

マイクロ水力発電システムの開発（第3報）

Development of a Micro Hydroelectric Generation System (3rd Report)

試作3号機の実証試験

Verification Tests on the Third Prototype of a Micro Hydroelectric Generation System

野嶋賢吾・角 力・柏木秀文*・桑原豊彦・鈴木好明

Kengo Nojima, Tsutomu Sumi, Hidefumi Kashiwagi, Toyohiko Kuwahara and Yoshiaki Suzuki

機械素材研究所 生産システム科、* 現所属：(協) 鳥取県鉄構工業会

マイクロ水力発電装置の試作1号機に対して耐久性と耐食性の向上および小型化を図った3号機を開発した。3号機の1年間を超える実証試験を中山間地域の養魚場の敷地内で行い、発電した電力の変動および長期間の運転において発生する問題点について調査した。実証試験の結果、取水において混入した小枝が、水車とノズルのすき間に挟まり、ノズルを変形させ、損傷前の約60%まで電力が低下するトラブルを経験したが、最大約1kWの電力を安定して得られることを確認した。

1. はじめに

鳥取県産業技術センターでは、中山間地域の1~5mという低落差の農業用水等を発電対象にした、マイクロ水力発電システムの実用化を目指し、発電装置を開発し^{1)、2)}、実証試験を行っている^{3)、4)}。

前報⁴⁾では、「導水式」の試作1号機を農業用水路等に設置できるよう改良した「はめ込み式」の2号機を開発し、中山間地域の養魚場(小泉川養魚場：鳥取県倉吉市小泉)の排水路において実施した実証試験の結果について報告した。

本報では、1号機に対して耐久性と耐食性の向上および小型化を図った3号機を開発し、同養魚場における1年間を超える実証試験を行い、発電した電力の変動および長期間の運転において発生する問題点について調査した結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 発電装置(試作3号機)

3号機の主な仕様を1号機と対比して表1に、外観写真を図1に示す。3号機には、1号機と同一形状・寸法のクロスフロー水車を用いた。

表1 3号機の主な仕様

項目	1号機	3号機
寸法	1000×1000×1000 mm	600×700×700 mm
重量	約100 kg	約100 kg
発電機 (定格出力)	永久磁石式 (1.5 kW)	永久磁石式多極 (2 kW)
動力伝達	タイミングベルト (2.5倍増速)	カップリング (直結)
材質	SS400	SUS304

3号機に用いた永久磁石式多極発電機(40極)(以下、多極発電機)の無負荷における回転数と電圧の関係を、1号機に用いた発電機(8極)と比較して図2に示す。3号機に用いた多極発電機は、1号機に用いた発電機に比べ低速回転においても高い電圧を出力する。この発電機の諸特性と水車トルク特性を用いて、各出力に及ぼす増速比Zの影響について計算した結果を図3に示す。水車と発電機との間に増速機を設けないZ=1.0の場合は、増速機を設けるZ=1.5

以上の場合に比べ、最大電力値およびそれに対応する回転数領域が10%程度小さくなることが予想され、効率面では不利となる。しかし、増速機を廃止することによる構造の簡素化および耐久性・保守性の向上による利点、ならびに増速機を用いた場合に容易に発生する400Vを越す高い電圧に対する機器等の耐電圧を考慮すると、多極発電機を利用する場合、増速機なしの直結方式の方が有利と判断し、3号機にはカップリングによる直結方式を採用した。

3号機の筐体および水車の材質については、耐食性向上のため、1号機のSS400（軟鋼）からSUS304（オーステナイト系ステンレス鋼）に変更した。

3号機の大きさについては、軽トラック・軽バンに積載するため、1号機比で約30%小型化し、筐体については軽量化している。ただし、増速機を廃止するため、3号機には1号機より約15kg重い多極発電機（25.5kg）を採用したため、総重量は約100kgで、1号機と同等である。



図1 3号機の外観写真

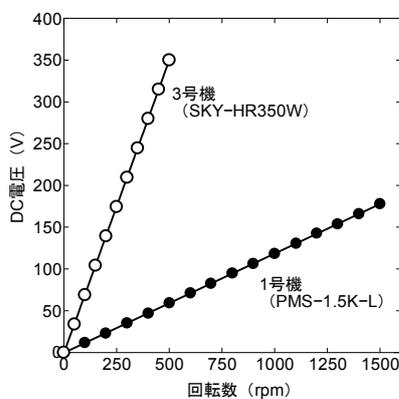


図2 発電機の無負荷における回転数と電圧の関係

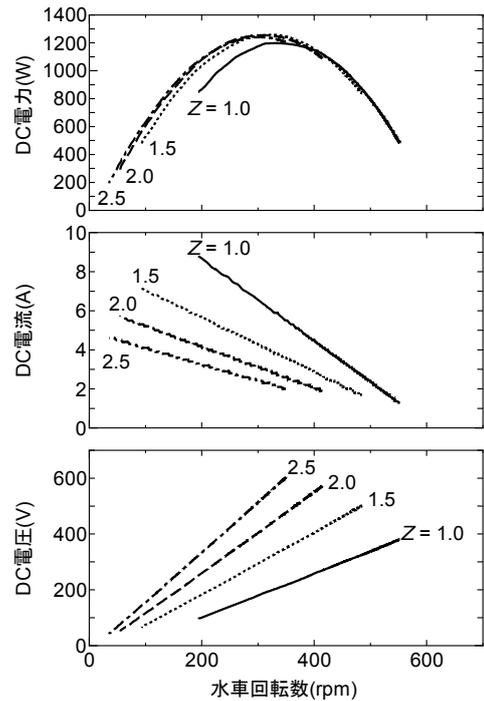


図3 出力に及ぼす増速比の影響

2.2 実証場所

3号機の実証試験を2号機と同様、ごみや水量の管理が行われている中山間地域の養魚場において養殖池からの排水を利用して行った。試験期間は、点検のため試験を中断した延べ約3ヶ月間を除く、平成22年1月～現在（平成23年12月）である。導水は養殖池の排水を約1m³の容積のコンクリート製の取水柵で集め、その水面から総落差で約6m下方の3号機まで、主に塩ビ管（直径：φ200mm、距離：約100m）を用いて行った。配管設置に要する作業およびコストの軽減を図るため、3号機の約5m手前の場所において塩ビ管からフレキシブルホース（φ150mm）による導水に切替え、3号機に給水した。なお、このフレキシブルホースは、鳥取県産業技術センターが仕様設計を行い、ユーシー産業株式会社鳥取工場が製作したもので、従来品と比較し、軽量で柔軟性に富み、かつ、耐紫外線に優れるという特徴を持つ。

取水柵の設置状況を図4に、3号機およびフレキシブルホースの設置状況を図5に示す。



図4 取水升



図5 3号機およびフレキシブルホース

実証場所における落差および流量を表2に示す。表中の落差は図6に示すとおりで、総落差についてはレベル測量を行い実測し、損失落差については管内流に関する各種損失式^{5), 6)}から概算した。また、流量については、ポータブル形超音波流量計(PORTAFLOW-C)を用いて実測した。

表2 実証場所における落差と流量

総落差	6.0 m
損失落差	約 1.8 m
有効落差	約 4.2 m
流量	約 0.05 m ³ /s
水のパワー	約 2 kW

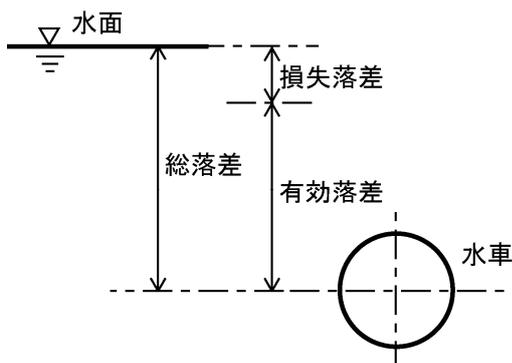


図6 各種落差の関係

2.3 実証試験の方法

実証試験では、3号機の設置場所において発電機からの3相交流を整流器で直流に変換し、温水ヒータと白熱電球に電力を供給する実験を行った。温水タンクと白熱電球の設置状況を図7に示す。



図7 温水ヒータおよび白熱電球

3. 結果と考察

電気負荷の抵抗値を変化させ発電装置の出力の回転数依存性を調査した結果を図8に示す。実証試験を実施した養魚場では、1年を通して安定した水量が得られ、取水升がオーバーフローする状態で取水できるため、最大約1 kWの電力を安定して得られた。なお、同図の点線は、図3に示した計算結果であるが、実験結果とおおむね良い一致が見られた。

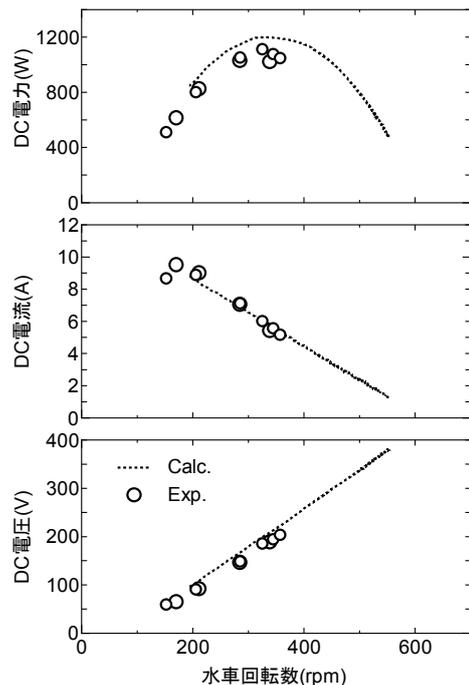


図8 養魚場における発電装置の出力の回転数依存性

図9に実証試験中に経験した3号機周辺の降雪の様子を示す。発電機からの放熱のため、3号機が雪に埋没することはなく、当初、中山間地域での運転において懸念していた凍結等によって生じる不具合は発生しなかった。

実証試験中、取水において混入したφ5~10×50~100L mmの小枝が水車とノズルのすき間に挟まり、図10に示すとおりノズルが変形した(水車の損傷は発生していない)。ノズルの変形量は5mm程度であるが、この程度の変形でもノズルの密閉性は損なわれ、損傷前の約60%にまで電力が低下した。

取水において小枝の他に落ち葉の混入も見られたが、同時に大量に混入することはなく、水車とノズルのすき間に詰まることはなかった。



図9 降雪時の様子

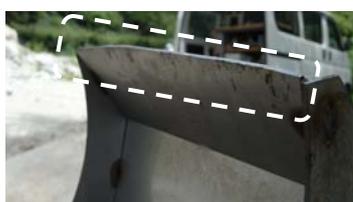


図10 変形したノズル

4. おわりに

試作1号機に対して、耐久性と耐食性の向上および小型化を図った3号機を開発し、中山間地域の養魚場において1年間を超える実証試験を行った。

3号機は、約4.2 mの有効落差、約0.05 m³/sの流量の実証場所において、最大約1 kWの電力を、年間をとおして安定して出力した。

発電効率に及ぼすノズルの影響は大きく、ノズルのわずかな変形が、電力の著しい低下(約40%)を招いた。ノズル形状を最適化することにより効率改善が期待できると考える。今後の検討課題としたい。

謝辞

本実証試験は、小泉川養魚場 代表 小椋勝美 様 およびユーシー産業株式会社 鳥取工場長 新井征一 様をはじめ従業員の方々の多大なご協力のもと実施した。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 野嶋賢吾, 鈴木好明, 柏木秀文, 佐藤崇弘, 木村勝典; マイクロ水力発電システムに関する研究, 鳥取県産業技術センター研究報告, No.9, p.11-14, (2006).
- 2) 野嶋賢吾, 柏木秀文, 桑原豊彦; マイクロ水力発電システムの開発, 鳥取県産業技術センター研究報告 No.11, p.44-45, (2008).
- 3) 野嶋賢吾, 柏木秀文, 鈴木好明, 桑原豊彦, 今岡睦明, 菊井一樹; マイクロ水力発電システムの開発(第1報) 試作1号機の実証試験, 鳥取県産業技術センター研究報告 No.12, p.37-41, (2010).
- 4) 野嶋賢吾, 角力, 鈴木好明, 吉田裕亮, 桑原豊彦, 柏木秀文; マイクロ水力発電システムの開発(第2報) 試作2号機の実証試験, 鳥取県産業技術センター研究報告 No.13, p.34-37, (2011).
- 5) 吉野章男, 菊山功嗣, 宮田勝文, 山下新太郎; 流体詳細工学演習, 共立出版株式会社, p.187-107.
- 6) 機械工学便覧 α 基礎編, 日本機械学会, p.69-75.