

可溶性鉛フタロシアニンの電荷移動準位

柳 秀一<sup>†</sup> 和田 達夫<sup>††</sup> 雀部 博之<sup>††</sup> 佐々木 敬介<sup>†</sup>

Charge Transfer State of Soluble Lead Phthalocyanine

Shuichi YANAGI<sup>†</sup>, Tatsuo WADA<sup>††</sup>, Hiroyuki SASABE<sup>††</sup>, and Keisuke SASAKI<sup>†</sup>

あらまし 吸収、電場変調スペクトルを波形分離することにより、可溶性鉛フタロシアニンをポリマーにドーブした薄膜の近赤外域に存在する電荷移動準位の検討を行った。この近赤外域の電荷移動は、フタロシアニン分子のコフェイシャルなパッキング状態下において起こり、電荷はフタロシアニン環平面に垂直な方向に移動している、ということを示す結果が得られた。

キーワード フタロシアニン、電荷移動、3次非線形感受率、電場変調スペクトル、波形分離

1. まえがき

フタロシアニンは大きな3次非線形光学応答を示すことから、その光学特性が広く研究されている。フタロシアニンは図1に示すような分子構造を有し、中心に種々の金属を配位することができる。中心金属のイオン半径が小さい場合には図2(a)に示すような平面構造を有し[1], [2], イオン半径が大きな金属が配位する場合にはフタロシアニン環がひずみ図2(b)に示すようなシャトルコック構造を有するようになる[1], [3]。フタロシアニンの光学特性は、フタロシアニン環のπ電子の寄与が支配的であるために、単量体の場合には中心金属によらずほぼ同様の傾向を示す[4]。しかし、薄膜中においてフタロシアニンは、分子会合の影響により単量体のときとは異なる光学特性を示すようになる。分子構造の違いにより分子会合の状態が異なるので、平面構造フタロシアニンとシャトルコック構造フタロシアニンとは異なる光学特性を示す。従って、フタロシアニン薄膜の光学特性を評価する場合には、分子会合がどのように線形、非線形光学特性に影響を与えるのかを検討することが重要となる。分子会合の影響は、吸収ピークのシフトやブロードニングとして観測

されるので、非線形光学特性も波長分散として評価する必要がある。電場変調分光法は、3次非線形感受率( $\chi^{(3)}(-\omega; \omega, 0, 0)$ )をスペクトルとして求めることができる[5]ので、光学特性の会合状態依存性を評価する手段として有用な測定方法である。

以前我々は、*tert*-butyl (*t*-bu:  $-C_4H_9$ )置換基を有する可溶性ニッケル、鉛フタロシアニン ( $NiPc(t\text{-}bu)_4$ ,  $PbPc(t\text{-}bu)_4$ ) を poly(methyl methacrylate) (PMMA) にドーブした薄膜の吸収、電場変調スペクトルを測定し、フタロシアニンの分子会合が線形、非線形光学特性に与える影響について検討を行った[6]。その結果、 $NiPc(t\text{-}bu)_4/PMMA$  薄膜と  $PbPc(t\text{-}bu)_4/PMMA$  薄膜とは異なる吸収、電場変調スペクトルが観測された。これは、 $NiPc$  が平面構造を有する[2]のに対し、 $PbPc$  がシャトルコック構造を有する[3]ことが原因と考えられる。ドーブ濃度が10 wt% の場合、 $PbPc(t\text{-}bu)_4/PMMA$  薄膜の  $\chi^{(3)}(-\omega; \omega, 0, 0)$  ( $-8 \times 10^{-12}$  esu) は  $NiPc(t\text{-}bu)_4/PMMA$  薄膜 ( $-2 \times 10^{-13}$  esu) よりも10倍以上大きな値が得られた[6]。これは、 $PbPc(t\text{-}bu)_4/PMMA$  薄膜において電荷移動準位が形成されたことが原因であると示唆された[6]。電荷移動準位は大きな3次非線形性を発現させる役割を担っており、10 wt%  $PbPc(t\text{-}bu)_4/PMMA$  薄膜において  $6 \times 10^5$  V/cm の電界印加によって  $10^4$  オーダの屈折率変化が得られる。方向性結合器などの光スイッチングでは、 $10^4$  オーダの屈折率変化は十分にスイッチングを達成できるレベルであり、更にポリマードープ膜であるために加工性の面で優れている。また、このような大きな屈折率変化は

<sup>†</sup> 慶應義塾大学理工学部物質科学科, 横浜市  
Faculty of Science and Technology, Keio University, Yokohama-shi,  
223 Japan

<sup>††</sup> 理化学研究所フロンティア, 和光市  
Frontier Research Program, The Institute of Physical and Chemical  
Research (RIKEN), Wako-shi, 351-01 Japan

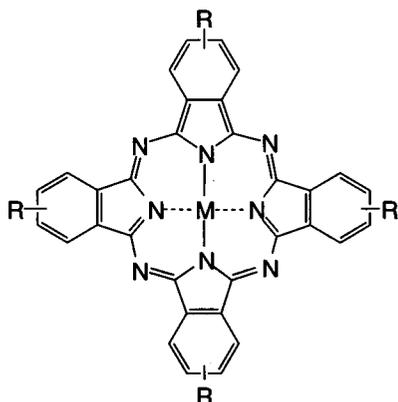


図1 フタロシアニンの分子構造; M: 中心金属, R: 置換基  
Fig.1 Molecular structure of phthalocyanine; M: central metal, R: substituent.

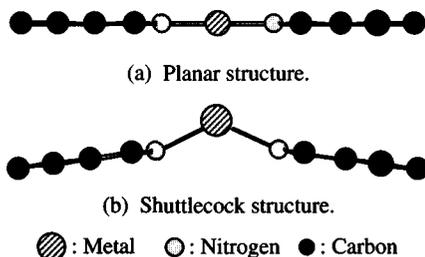


図2 中心金属の違いによる異なるフタロシアニンの分子構造  
Fig.2 Different molecular structures of phthalocyanine depending on central metal.

DC カー効果によるものなので、ポッケルス効果を利用した場合と異なりポーリング処理を必要としないため、光学素子への応用に有利である。そこで、本論文では  $\text{PbPc}(t\text{-bu})_4$  の電荷移動準位について更に詳細に検討を行う。

## 2. 電場変調スペクトル

電場変調スペクトルは、電界 ( $F$ ) を印加したときと印加していないときとの吸収係数の差 ( $\Delta\alpha$ ) スペクトルであり、有機材料の場合には一般的にもとの吸収係数 ( $\alpha$ ) の光エネルギー ( $E$ ) に関する1次微分と2次微分とにより次式のように表される[7].

$$\Delta\alpha = \frac{\partial\alpha}{\partial E}\Delta E + \frac{1}{2}\frac{\partial^2\alpha}{\partial E^2}\Delta E^2 \quad (1)$$

ここで、 $\Delta E$  は電界印加による遷移エネルギー変化である。1次微分として電場変調スペクトルに寄与する成

分はフレンケル励起子に由来する吸収成分であり、2次微分として寄与する成分は電荷移動励起子に由来する吸収成分であることが知られている[7]. 電荷移動励起子に関する成分に注目すると、基底状態の双極子モーメントは励起状態の双極子モーメントに比べ小さいので、 $\Delta\alpha$  は励起状態の双極子モーメント ( $\mu_e$ ) を用いて次式のように表される[7].

$$\Delta\alpha(F) = \frac{1}{6}(\mu_e F)^2 \frac{\partial^2\alpha}{\partial E^2} \quad (2)$$

吸収スペクトルは一般にガウス関数 ( $G$ ) の重ね合せにより近似される。ガウス関数は振幅 ( $A$ )、ピーク位置 ( $E_0$ )、半値半幅 ( $W$ ) の三つのパラメータを用いてエネルギーの関数として、

$$G(E) = A \exp\left[-\ln 2 \left(\frac{E-E_0}{W}\right)^2\right] \quad (3)$$

と表される。

双極子モーメントは有効移動電荷 ( $q$ ) と電荷移動距離 ( $r_{CT}$ ) により、

$$\mu_e = qr_{CT} \quad (4)$$

と表すことができる[7].

電荷移動吸収成分のピーク位置 ( $E_0$ ) は電荷間のクーロンポテンシャルを反映するので静電単位系においては、 $r_{CT}$  と次のような関係にある[7].

$$\begin{aligned} E_0 &= E_g - E_b \\ E_b &= \frac{q^2}{\epsilon r_{CT}} \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、 $E_g$  はエネルギーギャップであり、 $E_b$  は電荷の束縛エネルギー、 $\epsilon$  は誘電率である。また、有効移動電荷は半値半幅と相関があり、半値半幅が大きいたときには有効移動電荷は大きく、半値半幅が小さいときには有効移動電荷は小さくなるという関係にある[7].

## 3. 電荷移動準位

### 3.1 電荷移動の濃度依存性

図3、図4にそれぞれ1 wt%  $\text{PbPc}(t\text{-bu})_4/\text{PMMA}$  薄膜の吸収スペクトルと電場変調スペクトルを示す。図3の吸収スペクトルの715 nm 付近のピークは単量体のQ-バンドであり、その短波長側の660 nm と長波長側の770 nm とに吸収が存在する。これらの単量体Q-バンドの長、短波長側の吸収成分は単量体の吸収スペクトルには観測されないことから[6]、分子会合によるものと

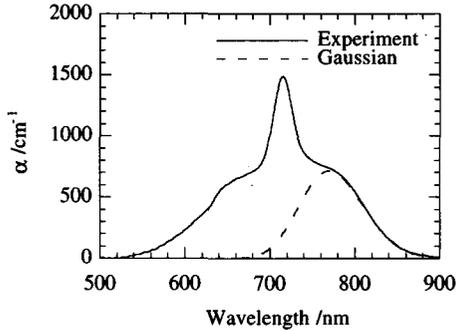


図3 1 wt% PbPc(t-bu)<sub>4</sub>/PMMA の吸収スペクトルと電荷移動成分のガウス関数分離波形  
 Fig. 3 Absorption spectrum of 1 wt% PbPc(t-bu)<sub>4</sub>/PMMA and deconvoluted gaussian of charge transfer component.

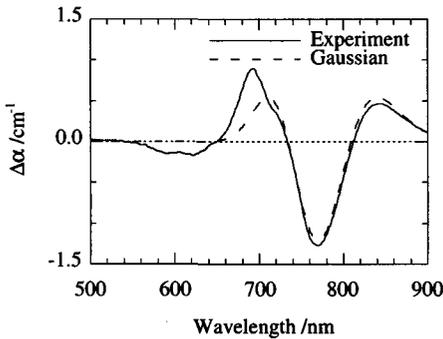


図4 1 wt% PbPc(t-bu)<sub>4</sub>/PMMA の電場変調スペクトルと電荷移動成分のガウス関数の2次微分  
 Fig. 4 Electroabsorption spectrum of 1 wt% PbPc(t-bu)<sub>4</sub>/PMMA and the 2nd derivative of gaussian of charge transfer component.

考えられる。図3の点線は、長波長側の770 nm 付近の吸収成分のガウス関数分離波形であり、図4に点線で示してあるように2次微分として電場変調スペクトルに寄与している。従って、この770 nm 付近にピークを有する吸収成分は電荷移動による吸収であると言える。PbPc(t-bu)<sub>4</sub> の単量体の吸収スペクトルには770 nm 付近に吸収成分は観測されなかった[6]ことから、PbPc(t-bu)<sub>4</sub> のPMMA 薄膜中における電荷移動は、会合状態にあるPbPc(t-bu)<sub>4</sub> 分子間での電荷移動と予想される。以下に、0.1 ~ 10 wt% のPbPc(t-bu)<sub>4</sub>/PMMA 薄膜の電荷移動吸収成分のガウス関数分離波形のパラメータを用いて、分子会合により形成された電荷移動準位の検討を行う。

図5, 図6にそれぞれ、ピーク位置 ( $E_0$ )、半値半幅 ( $W$ ) のドーピング濃度依存性を示す。図5, 図6の縦軸の範囲は半値全幅程度 (0.2 eV) であることを考えると、

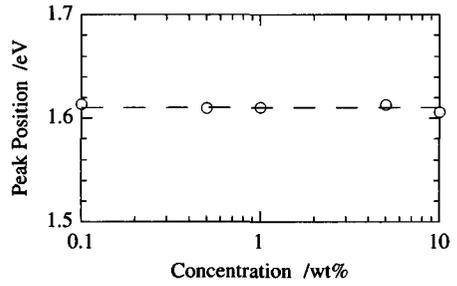


図5 電荷移動吸収成分のガウス関数分離波形のピーク位置のドーピング濃度依存性  
 Fig. 5 Concentration dependence of peak position of deconvoluted gaussian of charge transfer component.

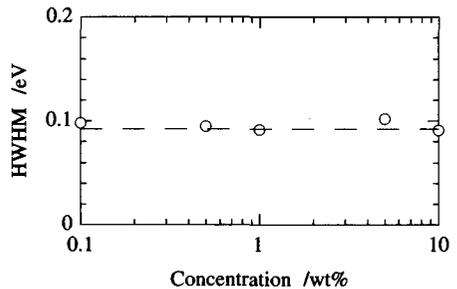


図6 電荷移動吸収成分のガウス関数分離波形の半値半幅 (HWHM) のドーピング濃度依存性  
 Fig. 6 Concentration dependence of half width of half maxima (HWHM) of deconvoluted gaussian of charge transfer component.

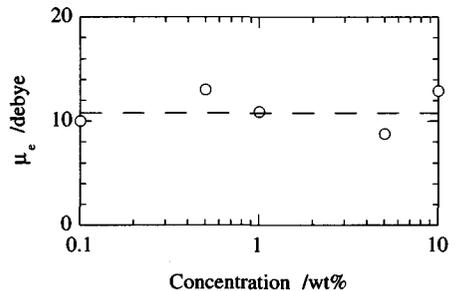


図7 双極子モーメントのドーピング濃度依存性  
 Fig. 7 Concentration dependence of dipole moment.

ピーク位置、半値半幅ともに濃度によらずほぼ一定であると言える。半値半幅が濃度によらず一定であることから、有効移動電荷 ( $q$ ) もドーピング濃度に依存しないと考えられる。更に、ピーク位置が濃度によらず一定であることから、式(5)より、電荷移動距離 ( $r_{CT}$ ) も濃度によらず一定であると考えられる。従って、式(4)

より双極子モーメントも濃度によらず一定であることが予想される。双極子モーメントは、電場変調スペクトルのガウス関数の2次微分の波形分離の係数を用いて、式(2)より直接求めることができる。式(2)を用いて求めた双極子モーメントのドーブ濃度依存性を図7に示す。双極子モーメントの値はピーク位置、半値半幅に比べてばらつきが大きかったが、濃度の関数として表されるような変化は観測されず、約11 debyeを中心にランダムに分布している。これは、双極子モーメントを求める際に用いたガウス関数の2次微分の係数は、吸収スペクトルの振幅(A)と電場変調スペクトルの振幅との比が大きき影響するために大きな誤差が含まれたためと思われる。従って、双極子モーメントもドーブ濃度による変化はしていないと考えられる。

このように、双極子モーメント、電荷移動距離、ピーク位置等がドーブ濃度によらず一定であることが示唆されたことから、PbPc(t-bu)<sub>4</sub>のPMMA薄膜中における電荷移動状態はドーブ濃度によらず変化していないと考えられる。つまり、PbPc(t-bu)<sub>4</sub>は会合状態において電荷移動錯体のような安定なユニットを形成しているものと考えられる。従って、PMMA薄膜中におけるPbPc(t-bu)<sub>4</sub>の電荷移動には、ある特定のパッキングが重要な役割を果たしていることが予想される。

### 3.2 PbPc(t-bu)<sub>4</sub>のパッキング

先に述べたように、PMMA薄膜中におけるPbPc(t-bu)<sub>4</sub>の分子会合による吸収は、単量体のQ-バンドの短波長側(660 nm)にも観測された。エキシトンモデルによれば[8]、このような単量体の吸収の短波長側に現れる吸収は、図8に示すようなコフェイシャルな分子配置にあるPbPc(t-bu)<sub>4</sub>分子間の双極子-双極子相互作用によるものである。この単量体Q-バンドの短波長側の吸収成分は、単量体Q-バンドの長波長側の電荷移動吸収成分と同様にドーブ濃度が高くなるにつれて

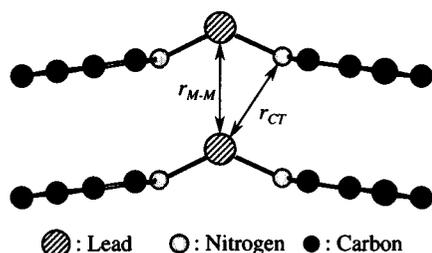


図8 コフェイシャル分子配置  
Fig.8 Co-facial molecular arrangement.

その吸収強度が大きくなっている。従って、これらの単量体Q-バンドの長、短波長側の吸収成分は同じパッキング状態にあるPbPc(t-bu)<sub>4</sub>による吸収であることが予想される。コフェイシャルな分子配置は単斜晶系のPbPc蒸着膜の結晶構造[3]と類似点があり、PMMA薄膜中においても安定な状態にあると考えられる。このような分子間のコフェイシャルな双極子-双極子相互作用による吸収ピークの単量体吸収ピークからのブルーシフト量( $\Delta E_{blue}$ )は、中心金属間距離( $r_{M-M}$ )を用いて、

$$\Delta E_{blue} = \frac{|M|^2}{r_{M-M}^3} \cos \phi \quad (6)$$

のように表される[8]。ここで、Mは単量体の遷移双極子モーメント、 $\phi$ は隣り合うフタロシアニン環土の回転角である。図9に単量体Q-バンドの短波長側の吸収成分のピーク位置のドーブ濃度依存性を示す。低濃度において若干のばらつきがあるが、1 wt%以上ではほぼ一致しており、縦軸の範囲(半値全幅程度)を考慮すると、短波長側吸収成分の単量体Q-バンドからのブルーシフト量は濃度によらず一定であり、式(6)より中心金属間距離も濃度によらず一定であると考えられる。 $\phi$ の値を見積もることはできないので、フタロシアニン分子の対称性を考え両極端な $\phi=0^\circ$ と $\phi=45^\circ$ の場合について式(6)より中心金属間距離を求めた結果、 $\phi=0^\circ$ のときに約5 Å、 $\phi=45^\circ$ のときに約4.5 Åとなった。単斜晶系のPbPc蒸着膜の中心金属間距離は、X-線構造解析により3.73 Åと報告されており[3]、中心金属間距離は蒸着膜の場合よりも大きく見積もられたが、置換基の立体障害の影響やドーブ膜であることを考慮すると、計算の結果は妥当性のある値と考えられる。

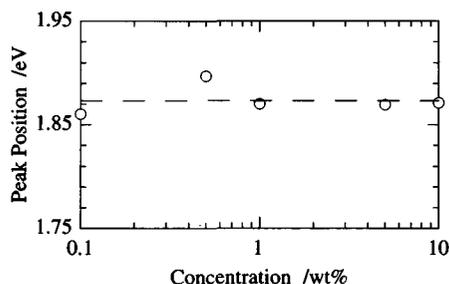


図9 コフェイシャル相互作用による吸収成分のガウス関数分離波形のピーク位置のドーブ濃度依存性  
Fig.9 Concentration dependence of peak position of deconvoluted gaussian of the absorption due to the co-facial interaction.

先に述べたように、電荷移動はこのようなコフェイシャルなパッキング状態において起こっていると予想されるので、フタロシアニン環平面に垂直な方向（積層軸方向）に電荷が移動していると考えられる。 $\text{PbPc}(t\text{-bu})_4$ の電荷移動は中心金属の鉛原子(Pb)と配位窒素原子(N)との間で起こると考えられるので、積層軸方向の電荷移動を仮定すると、図8に示すように電荷移動距離( $r_{CT}$ : Pb-N)は中心金属間距離( $r_{M,M}$ : Pb-Pb)とほぼ同程度となる。従って、積層軸方向での電荷移動の場合には、電荷移動距離は4.5~5 Å程度と予想できる。

### 3.3 電荷移動距離

電荷移動距離は、式(4)、(5)より求めることができる。電荷がコフェイシャルなパッキング状態にあるフタロシアニン分子に束縛されているものと考え、式(5)のエネルギーギャップ( $E_g$ )としては、単量体Q-バンドのピーク位置エネルギー(HOMO-LUMOギャップ)ではなく660 nmの吸収成分のピーク位置エネルギーを用いるべきである。更に、誘電率 $\epsilon$ の値が必要である。誘電率と屈折率( $n$ )とは $\epsilon=n^2$ という関係にあるので、純 $\text{PbPc}(t\text{-bu})_4$ 膜の反射スペクトルをKramers-Krönig変換することにより屈折率を求め、電荷移動吸収成分のピーク位置波長(770 nm)での誘電率を見積もった。このようにして求めた誘電率 $\epsilon$  3を用いて、電荷移動距離を式(4)、(5)より求めた結果、約4.6 Å程度となった。この値は先に求めた中心金属間距離(4.5~5 Å)とよく一致しており、電荷移動はコフェイシャルなパッキング状態において積層軸方向に起こっていることを示唆しているものと思われる。式(4)より有効移動電荷を求めると $q/e$  0.5となる。ペンタセン、テトラセンの電場変調スペクトル測定では有効移動電荷は $q/e$  0.1~0.6であり[9]、電荷移動錯体の典型的な例として知られるPVK/TNF薄膜においては $q/e$  0.6と報告されている[7]。従って、 $q/e$  0.5はごく一般的な値であることがわかる。

フタロシアニンのジメチルホルムアミド溶液中で、単量体Q-バンドの長波長側の吸収成分が分子内電荷移動によるという報告がなされている[10]ので、比較のために分子内電荷移動を仮定して電荷移動距離を求める。この場合には、電荷は単量体のフタロシアニンに束縛されている状態に相当するので、式(5)のエネルギーギャップ( $E_g$ )として単量体Q-バンドのピーク位置エネルギーを用いて電荷移動距離を求めると約5.9 Åとなった。この計算結果は同一分子でのPb-Nが5.9 Åで

あるということを示していることになる。しかし、単斜晶系 $\text{PbPc}$ 蒸着膜のPb-Nは2.21 Åであり[3]、5.9 Åとは大きく異なる。電荷移動距離を求める際に用いた双極子モーメント、ピーク位置エネルギー、誘電率は測定結果より求めたものなので、分子間電荷移動であるのか、あるいは分子内電荷移動であるのか、という問題とは無関係であり、異なっていたのはエネルギーギャップの値のみである。従って、 $\text{PbPc}(t\text{-bu})_4$ のPMMA薄膜中における電荷移動は分子内電荷移動ではなく、分子間電荷移動であることが結論づけられる。

分子間電荷移動においても、先に述べたような積層軸方向の電荷移動に加え、フタロシアニン環平面内方向での電荷移動の可能性が考えられる。同一平面内にフタロシアニン環が配置している場合、フタロシアニン分子間の双極子-双極子相互作用による吸収は単量体Q-バンドの長波長側に現れることになる[8]。従って、 $\text{PbPc}(t\text{-bu})_4$ /PMMA薄膜の単量体Q-バンドの長波長側の吸収は、電荷移動吸収成分と双極子-双極子相互作用による吸収成分とが重ね合わさっていた可能性がある。しかし、 $\text{NiPc}(t\text{-bu})_4$ /PMMA薄膜の吸収スペクトルには、単量体Q-バンドの長波長側に吸収成分は観測されなかった[6]。 $\text{NiPc}$ 蒸着膜の吸収スペクトルには単量体Q-バンドの長波長側に吸収成分存在する[11]ことから、 $t\text{-bu}$ 置換基の立体障害によりフタロシアニン環平面内方向の双極子-双極子相互作用が抑制されたものと考えられる。 $\text{NiPc}$ は平面構造を有し[2]、 $\text{PbPc}$ はシャトルコック構造を有する[3]ので、 $\text{PbPc}(t\text{-bu})_4$ /PMMA薄膜の場合には $\text{NiPc}(t\text{-bu})_4$ /PMMA薄膜の場合とは異なる可能性もあるが、 $\text{PbPc}(t\text{-bu})_4$ /PMMA薄膜においてもフタロシアニン環平面内方向での双極子-双極子相互作用による吸収の寄与は小さいと考えられる。従って、 $\text{PbPc}(t\text{-bu})_4$ /PMMA薄膜においてはフタロシアニン環平面内方向での分子間相互作用は小さいと予想される。分子間相互作用が小さいにもかかわらず、電荷移動による大きな吸収が観測されるということは考えにくい。従って、電荷移動は積層軸方向に起こっていると考えられ、積層軸方向の電荷移動を仮定したときに電荷移動距離と中心金属間距離がよい一致を示したのは妥当な結果であるといえる。

## 4. むすび

$\text{PbPc}(t\text{-bu})_4$ /PMMA薄膜の吸収、電場変調スペクトルをガウス関数波形分離することにより、 $\text{PbPc}(t\text{-bu})_4$ の近赤外域の電荷移動準位についての検討を行った。電

荷移動吸収成分の双極子モーメントはドーブ濃度によらず11 debye程度であり、電荷移動距離、ピーク位置エネルギー等もドーブ濃度によらず一定であったことから、PbPc(*t*-bu)<sub>4</sub>はPMMA薄膜中において安定なパッキング状態にあることが示唆された。そのパッキングの状態は、単量体Q-バンドの短波長側の双極子-双極子相互作用による吸収成分にエキシトンモデル[8]を適用することにより、中心金属間距離が4.5~5 Å程度のコフェイシャルな分子配列であることが示唆された。また、電荷移動がコフェイシャルなパッキング状態下において積層軸方向に起こっていると仮定して、電荷移動距離を見積もると4.6 Å程度となった。電荷移動がコフェイシャルなパッキング状態下において積層軸方向に起こっている場合、中心金属間距離(Pb-Pb)と電荷移動距離(Pb-N)とは同程度となるはずなので、それぞれ独立に求めた中心金属間距離と電荷移動距離とが一致したことにより、PbPc(*t*-bu)<sub>4</sub>はPMMA薄膜中における電荷移動は、安定なコフェイシャルパッキング状態下において積層軸方向に起こっていることが示唆された。

## 文 献

- [1] J. Simon and J. J. André, "Molecular Semiconductors," Springer-Verlag, Berlin, 1985.
- [2] J. M. Robertson and I. Woodward, "An X-Ray study of the phthalocyanines. Part III. Quantitative structure determination of nickel phthalocyanine," *J. Chem. Soc.*, pp. 219-230, 1937.
- [3] K. Ukei, "Lead phthalocyanine," *Acta. Cryst.*, vol. B29, pp. 2290-2292, Oct. 1973.
- [4] C. C. Leznoff and A. B. P. Lever, ed., "Phthalocyanines Properties and Applications," VCH Publishers, Inc., New York, 1989.
- [5] S. D. Phillips, R. Worland, G. Yu, T. Hagler, R. Freedman, Y. Cao, V. Yoon, J. Chiang, W. C. Walker, and A. J. Heeger, "Electroabsorption of polyacetylene," *Phys. Rev. B*, vol. 40, no. 14, pp. 9751-9759, Nov. 1989.
- [6] S. Yanagi, T. Wada, H. Sasabe, and K. Sasaki, "Linear and nonlinear optical properties of soluble metallophthalocyanines," *Nonlinear Optics*, vol. 15, no. 1-4, pp. 267-270, 1996.
- [7] L. Sebastian, G. Weiser, and H. Bässler, "Charge transfer transition in solid tetracene and pentacene studied by electroabsorption," *Chem. Phys.*, vol. 61, pp. 125-135, 1981.
- [8] M. Kasha, H. R. Rawls, and M. A. El-Bayoumi, "The exciton model in molecular spectroscopy," *Pure & Appl. Chem.*, vol. 11, pp. 371-392, 1965.
- [9] G. Weiser, "Absorption and electroabsorption on amorphous films of polyvinylcarbazole and trinitrofluorenone," *Phys. Stat. Sol. (a)*, vol. 18, no. 1, pp. 347-359, July 1973.
- [10] A. B. P. Lever, S. R. Pickens, P. C. Minor, S. Licocchia, B. S. Ramaswamy, and K. Magnell, "Charge-transfer spectra of metallophthalocyanines: Correlation with electrode potentials," *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 103, no. 23, pp. 6800-6806, 1981.

- [11] H. Yoshida, Y. Tokura, and T. Koda, "Charge-transfer excitation bands in electro-absorption spectra of metal (Co, Ni, Cu, Zn)-phthalocyanine films," *Chem. Phys.*, vol. 109, pp. 375-382, Nov. 1986.

(平成8年10月29日受付, 9年2月12日再受付)



柳 秀一

平4慶大・理工・電気卒。現在、同大大学院博士課程在学中。光機能性材料の研究に従事。応用物理学会、高分子学会各会員。



和田 達夫

昭54東大・工・工化合成卒。昭59同大大学院博士課程了。同年、理化学研究所生体高分子物理研究室研究員。現在、同研究室副主任研究員およびナノ有機材料研究チーム研究員。工博。分子光電子素子を目指し、現在、フォトリフラクティブ材料の研究に従事。応用物理学会、高分子学会、ACS各会員。



雀部 博之 (正員)

昭39東大・工・物工卒。昭41同大大学院修士課程了。同年、電総研研究員。東農工大助教授を経て、現在、理化学研究所生体高分子物理研究室主任研究員、ナノ有機フォトリフラクティブ材料研究チームリーダーおよび埼大客員教授。工博。有機超薄膜、分子素子、生物素子の研究に従事。物理学会、応用物理学会、高分子学会、電気学会、MRS、American Physical Society(USA)各会員。



佐々木敬介 (正員)

昭35慶大・工・電気卒。昭40同大大学院博士課程了。同年、同大助手。専任講師、助教授を経て、現在、同大教授。工博。光導波素子、有機非線形光学材料の研究に従事。本学会レーザ量子エレクトロニクス委員会委員。理化学研究所フロンティア研究員。応用物理学会、電気学会、OSA各会員。