

次世代ナノ材料の開発 ～CeO₂ ナノキューブを例に～

SATテクノロジー・ショーケース2016

■ はじめに

近年の産業技術の発達において、機能性材料の小型化は極めて重要な位置を占める。微小な材料を得るためには大きな粒子を粉砕するブレイクダウン手法と結晶の生成段階から成長を制御するボトムアップ手法があるが、ブレイクダウン手法の場合は材料結晶そのものにクラックなどの損傷を与えてしまうため、機能低下の一因となりやすい。また100nm以下のサイズとなると、ブレイクダウンで得ることは困難となるが、核生成段階から成長を制御するボトムアップ手法では得意とする領域である。

ナノ材料の中でも、特に数～約10nmの粒子サイズの単結晶はナノクリスタルと呼ばれ、従来のナノ材料とは異なる特性を持つ。ナノクリスタルの大きな特徴として、結晶構造の対称性に強く関係した自形を示す。粒子形態の整ったナノクリスタルを「積み木」のように二次元～三次元構造にボトムアップさせることで、従来ナノ材料では困難であった次世代型微小デバイスの開発が可能となる。このような応用のためには、結晶の形態を任意に制御するための結晶育成手法の確立が不可欠であり、各結晶面の成長速度を精密に制御することが重要である。

本研究発表では助触媒や光学材料、研磨剤などさまざまな分野に応用されている酸化セリウム(CeO₂)のナノクリスタル化、露出面の制御によるナノキューブの育成を例にして、次世代のナノ材料であるナノクリスタルの開発技術を紹介する。

■ 活動内容

1. 水相と油相の界面を利用したナノクリスタルの育成手法の開発

ナノクリスタルの育成手法のキーとなる技術は露出させたい結晶面の成長速度制御と、結晶全体の成長度合いの制御である。結晶核の生成および結晶の成長を制御する手法として、水相と油相の界面を利用したユニークな結晶育成手法を提案する。

水は極性溶媒の代表であるが、沸点である100℃よりもさらに高温かつ加圧状態とした場合、熱水と呼ばれる特殊な液体となり、無極性溶媒に近い性質に変化したり、それまで水に溶けていた金属イオンが酸化物などとして析出するなど、普通の水では起こらない結晶析出プロセス(水熱法)が進行する。オレイン酸(CH₃(CH₂)₇CH=CH(CH₂)₇COOH)のような長鎖を持つカルボン酸が、特定の面のみを修飾した場合、その面の成長を抑制する働きを示すこと

が知られている。また、長鎖であるため、トルエンなどの無極性溶媒に対する親和性が高い一方、極性溶媒に対する親和性は低い。本手法はこれらの特徴を利用し、水相での核生成の直後に長鎖カルボン酸による表面修飾を行い、特定の結晶面を任意に露出したナノクリスタルを育成することができる。

2. CeO₂ナノクリスタルの育成

硝酸セリウム(Ce(NO₃)₃)の水溶液の上にオレイン酸およびtert-ブチルアミンを加えたトルエンを油相として加え、攪拌せずに密閉容器内で約200℃の熱処理を行った。室温まで静置し、油相のみを取り出し、エタノールを加えて遠心分離を行うことで油相に存在する沈殿を回収した。この沈殿はエタノールで洗浄後にトルエンに再分散させた。

図1は得られたナノ粒子のTEM像である。一辺の長さが約5nmの(200)面が露出した酸化セリウムナノキューブが得られている。さらに反応条件を変更することで(111)面と(200)面が露出した14面体構造など、粒子の形状を任意に操作できた。

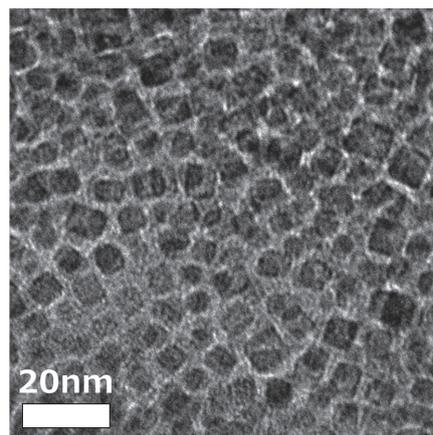


図1 酸化セリウムナノキューブ

3. 今後の展望

本育成手法の最大の特徴は、従来の水熱法により合成されてきた多くの材料に対して適用が可能であろうという点にある。そのため、本育成手法は様々なナノクリスタルの育成・物性解明に大きく貢献できる手法である。現在はラボスケールの実験から、工業的なスケールへの適用を検討しており、ナノクリスタルを利用した次世代デバイスの開発への道を切り開いて行く。

代表発表者 成瀬 則幸 (なるせ のりゆき)
所 属 国立研究開発法人産業技術総合研究所
無機機能材料研究部門
テーラードリキッド集積グループ

問合せ先 〒463-8560
愛知県名古屋守山区下志段味穴ヶ洞 2266-98
TEL:052-736-7233 FAX:052-736-7234
成瀬則幸 naruse-nori@aist.go.jp
加藤一実 kzm.kato@aist.go.jp

■キーワード: (1)ナノクリスタル
(2)無機材料
(3)結晶育成

■共同研究者: 加藤一実

所 属 国立研究開発法人 産業技術総合研究所
無機機能材料研究部門 首席研究員
兼) 副研究部門長
兼) テーラードリキッド集積グループ長