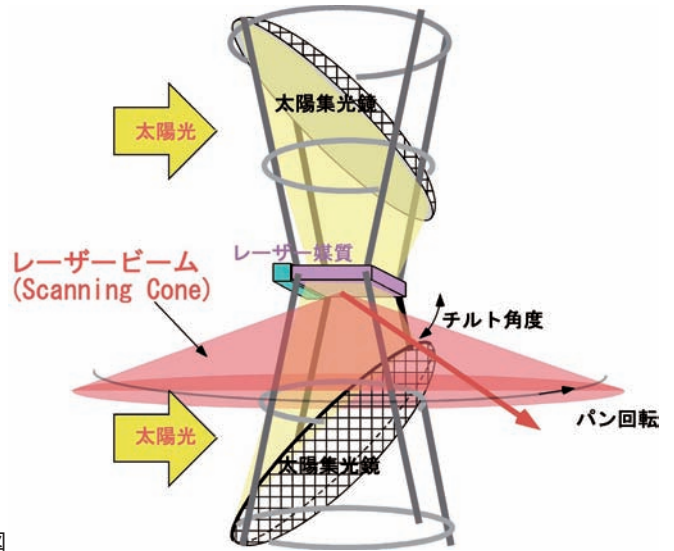


CONTENTS

- 進みだしたレーザー宇宙太陽光発電衛星の研究
- 死の谷とダーウィンの海
- ~産学官連携のススメとレーザートライアングル~
- 『光と蔭』財レーザー技術総合研究所の現状



【図1】L-SEUS2002年モデル図

進みだしたレーザー宇宙太陽光発電衛星の研究

レーザービーム伝送研究チーム

宇宙レーザーエネルギー利用ワーキンググループリーダー

内田成明

宇宙レーザーによる太陽発電衛星の調査研究本格化

一昨年、この欄で紹介したレーザーによる宇宙太陽光エネルギー利用システム(L-SEUS=Laser Space Energy Utilization System)に関する調査研究が昨年度から本格的に開始された。これまでも航空宇宙技術研究所のLE-NET(Laser Energy Network) 日本航空宇宙学会のレーザー推進に関するASPIC委員会および宇宙開発事業団(NASDA)主催の宇宙太陽発電システム研究委員会の一部などで高出力レーザーを宇宙で利用するために必要な技術に関する調査研究は行われていたが、このL-SEUSに関する調査は2020年頃に静止軌道に建設する太陽光励起レーザー衛星により地上へパワー伝送し、水素エネルギーを得るといった目標を設定したプロジェクトを立ち上げるための具体的な研究計画の一環である。

15のWGと約140名の専門家

宇宙太陽発電のパワー媒体としてマイクロ波を用いるシステムの構想は1970年代に発案され、要素技術開発や宇宙空間でのパワー伝送実験なども行われている。しかし近年、レーザーの高指向性や太陽光を直接利用した場合の効率性などが注目され、レーザー方式の研究が日本、アメリカで急速に進みつつある。そのような状況の中、これまでマイクロ波を中心に進められてきたシステム技術調査研究の中で新たにレーザー委員会をマイクロ波方式と並列に設け、専門的に研究を行う体制が組まれている。両委員会を軸にレーザー、熱制御、構造等をはじめ

15のワーキンググループ(WG)で約140名の専門家がそれぞれの専門分野を活かしてシステム全体の技術内容について検討を行う体制となっている(図2:次ページ)。

システムの概略が明らかに

レーザーに関する昨年度調査研究の目標は、レーザーシステムの概要検討と検討項目の抽出および関連技術の動向を調査することによりシステムの概略を示すことであった。レーザー委員会は文科省の委託により、レーザー総研/阪大レーザー研、宇宙開発事業団、航空宇宙技術研究所、三菱総研、NTスペース、通信総研をはじめ日本の宇宙とレーザーに関する産官学研究開発機関が結集している。レーザー委員会のもと、レーザー伝送WGが中心となってレーザーシステム衛星や地上受光基地のサイズ、および排熱規模などを検討しシステムの輪郭を明らかにした(図1)。

調査内容+主な成果

レーザー方式に特有の技術課題を検討するためレーザー伝送WGではレーザーの発生、伝送、受光の三サブWGでそれぞれ集中的に検討を加えた。以下に主な調査結果を記す。

レーザー方式の特長はシステムを比較的コンパクトに構成できることであるが、レーザー発生サブWGではこのメリットをできるだけ活かすことを目標に太陽光集光部、レーザー媒質の大きさ、排熱の規模などを検討した。太陽光でレーザーを発生させるにはそのパワー密度を引き上げて利用する必要がある。

次ページへつづく ▶



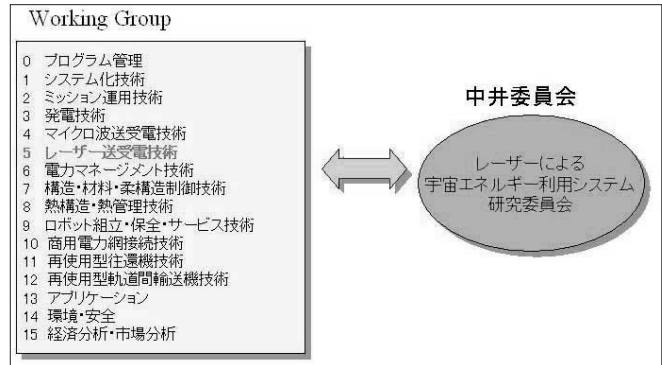
レーザーの出力と光-レーザー変換効率を決めると集光鏡の大きさが決まる。たとえば、発電衛星の出力を原発一基分程度の1GW、変換効率を20%と想定すると直径2km程度となる。このような大型の鏡を静止軌道で建設維持するのは大変なことであるが、地球周辺では単一の光学系で結ぶ太陽光の像は10m程度(f値=1のとき)以上となり、たとえ完璧な集光鏡を作ってもこの像以下の大きさには集光できない。したがって、すばる望遠鏡のような精度は不要で、薄い膜板を多面体トラス構造のようなもので組み立てることが考えられる。集光鏡はL-SEUSの中でも最大の構造体となるが、これを面密度100 g/m²程度の材料を使って、数千トン程度の構造で建設することは現状技術レベルの進展を考えれば可能であろう。

熱負荷がレーザー媒質の材料と形状を決める

一方、レーザー媒質は大きな熱負荷が材料の選択と大まかな形状を決めることになる。すなわち定常的なポンプ(太陽)光入力とレーザー出力および排熱のフラックスの釣合いで決まる媒質内部の温度勾配が媒質の熱破壊限界以内になる必要がある。熱ショックパラメータを用いれば前記の条件を各種レーザー材料に対して比較することができる。現存する材料で最も優れているのはサファイアであるが、二軸性結晶であるため大きな材料を得るのに難がある。次善の材料は最近セラミック材料の優れた特性が明らかになりつつあるYAGである。YAGの物性値を用いて1GWの出力と媒質全体の質量を3000 t程度に想定した場合、媒質の厚さの最大値は13mm程度となる。これに必要な出力を考慮するとレーザー媒質は全体で約200m四方の板状媒質となる。一方、熱媒質の厚さが薄いほど大きな熱負荷をかけることができ、太陽光を集中することにより励起パワーを上げて媒質の重量(体積)を減らすことができる。例えば厚さを1mm程度にすると媒質重量は数十トンとなり非常に軽量化が可能である。ただし、この計算は媒質の熱負荷を初期条件としており、具体的な励起光の入れ方やレーザー光の通し方などは今後の検討課題である。

静止軌道上にありながら地上レーザー基地の方向に向ける

静止軌道上を地球の周りを遊星運動しながら集光鏡は常に太陽指向する衛星において、送信工学系の機能はレーザービームを地上レーザー基地の方向に向けることである。地上からのガイド光を利用することにより送信ビーム指向性を高精度に保ち、また障害が発生した場合には直ちに送信ビームを遮断する機能も必要と考えられている。このような機能を持たせるため、モデル図に示すようにレーザービームはパン回転とチルト角の制御を行うことになる。レーザービーム送信光学に口径数メートルの大きさの望遠鏡を採用することにより、このような制御は可能であろう。数メートルの口径を持つビームを36,000km離れた地上基地に送る場合、ビーム拡がりは大気擾乱の影響を入れても10m以下である(回帰限界光)。一方、地上からのガイドビームは地球の大気擾乱の影響を強く受け、静止軌道に到達すると数百メートルにまで広がってしまう。ガイドビームの方向へ正確にパワーを送り届けるためには位相共役光の活用など今後の検討が必要である。また、コヒーレンシーの高いレーザービームを大気擾乱に通すと受光系付近で強いス



【図2】研究体制図

ペックルが発生する可能性があるが、エネルギー変換を考えると一様な光空間分布が望ましい。今後大気中を伝搬する下向きビームについて、地上付近でのスペックル形成とコヒーレンシーの関係を明らかにする必要がある。

レーザー光を水素エネルギーに変換する受信基地

受信基地ではレーザー光を水素エネルギーに変換する。静止軌道からのエネルギーは電力網のように負荷が変動するものよりも水素プラントのように定常的に一定のパワーを間断なく必要とするシステムに適している。水の分解による水素発生や燃料電池および直接燃焼を用いる消費は環境負荷が少なく、太陽光エネルギーと結びつけば理想的なエネルギー媒体といえる。水分解を光エネルギーを用いて行うには光触媒が考えられるが、現状ではレーザー光の高い光子密度を効率よく利用できる触媒材料がない状態である。また、水の分解ポテンシャルは現在想定している1 μmミクロンの光子エネルギーに非常に近く化学反応の熱力学的条件としては反応効率があまり高く取れない。レーザーの選択波長についても水分解と関連させて今後の検討が必要である。レーザーとの相性がよい触媒材料の出現が望まれるが、材料開発は先を見通すことが難しく、当面は太陽電池をレーザーにより駆動する水電気分解方式が利用可能な技術である。

レーザー媒質や素子の実装など、研究の今後

2002年度レーザー委員会は、原理的なシステムの成立可能性を調査するとともに、L-SEUSの規模、方式、いくつかの問題点に対する対処法の検討を行ってきた。今後はより工学的な問題点や実際のレーザー媒質や素子の実装などについてシステム専門家の協力を得、実際的な問題に取り組む予定である。

太陽発電衛星やレーザーによるエネルギーネットワークは宇宙のエネルギーインフラストラクチャを強化し、その産業応用を進めるために重要であるばかりでなく地上のエネルギー・環境問題にも大きく貢献すると考えられる。静止軌道に打ち上げるエネルギー源は世界の政治経済の動向を左右する可能性を秘めており、日本の優れた科学技術を活かして貢献できる分野になると考えられる。4月から80名以上が名前を連ねる国会議員連盟も発足し、その第一回勉強会が中井貞雄阪大名誉教授を講師に招き、去る5月に開かれた。研究者だけの考えでなく広く社会に意義をアピールしながら長期的な視点に立った研究開発を進めていくことが重要である。

死の谷とダーウィンの海

～ 産学官連携のススメとレーザートライアングル～

レーザー環境応用計測研究チーム 藤田雅之

産学連携で産業の活性化を

景気の停滞が長引く中で、“新産業の創生”や“産業の活性化”が叫ばれている。特に、製造業に至ってはアジアの台頭による“空洞化現象”が進み、安易なキャッチアップを許さない新たな技術開発が急務となっている。誰にもマネのできない技術革新を産み出すためには、最先端の基礎研究成果をいち早く実用化へ結びつけることが必要であり、産学連携の重要性が改めて認識され始めている。

死の谷

最近、ポリシーメーカーの間で「死の谷」という言葉がもてはやされている。基礎研究と実用化研究の間のギャップのことである。基礎研究でいくら立派な成果が得られても、それが実用に至るまでには“限られた量の水と食料で”研究開発を進めなければならない。図1に示されるように、基礎研究にはそれ

なりに投資されており、市場が見えた実用化研究にも投資が向かう。しかし、その間の研究開発において(最も投資が必要とされているにもかかわらず)資金が充当されないという状況が問題視されているのである。オリジナルの出版[文末参考文献参照]の脚注には「えてして新しい技術コンセプトは不確定かつ複雑な要因をリスクとして伴うものである。このようなコンセプトが技術的かつ経済的に成立することを実証するまでの時間を“死の谷”と呼ぶ。この谷を如何に短時間で渡りきるかが市場における新技術開発の成功を左右する」とある(図2)。

ダーウィンの海

さらには、「死の谷」の先には「ダーウィンの海」が待ち受けているとも言われている。「死の谷」が基礎研究と実用化研究(革新技術)との間のギャップとすれば、「ダーウィンの海」は革新技術が新たな市場を形成するまでの淘汰の段階であると解釈でき

山中千代衛



(財)レーザー技術総合研究所の現状

わがレーザー総研は昨年創立15周年を迎え一連の記念事業を展開し、過去15年間の研究開発事業を総括し、さらに将来へ向けての抱負を策定し、わが国の科学技術の発展と

レーザー関連産業の振興に貢献する決意を新たにした。

現在研究部は(1)レーザービーム伝送、(2)レーザー環境応用、(3)レーザープロセス、(4)レーザーバイオ科学の4研究チームと理論・シミュレーショングループの5部門構成で、研究員25名を擁している。事務部は8名で年間経費3億円を目標に事業を展開している。

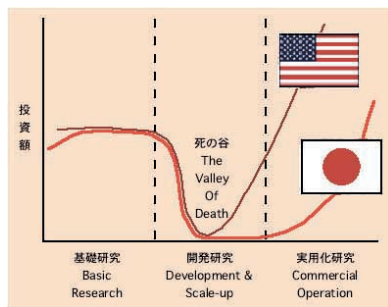
公募研究ではNEDOの「新産業創出のための高密度光子発生基礎技術の研究」、科学技術振興事業団へ向けての「レーザー一括加工システム実験調査」を実施し、また日本自動車振興会補助事業として「中小企業におけるフェムト秒レーザー利用調査」と東大阪市において「レーザー利用のアンケート調査」を実施した。

自主研究、共同研究ではレーザー誘雷の研究、レーザー推進、宇宙太陽エネルギー利用、非平衡プラズマによる環境汚染物質の分解除去、ダイオキシンの即時計測、レーザー音響非破壊検査、白色ライダーの環境計測、レーザードライプロセス新技術、レーザーコンプトン線による核変換、レーザープラズマX線による癌治療、光応答性蛋白質の電荷移動の研究、極短紫外(EUV)光源開発の研究、レーザーアブレーションコード開発、レーザーシステム計算コード、レーザー光長距離伝播の2次元効果解析などを文科省科学研究費や賛助金、企業協力資金により実施している。

特記すべきことは技術相談の窓口を常時開設し、積極的に企業のニーズに対応していることで、その成果には見るべきものがある。

これらの諸活動に関し研究成果報告会を7月に東京、大阪で開催し、広く学界、産業界からのご批判を仰ぐことになっている。またILT年報では詳細な研究成果が公刊されている。月刊レーザークロスでも現状を即報しているのでご一覽賜り、ご意見やご助言を下さるようお願い申し上げます次第である。

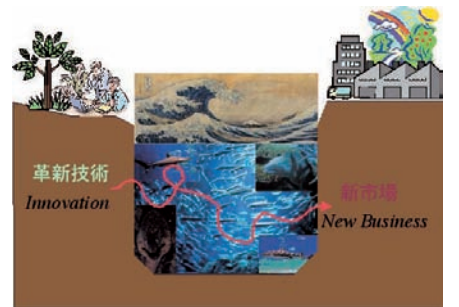
【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】



【図1】投資額に見る「死の谷」



【図2】基礎研究と実用化研究の間の「死の谷」



【図3】研究開発から市場形成までの「ダーウィンの海」

る。せっかく革新技術が芽生えても、それが新たな市場を形成し成長していくまでには幾多の荒波を乗り越えなければならず、ここでの技術支援や投資の枯渇は命取りとなるのである(図3)。

死の谷とダーウィンの海を乗り越えるためには

基礎研究も実用化研究も他国にひけを取らないわが国で新たな技術革新を引き起こし産業の活性化を図るには、どのような対策が有効であろうか。「死の谷」の基礎研究岸には人材豊富な大学・研究所が、「ダーウィンの海」の市場形成側にも人材豊富な産業界の事業部が存在している。「死の谷」と「ダーウィンの海」にはさまれた岸で悪戦苦闘している、おそらく産業の基盤を支える中小企業や中堅企業の研究所やベンチャー企業を、効率よくサポートする体制の確立が重要となる。

産学を結ぶ技術支援・普及体制が必要

産業界の方々からよく耳にすること、「大学の先生にはどこまで技術開発をサポートしていただけるのでしょうか」という懸念がある。研究としておもしろい時期には人的、資金的サポートが得られるというメリットから積極的な協力をするが、いざ実用化のための泥臭い研究段階となると、「後は産業界の方で勝手に進めて下さい」となる。一方、「大学で論文も書かずに実用化研究をしても評価されない」という大学側の言い分ももっともであろう。しかし、産業界からすれば「死の谷」の途中で放り出されるようなことでは心もとなく、先にも進めない。お互いの懸念を払拭する架け橋的な普及体制を確立し、産+学あるいは基礎+実用化に加えて普及体制の三位一体で運営する仕組みがこれからの国際競争の中で生き延びるためには不可欠である。

基礎と実用化の間の空白

わが国の大学・研究所における基礎研究能力は他国に比べて決してひけをとらない。一方、産業界での市場が見えている分野に対する製品開発能力も欧米に対して劣っているわけではなく、むしろ高いぐらいであるという評価がある。バブル崩壊以前の好況期には大企業が競って中央研究所を設立し、大学顔負けの基礎研究を行っていた。大学は負けじと10年先、20年先を見越した研究テーマに取り組んでいた。しかし、バブル崩壊後、企業の中央研究所の活力が低下すると、今度は逆に大学に対して実用化に向けた研究テーマを進めなさいという風潮が生まれ、実用性が見えない研究には資金が回らなくなってき

ている。学問の危機とも言える状況である。何故、このような事態に陥ったのか？ 大学にしろ、産業界にしろ、中味は同じままに、その役割の変化が急に求められる時代になってしまっている。この世の中で最も慣性の大きなモノは「人間」であると言われている。慣性が大きい故に、体制が変わっても社会的要請が変化しても意識改革が追いつかず成果に結びついていないのではなかろうか。これはひとえにわが国の基礎研究と実用化研究の間の(人的、組織的、制度的)ギャップの存在に起因すると思わざるをえない。空白を埋めるがごとく経済情勢の影響を受けて同じ人間が、組織が、慣性をひきずったままあちらへ行ったりこちらに來たりする始末である。

バッファとなる横断的組織が不可欠

これからは基礎研究と実用化研究のギャップを埋める技術支援・普及体制というバッファの存在がますます重要となってくると思われる。TLOやベンチャーファンドも結構であるが、こと“ものづくり”となると紙のやりとりでは済まない事情がある。水筒を持たない“死の谷の旅人”にいくら水を補給しても、一過性のカンフル剤としかならない。魂のこもった横断的組織をもってして人やノウハウを補給し続けることが不可欠である。当研究所はすでに16年前に産学連携の橋渡し役として設置され、着実な成果を挙げてきた。いまや、死の谷のレスキュー隊としての活躍が期待されている。

レーザートライアングル

レーザーの分野では産学連携の試行例が既にある。大阪大学レーザー核融合研究センターと財団法人レーザー技術総合研究所と社団法人レーザー学会が構成する“レーザートライアングル”である。阪大レーザー研はレーザー核融合を中心として最先端の研究を展開し、その技術の産業界へのスピノフをレーザー総研が担っている。基礎的なレーザー応用研究のみならず、(中小企業を含めた)産業界のニーズに即した実用化研究がレーザー総研で行われ、また、出版・セミナー・技術者養成等も行っている。レーザー学会は産業界が気軽に参加できかつ高レベルの研究発表が行われる場であり、レーザー技術普及啓蒙に貢献している。学会の林立は避けなければいけないが、このように大学と密着した産学連携の拠点が国の支援を得て活躍することが理想であろう。

【参考文献】<http://www.house.gov/science/ets/jun14/branscomb.htm>

レーザー技術総合研究所の「平成14年度事業報告書」をホームページ上に掲載しておりますので、下記URLをご覧ください。
<http://www.ilt.or.jp/>