

# 小水力発電による持続可能な社会の実現

有限会社角野製作所／特定非営利活動法人地域再生機構

## はじめに

現在日本では、石油や石炭、天然ガスなどの化石燃料をエネルギー源とした発電が全体の約8割以上を占めており、そのほとんどを海外からの輸入に頼っている状態です。最近では化石燃料の代替エネルギーの必要性が叫ばれ、太陽光や風力発電の設置・建設が進んでいます。小水力発電も今後有力な自然エネルギーとして少しずつ認知が広がっています。また、太陽光発電と比較すると小水力発電は設備設置面積が小さく、大規模な工事や施設のための用地が必要なく効率がよいといえます。発電効率に関しては、太陽光発電の発電時間は日照時間に左右され、いつでも発電できるわけではありません。また風力発電も同じく風が吹いている時間のみで安定した発電は得られません。しかし、小水力発電は基本的に昼夜を問わず、季節を問わず発電することができるため、風力や太陽光に比べて発電出力が安定しています。太陽光発電と比べると5～8倍の設備利用率があります。安定した発電が可能な為、年間発電量の算出も容易で経済性評価も高いと言えます。

## 活動の目的

我々は身近なエネルギーを発掘し利用するために、2007年から小水力発電を核とした再生可能エネルギーの普及啓発活動に産学官で取り組んできました。いま、地球規模でエネルギーに対して見つめなおす時期に来ています。日照時間が確保出来る地域では太陽光発電を導入し、常に安定的に風が吹く地域には風力発電を導入すれば良いと考えています。我々が生活する日本国は緑豊かで水の落差も確保でき、水量も豊富にあります。我が国には古来より水と深く結び付いた暮らしがあり、水力発電の環境に恵まれた国土と言えます。身近にある水資源を余すことなく活用し、これからの新しい時代を切り開く力の一つとして普及・啓発することを目指して活動しています。

## 小水力発電とは

水力発電とは、水のエネルギーを活用して発電するシステム全てをいいます。しかし、一概に小水力発電といっても水車・施設・取水方法・発電方法等により細分化されています。昔ながらの懐かしい木造の水車も、高い技術力による高効率なシステムも身近な水資源の活用という点では同じです。発電の規模による分類では、水力発電についての厳密な定義はありませんが、水力発電を扱う関係者は発電の規模により下記のように分類しています。一般的には10,000kW以下の発電システムを「小水力発電」、1,000kW以下の発電システムを「ミニ水力発電」、100kW以下の発電システムを「マイクロ水力発電」と呼び、1kW以下の極めて小規模な発電システムを「ピコ小水力発電」と分類しています。100kW以下のものでも総称として小水力と呼ぶこともあり、上記の呼び名は必ずしも定着していません(表1)。

表1 発電の規模による水力発電の分類

水力発電の分類	発電量
小水力発電	10,000kW以下
ミニ水力発電	1,000kW以下
マイクロ水力発電	100kW以下
ピコ水力発電	1kW以下

また、水のエネルギーを電気エネルギーへ変換する仕組みによる分類では、衝動水車と反動水車と重力水車に分けられます。衝動水車とは、水をノズル等により射出し水車(ランナ)に衝突させることにより、水圧を運動エネルギーに変換し、水車への衝撃力(速度水頭)を利用して発電する方式を表し、主に高落差を利用した水力発電に用いられます。反動水車とは、水が羽根に当たって向きを変える際、エネルギー源である水圧により水車を押す力(圧力水頭)を利用して発電する方式を表します。水圧を水車にそのまま作用させる発電方式で、主に中落差から低落差を利用した水力発

表2 水車の分類

種類	水車名	利用エネルギー	設置落差	
衝動水車	ペルトン水車	速度のエネルギー	高(数十メートル～)	
	ターゴインパルス水車			
	クロスフロー水車			
反動水車	フランシス水車	圧力のエネルギー	低～中(数メートル～)	
	プロペラ水車			斜流水車
				カプラン水車
				チューブラ水車
重力水車	開放型水車	水の重さ	超低(数十センチ～)	
				らせん水車
				上掛け水車
				胸掛け水車
			下掛け水車	

電に用いられます。重力水車とは、水のもつ重さを水車(ランナ)に作用させる発電方式で、超低落差時の発電に用いられることが多く、落差が5m以下の発電に用いられることが多くあります。また、水車の形式でも細分化されており、その一部を(表2)に表します。

### 小水力発電装置開発事例 (石徹白水力発電、ピコピカ10、ピコピカ500)

#### 石徹白水力発電(1号、2号)

2007年から岐阜県郡上市石徹白地区にて地域再生機構が小水力発電の開発・設置を実施してきました(写真1)。近年過疎化と少子化が著しく進んだ石徹白地区では、地域再生を目的に、様々な取り組みが行われてきました。その中で、児童数10名程の石徹白小学校を何とか維持することを大きなミッションに掲げ、その一環として小水力発電事業に取り組んできました。幸いここ10年の間に多くのI,Uターン者が地域に定着し、石徹白小学校の存続という地域のミッションは達成しつつあります。2018年にはドキュメンタリー映画『穏やかな革命』にも登場し、全国的に静かなブームを起こしています。こうした動きの発端になったのが、石徹白に導入された螺旋の1号機、2号機です。当初は、「モリコロ基金」からの援助を受け、その後、JST-RISTEX(科学技術推進機構—社会技術研究開発センター)の委託研究により開発された水車ですが、さらにその後、地域を全て巻き込んだ(全戸加入の農協創設)100kWの発電機導入にまで至りました。

#### 地域の水資源を発掘するツール(ピコピカ10)

これまで、小水力の普及は主に専門家が担ってきました。しかし、これからは、小水力発電は地域全体で取



写真1 石徹白に設置された螺旋水車2号機：出力約800W

り組む必要があります。それには地域の理解と合意が必要となります。そんな地域の子供から老人までが、地域の水資源を発掘する第一歩として利用されているのが「ピコピカ10」です(写真2)。「ピコピカ10」は2009年から特定非営利活動法人地域再生機構と有限会社角野製作所が共同で開発した量産型のピコ水力発電装置です。ピコピカ10の開発は『中山間地域のエネルギー自立を目指すJST-RISTEX「地域に根差した脱温暖化・環境共生社会」研究開発領域』および、『平成21年度ものづくり中小企業製品開発支援補助金(試作開発等支援事業)』のプロジェクトとして研究開発を実施し、当該製品に関する特許も取得しました(PAT.5845498)。現在では、未来を担う子供達へ向けて「環境問題やエネルギーについて発信する」教育ツールとして日本全国で利用されています。高校生も参加して普及した「ピコピカ10」は、わずか数Wの発電量ですが、①LED防犯灯、②災害時の非常用電源、③鳥獣除けの電気柵の電源として実際に利用する事も可能です。近年、夜間の照明は従来の蛍光灯や白熱灯からLEDに置きかえられ、わずか数Wの発電エネルギーでもLED防犯灯は

従来の蛍光灯と同等の光量を確保することが可能です。また、現代人の誰もが持ち歩いている携帯電話もわずか数Wで稼働しています。さらに、獣害被害を防ぐ為に利用している鳥獣除けの電気牧柵の電源供給としても利用可能です。このピコ水力発電で得たわずか数Wの発電エネルギーを利用する事で多くの価値を生み出すことができます。



写真2 螺旋式ピコ水力発電装置「ピコピカ10」

エネルギーの地産地消を推奨するツール (ピコピカ500)

「ピコピカ10」により地域全体が将来のエネルギー問題や小水力発電装置について理解した後、地域コミュニティで実際に利用できるエネルギーを発電する水力発電装置として導入されるのが「ピコピカ500」です(写真3)。ピコピカ500は、これまでの普及啓発活動の中で電気の自給率が低い地域(ミャンマー国等)における基礎調査により発案されたものです。無電化地域では農作業に用いる動力としても利用できる規模のエネルギーが必要とされているという調査結果が開発に繋がりました。ピコピカ500は約500Wの発電が可能です。尚、この発電出力の根拠は、日本国内の平均的な一世帯あたりの月間消費電力が約360kWhとされているところからも設計されています。この数値は、一般家庭での月平均電力使用量約9,000円から逆算したものです(9,000円/月÷25円/kWh=360kWh/月、360kWh/30day/24h=500W)。実際の試作開発では『平成25年度中小企業・小規模事業者ものづくり・商業・サービス革新事業に係る補助事業』のプロジェクトとして特定非営利活動法人地域再生機構と共に研究開発を実施しました。

ピコピカシリーズは、設置可能拠点数の多さでは他の水力発電装置を圧倒しています。「ピコピカ10」や「ピコピカ500」を活用して、日本全国の中山間地域におけ



写真3 螺旋式ピコ水力発電装置「ピコピカ500」

る地域自治の再構築と未来の子供達へ送る循環型社会の確立に幅広く利用して戴いています。ちなみに、ピコピカ500は2018年12月に栃木県日光市と栃木県立今市工業高等学校の生徒と共に栃木県日光市内の公園に設置しました。

## 地域社会への普及・啓発活動

2011年1月：岐阜県恵那市内での実証実験

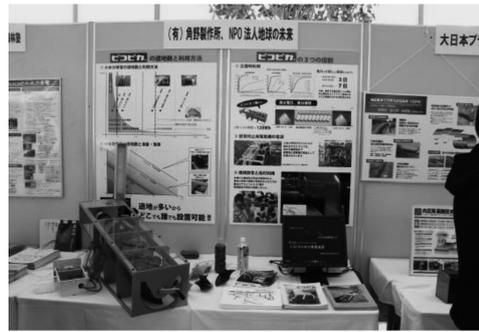
岐阜県恵那市と岐阜県立中津川工業高等学校、恵那市内の小学校と共に恵那市内9箇所です「ピコピカ10」の実証実験を開始しました。近隣住民の協力もあり発電量や耐久性、設置場所の水位変化やゴミの有無について調査を実施。



2013年2月：全国小水力サミットin岐阜

(事務局：地域再生機構) 出展

恵那市小水力利用推進協議会と特定非営利活動法人地域再生機構と共同で「第3回全国小水力サミットin岐阜」に出展。



2013年6月：TICAD5アフリカン・フェア2013出展

第5回アフリカ開発会議 (TICAD V) 内で行われた経済産業省、日本貿易振興機構 (ジェトロ) 主催「アフリカン・フェア2013」に出展。



2014年2月：ミャンマー国無電化地域調査

(JICAによる民間視察)

独立行政法人国際協力機構 (JICA) の第一回中小企業連携促進基礎調査における、2013年度JICA「小水力発電によるミャンマー農村のエネルギー自立支援事業調査 (中小企業連携促進)」にてミャンマー国無電化地域調査を実施。





#### 2014年5月：公益社団法人日本設計工学会 優秀発表賞受賞

公益社団法人日本設計工学会「平成25年度秋季研究発表講演会」にて「螺旋式ピコ水力発電システムの開発と実証試験」について発表を行い、優秀発表賞を受賞。

#### 2017年4月：ミャンマー国に合弁会社設立

環境教育や共同開発を実施してきた岐阜県立中津川工業高等学校の生徒達の「本当にエネルギーを必要としている地域（無電化地域）へ明かりを届けたい」という思いから海外へ向けた小水力発電の普及活動を開始しました。これまでのJICAによるODAを活用したミャンマー国での基礎調査や、JETROの専門家派遣制度などを活用して2017年に現地法人であるKAWABATA SUMINO LTD.を設立。

#### 2018年10月：国際連合工業開発機構（UNIDO）環境 技術データベース（現：STePP）登録

UNIDO（国際連合工業開発機関）東京投資・技術移転促進事務所が発展途上国・新興国への持続的な産業開発のために、日本の優れた技術を紹介するプラットフォームである「STePP（サステナブル技術普及プラットフォーム）」に登録。

[http://www.unido.or.jp/en/technology\\_db/5276/](http://www.unido.or.jp/en/technology_db/5276/)

#### 2019年5月：ジャパンビデオトピックス5号 掲載

2019年5月、日本外務省の製作する番組（Japan Video Topics）で、日本語、英語、フランス語、スペイン語、韓国語、中国語及びアラビア語で世界各国へ日本の技術（小水力発電装置）を紹介する短編動画を公開。YouTubeにて280万回以上の再生数を記録。（2020年3月末現在）

[https://www.youtube.com/watch?v=XjEgFIngZ04&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=XjEgFIngZ04&feature=emb_logo)

#### 2019年9月：TICAD7アフリカン・フェア2019出展

TICAD7併催事業「日本・アフリカビジネスフォーラム&EXPO」ビジネスEXPOジャパンフェアに国連工業開発機関（UNIDO）ブースにて出展。



#### 小水力発電導入に必要な地域主体

小水力発電導入に当たり、最初の障壁は「誰が（どのような組織が）主体となるか」です。特に地域の農業用水を利用する場合、地域の共有財産である農業用水の利用に当たっては地域合意が必要となります。また、多少規模の大きな発電システムを導入する場合、その費用負担を誰が行うかが問題となります。

また、農業用水利用にしろ、河川の直接利用にしろ、殆どの場合、河川法を遵守しなければなりません。その他、農地法、電気事業法、場合によっては国立公園法も考慮する必要があり、地域に住む個人が簡単に導入出来るとは限りません。

従って、発電主体の要件は、必然的に地域に認められた団体（行政を含め）で、尚かつ法律面、技術面に詳しい人・組織でなくてはなりませんし、金銭的リスクをどう分散するかも重要な鍵となります。

#### リスクをだれが担うか

一般的に、1kWの水力発電システムの導入には最低でも100万円の費用がかかると言われています。実際は200万円以上の費用がかかる場合が多く、個人で負担するには少々重い金額となります（250万円/kW程

度までは採算に合う)。そこで、誰がこの費用を負担しリスクを負うかが大きな課題となります。様々な補助制度を活用するか、金融機関の融資条件に耐えるだけのビジネスモデルが必要になるとか、もしもの災害時のインシュランスをどうするか等々、事業を行う上で解決しなければならない課題は沢山あります。こうした状況の中で、ピコピカシリーズの目指すところは個人でも発電主体になれる規模のシステムであることです。もちろん、地域の組織が一丸となって導入することは理想ですが、個人でも何とか導入出来る価格帯、また、発展途上国でも採用される価格帯を目指しています。

### 今後の活動について

海外の無電化地域に暮らしている住民や、それを支援する団体の方々から得られた情報によると、無電化地域では冷蔵機能が非常に求められているということが判明しました。冷蔵機能により、食料を安全に長期保管出来る事はもちろんですが、病気に対抗できる薬や血清を保管するために必要とされています。薬や血清があれば救うことが出来る命を守るため、小さな家電の動力として利用できる小水力発電装置「ピコピカ100」の開発に取り組んでいます。今を生きる全ての人々が限りあるエネルギーを有効に使うために、未来を生きる子供達がエネルギー問題に悩まないように、持続可能な社会の実現に向けて再生可能エネルギーの有効性を多くの方に伝えて、地域の方々や子供達と共に再生可能エネルギーの普及に努めていきます。

### おわりに：余すことなくエネルギーを活用する

小水力発電を導入する際は、導入する地点により法的手続きに膨大な時間と書類、労力がかかることがあります。できるだけ手続きが容易な地点を選定しましょう。地域によっては小水力発電などの新エネルギー導入に関する補助制度があります。補助金頼みでは自立できませんが、利用できる制度があれば積極的に活用しましょう。火力発電の燃料となる石油や天然ガスは、そのほとんどを海外から輸入して日本国内の発電所で発電しています。これまでの日本国は、化石燃料による発電方式が一般的で、国内の水力発電は大型の水力発電ばかりが開発され、小水力発電の開発はごく少数

でした。しかし、再生可能エネルギーの先進国であるドイツなどの欧州各国では、大型の水力発電から小型の水力発電、また、水力発電だけでなく風力、太陽光、バイオマスなど、身近にある再生可能エネルギーを徹底的に利用しています。再生可能エネルギーに対する先進的な取り組みは、今や地球全土を巻き込み、2015年9月の国連サミットで採択されたSDGs「(Sustainable Development Goals (持続可能な開発目標))」により、「世界のエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーを大幅に増加させる」という目標が挙げられました。国連サミットでSDGsが採択されてからは、日本国内でも再生可能エネルギーの開発が盛んになり、「最終エネルギーに占める再生可能エネルギーの比率を2030年までに倍増」という具体的な目標にむけて国を挙げて取り組んでいます。再生可能エネルギーは、「エネルギー源として持続的に利用することができると認められるもの」です。その土地に最も適した再生可能エネルギーを選定し、導入していくことがとても重要です。発電方法にこだわらず、地域に眠る自然資源を発掘して再生可能エネルギーを導入出来るように、全世界一丸となって自然資源を余すことなく活用して循環型社会の実現を目指します。

### 参考図書

- ・『小水力発電導入マニュアル』  
(特定非営活動利法人 地域再生機構) 2010
- ・『小水力で地域自治』  
(恵那市小水力利用推進協議会) 2017
- ・『地域の自治を回復させる為に  
～人口減少対策から地域経済再生まで～』  
(恵那市まちづくり市民協会) 2018
- ・『Local is Our Future』  
(Helena Norberg Hodge) 2019

有限会社角野製作所／  
特定非営活動利法人地域再生機構