

CONTENTS

- 宇宙太陽光レーザーと水素生成
- 『光と蔭』大学人に望むこと
- ILT2004 平成15年度研究成果報告会
～大阪・東京の2会場で開催～

宇宙太陽光レーザーと水素生成

(財)レーザー技術総合研究所 主席研究員 今崎一夫

宇宙太陽光レーザー

当研究所では宇宙太陽光レーザーに関する研究を宇宙航空研究開発機構(JAXA)受託研究として進めている。これまでいろいろな関連記事が『レーザークロス』に記載されている。ここではこの研究と水素生成応用の可能性についての進捗状況について総括的に述べる。

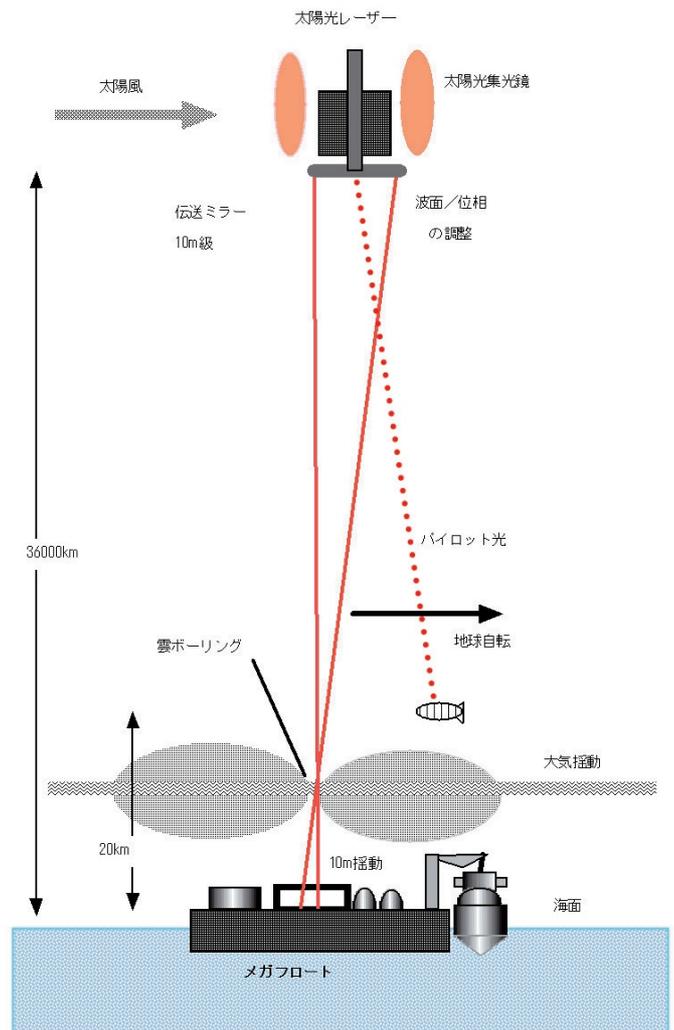
地球温暖化の防止策として太陽エネルギーの利用が進められている。この一環として太陽光を電力に変換するいわゆる太陽電池は新しいエネルギー源として注目されている。この技術はよく発達し成熟している。しかしまだ太陽電池は高価であり、太陽光の利用率は、地球の自転、天候の影響がある地上で15%程度であり、そのうえ実用太陽電池自体の効率も現時点で20%程度である。このため太陽エネルギーは無料でも発生電力は高価で経済負担が大きい。

宇宙での太陽エネルギー

これを宇宙に設置すれば、地球の自転、天候の影響を受けずに24時間、100%利用できる。約30年前、米国のグレーザーがこれを特許化し、詳しい検討がNASAで行われた。しかし太陽光を電力に変換しこれを集め、地上へのエネルギー輸送のためにマイクロ波に変換し、これをアンテナで送り、このマイクロ波を地上で受信し電力に変えることは何回も変換プロセスを経ることになる。このため総合効率は悪く、宇宙に置く利点が出てこない。なおかつ1GW(代表的な発電所の電力)を地上で得るためには、この衛星重量は少なく見積もって20,000トン超にも達する。また地上での受信サイズは10kmに及ぶ。このままでは現実性が極めて悪いことが判明した。そのため、NASAモデルにいろいろなアイデアが加わり、軽量化+高効率化+小型化の研究が積み重ねられてきている。この時マイクロ波の代替にレーザーも考えられたが、当時のレーザー技術ではむしろ効率が悪く全く利点がない。かつレーザーは地上で天候の影響を大きく受ける可能性もあった。

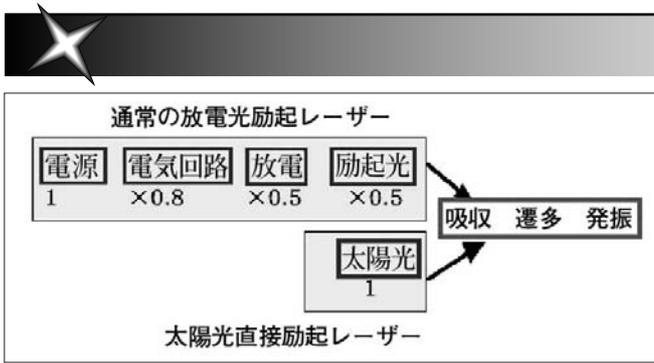
レーザー光を水素に変換

しかし新しい考えが出てきた。宇宙での太陽光を、そのまま光・光の量子遷移によりレーザー光に変換し地上に送る。この光は地上で電力に変えることも可能であるが水素に変換すればパワーを積分し蓄積することが可能である。グレーザー特許の対偶に位置する概念である。この方式はエネルギー変換プロセス



【図1】宇宙太陽光レーザーと地上エネルギー変換基地

次ページへつづく▶



【図2】レーザー効率の比較

すが少ないため総合効率がよく、そのため衛星重量は比較的軽量であると期待できる。

レーザー光をメガフロートで受光

この宇宙から送られてきたレーザー光の拡がりは地上で100mレベルであるので近海に設置されたメガフロートで受光可能である。これを複数個適切な位置に配置すれば天候の影響をより小さくすることも可能である。台風や非常に厚い雷雲では難しいが、このレーザー光は通常の雲であればボーリングし透過でき、遮られることを免れると予想できる。

変換基地を日本近海に置くことも可能

この光強度は太陽光の十倍程度であるので、伝送光ビームの中に入りこれを長時間見続けられない限り、視力に影響は及ぼさない。レーザー光は近赤外線で、地球生命は数億年もこのような光の中で生息してきた。紫外線のように人体への影響はなく、エネルギー輸送ビーム散乱光は直近でも健康に害がない。このような受光エネルギー変換基地を海上に置くことは全く安全であり日本近海に設置が可能である。またレーザービームが受光基地をそれないようにすることは技術的に可能である。

JAXA設置の委員会で精力的に検討

実用レベルでは太陽電池効率が20%程度で、それをマイクロ波に変換すると、この半分近くになる。太陽励起レーザーでは、太陽光エネルギーを伝送エネルギー形態にまで変換する効率が、実験室レベルであるが、30%台後半である。これに関する新材料+レーザー形状の開発研究が進行中で、今後より高い効率が期待できる。

この概念図を図1に示す。この地表受光サイズは数百mレベルであり、メガフロートでの対応が可能である。現在宇宙航空研究開発機構(JAXA)設置の委員会で精力的に検討が進められている。またメガフロートと組み合わせることにより水素生成基地配置の最適化や輸送の効率化が生まれてくる。日本近海の複数箇所に水素生成基地があり、それぞれを効率的に消費地と結べばかなりの経済的な効果が生じると期待できる。

高効率化が可能な宇宙太陽光レーザー

一般に放電によるフラッシュランプを用いた光励起レーザーは効率が低く、数%程度である。このようなレーザーにおいては、電力を電気回路により制御し、高電圧発生による放電を誘起し、この放電プラズマによる励起光を発生し、このランダム光によるレーザー媒質の励起を共振に利用する。太陽光励起ではこの過程がなく太陽光が直接励起に使われる。これを図2に示す。数値は典型的な例である。そのうえ太陽光はランダム光ではなく拡散角が小さい。このような光はレーザー媒質と結合性がよく、吸収率は高い。このため太陽励起レーザーは高効率化が可能である。

図3に太陽スペクトルを示す。300nm付近の紫外から立ち上がり、500nm付近にピークがある。6,000Kの黒体放射に近い。

同時に大気での太陽光の透過を示す。短波長部はレーリー散乱や吸収により透過が悪い。長波長では水分子や大気分子の回転準位等の高次吸収が現れてくる。局所的な急激な落ち込みがこれである。この宇宙太陽光を効率よく吸収して大気透過率のよい波長に合わせて共振することが宇宙太陽光レーザーの必要条件となる。

このためには多重ドープが必要となる。このような材料の典型例はCrとNdである。Crは太陽光エネルギーピーク付近での吸収断面積が大きい。しかしこの共振波長には大気吸収・散乱がある。このエネルギーを大気吸収の少ない波長1.06μmで効率良く共振するNdに移せばよい。このCr-Nd間の遷移は非常に高く70~80%程度である。

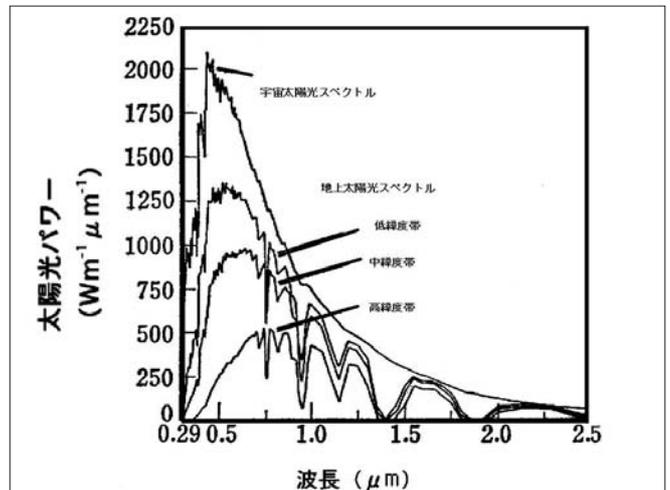
またこのようなレーザーは慣性核融合レーザーと類似点が多い。高効率化、熱の問題、レーザービームの一様性、大口径化等である。共通検討事項の開発は相乗効果が大きく、科学技術に資するところ大である。

3.6万kmの宇宙太陽光レーザーの伝播

SSPX(Space Solar Power System)は静止軌道に設置され、この距離は36,000kmである。光学要素の大きさはせいぜい数m程度であるので一意的に地上での径は決まってくる。このサイズは約100m程度で、むしろ安全性の観点からもう少し上げた方がよく(受光面に立って、人がこの光を見ても安全であるレベル)直径は300m程度となる。地上から宇宙への伝送では大気中の風等の揺動の影響が大きい。宇宙から地上への伝送ではレーザービームのゆれは10mレベルであり、レーザー径に比べ10分の1程度以下である。

雲はレーザー光を遮る。しかしこのようなレーザー光が大気中を伝搬する場合、雲を消散する可能性がある。いわゆる日蝕雲の逆である。日蝕では太陽光が遮られ、大気温度が急激に低下するために雲が発生する。大気中の水蒸気が温度の低下により雲になるためである。レーザー光経路ではレーザーパワーの数%が大気に吸収され、このパワー密度は太陽光の場合の10倍程度であり、雲の発生を抑制できる。より詳しい定量的な評価が今後必要であるが、台風等の特別な場合を除けばレーザー伝搬路では雲の影響は大幅に抑制されると期待できる。

むしろ問題はSSPS自体の揺動や伝送ミラーの相対位置である。これに対しいろいろな光学技術が応用でき、技術的には可能であると考えられている。例えばパイロット光(オプション)を地



【図3】太陽光スペクトルと大気吸収 (太陽エネルギーの分布と測定：日本分光学会 柴田、内嶋)

上(空間)より送り、これを返すといった技術の応用も可能である。このような技術は小規模ではあるが実際に使われている。

水素生成の効率を上げる

レーザー光方式における水素生成はいろいろな方式が今までに提案されている。水素だけではなくメタノール等も考えられる。レーザー光・水素生成においては次のような方式がある。

1.光触媒の利用

可能であるが効率が悪くこれでエネルギーをつくり出す実用性は小さい。

2.レーザー加熱

・水直接加熱

原理的には2,000度近くに水(水蒸気)を熱すればよい。レーザーは波長レベルまで収束することができるので原理的には十分可能である。どのような効率でこれを行えるかが工学的な課題である。

・バイオマス分解

光合成ではその過程で水から水素がつくり出されている。光合成のプロダクトであるバイオマスを使い、レーザー分解過程で水素をつくり出すことは可能である。問題はバイオマスの輸送費および効率となる。これらは経済性の問題であり今後の検討評価が必要である。

3.電気への変換と電気分解

宇宙太陽光レーザーの波長は1 μm前後である。この領域では光電変換素子としては -Si、InGaAs等が適している。この光電エネルギー変換効率は高い。これを用いて電気分解すれば高い効率で水素置換が可能である。小型装置でこの検証が行われている。

4.熱と電気分解のハイブリッド

対象の水やバイオマスをおある程度加熱しておきレーザーや光誘起電圧を印加し、水素生成の効率を上げることが、2、3の項目を対象に可能である。

メガフロート上で太陽光の10倍の密度

今までの水素エネルギー利用で検討されたWE-NETは、カナダで余剰の水力エネルギーを水素に置き換え日本に輸送するという概念であった。同様にケベックのそれをヨーロッパに送るという計画の検討もあった。しかしこれらは水素の輸送費と貯蓄・利用施設のコストが高く経済的に成立しなかった。

本方式では消費地の近くで水素が生成できるため輸送費は低く抑えられる。また貯蓄・利用コストも社会情勢の変化によりかなり異なってくると予測できる。むしろ近未来では燃料電池による各家庭での分散型小規模発電や自動車が主流を占め、この時の水素流通システムに乗れば低コスト化が可能で十分この方式は成立性がある。

この方式はメガフロート上で、宇宙からのレーザーパワーを太陽光の10倍の密度で受ける。かつ原理的に地上で利用率は24時間・100%である。総合的に地上で太陽電池により水素を作る方式の数倍の利用率に当たる。そのためこの水素生成システムは利用率がよく生成水素は安価であると期待できる。

実際の水素コスト計算は三菱総研で行われた。この時の最大の因子はメガフロートのコスト、レーザー製作コスト等より宇宙に設置する衛星のペイロードコストである。宇宙ロケットや往還機コストがどこまで抑制できるかが課題である。ペイロードコストが現在の10分の1程度になれば十分経済的に成り立つとの見通しが得られており、これは近未来において十分達成

山中千代衛



.....94

大学人に望むこと

国立大学もこの4月から独立行政法人となり、各大学にはそれぞれ目標と計画を設定し、その運営について外部評価を行い、達成度を明らかにすることが定められた。

従来、大学の多くは全く目標も定めず、闇雲に運用されていたということは正当でない。ある部局においては激しい国際競争に直面し日常的に切磋琢磨の緊張状態にあったらうし、ある学部は国内でも相互に優劣を競って張り合っていたと見るのが正当である。もちろん全部が全部そうであったとは言わないが、第一級の大学では国公私立を問わず多くの分野で適切な競合関係が存在し、活発に機能していたと言えよう。さもなければ今日の日本が存在する筈がない。

このような状況は決して他から強制されたものでなく、大学人自身が自発的にレーゾンデールをかけた活動の一環であったとみるべきである。大学の行動は昨今世間で論じられているような文科大臣の監督により管理業務を進めるといった次元のものであってはならない。また無責任なメディアの雑言に惑わされてはいけない。要するに世界第一級の成果を希求する研究者自身の自発力による活動が重要なのである。

教育においても全く同然であって、大学で有能な人材を育成することは、一には研究陣の充実につながる源であり、また社会に人的貢献をすることに直結する。

したがって大学が内部で自らに課した目標とそれへの到達戦略を持たなければならない。テーマを策定することが大切で、この設定がうまく出来れば、道は半ば達成されたと言っても過言ではない。つぎに途中成果への評価、さらには激励が不可欠であって、当事者のやる気を十二分に引き出すことがリーダーに求められよう。

産業人等部外者のアドバイスを参考にするのはいいが、大学は企業よりはもっと公的な存在であり、次代の国のあり方そのものを決定する役目を担わされている。20年、30年後の国民の素養を一義的に決定するという鍵を握っていることを決して忘れてはならない。

大学関係者に大きな自信と十分な責任を要請したい。21世紀日本の希望は大学の自治能力にかかっている。

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

可能と考えられている。

広い分野間の協力が必要

SSPSから日本近海の消費地近くに複数設置したメガフロート上の水素生成工場に向け、効率良くレーザーエネルギーを供給し水素生成を行い、近くの消費地に専用船で輸送する。このようなシステムが2030年前後に完成すれば地球の温暖化防止に役立ち、枯渇しはじめた(と予想される)原油の輸入が抑制できる可能性がある。このとき、日本のみならず世界に与える影響は大きいと想定できる。

最大の課題はペイロードコストであり、これは今後の宇宙開発に大きく依存する。1/10~1/100になることは将来的に予測され、これは宇宙開発のすべてに関連する重要課題である。それ以前の研究課題として以下のものが挙げられる。

1.宇宙太陽光レーザー技術の確立

実験室レベルでは30%を超える太陽光レーザーが実験的に検証されている。これを宇宙でどれほどの効率で動作できるかが今後の課題である。同時に宇宙環境に対する耐性も高いことが要求される。このような衛星の実証テスト実現を目指しレーザー研究が進められている。レーザー材料の開発により、今後一層の効率化が期待でき、これはレーザー科学に資するところが大きい。

2.水素変換技術の確立

水素生成にはいろいろな方法がある。この中でもっとも効率のよい本方式に適したものを選びだし、それを確立することが今後の課題である。

3.地上での応用性の評価

地表でのメガフロート上での水素生成工場の具体的な設置、その時点での問題点の把握、環境アセスメント、水素輸送システムや配給システムの確立、その経済性の評価が今後必要である。

この宇宙太陽光レーザー応用は本研究に限らず広い。衛星間のエネルギー伝送、宇宙デブリの掃去、衛星軌道遷移、月面活動エネルギー供給等である。本方式はまだ概念的であり、始まったばかりである。そのため課題も多いが、今後これらを解決し、実現へ向けて研究開発を進展させていきたい。

当然地上での適用も可能である。地上太陽光レーザーである。セラミックレーザーは安価で大量生産が可能であるので、この場合地上において太陽電池発電コストを下回ることができるとも考えられる。

最後に、この研究は広い分野間の協力が長期間において必要になると考えられる。今後ともご支援をお願いしたい。

INFORMATION

ILT2004 平成15年度研究成果報告会 ~ 大阪・東京の2会場で開催 ~

【大阪会場】

とき 7月6日(火)10:00~16:40
ところ 千里ライフサイエンスセンター
5階 サイエンスホール
豊中市新千里東町1丁目4番2号
TEL(06)6873-2010

プログラム

10:00~10:10 所長挨拶 所長 山中千代衛
10:10~11:20 特別講演
「日本原研関西研における放射線利用研究への取り組み」
日本原子力研究所 関西研究所
所長 田島俊樹氏
11:20~11:50 「当研究所の研究概要とトピックス」
常務理事(大阪大学教授) 中塚正大
11:50~13:00 - 昼食休憩 -
13:00~13:30 「ナノ加工とレーザー技術」
主任研究員 藤田雅之
13:30~14:00 「レーザーで飛ばす低コスト宇宙ロケット」
主任研究員 内田成明
14:00~14:30 「フェムト秒レーザーダイオキシン検出」
副主任研究員 島田義則
14:30~15:10 ポスター発表
15:10~15:40 「光学部品のレーザー損傷と高耐力化」
副主任研究員 本越伸二
15:40~16:10 「レーザーによる低侵襲がん治療」
主任研究員 今崎一夫
16:10~16:40 研究員との意見交換・技術相談

【東京会場】

とき 7月13日(火)13:30~17:00
ところ 航空会館 7階 701会議室
東京都港区新橋1丁目18番1号
TEL(03)3501-1272

プログラム

13:30~13:40 所長挨拶 所長 山中千代衛
13:40~14:10 「当研究所の研究概要とトピックス」
常務理事(大阪大学教授) 中塚正大
14:10~14:40 「レーザーコンプトンガンマ線の核反応への応用」
主任研究員 今崎一夫
14:40~15:10 「レーザーで創る宇宙エネルギーインフラ」
主任研究員 内田成明
15:10~15:30 - 休憩 -
15:30~16:00 「ナノ加工とレーザー技術」
主任研究員 藤田雅之
16:00~16:30 「極端紫外光源理論シミュレーション総合報告」
副主任研究員 古河裕之
16:30~17:00 「光で機能する蛋白質 - 超高速レーザーによる蛍光観測 -」
研究員 谷口誠治

定員 大阪会場 約80名、東京会場 約70名
(定員になり次第締め切らせていただきます)
参加費 無料
参加申込 会社名・所属役職・氏名・住所・電話番号・FAX・E-mail・参加希望会場をご記入の上、下記までお申し込み下さい。(FAX、E-mail可)

お問い合わせ、お申し込み先▶

(財)レーザー技術総合研究所 総務部(担当:柿元・森本)
TEL(06)6443-6311 FAX(06)6443-6313 E-mail/jimukyoku@ilt.or.jp