

マイクロ水力発電システムの開発 (第2報)

Development of a Micro-Hydro-Electric Generation System (2nd Report)

試作2号機の実証試験

Verification Tests on the Second Prototype of Micro-Hydro-Electric Generation System

野嶋賢吾・角 力・鈴木好明・吉田裕亮・桑原豊彦・柏木秀文

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

試作したマイクロ水力発電装置の実環境における発電の安定性および耐久性・耐食性を評価するため、養魚場の排水路において半年間を超える実証試験を行った。その結果、実証試験に用いた試作2号機は、安定したDC電力を出力し、照明と温水ヒータを連続して稼動させた。また、数時間だが、家庭用電化製品にAC電力を供給し、これを正常に動作させた。2号機のA型には、およそ4ヶ月間の実証試験において不具合が発生したが、これを改良したB型には、およそ11ヶ月間の実証において不具合は発生していない。

1. はじめに

鳥取県産業技術センターでは、農業用水路等の低落差(1~5 m)の水エネルギーを利用して発電するマイクロ水力発電システムの実用化を目指し、開発を行っている^{1)~3)}。

前報³⁾では、試作1号機に対して行った、延べ6時間程度の実証試験の結果について報告した。

本報では、試作機の実環境における長時間の出力の安定性および耐久性・耐食性について調査するため、鳥取県倉吉市関金町小泉にある小泉川養魚場の排水路において半年間を超える実証試験を行った結果を報告する。実証試験には、1号機を小泉川養魚場の水路に設置できるよう改造した2号機を用いた。

2. 実験方法

2.1 発電装置

平成21年度に開発した試作2号機的主要仕様を表1に、2号機に用いたクロスフロー水車の外観写真を図1に示す。2号機は、既に報告した1号機^{2) 3)}を落差1 m以下の水路等で利用できるよう改造したものである。2号機の仕様は、1号機と基本的に同じとしたが、発電機、水車幅および材質について次の変更

を加えた。発電機については、1号機に用いた回転数300~600 min⁻¹において約22~44 V(無負荷)を発生する定格出力1.5 kWの永久磁石式発電機から、同じ回転数において約110~220 Vを発生する300 Wの永久磁石式多極発電機(SKY-HR250)へ変更した。水車幅については、低落差での使用による吸込み流量の低下を補うため、1号機の150 mmから200 mmへ拡大した。水車およびその筐体の材質については、10年間程度の耐食・耐久性を確保するため、1号機の軟鋼(SS400)からステンレス鋼(SUS304)へ変更した。

表2に示すとおり、A型およびB型の2種類の2号機を開発した。二つの違いは、水車と発電機との動力伝達方式と、受水部の水をノズルへ供給する導水部の断面形状である。2号機の外観写真を図2に示す。

表1 発電装置の主な仕様

水車形式	クロスフロー水車
水車直径	φ270 mm
水車幅	200 mm
ブレード枚数	30 枚
ブレード入口角	30 °
ブレード出口角	90 °
ノズル入口形状	200×150 mm
発電機定格出力	300 W

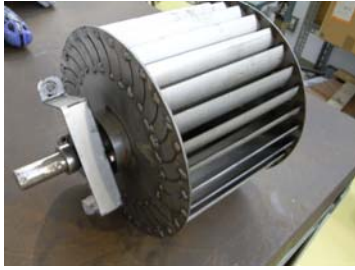


図1 クロスフロー水車の外観写真

表2 2種類の2号機

	A 型	B 型
動力伝達方式	タイミングベルト 駆動側: $Z_1=20$ 被動側: $Z_2=30$	直結駆動 弾性カップリング
導水部の形状	矩形断面 入口: 200×200 mm 出口: 200×150 mm	円形断面 JIS 200A



(a) A 型



(b) B 型

図2 2号機の外観写真

2.2 実証地点

ごみや水量の管理が行われている小泉川養魚場の養殖プール排水路の段差部において2号機の実証試験を行った。図3に小泉川養魚場の写真を示す。

水路の流量は約 $0.035 \sim 0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ で、総落差はおおよそ $0.8 \sim 0.9 \text{ m}$ である。



(a) 養魚場全景



(b) 実証地点

図3 小泉川養魚場

2.3 実証方法

実証試験では、発電機から出力される3相AC電力をダイオードによりDCに整流して、照明と温水ヒータへ連続供給した。この際、バッテリーによる充電は行わず、発電機から出力される電力をダイレクトに供給した。

さらに、バッテリーレスによるAC電力を家庭用電化製品へ供給する数時間の実証試験も行った。DCからACへの変換は、整流器からの出力電圧をDC/DCコンバータで一定電圧(DC24V)に調整したのち、DC/AC正弦波インバータにより行った。このAC電力により、DVDプレイヤー、14インチブラウン管テレビおよび蛍光灯を同時に作動させた。

2.4 実証試験期間

試作2号機の実証試験を次の期間行った。

A型: 平成21年7月8日～平成21年11月3日

B型: 平成21年12月16日～平成22年11月(継続中)

3. 結果と考察

3.1 設置作業

図4に2号機の設置作業の様子を示す。2号機は軽量(70kg)・コンパクト(330×500×500mm)であるため、軽貨物に積載可能で、積み下ろしを人の力で行うことができる。2号機の水路への設置は、チェーンブロック等を用いて人の力で行うことも可能だが、実証試験では、小型の建設機械を用いて10分間程度で設置した。2号機の搬入から運転までに要した時間は、約30分間であった。

2号機を水路に設置した様子を図5に示す。



(a) 搬入



(b) 設置

図4 設置作業の様子



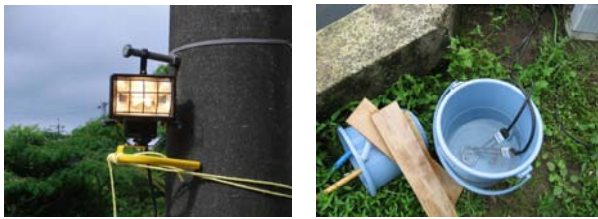
(a) A型 (b) B型

図5 2号機を水路に設置した様子

3.2 DCによる電力供給の実証試験結果

実証地点において、A型およびB型は、140~150WのDC電力を出力し、照明と温水ヒータに電力を供給した。図6に照明および温水ヒータの写真を示す。

実証試験中には、30℃を超える真夏日や氷点下の真冬日、さらには暴雨および積雪を経験したが、2号機が運転停止することはなかった。実証試験中に経験した積雪の様子をこれらの一例として図7に示す。



(a) 照明 (b) 温水ヒータ

図6 DCによる電力供給



(a) 全景 (b) 詳細

図7 実証地点における積雪の様子

3.3 ACによる電力供給の実証試験結果

A型が出力するAC電力によりDVDプレイヤー、小型テレビおよび蛍光灯(全電力:約140W)を正常に作動させることができた。実証試験の様子を図8に示す。



(a) 全景 (b) 詳細

図8 ACによる電力供給

3.4 耐食性・耐久性の評価結果

A型の実証試験を開始して、およそ4ヶ月間が経過した平成22年11月3日に、同装置が発電停止しているのを確認した。不具合箇所として、タイミングベルトの破断と送電ケーブルの焼損が見られた。図9にタイミングベルトの破断状態を、図10に送電ケーブルの焼損状態を示す。タイミングベルトの破断と送電ケーブルの焼損は、送電ケーブルが短絡したため起こったと考える。まず、送電ケーブルの短絡は、現地における聞き取り調査から、保護せず地上に配線した送電ケーブルを野生動物が噛んだため起こった可能性が高い。次に、タイミングベルトの破断は、慣性モーメントが異なる発電機と水車が、短絡による急制動を受けたため、回転差が生まれ、ベルトに過大な荷重が働いた可能性が高い。

A型で採用したタイミングベルトは、10年間程度の長期間使用においては耐久性が低いと判断し、弾性カップリングによる直結方式のB型へ改良した。なお、ベアリング等の消耗部品については、耐久性を引き続き調査するため、A型で用いたものをB型にも用いた。

およそ4ヶ月間の実証試験を行ったA型の腐食状況を調査した結果、すき部において軽微な腐食はみられたものの著しい腐食は見られなかった。



図9 タイミングベルトの破断状態

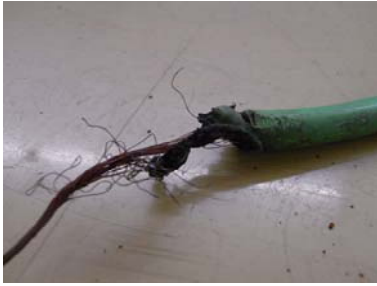


図10 送電ケーブルの焼損状態

4. おわりに

1号機を落差1 m以下の水路等に設置できるように改造した2種類の2号機を開発し、小泉川養魚場の排水路において実証試験を行った。

2号機は、総落差0.8～0.9 m、流量0.035～0.05 m³/sの排水路において140～150 WのDC電力を出力し、照明と温水ヒータを連続して稼働させることができた。また、数時間の実証ではあったが、家庭用電化製品にAC電力を供給し、正常に動作させることもできた。

2号機のA型は、およそ4ヶ月間の実証試験において不具合が発生したが、これを改良したB型は、およそ11ヶ月間（平成22年11月現在）の実証において不具合は発生していない。

引き続き、B型の耐久性や耐食性を評価する実証試験を継続している。

謝 辞

実証試験の実施にあたり、小泉川養魚場の小椋勝美代表をはじめ従業員の方々に多大なご協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

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).