

高等学校・化学Ⅱ「生活と物質」における機能性色素の教材開発

Development of Teaching Materials Using Functional Dye in Chemistry of High School Education, “Life and Materials”

吉田 裕美子*・太田 桃子*・長南 幸安*
Yumiko YOSHIDA*・Momoko OTA*・Yukiyasu CHOUNAN*

要 旨

フタロシアニンとは、染料・顔料・抗癌剤や光学記録媒体・消臭剤などに利用されている機能性材料である。本研究は、フタロシアニンが日常生活に密着した物質であり、かつ今までの染料・顔料に比べて付加価値の高いものであることに着目し、高等学校・化学Ⅱにおける「生活と物質」での教材とすることを目的とした。課題研究のテーマ例として、フタロシアニンの合成実験を高等学校の実験室でも行えるよう簡略化し、合成物と日常生活で使われているフタロシアニンを比較する方法を検討した。その結果、高等学校の実験室でも行える合成方法を発見することができた。

Key Words : 高校化学・フタロシアニン・教材化・生活と物質・課題研究

1. はじめに

フタロシアニンは19世紀に発見されなかった数少ない色素の1つであり、1907年の無金属フタロシアニンの発見を皮切りに、銅フタロシアニン、鉄フタロシアニンが発見され、1934年に初めて合成に成功した。基本構造(図1)は、ポルフィリン環のメチレン基を窒素に置換し、周囲にベンゼン環を縮合した形である¹⁾。中心部に配位する金属によって発色に違いはあるものの、フタロシアニンは赤色の光を吸収するため、青や緑色の染料や顔料として塗装や標識に利用されてきた。また、研究が進み、赤外線を吸収することもわかってきたため、現在では、感光体、光記録媒体、消臭剤としても実用化され、太陽電池(図2)、液晶、センサ等応用面でも多くの期待を集める物質である²⁾。

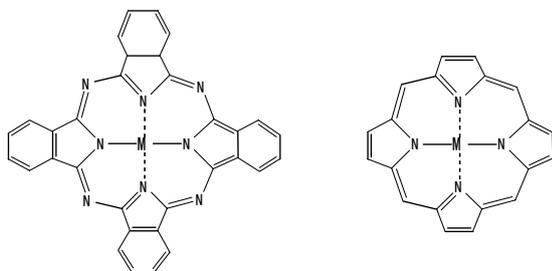


図1 フタロシアニンの基本構造(左)とポルフィリンの基本構造(右)



図2 フタロシアニン太陽電池についての記事(2008年5月19日朝日新聞)

2. 教材研究

(1) 学習指導要領

現行の高等学校学習指導要領では、「Iを付した科目」の内容を基礎に、観察、実験や課題研究などを行い、より発展的な概念や探究方法を学習する科目として「IIを付した科目」が設けられた。観察、実験などを通して、科学の方法を習得させ、問題解決能力が育成されるよう、「Iを付した科目」に「探究活動」

*弘前大学教育学部理科教育講座
Department of Natural Science, Faculty of Education, Hirosaki University

「Ⅱを付した科目」に「課題研究」が内容の一部として位置づけられることとなった。化学Ⅱにおける課題研究の内容の取扱いについては、解説編にて以下のよう記述されている³⁾。

表1 高等学校学習指導要領における課題研究の扱い

<p>ア 特定の化学的事象に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ナイロン、尿素樹脂、アゾ染料などの合成染料、アスピリンなどの医薬品、ラウリルアルコール硫酸エステル塩などの洗剤、パラレッドなどの顔料等の合成 ・ 色素、香料、食品添加物、酸化防止剤等についての資料を活用した調査研究 ・ 茶からのカフェインの単離、牛乳からの乳糖とカゼインの単離など、天然物からの成分物質の単離 ・ 燃料電池、分子や結晶の模型などの作成 <p>イ 化学を発展させた実験に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 質量保存の法則、気体反応の法則、ヘスの法則、電気分解の法則等の検証実験 ・ 水の電気分解、金属の精錬、染料の合成、合成樹脂・合成繊維の発明等歴史的実験や発明の調査・研究
--

(2) 教科書の調査

現在各社から出版されている9種の教科書を調査し、課題研究において、「生活と物質」に関連のあるテーマ例を挙げている教科書を調べ、表2にまとめた。本研究に関係の深い染色・色素に関するテーマ例を扱う教科書は、6種と最多であった⁴⁻¹²⁾。

表2 高等学校化学Ⅱ・課題研究の内容

内 容	教 科 書 数
染色・色素	6
合成繊維・化学繊維・再生繊維	4
洗剤・セッケン	4
樹脂	3
アンモニア・尿素	2
合金	2
プラスチック・ガラス	2

表1の波線部と表2の結果より、合成染料や顔料を用いた「色」に関する課題研究は、大変扱われやすいテーマであることがわかる。調査した教科書の中で、課題研究のテーマ例にフタロシアニンを取り上げている教科書はなかったが、発展的内容として顔料を取り上げ、フタロシアニンを紹介しているものはある(図3)。

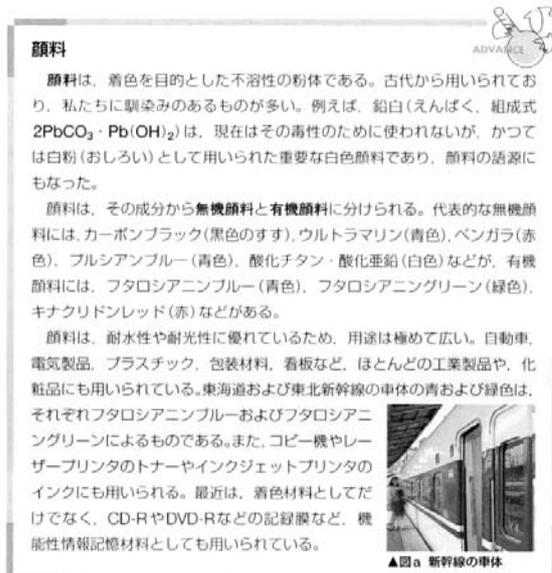


図3 東京書籍「化学Ⅱ」P.198¹⁰⁾

3. 実験結果と考察

(1) フタロシアニンの合成

試験管に塩化第一銅20 mg、モリブデン酸アンモニウム10 mg、無水フタル酸70 mg、尿素100 mg を入れ、脱脂綿で軽く栓をする(図4)。試薬が焦げ付かないよう注意しながら、アルコールランプで加熱をすると、青色の呈色が見られ、フタロシアニンができたことがわかる。



図4 フタロシアニンを合成している様子

(2) フタロシアニン色素の抽出と合成物との比較

合成したフタロシアニンと、インクジェットプリンターのシアン系インクを、3種の溶媒（メタノール、アセトン、クロロホルム）に溶解させ、性質を比較する。

合成物とシアン系インクは、共にメタノールとアセトンによく溶解し、きれいな青色の溶液となったが、クロロホルムには全く溶解しなかった（図5・図6）。結果より、合成物とシアン系インクは同じ性質を持つ、つまり同じ物質だと考えることができる。よって実験より、フタロシアニンという機能性材料が、日常生活で利用されているということが理解できる。

しかし、同じ溶媒に溶解したという結果のみでは、合成物とシアン系インクが同じ物質であるとする決定的な証拠にはならない。よって今後は、より多くの種類の溶媒に溶解させることや、ペーパークロマトグラフィーによる分離の実験、布や紙に対しての吸着性や耐久性など、2つが同じ物質であるという確実な証拠を得られる実験を展開していきたい。



図5 合成したフタロシアニンを溶解させたもの（溶媒は左からメタノール、アセトン、クロロホルム）



図6 プリンターのインクを溶解させたもの（溶媒は左からメタノール、アセトン、クロロホルム）

合成物、インク共にメタノールとアセトンに溶解したため、その溶液を使って比較実験を検討した。本研究では、メタノールを溶媒とした合成フタロシアニン溶液と、インク溶液を利用して、ペーパークロマトグラフィーで分離し、比較を行った。結果、それぞれの溶液の濃度が同じでないため、色の上がり方が均一に見えなかった。また、分離後のろ紙にUVランプを照射し発光を確認したが、青色の見られない部分が発光したので、不純物が発光していると考えられる。よっ

て、ペーパークロマトグラフィーによる比較は、実験に用いるには適当でない判断した（図7・図8）。



図7 上：インク 下：合成物

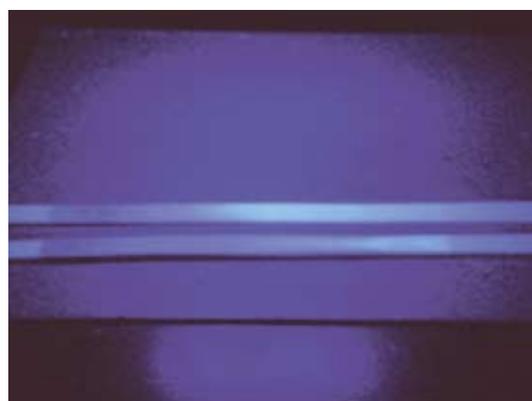


図8 UVランプによる発光 上：インク 下：合成物

(3) 加熱方法

本研究ではアルコールランプのほか、ガスバーナー、ビーカーによる湯せんでも実験を行い、加熱方法を比較している。ガスバーナーは、アルコールランプに比べて加熱温度が高いため、試薬が焦げ付いてしまった。ビーカーに湯を入れて行った湯せんでは、加熱温度が低すぎて、試薬が反応しなかった。よって、高等学校の実験に用いる際は、アルコールランプが適切であると判断した（表3）。しかし、アルコールランプによる加熱はオイルバス等と異なり、温度を一定に保つことができず、加熱温度がやや高めになるので、試薬が焦げ付くことのないように注意して行わなければならない。

表3 加熱器具による特徴と実験結果

加熱器具	特徴	結果
アルコールランプ	小・中・高、どの実験室にもほとんど常備されており、取扱が簡単。炎の温度は650~800℃。	○
ガスバーナー	炎の色によって400~1100℃と温度に大きな差がある。	×
湯せん	100℃以下で穏やかに加熱する場合に適している。	×

(4) 試薬について

1回の実験に必要な試薬から、費用の計算を行ったところ、大変安価に行えることがわかった(表4)。

表4 実験にかかる試薬の費用

	1班分の費用 (円)	10班分の費用 (円)
塩化第一銅	0.72	7.20
モリブデン酸アンモニウム	0.44	4.40
無水フタル酸	0.21	2.10
尿 素	1.30	13.0
合 計	2.67	26.7

(5) 授業案

実際に授業を行う際の授業案は表5の通りである。色素と染料についての授業を行った際に、発展内容として扱われている「顔料」について触れ、実験で扱うフタロシアニンについて紹介し、次時に実験を行うという流れになっている。実験を行う際は、展開には35分、まとめに15分という時間配分を考えている。

フタロシアニンの合成には5分程度しかかからないため、残りの20分弱で、フタロシアニンと身の回り物質との関わりを追究できる実験をおこないたい。

表5 実験を行う際の授業案(太枠内が1時限の内容)

段階	時間(分)	内 容
導入	前時 (5分)	・ 顔料について知る ・ フタロシアニンについて知る
展開	35分	・ 実験の説明(5分) ・ 実験を行う(23分) ・ 後片付け(7分)
まとめ	15分	・ 実験結果のまとめ

4. 結言

フタロシアニンを合成する際、加熱はアルコールランプで行うことが可能であり、反応時間は5分で十分であった。実験にかかる所要時間・費用・器具などの面から、高等学校の課題研究にフタロシアニンの合成実験を取り入れることは、十分可能であると判断した。今後は、合成後の展開を検討していきたい。また、後片付けの際に出る廃液は、金属イオンを含むものであるため適切な処理を行わなければならない。そこで、廃液を新聞紙にしみこませ、しばらく放置し水分を飛ばした後、燃えるごみとして捨てるという方法がある。この方法ならば、高等学校でも廃液処理が容易に行える。

5. 参考文献

- 1) P.Gregory, *Journal of Porphyrins and Phthalocyanines* 3, 468-476 (1999)
- 2) 小林長夫・白井汪芳編著「フタロシアニン—化学と機能—」アイピーシー(1997)
- 3) 文部科学省「高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編」(2005)
- 4) 「改訂版 高等学校 化学Ⅱ」数研出版(2007. 3. 7 検定済)
- 5) 「精解化学Ⅱ」数研出版(2007. 3. 7 検定済)
- 6) 「高等学校 改訂 化学Ⅱ」第一学習社(2007. 3. 7 検定済)
- 7) 「高等学校 化学Ⅱ」三省堂(2003)
- 8) 「化学Ⅱ 新訂版」実教出版(2007. 3. 7 検定済)
- 9) 「化学Ⅱ 改訂版」啓林館(2007. 3. 7 検定済)
- 10) 「化学Ⅱ」東京書籍(2007. 3. 7 検定済)
- 11) 「新版 化学Ⅱ」大日本図書(2007. 3. 7 検定済)
- 12) 「化学Ⅱ」大日本図書(2006)

(2009.1.14受理)