ中の流れと電位形成に関する研究、正負イオンプラズマ、非接触プラズマ、FRC 装置での不安定性の観測、不安定挙動の統計解析など多彩な直線型装置を用いた基礎研究報告が行われた。その他にもダブルプラズマを用いた微粒子制御機構や CO_2 ガスダイナミックレーザー開発、またレーザー生成プラズマからの電磁波放射研究や Z ピンチを利用した EUV 光源の開発など新しい電磁波源の開発研究では興味深い報告がなされた。

応用研究分野ではパルス細線放電やパルス重イオンビーム、プラズマフォーカスを用いた素材合成や微粒子生成、また大強度ミリ波源の開発研究などパルスパワー研究とその応用に関する報告が多数行われた。富山大をはじめ長岡技科大、金沢大などの北信越地区における活発な研究活動が目立った。大気圧プラズマの生成、特に大気圧下や液体中でのグロー放電生成や大気圧マイクロ波放電、医療応用、またナノカーボン応用研究としてシリコンクラスター形成や単層 CNT 生成の報告など最近話題となっている応用研究の報告も行われた。また、大出力ジャイロトロンや高出力 ICRF を用いたプラズマ宇宙推進機開発関係の発表があり、さまざまな分野へ核融合関連技術が活用されている一例として注目された。

その他、慣性静電核融合関連の発表では陰極構造や正イオンの流入効果に関する報告があり、地雷探査等への応用を目指した研究活動に関する報告があった。また、高速点火核融合の関連研究として、超高強度レーザー照射に伴う電磁場形成が、照射時に発生した荷電粒子の挙動に大きく影響を与えることが観測され、その原因についての考察が行われた。

核融合開発研究に関連した基礎研究が学理の発展に寄与するとともに、関連技術開発から派生した研究分野が広く他分野に応用されていくことは本連合講演会の趣旨にも叶うことであり、今後もこのプラズマ基礎・応用分野への発表件数が増えるよう期待したい。(安藤 晃)

L. 関連研究

「Pd 合金の磁化率の吸蔵水素依存性」：実験結果は理論と定性的に一致。「多角パレルスパッキング法による微粒子表面の修飾」： SiO_2 表面に酸化チタンの、また、PMMA ポリマーに Au の、均一な修飾に成功。「バイオマスからの水素製造」：核融合炉特有の 1000°C の熱源を用いてセルロースを水素と CO_2 に変換するシステム設計。「超伝導 MgB_2/Al 複合材」：製造し特性を調べた。転位温度は 30 K。「低放射化コンクリートの材料選定評価システム」：原材料から対象とした。「 $^9\text{Be-D}$ 核反応による放出 γ 線」：燃焼プラズマ中の D 密度の測定に用いる γ 線のデータを取得。「弾性反跳粒子検出法」：プラズマ対向材中の水素同位体密度分布を求めるためデータを取得。「炉材料の 2 重微分断面積」：Zr について 14 Mev 中性子による反応を調べた。「再結合プラズマ中でのイオン種」：オメガトロン分析器による H^+ , H_2^+ , H_3^+ の計測。「HYBTOK-II プラズマのフロー計測」：回転ヘリカル摂動磁場の影響を調べた。「JT-60U リップル低減材による放射線遮蔽」：8 Cr 2 W 鋼の効果を調べた。「熱吸収型可視位相変調素子」：ニトロアニソールは赤外線熱として吸収し屈折率が変化することを利用し赤外線ホログラフィと遠赤外干渉計の高空間分解能化の実験。「クライオ重水素燃料ターゲット」：NIFS との共同研究で高速点火用に開発中。「LHD ペレット入射実験」：高エネルギー粒子の下での侵入長を溶発理論モデルと比較。「精密サイズ連続可変式ペレット」：溶発分布と侵入長の計算、インジェクターの開発状況、入射ペレットの速度とサイズの測定。「金属表面近傍の電磁表面波」：発振器への利用。「革新的エネルギー技術の総合的評価法の開発」：コンジョイント分析法を用いて各種エネルギー源を比較。「核融合アーカイブズ」：大学における活動と日米 WS の紹介。(松岡啓介)

※<http://www.jspf.or.jp/rengo06/> もあわせてご覧ください。