

電気保安分野
スマート保安アクションプラン

令和3年4月
スマート保安官民協議会 電力安全部会

はじめに

現在、電気保安の分野においては、各種電気設備の経年劣化や電気保安人材の高齢化・人材不足、再生可能エネルギー事業者等の参入に伴う電気設備やプレイヤーの多様化などの産業構造変化の課題に加え、近年の大型台風や豪雨等の自然災害の激甚化や新型コロナウイルス感染症対策を行いながらの電力の安定供給の実現などの外部環境変化の課題も多く出現している。電力供給は社会活動の基盤となる重要インフラであり、電気保安においてはこれらの環境変化に的確に対応すべく、安全性と効率性の維持・向上など電気保安の高度化を図っていくことが必要である。

このような状況にあって、近年では、IoT、AI やドローンに代表されるような新しい技術（以降、スマート保安技術）が登場し実用化されており、電気保安の分野においても安全性を前提とした電力の安定供給を将来にわたり実現すべく、これらの技術の活用による電気保安水準の維持向上及び生産性向上等を両立させる所謂スマート保安（＝電気保安のスマート化）の推進が強く求められている。

経済産業省産業保安グループでは、スマート保安官民協議会電力安全部会を設置し、スマート保安官民協議会で策定された「スマート保安推進のための基本方針」の下、官民連携でのこれら電気保安のスマート化の取り組みについて検討を行った。具体的には、電気保安分野におけるスマート保安について、2025 年をターゲットイヤーとして、電気保安分野における現状の課題や導入が期待される技術を踏まえ、電気保安の将来像や電気保安分野のスマート保安を実現するためのポイントを整理し、官民のアクションを検討・整理した。ここに掲げられるスマート保安を推進するための規制のあり方の見直し、ガイドライン・成功事例の共有や表彰制度、技術実証の推進（安全性・信頼性、コストパフォーマンス）、人材育成・サイバーセキュリティといった取り組みは、国と事業者双方の協同による実施が不可欠となる。

本アクションプランは、これら検討の結果を踏まえて、今後、官民が電気保安のスマート化を推進するための道標として取りまとめたものである。

スマート保安官民協議会 電力安全部会 構成員等名簿
(敬称略・五十音順)

(構成員)

浅川 晴俊	公営電気事業経営者会議 事務局長
池谷 知彦	一般財団法人電力中央研究所 特任役員
春日 克之	全国電気管理技術者協会連合会 常任理事
柴田 学	一般社団法人日本風力発電協会 技術部長
菅 弘史郎	電気事業連合会 工務部長
鈴木 聡	一般社団法人太陽光発電協会 事務局長
福島 章	電気保安協会全国連絡会 代表幹事

(オブザーバー)

佐原 薫	日本メンテナンス工業会 事務局長
辻 勝也	一般社団法人日本電気計測器工業会 事務局長
鶴巻 一夫	一般財団法人エンジニアリング協会 企画渉外部 部長

目次

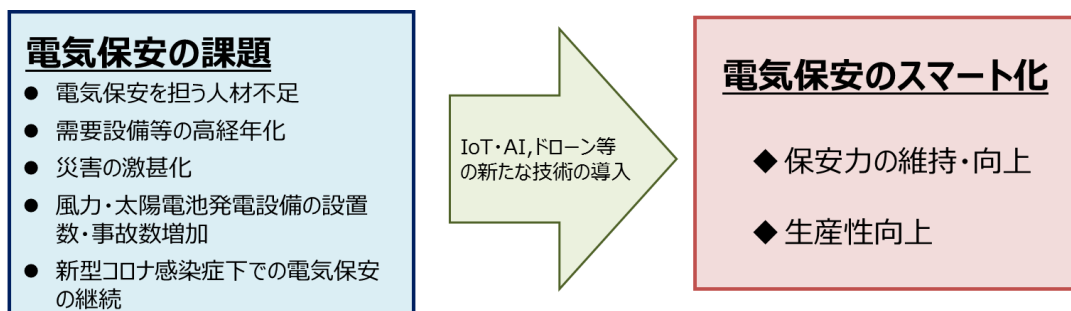
1. 背景	1
1.1 電気保安をとりまく課題とスマート化	1
1.2 スマート保安官民協議会とアクションプランの位置付け	1
2. 電気保安全体の将来像と技術実装のターゲットイヤー	3
2.1 電気保安のスマート化の将来像	3
2.2 メンテナンス及びオペレーションの作業プロセスの変化	3
2.3 電気保安における IoT・AI・ドローン導入のイメージ（2025 年）	4
2.4 技術実装の道筋とターゲットイヤー	6
3. 具体的な保安上の課題及び導入が期待される技術	10
3.1 電気設備ごとの技術実装の道筋	10
3.2 火力発電所の保安の将来像と導入が期待される技術.....	10
3.3 水力発電所の保安の将来像と導入が期待される技術.....	14
3.4 風力発電所の保安の将来像と導入が期待される技術.....	17
3.5 太陽電池発電所の保安の将来像と導入が期待される技術	20
3.6 送配電・変電設備の保安の将来像と導入が期待される技術.....	24
3.7 需要設備の保安の将来像と導入が期待される技術	26
4. 新技術の実用化・導入に必要な取り組み	28
4.1 新技術の実用化・導入に必要な官の取り組み	28
4.2 新技術の実用化・導入に必要な民の取り組み	32
4.3 新技術の実用化・導入に必要な取組とフォローアップ	37
5. 新技術の妥当性確認の仕組みづくり	38
5.1 技術の妥当性確認に必要な論点	38
5.2 スマート保安プロモーション委員会の設立	38

1. 背景

1.1 電気保安をとりまく課題とスマート化

現在、電気保安の分野においては、各種電気設備の経年劣化や電気保安人材の高齢化・人材不足、再生可能エネルギー事業者等の参入に伴う電気設備やプレイヤーの多様化などの産業構造変化の課題に加え、近年の大型台風や豪雨等の自然災害の激甚化や新型コロナウイルス感染症対策を行いながらの電力の安定供給の実現などの外部環境変化の課題も多く出現している。電力供給は社会活動の基盤となる重要インフラであり、電気保安においてはこれらの環境変化に的確に対応すべく、安全性と効率性の維持・向上など電気保安の高度化を図っていくことが必要である。

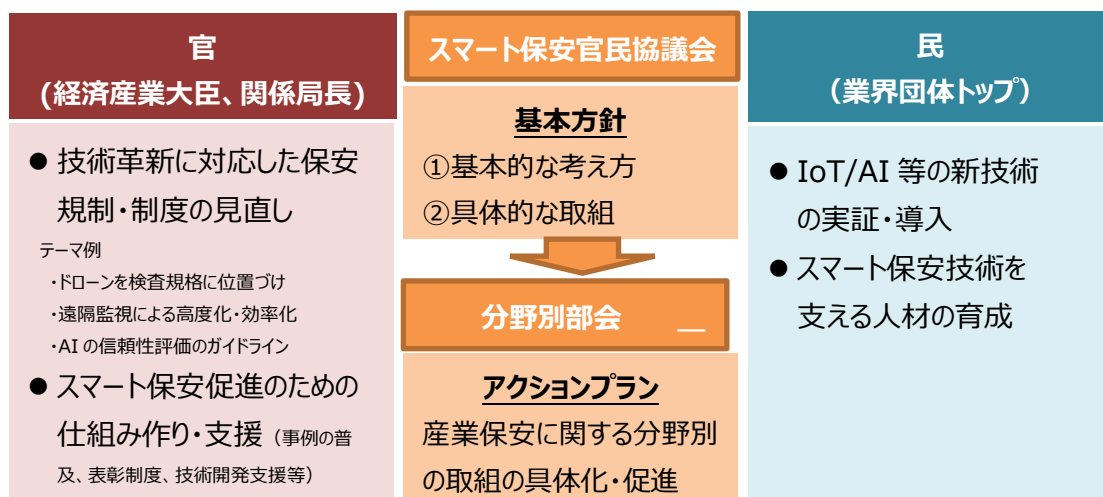
このような状況にあって、近年では、IoT、AI やドローンに代表されるような新しい技術（以降、スマート保安技術）が登場し実用化されており、電気保安の分野においても安全性を前提とした電力の安定供給を将来にわたり実現すべく、これらの技術の活用による電気保安水準の維持向上及び生産性向上等を両立させる所謂スマート保安（＝電気保安のスマート化）の推進が強く求められている。



1.2 スマート保安官民協議会とアクションプランの位置付け

経済産業省産業保安グループでは、スマート保安官民協議会電力安全部会を設置し、スマート保安官民協議会で策定された「スマート保安推進のための基本方針¹」の下、官民連携でのこれら電気保安のスマート化の取り組みについて検討を行った。具体的には、電気保安分野におけるスマート保安について、2025 年をターゲットイヤーとして、電気保安分野における現状の課題や導入が期待される技術を踏まえ、スマート保安の将来像やスマート保安を実現するためのポイントを整理し、官民のアクションを検討・整理した。

¹ 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，
https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/smart_hoan/pdf/kihon_hoshin.pdf.

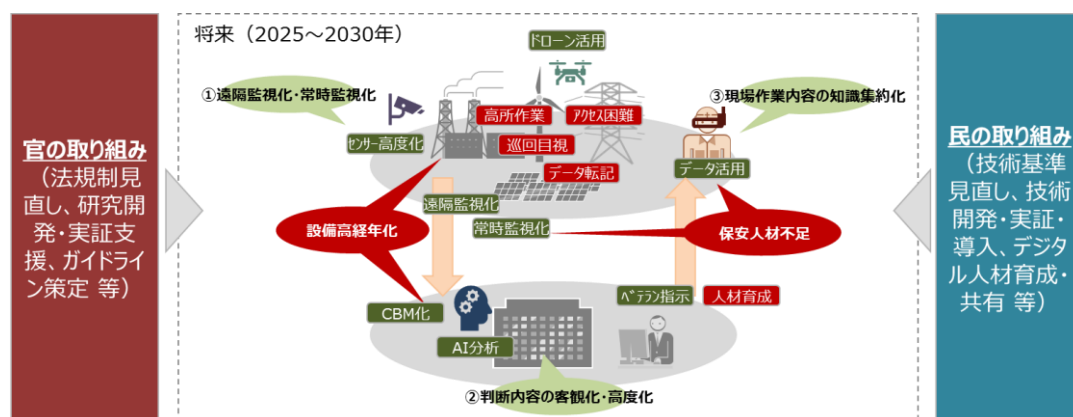


2. 電気保安全体の将来像と技術実装のターゲットイヤー

2.1 電気保安のスマート化の将来像

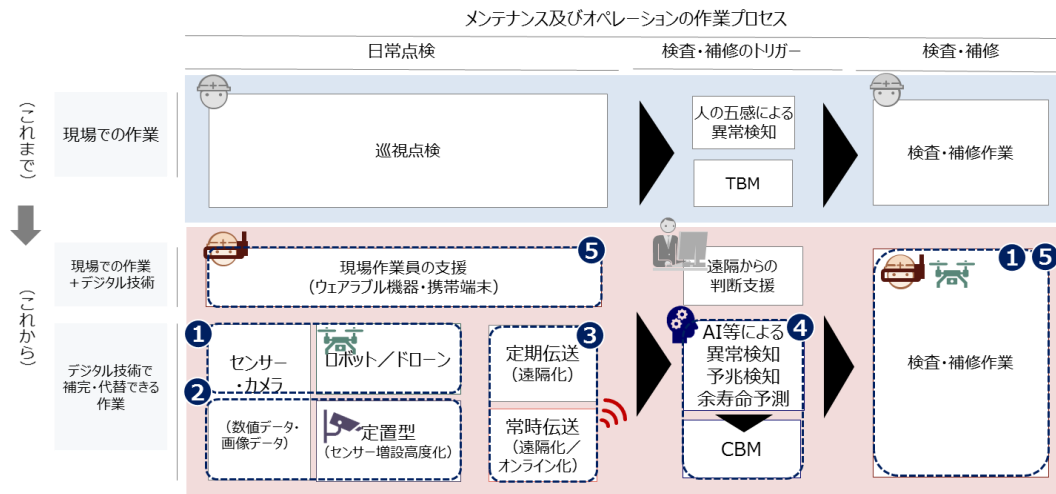
電気設備には、発電設備（火力／水力／風力／太陽電池）、送配電・変電設備、需要設備等多様な設備が存在するが、ほとんどの設備分野において設備経年劣化・保安人材不足などの課題に直面している。これらの課題に対し、保安のスマート化により対応していくことを目指す。電気保安のスマート化の将来像においては、以下に示すような本質的な変化が生じると考えられる。

- 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・拡大する。
- 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・形式知化される。
- 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される。



2.2 メンテナンス及びオペレーションの作業プロセスの変化

現在、スマート保安に資するものとして開発・導入が期待される主な技術分野は、①ロボット・ドローン、②センサー・カメラ、③定期・常時伝送、④異常検知・予兆検知・CBM、⑤ウェアラブル機器・携帯端末等が想定される。これらのスマート保安技術の活用を想定し、電気保安の分野において従来作業員が行ってきた保安に係る情報取得、状況判断、制御・補修等について、システム化可能な部分のスマート化を推進し、人が行う作業と先端技術を組み合わせ、協力事業者や地元企業との関係も踏まえた新しい保安の全体像を整理していく必要がある。



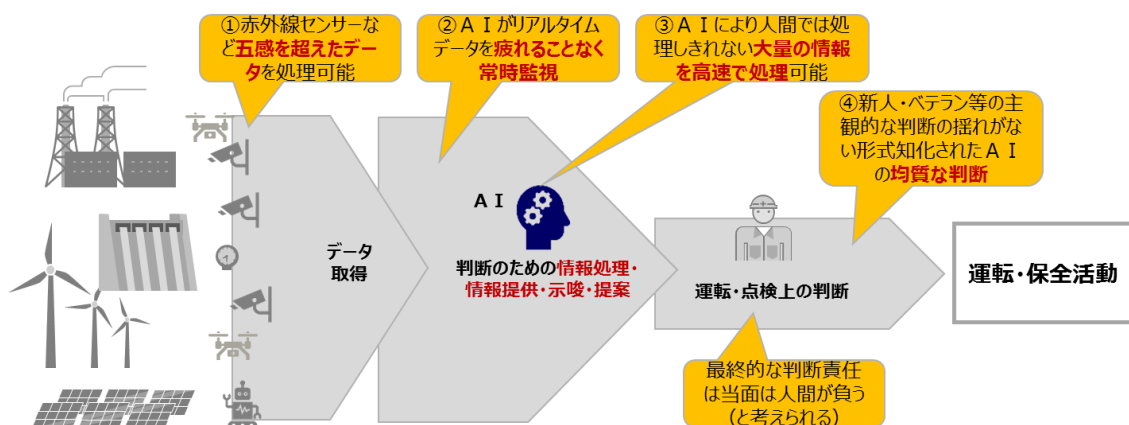
2.3 電気保安における IoT・AI・ドローン導入のイメージ (2025 年)

(1) 電気保安における IoT・AI 導入のイメージ (2025 年)

定置センサー・ドローン搭載センサー等 (IoT) により取得・蓄積されるデータが格段に増加するとともに、卓越した「記憶容量」「処理速度」を備えた AI 技術の進展により、それらビッグデータを活用することが可能となる等、保安分野でも人間の判断の補助としての AI の活用が拡大するものと考えられる。

具体的には、下記の観点から画像診断や故障予兆検知等の分野で活用が進むと見込まれる。

- ① 人間の五感を越えたセンシング情報の活用
- ② 常時監視機能
- ③ 処理速度の向上・効率化
- ④ 判断における主観的・暗黙知な差異の排除

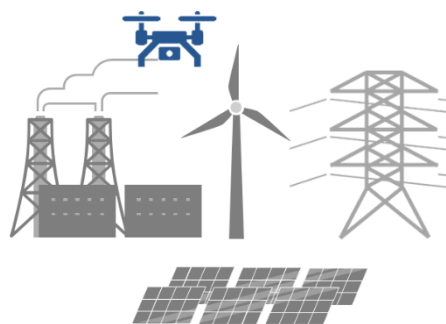
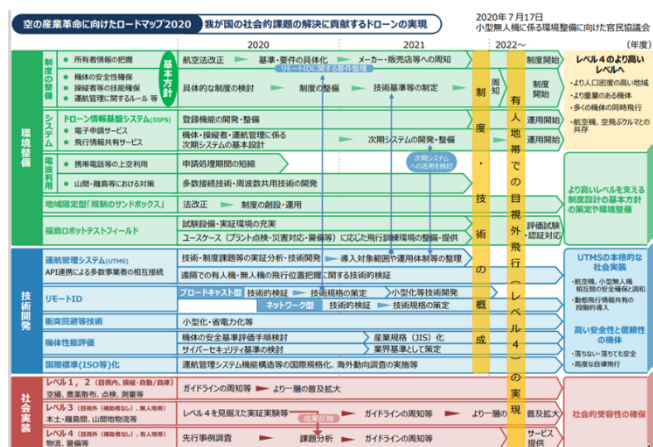


(2) 電気保安におけるドローン導入のイメージ (2025 年)

ドローンによる有人地帯での目視外飛行 (レベル 4) に向けた取り組みが進んでいる。特

に送配電・風力発電・太陽電池発電設備の点検に用いる場合、設備の立地の観点、同一条件でのデータ取得の観点から自律飛行によるセンシング（画像取得）が期待される。また、火力発電設備の点検に用いる場合、防爆規制へ対応したドローンが期待される。

ドローンでのセンシングによる現場点検の補完性・代替性を確認しながら、自主保安及び法定検査に導入されていく可能性がある。



2.4 技術実装の道筋とターゲットイヤー

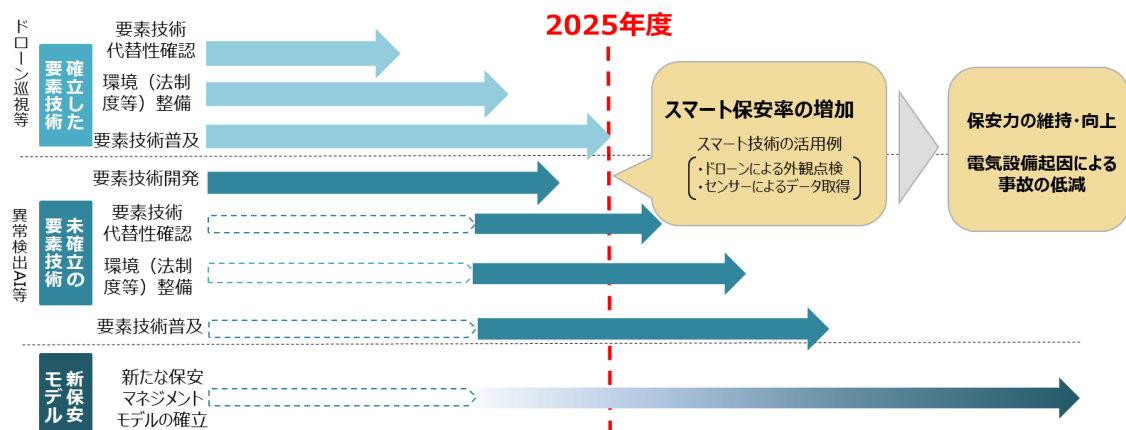
(1) 技術実装の道筋とターゲットイヤー

2025 年に向けて個別の保安業務のスマート化を進めるべく、まず既に一定程度確立している要素技術については、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、法令や業界指針の必要な環境整備を進め、その普及を図り、スマート保安技術の導入を推進する。

一方、現在未確立の要素技術については、その開発・実証を進め、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を行う。技術が確立した段階で徐々に必要な規制環境の見直しと共に技術の実用化を進めていく。

各技術の導入について、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、有効性を確認したうえで、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。

こうした取り組みを通じ、スマート保安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）する発電所等数の割合を増加させ、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。



(2) 目標（KPI）の設定

以上の取り組みを促進するにあたり、進捗の確認等コミュニケーションツールとして、目標（KPI）を設定する。具体的には、以下のとおり、1) スマート保安技術導入に係る KPI 及び 2) スマート保安導入による効果の KPI を設定することとする。

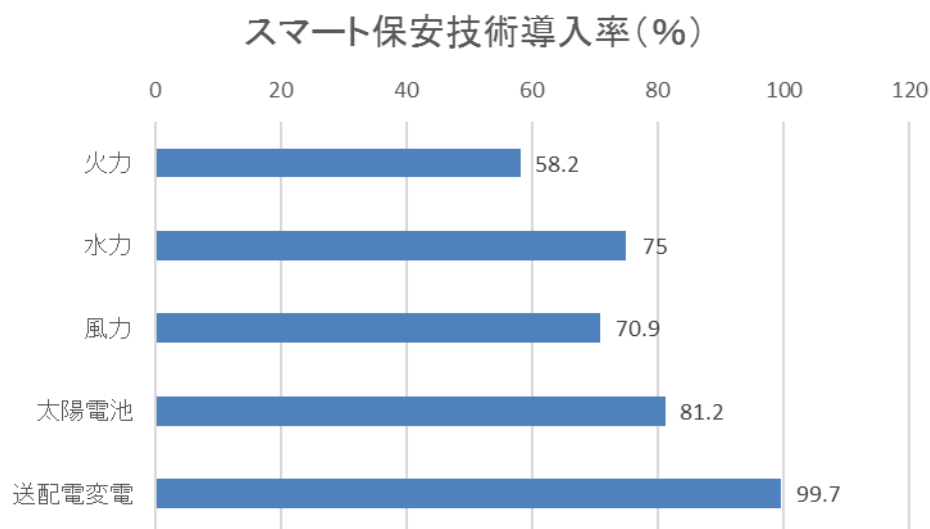
1) スマート保安技術導入に係る KPI

発電事業者・送配電事業者を対象に、スマート保安技術の導入状況についてアンケートを実施した。²なお、今回のアンケートでは、①ドローンによる巡視または点検、②センサーま

² 風力・太陽電池発電については工事計画届出の対象設備。

たはカメラによる発電所構外からの遠隔監視³、③AIによる異常診断、④CBM化、⑤ウェアラブル端末・携帯端末の活用について、技術レベルを指定せず幅広く収集し（例えば、点検時の現場記入事項の電子化（携帯端末の活用）や危険箇所を監視するためのカメラの単独設置等も含まれる）、これらのデジタル技術をスマート保安として一つ以上導入⁴している発電所等の割合について、調査を行った。その結果、火力では58.2%、水力では75.0%、風力では70.9%、太陽電池では81.2%、送配電・変電では99.7%と高く、過半数の発電所等において一定程度の個々のデジタル技術の導入は実施していると考えられる。

今回のアンケートでは、個々の技術の具体的内容や活用方法、複数の技術の組み合わせについては調査していないため、本アクションプラン3.に掲げるような、より高度かつ生産性向上に資するスマート保安の導入状況の把握や目標設定のためには、今後、必要となり得るデータ（基礎的な電流、電圧の他、温度、振動、水位、日照等）やその取得、分析に必要な技術の動向等について、調査の精緻化が必要となる。



（スマート保安技術導入率＝導入発電所⁵等の数／発電所等の総数×100（%））

³ 送配電・変電設備については「センサーまたはカメラによる遠隔監視」

⁴ アンケートの性質上、実際には技術を導入している場合でもスマート保安として自覚的には活用していない者や、スマート保安を極めて先進的なものだと考え、基本的なデータのみを取得している場合に該当しないと考えている場合もあり、今後フォローアップしていく際には精査が必要。

⁵ 送配電・変電設備については設備を管理している事業所の数。

＜スマート保安技術別導入率＞

	火力	水力	風力	太陽電池	送配電・変電
①ドローンによる巡視または点検	19.2	4.6	13.7	12.3	44.7
②センサーまたはカメラによる発電所構外からの遠隔監視※	7.9	64.6	50.6	61.8	43.5
③AI(数値データや画像データからの異常診断)	11.3	1.5	15.8	10.6	9.7
④メンテナンス計画のCBM化	48.0	46.9	10.0	8.5	35.0
⑤現場作業でのウェアラブル端末・携帯端末の活用	11.3	56.3	10.9	23.8	85.2

(配布数：1168、回答者数：425、回答率 36.4%⁶⁾)

※送配電・変電設備については「センサーまたはカメラによる遠隔監視」

以上の足下の導入状況を踏まえ、スマート保安技術の導入目標について、本アクションプランでは、以下に掲げる取り組みの内、③について KPI を設定する。今後、フォローアップを行う際に②を整理した上で、新たな KPI の設定を検討することとする。

① 点検時の現場記入事項の電子化（携帯端末の活用）や危険箇所の定置用カメラによる遠隔監視等の足下の業務効率化も含めた(広義の)スマート保安技術の導入率の向上を図る。本取り組みについては、上述のとおり、既に一定の進捗が見られるところ。

② 以下に掲げる③の保安モデルや、従来の実証事業等の実装に必要なデータ（電流等の基礎的なデータに加え、AI による CBM 等に必要な温度、振動、日照、水位等）の整理を行い、当該データを取得できる IoT 機器等の導入率の向上を図る。

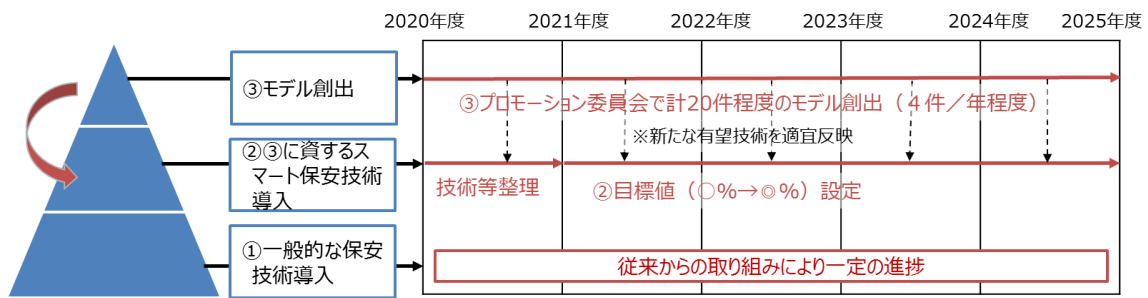
本取り組みについては、③の取り組みを踏まえて、本アクションプラン 3. 等の実装に資する技術（組み合わせを含む）を整理し、2021 年度に新たな KPI を設定することを検討する。なお、当該 KPI については、必要に応じフォローアップの際に随時追加・見直しを行う。

③ トップランナーによる IoT 機器や AI 等の技術を組み合わせた高度なスマート保安（業務の一層の効率化、代替化等の本アクションプラン 3. に掲げる形態）のモデル創出を図る。

本取り組みについては、各参画団体の協力を得て、プロモーション委員会でのモデルを 2025 年度 20 件程度創出することを目指す。

【KPI】プロモーション委員会で計 20 件程度のモデル創出（4 件／年程度）

⁶ 風力・太陽電池発電については、FIT 認定情報に基づき、設備 ID 毎に配布した数。管理設備をまとめて回答するケースと設備 ID 毎に回答するケースが混在。

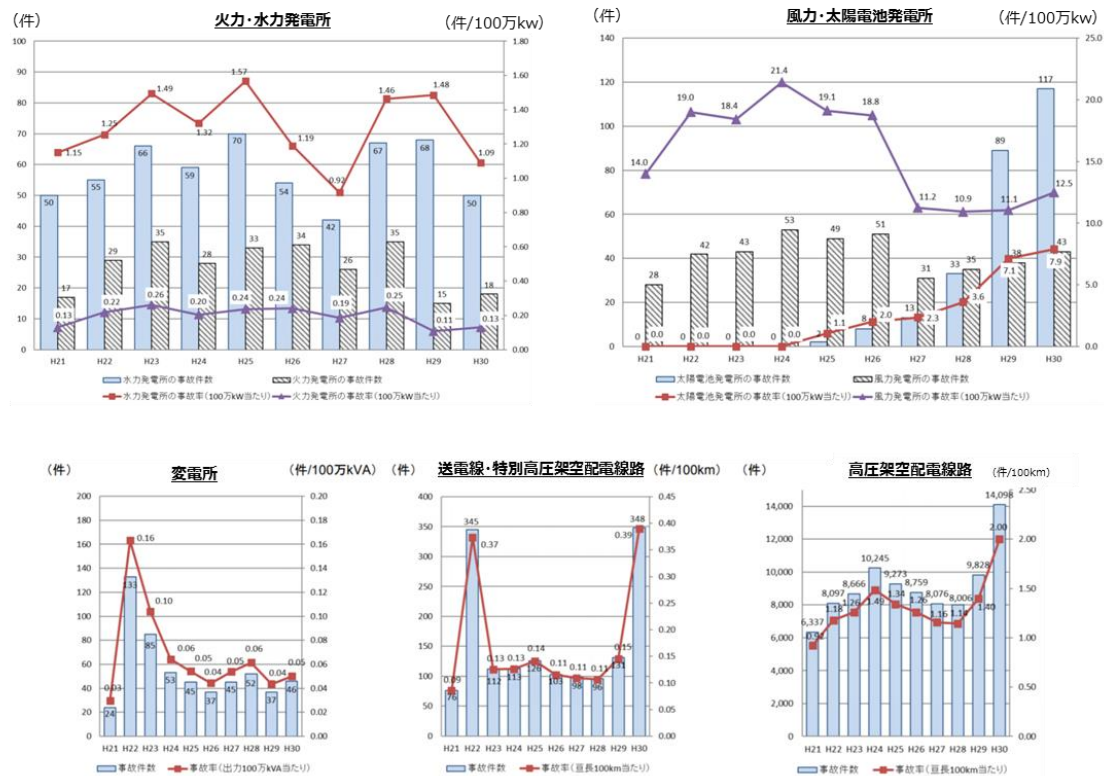


2) スマート保安導入による効果のKPI

設備の高経年化や人材不足の環境下において、スマート保安技術の導入を通じた電気保安水準の維持向上により、災害起因を除く事故率の維持（トレンドの確認）を図る。

【KPI】 災害起因を除く事故率のトレンドを確認する。

＜電気設備別 事故件数及び事故率の推移＞

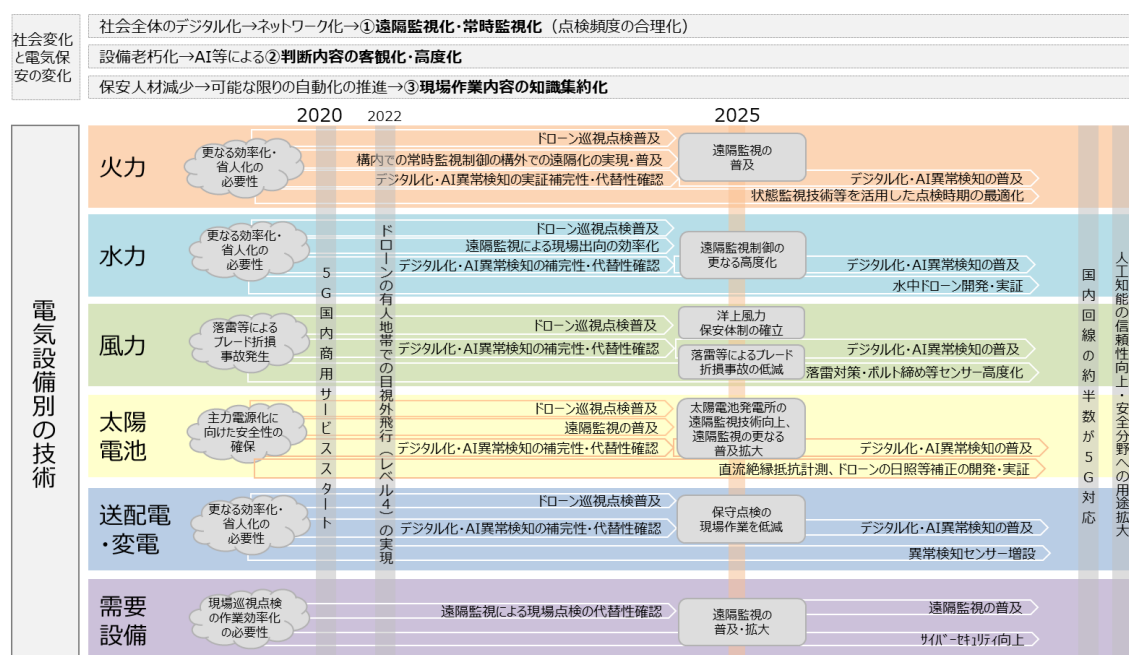


(出所：独立行政法人製品評価技術基盤機構 電気保安統計の現状について (平成30年度電気保安統計の概要))

3. 具体的な保安上の課題及び導入が期待される技術

3.1 電気設備ごとの技術実装の道筋

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。ロードマップ案を以下に示す。



以降、電気設備毎の保安の将来像と導入が期待される技術について整理をする。

3.2 火力発電所の保安の将来像と導入が期待される技術

(1) 火力発電所の保安の将来像

● 保安の課題

火力発電設備については、①設備が多岐にわたり点検箇所も広範囲なため、日々の巡視・点検に多くの時間と労力がかかるほか、②定期事業者検査では、それまでの運転状況や設備の劣化状況に関わらず一定のインターバルで設備を停止し検査を行う必要があることや、設備の開放や設備内部の点検用足場組立等、検査準備等の作業にも多くの時間と労力がかかり、煙突、他の高所・狭隘部等の点検、危険作業も存在している。また、③通常時も発電設備の常時監視制御及びその他の法令順守のために、一定の職員が昼夜問わず常駐し、体制維持が必要となっている。

● 2025年の絵姿

2020年度内に、一定の留意事項の下で常時監視・制御の遠隔化を可能とする関連規程類を改正する。2025年においては、センサーやドローン等について、現在の巡視点検におけ

る補完性・代替性を確認した上で、例えば遠隔常時監視、点検の省力化を促進し、保安力の向上を図りつつ、コスト面での更なる合理化を目指す。また、有用であるが現在確立していない技術（例：状態監視技術等を活用した点検時期の最適化）の開発を促進する。スマート保安技術の活用を通じ、保安力の維持・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、計画外停止を低減し、調整電源やベースロード電源としての機能を果たす。

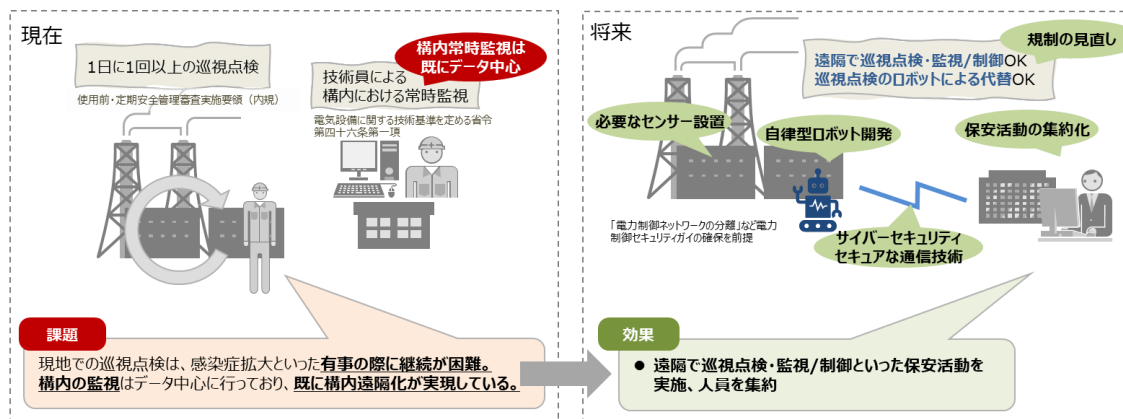
(2) 火力発電分野における技術

1) 巡視点検・監視/制御のデジタル化・遠隔化

現状、通常時も発電設備の常時監視制御及びその他の法令順守のために、一定の職員が昼夜間わず常駐し、体制維持が必要である。巡視点検・監視/制御といった保安活動のデジタル化・遠隔化ができれば、巡視点検や監視/制御に係る適正体制の構築が可能となる。

実現に向けて、技術的には現場のセンシング技術、サイバーセキュリティが必要となる。センシング技術については、現状人間によって行われている巡視点検や監視で得ている情報を、センシング技術を通してどのように確保できるかの検討が必要になると見込まれる。

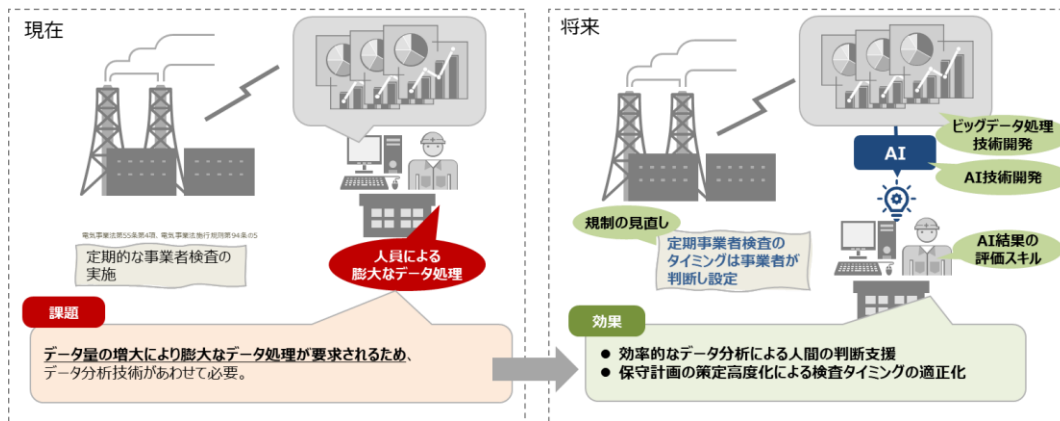
規制としては、構内での常時監視や安全管理審査におけるインセンティブ要件としての1日に1回以上の巡視点検といった規制要件が求められており、事業者によるデジタル化・遠隔化といったスマート保安を進めるにはこの要件の見直しが必要となる。また、火災予防や危険物管理等の観点から、応急時対応で求められる要件の整理とその評価ができれば、将来的には、発電所の無人化の選択肢の可能性もありうる。



2) AI 活用による保安活動の判断支援

センシング技術等により蓄積されたデータが増大するにつれ、当該データを活用するためには、膨大なデータ処理も必要になる。膨大なデータの分析にAIを活用することで、人間の判断支援が行われることにより、データ活用の効率化が可能になると見込まれる。さらに、従来人間による確認では特定しきれなかった異常予兆検知や、データに基づいた保守計画策定への活用など、AIの分析結果は幅広い活用方法が期待される。

実現にあたっては、ビッグデータ処理やAI技術の開発が必要になる。また、異常に係るデータの取得・利活用方法等の信頼性等が専門的見地から認められれば、安全管理審査・定期事業者検査周期の柔軟化の検討に有効である。

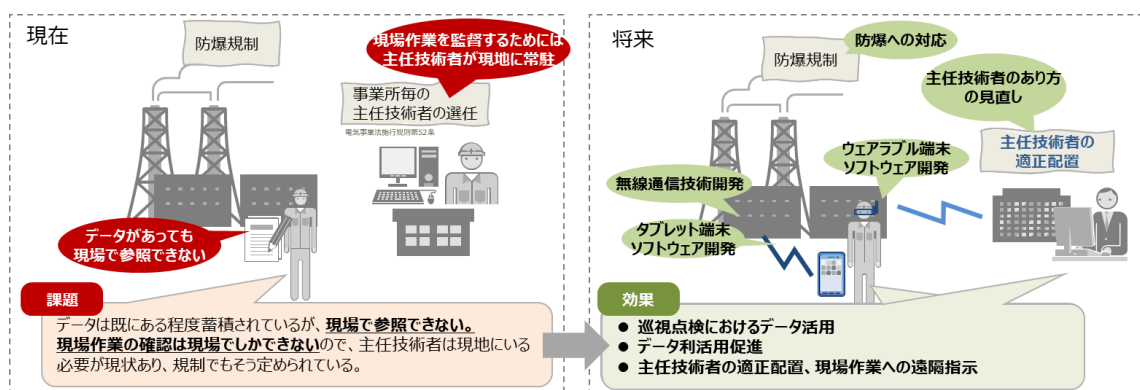


3) デジタル端末の活用による現場作業高度化

現場では、電子化されたデータがあっても現場で参照できない部分や、判断が個人の経験に依存する部分も存在している。また、現場作業監督のため主任技術者が現地に常駐しなければならないと規制上で定められている。今後起きると見込まれる人材不足や技術継承の課題に対応するために、デジタル技術の活用も考慮し、ベテラン作業員や主任技術者を適正に配置し、必要な場面で活躍してもらうことを検討する必要がある。

タブレット端末やウェアラブル端末を用いることで、現場でデータを参照したり現場や作業の状況を遠隔で確認できるようになり、データ活用による現場作業の高度化や、ベテラン作業員や主任技術者による遠隔の作業指導や現場確認が可能になる。また、複数の発電所を共通のベテラン作業員や主任技術者が指導・確認することで、各発電所に所在していた作業員・技術者間の能力の差による各発電所の保安レベルの質の差が解消されるといった副次的な効果も期待できる。また、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事業所毎に設置していたボイラー・タービン主任技術者の適正配置ができる可能性がある。

なお、防爆エリアでは防爆対応の電子機器の利用が求められている点に留意が必要である。



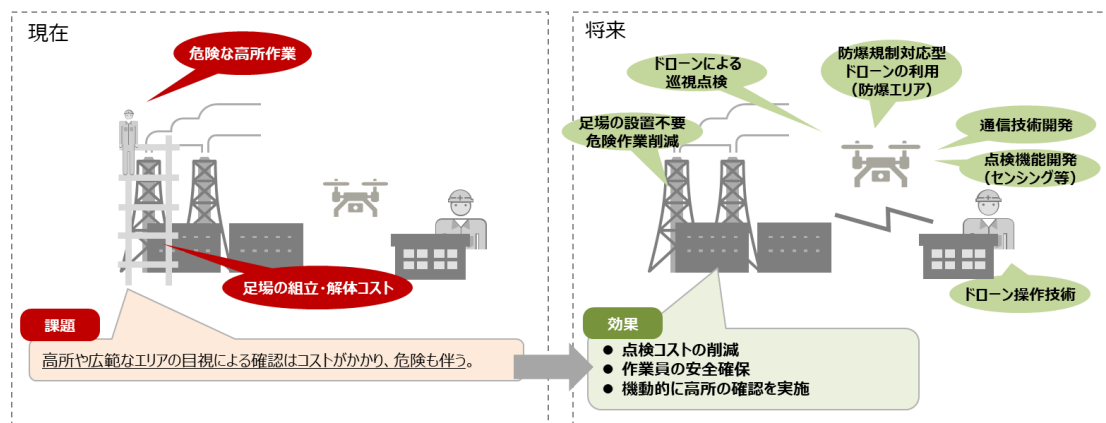
4) 点検におけるドローン活用

煙突等高さのある構造物やタンクヤード等は危険が大きく、安全対策のためのコストもかかる。ゴンドラや足場の設置等は、工事のコストが時間的・金銭的に大きく、定期検査期

間の長期化の一因にもなっている。

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、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、機動的な高所の確認の実施が可能になる。例えば、近隣住民よりすずが舞っている等の通報があったときや、災害時に安全にかつ迅速に高所等の現場確認を行うことが求められるときなど、機動的な安全確認が求められる際に活用されることが期待されている。

ドローン活用の実現に向けては、ドローン技術の実証等や、ドローン操作技術の習得が挙げられる。また、防爆エリアでは、防爆規制対応型ドローンの導入が期待される。



3.3 水力発電所の保安の将来像と導入が期待される技術

(1) 水力発電所の保安の将来像

● 保安の課題

水力発電所は、山間僻地に設置される場合が多く、その保守管理は台風や大雨などの自然条件に左右されるなど、時間的・人的負担が大きい。

保安力の維持・向上を図ることを前提としつつ、設備高経年化や保安人材不足等の直面する課題への対応も必要となる。具体的には、①遠隔監視に加え、多いところでは巡視点検を月に数回実施している。発電所・ダムまで数人が数時間かけて往復し、現場でのデータ収集などの業務に多大なコストがかかっている。また、②ダム等の点検におけるロープワークや水路水中部の潜水など、高い危険性を有する業務を実施している。さらに、③自然条件により、数日間に渡る洪水吐ゲートの操作や、長時間にわたる取水口の除塵作業、冬季の除雪作業などが求められており、負担が大きい。

● 2025年の絵姿

2020年度に策定した、水力発電設備のスマート化のガイドライン（導入編）を活用し、スマート保安の導入を推進する他、2021年度には運用編を策定する予定。2025年においては、すでに一定程度技術が確立し、導入が進むと見込まれる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遠隔監視の更なる高度化や、②状態監視技術を活用した点検技術の最適化と点検時間・点検期間等の削減により、保安に係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：水中ドローンや機器の異常進展メカニズムに基づくデータ解析による点検時期の最適化等）の開発を促進する。スマート保安技術の活用を通じ、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。

(2) 水力発電分野における技術

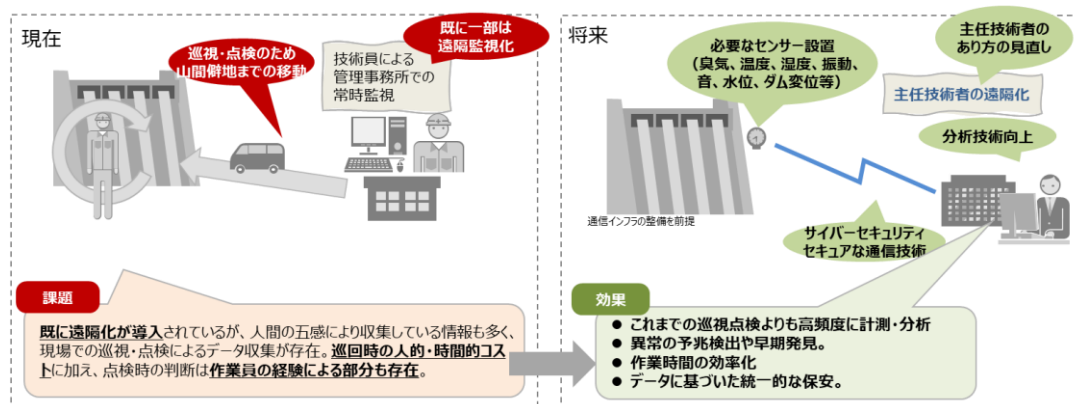
1) 巡視点検・監視/制御のデジタル化・遠隔化

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している。水力発電所は、山間僻地に設置される場合が多く、その保守管理は台風や大雨などの自然条件に左右されるなど、時間的・人的負担が大きい。また、点検時の判断は作業員の経験による部分も存在している。

これらの課題に対応するため、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新たにセンサーを設置することで、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繋げることができるとともに、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になる。

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対策が必要である。水力発電所の多くが山間部であり、通信インフラが整備されていない場所が存

在するが、遠隔化にはまず通信インフラの整備が前提となる。また、センサーやカメラを増設することによって取得したデータを分析し、その分析結果に基づき適切に判断、対処することができるデジタル人材を確保することが必要となる。

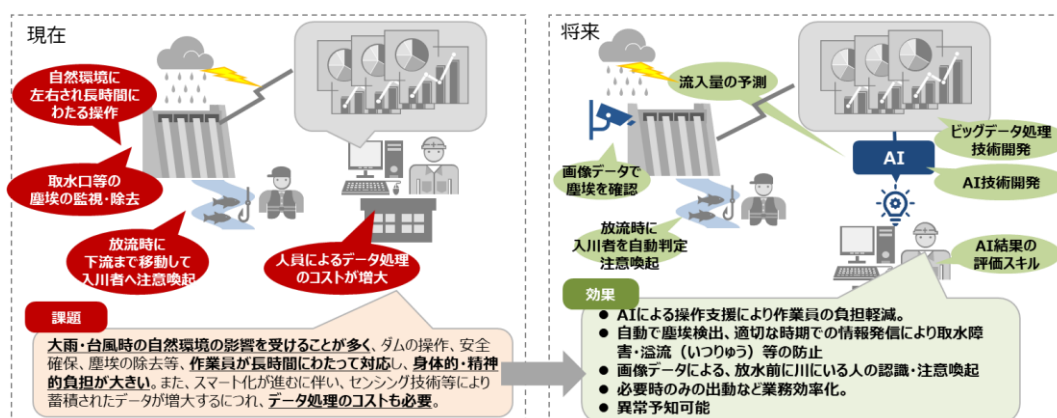


2) AI 活用による保安活動の判断支援

水力発電設備は、大雨・台風時の自然環境の影響を受けることが多く、ダムの操作や安全確保、塵埃除去等、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への対応も必要となる。

これらの課題に対応するため、AIによる流入量予測などの操作支援により、作業員の負担を軽減することが期待されている。画像データからの塵埃検出や、放水前に川に居る人の認識及び注意喚起等により、放水前の作業を効率化でき、取水障害・溢流等を防止することができる。また、AIによる支援の精度が向上すれば、作業員は必要時のみ出勤すれば良くなり、業務効率化が見込まれる。

実現にあたっては、ビッグデータ処理やAI技術の開発が必要であるが、センサーやカメラを増設することによって取得したデータの分析手法や分析結果を理解し、AIの支援情報を適切に解釈し判断、対処することができるデジタル人材を確保することが必要となる。また、通信設備においてはサイバーセキュリティ対策を行う必要があると考えられる。

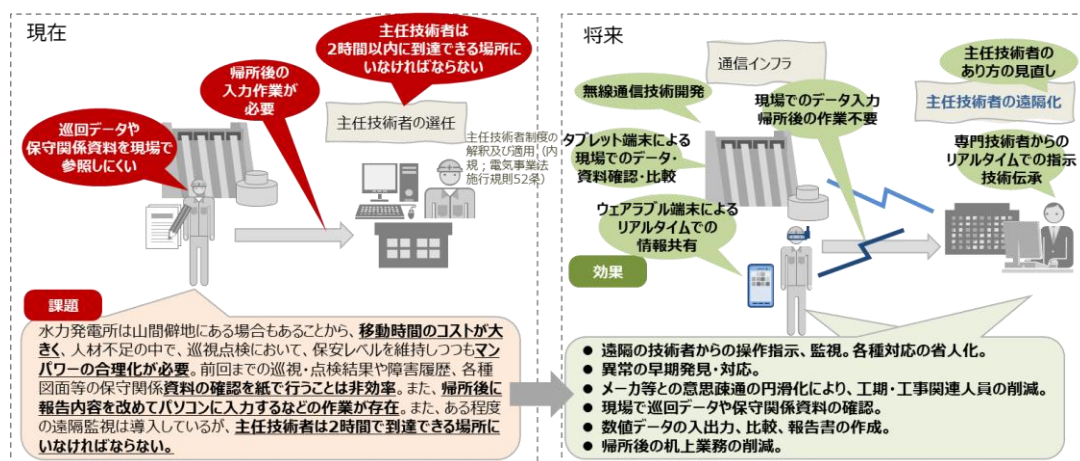


3) デジタル端末の活用による現場作業高度化

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している。

この課題に対しては、ウェアラブル端末の導入が有効である。ウェアラブル端末を用い、遠隔の専門技術者から現場に居る作業員にリアルタイムに指示を出すとともに専門技術者が現場の作業員と同じデータを同時に監視することで、発電設備の状況を迅速かつ正確に把握することができ、異常時の早期対応が可能になる。また、タブレット端末を利用することにより、現場での関係資料を参照することが可能となるほか、入力した巡視・点検データを帰所後に入力する等の机上業務が削減すると見込まれる。

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しており、まずインフラ整備が必要となる。また、通信設備においてはサイバーセキュリティ対策を行う必要があると考えられる。

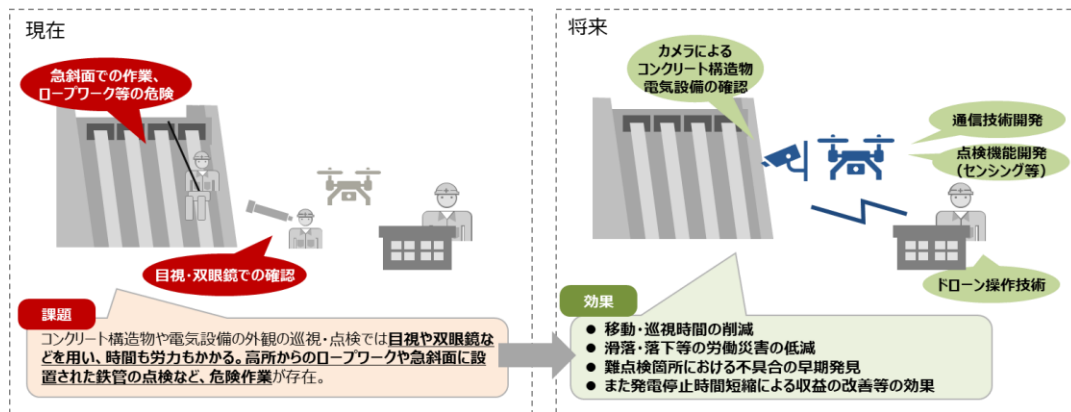


4) 点検におけるドローン活用

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、時間及び労力がかかり、急斜面等での危険作業が存在している。

このような課題に対応するため、巡視・点検にドローン技術を活用することが考えられる。各設備の劣化状況をドローンで撮影し、遠隔から点検することで、移動時間や巡視時間の削減、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が期待される。

現状では、ドローン自身の航続距離、自律飛行、点検能力に技術的な課題があるためこれらの技術開発が必要であるとともに、ドローン技術の実証、ドローン操作技術の習得も必要である。また、通信設備においてはサイバーセキュリティ対策を行う必要があると考えられる。事業者においては本取り組みに必要な航空法関連手続きのノウハウの確立が必要となる。



3.4 風力発電所の保安の将来像と導入が期待される技術

(1) 風力発電所の保安の将来像

● 保安の課題

陸上風力発電設備については導入が順調に進捗し、洋上風力発電設備についても、今後案件形成が進捗していく見込みである。一般的に風力発電設備の保守作業にあたっては、①高所での点検が必要であるなど、風力発電設備構成に起因する作業コストに加え、②風況や、住環境等との一定の離隔距離を前提とすることといった立地の制約があるためアクセスが困難、その他③メンテナンス人材や主任技術者の不足といった課題が挙げられる。

● 2025 年の絵姿

2025 年においては、一定程度技術が確立したセンサーやドローン等の本格活用を目指す。有用であるが未確立の技術（例：コンダクター等の導通試験やボルトの増締めスマート化等）については、その開発を促進する。また、スマート保安技術の導入による保安力の向上により、事故率の低減を目指す。将来的には、センサーやドローンから取得したデータを活用した予兆診断の実現を目指す。これらの取り組みを通じ、地域社会から受容される再エネ型地域社会の構築への貢献を図る。

(2) 風力発電分野における技術

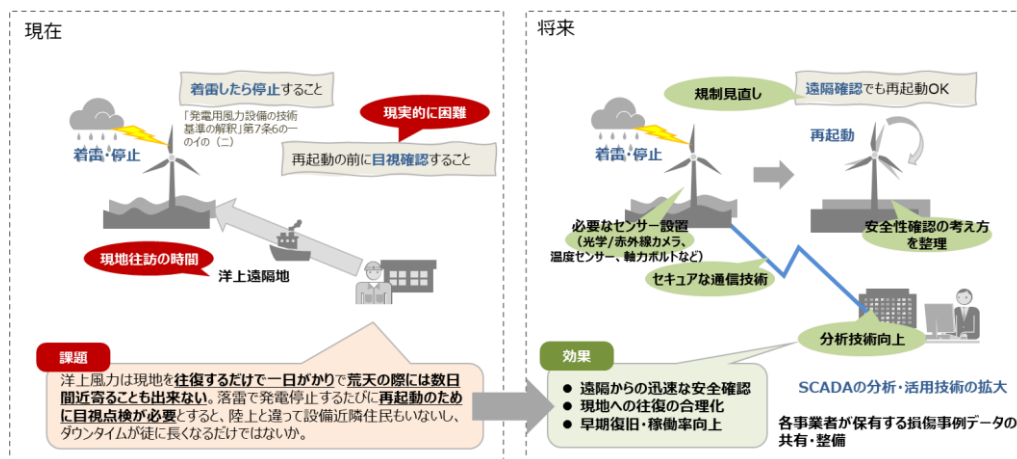
1) 洋上風力での遠隔異常確認技術

日本のエネルギー政策において洋上風力の活用拡大は喫緊の課題である一方、遠隔地の洋上風力では、現地往訪が容易ではなく（往復時間、荒天時）、従来の陸上風力と同様の保守作業には事実上困難も多い。具体的には、台風や荒天・落雷等で一旦洋上風力発電設備が停止した場合、その再起動のためには現行規制では一般的に洋上の現場に出向して目視確認することが求められている一方、洋上風力発電所の現地出向は往訪に時間を要するだけでなく海象の影響もあり数日間現地訪問が出来ないこともある。このような運用環境は洋上風力発電設備の稼働率及びプロジェクト成立性の観点で大きな影響がある。

このような課題に対して、必要なセンサーの設置（光学カメラ、赤外線カメラ、各種センサーや、ボルトの軸力を随時計測する技術等）、SCADA 及び AI 等の最新の分析技術を活

用して遠隔からの異常有無の確認を行うことで、現地往訪することなく着雷時等における実態的な安全性を確認することが出来るようになれば、遠隔からの再起動が可能となり、日本のエネルギー政策上も益するところが大い。

洋上風力発電の運転環境（近隣民家などが無い）を踏まえた再起動のための安全性確認及び検査基準の考え方の整理等について、規制要件の見直し等（合わせて通信経路のサイバーセキュリティの確保も必要となる）が期待される。

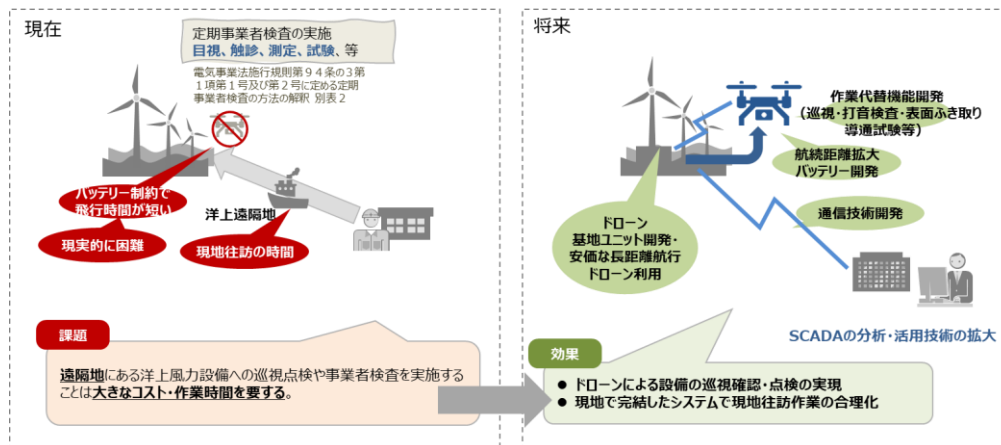


2) 洋上風力でのドローン巡視点検技術

日本のエネルギー政策において洋上風力の活用拡大は喫緊の課題である一方、遠隔地の洋上風力では、現地往訪が容易ではなく（往復時間、荒天時）、従来の陸上風力と同様の保守作業には事実上困難も多い。（前項目と同様）

このような課題に対して、ドローンや ROV（水中ドローン）技術を活用することにより、遠隔洋上風力発電設備での巡視点検・定期点検を高度化・合理化することが期待される。具体的には、洋上風力発電設備でのドローンや ROV（水中ドローン）を活用する際には、毎回の陸上からの往訪は現実手式的ではないことから、洋上風力発電設備に敷設する「ドローン基地ユニット」を開発（パッケージ技術となると見込まれる）し、現場設備で完結した半自律的な自己検査システムを構築することとなる。

現状では、ドローン自身の航続距離、自律飛行、点検能力に技術的な課題があるためこれらの技術開発が必要になる。また、通信設備においてはサイバーセキュリティ対策を行う必要があると考えられる。事業者においては本取り組みに必要な航空法関連手続きのノウハウの確立が必要となる。



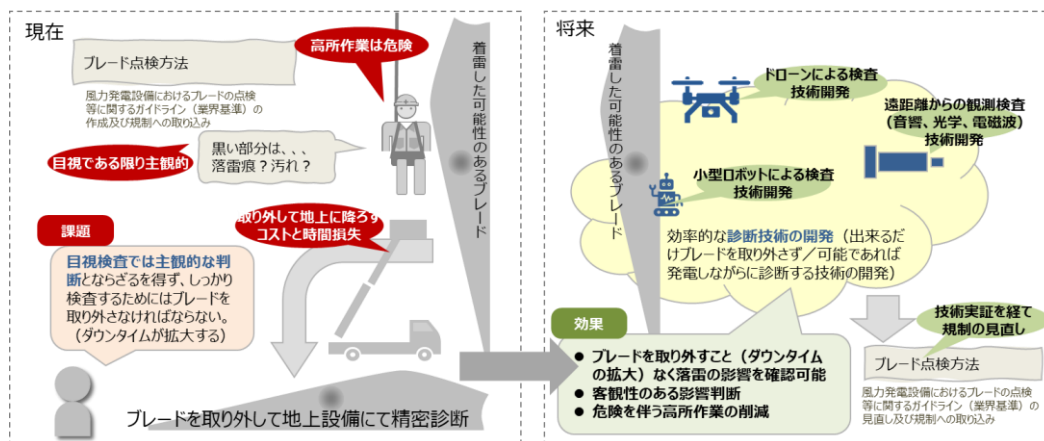
3) ブレード健全性診断技術

日本は、台風等による様々な方向からの強風及び非常に高い電荷量を伴った落雷等、世界で最も厳しい風力発電の環境といえる。そのような状況において、風力発電設備の多くの風車は海外メーカー・海外基準であり、落雷等を要因とするブレードの折損事故が後を絶たない状況となっており、着雷した可能性等のあるブレードの健全性確認作業については、その点検結果の判断基準や対応フローについて、一般的な事項を示すものとして業界による自主指針⁷が策定される等の取組が進められている。その一方で、ロープワークによる高所での近接目視確認は危険を伴う作業となっており、また、精密検査をするためにはブレードを取り外して地上の設備で検査する必要がある、ダウンタイムの拡大に繋がっている。

このような課題に対して、ブレードの健全性診断を行うための抜本的により効率的な技術開発が期待される。具体的には、非破壊・非接触検査手法、可搬型検査機器（ドローン搭載可能）の開発、遠距離からの観測検査技術の開発等が考えられる。これらの技術が実用化されれば、落雷などの可能性のある場合であっても、ブレードの取り外しによるダウンタイムの拡大を伴うことなく、危険性を伴う高所作業を回避しながら、客観性のある迅速な判断によってブレードの健全性診断が可能となる。

現在のボトルネックは技術開発であり、その後、必要に応じて規制の見直しを検討する段取りが想定される。

⁷ 「風力発電設備ブレード点検及び補修ガイドライン」（JWPA G0001(2020)）



3.5 太陽電池発電所の保安の将来像と導入が期待される技術

(1) 太陽電池発電所の保安の将来像

● 保安の課題

太陽電池発電設備については導入が順調に進捗している。低圧設備（≡小出力発電設備）から高圧（2MW 未満）、特別高圧（2MW 以上）と設備のレベルの差異に応じて、参入する事業者も多様化の傾向にある。

太陽電池発電設備は、①回転機による発電機構がなく、直流発電を行う太陽電池モジュールと、直流を交流に変換する PCS を有するほか、②アレイサイトでの目視点検（モジュール表面）が必要である。また、③近年、住居等から離れた地区への設置も増えており、災害等緊急時の対応も課題となっている。

● 2025 年の絵姿

2020 年度には、現場訪問による点検と同等以上の保安レベルを確保できる手法については、外部委託における太陽電池発電所の月次点検における遠隔点検への代替について所要の改正を行う。2025 年においては、すでに一定程度技術が確立し、導入が見込まれるセンサーやドローンについて、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。また、有用であるが、現在確立していない技術（例：直流絶縁抵抗計測、ドローンの日照等補正、熱探知の組合せ）の開発を促進する。また、スマート保安技術の導入による保安力の向上により、事故率の低減を目指す。将来的には、センサーやドローンから取得したデータを活用した予兆診断の実現を目指す。これらの取り組みを通じ、地域社会から受容される再エネ型地域社会の構築への貢献を図る。

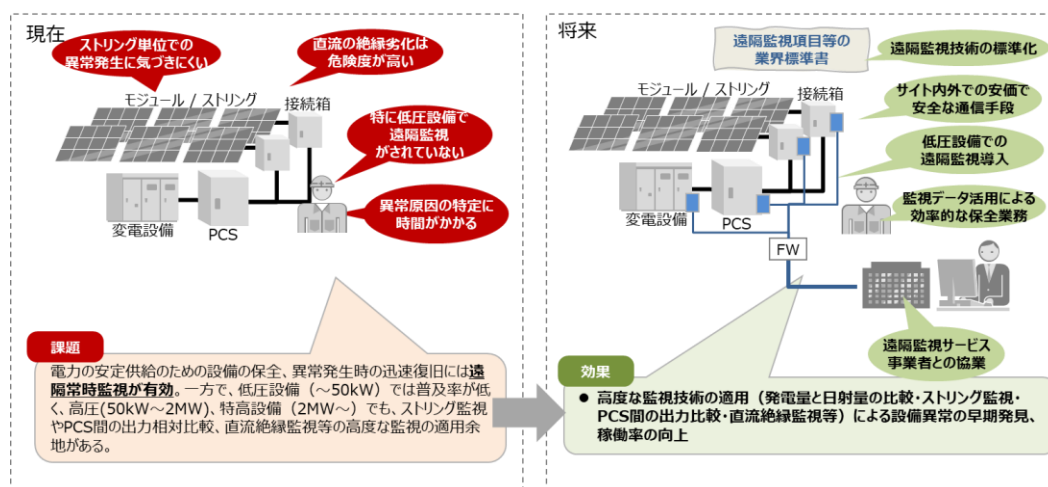
(2) 太陽電池発電分野における技術

1) 遠隔常時監視の普及

太陽電池発電の主力電源化に向けて、設備異常の早期発見による稼働率の向上、設備異常箇所の事前把握による現場復旧作業の迅速化、災害後の迅速な健全性把握などが課題である。これを解決するためには、太陽電池発電分野において遠隔常時監視技術を広く普及

させることが有効である。低圧設備においては遠隔監視の普及率を向上させること、高圧・特高設備ではストリング監視やPCS間の出力相対比較、発電量と日射量の比較、直流絶縁監視等の高度な監視技術を導入していくことで、設備異常の早期発見といった保安力と稼働率の向上が可能となる。

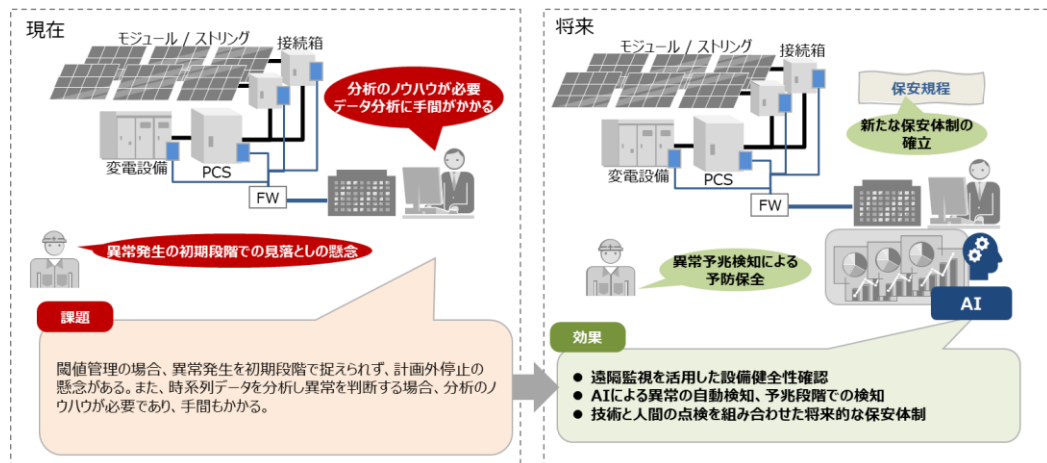
遠隔常時監視の普及にあたっては、太陽電池発電事業者に対して遠隔常時監視技術の導入意義を明確化することが必要となる。技術的な面では、現在開発されている様々な遠隔監視技術の監視項目を利用者にとって分かりやすい形で標準化することや、サイト内外での安価で安全な通信手段を開発し提供されることが必要である。また、太陽電池発電事業者は、遠隔監視サービス事業者と協業した、監視データ活用による効率的な保全業務を実現できる体制を構築することが必要である。



2) データ分析による保安高度化

太陽電池発電の主力電源化に向けて設備異常の早期発見による稼働率の向上が重要となる。遠隔常時監視が導入されている発電所においては閾値管理が行われており、設備異常の早期発見に寄与しているが、異常発生を初期段階で捉えられないため、計画外停止の懸念がある。そのため、閾値管理に加えて時系列データをリアルタイムで分析し、異常を予兆段階で検知することが期待される。しかし、分析のノウハウが必要であり手間もかかるため、現在は取得したデータの活用が十分になされていないという課題がある。

データの活用によって、各種の統計分析や AI による異常予兆の自動検知などが技術的には一定程度可能となっている。そのため、更なる異常予兆検知技術の開発と、技術と人間の点検を組み合わせた新たな保安体制の確立による、設備異常の早期発見による稼働率の更なる向上が期待される。

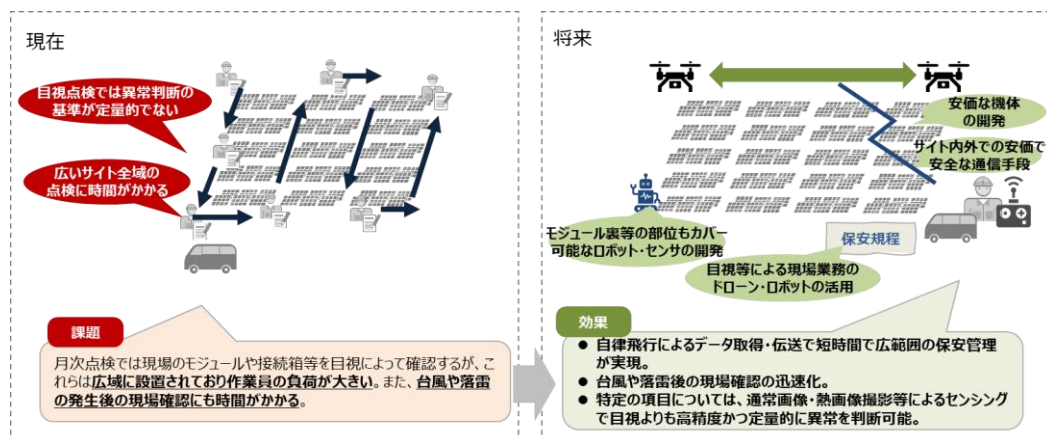


3) 巡視・点検でのドローン・ロボットの活用

太陽電池発電所ではモジュール等の設備が広域に設置される。月次点検では現場のモジュールや接続箱等を目視によって確認するため、現場での点検業務に時間がかかり負荷が大きい。また、台風や落雷といった自然災害発生後の復旧における目視での現場確認においても時間がかかる。

保安水準を維持・向上しつつ、現場確認をより迅速に行うために、保安水準を維持・向上しつつ、現場での点検業務を高度化できるドローン・ロボットの活用が期待される。例えば、ドローンでの自律飛行によるデータ取得・伝送によって、短時間での広範囲の保安管理や、台風や落雷後の迅速な現場確認が実現できる。また、モジュールのひび割れや異常発熱といった特定の項目については、通常画像・熱画像撮影等によるセンシングによって、目視よりも高精度かつ定量的に異常を判断可能である。

これらを実現するために、安価なドローン・ロボットの開発、モジュール裏等の部位もカバー可能なロボット・センサの開発、サイト内外での安価で安全な通信手段の開発と提供等が期待される。

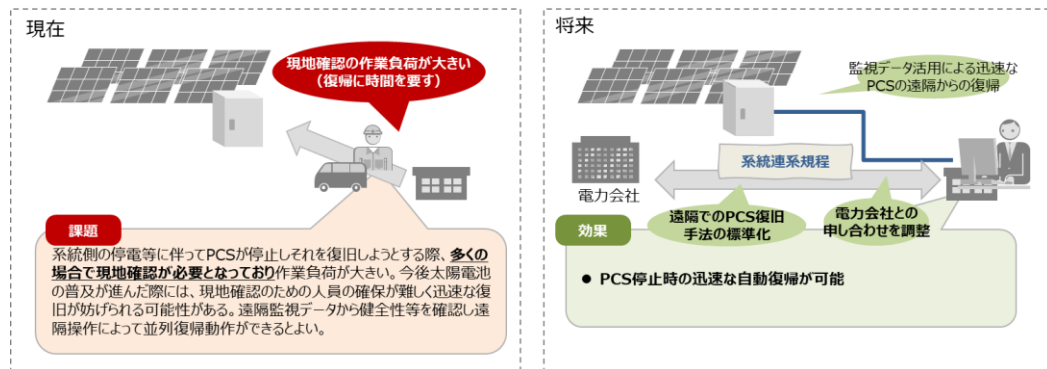


4) PCS 遠隔復帰の普及

太陽電池発電の主力電源化に向けて稼働率の向上が重要となるが、トラブル等停止時の並列復帰動作で必要となる手続きは系統側の電気事業者によって異なる基準となっており、

遠隔での PCS の復帰操作が許可されていない地域も多い。そのような地域では現地確認が必要となっており、作業負荷が大きく復旧までの時間もかかっている。今後太陽電池の普及が更に進んだ際には、現地確認のための人員の確保がより難しくなり、迅速な復旧が妨げられる可能性がある。また、仮に自然災害等で復帰操作が広域で同時に発生した場合には、対応の遅延が懸念される。

遠隔での PCS の復帰操作については技術的には可能な状況となっており、一部地域では導入されている。そのため、そのため、遠隔での PCS の復帰操作について、遠隔での停止原因の特定方法や復旧手法の標準化といった条件等を整理し、連系先の電力会社との申し合わせの調整を行いながら、**技術の社会普及が促進されることが期待**される。



3.6 送配電・変電設備の保安の将来像と導入が期待される技術

(1) 送配電・変電設備の保安の将来像

- 保安の課題

送配電・変電設備は、発電設備と比較して設備数が多く、高所・僻地・地中などでは特に巡視点検に係る時間的・人的負担が大きい。また、直面している課題としては①高所や地中等、巡視点検実施にあたり作業安全上配慮が必要な設備が多いほか、②設置後50年を超える老朽化設備も増えており、従来より高度な設備維持管理が必要となっている。

- 2025年の絵姿

2025年においては、すでに一定程度技術が確立し、導入の見込まれるカメラ・ドローンによる架空線点検業務等の有効性を確認の上、業務の遠隔化・省人化を図る。また、センサー情報等を元にした高度なデータ分析を行うことで、設備保守作業・リプレイス作業の合理化を図る。現在の巡視点検における項目の内、既存技術で代替できる項目と、追加情報・技術開発が必要な項目（例：設備異常自動検出・診断AI等）を峻別し、前者についてセンサー・画像等を用いた保安業務の代替を行い、限られた人材で高度な保安レベルを維持する。

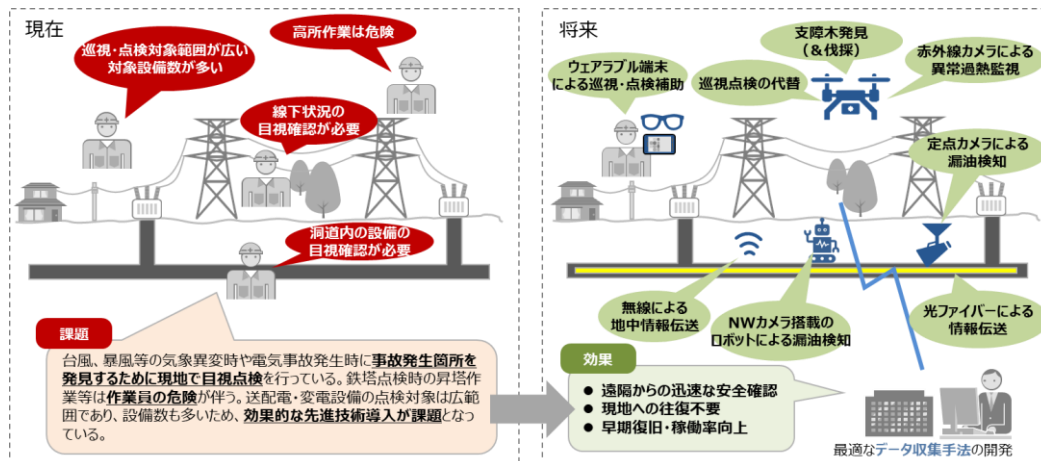
(2) 送配電・変電分野における技術

1) 遠隔監視による巡視・点検等の効率化

山岳地帯、高所、地中等での送配電・変電設備の巡視・点検は現在、主に作業員が現地で目視確認を行っている状況であり特に高所作業には危険が伴う。また、巡視・点検対象の範囲が広く、設備数も多いため作業員の負荷が大きい。このような課題に対応するため、センサー・ネットワークカメラの増設、ロボット・ドローン、ウェアラブル機器の活用、センシングデータの遠隔伝送等によって遠隔監視化することが有効である。

例えば、送配電設備においては、鉄塔等の設備点検や送配電線の線下状況の確認を作業員が目視で行っているが、これらの点検についてはカメラを搭載したドローンを用いることで、事故・故障の状況を遠隔監視所から迅速に確認することができるようになる。これにより、作業員の現地往復が不要となるとともに危険な高所作業の削減、事故災害からの早期復旧・稼働率向上に繋がる。変電設備や地中送電設備の異常検知に関しては、定点カメラやネットワークカメラを搭載したロボットによる漏油検知が有効である。地中送電においては、光ファイバーによる情報伝送と無線による地中情報伝送を組み合わせたデータ伝送による遠隔監視化が期待される。

このように巡視・点検に新技術を導入し遠隔監視化を進めることが期待されているが、送配電・変電設備は広範囲に設置されているため設備数が非常に多く、単純にセンサーやネットワークカメラの増設等を進めることによって機器の管理作業が新たに発生することとなり効率化に繋がらないため、効率的・効果的なデータ収集方法の開発が求められている。また、通信設備においてはサイバーセキュリティ対策を行う必要があると考えられる。



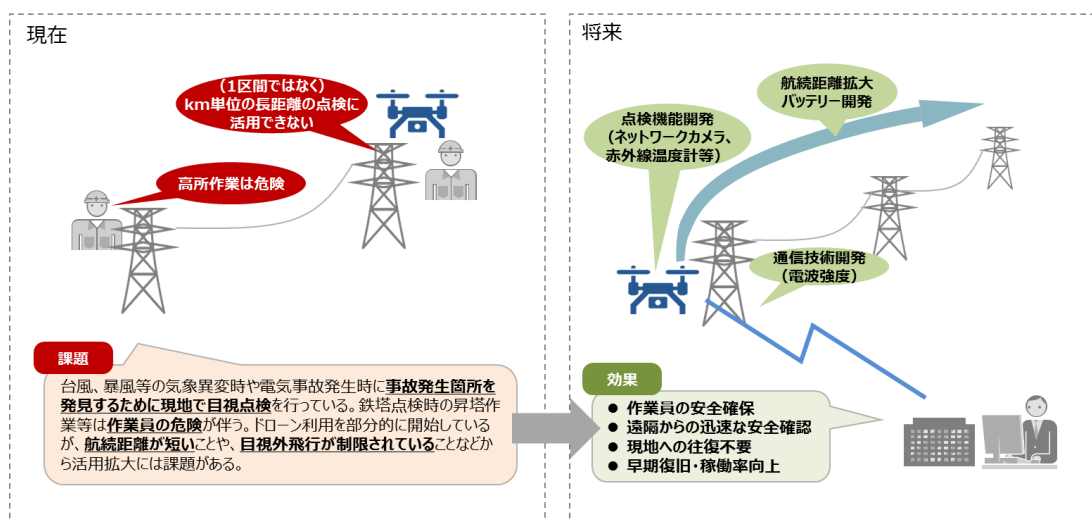
2) 巡視・点検におけるドローン技術活用

山岳地帯、高所、地中等での送配電・変電設備の巡視・点検は現在、主に作業員が現地で目視確認を行っている状況であり特に高所作業には危険が伴う。また、巡視・点検対象の範囲が広く、設備数も多いため作業員の負荷が大きい。

このような課題に対応するため、ドローン技術を活用することにより、送配電・変電設備での巡視点検・定期点検の一部を代替することが期待される。

例えば、現在、鉄塔等の設備点検や線下の支障木や工事等の状況を把握するため、作業員が現地に出向いて目視により確認を行っているが、これらの点検作業にドローンを活用することが有効である。これにより、作業員の現地往復が不要となるとともに危険な高所作業の削減、事故災害からの早期復旧・稼働率向上に繋がる。

現状では、ドローン自身の航続距離、自律飛行、点検能力に技術的な課題があるためこれらの技術開発が必要になる。また、通信設備においてはサイバーセキュリティ対策を行う必要があると考えられる。事業者においては本取り組みに必要な航空法関連手続きのノウハウの確立が必要となる。

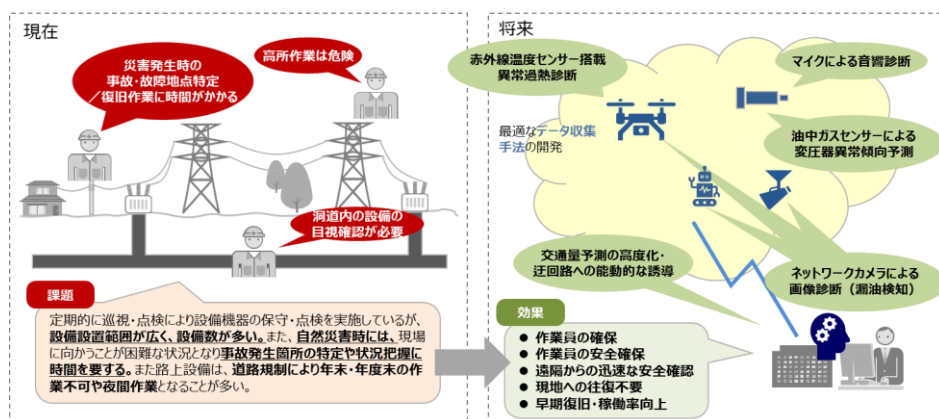


3) AI 等活用による故障予兆把握・災害対応

送配電・変電設備においては、定期的に巡視・点検により設備機器の保守・点検を実施しているが、設備設置範囲が広く、設備数が多い。また、自然災害時には、現場に向かうことが困難な状況となり事故発生箇所の特定や状況把握に時間を要することが多い。

このような課題に対して、赤外線温度センサーによる異常過熱診断、マイクによる音響診断、油中ガスセンサーによる変圧器異常傾向予測、ネットワークカメラによる画像診断等の AI・ビッグデータ活用技術の実用化が期待されている。これらの技術を導入することにより、設備機器の余寿命予測精度が向上し、巡視・点検、設備機器保守の最適化が期待できる。これらの活用には、多くのデータの蓄積が必要であり、業界全体でデータの蓄積・共有ができる仕組みが求められる。また、災害発生時には衛星画像等を利用することで早急な事故・故障対応が可能となる。

AI・ビッグデータ活用技術の実用化にはセンサー・カメラの設置、遠隔監視化にあたっては、設備機器の対象が広範囲であるため、分析・予測技術の開発と合わせて、サイバーセキュリティ確保とコスト性能を鑑みた最適なデータ収集手法およびデータストレージ方法の開発が求められる。衛星画像等の災害時に利用可能なデータについて設備の基本的状態が把握できる程度の解像度を有した低コストで利用可能なデータ共有の仕組みが求められている。



3.7 需要設備の保安の将来像と導入が期待される技術

(1) 需要設備の保安の将来像

● 保安の課題

電気主任技術者に関しては、既存人材の高齢化の進展や入職者数の減少等により、将来的な人材不足が見込まれる。また、需要設備における月次点検では、現地への移動に時間・負荷がかかっている。

● 2025 年の絵姿

2020 年度には、月次点検の遠隔代替が可能であることが第三者により認証された製品（スマートキュービクル）を導入した場合、外部委託における需要設備の月次点検において、遠隔点検への代替を可能とする所要の改正を行う。また、既設キュービクルに対する遠隔代替

や、受電設備のサイバーセキュリティについても検討を進めていく。

月次点検を遠隔代替することにより、現場への移動時間及び作業時間の削減が期待される。また、スマート保安技術の導入による保安力の向上により、事故率の低減を目指す。

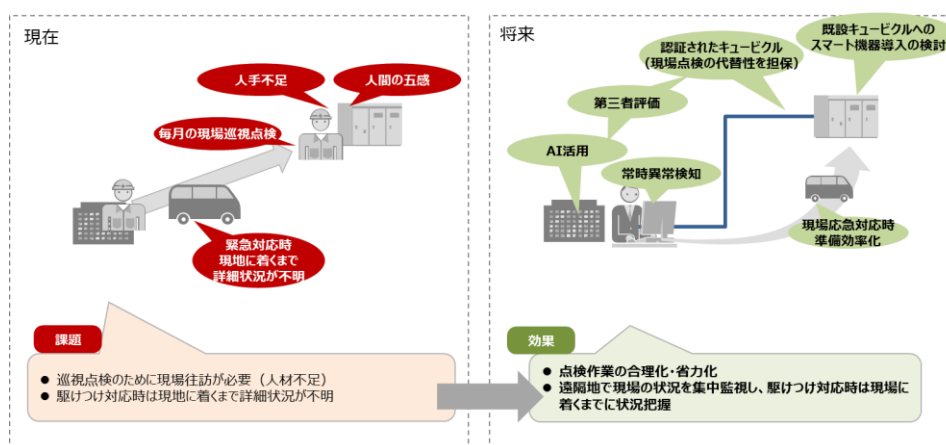
(2) 需要設備分野における技術

1) 遠隔監視技術

電気保安人材不足が予測される中、保安水準を維持、向上しながら現場巡視点検を効率化することが喫緊の課題である。特に、巡視点検のための現場への往訪が業務上の負担となっており、技術活用による負担低減が望まれる。

遠隔常時監視技術を活用することで、**現場巡視点検の遠隔代替や作業の合理化、及び異常予兆検知による事故の低減が期待**される。また、現在は設備からの警報等によって緊急対応を行う際、現地に着くまで詳細状況が不明であり現場に到着した後に原因調査を行うことが多いが、遠隔地で現場の状況を集中監視し駆けつけ対応時に事前に状況を把握することによる、現場業務の効率化が期待される。

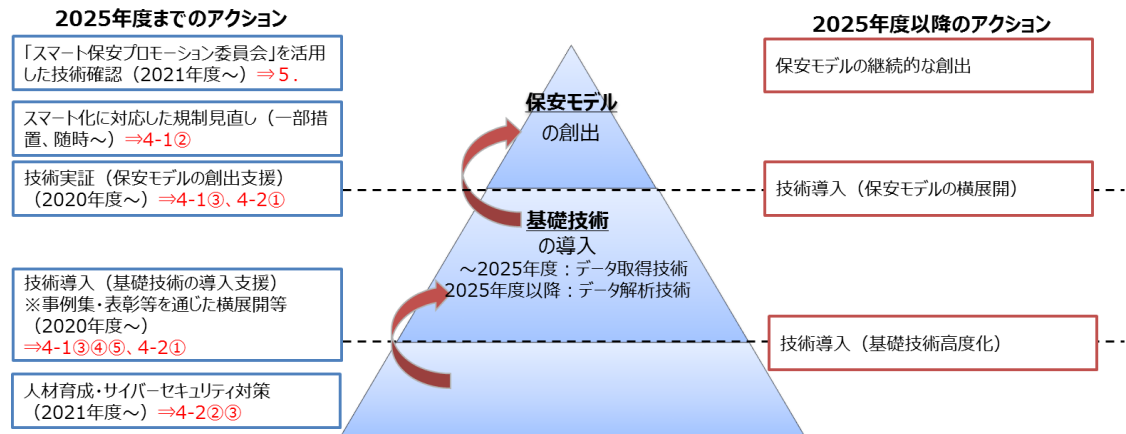
外部委託承認制度においては点検方法等が規定されているため、現場巡視点検の遠隔代替には制度の見直しが必要である。そのためには、技術開発と並行して、新しい遠隔監視技術の人間による巡視点検作業の一部代替可能性について第三者評価などが必要となる。



4. 新技術の実用化・導入に必要な取り組み

電気保安分野におけるスマート保安の推進に向け、まずは2025年度を目処に、データ取得用の技術（IoT（センサー）、ドローン）といった基礎技術の導入促進や、スマート保安に係る新技術（AI、IoT、ロボット、ドローン等）を組み合わせた新しい保安モデルの創出、新しい保安モデルの実現に向け、必要な規制の見直しや、人材の育成等について、官民協同して進めていく。

2025年度以降は、それまでに確立した新しい保安モデルの横展開を中心とした取組を図る。



4.1 新技術の実用化・導入に必要な官の取り組み

(1) 設置者責任の理解促進

自家用電気工作物のスマート保安については、設置者によるスマート保安技術の導入が必要となる。

このため、スマート保安の導入、普及の拡大に向けて、実際に保守点検にあたる者のみならず、設置者のスマート保安への一層の理解を促進するため、業界団体と協力して、スマート保安のメリットについて、周知活動を継続的に努めていくこととする。

<周知方法案>

- 経済産業省は、周知文書を作成し、ウェブサイトに掲載するとともに、電気主任技術者や電気管理技術者、電気保安法人等に協力を依頼し、設置者への配布を行う。
- 再生可能エネルギーやビルメンテナンス、中小企業等の関係団体に協力を依頼し、傘下の事業者への周知を行う。

<周知内容の例>

- スマート保安導入のメリット（遠隔点検によるコロナ禍対応、保安高度化による事故防止、制度見直しに向けた検討状況等）

(2) スマート化に対応した規制のあり方見直し

新技術の導入のため、各種規制や制度について、保安力の維持を確認した上で合理的な見直しを機動的に進めていく。

規制の総点検において、電気事業者・再エネ関係事業者、その他保安関係事業者等に対してアンケート・ヒアリング等を実施し、スマート保安を推進するための規制面での対応を以下のように整理した。今後技術の進展に応じて具体的な見直しを検討していく。

スマート保安の ボトルネックとなる法令等	主な対象作業	具体的な見直し例
電気事業法第 42 条 電気事業法 施行規則第 50 条 (保安規程)	・保安業務に係る組織・体制 ・巡視点検	保安確保の手段に関する記載の緩和(保安規程の記載事項における巡視、点検という記載)
主任技術者制度の解釈 及び運用(内規;電気事業法施行規則 52 条))	・主任技術者の保安監督業務	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適正配置
平成15年経済産業省告示第249号	・巡視点検	点検頻度の合理化
電気事業法 施行規則第 94 条	・定期事業者検査	定期事業者検査の実施方法として外観点検が求められている点について、スマート保安技術を活用した方法の自由度を確保した規制への見直し 高度な保安管理ができる事業者に対し、定期事業者検査を行う時期の自由度を確保した規制
使用前・定期安全管理審査実施要領(内規)	・巡視点検	安全管理審査のインセンティブ関連項目として巡視点検方法及び頻度が定められている点について、スマート保安によるデジタル化・オンライン化に伴う巡視点検の方法及び頻度の自由度を確保

なお、2020 年度には、一定の条件下での火力発電所における常時監視制御の遠隔化や外部委託承認制度における需要設備や太陽電池発電設備の月次点検の遠隔化について整理を行い、2021 年度 4 月に法令改正を施行した。

スマート保安の ボトルネックとなる法令等	主な対象作業	具体的な見直し例
電技省令第 46 条 電技解釈第 47 条	・運転監視・制御、巡視点検 ・保安に関する文書・記録の管理	汽力発電所及び定格出力1万 kW 以上のガスタービン発電所における常時監視制御の遠隔化
平成15年経済産業省告示第249号 主任技術者制度の解釈 及び運用(内規)	・月次点検の方法	月次点検の遠隔での点検方法の規定

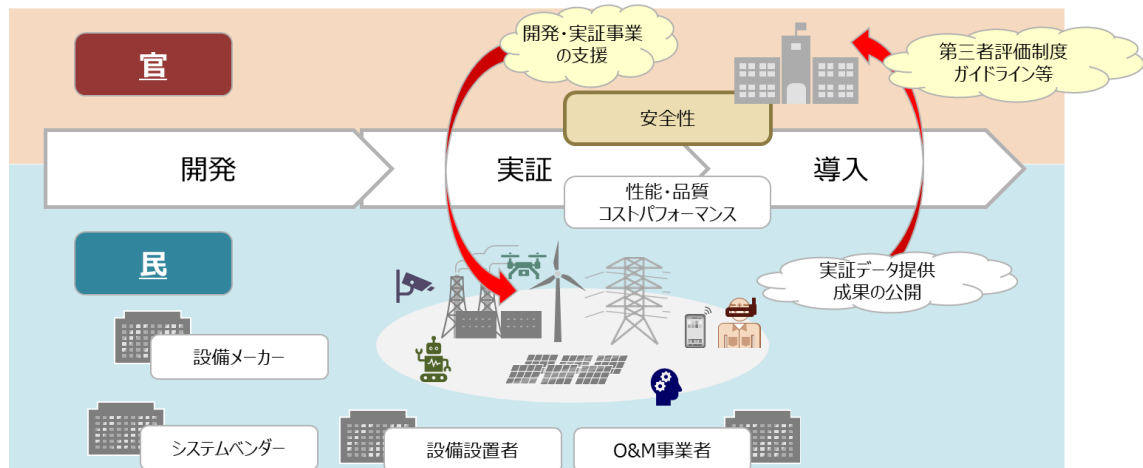
(3) 技術実証・導入

スマート保安技術の開発においては、保安業務の現場作業での IoT 機器・データ利活用に

よる省人・遠隔化技術の開発や、保安業務 AI の開発が期待される。

官の役割としては、スマート保安の実証事業の支援、成功事例の共有・普及などを通じた導入支援を行っていくほか、公共安全性の観点から保安水準を維持・向上できることを技術実証において確認することが必要である。

なお、令和２年度第３次補正予算において「産業保安高度化推進事業」を用意しており、予算面でも事業者の技術実証を支援していく。



(4) スマート保安の導入に関する指針・事例の横展開

これまでのスマート保安技術の実証事業の成果等も踏まえつつ、実際の電気保安の現場にスマート保安技術を導入する際に参考となるガイドライン・事例集の横展開を行う。

現在、関連分野にて以下のようなガイドライン・事例集が公表されており、電気保安分野においても参考とすることが出来る。

分類	ガイドライン・事例集名	電気保安分野にて参考となる点
IoT 機器・AI システム 活用事例	スマート保安先行事例集（経済産業省 保安課） ⁸	保全・保安業務へのスマート化技術活用の事例が掲載されている。 電気保安分野においては、特に電力事業者による高所の目視確認の代替のためのドローン活用や、計測データを活用した異常予兆検知システムの導入事例が参考となる。
	プラントにおけるドローン活用事例集（石油コンビナート等災害防止３省連絡会議） ⁹	石油化学プラントの保安におけるドローン活用の国内外の事例が掲載されている。 電気保安分野においても、電力事業者にとってドローン活用のユースケースを検討する際に参考になる。

⁸ 経済産業省 保安課，スマート保安先行事例集 ～安全性と収益性の両立に向けて～，
<https://www.meti.go.jp/press/2017/04/20170410002/20170410002-2.pdf>.

⁹ 石油コンビナート等災害防止３省連絡会議（総務省消防庁、厚生労働省、経済産業省），プラントにおけるドローン活用事例集，https://www.soumu.go.jp/main_content/000608704.pdf.

	プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン（石油コンビナート等災害防止３省連絡会議） ¹⁰	石油化学プラントの保安におけるドローン活用の留意点が整理されている。 電気保安分野においても、ドローン活用の留意点を整理する際に参考になる。
	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） ¹¹	ドローンの性能評価の指標を設定し、ドローン機器の性能をランク付けし比較可能な情報が整理されている。 電気保安分野においては、ドローンの活用を検討する際に求められるドローンの性能の検討やドローンの比較に参考になる。
AI の品質評価	機械学習品質マネジメントガイドライン（国立研究開発法人産業技術総合研究所） ¹²	機械学習を利用したシステム・サービスの開発において、目標や基準を設定することによる品質向上や、主体間での共通認識の醸成を目的として情報が整理されている。 電気保安分野においては、機械学習を利用する際の品質設定・確保の参考になる。
	AI プロダクト品質保証ガイドライン（AI プロダクト品質保証コンソーシアム） ¹³	AI プロダクトの開発における品質保証の考え方について整理されている。 電気保安分野においては、AI を利用したシステムに求められる品質や品質保証のあり方の参考になる。
サイバーセキュリティ	※4.2（４）に詳述。	
契約	AI・データの利用に関する契約ガイドライン（経済産業省） ¹⁴	あらゆる事業活動におけるデータ契約及び AI 技術を利用したソフトウェアの開発・利用に関する契約について基本的な考え方が解説されている。 電気保安分野においては、データの利活用や AI 活用が行われる際に、電力事業者とシステム事

¹⁰ 石油コンビナート等災害防止３省連絡会議（総務省消防庁、厚生労働省、経済産業省）、プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン、

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/koatsu_gas/pdf/014_s01_00.pdf.

¹¹ 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、第三者上空飛行のための無人航空機の性能評価手順書を公表、https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101313.html.

¹² 国立研究開発法人産業技術総合研究所、機械学習品質マネジメントガイドライン第１版、<https://www.cpsec.aist.go.jp/achievements/aiqm/AIQM-Guideline-1.0.1.pdf>.

¹³ AI プロダクト品質保証コンソーシアム、AI プロダクト品質保証ガイドライン 2020.08 版、<http://www.qa4ai.jp/QA4AI.Guideline.202008.pdf>.

¹⁴ 経済産業省、AI・データの利用に関する 契約ガイドライン 1.1 版、<https://www.meti.go.jp/press/2019/12/20191209001/20191209001-1.pdf>

		業者で契約をする際に、発生しうる責任等円滑な技術開発・活用のために参考になる。
	データの利用に関する契約ガイドライン産業保安版（経済産業省／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構） ¹⁵	データの利用に関する契約について、「AI・データの利用に関する契約ガイドライン」も踏まえ産業保安（特にプラント分野）に特化し考え方が解説されている。 電気保安分野においても、産業保安に特化した箇所を含めデータの利活用に際し、電力事業者とシステム事業者等が契約をする際に具体的なデータやモデル契約等ユースケースに関する情報が参考になる。

(5) 表彰制度

電気保安分野における優れた取組や技術開発を行う事業者を表彰し、ベストプラクティスとして広く紹介していく。

経済産業省は、国土交通省、総務省、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、防衛省とともに「インフラメンテナンス大賞¹⁶」を実施している。これは、「日本国内における社会資本のメンテナンス（以下「インフラメンテナンス」という。）に係る優れた取組や技術開発を表彰し、好事例として広く紹介することにより、我が国のインフラメンテナンスに関わる事業者、団体、研究者等の取組を促進し、メンテナンス産業の活性化を図るとともに、インフラメンテナンスの理念の普及を図ることを目的」としている。今後も引き続きインフラメンテナンス大賞などの表彰制度を実施し、事業者によるスマート保安の導入を促進する。

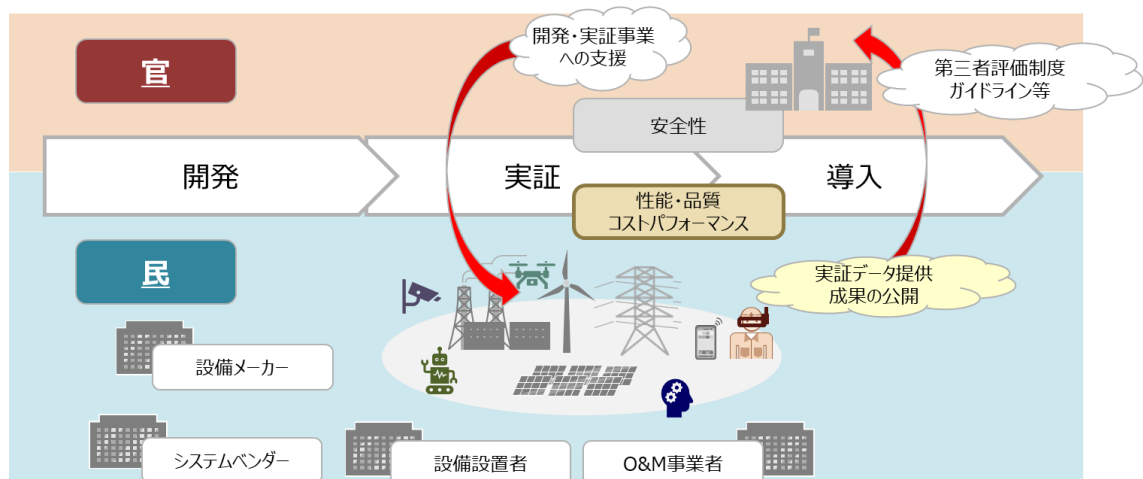
4.2 新技術の実用化・導入に必要な民の取り組み

(1) 技術実証・導入

スマート保安技術の開発においては IoT 機器・データ利活用による保安業務の現場作業における省人・遠隔化技術の開発や、保安業務 AI の開発が期待される。民の役割としては、保安管理の省力化と保安水準の維持・向上の両立性を技術実証によって明確化すると共に、技術導入のためのコストパフォーマンスの確認・確保もまた重要である。

¹⁵ 経済産業省/国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、データの利用に関する契約ガイドライン産業保安版 第2版、
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/hipregas/files/20190425keiyakuGuideline.pdf

¹⁶ 経済産業省、第4回「インフラメンテナンス大賞」受賞者を決定しました、
<https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201127007/20201127007.html>.



(2) 人材育成

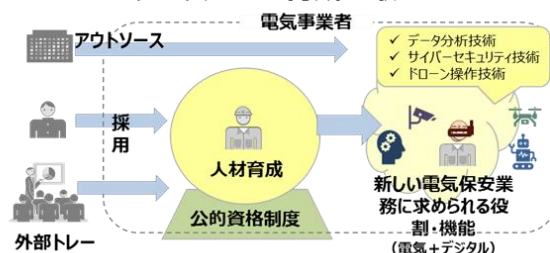
スマート保安の導入に当たっては、3つの職層において必要な能力が異なる。具体的には①経営層においては、スマート保安の意義を理解し必要な経営判断をする能力、②企画・システム設計担当者においては、スマート保安の導入を企画し管理できる能力、③現場の作業員においては、スマート保安技術を実際に保安活動に使用するための各種ノウハウが必要である。

そうした能力を補完するものとして、デジタル人材の新規・中途採用や、ITベンダー等との共同事業、外部研修の活用が有効と考えられる。また、人材育成を通して、新しい電気保安業務に求められる技術（ドローン利用のノウハウやサイバーセキュリティノウハウ等）の価値が可視化されることも期待される。他方、保安のスマート化が進めば、現場出向が少なくなり、実機に触れることで習得していた電気設備そのものへの理解の低下も懸念されるため、対策が必要となる。

職層	電気保安のスマート化に求められる能力				
経営トップ 経営層	経営トップのコミットメント				
	【課題A】電気保安業務のスマート化・人材育成に対する経営判断・組織的なリソース投入が不足				
	【課題D】デジタル人材の評価・待遇（給料）のノウハウ不足				
事業者のスマート 保安導入の企画・設計担当者	スマート保安システム企画導入能力				
	【課題B】スマート保安システムの企画導入をリードできる知見の不足				
現場のスマート保安人材	現場設備の理解 【課題E】所謂“現場力”が低下することに対する懸念	ドローン利用ノウハウ	サイバーセキュリティノウハウ	AI利用ノウハウ	IoT現場機器利用ノウハウ
	【課題C】社内の人材育成の方法が未確立				

また、外部研修については、「第四次産業革命スキル習得講座認定制度¹⁷」において認定され、かつ厚生労働省が定める一定の要件を満たし、厚生労働大臣の指定を受けた「専門実践教育訓練給付¹⁸」の対象となっている AI・IoT 人材の育成講座¹⁹等の活用も有効。

<デジタル人材育成の取組>



<第四次産業革命スキル習得講座認定制度>

IT・データを中心とした将来の成長が強く見込まれ、雇用創出に貢献する分野において、社会人が高度な専門性を身に付けキャリアアップを図る、専門的・実践的な教育訓練講座を経済産業大臣が認定する制度。

「専門実践教育訓練給付制度」と連携し、訓練経費及び訓練中の賃金の一部を助成。



(3) サイバーセキュリティ

電力制御システム等については、「電力制御システムセキュリティガイドライン」等を技術基準の解釈（ハード対策）及び保安規程にて定める事項に関する内規（マネジメント等ソフト対策）にエンドースし、事業者に対応を求めているところ。

スマート化に伴い、監視装置等が通信回線へ接続されることとなり、悪意のある者からの攻撃の機会ともなる恐れが高まることから、制御系のシステムと不用意に接続しないといった対応や、監視装置等に係るシステム自体についても、十分なサイバーセキュリティを講じる必要がある。

これに加えて、サイバーセキュリティ対策を実施するための人材育成が必要であり、企業の対策状況に合わせた外部の人材育成プログラムの活用が有効。例えば、独立行政法人情報処理推進機構 産業サイバーセキュリティセンター（ICSCoE）が開講する、サイバーセキュリティを経営課題として認知するための「戦略マネジメントセミナー」や、重要インフラのセキュリティの中核を担うスペシャリストを育成するための「中核人材育成プログラム」等がある。

ガイドライン名	ガイドラインの観点	電気保安分野にて参考となる点
電力制御システムセキュリティガイドライン	電力制御システム等のサイバーセキュリティ確保を目的と	電気事業者が施設する電力制御システム等及びそれに携わる者を対

¹⁷ 経済産業省、第四次産業革命スキル習得講座認定制度、
<https://www.meti.go.jp/policy/economy/jinzai/reskillprograms/index.html>.

¹⁸ 厚生労働省、教育訓練給付制度、
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/jinzaikaihatsu/kyouiku.html.

¹⁹ 一般社団法人日本能率協会、IoT/AI 人材育成講座、
https://school.jma.or.jp/products/detail.php?product_id=151246.

ガイドライン名	ガイドラインの観点	電気保安分野にて参考となる点
(一般社団法人日本電気協会) ²⁰	して、電気事業者が実施すべきセキュリティ対策の要求事項について規定したものである。	象にしたガイドラインであり、電力の安定供給、電気工作物の保安の確保の妨害等を目的としたサイバー攻撃を脅威として想定している。
IoT 開発におけるセキュリティ設計の手引き（独立行政法人情報処理推進機構） ²¹	IoT 開発においてセキュリティ設計を担当する開発者に向けた手引きであり、IoT のセキュリティ設計において行う、脅威分析・対策検討・脆弱性への対応方法が解説されている。	セキュリティを検討する上で参考となる IoT 関連のセキュリティガイドの紹介や、いくつかの例題をもとに、IoT システムにおける脅威分析と対策検討の実施例が示されている。
スマートメーターシステムセキュリティガイドライン（一般社団法人日本電気協会） ²²	スマートメーターシステムのセキュリティ確保を目的として、一般送配電事業者が実施すべきセキュリティ対策の要求事項について規定したものである。	一般送配電事業者が施設するスマートメーターシステム及びそれに携わる者を対象にしたガイドラインであり、スマートメーターシステムの運用に影響を与えることを目的としたサイバー攻撃を脅威として想定している。
エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス（ERAB）に関するサイバーセキュリティガイドライン Ver2.0（資源エネルギー庁／独立行政法人情報処理推進機構） ²³	ERAB のサービスレベルを維持するために ERAB に参画する各事業者が実施すべき最低限のセキュリティ対策の要求事項を整理したものである。	送配電事業において、ERAB システムが留意すべき点、想定すべき脅威、サイバーセキュリティ対策等が整理されている。
IoT セキュリティ対応マニュアル産業保安版 第2版（経済産業省／国立研究開発法人新エネ	主にプラントにおけるシステム管理者を対象に、産業保安において IoT を活用する際、外部接続から制御システムを	プラントデータ利活用に伴う外部接続の脅威の背景として、クラウドや無線等の活用、オープンなプロトコル・技術の利用、接続先と

²⁰ 一般社団法人日本電気協会，電力制御システムセキュリティガイドライン JEAG1111-2019 JESC Z0004(2019).

²¹ 独立行政法人情報処理推進機構，IoT 開発におけるセキュリティ設計の手引き，
<https://www.ipa.go.jp/files/000052459.pdf>.

²² 一般社団法人日本電気協会，スマートメーターシステムセキュリティガイドライン，JEAG1101-2019 JESC Z0003(2019).

²³ 資源エネルギー庁／独立行政法人情報処理推進機構，エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスに関するサイバーセキュリティガイドライン Ver2.0，
<https://www.meti.go.jp/press/2019/12/20191227004/20191227004-1.pdf>.

ガイドライン名	ガイドラインの観点	電気保安分野にて参考となる点
ルギー・産業技術総合開発機構) ²⁴	守り、プラントデータの信頼性を高めるためのセキュリティの考え方をまとめたものである。	なる外部関係者の増加・多様化を考慮し、制御システム外部の設備機器及びそれらの管理体制等（情報系 NW、クラウドを含む外部 NW 等）を対象としたセキュリティガイドラインとなっている。
サイバーセキュリティ経営ガイドライン Ver 2.0（経済産業省／独立行政法人情報処理推進機構） ²⁵	大企業及び中小企業の経営者を対象としたサイバーセキュリティガイドラインである。サイバーセキュリティに対する適切な投資が行われ、企業のサイバーセキュリティ対策強化が行われることを最大の目的としている。	「経営者が認識すべき3原則」「サイバーセキュリティ経営の重要10項目」等、サイバーセキュリティ対策の考え方が参考となる。また、チェックリストや参考情報リストが充実しており、サイバーセキュリティ対策担当部門等で活用可能なガイドラインとなっている。
制御システムセキュリティ運用ガイドライン（一般社団法人日本電気制御機器工業会） ²⁶	制御システムの運用・管理に携わる管理者、設計・構築に携わる設計者、保守に携わる保守担当者、制御システムを含む生産設備で作業に携わるオペレータを対象とし、制御システムをよりセキュアに構築・運用し、操業を安全に継続するための指針を示している。	制御システムを対象とした運用ガイドラインであるが、管理・設計・運用・保守する現場ユーザを対象としたものであり、入退室管理、パスワード管理、オペレータの管理、教育、意識向上等の観点で留意点と実施ポイントが整理されており参考となる。

サイバーセキュリティ人材の確保・育成に関しては、民間団体・企業が主催する研究会や、人材育成講座を活用してサイバーセキュリティに関する知見を蓄積していく。なお、国・関係機関が提供するプログラムには下記がある。

プログラム名	プログラムの概要	電気保安分野にて参考となる点
戦略マネジメント系セミナー（独立行政法人情報処理推進機構）	サイバーセキュリティは経営課題であること及び経営層をはじめ関係者が認知すべき	社内外に対するセキュリティ統括・推進の考え方、経営幹部としてのセキュリティ対策実

²⁴ 経済産業省／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, IoT セキュリティ対応マニュアル産業保安版（第2版）,
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/hipregas/files/20190425iotsecuritymanualver2.pdf.

²⁵ 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,
<https://www.meti.go.jp/policy/netsecurity/downloadfiles/guide2.0.pdf>.

²⁶ 一般社団法人日本電気制御機器工業会 制御システムセキュリティ運用ガイドライン
https://www.neca.or.jp/wp-content/uploads/control_system_security_guideline2017.pdf

	セキュリティ機能の重要性の理解を目指す。2020 年度はオンラインで開講。先進事例・課題や解決策・ノウハウなどを体系的に学ぶプログラムを提供。	践に向けたマネジメント手法等を検討するための知見を得ることを目的としている。
業界別サイバーレジリエンス強化演習（CyberREX） （独立行政法人情報処理推進機構）	業界別に、シナリオによる実践的演習の形式を中心としたトレーニングを行う。ビジネスパートナーが直面するサイバーセキュリティ規制やガイドライン等の解説に関する集中講義と演習を実施。	責任者クラスが認識すべき「サイバーセキュリティ課題」や「自社の体制や規程等とのギャップ分析」への理解度及び対応力の向上、さらに「起こりうるリスクシナリオ」、「国内外の規制動向、海外事例」に対する知見の蓄積を目的としている。電力業界を対象としたコースを定期的の開講。
中核人材育成プログラム （独立行政法人情報処理推進機構） ²⁷	重要インフラ企業を中心にセキュリティの中核を担う人材育成を目標としたプログラム。電力、石油、ガス、化学、自動車、鉄道分野等の企業からセキュリティ担当予定者を1年間派遣させ、制御系セキュリティに精通する講師により、実機を使った模擬プラントを実際に攻撃して脆弱性を洗い出す等の実践的なプログラムを行う。	テクノロジー（OT・IT）、マネジメント、ビジネス分野を総合的に学習する。また、制御システムセキュリティに関し、演習を交えたトレーニングを受けることができる。また、修了後も知見をアップデートできる修了者コミュニティ活動も行っている。

4.3 新技術の実用化・導入に必要な取組とフォローアップ

本アクションプランは電力安全部会において、官と民とが議論し策定したものである。官と民それぞれがアクションプラン策定の主体として、**電気保安の将来像を達成するため、積極的にスマート保安の導入に取り組み**、電力安全部会及びスマート保安官民協議会においてその内容・進捗のフォローアップを行う。

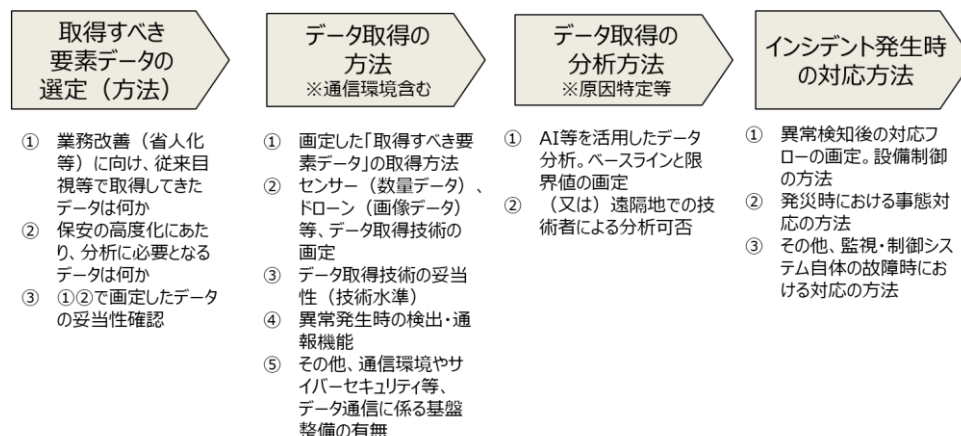
²⁷ 独立行政法人情報処理推進機構、中核人材育成プログラム、
https://www.ipa.go.jp/icscoe/program/core_human_resource/index.html.

5. 新技術の妥当性確認の仕組みづくり

5.1 技術の妥当性確認に必要な論点

各電気事業者においては、スマート保安に係る新技術（AI、IoT、ロボット、ドローン等）が徐々に導入されているところであるが、新たな保安規制の構築（規制の見直し）にあたっては、活用するデータや技術、その運用の妥当性の確認に課題がある。

例えば、以下のデータについて、妥当性を整理する必要があると考えられる。



5.2 スマート保安プロモーション委員会の設立

官民間・業界間でのコミュニケーションツールとして、スマート保安技術やデータを活用した新たな保安方法について、その妥当性を確認・共有する場として、「スマート保安プロモーション委員会」（事務局：独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE））を立ち上げ、個別プロセスごとの保安体制の妥当性・実効性を確認するとともに、基準策定や規制見直しを進めることを検討する。

具体的には、①必要と思われるデータの画定・取得方法や、②取得したデータに基づく新たな保安技術の妥当性を確認し、③必要に応じて、既存の電気保安関係の委員会と連携し、一定の基準の策定や規制の見直しを図ることを想定する。

