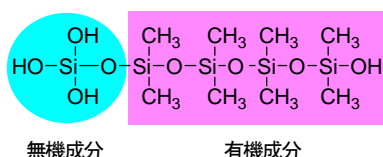
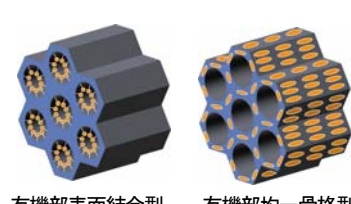


ディビジョン番号	14
ディビジョン名	ナノテク・材料化学

大項目	1. ナノ物質
中項目	1-3. ハイブリッド材料
小項目	1-3-12. ゴルゲル系, 高分子系, 超分子複合体, 無機フィラー, バイオミネラルゼーション, 金属ナノ粒子, 金属・半導体系

概要（200字以内）	
<p>ハイブリッド材料は、シナジー効果を利用しそれぞれ元の特性を兼ね備えた材料の創出を目的としている。有機と無機が分子レベルで複合化した、ゾルーゲル系、高分子系、超分子複合体だけでなく、ナノスケールで複合化した、無機フィラー、バイオミネラルゼーションが含まれる。また無機・無機の組み合わせもある。有機物、無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。</p>	<p><b>有機・無機ハイブリッド材料</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ゴルーゲル系</li> <li>・ 高分子系</li> <li>・ 超分子複合体</li> <li>・ 無機フィラー</li> <li>・ バイオミネラルゼーション</li> <li>・ 金属ナノ粒子</li> </ul> <p><b>無機・無機ハイブリッド材料</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 金属・半導体系</li> </ul>
現状と最前線	
<p>・ <b>ゾルーゲル系</b></p> <p>一般的に有機・無機ハイブリッドとして知られているのは、ゾルーゲル法による金属アルコキシドと末端シラノールを持つ PDMS (ポリジメチルシロキサン) を基にした材料である (図 1)。放熱部材、絶縁体、接着材料の開発が進んでいる。</p>	 <p>無機成分                      有機成分</p>
<p>・ <b>高分子系</b></p> <p>様々な光化学反応性を有するケイ素系高分子ポリシランが無機酸化物中にナノメートルオーダーで均一に分散した有機・無機ハイブリッドは、新しい機能性材料としてナノ空孔形成能や屈折率変調機能そして光スイッチへの応用が検討されている。</p>	<p>図 1. TEOS-PDMS ハイブリッド</p>
<p>・ <b>超分子複合体</b></p> <p>自己組織化、自己集合化を利用したハイブリッドとして、界面活性剤を鋳型としたメソポーラスシリカが代表的である (図 2)。界面活性剤にキラリティーを有する分子を利用すればらせん型材料も得られる。さらに界面活性剤の特性を生かし、有機層と無機層からなる多層膜やナノワイヤーも作製可能である。また、合成ブロックコポリマーの相分離構造を利用してナノ構造セラミックを得ることもできる。</p>	 <p>有機部表面結合型                      有機部均一骨格型</p>
<p>図 2. メソポーラスシリカ</p>	

・ 無機フィラー

フィラーとして層状構造を有するケイ酸塩化合物などのクレイを高分子マトリックスに分散したハイブリッド材料(図3)が研究されている。こうした層構造クレイは、その層構造と分散性によって、優れた力学特性を持ち、気体・液体に対してバリア性があり、かつ難燃性もある。また、ポリマーフィルム中にシリカのコロイド結晶を固定化したハイブリッド薄膜は光学材料として期待されている。



図3. クレイ分散によるハイブリッド

・ バイオミネラリゼーション

貝殻・骨・歯に見られる hidroキシアパタイト、アラゴナイト ( $\text{CaCO}_3$ )、非晶質シリカなどは自然界に存在する典型的なハイブリッド材料である。その他にも、マグネタイトなど酸化鉄を体内に産生する磁性細菌が発見されている。フェリチンタンパクの二次元結晶化技術を利用し、シリコン基板上にフェリチン粒子すなわち鉄のナノ結晶を配列化することも可能である。また、進化分子工学により金属に結合しやすいウィルスを鋳型とした半導体ナノ粒子や磁性粒子の配列化が報告されている。

・ 金属ナノ粒子

金属ナノ粒子を作製する際、多くは分散安定剤として有機系の界面活性剤を利用する。この保護層に DNA や種々のホスト化合物など機能性分子を提示することで、超分子化学とのシナジー効果が得られ、ナノセンサーやナノアレイに応用できる。

・ 金属・半導体系

酸化チタンなどの金属酸化物半導体ナノ粒子に金属ナノ粒子を結合したハイブリッド粒子(図4)は、光照射により光有機電荷分離が起こり、それによってエネルギー変換、情報変換・記録など種々の機能が得られる。

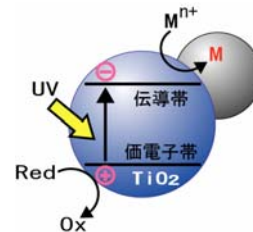


図4. 金属酸化物半導体による金属の析出

【参考図書】ナノハイブリッド材料の最新技術、シーエムシー出版

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

貝殻・骨・歯を目指した歯科材料・人工骨への応用。セラミックスの優れた工学特性を生かした透明で屈折率の高い光学材料への応用。さらに、レジスト材、触媒材料、防カビ剤など。

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

無機としてシリカやセラミックスだけではなく、金属と有機物とのハイブリッドにより、全くの新規な機能性ハイブリッド材料の創出が予想される。例えば、銀ナノ粒子表面に結合した有機物からの表面増強ラマン散乱を利用したバイオプローブの作製などが期待される。

キーワード

シナジー効果、ゾルーゲル、メソポーラスシリカ、バイオミネラリゼーション、自己組織化

(執筆者：治田修・居城邦治)