

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 24 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22500861

研究課題名（和文）新学習指導要領に対応した色素増感太陽電池の教材化

研究課題名（英文）Teaching Materials of Dye Sensitized Solar Cell for New Government Guidelines.

研究代表者

中林 健一（NAKABAYASHI KENICHI）

宮崎大学・教育文化学部・准教授

研究者番号：60201670

研究成果の概要（和文）：大学において、現職の公立小中高校教員に対し色素増感太陽電池の作製指導を行った。その結果、色素増感太陽電池は、学校種に関係なく容易に教師が作製できることが判明した。色素増感太陽電池の教材化を目的として、作製上の工夫や課題等について研修に参加した小中高校教員に対しアンケート調査を行った。色素増感太陽電池の作製指導は、教員の太陽電池に対する理解と興味関心が高まるばかりでなく、導電性ガラス、色素、酸化チタンなどの理解と利用に役立つことが判明した。研修後教育現場で、色素増感太陽電池を授業で活用した教員は、小学、中学、高校と学校種が上がるに伴って高くなることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：The making guidance of the dye sensitized solar cell was conducted an incumbent teacher of public elementary schools, junior high schools and high schools at the university. As a result, it turned out that the dye sensitized solar cell is easily made regardless of the school kind. To make the dye sensitized solar cell a teaching material, the questionnaire survey was completed by the teacher of elementary schools, junior high schools and high schools who had participated in training about the device and the problem, in making. It turned out that the making guidance of the dye sensitized solar cell not only developed understanding and the interest concern for teacher's solar battery but also was useful for understanding and the use of the conducting glass, the coloring matter, and titania. The teacher who utilized the dye-sensitized solar cell by the lesson became clear that an elementary school, a junior high school, a high school, and a school kind follow on going up, and become high.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	400,000	120,000	520,000
総計	1,700,000	510,000	2,210,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・科学教育

キーワード：実験・観察

## 1. 研究開始当初の背景

近年、「勉学意欲の低下」や「理科離れ」が指摘されているとともに、教師の「理科離れ」「理科嫌い」「理科苦手意識」も憂慮され、若い教師ほど理科の授業を苦手とする割合が多いとの報告があり、理科に対するこどもの興味・関心が、教える側（教師）によって大きく左右されるという問題が指摘されている。理科の学習を効果的に推進するには教師自身が豊かな知的探求心や幅広い課題意識を持ち、新たな課題に取り組む力を備えた高度な教育技術を有することが望まれている。しかしながら、学習資源となる素材が比較的容易に再利用可能な形式で整備されつつあるにもかかわらず、教育関係者の利用ニーズに合わせて効果的に個々の学習効果を再構築していく手法などが、十分に体系立てて整備されていない状況にあり、教師や教師を目指す学生の指針となる利用しやすい科学実験教材の開発が待たれている。

## 2. 研究の目的

学習指導要領の改訂に伴い、教師は授業に益々工夫や改善が必要とされている。本研究では学力の新世界基準（キーコンピテンシー）に沿った科学教育技術の育成を目指す。一見、作製が難しそうなる色素増感太陽電池を中学生でもできるように工夫し、作製の過程を通して理科の基本概念が学べ、道具活用能力が養われる宮崎ならではの科学実験教材キットの開発を目指す。

## 3. 研究の方法

本研究では教師や教師を目指す学生の高度な科学技術・教育技術の育成を目指し、2つの領域からなる総合的な科学実験教材の開発を設定する。

第1領域—化学教育：

- ①身近な食材からのアントシアニンの抽出とその定量・定性実験習得
- ②太陽電池の化学反応の理解
- ③身近な素材の有効利用に関する環境教育への啓蒙

第2領域—物理教育：

- ④電気の発生に関する原理の理解
- ⑤電気・光エネルギーのはたらきと利用
- ⑥太陽電池の組み立てなどの習得

以上、2領域6分野からなる学習を効果的に組み合わせ、理科への「興味・関心」、「疑問・驚き」、「実験・実習」、「考察・発見」、「知識の応用・創造」という探求活動過程を体験しながら、自然の事象を探求し、問題解決活動を推進する能力を身につけることができるようにすることなど、新しい学力の新世界基

準（キー・コンピテンシー）に沿った能力開発に役立てる。

## 4. 研究成果

色素増感電池の作製に用いる材料は、子供たちを取り巻く身近な環境に数多く利用され役立っている。例えば、導電性ガラスは、家電製品やゲーム機、IT製品のタッチパネルなどに利用されている。これは本来絶縁性を示すガラスとは異なって、電気を通すガラスの性質を学ぶための効果的教材といえる。また、二酸化チタンは、日常生活において抗菌・浄化作用を持つ光触媒として広く建築物や日用品に利用されており、環境学習を行うのに最適な教材といえる。これらの材料は市販され、単価も安く、入手しやすい環境にあることから、日常生活のあらゆる場面で役立っていることや社会との関連性が高いことを生徒に理解させるには好都合である。

このように、色素増感太陽電池は、生徒の科学的興味・関心を引き付ける多くの魅力的内容と広がりをもっていると思われるが、現職の教員から新エネルギー学習教材に関して「効果的で簡単に作れる魅力的教材を紹介してほしい」というリクエストをよく受ける。色素増感電池は、そのような要望に答えられる絶好の教材といえる。

本研究では、公立小中高学校教員に色素増感太陽電池の作製指導を行う中での課題と理科学習教材としての期待と可能性についてのアンケート調査を実施したので報告する。

色素増感太陽電池作製のために用いた試薬は二酸化チタン(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、ヨウ素溶液であった。紫キャベツの色素はキャベツを裁断後、5%硫酸水溶液に一晩浸し、ろ過した。ろ液中の色素はダイアイオン HP20 を吸着剤とするカラムクロマトグラフィーで吸着させた後、50%エタノール溶液で溶出させ、ロータリーエバポレーターで濃縮した。なお、教員研修ではあらかじめ濃縮した色素溶液を用いた。電解質溶液であるヨウ素溶液はヨウ素( $I_2$ ) 1.3g、ヨウ化カリウム (KI) 8.3g、エチレングリコール 100ml の混合溶液を用いた。実験器具は、乳棒、乳鉢、導電性ガラス(ITO)、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、電子メロディーを用いた。教員研修における色素増感太陽電池の作製の様子を図に示す。

教員研修では、上述の手順①～②を「 $TiO_2$ の製膜」(所要時間約 35 分)、手順③を「 $TiO_2$ の焼き付け」(所要時間約 10 分)、手順④～⑤を「色素吸着」(所要時間約 20 分)、手順⑥～⑦を「電池組み立て」(所要時間約 5 分)、

手順⑧を「作動確認」(所要時間 20 分)とし、実際学校教育現場の授業を想定して 90 分で作製を完了することを目指した。なお、セル 1 枚につき約 400 円 の材料代が必要であった。



図 作成の手順

### 研修前の調査結果について

2008 年 8 月開催の教員免許更新講習前に、本研修を受講しようと思った主な理由を尋ね、得られた意見をまとめた。「本講習を選択した理由」では、太陽電池そのものへの興味が高く、中でも色素増感太陽電池への好奇心が高いこと、また、最先端の科学技術を学び、それを自分の学校の授業で活かしたいという意見が多かった。さらに、「本講習で学びたいこと、意見等」については、電池そのものの仕組みを学びたいことはもちろんのこと教育現場ですぐに活かせる工夫を学びたいという意見が多かった。教員研修期間中に中学校の教員に色素増感太陽電池の作製について学ぶことの意義を聞いたところ、「現在エネルギー問題は深刻になっている。そのような中、太陽電池はすでに一般の家庭にも浸透している。しかし、その発電のメカニズムは中学生には難解である。そこで、本講義が中学生へ太陽電池の仕組みを説明するのに役に立てばと考えて選択した。また、「授業計画・内容」の(1)「教室でもできる色素増大太陽電池の制作方法」が中学校第 3 学年の授業や選択教科、総合的な学習の時間で実践できるのではないかと考えた。」という回答をえた。受講者の多くが、色素増感太陽電池についての作り方を習得し、発電の原理や仕組み、さらに活用の仕方等を学び、授業で活用したいということが分かった。

### 研修後の調査結果について

中学高校の教育現場での実践に関しては反応機構が難しいために教科内容に組み込む

ことは困難であるという意見が多かったが、身近な素材を通して最先端の科学技術に触れることができるという点で、教員からの評価は高かった。なお、2008 年と 2009 年研修終了後、22 名の受講者にアンケートを実施した。

### 教材としての活用状況とまとめ

「自然科学体験講座」に参加した教員に、研修終了後、実際に自分の教育現場で生徒に実践してみたかどうかの聞き取り調査を行った(n=15) (図 5)。その結果、小学校では放課後作製して見せたものを含めて、50%の教員が実践していた。中学・高校では、生徒の理科学習内容も豊富で発電原理を理解しやすくなることから、60%以上の教員が実践していた。

小学校での授業実践例としては、「光電池の利用」において、身近な素材でできる太陽電池として生徒に紹介し、環境保全やエネルギー資源確保の問題を考えさせる教材として利用していた。中学校では、簡単に太陽電池を作れるという意外性を教員が生徒に伝えることによって、最先端の科学への興味関心を高めるための教材として利用していた。また、小中学校では導電性ガラス、色素及び酸化チタンを授業に活用した教員が多かった。さらに、高校では、科学クラブ等で生徒に電池の作製を実践させることを通じて、発電の仕組みや発電効率の向上をめざした研究へと発展させている例が見られた。

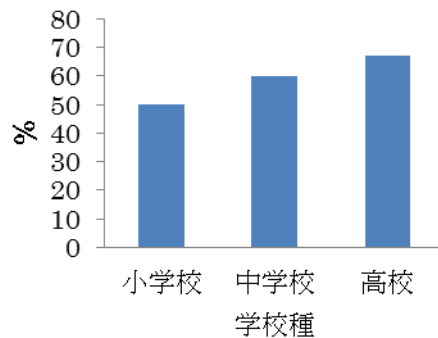


図 5. 色素増感太陽電池の授業での実践状況

色素増感太陽電池が実験教材として優れている点は、日常生活のなかで用いられている身近な材料を使い、生徒自らの手で太陽電池の作製から発電の確認までできる点である。今回の教員研修は、教員の太陽電池への興味・関心を高め、研修終了後、教材として授業に活用した点で効果が認められた。教員が色素増感太陽電池を生徒に自作させることによって、先端的科学技術に触れさせるとともに、教科の内容、例えば、「環境、

エネルギー」の分野、「総合学習」の中の「探究活動」、「電池」の分野などに関連させ、エネルギー問題や環境保全について総合的に考えさせる学習教材へと発展できるものと思われる。

表 2 色素増感太陽電池の作製に関するアンケート結果

	やりやすい	慣れたらできる	やりづらい
TiO <sub>2</sub> の製膜	71%	20%	9%
TiO <sub>2</sub> の焼き付け	78%	22%	0%
色素吸着	73%	17%	10%
電池組み立て	85%	15%	0%
作動確認	65%	28%	7%

今後も素材、手順、電池教材としての性能評価方法の改善を行うとともに、授業の中で取り入れられるような具体的授業計画や指導案の立案を進め、恒常的な教員への指導助言を行う予定である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 24 件)

① 中林健一、小八重宏樹、横山育生、色素増感太陽電池の理科学習教材としての有用性について—大学での教員研修における成果から—、理科教育研究、査読有、52, 3, 119-127 (2012)

② Kazuhiko NUMAGUCHI, Hayashi NAKAYAMA and Kenichi NAKABAYASHI, FLASH chemistry teaching-materials development for ion understanding support. —Utilization of Wii remote control—, *1st Japan – Thailand Friendship International Workshop on Science Technology & Technology Education, Hand-making Education, Engineering Education, Environmental Education 2012 (JTHES'12)*, 47-50 査読有(2012).

③ Kenichi NAKABAYASHI, Research on teaching-materials of a dye-sensitized solar cell, *1st Japan – Thailand Friendship International Workshop on Science Technology & Technology Education, Hand-making Education, Engineering*

*Education, Environmental Education 2012 (JTHES'12)*, 査読有、51-54 (2012).

④ 中林健一、湯地敏史、自学可能電気分解簡易キットの活用とその効果、電気学会誌、査読有、Vol. 131/ No.5/ Sec.A pp408-409 (2011).

⑤ Toshifumi Yuji, et al, Surface Modification of Si wafer by Low-Pressure High-frequency Plasma Chemical Vapor Deposition Method. IEEE 査読有, VOL. 39, NO. 6, 1427-1431,(2011).

⑥ 湯地敏史、NarongMungkung, 福山恵、中林健一、タイ王国と日本の大学生の比較による電気エネルギーに対するアンケート調査、電気学会誌、査読有、Vol. 131, No.8, Sec.A, pp637-638(2011).

⑦ T. Yuji, K. Nakabayashi, Y. Kiyota, Y. Okamura, Y. Osada and T. Bouno, Development of Energy and Environment Education on Learning Material Kits Using Compulsory Education for Use from Self-Instruction, *The Japan- Thailand-Friendship International Conference on Applied Electrical and Mechanical Engineering* 査読有、245-248 (2011).

⑧ 湯地敏史、中林健一、中学生出前授業での再生可能エネルギーに対する意識調査、電気学会誌、査読有、Vol. 130 / No. 5 / Sec. A 523-524 (2010).

[学会発表] (計 14 件)

① 中林健一、小八重宏樹、色素増感太陽電池の理科学習教材としての有効性、日本化学会春季年会、2012年3月(神奈川)

② 中林健一、小八重宏樹、色素増感太陽電池の理科教材としての効果—大学における教員研修の成果から— 日本化学会西日本支部大会、2011年11月(徳島)

③ 湯地敏史\*、清田 佑一、中林健一、中山 迅、長田 靖、時任 弘美、井上 嘉代美、国生 尚、片岡 久明、永友 雅子、中学校における電気のプログラムパッケージ教材の開発、電気学会、2011年3月(大阪)

④ 中林健一、武田剛、湯地敏史、色素増感太陽電池の理科教材としての広がり ○日本化学会西日本支部大会、2010年11月(熊本) [その他] (計 12 件 )

① 環境とエネルギーの化学教育，宮崎市で活躍する環境教育リーダー人材育成事業報告書，190-198（2013）．

② 小中学校教材としての色素増感太陽電池—身近な色素を使って色素増感太陽電池をつくろう—，平成 24 年度小中一貫教育支援研究プロジェクト実施報告書，148（2013）．

③ 小中学校教材としての色素増感太陽電池，平成 23 年度小中一貫教育支援研究プロジェクト実施報告書，116（2012）．

④ 身近な素材を用いる太陽電池の教材化，宮崎県における地域社会の研究—「みやざき学」の構築をめざして—研究報告書 No. 7(宮崎大学戦略重点経費実施報告書)，31-34（2011）

⑤ みやざき発！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」宮崎県における地域社会の研究—「みやざき学」の構築をめざして—研究報告書 No. 6(宮崎大学戦略重点経費実施報告書)，56-60（2010）

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中林 健一 (NAKABAYASHI KENICHI)  
宮崎大学・教育文化学部・准教授  
研究者番号：60201670

### (2) 研究分担者

湯地 敏史 (YUJI TOSHIHUMI)  
宮崎大学・教育文化学部・講師  
研究者番号：80418988