

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K14155

研究課題名(和文) 異物通過性に優れたマイクロプロペラ水車の開発

研究課題名(英文) Development of a propeller-type hollow micro-hydraulic turbine with excellent performance in passing foreign matter

研究代表者

内山 知実 (Uchiyama, Tomomi)

名古屋大学・未来材料・システム研究所・教授

研究者番号：90193911

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)：本研究の目的は、異物通過性に優れたマイクロ水車を開発することである。4枚の羽根をもつランナを円管の内部に格納したプロペラ型水車である。異物の通過を容易にするため、ランナ中心軸の周りには円形の空洞がある。回転軸の省略により確保できた空間であり、この水車の独創性のひとつである。本研究では、このプロペラ型中空マイクロ水車を実験室内の回流装置に組み込み、水車の効率と異物通過性を調べた。ただし、水流中の異物を模擬するためポリエステル繊維を水車に流入させた。その結果、水車効率とポリエステル繊維の通過性に及ぼすランナの空洞直径、羽根先端形状およびガイドベーンの影響を明らかにできた。

研究成果の概要(英文)：The present study develops a propeller-type micro-hydraulic turbine that passes foreign matter excellently. The turbine employs a runner with four blades embedded in a pipe. The runner includes a circular hollow around the central axis that allows foreign matter to pass freely. The hollow is made possible because the innovative design has no rotating shaft. The turbine efficiency and the ability to pass foreign matter were explored using a laboratory experimental setup. Polyester fibers were introduced into the water flow to simulate foreign matter. The experiments clarified the effects of hollow diameter, blade shape and guidevane on the turbine efficiency and foreign matter passage performance.

研究分野：流体工学

キーワード：マイクロ水車

1. 研究開始当初の背景

小規模河川や水路などに分散して賦存する、100 kW 以下の小水力エネルギーを発電に利用するため、様々な形式のマイクロ水車が開発されている。ところが、水流中の落葉やごみなどの異物によるランナの閉塞が多発している。水車入口にフィルターを置けば異物を除去できるが、その費用は水車運用の採算性を悪くする。よって、異物障害のないマイクロ水車の開発が切望されている。

2. 研究の目的

本研究の最終目的は、異物通過性に優れたマイクロプロペラ水車の開発である。ランナ（プロペラ）の中心軸に異物通過のための空洞をもつ独創的水車である。段階的な目的は以下の通りである。

- (1) 異物挙動の観察と異物通過率の測定による、異物通過性の解明
- (2) 異物混入時の水車効率の解明

3. 研究の方法

マイクロ水車の断面図を図1に示す。円環が2本の静止円管の間の同軸上に挿入され、2本のベアリングで支持されている。円環の内部にはプロペラランナが固定されている。円環内を右方向に水が流れ、ランナと円環を一体的に軸周りに回転させる。

ランナの一例を図2に示す。ランナは4枚の羽根をもつ。中心軸(回転軸)の周りには、水流に含まれる異物(落葉やごみなど)の通過を容易にするための円形の空洞が設けられている。ランナ外径 D_1 ($= 80$ mm) に対する空洞直径 D_2 の比を中空率 ε と定義した。

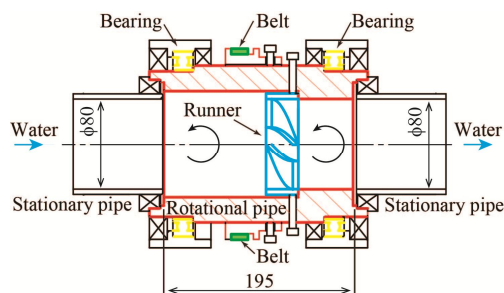


図1 マイクロ水車の断面図

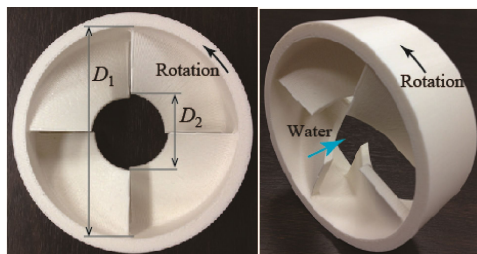


図2 ランナの一例 ($\varepsilon = 0.375$)

実験装置を図3に示す。タンク内の水がポンプで循環され、水車に導かれる。水流中の異物による運転障害を室内実験で調査するため、質量 2 g のポリエステル繊維を直径約

50 mm の球状にまとめ、合計 5 個 ($= 10$ g) を水車に流入させた。

本研究で用いたランナを図4に示す。空洞がないランナ ($\varepsilon = 0$) のほか $\varepsilon = 0.25, 0.375, 0.5$ のランナである。

ランナの羽根先端形状が水車効率と異物通過性に及ぼす影響についても調査した。本研究では、 $\varepsilon = 0.25$ のランナを対象とした。図5に示すように羽根前縁の先端が半径 R の円弧形状をもつランナも用いた。

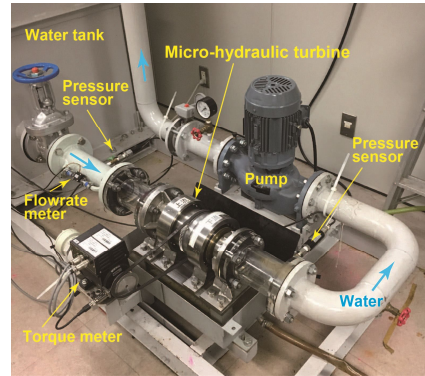


図3 実験装置



図4 実験に使用したランナ

図5 羽根先端に丸みをもたせたランナ

4. 研究成果

まず、ポリエステル繊維の導入がない清水時の水車効率 η を調べた。水車の回転数 N と η の関係を図6に示す。空洞がないランナ ($\varepsilon = 0$) の場合、 η の最大値 η_{max} は 0.088 である。空洞をもつ $\varepsilon = 0.25$ のランナでは、 η_{max} がやや低下するが、空洞がないランナとの違いは小さい。しかし、空洞直径が増した $\varepsilon = 0.375$ および 0.5 のランナでは、 η が著しく低下する。羽根面積が減少し、水流のエネルギーがランナに十分に与えられないからである。

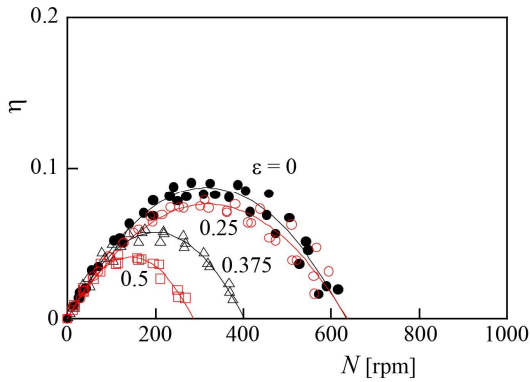


図6 ポリエステル繊維の導入がないときの
水車効率

つぎに、ポリエステル繊維を水流に導入したときの水車効率を調べた。導入された繊維の質量 m_0 と η の関係を図7に示す。ただし、繊維の導入がない清水時に最高効率 η_{\max} が現れる回転数において、繊維の導入を開始した空洞がないランナ ($\varepsilon = 0$) では、 m_0 の増大につれて η が大きく低下する。 $m_0 = 10 \text{ g}$ では水車の出力が零となる。後述するように、繊維がランナを完全に閉塞して水車の回転を停止させるからである。一方、空洞があるランナでは、繊維による効率低下は極めて小さい。空洞直径が比較的小さい $\varepsilon = 0.25$ のランナの場合には、図6に示したように、繊維の導入がないときの効率は $\varepsilon = 0$ のランナとほぼ同程度である。よって、 $\varepsilon = 0.25$ のランナは、繊維を含む水流に対しても高い効率を維持できることが判る。

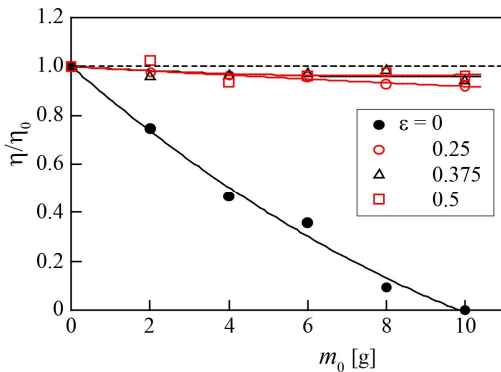


図7 ポリエステル繊維による効率の低下

すべてのポリエステル繊維が導入された直後に水流を停止し、水車を分解してランナを撮影した。図8は、上流側に置かれたカメラで得られた画像を示す。空洞がないランナ ($\varepsilon = 0$) では、ランナ前面が繊維で覆われ、完全に閉塞している。空洞をもつ $\varepsilon = 0.25$ のランナでは、羽根前縁に繊維が付着し、とくにランナ中心近傍に集中している。羽根先端が尖っており、繊維を引っ掛けるためである。しかし、閉塞には至っていない。このため、図7に示したように、水車効率の低下は軽微

である。より大きい空洞をもつ $\varepsilon = 0.375$ と 0.5 のランナでは、繊維の付着すらなく、繊維が完全に通過している。空洞の効果が顕著に現れている。

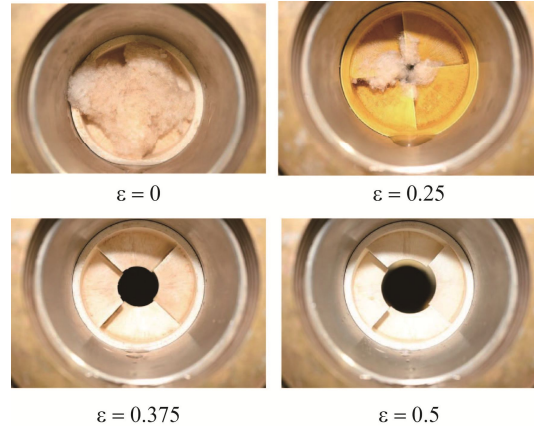


図8 実験終了後のランナの撮影結果

図8によれば、 $\varepsilon = 0.25$ のランナでは、ランナ中心近傍の羽根前縁に繊維が集中して付着する。羽根が尖っており、繊維を引っ掛けるからである。尖りを抑制するため、 $\varepsilon = 0.25$ のランナを対象として、ランナ中心近傍の羽根前縁に半径 R の丸みを付与した(図5参照)。

まず、ポリエステル繊維の導入がない清水時の水車効率を測定した。図9は、水車の回転数 N と効率 η の関係を示す。羽根前縁の円弧形状の半径 R が増すほど、 η が低下する。円弧形状への変更により、羽根面積が減じるからである。

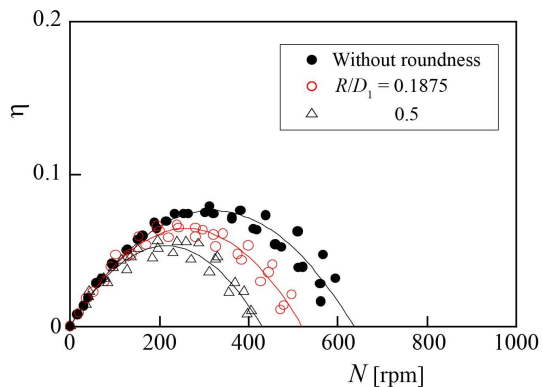


図9 ランナに丸みが付与されたときの効率

つぎに、比較的高い η をもたらず $R/D_1 = 0.1875$ のランナを対象として、繊維の導入実験を実施した。図10は、導入繊維の質量 m_0 と η の関係を示す。羽根前縁に円弧形状が付与されたランナの η の低下量は、円弧形状をもたないランナよりもさらに小さい。円弧形状の付与の有効性を把握できる。

実験終了時のランナの画像を図11に示す。ランナへのポリエステル繊維の付着はまっ

たかない。羽根前縁を円弧で表現することは、繊維の付着防止に極めて有効である。

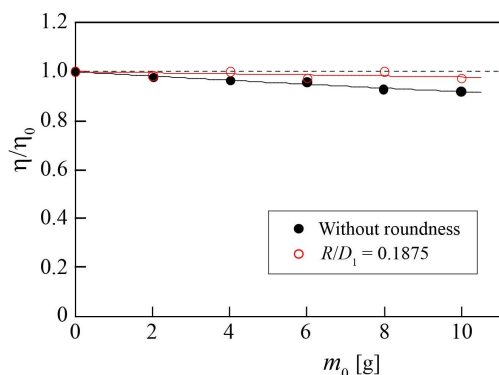


図 10 丸みが付与されたランナのポリエステル繊維による効率変化



図 11 丸みが付与されたランナの撮影結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Uchiyama, T., Honda, S. and Degawa, T., Development of a propeller-type hollow micro-hydraulic turbine with excellent performance in passing foreign matter, Renewable Energy, Vol.126, 2018, pp.545-551, 査読有.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.083>

〔学会発表〕(計 1 件)

Kaneko, A., Honda, S., Uchiyama, T., Degawa, T., Okayama, T., Pasomsouk, K., Development of a micro-hydraulic turbine excellent in foreign matter passage performance, Proc. Int. Conf. Materials and Systems for Sustainability 2017, 2017 年, (on CD-ROM).

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称: 小型水力発電装置

発明者: 内山知実

権利者: 国立大学法人名古屋大学

種類: 特許

番号: 特願 2017-43135

出願年月日: 平成 29 年 3 月 7 日

国内外の別: 国内

取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内山知実 (Uchiyama, Tomomi)

名古屋大学・未来材料・システム研究所

教授

研究者番号: 90193911

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

(4) 研究協力者

()