

マイクロ水力発電の普及活動



にいはま環境市民会議 会長 近藤 康夫

1. はじめに

ドイツやスペイン等の国々では、国の電力エネルギー源として約25%を自然エネルギーが占める程にまで普及しはじめて¹⁾。我が国では福島原子力発電所の事故までは、電源の50%を原子力発電で賄う計画を進めてきたので、急な政策転換が難しい諸事情がある。現状では旧来の小水力発電を含めて自然エネルギーによる発電量は4～5%程度である²⁾。

ドイツでは国内の水力発電所の数が1,000kW以上が403、同未満が5,500、その比率が90%以上であるのに対して、日本ではそれらの数が1,407および437で比率は25%弱である²⁾。このことから、日本における小水力発電の開発の可能性は大きいといえる。また環境省による1,000kW未満の小水力導入ポテンシャルの推計値は地点数が約1万8千か所、設備容量が527万kWと報告されている。ある試算によると全国で1,000万kWの開発が見込まれるとの報告もある³⁾。

我が国では自然エネルギーによる発電は、まず太陽光発電の普及が先行しているが、長期的には洋上風力発電、バイオマス発電などによる発電量が中心的役割を担うことが期待されている。

本稿は、小水力発電の特質と普及に向けての課題などを概説すると共に「にいはま環境市民会議」が進めているマイクロ水力発電の普及活動の概要を報告する。

2. 小水力発電の特質

太陽光、風力発電は、気象条件などによる変動が大きく、稼働率が低い⁴⁾。それに対して小水力発電は、設備投資がやや割高となる場合が多いが、稼働率が他の自然エネルギーに比べて3～6倍も高く安定した電力が得られる利点がある。水力は流量と落差が決まれば発電電力を精度よく予測できて計画し易いエネルギー源である。

河川の流量は季節や天候により変動するが、取水口の工夫によって安定した水量を確保することができる。大規模の水力発電の新規開発は立地などの点から望み難いが、小水力、ミニ水力、マイクロ水力などと呼ばれる小規模の水力発電は、各地において様々な形態で実施の可能性が秘められている。化石燃料を使用する火力発電や原子力発電は大規模集中型のエネルギー源であるが、薄く広く国内全体に分布する小水力発電は、安価で市民の手におえるエネルギー源である。従来は小水力発電も大規模発電と同様に、河川法その他の許可申請や電気事業法の順守などが煩雑であったこともありあまり顧みられなかった。近年は「新エネルギー利用特別措置法」(RPS法)や全量固定価格買取制度の制定をはじめとして法改正や規制緩和が進んで、小水力発電も太陽光発電に見られるように実用化、事業化がし易い環境になった。水車も汎用品や中古品の転用などにより、安価で複雑でない技術であるので、参入し易い。

我が国では中部山岳地帯やその裾野の平地、九州の各地には小型水車を使用している例が多いが、四国地方にはその例が少ない。愛媛県の南予地方は山地が多く、石鎚、赤石山系を背景とする東予地方は小水力発電に適した地形が多い。また、平野部の豊富な農業用水などを利用した小水力発電により、農業、園芸、畜産などへの活用が期待できる。山間の過疎地においても、灌漑用水が流れている耕作放棄地などでも、地域に眠る資源を住民の発意と参加によって、地域の創生・発展を図る手段として活用できる。災害や化石燃料等の社会的情勢による価格と供給量の不安定性に備えて、長期的に安定した地域自給エネルギー源として確保できる。

3. 開放形上掛け水車の製作と実演展示

「にいはま環境市民会議」では、愛媛県三浦保愛基金

環境保全自然保護分野公募事業費補助金の交付を受けて、平成24年度と25年度にマイクロ水力発電の普及活動を行った。

初年度は、人目を惹く開放周流形水車を組み立てて実演展示を行い、マイクロ水力発電への関心を惹き起こすことを試みた。木製水車の専門業者に発電実験を行うことを前提として既製品の設計変更を依頼し、構成部品をキットとして購入することとした。水車の直径1,200mm、幅内径400mmの開放形上掛け水車とした。



開放周流形水車の組立実習

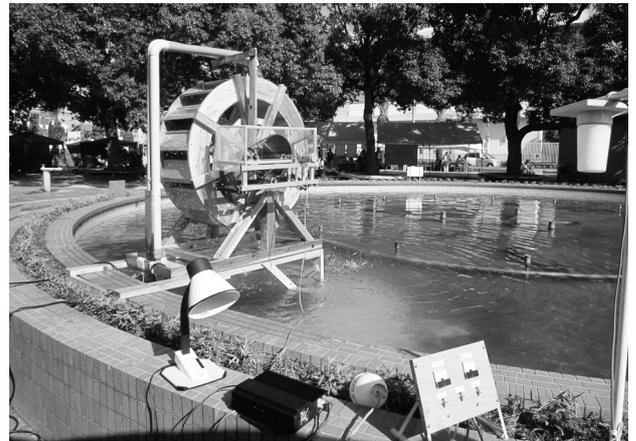
水車の組み立て実習を通じて児童生徒の自然エネルギーへの関心や環境教育に役立てることを目的として、市内の小学校児童14名を招いて、2日間で組み立て実習を行った。完成させた後で給水試験を行い、自分たちが作った水車が勢いよく回転の様子を見て、児童、引率された小学校の先生や保護者達は歓声を挙げた。感想文には多くの児童が、『初めて体験する工作が難しかったけど、仕上がった時は嬉しかった。』と記されていた。貴重な体験をし、自然エネルギー利用への関心を深めることができたと思われる。



「あかがね工業博」での実演展示

更にこの水車に増速機構と発電機を取付けて、発電した電力はバッテリーに蓄電すると共に、LED照明を点灯する準備をした。本来は自然の落ち水を利用するものであるが、展示場では噴水などの水上に設置して、池の水を水中ポンプで汲み上げて給水した。

まず、平成24年10月6～7日に新居浜市制75周年記念事業・新居浜高専創立50周年記念事業として新居浜高専で開催された「あかがね工業博」で実演展示を行い、県内外から専門技術者、一般市民など多数の来客があり、関心を寄せていただいた。



「にいほま環境広場」での実演展示



農業用水路での発電実験

つづいて同年11月18日に開催された「にはま環境広場」では、新居浜市中央公園の噴水に設置して発電実演を行い多数の市民が見学された。

更に市内新須賀土地改良区の了解を得て、農業用水路に設置して公開発電実験を行った。用水路では下掛け水車として作動させるために、羽根を多少加工した。

また、ブローニー・ブレーキ（摩擦式動力計）によりトルクと出力の実測を行ったが、上掛け給水量が280L/minの場合の測定結果を図1に示す。水量約500L/minで120Wの定格出力が得られることがわかる。

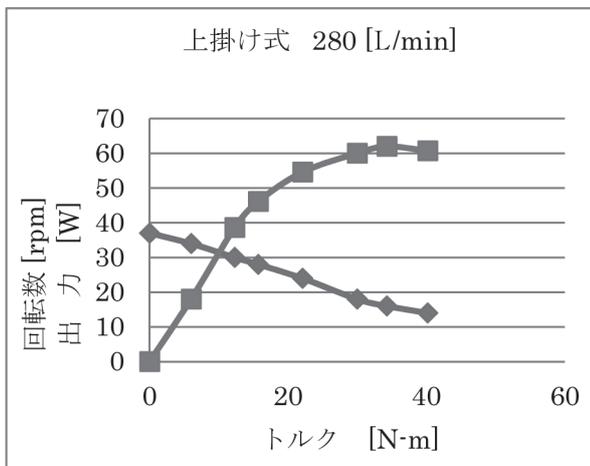


図1 トルク・出力の測定結果

4. らせん水車発電機

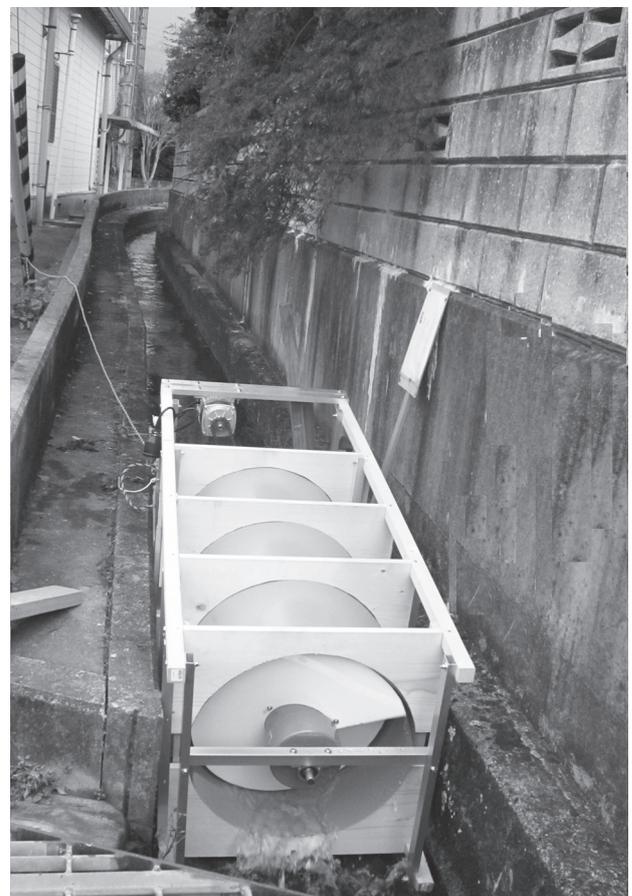
初年度に製作した開放形上掛け水車は、供給する水が少なくとも2m程度の落差が必要であり、地理的に設置場所が限定される。一般に緩い傾斜で流れている農業用水路に低い堰などを設置して使用できる「らせん水車」は、設置可能場所が格段に広がる。そこで平成25年度には、古来、農業用原動力としての歴史をもつ「らせん水車（斜流水車）」発電機を2機製作した。

そのうちの1機は教材用「らせん水車発電機」として自転車用ハブダイナモを直結して、流量約80L/min、落差0.5m、発電機出力約6W、LED電球を2個点灯できるものである。流水の受け皿用水槽、汲み上げ用水中ポンプおよび上部の給水槽を用意した。学校などの室内でも実演展示ができる。

11月9～10日に開催された新居浜高専学生祭「国領祭」に於いて実演展示を行い、学生をはじめ卒業生や一般の方々が関心をもって見学された。展示に協力してく



教材用らせん水車発電機



大生院土地改良区農業用水路でのらせん水車の発電展示

れた学生たちとマイクロ水力発電や自然エネルギーについて語らいの場をもった。また翌年1月18日に開催された「平成25年度みんなの消費生活展」に出展し、多数の市民に見ていただいた。関心のある方々とマイクロ水力発電や自然エネルギーについて懇談した。

続いて、農業用水路に設置して実演展示をすることを目的として、やや小規模の大きさの「らせん水車発電機」を製作した。本機は、流量約2,000L/min、落差 1.0 m、発電機出力150W、LED 街灯10基を点灯できる実用機



点灯した LED 街灯



池田池農業用水路での実演展示

として製作した。直径が約160mmの塩ビ管の軸の周囲に、プラ板で作った直径550mmの羽根をらせん状に7巻きして取付けた。強度は脆弱であるが自作しやすい材料を用いた。水車軸と発電機軸に歯数が夫々40、13枚のスプロケットを取付けて、チェーンで連結して増速した。発電機は10極、定格出力300Wの三相交流発電機を使用している。

新居浜市大生院土地改良区の許可を得て、12月13～14日に、川幅0.7m、流量約1,000L/minの用水路に、約0.5mの堰を設けて落差を作って設置して、数10Wの発電を行った。東予産業創造センターや愛媛県総合科学博物館への来場者などが見学され、小学校から教頭先生の引率で児童達が見学した。特に夜間に9WのLED街灯を5基点灯した際には、近隣の住民が興味深く訪れて説明を聞いていただいた。

さらに、新居浜市船木・泉川土地改良区理事会に依頼して、1月28日に池田池の土手下の農業用水路に、高さ0.5mの堰を設けて、らせん水車発電機を設置した。LED街灯を5基点灯した。昼間に報道陣の取材もあり、一般の方々も見学された。同日夜には同土地改良区の理事会が開催され、集まった理事の方々が関心を持って見学された。鳥獣被害防止柵の電源や災害時の非常用電源としての用途などについて話題が展開した。その場所は桜並木があり、マイクロ水力発電による夜桜の照明が来るとPR効果があると思われる。

5. その他の取り組み

初年度に組み立てと実演展示を行った開放周流形水車発電機は、平成26年度から新居浜市立新居浜小学校校庭のピオトープに設置され、児童の環境教育教材として活用されている。ここでは更に小型風力発電機と太陽光発電の教材を設置して、エネルギー教育に役立てる予定である。

筆者は平成25年度新居浜市生涯学習大学「環境講座」において「マイクロ水力発電の話」を担当して、当事業の概要も含めて小水力発電の有用性を説明した。さらに本年度から「自然エネルギーが拓く未来」と題して、愛媛県下の各地で講演を続けている。ここでは冒頭で述べた西欧先進国が国内電力の約25%を自然エネルギーで賅っているデータなどを紹介して、日本が抱えている

電力事情の特殊性を打開して、将来に向けての自然エネルギー利用の方向性を述べている。

これらの活動と関連して、幾人かの企業家や関心のある方々から、マイクロ水力発電の実用化または実用的発電システムの開発などの照会があり面談している。また、マイクロ水力発電の学習会などが具体化しはじめている。本事業によって製作した水車発電機を活用して、今後も催し物会場などでの展示や、農業用水路、公園、学校などへの常設展示を検討したいとの意向が盛りあがっている。

6. 我が国の電力事情と自然エネルギー利用の課題

日本に自然エネルギーによる発電電力を積極的に導入するためには、対応しなければならない送電網の事情がある。日本列島が細長い島国であることから、国内を10管内に分けて、それぞれの地域を独占した形で電力会社が発電と送配電を行ってきた。隣接する電力会社間の電力の融通も限定的な規模であった。また、その周波数が東日本は50Hz、西日本では60Hzと二分されていて、両者の系統は周波数変換装置を介して行う必要がある。現在は三か所の周波数変換所の変換容量が合わせて120万kWしかないので、東日本大震災直後の電力不足の際に、西日本からの電力融通を殆ど受けることが出来ず、東京電力は計画停電を余儀なくされた。

一方、風力発電や太陽光発電などの気象状況によって変動する自然エネルギーによる電力を電力系統に接続する場合に、系統の電圧や周波数の安定化に与える影響が懸念される。その影響を抑制して大容量の発電電力を受け入れるためには、発電現場の送電線の容量を増やすと共に、大きな容量の送電系統を構成することによって、その変動を吸収できる全国的な電力網を構成する必要がある⁴⁾。

具体的には、日本の東西を繋ぐ周波数変換所の設備容量を増大すること、または関東と関西間に直流大動脈幹線の敷設が必要であろう。これらのことは電力会社を発電事業者・送配電事業者・小売り事業者に区分する制度改革と電力小売の全面自由化を方向で、国会で審議が進められている。

7. 小水力発電の普及に向けて

地域の水力エネルギーは地域の宝である。企業が水力

エネルギー利用の実施主体になることもあろう。しかし小水力発電こそ、そこに住む人たちの団体（土地改良区、森林組合、農協など）や個人が事業主体となって、地域の宝を守り育てることが活用の鍵となる。これに端を発して、地域の再生、新規事業の導入、人口の増加など、山村の活性化への展開が期待される。

発電出力の規模としては、団体や企業では数kW～数100kW程度で、事業所内の補助電力または余剰電力の売電が想定される。適当な機関の補助金を検討することも考えられる。個人などで実施する場合には数10W～数100Wの電力を得て蓄電機能を付加すれば、短時間には家電製品の使用も可能となり、家庭などの補助電源として活用することもできる。

水の流量と落差が決まれば、得られる電力はほぼ推定できる。流量は季節や気象状況により変動するので流況を把握する必要がある。水車および発電機の機種を選定、得られた電力の用途、余剰電力の売電、保守管理、運用の収支などを検討する必要がある。規模が大きくなると申請手続きや電力協議など煩雑さが増すので、コンサルタントの助けも必要となろう。

水利権取得のためには関係者が最初から顔をつき合わせて合意しておくことが肝要である。従来は水利利用の許認可は煩雑な諸手続きがあったが、特に20kW未満の小水力発電にはその申請手続きがかなり簡素化された。

国、県、市町村が管理する河川の外に、それらの支流や小川などの「普通河川」は河川法の適用外であって、市町村の条例に従うことになる。

土地改良区などでは愛媛県土地改良事業団体連合会「水土里（みどり）ネット」が相談に乗っていただけるようである。また愛媛県自然エネルギー利用促進協議会が学習会や講演会などの活動を行っていて、地域における具体的な水利権や諸手続きについてのアドバイスもいただける。各市町村には環境保全団体の自然エネルギー利用部門などの活動が様々な形で展開されはじめている。これらの活動が連携されて、情報交換や協働が進めば、愛媛県内での小水力発電の普及が期待される。

8. おわりに

小水力発電の特質、日本の電力事情とその対策への提言も含めて、マイクロ水力発電の普及活動について述べ

た。新居浜市内三か所で農業用水路を管理する土地改良区に依頼して実演展示を行ったので、農業用水の有効利用の観点から関係者の関心が高まりつつあると思われる。また、催し物会場での水車の実演展示を見て頂いた多数の関係者や市民が、小水力発電や自然エネルギー利用発電の意義を考え、原子力発電所事故後の電力エネルギーへの関心を深める機会となった意義は大きいと考える。本事業を契機として、地域でマイクロ水力発電の普及を期待したい。

脚注

- 1) ドイツ環境省 BMU 資料より ISEP 作成
- 2) 「自然エネルギー白書2014」環境エネルギー政策研究所
- 3) 「小水力発電がわかる本」全国小水力利用推進協議会編
OHM 社
- 4) 「地球温暖化に配慮した新電力エネルギー読本」
近藤康夫著 創風社出版

Profile 近藤 康夫 (こんどう やすお)

にはま環境市民会議会長
 新居浜高専名誉教授 元徳島工業短期大学学長
 徳島大学大学院博士後期課程修了 博士 (工学)
 専門 電動機制御 太陽光発電
 著書「地球温暖化に配慮した新電力読本」(創風社出版)
 論文「ファジィ技術を用いた太陽電池のモデリングと出力制御に関する研究」(学位論文)
 受賞「太陽エネルギー学会論文賞」
