

研究成果報告書

所属機関	職名	氏名
名古屋大学エコトピア科学研究所	教授	内山知実

研究テーマ

異物通過性に優れた軸なしマイクロプロペラ水車の開発と実用化

研究報告

1. 研究の背景と目的

小型水車（マイクロ水車）を水路などに設置して発電する場合、水流中の異物（ごみや落葉など）に起因して、水車の閉塞が頻発する。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、異物で閉塞しないマイクロ水車の開発が切望されている。

本研究では、異物通過性に優れたマイクロ水車を考案した。ランナ中心に異物通過のための空洞をもつ、軸なし中空水車である。本研究では、室内実験を通して水車効率と異物通過性を調べた。

2. 研究成果及び考察

2-1 マイクロ水車と実験方法

マイクロ水車の断面図を図1に示す。ランナを内蔵した円環が二本の円管の間の同軸上に挿入され、ベアリングで支持されている。水流がランナと円環を軸周りに一体的に回転させる。この回転がベルトを介して発電機を駆動する。上流側の円管にはガイドベーンが取り付けられ、水流を適切な角度でランナに導く役割を果たしている。

ランナの一例を図2に示す。ランナは4枚の羽根をもつが、中心軸の周囲に円孔（空洞）が設けられている。水流中の異物を通過させるためである。ランナ外径 D_1 に対する空洞直径 D_2 の比を中空率 $\varepsilon = D_2/D_1$ として定義する。

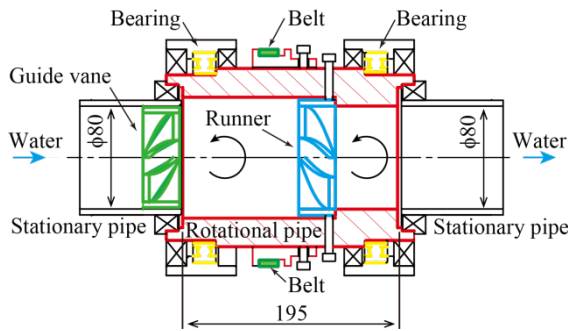


図1 マイクロ水車の断面図

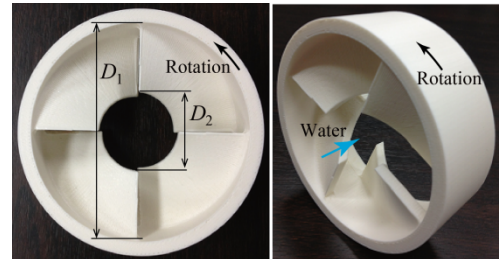


図2 ランナの一例 ($\varepsilon = 0.375$)

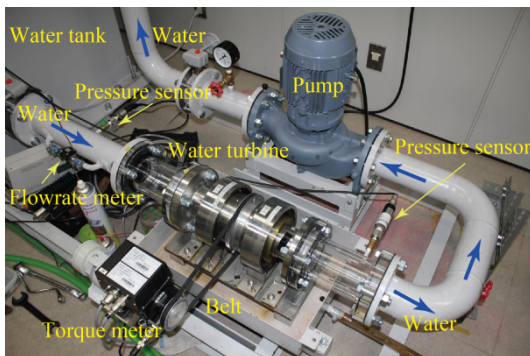


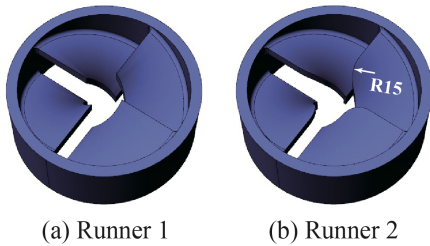
図3 室内実験装置



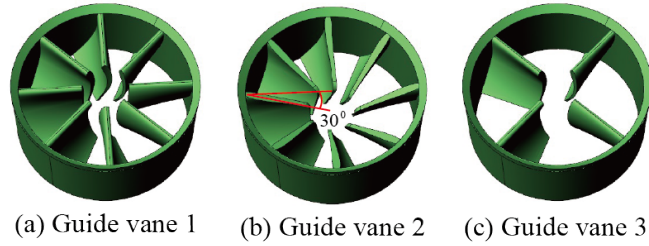
図4 実験に用いたポリエステル繊維

実験には、図3に示すような装置を用いた。水タンクとポンプからなる閉管路に水車を取り付けられている。タンク内の水をポンプで循環し、水車を駆動し、水車に接続したトルク計でトルクおよび回転数を測定した。水車効率を調べるため、水車上流と下流の圧力 P_1 および P_2 を測定した。水車の回転数は、トルク計に接続したブレーキで制御した。水車効率 η は、 $T\omega/[Q(P_1-P_2)]$ として定義した。ここで、 T はトルク、 ω は回転角速度、 Q は水流量である。本実験では、 $Q = 0.01 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。

水車の異物通過性能を評価するため、ポリエステル繊維を水流中へ混入させた。繊維は、図4に示すように、直径約20 mmの球状に成型され、2 gが混入された。



(a) Runner 1 (b) Runner 2



(a) Guide vane 1 (b) Guide vane 2 (c) Guide vane 3

図5 ランナの形状

図6 ガイドベーンの形状

表1 ランナとガイドベーンの組み合わせ

Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Runner 1	Runner 1	Runner 1	Runner 2
Guide vane 1	Guide vane 2	Guide vane 3	Guide vane 3

実験に用いたランナの形状を図5に示す。Runner 1は、報告者が従来用いていたランナである。Runner 2は、羽根先端がR15に丸められている。ガイドベーンの形状を図6に示す。Guide vane 1は、報告者の従来のガイドベーンであり、8枚の羽根をもつ。Guide vane 2は、羽根前縁に30度のテーパが付与されている。ガイドベーン3は、4枚の羽根をもつ。実験は、ランナとガイドベーンに対する4つの組み合わせ (Case 1, Case 2, Case 3, Case 4) に対して実施した。表1に組み合わせを示す。

2-2 実験結果

ポリエステル繊維の混入がない場合において、Case 1の水車効率 η を測定し、図7のような結果を得た。中空率 $\varepsilon = 0.25$ のランナは、 $\varepsilon = 0$ のランナとほぼ同じ効率をもち、空洞の影響が見られない。そこで、 $\varepsilon = 0.25$ の場合を対象として、ポリエステル繊維の放出がない条件下でCase 1から4の効率 η を求めたところ、図8を得た。 η は、ランナとガイドベーンの形状に大きく影響を受けることが判る。

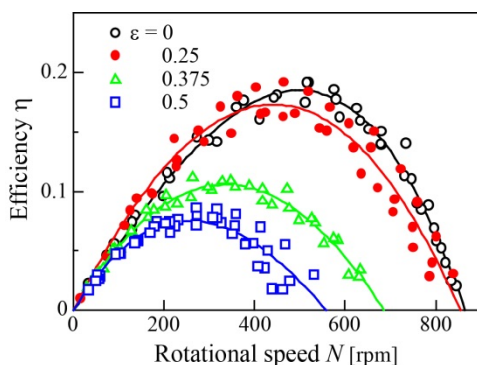


図7 水車効率に及ぼす中空率の影響 (繊維の混入がない場合)

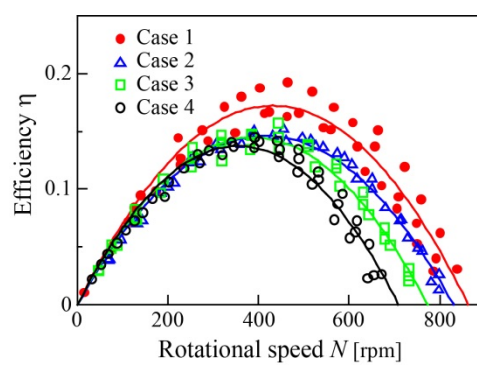


図8 水車効率に及ぼすガイドベーンとランナの影響 (繊維の混入がない場合)

Case 1からCase 3のガイドベーンの様子を写真を図9に示す。ただし、ポリエステル繊維の混入実験後の写真である。Case 1では、繊維が羽根前縁に付着している。そのような付着は、Case 2において著しく緩和されている。前縁にテーパが付与されているからである。Case 3では、羽根枚数が少ないにもかかわらず、繊維の付着が観察される。Case 1, Case 2, Case 3の付着繊維の質量は、それぞれ0.312 g, 0.027 g, 0.17 gである。テーパの付与は、繊維の通過性に極めて有効である。

繊維の混入による水車効率 η の変化を図10に示す。ただし、Case 1からCase 3の結果であり、繊維を混入しない時の効率 η_0 に対する比 η/η_0 が図示してある。テーパを付与されたガイドベーンを用いたCase 2において、高い効率が維持されている。繊維の優れた通過性を有するからである。

Case 3とCase 4のランナの様子を図11に示す。Case 3では、羽根前縁に繊維が付着している。付着繊維の質量は、0.06 gである。しかし、Case 4では、付着はない。ランナの羽根先端に丸みを付与することの有効性を確認できる。

Case 3とCase 4の水車効率 η の変化を図12に示す。混入させた繊維の質量が1.2 g以上の場合、Case 4の効率が低い。繊維の通過性が優れているからである。

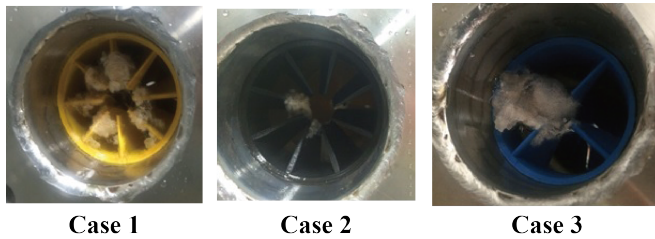


図9 ガイドベーンへの繊維の付着

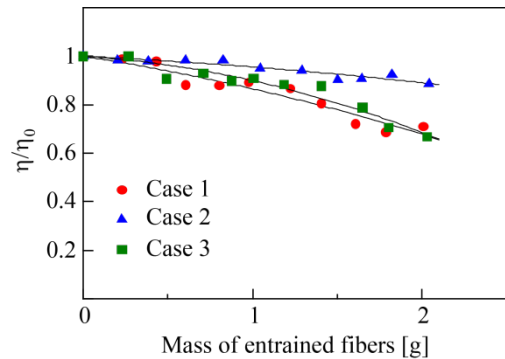


図10 繊維による水車効率の変化

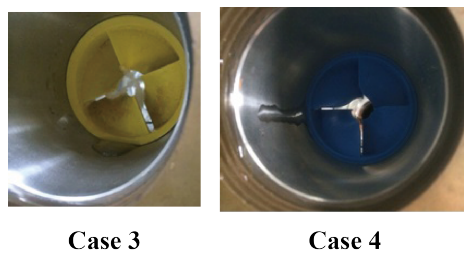


図11 ランナへの繊維の付着

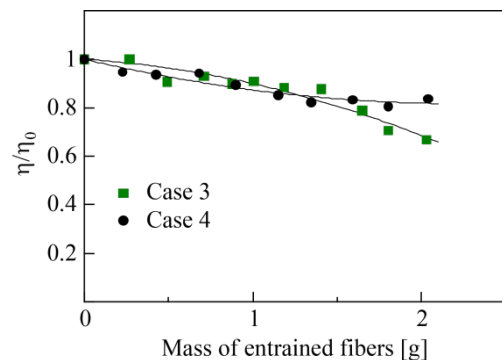


図12 繊維による水車効率の変化

3. 将来展望

マイクロ水車の異物通過性と効率は、ランナおよびガイドベーンの羽根の形状や枚数の影響を大きく受けることが判明した。今後は、室内実験、一般河川での実証実験および流れのシミュレーションを通して、これらの影響を系統的に調べ、水車の実用化を目指す。

4. 研究発表

- (1) Uchiyama, T., Nishida, Y. and Ide, Y., Development of a non-clogging micro-hydraulic turbine of propeller type, Proc. Int. Conf. Power Engineering 2015, JSME, Yokohama, 2015年, (on CD-ROM).
- (2) Uchiyama, T., Okayama, T. and Ide, Y., Power generation from sewage by a micro-hydraulic turbine, Proc. 17th Int. Conf. Environmental and Computer Science, Rome, 2015, pp. 52-56.
- (3) 内山知実・井手由紀雄・岡山朋子, 無閉塞型マイクロプロペラ水車の開発, 日本機械学会 第25回環境工学総合シンポジウム2015講演論文集, (2015), pp. 143-146.