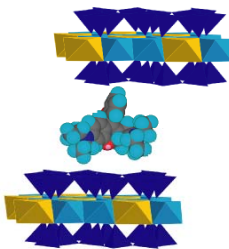
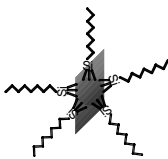
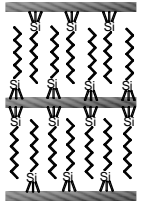


ディビジョン番号	15
ディビジョン名	コロイド・界面化学

大項目	5. 固体表面・界面
中項目	5-1. 表面構造と物性・機能
小項目	5-1-7. インターカレーション材料（粘土材料）

<p>概要（200字以内）</p> <p>無機層状結晶（ホスト）の層間にゲスト化合物を取り込む反応をインターカレーションとよび、粘土鉱物やグラファイトなどをホストとした研究が古くから行われている。得られる層間化合物はゲストがナノシート（または超薄膜）状のホスト表面に様々な化学的相互作用で配列したナノメートルスケールのハイブリッドである。そのナノ構造の解明と、その構造に由来する機能の発現、さらには機能制御のためのナノ構造設計が行われている。</p>		 <p>スメクタイト層間化合物</p>
<p>現状と最前線</p> <p>粘土（特にスメクタイト族；モンモリロナイトはスメクタイトの一種であり、鉱石ベントナイトの主成分鉱物である。）の層間に界面活性剤をインターカレートした材料については古くから研究されている。塗料、化粧品分野では既に工業化されており、最近では高分子材料のフィラーとしての応用が基礎応用両面から活発に研究されている。天然資源である粘土は、産地による物性のばらつきがあり、目的に適した粘土の選択は重要である。ベントナイトから生成したモンモリロナイトがよく用いられるが共生鉱物の完全な除去は難しい。</p> <p>スメクタイト以外でインターカレーションの能力があるイオン交換性層状結晶には陰イオン交換性の層状複水酸化物 $[M(II)_{1-x}M'(III)_x(OH)_2][A^{n-}_{x/n}]^{x-}$；M(II)=Mg, Co, Ni など、M(III)=Al, Cr, Fe などでAはCO₃²⁻, Cl⁻などの層間陰イオンを示す。ハイドロタルサイトはその一種でM(II)=Mg, M(III)=Al, 陽イオン交換性のリン酸ジルコニウム、遷移金属酸素酸塩、アルカリケイ酸塩、などが知られており、それぞれの特徴を活かしたインターカレーション反応の研究が行われている。スメクタイトも含めてこれらホスト物質の合成は無機合成化学の重要課題であり、新規ホスト材料の探索、単結晶の合成などを目的とした研究が行われている。</p> <p>イオン交換以外の化学反応で層間化合物を形成するものとしてグラファイト、カオリナイト、遷移金属カルコゲン化合物などが知られている。（詳しくは参考文献参照）スメクタイトはイオン</p>		 <p>Nanoparticle</p>  <p>Ultrathin sheet of layered materials</p>

交換反応以外にも様々な極性分子とイオン-双極子相互作用などを介して層間化合物を形成する。層表面に共有結合でゲストを固定した化合物の合成も層表面に水酸基を有する層状リン酸塩、ケイ酸塩、遷移金属酸素酸塩などを用いた研究が活発化している。

ホストの層状物質そのものが電極材料（炭素系材料）、超伝導材料（遷移金属酸化物）、環境浄化材料（粘土）、触媒などとしての可能性を有しており、構造／機能評価が行われている。層間化合物については物質系の多様性がひろく、材料応用が検討されているまたは今後期待される分野は吸着剤、触媒、電極材料、フィラー、レオロジー制御剤などさらに多岐にわたる。いずれにしても構造／機能相関の解明は非常に重要な課題であり、単結晶の作成とその利用、多結晶集積体の設計も興味を持たれている。構造評価にはX線回折分析、透過型電子顕微鏡、核磁気共鳴分光、赤外／ラマン分光、熱分析など様々な機器分析が有効であり、放射光を用いた解析や、複合型解析装置（温度、雰囲気など環境依存性の評価）も積極的に開発応用され構造や熱特性がより詳細に解析されつつある。また色素を吸着させて、これをプローブとし分光学的解析に基づきナノ構造を明確化した上で、反応制御につなげる試みも成功しつつある。粘土表面でのキラル識別、不斉合成も古くかつ新しい課題である。

溶媒中でナノシートが剥離して安定な分散状態を創ることに興味を持たれており、分散液の界面科学的な構造評価、分散液を利用した薄膜形成などが行われている。

参考文献

Ogawa M., Kuroda K., Chem.Rev., **95**, 399-438 (1995).

"Handbook of Layered Materials", Auerbach S.M., Carrado K.A. and Dutta P.K. (eds.) Marcel Dekker, (2004).

"Handbook of Clay Science", Bergaya F., Theng, B.K.G, Lagaly, G (eds.) Elsevier, (2006).

“無機ナノシートの科学と応用”，シーエムシー出版，黒田 一幸，佐々木高義 監修 (2005).

“粘土ハンドブック”，日本粘土学会編，技報堂出版

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

ホストに用いられる新規層状結晶の発見

多様な層間化合物の合成

イオン交換性層状結晶の電荷密度（イオン交換容量）制御

ホスト-ゲスト相互作用に基づく層間ゲストの機能精密制御

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

単結晶層間化合物の合成

層間化合物の集積方法の確立

キーワード

無機有機ハイブリッド，層間化合物，イオン交換，電荷密度，ナノシート

（執筆者：小川誠）