

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 8 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350245

研究課題名(和文) 高校物理基礎における生徒が体感するエネルギー学習の実験教材の開発研究

研究課題名(英文) The development research of experiment materials for Energy which students can feel at high school basic physics

研究代表者

川村 康文 (Kawamura, Yasufumi)

東京理科大学・理学部第一部物理学科・教授

研究者番号：90362087

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：自然エネルギーについての理解は、高度科学技術社会を生きる市民の科学リテラシーである。本研究では、自然エネルギーとして風と光を取り上げ、それぞれ、サボニウス型風車風力発電機と、色素増感太陽電池を用いた教材開発を行った。自作可能でかつ発電効率の向上によって発電の実感を抱くことができる教材を開発した。これらの教材を用いて環境教育の実践を行う事で、自然エネルギーへの興味関心を引くことができ、持続可能な社会をキーワードとした教育効果が非常に高い事を示すことができた。

研究成果の概要(英文)： Today, understanding of the natural energy is the scientific literacy of the citizens living in advanced science and technology society. In this research, we picked up wind and light as natural energy, and developed teaching materials using Savonius type wind power generator and dye sensitized solar cell, respectively. We developed the teaching materials that can be manufactured by themselves and can feel the power generation by improving power generation efficiency. By practicing environmental education using these teaching materials, we was able to draw the interests in the natural energy from students and show that the educational effect for the sustainable society is very high.

研究分野：科学教育

キーワード：色素増感太陽電池 サボニウス型風車風力発電機 自然エネルギー

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日の東日本大震災は、日本の科学教育の大きな問題点をあきらかにした。国の方針としてのエネルギー政策は、もちろん重要であるが、なによりも個人レベルのエネルギー問題に対する理解や節電行動や、自然エネルギーの利用は、高度科学技術社会を生きる市民の素養を身につけることが必要であるが、これまでの教育では十分に成果をあげたとはいえない。また、現実問題として、個人レベルでできる自然エネルギーの利用は決して簡単ではない。

この問題点を直視し、理科教育のテーマとして「自然エネルギーあるいは、エコ・クリーンエネルギーの活用」を試行してきた。エネルギー問題についての学習は、これからの日本のあり方をみすえて、これまで以上に教育の中に取り込むことが不可欠である。

2. 研究の目的

高度科学技術社会の根底を支える市民の教養として、エネルギー環境問題に目を向け、その解決の一つとして、自然エネルギーでの発電機が作製でき、生活に取り入れる方法論を構築すると同時に、エネルギー分野の科学リテラシーを中心に啓発活動を広く行っていくことを目標とする。

(1) 自然エネルギーを活用した発電機の教材開発と改良

サボニウス型風車風力発電実用機を、地上設置型、卓上型、大型地上設置型の3つの形態で開発、性能向上を行う。地上設置型、卓上型は、安価な材料で実用に耐えるものを開発し、環境教育の教材として利用する。大型地上設置型は、より実用性を追求し、災害時でもポータブルのテレビが見られる発電量を目指す。

色素増感太陽電池では、身近な材料、安価、安全、組立て易さを基本として、さらなる発電効率の向上、軽量化を進めて、模型自動車の良好な稼働を目指す

(2) エネルギー環境学習への展開

高校・中学への出前授業や地域の理科実験教室にて、開発・改良した教材を用いて実験工作をおこないながら、エネルギー問題を科学的に考えてもらう。当研究室の大学院生・学生にもTAとして参加させて、大学での理科教育を教育現場でどう生かすかを実践で学ばせる。科学の不思議・実験工作の楽しさを伝えることを通して、子どもたちに自然エネルギーを実感させる。

(3) アンケート調査による課題の展開方法の検証

学校での出前授業や地域の理科実験教室においては、事前、事後アンケート、さらにその後の経過アンケート調査を適宜実施して、課題の展開方法を検証する。

3. 研究の方法

平成26年度は、目的に示したように、サ

ボニウス型風車風力発電機と色素増感太陽電池の実用機の開発にあたる。それらを教材としても用いて、エネルギー環境学習の出前授業を行う。

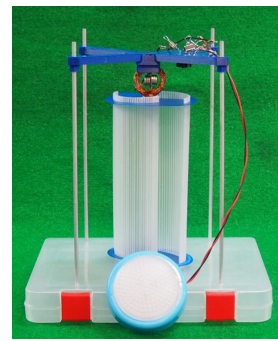
平成27年度は、平成26年度中に開発した実用機を、設置可能な場所を探して設置する。また、設置後の問題点を洗い出し、設置可能な箇所にフィットさせるよう、発電機の構造的な改善を行う。出前授業は継続して行う。

平成28年度は、前年度までの成果を受けて、適切な場所への発電機の設置、発電機の量産、データ蓄積と解析などを行ない、ブラッシュアップを行う。また、出前授業へ展開していく。

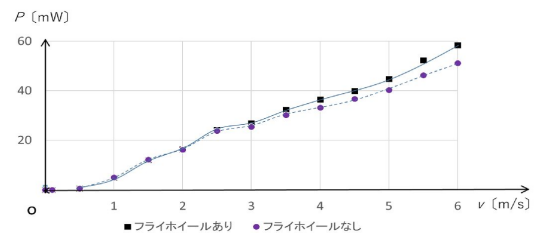
4. 研究成果

(1) サボニウス型風車風力発電機の性能向上

卓上型サボニウス型風車風力発電機では、毎年試行錯誤し、改良を重ねた。実験教材として複数回の利用に耐えるよう、収納可能な組立式を採用した。また、教材として



個体差が出ないように、3Dプリンタを用いた軽量かつ統一規格のフレームを作成した。さらに、発電効率を向上させるため、フライホイール機構を用いることで、回転数が上がるほど発電量が上がる(下グラフ参照)と同時に、安定して回転を持続できるようになった。

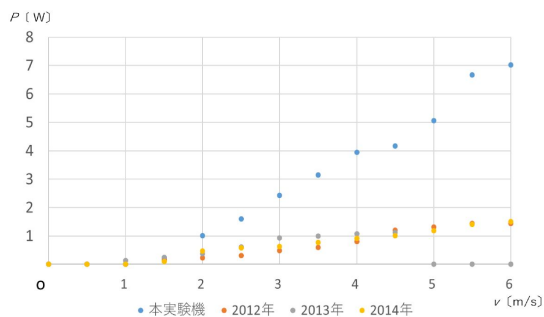


大型地上設置型においては、卓上型で検証

したバケットの縦横の最適な比を採用し、軽量かつ安価な材料を用いて、工具を使わずに組み立て可能にすることで、出前授業へのスムーズな運搬や省スペースでの保管に対応させた。発電の機構も、これまでの研究成果(可視化による教育効果向上、3相交流による発電効率上昇など)を踏襲しつつ、更に磁石の選別や形状の最適化、コイルと磁石の間隔の微調整と剛性を確保することで、先行研究での開発機よりも大幅に

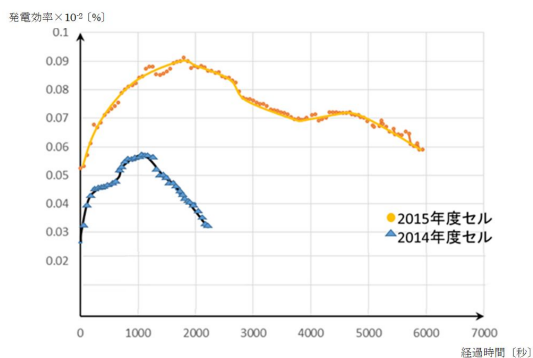


発電量が向上した（下グラフ参照）。

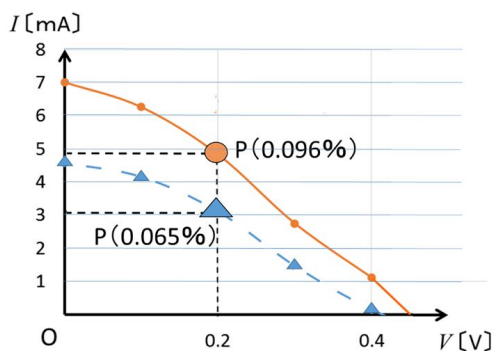


(2) 色素増感太陽電池の性能向上

陽極と陰極に、ヨウ素液を含ませたる紙を挟むことで、ヨウ素液の節約と蒸発を防ぎ、持続性を向上させた（下グラフ参照）。

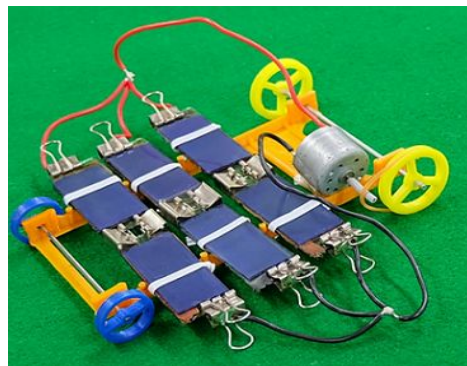


また、負極の二酸化チタン焼結回数と、色素の漬け込み時間と、発電効率の関係性を研究し、最適な回数と時間を突き止めた。また、ピニールタイでセルを押し付けるように接着することで、発電効率も 0.096% に向上した（下グラフ参照）。



この条件下で、安定的に色素増感太陽電池のセルを大量に生産することができるようになった。また、車体の方も、3Dプリンタを用いることで、大幅な軽量化が実現でき、

教材として個体差の少ない車体を複数用意することができるようになった。これら発電量の増加と軽量化などにより、モーターの動

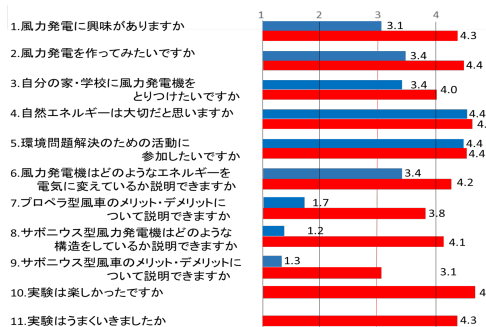


力に余裕ができたため、車輪への動力伝達として、ギアではなく、より手軽で安価な輪ゴムによる伝達が可能になった（写真参照）。

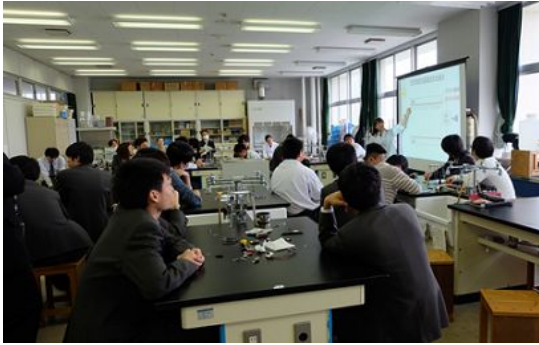
(3) エネルギー環境教育の実践

上記開発した、サボニウス型風車風力発電機および色素増感太陽電池を、環境教材として用いた出前授業を複数回展開した。

例えば、大型地上設置型サボニウス風車では、学生皆で協力して組み立て、実際の自然風でポータブル TV が稼働するところを演示するなど、体験できる授業を心掛けた。アンケート結果（下参照）では、風力発電への関心が事後で大幅に上昇し、またサボニウス型風車の特徴についてもしっかりと理解されており、高い環境教育効果が得られた。



持続可能な開発のための教育（ESD）として、色素増感太陽電池を用いた出前授業を、都立 A 工業高校および私立 R 中学校で行った。色素増感太陽電池の作成・実験を行うだけでなく、アクティブラーニングの要素を取り入れグループワークで持続可能な社会について議論してもらった（次写真参照）。

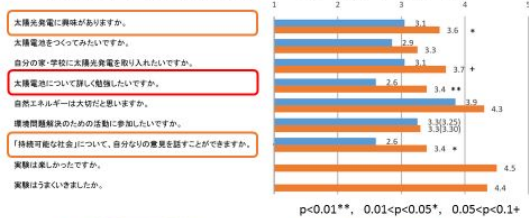


事前事後のアンケート結果では、太陽光発電について興味関心が上昇し（下図参照）、自然エネルギーや ESD についての理解も深まっていることが確認することができた。

都立 A 工業高校アンケート結果

5 件法

「1 まったくそう思わない～5 とてもそう思う」



興味・関心UP!

意見を話す
自信度UP!

(4) 神楽坂サイエンスアカデミーの開催

開発した大型地上設置型サボニウス風車の簡易版を用いて、IoTの技術を持った株式会社インターネットインシアティブ（以下、IIJ）と協力し、各学校に設置し取得したデータをサーバーにアップロードして共有しつつ、風車を改良してもらい、神楽坂サイエンスアカデミー2016を開催した。ここでは、全国から高校生チームを募集し、まず東京理科大学にて地上設置型サボニウス風車を作成してもらい、それを各学校に持ち帰り、2カ月間データ取得と改良を課題として出した。



各地域での、風速と、バケットの回転数、および発電量を計測し、そのデータを3G回線を用いてIIJのサーバーにアップしてデー

タを蓄積する機構を完成させることに協力し、授業実践を実施した。

また、改良の研究成果を発表してもらい、優秀な高校は表彰するなどし、生徒同士の交流も持った、有意義なアカデミーであった。



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 8 件)

加藤伸明、川村康文、定本嘉郎、賀原一陽、科学習と生活経験が中学生の力学概念に及ぼす影響、科学教育研究、査読有、第 38 巻、2 号、pp.107-116

川村康文、エネルギー実験教材としての「クリップモーターカー」、エネルギー環境教育研究、査読有、第 9 巻、第 2 号、pp.17-23

岡菜由理、川村康文、倉田亮輔、金原克範、松本悠、3D プリンターで作製した車体を用いた色素増感太陽電池搭載型模型自動車の実験教材の開発および実践、エネルギー環境教育研究、査読有、第 10 巻、第 1 号、pp.19-27

川村康文、エネルギー環境教育の実験教材としての「かわむらのコマ」、エネルギー環境教育研究、査読有、第 10 巻、第 2 号、pp.37-46

杉森遥介、川村康文、松本悠、開発した卓上型サボニウス型風車風力発電機の実践、エネルギー環境教育研究、査読有、第 10 巻、第 2 号、pp.47-54

海老崎功、川村康文、模擬授業を中心に行う理科教育法における e ラーニングの実践と効果について - 2 つのメーリングリストに分けての授業 -、人間教育学研究、査読有、第 4 号、pp.163-170

中川玄、川村康文、走行可能な 2 つのタイプの自転車発電機の開発と実践、物理教育、査読有、Vol.64, No.4, pp.256-259

金原克範、川村康文、エネルギー教育用クリップモーターカー製作への 3D プリンタの活用と実践、エネルギー環境教育研究、査読有、第 11 巻、第 1 号、pp.45-52

〔学会発表〕(計 3 件)

学校教育現場での実践も可能な実用機としてのサボニウス型風車風力発電機の開発と学習効果 その 1 大型サボニウス型風車風力発電機の開発、日本物理学会第 70 回年

次大会

学校教育現場での実践も可能な実用機としてのサボニウス型風車風力発電機の開発と学習効果 その2 卓上型サボニウス型風車風力発電機、日本物理学会第70回年次大会

学校教育現場での実践も可能な実用機としてのサボニウス型風車風力発電機の開発と学習効果 その3 卓上型サボニウス型風車風力発電機の実践と学習効果、日本物理学会第70回年次大会

〔図書〕(計 7件)

川村康文 他、少年写真新聞社、理科実験大百科第14集、2014、pp.90-92 執筆

川村康文+東京理科大学川村研究室、オーム社、理論がわかる力と運動の手づくり実験、2014、204

川村康文、講談社サイエンティフィック、理科教育法 独創力を伸ばす理科授業、2014、286

川村康文 他、エネルギーフォーラム、やってみよう!理科の工作、2016、108

川村康文(監修)、小学館、名探偵コナン実験・観察ファイル サイエンスコナン 忍者の不思議、2016、160

川村康文 他、少年写真新聞社、理科実験大百科第17集、2017、pp.90-92 執筆

川村康文(監修)、ヨシモトブックス、漫才でわかる中学数学基礎レベル、2017、191

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等
<http://www2.hamajima.co.jp/~elegance/kawamura>
<http://www.rs.kagu.tus.ac.jp/~elegance/>

(1)研究代表者

川村 康文(Kawamura, Yasufumi)
東京理科大学・理学部・第一部物理学科・教授
研究者番号：90362087

(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

()