

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	1-1. 有機材料
小項目	1-1-7. 超分子

概要（200字以内）

有機分子が集合してできた材料「ソフトマテリアル」が注目されている。金属やセラミックスなどのハードマテリアルとは異なり、軽量、柔軟、高い成形加工性ととも、分子レベルからデザインできるといった魅力を有する。合成化学に立脚した分子設計と自己組織化を利用することにより多様なナノ構造や物性を示す機能材料の構築が可能になりつつある。ここでは特にパイ共役系分子・高分子を利用した材料設計の現状を展望する。

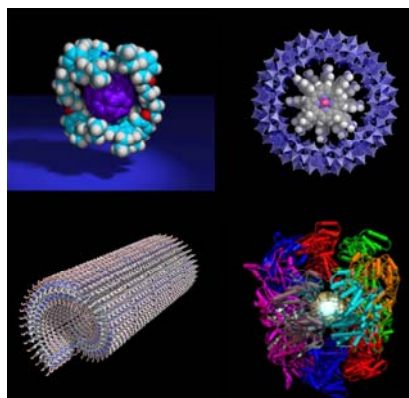


図 超分子ナノオブジェクトの例.

現状と最前線

現代社会を支えているのはプラスチック文明であると言っても過言ではない。特に最近、有機・高分子材料の用途がこれまでの守備範囲を超えて大きく広がろうとしている。その代表が、エレクトロニクスやオプトエレクトロニクスの分野であり、業界を制覇した感のあるシリコン材料にかわる新しい素材としての探索が盛んに試みられている。液晶ディスプレイの次の有機デバイスとして、有機 EL が多くの問題を解決しながら市場に登場しつつある現状が、これらの研究開発の起爆剤になった感がある。最近では、トランジスタや有機薄膜太陽電池、さらにはナノスケールのエレクトロニクスへの期待感などとあいまって、様々なパイ共役系分子・高分子群が化学雑誌はおろか物理系雑誌の紙面をも賑わしている。それに伴い「自己集合」や「自己組織化」という言葉も市民権を得た。分子を材料として使うとき、溶液中での振る舞いはさておき、集合体としての特性を評価する必要がある、そのためには分子の集合過程を厳密に制御する必要がある。プラスチックエレクトロニクス分野の最前線でも、研究対象が「バルク材料の薄膜」から「基盤上に整然と配列した分子群からなる材料」に移行しつつある。その先には、ナノワイヤやナノナチューブなどの、構造が規定されたナノスケールの「分子オブジェクト」を用いるエレクトロニクス（超分子エレクトロニクス）が控えている。分子をあるロジックに従って並べる方法論は完成の域に到達しつつあるが、機能発現において分子配列が格別の意味をもつことが立証された例はまだ決して多くない。熱力学的に最安定な集合構造が電

荷やエネルギーの伝搬につねに有利だとは限らないからである。

最近我々は、光電導性を示す自己組織化ナノチューブの構築に成功した（図参照）。構成要素である分子は、電子供与部位と受容部位をともに有しており、ある条件下、それぞれの部位が別々に積み重なり、直径16ナノメートルのチューブ状構造体を与える。各層はナノの厚みで相分離し、ヘテロ接合のための極めて広い接触面積を実現している。結果として、この同軸ナノチューブは顕著な光電導特性を示す。本来、電子供与体と受容体は交互に積層しやすいが、そうなってしまうと、光電導性は期待できない。すなわち、従来とは異なる新しい自己組織化のプログラムが開拓されなければ達成不可能な機能がここでは実現されている。

有機機能材料への期待はこのように大いに高まっているが、実用を考えた場合、無機材料に比べて短い寿命が大きな問題として立ちふさがってくる。しかし、その問題をしっかり認識することが、新物質の合成を可能にする反応開拓を推し進めたり、新しい動作原理の発案を促したりといった「基礎化学の進歩」をもたらすことにもつながるはずである。化学屋、物理屋、デバイス屋が一枚岩で研究を行うことのできる最良のプラットフォームである。

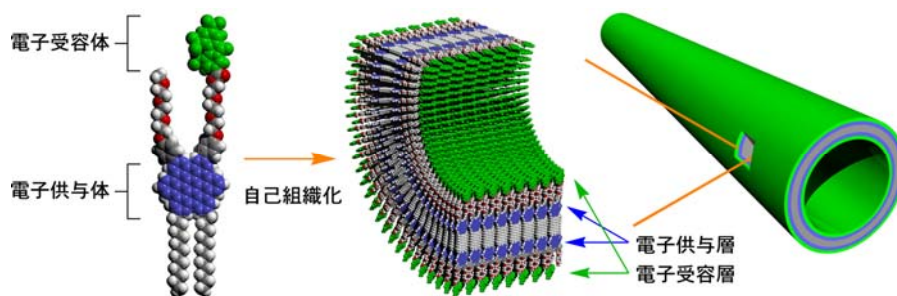


図 自己組織化により構築された光電導性同軸ナノチューブ。

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

有機薄膜エレクトロニクス・オプトエレクトロニクスの実用化

有機デバイスの長寿命化・信頼性の向上

分子集積化のための汎用プロトコルの確立

トップダウン型とボトムアップ型技術の真の融合

分子の集積体であるが故に発現する動的物性の有効利用

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

ナノオブジェクトを利用したエレクトロニクス・オプトエレクトロニクスの開拓

電流や光による動作原理以外の原理で作動する分子素子の開拓

キーワード

ソフトマテリアル, ナノ構造体, 自己集合・組織化, 有機エレクトロニクス・オプトエレクトロニクス

(執筆者：相田卓三・福島孝典)