

水車で創る再生可能エネルギーで通学路の夜道を照らす取り組み

大分県立大分工業高等学校 DAIKO水車プロジェクトチーム (大分県)

I 活動の概要と目的

地域通学路の夜道で女子高生が危険な目にあったというニュースをきっかけに、近くを流れる水路を活用した水力発電機（以下、水車とする）を製作し、防犯灯で照らすプロジェクトがスタートした。地元企業や大学教授などに支援を得ながら、水車の製作に取り組み、特許も取得することができた。そこで私たちはこの特許を無償公開することで水車の輪（水車への共感）を広げ、SDGsの観点から脱炭素に貢献し、より良い地球の未来を創っていきたくと考えている。

その第1歩として私たちは新たな活動に踏み切った。ケニアで医療支援ボランティアを行う医師の勧めもあり、ケニアの無電化地域で暮らす子どもたちの夜間学習機会へ貢献・支援することを目指した活動である。これまでの水車構造に太陽光発電と木炭蓄電器をプラスしたハイブリッド発電機完成のために突き進んでいく。

II 研究の背景

現在の地球は「地球沸騰化」と表現されるくらいに気候変動が進行、各地で自然災害が頻発し、とくに温室効果ガスの中でも、エネルギー使用に伴うCO₂排出が大きな要因とされる。電気エネルギーは私たちの生活に不可欠だが、安価ゆえに浪費も多く、脱炭素の妨げとなっている。本校の生徒は、自作の水車による発電を通じて電気の大切さや愛しさを実感し、「自分ごと」として地球温暖化に立ち向かっている。地域通学路の夜道で女子高生が危険な目にあった事件を受け、水力を活用して通学路を照らす防犯灯の設置を目指した。私たちは「微力ではあるが無力ではない」と信じている。数は力という。もし、私たちの活動に共感していただく人々が増えたら地球はどうなるだろうか。例えば、全スマホを水車で発電・充電したら、1台当たり1回の充電では、約0.015 [kWh] (0.41円) と微々たるものだが、日本全体の充電となると、約18億 [Wh] (4,900万円) となる。これを年間にすると約6600億 [Wh] (180

億円) となり、878万 [t] のCO₂を削減することが出来る。世界で考えると、年間約54兆7500億 [Wh] (約1兆5000億円)、CO₂に換算すると7億3000万 [t] の削減となる（一般社団法人電気通信事業者協会）。このように水車による発電は微量だが、多くの人が共感し行動すれば、スマホ充電だけでも大規模なCO₂削減につながっていく。小さな取り組みがやがて大きな変化を生むと信じ、「水車の輪」を広げながら持続可能な社会の実現を目指して活動していきたい。

III 研究の流れ

1. 現地での調査

現場周辺の道路において、約1.2 [km] の区間で街灯がないことがわかり危険性を感じたと同時に水車の発電に適した水路（写真1）を発見した。“脱炭素”等について学習してきた私たちは、現地調査の結果から、現地周辺の川の流れを利用し水力発電を行い、そこで得た電気エネルギー（再生可能エネルギー）で防犯灯を照らせるのではないかと考えた。



写真1 現地調査にて

2. 水車に関する情報収集

水車製作の知識がなかったため情報収集を始めたところ、水車の研究者・木原社長に関する記事（大分合同新聞、2021年5月9日）を見つけ、講演会を依頼した。講演で「日本は水力発電に向いている国（グラハム・ベル氏）」という言葉に違和感を抱き、学習を進め

る中で日本では水力発電の普及率が低いことが分かった。その原因はダム建設の難しさにあり、ダムを使わずに発電できる小型水車の活用に見出した。

3. 水利権の壁

学習を進める中で、水利権の存在により水車を簡単に設置できないことを知った。水利権は法律であり遵守が必要である。そこで私たちは知恵を出し合いひらめいた。常設でなければ水利権の制約を回避できると考え、持ち運び可能な「携帯用小型水車」の開発に取り組むこととなった。

4. 水車の製作

水力発電に適した水車を検討し、現地の水量や文献調査により「らせん型水車」が現実的と判断した。(有)角野製作所の水車キット「ピコピカ10」を活用し、2022年6月に現地で実験を実施したところ、水車は回転し電灯も点灯したが、防犯灯としては十分な明るさではなかった。

5. 失敗からの学び

「らせん型水車」の実験が不十分な明るさに終わった原因を探り、ハブダイナモの発電能力の限界が要因と考えた。自転車用の小型発電機であるため、豆電球程度の出力が限界だと判断し、発電量を増やすためにハブダイナモを2つ取り付けた水車(図1)を試作することにした。

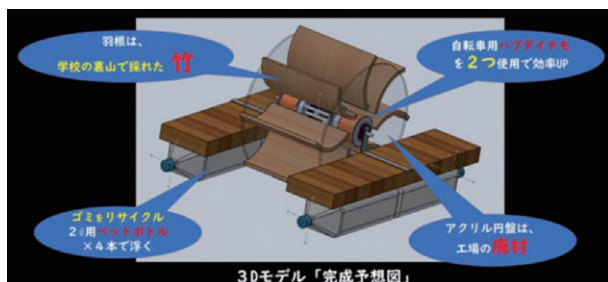


図1 ハブダイナモを2つ搭載した筏型水車

6. 水車の製作

製作活動を開始し、学校の裏山から竹を切り出して加工し水車の羽根に使用、主な部品には機械工場にあった木材やアクリル板を活用し、2つのハブダイナモを搭載した「後型水車」を完成させることができた。

7. 水車の改良と特許取得

水車の改良にあたって、専門家の支援を得ることになり、西日本工業大学の野中智博教授による3次元CADの特別授業を実施することができた。設計面での多大な助言、実験への同行をくださる中で、「試行錯誤

の大切さ」を教わった。さらに、本校の大先輩の技術者との出会いも大きな転機となった。防犯灯を安定して点灯させるため、バッテリーを介した電力供給の仕組みを提案いただき、これが水車改良の基盤となった。さらに、大分県教育委員会での発表を通じて「災害時でも安全に発電できる仕組み」が課題として指摘され、水陸両用型の自立式水車(図2)を開発した。その結果「パテントコンテスト」で優秀賞を受賞し、特許第7314433号(図3)を取得することができた。多くの支援により、水車の改良と実用化が大きく進展することとなった。

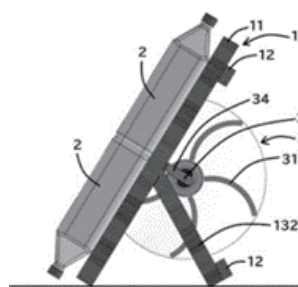


図2 特許取得した水車



図3 特許証

8. 小型軽量化へ改善

特許を取得した水車にも課題があった。竹や木材を使用したため重く、子どもや高齢者には持ち運びが困難(写真2)である。そこでフレームをアルミニウムに、羽根をPLA素材(生分解性プラスチック)に変更した結果、重量が9.8[kg]から3.2[kg]に大幅に軽量化され、誰でも容易に持ち運びができる水車が完成した。



写真2 木製筏型水車

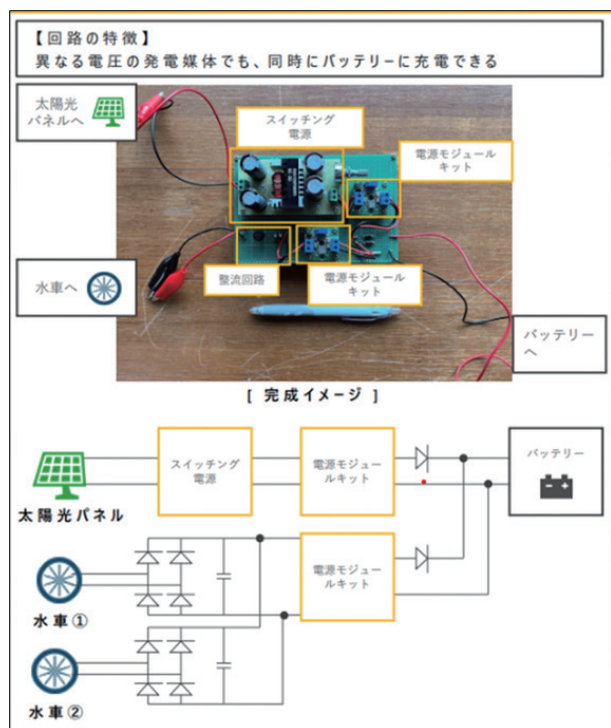


図4 水力と太陽光のエネルギーを蓄電できるシステム

9.さらなるハイブリット化への改善

私たちは水車を広く知ってもらうため「高校生ボランティアアワード2023」に出場し、審査員の武居光雄医師と出会った。彼はケニアで医療支援を行っており、私たちの水車が無電化地域で役立つ可能性に注目し、ケニアでの使用を提案してくれた。しかし、現地は干ばつと集中豪雨という極端な気候にさらされており、水流が安定しないため水車だけでは不十分との助言をいた

だいた。これを受け、私たちは太陽光とのハイブリッド発電機の製作を決意した。そこで、過去の大会で出会った小水力発電の専門家・田中克典社長に協力を依頼し、講義を受けながらシステム構築(図4)を進めることにした。この取り組みにより気候に左右されず発電可能なハイブリッド型発電機の実現へと大きく前進することができた。

10. ケニア共和国大使館とアフリカビジネスコンテスト

私たちは自作の水車をケニアで実証実験したいと考えたが、渡航費が高額で高校生には負担が大きく、学校からも危険を理由に支援は得られなかった。そこで「より大きな組織からの支援を」と考え、東京のケニア共和国大使館を訪問(写真3)した。幸運にも書記官と面会し、水車の有用性やケニアでの計画を説明させていただくことができた。また、企業の社会貢献活動(CSR)を高校生が代行するという「CSRサポート事業」を提案し、企業からの支援で渡航費をまかなう構想を伝えた。その結果、アフリカ関係者が集まる世界大会への参加権を得ることができ、今後のケニア渡航に向けた情報交換の約束も交わすことができたのである。英語でのプレゼン準備に試行錯誤を重ねた結果、アフリカビジネスコンテストにてCSR事業のPRとケニアでの活動実現を発表しアイデア部門「最優秀賞」を受賞することができたのである。活動を広く認知してもらえたとともに、ケニア共和国大使館の方々の信用を得た出来事となった。



写真3 ケニア共和国大使館

IV 考察

2022年5月から2024年9月にかけて5台の水車を製作し、実験を重ねてきた。防犯灯を点灯させるのに十分な発電量があるか、災害時に持ち運びやすい大きさや重さかといった観点から検証・考察を述べる。

1. 試作品第1号（らせん型水車）

水深20～30 [cm] の現地環境に適した「らせん型水車」を採用し、水車キット「ピコピカ10」を使って組み立て、2022年6月に実験を行った。水車は回転し電灯も点灯したが、明るさは不十分で、原因は発電機に使用したハブダイナモの出力不足と考えられた。

2. 試作品第2号（木製筏型水車）

災害時に背負って避難できる水車を目指して製作したが、重さが9.8 [kg] あり、特に高齢者や子どもには負担が大きく、実用性に課題が残った。サイズも木材による強度確保のため658×540×375 [mm] と大型化してしまった。発電実験では2.4 [W] を記録しましたが、本来2個使用したはずのハブダイナモの接続が不十分で、十分な発電量が得られないことが判明した。



写真4 発電量の実験

3. 試作品第3号（特許技術を搭載した木製型水車）

活動中の学習会で、有識者から「水害時、今の水車のままでは川に近づくことができず危険であるため発電できない。水車は災害とセットで考えないといけない」と指摘を受け、安全に使える水車の改良に取り組むことを決意した。アイデアを考えていると、実験時に滝のような水の流れを垂直に受けることで水車が大きく回転した経験を思い出した生徒がいた。水陸両用型の発想が生まれた瞬間である。また、ある生徒は自宅の雨どいの水流を見て、水車が自立して設置できるようスタンドをつけるアイデアを着想した。このように、実体験や日常生活の気づきをもとに、安全性と実用性を兼ね備えた改良案が生まれていった。

4. 試作品第4号（特許技術を搭載した、軽量・小型化を図った筏型水車）

新型水車は従来の約3分の1となる3.2 [kg] まで軽量化に成功し、片手でも持ち上げられるようになった。これは羽根を竹からPLA（トウモロコシ由来のプラスチック）に、構造材を木材からアルミニウムに変更した

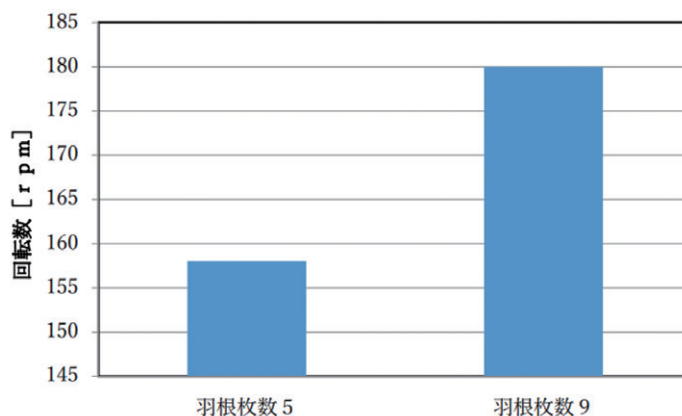


図5 水車の羽根枚数と回転数の関係



写真5 水流のピンポイントで設置した水車

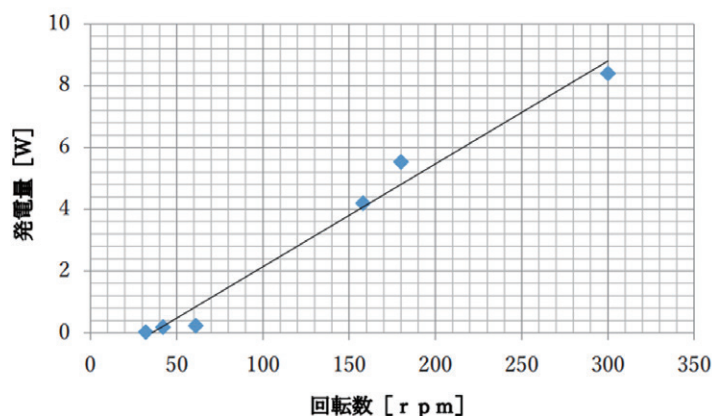


図6 回転数と発電量の関係

ためである。サイズも525×365×250 [mm] と小型化し、持ち運びが容易になった。発電能力は約8 [W] (写真4) に向上し、スマートフォン1台分の充電が可能となった。制御ボックスの導入により、課題であった2つのハブダイナモの接続も実現した。さらに、羽根の枚数を増やしたことで回転数 (図5) が向上し、発電効率にも好影響を与えている。加えて、新型水車は小型なため、水流の落ち込みポイントにピンポイントで設置 (写真5) でき、水のエネルギーを効率よく受け止めることができた。回転数と発電量には正比例の関係 (図6) があり、高回転でも発電量が安定して増加することが確認された。

5. 試作品第5号 (水力発電と太陽光発電の併用を可能にしたハイブリッド水車 (写真6))

現在取り組んでいる改良では、太陽光パネルと制御ボックスを増設しただけのため、水車本体の重さに変化はない。発電量は約9.6 [W] と従来と同程度だが、水流がない時でも太陽光で発電でき、雨天時には水車で発電可能なため、24時間発電が可能となった。このハイブリッド発電方式は、川の水が枯れることのあるケニアでも安定した電力供給が期待できる。

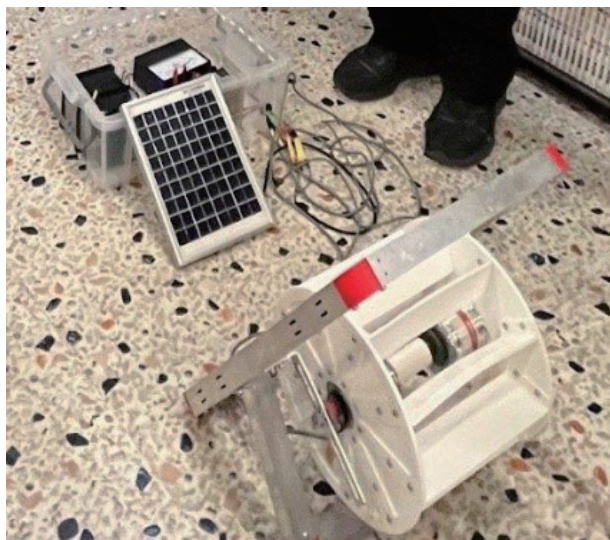


写真6 ハイブリッド水車

V 結論

2024年8月1日の実験で、本校の水車は最大9.6 [W] の発電が可能となり、開発初期の約2倍の性能を達成した。太陽光パネルとのハイブリッド発電により、24時間発電が可能である。日本のような先進国では大きな電力にはならないが、ケニアなどの無電化地域では夜間照明用として30世帯程度を支える可能性があり、生活の質や教育機会の向上、マラリアを媒介する蚊の対策にも貢献できる期待がある。製作過程で、多くの人の支援を受けながら困難を乗り越えてきた経験は、私たちに「環境への関心」や「電気への愛着」を育てた。水車プロジェクトを通して、地球規模の課題にも高校生が関わる意義と力があると実感できた。また、身近な行動が環境保護につながることを体験し、人々の意識改革の重要性にも気づいた。こうした実体験こそが、社会を変える第1歩になると考えている。

大分県立大分工業高等学校
DAIKO水車プロジェクトチーム (大分県)