



〈新年特別寄稿〉

ソフト溶液プロセスによるナノテクノロジー

東京工業大学応用セラミックス研究所 構造デザイン研究センター長 吉村昌弘

よしむらまさひろ



現在、毎日のようにナノテクノロジー（原子・分子レベルでの材料技術）の重要性が叫ばれている。ナノテクノロジーと言うとほとんどの人は（A）バイオプロセスによる生体材料か、（B）気体やプラズマを用いるドライ（あるいはクリーン）プロセスによる高機能材料（半導体・合金・セラミックスなど）を指向する。（A）は高度に進化しており、環境にも適合しているが、作製できる材料の種類に著しい制限がある。すなわち生体系ではかなりの、しかし多くの人工のポリマーやプラスチックを除く有機材料およびリン酸カルシウム類、炭酸カルシウム類、シリカ類、（水）酸化鉄類、それにアルカリ土類硫酸塩および蓚酸塩など数十種のバイオミネラルは作れるが、それ以外の無機材料（強誘電体、強磁性体、圧電体、超伝導体、発光・蛍光体など）、およびほとんどの「金属・合金」や「半導体材料」を直接作製した例がない。（B）は適用範囲が広く、ほとんど何でも作れるが、高純度の原料、高エネルギー励起、高度・高価な装置を用いるので環境負荷が著しく高い。また、大型化や量産化は困難であり、特に真空中ではKg/hrの生産すら難しい。さらに真空の維持に大きなエネルギーとコストがかかる。

すなわち高エネルギーの原子やイオンを操作してナノデバイスにするドライプロセスの手法はエレクトロニクス、フォトリソグラフィ、オプトロニクスなど多くの分野に適用できるが贅沢な方法である。現在このような気体を用いるドライプロセスは圧倒的に多いが、溶液からのデバイス作製は極めて少ない。

セラミックス材料の分野で“ソフトケミストリー”という溶液からの粉体合成方法が20年前にフランスで提案され、特にナノ粒子の作製には適しているのが世界中で今でも検討されている。しかしながら、この方法では溶液から沈殿あるいはその前駆体を作り、それを焼成して結晶化した粒子とするので、最低でも500℃程度の加熱は必要である。したがって熱に弱い基材上には集積できないし、加熱時の収縮や焼結による亀裂や剥離は大きな問題である。ゾル・ゲル法などもこのソフトケミストリーに含まれるが、同様の問題点は解消されない。著者らは溶液からのセラミックス粉体合成だけでなく、形状を付与したセラミック材料の作製をも溶液中で行う“ソフト溶液プロセス”を提案してきた。すなわち必要な組成・構造・特性を持つ「物質を合成する」だけでなく、必要なところに必要な大きさと形状に「材料として作り上げる」全プロセスがソフトでなければならないと考えるからである。“ソフトケミストリー”から“ソフトプロセス”への発展の必要性和重要性は著者がゲストエディターとしてMRS Bulletinのソフトプロセス特集号（2000年9月号）を編集したことで国際的にも認知された。

基材と溶液、あるいは溶液同士の界面を必要なだけ励起して反応させ、物質の合成と成形やパターニングを同時に行うことが可能となったのである。もちろん全ての材料が作れるわけではないし、その材料特性もまだまだである。しかしながらこのような溶液プロセスで作製できる半導体、誘電体、磁性体などの高機能材料が増えて来れば、これまでのクリーンルームや超・高・極プロセス指向に歯止めがかかり、環境負荷の小さいナノテクノロジーが生み出せると思う。我が国起源のソフト溶液プロセスを大いに発展させたいものである。