

小規模低落差水力エネルギーの回収装置に関する研究

平 栄蔵^{*1}・田中 康雄^{*2}・永吉 克己^{*3}・宮城 弘守^{*4}・日吉 健二^{*5}・秋吉 康弘^{*5}

Study of Compact Rotation Power Unit Using Small Head Water Stream at Open Channel

Eizo HIRA, Yasuo TANAKA, Katsumi NAGAYOSHI, Hiromori MIYAGI,
Kenji HIYOSHI and Yasuhiro AKIYOSHI

当県は温暖かつ多雨で小規模河川や農業用水路，淡水魚等養殖場が多い。しかしながら，多くの箇所の流水は利用されていない。そこで，県内企業，宮崎大学および工業技術センターで産学官グループを構成して，未利用の小規模流水エネルギーを回収し，農業施設用の揚水ポンプや養殖場のエアレーション用空気ポンプ等の動力源として利用する研究開発を行い，開水路用の縦型で簡素化構造かつ小型軽量で低価格の機器を開発した。

キーワード：小規模，低落差，水力エネルギー回収，小型軽量，低価格

1 はじめに

本研究開発では，水面が開放された幅0.5m程度の小規模で，落差も1m以内の開水路に適用する機器を想定した。この開水路に設置と撤去が容易な構造の小型軽量の縦型水車を設置して流水エネルギーを回収する。回収したエネルギーを用いて揚水ポンプ，エアレーション用空気ポンプ等の動力源として用いることを目標とした。

県内企業，宮崎大学，工業技術センターで構成した産学官のグループを結成して，これらの開発課題を財団法人宮崎県産業支援財団の研究開発事業へ申請し，採択された。

平成18年度は水力エネルギー回収用の基礎実験装置の試作と実験を，平成19年度は実用化を目指した水力エネルギー回収装置の実験を実施した。なお，これらと同時に実施した小規模水力エネルギーの利活用地点等の技術調査は割愛する。

2 平成18年度 F/S事業(基礎的実験)

2-1 実験装置および方法

図1に低落差の水の流れを利用した水力エネルギー

ギー回収に関する基礎実験装置の概要を示す。

基礎実験用の水力エネルギー回収装置を設計・試作して，宮崎大学農学部水理実験室へ設置した。この水力エネルギー回収装置は縦型の軸流プロペラ方式であり，回収した水力エネルギーによりその上部に設置した空気ポンプを駆動する。流水は堰流量計から開水路を流下して，縦型水車に供給される。空気ポンプ(ドライポンプ)で発生した空気は空気圧力計，空気弁，空気流量計を経由して大気へ放出した。空気弁で空気圧を調整した。

本実験における機器の設定は，落差は1.2mで，縦型軸流プロペラの羽根角度は15°，30°，45°，60°の4種類を用いた。

図2～4に設計・試作した機器等を示す。

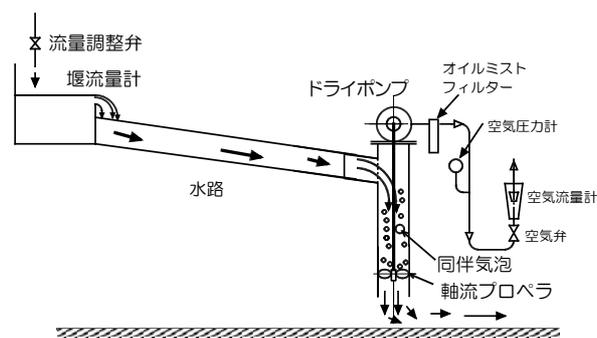


図1 基礎実験装置の概要

*1 機械電子部 *2 田中製作所
*3 南九州向洋電機 *4 宮崎大学工学部
*5 宮崎大学農学部



図2 基礎実験装置の写真（宮崎大学農学部水理学実験室）

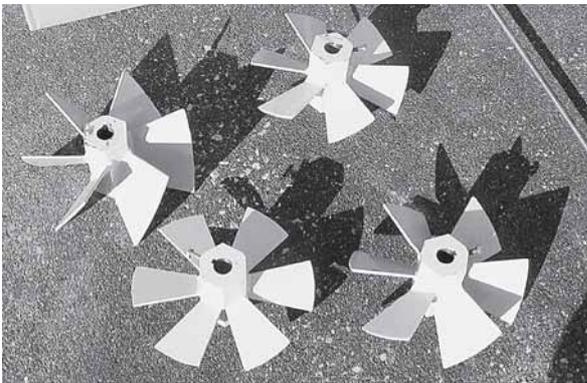


図3 回転羽根(迎角度15°, 30°, 45°, 60°)



図4 空気流量計と圧力計

2-2 結果と考察

図5～7は回転羽根の迎角度を変えた場合の最大圧力と空気量の実験例である。養魚場などのエアレーションとして活用する際、養魚場の深さに対応して送風する必要がある。

図5より、最大空気圧、つまり最大水深を与える回転角度は30～45°付近に存在することがわかる。この時の最大水深は約4mであり、実用上の問題はない。

図6は送風機出口空気口を大気開放した場合の最大風量の実験データである。本図より最大風量を与える回転羽根の角度は45°付近にあると考えられる。

図7は回転羽根の角度を45°にした場合の空気圧力と風量の性能曲線を示す。この図より、水深1m程度に散気管を沈めた場合の送風量は40リットル/分と読みとれる。

以上の実験結果より、水力エネルギー回収装置の性能改善案としては、縦型水車内への気泡流入防止、軸流プロペラの直前に水流方向を変える案内羽根の設置等が考えられる。

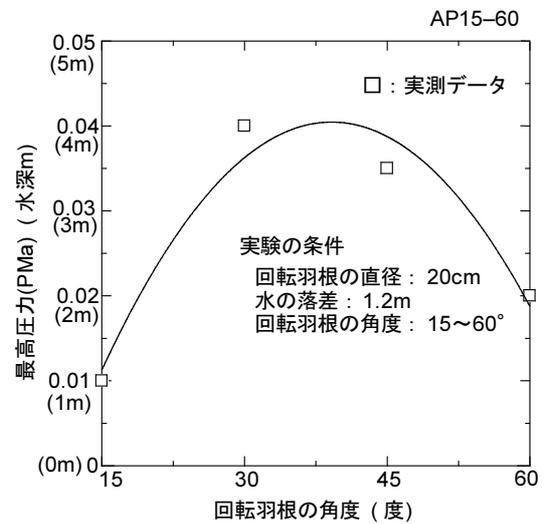


図5 回転羽根角度と最大圧力

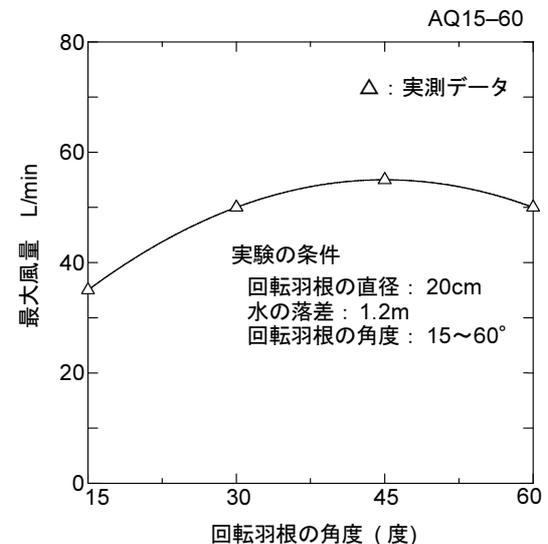


図6 回転羽根角度と最大風量

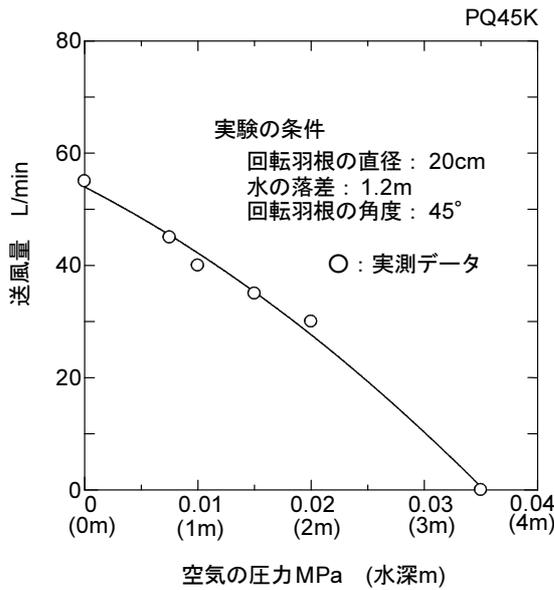


図7 回転羽根角度45°の場合の性能

3 平成19年度 R & D事業

実用化実験 その1

3-1 実験装置および方法

図8にR & D実験用水力エネルギー回収装置を示す。上流から流入する水の勢いを抑え水中の気泡を取り除くための気泡発生防止フィルターを設置した。軸流プロペラの上部20cmに案内羽根を設置した。プロペラ軸にトルクメータを設置し、水車動力を測定した。水車は内径200mm、落差は1.36mである。圧縮空気製造機としてはドライポンプを使用した。

軸流プロペラの迎角度を30°、45°、60°の3段階、案内羽根の角度を30°、45°、60°および案内羽根なしの状態の4段階とし、合計12試験区を設けた。

図9に軸流プロペラと案内羽根の写真を示す。

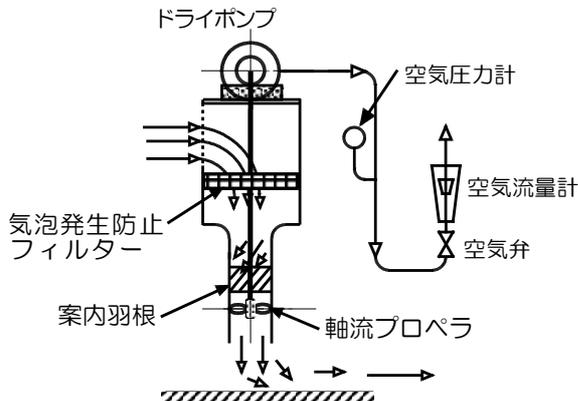


図8 R & D用水力エネルギー回収実験装置

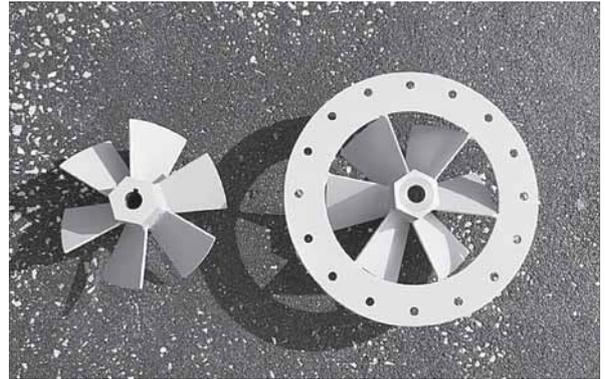


図9 軸流プロペラ(左)と案内羽根

3-2 結果と考察

気泡発生防止フィルターを設置することにより、水車上部に流入する水の勢いを抑え、空気の混入が減少し、水車の動力が増加した。

案内羽根角度60°、プロペラ羽根角度45°のとき最も水車性能が良く、水車効率は26.8%となり、性能は約2.2倍向上した。

圧縮空気の発生量は約2.1倍増加した。

4 平成19年度 R & D事業

実用化実験 その2

4-1 実験装置および方法

実用化実験その1より、小規模低落差水力エネルギー回収効率を改善するには、軸流プロペラへ強い渦巻き水流を与えること、その水流に気泡を含まないように工夫することがポイントとなることがわかった。本章では、これらに加えて装置全体の簡素化、小型軽量化を目標とした試作実験を行った。

図10に設計試作した実験装置の全体を示す。この装置を綾町の「鮎の山水養殖場」へ設置して、実用化へ向けたデータ収集実験を行った。本実験装置は流水に強い渦巻きを付与する渦巻きケーシング、内径15cmの下降流管と下降流管の底部に設置した軸流プロペラ(角度30°、45°、60°)より構成されている。

流水は本図の左側から装置へ流入する。流入した水は渦巻きケーシングにより強い渦巻きを発生して、下降流管へ流れ込む。このエネルギーを下降流管底部に設置した軸流プロペラで回収し、フレキシブル動力伝導ユニットを介してオイルレス

エアポンプを駆動する。オイルレスエアポンプで発生した圧縮空気は空気流量計，空気圧力計を通過して「チョウザメ水槽（水深約70cm）」に設置したエアストーンへ供給して微細気泡を発生させた。

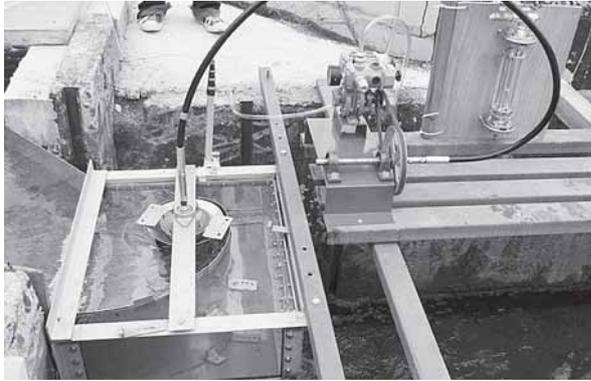


図10 渦巻きケーシング型実験装置の全体

4-2 結果と考察

図11は渦巻きケーシングのみの場合の水力エネルギー回収実験の様子である（図12および13を参照）。渦巻きケーシングに流れ込んだ流水は渦巻きケーシング内壁に沿って流れながら渦巻きを発生する。この渦巻きの回転力を下降流管の底部に設置した軸流プロペラに付与して水力エネルギーの効率を改善することを目的として実験を行ったが、渦巻きケーシングで発生した強い渦のために、下降流管入口付近から「竜巻状の空洞の渦巻」が発生し、水面まで達した。これにより、下降流管内へ多量の気泡の混入があり、軸流プロペラへの流水エネルギーが減少した。この時の実験データは軸流プロペラの回転数が135rpm，オイルレスエアポンプの回転数は530rpmで，圧縮空気発生量は25リットル/分であった。

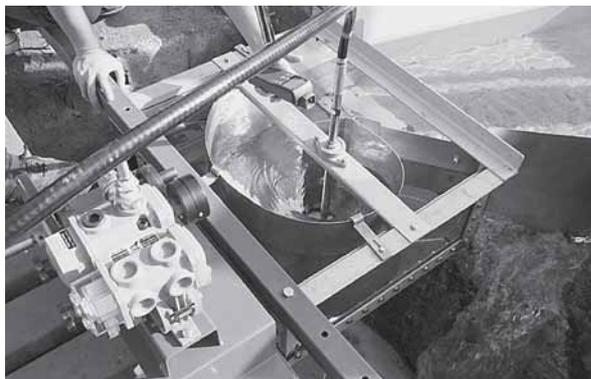


図11 渦巻きケーシングのみの場合の実験

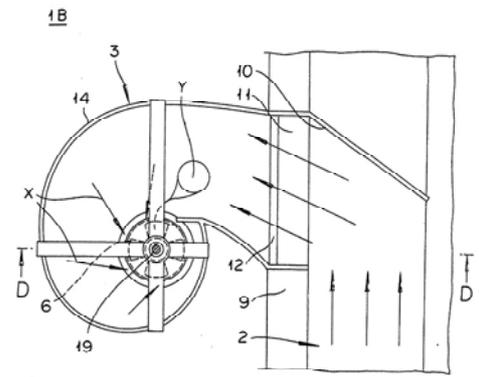


図12 渦巻きケーシングのみの場合の説明図（上面より）

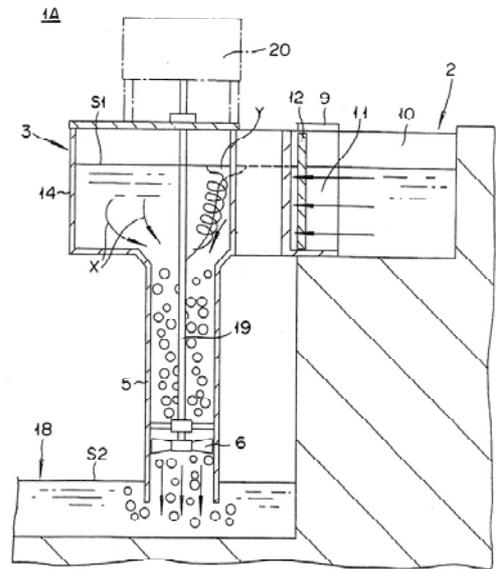


図13 渦巻きケーシングのみの場合の説明図（側面より）

図14は渦巻きケーシングに「水没していない逆さまキャップ」を設置した場合の実験である。

図11の場合と同様に渦巻きケーシングで強い渦巻きを発生させて、その下部に取り付けた回転軸流プロペラへ付与することを目標としたが、下降流管入口付近で発生した「竜巻状の空洞渦」が「水没していない逆さまキャップ」に沿って水面へ達し、下降流管へ気泡を供給していた。すなわち、水没していない逆さまキャップでは下降流管入口に発生する「竜巻状の渦巻き」を防止できず、多量の気泡が吸い込まれた。この実験の結果、回転軸流プロペラの回転数は146rpm，オイルレスエアポンプの回転数は564rpmで，圧縮空気発生量は28.3リットル/分であった。

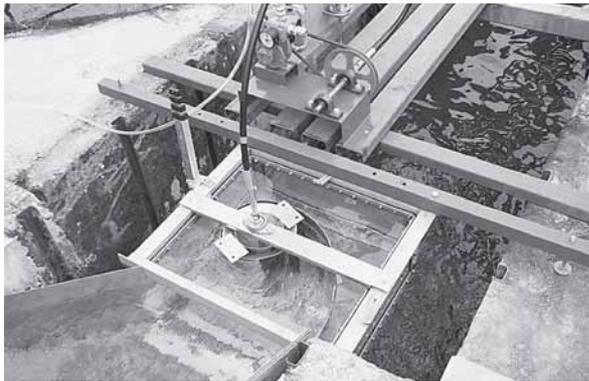


図14 渦巻きケーシングに「水没していない逆さまキャップ」を設置した場合の実験



図16 渦巻きケーシングと「水没した逆さまキャップ」を組み合わせた場合の実験

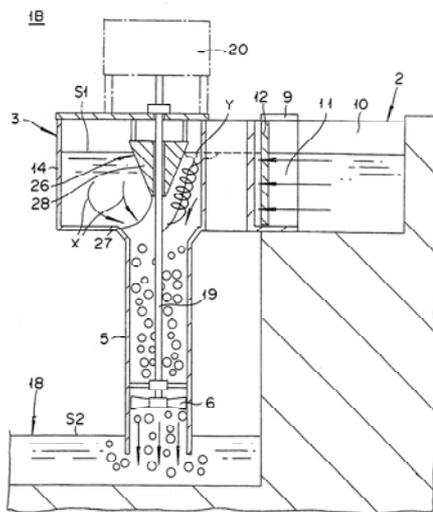


図15 渦巻きケーシングに「水没していない逆さまキャップ」を設置した場合の説明図

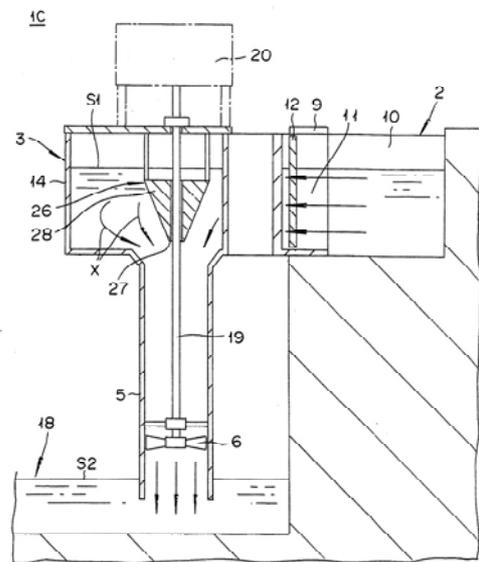


図17 渦巻きケーシングと「水没した逆さまキャップ」を組み合わせた場合の説明図

図16は渦巻きケーシングと「水没した逆さまキャップ」を組み合わせた場合の実験である。気泡吸い込み防止用の「逆さまキャップ」を水没して設置することで気泡の吸い込みが防止できることを偶然に発見した。すなわち、下降流管入口で発生する「竜巻状の空洞渦」は水没した逆さまキャップに沿って上昇するが、逆さまキャップの上まで上昇すると、そこには渦巻き水流がないため、「竜巻状の空洞渦」を維持できなくなったと考えられる。このことから、「竜巻状の空洞渦」が消滅して気泡吸い込みが激減したものと考えられる。この実験の結果、軸流プロペラの回転数が270rpm、オイルレスエアポンプの回転数は1050rpmで、圧縮空気発生量は60.0リットル/分となり、図13の場合の $60/25=2.4$ 倍、図14の場合の $60/28.3=2.1$

倍の圧縮空気発生量を得た。

5 まとめ

幅が0.5m程度、落差が1m未満の開水路に設置して未利用の水力エネルギーを回収する装置開発を目標に産学官共同研究開発を実施した。

本装置は渦巻きケーシング付き縦型軸流プロペラ方式であり、小型軽量・低価格という特徴を有している。なお、本装置には気泡吸い込み防止の機能を付設した。

本研究を遂行するにあたり、財団法人宮崎県産業支援財団の平成18年度F/S事業、平成19年度のR&D事業の研究資金を活用した。ここに謝意を表します。