

レーザーコンパス

レーザーと原子分子物理学との接点

清水 忠 雄*

Tadao SHIMIZU*

誕生以来25年、いまや理学・工学・医学の分野はもちろん、産業界でも様々な局面で、レーザーは有用かつ効果的に活用されている。レーザーに関係ある分野で仕事をするものにとってこのことは、御同慶の至りである。この間にみられたレーザーおよびその周辺分野での応用開発のめざましいまでの展開は、一方で、基礎科学と応用技術開発が演じた見事な連携プレーとあってよいであろう。このような例は半導体物理学とエレクトロニクス開発の組合せにもみられるが、いずれにしても、これを可能ならしめたのは、発明時に既に存在した高い水準の工業力と、基礎科学およびその応用分野にあった潜在的な需要がうまく結びついたことであろう。現在のレーザーがもつ性能は、本質的には誕生後約10年の間に達成されてしまった。もし10年から20年早くレーザーが発明されていたら、この様な急速な発展は見られなかったかもしれない。

ところで、いまこの分野に課せられている最大の問題はといえば、おそらく短波長レーザーの開発であろう。実際このことについて、レーザー科学者・レーザー技術者は、既に長いこと努力を続けている。

その規模からいっても、また影響を及ぼす範囲からいっても、いまとでは比較にならないほど小さいが、それでも数十年前に、「短波長メ

ーザーの開発」という同じような苦闘が存在した。光領域のレーザーは、マイクロ波領域のメーザーのアイデアが発展したものであることなら知る人も多い。ところでそのメーザーは、いまレーザーが為し得ている、はなばなしい効果からはちょっと想像しにくい、分子分光学という地味な学問の中から生みだされたのである。当時マイクロ波分光学は、スペクトルの微細な構造を測定できることから原子核の性質にまでアプローチできるものとして注目されていた。そして高分解能分光計実現への努力がメーザーという装置にいきついたのである。慧眼な発明者たちは当時すでに、この装置が低雑音の増幅器や、安定な発振器として使えるであろうことを予測していた。しかし前者はともかくとして後者については、とにかく発振出力が 10^{-10} Wのレベルだったので、その具体的な利用についてははっきりとした目処があったとはいいかねる。ましてや今日におけるレーザーの利用のはなばなしい展開などはとても当時予想できなかったであろう。

しばらくの間は、メーザーをさらに短い波長域で働かせようという努力が営々として続けられた。困難は、上準位の分子を集める収束能率の低下と、 Q が高く波長選択性のよい空洞共振器が作れないという所にあった。様々な工夫が

* 東京大学理学部物理教室 (〒113 東京都文京区本郷7-3-1)

* Department of Physics, Faculty of Science, the University of Tokyo(7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113)

試みられたにもかかわらず、このような努力の方法では、発振波長の改善は高々一桁ほどであった。よく知られているように breakthrough は、励起分子を積極的につくりだす光パンプと、高い Q 値をもちしかもモード選択を容易にするファブリーペロー型光共振器という画期的アイデアの出現によって行われ、これにより発振波長は一気に4桁も短くなった。

これに続く新しいレーザーの開発には、それまでに蓄積されていた原子・分子或いは結晶についての膨大な分光学的データが大いに役立った。原子・分子物理学とレーザーとの接点といえば、まさにレーザー分光学であるが、この研究はしばらくの間レーザー開発と切りはなされることなく、相携えて進んだ。もちろんレーザーは利用されるだけで、純粋に物理学的研究もなかったわけではないが、一方で、レーザー・デバイスというものを意識した研究も多く、これがレーザー開発の速度を高めたことは否定できない。

10年程はこのような情況が続く。しかしその後の10年余は、エキシマーレーザーの開発など一部の事例を除けば、基礎科学分野へのレーザー技術の導入という圧倒的な輸出超過の時代となる。レーザーにより新しい物性定数が求められたり、未知の現象が掘りおこされたり、またレーザー過程自体が一般的物理現象の、よいモデルになったりというように。

短波長レーザーの開発が意図されてきてからは、この波長領域での原子過程についてのデータ不足が痛感されるようになった。レーザー開発、レーザー設計の立場から知らなくてはならない現象やその生起確率がたくさんある。一方、原子物理学の立場からも、この領域での研究は未知のことも多いし大変興味ある分野である。

必然的にレーザー開発と基礎研究とが同時進行の形で行われ、どちらの面からも大きな期待がかけられている。

レーザーからレーザーへ、アイデアの転換による大きな飛躍があった。今度の場合もそういうことが期待できるであろうか。自然放出確率の問題、高エネルギー光子の高損失の問題、良質の光学材料が得られにくい問題等々、このたびのびの困難はかなり本質的なもののように見える。レーザーの発展は大変めざましいものであったが、これを短波長化への成果ということに限定してみると、 $1\mu\text{m}$ から 100nm まで、四半世紀にわずかに一桁ということになる。マイクロ波からミリ波への進展と同程度である。一つのアイデアにもとづくデバイスがよく機能するダイナミックレンジは1桁がよいところなのかもしれない、と考えるとやや悲観的になる。

それにしても原子分子物理学とレーザー開発とが相擁して進む体制が再びでき上がったことはよろこばしい。応用開発に基礎的研究のデータが不可欠であることは論をまたないが、逆にデバイス応用を念頭においた基礎研究がいかにかプロダクティブなものであるかも既に見てきた通りである。夢よ再び……そして不運にしてみても、初期の目的は達せられないことになるにしても、基礎科学、工学的ノウハウ、新材料などに残す副産物ははかりしれないほど大きいものと期待される。ただ前と異なることといえば、今回はだれでもが研究に参加するわけにはいかないということであろうか。この分野での研究は、どうしても装置が大型化し、また大きな費用が必要とされるからである。各研究者の自覚と、巧みな研究体制づくりとによって、この辺がうまくのりこえられれば、しばらくの間科学者の楽園がまた実現されるであろう。