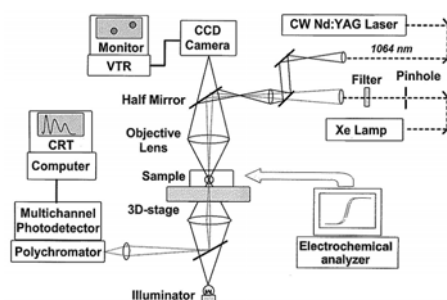


ディビジョン番号	10
ディビジョン名	分析化学

大項目	1. 分析化学
中項目	1-2. レーザー分光分析
小項目	1-2-9. レーザー捕捉・計測

概要（200字以内）

溶液中のマイクロメートルサイズの単一微粒子を in situ で計測することは、微粒子研究の発展に不可欠である。そのため、単一微粒子のレーザー捕捉法と顕微計測法を組み合わせた新たな手法が開発され、高分子ビーズ、液滴、細胞などの単一微粒子の分光（吸収・発光・ラマン）・電気化学計測が可能になった。今後、本手法をナノメートル微粒子や単一分子の操作・計測に発展させることにより、関連分野は飛躍的に発展するものと期待される。



単一微粒子のレーザー捕捉・顕微計測システム

現状と最前線

1970年に米国ベル研究所のAshkinが世界で初めて単一微粒子のレーザー捕捉を報告した後、微粒子のレーザー捕捉は主として応用物理や光学の分野で発展してきた。その後、光学顕微鏡やレーザー・光検出技術などの関連技術の進歩とあいまって、1990年頃から、様々な研究分野においてレーザー捕捉が利用されるようになった。特に、様々な微粒子を対象とする化学の分野においては、レーザー捕捉法に基づく単一微粒子の分析・計測法が発展している。

溶液中における単一微粒子のレーザー捕捉の原理は「レーザー捕捉」の項に譲るが、レーザー捕捉はレーザー光が微粒子により散乱する際に発生する光の「放射圧」を利用し、微粒子を非破壊的・非接触的に操る手法である。微粒子のレーザー捕捉により、多数の微粒子から単一微粒子を選別することが可能であるとともに、溶液中における微粒子の熱運動を抑制することができる。したがって、単一微粒子のレーザー捕捉法と顕微計測法を組み合わせることにより、単一微粒子の in situ 分析が可能になる。単一微粒子のレーザー捕捉・顕微計測システムの例を概略図に示す。単一微粒子のレーザー捕捉には、連続発振 Nd:YAG レーザーの基本波である 1064 nm 光が一般的に用いられる。これを光学顕微鏡の対物レンズを通して試料溶液に照射することにより、レーザー光の焦点近傍で単一微粒子を捕捉する。捕捉用の 1064 nm 光と同軸で吸収測定用のプローブ光あるいは発光・ラマン分光測定のための励起光を顕微鏡に入射することにより、微粒子の顕微計測を行うことができる。特に、溶液中の単一微粒子の顕微吸収測定

を行う場合には、プローブ光を微粒子の中心に照射する必要があるため、微粒子のレーザー捕捉は不可欠である。定常光による分光計測のみならず、適切なパルスレーザー光源や時間分解機能を有する光検出器を用いることにより、単一微粒子の時間分解吸収・発光測定を行うことができる。さらに、レーザー捕捉により単一液滴などの微粒子を顕微鏡ステージ上に設置した試料セル中のマイクロ電極に接触させることによりボルタンメトリー、アンペロメトリー、クーロメトリーに代表される電気化学分析を行うことも可能である。

微粒子は基礎化学の分野においてはクロマト樹脂やエマルション系などで重要になるとともに、工業的にも塗料・顔料などの様々な分野で利用される基盤材料である。このような微粒子の物性を精密に計測することは、関連分野の更なる発展に必要不可欠である。そのため、単一微粒子のレーザー捕捉・顕微計測法は重要な役割を担う。しかしながら、手法の重要性は認識されながら、未だ限定的な利用に留まる。その理由の1つは、レーザー捕捉装置は市販されているものの、未だ高価であり、汎用にはなっていないとともに、計測装置は自作せざるを得ない。今後、微粒子に関わる化学・産業の発展のためには、マイクロチップなどを組み合わせた自動・連続的な単一微粒子のレーザー捕捉・計測装置の開発が望まれる。さらに、溶液中におけるナノメートル微粒子や単一分子のレーザー捕捉とその場観察・計測は未だ例が無い。このような手法が開発されることにより、ボトムアップナノテクノロジー/ナノサイエンスやナノバイオロジーの研究は飛躍的に発展するものと期待される。そのため、微小開口 SNOM (走査型近視野光学顕微鏡) プローブ先端からのエバネッセント波やナノ微粒子界面に誘起される表面プラズモン励起増強電場などによる全く新しいナノ微粒子や単一分子の操作・計測法が開発が望まれる。

参考文献：

マイクロ化学—微小空間の反応を操る、増原極微変換プロジェクト編、化学同人 (1993)

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題
汎用型の単一微粒子のレーザー捕捉・顕微計測装置の開発
関連する小型レーザー装置、高感度光検出器の開発
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
微小開口 SNOM プローブやナノ微粒子による表面プラズモン励起増強電場によるナノメートル微粒子や単一分子の捕捉・観察・計測法の開発

キーワード

単一微粒子、レーザー捕捉、レーザーマニピュレーション、顕微分光、マイクロ電気化学

(執筆者： 喜多村 昇)