



レーザー核融合技術振興会 総会報告

藤岡 慎介

平成18年6月2日に大阪府吹田市千里ライフセンターにて、第15回レーザー核融合技術振興会総会が開催された。

議事進行に先立ち、レーザー核融合技術振興会江上一成会長は挨拶の中で、「核融合開発を取り巻く国内・国外の状況を踏まえ、政府の公的な委員会において、我が国のエネルギー開発戦略の中でレーザー核融合が果たすべき役割を明確にし、FIREXプロジェクトの第二期計画を早期に立ち上げることが最も重要な課題である」と述べられた。

疇地宏副幹事長より平成17年度の事業報告案及び平成18年度の事業計画案が報告された。平成17年度に最も注力した事業であるレーザー核融合炉設計委員会に関して、高速点火レーザー核融合発電プラント(KOYO-F)の二年にわたって検討された概念設計が、報告書としてまとめられたことが報告された。平成18年度における重要な活動の一つは、今回の報告書をもって政府関連委員会等に働きかけを行い、レーザー核融合を我が国のエネルギー開発計画に位置づけられるよう働きかけることだ。また、レーザー核融合炉の実現に不可欠な大出力レーザーの開発を、産業応用、基礎科学、ITERプラズマ診断等にも資する多目的計画として推進する方策について検討する大出力レーザー開発委員会については、平成17年度に立ち上げを行い、二回の委員会を開催した。平成18年度は引き続き委員会を開催し、プロジェクト提案を含めた報告書としてまとめることが提案され了承された。

国際交流・研究調査活動について、平成17年度は仏国ピアリッツにて開催された「慣性核融合科学とその応用に関する会議(IFSA2005)」に5名の研究者を派遣し、合わせて会員企業と組織したIFE調査団の派遣が行われた。平成18年度は二年に一度開催される国際原子力エネルギー機関(IAEA)における慣性核融合

技術委員会や炉設計に関するCoordinated Research Programの活動を支援することが提案された。広報活動等、引き続き会員企業への情報提供を推進することが提案され、平成17年度事業報告案及び平成18年度事業計画案とも了承された。

引き続き、中塚顧問より平成17年度に派遣したIFE海外調査団についての報告が行われた。派遣期間中に行われたLIL及びLMJの見学の様子や、LMJを中心に一大光学産業拠点にする計画などが紹介された。また、調査団派遣中に行われた仏国タレス社からのプレゼンテーションの中で、現在タレス社が製造できる半導体レーザーの総出力が示されたとの報告があった。2007年度には3MWを目指すということであり、この分野のおおよその市場規模が推算された。レーザー核融合炉の成立には、レーザーダイオードのコストが1Wあたり10円まで下がる必要があり、市場規模拡大に伴う将来価格予測を共同で行いたい旨を先方に伝えたことが報告された。

大阪大学レーザーエネルギー学研究センターの三間センター長からは研究の現状について報告が行われた。平成18年度から全国共同利用施設化が始まり、競争と協奏を理念に核融合科学研究所、日本原子力研究開発機構他、多数の大学・研究所との連携により高エネルギー密度状態科学研究の全国展開を目指すことが述べられた。平成18年度は激光XII号を用いる共同研究申請が14件提出されており、順調な滑り出しとのことだ。文部科学省のリーディング・プロジェクトでは、汚染粒子が発生しないスズ・プラズマ光源を目指したパンチアウト法の研究、レーザー核融合に関してはFIREX I期プロジェクトの柱となる装置であるLFEXレーザーの建設が着実に進んでいることが報告された。またラザフォードが中心となりヨーロッパの複数の研究所が連携して提案しているHIPERプロジェクトについても

言及された。200–300kJの爆縮用レーザーと70kJの加熱用レーザーで、高速点火レーザー核融合を目指すというFIREXプロジェクトと極めて類似した研究提案が進んでいる。一方、FIREXプロジェクトは既に実行段階に入っており、一步以上先んじている我々の優位性を堅持することが極めて重要であると強調された。

特別講演会報告

総会に引き続いて、特別講演会が同千里ライフセンターにて開催された。最初の特別講演では「J-PARCの建設とその利用」と題し、大山幸夫副センター長に御講演頂いた。

J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) は、日本原子力研究開発機構と高エネルギー加速器研究機構が共同して推進するプロジェクトだ。世界最大強度の大型陽子加速器であり、ターゲットに照射することで発生する多種類の二次・三次粒子を利用して、物質・生命科学、原子核素粒子科学、原子力工学など広範囲の科学研究を推進し、多くの研究グループによる利用を目指した施設だ。

講演の中では、具体的な研究テーマについて非常にわかりやすく説明された。3GeVプロトンで発生する中性子ビームやミューオンビームをプローブとして用い物質生命機能材料の構造観測を行うこと、50GeVプロトンで発生するニュートリノビームやK中間子ビームを用い、ストレンジネスの埋め込みやニュートリノ振動といった素粒子・原子核物理の謎を解明すること、さらには放射性廃棄物中に含まれる長寿命核種の短寿命化研究などを行うことが紹介された。時に動画を交えながら、大規模装置が組み立てられる様子についても紹介された。

質疑応答では、「陽子加速器の分野では国際共同研究が盛んであるが、そのような状況下で如何にして国内にJ-PARCを建設することが推進できたのか？」という質問に対し、「ニュートリノ研究は日本がトップランナーであり、今後も先頭を走り続けるために本施設が必要であること、更に国際競争の中で国外の装置に頼ることは頭脳流失につながることを説得した」とのことだ。また、J-PARCが生み出す産業応用について質問が出され、利用促進委員会を設け、企業研究におけ

る中性子プローブ等の利用を促進することが進められていること、及び核変換など原産産業への応用を第二期計画として検討していると回答された。

引き続き、大阪大学レーザーエネルギー学研究センターの河仲準二助教授より「低温冷却型Yb:YAGセラミックスを用いた炉用レーザーの新展開」と題して御講演頂いた。炉用レーザーに求められる三条件（高いエネルギー蓄積能力、高い熱耐力、大型材料育成）の観点から、冷却型のYb:YAGセラミックスは非常に優れた材料だ。Yb:YAGは高い誘導放出断面積、高い熱衝撃係数、高い熱伝導率を有しているが、常温では熱で励起された電子が下準位に存在する準3準位系であり、再吸収が問題となる。河仲助教授らはYb:YAGを冷却することで、熱による励起を抑制して下準位に存在する電子数を減らし、理想的な四準位系が作られることに着目した。低温のYb:YAGレーザーは、米国Mercuryが採用しているYb:S-FAPや仏国LUCIAが採用している常温のYb:YAGセラミックスよりも、核融合ドライバースとして優れた特性を有している。基礎実験においては、CW動作で光-光変換効率70%など極めて効率よいレーザーであることが示された。

また、炉用レーザーとして、アクティブミラー型の増幅器CAMCY (Cryogenic Active-Mirror with CeramicsYAG) を提案され、Q-スイッチ発振実験では62%という高い光-光変換効率を示された。炉用レーザーでは、中心に置いたLDレーザー光源を取り囲むようにアクティブミラー型のYb:YAGセラミックスを配置し、タワーのごとく積み重ねることで占有体積の小さい炉用レーザーが構築できるという非常に魅力的な設計案が示された。

質疑応答では、炉用レーザーとして完成させるために解決すべき課題について質問が出され、光ファイバーなどでLD光を導く技術、及びアクティブミラー型に不可欠な薄膜セラミックスの製造技術が挙げられた。また海外でのYb:YAGレーザーに対する評価については、LULIなどは基礎特性測定を開始し、米国でも装置評価を開始しているとのことだ。

講演には60名以上の聴衆が集まり、懇親会に場を移した後も、引き続き活発な議論が行われた。今回御講演頂いた両先生に、改めて感謝の意を表したい。

「光を使った極限相転移に関する研究会」 報告書

大阪大学大学院工学研究科 電気電子情報工学 教授
兒玉了祐

2006年1月31日、大阪大学レーザーエネルギー学研究センターにおいてプラズマフォトンクス研究会として「光を使った凝縮と極限相転移」に関する研究会を開催した。

近年の高出力レーザー技術の進歩により、未開拓の高いエネルギー密度状態の環境が比較的容易に実現できるようになった。その結果、高エネルギー密度科学と表現できる新しい研究分野が世界的に生まれようとしている。米国、欧州を中心に組織的な学術展開が始まろうとしている状況を鑑み、我が国で培われてきた実験や理論の知的財産に立脚しつつ、広い関連物理分野（固体物理、プラズマ物理、量子エレクトロニクス、レーザー工学、ビーム工学、電子光学、プラズマ理工など）の研究者との緊密な連携体制を早急に整備し、これまでの実績を踏まえた国際的なリーダーシップを維持・発展させていく必要がある。このような背景のもと、本研究会では、高エネルギー密度状態の科学における光を使った凝縮と極限相転移に絞る物理学的体系化に関する議論を行うことを目標に開催された。

なお本研究会の主催はIFEフォーラム、プラズマ核融合学会プラズマフォトンクス専門委員会、大阪大学レーザーエネルギー学研究センター状態方程式研究会に頂いた。

研究会での議論の内容は以下に示すとおりである。

まず本研究会の開催趣旨説明が研究会主査の兒玉了祐（大阪大学）よりなされた。さらに本研究会開催の経緯説明の一環として、田中和夫氏（大阪大学）これまでの大阪大学レーザーエネルギー学研究センターにおける状態方程式研究のレビューが行われた。その後、光を使った凝縮状態と相転移に関する議論が、

- 開催日時：平成18年1月31日（火）午前9時
- 開催場所：大阪大学レーザー
エネルギー学研究センター
- 主催者：大阪大学大学院工学研究科
電気電子情報工学 教授 兒玉了祐
- 参加人数：50名

- 1) 比較的低温なプラズマ状態で起こるプラズマ結晶化層転移
- 2) 固体-プラズマ中間体相転移
- 3) 高圧化での相転移
- 4) 極限相転移を診断するための先進的なポンプ&プローブ

の Kategorii に分けられ議論が行われた。1) の結晶化に関しては、従来の古典的プラズマの概念から量子力学的アプローチの必然性を議論された。2) においては、高温状態での個体-プラズマ中間体相転移を引き起こす要因として原子過程が議論された。3) においては、高圧化での物性物理として絶縁体の金属化、超伝導化が議論され、宇宙や地球惑星における高圧化での状態方程式の重要性が議論された。4) においては高出力レーザーで得られる高輝度X線をプローブ光源として相転移を観測する手法について議論された。

最後にこれらの議論をもとに本研究会の進め方、連携のあり方に関する自由討論が活発に行われた。

本研究会で扱う領域は幅広く固体物理、量子物理、プラズマ物理、宇宙物理、地球惑星物理、材料物性、レーザー工学と合わせて学際的な発表者から構成された。また参加者は大阪大学（工学研究科、理学研究科、基礎工学科、レーザーエネルギー学研究センター、極限

科学センター)、横浜国立大学、電気通信大学、京都大学、UCバークレー、産業技術総合研究所、東京工業大学、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、NTT物性科学基礎研究所、日本原子力研究開発機構、レーザー技術総合研究所、浜松ホトニクス中央研究所と幅広いものであった。

レーザーによる高エネルギー密度科学は極めて学際的であるが、学問体系化がなされていない。この幅広い領域の体系化ができれば、効率的に幅広い学術融合型の新しい科学技術が生まれる可能性を秘めている。今後とも本研究会等により新しい学問体系化の活動が期待されている。

大出力レーザー 開発委員会の活動計画

IFEフォーラムでは、2004年3月「レーザー核融合炉設計委員会」を設置し、高速点火方式によるレーザー核融合発電プラントの概念設計を進めてきた。そこではYb:YAGセラミック結晶をレーザー媒質に用いた、低温冷却型のレーザー核融合炉用ドライバが提案された。ドライバ技術はレーザー核融合発電の実現にとって重要なキーテクノロジーの一つであり、Yb:YAGを用いるドライバモジュールの技術開発を進め、その可能性を評価することが重要と考えられる。

一方、近年、大出力、高強度レーザーによるテラヘルツ波や極端紫外線、X線、 γ 線などの高輝度電磁波の発生とその非破壊検査、半導体製造、医療などへの応用や、電子やイオンなどの高エネルギー粒子の発生とその加速器、核変換、診断などへの応用に対する期待が高まっている。これらの幅広い産業応用の実用化には、高繰返し、大出力の高性能、高平均出力レーザーの開発が必要である。

Yb:YAGレーザーは産業用の大出力、高強度レーザーとしても魅力的なレーザーであり、産業界との連携の下でその技術開発を推進することを目的として「大出力レーザー開発委員会」を設置し、

産業分野で大出力レーザーに要求される性能、実用化時期、必要な開発課題などを調査し、開発方策などの検討を進めている。第1回の委員会を2006年1月に開催し、これまでレーザーの宇宙応用、土木・建築へのレーザー応用、国際熱核融合実験装置「ITER」におけるレーザー診断、レーザー電子加速と癌治療への応用、レーザー生成X線による低侵襲癌治療、などのレーザー応用と必要なレーザー性能について調査を行った。今後は、レーザー加工、レーザー生成高エネルギーイオンによる核変換や癌診断、癌治療、中性子源としてのレーザープラズマ応用、レーザー生成ガンマ線とその応用などについて調査を行うとともに、ファイバレーザー、セラミック結晶、高耐力光学素子など、レーザー技術の現状と課題についても調査を進める予定である。さらに大出力レーザーの開発目標値を設定して、技術開発課題の整理と開発方策の検討など、本委員会の本来の趣旨に沿った活動を実施する計画である。

編集後記

世界中が沸いて開催されたワールドカップも終わり、夏本番がいよいよ近づいて参りました。残念ながら日本代表の決勝リーグ進出は果たせませんでしたが、早速体制の立て直しが始まされており、2010年の南アフリカ大会が楽しみです。

大阪大学レーザーエネルギー学研究センターは今年度から全国共同利用センターとなり、全国規模での叡智の結集によるレーザーを用いた高エネルギー密度科学研究の推進・開拓が開始されました。核融合研究では、重水素燃料ターゲットの爆縮・加熱実験などFIREXプロジェクトの中核となる実験が計画されています。引き続き、IFEフォーラム活動へのご理解・ご支援を宜しくお願い致します。

編集委員 中塚 正大（大阪大学）、川島 崇利（関西電力）
乗松 孝好（大阪大学）、近藤 公伯（大阪大学）
藤岡 慎介（大阪大学）

連絡先

（財）レーザー技術総合研究所

〒550-0004 大阪市西区靉本町1-8-4

大阪科学技術センタービル4F

T E L (06) 6443-6311

F A X (06) 6443-6313