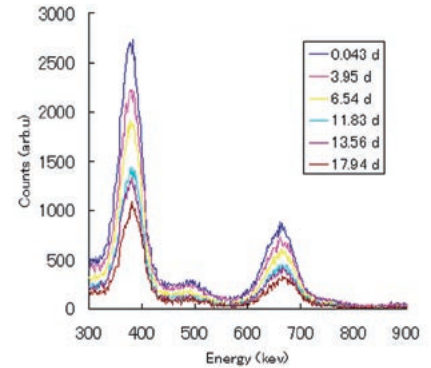


CONTENTS

- レーザーコンプトン散乱 γ 線ビームによるヨウ素核変換
—原子炉廃棄物処分への新方式—
- レーザー関連で最大級の国際会議2007CLEO出張報告
- 【光と蔭】慣性核融合研究(ICF)はどこまでできたか
- 平成18年度研究成果報告会(ILT2007)開催



【表紙図】検出器により得られたI-126放射線計数

レーザーコンプトン散乱 γ 線ビームによるヨウ素核変換 —原子炉廃棄物処分への新方式—

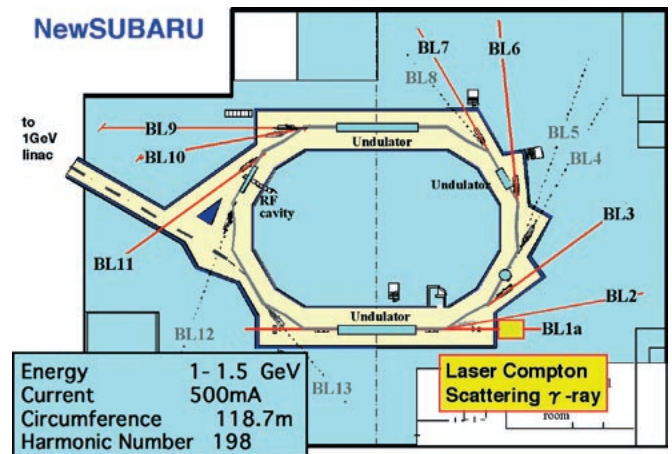
■放射性ヨウ素は γ 線を用いた核変換が必要

温暖化の進む地球環境において、原子力は二酸化炭素排出のないエネルギー源として重要であり、再び脚光を浴びてきた。核分裂により発生する高レベル放射性廃棄物等は、地層処分等により安全に処理される必要がある。しかし、高レベル放射性廃棄物の一つである放射性ヨウ素(129)は、寿命が約1,600万年あり人為的に管理することは不可能である。しかもヨウ素は単独で析出するため、他の核と同様の処分が困難である。このため核変換の対象とされてきたが、中性子吸収断面積が小さいため中性子を用いた核変換に適さない。 γ 線を用いた核変換が必要になる。

■ニュースバルでヨウ素の核変換に世界初の成功

兵庫県立大学ニュースバル電子蓄積リングを用いて、レーザーコンプトン散乱 γ 線ビームによる核変換方式が研究された。この方式は、高効率大出力レーザー技術やレーザー光蓄積空洞技術、大電流加速器技術の発達と相まって選択的集中的核変換が可能となってきた。ニュースバルより、レーザーコンプトン γ 線ビームによるヨウ素(127)の核変換に、世界ではじめて成功した。天然ヨウ素(127)と有害な放射性ヨウ素(129)の反応率はほぼ同等であるので、この方式の核変換処理の有効性が証明されたと言える。 γ 線ビームを用いた核変換方式は、1,600万年の寿命の放射性ヨウ素129核を短時間で安定核ゼノン128核に変換する。このヨウ素核変換研究をもとに、レーザーの増力によるヨウ素核変換量の増大、比例則の確立や反応率データの精密

レーザーエネルギー研究チーム 今崎一夫



【図1】兵庫県立大学ニュースバル電子蓄積リングの概略図
 化、またヨウ素核変換システムの設計に必要なデータ取得など、本方式のヨウ素核変換処理実用化に向けた研究を進めている。

① γ 線発生実験

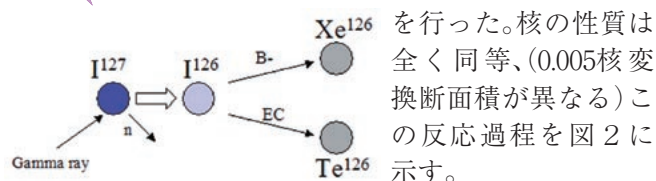
レーザー光子を電子によりコンプトン散乱させ、10mで数mmしか広がらない指向性の高い γ 線を発生する。図1の下側のBL1aビームラインを使用。

この中心においてレーザー光子と電子を衝突させ γ 線を得ている。この γ 線は極めて直進性が高く前方に鋭い角度に集中して発生する。遮蔽壁の外側に γ 線照射ターゲットを配置し、照射実験を行っている。

②核変換過程

ヨウ素129の代わりに安定核ヨウ素127を用い核変換

次ページへつづく▶



【図2】γ線による核変換過程

を行った。核の性質は全く同等、(0.005核変換断面積が異なる)この反応過程を図2に示す。

③実験結果

核変換でヨウ素126が生成され13日の特性時間でXeおよびTeに崩壊する。崩壊γ線エネルギー、特性時間ともに一致することが確認された。結果を表紙図に示す。またこれに関しヨウ素の反応率や核変換による中性子、対創成陽電子等が計測された。

レーザー関連で最大級の国際会議2007CLEO出張報告



■米国バルチモアで開催

米国バルチモアで開催されたレーザー関連で世界最大級の国際会議CLEO/QELS2007で学会報告を行うため渡米した。大阪大学レーザーエネルギー学研究センターの藤本氏、末田氏と旅を共にした。約20時間かけ、飛行機で伊丹、成田、オハイオを経由し、バルチモアに到着した。今回の道中は、実に穏やかだった。空港での持ち物チェックは2年前に行ったときほど厳しいものではなかった。いかにも平穩という感じであった。しかし、空港内ではアラブ系の人は見かけなかった。

■100kW級高平均出力固体レーザーの時代

紙面の都合上すべて報告できないが、学会のトピックについて報告する。今や、100kW級高平均出力固体レーザーの時代である。固体レーザーの平均出力パワーは、気体レーザーを追い越しつつある。ドイツ、アメリカ、中国等の各国が、高平均出力固体レーザーの開発にしをげずっている。日本はレーザーの開発競争で取り残された感じを拭えない。

■1m角の台に収まるほど小型化されたレーザー

現在、米国リバモア研のヒートキャパシティーレーザーで、デューティー比0.1の定常動作で25kW、バーストモードで100kWの平均出力パワーの世界記録が達成されている。このレーザーは3cm厚の金属板に5cm角ほどのビームを当てると3秒で貫通する。ノースロップ・グラマンからCW平均出力15kWの4ヘッド2パス増幅Nd:YAGジグザグスラブの報告があった。そのレー

ザーエネルギー研究チーム 佐伯 拓
レーザーの寸法はたかだか1m角の台に収まるほど非常に小型であった。8台並列運転し、ビーム結合を行うことで120kW出力が可能となる。連続動作時間は1300秒であり、熱問題でなく電源やその他の要因で制限されているとのことである。

■高平均出力レーザーの開発プログラム

HIGH ENERGY LASER JOINT TECHNOLOGY (HEL-JT)プログラムは、米国での高平均出力レーザーの開発プログラムである。その目的は米国本土へのミサイル防衛やその他の応用のためのレーザー開発で、最終目標は1MW出力であり、これら2つの開発計画も1つに統合されている。回折格子による新たな高出力ビームの結合方法が発表されていた。ビートによる光学ダメージが問題となる。

■ビーム結合による200kW出力に関して報告

中国では、10kW未満の平均出力レーザーの開発が各地で行われていた。よく見るとドイツ、米国の後追いである。ファイバーレーザーに関しては、マルチモードレーザーのビーム結合による200kW出力が報告されている。コアの大きなファイバーを曲げてシングルモードを発生するか、フォトニックファイバーを用いるかそれぞれの利点、欠点の議論が行われていた。

■2009年にブレイク・イーブンを達成する予定

高強度レーザー (Large High-Intensity Lasersセッション)に関して、レーザー核融合の実証を目的とした米国リバモア研の国立点火施設(NIF)から、今年度4月に56ビームラインが稼働し、基本波1.053μmで1.1MJ出力を達成したとの報告があった。現在、急速にレーザーが立ち上がりつつある。2009年に世界で初めてレーザーを用いて核融合反応によるエネルギー発生量が投入エネルギーを超えるブレイク・イーブンを達成する予定である。アメリカの威信をかけて研究を行っているとの印象を強く受けた。

■仏、伊のグループはパルス関連の研究成果

フランスのグループは、レーザーの超高強度場を利

用したヨーロッパにおける研究のための25PW出力のレーザー計画を発表していた。フェムト秒より3桁短いアト秒パルスは、すでに計測方法が確立され、その発生は当たり前となりつつある。希ガスによるパルス圧縮が多く、130アト秒がイタリアのグループにより報告されていた。

■技術の成熟が急速に進む

本報告者は、JAXAと共同で行っている太陽光励起

セラミックレーザーの開発に関して口頭発表を行った。熱問題、宇宙太陽光発電所(SSPS)のスケール、レーザーモード、変換効率についての質問を受けた。学会では、日本の企業、研究所、大学関係の方々も多く見受けられた。全体として、技術の成熟が急速に進んでいるとの印象を強く得た。重要なトピックが多くあり、価値のある学会への参加であったと感じた。

山中千代衛



.....129

慣性核融合研究(ICF)はどこまできたか

エドワード・テラーは慣性核融合のゴールはレーザーにより重水素・三重水素ターゲットを爆縮して正規密度の1000倍に圧縮することがテーマだと1972年に宣言した。この目標は大阪大学レーザー核融合研究センターにより、1989年に世界に先駆けて実現された。この成果を踏まえて全世界の慣性核融合研究所はICFの点火に確信を持って対処できるようになった。因にこの成果により筆者は第1回エドワード・テラー賞を受けた。

米国ではリバモア国立研究所(LLNL)がNIF計画を立上げ中で、これに呼応するかのように私はボルドー近郊のCESTAにおいてMJL計画を推進している。それぞれ、ガラスレーザー3倍高調波2MJ、経費38億ドル、20億ユーロの大計画である。米仏は各々ビーム数112本と240本の間接照射方式により2010年には点火実験に取りかかる。わが国にレーザー考察団を送り、手法を修得し実力をつけて来た中国も四川省綿陽にて神光IVレーザー(1MJ)を計画中で2020年には完成したいとしている。

これらの国はすべて核保有国であるが、平和利用のICF技術でもマイクロ爆発の点火を実現し、エネルギー資源政策において世界のヘゲモニーを握ろうとしている。

異常吸収、爆縮物理の研究開発で世界をリードしてきたわが国は90年代のバブル崩壊以後、かつて国際舞台で華々しく活躍した基盤を次第に失いつつあるかに見える。団塊の時代を経て、時代が下るとともに財政的なリソースの欠乏もさることながら精神的意欲が衰退してきたと見るのは言い過ぎだろうか。今や産学官を上げて身の丈相応の生き方が流行している。

大阪大学レーザー核融合研究センター(ILE)はレーザーエネルギー学研究センターと名称は変更したが、それでも優れたメンバーが力を尽し、海外の大型研究計画に対抗して高速点火の構想を打ち出し、爆縮済みの燃料にペタワットレーザーを独特のコーンにより注入して点火させるFIREX計画を推進している。爆縮燃料に高ピーク出力レーザーを用い追加熱し点火する考えはILEの山中龍彦が1983年のILE内部報告に提示している。しかし当時必要な高ピーク出力レーザーが存在しなかったためこの案は一篇のお話でしかなかった。1985年G. モーローらがチャープパルス増幅(CPA)という画期的な手法を発明したため、これによりレーザーパルス幅をまず広く広げてから増幅し、その後パルス幅を圧縮するというシステムが実用化された。これによればレーザーのフェムト秒パルスでペタワットが実現する。

1994年LLNLのM. タバックらがこの方式でのレーザーによる追加熱を提案した。彼はこれでテラーメダルを獲得した。ILEの兒玉了祐もいち早くCPAに着目し、爆縮済みの燃料にペタワットレーザーを集中するとボーリングにより爆縮コアにエネルギー注入が出来ることを1996年実証し、ついで新考案のコーンを用い、レーザーにより発生した高速電子をより有効に高密度コアに注入し、追加熱が可能なことを実験した。2001、2002年にわたりNatureにその結果は詳細に報告されている。この成果は世界的に高速点火方式の可能性を認知させることになった。

現在ILEのFIREX計画は先行するFIREX I計画と本格的なII計画からなっている。米、仏に比べはるかにコンパクトではあるが、NIFやMJLの大計画の向うを張って直接照射方式慣性核融合点火研究の第一線を走っている。米国ロチェスター大学LLE、英国ラザフォード研究所をはじめ多くの所で高速点火実験が開始されている。

大阪大学レーザーエネルギー学研究センター(ILE)を中心とする直接照射高速点火方式が栄冠を手にするか、米国LLNLのNIFや仏MJLによる間接照射点火方式が成功するか、21世紀は慣性核融合にとってきわめて重要な秋である。中国の急速な進歩を考えても是非国を挙げての支援が望まれる。わが国の国是は科学技術立国である。

参考資料: OELキャンペーン「慣性核融合研究(ICF)はどこまできたか(1)~(13)」(OELホームページ <http://www.optolab.co.jp>)

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

平成18年度研究成果報告会(ILT2007)開催

■大阪、東京にてレーザー技術の最新成果を報告

当研究所は、産業界の皆様へ公報し、また新規プロジェクトの提言等を目的に、毎年7月に大阪、東京の2会場で前年度の研究成果報告会を開催しています。本報告会では、当研究所が取り組んでいる、フェムト秒レーザーを用いた加工および計測、レーザー光学系損傷試験、レーザー超音波法を用いたコンクリート欠陥探傷、太陽光励起レーザーの開発、カーボンナノチューブ(CNT)電子源を用いた化学有害物質分解処理、産業応用に向けたレーザーアブレーション、生体バイオ関連に加え、文部科学省のリーディングプロジェクトの一環である極端紫外(EUV)光源開発について、最新の成果を詳細に報告しています。

【写真】大阪会場ポスター発表

(主な講演発表)

レーザーを用いた原子炉長寿命廃棄物の処理 主席研究員 今崎一夫
原子炉より排出される放射性廃棄物は、通常、地層処分されるがヨウ素は適用外である。講演では、レーザー光を用いた核変換によるヨウ素処理技術の提案および、その処理技術の可能性について詳細に報告を行った。

コンクリート欠陥を発見するレーザー超音波リモートセンシング

副主任研究員 島田義則

遠隔操作可能なレーザー超音波探傷装置の開発により、短時間でコンクリート内部の複雑欠陥探傷を実証した。講演では、コンクリート以外の構造物材料への探傷を含め詳細に報告を行った。

プロテイン結晶の光機能を探る

フェムト秒レーザー蛍光顕微鏡による観察 研究員 谷口誠治
フェムト秒レーザーを用いた蛍光顕微鏡の開発により、蛋白質結晶の応用を目指したプロテイン結晶の光初期反応メカニズムの観測を行った。講演では、溶液中反応との比較結果も含め詳細に報告を行った。

レーザープラズマEUV光源はどこまで高効率化できるか?

実験結果の真相を高精度シミュレーションが解明 研究員 砂原 淳
EUV光源設計指針の構築を目指して、高精度放射流体コード開発を推進している。講演では、実験結果との比較から、EUV光放射スズプラズマの高効率・高出力化のための最適条件を明らかにしたので詳細に報告を行った。

ここまで来た!! 太陽光のコヒーレント化技術

研究員 佐伯 拓

太陽光をレーザー光へ直接変換する技術開発により約40%の高効率を得た。講演では、宇宙空間から地上までの長距離伝送を目指した太陽光レーザーコヒーレント化および、このレーザーを用いた応用技術も併せて報告した。

■企業からの積極的な要望に実りある成果で対応

今年は、7月3日に大阪府豊中市の千里ライフサイエンスセンター、7月18日に東京都港区の虎ノ門パストラルで平成18年度の研究成果報告会を開催致しました。大阪会場、東京会場共に50名の参加があり、熱心なご質問やご意見をいただき、活発な議論が行われました。

また、ポスター発表(大阪会場)やレーザー技術に関する相談窓口も設け、積極的に企業からの要望をお受けし、実りある成果を生み出すよう迅速に対応させていただいております。今年度も日本全国の企業から多数の技術相談が寄せられており、当研究所への期待、関心の高さがうかがわれます。今後もぜひ当研究所の研究動向および成果に注目していただきたいと思っております。

産業応用に向けたレーザーアブレーションのシミュレーション
—固体からプラズマまで—

副主任研究員 古河裕之

固体からプラズマまで適用可能なシミュレーションコード開発により、さまざまなレーザーアブレーションの物理現象を明らかにした。講演では、産業応用を目指したレーザーアブレーションのメカニズムを中心に報告を行った。

ファイバー、ミラー等光学部品のお悩み解決—レーザー損傷評価—

副主任研究員 本越伸二

レーザー光に対する光学部品の耐力および寿命を評価する「レーザー損傷評価試験」を先駆け提供している。講演では、損傷評価試験のこれまでの実績に加え、大口径マルチモードファイバーの損傷評価も併せて報告を行った。

意外な変身! フェムト秒パルスで半導体が変わる

主任研究員 藤田雅之

低強度のフェムト秒レーザーを半導体に照射すると、アブレーションには至らず、アモルファス化や再結晶化等の相変化を誘起する。講演では、相変化誘起の重要パラメーターであるレーザー波長を中心に報告を行った。

カーボンナノチューブの新応用—化学有害物質の画期的処理—

研究員 山浦道照

カーボンナノチューブから放出される電子群の加速を利用した化学有害物質(ダイオキシン類、クロロフェノール類など)の高効率分解無害化処理技術の紹介。講演では、実用化への見通しを含め詳細に報告を行った。

太陽光励起レーザーが救う地球環境

主席研究員 今崎一夫

太陽光の有効利用の一つとして、太陽光励起レーザーの開発を推進している。このレーザーを用いた水素生成技術の確立は地球環境に大きく寄与する。講演では、太陽光励起レーザーの開発および水素生成技術の将来展望を述べた。