

山間地域における自然エネルギー発電事業の実現可能性に関する基礎研究

学籍番号 1120302 氏名 河野祐輝
高知工科大学工学部社会システム工学科

自然エネルギーで、自治体規模の電力使用量を生産・売電を出来るか検討をした。発電方法は小水力発電を採用。対象地区の既存する堰きの数をGoogleアース上で検索、現地調査を実施。すべての現地ポイントを調査するのは困難であったので、主流を中心に実施した。調査データより、設置場所と発電量の算出をした。全体の発電量と自治体規模での使用量を比較・売電する。このプロセスを管理する事業のキャッシュフローを算出し事業が成り立つか検証。

Key Words : 自然エネルギー、小水力発電、

1. はじめに

本研究を始めるにあたり、エネルギー関連に注目して研究を開始した。当初は、藻から採取出来るバイオ燃料を題材に研究。しかし、研究の方向性が定まらず電力関係に変更をした。中学時代の地元が、水資源に恵まれた地域だったので、そこで研究したいと考え小水力発電の研究に至った。

2. 背景

現在、京都議定書によるCO² 6%削減や福島原子力発電所事故により、自然エネルギー転換や発電の自治体単位での細分化が叫ばれている。調査の結果、自然エネルギーの主力が風力発電と太陽光発電の自治体が多く、木質バイオマス発電と水力発電をメインとした自治体は無い。しかし、木質バイオマス発電に関しては既に研究がなされている。そこで水力発電をメインとし、既存する堰に小水力発電機を取り付け自治体か民間設立による事業展開を検討する事を今回の研究の目的とした。

日本の一次エネルギー使用量は約2,200PJである。そのうち、電力に40%の9,489PJ/年が消費され、単純電力換算すると約2.6兆kwh/年となる。実際の総発電量は約1兆kwh/年であるが、これは発電ロス considering の数値である。国民一人あたりの消費量で換算すると、0.9kw≒1kwとなる。家庭だけの使用量に限れば、0.27kw≒0.3kwである。

各、自然エネルギーの選定の要素として、発電効率を重視しました。水力が70~80%・木質バイオマス38~80%・風力20~40%・太陽光15~30%で、水力が安定した発電を行うので水力を選定。

3. 事例調査

3.1 高知県梼原町を調査

梼原町では、既に風力エネルギーや地温などの自然エネルギーを志向しており、平成11年に自然環境の保全、地域の振興を目指し「地域新エネルギービジョン」を策定した。特徴として自治体自力で発電供給を目指す。梼原町は、はじめに出力600kwの風車を2基設置をし売電などの収入で更に小規模の水力発電を設置していった。あくまでも主力は風力エネルギーにある。

3.2 小水力の現状

小水力発電とは、1,000kw以下を総称して呼ぶがハッキリとした定義はされていない。国は1,000kw以下を小水力と位置づけている。現在、我が国の水力発電のみの総発電量は約1億kwhとなっている。そのうち、約350万kwが小水力発電によって支えられている。小水力発電の長所として最大出力ではなく発生電力量効率(kwh)が、風力・太陽光発電効率15~20%に比べて水力発電は70~85%と安定した質の良い電気が生産される。また、耐用年数が約30年と長く発電量の多い風力発電の約15年の2倍となる。また我が国は水に恵まれた土地柄のため、80年代まで水力発電が発達していたので技術的に確立されている。

3.3 小水力発電ポイントのポテンシャル

2010年度に環境省 地球環境局が、中小水力発電導入ポテンシャルをGoogle Earthで制作した。全国小水力発電導入ポテンシャルは、22,428箇所、設備容量は6,260,223kwとなっている。

4. 検討手法

4.1 エリア設定

平成16年10月1日、いの町と合併した旧本川村を選定した。(写真1の赤い範囲)本川は吉野川の源流に位置し、大森川も流れ河川が多い地域である。2010年の時点で人口は563人・301世帯となっている。中水力・水力発電ともに開発が飽和状態となっている。しかし、国の算出した本川内の小水力発電以下のポテンシャルは40箇所となっており、開発の余地がある。

本川の一人あたりの電力消費量は全国の消費量を人口で割り、国民一人あたりの消費量を算出して適応させた。式：「1兆kwh(全国総発電量約)÷365日÷24時間÷1.2億人=約0.9kwh(四捨五入して1kwh)」となる。

下記の写真1は、旧本川エリアと小水力以下のポテンシャルである設置容量を、示したものである。



写真1：小水力発電導入ポテンシャル(環境省)

4.2 既存の堰の抽出

環境省 国際環境協力の小水力発電導入ポテンシャルは、「地形・水系・流量・取水データを利用。分流点および合流点を「ノード」、ノード間の流路を「リンク」とする水路ネットワークデータに変換したもの」を精査し、同データのリンク部分が中小水力発電装置の規模にほぼ一致すると想定する。」などの条件で選定している。

本研究では、別の方法で導入ポテンシャルを選定した。まず小水力発電機を既存の堰、及び水路に設置する条件を元にGoogle Earthで堰を目視検索しました。その結果、53箇所の発電ポテンシャルを選定した。その内、水路発電が4箇所、そして普段は水が流れていない砂防が、7箇所存在すると考えられる。発電可能ポテンシャルは、砂防7箇所を除き46箇所となる。



写真2：小水力発電導入ポテンシャル(本研究)

5. 現場調査

現場調査は、写真2の黄色枠内のポイントを調査。調査項目は、堰の写真・水深(m)・流下距離1mに対する通過時間(m/s)・発電機設置を想定した幅(m)を調査した。(写真2、下側からの調査結果を順に掲載する。)

5.1 計算式

$$\text{発電電力 } P = 9.8 \times \eta_1 \times \eta_2 \times Q \times H$$

開放型(和式水車など)の場合は、水の運動エネルギーが源なので、

$$\text{発電電力 } P = Q \times v^2 \times \eta_1 \times \eta_2$$

(P: 発電電力[kW] η_1 : 水車の効率 η_2 : 発電機の効率 Q: 流量[m³/s] H: 有効落差[m] v: 流速[m/s]) ※現在の中小水力用発電機では、 $\eta_1 = 0.75 \sim 0.90$ (開放型の場合はより低い) $\eta_2 = 0.82 \sim 0.93$ 程度である。

$$\text{発電電力量 } E = P \times T$$

(E: 電力量[kWh] T: 時間[h])

5.2 現場データ

- 螺旋水車・クロスフロー水車設置ポイント
- : スモールハイドロストリーム設置ポイント

ポイントM(堰・水路)



● 幅=2.5m
水深=約2m
流下時間=0.3m
落差=約5m

● 幅=約3m
水深=約2.5m「
硫化時間=0.3m
落差=2m

ポイント2 (堰・水路)



● 幅 = 約 3.5m
水深 = 約 3m
流下時間 = 約 1.5s
落差 = 4m
● 幅 = 約 2m
水深 = 約 1.5m
流下時間 = 約 1s
落差 = 約 1m



ポイントB (堰)
● 幅 = 約 3m
水深 = 約 0.6m
流下時間 = 約 2s
落差 = 約 0.5m

ポイント1 (堰)



● 幅 = 約 2m
水深 = 約 2m
流下時間 = 約 1s
落差 = 約 5m

ポイントC (堰)



● 幅 = 約 3m
水深 = 約 0.8m
流下時間 = 約 2.5s
落差 = 約 7m

ポイント5 (水路)



● 幅 = 約 3m
水深 = 約 2m
流下時間 = 約 2s
落差 = 約 1.5m

ポイントC (水路)



● 幅 = 約 1m
水深 = 0.3m
流下時間 = 約 2s
落差 = 約 7m

ポイントA (堰)



● 幅 = 約 3m
水深 = 約 2m
流下時間 = 約 2s
落差 = 約 7m

ポイント10 (堰)



● 幅 = 約 3m
水深 = 約 2m
流下時間 = 約 2.5s
落差 = 約 2m

現地調査場所での予測総発電量は905.09kwhとなった。この時点で、本川地区の人口分の電力消費量を賄うことができる。

6. 発電量の算出

6.1 水車選定

水車選定では、本川の地理的に設置するには低流量で、有効落差の低い条件をクリアする必要がある。その選定には、図2を用いる。(あくまでも目安)

※赤字で示す水車は、小水力発電で良く用いられる水車です。

水車の種類	衝動水車	ペルトン水車	高 ↑ [落差] ↓ 低
	反動水車	ターボフランシス水車	
		クロスフロー水車	
		フランシス水車	
重力水車	反応型水車	縦型(リア)水車	低 ↓ [落差] ↑ 高
		カプラン水車	
		チューブラー水車	
		ストリットロー水車	
	上掛け水車	ラセン水車	
	下掛け水車	軸掛水車	

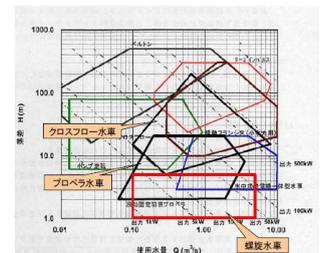


図1：水車の種類

図2：水車選定図

また既存の堰に取り付けが容易である必要がある。また設置箇所が多いので経済性が求められる。本川はアメゴなどの川魚を養殖、放流しているため環境

にも配慮が必要である。この総合的観点から、螺旋水車・クロスフロー水車・スモールハイドロストリームの発電機を提案する。

螺旋水車の特徴としては、構造が簡易で初期費用が比較的安価、維持管理も簡易である。低落差にも適用可能である。目安は落差約2m、使用流量が2.0m³/s程度の水利条件では、羽根の直径は概ね2.3m、水車の長さは6m程度。

自然流下方式で水車羽根に沿って水が流れ、衝撃や大きな水圧変動がない。比較的流速も遅く、水車羽根ピッチも大きいいため、魚類等の生物に傷害を与える可能性が少ない。

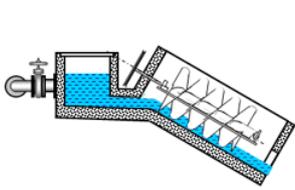


図3：螺旋水車断面図

写真3：螺旋水車

クロスフロー水車の特徴としては、螺旋水車とほぼ同等である。機械も価格が安価で、初期費用も抑えることができる。流量変化に対して比較的フラットな効率特性を持つ。設置目安は落差：2-60m 流量：0.04-10m³/sで可能。ただし螺旋水車と比べ、魚類等の生物に傷害を与える可能性が高くなる。

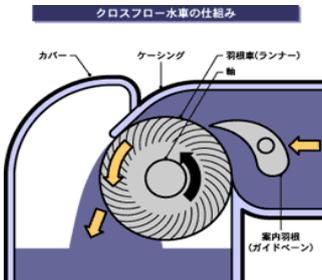


図4：クロスフロー水車断面

写真4：クロスフロー水車

スモールハイドロストリームの特徴としては、大規模な土木工事は必要なく、開水路に設置するだけである。水深が最小で0.5mから設置可能。完成品の場合は10kwhが最大出力である。ただし、水路に特化した発電機となっている。

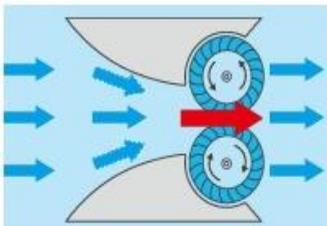


図5： 上部からのスモールハイドロストリーム断面図

写真5： スモールハイドロストリーム

7. キャッシュフロー

7.1 事業運営のキャッシュフロー

30年間の事業として算出した。また、工事の費用は1kwあたり150~250万円の費用が必要になった事例がある。今回は1kwあたり150万円で計算。

表1:収支計算表

項目	単位	数値	計算式等
建設費(発電量900kW)	千円	1,350,000	1kwあたり150万円とした
年間可能発電量	MWh	7,884	900kW×365日×24時間
年間発電量	千円	7,017	7,884MWh×0.89(設備利用率:点検等)
直接費	人件費	千円	15,810 巡視員5人×17,000円×1.55(諸経費率)×月10日×12か月
	修繕費	千円	8,100 9,000円/kw×900kW
	水利使用料	千円	0 0円として試算
	諸費(光熱費等)	千円	900 1,000円/kw×900kW
	小計	千円	24,810
資本費	減価償却費	千円	40,500 建設費×0.9/30年 残存価格10% 耐用年数30年と試算
	借入金利息	千円	0 0円として試算
	固定資産税	千円	0
小計	千円	40,500	
管理部門費	共用施設維持管理費	千円	0 0円として試算
	その他	千円	0
	小計	千円	0
合計	千円	65,310	
発電原価	円/kWh	9.3	(直接費+資本費+管理部門費)/7,017MWh

参考: 青森達也螺旋水車による マイクロ水力発電計画の検討, 水資源機構平成21年度技術研究発表会, 2010

7.1 売電

算出された発電原価：9.3円/kWhは、現状平均買取価格9.01円を下回り赤字となっている。しかし、2012年7月から「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」が施行されます。これにより1kwhの買取価格が15円~20円の間で定められます。事業として十分採算がとれる。

8. 結論

国民は一人あたり1kwhを消費しており、本川地区を賄うには600kwh必要である。現地調査した場所での、予想発電量は900kwhあり売電も可能である。発電原価も、現状買取り価格より高値の9.3円であるが2012年7月より、電力買取り価格が15~20円になるので採算はとれる。よって、本研究の目的である水力発電での発電事業が成り立つといえる。

<参考文献>

- ◎ 全国小水力利用推進協議会「小水力技術」

<http://j-water.jp/hmc/040%20Tech%20Data.html>

- ◎ 独立行政法人 水資源機構 「螺旋水車によるマイクロ水力発電計画」

http://www.water.go.jp/honsya/honsya/news/2009/pdf/h21_c_hubu.pdf

- ◎ シーベルインターナショナル株式会社「スモールハイドロストリーム・パンフレット」
- ◎ 長野 小諸市「水力発電システムの基礎知識」

<http://www.city.komoro.nagano.jp/www/contents/1114130350171/files/siryouII.pdf>

- ◎ 環境省 地球環境・国際環境協力「中小水力発電の賦存量および導入ポテンシャル」

<http://www.env.go.jp/earth/report/h23-03/chpt5.pdf>

- ◎ 地域資源としての小水力発電開発にむけて(電源開発株式会社 エンジニアリング事業部 社会基盤グループリーダー 嶋田 善多(しまだ よしかず))

<http://www.jpde.co.jp/topics/pdf/t080719.pdf>