

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K03123

研究課題名(和文) 高校物理基礎における生徒が能動的に学ぶエネルギー学習の実験教材の開発研究

研究課題名(英文) Research and development of experimental teaching materials for active energy learning for students in basic high school 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) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：サボニウス型風車風力発電機、色素増感太陽電池および自転車発電機において、高等学校の物理基礎の授業で使える教材の開発を実施してきた結果、一定、活用可能な「エネルギー分野」における実験教材の開発ができたと思う。色素増感太陽電池も自転車発電も、それぞれ、SSHの高等学校における授業実践で、活用の可能性を見出した。色素増感太陽電池では、これまでとちがったあたらしいアプローチで作成した模型自動車の走行に成功し、自転車発電では、150W型の自転車発電機を完成させることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、高等学校の物理基礎において、太陽電池での実験といえば、小学校以来同じような内容の実験のまま、市販の太陽電池で模型自動車を動かすことなどで、高校生にとっては進歩が感じづらいものであった。また、風力発電でも、モーターにプロペラをつりつけ、赤色LEDを点灯させる程度のもので、小学生においても高度な実験を体験するクラスや少し進んだ学習をする中学生から見ても、学習内容の進化が感じづらいものであったが、本研究で開発した実験教材をもちいることで科学技術人材の育成につながると考える。

研究成果の概要(英文)：As a result of the development of educational materials that can be used in basic physics classes at high schools regarding Savonius-type windmill wind power generators, dye-sensitized solar cells, and bicycle generators, the development of experimental teaching materials in the "energy field" that can be used to a certain extent. I think I was able to do it. Both dye-sensitized solar cells and bicycle power generation have been found to be useful in class practice at SSH high schools. As for the dye-sensitized solar cell, we succeeded in running a model car made with a new approach, and as for the bicycle power generation, we were able to complete a 150W type bicycle generator.

研究分野：科学教育

キーワード：サボニウス型風車風力発電機 色素増感太陽電池 自転車発電機

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

アクティブラーニングは、児童・生徒が能動的で深い学びをしていくための方法として取り上げられているものである。また、自然災害の多い日本にとって、防災教育の一環としてエネルギー問題について主体的に取り組むための学習は、これからの日本の教育において重要であるといえる。そこで、アクティブラーニングを取り入れ、エネルギー問題について取り組むための方法として以下の3つを取り上げる。

#### (1) 風力発電においてアクティブラーニングを進める教材として

サボニウス型風車風力発電機(井筒・川村ら「手作り発電機を用いた中型サボニウス型風力発電機」*応用物理教育* 第42巻,第1号,pp.13~19,2018; 杉森・川村ら「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* 第10巻,第2号 pp.47-54,2016 など)を取り上げる。サボニウス型風車風力発電とは、垂直な回転軸を持ち、どの向きの風も利用することができるため、低風速でも回転し、発電が可能であるという特徴がある。また、サボニウス型風車風力発電機の構造は、筒を半分に切り、ずらして中心軸をとりつけたものであり、生徒が容易に自作することができる風車である。大型のプロペラ風車の場合、騒音・振動等の問題も挙げられるが、小型風車に分類されるサボニウス型風車風力発電機は騒音・振動等の問題が少ないため、町中にも設置することができ、我々の生活の場に根ざした風車であるといえる。

#### (2) 太陽電池においてアクティブラーニングを進める教材として

色素増感太陽電池(岡・川村ら「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と実践」*エネルギー環境教育研究* 第10巻,第1号,pp.19-27,2016,川村ら「高校生が授業内でできる電気伝導性ガラス製作とそれを用いた色素増感太陽電池実験の授業実践」*日本エネルギー学会誌* 第92巻,第11号,pp.1006-1013,2013 など)を取り上げる。色素増感太陽電池は、マイナス極には、電気伝導性ガラスに酸化チタンを焼結しハイビスカスなどの色素で染色したものを、プラス極には、電気伝導性ガラスに炭素を塗布したものを、電解液としてはヨウ素液を用いている。身近な材料を用い、有害物質をほとんど使わず、生徒でも手作りできるものを目指している。このことにより、高校生のみならず、更には、小学生でも安心して作成でき、触っても安全で、廃棄も問題なくできる教材である。

#### (3) 学校へのエネルギー環境問題の出前授業

川村メソッド(川村「理科指導の実践力を高める理科教員養成のメソッドについての一考察 -川村メソッド-」*東京理科大学教職教育研究* 第1号, pp.101-110,2017,海老崎・川村「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* 第4号, pp.163-170,2016 など)に基づいた出前授業を行い、持続可能な社会の重要性を認識してもらうと同時に、科学リテラシーの啓発を進めていく。サボニウス型風車風力発電機と色素増感太陽電池においては、先進的な自然エネルギーの利用方法であり、幼児・児童・生徒や教員を目指す学生が興味・関心を持ちやすく、エネルギー問題を科学的に考えてもらう一助となり得る。

### 2. 研究の目的

本研究においては、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て、自然エネルギーをはじめとするエネルギー分野の科学リテラシーの育成を中心に啓発活動を広く行っていくことを目標とする。本研究は『高等学校学習指導要領解説理科編』の『高等学校物理基礎 (2) 様々な物理現象とエネルギーの利用 エ エネルギーとその利用 (7) エネルギーとその利用』の単元に基づいて行う。物理基礎の自然エネルギーを用いた学習においては、自然エネルギーを用いた発電方法で生徒自身が簡単に自作でき、かつそれを体感できるものは少ないため、生徒の自然エネルギーに対する興味関心の向上や、科学リテラシーの育成が可能な物理教育教材の開発を目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 自然エネルギーを活用した発電機の教材開発と改良

##### ①サボニウス型風車風力発電実用機

###### ・地上設置型

実際に屋外に設置し、児童・生徒がその発電量を測定できるものを開発する。そのため、児童・生徒が簡単に自作できるように発電機部分も含め、一般的に手に入れられるもので、高額にならないように留意する。また、発電量の目標は、自然の風(風速3m程度)で小型ポータブルテレビ(5W程度)を見られる程度の発電効率のものを開発する。

###### ・卓上型

卓上型サイズの風力発電機は、実際の授業等で活用し、児童・生徒が風力発電を体感することができるものを開発する。その際、地上設置型同様、自然の風において LED ライトが点灯する発電効率のものを旨とする。また、3Dプリンターを活用することで、児童生徒がより簡単に自作できるような実験機になるようにする。

#### ②色素増感太陽電池

身近な材料、安価、安全な素材を用いて、児童・生徒が容易に手作りすることができるものを旨とする。また、発電量の目標としては、模型自動車の良好な稼働が可能なものになるようにする。この際用いる模型型自動車は、軽量化を図るため、3Dプリンターを用いて設計を行う。

### (2) エネルギー環境学習のアクティブラーニングとしての展開

#### ① 学校への出前授業

前項で開発・改良した教材を用いて、学校での出前授業を行い、実験工作を通して自然エネルギーについて生徒が能動的に考える授業を行う。その際、自然エネルギーのみならず、これからの日本のエネルギー問題について考える時間を設けることで、エネルギー分野に対しての深い科学的リテラシーの育成を図る。

#### ② 地域の理科実験教室

各地域で開催される科学実験工作教室にインストラクターとして参加しながら、科学の不思議・実験工作の楽しさを伝えることを通して、子どもたちに実験を通して自然エネルギーを体感してもらえるようにする。

### (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、事後アンケートを行うことによって、児童・生徒が風力発電、太陽光発電についてどのような知識を得たか、また自然エネルギーについての興味・関心をどれだけ引き出すことができたか調べる。その際、実際に使った実験教材が作りやすいものであったかも記述してもらうことで、さらなる実験教材の開発につながる。

また、アクティブラーニングを行った際には、アクティブラーニングに関しての記述欄を設けることで児童・生徒の考えがどのように変化したか調べる。その際、アクティブラーニングを通じて自分自身の意見がどのように変化したかという点に注目しながら記入させることで、児童・生徒のより深い科学リテラシーの育成が行えるようにする。

## 4. 研究成果

2011年の東日本大震災以降、エネルギー問題についての関心は高まってきていたはずである。また、平成29年公示の中学校理科学習指導要領や、平成30年公示の高等学校理科学習指導要領においても、エネルギー問題、特に自然エネルギーに関する項目が挙げられている。これらのことから、自然エネルギーについて学ぶことが大切であることがわかるが、実際に自然エネルギーを用いた発電方法で、生徒が自作できるものは少ない。そこで、生徒自身が簡単に自作でき、実際に体感することができる教材が必要であった。また、高等学校においてもアクティブラーニングの実現が期待されている。そこで、高等学校物理基礎のエネルギー分野において、このような学習が成立するような実験教材の開発を行ってきた。本研究においては、サボニウス型風車風力発電機や色素増感太陽電池をはじめ、自然エネルギーの活用を軸としたエネルギー分野の科学リテラシーの育成を中心に啓発活動を広く行っていくことを目的としてきた。

また、自然災害の多い日本にとって、防災教育の一環としてエネルギー問題について主体的に取り組むための学習は、これからの日本の教育において重要であるといえる。そこで、アクティブラーニングを取り入れた教材として、サボニウス型風車風力発電機、色素増感太陽電池、自転車発電機、エネルギー問題について取り組んだ。

さて、アクティブラーニングは、児童・生徒が能動的で深い学びをしていくための方法として取り上げられているものである。この研究の期間の長らくはコロナ禍であり、当初の対面型の出前授業は難しくなったが、出前授業で練馬区立練馬東中学校や都立三鷹中等教育学校など分光筒の実験を行った。また、コロナ禍での授業としてのオンライン授業として福岡県立輝翔館中等学校にてエネルギーに関する講義及び実験を行った。

最終年度には、サボニウス型風車風力発電機、色素増感太陽電池および自転車発電機において、高等学校の物理基礎の授業で使える教材の開発を実施してきた結果、一定、授業で活用可能な「エネルギー分野」における実験教材の開発が完成したと考える。色素増感太陽電池も自転車発電機も、それぞれ、SSHの高等学校における授業実践で、活用の可能性を見出した。色素増感太陽電池では、これまでとちがったあたらしいアプローチで作成した模型自動車の走行に成功し、自転車発電では、150W型の自転車発電機を完成させることができた。

これまで、高等学校の物理基礎において、太陽電池での実験といえば、市販の太陽電池で模型自動車を動かすということなど、小学校以来同じような内容の実験のままであり、高校生にとっては進歩が感じづらいものであった。また、風力発電でも、モーターにプロペラをつりつけ、赤色LEDを点灯させる程度のもので、小学生においても高度な実験を体験するクラスや少し進んだ学習をする中学生からみても、学習内容の進化が感じづらいものであったが、本研究で開発した実験教材をもちいることで科学技術人材の育成につながると考える。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 川村 康文	4. 巻 39
2. 論文標題 物理：SDGS温水タワーすだれをつくろう！	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 科学フォーラム	6. 最初と最後の頁 60-61
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 川村 康文	4. 巻 38
2. 論文標題 物理：分光つつで省エネ電球を考える	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 科学フォーラム	6. 最初と最後の頁 60 - 61
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 飯野誠也, 川村康文	4. 巻 14
2. 論文標題 理数探究基礎の導入のための2.0m大風車風力発電機教材の3Dプリンタを用いた開発と実践	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 エネルギー環境教育研究	6. 最初と最後の頁 37 - 44
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 LiZihe, WangChenhao, 川村康文 (Yasufumi Kawamura)
2. 発表標題 Development of The Bicycle Power Generator for Energy and Environmental Education
3. 学会等名 WORLD CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION 2021 Hanoi, VIETNAM (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯田平太郎 岡田勇慈 渡辺裕也 川村康文
2. 発表標題 温水タワーすだれ2021ー太陽光を用いた簡易温水器の開発ー
3. 学会等名 日本エネルギー環境教育学会第15回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 海老崎 功, 川村 康文
2. 発表標題 アクティブラーニングとしての理科教育法における模擬授業
3. 学会等名 日本人間教育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷川修司, 石川真理代A, 市原光太郎B, 一宮彪彦C, 大塚洋一D, 井通暁, 海老崎功E, 右近修治F, 川村康文G, 岸澤眞一H, 毛塚博史I, 小牧研一郎J, 近藤泰洋K, 櫻井一充G, 下田正L, 真梶克彦M, 末元徹N, 鈴木功O, 瀬川勇三郎P, 武士敬一Q, 遠山潤志J, 林壮一R, 深津晋, 松本益明S, 松本悠, 味野道信T
2. 発表標題 物理チャレンジ2019報告：II. 第2チャレンジ実験問題
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 川村 康文	4. 発行年 2022年
2. 出版社 エネルギー環境教育関西ワークショップ	5. 総ページ数 83
3. 書名 エネルギー環境教育ブックレット13 GIGAスクールに対応したエネルギー環境教育のあり方 STEAM教育とエネルギー環境教育のデジタル教材開発	

1. 著者名 川村 康文	4. 発行年 2020年
2. 出版社 オーム社	5. 総ページ数 244
3. 書名 歴史上の科学者たちから学ぶ魅力的な理科実験	

1. 著者名 東京理科大学川村研究室 (著, 編集), 川村 康文 (監修)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 メイツユニバーサルコンテンツ	5. 総ページ数 112
3. 書名 動画の実演 + 研究メモでかんたん! 東京理科大生による 小学生のおもしろ理科実験	

1. 著者名 川村 康文	4. 発行年 2020年
2. 出版社 新星出版	5. 総ページ数 159
3. 書名 物理が楽しくなる! キャラ図鑑	

1. 著者名 監訳者 川村 康文 訳者 春宮真理子	4. 発行年 2021年
2. 出版社 ニュートンプレス	5. 総ページ数 175
3. 書名 図解 教養辞典 科学 INSTANAT SCIENCE	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------