

小水力発電の基礎知識

九州大学 藤本穰彦



新しい価値を生む小水力

小林久 茨城大学教授



出典：
ミツカン水の文化センター，
2011年、『水の文化』(39)，
「小水力発電の未来とは」

水が、ただ流れていたり、きれいなだけではなくて、エネルギーという価値も生み出せるというところが、ものすごく大きな意味を持っているので、水は新しい価値を生む資源として、地域はその資源生産の場として、新たな意味を持つ可能性がある。地域と密接に結びついた資源生産を実現することができれば、治水の意味でも利水の意味でも、距離ができてしまった人と水や地域資源との関係が、再び近しい間柄になれるのではないのでしょうか。

小水力発電の定義

- ・国際エネルギー機関(IEA):「ダムなどの大規模開発を伴わない、環境に配慮した水力エネルギー」
- ・全国小水力利用促進協議会:「大規模ダム(貯水池式)、中規模ダム(調整池式)ではなく、河川の水を貯めること無く、そのまま利用する発電方式」

小水力発電の規模

- ・「灌漑、利水、砂防その他の発電以外の用途に供される工作物に設置される出力が、1000kW以下である発電設備を利用する発電」

(改正;新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法)

水力エネルギーの考え方

• 理論出力 (kW)

= 使用流量 (m^3/s)

× 落差 (m)

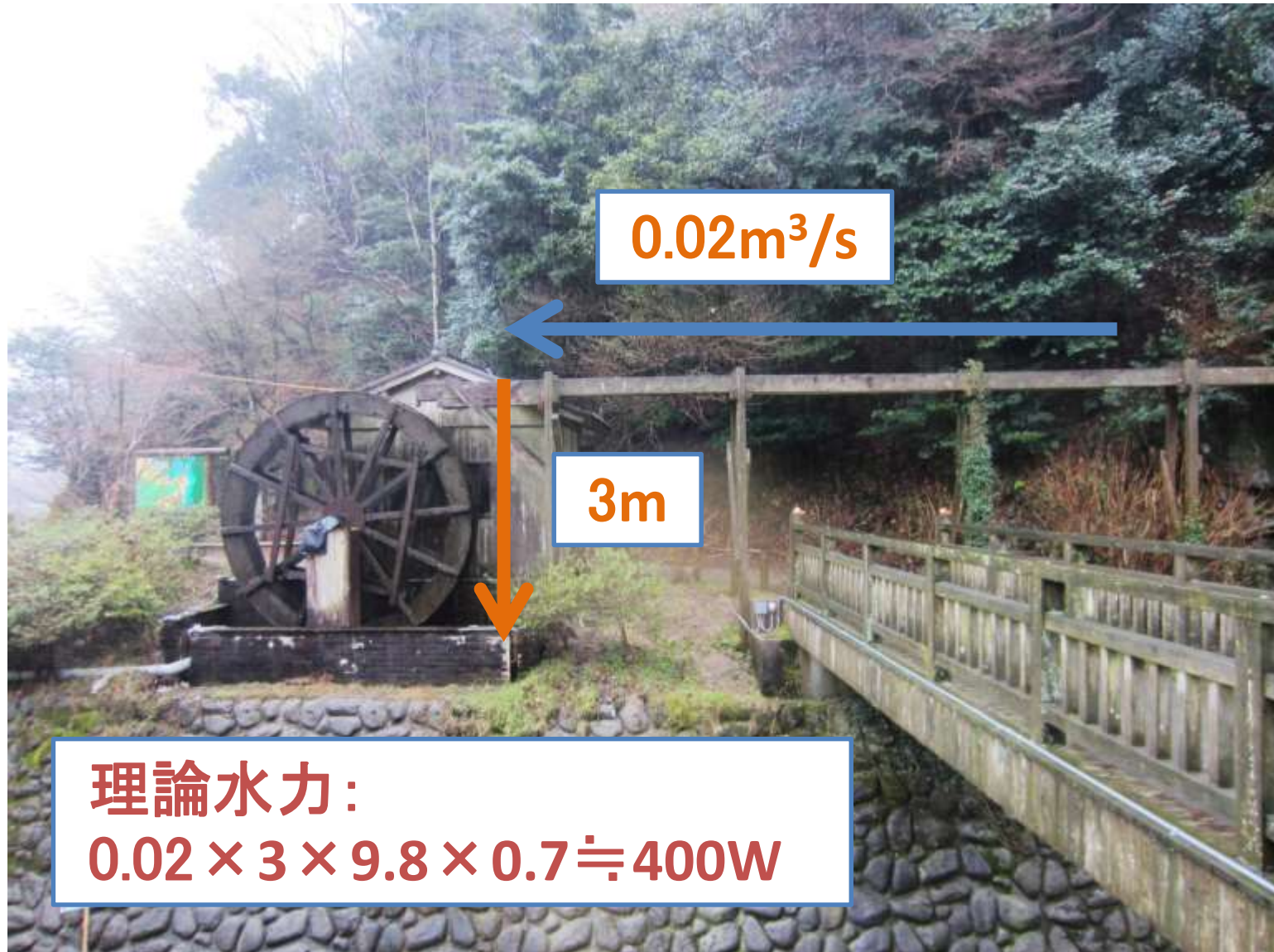
× 重力加速度 $9.8 (\text{m}/\text{s}^2)$

× 発電の総合効率 (0.6~0.8)

水力は、流量と落差で決まる。



白糸の滝水車の場合



水力エネルギーを得る仕組み

水の力を使う

- ・川から水を引き込む
- ・川の中に水車を投げ込む



写真上:ペルトン水車
(イームル工業)
写真下:山梨県都留市
「げんきくん2号」

水車

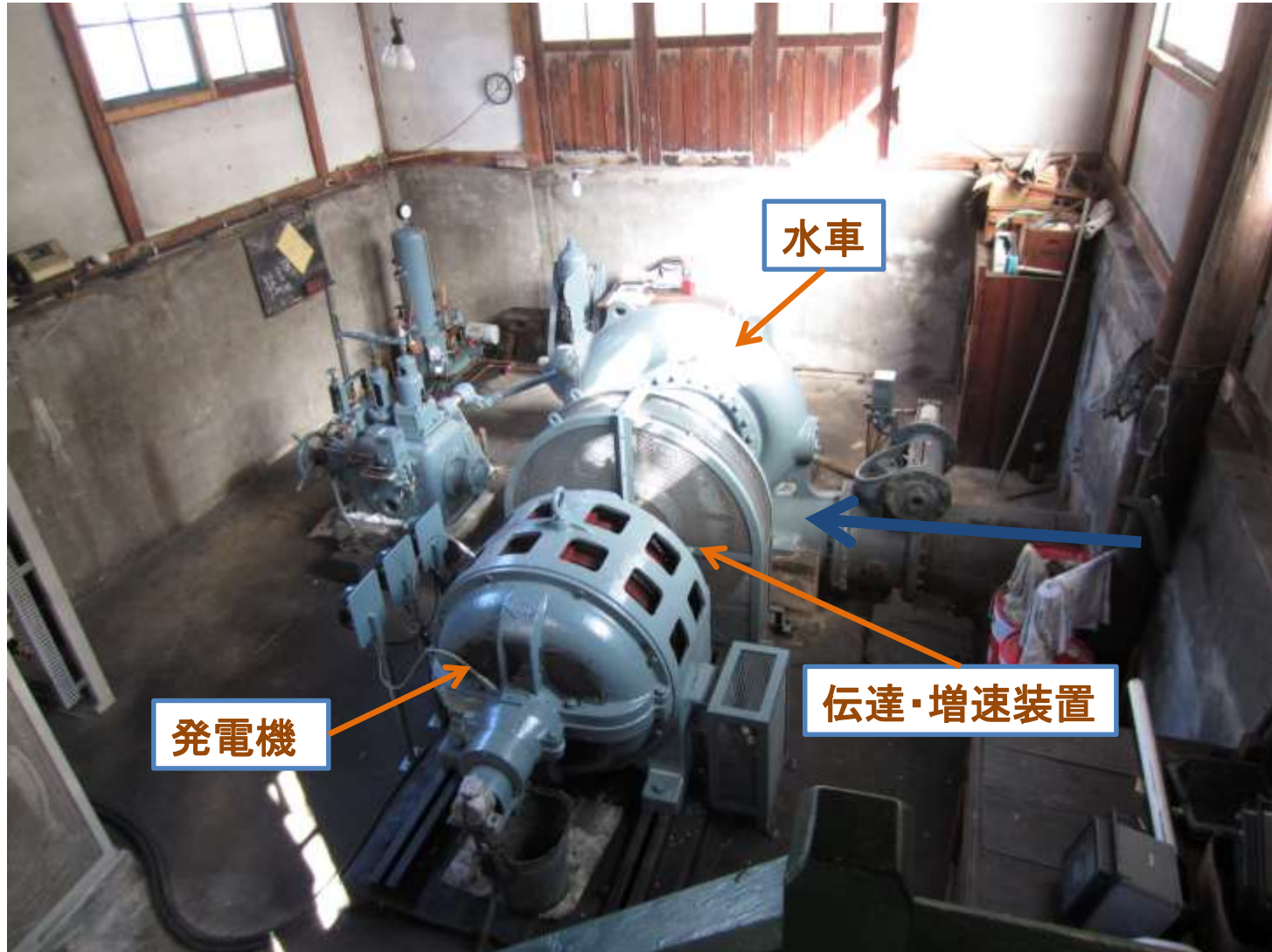
水の量や落差、地形に応じて色々なタイプの水車がある



発電機

水の力で
発電機を回す

設備の構成例 (志和堀発電所、95kW)



志和堀(しわぼり)発電所

(2011年11月16日、12月19日ヒアリング)

- 広島県東広島市志和町
- 太田川水系三瀬川
- 志和堀電化農業協同組合
(町村合併時、農協から独立。組合員:約320名)
- 昭和29年(1954年)7月稼働
- 出力:95kW
(有効落差:25.7m、流量:0.5m³/s)
- 管理費は3人×10万円/月
- 2010年度8年ぶりに設備を更新
- 水路のメンテナンスは理事が毎年行っている





取水堰



雨でも雪でもゴミ
取りが出来るように



ヘッドタンク

流量 (0.5m³/s)

落差 (25m)

理論水力 : $0.5 \times 25 \times 9.8 \times 0.8 = 98\text{kW}$



発電所

管理棟

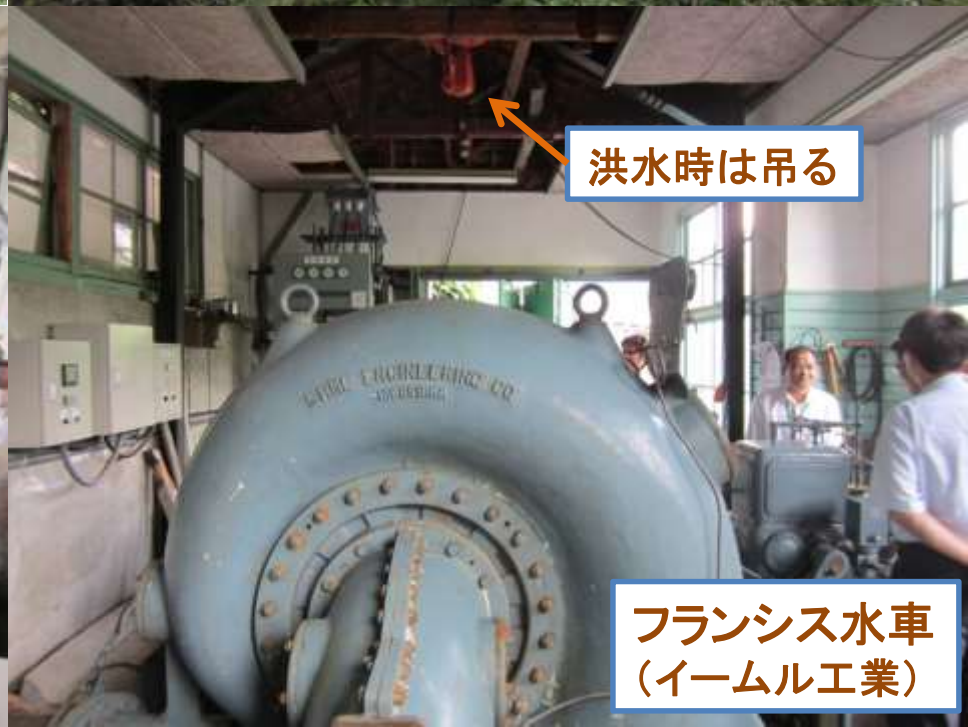
壬生(みぶ)発電所

(2011年9月26日現地調査)

- 広島県山県郡北広島町(旧千代田町)
- JA広島北部が開発、所有
- 昭和32年(1957年)稼働
- 出力:162kW (設備効率:86.5%)
(有効落差:19.9m、流量:1.1m³/s)
- 売電単価:約9円
- 売上平均:1000万円程度/年

(162kW × 7,500h × 9円
=10,935,000円/年)





中国地方の小水力発電

- ・昭和27年、農山漁村電気導入促進法
- ・昭和30年前後、中国地方に90施設が建設
(全国で181施設。約半数が中国地方に集中)
- ・以降、昭和55年74施設→平成22年には53施設
- ・現在：最大660kW、最小24kW、平均189.1kW

1) 秋山武, 1980, 「農協小水力発電の歴史と問題点」, 『協同組合経営研究月報』, 第323号.

2) 藤本穰彦・皆田潔・島谷幸宏, 2012, 「中国地方に観る自然エネルギーに基づいた地域づくりの思想」, 『島根県中山間地域研究センター研究報告』, 第8号.

・休止中の発電所のうち、再生を望む声が拳がり、検討に入っているものもある(北広島町 潜滝発電所、安芸太田町 横川発電所)。

→イームル工業 沖氏の言葉に耳を傾ける。

小水力は「地域のエネルギーなんだ」

沖武宏
イームル工業顧問



出典：
ミツカン水の文化センター、
2011年、『水の文化』(39)、
「小水力発電の巨人 織田
史郎」。

中国地方では小水力発電により、今でも農協の収入になっている。結果として地域に還元されていますが、一人ひとりには実感はない。発電所をつくる際には村中が沸いてね。竣立式は学校でやるんですが、織田は当然、現場担当の私も呼ばれてもうへとへとになるまで飲まされるほど喜んでもらった。ところが数年して行ってみると、みんな関心がなくなってるの。つくるときは村人が雇用されたりして恩恵があるんだけど、済んだら農協にしかお金が入ってこないから。だから、これからはそういうやり方ではなく、「地域のエネルギーなんだ」という意識を長期にわたって持ってもらえるような仕組みが必要。本当に実感してもらおうと思ったら、自分たちで出資して配当を受け取るとか、雇用の場にしなければ、というのが私の思いです。

小水力発電の導入プロセス

(赤字: ミッシングリンク)



Start!

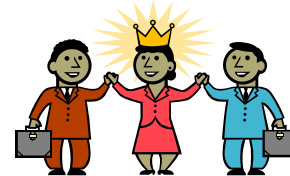
地域での合意形成
(やろうか！)



川見分け



発電計画策定
完成イメージの共有



事業主体の形成
エネルギー社会企業

- ・水利権や漁業権等地域が有する権利
- ・環境影響評価

地域のための
再投資



利益

日常的な
維持管理

- ・適正価格・適正設計
- ・適正な施工管理

届出と
発電運用

適正な施工



適正技術

クリエイティブな
アイデア



資金集め
市民出資も



諸手続

川見分けと計画策定

(参考: 島谷・藤本ほか, 2012)

- 対象とする水が流れている場所の確認
(ex: 自然公園法、自然環境保全法、国有林野法、森林法等の指定区域内にあるかないか)
- すでに利用している人(水利権者)がいるか?
- 取水により影響を受ける人がいるか?
(ex: 漁業者、発電事業者、農業者、集落等)
- 取水や発電所建設による環境影響評価
- 対象となる地域住民との合意形成
- 河川管理者や地権者との合意形成
- 需要の見積もり
(参考: 一般家庭: 10~20kWh/日、3000~5000kWh/年)

レイアウトの検討

- 既存の堰や砂防ダム、落差工等の利用
- 既設土木設備や地形の有効活用の検討
- 過去の洪水や落石、積雪の状況
- 環境配慮設計の検討
- 景観配慮設計の検討
- 導水距離の短縮の検討
- 日常の維持管理の検討



(生活空間と取水施設の近接や行きやすさ)

参考) 通常維持管理費: kW単価の3%を年間費用として求めます。(『小水力発電を地域の力で』, 35頁)

小水力の適正技術

- ・数kW程度までは手づくりで、創意工夫を重ねながら楽しく行う方が良い。
- ・町工場や学生、住民等、地域が元気になるきっかけともなる。



- ・10～50kWではある程度本格的な発電システムが必要となる。
- ・現状では、受注製作、個別対応となっており、高コストな施設となる。

- ・現状kW単価
: 200～250万円
- ・目標kW単価
: 130～140万円

- ・50kW以上は、売電により収益が見込める規模である。
- ・本格的な発電施設の検討が必要となる。



200W
水車の再生
@白糸の滝

750W
すいじん
@五ヶ瀬

- 【5kW】
- ・各メーカーで規格品の開発が急ピッチで進んでいる。
 - ・目標kW単価
: 160～180万円

- ・大規模水力システムのスケールダウンが進んでおり、コストダウンも期待できる。
- ・目標kW単価
: 100～120万円

◆◇事例：白糸の滝・小水力エコパーク◆◇

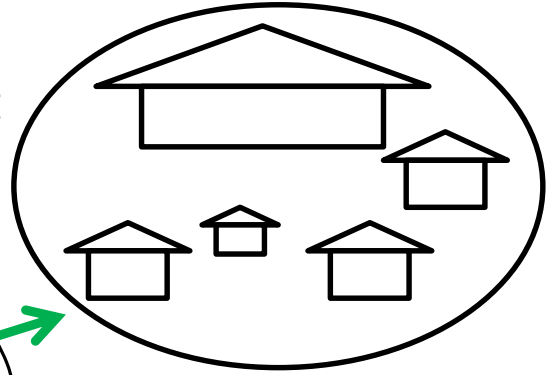


ステップ1(九大)
動力水車の再生

川付川

白糸の滝ふれあいの里

白糸の滝



ステップ2(糸島市)
ふれあいの里への
クリーン電力供給
落差: 30m
流量: 0.08m³/s
発電容量: 16~18kwh

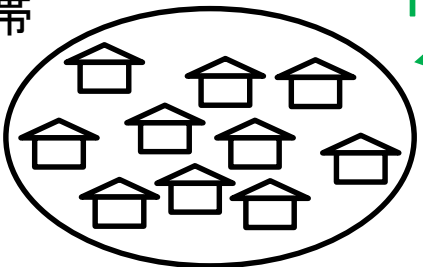
取水設備



ステップ3(白糸行政区)
小水力を地域の力で
落差: 100m
流量: 0.08m³/s
発電容量: 50~60kwh



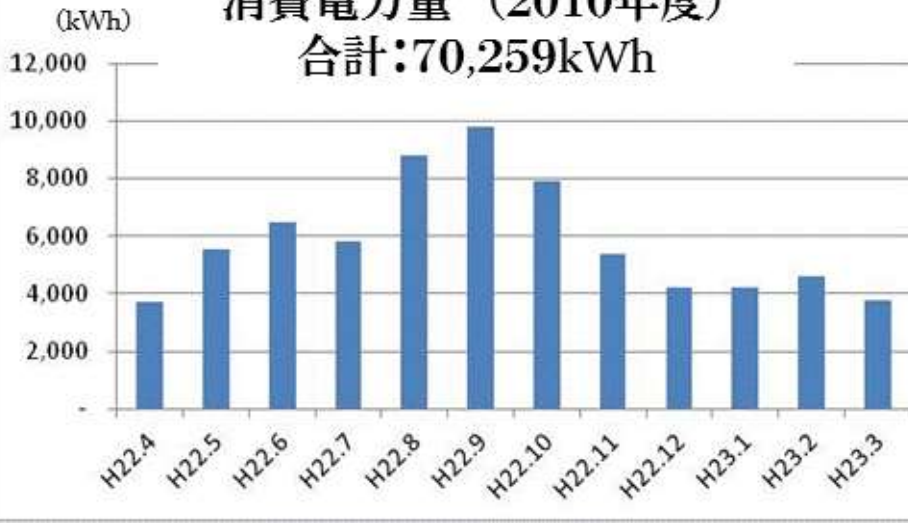
白糸集落
32世帯



売電 + 集落利用

白糸の滝ステップ2

消費電力量 (2010年度)
合計:70,259kWh



・ケース1では、年間消費電力量を賄うことが出来ないが、ケース2を採用すれば、年間消費電力量の全てを賄うことができ、さらに余剰分は売電も可能となる。

(単位:千円)

項目		ケース1	ケース2	糸島市			備考	
				糸島市	山梨県・都留市			
				新エネビジョン	元気くん2号	元気くん3号		
条件	流量(m ³ /s)	0.050	0.080	0.049	0.21~0.99	0.2~1		
	落差(m)	20	30	20	4	1		
	発電設備(kW)(総合効率0.8)	7.8	18.8	4.8	19.0	7.3		
	年間発電量(6,500時間/年)	50,960	122,304	31,200	123,500	47,450		
	年間売上(全量売電)(34円/kWh)	1,733	4,158	1,061	4,199	1,613		
建設費	設計費	基本設計	3,000	3,000				
		実施設計	4,200	4,200				
		設計費計	7,200	7,200		4,900		3,600
	工事費	流入口	1,800	2,000				
		導水管	1,200	2,000				
		発電設備	12,000	19,000				
		建屋	2,500	3,000				
工事費計	25,000	39,000		50,559	35,700	ケース2系統連結		
合計		32,200	46,200	25,000	55,459	39,300		
kW単価		4,107	2,455	5,208	2,919	5,384		

結び: 地域小水力発電

- ・身近な水を利用する
 - ・歴史がある発電方式
 - ・技術的な完成度は高く、設備・システムが持続的
 - ・化石燃料が不要(CO2排出量が小さい)
 - ・密度が大きい水を利用するため、設備は小規模
 - ・稼働時間が長く、変動が少ない(年間6500時間)
 - ・地域の合意が必要(水利権や漁業権など)
 - ・年間を通じた維持管理が必要
- ・小水力発電は、(ダム建設等の)大きな投資を行わず、地域の地形や空間に、基本的に依存する。そのため、基本的な権利は地域に帰属する性格を有するエネルギーである。
- ・第一次産業とは「直接に自然からなにものかをとりだす産業」(鶴見和子)のことである。自然の恵みそのものからエネルギーを得る小水力発電は、地域の第一次産業である。

日本の水力発電をめぐる歴史

- M21(1888) 宮城紡績会社「三居沢発電所」(5kW)
- M24(1892) 京都市「蹴上発電所」(日本初の事業用)
- M44(1911) 電気事業法(←国家による監督・管理)
- S14(1939) 日本発送電株式会社
- S16(1941) 9配電会社
- S26(1951) 9電力会社(後に沖縄電力を加え10電力)
- S27(1952) 農山漁村電気導入促進法(小水力)
- S39(1964) 新電気事業法(9電力会社体制を基礎とする)
- H11(1999) PPS法(特定規模電気事業者)、電事法改正
- H24(2012) FIT法(再生可能エネルギー全量買取制度)
 - ◆小水力を「再生可能エネルギー」として再評価
 - ◆小水力を「地域の第一次産業」として再評価

再生可能エネルギー—全量買取制度

電源		太陽光		風力		地熱		中小水力		
買取区分		10kW以上	10kW未満	20kW以上	20kW未満	1.5万kW以上	1.5万kW未満	1,000kW以上 30,000kW未満	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満
費用	建設費	32.5万円/kW	46.6万円/kW	30万円/kW	125万円/kW	79万円/kW	123万円/kW	85万円/kW	80万円/kW	100万円/kW
	運転維持費 (1年あたり)	10千円/kW	4.7千円/kW	6.0千円/kW	-	33千円/kW	48千円/kW	9.5千円/kW	69千円/kW	75千円/kW
IRR		税前6%	税前3.2%	税前8%	税前1.8%	税前13%		税前7%	税前7%	
買取価格 (1kWh当 たり)	税込	42.00円	42.00円	23.10円	57.75円	27.30円	42.00円	25.20円	30.45円	35.70円
	税抜き	40円	42円	22円	55円	26円	40円	24円	29円	34円
買取期間		20年	10年	20年	20年	15年	15年	20年		

- ・設備の出力(合計)が3万kW未満であること。
- ・揚水式発電ではないこと。
- ・特定契約締結時の年度の調達価格を適用。

【既設の取り扱い】

- ・調達価格: 基本的には新規の場合と同じ。ただし、「地域新エネルギー導入促進事業」、「新エネルギー等導入加速化支援対策事業」、「中小水力・地熱発電開発費等補助金」等、FIT導入に伴い廃止される補助制度の給付を受けた発電施設については、補助金相当分を除いた価格を適用。
- ・調達期間: 20年—これまでに運転した期間

農山漁村電気導入促進法

第一条（目的）

この法律は、電気が供給されていないか若しくは十分に供給されていない農山漁村又は発電水力が未開発のまま存する農山漁村につき電気の導入をして、当該農山漁村における農林漁業の生産力の増大と農産漁家の生活文化の向上を図ることを目的とする。

昭和27年12月29日法律第358号

最終改正：平成23年5月2日法律第37号

農山漁村電気導入促進法

- 第一条 (目的)
- 第二条 (都道府県農山漁村電気導入計画)
- 第三条 (全国農山漁村電気導入計画)
- 第四条 (資金の貸付け): 日本政策金融公庫
- 第五条 (国の補助)
- 第六条 (事業計画書の提出)
- 第七条 (農林水産大臣の指導)
- 第八条 (都道府県が処理する事務)
- 第九条 (電気事業者との協議等)
- 第十条 (対価等の不服の訴え)
- 第十一条 (土地改良事業との調整)
- 第十二条 (電気事業法との関係)

農山漁村電気導入促進法

○事業主体について（第二条）

「当該農山漁村にある農業、林業又は漁業を営む者が組織する営利を目的としない法人で政令で定めるもの（農林漁業団体）」

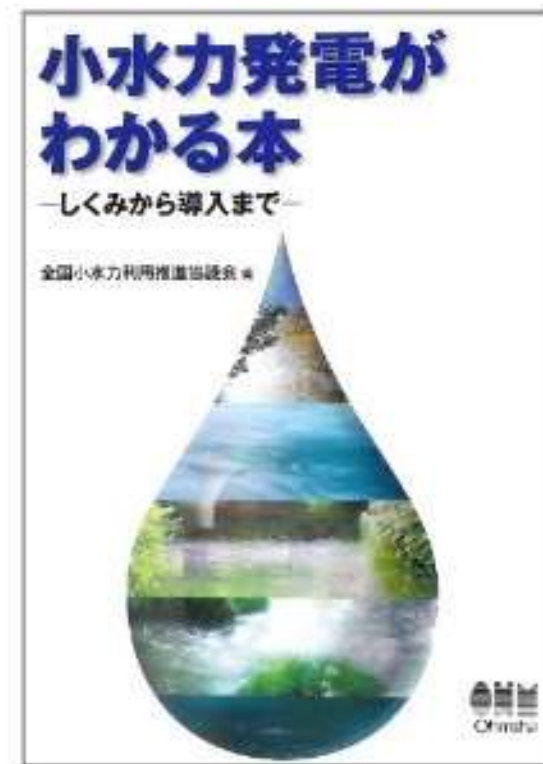
- 「戦後我が国の民主化を推進いたしますためには、総人口の半ばを占める農山漁民の生活文化を向上し、農産漁家の経済を安定し、あわせて農林漁業の生産力を高めることが最も肝要であります。しかるにわが国農山漁村の実情を見ますと、いまだに電燈さえなく文化の恵みを受けることができない農山漁家が全国で20万戸を越える状況であります。さらに動力線が入っておらないために、生産にぜひとも必要な動力機械を使うことができない農山漁村も、全国に多数存在している現状であります。これらの未点燈部落、あるいは電力不足地域に生活しております農山漁業者が万難を排して、電力を導入しようと熱烈な要望を抱いていることは、きわめて当然のことです。従いまして戦後、見返り資金あるいは農林漁業資金融通法によりましてある程度資金が供給され、現在までに約100箇所ほどの小水力発電所が建設された次第であります。しかしながら、これだけでは単に一部の希望を満たしたにすぎないのでありまして、いまなお数100箇所の地点で建設を希望しながら資金を得られないため、貧しい暗い生活を余儀なくさせられている状況であります。従いましてわれわれといたしましては、これらの恵みを受けることの少ない人々に、光を与えようといたしまして、この法案を提案いたす次第であります。」

小水力発電について学ぶための書籍案内



写真右→
全国小水力利用促進協議会編
2012年, オーム社.

←写真左
JST社会技術研究開発センター編
2010年, 公人の友社.



【表紙写真】

写真左上: イームル工業 福田信行氏、写真右上: 福岡県糸島市「白糸の滝」と林電気工事、
写真右下: 福岡県糸島市「白糸の滝」、写真左下: 北広島町豊平「双葉保育園」

【付記】本報告は、JST社会技術研究開発センター研究開発プロジェクト、ならびに、平成23年度糸島市-九州大学連携研究助成(共に研究代表は島谷幸宏)の成果の一部である。