

くれ超発電プラント化計画 (色素増感型太陽電池の改良)

機械工学科 4年 前本 晟
機械工学科 4年 山本 凜
電気情報工学科 4年 片山 翔太
環境都市工学科 4年 佐々木 颯太郎
(指導教員 田中 慎一)
呉工業高等専門学校

1. 研究の背景

現在、世界中で脱二酸化炭素を目指す動きが大きくなっている。日本においても例外ではなく、日本政府は2050年までに温室効果ガスの排出量を全体としてゼロとするカーボンニュートラルを目指すとしている。そのため、我々の生活に必要な不可欠な電気のエネルギー源においても同様に、温室効果ガスを排出しない再生可能エネルギーに対する関心が高まっている。その中でも特に太陽光発電においては、住宅の屋根に設置するソーラーパネルや空き地へのメガソーラーの設置など、様々な試みがなされている。また、呉市が属している瀬戸内地域は、降雨が少ないため日照時間が長く、瀬戸内海に面しているため南向きの斜面を有しており、太陽光エネルギーに富んでいる都市であることなどの理由から、私たちは太陽光発電に注目した。

現在、耐用年数の長さなどの理由から、シリコン型のものが広く用いられている。シリコン型太陽電池は、波長の長い赤色などの光で発電するものはまだ開発段階であり、現状では基本的に青色や緑色といった波長の短い光のみでしか発電できない。したがって、夕方などの時間帯では、青色や緑色などの光は地表に届く前に発散し、赤色などの光が多く届くため、発電量が著しく低下してしまう。そこで私たちは、青色や緑色に加え、赤色の光にも反応して発電できる色素増感型太陽電池というものを作製・改良し、太陽光発電の安定化につなげたいと考えた。

2. 色素増感型太陽電池

2.1 発電原理

色素増感型太陽電池の発電原理を図1に示し、以下に説明する。

(1) 色素と呼ばれる発電材料(ナノ金属材料)が光を吸収し、電子を放出する。(2) 発生した電子が、色素から酸化チタン膜に移動する。(3) 電子が負極から外部回路を經由し、正極へ移動して発電する。(4) 電子が電解質を介して色素へ戻る。

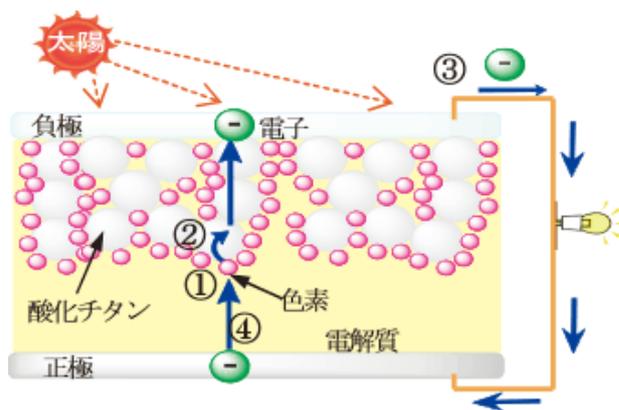


図1：色素増感型太陽電池の発電原理【1】

2.2 作製工程

色素増感型太陽電池の基本的な作製工程を以下に示す。

(1) 電極ガラスを数 cm サイズに切断し、2枚1組のセットになるよう準備する。(2) 準備した電極ガラスを塩酸や中性洗剤、超音波洗浄機などを用いて洗浄する。(3) 1組の電極ガラスのうち1枚を作用電極として、チタニア(酸化チタン)を薄く塗布し、電気炉を用いて高温で焼結させる。(4) もう一方の電極ガラスを参照電極として、電解液を注入するための穴を空ける。(5) 作用電極のチタニア膜に3色(青色・緑色・赤色)の発電材料を吸着・固定する。(6) 2枚の電極ガラスを熱可塑性樹脂で貼り合わせる。(7) 作用電極側の穴から電解液を注入して、その穴をカバーガラスで塞ぎ電解液を密封する。

また、作製した色素増感型太陽電池について写真1に示す。

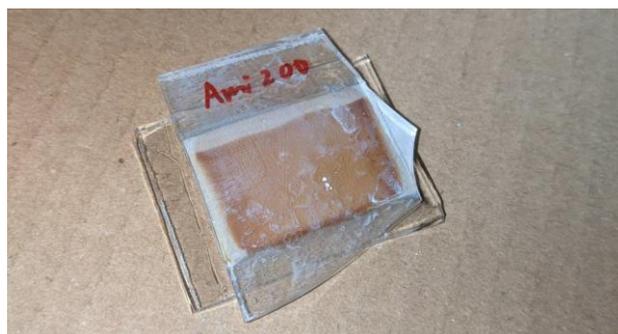


写真1：作製した色素増感型太陽電池

3. 実験方法

作製した太陽電池にソーラーシミュレーターの光や太陽光を当てて電圧・電流を計測し、電池の最大出力・発電効率を評価した。このとき、3種類の発電材料を使用して作製した太陽電池についてそれぞれ評価し、青色・緑色・赤色の波長の違う3種類の光で、最大出力・発電効率がどのように異なるのか調べた。

3.1 昨年度の実験結果

昨年度のインキュベーションワークでは、20mm×30mmのサイズのガラスを接着して作った太陽電池を用いて実験を行った。授業時間の関係上、測定した時間帯が夕方であったため、青色や緑色の光を使用する太陽電池はうまく動作しなかった。また、赤色の光を使用する太陽電池では、発電していることは確認できたが、安定した発電は不可能であった。これは、太陽電池のサイズが小さく接着面積も小さいため密閉性が悪く、電解液を注入した後、短時間で電解液が乾いてしまうことが原因で、太陽電池が正常に使用できなくなってしまうのではないかと考えられる。

3.2 太陽電池の改良

3.1に述べた昨年度の実験結果を踏まえて、今年度の地域実践演習では、接着面積を大きくするためにガラスのサイズを40mm×50mmに変更した。

昨年度の活動では、電気炉の規格による制限があり、最大で20mm×30mmのサイズが限界だった。しかし、今年度は呉市「学生の夢実現プロジェクト」に研究助成をいただき、新しく電気炉を購入したことで40mm×50mmのサイズで太陽電池を作製することができるようになった。この改善によって接着面積が増加し、電解液が乾きづらくなるといった効果が期待できる。

4. 結果

4.1 太陽電池の評価方法

屋内での計測では、ソーラーシミュレーターを用いて、作製した太陽電池に一定のエネルギー（1000 W/m²）の光を当て、電圧・電流を測定して、最大出力を求め、光のエネルギーと最大出力から発電効率を計算した。また、屋外でも計測を行い、ソーラーシミュレーターを用いた場合との発電量の比較や、安定した発電の可否を調べた。

4.2 計測結果

昨年度と今年度の計測結果の一部を以下に示す。

表1：屋内計測結果（2022.2.7）

	blue	green	red
最大出力 (W)	3.03×10^{-8}	3.96×10^{-7}	1.03×10^{-5}
発電効率 (%)	0.00000757	0.0000989	0.00257

表2：屋内計測結果（2023.1.20）

	blue	green	red
最大出力 (W)	2.29×10^{-5}	3.56×10^{-4}	3.14×10^{-4}
発電効率 (%)	0.00573	0.0889	0.0784

5. 考察

3.3に示す表1・表2から、昨年度に比べて発電量や発電効率が上がっていることがわかる。これは、電極ガラスの接着面積の増加によって電解液が乾きづらくなったことが理由として考えられる。また、昨年度は太陽電池の寿命が短く、屋外での計測が難しかったのに対して、今年度は屋内での計測値には及ばないものの、屋外でも安定して発電可能であることが確認された。総じて、太陽電池のサイズを大きくし、電極ガラスの接着面積を増やすことは、色素増感型太陽電池の発電の安定化を図るにあたって、有効な手段であると考えられる。ただし、別の課題として、電解液を注入する穴を塞いでいたカバーガラスが、計測中に割れてしまうことが多くあった。そこで、より安定した測定を実現するためには、現在使用しているカバーガラスやマニキュアなどの代替として、より接着力の強い方法や材料の考案・選定をすることが挙げられる。

6. 今後の展望

昨年度や今年度のインキュベーションワーク・地域実践演習では、授業時間の制約があり、午後からの限られた時間でしか測定を行うことができなかった。しかし、来年度では卒業研究として同様の研究を行う予定であるため、安定した色素増感型太陽電池の作製のための条件検討、さらには、1日を通じた測定や、1年を通して様々な天候や気候のもとで、幅広くデータを収集し、本太陽電池の実用化を目指した研究を進めたい。

7. 謝辞

本研究に助成いただいた呉市「学生の夢実現プロジェクト」にこの場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

1)色素増感太陽電池の開発（用途拡大・低コストを目指して）／石川県工業試験場（最終閲覧日：2023年2月14日）
https://www.irii.jp/randd/infor/2013_0401/topics2_1.html【1】