

平成 30 年 5 月 14 日現在

機関番号：57501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12654

研究課題名(和文) U型側溝等の極限水力の有効利用に向けたハンディタイプ水車の開発

研究課題名(英文) Development of Handy-type Hydraulic Turbine for Shallow Flow in U-type Gutter

研究代表者

古川 明德 (FURUKAWA, Akinori)

大分工業高等専門学校・その他部局等・校長

研究者番号：30112410

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：U型傾斜側溝等の浅水流の水力に対して水路を堰止めて入口ノズル付きダリウス水車を設置することを提案し、その運転特性と有効利用の可能性を傾斜角が異なる水路に対して調査した。その結果、次の諸点を得た。(1)提案の水車設置により総流下流体エネルギーの20%～30%が発電出力として取り出せる(出力割合は水路傾斜角が小さいほど高い)。(2)水車の落差を適切に評価すれば水路傾斜角に関係なく運転特性が整理できる。(3)垂直形ダリウス水車の高出力化には下流水位に対する没水翼スパン長の最適選定が必要である。(4)傾斜水路での水車設置時には跳水損失を伴うが、落差評価における影響については今後の調査が必要である。

研究成果の概要(英文)：Dammed type Darrieus Turbine with inlet nozzle is proposed for shallow flow in U-type sloped side gutter in the present study. The feasibility of Utilization and the operating characteristics are investigated with various slope angles of gutter. The followings are obtained as results. (1)It's obvious that 20 or 30 percents of total flow energy, which depends on sloped angle of gutter, can be extracted by the proposed turbine. (2)By appropriate selection of head evaluation, the same operating characteristics, being independent of sloped angles, appear. (3)There is optimum length of submerged blade-span for extracting high output power. (5) By installing the dammed type turbine in the sloped side gutter, the flow loss of hydraulic jump appears but the relation between turbine head and the loss have to be further investigated at present.

研究分野：流体工学、機械工学

キーワード：再生可能流体エネルギー 流体工学 流体機械 ピコ水力 傾斜側溝 浅水流 堰止め式ダリウス水車  
跳水現象

1. 研究開始当初の背景

(1) 申請者らは、農業用水路等の低落差水力の利用に、堰止め式入口ノズル付き垂直ダリウス水車を提案し、その設計法や運転法を明らかにした。

(2) U型傾斜側溝は都市部や農村部の至る所に見られるものの、大雨時の排水を目的としているため平常時は浅水流状態にある。が極浅水流ゆえにその流下エネルギーは放置されたままであった。

(3) U型側溝のほとんどは規格化されており、その水力の有効利用できる水車が開発できれば、その普及拡大は大いに期待できる。しかも軽量化を図りポータブル型にしておけば大雨時の溢流やゴミの流下による閉塞問題などに容易に取り外して対応できる。

2. 研究の目的

側溝等の浅水流の水力に対して水路を堰止めてダリウス水車を設置して水車の前後に落差を作ることで出力を得るが、下流水位は浅水流を保つため、下流側を回転通過するときのダリウス翼の一部は非没水となり空転状態となる。そのような運転状況下での(1)ダリウス水車の最適設、(2)水車設置に伴う落差形成様相、(3)側溝水路の傾斜角が水車性能に及ぼす影響、(4)水車運転と水車の非没水様相、(5)下流水位に伴う非没水状態が水車性能に及ぼす影響、等を調査しその有用性を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 浅水流の側溝に堰止め式ダリウス水車を設置したとき上流水位の上昇で上流では全翼スパン長に没水流入するが、下流では浅水流に戻るため翼スパンは非没水となる。それをつぎのように考慮して、次のような結果を踏まえ、ダリウス水車設計を行った。

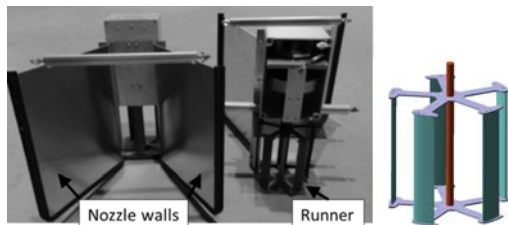


図1 供試水車

<1>反りなし対称翼(1/2 弦長点で弦長がピッチ円に接する翼姿勢のもと)のほうがピッチ円に沿った反り翼より上流側での発生トルクが大きいこと、<2>水車直径に対することで発生トルクが増えること、<3>翼弦長とピッチ円半径との比 ( $I/R$ ) 0.30から

0.45とすることで発生トルクが増えることから反りなし対称NACA0018翼5枚を持つ  $I/R=0.4$  で直径150mm、翼スパン長150mmの供試水車(図1)を用いた。

(2) 供試水車を透明アクリル樹脂で製作した矩形断面の水路に設置し、その水路傾斜角を  $0^\circ$  (水平)~ $9.5^\circ$  まで変えて、水車性能(流量、流速、水車回転数、出力等)を計測した。流下流量は10L/s一定とした。

(3) 傾斜角  $9.5^\circ$  の水路に水車を設置した時の水面図と様相写真を図2、図3に示す。

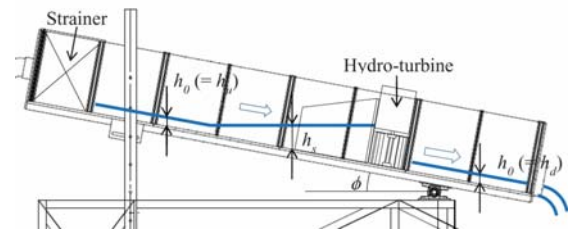


図2 水路図

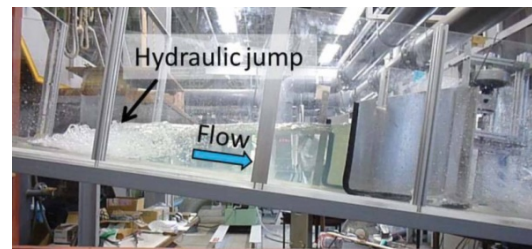


図3 流下様相写真

4. 研究成果

(1) 側溝を流下する流れは、傾斜角  $0.3^\circ$  以上では射流状態となる(図4)。その状態はマンニングの式で予測される。射流流下時に水車を設置すると跳水を常流状態となり、水車直前の上流は水位が増える。

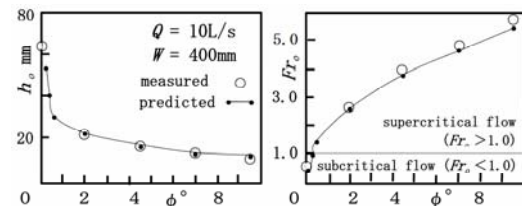


図4 水路の流下流速とフルード数

(2) 傾斜側溝における跳水開始点と水車軸との距離から求めた落差を用いると水平を含む傾斜角に関係なく、ほぼ同一の運転特性が得られる(図5)。

(3) 垂直ダリウス水車の顆粒回転通過時の非没水状態が性能に及ぼす影響を見るとダリウス翼を支持する両端板での回転損失トルクが性能に大きく影響し、翼スパン比0.

67のとき高出力・良効率となる(図6、図7)。

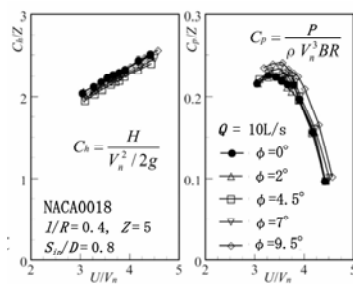


図5 水路傾斜角による性能変化

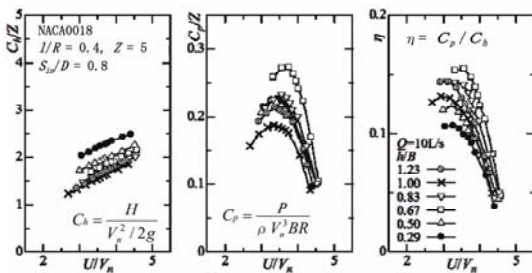


図6 水車下流没水状況と性能

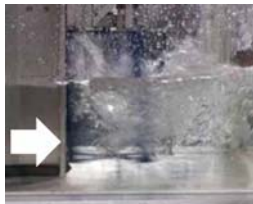


図7 高出力・良効率時の非没水状況

(4) 図5に示した最大出力係数点  $C_{pmax}$  における出力と流下総エネルギーとの比  $C_{pmax}^* = P_{max} / (\rho Q v_o^2 / 2)$  を調べると(図8)、流下する総エネルギーの20~30%の出力であった。水路傾斜角の増加は、流下水位の極浅水化と流下流速の高速化のため(図4)、高出力化が難しい。

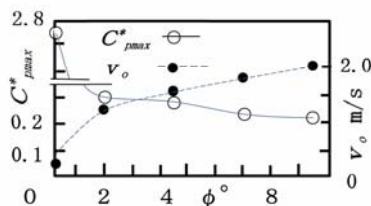


図8 水路傾斜角の違いによる流下総エネルギーに対して得られる出力の割合変化

(5) 傾斜水路では、水車設置時に射流から常流に変化するときに跳水(図3)を伴うが、その跳水損失を無視した落差評価により水車の運転特性が傾斜角に無関係なほぼ同一の線となることが知られた(図5)。跳水損失(図9)と水車落差との関係については更なる調査が必要である。

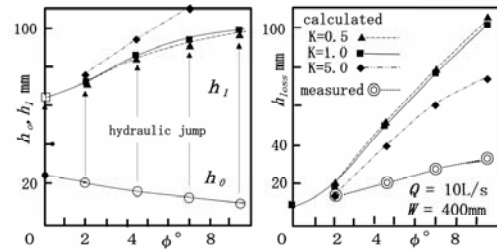


図9 傾斜水路における跳水とその損失

(5) 今後の課題として、<1>落差評価における跳水損失の取り扱い、<2>ダリウス翼支持端板による回転損失の低減と側溝底と下側端板の最適高さ、<3>ランナ自体の高効率高出力化があることを確認した。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 岩本渉、渡邊聡、津田伸一、松下大介、古川明德、勾配を有する側溝に設置するポータブルダリウス水車の運転特性、ターボ機械、(査読有)、第44巻12号、2016、746-753。

[学会発表] (計5件)

- ① 古川明德、岩本渉、松下大介、菊川裕規、渡邊聡、Conceptual Proposal on Extra-low Hydropower Utilization of Shallow-water Flow in Gutter by Handy-type Darrieus Turbine, The 6<sup>th</sup> International Symposium on Energy Challenges & Mechanics, (査読有)、2016。
- ② 鈴木義崇、片山雄介、渡邊聡、津田伸一、古川明德、開水路に設置したダリウス形水車のアクチュエータディスク法を用いた数値流体解析、日本機械学会九州支部久留米地方講演会、(2017)。
- ③ H. Kikugawa, y. Obata, M. Shimizu, A. Furukawa, Investigation of Performance Improvement for Compact Darrieus-type Hydraulic Turbine in Small Waterway, The 13<sup>th</sup> International Symposium on Experimental and Computational Aerothermodynamics of Internal Flow, (2017)。
- ④ H. Kikugawa, Y. Kawano, K. Mochimatsu, Y. Obata, A. Furukawa, Similarity of Compact Darrieus-type Hydraulic Turbine for Extra Low Head Small Waterway, The 8<sup>th</sup> International Symposium on Scale Modeling, (2017)。
- ⑤ 恵良俊輔、新門義也、松下大介、古川明德、ポータブル型ダリウス水車の性能評価に関する研究、ターボ機械協会秋季富山地方講演会、(2017)。

[図書] (計0件)

○出願状況 (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古川 明德 (FURUKAWA Akinori)

大分工業高等専門学校・その他の部局等・  
校長

研究者番号： 30112410

(2) 研究分担者

菊川 裕規 (KIKUGAWA Hironori)

大分工業高等専門学校・その他の部局等・教  
授

研究者番号： 70321528