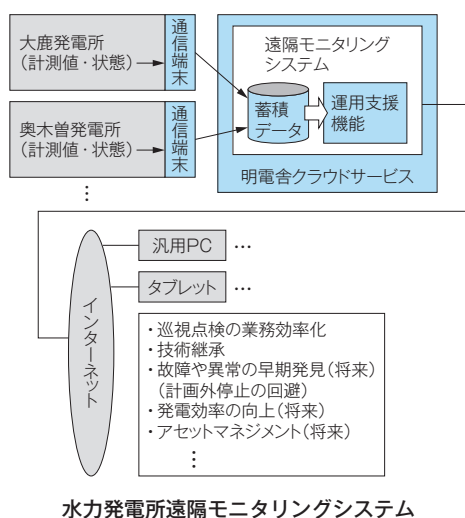


長野県企業局納入水力発電所遠隔モニタリングシステム

栗原世治 Toshiharu Kurihara
宗橋 豊 Yutaka Munehashi
小石川洋平 Yohei Koishikawa
星野祐仁 Yuji Hoshino

キーワード 水力発電, ICT, IoT, クラウド, 巡視点検支援, 画像計測装置

概要



長野県企業局の水力発電所保安高度化を目指した「水力発電所遠隔モニタリング実証事業」に、当社の提案が採用され、2021年2月に実証システムを納入した。採用された水力発電所遠隔モニタリングシステムの特長は、以下のとおりである。

- (1) クラウド型のシステムとして構成し、どこからでも蓄積データへのアクセスが可能
- (2) 巡視対象全計測値をデジタル化し、時系列データとして提供が可能
- (3) 異常の早期発見を目的に、温度・振動などを追加センサでデジタル化取得
- (4) タブレットの利用によって、巡視点検作業を効率化
- (5) メータ画像計測装置を適用することで、発電設備を改造することなくメータ情報をデジタル化取得

1 まえがき

日本国内における水力発電の歴史は古く100年以上前に遡り、国内各所に数多くの水力発電所が建設されてきた。昨今では、発電の過程でCO₂を排出しない純国産の再生可能エネルギーの一つとして、カーボンニュートラル社会の実現に向けた主要電源として注目されている。

一方、機器の老朽化によるメンテナンスの重要性や建設地点が山間部に集中することによる遠隔モニタリングの必要性及び運転技術員の高齢化に伴う技術継承の課題などから、情報通信技術（ICT）やモノのインターネット（IoT）を活用した水力発電所の保安の高度化・スマート化が求められてきている。

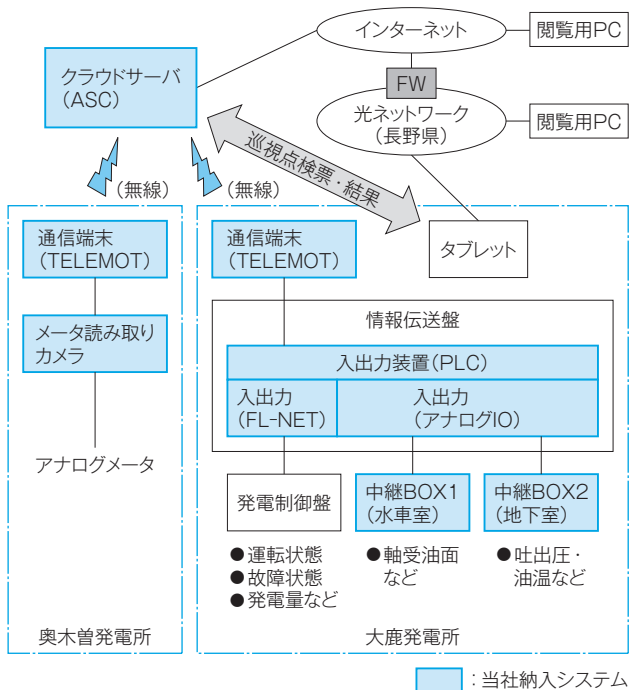
長野県企業局では、2050年ゼロカーボンに向けた取り組みを推進し、水力発電事業の更なる拡大を

行っているが、少子高齢化に伴う将来的な人材確保及び技術継承が大きな課題となっている。このため、経済産業省の補助事業を活用したスマート保安に関する「水力発電所遠隔モニタリング実証」を実施することとなった。

上記事業に対して、古くから水力発電設備を製造・納入してきた経験と、ICTを用いた保安高度化ソリューションとを組み合わせせた当社の「水力発電所遠隔モニタリングシステム」が採用され、2021年3月から実証運用が開始された。本稿では、当社が提案した水力発電所遠隔モニタリングシステムを紹介する。

2 システム構成

第1図に全体システム構成を示す。システムのクラウドサービスには、当社が水道事業者向けにサー

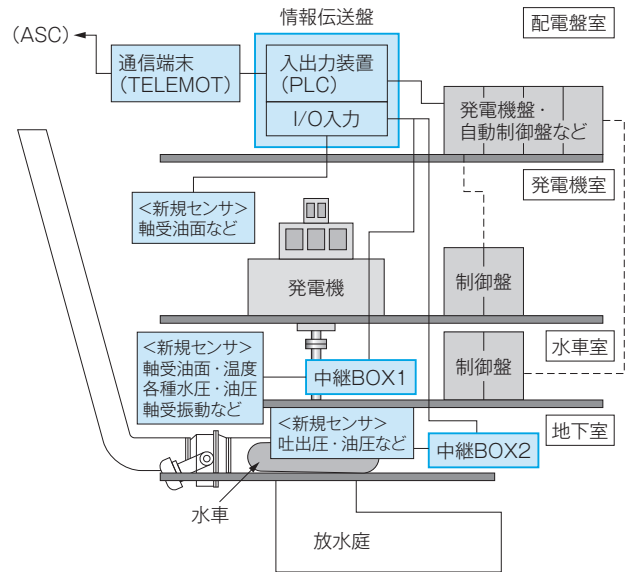


第1図 全体システム構成

遠隔モニタリングシステムの全体システム構成を示す。太枠が当社納入装置である。

アクアスマートクラウド
 ビスを展開している当社 AQUA SMART CLOUD (ASC) を適用した。発電所で保全活動に必要なデータをデジタル化し、ASC用の通信端末である TELEMOT を介して ASC にデータを伝送する。取得データの計測周期は1分とし、これら1分周期の計測データを ASC で蓄積保存する。計測データの閲覧は、汎用 PC の Web ブラウザ又は ASC 専用アプリを用い、インターネット経由で ASC へ接続して行う。計測データの表示は、ASC で提供される機能を用い、計測値のトレンド表示からタブレット端末を用いた巡視支援までを実現した。

本実証事業の目的は、将来の保安高度化に必要な計測データを明確にすることだけではなく、データ取得のための発電所改造作業量を低減することも含まれる。特に、発電機制御に不要なメータ値は制御装置に取り込まれていないことが多く、メータ値取得のための装置改造やセンサ追加が必要となり、装置停止を含めた大掛かりな作業になることが想定される。このため、当初1か所であった実証の対象発電所を、保安高度化に必要な全計測データ収集を行う発電所（大鹿発電所）と、カメラ画像からメータ



第2図 大鹿発電所装置構成

大鹿発電所の装置構成を示す。情報伝送盤で既設発電装置の計測データと新規センサの計測データを集約（入出力装置）し、通信端末でクラウドへ伝送する。

値を読み取る画像計測装置の評価実証を行う発電所（奥木曾発電所）の2か所とすることを提案した。

2.1 大鹿発電所構成

第2図に大鹿発電所の装置構成を、第1表に取得する計測値の一覧を示す。大鹿発電所は、最大出力10,000kWの立軸単輪4射ベルト式の水力発電所である。発電所内は上から下に4階層に分かれており、発電設備は各階層に分散して設置されている。

そこで、発電制御盤で既に計測・デジタル化されている計測値は、発電制御盤からIP (Internet Protocol) 通信で取得する。一方、発電制御盤に取り込まれていない計測値及び振動などの将来保守高度化に必要と思われるデータ（ の項目）は、メータの改造及び追加センサの設置を行った。これらの取得される計測値データを集約するため、情報伝送盤にPLC (Programmable Logic Controller) を設置し、発電所の全取得計測値を集約した上で、TELEMOTでASCへデータを伝送した。

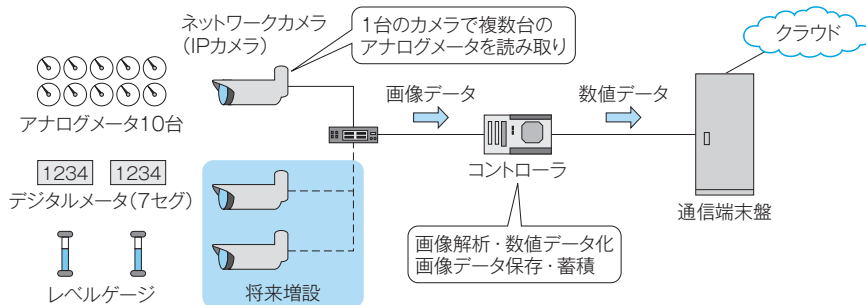
2.2 奥木曾発電所構成

第3図に画像によるメータ値読み取りシステム構成を示す。メータをカメラで撮影し、撮影画像か

第1表 大鹿発電所の取得計測値一覧

大鹿発電所で取得対象とした計測値の一覧を示す。□の項目は、既設発電設備で取り込まれていないため、新規にセンサを追加計測した。

No.	項目	No.	項目	No.	項目	No.	項目
1	外気温	24	直配電流	47	水車室室温	70	給水ポンプ2号吐出圧
2	配電盤室室温	25	発電機固定子巻線R	48	上部軸受入口温度	71	排水ポンプ1号吐出圧
3	発電機出力	26	発電機固定子巻線S	49	下部軸受出口温度	72	排水ポンプ2号吐出圧
4	発電機電圧	27	発電機固定子巻線T	50	上部軸受出口温度	73	1号ニードルサーボ開度
5	発電機電流R	28	上部軸受 温度	51	水車軸受出口温度	74	1号ニードルサーボ油圧
6	発電機電流S	29	スラスト軸受 温度	52	下部軸受 油面	75	2号ニードルサーボ開度
7	発電機電流T	30	下部軸受 温度	53	水車軸受 油面	76	2号ニードルサーボ油圧
8	発電機周波数	31	水車軸受 温度	54	圧油ポンプ1号電流	77	3号ニードルサーボ開度
9	力率	32	主Tr油 温度	55	圧油ポンプ2号電流	78	3号ニードルサーボ油圧
10	回転数	33	発電機室 室温	56	圧油ポンプ3号電流	79	4号ニードルサーボ開度
11	6.6kV母線周波数	34	AC200V電圧 RS	57	排水ポンプ1号負荷電流	80	4号ニードルサーボ油圧
12	6.6kV母線電圧	35	AC200V電流 R	58	排水ポンプ2号負荷電流	81	油圧装置 油圧
13	ACEX励磁電流	36	AC100V電圧 RS	59	給水ポンプ1号負荷電流	82	油圧装置 集油槽油温
14	ニードルサーボ開度	37	AC100V電流 R	60	給水ポンプ2号負荷電流	83	油圧装置 集油槽油面
15	デフレクタ開度	38	DC100V電圧	61	ガバナ油圧	84	変圧器 コンサベータ油面
16	水槽水位	39	DC100V電流	62	鉄管水圧	85	排水ビット水位
17	放水路水位	40	スラスト軸受油面	63	ケーシング水圧	86	上部軸受入口流量
18	22kV電圧	41	変圧器温度	64	冷却水圧	87	下部軸受入口流量
19	22kV電流	42	整流器電圧	65	風道温度	88	水車軸受出口流量
20	水槽線電流 R	43	蓄電池電圧	66	アキュムレータ油圧	89	上部軸受振動
21	所内・水槽線電力	44	負荷電圧	67	Pポート油圧	90	下部軸受振動
22	6.6kV母線電圧	45	整流器電流	68	地下室室温	91	水車軸受振動
23	6.6kV母線Vo	46	蓄電池電流	69	給水ポンプ1号吐出圧	92	軸電圧



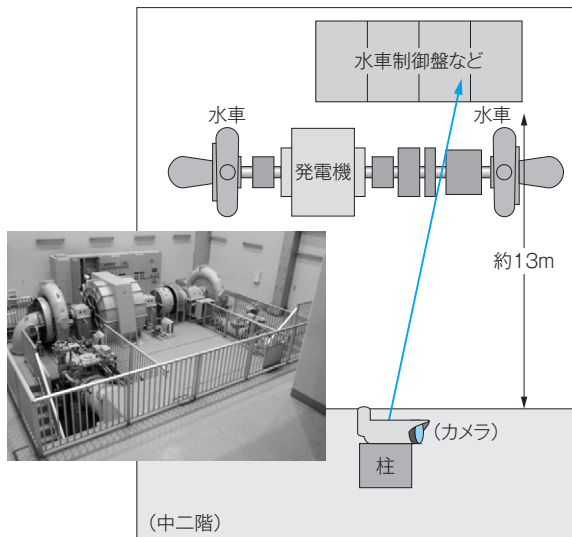
第3図 画像によるメータ値読み取りシステム構成

カメラで撮影した画像からメータ値を読み取るシステム構成例を示す。既設の発電装置を改造することなく、メータ値をデジタル取得できる。

らメータ値を自動認識する画像計測装置を用いることで、発電設備を改造することなくメータ値をデジタル化できる。しかし、水力発電所環境下における画像計測装置の実施事例がなく、画像計測を適用した場合の取得品質及び精度の評価がされていない。

そこで、奥木曾発電所に画像計測装置を試験導入し、実証試験の中で評価することを提案した。

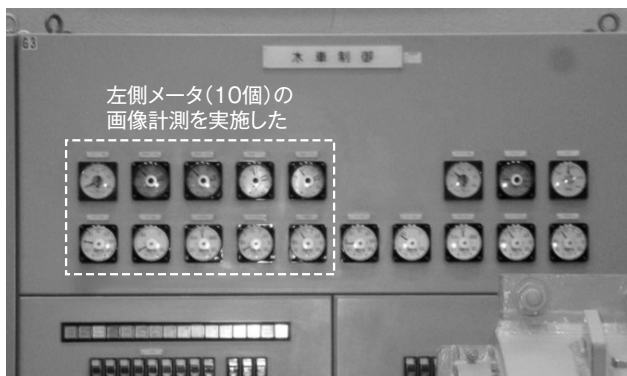
第4図に画像計測装置の構成を、第5図に画像計測対象のメータを示す。計測対象のメータは、水車制御盤右側にある8個のメータを対象とし、天井が吹き抜けであったため、水車制御盤の反対側にある柱に設置したカメラ画像から計測した。カメラと計測対象メータは約13m離れていたが、納入時の三日間連続取得確認試験では、認識を失敗することなく



※天井は吹き抜けのため、カメラ設置不能

第4図 画像計測装置構成

奥木曾発電所の対象メータとカメラ配置を示す。対象メータがある制御盤は、吹き抜けフロアに設置されており、約13m離れた柱にカメラを設置した。



第5図 画像計測対象メータ

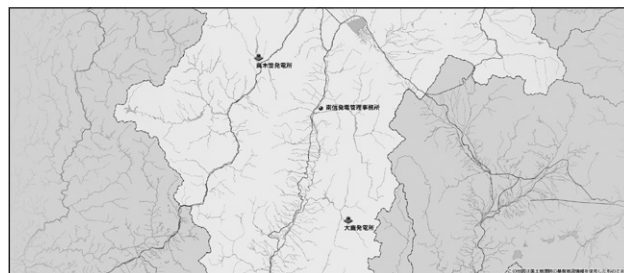
計測対象とした盤と対象メータを示す。1カメラでメータ10個の画像による計測値取得（1分周期）を行った。

目視値と同等精度で計測値が取得できることを確認した。

3 保安支援機能

3.1 計測値データ閲覧機能

蓄積した計測値は、ASCの広域監視サービスを用い、Webブラウザ又はASC専用アプリで計測値データを閲覧する。第6図に発電所選択画面を、第7図に計測値の表示画面を示す。現在計測値を



出典：国土地理院「基盤地図情報」

第6図 発電所選択画面

発電所選択画面を示す。地図上の発電所を選択することで、計測値表示画面（第7図）に画面遷移する。

項目	数値	単位	項目	数値	単位	項目	数値	単位
外気温	22.0	℃	水車制御盤	53.5	℃	上層機室入口温度	22.0	℃
コンパニメント	6.0	℃	発電機	53.5	℃	上層機室入口湿度	65.0	％RH
室温	29.0	℃	水車	100.0	℃	下層機室入口温度	23.0	℃
湿度	72.0	％RH	発電機	100.0	℃	下層機室入口湿度	70.0	％RH
電圧	450	V	水車	100.0	℃	水車制御盤温度	23.0	℃
電流	100	A	水車	100.0	℃	水車制御盤湿度	70.0	％RH
電力	100	kW	水車	100.0	℃	水車制御盤温度	23.0	℃
電圧	100	V	水車	100.0	℃	水車制御盤湿度	70.0	％RH
電流	100	A	水車	100.0	℃	水車制御盤温度	23.0	℃
電力	100	kW	水車	100.0	℃	水車制御盤湿度	70.0	％RH
電圧	100	V	水車	100.0	℃	水車制御盤温度	23.0	℃
電流	100	A	水車	100.0	℃	水車制御盤湿度	70.0	％RH
電力	100	kW	水車	100.0	℃	水車制御盤温度	23.0	℃
電圧	100	V	水車	100.0	℃	水車制御盤湿度	70.0	％RH
電流	100	A	水車	100.0	℃	水車制御盤温度	23.0	℃
電力	100	kW	水車	100.0	℃	水車制御盤湿度	70.0	％RH
電圧	100	V	水車	100.0	℃	水車制御盤温度	23.0	℃
電流	100	A	水車	100.0	℃	水車制御盤湿度	70.0	％RH
電力	100	kW	水車	100.0	℃	水車制御盤温度	23.0	℃
電圧	100	V	水車	100.0	℃	水車制御盤湿度	70.0	％RH
電流	100	A	水車	100.0	℃	水車制御盤温度	23.0	℃
電力	100	kW	水車	100.0	℃	水車制御盤湿度	70.0	％RH

第7図 計測値表示画面

発電所の計測値表示画面を示す。当該の発電所における取得計測値が一覧で表示される。

サービスメニュー	概要
広域監視サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・状態、故障、計測値一覧(設備の稼働状況を一覧表示) ・警報通知(故障発生時に予め指定したメールアドレスに警報メールを送信) ・履歴メッセージ(状態・故障の状態を時系列で一覧表示) ・トレンドグラフ(収集した計測値をトレンドグラフ表示) ・帳票(日報、月報、年報を自動作成)

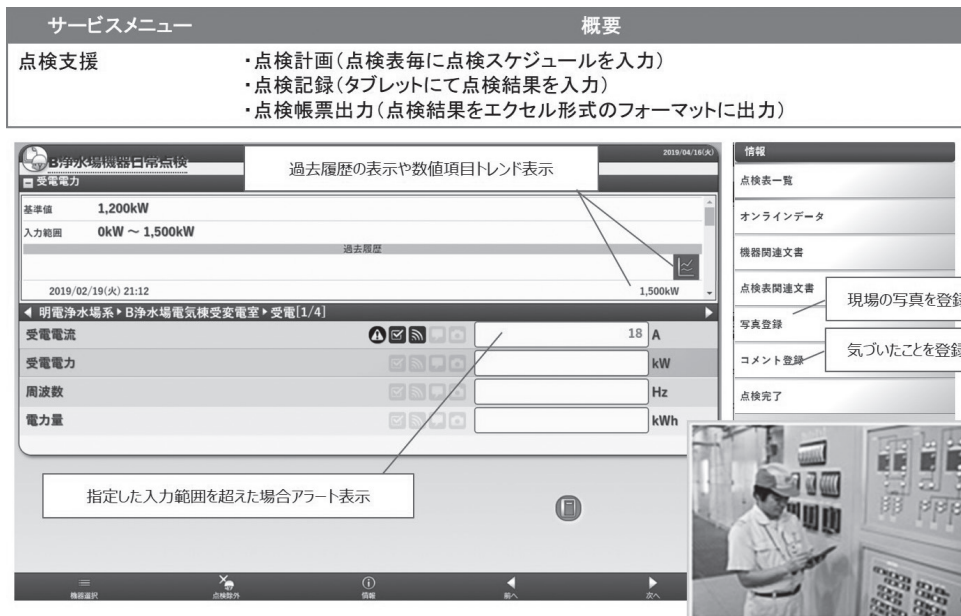
第8図 ASC・広域監視サービス機能概要

ASCの広域監視サービスにおける機能概要を示す。

1画面で確認できるよう、取得計測値を一覧表示した。第8図にASC・広域監視サービスの機能概要を示す。

3.2 巡視点検支援機能

ASCには、設備管理サービスにタブレットなどを用いた点検支援機能がある。この機能を利用し、水力発電所の巡視効率化を目的とした巡視点検支援機能を提供した。第9図に巡視点検支援機能の概要を示す。現在の巡視点検票(紙)をデータ化し、ASC・点検支援機能に登録することで、タブレットによる巡視点検ができる。入力したデータは、電子



第9図 巡視点検支援機能概要

巡視点検支援機能を示す。タブレットを用いることで、現地巡視作業を軽減するだけでなく、巡視点検結果のデジタル化と管理ができる。

データとしてASCに登録され、閲覧用PCから従来と同じ形式の巡視点検記録を出力できる。また、TELEMOTでASCに伝送される計測値は、点検入力時に自動取得ボタンを押すことで、対象計測値の現在値を自動的に読み込むことができ、巡視点検時の入力作業を省力化できる。

4 むすび

本稿で紹介した水力発電所遠隔モニタリングシステムは、2021年3月から実証運用を開始し、長野県企業局で実証検証が行われている。

今後も、実証検証結果や更なる要求を取り込み、水力発電事業の維持・向上に寄与していく所存である。

最後に、本装置の製作・納入に当たり、多大なるご指導・ご協力いただいた長野県企業局及び多くの関係者の皆様に深く感謝の意を表する次第である。

・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》

- | | |
|---|---|
|  | <p>栗原世治
Toshiharu Kurihara
電力・エネルギー事業部技術部
電力分野向け監視制御システムのエンジニアリング業務に従事</p> |
|  | <p>宗橋 豊
Yutaka Munehashi
電力・エネルギー事業部技術部
電力分野向け監視制御システムのエンジニアリング業務に従事</p> |
|  | <p>小石川洋平
Yohei Koishikawa
発電事業部技術部
水力発電システムのエンジニアリング業務に従事</p> |
|  | <p>星野祐仁
Yuji Hoshino
発電事業部技術部
水力発電システムのエンジニアリング業務に従事</p> |