

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501060

研究課題名(和文) 先端科学を取り入れた未来志向の光エネルギー学習用教材の開発と実践

研究課題名(英文) Fabrication of future-oriented teaching materials including advanced science for learning photo energy and classroom practices by using the materials

研究代表者

星野 由雅 (HOSHINO, Yoshimasa)

長崎大学・教育学部・教授

研究者番号：50219177

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：クロロフィル色素増感太陽電池を教材として正規のカリキュラムに取り入れるために、ワカメから抽出したクロロフィルcを含む抽出液を用いると短時間でクロロフィルを酸化チタンに吸着できることを明らかにした。

色素増感太陽電池を取り入れた中学校第3学年への授業実践の結果、授業前は約7割の生徒が科学技術に不安を抱いていたが、授業後はそのうちの約半数、5割強の生徒が不安を将来への期待に変えたことがわかった。このことより、色素増感太陽電池を正規の授業で取り上げることで、子どもたちの科学への不信感・不安感を払拭できることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：We have revealed that chlorophyll c extracted from wakame seaweed can be quickly adsorbed on titanium oxide for using a chlorophyll dye-sensitized solar cell as a teaching material in regular curriculums.

Around 70% third-grade students in a secondary school before receiving a science classroom with dye-sensitized solar cell have felt anxious about science and technology. After receiving the classroom more than half of the students have changed the anxiety into expectation for the future science. It means that using dye-sensitized solar cell as a teaching material in regular curriculums can dispel senses of distrust and anxiety of students about science.

研究分野：錯体化学、電気化学、化学教育

キーワード：自然科学教育 教材開発 色素増感型太陽電池 クロロフィル 光エネルギー学習 先端科学 授業実践
カリキュラム

1. 研究開始当初の背景

(1) 教育現場(小学校・中学校・高等学校)の理科におけるエネルギーの扱いは、力学的エネルギー、電気エネルギー、化学エネルギー、光エネルギー、そして原子力エネルギーに大別される。このうち、原子力エネルギーは2011年3月11日の東日本大震災時の福島第1原子力発電所の事故により一般社会人のみならず、児童・生徒にも、その利用に関して不安感を生みだした。この事故により生じた電気エネルギーの供給不足は、首都圏に止まらず全国的な問題となった。その後、一般企業、公共機関そして家庭において展開された節電対策は、児童・生徒に将来のエネルギー需給に関して漠然とした不安を、また、原子力発電所事故とその後の収束の困難さは、科学の限界を印象付けた。

(2) 今、教育現場で取り組むべきことは、これらの不安感が科学に対する不信感につながらないようにすることである。児童・生徒に現在のこれらの問題を解決する糸口が、実は科学の中にあることを認識させることを積極的に図る必要がある。特にエネルギー学習については、これまでに実用化されている装置を用いた学習だけでなく、近未来に実用化が期待される装置を提示することで、児童・生徒の目を未来に向けた未来志向のエネルギー学習を展開する必要がある。

(3) これまでの色素増感型太陽電池を教材として用いた教育現場での光エネルギー学習の実践例は、小学校では、その報告を見出すことができなかつた。中学校における例は、2例(例えば、紅林・松永・中川、静岡大学教育学部研究報告(教科教育学篇)第38号、pp.131-142(2007))見られるが、残りのほとんどは高等学校における実践例(a)小田善治、第5回日産科学振興財団 理科/環境教育助成成果報告書 登録番号 08167(2009); b)川村・吉田・島田・藤原、物理教育 56 巻(1)、pp.21-24(2008); c)池田・堀川・伊藤・宮本・山本、茨城大学教育学部紀要(教育科学)57、pp.29-43(2008)など)である。しかも、その全てが花の色素を用いた実践例であった。これは、アントシアニンに代表される花の色素がカラフルであることと限られた授業時間内で短時間(約10分間)のうちに酸化チタンに増感色素を吸着させることができるからであろう。しかし、光エネルギー学習の観点からすると、花の色素を増感色素とすることは必ずしも適切ではない。何故なら、花の色は生物学的には昆虫などの誘引作用のためであり、植物の光エネルギーを化学エネルギーに変換する光合成には関与していないからである。これでは、児童・生徒は、自然界の植物の持つエネルギー変換機能の偉大さを実感することはできない。植物の光合成機能の中で重要な役割を担っているクロロフィルを増感色素とした色素増感

型太陽電池を教材として授業で活かしてこそ、児童・生徒が実感を伴った光エネルギーの利用法を理解することになる。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、先端科学の一つであるクロロフィル系の色素増感型太陽電池を取り入れた未来志向の光エネルギー学習用教材の開発とそれを用いた実践での効果と課題を明らかにすることを目的とする。

(2) 自然が光エネルギーを効率よく化学エネルギーに変換していること(光合成)を意識させた状態で児童・生徒に次世代の太陽電池である色素増感型太陽電池を教材として光エネルギーの電気エネルギーへの変換を学ばせるには、増感色素に植物の葉由来のクロロフィル系を用いる必要がある。これまでの Gratzel らの研究(J. Phys. Chem, vol.97, 6272(1993). 同, vol.98, 952(1994))からクロロフィル系の色素はエネルギー転換効率が比較的高い(2.6%, 9.4 mA/cm²)が、それには酸化チタン表面にクロロフィルが確実に化学吸着するためのアンカー基としてカルボキシ基(-COOH)が導入されたクロロフィリドや中心金属がマグネシウムから銅に変わった銅クロロフィリドを用い、他の酸化化合物と共吸着する必要があると報告されている。自然の葉にも少量のクロロフィリドは含まれているが、その量は限られているため短時間(10分程度)の吸着操作では、実効的な電圧・電流を得ることができない。米国で用いられている色素増感型太陽電池の高校向け教材書(G. P. Smestad, "Nanocrystalline Solar Cell Kit", the University of Wisconsin Board of Regents ICE Publication (1998))によればクロロフィルを酸化チタンに吸着させるためには、天然酵素の作用により少なくとも24時間酸化チタンを固定した導電性ガラスをクロロフィルのアセトン溶液に浸す必要がある。もちろん、予めクロロフィリドを酸化チタンに吸着させた導電性ガラスを教材の一部として児童・生徒に提供する方法もあるが、それでは本研究が目指す児童・生徒に実感を伴った光エネルギーの利用法の理解と科学への期待の再構築にはつながらない。従って、授業時間内に効果的にクロロフィルを酸化チタンに吸着させる方法を開発する必要がある。そして、開発した方法を用いて小学校、中学校、高等学校の各校種の研究協力者による授業実践により、児童・生徒が花の色素を用いた場合より、クロロフィルを用いた場合のほうが実感を伴った光エネルギーの利用法の理解と科学への期待度の上昇に効果があるか否かを明らかにする。

(3) 具体的には、次の事項を明らかにする。
短時間(約10分間)で自然の植物の葉由来のクロロフィル系色素を酸化チタン

に吸着させる方法の開発。

クロロフィル系の色素増感型太陽電池を教材として用いた場合の児童・生徒の光エネルギーの利用法についての理解度と将来の科学への期待度の変容。

3. 研究の方法

(1) クロロフィルを含む植物並びに海藻類の中から、短時間で酸化チタンに吸着できるカルボキシ基を持つクロロフィルcを含むワカメを新三重漁協の協力を得て種付け段階から養殖した。収穫後得られた生ワカメを洗浄後、湯煎して冷水で冷やし一旦冷凍保存した。クロロフィルcの抽出は、冷凍ワカメを解凍後、電子レンジを用いて手早く乾燥し、ミルで粉碎後、メタノールを用いて行った。得られた抽出液は、ポリエチレン製の滴瓶に保存した。

(2) 色素増感太陽電池の発電効率を上げるため、酸化チタンの粒径、チタニウムテトライソプロポキシド、アセチルアセトン、ポリエチレングリコールの量を様々に変えて最適の酸化チタンペーストを調製した。

(3) 得られたクロロフィルc抽出液と酸化チタンペーストを用いて、通常の方法により色素増感太陽電池を作製した。

(4) 確立した作製法を学校教員である研究協力者に指導した。研究協力者と質問紙の内容について確認し、色素増感太陽電池を取り入れた授業後に質問紙調査を行った。調査後、結果を集計した。

4. 研究成果

(1) クロロフィル色素増感太陽電池を正規のカリキュラムに取り入れるために、短時間(約10分間)でクロロフィルを酸化チタンに吸着させる方法の開発に成功した。

短時間でクロロフィルを酸化チタンに吸着させるためには、ワカメから抽出したクロロフィルcを含む抽出液を用いると有効であることを明らかにした。



図1. ワカメ抽出液の酸化チタン固定化電極への滴下

(2) 白熱灯など比較的弱い光源からの光によってもクロロフィル色素増感太陽電池の発電によって電子オルゴールが駆動可能な、かつ塗布しやすい酸化チタンペーストを開発した。

平均粒子径が0.1~0.3 μmのアナターゼ型酸化チタン(IV)を用いることで、発電効率のよい酸化チタン膜を形成できることがわかった。

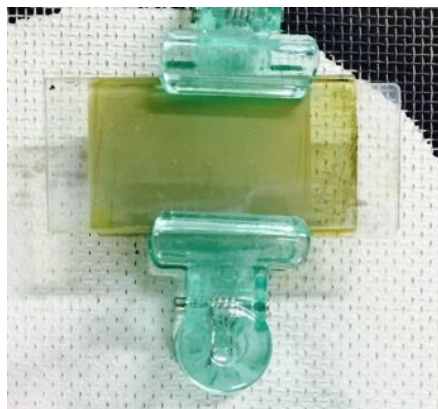


図2. 完成したクロロフィル色素増感太陽電池

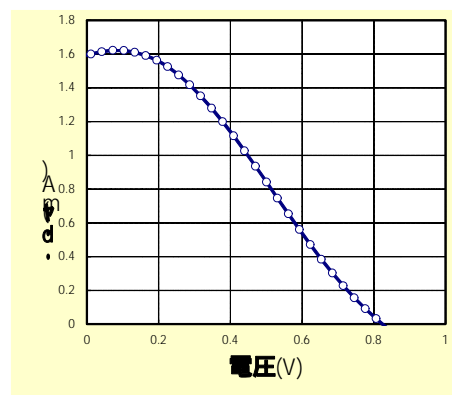


図3. 白熱灯照射下において、電池を直列に2個つなげたときのI-V特性

(3) 作製したクロロフィル色素増感太陽電池を3つ直列に繋ぎ、白熱灯の照射下において電子オルゴールを駆動する(メロディーを奏でる)ことに成功した。

クロロフィル色素増感太陽電池を直列に3つ繋ぐことで、白熱灯照射下でも電子オルゴールのメロディーを奏でることに成功した。

直流電源装置から補助電力を供給してクロロフィル色素増感太陽電池を並列に4つ繋ぐことでモーターを駆動することに成功した。

(4) 色素増感太陽電池を取り入れた中学校第3学年への授業実践の結果、授業前は約7割の生徒が科学技術に多少を含め不安を抱いていたが、授業後はそのうちの約半数、5割強の生徒が不安を将来への期待に変えたことがわかった。このことより、色素増感太陽電池を正規の授業で取り上げることで、子どもたちの科学への不信感・不安感を払拭できることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2件)

星野由雅、根津正二郎、色素増感太陽電池を取り入れた中学校における授業実践、長崎大学教育学部紀要教科教育学(査読無)第54号、pp.11-27、2014年。(機関リポジトリ)
<http://naosite.lb.nagasaki-u.ac.jp/dspace/handle/10069/34479>

小川直仁、星野由雅、菅原康夫、宮崎 勉、小学校における色素増感型太陽電池を取り入れた授業実践、長崎大学教育学部附属教育実践総合センター紀要(査読無)第12号、pp.221-236、2013年。(機関リポジトリ)
<http://naosite.lb.nagasaki-u.ac.jp/dspace/handle/10069/31392>

〔学会発表〕(計 4件)

根津正二郎、星野由雅、「長崎県におけるCST活動事例報告(4)～色素増感太陽電池の授業～」第3回理数系教員養成拠点構築プログラム成果報告会およびCSTの集い、大阪教育大学(大阪府大阪市)、2014年12月27日

星野由雅・高木拓郎・宮原里実、クロロフィル色素増感太陽電池の教材化、日本化学会第94春季年会、名古屋大学東山キャンパス(愛知県名古屋市)、2014年3月27日～3月30日

星野由雅・高木拓郎、小中学校での利用を目指した色素増感型太陽電池の教材化、日本化学会第93春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス(滋賀県草津市)、2013年3月22日～2013年3月25日

星野由雅、小川直仁、矢島和幸、呉屋博、菅原康夫、宮崎勉、橋本健夫、「先端科学を取り入れた小学校における授業実践とその評価」第2回福井CSTシンポジウム～サイエンス教育の充実とその支援～、福井大学文京キャンパス(福井県福井市)、2013年2月16日

〔その他〕

ホームページ等

<http://starfield-edu.com/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

星野 由雅 (HOSHINO, Yoshimasa)

長崎大学・教育学部・教授
研究者番号：50219177

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

小川 直仁 (OGAWA, Naohito)

根津 正二郎 (NEZU, Syojiro)