



レーザーのコストダウンの必要性和重厚長大産業のための 超高出力超高性能レーザーの開発

藤岡 知夫^{†1,†2}

The Necessities of the Economical Cost Down of the High Power Laser, and of the Development of the Ideal Solution of > 100 kW CW Laser, COIL

Tomoo FUJIOKA^{†1,†2}

今年はシャウローとタウンズがレーザーの可能性についての論文を発表してから、丁度50年に当る記念すべき年です。彼等の論文が出て2年後の1960年にマイマンが最初のルビーレーザーを発振させた頃、レーザーは何に使えるかの議論が起り、沢山の可能性が言われました。そして最初の論文から50年経った現在、レーザーの揺籃期の頃予測した応用は殆ど全て実現され、大きな方ではミサイルを撃ち落とす軍事用レーザーから、小さい方ではレーザーディスクやDVDの書き込みや読み出しに利用されています。更には初期の頃予測もしなかった新しい応用、例えばレーザーによるアイソトープの分離であるとか、リソグラフィの光源だとか、無数の新しい技術が出ました。現在の科学技術でレーザーを利用してない分野は殆どないと言っても良いのではないのでしょうか。実際技術の世界で何か困ったことが生ずると、レーザーで解決できないかという相談が私達の元にも持ち込まれます。そして検討すると殆どの場合に、レーザーを使えば技術的に解決出来るソリューションを得ることが出来ます。しかしそのソリューションが必ずしも使われるとは限らないのです。即ち現在の科学技術の分野で、レーザーは極めて優れた性能を持ってどんな応用にも利用され得るけれども、実際に使われているのは安価な半導体レーザーを用いた計測関係の応用が大部分で、それ以外で産業に使われている分野は極めて少ないと言ってもよいでしょう。そして最もレーザーの利用が遅れている分野は、所謂重厚長大産業の分野です。建築にしても土木にしても、レーザーを使えば上手く行く技術が沢山あるのに、何故使われないのか、答は簡単で、コストが高すぎるのです。

現在日本では地震対策を重視しようと、建築時の対策が十分でなかった建造物に対して、耐震補強工事を盛んに行っている居ります。しかし建造物の補強工事にはコンクリートの壁に穴を開けたり、切断したりという作業が必要で、そのためには機械的ドリルが用いられ、これはもの凄い騒音と振動を発生します。従って普通のアパートであれば人が殆どいない昼間に工事を行う手もありますが、病院のように常時人が寝泊まりしている建造物では、事実上耐震工事が行えない、という例が少なくありません。

レーザーで耐震補強を何とか出来ないかという話が私のところに来て、色々実験的検討もしました。従来までの技術ですと、強力なレーザー光をコンクリートに照射すると、表面が溶融しますが、内部深くレーザー光が浸透することはありませんでした。しかし私達はこの溶融したコンクリートを一度固化させてガラス化し、破碎して吸引するという操作を繰り返すことによって、高速でどんな深い長さでも穴を開けたり切断したり出来る技術を開発致しました。そして建設会社側も大きな関心を持って検討してくれたのですが、結局は使えないということになりました。その理由はコストが高すぎるからです。

現在のレーザーの初期価格は炭酸ガスレーザーでkW当たり売値で1000万円程度、工場から直接の卸値価格で500万円程度でしょうか。これが固体レーザーであれば1000万円以上になります。土木建築の機械という、大きなトラクターでも3000万円程度で、ランニングコストもガソリン代だけで極めて安いものです。そして電力のkW時当たりの値段は、工場価格で100円程度でしょう。炭酸ガスレーザーにしる、固体レーザーにしる、総合的な電力効率は良くて10%程度ですから、レーザー出力のkW時当たりのランニングコストは1000円になります。レーザーだとコスト的に競争できない訳です。

^{†1}(財)応用光学研究所 (〒135-0047 東京都江東区富岡2-5-5-1)

^{†2}東海大学 理学部 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117)

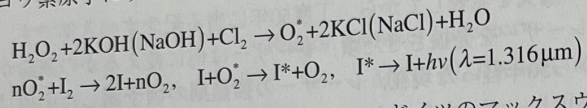
^{†1}Institute of Laser Technology, Japan, 2-5-5-1 Tomioka, Koto-ku, Tokyo 135-0047

^{†2}Department of Physics, School of Science Tokai University, 1117 Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa 259-1292

レーザーを重厚長大分野で使おうと考えると、まずはコストダウンが先決問題で、現在の価格ではとても競争出来ないのです。その上重厚長大産業に用いるためには、現在のレーザーは出力に限界がある点も大きな欠点です。CO₂レーザーは、米国で50 kWまでのレーザーは市販されたことができず、何社かの日本企業もこれを使っていると聞きます。しかしCO₂レーザーの場合には出力をファイバで伝送することができず、その点YAGレーザーやファイバレーザーの1.06 μmの波長はファイバを低損失で伝送でき、あらゆる重厚長大産業にとって極めて使い勝手が宜しいですが、出力はYAGレーザーで100 kWまで出せという話をする人はいますが、製品化された例としては20 kWまでです。ファイバレーザーは0.3 mmの直径から10 kW出てきますので、これを10本束ねれば100 kWになります。しかし何分価格が通常の固体レーザーよりも、更に高価格では、使うわけには行きません。

重厚長大産業にとって最も理想的なレーザーの性質を考えると、以下になるでしょう。100 kW以上の出力が長時間高いエネルギー効率で得られて、ビーム品質が極めて良く、光ファイバで低損失で伝送することが出来、更に言えばこのようなレーザー装置に電力の投入を必要とせず、トラックやヘリコプターに載せてどこにでも運ぶことが出来、太陽光レーザーのように自然エネルギーだけで光を出すことが出来るというのが、考え得る最高性能のレーザーでしょう。勿論ランニングコストもインシヤルコストも動力機械並に安いことも重要な条件です。実はここに述べた優れた特性を全て潜在的に保持しているレーザーが存在するのです。

それはコイルと呼ばれるレーザーで、Chemically pumped Oxygen Iodine Laserの略です。次のような化学反応式で、過酸化水素と苛性ソーダと塩素から励起酸素を作り、励起酸素とヨウ素をぶつけることによって、ヨウ素分子を分解してヨウ素原子にすると同時に、ヨウ素原子にエネルギーを移乗し、励起したヨウ素原子が1.316 μmの光を発振します。



外国では米国の空軍研究所を中心に、ドイツのマックスウェル研究所やチェコのAcademy of Science、ロシアのレベテフ研究所などが、米国のボーイング社などと共に研究グループとして参加しており、他にフランス空軍や中国が別個に、いずれもミサイル撃墜用のレーザーとして研究を始めて居ります。既に1 MWの1秒の短い発振時間ながら、1 MW以上の出力が得られることが、米国の研究者達は常識的に言って居ります。

このレーザーはミサイル撃墜のための軍用レーザーとして誠に優れたレーザーであることは言うまでもありませんが、同時に土木建設を始めとした産業用レーザーとして考えた時に、先に述べた全ての優れた特徴を持っているのです。波長1.316 μmは私達の実験に於ても1 kWの出力を1 kmの長さで0.3 mmの径のファイバに通し、10%の損失で伝送する実験に成功して居ります。そのみならず動作圧力が低いためにレーザー媒質の屈折率の乱れが全くなく、理想的なビーム品質が得られます。しかし現在の技術では低い圧力のガスを高速で流さなければならないために、巨大なポンプが必要となります。しかしこの高速の流れに衝撃波を立てて、圧力回復し、ポンプを完全に省略することが可能です。しかしその技術は未だ研究の途についたばかりで、完成はされて居りません。

このレーザーの産業用レーザーとしての優れた特性に目を付け、私達は1981年から研究を開始して居りますが、産業用コイルレーザーの研究を行っているのは、日本に於る私達のグループだけで、世界で未だ10人余りです。現在のCO₂レーザーやYAGレーザー、更にはファイバレーザーに対しては、各々何千人或いはそれ以上の科学者、技術者が研究に参加し、現在までの特性に持ち上げているのです。産業用コイルレーザーに対しては何と言ってもこれまでの研究のマンパワー×時間が少なすぎます。

エネルギー源である過酸化水素、苛性ソーダなどはレギュレートされた電力を使わず天然エネルギーからの直接発電などで簡単に作ることが可能です。即ちこのレーザーは電力入力が必要とせず、車載型にして土木工事等に使うと同時に、トラックやヘリコプターに載せて、地震が生じたときにその場所に運んで倒壊した建物の中に閉じこめられた人を救出したり等々災害対策にも使うことが出来、あらゆる新しい応用分野が将来に向かって開けているのです。是非このレーザーを地震大国日本の国策的レーザーとして開発すべきであると私は信じて研究を続け、研究開始から四分の一世紀を経た今日、やっと100 kWまで出せる技術を確立し、この先何とかなんか人類のために役立てたいし、日本の国策として研究を進めるべきであると考えているのですが、皆様方に是非御賛同頂きたいと、熱望して止みません。