

**CONTENTS**

- 光加工ロードマップを策定～光でものづくりを～
- 平成14年度研究成果報告会(ILT2003)
- 『光と蔭』禍福は糾える縄の如し
- ジェネレーション4と水素生成が主要議題
- アメリカ原子力学会報告

	2000年	2005年	2010年	2015年	2020年
機械的的加工		非熱加工 多光子吸収加工 閾値形状加工 大面積非線形一括加工 レーザー旋盤加工 コントロール アブレーション	制御加工のためのデータベース構築 超平滑面加工 超低摩擦面加工 原子レベル加工 量子リソグラフィ		ナノサイズモーター マイクロマシン ナノマシン 多次元光メモリ 分子ナノデバイス 量子コンピューター
機能性誘起ナノ加工		ナノ構造形成 マイクロネジ ナノスプリング 光通信用微小デバイス フォトリソ結晶	自己組織化構造 半導体結晶化 ナノライポロジー 半導体極浅接合 機能性複合材料 高輝度放射線発生材料		

フェムト秒加工ロードマップ

## 光加工ロードマップを策定～光でものづくりを～

レーザー技術総合研究所 主任研究員 藤田雅之

基本は“ものづくり”

日本は米国に次ぐGNPを誇る経済大国であるが、穀物自給率は28%、エネルギー自給率に至っては20%のひ弱なアキレス腱をもった大国である。この世界第二位のGNPを支えているのは製造業といっても言い過ぎではない。原材料を輸入し製品を輸出して外貨を稼いできた。これまでも、そしてこれからも製造業は、資源の乏しいわが国の経済発展の原動力であり基幹産業であると言える。アジアの驚異的な経済発展にひるむことなく、持続的に国力を充実していかなければならない。そのためには、最先端の研究開発成果を製造業へ展開する不断努力が必要である。

21世紀は光の時代

21世紀は光の時代と言われている。昨今、話題となった素粒子の発見やタンパク質の解析から身近なCDプレーヤーに至るまで、光技術無くしては語れない現代社会である。一方、わが国の科学技術政策において重点4分野が設定されている。IT、ナノテク、バイオ、環境である。いずれの分野にしても光技術無くしては発展が望めない。まさに、光技術は基盤技術なのである。

光を使った“ものづくり”を

バブル経済崩壊以降、今日に至るまでは“失われた10年”と呼ばれている。その間、国内製造業の空洞化が進み、経済発展が停滞している。失われた10年を取り戻し、製造業の空洞化を防ぐには、光技術を基盤とした製造技術革新が不可欠な状況であると言える。

光加工ロードマップの策定

このたび、(財)光産業技術振興協会内に設置された分科会(主査：藤田雅之)で、産学の英知を結集した光加工ロードマップが策定され報告書がまとめられた。ここには、産業界の切実な思いが込められている。いかにして、わが国の製造業を復活させるか、光技術をいかに役立たせれば良いのか、持続的な発展のためには今何をすべきか、といった問題に対する答えを模索した結果である。暗い話が多い今日この頃であるが、ここには多くの希望に満ちた夢が語られている。“製造業にもっと光を”といった願いが込められている。

ロードマップの三方針

光加工ロードマップを策定するにあたり、三つの方針が設けられた。一つ目は市場規模が大きな(あるいは、光加工が技術革新を先導するであろう)産業分野を対象としたロードマップを目指すこと、二つ目は今後15年間を3つのフェーズに分けて将来像を展望すること、三つ目は“光技術”を3要素に分けて検討することである。

三つの産業分野で15年先を見据えて

光加工が重要な役割を果たすことが期待され市場規模が大きな産業として、「自動車・重工業」、「情報・通信」、「電機・半導体関連」という3つの分野が設定された。また、高齢化社会を迎えるわが国にとって重要である「医療分野」についての「光利用」も検討対象とした。それぞれの分野に対して将来展望を、今後15年間をシーズからニーズへの展開という観点から3つのフェーズに分けられた。当初の3～5年は産業界の今のニーズに対して必要とされる技術シーズをまとめ、5～10年後に対して

次ページへつづく ▶



は産業界と学界から見た実用化が望まれる技術シーズを予測し、10～15年後に対してはリーディングテクノロジー創成のための「夢」を大いに語ってもらおうという趣旨でまとめられた。

光技術の三要素

光加工と一言で表現しても、そこにはいろいろな要素が含まれる。光をつくり、導き、加工に使おうということであるから、大きなくくりとして「光発生技術」、「光制御技術」、「光利用技術」と分けて検討された。光(レーザー)は使ってこそ、使われてこそ初めて価値が産み出される。「光利用技術」の展望をベースとして「光発生技術」を予測した。光源としては固体レーザーを中心としてまとめている。直接利用にしろ、固体励起用にしろ、共通基盤は「半導体レーザー」である。CO<sub>2</sub>、YAG、エキシマと続いた国産光源開発の次期有力候補として、超短パルスレーザーと並んだ大きな開発課題である。

これからは光制御技術

これまでは、発生・利用ばかりに目が向きがちだったが、競争が激しい技術開発において他との差別化を図るには「光制御技術」にもっと重点を置くべきであろう。機械加工では、用途に応じて最適化された刃物が用いられている。しからは、光加工においても用途に最適化された光ビームがあって当然である。今後の光源開発・利用技術開発と並行して進めるべき光制御技術が展望されている。

ナノテク、フェムト秒技術

産業的な用途は立っていないが有望な技術シーズとして、ナノテク、フェムト秒テクノロジーの将来像も検討された。以下に、フェムト秒加工のロードマップについて簡単に紹介する。

フェムト秒加工ロードマップ

表紙図にフェムト秒加工のロードマップを示している。現状では機械的加工という観点から、非熱加工・多光子吸収加工・閾値加工・コントロールアブレーションといったメカニズムが研究されている。今後は、これらのデータベースを利用した、平滑面加工・低摩擦面加工・原子レベル加工へと技術開発が進むものと予測される。一方、機能を持たせる加工という観点からは、現状でフォトニック結晶・ナノ構造形成などの基礎研究が進められている。今後は、これらの成果をもとに半導体物性制御・放射線材料・自己組織化制御へと研究が進展するであろう。さらに将来的には、これら機械的加工と機能性加工が融合し、マイクロ・ナノマシーンや分子デバイスなどの実現が期待

される。

製造業の復活を目指して

光加工ロードマップのまとめを一言で言えば、「製造業再生の鍵は光加工技術」である。かつて得意とした工業製品の大量生産拠点がアジアへと移りつつある中、光を使っていかにして製造業を維持・発展させていくべきか？ 資源の乏しいわが国にとっては死活問題である。

製造業復活のキーワード

製造業再生のためのキーワードは、

- ・少量多品種生産
- ・極短納期生産
- ・環境負荷低減
- ・最先端光技術の取り込み

であろう。いずれを取り上げてもレーザー加工技術がその重要な役割を担う。光はフレキシブルなツールである。機械加工のような反作用も摩擦もなく、光強度・波長・偏光等々自由自在に操ることができる。少量多品種生産にはうってつけの加工ツールである。と同時に、電子制御技術やIT技術と組み合わせると極短納期生産にも対応できるツールである。さらには、社会的な要請に応えるゼロエミッション生産をサポートする環境負荷低減に最適なツールでもある。これらの本質的な特性と最先端光技術を融合させれば革新的な生産加工技術が生まれることに疑問の余地はない。

光を使った革新技術を

誰でも買えるモノからは革新技術は生まれにくい。未踏技術への挑戦から誰も思いつかなかった革新技術が生まれるのである。誰もが想像できる改良技術には資金を投入しやすい。しかし、グローバル化が進んだ今日、技術開発のいたちごっここのサイクルを縮めるだけに終わってしまう懸念がある。革新技術開発は1割ヒットでも成功で3割ヒットともなれば超大成功なのである。技術の目利きを養成し、当研究所のような産学連携のかなめとなる組織を活用して技術開発を進めていくことが重要である。

今回まとめられたロードマップは産学の中心的なメンバーが英知を結集して出来上がったものである。今後の産学の技術革新の指針として活用され、新たな国家プロジェクトの推進に寄与することを切望する。

(光加工ロードマップ(財)光産業技術振興協会のホームページ: <http://www.oitda.or.jp/index-j.html>で公開予定)



# 平成14年度研究成果報告会(ILT2003)

本報告会は、現在当研究所で研究を進めているレーザー技術を活用した研究(フェムト秒レーザー加工、レーザーロケット推進、環境関連等)について、最新の成果や国内外の動向を報告すると共に、産業界への応用や新規研究プロジェクトへの展開に対する提言等を目的に毎年開催しています。



大阪会場  
去る平成15年7月10日、千里ライフサイエンスセンターにおいて平成14年度研究成果報告会(ILT2003)を開催しました。

<特別講演>

~MALDIと田中耕一氏のノーベル賞~

講師:大阪大学大学院理学研究科 教授 交久瀬五雄  
タンパク質、糖質等の分析に用いられるソフトレーザー脱着法(SLD)の発見までの経緯とその発展型であるMALDIの現状と将来について講演が行われた。また、田中耕一氏のノーベル賞受賞時の写真、人柄等について紹介が行われた。

・当研究所の研究概要とパワーフォトニクス(中塚正大)  
太陽光励起方式Nd石英ファイバレーザー、Nd/Cr:YAGセラミックレーザー、次世代光通信用Biドープ石英レーザー、水冷型ディスクレーザー、位相光学素子による渦ビーム発生等、固体レーザー開発およびその周辺での新技術の紹介を行った。

・ここまで来たフェムト秒加工~これからどうなる? どう使う?(藤田雅之)  
フェムト秒レーザーによる金属、セラミックス、半導体の制御微細加工、光加工ロードマップ、東大阪での製造加工業者へのレーザー加工実施状況に関するヒアリング結果について報告を行った。

・レーザーでひらく宇宙ハイウェイ~レーザーロケットの可能性(内田成明)  
地上からの物資打ち上げ、人工衛星の軌道変更手段としてのレーザーロケット推進技術に関する研究成果の報告を行った。

・プラスチックの種類、識別します~レーザー誘起蛍光測定(本越伸二)  
プラスチック類リサイクルの現状について示し、レーザー蛍光誘起法による分別の提案を行った。

・低侵襲な体内極小X線源によるがん治療(今崎一夫)  
低エネルギーX線を用いた放射線と熱との総合効果によるがん治療方法に関する提案を行った。

その他、スーパーキャピティ線変換、宇宙太陽光励起レーザー、レーザーによるダイオキシン測定技術、金属蒸気中のレーザー光の長距離伝播における2次元効果の解析、熱効果考慮型3次元ジグザグスラ光線追跡、熱複屈折解析コード『THESLAC』、太陽光励起半導体レーザーに関する理論的研究、ポルフィリン-アクセプター系の高励起状態(S<sub>2</sub>)からの超高速電荷分離と関連放射過程のメカニズム、PYPタンパク質ナノスペース(Protein Nanospace,PNS)での超高速光異性化における量子ビートの役割

とPYPアナログ体のPNSにおける蛍光の超高速ストークスシフトの仕組み等の成果が報告されました。

東京会場

平成15年7月14日、航空会館において平成14年度研究成果報告会(ILT2003)を開催致しました。東京会場では産業に直結した応用研究から基礎研究に近い分野まで多種の研究成果について報告致しました。当日は、約50名の参加者にお集まりいただきました。発表題名と内容は以下の通りです。

・当研究所の研究概要と産業応用への展望(藤田雅之)  
IT、ナノテク、環境、ライフサイエンス、エネルギー関連など各分野における当研究所の研究活動の概略と産業応用への方向性について報告した。

・スーパーキャピティ線核変換(今崎一夫)  
レーザー線を用いた核変換による超長寿命放射性元素の無害化研究について報告。線発生実験および核変換実験によって核変換プロセスが明らかとなり、実用化への一歩を踏み出した。

・レーザーでひらく宇宙ハイウェイ~レーザーロケットの可能性(内田成明)  
アブレーション過程を利用したレーザー推進法によるロケット推進技術について報告。この方法により排気速度を制御でき、エネルギー効率の最適化が可能となった。また、これらの技術に関する国内外の研究状況についても報告した。

・日本の環境を救う有害物質計測~レーザーによるダイオキシン迅速測定(島田義則)  
ダイオキシン計測の効率化、高感度化の問題について、レーザーを用いた新規手法について報告。非共鳴多光子吸収過程により発生させた親イオンを質量分析法によって解析し、ダイオキシン類の検出に成功した。

・ここまで来たフェムト秒加工~これからどうなる? どう使う?(藤田雅之)  
フェムト秒レーザー加工研究の進展状況について報告。アブレーション制御により、金属表面の照射波長よりも微細な周期構造加工が可能となった。また、セラミックス素材への適用実験等、産業に直結すると思われる成果を多数報告した。

・レーザーで観る生体内電子移動のメカニズム(谷口誠治)  
フェムト秒レーザー分光法により、生体モデル分子の超高速電子移動過程のメカニズムについて報告した。

いずれの発表においても多くの質問やご意見をいただき、また活発な議論が行われました。今後も当研究所の活動に注目していただきたく思います。



## 禍福は糾える縄の如し

史記によると禍は福の倚る所、福は禍の伏す所。夫れ禍と福とは、何ぞ糾纏に異ならんという。まさにわが国の辿った戦後58年の起伏興亡もこの文言の通りである。

第2の敗戦と言われる1990年代の経済バブルの崩壊後、日本には全く未来がない、将来への展望は見えぬ、デフレスパイラルに入ったなどとエコノミストを先頭にジャーナリズムが囃して、無責任なとか無能力に由来する暗い見解を全国津々浦々にまで喧伝しつづけたわが国をミスリードしてきた。この罪は1940年代の軍部と同じくきわめて重大である。

人間社会の変動は山あれば谷あり、まさに禍福の間で振れ動くのがルールである。経済では最も顕著にこれが発現する。あらゆる社会の変動はこの繰返し波動という原理原則に従っている。好景気がどこまでも上昇する筈もなければ、不景気も奈落の果てに落ち込んで永久に回生不能というものではない。物理学の根本原理であるエネルギー保存の法則がこれを証明している。

苦節10年を経て経済の指標である株式市況も日経平均1万円を指呼するレベルに戻ってきた。今こそ暗い空気を払拭して、元気を取り戻し、前へ進むべき秋がやってきたのである。

産業活動はもとより、社会改革の推進についても、はたまた国立大学の独立行政法人化もすべて禍を福に転化する契機にすべきだ。私が人生を賭けたレーザー核融合研究も山あれば谷あり、長い目で見て息長く日常不断的な努力が望まれるのである。わがレーザー技術総合研究所もそうだ。いい時もあればきびしい日もある。決して日頃の精進を疎かにしてはならない。これが人生の要諦というものだ。

ペシミストとはあらゆる事象に通暁しているが、社会の原則が理解できぬため人生を楽しめない人達をいう。オプティミストとは冒頭の言葉を心に刻んで、日々これ努力する人を言うのである。禍福は糾える縄の如しとはよく含味すべき文言である。

私は賢いペシミストよりは、真面目なオプティミストでありたい。

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

# ジェネレーション4と水素生成が主要議題

## アメリカ原子力学会報告

カリフォルニア州サンディエゴで開催

線核変換の発表のため標記会議に出張した。場所はカリフォルニア州サンディエゴで開催された。期間は5月31日から6月6日までの1週間で、約1,000名ほどの出席者があった。サンディエゴは一年中穏やかな気候で知られており冬は暖かで夏は涼しい。大阪より暑いと思って半袖シャツで行ったが夜は暖房を入れる始末であった。冬には2回訪問しておりかなり暖かいという印象があるが、サンフランシスコほどではないが夏はそれほど気温は上がらないようである。

エネルギー政策の最重要課題

今回はジェネレーション4と水素生成が主要議題であった。それらは強く関係して今後のエネルギー政策の最重要課題になる。特にG4は2050年もしくはそれ以降までのエネルギー供給の方向性を決めていく。

まずG4の特徴は多様な原子炉の開発である。これらを組み合わせることにより、ワンスルーの高レベル放射性廃棄物を激減させる。また最終的には長寿命の核分裂生成物もこの核燃料サイクルの中に組み込み処理し、地層処分を確保する計画であり、その開発は今世紀半ばまで継続する。Yuccaマウンテンの計画もかなりの見直しが入りそうである。

10カ国が同意、新型炉の供給を開始

特にこの計画に対して強い国際協力を実施されるための合意ができた。アルゼンチン、ブラジル、カナダ、フランス、日本、韓国、南アフリカ、スイス、イギリス、アメリカの10カ国が同意し2030年までに新型炉の供給を開始することになった。このエクゼクティブサマリーの表紙に使われている世界の写真を図1に示す。夜間の照明で世界各国の形が浮かび上がっている。この電力供給の主要部分を新型炉でまかなうということの合意が下の国々でなされたことを示す。また表面には出ないが新しい炉は核兵器の材料ができにくく核拡散防止という意味合いもあるそうである。特にアルゼンチンとブラジルをこの中に取り込んでいる意義は大きい。人口大国のインドと中国も取り込むべきではあるがそうはなっていない。

第4世代ではそれぞれの炉を協調して運転

第4世代ではガス冷却高速炉、鉛冷却高速炉、熔融塩炉、ナトリ



【図1】

レーザー技術総合研究所 主任研究員 今崎一夫

ウム高速炉、超臨界水炉、超高温炉が用いられる。それぞれに役割があり協調して運転することによりアクティノイドを燃やし高レベルの放射性廃棄物を減少し水素や電力を供給すると考えている。

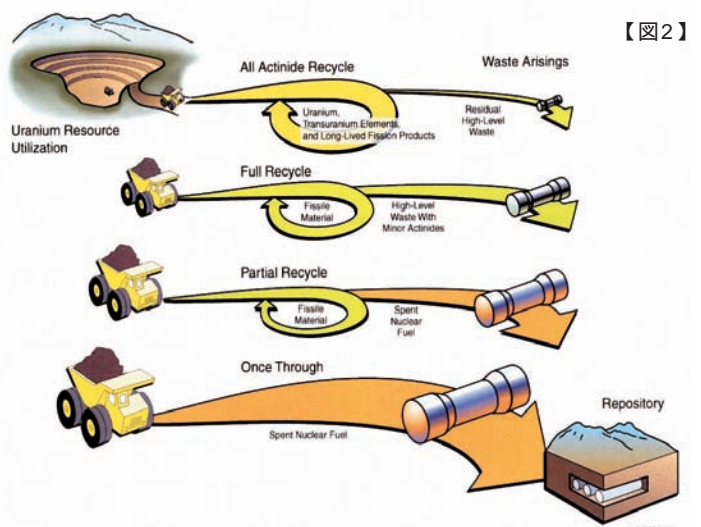
超高温炉はペブルベッド方式が注目

これらに関する発表やパネルがプレナリーセッションでなされた。特に注目すべきが最後の超高温炉で、ドイツ～南アフリカで開発されたペブルベッドを用いた方式である。この方式は原子力関係者の間では以前より評価が高かった。より安全(メルトダウンブルーフ)より安く、より効率のよい(60%)原子炉として注目されている。水素生成効率は65%に達する。(1250℃で運転時、直接駆動Heタービンであれば同温度で60%これが本命になるようである。アメリカではGAが積極的にこれを取り込んでSIサイクルと組み合わせようとしている。すでに稼動しており最終的な開発もあと5年程度で済みそうであり、現在の軽水炉のライセンス切れに伴い順次これに置き換えていくつもりようである。また低温軽水炉での化石燃料を用いた水素生成は結局取り上げられないようである。現在はこの方式が最安価であるが、超高温炉がより安価に安全に水素生成ができそうである。

線核変換処理の発表に強い関心

これらによりMAは完全にリサイクルされる。しかしFBIはこれらの炉では処理することはうたわれていない。FBIはこれらの炉での処理は困難で加速器による処理が必要になると考えられる。この核燃料サイクルを図2に示す。

線核変換処理の発表は非常に強い関心を持ってもらったと思っている。座長のオークリッジ研究所のWilliamson氏などは会議が終わってもかなりの質問をしてきた。国際的な場で話し研究を盛り上げていくことが重要であると認識した。この方式は特にG4の方向性に整合している。なんとかFBを処理する最適方式として今後定着させていきたい。



【図2】