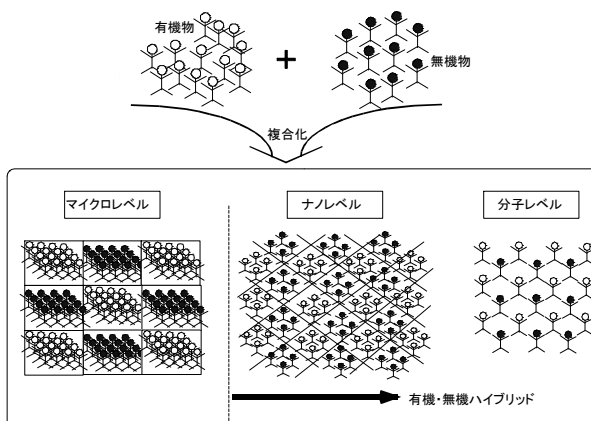


ディビジョン番号	14
ディビジョン名	ナノテク・材料化学

大項目	1. ナノ物質
中項目	1-3. ハイブリッド材料
小項目	1-3-2. 有機-無機ハイブリッド材料

概要（200字以内）

近年、有機物と無機物とがナノレベルで組み合わさった有機/無機ハイブリッド材料が盛んに研究されている。これらの複合材料は有機物、無機物としての特性を合わせ持っているのみならず、それぞれの素材とは全く異なった新しい高機能材料が期待される点で工業的にも重要であり、従来から知られている高分子と無機物を用いたとしてもその組み合わせは無限に近いため、アイデア次第でまだまだ有用な材料を生み出すことができる可能性を大いに秘めている。



現状と最前線

有機高分子と無機物を組み合わせて、複合材料としたものは古くから数多く知られており、有機高分子に無機物を添加するフィラーの考え方や、金属表面を有機高分子で修飾するコーティングの手法などが工業的に利用されている。従来からあったこのような複合材料は有機成分と無機成分が粒子レベル、マイクロレベルで混ざり合ったものである。近年、有機物と無機物とがナノレベルで組み合わさった有機/無機ハイブリッド材料が盛んに研究されている。これらの複合材料は有機物、無機物としての特性を合わせ持っているのみならず、それぞれの素材とは全く異なった新しい高機能材料が期待される点で工業的にも重要である。

注目されるようになった背景としては、1) ナノメートルサイズでも精密な分子設計・構造制御ができるようになってきたこと、2) ナノ計測・分析が容易にできる装置の開発、3) ナノメートルの領域での興味ある特異な現象の発見、4) まったく新しい素材を開発するのではなく、従来の材料の複合化を分子レベルで制御することで材料特性を向上できること、があげられる。無機成分と有機成分をナノレベルで混合すると体積あたりの有機と無機の界面の割合が無視できなくなるレベルになり、その界面が集合した性質を示すことになる。そのため、それぞれの素材とは全く異なった材料特性が生まれることになる。そのため、従来から知られている高分子と無機物を用いたとしてもその組み合わせは無限に近いため、アイデア次第でまだまだ有用な材料を生み出すことができる可能性を大いに秘めている。

従来の粒子レベル、マイクロレベルでの複合化は有機高分子と無機成分をそれぞれ粉碎して細かくし、機械的に混合することで達成されるが、機械的な混合ではナノレベル、分子レベルの複合化は不可能である。ハイブリッド材料を合成するためには、例えば有機成分の重合や架橋反応と無機合成などの化学反応を制御し、有機成分と無機成分との水素結合や静電相互作用などの化学的な相互作用をうまく利用することによって初めてナノレベルや分子レベルでの混合状態を達成することができる。現在までは金属アルコキシドのゾルゲル反応を利用したシリカ／有機高分子ハイブリッドやメソポーラスハイブリッド、層状無機化合物である粘土鉱物と有機高分子とのハイブリッドに関する研究開発が特に盛んである。さらにセラミックスや金属ナノ粒子とのハイブリッド材料に関する研究が行われている。

このようなハイブリッド材料を生物は既に作り出している。骨は少量のコラーゲンというタンパク質を含んだリン酸カルシウムからなり、貝殻もタンパク質を含んだ炭酸カルシウムから出来ている。これらは有機成分と無機成分がナノレベルで三次元的に高度に組織化された構造であることがわかっている。生物によって生み出される有機／無機ナノ複合体はタンパク質などの有機物による無機物の結晶化（バイオミネラルゼーション）が巧みに制御されている。これら有機／無機ハイブリッド材料は例えば数%程度の有機物を含むだけで無機物単体と比較して機械的強度が飛躍的に上昇するなど、従来の技術では達成されないような極めて高機能な材料を生み出している。さらに、これらの合成プロセスは水中で極めて穏和な条件下で進行することから、そのプロセスを学ぶことによって環境調和型プロセスによる新たな高機能材料が開発できるのではないかという期待から材料化学の面からも注目される研究領域となっている。

#### 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

金属ナノ粒子ハイブリッド化による有用材料の開発

有機無機ハイブリッド材料の新たなナノ構造制御による有用機能開拓

- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

バイオミネラルゼーションを模倣した環境調和型プロセスによる新たな高機能材料の開発

#### キーワード

有機／無機ハイブリッド材料、ゾルゲル反応、バイオミネラルゼーション

(執筆者：中建介)