

2 連結水車の水車間距離に関する水理模型実験 Hydraulic Model Test on the Distance between Water Wheels of Joint Current Water Wheel

中川 歩紀* ○小島 信彦*

Ibuki Nakagawa* Michihiko Kojima*

1. はじめに

現在、地球温暖化、エネルギー問題は喫緊の課題であり、水力、風力、太陽光などの再生可能エネルギーの利用が求められている。これまで全国に張り巡らされた農業用水路網における小水力発電の多くは余剰落差を利用して行われてきた。流し掛け水車は、水車による堰上げにより有効落差を生み出し発電を行うもので、緩勾配部でも設置が可能である。日本水土総合研究所では出力の向上のために、水車を水路横断方向に 2 つ並べた 2 連結水車を提案し、実験の結果、2 連結水車は水車が 1 つの単列水車に比べ水車幅が 2 倍になるため、堰上げ効果が増して発電出力が大きくなることが示された¹⁾。しかし、水車幅が出力に影響するのであれば単列水車の幅 2 倍にすれば良く、2 連結水車の有用性の証明、水車特性の解明には至っていない。本研究では、2 連結水車の水車間の隙間への流水の流れ込みが出力増大に影響したのではないかと仮説を立て、2 連結水車の水車間距離が出力に与える影響について明らかにすることを目的として水理模型実験を行った。

2. 実験装置

水車模型は半径 0.22m、水車幅 0.20m、水車軸径 0.012m、12 枚羽根(羽根高さ 0.08m)とした。水車は厚さ 0.005m のアクリル板で製作し、水車軸には鋼材を用いた。実験水路は水路幅 0.5m、水路高さ 0.19m の矩形断面水路を水平に設置した。水車間距離は 0、0.02、0.04、0.06、0.08m の 5 通りとした。また、水路側壁に厚さ 0.01m の合板をはめ込み、水車間距離に合わせて水路幅を変更し、水車間距離を変更しても水車と側壁との距離が 0.01m で同一となるようにした(図 1)。

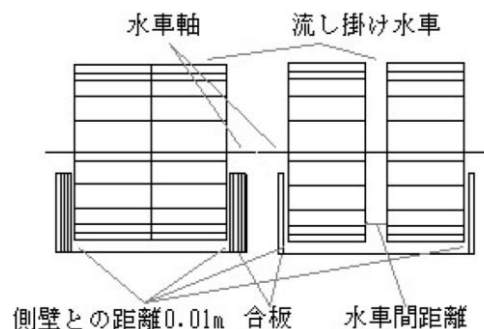


図 1 水車設置図

Fig.1 Installation of Water Wheels
Distance 0m(left), 0.06m(right)

3. 実験方法

図 2 に水理模型実験装置を示した。2 連結水車を設定した条件で設置し、一定の水位下で流量と水車軸への負荷を変化させ、水車の出力を求めた。初期水位は水車半径の 1/2 の 0.11m に設定し、実験流量は流れのフルード数が 0.2、0.3、0.4 の 3 通りとした。水車軸への負荷は 39.2、78.4、117.6、137.2、156.8、176.4N とした。出力は水車の回転数に依存するため、ストップウォッチを用いて水車の 10 回転にかかる時間を計測し、1 分間当たりの回転数(rpm)を算出した。水路水位は水車から上流側、下流

*明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University

キーワード：小水力発電、2 連結水車、水理模型実験

側それぞれ 2.5m の位置においてポイントゲージを用いて計測した。水車出力は(1)式²⁾より求めた。

$$L = Fv = (T/r)v = (T/r)(2\pi rn/60) = Tn/9.55 \quad (1)$$

ただし、 L ：水車出力[W]、 F ：水車に作用する力[N]、 v ：水車外周の速度[m/s]、 r ：水車半径[m]、 T ：軸トルク[N・m]、 n ：回転数[rpm] とする。

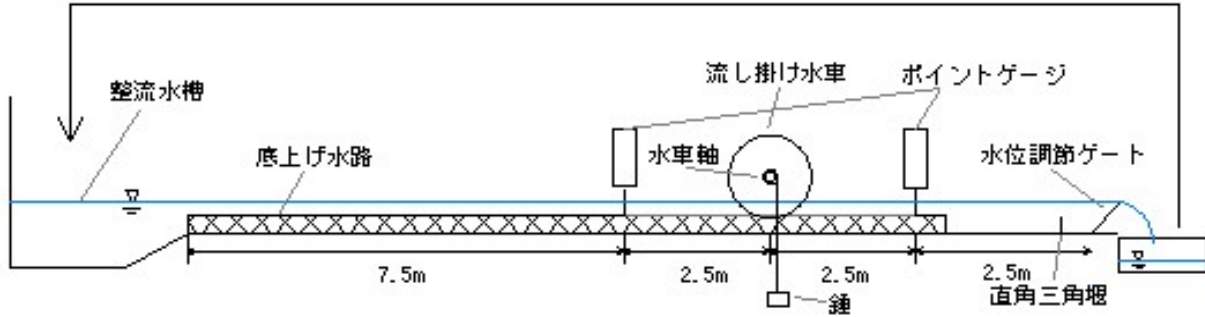


図 2 水理模型実験装置図

Fig.2 Test Apparatus

4. 実験結果・考察

図 3 に水車間距離と実験出力との関係、図 4 に負荷と上流水位との関係を示す。図 3 から負荷の増加により水車出力が増加していることがわかる。また、水車間距離の違いによる出力の差はあまり見られないが、水車間距離が 0.02m、0.04m のときに出力が大きくなっている。一方、図 4 から水車間が完全に閉じている水車間距離 0m の条件で最も上流水位が高くなり、水車間距離が小さいほど上流水位が上昇することがわかる。一般に水車出力は流量と有効落差に依存し、出力は流量と落差に比例して増加するため、落差が大きいほど出力も大きいとされている。そのため、水車間距離 0m の条件は有効落差が大きく、出力も他の条件より大きくなると考えられるが、実際の出力は図 3 の通り水車間距離が開いている条件と違いはなく、開きがある方が出力の大きくなる場合も見られた。このことから、流し掛け水車の出力は落差に比例するとした一般的な出力算定式では評価できない可能性がある。また、水車間に開きのある 2 連結水車は、水車間に開きのない単列水車と比べ出力を下げずに稼働でき、かつ堰上げによる水位上昇も小さく用水の安全な流下を妨げないことから、農業用水路での利用に適していると考えられる。

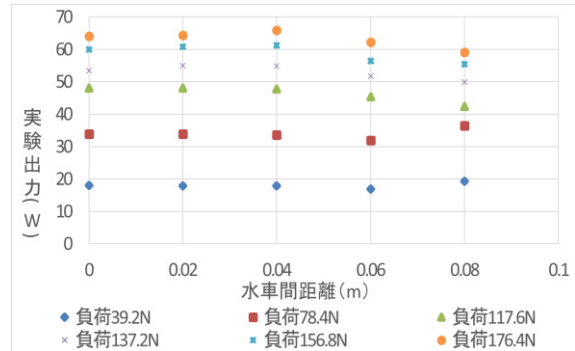


図 3 水車間距離と実験出力との関係 (Fr=0.2)

Fig.3 Relationship between Distance of Wheels and Energy Output

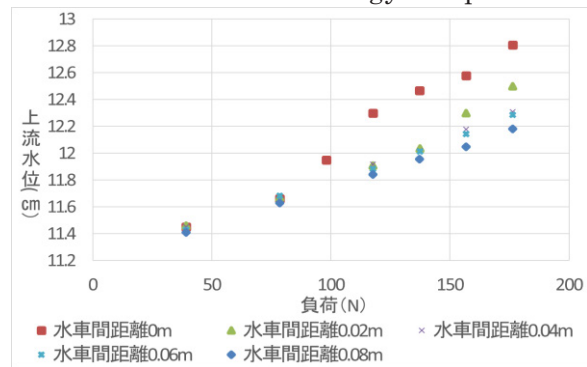


図 4 負荷と上流水位との関係 (Fr=0.2)

Fig.4 Relationship between Load and Water Level of Upstream Channel

<引用文献> 1) 一般財団法人日本水士総合研究所 (2012)：流水利用型小水力発電装置の研究開発、農村の自然エネルギー活用フォーラム 2) 後藤眞宏 (2000)：流し掛け水車の水理特性と流水エネルギー変換技術に関する研究、農工研報告 39 p.161-196