

色素増感太陽電池の研究

物理班：金銅 亮弥 田中 一平 佐野 慎亮
共同研究者：押味 佳裕 福谷 拓也 吉田 一品

キーワード：色素増感太陽電池 太陽電池 クリーンエネルギー 花力発電

1. はじめに

色素増感太陽電池とは、色素の力を借りて発電する新しいタイプの太陽電池であり、従来の太陽電池に比べて低コストで、かつ簡単に作ることができる。また、発電の過程で温室効果ガスをまったく出さないので、クリーンエネルギーの一つとして注目を浴びている。

私達は使用する色素の吸光スペクトルと、照射する光のスペクトルの間に密接な関係があると仮説を立てた。そこで、色素増感太陽電池を実際に作製し、いくつかの色素を用いて上記の仮説を検証しようと思った。

2. 実験原理と材料

(1) 実験原理

- ① 酸化チタンに光が当たって色素中の電子が励起してエネルギーを持った状態になる。
- ② 励起した電子が二酸化チタン中から負極に達して電流として取り出される。
- ③ ヨウ素溶液中の三ヨウ化物イオン I_3^- が、正極から戻った電子を受け取り、ヨウ化物イオン I^- に変わる。
- ④ 電子を失った状態の色素が、ヨウ素溶液中のヨウ化物イオン I^- から電子を奪う。
- ⑤ この反応で発生した e^- (電子) は色素中へ戻る。
- ⑥ これらの反応が連続的に繰り返されることで正極 → 負極への直流電流になる

(2) 材料

- ① 導電性ガラス (ガラスの表面に透明な電極を貼付)
- ② 二酸化チタンペースト
- ③ ポリエチレングリコール粉末 (PEG と略記)
- ④ 酢酸
- ⑤ 色素 (黄色 4 号、黄色 5 号、青色 1 号、青色 2 号、赤色 102 号、赤色 106 号)
- ⑥ 炭素 (鉛筆を用いた)
- ⑦ ヨウ素溶液

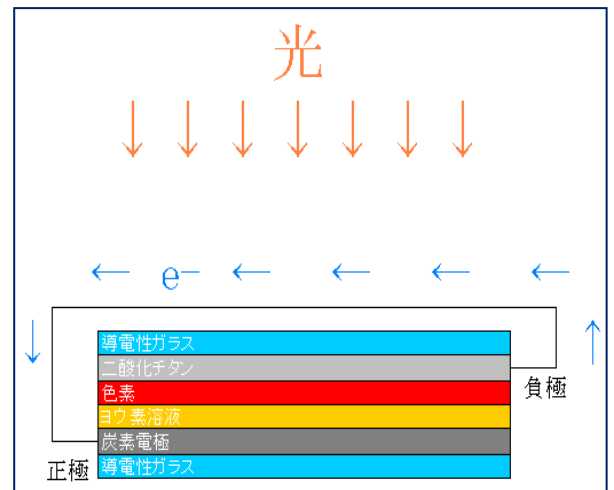


図 1：装置の模式図

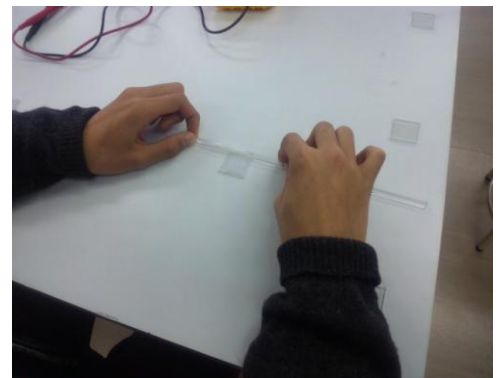


図 2：電池作製時の様子

2. 実験 1

(1) 目的

吸着させる色素の種類を変えて発電効率を測ることで、色素が発電効率に与える影響を探る。

(2) 方法

- ① 実際に色素増感太陽電池を作成し電圧を測定
- ② 二酸化チタンと酢酸、水と PEG を混ぜてペーストにする
- ③ ペーストを導電性ガラスに薄く塗る
- ④ ガスバーナーで焼付け
- ⑤ 一定濃度に希釈した色素溶液につけて吸着させる
- ⑥ 別の導電性ガラスに鉛筆で炭素膜をつくる
- ⑦ ヨウ素溶液をたらして重ね合わせる
- ⑧ 少しずらして電極にする
- ⑨ 電池の面に垂直にハイビーム電球(主に舞台照明などに使用される電球)で光を照射してテスターで電圧を測定

(3) 実験結果

6種類それぞれの色素で、質量パーセント濃度が2%、4%、8%の色素溶液を用いて電池を作製した。作られた電池にハイビームを照射し、測定された起電力を図3に示す。

濃度		黄色4号	黄色5号	青色1号	青色2号	赤色102号	赤色106号
2%	1枚目	230		61			265
	2枚目	47		45			270
4%	1枚目	118	101	13	60	55	60
	2枚目	360	102	75	27	80	32
8%	1枚目	240		26			63
	2枚目	25		260			40

図3：6種類の色素ごと、質量パーセント濃度が2%、4%、8%の色素溶液を用いて作製された電池の起電力。単位はすべてmV。斜線部は測定しなかった。
ブランク（色素を用いないもの）：13mV

(4) 考察と課題

- ① 同一色素、同一濃度においても測定結果が安定してない。
→信頼できるデータは読み取ることはできなかった
→濃度が発電効率に与える影響を読み取ることができなかった。
- ② 二酸化チタンの焼き付けが甘いと、うまく吸着できずに剥がれてしまう
- ③ 段階④で赤、青色の色素は一回の作業でうまく吸着するが、黄色色素は複数回吸着させないと吸着しない
→どのように色素を吸着させればいいのか？

3. 実験 2

(1) 目的

実験方法を工夫し、実験の精密性を高める。

(2) 実験方法

実験 1 の方法に以下の変更を加えて実験を行った。

- ① 焼付け工程で、ガスバーナーより温度管理が容易な電気炉を用いた。
- ② 今回は実験中、色素がうまく吸着していない二酸化チタンにヨウ素溶液がじかに接触すると電流の逆流現象が起こることがわかった。そのため失敗と判断できるような異常に低い値が出た場合はやり直した。
- ③ 今まででは自作のペーストを用いていたが、今回は実験の正確さを優先してデモンストレーションとして購入していたキットの二酸化チタンペーストを使用した。

(3) 実験結果

赤色 106 号を除く各色素で 5 枚ずつ電池を作製し、ハイビームを照射して測定された電池の起電力を図 4 に示す。なお、赤色 106 号は二酸化チタンペーストを定着させることが難しかったため、測定できていない。

	黄色4号		黄色5号		青色1号		青色2号		赤色2号		赤色106号	
1枚目	50	○	26	×	60	×	157	◎	180	○	220	×
2枚目	53	○	50	×	62	×	183	◎	120	○		
3枚目	62.6	○	280	○	112	◎	82	△	172	◎		
4枚目	200	◎	192	○	80	△	73	△	73	△		
5枚目	180	◎	30	×	70	△	70	△	250	◎		
平均値	109.12		115.6		76.8		113		159		220	

図 4：赤色 106 号を除く各色素で 5 枚ずつ電池を作製し、ハイビームを照射して測定された電池の起電力。

単位はすべて mV、◎<○<△<×の順番でうまく吸着していたかを表す。

※各記号の判定基準について

×：二酸化チタンペーストが剥がれてしまったもの

△：二酸化チタンペーストは剥がれなかったが、吸着がほとんど確認できなかったもの

○：二酸化チタンペーストは剥がれず、吸着している面積の割合が 8 割未満のもの

◎：二酸化チタンペーストは剥がれず、吸着している面積の割合が 8 割以上のもの

(4) 考察と課題

- ① 前回に比べると信頼できるデータが現れた。しかし赤色 106 号は失敗続きでデータが取れなかった。
- ② 吸着しているものほど、より高い値が出ている。
→逆流現象による電圧の低下によると考えられる。したがって前回の実験の大きな誤差の要因はこの逆流現象によると考えられる。
- ③ 今回も前回同様に今回も赤色 > 黄色 > 青色の順で電圧が高かった。

4. 実験3

(1) 目的

色素固有の吸光スペクトルと、ハイビームの発光スペクトルが一致すれば発電効率は高くことを確かめる。その後(3)の結果と合わせて考察を行う。

(2) 実験結果

各色素の吸光スペクトルと、ハイビームの発光スペクトルを測定したものを図5に示す。

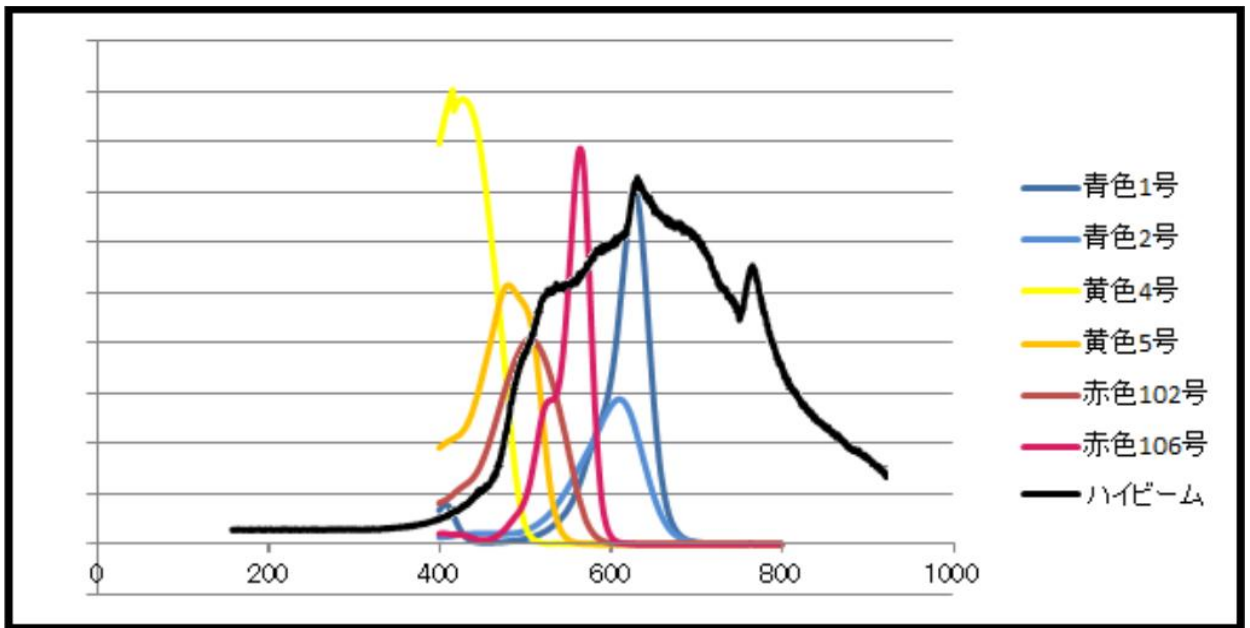


図5：各色素の吸光スペクトルとハイビームの発光スペクトルのグラフ。
ハイビームのみ見易さを考慮するため、縦方向に縮小してある。

(3) 結果と考察

実験に使用した色素は特定の波長でピークを持つ。また、ハイビームの発光スペクトルと色素の吸光スペクトルが一致すれば発電効率が高くなると考えられるが、実験1, 2ではその傾向はみられない。このことから、色素の吸着がうまくいっていないと考えられる。また、実験に使用したハイビームはピークをいくつも持つことが分かった。

5. 全体の総括と今後の方針

チタンペーストの貼り付けや、色素の吸着を安定的に実現することができなかつたため、色素の吸光スペクトルと光のスペクトルの関係を追究する前に、チタンペーストや色素のよりよい吸着方法を確立し、実験の精度を高めることが第一に優先される。

その後、色素の種類によって発電効率がどのような影響を与えるかを調べたい。

6. 参考文献ならびに参考 Web ページ

- ・荒川裕則：色素増感太陽電池，シーエムシー出版，2007
- ・大阪府教育センター：<http://www.osaka-c.ed.jp/kak/web/kenkyuu17/>
- ・小田善治 他6名："ふち発明"をいかした教材としての色素増感太陽電池，エネルギー環境教育研究 VOL.3 No.1, 2008