

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	2. ナノ操作
中項目	2-1. ウェットプロセッシング
小項目	2-1-1. 自己組織化・交互積層法

概要（200字以内）

ナノ操作におけるウェットプロセッシングは、主に分子以上のサイズの構造物を作製する方法として利用され、現状では、材料の多角化とナノ構造物作成法としての手法開発、そして構造物の機能化がメインピックである。今後は、メソスケールでの不規則・非周期構造の意図的な設計・作製を行うと同時に、それを支えるプロセスと解析技術の向上ならびに、静的構造からダイナミックな機能をもつ（半）人工物質システムの作製が課題である。

現状と最前線

ナノ操作におけるウェットプロセッシングは、主に分子サイズ以上の構造物を作製する方法として利用され、材料の多角化と新しいナノ構造物作成手法の開発、ならびに機能化がメインピックである。

○自己組織化法

これまででは個別分子の集積化によって分子単独では得られない構造・機能を創出する努力が数多くなされてきた。初期段階では、構造・機能の高度化を進める多くの革新的結果が得られた。しかしながら分子の自発集合にのみ依存した作成法では、構造作製と機能創出という二つの要件を同時に満たすことが困難で、分子設計の複雑化という問題に直面している。現時点では、任意のサイズ・形状を制御するに至っていない。ベシクルなどの球殻構造や、シートなどの単純平面構造、あるいは分子ワイヤーや、チューブやテープのらせん構造体といった単純な構造体の作成に留まり、出来上がった構造に機能を付与するというのが現在の主流であろう。ようやく、高い結合指向性をもつ金属と有機分子の配位結合を駆使し、対称性の高いナノ構造が作成されるようになってきた段階である。

図1. 脂質分子の自己集合によるベシクル（ナノ構造）の形成

### ○交互積層法

分子の自発的集合だけに依存せず、表面を利用して集積化する手法が数多く試みられている。交互吸着法は基板表面と吸着分子間の化学的相互作用により、固体表面での分子（高分子）の集積によって分子膜を積層させる手法である。化学吸着の駆動力は、多くの場合、反対電荷をもつ複数の分子材料の間の静電的相互作用であり、高分子電解質や、生体高分子、分子集合体などが積層・薄膜化されている。化学的な縮合反応も利用され、例えば金属アルコキシド化合物のゾルゲル反応を固体基板表面上で行わせて金属酸化物薄膜を作成する表面ゾルゲル法がその例である。これらの手法を組み合わせ、有機・無機複合ナノ薄膜も作製されている。既に作成手段や条件、構造解析まで数多くの研究が行われている。しかしながら多層薄膜の作成に留まり、任意の構造が形成可能というレベルに達していない。分子操作の手法をさらに高度することが必要である。

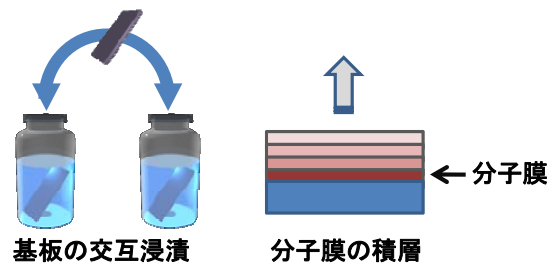


図2. 交互吸着法による分子膜の積層プロセス

現状では最終的な目的に応じ、必要なウェットプロセスが選択されている。

### 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

生体は大半が不規則・非周期のナノ構造から構成されている。従って、ウェットプロセスも、規則的・周期的構造の作製だけでなく、「不規則・非周期構造の意図的な設計・作成」が益々必要となる。

○物質のナノコンパートメント化, ○分子・物質を非周期的に配置する操作技術の開発, ○非周期構造を高効率に観察する技術の開発, ○観察画像データのイメージ処理技術, ○各種原子レベルシミュレーションを短時間に実行する環境の充実

#### ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

モーター蛋白の例にあるように、生体内では分子・メソスケール現象の融合によって特異なダイナミクスを生み出している。今後は、メソスケールでダイナミックな機能をもつ（半）人工物質システムの作製、すなわち化学ロボットの作成がグランドチャレンジとなる。

○ナノとメソスケールのブリッジング, ○分子ダイナミクスの制御, ○メソスケールでの分子の自己組織化と操作, ○メソスケールでの精密加工・組み立て技術

### キーワード

ウェットプロセス・ナノ薄膜・ナノ構造体・メソスケール・ダイナミック材料

(執筆者：国武豊喜・藤川茂紀)