

| | |
|----------|-----------|
| 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 | 1-3-3. 有機—無機 |

| | |
|--|---|
| 概要（200字以内） | |
| <p>有機無機ハイブリッド材料は、ナノレベルでの有機無機界面制御により、相反する機能の融合や向上、あるいは新機能の発現を試みるべく開発された材料である。現状では、無機ナノ粒子のマトリックスへの一次粒子分散を試みる系が多い。有機無機ナノ界面を厳密に制御しようとする試みはまだスタートしたばかりであり、さらなる学際的研究や産学の融合・連携によるあらたな切り口が今後のブレイクスルー創出の鍵であろう。</p> | <p>The diagram consists of two overlapping circles. The left circle is pink and labeled '有機物' (Organic) with a blue dot. It lists properties: 'ソフトマテリアル' (Soft material), '易加工性' (Easy processability), '流動性・粘性' (Fluidity/viscosity), '自己集合・組織性' (Self-assembly/organization), and '高温での熱分解' (Thermal decomposition at high temperature). The right circle is light blue and labeled '無機物' (Inorganic) with a blue dot. It lists properties: 'ハードマテリアル' (Hard material), '高耐久性' (High durability), '形状安定性・弾性' (Shape stability/elasticity), '構造安定性' (Structural stability), and '高い熱的安定性' (High thermal stability). In the center, where the circles overlap, the text reads: '有機無機ハイブリッド' (Organic-inorganic hybrid), '従来材料にない相反的な機能の同時発現・増強' (Simultaneous appearance and enhancement of opposite functions not found in conventional materials), and '新機能創出' (New function creation).</p> |
| 現状と最前線 | |
| <p>有機無機ハイブリッド材料は、有機物と無機物のナノ・分子レベルでの相互作用・複合化に着想した複合機能性材料である。現状における研究開発の主眼は、有機材料・無機材料の性質、例えば有機物の柔軟性・易加工性と無機物の高硬度・高耐熱性などの相反する機能を低下・消失させることなく相乗的に発現あるいは各機能を飛躍的に向上させることにある。また、ナノレベルでのハイブリッド化により有機物・無機物それぞれ単独では示さない全く新しい機能・物性の発現や創出を目指すことも大きな目標の一つである。有機無機ハイブリッド材料は、ナノレベルでの有機無機界面接合により機能の融合や向上、あるいは新機能の発現を念頭に開発された材料である点で、従来の物理的に混合・混練して得られる有機無機複合材料とは異なる。例えば、有機無機複合材料の代表的なものである繊維強化プラスチックは、ポリマーとガラス繊維との混練などにより得られる優れた実用材料であり、有機物の軽量・易加工性と無機物の高強度・高耐久性を兼ね揃えている。しかしながら、有機・無機各成分固有の特性は混合比に応じて低下してしまうため、ハイブリッド材料とは言い難い。また、一次粒子分散プロセスなどを介さないことから、得られる複合材料のドメインは主にミクロンサイズで凝集した相分離構造となり、この点からもナノレベルでの均一分散・組織化を念頭にした有機無機ハイブリッド材料とは区別すべきであろう。一方で、ハイブリッド材料とナノコンポジット材料との違いは明確ではないが、有機物と無機物との間で明確な界面があるかどうかという視点で便宜的に大別する考え方がある。有機無機ハイブリッド材料の調製法は、多くの場合、片方の成分とし</p> | |

てナノ粒子が用いられる。ナノ粒子を用いた有機無機ハイブリッドの調製法は、大別して次の二つが挙げられる。一つめは、有機マトリックスや溶媒中から粒子表面を有機修飾しつつ無機粒子を析出させる手法である。有機高分子への均一な一次粒子分散を in-situ で行うことを可能にしたり、のちの有機材への一次粒子分散を容易にする無機粒子を得ることを可能にしたりする手法であり、ゾルーゲル法、超臨界法、有機金属錯体熱分解法、 dendrimer 修飾などが挙げられる。期待される性質としては、ナノ粒子分散に由来した高透明性・易加工性を有しつつ高い屈折率や硬度を示すなどの相反的な機能の発現などが挙げられる。もう一つの手法は、あらかじめ無機ナノ粒子・超微粒子を別途合成し、その表面をナノ界面制御、例えばシリカコートに次ぐシランカップリング剤処理、表面吸着剤の添加、多官能性有機修飾剤の添加などにより有機修飾し、有機材との親和性を高めたり有機材の性質を無機粒子に転写したりしようとするものである。既存の機能性無機粒子に対して有機材の易加工成形性、熱的諸物性、光学特性などを付与する目的で、粒子液晶化、光機能性官能基導入、外場印加などの検討が最先端の研究として行われている。一方で、有機高分子薄膜上へモルフォロジー制御しつつ無機粒子・薄膜を作製する技術も開発されつつあり、ナノパターンニングなど有機無機ハイブリッド材料開発の方法論の一つとして有力な手段と考えられる。とはいえ現状では、分子レベルでの有機・無機界面を深く理解し、精密に制御しつつ有機無機ハイブリッド材料を創製しようとする試みはまだ近年ようやくスタートした段階である。ナノレベルでの界面・空間・構造制御に着眼した本質的かつ基盤となる有機無機ハイブリッド開発のためのブレイクスルー創出には、さらなる学際的研究の推進や産学の融合・連携に基づいた、研究のハイブリッドにより、あらたな切り口を積極的に導入していくことが重要であろう。

—参考著書—

- ・ ナノパーティクルテクノロジーハンドブック、細川益男監修、日刊工業新聞社、2006.
- ・ 有機・無機ナノ複合材料の新局面、NTS、2004.

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
 1. シリカ系以外の系での有機物と無機物とのナノ界面接合のための基盤技術開発
 2. 有機無機ハイブリッドナノ組織構造形成基盤技術確立と構造可逆制御による機能制御
 3. 有機と無機の相反的な機能を相乗的に発現または飛躍的に向上させた材料創出・実用化
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
 1. 環境適応型ハイブリッド材料、例えば高温時高熱伝導、低温時高保温性を示す材料創製
 2. ポストシリコン素子回路作製のための3次元ナノハイブリッドパターンニング技術
 3. 自己修復機能の発現およびその手法の確立
 4. リサイクル可能ハイブリッド材料創製に関する基盤技術開発および実用化研究

キーワード

ナノ界面・ナノ構造・ナノ粒子・相反機能

(執筆: 蟹江澄志)