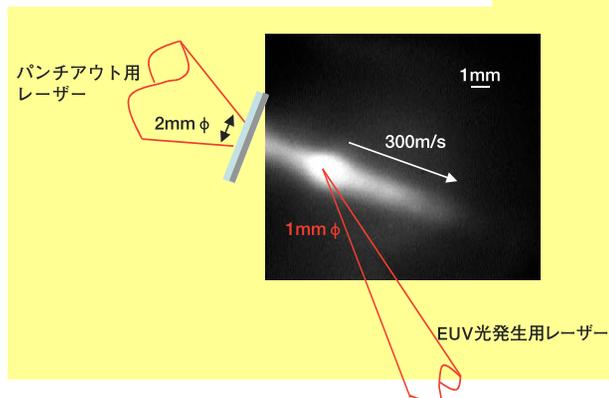


2006, Mar.

No. 216

CONTENTS

- 今年度の研究活動を振り返って
～着実に成長するレーザー総研～
- シーズとニーズの橋渡しを - 技術相談窓口 -
- 【光と蔭】わが国のありすがた
- 第4回ビーム推進国際シンポジウム
(International Symposium on Beamed Energy Propulsion)
ISBEP-IV開催さる



【図1(上)】パンチアウト方式を用いたEUV光発生イメージ図

【図2(左)】パンチアウト方式を用いたスズプラズマからのEUV光発生(阪大レーザー研との共同研究)

今年度の研究活動を振り返って ～着実に成長するレーザー総研～

主任研究員 藤田雅之

◆平成17年度におけるレーザー総研の研究活動

年度末にあたりレーザー総研の研究活動をまとめて紹介する。平成17年度における最重点研究テーマは「EUV光源開発」であった。当研究所内では各研究チームが横断的に協力して進めるプロジェクト研究という位置づけで実験とシミュレーションを展開した。チーム研究としては、レーザー超音波探傷技術開発、「放電技術応用」を、レーザー加工・計測研究チームにおいては「フェムト秒加工」を、レーザーエネルギー研究チームにおいては「ガンマ線核変換」、「太陽光励起レーザー開発」を、レーザーバイオ科学研究チームにおいては「光活性化たんぱく質の反応ダイナミクス」を重点テーマとして研究を推進した。

以下に個別の研究テーマについて研究状況やトピックスを紹介する。

◆極端紫外(EUV)光源開発

阪大レーザー研からの再委託として2003年度から開始した研究テーマである(「レーザークロス」No.189)。他の研究機関とも連携しレーザー生成プラズマからの極端紫外(EUV)光発生効率に関してレーザー波長・パルス幅・照射強度依存性を実験的に明らかにしシミュレーションコードの開発を進めてきた(「レーザークロス」No.199、No.203、No.205)。また、実用化の段階で工

学的に問題となるデブリ抑制のために“質量制限ターゲット”というアイデアを提唱してきた。

質量制限ターゲットとは、EUV発生に必要なプラズマだけを供給しデブリ発生の原因となる余分なターゲット材料を最小化するという手法である。レーザーを用いて固体ターゲットから必要最小限のターゲット材料(パンチアウトターゲット)を供給する技術の確立が必要となる。2005年度にはパンチアウトターゲットの飛翔状態の観測に成功し技術的な可能性にめどを付けた。さらに、新たなターゲット材料として注目を集めたリチウムターゲットにおけるEUV発生効率のレーザー波長、パルス幅、強度依存性を求めた(「レーザークロス」No.212)。シミュレーション研究においては、2次元の放射流体コードを開発し発生効率等の評価を行った。

◆レーザー超音波探傷技術開発

1997年からレーザー超音波を用いた探傷技術開発の研究を進めてきた(「レーザークロス」No.141)。超音波の発生と検出ともにレーザーを用いて遠隔・非接触で非破壊検査を可能とする技術である。当初は金属を対象として技術開発を進めていたが、2000年以降はコンクリートを対象として研究を展開してきた。金属と異なりコンクリートの表面は粗面であるため光信号の高感度検出が必要となる。2003年にダイナミックホログラムを用いた検出感度の向上に成功し、車載システム

次ページへつづく▶

を構築した。その後、印可レーザーや検出システムの最適化を進め、2005年度には野外での実コンクリート構造物の内部欠陥検出を実証した(「レーザークロス」No.211)。受託研究や技術相談においても様々な形状・形態・材質のサンプルが持ち込まれるが、ほぼ全てのサンプルにおいて内部欠陥の検出に成功している。

◆新たな放電技術開発

当研究所ではレーザー応用と並行してプラズマ応用研究も進めている。これは、レーザー誘雷に代表されるレーザープラズマ利用技術の展開という位置づけである。2002年にはNEDOの助成を受けて非平衡プラズマを用いたNO_x、SO_xの同時処理技術を開発した(「レーザークロス」No.175)。その後、ダイオキシン類の処理を念頭に非平衡プラズマによる脱塩素化技術の開発に着手した。2005年度には科学研究費を受けてカーボンナノチューブ(CNT)を用いた電子源の開発並びにそれを用いた環境有害物質処理の提案を行った(「レーザークロス」No.215)。放電プラズマを用いた処理よりもさらなる高効率化を目指している。

◆フェムト秒加工技術

産業応用が期待されるフェムト秒加工の研究を2000年から推進してきた。金属やセラミックス、半導体と材料を替えて、フェムト秒アブレーション特性のデータベース構築を行ってきた(「レーザークロス」No.163、No.201)。広範囲のレーザー照射強度に対して様々な加工現象が見いだされており、特に加工閾値近傍で自己形成されるナノ周期構造に着目した研究を展開し表面機能の形成に有用であることを見いだした(レーザークロスNo.181)。2005年度にはナノ周期構造がもつ摩擦低減効果に関する研究を進め実験的検証を行った。一方、加工閾値以下の照射強度で(特に結晶性をもつ)材料に興味深い変化があることを見いだした(「レーザークロス」No.207)。透過型電子顕微鏡(TEM)を用いた観測に着手し、これまでの材料表面の形状観察から内部観察へと研究の方向をシフトした。さらに、ポンプ-プローブ法を導入し加工現象のフェムト秒ダイナミクスの解明に着手した(「レーザークロス」No.214)。

◆太陽光励起レーザーの開発

宇宙空間で太陽光エネルギーをレーザー光に変換してエネルギー源として利用するというアイデアは、当研究所においては1992年の特許申請にさかのぼる。1998年には太陽光直接励起レーザーに関する特許申請を行い研究を進めてきた(「レーザークロス」No.158)。2002年に太陽光励起レーザーの発振に成功し(「レーザークロス」No.183)、宇宙航空研究開発機構等と協力して宇宙太陽光発電衛星の概念設計にも携わってきた(「レーザークロス」No.159、No.184、No.194、No.195)。レーザー材料や形状の最適化を進めて2004年にはNd/Cr:YAGセラミックスをレーザー材料として40%近い変換効率を達成した(「レーザークロス」No.210)。2005年度には宇宙応用を目指して10W級模擬太陽光励起固体レーザー装置の設計と試作を行った。

◆ガンマ線核変換研究

レーザーコンプトン散乱によって発生するガンマ線を核変換に利用するという研究は1993年にさかのぼる。当初はスーパーキャビティを用いたコンプトン

散乱増強の実験を進めていたが、1995年から放射性廃棄物の消滅処理を目指した研究(「レーザークロス」No.165)を本格化した。2000年には大阪大学自由電子レーザー研究所の装置を用いて200keVのコンプトン散乱実験に成功し(「レーザークロス」No.145)、2001年からは兵庫県立大学との共同でニュースバルを用いた研究を開始した(「レーザークロス」No.179)。金ターゲットを用いた核変換実験での原理実証をふまえ、2005年度には次のステップへ向けて中性子計測のために遮蔽トンネルの外にガンマ線を出せるように施設の変更を行った。また理論的には軽核において γ 線偏極効果があり反応率と中性子発生率の合計が10%に近くなる可能性があることを明らかにした(「レーザークロス」No.208)。

◆レーザーバイオ科学

レーザーバイオ科学研究チームは光機能性たんぱく質の超高速反応ダイナミクスの解明と生体関連分子の超高速電子移動メカニズムの解明を二本柱として基礎的な研究を展開してきた(「レーザークロス」No.188)。2005年度には科学研究費のもとで、蛍光アップコンバージョン法と光学顕微鏡との組み合わせによる微小領域でのフェムト秒蛍光計測装置を開発し、蛋白質微結晶の光反応ダイナミクスの観測に成功した(「レーザークロス」No.200、209)。また、種々のフラビンたんぱく質の超高速電子移動反応の観測を行い、たんぱく質内での電子移動速度の(色素分子間)距離依存性を明らかにした。

◆理論・シミュレーショングループ

理論・シミュレーショングループは各研究チームをシミュレーションの側面で支援するとともに独自のコード開発を進めてきた。2005年度の新たな展開として、高速点火レーザー核融合液体壁チャンバーが荷電粒子や放射線によってアブレーションする過程のシミュレーションコードを開発し評価を行った。また、円環開口を持つビームの長距離伝搬シミュレーションを行いベッセルビームが発生することを確認するとともに、伝送地でガウスビームよりも高いピーク光強度が得られることを確認した。

◆自主研究として

上記以外にも小規模ではあるが様々な研究を進めている。一例を挙げると、ベッセルビームによるレーザー加速、低侵襲X線ガン治療、レーザープラズマとマイクロ波の相互作用、レーザー一括加工、白色光ライダー、マイクロチップレーザー開発などである。大規模な予算は伴わないが、新たなレーザー応用の展開を目指して各研究員は自主的にテーマを立ち上げて研究を進めている。

◆次年度へ向けて

レーザー総研は受託研究を中心として活動している研究所である。各研究員が得意とする技術を基に長期の研究テーマを継続し、それを軸足に短期の集中的研究や派生的な研究テーマの立ち上げ、次のステップを目指した新たな研究の展開を進めている。レーザーの応用はアイデア次第で際限なく広がっていく。レーザー技術の進展とともにレーザー総研の研究も着実に成果を挙げ実を結びつつある。

詳細は研究成果報告会ILT2006(大阪会場7月4日、東京会場7月19日)にて報告予定である。乞うご期待。



シーズとニーズの橋渡しを－技術相談窓口－

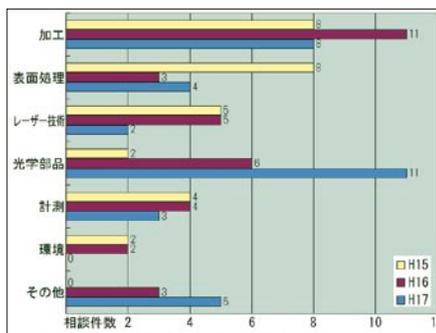
レーザービーム伝送チーム 本越伸二

大学や研究所等で開発された技術を広く産業分野に展開するのが、レーザー技術総合研究所の役割である。そのために重要なことは、独自で最先端の研究を進める一方で、現在求められているレーザー技術、応用技術を把握することである。当然ながら、各研究員が様々な研究会や、講演会に参加し、調査を行うが、実際にレーザー技術を扱い、また求めている現場の方から声を聞き取ることは難しい。その声を聞き、さらに広くレーザー技術を広げるために、「技術相談窓口」を開設している。本稿では、現在の相談窓口の現状をまとめるとともに、さらに多くの皆さんにご利用頂くために、今後の課題について述べる。

●「相談」から「お試し照射」へ

現在、ほとんどのご相談が電子メールを通して頂いている。これは、レーザー総研のホームページから、気軽に問い合わせができるようになったためである。ご相談頂いた内容は、その内容に応じて担当研究員を決定し、早く適確な回答をするように心掛けている。

レーザー総研の「技術相談」のもう1つの特徴は、「お試し照射」ができる点である。「レーザーを使ってみたい」、「レーザーはいいと聞いたけれども」、



【図】3年間の相談内容と件数

レーザーがいいのか分からない」等々、文章や言葉では分からない点を体験して頂けるようにしている。この「お試し照射」を経て、本格的な照射の依頼、共同研究等が実施されている。

●技術相談の総括

平成15年度からの相談内容と件数を図にまとめた(平成17年度は2月1日現在)。全体の相談件数は確実に増加の傾向にある。これは、講演会やイベントなどで広く案内をした結果と、国内全体の景気も回復し始め、産業界も新しいことに

山中千代衛



わが国のありすがた

黒潮が岸を洗う大太平洋の一隅に、北から南へアジア大陸の東縁に沿って弧をなす日本列島は千島弧、東北日本弧・西南日本弧・伊豆マリアナ弧・琉球弧と5000軒にわたる大アーチを形成している。まさに古語の秋津の形をなすわが国土である。

歴史と伝統に輝く一大海洋国家である日本の国土を重んじ、この国を愛する人々の存在こそわが国の有姿を決定する最も大切な鍵である。

昭和20年の敗戦以来、営々とした努力によりわが国は経済的に力を回復し、60年の年月を経て今や米国に次ぐ裕福な国家に蘇ってきたのである。しかし国のあり方としてはまずいことに完全なまでに独立性を損ねてしまった。子女の教育に国史を教える努力を放棄した国は独立国たり得ないのではなかろうか。日本のアイデンティティーを子女に付与しないのは親たちの怠慢である。

これでは米国の第51州と見なされても、仕方がない。昨今の情けない国際状況は何としてでも次の50年に解決しなければならない課題である。

台頭する中国の政略もまこと侮り難いものがある。彼等の歴史教育は国の遠慮深謀の下に着々と若年者に施され、いわゆる愛国者を続々養成しているのだ。中国の若い女性に言われたことがある。「中国は鶏の姿をしています。朝鮮半島が嘴で、台湾は卵です。日本は餌のみみずの形ですね」と。地図を取り出してながめると全くそんな様子に見えるではないか。米国の第51州とか、みみずとか、いやはや踏んだり蹴ったりである。

みみずと見るか大太平洋の一大アーチと考えるか、これは日本人の自ら判断すべきことである。まわりの国々を東夷、西戎、北狄、南蛮とよんだ中華思想が近代アジアでまかり通るとは思えない。こんな思惑でいたら世界中のきらわれものになることは必定である。アメリカもわれこそ民主主義の守神と大軍勢力を誇って世界中にのさばり出たら同じ目に合うだろう。日本は本当にいい国なのだ。

「敷島の大和心を人問わば朝日に匂う山櫻花」

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

も手を広げる余裕ができたためと思われる。相談内容では、「レーザー加工」がやはり多く、レーザー加工機が広く普及されているとは言え、まだまだ多くの可能性があることが伺える。今年度はそれと同じ件数、「光学部品」への相談を頂いた。これは、光学部品の「レーザー損傷評価試験」を広く案内を始めたためである。国内では同様の評価を行う所がないため、ご相談と同時にご依頼を頂いている。もう1つ注目点は、「その他」が増加している点である。「その他」は、レーザー総研として積極的に取り組んでいない内容を意味しているが、見方を変えるならば、ここに新しいニーズがあると言える。

●今後の取り組み

「相談窓口」というのは、シーズとニーズを繋ぐ役割

ではあるが、受け身の観が否めない。今後、技術セミナーなど積極的にシーズをアピールすることも大事である。また、レーザー総研では、対応できなかったご相談内容があったのも事実である。全てのレーザー応用技術に対応することはできないので、他の研究機関や団体とも協力体制をとり普及に努めることも必要である。相談から依頼に移るのに大きな壁はコストであることが多い。現状ではレーザーのフォトンコストが大きな要因であるが、そのコスト以上の付加価値を検討し提供していきたい。お陰様で多くの皆さんにご利用して頂けるようになったが、「レーザー技術のことは、レーザー総研に相談しよう」となるようにさらに改善していきたい。

REPORT

第4回ビーム推進国際シンポジウム(International Symposium on Beamed Energy Propulsion)

ISBEP - IV 開催さる

共同研究員(東京工業大学) 内田成明

第4回ビーム推進国際シンポジウム(International Symposium on Beamed Energy Propulsion)が東京工業大学およびレーザー技術総合研究所などの主催により2005年11月14日から17日にかけて奈良県新公会堂において開催された。

本シンポジウムはビーム状に伝送されるエネルギーを利用して推進力を発生する技術を対象とした国際会議であり、2002年米国アラバマ州立大で第一回が開催されて以来毎年回を重ねてきたものである。今年は11カ国から総勢72人の参加者を集め、発表論文数は79件に上った。

話題に上った技術分野は約80%がレーザー推進に関するものであり、マイクロ波やイオンビームを利用した研究が10%程度を占める。また今回目を引いたのは東工大が開始したEntropia Laser Initiativeから7件の報告がされたことである。ELIプロジェクトの内容は「レーザー研究」の2006年1月号巻頭言や「学術月報」の第2号などを参照いただくとして、貯蔵の困難な水素に代わってマグネシウムを媒体とする再生可能エネルギーサイクルの確立を目指すものである。そのキーテクノロジーとして東工大、レーザー総研などが開発を進めている太陽励起レーザーの実用的な応用技術が初めて提案されたことで今後の研究が加速することが期待される。

レーザー推進研究の今日の活況は1990年代後半に行われたMyrabo等による“Lightcraft”実験の成功に端を発するが、この手法に関する機体の安定性、排気吸気ダイナミクスについての研究報告が日本、中国、ロシア、米国などから理論的な解析を中心にあった。また、ロシアからは“Lightcraft Russian Version”の実証研究が報告され、先行する佐宗らの管内推進システムなどとともに研究の広がりを感じさせた。

上記は主にガス状推進剤を利用したレーザー推進技術であり、比較的燃料効率の高い推進力の発生方

法である。一方、レーザーアブレーションや液体中のレーザープラズマ発生を利用した方法は推進剤中のエネルギー密度を制御しやすくエネルギー効率や推進剤効率を用途に応じて選択できるため、様々な推進剤とレーザー照射方法に関する研究が展開している。軌道上の応用としてはPhipps等の半導体レーザーを用いたマイクロスラスタや地上打ち上げ用を目指したKareらの熱交換式レーザー推進技術の研究が最近の動向である。これらはレーザーの技術的ハードルが低く、レーザー推進の実用化を図る上で最短の道ではないかと思われる。

最後に第5回ISBEPが米国ハワイで開催予定であることがアナウンスされ2年後の再会を約して終了した。なお、会議の抄録は6月にAmerican Institute of Physicsから出版予定である。また「レーザー研究」6号ではレーザー推進の最近の研究動向をまとめた小特集号が準備されているのでここに紹介し、この分野に興味を持たれる研究者がさらに増えることを期待したい。



【写真】会場の奈良県新公会堂に集合した会議参加者