

小水力発電の普及に関する研究

—農業用水路を利用した発電の現状と課題—

R09047 田中 千晴
担当教員 池田 将明

1.背景と目的

日本における再生可能エネルギーとして水力発電が盛んに行われている。しかし、発電コストが高く、生態系を壊し、環境に与える影響が大きいと、近年ではクリーンエネルギーである小水力発電が注目を集めてきている。特徴の1つとして分散型であることが挙げられ、地域特性を生かした発電がおこなうことができる。その一方で、小水力発電の中にも一般河川や上下水道施設を利用した小水力発電に比べて、農業用水路を利用した発電の普及が少ないことが現状である。

そこで、本研究では農業用水を利用した小水力発電の現状を調査し、この普及に影響する環境条件や要因を明らかにし、この課題や解決法について検討する。

2. 小水力発電の概要

2.1 小水力発電の定義

小水力発電は、出力 1000kW 未満の水力発電のことを指し、出力 100kW 未満の発電をマイクロ水力発電とも言う。発電機の設置地点が異なることが小水力発電の大きな特徴として挙げられる。設備利用率が 70~80%であるため、電力量は他の発電に比べて高い。CO2 排出量も他の再生可能エネルギーに比べて少なく地域活性化のために設置する地域も増えてきている。

2.4 小水力発電の普及状況

2009 年度資源エネルギー庁の調査結果からによると、出力 1000kW 未満の小水力発電は、474 か所あり、年間約 12 億 kWh の電力量である。小水力発電には補助制度が設けられており、以下のように示す。現在は固定価格買い取り制度が普及に大きく関わっている。

■1000kW 未満~200kW 以上...30.45 円

■200kW 未満...35.7 円

2.3 一般的な水車発電機

水車のタイプは、落差や流量によって水車も使い分けられている。農業用水路を利用した場合は、設置地点の環境も含まれるが落差が低い個所に使う重力水車を使用することが多い。発電機は水車と同様に環境に応じた製作するため、ほとんどの機械がオーダーメイドである。(表 1)

表 2. 水車発電機のタイプ

水車の種類	水車のタイプ	特徴	落差
衝動水車	・ペルトン水車	・高圧・高速度	高い
	・ターゴインバルス水車	・高圧・高速度	
	・クロスフロー水車	・高圧・高速度	
反動水車	・フランシス水車	・高圧・高速度	中
	・プロペラ水車	・高圧・高速度	
重力水車	・水中ポンプ型水車	・低圧・低速度	低い
	・カプラン水車	・低圧・低速度	
	・チューブラ水車	・低圧・低速度	
	・ストレートフロー水車	・低圧・低速度	
解放型水車	・らせん水車	・低圧・低速度	低い
	・上掛水車	・低圧・低速度	
下掛水車	・下掛水車	・低圧・低速度	低い
	・下掛水車	・低圧・低速度	

(1)クロスフロー水車

水の圧力と速度を利用している。流量変化の大きい箇所に適している。比較的安価なため、経済性は優位である。小水力発電で良く利用されている水車発電機の

1つである。(図 1)

(2)カプラン水車

流れる圧力で羽根車を回転させて利用し、流量の変化等に応じて羽根の開度を調整できる。フランシス水車と似たようなタイプになっている。低落差の箇所に適している。(図 2)

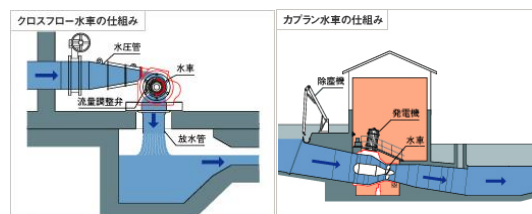


図 1. クロスフロー水車

図 2. カプラン水車

2.2 発電のタイプ

水力発電は比較的少ない流量と小さな落差を利用するケースが多い。小水力発電を分類すると 5 つのタイプに分けることができる。設置する場所によって水車や発電機のタイプも変わってくる。(表 2) 農業用水路を利用した場合、非かんがい期の設備利用率が落ちることから一般河川に比べて、発電量が少なくなる傾向にある。このため電力の利用方法が限られてくるのが現状である。そこで農業用水路に着目をして研究を進めていく。

表 1. 小水力発電のタイプ

<小水力発電の発電環境>		事例
1	一般河川	山梨県都留市、高知県梶原町、嵐山保勝会水力発電所
2	既設発電所の放流水	長野県大岡町浅刈ダム発電所、熊本県清和村発電所
3	農業用水路	埼玉県上里町、那須野ヶ原発電所
4	上水道施設 下水処理施設	上水道施設...横浜市水道局 下水処理施設...東京都葛西水再生センター
5	ビルの循環水、工業用水	富士ゼロックス(株)岩槻事業所、デンソー西尾工場

3. 農業用水路を利用した小水力発電

3.1 農業用水路を利用した小水力発電の事例調査

農業用水路は、基幹的なものだけでも延長約 4 万 5 千 km もある。そのため、まだ利用できる個所があると考えられる。まず、農業用水を利用した小水力発電の中からいくつか実際に稼働している小水力発電所の事例調査を行った。調査対象は 500kW 未満の定格出力の発電所とした。表 3 にまとめたものは農業用水路のみを利用したものである(表 3)

表 3. 調査した事例のまとめ

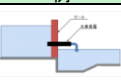
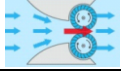
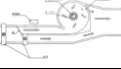
事例	定格出力(kW)	年間発電量(kWh)	利用方法	売電価格(円)
埼玉県上里町	199	52万2000	売電	約1305万
大分県竹田市城原井路発電所	25	約21万9000	農業用ハウス6棟分の暖房施設、近隣の電灯に用いられる。余剰電力を電力会社に売却	約150万
熊本県百村第一発電所	30	約26万2800	NLNUの灌漑施設に使用	
熊本県百村第二発電所	90	約78万8400	NLNUの灌漑施設に使用	
岩手県一関市照井土地改良区	30	約26万2800	売電	240万
群馬県碓氷村	30	26万2800	農業用電気柵の電源として利用	
富山県富山市	9.9	8万2,600	水車のライトアップ用LED照明や公園の街灯などに利用。余剰電力は北陸電力に売電	

3.2 出力 500kW 未満の特徴

(1)発電方式

農業用水路で利用されている主な発電方式である。(表 5)

表 5. 農業用水路の一般的な発電方式

	特徴	例
落差工	農魚用水路に直接設置ができるが、農業用水路に設置されている落差工を使用して発電する。	
直接設置	落差工がない場合に直接設置し水を流す方式である。落差工がなくても置けるため、どこでも設置可能	
変型	発電機を設置するために農業用水路のかたちを変えて行く。かたちを変えることで設置場所にあった形ができる	

(2)発電規模

年間発電量は 300 万 kWh～8 万 kWh となっている。売電価格も異なり、発電規模によって電力の利用方法も異なっている。

(3)電力利用

定格出力が 100kW 以上の発電所は、年間発電量も高く、売電をすることができ、採算が取れることがわかる。100kW 未満の出力で売電をしている発電施設は、他にも小水力発電所の施設を稼働させており、採算が取れるようにして売電をしている。それ以外の 100kW 以下の発電施設は、農業用の電気柵や公園の街灯などに電力を利用している。

4.農業用水路を利用した小水力発電の現地調査

文献調査を行った小水力発電所の中から身近何いける個所である栃木県にある2つの発電所に現地調査を行った。

4.1 栃木県スマートビレッジモデル事業の現地調査

(1)概要

栃木県宇都宮市にある農業用水を利用した発電所はスマートビレッジモデル研究会が実験的に行った事業である。この発電施設は、小水力発電の電気を将来的に電気自動車や電機トラクターに使用することも考えて行った事業である。(図 3,表 6)



図 3. 発電機

表 6. 発電施設の概要

立地場所	栃木県宇都宮市
事業主体	農業用水を利用 スマートビレッジ モデル研究会
運転開始 発電機	2012年3月 クロスフロー水車
出力(kW)	2.5
落差(m)	1.8

(2)目的

農業用水路を利用した小水力発電の現状を調査することを目的に見学を行った。

(3)結果

ここは、実験的な施設であるためヒアリング調査は行えなかった。現地に行き周辺環境を調べると送電線がなく、試験的な運転であるため電力の利用方法としては基本的には稼働しているだけであることが分かった。また、周辺が田んぼ畑であるので、この場所で事業化したと仮定すると、売電できなかった場合に電力の利用方法を考える必要があると考える。

4-2 那須野ヶ原百村第一発電所の現地調査

(1)調査概要

那須野ヶ原土地改良区連合が所持している発電所で、他にも小水力発電所を稼働させており、その 1 つが百村第一発電所である。すべて売電しており、投資者に返還しながら維持管理費に利用している。(図 4,表 7)



図 4. 発電機

表 7. 発電所施設の概

立地場所	百村第一発電所
事業主体	那須野ヶ原 土地改良区連合
運転開始	2006年4月
発電機	縦軸カプラン水車
出力(kW)	30
落差(m)	2

(2)ヒアリング

小水力発電現地調査とともにヒアリング調査も行った。(表 8)

表 8. 質問と回答

質問内容	回答
電力の利用方法	売電は可能 10年間でもとが取れるため
利用許可	土地改良区自体が所有。 他の場所だと農政局などの許可が必要。
維持に関して	週3回の管理。機械は半年に一回の点検。 ゴミを除去する機械は使わず柵を設けることで維持費を節約。
電力の変換	変電所が必要。 変圧器が必要なためどこでも発電できる訳ではない。

(3)調査結果

これらの調査結果から百村第一発電所では、売電が可能であり、利用方法として売電が一番適していると考える。また、周辺環境は田んぼ畑であるが、利用方法が売電のため問題がないことが分かった。そして、道路を挟んで反対側に電柱があり、発電した電力を東京電力の送電線に繋げることが容易であることがわかった。

4.3 まとめ(調査結果の整理)

事例調査、現地調査の整理をすると、農業用水路の事例調査では、出力 100kW 以下の場所が少なく電力の利用方法や維持管理等が問題だと考えていた。しかし、これらを踏まえて実際に現地調査やヒアリング調査を行ってみると環境の調査で売電できる量の発電量を持った農業用水路が少ないことがわかった。

5.農業用水路を利用した小水力発電の可能性

売電を目的とした場合、落差工があり、年間を通して水が一定に流れることが条件として挙げられる。落差工があることで落差が生まれ発電量が増える。水が一定に流れることで発電効率が上がる。そのため、これらの条件を満たせる場所が、農業用水路を利用した時に売電が可能な小水力発電の可能性が見込まれる。

6.今後の課題

非かんがい期に農業用水路を止めている場所が多いので上記の条件は少ない。電力の利用方法を考える時に、実用可能な発電量があるか調査する必要がある。

参考文献

- 1) 竹生修己『小水力エネルギー読本』オーム社 2012
- 2) 清水徹朗「小水力発電の現状と課題の普及」農林中金総合研究所 2012