

# 界面活性剤講座 (第4講)

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 89 [5], 163-167 (2016)

## ナノ粒子の表面改質と非水系溶媒中における分散制御

飯島 志行<sup>\*,†</sup>

<sup>\*</sup>横浜国立大学大学院環境情報研究院 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-7 (〒240-8501)

<sup>†</sup> Corresponding Author, E-mail: ijima@ynu.ac.jp

(2016年1月12日受付, 2016年3月29日受理)

### 要 旨

機能性ナノ粒子の非水系溶媒中における分散安定性の制御技術は、各種機能性塗料からポリマーナノコンポジットや先進セラミックス材料に至るまで多岐にわたる材料設計の場面で重要であり、界面活性剤を用いた表面修飾は分散制御の実現に向けた大きな鍵である。本稿では機能性ナノ粒子の表面修飾プロセスを概説したのち、非水系溶媒中における粒子間に作用する全ポテンシャルエネルギーの算出事例から、ナノ粒子分散安定化の実現に重要な因子を抽出する。続いてTiO<sub>2</sub>ナノ粒子に対する界面活性剤を用いた表面修飾事例をもとに、親水基構造や有機鎖構造がナノ粒子に対する吸着性や各種有機溶媒に対する分散安定性に与える影響を解説する。

キーワード：表面改質, 分散安定性, ナノ粒子, 非水系溶媒

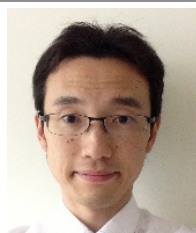
### 1. はじめに

各種機能性塗料やインク材料からポリマーナノコンポジットや先進セラミックス材料まで、機能性微粒子やナノ粒子から構成される機能材料は多岐にわたっており、各々の事例について原料微粒子・ナノ粒子の分散凝集状態制御は最終製品に至るまでのプロセッシングの容易性や最終製品の機能性に大きな影響を及ぼすためきわめて重要な技術の一つである。たとえば、顔料微粒子が凝集した塗料では不均質な成形膜を引き起こし、フィラーナノ粒子が凝集したワニス溶液（樹脂と溶剤の混合溶液）は分散液の増粘や固化を誘発し、その後の材料設計工程に移行することがきわめて困難となる。このような微粒子やナノ粒子の液中での分散状態の改善手法としては、水中においてはDLVO理論に基づく、pH、イオン濃度や電位等の調整による静電反発力の制御<sup>1)</sup>をはじめ、親水性高分子分散剤の吸着現象を用いた粒子間への適切な立体障害斥力の付与<sup>2)</sup>などが挙げられ、非水系溶媒系においては分散剤として両親媒性の高分子の設計<sup>3)</sup>や、微粒子表面上における多岐にわたる化学的 surface 修飾<sup>4)</sup>なども報告されている。これら多岐にわたる液中における微粒子分散制御技術のうち、本稿では界面活性剤を用いた機能性ナノ粒子・微粒子の表面修飾と有機溶剤中での分散制御法について取り上げる。

### 2. ナノ粒子に対する表面修飾プロセス

TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やSiO<sub>2</sub>などをはじめとした金属酸化物微粒子は、その表面に水酸基 (M-OH (M: 金属)) を有していることから極性が高く、水素結合性も高いことが知られている。このような微粒子の水中分散については、界面電気二重層の制御や親水性高分子分散剤の吸着によって実現可能である一方、非水系溶媒への分散については、その分子中に親水性部位と疎水性部位を併せもった特徴的な構造を有する界面活性剤が利用される場面が多い。とくに、界面活性剤の親水性部位を介して親水的な微粒子界面に吸着可能でかつ、疎水性部位が分散媒との親和性に優れる場合には効果が大きい。機能性微粒子やナノ粒子の分散安定性の改善を目的とした界面活性剤による表面修飾を考える際には、まず微粒子やナノ粒子の分散安定性を保ちながら界面活性剤を微粒子表面上に効果的に吸着させる操作法を構築することが重要である。これまでに、水系コロイド分散体（おもに静電反発力の制御により分散化した分散体）を出発原料としてその分散安定性を保ちながら界面活性剤を吸着させるプロセス<sup>5)</sup>、界面活性剤を介在しながら微粒子やナノ粒子の合成を行うプロセス<sup>6)</sup>、合成分散同時操作等を経てすでにほかの界面活性剤が修飾された微粒子・ナノ粒子に対する配位子交換プロセス<sup>7)</sup>、気相法などにより合成された乾燥粉末に対する物理的解砕と表面修飾の同時操作<sup>8)</sup>などが報告されており、使用する微粒子・ナノ粒子材質と求められる特性、必要となる分散安定性の度合いやコストを鑑みて微粒子分散体の調製プロセスが選択される。

**Fig. 1**には一例として、水系コロイド分散体を出発原料とした表面修飾事例を示す。出発原料は硝酸酸性の親水性TiO<sub>2</sub>ナノ粒子水分散液であり、界面活性剤が溶解できるようあらかじめメタノールにより希釈してある。この溶液に界面活性剤（リン酸オレイル）のメタノール溶液を添加すると、リン酸基を介



[氏名] いいじま もとゆき  
 [現職] 横浜国立大学大学院環境情報研究院 講師  
 [趣味] 旅行, 音楽鑑賞  
 [経歴] 2007年3月東京農工大学大学院博士後期課程修了(博士(工学))。日本学術振興会特別研究員を経て、2008年4月東京農工大学大学院助教、2013年9月横浜国立大学大学院講師、現在に至る。