

小水力発電所の再生を通じて地域活性化を 目指す民間事業者としての取り組み

ますかたゆうすけ つばかわあかり おおうらやすゆき おちあいかずき
升方祐輔¹・坪川朱里²・大浦靖之¹・落合一樹²

¹ (株) 新日本コンサルタント (〒930-0857 富山県富山市奥田新町1番23号)

² (株) 新日本コンサルタント金沢支店 (〒920-0362 石川県金沢市古府1丁目104番地1)

金沢の奥座敷と称される湯涌温泉近くに位置し、旧白雲楼ホテルの自家水力発電所として稼働していた旧白雲楼河内発電所は、平成10年の運転停止後も発電施設がそのまま残されていた。

弊社では、平成26年6月に地元関係者からの要望を受け、現存する発電施設の有効活用を通じて地域活性化を図るため、旧発電所の再生・復活事業に着手した。本事業は、民間企業が発電事業者として調査・設計・施工管理・発電所運営等を一貫して実施する事業であり、事業過程におけるリスクや課題、課題への対応、地域活性化に対する取り組みについて紹介する。

Key Words : 再生可能エネルギー, 小水力発電, 事業性評価, 維持管理, 地域活性化

1. はじめに

石川県金沢市に位置した旧白雲楼河内発電所は、かつて東洋一と称された旧白雲楼ホテルの自家水力発電施設として、電力不安定期であった昭和10年代から60年余り稼働していた。木造二階建ての建屋の中には、横軸フランシス水車とペルトン水車の2台が設置されており、当時の発電出力は133kWであった。平成10年のホテルの廃業と同時に旧白雲楼河内発電所も運転停止となっていたが、平成26年6月に地元関係者からの要望を受け、旧発電所の再生・復活事業へ着手した。



写真-1 旧白雲楼河内発電所（平成26年頃の様子）

本事業は、現存する発電施設の有効活用を通じて地域活性化を図るため、民間企業が発電事業者として施設整備に係る調査・設計・地元調整・資金調達・施工管理、長期の発電所運営までを一貫して実施する自社事業であり、事業過程におけるリスク及び課題、その対応や取り組みについて紹介する。

2. 事業概要と事業実施上の課題

(1) 事業概要

本発電所は、浅野川左岸側より最大0.26m³/s取水し、延長約2.8kmの導水路を経てヘッドタンクへ導水し、水圧管路（φ380mm）を通過してポンプ逆転水車により発電を行う。表-1に発電所の概要を示す。

表-1 発電所概要

発電所名	金沢ゆわく小水力発電所
水系河川名	二級河川大野川水系 浅野川
発電方式	流れ込み式
最大使用水量	0.26 m ³ /s
有効落差	77.7 m
発電出力	160 kW
年間発電量	1,176 MWh
水車形式	ポンプ逆転水車
発電機形式	横軸三相交流誘導発電機
運転方式	随時巡回方式
総事業費	約3.1億円

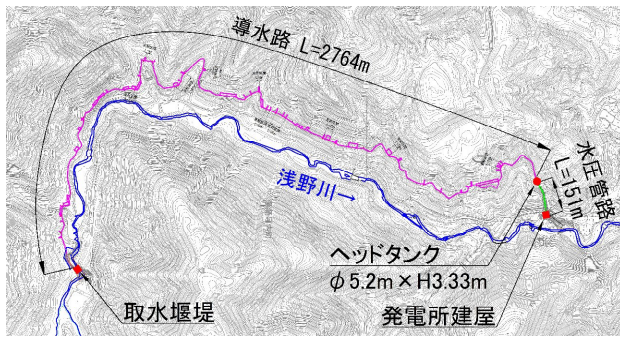


図-1 施設配置図



写真-2 新取水堰堤



写真-3 新発電所建屋

本事業は、平成26年8月より着手し、約8年の事業期間を経て令和4年4月より発電所の正式運転を開始している。全事業期間の内、調査・設計・事業性評価や地元調整に要した実施期間は約6年、建設期間は約2年を要した。表-2に事業の経緯を示す。

表-2 事業経緯

平成26年 8月	可能性調査着手
平成31年 1月	地元・漁協より事業合意形成
令和 1年 8月	旧発電所建屋解体工事着手
令和 2年 5月	電力需給契約成立
令和 2年 6月	実施設計及び工事積算・工事契約協議
令和 2年 8月	工事計画届出書（経済産業省）提出
令和 2年10月	河川法第23・24・26条許可申請
令和 2年11月	安全祈願祭、工事準備
令和 4年 2月	設備認定取得
令和 4年 4月	発電所運転開始

(2) 事業実施上の課題

本事業を遂行する上で、a)～c)に示す3点が課題として挙げられた。

a) 小水力発電事業の各段階において想定されるリスクへの対応と適切な事業性判断

事業実施に当たり、計画段階及び実施段階の各段階において、表-3に示すリスクが想定された。これらのリスクを個別に解決しながら、事業性評価を適切に行った上で、事業参入の可否を判断する必要がある。また、本事業は、民間事業者がFIT制度を活用して発電事業を行うものであり、建設コストへの補助事業の適用はできないため、自己資金もしくは借入れによる資金調達が必要となる。その上で、事業の採算性の確保は非常に重要であり、設計・調達・施工・維持管理におけるコスト削減や効率的な発電計画を行う必要があった。

表-3 事業における想定リスク

リスク項目	リスク 想定規模	リスク内容
計画 段階	用地取得リスク	大 発電所区域における用地補償
	立地リスク	大 地形的制約の有無
	環境・地域対応リスク	大 地域住民／漁業組合との合意形成
	水利使用リスク	小 減水区間の有無(正常流量設定)
	許認可リスク	中 水利権・設備認定etc取得
	系統連系リスク	小 系統連系(出力制限・負担金の規模)
	事業性評価	大 発電規模・事業採算性の確保
	設備・機器調達リスク	中 水車機器の製作・調達期間
実施 段階	設備機能リスク	中 設置設備の機能補償
	関係者倒産リスク	小 事業者・メーカー等
	不可抗力リスク	中 災害等
	コスト上昇リスク	小 人件費・材料費・各種税
	設備撤去リスク	小 契約事業期間後の対応

b) 老朽化した旧発電所の水力発電施設の再生

旧発電所において使用していた水力発電施設は、運転停止後もそのまま残されていたが、建設後80年以上が経過しており、老朽化や損傷が著しく、これらの施設を現在の技術により再生する必要があった。

c) 地元との合意形成及び共生方法

発電施設周辺は山間地域であり、多数の所有者の土地が複雑に入り組んでいたため、旧発電施設及び用地の権利者特定と、多数の権利者との合意形成及び権原取得が懸念事項であった。

また、本発電所は「金沢の奥座敷」とも称される湯涌温泉地区付近に位置しており、温泉街の活性化や完成後の地域との共生方法が課題であった。

3. 課題に対する対応

(1) 想定リスクへの対応

事業の想定リスクを表-3に示したが、中でも事業遂行上で影響の大きかった「事業性評価」に関して、その対応を記載する。

a) 設備利用率の向上及び水車形式の見直し

取水河川の流況及び正常流量を考慮した上で、発電使用水量は既設導水路（L=2.8km）の最大流下能力である $Q=0.26\text{m}^3/\text{s}$ と設定した。さらに、年間一定量の取水とすることで、設備利用率（目標95%）を向上し年間発電量を増加させた。

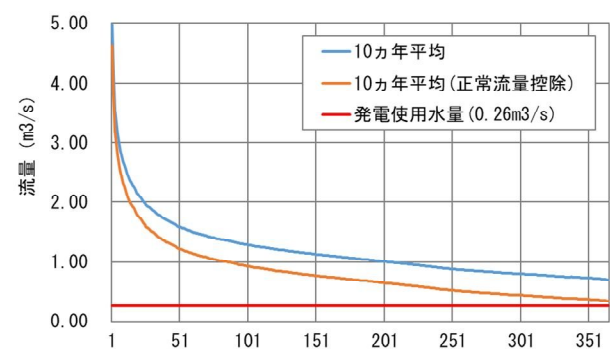


図-2 浅野川流況図及び発電使用水量

また、旧発電所内には、昭和初期製造の電業社原動機製造所の横軸フランシス水車とペルトン水車の2基が当時の姿のまま現存していた。新たな発電事業者として先人の技術を後世に伝承するため、新発電所の水車は、電業社原動機製造所の系統を汲む、(株)電業社機械製作所製のポンプ逆転水車(設計・販売；(株)エコアドバンス)を導入した。水車形式は、発電使用水量及び有効落差、コスト面から本地点に適切な水車形式の選定を行い、インバータ制御を省略したポンプ逆転水車を採用した。水車1台で当時の出力を上回る160kWの高効率発電が可能となり、設備コスト低減と事業採算性の向上に繋がった。



写真-4 ポンプ逆転水車

b) 維持管理スキーム

取水堰堤周辺は、電源の引込みがなく、LTE通信も届かない地域であった。有線工事はコストが高額となるため、LPWA無線通信規格を使用したERTRESを導入し、河川の水位情報の見える化を図った。

ERTRESは、低消費電力で長距離のデータ伝送が可能な通信であり、クラウド上で河川水位のデータ閲覧や警報メールの受信が可能となった。

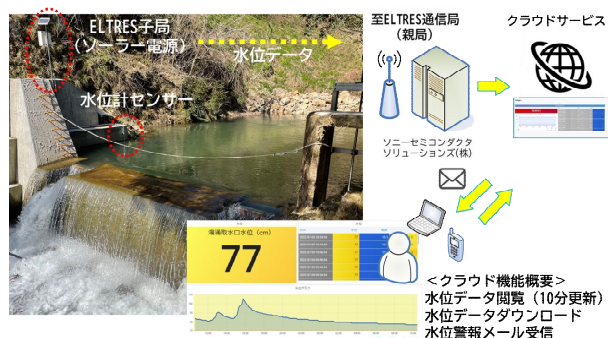


図-3 水位監視模式図

また、発電所の運転監視には、遠隔モニタリングシステムを導入した随時巡回方式とすることで、維持管理費の削減を図った。また、地元団体との協力協定を結び、水路の見廻りや除草作業等を委託し維持管理を行うことで、事業者と地元が一体となって運営を行うスキームとした。発電所の完成後にも事業者と地元団体合同で発電施設を踏査し、今後の運営について協議を実施した。

(2) 旧発電所の健全度調査と補修・改修

旧発電所の取水堰堤は平成22年の浅野川豪雨災害

により流失していた。また、発電所の木造建屋は老朽化が著しく、本事業で新たに建設した。その他の施設(導水路、ヘッドタンク、水圧鉄管、放水路)は、施設健全度を把握した上で、補修・改修工法を選定し、新設発電所としての機能回復を図った。

a) 導水路

取水堰堤とヘッドタンクを結ぶ既設導水路は、全長約2.8km、幅80cm×高さ70cmの暗渠構造であったが、全区間の内部目視調査を実施した。旧発電所の運転停止から約20年間通水されていなかった水路は、土砂や落石による閉塞や、水路壁の損傷が多数確認され、損傷状況に応じて、補修・改修を実施した。



写真-5 導水路(改修前)



写真-6 導水路(改修後)

b) ヘッドタンク

ヘッドタンクは、 $\phi 5.7\text{m} \times \text{H}3.33\text{m}$ の円形の水槽構造となっている。目視での健全度調査及びコンクリートコアの圧縮強度試験、レーダによる鉄筋探査、鉄筋腐食度状況調査を実施し、劣化状況を把握した。

調査の結果、圧縮強度は20N/mm²程度が確認できたが、微細クラックが確認されたため、IPH内圧充填接合補強工法を用いて強度回復と耐久性向上を図る改修を行った。本工法は、欠損部のコンクリートをはつり取らずに、穿孔穴からエポキシ樹脂を注入し、劣化したコンクリートの深部まで浸透・硬化することで、躯体の増強や鉄筋防錆・中性化の抑制等が可能である。また、新たにワイヤベルト式自動除塵機を設置し、旧来の人力除塵を自動化させ、越流トラフ式とすることで、除塵処理の省力化機能を持たせたヘッドタンクへと再生を果たした。



写真-7 ヘッドタンク(改修前)



写真-8 ヘッドタンク(改修後)

c) 水圧管路

既設の水圧管路は、 $\phi 400\text{mm}$ の鋼製の板巻き管で標準管厚は5mm(想定)であったが、超音波による肉厚測定を実施したところ、1~2mm程度の減肉があり既設利用は困難であったため、管路の更新が必要であった。設計内圧1.15Mpa、高低差約80m、既設鋼管の曲管角度、反転機・巻取機の施工ステージ確保等の設計及び施工条件を検討し、熱硬化性樹脂に

よる管更生をホースライニング工法で実施した。本工法は、既設管に熱硬化性樹脂を含浸させたシールホースを加圧しながら反転挿入し、加圧状態のまま常温硬化させることで、管内面にHLパイプを形成する反転工法である。HLパイプは耐震性能に優れ、高強度・高耐圧力を有している。



写真-9 水圧管路(管更生後)



写真-10 施工状況

(3) 地元との合意形成と共生方法

a) 合意形成

旧発電施設及び用地の権利者特定と事業への理解促進及び同意を得るため、地権者や地域住民への度重なる説明会を実施しながら、事業用地に係る権原と利害関係者の同意を得た。また、工事着工後にも施工の進捗状況をこまめに地域住民へ案内し、地元との良好な関係性を築いた。



写真-11 地元説明会の様子

b) 観光資源の創出

新発電所の名称は、地元関係者と議論し「金沢ゆわく小水力発電所」と命名し、湯涌温泉地区の認知度向上のため「ゆわく」と平仮名で表現した。更に、温泉観光協会との連携を図り、発電所周辺の観光案内情報を掲載した発電所パンフレットを製作した。



図-4 発電所パンフレット

現在は、旧発電所で使用していた2基の水車発電機の保存・展示の計画を進めている。これらは、昭和初期の近代産業技術の発展を示す貴重な有形資料

であり、事業者・地元と共同で、金沢市へ近代化遺産登録の働きかけを行っている。また、金沢SDGsの掲げる循環型社会への取り組みへ寄与する本発電所を「かなざわ次世代エネルギーパーク」へ登録するため、金沢市環境政策課と共同推進している。近代化遺産やエネルギーパークへの登録は、湯涌温泉地区の観光資源の創出やPRへの有効活用が可能となると期待できる。

c) 保存・展示計画

保存・展示計画に際し、石川県内では事例が少ない水車展示について、地元・行政機関への合意形成を図る目的で、全国の展示事例の調査を行った。近隣の事例は実際に現場へ赴き展示事例として加えた。水力発電の多い富山県では、遺構として水車・ランナー・バルブ等の展示事例が多くあり、金沢市の近代化遺産登録に結び付く事例資料として、保存・展示に向けた合意形成のため、有意義な調査であった。

保存展示場所は、金沢市の協力支援のもと、市有地となっている旧白雲楼ホテル跡地の公園を予定している。湯涌温泉地区の観光資源の創出による地域活性化や湯涌地区の歴史、地産地消の再生可能エネルギーを学ぶ教育の場として広く活用していきたいと考えている。

4. 成果と展望

金沢市内を流れる浅野川水系で唯一の水力発電所である旧白雲楼河内発電所の再生事業は、湯涌温泉地区の地域振興として、地元からの期待が大きい事業であった。想定されるリスクや課題に対して前述の対応を実施することで、事業性を担保した上で発電所の運営が可能となり、2022年4月より正式運転を開始することができた。

当社グループでは、富山県南砺市五箇山でも「湯谷川小水力発電所」を運営している。金沢市と南砺市は藩政期に五箇山から火薬の原料である「塩硝」が運ばれた所縁があり、湯涌の地も「塩硝の道」として使われていた。この歴史的なつながりが水力発電を通して再び結ばれることとなり、湯涌地域の魅力の発信と活性化に役立てたいと考える。2022年5月に執り行った竣工式では、地元住民の方々にも列席頂き、式典では五箇山塩硝鉄砲隊と信州真田鉄砲会の演武も披露され、地元の皆様の嬉しそうな表情が非常に印象的であった。

水力は、再生可能エネルギーの中でも、ベースロード電源として注目されるエネルギーである。今後も国内外の再生可能エネルギー事業を通じて、脱炭素化と地域活性化・地域振興に貢献していきたい。

謝辞：本小水力発電事業の遂行にあたり、地域住民や地権者の皆様を始め、石川県、金沢市、湯涌温泉観光協会よりご指導・ご支援を賜り、皆様に心より感謝申し上げます。