

色素増感太陽電池の酸と孔の関係性

Connection between acid of Dye-sensitized solar cell and holes

岩手県立一関第一高等学校理数科 3年

高橋さくら 千葉響 小澤美咲 福田悠里

TAKAHASHI Sakura CHIBA Hibiki OZAWA Misaki and FUKUDA Yuri

要約

私たちは、シリコン系太陽電池と違い、安価で製作のしやすい色素増感太陽電池に興味をもった。酸化チタンペーストの作成の際に加える酸に着目したところ、酸の分子量が小さく沸点が低い酸ほど、蒸発し、小さくて多くの孔をもつ酸化チタン膜ができることを走査型電子顕微鏡(SEM)で確認することができた。

〈キーワード〉 分子量 沸点 多孔

ABSTRACT

We are interested in the Dye-sensitized solar cell. It is different from the Silicon-based solar cells, made up from inexpensive materials and easy to make. In this research, we focused on acid added in the process of making titanium oxide paste. The smaller molecular weight of acid and lower boiling point is, the more likely to evaporate and become small and porous titanium oxide film.

1 はじめに

私たちは、比較的冷暗所でも発電ができ、製作も容易な色素増感太陽電池に興味をもった。この電池は一般的なシリコン型の太陽電池に比べて発電量が低いことが欠点の一つであることを知った。発電量をあげるために私たちでもできることを考えたところ、酸化チタンに加える酸を変えて酸化チタン膜を作り、何の酸を加えたときに最も発電量を多くできるかを調べることにした。カルボキシ基をもつ酸は電子漏れを防ぎ、水素イオン濃度をあげることでチタン粒子同士を反発させ、色素の吸着面積を広くするという役割をもつことから、カルボキシ基をもつ酸 5 種類を用いた。

2 仮説

- ①分子量が小さく、沸点が低い酸を加えたチタン膜の表面は、孔が小さいものがたくさんできる。
- ②大きな孔が点々とあるよりも小さくてたくさん孔があるほうが色素の吸着できる表面積が広がると考えた。この状態となったチタン膜を用いた電池が最も発電する。

3 研究方法

実験 1 酸化チタン膜の観察

[実験材料・器具]

酸化チタン粉末, 純水, 水溶液 (酢酸, 酒石酸, フマル酸, マレイン酸, シュウ酸) 1mol/l, 導電性ガラス (計 24 枚), 駒込ピペット, ガラス棒, メンディングテープ, 色紙, アルミホイル, すり鉢, ホットプレート, テスター, 走査型電子顕微鏡 (以降 SEM とする)

[実験方法]

- ① 水溶液 0.5ml, 純水 0.5ml, 酸化チタン 0.5g をすり鉢に入れ, 15 分間すり潰してペーストを作る。(純水のみペーストは純水 1ml とチタン 0.5g で作製)
- ② テスターで導電面を確認したのち, 導電性ガラス 2 枚を, ガラスの両端を 2mm 覆うようにメンディングテープを重ねて色紙に貼る。
- ③ 導電性ガラスの手前の色紙にペーストを乗せ, ガラス棒で一気に伸ばす。
- ④ メンディングテープを剥がし, 1 枚は自然乾燥させ, もう 1 枚はアルミホイルを敷いた 230 °C のホットプレートで 15 分間焼く。

- ⑤ (公財)岩手県南技術研究センター様にご協力いただき、5種類の酸化チタン膜表面をSEMで観察し、元素分析を行った。(元素分析を行ったプレートはフマル酸、酒石酸、マレイン酸、酢酸の4種類である。)

結果 1

・SEM画像より

自然乾燥、焼き付けの両方の画像を得たが、同じ酸同士では最も大きい孔の大きさにそれほど大きな違いがなかったことから焼き付けの10000倍のSEM画像から得た孔の大きさのみ、沸点と分子量との比較と共に以下に示す。

Table1 Result of the experiment1

水溶液名	孔の大きさ (μm)	沸点 ($^{\circ}\text{C}$)	分子 量
純水	1.00	100	18
酢酸	0.88	118	60
シュウ酸	1.26	*189	90
マレイン酸	1.26	202	116
フマル酸	1.26	*200	116
酒石酸	1.75	275	150

*シュウ酸は189 $^{\circ}\text{C}$ で分解する。

*フマル酸は202 $^{\circ}\text{C}$ で昇華する。

沸点と分子量の差が特に大きい酢酸 (Fig. 1) と酒石酸 (Fig. 2) の10000倍のSEM画像は以下の通りである。酢酸の方が酒石酸よりも孔が小さく、孔の数は酢酸が酒石酸よりも多くできたように見える。

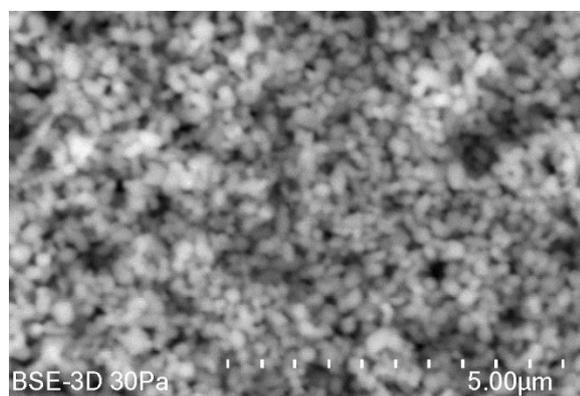


Fig.1 Hole of Acetic acid

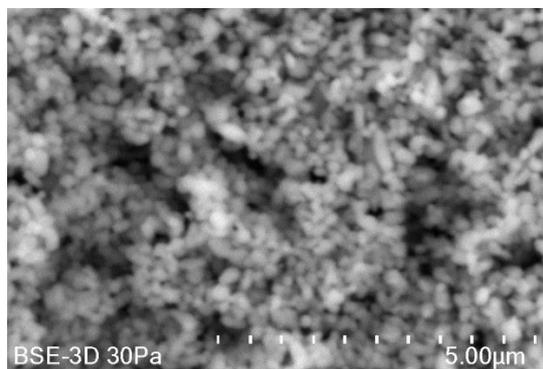


Fig.2 Hole of Tartaric acid

・元素分析より

酸を加えたペーストとの比較のために純水のみで作成したプレートはひび割れが生じていた。シュウ酸は他の酸と異なりチタン膜表面にシュウ酸の結晶ができていた。そのため、ほかの酸との比較には適さないと判断し、残る酸のプレートのみ元素分析を行った。4種類全てのプレートにおいて、酸素原子と炭素原子を重量パーセントで比較したところ、自然乾燥より焼き付けた方が炭素の割合が低くなった。このことから、焼き付けにより酸が蒸発したことが確認できた。

実験 2 発電

[実験材料・器具]

実験1で作成した酸化チタンプレート、6Bの鉛筆、クチナシ色素、純水、ヨウ素液、ダブルクリップ、駒込ピペット、シャーレ、キムタオル、イージーセンサー

[実験方法]

- (1) テスターで導電面を確認したのち、両端を2mm空けて導電性ガラスの表面を鉛筆で塗る。
- (2) 純水120mlにクチナシ色素を付属のスプーンで5杯入れて色素とする。シャーレに酸化チタンプレートを入れ、そこに駒込ピペットで色素を静かに注ぎ、3時間浸す。
- (3) 色素からプレートを取り出し、キムタオルで軽く拭き取る。
- (4) 鉛筆の面にヨウ素液を3滴垂らし、酸化

チタンプレートのを少しずらして重ね、ダブルクリップで挟み、電池とする。

- (5) イージークラスと電池を繋ぎ、太陽光に当てて発電させ、電流と電圧を測定する。

結果 2

どのプレートも発電させることができなかった。この実験の後、一度プレートどうしを分解し、酸化チタンの付着面と何もついていない導電性ガラスの導電面を重ね合わせたものを太陽光電池と電流計を繋いだ回路に繋げたところ、電流計が振れなくなった。一方、鉛筆を塗ったガラスにヨウ素液を垂らし、何もついていないガラスで挟んだものは電流計が振れた。

4 考察

色素の吸着面積を大きくすることで発電量が大きくなる。そのために孔は、小さくて多いほうが適していると考え。実験 1 より、4種の酸のうち、酢酸は、分子量が最小で沸点が最も低い分子であり、酒石酸は分子量が最大で沸点が最も高い分子であり、孔の大きさと数に違いが出来た。全体的に、分子量が小さく、沸点が低い酸を加えた時ほど、蒸発して多孔の膜になると考えられる。しかし、我々が得た倍率の高いSEM画像はプレート的一部分のみで、場所によっては分子量や沸点が小さいのに大きな孔がみられる部分もある可能性があり、一概に仮説通りであるとは言えない。同じプレートから複数の箇所のSEM画像を撮り、比較する必要がある。また、仮説 2 に基づき、酢酸は色素を多く吸着させることができるために結果として発電量がこれらの酸の中では最も多いのではないかと考えた。しかし、すべてのプレートにおいて発電を試みたが通電しておらず、上手くできなかった。その原因は結果 2 より酸化チタンペーストにありそうだが、詳しいことは不明である。酸化チタンはルチル型を用いたが、アナターゼ型に変えたり、加える酸のモル濃度を変えたりするなどして、まずは通電できる酸化チタンプレートを作成できるようになる事が今後の課題であり、可能になったら加える酸を変えながら、どの酸が最も発電できるか、孔との関係性と共に探りたい。

5 まとめ

加える酸を変えながら酸化チタン膜を作成した。酸の分子量が小さく、沸点が低いほど、蒸発し、小さくて多くの孔をもつ酸化チタン膜ができることが分かった。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導いただいた千田哲幸先生、君成田隆房先生、(公財)岩手県南技術研究センター様には厚く御礼申し上げます。本当にありがとうございました。

参考文献

今若誠己(2005):色素増感太陽電池の製作, 研究紀要,

https://www.pref.shimane.lg.jp/education/kyoiku/kan/matsue_ec/chousa_kenkyu/h15-h20kenkyuseika/17nendo.data/h17-7.pdf

(2021. 1. 31 閲覧)

本田健二, 古矢賢志, 松浦秀治(2003):酢酸を用いた TiO₂ ペーストによる色素増感太陽電池に関する研究,

<http://www.osakac.ac.jp/labs/matsuura>

(2021. 1. 31 閲覧)