

### 小水力発電位置図と用途



電気柵用水車 150W (長野県コモンズ支援金事業)

急流工水車 1 kw (環境省実証実験水車) ・LED街灯1灯・100Vコンセント



・LED街灯1灯・電動農作業機等コンセント

クロスフロー水車3kw (環境省実証実験水車)

- ・農村公園管理棟照明・ヒートポンプ(1kw)
- ・電気スタンド・トイレ照明 不凍栓・LED街灯3灯
- ・非常用電源装置・管理棟内100Vコンセント
- · 余剰電力売電

#### ● 事業沿革

#### 2006年

「須坂市地域新エネルギービジョン」策定。長野県のコモンズ支援金を活用し、米子地区に電気柵用水車を 設置。重点プロジェクトの1つとして、小水力発電モデル事業を実施。

#### 2010~2012年

環境省が信州大学へ委託し、水車の実証実験を行う(4基設置) 信州大学と須坂市が環境省の委託事業(地球温暖化対策等技術開発事業)で4基の水車の実証実験を行う。

#### 2013年

環境省の委託事業終了。国委託の実証実験は、実験終了後の撤去が原則だが、有効活用を希望し、環境省との協議を経て、H25年度より須坂市へ帰属された。

#### 2013~2014年

長野県グリーンニューディール (GND) 基金事業

米子農村公園を観光客の一時避難場所として事業採択。農村公園に安定した電力供給をするため、クロスフロー水車を活用する。

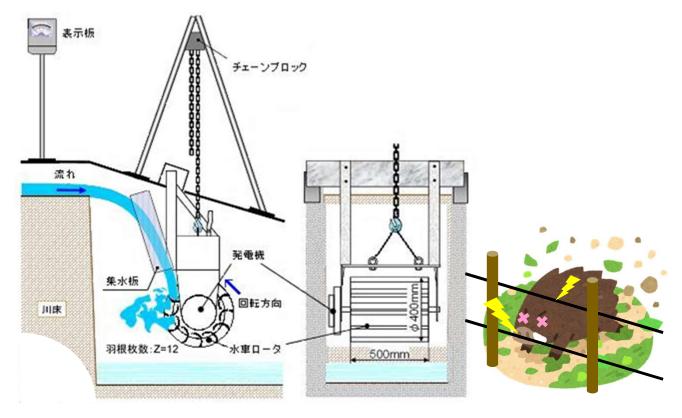
GND補助金 3,150万円/2年 ・水車システムの変更・取水管を道路埋設・ゴミ対策として水路に蓋設置

#### 2021年

「第三次須坂市環境基本計画」策定。地域資源を活用した再生可能エネルギーの推進として、小水力発電の 普及を重点プロジェクトに位置づける。

### (2)電気柵用水車 2006年度 長野県コモンズ支援金事業

- ◆水流に置くだけで発電できる自然にやさしい環境融和型のナノ水力発電システム。 構造が単純で点検が容易なため、維持コストを抑えられる。山梨県都留市でも稼動中。 池田敏彦氏(信州大学 名誉教授)が開発。
- ◆二次元円弧状の羽根を12枚有し、直径40cm、幅50cmの胸掛け水車。
- ◆水車の回転(100回/分)は、軸直結の40極3相交流発電機を回転。
- ◆重さ…約100kg 出力…150W (2007年3月-2009年11月) 、表示盤数値は電気柵での消費電力



### 3 実証試験水車の概略 2010~2013年度

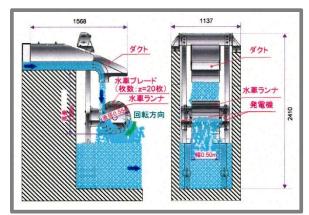
# SHINSHU

Dept. Environmental Science and Technology, Faculty of Eng., Shinshu University

#### IKEDA-IIO Laboratory

信州大学 工学部 環境機能工学科 池田・飯尾研究室

#### ● 落差工水車(滝用水車)

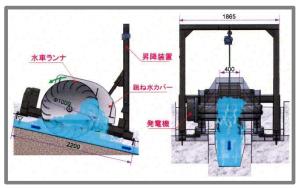


ブレード枚数 :20枚 発電機タイプ :永久磁石式同期発電機

特徴:農業用水路等の極低落差にも向く発電用水車。付帯設備がほぼ不要で設置時の環境負荷が小さく、メンテナンス性に優れている。

また、水車効率に影響を与える水流の乱れを抑制するため、水流制御にダクトを用い、流水をダクトで偏向しランナに衝突させている。ダクトが無い場合と比べ効率が約2倍である。

#### ● 急流工水車



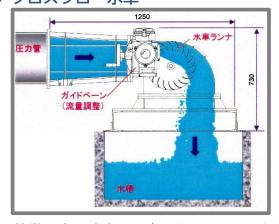
発電量 : 約1000W 流 速 : 4.3m/s 水 量 : 0.2m/s 水路幅 : 400mm ランナ直径 : 1000mm ランナ幅 : 400mm ランナタイプ : 貫流型 ブレード枚数 : 20枚

発電機タイプ : 永久磁石式同期発電機

特徴:下掛け水車で、ランナには貫流型を用いている。ランナ下部のブレードに水流が衝突し、 水車と軸に直結した発電機を回転させることで発電している。

流量変化に柔軟に対応可能で、付帯設備がほとんど不要であり、設置時の環境負荷が小さく メンテナンス性に優れている。

#### ● クロスフロー水車



発電量 : 最大10 k w 落 差 : 14m

水 量 : 0.1㎡/s

圧力管直径 : 300mm/320mm (内/外)

管路長 : 180m ランナ直径 : 250mm ランナ幅 : 200mm ランナタイプ : 貫流型 ブレード枚数 : 20枚

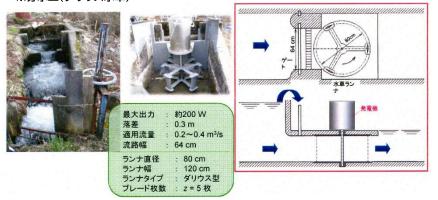
発電機タイプ :永久磁石式同期発電機

特徴:水の速度と圧力を利用するため衝動水車と反動水車の特性を有している。

ガイドベーンにより調節された水流が、ランナ上部から流れ込む際に1度ブレードに作用し、ランナ内部から外部へ流れ落ちる際に再びブレードに作用する。

そのため比較的効率が高く、ガイドベーン等の付帯設備により流量変化に柔軟に対応可能。

#### ※分水工(ダリウス水車)



※分水工(ダリウス水車)は、 環境省の実証実験終了後 に撤去しました。

#### ● 小水力発電機群のオフグリッド構築

特徴:米子地区の農業用水路に4台の 水車を設置し、それぞれの水車が発電 する電気を一つにまとめている。

一台の水車発電量は大きくないが、 まとめることで電気用途が拡大できる。 商用電力系統から独立したオフグリッドのため、商用電力が停電した場合 でも電気供給が可能なほか、未電化地 域での利用も可能。

当地区では農作物の栽培が盛んであり 電気や熱エネルギーとして農業利用し ている。



また、水車の発電量は水流に左右されるため、電力を安定供給するためクロスフロー水車の発電量、ヒートポンプ(1kw)の発生熱量を制御している。

この技術開発は環境省委託業務であり、信州大学、東京発電㈱、新潟工科大学で実施している。

#### ● 事業費概要

区分	平成25年度	平成26年度	事 業 者
小水力発電設備通常管理委託	120,000	120,000	米子区
管路設計委託	1,983,450	_	株建設技術研究所長野事務所
水路ごみ対策設計委託	493,500	_	<b>郁須高測量</b>
電力供給システム設計委託	966,000	_	東京発電㈱
電力システム工事	3, 499, 200	1,130,760	富士SEメンテナンス㈱
電力システム工事設置点検委託		518,400	東京発電㈱
送水管埋設工事**	_	12, 322, 800	相原建設㈱
水路ごみ対策工事※	_	10,486,800	㈱中沢工務店
蓄電池設置工事		1,381,320	富士SEメンテナンス(株)
合 計	7, 062, 150	25, 960, 080	

※送水管埋設工事、水路ごみ対策工事は、平成27年度へ繰り越して実施

#### 4 米子環境自然エネルギー防災パークモデル事業 2013-2014年度

#### 長野県グリーンニューディール(GND)基金事業(公共施設再生可能エネルギー等導入推進事業)

#### ●取組の構成団体名等

事業推進主体 須坂市 市民環境部生活環境課:新エネルギービジョン推進

産業振興部農林課:有害鳥獣対策 産業連携開発課:産学官連携事業推進

2 関係機関

小水力発電に関する技術提供及びデータ収集 信州大学工学部環境機能工学科(飯尾研究室)、信州大学池田名誉教授(研究)

3 地元自治会等

米子町区:水路及び発電設備の通常管理 北の沢川水利施設維持管理組合:水利使用に関する協力

#### ●事業導入の背景

- I 須坂市米子地区は須坂市の東部に位置し、178世帯499人が居住している区域である。 集落の東には米子山、北西には蓑堂(みのどう)山、南には一級河川米子川とその渓谷が位置し、他地 区から集落への接続は、県道須坂米子線の蓑堂トンネルを経由するか、米子川の宮坂橋、中道橋、 待居橋経由に限られ、災害によりこれらが遮断された際は孤立する地域である。
- 2 米子地区では、長野県のコモンズ支援金を活用して設置(平成19年3月)した小水力発電設備による電力を、農作物の獣害防止のために設置した電気柵に供給している。また、信州大学が環境省から委託をうけ「ナノ水車発電ユニットの高性能化等技術開発事業(平成22~24年度)」を実施しており、この事業のため方式の異なる4基の水車が設置されている。須坂市では、市民への自然エネルギーの啓発のため、これらの水車を活用し信州大学の協力を得て「自然エネルギーセミナー(平成24年10月)」を開催した。
- 3 同地区には一般廃棄物処理施設である、須坂市清掃センター、硯原埋立地があり、埋立地の管理の ほか、発電用水車の用水や設備周辺の管理に自治会の協力をいただいている。

#### ●事業の概要

- I 農村公園の防災準拠点化と地域振興(エネルギーパーク)
- (1) 環境省委託事業の施設(落差工(滝用水車)、急流工(急流工水車)クロスフロー水車)の帰属を受け施設を改修し、農村公園への安定した電力供給を行う。(屋外灯、管理棟照明、便所、照明、野菜乾燥室)また、非常電源装置を設置する。
- (2) 同施設を活用し、有害鳥獣電気防護柵(H25年新設分)へ電力供給を行う。

#### ●事業の効果

- I 防災対策としての効果
- (1) 米子農村公園には、駐車場、トイレ、管理棟があり、災害の際には、公園利用者、米子不動尊の 観光客、登山者の一時待避場所としての役割が可能で、独立電源があることで、携帯電話、電気自 動車、電動アシスト自転車などへの電力供給施設となる。
- 2 地域の活性化への効果
- (1) 農村公園には、農産物の乾燥施設があり、水力発電により新たな商品開発と観光との連携へ展開が期待できる。
- (2) 複数の水力発電施設が狭い範囲に設置され、活用されていることにより、米子大瀑布、米子不動尊など観光地との相乗効果が期待できる。
- 3 環境施策への効果
- (1) 米子地区は、清掃センター、硯原埋立地が立地し、小水力発電設備が集績することで、ごみ処理 を含めた環境学習や啓発の場、環境モデル地域として、須坂市ブランド化の一助となる。 なお、小水力発電は既に県内外から多数の団体の視察を受け入れている。

# 5 ごみ対策 と 発電監視

小水力発電にごみ対策は必須です。 特に山中を通る水路は、落葉、木枝、石や動物の死がいなど が流れてきます。 取水口や水路のごみ対策として、水路にはコンクリート蓋を設置しました。

#### ● 除塵 (じょじん) 機監視カメラの設置

除塵機のごみだまりを定点カメラで監視します。

定期的に撮影画像が送信され、カメラにSMSを送ることで、随時の撮影・送信も可能です。



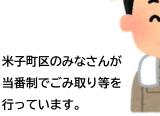








カメラ設置費 90,288円 年間通信料 12,000円 その他 バッテリー充電電気代



#### ● 発電状況の監視(市内企業による開発)



インターネットで「エフモス」と検索 どなたでも水車の発電状況と電気柵への電力供給状況 が確認できます。 検索してみてね! ⇒ エフモス 検索

発電モニタリング機器からインターネット回線により、 30分毎に水車の電源電圧、発電量等を送信



98502000 2019 FQ 2.8 Q 16 E Q 2000EE									
2019-07-16 23:39:57	144	11.7	30.7	23.9	76.5	975.5(936.0)	2.7		
2019-07-16 23:09:41	9	11.7	212	24.0	76.8	975.4(936.0)	2.7		
2019-07-16 22 39:26	lä i	11.7	21.6	24.0	76.9	925.4(936.0)	2.7		
2019-07-16 22:09:10	91	12.3	21.3	23,6	27.8	975,4(936.0)	2.6		
2019-07-16 21:38:54	9	11.7	20.2	23.7	78.3	975.6(936.0)	2.6		
2019-07-16 21:08:36	37	11.7	20.1	24.0	77.1	925.6(936.0)	2.7		
2019-07-16-20:38:17	9	12.2	20.9	23.6	76.1	974.4(935.0)	2.7		
2019-07-16 20:08:03	4	11.7	20.7	23,7	70.0	974,5(935.0)	2.6		
2019-07-16 19:37:46	10.	11.7	28.0	24.7	74.1	973.5(935.0)	2.6		

# 参考)よくある質問

- Q1 小水力発電を実施した経緯は。
  - A. 自然エネルギー導入や地球温暖化防止の普及啓発の指針として、2006年2月に「須坂市地域新エネルギービジョン」を策定、小水力発電モデル事業 (米子水車) を重点プロジェクトとしました。

事業個所選定は同ビジョン策定委員会(水力部会)で検討、信州大学名誉教授 池田敏彦氏の支援により、 市内14箇所の候補地から選定しました。

また、2021年3月には「第三次須坂市環境基本計画」を策定、重点プロジェクトに、地域資源を活用した再生可能エネルギー推進として小水力発電の普及を設定しています。

現在は、小水力発電機4基(3種類)を信州大学工学部機械システム工学科准教授 飯尾昭一郎氏の支援のもと実証実験を続けています。

これらの取組みで、民間企業も参入し、米子地区には、様々な小水力発電が設置され始めています。

- Q2 施設管理(維持管理費含む)はどのように行っていますか。
  - A. 水車の維持管理は市が行っています。

施設管理・修繕 用水に流れ込むゴミなどの処理 …地元区に依頼 電気柵周辺の下草刈、簡易補修等…地元区に依頼 水車の修繕・電気柵の大規模修繕…市で対応

- Q3 水利権と河川管理者への申請はどのように行いましたか。
  - A. 市が管理する用悪水路のため、水車設置等の占用許可申請のみでした。 なお、水利組合と地元区には説明により、了解を得て事業協定書を締結してます。
- Q4 設置後の地元住人の負担について
  - A. 地元区の水路管理担当者が、毎日水の状況を確認していますが、山間地のため、ごみ処理 (木の枝、葉、時にはイノシシなど) が大変です。
- Q5 電気柵の効果について
  - A. 小水力発電により里山に電気柵が設置されています。一般的にサルやイノシシの侵入を防ぐために 設置された電気柵は約3kvで効果が発揮されます。この電気柵は約5kvと安定した出力を保って いるため、電気柵を設置した農地は、イノシシやサルの被害が軽減しています。
- Q6 技術面での協力を受けていますか、あればどこからですか
  - A. 産学官連携事業推進のため、市は、信州大学 (平成16年12月)、国立長野工業高等専門学校 (平成19年5月)、長野県工科短期大学 (平成20年10月)と連携協定を締結しています。

また、信州大学特別栄誉教授 遠藤守信 氏 が当市出身であり、市施策にアドバイスをいただくとと もに、氏の人脈を生かした産業人材育成事業も行っております。

水車研究開発は、信州大学工学部環境機能工学科池田・飯尾研究室と連携協定を締結しています。

- Q7 信州大学の技術提供は県外他市においても実現できるでしょうか。
  - A. 信州大学からの技術提供については、具体的な内容により関係教授のご紹介は可能です。
- Q8 問題点や改善が必要な課題はありますか
  - A. 小水力発電は特殊な構造のため、修繕できる業者が限られています。地元業者で簡単に修繕できる 小水力発電機の開発が求められています。

また、農繁期等で水量が少ない時期でも、安定した発電ができるかが課題です。

- Q9 将来に向けての普及・発展についてはどうですか
  - A. 他地域への普及は、適地選定と発生電力のニーズが重要です、条件が整えば検討します。

# 長野県 「1村1自然エネルギープロジェクト」 を活用した 小水力発電モデル事業の新展開

一有害鳥獣用電気柵や農村公園の照明に-

信州大学と須坂市の連携で取り上げる第二のテーマは小水力発電。須坂市は現在、長野県が取り組む自然エネルギー資源を活用した新事業「1村1自然エネルギープロジェクト」の活用を進めている。

出発点は平成18年2月に(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)で策定された「地域新エネルギービジョン」。ここで①公共施設への太陽光発電

の導入、②クリーンエネルギー自動車の導入、③公共施設への木質バイオマス導入、 ④小水力発電モデル事業の導入一を重点プロジェクトとして打ちだした。

これを受けて、信州 大学工学部の池田敏 彦特任教授、飯尾昭 一郎准教授が、同市 米子地区で小水力発

電モデル事業を段階的に発展させ実施してきた。県内外から多くの視察客が訪れ、注目を浴びた取組みである。そして、今年、平成25年を一つ区切りにして、須坂市と信大の連携でこのプロジェクトを新たな段階に進めようとしているのだ。

#### 農村公園に安定的電力提供

須坂市と信大が連携して本年度より開始するのは、既設の小水力発電装置(水車発電)4機の内の実証実験用3機を使用し、その発生電力を農業公園の電気設備や非常用電源装置、さらに新設される有害鳥獣用電気柵などに使用する計画だ。



既設の実証実験用水車とは、平成22 年から24年に、信大工学部飯尾准教授 が環境省の委託事業として行った地球温 暖化対策等技術開発事業(ナノ水力発電 ユニットの高性能化等技術の開発)で設 置した実証実験用水力発電装置のこと。





#### (写真中央)信州大学工学部 池田 敏彦 特任教授

信州大学 工学部 環境機能工 学科教授 工学博士。長野県信 濃町出身。信州大学工学部卒、 信州大学大学院工学研究科修 了。1971年信州大学工学部助 手、1987年助教授、1998年教 授、2012年特任教授。専門は 流体力学。囲蕃、スキー、料理な ど趣味多彩。

## (写真左)信州大学工学部 飯尾 昭一郎 准教授

信州大学 工学部 環境機能工 学科准教授、工学博士。宫崎 県出身。宮崎大学工学部卒、 宮崎大学大学院工学研究科 修介。2004年信州大学工学 部助手、2007年助教、2011 年准教授。専門は流体工学。

環境省の委託事業は、農業用水など小規模の水資源を活用した小型水力発電技術の向上と、複数の小型発電ユニットを連系させて需要・供給のバランスを調整する「独立型スマートグリッド技術の開発」を目指したものであったため、需給バランスを制御する制御盤や、ヒートポンプなども設置されている。

この委託事業の施設は、実証実験期間が終わった後は、市に移譲され改修して有効に活用することができ、信州大学も研究に継続使用できるメリットがある。

#### 有害鳥獣用電気柵を拡大

米子地区には、上記の3つの水車のほかに、平成18年度より長野県のコモンズ支援金(当時)を活用して設置した環境融和型ナノ水力発電装置(米子水車)がある。これも池田特任教授らが牽引したもので、発生する電力を有害鳥獣対策用電気柵に使用している。今回のプロジェクトでは、この米子水車も含めて、より広範囲に電気柵を広げ、高齢化する山間地の農地を有害鳥獣から守ることも目指す。

池田特任教授は「実効面だけでなく、エネルギー問題への市民の関心喚起のためにも重要だ。長く続く連携の一つの成果だと思う」と語った。

環境への取組み

2-2 環境研究

# 流れに置くだけのEco水車

学術研究院准教授(工学系) [工学部環境機能工学科准教授] 流体工学 飯尾 昭一郎



飯尾昭一郎

1975年 宮崎県生まれ

宮崎大学工学部機械システム工学科卒業 2000年 宮崎大学大学院工学研究科博士前期課

2004年 宮崎大学大学院工学研究科博士後期課

2004年 2011年 助教を経て、信州大学准教授

#### ■水力発電は小規模分散型の時代へ

エネルギー自給率はわずか4%と低く、資源に乏しいと 言われる日本。だが、世界的に見ても雨量は多く、水とい う資源には恵まれており、さらに高低差が大きい地形は水 力発電に適している。純国産最大で再生可能な水資源を有 効活用してエネルギー自給率を高めたい、と飯尾准教授が Eco(エコ) 水車の開発に取り組み始めたのは 10 年ほど

従来のダムによる水力発電は多くの電気を生み出すもの の、大規模な土木工事を必要とし、環境への負荷も大きい。 Eco水車は「すでにある水路の流れに置くだけ」で発電 するので、名前のとおり環境にやさしくCO。排出量も少な い。小規模分散型、地産地消の水力発電が可能になる。

10 年程前までは法律の壁がEco水車の普及を阻んで いたが、2007年に小水力発電が新エネルギーとして認め られ、2013年に河川や農業用水を利用する小水力発電が 登録制になって簡素化・円滑化が図られると、風向きは変 わり始めた。

#### ■実証試験で得た手応えと課題

Eco水車の開発は、研究室での基礎実験から水路での フィールドテスト、実用化と着実に進んでいる。

2010年から3年にわたる須坂市での実証試験では、約 1.5km の農業用水路に4台のEco水車を設置した。

実際に活用されている水路には多様な人々が関わってい るため、設置許可を得るまでの交渉は一筋縄ではいかない。 まず行政と協議して話をまとめ、次に区長の許可を得、役 員会での議論を経て、ようやく水利権者や水路下流の地権 者たちに働きかけることができた。



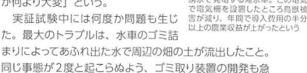
山奥のランプの宿の源泉に設置したジェット 浅速流で発電するタイプの衝動水車。 水車。電気は衛星電話の電源に。 温泉水で 橋からぶら下げた 2 本の支柱で設置 も素材を選べばトラブルがないことを実証 得られた電気は水路脇の民家で活用



導入の主体はどこか、水車の管理は どうするか、発電した電気の用途は… 等々、関わる人々の思惑を尊重し、さ らに地元にメリットのあるものでなけ れば設置はできない。「小規模水力発 電を進めるうえで一番大事なのは地元 の協力。関係者全員の合意を得ること が何より大変」という。

実証試験中には何度か問題も生じ た。最大のトラブルは、水車のゴミ詰

ピッチで進んでいる。



実験室でのシミュレーションと違い想定外の事態が発生 する実証試験は「泥臭く、苦労が多い」が、「だからこそ得 られる経験や成果は貴重」。3年間の試験は終了し、発電 機は須坂市に譲渡されたが、発電と研究は現在も続行中だ。



高性能でありながら、製造に求められる技術レベルはさ ほど高くなく、費用的にも安価で製作できるというEco水 車。「安い、誰でも作れるがキーワード」なのは、日本の エネルギー自給率の向上と同時に、世界の無電地帯への 電気供給という目標があるから。東南アジアやアフリカで の製造・メンテナンスも想定して、構造はシンプルだ。周 囲に反対されながらEco水車の特許を取得していないの も、「世界中の誰もが作り、使えるものにしたい」という強 い思いから。タイの大学と連携したプロジェクトを10月か ら開始する。

#### ■エネルギー自給率向上のために

「研究成果を製品として普及させること、出口に近いとこ ろを指向している」と飯尾准教授。「性格的にも能力的にも 数学の式を駆使するような研究は向いていないし(笑)、何 より利用者に喜んでもらえるという達成感は大きい」という。

「出口に近い」研究には、技術面以外の苦労も多い。水 利権者との交渉などはおよそ工学部らしいものではなく、 「大学の先生がなぜそこまで?」と言われることもある。が、 「じゃあ誰がやるかというと、やる人がいない。だったら口 火を切っていくしかない」と腹を括っている。

エネルギーの自給は果てしなく遠い理想であり、水力 だけで叶うものではないが、「自給率4%が10%になり、 20、30、40%と上がっていけば世の中は大きく変わると 思う。少しでもそこに貢献したい」と飯尾准教授は語る。



須坂市 市民環境部生活環境課 環境政策係 平成26年10月発行 令和5年3月 第6版 長野県須坂市大字須坂1528-1 ☎026-248-9019 遍026-251-2459