

環境に配慮したマイクロ水力発電機の研究

三島市立佐野小学校

5 年 森川 結太

1. はじめに

三島市には市街地を縦横に流れる多くの川があり、水資源として有効活用できる可能性がある。私は、この多くの水資源を利用した水力発電機を作ることができれば水の続くかぎり安定した電力として利用することができるのではないかと考えた。

本研究では、第 1 段階として、実際の小川の流速、水圧、流量を測定し、レゴブロック®を用いて水力発電機の試作機を 1/2 サイズで作製し、この実験装置を用いて仮想環境下で条件を変えて実験した。第 2 段階として、第 1 段階のデータをもとに実物大の水力発電機を作成し、実際の小川で実験した。水力発電機で目標とする電圧を発電させることができたので報告する。

2. 測定、実験装置と実験場所および方法

【第 1 段階】 実際の小川（静岡県三島市大宮町 1 丁目 1 白滝公園）の流速、水圧、流量の測定結果をもとに、レゴブロック®を用いて仮想実験装置（1/2 サイズ）で実験する。

・実際の小川での計測

- (1) 実験材料：塩化ビニルの回転軸、水車の羽根用アクリル板、水圧測定用アクリル板 10×10cm、耐水ロープ、レゴブロック®、ピンポン玉、自転車用ダイナモ
- (2) 測定機材：シンワバネばかり、非接触式回転計
- (3) 流速、流量、水圧、ダイナモを回転させるために必要な力の測定方法
各地点の出発点 X から終点 Y までの距離 2 m とする。
ア 水路の流速：出発点 X からピンポン玉を流し終点 Y に着くまでに要する時間を測定する。
イ 流量：出発点 X からピンポン玉を流し終点 Y に着くまでに要する時間を測定する。出発点 X の川幅と深さを測定し、流量を計算する。
ウ 水圧：シンワバネばかりとアクリル板を耐水ロープで繋ぐ。各地点に上記を流し、バネばかりのメモリを計測する。
エ ダイナモを回転させるために必要な力：ダイナモにシンワバネばかりを接続し、バネばかりを引いたとき、ダイナモが 1 回転するまでに必要なグラムを測定する。

・レゴブロック®を用いた実験装置上での実験方法と計測方法

- (1) レゴブロック®を用いて 1/2 サイズの水力発電機を試作する。
- (2) 白滝公園の水路で測定した水量を実験装置上で再現する。
- (3) 水力発電機に使用する水車は塩化ビニルの軸とアクリル板を用いて試作し、効果的な羽根の枚数を調査する。
- (4) 実際の水路で測定した水圧から、実際の水車を回すために必要な水圧を予測し、必要な羽根の面積を計算する。
- (5) 水車の回転数の計測は、非接触式回転計を用いた。

【第 2 段階】

- (1) 実際の小川に水力発電機を設置し、デジタルマルチテスターを用いて電圧を測定する。
ア 水力発電機材料：塩ビパイプ 20×0.5M、ステン金折 2×15×20×40 穴径 4.5 φ、散水用 HI 三

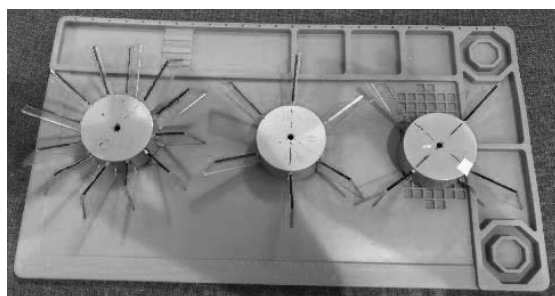
股継手、8 mmネジ、パイプバンド、8 mmナット、M4×20 ネジ、3 mmネジ、M4×10 ネジ、3 mmナット、M3×15 ネジ、アクリル板 10×10cm、M4 ナット、耐水ロープ、自転車用ダイナモ
イ 電圧の測定方法：デジタルマルチテスターのダイヤルを 200 mV に合わせ自転車用ダイナモに繋ぐ。水車を設置しデジタルマルチテスターの画面を動画で撮る。動画を見て計測する。

- (2) 設置した場所の水圧を測る。(第一段階と同様の方法)
- (3) 実験結果から改良方法を考える。

3. 第1段階の結果

2019 年 9 月 29 日午前 11 時 晴れ、白滝公園の水路の水圧の平均は $11.34\text{g}/\text{cm}^2$ で最小値は $4\text{g}/\text{cm}^2$ であった。流速の平均は $4.23\text{m}/\text{sec}$ であった。このデータから計算される流量平均は $83.89\text{mL}/\text{sec}$ であった。最大値は $150.13\text{mL}/\text{sec}$ 、最小値は $60.69\text{mL}/\text{sec}$ であった。

実験装置は実際に作成予定のマイクロ水力発電機をレゴブロック®を用いて 1/2 スケールで再現した。したがって、実験装置内の水量も実際の 1/2 を想定し、平均水量の 1/2 である $40\text{mL}/\text{sec}$ とした。加えて、調査結果で最も水量が多かった地点の水量 $150.13\text{mL}/\text{sec}$ も約 1/2 の $70\text{mL}/\text{sec}$ で再現した。水車の羽根の面積と枚数について、仮想実験装置で実験を行った。その結果、水車の羽根は、4 枚では流量が $40\text{mL}/\text{sec}$ の時は平均 15.45rpm 出すことができ、流量が $70\text{mL}/\text{sec}$ の時は平均 30.35rpm 出すことができた。12 枚では流量が $40\text{mL}/\text{sec}$ の時は平均 8.5rpm 出すことができ、流量が $70\text{mL}/\text{sec}$ の時は平均 25.1rpm 出すことができたことがわかった。



4. 第1段階の考察

水圧が想定したよりかなり少ないことがわかった。もっとも水圧が低い地点では $4\text{g}/\text{cm}^2$ であった。水力発電機を様々な環境に対応できるようにするか、最低の条件に設定するなどの検討が必要だとわかった。レゴブロック®を用いた実験装置上で、水車の羽根と水圧の関係を調べるために、羽根の枚数を変えて試作機を作成した。12 枚が効果的であることがわかった。水車の構造について、羽根を 30 度上方に傾け、水車自体を 30 度傾けた。その理由は、水車を水面に対して、水平に配置した場合、水で水車を押ししているとき、同時に反対側は水の抵抗を受けることとなる。その結果、ゆるやかな小川の場合、水車が回らない可能性があったため除外した。また水車を水面に対して垂直に配置すると、水車は回る可能性があるが、水車の高さが高くなり、深さも深くなければいけなくなり、景観に配慮し小川に設置するという目的から逸脱してしまうため除外した。その中間をとって、羽根を 30 度上方に傾け、水車自体を 30 度傾けるという水車の構造にした。水車の羽根の高さと幅については、水圧を $4\text{g}/\text{cm}^2$ とした場合の水車の羽の幅と長さの関係を導き出した。ダイナモにかかる力は式 1 を用いて計算した。

式 1 から、ダイナモの軸からのダイナモの端までの距離が 3 cm であり、この位置でダイナモを回転させるために必要な力をバネばかりで測定した結果 700g であった。

$$\text{式 1 : } D \times A1 = S \times A2$$

D: ダイナモにかかる力 A1 : 支点から作用点の距離
S: 羽根にかかる水圧 A2 支点から力点までの距離

1 cm ごとに式 1 にあてはめて計算し、 700g を超える羽根の長さと幅の組み合わせを導き出した。その結果、今回は長さ 14 cm と幅 6 cm の組み合わせを選択した。

5. 第2段階の結果

2019年12月25日正午晴れ、白滝公園の様々な水路の水圧を測定した。白滝公園での測定地点の水圧の最小値は 1 g/cm^2 で、最大値は 3.5 g/cm^2 であった。平均値は 2.1 g/cm^2 であり、1枚の羽根にかかる力は 415.8 g で、想定していた1回転するのに必要な水圧約 700 g よりも、 284.2 g 足りなかった。しかし、水車はどの測定地点でも回転し、発電することができた。各測定地点での電圧にはばらつきがあり、最低値は 1 mV であり、最大値は 18090 mV であった。

6. 第2段階の考察

試作したマイクロ水力発電機を実際に小川に設置した結果、水車が回転し、発電することができた。今回の水圧の最高値である 3.5 g/cm^2 でも前回の最低値 4 g/cm^2 よりも低く前回の最低値 4 g/cm^2 を基準として作ったこの水車では回らないはずであった。しかし、実際にはどの測定地点でも水車は回転し発電することができた。その要因について検討した。実際に小川に設置した水車を観察した結果、水流に対して羽根は1枚だけでなく3~4枚が同時に水流に接していた。すなわち、水流に対して1枚だけでなく、常に3~4枚が接していることから約3から4倍の力となり、 2.1 g/cm^2 でも 1663.2 g の力を生み出すことができたのではないかと考える。その結果として、十分に水車を回すことができたのではないかと考える。このことから、羽根の長さや幅についても、様々な組み合わせを検討できる可能性があることがわかった。また、第1段階は9月に第2段階は12月に行ったが、3か月経っているため、水量や水圧などが変わっている可能性があることもわかった。測定を行った白滝公園は湧水が多い場所であり、季節による変化や気象による変化も考慮する必要があることがわかった。

今後の課題について、今回の実験では電圧が 1 mV の測定地点もあり、実用レベルまでいかない測定地点もあったことから、より小さい川でも発電できるように様々な条件で実験し、まだ試していない羽根の長さや幅の組み合わせを試していく必要がある。今までの水圧の測定方法は今回のように測定結果が変わってしてしまう可能性があるため、より正確な水圧の測定方法を考えていく必要がある。将来的には持続的に発電が可能かを検証していく。また、発電量の測定方法はデジタルテスターだと変わる瞬間で誤差が出やすかったため、より持続的かつ正確に測ることのできる測定方法の検討が必要である。

7. 結論

研究結果から以下の組み合わせは水車の構造として適切であり、マイクロ水力発電機の開発と実用化は可能であると考ええる。

- (1) 水車の羽は回転軸に対して30度傾ける。
- (2) 回転軸は水面に対して30度傾ける。
- (3) 水車の羽の枚数は12枚
- (4) 水車の羽の面積は $6\text{ cm} \times 14\text{ cm}$

しかし、羽根の長さや幅についても、様々な組み合わせを検討できる可能性があることがわかった。今後改良していくときには、水に当たる羽根の数は1枚ではなく、3~4枚だと考えて設計していくことが重要であり、水にあたる羽根の枚数と羽根の長さ、幅についてさらに様々な組み合わせを検討することで、より効率的な水力発電機が開発できる可能性がある。また、発電量の測定や水圧の測定方法は誤差が出やすかったため、より持続的かつ正確に測ることのできる測定方法の検討をし、持続的な発電が可能かどうかを検証していく。現段階では発電方法の検討までしか研究が進んでいないが、次の段階として環境に配慮した水車の材料や外観についても検討していきたいと考えている。

