

# おおくら升玉水力発電所建設工事報告

## OHKURA MASUDAMA HYDROPOWER PLANT CONSTRUCTION WORK REPORT

堀川 一希\*・寺本 慎吾\*・小宮 宗典\*  
Kazuki HORIKAWA, Shingo TERAMOTO and Munenori KOMIYA

The Ohkura Masudama Hydropower Plant is a hydropower plant uses a erosion control dam. Nippon Koei Group proposed one-stop service for a hydroelectric power generation project to Ohkura Village in Yamagata Prefecture, participated as a business operator, and conducted EPC construction. It is a public-private partnership(PPP) project. Opening size of the erosion control dam as a water intake was the largest in Japan. In this paper we discuss introduces the history of The Ohkura Masudama Hydropower Plant, outline, characteristics, problems, solutions of the project, and prospects.

**Keywords** : *small hydropower, FIT, EPC, OHKURA VILLAGE, operation maintenance, regional activation*

### 1. はじめに

おおくら升玉水力発電所は、発電所建設地の自治体である山形県大蔵村(以下「村」と称す)と、地元の再生可能エネルギー企業である、もがみ自然エネルギー(株)(以下「もがみ」と称す)、日本工営(株)100%出資の発電事業会社である、(株)工営エナジー(以下「工営 E」と称す)が共同出資して建設・運営している発電所である。既設の砂防堰堤を取水設備として活用した点、地方自治体と民間企業の共同事業である点が本計画の大きな特徴となる。

### 2. 事業の経緯

本計画は、1 級河川最上川水系銅山川に設置された舂玉砂防堰堤(東北地方整備局新庄河川事務所管理)を取水設備として活用し、堰堤直下に水力発電所を建設して、売電収入により設備を運営するものである。

当社は、2012 年頃より「舂玉砂防堰堤」に着目し、堰堤所在地の自治体である村に当社単独の発電事業を説明し、協力いただくよう要望した。2015 年にはより具体的な検討を行い、事業協力を得るべく積極的に村に働きかけた。



写真-1 おおくら升玉水力発電所



図-1 大蔵村、舂玉砂防堰堤の位置

一方山形県(以下「県」と称す)は「山形県エネルギー戦略(仮称)(案)」にて、地域活性化をキーワードとして、中央資本ではなく地元資本の参画促進や自治体による経営参画の

\* エネルギー事業統括本部 ソリューション事業本部  
エンジニアリング事業部 電力設備部

検討を掲げていた。この政策を背景にして 2014 年に地元企業の出資にて設立された「もがみ」が、この升玉砂防堰堤での水力発電事業を村と共同で推進すべく村に接触していた。

村はこれらの状況から検討を進め、自治体である村、地元企業である「もがみ」、技術・人材・経験を有する当社工営 E の 3 社で特定目的事業会社 (SPC) を共同出資で設立して水力発電事業を推進できないか当社に打診された。

県の政策や村の意向を踏まえ、当社は、詳細な事業採算性調査を行い、事業性が良好であることを確認した後に SPC を設立することを条件に、事業を推進することに合意した。

本稿では、本水力発電事業の概要、EPC 契約による設計・施工・調達の内容、運転開始後の維持管理について紹介し、今後の課題と展望を述べる。

### 3. 発電事業の概要

#### (1) 事業スケジュール

SPC の前身である設立準備協議会を設立してから事業採算性評価を実施するまで 1 年、その後の砂防堰堤活用の承諾、河川法の許可、SPC の設立に 1 年 5 か月を要した。その後当社が EPC 受注してから竣工まで 3 年 5 か月、合計で竣工まで 6 年の期間を要した。豪雪地帯であり冬季の施工はできない点や度重なる豪雨災害や完成間近でのコロナ禍による工程の遅れなどの困難を乗り越えて完成に至った。

表 1 に事業スケジュールを示す。

表 1 事業スケジュール

年月	事業内容
2015 年 8 月	SPC 設立準備協議会を設立
2015 年 10 月 ～2016 年 8 月	事業採算性評価検討
2017 年 5 月	舂玉砂防堰堤の活用承諾 (国土交通省新庄河川事務所)
2017 年 10 月	河川法の許可 (山形県河川砂防課)
2018 年 1 月	SPC (おおくら升玉水力発電) 設立
2018 年 4 月	EPC 受注、現地工事開始
2021 年 7 月	運転 (売電) 開始
2021 年 8 月	工事竣工
2021 年 9 月	竣工式 発電・運転開始式

#### (2) 事業スキーム

本事業は官・民共同の水力発電事業となっている。

村、工営 E、もがみの 3 社が出資者となり SPC を設立、工事資金調達は、地元金融機関 3 行によるプロジェクトファイナンスで実行された。発電所建設工事は、当社に EPC 契約にて発注された。

建設後の維持管理は、地元企業の協力を得ながら当社が受注している。

下図に事業スキームを示す。

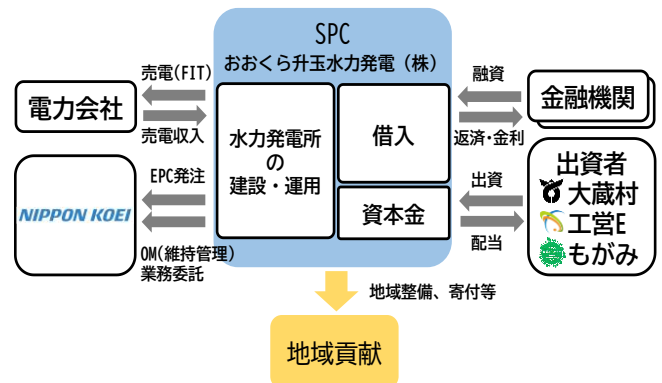


図 2 おおくら升玉水力発電所の事業スキーム

### 4. 建設工事

#### (1) 業務分担・業務内容

建設工事は EPC\*契約にて当社に一括発注された。当社は、水力発電所の建設において、設計・調達・建設工事すべてを単独で実施できる数少ない企業であり、この強みを活かして各部門が連携し設計、調達、施工を行った。業務内容と担当部署を表 2 に示す。

※EPC とは、Engineering (設計)、Procurement (調達)、Construction (建設) の略

表 2 業務内容と社内担当部署

業務内容	担当部署
可能性調査・土木設計	<河川水資源事業部> ダム発電部
地滑り計測管理	<仙台支店> 国土保全部
土木・建築設備施工 プロジェクトマネジメント	<エンジニアリング事業部> 電力設備部
水車発電機・制御装置 設計、調達、据付	<機電事業部> 機電制御装置部 機電システム部
取水ゲート・除塵機・スク リーン設計、調達、据付	<プラント事業部> 機械技術部
系統連携	<開発・運営事業部> プロジェクト部

\*担当部署は、2021 年 8 月時点の部署名である。

#### (2) 設計段階での課題と対応策

設計にあたっては次項のような課題に直面したが当社各部門の連携により的確に対応し、所定の工事着手に間に合わせる事ができた。課題と対応策 (表 3)、具体的な実施内容を次項に示す。

表－3 課題および対応策

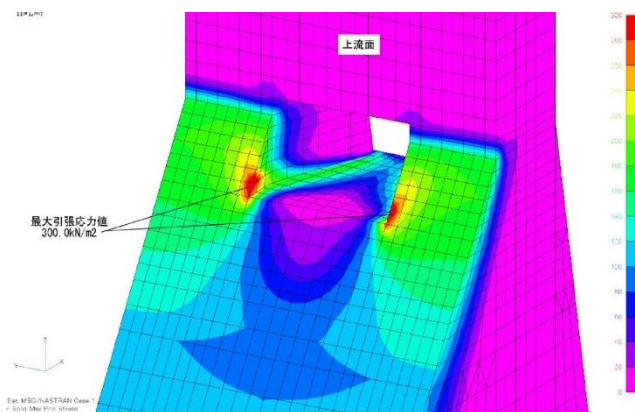
課題	対応策
・取水口からの土砂の流入対策	・排砂しやすい沈砂池形状設計 ・内面・敷面の摩耗改善
・低落差による出力低下	・堰堤開口形状、沈砂池・排砂設備の大型化
・既設堰堤に開口を設けることによる安定性、構造の確認	・堰堤の安定検討 ・三次元 FEM による構造照査 ・既設砂防堰堤の活用
・地滑り地帯に隣接した発電の立地条件	・地滑りブロックの確認と回避 ・パイプひずみ計によるリアルタイム監視
・発電所のコンパクト化 ・水車発電機のコストダウンと年間可能発生電力量の向上	・立軸カプラン水車を採用・調達
・コロナによる海外技術者来日不可	・無水、有水試験のリモート化不可

1) 既設砂防堰堤活用における具体対応策

コストダウンの観点から、取水口は既設の舂玉砂防堰堤を活用する。堤高 15m のため低落差となること、また砂防堰堤であることから土砂流入が想定される。

土砂流入に対しては、沈砂池の排砂設備を大型化し、取水口周りには対摩耗性に優れた特殊モルタル、沈砂池敷には高強度コンクリートを打設する対策を実施した。

低落差の対策として取水口となる堰堤に高さ 1.8m、幅 4m の開口を設け、沈砂池を大型化、水圧鉄管の断面を比較的大型化することで損失水頭の軽減を図った。また堤体の安定検討、三次元 FEM による堤体の構造照査を行うことで、既設砂防堰堤の健全化の確認を行った。

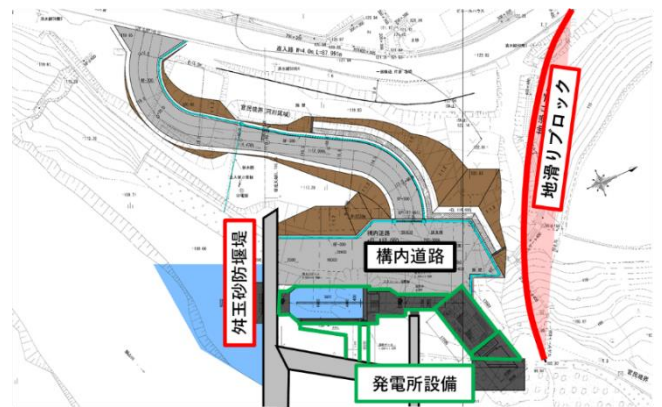


図－3 砂防堰堤の三次元解析

2) 発電所の配置に対する具体対応策

取水設備は既設の砂防堰堤を活用するため、位置が固定される。一方、下流側には地滑りブロックがあるため、堰堤から地滑りブロックの間にすべての施設をコンパクトに収める必要があり(図－4)、発電所スペースのコンパクト化が課題となった。また、年間可能発生電力量を上げるために、低落差に適

して流量変動に追従できる水車発電機を選定することも必要である。以上より、設備がコンパクトかつ、低落差・変流量に適した水車発電機である「立軸カプラン水車」を選定した。低落差に適した横軸チューブラ水車を立型にしたもので横軸と比べて設備がコンパクトになる特徴がある。ガイドベーン、ランナーベーンがあることで流量が変動するなか最適な水車効率を出せる特徴がある。



図－4 砂防堰堤と地滑りブロック位置図

今回の水車は海外より調達することでコストダウンを図った。以下に発電所の諸元(表－4)、設備概要図(図－5、6)を示す。

表－4 発電所諸元

項目	諸元
水系・河川名	一級河川 最上川水系銅山川
最大出力	490 kW
年間可能発生電力量	3,500MWh
最大使用水量	6.0m³/s
有効落差	10.16m
水車	立軸カプラン水車
発電機	誘導発電機
建屋	RC 半地下構造、ハッチ蓋
発電開始日	2021(令和3)年7月
使用用途	FIT による全量売電



写真－2 立軸カプラン水車



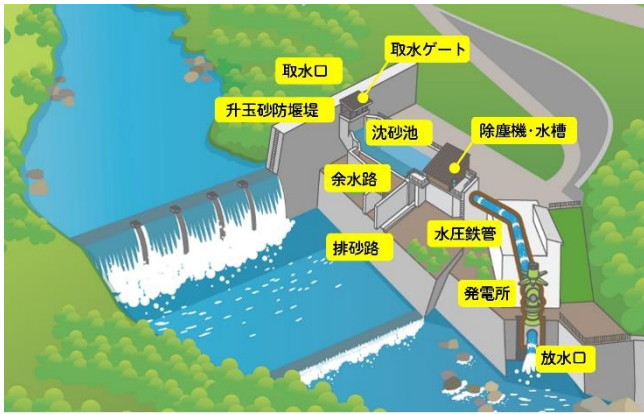


図-5 発電所全体図

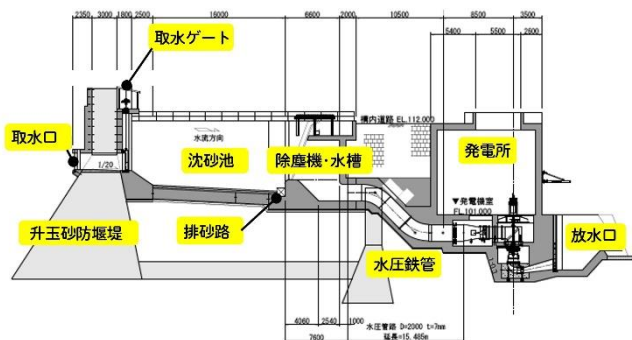


図-6 水路縦断面図

2019年12月までに土木工事の主要な部分が完成し、2020年から水車発電機、ゲート・除塵機類の据付工事を行い2021年8月に竣工となった。

以下に全体工事工程表を示す。

① 土木工事

土木工事は、施工ヤードが狭く同時作業が困難なため、取水口構築後は下流側の放水庭から発電所、水圧鉄管、沈砂池・水槽と上流側へ順々に構築を行っていった。下流側の放水庭・発電所掘削箇所は、地滑りブロック(写真-3 赤線)と隣接し、かつ床付け部にて10m近く高低差が生じるため、床付けの作業箇所が狭隘となり、資材や重機の動線が限られ、工程調整や安全管理に苦慮した。また、掘削時に周囲から湧水が集まり軟岩の風化の進行が早く、モルタル吹付にて対処した。



写真-3 発電所全景(建設中)

(3) 発電所建設工事

発電所建設工事は2018年4月に着工し、初めに各構造物への仮設道路を作成した後、堰堤への開口、取水口構築に着手した。堰堤の開口は、既設砂防堰堤への影響を考慮しワイヤーソー工法にて切断を行った。ワイヤーソー工法は切断時に発生する汚濁水の河川への流出が課題となるが濁水処理を適切に行い河川への流出を防いだ。

表-5 発電所建設全体工程

	2018年												2019年											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
土木工事																								
仮設道路作成	降	雪											降	雪										
取水口構築	の												の											
沈砂池・水槽構築	た												た											
水圧鉄管構築	め												め											
発電所建屋構築	休												休											
放水庭構築	工												工											
	2020年												2021年											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
土木工事																								
沈砂池・水槽工事	降												降											
外構工事	雪												雪											
水車・発電機工事	の												の											
据付工事	た												た											
無水・有水試験	め												め											
ゲート・除塵機工事	休												休											
取水ゲート取付	工												工											
除塵機工事																								
排砂ゲート工事																								
電気工事																								
系統連系他																								

② 水車・発電機工事

2020年度は土木工事と並行して水車・発電機の据付、電気工事、無水・有水試験を実施した。

本事業の発電機は海外調達であるが、コロナ禍のため、海外から技術者の来日ができず、有数無水試験はすべて現地とのリモートにて行った。

③ ゲート・除塵機工事

ゲート設備としては、制水ゲート、排砂ゲートを設置した。水槽には除塵機を設置した。制水ゲートは鋼製ローラーゲート、排砂ゲートは鋼製スライドゲートを採用した。除塵機は前面降下前面かき上げ式となっており、4本のレーキにて除塵し取り除く仕様とした。

制水ゲート・除塵機は発電所内の制御盤にて制御し、発電機同様遠隔からの監視が可能な設備とした。

#### ④ 電気工事

除塵機、取水口上部に夜間の状況も確認できる監視カメラを設置した。

#### (4) 建設後の維持管理 (O&M 業務)

建設後の維持管理として、モニタリングと定期巡視点検を行っている。

モニタリングシステムは村役場の入口にデジタルサイネージを設置し、役場を訪れた人が誰でも見られるようになっている。

定期巡視点検は当社が受託し月 1 回実施しており、日別の発電量や写真撮影により発電所全体の外観検査や取水口の流木等撤去などを現地雇用の監理員が行っている。



写真-4 2020年7月28日洪水被害状況

にスノージャムがたまり、これをかき上げたことでコンベアにスノージャムが溜まり緊急停止した事例があった。コンベアに溜まったスノージャムを人力で排除することで運転を再開することができたが、今後は、スノージャムの発生を抑える運用方法や沈砂池への屋根の設置などを検討する必要がある。

#### (3) 海外製品の消耗品への対応

水車発電機は海外製品を使用しているが、機器の消耗品をすべて海外から取り寄せると時間とコストがかかってしまう。特に近年はコロナ禍の影響で流通に支障をきたすことで、消耗品の入手に思わぬ時間がかかり発電所の運転に大きなリスクとなることが考えられる。

機器トラブルの早期復旧を行うために今後も消耗品の調達計画や日本国内での生産体制の計画を行う必要がある。



図-7 サイネージ画面

### 5. 今後の課題

#### (1) 異常気象に対するリスクマネジメント

本発電所建設工事中には何度も大雨や台風により、工事の一時中断を余儀なくされた。その中でも 2020 年 7 月 28 日の大雨の影響で取水口と放水庭が堆砂し排砂作業に時間を要することとなった。

この大雨は「令和 2 年 7 月豪雨」と命名され肘折観測所での 7 月の 72 時間最大雨量を更新する被害となった。水位は設計洪水位を超えて上昇したが発電所入口扉は余裕高を 1m 見込んでいたため発電所内への浸水は免れた。河川の上流であり大雨から水位上昇までの期間が短かった点、事前の降雨予想を遥かに超える大雨となったこともあり近年の異常気象に対するリスクマネジメントの難しさを痛感するものであった。

今後は、異常気象に対応した洪水位の設定や異常気象時のリスクマネジメントについて、より深く考える必要がある。

#### (2) スノージャムへの対応

日本有数の豪雪地帯での発電所建設のため、冬季期間の維持管理には除雪が必要不可欠である。また、スクリーン

### 6. 今後の展望

#### (1) 事業実施の効果

本事業は日本有数の豪雪地帯での建設や、度重なる豪雨災害や新型コロナの影響で約 1 年工期が延長したが、その厳しい環境下で、当社の高い技術力と経験により無事故・無災害で完成したことが評価され、発注者より感謝状を頂いた。また後日、当社社長が村へ訪問された際も村長より感謝のお言葉を頂いた。

#### (2) 今後の展望

本事業においては、設計・調達・建設工事を実施し、発電所運開後は、O&M 業務 (保守管理) も実施している。これは村の目指す再生可能エネルギーの普及と脱炭素化に大きく寄与できるものであり、今後は風力や蓄電池といった水力発電以外での再生可能エネルギー設備の事業においても展開が期待される。

謝辞: 最後に、本工事の実施に際し、ご指導・ご協力いただいた関係官庁ならびに地元関係者の皆様に深く感謝の意を表します。