

開放水路用低落差上掛け水車発電システムの開発

Development of Overshot Waterwheel Generation System for Open Canal at Low head Locations

○小林 久*, 後藤 眞宏**, 岡村 鉄兵***

KOBAYASHI, Hisashi, GOTO, Masahiro and OKAMURA, Tepei

はじめに

農業用水路の落差工などを利用する実用可能な小水力発電システムのモデルを開発するために、環境省地球温暖化対策技術開発事業として、1)低落差開放水路用上掛け水車発電システム、2)水車製造プロセスの標準化及び製品化、3)水車性能試験・評価による規格化に関する技術開発に取り組んだ。この技術開発の中で、開放水路の低落差に適合する3タイプの上掛け式水車発電設備を設計・試作し、1つのタイプについて性能試験を実施したので、その概要を報告する。

1. 水車の設計と製作

(1)設計の前提と方針

既存の農業用水路の縦断線形、構造、付帯施設、流況等の調査に基づき、施工性や設置可能地点数などの観点から、設置適地の条件を、落差：1.0m～2.0m程度、流量：水路幅1m当たり0.05～0.2m³/s、流速：0.3m/s～2.0m/s程度（ただし、急勾配の用水路に対応する落水利用も考慮）に設定し、次のような3タイプの水車を設計・製作することとした。

- ・1号機：直径2.0m、流速1.0m/s、最大流量0.2m³/s（一般的上掛け水車、流量に応じて流速、水深が変化する流れを想定）
- ・2号機：直径2.0m、流速0.5～2.0m/s、最大流量0.2m³/s（水深が一樣で、流速が変化するゲート通過後のような流れを想定）
- ・3号機：直径1.0m、流速2.0m程度/s、最大流量0.2m³/s（開放型クロスフロー型、落水による水車流入を想定）

(2)水車の概要

性能試験は1号機（図1）について実施した。1号機は、流量0.1m³/s、流速1.0m/sの流入水の流線解析に基づき、水の流入角を受ける円弧形状

の24バケットからなる水車として設計した。内径は、想定する周速から設計流量（0.1m³/s）を4バケットに分割するものとし、1バケット当たり0.025m³以上/バケットとなるように、バケット内径/水車径を0.795（内径159cm）とした。

設計回転数は、設計流量（0.1m³/s）を放出開始高（1/4、50cm）高さのバケット内水量から求めた0.0216m³/バケットで飲み込むために使われるバケット数（0.1m³/s/0.0216=4.76バケット）から、11.6rpmとした。設計出力は、設計流量0.1m³/s、回転数11.6rpm、効率80%として、約1.57kWと見積もった。

設計した水車は、図1のように6種類の部材から構成される水車としてステンレス鋼で製作した。

2. 性能試験

(1)試験設備

水車性能試験は、図2に示すように水路・水車・動力伝達の試験施設を設置し、流量調整試験、流量別水深・流速計測、水車流入時試験などの予備試験を行って、水路特性や水車起動特性を確認したのち、発電～負荷回路設備、計測機器を設置して実施した。

(2)試験結果

性能試験は、流入水路の終端を水車軸上に設定して実施した。

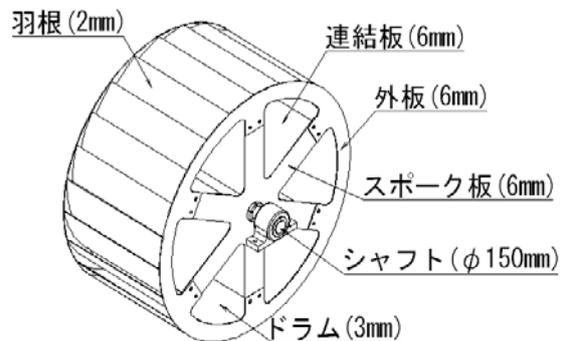


図1 水車1号機の構成

*茨城大学 (Ibaraki University), **農村工学研究所 (NIRE), *** (株) 篠田製作所 (SHINODA Co., Ltd.)

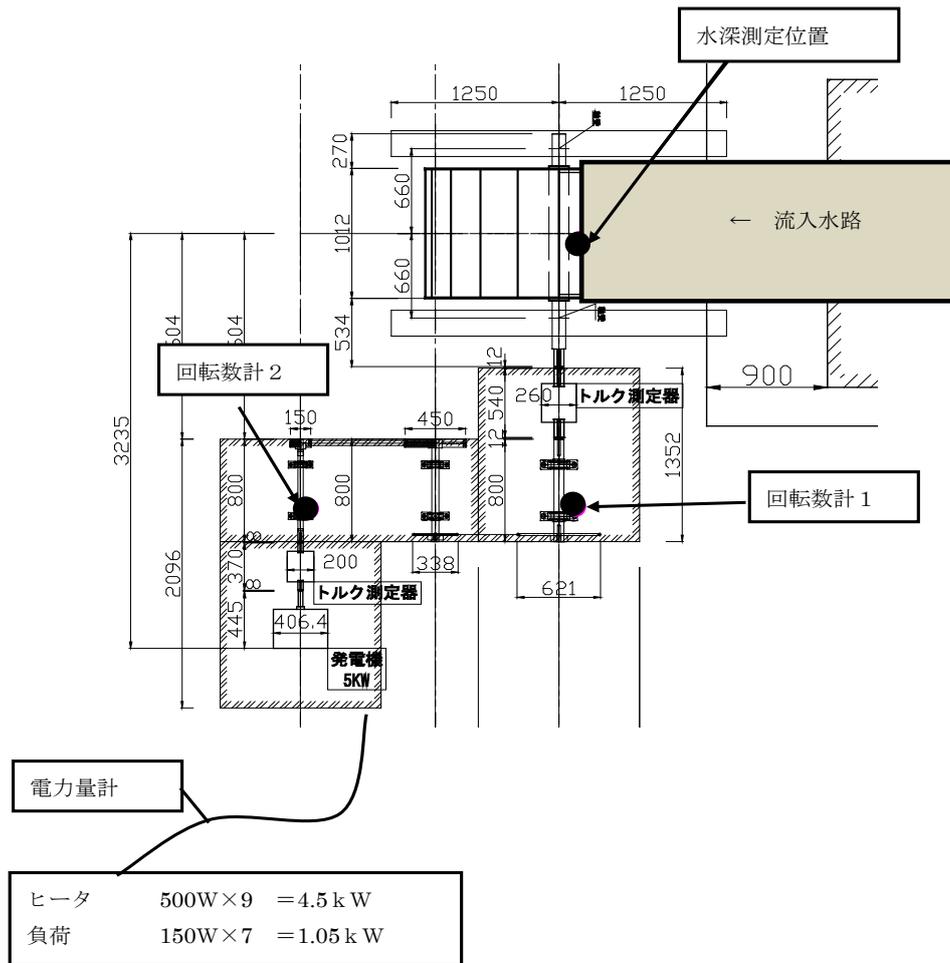


図2 試験設備概要

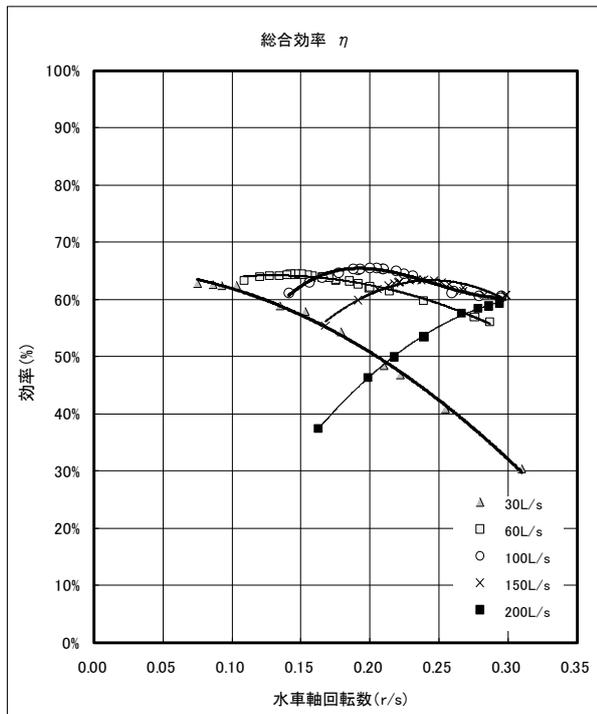


図3 総合効率 (発電電力/理論水力)

水車軸出力の最大値は設計流量の $0.1\text{m}^3/\text{s}$ のとき 12rpm で 1.68kW、 $0.2\text{m}^3/\text{s}$ のとき 18rpm で 3.15kW となった。発電までの総合効率は図3のように、設計流量($0.1\text{m}^3/\text{s}$)のとき 12rpm で 65.4%、 $0.2\text{m}^3/\text{s}$ のとき 18rpm で 59.4%となった。

性能試験結果は表3のようにまとめられ、製作した水車は概ね設計通りの性能であると評価された。また、試験結果から、水路終端の流速調整、水路敷高と水車天端の落差の低減、水車軸の反りを解消することにより、水車軸出力を数%向上・改善できる可能性があると考えられた。

表1 試験結果総括

諸元	設計仕様	試験結果
流量	$0.1\text{m}^3/\text{s}$	$0.1\text{m}^3/\text{s}$
回転数	11.6rpm	12rpm
水車出力	1.57kW 程度	1.68kW
流速	1.00m/s	1.44m/s
効率	水車	80%
	増速機	70%以上