

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	5. 固体表面・界面
中項目	5-5. マイクロファブリケーション
小項目	5-5-5. 高分子微粒子による三次元周期構造体作製

<p>概要（200字以内）</p> <p>単一粒径の微粒子が三次元周期配列した構造体は、フォトニック結晶や構造色材料として注目され、作製法が盛んに検討されている。種々の物理化学的手法が提案されているが、実用的には、構造体の大体積化と、微粒子配列構造の固定化技術を確立することが課題である。このためには、配列要素である微粒子の設計を行う必要がある。固定化に適した表面を有する微粒子で、かつ、粒径分布の狭い単分散微粒子の開発が求められる。</p>	<p>微粒子配列、固定化に粒子表面機能を利用</p>
<p>現状と最前線</p>	
<p>周期的な密度分布を有する構造体材料は、種々のフィルタとして有用であり、特に近年、屈折率の周期構造を有する材料が、フォトニック結晶や、構造色材料として注目されている。この三次元周期構造を構築する最も有効な手法の一つとして、コロイド粒子を規則配列する種々の方法が検討されている [1]、[2]。</p> <p>微粒子の三次元周期構造体作製法として、最も単純なものは、『重力沈降法』であり、広く用いられてきた。しかし、この手法は、アモルファス相や欠陥を生じやすく、質の高い構造体を形成することが困難である。そこで、底部にパターン状の鋳型（テンプレート）を設置し、この上に粒子を沈降させる方法によって比較的良好な構造体を得られている。</p> <p>質の高い三次元周期構造体を構築する上で、最も効果を上げている手法は、『移流集積法』である。液膜中で微粒子間に働く毛管力（キャピラリーフォース）によって、平坦な基板上に微粒子が自己集合的し、最密充填構造を形成する現象を利用する。温度制御された条件下でコロイド分散液を徐々に蒸発させることにより、数 cm 角程度の面積で周期構造体を得られている。</p> <p>これら物理化学的な手法を改良することによって、質の高い三次元周期構造体を得られ始め、興味深い特性が報告されているが、実用的には、如何に構造体作製の時間を短縮し、欠陥の無い大きな体積の構造体を作製するか、また、構築された構造体を如何に固定化するか、といった課題が残されている。</p>	

これまで配列要素となる微粒子は、PMMA、ポリスチレン等の比較的単純な粒子が用いられてきたが、今後、上記課題を解決するためには、十分な微粒子の化学的・物理的設計が必要である。分散安定性の保持と周期構造の固定化に適した表面を有し、また粒度分布の狭い単分散径微粒子の開発が求められる。

[1] Colloids and Colloid Assemblies, ed. by F. Caruso., Wiley-VCH, 2004

[2] “微粒子集積化技術の世界”、粒子アSEMBル研究会編、工業調査会, 2001.

将来予測と方向性

三次元周期構造体作製に用いる微粒子は、従来の単純な PMMA、ポリスチレン等の粒子から、その表面を改質したものや、種々の共重合体、コア-コロナ、コア-シェル型微粒子等へ広がっていくと考えられる。表面の機能を利用して、微粒子の自己集合を如何に効率良く行わせるかが、周期構造体の作製時間短縮と大体積化の鍵となる。また、表面機能を利用した固定化反応も、今後盛んに検討されるであろう。構造色材料やフォトニック結晶といった光を制御するための構造体には、100—数 100nm の単分散径高分子微粒子が必要であるが、このサイズの微粒子は高価で、大量に入手することが難しい。特性は良好でも、材料のコストが高すぎることが、実用のネックになりかねない。従来、物理化学的な配列手法の検討が中心であったが、今後、実用を目指して、微粒子自身の設計を主とした、より化学的なアプローチが採られると予想される。

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

- ・ 微粒子の粒径制御技術向上とそれに伴う単分散径微粒子の低価格化。
- ・ 微粒子配列に適した表面を有する高分子微粒子の設計と粒子作製法の確立。
- ・ 数 cm 角以上の大面積、大体積に対応した微粒子配列手法の開発。
- ・ 構築された微粒子配列構造の固定化技術の開発。

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

- ・ 機能性表面を有する高分子微粒子の単分散径精度向上(粒径のバラツキ ~ 2%以下)。
- ・ 発光性、内部の傾斜構造等、多機能を有する単分散径微粒子の設計と作製法の確立。
- ・ 三次元周期構造体内の特定の位置に欠陥を形成させる技術の開発。

キーワード

高分子微粒子、三次元周期構造体、フォトニック結晶、構造色材料、重力沈降法、移流集積法、固定化、

(執筆: 深澤憲正)