

科学研究費助成事業 研究成果報告書



令和 5 年 10 月 23 日現在

機関番号：99999

研究種目：奨励研究

研究期間：2022～2022

課題番号：22H04094

研究課題名 自転車のハブダイナモを用いた小水力発電機の製作を軸にしたカリキュラムの開発

研究代表者

小林 和仁 (Kobayashi, Kazuhito)

木島平村立木島平中学校・中学校教諭

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 480,000 円

研究成果の概要：ゼロカーボン社会の実現に向け、小水力発電が注目されている。本研究では中学校技術科の授業において、自転車のハブダイナモを用いた小水力発電機を製作し、発電→蓄電→活用の方法を模索する課題解決学習の実践と結果の考察を行った。実践の結果、社会の動きや既存の技術について知識を獲得し、日頃の行動への意識や生活への応用の発想が生まれ、持続可能な社会の実現に向けた生徒の実践的な態度を育成しうる可能性があることが確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、中学校技術科において自転車のハブダイナモを用いた小水力発電機の製作を軸にした授業実践とその考察を行った。生徒らは、マイクロ水力発電機を開発し、電気エネルギーを作り、生活の中で活用するまでの一連の流れを体験的に学習した。発電から使用までの流れを通して学習することで、生徒のエネルギー変換の技術に関する知識・技能やそこへの興味が高まる傾向があることが示唆された。しかし、自転車のハブダイナモでは発電量が微小であり、生活に活用できる範囲が限定される。自転車のハブダイナモに限らず、より大きな電流量を発電することができるダイナモの活用にも目を向け、さらに教材研究を深めたいと考えている。

研究分野：教科教育学

キーワード：中学校技術科 エネルギー変換の技術 マイクロ小水力発電 クリーンエネルギー

1. 研究の目的

エネルギー変換の技術の見方・考え方を働かせた課題解決学習として、身の回りにある河川や用水路を活用し、自転車のハブダイナモを用いた発電機を設計・製作し、発電→蓄電→活用までを行う体験的な活動を取り入れた題材展開を構想・実践し、その結果を考察すること。

2. 研究成果

(1)教材の開発

水資源の豊富なN県K村において、自転車のハブダイナモを用いたマイクロ小水力発電機の製作を軸とした題材展開の開発・実践と効果の検証を行った。具体的には、用水路に流れている水やそこから流れ落ちる水をハブダイナモに取り付けた羽根で受けて回転させ、発生した電気を製品に活用するシステムを開発した。

①発電機の材料の選定

材料の選定で考慮したことは、加工が比較的容易なものであるということ。簡単に切ったり、穴をあけたり、曲げたり、くっつけたり、取り外したりでき、組み合わせをいろいろと試すことができる材料であることを考慮した。羽根の骨組みと受け皿になる部分に必要な部材を準備した。また、ハブダイナモと骨組み、骨組みと受け皿を接合するための結束バンドやビス、ボルト・ナットは複数の種類のを準備した。生徒が選択できる範囲をなるべく広げられるような配慮をした。

②水が流れ落ちる用水路の製作

校内の池の取水口から塩ビ管 4m×3 本を繋ぎ、高さ 50 cm程度から落水させた。出水口にはL型や異径ソケットなどの継手を活用して、水が流れ出る角度や勢いを制御した。

③デジタルテスターの準備

ハブダイナモで発電された電圧値を計測するためのものとして準備した。無負荷の状態での計測となるため、発電された交流電流の電圧値を生徒に計測するように確認した。

④LED 電球の選定

水力発電機の回転によって発電されていることを、生徒が視覚的に認識できるように LED 電球を準備した。規格：AC/DC 対応，定格値 12V，3W，270 lm

(2)授業設計と実践

対象は、2022 年度 N 県 K 村立K中学校第 3 学年 29 人である。以下のような主眼と指導計画を設定し、授業実践を行った。

①主眼

日本の発電量の内訳が火力発電に依存する現状に問題を見出した生徒が、小水力発電機を製作し発電した電力を活用することを通して、「材料と加工の技術」や「エネルギー変換の技術」に関する知識・技能を習得しながら統合的な問題解決に向かえる単元「わたしたちの生活と電気」を設定し、指導計画を立てた。

②指導計画

中学校技術科の内容の「A 材料と加工の技術」と「Cエネルギー変換の技術」を含む、統合的な問題解決として学習内容を全 11 時間で構成した。本実践では、生徒の問題意識に沿って学習を進めるよう考慮した。また、ペアやグループでの活動を基本とし、仲間と協同して学習に取り組めるようにした。実践期間は、2022 年 5 月 20 日～9 月 20 日であった。授業時間内に製作や電圧値の測定をしきれなかったペアは放課後などに活動することもあった。

③実践

「理想の発電量の内訳を考える」

生徒は社会科の授業の中でエネルギー資源や世界や日本の電力供給に係る情勢を学んだ。その授業の最後に「日本の理想の発電量の内訳」をグラフに表した。その生徒たちに対して、「この割合にした理由は？」「この理想に向けて、自分たちができることってどんなことだろう？」という 2 つの問いを投げかけ、スライドに記述するように促した。授業学級の全体的にも再生可能エネルギーや水力発電への期待の大きさがうかがえた。問いについて記述された生徒らの意見を集約すると「節電への意識」「環境への配慮」「再生可能エネルギーの活用」「発電効率の向上」の 4 つに分類できた。これらをもとに水力発電機を開発し、発電から活用までのシステムを開発するという課題解決に向かった。

「電気の作り方と使い方を知る」

実際の発電所で行われている発電方法や発電機とモーターの仕組みについて確認し、これまでに電気を作った経験と使った経験の共有を行った。さらに、DC12V 以上の電圧が出せると、

カーバッテリーへの充電やインバータによる AC100V への変換が可能になり、電流量によっては家電製品の使用が可能になるということも確認した。

「マイクロ小水力発電機の製作」

水力発電の仕組みを再確認し、水が落ちる勢い(位置エネルギー)を利用して水車が回転するメカニズムを解説した。そして、水の位置エネルギーをダイナモが回転する力に変換し、より大きな電力を発生させられる高効率な水力発電機を開発するという課題を設定した。ペアとなり1つの水力発電機の製作を行った。生徒は「どうやって水を受けるのか?」「ハブダイナモにどうやって材料をくっつけるのか?」「そもそも世の中の水力発電ってどんな形なんだ?」という疑問をもちながら、ペアやグループで話し合ったり、タブレット端末の検索機能を活用したりしながら、思い思いに作業を進めた。結果的に第一段階として様々な形状の水力発電機が出来上がった。

回せるようになったペアから池に行き、羽根に水をあてて計測を行い、テスターで交流電圧値の最高値を計測して記録した。さらに羽根がどのように水を受けているのかスマートフォンのカメラでスローモーション撮影したものを、動画編集ソフトで4分の1倍速に編集した動画をファイル共有クラウドにアップロードした。水をいかに効率よく受けることができているかで、無負荷状態での交流電圧値に違いが見られた。

1回目を回した後、スローモーション動画や他の班の発電機の形状などを手掛かりに、水を受ける部分に改良を加えた。部材を一旦バラしてもう一度組み立てなおすペアや、塩ビパイプをヒートガンで熱して羽根の形状に改良を加えるペア、木材とプラスチックのトレイを組み合わせた発電機の木材の長さを短くすることで回転速度が速まるように工夫するペアなどの姿があった。材料の特性や形状、力学的な観点から改良を加えている生徒の姿が見られた。

「クリーンエネルギーを活用した問題解決」

水力発電機の形状を工夫して発電効率を高める活動のあとは、発電した電力をいかに活用するののかということ考えた。校内や村内で得られるクリーンエネルギーから発電し、その電力を活用する方法を形にするという課題解決を行った。4人1グループの班でアイデアを出し合う時間を設けた。水力に限らない発想の発電方法のアイデアも出てきた。そして、学級全体でそれらのアイデアを共有し、実現させたいアイデアを1つ選び、似たようなものを選択したメンバーでグループを再編成した。

自分たちの課題解決の方法をスライドで協同編集し、方向性と具体を共有した。ビオトープをライトアップしたいと考えたグループは、「太陽光発電の方が向いているのかもしれない。ずっと放置しておくので」と記述した。水力発電を活用するという前提で課題解決を提案したが、生徒の思考は他のクリーンエネルギーを効果的に活用した発想に移っていた。

校門付近の池をライトアップしたいと考えたグループでも、課題解決に向かうときに必要な物品がすべて太陽光発電を活用したものだった。これらの生徒の発想は、世の中に流通する製品に太陽光発電を活用したものが多いことが起因したのではないかと考えた。

構想した問題解決策を具体化させた。野球部に所属するある生徒はグラウンドに照明が欲しいと考えた。必要な物品を調べた際に、消費電力が500Wの照明器具を選定していた。今回使用したハブダイナモの出力は4W程度だった。事前にハブダイナモのスペックや、電流量の大小による製品への影響も伝えたが、電力量の概念や感覚が充分理解できていない生徒も見られた。

(3)考察とまとめ

本研究では、中学校技術科において自転車のハブダイナモを用いた小水力発電機の製作を軸にした授業を構想し実践した。生徒らは、実際にマイクロ水力発電機を開発し、電気エネルギーを作り、生活の中でいかに活用するののかということを考えるまでの一連の流れを体験的に学習した。電力の発電から使用までの流れを通して学習することで、生徒のエネルギー変換の技術に関する知識・技能やそこへの興味が高まる傾向があるということが示唆された。しかしながら、自転車のハブダイナモでは発電量が微小であることから、生活に活用できる範囲がLEDに限定されてしまい、他のクリーンエネルギーを活用した解決策に流れがちになるということも明らかになった。

今後は、自転車のハブダイナモに限らず、より大きな電流量を発電することができるダイナモの活用にも目を向け、さらに教材研究を深めたいと考えている。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1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 小林和仁, 横地勇輝	4. 巻 2
2. 論文標題 ハブダイナモを用いた小水力発電機の製作を軸にした授業実践	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 テクノロジーとエンジニアリングの教室	6. 最初と最後の頁 43-50
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2件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小林和仁, 横地勇輝
2. 発表標題 中学校技術科におけるハブダイナモによる小水力発電機製作を軸にした授業の開発
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第 65 回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林和仁
2. 発表標題 【中学校】技術/中3 「わたしたちの生活と電気」
3. 学会等名 第21回学びの共同体研究大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

—

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
中島 洋治郎	(Nakajima Youjirou)
横地 勇輝	(Yokochi Yuuki)
村松 浩幸	(Muramatsu Hiroyuki)

研究組織（研究協力者）（つづき）

氏名	ローマ字氏名
小倉 光明	(Ogura Mitsuaki)