HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	二次元分子組織を用いた分子素子
Author(s)	下村, 政嗣
Citation	電子科学研究, 1, 69-71
Issue Date	1993
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24284
Type	departmental bulletin paper
File Information	1_P69-71.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

二次元分子組織を用いた分子素子

分子認識素子研究分野　下　村　政　嗣

本研究分野は平成4年度に新設されたものであり、分子配列や配向を思いのままに制御する分子ナノテクノロジーを確立し、分子認識をはじめとする様々な機能を有する分子デバイスとして分子集合体を設計・作製することを研究目的としている。当面の目標は二次元分子集合体、とりわけ二分子膜やLangmuir-Blodgett(LB)膜の高度な組織性に着目してその作製・構造評価法を確立し、分子集合体の特徴を活かした化学センサーや光合成を模倣した超分子光リアクターなどを作製する。本稿では、本研究分野の研究方針と最近の研究例をまとめた。

1．はじめに

生物は多種多様な分子認識と情報伝達を行なっている。例えばアセチルコリンがレセプターに認識受容されると，アデニル酸サイクラーゼの活性化によりサイクリックAMPが増加し，他の酵素系を賦活化することで情報が伝達される。このプロセスは，レセプターによる特異な認識情報がサイクリックAMPの合成による増幅・非特異化を介して他の化学反応系へ変換されたと考えることができる。この機構を模倣すれば，特異的な認識部位と非特異的な情報増幅部・変換部位から構成される分子認識デバイスとしてのセンサーを設計できる。これらの機能をあわせ持った単一の化合物の分子設計と化学合成はかならずしも容易ではなく，また認識されるゲスト分子の多様性を考えると現実的ではない。そこで，それぞれの機能を分子あるいは分子集団に持たせ，各モジュールを効果的に組み合わせる方法を採用する(図1)。この方法はすでに生体膜によって実現されており，チラコイド膜やミトコンドリア膜での色素分子や蛋白質分子の配列と，方向性を持つエネルギーや電子の移動にその範をみることができる。

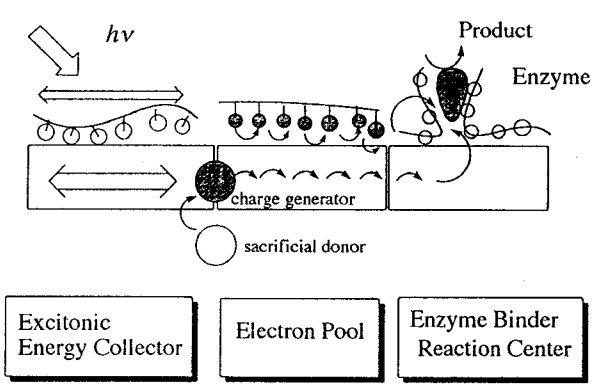

図1　機能性モジュールを組み合わせた人工光合成分子素子の概念モデル

二分子膜や気液界面単分子膜・LB膜などは生体膜類似の分子集合構造を形成する。これらは共通して，(i)二次元方向に秩序性を持つ分子配列，(ii)相転移などで可逆的に変化しうる高度な分子配向，(iii)動的制御が可能な二次元面内での分子分布，などの構造的特徴を有しており分子あるいは分子集団の配列制御が可能である。それゆえに分子認識デバイスの実現化には最も適した材料である[1,2]。

2．機能性モジュールの開発

(1)　認識部位の二次元分子集合体への導入

すでに基質特異性にすぐれた多くのレセプター分子が知られ合成されている。これらの分子を特異的認識機能モジュールとして分子集合体に導入し配列を制御するためには，長鎖アルキル基の導入など化学修飾による配向性の付与が必要となる。

(2) 情報増幅・変換部位の設計

認識部位における受容情報を分子集合体に特徴的な非特異的な特性に変換すれば，認識部位だけを交換することで基質に対する多様性が得られる。また，情報の安定性・高感度化という点では光情報への変換が望ましい。例えば，基質と二分子膜との特異な相互作用が，基質取り込みにより誘発される相分離や膜電位変化のような非特異的な物理特性の変化に変換され，膜あるいはプローブ分子の吸収あるいは蛍光スペクトル変化として感度よく検出できる。あるいは，高度に二次元配向した分子群中で形成された励起子から，きわめて少量のアクセプターにエネルギーが移動する現象を用いることで高感度検出が可能となる。

3．分子分布制御技術の確立

高度に配向した情報増幅・変換モジュール部位に認識モジュールが無秩序に混入すると分子配向が撹乱され，例えば励起子形成などの機能発現が妨げられる。それゆえ分子認識システムとして各モジュールを組み立てるためには，各機能モジュールをランダムに混合するのではなく，分子集合体におけるモジュール間での有機的な結合と空間配列が要求される。しかし現時点では，二次元面内において分子あるいは分子クラスターを思いどうりに配列する技術は確立されていない。そこで，二分子膜や単分子膜・LB膜における相分離現象を支配する諸要因を探り分子分布制御の技術を確立する。具体的には，蛍光顕微鏡や走査トンネル顕微鏡などによる分子クラスターの観察と微小領域の分光分析を組み合わせることで二次元分子薄膜の計測手法を確立し，クラスター形成に及ぼす集合体構成成分や集合体の作製条件などの影響とそれらの相関性を明らかにする。

4．機能モジュールの有機的な結合と分子ナノテクノロジーの確立

特定の機能分子のドメインを高分子化することで他の分子群との混合を抑えたり，水素結合や特異な相互作用などを利用して特定の分子クラスター間での結合を行なう。また，光エネルギー捕集，電子伝達，酵素との電子的コミュニケーションなどを司る機能モジュールから構築される人工光合成などの分子デバイスを作製し，二次元分子集合体における分子分布制御技術の確立がモレキュラーナノテクノロジーの中核的技術として不可欠であることを実証してゆく。

5．最近の研究成果

膜電位感受性色素とバリノマイシンを含むジアルキルリン酸LB膜の蛍光強度がカリウムイオンの濃度の対数に比例して変化することを見いだした(図2)。これは，LB膜へのカリウムイオンの選択的な取り込みに伴う膜電位変化を蛍光強度の変化として検出したものである。さらにLB膜作製条件によっては，イオンとの相互作用によって膜の相状態変化が誘発されその結果として蛍光強度変化がおこることを蛍光顕微鏡による単分子膜の直接観察によって見いだした[3,4]。LB膜の蛍光強度は，センシングの対象とするゲスト分子とそのレセプターとの親和性，マトリックス膜であるLB膜との相互作用(静電的相互作用，疎水的相互作用など)，膜電位変化，さらには光化学的プロセスなどの影響を受ける。すなわち，ホストマトリックスであるLB膜構成分子の化学構造や作製条件，蛍光プローブである膜電位感受性色素の化学構造などを様々に変化させることで，ゲストに対する蛍光応答も多様になるものと期待される。それぞれのホストLB膜に特徴的な蛍光応答が得られれば，いく種類かのホストLB膜からなるマルチチャンネル型オプティカルセンサーを作製し様々なゲストに対する蛍光応答をパターン化し多変量解析処理を施すことでゲストのパターン認識と定量化が可能となる[5]。

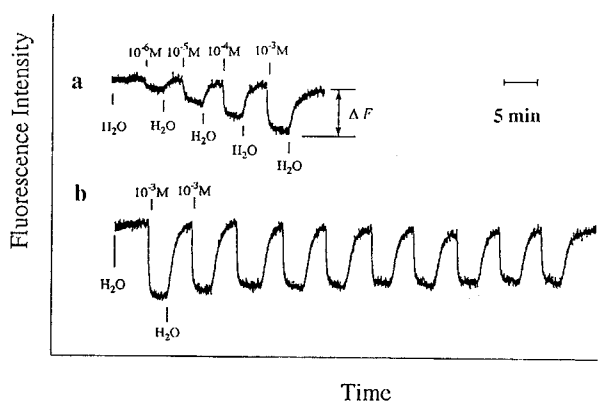

図2 LB膜蛍光のカリウムイオン応答
a．濃度依存性，b．繰り返し応答

【参考文献】

[1] 下村政嗣，固定化二分子膜，有機エレクトロニクス材料研究会編，ぶんしん出版（1990）

[2] M.Shimomura, Prog.Polym.Sci., 18, 295－339 (1993).

[3] M.Shimomura, A.Honma, S.Kondo, N.Tajima, E.Shinohara, K.Koshiishi, *Sensors & Actuators*, B14, 629－631 (1993).

[4] M.Shimomura, S.Kondo, N.Tajima, E.Shinohara, *Sensors and Materials*, 29－39 (1992).

[5] 本間，下村，田島，近藤，篠原，越石，第54回応用物理学会秋季学術講演会予稿集，p.1102（1993）.