

1. はじめに

自然エネルギー利用の観点から様々な発電方式が検討されており小水力発電もその一つとして挙げられる。その賦存量は理論式を使って推計されているが、落差が得られる箇所の選定や、河川の流れに与える影響等を考えると実際に発電できる量は不確かであり依然として検討が必要である。前報¹⁾では、構造が簡単で落差がさほどない場所でも設置可能な開放型水車で実験を行い、流れのエネルギー変化と発電量の関係について基礎的な検討を行った。本報では、前報の課題を改善するとともに実河川での設置について考察した。

2. 実験概要

実験装置概略を図 1 に示す。開水路には水車の幅にあわせて側壁を設置した。実験では水車と水路床との隙間を変化させた場合と、堰を設置した場合の 2 つの条件で流れのエネルギー変化と発電量を計測した。

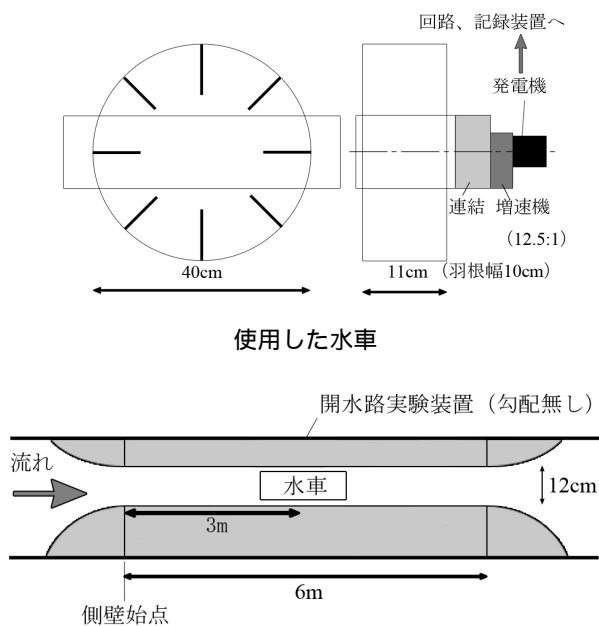


図 1 実験装置概略

3. 実験結果

3.1 水車の有無による流れの比較

水車を設置した場合と設置しない場合の水頭の変化を図 2 に示す。速度水頭は平均流速から求めた。水車を設置すると、上流側で水位が上昇し水頭もやや高くなった。回路負荷を無負荷、20Ω、15Ω、10Ω、5Ωで変化させた時の発電量を図 3 に示す。5Ωが最も高い。

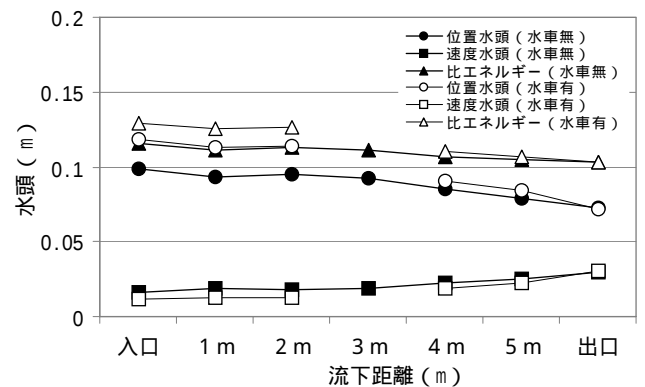


図 2 水車の有無による水頭の変化

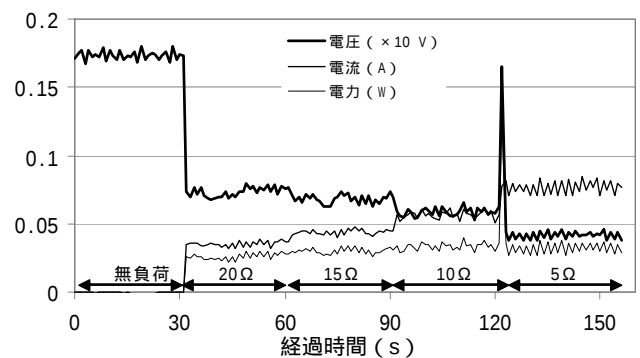


図 3 回路負荷と発電量

3.2 水路床との隙間を変化させた場合

流し掛け水車の場合、水車の抵抗が大きいと流れが羽根をよけて力を発揮できない。このため前報で側壁を設置したが、側面同様に水路床と羽根の隙間も力の伝達に影響を与えと考えられる。そこで本報では水車の設置高さと同様に水路床と羽根の隙間も力の伝達に影響を与えと考えられる。そこで本報では水車の設置高さと同様に回路抵抗を変えた場合の水車前後の水深、流速の変化を計測した。位置水頭と速度水頭（流速計による値）から求めた水車前後 1m の損失水頭を図 4 に、同時に計測した発電量を図 5 に示す。抵抗を変えても発電量にさほど大きな違いは見られなかった。この内 20Ωの各隙間の損失水頭と発電量の関係を図 6 に示す。隙間 55mm では発電量が低く、発電量が高いのは 10、15、20mm で、20mm は損失も小さい。

3.3 堰を設置した場合

流し掛けでは流れが持つ力を有効に活用しにくい。そこで水車の前に堰（上底 8 cm 下底 14 cm 高さ 2cm の台形）を設置した状態で実験を行った。流量は $4.26 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ である。各水頭を図 7 と図 8 に示す。比エネルギーが増加した箇所は計測誤差が原因と考えられる。

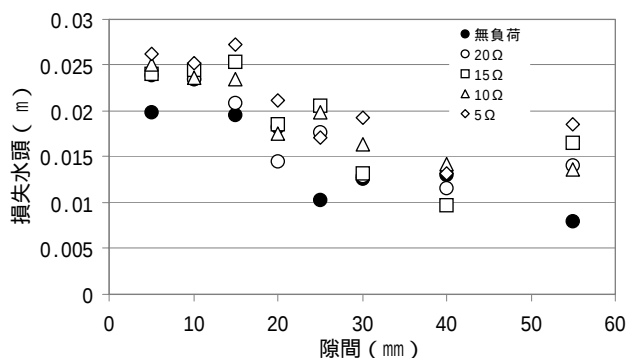


図 4 隙間と損失水頭の関係

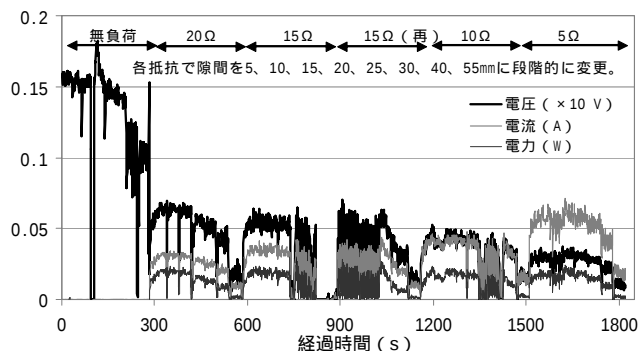


図 5 負荷と隙間を変化させたときの発電量

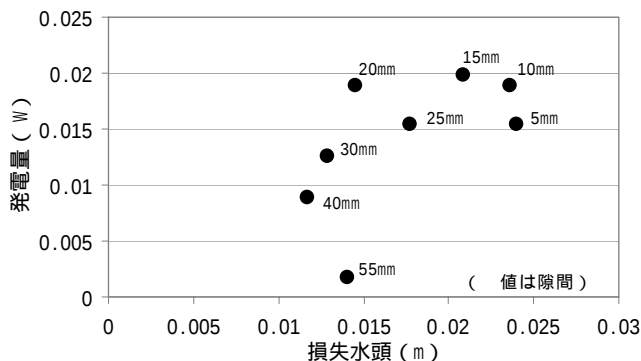


図 6 隙間と発電量の関係 (負荷 20Ω の場合)

3.4 発電効率と水車効率

以上を踏まえて、堰を設置し隙間を変化させ実験を行った。発電量は隙間 10mm、抵抗 10Ω の条件で大きい値となった。これを一例として水力発電出力の式²⁾において損失水頭を有効落差と見なし計算した。

$$P = \rho \times g \times h \times Q / 1000 \quad \dots (1)$$

但し、P: 発電出力[kW]、 ρ : 水の密度[1000kg/m³]、g: 重力加速度[m/s²]、h: 有効落差[m]、Q: 流量[m³/s]。発電出力 0.842W、発電量 (30 秒平均値) 0.0189W、発電効率 2.45% となった。水車効率は次式で計算できる³⁾。

$$\eta = L / L_{th} \quad \dots (2)$$

$$L = 2\pi NT / 60 / 1000 \quad \dots (3)$$

但し、 η : 水車効率、L: 水車出力[kW]、 L_{th} : 理論出力[kW] (式 1 の発電出力 P に相当)、N: 軸回転数[回/分]、T: 水車軸にかかるトルク[Nm]。水車効率は概算ではある

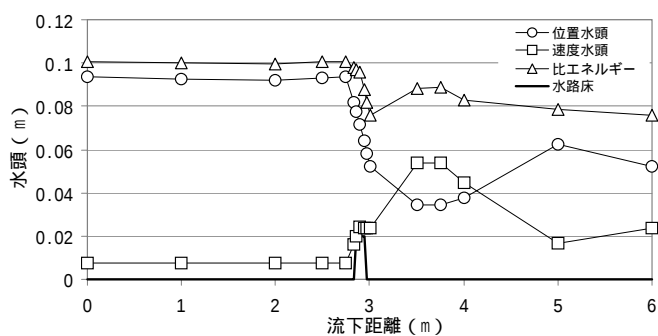


図 7 堰を設置したときの水頭の変化 (水車無し)

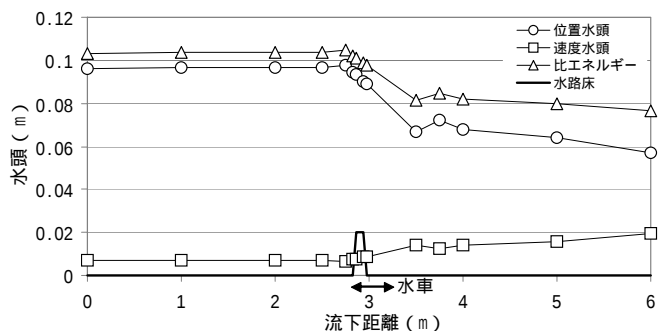


図 8 堰を設置したときの水頭の変化 (水車有り)

程度の値であり発電装置側の改善が有効と考えられる。

3.5 実河川データでの考察

2008 年に崇城大学が行った熊本県木山川水系の調査では流量を計測した⁴⁾。下流域での流量 10~15m³/s を今回の結果に単純に当てはめると有効落差 0.02m として発電量は 1.99~2.98kW となる。但し、下流域は河川幅が広く水車を効率よく設置するのは難しいと思われる。中流部は流量 1m³/s と少ないが流れも比較的速く水車の設置に適していると思われる。

4. おわりに

開放型水車による小水力発電について前報の改善を試み、流れ損失と発電量を検討した。現時点では一般的に採用される方式に比べて発電量が小さく相応の量を期待するのは難しいと思われるが大きな落差が無い場所でも設置可能である等、目的や使い方によっては有用性、優位性を見出すこともできるものと思われる。引き続き羽根の形状を変える等の改善を試みるとともに身近な中小の実河川での試行実験を予定している。

《参考文献》1) 森下聖太, 上野賢仁: 下掛け水車による小水力発電に関する基礎的研究, 西部支部研究発表講演概要集, pp.991-992, 2012. 2) 逸見次郎: 21 世紀のクリーンな発電として 小水力発電 (原理から応用まで), p.14, パワー社, 2007. 3) 出水力: 水車の技術史, p.46, 思文閣出版, 1987. 4) 崇城大学エコデザイン学科: 木山川水系水質調査報告書, 2009.