

農業用水を利用したマイクロ水力発電の可能性 Possibility for the Micro-hydropower System Utilizing Irrigation Channel

○瀧本 裕士*・能登 史和*・丸山 利輔*

TAKIMOTO Hiroshi, NOTO Fumikazu, MARUYAMA Toshisuke

1. 研究の背景と目的

近年、電力エネルギーの供給に関して、環境への低負荷および低コストで導入可能な自然エネルギーを利用した地域分散型の発電システムが注目されつつある。太陽光や風力に比べ、マイクロレベルの水力はほとんど普及していないのが現状であるが、エネルギー密度が高く安定したエネルギー源を確保できる点で優れている。そのようなことから、CO₂削減に向けた取り組みの一環としても地域に根ざしたマイクロ水力発電システムの導入が期待されている。特にこれまで水力開発の行われなかった農業用水を利用し、低流量・低落差の条件下でも効率良く稼働する小型水車を開発することは、マイクロ水力発電システムの重要な課題である。本研究の目的は、農業用水の落差工に注目し、規模の小さい条件下でも効率よく稼働し、かつ維持管理が容易で耐久性の優れた水車を設計し開発することである。本研究では新しいタイプの水車を考案し、低コストかつ高効率のシステムを開発することに成功した。以下にその詳細を報告する。

2. 高効率小型水力発電装置の開発過程

本研究では、富山県の産業遺産であるらせん水車（里深，瀧本，2010）をベースとして、発電用に改造を試みた。扇状地を流れる農業用水では落差工が多く存在している、水車は位置エネルギーを利用するタイプが望ましい。らせん水車を鉛直に設置することで、増速機や発電機が水流にさらされる危険性がなく、維持管理を行う上でも有利である。しかしながら、ただ単に鉛直に設置しただけでは、水車羽根と水流の間に抵抗が生じてしまい、十分な発電効率を得ることはできない。実際に農業用水で0.3m³/s、落差1.5mの条件下で実証試験を行ったところ、1KW程度の出力（発電効率23%）しか得られなかった。

水のエネルギーを水車羽根に効率よく作用させることが重要である。また、らせん水車は回転数が低いという欠点があるので、水車羽根の枚数を少なくして軽量化を図り回転数を増加させる工夫も必要である。そこで、本研究で試作した水車は、Fig.1に示すように整流制御のガイドペーンを設置し、羽根枚数は2枚にするなどの改良を加えた。水車羽根の直径は70cm、全長は2mである。Fig.1のシステムを農業用水の落差工に設置し、先述と同じ流況条件で実証試験を行ったところ、出力3.1KW、発電効率70%となり、目標とする実用レベルにまで達することができた。また、富山県立大学の水理実験室において Fig.1

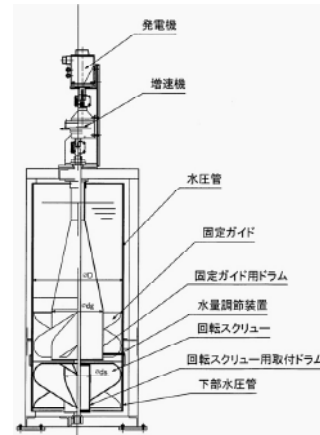


Fig.1 マイクロ水力発電装置の構造
Micro-hydro power equipment suitable
for the drop of irrigation channel

*石川県立大学 Ishikawa Prefectural University
キーワード：農業用水，マイクロ水力発電，包蔵水力

のシステムを導入し、流量の変化と発電効率の関係を調べた。実験室の送水ポンプ容量の関係で流量 Q は $0.05\text{m}^3/\text{s} \sim 0.1\text{m}^3/\text{s}$ の低流量の範囲で実験を行った。実験では、流量 Q の変化に応じて発電量を計測し発電効率を算出した。発電効率の算定で用いる有効落差 H は損失水頭の定量評価が困難であったことから実落差の 2m とした。理論出力 ($=9.8 \times Q \times H$) と発電効率の関係を Fig.2 に示す。発電効率は実証試験時に比べ低い値となっているが、流量の増加と共に発電効率は向上する傾向にあり、 $0.1\text{m}^3/\text{s}$ の流量 (理論出力で 2kW 程度) があれば発電効率は 50% を越えることができる。なお、Fig.2 で理論出力 4.41kW に対応する効率もプロットしているが、これは先述の現場実証試験の結果を加えたものである。実験データの外挿上に実証試験の結果が現われている。

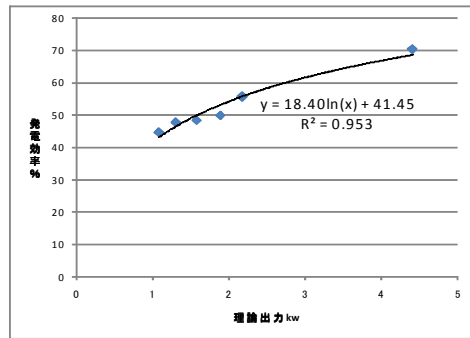


Fig.2 理論出力と発電効率の関係
Relationship between potential energy and generation efficiency

3. 農業用水落差工における包蔵水力の算定

本研究では七ヶ用水土地改良区の協力のもと、石川県手取川水系を対象に包蔵水力の算定も行った。手取川水系七ヶ用水の落差工を調査した結果を Fig.3 に示す。一つの扇状地に存在する落差工は 600 箇所程度あり、非灌漑期においても 6600kW (約 2000 世帯分の電力) が潜在している。このことから本開発水車の適用範囲がおおきいことがわかる。本開発の水車発電システムは、既存の水路にそのまま設置できることから土木工事費の軽減が見込まれ経済的である。したがって、多くの箇所で導入されると期待できる。なお、エネルギーの地産地消を目指すマイクロ水力発電システムは、地域の特性に応じて多くの利用用途が考えられる。利用用途を列挙すると次のようになる。・農作業用管理電源・防虫灯、有害動物へのサイレン・地域の街灯・自家発電による家庭用電源の確保・公衆トイレの浄化槽用電源・災害時の非常用電源・通信用電源・電気自動車への充電等。このようにいろんな活用法が考えられるが、まずは利用用途に応じて需給バランスを考慮しながら発電システムを構築していくことが大切である。

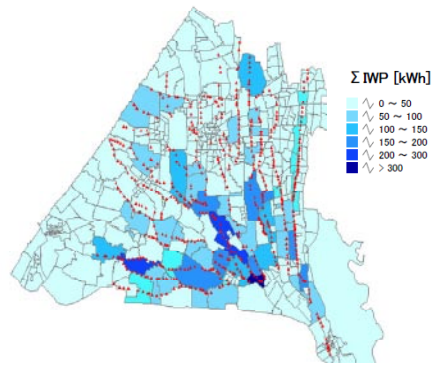


Fig.3 手取川七ヶ用水扇状地における包蔵水力
Stored potential energy in the Tedori River alluvial fan area

4. おわりに

本研究では、富山県の産業遺産であるらせん水車に着目し、改良と工夫を加えた結果、高効率水車を開発することができた。今後は、実証試験を重ね、より信頼性のあるマイクロ水力発電システムとして展開していく予定である。

参考文献：里深文彦・瀧本裕士、甦るらせん水車、パワー社(2010)