

## 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 6月10日現在

機関番号：12401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22730685

研究課題名（和文） 色素増感型太陽電池を題材とした体験型エネルギー教育のための教材開発

研究課題名（英文） Development of Teaching Materials with Dye-sensitized Solar Cells for Experience-based Energy Education

研究代表者

荻窪 光慈（OGIKUBO KOJI）

埼玉大学・教育学部・准教授

研究者番号：00431726

研究成果の概要（和文）：現代社会を維持するために、化石燃料の代替となる再生可能エネルギーの開発が求められており、今後の学校教育においても、再生可能エネルギーに関する理解を深めながら、その現代社会との関係を適切に評価する態度を養う必要がある。そこで本研究課題では、(1)最先端の再生可能エネルギーである色素増感型太陽電池を題材とし、体験的学習が可能な教材を開発すること、(2)新学習指導要領において色素増感型太陽電池を含む再生可能エネルギーに関する学習効果を高めるカリキュラムについて検討することを行った。

研究成果の概要（英文）：In order to maintain the modern society, the development of renewable energy that can be the substitution of fossil fuels is required. In the school education in the future, while deepening the understanding about the renewable energy, it is necessary to promote the attitude that appropriately evaluates its relation with the modern society. Therefore, the purposes of this study are set as follows: (1) to develop the teaching materials with dye-sensitized solar cells as the state-of-the-art renewable energy for experience-based energy education, and (2) to consider the curriculum that improves the learning effect about renewable energy including dye-sensitized solar cells in the new “Course of Study” (governmental curriculum guideline).

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,600,000	480,000	2,080,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：教育学、教科教育学

キーワード：教材開発、エネルギー教育

## 1. 研究開始当初の背景

人類にとって、近代化された社会を維持していくためには、公害や廃棄物の産出を伴わず、枯渇することのないエネルギーを開発していくことが極めて重要である。そのためは、化石エネルギーや原子力エネルギー等に

頼ることなく、自然界に存在する無公害の再生可能エネルギーを主たるエネルギー源とした社会を構築することが必須である。そのような社会を実現するための発電装置の代表的なものとして、太陽光発電がある。

我が国の政府の方針においても、例えば

2008年7月に閣議決定された「低炭素社会づくり行動計画」等を通して、太陽光発電は将来の我が国の成長にとって必要なものとして位置付けられている。

このように、再生可能エネルギーの利用が推進されており、我が国においてその普及を促進するためには、再生可能エネルギーに関する技術的進歩はもちろん必要であるが、それに加えて、国民の再生可能エネルギーに関する科学的理解を促進しなければならない。特に、学校教育における児童・生徒の再生可能エネルギーに対する積極的な理解や態度を育成することが喫緊の課題である。このような背景から、研究代表者は、色素増感型太陽電池を題材とした再生可能エネルギー教育について着想し、その教材開発を目指す。

従来、優れた特性を有する色素増感型太陽電池を製作するためには、インジウムやルテニウムなどの高価な貴金属を含む材料が必要であると言われてきたが、本研究課題では、インジウムを含まない酸化物半導体（酸化チタン等）及びルテニウムを含まない安価な有機色素（ハイビスカス色素等）を用いた色素増感型太陽電池の教材化を目指す。

## 2. 研究の目的

本研究課題では、再生可能エネルギーの中でも、実現可能性が高く期待されている太陽光発電に題材を設定した。特に、上述の「低炭素社会づくり行動計画」において太陽電池の革新的技術開発が期待されていることから、従来流通している既存の単結晶やアモルファスなどのシリコン半導体を用いた太陽電池ではなく、1991年にローザンヌ工科大学のグレッツェルらによって考案された色素増感型太陽電池に着目した。その上で、下記の内容を行うことを本研究課題の目的とした。

- (1) 色素増感型太陽電池に関する最先端技術を体験的に学習可能な教材の開発
- (2) 新学習指導要領における色素増感型太陽電池を含む再生可能エネルギーに関するカリキュラムの検討

## 3. 研究の方法

- (1) 色素増感型太陽電池に関する最先端技術を体験的に学習可能な教材の開発

本研究課題で製作する色素増感型太陽電池は、酸化チタンを焼き付けた導電性ガラスに色素を吸着させた負極と、正極及び電解質溶液から成るセルを構築したものである。色素増感型太陽電池の構造を図1に示す。

本研究課題では、教材としての色素増感型太陽電池の製作プロセスの開発に当たって、様々な製作条件について比較検討を行ったが、本稿では、電解質溶液の比較検討と、正極電極の比較検討の2点について述べる。

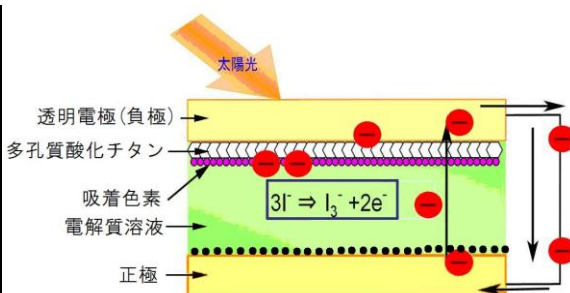


図1 色素増感型太陽電池の構造

まず、電解質溶液の比較検討については、酸化還元対であるヨウ素レドックスを含んだ2種の電解質溶液（希ヨードチンキ、ルゴール液）を用いて色素増感型太陽電池の製作を行い、電気的特性の比較を行った。従来、グレッツェルらが発表した色素増感型太陽電池に用いられている電解質溶液に成分が近い希ヨードチンキを用いた研究が多く行われているが、教材化にあたり、ヨウ素濃度は低いが粘性があり取り扱いが容易なルゴール液も用いて電気的特性の比較実験を行った。なお本実験では正極については白金メッキ済み銅板を用いた。本実験の実験条件を表1に示す。

表1 電解質溶液の比較実験条件

材料	負極	導電性ガラス基板
	正極	白金メッキ済み銅板
	酸化チタン (粒径)	P25 日本アエロジル (約 21nm)
	色素 (g)	乾燥ハイビスカス (1g)
	溶媒 (cc)	エタノール (50cc)
	色素抽出時間	4h
	PEGの重合度	20000
	電解質溶液	A. 希ヨードチンキ (太陽製薬) B. ルゴール液 (大正製薬)
	ペースト	混練方法及び時間
攪拌方法及び時間		マグネチックスターラー, 60min
分散方法及び時間		超音波, 30min
チタニア : PEG : 酢酸		4 : 1 : 10 (wt比)
希酢酸水溶液酸性度		pH1.96
製膜	ペースト塗布方法	スキージ法
	テープ (厚さ)	56 μm
	焼成温度及び時間	480°C, 30min
	色素吸着温度・時間	50°C, 180min

製作した色素増感型太陽電池の電気的特性を比較するため、図2に示す電気的特性の測定系を用いて色素増感型太陽電池の開放

電圧と短絡電流を測定した。測定は、300Wの光源から15cmの位置に色素増感型太陽電池を設置し、5分おきに3回行い、その平均値を求めた。

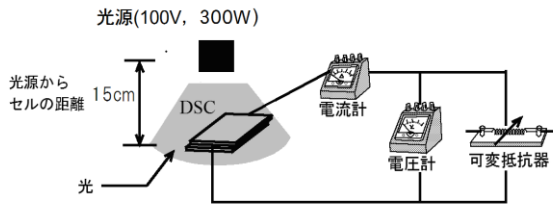


図2 電気的特性の測定系

また、正極電極の比較検討については、2種類の正極電極（白金メッキ済み銅板、黒鉛付導電性ガラス基板）を用いて色素増感型太陽電池の製作を行い、電気的特性の比較を行った。銅板は、低コストであり加工が容易だが、製作中に反射光や切り口などの危険性にさらされる可能性がある。一方、導電性ガラス基板は、安全性は高いがコストが高くなってしまいうという欠点がある。これらを含め教材化に適した正極電極の検討を行った。

実験条件を表2に示す。表2に記載の無い項目については、表1と同じ条件である。なお、黒鉛付導電性ガラス基板とは、導電性ガラス基板の表面に6Bの鉛筆を用いて黒鉛を塗布したものである。

表2 正極電極の比較実験条件

材料	負極	導電性ガラス基板
	正極	A. 白金メッキ済み銅板 B. 黒鉛付導電性ガラス基板
	電解質溶液	ルゴール液（大正製薬）

(2) 新学習指導要領における色素増感型太陽電池を含む再生可能エネルギーに関するカリキュラムの検討

小学校及び中学校の新学習指導要領から、エネルギー教育に関連のある事項を抽出し、色素増感型太陽電池を含む再生可能エネルギーの授業への導入可能性の検討を行った。

#### 4. 研究成果

(1) 色素増感型太陽電池に関する最先端技術を体験的に学習可能な教材の開発

電解質溶液の比較検討について、2種の電解質溶液（希ヨードチンキ、ルゴール液）を用いた色素増感型太陽電池の開放電圧及び短絡電流の測定結果を図3に示す。開放電圧、短絡電流ともにルゴール液が希ヨードチンキを上回った。また、発電電力としては、ルゴール液の方がおよそ2倍程度の特性が見られ、ルゴール液の方が、希ヨードチンキ

と比べて含有するヨウ素量は少ないにもかかわらず、良好な電気的特性が得られることが分かった。

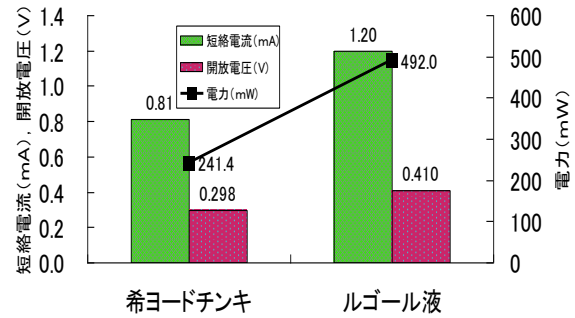


図3 電解質溶液の電気的特性比較

続いて、正極電極の比較検討について、2種の正極電極（白金メッキ済み銅板、黒鉛付導電性ガラス基板）を用いた色素増感型太陽電池の開放電圧及び短絡電流の測定結果を図4に示す。

開放電圧、短絡電流ともに黒鉛付導電性ガラス基板が白金メッキ済み銅板を上回った。また、発電電力としては、黒鉛付導電性ガラス基板の方が1.8倍程度の特性が、導電性ガラスの方が白金メッキ銅板よりも電気的特性が優れていることがわかった。

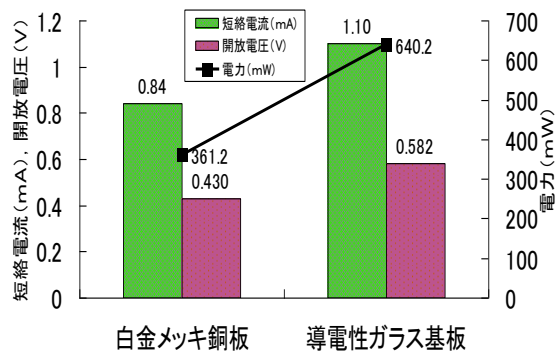


図4 正極電極の電気的特性比較

以上の結果、電解質溶液としてルゴール液を用いることにより、電気的特性の良い色素増感型太陽電池を製作することができた。また、ルゴール液は粘性があり流出しにくいため、色素増感型太陽電池の作成も容易であり、さらにヨウ素含有量が少ない分、衣服等に付着しても希ヨードチンキに比べ汚れが少ないという点で、教材化に向いているといえる。

また、正極電極として黒鉛付導電性ガラス基板を用いることによって、安全性の向上だけでなく、発電効率の向上にも繋がった。なお白金メッキ銅板は一度実験に使用してしまうと緑青が発生し、再利用が困難になってしまうが、導電性ガラスは鉛筆で黒鉛を塗り

なおせば繰り返し使用することができるため、長期的に見ると、コストも安価な銅板と同程度に抑えられると考えられる。したがって、これらの色素増感型太陽電池の製作プロセスは教材化に適していると言える。

(2) 新学習指導要領における色素増感型太陽電池を含む再生可能エネルギーに関するカリキュラムの検討

本研究課題において製作プロセスを検討した色素増感型太陽電池と関わりのある教科として、小学校理科（第6学年）、中学校理科（第1分野）及び技術・家庭科（技術分野）が挙げられる。これらの教科において、色素増感型太陽電池の導入が可能であると考えられる単元とその導入可能性を以下に示す。

①小学校理科第6学年、単元「A 物質・エネルギー、(4) 電気の利用 - ア 電気は作り出したり蓄えたりすることができること。」

本単元においては、手回し発電機などを使って電気をつくりだしたり、蓄電器などに蓄えたりすることができることを学ぶ。そこで、本単元の導入場面で演示あるいは簡易実験として色素増感型太陽電池による発電等を導入し、興味関心を喚起するための教材として使用することが考えられる。

②中学校理科第1分野、単元「(7) 科学技術と人間、ア エネルギー / (ア) 様々なエネルギーとその変換・(イ) エネルギー資源、ウ 自然環境の保全と科学技術の利用 / (ア) 自然環境の保全と科学技術の利用」

本単元においては、エネルギー資源など、我々の生活を支える科学技術に利用可能な資源が有限であることを学ぶ。そこで、このことを受けて、エネルギーや物質の利用と自然環境の保全など、科学技術の利用と環境保全に関するテーマごとの調べ学習を行う際の一つの可能性として提示もしくは実験を行わせることが考えられる。

③中学校技術・家庭科（技術分野）、単元「B エネルギー変換に関する技術、(1) エネルギー変換機器の仕組みと保守点検、ウ エネルギー変換に関する技術の適切な評価・活用について考えること。」

本単元においては、新エネルギーの開発やハイブリッドエンジン技術など、環境負荷の軽減を目的とした先端技術について、その効果と課題を検討したり、それらの技術の利用を推進するために行われている方策などについて調べたりすることを通して、持続可能な社会の構築のためにエネルギー変換に関する技術が果たしている役割について学ぶ。そこで、このことを受けて、新エネルギーの開発等のエネルギー変換に関する技術について考える際に、その一例として色素増感型太陽電池を演示あるいは簡易実験として活

用することが考えられる。

## 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)

[学会発表] (計5件)

- ① 木附沢美智、荻窪光慈、教材化に向けた色素増感型太陽電池の製作プロセスに関する検討、日本産業技術教育学会 第24回関東支部大会、2012年11月25日、千葉大学
- ② 荻窪光慈、PIC マイコンを用いた直流電力量計の開発及び改良、日本産業技術教育学会 第24回関東支部大会、2012年11月25日、千葉大学
- ③ 荻窪光慈、PIC マイコンを用いた直流電力量計の開発、日本産業技術教育学会 第27回情報分科会研究発表会、2012年3月18日、鳴門教育大学
- ④ 井上裕己、荻窪光慈、色素増感太陽電池の製作プロセスに関する検討、日本産業技術教育学会 第23回関東支部大会、2011年12月11日、茨城大学
- ⑤ 阪田真也、荻窪光慈、色素増感型太陽電池の低コスト化のための構成材料の検討、日本産業技術教育学会 第22回関東支部大会、2010年11月28日、群馬大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

荻窪 光慈 (OGIKUBO KOJI)  
埼玉大学・教育学部・准教授  
研究者番号：00431726

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：