

スマートウィンドウに関する基礎研究

広島県立西条農業高等学校 農業機械科3年

片岡 俊輔, 木村 幸士朗, 児玉 拳聖, 寺岡 莉玖, 野村 臣矢, 原田 真幸, 福井 海里, 榎原 渉

序論

宇宙空間には、超新星爆発や太陽表面の爆発などで発生した高エネルギーの粒子(約90%が陽子)＝“宇宙線”や、X線・γ線といった“電磁波”が飛び交っている。これら“宇宙線”や“電磁波”をそのまま浴びてしまうと、私たちは死んでしまう。しかし、私たちが生活している地球には大気が存在し、太陽から降り注ぐ有害な“宇宙線”や“電磁波”から、私たちを守ってくれている。

そして地球上の農作物についても、大気を通過した後の光を使って、光合成を行い成長するべく進化して来た。

目的

将来、火星等の他の惑星(大気が薄い)に移住して、ビニールハウスを設営し、農作物を育てるケースを想定した場合、有害な波長が含まれ、かつ強い光が降り注ぎ、光の環境変化が激しいことを考慮すると、ビニールハウスの素材には、次の条件が必要になる。

- ・透過する光波長や量を自由に変えることができる。
 - ・ガラスのように重い素材ではなく、フィルム状の軽い素材である。
- ※そこで、必要に応じて、**透過する光の波長や量を自由に变化させることのできる軽い素材**を探ることを目的とした。

理論

太陽光をプリズムに通すと、虹のように様々な色に分けることができる。このことから、**太陽光には様々な波長の光が含まれていることが分かる**。その光が液体のような光を透過する物質に当たると、**固有の波長の光が吸収され、吸収されなかった波長の光は透過される**。

例えば、赤いガラス板の場合、板は緑色に相当する波長の光を吸収するため、吸収されなかった光(＝赤色)が透過することになる。

物質は光を吸収すると、吸収した分だけ余分にエネルギーを持つことになる。このエネルギー差(＝エネルギーレベル間隔)は、吸収する波長の光に対応するため、物質によって吸収する光の波長が異なる。

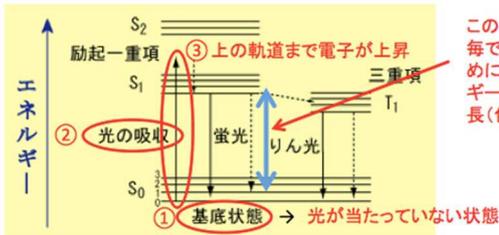


図1 ヤブロンスキー図

※物質は分子構造によって異なる電子状態をとるため、分子構造を変化させると、エネルギーレベルが変わり、吸収する波長を自由に変えることができる。さらに、電気化学的な酸化還元反応により電極との間で電子の授受が行うことでもエネルギーレベルが変わり、色調が変化する。

※有機機能性材料について研究なさっておられる、広島大学 大学院先進理工系科学研究科 応用化学プログラム 今榮 一郎 (いまえ いちろう) 准教授にお伺いしたところ、『**“導電性ポリマー”**と呼ばれる有機物質に対し、電圧を加えたりすることで、可逆的に“色”が変化する現象”が広く知られている。

この現象を**エレクトロクロミズム**という。この導電性ポリマーを活用することで、**透過する光の波長を自由に变化させることのできる軽い素材**が開発でき、宇宙空間において、植物を有害な光から守るビニールハウスが実現可能になるのではないかと。』といった内容のご回答を頂き、さらに実際の実験についても、ご指導して頂けることになった。

引用文献

図1 ヤブロンスキー図:HP「光化学 先端科学をのぞいてみよう」(akita-u.ac.jp)より引用

図2 ポリ(アセチレン)から作った導電性ポリマーの模式図:広島県立西条農業高等学校にて作成

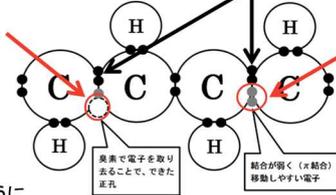
導電性ポリマーとは

有機物なのに電気が流れるしくみ

一重結合と二重結合を繰り返しています。

二重結合の一方はシグマ結合という強固な結合です。電子は動くことができません。

この部分も弱いパイ結合です。臭素を使って電子を取り去り、電子の移動先になる**正孔**を作ります。



しかし、もう一方はパイ結合という弱い結合です。この電子は比較的簡単に動くことができます。

※このように、

正孔と(結合の弱い)電子が存在することで、両端に電極を置けば、電子が移動＝電気が流れます。

図2 ポリ(アセチレン)から作った導電性ポリマーの模式図

導電性ポリマーの製作



写真1 電解重合の様子



写真2 生成した導電性ポリマー

【ポリ(チオフェン)の電解重合】

○ポリ(チオフェン)とは？

硫黄を含む環状化合物の一つであるチオフェン(C₄H₄S)が重合したものである。

【製作手順】

- ・電解質溶液にチオフェンを混ぜる。
- ↓
- ・DC9V 電池を使って電解重合を行う。(プラス極→ITO電極 マイナス極→SUS網)
- ↓
- ・ポリ(チオフェン)がITO電極上に**膜**として生成する。

※電極上の膜は、**青色**をしている。

ポリ(チオフェン)を使用したエレクトロクロミズムの実験

【実験手順】

- ・プラス極→SUS網 マイナス極→ITO電極につなぎ替える。
- ・電池の電圧を3Vに替える。

電解重合時とは反対の方法に電圧を加えることで、電子が移動し、ポリ(チオフェン)の膜の色が、**青色から赤色に変化**することが確認できた。

※最初は、約800nmの光を吸収することで、青色に見えていたが、**電圧を加えることで、約500nmの光を吸収**するようになり、赤色に見えるようになった。

【紫外可視分光光度計による波長測定】

○紫外可視分光光度計とは？

波長毎に分けた光を試料に透過させ、透過率を測定する装置である。

【測定結果】

透過する光の波長のピーク値＝約400nm(ナノメートル)

400nmという波長は青色に相当する。よって、この膜は赤色の波長(700nm前後)を吸収していることが分かる。



写真3 青色から赤色に変化したポリ(チオフェン)



写真4 紫外可視分光光度計

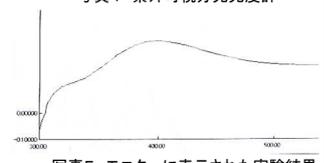


写真5 モニターに表示された実験結果

考察

・有機物でありながら、電圧加えることで、色(吸収する波長)を任意に変化させる(エレクトロクロミズム)現象を確認できた。

・導電性高分子の分子構造によって色調を制御できることを確認できた。