Control of molecular condition by ultrasonic vibration at constant electric field

一定電界印加時における超音波振動によるLB分子配向制御

Masaya IKEDA and Sadao UEGUSA

Department of Electrical Engineering, Tokai University, 1117 Kitakaname,
Hiratsuka Kanagawa, 259-1292, Japan, TEL: +81-0463-58-1211 (EXT.4162), FAX: 81-0463-59-4014

Tsutomu MIYASAKA

Material, Graduate School of Engineering, Toin University of Yokohama
1614 Kurogane-cho, Aoba-ku, Yokohama, Kanagawa 225-8502, Japan

Kenichiro NAKAMURA

Department of Optical Engineering, Tokai University, 1117 Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa,
259-1292, Japan, TEL: +81-0463-58-1211

Takanobu KUMAMOTO

Department of Chemistry, Tokai University, 1117 Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa,
259-1292, Japan, TEL: +81-0463-58-1211

(Received 15, November 2002 Accepted 20, January 2003)

When the making of LB film with Merocyanine Dye, mixing of Arachidic acid stabilize the LB film. However, an electronic performance improves more by making only Merocyanine. Therefore, it is necessary to make the film stabilize only in Merocyanine simple substance. For this purpose, the control technology of molecular condition was developed by electric field and ultrasonic vibration. Moreover, the state of controlled molecule was examined with the π -A curve.

Keywords: L/LB film, Controlled molecule condition, electric field, Ultrasonic vibration, Jband

I. INTRODUCTION

p 形半導体的特性を有するメロシアニン色素 (Merocyanine NK-2684:MC) を LB 膜として製膜する場合、アラキジン酸 (Arachidic acid:AA) と混合することにより、安定な製膜ができることが知られている。しかし、AA は絶縁特性を有する分子であり、その混合により電子機能性は低下することになる。したがって、この電子機能性を最大限に発揮させる分子の配向条件は、MC 分子単独で、かつ親水基が密着して並び、疎水基が規則的に傾いて配向した J 会合体 (Jband) の状態で製膜することである。このメロシアニン LB 膜としてこの状態の膜が、最も優れた電子機能性を有するであろうと考えられる。

メロシアニンの親・疎水基間の分子双極子モーメント μ は、式(1)から 4.852 debye と計算される。

$$\mu = q \cdot l \quad (1)$$

これは水分子の 2 倍以上を有している。これにより、水面上の単分膜を電界印加の下で製膜し、メロシアニン単独分子 LB 膜において J 会合体の存在を示す光吸収ピークの確認に成功した。¹

それは、電界印加で分子配向をさせていることの証明になるが、J 会合体の吸収ピークそのものは混合膜と比較し、上回ることができなかった。

Fig.1. Control system of LB.

そこで本稿では、新たに電界印加と超音波振動 (ultrasonic:U.S) による配向制御を考案した。すなわち、超音波振動を加えることは、水面上の分子展開時の分子凝集による島構造が原因となる L 膜中のピンホールの解消、および疎水基どうしの絡みを解消可能と考え、水面上 L 膜の分子配向状態を π -A 曲線から検討した。

II. EXPERIMENTAL

Figure1 に示すように超音波振動子 ((株) トーキン製、共振周波数 50.6kHz) を有する箱状電極を LB トラフ水水面下に、またそれと平行な平板電極を空气中に配置し、LB トラフ内の蒸留水面に MC 分子を展開した。その後、任意の電界を印加後、ファンクションジェネレータ (FG) に接続した増幅器出力で超音波振動子を駆動した。超音波振動を 60 秒間加えた後、両電源を切断

Fig.2. π -A curve of Merocyanine.

し、 π -A 曲線を測定した。

実験パラメータは、印加電界を $E=7.5\text{kV/m}$ 一定とし、超音波振動子に与える FG の出力電圧を 100,200,375,750 そして 1500mV とし π -A 曲線を測定した。またその結果を、電界および超音波による制御なしの π -A 曲線と比較検討した。

III. RESULT

水面上にメロシアン分子を展開した場合、分子の疎水基は一般に Fig.1 のように乱雑な方向を向き、疎水基どうしが接触し、絡んでいる状態にあると考えられる。この状態で表面圧を加えた場合、親水基どうしが離れた状態で圧縮され、同一表面圧での分子占有面積が大きい状態で配向される可能性がある。

前節の実験方法に従った π -A 曲線の測定結果を Fig.2 に示す。同図から、配向制御しない場合と比較し、FG 出力電圧 100,200 そして 375mV における同一表面圧あたりの占有面積が低下した。また、FG 出力 1500mV においては逆に上昇の傾向を示した。

FG 出力 750mV 以下の場合、水面の分子とおしの絡み合いが超音波振動により開放されつつ、分子が両電極間の電界で水面に対し垂直方向の配向トルクが与えられた効果が生じたと考えられる。また、FG 出力 100,200,375mV の場合は、同一表面圧 π に対する占有面積 A が、超音波振動なしの場合と比較し低下してい

Fig.3. Molecule occupation area pressure of film.

Fig.4. Increase and decrease pressure of film.

る。これは、分子に電界印加による配向トルクを加えつつ、超音波振動させることで、隣接部分どうしの疎水基の絡み合いを解きつつ配向したと考えられる。

また逆に、FG 出力 750,1500mV では、超音波振動なしの場合と比較し、表面圧が上昇している。これは分子に与える振動が電界による配向トルクを上回ったためと考えられる。すなわち、それにより水面上の分子が混乱状態となり、隣接分子の疎水基どうしが超音波振動なしの場合以上に接触し、絡み合っていることが考えられる。

Fig.3 は、Fig.2 を書き改め、同一表面圧における、FG 出力に対する分子占有面積の関係を示す。さらに、印加電界と FG 出力ゼロの状態ける各表面圧の値を 0%とした増減率を縦軸に示したのが Fig.4 である。

Fig.3 から、それぞれ分子配向制御をすることで、同一表面圧における、平均分子占有面積が変化することが明らかである。Fig.4 から、超音波なしの場合に比べ、FG 出力 200mV 付近で各曲線の極小点が存在する。表面圧 34mN/m,FG 出力 200mV で最も低下し、その減少率は約 12%であった。

IV. CONCLUSION

本実験の結果から、以下の事項が明らかとなった。

- (1) 電界印加と水面の超音波振動による分子の配向制御の結果、同一表面圧における分子占有面積が、無配向制御時と比較し、最大 12%の減少を見た。
- (2) その原因の 1 つは、水面上の LB 分子に対し垂直方向の電界印加は、分子の双極子モーメントに作用し、分子の方向が電界方向に向かうトルクを生じさせた。
- (3) その 2 つ目は、水面に展開した LB 分子を超音波振動させることにより、水面における分子凝集に起因する L 膜のピンホールを解消させる働きをした。

REFERENCE

- ¹T.Terao, Physical-properties analysis and molecule electric field control theory of an organic coloring-matter L/LB film. Master paper of Tokai University 2001