

自己組織化材料とその応用（06年10月27日開催テクノセミナー講演要旨）

ある種の構造が合成過程で自然に形成される材料を、自己組織化材料と呼ぶ。ここでいう構造とは、結晶構造のようなミクロなものではなく、微粒子、多孔質体、膜、ミセルなどに見られる形のことである。これらの構造の大きさが nm から数百 nm であるものは、ナノマテリアルと呼ばれ、最近、注目を集めている。特許庁総務部技術調査課による「ナノテクノロジーに関する特許出願技術動向調査」では、ナノマテリアルの特許からみた応用分野としてエレクトロニクスを中心に、メカトロニクス、医療・バイオ、環境・エネルギーが注目分野と指摘されている。

事実、'05 年末、奈良先端科学技術大学院大学が松下電器と共同で、たんぱく質が自動的に整然と並ぶ「自己組織化」という現象を利用し、不揮発性メモリーの試作に成功したとの報道があった（12月26日付日経産業新聞）。'06年1月発行の Japanese Journal of Applied Physics に、その詳細が Express Letter として掲載された。

ここでは、巷の話題とは異なる角度から自己組織化材料とその応用について眺めてみる。一例として PVA 砥石を取り上げる。PVA 砥石はナノマテリアルとは呼べないが、粒子径数 μm の SiC 砥粒が PVA 樹脂で結びつけられて骨格を形成し、かつ気孔率 75% 程度の連続気孔を有する材料である。合成反応の制御のみで、多孔質構造が見事に作られている（写真1）。

PVA 砥石は、ハードディスク用アルミ基板の研削加工に使用されており、nm のオーダーの表面形状精度を高い生産性で実現するためのキーマテリアルとなっている。ハードディスク用アルミ基板は、過去においてはダイヤモンドで加工されていたが、メディアが塗布型からスパッタ型に変わる 80 年代になり研削加工に変わり現在に至っている。

古典的ともいえる材料が、現代情報産業の一端を支えている例である。

ハードディスクドライブは現在、水平記録方式から垂直記録方式に変わる動きがあり、これに伴い基板材料の加工方法が今後研削から変わるのかどうか興味が持たれる。

ナノマテリアルに目を向けると、シリカ系材料が自己組織化材料の大きな比重を占めている。モノ珪酸を出発原料に用いて、水溶液中で脱水縮合により合成されるシリカは、pH や共存イオン種の影響により、粒子として成長する場合もあれば、三次元網目構造を形成しゲルを形成する場合もある。前者の代表例がコロイダルシリカであり、後者の代表例はエアロゲルである。

写真2に、珪酸塩法で作製したコロイダルシリカの SEM 写真を示す。直径 5nm から 300nm の範囲で、ほぼ大きさのそろったシリカ微粒子を反応条件の制御のみで製造することができる。

写真1 PVA 砥石の SEM 写真

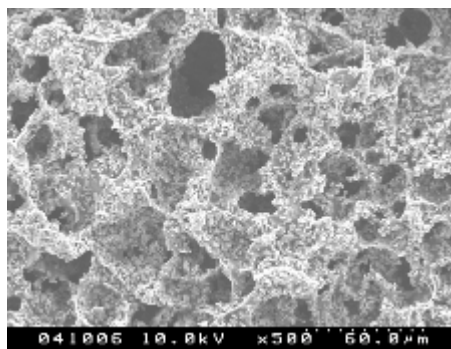
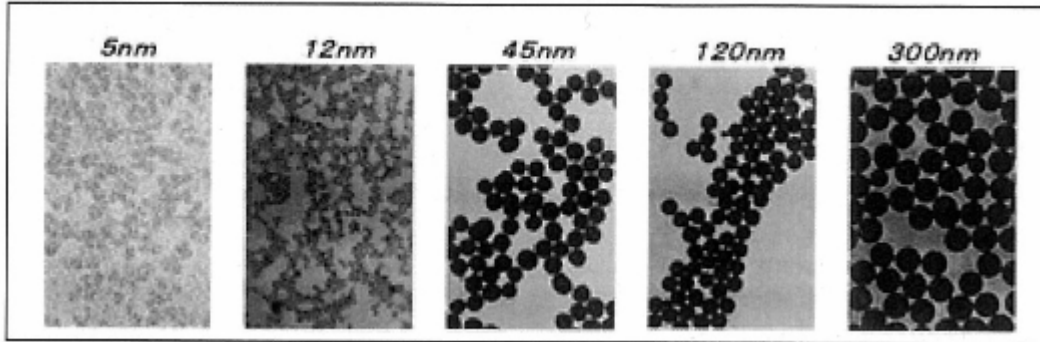


写真2 珪酸塩法で製造したコロイダルシリカのSEM写真



小松、西田「繊維と工業」Vol.60, No.7,376 (2004).

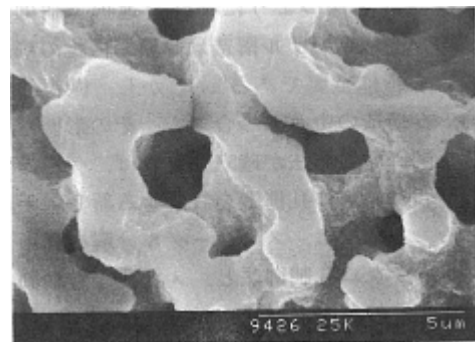
コロイダルシリカは、材料表面処理や粉体の結合剤の他、研磨材としても利用されている。シリコンウェハの研磨には、1963年に出願された Monsanto の特許以来、現在に至るまで専らアルカリ性コロイダルシリカが使われている。おそらく次世代ウェハ（450mm）の研磨にも使用されるであろう。次々と新技術が開発される半導体産業分野で、驚異的に寿命の長い技術と言える。

さらにコロイダルシリカは、デバイス製造プロセスで注目されている CMP (Chemical Mechanical Planarization)用スラリー成分としても新たな展開を見せている。まさに、コロイダルシリカは、半導体産業を縁の下で支えるナノマテリアルである。

もう一つの代表例であるエアロゲルは、そのユニークな構造と物性から、触媒担持体、断熱材、ろ過材、誘電体等への応用が検討されているが、チェレンコフカウンター用媒体など、ごく限られた分野で実用化されているにすぎない。

出発原料を無機珪酸塩からアルコキシシランに変え、反応環境に鋳型を導入するなどの工夫が重ねられ、触媒やクロマトグラフィー用カラムとして漸く実用化される分野の広がりが見られるようになってきた。写真3に分離カラムに応用されている二重細孔構造を有するシリカゲルのSEM写真を示す。キャピラリー内でゲルを合成でき、面倒な充填作業が不要となる利点もある。再現性良く高い分離能が実現できており、バイオテクノロジー分野で利用されている。

写真3 二重細孔構造を有するシリカゲル



中西「セラミックス」Vol.31(6), 474 (1996).

自己組織化ナノマテリアルの合成、構造解析、物性評価は盛んに行われているが、工業的応用分野は未開拓との印象が強い。「コストに見合う機能・物性」を見出すことが、応用分野開拓の鍵であろう。

以上

(神戸製鋼所機械研究所 鈴木哲雄)