

# 色素増感型太陽電池の製作

2年5組 井上 紘希

2年5組 片山 桂維

2年5組 藤石 秀仁

指導者 講師 森川 雄介

## 1 課題設定の理由

近年、既存のエネルギーから再生可能エネルギーへの転換が叫ばれている。そこで私たちは太陽光エネルギーに関して、近年注目されている色素増感型太陽電池について調べることにした。さらに、吸着させる色素によって起電力に違いが生まれるということを知り、色素の違いによる発電量（電力）の変化を調べることにした。

## 2 色素増感型太陽電池の仕組み

色素増感型太陽電池は酸化チタン（ $\text{TiO}_2$ ）膜に光が当たると、次の反応が繰り返されることで発電することのできる電池である。

- (1) 酸化チタン（ $\text{TiO}_2$ ）上の色素が励起して電子（ $e^-$ ）を放出する。
- (2) 放出された電子（ $e^-$ ）は酸化チタン（ $\text{TiO}_2$ ）を經由して導電性ガラスに達し、外部へ流れる。
- (3) 三ヨウ化物イオン（ $\text{I}_3^-$ ）が電子（ $e^-$ ）を受け取り、ヨウ化物イオン（ $\text{I}^-$ ）になる。
- (4) ヨウ化物イオン（ $\text{I}^-$ ）は色素に電子（ $e^-$ ）を渡し三ヨウ化物イオン（ $\text{I}_3^-$ ）に戻る。

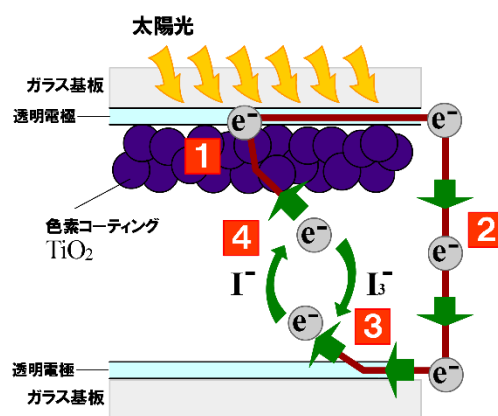


図1 色素増感型太陽電池の発電の仕組み

## 3 仮説

2の仕組みで示されるように、色素増感型太陽電池の発電は、酸化チタン膜に光が当たり、電子が放出されることで起こる。しかし、色素増感型太陽電池に使用される酸化チタンが吸収する光は、波長 380nm 以下の紫外線であり、これは太陽エネルギーの 3%程度にすぎない。色素は可視光を吸収するので、色素を酸化チタン膜に吸収させておくと、酸化チタン膜の感光波長領域が拡大し、太陽エネルギーの交換効率を高めることができる。したがって、380nm 以上の波長を吸収する色素を酸化チタンにコーティングすることで、より高い発電量の太陽電池を作成できると考えた。また、光のエネルギーを表す式である  $E=hc/\lambda$  の式に光の振動数を表す  $\nu=c/\lambda$  を代入すると、 $E=h\nu$  の式が得られる。この式より、波長の短い光のほうがエネルギーが高いことがわかる。したがって、波長の短い紫外線に近いほうの光を吸収する色素を使うほうがより高い発電量を得られると考えた。そこでいくつかの色素で太陽電池を作成し、発電量（電力）と吸収波長の関係について調べてみた。

## 4 実験・研究の方法

4種類の色素（ハイビスカス・そば茶・みかん・チョコレート）を用いて、色素増感型太陽電池を作成し、テスターを用いて、電流・電圧を測定した。また、4種類の色素について、分光光度計を用いて、色素の吸収スペクトルを測定した。

#### 4.1 色素増感型太陽電池の製作

- (1) 酸化チタンペーストを作る。

粉末状の酸化チタン（アナターゼ型）3g、氷酢酸 2g、水 2.5g、ポリエチレングリコール 1g を 15 分混ぜる。

- (2) 導電性ガラスの洗浄

台所用洗剤で導電面を洗浄する。

- (3) ガラスにペーストを塗布する。

(ア) 導電面を上にしてセロハンテープでマスキングする。このとき 1 辺を 5mm 幅にしてマスキングする。

(イ) 塗布した酸化チタンペーストがむらにならないように気をつけながら、ガラス棒で塗付する

- (4) 乾燥・焼成

(ア) 塗布してすぐにテープをはがし、乾燥させる。

(イ) 乾燥後、製膜した導電性ガラスをステンレス板の上に置き、約 20 分加熱する。

- (5) 色素の吸着

色素をお湯で抽出しその溶液に導電性ガラスを浸した（図 2）。

- (6) 組み立て

(ア) 色素を吸着させた酸化チタンガラスと、4B 鉛筆で導電面を塗りつぶした陽極を合わせる。

(イ) 隙間にヨウ素電解質溶液を入れ、クリップで挟む（図 3）。

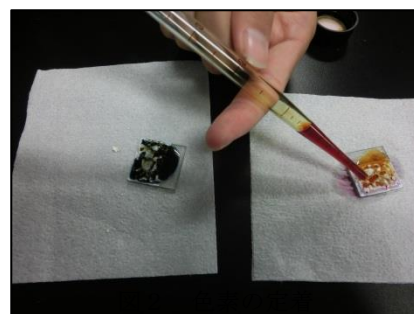


図 3 作成した色素増感型太陽電池

#### 4.2 色素増感型太陽電池の電圧・電流の測定

製作した色素増感型太陽電池に、酸化チタン膜側から光源（プロジェクター）の光を当てて、電圧・電流の測定を行った。

#### 4.3 色素のスペクトルの測定

発電量（電力）と色素が吸収する光の波長の関係を調べるために、使用した 4 種類の色素について、分光光度計紫外可視分光光度計を用いて吸収スペクトルを測定した。色素液は取り出したままの状態と測定すると濃度がそれぞれ違うため、見やすいグラフが出るまで少しずつ薄めて測定を行った。

### 5 結果

#### 4.2 色素増感型太陽電池の電圧・電流の測定結果

作成した 4 種類の色素増感型太陽電池をテスターを用いて 2700 ルーメンのプロジェクターから 5cm という距離で光を照射し、電流・電圧を測定した。表の結果より、ハイビスカスとみかんについては同程度の電力の値を示したが、そば茶、チョコレートに関しては電力の値が低かった。

表 1: 各色素による電圧・電流の測定と電力の算出

色素	電圧 (mV)	電流 (mA)	電力 (W)
ハイビスカス	350	0.34	$1.2 \times 10^{-4}$
そば茶	20	0.10	$2.0 \times 10^{-6}$
みかん	240	0.48	$1.2 \times 10^{-4}$
チョコレート	290	0.10	$2.9 \times 10^{-5}$

### 4.3 色素のスペクトルの測定結果

色素の吸収スペクトルは下図のように表される。横軸は波長で単位は nm であり、縦軸は吸光度を表す。吸光度 (A) は透過率 (T) の逆数の値を表し、単位はない。

#### (1) ハイビスカス

図4より、ハイビスカスの吸収スペクトルである。波長 300nm にピークが見られることと、520nm にもピークが見られた。これは、ハイビスカスが紫外線だけでなく、可視光の緑の波長の光も吸収するためである。

#### (2) そば茶

図5より、そば茶は紫外域ではハイビスカスと同様の吸収スペクトルが見られたが、400nm 以上の吸収スペクトルはほとんど見られなかった。

#### (3) みかん

図6より、みかんの吸収スペクトルは、ハイビスカスやそば茶と異なり、紫外域以外でも一様の吸収スペクトルが見られた。特に、ハイビスカスにも見られなかった 520nm 以上の吸収が見られた。

#### (4) チョコレート

図7より、チョコレートの吸収スペクトルは、全波長域で高い吸光度を示した。しかし、これはチョコレートの色素スペクトルを測定する際、チョコレートを薄めることが難しかったため、その他の色素に比べて正確にスペクトルを測定することができなかった可能性が考えられる。

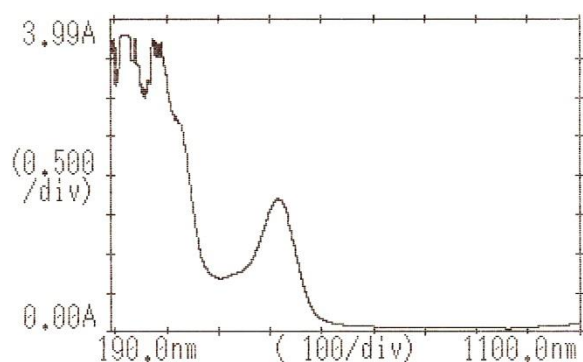


図4 ハイビスカスの吸収スペクトル

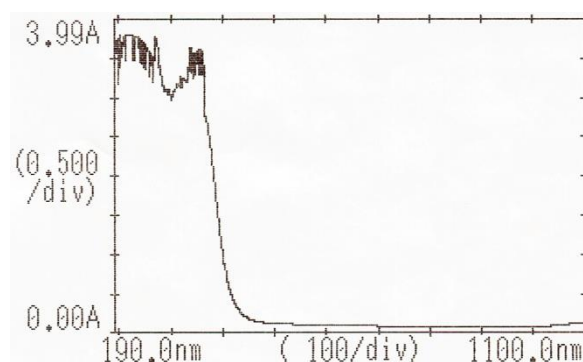


図5 そば茶の吸収スペクトル

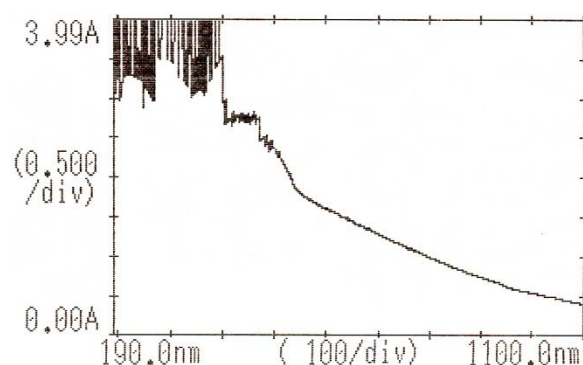


図6 みかんの吸収スペクトル

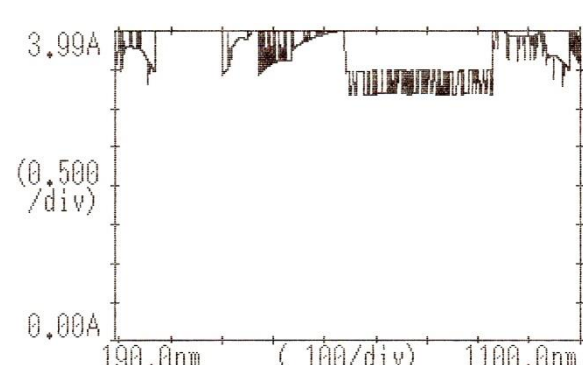


図7 チョコレートの吸収スペクトル

## 6 考察

4.2の電圧・電流の測定結果より、4種類の色素の中で、ハイビスカス・みかんについては文献値に近い電力を示しており、2つの色素が十分に機能し、酸化チタン膜の感光波長領域が拡大したと考えられる。それ以外の2種類の色素については十分な電力を得ることができなかった。この結果と4.3の吸収スペクトルの測定結果を加味して考察してみると、そば茶に

については、ハイビスカス・みかんと同様に 400nm 以下の吸収スペクトルが見られ、そば茶の電力が極体に低いことに疑問を感じた。これは、そば茶の色素増感の効率ではなく、製作した色素増感型太陽電池の完成度に問題があるように感じた。原因としては、導電性ガラスに酸化チタンがうまくペーストされておらず、隙間が生じていた可能性がある。そのため、酸化チタンと導電性ガラスの間で電子の移動が行われなかったと考えられる。そば茶については、再度太陽電池を製作し、電流・電圧の測定を行う必要がある。また、チョコレートについては、吸収スペクトルそのものに疑問を感じているが、電力を測定すると、そば茶よりは高い発電を示した。これは、チョコレートの色素としての増感作用ではなく、酸化チタンそのものが光を吸収し、発電したと考えられる。したがって、チョコレートの色素としての効率は低い。

今回、4種類の色素について、色素増感型太陽電池を製作し、色素の吸収スペクトルと太陽電池の電圧・電流の関係を調べた。仮説としては、380nm 以上の光を吸収する色素であり、光のエネルギーの式より、波長の短い紫外線に近いほうの光を吸収する色素を使うほうがより高い発電量が得られると考えた。しかし、吸収スペクトルと発電量について、明確な関連性を見いだすことができなかった。これは、結果が吸収スペクトルと発電量についての関連を否定するのではなく、製作した色素増感型太陽電池の完成度にばらつきがあるためだと考えられる。しかし、発電量や吸収スペクトルから、みかんは4種類の色素の中では高い増感作用があると推測できた。

## 7 まとめと今後の課題

色素増感型太陽電池の完成度は、酸化チタンを導電性ガラスに一樣にペーストする技術や色素を酸化チタンにムラなくコーティングする方法に左右される。色素増感型太陽電池の製作は、今年度からの研究テーマになるが、完成度の高い太陽電池を製作するまで何度も試行錯誤が必要であった。一例として、酸化チタンのペーストを製作する際、加える水の量を変えるだけでも発電量に大きな改善が見られた。今後も、高い完成度の色素増感型太陽電池を製作する方法を探求し、製作手順を固定化した上で、今回の仮説である色素の吸収スペクトルと発電量の関係について、研究を深めていきたい。また、色素については、ハイビスカス＝紫系色素、そば茶・みかん＝黄色系色素、チョコレート＝黒色系色素について、太陽電池の製作・吸収スペクトルの測定を行ったが、ブロッコリー＝緑色系色素や巨峰の皮＝青色系色素では実験を行うことができなかった。今後は、様々な色の色素について、太陽電池の製作と吸収スペクトルの測定を行い、仮説の実証に取り組んでいきたいと考えている。また、今回の研究では光源としてプロジェクターを用いたが、製作した色素増感型太陽電池の実用性を確認する上で、様々な光源を用いる必要がある。特に、酸化チタンを含め、色素は紫外域の光を吸収する傾向が見られるので、紫外線ランプを用いた発電を行ってみたいと考えている。まだ、研究は仮説の検証まで到達していないが、次年度に対しての指針や課題を見つけることができた。今後は、この課題に取り組み、実用性の高いオリジナルの色素増感型太陽電池を製作・研究していきたい。

## 参考文献

- ・川村康文、(2012.5)、自分で作る太陽光電池、p 110～113、株式会社総合科学出版
- ・若狭信次、(2012.3)、色素増感型太陽電池を作ろう、p 19～40、パワー社
- ・川村康文、(2013.3)、理論がわかる 電気の手づくり実験、p 160～167、オーム社
- ・<http://www.osaka-c.ed.jp/kak/web/kenkyuu17/pdf/04/1.pdf>
- ・<http://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H23ssh/sc2/21133.pdf>