

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24580373

研究課題名(和文) 未利用の小規模低落差に設置できる超小型水力発電装置の開発研究

研究課題名(英文) Ultra-small hydroelectric power device can be installed in small-scale low-drop flow

研究代表者

日吉 健二 (HIYOSHI, Kenji)

宮崎大学・農学部・助教

研究者番号：20325731

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：プロペラ式超小型水力エネルギー回収装置を開発研究した。空気吸込渦はコーンのある高さに設置すると、渦が消滅し水車効率が上昇した。3次元流速計を使用して水車内流れの解析を行った。コーン無しでは流速分布のむらがあり、流速が遅い部分があった。コーン有りでは、流速は1.6m/s以上で流れの方向が整っていた。ランナブレードの角度を大きくしてゴミを通過させやすいランナを研究した。6枚羽根は羽根角度が低い時、水車効率が上がった。3枚羽根は羽根角度が低い時、効率が上がった。3枚羽根は水車軸回転速度が上がったため発電電力が上がった。3枚羽根のランナは8cm程度の大きさのゴミも通過できることがわかった。

研究成果の概要(英文)：A propeller-type ultra-small hydroelectric energy recovery system was developed. When installed in a certain height of the cone in the hydro-turbine, air suction vortex disappears, the efficiency was increased. Using a three-dimensional flow velocity meter were analyzed for the hydro turbine in the flow. Without the cone has a non-uniformity of the flow velocity distribution, there was a flow rate is slow part. With the cone, the flow rate is more than 1.6 m / s, the flow direction has been unified.

By increasing the angle of the runner blade was studied easily runners to pass dusts. Six-blade when the lower wing angle, efficiency is increased. 3-bladed when a low wing angle, efficiency is increased. 3-bladed power generation power because it was up the hydro turbine shaft rotational speed is high. Runner 3 bladed has been found that can pass through even the size of the dust of the order of 8 cm.

研究分野：農業環境工学

キーワード：小水力 発電 再生可能エネルギー 水車 空気吸込渦

1. 研究開始当初の背景

養殖水槽から大量に排出される流水の落差エネルギーを電力の消費削減に活用することに着目した。プロペラ式水車をもとにした超小型水力エネルギー回収装置を開発研究してきた。研究当初は、水車効率が12%程度しかなかった。水車内に多量の気泡が混入したためであった。さらに空気吸込渦が発生し、効率を著しく低下させることがわかった。空気吸込渦はコーンを逆さにしたような形状の器具をある高さに設置すると、渦が消滅し水車効率が上昇することを確認した。さらに、ガイドベーンを必要としない渦巻きケーシングとの組み合わせで水車効率が60%に達した。これまでに主に実用化試験に多くの研究時間を要したため、空気吸込渦除去のメカニズム解明には及ばなかった

2. 研究の目的

養殖水槽から大量に排出される流水の落差エネルギーを電力の消費削減に活用することに着目した。超小型プロペラ式水力発電装置の開発研究を行っている。空気吸込渦を除去する“渦消しコーン”と、強い旋回流を形成するための“渦巻きケーシング”と、落ち葉など、ごみが絡みにくい“ゴミ通過ランナ”の形状、これら「3要素の最適化」を追求する。この研究成果は、さまざまな立地条件(落差と水量)に最適にマッチングした小水力発電の開発が進展し、身近なエネルギー源による低炭素化社会の実現に寄与できる。

現在研究中の渦巻きケーシングの形状は、渦巻きポンプの設計方法に基づいて作製しているが、本研究の水車はケーシング部分が自由水面を持つ開水路部分にあるため、渦巻きポンプとは異なると考える。これまでの観察では、ケーシング内の旋回流れに跳水などの損失が多く確認された。したがって、渦消しコーンにもマッチした渦巻きコーンの形状設計のための解析を行う。

小水力発電の最大の課題は、ゴミ対策である。中・大型の水力発電施設では、除塵機を取水口に設置しゴミを排出することが出来るが、小水力発電の規模では除塵機を駆動するような電力は得られない。バースクリーンや水路の工夫である程度の除塵は可能だが、そこ通過した落葉や水路で発生した藻、カニや小魚などがランナに引っかかり、徐々に積もって数日で水車が停止する。そこで、ランナのピッチを大きくして水車効率の低下を最小限にとどめ、これらのサイズのゴミが通過できるランナを用いれば、長期運転が可能で小水力発電が可能となる。つまり、ゴミを通過させやすく高い水車効率を維持したランナを研究する。

3. 研究の方法

開発しようとする超小型水力発電装置は、同大学農学部の実験施設を利用し、落差1~2m、流量10~100L/s、発電規模として100W

~1kW級のものである。

水車本体には透明アクリルパイプを用いて超小型プロペラ式水力発電装置を作製し、水車内の流れ場を可視化する。水車の性能実験は、発電機で発生する電流を摺動抵抗器で水車軸の回転速度制御を行い、水車効率等を計測する。有効落差を1.5mと2mとする。高速度カメラと電磁式流速計で流れの場の可視化を行う。コーンの形状や大きさ(直径150mmが基準)の違いが周辺の流速の変化、空気吸込渦の発生や水車効率に及ぼす影響を解明する。

渦消しコーンや渦巻きケーシングの最適条件を追求するため、水車を駆動しその水車軸の回転速度、トルク、発電電圧、電流を計測し、水車効率を用いて比較する。また、高速度カメラや電磁式流速計を用いて、水流のベクトルや渦の発生メカニズムを明らかにする。

バースクリーン等の除塵装置を通過した落葉や水路で発生した藻、カニや小魚などがランナに引っかかりにくいランナ形状を研究する。実際に、実験水路に模擬落ち葉を投入し、高速度カメラで観察し、落ち葉がランナに付着する様子を分析し、ランナの枚数、ピッチ、角度などを決定する。ゴミが通過できるランナを用いれば、長期運転が可能で小水力発電が可能となる。

小水力発電用水車では、落ち葉や枝、魚やカニなどの小動物のような「ごみ」による水車の運転阻害が課題となっている。本水車ではごみが絡まりにくいプロペラを開発する。

超小型で高性能の小水力発電装置を開発するための基礎研究を行う。

4. 研究成果

(1) 水車内部の流速分布の計測

宮崎大学農学部水理実験棟に設置した超小型水力発電装置を使用した。ケーシング内流速測定には3次元流速計(KENEK製、VP3000)を使用した。

実験条件として、コーンの位置は高さ15cmとした。コーン無しの場合のケーシング内の流れと、コーン有りの場合のケーシング内及びコーン周りの流れを測定した。最高水車出力時の流速を測定した。

コーン有り無しと無しの正面から見た流速分布図と側面から見た流速分布図を比較すると、空気吸込渦の影響を受けている流れの位置にコーンがある事がわかる。コーン無しと、有りの正面から見た流速分布図を比べると、コーン無しでは流速分布のむらが大きく、特にケーシング出口付近の流れは空気吸込渦の影響によりコーン有りと比べ流速の遅い部分も見られる。ケーシング出口方向の流れは、空気吸込渦の影響で速度の変化が大きくなっていると推測される。コーン有りでは、正面から見た流速分布図と側面から見た流速分布図を見てもケーシング出口方向の流

それは 1.6m/s 以上と速く、コーン無しと比較してもケーシング出口方向の流れが整っていることが分かる。コーン有りの正面から見た流速分布図をみると、コーンより上の流れが遅く、少し乱れている。コーン上は流れが乱れており、水車性能に影響があると思われる。

以上のことから、コーンを装着することでケーシング出口向への流れが整うことが分かった。コーン上部は乱れがあり、水車性能に影響を及ぼしていると考えられる。

図1 水車内流速分布（コーン有り）

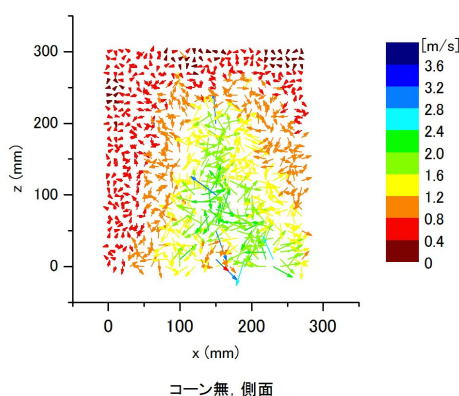
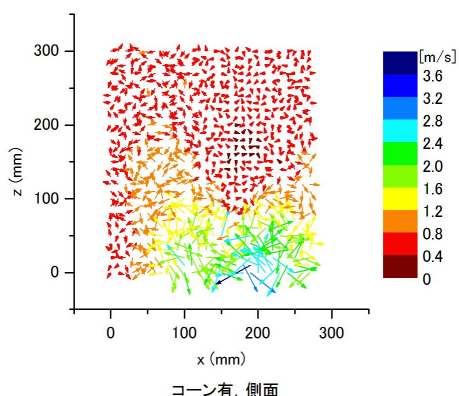


図2 水車内流速分布（コーン無し）

(2) ごみ通過形ランナの開発

ランナブレード1枚の面積を一定にして、6枚羽根（角型羽根、丸型羽根）、3枚羽根（丸型羽根）の3種で比較した。

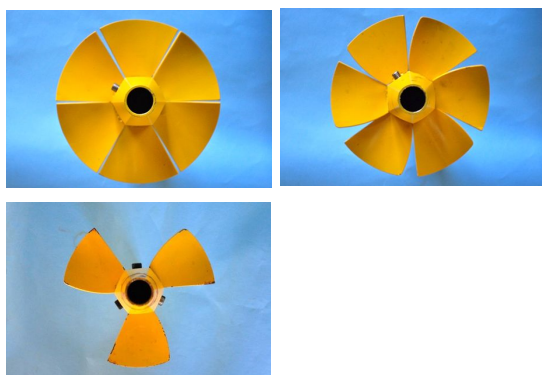


図3 供試ランナ(左上:角型、右上:丸型、下:丸型3枚羽根)

丸型羽根はごみが羽根のエッジにかかりにくいように考案した。3枚羽根は投影上の面積が6枚羽根の2分の1となり、ごみの通過が期待できるが、水車効率の低下を招く。そこで、羽根角度を 15~40° に変化させて、水車出力と水車効率を求め、評価した。

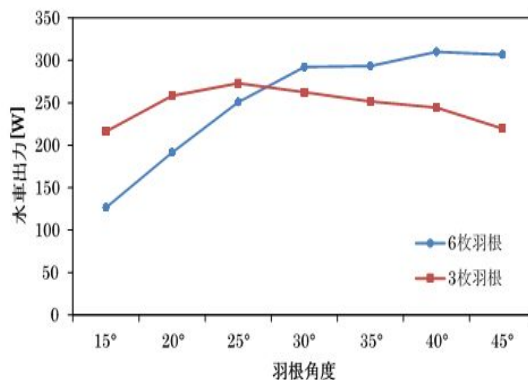


図4 6枚と3枚羽根による水車出力

図4は6枚と3枚羽根による水車出力の比較である。最高値は落差 1.5m で6枚羽根のとき 310W、6枚羽根のとき 273W、落差 2.0m で6枚羽根のとき 442W、3枚羽根のとき 398Wであった。最も良いと思われる羽根角度は6枚羽根のとき 40°、3枚羽根のとき 25~30°であった。

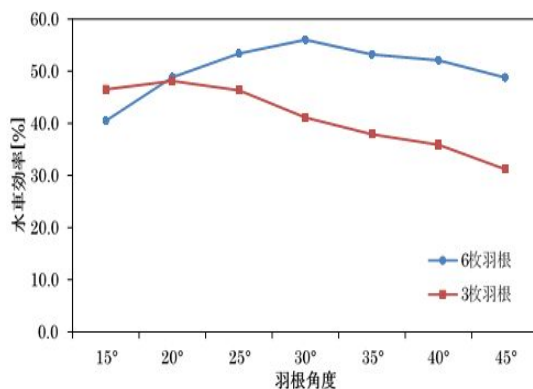


図5 6枚と3枚羽根による水車効率

最高水車効率を図5に示す。最高値は落差 1.5m で6枚羽根のとき 56.1%、3枚羽根のとき 48.1%、落差 2.0m で6枚羽根のとき 52.6%、3枚羽根のとき 47.1%であった。最も良いと思われる羽根角度は6枚羽根のとき 30~35°、3枚羽根のとき 15~20°であった。

発電電力は落差 1.5m で6枚羽根のとき 190W、3枚羽根のとき 205W、落差 2.0m で6枚羽根のとき 267W、3枚羽根のとき 285Wであった。6枚羽根のとき 30~40°、3枚羽根のとき 20~25°であった。

6枚羽根は羽根角度が低い場合、水量に対して水車効率が高くなり、高角度になると水車効率が低下した。3枚羽根は羽根角度が低いほうが水の力を受けやすく、良い結果が出

た。3枚羽根は羽根面積が減ったことで流量が増え、水車軸回転速度が上がったため発電電力が6枚羽根より高くなった。

(3) ごみの通過性

羽根の先端部を丸く(アール加工)改良したことで、ごみが羽根と羽根の間の通過性を評価した。羽根枚数を減らすことで、大きなゴミでも通過するのを実験し確かめた。

落葉やカニを想定し、布と消しゴムを使い再現した。布は10cm×4cmに切り、消しゴムは4cm×8cm×1.3cmの既製品を使用した。

すべてのランナを落差1.5m、羽根角度30°とした。実験時の水車軸回転数は700rpmに統一した。各ランナに布10枚、消しゴム2個を投入した。高速度カメラを使い1秒間に600コマで撮影をした。

ゴミの通過の様子を図6、図7に示す。角型ランナ(羽根6枚)の場合、布10枚中10枚ランナにかかり、消しゴムも2個ともランナにかかった。丸型ランナ(羽根6枚)の場合、布10枚中2枚が通過し、8枚がランナにかかり、消しゴムも2個ともランナにかかった。丸型ランナ(羽根3枚)の場合、布10枚中3枚が流れ落ち、7枚がランナにかかり、消しゴムは2つとも流れ落ちた。

今回の実験で丸型ランナを使用した時、改良によって広がった羽根と羽根の間をゴミが通過するのが観察された。また3枚羽根のランナはカニなどのような8cm程度の大きさのゴミも通過できることがわかった。

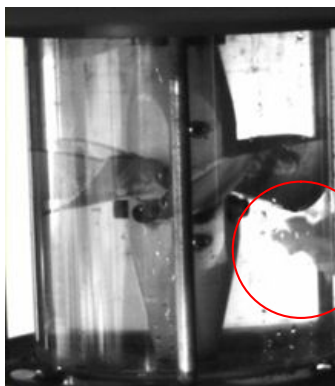


図6 6枚羽根(丸型)

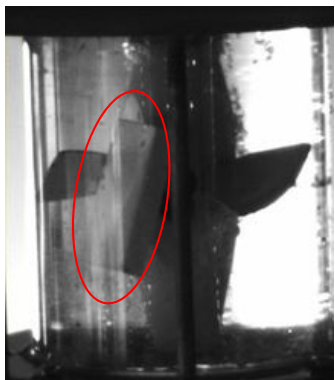


図7 3枚羽根(丸型)

水車を設置しようとする場所の水量と落差の考慮し、水車効率や必要とする発電電力の規模によって、6枚羽根や3枚羽根およびその角度を選定する必要があるが、本研究によって、水車の選定資料を得ることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

日吉健二、小型水車を用いたエアレーションシステムの開発、日本フルードパワーシステム学会誌、査読有、45巻、2014、107-109
DOI: 1346-7719

〔学会発表〕(計4件)

日吉健二、地域活性化タイプの小水力発電について、宮崎県農業水利施設小水力等発電推進協議会、2015年2月27日、宮崎県土地改良会館、宮崎県宮崎市

日吉健二 他、立軸プロペラ水車を用いた超小型水力発電装置の開発研究、農業食料工学会、2013年9月10日、帯広畜産大学、北海道帯広市

日吉健二 他、超小型小水力発電装置の現場実証実験、農業環境工学会合同大会、2012年9月14日、宇都宮大学、栃木県宇都宮市

日吉健二 他、超小型小水力エネルギー回収装置の現場実証実験、農業機械学会九州支部例会、2012年8月31日、サンホテルフェニックス、宮崎県宮崎市

〔図書〕(計1件)

日吉健二 他、農業水利施設による未利用小規模水力に関する研究成果の手引き、農村工学研究所、2013、23-28

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.agr.miyazaki-u.ac.jp/~agrenv/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

日吉 健二 (HIYOSHI, Kenji)

宮崎大学・農学部・助教

研究者番号: 20325731