

流水利用型小水力発電の実証試験

1. 実施の背景

(1)地球環境の中の温暖化を招く主な要因の一つとして、CO₂があげられ、この削減に向け京都議定書が締結された。

(2)我が国において、農業が利用している水量は全体の2/3の年間590億m³であり、国土に張り巡らされた農業用水路の水路延長は、総延長で40万km、基幹的な水路延長だけでも約45,000kmにのぼる。これらの包蔵する発電ポテンシャル(落差利用型)の多くは未利用であり、少なくとも年間発電電力量(Wh)で約57万MWh(理論包蔵水力)になるとの調査に基づく試算がある(資源エネルギー庁と農水省共同調査結果)。このうち、既に関係、及び建設中・計画中の水源・水路に限定すれば、年間発電電力量ベースで約17万MWhとなる。調査時の例から、実際にはこの10倍の包蔵水力がある可能性が高いことから、農家40万世帯分の年間使用電力量に相当する約170万MWhの年間発電電力量が、地域資源として眠っていることになる。

(3)資源エネルギー庁は、「新エネルギー」について着実な開発・導入を進めるために、「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」を制定し、電気事業者が新エネルギー等を変換して得られる電気を利用(買い取り)することを義務付けている。平成19年3月の改正で、この新エネルギーに、「農業用水等を利用する小規模な水力発電所(1000KW以下の水力発電所)」等が追加され、農業用水路での小規模な発電についても、風力発電や家庭用太陽光発電と同様、電気事業者への売電することが出来るようになった。

(4)これまで農業用水を発電に利用する際には、落差利用型の小水力発電で一般に3m以上の落差が無ければ事業化は困難とされ、落差を設けるための側水路の建設費等や農業用電力利用に限定されること等がネックとなり、開発が進まなかった。

このため、日本水土総合研究所では、この膨大な地域資源である未利用エネルギーを取り出し、既存水路をそのまま利用する、水路の流速に着目した、新たな流水利用型の小水力発電装置の実証試験を自主研究で行ったところである。この実験の結果は、農業用水路の落差利用型のポテンシャル量の外にあるものとして活用が期待されることである。

2. 流水利用型小水力発電の実証試験の概要

農業用水路をそのまま利用し、流速のみに着目した流水利用型小水力発電の可能性を検証するためには、流速と発電量を計測し、水車が、どの流速においてどれだけのエネルギーを取り出すことが可能か特定することが重要である。

既存農業用水路を改修することなく、かつ簡易に設置可能であること、初期導入費用が安価であること、及びメンテナンスが容易かつ安価(予定)であることを条件に、

以下の2タイプの水車を選定し、関東農政局中信平二期農業水利事業所(長野県松本市)の協力を得て、管内の2箇所の農業用水路において実証試験を行った。

(1)カスケード水車

カスケード水車は、流水に対し一定角度を以て並べた羽根により、流水のエネルギーを直角方向への運動エネルギーへ変換し発電する、流速に着目した新しいタイプの水車である。また、水路中へ直接設置するため、側水路は不要である。

カスケード水車

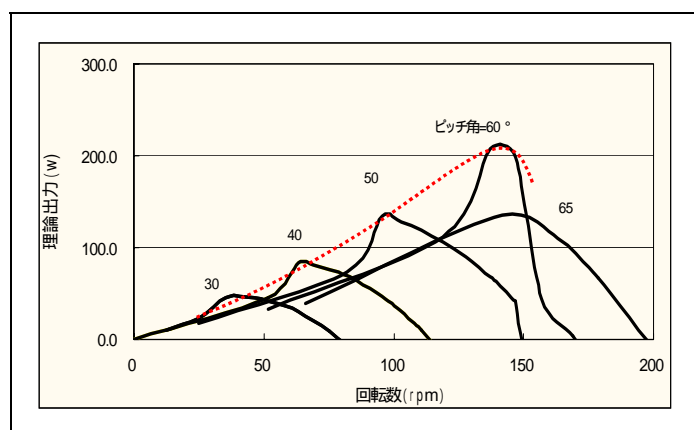
水路幅 3m、平均流速 1.5m / S の農業用水路へ、幅 1.08m のカスケード水車を設置し、98W の発電が出来た。その際、最も効率良く横方向のエネルギーへと変換する羽根の角度は 65 ° であることが判った。

水車へ流入エネルギーは、用水の流速が深度、側壁からの距離により 30%近く異なるため、水車前面を幅 20cm × 高さ 6cm の 25 点のマトリクスに分け流速を測定し、これらから得られたエネルギーの総和として求め 260W とした。

以上より、用水の持つ運動エネルギーの 38%を取り出したこととなる。なお、発電機、増速機のそれぞれの効率が 80%、85%であるため、水車の効率は 55%となる。

また水路幅全幅を用いて発電した場合、753W の発電が期待出来、水車を 10m 間隔で縦列設置出来ることから、100m 区間では最大 8.3KW の発電が可能である。

今回の実証試験により発電効率等のデータが得られたことから、今後水車効率 80%へ近づけることで、同じ流速で 1KW の発電が可能となる予定である。



マイクロカスケード水車

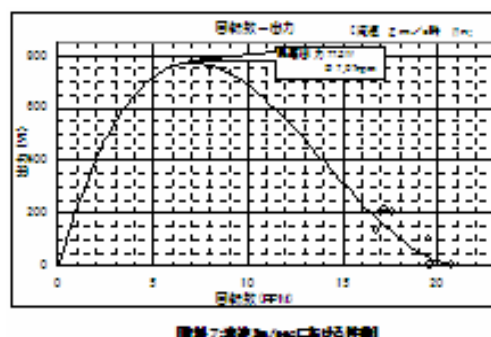
超小型のカスケード水車にフロートを付け、ロープで係留し発電する方式であり、ある程度の流速があれば、設置場所の自由度が高い特色がある。設計上は流速 2.5 m / S で 100W の発電が可能であるが、今回の試験では、12V バッテリーを介し計測用パソコン用電源としていたため、電圧を 13V に固定し、流速 1.4 m / S で 9.1 W の出力を得た。出力は小さいものの、装置が小さく手押し車等であぜ道を運搬可

能であり、かつ設置が極めて簡易であることから、災害等の補助電源等の用途が期待される。

(2) シグナスミル型水車

水路幅 4m、流速 2.0m / S の農業用水路へ、直径 2.25m、幅 2m の金属製下掛け水車により 216W の出力を得るとともに出力特性を特定出来た。この出力特性から、この水車では同じ流速において 773W までの発電が可能であり、用水の持つ運動エネルギー 3,600W の 21.5% を取り出すことが可能となる。

また、測定結果より、側壁近くを除く、水路幅の 75% までは概ね流速 2.0m / S で安定していたことから、現水車の羽根の幅を 3m まで拡大することで 50% 出力を上げることが可能であることが判った。



3. 考察

実証試験の結果、発電効率、性能曲線等を検証することが出来、特別な落差工を設けることなく農業用水路において小水力発電を行うことが可能であることがわかった。その際、側水路を設置する必要が無いメリットと、発電出力が小さいデメリットがあるため、発電コスト(発電機の価格+メンテナンス費用)を安価とする必要がある。これらについて考察を加える。

(1) 発電コストについて

発電機価格については両タイプの水車ともに 60 万円以下、メンテナンス費用を年 1 万円程度を目標としていることから、発電機稼働率を 75% とした場合、9 年弱で償却可能である。

(2) 発電出力について

発電機の 1 基あたりの出力は小規模 (700W 台) であるが、安価な装置であること、町の鉄工所で修理可能な簡易な構造であること、設置が容易であることから設置台数を増やすことで、需要に応じた出力とすることが可能である。例えば、それぞれ 10 m 間隔で設置可能としていることから 100 m 区間に 11 台直列設置することで、平均的な集落 (86 戸) の年間必要電力量の 14% に相当する電力を取り出すことが可能

である。

以上により、水路の他目的使用等のクリアすべき問題はあるが、小規模、安価かつ簡易に設置可能な小水力発電機は、十分に実用化の可能性は高いと思われる。

4. 電力の利活用方策

農村には、例えば、鳥獣害防止のための電気牧柵、ため池等のアオコ除去装置、用水路より直接揚水するためのポンプ、電照栽培、ハウスの保温、水路の除塵機、集落の防犯灯、集会施設等、多くの農村振興のための電力需要がある。特に、農村の高齢化が進む中で、取扱の簡易さから、今後電化は更に進むとみられる。

これまでは、これらを電力事業者からの買電で賄うことが多く、電気代等運用費用面でのハードルが高かったが、今回の制度改正により新エネルギーとして位置付けられ、風力発電や家庭用太陽光発電と同様に電気事業者への売電が容易になったことから、集落レベルで小水力発電に取り組みやすい環境が整いつつある。

利用方法としては、例えば、幹線水路において定常的に発電した電力を、水路から離れたため池のアオコ対策機器や集落の防犯灯で使用する場合等に適していると考えられる。

ほ場の中に電気事業者の電力線が無い場合には、ほ場近くの農業用水路での小水力発電により、必要な電力を直接賄う自己完結型の運用が考えられる。例えば、中山間地における鳥獣害駆除のための電気牧柵、災害用非常電源、等に適していると考えられる。特に災害用非常電源については、中山間地域における被災時に孤立する可能性のある17,451集落のうち、17,145集落(98%)において、避難施設等のライフラインとしての非常用電源が不十分であり、災害に強い自立分散型の自給エネルギー農村の構築は喫緊の課題となっていることから、出力の安定している小水力発電は有力な手段と考えられる。

5. おわりに

今回の実証試験を通じ、技術的、経済的には十分実現可能性が高いことが判った。補助事業活用の有無、関係法令との整合性等、その他のハードルはあるものの、地球温暖化防止、農村振興のため、未利用の膨大な地域資源である農業用水路の包蔵水力を活用出来るかどうかは、小水力発電による電力の地産地消を目指した関係者の熱意にかかっていると考える。