

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	1-3-7. 有機-無機・ハイブリッド

概要（200字以内）

ナノ物質の構造制御や機能制御には、有機-無機ハイブリッドの概念が重要である。この10年、この分野の発展は著しいが、まだまだ完全には制御できていない。形状および構造についてのさらなる制御、特に自己組織化の概念に基づく制御が、新しい機能の創生に繋がるだろう。このための合成手法と解析手段の一段の開発が必要である。触媒設計、磁性材料、医療応用などへの展開が急速に進行中である。

図1. 有機-無機・ハイブリッド・ナノ物質のハイブリット構造の概念図

現状と最前線

ナノ物質については、ナノテクノロジーを支える基本要素として重要性が認識されているが、無機ナノ物質単独では安定に存在するのも難しく、また機能を発揮させるにもハイブリッドが有利であるとの認識が背景にある。有機-無機ハイブリッドナノ材料の科学と技術に関して、大きく構造制御と機能設計に分けて現状を記述する。

まず、構造制御に関しては、この分野が注目されるようになって10年、いろいろな構造制御例が報告され、ひとこと言え、制御が可能になったが、精密制御には程遠いというのが現状である。構造制御は、有機部構造、無機部構造、両者の相互作用、それらの配列制御が含まれる。この中で一番進んでいるのは、有機部の構造制御であり、一番遅れているのが、無機部の構造制御と配列制御である。2要素よりなる無機ナノ粒子の構造例を図2に示す。コア/シェル構造が、ここ数年、最も注目されて研究された構造であろう。



図2. 二元系ナノ粒子の構造例（断面図）

結晶構造は、磁性等の機能発現のために重要であるが、それを小さな粒子のまま制御することはまだできていない。形状と二元構造を同時に制御することはできていない。また、有機部の構造制御技術（有機合成）は進んでいるが、触媒や基板との相互作用および無機部との相互作用を考慮したとき、どのような化学構造が望ましいかについての設計が全く進んでいないので、合成する技術はあるが、設計理論が遅れているため、真の意味での構造制御はできていない。ハイブリッド構造の概念を図1に示すが、ハイブリッド化技術についても、多くの提案がなされているものの、まだまだ真の意味での制御はできていないのが現状である。また、配列制御についても2次元で幾つかの例が報告されているが、3次元構造は、最密充填構造が知られているくらいで、殆んど制御されていないと言える。

機能設計のためには、構造-機能相関の解明が必要である。現状はバルク構造と機能との相関から類推して、幾つかの機能が報告されているが、全体的にみるとまったく解明されていないと言った方が良くらいである。今後、解明しなければならない分野である。機能と言っても、簡単な構造機能から、より複雑な触媒機能、電子機能、磁気機能、光機能、生理機能など、さらにそれらを組合せた複合機能になると、構造-機能相関はより複雑となる。

代表的な機能について簡単に現状を述べる。触媒機能は、従来、構造-機能相関が不明なまま開発が先行した分野であるが、ナノサイエンスの進歩に伴って、ナノ物質の構造が明確になり、構造-機能相関がより明確になりつつあると言える。しかし、この分野も触媒となるナノ物質の構造制御が行われていないので、構造-機能相関も明らかになっていないのが現状である。磁気機能について言えば、当時のクリントン米国大統領の2000年のナノテク宣言で、磁性ナノ粒子1個に1ビットの情報を載せることができれば、角砂糖の大きさで、アメリカの国会図書館の全情報を記憶させることができるとして、最も注目された分野である。現在10 nm以下のFePtナノ粒子で室温強磁性のものができているが、まだ超高密度磁気記録材料にはなっていない。FePtでは資源的にも問題があり、SmCo₅磁性ナノ粒子や金属錯体系磁石など、貴金属を使わないナノ磁石の開発が期待されている。医療分野への応用もDDS (Drug Delivery System)、検査医療などへの生体機能有機物質と無機ナノ粒子とのハイブリッドを用いた展開が急である。

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

①目的に合せた構造の構築の一部達成（例えば、コア-シェル構造）、②構造解析手法の進歩による1 nm以下の局所解析、③簡単な反応触媒のためのナノ物質の構造設計

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

①目的に合せた構造の構築、②0.1 nm以下の局所解析（例えば一原子層の解析）、③超高密度磁気記録の為のナノ磁石の開発、④自己組織化の機構の解明、⑤構造-機能相関の解明

（執筆者：戸嶋直樹）