

下掛け水車による小水力発電に関する基礎的研究

崇城大学 学生会員 ○森下聖太 正会員 上野賢仁

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いる。小水力発電もその一つであり、文献によっては、理論的な賦存量も見積もられている[1]。しかしながら、実際に発電可能な量については未知数であり、河川の流れに与える影響等についても検討が必要と思われる。本研究では、水車の模型実験を行い、水理学的なエネルギー量及び損失を計算するとともに、発電量を測定して比較することにより基礎的な検討を行った。水車の種類としては、発電量は期待できないとされるが設置が容易で、また構造が簡単であるため実験結果の理論的考察がし易いと思われる下掛け水車を採用した。

2. 実験概要

実験装置概略を図1に示す。また、使用した水車を図2に示す。実験には水理実験用の開水路を使用した。開水路に幅が狭い水車をそのまま設置しても回転しないため、流れが水車幅になるようにガイドを設置した。表1に実験条件を示す。下流ゲートを調整し、ガイド前後の流れの状態を2条件として、水車1台の場合と2台の場合について、水車の位置を変えて実験した。

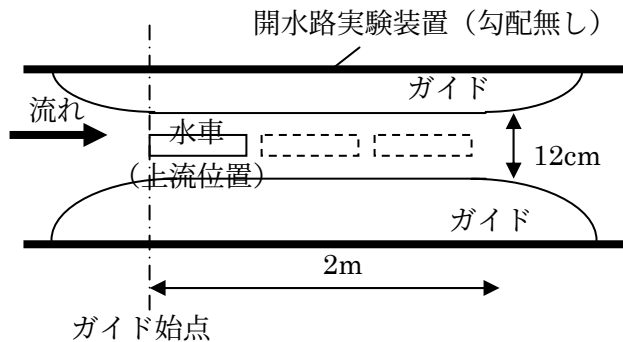


図1 実験装置概略

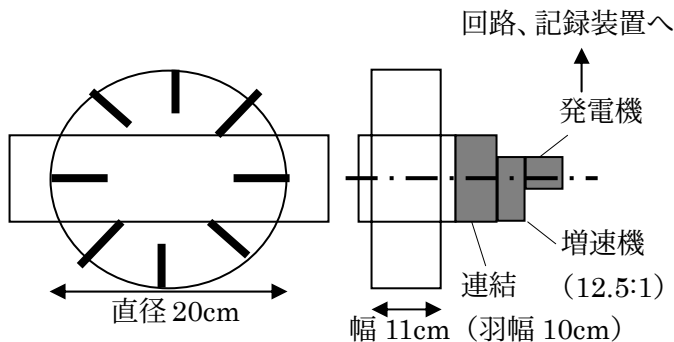


図2 使用した水車（材質：5mm厚アクリル）

表1 実験条件

実験名	流れ	水車の数	水車の位置
EXP.A0	常流→常流	水車なし	—
EXP.A1	〃	1台	上流位置
EXP.A2	〃	〃	中流位置
EXP.A3	〃	〃	下流位置
EXP.A4	〃	2台	上中流位置
EXP.A5	〃	〃	中下流位置
EXP.A6	〃	〃	上下流位置

※「常流→射流」の実験も同様に EXP.B0～EXP.B6。

3. 実験結果

図3に水車がない場合の水深を示す。また、図4に水深0.6Hの流速と、平均流速を示す。なお、開水路の流量は0.00359m³/sであった。ガイド下流では、流れの中心部の流速が速くなっている。

図5、図6に、水車1台を上流位置に設置したときの結果を示す（EXP.A1）。水車がない場合と比較すると、水車前で水深が上昇し、流速も低下している。

下流部が射流になるようゲートを調整した「常流→射流」の実験結果については、これらの結果と比較して、ガイド区間での大きな差異は見られなかった。

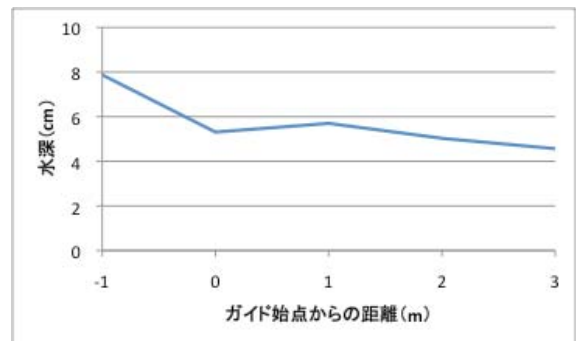


図3 水深の変化（水車なし。EXP.A0）

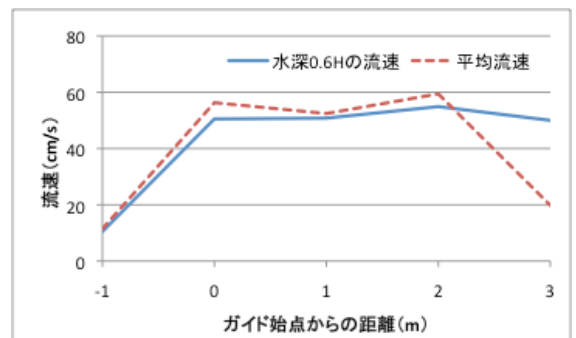


図4 流速の変化（水車なし。EXP.A0）

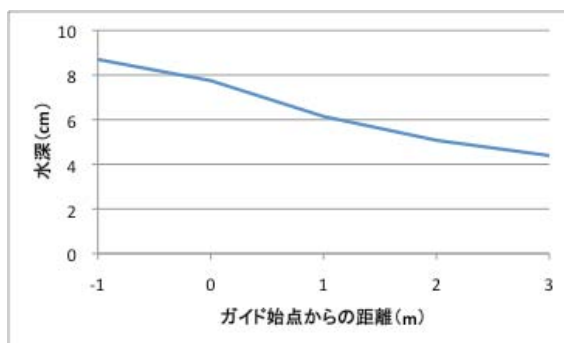


図5 水深の変化（水車1台。EXP.A1）

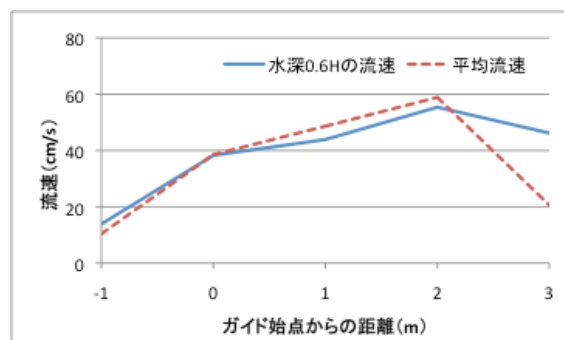


図6 流速の変化（水車1台。EXP.A1）

以上の計測結果をもとに計算したエネルギー（水頭）を比較したものを図7に示す（「常流→常流」のみ）。水車が無い場合のA0では、ほとんど損失は無いが、水車を1台設置したA1～A3では1cm程度の損失が生じた。また、2台設置したA4～A6では2～3cm程度の損失が生じ、1台当たりの損失は増大している。なお、これらの損失はガイド区間だけであるため、本来はガイド設置自体の損失も重要になる。

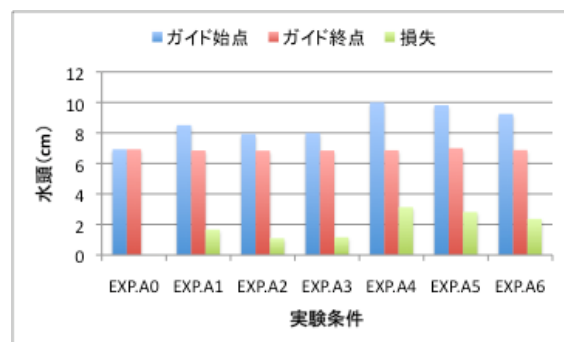


図7 流れのエネルギー変化（条件：「常流→常流」）

図8に発電量の一例を示す（EXP.A2）。発電量は、無負荷の状態と、20Ω、15Ω、10Ω、5Ωの負荷について30秒ごとに切り替えて電圧と電流を計測して求めた。図9に負荷20Ωの時の発電量の10秒間平均値を示す。例えばEXP.A2の発電量は9mW程度である。ここで単純に、水車による損失水頭を、次の発電出力の式[2]

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

但し、P：発電出力〔kW〕、g：重力加速度〔m/s²〕、h：有効落差〔m〕、Q：流量〔m³/s〕

の有効落差と見なし、流量とともに当てはめると0.386Wとなり、発電効率は2.33%となる。このように低い値になるのは、水車では増速機が大きな動力負荷となることが原因の一つであると考えられる。図10は、エネルギー損失と発電量の関係のみたものである。この図から、A2、A3の効率が比較的良好なことがわかる。

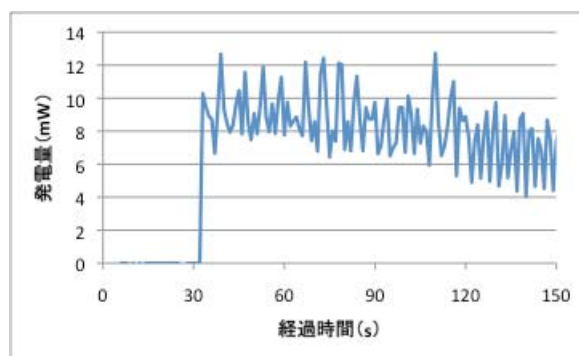


図8 発電量計測の一例（EXP.A2）

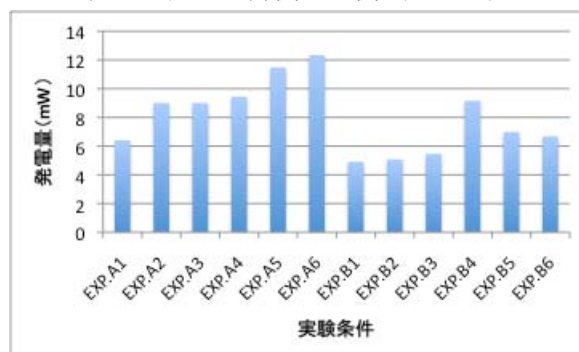


図9 発電量の比較（負荷20Ωの10秒間平均値）

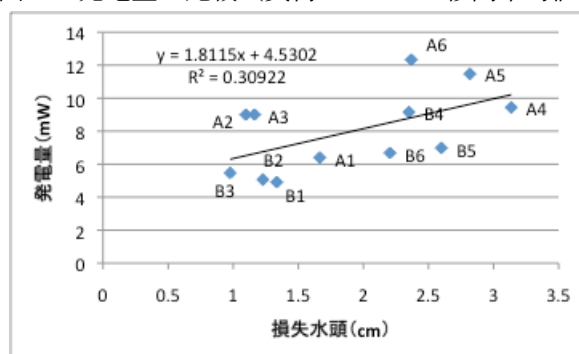


図10 エネルギー損失と発電量の関係

4. まとめ

下掛け水車の実験装置を用いて、流れのエネルギー変化と発電量について検討した。この結果を単純に適用することはできないが、今後は引き続き、実河川での発電可能性等について試算を試みる予定である。

参考文献 [1] 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. [2] 同上, p.21.