

ソフトマター物理としての平面脂質二分子膜形成ダイナミクス

広島市立大学情報科学部 藤原久志¹、藤原昌幸、小山敬弘、石渡孝

1. 緒言

脂質二分子膜は、電解質溶液に入れた仕切り板（隔壁）の穴に人工的に作る事が出来る。その方法は単純で（図 1）、脂質分子を溶かした油滴を穴に付着させ放置するだけで良い[1]。この平面脂質二分子膜（Bilayer Lipid Membrane, BLM）は、生体膜のモデル系として注目され、

チャンネル蛋白質の研究など生理学、生物物理学の研究で広く用いられてきた。しかし改めてその形成過程に注目すれば、液滴中で溶解し無秩序な配向を持つ脂質分子から、秩序だった二分子膜構造が形成される自己集積化現象と見なせることに気付く。この着眼点を出発点とし、電気—画像同時計測により、BLM形成過程を研究している[2]。

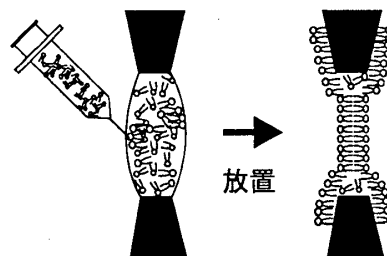


図 1：平面脂質二分子膜形成過程

2. 実験

膜形成溶液は、n-デカン+クロロホルムに卵黄ホスファチジルコリンを加えて作製した。テフロン製二槽式セルに、1M の KCl 水溶液を満たした。セルの隔壁中の小孔（直径約 1 mm）にマイクロシリンジで膜形成液滴を付着・放置し、BLMを形成した。インピーダンスアナライザと白金黒電極により膜の電気容量を測定し、コンピュータ（P C I）に記録した。膜の観察は透過光により行った（光源：500 W 超高压水銀ランプ+450 nm 干渉フィルタ）。膜の画像は長焦点顕微鏡と 210 万画素 CCD カメラの組み合わせで撮影し、もう 1 台のコンピュータ（P C II）のハードディスクにビットマップ画像として記録した。実験は室温で行い、同時計測データの取得速度は 3.6 Hz であった。

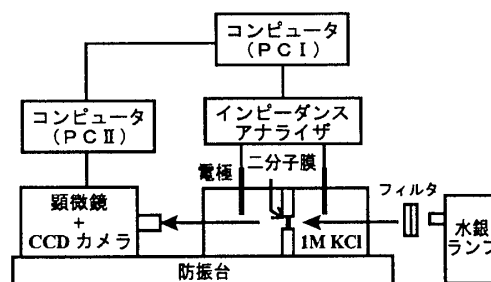


図 2：電気—画像同時計測装置

¹ fhisashi@im.hiroshima-cu.ac.jp

3. 結果・考察

小孔への膜形成液滴の付着・放置直後より、この薄膜（液滴）の電気容量および画像計測を行った（図3）。薄膜の電気容量はゆっくりと上昇した後、144秒付近より急激な増加を示し、280秒付近でこの増加は飽和した。このとき画像観測では、144秒付近で薄膜の下部に新たな領域が出現し、境界面を衝撃波の如く拡大させながら成長して、280秒付近で小孔のほぼ全域を占有した。

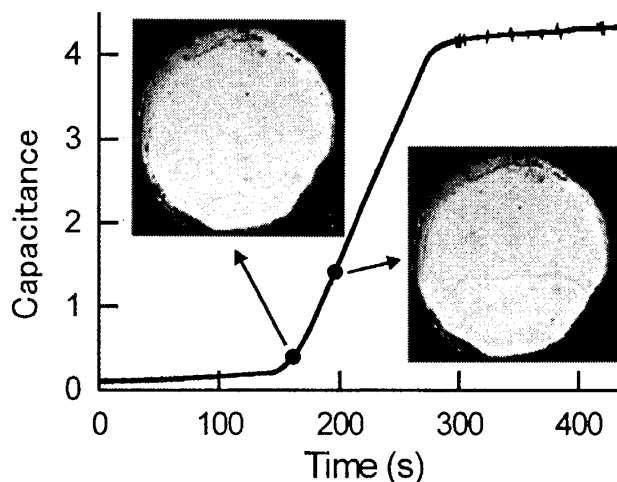


図3：膜形成過程の電気－画像同時計測

出現した新領域の単位面積当りの容量（比容量）を求めたところ、本システムの観測限界に当る $5.3 \times 10^{-6} \text{ cm}^2$ （直径 $26 \mu\text{m}$ の円に相当）以上で値は一定であった（平均 $0.42 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ ）。得られた比容量値は厚み 4 nm に相当し、自発的に出現した新領域が二分子膜構造を保ちながら成長することが明らかとなった。さらに、得られた膜画像をコマ送りで調べ、二分子膜に隣接する領域が二分子膜へと変化し成長することも明らかとなった。すなわち、この二分子膜形成過程は、二次元結晶成長（核生成としての二分子膜形成及びその成長）と見なす事が出来る。

上述のように、BLM形成過程の研究には、構造的組織化（脂質分子の自己集積化）、相転移（二次元結晶成長）が主題として含まれる。さらには、界面ダイナミクス（例えばマランゴニ効果）の関与も予想される。これら三つの主題は、ソフトマター物理学の重要な研究主題である[3, 4]。BLM実験系では、膜形成液滴に対し電解質溶液が「密着電極」として働き、目的とする現象（二分子膜形成）を直接的かつ動的に電気計測できる。光学計測の併用も可能である事から、「BLM実験系がソフトマター物理の1つの有用な実験場である」との新たな視点を主張したい。

参考文献

- [1] H. T. Tien, Bilayer Lipid Membranes (BLM): Theory and Practice (Marcel Dekker, New York, 1974).
- [2] H. Fujiwara, M. Fujihara, and T. Ishiwata, J. Chem. Phys. (to be published).
- [3] S. A. Safran（好村滋行 訳）、コロイドの物理学（吉岡書店、京都、2001）。
- [4] I. W. Hamley（好村、荒木、樹神、森河、福田 共訳）、ソフトマター入門（シュプリンガー・フェラーク東京、東京、2002）。