

## 最近の工事 — 水力発電所の建設 —

🔗 立軸水車発電機の据え付け，越冬養生，安全管理

\* 今岡宣普 Nobuhiro Imaoka

### 概要

水力発電は，地球温暖化防止に貢献するクリーンなエネルギーとして世界各所で運用されている。当社も長年培った回転機や水力発電に関するノウハウを基に，国内外に数多くの水車発電機を納入し，現在も稼働を続けている。

今回，野川第二発電所に納入した立軸フランシス水車発電機は，その構造上発電所構造体の土木工事と調整しながら下部から順番に据え付けていく必要がある。また，水力発電所としては，送受電設備や遠方監視設備など様々な付帯設備の工事も行われるため，その工期も長期間に及ぶ。この大工事を無事故で完成引き渡しをするためには，プラントとしての質の高い安全・品質管理が求められる。



野川第二発電所全景

### 1. ま え が き

最上川水系置賜野川<sup>おきたまのがわ</sup>に位置する野川第二発電所は，ダム<sup>おきたまダム</sup>の落差とダム下流の河川の勾配を利用して発電を行うダム水路式発電所である。発電能力は最大出力8900kW，年間約3980万kWhの発電を行う。わが国は豊富な水資源に恵まれ，貴重な純国産エネルギーという面から次世代に継承できる発電所である。

当社は，110余年の歴史の中で，電気・機械工事を始め土木や環境技術を駆使して数多くの水力発電の施工実績を蓄積してきた。本稿では，山形県野川第二発電所電気機械設備製作据付工事の事例について紹介する。

### 2. 工 事 概 要

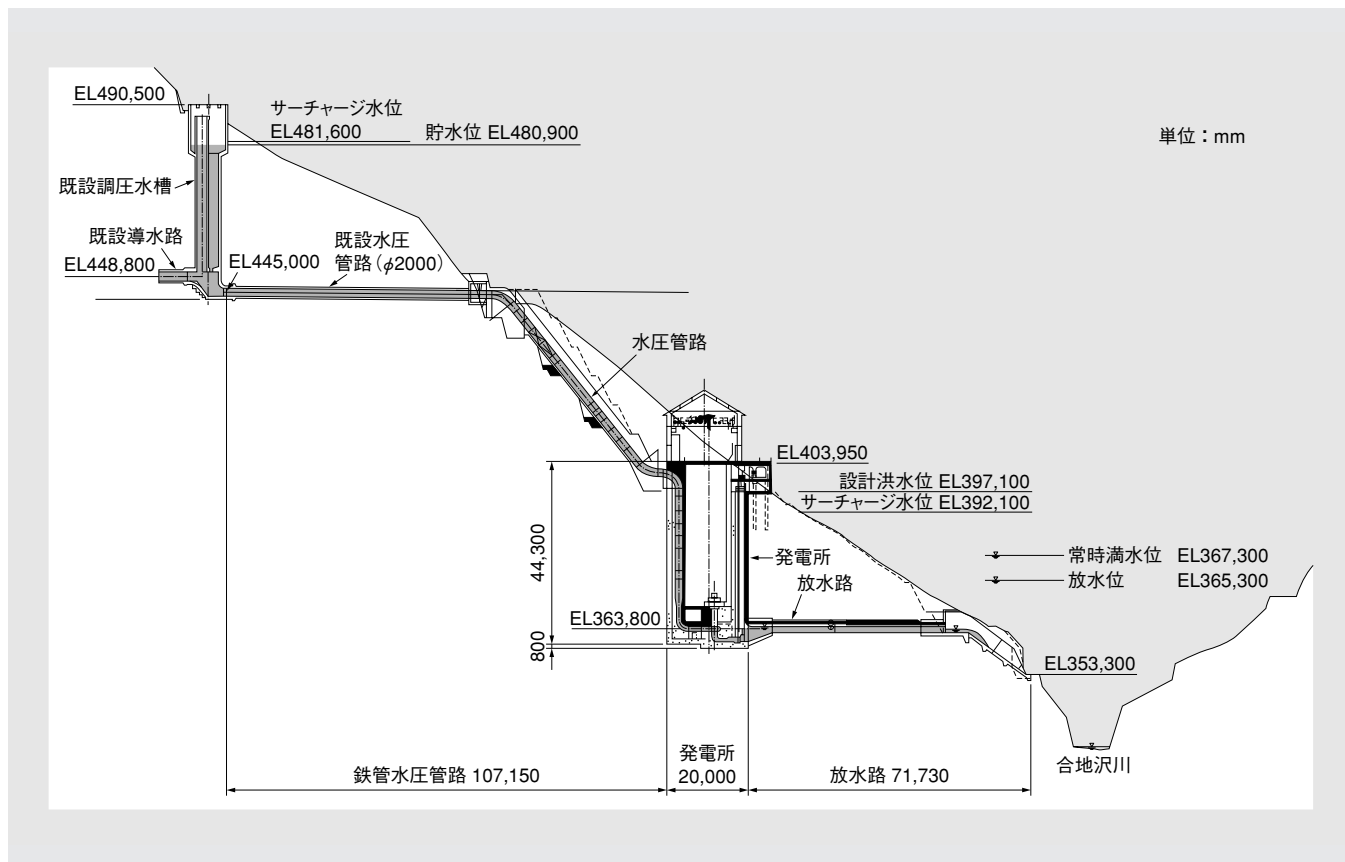
野川第二発電所は，最上川水系置賜野川に建設さ  
\*プラント建設部

れている。置賜野川は朝日山地南東斜面に降った雨水と融雪を集め，長井盆地を流れ，最上川に合流する流路延長22.6km，流域面積120.1kmの一級河川である。置賜野川には管野ダムと木地山ダムが建設されており，それぞれ野川第一発電所と野川第二発電所に発電用送水を行っている。1979年4月，「新野川ダム開発事業」が事業採択され，置賜野川に新たにダムを建設する計画が発足した。この新野川ダムは長井ダムと名称を変え，東北地方整備局の施工の下，2010年完成予定である。長井ダムの建設のため，旧野川第二発電所はダム湖に沈むことになり，同規模の発電所を新たに建設することとなった。第1図に野川第二発電所の断面図を示す。

### 3. 工 事 内 容

#### 3.1 施設概要

本工事における施工場所は主機を納入した野川



第1図 発電所断面図  
野川第二発電所の断面図を示す。

第二発電所に加え、遠方監視制御装置を設置する新野川第一発電所、木地山ダム取水口、木地山ダム管理所、西川制御所の計5か所も含んでいる。親局は西川町にある西川制御所となり、ここで監視制御される。第1表に主要機器を、第2図に遠方監視システム構成図を示す。

#### 4. 発電所の建設

##### 4.1 工事工程

水車発電機は水車部や配管の埋設を土木工事と並行して施工するため、他業者と綿密に調整を行う必要がある。第3図に本工事の全体工程を示す。

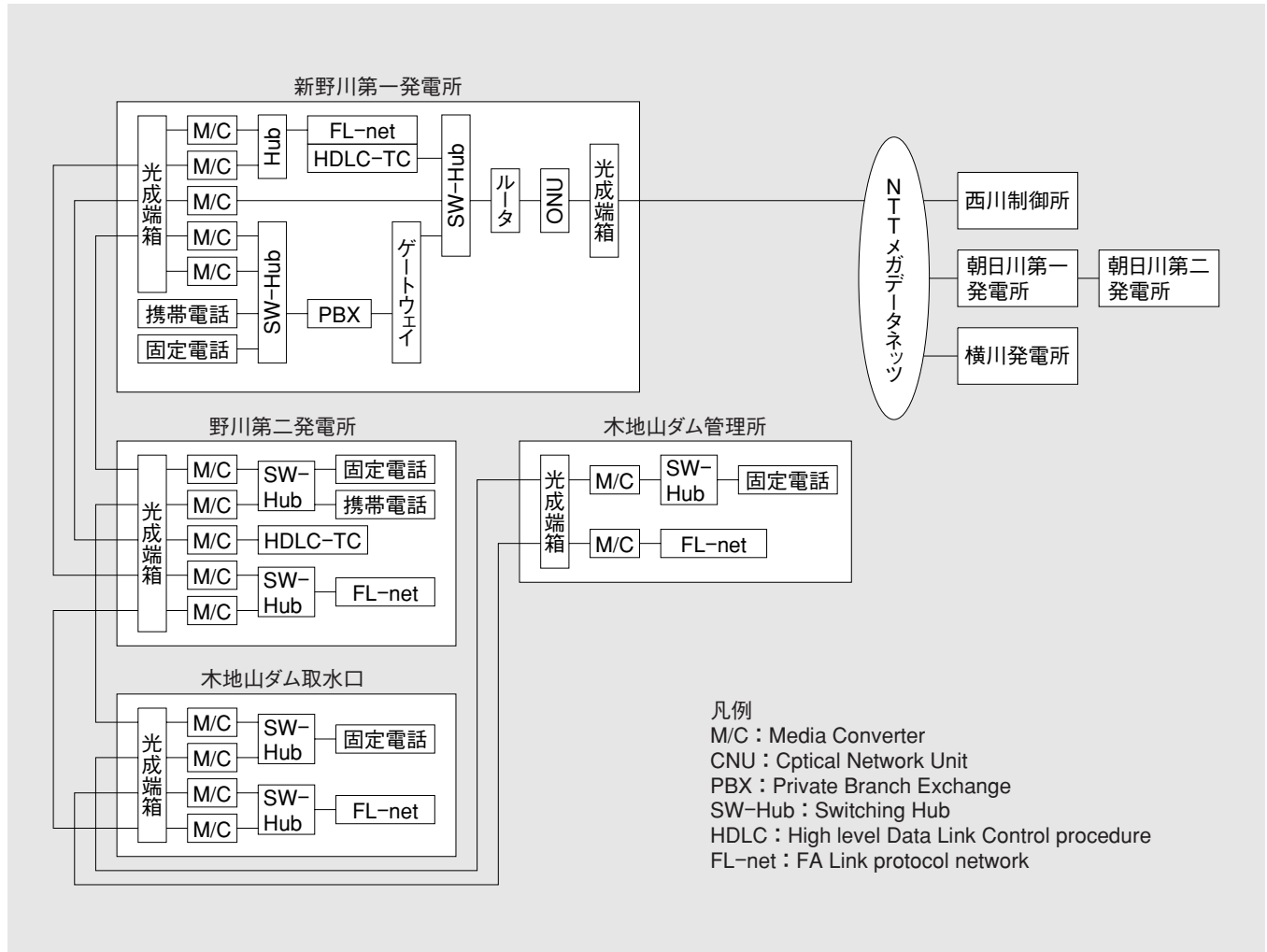
野川第二発電所は既設の場所よりも高い位置に建設するため、同規模の水車発電機を設置するには、有効落差が不足してしまう。そのため、2006年から1年かけて直径20m・深さ44mもの立杭を掘削し、有効落差を確保する工事が行われた。当社は、2006年に発電所のメッシュアース工事から施工を開始した。発電所周辺は岩盤であり通常施工では所定の接地抵抗値は確保できないため、接地低減剤を使用した。本工事において、使用した接

第1表 主要機器

本工事における主要機器一覧を示す。

納入機器	数量
立軸フランシス水車 (9270 kW)	1台
水車用補機類	1式
立軸三相同期発電機 (9400kVA)	1台
三相油入自冷式変圧器 (9400kVA)	1台
ガス絶縁開閉装置 (66kV)	1台
高圧キュービクル	5面
配電盤	13面
直流電源装置	1式
遠方監視制御装置	1式
メッシュアース	1式
超音波流量計	1台
天井クレーン (23/5t)	1式

地低減剤は特殊な炭素粒子とセメントを主成分としているため、地中において腐食することが無い。また、粉・粒組成であるため土壌と同化し、大きな実行面積で大地に接触するため、従来の接地低減剤で得られなかった優れた接地特性を得ることができる。第4図に接地低減剤施工状況を、第5図に接地線布設図を示す。



第2図 遠方監視システム構成図

野川第二発電所は、西川制御所から遠方監視を行っている。新野川第一発電所・木地山ダム取水口・木地山ダム管理所の遠方監視制御装置も納入した。

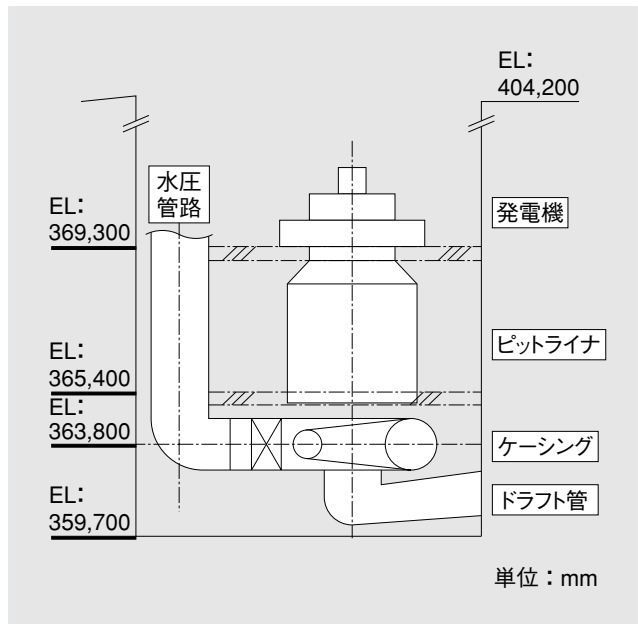
項目	年月	2006		2007					2008					2009							
		11	12	5	8	9	10	11	12	4	5	8	9	10	11	12	5	6	7	8	12
接地工事		■			■																
水車発電機工事(水車部)					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
水車発電機工事(発電機部)										■	■	■	■	■	■	■	■				
水車補機工事															■	■					
天井クレーン工事											■		■								
電気工事													■	■	■	■	■	■			
特高設備工事															■	■					
遠方監視設備工事																■	■	■			
非常用発電機工事																	■	■			
試験																		■	■	■	■
竣工引き渡し																					■ 8/8

第3図 全体工程表

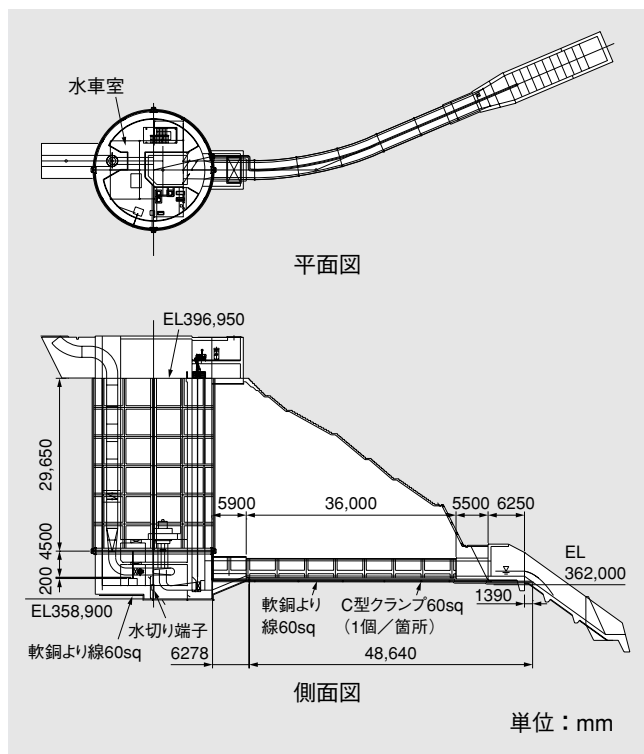
2006年11月から着工し、2009年8月竣工した。



**第4図 接地低減剤施工状況**  
メッシュアースの上に接地低減剤を散布している。



**第6図 水車発電機断面図**  
水車発電機のドラフト管・ケーシング・ピットライナ部の周囲はコンクリート打設を行う。そのため、据え付けとコンクリート打設を下部から交互に行うことになる。



**第5図 接地線布設図**  
発電所下部から放水口までメッシュアースを布設した。

2007年にはドラフト管、ケーシング及びピットライナの設置工事をコンクリート打設工事とシリーズに施工した。第6図に水車発電機断面図を、第7図にドラフト管据え付け状況を、第8図ケーシング据え付け状況を、第9図ピットライナ据え付け状況を示す。

2008年には立抗内の土木工事は終了し、発電所の建屋工事を着工した。通常、建屋の建設時には当社の施工は無いが、本工事においては天井クレーンの横行レール取り付けが屋根の無い時期に



**第7図 ドラフト管据え付け状況**  
ドラフト管の据え付け状況を示す。



**第8図 ケーシング据え付け状況**  
ドラフト管までコンクリート打設した後に施工する。



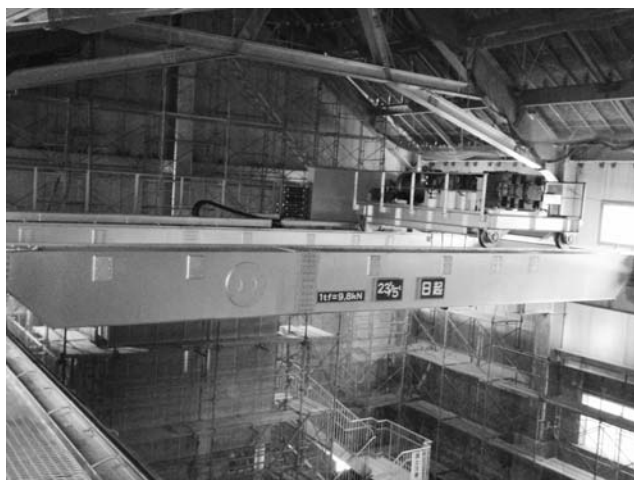
しか施工できないため、建築業者と調整し取り付けを行った。**第10図**に23t天井クレーン据え付け状況を示す。

発電所建屋の建造後、本格的に着工となるが土地がら冬季は工事が施工できないため、現場稼働

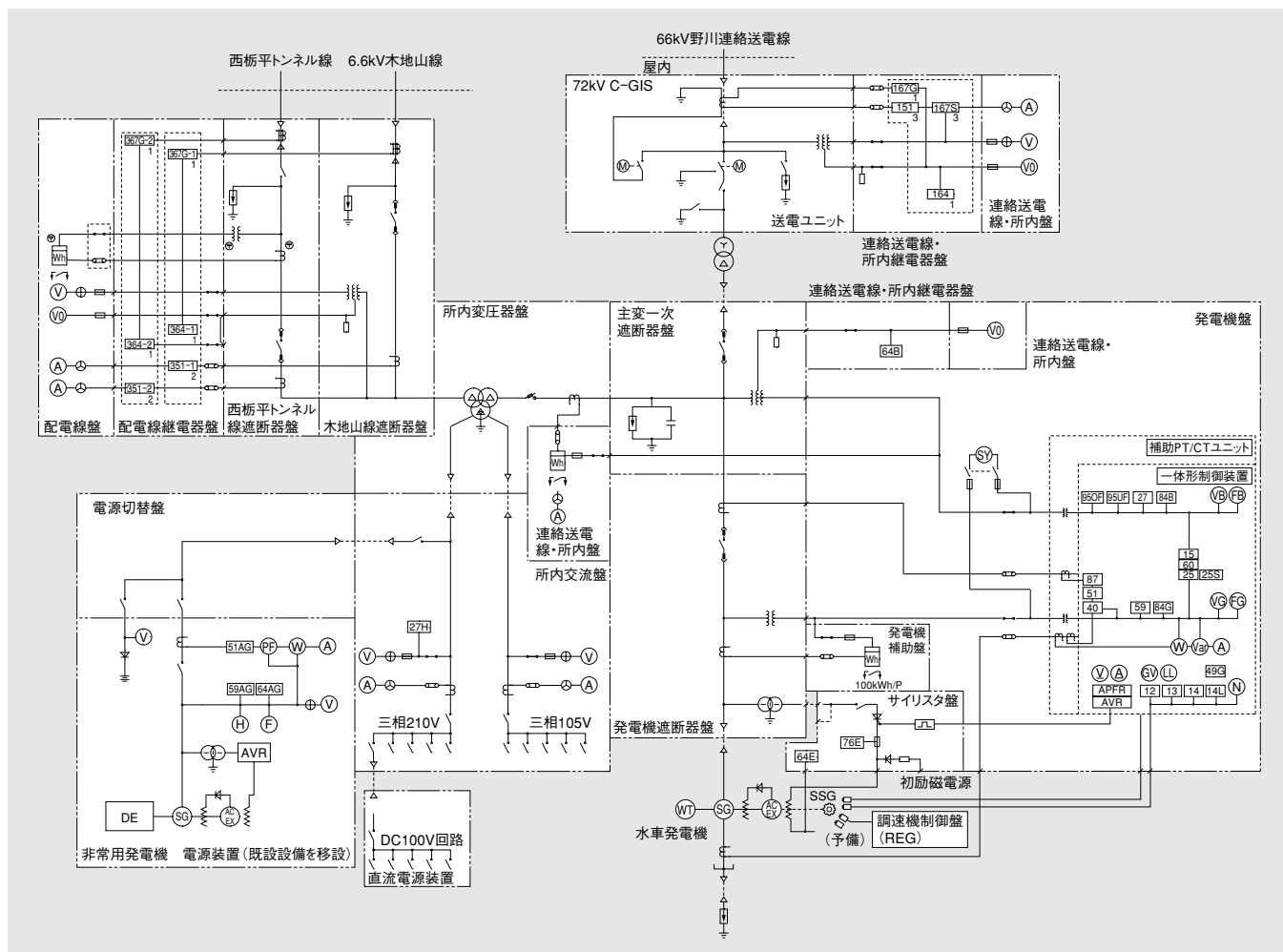
時は常に照明・空調などの建築工事と並行作業となった。この年には水車発電機工事に加え、主変圧器や水車制御盤据え付けなどの電気工事も着工した。**第11図**に単線図を示す。また、**第12図**に発電所1階機器配置図を、**第13図**に発電所2階機器配置



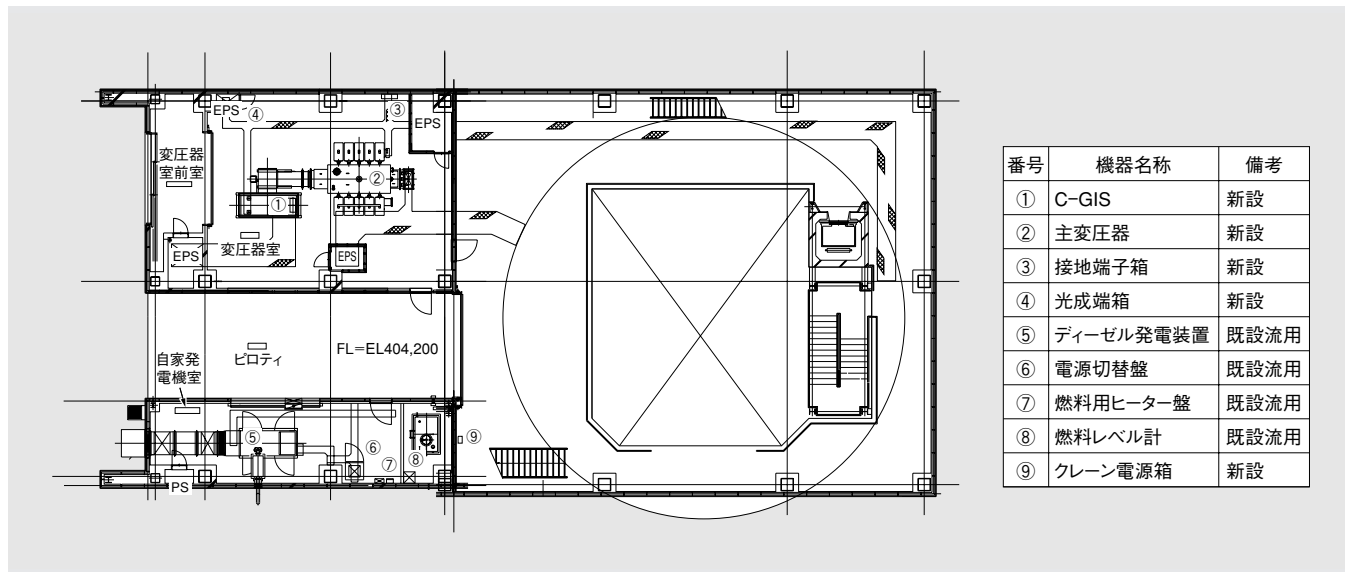
**第9図** ピットライナ据え付け状況  
ケーシングまでをコンクリート打設した後に施工する。



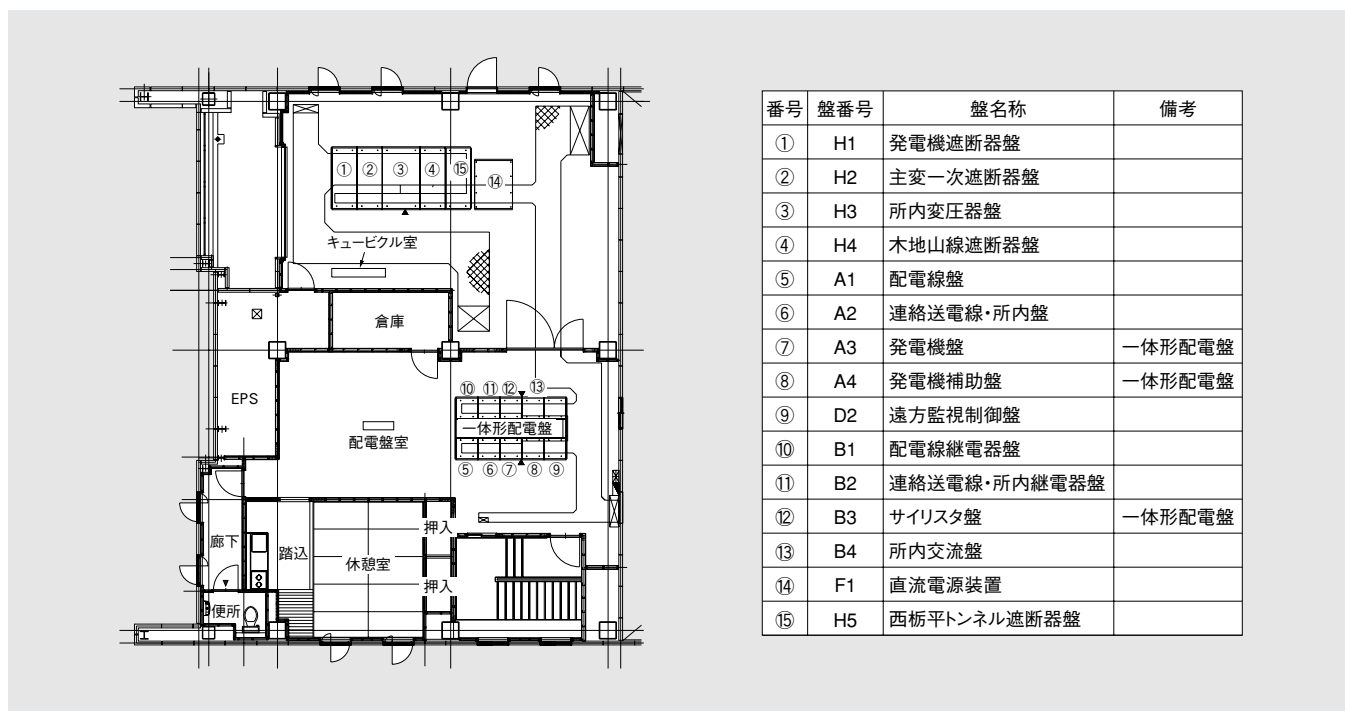
**第10図** 23t天井クレーン据え付け状況  
水車発電機の据え付け・解体のために23t天井クレーンを設置している。



**第11図** 単線図  
6.6kVで発電，66kVに昇圧して系統に送電する。



**第12図 発電所1階機器配置図**  
1階には主変圧器・C-GIS・接地端子箱・光成端箱を設置している。



**第13図 発電所2階機器配置図**  
2階には高圧盤・配電盤・直流電源装置を設置している。

図を、第14図に発電所地下階機器配置図を示す。

2009年には、配電盤設置工事・ケーブル布設結線工事・電話工事に加えて無水・有水試験を行い、8月8日をもって運転を開始した。

## 4.2 品質管理

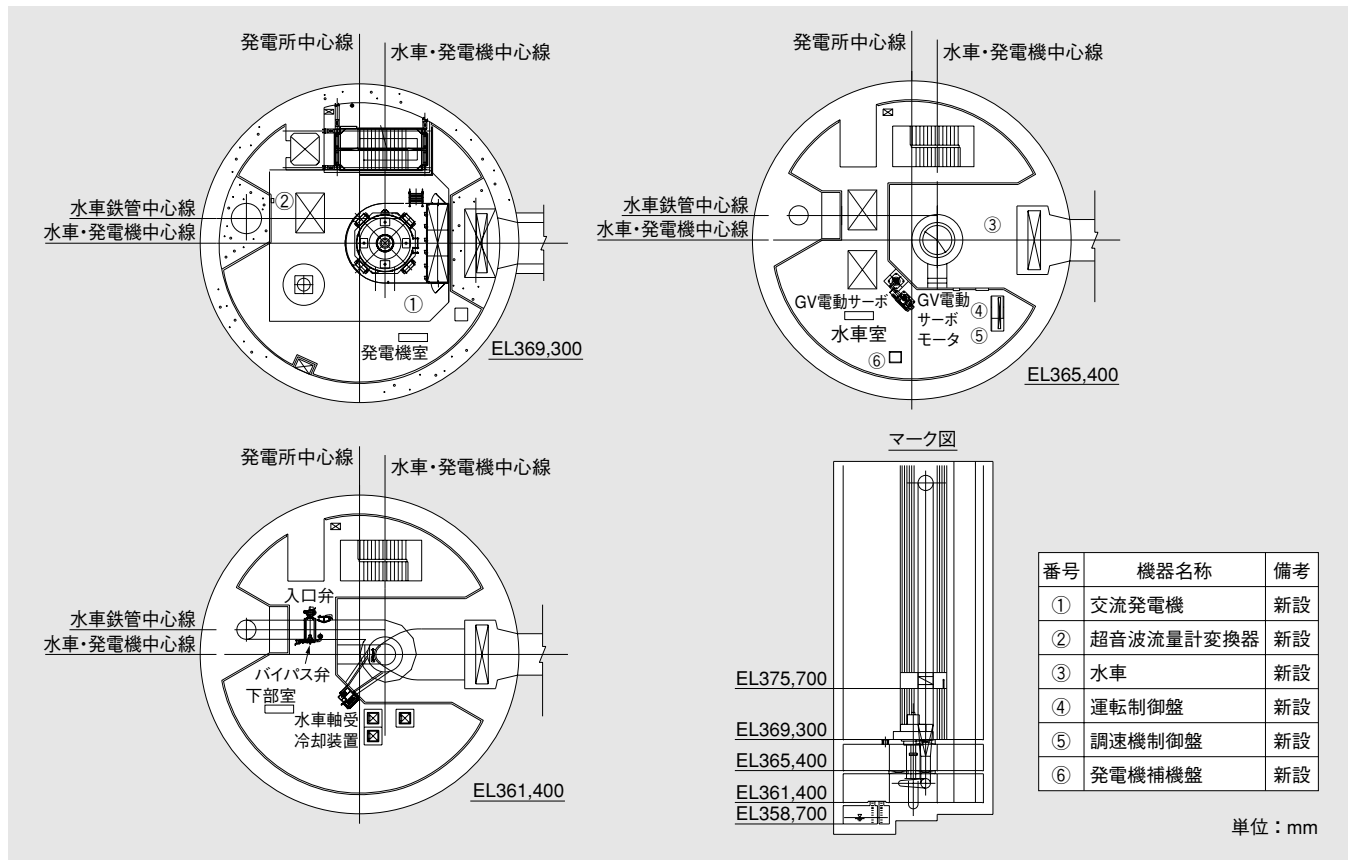
### 4.2.1 水車発電機据え付け

水車発電機は、据え付けに1/100mm単位の精度を求められる。そのため、施工は熟練した技術及び経験を持った技術者が行った。第15図に水車発

電機据え付けのフロー図を示す。ここでの「センタリング」とは、発電機を中心からある測定位置までの水平距離を測定し、規定値以下になるまで据え付け位置を調整する作業である。第16図にセンタリング状況を示す。

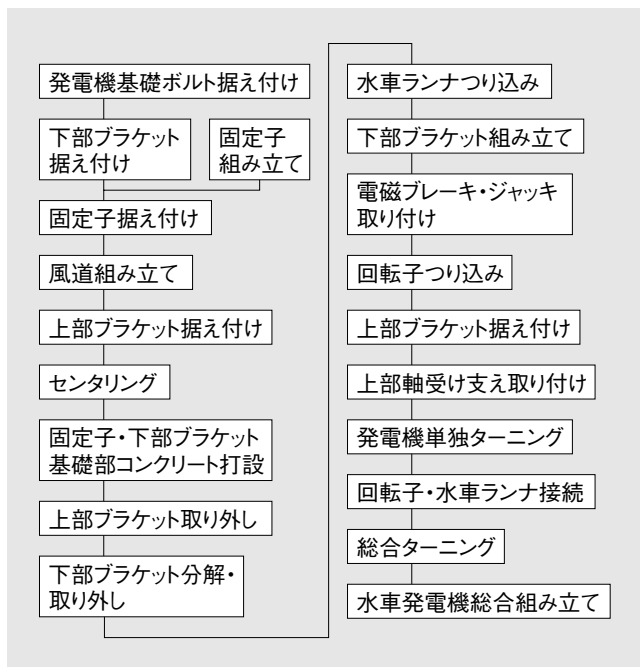
### 4.2.2 非破壊検査

水車据え付けには現地溶接作業が発生する。溶接箇所は「電協研第62巻第2号第2章検査」に基づき、非破壊検査を行うことで品質を確認した。実



第14図 発電所地下階機器配置図

地下1階には発電機・超音波流量計変換器を設置している。また、地下2階には運転制御盤・调速機制御盤・発電機補機盤を設置している。



第15図 据え付けフロー図

発電機の据え付けフローを示す。一度上部ブラケットまで組み立て、分解後水車軸と回転子のつり込みを行う。

施した非破壊検査は以下の通りである。

- (1) PT (Penetrate Testing：浸透探傷検査) 材料表面に浸透液を塗布し、毛細管現象により表面に



第16図 センタリング状況

インサイドマイクロメータを用いて、中心のピアノ線と測定位置の距離を測っている。

吸い出し、現れた指示模様を観察して傷を調べる方法。本工事では、排水管、空気配管、及び油配管などの溶接確認に使用した。第17図にPT検査状況を示す。

- (2) MT (Magnetic Particle Testing：磁粉探傷検査) 検査箇所を微細な鉄粉を付着させ、強力な磁石により磁場を発生させることで磁粉模様を観





第17図 PT検査状況

PT検査用の浸透液を塗布している。



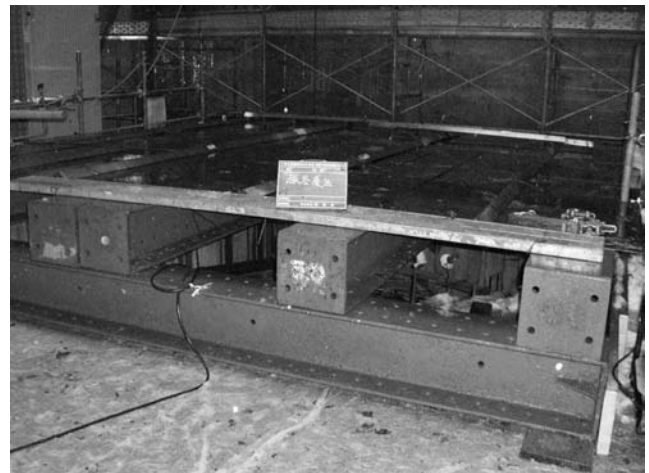
第19図 UT検査状況

超音波発生機を入口弁上流側の鉄管内に設置して検査を行う。



第18図 MT検査状況

ケーシングと入口直管の溶接部を検査している。



第20図 越冬養生状況

ピットライナの上部にH鋼と鋼板で仮設の屋根を作成した。

察して傷を調べる方法。本工事ではケーシング及び入口直管と入口弁との溶接確認に使用した。

第18図にMT検査状況を示す。

(3) UT (Ultrasonic Testing：超音波探傷検査)  
検査箇所超音波を当てることで、異物や空けきで反射する超音波を測定して傷を調べる方法。本工事では入口弁と水圧鉄管との接続部の溶接確認に使用した。第19図にUT検査状況を示す。

#### 4.3 越冬養生

本施工場所は豪雪地帯のため、冬季には現場までの道が積雪で通行止めとなり休工を余儀なくされる。休工期間中は発電所に行くことが困難となるため、以下のような対策をとり品質を確保した。

万が一雪崩が発生した場合においても製品が損傷することが無いよう、2007年12月にピットライナ上部にH鋼と鉄板を設置した。第20図に越冬養生

状況を示す。

#### 4.4 祭事紹介

本工事では施工の節目で式典を開催した。水車ランナつり込み・回転子つり込み・発電機初回転時に式典を開催し、山形県企業管理者をはじめ、多くの方々に参加していただいた。第21図に祭事状況を示す。

### 5. 安全管理

野川第二発電所の立抗は、1階から地下1階まで約30mの深さがある。そのため、発電機の排気風道やケーブルダクトの取り付けに足場を設置して作業を行った。ここで30mの足場をただ設置するだけでは横方向の力に弱いため補強が必要となる。足場転倒防止のために補強用鋼材を取り付けると作業人工が膨大になってしまうため、立抗側面口

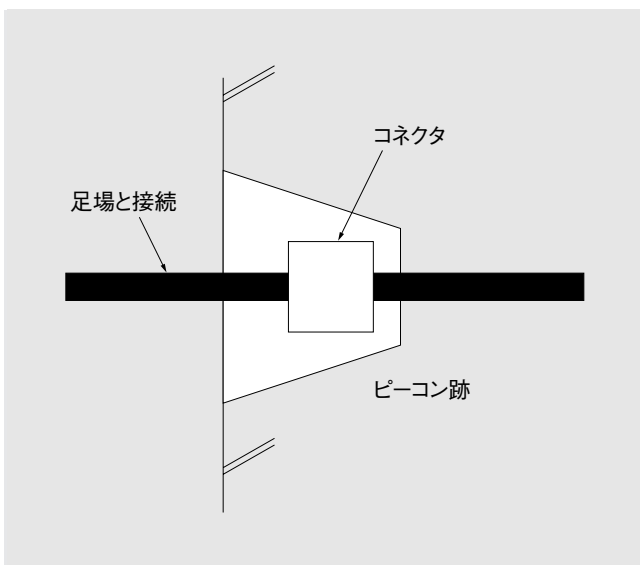




**第21図 祭事状況**  
初回転式状況を示す。



**第23図 緊急時対応訓練状況**  
発電機潤滑油がこぼれたことを想定した訓練を行った。



**第22図 足場振れ止め図**  
型枠用のピーコン跡にコネクタを取り付けることで、足場の振れ止めを行った。

ンクリート打設時のピーコン跡を利用して足場の振れ止めを行った。また、落下災害を防止するために安全ネットの取り付けを行った。**第22図**に足場振れ止め図を示す。

本工事は山間部立坑内の発電所建設という特殊な状況下のため、通常の工事とは違った危険がある。そのため、立抗で地震が発生した場合の避難、発電機の潤滑油が漏れた場合の対策、現場から帰宅中の交通事故による連絡などの緊急時対応訓練を当社マニュアルに従い実施した。これにより、

作業従事者の安全意識高揚に努めた。**第23図**に緊急時対応訓練状況を示す。

## 6. む す び

近年、立軸機の機器納入としては幾つか実績があるが、建設工事としては12年ぶりであった。既存事業の強化をするため、今回の実績・経験を生かして人材育成をしていき、今後は大形発電機だけでなく小水力を含めた水車発電機にも力を入れていく所存である。末尾ながら本稿で紹介した事例において、計画から竣工までご指導・ご鞭撻をいただいた山形県企業局の関係各位に深く感謝の意を表す次第である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

### 《執筆者紹介》



今岡宣普 Nobuhiro Imaoka  
水力発電所のプラント建設業務に従事