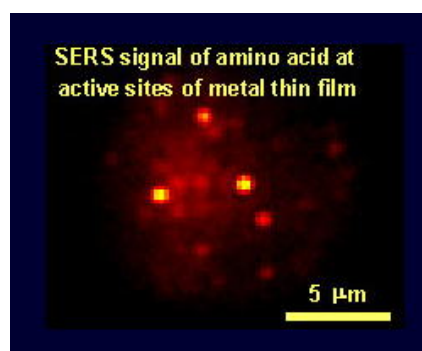


ディビジョン番号	10
ディビジョン名	分析化学

大項目	1. 分析化学
中項目	1-1. 原子・分子スペクトル分析
小項目	1-1-5. 赤外・ラマン分光

概要（200字以内）

赤外・ラマン分光法は分子の振動情報を得ることのできる機器分析法であり、化合物の分子構造決定のための有力な手段として有機合成化学を含めた幅広い分野において利用される重要な分析法である。近年、表面増強ラマン散乱（Surface Enhanced Raman Scattering: SERS）に関連し、光励起により金や銀ナノ微粒子表面に生じる表面プラズモンによる増強電場を利用した単一分子検出の試みが行われている。現象の理論的・実験的な研究が望まれるとともに、これを用いた単一分子の操作や分光計測への展開が期待される。



アミノ酸の SERS イメージング

現状と最前線

赤外分光およびラマン分光ともに、化学結合の振動情報から化合物の分子構造を推定するための重要な機器分析法であり、分析化学のみならず、物理化学や有機化学などの分野においても広く用いられる手法である。特に、赤外分光法は化合物中の官能基を同定するための重要な手段であるため、有機化学・有機合成化学の研究には欠くことのできない機器分析法である。さらに、近年、ラマン分光法は単一分子検出法の有力な手段として大きな注目を浴びている。

赤外吸収は分子の振動励起に伴って化学結合の双極子モーメントが変化する際に吸収として観測されるのに対し、ラマン散乱においては、分子の振動励起に際して結合の分極率が変化する時に、励起光の散乱として観測される。したがって、赤外吸収に現れない振動情報もラマン散乱として観測される場合があり、赤外吸収とラマン散乱を相補的に利用することにより化合物の分子構造を明らかにすることができる。赤外分光・ラマン分光法ともに基本的な機器分析法であるため、種々の仕様や性能を持つ装置が市販されている。赤外分光においてはフーリエ変換型が主流となっており、高感度・高精度の赤外吸収スペクトル測定が可能になっている。さらに、顕微赤外分光および顕微ラマン分光の装置も市販されており、マイクロメートルレベルの微小空間に局在する試料分子あるいは不純物の化学的同定を容易に行うことができる。市販装置は無いが、図1に示すように顕微鏡下において溶液中の単一マイクロメートル微粒子を

レーザーにより捕捉しながら、ラマン散乱測定を行うこともしばしば行われている。

近年、関連分野で最も注目を浴びているのが表面増強ラマン散乱 (Surface Enhanced Raman Scattering: SERS) である。金や銀のナノ微粒子に吸着した分子のラマン散乱強度は、通常のラマン散乱強度に比べて $10^{12} \sim 10^{15}$ ほど増強されると予測されている (概略図: SERS によるアミノ酸の散乱強度イメージ、北海道大学大学院理学研究院化学部門・物質化学研究室)。したがって、これを用いることにより、これまで観測が不可能であった試料のラマン散乱スペクトルを高感度・高精度に得ることが可能となるため、化合物の分子構造を同定するための新たな手法になるものと期待されている。しかしながら、散乱強度増強の機構は必ずしも明らかになっておらず、現在、実験的・理論的な研究が盛んに行われている段階である。一般に、金や銀ナノ微粒子への光照射によって微粒子中に表面プラズモンが励起され、微粒子間の間隔が数ナノメートルの時に電場増強がおこり、これにより散乱強度の増強が起こるとされている。今後、厳密にサイズ制御されたナノ微粒子の合成法や微粒子の基板上での空間配列法、さらには、微細加工法による金や銀ナノドットの空間配列法の確立を通して、関連研究分野は飛躍的に発展するものと予測される。特に、これらの技術や研究の発展を通して、ラマン分光法による単一分子検出・計測が期待される。

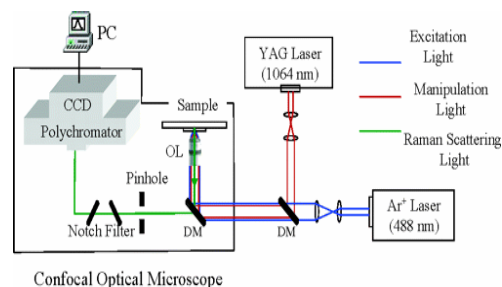


図1 単一微粒子のレーザー捕捉・顕微ラマン分光システム

参考文献:

実験化学講座 (9): 物質の構造 1 分光 上、日本化学会編、丸善 (2005)

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
サイズ制御された金・銀微粒子の空間配列や金属ナノドット構造の作製法の確立
表面増強ラマン散乱の実験的・理論的研究
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
表面増強ラマン散乱法に基づく単一分子検出・分光法の開発と確立

キーワード

分子振動、化合物の構造決定、顕微分光、表面増強ラマン散乱

(執筆者: 喜多村 昇)