

# ポスター

## カナメモチの新葉の赤色色素の光増感作用

富山県立富山中部高等学校 スーパーサイエンス部  
1年 田中瑠太郎 山下陽翔 吉岡依咲  
村山樂都 地田真也 高瀬心海

### 1. 研究の背景と目的

本校の生垣にカナメモチ属の木が植えられており、5月頃になると、枝の先端にあるほとんどの新葉は真っ赤な色をしている(図1)。これは、新葉に含まれるフラボノイド系のアントシアニンの色である。植物は光合成をするために太陽光を利用するが、新葉にはクロロフィルが少ししか合成されておらず、初夏の強い紫外線から葉を守るために、フィルターとしてアントシアニンが多く含まれる<sup>1)</sup>。新葉が成長すると赤色は目立たなくなっていく(図2)。



図1 カナメモチ



2023年 6月25日 2023年 7月2日 2023年 7月11日

図2 新葉の色の変化(紐で目印をつけた)

アントシアニンは、500nm付近の可視光を吸収する色素アントシアニン

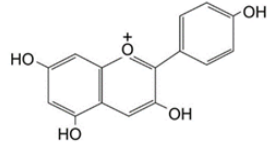


図3 アントシアニジンの基本構造

(図3)の配糖体で<sup>2)</sup>、配糖体になると可視光に加えて330nmから280nmの紫外光を吸収するようになる<sup>3)</sup>。そこで、カナメモチの赤色新葉のアントシアニンが光による色素増感作用が強いのではないかと考え、色素増感太陽電池を作製して起電力を調べようと考えた。剪定されて廃棄される新葉のアントシアニン色素の利用は、環境に優しく持続可能な社会での活用が期待できる。

本研究は、カナメモチの新葉、赤シソ、パッションフルーツの果皮、紫芋パウダー、ローズヒップ&ハイビスカスティー(ハイビスカスの花)それぞれに含まれているアントシアニン色素<sup>4)</sup>を用いた色素増感太陽電池を作製し、これらの起電力を比較して、カナメモチのアントシアニン色素の色素増感における有効性を調べることを目的とした。

### 2. 研究内容

【色素増感太陽電池の製作手順と測定方法<sup>5)</sup>】  
ペクセル・テクノロジー社の電池キット使用

① 透明導電フィルムに酸化チタンペーストを塗

- り、乾いたら色素溶液を数滴たらす。(負極)  
② ステンレス板の表面を鉛筆で塗りつぶし、ヨウ素を含む電解液を数滴たらす。(正極)  
③ ①と②を合わせ、クリップで固定する。  
④ 太陽光は主に本校3階屋上庭園で、LED光や白熱電球は実験室の暗箱内や暗い環境で測定する。  
⑤ 測定し終わった電池はアルミホイルで包み、室温下の箱の中に、遮光保存する。  
【色素増感太陽電池の発電原理】(図4)

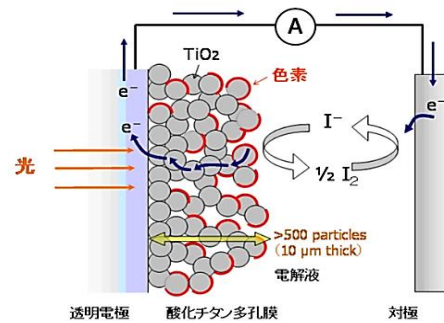


図4 色素増感太陽電池の発電の原理 参考文献(5)の図を引用

紫外線だけしか吸収しない酸化チタン(IV)  $TiO_2$  のナノ多孔膜は、色素を吸着させることで、可視光にも感度をもつようになる。

色素が光を吸収すると、色素の電子は酸化チタンナノ多孔膜に注入され、透明電極  $TiO_2$ (負極)、外部回路を通して、対極(正極)に達する。図4に示したように  $I^-$  と  $I_2$  のサイクルが繰り返されて、光のエネルギーが電気エネルギーに変換される。

【実験Ⅰ】実験キットの色素(エオシンY)溶液を用いた色素増感太陽電池の電圧

〈結果〉電池作製日:2023年7月24日

作製日の屋上での太陽光照射で0.30Vの電圧が測定された。室内暗箱内での420nm(紫色)および530nm(緑色)の高出力LED単色光(波長幅20nm)の照射では、いずれも電圧は低く測定できなかった。電池作製日以降の測定結果を表1に示した。

表1 7月25日(翌日)および8月8日(15日後)の測定結果

| 測定日  | 天気 | 気温(°C) | 場所      | 最大電圧(V) | 光源  | 照度(lx) | 備考            |
|------|----|--------|---------|---------|-----|--------|---------------|
| 7/25 | 曇り | 24.5   | 3階屋上庭園  | 0.40    | 太陽光 | 118000 | 2~3分で0.1Vに下がる |
| 8/8  | 晴れ | 36.0   | 3階屋上庭園  | 0.15    | 太陽光 | 115000 | 0.1Vで安定       |
| 8/8  | 晴れ | 35.0   | 2階ベランダ  | 検出できず   | 太陽光 | 1660   |               |
| 8/8  | 晴れ | 38.0   | 2階体育館の横 | 0.15    | 太陽光 | 106000 | 0.05Vで安定      |
| 8/8  | 晴れ | 25.8   | 化学実験室   | 検出できず   | 照明  | 990    |               |

〈考察〉晴れた日の100,000ルクスの太陽光では、電池の作製から1日後で0.40Vの高い電圧が、15日後でも0.1V程度の電圧が測定された。一方、照度の低い日陰のベランダや室内では、電圧が低く、測定できなかった。太陽光では、照度が色素増感太陽電池の電圧に大きく影響することがわかった。  
【実験Ⅱ】植物試料から抽出したアントシアニン色素を用いた色素増感太陽電池の電圧  
抽出した天然色素を用いて、実験Ⅰと同様の操

作で色素増感太陽電池を作製し、電圧を測定した。赤シソについては、赤シソ梅酢の一般的な作り方のように、NaCl とクエン酸を水に混ぜて抽出した。冷凍保存したカナメモチと赤シソ溶液は、作製時に解凍して初めに融け出した濃縮液を使用した。

〈結果と考察〉結果を表 2 に示した。

表 2 実験Ⅱ 天然色素の色素増感太陽電池の測定結果

| 色素試料                                       | 電池<br>作製日 | 測定日  | 気温(°C) | 最大電圧<br>(V) | 光源   | 照度(lux) |
|--|-----------|------|--------|-------------|------|---------|
| カナメモチ新葉                                    | 8/18      | 8/18 | 37.8   | 0.15        | 太陽光  | 54,800  |
|  |           | 8/31 | 35.5   | 0.20        |      | 123,000 |
| カナメモチ新葉 解凍濃縮液                              | 8/31      | 8/31 | 37.0   | 0.25        |      | 30,000  |
| パッションフルーツ果皮                                | 8/9       | 8/9  | 37.5   | 0.30        | 太陽光  | 130,000 |
|  |           | 8/17 | 31.0   | 0.02        |      | 36,000  |
|  |           | 8/31 | 35.5   | 0.25        |      | 123,000 |
| 赤シソ (クエン酸,NaCl含む)                          | 8/31      | 8/31 | 35.5   | 0.32        | 太陽光  | 123,000 |
| 赤シソ 解凍濃縮液                                  | 8/31      | 8/31 | 35.5   | 0.51        |      | 123,000 |
| 紫芋   | 8/17      | 8/17 | 31.0   | 0.11        | 太陽光  | 36,000  |
|  |           |      | 25.0   | 0.10        | 白熱電球 | 35,000  |
|  |           | 8/18 | 35.5   | 0.11        | 太陽光  | 64,000  |
|  |           |      | 25.0   | 0.05        | 蛍光灯  | 1,000   |
|  |           |      | 25.0   | 0.09        | 白熱電球 | 67,000  |
| 8/31                                       | 35.5      | 0.01 | 太陽光    | 123,000     |      |         |
| ハイビスカス                                     | 8/31      | 8/31 | 33.0   | 0.20        | 太陽光  | 26,100  |
| 8/31作製のカナメモチ解凍濃縮液+<br>ハイビスカス+赤しそ解凍濃縮液を直列接続 |           | 8/31 | 37.0   | 0.40        | 太陽光  | 30,000  |

電池作製日に測定した全ての色素で、0.1V 以上の電圧が生じた。照度が低いと、電圧が低くなる傾向があった。8月31日(濃縮液)のカナメモチ色素を用いた電池は、照度が30,000ルクスと低かったが、0.2V程度の安定な電圧が測定されたので、冷凍保存後に解凍濃縮する有効性が示された。凍らせた抽出色素水溶液を室温でゆっくり解凍すると、濃い抽出液が温度の低い状態で取り出せるので色素が変質しにくい。季節によって入手が困難な植物も溶液を冷凍保存することで、光増感の色素として使用することが可能である。また、8月18日に作製したカナメモチの電池は14日後の8月31日でも微弱ながら電圧が測定され、瞬間的に0.2Vが測定され色素増感作用が持続していた。

パッションフルーツの果皮もカナメモチの新葉と同様に高い電圧が持続した。この紫色の果皮は捨ててしまう部分なので、回収して色素を活用できる。紫芋色素は、連続光である白熱電球の光で、照度の低い太陽光と同程度の電圧が得られた。室内では白熱電球も有効な光源であった。

[実験Ⅲ] 9月に再び現れたカナメモチの赤色新葉のアントシアニンを用いた実験

8月になるとカナメモチの葉に赤い新葉は見られなくなったが、9月半ばから赤い新葉が再び見られるようになった。そこで、赤い新葉の中に蓄えられるアントシアニンは初夏と秋で違いがないか、水で抽出した溶液の吸光度と、秋の新葉の色素を用いた色素増感太陽電池の電圧を測定した。

〈結果〉 9月11日採取した赤色の新葉の抽出溶液の吸光度のグラフと、初夏に採取した新葉の溶液の解凍濃縮液(吸光度測定のために水で希釈)のグラフとに大きな違いはなく(図5)、初夏と秋で、水で抽出された色素の違いは少ないと考えられた。

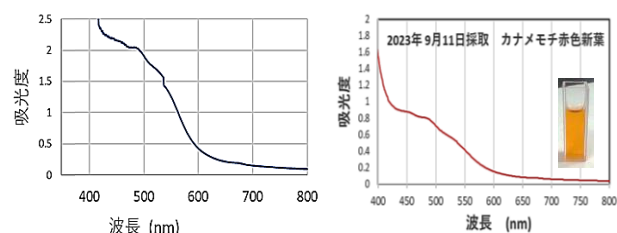


図 5 カナメモチ赤色新葉溶液の可視光吸収の吸光度  
左: 解凍カナメモチ溶液 右: 秋の新葉の溶液

色素増感太陽電池の電圧測定は秋の夕方に行った。太陽光の強度や波長分布が真夏と異なったことによって、安定した高い電圧は測定されなかった。秋の新葉の抽出液を冷凍保存して、光照射条件の良い時と場所で実験を行う予定である。

表 3 太陽電池の電圧 (9/25 に採取, 装置作製, 測定)

| 最大電圧<br>(V) | 光源   | 照度(lux) |
|-------------|------|---------|
| 0.00        | 蛍光灯  | 1,000   |
| 0.01        | 太陽光  | 1,040   |
| 0.03        | 白熱電球 | 70,000  |

### 3. 結論

赤色の新葉のカナメモチに含まれるアントシアニン色素を用いた色素増感太陽電池は、太陽光の照射で安定な高い電圧が生じる。エオシンYや他の天然色素と比べても、この色素のもつ太陽光による色素増感作用は高いと言える。

### 4. これからの課題と展望

紫外線から植物を守るアントシアニンの増感色素としての応用範囲は広い。剪定されたカナメモチの葉や、果物の果皮など廃棄されるもののアントシアニンの光増感作用を調べ、持続可能な社会の資源として活用に繋げたい。また、真冬でもカナメモチは赤色の新葉を出している。その葉のアントシアニンも抽出して電圧を測定し、赤色の葉に季節による違いがあるのか調べていきたい。

### 5. 参考文献

- 1) 日本植物生理学会, 佐藤公行, カナメモチなどの若葉の赤色化について, [https://jspp.org/hiroba/q\\_and\\_a/detail.html?id=3516](https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=3516)
- 2) 武田幸作, 齋藤規夫, 岩科司編, 植物色素フラボノイド, 文一総合出版, 2013
- 3) 日本植物生理学会, 今関英雅, 植物色素と紫外線, [https://jspp.org/hiroba/q\\_and\\_a/detail.html?id=2669](https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=2669)
- 4) 食品の色のいろいろ, 株式会社 鹿光生物科学研究所, [https://www.rokkou-co.jp/wp/home/food\\_color\\_main/](https://www.rokkou-co.jp/wp/home/food_color_main/)
- 5) 色素増感太陽電池の仕組み, ベクトル・テクノロジー株式会社, <http://www.peccell.com/shikiso.html>