

# 高効率水車を探究するエネルギー環境教育教材の開発と改良

八戸工業高等専門学校 正会員 ○小屋畑勝太  
八戸工業高等専門学校 正会員 南 将人

## 1. はじめに

次世代の技術者を育成する大学・高専などの高等教育機関では、人材育成における産業界からの要請に応えるため、ED (Engineering Design) 教育や PBL (Program Based Learning) 教育など、様々な取り組みが行われているが、実践されている事例は少なく、今後さらに実践的技術者を養成するための教育教材の充実が必要である。

筆者らは、小規模な水力エネルギー開発地点を利用したピコ水力発電を題材として取り上げ、実践的技術者を育成するためのエネルギー環境教育教材<sup>1)</sup>を開発した。この実験装置では、回転数のみで水車の出力評価を行っており、発電量によって出力評価を行う実験装置に改良することが今後の課題となっていた。

そこで、本研究では、これまでに製作した開発した実験装置において、課題となっていた上記の改良を加え、動作確認と性能評価を行った。

## 2. 本実験教材の概要

### 2.1 実験内容

本実験は水車効率を大きく左右する“水車の位置”、“水車周辺の導水壁”、“羽根角度”を「高効率化のための3条件」と位置付け、PDCA (Plan-Do-Check-Action) サイクルに従い、この3条件を最適化する実験である。

具体的には、まず理想的な3条件の予想と流量・水頭から得られる水車出力を算定する (Plan)。次に、実際に測定装置において3条件を設定し、水車出力を測定する (Do)。さらに、この出力結果を分析・評価 (Check) する。そして、さらなる効率向上を目指し、この結果を3条件の修正作業にフィードバック (Action) する。このように、本教材は学生が試行錯誤を繰り返し、高効率水車について探究する教材である。(図-1)

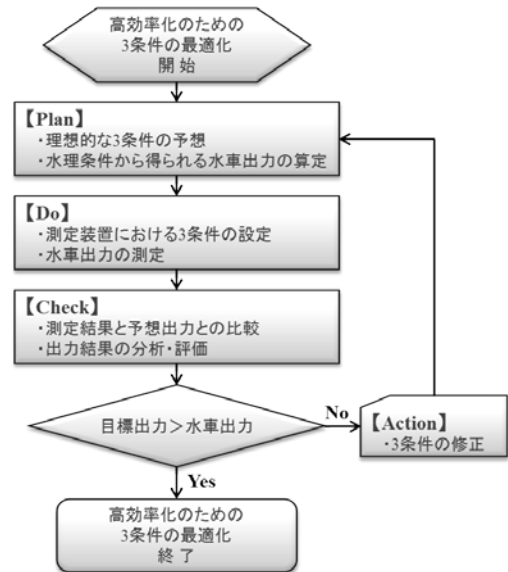


図-1 実験内容のフローチャート

### 2.2 実験装置

本装置は、羽根枚数 12 枚、直径 25cm、高さ 20cm の「垂直軸クロスフロー水車」である。(図-2)

水車上部・下部に配置したレールにより、水車の位置を調整することができる(①)。また、3種類のコンクリートブロックにより、様々な導水壁形状を再現することを可能としている(②)。そして、水車上部に羽根角度調整リングを設置し回転ギアを回すことにより、12枚の羽根角度を一元的に管理できる仕組みとした(③)。

このように、“①水車の位置”、“②水車周辺の導水壁の配置”、及び“③水車の羽根角度”の「高効率化のための3条件」を自由に設定できる実験装置となっている。

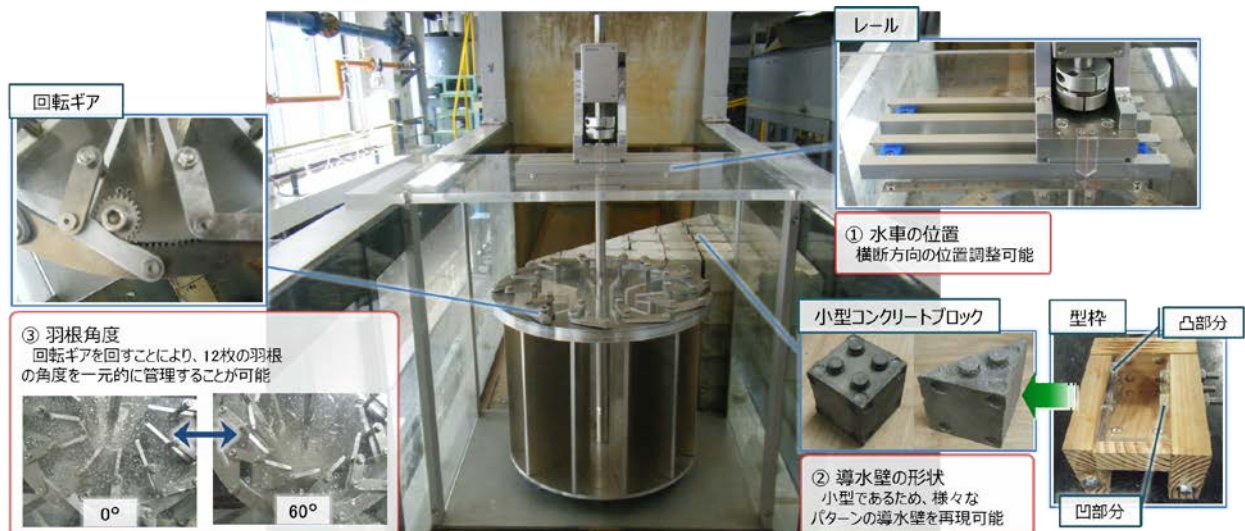


図-2 実験装置の特徴

キーワード クロスフロー水車, エネルギー環境教育, 教材開発, PBL 教育

連絡先 〒039-1192 青森県八戸市田面木字上野平 16-1 TEL:0194-27-7314

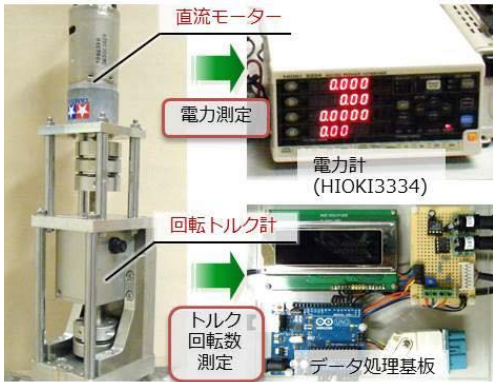


図-3 実験装置の改良

### 3. 実験装置の改良

これまで開発した実験装置は回転トルク計を用いた回転数のみで出力評価を行ってきた。この出力評価方式は、設定された条件の相対的優位性は評価することができるが、実際に得られる電力エネルギーを評価することができない。自然エネルギーから電力エネルギーを回収するプロセスを学習する教材にするため、発電機を設置しそれに関わる測定機器を整備するなど実験装置の改良を行った。発電機としてDCモーター (TAMIYA 製 540K75) を取り付け、発電された電力を測定する電力計 (HIOKI 製 3334) を接続し、水車出力を電氣的出力値で評価する実験装置とした。(図-3)

一方、この実験装置の改良に伴い発電機を接続したことにより、トルク測定が不安定になるという問題が生じた。この問題は、コギングトルクによるトルク脈動に起因するものだと考えられる。そこで、回転トルク計のデータ処理基板にオペアンプを組み込み、入力信号の解像度を高めた。さらに、データ処理のソースコードを修正し、測定結果のバラつきを低減させた<sup>4)</sup>。

### 4. 水車性能解析

以上、改良した実験装置の動作確認と性能評価のため、実際に実験室開水路に設置して性能解析を行った。その一例を以下に示す。

設定条件は、表-1 に示した CASE 1~3 の導水壁配置パターンにおいて羽根角度 30° に固定し、右岸 (-5cm) から左岸 (+5cm) まで水車の位置を変化させた。この結果得られる有効電力を図-4 に示す。なお、水理条件は水路幅 40cm、流量 0.167 m<sup>3</sup>/s、水路勾配 1/50 とし、発電抵抗負荷は 0 Ω である。これらの導水壁設置ケースでは、「CASE2>CASE3>CASE1」の順に高い出力が得られた。CASE2・3 のように、下流側に導水壁を設置することにより、より効率的に流水が水車羽根に作用していることが分かる。さらに CASE2 と CASE3 を比較すると、CASE2 が水車の円弧に沿って水が流れるのに対し、CASE3 は水車羽根に十分に作用せずそのまま流下してしまう。そのためより効果的に流水を水車羽根に作用させることができる CASE2 が高い出力が得られたと考えられる。

このように、このケースの他にも水車性能試験を行い、「水車の位置」、「水車周辺の導水壁の配置」、及び「水車の羽根角度」の「高効率化のための3条件」によって、様々な出力結果が得られることが確認された。一方、今回採用した DC モーターでは、発電効率が最大で 30% 程しか得られなかった。この水車の出力特性に適した DC モーターの選定については、今後さらに検討が必要である。

表-1 水車性能解析における導水壁設置例

名称	CASE 1	CASE 2	CASE 3
上流側導水壁	45° - 30 cm (共通)		
下流側導水壁	なし	45° - 10cm	30° - 10cm
導水壁配置イメージ図			

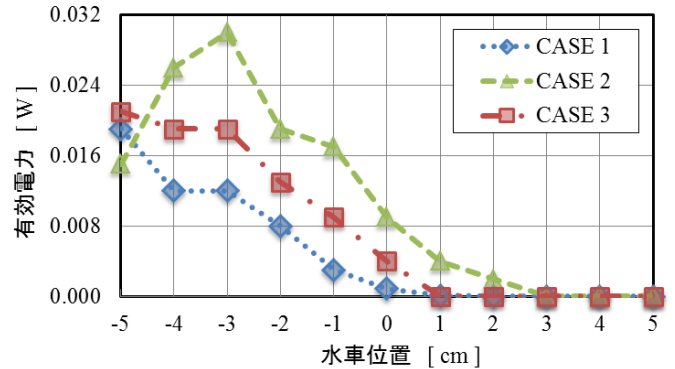


図-4 導水壁の配置と水車位置の違いによる有効電力の変化

### 5. まとめ

本研究から得られた結果と今後の課題は、以下の通りである。

1. 発電機として DC モーターを取り付け、水車の出力評価を電氣的出力値で評価する実験装置に改良した。
2. 改良した実験装置において水車性能解析を行い、「水車の羽根角度」、「導水壁」及び「水車の位置」によって、様々な出力結果が得られることが確認された。
3. 今回採用した発電機では、発電効率が最大 30% 程度と低いため、水車の出力特性に適した発電機の選定について、再検討が必要である。

さらに、実際に学生実験において本教材を実践し、アンケート調査等を通じて、本教材の教育効果について検証していく予定である。

### 謝辞

本研究を実施するにあたり、日本学術振興会科学研究費補助金奨励研究 (研究代表者: 小屋畑勝太, 課題番号: 25910024) の助成を受けた。ここに記して謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 小屋畑勝太, 藤原広和, 南将人, 矢口淳一, 垂直軸クロスフロー水車をモデルとしたエネルギー環境教育教材の開発, 土木学会東北支部技術研究発表会概要集, II-79, 2013.
- 2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構, マイクロ水力発電導入ガイドブック, 2003.
- 3) 工藤正彦, 中小水力発電の今後と開発に向けた課題, 土木学会誌, 88 (2), pp.25-26, 2003.
- 4) KEITHLEY 社, 高感度測定ハンドブック (第 6 版).