

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	1-3-1. 有機-無機

**概要**

無機材料の構造安定性と有機材料の高機能性を兼備する有機-無機ナノハイブリッド材料は、既に実用化段階にあるシンプルなナノ混合材料から、有機-無機間の共有結合を持つ分子レベルのハイブリッド材料、有機物の自己集合能を利用し構造規則性を付与した材料、両成分の精密な配置と構造制御による高機能化材料等、種々の方向に研究は進展している。今後、生体物質との複合化により、医療分野等への応用範囲の発展が期待される。

**現状と最前線**

無機-有機ハイブリッド材料は、組合せる材料、複合化の様式、材料のサイズやディメンジョン等により、多種多様なものがある。無機材料としては、種々の酸化物、カルコゲン化物、金属、炭素等が、有機材料としては、種々の高分子材料、低分子材料、生体材料等が、幅広いセレクションの中から使用される。複合化の様式に着目すると、無機材料と有機材料の相互分散(混合)や自己組織的複合化のような、両成分が非共有結合で相互作用し合っている状態のハイブリッド材料に加え、近年、無機成分と有機成分が共有結合で結ばれ、分子レベルでのハイブリッド化がなされている材料の研究が盛んになってきている。複合化のサイズとディメンジョンはその材料の用途や目的に合わせて、最適化することができる。例えば、高分子膜のガスバリア性向上には二次元(シート状)のナノフィラーが有効に用いられ、また、零次元(超微粒子)無機物と有機半導体のハイブリッド材料の発光素子応用が提案されている。

無機-有機ハイブリッドナノ材料の研究では、各材料の精密な配置や階層的構造制御による高い機能性の発現、そしてそれによる産業応用が現在の重要課題である。例えば、無機成分と有機成分が分子レベルで規則化しているハイブリッド材料がさらに規則的な多孔質体を形成している材料とその固体酸触媒への応用、導電性高分子膜上に相分離によって半導体微粒子の最密モノレイヤーを形成した材料とその発光素子への応用などが注目すべき研究例である。

これらハイブリッド材料の研究においては、目的に合わせた、無機材料の高い化学的、構

造的安定性と、有機成分の高い機能性、プロセス容易性の両方の利点をうまく生かし、さらには、シナジー効果を発揮させるような材料設計が重要な課題である。組み合わせの妙による、従来無い、新しい高機能性材料の実現に向けて、この分野の材料技術の研究に対する期待は大きい。

#### 将来予測と今後推進すべき課題

##### 将来予測

有機-無機ハイブリッド材料の工業的有用性については言及するまでも無いが、これらの材料は、生体組織中においても重要な役割を果たしており、種々の生体組織が有機-無機複合材料を構成部材にしている。今後、ハイブリッド材料は、生体材料との複合化に関する技術の進歩によって、ナノバイオ領域において重要な役割を担っていくだろう。将来的には、医療分野での用途が広がると予想される。それには、有機材料、無機材料、生体材料それぞれについての高度な知識、分子レベルでの材料のデザインと合成に関する技術、そして階層的構造制御を含めた高度な材料複合化技術が求められる。所望の材料を所望のサイズで所望の場所に配置し、目的とする物性を発揮する材料を作製する、高度な材料技術が求められるのである。複合材料技術の進歩により、再生医療、疾病診断、治療等の技術が進歩し、人類の生活をさらに豊かなものにすることが期待される。

以下のような課題が、今後のハイブリッド材料技術に課せられていると考える。

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題
  - ・ 高い生体親和性、及び高度な生体機能性を有するハイブリッド材料の開発
  - ・ 光学素子、電子素子に応用可能なアクティブなハイブリッド材料の開発
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
  - ・ ナノハイブリッド材料の医療分野での実用化（例：DDS、造影剤、再生医療等）
  - ・ ハイブリッド材料のエネルギー・環境分野での実用化（例：高機能触媒、ガス吸蔵等）

##### キーワード

複合材料、ナノコンポジット、自己組織化、生体材料

(執筆者：宮田浩克)