

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 9 月 15 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350234

研究課題名(和文) エネルギー問題の科学的理解を深める小水力発電教材およびカリキュラムの開発と評価

研究課題名(英文) Development and evaluation of scientific understanding small hydroelectric power teaching tools and curriculum of the energy problem

研究代表者

山本 利一 (YAMAMOTO, Toshikazu)

埼玉大学・教育学部・教授

研究者番号：80334142

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)：

本研究においては、小水力発電実験装置(循環式小水力発電装置と落差可変式小水力発電装置)を2種類開発し、それらを活用するカリキュラム・指導過程・学習補助教材を開発した。授業実践の結果、エネルギーに関する知識を身につけさせ、興味関心を高めることができた。

開発した小型水力発電実験装置は、実用新案登録を行った。これらは、教員研修で紹介するなど、学校で広く活用されるよう、情報を発信した。

研究成果の概要(英文)： In this study, we developed two small hydroelectric power generation experimental apparatus. And, we developed a curriculum utilizing them teaching tools. The results of teaching practice, equips the knowledge of energy, it was able to raise the interests.

The Small hydroelectric power experimental apparatus was developed, was utility model registration. This study, presented in teacher training, so as to be widely used in schools, originated the information.

研究分野：技術教育

キーワード：エネルギー教育 小水力発電 再生可能エネルギー 学習指導 技術教育 実験装置の開発

1. 研究開始当初の背景

資源の乏しい我が国は、エネルギー総供給の約8割を海外に、約6割を化石燃料に依存している。今後アジア諸国を中心とするエネルギー需要の大幅な増加が予想され、化石燃料の中長期的な安定供給が懸念されている。

石油代替エネルギーとして導入が進められた原子力発電においても、2011年3月の東北地方太平洋沖地震により、福島第一原子力発電所の原子炉は緊急に自動停止したものの、原子炉格納容器につながる圧力抑制室が破損し、核燃料棒に含まれる高レベルの放射性物質が大量に外部に漏出する大事故を起こし、未だ収束していない。これらのことを受け、政府は2012年9月に「2030年代に原発稼働ゼロ」を明記し、新たなエネルギー・環境戦略を決定し、この中で再生可能エネルギーの拡大が示された。

我が国の再生可能エネルギーの研究の中で、太陽光発電、風力発電に関する研究は多方面において進められており、マスコミやメディアに取り上げられることも多く、社会的にも広く認知されつつある有効なエネルギー資源の一つである。研究代表者・山本も風力・太陽光発電に関する教材・教具を開発し教育効果を上げてきた（「太陽光発電を学習する教具の開発」、「太陽光発電システムの教材化と授業実践」、「磁気浮上軸受けを利用したサボニウス型風力発電教材の開発」、「製作題材用風力発電装置の開発と授業実践」など日本産業技術教育学会誌及び日本機械学会講演論文集）。

しかし、その他の再生可能エネルギーを利用した発電に関しては、適切な教育が実施されていないために、児童・生徒の認識が十分に形成されていない場合が多い。特に、水力発電は、1997年に制定された新エネルギー法でその対象から外れたことや、日本の水力発電は、既に開発し尽くされたということから、学校教育においてもその対象となることが少なかった。しかし、開発の余地がないと言われる水力発電は、発電量が1000KW以上の大規模なものを示しており、小水力発電の開発の可能性は、十分に残っている。ドイツでは、水力発電の90%以上が1000KW未満であり、それに対して、日本の1000KW以下の水力発電所の割合は、25%弱である。また、水の持つエネルギーは、空気の1000倍以上と、同一面積での発電所を設置した場合の、風力発電所や太陽光発電の3~10倍の発電能力を示すことなどは、認知されているとは言いがたい。

一方文部科学省は、「知識基盤社会」の到来とともに科学技術に関する世界的な競争がこれまで以上に激化しており、次代を担う科学技術系人材の育成が不可欠であることを示し、“理数好きな子どもの裾野の拡大”、“理数に興味・関心の高い生徒・学生の個性・能力の伸長”など様々な政策を示している。これらの政策の課題として再生可能エネ

ルギーを取り上げることは、科学技術系人材の育成にも効果が期待できる。

このように、世界的に推進が求められている再生可能エネルギーの認識を高めるためにも、学校教育や社会教育で利用可能な教材・教具やカリキュラムの開発が不可欠である。これらを活用した教育実践は、児童・生徒に技術と社会や環境との関わりについて理解を深め、技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てることに極めて効果的である。

2. 研究の目的

本研究は、日本・世界のエネルギー情勢に関する科学的理解を促しながら、生活の基盤となるエネルギー問題を適切に評価・活用する力を育成することを目的とする。

エネルギー問題は、環境問題とも密接な関係を持つことから、今後、我が国のエネルギー源の中で大きな役割を果たす再生可能エネルギー（自然エネルギー）技術と現状を、体験的に学習する教材・教具と指導方法を開発・提案し、持続可能な社会を構築する児童・生徒を育成することを目指す。本研究では、小出力水力発電に着眼し、児童・生徒が身近で利用する水道水を利用した発電実験を通して、再生可能エネルギー導入の必要性や、効率の良いエネルギー消費のあり方を発達段階に応じて、正しく認識する力を養うことをねらいとしている。

3. 研究の方法

研究は、3年計画で実施する。1~2年目は、児童・生徒の実態と教育現場の状況を踏まえながら、教材・教具の開発を行う。2年目からは、授業での活用を念頭に授業展開の方法を検討しカリキュラムを作成（予備実践）する。3年目は、授業実践や教育センター、科学館などでそれらを利用、評価し、教育現場での普及活動を行う。

主な役割分担は、山本が総括として企画立案を行う。実態把握を山本、森山が調査し、教材・教具の開発を山本、荻窪が行う。カリキュラムの開発と研究内容の評価・改善は、森山、山本及び、実践校の教員、教育センターの指導主事等が行う。

4. 研究成果

本研究では、小出力水力発電に着眼し、児童・生徒が身近で利用する水道水を利用した発電実験を通して、再生可能エネルギー導入の必要性や、効率の良いエネルギー消費のあり方を発達段階に応じて、正しく認識する力を養うことをねらいとしている。3年間において2種類の小型水力発電装置で装置を開発し、実用新案に登録することができた。

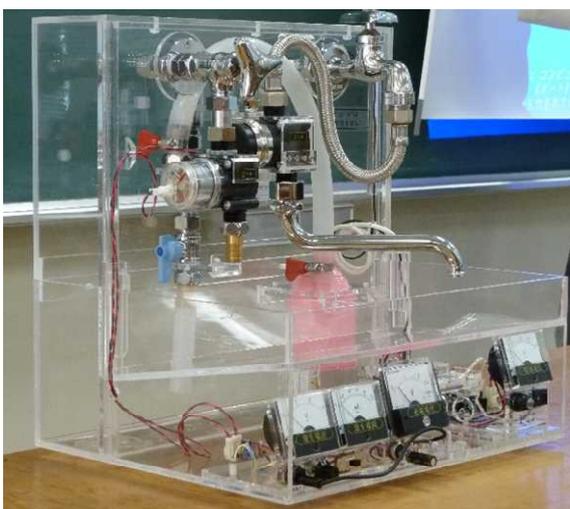
1つ目に開発した小型水力発電装置は、知的財産に登録（実用新案登録番号：第3191559登録日：26.6.4 出願番号：実願2014-002021 出願：H26.4.17 名称：水力発電実験装置）

し、中学生を対象に授業実践を行った。実践は、中学2年生を対象に2時間配当で複数校において実践を行った。内容は下記の通りである。

- ① 事前調査 (授業開始前)
- ② 発電所の種類の再確認
- ③ 発電所の発電原理についての説明 (復習)
- ④ 日本の現在の発電割合の予想と確認
- ⑤ 火力発電のエネルギー源の比較を行う
- ⑥ 火力発電増加に対する課題の確認
- ⑦ CO2を発生しない発電方法の確認
- ⑧ 水力発電の発電量の年度比較
- ⑨ 発電量が増えていない理由を考える
- ⑩ 日本とドイツの発電所の規模
- ⑪ 小水力発電装置を用いた実験
- ⑫ 日本における小水力発電の可能性
- ⑬ 小水力発電のメリットや課題点
- ⑭ 今後のエネルギーについて
- ⑮ 事後調査 (授業終了後)

これらの実践結果から、小水力発電装置は、水循環型のもので、小型軽量にできており、水設備のない所でも実験が可能である。2台の発電機を備え、負荷としてLED点灯や電気二重層コンデンサへの充電ができる。発電の状態や深江で電力供給を電圧計や電流計を通して測定ができる。

実験授業の結果、発電技術に関する知識が身につく、それらに対する興味・関心を高めることができた。また、日本の水力発電の状況を他国と比較しながら展望すると共に、今後解決すべき課題を指摘することができた。生徒たちは、小水力発電装置を利用することで、その仕組みがわかりやすかったことを評価すると共に、授業が楽しかったと感じていた。また、それらの内容をまとめ上げ、日本産業技術教育学会全国大会に装置開発の概要について、関東支部大会に実践内容について発表した。開発した装置の概要を下記に示す。



2つ目に落差可変式水力発電実験装置を開発し、知的財産処理として、実用新案登録を行った(実用新案登録番号:第32033489 登録日:28.3.2 出願番号:実願2016-000144,

出願日, 1128.1.13, 名称:落差可変式水力発電実験装置)。

本装置は、水を循環することに加えて、位置エネルギー、水流の調整ができるもので、これまでに無い新規性に富む装置である。水を利用できる理科室以外の普通教室でも実験を通して学習を進めることが可能である。全体を、アクリル樹脂を使用して教材が製作されており、前面、背面、上面から、水の流れを確認することができる。また、発電の状態を確認するための測定器(電圧計、電流計)、負荷を使つての実験ができるようになっている。また、電源にはDC電源を活用し、感電や漏電などの事故防止も工夫されている。

これらを活用することで、これまでの水力発電が持つイメージを払拭し、科学的認識を形成することができた。また、水の持つエネルギーの大きさ、日本のエネルギー事情を適切につかみ、持続可能な社会に積極的に参加する姿勢が身についたと考えられる。

今後これらを活用した指導計画をさらに検討を加え、幅広い校種で活用可能な、学習カリキュラムを提案したい。これらは今後の課題とする。

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 3 件)

①中原久志・森山潤・上野耕史:LED照明器具の製作を通して工夫・創造力を育成するエネルギー変換学習の題材開発と試行的実践, 日本産業技術教育学会誌(査読有), 第58巻, 第1号, pp.22-30, 2016.3

②山本利一・弘中一誠・大橋雅人:小水力発電の仕組みを学習する装置の開発と授業実践, 日本産業技術教育学会誌(査読有), Vol.57, No.4, pp.231-239, 2015.12

③Kazuaki Hironaka, Toshikazu Yamamoto, Development and Curriculum Proposed Hydroelectric Power Generation Utilizing 3D printer and LEGO Renewable Energy Add-on Set, Proceedings of 8th International Symposium on Robotics in Science and Technology Education Doha(査読有), Qatar pp.8-16, 2015.11

[学会発表] (計 8 件)

①山本利一・齋藤和樹・大橋雅人:エネルギーを適切に選択するための指導過程の手案, 日本産業技術教育学第21回技術教育分科会(福岡), pp.5-6, 2015.12.20

②山本利一・齋藤和樹・弘中一誠:エネルギー教育に関する実践報告, 日本機械学会2015年度年次大会(北海道大学),

G20001022015, 2015. 9. 14

③弘中一誠・山本利一・佐藤智明・小山翔太：
3Dプリンターを活用した水車の設計と製作，日本教育情報学会第31回年会（茨城大学），pp. 266-267, 2015. 8. 29-30

④弘中一誠・山本利一：再生可能エネルギーを学習する指導過程の提案，日本産業技術教育学会 第26回関東支部大会（横浜国立大学），pp. 145-146, 2014. 12. 14

⑤山本利一・弘中一誠：水力発電の仕組みを学習する教具の開発，日本産業技術教育学会 第57回全国大会（熊本），pp. 71, 2014. 8. 23

⑥山本利一：海洋エネルギー教育で活用できる教材・教具の提案，第6回海洋教育フォーラム やさしい海洋講座「海のエネルギーを電気に変える」（基調講演）呉市海事歴史科学館 大和ミュージアム（呉市），別添資料 1～4, 2014. 2. 15

⑦荻窪光慈：組込み技術教材としての栽培支援システムの開発，電気学会 平成25年基礎・材料・共通部門大会（横浜国立大学），p. 162, 2013. 9. 12

⑧荻窪光慈：栽培支援システムを題材とした組込み技術教材の開発，第12回情報科学技術フォーラム（FIT2013）（鳥取大学），第3分冊，pp. 651-652, 2013. 9. 3

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

発明者

権利者

種類

番号

取得年月日

国内外の別

○取得状況（計2件）

名称：水力発電実験装置

発明者：山本利一

権利者：埼玉大学

種類：実用新案

番号：実用新案登録番号：第3191559

取得年月日：H26. 4. 17

国内外の別：国内

名称：落差可変式水力発電実験

発明者：山本利一

権利者：埼玉大学

種類：実用新案

番号：実用新案登録番号：第32033489

取得年月日：H28. 1. 13

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://tyamamot.tech.edu.saitama-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 利一 (YAMAMOTO, Toshikazu)

埼玉大学・教育学部・教授

研究者番号：80334142

(2) 研究分担者

荻窪 光慈 (OGIKUBO, Kouji)

埼玉大学・教育学部・准教授

研究者番号：00431726

森山 潤 (MORIYAMA, Jun)

兵庫教育大学・学校教育研究科（研究院）・教授

研究者番号：40303482