

## 機能性材料の構造指向剤としての活用 — ナノ構造制御シリカ粒子の調製を中心に —

酒井秀樹<sup>\*,†</sup>・遠藤健司<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>東京理科大学理工学部工業化学科 千葉県野田市山崎2641 (〒278-8510)

<sup>†</sup> Corresponding Author, E-mail: hisakai@rs.noda.tus.ac.jp

(2016年6月24日受付, 2016年7月12日受理)

### 要 旨

界面活性剤が形成するミセル・ベシクル・ミエリン像などの分子集合体を鋳型または構造指向剤として利用した、ナノ形態制御シリカ材料の調製について概説した。まず、アニオン/カチオン界面活性剤混合水溶液を構造指向剤としたメソポーラスシリカの調製と細孔構造・細孔間隔の精密制御について述べた。次に、カチオン界面活性剤混合系で形成するベシクルを構造指向剤とした、分散性に優れたシリカナノ中空粒子の調製と、その反射防止フィルムへの応用について述べた。さらに、プルロニック系界面活性剤が形成するミエリン像を構造指向剤として調製されるシリカチューブについて紹介した。最後に、構造指向剤として用いられる分子集合体と、ゾル/ゲル反応により得られるナノ形態制御シリカ材料との構造相関について議論した。

キーワード：構造指向剤, メソポーラスシリカ, シリカ中空粒子, ゼル/ゲル反応, ミエリン像

### 1. はじめに

界面活性剤などの両親媒性分子が形成する分子集合体を「鋳型」または「構造指向剤」(structure directing agent)として利用することにより調製されるメソポーラス材料は、規則的な細孔構造・均一な細孔径・高い比表面積等の特長を有しているため、Kuroda<sup>1)</sup>らによるメソポーラスシリカの開発以来、触媒、分離技術、ナノデバイスなどの広範な分野において盛んに研究が行われている<sup>2)</sup>。また、シリカ以外の金属酸化物、たとえばチタニアやアルミナ・アルミナシリケート等を壁膜とするメソポーラス材料の調製に関しても、数多くの報告があり、とくに触媒・触媒担体としての応用が活発に試みられている<sup>3-5)</sup>。近年では、単に金属酸化物を壁膜とするメソポーラス材料を調製するだけでなく、壁膜に高い機能性(触媒点の付与、結晶性の付与)をもたせた高機能性メソポーラス材料<sup>6-9)</sup>の調製に関

する研究が多く報告されている。

一方、これらのメソポーラス構造を有する金属酸化物以外にも、界面活性剤や脂質分子が形成される種々の形態の分子集合体を鋳型(構造指向剤)として用いて、中空粒子・チューブ・ナノシートなどのナノ形態制御を調製する試みが注目されている。これらのナノサイズの構造が付与された材料は、元来の材料としての優れた(バルク)材料としての特性に加えて、ナノ構造に起因した新たな機能性(吸着特性・光学特性・触媒特性など)を付与することができることから、種々の分野において応用可能なインテリジェント材料として期待できる。本稿では、界面活性剤や脂質が形成するヘキサゴナル液晶・ベシクル・ミエリン像などの分子集合体を構造指向剤として調製される新規ナノ構造制御材料について、とくに構造指向剤として用いられる分子集合体と最終的に形成するナノ形態制御材料の構造相関に着目して概説する。また、先報<sup>10)</sup>においては、ナノ形態制御チタニアの調製を中心に紹介したので、本稿では、ナノ形態制御「シリカ」の調製に関する研究を中心に紹介したい。

### 2. 界面活性剤が形成する分子集合体と、 これらを鋳型として調製されるメソポーラス材料との 構造相関

本講座でもすでに記述されているように<sup>11)</sup>、界面活性剤は、水溶液中でその濃度に依存して、種々の分子集合体やリोटロピック液晶を形成する(表-1)。低濃度では、球状ミセル・棒状(紐状)ミセルなどの会合体を形成するが、濃度が上昇すると、さまざまな構造のリोटロピック液晶を形成するようになり、通常低濃度側から、ヘキサゴナル液晶・バイコンティニューアスキュービック相・ラメラ相・逆ヘキサゴナル相などの特徴的な構造を形成するようになる。これらの分子集合体や液晶が



〔氏名〕 さかい ひでき  
〔現職〕 東京理科大学理工学部工業化学科 教授  
〔趣味〕 スポーツ観戦, 音楽鑑賞  
〔経歴〕 1995年東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻博士課程修了(博士(工学))。同年東京理科大学理工学部工業化学科助手。1998年テラウェア大学博士研究員。2003年東京理科大学理工学部工業化学科准教授。2012年同教授, 現在に至る。



〔氏名〕 えんどう たけし  
〔現職〕 東京理科大学理工学部工業化学科 助教  
〔趣味〕 ドライブ  
〔経歴〕 2006年3月東京理科大学理学研究科化学専攻博士後期課程修了。博士(理学)。同年名古屋工業大学セラミックス基盤研究センタープロジェクト助教。2008年東京理科大学理工学部ポストドクトラル研究員を経て2012年4月より東京理科大学理工学部工業化学科助教。