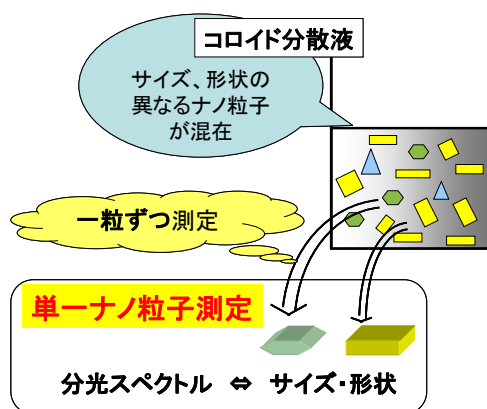


ディビジョン番号	1
ディビジョン名	物理化学

大項目	1. 分子分光学および分子集合体の構造
中項目	1-3. 空間分解分光
小項目	1-3-3. 単一ナノ粒子分光

概要（200字以内）

ナノ粒子はバルク物質とは異なる結晶構造や電子物性、光物性などが期待され、新規材料として注目が集まっている。従来のナノ粒子集団を対象とした分光測定ではなく、顕微分光を駆使した単一ナノ粒子測定により、粒子ひと毎の発光・吸収スペクトルを測定比較しさらにはその形状の同時測定も可能となっている。今後、単一粒子分光によりナノ粒子特有の結晶構造や光・電子物性とそのサイズ・形状効果の機構解明が進む。



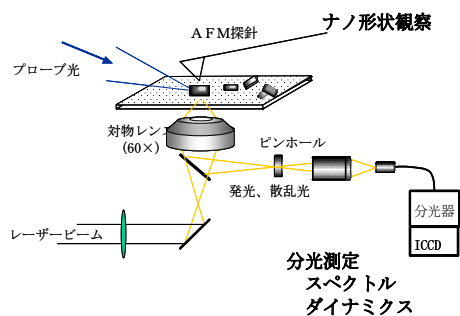
現状と最前線

ナノ粒子はその限られた空間サイズや表面効果などにより、バルク物質とは異なる光・電子物性や触媒・薬理効果などが見出され、新規材料として活発な研究が進められている。また、そのサイズが孤立した分子・原子とバルク物質の間に位置し、興味深いナノ粒子の性質の多くがサイズや形状に大きく依存する。このことから、これまでの分子科学が扱ってきた分子の性質と固体物理学が扱ってきたバルク物質の性質を結び付け物質の本質をより深く理解する上で、ナノ粒子は重要な研究対象と捉えられている。特に、分光・光学特性のサイズ効果の研究が現在非常に盛んである。しかしながら、ナノ粒子をサイズや形状、内部構造を完全に制御して作製することは一般に困難であり、さらには、同じナノ粒子でもその局所環境や会合状態によってその性質は大きく変化する。そのため従来のコロイド溶液試料のようなナノ粒子集団を対象とした「平均値」の測定ではなく、ナノ粒子ひと粒ひと粒の分光データを測定し、それをもとにサイズや形状依存性や局所環境効果などの本質に迫る、「単一ナノ粒子分光」の必要性が強く認識されている。

実際、近年の顕微鏡技術と光検出器に目覚ましい発展に支えられ、単一のナノ粒子を観察し、分光する研究が盛んになっている。蛍光分光は非常に高感度であるため、単一分子レベルの分光も可能で、半導体ナノ粒子や蛍光色素さらにはDNAや蛋白などの生体関連分子などへ広く応

用されている。しかし、蛍光分光では対象が強い発光を示す物質に限られるという大きな制約がある。一方で、もうひとつの代表的な分光手法である吸収分光はこのような制約はないが、単一ナノ粒子を観測するには感度が足りない。これは光の回折限界によるもので、通常の光学顕微鏡を用いる限り、観測波長より小さなナノ粒子ひと粒の透過吸収を正確に測定することは実際上不可能である。こうした問題点を克服し非発光性物質の単一ナノ粒子分光を可能とする手法として、顕微レイリー光散乱分光法が近年開発され、金属ナノ粒子プラズモン共鳴や有機ナノ結晶の光学特性の研究に応用されている。この方法は、ナノ粒子によって散乱した光のみを分光検出することにより、光の回折限界以下のサイズの単一ナノ粒子の吸収スペクトルに対応した分光情報を高感度に測定できる。ガラス基板上あるいは透明高分子フィルム中に分散したサイズが10 nm程度の非発光性ナノ粒子の単一粒子分光が可能となっている。また最先端の実験手法として、光学顕微鏡を用いた単一粒子分光装置に走査型原子間力顕微鏡（AFM）を組み合わせることでナノ粒子ひと粒ごとの分光特性とサイズ・形状の関係を直接比較し議論するアプローチも始まっている。このような「単一ナノ粒子分光・形状測定」装置の一例を図に示す。

単一ナノ粒子分光による研究は、量子ドットと呼ばれる無機半導体ナノ粒子の発光特性と金や銀ナノ粒子のプラズモン共鳴による電場増強効果に関するものが主流で、これらの現象の機構が詳細に検討されている。一方で、有機分子ナノ結晶の「単一粒子分光・形状測定」の研究から、有機ナノ結晶のサイズに依存した分光特性がいわゆる量子閉じ込め効果では説明できず、弱い分子間力で結合した有機固体特有の“構造閉じ込め”という新しいナノサイズ効果の概念が提唱されている。



単一ナノ粒子分光・形状測定装置の概略図

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
- ① 単一ナノ粒子のフェムト秒時間分解分光、大きさ 10nm 以下の非発光性単一ナノ粒子の分光
- ② 有機ナノ粒子のサイズ・形状に依存した結晶構造、分光特性の機構解明
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
- ①ナノ粒子表面（媒体との界面）の分子スケールの形状・構造と分光スペクトルの単一粒子レベルでの測定
- ②孤立ナノ粒子でナノ粒子凝集状態での単一粒子レベルの分光測定

キーワード

単一粒子分光、蛍光分光、レイリー散乱分光、ナノ粒子、サイズ効果

(執筆者： 朝日 剛)