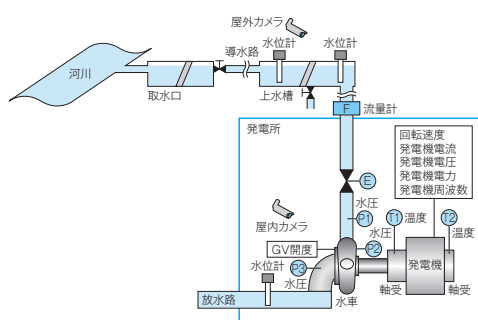


# クラウドシステムを適用した小水力発電管理システムの紹介

石黒勝麻 Shoma Ishiguro

キーワード 水力発電, ICT, クラウド, IoT, 巡視点検支援

## 概要



水力発電設備の全体構成

小水力発電の拡大と水力発電所の保守高度化・スマート化という需要に対応するため、当社クラウドシステム アクアスマートクラウド AQUA SMART CLOUD (ASC) を活用した小水力発電管理システムを構築した。

クラウドシステムの適用によって、どこからでも蓄積データへアクセスでき、発電機制御盤 PLC (Programmable Logic Controller) に取り込まれているデータ (状変・故障・計測値) を、時系列データとして提供できる。

さらに一つの発電所に限らず、複数の発電所のデータを一つの監視画面で確認できるため、発電所内や上部水槽に映像監視用カメラを設置し、現場に行くことなく発電所の状況を確認できる。

このように、時系列データを活用することで、スマート化を展開できる。

## 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CO<sub>2</sub>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多い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守高度化・スマート化が求められている。さらに経済産業省から「スマート保安アクションプラン」が昨年4月に策定され、水力発電所への保守高度化・スマート化が加速すると想定される。

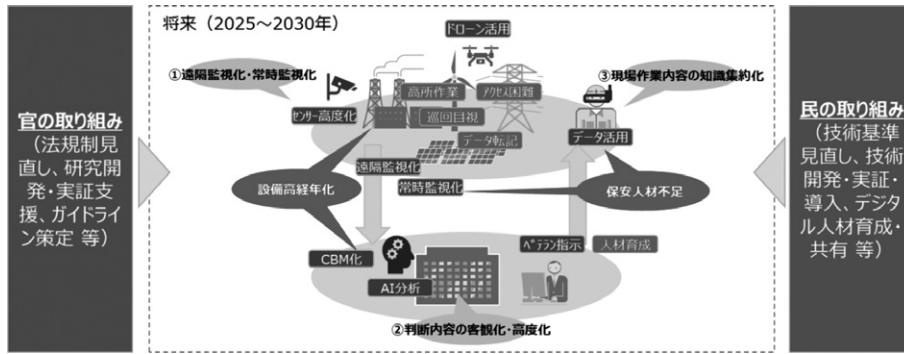
本稿では、水力発電所への保守高度化・スマート化という需要に対応するため、当社が構築した小水力発電管理システムを紹介する。

## 2 スマート保安アクションプラン

経済産業省が策定した本プランは、電気設備の保安力と生産性の向上を両立させることを将来像とし、確実な技術実装を推進することを目的としている。

**第1図**に電気保安のスマート化の将来像を示す。アクションプランでは水力発電設備の保安管理業務の将来像として、2025年を一つのターゲットイヤーに定め以下の実現を目指している。

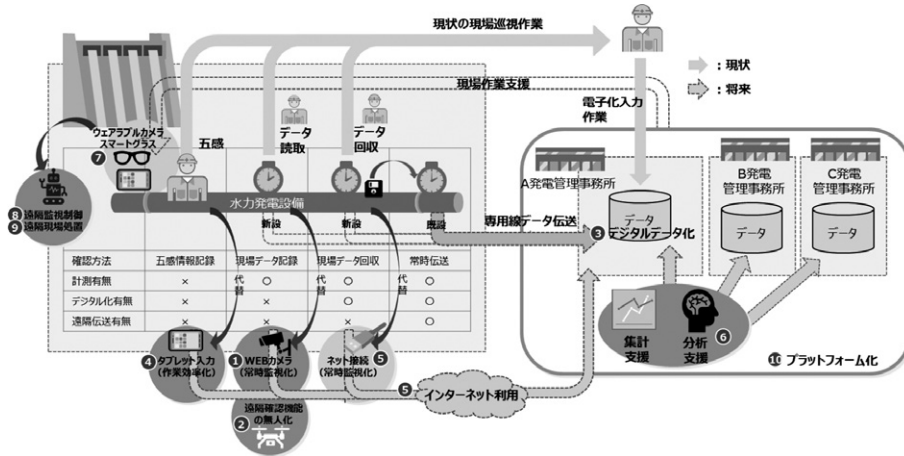
(1) 遠隔監視の更なる高度化や、点検時間などの削減によって、保安にかかるコスト合理化を目指す。また有用であるが、現在確立していない技術の開発を促進する。



出典：「電気保安分野 スマート保安アクションプラン」（経済産業省）  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/safety\\_security/smart\\_hoan/denryoku\\_anzen/pdf/20210430\\_2.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/smart_hoan/denryoku_anzen/pdf/20210430_2.pdf)

## 第1図 電気保安のスマート化の将来像

電気保安のスマート化の将来像を示す。



出典：「水力発電設備における保安管理業務のスマート化技術導入ガイドライン」（経済産業省）  
[https://www.meti.go.jp/policy/safety\\_security/industrial\\_safety/oshirase/2022/04/20220428-1.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2022/04/20220428-1.pdf)

## 第2図 水力発電設備の保安管理業務の例

スマート化前後における水力発電設備の保安管理業務の例を示す。

(2) スマート技術の活用を通じ、保安力の向上を図るとともに、異常の予兆を的確に把握することで、計画的なメンテナンスに寄与し、計画外停止の削減を目指す。

さらに水力発電は、情報通信技術（ICT）などを活用したスマート化技術の導入に対するガイドラインが2022年4月に追加発行された。第2図にスマート化前後における水力発電設備の保安管理業務の例を示す。本ガイドラインの内容は、以下を目的としたスマート化技術の導入支援について述べられ、実際に実証導入を行った事例も紹介されている。

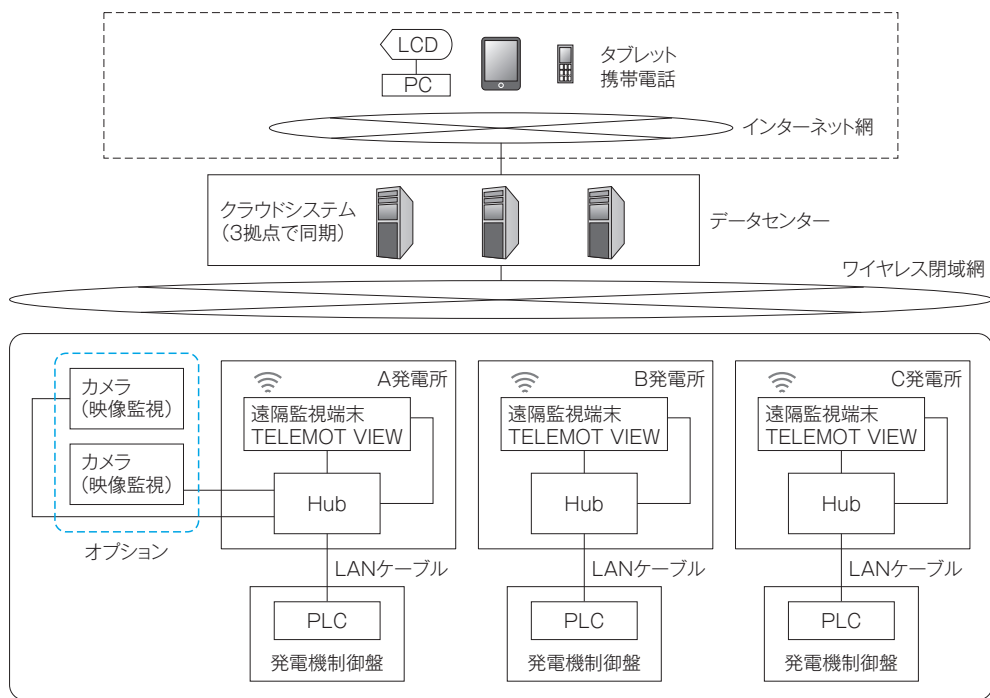
(1) 保安管理業務へのスマート保安の導入で、五感

やアナログ的に取得していた情報をデジタル化することでデータを蓄積し、人工知能（AI）などの分析技術を用いることで保安管理レベルを向上させる。

(2) デジタル化されたデータをネットワークでつなげたプラットフォームを整備することで、監視作業を“いつでも・どこでも”可能にする「遠隔監視化・常時監視化（点検頻度の合理化）」へ発展させる。

(3) 設備老朽化への対応も、AIなどによる判断内容の客観化・高度化を行う。

(4) 保安人材の減少は、デジタル化を通じて、現場作業内容の知識集約化による技術継承の取り組みにつなげる。

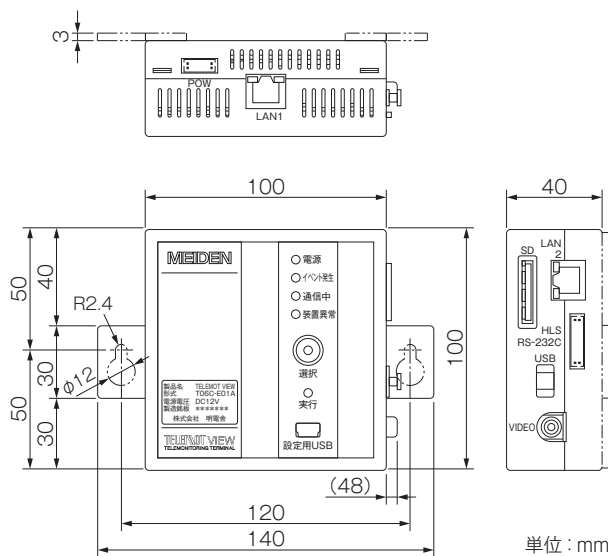


第3図 伝送システム構成

PLCとTELEMOT VIEWをLANケーブルでHubを介し接続する。TELEMOT VIEWからクラウドに伝送され、インターネット網を使用して監視する。

### 3 システム構成

経済産業省のアクションプランやガイドラインを実現するため、当社クラウドシステムアクアスマートクラウド AQUA SMART CLOUD (ASC) を活用した小水力発電管理システムを構築した。第3図に伝送システム構成を示す。本システムは、一つの発電所だけでなく、複数の発電所のデータをクラウドに集約し、一つの監視画面で確認できる。各発電所では、クラウド用の通信端末であるTELEMOT VIEWと発電機制御盤PLC (Programmable Logic Controller) をLAN (Local Area Network) ケーブルで接続する。TELEMOT VIEWとクラウドは無線で接続ができるため、発電所と制御所を通信回線で繋ぐなど大掛かりな工事を行うことなく、簡単にクラウドへデータ伝送ができる。なお、PLCで保持しているデータ(状態・故障・計測値)は全てクラウドへ伝送され、1分周期でクラウドに蓄積保存される。蓄積されたデータは汎用PC及びタブレット、スマートフォンで閲覧できる。第4図にTELEMOT VIEWの外形を示す。



第4図 TELEMOT VIEW外形

TELEMOT VIEWの外形を示す。W100×H100×D40mmとコンパクトである。

### 4 クラウド機能

#### 4.1 計測データ閲覧機能

蓄積した計測データは、クラウドの広域監視サービスを用い、Webブラウザ又はクラウド専用アプリで閲覧する。第1表に広域監視サービスにお

**第 1 表 広域監視サービスにおける画面表示機能概要**

ASCの広域監視サービスにおける画面表示機能概要を示す。

| 機能     | 内容   |
|--------|--|
| グラフィック | プラント設備の現在状態を視覚的な表現で確認<br>機器の状態や計測値をシンボルの色や数値及び図<br>形変化で表示                              |
| トレンド   | 折れ線グラフや帯グラフでトレンドデータを確認<br>直近のトレンド・過去のトレンドの参照やファイル<br>保存が可能                             |
| データ一覧  | プラント設備の現在状態を一覧で表示<br>機器の状態や計測値を状態名や数値で表示   |
| メッセージ  | プラントを構成する機器の動作・故障・異常情報<br>のほか、システム上の動作・機器の動作などの情報<br>を一覧で表示<br>過去のメッセージの参照やファイル保存が可能   |
| アラーム   | プラントを構成する機器や計測機器などの故障・<br>異常情報を一覧で表示<br>アラーム発生時は、警報音とともにアラーム速報を<br>表示                  |
| 帳票     | 日報・月報・年報の表示と印刷が可能<br>過去の帳票の参照やファイル保存が可能  |
| メンテナンス | 故障・異常通知の監視レベルやお客様情報を設定<br>可能<br>アプリケーションを最新版にするためのダウン<br>ロードが可能<br>お客様ごとに機能の使用許可の制限が可能 |
| 子局収集   | 特定の子機に対して、一定時間だけ計測・送信周期<br>を早めることが可能   |
| お気に入り  | よく使う画面をお気に入りに登録しておくことで、<br>簡単な操作で同じ画面を呼び出すことが可能  |
| 現在値取得  | 子局の収集を一度だけ行い、現在値を取得  |

る画面表示機能概要を示す。蓄積したデータは任意に設定した期間や周期でトレンドグラフとして確認できる。また、クラウドに蓄積したデータを活用し、日報・月報を自動作成することができる。なお、日報・月報は、お客様ごとの運用や発電所ごとの点検基準に合わせてられるよう任意のフォーマットで作成できる。

## 4.2 巡視点検支援機能

クラウドには、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できる。第 2 表に設備管理サービス機能概要を示す。巡視点検表（紙）をデータ化し、点検支援機能に登録することで、タブレットで巡視点検ができる。入力したデータは、電子データとしてクラウドに登録され、従来と同じ形式の巡視点検記録を出力できる。また、タブレット点検時には、ク

**第 2 表 設備管理サービス機能概要**

ASCの設備監視サービスにおける機能概要を示す。

| 機能     | 内容   |
|--------|--|
| 設備台帳   | 設備機器台帳の登録と閲覧（工種・設置場所・設置年月・製造メーカー・形式・製造番号・耐用年数・取得金額など）                                    |
| 文書管理   | 設備機器のマニュアルや図面や完成図書など電子ファイルの登録と閲覧<br>各機能（設備台帳・機歴管理・在庫管理）に関連付け登録<br>種別やキーワードなどによる検索        |
| 点検計画   | 点検表ごとに点検実施スケジュールを計画入力<br>点検結果の閲覧と修正  |
| 点検記録   | 点検表ごとに計画した順番で点検結果を入力<br>巡視点検をタブレットで行い、オフラインでも操作可能<br>点検中に写真登録やコメントを入力<br>点検不要時は点検除外入力が可能 |
| 点検作成   | お客様作成のエクセル形式と点検項目を紐付け登録  |
| 点検帳票出力 | お客様作成のエクセル形式フォーマットに点検結果を出力   |
| 機歴管理   | 機器メンテナンスや故障情報の登録と閲覧  |
| 在庫管理   | 予備品などの入出庫・棚卸し  |
| 工事台帳   | 更新工事やオーバーホールなどの工事情報の登録と閲覧  |
| ロケーション | ロケーション作画で作成した画面を閲覧   |
| 保全計画   | 保全計画の作成と閲覧   |

ラウドにアップロードしている計測データの現在値が、自動取得機能によって反映され、入力作業を省力化できる。

## 4.3 故障監視機能

第 3 表にクラウドの故障監視機能を示す。従来の遠隔監視装置では、伝送できるデータ量に限りがあり、全ての故障データは伝送できなかった。クラウドでは、全ての故障データ及び状態・計測データを確認でき、初期対応や原因究明に大きく貢献できる。また、計測データに上下限值を設定でき、その数値を逸脱した場合に、アラームを受け取る。この機能を有効活用することで、故障前の挙動を把握し、故障の早期発見につなげることができる。

## 4.4 映像監視機能

水力発電所の管理・運用では、屋外にある上部水槽のごみ詰まりなどの管理が必須で、定期的な目視確認が必要となる。クラウドの映像監視サービスを

**第3表 広域監視サービス故障監視機能**

ASCの広域監視サービスにおける故障監視機能を示す。

| 機能        | 内容  |
|-----------|---|
| 機器故障監視    | プロセス機器の故障情報で、警報の鳴動・アラームウィンドウの表示・メッセージファイルへの格納を実施                      |
| 上下限逸脱監視   | あらかじめ設定された上下限值に対してプロセスデータの逸脱情報から、警報の鳴動・アラームウィンドウへの表示・メッセージファイルへの格納を実施 |
| 信号源異常監視   | プロセスデータの信号源異常情報から、警報の鳴動・アラームウィンドウへの表示・メッセージファイルへの格納を実施                |
| 変化率異常監視   | プロセスデータの変化率異常情報から、警報の鳴動・アラームウィンドウへの表示・メッセージファイルへの格納を実施                |
| アラーム速報の表示 | 上述各異常検出時には、アラーム速報としてアラームウィンドウの自動表示を実施                                 |

**第4表 映像監視サービス機能概要**

ASCの映像監視サービス機能概要を示す。

| 機能                       | 内容  |
|--------------------------|---|
| 映像表示画面                   | カメラ映像を表示するメイン画面<br>カメラ映像は、各カメラに設定されている映像の取得周期ごとに表示が更新 |
| カメラメニュー                  | カメラ映像を操作<br>各カメラ映像上に表示                                |
| 表示パターンの登録・表示             | カメラ映像の画面配置のパターン登録・削除・呼び出し表示                           |
| 表示パターン自動再生               | 登録された表示パターンを自動で画面表示                                   |
| カメラ制御                    | 制御できるカメラの向き・ズームなどの操作                                  |
| 過去映像の検索・表示・保護・保存（ダウンロード） | 記録している過去映像の表示、映像の保護・保護解除、映像の保存（ダウンロード）                |
| カメラ設定                    | カメラ情報の設定、ホームポジション・プリセット位置の登録                          |
| 録画設定パネル                  | カメラ映像の記録方法を設定   |

利用し、直接現場に出向くことなく目視確認できるシステムを構築した。第4表に映像監視サービス機能概要を示す。遠隔での現在映像を確認できるだけではなく、記録している過去映像の表示や、カメラの向きやズームなどカメラ操作を行うことができる。

## 5 既設発電所への適用

多くの発電所では、発電設備の制御に使用するデータ（回転速度や発電機出力など）は発電機制御

**第5表 水力発電所の計測項目**

水力発電所の計測項目の例を示す。発電設備の制御に使用する計測項目と監視のみの計測項目がある。

| No. | 項目       | No. | 項目       |
|-----|----------|-----|----------|
| 1   | 発電機出力    | 11  | 流量       |
| 2   | 発電機電圧    | 12  | 鉄管水圧     |
| 3   | 発電機電流    | 13  | ランナ背圧    |
| 4   | 発電機周波数   | 14  | ドラフト水圧   |
| 5   | 発電機力率    | 15  | 直結側軸受温度  |
| 6   | 回転速度     | 16  | 反直結側軸受温度 |
| 7   | GV開度     | 17  | 放水路水位    |
| 8   | 水槽水位（上流） | 18  | 屋外温度     |
| 9   | 水槽水位（下流） | 19  | 屋内温度     |
| 10  | 電力量      |     |          |

盤PLCへ取り込まれているが、機械計測（軸受温度やランナ背圧など）はアナログメータの表示のみの項目もある。そのため、保守高度化のために必要と思われるデータは、PLCに取り込めるようアナログ出力できるメータに交換する。また必要に応じ、センサを追加するなどの対応が必要である。第5表に計測項目の例を示す。

PLCに集約されたデータは、TELEMOT VIEWからクラウドへデータ伝送する。TELEMOT VIEWは小形化され、配電盤内に収納する必要がないため、設置スペースが限られている発電所でも適用できる。

## 6 むすび

小水力発電管理システムは、水力発電所の保守高度化に大きく貢献できるものと考えている。

今後もお客様からの様々な要望を取り込み、水力発電事業の維持・向上に寄与していく所存である。

・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》



石黒勝麻  
Shoma Ishiguro

水力事業推進本部技術部  
水力発電システムのエンジニアリング業務に従事