

納豆を用いた色素増感太陽電池の作製

石塚 萬葉[†]、齋藤 風花[†]、藤ヶ崎 真生[†]、山家 楓華[†]、渡部 公仁^{†*}

[†]茨城県立竜ヶ崎第一高等学校 〒301-0844 茨城県龍ヶ崎市平畑 248

(2024年7月10日 受付; 2024年10月2日 受理)

Abstract

茨城県は、納豆の購入額ランキングの上位にランクインされている。しかし、実際には廃棄される量も少なくない。本研究では、納豆の食用以外での利用価値を見出すために、納豆の色素を用いた色素増感太陽電池を作製し、その性能を評価した。

実験の結果から、色素に大豆イソフラボン配糖体から発酵して得られるイソフラボンアグリコンが発電に寄与していることが示唆され、茨城県の名産品である納豆の色素を用いて色素増感太陽電池を作製することができた。また、廃棄される納豆についても発電が確認でき、再利用の可能性も示唆することができた。

Introduction

太陽光発電とは、シリコンなどの半導体によって構成された太陽電池が光エネルギーを吸収し、放出された電子の循環による発電である。しかし、半導体の費用がかかることが課題である。そこで、半導体の代わりに色素を用いた色素増感太陽電池(DSSC: Dye Sensitized Solar Cell)が開発された。色素増感太陽電池の仕組みは太陽電池と同じであるが、色素を使用する点異なる。様々な色素を用いた実験が行われており、黄色の色素が最も発電効率が高いとの報告がある。

私たちの地元の茨城県は、納豆の購入額ランキングで上位にランクインされている。しかし、実際には廃棄される量も少なくない。本研究では、納豆の食用以外での利用価値を見出すために、納豆の色素を用いた色素増感太陽電池を作製し、その性能を評価した。

Experimental

太陽電池の仕組み

太陽電池におけるシリコンなどの半導体は、N型半導体とP型半導体から構成される。この半導体に太陽光が当たると、半導体が励起状態となり電子を放出する。N型半導体に電子が流れやすく、P型半導体に正孔が集まるといった性質を利用して、負極に集まった電子が対極に移動することで電流が流れる。

一方、色素増感太陽電池は、半導体の代わりに色素を吸収した酸化チタンペーストとヨウ素を用いる。色素を吸収した酸化チタンペーストに光が当たると、励起状態となり電子を放出する。その電子が対極に移動し、三ヨウ化物イオンに吸収され、ヨウ化物イオンが発生し、色素に電子を渡すことで電流が流れる。

本研究では、色素に納豆、廃棄納豆(賞味期限が切れて販売できないもの)、大豆を採用し、電力の比較を行った。

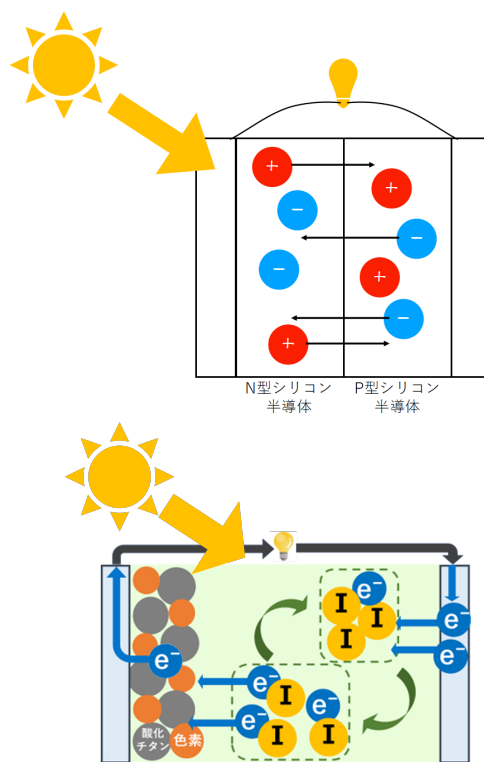


図1 太陽電池(上)と色素増感太陽電池(下)の仕組み

色素増感太陽電池の作製

次のような手順で、納豆、廃棄納豆、大豆から色素を抽出し、正極と負極をずらして張り合わせ、色素増感太陽電池を作製した。

(1) 色素の抽出

納豆、廃棄納豆、大豆の潰したものと潰していないもの計6種類の試料(秋山食品秋山カップ納豆 1/4 カップ分)から以下のように色素を抽出した。

* Corresponding author. e-mail address : watanabe.kimihito@*****

***** = green.ibk.ed.jp

- 100 ml ビーカーに試料とエタノールを質量比 2:3 の割合で入れ、恒温槽を用いて 60 °C のお湯で 40 分間温めた。
- 駒込ピペットを用いて 100 ml ビーカーの溶液をシャーレに移した。

(2) 負極の作製

- ビーカーに酸化チタン(IV) 1.5 g、ポリエチレングリコール 0.5 g、蒸留水 3.5 g を入れ、5 分間混合し、酸化チタンペーストを作製した。
- 導電性ガラス (25 mm×25 mm) にテープを貼って段差を作り、25 mm×21 mm の範囲に酸化チタンペーストを引き伸ばして塗布した(スキージ法)。
- 酸化チタンペーストを塗布した導電性ガラスを 550 °C に設定した電気炉に入れて 30 分間焼成した。
- (1) で抽出した色素の溶液が入れている 6 種類のシャーレそれぞれに導電性ガラスを 40 分間浸した。

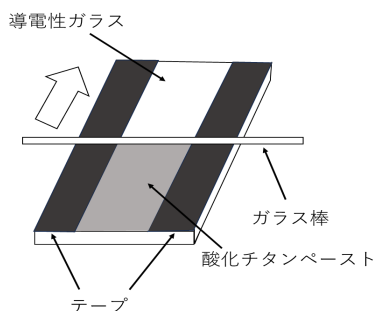


図2 スキージ法による塗布

(3) 正極の作製

- 導電性ガラスに 6B 鉛筆で黒鉛を塗布し、ヨウ素液を吸着させた。

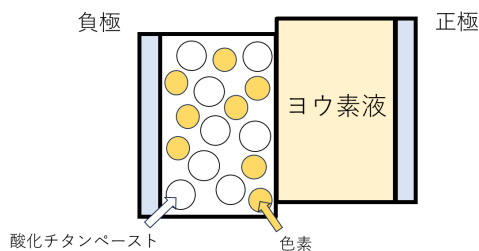


図3 本実験で作製した色素増感太陽電池の仕組み

(4) 測定

光源(ルミナエース LA-150UE)から 4.0 cm 離れた位置に色素増感太陽電池を固定し、デジタルマルチテスターで短絡電流と開放電圧を 1 つの色素増感太陽電池につき、4 回測定し、電力の平均を算出した。

Results and Discussion

図 4 に納豆・廃棄納豆・大豆・酸化チタンペーストのみのそれぞれの電力を示した。酸化チタンペーストのみの色素がない場合は発電しなかった。発酵している納豆・廃棄納豆は、大豆に比べて電力が大きかった。

イソフラボンアグリコンは、大豆イソフラボン配糖体から糖が分離したものであり、大豆の発酵食品に多い。アントシアニンを色素とする色素増感太陽電池の発電が報告されており、アントシアニンと類似の構造であるイソフラボンアグリコンが色素として発電に関係していることが示唆された。

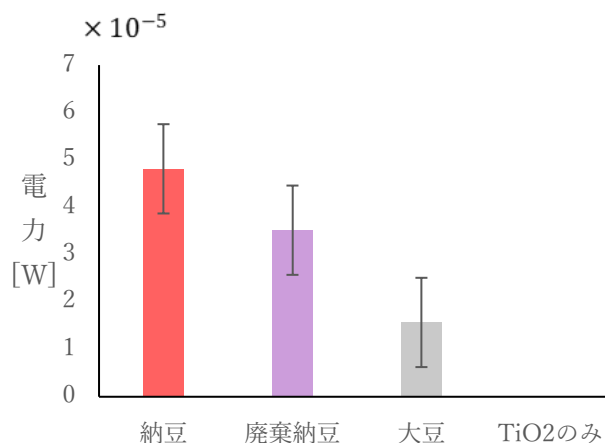


図4 納豆・廃棄納豆・大豆の電力

Conclusions

色素に大豆イソフラボン配糖体より、発酵して得られるイソフラボンアグリコンが発電に寄与していることが示唆され、茨城県の名産品である納豆を用いて色素増感太陽電池を作製することができた。また、廃棄納豆についても発電が確認でき、再利用の可能性も示唆することができた。

References

- 1) 天然色素の色素増感型太陽電池への適用,
https://www.jstage.jst.go.jp/article/scej/2008f/0/2008f_0_243/_article-char/ja/ (2024 年 7 月現在)
- 2) 大豆及び大豆イソフラボンに関する Q & A ,
https://www.fsc.go.jp/sonota/daizu_isoflavone.html(2024 年 7 月現在)
- 3) 納豆の購入額ランキング | 総務省統計局,
<https://www.stat.go.jp/data/kakei/rank/backnumber.html> (2024 年 7 月現在)

Acknowledgement

廃棄物の納豆を提供して下さった(有)秋山食品様に感謝申し上げます。