

## レーザーコンパス

## レーザーと分析機器

萱島 敬一\*

Keiichi KAYASHIMA\*

レーザーが1960年に出現してから、四半世紀が経過し、レーザー産業の生産額も1兆円の規模に達したと云われる。確かにレーザーの応用も、レーザーメスなどの医用分野や、レーザー計測およびレーザー加工などの工業分野で、着実に進歩している。又、最近では社会の高度情報化に伴い、光ファイバー通信、レーザープリンター、オーディオ用のCD（コンパクトディスク）などを通して、レーザー技術は国民生活にまで浸透し始めている。

ところで、筆者の深く関係してきた分析機器の分野でのレーザーの応用について、現状および将来について述べてみよう。分析機器は計測機器と同様に科学機器（Scientific Instruments）の主要部を構成するが、レーザーの応用という面から見ると、計測機器に及ばないように思われる。

分析機器は元来、定性あるいは定量化学分析を自動化するもの、および化学分析のための道具であったが、最近では範囲が広がり、電気化学分析、光分析、電磁気分析、クロマト分析、蒸留および分離、熱分析、放射線分析などを行う機器が含まれる。又、分析の対象も、元素、組成、分子構造、元素の結合状態、結晶構造、材料の組織やミクロの形態、元素や分子の分布状態などと多岐にわたっている。これらの機器の中で代表的だと思われるレーザーの応用について述べよう。

分析機器の中で、レーザーの単色性を生かした代表的な例は、レーザーラマン分光光度計であろう。ラマン散乱光の強度は非常に弱いために、試料を照射する光源は極めて強力な単色光が要求され、ラマン分光はレーザーの出現によって発達したと云っても過言ではない。又、レーザービームを数 $\mu\text{m}$ 程度に絞り込むことによってマイクロアナリシスが可能である。この装置は本格的な状態分析のできる唯一のマイクロプローブとして注目されている。

ラマン分光以外でも、レーザー光を励起に用いた例として、蛍光法や光イオン化法によって、 $1\text{個}/\text{cm}^3$ という超高感度で金属原子を検知する実験がある。光やX線などの電磁波を用いる主

Table I 分析に用いられる電磁波の波長

分 析 手 法	波 長
発光分析	160~800 nm
紫外吸光分光分析	200~400 nm
可紫外吸光分光分析	400~1000 nm
けい光分光分析	190~900 nm
原子吸光分析	190~900 nm
赤外分光分析	2~40 $\mu\text{m}$
光電子分光 (ESCA, UPS)	0.8~400 nm
EXAFS	1~100 $\text{Å}$
斜入斜分光分析	10~300 $\text{Å}$
EPMA	0.7~300 $\text{Å}$
けい光X線分析	0.2~70 $\text{Å}$
X線回折	0.4~2.5 $\text{Å}$

\* 株式会社島津製作所顧問（〒604 京都市中京区河原町通二条）・太平工業株式会社顧問（〒615 京都市右京区三条通西大路西入）

\* Shimadzu Corporation (Kawaramachi-Nijo, Nakagyo-ku, Kyoto 604) ・ Taiheikogyo Co., Ltd. (Sanjodori-Nishioji-Nishi, Ukyo-ku, Kyoto 615)

な分析手法と、その波長を Table I に示す。赤外から極端紫外の間には多種類のレーザー発振が確認されているので、吸光やけい光分析の光源とすることが考えられる。臨床分析やオンラインの分析などでは、特定の波長のみでよい場合が多く、レーザーを光源として採用しやすい。

レーザーマイクロプローブとして、最も早く発達したのは発光分析との組み合わせであった。これはネオジウムガラスレーザーなどを用いて、100  $\mu\text{m}$  程度の分析対象部分を分解蒸発させ、発光分析を行うものである。蒸発と同時にスパーク放電を行わせ、発光を強めることも行われる。絶縁物や有機物を大気中で分析でき、 $\mu\text{g}$  オーダの試料量で、10~100 ppm 程度の密度で数十種類の元素の同時分析ができる。しかし、空間分解能や再現性が悪く、測光が写真法で解析に熟練を要するのが欠点である。

比較的新しいレーザーマイクロプローブとして、レーザーマイクロプローブ質量分析計がある。光学顕微鏡で観察した試料の特定位置にパルスレーザーを照射し、試料の微小部分を瞬間的に蒸発気化させ、イオン化する。発生したイオンはそのまま、飛行時間質量分析計で分析される。1  $\mu\text{m}$  程度の位置分解能で、質量分析特有の高い感度 (0.1 ppm 程度) の分析ができ、質量範囲が 0~1000  $\text{mu}$  と広いので、有機化合物の分析に適している。試料の形態としては厚さが薄いことが好ましいので、生体組織の超薄切片や微粒子の分析に適している。レーザーによるイオン化は、有機物の親ピークが出やすい、あるいは正負イオンの生成効率が近いなどという特徴もあり、質量分析法の中でも興味ある研究対象として注目されている。

X線領域の応用としては、バテル・コロンブス研究所から、レーザー EXAFS が発表されている。これはナノ秒オーダのレーザー光パルスを金属ターゲットへ照射することによって発生する強い軟 X 線を利用するものである。

レーザーを利用した X 線源としてはレーザー

光を光電子面で電子線に変換してから、X線が発生するものも研究されている。この方法によれば10ピコ秒程度のパルス巾の電子線源またはX線源を作ることができる。実験例としてはX線管電圧100 kV、スポット径1.5 mm $\phi$ で管電流10 A、パルス巾10ナノ秒、繰返し500 CPSのX線管が報告されている。このようなX線源や電子源は、結晶の融解、再結晶、相転移などの解明に役立つものと期待され、実験が開始されている。

以上の外にも走査レーザー顕微鏡や、走査レーザー超音波顕微鏡もあるが、分析機器へのレーザーの応用は緒についたばかりで、今後の発展に期待されるところが大きい。上記の例から見ても、レーザーを応用した分析機器は極めてユニークであるが量的に少ない。

さて最後に、レーザー応用の将来について、筆者の意見を申し添えたい。一般に分析機器へのレーザーの応用と云うと、光源としての利用を考える。勿論、試料を励起する光源の重要性を否定するものではないが、信号の測定処理システムへの応用も忘れてはならない。センサーやデータ処理システムにもレーザー技術は大きいインパクトを与えるのではないと思われる。

過去においても、エレクトロニクス技術は写真測光を光電測光に変え、分析機器を一変させた。現在ではマイコンの組み込まれていない分析機器の方が珍しくなっている。勿論、レーザーが分析機器で多用されるためには、その部品が安定で、使い易く、価格も適当でなければならない。しかしこれらは、何れも生産量が増加すれば自然に解消される問題であり、情報産業関係へのレーザー応用は、特に高い伸びが予想されている。又、分析機器の発達は研究開発投資によって促進され、立派な研究開発の成果は優秀な分析機器によって得られる。レーザーを応用したユニークな分析機器の出現が望まれる由縁である。