

上野小水力発電所及び

いちごファーム Hakusan の取り組み



北菱電興株式会社

社会システム部 & SAS 開発室

# 内容

1. 概要 .....	2
導入活動の概要 .....	2
導入活動の特徴 .....	2
2. 詳細説明 .....	3
2.1 背景及び目的 .....	3
2.2 導入の経緯 .....	4
2.3 導入設備の詳細 .....	6
2.4 先進性・独創性 .....	8
2.5 メディア対応及び発表歴 .....	10

## 1. 概要

### (1) 導入活動の概要

変動する農業排水からの水力エネルギーを効率よく電力に変換できるマイクロ水力発電機を新しく開発し、得られた電力をイチゴハウス栽培のエネルギー供給源として利用する地産地消型のエネルギー需給システムを導入しました。一般的に小水力発電の導入が FIT 目的である現状において、このようなマイクロ水力と農業を組み合わせた自立的システムの運用は全国的にも例を見ない取り組みです。

当事業は、産学官連携の一環として生まれたものです。北菱電興株式会社、株式会社別川製作所、石川県立大学が主体となって、異分野間の融合を図りつつ、高効率汎用型水車発電機の研究開発、現地基本調査、事業設計、地元合意形成、工事施工、維持管理に至るまでのプロセスを「いしかわモデル」として提案してきました。

当事業の先進的な点は、マイクロ水力発電をハウス栽培の室温や土壌環境形成のエネルギー源として役立てるだけでなく、IoT 技術を組み入れた次世代型営農システムを実現していることです。このシステムにより、特に労働条件が厳しいとされる畑作農業において、労働時間や作業負担の削減が図られ、さらにはモニタリングデータの解析によって栽培方法を確立できることから、新しい担い手確保に繋る魅力的な営農が展開されます。

さらに当事業の地産地消型のパッケージ化されたシステムは、観光資源にもなり得ます。イチゴ摘み取り体験のシーズンには、多くの都市住民が現地を訪れ、交流人口の増加に寄与しています。この観光資源による地域経済への効果は今後も継続していくものと期待できます。

### (2) 導入活動の特長

#### ① 新しいマイクロ水力発電機の開発

流量変動によって発電効率（水流エネルギーに対する発電出力の割合）が低下するという水力発電機の技術的課題を、並列水車という発想で解決することができました。この発想（水車を並列に連続的に設置すること）を由来として、開発された新型水車発電機は「SuiREN-P（仮称）」と名付けました。

#### ② 地元の理解と積極性

全国的にも例がない取り組みを行う場合、一般的には地元の合意形成に難航することが予想されます。しかし当事業では、地元農事組合の理解と積極性に恵まれました。地元農家の方々は、開発したシステムへの理解を深め、次世代型の営農スタイルの仕組みに寛容でした。このような地域理解も得られたことで、高品質イチゴのブランド化や観光資源としての価値化に成功しています。

#### ③ 給電ハイブリッド制御システムの導入

当事業では、既存の電力網（大きな輪）を有効に活用しつつ、地域分散型エネルギー（小さな輪）を広げていくというスタンスで地産地消型のエネルギーシステムを推進したいと考えています。比較的安定的な資源である水力であっても自然エネルギーの特性上、需給バランスが保てない場面も出てきます。より安定して確実に需要に対するエネルギー供給ができるよう、当事業では給電ハイブリッド制御システムを採用しています。

## 2. 詳細説明

### 2.1 背景および目的

#### (1) FIT 活用モデルから地産地消型モデルへ

水力や太陽光などの再生可能エネルギーによる発電事業は FIT を目的としたものが多いのが現状です。FIT により、これまで採算性の面で断念せざるを得なかった事業が復活し、小水力発電でも普及の兆しが見えてきました。ただ、FIT は再生可能エネルギーの普及に向けた補助的措置であり、買取期間も 20 年と有限であることから、現状に満足するのではなく、より先を見据えた持続可能な発電システムを考えなければなりません。そこで我々が目指したものは、地域分散型エネルギーシステム、すなわち地域の再生可能エネルギーを地域で利用する「地産地消型」のモデルでした。

#### (2) 産学官連携による取り組みの重要性

そしてこの「地産地消型」モデルを成功させる体制として、ものづくりから維持管理に至るまで地元の産学官が連携し、そのチームが主体となって取り組むことが重要です。そのような観点から、我々は石川県立大学、別川製作所、北菱電興による地元石川県の魅力を活かしたモデル創出を目的に「IM (いしかわモデル) 普及協議会」を設立し、協議会での研究開発の最初の取り組みとして、100kW 未満の発電出力のマイクロ水力発電の開発に着手しました。

#### (3) マイクロ水力発電の適用可能性

水力発電は日照環境の影響を受ける太陽光発電と比べて、エネルギー密度や稼働率も高く、出力は小さくても連続的な運用で他と遜色の無いエネルギーとして期待されます。特に、マイクロ水力発電の設置場所として考えられる農業用水路は、農村地帯に広く張り巡らされており、未開発の発電ポテンシャルは高いと推測されます。農業用水路は、全国で総延長が 40 万 km あり、1000kW 未満の小水力発電レベルの包蔵水力は 300 万 kW 程度あるとされています（全国小水力発電推進協議会の調査）。また、我々の地元である手取川扇状地においても左岸だけで灌漑期 15,000kW、水量の少ない非かんがい期でも 6,600kW（約 2000 軒分の電力）の包蔵水力を有することがわかりました（石川県立大学の調査）。

#### (4) 技術的課題解決に向けた当事業の目的

このように、マイクロ水車規模の適地は潜在的に多く存在していると思われませんが、一方で多様な課題を抱えており、普及の足枷となっているのが現状と考えています。

以下に、抱えている課題のうち技術的なものを抽出します。

- ① エネルギー源である水理条件に変動がある場合、変動に追従できるシステムであることが必要。用水路の水流を直接マイクロ水力発電に活かす場合、流量は一定ではなく変動を伴います。流量の変動は、発電出力の大小に関わると同時に、発電効率（水流のエネルギーに対する発電出力の変換割合）の低下を招く原因になります。したがって、流量が変動する場合でも、安定的な発電効率を確保できる水車発電機を開発することが重要な課題になります。

- ② 連続稼働が求められる設備であるが、長期連続運転における信頼性の確保。  
マイクロ水力発電の優位性として稼働率の高さが挙げられます。したがって耐用年数の長い、耐久性の優れたシステムの構築が求められます。また、耐久性の評価には、理論だけでなく実証的な検証も必要です。
- ③ 小さな発電量と使用負荷との電力需給バランス不整合性に対し、どのように担保するか。  
エネルギーシステムは、需給バランスが保たれてこそ成り立つシステムです。マイクロ水力発電による電力供給能力と、利用用途の需要パターンを整合させるシステムを考案することが重要です。

以上の課題を鑑み、分散型電源の一つとしてマイクロ水力発電の信頼性を高めること、実際の営農施設の運営を通してその性能を実証的に確認することを目的としてのパイロット施設として当事業に取り組みました。

## 2.2 導入の経緯

### (1) 導入候補地の選定

水力発電の導入においては、技術面だけでなく水利権や地域との協力体制、また発電所とその電力の利用対象との距離などの外的要因もあります。今回、これらの外的要因をクリアする適地について、地域の営農法人様からマイクロ水力発電の導入候補地として紹介していただきました。この候補地は、地元の方々から主体的に出てきた場所であり、地域合意形成の観点からも有意義な場所です。そして候補地は、我々の開発した水車にも適した水理条件であることから、実証施設として利用させていただくことになり、その負荷施設として農地提供も得られたため営農ビニールハウスの電源とすることになりました。

### (2) マイクロ水力発電と IoT 技術を組み合わせた担い手確保に資する新たな需給システムの構築

北菱電興では従前より太陽光発電と組み合わせた IoT 技術を活かしたイチゴの省力栽培の実績があり、その技術を転用したものとなっています。ただ、当事業で行うマイクロ水力発電と IoT 技術の組み合わせは全国的にも殆ど前例がなく、新しい取り組みです。

この取り組みは、農業分野における新たな担い手確保に繋がると期待できます。再生可能エネルギーであるマイクロ水力発電をベースに、ハウス栽培による安定生産の確立、安心安全な低農薬イチゴの生産、現地モニタリングと遠隔操作による労働時間や農作業労力の軽減化、モニタリングデータの解析による温度調整や土壌水分管理における判断基準の確立等が可能になります。

### (3) 観光資源としての活用

さらに当該地域では珍しいイチゴ摘み取り体験のできる施設として運営し、水力発電施設によるエネルギーを使ったハウス栽培イチゴとしてブランド化し、多方面にPRしました。つまり、当事業を観光資源としても活用し、都市との交流人口の増加を図る中で、地域経済が潤う仕組みも重視しました。

その結果、一般市場に出回らない高品質なイチゴの魅力と相まって、その栽培に再生可能エネルギーを利用している特徴に興味を持たれることになり、多方面から施設見学などの申し込みも相次ぐことになりました。現在では当地域の観光施設の一つとなりつつあります。

### (4) マイクロ水力発電のシステム開発関連事業

なお、マイクロ水力発電システムの開発においては以下の補助事業に採択されました。

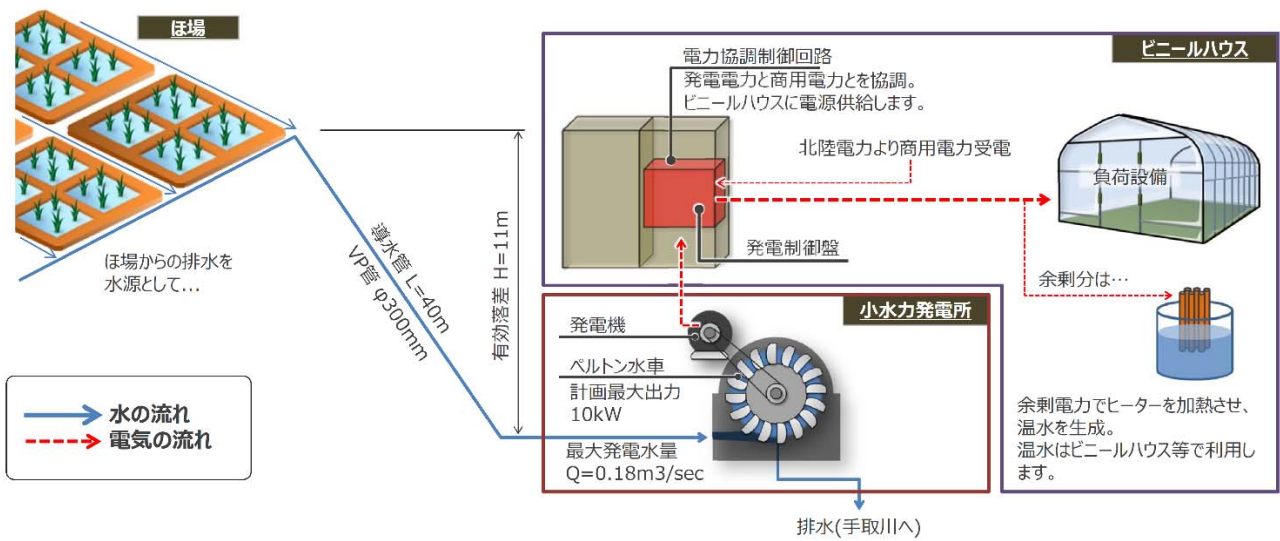
2013年12月 石川県産業創出支援機構「次世代産業創造支援事業（エネルギー）」  
汎用性を高めた小水力発電用制御盤の開発を行いました。

2015年7月 平成27年度新技術・新製品開発事業化可能性調査事業  
自動摘花・摘果ロボットによるハウス栽培の省力・効率化を進めています。

2015年7月 金沢市「新製品開発・改良促進事業」  
流量変動に対応した高効率汎用型水車発電機の開発を行いました。

2016年6月 石川県産業創出支援機構「事業化促進支援事業」  
マイクロ水力発電を核とした高品質イチゴハウス栽培のシステムを構築しました。

## 2.3 導入設備等の詳細



### 【水力発電設備】

取水施設：幅 550mm×高 600mm (水路底部に取水 BOX を設置した重力式取水)

導水管：硬質塩化ビニル管φ 300mm L=約 40m

水車形式：多連ペルトン形式

流量調整盤：水車設備に隣接して設置

発電制御盤：給電ハイブリッドシステム内蔵



水車及び流量調整盤外観



水車ランナ部詳細



排水路  
取水点

導水管路

### 【発電制御盤・電力監視制御システム】

営農監視・制御システムと同様に、発電システムについても状態監視・操作が可能。



発電制御盤



【営農施設】

ビニールハウス 4棟（高設栽培いちご苗 8000株）

パッケージエアコン、温水生成タンク、営農監視・制御システム



いちごファーム Hakusan として一般開放



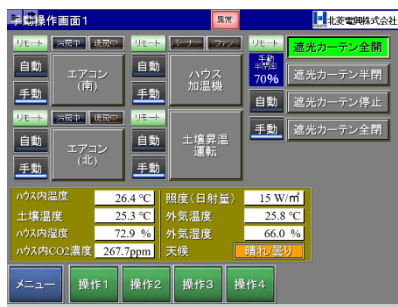
パッケージエアコン



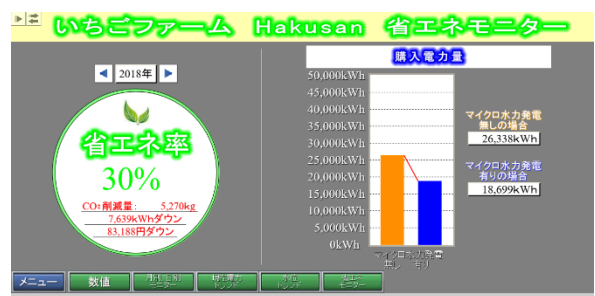
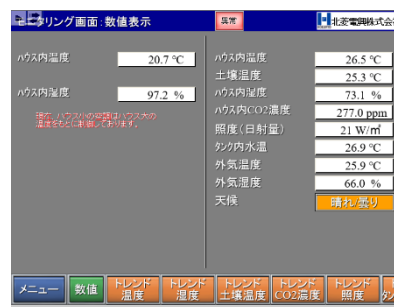
営農ビニールハウス



温水生成タンク



営農監視・制御タブレット画面



省エネモニター



## 2.4 先進性・独創性

### (1) 先駆的な地域分散型エネルギーシステムの提案

電気を売電する従来の水力発電方式とは異なり、発電した電気を地産地消する「地域分散型エネルギーシステム」を創出しました。また電力の需給バランスを安定的に保つため、発電電力が少ない場合には商用電力から不足分の電気を貰い、逆に発電電力が多い場合は、余剰分を栽培に有益な温水の生成や融雪装置に活かす等の工夫を行うなど柔軟性が高いシステムです。このシステムは、既存の電力網と新たな地域分散型エネルギーシステムとが協調する形になっており、社会的にも調和が取れ、汎用性も期待できる先駆的なモデルです。

### (2) 農業の担い手確保にも資する先進的な需給システム

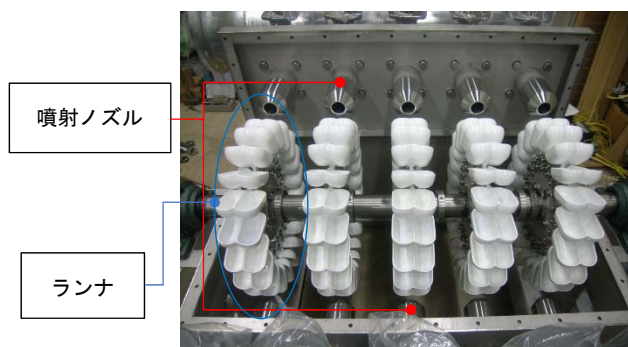
更に水力発電・イチゴハウス関連情報を遠方から監視・制御できるIoTシステムを構築しました。監視カメラも設置しており、遠方からでも水車やイチゴハウスの状況をタブレット、スマートフォンで目視できるようになっています。また、モニタリングデータを蓄積・解析することで、経験のみに頼らない新たな営農手法を確立することも可能になります。

### (3) 独創性を発揮した汎用性の高い水車発電機の開発

これまで流量変動に柔軟に対応できる汎用性の高いマイクロ水車発電機が存在しなかったことから、我々はこの課題を解決すべく新たな水車発電機の開発に成功しました。

#### 【マイクロ水力発電水車（多連ペルトン方式）の特長】

- ▶ 並列水車構造とすることで、水流エネルギーを分散活用できるため、ランナ径は小さいままでコンパクトな水車を実現しています。ランナは組立構造となっており、バケット単体の交換も可能で維持管理がし易いような工夫を施しています。
- ▶ 流量変動に対しては噴射流量調整機能によって、水圧（落差条件）を保持し、それにより安定発電を維持しています。
- ▶ 対象流量に応じランナ及びノズル数を設定する構造により、あらゆる流量帯をターゲットに、幅広く運用できる汎用性の高い構造となっています。



ケーシング内部状況

#### 【水車基本構造・外形寸法】

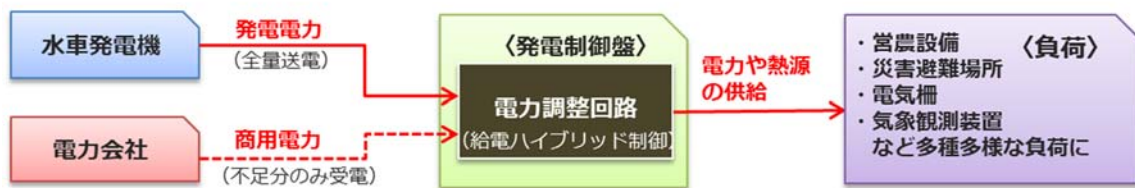
- ・ランナ数：5連      ・ノズル数：10口
- ・流量調整方式：バルブ制御
- ・外形寸法：3500L×2200W×1500H      ・参考重量：1400kg

#### 【機器仕様】

- ・発電機種別：交流同期発電機
- ・発電機定格電圧：三相三線 200V
- ・発電機定格回転数：1500rpm

### 【給電ハイブリッド制御】

- 電力消費する各負荷に対して、通常時は水車で発電した電力を優先的に使用しながら、不足分のみ商用側（電力会社）から電力を受電します。
- 水車で発電した電力だけで足りている場合は、電力会社との協議により余剰売電契約することも可能です。売電収入は水車のメンテナンス費用や、地域振興に関する諸経費などに充当できます。
- 商用側が停電となっても水車で発電した電力で、各負荷の電力消費を賄えます。各負荷を合計した電力消費量が水車の発電量より多い場合でも、負荷を優先順位別にグループ化しておくことで、水車の発電量に応じた負荷運用が自動制御で可能となっています。



給電ハイブリッド制御構成イメージ

#### (4) 需給システムを一つのパッケージとして提案している社会的効果の高い新しい事業

再生可能エネルギーである水力発電で作った電力をどの用途として活用するかを一体的に示すことが重要です。そこで我々は、農業施設への活用を高めるための先導施設として「エネルギーの地産地消」を目指したイチゴ栽培を実施しています。以下に示すこれまでの多角的な取り組み実験の成功により、「農業の持続的な発展」に資する可能性が高まったと言えます。

- IoT 技術により温度・湿度を一元管理・制御することができました。そして、タブレット・スマートフォンにより、遠方からでも各種設備の監視・制御ができるシステムで省力化が図られることから、農業の担い手不足解消や経営の多角化に役立ちます。

作業性向上と果実が土に触れない衛生的な高設栽培を採用しました。栽培されたイチゴは、粒の大きさと自然エネルギーを使ったことを売りとした「PrincessUrara」としてブランド化に成功しました。また、イチゴ摘み取り体験施設として一般に開放することで、高品質なイチゴと地域での希少性を看板に集客効果が高まり、地域経済の活性化にも繋がりました。

イチゴ摘み取り体験の今シーズンの営業期間は約3ヵ月（2月末～6月初までの不定期開催）でしたが、3,500人を超える来場者を迎えました。

摘み取り体験施設内には、当該水力発電所の仕組みを解説したパネルと水車模型も展示しており、今まさに自分が身を置いている施設内（ビニールハウス内）の電力が、目の前の水路の水の流れで作られているものであることが体感できるものとなっています。

## 2.5 メディア対応及び発表歴

我々の取り組みに関して以下のようなメディアや発表の機会をいただくことができました。  
地域の未利用エネルギーであった農業用水の排水を利用したマイクロ水力発電と、それによって作られた電力で営農ハウスの電源を賄っているという「分散型電源」を理解し易いロケーションであることも相まって、多くのメディア取材を受けています。

また、老若男女を問わず関心を持っていただいた多様な団体からの視察依頼も多く受けています。

2018.12.25 経済産業省「地域未来牽引企業」に選定

2018.6.4「金沢工業大学」「国際高等専門学校」視察

「地方創生研究所」パンフレットに掲載

2018.5.11「テレビ金沢「テレ金ちゃん」いちごファーム Hakusan 生中継

2018.4.13「北國新聞取材」（マイクロ水力発電による電力をビニールハウスの営農に利用）

2018.4.11「北陸農政局 農山漁村における再生可能エネルギーの取り組み事例」

HPにて事例紹介（マイクロ水力による発電電力を利用し新しい農業スタイルを創出）

2018.4.10「北陸朝日放送「2時どき」いちごファーム Hakusan 生中継

2018.4.6「北陸朝日放送「スーパーJチャンネル」（再エネ特集）で水力発電でイチゴ栽培

2018.3.23「MRO ラジオおいね☆どいね」いちごファーム Hakusan 生中継

2018.3.19「NHK かがのとイブニング」いちごファーム Hakusan 生中継

2018.1.29「北國新聞（水力発電災害時に活用）」多連ペルトン水車・給電ハイブリット制御

2017.7.27「農林水産省」水力発電施設及び営農施設視察

2016.9.12 日本生物環境工学会 2016 金沢大会 オーガナイズドセッション発表

「ビニールハウス（苺ほ場）遠隔監視

・制御システムの構築植物成長に関する環境データ収集」



官民間問わず、多くの視察ニーズ  
に対応し、取り組みを説明。

メディア取材（下写真は当該水車模型）

## 施設までのアクセス



お問い合わせ

**北菱電興株式会社**

HOKURYO

社会システム部

〒920-0362 石川県金沢市古府 3-12

TEL 076-269-8522 FAX 076-269-8502

<http://www.hokuryodenko.co.jp/>

E-mail: [hydropower@hokuryodenko.co.jp](mailto:hydropower@hokuryodenko.co.jp)

2018年9月 無断転載を禁ず