

用語解説(27)

『分子集合膜と選択分離膜』

機能性 LB 膜 [Functional LB (Langmuir-Blodgett) Film]

気液界面に形成された単分子膜を適当な基板上に1層ずつ移し取る方法を Langmuir-Blodgett (LB) 法と称する。この手法を用いて、2次元平面内とそれと垂直な方向に機能性分子集団を精密に導入した分子集合体を機能性 LB 膜と呼ぶことができる。

LB 膜の特徴は次の2点に要約できる。(i)分子のオーダーで膜厚が制御できること、(ii)各層ごとに異種分子を導入できることである。分子オーダーの緻密層に着目した効率の高い逆浸透膜を作製しようとする試みがある。(ii)の特徴の応用範囲は広い。LB 膜表面(最外層)の状態を疎水性または親水性に固定化することも容易である。この表面特性を利用して基質透過性がコントロールされている。(ii)の特徴と分子の配向構造に基づいて、生体内の層状組織体における光エネルギーの吸収・伝達および電荷分離などの機構を解明するモデルとしての研究も盛んである。この際、機能性分子として増感色素や染料が用いられている。実用的見地からは、光エネルギーの変換素子として、また機能性発色団を膜分子に導入した LB 膜の分子エレクトロニクスへの応用、さらにはタンパク質の LB 膜は、酵素反応や抗原抗体反応などの生化学的機能の研究にも有用である。

(同志社大工・東 信行)

- 1) 福田清成, 中原弘雄: “分子集合体——その組織化と機能”, 化学総説 40 号 (1983) p. 82.

機能性リポソーム (Functional Liposome)

リポソーム(閉鎖小胞体)の有する構造上の最大の特徴は、2分子膜を隔てた内水層と外水層をもつことである。2分子膜の隔壁能は、各種基質の膜透過機能を制御(リリースコントロール)する上で極めて有用である。例えば2分子膜の基本的な特性である結晶-液晶相転移を利用することによって基質の膜透過性は著しく変化する。相分離状態を用いれば選択的な基質透過性が実現できる。生体膜由来のリン脂質を、分子構造の多様な完全合成2分子膜に拡張すれば、さらに多くの機能性を賦与することが可能であり、まさしく機能性リポソームと呼ぶことができる。

リポソームは非共有結合性分子集合体であるため、その物理的強度に問題がある。事実、生体膜は裏打ちタンパク質やオリゴペプチドで架橋された多糖類などにより物理的に補強され膜機能を果している。このような物理的強度の増大を狙ったリポソームの高分子化とそれに伴う機能性の向上に関する研究も活発になされている。リ

ポソームの実用的応用を考える場合、その固定化フィルムは興味深い。膜水溶液をキャストするだけで2分子膜特性を保持したフィルムが得られることが見出された。この2分子膜フィルムを用いて外部からの刺激(温度, pH, イオンなど)に応答する透過膜も開発されている。

(同志社大工・東 信行)

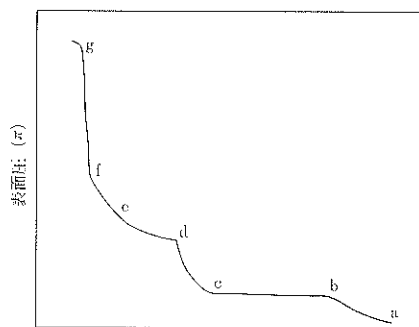
- 1) 園武豊喜, 田伏岩夫, 土田英俊編: “人工細胞へのアプローチ”, 化学増刊 98 号 (1983).
- 2) H. Ringsdorf, B. Schlarb and J. Venzmer: Angew. Chem. 100, 117 (1988).

π -A 曲線 Surface Pressure (π)-Area (A) Curve

1分子中に親水基と疎水基を同時に含む物質(両親媒性物質)を水に不溶で揮発性の高い溶媒に溶かして水面に適下すると、分子が1層だけ並んだ膜(気液界面単分子膜)ができる。水面上に適下された両親媒性分子は、まず水の表面積が十分大きく分子間に相互作用のない状態をとる。水面を仕切る板(バリアー)を動かして表面積を縮めると、しだいに分子間相互作用が表われ、最後に親水基を水側に疎水基を空気側に向けて規則正しく並んだ配向(凝縮)単分子膜ができる。このような2次元水面上での分子状態は、通常一定温度での分子1個当りの占有面積(A)に対する表面圧(π)の変化で表わされ、これを表面圧-面積曲線(π -A 曲線)と呼ぶ(図1)。一般に、面積の大きな ab 領域では2次元気体状態であり、bc で液化がおこるとされている。さらに圧縮すると液体膨張膜 cd をへて中間膜 de、液体凝縮膜 ef となり、2次元固体 fg と変化する。最近では、低圧領域でも分子が集合しているとする“Island”モデルが提案されている。

(同志社大工・東 信行)

- 1) 福田清成, 石井淑夫: “新実験化学講座 18” (丸善, 1977) p. 439.
- 2) 竹中 亨: “機能性有機薄膜”, 化学総説 45 号 (1984) p. 60.



分子占有面積 (A)

図1 典型的な表面圧-面積曲線

イオン交換膜 (Ion-Exchange Membrane)

イオン交換能を有する官能基を持つ膜をイオン交換膜と呼び、その機能によって陽イオン交換膜、陰イオン交換膜および両性膜とに大別できる。陽イオン交換膜には陰電荷を持つ官能基が膜中に固定され、かつ微細な孔があけられている。したがって、陽イオン交換膜を透過できるものはほぼ陽イオンだけであり、陰イオンは膜中に

TECHNICAL TERMS (27)

固定された陰電荷の反発を受け、陽イオン交換膜を透過するのを阻止される。逆に陰イオン交換膜は膜中に陽電荷を持つ官能基が固定されていることによって、陰イオンの選択透過性が発揮される。

陽イオン交換膜と陰イオン交換膜とを交互に並べ、その間に電解質水溶液を供給しながら通電すると、膜を介して脱塩室と濃縮室が形成され、電解質の脱塩と濃縮が行われる。このプロセスを電気透析と呼び、印加電圧のもとで陽イオンは陽イオン交換膜を透過し、陰イオンは陰イオン交換膜を透過することを利用するものである。

電気透析に広く実用化されているイオン交換膜は、ステレンとジビニルベンゼンを主体とした炭化水素系有機高分子膜であり、陽イオン交換膜の交換基がスルホン酸基、陰イオン交換膜の交換基が第4級アンモニウム塩基のものが最も広く用いられている。

(花王株式会社・高橋広通)

- 1) 八幡屋正：“エンジニアのためのイオン交換膜”(共立出版, 1982).

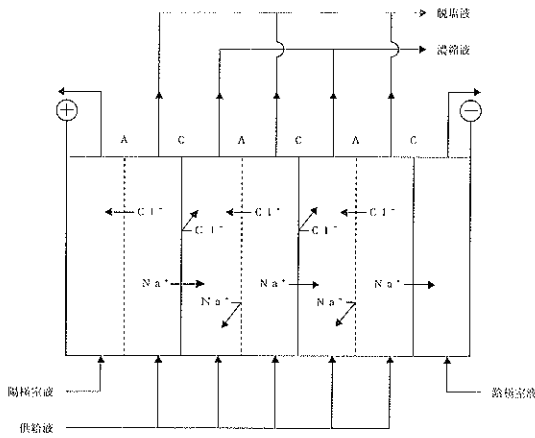


図2 電気透析

MF (精密ろ過, Microfiltration)

膜の孔径が 10 nm から数 μm の膜を用いて、流体中の粒子を分離する方法を精密ろ過という。膜の素材としては、多孔質ガラス、ガラス繊維、ステンレス金網や繊維、セラミックス焼結体、金属微粒子の焼結体、ナイロン、ポリプロピレン、ポリサルホン、四フッ化エチレン、ポリエステル、酢酸セルロース等が使用されている。

処理対象物質が MF 膜を通過するか否かは、主として膜の孔径と処理対象物質の大きさによって決まるが、さらに、同一孔径、同一の大きさの処理対象物質であってもそれぞれの極性などの特性によって除去率が異なる。したがって、最近では、膜に極性を付与してろ過効果あるいは選択性を向上させたものが増えつつある。

精密ろ過の駆動力は流体にかかる圧力であるが、流体の流れの方向により垂直ろ過(全液ろ過)と平行ろ過(クロスフローろ過)とに大別できる。平行ろ過では汚滓が膜面に積層されにくいので、長時間の連続ろ過

が可能である。

水溶液や有機溶媒の清澄ろ過、細菌類の検出、定量、除去、気体の浄化、治療用および血漿採取用血漿分離などに精密ろ過は広く利用されている。

(花王株式会社・高橋広通)

- 1) 大矢剛彦：“膜利用技術ハンドブック”(幸書房, 1978).

モザイク荷電膜 (Charge-Mosaic Membrane)

イオン交換膜は電気透析法を用いてイオン選択透過膜となり、大きさが似通った物質をその電荷の有無によって分離することができる。モザイク荷電膜はイオン交換膜の一種であり、陽イオン交換基をもつ領域と陰イオン交換基をもつそれとが1枚の膜内において互いに分け隔てられていて、それらの領域が膜の表面から裏面に貫通している膜である。このような膜を使って電解質溶液の透析を行うと、陽イオン交換領域を陽イオンが、陰イオン交換領域を陰イオンが透過し、結果として電解質(塩)が透過する。また、それぞれの領域内でのイオンの化学ポテンシャルは溶液中のそれよりも小さいため、イオンのみが膜中に積極的に取り込まれ、非電解質よりも電解質の輸送が速く起る。この現象を利用することによって、モザイク荷電膜は既存の膜分離技術では不可能な電解質溶液の濃縮を可能にする圧透析膜、あるいは電解質と低分子量非電解質の混合溶液からそれぞれの分離やアミノ酸などの両性電解質の分離・精製の可能な透析膜などになる。

(花王株式会社・高橋広通)

- 1) O. Kedem and A. Katchalsky: Trans. Faraday Soc. 59, 1918, 1931 (1963).
- 2) 宮木義行, 藤本輝雄: 膜 8, 212 (1983).

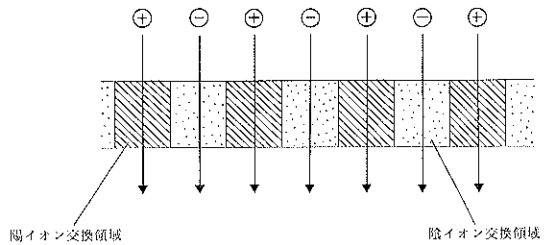


図3 モザイク荷電膜の電解質透過機構

第10巻第1~10号の“用語解説”は材料シリーズです。

近年の材料開発のスピードはめざましいものがあります。またレパートリとしても無機、有機材料に加えて複合、ハイブリッド、バイオ材料などの新素材が身近なものとして使われるようになりました。10巻ではこれらの材料に関する用語解説を扱うことにいたします。1~3号は有機、バイオといった“やわらかい材料”を紹介いたします。ご愛読いただければ幸いです。

いつでも会員の皆様からのリクエストを歓迎いたします。“こんな材料、こんな性質、…”など知りたいこと、興味あることなどがございましたら、ご遠慮なく事務局までご一報下さい。