

# 色素増感太陽電池における負極面の最適な状態を目指した研究

愛知県立豊田工業高等学校 三輪 真太郎

## 1 はじめに

日本では現在、原子力発電所を停止したことによる電気エネルギー不足が叫ばれている。電気エネルギーは私達の生活では必須なものである。電気エネルギー生産に求められる課題として、化石燃料のような有限なエネルギー源に依存せず、生産する方法を追求することにある。

そこで、自然エネルギーを利用して発電することができる太陽光発電の中でも、有機系の太陽電池である「色素増感太陽電池」について研究を行った。色素増感太陽電池は、材料が安価で入手しやすく、作製の際に複雑な装置などを使用しないため、低コストで生産ができる太陽電池である。また、室内光などの弱い光でも発電できるため、様々な場所に設置できる。しかし、色素増感太陽電池は従来のシリコン型太陽電池よりも発電効率が悪く、寿命が短いことが欠点である。昨年度の研究では主に炭素や正極面について研究を行っていたため、本研究では昨年度の研究成果を踏まえて、これまで研究していない負極面について研究を行った。

発電効率向上を目指すことを目的として色素、作製法などの負極面に着目して研究を行った。主な研究内容としては以下の通りである。

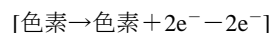
- ・最適な色素の選定
- ・スピノート法に用いるモータに加える電圧の変化による発電効率の変化
- ・電圧の変化による最適な膜厚の検討

## 2 構造・理論

色素増感太陽電池の構造は、導電性ガラスで、酸化チタンペースト、色素、電解質溶液、炭素を挟み込んだ簡単な構造をしている。図1が色素増感太陽電池の構造図である。酸化チタンペーストは410nm以下の光を吸収する特徴がある。そこで、色素を吸着させることで可視光や赤外光にも感度を持たせることができ、発電量を増加させることができる。これを、色素の増感作用という。色素増感太陽電池は次のような原理で発電する。

- (1) 負極面に光が当たると、色素内の分子(有機色素分子)が光励起され電子が放出される。光励起とは、電子を含む媒体に光が当たり、電子がエネルギーの低い状態

から、エネルギーの高い状態になることである。光励起された電子の量を光励起量という。



- (2) 電子は酸化チタン膜に受け取られ、導電性ガラスの導電膜を通り、移動する。(負極側)
- (3) 一方で、電子を失った状態にある有機色素分子は、電解質溶液中のヨウ素イオンから電子を受け取り元の状態に戻る。
 
$$[3I^- \rightarrow I_3^- + 2e^-]$$
- (4) ヨウ素イオンは電解質溶液中を移動し、もう一方の電極についた炭素膜を通ってきた電子を受け取る。(正極側)
- (5) 受け取った電子とヨウ素イオンが反応を起こし、元に戻る。
 
$$[I_3^- + 2e^- \rightarrow 3I^-]$$
- (6) 二極間に負荷を置き、回路を組むと、電極間の電位差を電池として利用できる。



図1 色素増感太陽電池の構造

## 3 研究内容

### (1) 実験1 太陽電池作製に適した色素の選定

使用する色素はハイビスカスの花弁を乾燥したものと、紫キャベツの葉を使用した。ハイビスカスは有機色素の中でよく使用されており、入手も容易だったため使用することにした。紫キャベツはアントシアニンを含んでおり、マリーゴールドやペチュニアといった花卉より性能が良かった。

たため使用した。作製手順では色素以外は同じ手順にし、デジタルテスタ(三和電気計器社製)で電圧値・電流値を測定した。

## (2) 実験1結果・考察

図2はハイビスカスと紫キャベツの色素を使って作製した太陽電池の電圧値・電流値である。この結果では、電圧値・電流値ともにハイビスカスの方が性能が良いという結果になった。また、数値だけでなくハイビスカスは乾燥させているため、長期間の保存が可能だが、紫キャベツは冷蔵保存しかできず、保存が難しい。このことから、保存状態においてもハイビスカスのほうが優れているといえる。よって、次の実験から色素はハイビスカスを使用することにする。

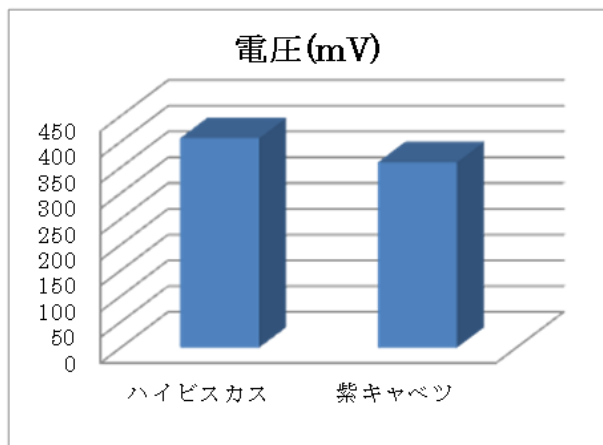
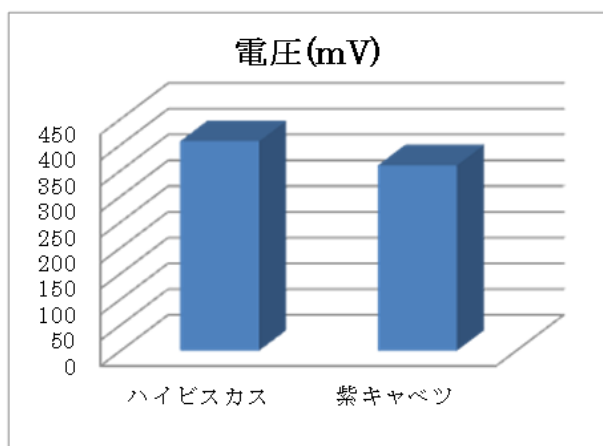


図2 ハイビスカスと紫キャベツの電圧値・電流値

## (3) 実験2 スピンコート法に用いるモータに加える電圧の変化

作製法の一つであるスピンコート法に用いる「スピンコータ」という器具を使用して次の実験を行う。今回は参考文献(2)より引用し、スピンコータを自作して使用した。スピンコータにはモータを使用しているが、そのモータに加える電圧を変化させることで、太陽電池の性能にどのような影響を与えるか図3に示すソーラシミュレータ(北斗電

工社製)を用いて評価した。モータは回転速度が速く、トルクが大きいタミヤ社製のプラズマダッシュモータを使用した。色素にはハイビスカスを使用し、電圧は3V・6V・9Vとそれぞれ変化させて太陽電池を作製した。



図3 ソーラシミュレータ

## (4) 実験2結果・考察

図4が実験の結果である。データは各電圧で3回ずつ測定したものを平均したものである。結果は6Vの電圧・電流特性が一番優れていた。3Vは回転速度が遅く、酸化チタンペーストが均等に塗布できず、9Vは酸化チタンペーストが必要以上に飛散してしまい、光励起量が減少してしまったため、発電効率が少ないと考えられる。以上の結果から、ガラスに塗布される酸化チタンペーストの量が太陽電池の性能に影響してくると考え次の実験を行った。

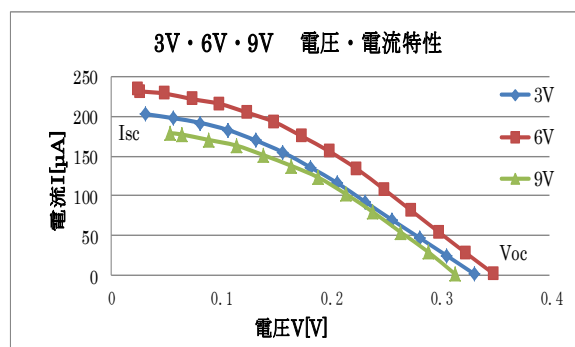


図4 スピンコータのモータに加える電圧・電流特性

## (5) 実験3 膜厚の変化による性能の変化

太陽電池の性能に影響を与える要因として、酸化チタンペーストの膜厚が関係しているのではないかと考えた。膜厚の調査には図5に示す可視紫外分光光度計を使い、ガラスに塗布した酸化チタン膜の光の透過率を調べることで相対的に膜厚を検証した。実験方法は、スピンコータに加える電圧を実験2と同様に変化させ、ガラスに塗布した酸化

チタン膜の透過率  $T$  を測定するため、波長  $\lambda$  を変化させながら実験した。なお、透過率は何も無い状態を 100% とし、比較検証した。



図 5 可視紫外分光光度計

#### (6) 実験 3 結果・考察

透過率のデータは図 6 のようになった。透過率は 9V・6V・3V の順に高いことが分かった。このことから、3V は透過率が低いため膜厚は厚く、9V は透過率が高いため、膜厚は薄い。6V は透過率が 3V よりも高く、9V よりも低いため、膜厚は程よい厚さだといえる。実験 2 の結果と合わせて考えると、発電効率の観点から 6V のときの膜厚が一番適しているといえる。

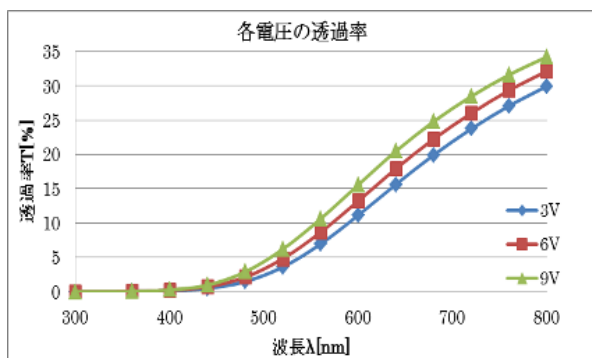


図 6 モータに加える電圧毎の透過率

#### 4 結論及び今後の課題

今回は色素増感太陽電池の負極面の最適状態を目指し、色素や作製法など様々な観点から実験を試みた。実験 1 では、色素増感太陽電池に用いる色素は紫キャベツよりもハイビスカスの方が優れているという結果を得られた。ハイビスカスは長期間保存が可能で、色素の抽出も容易なことから、色素増感太陽電池に使用する色素に適していると分かった。実験 2 では作製法の一つであるスピコート法に

ついて調べた。スピコートに加える電圧は、6V を使用すると一番発電効率が良いという結果となった。3V では目視でもムラやひび割れなどがあり状態が悪かったため、妥当な結果だったと考えた。9V は回転速度が一番速かったので、発電効率も良いと考えていたが、結果は 6V より低かった。9V では使用したモータに過剰な電圧が加わり、寿命が縮まってしまうため、安定性が損なわれることも考えられる。このことから、6V の電圧は発電効率以外の点からも適していると考えられる。実験 3 では可視紫外分光光度計を用いて各電圧での透過率を調べた。透過率は何も無い状態を 100% として比較検証をしたが、結果として 9V が一番薄く次に 6V、3V の順で酸化チタン膜が薄いことが分かった。

以上のことから、膜厚は光を遮るほど厚くなく、光励起量が減少してしまうほど薄くない適度な厚さが適していることが結論であり、本研究ではスピコート法における太陽電池作製において、プラズマダッシュモータで 6V の電圧を加えて作製することが負極面の最適な状態を作り出すのに望ましいといえる。

今回の実験では、色素と作製法の二つの観点から研究を行った。実験で使用したハイビスカスと紫キャベツは有機色素のため、今後はクロロフィルやその他の色素を使用するなど、作製法をさらに研究していき、発電効率向上を目指していきたいと思う。

#### 5 謝辞

本研究では、あいち産業科学技術総合センター産業技術センター自動車・機械技術室 鈴木正史氏、梅田隼史氏及び村上英司氏、知の拠点あいちの職員の皆様など多くの方々のご多大なるご協力によって、今回の研究を恵まれた環境の中で円滑に行うことができました。心より感謝申し上げます。

#### 参考文献

- (1) 若狭信次(2010) : 手作り太陽電池のすべて色素増感太陽電池を作ろう オーム社
- (2) 山本和希(2012) : 発電効率向上を目指した色素増感太陽電池の作製法に関する研究 電気学会
- (3) 伊藤史峻 他(2013) : スピコート法を用いた色素増感太陽電池の発電効率向上を目指した研究 愛知県産業教育振興会