

ディビジョン番号	14
ディビジョン名	ナノテク・材料化学

大項目	1. ナノ物質
中項目	1-2. 無機材料、金属材料
小項目	1-2-3. ゼオライト

概要（200字以内）	
<p>ゼオライトに代表される構造規則性マイクロポーラス材料は、触媒・吸着剤をはじめとする多様な応用分野を有し、新しい発展が期待される。例えば、大細孔やキラリティを有するゼオライトは固体触媒としての期待が高く、新材料への基盤的なアプローチとしてナノパーツからのゼオライト合成やオルガノゼオライトの概念が開発されつつある。また、階層構造やナノコンポジット化など材料の高次ナノ構造制御にも関心が高まっている。</p>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 20px; text-align: center;"> <p><b>構造規則性マイクロポーラス材料の開発</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・応用面からのニーズ 大細孔、キラリティ</li> <li>・新規骨格構造創製へのアプローチ ナノパーツ利用、オルガノゼオライト</li> <li>・高次ナノ構造制御 階層構造、ナノコンポジット</li> </ul> </div>
現状と最前線	
<p>ゼオライトに代表される構造規則性マイクロポーラス材料（オープンフレームワーク材料）は長く産業的にも利用されてきた古いナノ材料でありながら、今なお新しい構造・特性の材料が数多く生まれ、新しい応用への期待が高い分野である。ゼオライトとは元々天然に産出する沸石であり、結晶構造固有の細孔構造を有するアルミノシリケートを指す。しかし、その広義の概念は、構造規定剤（テンプレート）を用いる水熱合成法を基盤とする材料合成の進展と共に大きく拡張されており、今日では、類縁構造を有する非シリケート系（ホスフェート、ジャーマネート等）はもとより、非酸化物系（カルコゲナイド、ナイトライド）、オルガノゼオライト（オルガノシリケート、オルガノホスホネート）まで発展している。以下にゼオライト系材料合成に関する近年の主なトピックについて現状と課題を紹介する。</p> <p>★大細孔ゼオライト： 固体触媒として工業的に用いられるゼオライトは酸素 12 員環（<math>\sim 7 \text{ \AA}</math>）までであったが、大きな分子に対応するためにさらに大細孔径のゼオライトが求められてきた。特に近年、化学的安定性と耐熱性が期待されるシリケートにおいて、骨格に亜鉛やゲルマニウムを含む系で 14<math>\sim</math>18 員環ゼオライトが得られている。骨格安定性の向上や合成上の問題点等の解決が必要であろう。</p> <p>★キラルゼオライト： 不斉合成触媒や不斉分離剤として期待されており、キラルな螺旋状チ</p>	

チャンネルを有するジンコホスフェートやボロホスフェートが近年見いだされている。細孔径や熱安定性の点からまだ有用性を発揮するに至っておらず、材料開発におけるブレークスルーが期待されている。

★ナノパーツからのゼオライト合成： シリケート等、層状前駆体のゼオライト骨格への変換が報告され、ナノパーツとなりうる前駆体骨格の精密構造設計も試みられている。汎用性を持ったゼオライト合成のアプローチとなりうるか、反応メカニズムの解明も含めた広範な検討が必要であろう。

★オルガノゼオライト： 骨格に有機基を結合させたゼオライト及びゼオライト類縁化合物の合成が報告され、細孔形状や表面特性の制御が可能であると期待される。有機基を保持できる合成方法の確立、テンプレートの除去などの課題がある。また、超分子錯体・MOF系との融合等、新しいブレークスルーが期待される。

★階層構造ゼオライト： 高次ナノ構造を有する階層構造ゼオライトは、ゼオライト結晶内のミクロ孔に加えメソ・マクロ孔も発達しており、高比表面積であるのみならずゼオライト微結晶表面への効率的な分子拡散が可能であり、高活性触媒として期待される。非晶質メソポーラスシリカ内壁をゼオライト化させたり、ゼオライトナノ粒子前駆体をメソ構造に組織化させるなどの試みが報告されている。ゼオライトとメソ多孔体の単純な混合物との区別がつきにくく、評価方法も含め精密な検討が必要であろう。

★ゼオライトナノコンポジット： ゼオライトナノ結晶を基に、他の材料や他種ゼオライトと複合化したナノコンポジットがコアシェル型、カプセル型など数多く報告されている。用途に応じた自在な設計が可能になるようナノコンポジット合成方法の確立が求められる。

#### 参考文献

F. Schüth et al. eds., Handbook of Porous Solids, WILEY-VCH, Weinheim, 2002.

A. K. Cheetham et al., Chem. Commun., 4780 (2006).

C. E. A. Kirschhock et al., Chem. Eur. J., 11, 4306 (2005).

#### 将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

ゼオライトナノコンポジットの合成方法確立、階層構造ゼオライト材料の設計指針の確立、ナノパーツからのゼオライト合成指針の確立

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

実用に耐える大細孔系ゼオライトの開発、不斉分離に利用可能なキラルゼオライトの実現、オルガノゼオライト合成方法の確立

#### キーワード

ゼオライト、オープンフレームワーク、水熱合成、高次ナノ構造制御

(執筆者：前田和之)