

## 実規模模型実験による灌漑用揚水水車の揚水特性の検討 Study of pumping property on Irrigation Water Wheel by full-scale model experiment

○廣瀬 裕一\* 後藤 眞宏\* 上田 達己\*  
Yuichi HIROSE Masahiro GOTO Tatsuki UEDA

**1.背景と研究目的** 我が国で利用される灌漑用揚水水車（以下、揚水水車）は、主に水車軸に対して平行に筒が設置される V 型と、垂直に設置される H 型に大別できる（図 1）。本研究は、両者の揚水特性の違いを実規模の水理模型実験から明らかにする。

**2.実験方法** 我が国では直径 1.5～2.5m の揚水水車の利用が最も多い。そこで、実験に用いる揚水水車は、倉敷市祐安地区で稼働している揚水水車をモデルに、直径 2.0m、幅 0.8m とした。この揚水水車を幅 1.0m、水路床から水路側壁頂部までの高さ 1.15m となる実験水路に設置した（図 2）。実験条件は、流量を 0.14, 0.23, 0.32, 0.41, 0.50 (m<sup>3</sup>/s)、各流量における水深を水路床から 350, 450, 550 (mm) とし、それぞれの条件で揚水量と水車回転数を測定した。

水深を変化させる理由は、水受板が最も水没する深さ（以下水没深；図 2）が揚水特性に及ぼす影響を検討するためである。水深から 150mm 減じると水没深となる。V 型は、筒の口径や設置角度によって揚水特性が異なる。表 1 に示す 2 種類の口径と 2 種類の長さの合計 4 種類の

筒を 8 個設置した時の揚水特性を検討する。設置角度は、5° から 55° まで 10° ごととし、揚水量の多い設置角度を最適角度と定義する。H 型は直径が同じで高さが異なる、容積が 1.85L と 3.06L の 2 種類の缶をそれぞれ 8 個設置した時の揚水特性を検討する。

**3.V 型の揚水特性** V 型では、既に実験済みの VU75（長さ 400mm）以外の 3 種類について実験を行った。水没深ごとに実験水路のフルード数（以下 Fr）と揚水量の関係を比較したところ、既に報告済みの VU75（長さ 400mm）を含むすべてのケースで、同じ Fr でも水没深が 200mm（水深 350mm）から 400mm（水深 550mm）と深くなるほど揚水量が多いことが明らかになった。そこで、水没深が 400mm での Fr と揚水量の関係（図 3）を見ると、VU50（長さ 400mm）の最適角度は、45° 前後、VU50（長さ 800mm）の最適角度は 15°～35°、VU75（長さ 800mm）の最適角度は 15°～35° であった。この水没深では、実験



V型揚水水車

H型揚水水車

図 1 V 型と H 型の違い

Difference between V-type and H-type

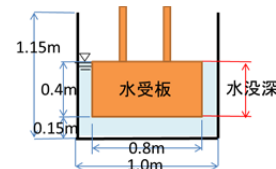


図 2 水車の設置状況と水没深

Installation condition of IWW and  
definition of submerging depth (Sd)

表 1 V 型水車の実験で使用した筒

Bucket used in experiment of V-type

	口径	長さ	容積	備考
VU50	56mm	400mm	0.98L	
VU50	56mm	800mm	1.97L	
VU75	83mm	400mm	2.16L	報告済(最適角度:35~50°)
VU75	83mm	800mm	4.33L	

\*農研機構農村工学研究所（National Institute for Rural Engineering）

キーワード：再生可能エネルギー，揚水量，伝統的農業水利施設

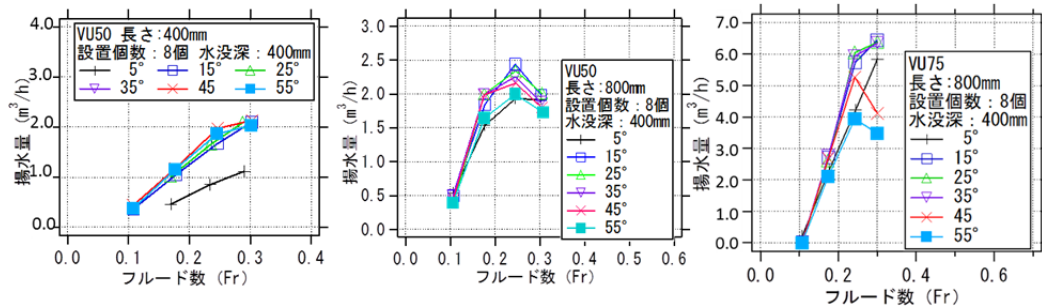


図3 V型のFrと揚水量の関係（水没深400mm）

Relationship between Froude number (Fr) and pumping discharge in V-type (Sd; 400 mm)

済みのVU75（長さ400mm）の最適角度が $35^\circ \sim 50^\circ$ であることを鑑みると、最適角度は、口径に拘わらず筒の長さが短い（400mm）場合は概ね $35^\circ \sim 45^\circ$ 、長い（800mm）場合は $15^\circ \sim 35^\circ$ と考えられた。

**4.H型の揚水特性** H型でも同じFrであれば、水没深が浅い（200mm）時より深い（400mm）方の揚水量が多かった。そこで、水没深400mmでのFrと揚水量の関係を見ると（図4）、缶の容量比が1.66に対して、同一Frでの揚水量比は0.58~1.61となり、容量1.847Lの性能が優る傾向が見られた。

**5.V型とH型の比較** V型とH型の揚水特性の違いは、筒の容積を漏水等のロスなく揚水した場合の「理論上の満水揚水量」に対する「実際の揚水量」の割合と定義する「揚水効率」と実験水路のFrの関係から検討する（図5）。V型の設置角度は、最適角度を代表して長さ400mmで $45^\circ$ 、長さ800mmで $15^\circ$ を用いた。水没深400mmでの結果を見ると、揚水効率は、最高で80%前後であった。V型は、 $Fr \approx 0.2$ を境に、それ以下ではVU50の、それ以上ではVU75の揚水効率が優った。また、両者とも長さが400mmは、800mmより良好な揚水効率を發揮した。他方、H型はFrの上昇に伴い揚水効率が增加した。V型とH型の揚水効率の最大値を比較すると、V型の方が大きい傾向が示された。

**6.考察** 良好な揚水性能の發揮には、筒の設置タイプや筒の寸法に拘わらず、水没深を深くすることが重要であることが明らかになった。揚水効率の最大値は、V型がH型より大きいだが、V型はFrにより良好な性能を發揮する口径が異なる。対してH型はFrの上昇に比例して揚水効率も増加する。よって、Frの変動が大きい水路での利用はH型が、少ない水路ならV型の利用が優れると考えられる。さらに、同一口径では筒の長さが400mmの揚水効率は800mmより優れる傾向が見られた。よって、800mmの筒を利用するより400mmの筒を800mmの筒の個数の2倍設置する方が良好な性能を得られると考えられる。

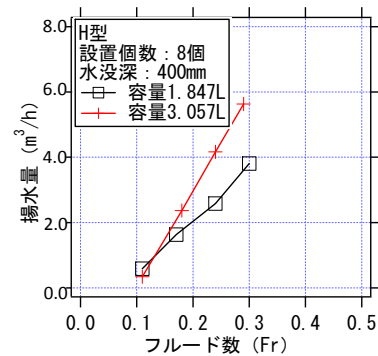


図4 H型のFrと揚水量の関係（水没深400mm）

Relationship between Fr and pumping discharge in H-type (Sd; 400 mm)

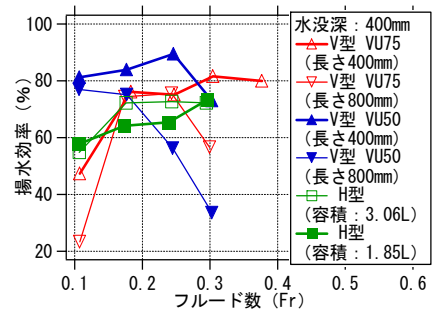


図5 Frと揚水効率の関係

Relationship between Fr and pumping efficiency