

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K03110

研究課題名（和文）エネルギー情勢・環境問題の理解を促進する地熱発電装置及びカリキュラムの開発と評価

研究課題名（英文）Development and evaluation of geothermal power generation equipment and curriculum to promote understanding of energy situation and environmental problems

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） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、近年、緊迫しつつある日本・世界のエネルギー情勢や環境問題を、発達段階に応じた理解を促しながら、生活の基盤をなすエネルギー・環境問題を科学的に思考・吟味し、活用する力を育成することを目的としている。

研究成果として、2種類の地熱発電装置の開発と、中学生向けのカリキュラムを開発した。また、授業実践を通してその成果を検証した。開発した装置は、知的財産権を獲得することができた。提供したカリキュラムは、教員研修を通して教員から適切な評価を受けることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国において大きな役割を果たすことが求められている再生可能エネルギー技術を題材に、それらの現状と課題を、体験的に学習する2種類の地熱発電装置を開発すると共に指導方法を検討し、持続可能な社会を構築しようとする児童・生徒を育成するためのカリキュラムを開発することができた。

本研究では、資源の少ない我が国が世界第3位の資源量を有する地熱発電に着眼し、地熱エネルギーを利用した発電実験装置の仕組みや役割の学習を通して、再生可能エネルギーの導入の必要性を学び取ることができた。この学習によって、技術を適切に評価・活用する能力を身につけることができた。

研究成果の概要（英文）：This research scientifically considers, examines, and utilizes the energy and environmental problems that form the basis of daily life, while promoting understanding of the energy situation and environmental problems in Japan and the world, which have become tense in recent years, according to the stage of development. The purpose is to develop the ability to do. As a research result, we have developed two types of geothermal power generation equipment and a curriculum for junior high school students. In addition, the results were verified through class practice. The developed device was able to acquire intellectual property rights. The curriculum provided was able to receive appropriate evaluation from teachers through teacher training.

研究分野：技術教育

キーワード：再生可能エネルギー 地熱発電 技術教育 科学教育 環境問題

1. 研究開始当初の背景

資源の乏しい我が国は、エネルギー自給率はわずか8.3%(2016年)と、先進国の中で最も低い水準である。2011年の東日本大震災以降、「電力供給における海外からの化石燃料への依存度の増加(震災前が約60%が震災後には約90%)」「燃料費の増加」「電気料金の上昇」「CO₂排出量の増加(温室効果ガスの約90%がエネルギー生成で生まれる二酸化炭素であり、この排出抑制が地球温暖化対策において重要)」など、エネルギーを巡る様々な制約や課題に直面している。また、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。こうした環境変化に対応するため、安定的で社会の負担の少ないエネルギー供給を実現するエネルギー需給構造を実現するための方策が検討され、2014年に示された「エネルギー基本計画」では、再生可能エネルギーの拡大が示されている。「グリーン成長の実現」「再生可能エネルギーの飛躍的導入」「エネルギーの分散化」など、今後の我が国のエネルギー政策を推進するためには、国民の理解が不可欠で、これらは学校教育に委ねられている部分が多い。さらに、2018年7月の「第5次エネルギー基本計画」では、エネルギーの「3E+S」の原則をさらに発展させ、「安全の革新を図ること」「技術自給率とエネルギー選択の多様性を確保すること」「脱炭素化への挑戦」「日本の産業競争力の強化につなげること」、が示され、これらのエネルギー政策を十分に理解すると共に持続可能な社会を築く人材の育成が求められている。

我が国の学校教育における再生可能エネルギーに関する実践的研究は、太陽光発電、風力発電、水力発電に関して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、一定の教育効果を上げている。しかし、その他の再生可能エネルギーに関しては、適切な教育研究がほとんど実施されていないのが現状である。児童・生徒のエネルギー・環境問題に関する認識を高めるには、多面的に新しい再生可能エネルギーに関する技術を体験的に学習することが大切である。

なかでも地熱発電は、地熱によって生成された水蒸気により発電機に連結された蒸気タービンを回すことによって電力を発生させるため、温室効果ガスの二酸化炭素の発生が少なく、燃料の枯渇、高騰などの心配が少ない。また、太陽光発電や風力発電と異なり、天候、季節、昼夜によらず安定した発電量(設備利用率80%で稼働できる)を得られる。特に日本のような火山国においては大きな潜在力(世界第3位の資源量;2,347万kW)を有するエネルギー資源の一つである。しかし「探査・開発に費用と期間を要する」「温泉の湧出湯量の減少・枯渇を懸念する観光業界や地元自治体からの反対」「初期費用が高い」「火山噴火などの自然災害に遭遇しやすい」といった難点もある。しかし、学校現場ではこれらのことはほとんど周知されていないのが現状である。

こうした課題を解決するために、特に近年、様々な支援措置が講じられている。開発リスクが高い初期調査段階コストの低減の支援、開発期間の短縮のため、環境アセスメントの手続期間を半減させる取り組み、固定価格買取制度による支援、地熱資源の開発期間の短縮につながる地下の探査や掘削に係る技術開発等の取り組み、などが挙げられる。また、2015年10月の環境省自然環境局長通知では、自然公園内での垂直掘削の限定認可と、三種特別地域での垂直掘削が容認された。これらにより多くの地熱資源に手が届くようになり、地熱研究も進むことが期待される。さらに、温泉地の中には、既存の温泉井を利用して、小規模な地熱発電を行う事例も増えており、発電と合わせた熱利用により地場産業の発展に貢献している成功事例もある。こうした取り組みは、地域経済の発展と共に、地熱開発事業者と温泉事業者との合意形成が困難なケースの解決策にも繋がり、温泉地で地熱開発を促進していくために、上記の成功例の実績を数多く

積み上げていくことは重要であると考えられる。

世界第3位の資源量があるにもかかわらず、それらが進んでいない現状の理解と国の政策を学習することは、エネルギー問題を技術的・政策的な面から捉えることができる。これらの学習によりエネルギー生成の在り方や自らが消費するエネルギーについて認識を深め、持続可能な社会を築くための資質を高めることができると推察される。

2. 研究の目的

本研究は、近年、緊迫しつつある日本・世界のエネルギー情勢や環境問題を、発達段階に応じた理解を促しながら、生活の基盤をなすエネルギー・環境問題を科学的に思考・吟味し、活用する力を育成することを目的とする。これらを具現化するために、我が国において大きな役割を果たすことが求められている再生可能エネルギー技術を題材に、それらの現状と課題を、体験的に学習する装置(教材・教具)を開発すると共に指導方法を検討し、持続可能な社会を構築しようとする児童・生徒を育成する。本研究では、資源の少ない我が国が世界第3位の資源量を有する地熱発電に着目し、地熱エネルギーを利用した発電実験装置を開発して、再生可能エネルギーの導入の必要性や技術的課題などをどのように解決していくかを、発達段階に応じて、科学的に認識(多面的に捉える)させ、技術を適切に評価・活用する能力を身につけさせることを目指す。

3. 研究の方法

本件では、前述の研究目的を達成するため(1)~(7)の取組を行う。

(1) 児童・生徒の実態把握(エネルギー・環境問題に対する意識)と共に、現在のエネルギー教育状況を確認し、今後取り組むべき内容を抽出する。

(2) 2020年完全実施(中学校は2021年完全実施)の学習指導要領の中でエネルギー・環境教育を推進すべき場面を抽出し、学習テーマ(単元)を設定する。

(3) 地熱発電(再生可能エネルギー)の最新技術を体験的に学習する実験装置を開発する。

(4) 児童・生徒が生活の中で恩恵を受けている電気エネルギーの生成を体験的に学習できるカリキュラムの作成及び指導過程を検討・開発する。発電技術やその特徴以外に、温泉の熱を利用した地熱発電(別府・湯布院)での事例を通して、発電後の熱水や地熱水の利用(産業の創出やコストダウン)なども学習内容に反映させる。

(5) 教育現場での活用(授業実践:教育効果の測定・評価及び装置(教材・教具)とカリキュラムの修正を行う)

(6) 教員研修への応用・社会教育(科学館)での活用(研究のまとめ及び評価)。研究成果を学校へ普及させるために、開発した装置(教材・教具)の製作やカリキュラムに関する教員研修を実施する。同様にこれらを通して本研究を総合的に評価する。

(7) 研究成果の公開と情報をネットワークを活用し発信し普及活動に努める。

4. 研究成果

【装置の開発】

発電原理を学習する地熱発電装置第1号機的设计・開発を行った。地熱部として、IHヒータを用いて、圧力鍋で高温蒸気を作り出し、それらをタービンに噴射し、回転運動を創り出し、タービンで発電するもので、実際の発電原理と類似したものである。

地熱発電装置第2号機として、異なる方式の新たな装置の開発を行った。地熱の熱源から水蒸気を取り出すのではなく、熱のみを取り出すために熱伝導管(銅製)を用いて、温度差を生じさせペルチェ素子を元に発電を行うものである。冷却部には空冷の、フィンを取り付けている。汎用性を出すために、冷却装置はCPUクーラーを用いて、学校現場でも再現しやすい工夫が

凝らされている。本装置に関しては、知的財産権獲得として、実用新案を所得している。高温部と低温部の接合に関しては、熱の移動を適切に行うことと、高温部には低温部の熱がバイパスとして伝わらない工夫がなされている。この接合部の固定は、熱伝導の低い素材を組み入れることで、課題を解決している。

【教育実践】

開発した2種類の実験装置を活用した授業を通してその効果を検証した。

授業の流れは、エネルギーに関する意識調査、世界の再生可能エネルギーの状況、ドイツ、中国の風力発電、太陽光発電とのコストの違い、日本の再生可能エネルギー情勢についての確認、地熱発電の原理を学ぶ為の体験的な学習活動、日本の今後のエネルギー政策の提案、の内容で実施した。実践の結果、対象の中学生は、開発装置を使った実験を通して地熱発電の仕組みを理解していた。また、日本のエネルギー情勢に関して理解を示し、日本の発電ポテンシャルの高い地熱発電が政策を通して発展することを期待する意見を確認することができた。

【教員からの評価】

開発した装置およびカリキュラムにて、公立中学校の教諭らに教員研修の場において、提供し、それらの評価を受け、改善などの指摘を受けた。2021年度から中学校では新学習指導要領が完全実施されることを踏まえて、年間指導計画の中にこれらの再生可能エネルギーに関する学習内容として、地熱発電や再生可能エネルギーなどを組み入れたカリキュラムに関しては、適切なものであるという評価を受けることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2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 1件）

1. 著者名 黒田 昌克 , 森山 潤	4. 巻 32
2. 論文標題 身近な製品に込められたテクノロジーの科学的理解から改良・応用を図る小学校 プログラミング教育の授業実践とその効果：扇風機モデルのプログラミングを題材にして	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 兵庫教育大学学校教育学研究	6. 最初と最後の頁 115-121
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 Toshikazu YAMAMOTO, Koji Ogikubo, Norino TAKEZAWA & Jun MORIYAMA	4. 巻 21
2. 論文標題 Development and class practice of the device to learn the mechanism of geothermal power generation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Conference on Technology Education in the Asia-Pacific Region (ICTE) 2021	6. 最初と最後の頁 86-97
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	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 山本利一・竹澤則乃
2. 発表標題 地熱発電の仕組みを学習する教材・教具の開発と授業実践
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第 62回全国大会（千葉）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toshikazu YAMAMOTO, Koji Ogikubo, Norino TAKEZAWA & Jun MORIYAMA
2. 発表標題 Development and class practice of the device to learn the mechanism of geothermal power generation
3. 学会等名 The International Conference on Technology Education in the Asia-Pacific Region (ICTE) 2021（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本利一・川井勝登
2. 発表標題 地熱発電を通じたエネルギー問題を探求する指導過程の検討
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第 61回全国大会（静岡）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 紺谷正樹、山本利一
2. 発表標題 ガイダンスで育む持続可能な社会のあり方を主体的に考察する授業実践
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第 61回全国大会（静岡）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 地熱発電実験装置	発明者 山本利一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 実用新案、3227780	取得年 2020年	国内・外国の別 国内

〔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
研究分担者	荻窪 光慈 (Ogikubo koji) (00431726)	埼玉大学・教育学部・准教授 (12401)	
研究分担者	森山 潤 (Moriyama Jun) (40303482)	兵庫教育大学・学校教育研究科・教授 (14503)	

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
---------	---------