

別紙 4

報告番号	※	第
□	□	

主 論 文 の 要 旨

論文題目 らせん水車を用いた実用的なピコ水力発電

システムの開発

氏 名 岡村鉄兵

論 文 内 容 の 要 旨

日本では 2012 年から固定価格買取制度 (FIT) が導入され、自然エネルギーが注目されている。水力発電は自然エネルギーの中で最も安定した電源の一つであり今後の普及が期待されている。

200kW 未満の小型の水力発電においては買取価格が FIT 導入前の 3 倍以上に上昇し、また導入の障壁であった水利権についての規制緩和が進み普及に弾みがついた。このような動きに伴い、日本国内のメーカーやコンサルタント会社、商社といった企業が今まで利用されていなかった小規模の水力発電に関心を示し、商品開発や事業化を進めるようになった。

一方、小規模水力発電の中でも 5 kW 以下の最も小さいカテゴリーであるピコ水力発電は発電量あたりのコストが割高になり、投資額を回収することは難しい。それにも関わらず、観光資源、教育材料、環境 PR、災害時の非常用電源などの目的で導入される事例が多くある。小規模の水力発電は地域活性化の一環として導入する事例が多い。そのようなケースでは経済的な効果だけではなく地域資源を活用することや自治力向上などを目的に地域住民が主体となって導入し維持管理も自ら行っている。小型の水力発電の中でも特に落差が小さく比較的流量が多いケースでは開放型水車を用いられる。この中でらせん水車が近年発電用水車として注目を集めている。

らせん水車はこれまで実験や力学モデル、数値シミュレーションの研究が行われ、動力特性が明らかになり、与えられた流量と落差の条件下における最適

な発電システムの設計が可能となった。研究の発展に伴い、多くの地域でらせん水車による発電システムの導入が進んだ。このような非常に小さな規模の水力発電は山間地域であれば無数の設置可能な箇所があるため、低コストで維持管理が簡便な発電システムが開発されればピコ水力発電の新たな需要が生まれる可能性がある。また国外に目を向ければ、発展途上国においては近年のIT機器の普及により今まで以上に電力の需要が高まっており、低落差条件における発電が低コストで可能になれば途上国における未電化地域の生活環境や利便性の向上に貢献できると考えられる。ピコ水力発電の更なる普及のためには用途ごとに現場環境に適した発電システムの開発、設置コストや維持管理コストの抑制が求められている。

そこで本研究ではらせん水車を用いたピコ水力発電が普及可能なものになるための条件を明らかにすることを目的とし、1) コストが高くても導入されるピコ水力発電の意義、2) それを実現するためのハードの要件、3) コストを低く作るための工夫を明らかにする。そのために環境の異なる3つの発電システム導入プロジェクトに参加し、現場環境や利用者に応じた発電システムの開発と運用試験を行いながら、ピコ水力発電システムの意義と実用上の課題を抽出する。またそれらピコ水力の課題に対応する上でらせん水車の持つ特性の影響を明らかにする。

岐阜県揖斐郡坂内地区におけるプロジェクトでは2008年2月から6年間、30Wのらせん水車発電システムの開発と運用試験を行い、システムの耐久性や維持管理方法を調査した。そして地域で維持管理が可能な低コストの発電システムの形態を明らかにした。坂内地区の事例におけるピコ水力発電システムは隣接した宿泊施設の電力源、道路の街灯として用いられ、地域を訪れる人々への地域の魅力のアピールや地域資源を活用するツールとして役立っている。

このプロジェクトでは軸受と増速部の構成を変更し5タイプのシステムで運用試験を行った。その中で最も実用的なシステムはVベルトの増速機構を用いた発電システムであり、維持管理に伴う作業時間は年間47時間で費用は年間6400円となり、全ての維持管理作業を地域行うことが可能で費用も最も小さく済むことが分かった。このシステムは土木工事を必要としない、自分達で管理を行う、耐久性が高く交換が必要無い部品を用いる、低価格の消耗部品を用いるといった点がコストの削減につながった。

タンザニアの未電化地域におけるピコ水力発電導入プロジェクトでは、タンザニア・ムベヤ州モンバ県ムフト村における取り組みに参加した。材料や技術が乏しい環境において低コストの発電システムを住民と地域研究者とともに開発し導入手法を明らかにした。ピコ水力発電の電力は近年普及した携帯電話の充電に利用され、換金作物の市場価格調査や遠方の知人や親せきとの連絡を可

能とした。さらに地域資源の活用によって住民が環境保全についての意識が高まるといった効果があった。

発電システムはバイクや自動車の部品を転用し、加工の難しいらせん面の形状をポリエステル樹脂と金網を用いて製作する方法を採用した。また住民が維持管理できるように、視覚的に理解できる簡単な構造、普段自転車の利用で慣れているチェーンとスプロケットを利用した増速機構、扱いの簡易なVベルトによる増速機構を用いた。さらに乾季と雨期の水位変化の問題に対しては発電システムを軽量にし、水位変化に合わせて移動できるようにした。設計と溶接に関する作業以外の工程を自分達で行うことで、携帯電話の充電を水力発電で賄うと、1年で採算の合うシステムとなった。

豊田市内の工業施設における発電プロジェクトでは、効率化の進む生産現場で設備を大きく作り変えることなく、人的負担を抑えた発電システムを開発した。この施設におけるピコ水力発電の導入は豊田市が目指しているサステナブルプラントへの貢献と会社の方針である物を使い切るもったいない精神の具現化を目的として進められた。実際に導入すると行政や教育機関、企業から年間200人を超える来訪者の見学設備の一つとなり、日本水大賞の受賞後は社員の間でも注目が集まり会社内外に環境活動の取り組みをアピールするツールとして効果を発揮している。

発電システムを実現するハードの要件としては省スペース化とメンテナンスフリー化が求められた。らせん水車を垂直に設置し、水車羽根が小型となるような傘型らせん水車と、細い配管径で効率よく送水できる自由落下式導水方式を合わせた傘型らせん水車発電システムを考案し、専有面積が0.5 m²程度の省スペースな発電システムとなった。また回転速度の速い水車と低速で発電する発電機を合わせ、増速機を用いないことで部品点数を減らし、水車と発電機の部分は維持作業の必要のない構造となった。コスト削減の工夫は複雑な水車形状を3Dプリンターで製作すること、人的コストがかからないメンテナンスフリーとしたことが挙げられる。

本研究で異なるタイプのらせん水車を調査する中で、流量の変化に対する効率の変化が小さいこと、異物が通過し易い水車羽根形状、比較的回転速度が速いことがピコ水力発電に適したらせん水車の特徴であることが明らかになった。

タンザニアのような未電化地域では電力への需要が高く、採算も取れることから今後ピコ水力発電が普及する可能性が高いと考えられる。農山村地域で普及するには、維持管理だけでなく据付や製作についても住民が行うなど更なるコスト削減が必要である。工業施設向けの発電システムは更なる小型化と量産による大幅なコスト削減が普及につながると考えられる。