

経済産業省 商務情報政策局  
産業保安グループ 電力安全課 御中

**令和元年度新エネルギー等の保安規制高度化事業委託調査  
（自家用電気工作物の点検におけるスマート保安の技術動  
向調査）**

---

**報告書**

令和2年3月

**MRI** 株式会社三菱総合研究所



## 目次

<b>1. 本事業の概要</b> .....	<b>1</b>
1.1 目的 .....	1
1.2 事業の内容 .....	1
1.3 事業の背景整理.....	4
1.3.1 自家用電気工作物の外部委託承認制度.....	4
1.3.2 需要設備の設置状況.....	4
1.3.3 太陽電池発電設備の設置状況 .....	5
1.3.4 風力発電設備の設置状況 .....	5
<b>2. 現状のスマート保安技術の整理</b> .....	<b>8</b>
2.1 スマート保安技術の既存調査結果の再整理 .....	8
2.2 月次・年次点検の現状把握.....	12
2.2.1 需要設備における月次・年次点検の現状把握.....	12
2.2.2 太陽電池発電設備における月次・年次点検の現状把握 .....	13
2.2.3 風力発電設備における月次・年次点検の現状把握 .....	13
2.2.4 電気事故対応の現状把握 .....	14
2.3 アンケート・ヒアリング調査 .....	15
2.3.1 アンケート調査結果.....	15
2.3.2 ヒアリング調査結果.....	22
<b>3. スマート保安技術導入の効果試算</b> .....	<b>23</b>
3.1 現場作業の省力化・現場点検の代替技術の抽出 .....	23
3.1.1 需要設備における検討 .....	23
3.1.2 太陽電池発電設備における検討.....	26
3.2 電気主任技術者を中心としたステークホルダーの検討 .....	29
3.2.1 需要設備における検討 .....	29
3.2.2 太陽電池発電設備における検討.....	30
3.2.3 風力発電設備における検討 .....	31
3.3 スマート保安技術の導入の効果検討 .....	32
3.3.1 需要設備における検討 .....	32
3.3.2 太陽電池発電設備における検討.....	35
<b>4. まとめ</b> .....	<b>37</b>

## 図目次

図 1-1	本事業の調査検討フロー .....	2
図 1-2	太陽電池発電設備の導入数の推移 .....	5
図 1-3	風力発電所に設置されている風車の単機出力.....	6
図 1-4	風力発電所の出力規模 .....	7
図 3-1	ドローンと赤外線カメラによる熱画像の取得・診断技術の概要.....	26
図 3-2	技術利用による太陽電池発電設備での現場作業の省力化効果試算概要.....	27
図 3-3	需要設備における現状のステークホルダーの関係図.....	30
図 3-4	太陽電池発電設備における現状のステークホルダーの関係図.....	31
図 3-5	風力発電設備における現状のステークホルダーの関係図.....	32

## 表目次

表 2-1	スマート保安技術整理表 .....	9
表 2-2	需要設備における月次・年次点検項目整理表.....	12
表 2-3	太陽電池発電設備における月次・年次点検項目整理表.....	13
表 2-4	風力発電設備における月次・年次点検項目整理表.....	14
表 2-5	ヒアリング調査先 .....	22
表 3-1	需要設備における月次点検の遠隔化検討概要.....	24
表 3-2	需要設備における月次点検の遠隔化技術導入初期費用の試算.....	25
表 3-3	技術利用による太陽電池発電設備での現場作業の省力化効果試算結果.....	27
表 3-4	電気事故対応における設備異常個所の特定支援技術の検討と省力化効果の試算 .....	28
表 3-5	需要設備での技術導入におけるメリット・デメリット一覧表.....	34
表 3-6	太陽電池発電設備での技術導入におけるメリット・デメリット一覧表.....	36

## 1. 本事業の概要

### 1.1 目的

電気事業法は事業用電気工作物の保安確保のため、当該事業用電気工作物を設置する者に対し、電気主任技術者を選任してその工事、維持及び運用に関する保安の監督をさせることを義務づけている。この事業用電気工作物のうち、一定規模以下の自家用電気工作物については、経済産業大臣の承認を受けた場合にあっては、保安管理業務を外部に委託することができるとしている（以下「外部委託承認」という。）。

この外部委託承認制度が適用できる自家用電気工作物の設置件数は増加傾向にあり、老朽化したビルの建て替えや都市開発等に伴う業務ビル（高圧）の設置件数増加の他、固定価格買取制度（FIT制度）の導入により、太陽電池発電設備や風力発電設備を中心に再生エネルギー発電設備数が著しく急増している。しかし、再生可能エネルギー発電設備は設備数増加に伴い、事故件数も増加している傾向にあり、より適切な保安体制の構築が求められるところである。

このように電気保安人材の需要は高まる一方、再エネ発電設備等の各種電気工作物の保安を担う電気主任技術者は、高齢化の進展や入職者数の減少等により将来的な人材不足が見込まれており、このままでは電気工作物の適切な保安を通じた国民の安心・安全の確保という社会的要請に応えられなくなるおそれがある。

こうした状況を踏まえ、経済産業省では持続的な保安体制を構築していくために、保安を担う電気主任技術者等の人材確保をはじめ、再生可能エネルギー発電設備等の電気工作物に係る適切な保安確保のための電気保安制度のあり方等について「電気保安人材・技術ワーキンググループ」において本年9月から検討を開始し、11月に電気保安人材に関する一連の課題について中間報告<sup>1</sup>としてとりまとめている。

本事業は、この中間報告を踏まえて、再生可能エネルギー発電設備を含めた自家用電気工作物の、電気主任技術者による保安管理業務の合理化・高度化に資するスマート保安技術について、導入効果等の調査、検討を行うことを目的として実施した。

### 1.2 事業の内容

本事業の調査フローを図 1-1 に示す。図中に示す各実施項目について、以降にて説明する。なお、本事業の調査検討は、外部委託承認制度が適用できる自家用電気工作物として「需要設備」、「太陽電池発電設備」、「風力発電設備」の3つを対象とした。図中に示す各実施項目においても、これら3つの設備毎に調査、検討を行った。

<sup>1</sup> 電気保安人材・技術ワーキンググループ中間報告

[https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan\\_shohi/denryoku\\_anzen/hoan\\_jinzai/20191125\\_report.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/hoan_jinzai/20191125_report.html)（閲覧日 2020年3月31日）

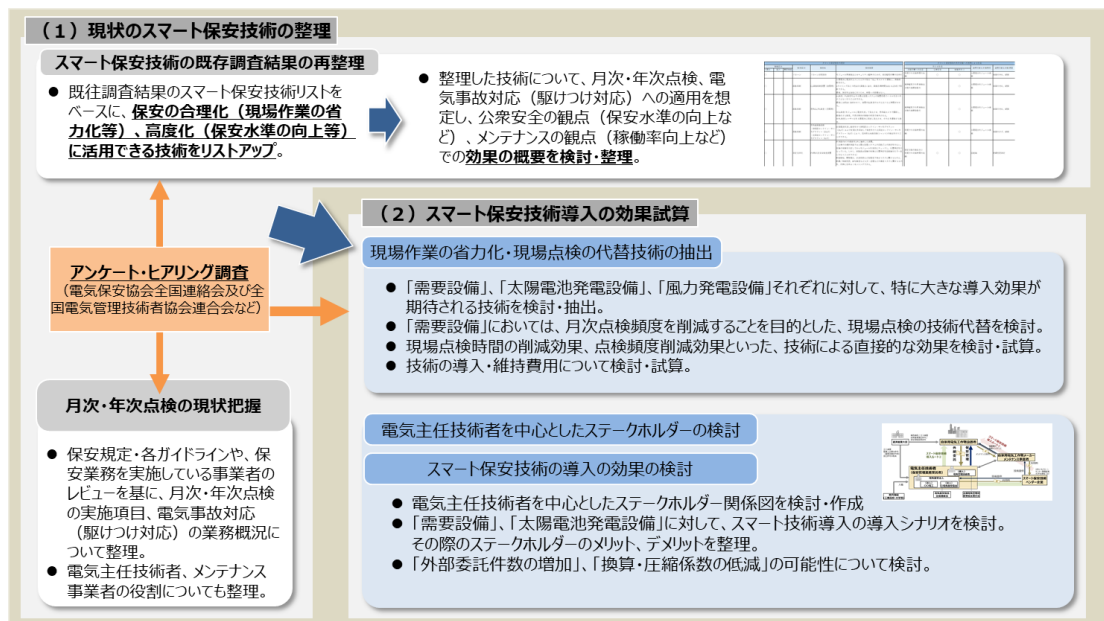


図 1-1 本事業の調査検討フロー

## (1) 現状のスマート保安技術の整理

### 1) スマート保安技術の既存調査結果の再整理

自家用電気工作物の外部委託承認制度における、電気主任技術者による保安管理業務を支援可能なスマート保安技術を、既存の調査結果やアンケート・ヒアリング調査の結果をもとに抽出、整理した。本事業においては、スマート保安技術を「保安水準が現行より下がらないことを前提に保安管理業務を省力化する（保安を合理化する）技術」、「現行の保安水準を上げる（保安を高度化する）技術」として捉え、このうちの片方、または両方に資する技術を抽出、整理した。

既存の調査結果としては、「平成 29 年度新エネルギー等の保安規制高度化事業（電気施設保安技術高度化の評価・検証事業）」における保安高度化技術等を中心に調査を行った。

### 2) 月次・年次点検の現状把握

スマート保安技術の導入効果が高いと考えられる保安管理業務を検討するために、「需要設備」、「太陽電池発電設備」、「風力発電設備」それぞれの月次・年次点検の現状を整理した。月次・年次点検の現状整理は、「自家用電気工作物保安管理規 JEAC8021-2018（一般社団法人日本電気協会 需要設備専門部会）」や業界団体より示されているガイドラインといった文献調査や、メンテナンス事業者、電気保安法人、電気管理技術者等へのアンケート・ヒアリング調査を基に行った。

また、電気事故対応（駆けつけ対応）の現状や、月次・年次点検に付随する業務（現場への移動）等についても調査、整理を行った。

### 3) アンケート・ヒアリング調査

スマート保安技術の既存調査結果の再整理、月次・年次点検の現状把握、スマート保安技術導入における効果試算の検討のために、電気保安法人（10 団体）、電気管理技術者（全国組織の各地域代表者 8 名）へのアンケート調査を実施した。また、アンケートの回答内容をより正確に把握する観点から、電気保安法人のうち 1 団体、電気管理技術者 1 名に対して追加のヒアリング調査を実施した。

加えて、需要設備、太陽電池発電設備、風力発電設備それぞれのメンテナンス業務を実施する事業者へのヒアリングを実施し、調査、検討の参考とした。

## (2) スマート保安技術導入の効果試算

### 1) 現場作業の省力化・現場点検の代替技術の抽出

「(1)現状のスマート保安技術の整理」での検討を踏まえて、「需要設備」、「太陽電池発電設備」、「風力発電設備」それぞれに対して、特に大きな導入効果が期待されるスマート保安技術の検討と抽出を行った。

「需要設備」においては、主に月次点検の頻度を削減することを目的とし、月次点検項目全体の技術代替を検討した。

「太陽電池発電設備」においては、月次点検でのモジュール点検の省力化を目的としたスマート保安技術（ドローン、熱画像診断）を抽出した。また、電気事故対応における原因調査を省力化、高度化する技術の抽出も併せて行った。

「風力発電設備」においては、「(1)現状のスマート保安技術の整理」での検討の結果、風車に対する点検は電気主任技術者ではなく、メーカーやメンテナンス事業者が実施する機会が多いことが明らかになった。そのため、風車に対する現場作業の省力化や現場点検の代替技術の抽出は行わないこととし、変電設備等の点検のスマート化は「需要設備」に対する検討と同様に考えられるものとした。

抽出したスマート保安技術による直接的な効果として、現場点検時間の削減効果や点検頻度の削減効果を検討・試算した。また、技術の導入・維持費用についても検討・試算を行った。

### 2) 電気主任技術者を中心としたステークホルダーの検討

電気主任技術者を中心とした、現状のステークホルダーの関係を検討し、関係図として作成した。検討は、主にアンケートやヒアリングの結果を参考に行った。関係図では、現行制度上における各ステークホルダーのメリット・デメリットを示した。スマート保安技術の導入ルートや、契約の関係性を示した。

### 3) スマート保安技術の導入効果の検討

「1)現場作業の省力化・現場点検の代替技術の抽出」にて抽出したスマート保安技術に対して、想定される導入シナリオや、各ステークホルダー間のメリット・デメリットを、ステークホルダーの関係図を参考に検討した。この際、「外部委託件数の増加の可能性」、「換



算・圧縮係数の低減の可能性」についても併せて検討を行った。また、導入を加速させるために有効と考えられる対応についても検討を行った。

### 1.3 事業の背景整理

#### 1.3.1 自家用電気工作物の外部委託承認制度

自家用電気工作物を含む事業用電気工作物の設置者は、設置する発電所や設備に対して電気主任技術者を選任しなければならない<sup>2</sup>。一方で、自家用電気工作物のうち、7kV以下で受電する需要設備や出力2000kW未満かつ7kV以下で連携をする太陽電池発電所及び風力発電所では、電気主任技術者を選任せず保安管理業務を外部委託することが出来る（外部委託承認制度）<sup>3</sup>。

外部委託先としては、個人の電気主任技術者免状の交付を受けている個人事業者（電気管理技術者）および法人（電気保安法人）がある。外部委託において保安業務に従事する者（保安業務従事者）は、電気主任技術者免状の交付に加えて所定の実務経験<sup>4</sup>が必要となる。

外部委託承認制度において、一人の電気主任技術者が担当可能な事業場の数には制限が設けられている。事業場毎に設備規模に応じた換算係数、設備条件による月次点検頻度の緩和等を考慮した圧縮係数によって換算値を算出し、それらを足し合わせた値が上限値（33）以下となる必要がある<sup>4</sup>。また、各事業場には2時間以内に到達できることが求められている<sup>5,6</sup>。

外部委託承認制度においては、点検頻度が規定されている<sup>4</sup>。1ヵ月あたり2回を基本として、発電所の種類や設備条件によっては頻度の緩和が認められている。

外部委託承認制度においては、電気主任技術者が月次点検・年次点検において実施すべき項目、また実施すべき電気事故対応について規定されている<sup>6</sup>。また、専門の知識及び技術が必要となる特殊設備に対しては、電気主任技術者の監督の下で、電気主任技術者以外が保安管理業務を実施することが認められている。

#### 1.3.2 需要設備の設置状況

2017年度に実施された経済産業省の委託調査事業<sup>7</sup>において、外部委託が可能である官公庁ビル（高圧）、工場など（高圧）、業務ビル（高圧）の受変電設備は、2016年時点で約61万件と推計されている。また、2045年においては、官公庁ビル（高圧）、工場など（高圧）の受変電設備の10～20%程度の減少、業務ビル（高圧）の受変電設備の25%程度により、約68万件に微増すると推計されている。

---

<sup>2</sup> 電気事業法 第四十三条第一項

<sup>3</sup> 電気事業法施行規則 第五十二条第二項

<sup>4</sup> 平成十五年経済産業省告示第二百四十九号 第一条

<sup>5</sup> 電気事業法施行規則 第五十三条第二項第六号

<sup>6</sup> 主任技術者制度の解釈及び運用（内規）

<sup>7</sup> デロイト トーマツ コンサルティング合同会社、「平成29年度 電気施設等の保安規制の合理化検討に係る調査（電気保安人材の中長期的な確保に向けた調査・検討事業）報告書」

### 1.3.3 太陽電池発電設備の設置状況

図 1-2 は公開データ<sup>8</sup>を基に作成した 2015 年から 2019 年の太陽電池発電設備の導入件数を示したグラフである。図より、近年太陽電池発電設備の導入数はすべての出力帯において、増加傾向であることがわかる。詳しく件数をみると、保安管理業務を外部委託可能な 2000kW 未満の設備については、2015 年は約 16,000 件程度であるが、2019 年には約 28,000 件程度と約 1.75 倍に増加している。

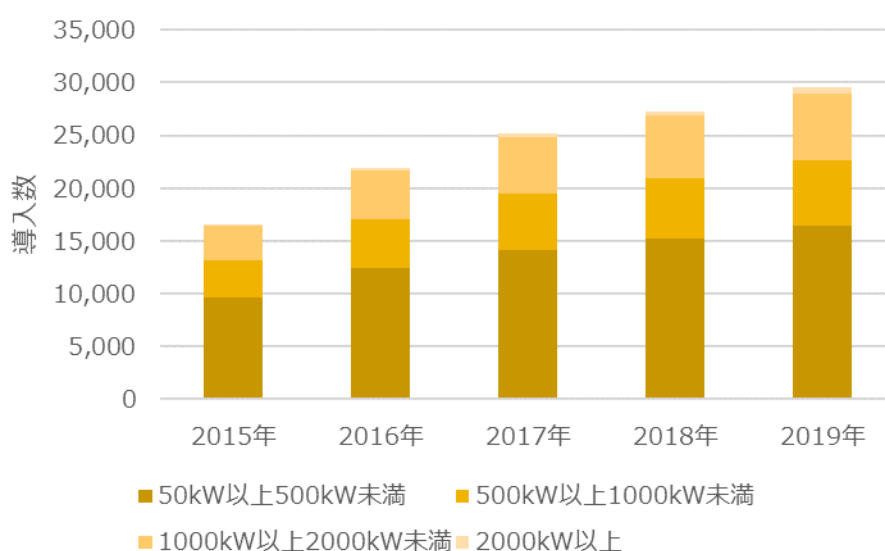


図 1-2 太陽電池発電設備の導入数の推移

### 1.3.4 風力発電設備の設置状況

風力発電設備の設置状況について、各サイトに設置されている風車の単機出力を図 1-3 に、各サイトの出力規模を図 1-4 に示す。図より、風力発電設備では近年設備の大型化が進んでおり、単機出力が 2000 kW を超えるものが多く建設されている。サイトの出力規模においても、2000 kW を超える規模のサイトの割合が年々増加している。そのため、風力発電設備に置いては、将来的に外部委託承認制度の件数が減少していくと考えられる。

<sup>8</sup> 資源エネルギー庁「固定価格買取制度 情報公開用ウェブサイト」

[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/statistics/past.html](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/statistics/past.html) (閲覧日 2020 年 3 月 30 日)

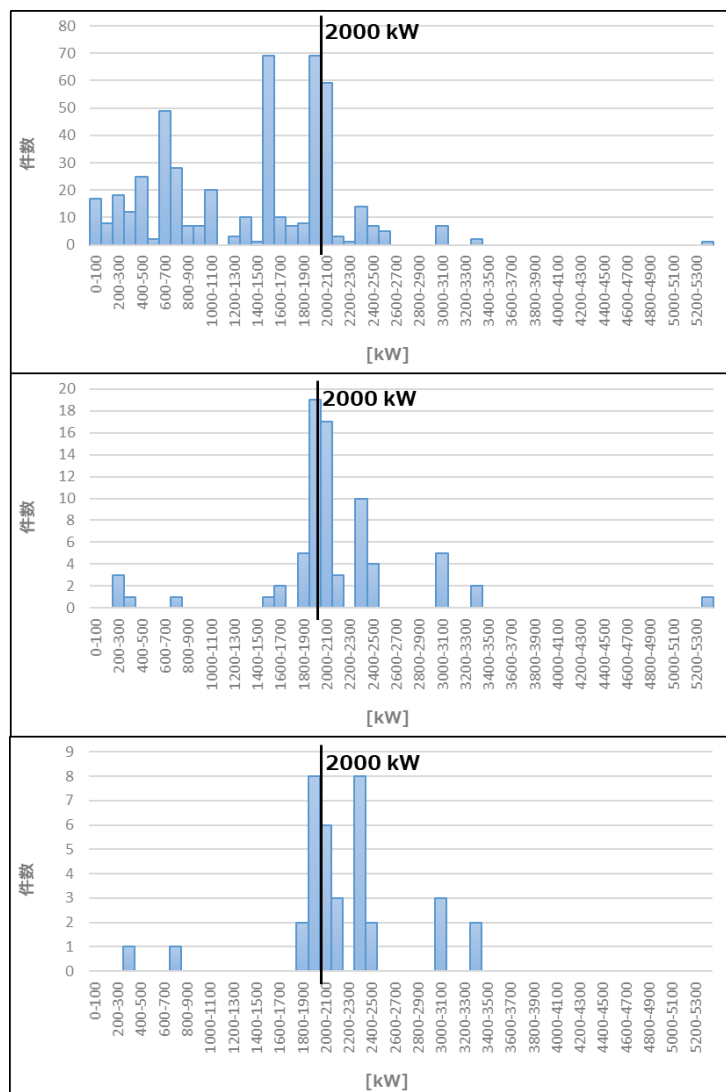


図 1-3 風力発電所に設置されている風車の単機出力

上は 1990 年度～2017 年度、真ん中は 2014 年度～2017 年度の期間内に設置された風車の出力規模を示す。「日本における風力発電設備・導入実績（2018 年 3 月末現在）、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構<sup>9</sup>」を基に MRI 作成。

<sup>9</sup> [https://www.nedo.go.jp/library/fuuryoku/pdf/01\\_dounyuu\\_ichiran.pdf](https://www.nedo.go.jp/library/fuuryoku/pdf/01_dounyuu_ichiran.pdf)（閲覧日 2020 年 3 月 30 日）

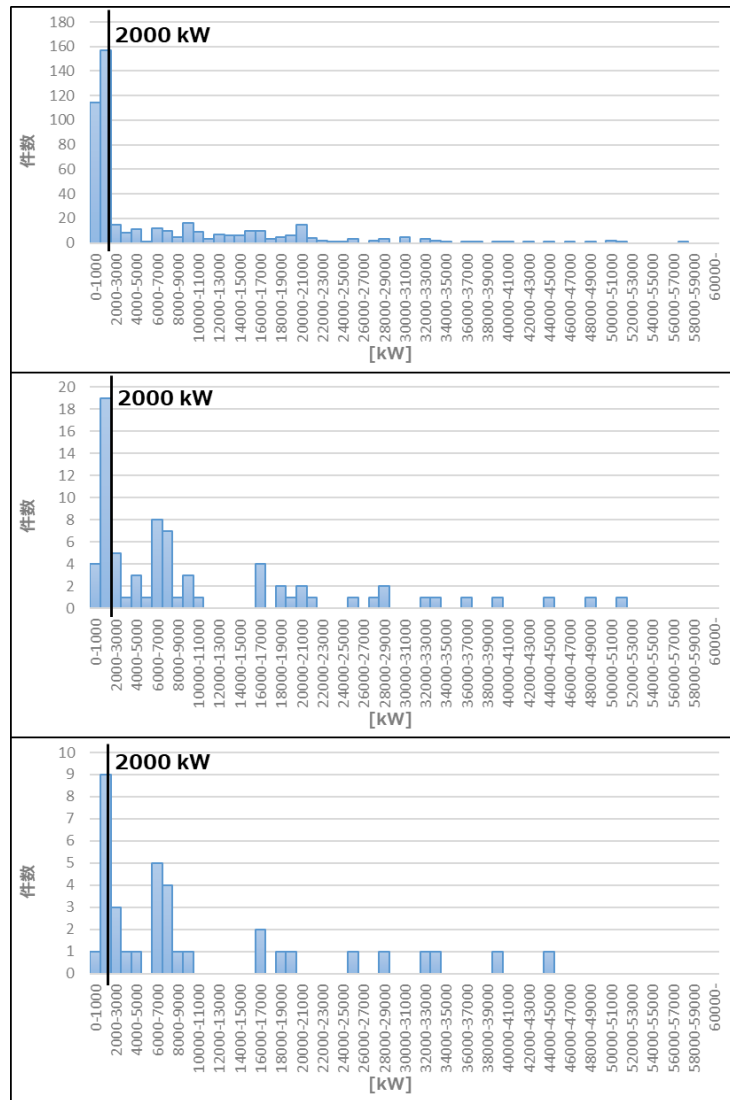


図 1-4 風力発電所の出力規模

上は 1990 年度～2017 年度、真ん中は 2014 年度～2017 年度の期間内に設置された風力発電所の出力規模を示す。「日本における風力発電設備・導入実績（2018 年 3 月末現在）、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構<sup>9)</sup>」を基に MRI 作成。

## 2. 現状のスマート保安技術の整理

### 2.1 スマート保安技術の既存調査結果の再整理

スマート保安技術について、現在すでに開発が行われている技術について調査を実施し、表 2-1 のような形で整理を実施した。需要設備、太陽電池発電設備、風力発電設備のそれぞれの点検に適用される技術ごとに調査を実施し、それぞれについて技術区分と技術名称、技術概要について取りまとめた。

また、取りまとめの際には、各技術が現在の点検に対してどのような効果をもたらすかについて特徴づけを行った。点検作業自体への効果として、技術導入による現場の点検作業の省力化効果があるか、もしくは現場作業を代替可能かの観点で、想定される効果を記載した。また各技術導入により、電気工作物の安全性を高めるという意味で「公衆安全」への効果があるのか、機器の健全性を維持し停電や発電損失を抑えるという意味で「稼働率向上」への効果があるのか、もしくはその両方に効果があるのかについて整理を行った。

表 2-1 スマート保安技術整理表

スマート保安技術の現状					スマート保安技術の月次点検への活用による効果					
設備区分			技術区分	技術名	技術概要	主たる効果			適用可能な点検箇所	適用可能な点検項目
太陽光	風力	需要設備				点検作業への効果	公衆安全	稼働率向上		
○			ドローン	ドローン巡視技術	モジュール異常検出とセキュリティ維持のための、保安監視作業の効率化	現場での点検時間の短縮	○	○	太陽電池モジュール表	表面の汚れ、破損
○			画像診断	EL画像診断装置（夜間用）	太陽電池に電流を注入したときの発光「EL」をカメラで撮像し、画像診断を行う。 1ストリングあたり約10分(画像:5~10分、画像取得時間:0.01~0.25秒)で診断できる。 撮像、測定を日以後に行うため、売電への影響はない。	常時監視での異常検出点検の遠隔自動化		○	太陽電池モジュール表面	表面の汚れ、破損
○			画像診断	屋外EL/PL検査（昼間用）	EL検査、PL検査を日中太陽光発電システムの設置現場でパネルを取り外すことなく行うことができる。 撮像には約10~30秒かかり、夜間のEL検査のものに比べると時間がかかる。 ※EL検査 モジュールに電流を流して発光させ、赤外線カメラで撮像し、画像化する検査。 不具合箇所が画像の明暗で表示される。 ※PL検査 レーザー光を太陽電池に照射し発光させ、その光を撮像する検査。	常時監視での異常検出点検の遠隔自動化		○	太陽電池モジュール表面	表面の汚れ、破損
○			画像診断	赤外線画像診断 ・暗視野ロックイン・サーモグラフィー（DLIT） ・光照射ロックイン・サーモグラフィー（ILIT）	変調電流を流し検査を行う暗視野ロックイン・サーモグラフィー（DLIT）および変調光を照射して検査を行う光照射ロックイン・サーモグラフィー（ILIT）により、局所的な短絡回路（シャント）の検出を行うことができる。	現場での点検時間の短縮		○	太陽電池モジュール表面	表面のきず、破損
○			測定効率化	PV用直流安全検査装置	計測器の4つの機能を1台に集約した装置。 （従来の各種計測器では太陽光発電システムの回路ごとの測定を行ない、故障の有無を判定してからモジュールを個別にチェックし、位置特定を行なっている。しかし、新製品は故障の有無と位置特定を接続箱単位で一度に行なうことができる） 断線検知、開放電圧、直流抵抗など発電低下停止リスクに関するものと、絶縁/地絡抵抗、BPD検査など火災・感電などの事故リスクに関するものを、同時に効率よくセンシングできる。	測定点検の精度向上 現場での点検時間の短縮	○	○	接続箱	絶縁抵抗測定
○			測定効率化	モジュール故障箇所検出装置	・発電中のパネル表面にセンサーをあて、発電していないクラスタを判別し故障箇所を発見する。 ・IVカーブやサーモなどでの測定が難しい、低照度時にも検出が可能である。 ・モジュール表面を棒でなぞるような測定のため、簡単に測定を行うことができる。 ・モジュールの電極に流れる発電電流起因の磁界を検知することで発電の有無を判断する。	測定点検の精度向上 現場での点検時間の短縮		○	接続箱（太陽電池モジュール表面）	開放電圧 I-V曲線
○			自動測定・早期異常検知	抵抗値自動監視システム	PVストリングごとに測定を行い、障害のあるモジュールとケーブルの接続不良箇所を特定する。 遠隔監視により現場での点検コストの削減が可能である。	常時監視による異常検出点検の遠隔自動化		○	接続箱、太陽電池モジュール表面	障害のあるモジュールの特定 ケーブルの接続不良

スマート保安技術の現状				スマート保安技術の月次点検への活用による効果						
設備区分			技術区分	技術名	技術概要	主たる効果			適用可能な点検箇所	適用可能な点検項目
太陽光	風力	需要設備				点検作業への効果	公衆安全	稼働率向上		
○			測定自動化	直流絶縁（地絡）監視装置	太陽光発電設備の、直流回路の絶縁を監視する。 非接地型システム、接地型システムそれぞれに対応する装置を提供している。	機器の安全性向上 点検の遠隔自動化	○	○	接続箱（直流回路）	絶縁抵抗
○			測定効率化	地絡検出テスター	パネル内断線と接続ケーブルの断線、また地絡を接続箱から検出できる。 地上に設置された接続箱から検査するので、屋根に登って検査する必要がなく安全である。 絶縁抵抗を短絡せずに測定できるので、アーク放電等が発生せず、安全である。	機器の安全性向上 点検の遠隔自動化	○	○	接続箱（直流回路）	絶縁抵抗
○			測定自動化	太陽光発電ストリング監視システム	太陽光発電システムのストリング発電量を自動で収集し、監視する。	点検の遠隔自動化		○	ストリング	発電量監視
○			測定自動化	PVモジュール故障診断サービス	ストリング電流を測定し、故障診断モデルとの比較を行うことによりモジュールレベルで故障の検知・故障要因の予測が可能。 通常行われるストリング間での電流比較に比べ高精度での故障診断が可能。	点検の遠隔自動化		○	ストリング（モジュール）	発電量監視
○			測定効率化	ストリング診断及び故障パネル特定	ストリングの開放電圧とインピーダンス測定により、不具合があるストリングを特定する。 その後棒状の測定器にて不具合のあったストリングにおいて、パネル単位で表面の磁界を測定し、効率的に不具合のあるパネルを特定することが可能。	現場での点検時間の短縮		○	太陽電池モジュール	故障パネルの特定
	○		ドローン	ドローンによる風車ブレード点検サービス	以下の新たな点検手法を確立した。 点検精度の向上(ドローンによる近接カメラ点検) 迅速な点検の実現(雷撃等の事故後、近接カメラ撮影により、迅速に損傷状況を確認可能) 点検時間の短縮(目視点検の場合はロープワークによる高所作業が必要) 点検データのデジタル化(データを記録し、設備の維持管理に利用することができる。修理作業の効率化にも貢献)	現場での点検時間の短縮	○		ブレード	亀裂、損傷
	○		遠隔ロボット	遠隔操縦ロボット	高精度ビデオカメラを搭載し、ワイヤなしで風力発電用のタワーをよじ登ることができるようにする。マイクロ波スキャナを搭載する技術も開発中である。天候に影響されにくいという利点がある。	現場での点検時間の短縮	○		ブレード	亀裂、損傷
	○		遠隔ロボット	風車ブレードメンテナンスロボット	ロボット上部のカメラにより、ブレード表面の状態を撮影可能。また、遠隔操作で表面の修復や落雷時の導通試験も行うことができ、安全で効率的なメンテナンスが可能となる。	現場での点検時間の短縮	○		ブレード	亀裂、損傷
	○		ドローン	有線ドローン	有線で給電を行うタイプのドローン。バッテリー交換せずに長時間飛行できる。	現場での点検時間の短縮	○		ブレード	亀裂、損傷
	○		非破壊検査	渦流アレイ（ECA）検査	渦電流を部品に発生させ、そのときの流れの変化で材料の肉厚測定や割れ、腐食などの欠陥検出を行う。並列に配置した複数の渦電流コイルを電子的に制御することによって、従来の渦流技術(EC)と比べ、広い範囲を探傷し、高度な画像作成機能を備えている。	五感による点検の補強 現場での点検時間の短縮	○		ブレード、タワーなど	亀裂、損傷
	○		自動測定・早期異常検知	風力発電用状態監視システム（CMS:Condition Monitoring System）	振動センサ・変位センサ・温度センサなどの各種測定センサを対象物に取り付け、連続または断続的にデータ収集を遠隔で行う。そして取得データを基に部品の異常を早期検出する。	五感での点検の補強 点検の遠隔自動化	○	○	ナセル	亀裂、損傷

スマート保安技術の現状				スマート保安技術の月次点検への活用による効果						
設備区分			技術区分	技術名	技術概要	主たる効果			適用可能な点検箇所	適用可能な点検項目
太陽光	風力	需要設備				点検作業への効果	公衆安全	稼働率向上		
	○		自動測定・早期異常検知	ナセル内の振動長期遠隔監視専用システム	ナセル内の低速時におけるベアリング傷検出では最高水準。 DINサイズのレールに直付けできるBOXサイズで、狭い場所でも簡単に取り付けられる。 IP51に準拠、落雷対策済み通信障害時のバックアップも考慮し苛酷な使用環境に耐えられる。 統合監視ソフトで膨大なデータも簡単に遠隔監視ができる。	五感での点検の補強 点検の遠隔自動化	○		ナセル	亀裂、損傷
	○		画像診断	AIを用いたブレード診断	超音波を使った非破壊試験で収集した画像をAIに学習させてモデル化し、稼働中の羽根に不具合が発生する可能性がある欠陥を自動的に識別する。 熟練技術者が6時間かかっていた羽根1枚の品質検査において、超音波画像の確認時間を1時間半に減らすことに成功した。時間短縮だけでなく、目視では確認が難しい微細な欠陥も検知可能に。風力タービンの羽根のモデル変更にも対応しやすいように設計されている。2018年から同ソリューションをクラウドサービスとして提供予定である。	五感による点検の補強 現地での点検時間の短縮	○		ブレード	亀裂、破損
	○		ドローン	自動航行ドローンによる鉄塔点検	自動航行機能を持ったドローンにより、鉄塔を自動で点検、さびや腐食などの異常箇所特定を行う。	機器の安全性向上 点検の遠隔自動化	○		ブレード	亀裂、破損
	○		ドローン	ブレードのドローンによる自動点検	自立飛行ドローンを用いた風力発電ブレードの自動点検サービス。	機器の安全性向上	○		ブレード	亀裂、損傷
	○		自動測定・早期異常検知	回転軸のミスアライメント測定	回転軸のミスアライメントを測定し、風車への負荷を算出する。 これにより、ミスアライメントを修正し、発電量を向上させることができる。	点検の遠隔自動化		○	回転軸	ミスアライメント
		○	におい検知	異常発熱監視システム	キュービクルの中などにおけるニオイを検知し、電気機器の異常発熱を知らせる。	五感による点検の補強 点検の遠隔自動化	○		電子機器全般	異臭
		○	画像診断	メーター自動読み取りサービス	カメラによりメーターを撮影し、数値を読み取りデジタル化、遠隔での確認を可能にする	点検の遠隔自動化		○	アナログメータ類全般	数値確認
○	○	○	音検知	スマート異音点検	対象機器から来る音響を分析し、正常音の教師データを作成、採取音の異音判定を行う。	五感による点検の補強 点検の遠隔自動化	○	○	機器全般	異音
○	○	○	におい検知	におい検知システム	においセンサによりにおい成分を分析、平常時の成分からの違いから異常状態を検知する。	五感による点検の補強	○	○	機器全般	異臭
○	○	○	温度検知	温度状態監視	非接触型の温度センサーにより、制御盤や配電盤などの基盤装置の温度状態監視と異常検知を行う。	五感による点検の補強 点検の遠隔自動化	○	○	基盤	過熱状態
○	○		画像診断	インフラ点検用画像映像解析AI	AIを用いた画像診断によって、大型インフラ設備の外観検査における錆・腐食・破損などの異常検出を行う。	五感による点検の補強 点検の遠隔自動化	○	○	外観	亀裂、破損、錆、腐食



## 2.2 月次・年次点検の現状把握

「需要設備」、「太陽電池発電設備」、「風力発電設備」それぞれの月次・年次点検（定期点検）の点検項目について、「自家用電気工作物保安管理規 規 JEAC8021-2018（一般社団法人日本電気協会 需要設備専門部会）」や業界団体より示されているガイドラインといった文献調査、メンテナンス事業者との意見交換、電気保安法人、電気管理技術者等へのアンケート・ヒアリング調査を基に整理を行った。点検項目の実際の確認方法は、視覚、触覚、聴覚、嗅覚といった五感によるもの、動作確認、数値確認、試験によるものに分類し、点検項目との対応を整理した。また、電気事故対応（駆けつけ対応）の業務概況についても整理を行った。

整理を行ったうえで、スマート保安技術の導入効果が高いと考えられる、電気主任技術者が自ら実施する保安管理業務について検討を行った。この際には、電気主任技術者、メンテナンス事業者の役割について留意した。

### 2.2.1 需要設備における月次・年次点検の現状把握

「自家用電気工作物保安管理規程（電気技術規程使用設備編） JEAC 8021-2018（日本電気協会需要設備専門部会）」、「主任技術者制度の解釈及び運用（内規）」、またメンテナンス事業者との意見交換、電気保安法人、電気管理技術者等へのアンケート・ヒアリング調査を基に、月次・年次点検項目の整理を行った。

表 2-2 需要設備における月次・年次点検項目整理表

項目名	点検箇所	点検項目	点検要領	月次点検			状態確認							試験			
				保安規程	保安規程	内規	視覚（外観）	視覚（内観）	聴覚	聴覚	嗅覚	動作	数値確認	動作試験	数値測定		
高圧発電設備	電圧変流器	運転状況	異常、異臭	1回/月			○			○							
		本体	損傷、汚損	1回/月			○										
		二次配線接続部	接続箇所の緩み		1回/年			○									
		接地線	腐食・断線・外れ	1回/月				○									
			接続部の緩み		1回/年			○	○								
		試験等	接地抵抗試験		1回/年												接地抵抗
	断路器	運転状況	異常、異臭	1回/月				○			○						
		本体	損傷、汚損	1回/月				○									

整理の結果、月次点検においては、目視確認といった五感による点検作業がほとんどであることが確認された。電気主任技術者による過熱の有無確認の項目一つ一つの点検時間は短く、更なる現場作業時間の大幅な短縮は難しいことが確認された。

需要設備の月次・年次点検においては、保安管理業務における拘束時間のうち、移動時間の割合が多く、例えば将来的に点検頻度の低減化が認められた場合には、それによる電気主任技術者の業務負荷低減効果が大きいことが確認された。

月次・年次点検に関連した現状のスマート保安技術として、五感による現場での点検作業を、より高精度に行うことを目的としたものが複数活用されていることが確認された。例えば、過熱箇所を検出するための放射温度計やサーモグラフィカメラ、部分放電箇所を検出するためのリークホーンによる超音波放電検出探査等が、点検の現場にて利用されている。また、設備の異常を早期に発見する手段として、受電電圧・電流・電力といった設備状態を遠隔で監視する装置を取り付けている例や、広く普及している低圧電路の常時絶縁監視に加えて、高圧電路の常時絶縁監視も行っている例があった。

年次点検においては、測定作業における停電時間の短縮を設置者側から求められること

があることが確認された。メンテナンス事業者との意見交換においては、技術活用による無停電での測定の実現を期待する意見が得られた。

### 2.2.2 太陽電池発電設備における月次・年次点検の現状把握

「自家用電気工作物保安管理規程（電気技術規程使用設備編） JEAC 8021-2018、日本電気協会需要設備専門部会」、「太陽光発電システム保守点検ガイド（2019年12月27日改訂）、日本電気工業会・太陽光発電協会」、またメンテナンス事業者との意見交換、電気保安法人、電気管理技術者等へのアンケート・ヒアリング調査を基に、月次・年次点検項目の整理を行った。

表 2-3 太陽電池発電設備における月次・年次点検項目整理表

項目名	点検箇所	点検項目	点検要領	点検方法	月次点検（頻度）		年次点検（頻度）		電気主任技術者の対応（主務、立会い、監）	状態確認						試験		
					点検ガイド	保安規程	点検ガイド	保安規程		視覚（外観）	聴覚（内観）	触覚	嗅覚	動作	数値確認	動作試験	数値測定	
太陽電池アレイ	太陽電池モジュール	表面の汚れ、破損	著しい汚れ、さび、破損がない	目視		1回/年				○								
		配電・需要及び端子線の破損、変形、汚損、引込、送電	著しい汚れ、さび、破損がない	目視		1回/年				○								
		端子線の破損、変形	著しい汚れ、さび、破損がない	目視		1回/年				○								
		フレームの破損、変形、引込	著しい汚れ、さび、引込、破損及び変形がない	目視		1回/年				○								
		コネクタ・ケーブル・導線盤	破損、変形、汚損、引込、送電、断線	目視		1回/年				○								
太陽電池モジュールのスマートレギュレーター	スマートレギュレーターが正常動作し、破損、著しい発電能力の低下がない	目視		1回/年				○								発電量		
コネクタ・ケーブル	破損、変形、汚損、引込	破損、変形、汚損、引込	著しい汚れ、さび、破損がない	目視		1回/年				○								
		配線に著しい汚れ、さび、引込、送電、断線がない	目視		1回/年				○									
ケーブル	破損、変形、汚損、引込	破損、変形、汚損、引込	著しい汚れ、さび、破損がない	目視		1回/年				○								
		配線の保護、押さめ	著しい汚れ、さび、破損がない	目視		1回/年				○								

整理の結果、月次点検においては、発電所敷地を広く範囲に移動する必要があるという点で、モジュールの目視確認に時間がかかることが確認された。

需要設備の場合と同様に、月次・年次点検においては、保安管理業務における拘束時間のうち、移動時間の割合も多いことが確認された。その一方で、需要設備の場合と異なり、太陽電池発電所では現状でも半年に1回の点検頻度が認められる場合があるため、点検頻度低減による移動時間の更なる削減効果は需要設備ほど大きくないと考えられる。また、ヒアリング調査においては、現状以上の点検頻度の低減は保安管理上難しいのではないかと、との意見があった。

点検を実施する設備のうち、PCSについては、設備の特殊性のためメーカーやメンテナンス事業者が電気主任技術者に代わって点検を実施していることが多いことが確認された。

月次・年次点検に関連した現状のスマート保安技術として、モジュールの異常箇所を検出するための技術が活用されていることが確認された。例えば、熱画像カメラを搭載したドローンや、ストリングスの診断技術が、点検の現場にて利用されている。また、設備の異常を早期に発見する手段として、発電量等の設備状態を遠隔で監視する装置を取り付けている例があった。

### 2.2.3 風力発電設備における月次・年次点検の現状把握

「自家用電気工作物保安管理規程（電気技術規程使用設備編） JEAC 8021-2018、日本電気協会需要設備専門部会」、「風力発電設備の定期点検指針 JESC V002 (2017)、日本電気技術規格委員会」、またメンテナンス事業者との意見交換、電気保安法人、電気管理技術者等へのアンケート・ヒアリング調査を基に、月次・年次点検項目の整理を行った。

表 2-4 風力発電設備における月次・年次点検項目整理表

項目名	点検箇所	点検項目	点検要領	点検方法	月次点検 (頻度)			定期点検 (単次点検) (頻度)			状態確認						試験		
					保安規定	点検種別	保安規定	メーカー、メンテ事業者等保守等定期検査	視覚(外観)	視覚(内観)	聴覚	聴覚	動作	数値確認	動作試験	数値測定			
発電装置 (風車)	ブレード	本体	亀裂、損傷、変形、異常音、他物接触 ブレードの表面に損傷(グルコート剥がれや外装クラック)や被覆剥離(すず)がないか目視などで確認する。損傷又は被覆剥離が確認された場合は触手等で確認する。	目視、触手、測定	1回/月					○									
		表面								○		○							
		接地システム	レセプター	レセプターに異常な被覆剥離、溶損、変形、腐蝕、剥離がないか確認する	目視						○								
		接地システム	ダウンコンダクター	ダウンコンダクターに損傷がないか確認する	目視							○							
		内部		損傷又はアクセス可能な範囲について、目視等で損傷がないか確認する	目視、触手、測定								○	○					
		ブレード翼根部	翼根部	ブレード翼根部に損傷がないか確認する	目視							○							
		ボルト		作マークのズレや塗装剥れ、ボルトの緩みがないか確認する。 測定機器で軸力又は締付トルク等を測定する。 風車設置後、ボルトの緩みや破断が生じていない場合には、1年間で10%以上又は8方位以上のいずれか多い本数のボルトについて締め付け確認を行う。	目視、打音、触手 測定							○							○

整理の結果、風力発電設備特有の設備の点検項目については、設備の特殊性のため電気主任技術者に代わって定期点検の形でメーカーやメンテナンス事業者が実施する機会が多いことが確認された。

現状のスマート保安技術として、設備の異常箇所を早期に発見、または異常発生の子兆を検出するための、SCADAの監視システム、状態監視システム(CMS)が、メーカーやメンテナンス事業者が主導する形で導入、活用されていることが確認された。また、遠隔の常時監視システムの通信の冗長性を確保するシステムなども活用されていることが確認された。

### 2.2.4 電気事故対応の現状把握

需要設備、太陽電池発電設備における、電気主任技術者の電気事故対応(駆けつけ対応)について、メンテナンス事業者との意見交換、電気保安法人、電気管理技術者等へのアンケート・ヒアリング調査を基に現状把握を行った。

電気事故対応は、漏電等のアラームや出力等の設備側の状態変化を受けて行われる。しかし、アラームや状態変化を引き起こす原因はさまざまであり、現場にて異常箇所の特定を改めて行う必要がある。電気事故対応においては、現場にて異常箇所を特定する作業の負荷が大きいことが確認された。

## 2.3 アンケート・ヒアリング調査

### 2.3.1 アンケート調査結果

スマート保安技術を実際の現場における点検業務に適用した場合の効果について調査するため、下記2協会の協力をいただき、アンケート調査とヒアリング調査を実施し、点検業務の現状について調査した。

- (1) 電気保安協会全国連絡会
- (2) 全国管理技術者協会連合会

#### アンケート調査項目

- 1) 外部委託における「月次点検」について
  - a. 特に重点的に時間をかけて実施している月次点検項目（需要設備、太陽電池、風力）
  - b. 月次点検における他事業者（メンテナンス事業者、機器メーカー等）との連携（太陽電池、風力）
- 2) 外部委託における「年次点検」について
  - a. 特に重点的に時間をかけて実施している年次点検項目（需要設備、太陽電池発電、風力）
  - b. 年次点検における他事業者（メンテナンス事業者、機器メーカー等）との連携（太陽電池、風力）
- 3) 電気事故または委託元からの臨時要請への対応について（需要設備、太陽電池、風力）
- 4) 遠隔地アクセスの効率化のための体制上の工夫等
- 5) 現状におけるスマート保安技術の導入・活用事例（需要設備、太陽電池、風力）
- 6) スマート保安技術導入の効果が表れた事例（需要設備、太陽電池、風力）
- 7) 現状におけるスマート保安技術の活用
  - a. スマート保安技術の活用が期待される業務と技術（需要設備、太陽電池、風力）
  - b. スマート保安導入コストの上限費用（需要設備、太陽電池、風力）
- 8) 将来的なスマート保安技術の活用
  - a. スマート保安技術による点検頻度低減の可能性とその頻度（需要設備、太陽電池、風力）
  - b. 代替しなければならない点検項目（需要設備、太陽電池、風力）
  - c. 導入可能なコスト（初期費用・維持費用）の上限（需要設備、太陽電池、風力）
  - d. 点検頻度低減のために必要な新たな対応（需要設備、太陽電池、風力）

以下に、調査結果の概要を示す。

## (1) 電気保安協会全国連絡会会員への調査結果

### 1) 外部委託における「月次点検」について

#### a. 特に重点的に時間をかけて実施している月次点検項目

- 設置者への問診に基づいた点検を行うことを基本としている。(共通)
- 外観も含めて、異音、異臭、損傷、汚損等の有無について、人間の五感を活用して異常がないかを確認している。(共通)
- 過去の経験から感電や火災につながりやすい部分については重点的に点検を実施している。(共通)

#### b. 月次点検における他事業者（メンテナンス事業者、機器メーカー等）との連携

- 太陽電池発電設備の太陽電池モジュール、パワーコンディショナーに関しては、専門のメンテナンス事業者あるいは機器メーカーなどの他事業者が実施し、その結果を確認して記録している。(太陽電池、風力) 外部委託における「年次点検」について

#### c. 特に重点的に時間をかけて実施している年次点検項目

- 月次点検では確認していない部分を中心に外観の点検を実施している。(共通)
- 絶縁抵抗等の測定、各部の動作試験を行う。(共通)
- 電気事故につながる絶縁部の確認と清掃を実施している。(需要設備、太陽電池)

#### d. 年次点検における他事業者（メンテナンス事業者、機器メーカー等）との連携

- 発電設備の特性からアクセスが難しい部分の点検は、専門のメンテナンス事業者あるいは機器メーカーなどの他事業者が実施し、その結果を確認して記録している。(太陽電池、風力)

### 2) 電気事故または委託元からの臨時要請への対応について

- 1軒当たりの平均頻度
  - ◇ 需要設備：0.2～0.5回/年間
  - ◇ 太陽電池発電設備：0.8～1回/年間
  - ◇ 風力発電設備：0.3～0.7回/年間
- 低圧絶縁監視装置の警報受信への対応が多い。(需要設備)
- 配電停止に伴うパワーコンディショナー復旧への対応が多い。(太陽電池発電設備)
- 発電停止の原因調査と復旧への対応が多い。(風力発電設備)

### 3) 遠隔地アクセスの効率化のための体制上の工夫等

- 有料道路（高速道路）を積極的に活用している。（共通）
- 規定の時間以内に到達できるように拠点の配置に工夫している。（共通）
- 技術者の現在位置を把握し、事故出動要請の地点に合わせて、最適な出動が可能な体制を工夫している。（共通）

### 4) 現状におけるスマート保安技術の導入・活用事例

- 低圧・高圧絶縁監視装置等による遠隔常時監視と自動警報発生装置により、電気事故の未然防止を図る。（需要設備）
- サーモグラフィ等の無停電・非接触の過熱診断システムを活用し、異常発見につなげている。（共通）
- パワーコンディショナーの遠隔監視と遠隔操作を導入し作業対応時間の短縮を図っている。（太陽電池発電）
- 外観点検にドローンを導入し、点検効率の向上を図っている。（共通）
- 点検結果の入力を現場で可能とするタブレットを導入し、点検結果の記録と報告の効率向上を図った。（共通）

### 5) スマート保安技術導入の効果が表れた事例

- 遠隔常時監視と自動警報発生装置により電気事故と停電の発生を防止できた。（需要設備）
- サーモグラフィ等の無停電・非接触の過熱診断システムを活用し過熱箇所を発見することができた。（共通）
- パワーコンディショナーの遠隔監視と遠隔操作を導入し作業対応時間の短縮を図っている。（太陽電池発電）
- 赤外線カメラ搭載のドローンにより過熱発生状況を確認しホットスポットを発見することができ事故発生防止を図ることができた。（太陽電池発電）
- 点検結果の入力を現場で可能とするタブレットを導入し、点検結果の記録と報告の効率向上を図ることができた。（共通）

### 6) 現状におけるスマート保安技術の活用

#### a. スマート保安技術の活用が期待される業務と技術

- 遠隔常時監視技術の活用に対する期待が大きい。（共通）
- 人の感覚の代わりとなる各種センサーの導入により点検品質の向上及び省力化を図ることが期待されている。（需要設備）
- パワーコンディショナーの遠隔監視と遠隔操作を導入による作業対応時間の短縮が期待されている。（太陽電池発電）

b. スマート保安導入コストの上限費用

- 1軒当たりの費用として、初期導入費用：20万円、維持費用：月額1,000円程度が上限と想定される。（共通）

7) 将来的なスマート保安技術の活用

a. スマート保安技術による点検頻度低減の可能性とその頻度

- スマート保安技術の導入により、現在の点検頻度より低減は可能と考えられる。（共通）
- 頻度の見直しに関しては設備の特性を考慮することが必要であり、また部分的な見直しの検討も必要と考えられる。（共通）

b. 代替しなければならない点検項目

- 設備の外観をはじめ、技術者が点検時に人の感覚を使用して確認していることの代替が必要とされる。（共通）
- 各部の電圧値、電流値等、点検時に現場で実施している電気的な測定の代替が必要とされる。（共通）

c. 導入可能なコスト（初期費用・維持費用）の上限

- 1軒当たりの費用として、初期導入費用：20万円、維持費用（月額）：1,000円程度が上限と想定される。（共通）

d. 点検頻度低減のために必要な新たな対応

- 技術者の五感に代替することが可能なセンサーと計測システムの開発が必要とされる。（共通）
- 現場で無人で測定した監視データを技術者に送信するシステムの開発が必要とされる。（共通）
- 設備の監視データを蓄積し、その大量のデータから設備の事故予兆と適切な保守管理を支援するシステムの開発が必要とされる。（共通）

## (2) 管理技術者協会会員への調査結果

### 1) 外部委託における「月次点検」について

#### a. 特に重点的に時間をかけて実施している月次点検項目

- 外観および不具合が発生しやすい機器接続箇所等について、異常が発生していないかを目視、熱（温度）、におい、変色等の状況で確認している。（共通）
- PCS および周辺の状態について、特に重点的に異常がないかを確認する。（太陽電池）

#### b. 月次点検における他事業者（メンテナンス事業者、機器メーカー等）との連携

- 太陽電池発電設備の太陽電池モジュール、パワーコンディショナーに関しては、専門のメンテナンス事業者あるいは機器メーカーなどの他事業者に依頼して実施している。（太陽電池）
- 全ての保安データに関して、専門のメンテナンス事業者あるいは機器メーカーと共有している。（風力）

### 2) 外部委託における「年次点検」について

#### a. 特に重点的に時間をかけて実施している年次点検項目

- 月次点検では確認していない部分を中心に外観の点検を実施している。（共通）
- 絶縁抵抗等の測定、各部の動作試験を行う。（共通）
- 電気事故につながる絶縁部の確認と清掃を実施している。（共通）

#### b. 年次点検における他事業者（メンテナンス事業者、機器メーカー等）との連携

- 太陽電池発電設備の太陽電池モジュール、パワーコンディショナーに関しては、専門のメンテナンス事業者あるいは機器メーカーなどの他事業者に依頼して実施している。（太陽電池）
- 全ての保安データに関して、専門のメンテナンス事業者あるいは機器メーカーと共有している。（風力）

### 3) 電気事故または委託元からの臨時要請への対応について

- 漏電遮断器の動作に対応するための要請が多い。頻度は様々だが、年間数回程度発生。（需要設備）
- 地絡過電圧継電器（OVGR）の作動等によるパワーコンディショナー停止の復旧への対応が多い。（太陽電池発電設備）



#### 4) 遠隔地アクセスの効率化のための体制上の工夫等

- 有料道路（高速道路）を積極的に活用している。（共通）
- 事故発生時には、協力関係者が対応可能な人員配置と連絡体制を構築している。（共通）
- そのために、正常時設備の状況を把握するために、年次点検の応援を依頼している。（共通）

#### 5) スマート保安技術の導入・活用事例

- 低圧・高圧絶縁監視装置等による遠隔常時監視と自動警報発生装置により、電気事故の未然防止を図る。（需要設備）
- サーモグラフィ等の無停電・非接触の過熱診断システムを活用し、異常発見につなげている。（需要設備、太陽電池発電）

#### 6) スマート保安技術導入の効果が表れた事例

- 遠隔の絶縁監視装置により、事故発生防止の対応ができた。（受需要設備、太陽電池発電）
- サーモグラフィ等の非接触の温度監視システムを活用し異常を発見することができた。（需要設備、太陽電池発電）

#### 7) 現状におけるスマート保安技術の活用

##### a. スマート保安技術の活用が期待される業務と技術

- 遠隔常時監視技術の活用に対する期待が大きい。（共通）
- パワーコンディショナーの通信機能の利用による監視機能の向上が期待されている。（太陽電池発電）
- 太陽電池パネルの点検へのドローンの利用が期待されている。（太陽電池発電）

##### b. スマート保安導入コストの上限費用

- 1軒当たりの費用として、初期導入費用：5万円～30万円、維持費用：月額500円～3,000円程度が上限と想定される。（共通）

#### 8) 将来的なスマート保安技術の活用

##### a. スマート保安技術による点検頻度低減の可能性とその頻度

- 点検頻度低下の可能性はあるという意見あり。（共通）
- 様々な点から、現状では、点検頻度を低減することによる問題は数多くあり、点検頻度の低減は難しいという意見が多い。（共通）

b. 代替しなければならない点検項目

- 各部の電圧値、電流値等、点検時に現場で実施している電氣的な測定をグラフ化して遠隔で管理することで、点検頻度低減の可能性がある。(需要設備、太陽電池発電)
- 高圧・低圧の遠隔絶縁監視が必要。(需要設備)
- 需要設備内の画像監視・音響監視の機能が必要。(需要設備)

c. 導入可能なコスト(初期費用・維持費用)の上限

- 1軒当たりの費用として、初期導入費用:5万円~20万円、維持費用:月額500円~2,000円程度が上限と想定される。(共通)

### 2.3.2 ヒアリング調査結果

アンケート調査に回答をいただいた表 2-5 に示す調査先に対して、アンケート回答結果とその背景の詳細について確認するため、ヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査結果を、以下に示す。

表 2-5 ヒアリング調査先

No.	協会	組織名	調査実施日
1	電気保安協会全国連絡会	A 社	2020 年 3 月 24 日
2	全国管理技術者協会連合会	B 社	2020 年 3 月 23 日

#### (1) A 社

- 人間の感覚の代替となるセンサーに対する期待は大きい。AI との組み合わせで事故発生予測への活用を目指している。
- 24 時間常時監視は技術者のサポートになるとともに、点検頻度の見直しにつながると期待している。
- スマート保安技術の導入コストは、低圧漏電監視装置の 2 倍程度に収めたいと考えている。
- 太陽電池発電システムの PCS の遠隔復旧については、顧客にとっても保安事業者にとってもメリットが大きい。

#### (2) B 社

- スマート保安技術は時間短縮を図れる技術と考えられる。一つには移動時間の削減がメリットとしてあげられる。
- 事故発生時の対策時間短縮は、現場での仕事になるため、スマート保安技術の適用は難しい。不具合発見に関しては効果が期待できる。
- 設備導入のコストから考えて、低圧の領域までスマート化することは難しいと考えられる。
- 常時監視機能を導入することで、設置者に対する請求費用を上げることは難しい。機能負荷に必要なコストの負担方法は様々である。

### 3. スマート保安技術導入の効果試算

#### 3.1 現場作業の省力化・現場点検の代替技術の抽出

##### 3.1.1 需要設備における検討

###### (1) 月次点検の実施項目毎の代替技術の検討

需要設備に対して大きな導入効果が期待されるスマート保安技術を抽出するために、現場作業の省力化効果に着目して検討を行った。

月次・年次点検の現状整理やヒアリング調査の結果から、月次点検においては、現場での点検業務は目視等の五感によるものが多く、かつそれぞれの点検項目の所要時間は短いことが確認された。そのため、技術活用による現場作業の省力化効果は小さいと考えられる。また、年次点検において必要となる測定を伴う点検項目についても、技術活用による現場作業の省力化効果は小さいと考えられる。

月次・年次点検では、保安管理業務における拘束時間のうち、移動時間が多くを占めている<sup>10</sup>。そのため、仮に「技術活用による点検の遠隔化」によって現場点検頻度の低減が認められる場合には、保安管理業務の負荷低減の効果が大きいと考えられる。

また、五感による点検の技術代替、遠隔化は、点検の高度化（高頻度化・高精度化）にも資すると考えられる。そこで、月次点検の現場点検頻度の低減を想定した、月次点検項目全体の技術代替による遠隔化を検討した。

###### 1) 技術面における月次点検の遠隔化の検討

月次点検の遠隔化について、技術的な観点での実現性を検討した。検討の概要を表 3-1 に示す。本検討は、需要設備のうち「高圧受電設備」、「受・配電盤」、「電線路」を対象として行った。具体的には、各月次点検項目に対応する状態の確認方法を踏まえて、それらがどのようなセンサーで代替が可能であるかを、現在の技術レベルを踏まえて検討した。また、検討は以下のような考え方に基づいて行った。

- 月次点検は目視確認事項が多いため、「光学カメラでの監視」をベースとした。
- 状態の確認方法のうち「臭気」については、臭気センサーへの置き換えが考えられるものの、多種多様な臭気に対して感度を持たせることが難しいため、温度、電流、電圧、電力等の計測によって可能な限り代替することを検討した。

<sup>10</sup> 例えば、移動時間と月次点検の現場での所要時間が同程度となる場合もある。

表 3-1 需要設備における月次点検の遠隔化検討概要

項目名	点検箇所	点検項目	点検要領	月次点検 保命機能	状態確認の方法 <small>※：当該方法にて確認している具体的な事項 ※：当該方法にて、一般的な異常確認に加えて確認すべき事項</small>							試験						センサー代替 <small>(無いセンサーは必須ではないと考えられるが参考として記載)</small>						計測での代替			
					視覚 (外観)	視覚 (内観)	触覚	聴覚	嗅覚	動作 確認	数値 試験	数値 測定	光学カ メラ	熱画像 カメラ	音響セ ンサー	振動セ ンサー	温度セ ンサー	水位セ ンサー	(臭いセ ンサー)	開鎖管理	トレンド管理						
																				(確認可能な異常発生から電気學検査 主までの期間が月次点検間隔未満)	(確認可能な異常発生から電気學検査 主までの期間が月次点検間隔以上)						
高圧受電設備	電圧変流器	運転状況	異常、異常	1回/月		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					<input type="radio"/>				<input type="radio"/>			<input type="radio"/>			開鎖管理	トレンド管理		
		本体	振動、劣化	1回/月		<input type="radio"/>																				確認可能な異常発生から電気學検査 主までの期間が月次点検間隔未満)	確認可能な異常発生から電気學検査 主までの期間が月次点検間隔以上)
		接地部	異常、劣化、劣化	1回/月		<input type="radio"/>																				開鎖管理	トレンド管理
	断路器	運転状況	異常、異常	1回/月		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>											<input type="radio"/>							
		本体	振動、劣化	1回/月		<input type="radio"/>																					
		主回路開閉部	通断による異常、有し障 か	1回/月		<input type="radio"/>																					
		操電部	振動、劣化、劣化、異常、異常、異常、異常、異常、異常、異常、異常	1回/月		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																		
	遮断器	遮断部	異常、劣化、劣化	1回/月		<input type="radio"/>																					
		接地部	異常、劣化、劣化	1回/月		<input type="radio"/>																					
		操電部	異常、劣化、劣化	1回/月		<input type="radio"/>																					
真空開閉器	運転状況	異常、異常	1回/月		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																			
	本体	振動、劣化	1回/月		<input type="radio"/>																						

本検討においては、複数のセンサーでの代替と一部の計測項目の遠隔伝送によって月次点検の各項目を遠隔化できる可能性があるとの結論に至った。また、臭気の確認については、臭気センサーを必須とせずとも、温度、電流、電圧、電力等の計測によって代替できる可能性があるとの結論に至った。

これらの結論から、技術活用による月次点検の現場点検頻度の低減が新たに認められることが前提ではあるものの、技術的には保安全管理業務のうち大きな負荷となっている移動時間の削減が期待できると考えられる。

但し、本検討は少数の有識者による机上での議論であるため、今後学識経験者等を含めた複数の有識者による議論や、実際の設備とセンサーを用いた実証試験等によって、月次点検の技術代替による遠隔化の有効性を検証し、点検頻度の低減を認めることが可能であるかについて、別途検討する必要がある。

2) 費用面における月次点検の遠隔化の検討

月次点検の遠隔化について、導入費用の観点での実現性を検討した。本検討では、500 kVA規模の高圧受電設備を想定し、センサー等の必要数や導入の初期費用を試算した。試算の概要を表 3-2 に示す。

表 3-2 需要設備における月次点検の遠隔化技術導入初期費用の試算

機器	必要台数	単価（概算）	備考
工学カメラ	4 台程度	5 万円～20 万円	各盤に対して 1 個程度を想定
熱画像カメラ	4 台程度	5 万円～20 万円	各盤に対して 1 個程度を想定
音響センサー（騒音計）	4 台程度	5 万円～20 万円	各盤に対して 1 個程度を想定
振動センサー	1 台程度	5 万円～20 万円	変圧器への設置を想定
波形データ保存装置	1 台程度	20 万円～100 万円	デジタルオシロスコープ等を相千絵
水位センサー	1 台程度	5 万円～20 万円	電線路の監視を想定
温度センサー	8 台程度	1 万円～5 万円	各盤、進相コンデンサ、直列リアクトル、電圧器等への設置を想定
情報転送装置	1 台程度	20 万円～100 万円	

※「臭気センサー」も活用が期待されるが、多種多様な臭気に対して感度を持たせることが難しいこと、温度、電流、電圧、電力等の計測にて代替できる可能性があることから、本試算では省略している。また、計測項目の遠隔伝送に必要な改造費用についても省略している。

※クラウド等のデータ蓄積環境、解析用ソフトウェア等は複数設備での共用が想定されるため、費用試算から省略している。

※通信回線使用料は、最大で 1 万円/月 程度と考えられる。

試算の結果、初期導入費用は 120 万～550 万と想定される。一方で、アンケートやヒアリングより、許容できる初期導入費用は数十万円程度であるとの意見が複数あった。そのため、月次点検の遠隔化技術の普及を実現するためには、一桁程度のコストダウンが必要と考えられる。

本試算は、現在入手可能な製品の価格を参考に行っている。そのため、各センサーや波形データ保存装置（現時点ではデジタルオシロスコープを想定）等のスペックや付加機能等が過剰となっている部分があると考えられる。そのため、コストダウンの方法の一例として、月次点検の遠隔化を前提とした最適なスペックを実証試験等によって検証し、廉価なセンサー、波形データ保存装置等を開発することが考えられる。

## (2) 年次点検の現場作業支援技術の検討

年次点検においては、停電を必要とする測定項目がある。ヒアリング調査において、需要設備の設置者からは、停電時間を可能な限り短縮するよう求められる場合があるとの意見があった。また、停電時間の短縮のために、例えば現場での作業員の人数を一時的に増やし、一斉に複数個所の測定を実施するといった工夫を行っているとの意見があった。

停電時間を短縮するための一つの方法としては、新技術を用いて活線状態での測定に代替するということが考えられる。この新技術の一つとして、活線状態での絶縁抵抗測定を可能とするデバイスが登場している。これらのデバイスを用いることで、年次点検における現場での測定業務を合理化できる可能性がある。

### 3.1.2 太陽電池発電設備における検討

#### (1) 現場作業省力化技術の検討

太陽電池発電設備に対して大きな導入効果が期待されるスマート保安技術を抽出するために、現場作業の省力化効果に着目して検討を行った。

月次・年次点検の現状整理やヒアリング調査の結果から、月次点検における現場でのモジュール点検業務に多くの時間がかかっていることが確認された。そのため、この業務を省力化可能な技術を検討、抽出した。具体的には、「ドローンと赤外線カメラによる熱画像の取得・診断技術」を抽出した。

本技術は、ドローンにより画角の安定した画像が取得可能となることや、画像診断によりモジュールの異常の発見率が向上するという効果も期待される。そのため、現場点検の高度化（高精度化）としても有効と考えられる。

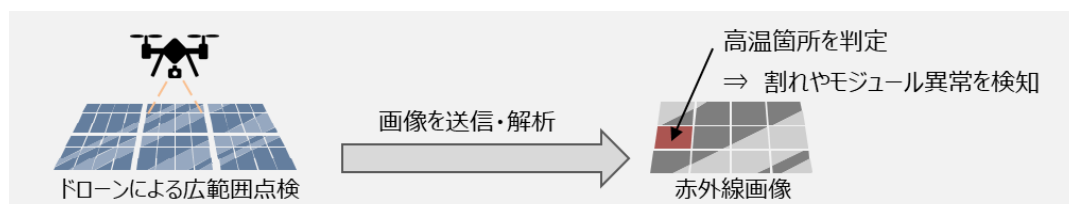


図 3-1 ドローンと赤外線カメラによる熱画像の取得・診断技術の概要

本技術による、現場作業の省力化効果を試算した。試算では、太陽電池発電設備の目視による点検業務を「ドローン等の準備（契約手続き、ドローン飛行ルート設定などを含む）」、「モジュール点検（集電箱や中継盤の目視点検を含む）」、「点検結果の現場での解析」、「点検結果の事務所での解析」の4つに分け、1 MW～2 MW 規模の存在する太陽電池発電設備での技術活用を想定してそれぞれの所要時間を検討した。試算の結果を、図 3-2 及び表 3-3 に示す。試算の結果、5～6割の現場作業時間（人・h）が削減可能と考えられる。なお、初期導入費用は現状では200万円程度と想定される。

<b>A(時間)</b>	+	<b>B(時間)</b>	+	<b>C(時間)</b>	+	<b>D(時間)</b>	=	<b>合計(時間)</b>
ドローン等の準備の時間 (契約手続き、ドローン飛行 ルート設定などを含む)		モジュール点検の時間 (集電箱や中継盤の目視点 検を含む)		点検結果の現場での解 析時間		点検結果の事務所での解 析時間		

図 3-2 技術利用による太陽電池発電設備での現場作業の省力化効果試算概要

表 3-3 技術利用による太陽電池発電設備での現場作業の省力化効果試算結果

	発電所出力 (MW)	通常の現場作業所要時間 (人・h)					技術利用での現場作業所要時間 (人・h)					
		モジュール容量 (PCS 容量)	A	B	C	D	合計	A	B	C	D	合計
④発電所	1.2 (1.0)		0.0	12.0	0.0	1.0	13.0	3.0	1.0	1.5	1.0	6.5
⑥発電所	1.8 (1.3)		0.0	16.0	0.0	1.5	17.5	3.0	1.5	2.0	1.2	7.7
③発電所	2.9 (2.0)		0.0	24.0	0.0	2.0	26.0	3.0	2.0	2.5	1.5	9.0
⑩発電所	2.0 (1.5)		0.0	18.0	0.0	1.5	19.5	3.0	1.5	2.0	1.2	7.7
⑤発電所	1.5 (1.0)		0.0	14.0	0.0	1.2	15.2	3.0	1.2	1.5	1.0	6.7



## (2) 電気事故対応における支援技術の検討

月次・年次点検以外の保安管理業務の一つとして、電気事故対応（現場駆けつけ、設備異常個所の特定、危険除去作業、等）がある。ヒアリング調査において、電気事故対応における設備異常個所の特定作業に時間がかかることが多い、との意見があった。そのため、この業務を支援可能な技術の検討と、技術を活用した場合の省力化効果について試算を行った。

検討及び試算の結果を表 3-4 に示す。試算より、例えばストリングス出力低下が起因となった電気事故対応においては、現場でのモジュール表面の直流磁界センサーによる出力確認技術の活用により、状況によっては大幅な負荷低減が期待できるとの結果を得た。

表 3-4 電気事故対応における設備異常個所の特定支援技術の検討と省力化効果の試算

No.	電気事故対応 (駆けつけ対応)を行った理由	活用技術	異常の有無の確認箇所	技術がない場合にかかる時間	技術を適用した場合にかかる時間 【省力化効果】 (その理由等)
1	PCS 直流地絡 警報	遠隔でのストリング診断	接続箱、ケーブル、モジュール	8 人 h (2 人作業)	6 人 h 【2 人 h の削減効果】 (2 人作業) <ul style="list-style-type: none"> <li>該当ストリングの著しい電流低下や電圧低下が認められる場合のみ、ストリングの特定が可能。</li> <li>6 人 h は、ストリング特定後の地絡箇所の切分けに要する稼働時間。</li> </ul>
2	PCS 直流地絡 警報	地絡モジュール検出器	モジュール	6 人 h (2 人作業)	2 人 h 【4 人 h の削減効果】 (2 人作業) <ul style="list-style-type: none"> <li>当該ストリング内における地絡モジュールの特定にかかる時間が削減可能。ただし、同ーストリングに複数の地絡モジュールがある場合の特定は困難。</li> <li>2 人 h は、特定した不具合モジュール単体の地絡有無確認と、不具合モジュールを取り除いたあとの当該ストリングの正常性確認に要する稼働時間。</li> </ul>
3	ストリング出力 低下	モジュール表面の直流磁界センサーによる出力確認	モジュール	6 人 h (2 人作業) I-V 測定の実施を想定	0.5 人 h 【5.5 人 h の削減効果】 (1 人作業) <ul style="list-style-type: none"> <li>モジュール表面の磁界を非接触で測定し確認可能。</li> </ul>

## 3.2 電気主任技術者を中心としたステークホルダーの検討

電気主任技術者を中心とした現状のステークホルダーの関係を「需要設備」、「太陽電池発電設備」、「風力発電設備」それぞれについて検討した。検討は、主にアンケートやヒアリングの結果を参考に行った。

### 3.2.1 需要設備における検討

需要設備における現状のステークホルダーの関係図を図 3-3 に示す。需要設備においては、電気事故の減少といった需要設備の設置者におけるメリットを起点として、図中のスマート保安技術導入ルート①を通して、メーカーやメンテナンス事業者といったスマート保安技術のサービス提供主体から、常時遠隔監視等のスマート保安技術が設備に導入されている。メーカーやメンテナンス事業者によって導入された常時遠隔監視等のスマート保安技術から得られる情報は、保安管理業務受託者である電気主任技術者が活用するケースもある。需要設備の設置者は、メーカーやメンテナンス事業者とスマート保安技術に関する契約を結び、別途電気主任技術者と外部委託承認制度における保安管理業務の契約を結ぶ場合や、メーカーやメンテナンス事業者とスマート保安技術に関する契約と外部委託契約を合わせて結び、メーカーやメンテナンス事業者が個人の電気主任技術者に外注を行う場合などがある。

図中のスマート保安技術導入ルート②を通して、電気事故の減少といった需要設備の設置者におけるメリットや、保安管理の質の向上といった電気主任技術者のメリットを起点として、現場での五感による点検をより詳細に実施可能な放射温度計やサーモグラフィーカメラが導入されている。また、電気保安法人が常時遠隔監視等のスマート保安技術と外部委託承認制度における保安管理業務の両方を合わせて設置者に提供する場合もある。

現状でも、図のように常時遠隔監視等のスマート保安技術の導入は進められている。一方で、特に常時遠隔監視技術においては導入費用が高額となるため、電気事故の減少といった技術導入のメリットが導入費用を上回り導入に踏み切ることが出来る設置者は、電気事故による停電等の経営への影響が大きい工場などに限定されることが多い。そのため、スマート保安技術のうち常時遠隔監視技術においては導入が加速しているという状況ではないと考えられる。

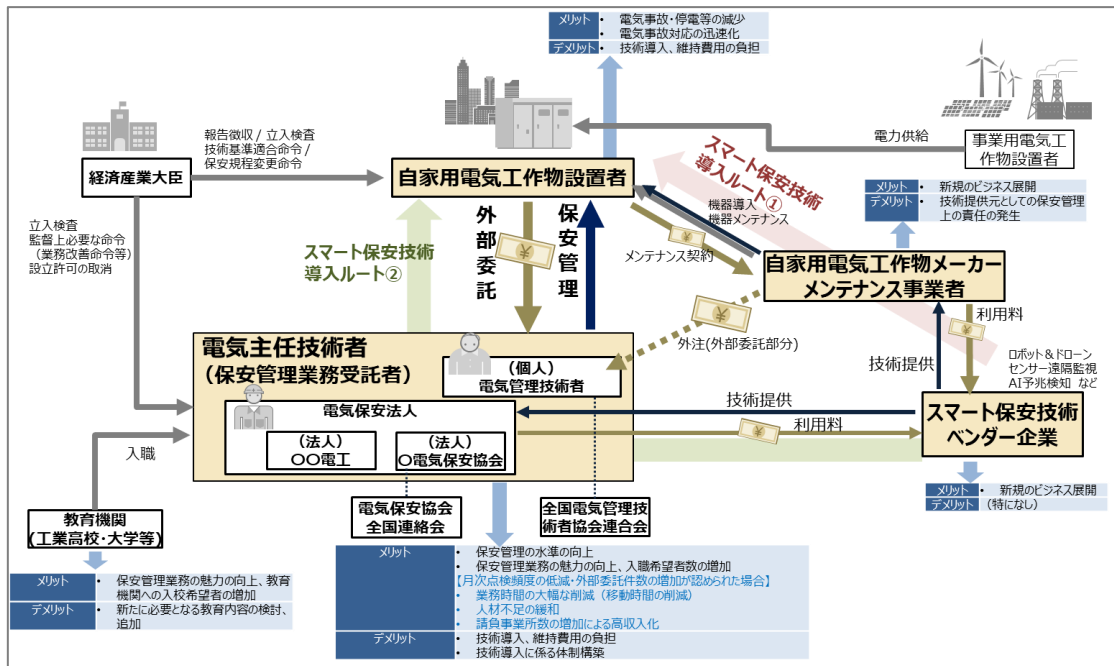


図 3-3 需要設備における現状のステークホルダーの関係図

なお、外部委託契約の市場規模は、年間 1400 億円程度と考えられる。これは、ヒアリング調査により 1 件当たりの契約額が月額数万円程度であることが確認されたため 1 件当たりの契約額を月額 2 万円として、かつ過年度事業の調査報告<sup>11</sup>において「官公庁ビル（高圧）」、「工場等（高圧）」、「業務ビル（高圧）」を合わせた受変電設備数の推計（2016 年時点で約 60 万件）を踏まえて試算した。

### 3.2.2 太陽電池発電設備における検討

太陽電池発電設備における現状のステークホルダーの関係図を図 3-4 に示す。太陽電池発電設備においては、稼働率の向上による売電収入の増加や電気事故の減少といった設置者のメリットを起点として、図中のスマート保安技術導入ルート①、②を通して、常時遠隔監視等のスマート保安技術が設備に導入されている。また、現地での点検時間の削減や保安管理の質の向上といった、電気主任技術者のメリットを起点として、スマート保安技術導入ルート②を通して現場作業を省力化・高度化する技術（ドローン等）の導入が行われている。

<sup>11</sup> 「平成 29 年度 電気施設等の保安規制の合理化検討に係る調査（電気保安人材の中長期的な確保に向けた調査・検討事業）報告書」、デロイト トーマツ コンサルティング合同会社

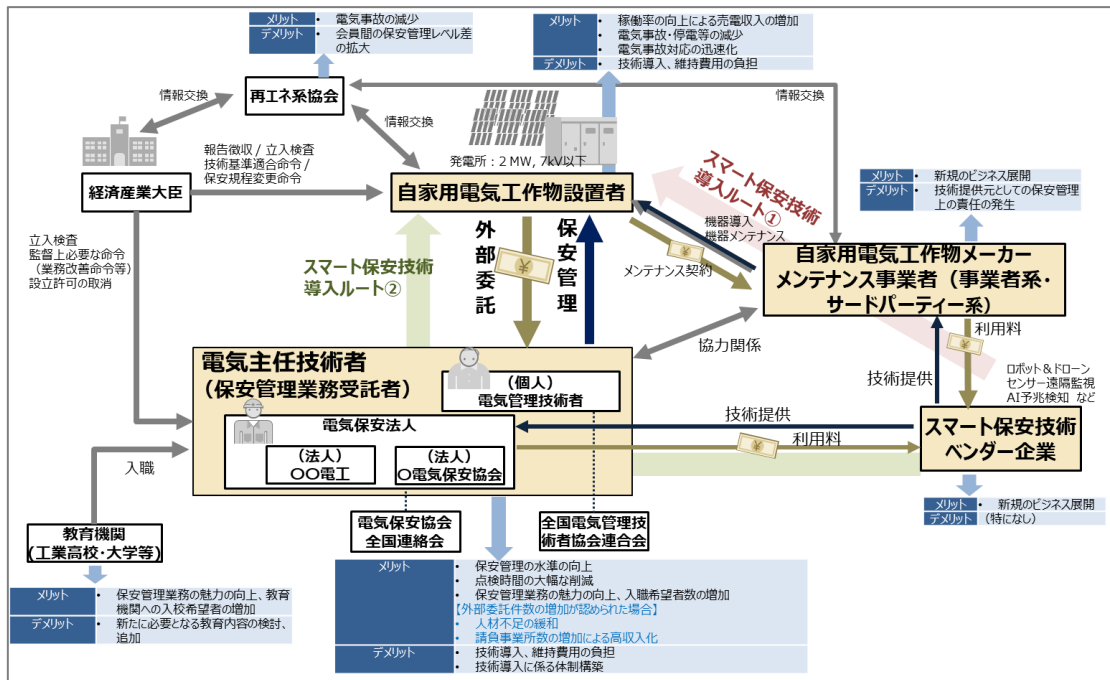


図 3-4 太陽電池発電設備における現状のステークホルダーの関係図

なお、外部委託契約の市場規模は、年間 280 億円程度と考えられる。これは、50kW 以上 2000kW 未満の設備に要する保守点検費を 1kW 当たり 2,000 円程度とし、資料<sup>12</sup>における 50kW 以上 2000kW 未満の設備の導入容量の値（2017 年 3 月末時点で 1400 万 kW）を踏まえて試算した。

### 3.2.3 風力発電設備における検討

風力発電設備における現状のステークホルダーの関係図を図 3-5 に示す。風力発電設備においては、稼働率・設備利用率の向上や電気事故の減少といった設置者のメリットを起点として、図中のスマート保安技術導入ルート①を通して、常時遠隔監視等のスマート保安技術が設備に導入されている。一方で、風力発電設備においては、機械的、構造的な保安管理箇所が多く、電気主任技術者はメーカー・メンテナンス事業者と協力関係の中で保安管理を実施しており、風力発電設備特有の点検事項に対しては、電気主任技術者側からのスマート保安技術の導入はほとんど行われていない。

<sup>12</sup> 「平成 29 年度新エネルギー等の導入促進のための基礎調査（太陽光発電に係る保守点検の普及動向等に関する調査）」、株式会社三菱総合研究所

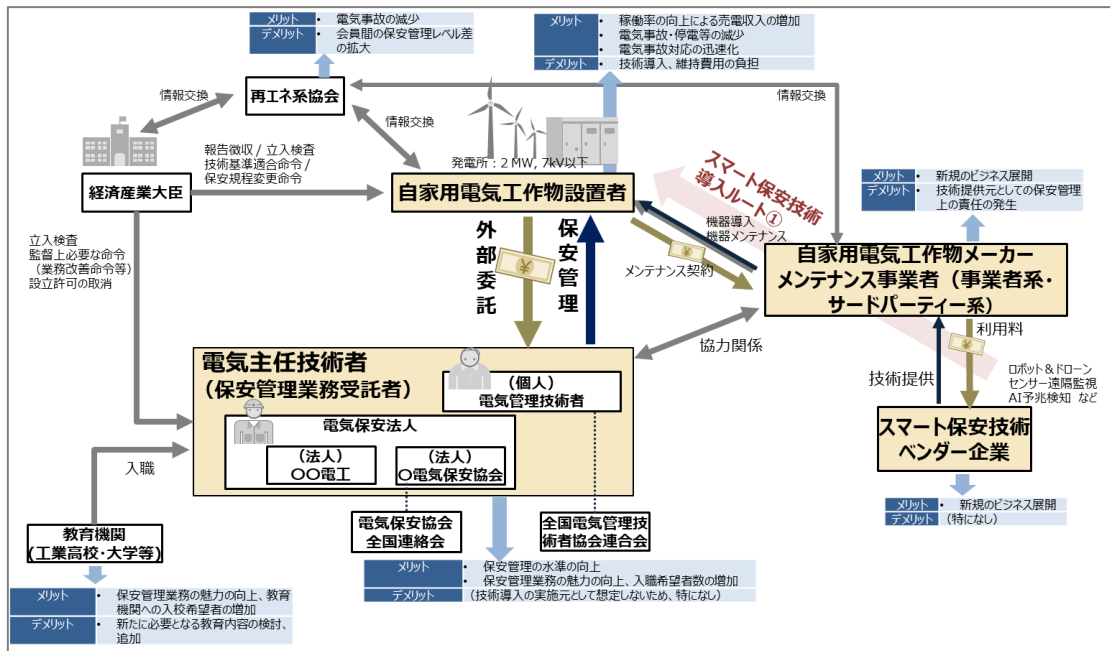


図 3-5 風力発電設備における現状のステークホルダーの関係図

### 3.3 スマート保安技術の導入の効果検討

#### 3.3.1 需要設備における検討

「3.1.1 需要設備における検討」において抽出した「月次点検の遠隔化技術」について、想定される導入シナリオや各ステークホルダー間のメリット・デメリットをステークホルダーの関係図を踏まえて検討した。

##### (1) 想定される技術導入シナリオ

月次点検の遠隔化は、点検の高度化（高頻度化・高精度化）に資する技術ではあるものの、現時点では導入コストが高額であり、導入コスト以上のメリットを得ること可能な設置者は限られると考えられる。また、電気主任技術者にとっても、現行規制上では保安管理の質の向上といったメリットと比較して、導入コストが高額であると考えられる。

月次点検の遠隔化技術は、「月次点検頻度の低減」が認められることによって、導入が進むと考えられる。点検頻度の低減が認められることで、電気主任技術者に「業務時間（移動時間）の削減」というメリットが付加されるため、例えば電気保安法人を起点とした技術導入の動き（スマート保安技術導入ルート②）が活性化されると考えられる。

##### (2) 外部委託件数の増加の可能性

「月次点検頻度の低減」によって「業務時間（移動時間）の削減」が達成されるため、合わせて「外部委託件数の増加」についても検討が可能になると考えられる。「月次点検頻度の低減」だけが認められる場合、電気保安法人では人件費が削減可能となり、その分を技術導

入費用とすることが考えられるが、この場合には電気主任技術者自身の収入の減少が懸念される。これを防ぐために、外部委託件数の増加は重要であると考えられる。ヒアリング調査においても、点検頻度の低減と外部委託件数の増加の両方が同時に認められることを期待する意見があった。

外部委託件数の増加について検討する際には、月次点検頻度だけでなく、年次点検や電気事故対応の負荷増加についても検討する必要がある。年次点検の負荷増加については、例えば「3.1.1(2)年次点検の現場作業支援技術の検討」にて抽出した技術などによって負荷の増加を抑制できる可能性がある。

### **(3) 点検費用の削減効果**

月次点検の遠隔化技術を導入し月次点検頻度の低減が認められた際の点検費用の削減効果は、現時点では技術導入費用が非常に高額であるため非常に小さいと考えられる。点検費用が業界全体で削減されていくためには、技術の開発、普及による遠隔化技術のコストダウンがより一層進む必要がある。

### **(4) 技術導入における各ステークホルダーのメリット・デメリット**

各ステークホルダーのメリット・デメリットを表 3-5 に示す。「月次点検頻度の低減」と、「外部委託件数の増加」が共に認められた場合には、それぞれ個別に認められた場合のデメリットの一部（外部委託契約額の低下、電気主任技術者の保安管理業務の負担増加）は相殺されると考えられる。

表 3-5 需要設備での技術導入におけるメリット・デメリット一覧表

	メリット	デメリット
<b>電気主任技術者(電気保安法人・電気管理技術者)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 保安管理の水準の向上</li> <li>【電気保安法人におけるメリット】</li> <li>・ 電気主任技術者間の保安管理レベル差の緩和</li> <li>・ 点検時間の削減（効果は限定的）</li> <li>・ 保安管理業務の魅力の向上、入職希望者数の増加</li> <li>・ 外部委託契約額の増加（保安水準の向上に基づいた場合）</li> </ul> <p><u>月次点検頻度の低減が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 業務時間の大幅な削減（移動時間の削減）</li> <li>・ 人材不足の緩和</li> <li>・ 別業務の実施時間の創出</li> <li>・ 新たな事業展開等の検討時間の創出</li> </ul> <p><u>外部委託件数の増加が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 人材不足の緩和</li> <li>・ 請負事業所数の増加による高収入化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術導入、維持費用の負担</li> <li>・ 技術導入に係る体制構築</li> <li>【電気管理技術者におけるデメリット】</li> <li>・ 電気主任技術者間の保安管理レベル差の拡大の懸念</li> <li>・ 装置等への依存による電気主任技術者の技術力の低下</li> <li>・ 技術導入にかかる新しい知識・専門性の習得</li> <li>【電気管理技術者におけるデメリット】</li> <li>・ メーカー・メンテナンス事業者との競争関係、又は下請け関係による電気主任技術者の地位の低下（メーカー・メンテナンス事業者が技術と保安管理業務を同時に提供する状況を想定）</li> </ul> <p><u>月次点検頻度の低減が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 問診（設備の変更や運転状況等の情報交換等）の機会減少</li> <li>・ 外部委託契約額の低下（点検回数を基準とした場合）</li> </ul> <p><u>外部委託件数の増加が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 保安管理業務の負担増加</li> <li>・ 精神的負担の増加</li> <li>・ 事故・災害対応の遅延</li> </ul>
<b>自家用電気工作物設置者</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事故・停電等の減少</li> <li>・ 電気事故対応の迅速化</li> <li>・ 安心感の増加</li> <li>・ 設備の更新時期の事前予測、機器更新計画の容易化</li> </ul> <p><u>月次点検頻度の低減が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 点検への立会い頻度の低減（設置者が立会いを行う場合）</li> <li>・ 外部委託契約額低下の可能性（点検回数を基準とした場合）</li> </ul> <p><u>外部委託件数の増加が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気主任技術者の確保の容易化</li> <li>・ 外部委託契約額低下の可能性（電気主任技術者の高収入化分の還元）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術導入、維持費用の負担</li> <li>・ 外部委託契約額の増加（保安水準の向上に基づいた場合）</li> <li>・ 技術導入の有無による設置者間の保安水準の格差の拡大</li> </ul> <p><u>月次点検頻度の低減が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 問診（設備の変更や運転状況等の情報交換等）の機会減少</li> </ul> <p><u>外部委託件数の増加が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事故・災害対応の遅延</li> <li>・ 電気主任技術者間、また技術と共に保安管理業務を提供しようとするメーカー・メンテナンス事業者との過当な競争による保安レベルの低下</li> </ul>
<b>自家用電気工作物メーカー・メンテナンス事業者</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新規のビジネス展開（技術導入支援等）による売上げ増加</li> <li>・ 保安管理に関するデータの取得と活用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術提供元としての保安管理上の責任の発生</li> </ul>
<b>スマート保安技術ベンダー企業</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新規のビジネス展開（技術導入支援等）による売上げ増加</li> </ul>	
<b>教育機関</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 保安管理業務の魅力の向上、教育機関への入校希望者の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新たに必要となる教育内容の検討、追加</li> </ul>

### 3.3.2 太陽電池発電設備における検討

「3.1.2 太陽電池発電設備における検討」にて抽出した、「ドローンと赤外線カメラによる熱画像の取得・診断技術」について、想定される導入シナリオや各ステークホルダー間のメリット・デメリットをステークホルダーの関係図を踏まえて検討した。

#### (1) 想定される技術導入シナリオ

「ドローンと赤外線カメラによる熱画像の取得・診断技術」を用いることによる現地でのモジュール点検時間の削減効果は、「3.1.2(1)現場作業省力化技術の検討」での試算の通り大きいと考えられる。この効果は電気主任技術者のメリットとなると考えられる。また、点検の高度化の効果も期待され、この効果は電気主任技術者、設置者双方のメリットとなると考えられる。そのため、電気主任技術者を起点とした導入の動き（スマート保安技術導入ルート②）が進んでいくと考えられる。

#### (2) 外部委託件数の増加の可能性

本技術等を用いて現場での点検時間を削減することを前提とした、外部委託承認制度の点数計算における換算・圧縮係数の低減の検討も可能であると考えられる。仮に換算・圧縮係数の低減（外部委託件数の増加）が認められる場合、電気主任技術者のメリット（人材不足の緩和、請負事業所数の増加による高収入化等）が大きくなり、より技術導入の動きが活性化されると考えられる。

外部委託件数の増加について検討する際には、月次点検頻度だけでなく、年次点検や電気事故対応の負荷増加についても検討する必要がある。電気事故対応の負荷増加については、例えば「3.1.2(2)電気事故対応における支援技術の検討」にて抽出した技術などによって負荷の増加を抑制できる可能性がある。

#### (3) 点検費用の削減効果

表 3-3 に示すように、本技術によって現場での点検時間を 5～6 割削減できる可能性がある。技術によって削減した点検時間分の人件費が、点検費用の削減効果として挙げられる。削減された費用を電気主任技術者が活用していくことで、より高度なスマート保安技術が導入されていく可能性がある。

#### (4) 技術導入における各ステークホルダーのメリット・デメリット

各ステークホルダーのメリット・デメリットを表 3-6 に示す。月次点検頻度の低減が認められた場合を仮定したメリット・デメリットについては、現場作業の省力化・高度化に資する「ドローンと赤外線カメラによる熱画像の取得・診断技術」の導入だけでなく、月次点検の代替に資する遠隔監視技術の導入を想定して整理した。「月次点検頻度の低減」と、「外部委託件数の増加」が共に認められた場合には、それぞれ個別に認められた場合のデメリットの一部（外部委託契約額の低下、電気主任技術者の保安全管理業務の負担増加）は相殺されると考えられる。



表 3-6 太陽電池発電設備での技術導入におけるメリット・デメリット一覧表

	メリット	デメリット
<b>電気主任技術者(電気保安法人・電気管理技術者)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 保安管理の水準の向上</li> <li>【電気保安法人におけるメリット】</li> <li>・ 電気主任技術者間の保安管理レベル差の緩和</li> <li>・ 点検時間の大幅な削減</li> <li>・ 保安管理業務の魅力の向上、入職希望者数の増加</li> <li>・ 外部委託契約額の増加（保安水準の向上に基づいた場合）</li> </ul> <p><u>月次点検頻度の低減が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 業務時間の削減（現状でも点検頻度が低いため効果は限定的）</li> <li>・ 人材不足の緩和</li> <li>・ 別業務の実施時間の創出</li> <li>・ 新たな事業展開等の検討時間の創出</li> </ul> <p><u>外部委託件数の増加が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 人材不足の緩和</li> <li>・ 請負事業所数の増加による高収入化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術導入、維持費用の負担</li> <li>・ 技術導入に係る体制構築</li> <li>【電気保安法人におけるデメリット】</li> <li>・ 電気主任技術者間の保安管理レベル差の拡大の懸念</li> <li>・ 装置等への依存による電気主任技術者の技術力の低下</li> <li>・ 技術導入にかかる新しい知識・専門性の習得</li> <li>・ 日程調整の負担増（ドローンによる点検は天候に左右されるため）</li> <li>【電気保安法人におけるデメリット】</li> <li>・ メーカー・メンテナンス事業者との競争関係、又は下請け関係による電気主任技術者の地位の低下（メーカー・メンテナンス事業者が技術と保安管理業務を同時に提供する状況を想定）</li> </ul> <p><u>月次点検頻度の低減が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 問診（設備の変更や運転状況等の情報交換等）の機会減少</li> <li>・ 外部委託契約額の低下（点検回数を基準とした場合）</li> </ul> <p><u>外部委託件数の増加が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 保安管理業務の負担増加</li> <li>・ 精神的負担の増加</li> <li>・ 事故・災害対応の遅延</li> </ul>
<b>自家用電気工作物設置者</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 稼働率の向上による売電収入の増加</li> <li>・ 電気事故・停電等の減少</li> <li>・ 電気事故対応の迅速化</li> <li>・ 安心感の増加</li> <li>・ 設備の更新時期の事前予測、機器更新計画の容易化</li> </ul> <p><u>月次点検頻度の低減が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 点検への立会い頻度の低減（設置者が立会を行う場合）</li> <li>・ 外部委託契約額低下の可能性（点検回数を基準とした場合）</li> </ul> <p><u>外部委託件数の増加が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気主任技術者の確保の容易化</li> <li>・ 外部委託契約額低下の可能性（電気主任技術者の高収入化分の還元）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術導入、維持費用の負担</li> <li>・ 外部委託契約額の増加（保安水準の向上に基づいた場合）</li> <li>・ 技術導入の有無による設置者間の保安水準の格差の拡大</li> <li>・ 日程調整の負担増（ドローンによる点検は天候に左右されるため）</li> </ul> <p><u>月次点検頻度の低減が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 問診（設備の変更や運転状況等の情報交換等）の機会減少</li> </ul> <p><u>外部委託件数の増加が認められた場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事故・災害対応の遅延</li> <li>・ 電気主任技術者間、また技術と共に保安管理業務を提供しようとするメーカー・メンテナンス事業者との過当な競争による保安レベルの低下</li> </ul>
<b>自家用電気工作物メーカー・メンテナンス事業者</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新規のビジネス展開（技術導入支援等）による売上げ増加</li> <li>・ 保安管理に関するデータの取得と活用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術提供元としての保安管理上の責任の発生</li> </ul>
<b>スマート保安技術ベンダー企業</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新規のビジネス展開（技術導入支援等）による売上げ増加</li> </ul>	
<b>教育機関</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 保安管理業務の魅力の向上、教育機関への入校希望者の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新たに必要となる教育内容の検討、追加</li> </ul>
<b>再エネ系協会</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気事故の減少</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 会員間の保安管理レベル差の拡大</li> </ul>

## 4. まとめ

本事業では、業務ビル（高圧）の設置件数や再生可能エネルギー発電設備数の増加や、将来的に見込まれる電気主任技術者の人材不足を背景として、外部委託承認制度が適用可能な自家用電気工作物の、電気主任技術者による保安管理業務の合理化・高度化に資するスマート保安技術の導入効果等について調査・検討を行った。

本調査・検討は、文献調査、メンテナンス事業者との意見交換、電気保安法人、電気管理技術者へのアンケート・ヒアリング調査等を基に行った。調査・検討の対象としては、外部委託承認制度が適用可能な自家用電気工作物として「需要設備」、「太陽電池発電設備」、「風力発電設備」の3つを取り上げた。

スマート保安技術の既存調査結果の再整理と月次・年次点検の現状把握により、需要設備においては、スマート保安技術の活用による点検頻度の低減が電気主任技術者の保安管理業務の合理化・高度化において特に有効であることが確認された。太陽電池発電設備においては、現場での点検作業の支援技術の利用が電気主任技術者の保安管理業務の合理化・高度化において特に有効であることが確認された。一方で、風力発電設備においては、風力発電設備特有の保安管理項目を、電気主任技術者自らが直接確認することが少ないことが確認された。

需要設備の点検頻度低減に資する技術と太陽電池発電設備の現場作業を支援する技術を、保安管理業務の合理化・高度化に資する技術として抽出し、導入の費用や直接的な効果について検討を行った。その結果、需要設備においては、スマート保安技術を導入することで現在の月次点検頻度を低減可能と考えられる一方で、普及を図るためには、今後、スマート保安技術の導入費用を、より一層低減する必要があるとの結論に至った。また、太陽電池発電設備においては、スマート保安技術の活用により現場での業務時間を半分程度に削減できる可能性があることが確認された。これらの結果から、外部委託承認制度において、許容される受託件数の増加について検討可能であることを確認した。

電気主任技術者を中心としたステークホルダーを図としてまとめた上で、想定されるスマート保安技術の導入シナリオや、各ステークホルダー間のメリット・デメリットを、費用負担や契約関係等にも留意して整理した。その結果、スマート保安技術導入における電気主任技術者側のメリットとして、例えばスマート保安技術の活用を前提とした月次点検頻度の低減や、外部委託承認制度において許容される受託件数の増加が認められる場合に、電気保安法人等を起点とした技術導入、技術開発の動きが活性化する可能性があることが確認された。

今後の更なる調査・検討によって、自家用電気工作物の保安管理におけるスマート化が加速されていくことが期待される。

令和元年度  
新エネルギー等の保安規制高度化事業委託調査  
(自家用電気工作物の点検におけるスマート保安の技術動向  
調査)  
報告書

発行 令和2年3月  
発行者 株式会社 三菱総合研究所  
〒100-8141  
東京都千代田区永田町二丁目10番3号  
電話 : 03-6858-2581