

令和 7 年度電気保安のスマート化推進に関する
業界別推進状況の調査・分析業務
報告書

令和 8 年 2 月

みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

「令和7年度電気保安のスマート化推進に関する業界別推進状況の調査・分析業務」
ご協力のお礼

経済産業省では令和2年6月29日にスマート保安官民協議会を設置し、産業保安分野でのスマート保安（※スマート保安：急速に進む技術革新やデジタル化、少子高齢化などが一層深化する環境変化の中、IoT や AI などの新技術の導入などにより産業保安における安全性と効率性を追求する取組をいう。）の導入促進の取組を加速させています。当該協議会の下に設置された電力安全部会においては、令和3年4月に「電気保安分野 スマート保安アクションプラン」が策定され、「スマート保安技術モデルの実装に資する技術（組合せを含む）を整理し、2021年度に新たな KPI を設定することを検討する」こととされました。これを受け、弊機構では「令和3年度スマート保安推進に関する業界別推進状況の調査・分析業務」を実施し（請負業者：株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所）、電気設備ごとに現状および今後の取組状況を把握・評価し、経済産業省に報告しました。

その後、経済産業省は、第4回スマート保安官民協議会電力安全部会（令和4年4月25日）において、各電気設備の設備特性を考慮した保安技術の2025年時点での導入率を KPI として提示しました。本 KPI は、「引き続き NITE が電気事業者・保安事業者などに対してスマート保安技術の導入状況に係るアンケートを実施し、その進捗を定期的・継続的にフォローアップしていく」とされたことから、弊機構では、毎年、スマート保安技術の導入実態調査を実施しています。今年度も「令和7年度電気保安のスマート化推進に関する業界別推進状況の調査・分析業務」（請負業者：みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社）を実施いたしました。

本アンケート調査では、スマート保安技術の設備別の取組状況やスマート保安プロモーション委員会について調査・分析しています。今年度は「電気保安分野 スマート保安アクションプラン」でターゲットイヤーとされている2025年度にあたることから、2025年度時点のスマート保安技術の導入状況および KPI の進捗状況に加え、2026年度以降に想定される取組と課題についても調査しました。

本アンケート調査は、電気保安の維持・向上に取り組まれている各業界団体および事業者の皆様にご協力を賜り、実施されました。149事業者様からご回答をいただき、本報告書を作成いたしました。本アンケートにご協力いただいた皆様には心より感謝申し上げます。

独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）
国際評価技術本部 電力安全センター

目次

第1章	はじめに	1-1
1.1	調査方法.....	1-1
1.2	調査対象.....	1-1
第2章	スマート保安導入に関するアンケート結果	2-2
2.1	調査内容.....	2-2
2.1.1	スマート保安に関する個別技術の導入状況.....	2-2
2.1.2	個別設問.....	2-4
2.2	分析手法.....	2-7
2.3	電気設備ごとの分析結果.....	2-8
2.3.1	火力発電.....	2-12
2.3.2	水力発電.....	2-26
2.3.3	風力発電.....	2-38
2.3.4	太陽電池発電.....	2-50
2.3.5	送配電・変電所.....	2-64
2.3.6	需要設備.....	2-77
2.4	全電気設備の分析結果(参考資料).....	2-88
第3章	スマート保安導入に向けた KPI	3-98
3.1	分析手法.....	3-98
3.2	分析結果.....	3-99
3.2.1	火力発電.....	3-99
3.2.2	水力発電.....	3-103
3.2.3	風力発電.....	3-106
3.2.4	太陽電池発電.....	3-109
3.2.5	送配電・変電所.....	3-112
3.2.6	需要設備.....	3-117
3.2.7	まとめ.....	3-119
第4章	スマート保安プロモーション委員会に対する提言	4-121
4.1	スマート保安プロモーション委員会の位置づけ.....	4-121
4.2	調査内容.....	4-122
4.3	調査結果.....	4-124
4.3.1	内容把握.....	4-124
4.3.2	期待または要望.....	4-125
4.3.3	技術カタログの知名度.....	4-127

第5章	ご意見・ご要望	5-131
5.1	スマート保安へのご意見・ご要望	5-131
5.2	スマート保安プロモーション委員会へのご意見・ご要望	5-136
第6章	おわりに	6-138
6.1	独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）からの提言	6-138
6.1.1	はじめに	6-138
6.1.2	スマート保安技術の導入推進	6-138
6.1.3	プロモーション委員会の運用	6-142
6.2	まとめ	6-144

第1章 はじめに

本アンケート調査は、電気設備別の「スマート保安導入に係る KPI」の進捗や「電気保安分野スマート保安アクションプラン」への取組状況について、2025 年度における導入状況を調査・分析し、電気設備ごとの KPI の達成率、個別技術の取組状況を把握するとともに、2026 年度以降に実装が期待される保安技術への取組想定とその課題などを整理する。

また、スマート保安プロモーション委員会の運営を円滑に進めるための現状把握や、スマート保安推進に向けた今後の活動の検討も目的として調査を実施した。

1.1 調査方法

Microsoft Excel にて作成したアンケートフォームを電気設備ごとの関連業界団体を通じて事業者
にメールにて送付し、電気保安のスマート化推進に関するアンケート調査への協力を依頼した。回答
はメールで提出する方式とした。

なお、回答事業者名の記載は任意とし、メール送付先を所属業界団体、またはアンケート専用
に設置されたメールアドレスから選択できるようにしたことなどにより、回答率の向上を目指した。アンケート調査の設問はスマート保安に関する 3 テーマとした。2025 年 10 月 27 日にアンケートを送付し、回答期限は 2025 年 11 月 27 日とした。

1.2 調査対象

Table 1-1 にアンケート調査にご協力いただいた業界団体の一覧を示す。

Table 1-1 アンケート調査にご協力いただいた業界団体一覧

団体名称
電気事業連合会
公営電気事業経営者会議
火力原子力発電技術協会
日本風力発電協会 (JWPA)
太陽光発電協会 (JPEA)
送配電網協議会
電気保安協会全国連絡会
東京電気管理技術者協会

第2章 スマート保安導入に関するアンケート結果

本章では、スマート保安導入に関するアンケート結果として、電気設備ごとにスマート保安に関する個別技術の導入状況、導入推進に係る KPI の実施状況を整理した。

電気設備は、各種発電設備、送配電設備、需要設備など多種多様であり、それぞれの設備構成や保安方法が異なり、スマート保安の個別技術がもたらす効果や必要性、導入の容易さも異なる。そのため、各設備の特性を考慮し、それぞれの設備の保安力の維持・向上および生産性向上に資するスマート保安技術の導入・運用状況について調査・把握を行った。

(※) スマート保安とは

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。

スマート保安推進のための基本方針（令和2年6月29日：スマート保安官民協議会）

2.1 調査内容

2.1.1 スマート保安に関する個別技術の導入状況

電気設備の保安管理に用いる IoT 機器の導入およびデジタル化にあたっては、各業界における設備の管理手法やノウハウを考慮しつつ、効果的でコストパフォーマンスの高いものが求められており、導入可能な設備規模や特殊性に応じて、独自の研究開発や管理システムの検討が重要と認識される。

業界ごとに必要とされる保安技術の優先度は異なると想定されるが、既に一定程度確立している要素技術については、既存保安業務の補完性や代替可能性について実証され、導入が進められている。一方、IoT・AIなどの未確立の要素技術は、研究・開発・実証を経て、技術が確立した段階で徐々に実用化を進め、スマート保安技術として導入する方向性が示されている。

スマート保安推進に向けて、スマート保安技術を6つのカテゴリーに区分し、2025年度末時点の個別技術の取組状況についてアンケート調査を行った。

【用語の説明】

- ※ 遠隔監視：監視カメラや計測装置を用いて、構内または構外の監視所などで画像や計測数値あるいは警報などを監視すること。
- ※ 遠隔制御：各種制御装置を用いて、構内または構外の監視所などで開閉器の操作、緊急停止、運転制御などの措置を講じること。
- ※ 巡視点検：目視による破損、断線、漏油など、一見して判断できる範囲の外観点検を指す。
- ※ 定期点検：定期的に見視や測定器類を用いて、詳細な不具合などを判定する点検を言う。
- ※ 前兆検知：異常が発生する直前のその異常特有な現象をデータで捉えて、事前に異常として検出すること。
- ※ 予兆検知：過去から累積しているデータや常時監視データを AI で分析し、時系列的な変化などから将来的な異常につながる兆候として検知し、点検時期の判断や寿命診断などに活用すること。

【設問】

大項目	個別技術	具体的な技術内容の例
1 現場作業のデジタル化（可搬型：五感から数値判断へ）	携帯端末機（タブレット等）	紙への記入から端末等への入力へ（電子データ化）
	デジタル計測器類又は測定器	放射温度計、熱画像、クランプメータ等の活用
	点検・測定結果の電子保存（帰所後を含む）	紙の保存から電子データによる保存
	その他	上記以外の場合
2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検	空中ドローン	主として空中移動するドローン
	水中・水上ドローン（水管を含む）	水中又は水上を移動するドローン
	自走ドローン（地下、ダクト、煙突等）	地上、地下、ダクト、煙突等の地面や壁の拘束軌道を移動するドローン等
	ロボット	非拘束軌道又は経路を移動し、突発的な事象に対応し、行動を変更できる機能を有する装置
	その他	上記以外の場合
3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視	自動計測装置（電流、電圧、圧力等）	電圧、電流、電力、湿度、圧力、流量等の計測装置 [温度関係の計測装置は下記③と④に分類する。]
	可視カメラ（目視）	監視カメラ等の目視機能に有効なカメラ類
	赤外線カメラ（熱画像等）	赤外線等を検知し、非接触で温度が測定できる装置
	温度関係センサー（温度計・熱電対等）	熱電対等の接触型の温度測定装置
	環境関連センサー（匂い、埃等）	漏油、臭気、埃等の環境関連センサー類
	超音波センサー（放電、異音等）	微小の放電音や異音の高調波、高周波、低周波又は音波を検出するセンサー類
	電流又は電圧の波形等の計測	電流又は電圧の波形等の計測
	その他	上記以外の場合
4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応	動作機器又は健全性のチェック	動作した機器（継電器、遮断器類）の表示機能または再稼働等に向けた安全性を確認する機能（手動または自動）
	動作機器の再稼働に関する遠隔操作	動作した機器を遠隔操作で再稼働する機能
	緊急時の停止又は開放の遠隔操作	緊急時に機器の停止または開放を遠隔操作できる機能
	その他	上記以外の場合
5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム	携帯端末機（タブレット等）の活用	携帯端末機やスマホのカメラ機能を活用した問合せ支援
	ウェアラブルカメラ	専用カメラ・音声システムを活用した遠隔支援（指導、サポート）
	現場管理又は操作マニュアルの電子化	手順書、マニュアル類を電子化し、携帯端末機やパソコン等でどこでも検索・閲覧できる機能
	その他	上記以外の場合
6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援	現場における人の点検結果判断を支援	得られたデータの活用により点検結果判定を補完する仕組み（機械分析による人による判定補完）
	点検結果の自動判定（高度を除く）	得られたデータを機械的に自動判定或いは自動処理する仕組み（自動点検システム）
	データ分析による異常予測	得られたデータの分析・解析により起こりうる異常・異変を予測
	総合評価による寿命予知	複数或いは累積されたデータを解析し、対象機器の寿命を予測し、設定された条件等によりメンテナンスを行う仕組み（CBM管理）
	その他	上記以外の場合

【回答】

- 実施済み：既に実施または運用中である。
- 概ね実施：構築が完了し、概ね実施または運用中である。
- 一部実施：構築が完了しており、一部が実施または運用中である。
- 試験・評価中：構築中、構築準備中、運用試験中、運用評価中のいずれかの場合
- 検討中：検討中または事前準備中
- 予定無し：検討開始前または一時保留中
- 空白：無回答

2.1.2 個別設問

「電気保安分野 スマート保安アクションプラン」によると、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として、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・携帯端末などが想定されている。

また、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こととなっている。

電気設備には、発電設備、送配電・変電設備、需要設備といった多様な設備が存在し、設備ごとにスマート保安の個別技術導入がもたらす効果や容易さ、必要性などが異なることから、2025年以降の実装が期待される「ロボット・ドローン」と「AI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)」の個別技術について、2026年から2030年の期間において想定あるいは計画している実装・運用状況と課題について把握することとした。

(1) データ活用による保安活動支援

2026年から2030年の期間において、収集・蓄積した計測データをどのように活用するのか、想定あるいは計画している内容を調査

選択肢	内容の例
① 収集・蓄積していない、活用していない、または予定がない	活用していないまたは活用する予定がない或いは検討もしていない 又は未定
② 検討中または準備中	検討中または事前準備中
③ 従来の統計手法を用いたデータ解析による異常予兆検知	データを統計分析または解析して設備の異常発生を予測或いは異常前兆の判定
④ AIを活用したデータ解析による異常予兆検知	データのAI活用による解析で設備の異常発生を予測或いは異常前兆の判定
⑤ 従来の統計手法を用いた複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	複数データを統計分析または解析して設備の寿命評価或いは寿命予知
⑥ AIを活用した複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	複数データのAI活用による解析で設備の寿命評価或いは寿命予知
⑦ 従来の統計手法を用いたデータ分析結果に基づく保守計画策定への活用	データを統計分析または解析して設備の保守点検計画を策定
⑧ AIを活用したデータに基づく保守計画策定への活用	データのAI活用による解析で設備の保守点検計画を策定
⑨ その他	上記以外の場合(内容を記入欄に記載してください)

(2) ロボット・ドローンの実装・運用

2026年から2030年の期間において、ロボット・ドローンをどのような業務に活用し、どの程度の運用レベルとするのか想定あるいは計画しているかを調査

選択肢	内容の例
① 導入・活用の予定はない	導入・活用しておらず、導入・活用する予定がない、検討もしていない或いは未定
② 導入に向けて検討中	導入・活用していないが、導入・活用を検討中または事前準備中
③ 導入に向けて研究・運用試験実施中	導入・活用していないが、導入・活用の研究・運用試験を実施中
④ 定例あるいは一部の巡視に使用	導入・活用しており、定例の巡視あるいは一部の巡視に使用
⑤ 定例あるいは一部の点検に使用	導入・活用しており、定例の点検あるいは一部の点検に使用
⑥ 高所あるいは危険個所の点検の機械化代替(サポート)に使用	導入・活用しており、高所或いは危険個所の点検を人員の代わりに実施する、或いは点検に関する一部作業を実施
⑦ 定期または臨時の設備診断・メンテナンスに使用	導入・活用しており、定期または臨時の設備診断・メンテナンスに使用
⑧ 災害時(台風通過時)等における被害状況把握と臨時巡視等	導入・活用しており、災害時(台風通過時や地震発生後)等における被害状況を人員に替わり把握する、或いは臨時の巡視に使用
⑨ 設備トラブル時の発生状況の事前確認あるいは損傷等の確認	導入・活用しており、設備の故障や予期しない停止が発生した場合に、人員による確認の前に、人員に替わり状況の確認或いは設備の損傷や状態等を確認
⑩ その他	上記以外の場合(内容を記入欄に記載してください)

(3) AI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用

2026年から2030年の期間において、AI技術をどのような業務に活用し、どの程度の運用レベルとするのか、想定あるいは計画しているのかを調査

選択肢	内容の例
① 導入・活用の予定はない	導入・活用しておらず、導入・活用する予定がない、検討もしていない或いは未定
② 検討中または準備中	導入・活用していないが、導入・活用を検討中または事前準備中
③ 巡視・点検業務の現場判定のサポート	導入・活用しており、巡視・点検業務の現場判定を行う際の参考
④ 巡視・点検業務の現場判定の機械自動判定	導入・活用しており、巡視・点検業務の現場判定を機械的に自動判定
⑤ 設備試験・診断における異常判定	導入・活用しており、設備試験・診断における異常発生の有無を機械的に自動判定
⑥ 常時監視データの管理、異常判断、警報の発報	導入・活用しており、常時監視データの管理、常時監視データに基づく異常発生の有無を機械的に自動判定、さらに異常発生と判定後に警報を自動発報
⑦ 異常検知・前兆検知	導入・活用しており、点検データ等に基づく異常発生あるいは異常前兆の判定
⑧ 予兆検知・寿命診断	導入・活用しており、点検データ等に基づく設備劣化の予兆検知、さらに寿命診断
⑨ CBM(状態基準保全)化	複数或いは累積されたデータを解析し、対象機器の寿命を予測し、設定された条件等によりメンテナンスを行う仕組み(CBM管理)に活用
⑩ その他	上記以外の場合(内容を記入欄に記載してください)

(4)ロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題
 2026年から2030年の期間において、ロボット・ドローン、およびAI技術を活用するにあたって、
 想定される課題とその重要度の調査

選択肢	内容の例
① 活用の予定はない、あるいは課題についてはわからない	導入・活用しておらず、導入・活用する予定がない、検討もしていない或いは未定。導入・活用の有無にかかわらず導入・活用の課題
② 導入技術への情報不足	導入技術について情報が不足しており、導入・活用の可否、導入・活用した場合のメリット・デメリットが不明
③ 研究開発、導入(初期投資)または運用にかかわる費用(ランニングコスト)、あるいは採算性	導入・活用のための研究開発コスト、初期コスト、ランニングコストが不明或いは費用の捻出が困難、或いは導入・活用の費用対効果
④ 安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策	導入技術の安全性、判定や検知の精度、或いはサイバーセキュリティ確保が不明
⑤ 保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足	導入したい技術または情報システムを現場に導入するための技術・知見或いは技術または情報システムの開発力が不足
⑥ 推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足	技術導入を推進する能力のあるプロジェクトリーダーまたは専門知識を保有する技術者が不足
⑦ 職員の雇用・配転問題、管理・運用に関する技術力低下等	導入技術の管理・運用に関する専門知識・技術を保有する職員が退職或いは配置転換した場合の新規雇用が困難で技術力低下が懸念
⑧ 法、規則、内規、手続き等	技術導入後の法規制対応、内規の変更、それらにともなう手続きが煩雑で対応に関するコストが不明
⑨ その他	上記以外の場合(内容を記入欄に記載してください)

【運用レベル回答】(設問2)、(設問3)

- 運用中：既に運用中あるいは運用予定である。
- 概ね運用中：構築が完了し、概ね運用中の予定である。
- 一部運用中：構築が完了し、一部運用中の予定である。
- 試験・評価中：構築中、構築準備中、運用試験中、運用評価中の予定である。
- 開発中：開発中の予定である。
- 空白：無回答

【重要度の回答】(設問4)

- とても重要：課題に対してとても重要度が高い。
- 重要：課題に対して重要である。
- ある程度重要：課題に対してある程度重要である。
- 空白：無回答

2.2 分析手法

アンケート結果は、「電気保安分野スマート保安アクションプラン」で区分されている電気設備ごとに集計・分析した。各設問について電気設備ごとの導入推進への取組状況が把握できるよう、評点として運用レベルに応じた5段階評価を行い、この数値を折れ線グラフとして表示し可視化した。

なお、各取組レベルの回答件数の内訳や年ごとの推移が把握できるよう、横棒グラフによる比較も参考として表示した。

評点の算出方法は、「実施済み」を5点、「概ね実施」を4点、「一部実施」を3点、「試験・評価中」を2点、「検討中」を1点、「予定無し」および「空白(保留)」を0点とし、これらを回答数で除して算出した。この評価により、スマート保安技術の導入状況を可視化し、できる限り、事業者のスマート保安推進に向けた努力を反映できるようにした。

2.3 電気設備ごとの分析結果

電気設備ごとのスマート保安に関する個別技術の導入状況について、初年度(2021年度)、前年度(2024年度)、および今年度(2025年度)の取組状況の評価に加えて、導入目標(2021年度に設定した2025年の取組想定)に対する進捗が確認できるよう整理した。

また、2025年以降の実装が期待される「ロボット・ドローン」と「AI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)」の個別技術について、2026年から2030年の期間において、想定あるいは計画している実装・運用状況と、課題について設問を設け、今後のスマート保安推進の参考データとして整理した。

Table 2-1 に電気設備別のアンケート回収結果を示す。

Table 2-1 電気設備別アンケート回収結果

電 気 設 備		回収件数
火力発電		22
水力発電		34
太陽電池発電	特別高圧	6
	高圧	26
風力発電	特別高圧	11
	高圧	5
送配電・変電設備		32
需要設備	特別高圧	0
	高圧	13
合計		149

本アンケート調査は、業界団体を通じて事業者配布し、回答を得ているが、一部の電気設備については、スマート保安推進に積極的な事業者や最先端技術を導入している事業者からの回答が多いと推測される内容が含まれているため、この点を十分に考慮する必要がある。

今年度は、スマート保安推進に向けたアクションプラン策定から5年目であり、導入推進のターゲットイヤーにあたる年である。このため、スマート保安への理解が深まり、積極的な取組が加速していることが見受けられる調査結果となっている。一方で、既に導入または運用中の保安技術については、評価・整理・見直しが行われ、より現実的な実装・運用状況として回答されていると推測される結果も見られた。

(業界団体との情報交換および技術動向調査より得られた内容)

- 2021年当時に比べて、技術革新や運用の柔軟性、AI活用の拡大などが進んだ。その結果、当初想定していた運用方法や対象業務に、新技術や高度な技術を導入することが可能となり、導入計画や対象業務範囲の見直しが進められ、アンケート調査の現状評価(回答)に影響を及ぼしたと思われる調査結果が見受けられる。

例1：空中ドローンの活用については、当初の取組対象領域を目視内飛行としていたが、実証

試験による安全性の確認や規則の見直しなどが進むにつれて、目視外飛行での運用を見据えた取組に変更することや多種多様な製品が市場に投入され、技術の進歩によって活用業務の種類と範囲が拡大し、業務目標を見直した事業者が見受けられた。これらの影響によりアンケート調査結果が一時的に後退または停滞しているように見受けられる場合もあるが、自動飛行の導入を含め、様々な業務で運用が拡大される傾向にある。

例 2：2021 年時点と比較して実用性の高いツールや機材などが増えたことから、業務内容に適した機材の選択肢が広がり、機材の変更や活用業務内容の見直しが適宜行われている。

ウェアラブルカメラは、現地確認や簡易な検収などの一部業務においてはスマートフォンなどのモバイル端末で代用可能であることや、専用装置として効果的に運用するためには後方技術支援体制の構築が不可欠であり、支援に係る運用負担が大きいことから、現場技術研修など活用業務内容を絞り込み、専門特化した業務運用とする傾向にある。

例 3：既にスマート保安技術を導入・運用しているも、業務改善や費用対効果が想定していたほど得られないあるいは作業員からの理解が得られないなどの理由で、運用中止または一時保留する場合や、代替機材の導入を検討する場合がある。一部の技術項目(特にセンサー類)では、アンケート調査で導入状況が徐々に後退している傾向が見られる。

例 4：センサーやデータ解析の技術が進歩し、現在運用中または導入中の機材についても、品質や費用対効果がより高い監視・制御技術が普及拡大している。このような技術進歩に加え、エネルギー基本計画や環境問題、社会ニーズの変化に伴い電気設備または業界団体の対応を見直す可能性などにより、スマート保安技術の導入計画などに変更が生じる場合があることも考慮する必要がある。

例 5：事業者としてスマート保安技術の導入を推進しているも、人事異動などにより担当者が変わることで、保安技術の導入の進捗が加速する場合や、運用・導入を開始していた保安技術が縮小・停滞する場合がある。

- 本アンケート調査は 2021 年度から毎年実施しており、初年度は当時の現状把握と推進方針の確認を行い、以後はその方針を踏まえ、スマート保安技術の導入進捗状況の確認と課題抽出を目的として、調査を継続している。しかし、電気設備ごとに環境問題への対応や保安業務における課題、具体的な要求事項が時代とともに変化しているため、これらの変化がアンケート調査の回答結果に影響を与えている可能性がある。
- 本アンケートでは、回答数の確保を目的として、業界団体に協力を依頼し、原則無記名で実施しているため、同一事業者が継続的に回答しているかは保証できない。加えて、回答事業者数にも年度ごとに増減があることや、担当者の変更による回答判断の違いがあることなどが、集計結果に影響を与えている可能性がある。
- AI 技術については、技術評価や費用対効果などに課題があるものの、近年、機械学習や深層学習(ディープラーニング)を用いた技術が発達している。特に画像認識技術の精度が大きく向上しており、電気保安業務への導入・運用の取組が堅実に進められている。一方、技術発達が速い

ため、導入済みの技術や、業務範囲の見直し、計画の再検討が必要となる場合がある。そのため、進捗が停滞しているように見受けられる結果もあるが、多くの事業者が業務の効率化への寄与や技術の有望性について認識しており、現場では堅実かつ着実に導入への取組が進められていることも考慮する必要がある。

■ 火力発電は、日本の電力供給において依然重要な役割を果たしているが、電力調整力を維持しつつ、脱炭素化の流れの中で、水素・アンモニア燃焼などの技術推進や再生可能エネルギーとの共存が必要となっている。再生可能エネルギーの拡大、燃料費高騰や安定確保先の困難化、予備電源化などの影響により、火力発電全体の稼働状況やスマート保安導入の投資回収について長期的に見通せない状況であり、各事業者は対応策を検討している状況と考えられる。なお、火力発電は、事業者ごとに事業規模や設備形態が多岐にわたり、運転・保守の方法が個社の競争力に大きく影響を与える競争分野であることを考慮する必要がある。

■ 水力発電は、比較的古い設備が多く、発電事業者の規模も必ずしも大きくない場合が多い事業環境にあるが、既に遠隔監視や遠隔操作などの導入実績が高く、成熟した技術環境下で運営されている。加えて、さらなる無人化、デジタル化、設備管理の効率化に向けて、「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」が整備・公開されており、近年は再生可能エネルギーとしての期待も大きい。スマート保安推進に係るデジタル化、ドローンの活用およびデータ処理に関しては、設備規模などの実態を踏まえ、各事業者が効果や運用を考慮した柔軟な取組を着実に進めている実態がうかがえる。

■ 風力発電設備が海外製品である場合が多く、個別のデータや技術の公開が難しく、センサー類の後付けが認められないといった制約もあることから、遠隔監視・制御関連のスマート保安技術の導入は、メーカー主導でないと難しい状況にある。

なお、風力発電設備は、陸上および洋上設置に限らず、単機あたりの発電容量や設備規模が大きくなる傾向にあり、現場作業に係るスマート保安技術よりも遠隔監視・制御システムの推進や、設備診断技術、メンテナンス技術の導入が優先されると推察される。

また、遠隔地や洋上に設置される風力発電設備では、こうした設置環境や気象条件でも運用できる空中ドローンや水中ドローンの導入が進められている。

■ 太陽電池発電設備については、大規模・中規模の設備を所有する事業者や複数の設備を管理する事業者において、電力監視や警報などの設備が整備されていることが多い。一方で、小規模な設備（小規模事業用電気工作物を含む）では、一般的に計測・警報関係の設置率が低く、設備管理やメンテナンスに重点が置かれており、設備規模などによってスマート保安に資する技術が異なっている。また、多くの設備は、外部委託として電気保安法人や電気管理技術者などの電気主任技術者が保安管理を担っており、各団体のアンケート回答数により、調査結果に影響を及ぼすことを考慮する必要がある。

なお、近年の課題として、電線盗難への対策が急がれており、アルミ電線の導入や監視装置の

設置などの実効性のある防止対策が検討・実施されている。

- 送配電設備・変電所では、業界団体内での情報共有により技術力向上とスマート保安技術の活用促進が進み、設備実態を踏まえた技術や施策が積極的に採用された。その結果、対象業務範囲の拡大や新たな機材の選択など、導入技術の見直しや適用業務目標の変更が行われたため、アンケート調査の回答結果では、一時的に後退あるいは停滞した技術項目も見られたが、その後は積極的かつ着実に導入への取組が進められている。

- 需要設備は、外部委託が大半を占め、現時点においても外部委託におけるスマート保安に資する技術が不透明であり、導入判断に迷っている実態がある。また、設置者や事業者にとってスマート保安を導入するメリットが見出せないなどの意見も多く、これらがアンケート調査結果に大きく影響した可能性がある。
さらに、電気保安法人と電気管理技術者のアンケート回答数の構成が、調査結果に影響を与えていることを考慮する必要がある。

2.3.1 火力発電

(1) 個別技術

Figure 2-1 に火力発電における個別技術活用の取組状況の評点評価（取組レベルの5段階評価）を、Figure 2-2 に火力発電における個別技術活用のそれぞれの回答状況を示す。

- 大項目別では、「1 現場作業のデジタル化（可搬型：五感から数値判断へ）」、「5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム」および「6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援」が目標を達成しており、個別技術では「水中・水上ドローン」、「ロボット」、「可視カメラ（目視）」、「赤外線カメラ（熱画像等）」などが積極的に導入推進されて目標を達成している。なお、目標は2021年度のアンケート調査において、事業者が回答した「2025年の取組状況」をもとに設定したものである。

24個別技術中18技術(75.0%)が評点目標を達成しており、特にKPIに設定されている個別技術のうち、「空中ドローン」を除く2項目が評点目標を達成するなど、全体として導入が順調に進められている。一方で、「環境関連センサー（匂い、埃等）」、「動作機器の再稼働に関する遠隔操作」など一部技術は2021年に比べて後退が見られるものの、ほとんどの技術で、導入・運用が順調に進捗している。

- 「2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検」と「5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム」は進捗が大きいことから、現場業務の機械代替や遠隔支援が積極的に進められており、人員不足や技術継承の問題に対応する取組が推進されていると考えられる。

特に、ドローンやロボットは多種多様な機種が様々な業務に投入されており、今後も運用拡大が期待される。「2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検」においては、「空中ドローン」を除き着実に導入が進められている一方で、「予定無し」とする事業者も増加傾向にあることから、積極的に導入を進める事業者がいる一方で、導入を保留または断念する事業者も一定数存在すると考えられる。

なお、KPIの一つである「空中ドローン」の評点はここ数年横ばいであり、目標には今一步達していないものの、半数の事業者が「一部実施」あるいは「試験・評価中」と回答していることから、今後の展開が期待される。

- 「3 各種定置型計測器、センサー類を活用した遠隔状態監視（固定設置）」においては、「自動計測装置（電流、電圧、圧力等）」と「温度関係センサー（温度計・熱電対等）」は2021年当初から既に高い水準にあり、取組状況に大きな変化は見られない。「可視カメラ（目視）」、「赤外線カメラ（熱画像等）」、「電流または電圧の波形等の計測」については目標を達成している。

なお、「環境関係センサー（臭い・埃等）」は2021年当初から年々減少傾向にあり、半数近い事業者が「検討中」あるいは「予定無し」と回答していることから、センサー技術が、日進月歩で進化する中、より効果的で費用対効果の高いセンサー類や他の監視装置へ置換されていくと想定される。

- 「4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応」においては、前年に比べて評点がわず

かに減少しているものの、火力発電設備では既に十分な実績を持つ成熟した保安技術であり、「動作機器又は健全性のチェック」と「緊急時の停止又は開放の遠隔操作」は既に目標を上回っており、継続的に高い水準が維持されると想定される。

- 「6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援」においては、全ての項目で着実な進捗が見られ、全項目で目標を達成している。一方で「データ分析による異常予測」を除く項目では、「検討中」または「予定無し」と回答している事業者が半数を占め、「一部実施」や「試験・評価中」と回答する事業者が3割前後存在することから、現時点では、導入・運用に移行する先進的な事業者と、導入を検討中または断念する事業者に二分されていると考えられるが、全体としては着実に導入が進められている。なお、KPIに設定されている「データ分析による異常予測」と「総合評価による寿命予知」の評点は、目標を達成しており、今後も導入が進められると推測される。

「6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援」の技術は発電所ごとに種類や設備規模が異なることから、今後さらに運転・不具合データの蓄積・解析を進め、得られた知見をフィードバックすることで、導入が可能となる発電所が増えると想定される。

- 火力発電設備を保有する事業者は、事業者ごとに発電目的と経営環境が異なる。加えて比較的古い設備が多いことや、環境問題への対応が求められることから、スマート保安の導入に対する位置付けや優先度にも事業者ごとに差が見られる。技術革新の動向を踏まえつつ、慎重に検討・評価を行った上で経営判断することが重要であると推測される。全体的に「一部実施」の比率が高いことから、多くの事業者において、実装・運用に向けてリリース&トライにより評価を実施している段階と想定される。

※ リリース&トライとは、新しい製品やサービスなどを世に出し（リリース）、実際に試してみ（トライ）、その結果から改善を重ねる一連のプロセスを指す言葉を示す。

この報告書では、運用実績が少ない或いは予兆現象把握が不足しているなどの理由により、先端技術の導入を躊躇する場合、既存の保護装置で安全を確保しつつ、先端技術を実装し、データ集積や新たな知見を蓄積・解析することで、改善を重ねながら最善の技術とすることを指す。

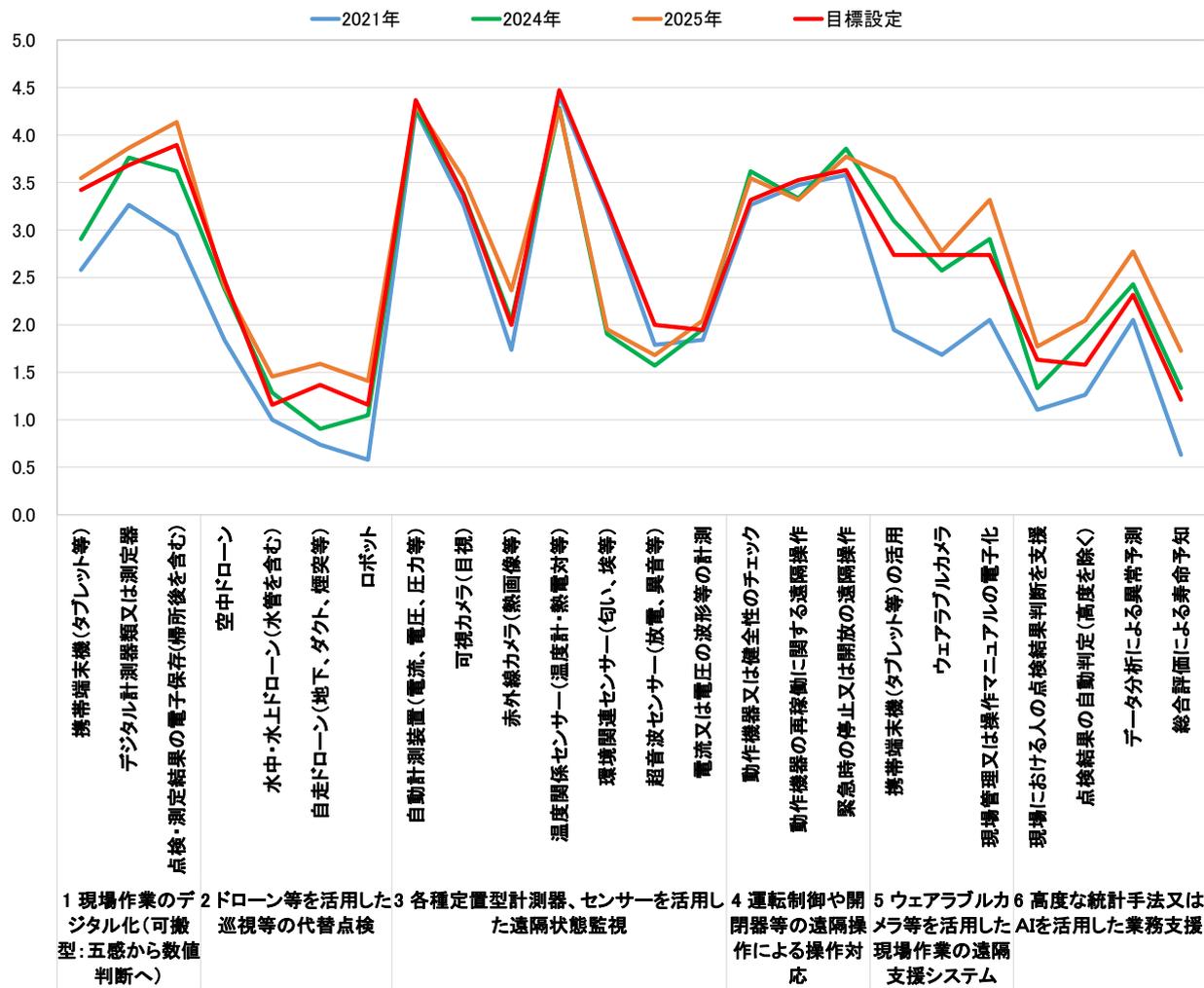


Figure 2-1 火力発電における個別技術活用の取組状況

Table 2-2 火力発電における個別技術活用の総合評価

項目	総合評点					進捗		目標設定	
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)		
1 現場作業のデジタル化(可搬型:五感から数値判断へ)	携帯端末機(タブレット等)	2.6	2.9	3.3	2.9	3.5	0.6	1.0	3.4
	デジタル計測器類又は測定器	3.3	3.8	4.0	3.8	3.9	0.1	0.6	3.7
	点検・測定結果の電子保存(帰所後を含む)	2.9	3.5	3.8	3.6	4.1	0.5	1.2	3.9
2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検	空中ドローン	1.8	2.4	2.4	2.4	2.4	0.0	0.6	2.5
	水中・水上ドローン(水管を含む)	1.0	1.5	1.5	1.3	1.5	0.2	0.5	1.2
	自走ドローン(地下、ダクト、煙突等)	0.7	0.8	1.0	0.9	1.6	0.7	0.9	1.4
	ロボット	0.6	0.7	0.9	1.0	1.4	0.4	0.8	1.2
3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視	自動計測装置(電流、電圧、圧力等)	4.3	4.2	4.3	4.3	4.3	0.0	0.1	4.4
	可視カメラ(目視)	3.3	3.9	3.6	3.4	3.5	0.2	0.3	3.4
	赤外線カメラ(熱画像等)	1.7	1.8	2.3	2.0	2.4	0.3	0.6	2.0
	温度関係センサー(温度計・熱電対等)	4.4	4.0	4.4	4.3	4.3	-0.0	-0.1	4.5
	環境関連センサー(匂い、埃等)	3.2	2.3	2.0	1.9	2.0	0.0	-1.3	3.3
	超音波センサー(放電、異音等)	1.8	2.1	1.9	1.6	1.7	0.1	-0.1	2.0
	電流又は電圧の波形等の計測	1.8	2.2	2.3	2.0	2.0	0.1	0.2	1.9
4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応	動作機器又は健全性のチェック	3.3	3.6	3.9	3.6	3.5	-0.1	0.3	3.3
	動作機器の再稼働に関する遠隔操作	3.5	3.5	3.8	3.3	3.3	-0.0	-0.2	3.5
	緊急時の停止又は開放の遠隔操作	3.6	4.0	4.2	3.9	3.8	-0.1	0.2	3.6
	携帯端末機(タブレット等)の活用	1.9	2.4	3.3	3.1	3.5	0.5	1.6	2.7
5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム	ウェアラブルカメラ	1.7	2.2	2.4	2.6	2.8	0.2	1.1	2.7
	現場管理又は操作マニュアルの電子化	2.1	2.2	2.9	2.9	3.3	0.4	1.3	2.7
	現場における人の点検結果判断を支援	1.1	1.3	1.5	1.3	1.8	0.4	0.7	1.6
6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援	点検結果の自動判定(高度を除く)	1.3	1.4	1.7	1.9	2.0	0.2	0.8	1.6
	データ分析による異常予測	2.1	2.0	2.6	2.4	2.8	0.3	0.7	2.3
	総合評価による寿命予知	0.6	1.2	1.5	1.3	1.7	0.4	1.1	1.2

注：進捗の計算は、各年の評点を四捨五入する前の値をもとに計算しており、表示値の計算と異なる場合がある。

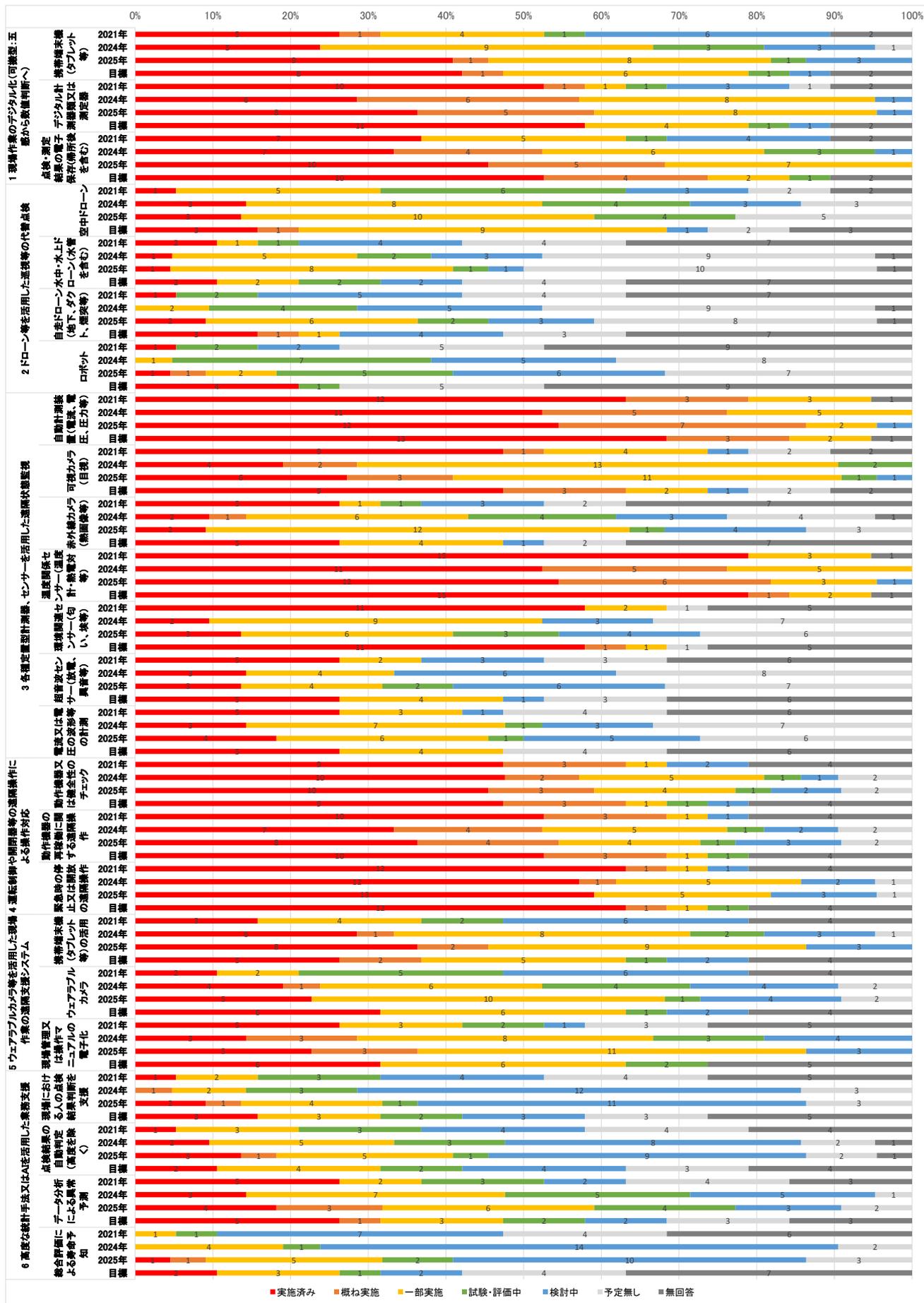


Figure 2-2 火力発電における個別技術活用の状況

Table 2-3 火力発電における個別技術活用の状況（回答数）

項目	対象年	回答件数								
		実施済み	概ね実施	一部実施	試験・評価中	検討中	予定無し	無回答	合計	
1 現場作業のデジタル化（可搬型：五感から数値判断へ）	携帯端末機（タブレット等）	2021年	5	1	4	1	6	0	2	19
		2022年	4	0	10	3	4	0	0	21
		2023年	7	0	8	2	3	1	0	20
		2024年	6	0	9	3	3	1	0	21
		2025年	9	1	8	1	3	0	0	22
	目標	8	1	6	1	1	0	2	19	
	デジタル計測器類又は測定器	2021年	10	1	4	1	3	1	2	19
		2022年	9	2	7	3	0	0	0	21
		2023年	8	3	9	0	0	0	0	20
		2024年	6	6	8	0	1	0	0	21
		2025年	8	5	8	0	1	0	0	22
	目標	9	0	4	1	1	0	2	19	
	点検・測定結果の電子保存（掃所後を含む）	2021年	7	0	5	1	4	0	2	19
		2022年	6	2	10	2	1	0	0	21
		2023年	8	2	7	3	0	0	0	20
2024年		7	4	6	3	1	0	0	21	
2025年		9	0	4	1	1	0	0	22	
目標	10	5	7	0	0	0	0	22		
2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検	空中ドローン	2021年	1	0	2	1	2	2	2	19
		2022年	2	1	8	5	3	2	0	21
		2023年	2	0	9	4	3	2	0	20
		2024年	3	0	8	4	3	3	0	21
		2025年	3	0	10	4	0	5	0	22
	目標	3	0	9	0	1	2	3	19	
	水中・水上ドローン（水管を含む）	2021年	2	0	1	1	4	4	7	19
		2022年	2	0	2	5	6	5	1	21
		2023年	2	0	3	3	4	7	1	20
		2024年	1	0	5	2	3	9	1	21
		2025年	1	0	8	1	2	10	1	22
	目標	2	0	2	2	5	4	7	19	
	自走ドローン（地下、ダクト、煙突等）	2021年	0	0	1	4	6	9	1	21
		2022年	0	0	2	4	5	8	1	20
		2023年	0	0	2	4	5	9	1	21
2024年		0	0	2	4	5	8	1	22	
2025年		0	0	6	2	3	8	1	22	
目標	3	0	1	0	4	3	7	19		
ロボット	2021年	1	0	0	2	2	5	9	21	
	2022年	0	0	0	5	4	7	8	20	
	2023年	0	0	1	7	5	8	0	21	
	2024年	0	0	1	4	5	8	0	21	
	2025年	1	0	0	5	6	7	0	22	
目標	4	0	2	1	6	5	9	19		
3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視	自動計測装置（電流、電圧、圧力等）	2021年	12	3	3	0	0	0	1	19
		2022年	11	5	4	1	0	0	0	21
		2023年	10	7	2	1	0	0	0	20
		2024年	11	5	0	0	0	0	0	21
		2025年	12	7	2	0	1	0	0	22
	目標	13	3	2	0	0	0	1	19	
	可視カメラ（目視）	2021年	9	3	10	0	0	0	0	21
		2022年	8	3	10	0	0	0	0	21
		2023年	6	1	12	1	0	0	0	20
		2024年	4	2	13	2	0	0	0	21
		2025年	6	3	11	2	1	0	0	22
	目標	9	3	7	0	1	2	0	19	
	赤外線カメラ（熱画像等）	2021年	5	0	1	1	3	2	7	19
		2022年	3	0	5	2	4	6	1	21
		2023年	4	0	6	3	4	3	1	20
2024年		2	0	6	4	3	4	1	21	
2025年		2	0	12	1	4	3	0	22	
目標	5	0	4	0	1	2	7	19		
温度関係センサー（温度計・熱電対等）	2021年	15	0	3	0	0	1	1	19	
	2022年	12	0	7	0	0	1	0	21	
	2023年	12	4	4	0	0	0	0	20	
	2024年	11	5	5	0	1	0	0	21	
	2025年	12	5	3	0	1	0	0	22	
目標	15	1	2	0	0	0	1	19		
環境関連センサー（匂い、埃等）	2021年	11	0	2	0	0	1	5	19	
	2022年	5	0	7	0	2	7	0	21	
	2023年	3	0	7	0	3	7	0	20	
	2024年	2	0	3	0	3	7	0	21	
	2025年	3	0	6	3	4	6	0	22	
目標	5	0	2	0	3	3	6	19		
超音波センサー（放電、異音等）	2021年	4	0	2	0	3	7	0	21	
	2022年	4	0	4	0	5	7	0	20	
	2023年	4	0	4	0	6	8	0	21	
	2024年	3	0	4	0	6	7	0	22	
	2025年	3	0	4	2	6	7	0	22	
目標	5	0	4	0	1	3	6	19		
電流又は電圧の波形等の計測	2021年	5	0	3	0	1	4	6	19	
	2022年	3	0	9	0	4	5	0	21	
	2023年	4	0	7	0	5	4	0	20	
	2024年	3	0	7	1	3	7	0	21	
	2025年	4	0	6	1	5	6	0	22	
目標	5	0	4	0	0	4	6	19		
4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応	動作機器又は健全性のチェック	2021年	9	3	4	0	2	0	4	19
		2022年	11	1	4	1	3	1	0	21
		2023年	11	1	5	1	2	0	0	20
		2024年	10	2	5	1	2	2	0	21
		2025年	10	3	4	1	2	2	0	22
	目標	9	3	1	1	1	0	4	19	
	動作機器の再稼働に関する遠隔操作	2021年	10	3	1	0	1	0	4	19
		2022年	9	3	4	1	3	1	0	21
		2023年	9	3	5	1	2	0	0	20
		2024年	7	4	5	1	2	2	0	21
		2025年	8	4	4	1	3	0	0	22
	目標	10	3	1	1	0	0	4	19	
	緊急時の停止又は開放の遠隔操作	2021年	12	0	1	0	1	0	4	19
		2022年	12	2	4	0	3	0	0	21
		2023年	13	1	4	0	2	0	0	20
2024年		12	1	5	2	1	0	0	21	
2025年		13	0	5	0	3	1	0	22	
目標	12	1	1	0	0	0	4	19		
5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム	携帯端末機（タブレット等）の活用	2021年	3	0	4	2	6	0	4	19
		2022年	2	0	8	5	3	2	0	21
		2023年	6	1	8	3	2	0	0	20
		2024年	6	1	8	2	3	1	0	21
		2025年	8	2	9	0	3	0	0	22
	目標	8	2	9	1	2	0	4	19	
	ウェアラブルカメラ	2021年	2	0	2	5	6	0	4	19
		2022年	1	0	6	7	5	1	0	21
		2023年	4	0	3	7	5	1	0	20
		2024年	4	1	6	4	4	2	0	21
		2025年	5	0	10	1	4	2	0	22
	目標	6	0	6	1	2	0	4	19	
	現場管理又は操作マニュアルの電子化	2021年	5	0	3	2	1	3	5	19
		2022年	2	1	8	1	7	2	0	21
		2023年	3	2	8	3	4	0	0	20
2024年		3	3	8	3	4	0	0	21	
2025年		5	3	11	0	3	0	0	22	
目標	6	0	6	2	0	0	5	19		
6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援	現場における人の点検結果判断を支援	2021年	1	0	2	3	4	4	5	19
		2022年	1	0	3	1	11	5	0	20
		2023年	1	1	2	2	11	3	0	21
		2024年	0	1	2	3	12	3	0	21
		2025年	2	1	4	1	11	3	0	22
	目標	3	0	3	2	3	5	1	19	
	点検結果の自動判定（高度を除く）	2021年	1	0	3	3	4	4	4	19
		2022年	2	0	3	1	9	5	1	21
		2023年	2	0	3	2	10	2	1	21
		2024年	2	0	5	3	8	2	1	21
		2025年	3	0	5	3	9	2	1	22
	目標	2	0	4	2	4	3	4	19	
	データ分析による異常予測	2021年	5	0	2	3	2	4	3	19
		2022年	2	1	6	1	9	2	0	21
		2023年	4	0	7	2	7	0	0	20
2024年		3	0	7	5	5	1	0	21	
2025年		4	3	6	4	3	2	0	22	
目標	5	1	3	2	7	3	3	19		
総合評価による寿命予測	2021年	0	0	2	1	7	4	6	19	
	2022年	1	0	2	1	13	4	0	21	
	2023年	0	0	5	1	13	2	0	20	
	2024年	0	0	4	1	14	2	0	21	
	2025年	1	1	5	2	10	3	0	22	
目標	2	0	3	1	2	4	7	19		

(2) 個別設問

Figure 2-3に火力発電におけるデータ活用による保安活動支援、Figure 2-4に火力発電におけるロボット・ドローンの実装・運用、Figure 2-5に火力発電におけるAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用、Figure 2-6に火力発電のロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題の調査結果をそれぞれ示す。

- 設問1 (データ活用による保安活動支援) については、2025年時点でデータを取得・保存している事業者は22事業者(100.0%)と全数であるものの、データ活用については、5事業者(22.7%)が「収集・蓄積していない、活用していない、または予定がない」または「検討中・準備中」と回答しており、多くの事業者がデータ活用を予定している一方で、データを収集・保存は行っているものの、活用できていない事業者が一定数存在することに留意する必要がある。

なお、2026年から2030年の期間におけるデータ活用による保安活動支援については「異常予兆検知」(統計: 50.0%、AI: 72.7%)が最も多く、次いで「寿命予知」(統計: 31.8%、AI: 4.5%)、「保守計画策定」(統計: 27.3%、AI: 4.5%)の順となっている。異常予兆検知を始めとして積極的に保守・メンテナンスへのデータ活用が進められると推測されるが、「異常予兆検知」以外の保安活動はAIよりも従来の統計手法の活用が多く見込まれる。

- 設問2 (2026年から2030年におけるロボット・ドローンの実装・運用) については、8事業者(36.4%)が「予定はない」または「検討中」と回答しており、事業規模や設備内容により導入可否の判断が分かれるが、半数の事業者が何らかの業務に活用するとしており、実装・運用を進める事業者は着実に増えると想定される。

なお、実装・運用を想定している業務としては、「点検」や「巡視」などの目視業務、「高所あるいは危険箇所の点検」、「設備トラブル時の確認」がいずれも半数程度の事業者で挙げられている。次いで「設備診断・メンテナンス」と「災害時等における被害状況把握」がそれぞれ7事業者(31.8%)となっている。火力発電設備では大型ボイラーや高所、危険箇所の巡視・点検が必要となることから、それらを効果的かつ的確に実施可能なドローン・ロボットを活用し、それぞれの強みを生かした多種多様な業務への展開が計画・推進されていくと推測される。

各業務において想定される運用レベルについては、「一部運用」の回答が多く、堅実に運用段階を踏みながら進められると推測される。

- 設問3 (2026年から2030年におけるAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用) については、「予定はない」と「検討中または準備中」の合計が9事業者(40.9%)となっており、事業規模や発電設備の種類により対応姿勢は大きく異なると推察される。

なお、実装・運用を想定している業務は、「異常検知・前兆検知」が11事業者(50.0%)と半数を占め、次いで「常時監視データの管理、異常判断、警報の発報」が9事業者(40.9%)、「現場判定のサポート」が5事業者(22.7%)、「現場判定の機械自動判定」と「予兆検知・寿命診断」が4事業者(18.2%)、「CBM化」は2事業者(9.1%)に留まることから、AI活用は着実に進むものの、高度なAI技術の実装・運用には時間を要する状況であると考えら

れる。

火力発電設備における業務へのAI活用については、既に実装が進んでいる異常検知などを除き、高度なAI技術の導入となるため、当面は「一部運用」など慎重な実装・運用方針の事業者が多いことが想定される。

- 設問4（ロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題) について、「予定はない、わからない」の回答は2事業者(9.1%)となっており、事業規模や発電設備の種類による違いはあものの、9割以上の事業者が実装・運用には何らかの課題があると回答している。

課題としては、「安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策」が16事業者(72.7%)と最も多く、次いで「研究開発、導入または運用にかかわる費用、あるいは採算性」が14事業者(63.6%)、「保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足」と「推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足」がともに9事業者(40.9%)、「導入技術への情報不足」が6事業者(27.3%)、「法、規則、内規、手続き等」が5事業者(22.7%)となっている。特に「安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策」については、「とても重要」と回答した事業者が大半を占めている。AIやサイバー対策に関する高度な専門知識を持つ人材の確保のため、国家規模でのプロジェクトによる基盤整備をすること、技術の実証を重ね信頼性の向上を図ることが望ましいと想定される。

データ活用による保安活動支援

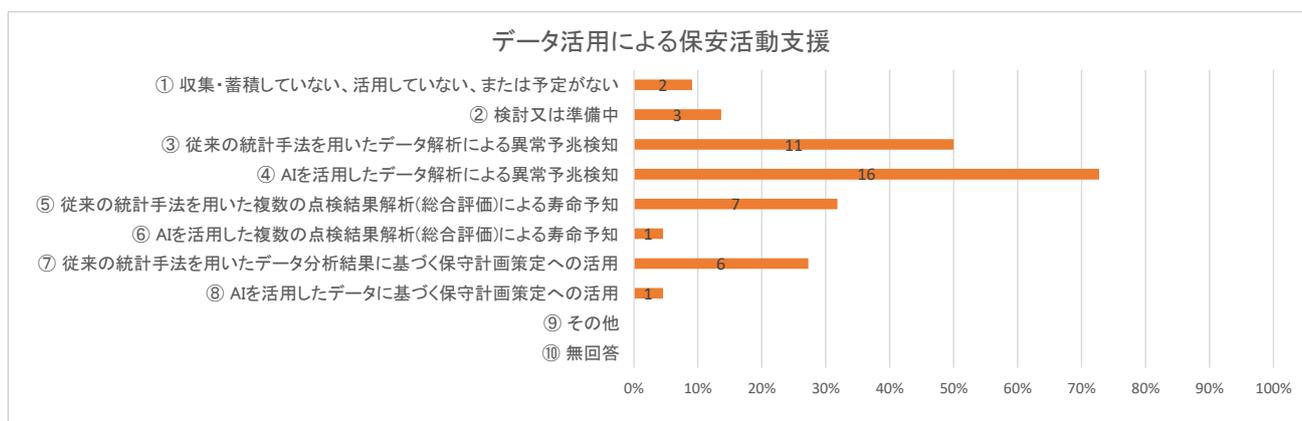


Figure 2-3 火力発電におけるデータ活用による保安活動支援 (n=22)

Table 2-4 火力発電におけるデータ活用による保安活動支援 (n=22)

内容	件数	回答率
① 収集・蓄積していない、活用していない、または予定がない	2	9.1%
② 検討又は準備中	3	13.6%
③ 従来 of 統計手法を用いたデータ解析による異常予兆検知	11	50.0%
④ AIを活用したデータ解析による異常予兆検知	16	72.7%
⑤ 従来 of 統計手法を用いた複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	7	31.8%
⑥ AIを活用した複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	1	4.5%
⑦ 従来 of 統計手法を用いたデータ分析結果に基づく保守計画策定への活用	6	27.3%
⑧ AIを活用したデータに基づく保守計画策定への活用	1	4.5%
⑨ その他	0	0.0%
⑩ 無回答	0	0.0%
回答件数	22	

ロボット・ドローンの実装・運用

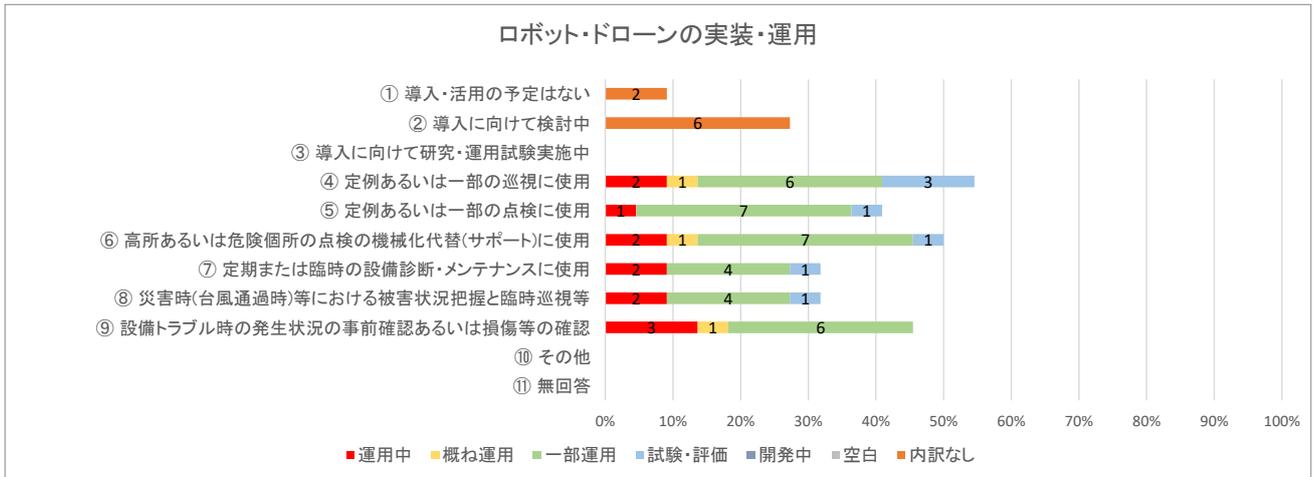


Figure 2-4 火力発電におけるロボット・ドローンの実装・運用 (n=22)

Table 2-5 火力発電におけるロボット・ドローンの実装・運用 (n=22)

内容	活用		運用レベル					
	件数	回答率	運用中	概ね運用	一部運用	試験・評価中	開発中	空白
① 導入・活用の予定はない	2	9.1%						
② 導入に向けて検討中	6	27.3%						
③ 導入に向けて研究・運用試験実施中	0	0.0%						
④ 定例あるいは一部の巡視に使用	12	54.5%	2	1	6	3	0	0
⑤ 定例あるいは一部の点検に使用	9	40.9%	1	0	7	1	0	0
⑥ 高所あるいは危険個所の点検の機械化代替(サポート)に使用	11	50.0%	2	1	7	1	0	0
⑦ 定期または臨時の設備診断・メンテナンスに使用	7	31.8%	2	0	4	1	0	0
⑧ 災害時(台風通過時)等における被害状況把握と臨時巡視等	7	31.8%	2	0	4	1	0	0
⑨ 設備トラブル時の発生状況の事前確認あるいは損傷等の確認	10	45.5%	3	1	6	0	0	0
⑩ その他	0	0.0%	0	0	0	0	0	0
⑪ 無回答	0	0.0%						

AI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用

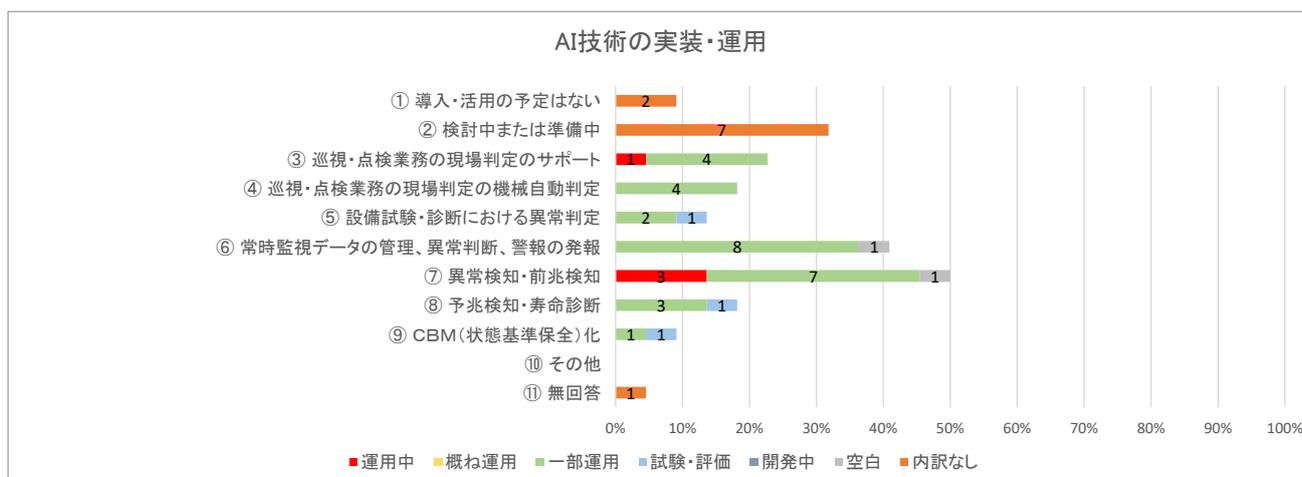


Figure 2-5 火力発電における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用 (n=22)

Table 2-6 火力発電における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用 (n=22)

内容	活用		運用レベル					
	件数	回答率	運用中	概ね運用	一部運用	試験・評価中	開発中	空白
① 導入・活用の予定はない	2	9.1%						
② 検討中または準備中	7	31.8%						
③ 巡視・点検業務の現場判定のサポート	5	22.7%	1	0	4	0	0	0
④ 巡視・点検業務の現場判定の機械自動判定	4	18.2%	0	0	4	0	0	0
⑤ 設備試験・診断における異常判定	3	13.6%	0	0	2	1	0	0
⑥ 常時監視データの管理、異常判断、警報の発報	9	40.9%	0	0	8	0	0	1
⑦ 異常検知・前兆検知	11	50.0%	3	0	7	0	0	1
⑧ 予兆検知・寿命診断	4	18.2%	0	0	3	1	0	0
⑨ CBM(状態基準保全)化	2	9.1%	0	0	1	1	0	0
⑩ その他	0	0.0%	0	0	0	0	0	0
⑪ 無回答	1	4.5%						

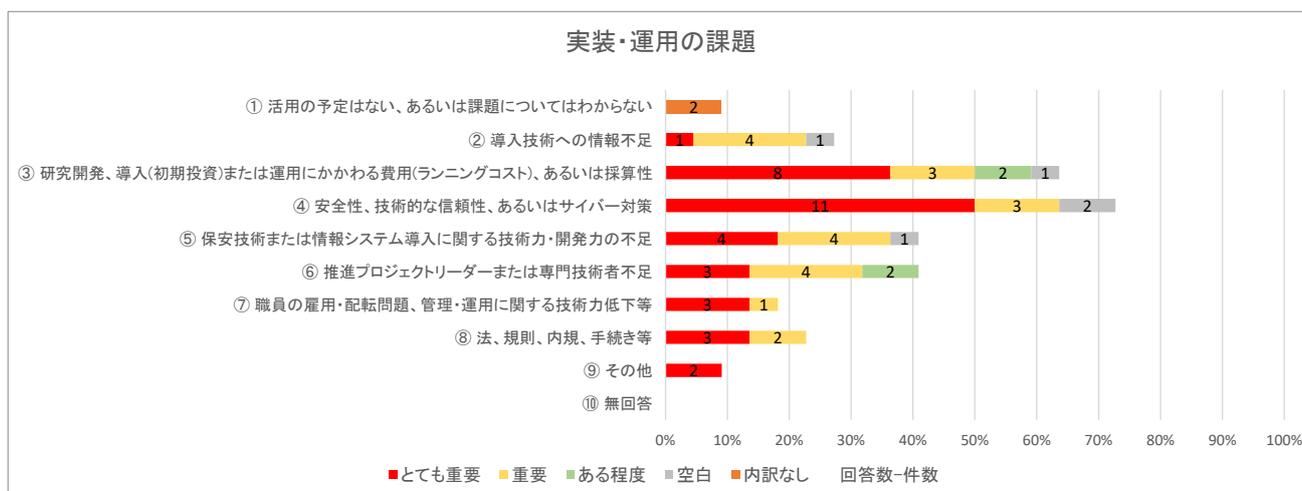


Figure 2-6 火力発電におけるロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題 (n=22)

Table 2-7 火力発電におけるロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題 (n=22)

内容	活用		重要度			
	件数	回答率	とても重要	重要	ある程度	空白
① 活用の予定はない、あるいは課題についてはわからない	2	9.1%				
② 導入技術への情報不足	6	27.3%	1	4	0	1
③ 研究開発、導入(初期投資)または運用にかかわる費用(ランニングコスト)、あるいは採算性	14	63.6%	8	3	2	1
④ 安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策	16	72.7%	11	3	0	2
⑤ 保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足	9	40.9%	4	4	0	1
⑥ 推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足	9	40.9%	3	4	2	0
⑦ 職員の雇用・配転問題、管理・運用に関する技術力低下等	4	18.2%	3	1	0	0
⑧ 法、規則、内規、手続き等	5	22.7%	3	2	0	0
⑨ その他	2	9.1%	2	0	0	0
⑩ 無回答	0	0.0%				

(3) 業界の現状とスマート保安への取組

- 火力発電は、原子力発電や水力発電と比べて発電所・発電設備の建設コストが安く、比較的短時間で建設できる点が特徴であり、発電量が調節しやすく他の電力とのバランスもとりやすく、日本では古くから火力発電が主力とされてきた。主な燃料には、石油・石炭・液化天然ガス（LNG）の3つがある。
- 1887年に日本で初めて火力発電所が誕生してから徐々に普及し、現在では主流の発電方法として活用されている。ここまで発展した背景には、火力発電特有の複数のメリットがある。例えば水力発電は降水量、太陽光発電は天候、風力発電は風量により電力の供給量が大きく左右される弱点があり、人為的な調整が難しい面がある。火力発電は発電所内で化石燃料を燃やし、発生したエネルギーを利用して発電する仕組みであるため、燃料さえあれば安定して電力を供給できる点は、火力発電の強みである。

数ある発電方法の中でも、エネルギーの変換効率が最も高いのは水力発電で、次いで液化天然ガス（LNG）を用いた火力発電となっている。水力発電は、液化天然ガス（LNG）を用いた火力発電よりも約25ポイントも高い80%程度を誇っているものの、水力発電は降水量などに影響されることから、安定供給や実用性を考慮すれば、火力発電が最も優れているとの見方もある。

日本では夏季や冬季に空調設備の需要が高まり、季節による電気使用量の差が顕著であるが、出力調整を柔軟に行える火力発電であれば気温変化による急激なエアコン需要で一時的に電気使用量が増加しても即座に対応可能である。近年の再生可能エネルギーの拡大に伴う気象条件による突発的な発電量の変動を調整するのに、火力発電は適していると言える。

- 火力発電のデメリットは、温室効果をもたらす二酸化炭素やメタン、NO_xといった気体を発生させること、化石燃料の多くは海外からの輸入に大きく依存していること、化石燃料は使い続けるといずれ枯渇することである。
- 火力発電は依然として日本における主流の発電方法であるが、再生可能エネルギー発電を推進される動きが強まる中、火力発電設備の稼働率が下がり、また収益の不確実性が増しており、休廃止が進み、既設火力の設備容量は減少している。今後も新設は一定程度見込まれているものの、休廃止が新設を上回り、火力の設備容量の減少が続く見込みである。

電力・ガス基本政策小委員会(2024年1月22日開催)の資料「電力システムを取り巻く現状」によれば、従前と比較して、1日あたりの火力発電量は減少しており、低負荷・低稼働で運転する日は増加している。一方、年間最大稼働日の発電量は大きく減少しておらず、火力発電に求められる必要な発電容量は大きく変わっていないとされている。しかし、火力発電の設備容量は2016年から2022年にかけて緩やかに減少しており、2025年度以降は、火力発電設備の休廃止が年々増加し、新增設と相殺した設備量は順次減少していくことが見込まれている。

なお、冬の悪天候時など、再生可能エネルギーの発電量が少ない時期は、当面、火力が供給力の中心を担うことには変わりはなく、蓄電池や揚水などによる供給時間のシフトは、再生可能エネルギーの発電量減少を一定程度補うものの、発電量減少が一定期間継続するような場合、火力を完全に代替することは困難であり、長期脱炭素電源オークションでは、アンモ

ニアや水素混焼に向けた設備投資を支援することとしている。

- 令和 2 年度の国内の常用自家発電設備の設置台数は、新型コロナウイルス感染拡大による経済活動自粛などの影響を受けて減少した。また、「エネルギーの使用の合理化および非化石エネルギーへの転換などに関する法律（省エネ法）」により、発電効率の向上も求められており、発電所内のオペレーションや性能管理、設備のメンテナンスなどの様々な業務に関して IoT や AI を活用し、データ取得するデジタル発電所の導入によって「発電所の設備と人の仕事」を標準化し、デジタル化を推進することとしている。

IoT や AI を活用するデジタル発電所は、電力産業が抱える様々な課題の解決手段として期待されている。AI の提案を受けてから従業員が最終的な判断を下すことで、「従来の監視とトラブルへの対応」から「データに基づいた合理的な予知・予防」へと転換でき、発電所運営の最適化が可能となる。過去に培った膨大な運転データを AI に学習させて、石炭火力の燃焼最適化に必要な設定パラメータを算出し、CO₂（二酸化炭素）の削減やコストの最適化を行うことも可能である（発電・運用コストの削減）。また発電所の O&M においては、業務ごとに専門的な知識やノウハウが必要であるが、知識や技術などのノウハウは現場の従業員に属人化されている傾向が強く、IoT や AI 活用により見える化できれば、培ってきたノウハウが失われることなく、次世代に継承できるだけでなく、各発電所が培ってきた O&M に関する知識やデータ（機器の動作状況や熱効率、災害・事故件数などの様々な情報）を相互利用することで、課題の発見や解決策の共有なども可能であり、企業全体のレベルアップにつながる。

今後の電力事業では、少子高齢化に伴う労働力減少や技術継承などサプライチェーン維持に向けた課題の中で、より一層の効率的な運用が求められるため、デジタル発電所と同様に IoT を活用したデータの取得や管理は必要不可欠になると推測される。こうしたデータの分析や最適化は、AI が得意とする分野であり、AI と IoT はセットで導入が必要な技術と考えられる。

デジタル発電所では、蓄積されたデータの見える化が重要である。データによる予兆監視、作業停止調整、パフォーマンスの確認・実施判断など、最終的な確認や管理、判断は人が行うとして、膨大なデータを取得しても、データの分析結果が確認できなければ運用できないので、データを可視化できるようなデジタル化に対応した運用システムの構築が必要であるが、リリース&トライにより業務に最適化されたシステムを構築する必要があるため、時間と費用がかかる。

- 現在、石炭火力発電のボイラーにアンモニアを混ぜて燃焼させる「火力混焼」の開発が進められている。CO₂ 排出量削減の取組のひとつが、アンモニアの混焼、そしてその先の専焼である。アンモニアは燃焼の際には CO₂ を排出しないものの、アンモニアの原料となる水素を石炭や天然ガスなどの化石燃料から製造する場合、製造過程で大量の CO₂ が発生する。そのため、化石燃料から水素を製造する過程で生じる CO₂ を回収して地下に貯留する方法（CCS）や、CO₂ を再利用するカーボンリサイクル、再生可能エネルギー（再エネ）を使って作った水素を使うなど、真の「カーボンフリー」の実現を目指す動きも同時に進行している。

一方、バイオマスを主燃料とした発電は、規模は数千 kW から最大でも 11 万 kW 程度が限界であり、2030 年度のバイオマス利用量を専焼だけで達成するには、立地制約などからハードルが高く、小規模石炭火力は混焼率を高めることでバイオマス利用量の増加に貢献している。

- 小規模火力発電に環境アセスメントを適用する場合、通常のプロジェクト期間に加えて数年程度を要することとなり、通常の経営判断の期間をはるかに超えることから、共同火力や IPP のように電力会社との長期契約がなければ耐えられない経営リスクであり、自家発電では困難であると言える。
- 自家発電や共同火力の特徴として、製鉄では副生ガスの消化設備としての意義をもち、生産活動と一体不可分であり、副生ガスの活用により発電用の補助燃料が削減され、結果として温室効果ガスが削減できること、化学業界では停電は重大事故につながるため、保安上重要な機器は必ず自家発電と買電の 2 系統入力を行っており、自家発電がないと化学プラントは存在し得ないと言える。

2.3.2 水力発電

(1) 個別技術

Figure 2-7 に水力発電における個別技術活用の取組状況の評点評価（取組レベルの 5 段階評価）を、Figure 2-8 に水力発電における個別技術活用のそれぞれの回答状況を示す。

- 大項目別では、「4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応」と「5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム」が目標を達成しており、個別技術では「携帯端末機（タブレット等）」、「点検・測定結果の電子保存（帰所後を含む）」、「空中ドローン」および「水中・水上ドローン」が積極的に導入推進されて目標を達成している。なお、目標は 2021 年度のアンケート調査において、事業者が回答した「2025 年の取組状況」をもとに設定したものである。
- 24 個別技術中 16 技術(66.7%)が目標を達成している。KPI に設定されている 2 項目の個別技術はいずれも評点目標を達成しており、積極的に推進されたと推察される。個別技術の年次推移では一部に増減が見られるものの、現場作業支援や遠隔操作・支援に関する技術の導入・運用は順調に進められている。

一方、センサー類を活用した遠隔状態監視や「6 高度な統計手法又は AI を活用した業務支援」の技術導入については、新規の遠隔監視システムの導入や集約データの活用が必須となっており、先端技術に積極的な一部の事業者と「予定なし」の事業者を除き、進捗が停滞あるいは様子見の対応になっていると推察される。

なお、遠隔状態監視や、「6 高度な統計手法又は AI を活用した業務支援」の導入には、専門技術者の確保や初期投資が課題としてあり、水力発電は古い設備が多く、設備規模や設備構成が様々であることから、これらの新技術を導入できる事業者は限られるのではないかと想定される。
- 全体として、「一部実施」と「試験・評価中」の回答の合計が 4~6 割を占める個別技術が一定数存在し、「検討中」と「予定無し」の回答の合計が 4~7 割を占める個別技術が複数あることから、導入に向けて積極的にリリース&トライにより評価を実施している事業者と、導入を保留・断念する事業者との二分化が進んでいると想定される。
- 「1 現場作業のデジタル化（可搬型：五感から数値判断へ）」では、データのデジタル化や保存に関する「携帯端末機（タブレット等）」と「点検・測定結果の電子保存（帰所後を含む）」の個別技術が積極的に展開し、「検討中」あるいは「予定無し」の回答が少数存在するものの、導入が着実に進み、目標を達成した。
- 「2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検」では、「空中ドローン」と「水中・水上ドローン」は順調に導入が進められたが、「自走ドローン」と「ロボット」は「予定無し」の回答が 7 割を占めることから、一部の先端的な事業者が導入に向けて準備段階と推察される。
- 「3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視」では、「自動計測装置（電流、電圧、圧力等）」、「可視カメラ（目視）」および「温度関係センサー（温度計・熱電対等）」の個別技術は 2021 年時点から高い運用レベルであり、堅実に進捗し、目標を達成した。一方で「赤外線カメラ（熱画像等）」や「超音波センサー（放電、異音等）」などの新たなセン

サー類は既設設備への導入をリリース&トライにより評価している段階ではないかと考えられる。

- 「5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム」では、「実施済み」と「概ね実施」の回答の合計が2割程度、「検討中」と「予定無し」の回答の合計が4割程度、「一部実施」が3割前後を占めることから、事業者の姿勢が二分化しているが、着実に、粛々と導入に向けた取組が進められていると推測される。

ウェアラブルカメラは、現地確認や簡易な検収などの一部業務にはスマートフォンなどのモバイル端末で代用可能であることや、効果的な運用には後方技術支援体制の構築が不可欠で、運用負担が大きいことから、現場技術研修など活用する業務内容を絞り込み、専門特化した業務運用とする傾向にあると推察される。

- 水力発電は、比較的古い設備が多く、発電事業者の規模や設備数、事業環境が多様であるが、既に遠隔監視や遠隔操作などの導入実績が多く、成熟した技術環境下で運営されている。加えて、さらなる無人化、デジタル化、設備管理の効率化の推進に向けて、「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」が整備・公開され、近年、再生可能エネルギーの一端を担う期待も大きくなっている。スマート保安推進に係るデジタル化、ドローンの活用およびデータ処理に関しては、設備規模などの実態を踏まえて、各事業者が効果や運用を考慮した柔軟な取組を着実に進めている。

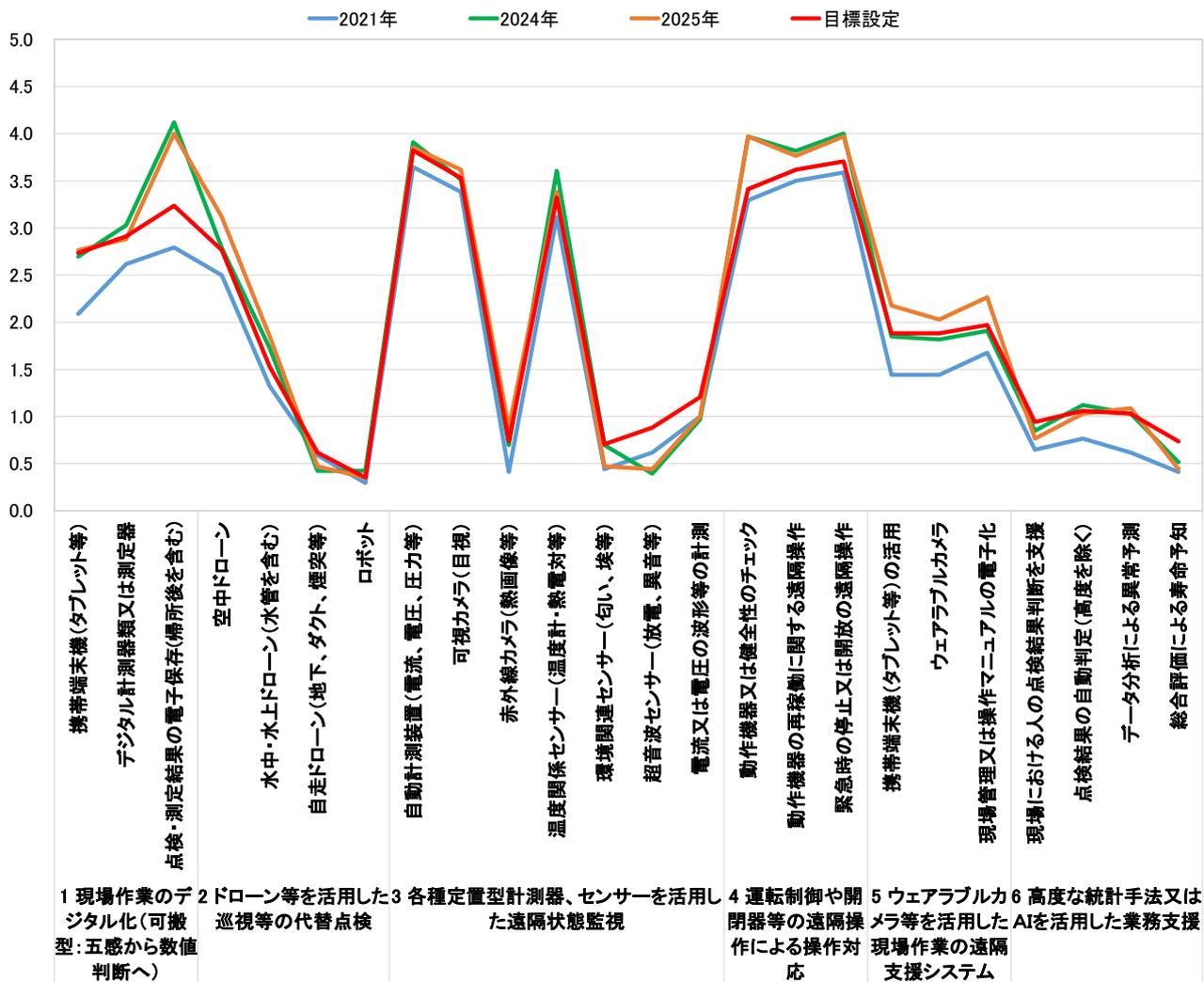


Figure 2-7 水力発電における個別技術活用の取組状況

Table 2-8 水力発電における個別技術活用の総合評価

項目	総合評点					進捗		目標設定	
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)		
1 現場作業のデジタル化(可搬型:五感から数値判断へ)	携帯端末機(タブレット等)	2.1	2.5	2.5	2.7	2.8	0.1	0.7	2.7
	デジタル計測器類又は測定器	2.6	2.9	3.1	3.0	2.9	-0.1	0.3	2.9
	点検・測定結果の電子保存(帰所後を含む)	2.8	4.0	4.0	4.1	4.0	-0.1	1.2	3.2
2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検	空中ドローン	2.5	2.9	2.6	2.8	3.1	0.3	0.6	2.8
	水中・水上ドローン(水管を含む)	1.3	1.5	1.9	1.7	1.9	0.1	0.5	1.5
	自走ドローン(地下、ダクト、煙突等)	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.0	-0.1	0.6
	ロボット	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4	-0.1	0.1	0.4
3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視	自動計測装置(電流、電圧、圧力等)	3.6	3.8	3.9	3.9	3.9	-0.1	0.2	3.8
	可視カメラ(目視)	3.4	3.8	3.3	3.5	3.6	0.1	0.2	3.5
	赤外線カメラ(熱画像等)	0.4	0.7	0.4	0.7	0.9	0.2	0.5	0.7
	温度関係センサー(温度計・熱電対等)	3.1	3.1	3.5	3.6	3.4	-0.2	0.3	3.3
	環境関連センサー(匂い、埃等)	0.4	0.8	0.7	0.7	0.5	-0.2	0.0	0.7
	超音波センサー(放電、異音等)	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.0	-0.2	0.9
	電流又は電圧の波形等の計測	1.0	1.2	1.3	1.0	1.0	0.0	0.0	1.2
4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応	動作機器又は健全性のチェック	3.3	4.0	3.8	4.0	4.0	0.0	0.7	3.4
	動作機器の再稼働に関する遠隔操作	3.5	4.1	3.7	3.8	3.8	-0.1	0.3	3.6
	緊急時の停止又は開放の遠隔操作	3.6	4.1	3.8	4.0	4.0	-0.0	0.4	3.7
5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム	携帯端末機(タブレット等)の活用	1.4	2.3	1.6	1.8	2.2	0.3	0.7	1.9
	ウェアラブルカメラ	1.4	1.9	1.8	1.8	2.0	0.2	0.6	1.9
	現場管理又は操作マニュアルの電子化	1.7	1.9	2.0	1.9	2.3	0.4	0.6	2.0
6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援	現場における人の点検結果判断を支援	0.6	1.0	0.9	0.8	0.8	-0.1	0.1	0.9
	点検結果の自動判定(高度を除く)	0.8	1.1	1.1	1.1	1.0	-0.1	0.3	1.1
	データ分析による異常予測	0.6	0.9	0.8	1.0	1.1	0.1	0.5	1.0
	総合評価による寿命予測	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	-0.1	0.0	0.7

注：進捗の計算は、各年の評点を四捨五入する前の値をもとに計算しており、表示値の計算と異なる場合がある。

Table 2-9 水力発電における個別技術活用の状況 (回答数)

項目	対象年	回答件数							合計		
		実施済み	概ね実施	一部実施	既験・評価中	検討中	予定無し	無回答			
1 現場作業のデジタル化 (可搬型: 五感から数値判断へ)	携帯端末機 (タブレット等)	2021年	7	4	3	1	9	3	7	34	
		2022年	7	5	4	3	5	7	0	31	
		2023年	10	2	4	2	5	9	0	32	
		2024年	9	3	3	1	6	6	0	33	
		2025年	10	4	7	3	1	9	0	34	
	目標	11	5	4	2	2	2	8	34		
	デジタル計測器類又は測定器	2021年	10	2	8	2	3	3	6	34	
		2022年	7	3	12	1	4	4	0	31	
		2023年	9	3	13	1	2	4	0	32	
		2024年	7	3	16	1	3	3	0	33	
		2025年	8	3	14	0	4	5	0	34	
	目標	11	5	7	1	1	2	7	34		
	点検・測定結果の電子保存 (掃所後を含む)	2021年	11	2	9	0	5	2	5	34	
		2022年	16	4	8	0	3	0	0	31	
		2023年	19	2	7	0	3	1	0	32	
2024年		19	4	8	0	1	1	0	33		
2025年		19	6	5	0	2	2	0	34		
目標	13	6	6	0	1	1	6	34			
2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検	空中ドローン	2021年	10	1	7	3	4	2	7	34	
		2022年	8	3	8	5	3	5	0	31	
		2023年	7	2	9	4	5	5	0	32	
		2024年	8	2	10	6	2	4	0	33	
		2025年	11	2	12	2	3	4	0	34	
	目標	11	4	1	4	3	2	7	34		
	水中・水上ドローン (水管を含む)	2021年	3	1	4	3	8	3	12	34	
		2022年	1	0	3	4	8	9	1	31	
		2023年	2	1	10	5	6	8	0	32	
		2024年	3	0	10	3	6	11	0	33	
		2025年	4	1	10	1	7	11	0	34	
	目標	2	6	3	7	2	2	13	34		
	自走ドローン (地下、ダクト、煙突等)	2021年	2	0	1	0	7	5	19	34	
		2022年	0	0	1	2	8	19	1	31	
		2023年	0	0	1	0	7	24	0	32	
2024年		0	0	1	2	7	23	0	33		
2025年		0	0	1	3	7	23	0	34		
目標	1	1	2	0	6	4	20	34			
ロボット	2021年	1	0	0	0	5	6	22	34		
	2022年	0	0	1	2	6	21	0	31		
	2023年	0	0	1	3	6	22	0	32		
	2024年	0	0	1	3	5	24	0	33		
	2025年	0	0	1	1	7	25	0	34		
目標	0	1	1	1	3	5	23	34			
3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視	自動計測装置 (電流、電圧、圧力等)	2021年	17	3	8	0	3	1	2	34	
		2022年	14	5	8	0	3	0	0	31	
		2023年	15	5	9	0	2	1	0	32	
		2024年	14	5	12	1	1	0	0	33	
		2025年	16	3	12	1	1	1	0	34	
	目標	17	6	6	1	1	1	2	34		
	可視カメラ (目視)	2021年	15	3	9	0	1	2	4	34	
		2022年	14	2	13	0	1	1	4	31	
		2023年	9	3	16	0	1	3	0	32	
		2024年	10	5	14	1	2	1	0	33	
		2025年	15	2	12	1	2	2	0	34	
	目標	17	4	6	0	1	2	4	34		
	赤外線カメラ (熱画像等)	2021年	0	0	2	0	8	7	17	34	
		2022年	1	0	2	1	9	18	0	31	
		2023年	0	0	1	1	9	21	0	32	
2024年		1	0	2	3	6	21	0	33		
2025年		2	0	2	4	6	20	0	34		
目標	15	3	2	1	5	5	18	34			
温度関係センサー (温度計・熱電対等)	2021年	10	3	9	1	6	2	0	31		
	2022年	11	5	11	0	3	2	0	32		
	2023年	12	6	10	2	1	1	0	33		
	2024年	12	4	12	1	1	4	0	34		
	2025年	15	4	6	1	2	2	4	34		
目標	11	5	11	0	3	2	0	32			
環境関連センサー (匂い、埃等)	2021年	1	0	0	1	8	8	16	34		
	2022年	1	0	2	2	10	16	0	31		
	2023年	0	0	4	2	6	20	0	32		
	2024年	1	0	4	4	4	23	0	33		
	2025年	0	0	3	1	5	25	0	34		
目標	1	2	1	1	6	7	17	34			
超音波センサー (放電、異音等)	2021年	2	1	3	1	0	6	16	34		
	2022年	4	0	3	0	7	17	0	31		
	2023年	5	0	5	0	3	19	0	32		
	2024年	4	0	3	1	1	24	0	33		
	2025年	3	1	3	2	2	23	0	34		
目標	5	1	2	1	4	5	16	34			
電流又は電圧の波形等の計測	2021年	19	2	2	0	3	2	6	34		
	2022年	17	7	4	0	0	2	1	31		
	2023年	19	5	2	0	2	4	0	32		
	2024年	21	4	3	0	1	4	0	33		
	2025年	22	3	4	0	1	4	0	34		
目標	19	2	4	0	1	2	6	34			
4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応	動作機器又は健全性のチェック	2021年	21	7	1	0	3	0	5	34	
		2022年	17	4	0	0	0	4	0	32	
		2023年	16	6	5	0	0	5	0	33	
		2024年	17	5	7	0	0	4	0	34	
		2025年	19	3	7	0	0	5	0	34	
	目標	21	2	3	0	1	2	5	34		
	動作機器の再稼働に関する遠隔操作	2021年	21	2	0	0	3	1	5	34	
		2022年	17	7	4	0	1	1	1	31	
		2023年	17	5	5	0	0	4	0	32	
		2024年	18	6	6	0	0	3	0	33	
		2025年	21	3	6	0	0	4	0	34	
	目標	21	2	4	0	1	1	5	34		
	緊急時の停止又は開放の遠隔操作	2021年	4	1	5	2	6	4	12	34	
		2022年	8	1	3	5	7	7	0	31	
		2023年	4	1	3	5	8	11	0	32	
2024年		5	0	5	8	5	10	0	33		
2025年		7	0	8	6	3	10	0	34		
目標	6	4	4	2	2	4	13	34			
5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム	ウェアラブルカメラ	2021年	3	1	6	3	6	4	11	34	
		2022年	5	1	4	4	11	6	0	31	
		2023年	3	1	7	5	6	10	0	32	
		2024年	3	0	8	6	9	7	0	33	
		2025年	3	1	8	10	6	6	0	34	
	目標	5	4	5	3	2	4	11	34		
	現場管理又は操作マニュアルの電子化	2021年	7	1	3	1	7	5	10	34	
		2022年	4	3	3	4	9	8	0	31	
		2023年	5	3	4	4	8	8	0	32	
		2024年	4	2	7	3	8	9	0	33	
		2025年	4	2	13	2	6	7	0	34	
	目標	8	2	4	1	5	4	10	34		
	6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援	現場における人の点検結果判断を支援	2021年	1	0	2	2	7	5	17	34
			2022年	2	1	1	1	11	14	1	31
			2023年	2	1	0	2	10	17	0	32
2024年			2	0	0	2	14	15	0	33	
2025年			1	0	2	3	9	19	0	34	
目標		2	1	3	3	7	4	16	34		
点検結果の自動判定 (高度を除く)		2021年	1	0	4	3	7	4	16	34	
		2022年	3	0	2	2	9	14	1	31	
		2023年	4	0	1	1	9	17	0	32	
		2024年	3	0	0	5	12	13	0	33	
		2025年	2	0	2	9	2	16	0	34	
目標		2	1	5	2	3	4	17	34		
データ分析による異常予測		2021年	0	0	2	3	9	5	15	34	
		2022年	0	0	3	4	12	12	0	31	
		2023年	0	0	3	4	12	15	0	32	
	2024年	0	0	4	4	14	11	0	33		
	2025年	1	0	3	6	11	13	0	34		
目標	1	1	6	2	4	4	16	34			
総合評価による寿命予知	2021年	0	0	2	0	11	18	0	31		
	2022年	0	0	1	0	10	21	0	32		
	2023年	0	0	1	0	14	18	0	33		
	2024年	0	0	1	0	14	18	0	33		
	2025年	0	0	1	1	10	22	0	34		
目標	1	0	4	2	4	4	19	34			

(2) 個別設問

Figure 2-9 に水力発電におけるデータ活用による保安活動支援、Figure 2-10 に水力発電におけるロボット・ドローンの実装・運用、Figure 2-11 に水力発電における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用、Figure 2-12 に水力発電のロボット・ドローンおよび AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用における課題の調査結果をそれぞれ示す。

- 設問 1 (データ活用による保安活動支援) については、2025 年時点でデータを取得・保存している事業者は 30 事業者(88.2%)と多数を占めるものの、データ活用については、20 事業者(58.8%)が「収集・蓄積していない、活用していない、または予定がない」または「検討中・準備中」と回答しており、データを取得・保存はしているが活用できていない事業者が多いことが明らかとなった。電気設備のスマート化を推進するための第一歩としてデータ活用は重要であり、データ活用を推進する環境整備と実行力のある施策が必要である。

2026 年から 2030 年の期間におけるデータ活用による保安活動支援については、「異常予兆検知」(統計: 29.4%、AI: 26.5%)が最も多く、次いで「寿命予知」(統計: 11.8%、AI: 8.8%)、「保守計画策定」(統計: 17.6%、AI: 11.8%)の順となっている。徐々に保守・メンテナンスへのデータ活用が進められると推測されるが、AI よりも従来の統計手法の活用が多く見込まれる。

- 設問 2(2026 年から 2030 年におけるロボット・ドローンの実装・運用) は、7 事業者(20.6%)が「予定はない」または「検討中」と回答しており、事業規模により導入状況は異なるが多くの事業者が何らかの業務に活用するとしており、実装・運用を進める事業者は着実に増えると想定される。

なお、実装・運用を想定している業務としては、「災害時等における被害状況把握」、「点検」や「巡視」などの目視業務、「高所あるいは危険箇所の点検」、「設備トラブル時の確認」が、いずれも半数程度の事業者で挙げられており、次いで「設備診断・メンテナンス」が 12 事業者 (35.3%) となっている。水力発電設備は遠隔地かつ広域に設置されることから、空中ドローンの強みを生かした多様な業務への展開が計画・推進されると推測される。

また、各業務において想定される運用レベルについては、「一部運用」と「試験・評価中」の回答が多く、慎重に運用段階を踏みながら進められると考えられる。

- 設問 3 (2026 年から 2030 年における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用) は、22 事業者(64.7%)が「予定はない」または「検討中または準備中」と回答しており、事業規模による違いはあるものの、中小事業者の多くは消極的な対応であると推察される。

なお、実装・運用を想定している業務としては、「異常検知・前兆検知」が 11 事業者(32.4%)と最も多く、次いで「常時監視データの管理、異常判断、警報の発報」が 6 事業者(17.6%)、「現場判定のサポート」が 5 事業者(14.7%)、「現場判定の機械自動判定」が 4 事業者(11.8%)と続き、「予兆検知・寿命診断」と「CBM 化」はともに 3 事業者(8.8%)に留まることから、AI 活用は着実に進むものの、高度な AI 技術の実装・運用には時間を要する状況であると考えられる。

水力発電設備における AI 活用については、一部の先進的な事業者を除き、2025 年度以降も「一部運用」といった慎重な実装・運用の方針の事業者や、保留・様子見の事業者が多いと見受けられる。

- 設問 4(ロボット・ドローンおよび AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用における課題)について、「予定はない、わからない」の回答は 5 事業者(14.7%)となっており、8 割以上の事業者が実装・運用には何らかの課題があると回答している。

なお、「研究開発、導入または運用にかかわる費用、あるいは採算性」が 25 事業者(73.5%)と最も多く、次いで「安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策」が 16 事業者(47.1%)、「導入技術への情報不足」が 13 事業者(38.2%)、「保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足」が 12 事業者(35.3%)、「職員の雇用・配転問題、管理・運用に関する技術力低下等」が 10 事業者(29.4%)、「法、規則、内規、手続き等」が 9 事業者(26.5%)、「推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足」が 8 事業者(23.5%)となっている。

また、各課題に対して、「とても重要」と回答した事業者が多く、高度な専門知識を持つ人材の確保や先進技術の開発・実装を速やかに実施するためには、民間レベルでの開発では莫大な時間と費用等が必要なことから、国家規模でのプロジェクトにより基盤整備をすることが望ましいと想定される。

データ活用による保安活動支援

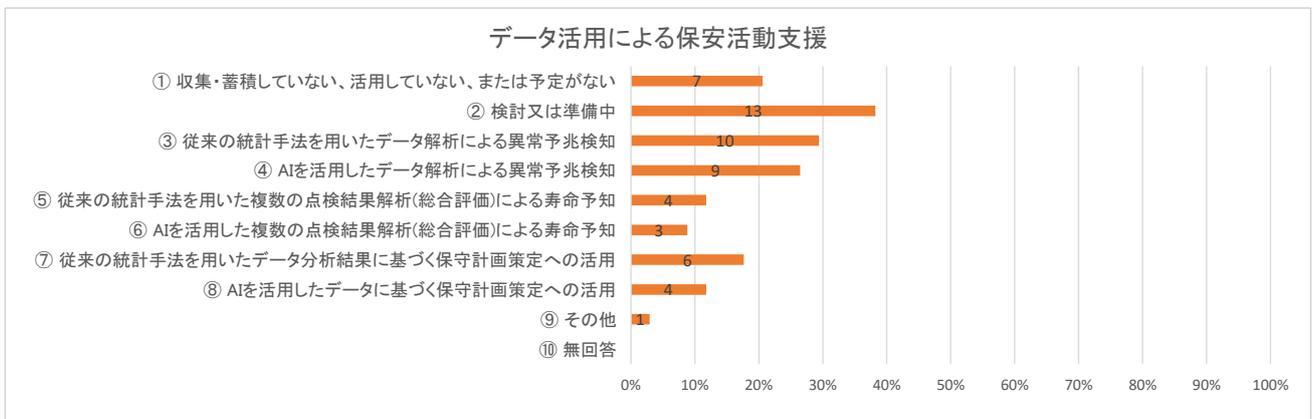


Figure 2-9 水力発電におけるデータ活用による保安活動支援 (n=34)

Table 2-10 火力発電におけるデータ活用による保安活動支援 (n=34)

内容	件数	回答率
① 収集・蓄積していない、活用していない、または予定がない	7	20.6%
② 検討又は準備中	13	38.2%
③ 従来の統計手法を用いたデータ解析による異常予兆検知	10	29.4%
④ AIを活用したデータ解析による異常予兆検知	9	26.5%
⑤ 従来の統計手法を用いた複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	4	11.8%
⑥ AIを活用した複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	3	8.8%
⑦ 従来の統計手法を用いたデータ分析結果に基づく保守計画策定への活用	6	17.6%
⑧ AIを活用したデータに基づく保守計画策定への活用	4	11.8%
⑨ その他	1	2.9%
⑩ 無回答	0	0.0%

ロボット・ドローンの実装・運用

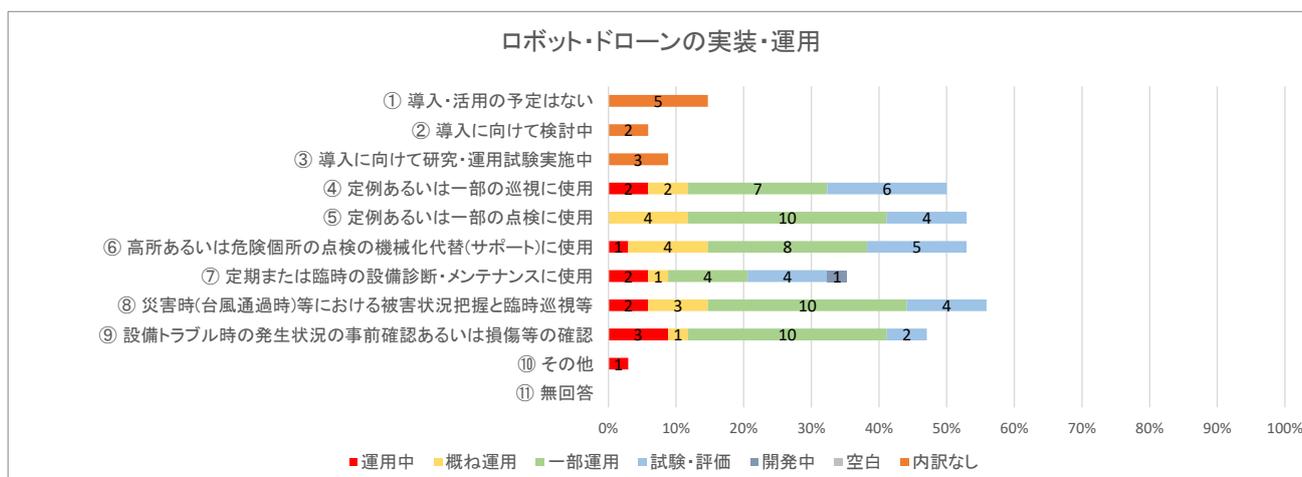


Figure 2-10 水力発電におけるロボット・ドローンの実装・運用 (n=34)

Table 2-11 水力発電におけるロボット・ドローンの実装・運用 (n=34)

内容	活用		運用レベル					
	件数	回答率	運用中	概ね運用	一部運用	試験・評価中	開発中	空白
① 導入・活用の予定はない	5	14.7%						
② 導入に向けて検討中	2	5.9%						
③ 導入に向けて研究・運用試験実施中	3	8.8%						
④ 定例あるいは一部の巡視に使用	17	50.0%	2	2	7	6	0	0
⑤ 定例あるいは一部の点検に使用	18	52.9%	0	4	10	4	0	0
⑥ 高所あるいは危険個所の点検の機械化代替(サポート)に使用	18	52.9%	1	4	8	5	0	0
⑦ 定期または臨時の設備診断・メンテナンスに使用	12	35.3%	2	1	4	4	1	0
⑧ 災害時(台風通過時)等における被害状況把握と臨時巡視等	19	55.9%	2	3	10	4	0	0
⑨ 設備トラブル時の発生状況の事前確認あるいは損傷等の確認	16	47.1%	3	1	10	2	0	0
⑩ その他	1	2.9%	1	0	0	0	0	0
⑪ 無回答	0	0.0%						

AI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用

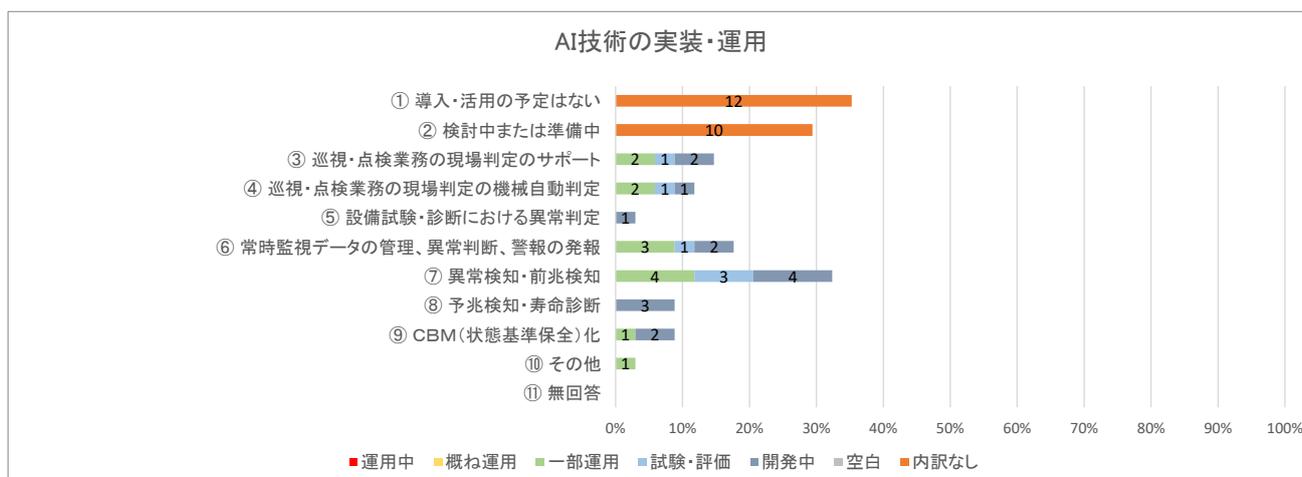


Figure 2-11 水力発電における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用 (n=34)

Table 2-12 水力発電における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用 (n=34)

内容	活用		運用レベル					
	件数	回答率	運用中	概ね運用	一部運用	試験・評価中	開発中	空白
① 導入・活用の予定はない	12	35.3%						
② 検討中または準備中	10	29.4%						
③ 巡視・点検業務の現場判定のサポート	5	14.7%	0	0	2	1	2	0
④ 巡視・点検業務の現場判定の機械自動判定	4	11.8%	0	0	2	1	1	0
⑤ 設備試験・診断における異常判定	1	2.9%	0	0	0	0	1	0
⑥ 常時監視データの管理、異常判断、警報の発報	6	17.6%	0	0	3	1	2	0
⑦ 異常検知・前兆検知	11	32.4%	0	0	4	3	4	0
⑧ 予兆検知・寿命診断	3	8.8%	0	0	0	0	3	0
⑨ CBM(状態基準保全)化	3	8.8%	0	0	1	0	2	0
⑩ その他	1	2.9%	0	0	1	0	0	0
⑪ 無回答	0	0.0%						

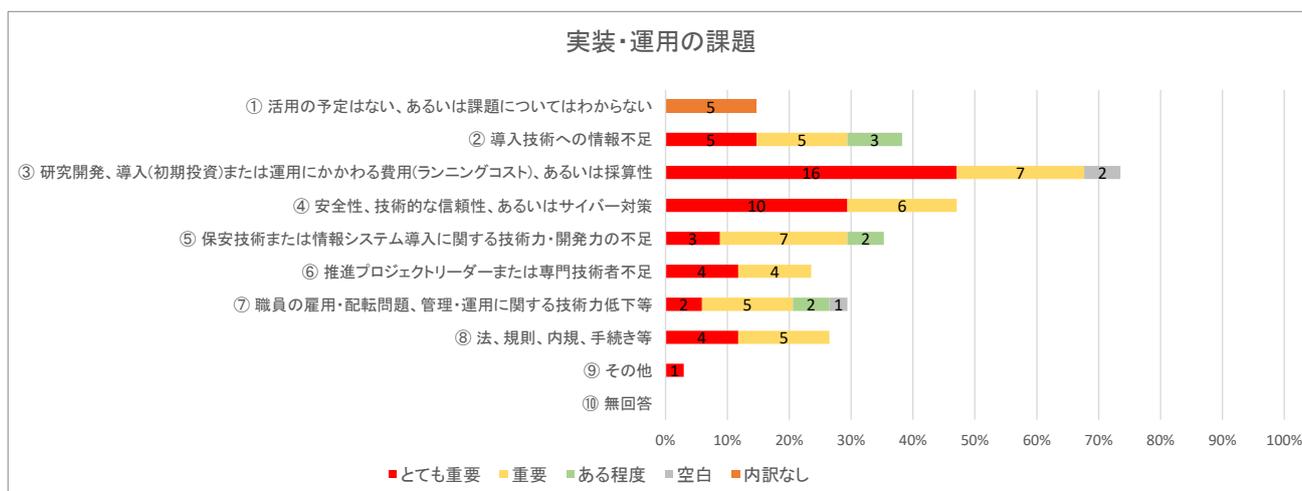


Figure 2-12 水力発電におけるロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題 (n=34)

Table 2-13 水力発電におけるロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題 (n=34)

内容	活用		重要度			
	件数	回答率	とても重要	重要	ある程度	空白
① 活用の予定はない、あるいは課題についてはわからない	5	14.7%				
② 導入技術への情報不足	13	38.2%	5	5	3	0
③ 研究開発、導入(初期投資)または運用にかかわる費用(ランニングコスト)、あるいは採算性は採算性	25	73.5%	16	7	0	2
④ 安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策	16	47.1%	10	6	0	0
⑤ 保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足	12	35.3%	3	7	2	0
⑥ 推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足	8	23.5%	4	4	0	0
⑦ 職員の雇用・配転問題、管理・運用に関する技術力低下等	10	29.4%	2	5	2	1
⑧ 法、規則、内規、手続き等	9	26.5%	4	5	0	0
⑨ その他	1	2.9%	1	0	0	0
⑩ 無回答	0	0.0%				

(3) 業界の現状とスマート保安への取組

- 水資源が豊かな日本では、水力発電が明治時代から発展し、水力発電導入量では世界第6位となっている。2019年度の国内における電源構成において、水力発電の割合は高くはないが、再生可能エネルギーの約4割以上を占め、その役割は大きく、国内で安定供給ができるという点で優れている。

また、水力発電は他のベースロード電源と比べても発電開始に時間を要せず安定した電気を供給でき、CO₂を出さないクリーンなエネルギーであり、設備寿命が長く、長期にわたる稼働が可能な発電設備である。事業を導入する場合、河川に関する調査や環境への影響調査、国土交通省への登録または許可など、河川法に関わる手続きが必要であり、環境への配慮に加えて、地域住民の理解を得ることも重要で、既に大規模発電設備の開発は困難となっている。また、今後開発可能な中小水力発電拠点は奥地にあることが多いため、コストがかかる点が懸念される。

- 2022年度から、売電時の価格が市場連動型となるFIP制度が導入された。この制度は、再生可能エネルギー発電事業者は自身で卸電力取引市場や相対取引において売電した価格に「プレミアム」を上乗せされた額を収入として受け取れるものであり、水力発電（流れ込み式を除く）は比較的安定した供給力を持ち、需要に合わせた出力調整が可能であることから、需要・市場価格が高いタイミングでの売電が可能となり、FIP制度への適性が高いと考えられる。
- 水力発電は、河川の流水のみならず、農業用水やダムの上流水、上下水道など多様な水資源を活用でき、発電の構造では、低落差でも高効率な“らせん”水車や、減圧バルブによる水圧利用などがあり、中小水力発電は開発の余地があり、発展性、将来性が期待されている。

中小水力発電には様々なメリットがある一方で、導入拡大には投資費用の回収に時間がかかる可能性や、開発期間が長期化する可能性が課題である。具体的には、中小水力発電所を建設できる場所は、河川の上流や山間部が多く、開発済みの場所に比べて初期費用が高くなる傾向があり、発電量も多くはないため、投資費用の回収に時間がかかること、開発期間の長期化によりリスクが増大することが懸念される。

なお、既存の水力発電についても、デジタル技術を用いた既存設備や既存インフラの未利用ポテンシャルの活用を示すなどの取組を進めていく必要がある。

- 資源エネルギー庁の「第6次エネルギー基本計画」（令和3年10月）によると、2050年を見据えた2030年に向けた政策対応において、水力発電は、天候に左右されない優れた安定供給性を持ち、長期的に活用可能なエネルギー源として位置づけられている。また、地域共生型のエネルギー源としての役割を拡大していくことが期待されており、一般水力（流れ込み式）は運転コストが低いベースロード電源として、揚水式は再生可能エネルギーの導入拡大における調整電源として、それぞれ重要な役割を担うことが期待されている。

一方で、2030年までの時間軸で、大水力の新規開発は困難であることから、他目的で利用されているダム・導水などの未利用の水力エネルギーの新規開発、デジタル技術を活用した既存発電の有効利用や高経年化した既存設備のリプレースによる発電電力量の最適化・高効率化などを進めていくことが必要であると指摘されている。

同計画では、「再生可能エネルギーの主力電源への取組」にあたり、ダム・導水路などに設定されている既存の水力発電設備の多くは、高度経済成長期から 1990 年代にかけての設計・解析・加工技術が未発達時代に建設されたため、現在では利用可能なデジタル技術が十分に活用されておらず、設備保護のため十分に余裕を持った安全率（設備余力）が設定されていることが指摘されている。その上で、デジタル技術の活用などにより、設備・地域の安全を確保しながら、ダム・導水路などの発電における環境負荷や費用の低減を図ること、ダム・導水路などの既存インフラを所管する省庁と連携強化を図るとともに、高経年化した既存設備を適切な時期に改修・リプレースして最適化・高効率化や発電利用されていない既存ダムなどへの発電機の設置などを進め、発電電力量の増加を図ることが、水力発電の取組として期待されている。

- しかし、資源エネルギー庁の「2050 年カーボンニュートラル達成に向けた 水力発電活用拡大の方向性 ver1.0」によると、中小水力発電については、比較的中小規模の事業者が多いことから、資金力が豊富とはいえない事業者も多く、融資を受けるには一定の信用力が必要となることから、中小規模の事業者にとっては、ポテンシャルがあっても開発に向けた投資判断がしにくい状況にあることが課題として指摘されている。

同資料によると、既存の水力発電設備の多くは高度経済成長期から 1990 年代にかけて建設されており、当時はコンピュータ解析・設計技術が確立されておらず、簡易モデルによる設計および模型を用いた水理試験が一般的であったほか、加工技術も未達であり、複雑な形状の水車を製造することは不可能であった。近年では、デジタル技術を活用した詳細モデルによる解析・設計が可能になったほか、自動加工技術も進展し、複雑な形状の水車を制作することが可能となり、これらの技術を活用することで、水力発電設備の効率の向上を図ることができる。その上で中小水力発電の新規開発を支える取組として、出力増・発電電力量増を伴う設備更新等の費用の一部を支援することで、既存設備を活用した水力発電の導入促進を加速するとしている。

AI やデジタル技術を活用することで、既存の水力発電所の運用を最適化し、より効率的な発電を目指す取組が進んでいる。AI 技術を用いて、電力需要予測や河川流量予測に基づいた最適な発電計画を立案することで、発電効率向上が可能となる。

- 水力発電設備においては、新規開発は限られることから、デジタル技術を活用した既存設備の有効利用や、高経年化した既存設備のリプレースによる発電電力量の最適化・高効率化、電力需要予測や河川流量予測に基づいた最適な発電計画の立案などにより、発電効率向上を目的としたスマート保安技術の実装・運用が堅実に進められると想定される。

なお、中小水力発電設備については、「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」（令和 4 年 4 月）が公表されたことから、各事業者は自らの設備に適用可能な保安技術について、その効果、経済性、設備更新時期を考慮しながら検討・評価することも選択肢となる。

2.3.3 風力発電

(1) 個別技術

Figure 2-13 に風力発電における個別技術活用の取組状況の評点評価（取組レベルの 5 段階評価）を、Figure 2-14 に風力発電における個別技術活用のそれぞれの回答状況を示す。

- 個別技術では「赤外線カメラ（熱画像等）」や「超音波センサー（放電、異音等）」などが積極的に導入推進されて目標を達成している。なお、目標は 2021 年度のアンケート調査において、事業者が回答した「2025 年の取組状況」をもとに設定したものである。

「空中ドローン」、「可視カメラ（目視）」は、堅実に推進したものの、「予定無し」あるいは「検討中」に一定数の事業者が留まり、目標にはわずかに届かなかった。

「携帯端末機」や「ウェアラブルカメラ」は、「予定無し」あるいは「検討中」に一定数の事業者が留まっていることから、一部の事業者が現場作業の効率化などを目的に導入・運用してはいるものの、大きく進展することはないと想定される。

遠隔状態監視や「6 高度な統計手法又は AI を活用した業務支援」の導入には、データの収集・活用や専門技術者の確保、初期投資が必要となる。先進的な事業者が先行してこれらの技術を導入することで、運用ノウハウが蓄積され、業界全体のスマート化が牽引・推進されることが期待される。

- 2025 年の評点が 2021 年の評点を下回る個別技術が 11 技術(45.8%)あり、目標に満たない個別技術は 24 個別技術中 21 技術(87.5%)となった。2021 年当初に活用が期待された保安技術について、2021 年時点では「一部実施」や「試験・評価中」の段階であったが、これらの技術を外国製品に導入することや、導入効果の検証が難しいと判断した結果、導入を保留または断念し、「検討中」や「予定無し」へと取組レベルが後退したものもあると考えられる。
- 風力発電設備は遠隔地や洋上に設置されるため、保守点検が天候に左右されやすく、またアクセスが困難で高所作業となるため、作業員の負担が大きく、総じて保守・メンテナンス費用が高額となる傾向にある。このため、風力発電においてはセンサー類を活用した遠隔状態監視の保安技術を積極的に推進する必要がある。しかし、風力発電は外国製品が多く、センサー類の設置は保証の対象外となる恐れから、事業者は導入を躊躇または断念することが想定され、この問題が解決されないとスマート保安技術の導入は限定的になると考えられる。法的に認める処置や、事業者の保安運営上に必要な措置を促進する制度整備が求められる。

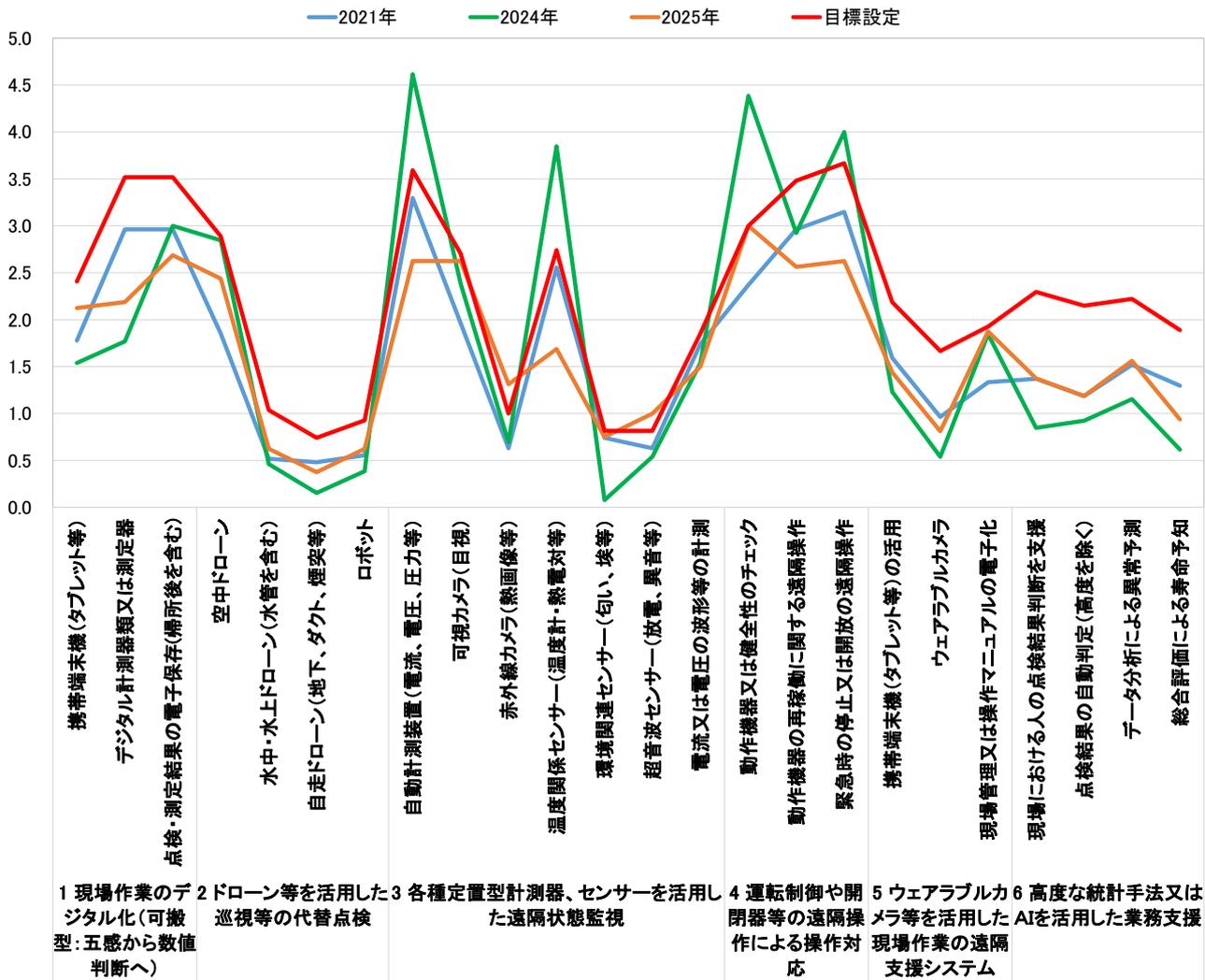


Figure 2-13 風力発電における個別技術活用の取組状況

Table 2-14 風力発電における個別技術活用の総合評価

項目	総合評点					進捗		目標設定	
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)		
1 現場作業のデジタル化(可搬型:五感から数値判断へ)	携帯端末機(タブレット等)	1.8	1.9	2.1	1.5	2.1	0.6	0.3	2.4
	デジタル計測器類又は測定器	3.0	2.2	2.3	1.8	2.2	0.4	-0.8	3.5
	点検・測定結果の電子保存(帰所後を含む)	3.0	3.3	2.9	3.0	2.7	-0.3	-0.3	3.5
2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検	空中ドローン	1.9	2.1	2.3	2.8	2.4	-0.4	0.6	2.9
	水中・水上ドローン(水管を含む)	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.2	0.1	1.0
	自走ドローン(地下、ダクト、煙突等)	0.5	0.3	0.3	0.2	0.4	0.2	-0.1	0.7
	ロボット	0.6	0.8	0.4	0.4	0.6	0.2	0.1	0.9
3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視	自動計測装置(電流、電圧、圧力等)	3.3	3.9	4.4	4.6	2.6	-2.0	-0.7	3.6
	可視カメラ(目視)	2.0	2.7	2.9	2.4	2.6	0.2	0.7	2.7
	赤外線カメラ(熱画像等)	0.6	1.1	0.8	0.7	1.3	0.6	0.7	1.0
	温度関係センサー(温度計・熱電対等)	2.6	3.5	3.6	3.8	1.7	-2.2	-0.9	2.7
	環境関連センサー(匂い、埃等)	0.7	0.9	0.5	0.1	0.8	0.7	0.0	0.8
	超音波センサー(放電、異音等)	0.6	1.0	0.8	0.5	1.0	0.5	0.4	0.8
4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応	電流又は電圧の波形等の計測	1.7	2.1	1.8	1.5	1.5	-0.0	-0.2	1.9
	動作機器又は健全性のチェック	2.4	3.0	3.5	4.4	3.0	-1.4	0.6	3.0
	動作機器の再稼働に関する遠隔操作	3.0	3.2	3.6	2.9	2.6	-0.4	-0.4	3.5
5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム	緊急時の停止又は開放の遠隔操作	3.1	3.6	3.9	4.0	2.6	-1.4	-0.5	3.7
	携帯端末機(タブレット等)の活用	1.6	1.8	1.3	1.2	1.4	0.2	-0.2	2.2
6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援	ウェアラブルカメラ	1.0	1.3	0.8	0.5	0.8	0.3	-0.2	1.7
	現場管理又は操作マニュアルの電子化	1.3	1.7	1.1	1.8	1.9	0.0	0.5	1.9
	現場における人の点検結果判断を支援	1.4	1.2	1.1	0.8	1.4	0.5	0.0	2.3
	点検結果の自動判定(高度を除く)	1.2	1.2	1.0	0.9	1.2	0.3	0.0	2.1
データ分析による異常予測	1.5	2.0	2.0	1.2	1.6	0.4	0.0	2.2	
総合評価による寿命予測	1.3	1.4	0.8	0.6	0.9	0.3	-0.4	1.9	

注：進捗の計算は、各年の評点を四捨五入する前の値をもとに計算しており、表示値の計算と異なる場合がある。

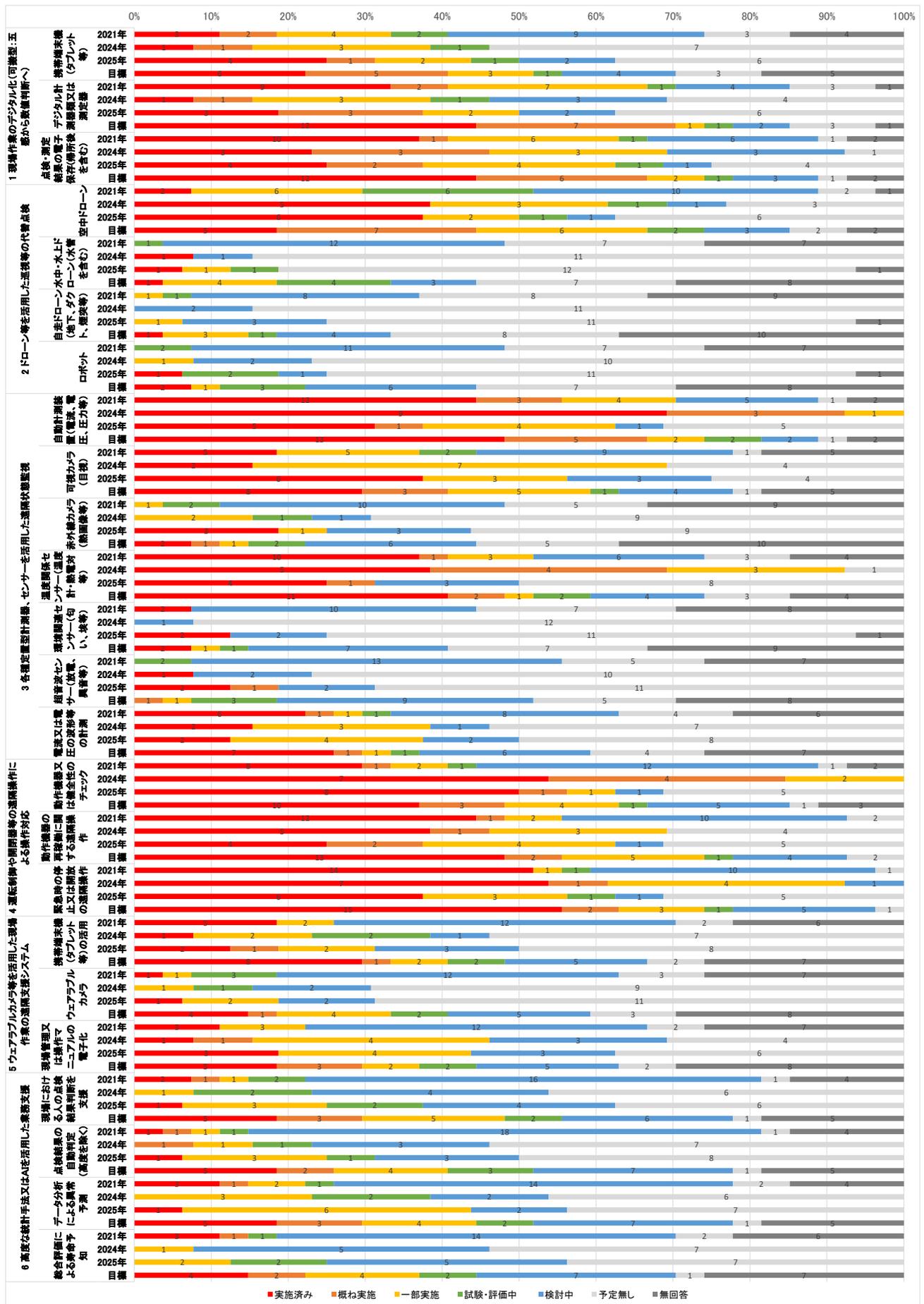


Figure 2-14 風力発電における個別技術活用の状況

Table 2-15 風力発電における個別技術活用の状況（回答数）

項目	対象年	回答件数							合計	
		実施済み	概ね実施	一部実施	既験・評価中	検討中	予定無し	無回答		
1 現場作業のデジタル化（可搬型：五感から数値判断へ）	携帯端末機（タブレット等）	2021年	3	2	4	2	9	3	4	27
		2022年	2	1	4	4	7	4	0	22
		2023年	1	1	7	3	1	5	0	18
		2024年	1	1	3	1	0	7	0	13
		2025年	4	1	2	1	2	6	0	16
	目標	6	5	3	1	4	3	5	27	
	デジタル計測器類又は測定器	2021年	9	2	7	1	4	3	1	27
		2022年	4	1	4	4	5	3	1	22
		2023年	3	2	5	2	0	5	1	18
		2024年	1	1	3	1	3	4	0	13
		2025年	3	3	2	0	2	6	0	16
	目標	12	7	1	1	2	3	1	27	
	点検・測定結果の電子保存（掃所後を含む）	2021年	16	1	6	1	6	1	2	27
		2022年	7	3	7	1	3	1	0	22
		2023年	4	3	6	1	1	3	0	18
2024年		3	3	3	0	3	1	0	13	
2025年		4	2	4	1	1	4	0	16	
目標	12	6	2	1	3	1	2	27		
2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検	空中ドローン	2021年	2	0	6	6	10	2	1	27
		2022年	3	0	5	6	5	3	0	22
		2023年	4	0	5	3	1	5	0	18
		2024年	5	0	3	1	3	3	0	13
		2025年	6	0	2	1	1	6	0	16
	目標	5	7	6	2	3	2	2	27	
	水中・水上ドローン（水管を含む）	2021年	0	0	0	12	7	7	1	27
		2022年	0	0	0	7	13	1	1	22
		2023年	1	0	1	0	2	13	1	18
		2024年	1	0	0	0	1	11	0	13
		2025年	1	0	1	1	4	12	1	16
	目標	0	0	4	1	3	7	8	27	
	自走ドローン（地下、ダクト、煙突等）	2021年	0	0	1	1	8	8	9	27
		2022年	0	0	0	2	2	17	1	22
		2023年	0	0	0	2	2	13	1	18
2024年		0	0	0	0	2	11	0	13	
2025年		0	0	1	0	3	11	1	16	
目標	1	0	3	1	4	8	10	27		
ロボット	2021年	0	0	0	2	11	7	7	27	
	2022年	0	0	2	3	6	10	1	22	
	2023年	0	0	0	1	5	11	1	18	
	2024年	0	0	1	0	2	10	0	13	
	2025年	1	0	0	2	1	11	1	16	
目標	2	0	1	3	6	7	8	27		
3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視	自動計測装置（電流、電圧、圧力等）	2021年	12	3	4	0	5	1	2	27
		2022年	11	5	2	1	3	0	0	22
		2023年	13	3	1	0	0	1	0	18
		2024年	9	3	1	0	0	0	0	13
		2025年	5	1	4	0	1	5	0	16
	目標	13	5	2	2	2	1	2	27	
	可視カメラ（目視）	2021年	5	0	5	2	9	1	5	27
		2022年	5	0	9	2	3	2	1	22
		2023年	6	0	7	0	1	3	1	18
		2024年	2	0	7	0	0	4	0	13
		2025年	6	0	3	0	3	4	0	16
	目標	8	3	5	1	4	1	5	27	
	赤外線カメラ（熱画像等）	2021年	0	0	1	2	10	5	9	27
		2022年	0	0	4	4	6	8	1	22
		2023年	0	0	3	2	2	10	1	18
2024年		0	0	2	1	1	9	0	13	
2025年		3	0	1	0	3	9	0	16	
目標	10	1	3	0	6	3	4	27		
温度関係センサー（温度計・熱電対等）	2021年	10	4	2	1	2	2	1	22	
	2022年	8	4	2	1	0	3	0	18	
	2023年	5	4	3	0	0	1	0	13	
	2024年	4	1	0	0	3	8	0	16	
	2025年	11	2	4	1	2	4	2	27	
目標	11	2	4	1	2	4	2	27		
環境関連センサー（匂い、埃等）	2021年	2	0	0	0	10	7	8	27	
	2022年	2	0	1	1	5	12	1	22	
	2023年	1	0	0	0	1	13	1	18	
	2024年	0	0	0	0	1	12	0	13	
	2025年	2	0	0	0	2	11	1	16	
目標	2	0	1	1	7	7	9	27		
超音波センサー（放電、異音等）	2021年	0	0	0	2	13	5	7	27	
	2022年	0	1	3	1	8	8	1	22	
	2023年	1	0	1	2	3	10	1	18	
	2024年	1	0	0	0	2	10	0	13	
	2025年	2	1	0	0	2	11	0	16	
目標	0	1	1	3	9	5	8	27		
電流又は電圧の波形等の計測	2021年	6	1	1	1	8	4	6	27	
	2022年	5	0	6	0	4	6	1	22	
	2023年	4	0	3	1	1	8	1	18	
	2024年	2	0	3	0	1	7	0	13	
	2025年	2	0	4	0	2	8	0	16	
目標	7	1	1	1	6	4	7	27		
4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応	動作機器又は健全性のチェック	2021年	8	1	2	1	12	1	2	27
		2022年	7	2	6	1	4	1	2	22
		2023年	9	1	3	2	1	2	0	18
		2024年	7	4	2	0	0	0	0	13
		2025年	8	1	1	0	1	5	0	16
	目標	10	3	4	1	5	1	3	27	
	動作機器の再稼働に関する遠隔操作	2021年	12	1	2	0	10	2	0	27
		2022年	7	4	5	3	3	2	0	22
		2023年	9	3	2	1	0	3	0	18
		2024年	5	1	3	0	0	4	0	13
		2025年	4	2	4	0	1	5	0	16
	目標	13	2	5	1	4	2	0	27	
	緊急時の停止又は開放の遠隔操作	2021年	14	0	1	1	10	1	0	27
		2022年	12	1	3	1	4	1	0	22
		2023年	11	2	2	1	0	2	0	18
2024年		7	1	4	0	1	0	0	13	
2025年		6	0	3	0	1	5	0	16	
目標	15	2	3	1	5	1	0	27		
5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム	携帯端末機（タブレット等）の活用	2021年	5	0	2	0	12	2	6	27
		2022年	3	0	2	5	8	3	2	22
		2023年	1	0	3	3	3	7	1	18
		2024年	1	0	2	2	1	7	0	13
		2025年	2	1	2	0	3	8	0	16
	目標	8	1	2	2	5	2	7	27	
	ウェアラブルカメラ	2021年	1	0	1	3	12	3	7	27
		2022年	2	0	1	4	8	6	1	22
		2023年	0	0	2	2	4	9	1	18
		2024年	0	0	1	2	4	9	0	13
		2025年	1	0	2	0	2	11	0	16
	目標	4	1	4	2	5	3	8	27	
	現場管理又は操作マニュアルの電子化	2021年	3	0	3	0	12	2	7	27
		2022年	3	0	4	1	9	4	1	22
		2023年	0	0	5	1	3	8	1	18
2024年		1	1	4	0	3	4	0	13	
2025年		3	0	4	0	3	6	0	16	
目標	5	3	2	2	5	2	8	27		
6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援	現場における人の点検結果判断を支援	2021年	2	1	1	2	16	1	4	27
		2022年	0	0	3	5	7	6	1	22
		2023年	1	0	1	2	7	6	1	18
		2024年	0	0	1	2	4	6	0	13
		2025年	1	0	3	2	4	6	0	16
	目標	5	3	5	2	6	1	5	27	
	点検結果の自動判定（高度を除く）	2021年	1	0	3	4	18	1	4	27
		2022年	0	0	3	4	10	4	1	22
		2023年	1	0	1	2	6	7	0	13
		2024年	0	0	1	3	3	7	1	18
		2025年	1	0	3	1	3	8	0	16
	目標	5	2	4	3	7	1	5	27	
	データ分析による異常予測	2021年	3	1	2	1	14	2	4	27
		2022年	3	0	4	5	7	3	0	22
		2023年	2	0	6	3	2	5	0	18
2024年		0	0	3	2	2	6	0	13	
2025年		1	0	6	0	2	7	0	16	
目標	5	3	4	2	7	1	5	27		
総合評価による寿命予測	2021年	3	1	0	1	14	2	6	27	
	2022年	2	0	1	3	11	3	2	22	
	2023年	0	0	1	2	8	6	1	18	
	2024年	0	0	1	0	5	7	0	13	
	2025年	0	0	2	2	5	7	0	16	
目標	4	2	4	2	7	1	7	27		

(2) 個別設問

Figure 2-15 に風力発電におけるデータ活用による保安活動支援、Figure 2-16 に風力水力発電におけるロボット・ドローンの実装・運用、Figure 2-17 に風力発電における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用、Figure 2-18 に風力発電のロボット・ドローンおよび AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用における課題の調査結果をそれぞれ示す。

- 設問 1 (データ活用による保安活動支援) については、2025 年時点でデータを取得・保存している事業者は、10 事業者(62.5%)と 6 割程度であるものの、データ活用については、8 事業者(50.0%)が「予定はない」または「検討中・準備中」と回答していることから、収集・保存しているデータの活用方法を検討・整理している段階の事業者が 5 割に留まっており、電気設備のスマート化推進にはデータ活用は重要であり、風力設備ではデータ活用による現場作業やメンテナンスの効率化、運転・管理の自動化に向けての保安技術の早期導入が望まれる。

なお、2026 年から 2030 年の期間におけるデータ活用による保安活動支援については、「異常予兆検知」(統計: 31.3%、AI: 31.3%)が最も多く、次いで「保守計画策定」(統計: 25.0%、AI: 12.5%)、「寿命予知」(統計: 18.8%、AI: 6.3%)の順となっている。一部の事業者において、保守・メンテナンスへのデータ活用および運転管理の効率化に向けた保安技術の活用が進められていると推測されるが、当面は従来の統計手法を中心として実装・運用が進められると推測される。

また、データ活用による保安活動支援は、AI 技術の発達に連動して高度な AI 活用が主流となると想定される。

- 設問 2 (2026 年から 2030 年におけるロボット・ドローンの実装・運用) については、9 事業者(56.3%)が「予定はない」あるいは「検討中」と回答しており、2025 年以降も 5 割強の事業者が業務への活用を断念あるいは躊躇していると推察されるものの、一部の先進的な事業者が様々な業務に活用することを模索しており、段階的に堅実な実装・運用が拡大すると想定される。

なお、実装・運用を想定している業務は、「点検」が 5 事業者(31.3%)、「災害時等における被害状況把握」が 4 事業者(25.0%)、「高所あるいは危険個所の点検」と「設備トラブル時の確認」がともに 3 事業者(18.8%)、「設備診断・メンテナンス」が 2 事業者(12.5%)となっており、風力発電設備は山間地や洋上かつ高所に設置され、広域にわたる設備を有することが多いことから、ドローンやロボットの強みを生かした業務への展開が積極的に計画・推進されると推測される。

また、各業務において想定される運用レベルについては、一定数の「運用中」はあるものの、「一部運用」や「試験・評価中」の回答が多く、慎重に運用段階を踏みながら進められると推測される。

- 設問 3 (2026 年から 2030 年における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用) については、11 事業者(68.8%)が「予定はない」あるいは「検討中」と回答しており、

多くの事業者が導入に慎重な姿勢であると想定される。

なお、実装・運用を想定している業務は、「現場判定のサポート」が5事業者(31.3%)と最も多く、次いで「異常検知・前兆検知」が4事業者(25.0%)、「現場判定の機械自動判定」が3事業者(18.8%)、「設備試験・診断における異常判定」と「常時監視データの管理、異常判断、警報の発報」がともに2事業者(12.5%)となっており、現場作業の効率化を推進するAI活用は着実に進むものの、高度なAI技術の実装・運用には時間と検証を要する状況であると考えられる。

また、風力発電設備における業務へのAI活用については、2025年以降も一定数の「運用中」はあるものの、当面は「一部運用」あるいは「試験・評価中」から段階的かつ慎重な実装・運用の方針である事業者が多いと想定される。

- 設問4(ロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題)について、「予定はない、わからない」の回答は6事業者(37.5%)となっており、多くの事業者が実装・運用には何らかの課題があると回答している。

なお、「研究開発、導入または運用にかかわる費用、あるいは採算性」と「安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策」がともに6事業者(37.5%)と最も多く、次いで「保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足」が4事業者(25.0%)、「導入技術への情報不足」が3事業者(18.8%)、「推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足」と「法、規則、内規、手続き等」がともに2事業者(12.5%)となっている。

また、各課題に対して、「とても重要」と回答した事業者が半数以上あり、高度な専門知識を持つ人材の確保や先進技術の開発・実装を速やかに実施するためには、民間レベルでの開発では莫大な時間と費用などが必要なことから、国家規模でのプロジェクトにより基盤整備をすることが望ましいと想定される。

データ活用による保安活動支援

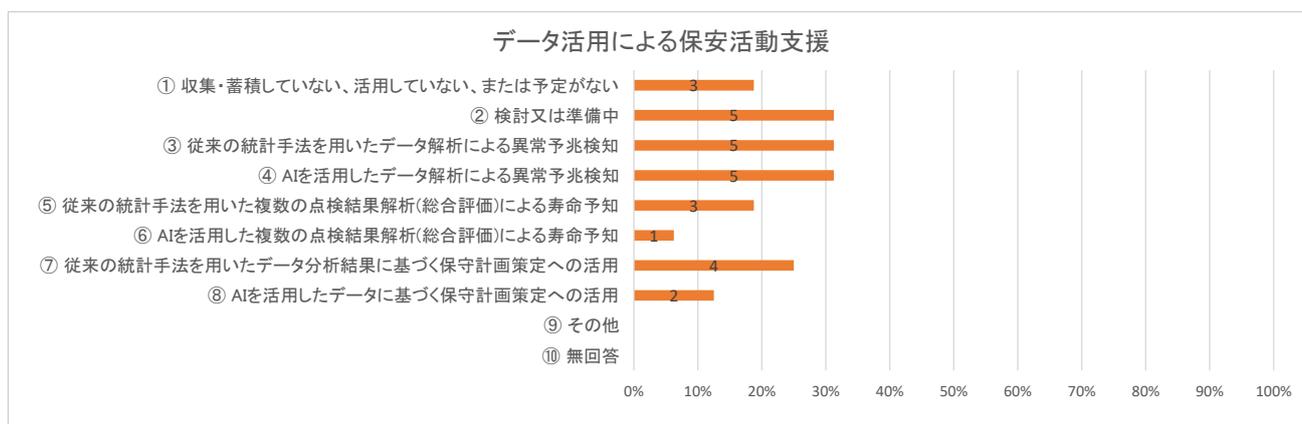


Figure 2-15 風力発電におけるデータ活用による保安活動支援 (n=16)

Table 2-16 風力発電におけるデータ活用による保安活動支援 (n=16)

内容	件数	回答率
① 収集・蓄積していない、活用していない、または予定がない	3	18.8%
② 検討又は準備中	5	31.3%
③ 従来の統計手法を用いたデータ解析による異常予兆検知	5	31.3%
④ AIを活用したデータ解析による異常予兆検知	5	31.3%
⑤ 従来の統計手法を用いた複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	3	18.8%
⑥ AIを活用した複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	1	6.3%
⑦ 従来の統計手法を用いたデータ分析結果に基づく保守計画策定への活用	4	25.0%
⑧ AIを活用したデータに基づく保守計画策定への活用	2	12.5%
⑨ その他	0	0.0%
⑩ 無回答	0	0.0%

ロボット・ドローンの実装・運用

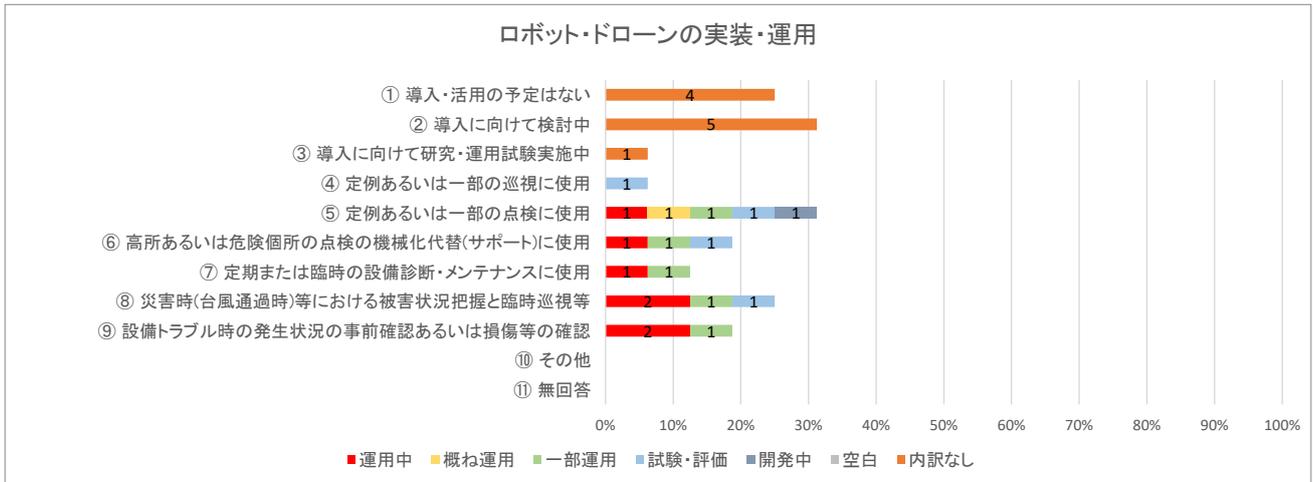


Figure 2-16 風力発電におけるロボット・ドローンの実装・運用 (n=16)

Table 2-17 風力発電におけるロボット・ドローンの実装・運用 (n=16)

内容	活用		運用レベル					
	件数	回答率	運用中	概ね運用	一部運用	試験・評価中	開発中	空白
① 導入・活用の予定はない	4	25.0%						
② 導入に向けて検討中	5	31.3%						
③ 導入に向けて研究・運用試験実施中	1	6.3%						
④ 定例あるいは一部の巡視に使用	1	6.3%	0	0	0	1	0	0
⑤ 定例あるいは一部の点検に使用	5	31.3%	1	1	1	1	1	0
⑥ 高所あるいは危険箇所の点検の機械化代替(サポート)に使用	3	18.8%	1	0	1	1	0	0
⑦ 定期または臨時の設備診断・メンテナンスに使用	2	12.5%	1	0	1	0	0	0
⑧ 災害時(台風通過時)における被害状況把握と臨時巡視等	4	25.0%	2	0	1	1	0	0
⑨ 設備トラブル時の発生状況の事前確認あるいは損傷等の確認	3	18.8%	2	0	1	0	0	0
⑩ その他	0	0.0%	0	0	0	0	0	0
⑪ 無回答	0	0.0%						

AI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用

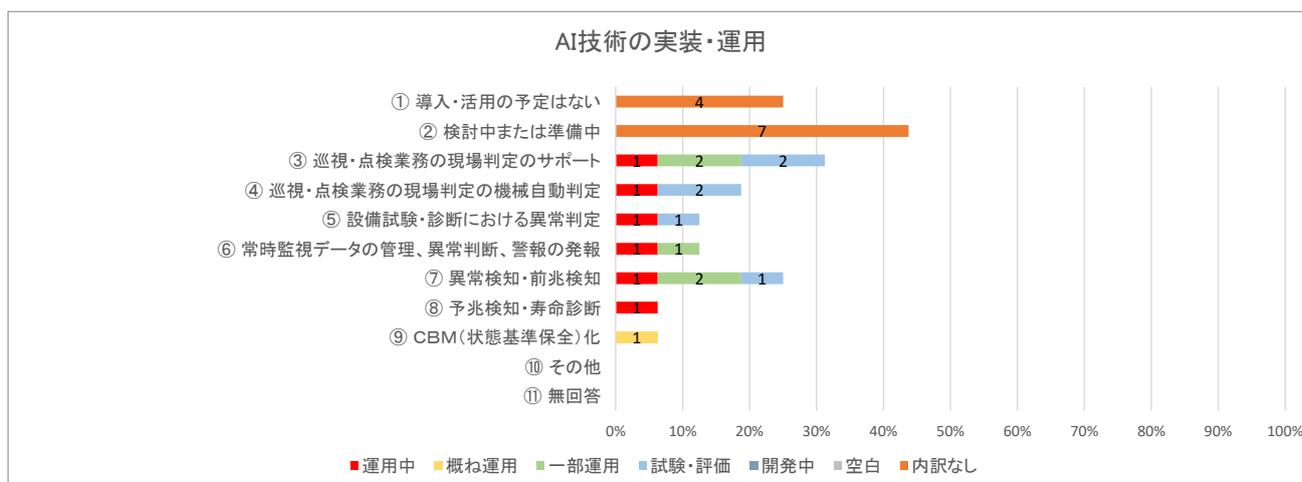


Figure 2-17 風力発電における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用 (n=16)

Table 2-18 風力発電における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用 (n=16)

内容	活用		運用レベル					
	件数	回答率	運用中	概ね運用	一部運用	試験・評価中	開発中	空白
① 導入・活用の予定はない	4	25.0%						
② 検討中または準備中	7	43.8%						
③ 巡視・点検業務の現場判定のサポート	5	31.3%	1	0	2	2	0	0
④ 巡視・点検業務の現場判定の機械自動判定	3	18.8%	1	0	0	2	0	0
⑤ 設備試験・診断における異常判定	2	12.5%	1	0	0	1	0	0
⑥ 常時監視データの管理、異常判断、警報の発報	2	12.5%	1	0	1	0	0	0
⑦ 異常検知・前兆検知	4	25.0%	1	0	2	1	0	0
⑧ 予兆検知・寿命診断	1	6.3%	1	0	0	0	0	0
⑨ CBM(状態基準保全)化	1	6.3%	0	1	0	0	0	0
⑩ その他	0	0.0%	0	0	0	0	0	0
⑪ 無回答	0	0.0%						

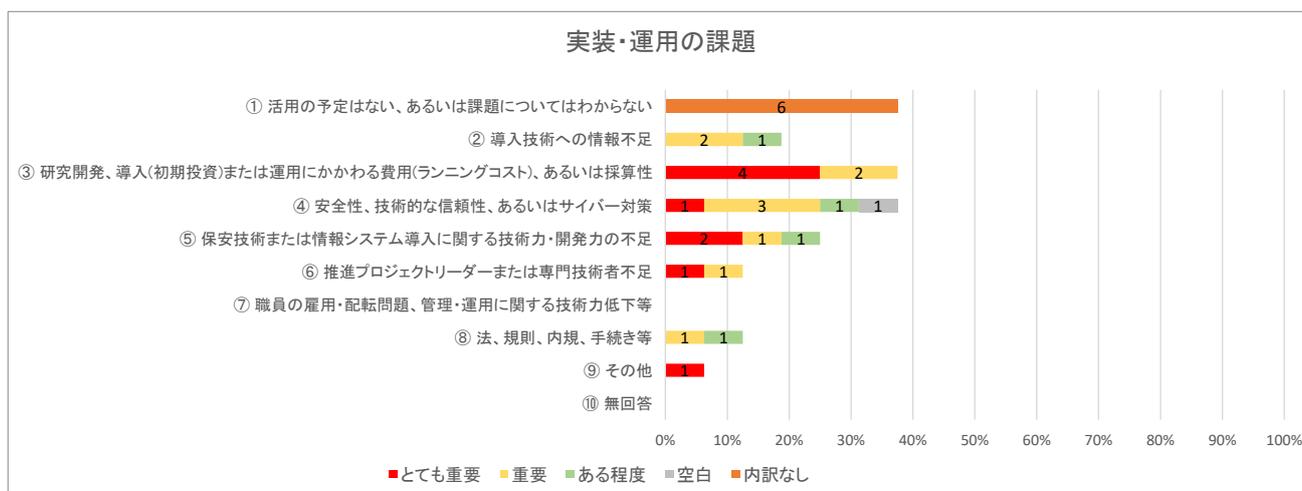


Figure 2-18 風力発電におけるロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題 (n=16)

Table 2-19 風力発電におけるロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題 (n=16)

内容	活用		重要度			
	件数	回答率	とても重要	重要	ある程度	空白
① 活用の予定はない、あるいは課題についてはわからない	6	37.5%				
② 導入技術への情報不足	3	18.8%	0	2	1	0
③ 研究開発、導入(初期投資)または運用にかかわる費用(ランニングコスト)、あるいは採算性	6	37.5%	4	2	0	0
④ 安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策	6	37.5%	1	3	1	1
⑤ 保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足	4	25.0%	2	1	1	0
⑥ 推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足	2	12.5%	1	1	0	0
⑦ 職員の雇用・配転問題、管理・運用に関する技術力低下等	0	0.0%	0	0	0	0
⑧ 法、規則、内規、手続き等	2	12.5%	0	1	1	0
⑨ その他	1	6.3%	1	0	0	0
⑩ 無回答	0	0.0%				

(3) 業界の現状とスマート保安への取組

- 我が国のエネルギー自給率は G7 で最低の 12.6% にとどまり、一次エネルギーの約 8 割、電力の約 7 割を海外からの輸入に依存している。これは、国際情勢の悪化や有事の際にエネルギー安全保障上の大きな懸念となる状況であり、化石エネルギーへの過度な依存から脱却するためにも、国産である再生可能エネルギーへの転換を急ぐ必要がある。

また、経済面では、2024 年の貿易収支において、自動車などの輸送用機器で約 20 兆円、半導体などの一般機械で約 8 兆円の黒字を計上している一方、原油やガスなどの鉱物性燃料の輸入により約 24 兆円の赤字が発生している。再生可能エネルギーの導入拡大は、このような国富の海外流出を抑制する効果も期待できる。さらに、再生可能エネルギーは地球温暖化対策としての脱炭素効果も高く、持続的で豊かな国づくりに向けた重要な主力電源として位置づけられ、導入が進められている。

- 再生可能エネルギーの一つである風力発電について、一般社団法人日本風力発電協会によれば、2024 年 12 月時点の国内累積導入量は約 5.8GW、設備数は 2,720 基である。これは、世界全体の導入量約 1,136GW、設備数約 30 万基と比べると極めて少なく、市場成長が大きく遅れていると言わざるを得ない。

しかし、我が国は、陸上風力に加え、四方を海に囲まれ、領海・排他的経済水域 (EEZ) が世界第 6 位の広さを持つことから、洋上風力発電の導入ポテンシャルが高い。政府のエネルギー基本計画では、2030 年度の導入目標を陸上風力 17.9GW、洋上風力 5.7GW と設定し、さらに洋上風力については 2030 年までに 10GW、2040 年までに着床式・浮体式を合わせて 30~45GW の案件形成を目指している。日本の地理条件から推測される洋上風力の技術的ポテンシャルは約 550GW とされ、着床式で約 128GW、浮体式で約 424GW の可能性がある。ゼロ・カーボン・アナリティクスによれば、日本の洋上風力の技術的可能性は年間 9,000TWh 以上であり、これは 2050 年の国内電力需要の 9 倍以上に相当する。

- 風力発電は地域経済への貢献も期待される。建設投資や雇用による直接的な経済波及効果に加え、維持管理に必要な部品や人材の需要が地元企業に継続的な利益をもたらす。また、不動産取得税、固定資産税、法人事業税などによる自治体の税収増も見込まれ、地域活性化につながる。このため、これまで港湾を中心に進められてきた洋上風力発電所の建設は、再エネ海域利用法の制定により一般海域でも国が案件形成を行い、公募で事業者を選定する仕組みが整備された。

北海道・東北・九州を中心に促進区域や有望区域が指定され、一部では事業者も選定済みである。さらに日本版セントラル方式の導入も進み、政府が初期段階から積極的に関与し、アセスメントや地元調整を迅速に進める体制が整えられつつある。

- 風力発電設備は、風力でブレードを回転させ、ナセル内の主軸と連結した発電機で電気に変換する仕組みである。風のエネルギーは風速の 3 乗に比例するため、安定して高い風速が得られる地域ほど発電量が多く、事業性も高い。広大な平坦地を持つ海外では陸上風力が進み、特に欧州では海岸から 100km にわたって遠浅の海が広がる地形を生かし、大規模な洋上風力発電所が建設されている。一方、日本は平坦地が少なく、陸上風力の建設地は海岸沿いから山岳部へ移行している。

また、海底が急深であるため着床式洋上風力の設置が難しく、欧州に比べ建設費が高くなる傾向がある。さらに、日本は地震が多く、日本海側の冬季雷や台風による強風など、風力発電設備にとって厳しい自然環境にある。このため、自然災害対策に伴う建設費・維持管理費の増加が事業性を圧迫し、普及の遅れにつながっている。市場成長の遅れは国内風車メーカーの撤退を招き、現在建設中または計画中の大型風車はすべて海外メーカー製となっている。

コロナ禍やウクライナ侵攻から始まった円安や世界的な物価高騰により風車や機材の調達価格が上昇し、国内の人件費や建設費も高騰している。一方、固定価格買取制度は FIT から FIP に移行し、売電価格の優遇が縮小したことで採算性が悪化し、再エネ海域利用法による落札後に事業撤退を表明する事例も出ている。この状況は事業者だけでは解決が難しく、国も落札制度の見直しを検討している。

- 風力発電の普及拡大における課題はコストだけではない。日本風力発電協会の推計では、2050年までに洋上風力を着床式 40GW、浮体式 60GW の計 100GW を導入する場合、設計・工事・O&M を含むライフサイクル全体で約 48,500 人の人材が必要とされる。2024年には「あきた風と海の学校」や「ウィンド・パワー・トレーニングセンター」などの教育施設が開設されているものの、少子高齢化による労働人口減少を踏まえると、IT・AI を活用したスマート技術により必要人材を削減する取組も不可欠である。

すでに陸上風力では、ロープワークによるブレード点検をドローンに置き換える動きが進み、AI 診断による高速・高精度な点検や、将来的な補修作業の自動化も期待されている。洋上風力では、海底地盤調査、波浪によるアクセス性の悪さ、深海部での基礎構造物や海中送電線の点検など、陸上とは異なる課題がある。安全性・効率性の観点から、ドローンや自律型無人潜水機 (AUV) などのロボット、遠隔監視、AI による故障予測や発電量最適化など、スマート保安技術の導入が不可欠である。これらの技術が人件費の抑制や故障低減に寄与すれば、建設から運転保守までのライフサイクルコスト削減につながり、事業性向上と導入拡大が期待される。

- 近年は AI 技術の進展が著しく、スマート保安技術に限らず、風力発電のデジタル化全般が重要となっている。風況・海象の高精度予測による発電量向上、工事・保守を含む運転・運用・制御の最適化、変動電源としての需給調整を行うスマートグリッド制御、運転データ分析による劣化診断と適切な補修・交換による長寿命化など、AI 活用の可能性は広い。他産業で実用化されているデジタル技術を風力発電に適用することで、スマート保安技術を含む関連技術の進化が加速すると期待される。

また、風力発電が主力電源として成長するにつれ、社会インフラとしての重要性も増す。デジタル化に伴うオンライン化が進むことでサイバー攻撃のリスクも高まるため、サイバーセキュリティ対策も併せて強化する必要がある。

- 今後導入拡大が見込まれる風力発電については、スマート保安技術をはじめとするデジタル化を幅広く推進することで、安全性・効率性・事業性を高めるとともに、これらの技術を海外展開できる新たな産業創出につなげ、エネルギー基本計画の目標達成と業界発展に寄与することを期待したい。

2.3.4 太陽電池発電

(1) 個別技術

Figure 2-19 に太陽電池発電における個別技術活用の取組状況の評点評価(取組レベルの5段階評価)を、Figure 2-20 に太陽電池発電における個別技術活用のそれぞれの回答状況を示す。

- 大項目別では、「1 現場作業のデジタル化(可搬型:五感から数値判断へ)」、「3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視」、「4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応」および「5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム」が目標を達成しており、個別技術では「空中ドローン」が多くの事業者で期待されていた関係で、積極的に導入推進されて目標を達成している。なお、目標は2021年度のアンケート調査において、事業者が回答した「2025年の取組状況」をもとに設定したものである。

なお、「1 現場作業のデジタル化(可搬型:五感から数値判断へ)」は、既に高水準の取組レベルに達している。

- 個別技術の年次推移では「水中・水上ドローン(水管を含む)」と「自走ドローン(地下、ダクト、煙突等)」の技術は2021年時点より後退はしているものの、ほぼすべての技術の導入・運用において強弱はあるものの順調に進捗している。
- 2021年に予想した2025年の評点目標は、24個別技術中20技術(83.3%)が目標達成となっている。

なお、KPIに設定されている個別技術は3項目すべてが評点目標を達成しており、大きく進捗していることから積極的な推進が図られたと考えられる。

- 一方、「6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援」は、「予定無し」と「検討中」がともに4割前後、「一部実施」2割程度となっていることから、事業者により対応姿勢が大きく分かれており、現場作業の効率化などへの取組が優先された結果、一部の先進的な事業者がリリース&トライにより実装・運用を確認していると推察される。

遠隔状態監視や「6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援」の導入には、データの収集・活用や専門技術者の確保、初期投資が必要となる。先進的な事業者が先行してこれらの技術を導入することで、運用ノウハウが蓄積され、業界全体のスマート化が牽引・推進されることが期待される。

- 太陽電池発電設備は、大・中規模の設備を所有する事業者や複数の設備を管理する事業者においては、電力監視や警報などの設備が整備されていることが多いが、小規模な設備(小規模事業用電気工作物を含む)では、計測・警報関係の設置率が低く、設備管理やメンテナンスに係る設備管理に重点が置かれていることが多く、設備規模などによってスマート保安に資する技術への姿勢や方向性が異なっている。

また、多くの設備は、外部委託として電気保安法人あるいは電気管理技術者などの電気主任技術者が保安管理している割合が大きく、各々の個人事業者と団体とアンケート回答数により、調査結果に影響を及ぼすことを考慮する必要がある。

- 太陽電池発電設備において、設備規模の大小や管理事業者の経営環境などにより、導入可能な技術や運用によって得られる効果が異なると想定されることから、個別技術の進捗において

も「実施済み」の比率が高い技術と「検討中」あるいは「予定無し」の比率が高い技術があることから、事業者にとって投資効果が高い技術とそれ程でもない技術の選択が行われていると想定される。

- 「3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視（固定設置）」においては、技術項目により進捗の強弱は異なるものの着実に進捗しており、特に「自動計測装置（電流、電圧、圧力等）」、「可視カメラ（目視）」および「赤外線カメラ（熱画像等）」は進捗が大きく、全ての技術項目は目標を上回っているものの、新たなセンサー類については、一部の先進的な事業者によりリリース&トライの取組がなされており、導入評価は慎重な姿勢であると想定される。
- 「4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応」においては、2021年当初から遠隔操作に係る仕組みが導入されている設備が多く存在し、PCSの警報通報や停止あるいは開放の操作が可能であることから、順調かつ着実に進捗し、目標を大きく超過しているものの、規則や安全確保の課題があり、保守・メンテナンスに有効活用しての業務効率化が停滞している状況であると推察される。
- 「6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援」においては、全ての項目が年推移で増減はあるが堅実に進捗している。一方、「検討中」あるいは「予定無し」と回答している事業者が8割前後を占めていることから、現時点では、導入を進める先進的な一部の事業者と導入を保留または様子見している多数の事業者に分かれていると推察される。

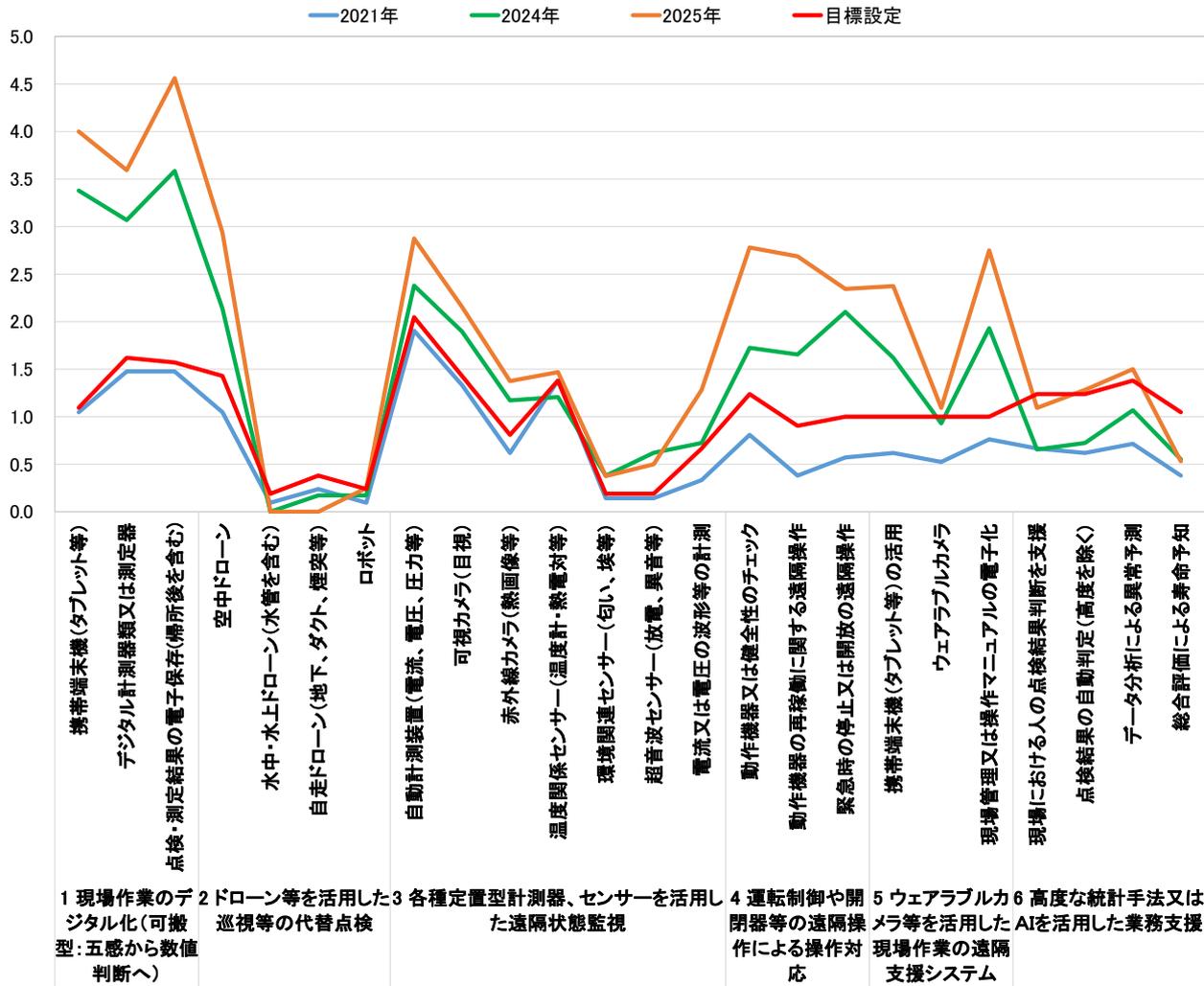


Figure 2-19 太陽電池発電における個別技術活用の取組状況

Table 2-20 太陽電池発電における個別技術活用の総合評価

項目	総合評点					進捗		目標設定	
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)		
1 現場作業のデジタル化(可搬型:五感から数値判断へ)	携帯端末機(タブレット等)	1.0	3.4	3.1	3.4	4.0	0.6	3.0	1.1
	デジタル計測器類又は測定器	1.5	3.6	3.7	3.1	3.6	0.5	2.1	1.6
	点検・測定結果の電子保存(掃所後を含む)	1.5	3.6	3.7	3.6	4.6	1.0	3.1	1.6
2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検	空中ドローン	1.0	2.0	2.5	2.1	2.9	0.8	1.9	1.4
	水中・水上ドローン(水管を含む)	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.2
	自走ドローン(地下、ダクト、煙突等)	0.2	0.1	0.2	0.2	0.0	-0.2	-0.2	0.4
	ロボット	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2
3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視	自動計測装置(電流、電圧、圧力等)	1.9	3.3	3.8	2.4	2.9	0.5	1.0	2.0
	可視カメラ(目視)	1.3	2.0	2.8	1.9	2.2	0.3	0.8	1.4
	赤外線カメラ(熱画像等)	0.6	0.9	1.6	1.2	1.4	0.2	0.8	0.8
	温度関係センサー(温度計・熱電対等)	1.4	2.4	3.2	1.2	1.5	0.3	0.1	1.4
	環境関連センサー(匂い、埃等)	0.1	0.8	1.0	0.4	0.4	-0.0	0.2	0.2
	超音波センサー(放電、異音等)	0.1	0.7	0.7	0.6	0.5	-0.1	0.4	0.2
4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応	電流又は電圧の波形等の計測	0.3	1.1	1.7	0.7	1.3	0.6	0.9	0.7
	動作機器又は健全性のチェック	0.8	2.3	2.0	1.7	2.8	1.1	2.0	1.2
	動作機器の再稼働に関する遠隔操作	0.4	1.6	1.8	1.7	2.7	1.0	2.3	0.9
	緊急時の停止又は開放の遠隔操作	0.6	1.4	1.6	2.1	2.3	0.2	1.8	1.0
5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム	携帯端末機(タブレット等)の活用	0.6	1.8	2.1	1.6	2.4	0.8	1.8	1.0
	ウェアラブルカメラ	0.5	1.1	1.1	0.9	1.1	0.2	0.6	1.0
	現場管理又は操作マニュアルの電子化	0.8	1.9	1.7	1.9	2.8	0.8	2.0	1.0
6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援	現場における人の点検結果判断を支援	0.7	0.9	0.6	0.7	1.1	0.4	0.4	1.2
	点検結果の自動判定(高度を除く)	0.6	1.0	0.9	0.7	1.3	0.6	0.7	1.2
	データ分析による異常予測	0.7	1.0	1.3	1.1	1.5	0.4	0.8	1.4
	総合評価による寿命予知	0.4	0.9	0.8	0.6	0.5	-0.0	0.2	1.0

注：進捗の計算は、各年の評点を四捨五入する前の値をもとに計算しており、表示値の計算と異なる場合がある。

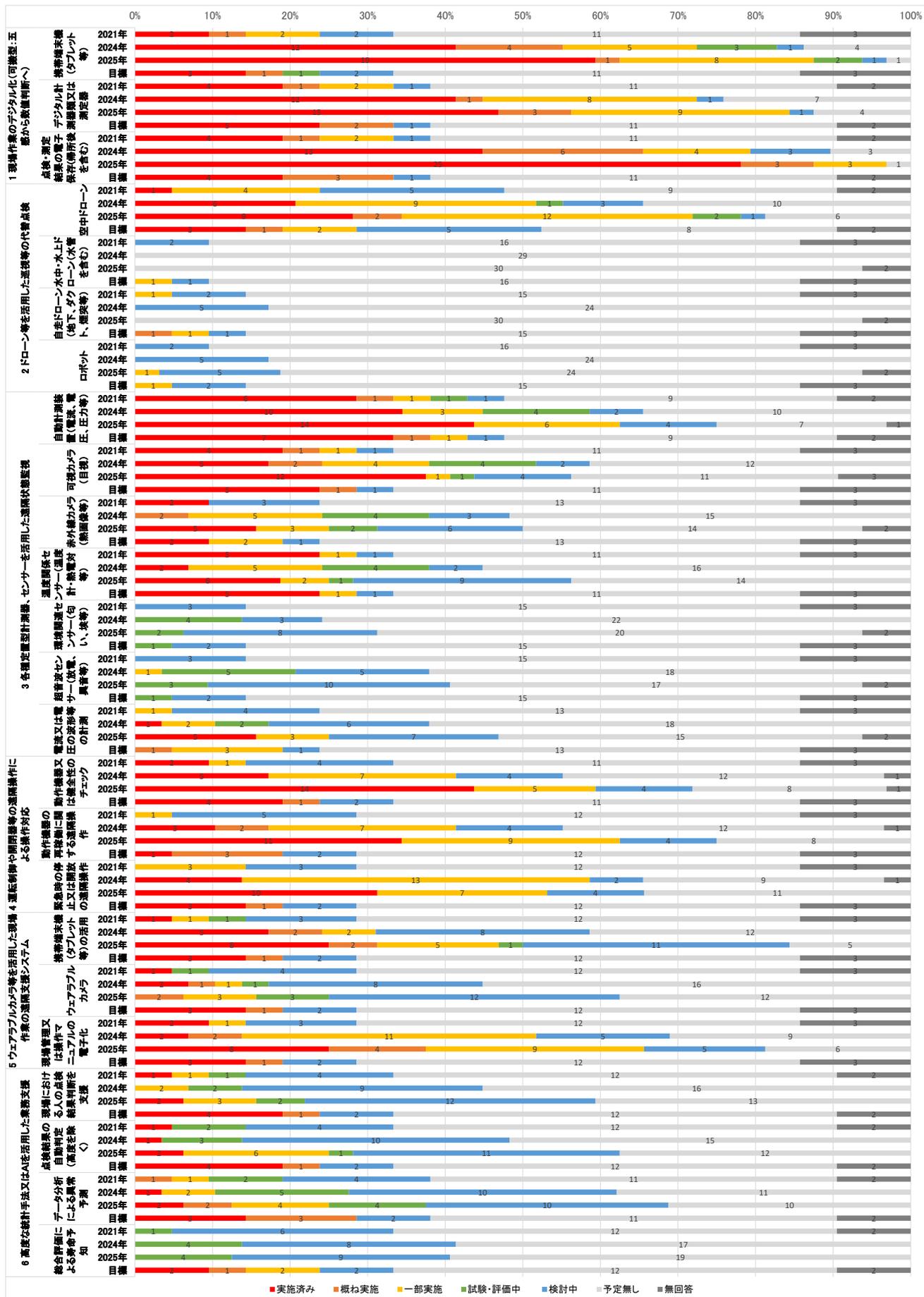


Figure 2-20 太陽電池発電における個別技術活用の状況

Table 2-21 太陽電池発電における個別技術活用の状況（回答数）

項 目	対象年	回 答 件 数							合計	
		実施済み	概ね実施	一部実施	既験・評価中	検討中	予定無し	無回答		
1 現場作業のデジタル化（可搬型：五感から数値判断へ）	携帯端末機（タブレット等）	2021年	2	0	2	0	2	11	3	21
		2022年	14	0	5	3	1	4	0	27
		2023年	15	3	10	2	1	4	0	41
		2024年	12	4	5	3	1	4	0	29
		2025年	19	1	8	2	1	1	0	32
	目標	3	1	0	1	2	11	3	21	
	デジタル計測器類又は測定器	2021年	4	1	2	0	1	2	2	21
		2022年	13	3	5	0	4	2	0	27
		2023年	17	7	11	2	1	3	0	41
		2024年	12	1	8	0	1	7	0	29
		2025年	15	3	9	0	1	4	0	32
	目標	4	2	0	0	1	11	2	21	
	点検・測定結果の電子保存（掃所後を含む）	2021年	15	1	4	0	5	2	0	27
		2022年	18	11	3	2	5	2	0	41
		2023年	13	8	4	0	3	3	0	29
2024年		25	3	3	0	0	1	0	32	
2025年		4	3	0	0	1	11	2	21	
2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検	空中ドローン	2021年	1	0	4	0	5	9	2	21
		2022年	1	1	8	6	9	2	0	27
		2023年	7	1	17	4	3	9	0	41
		2024年	6	0	9	0	3	10	0	29
		2025年	9	2	12	2	1	6	0	32
	目標	3	1	2	0	5	8	2	21	
	水中・水上ドローン（水管を含む）	2021年	0	0	0	0	2	16	3	21
		2022年	0	0	0	0	2	24	1	27
		2023年	0	0	0	0	1	39	1	41
		2024年	0	0	0	0	0	29	0	29
		2025年	0	0	0	0	0	20	2	32
	目標	0	0	0	0	1	16	3	21	
	自走ドローン（地下、ダクト、煙突等）	2021年	0	0	1	0	2	15	3	21
		2022年	0	0	0	0	2	24	1	27
		2023年	0	0	0	2	4	24	1	41
2024年		0	0	0	0	5	24	0	29	
2025年		0	0	0	0	0	30	2	32	
目標	0	1	0	0	1	15	3	21		
ロボット	2021年	0	0	0	0	2	16	3	21	
	2022年	0	0	0	1	2	23	1	27	
	2023年	0	0	0	2	4	34	1	41	
	2024年	0	0	0	0	5	24	0	29	
	2025年	0	0	1	0	5	24	2	32	
目標	0	0	1	0	5	24	2	32		
3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視	自動計測装置（電流、電圧、圧力等）	2021年	6	1	1	1	9	2	21	
		2022年	9	2	9	4	1	2	0	27
		2023年	17	8	7	7	2	0	0	41
		2024年	10	0	3	4	2	10	0	29
		2025年	14	0	1	0	1	9	1	32
	目標	7	1	1	0	1	9	2	21	
	可視カメラ（目視）	2021年	4	1	1	0	1	11	3	21
		2022年	5	0	5	6	2	9	0	27
		2023年	10	5	11	4	5	6	0	41
		2024年	5	2	4	4	2	12	0	29
		2025年	12	0	1	1	4	11	3	32
	目標	5	1	0	0	1	11	3	21	
	赤外線カメラ（熱画像等）	2021年	2	0	0	0	3	13	3	21
		2022年	0	0	3	6	4	14	0	27
		2023年	3	5	4	6	6	17	0	41
2024年		0	2	5	4	3	15	0	29	
2025年		5	0	3	2	6	14	2	32	
目標	2	0	2	0	1	13	3	21		
温度関係センサー（温度計・熱電対等）	2021年	7	1	4	6	2	7	0	27	
	2022年	15	6	5	6	6	3	0	41	
	2023年	2	0	5	4	2	16	0	29	
	2024年	6	0	2	1	9	14	0	32	
	2025年	5	0	1	0	1	11	3	21	
目標	0	0	0	0	3	15	3	21		
環境関連センサー（匂い、埃等）	2021年	0	0	1	7	5	14	0	27	
	2022年	1	1	4	6	6	23	0	41	
	2023年	0	0	0	4	3	22	0	29	
	2024年	0	0	0	2	8	20	2	32	
	2025年	0	0	0	1	2	15	3	21	
目標	0	0	0	0	3	15	3	21		
超音波センサー（放電、異音等）	2021年	0	0	0	3	10	17	2	32	
	2022年	0	0	0	2	15	2	3	21	
	2023年	0	0	1	0	4	13	3	21	
	2024年	2	0	2	4	6	13	0	27	
	2025年	5	4	6	2	7	17	0	41	
目標	1	0	2	2	6	16	0	29		
電流又は電圧の波形等の計測	2021年	5	0	3	0	7	15	2	32	
	2022年	0	1	3	0	1	13	3	21	
	2023年	2	0	1	0	4	13	0	27	
	2024年	5	4	6	2	7	17	0	41	
	2025年	1	0	2	2	6	16	0	29	
目標	0	1	3	0	1	13	3	21		
4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応	動作機器又は健全性のチェック	2021年	2	0	1	0	4	11	3	21
		2022年	3	5	3	0	2	8	0	41
		2023年	4	7	10	0	2	18	0	41
		2024年	5	0	7	0	4	12	1	29
		2025年	14	0	5	0	4	8	1	32
	目標	4	1	0	0	2	11	3	21	
	動作機器の再稼働に関する遠隔操作	2021年	0	0	1	0	5	12	3	21
		2022年	1	0	11	0	4	10	0	27
		2023年	2	6	12	0	4	17	0	41
		2024年	3	2	7	0	4	17	1	29
		2025年	11	0	9	0	4	8	0	32
	目標	1	3	0	0	2	12	3	21	
	緊急時の停止又は開放の遠隔操作	2021年	0	0	3	0	3	12	3	21
		2022年	1	0	8	2	5	11	0	27
		2023年	1	5	11	0	7	17	0	41
2024年		4	0	13	0	2	9	1	29	
2025年		10	0	7	0	4	11	0	32	
目標	3	1	0	0	2	12	3	21		
5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム	携帯端末機（タブレット等）の活用	2021年	1	0	1	1	3	12	3	21
		2022年	5	1	4	3	2	12	0	27
		2023年	8	2	9	1	9	12	0	41
		2024年	5	2	2	0	8	12	0	29
		2025年	8	2	5	1	11	5	0	32
	目標	3	1	0	0	2	12	3	21	
	ウェアラブルカメラ	2021年	1	0	3	6	4	13	0	27
		2022年	2	0	2	7	14	16	0	41
		2023年	2	1	1	1	8	16	0	29
		2024年	0	2	3	3	12	12	0	32
		2025年	3	1	0	0	2	12	3	21
	目標	2	0	1	0	3	12	3	21	
	現場管理又は操作マニュアルの電子化	2021年	5	1	4	4	1	12	0	27
		2022年	5	0	8	4	12	12	0	41
		2023年	2	2	11	0	5	9	0	29
2024年		8	4	9	0	5	6	0	32	
2025年		3	1	0	0	2	12	3	21	
目標	3	1	0	0	2	12	3	21		
6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援	現場における人の点検結果判断を支援	2021年	1	0	1	1	8	12	2	21
		2022年	1	0	2	3	8	13	0	27
		2023年	1	0	2	2	16	22	0	41
		2024年	0	0	2	2	9	16	0	29
		2025年	2	0	3	2	12	13	0	32
	目標	4	1	0	0	2	12	2	21	
	点検結果の自動判定（高度を除く）	2021年	1	0	0	2	4	12	2	21
		2022年	0	0	4	3	8	12	0	27
		2023年	1	2	1	4	13	20	0	41
		2024年	1	0	0	3	10	15	0	29
		2025年	2	0	0	6	12	10	0	32
	目標	4	1	0	0	2	12	2	21	
	データ分析による異常予測	2021年	0	1	1	2	4	11	2	21
		2022年	1	0	1	6	8	11	0	27
		2023年	3	0	3	7	16	12	0	41
2024年		1	0	2	5	10	11	0	29	
2025年		2	2	4	4	10	10	0	32	
目標	3	3	0	0	1	12	2	21		
総合評価による寿命予測	2021年	0	0	0	1	6	12	2	21	
	2022年	1	0	1	3	9	13	0	27	
	2023年	0	0	1	7	15	18	0	41	
	2024年	0	0	0	4	8	17	0	29	
	2025年	0	0	0	4	9	19	0	32	
目標	2	1	2	0	2	12	2	21		

(2) 個別設問

Figure 2-21 に太陽電池発電におけるデータ活用による保安活動支援、Figure 2-22 に太陽電池発電におけるロボット・ドローンの実装・運用、Figure 2-23 に太陽電池発電における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用、Figure 2-24 に太陽電池発電のロボット・ドローンおよび AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用における課題の調査結果をそれぞれ示す。

- 設問 1 (データ活用による保安活動支援) については、2025 年時点でデータを取得・保存している事業者は 31 事業者(96.9%)とほぼ全事業者であるものの、データ活用については、16 事業者(50.0%)が「収集・蓄積していない、活用していない、または予定がない」あるいは「検討中・準備中」と回答しており、データを取得・保存はしているが活用方法を検討・整理している段階の事業者が半数を占めていることから、太陽電池発電設備では保有しているデータの有効活用を早急に進めて保安品質の向上と業務の効率化を図る保安技術の確立が望まれる。

なお、2026 年から 2030 年の期間におけるデータ活用による保安活動支援については、「保守計画策定」(統計: 31.3%、AI: 34.4%)が最も多く、次いで「異常予兆検知」(統計: 31.3%、AI: 31.3%)、「寿命予知」(統計: 28.1%、AI: 21.9%)の順となっている。積極的な保守・メンテナンスへのデータ活用が進められていると推測されると同時に、全ての保安技術の手法について、適用スピードや有効性を評価しつつ従来の統計手法と AI 活用を比較し、実装・運用されると推測される。

また、データ活用による保安活動支援は、AI 技術の発達に連動して高度な AI 活用が主流となると想定される。

- 設問 2 (2026 年から 2030 年におけるロボット・ドローンの実装・運用) については、10 事業者(31.3%)が「予定はない」または「検討中」と回答しており、多くの事業者が何らかの業務に活用し、段階的に堅実な実装・運用が拡大すると想定される。

なお、実装・運用を想定している業務としては、「設備診断・メンテナンス」が 14 事業者(43.8%)と最も多く、次いで「点検」と「災害時等における被害状況把握」が 13 事業者(40.6%)、「高所あるいは危険箇所の点検」が 10 事業者(31.3%)、「巡視」が 9 事業者(28.1%)、「設備トラブル時の確認」が 8 事業者(25.0%)となっている。太陽電池発電設備の多くは遠隔地かつ広大な敷地に設置されており、携帯端末機やドローンなどの現場作業の効率化や遠隔支援に関する保安技術の展開が積極的に計画・推進されていると推測される。

また、各業務において想定される運用レベルについては、「運用中」あるいは「概ね運用」が半数以上、「一部運用」も一定数あることから、積極的な運用段階での展開となると推測される。

- 設問 3 (2026 年から 2030 年における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用) については、19 事業者(59.4%)が「予定はない」あるいは「検討中または準備中」と回答しており、業務内容により導入状況は異なるが、6 割の事業者が活用を保留していると想定されるものの、一部の事業者が活用に向けて準備しており、堅実かつ段階的な実装・運

用になると想定される。

なお、実装・運用を想定している業務は、常時監視データの管理・判断が 11 事業者(34.4%)と最も多く、次いで異常検知・前兆検知が 8 事業者(25.0%)、現場判定のサポートが 7 事業者(21.9%)、設備試験・診断における異常判定と「予兆検知・寿命診断」がともに 6 事業者(18.8%)となっており、現場作業の効率化を推進する AI 活用は着実に進むものの、高度な AI 技術の実装・運用には時間と検証を要する状況と考えられる。

また、太陽電池発電設備における業務への AI 活用については、2025 年以降も「運用中」あるいは「概ね運用」が一定数あるものの、「試験・評価中」あるいは「開発中」が半数程度あることから、一部の先進的な事業者による段階的かつ慎重な実装・運用の方針であると想定される。

- 設問 4 (ロボット・ドローンおよび AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用における課題) について、「予定はない、わからない」の回答は 10 事業者(31.3%)となっており、多くの事業者が実装・運用には何らかの課題があると回答している。

なお、「研究開発、導入または運用にかかわる費用、あるいは採算性」が 21 事業者(65.6%)と最も多く、次いで「安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策」が 14 事業者(43.8%)、「保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足」が 12 事業者(37.5%)、「推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足」と「法、規則、内規、手続き等」がともに 11 事業者(34.4%)となっている。

また、各課題に対して、「とても重要」あるいは「重要」と回答した事業者がほとんどであることから、高度な専門知識を持つ人材確保や先進技術の開発・実装を速やかに実施するためには、国家規模でのプロジェクトにより基盤整備をすることが望ましいと想定される。

データ活用による保安活動支援

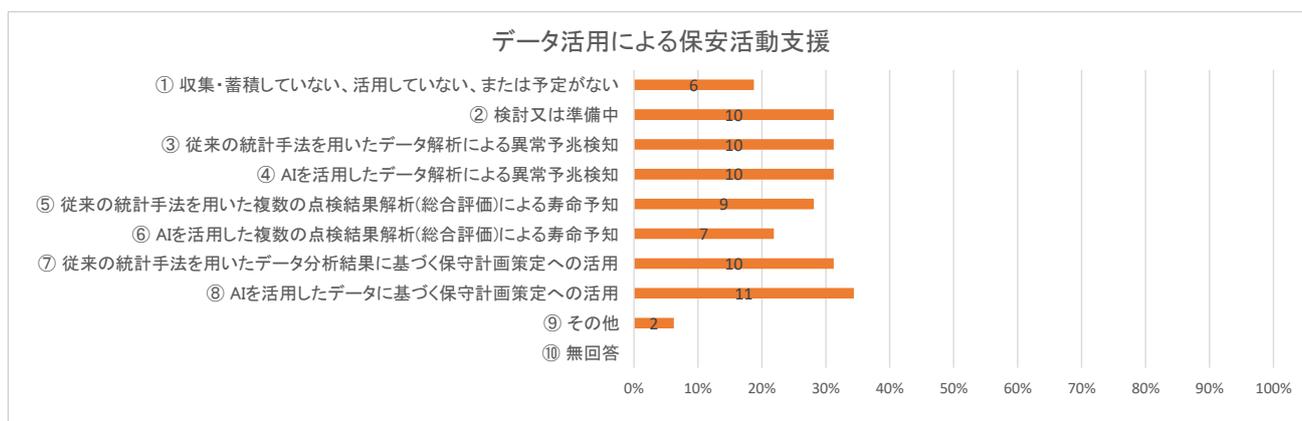


Figure 2-21 太陽電池発電におけるデータ活用による保安活動支援 (n=32)

Table 2-22 太陽電池発電におけるデータ活用による保安活動支援 (n=32)

内容	件数	回答率
① 収集・蓄積していない、活用していない、または予定がない	6	18.8%
② 検討又は準備中	10	31.3%
③ 従来の統計手法を用いたデータ解析による異常予兆検知	10	31.3%
④ AIを活用したデータ解析による異常予兆検知	10	31.3%
⑤ 従来の統計手法を用いた複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	9	28.1%
⑥ AIを活用した複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	7	21.9%
⑦ 従来の統計手法を用いたデータ分析結果に基づく保守計画策定への活用	10	31.3%
⑧ AIを活用したデータに基づく保守計画策定への活用	11	34.4%
⑨ その他	2	6.3%
⑩ 無回答	0	0.0%

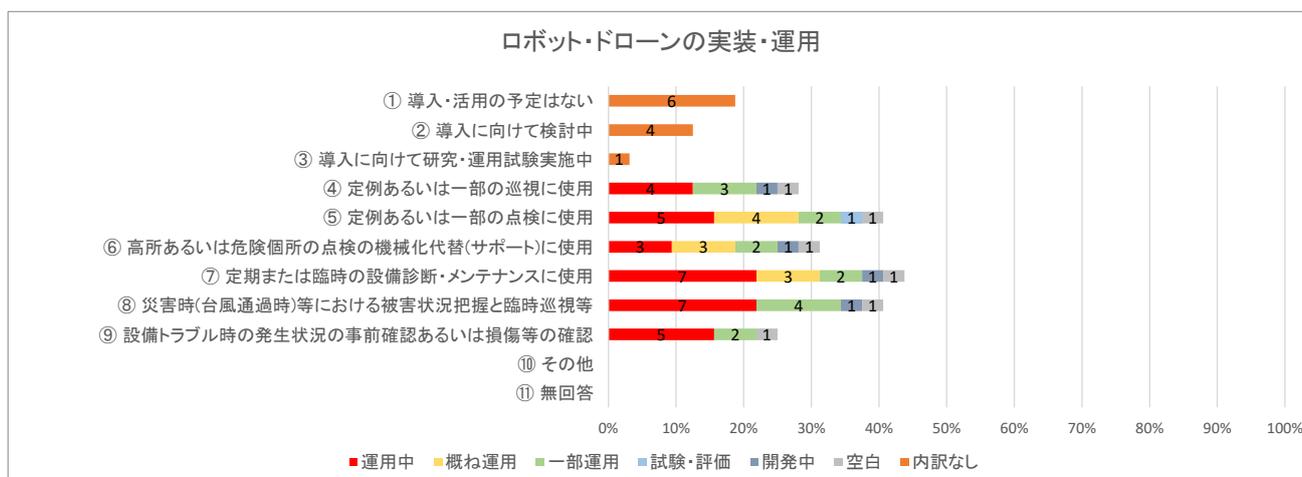


Figure 2-22 太陽電池発電におけるロボット・ドローンの実装・運用 (n=32)

Table 2-23 太陽電池発電におけるロボット・ドローンの実装・運用 (n=32)

内容	活用		運用レベル					
	件数	回答率	運用中	概ね運用	一部運用	試験・評価中	開発中	空白
① 導入・活用の予定はない	6	18.8%						
② 導入に向けて検討中	4	12.5%						
③ 導入に向けて研究・運用試験実施中	1	3.1%						
④ 定例あるいは一部の巡視に使用	9	28.1%	4	0	3	0	1	1
⑤ 定例あるいは一部の点検に使用	13	40.6%	5	4	2	1	0	1
⑥ 高所あるいは危険個所の点検の機械化代替(サポート)に使用	10	31.3%	3	3	2	0	1	1
⑦ 定期または臨時の設備診断・メンテナンスに使用	14	43.8%	7	3	2	0	1	1
⑧ 災害時(台風通過時)等における被害状況把握と臨時巡視等	13	40.6%	7	0	4	0	1	1
⑨ 設備トラブル時の発生状況の事前確認あるいは損傷等の確認	8	25.0%	5	0	2	0	0	1
⑩ その他	0	0.0%	0	0	0	0	0	0
⑪ 無回答	0	0.0%						

AI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用

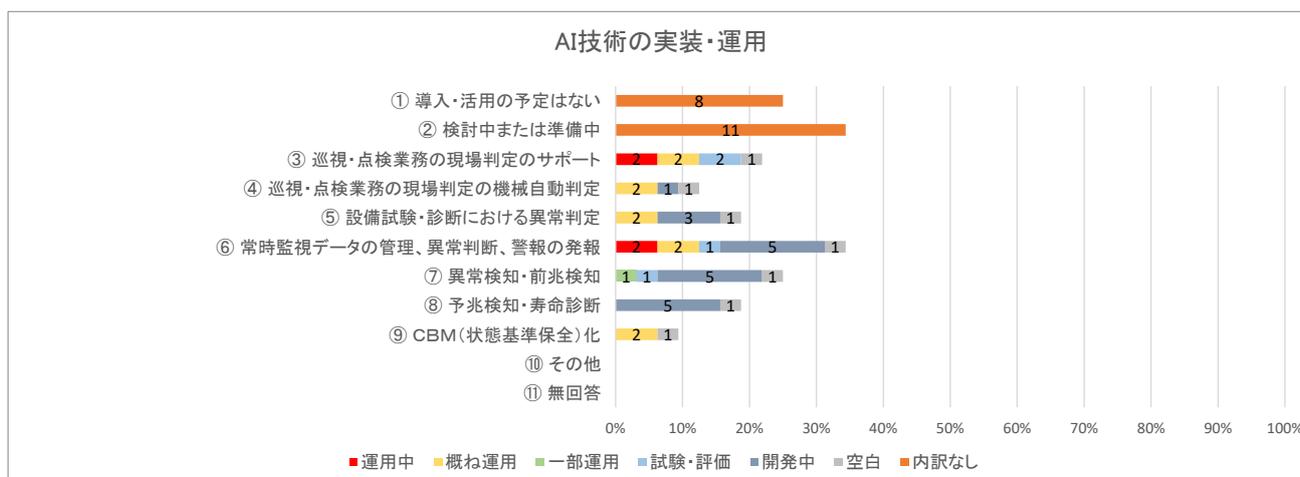


Figure 2-23 太陽電池発電における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用 (n=32)

Table 2-24 太陽電池発電における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用 (n=32)

内容	活用		運用レベル					
	件数	回答率	運用中	概ね運用	一部運用	試験・評価中	開発中	空白
① 導入・活用の予定はない	8	25.0%						
② 検討中または準備中	11	34.4%						
③ 巡視・点検業務の現場判定のサポート	7	21.9%	2	2	0	2	0	1
④ 巡視・点検業務の現場判定の機械自動判定	4	12.5%	0	2	0	0	1	1
⑤ 設備試験・診断における異常判定	6	18.8%	0	2	0	0	3	1
⑥ 常時監視データの管理、異常判断、警報の発報	11	34.4%	2	2	0	1	5	1
⑦ 異常検知・前兆検知	8	25.0%	0	0	1	1	5	1
⑧ 予兆検知・寿命診断	6	18.8%	0	0	0	0	5	1
⑨ CBM(状態基準保全)化	3	9.4%	0	2	0	0	0	1
⑩ その他	0	0.0%	0	0	0	0	0	0
⑪ 無回答	0	0.0%						

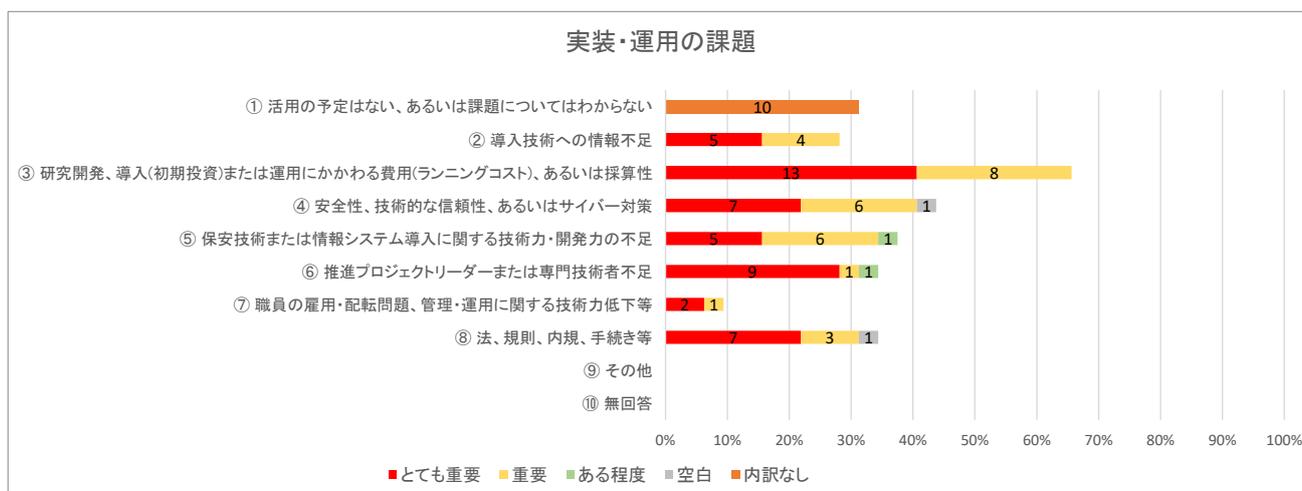


Figure 2-24 太陽電池発電におけるロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題 (n=32)

Table 2-25 太陽電池発電におけるロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題 (n=32)

内容	活用		重要度			
	件数	回答率	とても重要	重要	ある程度	空白
① 活用の予定はない、あるいは課題についてはわからない	10	31.3%				
② 導入技術への情報不足	9	28.1%	5	4	0	0
③ 研究開発、導入(初期投資)または運用にかかわる費用(ランニングコスト)、あるいは採算性	21	65.6%	13	8	0	0
④ 安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策	14	43.8%	7	6	0	1
⑤ 保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足	12	37.5%	5	6	1	0
⑥ 推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足	11	34.4%	9	1	1	0
⑦ 職員の雇用・配転問題、管理・運用に関する技術力低下等	3	9.4%	2	1	0	0
⑧ 法、規則、内規、手続き等	11	34.4%	7	3	0	1
⑨ その他	0	0.0%	0	0	0	0
⑩ 無回答	0	0.0%				

(3) 業界の現状とスマート保安への取組

- 太陽光発電は、安全かつ現実的に導入できる再生可能エネルギーの発電システムとして、世界的に見ても導入が加速している。2020年の世界全体の導入量は約760GWであり、日本は71GWと中国、アメリカに次いで3位となっている。日本の太陽光発電の導入量は大幅に増加し、平地面積当たりの導入量は主要国で最大級である。一方で、設置適地の制約や、地域との共生に関する課題が生じており、平地ではない土地に導入できる太陽光発電設備が急務となっている。
- 太陽光発電は、小規模(家庭)から大容量(メガソーラー)まで多様な容量が選択可能であり、比較的短時間で設置でき、発電時に二酸化炭素を排出しないなどのメリットがある。一方で、設置面積当たりの発電量が少ない(設置面積が大きい)、導入・管理コスト、供給過剰時の出力抑制、周囲環境への配慮、老朽化した設備の廃棄などの課題も存在する。今後、二酸化炭素の削減目標達成に向け、これらの課題に対応しつつ、既存設備の長期安定運用と新規導入の推進が求められる。
- 太陽光発電の新規導入においては、家庭用、PPA(第三者所有)、大規模発電所が主な選択肢となる。

戸建て住宅の屋根設置では、広い設置面積により多くの発電量が見込まれる一方、設置コストの高さや、補助金への依存度の大きさが課題である。蓄電池との併用によって自家消費比率の向上が期待され、屋根一体型・や駐車場などの屋根への設置によりコスト抑制や、設置場所確保も可能となる。

ビルや工場などの屋根に、投資会社が太陽光発電設備を設置し、発電した電気を直下のビルや工場に直接販売するPPAは、発電・消費する事業者双方にメリットがあり、拡大が見込まれるが、長期契約期間の確保や天候による供給量の変動対応などの条件整備が必要である。

地上配置の太陽光発電所は、設置コストの観点から大規模設備が中心になると想定されるが、開発可能な場所が限られ、治水、景観など地域社会との共存の課題がある。効率的な発電と安定運用には、産業用蓄電池の技術進化とコスト低減、大容量化、安全確保が重要である。

- 太陽電池パネルのモジュール変換効率は、上昇する見込みであるが、パネルの特性上、発電効率は年々低下し、設置後15年～20年でリプレースや破棄を検討する必要がある場合がある。

近年、老朽化した太陽光発電設備の廃棄に関する「2030年問題」が指摘されており、①機器の不法投棄、②有害物質の流出による環境破壊、③最終処分場のひっ迫といった課題が懸念される。太陽電池パネルには、鉛やカドミウムなどの有害物質が含まれているため、太陽電池パネルの寿命予測や、再利用に関する有効な性能把握技術や判断基準の整備などが求められる。

- 既存の太陽光発電所では、卒FIT後の活用方法として、①オフサイトPPAによる売電、②リパワーリングによる発電効率向上(経年劣化した機器を新製品に交換することで発電量を向上させる方法で、PCSとパネルが対象)、③法人などへの設備売却などが選択肢となる。

- 現状の太陽光発電システムでは、シリコン製のパネルが主流であるが、次世代として薄いシート状のペロブスカイト太陽電池が期待されている。発電層における主要原材料であるヨウ素について、日本は世界第2位の産出量（シェア約30%）を誇り、製品コストが低くなると想定される。また、強化ガラスでの補強が不要で、軽く折り曲げることができ、軽量で設置できる場所が多いというメリットがある反面、耐久性や寿命の課題もあり、技術開発が進められている。製品化の事例が少ないのがペロブスカイト太陽電池の現状である。
- ペロブスカイト太陽電池設備の普及には、建築物の側面や高所に設置されるパネルや配線などの点検基準の根本的な見直しや、新たな点検手法の確立を行わなければ、保安規程遵守が厳しい現実がある。具体的には、ドローンやロボットを使用した可視カメラまたは赤外線カメラの活用による目視点検の代替、簡易型の直流絶縁常時監視による絶縁管理の代替などが有効である。
- 2030年のエネルギーミックス、2050年のカーボンニュートラルの実現に向け、地域との共生が図りながら、太陽光発電の導入拡大を進める必要がある。その際に、建物の壁面や耐荷重性の低い屋根など、従来導入が困難だった場所にも導入可能なペロブスカイト太陽電池の活用が期待される。
- 一般社団法人太陽光発電協会の「太陽光発電のスマート保安の取組み」（2022年4月25日）によると、2021年9月末のFIT認定設備導入状況は、住宅用を除く事業用の導入件数は合計68万件（低圧64万件）で、発電容量は合計50GW（低圧17GW、特高12GW）となっている。
- 一般社団法人太陽光発電協会（JPEA）は、スマート保安技術の導入に関して、以下のよう
に課題と対応などを整理している。
 - ◆ 発電事業者の裾野が広いと、発電事業者の特性に応じたスマート保安の取組と対策が必要であり、特に発電事業者・O&M事業者の意識改革が重要である。太陽光発電はFIT終了後も電源インフラとして長期活用でき、事業者にとっても安定収入源となる。小規模事業用電気工作物（10kW以上50kW未満）の事業者には保守点検・予防保全の重要性を認識してもらうには、法令遵守の規制だけでなく、安価で簡易的な予防保全的なスマート技術への支援とインセンティブを与えるような仕組みが効果的である。
 - ◆ 設備規模によって、スマート保安の活用範囲と推進ステップを明確化し、大規模設備で予防保全・予知保全の視点で実装実証による有効性確認とコスト低減をはかり、小・中規模設備に展開する。なお、AI活用による予防保全については、データ蓄積があれば診断・予兆管理ができるにも関わらず、十分とは言えない。
 - ◆ スマート保安の導入によって、長期的発電コスト低減への貢献と導入効果の見える化ができれば、事業者は、長期的なコストメリットを判断しやすくなり、導入の促進につながる。
 - ◆ スマート化を進めるには、導入インセンティブが不可欠であると同時に、技術基盤の整備と人材育成を進める必要がある。具体的には、国と協力した新技術の実装支援や次世代後継者教育訓練などが必要である。

- ◆ ドローンや監視カメラなどを用いて、運用状態を環境側面からモニタリングし、土砂流出・地形変動・設備変形（基礎浮き、架台の変形など）や斜面崩壊の前兆を捉え、被害を抑えるための処置・対策に繋げるなど、スマート保安は電気保安だけでなく、環境影響評価などにも使える可能性がある。

2.3.5 送配電・変電所

(1) 個別技術

Figure 2-25 に送配電・変電所における個別技術活用の取組状況の評点評価（取組レベルの5段階評価）を、Figure 2-26 に送配電・変電所における個別技術活用のそれぞれの回答状況を示す。

- 大項目別では、「4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応」と「5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム」が目標を達成しており、個別技術では「携帯端末機(タブレット等)」、「点検・測定結果の電子保存(帰所後を含む)」、「空中ドローン」、「水中・水上ドローン」および「可視カメラ(目視)」が積極的に導入推進されて目標を達成している。なお、目標は2021年度のアンケート調査において、事業者が回答した「2025年の取組状況」をもとに設定したものである。

なお、「1 現場作業のデジタル化(可搬型:五感から数値判断へ)」は、既に高水準の取組レベルに達しており堅実な進捗となっている。

- 個別技術の年次推移では「ロボット」と「環境関連センサー(匂い、埃等)」の技術は2021年時点より後退はしているものの、現場作業支援や遠隔操作・支援に関する技術の導入・運用は着実に進捗している。
- 2021年に予想した2025年の評点目標は、24個別技術中12技術(50.0%)が目標達成となっている。

なお、KPIに設定されている個別技術は3項目すべてが評点目標を達成しており、大きく進捗していることから積極的な推進が図れられたと推察される。

- 一方、センサーを活用した遠隔状態監視の最新センサー類の保安技術は、技術項目により活用姿勢が異なるものの、一部の技術を除き全般的に進捗は緩やかであり、現場作業の効率化などへの取組が優先され、新規の遠隔監視システムの導入は慎重あるいは後回し的な対応ではないかと推察される。

遠隔状態監視や「6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援」の実装・運用には、データの収集・活用や専門技術者の確保、初期投資が必要となる。先進的な事業者が先行してこれらの技術を実装・運用することで、運用ノウハウが蓄積され、業界全体のスマート化が牽引・推進されることが期待される。

- 送配電・変電所は、業界団体内での情報共有により技術力向上と活用促進が進み、設備実態を考慮した新たな技術や施策が積極的に採用された。その結果、対象とする業務範囲の拡大や新たな機材の選択など、導入技術の見直しや適用業務目標の変更が実施されたため、アンケート調査の回答結果が一時的に後退あるいは停滞したように見られた技術項目が多数あったが、その後は積極的かつ着実に導入への取組が進められている。
- 送電、配電、変電所の各設備において、実装可能な技術が異なると想定されることから、個別技術の進捗においても「実施済み」の比率が高い技術と「検討中」あるいは「予定無し」の比率が高い技術があることから、多くの事業者において業務内容に応じた導入技術の選択が行われ、積極的な実装・運用が推進されていると想定される。

- 「1 現場作業のデジタル化（可搬型：五感から数値判断へ）」においては、2021年時点で既に高い取組レベルの技術項目であったことから、現場作業や機材の見直しなどの影響により、「実施済み」から「概ね実施」あるいは「一部実施」に回答が後退する事業者が発生し、一時的に評点が下がる現象が発生したが、積極的な導入推進が図られて増加傾向にあるものの、目標が高いレベルにあったことから、未達成となっている。
- 「2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検」においては、空中ドローンは着実に増加しているものの、一方で「検討中」が一定数を占めていることから、積極的な事業者がある一方で導入を保留している事業者があると想定されるが、多くの事業者は多種多様なドローン・ロボットを活用可能な業務に効果的に導入・運用すると推測される。
- 「3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視（固定設置）」においては、技術項目により進捗の強弱は異なるものの着実に進捗しているが、「温度関係センサー（温度計・熱電対等）」を除く技術項目は目標を下回っている。
 なお、「自動計測装置（電流、電圧、圧力等）」、「赤外線カメラ（熱画像等）」および「環境関係センサー（臭い・埃等）」は2021年当初から年推移に増減はあるものの2025年時点での推進に変化は見られないことから、新たなセンサー類などの導入評価は慎重な姿勢であると想定される。
- 「5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム」の進捗率が特に大きいことから、現場業務の遠隔支援が積極的に展開されており、人員不足や技術継承の問題に対応する積極的な姿勢が推測される。
- 「6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援」においては、全ての項目が着実かつ想定以上に進捗しており、「総合評価による寿命予知」を除く技術項目は目標を達成していることから、重点を置いた展開が図られたのではないかと想定している。
 一方、「試験・評価中」あるいは「検討中」と回答している事業者が6割前後を占めていることから、現時点では、導入レベルを進める先進的な事業者と導入を検討中あるいは諦める事業者に二分されてはいると推察されるが、全体的には着実に導入への取組が進められている。なお、KPIの一つであると「データ分析による異常予測」の評点は、目標を達成しており、今後も増加すると推測される。

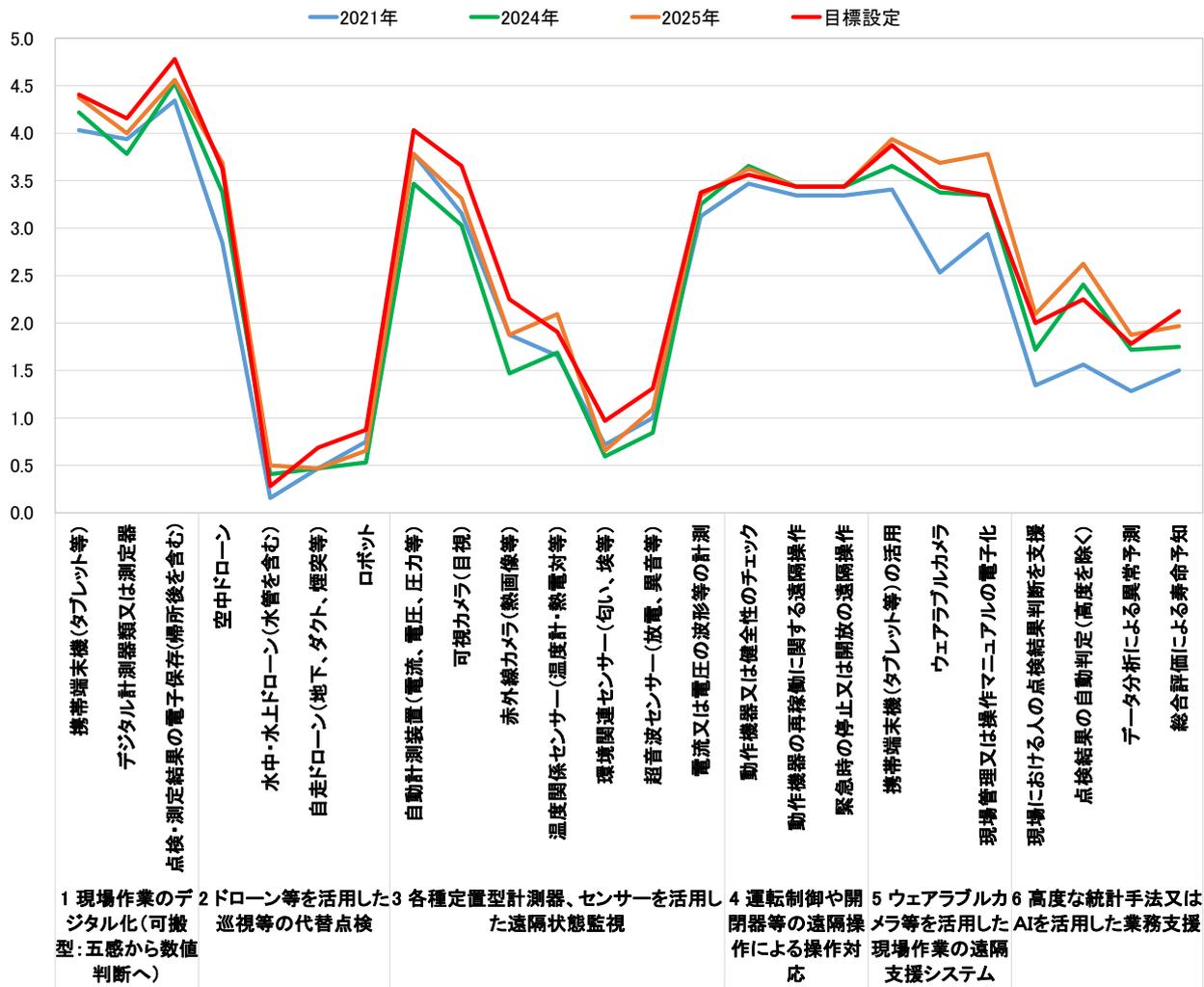


Figure 2-25 送配電・変電所における個別技術活用の取組状況

Table 2-26 送配電・変電所における個別技術活用の総合評価

項目	総合評点					進捗		目標設定	
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)		
1 現場作業のデジタル化(可搬型:五感から数値判断へ)	携帯端末機(タブレット等)	4.0	4.0	4.0	4.2	4.4	0.2	0.3	4.4
	デジタル計測器類又は測定器	3.9	3.6	3.2	3.8	4.0	0.2	0.1	4.2
	点検・測定結果の電子保存(帰所後を含む)	4.3	4.2	4.2	4.5	4.6	0.0	0.2	4.8
2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検	空中ドローン	2.8	2.9	2.8	3.4	3.7	0.3	0.8	3.6
	水中・水上ドローン(水管を含む)	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5	0.1	0.3	0.3
	自走ドローン(地下、ダクト、煙突等)	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.0	0.0	0.7
	ロボット	0.8	0.5	0.5	0.5	0.7	0.1	-0.1	0.9
3 各種固定型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視	自動計測装置(電流、電圧、圧力等)	3.8	3.5	3.1	3.5	3.8	0.3	0.0	4.0
	可視カメラ(目視)	3.2	3.1	2.9	3.0	3.3	0.3	0.2	3.7
	赤外線カメラ(熱画像等)	1.9	1.4	1.1	1.5	1.9	0.4	0.0	2.3
	温度関係センサー(温度計・熱電対等)	1.7	1.5	1.3	1.7	2.1	0.4	0.4	1.9
	環境関連センサー(匂い、埃等)	0.7	0.7	0.4	0.6	0.7	0.1	-0.1	1.0
	超音波センサー(放電、異音等)	1.0	0.7	0.6	0.8	1.1	0.3	0.1	1.3
	電流又は電圧の波形等の計測	3.1	3.0	2.4	3.3	3.3	0.1	0.2	3.4
4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応	動作機器又は健全性のチェック	3.5	3.5	3.2	3.7	3.6	-0.0	0.2	3.6
	動作機器の再稼働に関する遠隔操作	3.3	3.3	3.1	3.4	3.4	0.0	0.1	3.4
	緊急時の停止又は開放の遠隔操作	3.3	3.4	3.2	3.4	3.4	0.0	0.1	3.4
5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム	携帯端末機(タブレット等)の活用	3.4	3.7	3.3	3.7	3.9	0.3	0.5	3.9
	ウェアラブルカメラ	2.5	2.9	2.9	3.4	3.7	0.3	1.2	3.4
	現場管理又は操作マニュアルの電子化	2.9	2.7	2.7	3.3	3.8	0.4	0.8	3.3
6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援	現場における人の点検結果判断を支援	1.3	1.4	1.5	1.7	2.1	0.4	0.8	2.0
	点検結果の自動判定(高度を除く)	1.6	1.8	1.8	2.4	2.6	0.2	1.1	2.3
	データ分析による異常予測	1.3	1.6	1.6	1.7	1.9	0.2	0.6	1.8
	総合評価による寿命予知	1.5	1.6	1.8	1.8	2.0	0.2	0.5	2.1

注：進捗の計算は、各年の評点を四捨五入する前の値をもとに計算しており、表示値の計算と異なる場合がある。

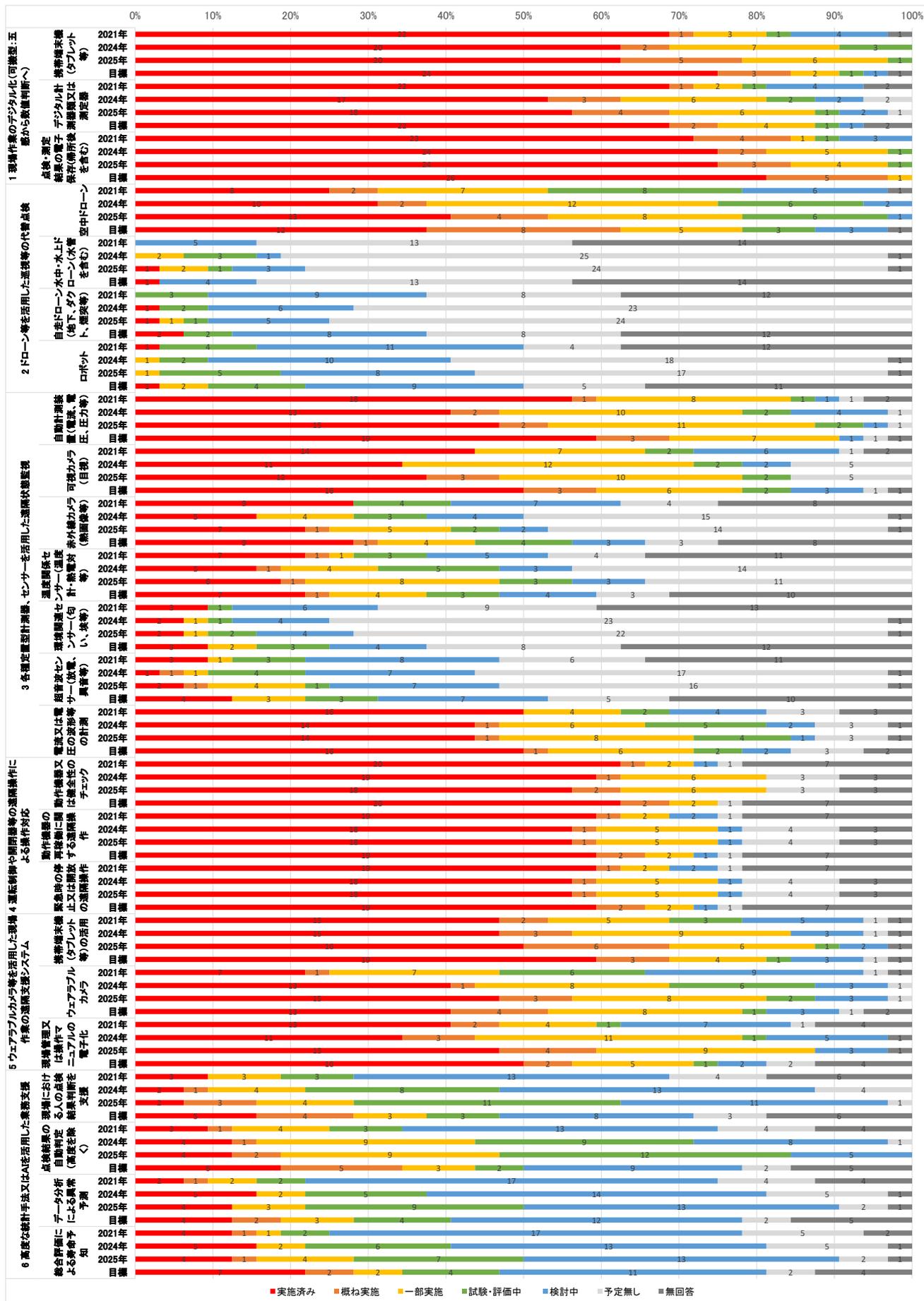


Figure 2-26 送配電・変電所における個別技術活用の状況

Table 2-27 送配電・変電所における個別技術活用の状況（回答数）

項 目	対象年	回 答 件 数							合計	
		実施済み	概ね実施	一部実施	既験・評価中	検討中	予定無し	無回答		
1 現場作業のデジタル化（可搬型：五感から数値判断へ）	携帯端末機（タブレット等）	2021年	22	1	3	1	4	0	1	32
		2022年	22	0	5	1	5	0	0	33
		2023年	20	2	7	3	0	0	0	32
		2024年	20	2	7	3	0	0	0	32
		2025年	20	5	6	1	0	0	0	32
	目標	24	3	2	1	1	0	1	32	
	デジタル計測器類又は測定器	2021年	22	1	2	1	4	0	2	32
		2022年	17	1	9	0	3	3	0	33
		2023年	12	3	10	0	5	3	0	34
		2024年	17	3	6	2	2	2	0	32
		2025年	18	4	6	1	2	1	0	32
	目標	22	2	4	1	3	0	0	32	
	点検・測定結果の電子保存（掃所後を含む）	2021年	21	3	6	0	2	0	0	33
		2022年	20	4	8	1	1	0	0	34
		2023年	24	2	5	1	0	0	0	32
2024年		24	3	4	1	0	0	0	32	
2025年		24	3	4	1	0	0	0	32	
目標	26	5	1	0	0	0	0	32		
2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検	空中ドローン	2021年	8	2	7	8	6	0	1	32
		2022年	7	1	12	7	6	0	0	33
		2023年	4	1	17	8	4	0	0	34
		2024年	10	2	12	6	2	0	0	32
		2025年	13	4	8	6	1	0	0	32
	目標	12	8	5	3	3	0	1	32	
	水中・水上ドローン（水管を含む）	2021年	0	0	0	0	5	13	14	32
		2022年	0	0	0	0	4	27	1	32
		2023年	0	0	1	1	3	28	1	34
		2024年	0	0	2	3	1	25	1	32
		2025年	1	0	2	1	3	24	1	32
	目標	1	0	0	0	4	13	14	32	
	自走ドローン（地下、ダクト、煙突等）	2021年	0	0	0	3	9	8	12	32
		2022年	1	0	0	1	8	23	0	33
		2023年	1	0	0	2	8	24	0	34
2024年		1	0	0	1	6	23	0	32	
2025年		1	0	1	1	5	24	0	32	
目標	2	0	0	2	8	8	12	32		
ロボット	2021年	1	0	0	4	11	4	12	32	
	2022年	0	0	1	3	6	21	2	33	
	2023年	0	0	1	1	12	18	1	34	
	2024年	0	0	1	2	10	18	1	32	
	2025年	0	0	1	5	8	17	1	32	
目標	1	0	2	4	9	5	11	32		
3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視	自動計測装置（電流、電圧、圧力等）	2021年	18	1	9	1	1	2	2	32
		2022年	14	3	10	2	1	3	0	33
		2023年	10	3	12	2	3	4	0	34
		2024年	13	2	10	2	4	1	0	32
		2025年	15	2	11	2	1	1	0	32
	目標	19	3	7	0	1	1	1	32	
	可視カメラ（目視）	2021年	14	0	7	2	6	1	2	32
		2022年	12	0	11	2	4	4	0	33
		2023年	9	0	16	1	2	5	0	34
		2024年	11	0	12	2	2	5	0	32
		2025年	12	3	10	2	0	5	0	32
	目標	16	3	6	2	3	1	1	32	
	赤外線カメラ（熱画像等）	2021年	9	0	0	4	7	4	8	32
		2022年	5	0	3	3	5	16	1	33
		2023年	3	0	4	3	4	19	1	34
2024年		5	0	4	3	4	15	1	32	
2025年		7	1	5	2	2	14	1	32	
目標	7	1	4	4	3	3	8	32		
温度関係センサー（温度計・熱電対等）	2021年	5	0	4	6	2	16	0	33	
	2022年	2	0	5	7	5	15	0	34	
	2023年	6	1	4	5	3	14	0	32	
	2024年	6	1	8	3	3	11	0	32	
	2025年	7	1	4	3	4	3	10	32	
目標	3	0	0	1	6	9	13	32		
環境関連センサー（匂い、埃等）	2021年	2	0	2	2	2	23	2	32	
	2022年	1	0	0	2	5	28	1	34	
	2023年	2	0	0	1	4	23	1	32	
	2024年	2	0	1	2	4	22	1	32	
	2025年	2	0	1	2	4	22	1	32	
目標	3	0	2	3	4	8	12	32		
超音波センサー（放電、異音等）	2021年	3	0	1	3	8	6	11	32	
	2022年	1	0	1	5	4	20	2	32	
	2023年	1	0	1	2	9	20	1	34	
	2024年	1	1	1	4	7	17	1	32	
	2025年	2	1	4	1	7	16	1	32	
目標	4	0	3	3	7	5	10	32		
電流又は電圧の波形等の計測	2021年	16	0	4	2	4	3	3	32	
	2022年	13	0	7	6	1	5	1	33	
	2023年	9	1	6	4	6	7	1	34	
	2024年	14	1	6	5	2	3	1	32	
	2025年	14	1	8	4	1	3	1	32	
目標	16	1	6	2	2	3	2	32		
4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応	動作機器又は健全性のチェック	2021年	20	1	2	0	1	1	7	32
		2022年	18	2	6	0	0	4	3	33
		2023年	17	2	5	0	0	8	2	34
		2024年	19	1	6	0	0	3	3	32
		2025年	18	2	6	0	0	3	3	32
	目標	20	2	2	0	0	1	7	32	
	動作機器の再稼働に関する遠隔操作	2021年	19	1	6	0	1	4	4	33
		2022年	18	1	4	0	1	8	2	34
		2023年	18	1	5	0	1	4	3	32
		2024年	18	1	5	0	1	4	3	32
		2025年	18	1	5	0	1	4	3	32
	目標	19	2	2	0	1	1	7	32	
	緊急時の停止又は開放の遠隔操作	2021年	19	1	2	0	2	1	7	32
		2022年	17	1	7	0	1	3	4	33
		2023年	18	1	5	0	1	7	2	34
2024年		18	1	5	0	1	4	3	32	
2025年		18	1	5	0	1	4	3	32	
目標	19	2	2	0	1	1	7	32		
5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム	携帯端末機（タブレット等）の活用	2021年	15	2	5	3	5	1	1	32
		2022年	17	3	6	1	5	1	0	33
		2023年	14	3	8	0	6	2	1	34
		2024年	15	3	9	0	3	1	1	32
		2025年	16	6	6	1	2	0	1	32
	目標	19	3	4	1	3	1	1	32	
	ウェアラブルカメラ	2021年	7	1	7	6	9	1	1	32
		2022年	8	2	9	6	8	0	0	33
		2023年	8	2	12	4	8	0	0	34
		2024年	13	1	8	6	3	1	0	32
		2025年	15	3	8	2	3	1	0	32
	目標	13	4	8	1	3	1	2	32	
	現場管理又は操作マニュアルの電子化	2021年	13	2	4	1	7	1	4	32
		2022年	9	3	6	4	7	2	2	33
		2023年	8	3	9	2	8	3	1	34
2024年		11	3	11	5	5	0	1	32	
2025年		15	4	9	0	3	0	1	32	
目標	16	2	5	1	2	2	4	32		
6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援	現場における人の点検結果判断を支援	2021年	3	0	3	3	13	4	6	32
		2022年	1	1	3	7	15	6	0	33
		2023年	1	1	4	15	5	5	0	34
		2024年	2	1	4	8	13	4	0	32
		2025年	2	3	4	11	11	1	0	32
	目標	5	4	3	3	8	3	6	32	
	点検結果の自動判定（高度を除く）	2021年	3	1	4	3	13	4	4	32
		2022年	2	1	5	8	13	4	0	33
		2023年	2	0	5	11	14	2	0	34
		2024年	4	1	9	9	8	1	0	32
		2025年	4	2	9	12	5	0	0	32
	目標	6	5	3	2	9	2	5	32	
	データ分析による異常予測	2021年	2	1	2	2	17	4	4	32
		2022年	5	0	2	4	15	5	1	33
		2023年	4	0	4	3	16	6	1	34
2024年		5	0	2	5	14	5	1	32	
2025年		4	0	3	9	13	2	1	32	
目標	4	2	3	4	12	2	5	32		
総合評価による寿命予測	2021年	4	1	2	3	15	6	2	33	
	2022年	5	0	4	5	14	5	1	34	
	2023年	5	0	2	6	13	5	1	32	
	2024年	4	1	4	7	13	2	1	32	
	2025年	4	1	4	7	13	2	1	32	
目標	7	2	2	4	11	2	4	32		

(2) 個別設問

Figure 2-27 に送配電・変電設備におけるデータ活用による保安活動支援、Figure 2-28 に送配電・変電設備におけるロボット・ドローンの実装・運用、Figure 2-29 に送配電・変電設備における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用、Figure 2-30 に送配電・変電設備のロボット・ドローンおよび AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用における課題の調査結果をそれぞれ示す。

- 設問 1 (データ活用による保安活動支援) については、2025 年時点でデータを取得・保存している事業者は 31 業者(96.8%)と大多数を占めるものの、データ活用については、5 事業者(32.7%)が「収集・蓄積していない、活用していない、または予定がない」あるいは「検討中・準備中」と回答しており、多くの事業者でデータ活用した保安技術の実装・運用を予定しているにも関わらず、データを収集・保存しているデータの活用方法を検討・整理している段階の事業者も一定数見られることも考慮する必要がある。なお、電気設備のスマート化を推進するための第一歩としてデータ活用は重要であり、送配電・変電設備では業界全体でデータ活用を推進していると推察される。

なお、2026 年から 2030 年の期間におけるデータ活用による保安活動支援については、「異常予兆検知」(統計: 37.5%、AI: 56.3%)が最も多く、次いで「保守計画策定」(統計: 31.3%、AI: 15.6%)、「寿命予知」(統計: 28.1%、AI: 15.6%)の順となっている。積極的な保守・メンテナンスへのデータ活用が進められていると推測されるが、異常予兆検知を除き、従来の統計手法が AI 活用を上回る予測となっており、当面は堅実かつ迅速な適用を優先すると想定される。

また、データ活用による保安活動支援は、AI 技術の発達に連動して高度な AI 活用が主流となると想定される。

- 設問 2 (2026 年から 2030 年におけるロボット・ドローンの実装・運用) については、2 事業者(6.3%)が「検討中」と回答しているものの、ほとんどの事業者が何らかの業務に活用するとしており、段階的に着実な実装・運用が拡大すると想定される。

なお、実装・運用を想定している業務としては、「災害時等における被害状況把握」が 21 事業者(65.6%)と最も多く、次いで「点検」が 20 事業者(62.5%)、「巡視」が 19 事業者(59.4%)、「設備トラブル時の確認」が 14 事業者(43.8%)、「高所あるいは危険箇所の点検」が 10 事業者(31.3%)、「設備診断・メンテナンス」が 8 事業者(25.0%)となっている。送配電・変電設備は無人施設が多く、郊外かつ広域にわたる設備を有することからドローンやロボットの強みを生かした多種多様な業務への展開が計画・推進されていると推測される。

また、各業務において想定される運用レベルについては、一定数の「運用中」はあるものの、「一部運用」の回答が多く、慎重な運用段階を踏みながら進められ、運用環境や業務内容に適した多様なドローンやロボットの技術が確立することや「レベル 4 飛行」の実現や技術革新などによって活用する業務の種類と幅が広がりつつあることから、事業内容や導入効果の検証から運用レベルの見直しや導入判断を再検討している事業者が一定数あると推測される。

- 設問 3 (2026 年から 2030 年における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用)については、「検討中または準備中」と 8 事業者(25.0%)が回答しており、業務内容により導入姿勢は異なるものの多くの事業者が何らかの業務に活用するとしていることから、段階的に着実な実装・運用が拡大すると想定される。

なお、実装・運用を想定している業務は、現場判定の機械自動判定が 17 事業者(53.1%)と最も多く、次いで現場判定のサポートが 13 事業者(40.6%)、異常検知・前兆検知が 9 事業者(28.1%)、CBM 化が 6 事業者(18.8)、常時監視データの管理・判断と「予兆検知・寿命診断」がともに 5 事業者(15.6%)となっていることから、現場作業の効率化を推進する高度な統計や AI 活用は着実に進むものの、高度な AI を活用した予兆検知や寿命診断などの技術の実装・運用には時間と検証を要する状況と考えられる。

また、送配電・変電設備における業務への高度な AI 活用については、2025 年以降も当面は「一部運用」から段階的かつ慎重な実装・運用の方針である事業者が多いと想定される。

- 設問 4 (ロボット・ドローンおよび AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用における課題)について、「予定はない、わからない」の回答は 0 事業者(0.0%)となり、全事業者が実装・運用には何らかの課題があると回答している。

なお、「研究開発、導入または運用にかかわる費用、あるいは採算性」が 30 事業者(93.8%)と最も多く、次いで「安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策」が 21 事業者(65.6%)、「法、規則、内規、手続き等」が 20 事業者(62.5%)、「保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足」が 9 事業者(28.1%)、「導入技術への情報不足」が 7 事業者(21.9%)、「推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足」と「職員の雇用・配転問題、管理・運用に関する技術力低下等」がともに 5 事業者(15.6%)となっている。

また、多くの事業者が各課題に対して「とても重要」と回答しており、高度な専門知識を持つ人材の確保や先進技術の開発・実装を速やかに実施するためには、民間レベルでの開発では莫大な時間と費用などが必要なことから、国家規模でのプロジェクトにより基盤整備することが望ましいと想定される。

データ活用による保安活動支援

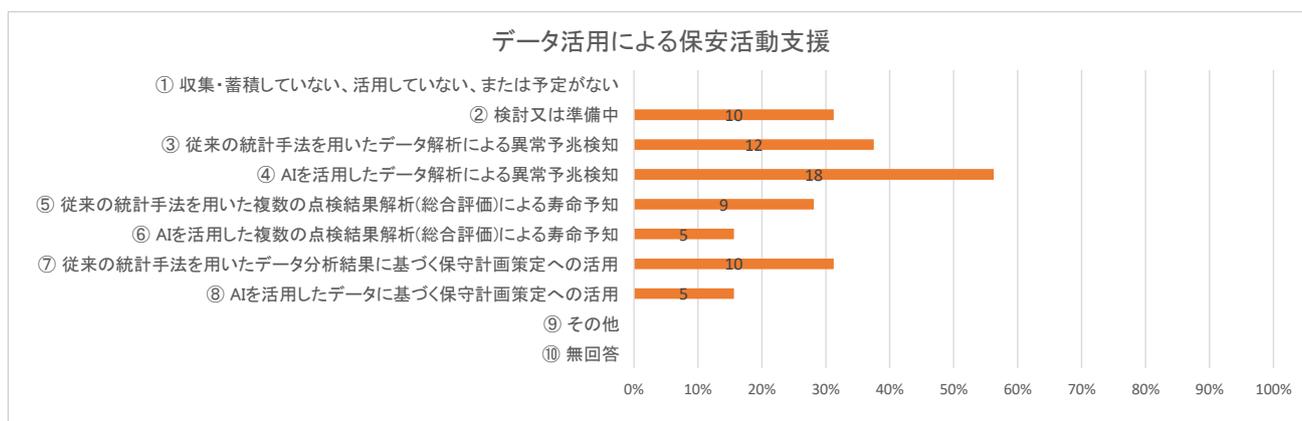


Figure 2-27 送配電・変電所におけるデータ活用による保安活動支援 (n=32)

Table 2-28 送配電・変電所におけるデータ活用による保安活動支援 (n=32)

内容	件数	回答率
① 収集・蓄積していない、活用していない、または予定がない	0	0.0%
② 検討又は準備中	10	31.3%
③ 従来の統計手法を用いたデータ解析による異常予兆検知	12	37.5%
④ AIを活用したデータ解析による異常予兆検知	18	56.3%
⑤ 従来の統計手法を用いた複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	9	28.1%
⑥ AIを活用した複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	5	15.6%
⑦ 従来の統計手法を用いたデータ分析結果に基づく保守計画策定への活用	10	31.3%
⑧ AIを活用したデータに基づく保守計画策定への活用	5	15.6%
⑨ その他	0	0.0%
⑩ 無回答	0	0.0%

ロボット・ドローンの実装・運用

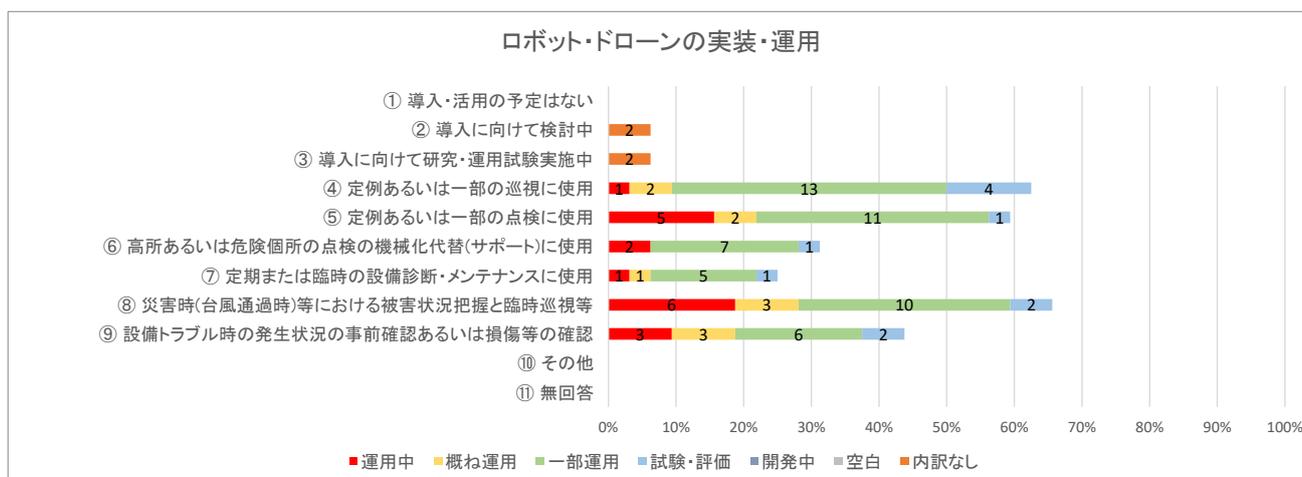


Figure 2-28 送配電・変電所におけるロボット・ドローンの実装・運用 (n=32)

Table 2-29 送配電・変電所におけるロボット・ドローンの実装・運用 (n=32)

内容	活用		運用レベル					
	件数	回答率	運用中	概ね運用	一部運用	試験・評価中	開発中	空白
① 導入・活用の予定はない	0	0.0%						
② 導入に向けて検討中	2	6.3%						
③ 導入に向けて研究・運用試験実施中	2	6.3%						
④ 定例あるいは一部の巡視に使用	20	62.5%	1	2	13	4	0	0
⑤ 定例あるいは一部の点検に使用	19	59.4%	5	2	11	1	0	0
⑥ 高所あるいは危険個所の点検の機械化代替(サポート)に使用	10	31.3%	2	0	7	1	0	0
⑦ 定期または臨時の設備診断・メンテナンスに使用	8	25.0%	1	1	5	1	0	0
⑧ 災害時(台風通過時)等における被害状況把握と臨時巡視等	21	65.6%	6	3	10	2	0	0
⑨ 設備トラブル時の発生状況の事前確認あるいは損傷等の確認	14	43.8%	3	3	6	2	0	0
⑩ その他	0	0.0%	0	0	0	0	0	0
⑪ 無回答	0	0.0%						

AI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用

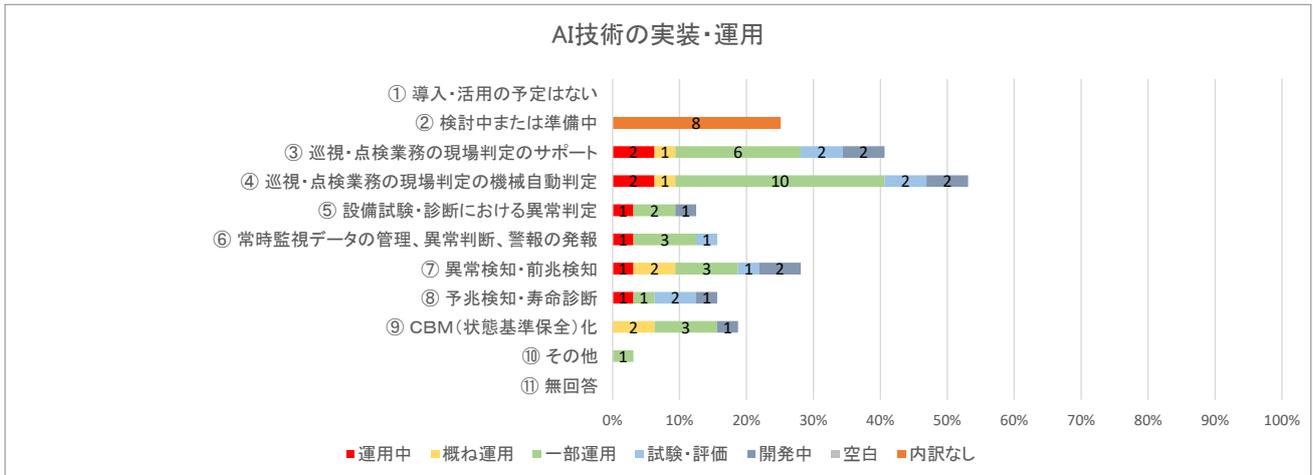


Figure 2-29 送配電・変電所における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用 (n=32)

Table 2-30 送配電・変電所における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用 (n=32)

内容	活用		運用レベル					
	件数	回答率	運用中	概ね運用	一部運用	試験・評価中	開発中	空白
① 導入・活用予定はない	0	0.0%						
② 検討中または準備中	8	25.0%						
③ 巡視・点検業務の現場判定のサポート	13	40.6%	2	1	6	2	2	0
④ 巡視・点検業務の現場判定の機械自動判定	17	53.1%	2	1	10	2	2	0
⑤ 設備試験・診断における異常判定	4	12.5%	1	0	2	0	1	0
⑥ 常時監視データの管理、異常判断、警報の発報	5	15.6%	1	0	3	1	0	0
⑦ 異常検知・前兆検知	9	28.1%	1	2	3	1	2	0
⑧ 予兆検知・寿命診断	5	15.6%	1	0	1	2	1	0
⑨ CBM(状態基準保全)化	6	18.8%	0	2	3	0	1	0
⑩ その他	1	3.1%	0	0	1	0	0	0
⑪ 無回答	0	0.0%						

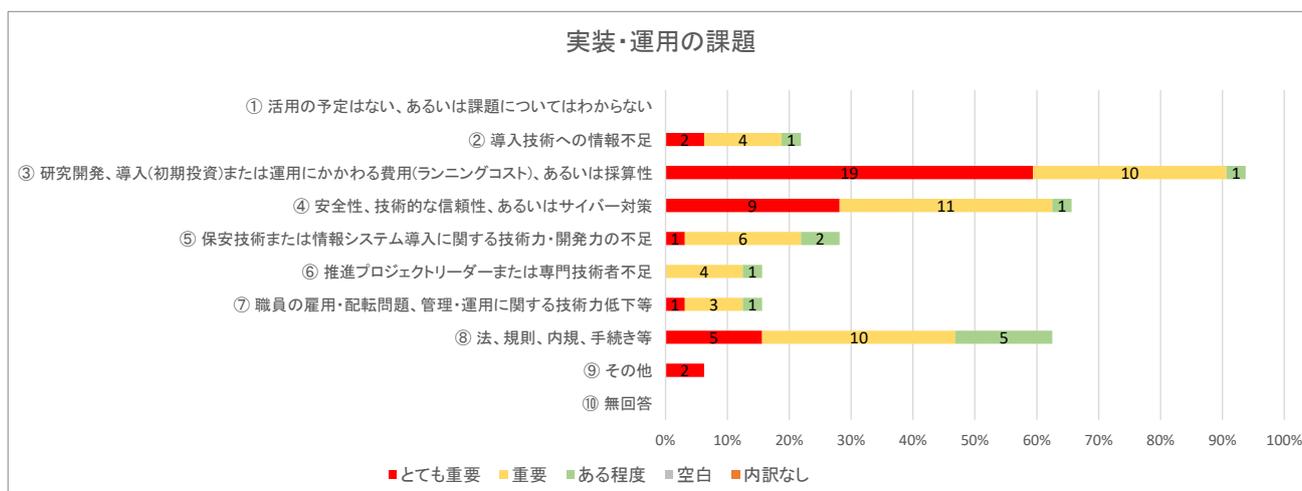


Figure 2-30 送配電・変電所におけるロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題 (n=32)

Table 2-31 送配電・変電所におけるロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題 (n=32)

内容	活用		重要度			
	件数	回答率	とても重要	重要	ある程度	空白
① 活用の予定はない、あるいは課題についてはわからない	0	0.0%				
② 導入技術への情報不足	7	21.9%	2	4	1	0
③ 研究開発、導入(初期投資)または運用にかかわる費用(ランニングコスト)、あるいは採算性	30	93.8%	19	10	1	0
④ 安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策	21	65.6%	9	11	1	0
⑤ 保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足	9	28.1%	1	6	2	0
⑥ 推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足	5	15.6%	0	4	1	0
⑦ 職員の雇用・配転問題、管理・運用に関する技術力低下等	5	15.6%	1	3	1	0
⑧ 法、規則、内規、手続き等	20	62.5%	5	10	5	0
⑨ その他	2	6.3%	2	0	0	0
⑩ 無回答	0	0.0%				

(3) 業界の現状とスマート保安への取組

- 送配電事業の一層の中立性を確保するため、電力システム改革（第三弾）により、2020年4月に電力各社の送配電部門が法的分離された。

一般送配電事業者各社では、時々刻々と変化する需要と供給を一致させ、周波数を維持するために使用される電気量に従って供給量を調整する「需給運用業務」と電力システムを監視・制御する「系統運用業務」の2つを、24時間365日体制で実施している。電力品質確保に関する監視業務や電気設備の指令・操作は、拠点統廃合による集中化やシステム構築による自動化により省力化が図られている。一方で、需要変動に応じた発電設備の出力調整や事故時の復旧操作などは、依然として人による判断・対応が必要となる。

- 送電・変電設備の巡視・点検などの保全業務は、拠点事業所への人員配置による集中化とともに、ドローンやIoT、AIなどの新技術導入によるスマート保安が進められている。有人変電所の無人化（遠隔監視制御）や送電設備の巡視・点検へのドローン活用など、様々な技術開発・設備保全に関するシステム開発などの推進により、保安の高度化・効率化が図られている。

さらなる保安の高度化・効率化に向け、ドローン、AI、ビッグデータ分析などの新たな技術開発を展開し、高経年設備の増加、労働人口減少などの社会構造の変化、災害の激甚化、新型コロナウイルス感染症蔓延による環境変化などに対し、電力保安レベルを落とさずに電力の安定供給を達成するため、各種デジタル技術を導入し、電力保安レベルの維持向上および生産性向上を図る必要がある。

- 送配電網協議会の「一般送配電事業者におけるスマート保安推進の取り組み」によると、一般送配電事業者は、電力安全部会にて示されたアクションプランに基づき、ドローンやウェアラブルカメラの活用を進めるとともに、AIやビッグデータを活用した設備不具合の予兆検知や劣化診断技術の開発・導入を進め、電力保安の高度化・合理化を図るとしている。取組の方向性として、高所点検作業などへのドローン活用、自動巡視点検へのロボット活用、AIによる劣化診断、各種データ分析に基づく補修計画や取替計画の合理化・高度化、ウェアラブルカメラや携帯端末などによる現地対応支援が挙げられている。

具体的な取組事例として、カメラ付きドローンを用いた送電線の自動追尾点検により、送電線の保安点検業務の安全性向上・効率化を目指すこと、変電設備異常診断AIシステムにより、現場業務の効率化および高度化（スキルレス化）を図ること、ウェアラブルカメラを用いた遠隔支援により、複数人での現地出向の機会を減らし、過去の不具合事例等の情報を即座に連携することで業務の効率化・高度化につなげること、ドローンを活用して、土砂崩れや倒木など立入困難箇所における被害状況を安全かつ早期に把握することなどが挙げられている。

スマート化の今後の展望として、①デジタル化・条件整備(2020年～ ビッグデータ蓄積、各種機器性能評価、AIアルゴリズム構築)、②導入期(2025年～ CBM化、点検・巡視の効率化、劣化診断・予測技術の高度化)、③自動化(2030年～デジタル技術の用途・適用範囲の拡大)という三つのステップが示されている。

- 送電線・配電線・変電所の巡視点検においては、作業員が車や徒歩により現地出向し、作業

員の五感による外観異常や異音、異臭の確認、計測器による設備の健全性確認が行われており、設備の良否判断は作業員への依存度が高い状況となっている。山間部などでは徒歩での長時間移動により労力を要すること、鉄塔・電柱への昇塔・昇柱などが必要となる場合は、高所・充電部近接での作業となり墜落や感電など人身災害の危険を伴うこと、災害時には土砂崩壊に巻き込まれるなどの二次災害の危険性があること、天候不良や通行止めなどにより設備の被害状況把握に遅れが発生することなどが課題となっている。

- 生産年齢人口の減少により、工事会社の施工力不足が懸念されることから、①IoT や AI を活用したデータ収集・分析で、設備の稼働状況や異常をリアルタイムに把握し、点検や補修作業を効率化、②センサーやビッグデータ分析により、設備劣化や故障を事前に予測・対応し、突発的なトラブル発生を抑制、③機械化・自動化などにより、人的作業の削減と安全性向上、④作業のデジタル化により、ノウハウ共有の簡易化と作業品質の均一化、⑤設備状態把握の精緻化や効率化による、不要な点検・作業の削減と長期的な投資効率向上などが期待される。
- 一般送配電事業者では、作業時間や昇塔柱作業・山間部歩行などの削減による安全性向上、被災状況の早期把握を目的として、巡視点検や災害発生時の状況確認などにドローンを導入している。安全な自動飛行や自動飛行の撮影システムの開発・現場運用を進めているが、現状は、操縦者が対象鉄塔などの直下まで趣、目視内でドローンを飛行させる方法が主である。レベル4飛行（有人地帯における目視外飛行）の実現に向けて、国の審議会などで様々な制度が整備されており、要件として、機体認証や操縦ライセンス、運航管理体制の設置、安全確保措置を講じる必要がある。

また、巡視点検業務へのビッグデータや人工知能（AI）の活用により、設備劣化度合いなどの判定ばらつきの解消や、自動化が期待されるため、一般送配電事業者間で、巡視点検時に取得した設備劣化画像（教師データ）の共有や評価データ取得時における画素数や明度などの考慮事項の整理が行われている。
- 変電設備では、ガス圧や温度情報などのアナログ保全情報をセンシング技術でデジタル化し、ネットワーク伝送により、設備の劣化・異常把握を従来よりも高精度でリアルタイムに行う「変電所のデジタル化」が進められている。
- 一般送配電事業者間では、仕様統一による、コスト低減・生産性向上（仕様の合理化に伴う製造原価低減、共通化に伴うスケールメリットなど）やレジリエンス向上（復旧資材の共通化など）を目指した取り組みが進められている。

2.3.6 需要設備

(1) 個別技術

Figure 2-31 に需要設備における個別技術活用の取組状況の評点評価（取組レベルの 5 段階評価）を、Figure 2-32 に需要設備における個別技術活用のそれぞれの回答状況を示す。

- 大項目別では、「1 現場作業のデジタル化（可搬型：五感から数値判断へ）」が目標を達成しており、個別技術では「自動計測装置（電流、電圧、圧力等）」、「携帯端末機（タブレット等）」および「現場管理または操作マニュアルの電子化」が積極的に導入推進されて目標を達成している。なお、目標は 2021 年度のアンケート調査において、事業者が回答した「2025 年の取組状況」をもとに設定したものである。
- 個別技術では、2025 年の評点が 2021 年時点の評点を下回る個別技術が 11 技術(45.8%)、想定評点目標に満たない個別技術は 17 技術(70.8%)となっていることから、2021 年当初は導入効果を期待して試験・評価を予定していた技術であったが、運用効果が見込めず導入を見送ったものが多数あったと想定される。
- 2021 年に予想した 2025 年の評点目標は、24 個別技術中 7 技術(29.2%)が目標達成となっている。

なお、KPI に設定されている個別技術は 2 項目すべてが想定評点を達成しており、積極的な推進が図られたと推察される。

- 一方、「自動計測装置（電流、電圧、圧力等）」を除く「各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視」、「4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応」および「6 高度な統計手法又は AI を活用した業務支援」は、2025 年において多少比率は異なるものの、「予定無し」と「検討中」の合計が 8 割前後、「一部実施」2 割前後となっていることから、外部委託の設備においては、一部の事業者が活用を試みてはいるものの、多くの事業者は実装・運用が困難な技術と評価していると推測される。

遠隔状態監視や「6 高度な統計手法又は AI を活用した業務支援」の実装・運用には、データの収集・活用や専門技術者の確保、初期投資が必要となる。先進的な事業者が先行してこれらの技術を実装・運用することで、運用ノウハウが蓄積され、業界全体のスマート化が牽引・推進されることが期待される。

- 「2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検」と「4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応」の個別技術は、2021 年当初から継続して「予定無し」と回答する事業者が 9 割前後となっていることから、需要設備の、保守・メンテナンスにおいては導入・運用することが困難な技術であると推察される。
- 「6 高度な統計手法又は AI を活用した業務支援」においては、全ての項目が「検討中」あるいは「予定無し」と回答している事業者が 8 割前後を占めている。一方、「一部実施」あるいは「試験・評価中」と回答している事業者も少数あることから、現時点では、導入・運用に向けて準備を進める先進的な一部の事業者と導入を保留あるいは様子見している多数の事業者に二分されていると推察される。

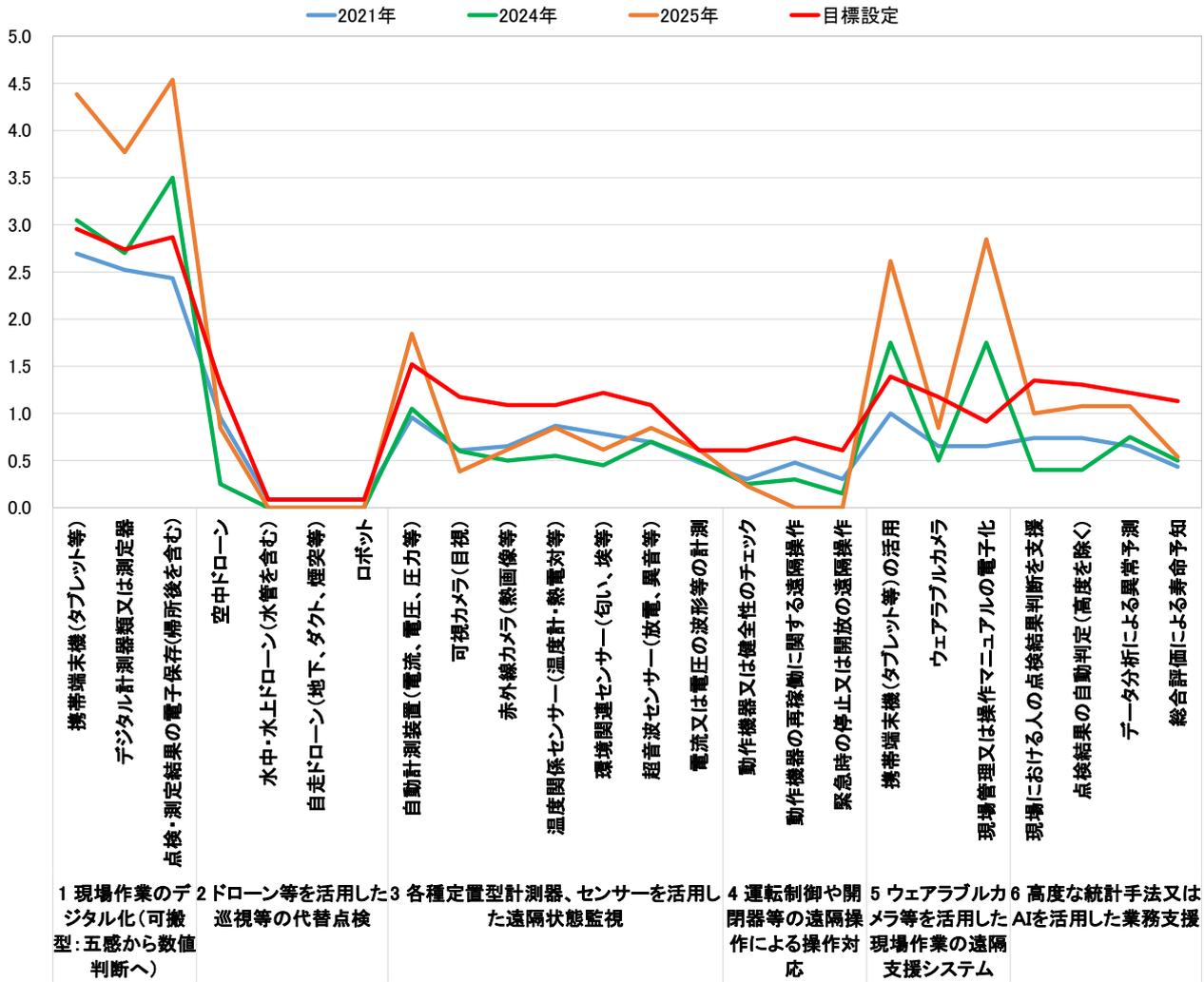


Figure 2-31 需要設備における個別技術活用の取組状況

Table 2-32 需要設備における個別技術活用の総合評価

項目	総合評点					進捗		目標設定	
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)		
1 現場作業のデジタル化(可搬型:五感から数値判断へ)	携帯端末機(タブレット等)	2.7	4.1	3.8	3.1	4.4	1.3	1.7	3.0
	デジタル計測器類又は測定器	2.5	3.5	3.5	2.7	3.8	1.1	1.2	2.7
	点検・測定結果の電子保存(掃所後を含む)	2.4	3.9	3.8	3.5	4.5	1.0	2.1	2.9
2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検	空中ドローン	1.0	1.1	1.2	0.3	0.8	0.6	-0.1	1.3
	水中・水上ドローン(水管を含む)	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.1
	自走ドローン(地下、ダクト、煙突等)	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.1
	ロボット	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.1
3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視	自動計測装置(電流、電圧、圧力等)	1.0	2.3	2.1	1.1	1.8	0.8	0.9	1.5
	可視カメラ(目視)	0.6	1.1	1.4	0.6	0.4	-0.2	-0.2	1.2
	赤外線カメラ(熱画像等)	0.7	0.9	1.6	0.5	0.6	0.1	-0.0	1.1
	温度関係センサー(温度計・熱電対等)	0.9	1.7	1.9	0.6	0.8	0.3	-0.0	1.1
	環境関連センサー(匂い、埃等)	0.8	1.1	0.9	0.5	0.6	0.2	-0.2	1.2
	超音波センサー(放電、異音等)	0.7	1.2	1.4	0.7	0.8	0.1	0.2	1.1
	電流又は電圧の波形等の計測	0.5	0.9	1.1	0.5	0.6	0.1	0.1	0.6
4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応	動作機器又は健全性のチェック	0.3	0.9	0.5	0.3	0.2	-0.0	-0.1	0.6
	動作機器の再稼働に関する遠隔操作	0.5	0.9	0.4	0.3	0.0	-0.3	-0.5	0.7
	緊急時の停止又は開放の遠隔操作	0.3	0.7	0.0	0.2	0.0	-0.2	-0.3	0.6
5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム	携帯端末機(タブレット等)の活用	1.0	1.8	1.6	1.8	2.6	0.9	1.6	1.4
	ウェアラブルカメラ	0.7	1.2	0.6	0.5	0.8	0.3	0.2	1.2
	現場管理又は操作マニュアルの電子化	0.7	1.8	1.8	1.8	2.8	1.1	2.2	0.9
6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援	現場における人の点検結果判断を支援	0.7	1.0	0.6	0.4	1.0	0.6	0.3	1.3
	点検結果の自動判定(高度を除く)	0.7	1.3	0.6	0.4	1.1	0.7	0.3	1.3
	データ分析による異常予測	0.7	1.1	0.9	0.8	1.1	0.3	0.4	1.2
	総合評価による寿命予知	0.4	0.8	0.6	0.5	0.5	0.0	0.1	1.1

注：進捗の計算は、各年の評点を四捨五入する前の値をもとに計算しており、表示値の計算と異なる場合がある。

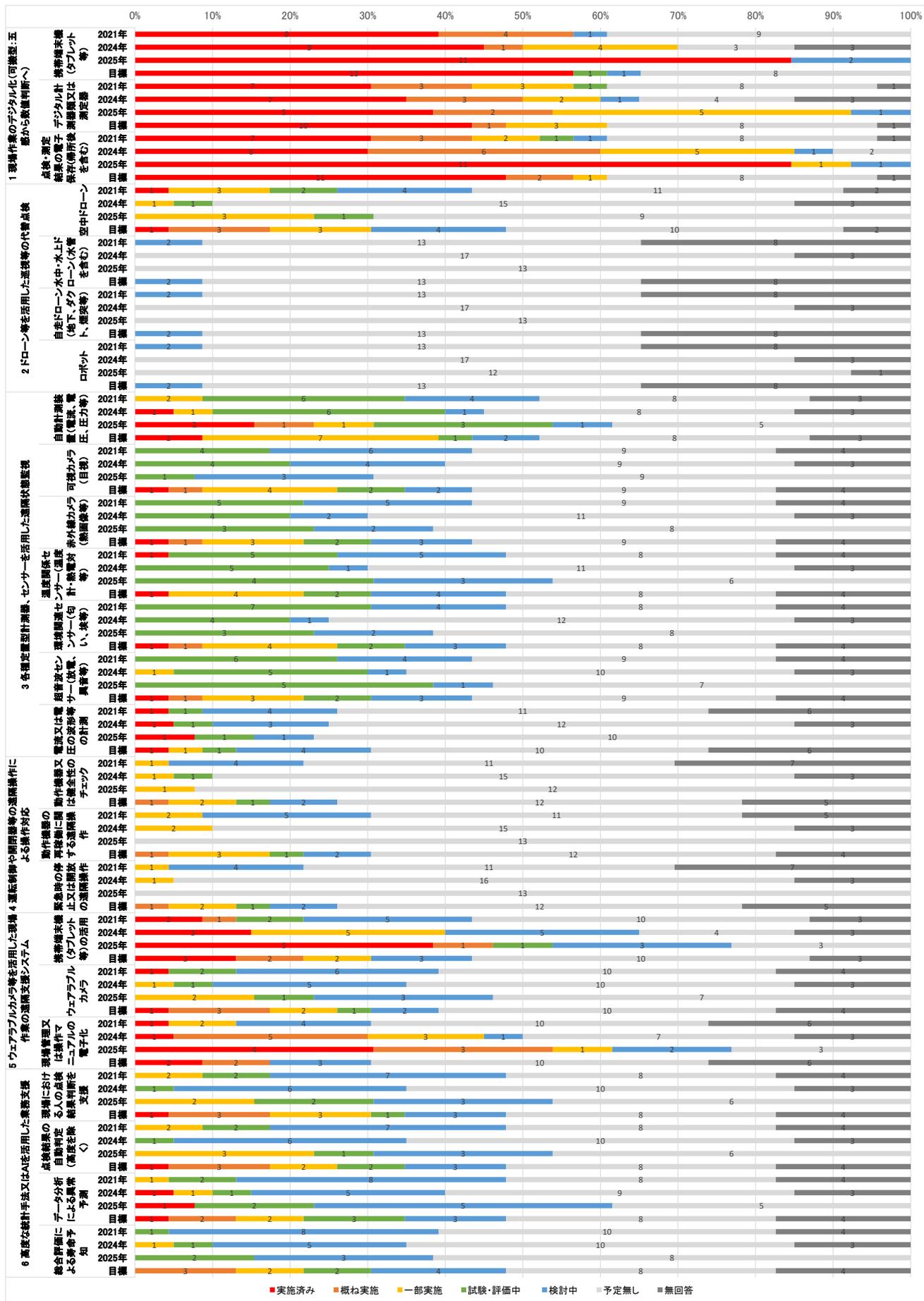


Figure 2-32 需要設備における個別技術活用の状況

Table 2-33 需要設備における個別技術活用の状況（回答数）

項目	対象年	回答件数							合計		
		実施済み	概ね実施	一部実施	既験・評価中	検討中	予定無し	無回答			
1 現場作業のデジタル化（可搬型：五感から数値判断へ）	携帯端末機（タブレット等）	2021年	9	4	0	1	0	9	0	23	
		2022年	9	0	1	2	1	0	0	13	
		2023年	9	0	0	4	0	0	3	14	
		2024年	9	1	4	0	0	0	3	20	
		2025年	11	0	0	0	2	0	0	13	
	目標	13	0	0	1	1	8	0	23		
	デジタル計測器類又は測定器	2021年	7	3	3	1	0	8	1	23	
		2022年	6	0	4	1	1	1	0	13	
		2023年	6	0	4	1	1	1	0	14	
		2024年	7	3	2	0	1	4	3	20	
		2025年	5	2	5	0	1	0	0	13	
	目標	10	3	3	1	1	8	1	23		
	点検・測定結果の電子保存（掃所後を含む）	2021年	7	1	3	1	1	0	0	13	
		2022年	6	2	4	1	1	0	0	14	
		2023年	6	8	5	0	1	2	0	20	
2024年		11	0	1	0	1	0	0	13		
2025年		11	2	1	0	0	8	1	23		
目標	11	0	3	2	4	11	2	23			
2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検	空中ドローン	2021年	1	0	3	2	4	11	2	23	
		2022年	0	0	2	3	2	6	0	13	
		2023年	0	0	4	2	1	7	0	14	
		2024年	0	0	4	1	0	15	3	20	
		2025年	0	0	3	1	0	9	0	13	
	目標	1	3	3	0	4	10	2	23		
	水中・水上ドローン（水管を含む）	2021年	0	0	0	0	0	13	0	13	
		2022年	0	0	0	0	0	17	3	20	
		2023年	0	0	0	0	0	13	8	23	
		2024年	0	0	0	0	0	14	0	14	
		2025年	0	0	0	0	0	13	0	13	
	目標	0	0	0	0	0	13	8	23		
	自走ドローン（地下、ダクト、煙突等）	2021年	0	0	0	0	0	13	0	13	
		2022年	0	0	0	0	0	14	0	14	
		2023年	0	0	0	0	0	17	3	20	
2024年		0	0	0	0	0	13	0	13		
2025年		0	0	0	0	0	13	0	13		
目標	0	0	0	0	2	13	8	23			
ロボット	2021年	0	0	0	0	2	13	8	23		
	2022年	0	0	0	0	0	13	0	13		
	2023年	0	0	0	0	0	14	0	14		
	2024年	0	0	0	0	0	17	3	20		
	2025年	0	0	0	0	0	12	1	13		
目標	0	0	0	0	2	13	8	23			
3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視	自動計測装置（電流、電圧、圧力等）	2021年	0	0	0	0	2	13	8	23	
		2022年	0	0	2	6	4	1	8	3	23
		2023年	0	0	7	4	1	1	0	13	
		2024年	1	0	4	5	3	1	0	14	
		2025年	1	0	1	6	1	5	0	13	
	目標	2	0	7	3	1	5	3	23		
	可視カメラ（目視）	2021年	0	0	0	4	6	9	4	23	
		2022年	0	0	0	6	2	5	0	13	
		2023年	1	1	0	4	3	5	0	14	
		2024年	0	0	0	4	4	9	3	20	
		2025年	0	0	0	1	3	9	0	13	
	目標	1	1	4	2	2	9	4	23		
	赤外線カメラ（熱画像等）	2021年	0	0	0	5	5	9	4	23	
		2022年	0	0	0	5	2	6	0	13	
		2023年	1	1	1	4	3	4	0	14	
2024年		0	0	0	4	2	11	3	20		
2025年		0	0	0	3	2	8	0	13		
目標	1	0	3	2	3	9	4	23			
温度関係センサー（温度計・熱電対等）	2021年	1	0	0	5	5	8	4	23		
	2022年	0	0	3	6	1	3	0	13		
	2023年	0	0	5	5	2	2	0	14		
	2024年	0	0	0	5	1	11	3	20		
	2025年	0	0	0	5	2	6	0	13		
目標	0	0	4	2	4	8	4	23			
環境関連センサー（匂い、埃等）	2021年	0	0	0	7	4	8	4	23		
	2022年	0	0	0	6	2	5	0	13		
	2023年	0	0	0	5	2	7	0	14		
	2024年	0	0	0	4	1	12	3	20		
	2025年	0	0	0	3	2	8	0	13		
目標	1	1	4	2	3	8	4	23			
超音波センサー（放電、異音等）	2021年	0	0	0	6	4	9	4	23		
	2022年	0	0	0	3	3	4	0	13		
	2023年	0	0	2	5	3	4	0	14		
	2024年	0	0	1	5	1	10	3	20		
	2025年	0	0	0	5	1	7	0	13		
目標	1	1	3	2	3	9	4	23			
電流又は電圧の波形等の計測	2021年	0	0	1	3	3	6	0	13		
	2022年	1	0	2	1	3	7	0	14		
	2023年	1	0	0	1	3	12	3	20		
	2024年	1	0	0	1	1	10	0	13		
	2025年	1	0	1	1	4	10	6	23		
目標	1	0	1	1	4	10	6	23			
4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応	動作機器又は健全性のチェック	2021年	0	0	1	0	4	11	7	23	
		2022年	0	0	4	0	0	9	0	13	
		2023年	0	1	1	2	0	12	0	14	
		2024年	0	0	1	1	0	15	3	20	
		2025年	0	0	1	0	0	12	0	13	
	目標	0	1	2	1	2	12	5	23		
	動作機器の再稼働に関する遠隔操作	2021年	0	0	4	0	0	9	0	13	
		2022年	0	0	2	0	0	12	0	14	
		2023年	0	0	2	0	0	15	3	20	
		2024年	0	0	0	0	0	13	0	13	
		2025年	0	0	0	0	0	13	0	13	
	目標	0	0	3	1	2	12	4	23		
	緊急時の停止又は開放の遠隔操作	2021年	0	0	1	0	4	11	7	23	
		2022年	0	0	3	0	0	10	0	13	
		2023年	0	0	0	0	0	14	0	14	
2024年		0	0	1	0	0	16	3	20		
2025年		0	0	0	0	0	13	0	13		
目標	0	1	2	1	2	12	5	23			
5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム	携帯端末機（タブレット等）の活用	2021年	2	1	0	2	5	10	3	23	
		2022年	2	1	1	2	2	5	0	13	
		2023年	2	1	1	0	5	5	0	14	
		2024年	3	0	5	0	5	4	3	20	
		2025年	5	1	0	1	3	3	0	13	
	目標	3	2	2	0	3	10	3	23		
	ウェアラブルカメラ	2021年	1	0	0	2	6	10	4	23	
		2022年	0	0	0	2	5	7	0	14	
		2023年	0	0	1	1	5	10	3	20	
		2024年	0	0	2	1	3	7	0	13	
		2025年	1	3	2	1	2	10	4	23	
	目標	1	0	2	0	4	10	6	23		
	現場管理又は操作マニュアルの電子化	2021年	1	1	3	3	0	5	0	13	
		2022年	1	0	5	0	5	3	0	14	
		2023年	1	5	3	0	1	7	3	20	
2024年		4	3	1	0	2	3	0	13		
2025年		2	2	0	0	3	10	6	23		
目標	2	2	0	2	2	10	4	23			
6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援	現場における人の点検結果判断を支援	2021年	0	0	2	2	7	8	4	23	
		2022年	0	0	1	2	6	4	0	13	
		2023年	0	0	0	1	6	7	0	14	
		2024年	0	0	0	1	6	10	3	20	
		2025年	0	0	2	2	3	6	0	13	
	目標	1	3	3	1	3	8	4	23		
	点検結果の自動判定（高度を除く）	2021年	0	0	3	2	7	8	4	23	
		2022年	0	0	3	2	4	4	0	13	
		2023年	0	0	1	1	4	8	0	14	
		2024年	0	0	0	1	6	10	3	20	
		2025年	0	0	0	1	3	6	0	13	
	目標	1	3	2	2	3	8	4	23		
	データ分析による異常予測	2021年	0	0	1	2	8	8	4	23	
		2022年	0	0	1	4	3	5	0	13	
		2023年	1	0	0	2	4	7	0	14	
2024年		1	0	1	2	5	9	3	20		
2025年		1	0	0	2	5	5	0	13		
目標	1	2	2	3	3	8	4	23			
総合評価による寿命予測	2021年	0	0	0	10	8	4	4	23		
	2022年	0	0	0	3	4	6	0	13		
	2023年	0	0	0	2	5	7	0	14		
	2024年	0	0	1	1	5	10	3	20		
	2025年	0	0	0	2	3	8	0	13		
目標	0	3	2	2	4	8	4	23			

(2) 個別設問

Figure 2-27 に需要設備におけるデータ活用による保安活動支援、Figure 2-28 に需要設備におけるロボット・ドローンの実装・運用、Figure 2-29 に需要設備における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用、Figure 2-30 に需要設備のロボット・ドローンおよび AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用における課題の調査結果をそれぞれ示す。

- 設問 1 (データ活用による保安活動支援) については、2025 年時点でデータを取得・保存している事業者は 12 事業者(92.3%)とほぼ全事業者であるものの、データ活用については、7 事業者(53.8%)が「検討中・準備中」と回答しており、データの活用方法を検討・整理している段階の事業者が半数を占めている。電気設備のスマート化を推進するための第一歩としてデータ活用は重要であり、需要設備ではデータ活用のさらなる拡大による保安技術の導入が望まれる。

なお、2026 年から 2030 年の期間におけるデータ活用による保安活動支援については、「異常予兆検知」(統計: 15.4%、AI: 30.8%)が最も多く、次いで「保守計画策定」(統計: 15.4%、AI: 15.4%)、「寿命予知」(統計: 0.0%、AI: 15.4%)の順となっている。一部の事業者により積極的な保守・メンテナンスへのデータ活用が進められていると推測されると同時に、全ての保安技術の手法について、適用スピードや有効性を評価しつつ従来の統計手法と AI 活用を比較し、AI 活用に比重を置きつつ実装・運用していると推測される。なお、データ活用による保安活動支援は、AI 技術の発達に連動して高度な AI 活用が主流となると想定される。

- 設問 2 (2026 年から 2030 年におけるロボット・ドローンの実装・運用) については、11 事業者(84.6%)が「予定はない」または「検討中」と回答しており、一部の先進的な事業者を除く多くの事業者が活用に躊躇または保留としており、外部委託の多い需要設備ではロボット・ドローンの活用は限定的になると想定される。

なお、実装・運用を想定している業務としては、「設備診断・メンテナンス」が 2 事業者(15.4%)、「点検」、「災害時等における被害状況把握」、「設備トラブル時の確認」が 1 事業者(7.7%)となっている。需要設備は設備の種類や規模が多様であり、外部委託が多いなどの関係で、先端的なロボット・ドローンを現場作業に展開することは、慎重かつ準備が必要と推測される。

また、各業務において想定される運用レベルについては、運用レベルでの活用予定はなく、全て「一部運用」と「試験・評価」と回答していることから、慎重かつリリース&トライによる段階的な運用段階での展開となると推測される。

- 設問 3 (2026 年から 2030 年における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用) については、9 事業者(69.2%)が「予定はない」あるいは「検討中または準備中」と回答しており、7 割の事業者が活用を保留あるいは検討段階と想定されるものの、一部の事業者が活用に向けて準備していると想定される。

なお、実装・運用を想定している業務は、現場判定のサポート、常時監視データの管理・判断および異常検知・前兆検知がともに 2 事業者(15.4%)、設備試験・診断における異常判

定、「予兆検知・寿命診断」およびCBM（状態基準保全）化がともに1事業者(7.7%)となっており、活用想定業務に偏りは無いものの、現場作業の効率化を推進するAI活用と高度なAI技術の実装・運用について、もう少し時間と検証を重ねる必要があると想定していると推察される。

また、需要設備における業務へのAI活用については、運用レベルでの活用予定はなく、2025年以降も「一部運用」が少数あるものの、「試験・評価」の事業者が多いことから、一部の事業者が段階的かつ慎重な実装・運用の方針であると想定される。

- 設問4（ロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題)について、「予定はない、わからない」の回答は5事業者(38.5%)となっており、多くの事業者が実装・運用には何らかの課題があると回答している。

なお、「研究開発、導入または運用にかかわる費用、あるいは採算性」が6事業者(46.2%)と最も多く、次いで「安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策」が4事業者(30.8%)、「導入技術への情報不足、推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足」と「法、規則、内規、手続き等」がともに3事業者(23.1%)、「保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足」が2事業者(15.4%)となっている。

また、各課題に対して、「とても重要」あるいは「重要」と回答した事業者がほとんどであることから、高度な専門知識を持つ人材確保や先進技術の開発・実装を速やかに実施するためには、規則の見直しや国家規模でのプロジェクトにより基盤整備をすることが望ましいと想定される。

データ活用による保安活動支援

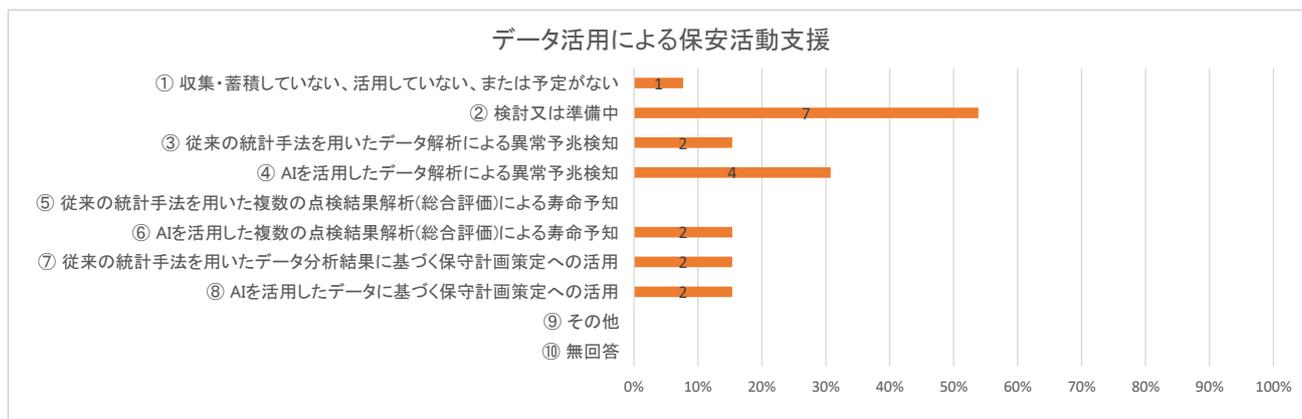


Figure 2-33 需要設備におけるデータ活用による保安活動支援 (n=13)

Table 2-34 需要設備におけるデータ活用による保安活動支援 (n=13)

内容	件数	回答率
① 収集・蓄積していない、活用していない、または予定がない	1	7.7%
② 検討又は準備中	7	53.8%
③ 従来の統計手法を用いたデータ解析による異常予兆検知	2	15.4%
④ AIを活用したデータ解析による異常予兆検知	4	30.8%
⑤ 従来の統計手法を用いた複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	0	0.0%
⑥ AIを活用した複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	2	15.4%
⑦ 従来の統計手法を用いたデータ分析結果に基づく保守計画策定への活用	2	15.4%
⑧ AIを活用したデータに基づく保守計画策定への活用	2	15.4%
⑨ その他	0	0.0%
⑩ 無回答	0	0.0%

ロボット・ドローンの実装・運用

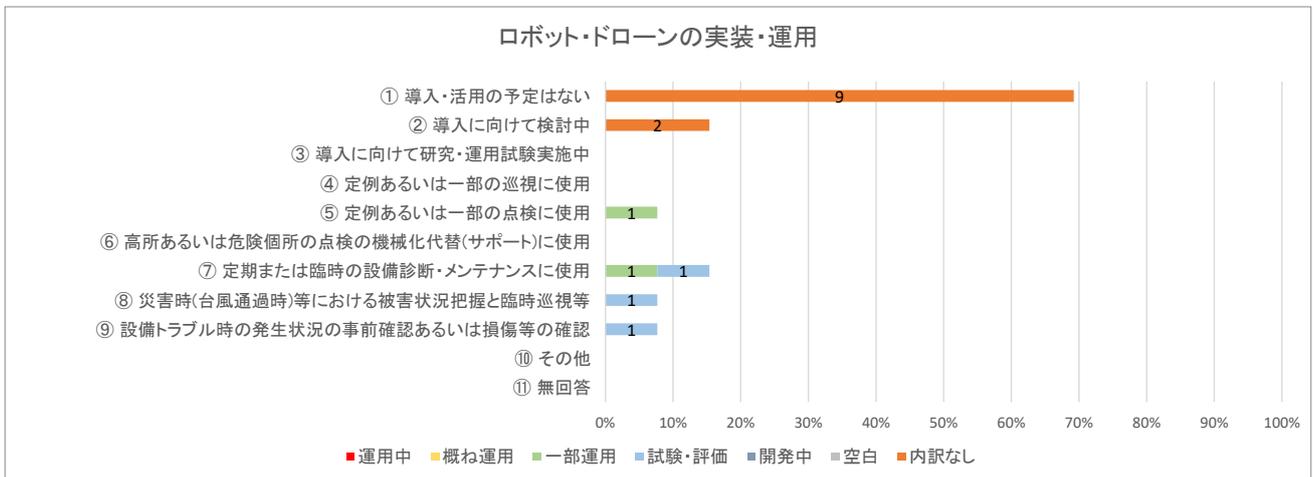


Figure 2-34 需要設備におけるロボット・ドローンの実装・運用 (n=13)

Table 2-35 需要設備におけるロボット・ドローンの実装・運用 (n=13)

内容	活用		運用レベル					
	件数	回答率	運用中	概ね運用	一部運用	試験・評価中	開発中	空白
① 導入・活用の予定はない	9	69.2%						
② 導入に向けて検討中	2	15.4%						
③ 導入に向けて研究・運用試験実施中	0	0.0%						
④ 定例あるいは一部の巡視に使用	0	0.0%	0	0	0	0	0	0
⑤ 定例あるいは一部の点検に使用	1	7.7%	0	0	1	0	0	0
⑥ 高所あるいは危険個所の点検の機械化代替(サポート)に使用	0	0.0%	0	0	0	0	0	0
⑦ 定期または臨時の設備診断・メンテナンスに使用	2	15.4%	0	0	1	1	0	0
⑧ 災害時(台風通過時)における被害状況把握と臨時巡視等	1	7.7%	0	0	0	1	0	0
⑨ 設備トラブル時の発生状況の事前確認あるいは損傷等の確認	1	7.7%	0	0	0	1	0	0
⑩ その他	0	0.0%	0	0	0	0	0	0
⑪ 無回答	0	0.0%						

AI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用

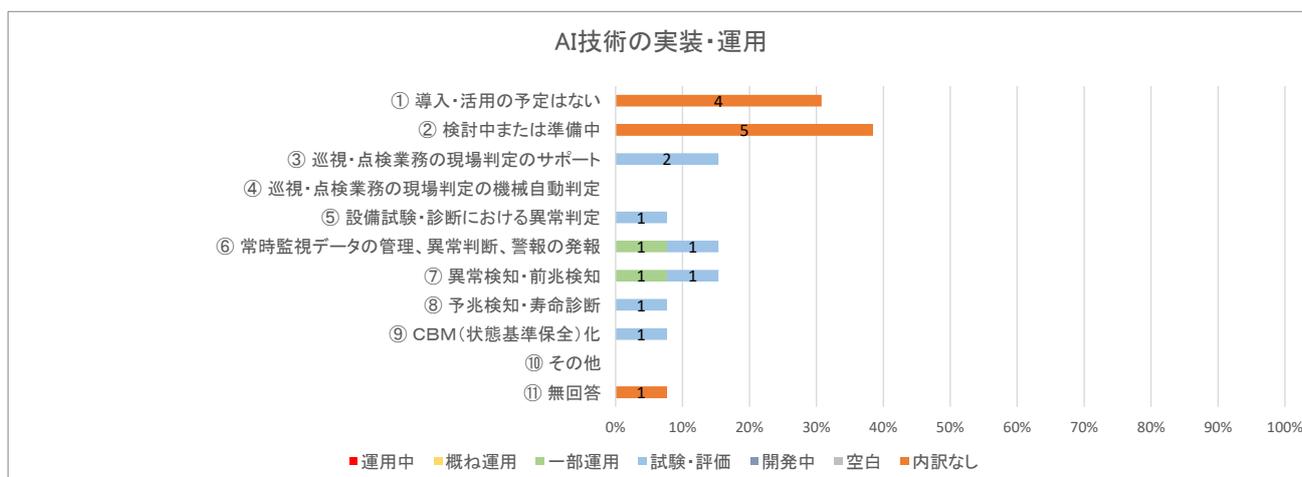


Figure 2-35 需要設備における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用 (n=13)

Table 2-36 需要設備における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用 (n=13)

内容	活用		運用レベル					
	件数	回答率	運用中	概ね運用	一部運用	試験・評価中	開発中	空白
① 導入・活用の予定はない	4	30.8%						
② 検討中または準備中	5	38.5%						
③ 巡視・点検業務の現場判定のサポート	2	15.4%	0	0	0	2	0	0
④ 巡視・点検業務の現場判定の機械自動判定	0	0.0%	0	0	0	0	0	0
⑤ 設備試験・診断における異常判定	1	7.7%	0	0	0	1	0	0
⑥ 常時監視データの管理、異常判断、警報の発報	2	15.4%	0	0	1	1	0	0
⑦ 異常検知・前兆検知	2	15.4%	0	0	1	1	0	0
⑧ 予兆検知・寿命診断	1	7.7%	0	0	0	1	0	0
⑨ CBM(状態基準保全)化	1	7.7%	0	0	0	1	0	0
⑩ その他	0	0.0%	0	0	0	0	0	0
⑪ 無回答	1	7.7%						

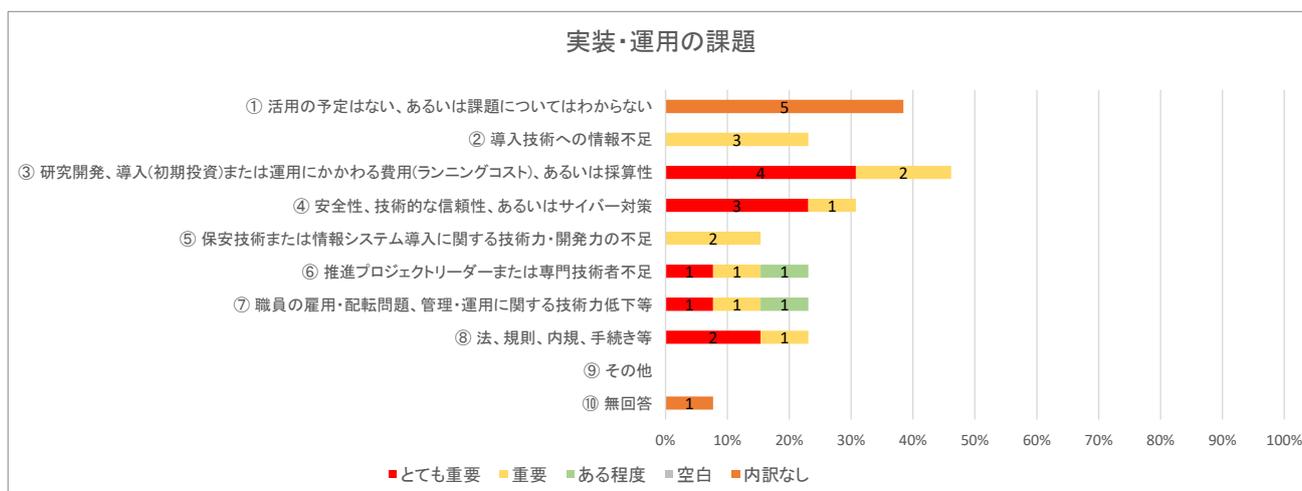


Figure 2-36 需要設備におけるロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題 (n=13)

Table 2-37 需要設備におけるロボット・ドローンおよびAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題 (n=13)

内容	活用		重要度			
	件数	回答率	とても重要	重要	ある程度	空白
① 活用の予定はない、あるいは課題についてはわからない	5	38.5%				
② 導入技術への情報不足	3	23.1%	0	3	0	0
③ 研究開発、導入(初期投資)または運用にかかわる費用(ランニングコスト)、あるいは採算性	6	46.2%	4	2	0	0
④ 安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策	4	30.8%	3	1	0	0
⑤ 保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足	2	15.4%	0	2	0	0
⑥ 推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足	3	23.1%	1	1	1	0
⑦ 職員の雇用・配転問題、管理・運用に関する技術力低下等	3	23.1%	1	1	1	0
⑧ 法、規則、内規、手続き等	3	23.1%	2	1	0	0
⑨ その他	0	0.0%	0	0	0	0
⑩ 無回答	1	7.7%				

(3) 業界の現状とスマート保安への取組

- 需要設備は、2020年時点でおおよそ92万件(特高1.2万件、低圧5.4万件、高圧85万件)となっており、再生可能エネルギー設備の増加に伴い増加傾向にあるものの、保守・メンテナンス業務の従事者は減少傾向にある。時代の技術水準に合わせた電気保安の効率化や高度化が期待されているが、高圧設備の9割以上が外部委託と言われており、外部委託は選任設備とスマート保安導入に対する環境が異なることや中小規模設備が多いことも考慮する必要がある。
- 再生可能エネルギー発電設備数は急速に増加しており(太陽電池発電の約98%、風力発電の約91%が小出力発電設備)、特に主力電源化に向けて増えている太陽電池発電設備においては、事故件数・事故率ともに増加傾向にある。再生可能エネルギー発電設備の安全確保に対する社会的要請も高まっており、国による保安規制の見直しや、各民間事業者との協力による保安体制の構築が重要である。また、保守点検業務が作業員の経験に大きく依存している現状から、経験に依存しない電気保安品質の確保や、ベテラン作業員の技術継承の仕組みの構築が重要である。

感染症拡大時などには、電気工作物の保守・点検や人材育成が困難となる恐れがあるため、限られたリソースや環境下においても、適切に電気保安体制を維持する仕組みが必要である。

- 設備の高経年化、人材の高齢化・長期的な不足、技術・技能伝承力の低下に加えて、災害の激甚化やテロリスク、新技術による社会のデジタル化など、構造的な課題や様々な環境変化への対応が求められている。このため官民が連携して、技術革新やデジタル化、少子高齢化などに対応したスマート保安の推進が求められている。現場ではドローンの活用やIoT・AIによる常時監視・異常検知などの新技術の導入が見込まれており、各種規制や制度の機動的な見直しを進めていくことが重要である。
- 需要設備のスマート化にあたっては、IoTやAIなどの先進技術を活用し、あらゆる機器や設備、作業に関するデータを収集・分析することで、①設備故障の削減による生産性向上、②品質安定化、③見える化、④作業の自動化・省力化、⑤データとAI活用による技術継承が可能であり、スマート化を推進・標準化することで、国際市場での競争力を維持・強化が期待される。

スマート化を進めるには、既存設備や通信環境の確認、初期費用を含めたコストと導入効果のバランス、セキュリティ対策、操作習熟とサポート体制、現状分析と課題整理などを考慮し、設備環境の実態に合わせた段階的な導入と、費用対効果の検証を行うことが重要である。

なお、スマート化により設備がネットワークにつながることで利便性が向上する一方で、サイバー攻撃リスクも高まるため、①パスワード管理、②ソフトウェア・ファームウェアの更新、③ネットワークの保護、④不審な通信の監視、⑤物理的なセキュリティなど、継続的に適切なセキュリティ対策を講じる必要がある。

また、設備の保安責任は設置者にあり、全体の9割が外部委託であることを踏まえ、設置者へのスマート化への理解促進とともに、外部委託におけるスマート化のボトルネックと課

題を整理し、今後の進め方を検討することが必要である。

- スマート保安の一つとして遠隔監視があり、「人が行く」から「データが届く」時代と例えられ、具体例として、①キュービクル内の温度・湿度・振動・異音をリアルタイム監視し、異常を即時検知・通知、②ドローンやロボットにより、高所などの危険個所の点検を代替・点検負担の軽減、③AIによる微細変化の検出で、将来的な故障やトラブルを予測し、計画的な保全を実現することが可能となる。
- 需要設備のスマート化推進には、特別高圧設備(選任主技)と高圧設備(主に外部委託)、新規設備と既設設備への導入に分けて、仕組みや規則などへの反映を検討・適用することが、合理的かつ経済的であると考えられる。

特別高圧需要設備では、データセンターや半導体工場などの停電が困難な設備が増加している。こうした信頼性の高い機器構成と遠隔監視を装備する設備に対しては、さらなるスマート保安技術の導入による、保安規制の緩和が必要である。外部委託が大部分を占める高圧設備のスマート保安は、新規設備を優先的に進めると同時に、既設設備の状況を踏まえて、導入するスマート保安技術、保守事業者の保安水準を考慮する必要がある。

なお、現時点では、電気保安に関するデータの蓄積が少なく、前兆検知や将来的な CBM 化に向けて、IoT センサー設置による事故の予兆現象の把握や、AI 活用による遠隔常時監視システムの構築が必要となる。

また、需要設備のスマート化推進には、IoT 機器や通信費の低価格化、システム構築の容易さなどに加えて、年次点検(停電点検)や巡視・月次点検の周期延伸などのインセンティブの検討が重要である。

2.4 全電気設備の分析結果(参考資料)

(1) 個別技術

Figure 2-37 に全電気設備における個別技術活用の取組状況の評点評価（取組レベルの5段階評価）を、Figure 2-38 に全電気設備における個別技術活用のそれぞれの回答状況を参考資料として示す。

- 全電気設備で見ると、24 個別技術中 16 技術（66.7%）が目標を達成しており、電気保安のスマート化は各業界・団体および事業者の努力により、順調に進捗していると推測される。

大項目別で、評点目標を達成しているのは、「1 現場作業のデジタル化（可搬型：五感から数値判断へ）」、「4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応」および「5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム」の3項目であり、**人員不足を見据えた現場優先のスマート保安技術の導入・運用が優先**されていると推測される。

現場作業に関するスマート化は進捗状況が緩やかであり、2025 年時点でも「予定無し」と「検討中」の比率が一定数あることから、**事業者の規模や設備形態により導入可否や運用の展開ペースが分かれている**と考えられる。

- 「自走ドローン」や「環境関連センサー(匂い、埃等)」、「総合評価による寿命予知」は目標評点に対する達成率が80%未満となっている。特に「環境関連センサー(匂い、埃等)」は2021 年当初に比べて2025 年時点の評点が後退していることを考慮すると、現場実態に合わせた技術選択や他の技術への置き換えが進められていると推察される。また、技術革新が進む中で、「自走ドローン」についてはロボットへの移行、「環境関連センサー(匂い、埃等)」は他センサー類への置き換え、「総合評価による寿命予知」はAI 技術の導入遅れなどが要因となり、運用想定が2021 年当初とは異なる事態が発生していると推測される。

なお、目標達成率が120%を超える個別技術は、「現場作業のデジタル化の携帯端末機」、「結果の電子保存」、「現場作業の遠隔支援の携帯端末機の活用」および「マニュアルの電子化」であり、現場作業の合理化とデジタル化が推進された結果となっている。

- 電気設備ごとに設定されている KPI については、全電気設備では7 個別技術に集約され、評点で評価すると、5 個別技術が評点目標を達成している。未達成の個別技術は「点検結果の自動判定（高度を除く）」と「総合評価による寿命予知」の2項目であり、いずれも「6 高度な統計手法又は AI を活用した業務支援」に分類される技術である。「6 高度な統計手法又は AI を活用した業務支援」は、毎年堅実に進捗しているものの、「実施済み」から「一部実施」の事業者は少数であり、「試験・評価中」や「検討中」が5割、「予定無し」が3割強を占めている。電気設備の種類や規模、経営環境などにより導入・運用への関心度に違いがあり、現時点では導入・運用は困難と捉えている事業者や様子見の事業者が多いと推察される。

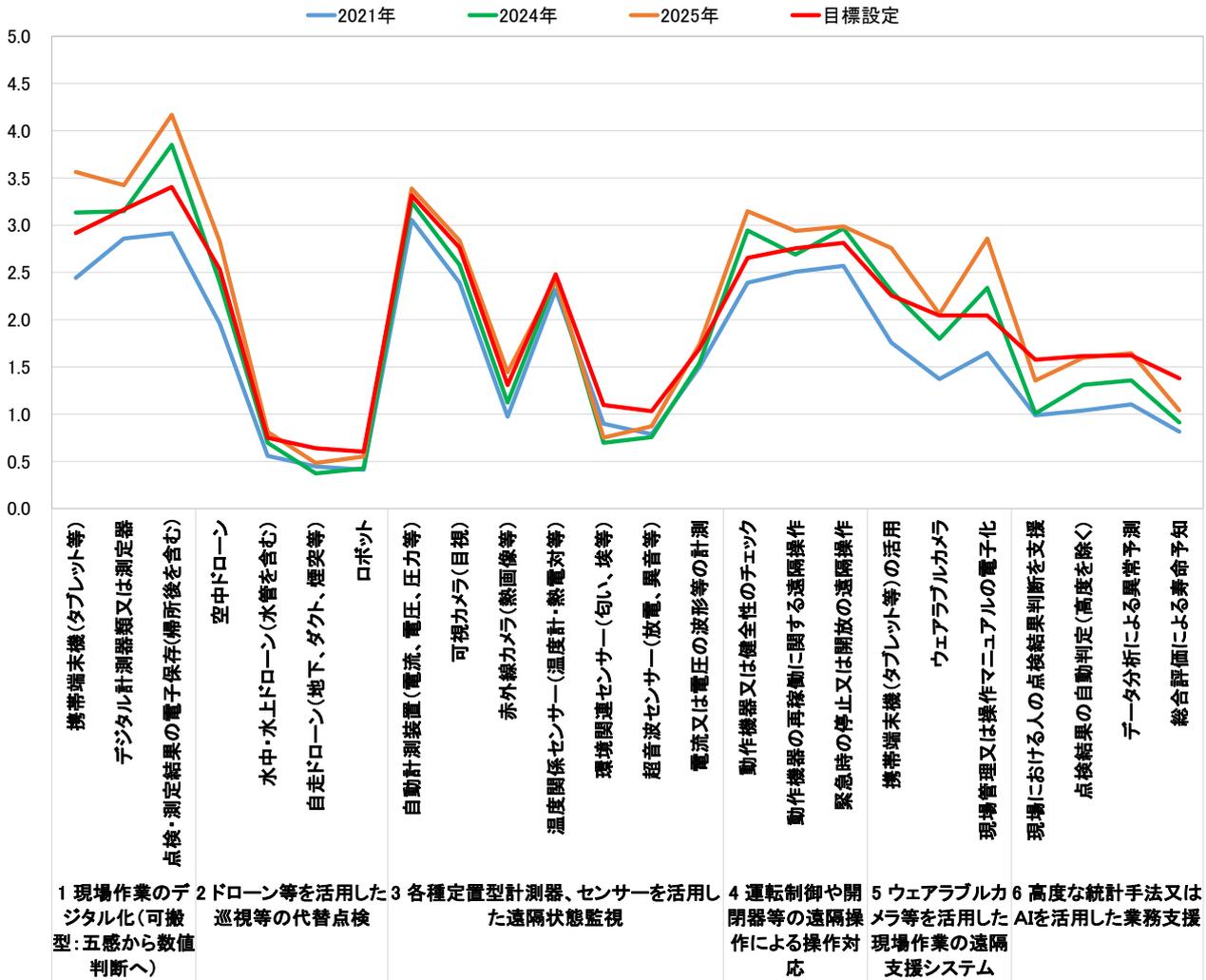


Figure 2-37 全電気設備におけるデータ活用による保安活動支援 (n=149)

Table 2-38 全電気設備におけるデータ活用による保安活動支援 (n=149)

項目	総合評点					進捗		目標設定	
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)		
1 現場作業のデジタル化(可搬型:五感から数値判断へ)	携帯端末機(タブレット等)	2.4	3.1	3.1	3.1	3.6	0.4	1.1	2.9
	デジタル計測器類又は測定器	2.9	3.2	3.3	3.1	3.4	0.3	0.6	3.2
	点検・測定結果の電子保存(帰所後を含む)	2.9	3.8	3.8	3.9	4.2	0.3	1.3	3.4
2 ドローン等を活用した巡視等の代替点検	空中ドローン	2.0	2.4	2.4	2.4	2.8	0.4	0.9	2.5
	水中・水上ドローン(水管を含む)	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.1	0.3	0.8
	自走ドローン(地下、ダクト、煙突等)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.1	0.0	0.6
	ロボット	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.1	0.1	0.6
3 各種定置型計測器、センサーを活用した遠隔状態監視	自動計測装置(電流、電圧、圧力等)	3.1	3.6	3.6	3.2	3.4	0.1	0.3	3.3
	可視カメラ(目視)	2.4	2.9	2.9	2.6	2.8	0.3	0.4	2.8
	赤外線カメラ(熱画像等)	1.0	1.1	1.3	1.1	1.4	0.3	0.5	1.3
	温度関係センサー(温度計・熱電対等)	2.3	2.7	2.9	2.4	2.4	-0.0	0.1	2.5
	環境関連センサー(匂い、埃等)	0.9	1.0	0.8	0.7	0.8	0.1	-0.1	1.1
	超音波センサー(放電、異音等)	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	0.1	0.1	1.0
4 運転制御や開閉器等の遠隔操作による操作対応	電流又は電圧の波形等の計測	1.5	1.8	1.8	1.5	1.7	0.2	0.2	1.7
	動作機器又は健全性のチェック	2.4	3.1	2.9	2.9	3.1	0.2	0.8	2.7
	動作機器の再稼働に関する遠隔操作	2.5	3.0	2.8	2.7	2.9	0.3	0.4	2.8
	緊急時の停止又は開放の遠隔操作	2.6	3.0	2.8	3.0	3.0	0.0	0.4	2.8
5 ウェアラブルカメラ等を活用した現場作業の遠隔支援システム	携帯端末機(タブレット等)の活用	1.8	2.4	2.3	2.3	2.8	0.5	1.0	2.3
	ウェアラブルカメラ	1.4	1.9	1.7	1.8	2.1	0.3	0.7	2.0
	現場管理又は操作マニュアルの電子化	1.6	2.1	2.1	2.3	2.9	0.5	1.2	2.0
6 高度な統計手法又はAIを活用した業務支援	現場における人の点検結果判断を支援	1.0	1.1	1.0	1.0	1.4	0.3	0.4	1.6
	点検結果の自動判定(高度を除く)	1.0	1.3	1.2	1.3	1.6	0.3	0.6	1.6
	データ分析による異常予測	1.1	1.4	1.5	1.4	1.6	0.3	0.5	1.6
	総合評価による寿命予知	0.8	1.1	1.0	0.9	1.0	0.1	0.2	1.4

(2) 個別設問

Figure 2-38 に全電気設備におけるデータ活用による保安活動支援、Figure 2-39 に全電気設備におけるロボット・ドローンの実装・運用、Figure 2-40 に全電気設備における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用、Figure 2-42 に全電気設備のロボット・ドローンおよび AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用における課題の調査結果をそれぞれ参考資料として示す。

設問1 データ活用による保安活動支援

- 2025 年度時点でデータを取得・保存している事業者は 136 事業者(91.3%)と大多数だが、今後のデータ活用については、67 事業者(45.0%)が「収集・蓄積していない、活用していない、または予定がない」または「検討中・準備中」と回答しており、データを取得・保存しているが活用できていない事業者が一定数存在することが明らかとなった。電気設備のスマート化を推進するための第一歩としてデータ活用は重要であることから、中小事業者でも積極的にデータ活用を推進できる環境整備が必要である。
- 2026 年から 2030 年におけるデータ活用による保安活動支援については、「異常予兆検知」(統計: 33.6%、AI: 41.6%)が最も多く、次いで「寿命予知」(統計: 21.5%、12.8%)、「保守計画策定」(統計: 25.5%、AI: 16.8%)の順となっている。徐々に保守・メンテナンスへのデータ活用が進められていくと見られるが、異常予兆検知を除いては、AI よりも従来の統計手法の活用が多く見込まれる。
- データを活用した保守・メンテナンスの実現には、①センサー類や計測機器を設置してデータを取得して大量のデータを保存し、②データ解析して運転・保守との関連性を導き、③機械監視や結果判定支援に適用するという手順が必要となる。これを実現するため、高度な統計手法や AI を活用した技術の研究開発が進められている。

なお、これらの技術の実装・運用により得られた運用データと異常現象を解析し、異常予知や事故の前兆現象などに係る理論的な解明を行なうことで、自動運転や CBM の導入・運用を推進につながると考えられる。
- 現実的には多くの電気設備において、データの解析が進んでいないことや現場における予兆や前兆のデータ取得実績が少ないことなどにより、検証が十分に行えず、現時点では費用対効果や業務改善の理解・評価が進んでおらず、現場実装が躊躇されることが多いと推定されるが、データ活用は、AI 技術の進歩により飛躍的に進むと予測されることから、産学官で着実に AI 技術の研究開発を進める必要がある。

設問2 2026 年から 2030 年におけるロボット・ドローンの実装・運用

(ア) 実装・運用の項目

- ロボット・ドローンの実装・運用は、47 事業者(31.5%)が「予定はない」または「検討中」と回答し、多くの事業者が何らかの業務に活用する予定であり、実装・運用を進める事業者は着実に増えると推察される。
- 実装・運用を想定している業務は、「点検」と「災害時等における被害状況把握」がそれぞれ

れ 65 事業者(43.6%)と最も多く、次いで、「巡視」が 59 事業者(39.6%)、「高所あるいは危険箇所の点検」と「設備トラブル時の確認」がそれぞれ 52 事業者(34.9%)、「設備診断・メンテナンス」が 45 事業者(30.2%)となっており、ロボット・ドローンの強みを生かした多種多様な業務への展開が計画・想定されている。

- 空中ドローンでは、「レベル 4 飛行」が実装・運用の拡大のキーであり、郊外にわたる設備や海上や僻地に設備を有する事業者などは、この規制が運用に大きな影響を及ぼしていると推察される。
- 今後は、特殊用途の水中ドローンやメンテナンス専用ロボットなどの導入が想定されており、水中や遠隔地、危険箇所の点検・整備などの現場作業の効率化・迅速化と安全性向上に貢献すると推測される。

(イ) 実装・運用の項目

- 「巡視」の運用レベルについては、「運用中」と「概ね運用」の回答合計が 14 事業者(23.7%)に留まるものの、「一部運用」は 29 事業者(49.2%)、「試験・評価中」は 14 事業者(23.7%)となっていることから、段階的かつ堅実に進展すると思われる。
- 「点検」の運用レベルについては、「運用中」と「概ね運用」の回答合計が 23 事業者(35.4%)となっているものの、「一部運用」は 32 事業者(49.2%)、「試験・評価中」は 8 事業者(12.3%)となっていることから、早期に運用レベルが進む期待が大きく、順調に進展すると想定される。「巡視」に比べて「点検」の運用レベルの回答が高い傾向にあることから、事業者における効果や効率化への評価が高いと推察される。
- 「危険箇所の点検代替」の運用レベルについては、「運用中」と「概ね運用」の回答合計は 17 事業者(32.7%)となっているものの、「一部運用」は 25 事業者(48.1%)、「試験・評価中」は 8 事業者(15.4%)となっており、電気設備により適用できる箇所は異なるが、機械化による安全確保や点検品質の確保に向けて、積極的な展開が期待される。
- 「設備診断・メンテナンスへ実装・運用」の運用レベルについては、「運用中」と「概ね運用」の回答合計は 18 事業者(40.0%)、「一部運用」が 17 事業者(37.8%)、「試験・評価中」が 7 事業者(15.6%)となっていることから、設備診断・メンテナンスへの運用レベルの早期確立が期待されていると想定される。
- 「災害時などの被害状況把握へ実装・運用」の運用レベルは、「運用中」と「概ね運用」の回答合計は 25 事業者(38.5%)、「一部運用」が 29 事業者(44.6%)、「試験・評価中」が 9 事業者(13.8%)となっていることから、災害時などの被害状況把握の迅速化と広域把握を目指して、運用レベルの早期確立が期待されていると想定される。
- ロボット・ドローンの実装・運用の促進については、現時点で多種多様な業務への導入が進められている中で、さらなる導入促進を図るためには、どのような業務に適用可能であるか、導入効果と効率化が図れるのか十分に検討・評価することが重要であり、安全性を前提とした「レベル 4 飛行」での実装・運用の拡大と保守・点検に特化した自立型ロボットとの組み合わせが望まれると推察される。

設問3 2026年から2030年におけるAI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用

(ア) 実装・運用の項目

- AI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用の実装・運用は、「予定はない」と「検討中または準備中」、「無回答」の合計が80事業者(53.7%)となっており、電気設備による違いはあるものの、半数以上の事業者が消極的な姿勢であり、一部の先進的な事業者が先行して積極的な実装に向けた準備段階にあると推察される。
- 実装・運用を想定している業務は、「異常検知・前兆検知」が45事業者(30.2%)と最も多く、次いで「現場判定のサポート」が37事業者(24.8%)、「常時監視データの管理、異常判断、警報の発報」が35事業者(23.5%)、「現場判定の機械自動判定」が32事業者(21.5%)、「予兆検知・寿命診断」が20事業者(13.4%)、「CBM化」が16事業者(10.7%)となっている。AI活用は着実に進むものの、高度なAI技術の実装・運用には時間と検証を要すると想定する事業者が多数であると推察される。
- 高度なAI活用については、倫理的な問題や社会的な課題が取り上げられており、早急な社会的な環境整備が必要とされている。
AIは人が入力したデータをもとに処理を行うことから、特に学習データが正しいのか、結果の評価手法などの対応が重要とされている。

(イ) 実装・運用の項目

- 「異常検知・前兆検知での実装・運用」の運用レベルについては、「運用中」と「概ね運用」の回答合計は7事業者(15.6%)に留まり、「一部運用」は18事業者(40.0%)、「試験・評価中」と「開発中」の回答合計は18事業者(40.0%)となっていることから、一部の先進的な事業者が堅実にリリース&トライをして実装・運用が進められると推察される。
- 「現場判定のサポートでの実装・運用」の運用レベルについては、「運用中」と「概ね運用」の回答合計は9事業者(24.3%)に留まり、「一部運用」は14事業者(37.8%)、「試験・評価中」と「開発中」の回答合計は13事業者(35.1%)となっていることから、一部の業務に実装して評価し、徐々に拡大する手法で実装・運用を進めるものと想定される。
- 「常時監視データの管理・判断での実装・運用」の運用レベルについては、「運用中」と「概ね運用」の回答合計は6事業者(17.1%)に留まり、「一部運用」は16事業者(45.7%)、「試験・評価中」と「開発中」の回答合計は11事業者(31.4%)となっていることから、同様に一部の業務に実装して評価し、徐々に拡大する手法で実装・運用を進めるものと想定される。
- 全体的に業務へのAI活用については、一部の先進的な事業者を除き、2025年以降も当面は「一部運用」とした慎重な実装・運用の方針である事業者と保留あるいは様子見姿勢の事業者が多いことが想定される。

電気保安分野へのAI活用については、単純な判定や選択などの業務には積極的に実装・運用されていると推測されるが、高度なAI活用での予兆検知・寿命診断などへの運用には安全確保、学習データおよび結果の評価について課題があることから、まだ時間と検証が必要と思われ、今後の環境整備と技術開発が望まれる。現状での導入推進の方向性とし

ては、先進的な事業者が堅実性をもったリリース&トライが必然と考えられる。

設問4 ロボット・ドローンおよび AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用における課題

(ア) 課題項目

- ロボット・ドローンおよび AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用における課題は、「予定はない、わからない」あるいは「無回答」の回答合計は 29 事業者(19.5%)となっていることから、電気設備によって状況は異なるものの、8 割以上の事業者が実装・運用するには何らかの重複した課題があると回答している。
- 「研究開発、導入(初期投資)または運用にかかわる費用(ランニングコスト)、あるいは採算性」が 102 事業者(68.5%)と最も多く、次いで「安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策」が 77 事業者(51.7%)、「法、規則、内規、手続き等」が 50 事業者(33.6%)、「保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足」が 48 事業者(32.2%)、「導入技術への情報不足」が 41 事業者(27.5%)、「推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足」が 38 事業者(25.5%)となっている。

上位の課題内容としては、費用、技術および人材に関係するものであり、経営規模に拘わらずこの問題に道筋をつけないと AI 活用推進に影響を与える可能性が想定され、早急な AI 開発環境の整備が必要と思われる。

- ロボットや AI 活用については、システムを含めた開発規模が大きく高度な専門知識も必要なことから、事業規模に関わらず費用と採算性、技術力および人材確保に苦慮している実態が見られることから、特に中小規模の事業者では実装・運用へのハードルは高いと想定される。

(イ) 重要度

- 全ての課題において、「とても重要」または「重要」と回答した事業者は 6~9 割となっており、課題ごとに多少のバラツキはあるものの、課題に対する意識が高いことがわかる。
- 「研究開発、導入(初期投資)運用にかかわる費用(ランニングコスト)、あるいは採算性」が課題と回答した 102 事業者のうち、「とても重要」が 64 事業者(62.7%)、「重要」が 32 事業者(31.4%)、「ある程度重要」が 3 事業者(2.9%)となっており、事業規模に関係なく、投資や経済性への関心は非常に高いことが想定される。
- 「安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策」が課題と回答した 77 事業者のうち、「とても重要」が 41 事業者(53.2%)、「重要」が 30 事業者(39.0%)、「ある程度重要」が 2 事業者(2.6%)となっており、安全性、信頼性、セキュリティ対策への関心も高い。
- 「法、規則、内規、手続き等」が課題と回答した 50 事業者のうち、「とても重要」が 21 事業者(42.0%)、「重要」が 22 事業者(44.0%)、「ある程度重要」が 6 事業者(12.0%)となっており、実装・運用する電気設備や業務内容により重要度は異なるものの、法・規制などが今後のスマート保安技術の実装・運用に影響することが懸念されることから、国などへの要望を強める必要がある。

- ロボットや高度なAI活用については、高度な専門知識を持つ人材確保や先進技術の開発・実装を速やかに実施するためには、民間レベルでの開発では莫大な時間と費用などが必要なことから、業界や国家規模でのプロジェクトにより基盤整備をすることが望ましいと想定される。

また、実装・運用段階では、中小事業者が有効に活用できる環境整備とリリース&トライを可能とする特例制度もしくは法・規則などの緩和が必要であると想定される。

データ活用による保安活動支援

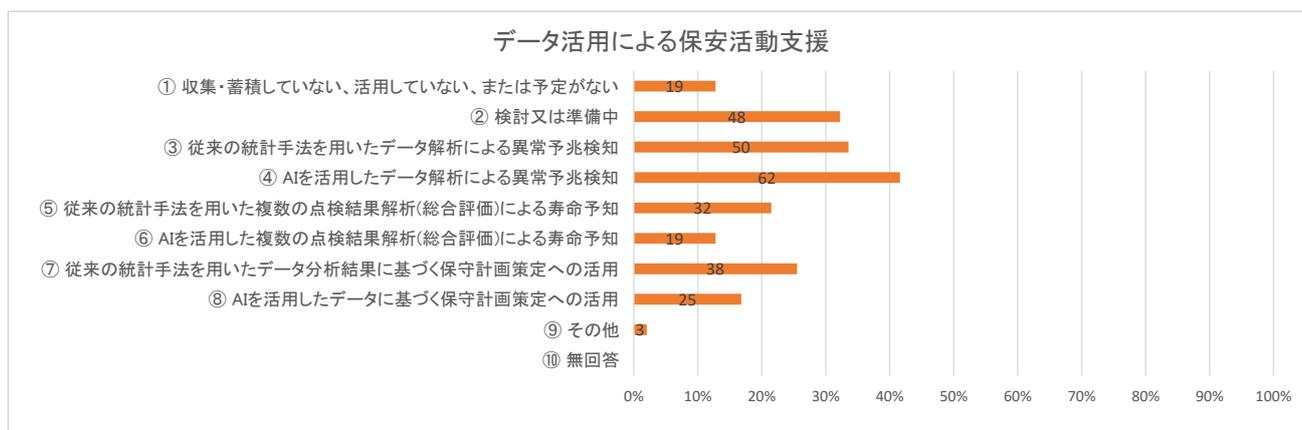


Figure 2-38 全電気設備におけるデータ活用による保安活動支援 (n=149)

Table 2-39 全電気設備におけるデータ活用による保安活動支援 (n=149)

内容	件数	回答率
① 収集・蓄積していない、活用していない、または予定がない	19	12.8%
② 検討又は準備中	48	32.2%
③ 従来の統計手法を用いたデータ解析による異常予兆検知	50	33.6%
④ AIを活用したデータ解析による異常予兆検知	62	41.6%
⑤ 従来の統計手法を用いた複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	32	21.5%
⑥ AIを活用した複数の点検結果解析(総合評価)による寿命予知	19	12.8%
⑦ 従来の統計手法を用いたデータ分析結果に基づく保守計画策定への活用	38	25.5%
⑧ AIを活用したデータに基づく保守計画策定への活用	25	16.8%
⑨ その他	3	2.0%
⑩ 無回答	0	0.0%
回答件数	149	

ロボット・ドローンの実装・運用

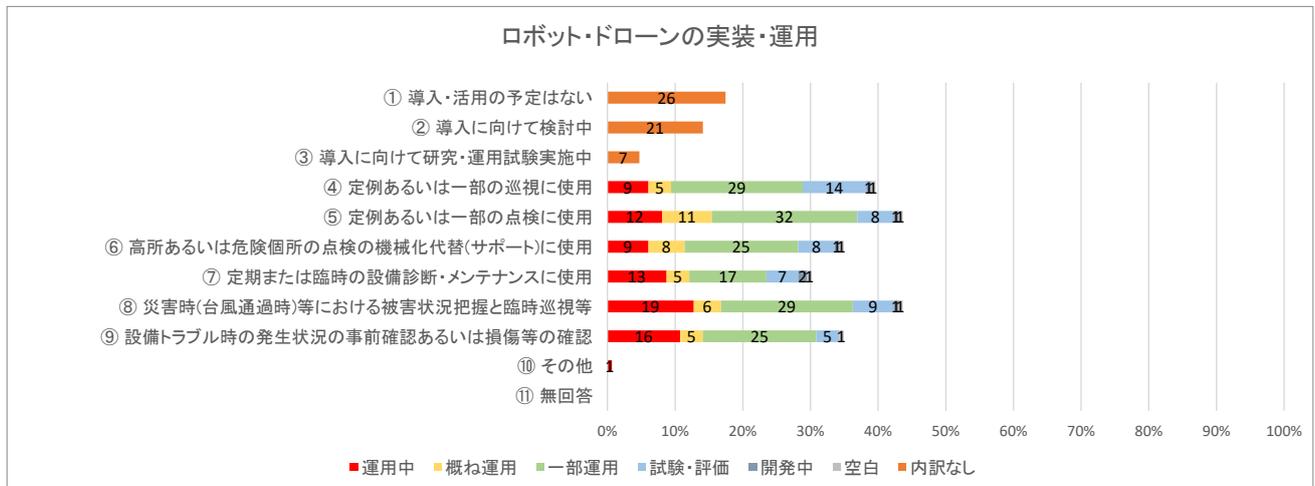


Figure 2-39 全電気設備におけるロボット・ドローンの実装・運用 (n=149)

Table 2-40 全電気設備におけるロボット・ドローンの実装・運用 (n=149)

内容	活用		運用レベル					
	件数	回答率	運用中	概ね運用	一部運用	試験・評価中	開発中	空白
① 導入・活用の予定はない	26	17.4%						
② 導入に向けて検討中	21	14.1%						
③ 導入に向けて研究・運用試験実施中	7	4.7%						
④ 定例あるいは一部の巡視に使用	59	39.6%	9	5	29	14	1	1
⑤ 定例あるいは一部の点検に使用	65	43.6%	12	11	32	8	1	1
⑥ 高所あるいは危険個所の点検の機械化代替(サポート)に使用	52	34.9%	9	8	25	8	1	1
⑦ 定期または臨時の設備診断・メンテナンスに使用	45	30.2%	13	5	17	7	2	1
⑧ 災害時(台風通過時)等における被害状況把握と臨時巡視等	65	43.6%	19	6	29	9	1	1
⑨ 設備トラブル時の発生状況の事前確認あるいは損傷等の確認	52	34.9%	16	5	25	5	0	1
⑩ その他	1	0.7%	1	0	0	0	0	0
⑪ 無回答	0	0.0%						

AI技術(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用

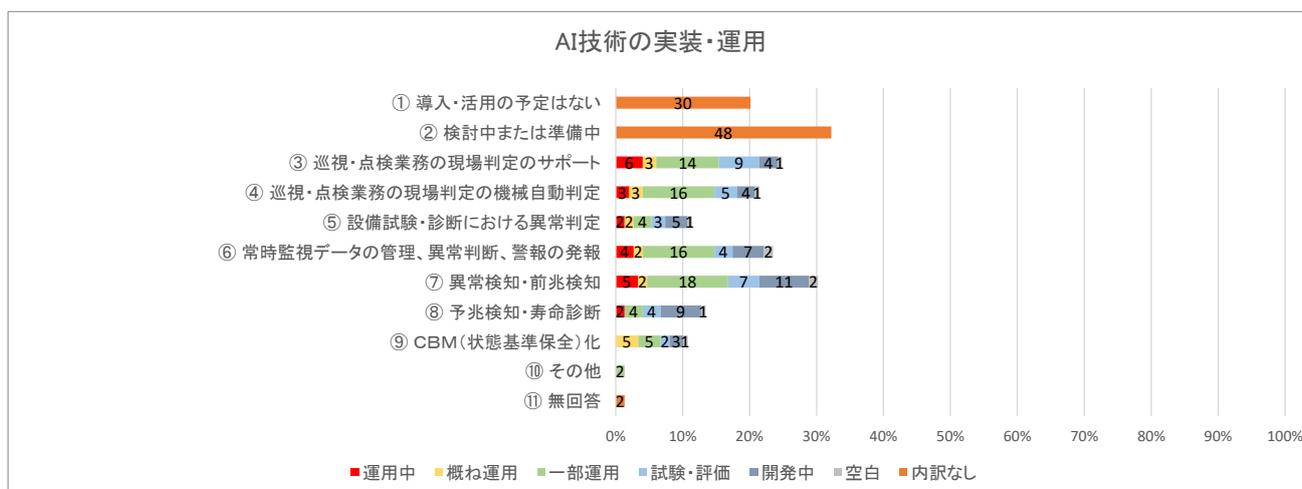


Figure 2-40 全電気設備における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用 (n=149)

Table 2-41 全電気設備における AI 技術(異常検知・予兆検知・CBM など)の実装・運用 (n=149)

内容	活用		運用レベル					
	件数	回答率	運用中	概ね運用	一部運用	試験・評価中	開発中	空白
① 導入・活用の予定はない	30	20.1%						
② 検討中または準備中	48	32.2%						
③ 巡視・点検業務の現場判定のサポート	37	24.8%	6	3	14	9	4	1
④ 巡視・点検業務の現場判定の機械自動判定	32	21.5%	3	3	16	5	4	1
⑤ 設備試験・診断における異常判定	17	11.4%	2	2	4	3	5	1
⑥ 常時監視データの管理、異常判断、警報の発報	35	23.5%	4	2	16	4	7	2
⑦ 異常検知・前兆検知	45	30.2%	5	2	18	7	11	2
⑧ 予兆検知・寿命診断	20	13.4%	2	0	4	4	9	1
⑨ CBM(状態基準保全)化	16	10.7%	0	5	5	2	3	1
⑩ その他	2	1.3%	0	0	2	0	0	0
⑪ 無回答	2	1.3%						

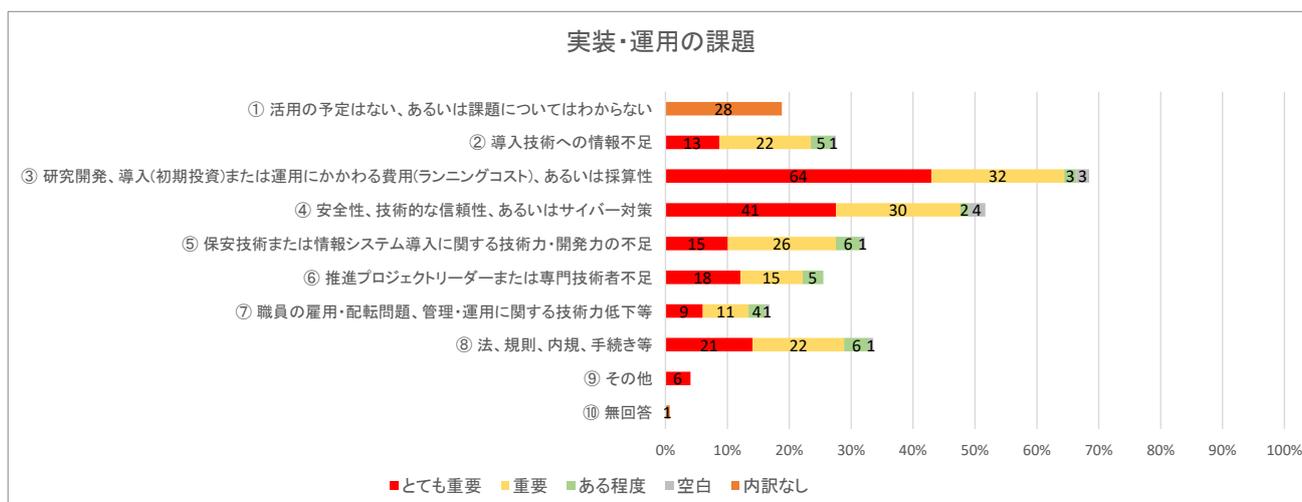


Figure 2-41 全電気設備のロボット・ドローンおよびAI技術
(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題 (n=149)

Table 2-42 全電気設備のロボット・ドローンおよびAI技術
(異常検知・予兆検知・CBMなど)の実装・運用における課題 (n=149)

内容	活用		重要度			
	件数	回答率	とても重要	重要	ある程度	空白
① 活用の予定はない、あるいは課題についてはわからない	28	18.8%				
② 導入技術への情報不足	41	27.5%	13	22	5	1
③ 研究開発、導入(初期投資)または運用にかかわる費用(ランニングコスト)、あるいは採算性	102	68.5%	64	32	3	3
④ 安全性、技術的な信頼性、あるいはサイバー対策	77	51.7%	41	30	2	4
⑤ 保安技術または情報システム導入に関する技術力・開発力の不足	48	32.2%	15	26	6	1
⑥ 推進プロジェクトリーダーまたは専門技術者不足	38	25.5%	18	15	5	0
⑦ 職員の雇用・配転問題、管理・運用に関する技術力低下等	25	16.8%	9	11	4	1
⑧ 法、規則、内規、手続き等	50	33.6%	21	22	6	1
⑨ その他	6	4.0%	6	0	0	0
⑩ 無回答	1	0.7%				

第3章 スマート保安導入に向けた KPI

3.1 分析手法

2021年に実施したアンケート調査の分析結果をもとに設定した、電気設備ごとの KPI の進捗状況について、導入状況を重視した評価手法により分析を行った。導入状況を重視した評価手法では、回答結果のうち「実施済み」と「概ね実施」の合計数を「導入件数」とし、「実施済み」、「概ね実施」、「一部実施」、「試験・評価中」、「検討中」および「予定無し」の合計数を「対象件数」として、「導入件数」を「対象件数」で除した値を KPI（導入率）としている。

初年度(2021年)から今年度(2025年)のアンケート調査による導入率を比較し、進捗状況を把握することとする。

ただし、2021年時点においては2025年の導入想定が困難であったことなどから、「不明」または「回答保留(空白)」とした事業者が一定数存在し、多くの電気設備でアンケート調査数から「不明」と「回答保留(空白)」が除かれた件数が「対象件数」となったため、2025年における目標の KPI が高く設定されてしまう状況が見られた。近年はスマート保安への理解度が向上し、業界団体をあげて導入推進が図られており、回答を保留(空白、無回答)していた事業者が「試験・評価中」や「検討中」へと実施レベルを進めるなど、スマート保安の導入が着実に進んでいる。一方で、「不明」、「回答保留(空白)」の回答が減ることで「対象件数」が増加し、「導入件数」が増加傾向にあっても導入率が必ずしも上昇しない現象が発生している点に留意が必要である。

なお、各年の取組レベルと評点推移も参考として示す。

導入率(%) = 導入件数 ÷ 対象件数 × 100

$$= \frac{(\text{「実施済み」} + \text{「概ね実施」}) \times 100}{(\text{「実施済み」} + \text{「概ね実施」} + \text{「一部実施」} + \text{「試験・評価中」} + \text{「検討中」} + \text{「予定無し」})}$$

3.2 分析結果

3.2.1 火力発電

Table3-1 に火力発電における KPI（概要）、Table3-2 に火力発電における KPI①（空中ドローンによる目視代替・画像データの取得）、Table3-3 に火力発電における KPI②-1（データ分析による異常検知）、Table3-4 に火力発電における KPI②-2（データの総合評価による設備寿命予知）の調査結果をそれぞれ示す。

- 火力発電設備は、設備規模や発電設備の種類が多様多様であり、経営環境、事業規模、発電目的も事業者ごとに異なることから、2021 年当初はスマート保安の導入姿勢にばらつきが見られたが、多くの事業者がスマート保安の導入を堅実に進めていた。
- KPI①（空中ドローンによる目視代替・画像データの取得）については、現場作業の効率化と危険個所での点検代替などに寄与する技術であり、近年の信頼性と安全性向上や製品の多様化により、ボイラー内の点検や施設内の巡視などに活用されることが多くなっており、今後も様々な業務に導入される保安技術であると推測される。また、運用環境や業務内容に適した多様なドローンやロボットの技術が確立することで、更に運用幅が広がることが期待される。

一方で、技術革新などによって活用される業務の種類と幅が広がったことや、業務目標の見直しなどの影響により、実施レベルが「一部実施」あるいは「試験・評価中」の事業者が 6 割強を占め、導入件数(実施済み+概ね実施)は目標を下回った。2021 年時点で 2025 年の導入想定への回答を保留した事業者が 3 事業者存在したことから、2025 年の導入率は目標(25.0%)を下回り未達成の結果(13.6%)となった。

- 火力発電の KPI②については、自家発と大手電力で別々に設定されているが、自家発と大手電力を区別せず、全事業者の回答結果を集計していることに留意する必要がある。
- KPI②-1（データ分析による異常検知）については、IoT 機器で収集・保存したデータを AI で解析する必要があるが、データ収集が行われていた多くの火力発電所では、2021 年当時から「一部実施」や「検討中」の段階にあった。AI の信頼性や技術評価に時間を要したことにより、一時的に進捗は停滞したが、近年は「一部実施」より上位レベルに移行する事業者が増加傾向にあり、着実に実装・運用が拡大していると推察される。

火力発電設備の点検・保守は、現場作業員の知識や技能に依存する部分が大きく、熟練者の領域であると言っても過言ではなく、技術者不足が進む中で、遠隔常時監視による異常予測への期待は大きいと推測される。

2025 年の導入件数(実施済み+概ね実施)は目標と同じであるものの、2021 年時点で 2025 年の導入想定への回答を保留した事業者が 3 事業者存在したことから、2025 年の導入率は目標(37.5%)を下回り未達成の結果(31.8%)となった。

- KPI②-2（データの総合評価による設備寿命予知）については、2021 年当初から「検討中」が 6 割程度を占めており、高度な AI 活用や専門技術者が必要な技術であることから、事業規模や発電設備の種類、経営環境により実装・運用できる事業者は限られると推測される。一部の先端的な事業者が「一部実施」に留まっているものの、堅実に導入への取組が進めら

れていると考えられる。

2025年の導入件数(実施済み+概ね実施)は目標と同じであるものの、2021年時点で2025年の導入想定への回答を保留した事業者が7事業者存在したことから、2025年の導入率は目標(16.7%)を下回り未達成の結果(9.1%)となった。

Table 3-1 火力発電における KPI (概要)

	スマート保安技術	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	目標	対象
①	空中ドローンによる目視代替・画像データの取得	5.9%	14.3%	10.0%	14.3%	13.6%	25.0%	共通
②-1	データ分析による異常検知	31.3%	14.3%	20.0%	14.3%	31.8%	37.5%	自家発
②-2	データの総合評価による設備寿命予知	0.0%	4.8%	0.0%	0.0%	9.1%	16.7%	大手電力

Table 3-2 火力発電における KPI①

内容	空中ドローンによる目視代替・画像データの取得							
	実施状況					進捗		目標設定
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)	
実施済み	1	2	2	3	3	0	2	3
概ね実施	0	1	0	0	0	0	0	1
一部実施	5	8	9	8	10	2	5	9
試験・評価中	6	5	4	4	4	0	-2	0
検討中	3	3	3	3	0	-3	-3	1
予定無し	2	2	2	3	5	2	3	2
空白	2	0	0	0	0	0	-2	3
合計	19	21	20	21	22	1	3	19
評点	1.8	2.4	2.4	2.4	2.4	0.0	0.6	2.5
導入率 (KPI)	5.9	14.3	10.0	14.3	13.6	-0.6	7.8	25.0

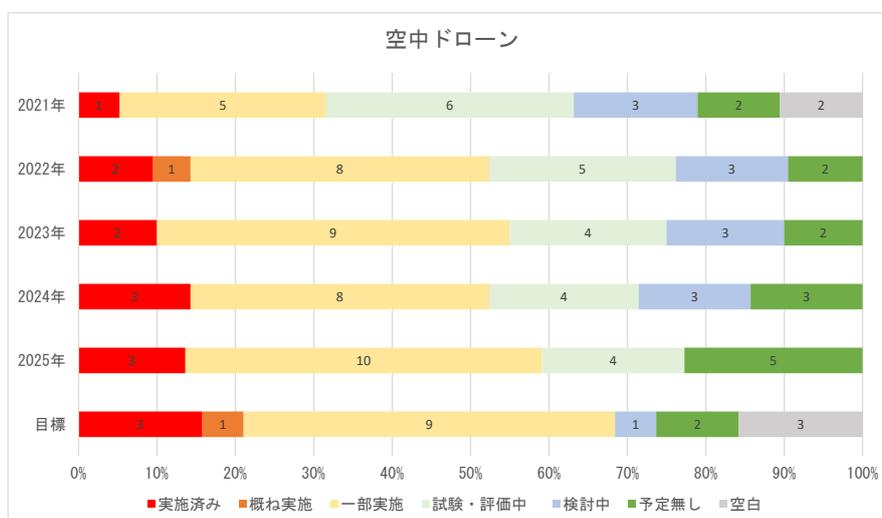


Figure 3-1 火力発電における KPI①

Table 3-3 火力発電における KPI②-1

内容	データ分析による異常検知							
	実施状況					進捗		目標設定
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)	
実施済み	5	2	4	3	4	1	-1	5
概ね実施	0	1	0	0	3	3	3	1
一部実施	2	6	7	7	6	-1	4	3
試験・評価中	3	1	2	5	4	-1	1	2
検討中	2	9	7	5	3	-2	1	2
予定無し	4	2	0	1	2	1	-2	3
空白	3	0	0	0	0	0	-3	3
合計	19	21	20	21	22	1	3	19
評点	2.1	2.0	2.6	2.4	2.8	0.3	0.7	2.3
導入率 (KPI)	31.3	14.3	20.0	14.3	31.8	17.5	0.6	37.5

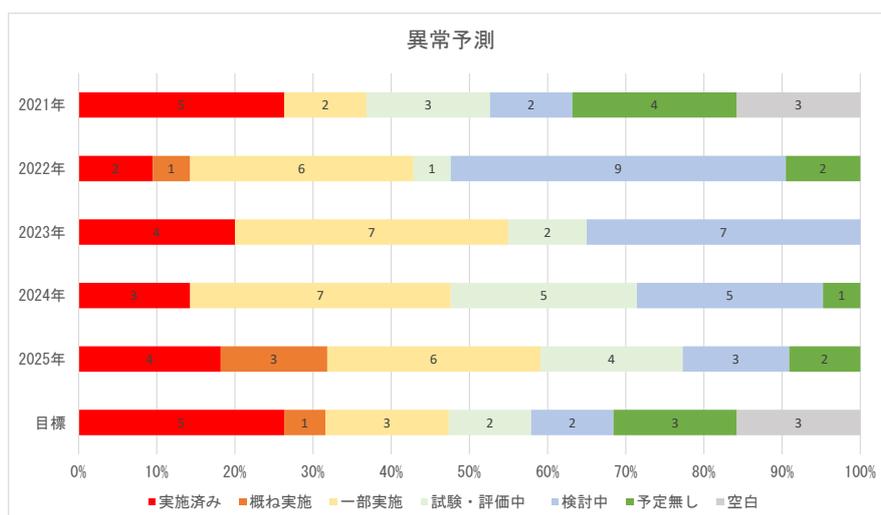


Figure 3-2 火力発電における KPI②-1

Table 3-4 火力発電における KPI②-2

内容	データの総合評価による設備寿命予知							
	実施状況					進捗		目標設定
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)	
実施済み	0	1	0	0	1	1	1	2
概ね実施	0	0	0	0	1	1	1	0
一部実施	1	2	5	4	5	1	4	3
試験・評価中	1	1	1	1	2	1	1	1
検討中	7	13	13	14	10	-4	3	2
予定無し	4	4	1	2	3	1	-1	4
空白	6	0	0	0	0	0	-6	7
合計	19	21	20	21	22	1	3	19
評点	0.6	1.2	1.5	1.3	1.7	0.4	1.1	1.2
導入率 (KPI)	0.0	4.8	0.0	0.0	9.1	9.1	9.1	16.7

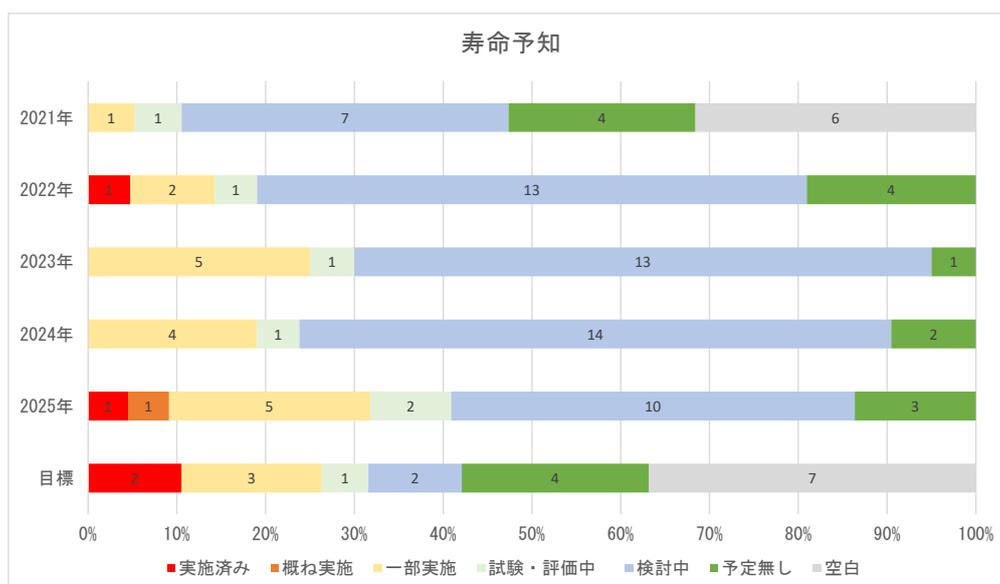


Figure 3-3 火力発電における KPI②-2

3.2.2 水力発電

Table 3-5 に水力発電における KPI（概要）、Table 3-6 に水力発電における KPI①（タブレット等によるデータ収集・分析等のためのデータベース化）、Table 3-7 に水力発電における KPI②-1（ウェアラブルカメラ等を使用した遠隔での現場支援）の調査結果をそれぞれ示す。

- 水力発電設備は、事業者ごとに設備規模や設備数が多様で、経営環境や事業規模も異なることから、2021 年当初はスマート保安の導入に関する姿勢に大きな温度差があり、スマート保安の導入・運用は限られた事業者で堅実に推進されていると想定される。
- KPI①（タブレット等によるデータ収集・分析等のためのデータベース化）については、現場作業の効率化とデジタル化に寄与する技術であるが、システム開発・維持運用に相当の費用が必要であることや設備数や設備内容により効果が異なることから、事業環境や事業規模などにより導入可否や対応姿勢が二分されている実態にあり、水力発電全体として緩やかな進捗に留まっている。

遠隔地にある水力発電所では、現地までの移動時間がウエイトを占めており、遠隔常時監視への移行が効果的であるものの、この保安技術を速やかに導入できる設備は少ないと想定される。当面は点検・保守業務へ携帯端末機を導入し、データをデジタル化することで、現場作業の効率化するとともに、データ活用による異常判断や寿命診断などの次のステップを見据えて検討・評価する必要があると思われる。

なお、携帯端末機（タブレット）の KPI は、「一部実施」に 2 割強の事業者が留まっていることから、導入件数(実施済み+概ね実施)はわずかに下回り、2021 年時点で 2025 年の導入想定への回答を保留した事業者が 8 事業者存在したことから、2025 年の導入率は目標(61.5%)を下回り未達成の結果(41.2%)となった。

- KPI②（ウェアラブルカメラ等を使用した遠隔での現場支援）については、費用を含め運用負担が大きいことから、導入件数の増減はあるものの、年が経過するにつれて「検討中」と「予定なし」の回答が徐々に減って、「一部実施」と「試験・評価中」が着実に増加していることから、一部の事業者が導入・運用へ向けて着実に推進していると推察される。

遠隔地にある水力発電設備の点検・保守においては、現場作業員の知識や技能に依存する部分が大きく、熟練者の領域であると言っても過言ではなく、技術者不足や経験不足の作業員での対応が増加している現場作業においては、直接可視化できるウェアラブルカメラへの期待は大きかったが、導入・運用費用が高く、運用に係る支援労力も大きかったことから、試験・評価はしたものの導入を断念あるいは一部の業務運用に限定するなど、広く実装・運用される状況まで至っていないと推測される。

なお、ウェアラブルカメラの KPI は、導入件数(実施済み+概ね実施)については、2021 年当初からほぼ変化がなく、「一部実施」と「試験・評価中」が着実に増加していることから、限られた事業者が実装・運用を着実に進めるものの、当初導入を想定していた事業者においても停滞もしくは計画変更したと推察され、2021 年時点で 2025 年の導入想定への回答を保留した事業者が 11 事業者存在したことから、2025 年の導入率は目標(39.1%)を下回り未達成の結果(11.8%)となった。

Table 3-5 水力発電におけるKPI（概要）

	スマート保安技術	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	目標
①	タブレット等によるデータ収集・分析等のためのデータベース化	40.7%	38.7%	37.5%	36.4%	41.2%	61.5%
②	ウェアラブルカメラ等を使用した遠隔での現場支援	17.4%	19.4%	12.5%	9.1%	11.8%	39.1%

Table 3-6 水力発電におけるKPI①

内容	タブレット等によるデータ収集・分析等のためのデータベース化							
	実施状況					進捗		目標設定
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)	
実施済み	7	7	10	9	10	1	3	11
概ね実施	4	5	2	3	4	1	0	5
一部実施	3	4	4	8	7	-1	4	4
試験・評価中	1	3	2	1	3	2	2	2
検討中	9	5	5	6	1	-5	-8	2
予定無し	3	7	9	6	9	3	6	2
空白	7	0	0	0	0	0	-7	8
合計	34	31	32	33	34	1	0	34
評点	2.1	2.5	2.5	2.7	2.8	0.1	0.7	2.7
導入率 (KPI)	40.7	38.7	37.5	36.4	41.2	4.8	0.4	61.5

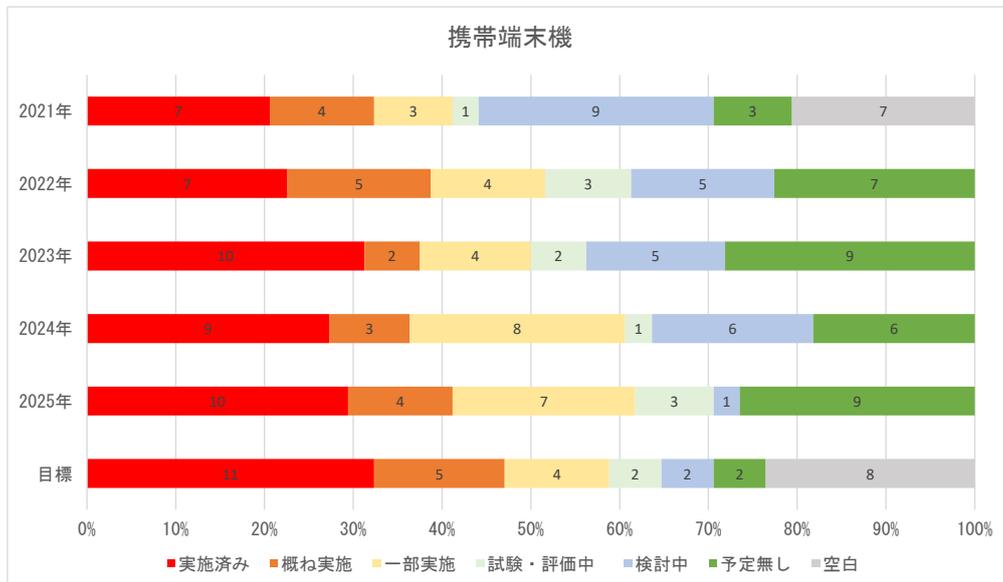


Figure 3-4 水力発電におけるKPI①

Table 3-7 水力発電における KPI②

内容	ウェアラブルカメラ等を使用した遠隔での現場支援							
	実施状況					進捗		目標設定
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)	
実施済み	3	5	3	3	3	0	0	5
概ね実施	1	1	1	0	1	1	0	4
一部実施	6	4	7	8	8	0	2	5
試験・評価中	3	4	5	6	10	4	7	3
検討中	6	11	6	9	6	-3	0	2
予定無し	4	6	10	7	6	-1	2	4
空白	11	0	0	0	0	0	-11	11
合計	34	31	32	33	34	1	0	34
評点	1.4	1.9	1.8	1.8	2.0	0.2	0.6	1.9
導入率 (KPI)	17.4	19.4	12.5	9.1	11.8	2.7	-5.6	39.1

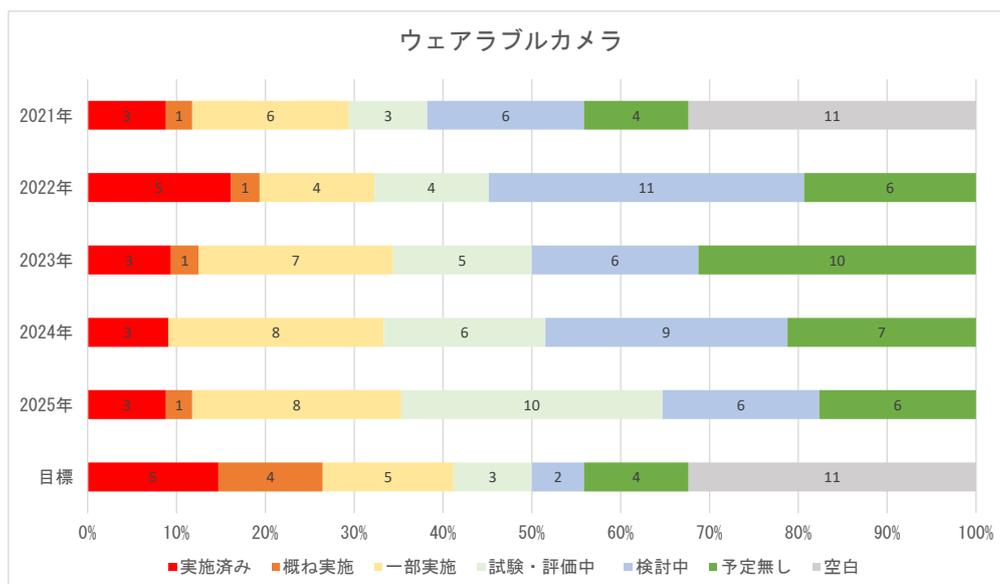


Figure 3-5 水力発電における KPI②

3.2.3 風力発電

Table 3-8 に風力発電における KPI（概要）、Table 3-9 に風力発電における KPI①（空中ドローンによる目視代替・画像データの取得）、Table 3-10 に風力発電における KPI②（ウェアラブルカメラ等を使用した遠隔での現場支援）の調査結果をそれぞれ示す。

- KPI①（空中ドローンによる目視代替・画像データの取得）については、現場作業の効率化と危険箇所などでの点検代替などに寄与する技術であり、近年、信頼性と安全性が高まったことや多種多様な製品が市場に投入されたことから、風力発電設備では点検・メンテナンスや災害時の被害状況の先行確認などへの活用の期待が大きいが、年推移において徐々に「予定無し」の回答が増加し、2025 年時点は 6 事業者(37.5%)を占めることから、運用環境への適合や導入効果などの評価を踏まえ、事業者により導入姿勢が分かれていると想定されるものの、自立型ロボットや自動飛行などの導入によって、様々な業務に運用拡大される保安技術であると推測される。

また、運用環境や業務内容に適した多様なドローンやロボットの技術が確立することや「レベル 4 飛行」の実現で、更に運用幅が広がることが期待される。

なお、空中ドローンの KPI は、技術革新などによって活用する業務の種類と幅が広がりつつあるものの、事業規模や導入効果の検証から取組レベルの見直しあるいは導入中止とした事業者が徐々に増加したなどの影響により、導入件数(実施済み+概ね実施)は目標数を下回り、2021 年時点で 2025 年の導入想定への回答を保留した事業者が 2 事業者存在したことから、2025 年の導入率は目標(48.0%)を下回り未達成の結果(37.5%)となった。

- KPI②（ウェアラブルカメラ等を使用した遠隔での現場支援）については、2021 年当初は現場点検支援として期待の大きい保安技術であり、2021 年当初から検討や試験実施が進められていたが、現場作業員不足への対応として遠隔常時監視に期待する事業者が増加傾向にあり、徐々に活用に消極的あるいは導入を断念する事業者が増え、2025 年時点で「予定無し」と回答する事業者が 7 割弱を占めていることから、一部の事業者において活用業務を絞る形での運用になると想定される。

現時点では十分な効果が得られないとの評価ではあるものの、風力発電設備の点検・保守においては、現場作業員の知識や技能に依存する部分が大きく、高所や僻地での作業が多く、熟練技術者不足と言われる現場作業においては、直接可視化や細やかな支援ができるウェアラブルカメラの効果は大きいのではないかと推測する。

なお、ウェアラブルカメラの KPI は、「予定無し」と回答する事業者が年々増加しており、導入件数(実施済み+概ね実施)は目標数を大きく下回り、2021 年時点で 2025 年の導入想定への回答を保留した事業者が 8 事業者存在したことから、2025 年の導入率は目標(26.3%)を下回り未達成の結果(6.3%)となった。

Table 3-8 風力発電における KPI (概要)

スマート保安技術		2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	目標
①	空中ドローンによる目視代替・画像データの取得	7.7%	13.6%	22.2%	38.5%	37.5%	48.0%
②	ウェアラブルカメラ等を使用した遠隔での現場支援	5.0%	9.5%	0.0%	0.0%	6.3%	26.3%

Table 3-9 風力発電における KPI①

内容	空中ドローンによる目視代替・画像データの取得							
	実施状況					進捗		目標設定
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)	
実施済み	2	3	4	5	6	1	4	5
概ね実施	0	0	0	0	0	0	0	7
一部実施	6	5	5	3	2	-1	-4	6
試験・評価中	6	6	3	1	1	0	-5	2
検討中	10	5	1	1	1	0	-9	3
予定無し	2	3	5	3	6	3	4	2
空白	1	0	0	0	0	0	-1	2
合計	27	22	18	13	16	3	-11	27
評点	1.9	2.1	2.3	2.8	2.4	-0.4	0.6	2.9
導入率 (KPI)	7.7	13.6	22.2	38.5	37.5	-1.0	29.8	48.0

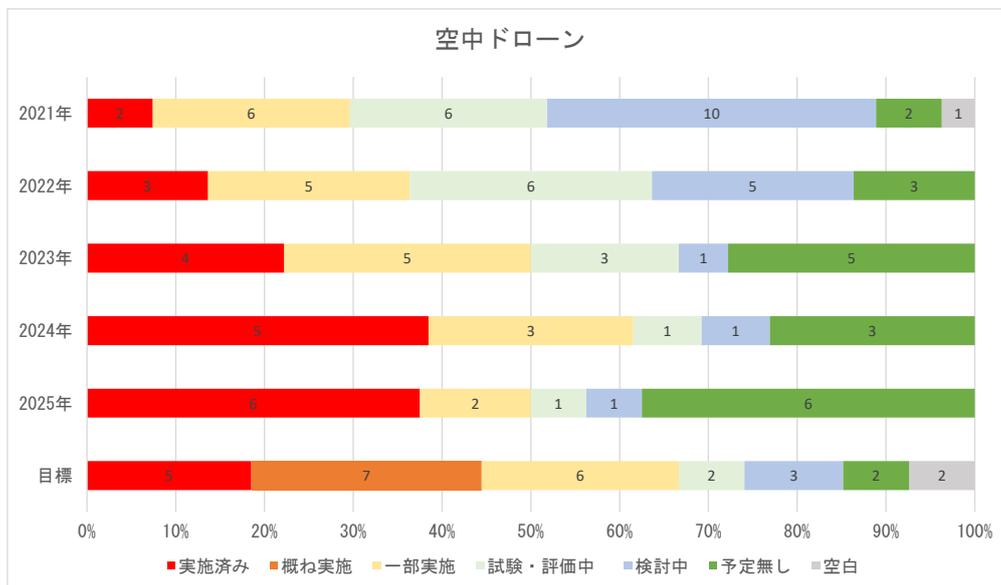


Figure 3-6 風力発電における KPI①

Table 3-10 風力発電における KPI②

内容	ウェアラブルカメラ等を使用した遠隔での現場支援							
	実施状況					進捗		目標設定
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)	
実施済み	1	2	0	0	1	1	0	4
概ね実施	0	0	0	0	0	0	0	1
一部実施	1	1	2	1	2	1	1	4
試験・評価中	3	4	2	1	0	-1	-3	2
検討中	12	8	4	2	2	0	-10	5
予定無し	3	6	9	9	11	2	8	3
空白	7	1	1	0	0	0	-7	8
合計	27	22	18	13	16	3	-11	27
評点	1.0	1.3	0.8	0.5	0.8	0.3	-0.2	1.7
導入率 (KPI)	5.0	9.5	0.0	0.0	6.3	6.3	1.3	26.3

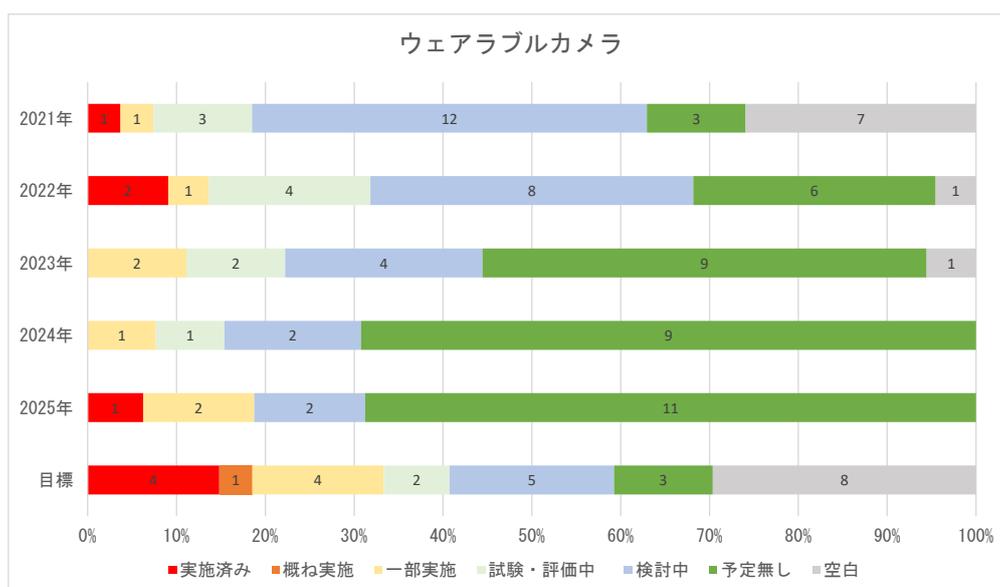


Figure 3-7 風力発電における KPI②

3.2.4 太陽電池発電

Table 3-11 に太陽電池発電における KPI（概要）、Table 3-12 に太陽電池発電における KPI①（点検・計測結果の電子保存）、Table 3-13 に太陽電池発電における KPI②（空中ドローンによる目視代替・画像データの取得）の調査結果をそれぞれ示す。

- KPI①(携帯端末機活用による点検結果の電子保存) については、現場作業の効率化とデジタル化に寄与する技術であるものの、システム開発・維持運用に費用が必要であり、設備数や設備内容による効果が大きく異なることから、2021 年当初は導入に否定的な事業者が多数を占めていたが、自社開発の完了や管理・運用システムのサービスを提供する業者の登場により、急激に導入が加速され、同時に点検データや運転データの電子保存が加速した。

太陽電池発電所は、遠隔地にあることが多く、現地までの移動時間がウエイトを占めており、遠隔常時監視への移行が効果的であるものの、この保安技術を速やかに導入できる設備は少ないと想定される。当面は、現場作業の効率化を進めるとともに、現場支援に係る保安技術活用とデータ活用による異常判断や寿命診断などの次のステップを見据えて検討・評価する必要があると思われる。

なお、「携帯端末機+電子保存」の KPI は、「一部実施」に留まる事業者が一定数あるものの、導入件数(実施済み+概ね実施)は早い段階で目標数を大きく上回り、2025 年の導入率は目標(29.7%)を大きく達成する結果(75.0%)となった。

- KPI②（空中ドローンによる目視代替・画像データの取得）については、現場作業の効率化と危険個所などでの点検代替などに寄与する技術であり、近年、信頼性と安全性が高まったことや多種多様な製品が市場に投入されたことから、太陽電池発電所は広大な敷地内の巡視・点検などへの活用が期待され、徐々に取組レベルが上昇しており、今後も様々な業務に導入される保安技術であると推測される。

また、運用環境や業務内容に適した多様なドローンやロボットの技術が確立することで、現時点では「一部実施」と回答している事業者が 4 割弱あることから、更に運用幅が広がり、導入が拡大することが期待される。

なお、空中ドローンの KPI は、技術革新などによって活用する業務の種類と幅が広がったことから、早い段階で積極的な活用拡大が図られており、導入件数(実施済み+概ね実施)は目標を大きく上回り、KPI は目標(21.1%)を大きく達成する結果(34.4%)となった。

Table 3-11 太陽電池発電における KPI（概要）

	スマート保安技術	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	目標
①	点検・計測結果の電子保存（タブレット使用・二次活用も含む）	21.6%	55.6%	57.3%	60.3%	75.0%	29.7%
②	空中ドローンによる目視代替・画像データの取得	5.3%	7.4%	19.5%	20.7%	34.4%	21.1%

（注） KPI①（点検・計測結果の電子保存）は、設定内容を反映するために、同じ事業者の「携帯端末機の導入」と「調査結果の電子保存」の回答数を合計したもので算定した。

Table 3-12 太陽電池発電における KPI①

内容	点検・計測結果の電子保存（タブレット使用・二次活用も含む）							
	実施状況					進捗		目標設定
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)	
実施済み	6	29	33	25	44	19	38	7
概ね実施	2	1	14	10	4	-6	2	4
一部実施	4	9	13	9	11	2	7	0
試験・評価中	0	3	4	3	2	-1	2	1
検討中	3	6	12	4	1	-3	-2	3
予定無し	22	6	6	7	2	-5	-20	22
空白	5	0	0	0	0	0	-5	5
合計	42	54	82	58	64	6	22	42
評点	1.3	3.5	3.4	3.5	4.3	0.8	3.0	1.3
導入率 (KPI)	21.6	55.6	57.3	60.3	75.0	14.7	53.4	29.7

(注) 回答数は KPI の設定内容を反映するために、同じ事業者の「携帯端末機の導入」と「調査結果の電子保存」を合計したものとしました。

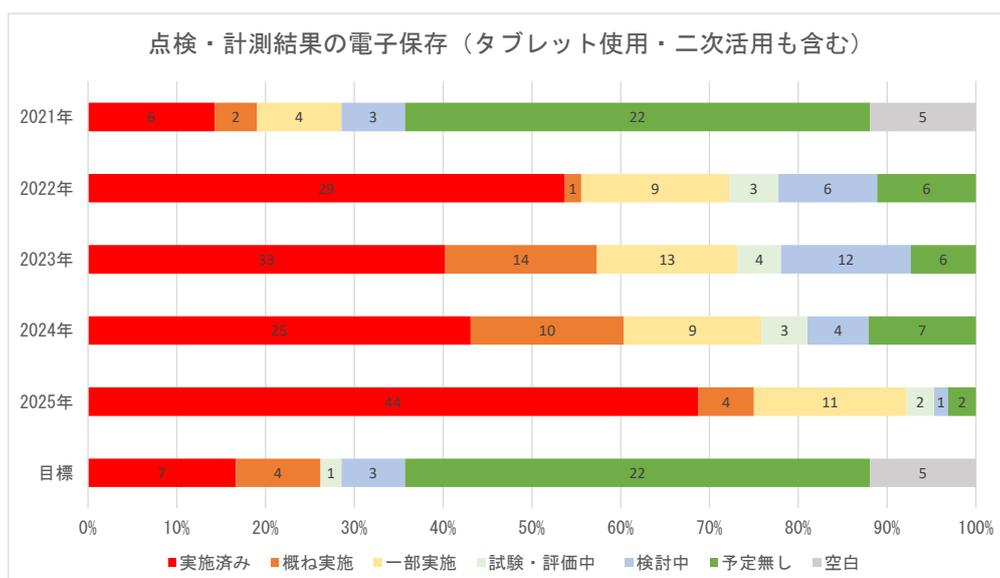


Figure 3-8 太陽電池発電における KPI①

Table 3-13 太陽電池発電における KPI②

内容	空中ドローンによる目視代替・画像データの取得							
	実施状況					進捗		目標設定
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)	
実施済み	1	1	7	6	9	3	8	3
概ね実施	0	1	1	0	2	2	2	1
一部実施	4	8	17	9	12	3	8	2
試験・評価中	0	6	4	1	2	1	2	0
検討中	5	9	3	3	1	-2	-4	5
予定無し	9	2	9	10	6	-4	-3	8
空白	2	0	0	0	0	0	-2	2
合計	21	27	41	29	32	3	11	21
評点	1.0	2.0	2.5	2.1	2.9	0.8	1.9	1.4
導入率 (KPI)	5.3	7.4	19.5	20.7	34.4	13.7	29.1	21.1

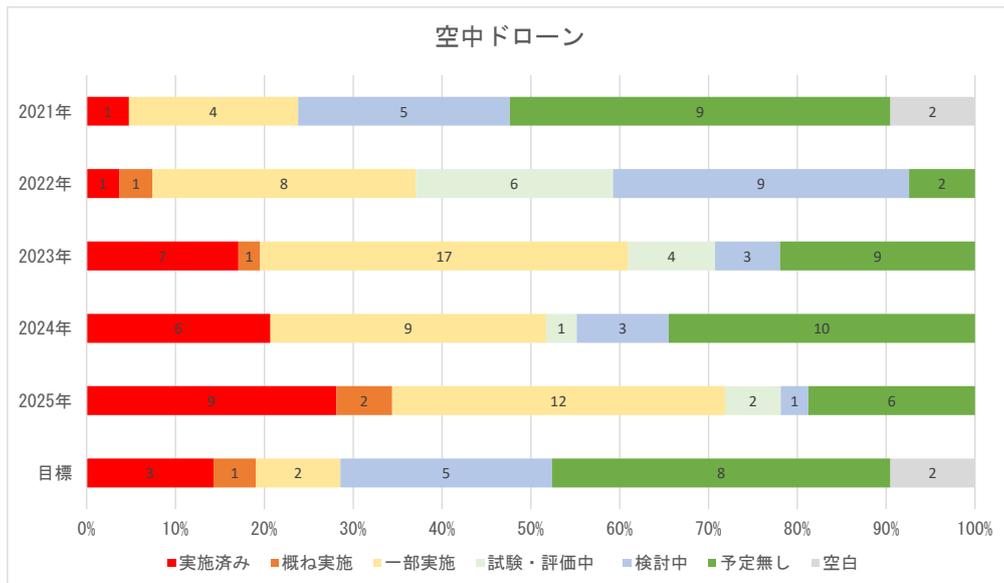


Figure 3-9 太陽電池発電における KPI②

3.2.5 送配電・変電所

Table 3-14 に送配電・変電所における KPI (概要)、Table 3-15 に送配電・変電所における KPI① (空中ドローンによる目視代替・画像データの取得)、Table 3-16 に送配電・変電所における KPI② (ウェアラブルカメラ等を使用した遠隔での現場支援)、Table 3-17 に送配電・変電所における KPI③ (画像による劣化の自動判定) の調査結果をそれぞれ示す。

- 送配電・変電設備は、送電、配電、変電の異なる設備で構成されており、各設備により有効なスマート保安技術は異なるものの、2021 年当初から既に導入が進められていたが、業界団体内でスマート保安技術の情報共有が行われて、導入技術の見直しや適用業務目標の変更が行われた関係で、進捗が一時的に停滞あるいは後退した保安技術が発生していることを考慮する必要がある。
- KPI① (空中ドローンによる目視代替・画像データの取得) については、現場作業の効率化と危険個所などでの点検代替などに寄与する技術であり、近年、信頼性と安全性が高まったことや多種多様な製品が市場に投入されたことから、送配電・変電設備でも送電線の点検や変電所内の巡視などに活用されることが多くなっており、今後も様々な業務に導入される保安技術であると推測される。

また、運用環境や業務内容に適した多様なドローンやロボットの技術が確立することで、更に運用幅が広がることが期待される。

なお、空中ドローンの KPI は、実施レベルが一時的に後退し、すぐに導入拡大に転じたものの、2025 年時点で「一部実施」に 8 事業者があり、今後も着実に推進・拡大するものと推察される。導入件数(実施済み+概ね実施)はわずかに下回り、2021 年時点で 2025 年の導入想定への回答を保留した事業者が 1 事業者存在したことから、2025 年の導入率は目標(64.5%)を下回り未達成の結果(53.1%)となった。

- KPI② (ウェアラブルカメラ等を使用した遠隔での現場支援) については、期待の大きい保安技術の一つであり、2021 年当初から既に導入・運用が進んでおり、2025 年では「一部実施」に 8 事業者があることから、今後、着実に推進・拡大するものと推察される。

送配電・変電設備の点検・保守においては、現場作業員の知識や技能に依存する部分が大きく、熟練者の領域であると言っても過言ではなく、技術者不足や経験不足の作業員での対応が増加している現場作業においては、直接可視化や細やかな支援ができるウェアラブルカメラへの期待は大きく、積極的な実装・運用が加速していると推測される。

なお、ウェアラブルカメラの KPI は、導入件数(実施済み+概ね実施)については、目標件数を超過しているものの、2021 年時点で 2025 年の予測回答を保留した事業者が 2 事業者存在したことから、2025 年の導入率は目標(56.7%)をほんの少し下回り未達成の結果(56.3%)となった。

- KPI③ (画像による劣化の自動判定) については、当初から「検討中」と「予定無し」の合計が 5 割強を占めていたが、徐々に「試験・評価中」と「一部実施」レベルに移行し、2025 年時点では「一部実施」に 8 事業者があることから、現時点では拡大段階にあると推測され、今後は着実に推進・拡大するものと思われる。

送配電・変電設備の点検・保守においては、外観異常や異音、異臭などの有無を作業員の五感により確認するほか、計測器類の活用により設備の健全性を確認しているため、設備の良否判断について作業員への依存度が高い状況にあり、技術者不足や経験不足の作業員での対応が増加している現場作業においては、作業品質のばらつきを縮小して点検品質を確保する必要があり、携帯端末機の導入に加えて積極的な実装・運用が加速していると推測される。

なお、点検結果の自動判別の KPI については、導入件数(実施済み+概ね実施)は、「一部実施」あるいは「試験・評価中」と回答した事業者が 3 割強となったことから目標の半数に留まり、2021 年時点で 2025 年の予測回答を保留した事業者が 5 事業者存在したことから、2025 年の導入率は目標(40.7%)を大きく下回り未達成の結果(18.8%)となった。

Table 3-14 送配電・変電所における KPI (概要)

	スマート保安技術	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	目標
①	空中ドローンによる目視代替・画像データの取得	32.3%	24.2%	14.7%	37.5%	53.1%	64.5%
②	ウェアラブルカメラ等を使用した遠隔での現場支援	25.8%	30.3%	29.4%	43.8%	56.3%	56.7%
③	画像による劣化の自動判定	14.3%	9.1%	5.9%	15.6%	18.8%	40.7%

Table 3-15 送配電・変電所における KPI①

内容	空中ドローンによる目視代替・画像データの取得							
	実施状況					進捗		目標設定
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)	
実施済み	8	7	4	10	13	3	5	12
概ね実施	2	1	1	2	4	2	2	8
一部実施	7	12	17	12	8	-4	1	5
試験・評価中	8	7	8	6	6	0	-2	3
検討中	6	6	4	2	1	-1	-5	3
予定無し	0	0	0	0	0	0	0	0
空白	1	0	0	0	0	0	-1	1
合計	32	33	34	32	32	0	0	32
評点	2.8	2.9	2.8	3.4	3.7	0.3	0.8	3.6
導入率 (KPI)	32.3	24.2	14.7	37.5	53.1	15.6	20.9	64.5

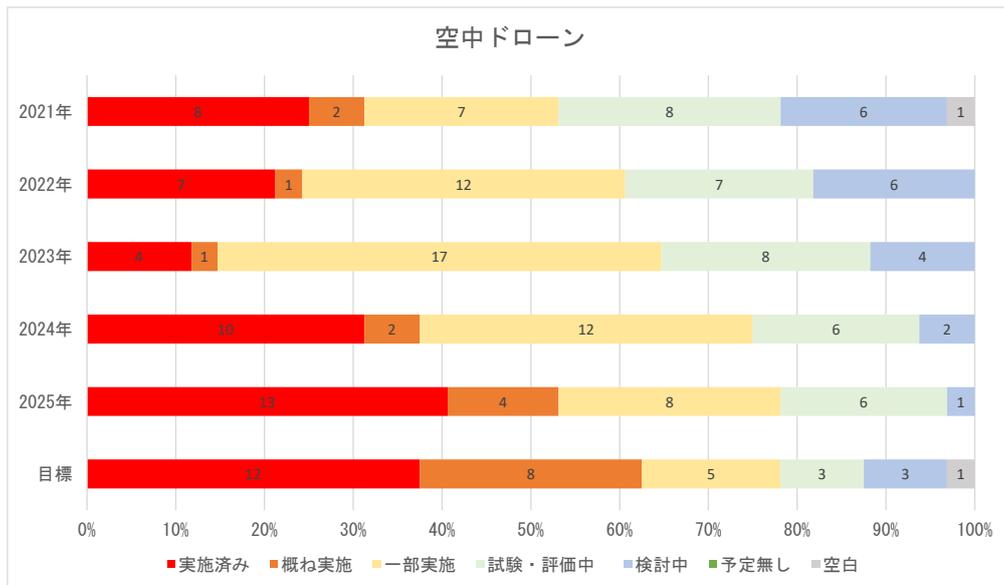


Figure 3-10 送配電・変電所における KPI①

Table 3-16 送配電・変電所における KPI②

内容	ウェアラブルカメラ等を使用した遠隔での現場支援							
	実施状況					進捗		目標設定
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)	
実施済み	7	8	8	13	15	2	8	13
概ね実施	1	2	2	1	3	2	2	4
一部実施	7	9	12	8	8	0	1	8
試験・評価中	6	6	4	6	2	-4	-4	1
検討中	9	8	8	3	3	0	-6	3
予定無し	1	0	0	1	1	0	0	1
空白	1	0	0	0	0	0	-1	2
合計	32	33	34	32	32	0	0	32
評点	2.5	2.9	2.9	3.4	3.7	0.3	1.2	3.4
導入率 (KPI)	25.8	30.3	29.4	43.8	56.3	12.5	30.4	56.7

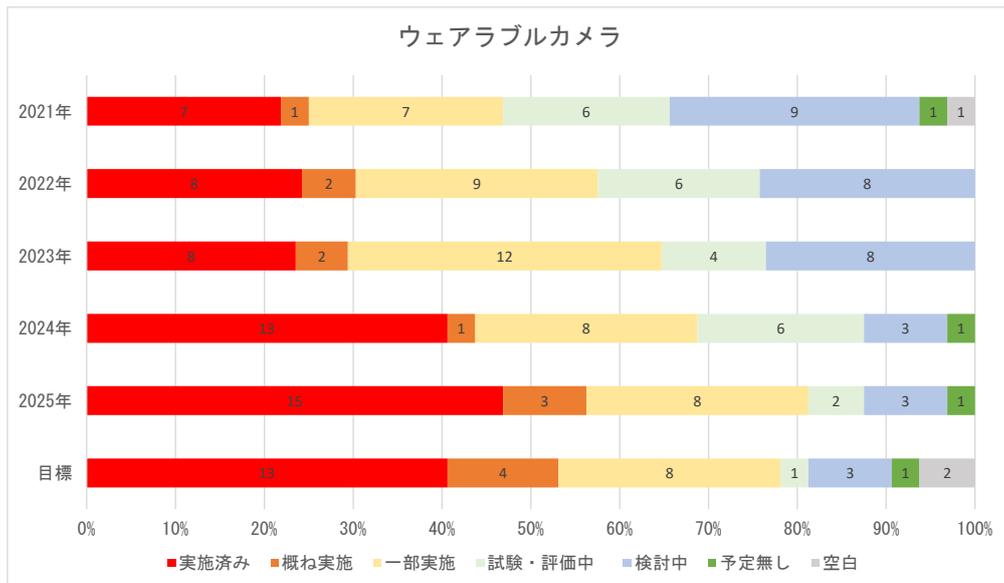


Figure 3-11 送配電・変電所における KPI②

Table 3-17 送配電・変電所における KPI③

内容	画像による劣化の自動判定							
	実施状況					進捗		目標設定
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)	
実施済み	3	2	2	4	4	0	1	6
概ね実施	1	1	0	1	2	1	1	5
一部実施	4	5	5	9	9	0	5	3
試験・評価中	3	8	11	9	12	3	9	2
検討中	13	13	14	8	5	-3	-8	9
予定無し	4	4	2	1	0	-1	-4	2
空白	4	0	0	0	0	0	-4	5
合計	32	33	34	32	32	0	0	32
評点	1.6	1.8	1.8	2.4	2.6	0.2	1.1	2.3
導入率 (KPI)	14.3	9.1	5.9	15.6	18.8	3.1	4.5	40.7

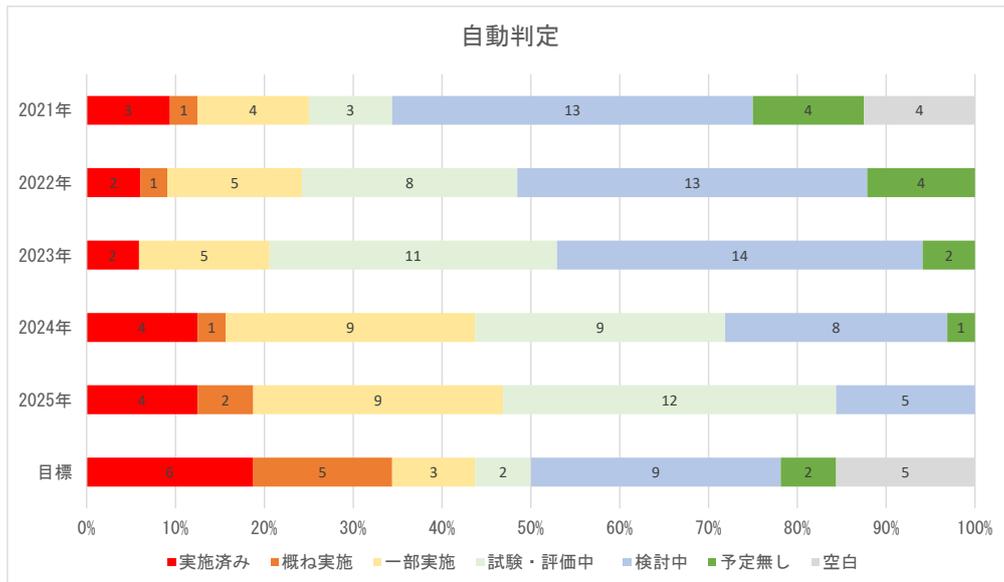


Figure 3-12 送配電・変電所における KPI③

3.2.6 需要設備

Table 3-18 に需要設備における KPI（概要）、Table 3-19 に需要設備における KPI①（点検・計測結果の電子保存）の調査結果を示す。

- 需要設備は、設備の種類や規模が多種多様であり、外部委託が多いなどの関係で、2021 年当初はスマート保安の導入に関する事業者の姿勢に大きな温度差があったものの、多くの事業者ではデジタル化に資するスマート保安技術の導入・運用が着実に推進されたと想定される。
- KPI（点検・計測結果の電子保存）については、現場作業の効率化とデジタル化に寄与する技術であるものの、システム開発・維持運用に費用が必要であり、設備数や設備内容による効果が大きく異なることから、外部委託が多い需要設備では 2021 年当初は導入に否定的な事業者が 4 割程度を占めていたが、自社開発の完了や管理・運用システムのサービスを提供する業者の登場により、急激に導入が加速され、同時に点検データや運転データの電子保存が加速した。

需要設備は、施設が点在しており、現地までの移動時間がウエイトを占めていることから、遠隔常時監視が効果的であるものの、この保安技術を導入できる設備は少ないと想定される。当面は、現場作業の効率化や現場支援に係る保安技術の活用とデータ活用による異常判断などの次のステップを見据えた形で検討・評価する必要があると思われる。

なお、携帯端末機+電子保存の KPI は、「検討中」と回答する事業者が一定数あるものの、導入件数(実施済み+概ね実施)は早い段階で目標数を大きく上回り、2025 年の導入率は目標(57.8%)を大きく達成する結果(86.4%)となった。

Table 3-18 需要設備における KPI（概要）

	スマート保安技術	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	目標
①	点検・計測結果の電子保存（タブレット使用・二次活用も含む）	51.1%	65.4%	60.7%	59.5%	84.6%	57.8%

（注） KPI（点検・計測結果の電子保存）は、設定内容を反映するために、同じ事業者の「携帯端末機の導入」と「調査結果の電子保存」の回答数を合計したもので算定した。

Table 3-19 需要設備における KPI①

内容	点検・計測結果の電子保存（タブレット使用・二次活用も含む）							
	実施状況					進捗		目標設定
	2021年(a)	2022年(b)	2023年(c)	2024年(d)	2025年(e)	前年比(e-d)	総合(e-a)	
実施済み	16	16	15	15	22	7	6	24
概ね実施	7	1	2	7	0	-7	-7	2
一部実施	2	4	4	9	1	-8	-1	1
試験・評価中	1	3	5	0	0	0	-1	1
検討中	2	2	1	1	3	2	1	1
予定無し	17	0	1	5	0	-5	-17	16
空白	1	0	0	3	0	-3	-1	1
合計	46	26	28	40	26	-14	-20	46
評点	2.6	4.0	3.8	3.3	4.5	1.2	1.9	2.9
導入率 (KPI)	51.1	65.4	60.7	59.5	84.6	25.2	33.5	57.8

(注) 回答数は KPI の設定内容を反映するために、同じ事業者の「携帯端末機の導入」と「調査結果の電子保存」を合計したものとしました。

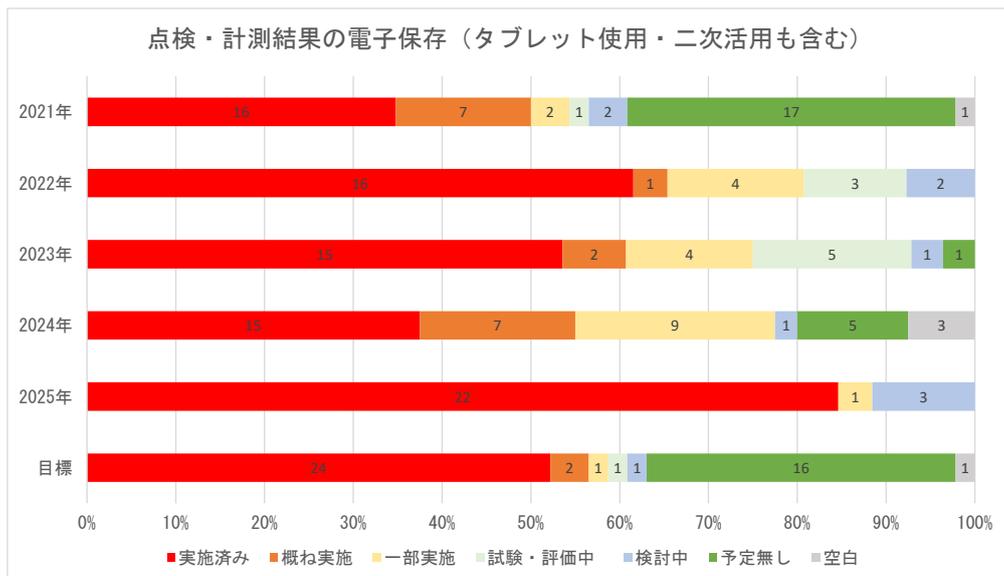


Figure 3-13 需要設備における KPI①

3.2.7 まとめ

今年度はアクションプランの中でターゲットイヤーとされている 2025 年度にあたることから、スマート保安導入推進に向けた KPI の達成状況を踏まえて、総括する。

- 本アンケート調査における KPI（導入率）は、2021 年のアンケート調査結果をもとに技術動向の分析・検討し、2022 年春に経済産業省電力安全課と業界団体して設定したものである。具体的には、電気設備ごとに動向を考慮し選定した保安技術における、2025 年時点での導入率としている。選定された技術については、各業界団体において積極的な保安技術導入への取組が進められている。

しかし、2021 年当時と比べて、機器性能の向上や運用の柔軟化、AI の活用拡大などの技術発展が急速に進んだ。その結果、既に導入・運用されている技術においても、最新技術の導入や手法の見直し、活用業務範囲の拡大などが検討され、スマート保安導入の推進計画が変更される事例が見られた。

このような新たな保安技術の取り込みや社会の要求事項への対応は、事業者にとって必要不可欠であり、スマート保安技術の導入を推進する目的の一つである。ただし、KPI の設定項目に計画見直しなどが発生した場合、一時的に導入・運用の水準が低下したり、目標到達時期が遅れるなど評価手法上の課題が発生する。例えば、ドローン活用において、取組レベルが「概ね実施」とされた回答でも、技術推進の目標をより高いレベルに設定したことで、現場運用の状況が変わっていないにもかかわらず、その後「一部運用」や「試験・検証中」と回答される事例が確認されている。

このことから、断片的な数値化だけでなく、業界団体へのヒアリングを組み合わせることで、各保安技術のトレンドを正確に把握し、スマート保安技術の全体的な導入進捗や動向を評価する必要がある。

- 電気設備ごとに KPI の設定項目は異なるものの、第 2 章の個別技術の導入状況を踏まえると、KPI に採用されている技術は業界団体で積極的な導入が進められている傾向があるといえる。しかし、KPI（導入率）の数値だけでは、スマート保安の推進状況を全て伺い知ることは難しいと考えられる。KPI（導入率）は、スマート保安技術の導入件数（「実施済み」と「概ね実施」の合計件数）をアンケート対象件数（回答件数）で除して算出されるが、回答を保留（無回答、空白）にした場合は、対象件数から除外される。2021 年当時はスマート保安に対する理解が不十分で、2025 年時点の導入状況の想定が困難などの理由で回答を保留した事業者が一定数存在し、目標 KPI が高く設定されてしまっている場合がある。
- 電気設備ごとに目標設定された合計 13 個別技術の KPI について、2025 年時点で目標を達成したものは 3 個別技術(23.1%)に留まった。一方、KPI に設定された個別技術を評点（取組レベルを 5 段階で評価）で評価した場合、13 個別技術に対して 9 個別技術(69.2%)が評点目標を達成しており、業界全体で導入推進が図られた姿勢が見られる。

特に、「タブレット+電子保存」は、機種選択の多様化や現場事務作業の効率化などの流れもあり、急速な導入推進が図られ、KPI 目標を達成している代表的な個別技術である。

一方、「ウェアラブルカメラ」については、2 つの電気設備で達成率が著しく低い結果と

なった。2021年当初は現場点検支援への利用が期待された技術であり、2021年当初から検討や試験実施が進められていたものの、現地確認や簡易な検収などの一部業務ではスマートフォンなどのモバイル端末で代用可能であることや、効果的に運用するには後方技術支援体制の構築が不可欠で、運用負担が大きいことから、技術研修など活用業務を絞り込み、専門特化した業務運用とする傾向にあると考えられる。同様に、「空中ドローン」など他の技術も、業務内容や運用体制を十分に検討することが円滑な導入・運用につながると推察される。

- 2021年から2025年においては、コロナウイルス感染拡大による人の交流制限により、最新技術情報の流れが阻害され、研究開発や試験実施の機会に大きな影響を与えたのではないかと推測される。

また、計測・センサー類やAI技術などは、技術開発のスピードが速く、2021年時点で最新とされていた技術が他の新たな技術に置き換わる、効果的な仕組みではないと評価されることも発生し、導入予定技術の見直しや選定変更、あるいは運用予定業務範囲の拡大などが行われ、スマート保安技術の導入が停滞または後退する現象が一部の事業者で見られた。

しかし、人手不足や経費節減などの課題解決に向けて、業界全体で積極的にデジタル化推進の取組がなされたことは評価すべきである。

- 本アンケート調査は、アクションプランのターゲットイヤーである2025年を目標として設定されたKPIの進捗状況の把握を目的としており、2025年までの電気設備別KPIの進捗状況を整理した本報告書で調査を終了する。

第4章 スマート保安プロモーション委員会に対する提言

4.1 スマート保安プロモーション委員会の位置づけ

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の妥当性を確認する「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となった。

具体的には、①必要と想定されるデータの画定・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、既存の電力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とする。

広くスマート保安技術の導入推進を図るためには、プロモーション委員会の仕組みや活動内容、カタログ化した技術情報などの発信を効果的かつ積極的な取組を進める必要がある。プロモーション委員会の現時点での評価や、期待されている役割・活動内容並びに技術カタログの閲覧状況の把握を行い、今後の委員会運用と活動内容を検討する。

4.2 調査内容

上記委員会の運営の方向性を検討すべく、事業者に以下の4つをアンケートにて調査した。

- (1) スマート保安プロモーション委員会の活動内容の把握状況
- (2) 委員会への期待または要望
- (3) 技術カタログの知名度
- (4) スマート保安プロモーション委員会への相談・問合せ

(1) 内容把握

【設問】

知名度：プロモーション委員会の活動内容をご存じですか。

- ① 把握・理解している。
- ② 概ね把握・理解している。
- ③ ある程度把握はしているが理解までは至っていない。
- ④ 把握も理解もしていない。
- ⑤ プロモーション委員会自体を知らない。
- ⑥ その他。

(2) 委員会への期待または要望

【設問】

プロモーション委員会(事務局を含む)に期待または要望する活動内容を教えて下さい。(複数回答)

- ① 特に無し。
- ② スマート保安に関する相談や問合せ対応を行うこと。
- ③ スマート保安の周知および認知度向上に関する活動を行うこと。
- ④ スマート保安の推進に係る基礎要素技術や保安技術を創出または発掘すること。
- ⑤ 開発・運用している保安技術を第三者機関として評価すること。
- ⑥ 評価を受けた保安技術を「技術カタログ」として公表すること。
- ⑦ 保安技術モデルを業界内に普及促進する活動を展開すること。
- ⑧ 運用に際しての規則やルールに対する見直しなどを国等へ提言を行うこと。
- ⑨ 新たな保安技術モデル化に向けたアドバイス等を行うこと。
- ⑩ その他

(3) 技術カタログの知名度

【設問】

NITEのホームページで公開しているスマート保安技術カタログ(電気保安)の閲覧頻度と閲覧目的、技術の導入状況について教えてください。

ア 閲覧頻度

- ① 定期的あるいは頻繁に閲覧している。

- ② 数回閲覧したことがある。
- ③ 1～2回ぐらい閲覧したことがある。
- ④ 閲覧希望したいが閲覧方法を知らない。
- ⑤ 閲覧したことがないまたは興味がない。
- ⑥ 技術カタログを知らない。

※①～③は設問「イ 閲覧目的」、④～⑥は設問「ウ 技術の導入状況」に進む

イ 閲覧目的

- ① 自組織へのスマート保安技術の導入を検討あるいは参考とするための情報収集。
- ② 業界あるいはスマート保安関連製品の技術動向の把握。
- ③ スマート保安技術や導入事例の技術情報の収集(業界や導入に関係なく)。
- ④ 偶然あるいは特段目的はなかった。
- ⑤ その他

ウ 技術の導入状況(スマート保安技術カタログに掲載している製品もしくはその類似品(技術)を導入していますか。

スマート保安技術カタログ:https://www.nite.go.jp/gcet/tso/smart_hoan_catalog.pdf)

- ① はい
- ② いいえ
- ③ 不明

(4) 相談・問合せ

【設問】

プロモーション委員会の取組や仕組みを知りたい場合やスマート保安に関する相談・問合せがある場合は下記のメール宛に内容を記入して送信をお願いします。必要により Web 会議等をご案内致します。

4.3 調査結果

調査結果の概要を以下に示す。

4.3.1 内容把握

Figure 4-1 にプロモーション委員会の活動内容の把握状況（全体）の調査結果を示す。「①把握・理解している」が18%（前回:20%）、「②概ね把握・理解している」が21%（前回:18%）となっており、両者合計は前回より1ポイント、2021年度より18ポイント上昇している。また、「⑤プロモーション委員会自体を知らない」が15%（前回:14%）、「④把握も理解もしていない」が11%（前回:13%）で両者合計は前回より1ポイント、2021年度より23ポイント減少しており、プロモーション委員会の活動内容の把握・理解が着実に進んでいると推測される。

なお、「当該業務に従事した者は認知しているが、そうでない者は認知していない者が多い」との意見もあることから、一層丁寧に活動状況の公表や周知活動を進めていく必要がある。

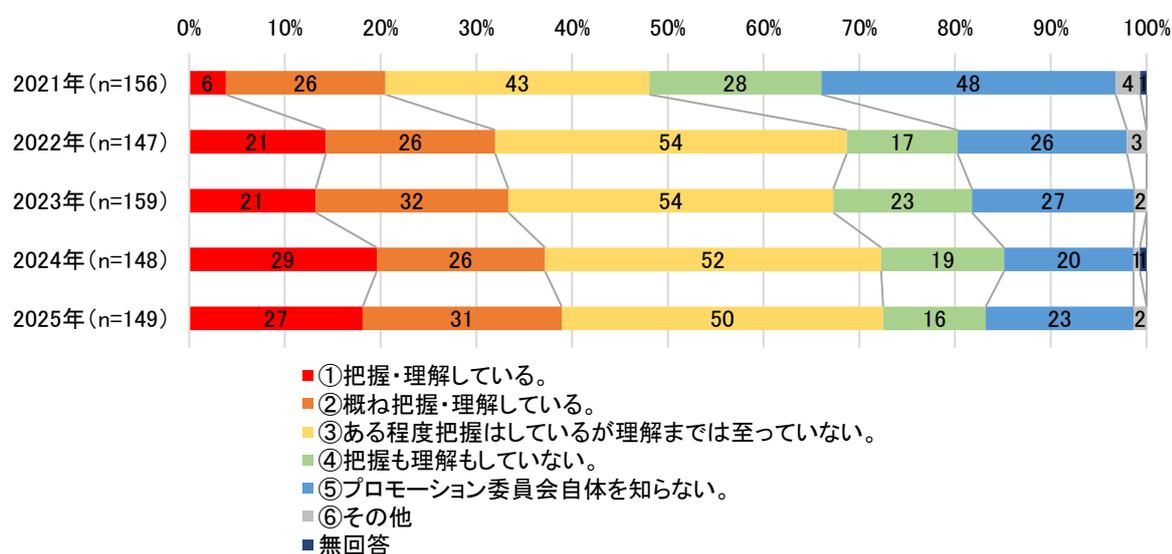


Figure 4-1 プロモーション委員会活動内容の把握状況（全体）

Table 4-1 プロモーション委員会活動内容の把握状況（全体）

回答内容	上段：回答数、下段：把握率				
	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年
①把握・理解している。	6 4%	21 14%	21 13%	29 20%	27 18%
②概ね把握・理解している。	26 17%	26 18%	32 20%	26 18%	31 21%
③ある程度把握はしているが理解までは至っていない。	43 28%	54 37%	54 34%	52 35%	50 34%
④把握も理解もしていない。	28 18%	17 12%	23 14%	19 13%	16 11%
⑤プロモーション委員会自体を知らない。	48 31%	26 18%	27 17%	20 14%	23 15%
⑥その他	4 3%	3 2%	2 1%	1 1%	2 1%
無回答	1 1%	0 0%	0 0%	1 1%	0 0%
合計	156 100%	147 100%	159 100%	148 100%	149 100%

その他の内容

- ・本アンケートで知る程度。

4.3.2 期待または要望

Figure 4-2 にプロモーション委員会に期待または要望する活動内容（全体）の調査結果を示す。過半数が期待・要望している項目として「⑧運用に際しての規則やルールに対する見直し等を国などへ提言を行うこと」が62%（前回:60%）、「⑦保安技術モデルを業界内に普及促進する活動を展開すること」が55%（前回:53%）の2項目が挙げられる。次いで「④スマート保安の推進に係る基礎要素技術や保安技術を創出または発掘すること」が48%（前回:44%）、「⑥評価を受けた保安技術を「技術カタログ」として公表すること」が44%（前回:51%）、「③スマート保安の周知および認知度向上に関する活動を行うこと」が38%（前回:41%）と続く。「①特に無し」は10%（前回:9%）と前回からは1ポイント増加しているものの、2021年に比べて9ポイント減少している。

スマート保安推進に向けたアクションプランが示されて5年目となり、電気設備ごとに推進する保安技術の導入も進んだことから、プロモーション委員会に対する期待または要望も変化していることがうかがわれる。技術情報公開などの活動内容を逐次見直し、変化に応じたスマート保安推進の期待に応えられるような活動の活性化が求められる。

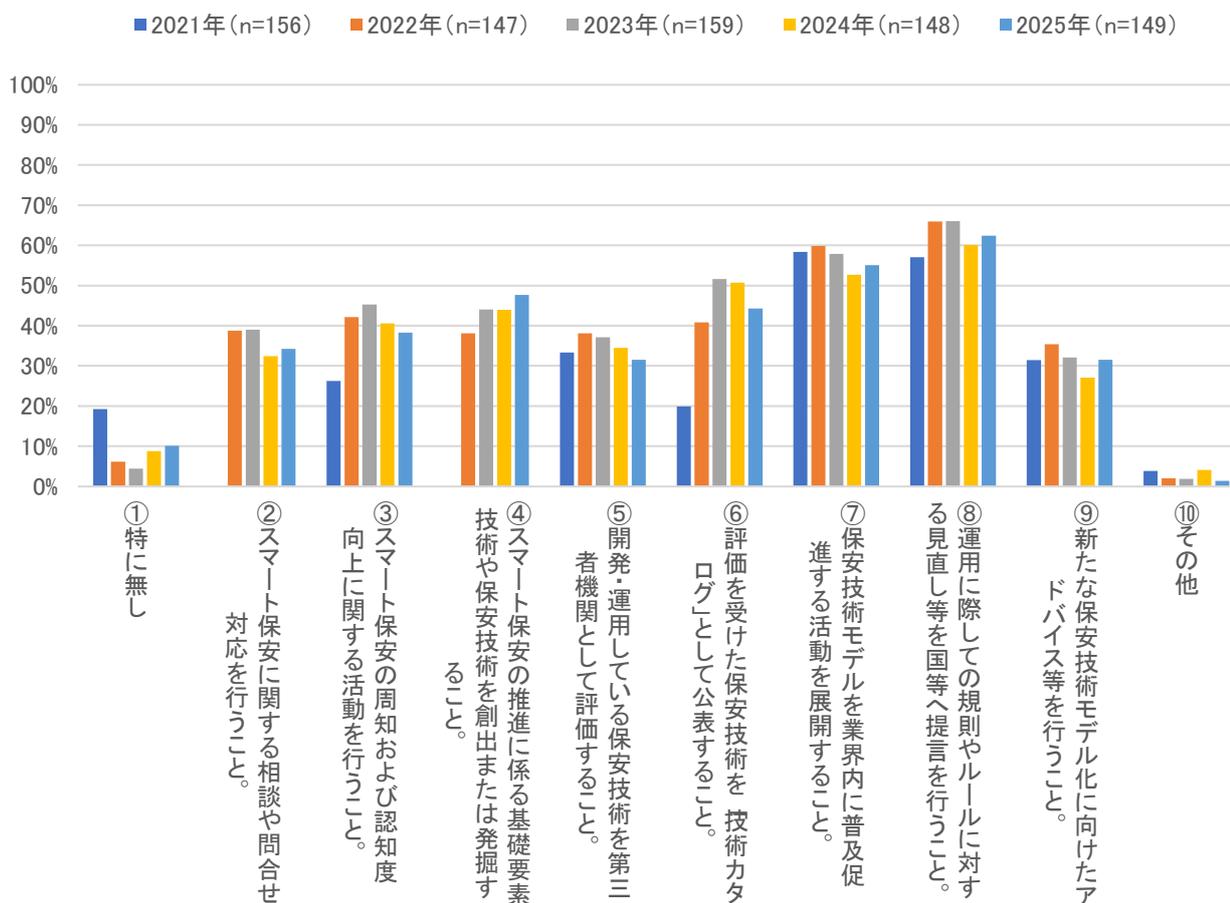


Figure 4-2 プロモーション委員会に期待または要望する活動内容（全体）

Table 4-2 プロモーション委員会に期待または要望する活動内容（全体）

回答内容	上段：回答数、下段：要望率				
	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年
①特に無し	30	9	7	13	15
	19%	6%	4%	9%	10%
②スマート保安に関する相談や問合せ対応を行うこと。	0	57	62	48	51
	0%	39%	39%	32%	34%
③スマート保安の周知および認知度向上に関する活動を行うこと。	41	62	72	60	57
	26%	42%	45%	41%	38%
④スマート保安の推進に係る基礎要素技術や保安技術を創出または発掘すること。	0	56	70	65	71
	0%	38%	44%	44%	48%
⑤開発・運用している保安技術を第三者機関として評価すること。	52	56	59	51	47
	33%	38%	37%	34%	32%
⑥評価を受けた保安技術を「技術カタログ」として公表すること。	31	60	82	75	66
	20%	41%	52%	51%	44%
⑦保安技術モデルを業界内に普及促進する活動を展開すること。	91	88	92	78	82
	58%	60%	58%	53%	55%
⑧運用に際しての規則やルールに対する見直し等を国等へ提言を行うこと。	89	97	105	89	93
	57%	66%	66%	60%	62%
⑨新たな保安技術モデル化に向けたアドバイス等を行うこと。	49	52	51	40	47
	31%	35%	32%	27%	32%
⑩その他	6	3	3	6	2
	4%	2%	2%	4%	1%
無回答	0	0	0	2	0
	0%	0%	0%	1%	0%
合計	156	147	159	148	149
	100%	100%	100%	100%	100%

その他の内容

- ・ 安全性、信頼性、コスト評価手法・結果の公開
- ・ 関係業界団体の講演会や研修会の場における活動内容・評価結果の発表・報告
- ・ 保安技術者へのメリットを享受

4.3.3 技術カタログの知名度

Figure 4-3 に技術カタログの閲覧頻度、Figure 4-4 に技術カタログの閲覧目的、Figure 4-5 に技術カタログ掲載技術の導入状況の調査結果を示す。技術カタログは、プロモーション委員会で妥当性と実効性を評価したスマート保安技術をまとめたもので、NITE のホームページで公開している。

ア 閲覧頻度

技術カタログの閲覧頻度については、「①定期的あるいは頻繁に閲覧している」が 16 件 (11%)、「②数回閲覧したことがある」が 34 件 (23%)、「③1~2 回ぐらい閲覧したことがある」が 48 件 (32%) となっており、**技術カタログを閲覧したことがあると回答した事業者が合計で 98 件 (66%) と前回より 13 ポイント上昇**している。また、「⑤閲覧したことがないまたは興味がない」と「⑥技術カタログ自体を知らない」の合計は 38 件 (26%) と前回より 13 ポイント減少する結果となっており、徐々に技術カタログが浸透していると評価できる。

イ 閲覧目的

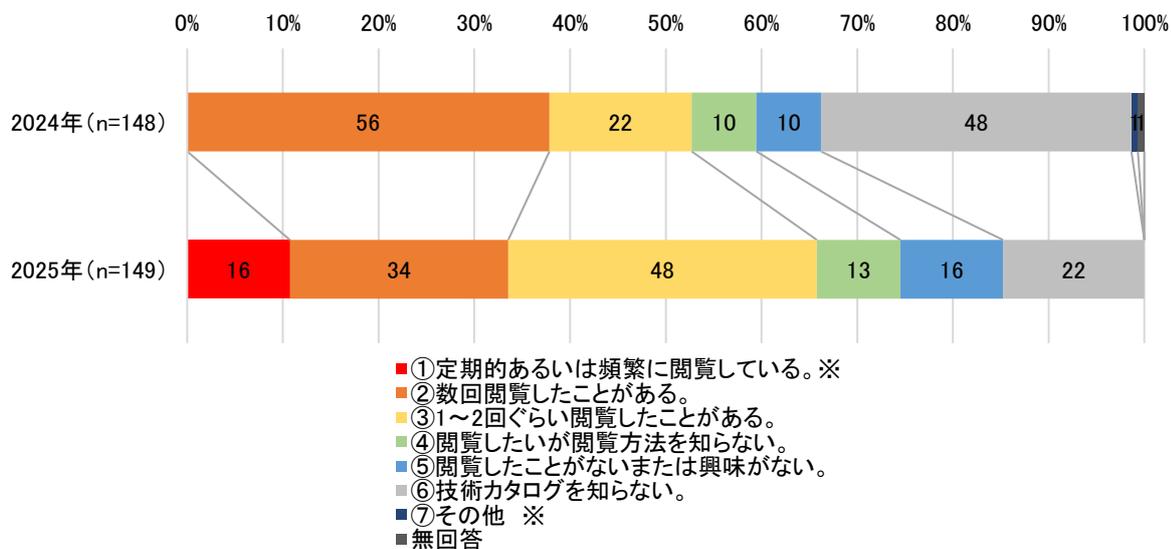
技術カタログを閲覧したことがある事業者(98 事業者)の閲覧目的については、「①自組織へのスマート保安技術の導入を検討あるいは参考とするための情報収集」が 36 件(37%) と最も多く、次に「③スマート保安技術や導入事例の技術情報の収集(業界や導入に関係なく)」が 29 件 (30%)、「②業界あるいはスマート保安関連製品の技術動向の把握」が 27 件 (28%) となっており、ほとんどが技術情報の収集を目的としている。

ウ 技術の導入状況

「スマート保安技術カタログに掲載している製品もしくはその類似品(技術)を導入していますか」への回答については、「①はい」が 35 件 (23%)、「②いいえ」が 84 件 (56%)、「③不明」または無回答が 30 件 (20%) となっており、技術カタログに掲載されている電気設備や技術内容に偏りがあることが影響していると推察される。

プロモーション委員会の活動内容を把握・理解している事業者は、閲覧したと回答する傾向があり、活動内容の把握・理解度が低い事業者ほど技術カタログ自体を知らないと回答する傾向が見られることから、委員会の活動内容の周知が重要であり、最優先事項であると考えられる。今後のプロモーション委員会の審議案件選定の参考としたい。

(1) 閲覧頻度



※選択肢「①定期的あるいは頻繁に閲覧している。」は2025年のみ、「⑦その他」は2024年のみ。

Figure 4-3 技術カタログの閲覧頻度

Table 4-3 技術カタログの閲覧頻度

回答内容	上段：回答数、下段：知名度	
	2024年	2025年
①定期的あるいは頻繁に閲覧している。※	0 0%	16 11%
②数回閲覧したことがある。	56 38%	34 23%
③1～2回ぐらい閲覧したことがある。	22 15%	48 32%
④閲覧したいが閲覧方法を知らない。	10 7%	13 9%
⑤閲覧したことがないまたは興味がない。	10 7%	16 11%
⑥技術カタログを知らない。	48 32%	22 15%
⑦その他 ※	1 1%	0 0%
無回答	1 1%	0 0%
合計	148 100%	149 100%

※選択肢「①定期的あるいは頻繁に閲覧している。」は2025年のみ、「⑦その他」は2024年のみ。

(2) 閲覧目的

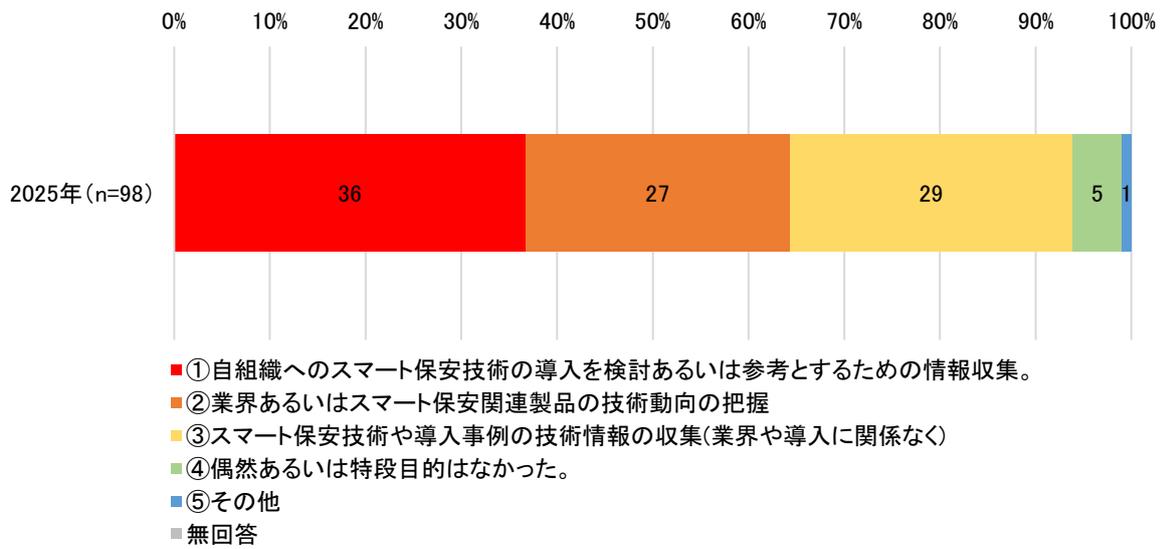


Figure 4-4 技術カタログの閲覧目的 (全体)

Table 4-4 技術カタログの閲覧目的 (全体)

回答内容	上段：回答数、 下段：割合
	2025年
① 自組織へのスマート保安技術の導入を検討あるいは参考とするための情報収集。	36 37%
② 業界あるいはスマート保安関連製品の技術動向の把握	27 28%
③ スマート保安技術や導入事例の技術情報の収集(業界や導入に関係なく)	29 30%
④ 偶然あるいは特段目的はなかった。	5 5%
⑤ その他	1 1%
無回答	0 0%
合計	98 100%

その他の内容

- ・ 昨年のアンケート調査の際にスマート保安技術カタログがどんなものか確認するため

(3) 技術の導入状況

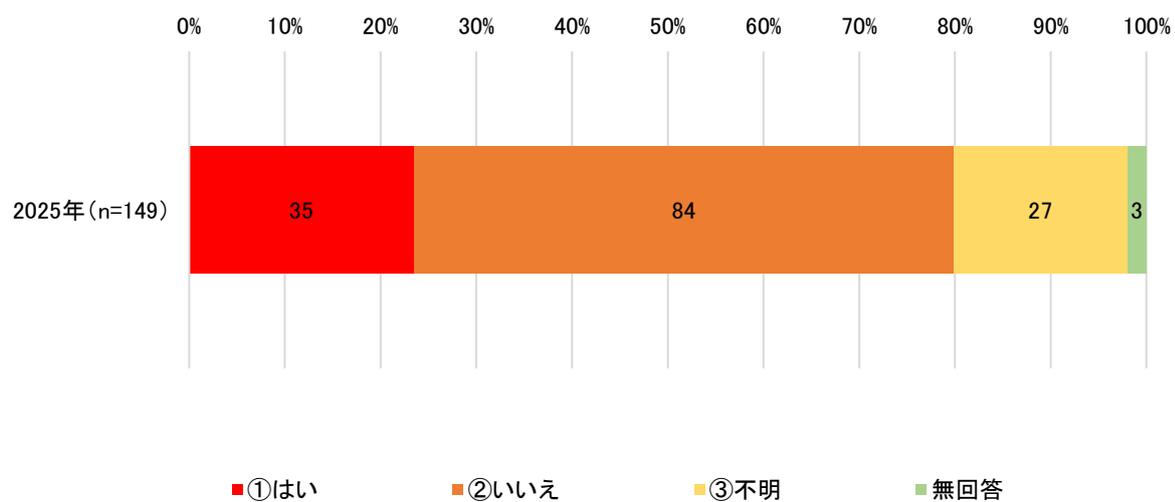


Figure 4-5 技術の導入状況（全体）

Table 4-5 技術の導入状況（全体）

回答内容	上段：回答数、 下段：導入率
	2025年
①はい	35 23%
②いいえ	84 56%
③不明	27 18%
無回答	3 2%
合計	149 100%

第5章 ご意見・ご要望

5.1 スマート保安へのご意見・ご要望

火力発電でのご意見・ご要望

- 法整備の緩和化が進むことでドローンなどの技術適用範囲が拡大できると考えている。

1. 背景と課題認識

我が国の産業・エネルギー関連インフラは、設備の高経年化や人材の高齢化、技術・技能の伝承力の低下といった構造的な課題に加え、自然災害の激甚化やサイバー・テロリスクの増大、新型感染症リスクなど、これまでにない環境変化に直面しています。このような状況の中で、保安分野におけるデジタル技術の活用、いわゆる「スマート保安」は、安全性の確保と効率的な保安体制の維持を両立させる有効な手段として位置づけられています。当社としても、スマート保安の理念に賛同し、現場での実装やデータ利活用、人材育成などに取り組んでおります。しかしながら、その導入や運用には相応のコストと時間を要し、短期的な費用対効果が明確に得られるケースばかりではありません。スマート保安は、単なる企業努力ではなく、社会インフラの持続性と安全保障に関わる公共的な課題であると考えております。

2. 現場における課題認識

スマート保安の導入には、IoT 機器や通信基盤の整備、データ解析基盤の構築、AI 活用の検証など、多岐にわたる投資が必要です。これらは、特に既設設備や地域インフラを抱える事業者にとって大きな負担となっており、運用体制の維持や更新に支障をきたすおそれがあります。また、社会的に求められる保安水準は年々高度化しており、事業者単独で技術革新に追随し、継続的な投資を行うことは容易ではありません。したがって、スマート保安を実効的に推進するためには、制度的な枠組みと財政的支援の両輪による国の積極的な後押しが不可欠であると考えております。

3. 提言事項（制度的・財政的支援の拡充）

スマート保安に関する機器導入、データ活用、人材育成などに対して、継続的かつ予見性のある支援制度を整備していただきたいと考えております。特に、実証段階から本格運用へ移行する際に生じるコスト負担を軽減し、事業者が安心して技術導入を進められる環境を整えていただきたいと考えます。また、地域電力会社や中小規模事業者も含めた公平な支援スキームを構築し、全国的な保安力の底上げにつなげていただくことを期待しております。

- スマート保安の観点で、様々なデジタル機器、IoT、遠隔監視などの適用、規制緩和も検討されているが、発電所と言う観点では、電気事業法以外との連携をお願いしたい。

水力発電でのご意見・ご要望

- ドローン導入にあたり、電波法の関係でローカライズ費用の関係か、メーカーの本国価格との日本での価格差が大きい。5GHz 帯等の電波について国際規格に準拠するよう情報発信をお願いしたい。

- ソフト面（例えば、記録の残し方や監督官庁への報告形式についても、紙ベースではなく電子での残し方や報告の方法をOKとする。）の拡大・許容も必要と思われる。
- 遠隔監視や操作といった技術の導入と主任技術者選任要件の緩和（事業用電気工作物における2時間ルール等の内規撤廃等）について早期の導入を求めたい。山間部など難アクセス地点に所在する電気工作物の日常巡視点検について、将来の人的資源減少に対応した遠隔巡視点検の積極的な導入を進めたいと考えており、監督官庁においても相談に乗って頂きたい。
- AIを保守に活用するためには、長期間蓄積したデータや実績に基づくノウハウを学習させる必要がある。データ面では、古い発電所の記録が紙媒体で残っていることが多くデジタル化に課題がある一方で、新しい発電所はそもそも蓄積データ自体が少ないという問題がある。ノウハウ面では、従来の保守手法はTBMが主流であり、メーカーが推奨する点検周期や部品交換周期を超えて使用した実績が乏しいため、学習用の素材が不足しているのが実態である。現時点では、水力発電所の長寿命診断などに活用できるレベルで成熟したAIシステムは存在しないと考えており、仮にそのようなシステムがあれば紹介してほしい。

風力発電でのご意見・ご要望

- スマート保安に関する電安課の取組みについて、あまり認識しておりませんでした。もっと勉強したいと思います。
- 1. 技術の導入状況をスマート保安技術カタログにて情報収集できることは今後の検討で参考になる。
2. 風力発電機は海外製の物が多く、また技術情報の開示が無いことからスマート保安の導入促進に対しても障壁となっている。
- スマート保安技術に対して、対外的にアピールできるように登録された製品やサービスの情報公開をもっと大々的にお願いしたい
- 風力発電事業において、風車メーカー保証（機械保証、稼働率保証）を得るためには、事業者独自の施策（スマート保安に係わるもの技術導入も含まれる）を導入することが困難であり、風車メーカーとの協調が必要と考えます。一方で、風車メーカーはすべて海外メーカーであり、日本国内の事情や政策には、必ずしも精通していません。
このため、国内だけでなく、海外へもスマート保安推進の活動内容や状況を発信し、グローバルに連携できる枠組みが進められると良いと考えます。
- このアンケートにより、「スマート保安プロモーション委員会」というものがあることを知りましたので、公開情報については、今後、参考に閲覧させていただきます。
- アンケートにもありました、技術適用に対するルールや規制の見直要請：保安監督部への保安規程提出時判断が、各地区で異なることがないか など

太陽電池発電でのご意見・ご要望

- ・太陽光発電業界では、スマート保安に対して、保安規程に記載しても認められないことが大半です（特にドローン）。
・電気主任技術者などスマート保安を導入しようとしてもメリットが無いため、従来の方法を変えたくない方が多く特にIT（スマホ、タブレット）やIoT（通信技術）の導入に否定的な方が多い。
・高圧でのスマートキュービクル（常時計測）などを開発する予定なので、費用対効果が認めてもらえるような規制緩和を実行してほしい。
- スマート保安の推進に当たっては、企業が積極的にスマート保安を導入したくなるよう意欲を高める必要があるが、そのためには投資効果・費用対効果の見える化、スマート保安技術の導入による安全性向上のアピール等がもっと必要だと考える。
- ドローンでの点検は実施しているが、AIを使った点検はよくわかってない状況です。AIを使った点検が広まり、点検予算内で導入することができれば、導入していきたく思います。業界内への普及促進活用を期待します。
- 近年、森林等の開発を伴う野立ての太陽光発電所の開発行為が環境側面（動植物、地形等）の課題から制限又は建設中止になるケースが大きくなってきています。まさに再エネの主力電源となる太陽光発電所が環境破壊を伴う事に対する警告です。これらの課題を払拭するためにもスマート保安の果たす役割は大きいかと思えます。具体的には、そのような地域に建設される、または建設されている太陽光発電所が健全に運用されているかを営利目的の事業者目線ではなく、地域住民（国民）目線で経過観察（モニタリング）をするべきと考えます。例えば建設時に環境影響評価として予測した
 - ・土砂流出に伴う水の濁り
 - ・重要な地形・地質への影響
 - ・斜面崩壊など土地の安定性への影響
 - ・動物・植物・生態系への影響
 - ・景観・人と自然との触れあい活動の場への影響

これらが、建設以降の運用期間中にどのようになっているかを評価する必要があります。特に、近年の台風や豪雨による太陽光発電所設備及びその地盤の土砂流出、斜面崩壊等の環境被害が増加する傾向があります。このようなリスクがあるために、森林等を活用した太陽光発電所の建設にブレーキがかかっています。運用状態を環境側面でモニタリングし、土砂流出・地形変動・太陽光設備の変形（基礎浮き、架台の変形等）や斜面崩壊の前兆を捉え、被害を抑えるための処置、対策に繋げる事が重要です。山間地等での太陽光発電所の建設に時には流出する土砂を貯める沈砂池を設置し下流域への影響を最小限に留めて、運用時には沈砂池に溜まった土砂を浚渫しています、まさしく浚渫した土量が環境影響分と想定され、その地盤に建設されている設備にも何らかの影響を及ぼしていると考えられます。それらをモニタリングする方策として、ドローン・赤外線・点群データの技術をスマートに活用出来ると考えます。特に点群データの活用に関しては、設備や環境の変化度合いを経時的に把握

する事により変化量の推定とAIを活用して危険度を推定する事も可能になるのではと考えます。これこそがスマート保安の一考です。動植物等の生態系への影響度合いも同様です。風力発電所においては希少動物（イヌワシ等の猛禽類等）の影響懸念もあり建設には逆風になっていますが、太陽光発電所においても猛禽類の飛来・繁殖にも影響を及ぼしている可能性があります。これら含めてスマート保安として事業者目線だけではなく国民目線でモニタリングする事が大事かと思えます。これらを実施し、国民の理解を得られながら健全な太陽光発電所開発・運用に結び付けられればと思います。

- スマート保安導入する事業者に対して、導入、運用に対するインセンティブと費用対効果を明確に想定できるよう条件を示していただきたい。
- 人手不足解消・生産性向上につながるインセンティブ（点検頻度延伸など）がないと推進しにくい。
- 業界全体で人材不足が深刻化する状況において、IoT や AI などの新技術を活用したスマート保安は、施設の安全・安定稼働を維持・向上させるために必要不可欠な要素であると強く認識しております。2026 年度からの推進に対し、その重要性を理解しつつも、実際に新技術を採用し、導入・運用を進める上では、費用対効果の検証や技術的な知見の確保など、様々な障壁が存在します。今後、これらの障壁を乗り越え、スマート保安を円滑に導入・普及させるための、具体的なガイドラインや成功事例の共有、補助制度の拡充などのご支援に期待いたします。

送配電・変電所でのご意見・ご要望

- ・スマート保安の促進に向けた取組みは各社・多部門にわたり積極的に進められているものの、全体的に共通して費用対効果に課題がある。スマート保安を促進させるためには、今の先端技術が低廉化するまで待つか、コストメリットがなくても他のメリット（または導入させる必要）があることを共通認識として広く展開させる必要がある。
・スマート保安の促進にあたり、24 時間安定した通信回線の確保が前提となる施策も多いが、特に山間部などキャリア回線の電波が入らない（または弱い）変電所における通信設備の構築が課題である。
- スマート保安導入を推進しているが、法規制（ドローンにおける航空法等）等が弊害となり、導入が進まないケースがある。このような諸規制が弊害となり導入の足止めになっている情報を共有し、課題解決の取り組みに向けた仕組みを希望する。
- 引き続きスマート保安技術の推進に向けてご支援・ご協力頂けますようよろしくお願い致します。

需要設備でのご意見・ご要望

- 2025 年度からの制度改正では、負荷の適確な監視と更新期限内の設備更新を追加実施することで、月次点検頻度を 3 ヶ月に 1 回に延伸することが可能となったが、中長期的な要員

不足に対処していくためには、年次点検も含めた点検頻度のさらなる延伸により、保安業務の効率化に継続して取り組んでいくことが必要であると考えております。

- スマート保安導入する事業者に対して、導入、運用に対するインセンティブと費用対効果を明確に想定できるよう条件を示していただきたい。
- 人手不足解消・生産性向上につながるインセンティブ（点検頻度延伸など）がないと推進しにくい。
- スマート保安技術を実装した設備開発の推進をお願いします。
- スマート保安技術を実装した電気設備の開発・新規導入の啓発をお願いします。
- これからの、動きが気になります。

5.2 スマート保安プロモーション委員会へのご意見・ご要望

火力発電でのご意見・ご要望

- 各企業間の交流が活性化し、企業における技術導入が促進されるような取り組みを開催していただきたい。また、業界ごとの先進的な取り組みについて、紹介していただくなど、スマート保安で目指す姿や実現している技術などを紹介していただきたい。
- スマート保安事例集や技術カタログ等の継続的なアップデートのほか、特に効果の高い技術に関する普及促進活動。また周知方法については、HP等の公表だけでなく、メール等によるプッシュ型の情報共有があるとありがたい。

水力発電でのご意見・ご要望

- (ご意見・ご要望はなかった。)

風力発電でのご意見・ご要望

- カタログなどのアップデートをお願いします。
- 委員会や関係公的機関において、上記の項目(1)(2026年度からのスマート保安推進に関するご意見・ご要望)のグローバルな枠組み活動を支援する動きが進むと良いと考えます。
- 人員不足対策としてAI、IoTなどのデジタル技術を活用して業務の効率化を図りたいのですが、具体的にどんな物を使い何ができるのか導入事例があれば情報提供いただきたい。
- このアンケートで初めてスマート保安技術カタログを知りましたが、他分野(建設業界等)でも活用できる技術もあり、特許等の制約があるものかどうかをカタログに併せてお知らせ頂きたいと存じます。
- 新技術をスマート保安カタログで公開頂けること大変参考にさせて頂いております。今後とも宜しくをお願いします。

太陽電池発電でのご意見・ご要望

- スマート保安活用の好事例の共有をお願いしたい。
- 全ての事業者ではなく、長期安定適格太陽光発電事業者など、発電事業者として優良な場合、スマート保安を導入した際、インセンティブや規制緩和(電気主任技術者の点数を増やす。統括主任制度の拡大)など実施してほしい。
- 設問3-(2)「プロモーション委員会(事務局を含む)に期待または要望する活動内容を教えてください。」においてチェックした内容のとおり。特に「⑧運用に際しての規則やルールに対する見直し等を国等へ提言を行うこと。」の運用に際しての規則やルールに対する見直しの提言を進めていただき、スマート保安の導入に合わせた保安の基準や運用ルールの整

備を進めてもらいたい。

- 点検が正確に迅速にできる新しいスマート保安技術が開発されてくれば、是非、導入していきたいが、点検予算内で導入できるかが重要となってきます。業界内へのコスト低減対策促進を期待します。
- 新技術の導入を進める際の障壁の中でも、特に既存の法規制や基準への適合、または法規制自体の見直しが必要となるケースは、一企業単独では対応が非常に難しい課題です。スマート保安の推進を実効性のあるものとするため、スマート保安プロモーション委員会が、業界を代表し、関係省庁への法規制緩和や基準類の整備・改定などについて、積極的に働きかけていただくことを強く要望いたします。このような規制面からの後押しこそが、業界全体のスマート保安導入を加速させる重要な鍵になると期待しております。

送配電・変電所でのご意見・ご要望

- 「スマート保安技術カタログ」について、用途別の大分類・中分類などに分類し、検索しやすいような運用にしていきたい。

需要設備でのご意見・ご要望

- プロモーション委員会が国等に対して積極的に「新たな基準策定や規制・運用の見直しに向けた提言」を行っていくことについて、外部委託の保有する保安技術も含め、技術的に適切な評価がなされた保安技術モデルについては、引き続き積極的な対応をお願いしたい。

第6章 おわりに

6.1 独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）からの提言

（スマート保安技術の導入推進およびスマート保安プロモーション委員会の運用について）

6.1.1 はじめに

NITE は、スマート保安技術の導入・普及促進を目的として、2021 年度からスマート保安技術の導入実態調査を実施している。前年度に引き続き、今年度も「令和 7 年度電気保安のスマート化推進に関する業界別推進状況の把握調査・分析業務」を実施し、アンケート調査の分析結果に基づき各業界団体との意見交換を行った。今年度はアクションプランの公表から 5 年目であり、各業界団体においてスマート保安への理解が深まり、取組も本格化している。導入推進の評点は着実に上昇し、2021 年度に設定した目標（2025 年度における目標）を達成した保安技術が多数ある。一方、KPI である導入率については、2025 年度時点で「一部実施」に留まる事業者が一定数存在しており、2025 年度における目標を達成したものは少数であった。これは、目標設定時には想定されていなかったような新技術・機器の普及、スマート保安技術を活用する業務範囲の拡大、さらなる効率化や精度向上を目的とした技術見直しなどによる影響と推測される。

スマート保安プロモーション委員会（以下、「プロモーション委員会」という。）は、2026 年 3 月末までに第 24 号案件までの審議が完了し、順次、技術カタログに掲載・公表する予定である。

NITE へのスマート保安に関する問合せや相談に対しては、スマート保安の概要や必要性、「電気保安分野スマート保安アクションプラン」、プロモーション委員会の概要と審査などについて丁寧に説明している。技術審査に関する問合せは年々増加しており、今年度だけでも 2025 年 12 月末までに 18 件の相談が寄せられている。このような活動により認知度は着実に向上しており、2025 年度にはプロモーション委員会の活動内容の把握を含めた知名度が 2021 年度当初比で 24% 上昇し、7 割を超える結果となった。一方、「名前も知らない」と回答した事業者は 15% 減少し 1 割強となり、減少傾向であるものの依然として一定数存在することから、さらなる情報発信と周知活動が課題であると認識している。

6.1.2 スマート保安技術の導入推進

(1) 電気保安関係者における取組姿勢

今年度のアンケート調査におけるスマート保安推進状況を分析した結果、電気設備の違いや、事業者ごとに必要なスマート保安技術、スマート保安技術を活用した業務拡大や、業務効率化・費用対効果への評価のあり方など、スマート保安技術の導入に対する姿勢に差はみられるが、ほとんどの技術において堅実な実装が進んでいる。さらに、既に導入・運用している保安技術の更新を検討するなどの先進的な事業者も見受けられた。

電気保安分野では、電気設備の高経年化、再エネ発電設備の多様化や蓄電設備の増加、入職者減少による人材不足、熟練者の退職による技術継承難などが課題となっており、事業規模・業種を

問わず早期対応が求められている。スマート保安技術の導入は、保安力の維持・向上と生産性の改善を両立させ、将来的な人材不足の解消と技術力の維持・向上に貢献すると考えられる。全業界団体でスマート保安への取組姿勢に積極的な変化が見られることから、事業環境や個別事情、AI活用などの技術の進歩を踏まえつつ、事業者の課題解決に資するスマート保安技術の情報提供と、着実な導入推進のための環境整備が望まれている。

(2) 導入における課題

アンケート調査結果および業界団体との意見交換に基づき、スマート保安技術の導入における課題を整理すると、主な課題はコスト面、技術面、人材面、規制面にあり、また、保安技術導入による具体的なインセンティブの不足が導入判断に大きく影響している。

- コスト負担

事業規模に関わらず、初期投資やランニングコストが導入の大きな障壁となっている。特に中小事業者や外部委託事業者では、資金調達、機器管理、トラブル対応リスクなどの課題も存在する。また、費用対効果の検証が難しいことも慎重な姿勢につながっている。

- 技術的障壁

電気設備ごとに、設備構成の複雑さとデジタル化への適応しやすさには大きな差があり、設備ごとに十分な技術検討が必要である。AI・センサーなどの新技術に関する情報不足や、活用ノウハウ不足も導入を検討する上で障害となっている。山間部などの通信インフラが脆弱な地域では、遠隔常時監視、ドローン、IoT機器の活用が困難であり、自社通信設備の構築が課題となる。風力発電分野では海外製品が多く、技術情報が十分に開示されていないことや保証上の制約があることも導入が進まない一因となっている。

- データ活用の遅れ

異常予知や寿命診断には、データの取得・保存・解析が必要であるが、IoT機器の実装の遅れや、データ取得・保存のみで解析まで至っていない状況が見られる。このため、データ活用による業務支援や取得データの標準化などの取組は遅れており、データ活用の基盤整備を早期に確立する必要がある。特に、古い電気設備では、大量の運転・保守記録が紙媒体で残り、デジタル化が困難であり、新しい電気設備では、十分な運転データ・トラブルデータが不足していることから、AI活用に必要な信頼度の高い学習データの確保が課題である。

- 人材不足

全電気設備で技術者・若手人材不足が深刻化しており、スマート保安技術の導入に必要な専門的人材の確保に苦慮している。特に、サイバーセキュリティやAI活用は、専門性が高く、高度な知識を要することから、事業者単独での人材確保は難しい。

- 規制

保守点検の効率化のため、ドローンやAIなどのスマート保安技術を導入しようとし

ても、点検手法の代替技術として保安規程の変更が認められない場合があることや、産業保安監督部ごとにルールや判断基準が異なることなどが普及の妨げとなっている。

- インセンティブ不足

点検頻度延伸や保安規程の緩和など、スマート保安技術の導入事業者への具体的なインセンティブが少なく、現場でスマート保安技術を導入する動機付けが欠如している。

(3) 今後の動向

電気設備の現場では、新技術導入やデータ活用などのスマート保安技術の導入に向けた取組が拡大しつつある。

- 技術検証・導入

電気設備ごとに導入効果の高い技術の検証・導入が進んでおり、AI やドローン、センサー技術に関しては、様々な設備で技術検証が進められている。例えば、水中ドローンによる洋上風力発電設備の基礎構造物や送電ケーブルの点検、複数の常時監視センサー設置による運転・保守管理システムなどが期待されている。

- デジタル化・AI 活用

技術者不足や業務の効率化、予防保全への対応を目的として、様々な電気設備でデジタル化と AI 活用が段階的に進められている。例えば、点検業務におけるベテランのノウハウ継承や設備の異常予知、水力発電設備における流入量予測、風力発電設備における風況・気象の高精度予測などが期待されている。現時点では電気設備における AI 活用の実績は十分ではなく、AI 技術の発展に連動して AI 活用が進むと期待される。

(4) 導入促進のために必要な取組

導入促進のためには、費用対効果・ノウハウ・事例の共有、技術開発支援、人材育成支援、インセンティブ強化などの多角的な支援が求められている。

- 費用対効果・ノウハウ・事例の共有

コスト負担やノウハウ不足が課題となっていることから、費用対効果の見える化、先進事例や失敗事例なども含めた運用ノウハウの共有および最新技術情報の積極的な公開が重要となる。具体的には、業界横断で情報共有できるデータベースやプラットフォームの整備、ガイドラインの作成などが求められる。

- 技術開発・デジタル化推進支援

国の危機管理投資や成長投資の政策を踏まえ、電気設備メーカーやセンサーメーカー、AI システム企業、ユーザ企業などが一体となって、費用対効果の期待できる AI 技術や、サイバーセキュリティ、ドローンの運用、収集データの規格化など、共通課題の解決に向けた国家プロジェクトの推進が期待される。こうした取組は人材育成や業界のネットワーク形成にも寄与し、将来の人材確保・技術力向上に資すると考えられる。

今後、現場のデジタル化や AI 活用を加速させるには、良質な教師データの入手・確

保に対する支援や、導入後の品質維持や効果検証を図るための標準的な評価基準の策定・公開が求められる。

- 人材育成への支援

デジタル化や AI 技術に精通した専門的人材の不足は深刻な課題である。現場技術者向けのデジタル化・AI 活用研修や教育プログラムへの支援、運用スキル習得のための環境整備が求められる。

- 規制・ルールの明確化

産業保安監督部による保安規程変更の判断基準の明確化・公開が求められている。これにより、事業者はスマート保安技術の導入に伴う規定変更手続きへの懸念が軽減され、導入に踏み切りやすくなることが期待される。

- インセンティブの強化

スマート保安技術の導入による点検頻度の延伸や規制緩和など、インセンティブ強化が求められている。これにより、事業者が得られる費用対効果が向上するため、スマート保安技術の導入意欲促進につながることを期待される。

6.1.3 プロモーション委員会の運用

(1) アンケート調査結果

調査の結果、プロモーション委員会の認知度（ある程度把握を含む）は初回の 48%から前回は 72%と上昇傾向にあるもの、今年度は前回とほぼ同率で頭打ちとなった。「プロモーション委員会自体を知らない」が 15%（初回:31%、前回:14%）、「把握も理解もしていない。」が 11%（初回:18%、前回:13%）と、年々減少傾向にはあるものの、依然として 2 割超の事業者がプロモーション委員会を認知していないことが判明した。

期待または要望する活動内容として、最も回答率が高い項目は「運用に際しての規則やルールに対する見直しなどを国などへ提言を行うこと」で 62%（初回:57%、前回:60%）、次いで「保安技術モデルを業界内に普及促進すること」が 55%（初回:58%、前回:53%）、「技術カタログの公表」が 44%（初回:20%、前回:51%）、「スマート保安の推進に係る基礎要素技術や保安技術を創出または発掘すること」が 48%（初回:”-”、前回:44%）、「スマート保安の周知および認知度向上に関する活動」が 38%（初回:26%、前回:41%）という結果であり、年々具体的な行動への期待が高まっている。今後のプロモーション委員会の活動・運用方針の参考とする。

また、アンケート調査での意見・要望および、業界団体との情報交換では、制度設計や法規制への課題、資金や人材確保に対する要望に加えて、スマート保安技術に資する IoT 機器やシステム、あるいは基盤技術の具体的な成功事例の公表が必要であるとの意見が多数寄せられており、これに対応する仕組みの整理・整備が急務となっている。

(2) プロモーション委員会の運営

幅広い技術内容を公表するために、業界団体やメーカーなどからの情報収集とスマート保安技術の問合せ対応を堅実に遂行し、技術提案を創出する運営を実施した結果、2026 年 2 月末までにプロモーション委員会において第 23 号案件まで審議が完了し、有用な保安技術モデルや有望な基礎要素技術が承認されている。これらの技術カタログ掲載案件は、発電所への導入や需要設備の年次点検周期の延伸（1 年から 3 年）についての産業保安監督部の審査などに活用された事例などが約 50 件を超えるなど、社会実装が進んでいる。加えて、外部委託制度において一月に一回以上とされている月次点検の頻度を三月に一回以上とする告示の改正への協力や EV 充電器に係る保安規制の見直しに関する提言を行い、いずれも経済産業省の政策に反映されている。

一方で、現状の運営にはいくつかの課題も見受けられる。なお、スマート保安の推進方針が「2025 年度までは人が実施している業務をデータ化し、収集・分析することが優先され、そのために、現時点で利用可能な技術（センサー類、計測器、ドローンなど）の確実な現場実装を推進する」となっていたことから、現場実証の評価データはあるが実設備での実績が少ない技術や保安規程変更を伴わない保守技術などといった「基礎要素技術」案件が多くを占めていた。一方で、事業者の機密保持の観点から詳細な導入実績の全容把握が困難であることや、類似技術の製品化に伴う市場全体への波及動向の把握が追いついていないことが、今後の方針を検討する際の課題となっている。申請案件の設備種や技術内容の偏り、同類技術の審査相談（製品認証との誤認）の多さに加え、各産業保安監督部などにおいてカタログ掲載の保安技術の技術審査が十分に

活用されていない状況がある。さらに、AI を用いた高度な解析の実現には膨大な学習データの蓄積が不可欠であるが、個々の電源設備においてスマート化の対象を特定・最適化するプロセスには依然として検討の余地が残されている。その結果、高度な AI 活用に関する具体的な技術相談が限定的であることから、将来的な普及に向けた喫緊の課題といえる。

スマート保安技術の社会実装・運用を加速させるためには、費用対効果に優れた実効性の高い技術開発が不可欠であり、リリース&トライを許容する段階的な実証やスモールスタートによる取組みを積み重ね、新たな技術や仕組みを成熟させる必要がある。

今後は、単なる技術開拓に留まらず、技術の発達や製品品質の向上に即した規制(ルール)の多角的な見直しも視野に入れ、導入による総合的なメリットを最大化させる運用が求められる。

これらを踏まえ、将来のプロモーション委員会の運営にあたっては、スマート保安の高度化と普及拡大を両輪で推進するため、以下に挙げるような活動が有効であると考えられる。

まず、アンケート調査結果から、現状の委員会運営の取組を継続する事が求められている。

- 次世代を見据えた保安管理技術や管理システムおよび AI 活用（高度なデータ分析）の技術普及が重要であることから、可能な限り「将来を見据えた保安品質を確保かつ経済的な保安技術」に関する技術について、先進事例を発掘し、審議対象へと導く。
 - ① 最新技術が織り込まれた保安技術モデル（高度な AI の活用など）
 - ② 基礎要素技術から保安技術モデルへの格上げ
 - ③ 画期的な基礎要素技術で保安管理に速やかな適用可能
- スマート保安技術の導入促進に係る必要な規制見直しなどの国などへの提言を加速させる(スマート保安技術の活用による点検手法および点検周期の見直しに向けた基準の策定など)。また、産業保安監督部と連携し、必要に応じて委員会へオブザーバー参加してもらうことなどにより、保安規程変更を円滑に進める
- 模範となる保安技術モデルや事例の公開を目的としたイベント開催や講演での情報発信を更に推進
 - それに加えて、スマート保安技術の高度化と普及拡大のために、下記に挙げるような活動が有効であると考えられる。
- 「基礎要素技術」に至る前段階の試行的な取組（プロトタイプや実証試験など）の適正な評価および公表の仕組みの構築
- 先端技術を保有する事業者(一般電気事業者など)のナレッジ(先進的な取組事例や有益な知識・経験などの付加価値ある情報)の公開
- スマート保安を推進するには、業界団体と事業者の積極的な取組姿勢が不可欠であり、数多くの「実現場における成功活用事例」の周知・PR 活動が効果的であるものの、現時点では活用事例の収集・公開が困難なのが実情である。そのため、電気設備の設置者やメーカーからの相談・問合せに懇切・丁寧に対応することで、口コミなどによる業界内での知名度上昇を目指し、より情報収集が促進されるよう努める。

6.2 まとめ

スマート保安技術の導入・普及を効果的かつ迅速に支援するため、これまでの活動やアンケート調査、業界団体との情報交換を踏まえ、スマート保安技術の導入促進に向けた取組を次のとおり提言する。

- 電気設備ごとに設定された KPI(導入率)について、13 個別技術中 3 技術(23.1%)のみが目標達成に至った。また、評点（取組レベルを 5 段階で評価）で評価した場合、13 個別技術中 9 技術(69.2%)が、2021 年度当初に設定された目標を達成しており、2025 年度時点では運用までには至らないが「一部実施」あるいは「試験・評価中」に留まる事業者が一定数存在し、あと 1 歩が踏み出せない実態が見受けられる。その要因として、スマート保安技術の導入におけるコスト負担、インセンティブ欠如、導入ノウハウの不足、規程変更手続きの不明瞭さなど、多岐にわたる課題がある。
- これらの課題を解決し、スマート保安技術の導入を加速させるためには、費用対効果の見える化や、業界横断的なノウハウ・技術情報の共有が必要である。国と業界が連携し、情報プラットフォームやガイドラインを早期に整備することなどが求められる。

また、事業者の導入判断に影響する点検周期延伸や規制緩和など、具体的なインセンティブの強化が導入促進の上で重要である。さらに、産業保安監督部における保安規程変更の判断基準の明確化・公開を進め、制度面での懸念を軽減させる必要がある。
- スマート保安の普及と高度化のためには、デジタル化・AI 技術に精通した人材育成と、技術開発支援が急務である。現場技術者向けの研修・教育プログラムの支援や、産学官連携による AI やドローンなどの技術開発推進などが重要である。
- 保安技術カタログに掲載される保安技術が、複雑かつ高価格化していると同時に「最先端製品の認証」とした感覚で捉えられていることから、相談案件が減少しており、新たな保安技術の紹介に支障を及ぼしている。

プロモーション委員会の審査案件に「ある目的を達成するために現時点で最も効果的・効率的だと広く認められている手法やプロセス(ベストプラクティス)」に類する技術を追加し、スマート保安技術を広く業界に周知することなどが求められる。

なお、業界としては数多くの技術紹介や成功事例の公開を望んでいることから、簡易版の「保安技術の事例集」などが求められる。
- 保安管理業務の機械化推進においては、目視点検などの五感による点検が課題となる。製品品質や技術の向上、センサー類の設置なども考慮して、点検項目の必要性や点検周期を見直すなど、点検の機械代替に必要な要件整理を進める必要がある。
- 需要設備のスマート化推進には、特別高圧設備(選任主技)と高圧設備(主として外部委託)、新規設備と既存設備への導入に分けて仕組みや規則などへの反映を検討・適用することが合理的かつ経済的であると考えられる。

特別高圧需要設備では、データセンターや半導体工場などの停電が困難な設備が増加している。こうした信頼性の高い機器構成と遠隔監視を装備する設備に対しては、さらなるスマート保安技術の導入による保安技術向上と、保安規制緩和を優先的に進める必

要がある。

外部委託が大部分を占める需要設備のスマート化には、保安品質の維持・向上を前提として、保安管理事業者に配慮した年次点検(停電点検)や巡視・月次点検の周期延伸などのインセンティブの検討が重要である。