

令和元年6月7日現在

機関番号：18001

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12768

研究課題名（和文）島の新たな価値を創生するエネルギー教育プログラムの開発と実践研究

研究課題名（英文）Development and practical study of energy education program for islands' students

研究代表者

清水 洋一（SHIMIZU, Yoichi）

琉球大学・教育学部・教授

研究者番号：80226258

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：島のエネルギーを理解し、未来のエネルギーのあり方を主体的に考える学習プログラムを開発し、実践した。開発にあたっては、エネルギーに対する意識調査を行い、生徒の実態に即した教材作りに取り組んだ。エネルギーを実感できる教材として、自作の風車で発電した電気を蓄電し、走行するコンデンサーカーを安価な材料で製作した。さらに、島の需要電力量とそれに見合った再生可能エネルギーを視覚的に捉えるために、島の航空写真上に同じ縮尺で図形化した太陽光発電及び風力発電施設を配置し、地形などを考慮しながら、電源構成を数値的に考える教材を開発した。これらの教材を活用した授業を実践し、プログラムの有効性について確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本は世界有数のエネルギー消費国でありながら、そのエネルギー自給率は10%に満たない。今後、エネルギーに対する適切な判断と行動をするためには、エネルギーに内在するリスクやベネフィットを正しく理解し、地球規模的な視野を持った市民の育成が重要となる。そのためにも、次代を担う子どもたちには、系統的でかつ実感をともなう地域に根ざしたエネルギー教育プログラムが必要であり、本研究は学術的意義のみではなく、社会的意義も大きい。

研究成果の概要（英文）：We developed an educational program for students to learn the island's energy. In order to develop teaching materials that fit the students' realities, we investigated their awareness of energy. In addition, as a teaching material that can realize energy, we produced toy cars that store electricity generated by a windmill in a capacitor using inexpensive parts. Furthermore, we used aerial photos of the island to visualize the amount of renewable energy needed to meet the island's electric power demand. And by placing solar and wind power plants of the same scale on the photo, these were used as a teaching material to numerically consider the island's power. We practiced using these materials and confirmed the effectiveness of this program.

研究分野：技術科教育

キーワード：エネルギー教育 STEM

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

福島第一原子力発電所の事故から時間が経過するにつれ、国民のエネルギーに対する関心は薄まりつつある。しかしながら、依然として、日本は世界有数のエネルギー消費国であることに変わりはなく、エネルギー自給率も10%に満たないままである。今後、エネルギーに対する適切な判断と行動には、エネルギーに内在するリスクやベネフィットを正しく理解し、さらに地球規模的な視野を持った市民の育成が必須である。そのためにも、次代を担う子どもたちには、系統的でかつ実感をともなったエネルギー教育が重要であり、地域の実情を反映した学習プログラムが必要となる。例えば、島嶼県である沖縄は、南北400 km、東西1,000 kmの広範囲に島々が点在しており、これらの大多数を占める小規模離島では、水道や電気などのライフラインは島内で閉じている。エネルギー（電気）については、火力発電（ディーゼル発電）を主電源とする自立型の電力供給体制を構築しており、台風や燃料の輸送、メンテナンスコストなど、日頃からリスクに直面しやすく、エネルギーは島の児童・生徒にとっても実感のある地域課題といえる。

2. 研究の目的

本研究では、地域に根ざしたエネルギー教育プログラムを開発するために、以下の項目について研究を実施した。

(1) エネルギーに関する意識調査

エネルギー教育を実践する上で、子ども達のエネルギーに対する認識を正しく把握することが重要である。予備調査として県内の小規模離島（3島）の生徒（何れも中学二年生）を対象にエネルギーに関するアンケート調査を実施したところ、島のエネルギーが全て島内で作られていることや、島の基幹エネルギーが火力発電であることを正しく理解している生徒は僅か25%程度であり、生徒のエネルギーに対する関心・理解度は低いことが明らかになった。そこで、調査範囲を広げ、県内の中学生を対象に、エネルギーに関する認知度調査を実施・分析することで、沖縄県におけるエネルギー教育の在り方について検討した。

(2) エネルギー関連教材の開発および実践

エネルギーの安定供給や温暖化対策は喫緊の課題であり、子どもたちには、課題に継続的な関心をもち、解決に向けて主体的にかつ適切に判断し、行動できる能力を身につけることが期待されている。しかし、現状では電気が自分たちのもとへ届くプロセスに疑問や関心を持たない生徒も見受けられる。そこで、エネルギーを実感できる教材を開発し、一部の教材については、島のエネルギーをテーマとした課題解決型の授業で活用し、教材および学習プログラムの評価を行った。

3. 研究の方法

(1) エネルギーに関する意識調査

沖縄本島（2校）および離島（2校）の中学生を対象に、アンケート調査を実施した（平成29年11月、有効回答数255）。また、比較の為に、大学生にも同様の調査を行った（有効回答数110）。アンケートは6項目からなり、各項目の趣旨は次のとおりである。（Q1, Q2）沖縄県内の送電や主要発電に関する知識、（Q3, Q4）再生可能エネルギーに関する理解、（Q5）エネルギーに関する情報源、（Q6）パリ協定や地球温暖化対策計画を受け、2030年における日本の電源構成（原子力発電、水力発電、再生可能エネルギー（太陽光・風力発電））を、各発電のメリット、デメリットを考慮し、記述させた。

(2) エネルギー関連教材の開発および実践

発電量が天候に左右される太陽光発電や風力発電の課題に対する解決策として、蓄電池の活用がある。小学校第6学年理科「電気の利用」では、手回し発電機による発電とコンデンサーによる蓄電が登場する。そこで、発電と蓄電、蓄電した電気の利用を体験的に理解できる教材として「コンデンサーカー」を安価な部品を用いて作製した。また、エネルギーを数値的に捉えるためには、地理的制約（土地利用、風況、日照）、環境への配慮（国立公園、生活への影響）、発電設備の具体的なサイズ感（島に必要な発電量と面積の関係）を考えなければならない。そこで、島の航空写真を利用し、島の需要電力量に見合った太陽光発電と風力発電のサイズ、個数を組み合わせることができる「島の航空写真を利用した発電マップ（再エネマップ教材）」を作成した。

これらの教材を用いて、県内離島の中学校第二学年で授業実践を行った。実施に際しては、島のエネルギー事情を取り上げ、発電方法の比較、コンデンサーカーを使用した実験、さらに地球温暖化対策計画を実現するための島の電源構成を数値として算出し、再エネマップ教材を活用しながら島の未来のエネルギーについて考えさせた。

また、電気使用量をリアルタイムに計測できる「無線通信機能付き電力計」の教材としての活用を目的に、様々な使用環境下における電気使用量について基礎的データを取得した。

さらに、エネルギーに関する学びを広げるために、高レベル放射性廃棄物の地層処分問題をテーマとして取りあげた。中学校第一学年理科の「地層から読み取る大地の変化」のなかで、柱状図から地下の環境を予測し、高レベル放射性廃棄物の地層処分に適した場所を考える教材

を開発し、授業実践を通して評価を行った。

4. 研究成果

(1) エネルギーに関する意識調査

普段使用している電気や沖縄県内の発電量の最も多くを占めている発電方法については、学年が上がるにつれ認知度が高くなったが、沖縄県特有の可倒式風力発電、海洋温度差発電、バガス発電、海水揚水発電については、全体的に認知度が低かった。再生可能エネルギーに対するイメージ（記述式）については、中学3年生と大学生では、肯定的な意見だけでなく、コストや効率など再生可能エネルギーの課題についても述べられていた。エネルギーに関する情報源としては、理科が最も多く、社会科についてはエネルギーに関する内容を多く扱う2・3年生で高い割合を示した。電源構成に関する設問では、水力発電は政府の掲げる値と近くなり、太陽光・風力発電は水力発電に比べて高い値となった。原子力発電については、多くの学校・学年で1～5%になったのに対し、エネルギーモデル校（資源エネルギー庁）の3年生は25～30%で最頻値を示した。当該学年は、調査実施の数週間前に理科の授業で2030年の日本の電源構成を考える知識構成型ジクソー法を活用した授業を実施しており、その取組みが影響したと考えられる。調査を通して、生徒のエネルギーに対する考え方は、学年や各教科（理科、社会、技術・家庭科）における単元の履修状況で変化することがわかった。また、エネルギー教育モデル校事業など、学校全体で取り組むことで、エネルギーに対して関心が高まり、自分事として考える姿勢が身につくことが明らかになった。

(2) エネルギー関連教材の開発および実践

「コンデンサーカー」については、車体をプラスチック段ボール（横7cm、縦14cm）で作製し、車軸には竹串とストロー、車輪はペットボトルのキャップを使用し、滑らかに走れるようにドアブクッションを切り取ってタイヤとした。また、二段プーリーと台座付きのモーターを使用し、コンデンサーは充放電が容易な電気二重層コンデンサー(3.3F)を使用した。さらに、整流ダイオードを取り付けることで、充電時の逆流を防止した。充電・放電のスイッチはゼムクリップを使用した。これらの材料はホームセンターや百円ショップで購入できるもので、一台あたりの費用は約500円であり、市販されている教材の約1/6の価格となった。

「島の航空写真を利用した発電マップ（再エネマップ教材）」は、島の需要電力量に見合った太陽光発電や風力発電の規模を実感できる教材とした。そのため、島の地勢や土地利用が認識できる航空地図を使用し、地球温暖化対策計画をもとに未来の島の電源構成について、生徒が考える内容とした。なお、地球温暖化対策計画では、2030年度の電源構成を再生可能エネルギーと原子力発電で全体の44%を賄うこととしているが、小規模離島での原子力利用は現実的ではないため、今回は再生可能エネルギーのみで44%を賄うこととした。使用した航空写真の縮尺は1/35,000とし、その縮尺に合わせて太陽光発電と風力発電の印（エネルギーマーク）を作成し、マップ中に自由に配置できるようにした。太陽光発電については沖縄本島のメガソーラーを、風力発電については沖縄の気象条件に適した可倒式風力発電をモデルとし、最大出力と設備利用率についても実際のデータを利用した。島の需要を満たす太陽光発電と風力発電の設置数については、簡単な計算式を提示することで、生徒が思考しやすくした。

これらの教材を用いて、県内離島の中学校第二学年で授業実践（技術・家庭科）を行った。実施に際しては、島のエネルギー事情を取り上げ、発電方法の比較、コンデンサーカーを使用した実験、さらに地球温暖化対策計画を実現するための島の電源構成を数値として算出し、再エネマップ教材を活用しながら島の未来のエネルギーについて考えさせた。生徒にとって身近な島のエネルギーを取りあげることで、自分が住んでいる島の地理的制約や環境要因などを踏まえてエネルギーを考えることができ、エネルギーや環境問題を自分事として考えるきっかけになった。また、コンデンサーカーを活用することで、発電と蓄電、蓄電した電気の利用について理解を深めることができた。一方で、手作りのため、車体や車軸の歪みにより直進できないものや、操作に手間取り、蓄電量と走行距離の関係を見出だせなかった生徒もあり、教材のさらなる開発が必要である。再エネマップ教材については、島の需要電力を賄うために必要な再生可能エネルギーの規模を、地形や環境を考慮してイメージ化することができた。また、近隣の島の航空写真を提示することで、他の島との連携についても考えることができた。しかし、島のどの場所にどの程度の設備を配置するかについては、生徒自身による意思決定や生徒間での合意には至らず、内容のさらなる検討が今後必要となる。

無線通信機能付き電力計を用いて、冷蔵庫、炊飯器、電子レンジなどの消費電力及び消費電力量を測定したところ、家庭生活における電力消費量や二酸化炭素排出量を簡単に可視化することができた。本教材を活用することで、可視化が困難なエネルギーを実感しやすくなり、地球温暖化対策への取組や学校・家庭における省エネの具体的活動の動機付けに有効であると思われる。

高レベル放射性廃棄物の地層処分については、柱状図を組んだオリジナルのワークシートを作成した。生徒は柱状図から地層の広がりや傾斜を推測して地層断面図を完成させ、その後、地層処分の科学的選定要因である火山活動、地震・断層活動、気候変動に加え、将来世代が採掘するかもしれない鉱物資源の存在について考慮しながら、地層処分に適した地点を地層断面図から選定した。約半数の生徒は処分場所として適している地点を正しく選択することができ、授

業後の感想には「地層をうまく利用していることがわかった」「高レベル放射性廃棄物の埋め立てについてわかったけど、もっと知りたいです」という記述もみられた。地層処分を単元の中で扱うことで、多くの生徒が高レベル放射性廃棄物や今後の動向について興味・関心を示し、教科学習の意義や、学習内容と実生活との関連について理解することができた。

今後、日本のエネルギー政策の基本概念である「3E+S」(安定供給 (Energy Security), 経済効率性 (Economic Efficiency), 環境への適合 (Environment), 安全性 (Safety)) をベースに、持続可能な社会を実現するために必要なエネルギー学習プログラムについて検討していく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計10件)

清水洋一, 上地飛夢, 無線通信機能付き電力計を用いたエネルギー教育の教材開発 (第2報), 日本産業技術教育学会 第31回九州支部大会 講演要旨集, 査読無, 2018, pp.83-84

清水洋一, 濱田栄作, 上地飛夢, 無線通信機能付き電力計を用いたエネルギー教育の教材開発, 日本産業技術教育学会 第61回全国大会 講演要旨集, 査読無, 2018, 151

濱田栄作, 當眞正也, 清水洋一, 前川由梨乃, 沖縄の中学生を対象としたエネルギーに関する意識調査および授業実践, 日本エネルギー環境教育学会 第13回全国大会論文集, 査読無, 2018, pp.132-133

濱田栄作, 波照間生子, 比嘉絵美奈, 清水洋一, 高レベル放射性廃棄物の地層処分の教材化, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 査読無, 16, 2018, 454

清水洋一, 濱田栄作, 渡口碧, ハワイのエネルギー教育教材「Island Energy Inquiry」の分析と沖縄への展開, 日本産業技術教育学会 第60回全国大会 講演要旨集, 査読無, 2017, 67

濱田栄作, 長谷場舞, 清水洋一, 沖縄の地域に根ざしたエネルギー教育教材の開発と授業実践, エネルギー環境教育研究, 査読有, 11, 2017, pp.23-30

濱田栄作, 光電池の出力に対する遮光の影響研究と教材開発, 日本理科教育学会 全国大会発表論文集, 査読無, 15, 2017, 481

波照間生子, 濱田栄作, 比嘉絵美奈, 清水洋一, 理科における高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する教材開発と授業実践, 日本エネルギー環境教育学会 第12回全国大会論文集, 査読無, 2017, pp.140-141

清水洋一, 渡口碧, 濱田栄作, 沖縄県におけるエネルギー教育の教材開発 米国・ハワイ州のSTEM教育の動向, 査読無, 日本産業技術教育学会講演要旨集, 2016, 67

清水洋一, 上地飛夢, 下地健斗, 燃料電池の教材開発 簡易燃料電池及び模型燃料電池車の試作・実験, 日本エネルギー環境教育学会 第11回全国大会論文集, 査読無, 2016, pp.56-57

〔学会発表〕(計12件)

Kazuhiro SUMI, Kimihito TAKENO, Toshikazu YAMAMOTO, Yoichi SHIMIZU, Yasuyuki IKEGAMI, Practice of Energy Education for HCP Standards and Textbook "Island Energy Inquiry" in Hawaii Based on STEM Program, The 13th International Conference on Technology Education in the Asia Pacific Region, 2019

清水洋一, 上地飛夢, 無線通信機能付き電力計を用いたエネルギー教育の教材開発 (第2報), 日本産業技術教育学会 第31回九州支部大会, 2018

清水洋一, 濱田栄作, 上地飛夢, 無線通信機能付き電力計を用いたエネルギー教育の教材開発, 日本産業技術教育学会 第61回全国大会, 2018

濱田栄作, 當眞正也, 清水洋一, 前川由梨乃, 沖縄の中学生を対象としたエネルギーに関する意識調査および授業実践, 日本エネルギー環境教育学会 第13回全国大会, 2018

濱田栄作, 波照間生子, 比嘉絵美奈, 清水洋一, 高レベル放射性廃棄物の地層処分の教材化, 日本理科教育学会全国大会, 2018

清水洋一, 濱田栄作, 渡口碧, ハワイのエネルギー教育教材「Island Energy Inquiry」の分析と沖縄への展開, 日本産業技術教育学会 第60回全国大会, 2017

濱田栄作, 光電池の出力に対する遮光の影響研究と教材開発, 日本理科教育学会 全国大会発表, 2017

波照間生子, 濱田栄作, 比嘉絵美奈, 清水洋一, 理科における高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する教材開発と授業実践, 日本エネルギー環境教育学会 第12回全国大会, 2017

清水洋一, 渡口碧, 濱田栄作, 沖縄県におけるエネルギー教育の教材開発 米国・ハワイ州のSTEM教育の動向, 日本産業技術教育学会第59回全国大会, 2016

清水洋一, 上地飛夢, 下地健斗, 燃料電池の教材開発 簡易燃料電池及び模型燃料電池車の試作・実験, 日本エネルギー環境教育学会 第11回全国大会 2016

清水洋一, 渡口碧, 濱田栄作, 山田哲也, 米国・ハワイ州におけるSTEM教育について 教材「Island Energy Inquiry」を事例として, 日本産業技術教育学会 第1回高校委員会研究会 STEM教育を考える, 2016

TAKADA, K. TAKENO, H. SHIRAHAMA, Y. SHIMIZU and T. YAMAOKA, Examination of STEM

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：濱田 栄作

ローマ字氏名：(HAMADA, Eisaku)

所属研究機関名：琉球大学

部局名：教育学部

職名：准教授

研究者番号 (8 桁): 20413718

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、研究者個人に帰属されます。