

ナイトセッション

” Does the interfacial tension exist for membranes in solution? ”

オーガナイザ 佐賀医科大学物理、末崎幸生

ナイトセッション提案趣旨説明

8月5日午後6時から、表記のテーマで自由参加のナイトセッションを行ったが、企画した者として先ずその提案趣旨を簡単に説明したのでそれを要約しておく。提案者は理論を生業としているがこの膜の分野での論文を読んでいて、溶液中の膜の数学的記述をするとき

$$U_i = \gamma \int dS \quad (1)$$

という形の界面張力エネルギー項を書き下して議論を始めることが多い。実は(1)式のようにエネルギーが書き下すことができるためには、微小の面積変化に対して、張力を一定にさせるような界面の分子のリザーバが保証されていて始めて意味を持つことは自明である。しかし、多くの論文の中にはそのことを深く認識しないで(1)式を書いているとしか思えない論文がかなりある。特に溶液中に自発的に形成された膜には、界面張力がないから自発的に膜を形成すると解釈できる。筆者は、水中のテフロン穴の中に張った脂質の2分子黒膜の界面張力を測定した Tien の美しいまでの見事な実験結果のグラフを見て、この膜の物理に魅せられて今日に至っている。その測定結果は図1の如くである。即ち、界面張力はその黒膜を形成する脂質の溶液中の濃度の対数に対して見事に直線的に減少し、終にはゼロになるのである。[1]

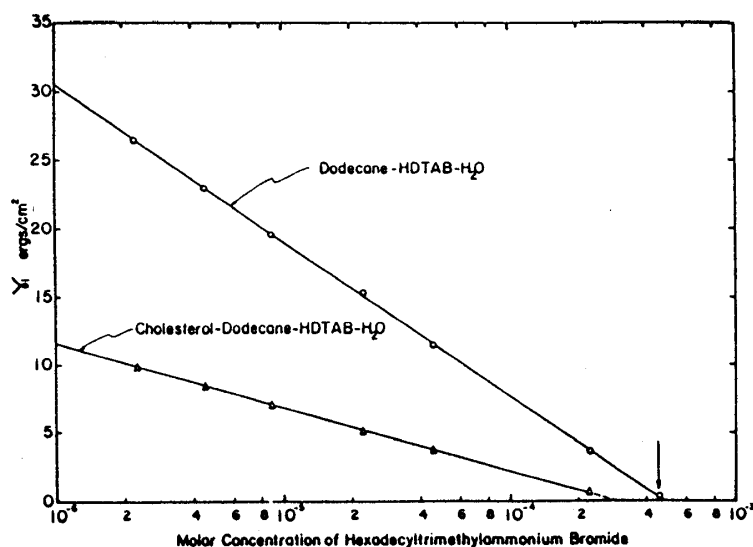


図 1

定量的には示されていないが、ゼロになる濃度はその脂質の臨界ミセル濃度に近い。筆者はこの事実から、黒膜が溶液と吸着平衡にあることを知り、その理論的計算を試みたがその結果、黒膜が準安定で過飽和な液膜であるという結果を得た [2]。それ以来、図1の濃度の高い領域では、界面張力ゼロの膜が自発的に形成されるということを単純に信じるようになったが、ゼロであると信じている膜の張力を簡単に(1)式のように書き下して計

算されると非常に戸惑うのである。皆さんどう考えておられますか？

議論

これに対しておよそ2時間にわたって議論が出たがその一部を紹介したい。以上の提案趣旨に対して口火を切った Dr. Kim は、ゼロかどうかは分からないが非常に小さいということは言えると、マイクロエマルジョンの温度による相逆転現象を例にとって見解を述べた。溶液中の膜の界面張力については何ともいえないと言った。後で気がついたが、実験物理学者としての彼にとって、界面張力はあくまでマクロな界面で働く、測定できる張力という解釈をしていることである。確かに直接測定できないミクロな膜の張力を議論しても意味が薄いということはある。

好村氏は Schulmann & Montagne のマイクロエマルジョンについての明快な界面張力ゼロの解釈をした論文を紹介して、マイクロエマルジョン系では張力は存在しないのではないかという見解を示した。Schulmann & Montagne の論文とは、界面活性剤があるときの油水界面の界面張力 γ は

$$\gamma = \gamma_{o/w} - \Pi \quad (2)$$

と表わされるというのである。 $\gamma_{o/w}$ と Π は油水界面の界面張力とラングニューア単分子膜の界面圧力である。 γ が負になるときマイクロエマルジョンが自発的に形成されて安定であるというものである。その後、ミセルに界面張力が存在するという議論が出たが、提案者（末崎）はやはり界面張力はあくまでマクロな概念であり、確かではないが、ミセルに張力を仮定するのは不自然な感じがあるという感想を述べた。さらに Schulmann & Montagne の議論は分かるが、マイクロエマルジョンの中性子散乱実験などのデータ解析において波数の2乗の係数が観測されていて、これは界面張力に由来するとして解釈されているが、Schulmann & Montagne の議論と見かけ上矛盾するように見えるという意見に対しては明確な解釈や議論は出なかった。このことは今後の問題として残るであろう。

低分子の溶媒への溶解現象を説明するのに（例えばメタノールの水への溶解）、いわば自発的に溶解して界面積を確保するのに、大きい界面エネルギーが存在するという事実があるという加藤直氏の指摘があった。この一見矛盾する事実に対しては明確な指摘はなかったが、この報告をまとめていく過程で以下のように考えたので見解を述べておく。やはり界面張力はマクロな概念であり、溶解した低分子自身の表面積は変えられないので、界面エネルギーとしては定義できるが界面張力とは異なるものであろう。

結語

このセッションで明快な結論は出なかったが、活発な討議をして載いて感謝している旨の提案者の挨拶で終わった。結局、ベシクルやマイクロエマルジョンなどの直接観測出来ない界面張力を明確に定義して議論することには問題があり、限度があるのかもしれない。余計なことだが、最近膜系に限らず手早く面白い現象を説明するために、安易にパラメータを仮定して見かけ上説明してみせるモデル計算が多いと感じ、そんなものは似て非なるものにしか過ぎないし、長く生き残りもしないに違いないと考えるのは年のせいだろうか。このセッションの目的が、計算する前に仮定した定数の意味や適用限界を吟味して考えてましようということであったので、提案者として議論して戴いた皆さんに感謝したい。

参考文献

- [1] H. Ti Tien, in Bilayer Lipid Membranes (Theory and Practice), p59, Marcel Dekker, New York (1974).
- [2] Y. Suezaki, Statistical mechanical analysis of interfacial tension of black lipid membrane, J. Theor. Biol. 71, 279-294 (1978)
- [3] J. H. Schulmann & J. B. Montagne, Ann. N.Y. Acad. Sci., 92, 366 (1961).