

新しい機能をもった先端材料講座 (第9講)

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 91 [9], 310-315 (2018)

階層構造をもつ機能材料： メソポーラス物質，交互吸着膜，セルフアッセムブリ構造

有賀克彦*,**,†

*物質・材料研究機構WPI-MANA 茨城県つくば市並木1-1 (〒305-0044)

**東京大学大学院新領域創成科学研究科 千葉県柏市柏の葉5-1-5 (〒277-8561)

† Corresponding Author, E-mail: ARIGA.Katsuhiko@nims.go.jp

(2018年2月16日受付, 2018年5月28日受理)

要 旨

さまざまな機能系において構造が機能を決定している例は数多くある。とくにナノテクノロジーなどの分野の進展につれて、機能物質をいかに開発するかばかりではなく、構造をいかに精緻に制御するかという面に機能系開拓の重点がシフトしてきたように思われる。本稿では、ナノ構造やその階層構造を制御することによって多彩な機能を出す方法論のいくつかの例をメソポーラス物質，交互吸着膜，セルフアッセムブリ構造の観点から示した。鋳型合成によって精密ナノ構造を内包した材料の合成やそれを積層したりすることによって階層構造が意図的に作製できると同時に、分子の自己組織化過程の妙により階層構造が自発的に形成されることもある。それらの階層構造は、簡便ながら効率の良い物質分離や感度の高いセンサーなどの機能系の開発に威力を発揮する。より高い機能の人工物質系を開発するために、このような階層構造を構築する方法論を開拓していくことが重要である。

キーワード：階層構造，メソポーラス物質，交互吸着膜，セルフアッセムブリ構造

1. はじめに

光学的な性質や機能においては、色素の会合状態に依存するスペクトルシフトなどの構造の影響、さらには色をもたない物質が特定の規則構造をとることによって呈色する構造色の現象など、該当する分子そのものの光学的な性質だけではなく構造がどうあるかによってさまざまな機能が発揮される。このような状況は、光学的な機能以外に限られるわけではなく、さまざまな機能系において構造が機能を決定している例は数多くある。とくにナノテクノロジーなどの分野の進展につれて、機能物質をいかに開発するかばかりではなく、構造をいかに精緻に制御するかという面に機能系開拓の重点がシフトしてきたように思われる。

さて、構造を巧みに操って機能を発揮しているものは何かと言うと、それは生体系と言わざるを得ない。生体系では、さまざまな機能分子やタンパク質などが合理的に並び、光エネルギーの高効率利用、方向性が厳密に規定されて増幅機能もあるシグナル伝達、シークエンシャルな酵素機能などを実現している。生体構造の特徴は構造が階層的であるということである。さまざまなオルガネラや膜組織が集合して細胞となり、細胞が集合

して組織や臓器となり、それが合理的に配置されて生物となる。そのような階層構造が、分子レベルの現象を生物レベルの機能にまで昇華させる。

本稿では、色材機能とは直接関係ないながらも、機能系作製においていかに構造を作っていくかについて論を進めたい。とくに、メソポーラス物質¹⁾，交互吸着膜²⁾，セルフアッセムブリ構造³⁾に着目し、階層的な構造形成とその機能についていくつかの例を紹介する。

2. メソポーラス物質

2.1 メソポーラスシリカ・メソポラスカーボン

メソポーラス物質は、メソ孔（直径2~50 nmの細孔）の大変規則正しい構造をもつ物質で、ミセルなどの分子集合体を鋳型として作製される。溶液に必要な試薬を加えて生じた沈殿を焼成するだけでナノメートルサイズの精度をもつ多孔性構造が得られるという大変実用的な材料である（図-1）。界面活性剤やポリマーからなるミセルを鋳型としてその周りをシリカで固めれば、メソポーラスシリカが得られ、そのメソポーラスシリカを鋳型にして炭素物質でレプリカをとるとメソポラスカーボンが得られる。鋳型となるミセルの集合構造は多様であるので、さまざまな孔構造（孔径やそのつながり方や配列）の素材ができる。

2.2 カーボンナノケージ

その一つがケージ型の孔構造をもつメソポラスカーボン「カーボンナノケージ」である⁴⁾。これは、ケージ型構造をもつメソポーラスシリカKIT-5を鋳型に用いることで合成される。大きな空間と通路部分が階層的に入り組んだ孔構造をもつ



〔氏名〕 ありが かつひこ
〔現職〕 物質・材料研究機構 主任研究者，東京大学 教授
〔趣味〕 年に二回開催されるとある国民的球技
〔経歴〕 1987年東京工業大学大学院修士課程修了，1990年工学博士。2004年から物質・材料研究機構。2017年より東京大学大学院新領域創成科学研究科教授。