

売電を目的としない小水力発電の導入事例と地域貢献

Case Study of Small Hydro-electric Power Not for Selling Electricity and Its Rural Contributions

佐藤 周之* 長谷川 雄基** 竹村 正史***
(SATO Shushi) (HASEGAWA Yuki) (TAKEMURA Masafumi)

I. はじめに

再生可能エネルギーによる電力供給量の増加を目的として、売電価格を従来よりもはるかに高額に設定した固定価格買取制度 (FIT) が導入された。その結果、全国的に太陽光発電の導入が急激に増加するとともに、地熱や波力など新エネルギーへの期待も大きくなった。一方、古くから水力発電はダムの運用と併せて安定した発電を続けており、ベース電源としてわが国の電力の安全保障の一翼を担ってきたが、FITを利用して、これまでは収益損得の観点から不可能であった小水力の分野が注目を集めることとなった。これら全体の動きは、SDGs の理念・目的とも合致するものであり、レジリエンスな社会構築の観点からも、再生可能エネルギーの導入が安全・安心な社会構築に重要な役割を果たすことは間違いない。

ところが、FIT における売電単価は毎年見直しが進められており、徐々に低下傾向にある。また、急激な大規模太陽光発電施設の導入が地域内の軋轢を生じさせる事例や、景観や安全性の観点から地域での問題になる事例も出てきている。一方、小水力の場合、たとえば栃木県的那須野ヶ原土地改良区連合での取り組みなどによると、農業用水路を利用した小水力発電の設置と売電により、農村地域での貢献が著しい事例が多数報告されている¹⁾。ただし、いかなる再生可能エネルギーでも共通している点は、設備を設置・導入すれば安定して発電できるものでなく、適材適所が存在する、という点である。筆者が高知小水力利用推進協議会の一員として活動をしていたとき、地域住民から小水力発電の可否について意見を求められる機会が多くあった。しかし、その多くは流量データがない砂防堰堤であり、落差・流量のある溪流であっても系統連結どころか民家すら付近に存在しないようなものであった。大切なのは、地域の中で利用できる再生可能エネルギーはなにかを見極める「知恵」、実現するための

「技術力」、そして地域住民による運用や維持管理に係る「実行力」である。

本報では、地域住民が主体となって導入した小水力発電システムの設置事例を紹介する。設置対象とした農業用水路は、江戸時代初期に土佐藩家老として数多くの社会基盤整備や農村開発を積極的に行った野中兼山が、その技術者人生において最初に建造の指揮を執ったとされる現役の農業用水路であり、現在に至るまで集落内を流れる生活用水、防火用水などの役割を果たしている。

II. 土佐町宮古野地区への設置の経緯

1. 街路灯設置の要望

高知県長岡郡土佐町は、四国のほぼ中央に位置し、「四国の水がめ」といわれる早明浦ダムを擁しており、森林率 87%、人口約 4,000 人、高齢化率 44.8% (2015 年) である。宮古野地区は土佐町中心近くに位置し、世帯総数 35 戸、住民総数 74 人 (2015 年国勢調査) である。

本地区で街路灯設置の要望が上がったきっかけは、宮古野ふれあい交流館前の集落道路で、夜間に横を流れる農業用水路への転落事故が 2 件起こったためである。事故対策として街路灯の設置には至らず、転落防止柵はできた。しかし、地域住民の間では、集落道路に沿って流れる農業用水路を利用した小水力発電で街灯を、という発想が以前からあった。

2. 小水力発電の概略

小水力発電の定義としては、一般的に 1 万 kW 以下の規模を指すが、表-1 のような、より詳細な区分で考

表-1 小水力発電の区分と名称²⁾

小水力発電	10,000 kW 以下
ミニ水力発電	100~1,000 kW
マイクロ水力発電	1~100 kW
ピコ水力発電	1 kW 以下

注) 環境省ホームページ中の水力発電の区分を参照、一部改変

*高知大学教育研究部農学部門

**香川高等専門学校建設環境工学科

*** (株)環境機器



再生可能エネルギー、小水力発電、自家消費、非常用電源、街路灯

える場合がある。

FIT 導入までは、水力発電の売電単価が非常に低かった（地域や電力会社によって買取価格が異なったが、10 円/(kW・h) 程度）ため、一般的な小水力発電では採算が非常に取りづらいう状態であった。しかし、FIT 導入後の水力発電は、たとえば 200 kW 以下であれば 34 円/(kW・h) で制度開始以降据え置かれたままであり、太陽光発電の買取価格が約半減したのに対して、恵まれた状態が継続している。

このような状況下であっても、発電規模が小さいほど売電による事業の採算は非常に取りづらく、設置認可に至るまでの労力や、計画決定後の施工や維持管理の負担も大きいことから、ピコ水力発電レベルでは、よほどの経済規模を持つ組織でないと取り組むことができない。高知県内でも、2011 年以降、さまざまな団体、組織による発案があったとしても、実稼働にまで到達したものは非常に少ないのが現状である。いくら地域住民の熱意があったとしても、である。

3. ピコ水力発電装置の概略

水車の構造は、水をノズルなどで加速せずに回転力を得る反動水車と、ノズルで加速放出して回転力を得る衝動水車に大別される。両者とも、原理は有効落差から得られる水の位置エネルギーを水車の羽根に衝突させ、回転エネルギーに変えるものである。日本の農村に昔から存在するものは前者に属し、開放周流形と表現され、上掛け式、胸掛け式、下掛け式がある³⁾。

この回転エネルギーを、増速装置（変速機）を介して発電機に動力として伝えることで発電ができる。

筆者らは、農村での景観に適應する構造として、基本的に開放周流形が望ましいと考え、実証的利用の現地調査を実施した。一例が、下掛け式の開放周流形となる写真-1 である。各地のピコ水力発電装置の見学を踏まえ、農業用水路に利用できる、以下の条件に適合するピコ水力発電装置の全体設計を検討してきた。

- ① 大規模な土木工事が不要
- ② 導入後のメンテナンスが容易



写真-1 開放周流形（下掛け式）ピコ水力発電装置の例

- ③ 水車発電装置に係る資材の調達が容易
- ④ 地域の電源ニーズへの対応が可能
- ⑤ 非常用電源としての利用が可能
- ⑥ 地域の共有資産的な取扱いが可能
- ⑦ イニシャルコストが安価

これを実現するための第一歩としてステンレス製で水車本体を発注し、200 W の発電機と特注の変速機を組み合わせ、まず可変勾配型開水路の流末落差（有効落差 90 cm）を利用して性能評価を実施した。上に示した①～⑦のコンセプトの実現には、木製の水車を自作し、発電には廃棄自動車のオルタネータを利用する、などのアイデアもあったが、まずは見本になるものを作る必要があったため、すべて新品で用意した。そのプロトタイプとなったものが写真-2 である。

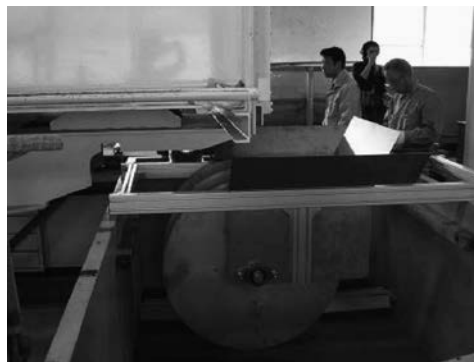


写真-2 プロトタイプの室内実験の様子

流量をさまざまに変えて室内実験を重ね、羽根の形状の工夫と性能評価を実施した後、土佐町宮古野地区の現地への設置となった。

III. 現地設置位置の決定と設置

室内実験を繰り返している間、土佐町宮古野地区で住民との対話を進めた。プロトタイプの性能や設置の必要条件を説明し、住民の理解を得ることと同時に、地区内の適地の現地踏査や落差、水量の調査を進めた。調査には高知大学の学生とともに、現地住民が常に同道し、住民ならではの貴重な情報を我々に与えてくれた。最終的に選定した発電装置設置位置の概況を写真-3 に示す。先述の野中兼山が指揮して建造した農業用水路の流末部分は、溪流に余り水を落としているが、その地点は落差が最大で 8 m 程度あり、土佐町役場に問い合わせたところ、設置に問題はないことを確認した。なお、この場所には以前、木製の水車があり、精米用の動力源として利用していたとのことであったが、現在は小屋が残るのみであった。小屋はインバータ回路やバッテリーの収納場所として利用することとして、水車発電装置の有効落差は 4 m 確保でき



写真-3 水車発電装置の設置位置周辺の状況



写真-4 水車発電装置の設置状況

ることから、この場所に決定した。

東日本大震災以降、とくに高知県では将来予測されている南海トラフ地震への対策が急務となっていた。災害常襲県ともいえる高知では、地震以外にも台風や地すべりなど、さまざまな災害への備えが必要である、という意識が住民の間にも醸成されていた。住民からの要望を受け、インバータ回路から交流電源を再度引き出すことができるようにした。一般的に、水車発電で生じる電力は安定せず、また交流であるが、これを直流の自動車用バッテリーに蓄電する際に利用するのがインバータ回路である。このインバータ部の出力制御を交流に再度変換できるようにした。その結果、用水路に水が流れる状態であれば常に発電ができ、たとえば携帯電話の充電などにも使えるようになった。

発電装置の設置状況を写真-4に示す。大学生をはじめ、地元有志、民間企業の方々の助力を得て、2015年3月に装置の設置を終えた。

IV. 稼働までの課題解決の経緯

1. 機器の不調の問題

設置した水車発電装置は、水車本体、変速機、発電機がそれぞれ異なる高知県内の企業製であり、インバータ回路は石川県の企業製であった。実機設置後、

発電はするが上手く蓄電できない事態が長く続いた。各パーツで点検を繰り返し、最終的にはインバータ回路の問題であったのであるが、製造企業とのやり取りに多くの時間と費用を要した。この過程で、町内の電化製品販売・修理を商いとす住民の協力を仰ぎつつ、故障や修理が滞りなく実施できる状態となった。狭い地区であっても、小水力発電に利用できる知識やノウハウを有する人材が意外といることがわかった。

2. 発電量不足の問題

当初、水車本体への流水の当て方は、急流工を流下する水が直接羽根に当たるようにしていた。その理由は、パイプ類を使った水の取り回しにすると、ゴミなどによるパイプの詰まり対策を講ずる必要があること、パイプを安全かつ所定の水深に設置するための土木工事が必要となり余分な出費を要してしまうこと、の二点が理由であった。設置当初の状況を写真-5に示す。しかし、この方法では、なかなか発電機の出力が十分に上がらなかった。



写真-5 水車発電装置への当初の給水状況

この状況を踏まえ、住民が中心となって議論を行い、写真-6のようにφ150mmの塩ビ管をダブルで配管することとした。水路の取水部直上には簡易な金属製の除塵網を設置し、配管の詰まりを防いだ。この部分は、道路横で高低差もあまりないことから、簡単に除塵可能な位置となっている。また、土佐町などで太陽光発電事業を行う企業から太陽光パネルを、地元業者から付属機器の寄付を受け、蓄電電力量の増強を図った。その結果、農繁期の通水量が少ない時期であっても、当初計画どおりの蓄電量を確保することが可能となった。

3. 資金調達の問題

本発電システムの大部分は、高知大学内の裁量経費などで組み上げたものであった。いったん設置までは高知大学が中心となったが、その後の目的設定および利用については宮古野地区住民の手に委ねた。街路灯用の支柱は間伐材で準備をし、LED街灯および配線



写真-6 水車発電装置の最終的な稼働状況

などの費用、インバータ回路の修理費用などは、農林水産省の中山間地域等直接支払交付金などを当てることで、個人負担はほとんど発生しなかった。

V. まとめと今後の展望

「言うは易く行うは難し」で、わずか200W規模のピコ水力発電であるが、これを地元住民が中心となって導入し、地域の中で活用するためには、数多くの課題に直面した。しかし、いったん稼働をはじめ、実際に宮古野ふれあい交流館前の道路300mに6基の街灯が設置されると、住民の中から「自分たちでつくった光」という自信に満ちた声が上がっている。また、小さい成功であっても自身が関与した計画が成功に至ることで、新しい試みへの積極性や、地域内での団結という意識の変化が生じたと感じている。こういった変化は、たとえば行政や大学が再生可能エネルギーを利用した街路灯の完成品を提供しただけであれば、恐らく住民から感じることはできなかつたと考えている。

ここに、再生可能エネルギーの根本的位置づけを考えるための大きなヒントが秘められている。たとえば、水力エネルギーはどこでも安定して得ることができるものではなく、落差と安定した水量があって、はじめて利用できるものである。言い換えれば、特定の場所でしか発電はできない。農業用水は地域用水という性質を持つものが多く、そもそも特定の個人が便益を得るような性質のものではない場合が多い。こういった場合の再生可能エネルギーの賢明な利用方法とは、宇沢の提唱する社会的共通資本⁴⁾という定義づけと併せて考えることで、まさに地域の持続可能性を高めるツールとなり得るのではないだろうか。

再生可能エネルギーで売電して利益を、という風潮

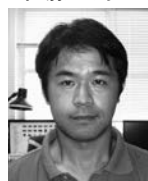
が悪いわけではない。しかし、発電で利益が出ないからダメ、という一辺倒な解釈でなく、電力としての利用が難しければ動力源に、などの賢明な利用(Wise Use)を選択して実行できる社会のほうが魅力的に見える。極端ではあるが、そもそも農村は「もったいない」で成立する社会といえる。今後、宮古野地区では、イベント時のイルミネーションの設置による地域活性化への計画があると聞いている。「おらんく(自分のところ)の電気」の輝きが地域を照らし続けることを祈念しつつ、効果の経過調査を続ける予定である。

謝辞 本報に係る土佐町での活動に当たり、現土佐町町議会議長の川村雅士氏には、発案から実現まで長い年月にわたり精力的な行動力で多大な協力を賜った。現高知県議会議員の金岡佳時氏には、電気の専門知識を適宜頂いた。発電装置の設置に当たっては、高知大学流域水工学研究室の学生諸氏、(株)総合開発の山田登志夫氏、葛西博文氏に多大なるご協力を頂いた。ここに記して深謝の意を表します。

引用文献

- 1) 星野恵美子：那須野ヶ原用水における小水力発電事業について、平成18年度農業土木学会大会講演会講演要旨集、pp.106~107 (2006)
- 2) 環境省：小水力発電情報サイト、<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/shg/page01.html> (参照2019年2月25日)
- 3) 吉田耀子：日本初「水車の作り方」の本、小学館文庫、214p. (2000)
- 4) 宇沢弘文：社会的共通資本、岩波新書、239p. (2000) [2019.2.26.受理]

佐藤 周之 (正会員)



1972年 熊本県に生まれる
1997年 鳥取大学農学部卒業
2005年 高知大学農学部(教育研究部農学部)現在に至る

略 歴

長谷川雄基 (正会員)



1987年 静岡県に生まれる
2016年 愛媛大学大学院連合農学研究科修士
香川高等専門学校建設環境工学科現在に至る

竹村 正史



1978年 高知県に生まれる
1998年 日本海洋科学専門学校卒業
2015年 (株)環境機器代表取締役就任現在に至る