



夢はバラ色

レーザー化学の広がり

増原 宏*

Expansions of Laser Chemistry

Key Words : Picosecond chemistry, Micro-chemistry, Fast kinetic spectroscopy, Laser

レーザーが世に出てから30年以上たつが、今尚飽和することなく伸び続けており、光産業時代といわれる21世紀を支えるものと期待されている。発明からこれだけ長い時期を経ても尚広がり続ける技術は少ないといわれる。事実レーザーは物理、電気、電子工学ばかりでなく、化学、生物から加工、計測、医学とあらゆる科学技術の分野に広がりどまるところを知らない。このことはレーザーが光に関する単なる一技術ではなく、光と物質の相互作用に関する科学全般に貢献しているからと考えられる。今後は、レーザーと物質の相互作用に基づく現象を分子レベル、電子レベルで理解していくことがますます重要になってくる。そういう観点から、私の研究分野であるレーザー化学に関して二、三考えていることを述べる。

私は阪大基礎工学部の又賀研究室の博士課程1年生の時に、パルスレーザーを使って光化学反応の初期過程を調べることになった。これは当時の化学の研究室としては最も早いトライアルであり、日本の高速現象の化学の始まりの一つといえる。以来阪大工電気の山中研の方々や東大物性研の職員からアドバイスをいただき、レーザーをつくりながら高速分光測定を可能とし、又検出システムは応物の南研に教えていただいた。いわゆるナノ秒、ピコ秒化学として、光励起分子の緩和、電子移動、反応の研究を行っ

てきた。現在ではフェムト(10^{-15})秒の時間分解能も可能で、この研究分野は超高速現象の化学として花開いている。

もう一つのレーザー化学は気相中の孤立分子を特定の電子状態、振動状態、回転状態に励起し、反応を起こさせ、生成する分子のエネルギー状態を明らかにし相関を調べるもので、これはstate-to-state chemistry(状態選択の化学)と呼ばれている。分子ビーム技術と結びつけて行う反応機構の研究は、最も精密なダイナミクスの知見を与えるものである。

このようにレーザーの持つ高い時間分解とエネルギー分解能は化学の研究で大いに役立ってきたが、レーザーの優れた空間特性はほとんど注目を集めてこなかった。干渉させても、絞り込んでも波長オーダーのサブマイクロメートルの空間分解能しか得られず、ナノメートル分子にとっては所詮バルクで意味はないとされていたからである。しかし研究の対象を気相、溶液から分子集合体、固体に向けると、その不均一構造のため空間分解能抜きにその化学過程を論ずることはできない。一般に固体の表面・界面、あるいはサブマイクロメートルの厚みを持つ表面層・界面層はバルクと異なる構造を持つ。固体は時には光を散乱する粉末であり、繊維であり、複合構造体をとることもある。そういう系においては空間分解して観察していくことが必要不可欠で、それも又レーザーなくしてなし得ない。

このような考えに基づいて、現在我々の研究室では、正反射、全反射、拡散反射の各分光法の時間分解能をピコ秒とし、多様な光学条件を持つ有機固体粉末や高分子薄膜の光エネルギー緩和、光電荷分離のダイナミクスとメカニズム



*Hiroshi MASUHARA

1944年3月29日生

1971年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了

現在、大阪大学工学部応用物理学科、教授、工学博士、高速分光、光化学、TEL 06-877-5111

を調べている。類似の仕事を行っている研究は世界的にみても十指に届くかどうかというところであるが、溶液系の高速度現象の化学が一時代を作ったように、高速分光法を駆使した固体系のレーザー化学過程の研究が今後大きく伸びると信じている。事実、基礎分野のみならず光記録、光伝導、光触媒、光合成、レーザーアニーリング、レーザー爆蝕（アブレーション）、レーザードーピング等応用研究の方々からも問い合わせをいただいている。

さらに夢を膨らませてレーザー化学の将来はどうかと考えるとき、いつも気になるのが、科学技術におけるマイクロ化の流れである。すなわちマイクロエレクトロニクスはもちろん、マイクロオプティクス、マイクロサージェリー（外科手術）、マイクロマシンは、現在最も注目されている研究分野である。一般にマイクロ化すれば、表面や界面の寄与は大きく、液体の粘性は高くなり、分子間力が大きな役割を果たす。従って、マイクロ化するほど化学の立場、分子論が重要になってくる。このあたりが将来マイクロ化学として新しいレーザー化学、あるいはレーザー化学工学ともいべき分野に育ってくると思われる。

マイクロメートル微小空間における化学の研究すなわちマイクロ化学を可能にするには、まず必要な方法論を開発しなければならない。レーザー光の特徴を生かせば、マイクロメートル微小領域で起こる物質変換過程をピコ（ 10^{-12} ）秒の高い時間分解能で、映画のコマ撮り写真のように追跡することができる。これは微小空間で起こる化学過程を見る“目”をもったことを意味する。絞り込んだレーザー光の輻射圧を利用すれば、高分子ミクロスフェア、結晶、触媒、マイクロカプセル等微小な粒子や液滴を捕捉し、輸送し、固定化することができる。捕られた粒毎に表面の微小なスポット毎に光化学的手法により反応を起こし、化学的修飾を行い、

加工を施すこともできる。すなわちマイクロメートルで化学を行う“手”をもったことを意味する。

化学反応を制御する上で反応場は決定的役割をもつが、レーザー爆蝕（アブレーション）、マイクロリソグラフィ、走査型トンネル顕微鏡、化学蒸着法、マイクロ電気化学など微細加工関連技術を用いれば、マイクロメートルオーダーの微小反応場を作製できる。半導体、金属、高分子等各種材料表面の物理的特性を向上させ、化学的修飾を行い、特に光で機能を発現する分子を導入する。このようにマイクロメートルで化学反応を行わせる“場”も用意されつつある。

このようにレーザーを中心とする技術により、マイクロ化学の展望が拓かれてきた。その成果には極めて大きいものがあると期待されるが、まとめると第1は、物理・化学現象のマイクロメートルサイズ効果に関する研究である。メゾスコピック領域の物理とは別に緩和現象、化学反応など動的振舞いに及ぼすマイクロメートル次元の意味は大きい。第2は、溶液中でブラウン運動する微小球を選択し、一粒毎に物理的、化学的特性を明らかにし、粒子の運動や粒子間に働く力を解明し、更には粒子同士を化学的に接着し微小構造体を作り上げていく研究である。我々はこれを単一微粒子の化学と呼んでいるが、他に例をみない全く新しい分野となる可能性がある。第3は、光や微細加工技術を駆使した、高分子を中心とする材料の微細化学修飾である。化学的機能、光応答機能をもつサイトを任意に配置していく手法は今までになく、材料の新しい動的機能発現が期待される。

有機固体のレーザー分光と化学からマイクロ化学が私のトライしているところであるが、いづれにせよレーザー化学が既に狭い化学ではなく、広がりをもった科学として育っていくに違いないと考えている。