

日産科学振興財団 理科／環境教育助成 成果報告書

回次：第 4 回 助成期間：平成19年11月 1日～平成20年10月31日

テーマ： バイオマス系廃棄物の環境科学

氏名： 増田 智 所属： 茨城県立神栖高等学校

1. 課題の主旨

現在、エネルギー資源は化石燃料に大きく依存し、その消費量は増加し続けており、二酸化炭素などの温室効果ガスによる異常気象などの頻発が地球規模の問題となっている。そのため、化石燃料に置換し得る持続可能でクリーンなエネルギー資源の開発が急務である。また、日本は京都議定書に署名しており、温室効果ガスの排出量削減が急務であり、化石資源に置換し得るクリーンなエネルギーが求められている。最近、数多くのメディアなどで取り上げられているバイオマス関連材料の利用はその有力な候補の一つであると考えられる。実際、環境汚染の元凶で処理に困っている食品や畜産等の廃棄物、し尿などの植物由来のバイオ系廃棄物のエネルギーは世界のエネルギー需要の約 1/3 も占めていて、非常に膨大である。

そこで、光合成産物であるバイオ系廃棄物を試料とした光駆動型の電池を作成する。この電池を用いて、環境汚染物質を太陽光で分解・浄化し、同時に直接電力として変換できることを体感させる。バイオマスのエネルギー資源化に直結することを理解させることで、環境問題やエネルギー資源問題に対する興味・関心を高めることができると考えられる。さらに、実験を環境・エネルギーについて再考する場と捉え、生徒にバイオ系廃棄物処理の現状を理解させた上で、捨ててしまいがちなエネルギーを回収することの重要性、環境浄化の大切さを生徒に理解させ、日常生活に還元させたい。

また、本研究は「理科総合A」の環境・エネルギー分野における希少な生徒参加型のバイオマス実験モデルの開発でもある。

2. 準備

事前に教師側で予備実験を実施し、効率的に授業時間内で実施できるように操作（教材作製方法参照のこと）の簡略化と最適条件を探索した。当初の予定（11月～3月）より時期が遅れ、7月に実施した。光化学電池を作成し、モーター（付プロペラ）や電子メロディと接続して実験を行ったところ、プロペラの回転は見られず、メロディ音も聴こえなかった。そこで、最適なモーターを選別するため試行錯誤を重ねた。その結果、電池から電子メロディを鳴らす光起電力が得られていないことが原因であり、早急な解決は難しいという結論が得られた。その他にもアノード電極では酸素還元が起こるため、薄層型の電池では光照射時間の経過とともに酸素供給不足になることも要因として考えられる。

また、 TiO_2 は約400 nm以下の紫外光が励起に有効であるため、分解・変換効率を大幅に上げるには太陽光に含まれる（約4～5%）以上のエネルギーを投与する必要がある。そのため、LED型紫外光源（ブラックライト）を光源として導入した。

3. 指導方法

本研究では環境・エネルギー問題について深く理解しすることを目的に、実験を通して効果的に理解させるために段階的な学習プログラムを編成し、実施した。

I. 環境問題についての事前学習【座学・発表】

II. 世界のエネルギー資源と主な発電方法についての事前学習【座学・発表】

III. 光化学電池の作成と評価【実験】

4. 実践内容

I・II. 環境問題、エネルギー資源についての事前学習 (3.0 時間)

「理科年表 2008」や経済産業省資源エネルギー庁発行の「日本のエネルギー2007」などを資料に調べ学習という形式で、グループ単位で調べたものを発表させた。その際に、生徒からの発問を促し、生徒間の発問応答から、自らの関わりを促し、興味・関心を喚起させるように支援した。

また、「サイエンスチャンネル」など視聴覚教材を授業に導入して、理解の定着を図った。

III. 光化学電池の作製と評価 (2.0 時間)

【対象生徒】 1年D組 (進学クラス) 39名

【授業】 理科総合 A (2 単位)

実験は午前、午後に授業を編成して、グループ別実施した。また、実験の効果を検証するために実験前後にアンケートを実施し、生徒の環境・エネルギー問題への意識の変化を追跡した。

【課題 (目的)】

光化学電池の実験を通して環境・エネルギー問題を再考し、日常生活へフィードバックさせる。

【実験】

① 光化学電池の作成

教材作成方法を参照のこと。

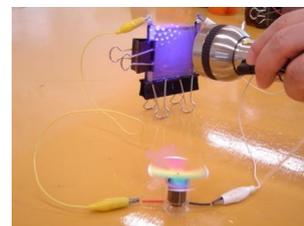
② 光化学電池の評価

バイオ系廃棄物として、具体的には家庭で廃棄される野菜などの生ゴミや液体、身近な食品を持参させた。液状でないものはおろし金ですり、水分が足りないものには蒸留水を少量加えるなどして、試料を作成した。電池内に入れて、紫外光を照射することで、直接電力として変換できることをモーターに接続したプロペラの回転から視覚で確認させた。また、生ゴミなどを用いた場合には、同時に環境汚染物質を分解、浄化することを嗅覚 (し尿などの場合) から体感させた。炭素分は二酸化炭素に、窒素分を含めば窒素に変換されるため、環境汚染の心配が無い。このことは、電極表面からその様子を気泡の発生として観察することもできた。一定の照射時間後には、アノード電極上における酸素供給不足によるプロペラの回転の停止が見られたが、注射器により空気を送り込み、試料を攪拌することにより、再び回転し続けた。

バイオマス系廃棄物の他に、清涼飲料水などのジュース類や落葉など、さまざまな材料を用いて実験し、ビデオカメラを用いて撮影を行った。その後、光化学電池のしくみについて編集した動画をパソコン (プレゼンテーション形式) を用いて定性的な説明を加え、解説した。

【評価】

考察した内容や意見の発表、学習前後のアンケート結果をもとに行った。



5. 成果・効果

グループでの実験操作の分担，積極的に質問をする姿勢が見られた。各グループで試料となる材料を変えることで，互いの実験結果を意識するようになり，生徒間での発問応答も見られた。

【実験前後に実施した生徒アンケートの結果（一部抜粋）】

実験前	実験後
Q. 環境・エネルギー問題をどのように考えていますか？	
・ ニュースや新聞で知るほど実感がわかない。	・ 資源を化石燃料の輸入に依存している。
・ 最も優先して解決に向けて取り組むべき。	・ 物に対する価値観が低下している。
・ 環境保護運動に参加する。	・ 廃棄物処理にコストがかかる。
Q. どうすれば解決できると考えていますか。	
・ 太陽光発電を普及させる。	・ 無駄なゴミを出さない。
・ 二酸化炭素の排出量を削減する。	・ 代替エネルギーではなく新規のクリーンエネルギーを探索する。
・ 植林をして緑を増やす。	

環境・エネルギー問題を再考し，日常生活へフィードバックさせることができたと考えられた。

6. 所感

理科・環境教育助成により，バイオマス廃棄物を用いた光化学電池を作成することができた。電池の評価およびそのしくみを理解することで，環境・エネルギー問題を再考する機会を設けることができた。また，日常生活に直結させることができる成果が得られた。

本研究は共同実施者の金子正夫茨城大学特任教授（現在（株）バイオフィトケモニクス研究所所長兼任）の支援のもと，同研究所代表取締役社長の根本純一氏に全面的な協力を得て遂行した。

7. 今後の課題や発展性について

【今後の課題・発展性】

酸素供給不足によるプロペラの回転停止を改善するため，空気を送り込めるフロー（循環）型電池を開発する必要があると考えている。また，電子メロディを活用するためにも，より大きなモジュールの電池を開発することも重要であると考えている。

【普及活動】

本研究の一環として，主に中学生を対象に科学の面白さ，楽しさ，不思議さを体感できるイベントを企画した。今後もこのような環境・エネルギー学習の場を提供したい。

8. 発表論文、投稿記事、メディアなどの掲載記事

【口頭発表】

増田 智：バイオ太陽電池の教材化の試み，茨城県高等学校教育研究会理化部県東地区協議会，茨城県立鉾田第二高等学校，2008年12月

【ブース出展・ポスター発表】

増田 智，根本 純一：バイオ太陽電池でモーターをまわそう，青少年のための科学の祭典・鹿行地区大会，茨城県行方市立玉造中学校，2008年11月

【教材制作方法】

- ・実施内容が教材開発の場合、ここから1～2ページ使って、教材の制作方法を記載願います
- ・実施内容が教材開発でない場合、このページ以降を削除願います

【光化学電池の作成】

〔フッ素ドープ導電性ガラス (FTO) 被覆 TiO₂ 薄膜 (アノード) 電極の作成^[1]〕

- ①TiO₂に P-25 (日本アエロジル) 12 g に、分散剤である acetylacetone 0.4mL を加え、乳鉢で混練した。水 20mL をゆっくりと加えながら混練を続け、さらに界面活性剤 TritonX-100 0.4mL を加え、混練した後超音波処理を行い、TiO₂ ペーストを作成する。
- ②FTO (5.0 cm×5.0 cm, 旭硝子) を洗剤, アルコールで洗浄後, 周囲 1.0 cm の範囲をメンディングテープで覆う。覆っていない部分に TiO₂ ペーストをキャストし, ガラス棒で丁寧に塗る。
- ③電気炉にて 100℃で 30 分間乾燥する。
- ④電気炉にて 450℃で 30 分間焼成する。



〔白金 (カソード) 電極の作成^[2]〕

5 mM H₂PtCl₆ エタノール溶液を透明ガラス電極上にキャストし, 450℃で 60 分間焼成する。

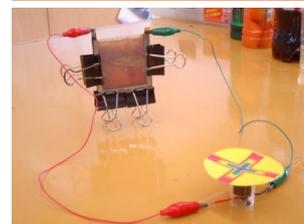


〔集電材付きスペーサーの作成^[3]〕

ゴムを電極幅 5 mm のコの字型になるよう加工し, 同様に作成したステンレス板を張りつける。



これらを重ね合わせ, スペーサー側 3 方向をクリップでとめて完成。



[1] 内田 聡 *Electrochemistry*, 2004, 72, 49.

[2] M. G. Kang, N. G. Park, Y. J. Park, K. S. Ryu and S. H. Chang *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2003, 75, 475.

[3] 金子 正夫, 根本 純一, “バイオ光化学電池”, 工業調査会, 2008.