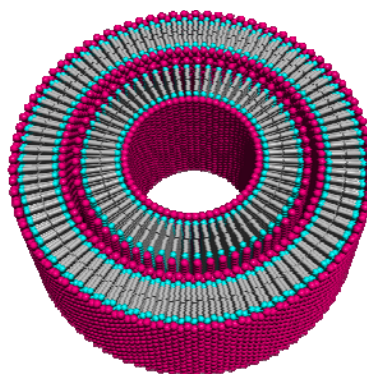


ディビジョン番号	14
ディビジョン名	ナノテク・材料化学

大項目	1. ナノ物質
中項目	1-3. ハイブリッド材料
小項目	1-3-14. 有機-無機

#### 概要（200字以内）

両親媒性分子を出発構築単位とする自己集合は単に分子集合体を調製するだけに留まらない。長さ、厚さ、径などが数 nm 以内の精度で制御された長い軸比を持つファイバー状あるいはチューブ状分子集合体は、ナノバイオ分野、情報通信分野、環境分野などで興味ある応用が期待できる有機/無機、有機/金属、有機/バイオ、有機/無機/金属/バイオ構造などからなるハイブリッドナノチューブを調製するための恰好のナノ鋳型を提供する可能性がある。



両親媒性分子と金属イオンが円筒層状に配列したハイブリッドナノチューブ

#### 現状と最前線

自己集合して形成するロッド型構造は外面を金属アルコキシド類で被覆したのち、ゾルゲル反応を行うと、金属酸化物からなるチューブ状構造を与える（図1, b, h, i）。この金属酸化物ナノチューブをナノスケールの反応容器に見立てて（用いて）内部の束縛空間で分子の自己集合を行えば、内表面の有機的官能基化が可能となる（図1, k）。内外表面に分子を被覆して合成した有機/無機/有機ハイブリッドナノチューブを鋳型に用いると、無機/有機/無機/有機/無機の5層からなる多層同心円状ハイブリッドナノチューブを得ることができる（図1, j, m）。一方、分子の自己集合によって作成した脂質ナノチューブをナノ鋳型に用いて、金属アルコキシド類のゾルゲル反応を行い、その後、有機物を焼成により除去すると二重円筒状の金属酸化物ナノチューブを得ることができる（図1, a, d, f）。脂質ナノチューブ類の中空シリンダー内部にのみ金属ナノ微粒子を充填し、その後、有機物を除去することで金属の一次元ナノ構造体、究極には金属ナノワイヤーが作成可能である（図1, e, g）。

##### 1. 有機/バイオ系ハイブリッドナノチューブ

鉄貯蔵蛋白質であるフェリチンや蛍光性蛋白質である GFP などの蛋白質が、脂質ナノチューブへの毛細管作用を利用した中空シリンダー一部への導入により、有機分子/蛋白質ハイブリッドナノチューブが調製されている。異種タンパク質の配列制御によりナノリアクターとなる。

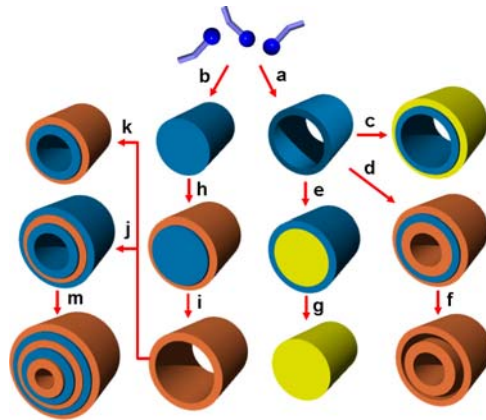


図1 分子の自己集合を起点として調製されたハイブリッドナノチューブの世界

## 2. 有機／半導体ドット系ハイブリッドナノチューブ

ペプチド脂質への金属カチオン配位を利用して、カチオン交換により例えば、半導体ドットである CdS ナノ粒子が膜中にナノ分散したハイブリッドナノチューブが調製できる。有機分子に比較して発光性能が高い蛍光性ナノチューブを与え、DDS としての応用が検討されている。

## 3. 有機／金属錯体系ハイブリッドナノチューブ

オリゴグリシンのN端を長鎖飽和脂肪酸と連結させたペプチド脂質溶液を銅、マンガン、鉄イオンを含む遷移金属イオン水溶液を室温、大気中で混合するだけで金属イオンが末端カルボン酸に配位したハイブリッドナノチューブができる。金属種に依存した特性評価が課題。

## 4. 多層ハイブリッドナノチューブ

鋳型法で作成した内径約 200nm のシリカナノチューブを鋳型に用いて、内外表面での分子自己集積を行うと有機—シリカー有機の三成分から成るハイブリッドナノチューブが得られる。このハイブリッドナノチューブを鋳型にして、金属アルコキシドのゾルーゲル反応を行わせた結果、シリカー有機—シリカー有機—シリカの5重層構造をもつハイブリッドナノチューブが初めて得られた。参考総説：T. Shimizu, M. Masuda, H. Minamikawa., *Chem. Rev.*, **105**, 1401 (2005).

### 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. 1nm 以下でのサイズや次元制御と再現性のある形態精密制御
  2. 中空シリンダーが提供する一次元ナノスペースを利用した種々のナノ物質の一次元組織化
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

1. ウェット系によるハイブリッドナノチューブの大量合成法の開発と産業応用
2. 各種組み合わせによるハイブリッドナノチューブの特性評価と産業応用

### キーワード

脂質ナノチューブ、ハイブリッドナノチューブ、自己集合、鋳型、ゾルーゲル反応、

(執筆者：清水敏美)