

**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
第一版 ー 導入フェーズ ー**

令和3年4月

経済産業省

産業保安グループ電力安全課

履歴

制定・改定日・施行日	改定事項	改定内容
2021年4月1日	-	新規制定

< 目次 >

第1章 本ガイドラインの目的	1
第1節 はじめに	1
第2節 適用範囲	2
第3節 用語及び定義	3
第2章 水力発電設備における保安管理業務のスマート化の考え方	6
第1節 水力発電設備における保安管理業務	6
第2節 スマート保安の方法と保安管理業務のプロセス	8
第3節 スマート保安導入により期待される効果	16
第3章 水力発電設備における保安管理業務のスマート化計画の策定	20
第1節 スマート化計画の進め方	20
第2節 スマート化計画の策定における留意事項	21
第3節 スマート化計画の策定のためのチェックリスト	24
第4章 水力発電設備における保守管理業務のスマート化事例	29
第1節 水力発電所遠隔モニタリング実証（長野県企業局）	30
第2節 遠隔監視・指示・操作を用いた実証（山梨県企業局）	35
第3節 ネットワークカメラによる監視、雨量データ伝送実証（宮崎県企業局）	40
第4節 IoT・ICT 技術適用に関する研究開発（中国電力株式会社）	44

第1章 本ガイドラインの目的

第1節 はじめに

水力発電は、一般的に安定供給性に優れたエネルギー源であり、一般水力はベースロード用として、揚水式は調整用の電源としての役割を担っている。中小水力発電についても、温室効果ガスを排出しない再生可能エネルギーとしての優位性のみならず、地域の分散型エネルギーとしても活用していくことが期待されている。

ただし、比較的規模が大きな出力の発電所を保有するものの、設備更新に対する資金が潤沢でない水力発電事業者においては、設備の経年化及び技術的ノウハウを持つ職員が定年退職等を迎えていることなどによる保守管理体制の低下の懸念が指摘されているところであり、今後、設備の適切な保守管理を維持していくためには、センサーやそれによって得られるデータの活用等を通じた先進的な手法の導入が期待されている。

経済産業省の「令和元年度新エネルギー等の保安規制高度化事業委託調査（水力発電設備における保安高度化推進事業）」においては、これまで行った調査結果を基に、設備の規模、出力、点検の手法等に応じた巡視の頻度・項目など点検の在り方の見直しを行うとともに、ICT、IoTを活用した先進的な手法を導入する水力発電設備に対する保守管理に関する要件の検証や導入プロセスの検討等を実施し、これらの導入を促進するためのガイドラインの要件整理を行った。

本ガイドラインは、今後、ICT等を活用した遠隔保守の導入を検討している水力発電事業者において一つの手引きとして活用してもらうことを目的として策定したものである。

策定にあたっては、令和2年度補助事業として行われたスマート保安技術実証事業の実証内容や有識者の意見等も踏まえ、ICT等を活用した保安管理業務のスマート化の導入に向けた計画の策定や調達等、一連の導入プロセスにおいて留意すべき事項等を記載したものである。

本ガイドラインが事業者におけるスマート化保安の導入を促進し、設備の適切な保守管理の向上に役立てられることを期待する。

第2節 適用範囲

本ガイドラインは、水力発電設備の保安管理業務に対して、ICT等を活用したスマート化技術を「導入」する際の一連のプロセスを対象とする。本ガイドラインにおける『導入』とは、「スマート化計画の策定」、「予算の確保」、「人材の確保」、「調達」、「スマート化技術の実装」等といったスマート化プロセスの一連の『導入フェーズ』を指す。

なお、導入したスマート化技術を実際に活用する運用段階である「運用フェーズ」は、本ガイドラインの適用範囲外とする。

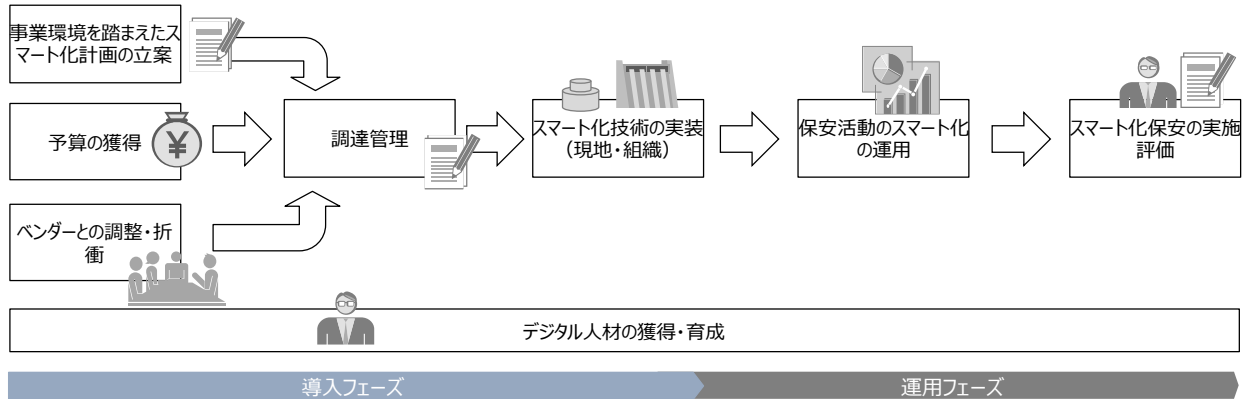


図 1 ICT 等を活用したスマート化プロセスの全体像のイメージ

第3節 用語及び定義

本ガイドラインにおいて使用する用語を以下のように定義する。

(1) ウェアラブル機器（デバイス）・ウェアラブルカメラ

ウェアラブル機器（デバイス）とは、腕や頭部等の身体に装着して利用するICT端末の総称¹である。本ガイドラインでは、ウェアラブルカメラはウェアラブル機器（デバイス）の1つとして、頭部に装着するカメラ型のものを指す。

(2) クラウド

クラウドとは、「クラウドコンピューティング（Cloud Computing）」を略した呼び方である。データやアプリケーション等のコンピューター資源をネットワーク経由で利用する仕組み²を指す。センサー等のIoT化を通じて得られる膨大なデータを効率よく保存・処理するため等に用いられる。

(3) サイバーセキュリティ

電子データの漏洩・改ざん等や、期待されていたITシステムや制御システム等の機能が果たされないといった不具合が生じないようにすること³。例えば、発電所の制御システム用ネットワークへのウイルスの侵入等、意図的なサイバー攻撃への対策を指す。

(4) スマートグラス

メガネ型のウェアラブル機器（デバイス）を指し、実際に見える景色等の情報に、レンズ（ディスプレイ）上のデジタル情報を重ねて表示することができる。ディスプレイ表示機能に加え、オーディオ機能を有するものもある。

(5) スマート保安、スマート化

スマート保安は、スマート保安官民協議会「スマート保安推進のための基本方針」（発行日：令和2年6月29日）より下記の通りとする。

「①国民と産業の安全の確保を第一として、②急速に進む技術革新やデジタル化、少子高齢化・人口減少など経済社会構造の変化を的確に捉えながら、③産業保安規制の適切な実施と産業の振興・競争力強化の観点に立って、④官・民が行う、産業保安に関する主体的・挑戦的な取組のこと。

具体的には、①十分な情報やデータによる科学的根拠とそれに基づく中立・公正な判断を行うことを旨として、②IoT や AI など安全性と効率性を高める新技術の導入、現場における創意工夫と作業の円滑化などにより産業保安における安全性と効率性を常に追求し、③事業・現場における自主保安力の強化と生産性の向上を持

¹ 総務省「平成 28 年版 情報通信白書 ウェアラブルデバイスが注目されている背景」

<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/nc131410.html>（閲覧日:2021/3/1）

² 総務省「平成 30 年版 情報通信白書 クラウドサービスの概要」

<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h30/html/nd133210.html>（閲覧日:2021/3/1）

³ 経済産業省、独立行政法人 情報処理推進機構「サイバーセキュリティ経営ガイドライン Ver 2.0」,p.27

https://www.meti.go.jp/policy/netsecurity/downloadfiles/CSM_Guideline_v2.0.pdf（閲覧日:2021/3/1）

続的に推進するとともに、④規制・制度を不断に見直すことによって、将来にわたって国民の安全・安心を創り出すこと。」

スマート化は、スマート保安に向けて現状を変化させることとして本ガイドラインで使用する。

(6) タブレット端末

指やペンで触れて操作可能な液晶画面（タッチパネル）を有する携帯可能な小型のコンピューター端末のことを指す。

(7) デジタル人材

デジタル技術の利活用に関して豊富な経験や知見を有する人材として本ガイドラインで使用する。

(8) ドローン・水中ドローン

ドローンとはコンピュータで制御された自律的飛行が可能な飛行ロボット⁴である。水中ドローンは、特にダムや導水管内を点検するために水中での利用が可能なドローンである。

(9) プラットフォーム

第三者間の相互作用を促す基盤を提供するような財やサービス⁵のこと。本ガイドラインでは、例えば、複数の発電所や事業者が有するデータやデータ分析のためのアプリケーションを共有・活用する情報基盤としてのプラットフォームを指す。

(10) ベンダー

スマート保安に用いるセンサーやネットワークカメラ等の機器の開発・製造・販売を行う会社を指す。

(11) 保安管理

水力発電設備の保安管理は主に、日次・月次で行われる現場の「巡視・点検業務」及び定期的を実施される「設備の検査業務」に大別することができる。

(12) AI

AI（人工知能）とは知的な機械、特に、知的なコンピュータプログラムを作る科学と技術⁶のこと。AIに内包される技術の1つである機械学習は、大量データの反復的な学習によってその特徴を法則化（モデル化）し、さら

⁴ 特許庁「平成30年度特許出願技術動向調査報告書」（平成31年2月）p.1

https://www.jpo.go.jp/resources/report/gidou-houkoku/tokkyo/document/index/30_05.pdf（閲覧日:2021/3/1）

⁵ 農林水産省「プラットフォームに関する用語の概念整理」

<https://www.affrc.maff.go.jp/docs/knowledge/knowledge/pdf/yougo.pdf>（閲覧日:2021/3/1）

⁶ 人工知能学会「人工知能のFAQ」

<https://www.ai-gakkai.or.jp/whatsai/AIfaq.html>（閲覧日:2021/3/1）

にこのような法則化を自動化する技術を指す。例えば、設備の振動データと不具合の実績データから、故障に至る予兆を機械学習によって法則化（モデル化）するといった例が考えられる。リアルタイムにセンサーから得られるデータをこのモデルを用いて分析することで、故障の予兆を早期に検出することが可能となる。

(13) IoT

IoTとは「モノのインターネット」（Internet of Things）を指し、様々な「モノ」がセンサーと無線通信を介してインターネットの一部を構成するという意味で、現在進みつつあるユビキタスネットワークの構築⁷を意味する。IoTによって、発電所等に設置されたセンサーやカメラ、設備等と遠方にある管理事務所との間で情報のやり取りが可能となる。

(14) OJT

OJT（On-the-Job Training, 職場訓練）とは、職場で仕事をやりながら上司や先輩等の指導のもとで仕事を覚えていく訓練⁸である。

(15) Webカメラ、ネットワークカメラ

撮影した映像をインターネット経由でリアルタイムにパソコン等に配信することができる小型カメラのこと。一般に、Webカメラはパソコン等に接続して用いるのに対し、ネットワークカメラは機器自体にIPアドレスが設定されており、単独でインターネットに接続することができる。

(16) xR技術

A R（Augmented Reality：拡張現実）、V R（Virtual Reality：仮想現実）、M R（Mixed Reality：混合現実）などの総称⁹である。

⁷ 総務省「平成 27 年版 情報通信白書（1）ユビキタスから IoT へ」

<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/html/nc254110.html>（閲覧日:2021/3/1）

⁸ 独立行政法人労働政策研究・研修機構「労働政策の展望 日本の OJT と PIAAC 調査」

<https://www.jil.go.jp/institute/zassi/backnumber/2020/02-03/tenbou.html>（閲覧日:2021/3/1）

⁹ 経済産業省北海道経済産業局「xR 技術による新ビジネス創出に向けて」（平成 30 年 7 月 23 日）

<https://www.hkd.meti.go.jp/hokim/20180723/about.pdf>（閲覧日:2021/3/1）

第2章 水力発電設備における保安管理業務のスマート化の考え方

第1節 水力発電設備における保安管理業務

1 保安管理業務の位置付け

水力発電設備の保安管理は主に、日次・月次で行われる現場の「巡視・点検業務」及び定期的実施される「設備の検査業務」に大別することができる。

保安管理業務は、重大事故（水力発電設備の爆発・漏洩・火災・水没・設備損傷等）の未然予防を一義的な目的として実施するものである。加えて、その副次的な効果として、計画外停止などによる設備利用率の低下や設備損傷に伴う修繕、機器等の適正時期での交換などの保安管理コストの抑制という効果も期待され、保守管理のための最適な計画的停止や検査計画を立てることが可能となる。

これら保安管理業務は、基本的には「情報入手」、「異常判断」、「対応判断」、「対応動作」といった一般的な制御構造（INPUT→PROCESS→OUTPUT）によって捉えることができる。スマート保安のポイントは、このような保安管理業務について、①機能向上、②効率化、を図ることにある（図3）。

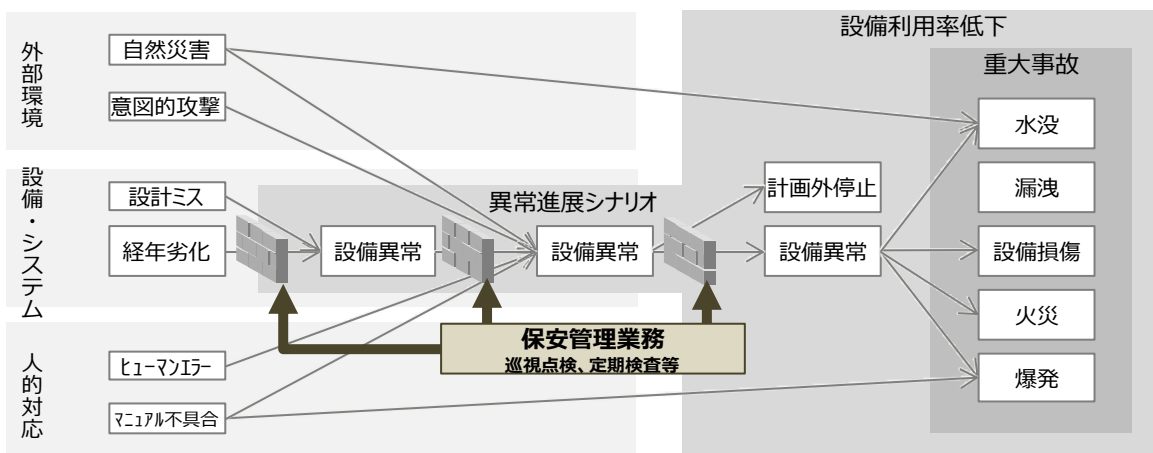


図2 水力発電設備の保安管理業務の位置付け

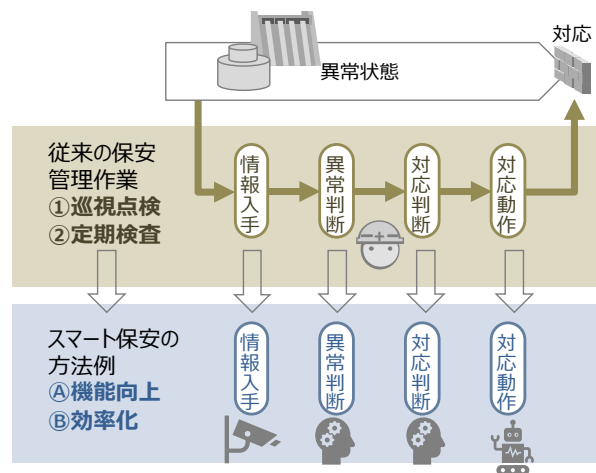


図 3 保安管理業務のスマート化のイメージ

2 現在の保安管理業務が直面している課題

台風や豪雨等の自然災害の激甚化、新型コロナウイルス感染症の拡大等、近年、国内の水力発電事業を取り巻く事業環境は大きく変化している。一方で、立地地域のみならず国全体としての人口減少・少子高齢化が懸念される中、水力発電事業においても、保安人材の高齢化や入職者数の減少等が課題となっているが、重要インフラである電気の保安は止めることができない業務であり、安定的な業務継続が必要である。また、発電事業全体としてCO₂排出削減に向けた大きな取り組みが始まっており、水力発電事業はその一翼として期待が高まっている。

このような背景の中、水力発電事業は現役世代の退職により、今後ますます人員不足やそれに伴う技術継承の滞りといった課題が顕著となることが予想されるが、そのような状況下でも保守管理レベルを維持する必要がある。一部の取り組みとしては、減少する人員を外部委託で補うケースも見られるが、それだけで現在の保安業務を維持することは難しい状況もある。

巡視点検は、保安管理業務の中でも大きな割合を占める作業であるが、その方法はこの30年以上、大きく変わっていないとされる。ICT等の技術が発展しながらも保安管理業務への活用が十分に進んでおらず、業務の生産性が高いとは言えない実情がある。水力発電事業は、その性格上、関連設備が山間地域等の遠隔地や立ち入ることが険しい環境におかれ、通信インフラの整備も十分でない場合が多いことが、先進技術導入の障壁になっていると考えられる。さらにそのような設備の保安管理作業のために移動を伴う業務は、労務リソースが割高となるだけでなく、移動時の事故発生といった労働安全面でのリスクも高い。

これらの課題を解決するためのアプローチとして、デジタル化技術等を活用した保安管理業務のスマート化を積極的に導入することへの関心が高まっている。

第 2 節 スマート保安の方法と保安管理業務のプロセス

1 水力発電設備における保安管理業務の将来像

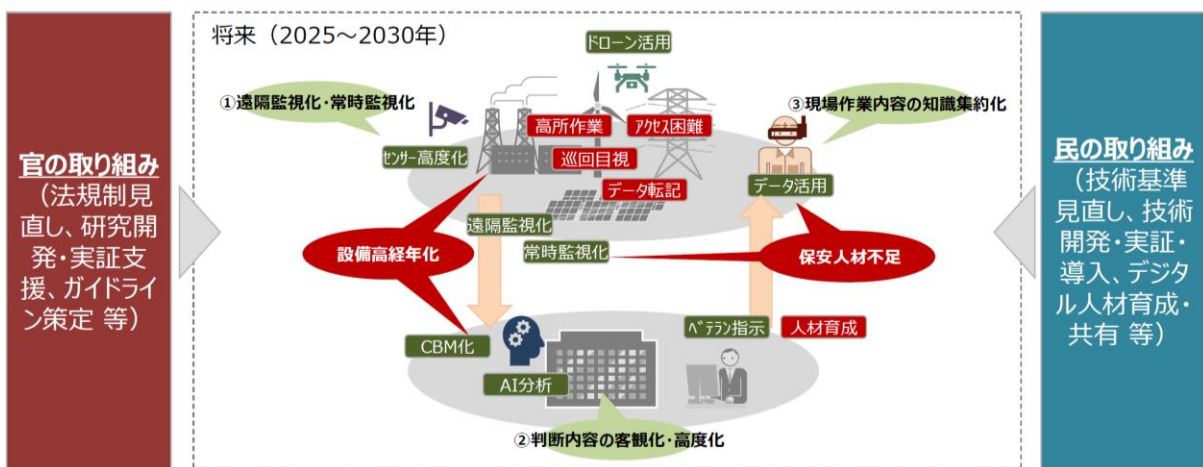
スマート保安の実現に向け、現在、官民の連携による「スマート保安官民協議会」が設置され、環境変化に対応した産業保安に関する主体的・挑戦的な取り組みを強力に推進するための活動が進められている。スマート保安の基本的な方針を明確化し、その重要性和取り組みの方向性についての共通認識の下、企業による先進的な取り組みを促進するとともに、国による保安規制・制度の見直しを機動的かつ効果的に行っている。

電気設備分野全体として抱えている設備高経年化・保安人材不足などの課題に対し、保安のスマート化・高度化を推進することで 2025 年～2030 年には、常時監視や遠隔監視が普及・拡大しており、これまで熟練技術者が対応・判断を行ってきた保安管理業務を IoT・AI 等で代替することで判断内容が客観化・高度化され、各種設備状況データの分析と携行機器の活用により知識集約化が図られている将来像が描かれている。

● 従来の保安活動を、以下のような技術で補完・代替。

- ① 定置センサーの増設やドローン・ロボットによる可搬センサーの現場搬送によって、労働集約的であった現場作業が合理化され、機器による常時監視化・遠隔監視化が普及・拡大。
- ② センサーの高度化・増設によるデジタルデータ化及び、AI活用による処理情報量の拡大と判断精度の向上によって、これまで一部が主観的・暗黙知であった判断内容が客観化・形式知化。
- ③ 各種設備状況データの分析と携行機器の活用によって、現場作業内容がより知識集約化。

● 事業者がスマート保安を導入していくことにより、事故の予兆を早期に発見し、電気設備起因の事故の低減を目指す。



出所) スマート保安官民協議会 第3回電力安全部会 資料 1-1 電気保安分野におけるアクションプランの概要(案) (経済産業省, 2021年 3月 16日)

図 4 電気設備分野全体の将来像

水力発電設備における保安管理業務へのスマート保安の導入によって期待される将来の保安管理業務のイメージを図 5 に示す。スマート化を導入する以前(現状)においては、五感やアナログセンサーにより取得・診断していた情報を、①Web カメラ、④タブレット、及び⑤ネット接続に代替することで、設備の常時監視と作業の効率化を図ると共に、デジタルデータ(③)を蓄積し、AIによる⑥分析支援等に活用することで、保安管理レベルのさらなる向上が期待される。また、複数の発電所や事業所のデジタル化されたデータをネットワークで繋げた⑩プラットフォーム

が整備されることにより、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）』へと発展していく。設備老朽化への対応についても、AI 等による判断内容の客観化・高度化が期待される。さらに保安人材の減少については、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ための取り組みが図られることとなる。

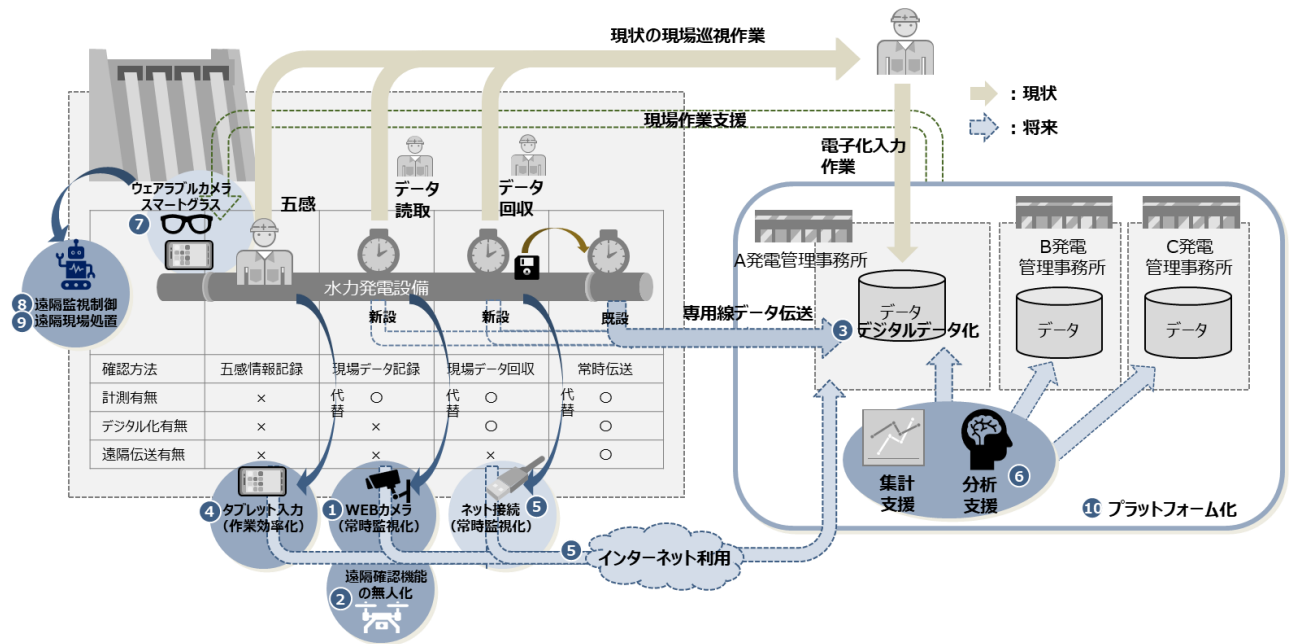


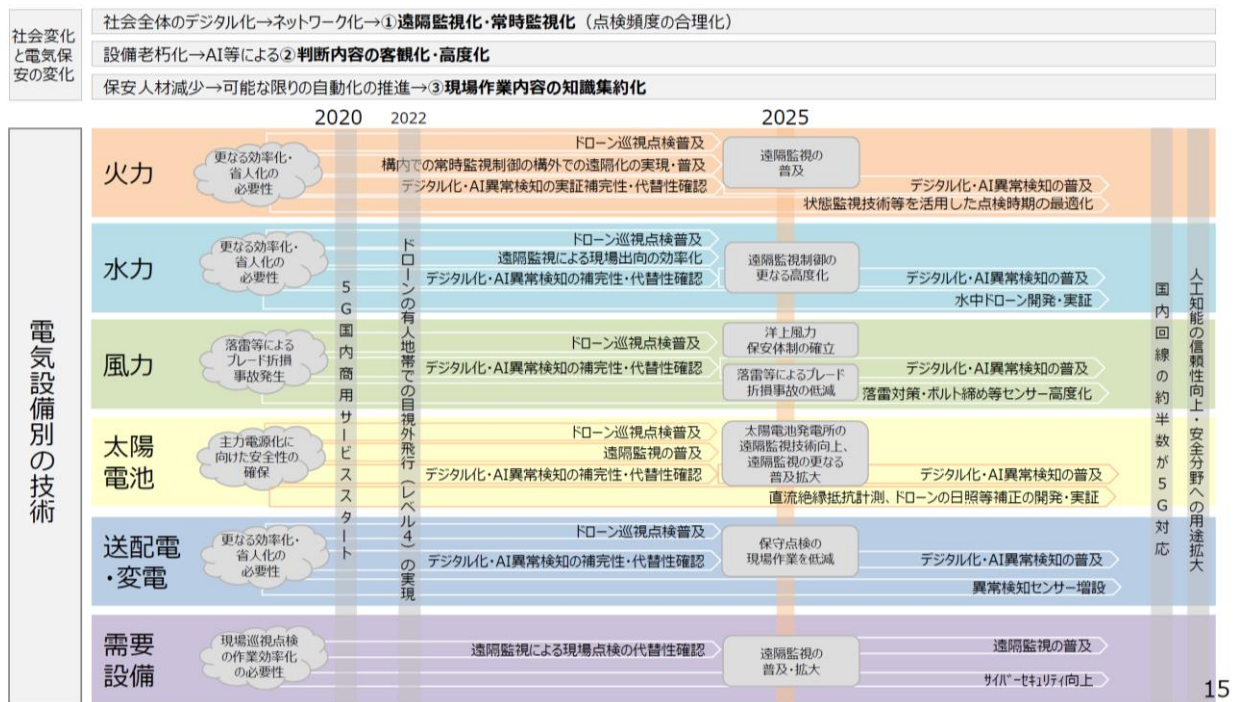
図 5 スマート化前後における水力発電設備の保安管理業務の例

2 水力発電設備のスマート化技術の実装に向けた道筋

「スマート保安官民協議会」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、

- 2025 年においては、すでに一定程度技術が確立し、導入の進むセンサーやウェアラブル機器について、現在の巡視点検における補完性・代替性を確認し、活用を促進することで、①遠隔監視のさらなる高度化や、②点検時間等の削減により、保安に掛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（例：水中ドローン等）の開発を促進する。
- 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により、計画的なメンテナンスに寄与することで、計画外停止の削減を目指す。

という絵姿を掲げている。その根底には、現時点で利用可能な技術は 2025 年までに確実に社会実装し、研究途上の技術については引き続き開発・実証を進め 2025 年度以降の社会実装を目指すという、基本的な考え方がある。



出所) スマート保安官民協議会 第3回電力安全部会 資料 1-1 電気保安分野におけるアクションプランの概要(案) (経済産業省, 2021年3月16日)

図 6 電気設備毎の技術実装の道筋

水力発電設備の保安管理業務のプロセスとスマート保安の手法について、その全体像を図 7 に示す。保安管理業務のプロセス（情報入手→対応判断→異常判断→対応動作）に対して現在用いられている手段（人による現地・直接目視や現地操作等）は、それぞれ表 1 に示すスマート化手法が、置き換わっていく候補として考えられる。

前述した、スマート保安を具体的に実現するためのターゲットイヤー（2025年）に対し、その手前となる第1段階では、個別の保安業務の効率化を図るべく、すでに一定程度確立している要素技術について、既存の保安業務

の補完性・代替可能性について実証を進めるとともに、法令や業界指針の適正化といった環境整備を進め、その普及を図り、スマート保安導入を推進する。取り組みの例としては、ドローン巡視点検の普及、遠隔監視による現場出向の効率化、デジタル化・AI異常検知の補完性・代替性確認が考えられる。

そしてターゲットイヤー後となる第2段階では、現在未確立の要素技術については、その開発・実証を進め、遠隔監視・制御の実現のため、要素技術を組み合わせた保安システム全体のマネジメントモデルの実証が行われるようになる。技術が確立した段階で徐々に実用化を進め、スマート化技術を保安活動の中で利用（ドローンによる外観点検や、センサーによるデータ取得等）する発電所数の割合の増加を目指していく。取り組みの例としては、デジタル化・AI異常検知の普及、水中ドローン開発・実証が考えられる。

それぞれの技術導入にあたり、設備付帯型（センサー等）の技術については、小規模な試行実施から進めていき、有効性を確認した上で、新設・リプレースの段階での導入が見込まれる。他方、設備非付帯型（ドローン・ウェアラブル機器等）については、技術毎の業務代替性を確認後、順次の導入が見込まれる。

「スマート保安官民協議会」のアクションプラン（案）では以下の4つの項目に関連した技術を例に水力発電設備における保安管理業務の将来の絵姿が示されている（図 8～図 11）。

- 巡視点検・監視／制御のデジタル化・遠隔化
- AI活用による保安活動の判断支援
- デジタル端末の活用による現場作業高度化
- 点検におけるドローン活用

ここで、AI活用に関する参考資料として、「プラント保安分野AI信頼性評価ガイドライン」（石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議）¹⁰がある。石油化学プラントを対象とした内容ではあるものの、プラント保安分野におけるAI（機械学習）の信頼性評価や、保全・運転へのAIの導入効果、ユースケースが紹介されており、参考となる。また、ドローン活用に関する参考資料としては、石油化学プラントの保安を対象とした内容ではあるが、実証実験及び国内外企業での活用に関する事例集やドローン活用の留意点をまとめたガイドラインが存在する¹¹。実証実験については、実験の目的・撮影対象、使用したドローン、実験に際して実施されたリスクアセスメント・リスク対策、実験結果とドローン活用の有効性等が示されている。また、国内外企業での活用事例では、想定したリスク事象・実施したリスク対策、ドローン活用のメリット・課題点等が示されている。また、「無人航空機性能評価手順書」（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、）¹²では、ドローンの耐風性能や耐環境性能（耐温、耐降、耐雪等）の評価基準が示されており、水力発電設備における保安管理業務のスマート化に際しても、バンダーとの折衝などの場面で参考になると思われる。

¹⁰ <https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201117001/20201117001.html>（閲覧日:2021/3/1）

¹¹ <https://www.meti.go.jp/press/2019/03/20200327009/20200327009.html>（閲覧日:2021/3/1）

¹² <https://www.meti.go.jp/press/2020/05/20200529004/20200529004-1.pdf>（閲覧日:2021/3/1）

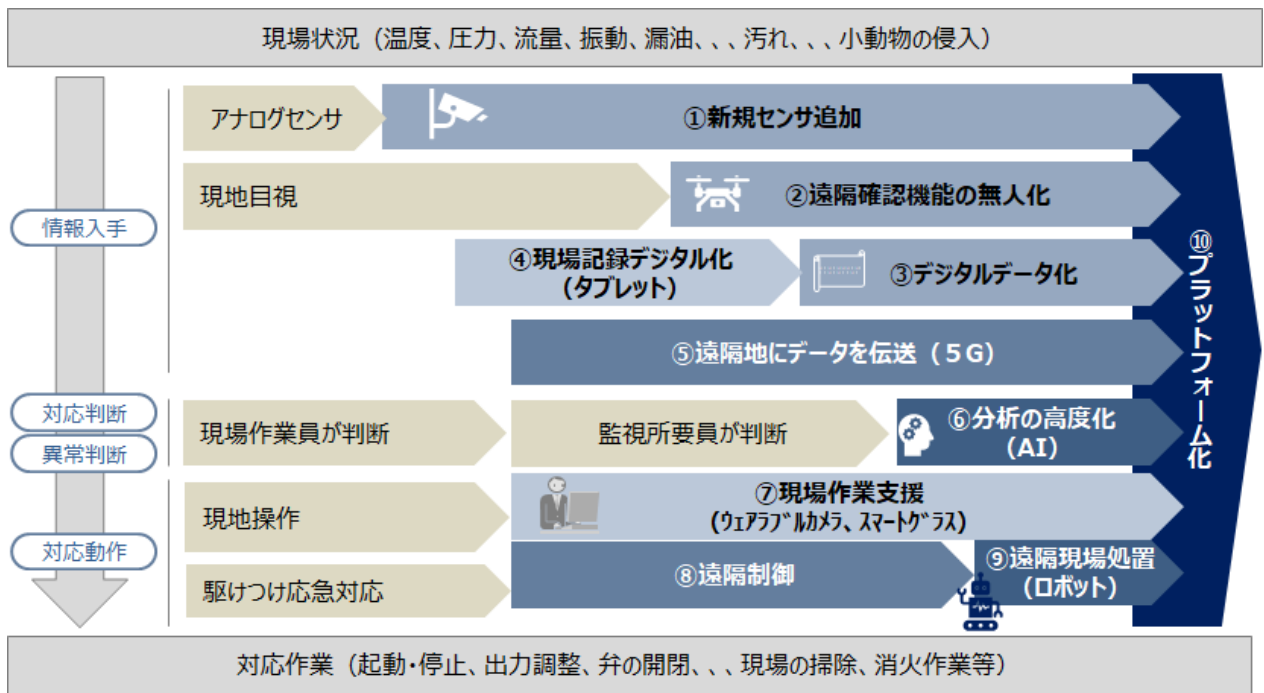
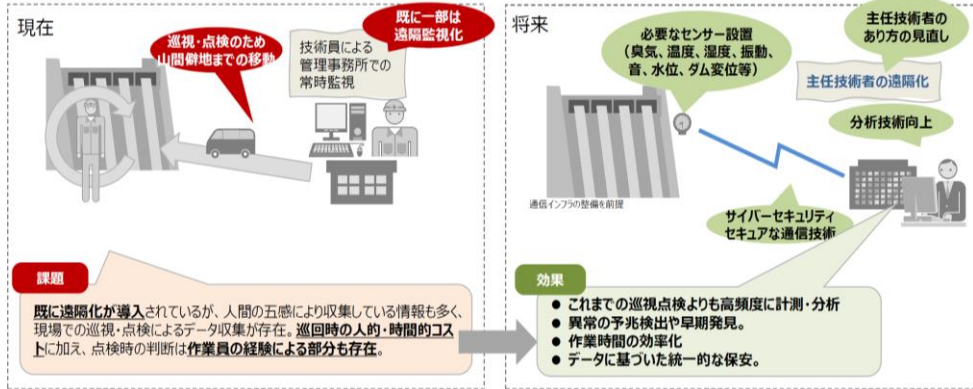


図 7 保安全管理業務とスマート化手法の全体像

表 1 スマート化類型

技術概要			
スマート化類型		技術例	概要
①	新規センサー追加	WEB カメラ等	これまでセンサー化されていない対象についてセンサーを追加することで現場確認作業の精度向上・常時監視化・効率化を図ることができる。
②	現場確認機能の無人化	ロボット ドローン	現場確認にロボット・ドローンなどを活用することで、確認作業の効率化を図ることができる。
③	センシングデータのデジタル化		既設の非デジタルセンサーをデジタル化することによって遠隔化を図ることができる。
④	作業記録のデジタル化	タブレット	現場作業の記録をデジタルデータとして現場入力することによって紙面での管理が効率化される。
⑤	遠隔伝送	5G	ネットワーク環境を整備することによって遠隔地へのデータ転送を可能とする。特に 5G 技術を活用することで動画などの大容量データや複数デバイスの同時接続が可能となる。
⑥	分析の高度化	AI	デジタルデータの内容を人工知能 (AI) に学習させることによって、保安管理の様々なノウハウを非属人的な形で抽出・整理することが可能となる。
⑦	現場作業支援	ウェアラブルカメラ スマートグラス xR 技術	ウェアラブルカメラを通じて、遠隔地にいるベテラン作業員から現地にいる作業員に対する指示が可能となる。また、xR 技術を活用したスマートグラスなどを装備することで、各種データに基づいた AI 判断の支援も可能となる。
⑧	遠隔制御		遠隔からの監視・操作により、現場に出向かずに設備の復旧対応が可能となる。
⑨	遠隔現場処置	ロボット ドローン	現場にロボット・ドローンを配備することによって異常時の初期対応に活用することが可能となる。
⑩	スマート技術の共有化	プラットフォーム	保安管理データを複数機関で共有しビッグデータ化することによってより信頼性・精度の高い分析が可能となる。

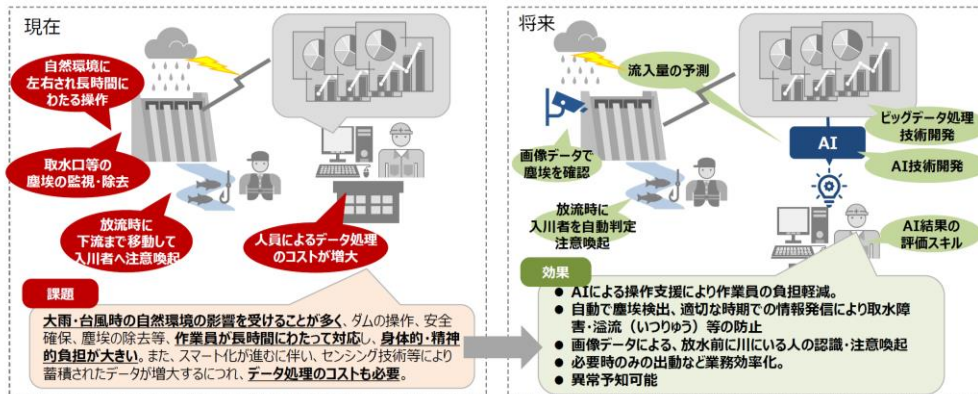
- 水力発電所は一部遠隔監視を行っているものの、現場での巡視・点検によるデータ収集も実施。山間僻地への巡回時の人的・時間的コストに加え、点検時の判断は作業員の経験による部分も存在。
- 現在、行われている遠隔監視技術に加え、巡視点検時の確認項目についてセンサーを用いて、これまでの巡視点検よりも高頻度に計測・分析することによって、異常の予兆検出や早期発見につなげる。また、巡視・点検頻度や作業時間の効率化や、データに基づいた統一的な保安が可能。
- 技術的には現場のセンシング技術、データの通信技術やサイバーセキュリティが必要。山間部であることから、通信インフラが整備されていない場所が存在。



出所) スマート保安官民協議会 第3回電力安全部会 資料 1-1 電気保安分野におけるアクションプランの概要(案) (経済産業省, 2021年3月16日)

図 8 水力発電分野における技術(巡視点検・監視/制御のデジタル化・遠隔化)

- 大雨・台風時の自然環境の影響を受けることがあり、ダムの操作や安全確保等、長時間の作業に係る負担が大きい。また、スマート化が進むに伴いデータ処理のコストも必要。
- AIによる流入量予測などの操作支援により、作業員の負担軽減。画像データからの塵埃検出及び情報配信により、取水障害等の防止及び必要時のみの出勤など業務効率化。
- ビッグデータ処理やAI技術の開発が必要。



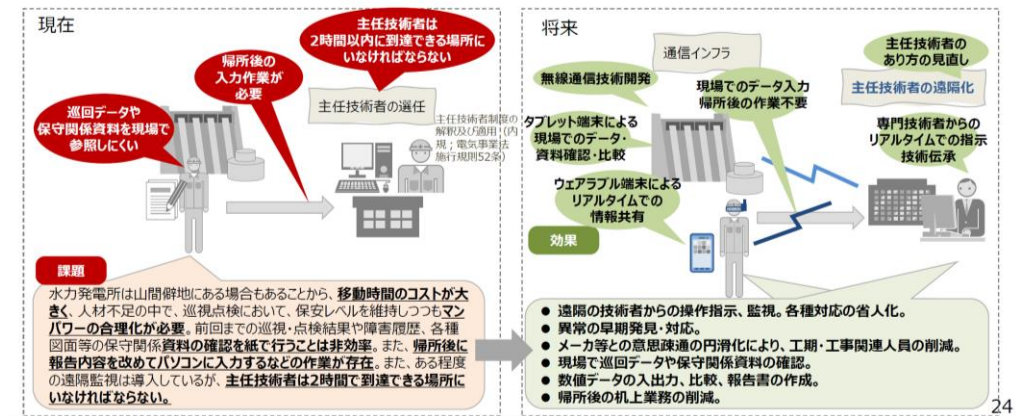
【その他の課題】
ドローンの目視外飛行の許可には時間がかかり、機動的な巡視・点検に活用できないことが課題。

73

出所) スマート保安官民協議会 第3回電力安全部会 資料 1-1 電気保安分野におけるアクションプランの概要(案) (経済産業省, 2021年3月16日)

図 9 水力発電分野における技術(AI活用による保安活動の判断支援)

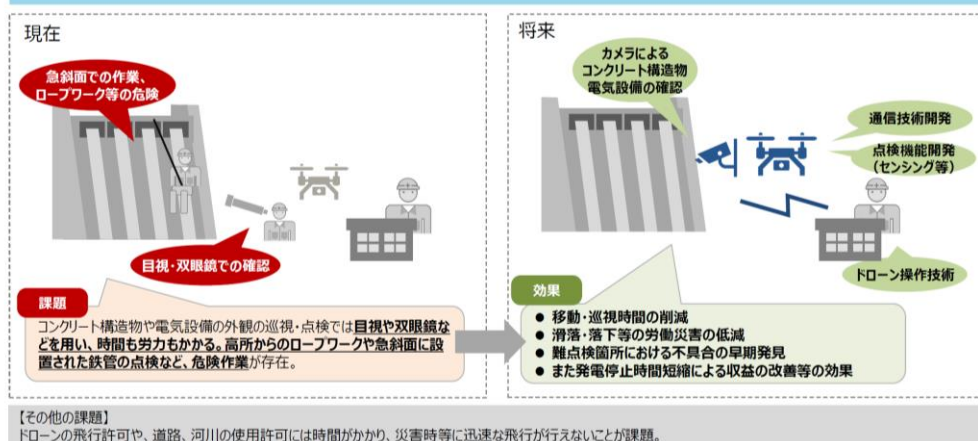
- 巡視・点検においては、**巡回データや各種資料の確認を紙で行うことは非効率**であり、**帰所後の机上作業も存在**。
- ウェアラブル端末により、リアルタイムに**遠隔からの指示、監視が可能**になることで、**状況把握、異常時の早期対応が可能**。タブレットにより、**現場での関係資料の確認や、巡視・点検データの入出力により帰所後の机上業務が削減**。
- デジタル端末による遠隔化に伴い、緊急時対応等の課題を解決した上で**ダム水路主任技術者の要件を適正化できる可能性**がある。一方、遠隔化にはデータの通信技術が必要となるが、発電所の多くが山間部であることから、通信インフラが整備されていない場所が存在。



出所) スマート保安官民協議会 第3回電力安全部会 資料 1-1 電気保安分野におけるアクションプランの概要(案) (経済産業省, 2021年3月16日)

図 10 水力発電分野における技術（デジタル端末の活用による現場作業高度化）

- コンクリート構造物や電気設備の巡視・点検では目視や双眼鏡、ロープワーク等が用いられ、**時間及び労力のコスト、急斜面等での危険作業が存在**。
- 各設備の劣化状況をドローンで撮影することにより、**移動・巡視時間の削減、滑落・落下等の労働災害の低減、難点検箇所における不具合の早期発見、足場の設置が不要になるため工事コストの削減、また、発電停止時間短縮による収益の改善等の効果**。
- ドローン技術の開発・実証、ドローン操作技術の習得が課題。



出所) スマート保安官民協議会 第3回電力安全部会 資料 1-1 電気保安分野におけるアクションプランの概要(案) (経済産業省, 2021年3月16日)

図 11 水力発電分野における技術（点検におけるドローン活用）

第3節 スマート保安導入により期待される効果

スマート保安の導入により、保安管理業務は従来の形から、さらに安全性と効率性の両方を追求した新しい形へと発展していくことになる。そのための新技術の導入にあたっては、当然ながらそのリスクとベネフィットを想定し、スマート保安の活動を通じて、保安レベルの維持・向上が図られているかを節目毎に評価するためのマネジメントプロセスを構築していくことも重要となる。

スマート保安導入に際する課題例としては、技術力低下への懸念、スマート保安を支える人材の不在、通信基盤の制約、サイバーセキュリティへの対応などが挙げられるが、特に費用対効果を（定量的に）示すことが難しいと考える事業者が多い。事実、スマート保安導入による効果を定量的かつ具体的に算定することは、近年の ICT 技術の投資においても散見されるように難しく、多くは事後的に評価が可能となる場合が多い。したがって、こうした費用対効果に関しては、必ずしも定量的（財務的）な指標に限定せず、定性的な効果（非財務的な指標）にも着目して適切な評価指標等を設定し、活動の推進状況や導入効果を「見える化」することによる組織的なガバナンスも並行して整備することで、スマート保安導入に向けた第一歩を踏み出す姿勢が、その推進における要点となっている。

スマート保安導入により期待される効果は、必ずしも保安管理の適切性に限定する必要はなく、設備の効率的利用などの価値創造の観点も含めた組織全体のマネジメント観点から考慮することも重要である。また、対象設備が発電事業用の電気工作物の場合は、自主保安の強化を図る観点から、自社の保安規程に基づく PDCA 活動の中に位置付けてスマート保安の導入を実施することが重要である。このような活動を通じて、例えば、少ない巡視点検の回数であっても保安力の維持・向上が可能であることを論理立てて説明できれば、保安規程に定められた巡視点検の回数を減らすことができる。

スマート保安導入により期待される効果と想定される留意点・課題等の例を表 2 に示す。なお、産業保安分野におけるスマート化により期待される効果については、「スマート保安先行事例集」（経済産業省保安課、平成 29 年 4 月）¹³において、石油精製・石油化学、電力・ガス等を含む 6 業種 25 社の事例が紹介されている。水力発電を対象とした具体事例は含まれていないものの、スマート化技術導入による保安面及び収益面のメリットについて分析されており、水力発電設備における保安管理業務のスマート化においても参考になる。

¹³ <https://www.meti.go.jp/press/2017/04/20170410002/20170410002.html>（閲覧日:2021/3/1）

表 2 スマート保安導入により期待される利点（非定量的）の例

期待される効果		スマート化の種類										課題・障壁等
		①新規センサー追加	②現場確認機能の無人化	③センシングデータのデジタル化	④作業記録のデジタル化	⑤遠隔伝送	⑥分析の高度化	⑦現場作業支援	⑧遠隔制御	⑨遠隔現場処置	⑩スマート技術の共有化	
		WEBカメラ等	ロボットドローン		タブレット	5G	AI	ウェアラブル端末		ロボットドローン	プラットフォーム	
保守・点検業務の効率化	センサーの増設、新設、ロボット・ドローンの活用、計器のカメラ読み取りによるデジタル化、データの遠隔伝送等により、巡視点検作業等の効率化を図る。	○	○	○	○	○						スマート化環境に合わせた保安レベル維持・向上のための仕組みづくりが求められる。
少子高齢化等による人材不足の解消	センサーの増設、新設、ロボット・ドローンの活用、デジタル化、データの遠隔伝送等により、巡視点検作業等の効率化を図る。また、IoT/ICTによりデータを蓄積し監視することで、これまでの属人的な点検から、客観的判断が可能な点検に移行していくことが可能となる。	○	○		○	○						現場での点検業務を完全に代替するまでの技術水準には至っていない。
現地移動に係る労務安全向上	設備の詳細な情報を遠隔から監視することにより、現地に出向いて確認する作業を削減することが可能となり、現地移動時の技術員の事故リスクを低減することが可能となる。	○	○		○	○		○	○	○		スマート化により大幅な改善が期待されるが、立入が困難な箇所ほどネットワーク基盤は整備されていない。

期待される効果		スマート化の種類									課題・障壁等	
		①新規 センサー 追加	②現場 確認機 能の無 人化	③センシ ングデー タのデジ タル化	④作業 記録の デジタル 化	⑤遠隔 伝送	⑥分析 の高度 化	⑦現場 作業支 援	⑧遠隔 制御	⑨遠隔 現場処 置		⑩スマー ト技術 の共有 化
		WEB カ メラ等	ロボッ トドロー ン		タブレッ ト	5G	AI	ウェアラ ブル端 末		ロボッ トドロー ン	プラット フォーム	
リアルタイム監視による設備等異常の早期発見	遠隔監視所にセンシングしたデータを伝送し、連続データのトレンド分析や AI 支援による異常判断補助等によって設備等の異常を早期に発見することが可能となる。	○		○	○	○	○					精度向上のためには、異常値の検出等に係る管理水準の検討・整備が必要となる。
設備等故障による計画外停止の未然防止	センサーの増設、新設、プラットフォーム化によって AI による異常判断ツールの導入・高精度化により、計画外停止を未然に防止することが可能となる。	○					○				○	未然防止のためには、大量のデータ蓄積と高度な数理モデルも必要となる場合がある。
立地周辺地域の安全性向上、防災・減災の強化	異常発見時に遠隔から設備を制御、処置を行うことで重大事故への発展を防ぐことが可能となる。					○	○		○	○		管内の広域にわたるネットワーク構築と、自然災害等に対する対策が必要となる。
人的リソースの有効活用	センサーの増設、新設、ロボット・ドローンの活用によって遠隔からデータを監視することが可能となり、保守・点検業務の効率化を図り、限られた人的リソースを有効に活用する。	○	○			○			○	○		従来業務からの変更による現場からの抵抗が想定される。

期待される効果		スマート化の種類									課題・障壁等	
		①新規 センサー 追加	②現場 確認機 能の無 人化	③センシ ングデー タのデジ タル化	④作業 記録の デジタル 化	⑤遠隔 伝送	⑥分析 の高度 化	⑦現場 作業支 援	⑧遠隔 制御	⑨遠隔 現場処 置		⑩スマー ト技術 の共有 化
		WEB カ メラ等	ロボッ トドロー ン		タブレッ ト	5G	AI	ウェアラ ブル端 末		ロボッ トドロー ン	プラット フォーム	
技術・ノウハウ の継承、暗黙 知の見える化	遠隔監視システムでデータトレンドを表示し、複数のデータを見比べながらベテラン技術員が新人に指導することが可能となり、これまで属人的なノウハウによって行ってきた保安業務を標準化することが可能となる。			○	○		○	○	○		○	従業員が必要となる端末やソフトウェア等を使いこなせるようトレーニング等による支援が必要となる。
制度・規制対 応業務の緩和 措置の可能性	センサー増設、新設、ロボット・ドローンの活用や遠隔監視によって巡視点検の業務プロセスを見直すことが可能となる。例えばこれまで月に2回行っていた巡視点検を1回に減らす等、保安規程の見直しが可能となる。	○		○	○						○	業界全体の動向によるため、不確定要素が大きい

第3章 水力発電設備における保安管理業務のスマート化計画の策定

第1節 スマート化計画の進め方

スマート化計画の策定にあたっては、スマート化によって達成したい目的（期待される効果）を明確化しておく必要がある。目的の明確化のためには、自社における水力発電設備の保安管理業務が直面する課題や事業環境の変化を正しく認識し、その上で、課題や変化に対応するスマート化技術とその効果を検討し、導入に向けた計画を策定することが重要である。

一方、水力発電設備の保安管理業務を対象としたスマート化技術の導入事例は限られており、自社における費用対効果の見極め等、計画策定の参考となる情報が少ないのが実情である。このため、スマート化の進め方としては、まずはスモールスタートで技術導入に着手し、その効果を確認しながら段階的な導入に移行することが望ましい。つまり、対象となる発電所・設備・保安管理業務等を限定して小規模な導入で効果を見極めた上で、徐々に規模を拡大していき本格的な導入に移行する進め方が考えられる。また、スマート化は、予算・工期等の面から決して小さくない規模のプロジェクトとなるため、経営層による自社スマート化方針の提示や現場ニーズの適切な把握により、組織横断的に取り組むことも重要である。

なお、第2章第3節にて紹介した「スマート保安先行事例集」（経済産業省保安課、平成29年4月）¹⁴では、石油精製・石油化学、電力・ガス等を含む6業種25社におけるスマート化技術導入成功要因が紹介されており、水力発電設備における保安管理業務のスマート化計画の進め方においても参考になる。

¹⁴ <https://www.meti.go.jp/press/2017/04/20170410002/20170410002.html>（閲覧日:2021/3/1）

第2節 スマート化計画の策定における留意事項

スマート化計画の策定に際して考慮すべき事項や課題としては、以下の点が考えられる。

1 保安全管理業務の現状把握

スマート化の目的（期待される効果）を明確化し、スマート保安導入に向けた計画を策定するにあたって、はじめに自社の水力発電設備における保安全管理業務の現状を適切に把握する必要がある。設備毎、機器毎の巡視点検内容（目的、方法、点検・検出項目、頻度、時間、コスト等）を整理し、スマート保安によってより効果的な巡視点検が可能となる項目、巡視でしか確認できない項目、スマート化による補完性や代替性、スマート化技術と人間や従来手段を併用する場合の役割分担について検討する。

2 スマート化に伴う変化の把握

スマート化によるメリットとしては、保安力の維持・向上を第一として、作業の効率化や設備利用率の向上、作業の合理化・省力化といった副次的な効果も考えられる。一方、デメリットも存在し、スマート化計画の検討においては、まずスマート化によってどのような目的を達成したいのかを明確にした上で、スマート化に伴って期待・予想されるメリット（表 2）だけでなく、デメリットも洗い出し、両者を比較検討することが重要である。

例えば、センサーを通じた遠隔監視は、保守員が現場を訪れることなく設備・機器の巡視点検を可能とする作業の合理化・省力化といった効果が期待される一方、現場作業での経験値・ノウハウを得る機会の減少や技術力の低下といったデメリットが考えられる。しかしながら、スマート化によって、これまでは現場作業員の暗黙知として属人的に把握されてきたノウハウを客観的な情報やデータとして標準化することも可能であり、それらを有効に活用することで保安力の維持・向上を図ることも可能である。このようなスマート化に伴う変化の内容は、地域・組織のおかれた状況によって大きく異なる可能性があるため留意が必要である。

3 費用対効果

スマート保安のための様々な設備投資や人材確保のためには、新たな投資が必要な場合がほとんどであり、予算の確保が重要となる。水力発電設備における保安全管理業務のスマート化のためには、一定規模の投資が必要となるため、費用対効果の観点から経営層への説明が必要となる。

費用については、Web カメラや各種センサー類などのハードウェアの導入費用、データや映像の伝送・表示システムの構築費用、ネットワーク基盤の整備費用等のインシャルコストを把握することに加え、これらのハードウェア・ソフトウェアの維持・更新費用（ランニングコスト）やリプレースコストについても想定しておくことが望ましい。

スマート保安導入の効果については、巡視点検回数や計画外停止回数の減少、さらには、このような効率化に伴う人件費の削減効果等のように定量的（財務的）に示すことができると説明性が高いと言える。しかしながら、第2章第3節に示したように、スマート保安が十分に普及していない現時点では、先行事例等を参考にスマート保安の費用対効果を定量的に示すことが難しい場合がある。この場合、定性的な効果（非財務的な指標）に着目し、スマート保安導入のメリットを説明することが現実的である（表 2）。また、事業環境や発電事業の重要性を鑑みて、たとえ費用が掛かったとしても、保安力の維持・向上のためにスマート化が必要と判断することもできる。例えば、少子高齢化・人口減少に伴い、近い将来において保守員の確保が困難になることが予想される中でも保安力を維持する必要がある場合や立地特性として従来から風水害による被害が大きく、より高い保安力が求められる場合等、事業環境によっては、必ずしも費用対効果だけにとらわれずスマート保安の導入を決定するケースもあり得る。

4 人材確保・育成・技術継承

保安全管理業務のスマート化計画を企画策定・推進・維持管理していくためには、デジタル技術の利活用に関して豊富な経験や知見を有する「デジタル人材」の確保・育成が不可欠である。ここで、保安全管理業務のスマート化に必要な人材に求められる知識や技術の内容やレベルは、導入対象となるスマート化技術によって異なることに留意する必要がある。例えば、AIによる設備・機器の異常検知や水中ドローン等の先進的な技術を効果的に活用するためには、既存の保安全管理業務とは異なる種類の非常に高いレベルの知識が必要となるが、タブレットや Web カメラの導入等であれば、比較的基礎的な知識とその応用により十分に対応可能な場合も多いと考えられる。第2章第2節2に示したように、保安全管理業務のスマート化は関連する要素技術の確立の状況に応じて段階的に行われていくことから、まずは既存の人材で対応可能なスマート化技術から導入をはじめ、その間に、組織内での人材育成や新たな人材確保の方策を検討するといった計画も考えられる。

なお、スマート保安に関わる人材育成に活用可能な研修の一例として、「IoT/AI 人材育成講座（日本能率協会）」¹⁵がある。本講座は、電気保安に特化した内容ではないものの、IoT/AI 技術を生かし、製造・保安の現場等における業務の生産性を向上させ、組織横断で事業所内の課題を分析し、課題解決のために IoT 技術導入を推進していく人材を育成することを目的としたプログラムである。製造・保全部門や電気設備・管理・設計リーダー層を受講者として想定し、講義や他企業とのグループディスカッションを通じて実践的なスキルを獲得する場を提供している。講座を通じて達成する目標として以下の項目が掲げられている。

- IoT 全般に関する知識を基に具体的な課題に対し、他の技術者と共に対応策を企画・実装・運用できる人材を育成する。
- IoT 技術の全体像を認識できる
- 各 IoT 要素技術の実力を認識する
- 自社の製造現場などでの IoT 技術導入の判断が可能になる
- IoT 技術を導入・実装し、運用する組織能力が高まる

また、近年では、IoT、AI、ネットワーク・セキュリティ等について学習することができる e ラーニング形式の研修も多数存在する。

「2 スマート化に伴う変化の把握」で述べたように、スマート化に伴い、水力発電設備の保守に関わる現場作業での経験値・ノウハウを得る機会の減少や技術力の低下といったデメリットも考えられることから、スマート化技術に特化した人材の育成だけでなく、既存の保安全管理業務に関する経験・ノウハウを維持するための育成が必要となるケースがあることにも留意が必要である。従来、保安全管理業務に関する人材育成は、現場での指導を基本とする OJT により行われてきたが、ベテラン職員の退職やスマート保安の普及に伴う現場経験の機会減少等により、育成方法についても工夫が必要となる。例えば、研修において、センサー等で取得した測定値の履歴を用いることで、よりリアリティのある教材とすることや、事務所にいるベテラン保守員から現場の保守員に対してウェアラブルカメラを通じた遠隔による指導等が考えられる。

¹⁵ https://school.jma.or.jp/products/detail.php?product_id=151246（閲覧日：2021/3/1）

5 ベンダーとの折衝

スマート保安の導入においては、これまでに取り扱った経験の無いを設備・機器を扱うことになるケースが多く、事前に複数のベンダーへの聴き取り調査等を通じて、技術的な実現性や費用感を把握しておくことが重要である。また、新たに導入する設備・機器等は、可能な限り汎用性のあるものとした方が望ましいが、既存の設備・機器等との兼ね合いにより、導入可能な設備・機器等が限られてくるケースがあることに留意する必要がある。また、現時点では、スマート保安に必要な設備・機器を取り扱い可能なベンダーが限られていることから、導入する設備・機器等が特定メーカーの固有技術となり事業者側の選択肢が限られてしまうこともある。さらに、既存の設備・機器等からデータ的外部に取り出す等の改造を施した場合、メーカー保証が維持できなくなる恐れがあることにも留意が必要である。

6 ネットワーク基盤・セキュリティ対策

保安全管理業務のデジタル化を推進していくためには、組織内の必要拠点間でデジタルデータの共有を実現する必要がある。堅牢なネットワーク基盤やセキュリティ対策が必要となる。このようなネットワーク基盤・セキュリティ対策の有無はスマート保安計画全体に大きな影響を及ぼすため、発電所及び管理事務所のネットワーク基盤の整備状況やセキュリティポリシーの内容を把握する必要がある。

多くの水力発電所が立地する山間部においては、ネットワーク基盤が十分に整備されていないケースも多々あり、スマート保安の導入においては、新たなネットワークの構築や回線容量の増強等の費用や工期が発生する可能性があることに留意する必要がある。また、セキュリティの観点から、監視系と制御系ネットワークの分離や監視・制御系データは業務情報を扱うネットワークから独立させる等の対応が必要になると考えられる。このようにセキュリティポリシーを踏まえたシステム構築を行う必要があることに留意する必要がある。

サイバーセキュリティに関しては、電力制御システムセキュリティガイドライン（JES CZ-0004(2019)）に準じた対応が望ましい。電力制御システムセキュリティガイドラインの PDCA サイクルを回す際に必要となる情報収集（他ネットワークとの接続点の確認、ログ採取箇所の確認）が重要である。

第3節 スマート化計画の策定のためのチェックリスト

スマート化計画を策定するためには、前述のスマート化計画のための「目的」「留意点」「課題」などに関して、各組織の状況を踏まえた内容を検討する必要がある。スマート化計画を策定するにあたり、本ガイドラインが示すスマート化の目的、留意事項、制約事項を踏まえた検討ができていることを確認するためのチェックリストの例を示す。

第3章第2節で整理した「スマート化計画の策定における留意事項」の6つの観点毎に設定したチェック項目例を、導入するスマート技術によらない共通項目として表3に示した。さらに、導入技術毎に追加で設定することが望ましいチェック項目の例を表4に整理した。スマート化計画策定においてチェックリストを作成する際に参考情報として活用いただきたい。

表 3 保安全管理スマート化計画のためのチェックリストの例 – 共通項目

項目		チェック欄	参考情報
共通	保安全管理業務の現状把握	自社の水力発電設備における保安全管理業務の現状を把握し、既存業務とスマート化する業務との住みわけは検討できているか	<ul style="list-style-type: none"> 第3章第2節1 保安全管理業務の現状把握
共通	スマート化に伴う変化の把握	スマート化により達成したい目的は明確になっているか	<ul style="list-style-type: none"> 第3章第2節2 スマート化に伴う変化の把握 表2 スマート保安導入により期待される利点（非定量的）の例
		スマート化に伴って期待・予想されるメリット・デメリットを比較検討しているか	<ul style="list-style-type: none"> 第3章第2節2 スマート化に伴う変化の把握 第3章第2節4 人材確保・育成・技術継承
		保安レベルは低下しないか（スマート化環境に合わせた保安レベル維持・向上のための仕組み作り等）	<ul style="list-style-type: none"> 第3章第2節2 スマート化に伴う変化の把握 「表2 スマート保安導入により期待される利点（非定量的）の例」-「保守・点検業務の効率化」の課題・障壁等
		技術員が行ってきた保安業務の代替として十分な機能を有しているか（現場での点検業務を完全に代替するまでの技術水準に至っていない場合の対応策検討等含む）	<ul style="list-style-type: none"> 第3章第2節2 スマート化に伴う変化の把握 「表2 スマート保安導入により期待される利点（非定量的）の例」-「少子高齢化等による人材不足の解消」の課題・障壁等
		導入機器が故障した場合のバックアップ、多重防護に関する検討は十分か（修理中の運転への影響有無等）	
共通	費用対効果	経営戦略や事業計画と整合したスマート化導入計画となっているか	<ul style="list-style-type: none"> 第3章第2節3 費用対効果
		機器購入、設置工事費用等のインシヤルコストを把握しているか	
		ハードウェア・ソフトウェアの維持・更新費用（ランニングコスト）やリプレイスコストは検討しているか	
		効率化に伴う人件費の削減効果等のように定量的（財務的）に示しているか	
		スマート保安導入のメリットの定性的な効果（非財務的な指標）を具体化・設定しているか	<ul style="list-style-type: none"> 第3章第2節3 費用対効果 表2 スマート保安導入により期待される利点（非定量的）の例

		項目	チェック欄	参考情報
共通	ネットワーク基盤・セキュリティ対策	発電所及び管理事務所のネットワーク基盤の整備状況を把握し、必要な改修要件が明確になっているか		・ 第3章第2節6 ネットワーク基盤・セキュリティ対策
		セキュリティポリシーを踏まえたスマート化のためのシステムが検討・構築できているか		
		既存ネットワークの仕様で導入する機器が性能を十分に発揮できるか（回線速度等）		
		電力制御システムセキュリティガイドライン（JESCZ-0004(2019)）を確認したか		
		配線、ケーブル仕様は問題ないか		
		ログ採取の場所は適切か（トラブル発生時の原因究明、再発防止策検討時にログが必要。複数個所での採取が望ましい。）		
		ネットワークに接続されている他機器の確認を行っているか（同じネットワークにどのような機器が繋がっているか等）		
		自然災害等により通信が途絶した場合の影響確認は行っているか		・ 「表2 スマート保安導入により期待される利点（非定量的）の例」-「立地周辺地域の安全性向上、防災・減災の強化」の課題・障壁等
		自然災害等により通信が途絶した場合の対応手順について検討しているか		
共通	ベンダー折衝	事前に複数のベンダーへの聴き取り調査をし、技術的な実現性や費用感は把握できたか		・ 第4章第3節5 ベンダーとの折衝
		既存の設備・機器等との整合性に問題はないか		
		既存の設備・機器等の改造を施す場合、メーカー保証のリスク及びその対応は検討したか		
		設備・機器の要求仕様は明確になっているか		

項目			チェック欄	参考情報
共通	人材確保・育成	導入するスマート化技術の専門性に合わせた適切な人材確保は可能か		<ul style="list-style-type: none"> 第3章第2節4 人材確保・育成・技術継承 「表 2 スマート保安導入により期待される利点（非定量的）の例」-「少子高齢化等による人材不足の解消」、「人的リソースの有効活用」の課題・障壁等
		段階的なスマート化の計画の中で、組織内での人材育成や新たな人材確保の方策を計画し実行可能か		<ul style="list-style-type: none"> 第3章第2節4 人材確保・育成・技術継承

表 4 保安全管理スマート化計画のためのチェックリストの例 – 導入技術毎個別項目

項目		チェック欄	参考情報
個別	新規センサー追加	最適な方法か（既存のアナログ計器のカメラによる自動読み取り等との比較）	
		性能、耐用性は十分か	
		データ取得頻度、データ容量等の見積りは適切か	
個別	ネットワークカメラの設置	性能※、耐用性は十分か ※設置場所、設置位置、撮影範囲、ズーム機能、（可動式の場合）可動域の確認は十分か	
		明るさ、温度、湿度等の影響確認は十分か	
個別	遠隔伝送、遠隔監視制御	異常値の検出に係る管理水準の検討・整備は十分か	<ul style="list-style-type: none"> 「表 2 スマート保安導入により期待される利点（非定量的）の例」-「リアルタイム監視による設備等異常の早期発見」の課題・障壁等
個別	クラウドサービス導入※	どの業務をクラウドサービスで行い、どの情報を扱うか検討し、業務の切り分け、運用ルールを明確にしているか	<ul style="list-style-type: none"> 中小企業のためのクラウドサービス安全利用の手引き、独立行政法人情報処理推進機構セキュリティセンター、 https://www.ipa.go.jp/files/000072150.pdf
		クラウド導入のメリットを確認したか	
		クラウドサービスで扱う情報の漏洩、改ざん、消失やサービス停止の影響を確認したか	
		組織ルールとクラウドサービス活用の間に矛盾、不一致等がないか確認したか	
		クラウドサービスを提供する事業者は信頼できるか	
		サービスの稼働率、障害発生頻度、障害時の回復目標時間などのサービス品質保証は充実しているか	

第4章 水力発電設備における保守管理業務のスマート化事例

以下に「令和2年度補正産業保安高度化推進事業費補助金事業」の「類型 C（発電所遠隔制御）（火力・水力・太陽光発電所等を対象とした IoT機器・データ利活用による保安業務現場作業における省人・遠隔化技術の開発・実証）」における取り組み事例を示す。

事例1：水力発電所遠隔モニタリング実証事業（長野県）

事例2：遠隔監視・指示・操作を用いた水力発電施設保安実証事業（山梨県）

事例3：ネットワークカメラによる発電所等の監視強化実証事業／

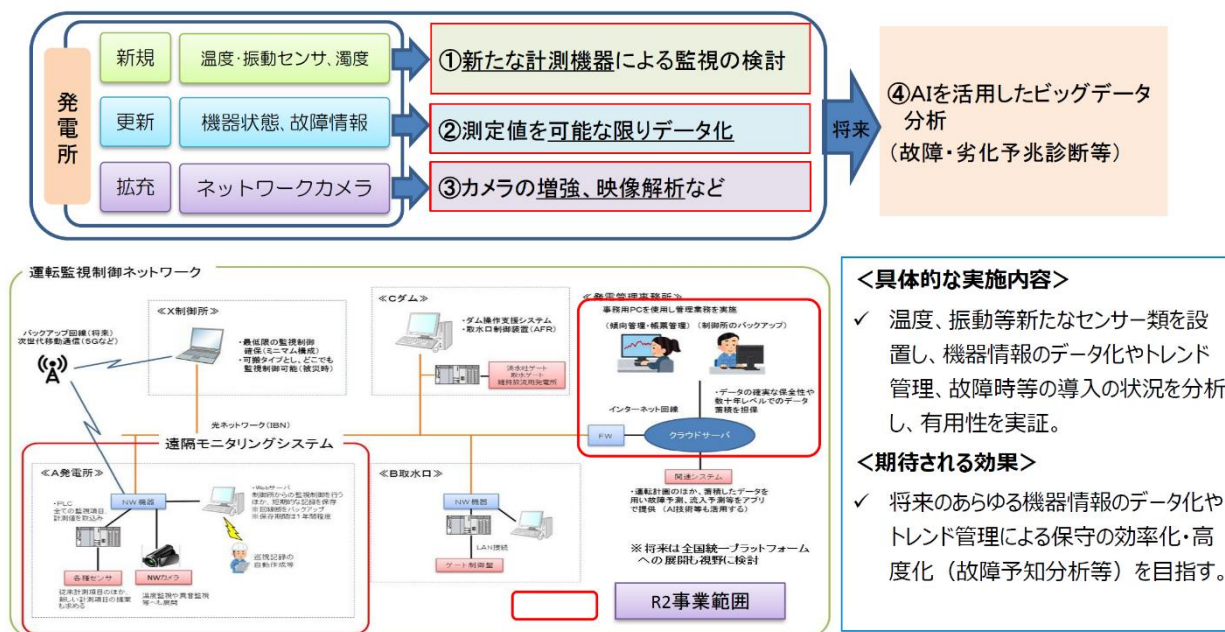
特定小電力無線通信による曾見川雨量データ伝送実証事業（宮崎県）

事例4：水力発電IoT・ICT技術適用に関する研究開発（概念実証）事業（中国電力）

第 1 節 水力発電所遠隔モニタリング実証（長野県企業局）

事業者名：長野県企業局

事業名：令和 2 年度 水力発電所遠隔モニタリング実証事業



出所) 第 4 回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 電気保安制度ワーキンググループ, 資料 3 水力発電設備の保守管理に係るスマート化ガイドライン策定について

図 12 水力発電所遠隔モニタリング実証事業

1 実証事業の概要

長野県では、水力発電事業自体は昭和30年代から実施しているが、2050年ゼロカーボンに向けた取り組みを推進していることもあり16、水力発電事業をさらに加速しようとしている状況にある。過去には、民営化を推進し、一時的に水力発電所の建設を見合わせていた時期もあったため、現在は人員が不足している。少子高齢化により将来的な人材確保が難しい中で、水力発電所の建設に人員を充当することや技術継承が課題である。

スマート保安により業務効率化や保安レベルの維持を図るため、定期的な巡視点検の自動化やデジタル化とそれらの活用による予防保全を推進したいと考えており、経済産業省が主催するWGに参加し、補助事業が開始されたことを契機として実証事業に取り組んでいるところである。

実証事業で取り組んでいる主な内容は、以下に示す通りである。

¹⁶ 「気候非常事態宣言 -2050 ゼロカーボンへの決意-」について

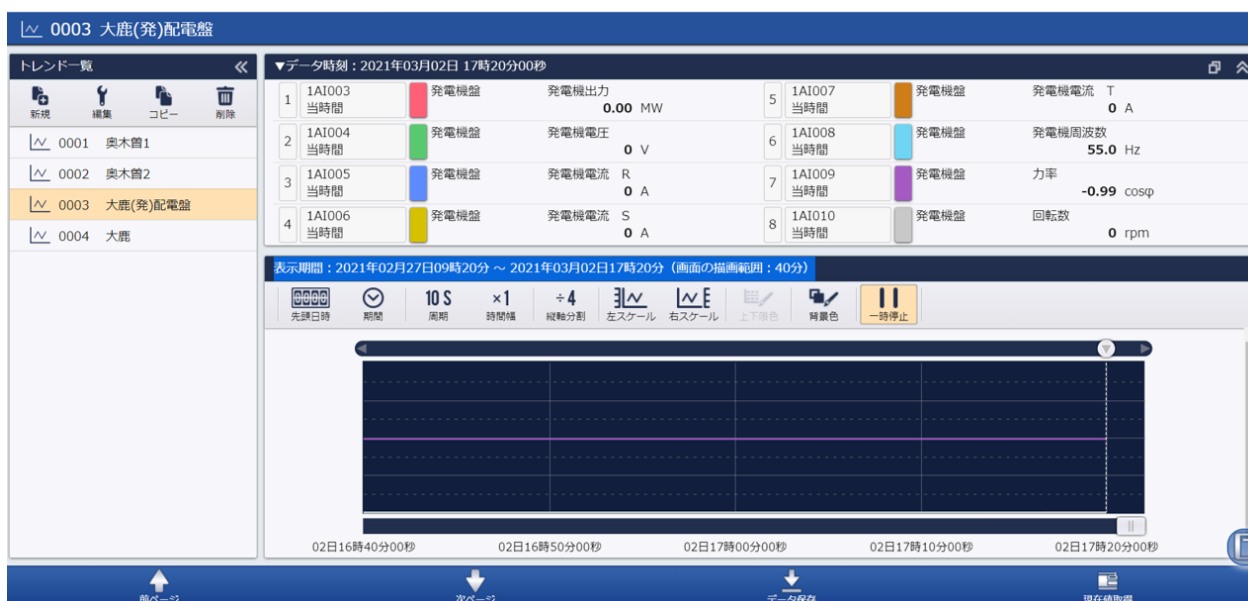
- データを自動取得し、取得したデータをクラウドに保存、将来的にはデータ解析に役立てることを想定している。
- 新しくセンサー類を実装する。
 - 振動計の実装
 - 冷却水水量の常時監視
 - 画像解析によるメーター数値読み取り

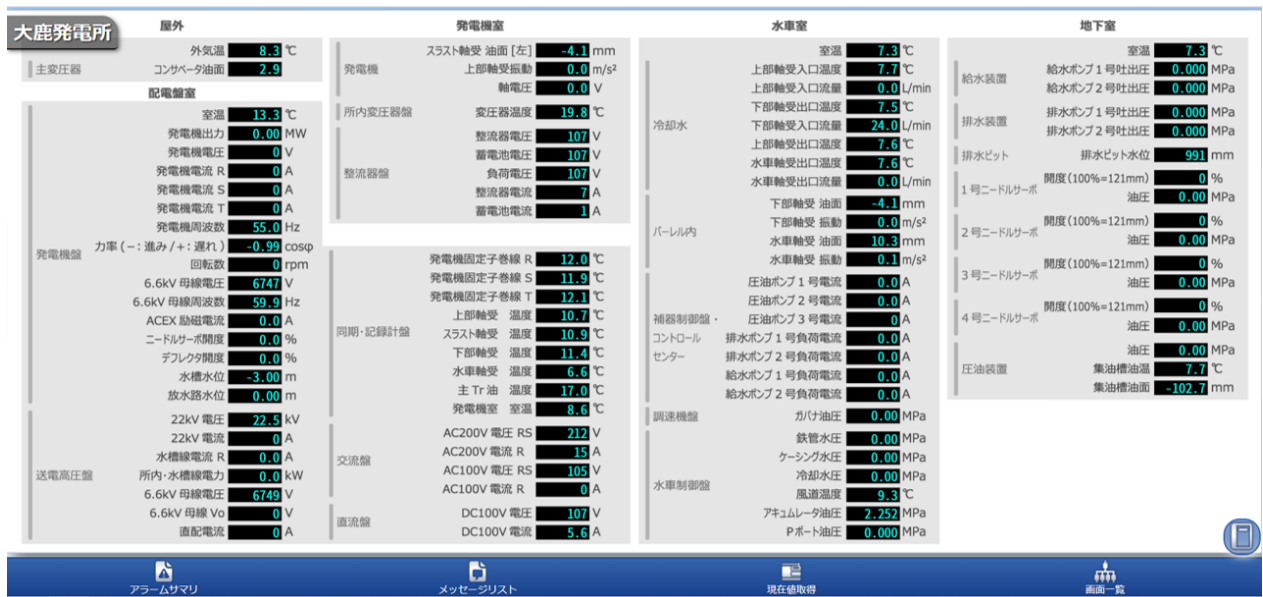
今年度は、取得したデータをクラウドにアップロードすることによる監視を2つの発電所を対象に実施しているが、次年度以降は実装したセンサー類の実証成果に応じて、全発電所へ展開することを検討している。また制御系についても全発電所に展開し、全ての発電所をネットワークで繋げ、どこでも監視制御できる体制を目指している。



(資料提供：長野県企業局)

図 13 奥木曾発電所水車制御盤の監視画面例





(資料提供：長野県企業局)

図 14 大鹿発電所の監視画面例

2 期待される効果

- 遠隔モニタリングにより、巡視点検を効率化することが可能である。
- 効率化により保安レベル低下が懸念されるが、将来的には人が現地にいかなくても現在と同等以上の保安が自動で可能となるような体制を構築できる。
- 人の五感をセンサー類に置き換えて、あらゆる情報をデータ化することで、保守の自動化を図る。
- 多くのデータを取得し、発電所の運転状態を遠隔から把握することで、不具合等を早期に発見することが可能となり事故の防止に繋がる。
- クラウドシステムの構築により、各発電所のデータ共有が容易となり、柔軟な保守管理が可能となる。
- 現在、監視体制は長野県北部と南部で2拠点を構えて運転監視を行っているが、スマート保安化に伴い、1拠点で全てを監視できる体制を整備することが可能となる。

3 費用対効果・予算措置の方法

- 人が現場にいて計測するより多くのデータを取得することができ、トレンドを把握することで事故を未然に防ぐことが可能となる等の効果が得られることを期待している。
- 経営層がスマート保安を推進しており、人員不足に対する危機感が強く、巡視回数を減らすことは共通認識となっている。
- 設置する設備の耐用年数は設備に応じて判断しており、県が定める固定資産整理基準から、監視制御に関するものは9年、発電所本体に設置する機械類であれば22年となっている。
- 巡視回数が減ることによる人員コストの低減効果等の検討については、定期的な巡視による不具合等の防止より、多くのデータが取得できることで運転状態を把握し、不具合等を防止できるといった効果の方が大きいと考える。
- 人員確保が課題であり、巡視点検を効率化することで、建設の方により多くの人員を充てられるようになる

いう効果も期待できる。

- 企業局としてスマート化による効率化を図り、他に発電設備を保有している事業体にも技術提供や協業することも見据えており、長野県としてさらにスマート保安を拡張していく考えも持っている。

4 人材確保・育成・技術継承

【デジタル人材確保・育成】

- スマート化の流れは止められないことを踏まえて、どのような育成をすべきかはこれからの検討課題である。
- 現時点では、担当の中に対応できる人材がいることで進められている。
- 今後どの程度進むかは、その担当の得手・不得手があるため不透明だが、（関連する知見を持った）人材確保は必要である。
- 膨大なデータが必要になるため、全国規模で集積されたデータを解析可能なプラットフォームが整備されることが望ましいと考えている。長野県としては、このようなプラットフォーム上で解析ソフトを利用するユーザーとなるイメージを持っており、AIのための技術者を県として個別に確保するような想定はしていない。
- ドローンについては研修会への参加及び、研修会参加者による個別指導を実施している。将来的には共通プラットフォームの中で、安価かつ操作も簡単なスマートフォンアプリのようなものを利用するイメージを持っている。メーカーが開発してネットワークと繋げる環境が整えられれば、自分たちはそのサービスを利用し、自ら開発はしなくても良いと考えている。

【保安技術継承】

- 巡視業務を外部委託することで、技術が失われる側面もあるため、それを補完するための仕組みを整え、マニュアル作成やバーチャル環境整備も必要である。
- スマート化技術の導入状況に応じて、必要な技術をいかに引き継ぐか精査することが重要である。
- 様々な技術を自動化したとしても、正しいことを整理しないと進まないため、ベテランが持っている技術を活用して自動化を進めていくことが必要である。

5 ベンダーとの折衝

- 導入する機器等の要件として、他発電所への展開、工程の短縮を考慮し、汎用性があるものを選定した。
- 発電所の建設段階では、データの取り出しを外部の共通フォーマットでできるような仕様としていなかったため、今回改めて外部に出力するための加工が困難であった。

6 ネットワーク基盤・セキュリティ対策

【ネットワーク基盤】

- 山間地のため、以前はネットワークが整備されていない状況もあったが、NTT と交渉して整備することができた。
- 取水用の隧道があるため、それを使って自営で光回線を引いている場合もある。
- 現状はほとんどの設備で光回線が整備されている。

【セキュリティ対策】

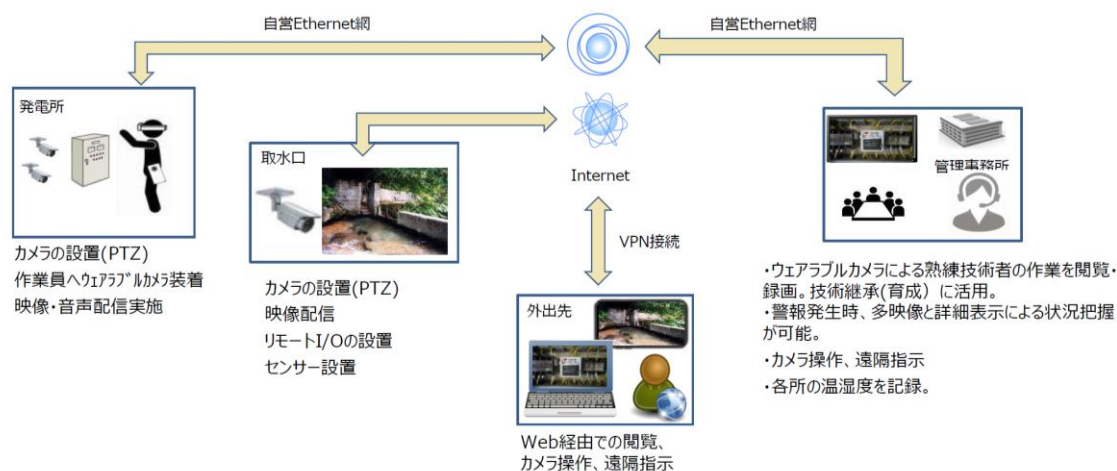
- 長野県では当初より光回線を整備しており、県のネットワークに加えて VLAN による専用帯域を確保してい

る（行政ネットワークとは分離している）。

第2節 遠隔監視・指示・操作を用いた実証（山梨県企業局）

事業者名：山梨県企業局

事業名：遠隔監視・指示・操作を用いた水力発電施設保安実証事業



<具体的な実施内容>

- ✓ インターネット回線を利用したWebカメラ等による遠隔監視・制御、遠隔指示による省力化。
- ✓ センサ蓄積データ情報の分析と活用。

<期待される効果>

- ✓ 取水口等監視カメラのインターネット回線を利用した遠隔監視、リモートIOによる早期復旧操作。
- ✓ 熟練技術者の技術を遠隔から活用、機器点検作業員の目線映像を記録、研修等に活用。現場作業員の技術力向上。

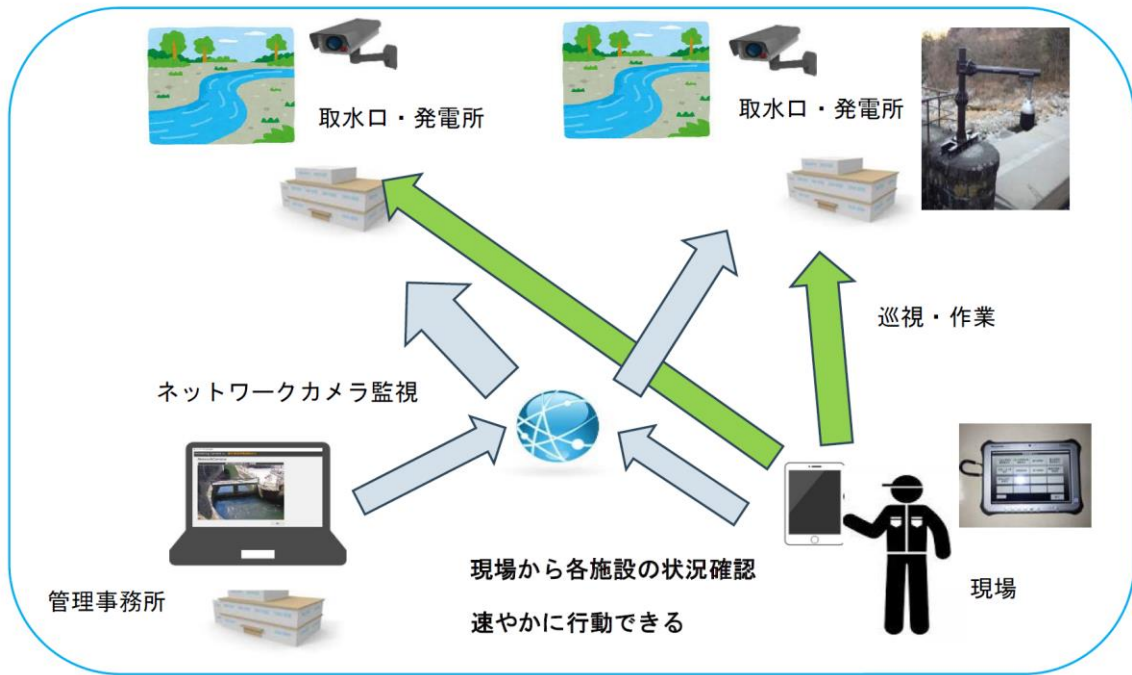
出所) 第4回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 電気保安制度ワーキンググループ, 資料3 水力発電設備の保守管理に係るスマート化ガイドライン策定について

図 15 遠隔監視・指示・操作を用いた水力発電施設保安実証事業

1 実証事業の概要

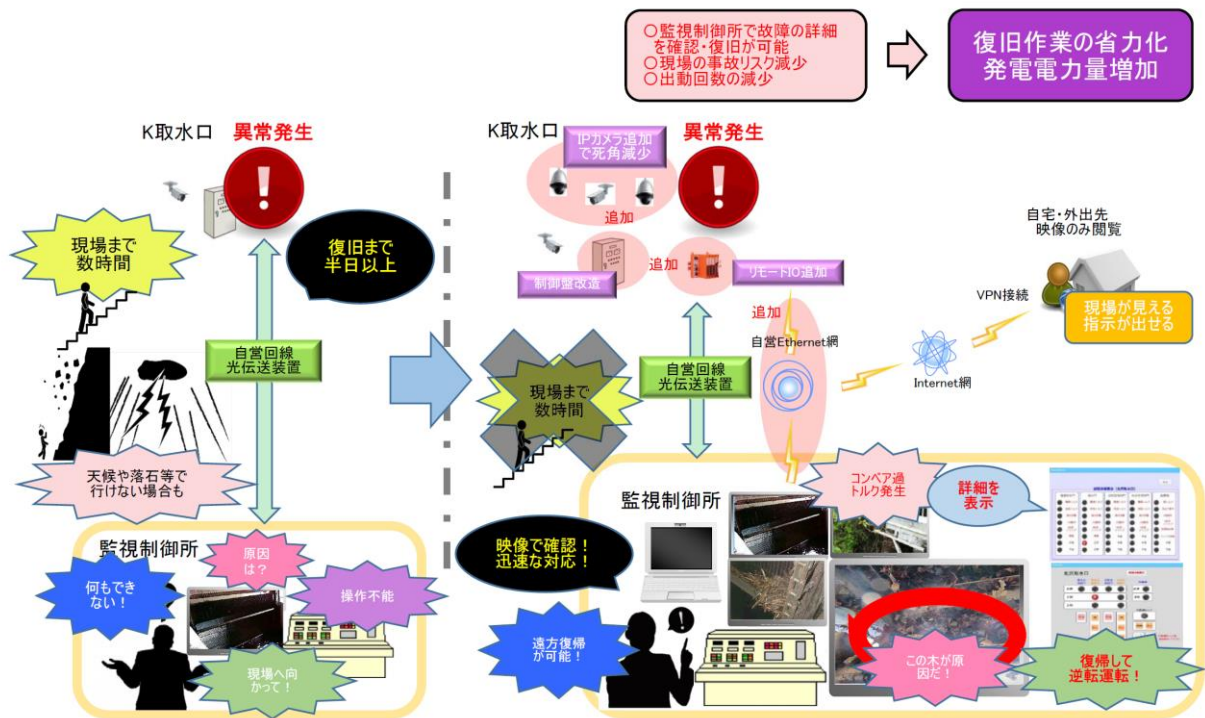
山梨県では、遠隔地の取水施設を Web カメラの映像による監視及び発電所内の通信環境を整備し、ウェアラブルカメラによるリアルタイムで現場職員との情報共有・遠隔指示を行うための取り組みを進めている。今年度は特に、早川水系の発電所においてウェアラブルカメラの導入を進めており、来年度以降は他の発電所に横展開していくことを検討している。

- 設備を遠隔操作するため、現場操作盤シーケンスの改造を直営で行い、既設自営光回線を使用した LAN を整備し I/O 制御をすることで遠隔での監視・制御を可能とする。
- 取水口（4 箇所）と水槽（1 箇所）における水門及び除塵機について、遠隔監視と遠隔制御が可能となる。また、これまで故障発生時における復旧方法は現場での復旧のみであったが、現場盤とほぼ同程度の状態監視と制御項目を作成することで遠隔での復旧対応を可能とする。



(資料提供：山梨県企業局)

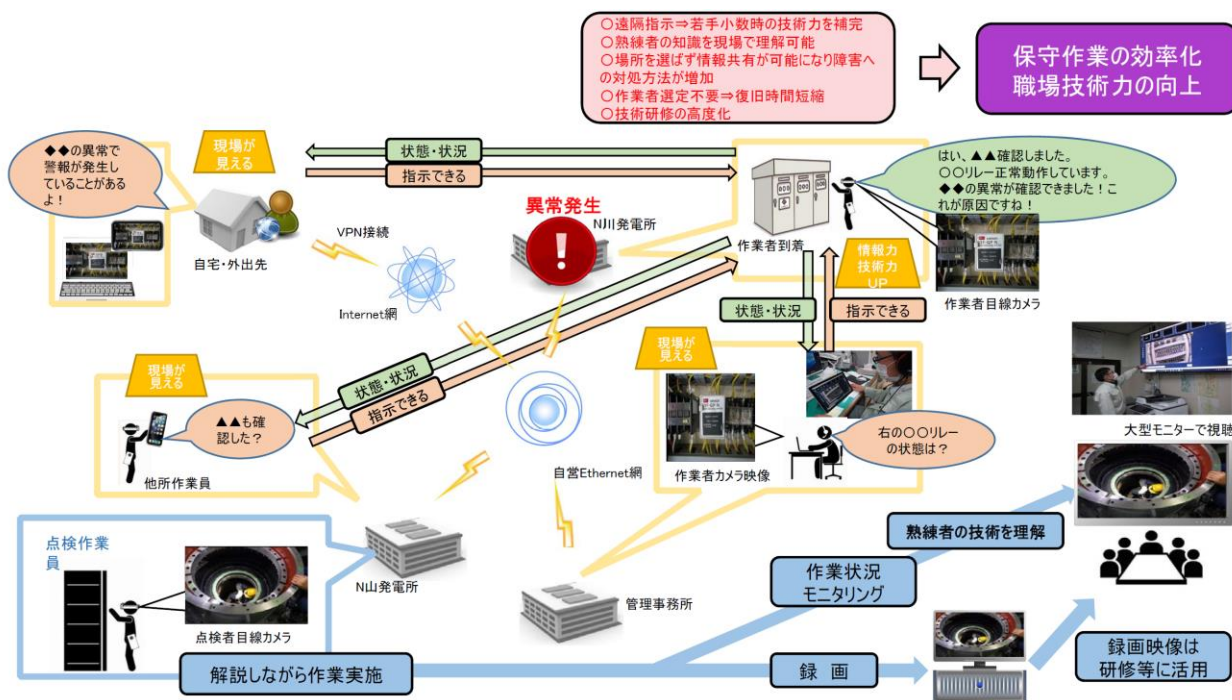
図 16 実証事業① インターネット回線を利用した遠隔監視（笛吹川水系）



(資料提供：山梨県企業局)

図 17 実証事業② インターネット回線を利用した遠隔監視、リモートI/Oによる復旧操作

(早川水系)



(資料提供：山梨県企業局)

図 18 実証事業③ 熟練技術者の技術を遠隔から活用（早川水系）

2 期待される効果

- 巡視点検の効率化・計画外停止予防、遠隔監視による保安力向上、技術力向上、移動及び作業に伴う事故リスク減少が、期待される効果である。
- 特に遠隔監視について、山梨県が運用する発電所の取水施設は遠隔地が多く、現場までの移動が大変である（時間が掛かり、移動時の事故リスクもある）。このため、簡易なトラブルであれば遠隔からの復旧を実施することも視野に入れ、保安の効率化と保安力向上を図りたい。
- 例として、今回の対象取水口は事務所から車で1時間、徒歩で1時間と移動だけで約半日掛かる距離になる。落石の危険もあるため、移動中の事故リスクの軽減は重要である。
- 若手の技術力向上に関しては、ウェアラブルカメラにより熟練知識の現場移管を図りたい。

3 費用対効果・予算措置の方法

- 山梨県は主要な人員が今後確実に減少することが分かっており、そのような状況下でも保守管理レベルを維持する必要がある。現在の取り組みは補助金もあるため、経営層への説明に障害はなかったが、将来的にはどのように説明していくかは課題である。
- 定量的な説明以外に、スマート化技術導入による定性的なメリットも重要。巡視点検の効率化・計画外停止予防、遠隔監視による保安力向上、技術力向上、移動及び作業に伴う事故リスク減少が定性的なメリットである。
- 費用対効果の定量化をする場合には、機器の耐用年数を勘案する必要もある。
- 高度な技術を導入する場合、機器のライフサイクルは短いため、新たな負担にもなってくる。将来的な維持

管理コストに留意する必要がある。汎用品を使用しているが、10 年程度を見据えた投資が必要。耐用年数の見込みも 10 年程度で考えている。

4 人材確保・育成・技術継承

【デジタル人材確保・育成】

- 今回の取り組みは、現場に精通している職員が、計画から実施までを担当することによって推進することができた。
- デジタル技術に長けた人物は少なく、将来的に安定して推進できるかは不安である。研修はデジタル技術に特化したものはできておらず、よいカリキュラムがあれば若手を育成していきたい。
- 管理システムとして運用していくため、日進月歩の技術に対応できるよう保安のスマート化について全体像を描ける人材育成が必要である。

【保安技術継承】

- スマート保安技術が進むことで現場に人がいなくなるため、現場での経験値を育成しづらくなる。
- ウェアラブルカメラで熟練職員がサポートする仕組みはあるが、その熟練職員も遠隔での指示に慣れるのは大変である。特に現場での安全指示は、現場での周囲状況が伝わらずに遠隔での指示をすることに心配があり課題であると認識している。

5 ベンダーとの折衝

- スマート保安に関連する機器の需要が増えており、納入まで時間を要することが増えており、現場では課題となっている。

6 ネットワーク基盤・セキュリティ対策

【ネットワーク基盤】

- ネットワーク基盤としては、自営の光回線があるものの 20 年が経過している。現在の取り組みではその回線を使用しているが、今後の更新費用については懸念がある。山間地まで 5G が整備されることは当面期待できないため、将来的には不安である。
- 全ての設備に展開してから検証が必要だが、1Gbps のネットワーク機器で構成したが、回線速度は十分と考えている。また、制御に関しては別のネットワーク回線での構成であるが通信速度は必要としない。

【セキュリティ対策】

- 自営の光回線を使用したネットワークは、映像系、制御系の 2 系統とし、映像系については外部から確認・指示を行う際に VPN 接続を行う必要があるためインターネット接続されたネットワークである。映像のみということでカメラによるパスワード管理のみのセキュリティとした。また、制御系の回線については水門設備も制御対象設備としているためセキュリティ対策は必要不可欠となるがコストを掛けずにセキュリティを高める目的でインターネットには接続せずに LAN 環境のみで構成することで外部からの侵入を不可能とした。また休日、時間外において操作する職員は 24 時間態勢で職員が常駐しているダム（取水口）監視所の職員がいるため映像を外部から確認、判断し、必要な操作は監視所の職員に連絡しながら実施することとした。

- 行政ネットワークとは切り離しており、今回の取り組みでは問題なく実施できている。

第3節 ネットワークカメラによる監視、雨量データ伝送実証（宮崎県企業局）

事業者名：宮崎県企業局

事業名：ネットワークカメラによる発電所等の監視強化実証事業／

特定小電力無線通信による曾見川雨量データ伝送実証事業

○ ネットワークカメラによる監視強化

<具体的な実施内容>

- ✓ 7か所の発電所等にネットワークカメラ等を新設及び増設し、故障等にどの程度ネットワークカメラが活用されたか検証する。

<期待される効果>

- ✓ 故障時は現場に行き状況を確認していたが、遠隔で把握することにより、現場到着前に必要な対応や復旧方法の検討等が行え、早期の復旧が期待できる。

○ 雨量データ伝送

<具体的な実証内容>

- ✓ 険しい山奥にあるため電源や通信手段のなかった曾見川沿いに雨量計を設置し、雨量データを特定小電力無線で綾第一発電所に送信。
- ✓ 電源に太陽光パネルを設置し、無線の中継局は、送電線鉄塔に設置し、マルチホップ方式で伝送する。

<期待される効果>

- ✓ 受信したデータを企業局LANを使い、曾見川下流にある古賀根橋ダム等での観測を可能にし、洪水予測に活用する。



出所) 第4回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 電気保安制度ワーキンググループ, 資料3 水力発電設備の保守管理に係るスマート化ガイドライン策定について

図19 ネットワークカメラによる発電所等の監視強化実証事業／特定小電力無線通信による曾見川雨量データ伝送実証事業

1 実証事業の概要

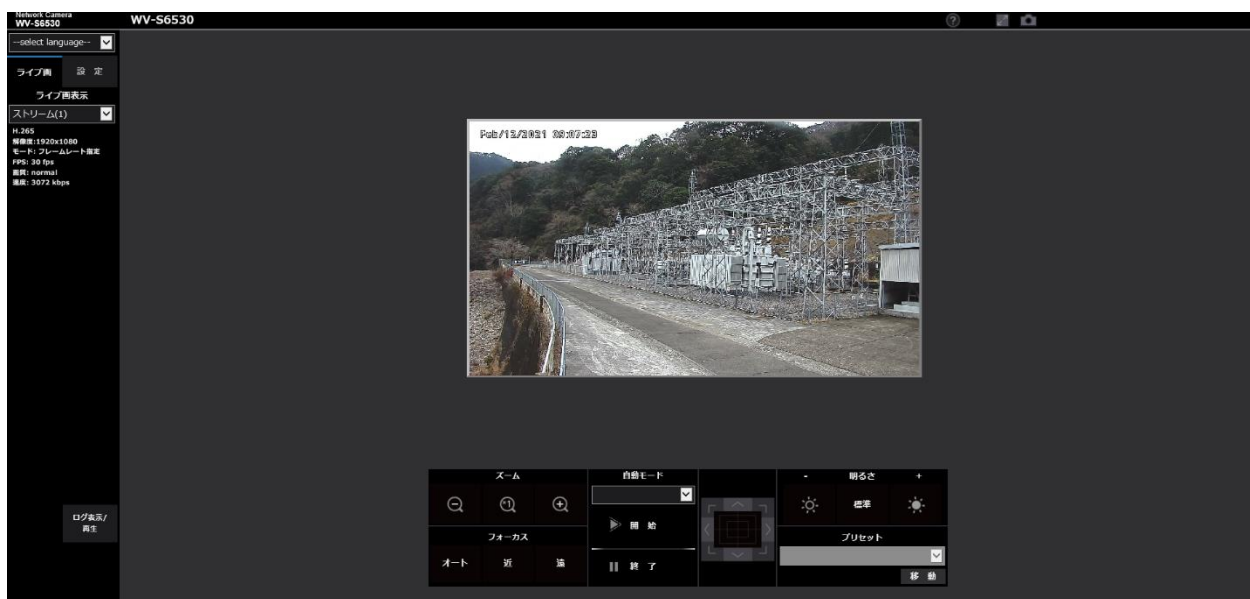
宮崎県では、①ネットワークカメラによる発電所等の監視強化実証と②特定小電力無線通信による曾見川雨量データ伝送実証を進めている。

現在、1つの発電所において大規模な改修を行っており、同時にセンサー化してデータ伝送ができるようにしている。段階的にそうした改修事業の中でセンサー化を進めていくことを計画しているが、公営企業は先行投資が難しいため、改修事業の中で時間を掛けて進めていく予定である。

発電所のデータはほぼ集められる環境にあり、今後発電所の改修にあわせてさらにセンサー化が行われる予定である。一番の課題は、集めたデータの活用である。取得したデータの活用方法の検討にあたっては、AI等が考えられるが、単独では取り組みにくいテーマである。民間での取り組み事例等を参考に、内部の関連部署と合同で議論する機会を作ろうとしている。

① ネットワークカメラによる発電所等の監視強化実証事業

発電所等の監視強化のためネットワークカメラ等の新設・増設を行い、故障発生時にどの程度ネットワークカメラが活用されたか検証を予定している。



(資料提供：宮崎県企業局)

図 20 ネットワークカメラ本体（上図）及び監視画面（下図）の例

② 特定小電力無線通信による曾見川雨量データ伝送実証事業

険しい山奥にあるため、電源や通信手段のなかった曾見川沿いに雨量局を設置し、雨量データを特定小電力無線で綾第一発電所に送信する実証を行うこととしている。綾第一発電所で受信したデータを企業局 LAN を使い、曾見川下流にある古賀根橋ダム等での観測を可能にし、洪水予測に活用する。

- 現地の電源は太陽光パネルにより給電し、無線の中継局は送電線鉄塔に設置し、マルチホップ方式で伝送する。
- 来年度は伝送の正確性等について実証し、他の箇所への応用や公営電気事業経営者会議を通じて、他県の公営企業への展開を図る。
- 今回は、無線機を設置する送電線鉄塔があり見通し距離の確保等ができたが、他の地点が同じ条件とは限らないためどこにでも設置可能とはならない。

2 期待される効果

-特定小電力無線通信による曾見川雨量データ伝送実証事業について

- 水力発電所は設置箇所に通信インフラが整備されていない環境が多いため、今回の事業により省電力でのデータ伝送の正確性が確保できれば、スマート保安のためのデータ収集へと繋がる。ただし、無線機を送電線鉄塔に設置する必要があり、点検や交換時、そこにいくまでの労力や作業者の安全性の確保といった課題が残る。
- スマート保安技術導入のために、現在はまず通信路を確保することを主眼として取り組んでおり、その成果に期待をおいている。
- 山間地の場合にはどのようにデータを伝送するかが大きな課題となるが、電源のない雨量局からデータを転送する仕組みを構築できないかを検証している。今後はデータをより大量に伝送できれば、保安力向上及び技術力向上に繋がると考えている。

3 費用対効果・予算措置の方法

-特定小電力無線通信による曾見川雨量データ伝送実証事業について

- 大がかりなテレメータ装置の設置を考えれば安価に納められるが、1点のみの伝送と考えるとあまり安いものではなく、今後の展開への可能性も含めた費用として捉えている。
- 耐用年数は期待寿命として10年を考えている。ただし、設置環境は風雨に晒されるあまり良い環境ではないため、今後経過を見ていく必要がある。
- 通信回線を確保する場合に、民間から提供されている光ファイバーを使用する方法と比べ、無線によりデータ転送することは比較的簡単であり、コストを抑えることができる。
- スマート保安技術導入に関しては、経営層も認めている背景があり、計画は立てやすい環境である。これまでも出水による被害があったことから、それを防止するための足掛かりとしての効果も期待されている。
- 宮崎県の特徴として、土地柄のため台風災害が比較的多いことから、発電所の通信網整備体制が早くから確立されており、自前で通信回線を所有していた実績もある。通信網整備に取り組むことについて経営と現場で共通認識となっている。
- 今回の実証事業では1拠点からデータを転送するものであるが、その工事費は決して安くはない。しかしそれも数が増え、需要が広がればコストが下がり利用可能な予算範囲になってくると思われる。初期投資をして10年で回収すると考えれば、民間設備を利用するより安価に実現することができる。
- 無線通信により期待以上の効果が確認できれば、雨量局を増設し出水予測に活用することで、安全のための一番大きな効果があると期待している。企業局は費用対効果以上に（コストを掛けても）安全を最優先するのが使命である。それを示すための指標としては、河川沿い等に雨量局を増設し、雨量を測定して予測可能性を高めることが大きく安全に寄与すると考える。

4 人材確保・育成・技術継承

【デジタル人材確保・育成】

- 現状は、必要なデータは集められているという前提で、その活用・予兆の判断をするための能力がないことが課題である。データを活用し、判断できるための人材育成が必要。
- データを利用するための土台はできていると考えているが、それをいかに活用するかについては課題となっており、今後、より具体的に議論していく。

- 企業局のネットワークは職員自らが管理している。しかしそのための人材は限られるため、今後は管理できる人材を増強することが必要である。
- スマート保安技術導入に関しては、経営層も理解しているため計画については立てやすいが、費用対効果についてはほぼ人件費の削減となるため、人材育成とのバランスをどう取るのか、といったところが難しい。
- 人材育成のため OJT に取り組んでおり、発電所の保守管理は外部での研修を設けている。他県での機器取扱の研修に派遣するなど、組織間で交流することで技術力を高めようとしている。

【保安技術継承】

- 将来的により高度な技術の導入を検討する場合、スマート保安技術導入の推進への対応について、まずは既存設備を熟知することができていないと、データの活用が不可と考えており、そこをどうレベルアップしていくかを検討している。
- 費用対効果の計算にあたって縮小する要素は、保守のコスト低減することによる人件費になる。しかし省人化することで他の業務に影響が及び、技術継承の観点で技術力が低下することを危惧している。

5 ベンダーとの折衝

- 今回の事業は、これまで行っていない設備の導入であり、事前の調査や製造者等の聞き取りを重ね理解を深めた。

6 ネットワーク基盤・セキュリティ対策

【ネットワーク基盤】

- 古くから多重無線設備等によって発電所及び企業局庁舎間の通信回線は確保していたため、主幹となる通信回線はある。
- 発電所からさらに離れた地点については整備が遅れており、その回線確保のための検討として今回実証事業を進めている。

【セキュリティ対策】

- 雨量データを伝送するための通信は閉じた系で、場所が山間地ということで、盗聴されるような心配も少ない。今後クラウドを活用したデータ通信を考える場合は外部との接続になるため、行政分野のネットワークを使っている関係でポリシー的に認められない可能性があることが課題である。
- 企業局が管理しているサーバーに全て納めており、管理・制御どちらも活用可能である。制御系と保守系のデータはファイアウォールで分けた構成でネットワーク構築している。

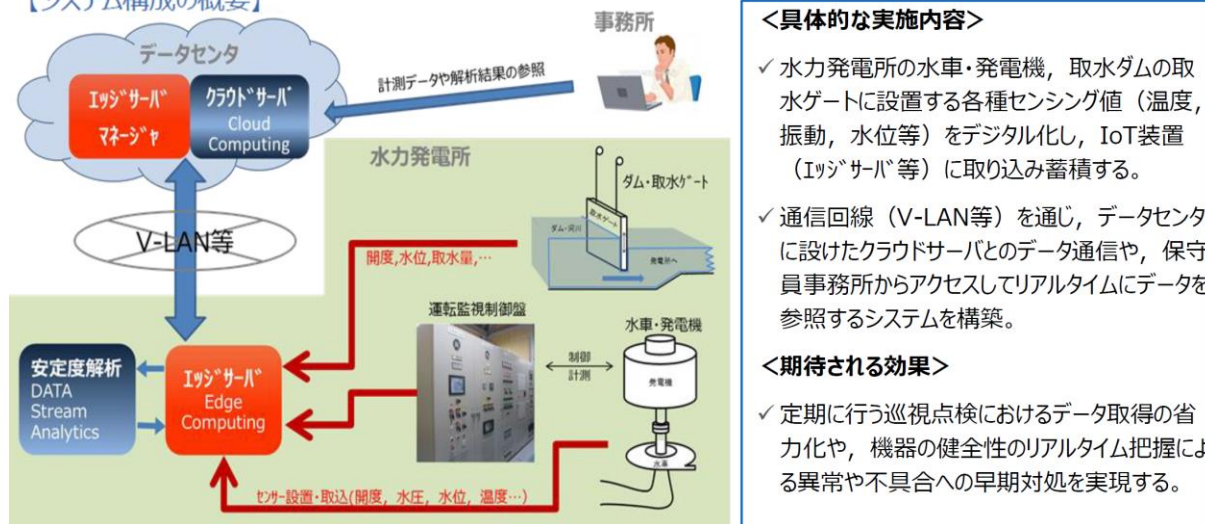
第4節 IoT・ICT 技術適用に関する研究開発（中国電力株式会社）

事業者名：中国電力株式会社

事業名：水力発電 IoT・ICT 技術適用に関する研究開発（概念実証）事業

水力発電所等における各種センサーデータのリアルタイムな見える化

【システム構成の概要】



出所) 第4回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 電気保安制度ワーキンググループ, 資料 3 水力発電設備の保守管理に係るスマート化ガイドライン策定について

図 21 水力発電 IoT・ICT 技術適用に関する研究開発（概念実証）事業

1 実証事業の概要

中国電力株式会社では、広島県太田川水系の流れ込み式発電所 1 箇所を対象とした、IoT の概念実証を 2017 年から進めており、補助事業による取り組みは 4 年目に該当する。これまでに月に 1 回実施している発電所の巡視点検においてタブレットを導入し、その場で点検記録を入力する仕組みを導入している。

今回の実証事業ではデータ取得の作業を自動化し、センサーから取得したデータをリアルタイムにサーバーへ取り込んで蓄積し、遠隔の事務所から参照するシステムを構築して検証する。

- 点検時のデータを所要のタイミングで取得し、記録を自動入力・作成できるようにしている。
- データ取得は、簡易な環境センサーによるデータ、水車・発電機制御装置内のデータ、カメラで読み取った画像のデジタルデータ化等して蓄積している。
- 発電所上水槽における一定時間後の水位を AI により予測するシミュレーションを試行している。
- データを秒単位の頻度で取得・処理をすることで、点検記録や水槽水位予測として十分なデータが取得できているかを検証している。

図 22 センサーデータの収集に関する設備例



現在は概念実証レベルの取り組みであり、巡視点検時に取得するデータの全てをデジタル化できてはいない（7割程度）。センシングにより取得できるデータ項目数を充実して、機能の高度化に取り組む予定である。

プラントの健全度を容易に把握できるような工夫をしているが、現在はシステムを構築して、その動作確認している段階であり、業務での活用はこれからとなる。手作りのシステムのため、得られたデータの見える化や業務への活用については将来的に工夫の余地がある。現場の保守員が使いやすいことを目指して、業務に活用できるよう機能や精度を高めていく。

2 期待される効果

- 巡視点検におけるデータ取得の省力化
- 記録作成の省力化
- 故障予知（警報設定値に対してどの程度余裕があるかを表示するアルゴリズム）
- なお、現在の巡視点検は月 1 回だが、実用レベルにおいてはさらに回数を減らすことを目指している。

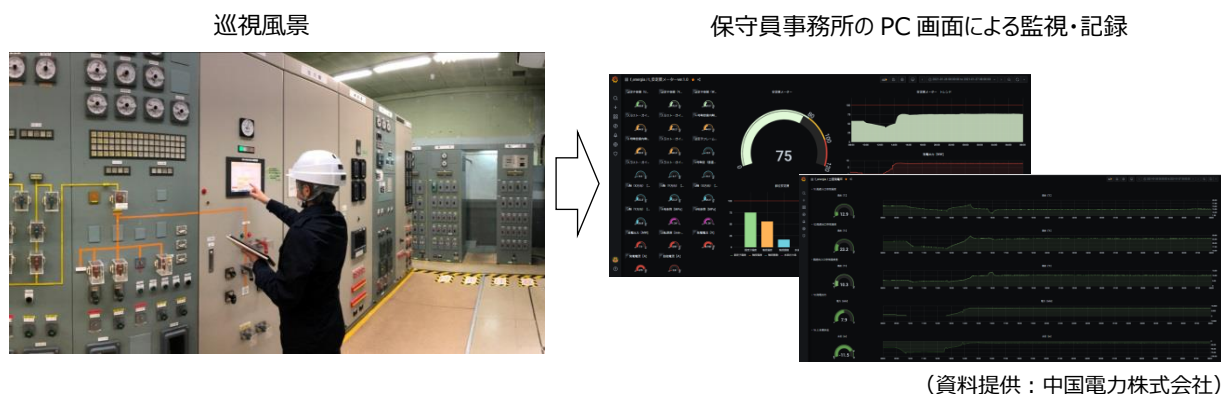


図 23 巡視風景と監視・記録画面の例

3 費用対効果・予算措置の方法

- 経営層に対しては、新たな取り組みを開始する場合には費用対効果の説明を要するのが実情である。今回の取り組みにあたっては、スマート保安技術導入に関し経営層の理解が得られたことで、スムーズに推進することができた。計画時の費用概算にあたって有用な情報がなかったため、費用対効果を示すための一連のストーリーを作る必要から、想定をベースに試算し、以下のような定性的な効果も合わせて説明した。
 - 具体的に何人が巡視しており、点検時間を短縮してどのくらい時間省力化できるか
 - 故障予知ができることで計画外停止を回避できる
 - 設備利用率を向上させれば発電量がアップする
- 実証に取り組んでいる対象発電所の規模は 8000kW であり、この規模の発電所で故障停止を回避できることの効果は、巡視点検の省力化効果よりも大きい。
- 導入する電子機器は法定耐用年数としては 5 年であるが、その期間で投資分を回収することは現状では困難。一方、実力ベースで考えれば 10 年程度は使えることを踏まえると、それ相当の基準で評価することでも良いのではという考え方で進めている。
- 定性的なメリットとしては、水力発電技術の分野でベテラン人材が減っていく状況において技術継承に役立つという点が挙げられる。経験に基づく継承ではなく、取得したデータから作成したトレンドグラフを教材として用いた方が、若手には伝えやすく、確実な技術継承となる。
- 巡視作業は、人による作業であるため、省力化によって浮いたリソースを生産性の高い業務に充てることで、単純に人件費が減るだけでなく、生産性の向上に繋がることも評価した。
- IoT プラットフォームのソフトウェアに米国製のものを採用しているが、毎年更新され常に最新のソフトウェアが使えるよう、システムを構築している。
- センサーについては、新設した場合、そのセンサーを機能維持する必要等、保守作業の観点で新たな負担増となるため、極力、既設のものを（信号を分岐するなどして）使用している。例として、環境データについては、気温・湿度等の計器は汎用品が多くあり、運転には直接影響しないので、割り切って既設のものを活用してコスト削減している。

4 人材確保・育成・技術継承

【デジタル人材確保・育成】

- 人材育成に関しては、まだ仕組みとしてはできておらず、スマート保安技術のための取り組みを推進している人物は限定的である。今後、実証事業での取り組みを横展開する中で、関連する作業に携わり、水力発電のIoTに関する知識を深め、デジタル人材を増やすことを考えている。
- スマート保安技術の推進は、試行錯誤して経験しないと分からないことが多いため、人材育成のためにはこうした活動に実務として関与することが最も重要である。
- 今後、蓄積したデータベースから必要な情報をダウンロードして教材として活用できれば、技術継承に役立つ。そのためには扱いやすく、分かりやすく、業務で使えるものとして、あったら良いではなく、なくてはならない仕組みとすることが必要である。
- AI・IoTに関する社内研修は単発的には実施している。業務に活用するためにはその知識を繋げていく必要があり、ある程度の時間を掛けて、最終的に業務へ落とし込むまで取り組んでいくことが、人材育成には大切である。
- 実証事業の体制は、情報通信会社・発電機メーカー・水車メーカー及び中国電力の4社協業で取り組んでいるが、デジタル化に関する人材が揃っているという状況ではなく、それに取り組む意思があるかどうかことが重要。協業のためには、各社にとってインセンティブが働くような提案が不可欠。各社とも新しい知識を徐々に身につけて今に至っており、これからもこのような業務に携わる機会を増やしていくことが必要である。

【保安技術継承】

- スマート保安技術の導入は水力発電技術の分野でベテラン人材が減っていく状況において技術継承に役立つと考える。経験に基づく継承ではなく、取得したデータから作成したトレンドグラフを教材として用いた方が、若手には伝えやすく、確実な技術継承となる。

5 ベンダーとの折衝

- IoTシステムを実際の機器に適用することを考えると、設備メーカーとのやり取りが必ず生じる。メーカー側で閉じていた機器内部データを外部に出力することについて（メーカー側に）理解してもらう必要があったが、その対応ができるメーカーは当時限定されていた（3年前頃）。
- 最初の段階で計画したことが、実際にはじめてみると不足する機能が分かってくるなど、試行錯誤の繰り返しになり都度業務の折衝が必要になる。当初想定した費用へ追加したり、契約を変更したりして対応している。
- 機器にデータ出力用の基盤を追加する改造費用を負担すればデータを取り出せると考えるが、初めての場合は開発費が掛かり、メーカー側がどこまでユーザーの要望を汲み取れるかにより、費用が大きく変わってくる。

6 ネットワーク基盤・セキュリティ対策

【ネットワーク基盤】

- ネットワーク基盤整備については課題があり、山間部の発電所はIT網が整備されていない。それをデジタル化のために整備するのは時間・費用が掛かる。実証事業にあたっては、協業している1社が（電力用だけでなく）一般用インターネットプロバイダーとしてIP網を持っていることから、それが極力活用できる発電所を選定した。
- IoTシステムに加えて、電力保安用のIPカメラやWiFi無線とも兼ね合わせて、ネットワーク整備の必要性の認識合わせをしている。

【セキュリティ対策】

- IoTにより取得したデータをどのように扱うかについては議論があり、一つの焦点になっている。それは系統運用に用いるデータとプラントデータがある中で、電力制御セキュリティの確保面から、系統運用向け回線とは通信ネットワークの階層を分離する必要があるため、通信セキュリティポリシーの観点では新たなデータ種類が生まれたと捉えて、通信部門と協議をしている。