

色素増感型太陽電池

要旨

酸化チタン(IV)をベースとする色素増感型太陽電池で、どのような物質を使用したら発電の効率が向上するのかを研究した。酸化チタンペーストの作り方、色素の違いによって、発電がどのように変わるのかを調べた。その結果、酸化チタンペーストは硝酸、アセチルアセトンを使用することによって発電量が変わることがわかった。

1. 目的

新エネルギーで注目されるものの中に色素増感型太陽電池がある。従来のシリコン型の太陽電池と比べて容易に作成できることが特徴のひとつである。しかし、作り方の参考文献を見てみると、さまざまな作成方法がある。そこで私たちはどの物質を加えたら発電の効率が向上するのかを研究し、より発電効率の良い色素太陽電池を作ることを目指した。

2. 使用した材料・器具

【材料】

酸化チタン(IV)(粉末状), 酸化スズ(IV)をコートした導電性ガラス板(2.54×2.54) cm, pH3 の酢酸水溶液, pH3 の硝酸, 純水, ポリエチレングリコール(固体), ポリエチレングリコール(液体), 炭素棒, ヨウ化物電解質溶液, 2-プロパノール, アセチルアセトン, メチレンブルー, ローダミン B

【器具】

クリップ, セロハンテープ, 光源 (OHP), ガラス棒, 乳鉢, 乳棒, 電気炉, 超音波洗浄器, マルチメータ, 電流計, 電圧計, 検流計

3. 研究・実験の手順

＜標準的な色素太陽電池の作成方法＞ (ケニス株式会社ナノクリスタルによる)

(1)酸化チタンペーストを作る。

①粉末状の酸化チタン 6g と pH3 の酢酸 9g を乳鉢に入れ 30 分混ぜる。

②ペースト状になったら、台所用洗剤を 10 倍に薄めたものを界面活性剤として入れる。

(2)導電性ガラスの洗浄

①台所用洗剤で導電面を洗浄する。

②2 - プロパノールを入れた超音波洗浄器で 3 分間洗浄する。

③2 - プロパノールを揮発させガラスを乾燥させる。

(3)ガラスにペーストを塗布する。

①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 3 辺が 3mm ずつ、1 辺が 6mm 幅にしてマスキングする。

②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、ガラス棒で手前から奥へ押し出して塗布する。

(4)乾燥・焼成

- ①塗布してすぐにテープをはがし、あらかじめ 100℃に設定しておいた電気炉に入れ、乾燥させる。
- ②乾燥後、450℃に設定しておいた別の電気炉に入れ、30 分焼く。

(5)色素の吸着

基本的にクロロフィルを使用する。クロロフィルは植物の葉（桜）から取り出したものである。

- ①葉を細かくちぎり、乳鉢に入れすりつぶした後、アセトンで抽出する。
- ②焼成した酸化チタンをクロロフィル抽出液に浸し、光の当たらない場所で一晩おく。

(6)組み立て

- ①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。
- ②隙間にヨウ素電解質溶液を入れ、クリップで挟む。

[実験 1] 初めて作った太陽電池

＜方法＞標準的な作成方法でペーストを作成した。

＜結果＞

電圧 未測定

電流 0.05mA

＜考察＞

[実験 1]では、色素の吸着が悪く、発電も上手く行われていないようだった。

原因として色素の吸着がうまくいかないことが考えられた。そこで酸化チタンペーストの粘度を上げ、ペーストを厚くすることによって、より色素が吸着するように実験した。



[実験 2] 酢酸の量を減らして、酸化チタンペーストの粘度を上げる

＜方法 i＞標準的な作成法から、酸化チタンペーストの酢酸 9g を 4g に変えてペーストを作成した。

＜結果 i＞

電圧 0.03mV

電流 微弱

* 焼成のあとに酸化チタンの一部がはがれてしまった。

＜方法 ii＞標準的な作成法から、酸化チタンペーストの酢酸 9g を 6g に変えてペーストを作成した。

＜結果 ii＞

電圧 0.03mV

電流 微弱

* 焼成のあとに少し酸化チタンがはがれてしまった。

＜考察＞

発電量も良くなかったが、溶媒を少なくしすぎると焼成のときにはがれやすくなってしまった。よって、色素をより吸着させるためにはペーストを濃くするだけではいけないということがわかった。溶媒の量を減らすのではなく、溶媒を硝酸にしてもとの量にしてペーストを作り直して実験してみた。



[実験 3]

＜方法＞標準的な作成法から、酸化チタンペーストの酢酸の代わりに硝酸を使用した。

＜結果＞

電圧 0.22V

電流 1.0mA

＊[実験 1]で作った酢酸を溶媒にしたものよりも、強い電流が流れた。

＜考察＞

硝酸を使用したところ[実験 1]の酢酸を使用したものよりもよい結果が得られた。もっと発電量を上げるために資料を探したところ、ポリエチレングリコールを使うことによって焼いたときに酸化チタンが多孔質になり表面積が増え、発電量が上がるという資料を見つけた。そこでペーストにポリエチレングリコールを入れてつくることにした。

[実験 4]

＜方法＞ポリエチレングリコールを使用して酸化チタンペーストを作成した。材料は以下の通り。

酸化チタン 3g、ポリエチレングリコール 1g(固体)、純水 7g、硝酸 1 滴を加え 30 分混ぜる

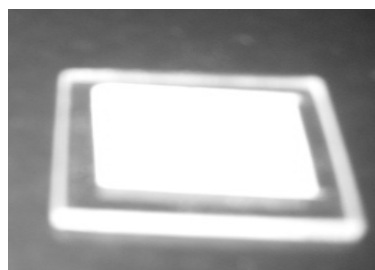
＜結果＞

1 個目

電圧 0.01V

電流 0.0mA 検流計はわずかに振れた

＊焼成の後に酸化チタンがはがれた。



[実験 4]の酸化チタンペースト

2 個目

電圧 0.02V

電流 0.0mA 検流計はわずかに振れた

＊焼成の後に酸化チタンがはがれた。

＜考察＞

[実験 4]の結果から、思ったより発電がされていない。その原因として、色素を吸着させた後、酸化チタンペーストがはがれてしまうことが考えられる。はがれてしまうのは、酸化チタンペーストに何らかの問題があったと考えられたので、さらにつくり方を検証してみることにした。

[実験 5]

＜方法＞酸化チタン粉末を溶かす溶媒を変える。

[実験 4]を基本に純水に硝酸 1 滴を加えるもの(i)と、硝酸のみで作成したもの(ii)とを比較。

<結果>

(i)純水を使用した場合

電圧 0.05V

電流 0.0mA 検流計はわずかに振れた

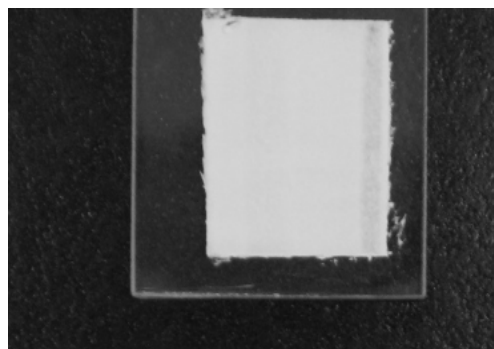
(ii)硝酸を使用した場合

電圧 0.0V

電流 0.0mA 検流計はわずかに振れた



[実験 5]i の酸化チタンペースト



[実験 5]ii の酸化チタンペースト

どちらも発電量はわずかではあったが、水を使用したもののほうが発電することがわかった。

[実験 6] アセチルアセトンの比較

<方法>[実験 4]のペーストの作り方を基本に(i)アセチルアセトンを加えた場合、(ii)アセチルアセトンを加えなかった場合

<結果>

(i)アセチルアセトンを加えた場合

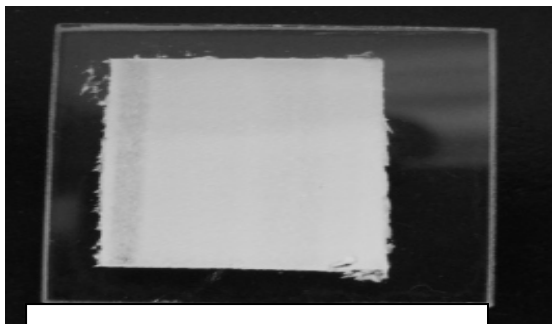
電圧 0.2V

電流 0.0mA 検流計はわずかに振れた

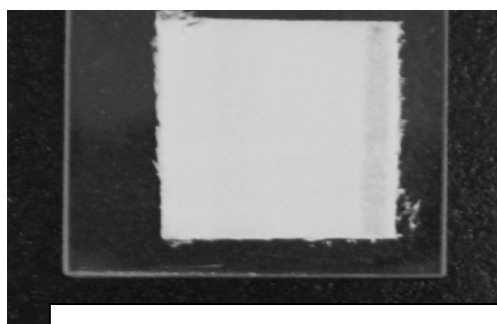
(ii)アセチルアセトンを加えなかった場合

電圧 0.0V

電流 0.0mA 検流計はわずかに振れた



[実験 6]i の酸化チタンペースト



[実験 6]ii の酸化チタンペースト

アセチルアセトンを加えた方が高い電圧を生じた。

<考察[実験5][実験6]>

アセチルアセトン、水+硝酸1～2滴、がもっとも発電効率が良かった。原因として考えられるのは、酸化チタンが分散したためだと考えられる。アセチルアセトンや、硝酸は酸化チタンを分散させる働きがある。したがって、比較的発電できたアセチルアセトンや、水 + 硝酸1～2滴、を加えた酸化チタンペーストは酸化チタンの分散が行われたことがわかる。しかし、[実験5] ii より硝酸だけを使用すると、かえって、発電しないこともわかった。実験回数がなく、確かではないが、酸化チタンを分散させるための物質は多すぎではないようである。

[実験7] 色素を変えることによる発電量の変化について

<方法1>[実験4]のペーストを用い、マローブルーを使いアントシアンを純水で抽出し、その水溶液に1日ガラスを浸した。

<結果>

電圧 0.22V

電流 1.0mA

<考察>

クロロフィル溶液で実験したものとはほぼ同じ結果が出た。より発電させるためにアントシアンとクロロフィルを両方使用し、発電量を上げることを試みた。

<方法2>[実験4]のペーストを用い、色素はアントシアンを吸着させた後、クロロフィル抽出液に浸した。

<結果>

電圧 0.0V

電流 0.0mA

<考察>

ほとんど発電されてなかった。酸化チタンペーストがうまくガラスに貼りついていなかったと考えられる。

<方法3>[実験4]のペーストを用い、メチレンブルー水溶液に一晩浸し、吸着させた。

<結果>

電圧 0.02V

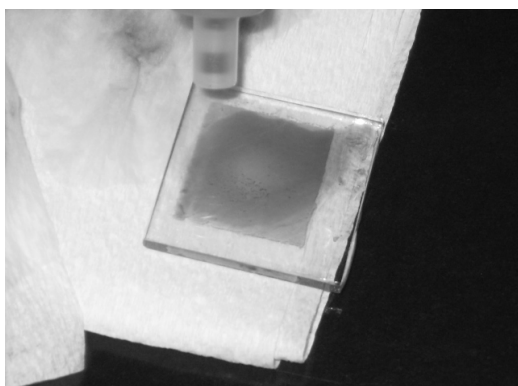
電流 0.0mA

<考察>

ヨウ化物電解質溶液をガラスの間に入れたところ、メチレンブルーが溶け出してしまい、発電がほとんどできなかった。メチレンブルーのような水溶性の色素には、色素太陽電池に使えないものがあることがわかった。

<左図>

ヨウ化物電解質溶液を垂らして溶け出たメチレンブルー



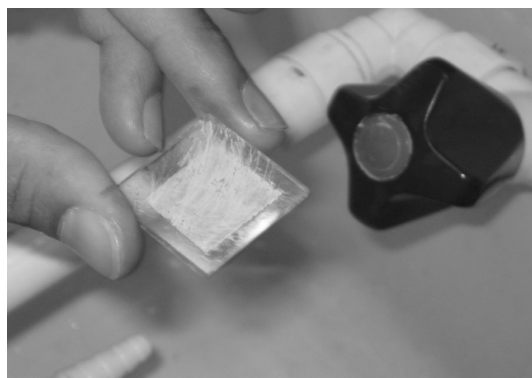
<方法4>[実験4]のペーストを用い、ローダミンBを吸着させた

メチレンブルーのときにヨウ化物電解質溶液を入れたところ、メチレンブルーがはがれてしまったため、今回は、導電性ではないガラス板に酸化チタンペーストを焼成し、色素の吸着実験を行った。

ガラス板に酸化チタンペーストを塗布し焼成したものを、ローダミンB水溶液に一日浸しローダミンBを吸着させた。

<結果>

吸着したが水を垂らすとローダミンBが水に溶けてしまった。ヨウ化物電解質溶液を垂らしてみても同じように溶けてしまった。ローダミンBは色素として使えないことが分かった。



水に溶けたローダミンB

4 まとめ

酸化チタンペーストは、酸化チタンにアセチルアセトンもしくは、少量の硝酸を加えることによって、良い酸化チタンペーストになる。この酸化チタンペーストは厚すぎると、はがれやすくなってしまい発電ができなくなる要因となる。したがって、発電量をあげるためには、酸化チタンが分散され、厚すぎてはならないことがわかった。

また、水溶性の色素は、吸着させても色落ちしてしまうことがあり、色素太陽電池には向かない。ただし、アントシアン色素は水溶性の色素であるにも関わらず、色素が落ちなかったことから、水溶性の色素のすべてが色素太陽電池に向いていないわけではない。今後は、酸化チタンに吸着しやすく、水やヨウ化物電解質溶液に溶けない色素を検討していく。そして、発電効率と、色素の関連性も調べていく。

5 参考文献

ケニス株式会社ナノクリスタル太陽電池キット

手作り太陽電池のすべて 色素増感太陽電池を作ろう 若狭信次 著

進化する電池の仕組み 乾電池から未来型太陽電池まで 箕浦秀樹 著