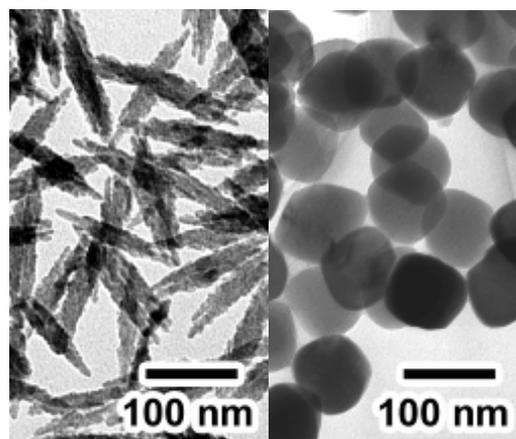


ディビジョン番号	15
ディビジョン名	コロイド・界面化学

大項目	2. 微粒子分散系
中項目	2-2. 微粒子・ナノ粒子
小項目	2-2-2. 酸化物ナノ粒子—調製と構造

概要（200字以内）

酸化物ナノ粒子は機能性粒子としての実用性が高いものが多い。その中でも種々の焼結材料の応用においてそれらを使うことで超微細な結晶粒界を有しうる。圧電材料 PZT、非鉛系圧電材料 BNT, BKT、誘電体材料の BaTiO₃、透明電極 ITO、光触媒 TiO₂ などが代表的であるが、焼結後のことを考慮したサイズ、形状、構造の精密な制御法の開発が必要不可欠である。特にそれらがよく揃った単分散粒子の合成により、高い品質を一様に維持するので、それぞれの実用性能は特段に向上する。



単分散酸化鉄粒子（形態制御）

現状と最前線

Stober 法の SiO₂ 粒子など酸化物ナノ粒子の合成は古くから注目され、かつ焼結材料などに応用されている。サイズ、形態の揃ったナノ粒子の合成はその後の焼結プロセスでの高効率化を促す高機能性素材として重要度は益々増している。最近では SiO₂ の他にも光触媒用の TiO₂ ナノ粒子も脚光を浴びており、その他焼結材料としての ZrO₂ やアルミニウムの（含水）酸化物などもある。一方で地球環境と CO₂ 排出に高い関心が払われる中で、高効率な自動車アクチエーターで需要が増している圧電材料用 PZT 粒子や、第二世代の環境に配慮した非鉛系圧電材料用 BNT（ビスマナトリウムチタネート）、BKT（ビスマカリウムチタネート）等のナノ粒子の合成手法にも多くの関心が集まっている。あるいは誘電体材料の BaTiO₃ は益々その重要度を増しているし、透明電極用 ITO（インジウムスズ酸化物）ナノ粒子もスパッタ法薄膜成長法に代わるインクジェット法等の塗布法動電膜作成用として高い関心が払われている。

さらに、有機-無機ハイブリッド材料用のナノ酸化物粒子としては、上述の TiO₂ やセリア等の光応答性粒子、マグネタイトやフェライトのような磁性酸化物粒子があげられ、いずれもそのサイズ、形態の精密制御と単分散化が最も重要な技術課題としてあげられている。

それらサイズと形態を精密に制御した単分散酸化物ナノ粒子の合成方法としては、Stober 法、ゾルーゲル法、ソルボサーマル法など液相法が主流で、気相法は少ない。液相法の最大の特徴は核生成と成長の分離、凝集防止、前駆体留保の単分散粒子合成に関わる 3 つの条件を

クリアできる点である。また、速度論支配の反応システムを組むことで、形態や構造の制御も特定の形状制御剤の添加や、温度・塩濃度等の合成条件を整えることで可能となる。液相法は簡便で、かつ制御のための因子が多いので、いずれの酸化物ナノ粒子の合成にも適用可能である。ただし、加水分解反応条件の精密制御が必要不可欠であり、密閉された水熱合成では加圧下となるため、オートクレーブなど耐圧容器を用いなければならない場合もありうる。また、平衡論的に目的生成物が得られるとしても、反応速度が非常に遅いため、途中の生成物で止まる場合もあるので、反応系の設計は予備実験を行った上で設計することとなる。

ゲルゾル法単分散粒子合成は、ゲル状の前駆物質あるいは高安定性錯体から最終的にゾル（単分散粒子）を得る合成方法であり、その思想は種々応用できる。すなわち、単分散粒子合成に必要な3条件である、核生成と成長過程の分離、凝集防止、モノマー留保を同時に解決できる手法である。目的生成物のモノマー濃度はリザーバーであるゲル状物質や高安定性錯体との平衡関係で非常に低く抑えられ、また高粘性による粒子のブラウン運動の抑制が実現されており、酸化鉄、チタニア、ジルコニア、フェライト、アルミニウム含水酸化物などが合成されている。特に酸化鉄やチタニアについてはその生成機構や形態制御機構の詳細が明らかになっており、形態制御剤としてはアンモニア、アミン、フェノール誘導体、硫酸塩、リン酸塩などが具体的候補にあがっている。形態制御剤は特定の結晶面に吸着し、その法線方向の成長を抑制することで、その結晶面が最終的に残る。こうして磁性材料に応用可能な酸化鉄ナノ粒子や、アナタース型チタニアの合成研究が行われており、最近ではチタン酸バリウム、ITO粒子などサイズ、形態制御された粒子系が提案されている。

(参考書籍)

- ・ ナノ粒子・マイクロ粒子の最先端技術, CMC, 川口春馬 (慶応義塾大学) 監修, (2004).
- ・ ゲルテクノロジー, サイエンスフォーラム, (1997).
- ・ Fine Particles: Synthesis, Characterization, and Mechanisms of Growth (Surfactant Science), ed. Tadao Sugimoto, Marcel Dekker, (2000).

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

機能性ナノ粒子 (ITO, NBT, KBT など) のサイズ制御法の確立

単分散 (サイズ、形状、構造等が均一な) 酸化物ナノ粒子新合成法の開発

- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

機能性ナノ粒子 (ITO, NBT, KBT など) の形態・構造制御法の確立

単分散粒子合成の工業プロセスの完成

キーワード

金属酸化物、ナノ粒子、単分散粒子、サイズ制御、形態制御

(執筆者: 村松淳司)