

色素増感太陽電池の高効率化

High Efficiency of Dye-sensitize Solar Cell

市立札幌開成中等教育学校 コズモサイエンス科5年7班 井幡有希也 / 石井杏 / 浦野海空 / 北山杏珠 / 佐藤大翔 / 水藤愛喜

序論

●研究背景

再生可能エネルギーである太陽電池の1つに色素増感太陽電池がある。現在普及しているシリコン型太陽電池よりも低コストで環境への負担が小さい新たな太陽電池だ。しかしまだ課題が多く研究段階にあり、大規模な実用化がされていない。次世代を担う新たな発電方法となる色素増感太陽電池の普及に向けて、発電効率向上のため研究を行った。



写真1 Sonyが開発している'Hana-Akari'の試作機 写真2 富士フィルムの色素増感太陽電池の想定使用例

●先行研究

- 青、黄、緑、赤では青が1番発生電圧が大きい
- アントシアニン色素は発電効率を向上させる

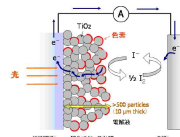


図1 色素増感太陽電池の発電システム

仮説

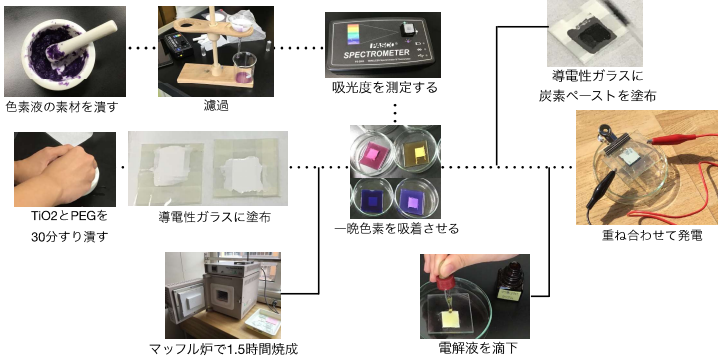
1. 紫に見える植物からは波長400nmの吸光度が測定できる

2つ目の仮説の実証には波長400nmの吸光度が測定できた色素液が必須なので、大前提となる1つ目の仮説を立てた。

2. 色素液の吸光度によって電圧は変化する

先行研究から発電量は視覚的な色ではなく色素の色と関連すると考えたため、スペクトル(可視光)でアントシアニンの色である紫に近ければ近いほど発生電圧が大きくなるのではないかと考えた。また色素液の紫の度合いを表すのにスペクトロメーターを用いた。

方法



色素液の素材 紫キャベツ、ぶどう、青ガーベラ、ナス

仮説① 紫に見える植物からは波長400nmの吸光度が測定できる

- 植物から紫の部分だけ取り出し、水と混ぜながら乳鉢で潰す
- 十分に液体ができたらしら過をして色素液を抽出する
- スペクトロメーターを用いて、色素液の吸光度を測定する

仮説② 1. 紫に見える植物からは波長400nmの吸光度が測定できる

- 酸化チタンペーストを導電性ガラスにスキージ法で塗布
- マッフル炉で焼成後、色素液に一晩浸す
- 対向の導電性がガラスに炭素ペーストを塗布し、ヨウ素液を垂らす
- 太陽電池を組み立てた後、太陽光に当て電圧を測定

実験

仮説①「紫に見える植物の色素液からは波長400nmの吸光度が測定できる」

→仮説は支持された

- 視覚的な色と吸光度の値はあまり合致しない
- 吸光度が3前後で最高値になっていた

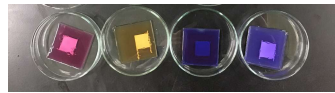


写真3 色素液11月9日

色素液	吸光度
青ガーベラ	1.65
ナス	2.73
ぶどう	2.63
紫キャベツ	3

グラフ1 吸光度 11月9日

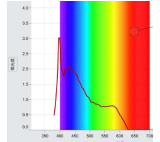


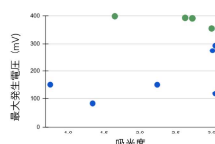
図2 ぶどうの吸光度

仮説②「色素液の吸光度によって発生電圧は変化する」

→仮説は支持されなかった

- 相関係数は約0.38
- 測定日の違いで実験結果に大きな差が出た

*青...測定日11月7日 緑...測定日11月28日



グラフ2 実験結果

色素液	吸光度	最大電圧
青ガーベラ	1.65	367
ナス	2.73	350
ぶどう	2.63	352.5
紫キャベツ	3	353.8
紫キャベツ	3.05	292.7
アヲメ	3.01	273.2
ぶどう	0.75	150.3
トルコキキョウ	2.24	150
紫キャベツ	3.05	117.1
ナス	1.34	82.1

グラフ3 実験結果

考察

1. 吸光度が3前後で止まってしまった原因

ランベットの法則より、単純に濃度が高すぎたことが推測できる。ランベットの法則とは、吸光度は液体の濃さによって変化するということなので、加える水の量を調整して全ての色素液を等しく希釈して相対的な値を求めると考えた。

2. 実験日によって結果の傾向が違う原因

色素増感太陽電池を作るのは工程が多く、マッフル炉の具合や導電性ガラスの良し悪しなどで条件を綺麗に揃えることが難しかったため実験日によって結果が大きく変化したと考えられる。また、太陽電池なので最終的な電圧量を測定する日には晴れている必要があったため、色素液を吸着し終えてからの乾燥時間が大きくずれるなど、気象条件にも影響された。

3. 発生電圧が安定しなかった原因

先行研究でも散見されたが、電解液を介した酸化還元反応が十分に起きていないからだと考えた。放出された電子は理論上元の場所に戻るが、100%がそうなることはないため、安定した値を検測することは難しいとわかった。実際に、実験中電解液を滴下し直すと電圧が上がった。

今後の展望

新たな仮説: 発生電圧はpHによって変化する

色素液のアントシアニンはpHによって色が変わる特徴を持っており、酸性で赤〜赤紫、中性で青紫を示す。(写真4)今回の実験で使用した色素液の素材にはおそらく全てアントシアニンが含まれているため、色素液を区別する良い指標になると考えた。今回の実験では仮説は支持されなかったが、電圧量はpHと吸光度の相互関係で成り立っている可能性は否定できない。

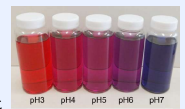


写真4 pHによるアントシアニン色素の色の変化

結論

色素増感太陽電池の発生電圧は、色素液の吸光度によっては変化しない可能性が示唆された。結果で強くはないが正の相関が出たことから、今回の実験で独立変数として設定した「色素の科学的な色の濃さの度合い」に関連した何かが発電の高効率化に繋がると考えられた。実験の精度の低さを改善して十分なデータを揃えてから次に活かすべきだとわかった。

謝辞・参考文献

大阪府立豊中高等学校 中川人司先生 東京大学大学院新領域科学科 教授 飯本志志先生

北海道教育大学 教授 松浦俊彦先生 講演を行なってくださった 北海道電力 広報部のみなさん

皆様に厚く御礼申し上げます

富士フィルム (n.d.). 色素増感太陽電池用色素 (DSC色素). <https://specchem-wako.fujifilm.com/jp/dye-sensitized-solar-cell/index.htm>. 2023. 11. 10 参照
Sony (n.d.). 色素増感太陽電池の「Hana-Akari」行進型試作機。一瞥。 https://www.sony.com/ja/pressroom/pict_data/sonota/200812_Hana-Akari_3.html. 2023. 11. 10 参照
RICOH (2020, 1. 15). 世界初。固体型色素増感太陽電池モジュールの最先端開発 https://jp.ricoh.com/news/2020/01/15_1_2023_11_10 参照
マクログローブ。カナム。 (2019, 3. 14). 日中の電圧変動を抑制する小型増感太陽電池 <https://tech.nikkei.com/atvc/column/18/02/20/0162/>. 2023. 11. 10 参照
株式会社プロセオ (n.d.). 色素増感太陽電池の仕組み。株式会社プロセオ。 <https://www.processo.co.jp/structure/>. 2023. 5. 28 参照
経済産業省。資源エネルギー省 (2023, 4. 21). 集計結果又は推計結果 (総合エネルギー統計)。経済産業省 資源エネルギー庁。 https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline1. 2023. 5. 28 参照
結晶シリコン系太陽電池 - 用語 - メガソーラービジネス: 日経BP (n.d.). メガソーラービジネス。 <https://project.nikkeibp.co.jp/article/WORD/2013/1021/310183/1st-mmb>. 2023. 5. 28 参照
菅坂 (2011). 色素増感太陽電池の開発 - 現状と課題。日本写真学会誌 P260-266。 https://www.jstage.jst.go.jp/article/photogr/74/6/74_260_pdf-charja. 2023. 5. 28 参照
ペクル・テクノロジーズ株式会社 (n.d.). 色素増感太陽電池の仕組み。ペクル・テクノロジーズ株式会社。 <http://www.peccell.com/shikiso.html>. 2023. 5. 28 参照
世界の化学者データベース (2009, 8. 15). マイケル・グラツェル Michael Gratzel. Chem-Station。 <https://www.chem-station.com/chemist-db/archives/2009/08/michael-gratzel.php>. 2023. 5. 28 参照
定期通販ラボ公式ブログ (2017, 11. 1). 太陽電池の原理に革新 - 話題の色素増感太陽電池について解説。太陽光発電ラボ。 <https://solar-lab.jp/taikyoku/explanation-about-perovskite>. 2023. 5. 28 参照
ワイヤレス分光センサ (n.d.). 株式会社島津製作所。 <https://www.shimadzu-rika.co.jp/products/download/computer/spectrometry.html>. 2023. 12. 13 参照