

ディビジョン番号	15
ディビジョン名	コロイド・界面化学

大項目	4. 組織化膜
中項目	4-1. 単分子膜・LB膜
小項目	4-1-1. 単分子膜

概要（200字以内）

水面上の展開単分子膜は、その学術的重要性に加え、生体膜モデルあるいは超薄マテリアルの基盤材料としての応用が見込まれ、研究されている。単分子膜における分子間相互作用や分子配列・配向、組織化構造形成は、表面観察法および分析法の発展により分子レベルで解明されつつある。今後は、自己組織化現象・構造の制御、選択的吸着性などを利用した機能発現に焦点を合わせた研究、および単分子膜で起こる諸現象のダイナミクスを追跡する手法の開発が必要になる。

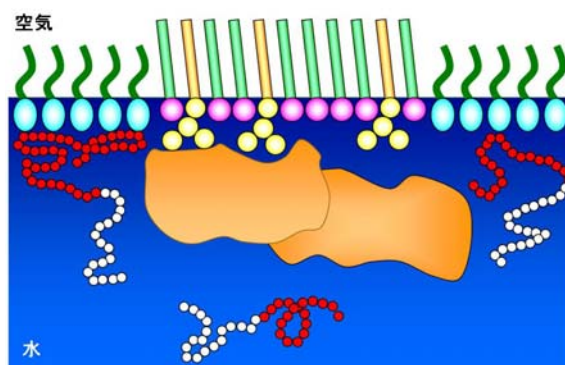


図 相分離展開単分子膜への下層水からの選択的吸着

現状と最前線

水に不溶性の両親媒性分子を、揮発性の有機溶媒から水面上に展開し、溶媒の蒸発後に形成される単分子膜は、展開単分子膜またはLangmuir単分子膜と呼ばれる。この単分子膜は、気/液界面での両親媒性分子の基本的存在状態の一つとして、界面科学における重要な研究対象であるだけでなく、細胞二重膜を一枚に引き剥がした構造をしていることから、生体膜モデルとして、脂質分子同士あるいは脂質分子と下層水中に溶存させた生体物質との相互作用の解明を目指した研究が盛んに進められている。また一方では、機能性原子団の配列・配向が制御された超薄マテリアル（Langmuir-Blodgett膜）の前駆体として、電子・光学材料への応用も期待されている。

展開単分子膜においては、膜物質の分子構造や製膜条件（膜の圧縮、下層水の温度やpH、溶存物質など）に依存して膜分子の相互作用のバランスが変化し、二次元の非結晶-結晶状態への転移、結晶膜の中での配列・配向の変化、相分離も含めた自己組織化が起こる。展開単分子膜は、文字通り分子一層分の厚みと量しかないために、以前の単分子膜研究のほとんどは、こ

これらの現象について、主として巨視的物性や固体基板上の移行膜（LB膜）に対する分光学的測定の結果から議論するしかなかった。しかし、近年では蛍光顕微鏡やブリュースター角顕微鏡（BAM）の開発・普及によって、数ミクロンの分解能でその場観察できるようになり、相転移や組織化構造形成の機構、分子間相互作用などに関する多くの知見を得ることができるようになっている。また、単分子膜における分子や原子団の配列・配向についても、紫外・可視や赤外線吸収スペクトル法、ラマンスペクトル法、和周波発生（SFG）スペクトル法、X線・中性子反射率法、斜入射X線回折法などの開発や高感度化により、分子レベルでかなり定量的に評価することが可能になってきた。

気/液界面における両親媒性分子の自己組織化は単分子膜研究の本質であり、今後も継続して研究されてゆくであろう。現状では、自己組織化の現象論的理解、分子レベルでのメカニズム解明が主たるテーマであるが、今後はそれらの知見に基づいた組織化現象そのものの制御、或いはナノからメソスコピックサイズの組織化構造体の広範囲にわたる面内配置制御、更にはそれらの制御法と無機粒子や高分子、生体物質との複合化技術を組み合わせた機能性表面の構築を目指した研究も積極的に展開されることになると期待される。特に、気/液界面での特異的な脂質分子-生体物質間の相互作用を利用した生体膜の機能解明、バイオミメティック材料やバイオインターフェース開発など、生体、医療分野に関連した基盤・応用研究が盛んになると思われる。単分子膜の構造解析という点からは、上に挙げた測定法の更なる高感度化はもとより、展開単分子膜への下層水溶存物質の吸着などの諸現象のダイナミクスを、適切なタイムスケールで定量的な情報によって追跡できる手法の開発が必要となろう。

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

展開単分子膜における自己組織化現象・構造の体系化と制御法の開発

生体膜モデルとしての脂質分子のドメイン形成、相分離などのメカニズムの解明

単分子膜におけるダイナミクスのその場測定法の開発

- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

単分子膜面内規則構造と複合化技術を活用した機能発現

バイオミメティック材料、バイオインターフェースとしての応用

キーワード

気/液界面、展開単分子膜、Langmuir 単分子膜、自己組織化、選択的吸着、バイオミメティック材料、バイオインターフェース

（執筆者：飯村兼一）