

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. ウエットプロセッシング
小項目	2-1-2. LB法

概要（200字以内）	
<p>有機溶媒に溶解した分子を水面上に展開し、テフロンなどのバリアーで一定圧力で圧縮して形成される単分子膜を一層ずつ基板に転写することにより、固体基板上に分子集積膜を形成する方法をLangmuir-Blodgett (LB) 法と呼ぶ。分子レベルで膜厚や分子配向が制御できることや、機能設計に基づいたテーラーメイドに分子組織体を形成できることなどからボトムアップ型テクノロジーとして注目されている。分子素子やナノ材料への応用を考えると高分子化合物を中心に研究が展開されている。</p>	
現状と最前線	
<p>現在のシリコン半導体の微細加工に代表されるトップダウン型ナノテクノロジーに対し、安心・安全、ヒューマンインターフェイス、環境調和、人間に優しいなどのキーワードに適したソフトナノ材料をターゲットとした研究開発が行われている。ポスト・シリコン材料デバイスとして、新たに有機系、高分子系、生体系を緻密に集積・組織化してナノデバイス、ナノ材料を創製するボトムアップ型ナノテクノロジーの分野も注目されている。ここでキーテクノロジーとなるのは、1分子レベルのビルディングブロックを自在に重ねて、高秩序な組織体を構築する技術である。その基盤となる方法として、ラングミュアープロジェクト (LB) 法がある。LB法は、有機超薄膜作製法として知られ、夢の分子素子を構築する基盤技術として、注目されて盛んに研究が行われていたが、長鎖カルボン酸に代表される両親媒性低分子化合物を中心とした物質探索では、耐熱性が低いことや結晶転移などの不安定性のため、興味ある成果は得られていない。最近では、高分子化合物やナノ粒子などを研究対象にして新たな研究が展開されている。LB法を利用して種々のナノ物質の高秩序な組織体やナノ薄膜作成の研究が展開されはじめており、従来のLB法と異なった展開が行われている。その代用的なものとして、高分子LB膜があげられる。アクリルアミドポリマーに代表される両親媒性ポリマーは水面上でアミド基などの水素結合により、高分子鎖間で2次元ネットワークを形成し、高度に分子配向し、高分子鎖が密に充填した高分子単分子膜（「高分子ナノシート」と呼ばれている）が得られる。</p>	

この高分子ナノシートは、LB法により固体基板に移しとられ、高秩序な3次元ナノ組織体を与える。このナノ組織体は、耐熱性にも優れ（100℃以上にも安定である）、自在に集積構造を制御することも可能である。これまで報告されている両親媒性高分子材料としてはポリマレイン酸エステル系、ポリイミド系、ポリグルタメート系、ポリビニルアセタール系、ポリメタクリレート系、ポリアクリルアミド系、ポリシラン系、セルロース系などがあげられる。これらは厳密な意味、すなわち一分子レベルでの高分子LB膜の形成が可能な材料である。最近では、両親媒性高分子材料でなくとも高分子超薄膜の作製手段としてLB法が利用されている。例えば、汎用高分子のポリエチレンはLB法により厚さ5.1nmの高分子超薄膜として基板に転写することが可能であると報告されている。このような流れは、直鎖状両親媒性高分子材料という概念から dendrimer やラテックス、さらにはカーボンナノチューブなどの形を有する高分子材料のLB法による集積・組織化につながっている。作製される高分子超薄膜の構造解明とともに、より機能発現に重点をおいた研究が行われるようになってきているのが現状である。

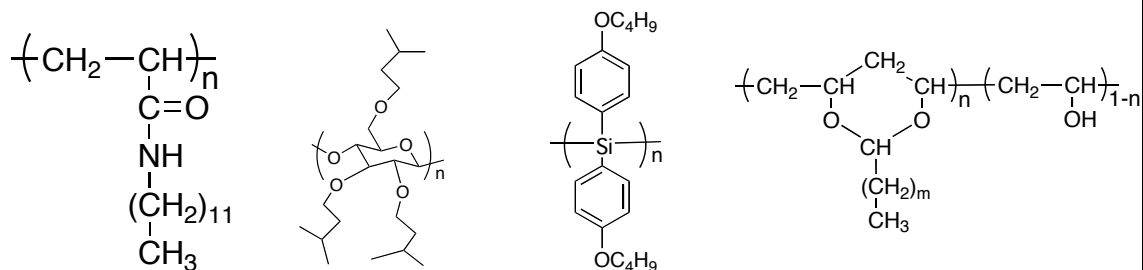


図. LB膜形成が報告されている高分子構造

将来への展望としては、フレキシブルエレクトロニクスへの応用の期待が大きい。耐熱性高分子フィルムを基板として、種々のアクティブ素子（ナノ粒子、生体分子、機能分子団など）を機能分担に従いテラメイドに集積していくには、LB法を利用した自己組織化法を取り込んだボトムアップ型のナノサイエンスやナノテクノロジーの進展が重要である。

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
  - 熱的安定性、生産性に優れたポリマーナノ薄膜の作成
  - 電子・光機能性の分子組織体の構築
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
  - ソフト光機能素子
  - フィルムエレクトロニクスの確立

キーワード

分子素子、ナノテクノロジー、ナノシート、分子組織体、自己支持膜

(執筆者：宮下徳治)