

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	1-10. マイクロ・ナノ分析
小項目	1-10-4. 超微粒子

概要（200字以内）

ナノメートルサイズの金属・半導体超微粒子はバルク材料には無い、種々の特徴的な物性を示すことから、基礎化学および応用研究分野で大きな注目を浴びている。特に、硫化カドミウムなどの半導体超微粒子は微粒子サイズに依存して光学物性（吸収・発光）が変化するため、これを利用した応用が様々な分野において行われている。また、金や銀の超微粒子は表面増強ラマン散乱現象などに関連し、近年、活発に研究が進んでいる。今後、超微粒子の物性を保ちつつ、より毒性の低い半導体超微粒子や貴金属に頼らない材料の開発が望まれる。



半導体超微粒子による発光制御

現状と最前線

硫化カドミウム (CdS) やセレン化カドミウム (CdSe) などのナノメートルサイズの半導体超微粒子 (ナノ微粒子) は、原子数が約 500~1000 個からなる直径約 2~8 nm の微粒子であり、量子閉じ込め効果に基づく量子サイズ効果を反映して、サイズに依存した光学物性（吸収・蛍光）や化学的、電気的、磁気的特性を示すことが知られている。実際に、一例として概要図に示したように、半導体超微粒子からの発光はサイズの減少とともに短波長シフトする。また、従来の有機蛍光色素に比べ、超微粒子からの発光は輝度は強く長寿命である上に、青色~赤の可視光から近赤外領域にも蛍光を示す。この特性に着目し、半導体超微粒子を種々の材料・分子系の蛍光タグや光触媒などに利用する研究が盛んに行われている。また、ディスプレイ、太陽電池、LED (Light Emitting Diode) などへの応用も進んでいる。さらに、医療分野においては、抗原・抗体反応に用いるプローブを異なる色の蛍光を発する超微粒子で標識することにより、多項目の検査を一度に測定・検出することが期待されるため、多くの研究が行われている。

一方、金や銀の超微粒子に関する研究も盛んに行われている。その理由の一つは、固体基板上に製膜あるいは配列させた金や銀の超微粒子を用いることにより、吸着分子のラマン散乱強度が飛躍的に増強されるためである（表面増強ラマン散乱：Surface Enhanced Raman Scattering:

SERS)。実際に、数ナノメートルの金・銀微粒子を数ナノメートル間隔で配列させた基板において、吸着分子のラマン散乱強度は、通常の散乱強度に比べて $10^{12} \sim 10^{15}$ 倍程増強されることが示唆されている。したがって、これを利用することにより、ラマン散乱に基づく単一分子検出が期待されている。このような応用を行うには、狭いサイズ・形状分布を有する微粒子の合成法や基板上への配列制御などが極めて重要な課題となる。

半導体超微粒子のサイズ制御合成は、逆ミセル中のウオータープール中に溶解させた原料物質の反応に基づいて行われてきた。この方法では、逆ミセル中に大量の結晶核が発生するが、これらの核は界面活性剤の吸着により凝集が抑制されるため、サイズの揃った超微粒子を合成することができる。また、最近ではホットソープ法も用いられている。ホットソープ法においては、高温の配位性溶媒中（TOPO: Tri-n-Octylphosphine Oxide）で有機金属の原料を加熱させ、発生した核粒子の表面に TOPO が配位することにより、粒子の成長や凝集を抑制して超微粒子を合成する。さらに、マイクロ流路を用いて加熱・冷却を短時間で制御しながらホットソープ法により微粒子のサイズ制御を行う試みも報告されている。一方、金属微粒子については、球形に限らず、ナノメートルレベルでサイズ・形状制御された金や銀の超微粒子が合成されるようになり、製品を入手することも可能である。しかしながら、CdS や CdSe などの半導体は必ずしも環境に対して好ましい材料では無い。また、貴金属を利用することは稀少金属の有効利用の観点から好ましく無い。したがって、今後、これらの材料にとって変わる、あるいは現在の材料物性を凌駕する新規のナノ微粒子の開発が望まれる。

参考文献：

ナノマテリアル最前線—現実になった究極のものづくり、化学フロンティア 7、平尾一之編、化学同人（2002）

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
金属・半導体超微粒子の高精度サイズ・形状制御合成とその空間配列法の開発
超微粒子配列基板に基づく表面プラズモン励起単一分子検出・分光

- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
CdS、CdSe などの有害物質ならびに金、銀、白金などの貴金属超微粒子を凌ぐ物性を示す新規超微粒子の開発

キーワード

金属・半導体、量子サイズ効果、光学特性、表面増強ラマン散乱

（執筆者： 喜多村 昇 ）