

## 色素増感太陽電池の教材化

横山 育生\*・中林 健一\*\*

Teaching Materials development of the Dye-Sensitized Solar Cell

Ikuo YOKOYAMA\*・Kenichi NAKABAYASHI\*\*

### [要約]

本研究ではアントシアニン系色素を利用する色素増感太陽電池について、その教材としての利用をしやすいするための工夫を行った。特に電池作製のための色素、ポリエチレングリコール、酢酸を変化させることによる電流・電圧値の変化について検討した。その結果、紫キャベツの色素と食酢を用いることによって効率よく発電できることが明らかとなった。さらに、色素増感太陽電池の教材としての有効性について小中学生を対象にアンケート調査を行った。

[キーワード] 色素増感太陽電池, 教材化

### 1. はじめに

我々はこれまでにアントシアニン系色素を含む身近な食材を理科教材に生かす工夫を行っているが<sup>1)</sup>、中でも紫イモ色素は色素増感太陽電池に利用できることを見いだした。小中学校の理科において太陽電池は小学校4年生の「光電池の働きを調べる」、中学校では一分野において「エネルギー資源」の項目でそれぞれ取り上げられ、太陽光発電の関心を高めるエネルギー教育の重要性が増加している。身近な素材を利用できる色素増感太陽電池は、現在主流のシリコン型太陽電池に比べて、材料が安価で製法も容易であり、理論上の発電効率が比較的高いことから新しいタイプの太陽電池として注目されている<sup>2)</sup>。これまで色素増感太陽電池の作製に関する研究は数多く報告されているが<sup>3),4),5)</sup>、教材としての有効性に関する評価の研究は黒河ら<sup>6),7),8)</sup>、山本らの研究例がある<sup>2),9)</sup>。本研究では、アントシアニン系色素の教材・教具の開発の一環として色素増感太陽電池の教材作製を行ったので報告する。さらに、今回開発した色素増感太陽電池の教材としての有効性について、青少年のための科学の祭典開催時に来場した小中学生を対象にアンケート調査を行ったので合わせて報告する。

---

宮崎大学大学院\* 宮崎大学教育文化学部\*\*

Graduate School of Education, University of Miyazaki\*

Faculty of Education and Culture, University of Miyazaki\*\*

## 2. 実験

### 色素増感太陽電池の作製

色素は適当に裁断あるいは粉碎したものを水に溶かして抽出・ろ過した後、直接使用した。代表的な色素増感太陽電池の作製例を以下に示す。二酸化チタン（和光純薬 アナターゼ型）1.0 gとポリエチレングリコール（PEG）（分子量6000）0.8 gを乳鉢にとり、アセチルアセトンあるいは酢酸0.36 mlと蒸留水 3 mlを加え、約15分間乳鉢ですり混ぜ、 $\text{TiO}_2$ ペーストを作製した。

次にFTOガラス（ $2 \times 4$  cm）の導電面をテスターで確認し、先に作製した $\text{TiO}_2$ ペーストを塗り、セラミック付金網の上に置き、ガスバーナーで約20分間加熱した（これを陰極とした）。

対極として別の導電性ガラスの導電面に6 B鉛筆で炭素コーティングし、陰極に電解質溶液（ヨウ素溶液）を滴下しクリップで両端を挟み、これを電池とした（図1）。なお光源にはELMO HP-5500 SOLAR ZOOMを使用した。



図1 組み立てた色素増感太陽電池

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 いろいろな色素の検討

身近な食材から抽出した色素を増感剤としてこれに光を照射し、太陽電池から得られる電流・電圧値の測定を行った（図2）。

図2より、いずれの食材においても電圧値は一定の値を得た。電流値は紫キャベツが最大で、かぼちゃが最小であった。この電池は食材中のアントシアニン系色素が可視光を吸収し、反応が開始されるが、食材の中でも可視光のエネルギー吸収が大きい紫色や黄色の色素を含む電池の電流・電圧値が高いことがわかる。中でも紫キャベツやローズヒップは電流値が大きかった。一方、緑茶やほうれん草、トマトなどの紫色色素以外でも電池として利用できることが判明した。

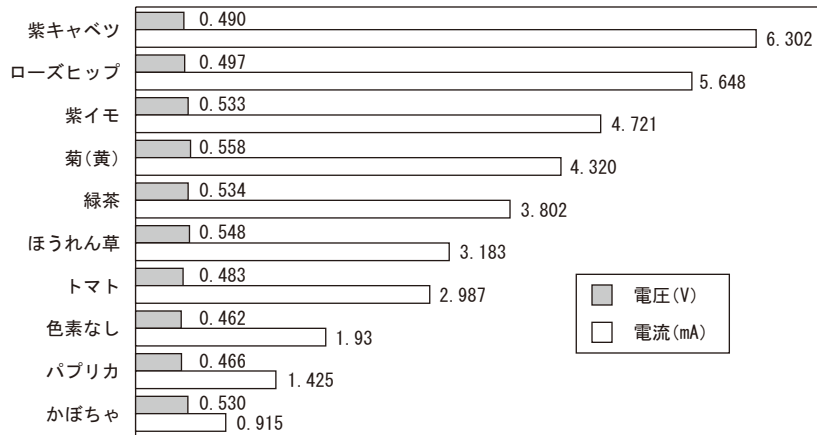


図2 色素の変化による起電力の変化

### 3.2 ポリエチレングリコール (PEG) の検討

ポリエチレングリコールは一般に、分子量が小さいもの（200～600）は液体で、粘性があり、不凍液などに利用されている。また、分子量が大きいもの（2000以上）は固体である。本実験では、分子量の大きいPEGを加えることでより多孔質な膜になり色素吸着面が増え、電流値が上がることを期待して、その分子量変化による電流・電圧値の変化を測定した。分子量の異なるPEG（300, 2000, 6000, 20000）をそれぞれ0.8 g添加し、電流・電圧値の変化を測定した（図3）。

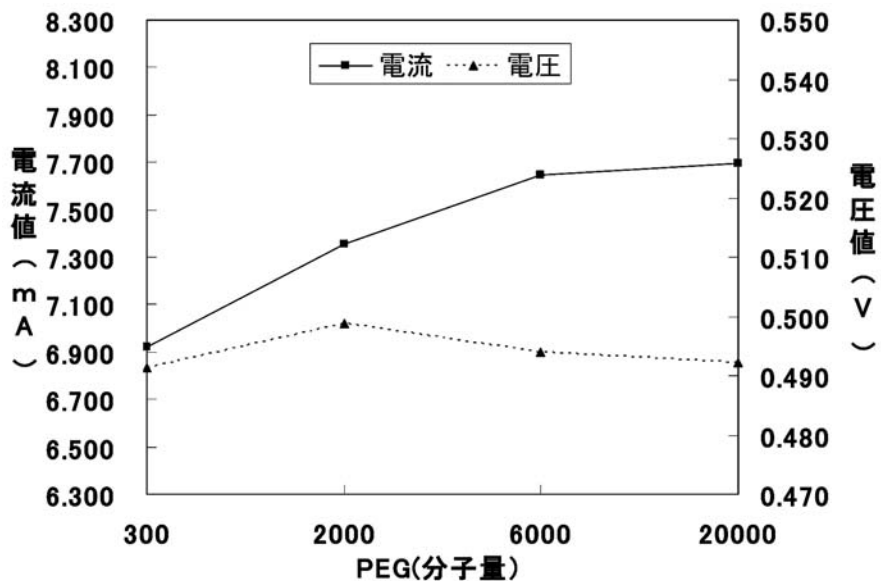


図3 PEGの分子量と電流電圧の関係

図3より、分子量の変化による電圧値の差はほとんどなかったが、一方、PEGの分子量が大きくなるにつれて電流値は増加した。分子量が増加すると多孔質な膜になり色素吸着面が増え、電流値が上がるものと思われる。

### 3.3 アセチルアセトン、酢酸、食酢の検討

アセチルアセトンと酢酸は酸化チタンを分散させ発電効率を上げる働きがあることが知られているが、反応系が複雑となるために教材としてシンプルな反応系を構築する必要がある。そこでアセチルアセトン、98%酢酸、食酢の電流・電圧値の比較を行った。(図4)。

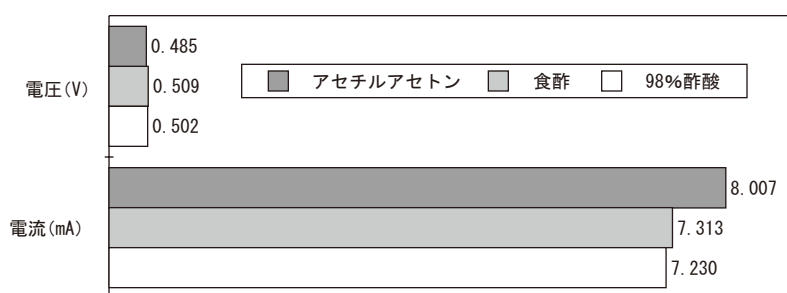


図4 アセチルアセトン、98%酢酸、食酢の違いによる電流・電圧値の変化

図4より、アセチルアセトン、98%酢酸、食酢ともに電流・電圧値に有意差はなかった。また、この電池は食酢のみを用いて発電することが明らかとなった。

### 3.4 色素増感太陽電池の比較

表1には、紫イモと紫キャベツから作製した電池の作動実験を行った結果を示す。紫キャベツ色素は紫イモ色素の電池より作動性が優れていた。どちらの電池も単体(セル1個)では電子メロディーや電卓を作動させられなかった。

表1. 色素増感太陽電池の比較特性

	電流値 (mA)	電圧値 (V)	$\eta^b$ (%)	電子 <sup>c</sup> メロディー	電卓 <sup>d</sup>
紫キャベツ <sup>a)</sup>	6.30	0.49	0.13	○ 電池3つ	○ 電池3つ
紫イモ <sup>a)</sup>	4.72	0.53	0.03	○ 電池4つ	○ 電池3つ

a) セルの大きさは2×4 cm, PEG (分子量20000) 0.4 g, アセチルアセトン0.36 ml, 蒸留水3 ml

b)  $\eta$  (%) = 最大電力 (W<sub>mp</sub>/mA·V·cm<sup>-2</sup>) / 光源出力 (I<sub>s</sub>/mW·cm<sup>-2</sup>) × 100

c) 1.5 V ~ 3 V で動く

d) 約1.5 V で動く

このように色素増感電池は簡単に作製でき、電池を使って電子メロディーや電卓を動かすことができるので生徒にとって興味深い内容になると思われる。今回、色素の中で一番有効だった紫キャベツはスーパーで簡単に手に入れることができ、理科教材として優れている。また、食酢も手に入れやすく、安全性も高いため、より教材として扱いやすい。今後は、色素増感太陽電池を理科のディスカバリーボックスとしての活用を目指したい。

#### 4. 色素増感太陽電池の作成と利用についてのアンケート結果

子どもたちの太陽電池に対する意識を調査する目的で簡単なアンケート調査を行った。以下にアンケートの集計結果を示す。なお、アンケートは2006年8月8日宮崎科学技術館で開催された「青少年のための科学の祭典2006宮崎大会」の来場者の中から本実験を実施した小中学生92人を対象に、実験終了後行ったものである。以下質問に使用したアンケート内容と結果を示す。

##### むらさき しきそ つか じっけん 紫イモの色素を使った実験のアンケート

- ①あなたの性別は？ おとこ ( ) おんな ( )
- ②あなたはなんねんせい  
どうちえん ほいくえん しょうがっこう ( ) ねんせい ちゅうがっこう ( ) ねんせい こうこう ( ) ねんせい  
幼稚園・保育園 小学校 ( ) 年生 中学校 ( ) 年生 高校 ( ) 年生
- ③紫イモを見たり、食べたりしたことはありますか？
- ある
  - ない
- ④紫イモの色素を使った色の変化を見てどうでしたか？
- たの 楽しかった
  - きれいだった
  - ふしぎだった
  - とくになし
  - つまらなかった
  - その他 ( )
- ⑤太陽電池はどんなところで使われているか知っていますか？
- はい
  - いいえ
- ⑥はいと答えた人はどこに使われているか書いてください ( )
- ⑦紫イモの色素を使って太陽電池を作ってみてどうでしたか？
- おもしろ 面白かった
  - たの 楽しかった
  - あまりおもしろ 面白くなかった
  - つまらなかった
  - つく するのが簡単だった
  - つく するのが難しかった
  - とくになし
  - その他 ( )

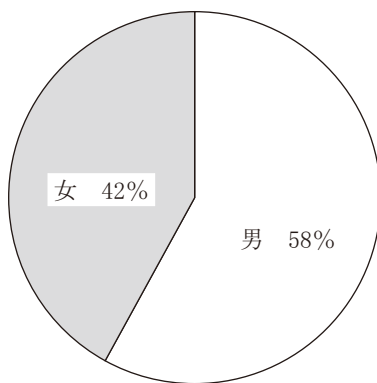
⑧ 今日<sup>きょう</sup>したことを家<sup>いえ</sup>や学校<sup>がっこう</sup>でやってみ<sup>おも</sup>たいと思<sup>おも</sup>いましたか？

- ぜひやってみ<sup>おも</sup>たい
- できればやってみ<sup>おも</sup>たい
- やらないかもしれない
- やりたくない

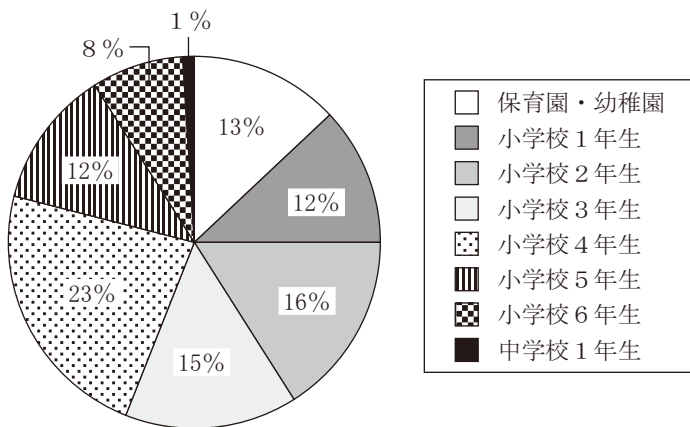
ありがとうございました。

以下にアンケート結果を示す。

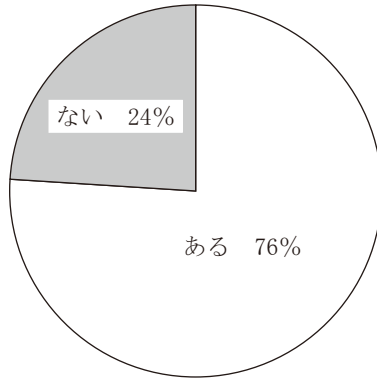
① あなたの性別は？



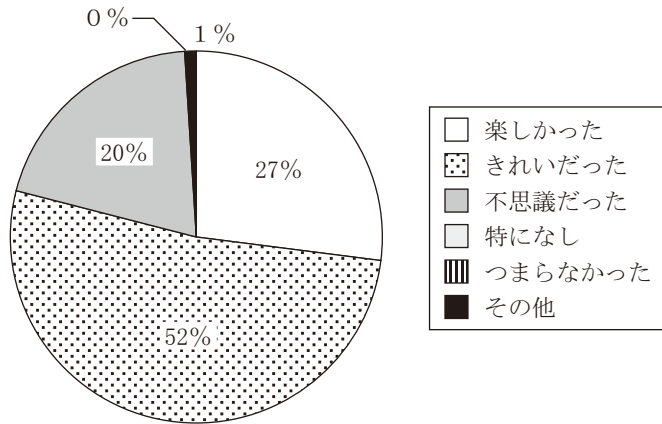
② あなたは何年生ですか？



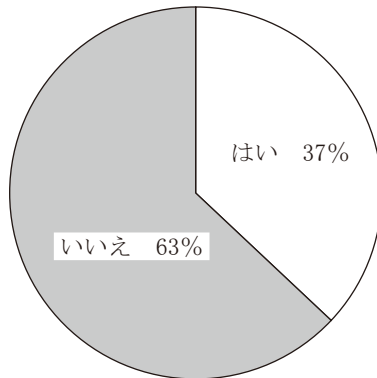
③あなたは紫イモを見たり，食べたりしたことはありますか？



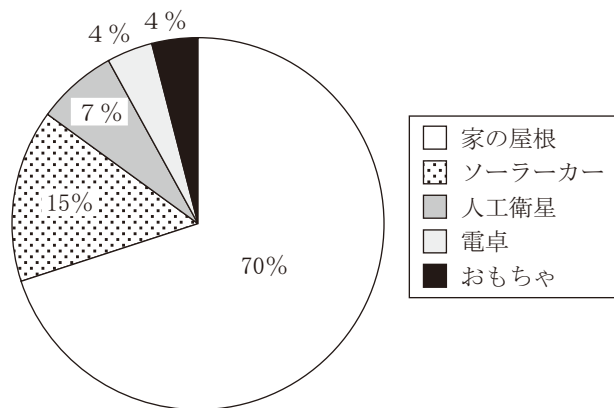
④紫イモの色素を使った色の変化を見てどうでしたか？



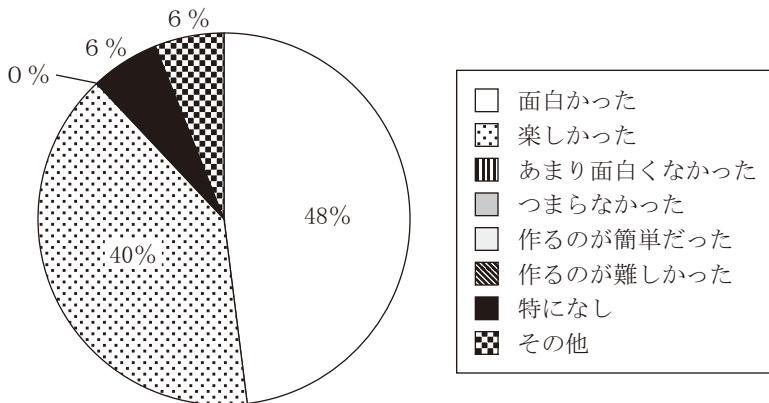
⑤太陽電池はどんなところに使われているか知っていますか？



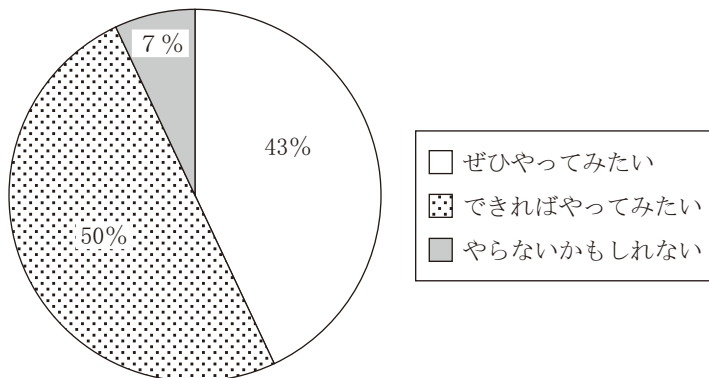
## ⑥太陽電池はどこに使われていますか？



## ⑦紫イモの色素を使って太陽電池を作ってみてどうでしたか？



## ⑧今日したことを家や学校でやってみたいと思いますか？





アンケートの結果から、問①では、男女比は約6：4となり、男の子の方が工作に興味があるためではないかと思われる。問②では、小学生とそれ以下の子どもは同じような割合であったが、4年生が最も多い結果となった。これは4年生で太陽電池を学習するからではないかと思われる。実際の祭典では「太陽電池はどこでやるんですか」と積極的に工作を希望する子どもが見られた。問③では、あると答えた人が7割以上であった。これは紫イモが宮崎の特産品として扱われ、よく知っているからではないかと思われる。問④では、紫イモの色素を使った色の変化に対して約半分がきれいだと答え、残りを楽しかった不思議だったと答えている。「指示薬を入れたとたんに色が変わるので驚いた」という意見もありその効果がうかがえる。一方、つまらなかったと答えた人はいなかった。問⑤では、太陽電池がどのようなところに使われているか知っていますかと聞いたところ、以外にもはいと答えた割合が少なく37%であった。問⑥において、⑤の質問で「はい」と答えた人に太陽電池はどこで使われていますかと聞いたところ、7割が家の屋根に使われていると答えた。次に多かったのはソーラーカー、人工衛星、電卓、おもちゃの順であった。家の屋根が多い理由としては、家の屋根は特に日常生活において目にする機会が多いためであると思われる。問⑦では、面白かった、楽しかったという意見が大多数を占めた。実際に太陽電池ができて、しかもいろいろな色素を使って電池ができて、それを使えることに興味をもったものと思われる。問⑧において、最後に今日したことを家や学校でやってみたいか聞いたところ、色素を使った色の変化の実験は簡単だったので9割以上がやってみたいと答えたため、本実験は好意的にとらえてくれたものと思われる。

#### [文献]

- 1) 中林健一，富高明香，桑原聡子，高橋俊行，宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要,10, 1-7(2003)
- 2) 綾美幸，山本勝博，化学と教育，52,775 (2004)
- 3) 瀧口公夫，徳富英雄，化学と教育，51,234 (2003)
- 4) 昆野昭則，化学と教育，49,718 (2001)
- 5) <http://kuroppe.tagen.tohoku.ac.jp/~dsc/cell.html>
- 6) 黒河伸二，堂角田敏考，化学と教育，51,196 (2003)
- 7) 黒河伸二，江口秀暁，坂本雄一，化学と教育，51,196 (2004)
- 8) 黒河伸二，江口秀暁，荒川博美，渡孝則，化学と教育，51,196 (2005)
- 9) 宮本憲武，山本勝博，化学と教育，54,172 (2006)