



阿尻 雅文 教授
Prof. Tadafumi Adschiri

超臨界プロセス社会実装

Social Implementation of Supercritical Processes

■ 研究の概要

超臨界反応場では、金属塩水溶液と有機分子、すなわち「水」と「油」が均一に混ざり合います。この条件で反応を進めると、溶剤やポリマー、セラミックス等に極めて高い割合で分散可能な、有機修飾された金属酸化物ナノ粒子が合成できます。このナノ粒子を分散させた材料は、相反する機能をあわせ持つ有機・無機ハイブリッド材料として、3Dプリンタ用機能性ナノインク、高熱伝導性ポリマーなど、様々な分野で利用できます。またこの有機修飾ナノ粒子合成技術は、高活性触媒創製にもつながることが見出されています。

我々はこれまでに、上記の超臨界水反応によるナノ粒子の合成技術とその応用技術の産業技術基礎を確立してきました。本プロジェクトでは、この新材料分野を支える科学の構築を通して、超臨界反応プロセス技術の産業展開、社会貢献を進めていきます。

■ 研究の目的

同じ物質であっても、ナノ粒子は、一般的な大きさの固体材料とは異なる性質を示します。現在、このナノ粒子特有の性質を利用した様々な製品が市販されていますが、その多くの場合ナノ粒子は、溶媒に分散させたり、ポリマーと混合させたりして使われています。しかし、ナノ粒子は、凝集しやすいという特徴を本質的に持っているため、ナノ粒子表面に、溶媒やポリマーとの親和性を向上させるための表面処理が必須となります。我々の超臨界水反応技術を利用すれば、酸化物ナノ粒子の合成中に表面の有機修飾処理を行えるため、溶媒やポリマー中に凝集せず分散混合が可能なナ

ノ粒子を、直接・効率的に作製することが可能となります。我々はこれまで、種々のナノ粒子の創製と、それを利用した新規ハイブリッド材料開発、新規触媒開発を行ってきました。既にその成果を基に、ベンチャー企業(株式会社スーパーナノデザイン)が設立されています。しかし、これらを取り扱うための学術基盤は、必ずしも十分なものではありません。本プロジェクトでは、この新材料分野を支える新しい「科学」の構築を目指します。さらに、ベンチャー企業を含め様々な企業との包括的連携(共同研究)拠点として、大型産業プロセス開発や次の産業展開のインキュベーションを進め、超臨界技術の迅速な社会実装を図っていきます。

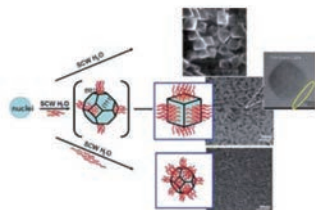
■ 研究の特色

水熱合成法は、幅広い金属酸化物に適用可能で、安価な金属塩を原料にでき、高濃度での効率的な合成も可能です。この反応場として、超臨界水を用いると通常の水熱合成法に比べ2桁近くも反応が高速に進行します。さらに生成する金属酸化物の溶解度は逆に2桁近く低くなるため、極めて小さな金属酸化物ナノ粒子を合成できます。プロジェクトリーダーである阿尻は、この現象を初めて見出すとともに、この反応場を実現するために流通式超臨界水熱合成プロセスを開発しました。有機修飾についても超臨界水の利用が有効です。常温では有機分子と水は相分離し混じり合うことはありませんが、超臨界場では金属塩水溶液と有機分子が任意の割合で混合します。すなわち高価なカップリング剤のような表面修飾剤が不要で、安価な金属塩水溶液と油脂などを原料とし水という最も環境適合性の高い

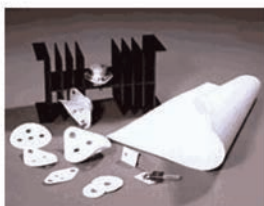
溶媒を用いて、高濃度かつ高速に有機修飾ナノ粒子を合成することができます。また熱力学的に不安定な結晶面の保護膜として修飾有機分子層を用いることで、高い触媒活性を示す結晶面のみを露出させたナノ粒子も合成することができます。阿尻らは、化学工学的アプローチから、プロセスのスケールアップも進め、これまでに年間10トンのナノ粒子合成プロセスを完成させています。

■ 期待される成果

超臨界ナノ材料技術を利用して合成された有機修飾ナノ粒子は、ハイブリッド材料として、自動車、環境エネルギー、パワーエレクトロニクス、医療、建材等様々な産業分野で求められており、近い将来での実用化が期待されます。また、超臨界プロセスにより創製された露出面制御高活性触媒ナノ粒子は、省エネルギー、枯渇資源問題解決、環境負荷低減等に貢献でき、わが国の持続可能な経済発展を支える戦略的技術開発の一つとして期待されます。このように超臨界プロセス技術は、次世代の日本を支える新規産業技術基盤となりうると考えます。現在、日本の民間企業では巨額の設備投資やリスク課題から新規技術に対する投資が躊躇される傾向にありますが、我々は様々な企業との連携を通じて、材料の最適設計とその合成装置の最適設計情報、コスト情報を提供し、新技術導入ハードルを下げることで、超臨界プロセス材料技術の社会実装を促進し、最終的には産業・経済・社会への大きな貢献を目指します。



有機修飾ナノ粒子



応用分野: 超高熱伝導ハイブリッド高分子



開発した超臨界水熱合成装置(10t/年)