

災害時に役立つ小水力発電機の製作

新潟県立柏崎工業高等学校 電気科防災エンジニアコース3年

關 龍斗・高頭 祐人・田中 遼・橋爪 翼

指導教諭 中村 智幸

1. はじめに

本校は工業科（機械科，電子機械科，電気科，工業化学科）4学級の工業高校で，地域と連携したキャリア教育と防災・減災教育を推進し，地域貢献できるエンジニアの育成を目指している。柏崎地域は平成16年の中越地震，平成19年の中越沖地震で大きな被害を受けた。これを契機として平成21年度，本校電気科へ防災エンジニアコースが新設されることとなり，以来，防災・減災の視点に立った防災教育が行われるようになった。災害時における小水力発電機の製作は平成25年度より防災エンジニアコースの課題研究として取り組まれているテーマである。



図1 中越沖地震後の柏崎市内（平成21年）

2. 小水力発電機製作の経緯

(1) 平成25年度～26年度の取組

平成25年度，研究当初の目標は災害時に通信機器（携帯電話・スマートフォン）へ充電ができる発電機の製作であった。ボール紙での模型づくりから始まり，新潟工科大学佐藤研究室のご指導をいただきながら下掛け水車の形状となった。塩ビパイプの羽根と角材のフレームで試作機（1号機・2号機）を製作し，発電機には自転車用のハブダイナモを利用した。

平成26年度，試作機をもとに地元企業である株式会社品田電業社と株式会社品銀鉄工所のご協力によりアルミ羽根・ステンレスフレーム製の水車（3号機）が完成した。実証実験では農業用水（柏崎市野田地区）を利用し，5Vの直流電圧を得ることができた。2年間を費やし，目標である通信機器の電源確保が可能となった。

(2) 平成27年度～現在までの取組

平成27年度，指導教員を含むメンバーが一新し，研究が引き継がれた。新メンバーで行った試運転では，高齢者・子供では持ち運びが大変，脚が固定されているため災害時に素早く設置できないという意見が挙がった。この問題点を解決するため，全体のサイズダウンを図り，可動式の脚へと設計変更を決定し，改良型の製作を行うこととなった。改良型（4号機）は，2015年全国産業教育フェア三重大会への出展に間に合わせるため急ピッチで製作され約2か月で完成した。改良型は，生徒たちにより「D Wheel Type IV」と命名された。ちなみに，D

は防災エンジニアコース (Disaster engineer course), Wheel は水車, Type IV は 4 号機という意味である。

後日, 大学の協力をいただき実証実験を行い 3 号機同等の出力が確認されている。

平成 28 年度以降は, 同機での実証実験およびゴミ除去対策の研究を行っており, 以下にその成果をまとめる。



図 2 3 号機の試運転の様子 (平成 27 年度)

3. 平成 28 年度 長期の実証実験

(1) 防犯灯設置の計画

これまで小水力発電機では, 長時間の運転を行ったことがない。災害時に利用するためには, 耐久性や発電量の確認, ゴミ除去などの問題を明確にする必要があった。そこで, 性能試験に重点を置いた研究に取り組むため防犯灯の電源として活用し, 1 か月程度運転する計画を検討した。計画に当たり, 防犯灯の仕様決定・バッテリーへの充電・自動点灯などのノウハウや設置の許可・場所の選定などに協力企業や大学, 地域の方々のご協力をいただいた。

防犯灯は消費電力を押さえるため LED 灯とし, 発電機の出力は直接供給できないため, バッテリーへの充電回路を追加することとした。

(2) 充電・点灯回路の製作

水力発電機の交流出力をバッテリーへ充電するための回路が必要となった。また, 長時間点灯させるだけの発電量がないため, タイマー回路

も必要となった。この回路の設計・製作は大学に依頼し, 指導を受けた。なお, 測定データは, データロガーを用いてハブダイナモの出力や DC-DC コンバータ回路出力などの電圧を記録し, 定期的に運転状況が把握できるようになっている。

(3) 現地調査

防犯灯の設置場所を決定するため, 回路製作と同時進行に現地調査を行った。おもに水況調査と電柱の設置場所の確認を行い, その結果, 流速が速く比較的ゴミの少ない水路を選定した。また, ゴミによる影響を見るため, スクリーンによる除去対策を施さないことにした。

(4) 防犯灯の設置作業

協力企業の指導の下, 設置作業を一日がかりで行った。炎天下の中, 電柱の穴掘りから防犯灯の結線, 充電回路の据え付け, 水車の設置などを行った。試運転の際にはコンデンサの耐圧以上の電圧がかかり破裂するというトラブルが発生した。



図 3 防犯灯の設置作業

(5) 実験の様子とメンテナンス作業

実験は平成 28 年 7 月 29 日から 9 月 14 日の 48 日間行った。植物観察用の定点カメラにより 10 分おきに周囲の撮影をして外的要因についても記録した。また, 見回りを行い点検作業・メンテナンス作業を行った。研究メンバーだけで毎日の点検作業は不可能なため, 本研究に携わる方々 (地域の方, 協力企業, 大学生) の協

力も得て、ゴミ除去や点灯タイマーの調整などを行った。期間中に雨天時の水位上昇や枝・石による詰まりが原因の停止が数回ほど発生したが、無事に実験を終えることができた。



図4 長期実証実験の様子



図5 D Wheel Type IV

実験中のおもなトラブルは、次の通りである。

・石による羽根の損傷確認

メンテナンス時に羽根の一部の変形を確認する。こぶし大ほどの石が衝突したような形跡があったが、これによる停止はなかった。

・異物の詰まりによる運転停止

見回りの際に停止していることを確認する。水路を確認したところ、上流より流れたと思われる瓜（長さ30cmほど）が羽根と水路の間に挟まり停止していた。

実験により、事前に想定されていたゴミ・異物対策が必要であることを改めて認識することになった。また、メンテナンスの際にねじの緩みを発見し、約2週間に1回、増し締めが必要

となることがわかった。



図6 水車を停止させた瓜

4. 実験結果と成果

(1) 発電と充電の状況

図7は、測定データをグラフ化したものである。バッテリー電圧は充放電の状況で、満充電の状態からスタートしている。実験の後半にさしかかると電圧が低下しており、さらに継続すると12Vのラインを切ることが予想される。しかしながら、災害時の利用に限れば現在の性能で十分使用が可能であると考えられる。

一方、充電電流は不安定な状況で、これは天候が影響しているものと考えられる。日中は快晴でも、夕立によりゲリラ豪雨のような状況も発生した。このような時には短時間で急激な水位の変化があり、水車の回転数に悪影響を与えている。当初、水量の増加は安定した回転につながるものと考えていたが、D Wheel Type IVの場合、水位調整が自動的に行われなため最適位置を維持できず回転数が落ちる特性があ

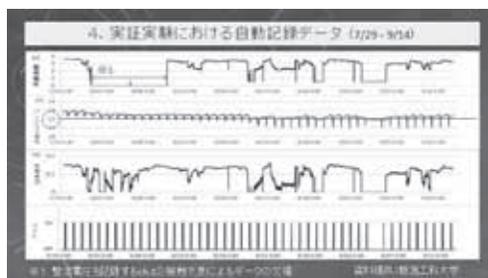


図7 グラフ化した測定データ

る。これが不安定な状況に結びついているものと推測する。

(2) 防犯灯の自動点灯について

ライトは点灯時間で、データからは安定して点灯・消灯が繰り返されているように見える。しかし、見回りでは予定時刻に点灯していないことがあった。後日、タイマー回路の精度により時間がずれていることがわかり、これにより発生した問題であることがわかった。これ以降、期間の途中からタイマーの修正作業も定期的に行うようになった。

全体の結果から新潟工科大学 佐藤教授の分析では、期待されていた点灯時間（3時間 × 48日を100%としたとき）の77.8%が点灯しており、短期間であれば1日3時間程度の電力を活用できるのではないかという見解をいただいた。

5. 平成29年度 特許出願に向けた取組

長期の実証実験では、ゴミ・異物の除去が最大の課題となった。一般的に水車のごみ除去は、上流にスクリーン等を設け水車に流れ込まないよう対策することが多い。しかしながら、D Wheel Type IVの場合、小さなゴミ程度では羽根の隙間に流し込み水車後方へ流し出す特徴を持っている。この特徴を活かし課題が解決できないか様々なアイデアを出し検討を重ね、いくつかの案を考案した。この成果をかたちにするため、独立行政法人工業所有権情報・研修館が主催するパテントコンテストへの応募を考え、試作品の製作や応募書類準備等を行っている。今後、特許出願に結び付く成果に発展して欲し

いと願っている。

6. まとめ

本研究は5年が経過し、研究に携わる生徒や職員が代わったが当初の目標を達成した今でも防災エンジニアコースの研究テーマとしてしっかりと根付いている。平成28年度の実証実験では、1か月という長期の測定も行うことができ、これ自体が研究の大きな成果となった。また、当然のことながら測定データは今後の貴重な資料となり、新たな取組へのきっかけに結びついている。

今後の取組としては、水力発電の問題点であるゴミ・異物の除去が最大のポイントとなる。安定した性能を発揮できる発電機へと発展させ、将来的には製品化できるよう研究を進めたい。また、この研究を通じて防災エンジニアコースが目指す社会貢献にもつながるよう、さらに継続したいとも考えている。

本研究がここまで長く継続し成果をあげ続けることができたのは、ひとえに地元地域との連携があったからである。我々の力では到底成し遂げられないことも研究当初から携わる企業・大学・地域の方々が、快く研究にご協力くださり、惜しみなくご指導・ご提供いただけたことが大きく影響している。今後もより一層地域との連携を深め、地域の期待に応えられるよう努力したいと思う。

最後に、本研究へご協力をいただいた新潟工科大学佐藤研究室様、株式会社品田電業社様、株式会社品銀鉄工所様、柏崎市野田地区の皆様には大変感謝を申し上げます。

工業教育資料 通巻第 383 号
(1月号)

2019年1月5日 印刷
2019年1月10日 発行
印刷所 株式会社インフォレスト

©  実教出版株式会社

代表者 小田良次
〒102 東京都千代田区五番町5番地
- 8377 電話 03-3238-7777
<http://www.jikkyo.co.jp/>