

色素増感太陽電池とアントシアニンの関係

宮城県仙台第三高等学校

いまや、私たちの生活になくてはならない存在となっている「電気」。「電気」は人類の生活を劇的に変え、豊かにしてくれた。しかし、その「電気」を生み出すために発電し、現在、地球温暖化を加速させている。現在、主流となっている火力発電に代わる二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスを出さない発電方法や、水力発電や風力発電、地熱発電など資源の枯渇に困らない再生可能エネルギーを用いた発電方法に注目が集まり、実際に使われていたりしている。太陽光発電もその発電方法の一種である。太陽光発電にもいくつか種類があるが、本研究では「色素増感型」の太陽電池に注目し、この電池はよく色素を含む果実などの果汁が使われるのだが、より純粋に近い状態の色素を用いて電池を作った場合、発電量が更に大きくなると考え、さまざまな実験を行った。その結果、ブルーベリー果汁を用いた方が、アントシアニンを用いた電池よりも発電量が大きくなるということがわかった。ブルーベリーに含まれる色素は主にシアニンと知られているが、アントシアニンにもさまざまな種類が存在し、アントシアニンの種類ごとに発電量を調べてみる価値はあるだろう。

1 背景

最近では、家の屋根の上やマンションの屋上などソーラーパネルを設置し、自家発電をしている家庭が増えてきたが、私たちがよく目にするソーラーパネルはシリコン型太陽電池と呼ばれ、変換効率や耐久性に優れている。だが、需要が非常に高いシリコンを使用しているため高い費用がかかり、天候によって発電できない場合もある。また、私たちは先行研究で身近にある色素を用いて太陽電池を作れると知った。

それは、色素増感型太陽電池というものだ。

この電池は、色素、導電性ガラス(酸化チタンIVを塗る)、炭素で作ることができる。

この電池の特徴は、シリコン型太陽電池に比べ、変換効率、耐久性で劣るが、低コストかつ低エネルギーで製造でき、費用あたりの発電量ではシリコン型太陽電池をも上回る。なお、先行研究では実際にブルーベリーやイチゴの果実から果汁を採取し、それを用いた太陽電池を作成し発電量を増加させることに成功し、それがアントシアニンの効果であるという結論を出している。しかしながら、私たちは糖類やミネラルなども含む果汁を用いて作った太陽電池の増感の作用が本当にアントシアニンの効果であるのか疑問に思い、本研究を行うこととなった。

以上より本研究の目的は色素増感型太陽電池の増感の作用がアントシアニンであることを確かめるために以下のものとする。

(1)アントシアニンを果汁から抽出するための溶液作成。1)

(2)果汁から抽出したアントシアニンを用いた電池、なにも用いていない電池(酸化チタンIVのみ)、ブルーベリー果汁をそのまま使った電池をそれぞれ準備し、それらを用い、発電させる対照実験を行う。

1) 先行研究よりメタノール、水、酢酸の溶液を用いると果汁からアントシアニンを抽出できると

あったが、安全性や廃液処理の環境負荷の観点から、メタノールに代わる溶液を調べた。

仮説

(1) 先行研究の比率に最も近いエタノール:水:酢酸=25:21:4 が最も分離できる。

(2) 溶液中のアントシアニン量が同じになるように作るため、果汁を用いた電池と、抽出したアントシアニンを塗って作った電池の発電量は同じになると思う。

2 材料と方法

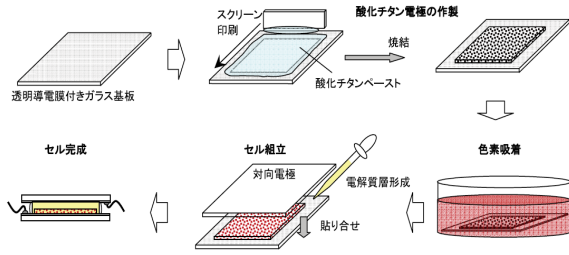
(1) 私たちはメタノールの代わりに構造が似ているエタノールに注目した。エタノールは私たちの生活のすぐ側にある物質である。

2. 溶液の比率を変え、ブルーベリー果汁をつけたシリカゲルに浸け、ブルーベリー果汁から最も色素を分離しやすい溶液の割合を調べる。

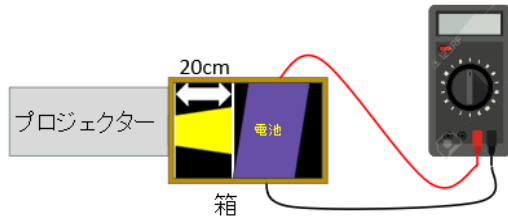
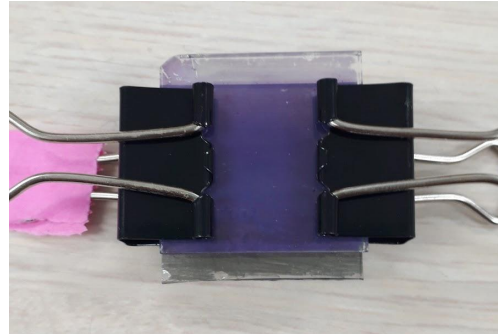
(2) 1. 何も塗っていないガラス、ブルーベリー果汁をそのまま塗ったガラス、(1)の実験で得た溶液を使って抽出したアントシアニンを塗ったガラスをそれぞれ用いて太陽電池を作る。

2. 作成した太陽電池にプロジェクターで光を当て2)発電させ、マルチメーターで電圧を計測し、結果を比較する。

2) このとき、余計な光を遮断するために、実験装置を箱に被せて実験を行った。



出典: シャープ技報 第100号 2010年2月 より
色素増感太陽電池の作り方

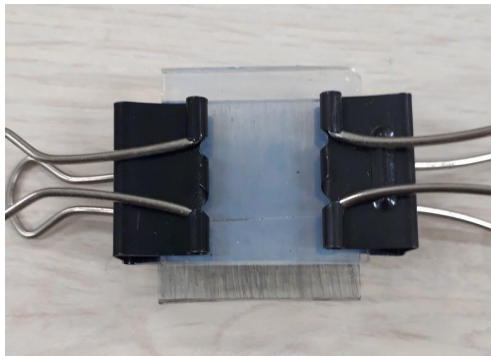


実験の模式図

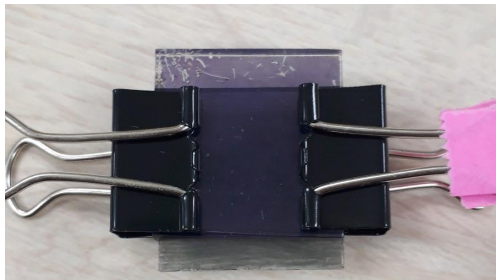


実際の実験の様子

また、これらが実際に作った太陽電池である。
1) なにも塗っていない電池



2) ブルーベリー果汁を塗った電池



3) 抽出したアントシアニンを塗った電池

3 結果と考察

(1) 私たちは、酢酸の割合を固定して以下の表のようにエタノール、水の割合を変化させて最適な割合を調べた。

	メタノール	エタノール	水	酢酸
e5		46	0	4
e4		41	5	4
e3		36	10	4
e0		25	21	4
m0	25		21	4
e2		13	33	4
e1		6	40	4
w1		0	46	4

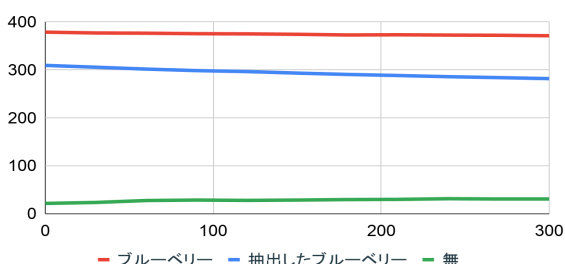


e3の溶液の色素分離の様子

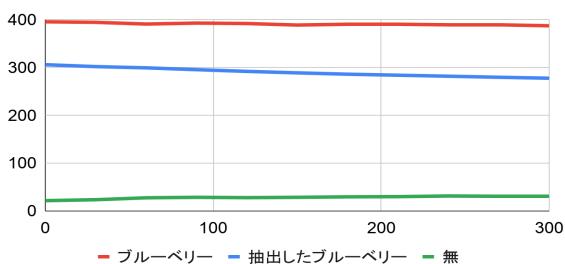
実験の結果から、水の割合が多いと反応がなかなか進まなく、色素の分離もうまくできなかった、逆にエタノールの割合が多くても反応はよく進むが、色素を完全には分離できていなかった。この実験より、エタノール、水、酢酸の割合が、36:10:4=18:5:2の溶液が最も色素を分離させるとわかったので、これからこの溶液を用いることにした。

(2) 実験の結果は以下のグラフのようになった
縦軸(電圧mV)、横軸(時間s)

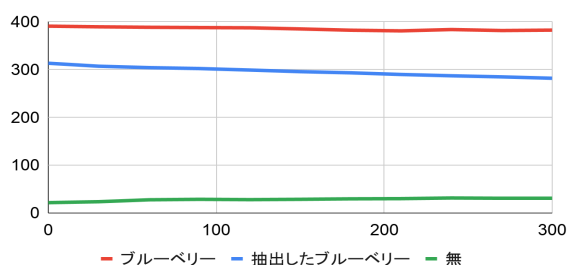
結果:1回目



結果:2回目



結果:3回目



グラフは縦軸が電圧(mv)、横軸が時間(s)であり、赤が果汁、青がアントシアニンを抽出したもの、緑が酸化チタンのみのものである。我々の仮説としては、アントシアニンに発電作用があるならば、通常の果汁と同じ電圧値を示すということであった。グラフより通常の果汁とアントシアニン溶液には100mv程度の差があることがわかる。このことより、我々は通常の果汁にアントシアニンの発電作用を補佐する何らかの成分がブルーベリー内に含まれていると予想した。ただ、(1)で抽出したアントシアニン濃度は作成キット試料より80%程度であると見込めるために、2つのアントシアニン量の差がこの結果を導いたとも考えられる。また、青と緑のグラフを比較することよりアントシアニンに発電作用が存在することは概ね間違いない。この結果からも元々の濃度の差が原因であると考えられる。

そしてグラフを時間との関係で分析したとき、赤と青は時間経過につれてやや電圧低下している。寺野剛史、白土竜一らによる先行研究³⁾では、セル温度の上昇に伴い光電変換効率が下がるという結果が示されていた。今回我々の実験は作成キットを用い、プロジェクターを光源として

300秒間の電圧変化を表したが、この小規模な実験でも発電効果が見られる可能性は十分にある。

以上より植物色素を用いた電池は作用があることを発見した。純度の高いアントシアニンとその安定物質とのセルプレートによってかなり高い発電量を維持しながら、二酸化炭素排出量を削減させることができるため、環境問題解決へのみちしるべとなり、社会に貢献できると考える。

【参考文献】

- 1) 仙台第三高等学校 色素増感太陽電池とアントシアニンの関係 2019
- 2) ナノクリスタル色素増感太陽電池 付属資料
- 3) 寺野剛史、白土竜一 色素増感太陽電池特性の温度及び放射照度依存性 九州工業大学 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jceek/2016/0/2016_206/article-char/ja/
- 4) 荒川裕則 色素増感太陽電池

https://www.istage.ist.go.jp/article/mukimate2000/11/313/11_313_481/_article/-char/ja/