

## みやぎ発！理科教材開発プロジェクト「宮崎未来発電所・色素増感太陽電池」

中林 健一（教育文化学部理科教育化学）

### 【はじめに】

太陽光発電は、発電の際に二酸化炭素をほとんど排出せず、火災や発熱を伴わないので安全性も高いと言われている。また、光エネルギーが電気エネルギーに直接研冠されるので比較的小規模でも発電効率が低下しにくく、設置可能面積が広いので屋根や壁面に設置できる利点がある。

最近、多様な太陽電池の中でも特に注目を集めているのが色素増感太陽電池である。この電池は 1991 年にスイスのグレッツェル教授によって開発された。現在普及している太陽電池はシリコンを使用しているもので、このシリコン型太陽電池で使用されるシリコンは純度の高いものを使う必要があるため、シリコンの価格が上昇し太陽電池自体も現在よりさらに高価なものになってしまうことが懸念されている。一方、色素増感太陽電池は主に資源として豊富な酸化チタンを使用して作製するため、シリコン型太陽電池に比べ安価である。また酸化チタンは地殻中に豊富に存在するため枯渇の心配も少ない。太陽電池の作製においても、シリコン型太陽はおおがかりな真空プロセスや高温雰囲気が必要とするが、色素増感太陽電池は普通の教室の実験室レベルで作ることができるので、高価な設備が不要である。

色素増感太陽電池は、電極基板材料や色素を変えることによって形状や色彩に多様性をもたせることが容易である。例えば、基板をガラスからプラスチックフィルムに変えることでフレキシブルに、さらに、室内などの光の弱い場所でも発電することからインテリア用、インドア用太陽電池としても利用が期待され、実際に最近ではランタンに色素増感太陽電池が使用しているものや、自動車のガラスルーフに使用しているものなど実用化までは至っていないが、実用化に向けた開発が進んでいる。

このように注目を集めている色素増感太陽電池であるが、現段階では、長期間の安定性に欠け発電効率が低いため、実用化に向けて問題は山積みである。しかし、エネルギーの環境問題が深刻な状況において、人と自然との共生という観点からも、このようなタイプの太陽光発電技術の発展は今後のエネルギー政策を支える重要な課題である。

宮崎の太陽と水と緑の自然を活かした、身近な素材を利用する色素増感太陽電池の教材開発について研究した。新学習指導要領の改訂に伴う新しい理科実験補助教材の開発が待たれている。

今回は、中学生以上を対象とした色素増感太陽電池の教材化を軸として研究を行った。近年では子供たちの理科嫌い、理科離れが深刻な教育問題になっている。しかし科学技術館などの特別な場所で行う実験では子供たちの理科離れが嘘のように子どもたちは実験を楽しんでいる。これは、普段の学校では行われぬような実験を行うため、子供

が興味・関心を持って参加するからだと思われる。そのため、学校現場でも生徒の興味・関心を引く実験が必要である。色素増感太陽電池は生徒の興味・関心を引くことができる有効な教材の可能性があるとと思われる。色素増感太陽電池の教材を使用することで普段の生活の中ではあまり触れることができない最先端の科学に触れ、環境問題や自然科学に興味を持たせることができる点や、身近なものを使って作製することができるので、子どもたちにとって驚きを与え、親しみやすい教材であることが挙げられる。

色素増感太陽電池の原料となる色素は、私たちの生活している身近な食材を使って作ることができる。誰でも目にしたり口にしたりしたことがあるもので色素増感太陽電池を作成できれば生徒の理科への興味・関心が高められると思われる。今回はジュースや食酢などを利用した色素増感太陽電池の開発実験を行った。この研究が発端となって開発した教材が宮崎から発信できれば、地域の子供たちの理科嫌いや理科離れに歯止めをかける可能性があるものと思われる。

#### 【実験】

実験試薬並びに器具、実験手順については詳しいマニュアルを別に示す。

#### 【結果及び考察】

二酸化チタン(和光純薬 アナターゼ型) 1.0g とポリエチレングリコール (PEG) 0.8g を乳鉢に計りとり、これに食酢 4ml を加え、約 15 分間乳棒ですり混ぜ、太陽電池用  $\text{TiO}_2$  ペーストを作成した。次に FTO ガラスの導電面をテスターで確認し、上でできた  $\text{TiO}_2$  ペーストをガラスに平らに塗った。このガラスをセラミック付金網の上に置き、ガスバーナーで約 20 分加熱した。冷却後、数分間色素に浸し、その後取り出して乾燥した。対極として別の導電性ガラスの導電面に 6B 鉛筆を使って炭素コーティングし、これを正極として、さらに電解質溶液(ヨウ素溶液)を滴下しクリップで両端を挟み、太陽電池とした。OHP 投影機を光源にして、電子メロディー、電卓、モーター等の動作を確認した。

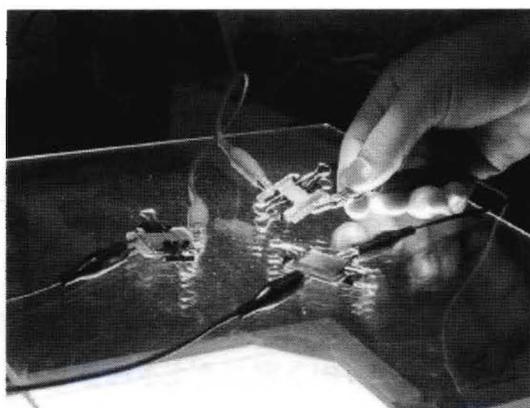


図1 色素増感太陽電池の作動実験の様子

上記実験の実践を通じ、電池としては変換効率や安定性の面でさらに多くの課題を持つことがわかった。サンプリングや作業の進み具合で、生徒の結果にばらつきが生じることがある。これは、むしろ生徒の学習テーマとしては継続的興味関心を引き付けるのには良いテーマともいえる。

本実験は以下に示す中学校や高校の理科学習に則した関連テーマへの発展が可能であり、学習の幅のある教材として多くの魅力を持つものであることがわかる。

- (1) 電子の受け渡し、イオン、酸化還元等の基本学習（電池とエネルギー）。
- (2) 花の成分、果物等様々なサンプルの収集を行うと楽しみが増す（天然色素と酸塩基による色変化）。
- (3) 他のクリーンエネルギーとの比較や光の波長とエネルギーの関係など（エネルギーと変換効率）。
- (4) 二酸化チタンの半導体としての性質、導電性素材についての調査学習（新素材）。
- (5) 最近にわかに注目されている光触媒の原理(本田－藤島効果)と関連の実験(消臭、脱色など)（光触媒効果）。
- (6) 未来の発電とみやざきについての学習。

ここに紹介する色素増感電池は、太陽電池の可能性に新たな道を開きつつある。安定性や大型化などの課題はあるものの、透明素材を活用したディスプレイ、PETへの応用、カラフルな色素を塗料にするなどユニークなアイデアが次々と生まれており、産業界も、その可能性に注目しているようだ。

素材、手順、評価等、学習教材としてはまだまだ改善の余地があり、様々な工夫が可能である。また、何よりも花や食材に含まれる天然色素が電池になるというアイデアは、今後の学校における環境・エネルギー教育の良い教材となり得るもので、「太陽と水と緑の国みやざき」をキャッチフレーズにしている地域の特性を理科学習の場実践できるように今後も研究を継続させたいテーマである。

## 身近な素材を利用する色素増感太陽電池の作製マニュアル

紫キャベツの色素を使って色素増感太陽電池の作製を体験し、太陽電池開発の一端に触れてみよう。

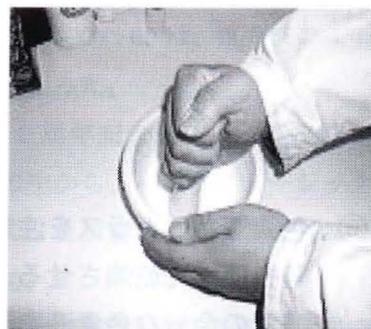
### 《準備するもの》

【試薬】酸化チタン(アナターゼ型), ポリエチレングリコール(分子量 300), 蒸留水, アセチルアセトン, 紫キャベツの色素, ヨウ素溶液

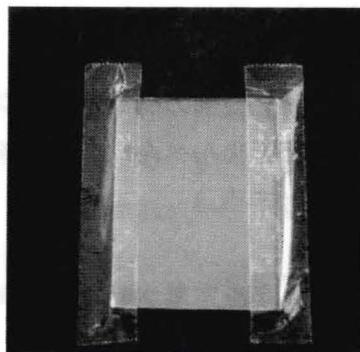
【器具】乳棒, 乳鉢, 導電性ガラス (FTO), テープ, テスター, ガラス棒, ガスバーナー, セラミック金網, 三脚, クリップ, ワニ口リード線, OHP光源, 電子メロディー

### 1. 色素増感太陽電池を作製しよう

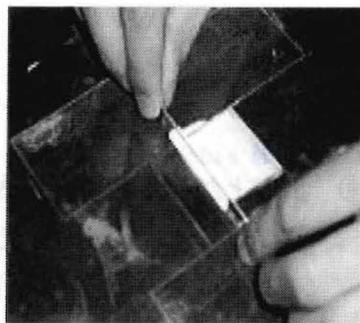
- ① 酸化チタン(アナターゼ型) (1.0g), ポリエチレングリコール(分子量 300) (約 5 滴), アセチルアセトン (0.36g), 蒸留水 (2.4g) それぞれを乳鉢に入れ, 乳棒で約 10 分間よくかき混ぜて, チタンペーストを作成する。



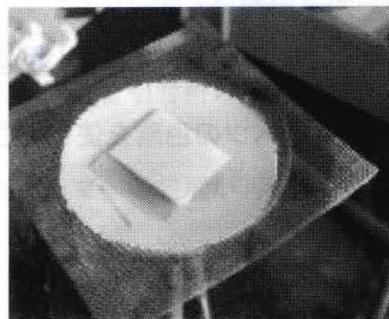
- ② FTO 導電性ガラス (2.5mmx2.5mm) の導電面をテスター (電子メロディーと乾電池を使った導電確認) で確認する。次に導電性ガラスの導電面を表にし, 写真のようにセロハンテープで固定し, 導電面に①で作成したチタンペーストを③に示す方法でなめらかにコーティングする。



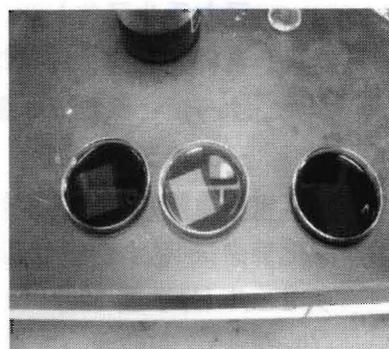
- ③ ①のチタンペーストを乳棒で適量垂らし, それをガラス棒でできるだけ均一に薄く平らに広げる。この時, ペーストはなるべく薄くムラができないように塗るのがコツである。色素増感太陽電池では酸化チタン膜側に光が当たるので, 光がとおるように薄く均一に塗るのがよい。



- ④ ②で出来た酸化チタンコーティング済みの導電性ガラスをセラミック金網の上のせ、ガスバーナーで約5分間加熱する。この時、加熱を続けると、ペーストが一度黒くなるが、その後も加熱しつづける。加熱とともに白く変色してくるので、完全に白くなったら加熱を止める。



- ⑤ 加熱が終了したら5分間程自然冷却し(急に冷やすとガラスが割れる危険性があるので気をつけよう)、手で触れるくらいに冷えたら、シャーレの中の紫キャベツ色素溶液に約10分間浸す。



- ⑥ 色素液からガラスを注意して取り出し、ドライヤー等を使って乾燥させる。乾燥が終わったら、ガラス表面の余分な色素液をティッシュペーパーで優しくふき取る。(このガラスを陰極とする。)



- ⑦ 新たに別の導電性ガラスを用意し、導電面に2B鉛筆でまんべんなく炭素を塗る。(このガラスを陽極とする。)

- ⑧ 色素を定着させた酸化チタンコーティング済みガラスに電解質溶液(ヨウ素溶液)を1滴垂らす。これに炭素が塗られたガラスと重ね合わせてクリップで固定する。これで色素増感電池完成!



## 2. 実際に電池を使って電子メロディーを鳴らしてみよう

- ⑨ 出来上がった色素増感太陽電池をリード線で直列につなぎ、OHPを光源にして電子メロディーを鳴らしてみよう。音が弱いようであれば他の電池と直列つなぎして音が大きくなるように工夫してみよう。