

## 男子部中等科・高等科

### 「小水力発電への挑戦」

山縣 基

中等科1年から高等科1年までの10名で、学園の人工的な池の排水を利用した小水力発電装置を製作し、発電した電気を使った夜間照明をキャンパス内に設置した。製作途中には、全国小水力発電大会の企業展示を見学し、一般的な小水力発電の仕組みやコストについて学び、書籍や実験を通して発電機の仕組みの理解や効率の良い発電方法を検討した。それらの学んだことをポスターにまとめ、お客様の前で発表した。

#### I. はじめに

男子部の敷地には、地下水を汲み上げた人工的な池がある。その池は、中等科3年生が技術家庭の授業でニジマスを飼うためのもので、常にオーバーフローした排水が流れ出ている。

一方、キャンパス内には主要な通路だけに夜間照明が設置されており、学校と寮をつなぐ裏道には外灯がなく、不便な状況が続いていた。

そこで、排水を利用した発電装置を製作し、発電した電気を外灯をつけることを学業報告会のテーマとすることにした。

#### II. 報告会までの準備と当日の発表

##### 1. メンバーの決定

教員が掲げたテーマの1つとして、生徒の希望者を募ったところ、10名の定員に対して18名が希望をしてきた。そこで、その18名に状況を説明した上で再度希望をとり、このテーマで取り組みたい生徒には、その理由と具体的な活動プランを提出してもらった。その結果、丁度10名が提出してきたため、中等科1年生1名、2年生5名、3年生3名、高等科1年生1名のメンバーが確定した。

##### 2. 準備期間の様子

以下の流れで準備を進めた。

###### (1) 事前学習

事前に各自で小水力発電について調べてきたこと、この機会にやってみたいことや学びたいことを共有した。

###### (2) 池周辺の地形の把握と水車の位置の決定

池の水を排水している場所から北に約50m進んだところに約3mの落差のある斜面があったため、そこまで水をパイプで引き、水車を設置することにした。

###### (3) パイプの入手と運搬

学内に地中埋設用の樹脂製電線管が余っていたことから、これを譲り受け、池から水車まで水を引くパイプとして利用することにした。

###### (4) 池から水車までのパイプの設置

池から水車の位置まで約50mあり、最初の約40mは緩やかな下り坂で都合が良かった。しかし、池のオーバーフロー用の排水溝の高さよりも地面が高い位置にあったため、約40mに渡って水が滑らかに流れるように勾配をつけて地面を掘っていき、そこにパイプを設置した。(図1)途中、樹木の根があったため、のこぎりで切断しながら掘り進めていった。



図1 パイプの設置

また、最後の 6 m には、単管パイプを組み合わせた土台を設置し、その上にパイプを渡し、水が勢よく落下するように約 2 m の高低差を確保した。(図 2)



図 2 単管パイプの土台

#### (5) 水車の製作

水力発電用の水車には様々なタイプがあるが、今回は水の流量と落差、そして作りやすさを考慮して開放型上掛水車を採用することにした。

シナ合板と耐水性木工用ボンド、木ねじを使って直径 30 cm、羽の数 9 枚、中心部に自転車の車輪から取り外したハブダイナモ (6 V - 2.4 W) を取り付けた水車を製作した。(図 3)



図 3 完成した水車

#### (6) パイプ先の形状の検討

水車に水を当てるパイプの形状について効率のよい形状を検討した。



図 4 A

1.85 m の高さから水を自由落下させたタイプ

B

パイプを L 字につなげ、先を細くしたタイプ

図 4 の A と B で水車の回転数を計測したところ以下の結果を得た。

A 173 回転/分 B 100 回転/分

A は 1.85 m の高さから水が出てから自由落下によって勢が増すのに対し、B はパイプの先が細くなる部分で水が溜まり逆に勢いが弱まってしまったため、回転数が少なくなったと考えた。よって、今回は A を採用した。なお、B のように垂直にパイプを設置したもののパイプの先を細くしなかった場合には、垂直パイプの内面に沿って水が螺旋を描くように流れ、出てくる水が分散してしまうため、水車は上手く回らなかった。

#### (7) 外灯の設置

水車から約 100 m 離れた通路まで電線を引き、自転車用の LED ライト (1 W) を設置した。後に (9) の発電出力の測定によって 1.61 W の出力があったことからライトを 1 つ追加した。

これによって夜間、学校と寮をつなぐ道を安全に通行できるようになった。(図5)

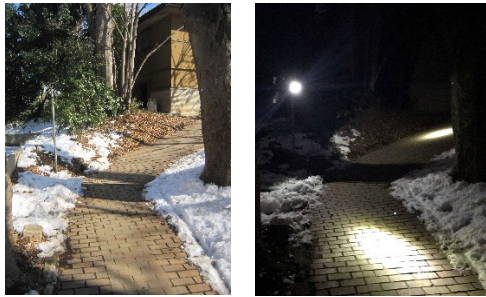


図5 昼間

夜間

#### (8) 全国小水力発電大会の見学

11月1日に東京で行われた第3回全国小水力発電大会にメンバー全員で行き、企業ブースを見学した。来場者の中で中高生は私たちだけだったが、ブースの担当者の方たちは私たちの質問に丁寧に答えてくださり、一般的な小水力発電の仕組みやコストについて学ぶことができた。なお、今回、私たちが採用したパイプ先の形状について質問したところ、直接、水を落下させる方が発電効率は確かに良いが水の衝撃波によって水車が痛み、ランニングコストがかかってしまうため、実際には斜めにパイプを設置しているとのことだった。

#### (9) 発電出力の測定と発電効率の計算

今回の装置でどれくらいの発電量があるのかを調べ、同時に一般的な水力発電の発電効率とどの程度の差があるのかを調べた。

発電出力は以下の式で表される。

$$\text{電力 (W)} = V \times I$$

V : 電圧 3.5V (実測値)

I : 電流 0.46A (実測値)

以上より発電出力は 1.61W となった。一方、水力発電の発電出力は次の式で表される。

$$\text{発電出力 (kW)} = 9.8 \times Q \times h \times \eta$$

9.8 : 重力加速度 × 水の密度

Q : 流量 0.0004m<sup>3</sup>/秒 (実測値)

h : 有効落差 1.85m (実測値)

η : 発電効率

この式に 1.61W (0.00161kW) を代入し、

発電効率を計算すると約 0.23 となった。

水力発電の一般的な発電効率は 0.6~0.85 であることを考えるとかなり低い値となったが、当初、1Wのライトを1つだけ設置していたところをもう1つ追加し、広範囲を照らすことができるようになった。

#### (10) 発表方法の決定と準備

自分たちが学んできたことをステージ発表とポスター発表のどちらで発表するかをメンバーで話し合った結果、ポスター発表で行うことに決まった。その後、内容についても検討し、以下の項目について記載することに決まった。

①タイトル

②メンバー

③テーマ設定の背景

④小水力発電とは

⑤小水力発電のメリット・デメリット

⑥小水力発電装置の全体図 (動画も上映)

⑦小水力発電装置の製作方法

⑧パイプ先の形状について

⑨発電出力の測定と発電効率について

⑩発電のしくみ (発電機の模型も製作)

⑪発電方法 Q & A

⑫設置にかかった費用 (合計 9,092 円)

⑬今後の課題

⑭参考文献

ポスターは B4 用紙に手書きで記入し、それを模造紙に張り付ける形式にした。(図6) この方法によって、それぞれが同時に作業を進めることができ、書き損じがあった際にも模造紙全体を修正する必要がないため都合がよかった。



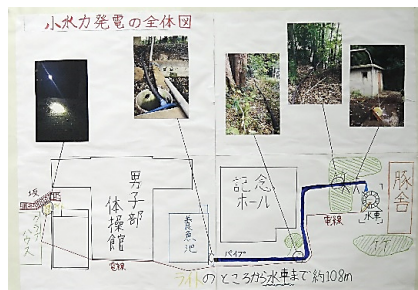


図6 ポスターの一部

報告会直前には、ポスター発表を想定した練習を行い、説明の仕方を向上させた。

### 3. 当日の発表

報告会当日は、午前と午後のポスター発表の時間に合わせて5人ずつに分かれて説明を行った。(図7)



図7 ポスター発表の様子

### III. 今後の課題

ポスター発表の際に挙げた今後の課題は以下の3つであった。

- (1) 水車の改良 (より効率のよい羽の角度)
  - (2) 暴風対策 (パイプから出た水が風にあおられて水車に上手く当たらないことを防ぐ対策)
  - (3) 蓄電システムの製作 (日中は照明が必要ないため、発電した電気をバッテリーに溜める)
- しかし、実際に発電を始めると、それらの課題に加えて水車に水が当たる音を小さくする必要があった。そこで水車の下にスポンジを敷き、水車の周りを板で覆い防音した。

### IV. おわりに

報告会が終わった後、メンバー10名に以下の項

目について5段階で自己評価してもらった。数値はその平均である。

①主体的に取り組めたか	4.2
②小水力発電について説明できるか	4.3
③小水力発電のメリットとデメリットについて説明できるか	4.5
④基本的な発電の仕組みを説明できるか	3.8
⑤ポスターセッションでお客様に適切な説明ができたか	4.3

①②③⑤について比較的评价が高かったのは、希望者がメンバーになったことや各自で小水力発電についてのレポートを作成したこと、事前に発表の練習をしたことや自分たちの取り組んできたことを知ってもらいたいという気持ちがあふれていたことが背景にあったと思われる。

一方、④について比較的评价が低かったのは、中等科2年以下の6名が授業で電気の分野を習っていない中での取り組みだったことや発電した電気でも照明をつけることを優先したため、理論的なことを学ぶ時間を十分に確保できなかったことが原因として考えられる。

今回、私自身にとっても初めての経験で、生徒とともに学びながらの取り組みであったが、毎日がワクワクとした楽しい準備期間であった。パイプに水が通ったときの喜びや夜間照明がついたときの感動を生徒と共有できたことはとても幸せなことだった。何らかのプロジェクトを達成するために、必要な知識や技術を学んでいくプロセスは、自然な学びのあり方だと改めて実感した。今回の経験を生徒たちが日常の学びに生かしてくれることを願っている。そして、私自身もそのような学びをし続けていきたいと思っている。

### V. 参考文献

- (1) 大人の週末工作 自分で作る自家発電  
中村昌広著 総合科学出版 2013年
- (2) トコトンやさしい再生可能エネルギーの本  
石原顕光著 日刊工業新聞社 2012年
- (3) もんじゅ君とみる！よむ！わかる！みんなの未来のエネルギー  
もんじゅ君著 河出書房新社 2012年