

## 環境に配慮したマイクロ水力発電機の研究Ⅱ

三島市立佐野小学校

6 年 森川結太

### 1 動機

私の住む三島市は水の都百選に選ばれるほど水がきれいで、水が豊富な場所と言われている。私は、この豊富な水資源を観光だけでなく発電に利用することが可能なのではないかと考えた。昨年は現地の水圧や流速、流量を測り、私の設計した斜め型水車でも発電ができるということが分かった。そこで、前回より高性能な発電機（以下ハブダイナモ）に変えた場合に、どのような結果になるのかという疑問が生まれた。

### 2 目的

従来型の下掛け水車と新たに開発した斜め型水車の性能比較試験を行う。

### 3 方法

#### (1) 実験 1 の方法

ベルヌーイの法則に基づき水圧測定器を試作した。<sup>1)</sup>そして、国土交通省の測定方法を参考にして、流速測定器も試作した。<sup>2)</sup>各地点に水圧測定器と流速測定器を設置し、そのデータをもとに水圧と流速を標準化した。

##### ア 水圧測定器

水圧測定器は、水道管用のジョイントに 45 cm の塩ビパイプと透明チューブを取り付けて作成した。塩ビパイプの取水口を川の上流に向け、水面から水が持ち上がった高さを測定した。測定した水圧の最小値と最大値の平均を計測地点の水圧とした。

##### イ 流速測定器

測定地点に横幅が約 25 cm、縦幅が 2 m の長方形になるように支柱を 4 本立て、2 m の間にロープを張りガイドにした。支柱は川の上流に向かって垂直になるように設置した。上流からピンポン玉を流し、支柱の縦幅 2 m を通過するまでの時間を計測した。この方法は、国土交通省の流速測定の方法を応用した。計測した時間から、速度 (m/s) を計算した。

#### (2) 実験 2 の方法

シマノ製ハブダイナモ（型番 DH - UR700 - 3D）を使用し、三島市白滝公園の中の川の 4 地点に設置した。各測定地点では、下掛け水車、(図 1) 斜め型水車 (図 2) の順番で、交互に

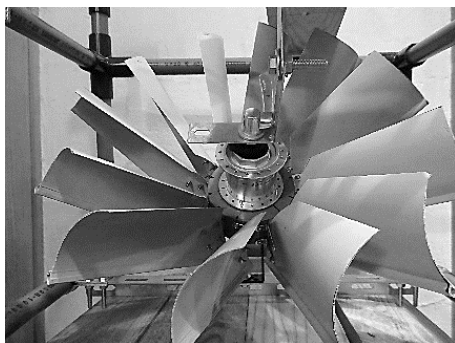


図 1 下掛け水車の写真

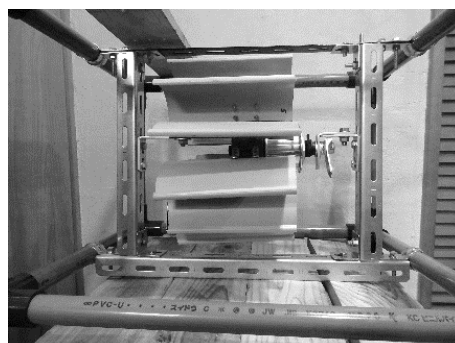


図 2 斜め型水車の写真

設置し、実験を行った。10 分間の電圧の変化を計測し平均化した値を各地点での電圧とした。そして、各地点での下掛け水車と斜め型水車の電圧を比較した。また、流速と回転数を測定し、比較した。

### (3) 実験 3 の方法

1 L の水を 1 m の高さから水車の羽根に落とし、水が落ちきるまでの時間と、発電した電圧および電流を測定した。その電圧と電流の積から電力量（仕事量）を求めた。電力量は J（ジュール）に変換し、発電効率を求めた。時間計測は、水が落ちきるまでの時間をストップウォッチで計測した。

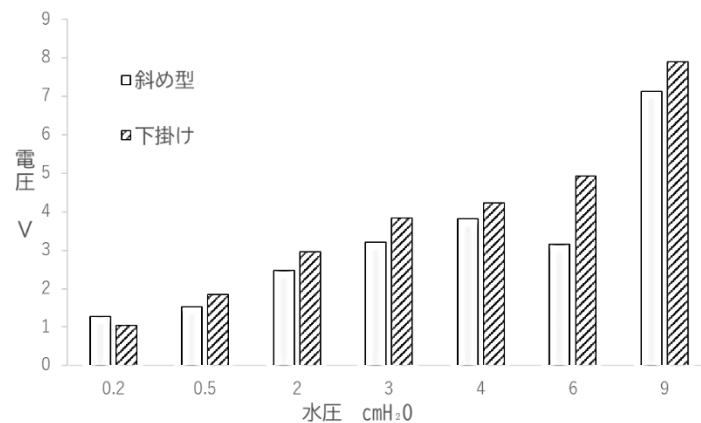
## 4 結果

### (1) 実験 1 の結果

試作した水圧測定器と流速測定器で実際に計測することができた。水圧と電圧は比例関係にあった。水圧が 1 cm H<sub>2</sub>O 上がると、流速は、0.10m/s 上昇した。相関係数は 0.85 であった。相関係数は、Microsoft Excel®で算出した。

### (2) 実験 2 の結果

水圧と電圧は比例関係にあった。（グラフ 1）水圧 0.20 cm H<sub>2</sub>O を除く地点では、下掛け水車の方が発生する電圧が平均 785mV 高かった。また 0.20 cm H<sub>2</sub>O の地点では斜め型水車の方が平均 240mV 高かった。



グラフ 1 斜め型水車と下掛け水車における水圧と電圧の関係

また、流速と回転数は比例関係にあった。斜め型水車は、流速が 1 m/s 上がると、回転数は 210.77 rpm 上がった。下掛け水車は、流速が 1 m/s 上がると、回転数は、216.90 rpm 上がった。

### (3) 実験 3 の結果

抵抗値が 1 k  $\Omega$  の時、発電量は、斜め型水車が 0.85mW、下掛け水車が 1.58mW であった。発電効率は、下掛け水車が 0.07%、斜め型水車が 0.03% であった。

## 5 考察

今回の実験は、私が設計した斜め型水車と従来型の下掛け水車との性能の比較を行い、性能の差を明らかにした。また、その性能差はどのような項目と関係があるのかも明らかにした。

### (1) 実験 1 について

実験 1 で水圧と流速は比例するという結果が得られた。流量は流速と川幅と水深をかけたもので、流量が増えると流速も上がる。このことから、水圧と流速が比例したことは妥当であると考え。その測定精度も相関係数が 0.85 であったことから精度は実用に耐えうると考える。

## (2) 実験 2 について

実験 2 で下掛け水車が斜め型水車よりも高い電圧を発生した。その関係は、電圧は水圧に比例し、水圧は流速と相関し、回転数は流速に比例するという関係により電圧は回転数に比例すると考えられる。実際に、実験 2-2 で同じ流速でも下掛け水車のほうが発生する電圧が高くなった。それは、水車の軸と羽根の先端との距離が短いことにより、効率よく回転しているためと考えられる。また、実験 2 で水圧が 0.20 cm H<sub>2</sub>O の地点では、斜め型水車のほうが高い電圧を発生した。それは、斜め型水車は一回転にかかる力が 70g と下掛け水車の 100g よりも 30g 少なかったことにより、0.20 cm H<sub>2</sub>O という少ない水圧でも回転できたためと考えられる。実際には、実験中に下掛け水車は止まってしまうこともあったことから、この仮説を裏付けている。

## (3) 実験 3 について

実験 3 では、実験 1・2 での仮説が正しいのか、確かめるために実験を行った。水の位置エネルギーで発電し、そのエネルギーのうち何%が電気に変換できたのかを計算した。計算結果から、下掛け水車のほうが、効率が良いことが分かった。しかし、実験 2 の予想では、約 1.7 倍の効率の差になることを予想していたが、実験 3 では約 2.3 倍の差になっていた。その要因は、実測では、水の抵抗やうねりが影響したため、差が縮まったと考えられる。

そして、一般的な小水力発電機の効率は 80%ほどとされている。今回、私が試作した水車の効率は 0.03%と非常に低い。これでは、実用的ではないと考える。

そのため、水車の効率を上げていく必要があると考える。具体的には、①羽根の材質、②羽根の形状、③摩擦、④水のもつエネルギーそのものをより効率良く使えるようにする、⑤水を整流化し乱流による抵抗を減らすなどが考えられる。

## 6 結論

実験 1 から 3 の結果から以下のことが分かった。

- (1) 水圧と電圧は比例しており、相関係数は、0.85 であった。
- (2) 斜め型水車と下掛け水車では、下掛け水車のほうが回転効率が良く、電圧が高い。しかし、水圧が 0.20 cm H<sub>2</sub>O の時は斜め型水車の電圧のほうが高かった。
- (3) 発電効率は、下掛け水車が 0.07%と斜め型水車の 0.03%を上回った。しかし、実用化されている水力発電機の効率 80%よりは非常に低く、発電効率を高めていかななくてはならない。

## 7 今後の展望

今回、私は自分の研究を通じて、世界のエネルギーについての現状について学ぶことができた。これからは、今使用している発電機の変更や、羽根の形状、羽根の材質などの様々なパターンを組み合わせる実験し、水車の効率を研究し実用性を高めていきたい。また、コスト削減のために廃材や間伐材などを活用していきたいと考えている。

また、三島市の郷土資料館の資料によると、昔は粉挽き小屋や精米所の動力源に水車が使われていたようであり、私は水車が人々の生活を支えてきた歴史があることを学んだ。そして、水力発電機はまだ可能性を秘めており研究を続けて行くことで三島市にまた水車のある風景や、水車とともにある暮らしを復活させることや、二酸化炭素を出さない再生可能エネルギーの拡大にも貢献できると考えている。

## 8 引用参考文献

- 1) 機械設計エンジニアの基礎知識 | 設計・3DCAD・製図・金型等, 流体力学ベルヌーイの法則 : <https://d-engineer.com/fluid/bernoulli.html>
- 2) 国土交通省, 川の防災情報 : <http://www.river.go.jp/kawabou/reference/index03.html>