

別又谷発電所新設工事のフィールドを 利用した、BIM/CIM等の新技術の活用と 若手技術者への技術継承

北電技術コンサルタント株式会社

DX・事業推進室

室長 齋 肇 徹

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| 1. はじめに | <input type="checkbox"/> |
| 2. 別又谷発電所新設工事の特徴 | <input type="checkbox"/> |
| (1) 取水を2地点とする取水設備計画 | <input type="checkbox"/> |
| (2) 安全最優先の工事工程 | <input type="checkbox"/> |
| (3) 脱炭素社会を意識した木造建築 | <input type="checkbox"/> |
| (4) 水圧管路（伏せ越し部）の施工計画 | <input type="checkbox"/> |
| 3. 建設フィールドでのBIM/CIM等の活用 | <input type="checkbox"/> |
| (1) 別又谷発電所の概要動画 | <input type="checkbox"/> |
| (2) 重要構造物(電柱)と掘削法面との干渉検討 | <input type="checkbox"/> |
| (3) 放水口施工時の仮締め切りの検討 | <input type="checkbox"/> |
| 4. 電力土木技術の若手技術者への技術継承 | <input type="checkbox"/> |
| (1) コンクリート監理技術の実践教育 | <input type="checkbox"/> |
| (2) 現場試験・工場試験の立会教育 | <input type="checkbox"/> |
| (3) 全社挙げての安全パトロール | <input type="checkbox"/> |
| 5. おわりに | <input type="checkbox"/> |

別又谷発電所新設工事のフィールドを 利用した、BIM/CIM等の新技術の活用と 若手技術者への技術継承

2023年 10月 18日

北電技術コンサルタント株式会社 橋本 徹

第129回 中小水力発電技術に関する実務研修会



北電技術コンサルタント株式会社

Hokuden Engineering Consultants.co.,Ltd



目 次

1. はじめに
2. 別又谷発電所新設工事の特徴
3. 建設フィールドでのBIM/CIM等の活用
4. 電力土木技術の若手技術者への技術伝承
5. おわりに



1. はじめに

「北電技術コンサルタント」の紹介

【会社概要】

- ・ 北陸電力グループ、設立：2001年7月2日、資本金：5,000万円
- ・ 従業員：158名（土木：80名、通信：22名、建築：30名、事務：26名）
- ・ 有資格者数：博士 2名、APECエンジニア 1名、技術士 27名、RCCM 55名、構造設計一級建築士 4名、設備設計一級建築士 2名、一級建築士 35名
(2023年7月1日現在)

【得意分野】

- ・ 土木・通信・建築の各分野での建設コンサルタント業務を実施
 - 土木分野：水力発電、社会インフラ整備、鋼構造物設備、地質調査
 - 通信分野：通信基地局の設計、施工監理、維持管理
 - 建築分野：建築・環境・構造デザイン、ZEB化設計提案



土木分野（水力発電）の実績紹介

ダム



八ッ場発電所
群馬県企業局

- 最大使用水量 13.60m³/s
- 有効落差 105.8m
- 最大出力 11,700kW

ダム利水放流の発電利用、ダム建設中における設計、名勝指定地内の設置等、様々な制約の中、関係各所と調整し設計を行いました。

農業用水



宮竹用水第二発電所
手取川宮竹用水土地改良区

- 最大使用水量 6.50m³/s
- 有効落差 11.65m
- 最大出力 580kW

施工時に周辺の水田等の営農に影響を与えない配管線形となるように設計しました。

上水道



峡東水道 山梨県企業局

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 【第一発電所】 | 【第二発電所】 |
| ●最大使用水量 0.201m ³ /s | ●最大使用水量 0.087m ³ /s |
| ●有効落差 79.00m | ●有効落差 70.20m |
| ●最大出力 100kW | ●最大出力 35kW |

既存の水道施設を利用した発電計画であり、既存設備の維持管理・更新等に支障が生じない設計提案を行いました。

水路



上百瀬発電所
富山県企業局

- 最大使用水量 1.0m³/s
- 有効落差 81.50m
- 最大出力 670kW

豪雪地域であり、流入土砂が多い厳しい自然環境でも安定して発電できるように、維持管理の容易さに配慮した設計を行いました。

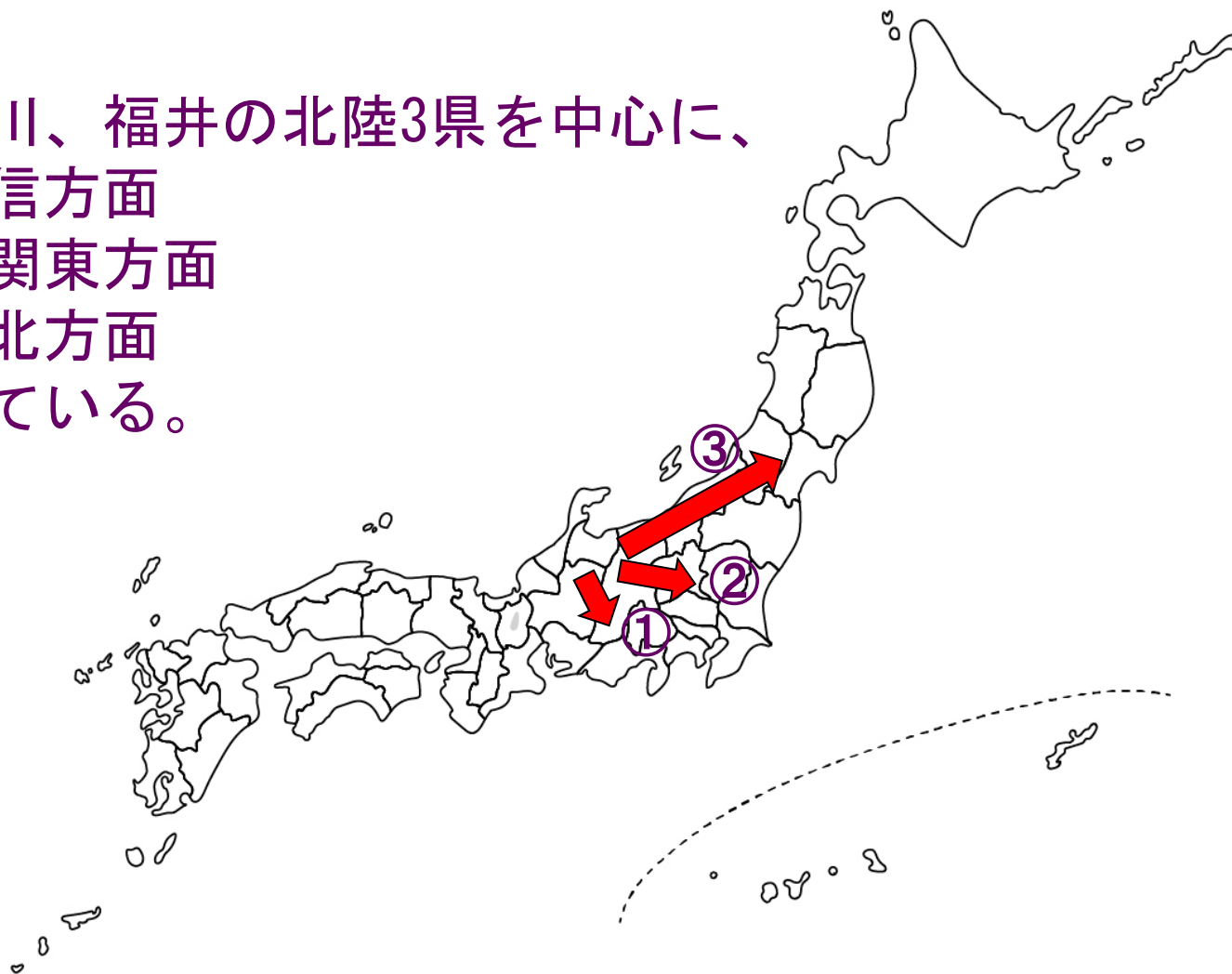


土木分野（水力発電）の進出地域

富山、石川、福井の北陸3県を中心に、

- ①甲信方面
- ②北関東方面
- ③東北方面

に進出している。



別又谷発電所の開発目的

開発目的は、脱炭素社会の実現への貢献や電気事業収入による事業環境の強化のみならず、事業の立ち上げ、関係者協議、計画、設計、建設、保守の一連のプロセスを当社社員が自ら実践・経験することで、当社社員の水力発電に関する電力土木技術の更なる向上を図ることである。

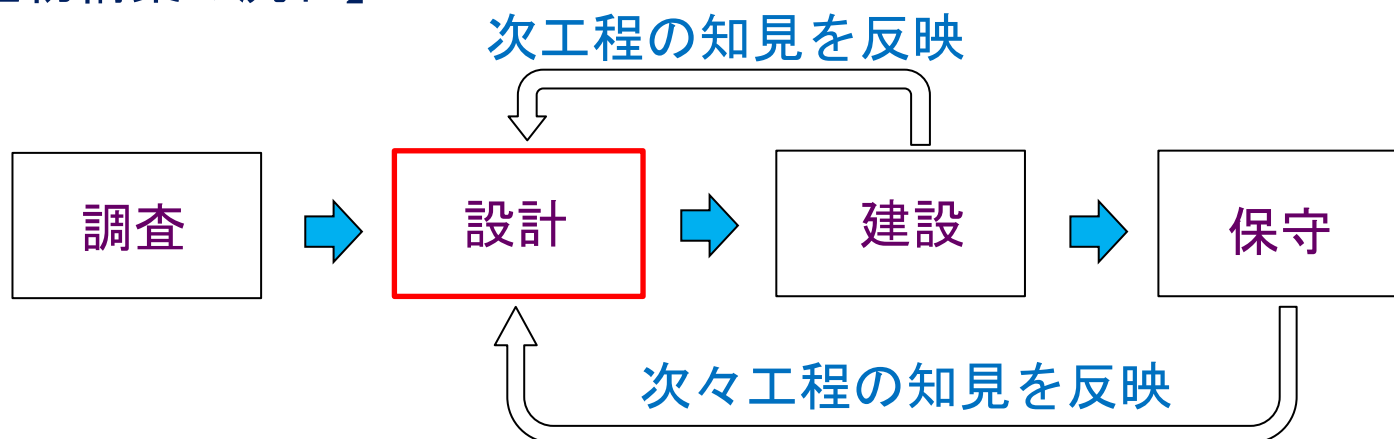
加えて、新技術を提案するためのテストフィールドとして活用することである。



顧客が求める業務品質に応えるには、

設計段階において、次工程、次々工程である「どのように建設し、どのように保守するか」といった実践・経験に基づく知識を有していることが必要と考える。

【構造物構築の流れ】



2. 別又谷発電所新設工事の特徴

- (1) 取水を2地点とする取水設備計画
- (2) 安全最優先の工事工程
- (3) 脱炭素社会を意識した木造建築
- (4) 水圧管路（伏せ越し部）の施工計画



別又谷発電所の発電所諸元と発電所位置図

表2-1 発電所諸元

水系・河川名	2級河川片貝川水系別又谷川、一ノ又谷川
集水面積	13.86km ²
所在地	富山県魚津市東蔵地内
着工	2021年5月
運転開始	2024年6月
発電出力	440kW
	2,335MWh/年(一般家庭700世帯相当)
発電使用水量	2.60m ³ /s
有効落差	20.10m
発電方式	構造:水路式 運用:流れ込み式
水車	横軸S型チューブラ水車
	マーベル社(チェコ共和国)
発電機	横軸誘導発電機



図2-1 発電所位置図



水路一般平面図と水路縦断面図

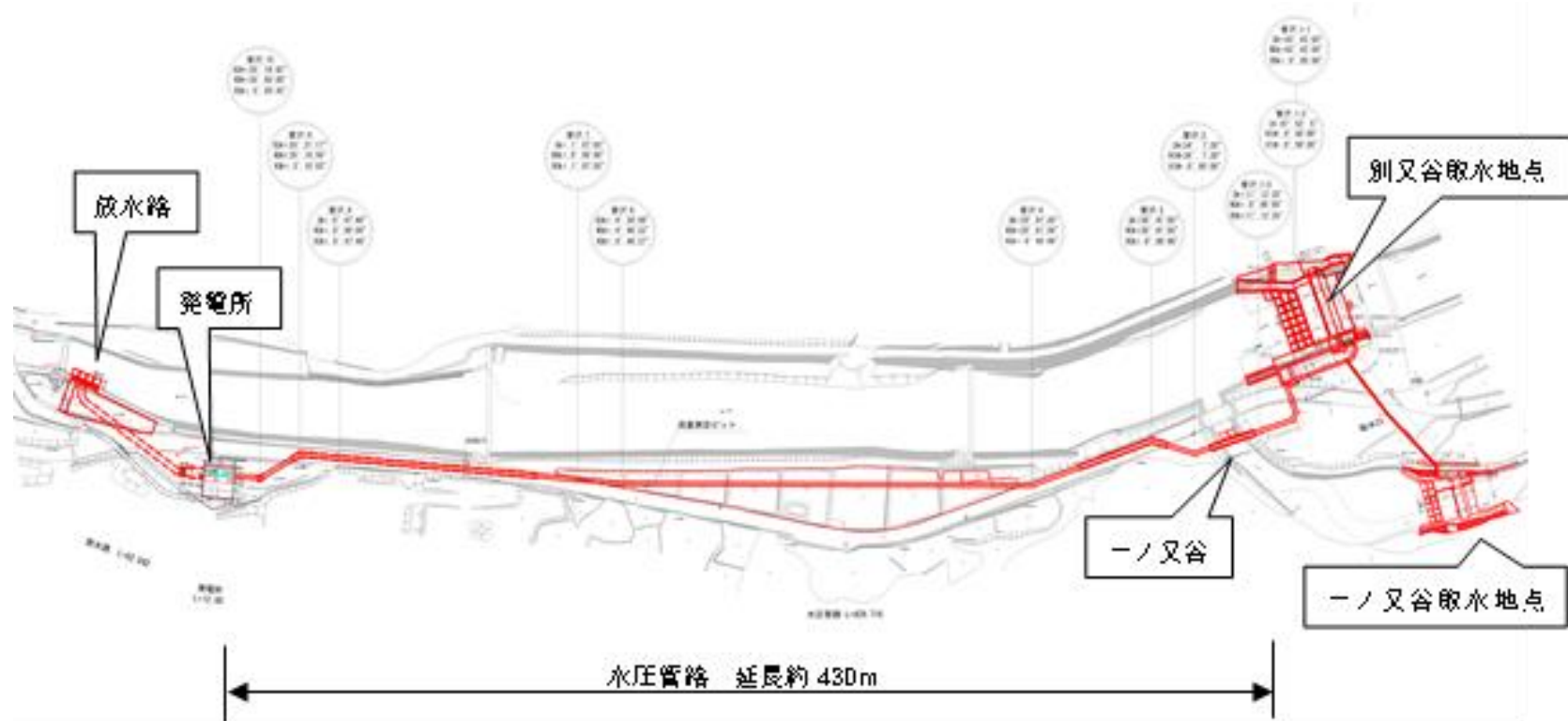


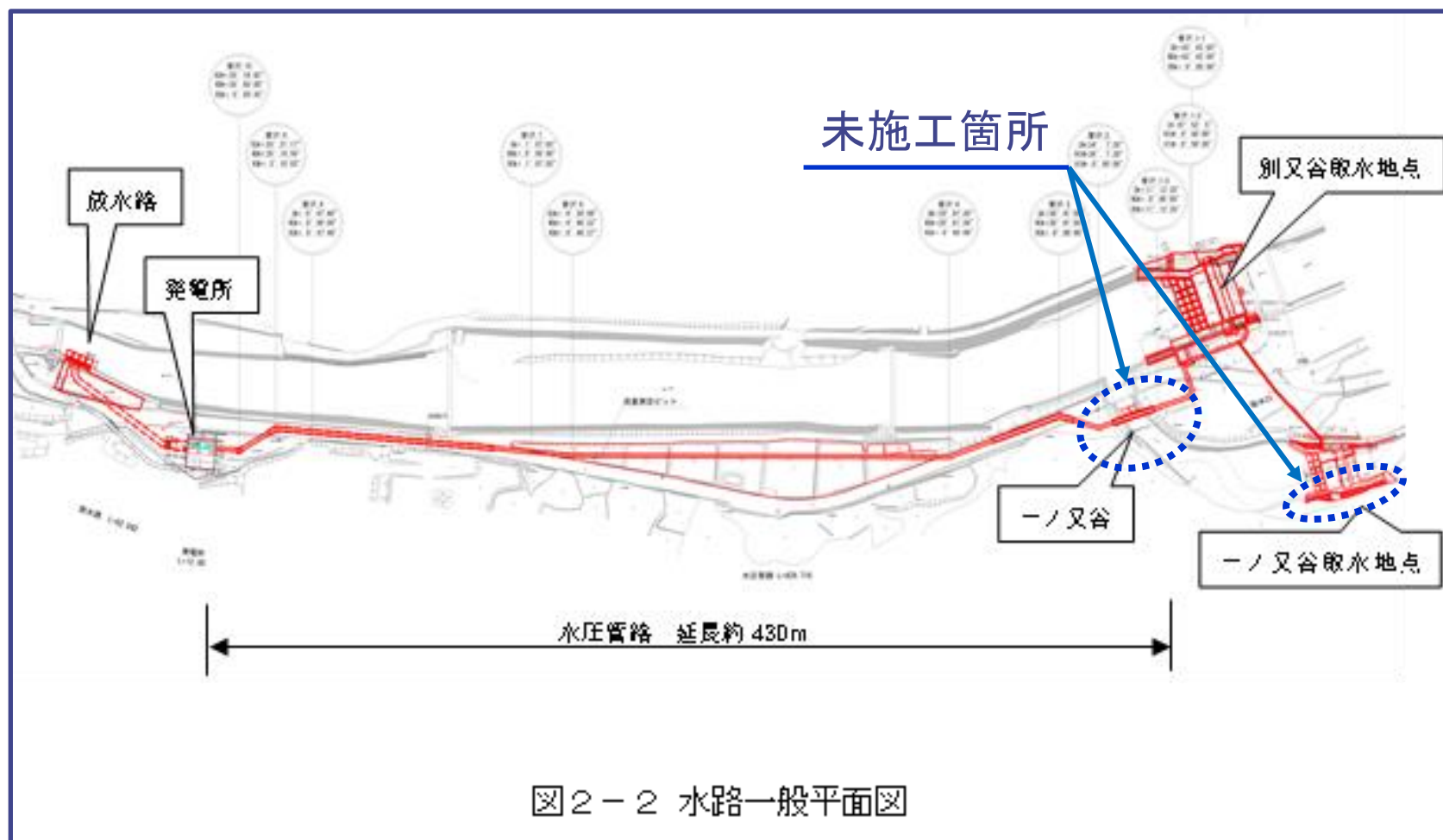
図2-2 水路一般平面図



別又谷発電所の概要動画



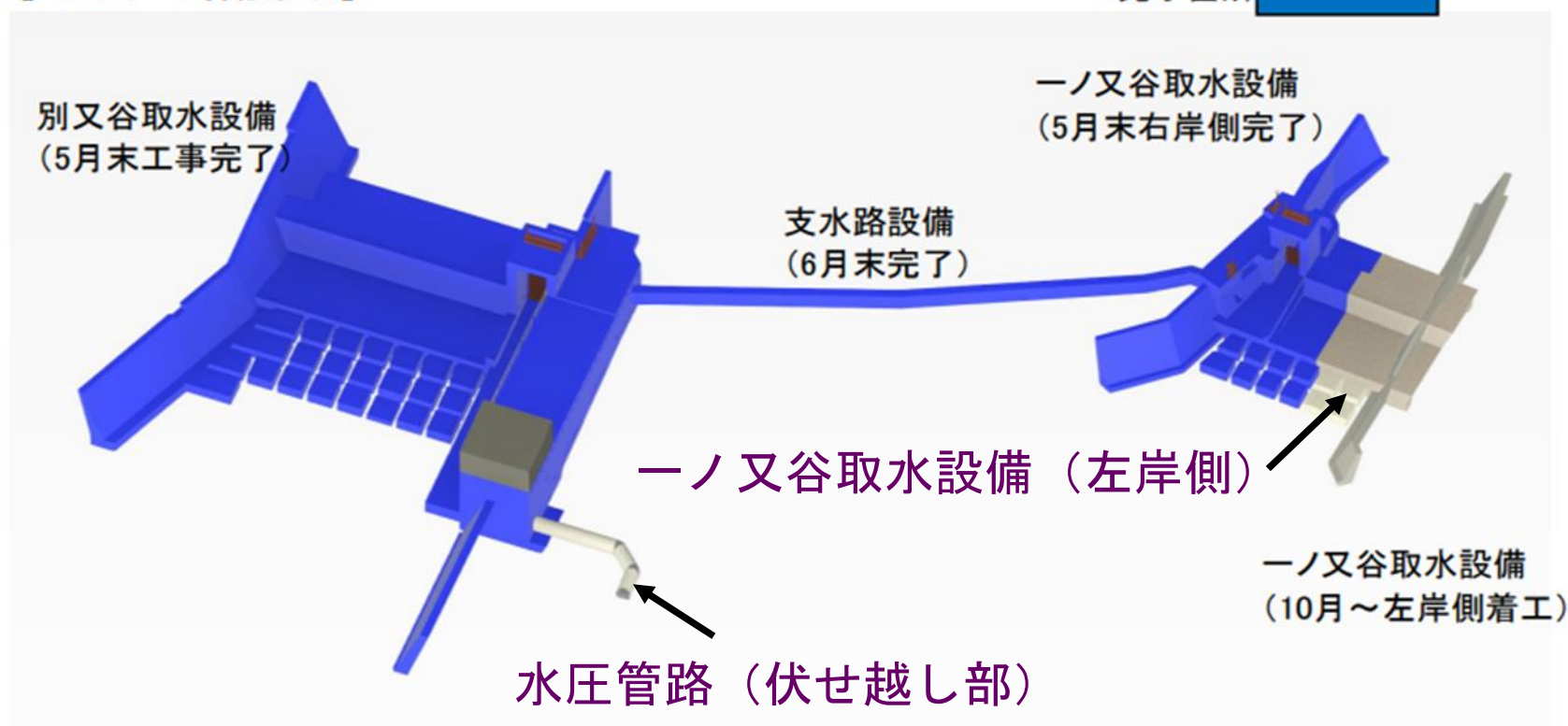
別又谷発電所新設工事の進捗状況 (2023年9月末)



別又谷発電所新設工事の進捗状況（2023年9月末）

【コンクリート打設状況】

:完了箇所



別又谷発電所の完成状況（2023年9月末）



図3-6 統合モデル（別又谷取水設備）



写5-3 別又谷取水設備の完成状況



別又谷発電所の完成状況（2023年9月末）

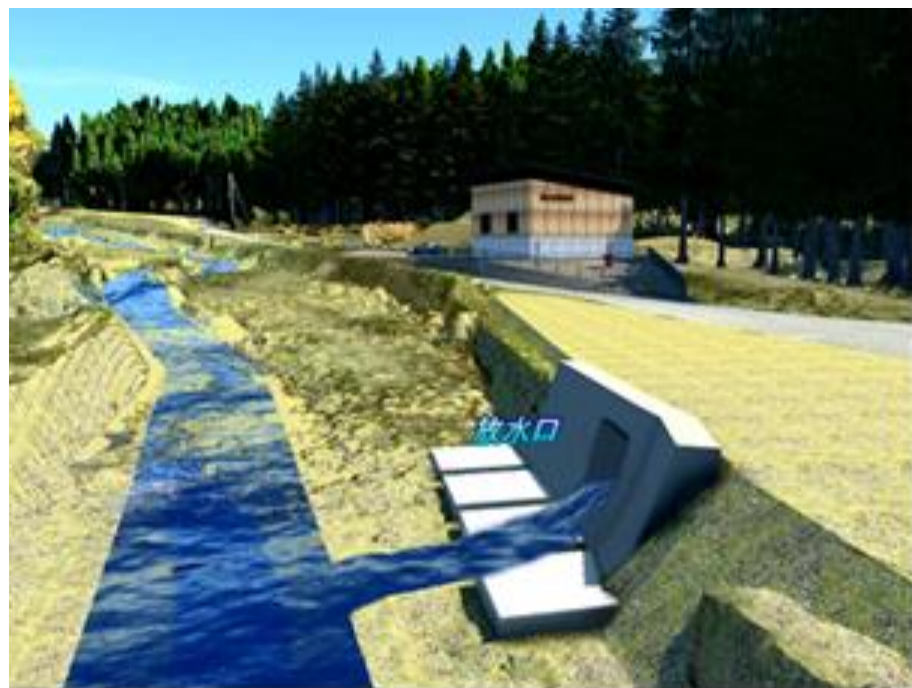


図3-16 統合モデル（放水口）



写5-1 発電所・放水口の完成状況



(1) 取水を2地点とする取水設備計画

ア. 落差

本発電所の落差は、取水口計画地点の直上流に北陸電力(株)片貝別又発電所(H28年運開)の放水口、放水口計画地点の直下流に北陸電力(株)片貝第一発電所(明45年運開)の溪流取水口があり、この2つの北陸電力(株)所有発電所間の隙間(延長約500m)により生じる遊休落差約20mを有効活用したものである。



(1) 取水を2地点とする取水設備計画



(1) 取水を2地点とする取水設備計画



写2-1 別又谷発電所上流の状況



写2-2 別又谷発電所下流の状況



(1) 取水を2地点とする取水設備計画

イ. 流量

本発電所の流量資料は、同一水系に設置されている北陸電力(株)奥平沢測水所の流域換算流量(H20年～H29年)をベースとし、取水地点直上にある北陸電力(株)片貝別又発電所の実績取水量(H29年)による補正を加えることで、より信頼性の高い流量データに変換している。

また、この流量資料をもとに発電規模検討を行った結果、本発電所の最大使用水量は $2.60\text{m}^3/\text{s}$ が最も発電原価が低く経済的であることを確認している。



(1) 取水を2地点とする取水設備計画

【片貝別又・一ノ又地点 流況表（平成20～29年）】
奥平沢測水所の流域換算流量に、片貝別又発電所（北陸電力㈱）の実際取水量を考慮

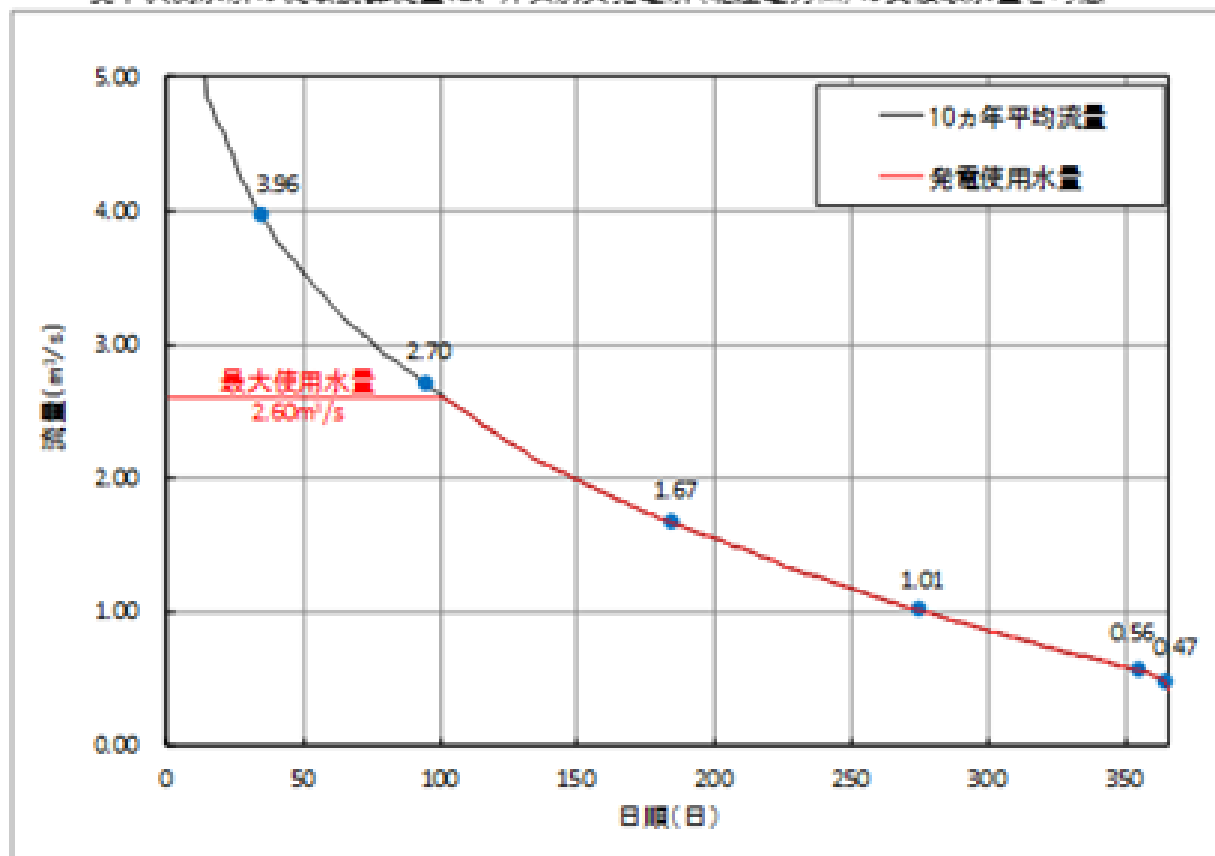


図2-5 流況曲線



(1) 取水を2地点とする取水設備計画

ウ. 取水設備の配置計画

本発電所は、別又谷川本流と支流の一ノ又谷川の2地点より取水する計画である。一般に、取水地点は別又谷川に支流の一ノ又谷川が合流する地点の直下に設ける合流案が合理的であるが、合流案では有効落差が約5m減少し発電量が大幅に減少するため、経済性評価の結果、取水を2地点とする現案を採用した。なお、一ノ又谷取水口は、約70mの導水路を通じて別又谷取水口の水槽兼沈砂池に合流させている。



(1) 取水を2地点とする取水設備計画



図2-6 合流案の配置図



図2-7 現案（取水口2地点案）の配置図



(1) 取水を2地点とする取水設備計画

エ. 取水庭の設置

本発電所の取水は土砂の影響を比較的受け難い「側方取水方式」を採用するとともに、取水口の前面には取水庭を設置している。この取水庭は、取水口前面の土砂排出をスムーズに行う役割を担っており、排砂ゲートを上昇させ流水とともに土砂を排出する際に、排砂ゲート敷から上流に向かって連続するコンクリート底版を1/20勾配で配置することで、土砂の噛み合わせによる摩擦抵抗を低減している。



(1) 取水を2地点とする取水設備計画

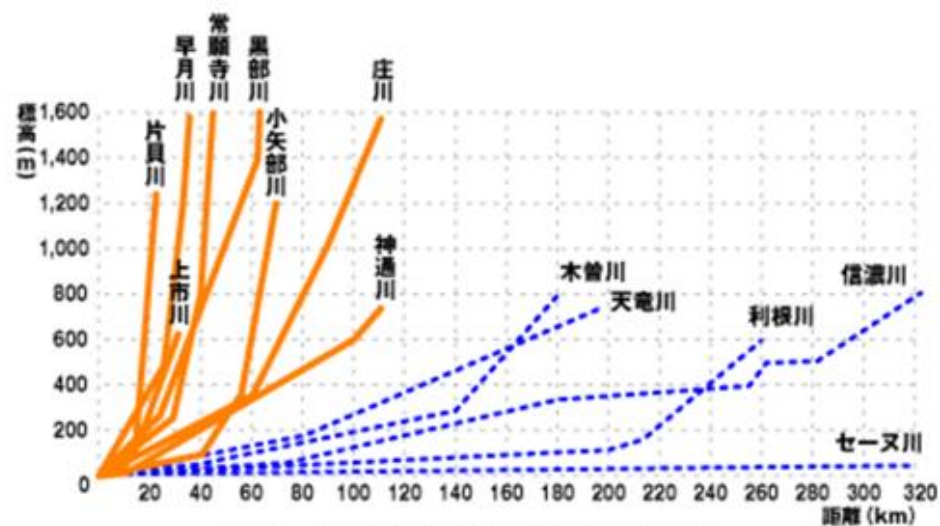


図2-8 富山県の主要河川の河川勾配
(富山県ホームページより抜粋)



写2-3 取水庭 (上流より)



(1) 取水を2地点とする取水設備計画



写2-4 取水庭 (下流より)



写2-5 取水庭 (拡大)



(2) 安全最優先の工事工程

本発電所の工事工程は、当該地域の気象特性を考慮し、7月～9月は出水期のため河川工事を休止、1月～2月は積雪のため全ての工事を休止、3月は積雪状況を見ながら除雪により施工することとした。これらのことを踏まえ、2年工程と3年工程を比較検討した。

2年工程では、工事のピークが重なり、作業員等の動員をかなり必要とすることが分かった。一方、3年工程では1年目に最も工事量が多い別又谷取水設備（左岸側）のみ施工し、2年目に別又谷取水設備（右岸側）と一ノ又谷取水設備（右岸側）、3年目に一ノ又谷取水設備（左岸側）と難工事の伏せ越し部を組み合わせることで工事の均平化が図れた。

このことから、本発電所の工事工程はより安全、確実に工事を進められる3年工程を採用した。



(2) 安全最優先の工事工程

表2-2 2年工程

工事名	1年目	2年目
別又谷取水口(右岸)		
〃(左岸)		
一ノ又谷取水口(右岸)		
〃(左岸)		
伏せ越し部		
工事量(コンクリート量)	2,600m ³	1,100m ³

表2-3 3年工程

工事名	1年目	2年目	3年目
別又谷取水口(右岸)			
〃(左岸)			
一ノ又谷取水口(右岸)			
〃(左岸)			
伏せ越し部			
工事量(コンクリート量)	1,800m ³	1,600m ³	300m ³



(2) 安全最優先の工事工程

表2-4 工事工程表

	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
大工程	7 ▼ 建設 申入	5 ▼ 着 工		12 ▼ 受 電	4 6 ▼ ▼ 通 運 水 開
許認可手続き					
土木工事		▼発電所基礎・水圧管 ▼一ノ又谷取水設備			
電気工事		▼水平・発電機据付			
機械工事		▼放水設備据付 ▼除塵機据付			
建築工事		▼建方開始			
		▲別又谷取水設備 ▲一ノ又谷ゲート据付 ▲一ノ又谷ゲート据付			



(3) 脱炭素社会を意識した木造建築

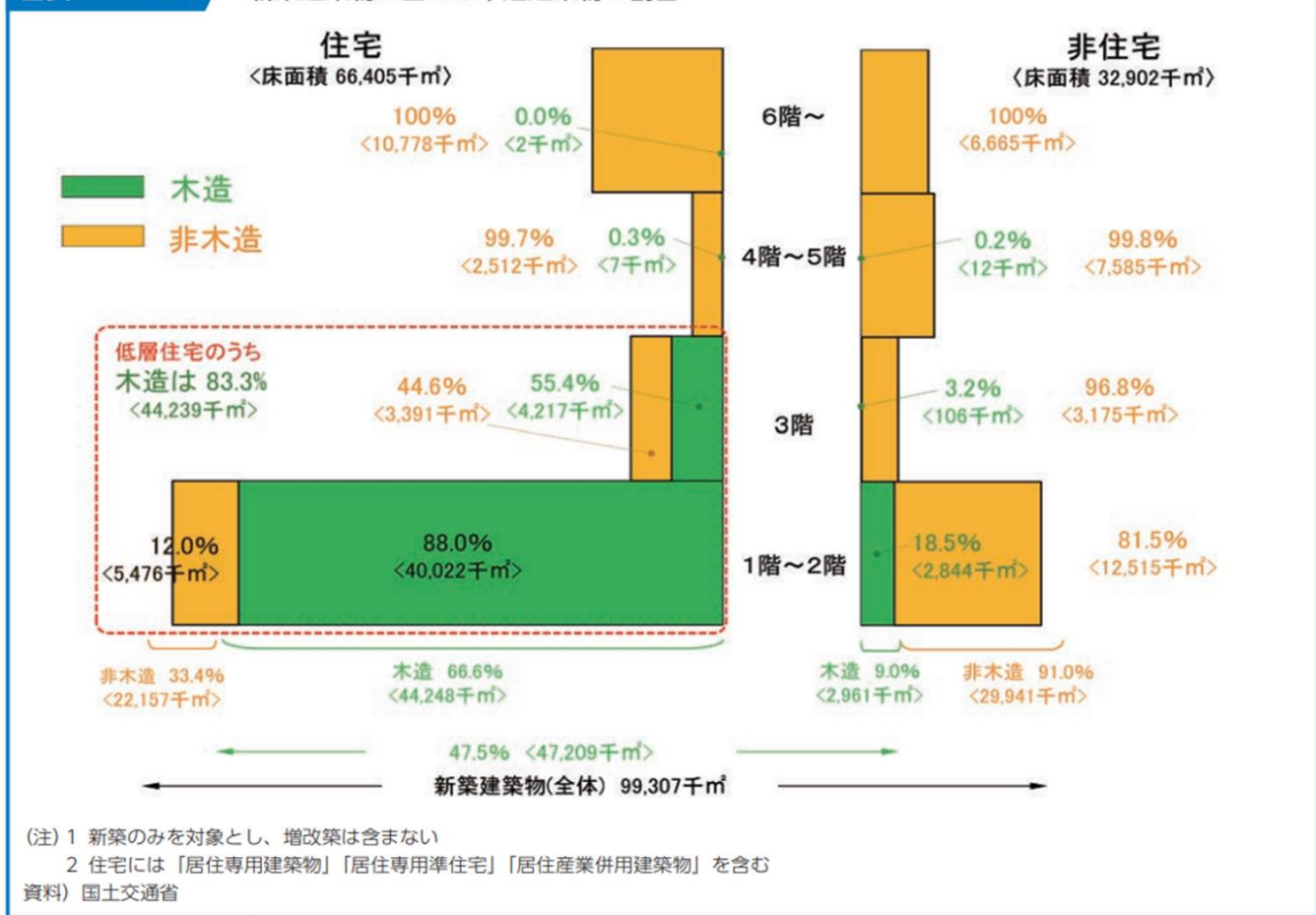
国土交通省は、令和4年度国土交通白書「第2章 脱炭素社会の実現に向けた国土交通分野における取組み」において、木材は成長時に二酸化炭素を吸収することから、住宅・建築物の素材として使われることにより、吸収源対策として効果があるとし、**住宅・建築物の木造化・木質化を奨励**している。また、民間建築において、新築建築物に占める木造建築物の割合は、低層住宅では約8割が木造建築となっている一方で、低層非住宅では約2割に留まっており、今後は中高層住宅及び**非住宅分野への木造利用を拡大していくことが必要**としている。



(3) 脱炭素社会を意識した木造建築

図表 I-2-1-18

新築建築物に占める木造建築物の割合



(令和4年度国土交通白書より抜粋)



(3) 脱炭素社会を意識した木造建築

このような社会情勢や周辺環境への調和を考慮し、**別又谷発電所の上屋は木造仕様を採用**した。主構造材は、中央に柱等を設けない構造とするため大断面集成材を使用し、樹材は強度、寸法安定性及び耐久性に優れている唐松の集成材を採用した。また、5tの天井クレーンを設置可能とするため、梁を柱で挟込み一体構造とすることで、接続部の耐力を持たせた。さらに、木造では筋交が必要となることから、それを避けて換気扇等を配置し、建物の外観デザイン性にも配慮した。外壁は木目調とするため耐久性の良いヒノキを用い、屋根形状を片流れとし水下の外壁材を金属サイディングにすることで雨水に対する耐久性を持たせた。



(3) 脱炭素社会を意識した木造建築



写2-6 建て方状況



写2-7 建て方状況 (内面)



(3) 脱炭素社会を意識した木造建築



写2-10 クレーン桁据付状況



写2-11 外観（上流側）



(3) 脱炭素社会を意識した木造建築



写2-12 外観（下流側）



写2-13 外観（山側：金属サイディング）



（４）水圧管路（伏せ越し部）の施工計画

本発電所の水圧管路（伏せ越し部）の施工は、今年の出水期が終わった2023年10月から11月を予定しており、現在まだ未施工である。施工計画は、当該箇所は川幅が狭く半川締め切りが困難であることから、既設構造物を利用した仮排水路設置案を採用した。これは、一ノ又谷取水設備（左岸側）の施工に伴う仮締め切りにより、既に施工が完了している一ノ又谷取水設備（右岸側）へ一ノ又谷の河川水を全量引水し、導水路沿いに設けた仮排水路を通して別又谷取水設備（左岸側）へ導水することで、伏せ越し部の施工を可能にする計画である。



(4) 水圧管路（伏せ越し部）の施工計画

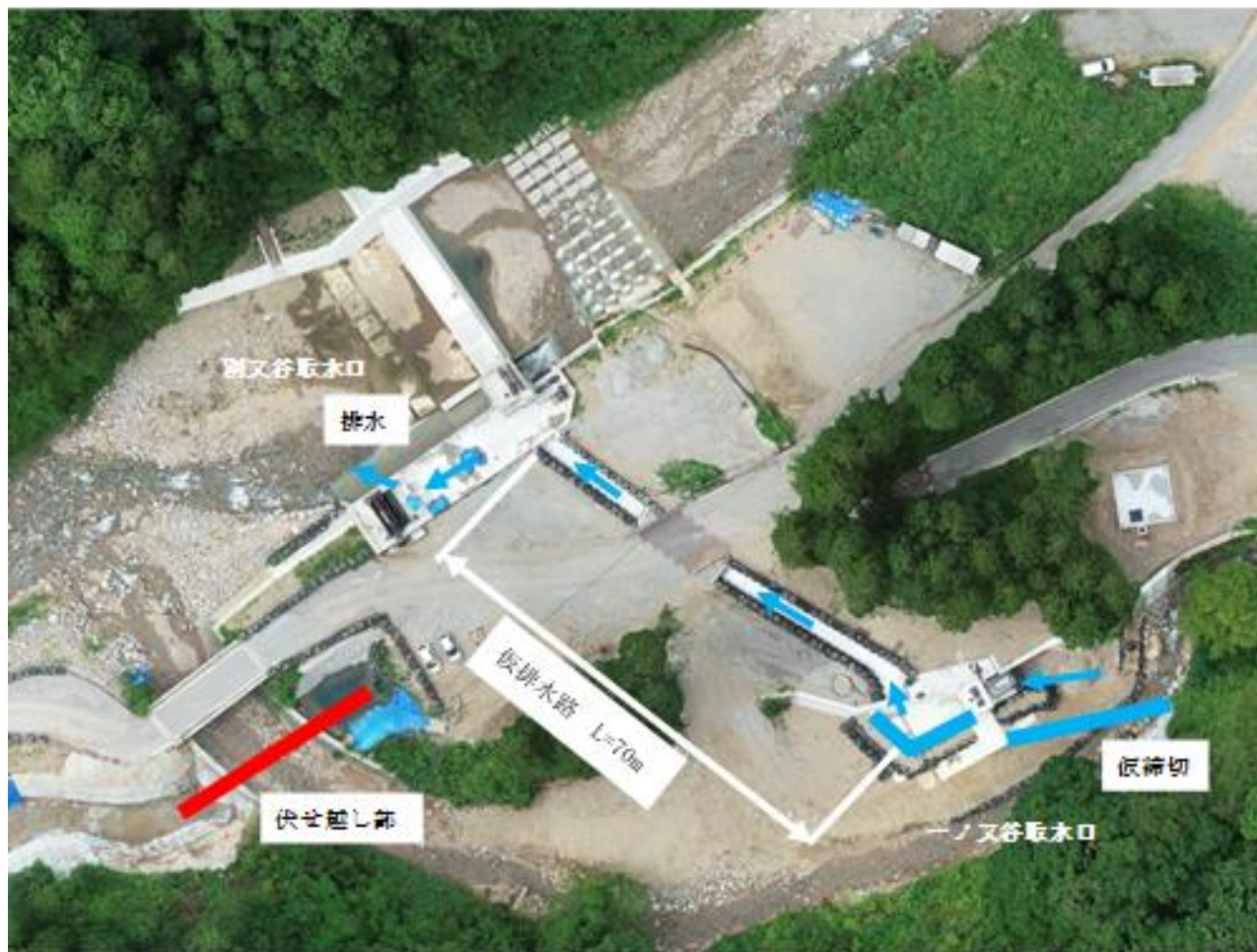


図2-9 伏せ越し部の仮設計画



(4) 水圧管路（伏せ越し部）の施工計画



写2-14 仮排水路（一ノ又谷より）



写2-15 仮排水路（拡大）



3. 建設フィールドでのBIM/CIM等の活用

- (1) 別又谷発電所の概要動画 (説明済)
- (2) 重要構造物 (電柱) と掘削法面との干渉検討
- (3) 放水口施工時の仮締め切りの検討

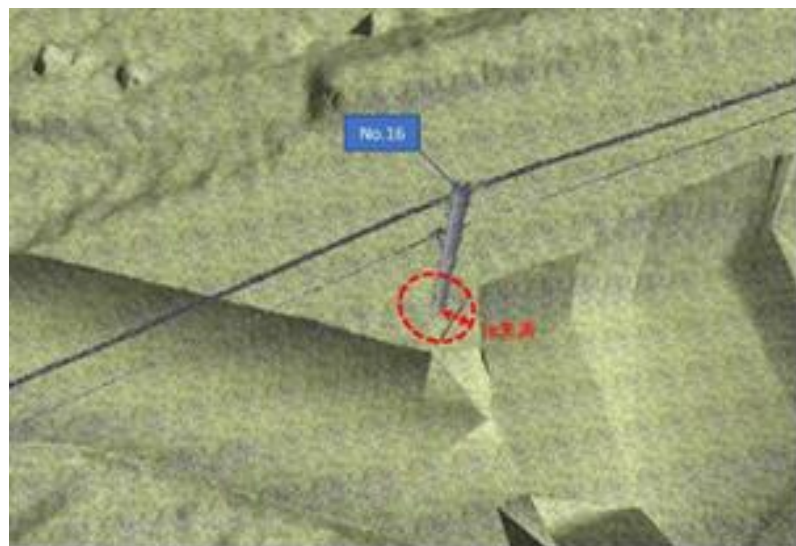
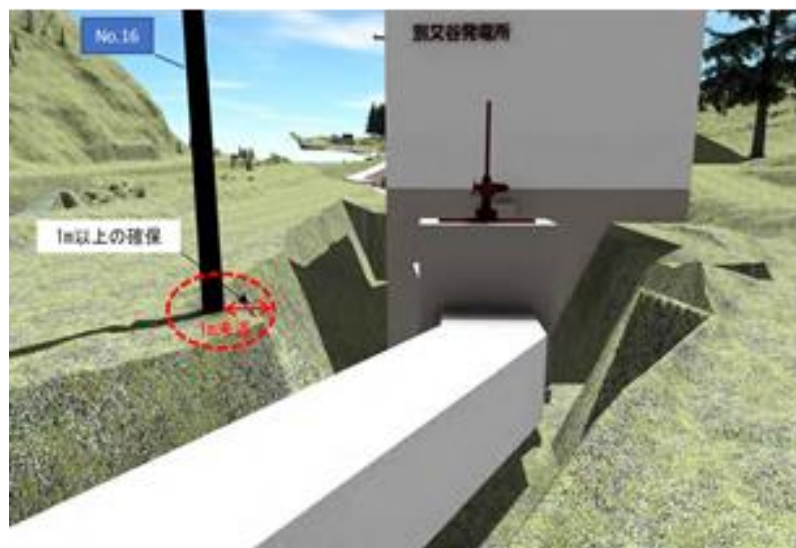


(2) 重要構造物（電柱）と掘削法面との干渉検討

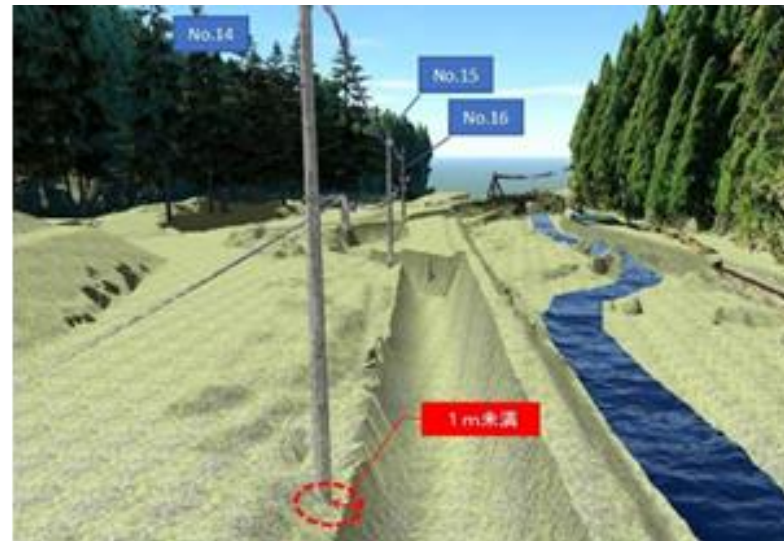
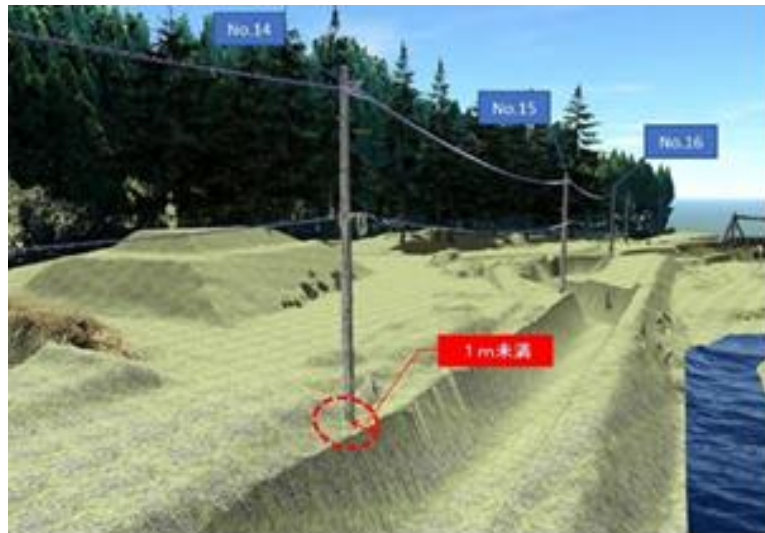
本発電所の水圧管路の大部分は、別又谷川沿いの林道に埋設する計画である。この林道には、北陸電力(株)片貝別又発電所からの送電線を支持する電柱が建てられており、この電柱と本発電所の建設に伴う掘削法面との干渉が懸念された。調査段階での設計図面を用いた検討では、明らかに干渉する箇所については事前に北陸電力送配電(株)に支障移設を依頼していたが、実施工に入る前に、現地状況等も踏まえた複数の懸念箇所について、統合モデル（3Dモデル）を用いた再検討を実施した。



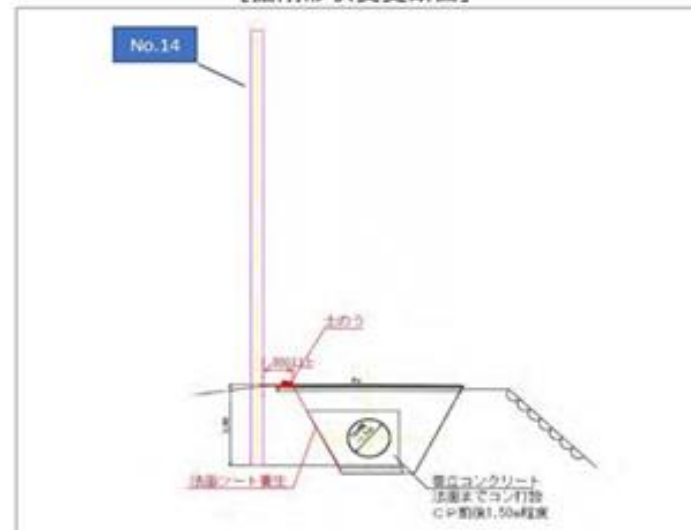
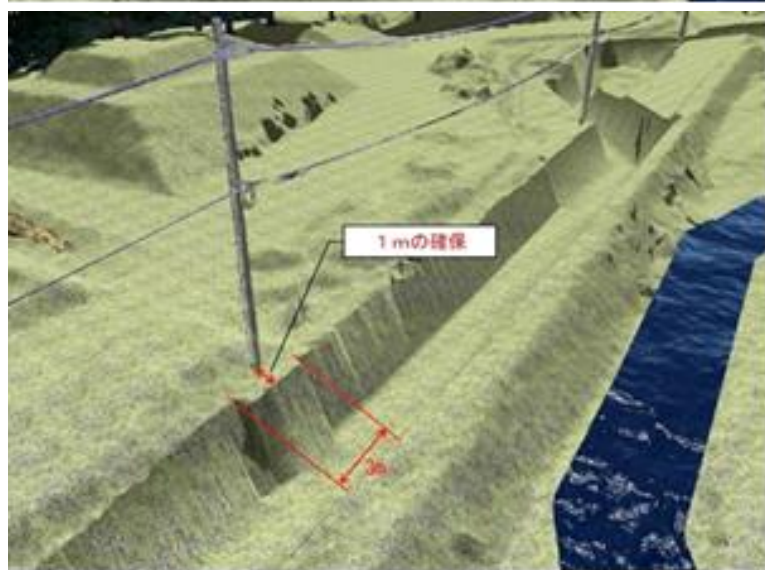
電柱 No. 16と掘削法面との干渉検討



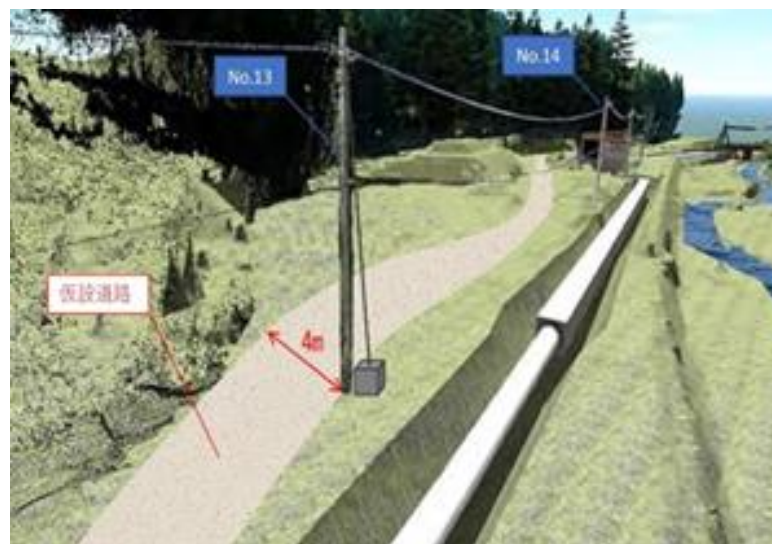
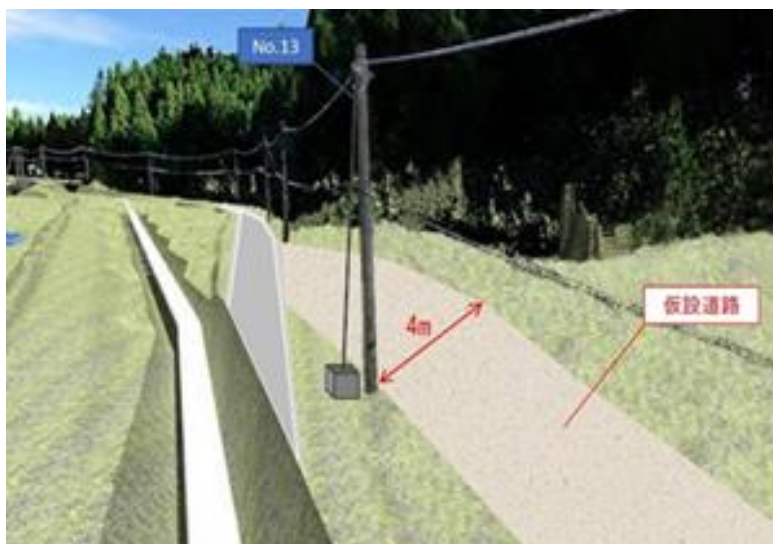
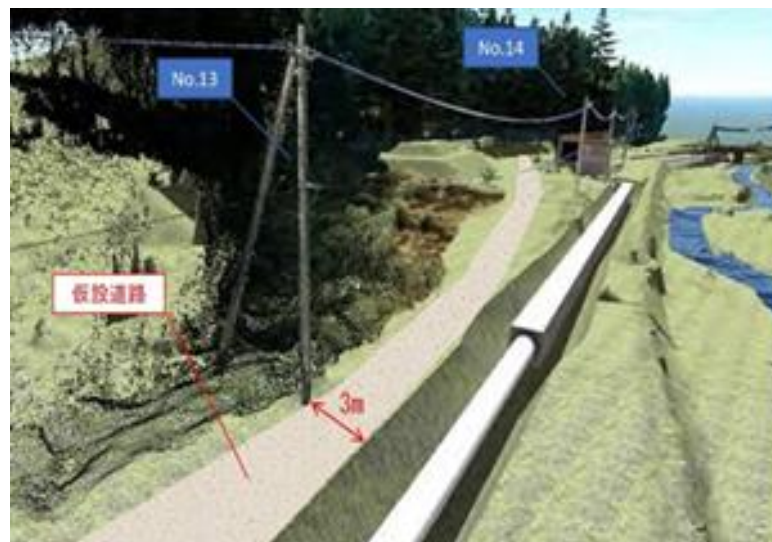
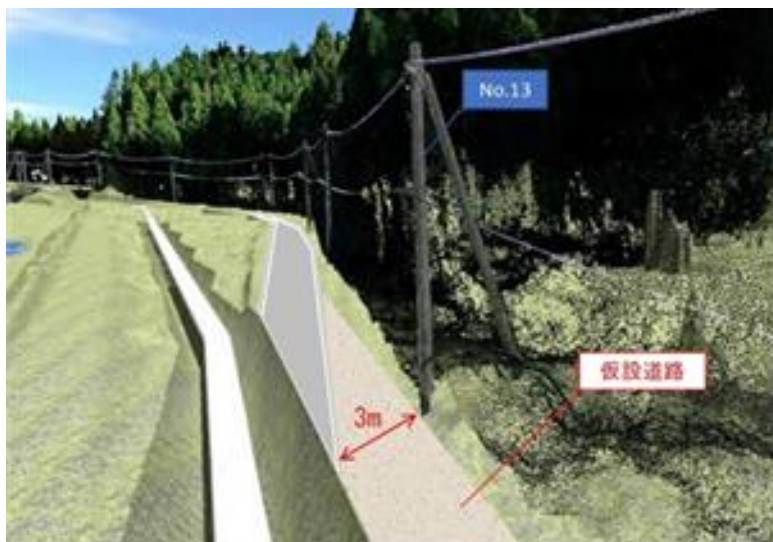
電柱 No. 14と掘削法面との干渉検討



【掘削形状変更断面】



電柱 No. 13と掘削法面との干渉検討



(3) 放水口施工時の仮締め切りの検討

本発電所の放水口は、直下流に北陸電力(株)片貝第一発電所(明45年運開)の溪流取水口があることに加え、**狭隘な場所での施工となるため、仮締め切りの形状と重機の配置検討を統合モデル(3Dモデル)で実施した。**



(3) 放水口施工時の仮締め切りの検討



4. 電力土木技術の若手技術者への技術継承

- (1) コンクリート監理技術の実践教育
- (2) 現場試験・工場試験の立会教育
- (3) 全社挙げての安全パトロール



(1) コンクリート監理技術の実践教育

現場監理のホールドポイントであるコンクリート打設監理を若手技術者に実際に体験してもらうことにより、若手技術者の現場技術力の向上を図っている。具体的には、打設前の型枠・鉄筋検査、打設当日のコンクリート性状試験から打設状況の確認、打設後の圧縮強度試験までの一連の監理業務を体験する。また、受注業者様のご協力を得て、鉄筋の結束、バイブレータを使用した締固め、コテを使用した天端均し等も模擬体験し、少しでも建設現場の苦労を実感できる場とした。



コンクリート打設前



写4-1 打設前 (鉄筋検査)



写4-2 打設前 (型枠検査)



コンクリート打設中



コンクリート打設後



写4-7 打設後（圧縮強度試験立会）



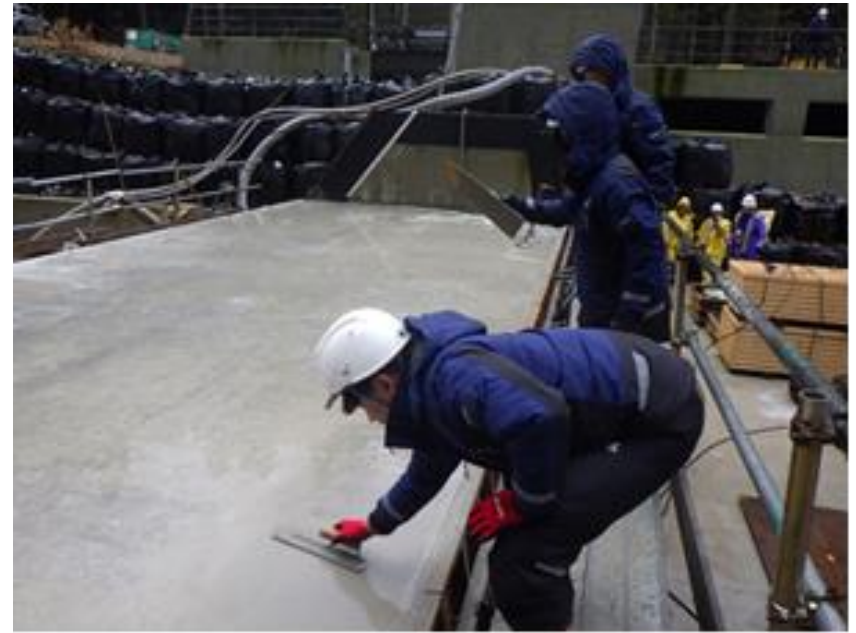
写4-8 打設後（圧縮強度試験立会）



模擬体験



写4-9 模擬体験（鉄筋結束）



写4-10 模擬体験（天端均し）



(2) 現場試験・工場試験の立会教育

現場の工事監理においてポイントとなる検査・立会時には、現場・工場立会を随時開催している。これは、水圧管路（FRPM管）の水密試験（テストバンド試験）、仮橋・仮締切りの設置状況等、現場でしか詳細が確認できないものも含んでいる。また、ゲート・巻上機の土木部門の工場検査に専門外の建築部門の社員が同行し、逆に建築部門の建屋の部材検査に土木部門の社員が同行する等、自社の部門間の垣根を越え、互いの専門技術の交流に努めている。さらに、地元の方々を招いた現場見学会、小水力発電事業に関心を持たれている事業者様の見学会等、自社の広報にも活用している。



水密試験、仮設橋梁の立会教育



写4-11 水圧管路（水密試験立会）



写4-13 仮設橋梁の状況確認



工場検査立会



見学会



写4-19 見学会（地元住民様）



写4-20 見学会（関連事業者様）



(3) 全社挙げての安全パトロール

安全パトロールは全社での取り組みとし、**各部所持ち回りで月毎に実施**している。この安全パトロールは現場の危険を指摘するだけでなく、熟練・中堅者と若手技術者を組み合わせることで、OJTによる若手技術者への安全指導を実施し、若手技術者の安全意識の向上に繋げることも目的としている。



(3) 全社挙げての安全パトロール



写4-21 安全パトロール (支店担当者)



写4-23 安全パトロール (通信担当者)

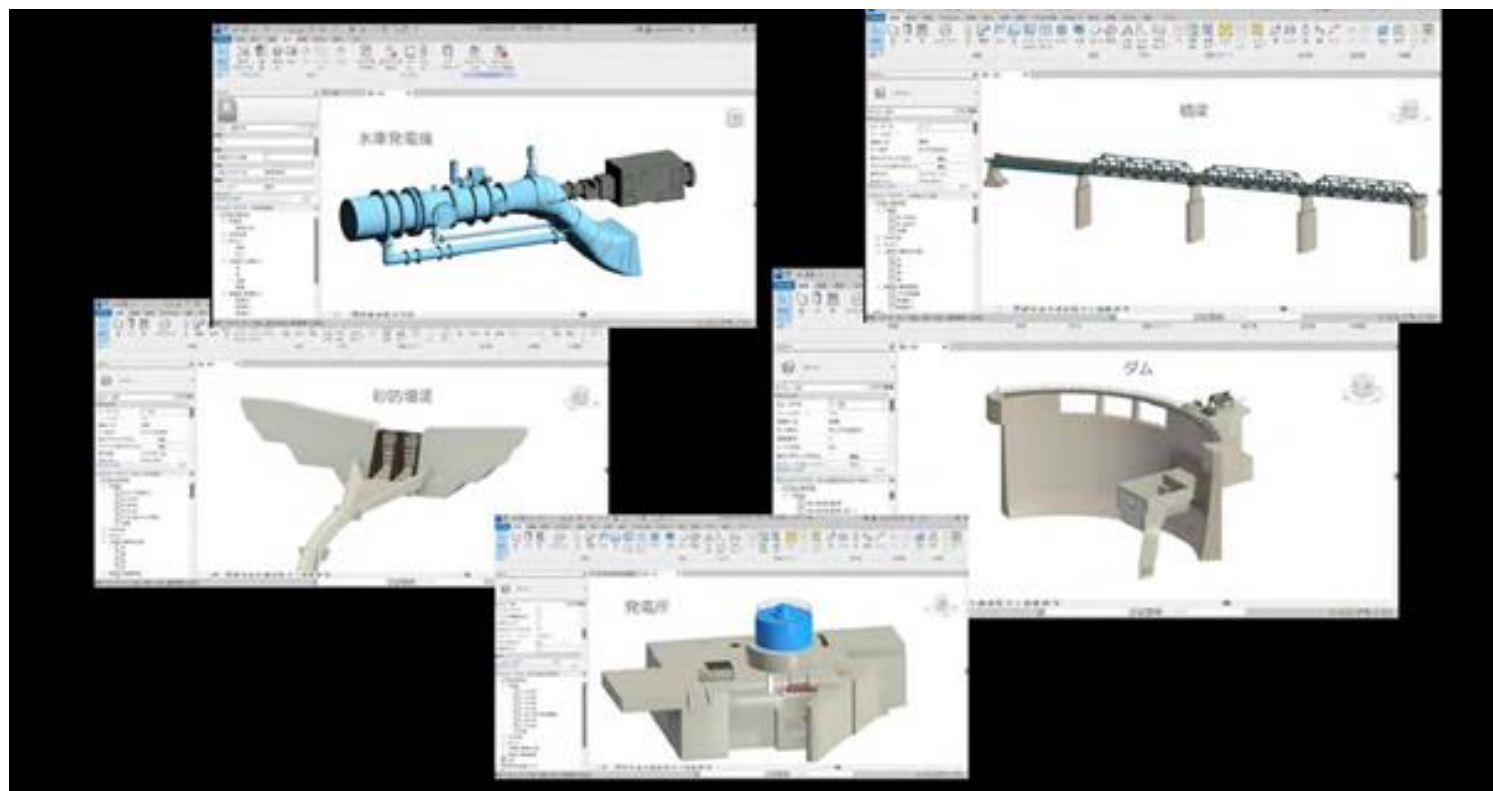


5. おわりに

現時点での見学者は社内外を含めると約300名に達し、**自社社員の約75%が現場を訪れている**。運転開始まで1年を切っているが、引き続き、多くの方に建設現場を訪れて頂きたいと思っている。また、**完成後も、当社社員の貴重な水力発電所保守に関する教育の場として利用するとともに、社外の方々にも随時見学会を開催し、当社の技術力を結集した広告塔として活用していきたい**。



さらに、別又谷発電所新設工事のフィールドで培った BIM/CIMの技術は、実業務において、ダム、砂防堰堤、橋梁等にも応用し、発注者様との打合せの際の見える化に役立てている。今後も様々な構造物の3Dモデルに挑戦し、BIM/CIM技術の向上を図っていきたい。



**Thank you very much
for your kind attention !**

