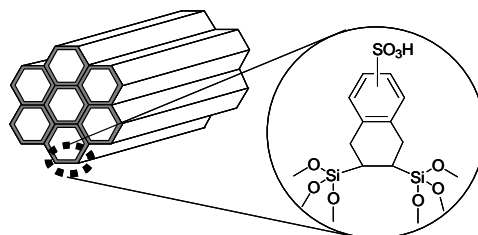


ディビジョン番号	18
ディビジョン名	環境・安全化学・グリーンケミストリー・サステイナブルテクノロジー

大項目	2. グリーンケミストリー
中項目	2-3. 新規触媒材料
小項目	2-3-9. 有機—無機ハイブリッド材料

概要（200字以内）
<p>無機・有機ハイブリッド材料は、無機化合物と有機化合物とが分子レベルで組み合わせられた新規物質である。無機・有機のナノスケールでの複合化は無機物、有機物の特性を生かすのみならず、それぞれの素材とは全く異なった高機能性材料を創出する新しい技術として期待されている。触媒分野では、従来の無機担体、有機担体それぞれを用いた触媒から、これらの両者の長所を組み合わせた新たな触媒開発が活発に進められている。</p>
現状と最前線
<p>ハイブリッド材料とは、有機高分子系や金属、セラミックスなどの2種以上の材料が複合化されて得られる材料であり、それぞれ単独の材料に比べて優れた特性・機能の発現が期待されている。特に近年では、有機、無機物質から構成される有機・無機ハイブリッドマテリアルやハイブリッド化技術の研究が非常に活発であり、触媒はもとより、電子、光学、エネルギーなど先端分野を中心にその期待は益々高まっている。</p> <p>ハイブリッド材料を利用した触媒開発では、これまでも多くの研究がなされ、無機担体のもつ物理強度と有機物の精密分子設計の特徴を組み合わせ、固体表面の親疎水性や吸着能の制御や配位子の導入など、多数の報告がある。特に、固定化錯体触媒としてシリカやアルミナ、あるいはポリスチレンなどを担体とする研究が多い。一般的なハイブリッド触媒の調製手法としては、シリカゲルの表面水酸基とアルコキシシランなどの有機シラン骨格をもつ配位子などシランカップリング剤との反応で修飾し、均一系錯体触媒との配位子交換により固定化する例があげられる。また、この手法を用いて酵素触媒を固定化することも可能である。しかしながら、ハイブリッド化による利点として、反応後の触媒の分離回収など操作性は向上するが、固定化した金属種の溶出や活性・選択性の低下などの問題点があった。</p> <p>最近では、メソポーラスシリカなどのメソ孔内への有機基の導入や層状化合物の層間修飾、金属ナノ粒子の表面機能化、 dendrimer-encapsulated metal particles など、新しい無機・有機材料の開発と、その多様な組み合わせによるハイブリッド材料が開発されている。</p> <p>メソポーラス材料</p> <p>数ナノメートルのメソ孔をもつメソポーラスシリカへの有機基の導入により、規則性の高い細孔構造を利用したハイブリッド材料が得られる。稲垣らは、有機基とシリカが完全に均一に分散したハイブリッドメソポーラスシリカを合成し、メソポーラス物質を修飾・機能化する新</p>

たな手法を示した。堂免らは、シリカ源として架橋型のエチレン基をもつ有機シランを用い、骨格表面のエチレン基をさらに修飾してスルホン酸基を導入した固体酸触媒を合成した。この触媒では、メソ孔表面のみにスルホン酸基が導入され、ナノ細孔空間内部に酸濃度の高い特異な反応場が形成される。



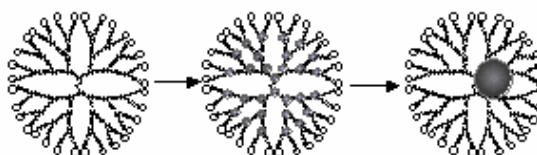
また、非シリカ系の有機・無機ハイブリッドメソポーラス物質の合成も行われ、木村らは、有機基を導入したホスホン酸アルミニウムメソポーラス物質を報告している。

層状粘土化合物

天然粘土鉱物に代表される無機層状化合物層間への、有機物質のインターカレーションによるハイブリッド化が報告されている。層間への有機ポリマーあるいは界面活性剤の導入により、数オングストロームの層間を拡大し金属錯体触媒や有機触媒を固定化する試みがなされている。固体化により触媒の分離回収が容易になるだけでなく、親水性の粘土層間を疎水性にすることで、ナノ空間内で有機基質の効率的な反応が可能となる。

有機修飾金属ナノ粒子

金属ナノ粒子は触媒材料として極めて重要である。不安定なナノサイズの粒子径を維持するために、有機・無機化合物表面への固定化が行われている。最近では、ナノ粒子表面への有機分子の配位による複合粒子化や有機ポリマーの形成するナノ空間内での金属超微粒子の調製、サイズ制御が報告され、溶液中での金属粒子の分散性や安定性、触媒機能の向上が図られている。金田らは、球状の多分岐高分子である dendrimer を用い、そのナノサイズの空孔を利用したパラジウム超微粒子触媒を開発している。Dendrimer は、表面官能基の種類によって非極性溶媒から極性溶媒まで溶解性を制御でき、蒸発乾固した後も、再分散性や安定性を維持している。金属粒子のもつ触媒活性と dendrimer の基質認識能を集積化した新規な触媒機能が発現している。



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
ハイブリッド化による複数の触媒機能の集積化。協奏効果の発現。
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
ハイブリッド材料の特性を利用した薄膜化やナノリアクター化など実用触媒としての利用

キーワード

有機・無機ハイブリッド・メソ多孔体・ナノ粒子・協奏効果

(執筆者：水垣 共雄)