

水理模型実験による水車性能予測手法の精度検証

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 学生会員 小野 光太郎  
 八戸工業高等専門学校 竹内 幸司  
 八戸工業高等専門学校 正会員 南 将人

1. はじめに

東日本大震災により多くの企業が操業停止・廃業に追い込まれ、非常時の被害を最小限に抑えるためのリスク管理体制の強化に向けた対応が求められている<sup>1)</sup>。また、近年の地球温暖化問題やエネルギー枯渇問題への対応に向けて、再生可能エネルギーの普及が必要である。このような背景のもと、工場排水を利用した水力発電装置の設置プロジェクトが行われた。2015年の本プロジェクトでは水理模型実験の手法を用いて試作した水車モデルの性能評価を行うことにより、最適な水車の羽根形状及び最適な水車の設置位置を明らかにした<sup>2)</sup>。また、この結果に基づき設計開発された円形管路用下掛け水車が現地放水管に設置された。(図1)

本研究ではこの設置された実機水車の実証試験を行い、実機水車の性能を評価する。そして、この実機水車と水車モデルの性能を比較分析することにより、水理模型実験による実機水車の性能予測値の妥当性について検証することを目的とする。

2. 研究方法

2.1 水車設置対象地点の水理条件と水力発電装置

水車を設置する現地放水管は直径  $\phi=1.2\text{m}$  の円形断面水路であり、流出口地点において2段階で  $17.5^\circ$  ずつ勾配が変化する円形断面水路である。水車設置地点における流れの水理条件を表1に示す。水理模型実験ではこの水理条件をフルード相似則に基づき、放水管模型(縮尺  $\lambda=1/6$ )に再現している。また、本研究で対象とする水車は8枚の円弧羽根を有し、水車中央部に2枚の補強板が設けられている(図2、表2)。

2.2 水車性能の評価方法

水車出力  $P_t[\text{W}]$ は回転数  $N[\text{rpm}]$ とトルク  $T[\text{N}]$ を用いて、式(2)により算出される。

$$P_t = \frac{2\pi TN}{60} \quad (2)$$

この水車出力  $P_t$ と理論水力  $P_w$ の比から水車効率  $\eta (=P_t/P_w)$ を算出し、水車の性能評価の指標に用いた。実機水車の実証試験では発電機の負荷を段階的に変化させ、回転数と水車効率の関係から性能曲線を作成した。



図1 水力発電装置(左:水車モデル、右:実機水車)

表2 水車モデルと実機水車の形状寸法

	径 $D$ [mm]	幅 $W$ [mm]	スリット $S$ [mm]
水車モデル	150	150	15
実機水車	900	900	90

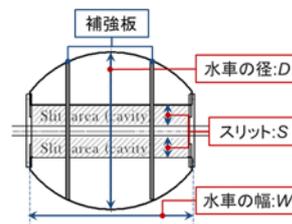


図2 水車の各部位名称

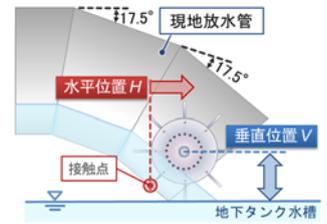


図3 水車位置の定義

表1 現地放水管と放水管模型における流れの水理条件

	管径 $\phi$ [m]	水深 $h$ [m]	流速 $v$ [m/s]	流量 $Q$ [m <sup>3</sup> /s]	理論水力 $P_w$ [W]
現地放水管	0.20	0.0447	1.39	0.00729	7.05
放水管模型	1.20	0.268	3.41	0.643	3730

キーワード：小水力発電，工場排水，円形管路，下掛け水車，実証試験

連絡先：〒039-1192 青森県八戸市田面木字上野平16-1 八戸工業高等専門学校 教育研究支援センター 小屋畑 勝太

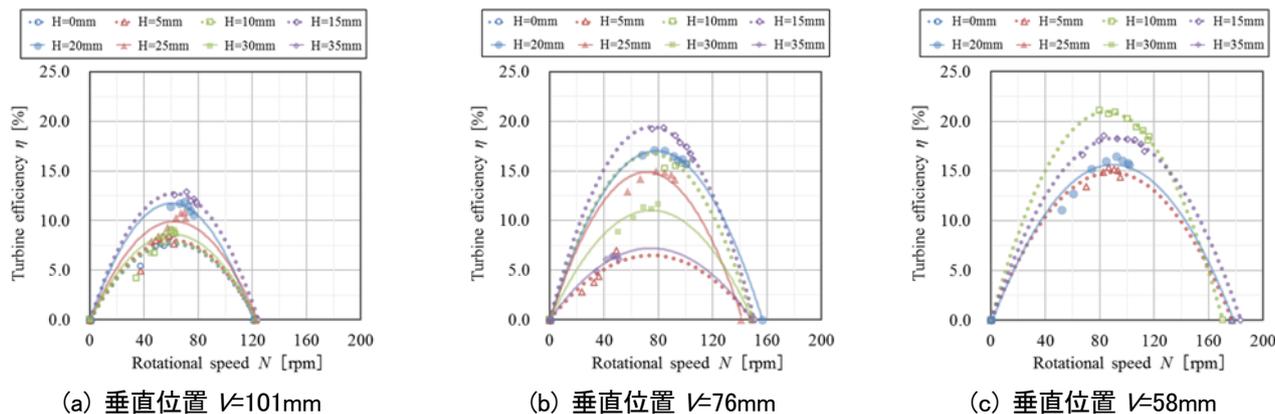


図4 各水車位置における水車モデルの性能評価結果

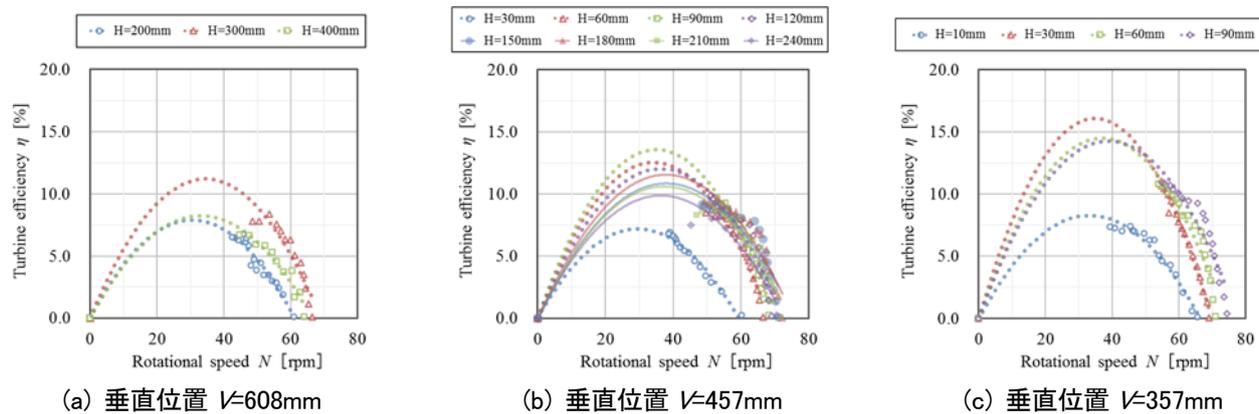


図5 各水車位置における実機水車の性能評価結果

### 3. 結果

実証試験ではこれまで行った水車モデルの性能評価と同様に水車位置を変化させ、各水車位置における水車性能を評価した。水車位置の定義を図3に示す。ここで垂直位置  $V$  は地下水槽の水面から水車軸中心までの距離である。また、水平位置  $H$  は水車と水路が接触した位置からの移動距離である。

各水車位置における水車モデルの性能評価結果と実機水車の性能試験結果を図4と図5に合わせて示す。両試験結果ともに高い垂直位置では水車効率が小さく低い垂直位置ではより大きい水車効率が得られた。また、水車と管路が近い水平位置 ( $H=0\text{mm}$  付近) では水車効率が低下し、管路から水車をやや離れた水平位置においてより高い水車効率が得られた。このような水車位置による水車効率の変化は水車モデルと実機水車ともに同様な傾向を示した。したがって、水理模型実験は水車の出力特性を把握することが可能であり、最適な水車の設置位置を決定する際に有効であると言える。しかしながら、水車モデルと実機水車の水車効率は最大 5%程度の差があることが確認された。この差異の要因としては水車と放水管をモデル化する際、

モデルの相似的な再現が不十分であったと考えられる。具体的には、放水管内面の粗度違いによる流速の相違、水車作製の簡略化による水車羽根形状の相違、水車重量の相違等が挙げられる。

### 4. まとめ

本研究では実機水車と水車モデルの性能を比較分析することにより、水理模型実験による実機水車の性能予測値の妥当性について検証した。この結果、水車モデルと実機水車の水車位置による水車効率の変化は同様な傾向が得られた。しかし、水車モデルと実機水車の水車効率は最大 5%程度の差があることが確認された。水理模型実験により実機水車の性能を予測するためにはモデル化する際の再現性が水車性能にどのように影響するかについて、さらに検討する必要がある。

### 参考文献

- 1) 丸谷浩明：東日本大震災の教訓を踏まえた事業継続計画(BCP)改善への提言，土木学会論文集 F6(安全問題)，Vol.67，No.2，pp1-10，2011。
- 2) 小野 光太郎，小屋畑 勝太，南 将人：円形管水路用下掛け水車の出力特性，平成 27 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集，II-62，2016。