令和２年度補正産業保安高度化推進事業
（電気保安のスマート化・高度化に向けた基礎調査）
報告書

令和３年３月

株式会社三菱総合研究所
セーフティ＆インダストリー本部

目 次

1. 背景・目的 1

2. 電気保安の高度化に関するアンケート調査 2

2.1 アンケートの設計 2

2.2 アンケートの実施 8

2.3 アンケート調査の結果 8

3. スマート保安活用状況に関するアンケート調査 21

3.1 アンケートの設計 21

3.2 アンケートの結果 22

4. 電気保安の高度化に関するヒアリング調査 23

4.1 ヒアリング項目の設定 23

4.2 ヒアリング調査の実施 24

5. アクションプラン等の作成 25

5.1 アクションプランの作成 25

5.2 スマート保安活用事例集の作成 40

6. まとめ 41

添付資料

【添付資料１】電気保安分野におけるアクションプラン概要（案）

【添付資料２】電気保安分野スマート保安アクションプラン（案）

図 目 次

図 2-1　期待されるスマート保安技術 10
図 2-2　安全性や保安レベルの維持・向上を評価・証明するスキーム.....14
図 2-3　技術導入にあたっての課題・ボトルネック 15
図 2-4　サイバーセキュリティ分野における課題・必要な取り組み.....16
図 2-5　保安人材に必要となる技能 17
図 2-6　有資格者の能力・経験、既存の試験・研修制度等の課題.....18
図 2-7　人材の確保 19
図 2-8　研究開発・注目技術 20
図 5-1　電気保安のスマート化の将来像 25
図 5-2　メンテナンス及びオペレーションの作業プロセスの変化.....26
図 5-3　技術実装の道筋とターゲットイヤー 27
図 5-4　火力発電分野における技術①巡視点検・監視/制御のデジタル化・遠隔化.....29
図 5-5　新技術の実用化・導入に必要な官の取組 設置者責任の理解促進（設置者へのスマート保安の理解促進）.....30
図 5-6　新技術の実用化・導入に必要な官の取り組み　技術実証・導入.....32
図 5-7　新技術の実用化・導入に必要な民の取り組み　技術実証・導入.....35
図 5-8　電気保安のスマート化において職層ごとに求められる能力と課題.....35
図 5-9　データ・技術の妥当性確認の論点 39

表 目 次

表 2-1　電気保安の高度化に関するアンケート票（1/4） 6
表 2-2　電気保安の高度化に関するアンケート票（2/4） 6
表 2-3　電気保安の高度化に関するアンケート票（3/4） 7
表 2-4　電気保安の高度化に関するアンケート票（4/4） 7
表 2-5　アンケート回収数と内訳（1/2） 8
表 2-6　アンケート回収数と内訳（2/2） 9
表 2-7　設備区分ごとの回答数 9
表 2-8　合理化される作業種別と期待されるスマート保安技術（火力） 10
表 2-9　合理化される作業種別と期待されるスマート保安技術（風力） 11
表 2-10　合理化される作業種別と期待されるスマート保安技術（太陽電池） 11
表 2-11　合理化される作業種別と期待されるスマート保安技術（送配変電） 11
表 2-12　スマート技術開発動向のステータス 12
表 2-13　スマート技術の実用化の時期 12
表 2-14　ボトルネックとなる関係法令・技術基準・告示等（質問①） 13
表 2-15　ボトルネックとなる関係法令・技術基準・告示等（質問②） 13
表 3-1　スマート保安技術を導入している発電所等の数とスマート技術導入率.....22
表 3-2　スマート技術導入率（導入発電所等の数／発電所等の総数×100（%）） 22
表 5-1　電気設備ごとの主に導入・開発が期待される技術.....28
表 5-2　スマート保安のボトルネックとなる法令 31
表 5-3　電気保安分野で参考となるスマート保安導入促進に資するガイドライン・事例集 33
表 5-4　電気保安分野で参考となるサイバーセキュリティガイドライン.....36
表 5-6　電気保安分野で参考となるサイバーセキュリティ人材の育成プログラム例..38
表 5-7　スマート保安具体技術事例の一覧 40

1. 背景・目的

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

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

このため、電気保安の将来像や、導入が期待されるスマート保安技術を調査・整理した上で、スマート保安を推進するための官民双方の必要な取組の調査・整理を行う。

2. 電気保安の高度化に関するアンケート調査

スマート保安の実現に向けたアクションプランアクションプラン（案）を作成するため、主に電気事業者等に対するアンケート調査を行うことにより、スマート保安の実態及び課題の把握とアクションプランアクションプラン（案）検討のための基礎資料とした。

2.1 アンケートの設計

アンケートにおいては、下記の項目の実態と課題の把握を目的とし、電力安全課及び各業界団体との検討を踏まえて設問の設計を行った。設問内容を以下に示すと共に、具体的なアンケート調査票を後出の表 2-1～表 2-4 に示す。

＜フェース＞回答社情報

■設問０－１：電気設備区分

（回答選択肢）①火力発電設備、②風力発電設備、③太陽電池発電設備、④送電設備、⑤配電設備、変電設備、⑥その他の設備

■設問０－２：業界区分

（回答選択肢）①発電事業者、②送配電事業者、③メンテナンス事業者、④エンジニアリング事業者、⑤システムベンダー事業者、⑥分析等支援事業者、⑦その他

＜質問①＞設備の保安活動を行う中で合理化を期待できるスマート保安技術と関連規制に関する内容（複数行回答可能）

■設問１－０：保安活動の対象設備区分

（火力発電設備の場合の回答選択肢）⓪（共通）、①発電機、②蒸気タービン、③ガスタービン、④ボイラー、⑤燃料設備、⑥液化ガス用燃料設備、⑦液化ガス設備、⑧ばい煙処理設備、⑨その他

（風力発電設備の場合の回答選択肢）⓪（共通）、①ブレード（表面・翼根部）、②ブレード（接地システム）③ロータ（ピッチ制御装置）、④ロータ（ハブ）、⑤ナセル（発電機）、⑥ナセル（ブレーキ）、⑦ナセル（動力伝達装置）、⑧風向風速計、⑨タワー・基礎、⑩非常用電源装置、⑪その他

（太陽電池発電設備の場合の回答選択肢）⓪（共通）、①ソーラーパネル、②ケーブル(ＤＣ系）、③接続箱、④パワコン、⑤出力制御ユニット、⑥ケーブル(AC 系) 、⑦分電盤、⑧蓄電池、⑨WHメーター、⑩受変電設、⑪日射計、⑫気温計、⑬監視装置、⑭監視カメラ、⑮構造（地盤・基礎・架台）、⑯その他

（送電設備の場合の回答選択肢）⓪（共通）、①架空、②地中、③その他

（配電設備の場合の回答選択肢）⓪（共通）、①架空、②地中、③その他

（変電設備の場合の回答選択肢）⓪（共通）、①変圧器、②開閉設備、③その他

■設問１－１：合理化される作業種別

（回答選択肢）①使用前自主検査／使用前自己確認、②溶接事業者検査、③定期事業者検査、④巡視点検、⑤運転又は操作、⑥長期停止時の保全、⑦その他

■設問１－２：スマート保安技術

（回答選択肢）①ロボット／ドローン、②AI／ビッグデータ活用、③デジタルツイン・シミュレーター、④高度な保安管理（CBM/RBM）、⑤予兆検知・余寿命予測、⑥非破壊検査、⑦センサーの増設・高度化、⑧ウエァラブル機器・携帯端末、⑨仮想現実（VR／AR 等）、⑩遠隔化／オンライン化、⑪無線通信技術（5G/6G 等）、⑫サイバーセキュリティ、⑬クラウド、⑭紙面情報・手続きの電子化、⑮その他

また、「技術導入により合理化される作業、不要となる作業、低減されるリスク」について補足説明のため自由記述欄を追記した。

■設問１－３：技術開発動向／現状のステータス

（回答選択肢）①構想段階、②技術開発中、③技術開発済・未実用化、④実用化済・導入検討中、⑤実用化済・導入済

■設問１－４：技術開発動向／技術実用化の時期

（回答選択肢）①2020 年以前、②2020 年前後、③2025 年前後、④2030 年前後、⑤2030 年以降、⑥全くわからない

■設問１－５：法令類見直しの要否

（回答選択肢）①要（〇）、②否（×）

■設問１－６：スマート保安技術導入のためにボトルネックとなる関係法令・技術基準・告示等

自由記述とした。

＜質問②＞保安活動に係る体制を構築する中で合理化を期待できるスマート保安技術と関連規制に関する内容（複数行回答可能）

■設問２－１：合理化される作業種別

（回答選択肢）①工事計画、②保安教育、③保安の改善、④保安に関する文書・記録の管理、⑤保安に係る調達管理、⑥災害、非常時の措置、⑦保安業務に係る組織・体制、⑧その他

■設問２－２：スマート保安技術

（回答選択肢）①ロボット／ドローン、②AI／ビッグデータ活用、③デジタルツイン・シミュレーター、④高度な保安管理（CBM/RBM）、⑤予兆検知・余寿命予測、⑥非破壊検査、⑦センサーの増設・高度化、⑧ウエァラブル機器・携帯端末、⑨仮想現実（VR／AR 等）、⑩遠隔化／オンライン化、⑪無線通信技術（5G/6G 等）、⑫サイバーセキュリティ、⑬クラウド、⑭紙面情報・手続きの電子化、⑮その他

また、「技術導入により合理化される作業、不要となる作業、低減されるリスク」について補足説明のため自由記述欄を追記した。

■設問２－３：技術開発動向／現状のステータス

（回答選択肢）①構想段階、②技術開発中、③技術開発済・未実用化、④実用化済・導入検討中、⑤実用化済・導入済

■設問２－４：技術開発動向／技術実用化の時期

（回答選択肢）①2020 年以前、②2020 年前後、③2025 年前後、④2030 年前後、⑤2030 年以降、⑥全くわからない

■設問２－５：法令類見直しの要否

（回答選択肢）①要（○）、②否（×）

■設問２－６：スマート保安技術導入のためにボトルネックとなる関係法令・技術基準・告示等

自由記述とした。

＜質問③＞スマート保安技術の導入に関する取り組み・課題

■設問３－１：スマート保安技術を導入するにあたって、電気工作物の安全性や保安レベルの維持・向上を評価・証明するスキーム（自己評価又は第三者による評価等）としては、どのような仕組み等が必要でしょうか。（安全性評価スキームは不要、自社評価のみ、公的機関により設置された評価スキーム　等）

■設問３－２：スマート保安技術を導入するにあたって課題・ボトルネック（質問①②の法制面以外）はどのようなものとお考えでしょうか。（実証面での不確実性、費用対効果が不明瞭、導入コスト、研究開発要素、個社単独での開発困難　等）

■設問３－３：スマート保安技術の活用、保安のスマート化に伴い、今後の電力安全のサイバーセキュリティ分野における課題及び必要な取り組みとしてはどのようなものがあるとお考えでしょうか。

■設問３－４：スマート保安技術の導入にあたり、今の保安人材の能力ではまかなえない技能、また今後必要となる技能にはどういったものがあるとお考えでしょうか。（ドローンの操縦技能、AI の性質や性能を判断する技能　等）

■設問３－５：スマート保安技術の導入にあたり、電気保安に係る有資格者（電気主任技術者等）が今後身に着けるべき能力や実務経験、既存の試験・研修制度等の課題及び望ましい姿には、どのような事項があるとお考えでしょうか。

■設問３－６：スマート保安技術の導入にあたって、新しい技術やデジタル技術に精通した人材を確保するために、今後どのような対応が必要とお考えでしょうか。（デジタル人材の自社での育成、デジタル人材や新しい技術を有する事業者とのタイアップ、特定の技能を有する人材（ドローン操作講習者等）の派遣　等）

■設問３－７：産学（官）連携で取り組んでいる研究開発、あるいは電気保安の維持・高度化または生産性向上につながる要素技術で注目しているものがございましたら、差し支えのない範囲でお教えいただけませんでしょうか。

＜質問④＞その他自由記述

■設問４－１　　：自由記述とした。

表 2-1　電気保安の高度化に関するアンケート票（1/4）

番号	保安活動の対象設備区分 （①C列→②D列の順で選択入力、③E列は自由記述）			合理化される作業種別		スマート保安技術				技術開発動向		スマート保安技術導入における課題・ボトルネック		備考
						技術の類型（活用類型、内容類型） （ご記入時のご参考のため選択肢表示済）		技術の詳細	導入により合理化される作業、不要となる作業、低減されるリスク	現状のステータス	技術実用化の時期	法令類見直しの要否	スマート保安技術導入のためにボトルネックとなる関係法令・技術基準・告示等	
（整理用）	（選択式） 送電設備	（選択式） 架空	（その他自由記述） 鉄塔部分	（選択式） 巡視・点検	（その他自由記述）	（選択式/新技術） ①ロボット／ドローン	（その他自由記述）	（自由記述） カメラや音響センサーを搭載し、クローラーで移動するロボット、データは中央制御室や点検員のタブレットで確認可能	（自由記述）定期検査における目視点検、日々の巡視に活用可能。鉄塔の昇降作業が不要、落下・感電リスクの低減。停電の頻度の低減。	（選択式） 導入検討中	（選択式） 2025年前後	（選択式） ○	（自由記述） 電気事業法施行規則第９４条の解釈において、定期事業者検査の実施方法として目視が求められている設備がある。 エリアによっては防爆規制が存在する	（自由記述）
1	火力発電設備	（共通）												
2	火力発電設備	蒸気タービン												
3	火力発電設備	ガスタービン												
4	火力発電設備	ボイラー												
5	火力発電設備	燃料設備												
6	火力発電設備	液化ガス用燃料設備												
7	火力発電設備	液化ガス設備												
8	火力発電設備	ばい煙処理設備												
9	火力発電設備	発電機												
10	火力発電設備	その他												
11	火力発電設備	その他												

表 2-2　電気保安の高度化に関するアンケート票（2/4）

番号	合理化される内容・作業		スマート保安技術				技術開発動向		スマート保安技術導入における課題・ボトルネック		備考
			技術の類型（活用類型、内容類型） （ご記入時のご参考のため選択肢表示済）		技術の詳細	導入により合理化される作業、不要となる作業、低減されるリスク	現状のステータス	技術実用化の時期	法令類見直しの要否	スマート保安技術導入のために関係法令・技術基準・告示等	
（整理用）	（選択式） 巡視・点検	（その他自由記述）	（選択式/新技術） ①ロボット／ドローン	（その他自由記述）	（自由記述） カメラや音響センサーを搭載し、クローラーで移動するロボット、データは中央制御室や点検員のタブレットで確認可能	（自由記述）定期検査における目視点検、日々の巡視に活用可能。鉄塔の昇降作業が不要、落下・感電リスクの低減。停電の頻度の低減。	（選択式） 導入検討中	（選択式） 2025年前後	（選択式） ○	（自由記述） 電気事業法施行規則第９４条の解釈において、定期事業者検査の実施方法として目視が求められている設備がある。 エリアによっては防爆規制が存在する	（自由記述）
1	①工事計画										
2	②保安教育										
3	③保安の改善										
4	④保安に関する文書・記録の管理										
5	⑤保安に係る調達管理										
6	⑥災害、非常時の措置										
7	⑦保安業務に係る組織・体制										
8	⑧その他										
9											
10											
11											

表 2-3　電気保安の高度化に関するアンケート票（3/4）

分類		ご質問	ご回答
3-1	スマート保安技術導入における課題・ボトルネック	スマート保安技術を導入するにあたって、**電気工作物の安全性や保安レベルの維持・向上を評価・証明するスキーム（自己評価又は第三者による評価等）としては、どのような仕組み等が必要でしょうか。** （安全性評価スキームは不要、自社評価のみ、公的機関により設置された評価スキーム　等）	
3-2		スマート保安技術を**導入するにあたって課題・ボトルネック**（質問①②の法制面以外）はどのようなものとお考えでしょうか。 （実証面での不確実性、費用対効果が不明瞭、導入コスト、研究開発要素、個社単独での開発困難　等）	
3-3		スマート保安技術の活用、保安のスマート化に伴い、**今後の電力安全のサイバーセキュリティ分野における課題及び必要な取り組み**としてはどのようなものがあるとお考えでしょうか。	
3-4	デジタル人材の確保、保安人材に求められる能力	スマート保安技術の導入にあたり、**今の保安人材の能力ではまかなえない技能、また今後必要となる技能**にはどういったものがあるとお考えでしょうか。 （ドローンの操縦技能、AIの性質や性能を判断する技能　等）	
3-5		スマート保安技術の導入にあたり、**電気保安に係る有資格者（電気主任技術者等）が今後身に着けるべき能力や実務経験、既存の試験・研修制度等の課題及び望ましい姿**には、どのような事項があるとお考えでしょうか。	
3-6		スマート保安技術の導入にあたって、**新しい技術やデジタル技術に精通した人材を確保するために、今後どのような対応が必要**とお考えでしょうか。 （デジタル人材の自社での育成、デジタル人材や新しい技術を有する事業者とのタイアップ、特定の技能を有する人材（ドローン操作講習者等）の派遣等）	
3-7	産官学の連携の姿	**産学（官）連携で取り組んでいる研究開発**、あるいは**電気保安の維持・高度化または生産性向上につながる要素技術で注目しているもの**がございましたら、差支えのない範囲でお教えいただけませんでしょうか。	

表 2-4　電気保安の高度化に関するアンケート票（4/4）

ご記入欄

2.2 アンケートの実施

アンケート調査の対象分野は、火力分野、風力分野、太陽電池分野、送配変電分野とし、それぞれ下記の業界団体に対して会員企業へのアンケート調査への協力を依頼した。

- 火力分野：一般社団法人 火力原子力発電技術協会（TENPES）
- 風力分野：一般社団法人　日本風力発電協会（JWPA）
- 太陽電池分野：一般社団法人 太陽光発電協会（JPEA）
- 送配変電分野：一般社団法人日本電気協会（JEA）

アンケート調査はエクセルファイルの質問票を送送付し、回答内容を記入したエクセルファイルを返信頂くことで回収した。アンケートの回収は各業界団体等を経由することで基本的に匿名にて実施した。必要に応じて追加ヒアリングを依頼（後出章にて記載）する場合には各業界団体等に確認を行ったうえでヒアリングの依頼を行った。

アンケートの実施期間は 2020 年 8 月 6 日（木）日～8 月 21 日（金）を基本とし、各業界団体の事情などに応じて適宜回収期間の延長を行った。

2.3 アンケート調査の結果

アンケートの回収結果を以下に整理する。ただし自由記述内容については類型化可能であった範囲で記載する。

2.3.1 アンケート回収数

アンケートの回収数は合計 118 件であった。内訳は火力発電 12 件、風力発電 34 件、太陽電池発電 39 件、送配電 33 件（送電 11 件、配電 11 件、変電 11 件）であった。回答事業者種別は、発電事業者 43 件、送配電事業者 32 件、メンテナンス事業者 14 件、エンジニアリング事業者 5 件、その他 20 件（（風力）ロープ点検事業者、（太陽電池）遠隔監視制御支援事業者、メーカー、研究機関、販売事業者等）であった（設問０－１、０－２）。

表 2-5　アンケート回収数と内訳（1/2）

	火力	風力	太陽光	送配電	合計
配布数	12	171	140	33	356
回収数	12	34	39	33	**118**
回収率	100%	20%	28%	100%	33%

表 2-6　アンケート回収数と内訳（2/2）

	火力	風力	太陽光	送配電	合計
発電事業者	12	23	8	0	43
送配電事業者	0	0	0	32	32
メンテナンス事業者	0	5	9	0	14
エンジニアリング事業者	0	2	2	0	4
システムベンダー事業者	0	0	5	0	5
分析等支援事業者	0	0	0	0	0
その他	0	4	15	1	20
合計	12	34	39	33	**118**

2.3.2 設備区分

設備区分ごとの回答レコード数の分布を以下に示す（設問１－０）。

表 2-7　設備区分ごとの回答数

火力発電設備		
（共通）	41	64%
発電機	0	0%
蒸気タービン	1	2%
ガスタービン	2	3%
ボイラー	6	9%
燃料設備	1	2%
液化ガス用燃料設備	3	5%
液化ガス設備	4	6%
ばい煙処理設備	0	0%
その他	6	9%

風力発電設備ー陸上洋上共通		
（共通）	21	13%
ブレード（表面・翼根部）	31	18%
ブレード（接地システム）	17	10%
ロータ（ピッチ制御装置）	11	7%
ロータ（ハブ）	9	5%
ナセル（発電機）	20	12%
ナセル（ブレーキ）	5	3%
ナセル（動力伝達装置）	15	9%
風向風速計	9	5%
タワー・基礎	15	9%
非常用電源装置	6	4%
その他	3	2%

風力発電設備ー洋上固有		
タワー・基礎	2	33%
その他	4	67%

太陽光発電設備		
（共通）	18	11%
ソーラーパネル	21	12%
ケーブル(ＤＣ系)	10	6%
接続箱	13	8%
パワコン	21	12%
出力制御ユニット	10	6%
ケーブル(ＡＣ系)	4	2%
分電盤	5	3%
蓄電池	7	4%
ＷＨメーター	5	3%
受変電設備	11	7%
日射計	3	2%
気温計	3	2%
監視装置	20	12%
監視カメラ	8	5%
構造（地盤・基礎・架台）	8	5%
その他	2	1%

送配電設備		
送電設備（共通）	6	3%
送電設備（架空）	62	32%
送電設備（地中）	18	9%
送電設備（その他）	0	0%
配電設備（共通）	5	3%
配電設備（架空）	13	7%
配電設備（地中）	2	1%
配電設備（その他）	0	0%
変電設備（共通）	41	21%
変電設備（変圧器）	13	7%
変電設備（開閉設備）	11	6%
変電設備（その他）	21	11%

2.3.3 期待されるスマート保安技術

保安活動の合理化が期待されるスマート保安技術に関する全体的な回答数は以下の順となった（設問１－１、２－１）。①ロボット／ドローン、②AI／ビッグデータ活用、⑩遠隔化／オンライン化などの回答件数が多かった。

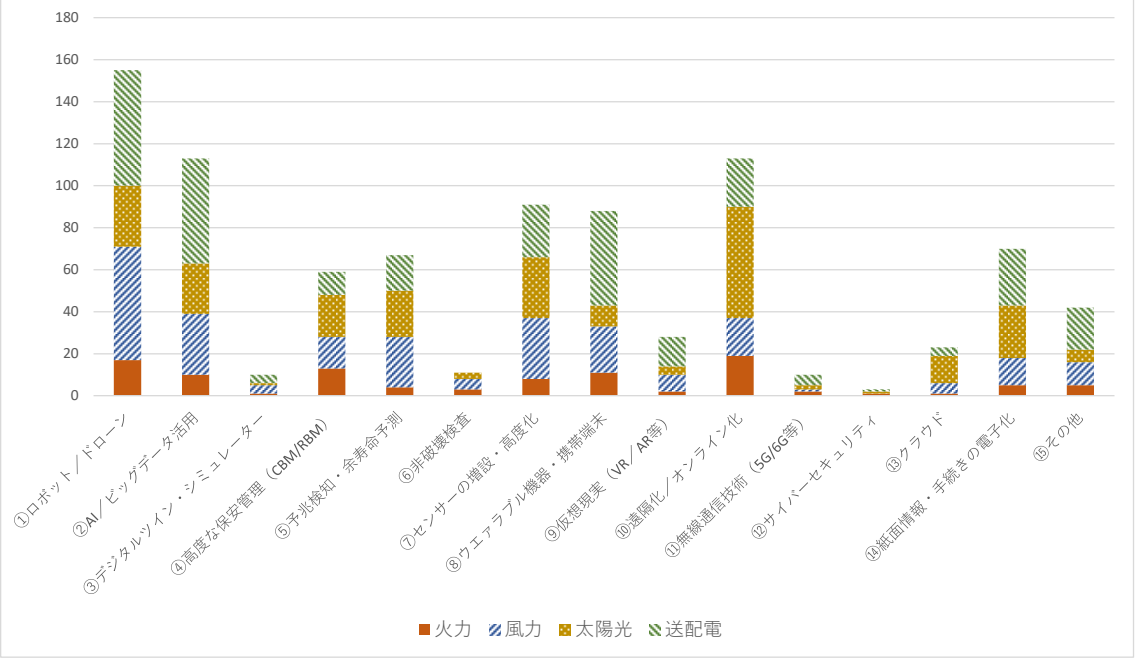


図 2-1　期待されるスマート保安技術

2.3.4 合理化される作業種別と期待されるスマート保安技術

「合理化される作業種別」と「期待されるスマート保安技術」の回答レコード数の分布を以下に示す（質問１－１、１－２、２－１、２－２）。

表 2-8　合理化される作業種別と期待されるスマート保安技術（火力）

		技術類型																
		①ロボット／ドローン	②AI／ビッグデータ活用	③デジタルツイン・シミュレーター	④高度な保安管理（CBM/RBM）	⑤予兆検知・余寿命予測	⑥非破壊検査	⑦センサーの増設・高度化	⑧ウエアラブル機器・携帯端末	⑨仮想現実（VR／AR等）	⑩遠隔化／オンライン化	⑪無線通信技術（5G/6G等）	⑫サイバーセキュリティ	⑬クラウド	⑭紙面情報・手続きの電子化	⑮その他	左記以外	合計
スマート化の対象となる作業（設備を対象）	①使用前自主検査／使用前自己確認	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	②溶接事業者検査	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
	③定期事業者検査	4	1	0	12	0	1	2	1	0	1	0	0	0	1	3	0	26
	④巡視点検	8	0	0	0	0	0	4	3	0	2	0	0	0	0	1	0	18
	⑤運転又は操作	0	5	1	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	12
	⑥長期停止時の保全	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	⑦その他	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	7
	上記以外	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
スマート化の対象となる作業（設備以外を対象）	①工事計画	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	②保安教育	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	③保安の改善	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
	④保安に関する文書・記録の管理	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3
	⑤保安に係る調達管理	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	⑥災害、非常時の措置	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
	⑦保安業務に係る組織・体制	3	1	0	0	0	0	2	5	0	9	1	0	0	2	1	0	24
	⑧その他	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5
	上記以外	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計		17	10	1	13	4	3	8	11	2	19	2	1	1	5	5	5	107

表 2-9　合理化される作業種別と期待されるスマート保安技術（風力）

		技術類型																
		①ロボット／ドローン	②AI／ビッグデータ活用	③デジタルツイン・シミュレーター	④高度な保安管理（CBM/RBM）	⑤予兆検知・余寿命予測	⑥非破壊検査	⑦センサーの増設・高度化	⑧ウエアラブル機器・携帯端末	⑨仮想現実（VR／AR等）	⑩遠隔化／オンライン化	⑪無線通信技術（5G/6G等）	⑫サイバーセキュリティ	⑬クラウド	⑭紙面情報・手続きの電子化	⑮その他	左記以外	合計
スマート化の対象となる作業（設備を対象）	①使用前自主検査／使用前自己確認	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	②溶接事業者検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	③定期事業者検査	13	4	0	6	9	1	16	9	0	4	0	0	0	1	2	0	65
	④巡視点検	33	11	0	2	2	4	7	5	0	1	0	0	0	0	1	0	66
	⑤運転又は操作	0	3	0	0	5	0	3	0	0	4	0	0	0	1	0	0	16
	⑥長期停止時の保全	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	⑦その他	3	3	2	2	6	0	1	0	0	1	0	0	0	1	6	0	25
	上記以外	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
スマート化の対象となる作業（設備以外を対象）	①工事計画	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	6
	②保安教育	0	0	2	0	0	0	0	2	8	3	0	0	1	0	0	0	16
	③保安の改善	1	3	0	2	1	0	0	2	0	2	0	0	1	0	0	0	12
	④保安に関する文書・記録の管理	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2	4	0	0	10
	⑤保安に係る調達管理	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	4
	⑥災害、非常時の措置	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	8
	⑦保安業務に係る組織・体制	0	1	0	1	0	0	1	1	0	2	0	0	0	1	0	0	7
	⑧その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	上記以外	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計		54	29	4	15	24	5	29	22	8	18	1	0	5	13	11	1	239

表 2-10　合理化される作業種別と期待されるスマート保安技術（太陽電池）

		技術類型																
		①ロボット／ドローン	②AI／ビッグデータ活用	③デジタルツイン・シミュレーター	④高度な保安管理（CBM/RBM）	⑤予兆検知・余寿命予測	⑥非破壊検査	⑦センサーの増設・高度化	⑧ウエアラブル機器・携帯端末	⑨仮想現実（VR／AR等）	⑩遠隔化／オンライン化	⑪無線通信技術（5G/6G等）	⑫サイバーセキュリティ	⑬クラウド	⑭紙面情報・手続きの電子化	⑮その他	左記以外	合計
スマート化の対象となる作業（設備を対象）	①使用前自主検査／使用前自己確認	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10	1	0	17
	②溶接事業者検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	③定期事業者検査	2	7	0	1	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	18
	④巡視点検	16	5	1	7	8	1	16	1	0	24	2	1	1	1	1	2	87
	⑤運転又は操作	0	2	0	3	4	0	2	3	0	9	0	0	0	0	0	0	23
	⑥長期停止時の保全	0	1	0	1	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	8
	⑦その他	1	1	0	0	2	0	3	0	0	1	0	0	0	1	1	0	10
	上記以外	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
スマート化の対象となる作業（設備以外を対象）	①工事計画	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	7
	②保安教育	1	2	0	0	1	0	0	0	3	3	0	0	1	1	0	1	13
	③保安の改善	1	3	0	0	0	1	0	1	1	5	0	0	1	1	1	0	15
	④保安に関する文書・記録の管理	0	2	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	6	3	0	0	15
	⑤保安に係る調達管理	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	1	0	0	5
	⑥災害、非常時の措置	3	1	0	1	2	0	4	0	0	3	0	0	0	1	1	0	16
	⑦保安業務に係る組織・体制	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3	0	0	10
	⑧その他	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
	上記以外	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計		29	24	1	20	22	3	29	10	4	53	2	1	13	25	6	7	249

表 2-11　合理化される作業種別と期待されるスマート保安技術（送配変電）

		技術類型																
		①ロボット／ドローン	②AI／ビッグデータ活用	③デジタルツイン・シミュレーター	④高度な保安管理（CBM/RBM）	⑤予兆検知・余寿命予測	⑥非破壊検査	⑦センサーの増設・高度化	⑧ウエアラブル機器・携帯端末	⑨仮想現実（VR／AR等）	⑩遠隔化／オンライン化	⑪無線通信技術（5G/6G等）	⑫サイバーセキュリティ	⑬クラウド	⑭紙面情報・手続きの電子化	⑮その他	左記以外	合計
スマート化の対象となる作業（設備を対象）	①使用前自主検査／使用前自己確認	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2
	②溶接事業者検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	③定期事業者検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	④巡視点検	36	30	0	3	11	0	17	15	2	9	2	0	0	5	6	0	136
	⑤運転又は操作	0	0	0	0	3	0	3	9	1	2	0	0	0	0	1	0	19
	⑥長期停止時の保全	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	⑦その他	7	2	2	1	0	0	1	3	3	4	2	0	1	5	4	0	35
	上記以外	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
スマート化の対象となる作業（設備以外を対象）	①工事計画	0	6	2	1	1	0	0	0	1	1	0	0	2	1	3	0	18
	②保安教育	0	0	0	0	0	0	0	2	6	4	0	0	0	0	0	0	12
	③保安の改善	2	5	0	3	2	0	1	4	0	2	1	1	0	0	0	0	21
	④保安に関する文書・記録の管理	0	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	7	0	0	13
	⑤保安に係る調達管理	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
	⑥災害、非常時の措置	8	1	0	0	0	0	3	6	0	1	0	0	0	2	3	0	24
	⑦保安業務に係る組織・体制	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	⑧その他	2	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	2	0	8
	上記以外	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	8
合計		55	50	4	11	17	0	25	45	14	23	5	1	4	27	20	0	301

2.3.5 スマート保安技術導入の今後の実用化の見通し等

スマート保安技術の開発動向の「ステータス」「実用化の時期」について以下に示す（１－３、１－４、２－３、２－４）。多くの技術開発の実用化の時期については「2020 年前後～2025 年前後」までの回答が多い。実用化の時期については「全くわからない」の件数が多かったものは、「ドローン」「高度な保安（CBM／RBM）」「センサーの増設・高度化」。特に「高度な保安（CBM／RBM）」は全回答数中の「全くわからない」の割合が特に高い。

表 2-12　スマート技術開発動向のステータス

	①ロボット／ドローン	②AI／ビッグデータ活用	③デジタルツイン・シミュレーター	④高度な保安管理（CBM/RBM）	⑤予兆検知・余寿命予測	⑥非破壊検査	⑦センサーの増設・高度化	⑧ウエアラブル機器・携帯端末	⑨仮想現実（VR／AR等）	⑩遠隔化／オンライン化	⑪無線通信技術（5G/6G等）	⑫サイバーセキュリティ	⑬クラウド	⑭紙面情報・手続きの電子化	⑮その他	左記以外	合計
構想段階	39	25	2	26	15	4	19	11	4	16	2	0	0	18	7	1	189
技術開発中	28	28	2	4	19	0	16	10	1	2	2	0	0	2	6	0	120
技術開発済・未実用化	4	6	0	3	2	2	5	6	0	7	2	1	0	1	1	0	40
実用化済・導入検討中	32	7	0	3	7	1	8	12	0	13	0	0	2	1	5	1	92
実用化済・導入済	18	10	2	1	13	3	24	13	1	30	0	1	2	5	7	0	130
合計	121	76	6	37	56	10	72	52	6	68	6	2	4	27	26	2	571

表 2-13　スマート技術の実用化の時期

	①ロボット／ドローン	②AI／ビッグデータ活用	③デジタルツイン・シミュレーター	④高度な保安管理（CBM/RBM）	⑤予兆検知・余寿命予測	⑥非破壊検査	⑦センサーの増設・高度化	⑧ウエアラブル機器・携帯端末	⑨仮想現実（VR／AR等）	⑩遠隔化／オンライン化	⑪無線通信技術（5G/6G等）	⑫サイバーセキュリティ	⑬クラウド	⑭紙面情報・手続きの電子化	⑮その他	左記以外	合計
2020年以前	13	12	2	0	10	5	14	12	1	30	0	0	3	6	9	0	117
2020年前後	23	19	0	5	13	1	16	10	0	14	4	1	0	2	7	1	116
2025年前後	43	24	1	7	20	1	21	13	4	13	1	0	0	15	5	0	168
2030年前後	2	2	2	3	5	0	1	2	1	3	1	0	0	1	0	0	23
2030年以降	0	3	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6
全くわからない	21	9	1	12	3	3	10	4	0	2	0	0	0	3	3	1	72
合計	102	69	6	27	51	10	63	41	6	64	6	1	3	27	24	2	502

2.3.6 スマート保安技術導入のためにボトルネックとなる関係法令・技術基準・告示等

質問①②において具体的に提示された「スマート保安技術導入のためにボトルネックとなる関係法令・技術基準・告示等」に関連する回答内容を以下に示す（質問１－５、１－６、２－５、２－６）。

表 2-14　ボトルネックとなる関係法令・技術基準・告示等（質問①）

主な設備区分	主な対象作業	主なスマート保安技術	スマート保安技術導入のためにボトルネックとなる関係法令・技術基準・告示等	関連する回答内容
火力	④巡視点検⑤運転又は操作	①ロボット／ドローン⑦センサーの増設・高度化⑧ウエアラブル機器・携帯端末⑩遠隔化／オンライン化	電気設備の技術基準第46条及び同解釈第47条	・電気設備の技術基準第46条及び同解釈第47条の規定の見直し（巡視点検が常時監視に含まれる場合に限る） ・「使用前・定期安全管理審査実施要領（内規）」において、インセンティブ関連項目として添付資料1-4 別表2「日常点検」に巡視点検方法及び頻度が定められている。
火力	②溶接事業者検査（水圧検査）	⑥非破壊検査	電気事業法第52条	水圧検査優先ではない、設定者責任で自由に検査方法の選択ができるよう規制の改正 <ボトルネックとなる関係法令・技術基準・告示等の一例> ・電気事業法施行規則に基づく溶接事業者検査（火力設備） の解釈　2.(2)、別表2 ・電気事業法第52条に基づく火力設備に対する溶接事業者 検査ガイド　第2部　5.3
火力	③定期事業者検査	①ロボット／ドローン②AI／ビッグデータ活用④高度な保安管理（CBM/RBM）⑥非破壊検査⑧ウエアラブル機器・携帯端末⑭紙面情報・手続きの電子化	電気事業法施行規則第９４条	電気事業法施行規則第９４条の３第１項第１号及び第２号に定める定期事業者検査の方法の解釈において、定期事業者検査の実施方法として外観点検が求められている。 定期事業者検査を行う時期が電気事業施行規則第94条の2で定められている。
火力（ガスタービン、液化ガス設備、液化ガス用燃料設備） 風力（ブレード）	③定期事業者検査	④高度な保安管理（CBM/RBM） ①ロボット／ドローン	・使用前・定期安全管理審査実施要領（内規） 添付資料1-6　第2章　別表1　2.高度な運転管理	使用前・定期安全管理審査実施要領（内規）では、ボイラー及び蒸気タービン設備について、高度な運転管理による検査周期延長が認められている。一方で、その他の設備についてはそのような規定がない。
風力 太陽光	③定期事業者検査 ④巡視点検	①ロボット／ドローン ⑦センサーの増設・高度化 ⑩遠隔化／オンライン化	保安規程	保安規程で定める巡視頻度は月1回と定めたものを監督部に受理していただいている。これを、巡視頻度を2か月に1回とする、または、2回に1回は遠隔監視によりセンサー等の値の確認で代用可能、等のような内容に変更したものであっても受理いただけるような見直しが必要。経済産業省告示第249号内での風力発電所の点検頻度が保安規程の受理にあたっての目安となっていると思われる。

表 2-15　ボトルネックとなる関係法令・技術基準・告示等（質問②）

主な設備区分	主な対象作業	主なスマート保安技術	スマート保安技術導入のためにボトルネックとなる関係法令・技術基準・告示等	関連する回答内容
火力	⑦保安業務に係る組織・体制（主任技術者による現場への指示，指導・助言、BT主任技術者の兼任）	⑧ウエアラブル機器・携帯端末（ipad等のカメラ付き端末） ⑩遠隔化／オンライン化（運転データ管理の遠隔化、オンライン会議システム） ⑪無線通信技術（5G/6G等）（現場からのリアルタイム画像（静止画，動画）・音声伝送） ⑭紙面情報・手続きの電子化（電子承認システム） ⑮その他（BT主任技術者の兼任は、特例措置であるが、特例を除外する）	電気事業法施行規則第52条	・電気事業法施行規則第52条により，火力発電所単位でボイラー・タービン主任技術者を選任することとなっている。 （電気主任技術者については統括事業場での選任が認められている） 電気事業法施行規則第52条において、発電所毎に主任技術者を設置する、とある。
火力	④保安に関する文書・記録の管理（運転データのビッグデータ解析、要員数の合理化、主任技術者、発電所の運転に必要な知識及び技能を有する者の指導）	①ロボット／ドローン（巡視の自動化ロボット）④高度な保安管理（CBM/RBM）（運転データのビッグデータ解析）⑧ウエアラブル機器・携帯端末（タブレット端末等）⑩遠隔化／オンライン化	電気設備の技術基準第46条及び同解釈第47条	監視要員の効率化 ・現場機器の状態に対し、その場で即座に図面や仕様の確認が可能。 ・遠隔操作可能とすることで、現場への指示が正確に伝わる。経験が不足する人材に対しての指示が明確になる。 ダブルチェックが不要となる。 現場巡視が削減可能。
火力	⑦保安業務に係る組織・体制（主任技術者による現場への指導助言）	⑧ウエアラブル機器・携帯端末（iphone等のカメラ付き携帯端末）	主任技術者制度の解釈および運用（内規）	主任技術者制度の解釈および運用（内規）において、主任技術者の兼任要件として「兼任させようとする事業場は、兼任させようとする者が常時勤務する事業場から”電気2時間、BT30分”以内に到達できるところにあること」が求められているので、離島の発電所においては現地に主任技術者を配置せざる得ない状況である。 スマート保安技術の活用により、当該兼任要件を緩和し、電気保安人材の将来的な不足に対応したい。
風力	③保安の改善	②AI／ビッグデータ活用	電技省令15条の2（「電力制御システムセキュリティガイドライン）	電力設備のオンライン化、特に再エネ分野でのオンライン制御にメリット・必要性があるとの認識は持たれているものの、オンラインが専用線ありきでは普及しない。インターネットを活用したオンライン技術を前提で考えるべきであるが、技術基準で引用されているガイドラインではインターネットとのオフライン化の推奨／要求がされている。考え方を変えるべき。
風力	⑦保安業務に係る組織・体制 ②AI／ビッグデータ活用 ④高度な保安管理（CBM/RBM）	⑦センサーの増設・高度化	電気事業法施行規則第五十条（保安規程）	電気事業法では設備の保安確保を求めており、施行規則などでその手段として「巡視点検等」と表現している。しかし、その他規程では巡視や点検の在り方を求める表現が見られ（たとえば保安規定）一般には巡視や点検が必須との受け止め方がされているように感じる。積極的な合理化を進めるならば具体的手段として「巡視点検等」という表現を見直すべき。
送配電	⑦その他（工事計画届出（第48条）手続きの電子化）	⑭紙面情報・手続きの電子化	電気事業法第48条	電気事業法第48条により必要書類の提出が必要。
送配電（直流絶縁監視装置）	③保安の改善	⑮その他	直流絶縁管理の規則	PCSに内蔵されている地絡検出器が活用できないか検討中
火力	⑦保安業務に係る組織・体制（防災要員設置の緩和）	⑦センサーの増設・高度化	石油コンビナート等災害防止法第１６条	特定事業所において災害が発生した場合に、直ちに防災活動を実施する防災要員等を設置することとなっているが、例えば高度なセンサーで火災を検知し、速やかに初動対応を行うことが可能である場合に基準（防災要員の人数は、化学消防車などの防災資機材の種類、数量）を緩和する。

2.3.7 安全性や保安レベルの維持・向上を評価・証明するスキーム（質問③）

（質問３－１）スマート保安技術を導入するにあたって、電気工作物の安全性や保安レベルの維持・向上を評価・証明するスキーム（自己評価又は第三者による評価等）としては、どのような仕組み等が必要でしょうか。（安全性評価スキームは不要、自社評価のみ、公的機関により設置された評価スキーム　等）

自由回答の結果を類型化した結果を示す。公的な評価スキームや基準の必要性については「自社評価でよい」という意見と「第三者評価が有用」という意見に分かれた。特に太陽電池分野では公的基準・第三者評価を求める回答割合が高かった。

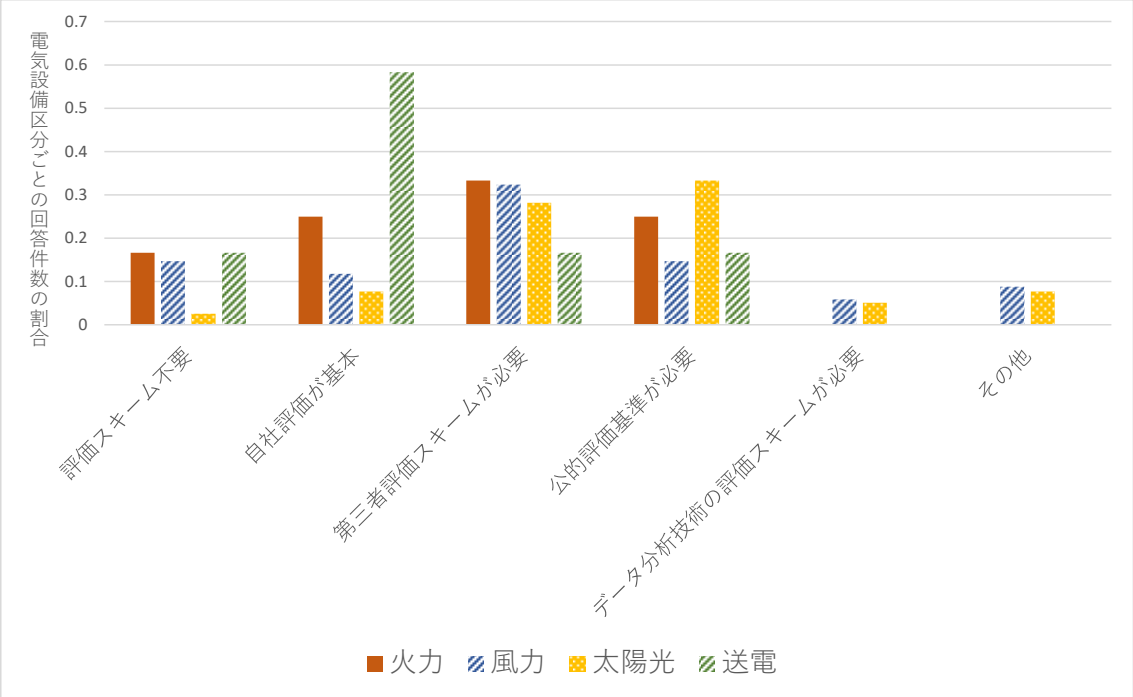


図 2-2　安全性や保安レベルの維持・向上を評価・証明するスキーム

2.3.8 技術導入にあたっての課題・ボトルネック（質問③）

（質問３－２）スマート保安技術を導入するにあたって課題・ボトルネック（質問①②の法制面以外）はどのようなものとお考えでしょうか。（実証面での不確実性、費用対効果が不明瞭、導入コスト、研究開発要素、個社単独での開発困難　等）

自由回答の結果を類型化した結果を示す。費用対効果・コスト・実績・性能評価不十分という観点での回答割合が高かった。送配電部門では研究開発体制に関する回答割合が高かった。

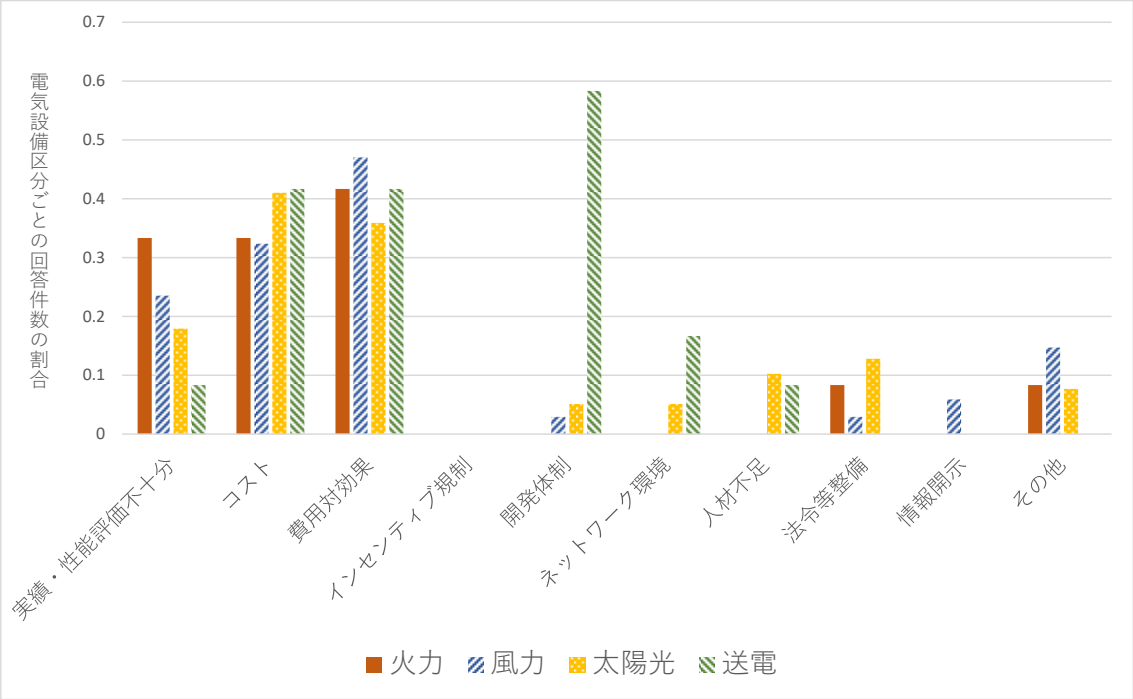


図 2-3　技術導入にあたっての課題・ボトルネック

2.3.9 サイバーセキュリティ分野における課題・必要な取り組み（質問③）

（質問３－３）スマート保安技術の活用、保安のスマート化に伴い、今後の電力安全のサイバーセキュリティ分野における課題及び必要な取り組みとしてはどのようなものがあるとお考えでしょうか。

自由回答の結果を類型化した結果を示す。火力分野では現状維持で問題ないとの回答割合が高かった一方、太陽電池・送配電分野では対策の強化が必要との回答割合が高かった。

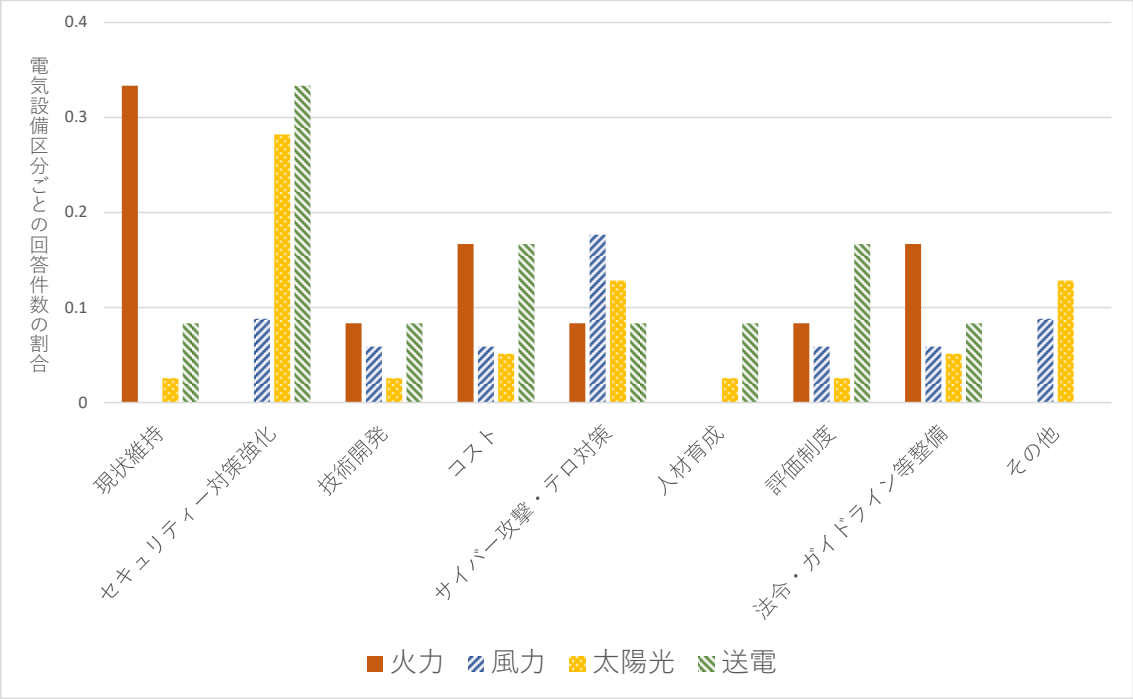


図 2-4　サイバーセキュリティ分野における課題・必要な取り組み

2.3.10 保安人材に必要となる技能（質問③）

（質問３－４）スマート保安技術の導入にあたり、今の保安人材の能力では対応できない技能、また今後必要となる技能にはどういったものがあるとお考えでしょうか。（ドローンの操縦技能、AI の性質や性能を判断する技能　等）

自由回答の結果を類型化した結果を示す。特に送配電分野では「AI 技術」に関する回答割合が高かった。風力分野・太陽電池分野・送配電分野では「デジタル技術」に関する回答割合が高かった。風力分野・送配電分野では「ドローン操縦技術」に関する回答割合が高かった。

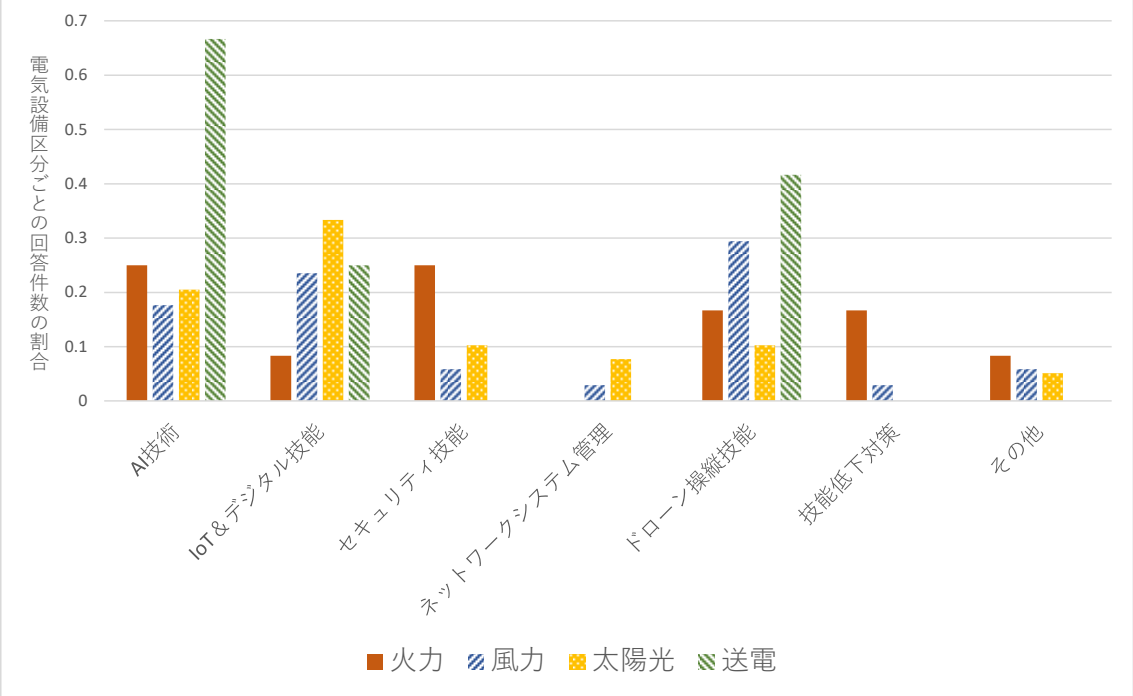


図 2-5　保安人材に必要となる技能

2.3.11 有資格者の能力・経験、既存の試験・研修制度等の課題（質問③）

（質問３－５）スマート保安技術の導入にあたり、電気保安に係る有資格者（電気主任技術者等）が今後身に着けるべき能力や実務経験、既存の試験・研修制度等の課題及び望ましい姿には、どのような事項があるとお考えでしょうか。

自由回答の結果を類型化した結果を示す。全分野において AI・デジタル技術に関する回答が多かった。特に火力分野では「変わらない」という回答が多かった。

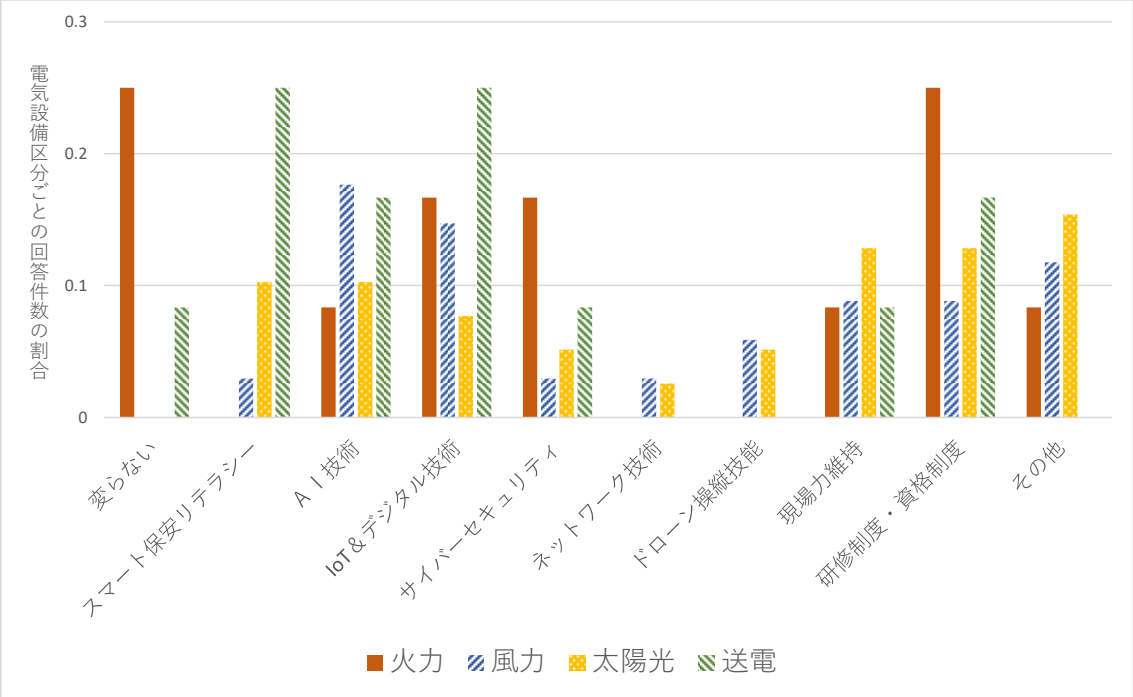


図 2-6　有資格者の能力・経験、既存の試験・研修制度等の課題

2.3.12 人材の確保（質問③）

（質問３－６）スマート保安技術の導入にあたって、新しい技術やデジタル技術に精通した人材を確保するために、今後どのような対応が必要とお考えでしょうか。（デジタル人材の自社での育成、デジタル人材や新しい技術を有する事業者とのタイアップ、特定の技能を有する人材（ドローン操作講習者等）の派遣　等）

自由回答の結果を類型化した結果を示す。「社内育成」という回答と「外部人材活用」という回答に分かれた（または両方）。特に「技術を保有する事業者とのタイアップ」に期待する回答が非常に多く見られた。

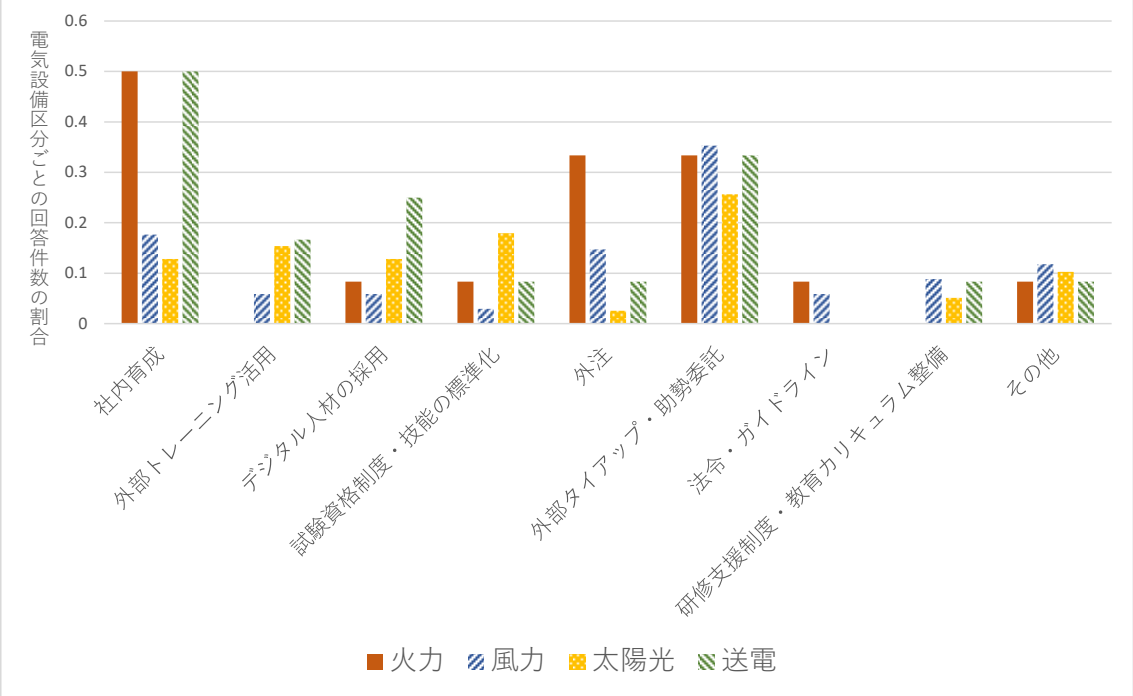


図 2-7　人材の確保

2.3.13 研究開発・注目技術（質問③）

（質問３－７）産学（官）連携で取り組んでいる研究開発、あるいは電気保安の維持・高度化または生産性向上につながる要素技術で注目しているものがございましたら、差し支えのない範囲でご教示いただけますでしょうか

自由回答の結果を類型化した結果を示す。AI・ロボット・画像認識・診断技術などの開発を産学連携で行っている状況を把握することが出来た。太陽電池技術、落雷対策などの分野固有の研究開発テーマも見られた。

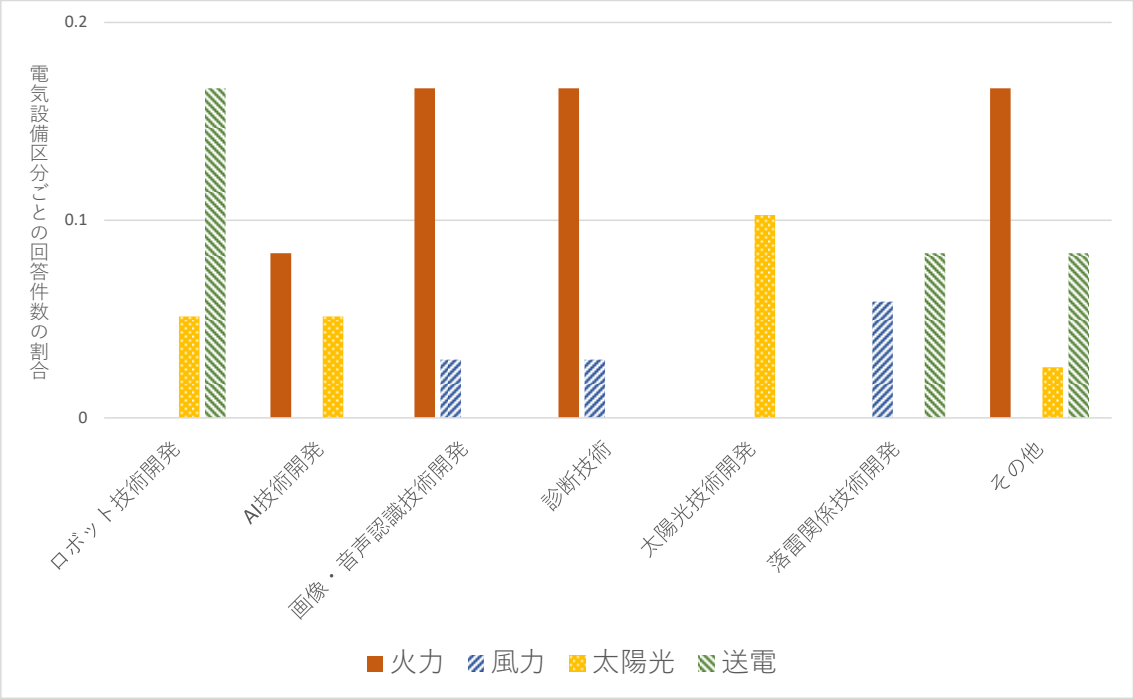


図 2-8　研究開発・注目技術

3. スマート保安活用状況に関するアンケート調査

電気事業者の現場におけるスマート保安技術の導入状況について把握するため、電気事業者等に対するアンケート調査を実施した。

3.1 アンケートの設計

調査は火力発電設備、水力発電設備、風力発電設備、太陽電池発電設備、送配電変電設備を管理している電気事業者を対象としアンケート調査を実施した。アンケートにおいては、スマート保安技術導入状況の把握を目的とし、電力安全課及び各業界団体との検討を踏まえて設問の設計を行った。設問内容を以下に示す。

なお、今回のアンケートでは、足下のスマート化への着手の状況を概観する趣旨から、スマート保安技術の要件定義を確定せず、例えば、点検時の現場記入事項の電子化（携帯端末の活用）や危険箇所を監視するためのカメラの単独設置等のシンプルなデジタル技術も含めた調査を行った。また、個々の技術の具体的内容や、複数の技術の組み合わせについては調査をしていないため、より高度かつ生産性向上に資するスマート保安の導入状況の把握や目標設定のためには、必要となり得るデータ（基礎的な電流、電圧の他、温度、振動、水位、日照等）やその取得、分析に必要な技術の動向等について、調査の精緻化が必要である。

■設問１：事業者が管理している発電所または事務所の数（※送配電変電については事業所の数）

数字入力とした。

■設問２：ドローンによる巡視または点検を行っている発電所または事務所の数

数字入力とした。

■設問３：センサーまたはカメラによる発電所構外からの遠隔監視を行っている発電所の数／センサーまたはカメラによる遠隔監視を行っている事業所の数

数字入力とした。

■設問４：AI（数値データや画像データからの異常診断）を行っている発電所または事務所の数

数字入力とした。

■設問５：メンテナンス計画の CBM 化を行っている発電所または事務所の数

数字入力とした。

■設問６：現場作業でのウェアラブル端末・携帯端末の活用を行っている発電所または事務所の数

数字入力とした。

■設問 7：スマート保安技術を活用していない発電所または事務所の数

数字入力とした。

■設問８：その他のスマート保安技術を活用している発電所があれば、その技術と導入している発電所または事務所の数

自由記述と数字入力とした。

3.2 アンケートの結果

スマート保安技術の導入率を表 3-1 および表 3-2 に示す。当該デジタル技術をスマート保安技術として 1 つ以上導入している発電所等の割合は、火力では 58.2%、水力では 75.0%、風力では 70.9%、太陽電池では 81.2%、送配電・変電では 99.7%と高く、過半数の発電所等において一定程度の個々のデジタル技術の導入を実施しているものと考えられる。

表 3-1　スマート保安技術を導入している発電所等の数とスマート技術導入率

	火力	水力	風力	太陽光	送配電変電
発電所等の総数※1	177	1485	468	2698	586
スマート技術を導入している発電所等の数	103	1114	332	2190	584
スマート技術導入率（%）	58.2	75.0	70.9	81.2	99.7

※1：送配電変電設備については設備を管理している事務所の数

表 3-2　スマート技術導入率（導入発電所等の数／発電所等の総数×100（%））

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

※2：送配電変電設備については「センサーまたはカメラによる遠隔監視」

4. 電気保安の高度化に関するヒアリング調査

電気保安の実態と課題、また今後電気保安の高度化の方向性について、事業者にヒアリングを実施した。ヒアリングは以下の観点から実施した。

- 電気保安の高度化のあり方
- 電気保安の高度化に向けた技術活用のあり方と課題
- 電気保安の高度化に向けた運用管理のあり方と課題
- 電気保安の高度化に向けた規制のあり方

4.1 ヒアリング項目の設定

ヒアリング項目は、電気保安の実態と課題、今後電気保安の高度化の方向性の把握を目的とし、電力安全課との検討を踏まえて設問の設計を行った。

質問 1：電気保安のスマート化・高度化の目的・方向性、検討・導入状況、今後の見通し

- スマート保安の適用が期待される具体的な作業の内容（現場保安作業の全体像）
- スマート保安等の取り組みを通して目指すべき電気保安の在り方や方向性についてお聞かせください。（CBM 等）
- 電気保安のスマート化・高度化の技術活用について、現在の導入状況及び今後の見通しをお聞かせください。
  - ✓ スマート保安技術の現在の検討・導入状況（合理化される作業、解決する課題等）
  - ✓ スマート保安技術の今後の導入の見通し

質問 2：電気保安のスマート化・高度化における課題

- 電気保安のスマート化・高度化における課題についてお聞かせください。
  - ✓ スマート保安導入の社内意思決定（費用対効果が不明、経営層への説明が困難等）
  - ✓ 導入コストの低減（事業者の導入判断における導入コスト低減のために取るべき方策 等）
  - ✓ デジタル人材育成・確保（現状の取組、求められる能力、人材育成・確保のために取るべき方策 等）
  - ✓ 産学連携（現状の取組、技術開発や人材確保における今後の産学連携のあり方等）
  - ✓ 法規制・業界基準等の見直し（法令類、ガイドライン、業界基準、保安規程 等）

質問 3：電気保安のスマート化・高度化の課題解決に向けて官民が取るべきアクションアクションプラン

- 電気保安のスマート化・高度化の課題の解決に向けて、以下のような官民が取るべき

アクションとその時期（及び KPI のアイデア等）についてお聞かせください。

- ✓ 官が取るべきアクションとその時期（法規制見直し、研究開発・実証支援、ガイドライン策定 等）
- ✓ 民（業界団体、各社）が取るべきアクションとその時期（技術基準見直し、技術開発・実証・導入、デジタル人材育成・共有 等）

4.2 ヒアリング調査の実施

ヒアリング調査は、アンケートを実施した事業者のうち回答についてより具体的な調査をすべき事業者等を、電力安全課との相談を踏まえて選定・実施した。

5. アクションプラン等の作成

アンケート調査及びヒアリング調査の結果を踏まえて電力安全課との検討を行い、「電気保安分野スマート保安アクションプラン（案）」を作成した。具体的な内容は添付資料を参照する。

5.1 アクションプランの作成

5.1.1 電気保安の高度化のあり方の検討

電気保安の高度化のあり方の全体像について、アンケート結果及びヒアリング結果を踏まえ、以下のとおり「電気保安分野スマート保安アクションプラン（案）」に「電気保安のスマート化の将来像」として整理した。「電気保安分野におけるアクションプランの概要（案）」の記載を以下図に示す。

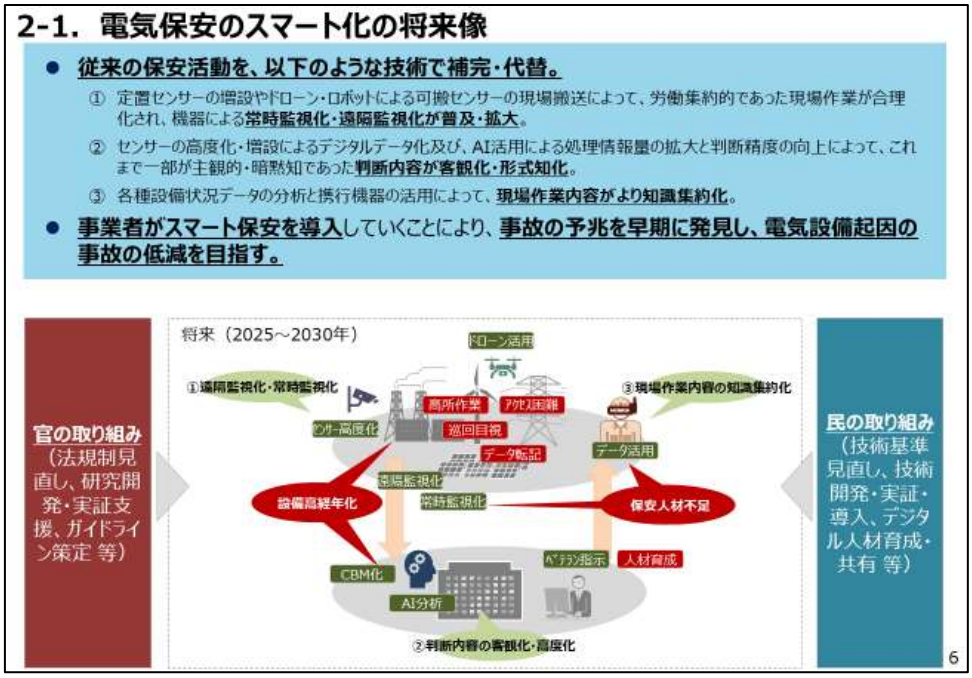


図 5-1　電気保安のスマート化の将来像

また、電気保安を実現するメンテナンス及びオペレーションの変化について、アンケート結果を踏まえ開発・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・携帯端末等の 5 分野を挙げた。「電気保安分野スマート保安アクションプラン（案）」に「メンテナンス及びオペレーションの作業プロセスの変化」として整理した。「電気保安分野におけるアクションプランの概要（案）」における記載を以下図に示す。

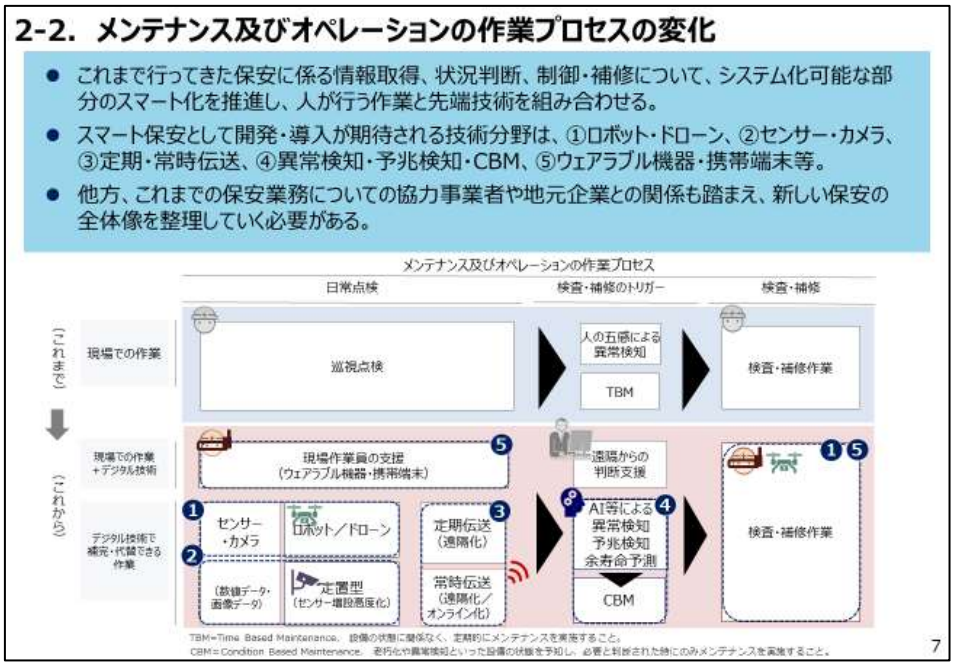


図 5-2　メンテナンス及びオペレーションの作業プロセスの変化

5.1.2 電気保安の高度化に向けた技術活用のあり方と課題の検討

アンケート結果及びヒアリング結果を踏まえ電気保安の高度化に向けた技術活用のあり方及び課題を検討し、「電気保安分野スマート保安アクションプラン（案）」で、「電気保安における IoT・AI・ドローンの導入イメージ（2025 年）」、「技術実装の道筋とターゲットイヤー」、「電気設備ごとの技術実装の道筋」、「電気設備ごとの保安の将来像と導入が期待される技術」に整理した。

「電気保安における IoT・AI・ドローンの導入イメージ（2025 年）」は、技術が作業プロセスへ組み込まれるイメージを検討した。

「技術実装の道筋とターゲットイヤー」、「電気設備ごとの技術実装の道筋」、「電気設備ごとの保安の将来像と導入が期待される技術」は、電気設備ごとに技術活用のみならず、運用管理や規制の状況も踏まえて検討することが必要である。技術活用・運用管理・規制を総合して検討を行った。特に、「電気設備ごとの保安の将来像と導入が期待される技術」「電気設備ごとの保安の将来像と導入が期待される技術」は電気設備ごとに主に導入・開発が期待される技術を複数挙げ、さらにその技術ごとに運用管理や規制のあり方について検討を行った。

(1) 電気保安における IoT・AI・ドローンの導入イメージ（2025 年）

電気保安分野においては、IoT・AI・ドローンの開発・導入も既に着手されている。この特に注目される技術について、導入イメージを検討した。

(2) 技術実装の道筋とターゲットイヤー

電気設備を横断した電気保安全体の技術実装について、ターゲットイヤーを 2025 年に設定した。2025 年を目処に、既に確立している要素技術を中心としたスマート保安技術の導入推進、また新たな技術の開発・実証を進めるものとし、2025 年以降もその取り組みを継続し保安力の維持・向上を図るものとして検討結果を整理した。「電気保安分野におけるアクションプランの概要（案）」における記載を以下図に示す。

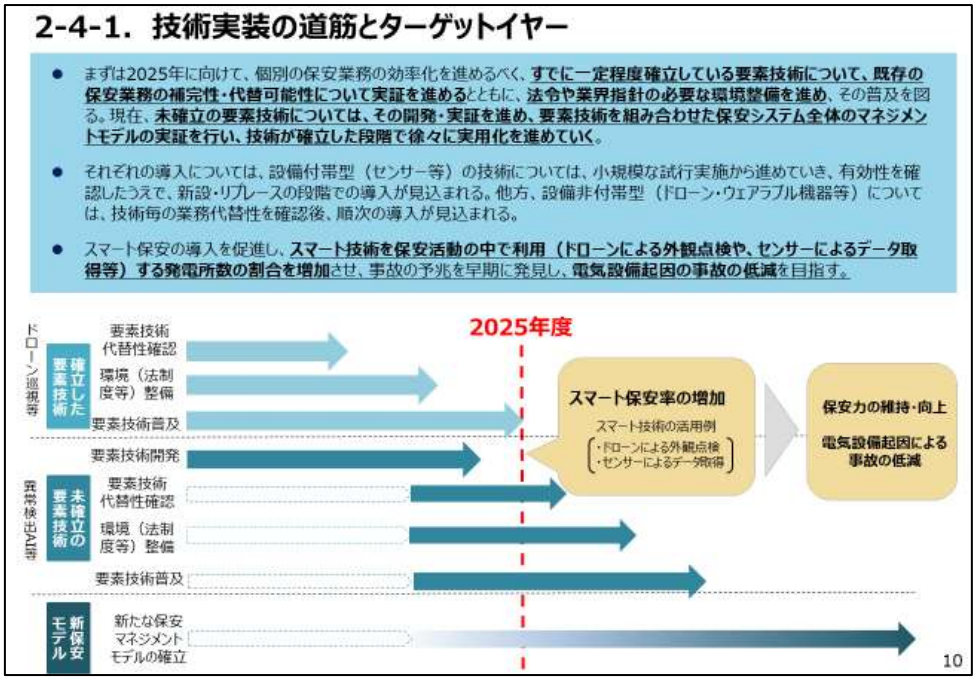


図 5-3　技術実装の道筋とターゲットイヤー

(3) 電気設備ごとの技術実装の道筋・保安の将来像と導入が期待される技術

電気設備ごとの現状の保安の課題及びターゲットイヤーである 2025 年の保安の姿を整理した。また、電気設備ごとに主に導入・開発が期待される技術を挙げ、その技術が具体的に組み込まれる作業プロセスと解決が見込まれる現状の課題、導入のために必要な運用管理・規制のあり方等について整理した。また、それぞれについて現状の姿と、将来技術の導入により高度化された姿を図で表現した。

「電気保安分野スマート保安アクションプラン（案）」に記載した電気設備ごとの主に導入・開発が期待される技術一覧は以下の通り。

表 5-1　電気設備ごとの主に導入・開発が期待される技術

設備区分	導入が期待される技術
火力	巡視点検・監視/制御のデジタル化・遠隔化
	AI 活用による保安活動の判断支援
	デジタル端末の活用による現場作業高度化
	点検におけるドローン活用
水力	巡視点検・監視/制御のデジタル化・遠隔化
	AI 活用による保安活動の判断支援
	デジタル端末の活用による現場作業高度化
	点検におけるドローン活用
風力	洋上風力での遠隔異常確認技術
	洋上風力でのドローン巡視点検技術
	ブレード健全性診断技術
太陽電池	遠隔常時監視の普及
	データ分析による保安高度化
	巡視・点検でのドローン・ロボットの活用
	PCS 遠隔復帰の普及
送配電・変電	遠隔監視による巡視・点検等の効率化
	巡視・点検におけるドローン技術活用
	AI 等活用による故障予兆把握・災害対応
需要	遠隔監視技術

電気設備ごとの主に導入・開発が期待される技術の記載の一例として、「電気保安分野におけるアクションプランの概要（案）」の火力発電分野「巡視点検・監視/制御のデジタル化・遠隔化」の記載を以下図に示す。

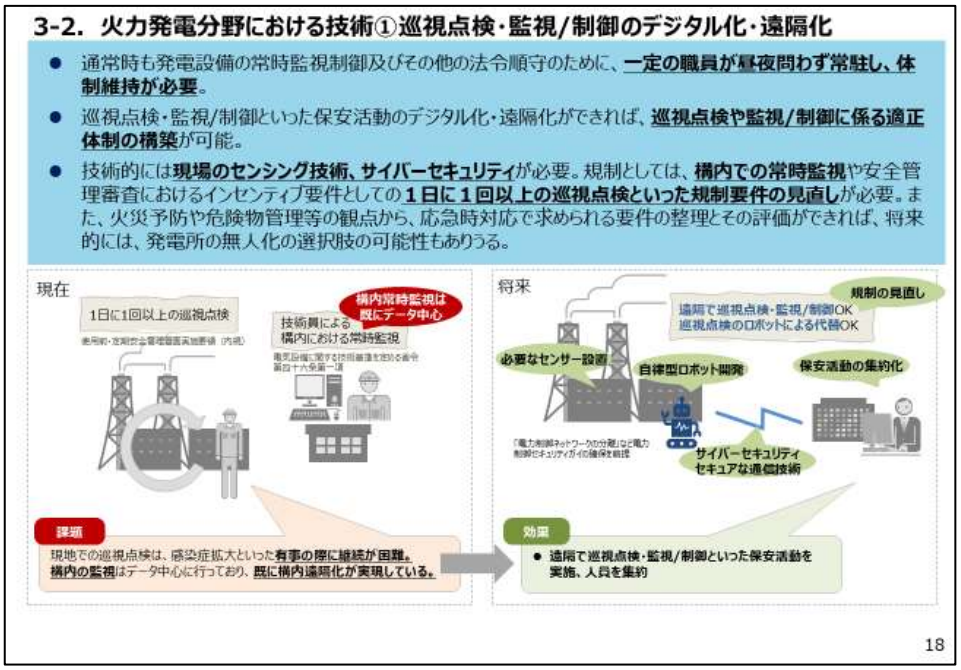


図 5-4　火力発電分野における技術①巡視点検・監視/制御のデジタル化・遠隔化

5.1.3 電気保安の高度化に向けた運用管理・規制のあり方と課題、今後の取り組みの検討

アンケート結果及びヒアリング結果を踏まえ電気保安の高度化に向けた運用管理・規制のあり方と課題及び今後の取り組みを検討し、「電気保安分野スマート保安アクションプラン（案）」で、「電気設備ごとの技術実装の道筋」「電気設備ごとの保安の将来像と導入が期待される技術」「新技術の実用化・導入に必要な（官・民の）取り組み」「新技術の妥当性確認の仕組みづくり」に整理した。

「電気設備ごとの技術実装の道筋」「電気設備ごとの保安の将来像と導入が期待される技術」については、5.1.2 において記述した。本項では、「新技術の実用化・導入に必要な（官・民の）取り組み」「新技術の妥当性確認の仕組みづくり」について記述する。

(1) 新技術の実用化・導入に必要な官の取り組み

新技術の実用化・導入のために、官が取り組むべき事項として、大きく以下の 5 点に整理した。

① 設置者責任の理解促進（設置者へのスマート保安の理解促進）
② スマート化に対応した規制のあり方見直し
③ 技術実証・導入
④ スマート保安の導入に関する指針・事例の横展開
⑤ 表彰制度

以下、具体的にアクションプランの作成を行った点について詳述する。

「設置者責任の理解促進」について、自家用電気工作物は、設置者によるスマート保安の

導入が必要となる。その設置者の責任におけるスマート保安への理解促進について整理した。「電気保安分野におけるアクションプランの概要（案）」の記載を以下図に示す。

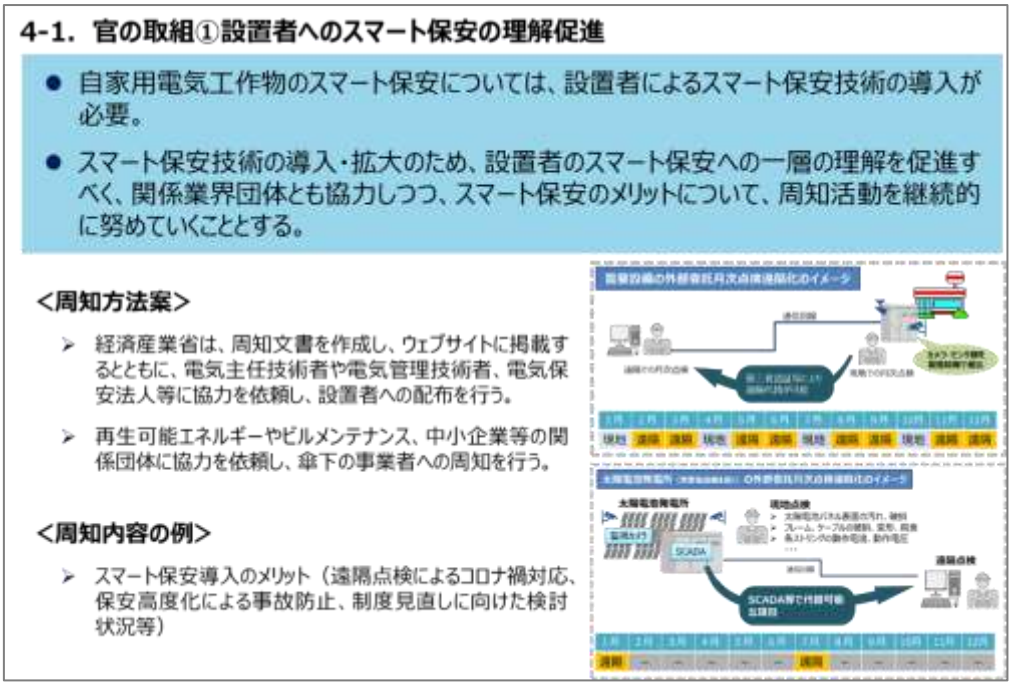


図 5-5　新技術の実用化・導入に必要な官の取組
設置者責任の理解促進（設置者へのスマート保安の理解促進）

「スマート化に対応した規制のあり方見直し」に関連し、アンケート調査及びヒアリング調査を通して、スマート保安導入の課題となる法令等を調査した。特にボトルネックとなっている法令等を一覧化した。その一覧を以下に示す。

表 5-2　スマート保安のボトルネックとなる法令

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

「技術実証・導入」は、事業者によって主導される部分だが、それに対して官が実証事業の支援、成功事例の共有・普及などを通じた導入支援を行っていくほか、公共安全性の観点から保安水準を維持・向上できることを技術実証において確認することが必要である。「電気保安分野におけるアクションプランの概要（案）」の記載を以下図に示す。

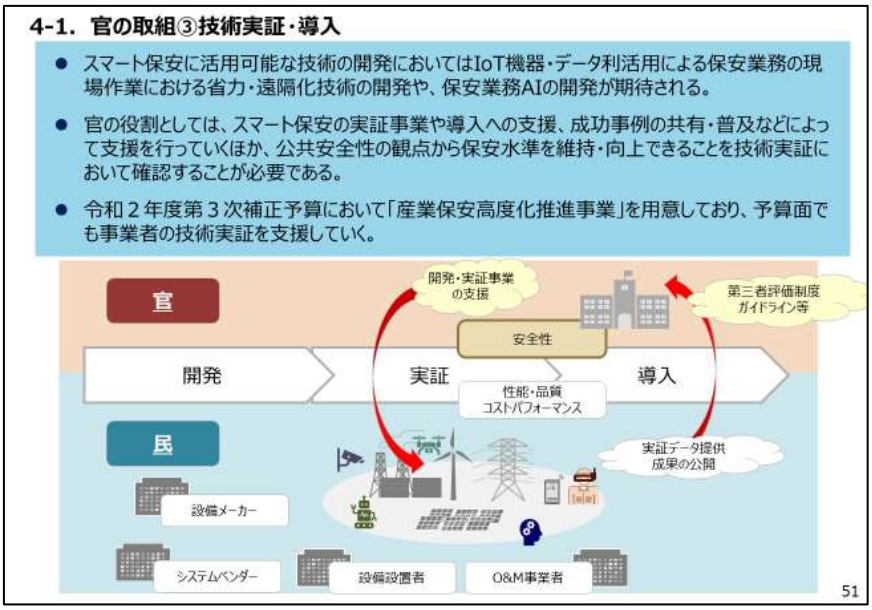


図 5-6　新技術の実用化・導入に必要な官の取り組み　技術実証・導入

「スマート保安の導入に関する指針・事例の横展開」として、電気保安分野におけるスマート保安導入促進に参考になる関連分野のガイドライン・事例集を調査し一覧化した。その一覧を以下に示す。

表 5-3　電気保安分野で参考となるスマート保安導入促進に資するガイドライン・事例集

分類	ガイドライン・事例集名	電気保安分野にて参考となる点
IoT 機器・AI システム活用事例	スマート保安先行事例集（経済産業省 保安課）[1]	保全・保安業務へのスマート化技術活用の事例が掲載されている。 電気保安分野においては、特に電力事業者による高所の目視確認の代替のためのドローン活用や、計測データを活用した異常予兆検知システムの導入事例が参考となる。
	プラントにおけるドローン活用事例集（石油コンビナート等災害防止３省連絡会議）[2]	石油化学プラントの保安におけるドローン活用の国内外の事例が掲載されている。 電気保安分野においても、電力事業者にとってドローン活用のユースケースを検討する際に参考になる。
	プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン（石油コンビナート等災害防止３省連絡会議）[3]	石油化学プラントの保安におけるドローン活用の留意点が整理されている。 電気保安分野においても、ドローン活用の留意点を整理する際に参考になる。
	無人航空機性能評価手順書（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）[4]	ドローンの性能評価の指標を設定し、ドローン機器の性能をランク付けし比較可能な情報が整理されている。 電気保安分野においては、ドローンの活用を検討する際に求められるドローンの性能の検討やドローンの比較に参考になる。
AI の品質評価	機械学習品質マネジメントガイドライン（国立研究開発法人産業技術総合研究所）[5]	機械学習を利用したシステム・サービスの開発において、目標や基準を設定することによる品質向上や、主体間での共通認識の醸成を目的として情報が整理されている。 電気保安分野においては、機械学習を利用する際の品質設定・確保の参考になる。
	AI プロダクト品質保証ガイドライン（AI プロダクト品質保証コンソーシアム）[6]	AI プロダクトの開発における品質保証の考え方について整理されている。 電気保安分野においては、AI を利用したシステムに求められる品質や品質保証のあり方の参考になる。

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

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

[3] 石油コンビナート等災害防止３省連絡会議 （総務省消防庁、厚生労働省、経済産業省）, プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/koatsu_gas/pdf/014_s01_00.pdf.

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

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

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

分類	ガイドライン・事例集名	電気保安分野にて参考となる点
サイバーセキュリティ	※4.2（4）に詳述。	
契約	AI・データの利用に関する契約ガイドライン（経済産業省）[7]	あらゆる事業活動におけるデータ契約及び AI 技術を利用したソフトウェアの開発・利用に関する契約について基本的な考え方が解説されている。 電気保安分野においては、データの利活用や AI 活用が行われる際に、電力事業者とシステム事業者で契約をする際に、発生しうる責任等円滑な技術開発・活用のために参考になる。
	データの利用に関する契約ガイドライン産業保安版（経済産業省／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）[8]	データの利用に関する契約について、「AI・データの利用に関する契約ガイドライン」も踏まえ産業保安（特にプラント分野）に特化し考え方が解説されている。 電気保安分野においても、産業保安に特化した箇所を含めデータの利活用に際し、電力事業者とシステム事業者等が契約をする際に具体的なデータやモデル契約等ユースケースに関する情報が参考になる。

「表彰制度」について、電気保安分野における優れた取組や技術開発を行う事業者を表彰し、広く紹介していくことが重要である。その事例として。「インフラメンテナンス大賞」を調査し記載した。また、具体的な表彰内容の例として、「スマート保安活用事例集」を作成した。「スマート保安活用事例集」については 5.2 に詳述する。

(2) 新技術の実用化・導入に必要な民の取り組み

新技術の実用化・導入のために、事業者及び業界団体が取り組むことが期待される事項として、大きく以下の 3 点に整理した。

① 技術実証・導入
② 人材育成
③ サイバーセキュリティ

「技術実証」は、既に様々な事業者において実施されているが、引き続き、保安管理の省力化と保安水準の維持・向上の両立性を技術実証によって明確化するとともに、技術導入促進のためのコストパフォーマンスの確認・確保もまた重要である。「電気保安分野におけるアクションプランの概要（案）」の記載を以下図に示す。

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

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

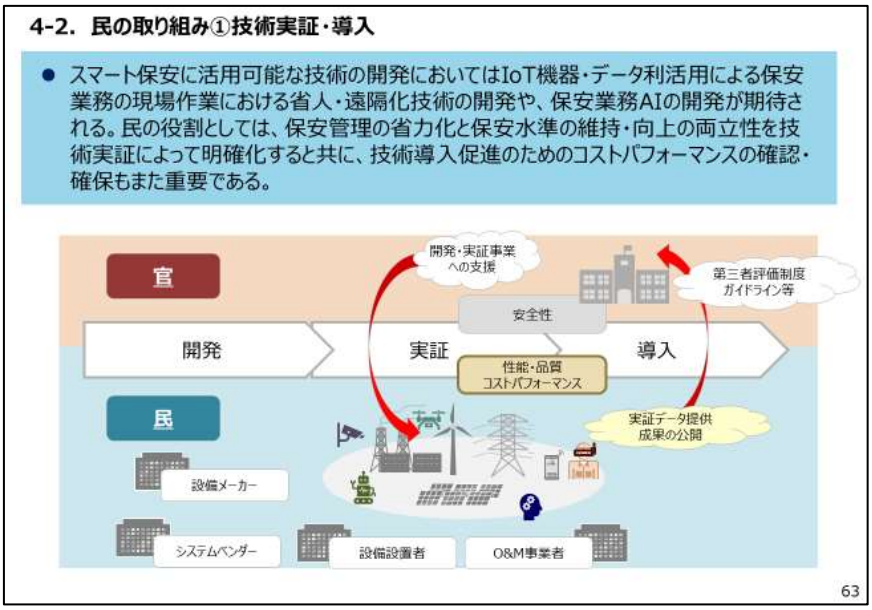


図 5-7　新技術の実用化・導入に必要な民の取り組み　技術実証・導入

「人材育成」は、経営層、企画・システム設計担当者、現場の作業員のそれぞれの職層が、役割に応じた電気保安のスマート化に求められる能力を獲得していくことが重要である。具体的には、①経営層においては、スマート保安の意義を理解し必要な経営判断をする能力、②企画・システム設計担当者においては、スマート保安の導入を企画し管理できる能力、③現場の作業員においては、スマート保安技術を実際に保安活動に使用するための各種ノウハウが必要である。職層ごとに求められる能力及び課題を以下図の通り整理した。

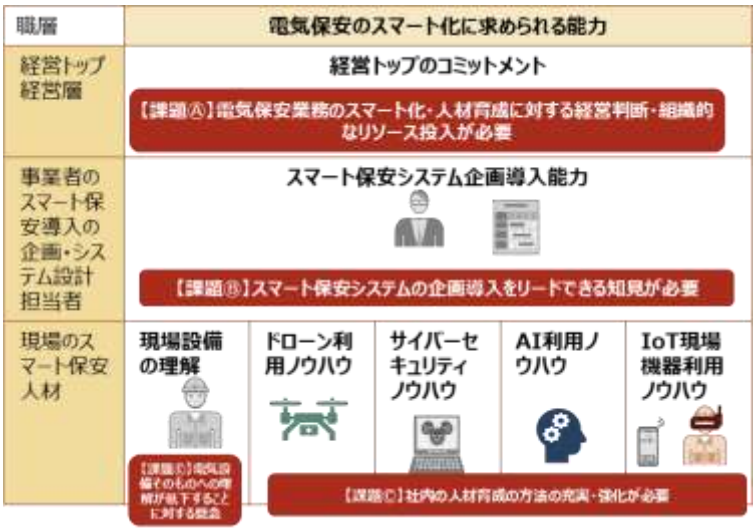


図 5-8　電気保安のスマート化において職層ごとに求められる能力と課題

「サイバーセキュリティ」については、これからIoT等新しい技術の導入に伴いその重要性は拡大するが、まずは既存のガイドライン等への対応や、既存のサイバーセキュリティ人材を育成するセミナー・講座といったプログラムの活用を検討することが効果的である。これらについて、「ガイドラインの観点」もしくは「プログラムの概要」と「電気保安分野にて参考となる点」を抽出し一覧化を行った。その一覧を以下に示す。

表 5-4　電気保安分野で参考となるサイバーセキュリティガイドライン

ガイドライン名	ガイドラインの観点	電気保安分野にて参考となる点
電力制御システムセキュリティガイドライン（一般社団法人日本電気協会）[9]	電力制御システム等のサイバーセキュリティ確保を目的として、電気事業者が実施すべきセキュリティ対策の要求事項について規定したものである。	電気事業者が施設する電力制御システム等及びそれに携わる者を対象にしたガイドラインであり、電力の安定供給、電気工作物の保安の確保の妨害等を目的としたサイバー攻撃を脅威として想定している。
IoT開発におけるセキュリティ設計の手引き（独立行政法人情報処理推進機構）[10]	IoT 開発においてセキュリティ設計を担当する開発者に向けた手引きであり、IoT のセキュリティ設計において行う、脅威分析・対策検討・脆弱性への対応方法が解説されている。	セキュリティを検討する上で参考となる IoT 関連のセキュリティガイドの紹介や、いくつかの例題をもとに、IoT システムにおける脅威分析と対策検討の実施例が示されている。
スマートメーターシステムセキュリティガイドライン（一般社団法人日本電気協会）[11]	スマートメーターシステムのセキュリティ確保を目的として、一般送配電事業者が実施すべきセキュリティ対策の要求事項について規定したものである。	一般送配電事業者が施設するスマートメーターシステム及びそれに携わる者を対象にしたガイドラインであり、スマートメーターシステムの運用に影響を与えることを目的としたサイバー攻撃を脅威として想定している。
エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス（ERAB）に関するサイバーセキュリティガイドライン Ver2.0（資源エネルギー庁／独立行政法人情報処理推進機構）[12]	ERAB のサービスレベルを維持するために ERAB に参画する各事業者が実施すべき最低限のセキュリティ対策の要求事項を整理したものである。	送配電事業において、ERAB システムが留意すべき点、想定すべき脅威、サイバーセキュリティ対策等が整理されている。
IoTセキュリティ対応マニュアル産業保安版 第２版（経済産業省／国立研究開発法人新エネルギー・	主にプラントにおけるシステム管理者を対象に、産業保安においてIoT を活用する際、外部接続から制御システムを守り、プラントデ	プラントデータ利活用に伴う外部接続の脅威の背景として、クラウドや無線等の活用、オープンなプロトコル・技術の利用、接続先となる外部関係者の

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

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

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

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

ガイドライン名	ガイドラインの観点	電気保安分野にて参考となる点
産業技術総合開発機構）[13]	ータの信頼性を高めるためのセキュリティの考え方をまとめたものである。	増加・多様化を考慮し、制御システム外部の設備機器及びそれらの管理体制等（情報系 NW、クラウドを含む外部 NW など）を対象としたセキュリティガイドラインとなっている。
サイバーセキュリティ経営ガイドライン Ver 2.0（経済産業省／独立行政法人情報処理推進機構）[14]	大企業及び中小企業の経営者を対象としたサイバーセキュリティガイドラインである。サイバーセキュリティに対する適切な投資が行われ、企業のサイバーセキュリティ対策強化が行われることを最大の目的としている。	「経営者が認識すべき３原則」「サイバーセキュリティ経営の重要 10 項目」等、サイバーセキュリティ対策の考え方が参考となる。また、チェックリストや参考情報リストが充実しており、サイバーセキュリティ対策担当部門等で活用可能なガイドラインとなっている。
制御システムセキュリティ運用ガイドライン（一般社団法人日本電気制御機器工業会）[15]	制御システムの運用・管理に携わる管理者、設計・構築に携わる設計者、保守に携わる保守担当者、制御システムを含む生産設備で作業に携わるオペレータを対象とし、制御システムをよりセキュアに構築・運用し、操業を安全に継続するための指針を示している。	制御システムを対象とした運用ガイドラインであるが、管理・設計・運用・保守する現場ユーザーを対象としたものであり、入退室管理、パスワード管理、オペレータの管理、教育、意識向上等の観点で留意点と実施ポイントが整理されており参考となる。

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

[14] 経済産業省／独立行政法人情報処理推進機構, サイバーセキュリティ経営ガイドライン Ver 2.0, https://www.meti.go.jp/policy/netsecurity/downloadfiles/guide2.0.pdf.

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

表 5-5　電気保安分野で参考となるサイバーセキュリティ人材の育成プログラム例

プログラム名	プログラムの概要	電気保安分野にて参考となる点
戦略マネジメント系セミナー（独立行政法人情報処理推進機構）	サイバーセキュリティは経営課題であること及び経営層をはじめ関係者が認知すべきセキュリティ機能の重要性の理解を目指す。2020 年度はオンラインで開講。先進事例・課題や解決策・ノウハウなどを体系的に学ぶプログラムを提供。	社内外に対するセキュリティ統括および推進の考え方、並びに経営幹部としてのセキュリティ対策実践に向けたマネジメント手法等を検討するための知見を得ることを目的としている。
業界別サイバーレジリエンス強化演習（CyberREX）（独立行政法人情報処理推進機構）	業界別に、シナリオによる実践的演習の形式を中心としたトレーニングを行う。ビジネスパートナーが直面するサイバーセキュリティ規制やガイドライン等の解説に関する集中講義と演習を実施。	責任者クラスが認識すべき「サイバーセキュリティ課題」や「自社の体制や規程等とのギャップ分析」への理解度及び対応力の向上、さらに「起こりうるリスクシナリオ」、「国内外の規制動向、海外事例」に対する知見の蓄積を目的としている。電力業界を対象としたコースを定期的に開講。
中核人材育成プログラム（独立行政法人情報処理推進機構）[16]	重要インフラ企業を中心にセキュリティの中核を担う人材育成を目標としたプログラム。 電力、石油、ガス、化学、自動車、鉄道分野等の企業からセキュリティ担当予定者を 1 年間派遣させ、制御系セキュリティに精通する講師により、実機を使った模擬プラントを実際に攻撃して脆弱性を洗い出す等の実践的なプログラムを行う。	テクノロジー（OT・IT）、 マネジメント、ビジネス分野を総合的に学習する。また、制御システムセキュリティに関し、演習を交えたトレーニングを受けることができる。また、修了後も知見をアップデートできる修了者コミュニティ活動も行っている。

(3) 新技術の妥当性確認の仕組みづくり

技術の導入にあわせて規制を見直すには、活用するデータや技術について妥当性の確認が求められる。その妥当性の確認に必要な論点として、以下の図の通り大きく 4 点を挙げ整理した。

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

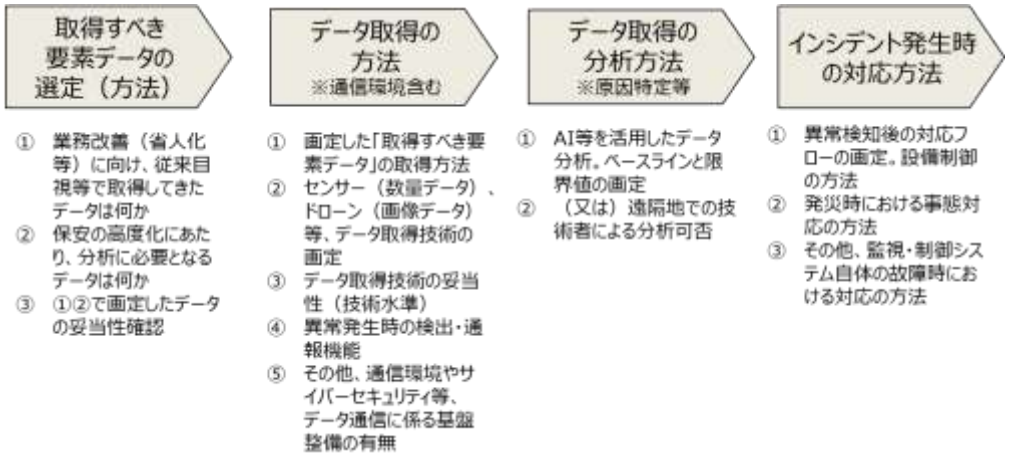


図 5-9　データ・技術の妥当性確認の論点

5.1.4 スマート保安の目標（KPI）の設定・調査

以下に掲げる取り組みの内、③について KPI を設定する。今後、フォローアップを行う際に②を整理した上で、新たな KPI の設定を検討することとする。

① 点検時の現場記入事項の電子化（携帯端末の活用）や危険箇所の定置用カメラによる遠隔監視等の足下の業務効率化も含めた（広義の）スマート保安技術の導入率の向上を図る。
本取り組みについては、3 章で整理した通り、既に一定の進捗が見られるところ。

② 以下に掲げる③の保安モデルや、従来の実証事業等の実装に必要なデータ（電流等の基礎的なデータに加え、AI による CBM 等に必要となる温度、振動、日照、水位等）の整理を行い、当該データを取得できる IoT 機器等の導入率の向上を図る。
本取り組みについては、③の取り組みを踏まえて、「電気保安分野スマート保安アクションプラン（案）」における「具体的な保安上の課題及び導入が期待される技術」等の実装に資する技術（組み合わせを含む）を整理し、2021 年度に新たな KPI を設定することを検討する。なお、当該 KPI については、必要に応じフォローアップの際に随時追加・見直しを行う。

③ トップランナーによる IoT 機器や AI 等の技術を組み合わせた高度なスマート保安（業務の一層の効率化、代替化等の「電気保安分野スマート保安アクションプラン（案）」における「具体的な保安上の課題及び導入が期待される技術」に掲げる形態）のモデル創出を図る。
本取り組みについては、各参画団体の協力を得て、プロモーション委員会でのモデルを 2025 年度 20 件程度創出することを目指す。

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

5.2 スマート保安活用事例集の作成

「電気保安分野におけるアクションプランの概要（案）」の参考事例の位置づけで、「スマート保安具体技術事例」を事例集の形で整理した。事例集は、事業者へのヒアリング結果と第4回「インフラメンテナンス大賞」[17]受賞者の取り組みを参考に、電力設備毎に1～3個のスマート保安技術に注目して整理した。表 5-6にスマート保安具体技術事例の一覧を示す。表中では、注目したスマート保安技術を「技術区分」として記載している。

表中に示すスマート保安技術について、電力事業者、保安サービス提供事業者、技術開発事業者等の取り組みを参考に「機能概要」、「保安上の効果」、「概要」を事例としてまとめた。また、参考とした事業者の取り組み内容が分かる写真や図を、事業者からの提供を得て記載した。

表 5-6　スマート保安具体技術事例の一覧

No.	設備区分	技術区分 （スマート保安技術）	技術内容
1	火力	遠隔監視・制御	発電設備の遠隔監視・制御
2	火力	ロボット・ドローン	ロボット・ドローンによる点検
3	水力	遠隔監視	発電設備の遠隔監視
4	水力	ドローン	水面・水中ドローンによる点検
5	風力	遠隔監視	発電設備の状態監視・異常予兆検知
6	風力	ドローン	ドローンによるブレード点検
7	風力	ロボット	ロボットによるブレード点検
8	太陽電池	遠隔監視	発電設備の遠隔監視
9	太陽電池	ドローン	ドローンによるモジュール点検
10	送配電・変電	ドローン	ドローンによる点検
11	送配電・変電	AI	設備更新計画の策定
12	送配電・変電	非破壊検査	内部鉄筋破断の診断
13	需要設備	遠隔監視	設備の遠隔監視
14	電力設備全般	デジタル端末	タブレット端末・スマートグラスの活用

[17] 経済産業省「第 4 回インフラメンテナンス大賞」、
https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201127007/20201127007.html、2021 年 3 月 23 日閲覧

6. まとめ

本事業では、火力／風力／太陽電池／送配電・変電の電気事業者等へのアンケート調査及びヒアリング調査を通して、電気保安の現状及び課題、スマート保安導入状況、電気保安のスマート化に向けた有望な技術及びあわせて及び整備されるべき運用管理・規制等について事業者の実態を把握することができた。

また、その調査結果を踏まえ電気保安全体の将来の姿、また電気設備ごとの将来の姿を設定し、さらに官民がそれぞれ取るべきアクションや関連する情報を検討・整理し、アクションプランという形で整理した。

今後は、高度なスマート保安のモデルの実装に必要なデータや IoT 機器等の整理を行った上で新たな KPI を設定し、本事業を通じて検討されたアクションプランに基づいて官民双方がスマート化の導入に取り組み、定期的にフォローアップすることが必要である。

令和２年度補正産業保安高度化推進事業
（電気保安のスマート化・高度化に向けた基礎調査）
報告書

2021 年 3 月

株式会社三菱総合研究所
セーフティ＆インダストリー本部
リスクマネジメントグループ
TEL 03-6858-2581

経済産業省

資料１－１

電気保安分野における
アクションプランの概要
（案）

アクションプラン　目次（案）

１．背景

- 電気保安をとりまく課題とスマート化
- スマート保安官民協議会とアクションプランの位置づけ

２．電気保安の将来像とターゲットイヤー

- 電気保安のスマート化の将来像
- メンテナンス及びオペレーションの作業プロセスの変化
- 技術実装の道筋とターゲットイヤー

３．具体的な保安上の課題及び導入が期待される技術

- 電気設備ごとの技術実装の道筋
- 電気設備ごとの保安の将来像と導入が期待される技術

４．新技術の実用化・導入に必要な取組

- アクションプランの実行方針
- 新技術の実用化・導入に必要な官の取組
- 新技術の実用化・導入に必要な民の取組
- 新技術の実用化・導入に必要な取組とフォローアップ

５．新技術の妥当性確認の仕組みづくり

- 技術の妥当性確認に必要な論点
- スマート保安プロモーション委員会の設立

電気保安分野におけるアクションプラン（案）

１．背景

1-1. 電気保安をとりまく課題とスマート化

- **需要設備等の高経年化**や**再エネ発電設備が増加**する一方、電気保安に携わる**電気保安人材の高齢化や電気保安分野への入職者の減少が顕著**。また、台風や豪雨等の**自然災害が激甚化**し、太陽電池発電や風力発電等の**再エネ発電設備の事故が増加。**
- さらに、**新型コロナウイルス感染症の拡大下においても**、重要インフラである**電力の共有は止めることのできない業務であり、そのための保安作業についても安定的な業務継続**が必要。このように**電気保安分野では、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**ところ。
- こうした課題を克服するため、電気保安分野において**IoTやAI、ドローン等の新たな技術を導入**することで、**保安力の維持・向上と生産性の向上を両立（＝電気保安のスマート化）させていくことが重要**。

電気保安の課題

- 電気保安を担う人材不足
- 需要設備等の高経年化
- 災害の激甚化
- 風力・太陽電池発電設備の設置数・事故数増加
- 新型コロナ感染症下での電気保安の継続

IoT・AI,ドローン等
の新たな技術の導入

電気保安のスマート化

◆ 保安力の維持・向上

◆ 生産性向上

1-2. スマート保安官民協議会とアクションプランの位置づけ

- スマート保安官民協議会で策定された「**スマート保安推進のための基本方針**」の下、スマート保安に資する新技術の導入や、それを促進する規制・制度の見直しなど、官民によるスマート保安の実践に向けた**具体的な「アクションプラン」を策定する**。
- 電気保安に係る「アクションプラン」の策定は、スマート保安官民協議会の下に設置される電力安全部会で行う。

官（経済産業大臣、関係局長）

◆ 技術革新に対応した保安規制・制度の見直し

テーマ例
- ドローンを検査規格に位置づけ
- 遠隔監視による高度化・効率化
- AIの信頼性評価のガイドライン

◆ スマート保安促進のための仕組み作り・支援（事例の普及、表彰制度、技術開発支援等）

スマート保安官民協議会

基本方針

①基本的な考え方

②具体的な取組

③取組のフォローアップ

分野別部会

アクションプラン

産業保安に関する分野別の取組の具体化・促進

民（業界団体トップ）

石油、化学、電力、ガス、鉄鋼、計装、エンジニアリング、メンテナンス等

◆ IoT/AI等の新技術の実証・導入

テーマ例
- 巡視ドローン・ロボット導入
- IoT/AIによる常時監視、異常の検知・予知
- 現場の効率化、人員の代替

◆ スマート保安技術を支える人材の育成

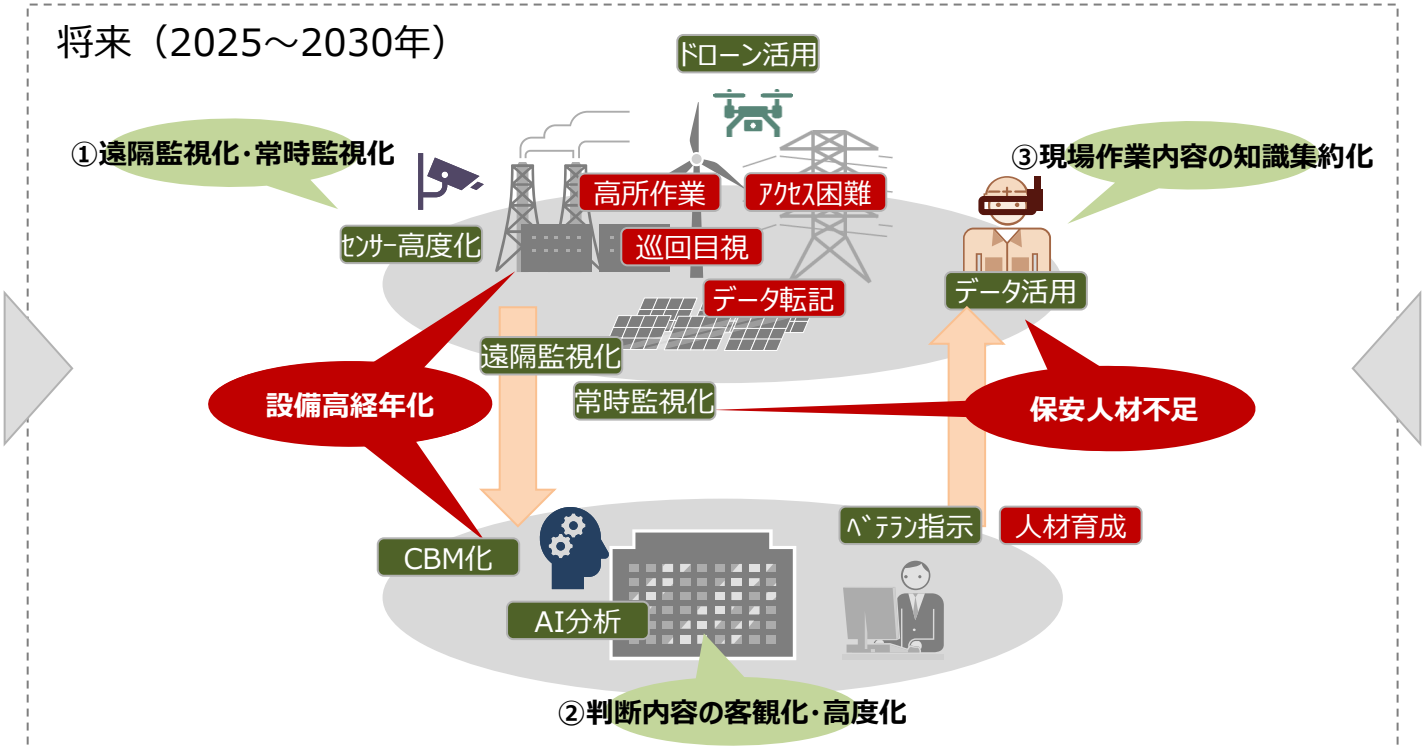
電気保安分野におけるアクションプラン（案）

２．電気保安の将来像とターゲットイヤー

2-1. 電気保安のスマート化の将来像

- **従来の保安活動を、以下のような技術で補完・代替。**
  - ① 定置センサーの増設やドローン・ロボットによる可搬センサーの現場搬送によって、労働集約的であった現場作業が合理化され、機器による**常時監視化・遠隔監視化が普及・拡大**。
  - ② センサーの高度化・増設によるデジタルデータ化及び、AI活用による処理情報量の拡大と判断精度の向上によって、これまで一部が主観的・暗黙知であった**判断内容が客観化・形式知化**。
  - ③ 各種設備状況データの分析と携行機器の活用によって、**現場作業内容がより知識集約化**。
- **事業者がスマート保安を導入**していくことにより、**事故の予兆を早期に発見し、電気設備起因の事故の低減を目指す。**

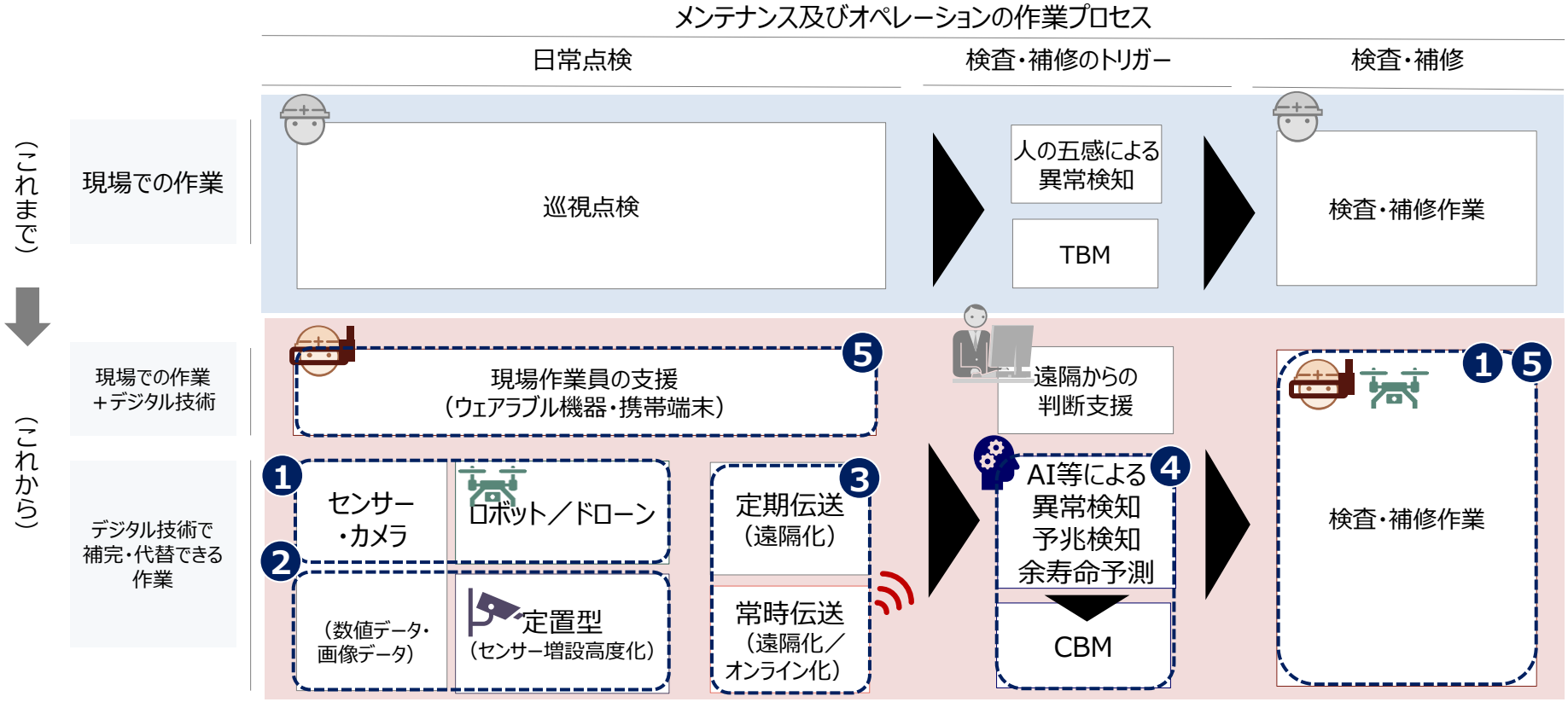
官の取り組み（法規制見直し、研究開発・実証支援、ガイドライン策定 等）



民の取り組み（技術基準見直し、技術開発・実証・導入、デジタル人材育成・共有 等）

2-2. メンテナンス及びオペレーションの作業プロセスの変化

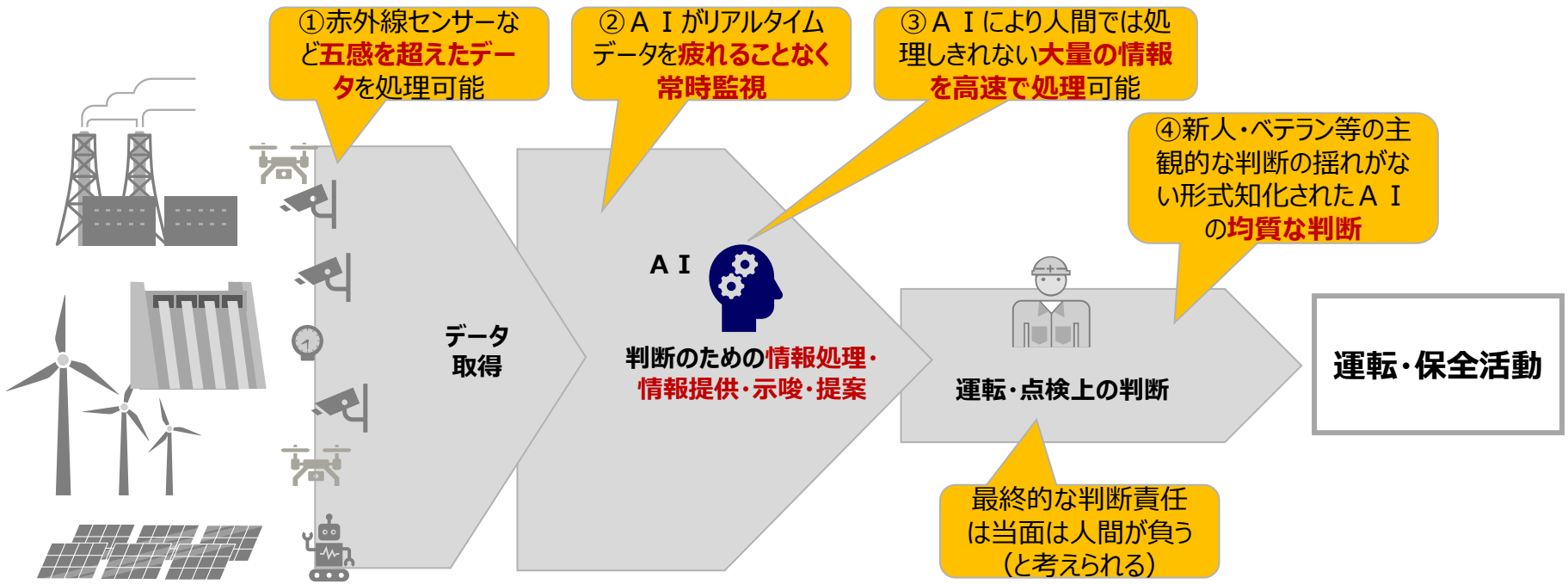
- これまで行ってきた保安に係る情報取得、状況判断、制御・補修について、システム化可能な部分のスマート化を推進し、人が行う作業と先端技術を組み合わせる。
- スマート保安として開発・導入が期待される技術分野は、①ロボット・ドローン、②センサー・カメラ、③定期・常時伝送、④異常検知・予兆検知・CBM、⑤ウェアラブル機器・携帯端末等。
- 他方、これまでの保安業務についての協力事業者や地元企業との関係も踏まえ、新しい保安の全体像を整理していく必要がある。



TBM=Time Based Maintenance.　設備の状態に関係なく、定期的にメンテナンスを実施すること。
CBM＝Condition Based Maintenance.　老朽化や異常検知といった設備の状態を予知し、必要と判断された時にのみメンテナンスを実施すること。

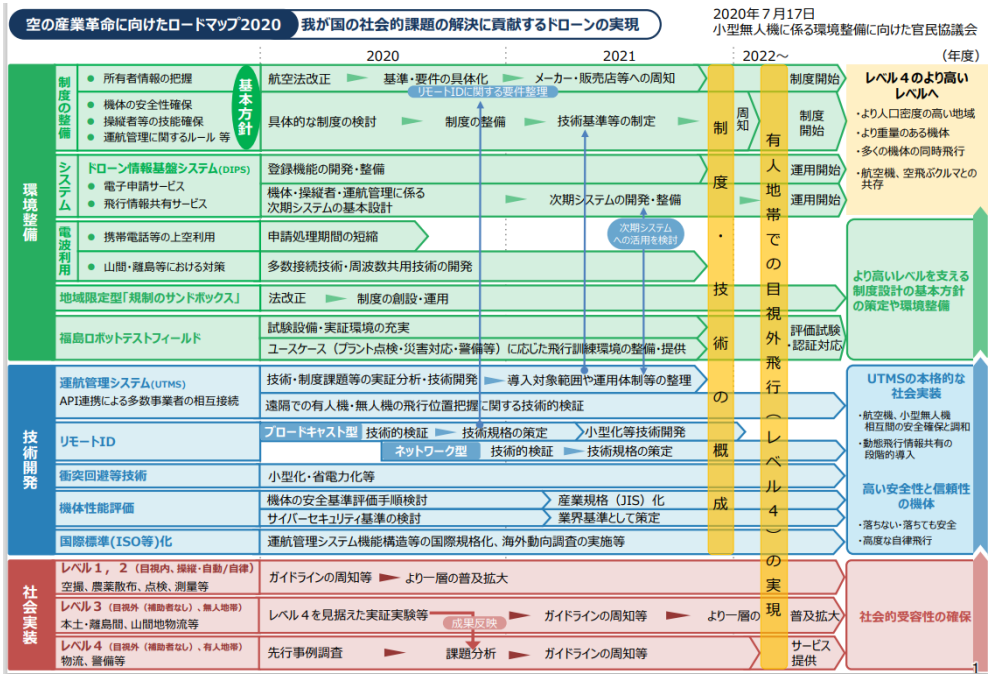
2-3-1. 電気保安におけるAI導入のイメージ（2025年）

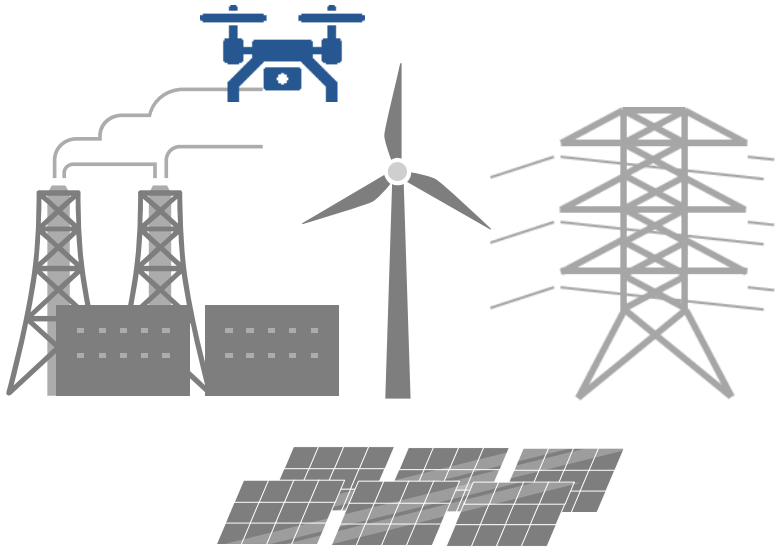
- 定置センサー・ドローン搭載センサー等により取得・蓄積されるデータが格段に増加、それらビッグデータを活用し、人間を卓越した「記憶容量」「処理速度」を備えたAI技術の進展により、**保安分野でも人間の判断の判断・補助としてのAIの活用が拡大**。
- 具体的には、下記の観点から画像診断や故障予兆検知等の分野で活用が進む。**①人間の五感を超えたセンシング情報の活用、②常時監視機能、③処理速度の向上・効率化、④判断における主観的・暗黙知な差異の排除**。



2-3-2. 電気保安におけるドローン導入のイメージ（2025年）

- ドローンによる有人地帯での目視外飛行（レベル４）に向けた取組が進んでいる。
- 特に送配電・風力・太陽電池発電設備の点検に用いる場合、設備の立地の観点、同一条件でのデータ取得の観点から**自律飛行によるセンシング（画像取得）が期待される**。
- 火力発電設備の点検に用いる場合、**防爆規制へ対応したドローンが期待される**。
- **ドローンでのセンシングによる現場点検の補完性・代替性を確認しながら、自主保安および法定検査に導入されていく**可能性がある。

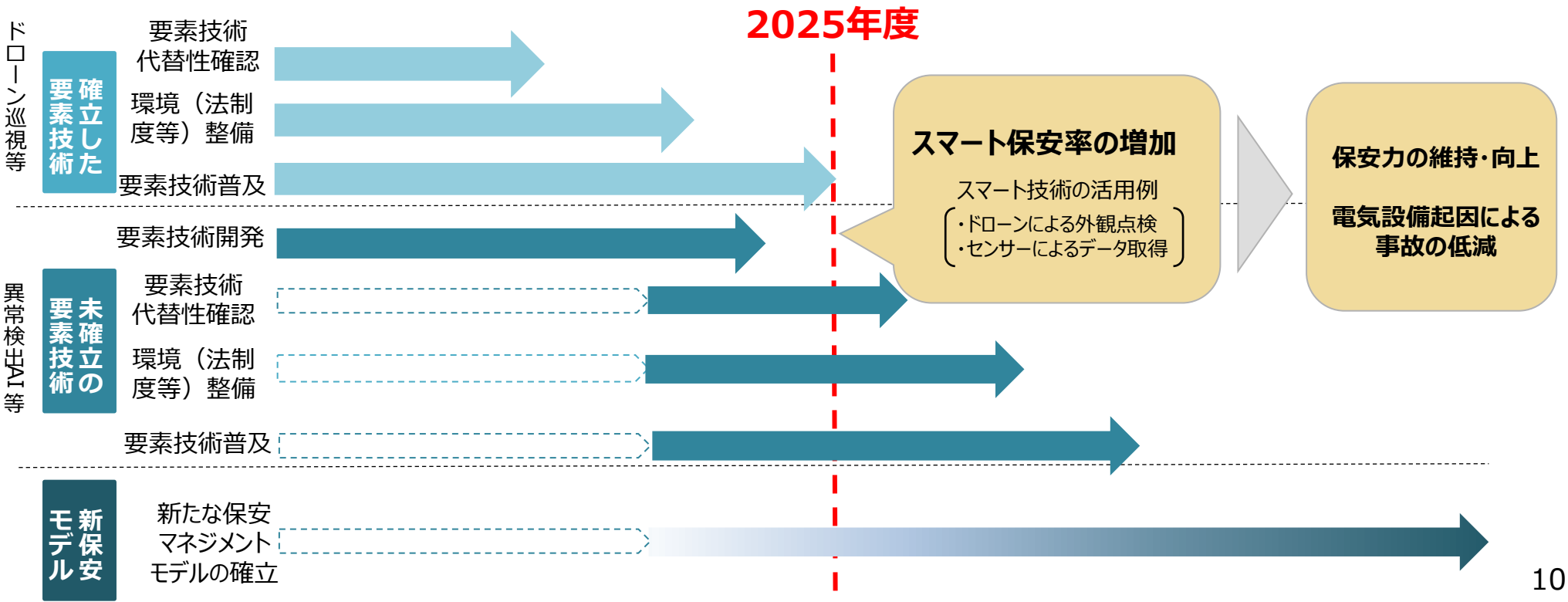




「空の産業革命に向けたロードマップ2020～我が国の社会的課題の解決に貢献するドローンの実現～」

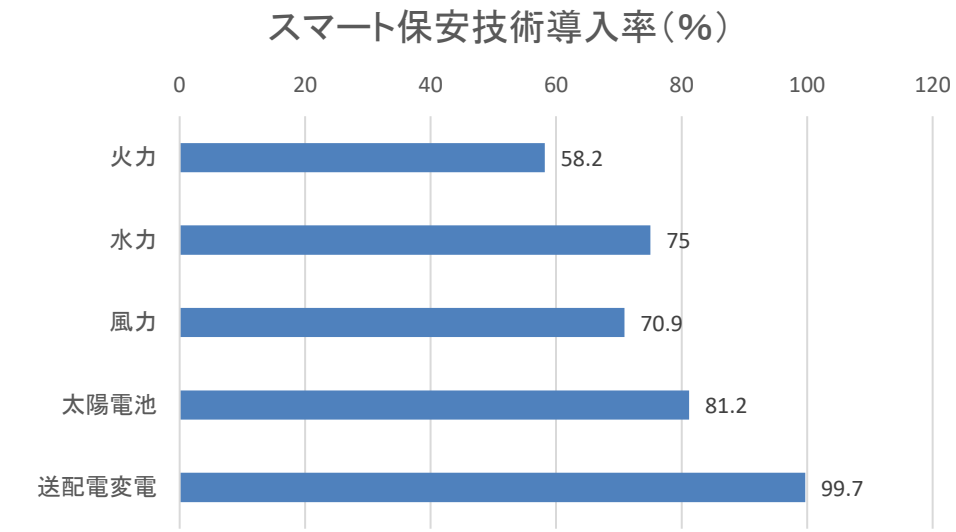
2-4-1. 技術実装の道筋とターゲットイヤー

- まずは2025年に向けて、個別の保安業務の効率化を進めるべく、**すでに一定程度確立している要素技術について、既存の保安業務の補完性・代替可能性について実証を進める**とともに、**法令や業界指針の必要な環境整備を進め**、その普及を図る。現在、**未確立の要素技術については、その開発・実証を進め、要素技術を組み合わせた保安システム全体のマネジメントモデルの実証を行い、技術が確立した段階で徐々に実用化を進めていく**。
- それぞれの導入については、設備付帯型（センサー等）の技術については、小規模な試行実施から進めていき、有効性を確認したうえで、新設・リプレースの段階での導入が見込まれる。他方、設備非付帯型（ドローン・ウェアラブル機器等）については、技術毎の業務代替性を確認後、順次の導入が見込まれる。
- スマート保安の導入を促進し、**スマート技術を保安活動の中で利用（ドローンによる外観点検や、センサーによるデータ取得等）する発電所数の割合を増加**させ、事故の予兆を早期に発見し、**電気設備起因の事故の低減**を目指す。



2-4-2①.スマート保安技術導入の足下の状況

- 発電事業者・送配電事業者を対象に、スマート保安技術の導入状況ついてアンケート※1を実施した。なお、今回のアンケートでは、足下のスマート化への着手の状況を概観する趣旨から、スマート保安技術の要件定義を確定せず、例えば、点検時の現場記入事項の電子化（携帯端末の活用）や危険箇所を監視するためのカメラの単独設置等のシンプルなデジタル技術も含めた調査を行ったところ。
- この下で、当該デジタル技術をスマート保安技術として１つ以上導入※2している発電所等の割合は、火力では58.2%、水力では75.0%、風力では70.9%、太陽電池では81.2%、送配電・変電では99.7%と高く、過半数の発電所等において一定程度の個々のデジタル技術の導入を実施しているものと考えられる。
- 今回のアンケートでは、上述の通りシンプルなデジタル技術も含めた調査となっており、また、個々の技術の具体的内容や、複数の技術の組み合わせについては調査はしていないため、本アクションプラン３．に掲げるような、より高度かつ生産性向上に資するスマート保安の導入状況の把握や目標設定のためには、必要となり得るデータ（基礎的な電流、電圧の他、温度、振動、水位、日照等）やその取得、分析に必要な技術の動向等について、調査の精緻化が必要。



（スマート保安技術導入率＝導入発電所※3等の数／発電所等の総数×100（%））

＜スマート保安技術別導入率＞

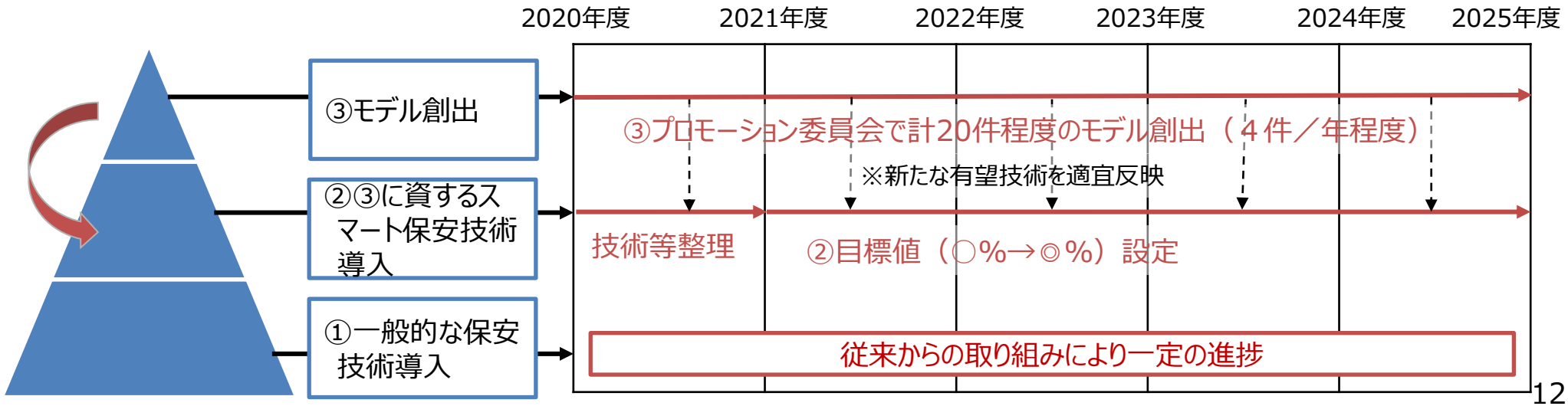
	火力	水力	風力	太陽電池	送配電・変電
①ドローンによる巡視または点検	19.2	4.6	13.7	12.3	44.7
②センサーまたはカメラによる発電所構外からの遠隔監視※4	7.9	64.6	50.6	61.8	43.5
③AI（数値データや画像データからの異常診断）	11.3	1.5	15.8	10.6	9.7
④メンテナンス計画のCBM化	48.0	46.9	10.0	8.5	35.0
⑤現場作業でのウェアラブル端末・携帯端末の活用	11.3	56.3	10.9	23.8	85.2

（配布数：1168、回答者数：425、回答率36.4%※5）

※1風力・太陽電池については、工事計画届出の対象設備。※2アンケートの性質上、実際には技術を導入している場合でもスマート保安として自覚的には活用していない者や、スマート保安を極めて先進的なものだと考え、基本的なデータのみを取得している場合に該当しないと考えている場合もあり、今後フォローアップしていく際には精査が必要。※3：送配電・変電設備については設備を管理している事業所の数。※4送配電・変電設備については「センサーまたはカメラによる遠隔監視」※5：風力・太陽電池発電については、FIT認定情報に基づき、設備ID毎に配布した数。管理設備をまとめて回答するケースと設備ID毎に回答するケースが混在。

2-4-2②.スマート保安技術導入に係るＫＰＩの考え方

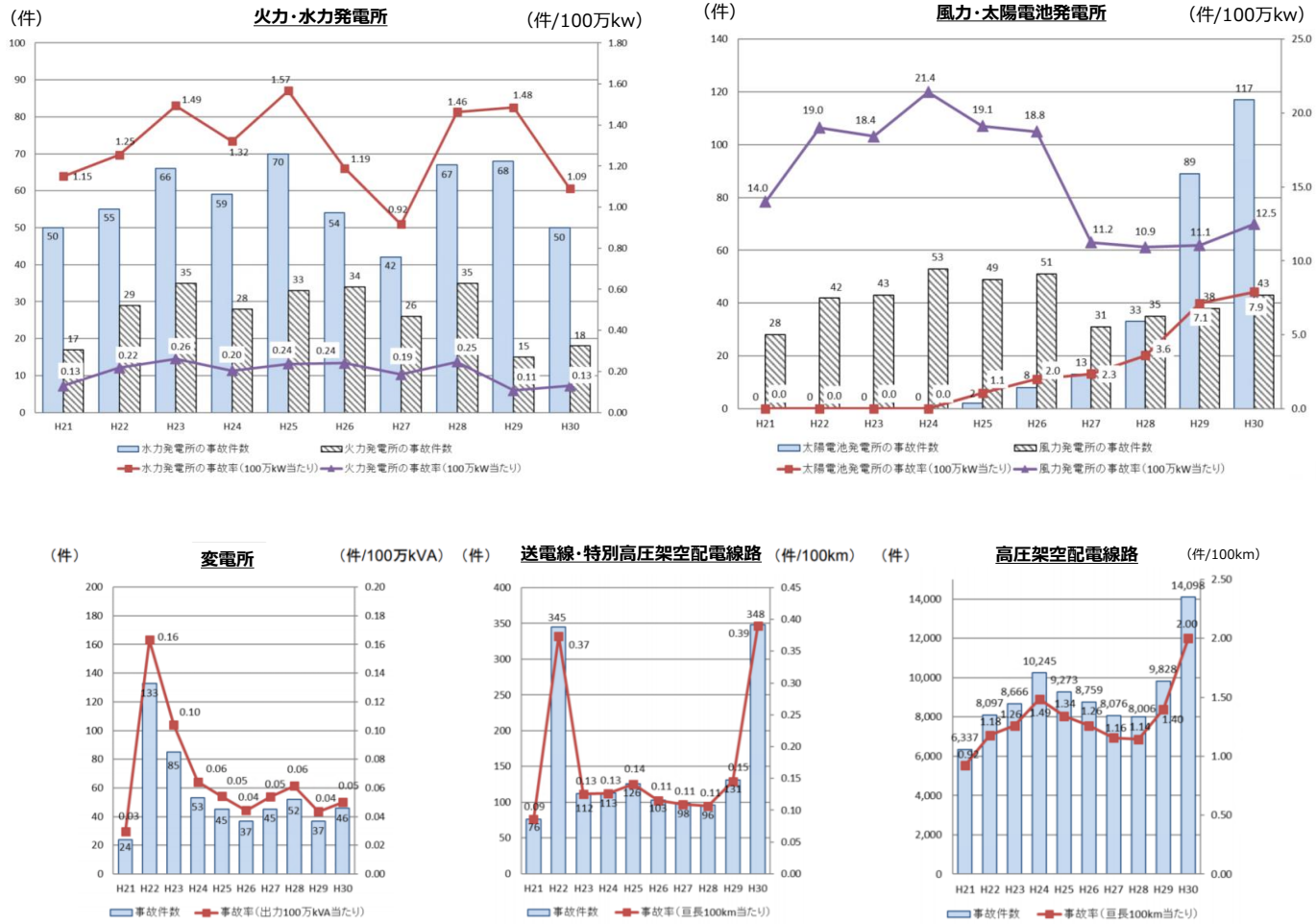
- スマート保安技術の導入目標について、【①】については、一定程度の導入状況を確認。本アクションプランでは、【③】の取組についてKPIを設定。今後、フォローアップを行う際、【②】を整理し、新たなKPIの設定を検討。
  - 点検時の現場記入事項の電子化（携帯端末の活用）や危険箇所の定置用カメラによる遠隔監視等の足下の業務効率化も含めた一般的な技術を導入し、業務効率化を図る。【①】
    - ✓ 本取り組みについては、上述のとおり、既に一定の進捗が見られるところ。
  - ③等のモデルの実装に必要なデータ（電流等の基礎的なデータに加え、AIによるCBM等に必要となる温度、振動、日照、水位等）の整理を行い、データを取得できるIoT機器等の導入率の向上を図る。【②】
    - ✓ 本取り組みについては、③の取り組みを踏まえて、本アクションプラン３． 等の実装に資する技術（組み合わせを含む）を整理し、2021年度に新たなKPIを設定することを検討する。なお、当該KPIについては、必要に応じフォローアップの際に随時追加・見直しを行う。
  - トップランナーによるIoT機器やAI等の機器を組み合わせた高度なスマート保安（業務の一層の効率化、代替化等の本アクションプラン３． に掲げる形態）のモデル創出を同時に図る。【③】
    - ✓ 各参画団体の協力を得て、プロモーション委員会でのモデル創出を2025年度までに20件程度を目指す。



2-4-2③.スマート保安技術の効果に係るＫＰＩの考え方

- スマート保安の導入の効果を定量的に把握するため、電気設備の事故について、災害の発生状況も踏まえながら、事故率の維持等のトレンドを確認する。

＜電気設備別　事故件数及び事故率の推移＞



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

電気保安分野におけるアクションプラン（案）

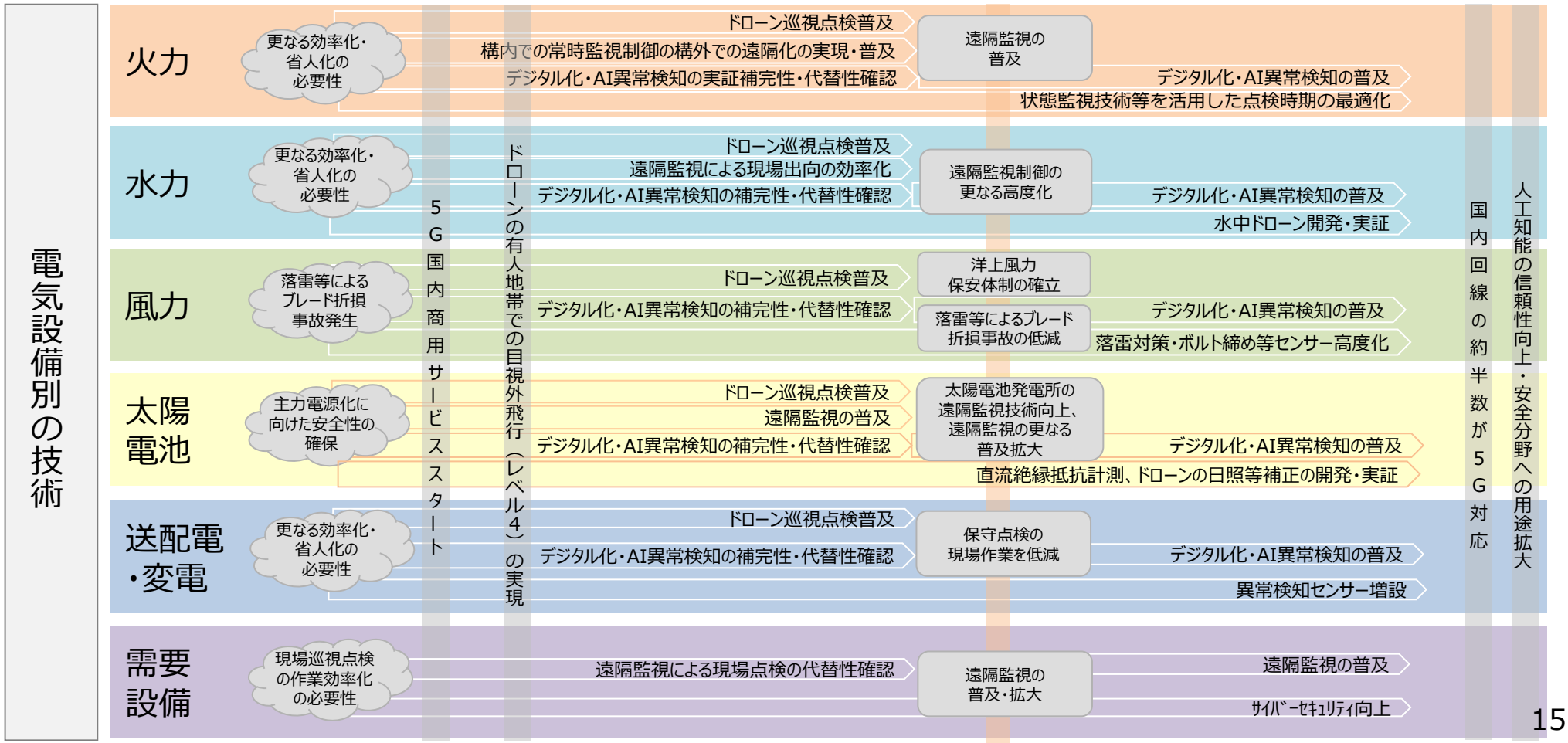
３．具体的な保安上の課題及び導入が期待される技術

3-1. 電気設備ごとの技術実装の道筋

- **現時点で利用可能な技術は2025年までに確実に社会実装し、研究途上の技術については引き続き開発・実証を進め2025年度以降の社会実装**を目指す。

社会変化と電気保安の変化

- 社会全体のデジタル化→ネットワーク化→①**遠隔監視化・常時監視化**（点検頻度の合理化）
- 設備老朽化→AI等による②**判断内容の客観化・高度化**
- 保安人材減少→可能な限りの自動化の推進→③**現場作業内容の知識集約化**



3-2. 火力発電所の保安の将来像（2025年）

保安の課題

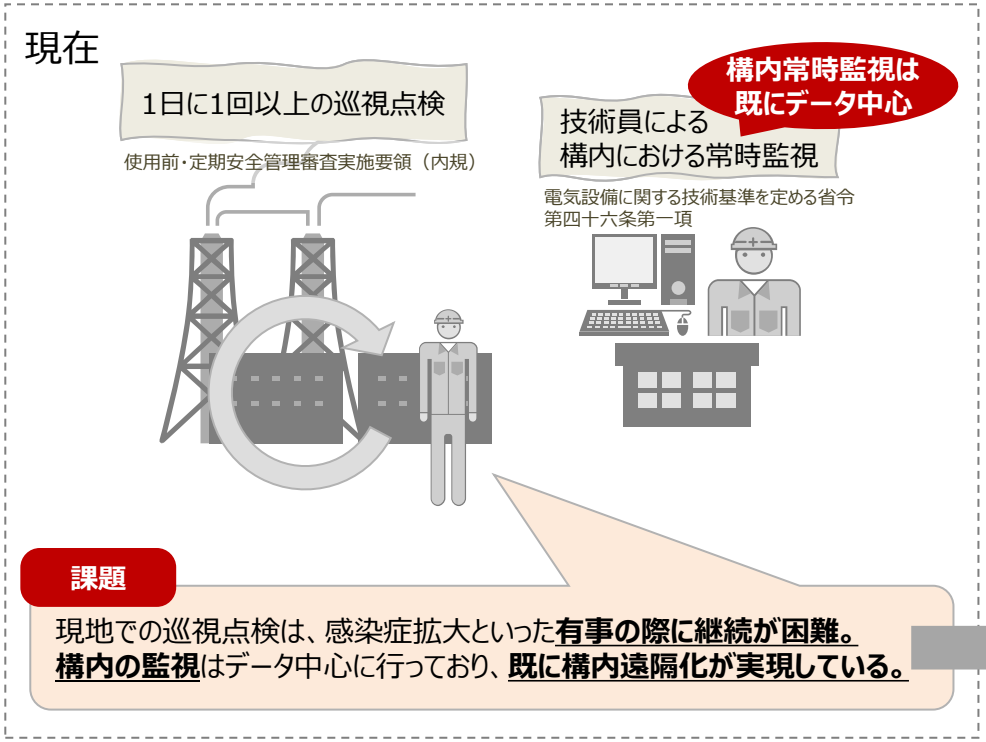
- 保安力の維持・向上を図ることを前提としつつ、設備高経年化や保安人材不足等の直面する課題への対応も必要。
- 火力発電設備については、①設備が多岐にわたり点検箇所も広範囲なため、日々の巡視・点検に多くの時間と労力がかかるほか、②定期事業者検査では、それまでの運転状況や設備の劣化状況に関わらず一定のインターバルで設備を停止し検査を行う必要があることや、設備の開放や設備内部の点検用足場組立等、検査準備等の作業にも多くの時間と労力がかかり、煙突、他の高所・狭隘（きょうあい）部等の点検、危険作業も存在。 ③通常時も発電設備の常時監視制御及びその他の法令順守のために、一定の職員が昼夜問わず常駐し、体制維持が必要。

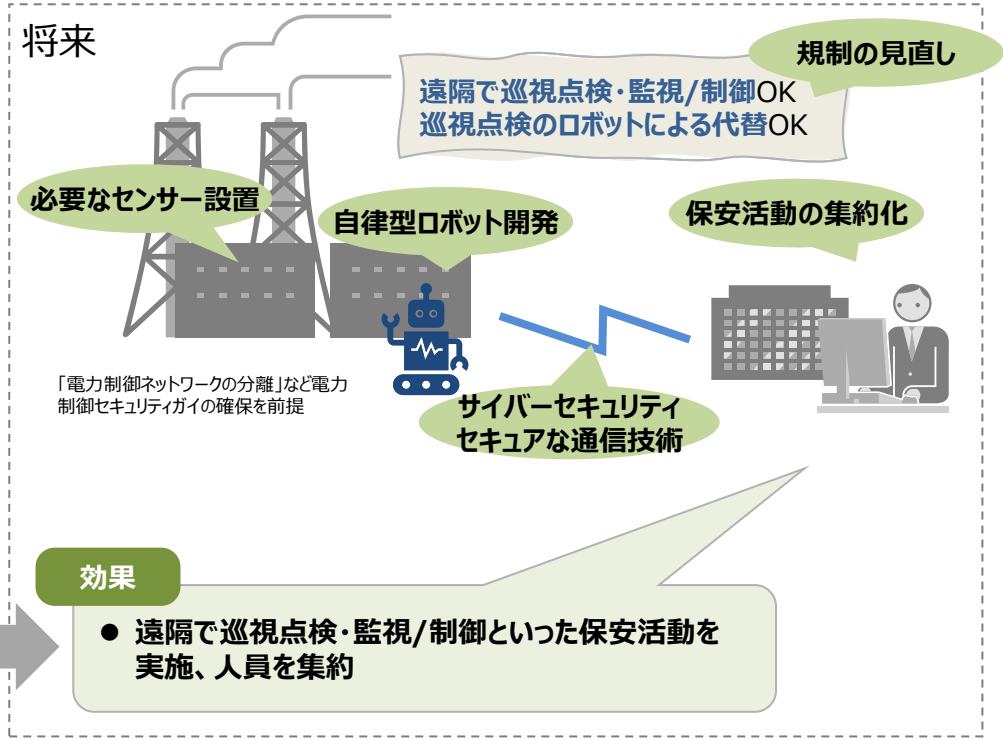
2025年の絵姿

- 2020年度内に、一定の留意事項の下で常時監視・制御の遠隔化を可能とする関連規程類を改正。2025年においては、センサーやドローン等について、現在の巡視点検における補完性・代替性を確認した上で、保安力の向上を図りつつ、点検の省力化等、コスト面での更なる合理化を目指す。また、有用であるが現在確立していない技術（例：状態監視技術等を活用した点検時期の最適化）の開発を促進する。
- スマート技術の活用を通じ、保安力の維持・向上を図るとともに、異常の予兆を的確に把握することにより、計画的なメンテナンスに寄与することで、計画外停止を低減し、調整電源やベースロード電源としての機能を果たす。

3-2. 火力発電分野における技術①巡視点検・監視/制御のデジタル化・遠隔化

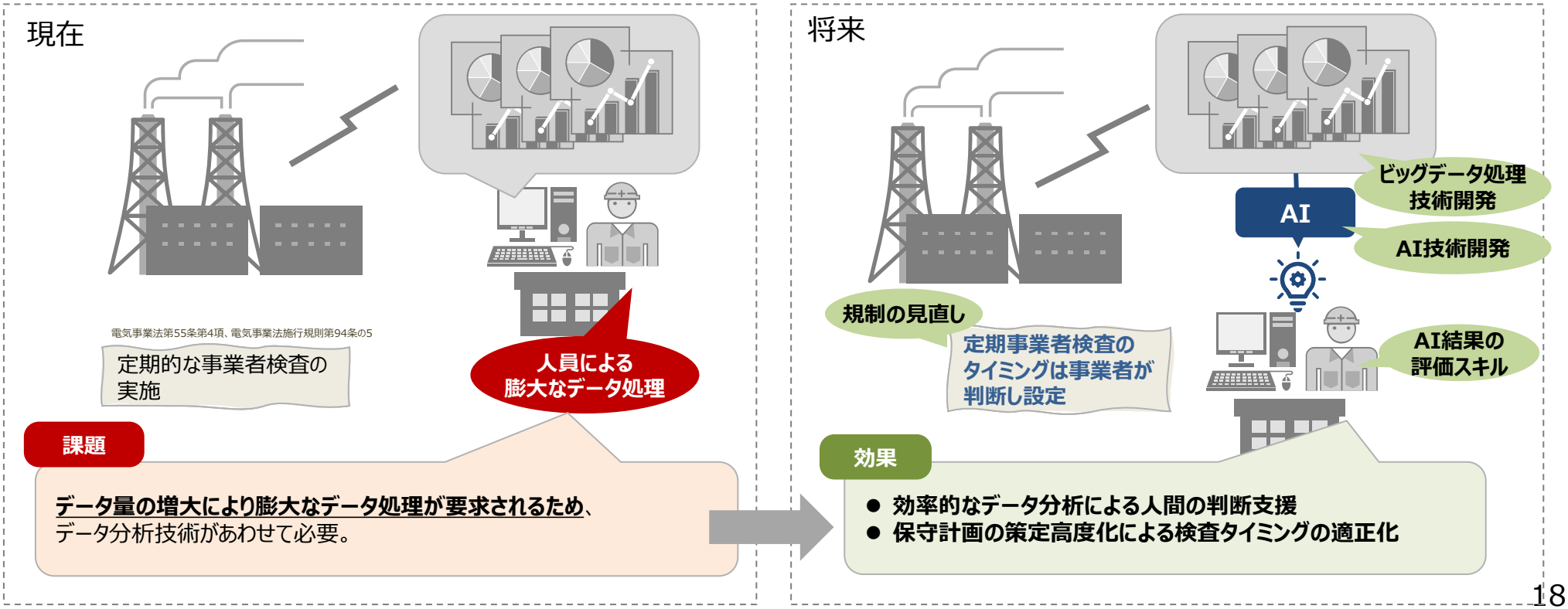
- 通常時も発電設備の常時監視制御及びその他の法令順守のために、**一定の職員が昼夜問わず常駐し、体制維持が必要**。
- 巡視点検・監視/制御といった保安活動のデジタル化・遠隔化ができれば、**巡視点検や監視/制御に係る適正体制の構築**が可能。
- 技術的には**現場のセンシング技術、サイバーセキュリティ**が必要。規制としては、**構内での常時監視**や安全管理審査におけるインセンティブ要件としての**１日に１回以上の巡視点検といった規制要件の見直し**が必要。また、火災予防や危険物管理等の観点から、応急時対応で求められる要件の整理とその評価ができれば、将来的には、発電所の無人化の選択肢の可能性もありうる。





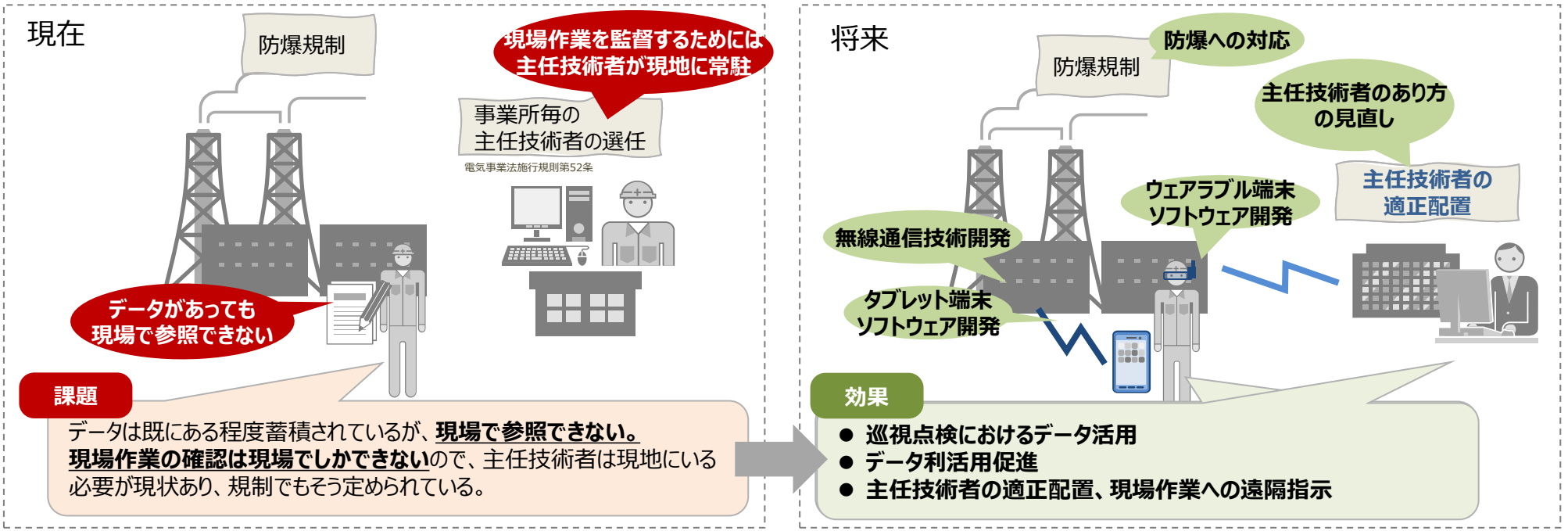
3-2. 火力発電分野における技術②AI活用による保安活動の判断支援

- センシング技術等により蓄積された**データが増大するにつれ、膨大なデータ処理も必要**。
- **AI活用によるデータ分析で人間の判断支援が行われる**ことにより、**データ活用の効率化**が可能。さらに、**異常予兆検知や保守計画策定への活用**など、AIの分析結果は幅広い活用方法が期待される。
- **ビッグデータ処理やAI技術の開発**が必要。また、**異常に係るデータの信頼性等が専門的見地から認められれば、安全管理審査・定期事業者検査周期の柔軟化の検討**に有効。



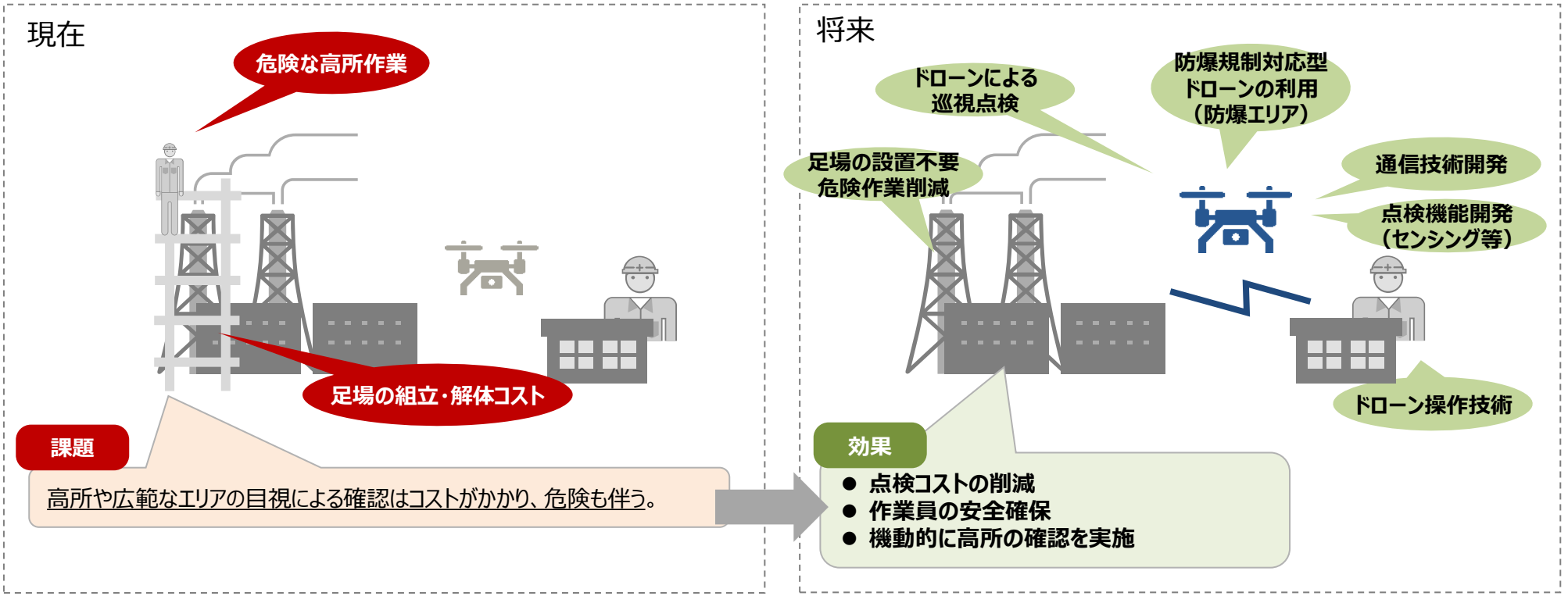
3-2. 火力発電分野における技術③デジタル端末の活用による現場作業高度化

- 現場では、**電子化されたデータがあっても現場で参照できない部分**や、**判断が個人の経験に依存する部分も存在。**また、**現場作業監督のため主任技術者が現地に常駐しなければならない**。
- タブレット端末やウェアラブル端末を用いることで現場でデータを参照したり現場や作業の状況を遠隔で確認することにより、**データ活用による現場作業の高度化**や**ベテラン作業員や主任技術者による遠隔の作業指導や現場確認**が可能。
- 防爆エリアでは防爆対応の電子機器の利用が求められている。また、デジタル端末による**遠隔化に伴い、緊急時対応等の課題を解決した上で事業所毎に設置していたボイラー・タービン主任技術者の適正配置ができる可能性**がある。



3-2. 火力発電分野における技術④点検におけるドローン活用

- **煙突等高さのある構造物やタンクヤード等は危険が大きく、安全対策のためのコストもかかる**。
- 各設備の劣化状況をドローンで撮影することにより、**移動・巡視時間の削減**、落下等の**労働災害の低減**、**難点検箇所における不具合の早期発見**、**足場の設置が不要になるため工事コストの削減**、**機動的な高所の確認**の実施が可能。
- **ドローン技術の実証等**、**ドローン操作技術の習得**が課題。また、防爆エリアでは、**防爆規制対応型ドローンの導入**が期待される。



【その他の課題】
ドローンの飛行許可には時間がかかり、特に、公共の安全確保に影響する場合において迅速な飛行が行えないことが課題。

3-3. 水力発電所の保安の将来像（2025年）

保安の課題

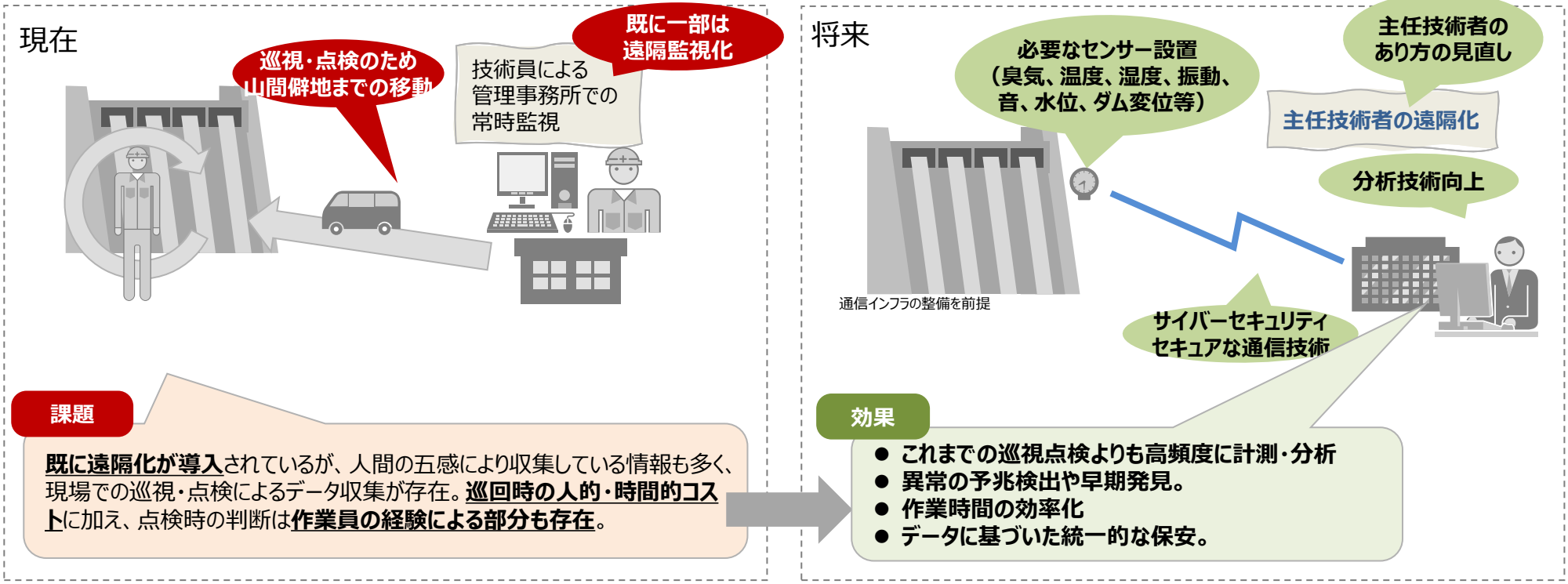
- 保安力の維持・向上を図ることを前提としつつ、設備高経年化や保安人材不足等の直面する課題への対応も必要。
- 水力発電所は、山間僻地に設置される場合が多く、その保守管理は台風や大雨などの自然条件に左右されるなど、時間的・人的負担が大きい。具体的には、①遠隔監視に加え、巡視点検を多いところでは月に数回実施。発電所・ダムまで数人が数時間かけて往復し、現場でのデータ収集など多大なコスト。②ダム等の点検におけるロープワークや水路水中部の潜水など、高い危険性。③自然条件により、数日間に渡る洪水吐ゲートの操作や、長時間にわたる取水口の除塵作業、冬季の除雪作業など、負担が大きい。

2025年の絵姿

- 2020年度に、水力発電設備のスマート化のガイドラインを策定し、スマート保安の導入を推進。2025年においては、すでに一定程度技術が確立し、導入の進むセンサーやウェアラブル機器について、現在の巡視点検における補完性・代替性を確認し、活用を促進することで、①遠隔監視の更なる高度化や、②点検時間等の削減により、保安に係るコスト合理化を目指す。また、有用であるが、現在確立していない技術（例：水中ドローンや機器の異常進展メカニズムに基づくデータ解析による点検時期の最適化等）の開発を促進する。
- スマート技術の活用を通じ、保安力の向上を図るとともに、異常の予兆を的確に把握することにより、計画的なメンテナンスに寄与することで、計画外停止の削減を目指す。

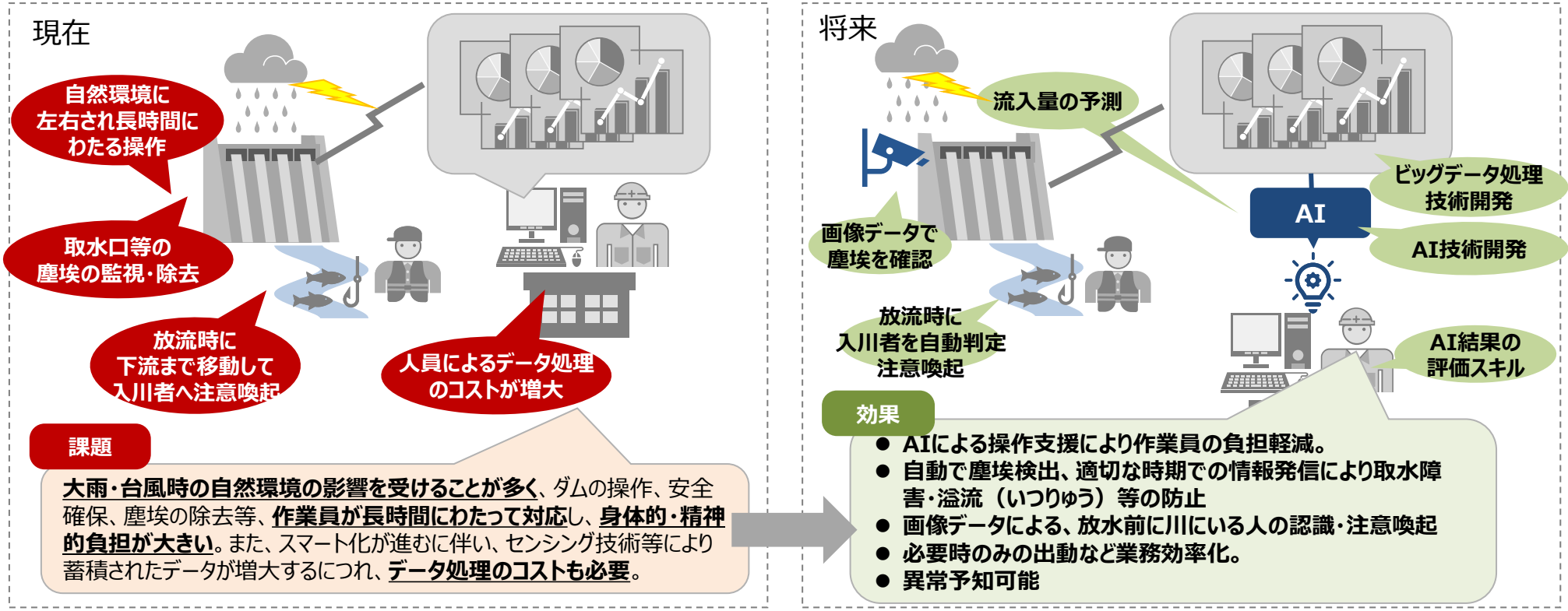
3-3. 水力発電分野における技術①巡視点検・監視/制御のデジタル化・遠隔化

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



3-3. 水力発電分野における技術②AI活用による保安活動の判断支援

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

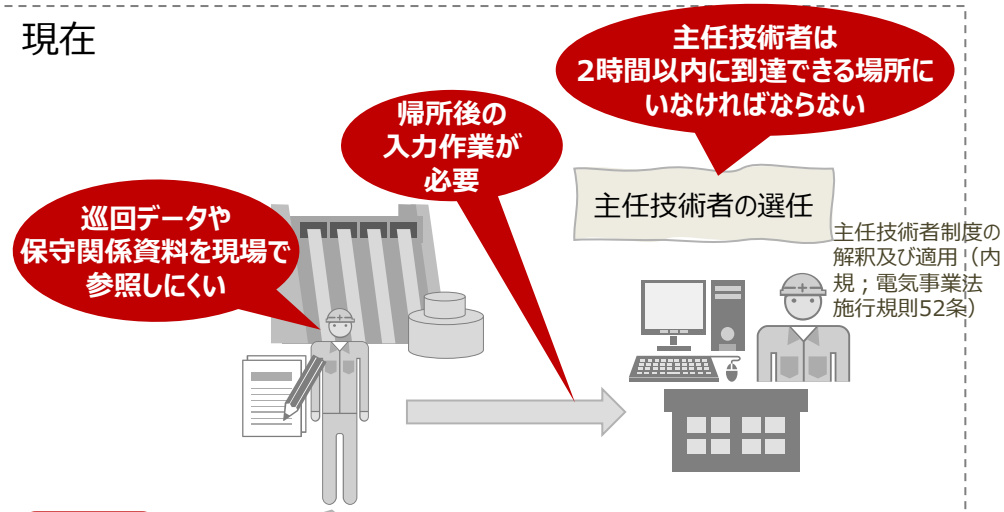


【その他の課題】
ドローンの目視外飛行の許可には時間がかかり、機動的な巡視・点検に活用できないことが課題。

3-3. 水力発電分野における技術③デジタル端末の活用による現場作業高度化

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

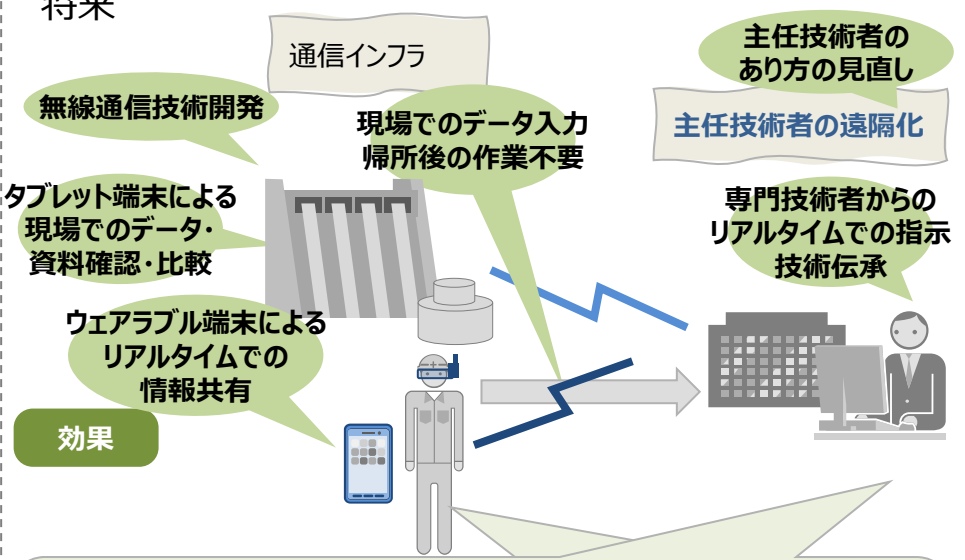
現在



課題

水力発電所は山間僻地にある場合もあることから、**移動時間のコストが大きく**、人材不足の中で、巡視点検において、保安レベルを維持しつつも**マンパワーの合理化が必要**。前回までの巡視・点検結果や障害履歴、各種図面等の保守関係**資料の確認を紙で行うことは非効率**。また、**帰所後に報告内容を改めてパソコンに入力するなどの作業が存在**。また、ある程度の遠隔監視は導入しているが、**主任技術者は2時間で到達できる場所にいなければならない。**

将来

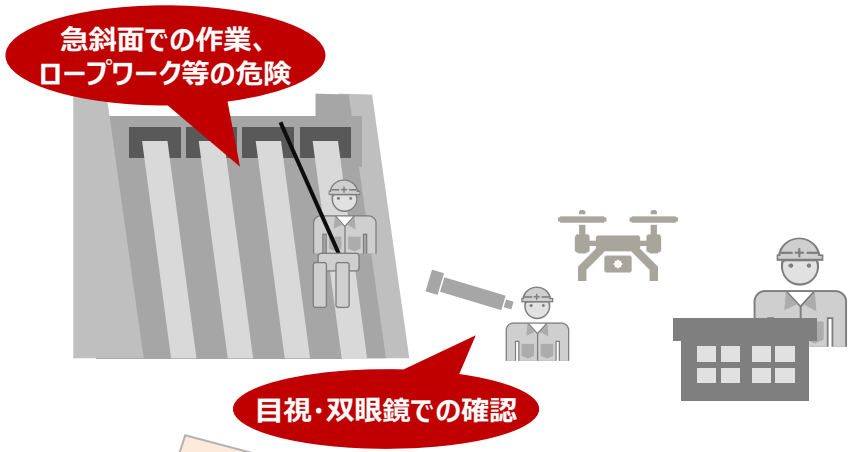


- **遠隔の技術者からの操作指示、監視。各種対応の省人化。**
- **異常の早期発見・対応。**
- **メーカ等との意思疎通の円滑化により、工期・工事関連人員の削減。**
- **現場で巡回データや保守関係資料の確認。**
- **数値データの入出力、比較、報告書の作成。**
- **帰所後の机上業務の削減。**

3-3. 水力発電分野における技術④点検におけるドローン活用

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

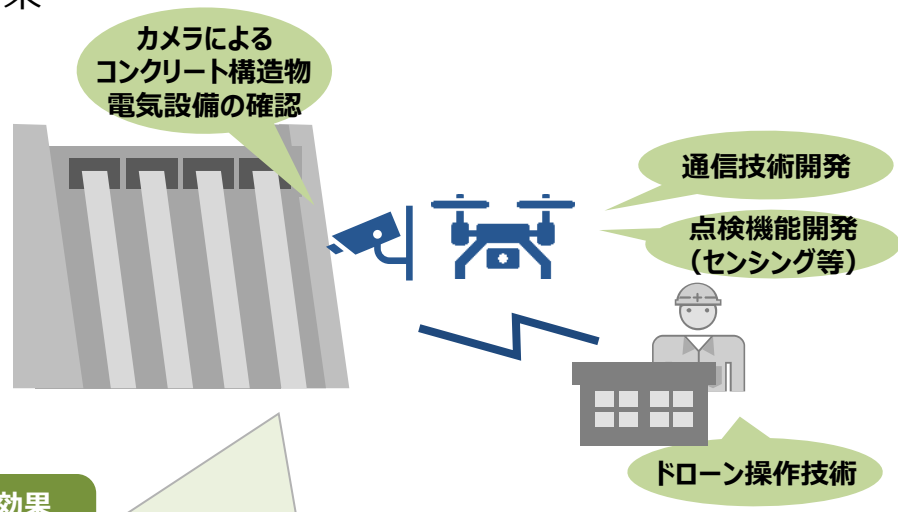
現在



課題

コンクリート構造物や電気設備の外観の巡視・点検では**目視や双眼鏡などを用い、時間も労力もかかる。高所からのロープワークや急斜面に設置された鉄管の点検など、危険作業**が存在。

将来



効果

- **移動・巡視時間の削減**
- **滑落・落下等の労働災害の低減**
- **難点検箇所における不具合の早期発見**
- **また発電停止時間短縮による収益の改善等の効果**

【その他の課題】
ドローンの飛行許可や、道路、河川の使用許可には時間がかかり、災害時等に迅速な飛行が行えないことが課題。

3-4. 風力発電所の保安の将来像（2025年）

保安の課題

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

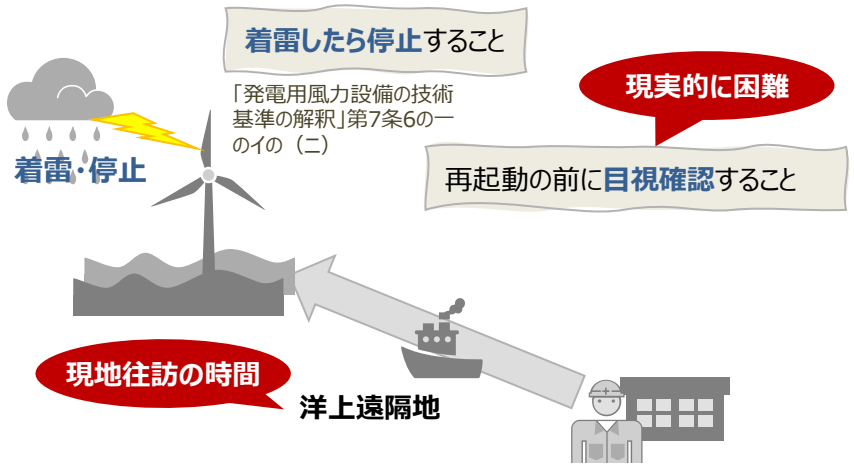
2025年の絵姿

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

3-4. 風力発電分野における技術①洋上風力での遠隔異常確認技術

- 日本のエネルギー政策において洋上風力の活用拡大は喫緊の課題である一方、遠隔地の洋上風力では、現地往訪が容易ではなく（往復時間、荒天時）、従来の陸上風力と同様の保守作業には事実上困難も多い。
- SCADA及びAI等の最新の分析技術を活用して**遠隔からの異常有無の確認**を行うことで、**現地往訪することなく着雷時等における実態的な安全性確認ができれば、遠隔での再起動が可能。**
- 現状では、一般的に**再起動時の目視確認が求められており**、洋上風力発電の運転環境を踏まえた再起動のための安全性確認及び**検査基準の考え方の整理**及び規制要件の見直し等が必要。

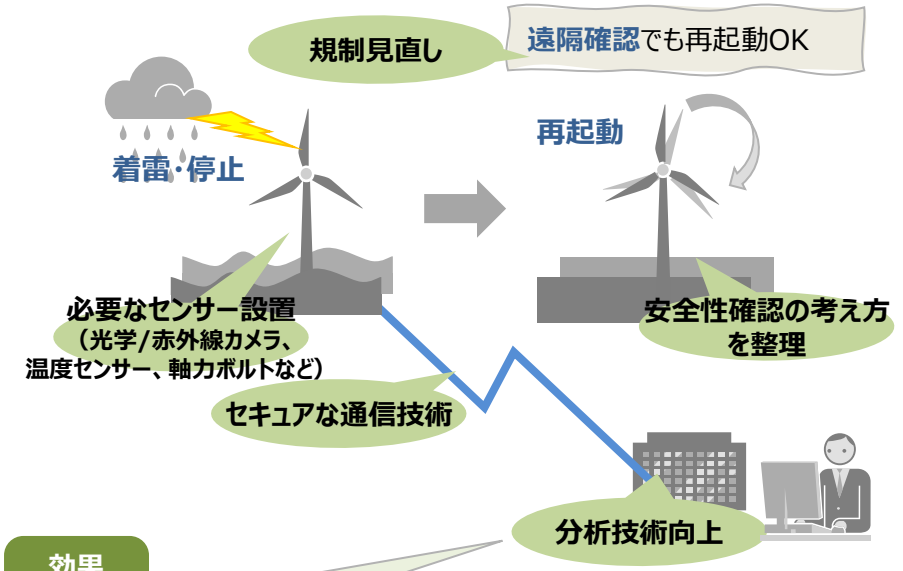
現在



課題

洋上風力は現地を**往復するだけで一日がかり**で**荒天の際には数日間近寄ることも出来ない**。落雷で発電停止するたびに**再起動のために目視点検が必要**とすると、陸上と違って設備近隣住民もいないし、ダウンタイムが徒に長くなるだけではないか。

将来



効果

- **遠隔からの迅速な安全確認**
- **現地への往復の合理化**
- **早期復旧・稼働率向上**

SCADAの分析・活用技術の拡大

各事業者が保有する損傷事例データの共有・整備

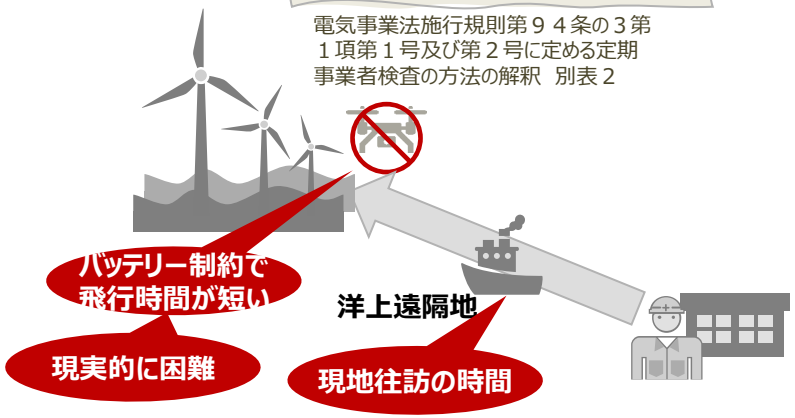
3-4. 風力発電分野における技術②洋上風力でのドローン巡視点検技術

- 日本のエネルギー政策において洋上風力の活用拡大は喫緊の課題である一方、遠隔地の洋上風力では、現地往訪が容易ではなく（往復時間、荒天時）、従来の陸上風力と同様の保守作業には事実上困難も多い。
- **<u>ドローンやROV（水中ドローン）技術を活用することにより、遠隔洋上風力発電設備での巡視点検・定期点検を高度化・合理化することが期待</u>**される。
- 現状では、**<u>ドローン自身の航続距離、自律飛行、点検能力に技術的な課題</u>**があるためこれらの技術開発が必要。

現在

定期事業者検査の実施
目視、触診、測定、試験、等

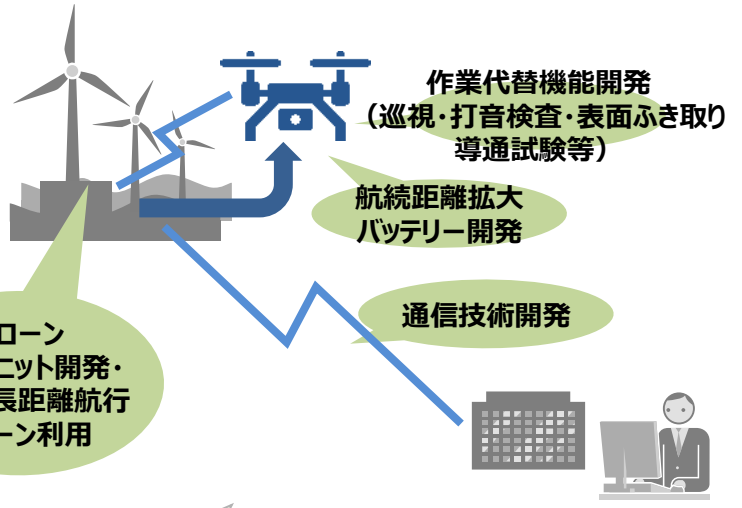
電気事業法施行規則第９４条の３第１項第１号及び第２号に定める定期事業者検査の方法の解釈　別表２



課題

<u>遠隔地</u>にある洋上風力設備への巡視点検や事業者検査を実施することは**<u>大きなコスト・作業時間を要する</u>**。

将来



SCADAの分析・活用技術の拡大

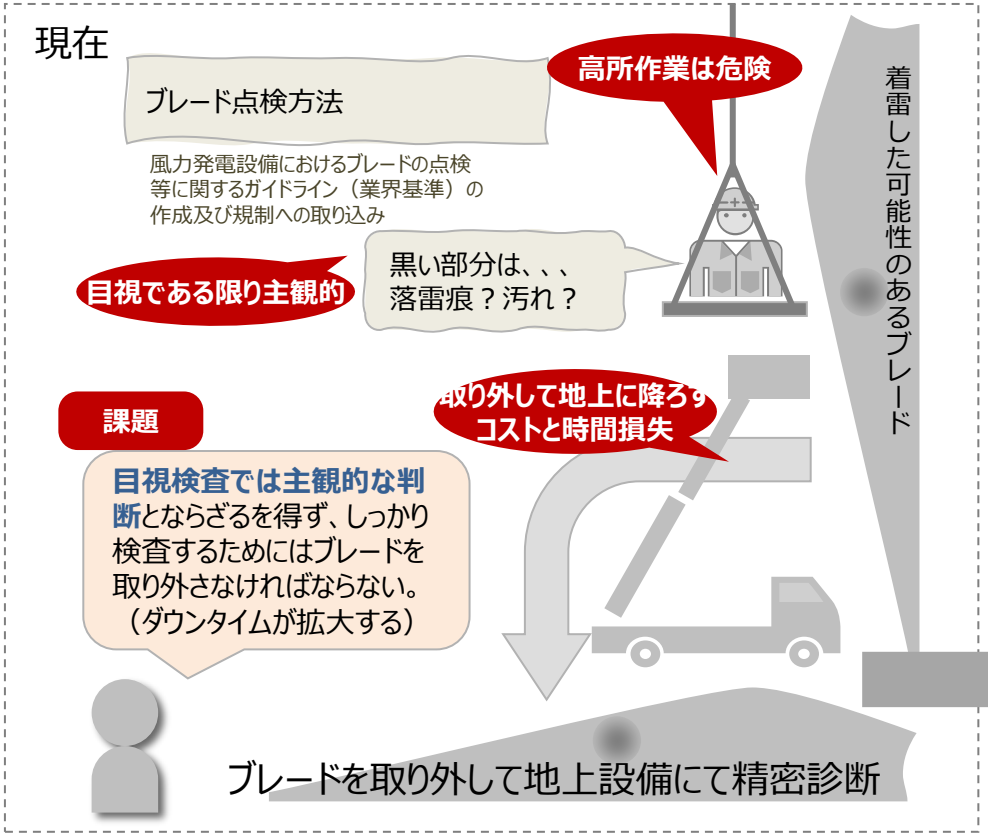
効果

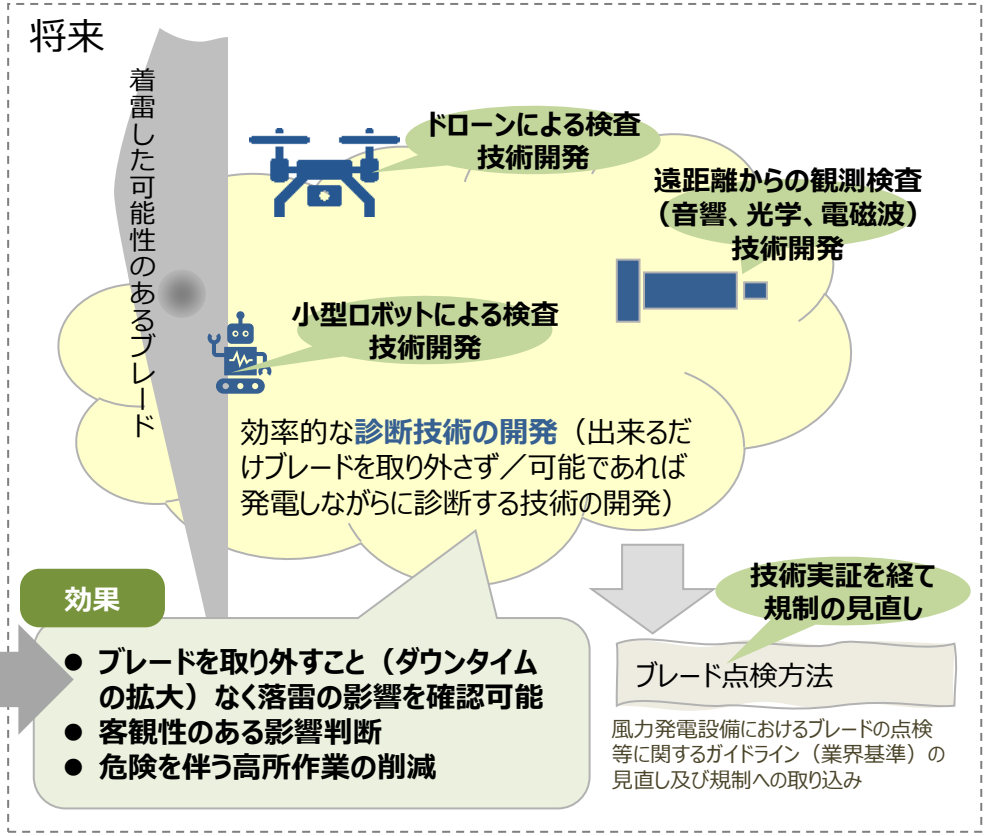
- **ドローンによる設備の巡視確認・点検の実現**
- **現地で完結したシステムで現地往訪作業の合理化**

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

3-4. 風力発電分野における技術③ブレード健全性診断技術

- 日本では落雷等を要因とするブレードの折損事故が無くならない一方で、着雷した可能性のあるブレードの健全性確認の方法が基準化されておらず（主観的）、**ロープワークによる高所での近接確認は危険**を伴い、また**精密検査をするためにはブレードを取り外す必要がありダウンタイムの拡大**に繋がっている。
- ブレードへの落雷後等に活用可能なブレードの点検・補修ガイドラインは作成を行っているところ。同時にブレードの健全性診断を行うための**抜本的により効率的な技術開発（非破壊・非接触検査手法、可搬型検査機器（ドローン搭載可能）の開発等）**が期待される。
- 現在のボトルネックは技術開発であり、その後、必要に応じて規制の見直しを検討する必要。





3-5. 太陽電池発電所の保安の将来像（2025年）

保安の課題

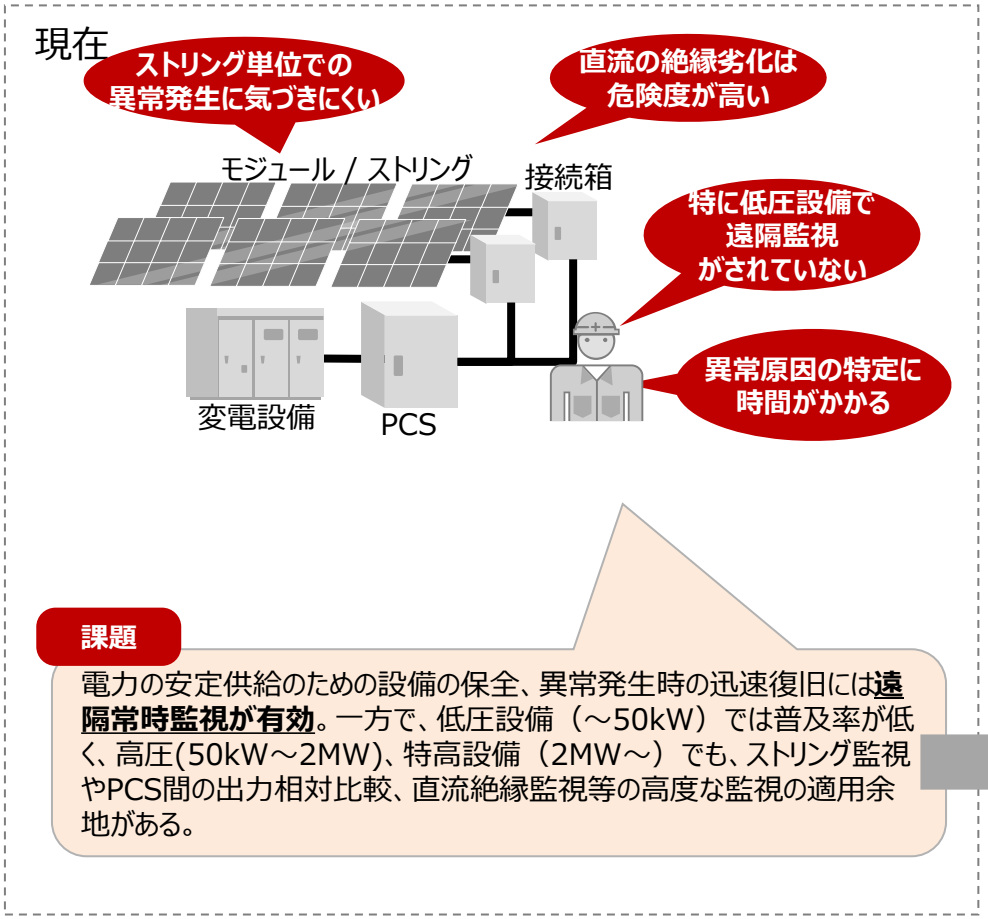
- 太陽電池発電設備については導入が順調に進捗。低圧設備（≒小出力発電設備）から高圧（２MW未満）、特別高圧（２MW）と設備のレベルの差異に応じて、参入する事業者も多様化の傾向。
- 太陽電池発電設備は、①回転機による発電機構がなく、直流発電を行う太陽電池モジュールと、直流を交流に変換するPCSを有する他、 ②アレイサイトでの目視点検（モジュール表面）が必要。また、③近年、住居等から離れた地区への設置も増えており、災害等緊急時の対応も課題。

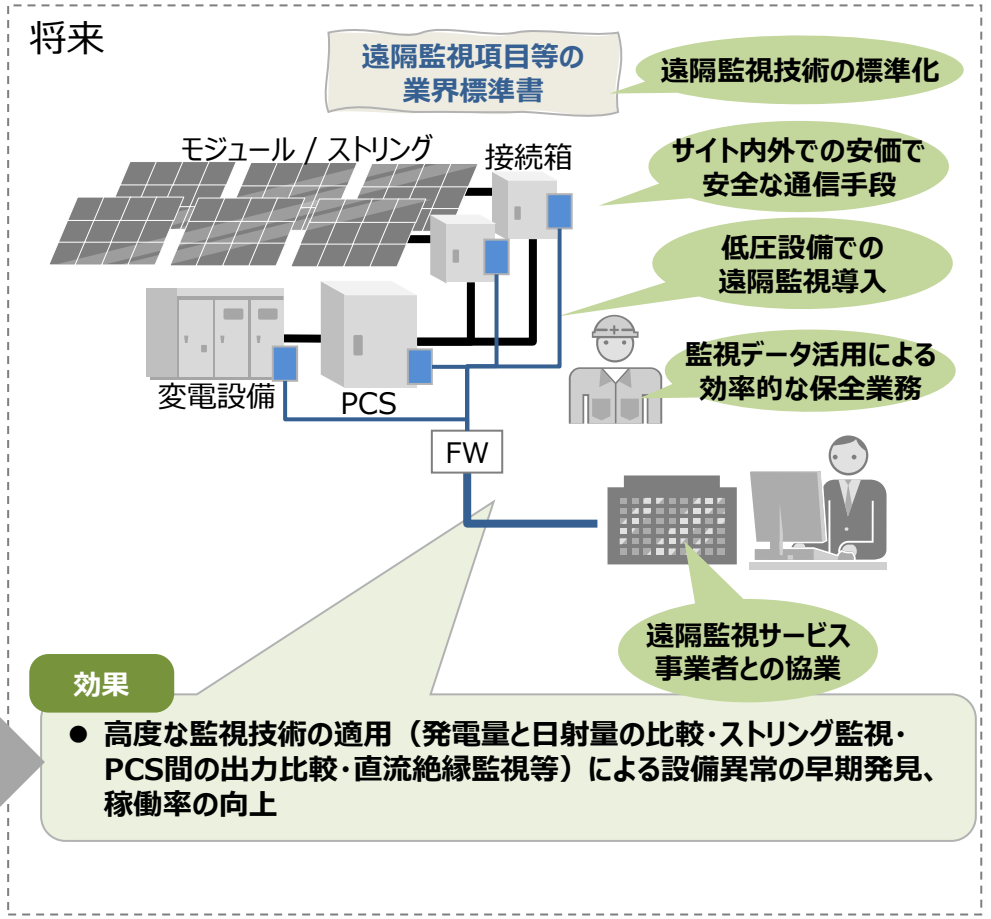
2025年の絵姿

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

3-5. 太陽電池発電分野における技術①遠隔常時監視の普及

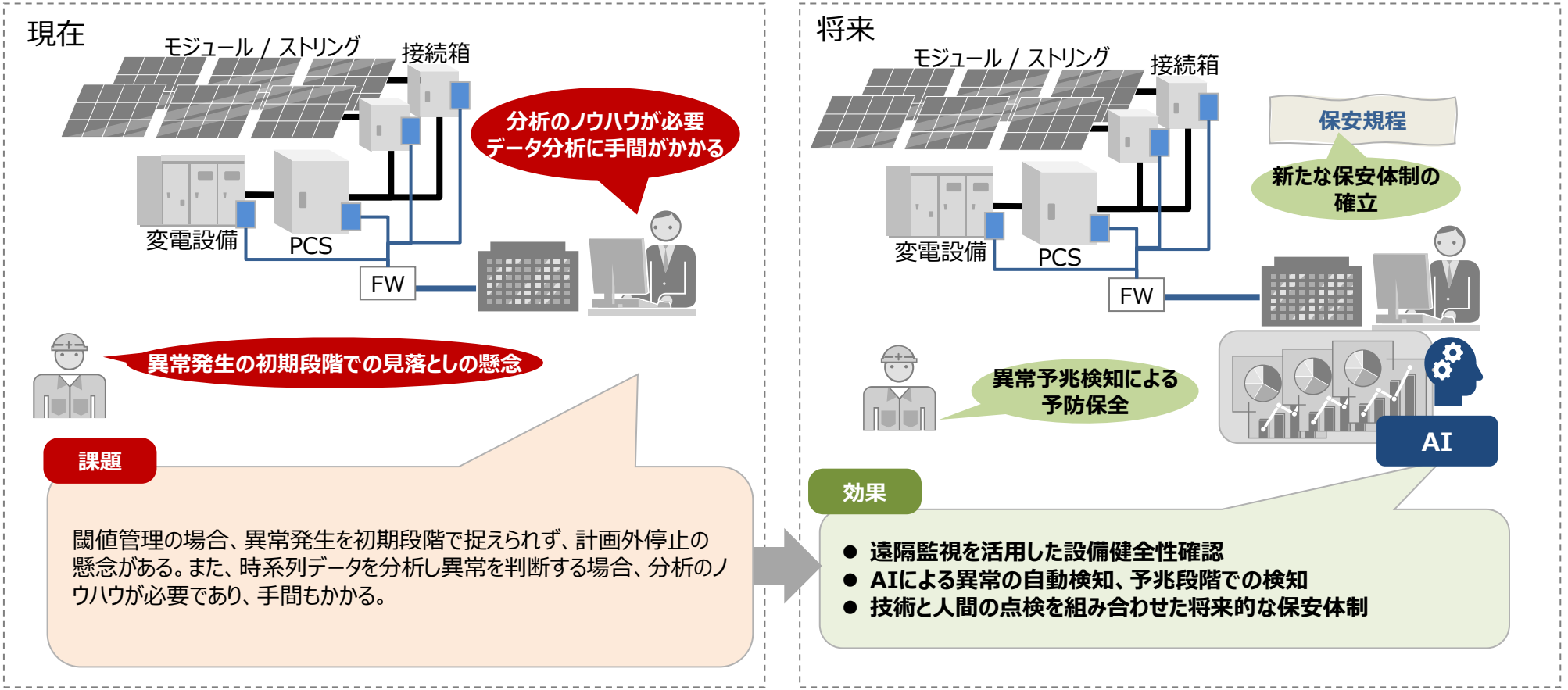
- 太陽電池発電の主力電源化に向けて、設備異常の早期発見による稼働率の向上、設備異常箇所の事前把握による現場復旧作業の迅速化、災害後の迅速な健全性把握などが課題である。
- 太陽電池発電分野において**遠隔常時監視技術を広く普及（低圧設備での遠隔監視の普及拡大、高圧・特高設備での高度な監視技術の導入）**させることで、保安力と稼働率の向上が可能となる。
- 太陽電池発電事業者に対して遠隔常時監視技術の**導入意義**を明確化することが必要。





3-5. 太陽電池発電分野における技術②データ分析による保安高度化

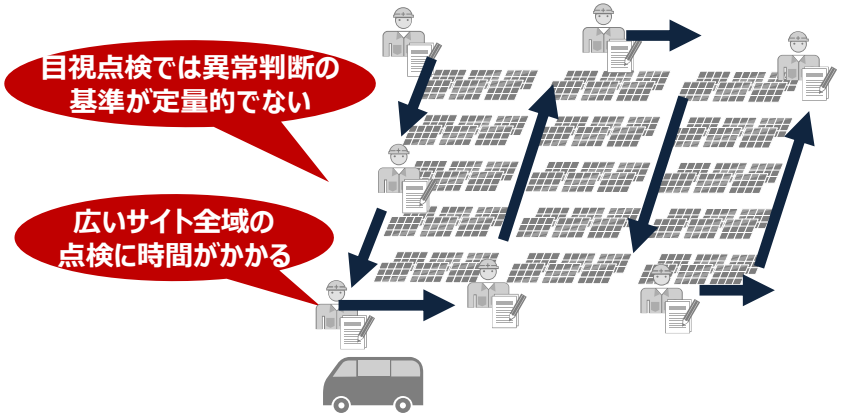
- 太陽電池発電の主力電源化に向けて設備異常の早期発見による稼働率の向上が重要となるが、現在は遠隔常時監視技術が導入されている発電所においても**取得したデータの活用が十分になされていないという課題**がある。
- データの活用によって、**各種の統計分析やAIによる異常予兆検知など**が技術的には一定程度可能となっている。



3-5. 太陽電池発電分野における技術③巡視・点検でのドローン・ロボットの活用

- 太陽電池発電所ではモジュール等の設備が広域に設置されるため、**現場での点検業務に時間がかかり負荷が大きく**、また自然災害発生後の復旧においても、**現場確認をより迅速に行う必要**がある。
- 保安水準を維持・向上しつつ、**現場での点検業務を高度化できるドローン・ロボットの活用**が期待される。

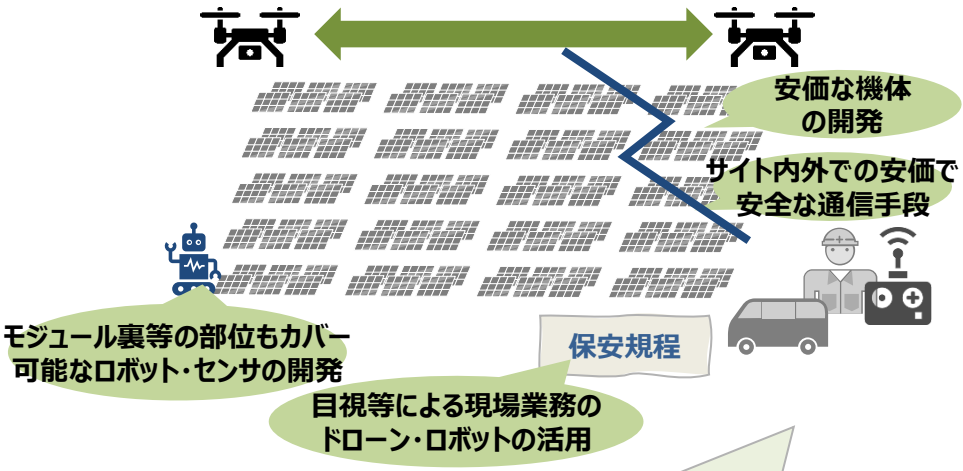
現在



課題

月次点検では現場のモジュールや接続箱等を目視によって確認するが、これらは**広域に設置されており作業員の負荷が大きい**。また、**台風や落雷の発生後の現場確認にも時間がかかる**。

将来



効果

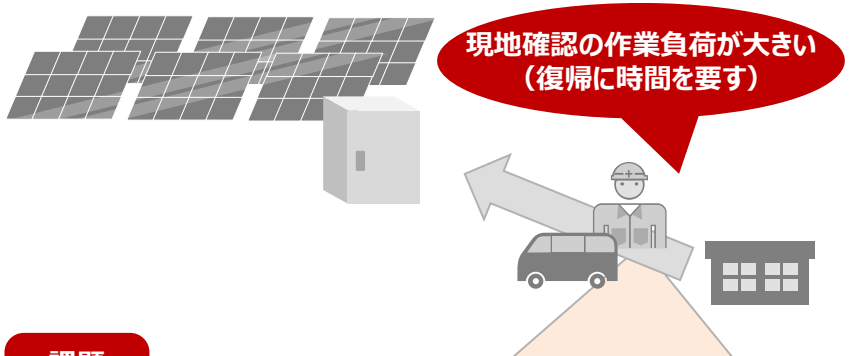
- **自律飛行によるデータ取得・伝送で短時間で広範囲の保安管理が実現。**
- **台風や落雷後の現場確認の迅速化。**
- **特定の項目については、通常画像・熱画像撮影等によるセンシングで目視よりも高精度かつ定量的に異常を判断可能。**

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

3-5. 太陽電池発電分野における技術④PCS遠隔復帰の普及

- 太陽電池発電の主力電源化に向けて稼働率の向上が重要となるが、トラブル等停止時の並列復帰動作で必要となる手続きは系統側の電気事業者によって異なる基準となっており、**遠隔でのPCSの復帰操作が許可されていない地域**も多い。
- 遠隔でのPCSの復帰操作については技術的には可能な状況となっており、一部地域では導入されている。
- 遠隔でのPCSの復帰操作について、遠隔での停止原因の特定方法を含め、条件等を整理することで**技術の社会普及を促進**する。

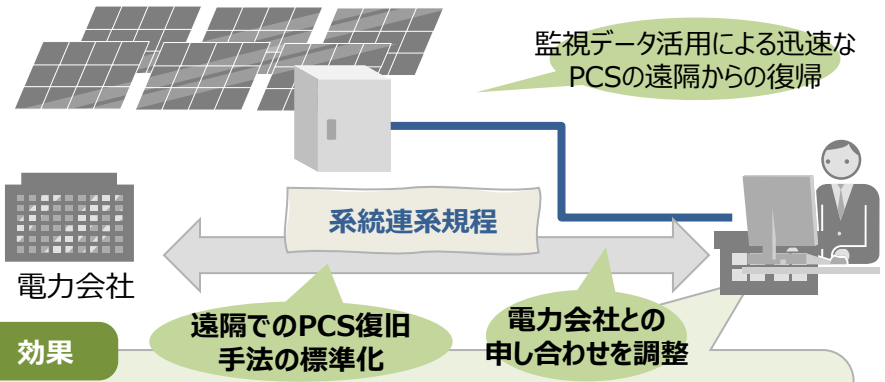
現在



課題

系統側の停電等に伴ってPCSが停止しそれを復旧しようとする際、**多くの場合で現地確認が必要となっており**作業負荷が大きい。今後太陽電池の普及が進んだ際には、現地確認のための人員の確保が難しく迅速な復旧が妨げられる可能性がある。遠隔監視データから健全性等を確認し遠隔操作によって並列復帰動作ができるとよい。

将来



効果

- **PCS停止時の迅速な自動復帰が可能**

3-6. 送配電・変電設備の保安の将来像（2025年）

保安の課題

- 送配電・変電設備は発電設備と比較して設備数が多く、高所・僻地・地中などでは特に巡視点検に係る時間的・人的負担が大きい。
- 送配電・変電設備について、①高所や地中等、巡視点検実施にあたり作業安全上配慮が必要な設備が多い他、 ②設置後50年を超える高経年化設備も増えており、従来より高度な設備維持管理が必要。

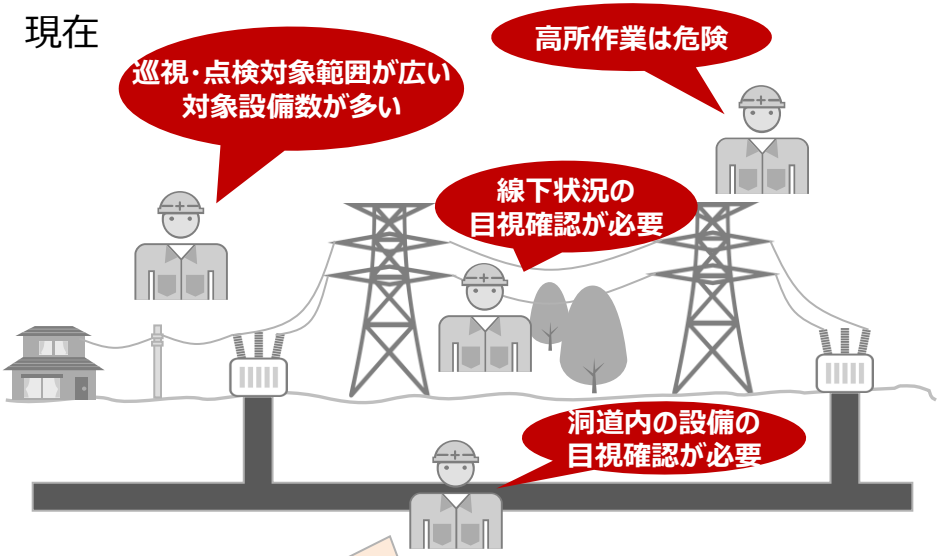
2025年の絵姿

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

3-6. 送配電・変電分野における技術①遠隔監視による巡視・点検等の効率化

- 山岳地帯、高所、地中等での送配電・変電設備の**巡視・点検には危険が伴う**。また、**巡視・点検対象の範囲が広く、設備数も多い**ため**作業員の負荷が大きい**。
- 変電所におけるセンサー・ネットワークカメラの増設、ロボット・ドローンの活用、ウェアラブル機器を用いた巡視・点検、センシングデータの遠隔伝送等により、**事故・故障発生箇所を迅速に特定**することが可能となる。
- 設備数が多いため、センサー増設だけではセンサー管理作業が新たに発生することとなり効率化に繋がらない。**効率的・効果的な新技術の導入**が求められている。

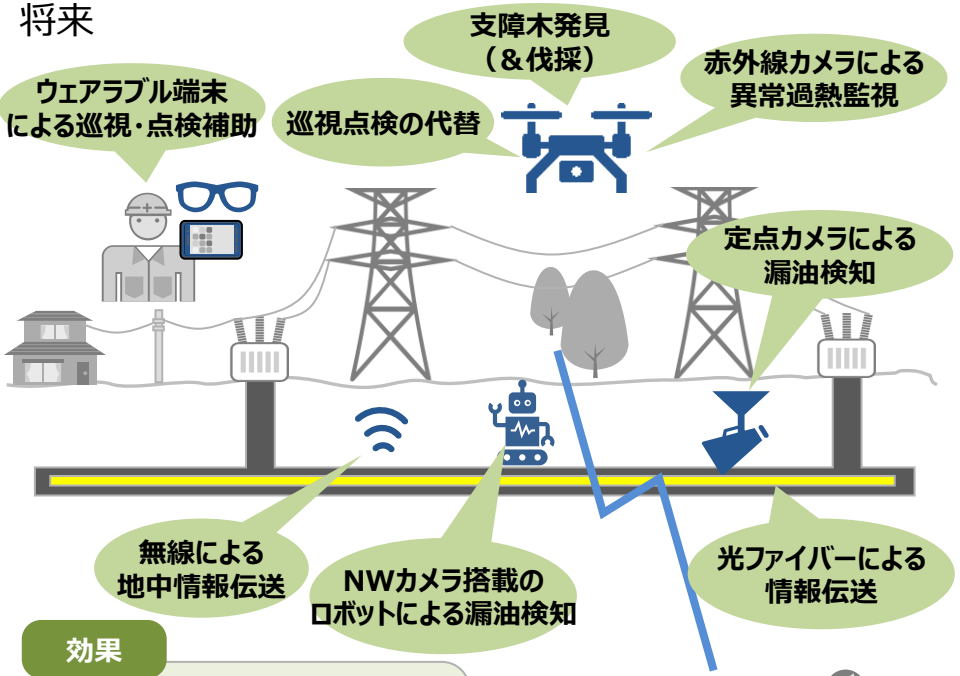
現在



課題

台風、暴風等の気象異変時や電気事故発生時に**事故発生箇所を発見するために現地で目視点検**を行っている。鉄塔点検時の昇塔作業等は**作業員の危険**が伴う。送配電・変電設備の点検対象は広範囲であり、設備数も多いため、**効果的な先進技術導入が課題**となっている。

将来



効果

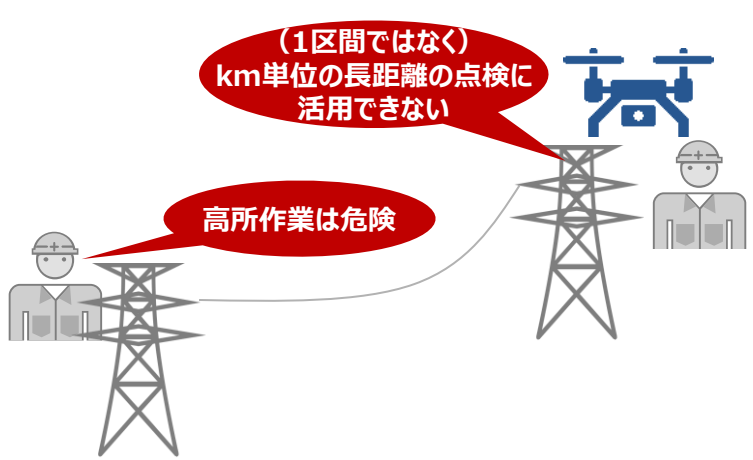
- **遠隔からの迅速な安全確認**
- **現地への往復不要**
- **早期復旧・稼働率向上**

最適な**データ収集手法**の開発

3-6. 送配電・変電分野における技術②巡視・点検におけるドローン技術活用

- 山岳地帯、高所、地中等での送配電・変電設備の**巡視・点検には危険が伴う**。また、**巡視・点検対象の範囲が広く、設備数も多い**ため**作業員の負荷が大きい**。
- **ドローン技術を活用することにより、送配電・変電設備での巡視点検・定期点検の一部を代替することが期待**される。
- 現状では、**ドローン自身の航続距離、自律飛行、点検能力に技術的な課題**があるためこれらの技術開発が必要となる。

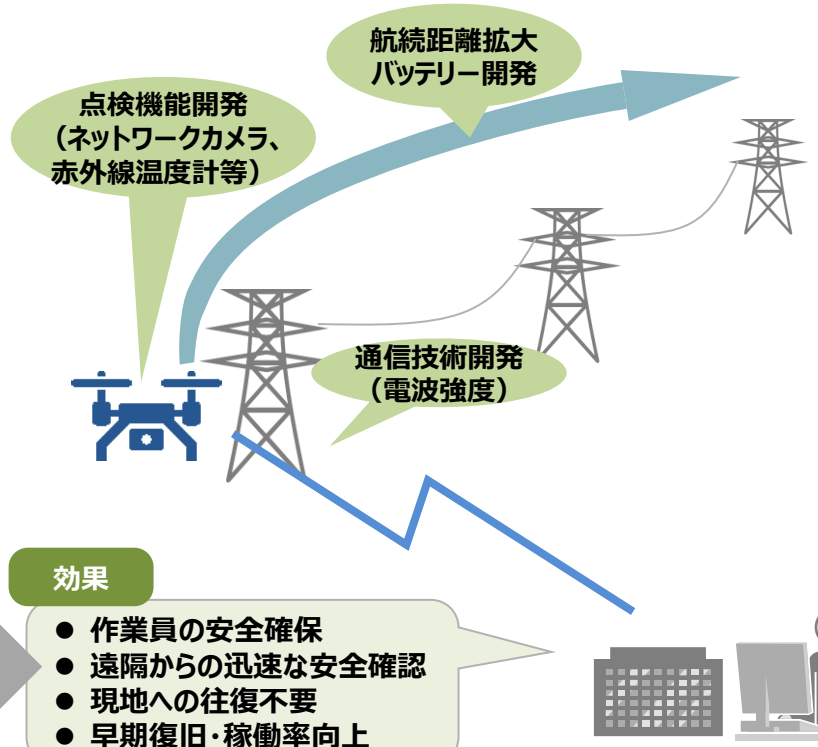
現在



課題

台風、暴風等の気象異変時や電気事故発生時に**事故発生箇所を発見するために現地で目視点検**を行っている。鉄塔点検時の昇塔作業等は**作業員の危険**が伴う。ドローン利用を部分的に開始しているが、**航続距離が短い**ことや、**目視外飛行が制限されている**ことなどから活用拡大には課題がある。

将来



効果

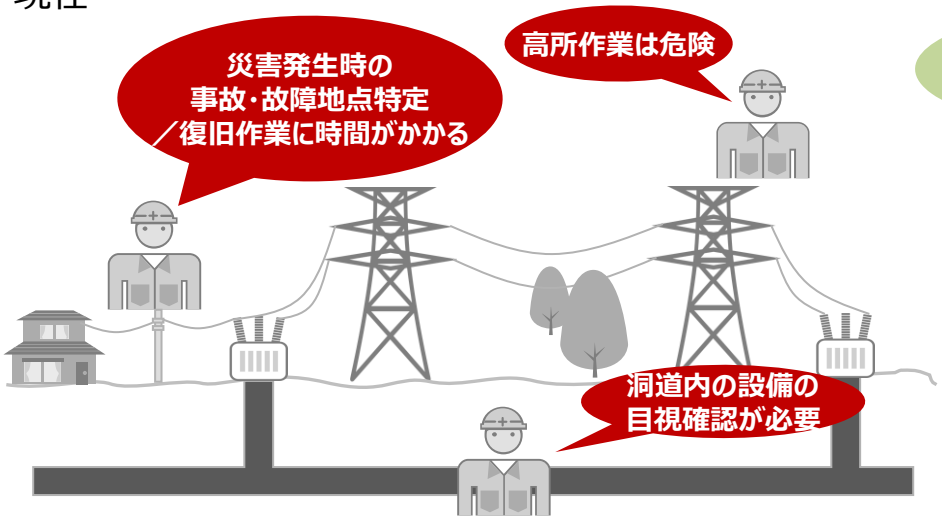
- **作業員の安全確保**
- **遠隔からの迅速な安全確認**
- **現地への往復不要**
- **早期復旧・稼働率向上**

【その他の課題】
ドローンの目視外飛行の許可には時間がかかり、機動的な巡視・点検に活用できないこと、万が一の墜落時の公衆災害緩和，飛行周辺住民の不安解消が課題。

3-6. 送配電・変電分野における技術③AI等活用による故障予兆把握・災害対応

- 定期的に巡視・点検により設備機器の保守・点検を実施しているが、設備設置範囲が広く、設備数が多い。また、自然災害時には、現場に向かうことが困難な状況となり事故発生箇所の特定や状況把握に時間を要することが多い。
- **AI・ビッグデータを活用**することにより、**余寿命予測の精度が向上**すれば、**巡視・点検、設備機器保守の最適化**が期待できる。これらの活用には、**多くのデータの蓄積が必要であり、業界全体でデータの蓄積・共有ができる仕組み**が求められる。また、**災害発生時には衛星画像を利用**することで早急な事故・故障対応が可能となる。
- センサー・カメラの設置にあたっては、設備機器の対象が広範囲であるため、分析・予測技術の開発と合わせて、サイバーセキュリティ確保とコスト性能を鑑みた**最適なデータ収集手法およびデータストレージ方法の開発の開発**が求められる。**衛星画像等の災害時に利用可能なデータ**について設備の基本的状態が把握できる程度の解像度を有した低コストで利用可能な**データ共有の仕組み**が求められている。

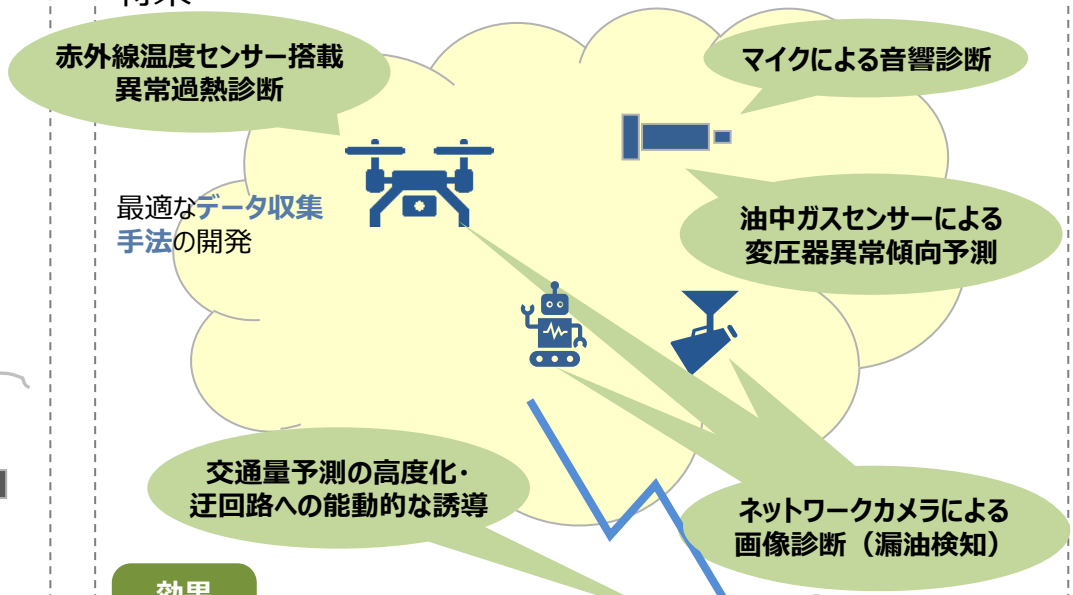
現在



課題

定期的に巡視・点検により設備機器の保守・点検を実施しているが、**設備設置範囲が広く、設備数が多い。**また、**自然災害時には、**現場に向かうことが困難な状況となり**事故発生箇所の特定や状況把握に時間を要する。**また路上設備は、**道路規制により年末・年度末の作業不可や夜間作業**となることが多い。

将来



効果

- **作業員の確保**
- **作業員の安全確保**
- **遠隔からの迅速な安全確認**
- **現地への往復不要**
- **早期復旧・稼働率向上**

3-7. 需要設備の保安の将来像（2025年）

保安の課題

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

2025年の絵姿

- 2020年度には、月次点検の遠隔代替が可能であることが第三者により認証された製品（スマートキュービクル）を導入した場合、外部委託における需要設備の月次点検において、遠隔点検への代替を可能とする所要の改正を行う。また、既設キュービクルに対する遠隔代替や、受電設備のサイバーセキュリティについても検討を進めていく。
- 月次点検を遠隔代替することにより、現場への移動時間及び作業時間の削減が期待される。
- スマート技術の導入により、事故率の低減を目指す。

3-7. 需要設備分野における技術　遠隔監視技術

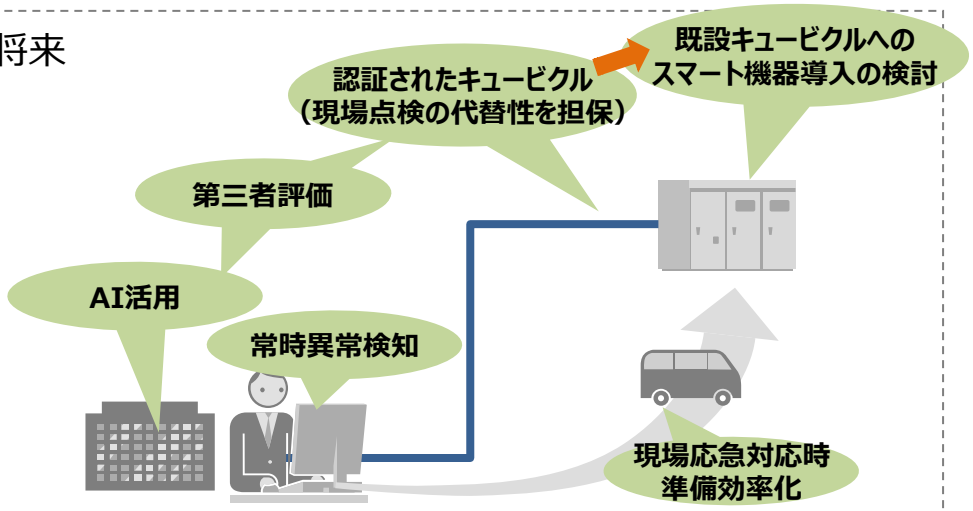
- 電気保安人材不足が予測される中、現場巡視点検の効率化が喫緊の課題。
- **遠隔常時監視技術を活用**することで、**現場巡視点検の遠隔代替や作業の合理化**及び**異常予兆検知による事故の低減が期待される。**
- 外部委託承認制度においては点検方法等が規定されているため、現場巡視点検の遠隔代替には制度の見直しが必要。そのためには、新しい遠隔監視技術の人間による巡視点検作業の一部代替可能性について第三者評価などが必要。

現在

課題

- 巡視点検のために現場往訪が必要（人材不足）
- 駆けつけ対応時は現地に着くまで詳細状況が不明

将来



効果

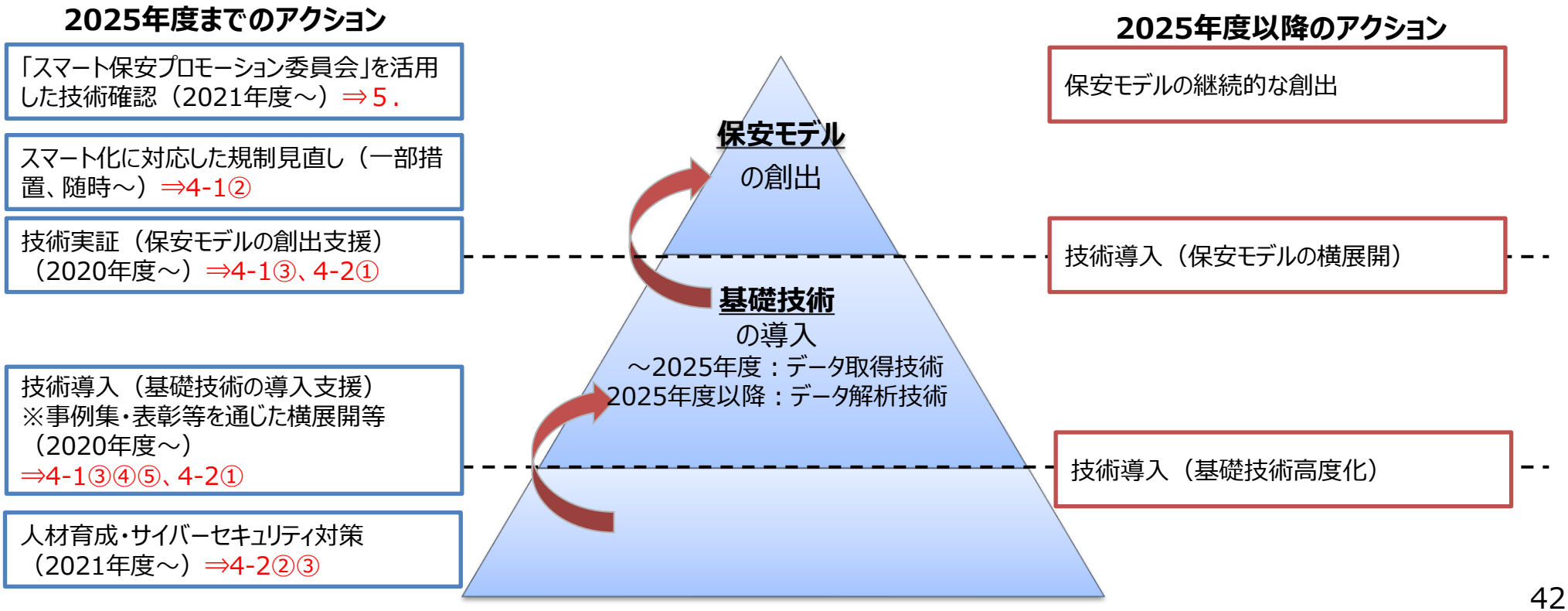
- **点検作業の合理化・省力化**
- **遠隔地で現場の状況を集中監視し、駆けつけ対応時は現場に着くまでに状況把握**

電気保安分野におけるアクションプラン（案）

４．新技術の実用化・導入に必要な取組

4．アクションプランの実行方針

- 電気保安分野におけるスマート保安の推進に向け、まずは2025年度を目処に以下の取組を官民協同して進めていく。
  - ➢データ取得用の技術（IoT（センサー）、ドローン）といった基礎技術の導入促進を図る。
  - ➢スマート保安に係る新技術（AI、IoT、ロボット、ドローン等）を組み合わせた新しい保安モデルの創出を図る。
  - ➢新しい保安モデルの実現に向け、必要な規制の見直しや、人材の育成を図る。
- 2025年度以降は、それまでに確立した新しい保安モデルの横展開を中心とした取組を図る。



4-1. 新技術の実用化・導入に必要な官の取組

- 保安の高度化、合理化を進めていくために、技術の導入に当たって必要な官の取組は以下の通り。

1. 設置者へのスマート保安の理解促進

- 外部委託を行っている自家用電気工作物の設置者にスマート保安のメリットについて、周知活動を継続的に努めていく。

2. スマート保安に対応した規制の見直し

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

3. 技術実証・導入

- 引き続き民間における産業インフラの遠隔監視・制御、AIによる設備点検作業の自動化などスマート保安の技術実証を支援していくとともに、スマート保安の導入を促進する。

4. スマート保安の導入に関するガイドライン・事例の横展開

- これまでのスマート保安実証事業の成果等も踏まえつつ、ICT等を活用した遠隔保守を導入する際に参考となるガイドライン・事例の横展開を行う。

5. 表彰制度

- インフラメンテナンス大賞など、電気分野のメンテナンスにおける優れた取組や技術開発を行う事業者を表彰し、ベストプラクティスとして広く紹介。

4-1. 官の取組①設置者へのスマート保安の理解促進

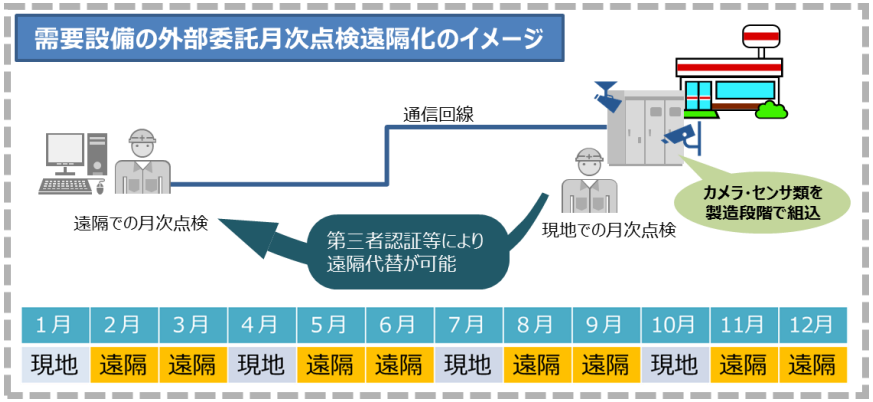
- 自家用電気工作物のスマート保安については、設置者によるスマート保安技術の導入が必要。
- スマート保安技術の導入・拡大のため、設置者のスマート保安への一層の理解を促進すべく、関係業界団体とも協力しつつ、スマート保安のメリットについて、周知活動を継続的に努めていくこととする。

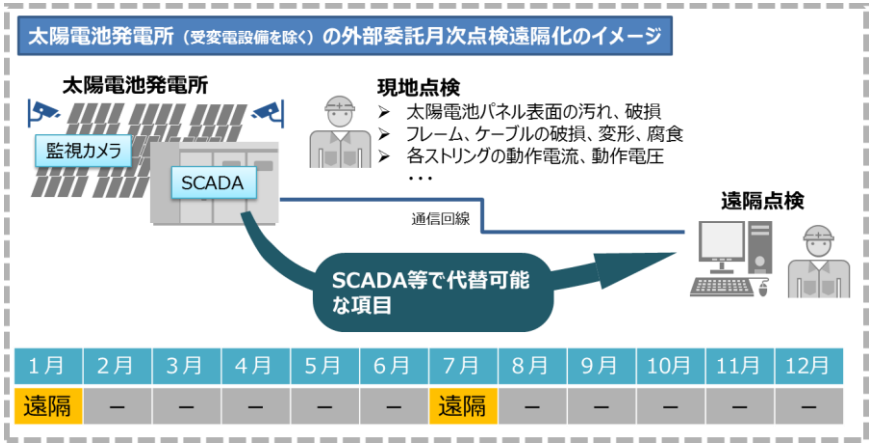
＜周知方法案＞

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

＜周知内容の例＞

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





4-1. 官の取組②スマート保安に対応した規制の見直し（概要）

- 規制の総点検を踏まえ、電気事業者等にアンケートやヒアリングを実施し、スマート保安導入の課題となる法令等を整理。
- IoT技術を活用した、火力発電設備における発電所構外からの遠隔での常時監視・制御や、外部委託承認制度における需要設備の月次点検の遠隔代替を可能とする。
- 引き続き、スマート保安に対応した規制となるよう、見直しの検討を行っていく。

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

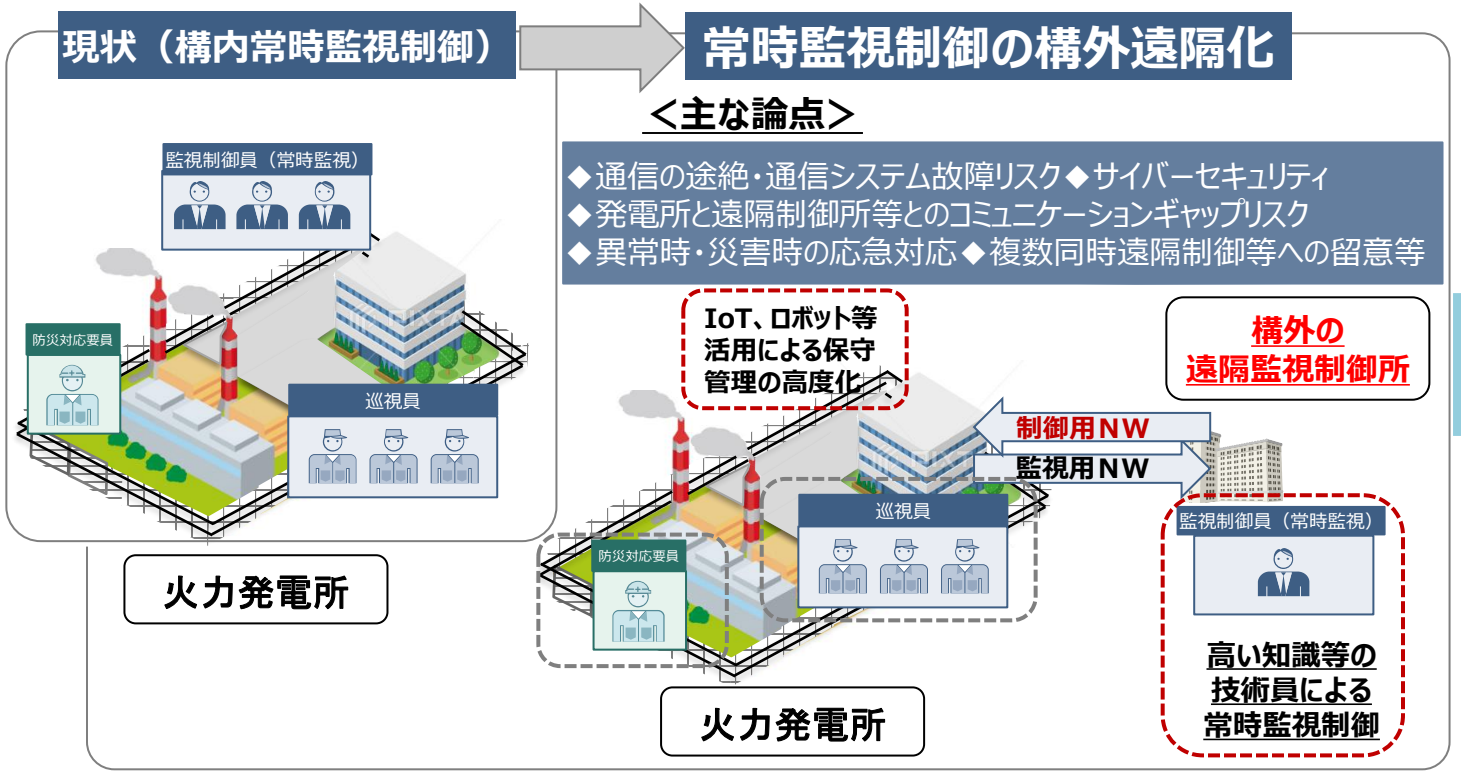
（参考）火力発電所における常時監視制御の遠隔化

■ 一定規模等の火力発電所*は、異常時に確実な早期発見・制御が必要とされることから、発電所構内において技術員の常時監視・制御が求められている**。

＊全ての汽力発電所及び定格出力1万kW以上のガスタービン発電所
**電気設備の技術基準を定める省令第46条に規定。

■ **IoT技術等の進展や活用**により、**発電所構外からの遠隔での常時監視・制御が可能**となるとともに、**保守・管理の高度化も期待される**ところ。

■ 今般、**一定の留意事項の下で、異常時の制御等の安全確保も含めた常時監視・制御の遠隔化は可能**との事務的検討結果を踏まえ、**関連規程類の改正**や事業者向けの**遠隔化導入に係る手引き書**を**2020年度内に策定・公表**する予定。



（出典：新エネルギー等の保安規制高度化事業委託調査（火力発電所の遠隔監視に向けた要件等検討事業）改）

導入に当たっての環境整備

◆電技・解釈の改正

- 電技省令第46条第一項に「確実な常時監視及び異常時の安全・確実な制御・停止措置が行える発電所の場合、同一構内等での常時監視を求めない旨」を追記。
- 電技解釈に「汽力・ガスタービン発電所の常時監視制御を遠隔化の要件（異常時に安全かつ確実に制御・停止できるよう措置等）」を追記。

◆遠隔化導入に当たっての「手引き」の策定

- 遠隔化導入事業者向けの留意点（通信システムの事故・故障、サイバーセキュリティ、コミュニケーションギャップ、異常時・災害時の対応等）
- あらかじめのリスク評価の実施
- 行政手続き　等

をまとめた手引きを策定。

（参考）外部委託承認制度における需要設備の月次点検の遠隔代替

- 外部委託承認制度における月次点検の要件は、主任技術者制度の解釈及び運用（内規）において規定。月次点検の遠隔代替についても、同内規で規定することを想定。
- スマートキュービクルの開発・製造を促すため、**令和２年度中の改正を行う。**

（月次点検の遠隔代替に係る内規の改正案）

① 設備構成として、以下の設備を有しているものとする。
- ●高圧受変電設備を遠隔で監視する装置
- ●負荷設備を遠隔で監視する低圧電路絶縁監視装置
- ●監視情報を伝送できる通信回線

② **月次点検のうち問診についても電話やWeb会議等での遠隔化を可能**とする。
ただし、設置者は需要設備が設置された事業場で問診を受けることを原則とする。

③ 地絡保護継電器付ＰＡＳが設置されている等、信頼性の高い需要設備に限るものとする。

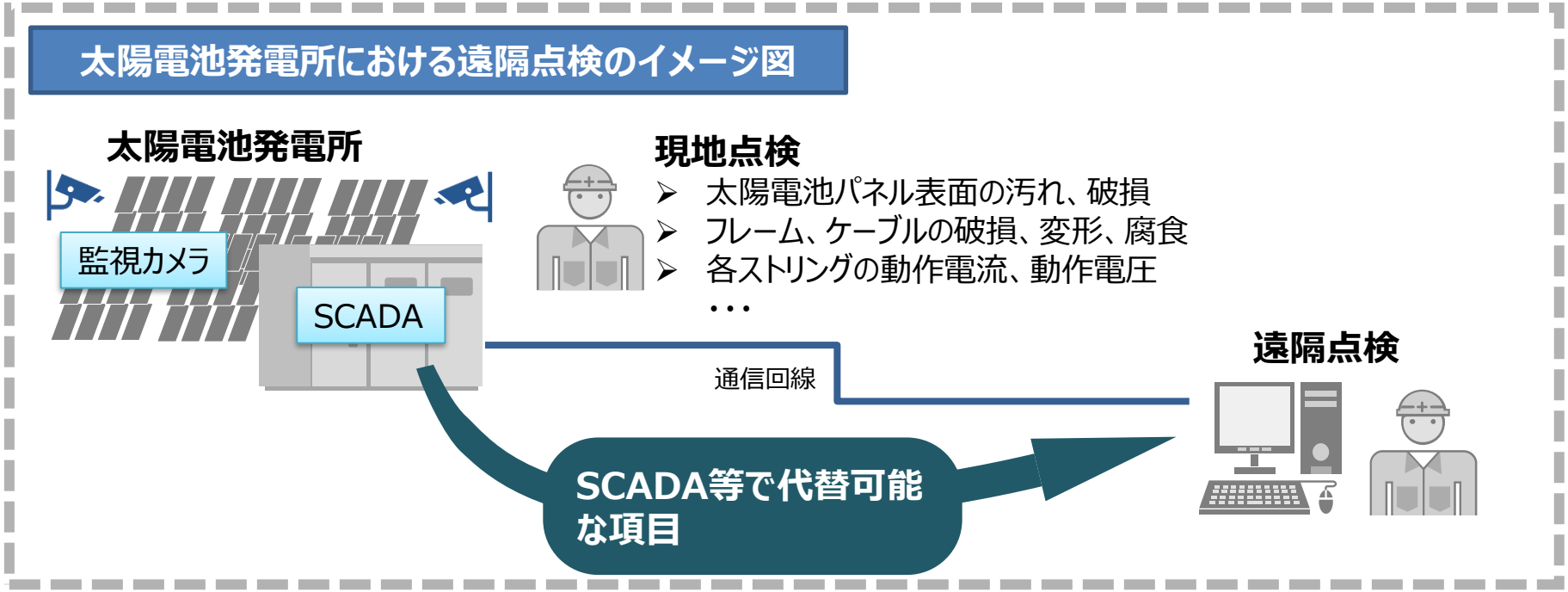
④ **月次点検は**、需要設備の電圧及び設備容量の大小にかかわらず、**毎月１回以上行うこと**とし、**３月に１回以上を現地にて**、**３月に２回以上を遠隔地にて行うことができる**こととする。

（月次点検の遠隔代替スケジュールのイメージ）

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
現地	遠隔	遠隔	現地	遠隔	遠隔	現地	遠隔	遠隔	現地	遠隔	遠隔

（参考）太陽電池発電所の月次点検の遠隔代替

- **太陽電池発電所の遠隔監視においては**、**SCADAや監視カメラなど、既にスマート化機器の導入実績**があり、こうした**機器を月次点検等で活用できるようにして欲しい**との声が寄せられている。
- **現場訪問による点検と同等以上の保安レベルを確保できる手法**については、外部委託における**太陽電池発電所の月次点検**において、**現地点検を遠隔点検で代替することも可能とする**。あわせて、**遠隔（オンライン）による保安規程に基づく保安研修の受講についても明確化**。（令和２年度中に所要の改正を行う。）



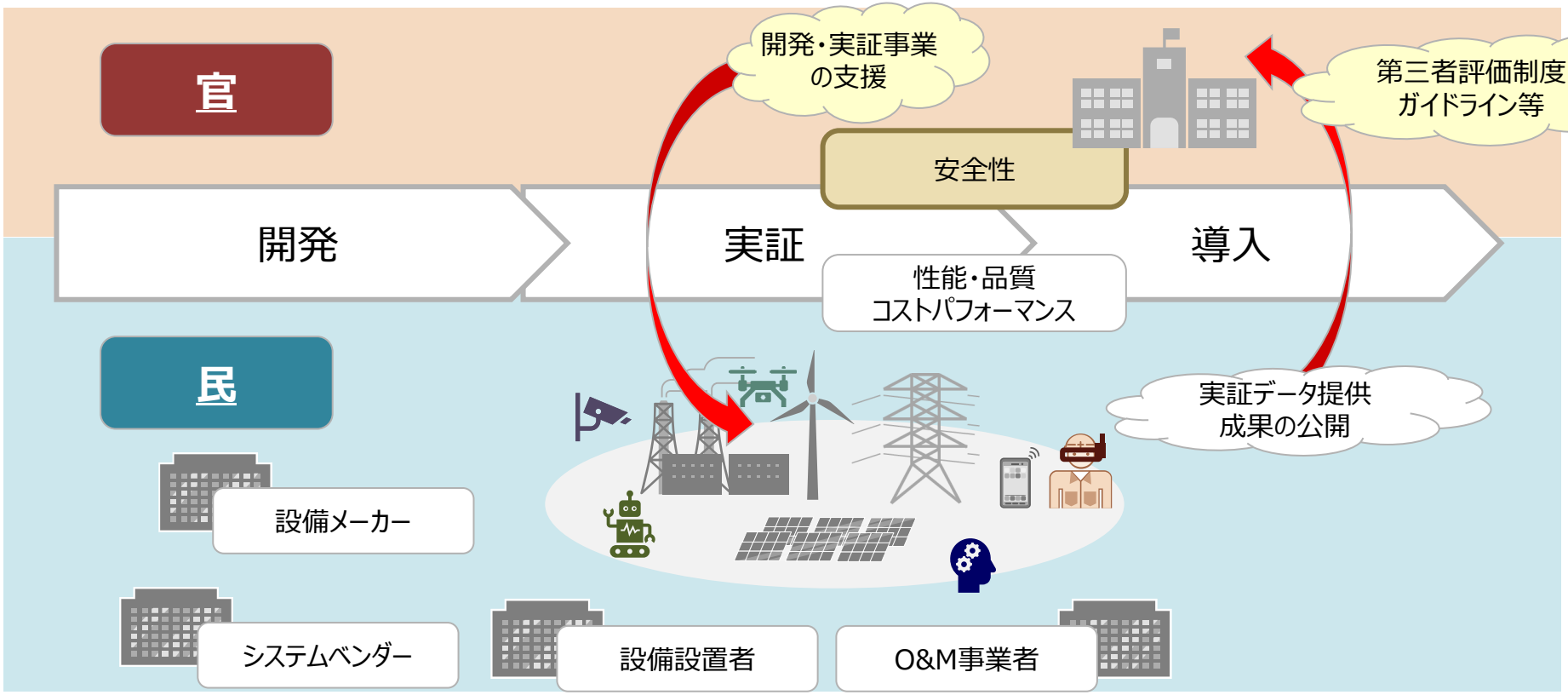
4-1. 官の取組②スマート保安に対応した規制の見直し（概要）

＜今後、見直しを検討する規制＞

スマート保安のボトルネックとなる法令等	主な対象作業	具体的な見直し例
電気事業法第42条 電気事業法 施行規則第50条 （保安規程）	・保安業務に係る組織・体制 ・巡視点検	保安確保の手段に関する記載の緩和（保安規程の記載事項における巡視、点検という記載）
電気事業法 施行規則第94条	・定期事業者検査	定期事業者検査の実施方法として外観点検が求められている点について、スマート保安技術を活用した方法の自由度を確保した規制への見直し 高度な保安管理ができる事業者に対し、定期事業者検査を行う時期の自由度を確保した規制
使用前・定期安全管理審査実施要領（内規）	・巡視点検	安全管理審査のインセンティブ関連項目として巡視点検方法及び頻度が定められている点について、スマート保安によるデジタル化・オンライン化に伴う巡視点検の方法及び頻度の自由度を確保
主任技術者制度の解釈及び運用（内規；電気事業法施行規則52条））	・主任技術者の保安監督業務	デジタル端末による遠隔化に伴い、緊急時対応等の課題を解決した上で主任技術者の適正配置
施行規則第52条 平成１５年経済産業省告示第２４９号第４条	・巡視点検	自家用発電設備に対する点検頻度の緩和

4-1. 官の取組③技術実証・導入

- スマート保安に活用可能な技術の開発においてはIoT機器・データ利活用による保安業務の現場作業における省力・遠隔化技術の開発や、保安業務AIの開発が期待される。
- 官の役割としては、スマート保安の実証事業や導入への支援、成功事例の共有・普及などによって支援を行っていくほか、公共安全性の観点から保安水準を維持・向上できることを技術実証において確認することが必要である。
- 令和２年度第３次補正予算において「産業保安高度化推進事業」を用意しており、予算面でも事業者の技術実証を支援していく。

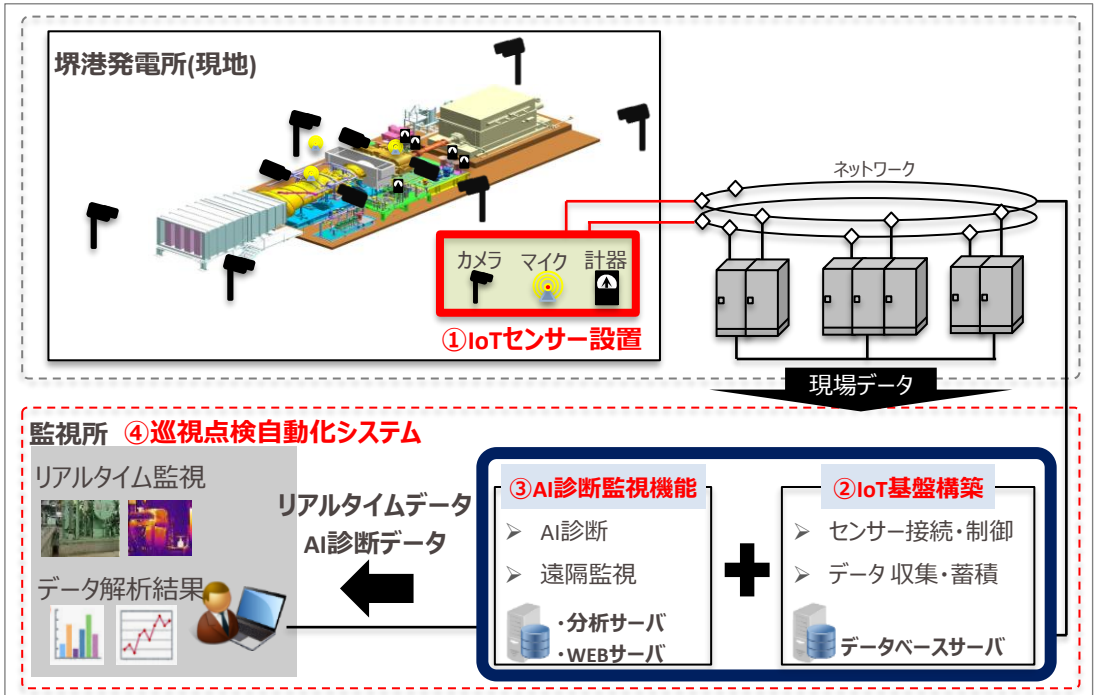


【参　考】 令和元年度補正産業保安高度化推進事業　実証事業①　関西電力株式会社

IoT/AIを活用した巡視点検自動化システム実証事業

実施体制 （単独申請）	関西電力 株式会社
事業概要	• 火力発電所では電力の安全・安定供給に向け、設備の異常を早期に発見し、トラブルを未然に防止するため、発電所所員が定期的に設備の巡視点検を行っているが、設備が多岐にわたるため多くの労力と時間を要しており、人的リソースを大量に投入している。他方で、将来技術者の人材不足も予想される中、スマート保安を促進し従来の巡視点検手法に代わる新技術開発が喫緊の課題とされている。 • 火力発電所にIoTセンサーを設置することで遠隔での設備状態の確認を可能にし、画像・音響データに対してAI診断する機能を有した巡視点検自動化システムを構築することにより、巡視点検の自動化・遠隔化を目指す。 • 技術員の五感や経験則を頼りに実施してきた巡視点検をIoT/AI活用により自動化することで、労働生産性の向上、保安力の向上（点検品質の向上および均質化）、ノウハウのシステム化(技術継承)が期待される。

発電所におけるセンサー設置対象とその役割

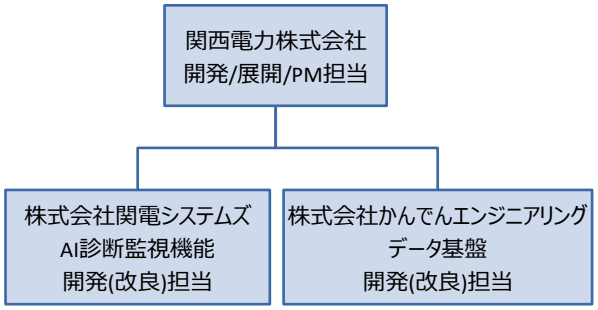


期待される効果

【保安力向上効果】
- ✓ 日に複数回点検できるようになり、異常状態の早期発見が可能
- ✓ 巡視点検を遠隔化することで、点検作業に伴うリスク低減
- ✓ 有事の際に遠隔地からサポートすることで対応を迅速化したり、遠隔地での体制構築が可能

【現場作業の省力化・無人化】
- ✓ 巡視点検の自動化・遠隔化に伴い点検員の省力化が可能となり、労働生産性に寄与

実証事業完了後の事業イメージ



【他事業所への展開】
本実証事業の完了後も、更なるシステム開発改良を行うため関電システムズおよびかんでんエンジニアリングとの協業体制を維持する。
堺港発電所1号機にて十分な効果が見込めれば、堺港発電所の他ユニットおよび他発電所へ水平展開を実施する予定。

【参　考】 令和元年度補正産業保安高度化推進事業　実証事業②　関西電力株式会社

ドローン・AI等を活用した煙突筒身内部の劣化検出システムの構築実証事業

実施体制 （単独申請）	関西電力 株式会社
事業概要	• 煙突筒身内部点検では、筒身を保護するために設置されているライニング材の状態を把握する目的があるが、現状では作業員がゴンドラ仮設に搭乗して実施するゴンドラ点検方式と煙突の壁面に数ヶ所設置されているマンホールから作業員が覗き込んで行うマンホール点検方式を併用し点検している。 • AI･ドローン等の新技術を活用した点検方式へ移行することで、保安業務の安全性担保と現場作業における省人・遠隔化を同時に実現する事を目指す。 • 本実証事業完了後は、他の事業所、事業者に実装・展開する計画である。具体的には、他設備への導入や他電力会社以外にも製鉄所やごみ焼却炉等の点検サービス受託に向けた活動を実施する予定である。

事業概要

現状

ドローン・AI等を活用した煙突筒身内部の劣化検出システムを構築する

AI･ドローン等の新技術を活用した点検方式

内部点検

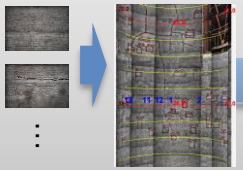
ドローン活用

ドローンによる全周撮影

健全性評価

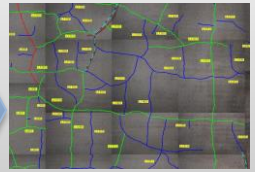
画像合成

撮影画像群　展開図画像



AI等による撮影画像の自動合成

自動劣化検出



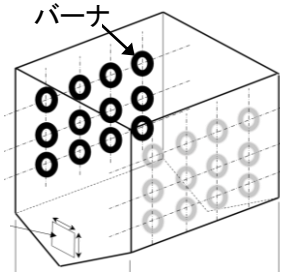
AIによるひび割れ等の劣化検知

期待される効果

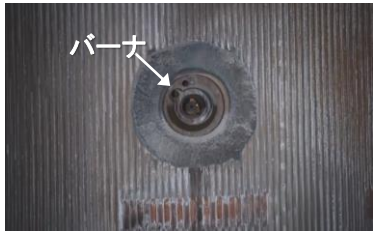
【保安力向上効果】
- ✓ 煙突筒身内部の保全状態レベルが向上するため、火力発電所の遠隔監視体制実現に寄与
- ✓ 高所作業リスクの低減
- ✓ 感染症拡大等の緊急事態でも保安力を確保し、予期せぬ運転停止等の安全を損ねる事態を防止する能力維持が可能

【現場作業の省力化・無人化】
- ✓ 煙突筒身内部点検における現場作業が省人化が可能

実証事業完了後の事業イメージ



ボイラ形状



ボイラ炉内（ドローンにて撮影）

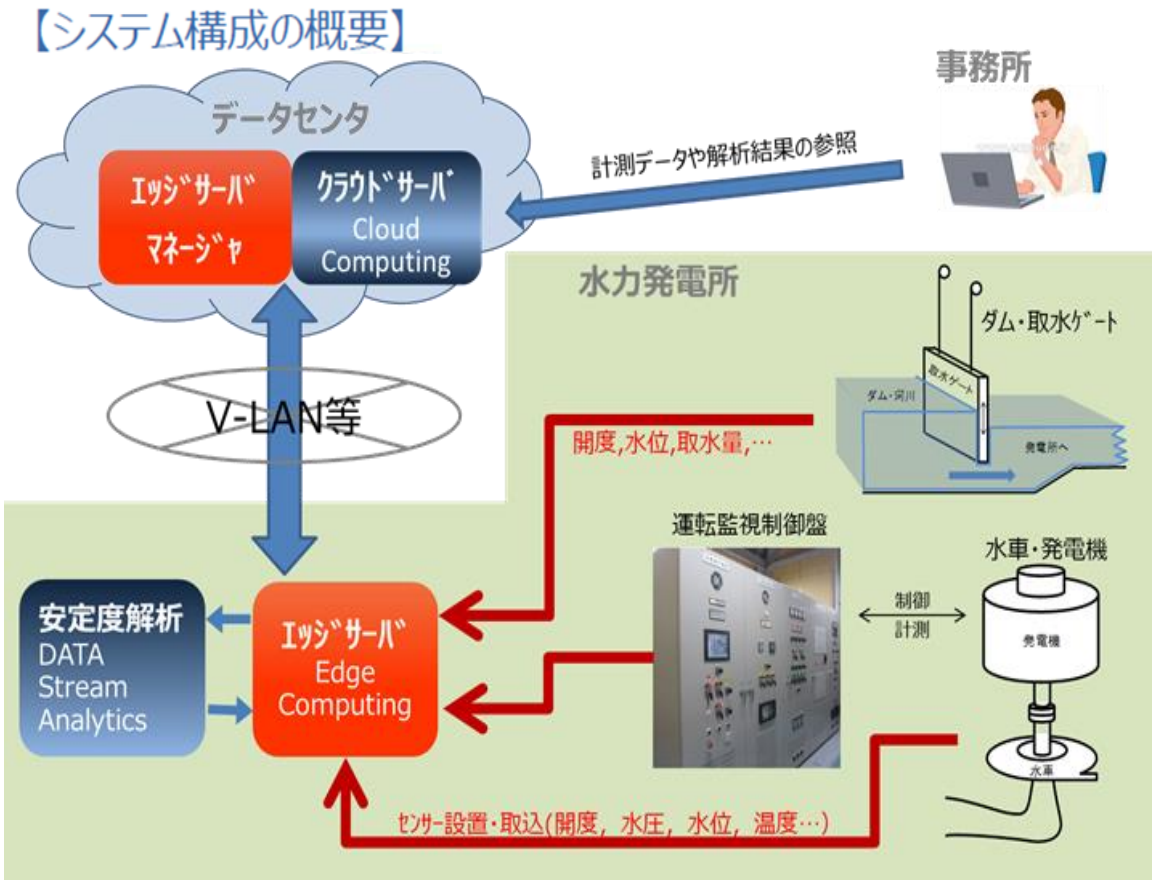
【他業界への展開】
本実証事業完了後は、他の事業所、事業者に実装・展開する計画である。具体的には、火力発電所のボイラへの導入や他電力会社以外にも、製鉄所やごみ焼却炉等の点検サービス受託に向けた活動を実施する予定である。

※3月16日修正

【参　考】 令和元年度補正産業保安高度化推進事業　実証事業③　中国電力株式会社

水力発電システムへのIoT・ICT技術の適用に関する研究開発事業

水力発電所等における各種センサーデータのリアルタイムな見える化



＜具体的な実施内容＞

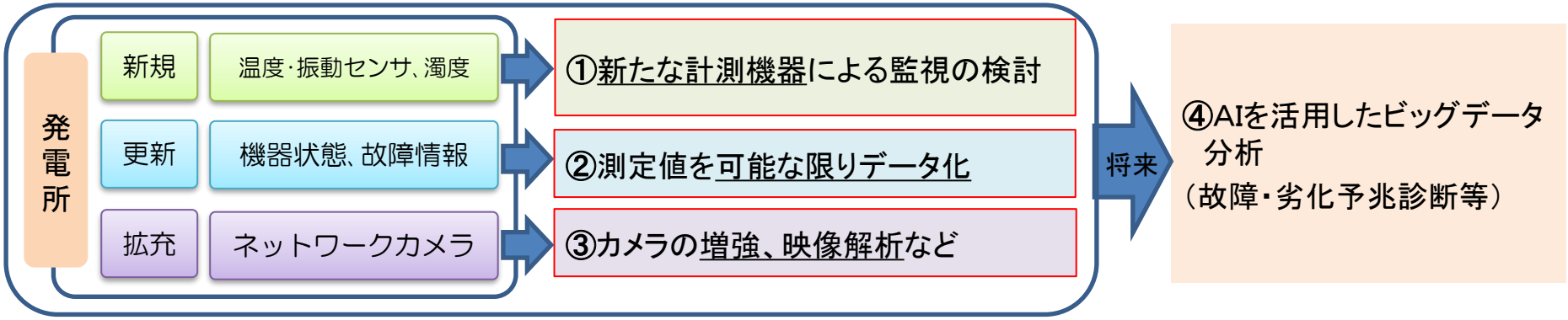
- ✓ 水力発電所の水車・発電機，取水ダムの取水ゲートに設置する各種センシング値（温度，振動，水位等）をデジタル化し，IoT装置（ｴｯｼﾞｻｰﾊﾞ等）に取り込み蓄積する。
- ✓ 通信回線（V-LAN等）を通じ，データセンタに設けたクラウドサーバとのデータ通信や，保守員事務所からアクセスしてリアルタイムにデータを参照するシステムを構築。

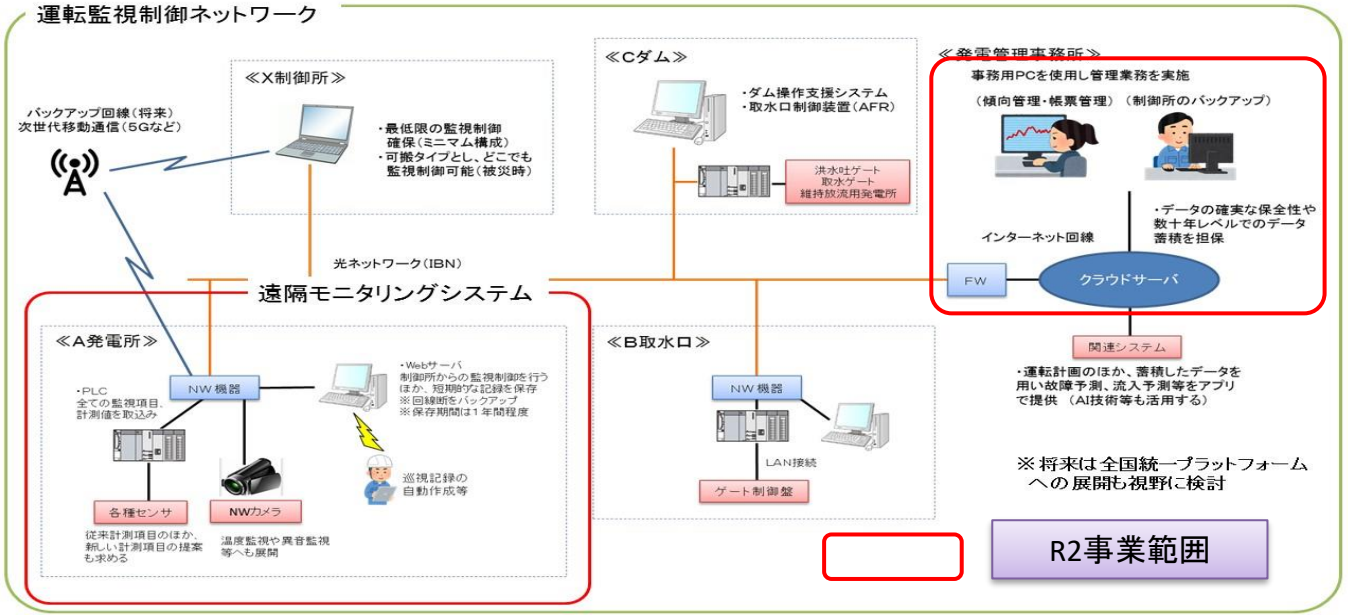
＜期待される効果＞

- ✓ 定期に行う巡視点検におけるデータ取得の省力化や，機器の健全性のリアルタイム把握による異常や不具合への早期対処を実現する。

【参　考】 令和元年度補正産業保安高度化推進事業　実証事業④　長野県企業局

水力発電所遠隔モニタリング実証事業





＜具体的な実施内容＞

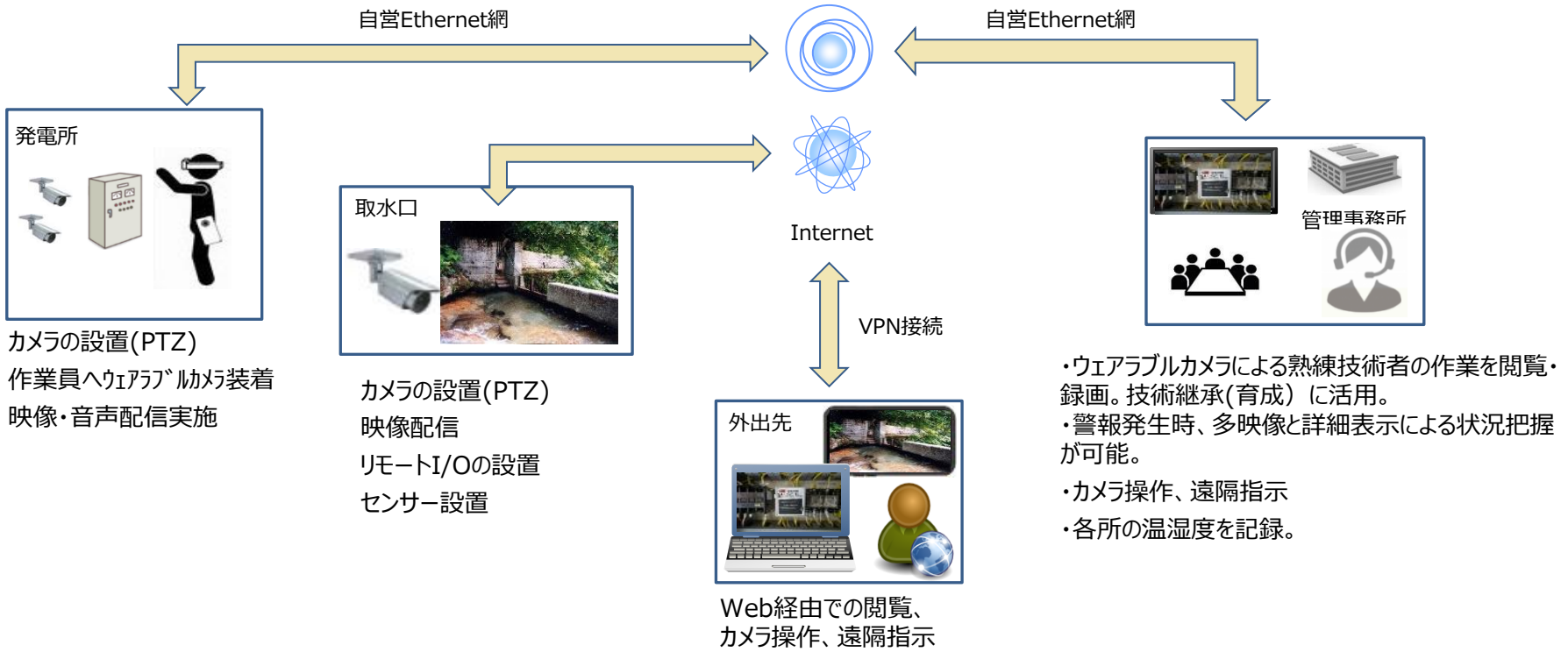
- ✓ 温度、振動等新たなセンサー類を設置し、機器情報のデータ化やトレンド管理、故障時等の導入の状況を分析し、有用性を実証。

＜期待される効果＞

- ✓ 将来のあらゆる機器情報のデータ化やトレンド管理による保守の効率化・高度化（故障予知分析等）を目指す。

【参　考】 令和元年度補正産業保安高度化推進事業　実証事業⑤　山梨県企業局

遠隔監視・指示・操作を用いた水力発電施設保安実証事業



＜具体的な実施内容＞

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

＜期待される効果＞

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

【参　考】 令和元年度補正産業保安高度化推進事業　実証事業⑥・⑦　宮崎県企業局

④ネットワークカメラによる発電所等の監視強化実証事業

⑤特定小電力無線通信による曽見川雨量データ伝送実証事業

○ **ネットワークカメラによる監視強化**

＜具体的な実施内容＞

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

＜期待される効果＞

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

○ **雨量データ伝送**

＜具体的な実証内容＞

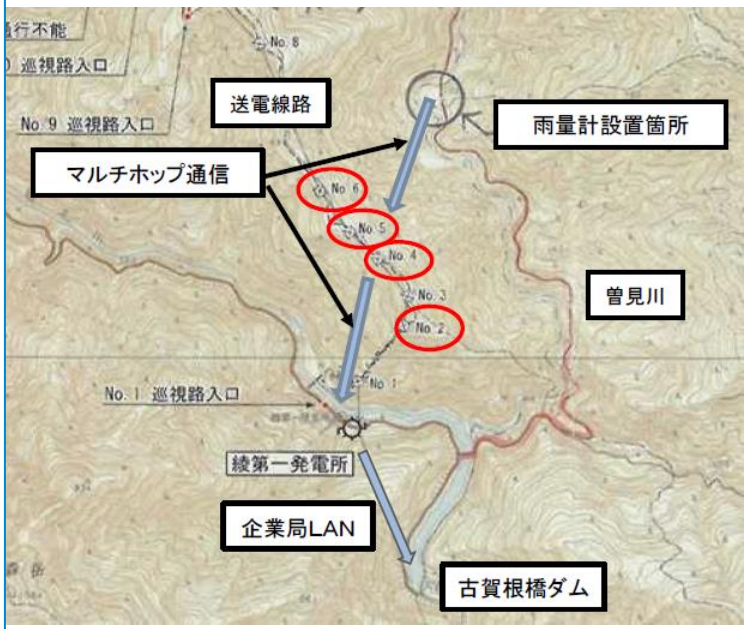
✓ 険しい山奥にあるため電源や通信手段のなかった曽見川沿いに雨量局を設置し、雨量データを特定小電力無線で綾第一発電所に送信。

✓ 電源に太陽光パネルを設置し、無線の中継局は、送電線鉄塔に設置し、マルチホップ方式で伝送する。

＜期待される効果＞

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

雨量データ伝送概要



4-1. 官の取組④スマート保安の導入に関するガイドライン・事例集の横展開

水力発電設備の保守管理に係るスマート化ガイドライン

- 水力発電設備の保守管理に係るスマート化導入を促進するため、現在、**『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』を作成・準備中**。
- 本ガイドラインは、今後、**ICT等を活用した遠隔保守の導入を検討している水力発電事業者において**一つの**手引きとして活用**してもらうことが目的。
- このうち、**今年度**は**企画・導入フェーズのガイドラインを作成**し、**来年度、管理・運用フェーズのガイドラインを作成**予定。
- 本ガイドラインの項目として、**スマート化技術導入プロセスにおいて留意すべき事項**や**計画立案のためのチェックリスト**等を記載するとともに、**スマート保安実証事業の導入事例を紹介**予定。

水力発電設備の保守管理に係るスマート化
技術導入ガイドライン　【目次案】

第１章 本ガイドラインの目的
　第１節 はじめに
　第２節 適用範囲
　第３節 用語及び定義

第２章 水力発電設備の保安管理業務のスマート化の考え方
　第１節 水力発電設備の保安管理業務
　第２節 スマート保安の方法と保安管理業務のプロセス
　　１．水力発電設備の保安管理業務の将来像
　　２．水力発電設備のスマート化技術
　第３節　リスクマネジメント

第３章　水力発電設備の保安管理業務のスマート化計画立案
　第１節 スマート化計画の目的
　　１．保安力の維持・向上
　　２．生産性の向上
　第２節 スマート化計画の策定における留意事項
　　１．事業環境の把握
　（保安管理業務、ネットワーク基盤、情報セキュリティポリシー等）
　　２．予算措置・費用対効果
　　３．新技術利用
　　４．セキュリティ対策
　　５．デジタル人材
　第３節　スマート化計画の立案のためのチェックリスト

第４章 水力発電設備の保安管理業務のスマート化事例
　第１～４節 実証事例（４事業者）

4-1. 官の取組④スマート保安の導入に関するガイドライン・事例集の横展開

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

分類	ガイドライン・事例集名	電気保安分野にて参考となる点
IoT機器・AIシステム活用事例	「スマート保安先行事例集」（経済産業省 保安課）	● 石油化学プラント、電力、ガス、インフラ等の事業者による、保全・保安業務へのスマート化技術の活用事例が掲載されている。 ● 電気保安分野においては、特に電力事業者による高所の目視確認の代替のためのドローン活用や、計測データを活用した異常予兆検知システムの導入事例が参考になる。 ● 例えば、「2 スマート化投資のメリット」や「3 スマート化投資の成功要因」では、スマート技術導入によるメリットや成功要因が分類整理されており、技術導入を検討する際に参考になる。また、「4.2 企業別個表」では、スマート化技術の導入経緯から導入効果までが具体的に記載されており、スマート化技術の活用イメージを持つことができる。
	「プラントにおけるドローン活用事例集」（石油コンビナート等災害防止３省連絡会議）	● 石油化学プラントの保安におけるドローン活用の実証実験の事例や、国内外の企業での活用事例が掲載されている。 ● 電気保安分野においても、電力事業者にとってドローン活用のユースケースを検討する際に参考になる。 ● 例えば、「2 実証実験の事例」では、ドローン運用事業者の選定、飛行目的・飛行計画の設定、リスクアセスメント、実験における確認の実施や記録作成といった実証実験の一連の流れが具体的に紹介されており、電気保安分野でのドローン活用の実証を検討するうえでも参考になる。また、「3 国内企業の事例」、「4 海外企業の事例」では、事例毎に想定したリスク事象、リスク対策、活用の課題点などが記載されており、電気保安分野で技術導入を検討する際にも参考になる。
	「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン」（石油コンビナート等災害防止３省連絡会議）	● 石油化学プラントの保安におけるドローン活用の留意点が整理されている。 ● 電気保安分野においても、ドローン活用の留意点を整理する際に参考になる。 ● 例えば、「第2章 通常運転時におけるプラントでのドローンの活用方法」では、ドローン運用事業者・操縦者・機体の要件や、ドローンの活用にあたってのリスクアセスメントの例など、プラントのみならず発電所等電気設備にも適用できるポイントが多く記載されており、ドローン活用の計画立案時などに参考になる。
	「無人航空機性能評価手順書」（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）	● ドローンの性能評価の指標を設定し、ドローン機器の性能をランク付けし比較可能な情報が整理されている。 ● 電気保安分野においては、ドローンの活用を検討する際に求められるドローンの性能の検討やドローンの比較に参考になる。 ● 例えば、「4.3 耐風性能」では、ドローンが有する耐風性能について気象庁の定める水準との対応関係も含め整理されており、ドローンに求める水準の検討や活用するドローン機体の比較において参考になる情報が記載されている。その他にも、ドローン活用に際して基準となりうる性能について情報が整理されている。

4-1. 官の取組④スマート保安の導入に関するガイドライン・事例集の横展開

分類	ガイドライン・事例集名	電気保安分野にて参考となる点
AI の 品 質 評価	「機械学習品質マネジメントガイドライン」（国立研究開発法人産業技術総合研究所）	● 機械学習を利用したシステム・サービスの開発において、目標や基準を設定することによる品質向上や、主体間での共通認識の醸成を目的として情報が整理されている。 ● 電気保安分野においては、機械学習を利用する際の品質設定・確保の参考になる。 ● 例えば、「1.5 実現目標とする外部品質特性」では、機械学習の品質の分類や考え方について記載されており、機械学習を利用したシステムの要件定義を網羅的に行うための参考となる情報が記載されている。
	「AIプロダクト品質保証ガイドライン」（AIプロダクト品質保証コンソーシアム）	● AIプロダクトの開発における品質保証の考え方について整理されている。 ● 電気保安分野においては、AIを利用したシステムに求められる品質や品質保証のあり方の参考になる。 ● 例えば、「7. 産業用プロセス」では、具体的に産業用プロセスでのAI活用について、AIとそれ以外のサブシステムの関係（7.3）や開発に際しての想定されるステークホルダーの整理（7.4）、具体的な留意点の例示（7.6）など、AI開発・導入において前提となる情報から実際の開発・導入まで検討する際に参考となる情報が記載されている。
契約	「AI・データの利用に関する契約ガイドライン」（経済産業省）	● あらゆる事業活動におけるデータ契約及びAI技術を利用したソフトウェアの開発・利用に関する契約について基本的な考え方が解説されている。 ● 例えば、データ編ではデータを他事業者に提供するケースや、複数事業者が関与することで新たなデータが創出されるようなケースについて契約書の案が、AI編ではアセスメント段階、PoC段階、開発段階、追加学習段階それぞれについてモデル契約書が示されている。また、契約書作成時に生じる疑問に対し、「相談事項および検討の観点」という形でユースケースが紹介されており、電気保安分野でデータ契約、AI技術利活用に係る契約における交渉や契約書作成時に参考になる。
	「データの利用に関する契約ガイドライン産業保安版」（経済産業省／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）	● データの利用に関する契約について、「AI・データの利用に関する契約ガイドライン」も踏まえ産業保安（特にプラント分野）に特化し考え方が解説されている。 ● 例えば、プラントデータ活用スキームのユースケース、取引事例等が示されているほか、データの保護に関する知的財産権等の法制度、データ不正利用防止措置、プラントデータの管理方法・開示方法に関する義務等、データ利用における留意事項が整理されている。 ● また、契約の対象となるデータの特定、プラントデータの利用態様についての規律等、契約における法的論点について整理したうえで、契約において定めることが望ましい事項について取引事例とともに解説しており、IoTやビッグデータ等の利用を通じて保安のスマート化を進める電力事業者が、データ契約、AI技術利活用に係る契約において契約書を作成する際に参考になる。

4-1. 官の取組⑤表彰制度

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

＜第4回　インフラメンテナンス大賞　電気保安関連の取組＞

経済産業大臣賞

代表団体名	案件名
関西電力送配電 株式会社	設備情報を用いた効率的な更新計画の策定
東北電力ネットワーク 株式会社ほか	AIを活用した送電鉄塔の腐食劣化度診断システム開発・運用

優秀賞

代表団体名	案件名
北海道電力株式会社 ほか	コンクリート柱の鉄筋破断診断装置の開発、実用化
北海道電力株式会社 ほか	苫東厚真発電所４号機における ボイラー保守技術高度化システムの導入
株式会社日立製作所 ほか	パネルの半導体特性を活用した、 太陽光発電設備のメンテナンス技術
株式会社シーテック	送電鉄塔の保守から生まれた小土木（KODOBOKU）技術

出典）https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/03activity/pdf/01maintenanceaward.pdf
https://www.mlit.go.jp/common/001195094.jpg, https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201127007/20201127007-2.pdf

4-2. 新技術の実用化・導入に必要な民の取組

- 保安の高度化、合理化を進めていくために、技術の導入に当たって必要な民の取組は以下の通り。

1. 技術実証・導入

- スマート保安技術の活用による**保安管理の省力化と保安水準の維持・向上の両立性を技術実証によって明確化**する。　（スマート保安プロモーション委員会におけるデータ協力等にも貢献）
- 実証事業などによって得られたノウハウ・データについては可能な限り業界で共有し、それに必要な人材育成を図る。また、業界全体でのスマート技術の向上・普及を目指す。

2. 人材育成

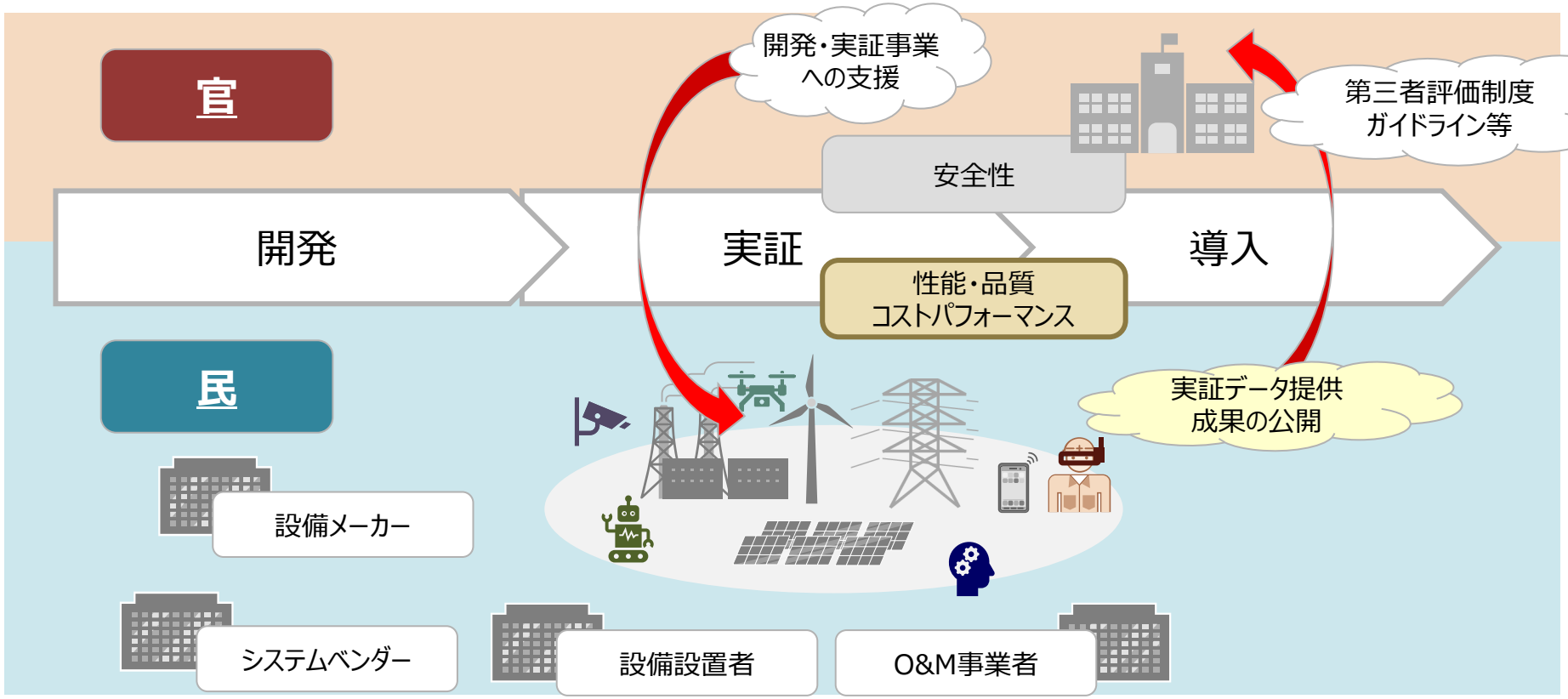
- 新しい電気保安の姿に基づいた、**新しい電気保安体制・業務（スキル・役割・責任分担の再設計）を整理**。デジタル人材の新規・中途採用や、共同事業、外部研修の活用等を通じ、スマート保安に必要な能力を補完していく。

3. サイバーセキュリティ

- スマート保安技術の導入においては、**サイバーセキュリティの確保が重要**。制御系NWは分離させることを前提に保安用の各種システムを構築。また、サイバーセキュリティ対策を実施するための人材育成も必要。

4-2. 民の取り組み①技術実証・導入

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

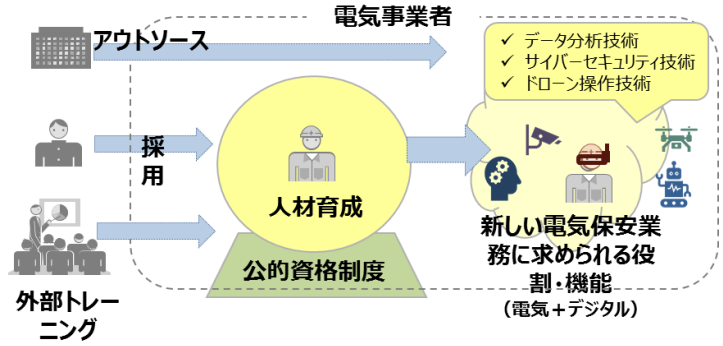


4-2. 民の取り組み②人材育成

スマート保安の導入に当たっては、３つの職層において必要な能力が異なる。①経営層においては、**スマート保安の意義を理解し必要な経営判断をする能力**、②企画・システム設計担当者においては、**スマート保安の導入を企画し管理できる能力**、③現場の作業員においては、**スマート技術を実際に保安活動に使用するための各種ノウハウ**が必要。
そうした能力を補完するものとして、**デジタル人材の新規・中途採用**や、**ITベンダー等との共同事業**、**外部研修の活用**が有効。また、人材育成を通して、新しい電気保安業務に求められる技術（ドローン利用のノウハウやサイバーセキュリティノウハウ等）の価値が可視化。他方、保安のスマート化が進めば、現場出向が少なくなり、実機に触れることで習得していた電気設備そのものへの理解の低下も懸念されるため、対策が必要。

職層	電気保安のスマート化に求められる能力				
経営トップ経営層	経営トップのコミットメント 【課題Ⓐ】電気保安業務のスマート化・人材育成に対する経営判断・組織的なリソース投入が必要				
事業者のスマート保安導入の企画・システム設計担当者	スマート保安システム企画導入能力 【課題Ⓑ】スマート保安システムの企画導入をリードできる知見が必要				
現場のスマート保安人材	現場設備の理解 【課題Ⓔ】電気設備そのものへの理解が低下することに対する懸念	ドローン利用ノウハウ	サイバーセキュリティノウハウ	AI利用ノウハウ	IoT現場機器利用ノウハウ 【課題Ⓒ】社内の人材育成の方法の充実・強化が必要

＜デジタル人材育成の取組＞



＜第四次産業革命スキル習得講座認定制度＞

IT・データを中心とした将来の成長が強く見込まれ、雇用創出に貢献する分野において、社会人が高度な専門性を身に付けキャリアアップを図る、**専門的・実践的な教育訓練講座を経済産業大臣が認定**する制度。
「専門実践教育訓練給付制度」と連携し、**訓練経費及び訓練中の賃金の一部を助成**。

Reスキル

4-2. 民の取組③サイバーセキュリティ

- スマート化に伴い、**監視装置等が通信回線へ接続**されることとなり、悪意のある者からの攻撃の機会ともなっていく恐れが高まるため、**サイバーセキュリティ対策が必要**。
- 電力制御システム等については、**「電力制御システムセキュリティガイドライン」**等を技術基準（ハード対策）の解釈及び保安規程（マネジメント等ソフト対策）にて定める事項に関する内規にエンドースし、事業者に対応を求めているところ。
- これに加えて、サイバーセキュリティ対策を実施するための人材育成が必要であり、企業の対策状況に合わせた外部の人材育成プログラムの活用が有効。例えば、（独）情報処理推進機構 産業サイバーセキュリティセンター（ICSCoE）が開講する、サイバーセキュリティを経営課題として認知するための「戦略マネジメントセミナー」や、重要インフラのセキュリティの中核を担う人材を育成するための「中核人材育成プログラム」等がある。

（独）情報処理推進機構 産業サイバーセキュリティセンター　開講プログラム

「戦略マネジメント系セミナー」

サイバーセキュリティは経営課題であること及び経営層をはじめ関係者が認知すべきセキュリティ機能の重要性の理解を目指す。
2020年度はオンラインで開講。先進事例・課題や解決策・ノウハウなどを体系的に学ぶプログラムを提供。

「業界別サイバーレジリエンス強化演習（CyberREX）」

業界別に、シナリオによる実践的演習の形式を中心としたトレーニングを行う。ビジネスパートナーが直面するサイバーセキュリティ規制やガイドライン等の解説に関する集中講義と演習を実施。
※電力業界を対象としたコースを定期的に開講。

- 対象業界（今年度実績）：
情報通信・自動車（スマートモビリティ・製造）、ガス、金属、石油、化学、電力、鉄道、ファクトリーオートメーションなどの業界
- 電力業界からの参加実績：
H29：6名、H30：12名、R1：17名、R2：19名

「中核人材育成プログラム」

重要インフラ企業を中心にセキュリティの中核を担う人材育成を目標としたプログラム。
電力、石油、ガス、化学、自動車、鉄道分野等の企業からセキュリティ担当予定者を1年間派遣させ、制御系セキュリティに精通する講師により、実機を使った模擬プラントを実際に攻撃して脆弱性を洗い出す等の実践的なプログラムを行う。

4-3. 新技術の実用化・導入に必要な取組とフォローアップ

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

電気保安分野におけるアクションプラン（案）

５．新技術の妥当性確認の仕組みづくり

5-1. 技術の妥当性確認に必要な論点

- スマート保安に係る新技術（AI、IoT、ロボット、ドローン等）が徐々に導入されているところであるが、新たな保安規制の構築（規制の見直し）にあたっては、技術やその運用の妥当性の確認、データの蓄積に課題がある。
- 例えば、以下のデータについて、妥当性を整理する必要があると考えられる。

取得すべき要素データの選定（方法）

① 業務改善（省人化等）に向け、従来目視等で取得してきたデータは何か
② 保安の高度化にあたり、分析に必要となるデータは何か
③ ①②で画定したデータの妥当性確認

データ取得の方法
※通信環境含む

① 画定した「取得すべき要素データ」の取得方法
② センサー（数量データ）、ドローン（画像データ）等、データ取得技術の画定
③ データ取得技術の妥当性（技術水準）
④ 異常発生時の検出・通報機能
⑤ その他、通信環境やサイバーセキュリティ等、データ通信に係る基盤整備の有無

データ取得の分析方法
※原因特定等

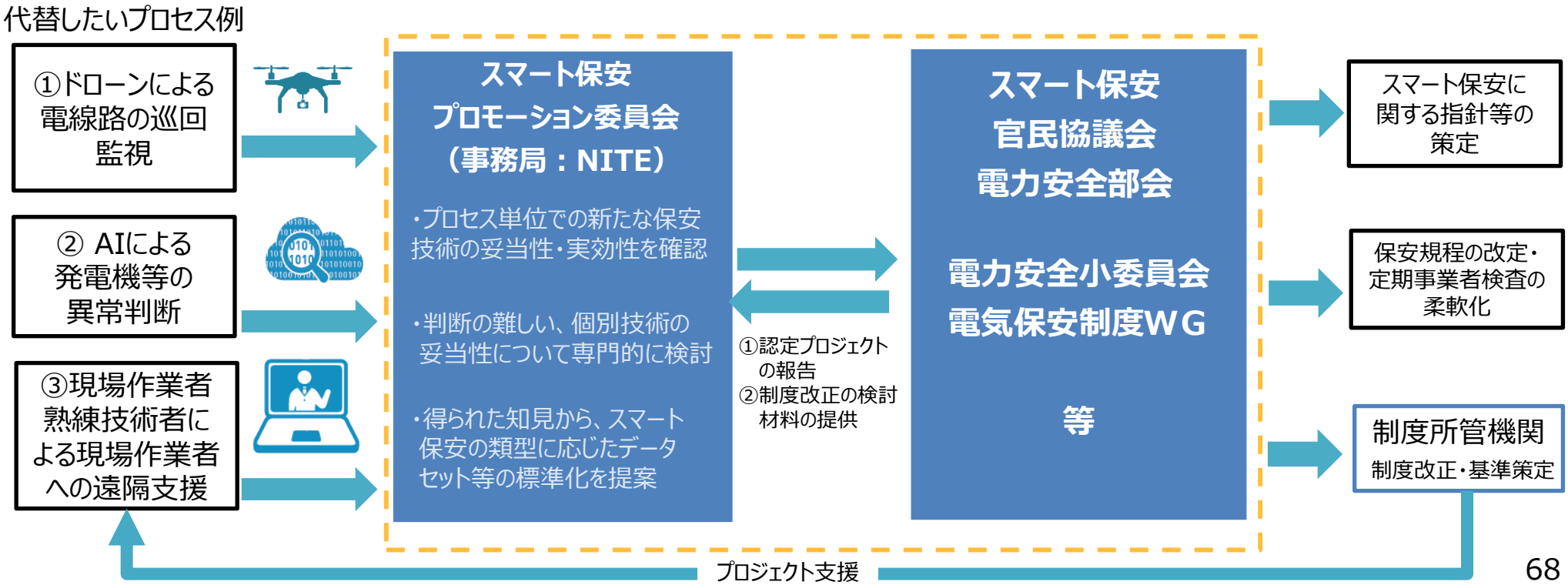
① AI等を活用したデータ分析。ベースラインと限界値の画定
② （又は）遠隔地での技術者による分析可否

インシデント発生時の対応方法

① 異常検知後の対応フローの画定。設備制御の方法
② 発災時における事態対応の方法
③ その他、監視・制御システム自体の故障時における対応の方法

5-2. スマート保安プロモーション委員会の設立

- 官民間・業界間でのコミュニケーションツールとして、スマート保安技術やデータを活用した新たな保安方法について、その妥当性を確認・共有する場を設けてはどうか。
- このため、スマート保安プロモーション委員会を立ち上げ、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てはどうか。
- 具体的には、①必要と思われるデータの画定・取得方法や、②取得したデータに基づく新たな保安技術の妥当性を確認し、③必要に応じて、既存の電気保安関係の委員会と連携し、一定の基準の策定や規制の見直しを図ってはどうか。

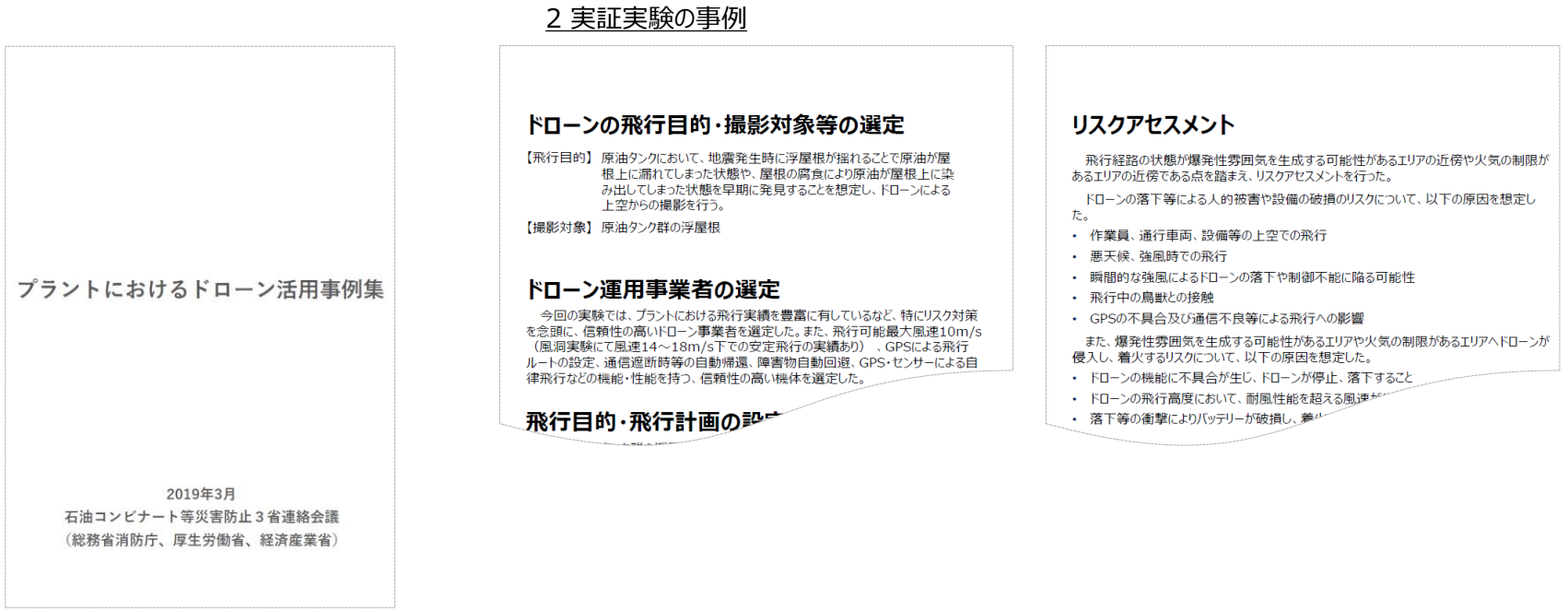


（参考１）官の取り組み③ガイドライン・事例集の策定

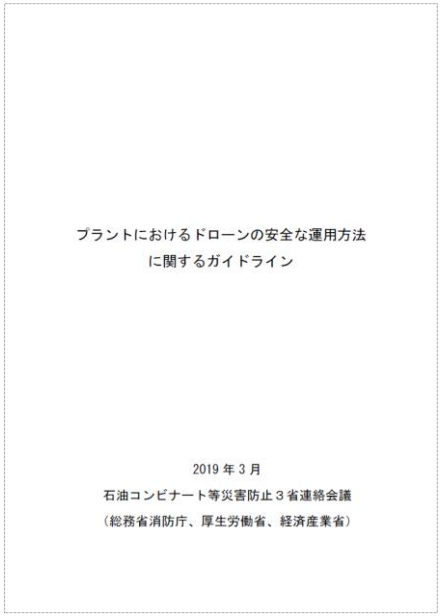
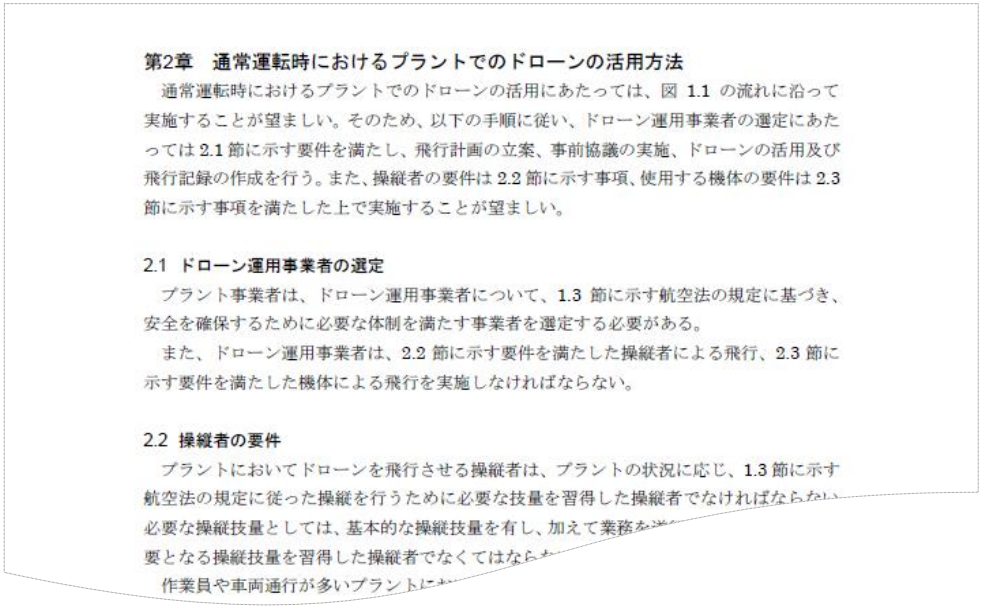
（参考１）官の取り組み③スマート保安の導入に関するガイドライン・事例集の横展開

資料名	「スマート保安先行事例集」
発行元、時期	経済産業省 保安課, 2017年4月
分類	IoT機器・AIシステム活用事例
概要	● 石油化学プラント、電力、ガス、インフラ等の事業者による、保全・保安業務へのスマート化技術の活用事例をまとめた事例集。
電気保安分野にて参考となる点	● 特に電力事業者による高所の目視確認の代替のためのドローン活用や、計測データを活用した異常予兆検知システムの導入事例が参考になる。 ● 2 スマート化投資のメリット、3 スマート化投資の成功要因：スマート技術導入によるメリットや成功要因が分類整理されており、技術導入を検討する際に参考になる。 ● 4.2 企業別個表：スマート化技術の導入経緯から導入効果までが具体的に記載されており、スマート化技術の活用イメージを持つことができる。
イメージ	

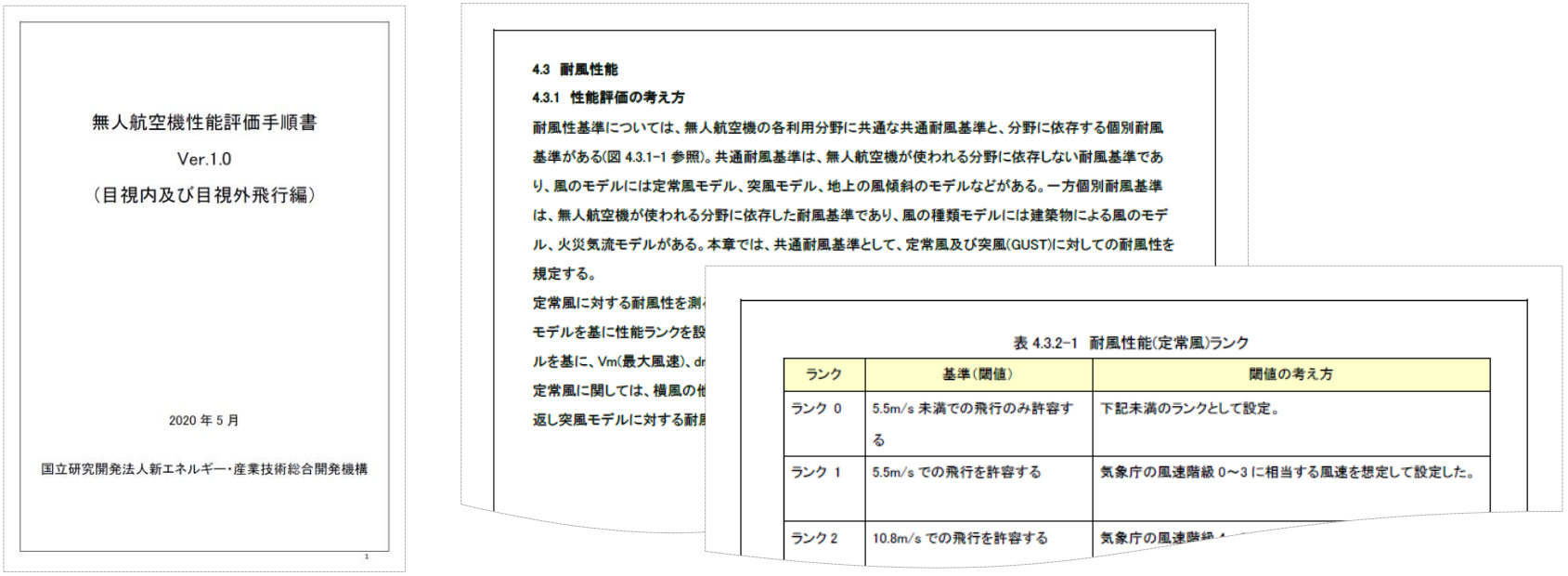
（参考１）官の取り組み③スマート保安の導入に関するガイドライン・事例集の横展開

資料名	「プラントにおけるドローン活用事例集」
発行元、時期	石油コンビナート等災害防止３省連絡会議, 2019年3月
分類	IoT機器・AIシステム活用事例
概要	● 石油化学プラントの保安におけるドローン活用の実証実験の事例や、国内外の企業での活用事例をまとめた事例集。
電気保安分野にて参考となる点	● 2 実証実験の事例：ドローン運用事業者の選定、飛行目的・飛行計画の設定、リスクアセスメント、実験における確認の実施や記録作成といった実証実験の一連の流れが具体的に紹介されており、電気保安分野でのドローン活用の実証を検討するうえでも参考になる。 ● 3 国内企業の事例、4 海外企業の事例：事例毎に想定したリスク事象、リスク対策、活用の課題点などが記載されており、電気保安分野で技術導入を検討する際にも参考になる。
イメージ	

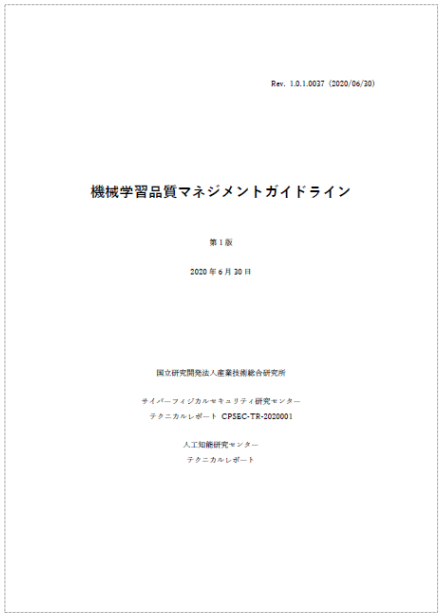
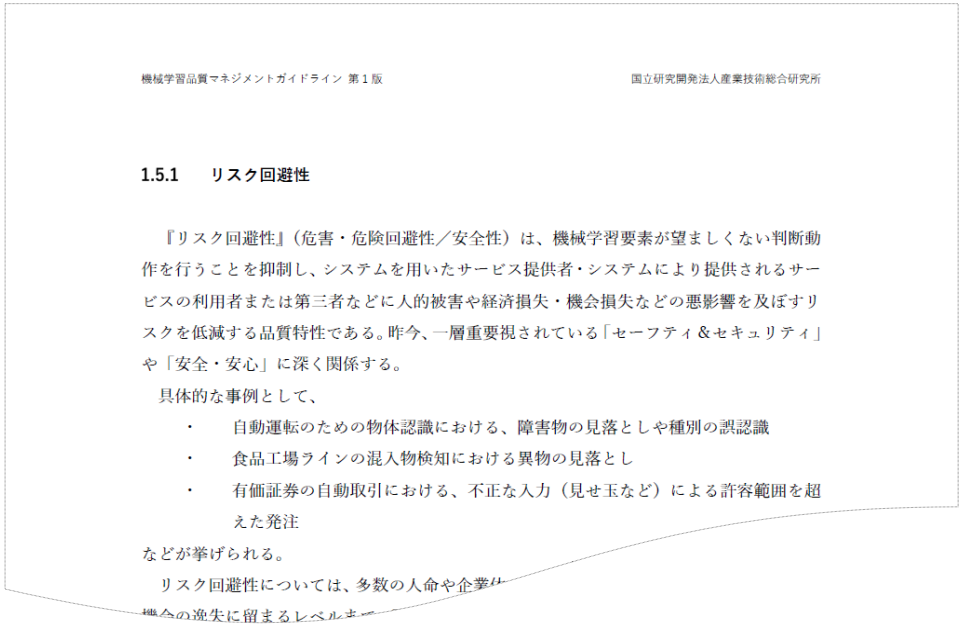
（参考１）官の取り組み③スマート保安の導入に関するガイドライン・事例集の横展開

資料名	「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン」
発行元、時期	石油コンビナート等災害防止３省連絡会議, 2019年3月
分類	IoT機器・AIシステム活用事例
概要	● 石油化学プラントの保安におけるドローン活用の留意点を整理したガイドライン。
電気保安分野にて参考となる点	● 第2章 通常運転時におけるプラントでのドローンの活用方法：ドローン運用事業者・操縦者・機体の要件や、ドローンの活用にあたってのリスクアセスメントの例など、プラントのみならず発電所等電気設備にも適用できるポイントが多く記載されており、ドローン活用の計画立案時などに参考になる。
イメージ	 

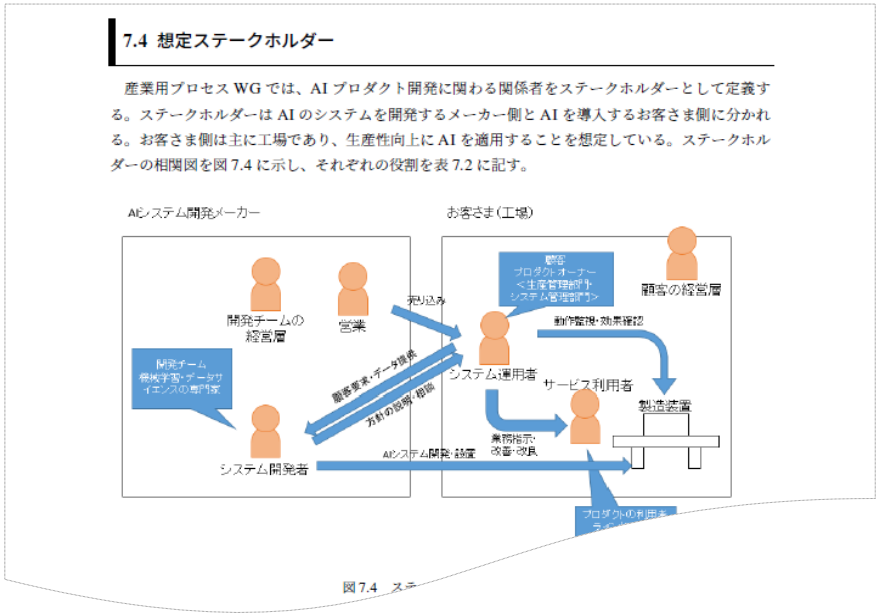
（参考１）官の取り組み③スマート保安の導入に関するガイドライン・事例集の横展開

資料名	「無人航空機性能評価手順書」
発行元、時期	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, 2020 年 5 月
分類	IoT機器・AIシステム活用事例
概要	● ドローンの性能評価の指標を設定し、ドローン機器の性能をランク付けし比較可能な情報をまとめた手順書。
電気保安分野にて参考となる点	● 4.3 耐風性能：ドローンが有する耐風性能について気象庁の定める水準との対応関係も含め整理されており、ドローンに求める水準の検討や活用するドローン機体の比較において参考になる情報が記載されている。その他にも、ドローン活用に際して基準となりうる性能について情報が整理されている。
イメージ	

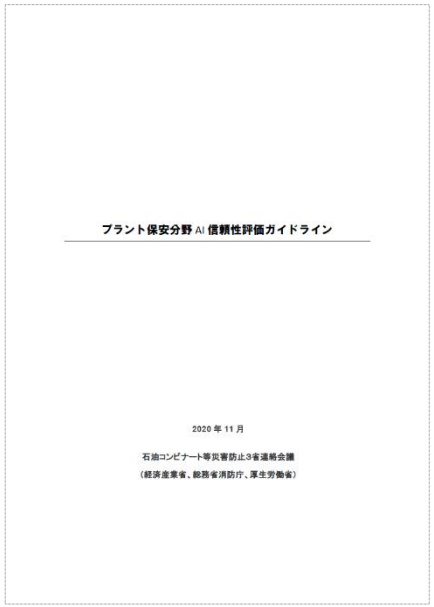
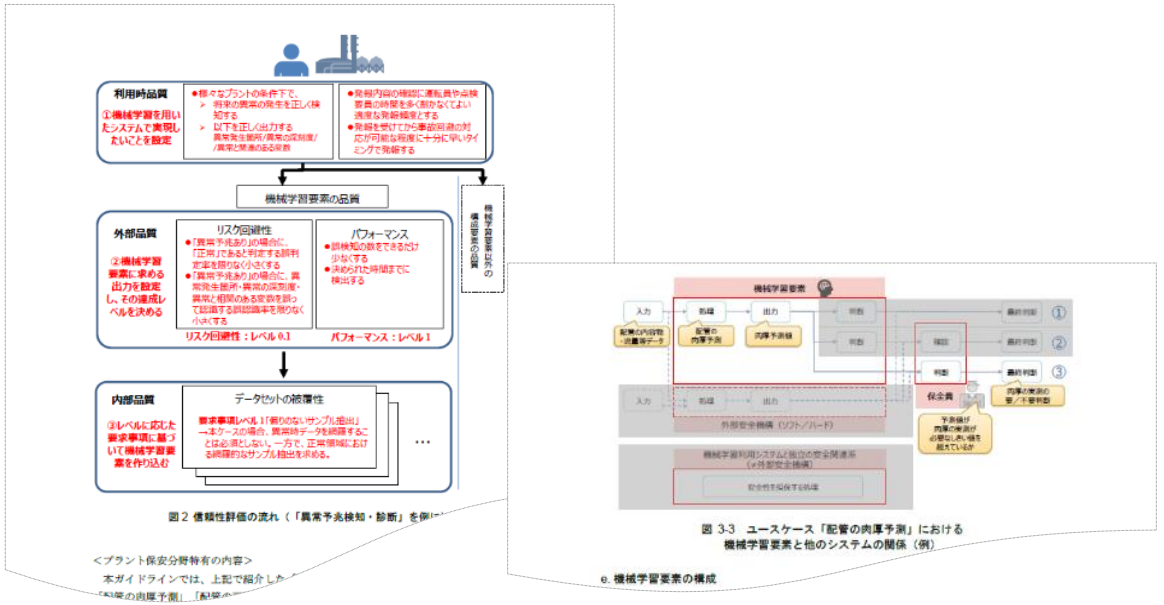
（参考１）官の取り組み③スマート保安の導入に関するガイドライン・事例集の横展開

資料名	「機械学習品質マネジメントガイドライン」
発行元、時期	国立研究開発法人産業技術総合研究所, 2020年6月30日
分類	AIの品質評価
概要	● 機械学習を利用したシステム・サービスの開発において、目標や基準を設定することによる品質向上や、主体間での共通認識の醸成を目的として情報を整備したガイドライン。
電気保安分野にて参考となる点	● 1.5 実現目標とする外部品質特性：機械学習の品質の分類や考え方について記載されており、機械学習を利用したシステムの要件定義を網羅的に行うための参考となる情報が記載されている。
イメージ	 

（参考１）官の取り組み③スマート保安の導入に関するガイドライン・事例集の横展開

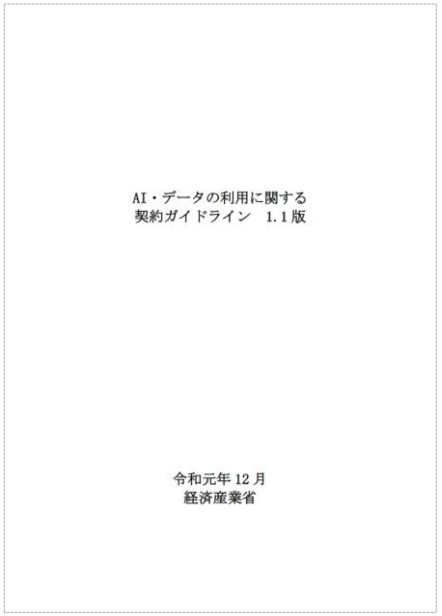
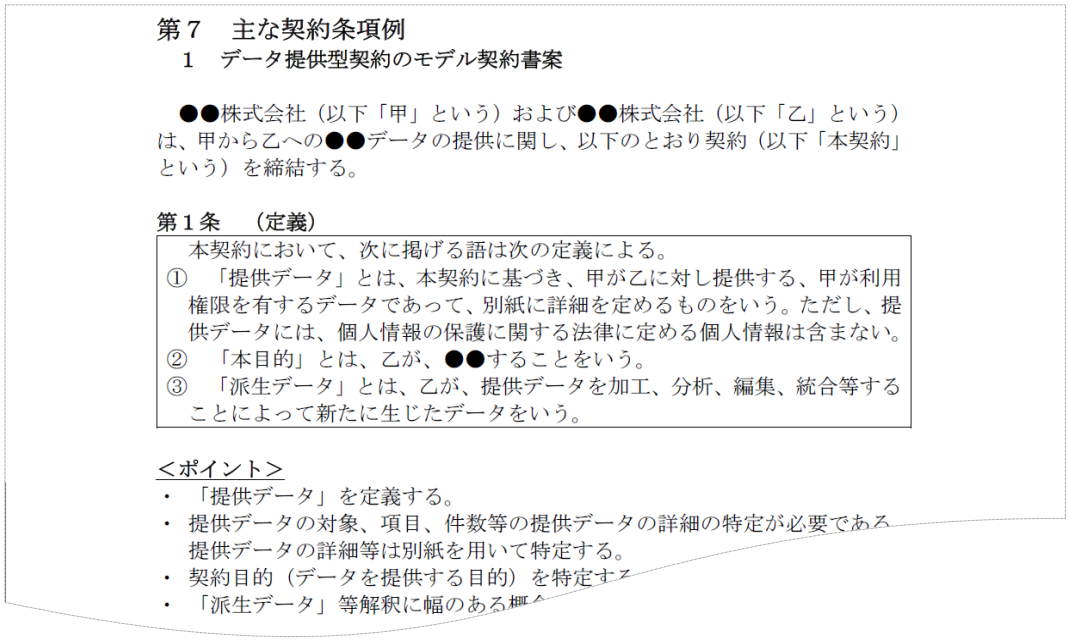
資料名	「AIプロダクト品質保証ガイドライン」
発行元、時期	AIプロダクト品質保証コンソーシアム, 2020年8月
分類	AIの品質評価
概要	● AIプロダクトの開発における品質保証の考え方について整理したガイドライン。
電気保安分野にて参考となる点	● 7. 産業用プロセス：具体的に産業用プロセスでのAI活用について、AIとそれ以外のサブシステムの関係（7.3）や開発に際しての想定されるステークホルダーの整理（7.4）、具体的な留意点の例示（7.6）など、AI開発・導入において前提となる情報から実際の開発・導入まで検討する際に参考となる情報が記載されている。
イメージ	

（参考１）官の取り組み③スマート保安の導入に関するガイドライン・事例集の横展開

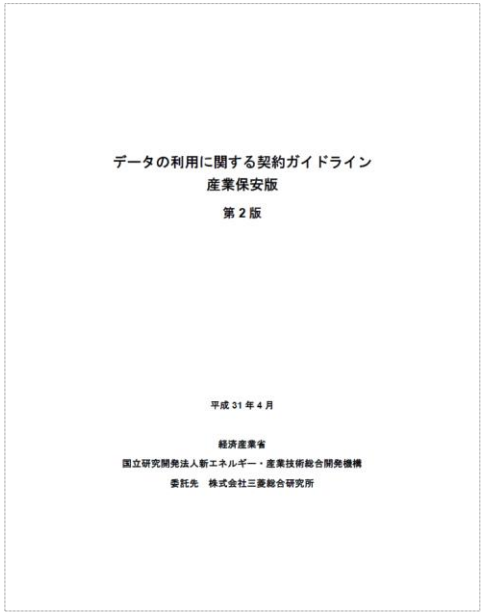
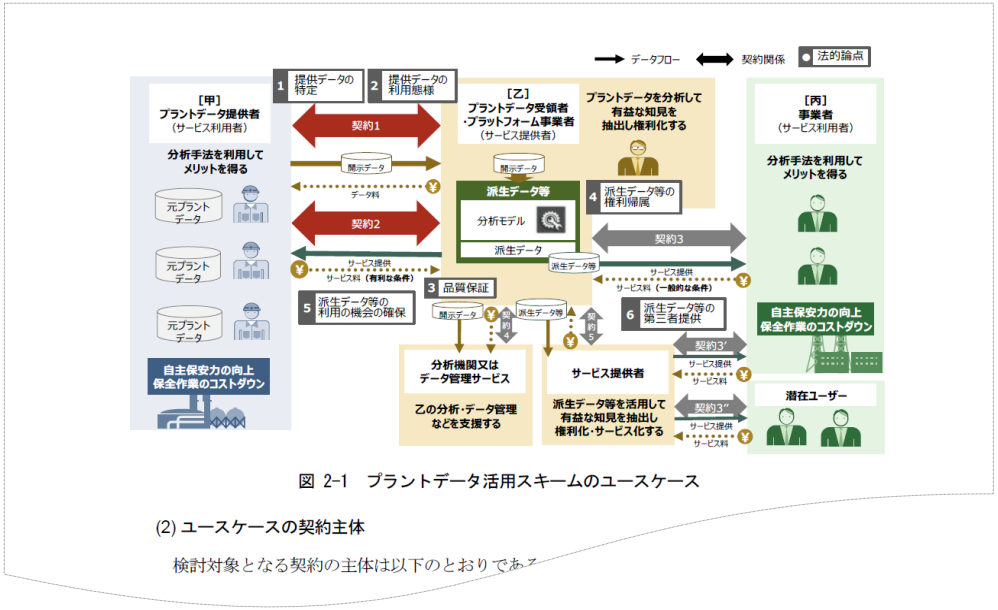
資料名	「プラント保安分野 AI 信頼性評価ガイドライン」
発行元、時期	石油コンビナート等災害防止３省連絡会議, 2020年11月
分類	AIの品質評価
概要	● プラント保安分野において機械学習を含むシステムを開発・運用する際に、機械学習の信頼性について関係主体間で認識共有・評価するための情報や考え方を整理したガイドライン。
電気保安分野にて参考となる点	● 電気保安分野も、プラント保安分野と同様高い安全性が求められるため、電気保安分野での機械学習の活用における信頼性を評価する際に参考となる。 ● 2.1 信頼性評価の 3 品質：機械学習を考える際に電気保安分野でも応用可能な品質の考え方について整理されている。 ● 3.3 ユースケースに基づく信頼性評価の具体的適用：プラント保安分野における機械学習を導入する主要な事例について信頼性評価を適用した内容について整理されているが、そのうち「配管の肉厚予測」や「配管の画像診断」は電気保安分野にも適用しうるユースケースであり、機械学習の信頼性評価のみならずシステムの構成等も参考になる。
イメージ	 

出典）https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201117001/20201117001-2.pdf

（参考１）官の取り組み③スマート保安の導入に関するガイドライン・事例集の横展開

資料名	「AI・データの利用に関する契約ガイドライン」
発行元、時期	経済産業省, 2019年12月
分類	契約
概要	● あらゆる事業活動におけるデータ契約及びAI技術を利用したソフトウェアの開発・利用に関する契約について基本的な考え方を解説したガイドライン。
電気保安分野にて参考となる点	● データ編：データを他事業者に提供するケースや、複数事業者が関与することで新たなデータが創出されるようなケースについて契約書の案が、AI編ではアセスメント段階、PoC段階、開発段階、追加学習段階それぞれについてモデル契約書が示されている。また、契約書作成時に生じる疑問に対し、「相談事項および検討の観点」という形でユースケースが紹介されており、電気保安分野でデータ契約、AI技術利活用に係る契約における交渉や契約書作成時に参考になる。
イメージ	 

（参考１）官の取り組み③スマート保安の導入に関するガイドライン・事例集の横展開

資料名	「データの利用に関する契約ガイドライン産業保安版」
発行元、時期	経済産業省／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, 2018年4月
分類	契約
概要	● データの利用に関する契約について、「AI・データの利用に関する契約ガイドライン」も踏まえ産業保安（特にプラント分野）に特化し考え方を解説したガイドライン。
電気保安分野にて参考となる点	● プラントデータ活用スキームのユースケース、取引事例等が示されているほか、データの保護に関する知的財産権等の法制度、データ不正利用防止措置、プラントデータの管理方法・開示方法に関する義務等、データ利用における留意事項が整理されている。 ● 契約の対象となるデータの特定、プラントデータの利用態様についての規律等、契約における法的論点について整理したうえで、契約において定めることが望ましい事項について取引事例とともに解説しており、IoTやビッグデータ等の利用を通じて保安のスマート化を進める電力事業者が、データ契約、AI技術利活用に係る契約において契約書を作成する際に参考になる。
イメージ	  図 2-1　プラントデータ活用スキームのユースケース (2) ユースケースの契約主体 検討対象となる契約の主体は以下のとおりであ

（参考２）スマート保安具体技術事例

（参考２）スマート保安具体技術事例

	設備区分	技術区分	技術内容
1	火力	遠隔監視・制御	発電設備の遠隔監視・制御
2	火力	ロボット・ドローン	ロボット・ドローンによる点検
3	水力	遠隔監視	発電設備の遠隔監視
4	水力	ドローン	水面・水中ドローンによる点検
5	風力	遠隔監視	発電設備の状態監視・異常予兆検知
6	風力	ドローン	ドローンによるブレード点検
7	風力	ロボット	ロボットによるブレード点検
8	太陽電池	遠隔監視	発電設備の遠隔監視
9	太陽電池	ドローン	ドローンによるモジュール点検
10	送配電・変電	ドローン	ドローンによる点検
11	送配電・変電	AI	設備更新計画の策定
12	送配電・変電	非破壊検査	内部鉄筋破断の診断
13	需要設備	遠隔監視	設備の遠隔監視
14	電力設備全般	デジタル端末	タブレット端末・スマートグラスの活用

No.1　火力：発電設備の遠隔監視・制御

設備区分：	火力	技術区分：	遠隔監視・制御
保安対象：	火力発電設備		
機能概要：	日ごろの現場点検や監視・制御をICT/IoTを導入することにより遠隔監視制御で代替する。		
保安上の効果:	• 巡視点検の効率化や複数発電所の一括監視・制御による保守体制の適正化。 • 監視データのデジタル化、遠隔伝送により蓄積されたデータを活用した寿命評価の高度化、保守計画の最適化・省力化。		
概要：	カメラやセンサーを増設することにより、従来発電所構内で行っていた点検・監視・制御を構外の監視制御所で行う。複数の発電所を一括管理することで、人員の集約が実現でき、適正な保守体制の構築が出来る。また、取得したデータをクラウドサーバ等に蓄積し分析することにより、寿命評価の高度化や保守計画の最適化、省力化に活用することが出来る。 汽力発電所および定格出力1万kW以上ガスタービン発電所では現在、発電所構外での監視・制御は認められていないが、2020年度中の目途に省令改正を目指しており、これにより構内の中央制御室に要員を置かず、発電所構外から監視・制御することが認められるようになる。		

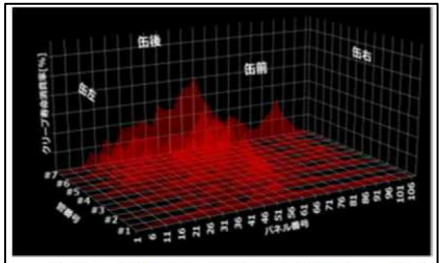
関西電力株式会社「K-VaCSについて」
https://www.kepco.co.jp/energy_supply/energy/thermal_power/kvacs/
（資料提供：関西電力株式会社）

第4回インフラメンテナンス大賞　優秀賞

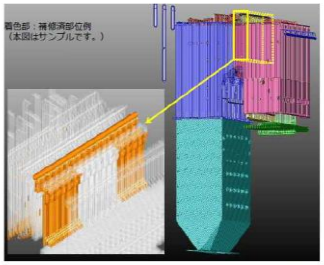
案件名：
苫東厚真発電所４号機におけるボイラー保守技術高度化システムの導入について

代表団体名：
北海道電力株式会社　ほか

ボイラー管の破孔事故が発生すると破孔管の修繕に加えて、類似箇所の点検等が必要となり、長期間の発電停止を余儀なくされる。このため、事故の未然防止等を目的に、苫東厚真発電所４号機において、ＩＣＴを駆使したボイラーの運転監視および寿命評価の精度向上ならびに保守計画の最適化・省力化が可能となる「ボイラー保守技術高度化システム」を導入した。



ボイラー配管別の累積寿命消費率3Dグラフ

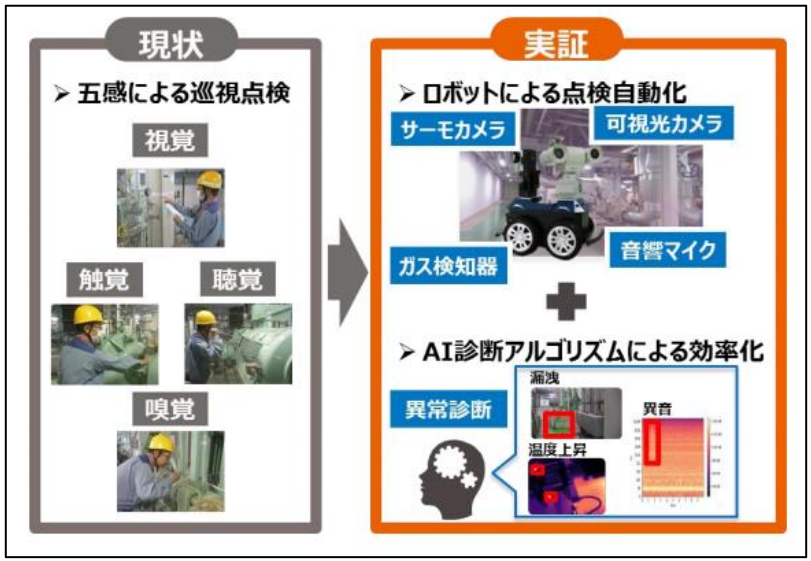


保守履歴の3D表示
（色分けによりわかり易く表示）

経済産業省「第4回インフラメンテナンス大賞」
https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201127007/20201127007.html
https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201127007/20201127007-2.pdf

No.2　火力：ロボット・ドローンによる点検

設備区分：	火力	技術区分：	ロボット・ドローン
保安対象：	高所設備、発電所構内設備		
機能概要：	光学カメラ等の各種センサーをロボットに搭載し発電所構内の巡視点検を自動化する。 光学カメラ等の各種センサーをドローンに搭載し高所設備に接近し各種検査・診断のためのデータ収集を行う。		
保安上の効果:	• 各種センサーの活用による、高精度のデータ収集。 • 巡視点検の効率化。 • 高所作業のための足場設置コストの削減、高所作業による労働災害の防止。		
概要：	発電所所員が目視などで確認していた設備情報を、自動走行型のロボットを用いて収集する。AIによって各設備の運転状況が正常かどうか診断を行うことで、巡視点検を自動化することが出来る。 自立飛行するドローンを用いて設備点検の自動化を図る。取得したデータを用い、AIによる異常検知や異常原因の推定に活用することを目指した開発が行われている。		

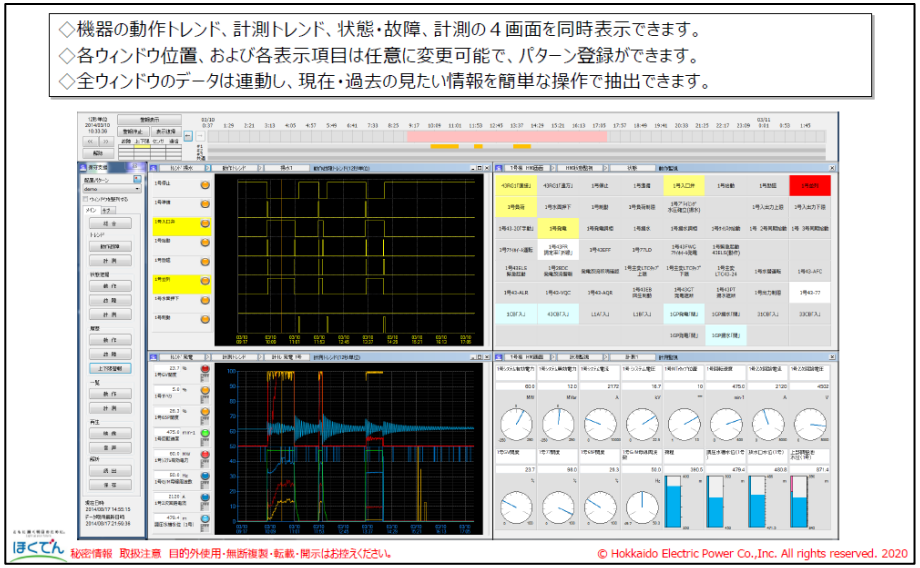


関西電力株式会社「火力発電所におけるロボット・ＡＩを活用した巡視点検自動化システムの開発について」
https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/0825_1j.html
https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/pdf/0825_1j_01.pdf
（資料提供：関西電力株式会社）

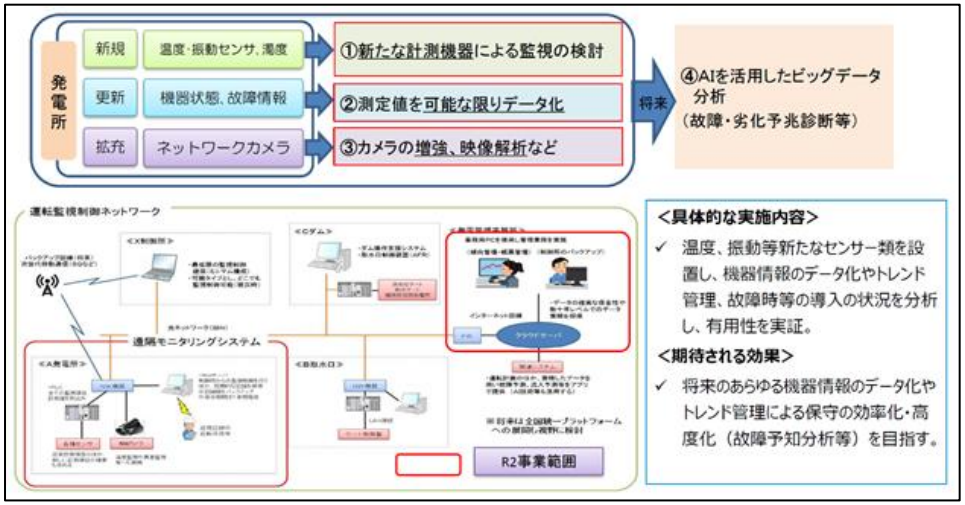
東北電力株式会社、日本ユニシス株式会社「秋田火力発電所での設備パトロール自動化に向けた実証試験の様子。細かな調整を繰り返しながら、複雑な火力発電所内をドローンが自律的に飛行し、摸擬した異常箇所を撮影していく（撮影：淡路敏明）」
https://cu.unisys.co.jp/hairpin/akita_drone/

No.3　水力：発電設備の遠隔監視

設備区分：	水力	技術区分：	遠隔監視
保安対象：	水力発電設備		
機能概要：	水力発電所の設備情報・故障情報を収集し遠隔伝送して可視化する。		
保安上の効果:	• 遠隔からの機器状態の詳細把握や、過去データとの比較。 • 異常の早期発見や、事故の未然防止。 • 事故原因究明による、早期復旧や補修計画への活用。 • 点検周期の最適化。		
概要：	これまで月に１～２回程度の巡視点検で確認していた設備情報（温度、振動等）について、新たに計測機器やネットワークカメラを設置し遠隔伝送することで、発電所から離れた監視制御所で発電設備の監視制御を行うことが出来る。現在、遠隔伝送されクラウドに蓄積されたデジタルデータを用いたAI技術の研究が進められており、発電設備の故障・劣化予兆診断技術の実現が期待される。		



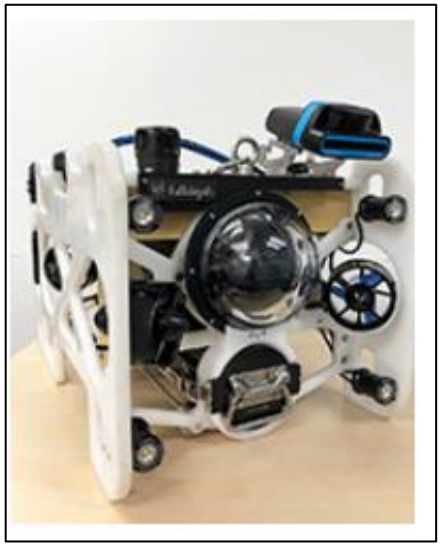
北海道電力　水力部　発電グループ「保守支援装置」
（資料提供：北海道電力株式会社）



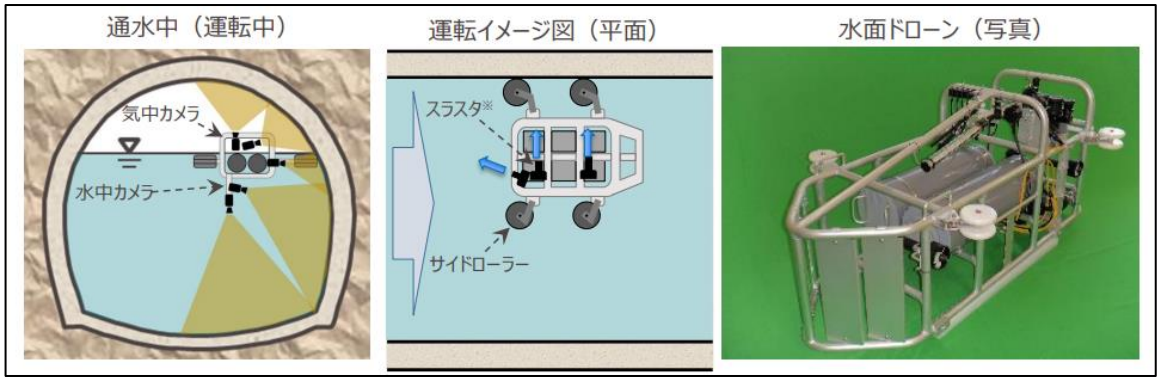
経済産業省 産業構造審議会保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 電気保安制度WG（第４回）「資料3 水力発電設備の保守管理に係るスマート化ガイドライン策定について」
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/hoan_seido/004.html
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/hoan_seido/pdf/004_03_00.pdf

No.4 水力：水面・水中ドローンによる点検

設備区分：	水力	技術区分：	ドローン
保安対象：	導水路・導水管		
機能概要：	カメラを搭載したドローン（水面ドローン・水中ドローン含む）を用い、水圧鉄管、導水管内等の状態を撮影する。		
保安上の効果:	• 水圧鉄管や導水管内の作業員入抗が不要になることによる、点検負荷の軽減。 • 導水路における、発電停止を伴わない点検作業の実現。		
概要：	作業員が目視点検で行っている水力発電所内の水路内点検を、カメラを搭載したドローンを用いて代替する。通常、水圧鉄管の点検では管内に足場を組んで作業員が目視で点検しているが、ドローンを用いて点検することにより、作業員の入抗が不要となり、作業員負荷軽減、点検コスト軽減が可能となる。導水路内の水面ドローンによる点検では、発電中に点検を行うことも可能であり、発電停止による発電量減少を抑制することも期待できる。		



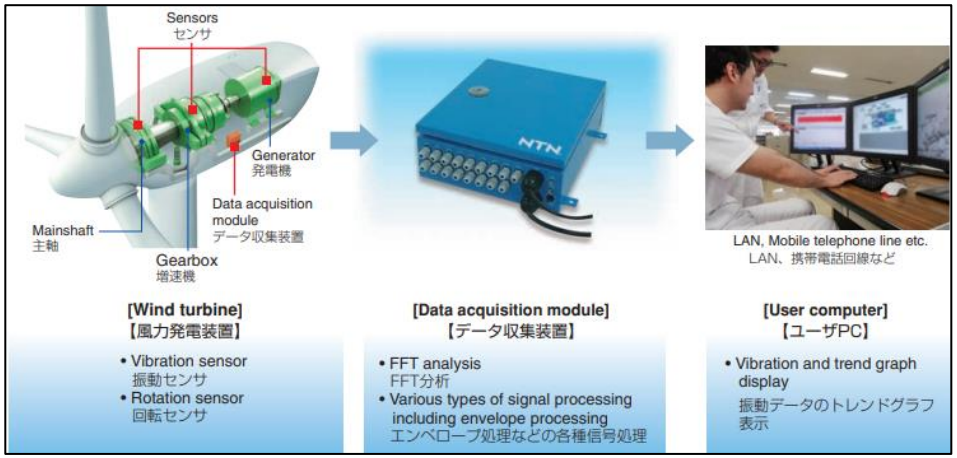
株式会社 FullDepth「ダムの点検ポイントとDiveUnit300の強み」
https://fulldepth.co.jp/usecases/index.html#usecases02



関西電力株式会社「水力発電所導水路の内部点検に活用する水面ドローンの開発について」
https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/0611_1j.html
https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2020/pdf/0611_1j_01.pdf
（資料提供：関西電力株式会社）

No.5 風力：発電設備の状態監視･異常予兆検知

設備区分：	風力	技術区分：	遠隔監視
保安対象：	風力発電設備（軸受け、増速器、発電機など）		
機能概要：	設備の異常を発生初期段階、または予兆段階で把握する。		
保安上の効果:	• 風車設備の計画的、または迅速な補修による、事故の防止。 • 計画的な交換部品や必要機材の確保と補修による、設備利用率の向上や電力供給の安定化。		
概要：	風力発電設備の軸受けや増速機、発電機などに設置したセンサ群などから構成される状態監視システム（Condition Monitoring System：CMS）により取得したデータを常時監視･解析して閾値管理等を行うことで、設備の異常を発生初期段階で把握し風車の事故を未然に防ぐことが出来る。 また、振動データ等に対してAIを活用した分析を行い異常を予兆段階で把握することで、風車の故障を未然に防止するだけでなく、計画的に交換部品･必要機材を確保して補修を行うことが出来る。これにより、設備利用率の向上や電力供給の安定化が期待できる。		



NTN株式会社「風力発電装置用状態監視システム “ Wind Doctor™“」
https://www.ntn.co.jp/japan/products/catalog/ja/8405/index.html
https://www.ntn.co.jp/japan/products/catalog/ja/8406/index.html

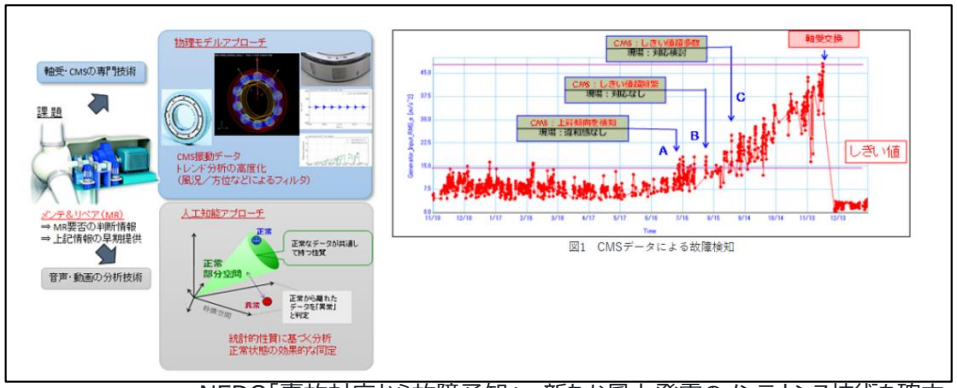


図1 CMSデータによる故障検知

NEDO「事故対応から故障予知へ、新たな風力発電のメンテナンス技術を確立
―風車の状態監視データとAIの活用による故障予知技術―」
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100939.html

No.6 風力：ドローンによるブレード点検

設備区分：	風力	技術区分：	ドローン
保安対象：	ブレード		
機能概要：	カメラを搭載したドローンでブレードに近接し、高解像度の画像を取得することで外観点検を行う。		
保安上の効果:	• 高所作業車の手配や専門の高所作業員の確保が不要になることによる、点検の迅速化や高頻度化。 • 高所作業が不要になることによる、点検対応者の安全性の向上。 • ドローンの移動の素早さによる、ブレード全体の点検にかかる時間の短縮。		
概要：	作業員が高所作業車の利用やロープワークによる高所作業によって行っているブレードの外観点検を、カメラを搭載したドローンでブレードに近接し、高解像度の画像を取得することで代替する。これにより、高所作業車の手配や専門の高所作業員の確保が不要となり、点検をより迅速に実施できる。また、高頻度化も可能になる。特に、ブレードへの被雷後にブレードの健全性確認を行う場合には、確認から再稼働までの時間を短縮することができるため、設備利用率が向上し電力供給の安定化も期待できる。 ドローンは素早く移動することが出来るため、地上からの望遠レンズ搭載カメラでの撮影と比べて点検時間を短縮することが出来る。 また、自律飛行を活用することで、更なる点検時間の短縮や点検の高頻度化が期待できる。		

国産の産業用ドローン ACSL-PF2

ドローンが撮影した風力発電機のブレードの先端

株式会社自律制御システム研究所「ACSL、風力発電機の自律飛行点検が可能な国産ドローンの提供を開始ー点検用の画像撮影にかかる時間を大幅に短縮することが可能ー」
https://ssl4.eir-parts.net/doc/6232/tdnet/1903617/00.pdf

独自のSLAM搭載のシステムを取り付け、ブレード点検を行うドローン

テラドローン株式会社「SLAM技術による自律飛行を活用した風力発電設備向け点検サービスを開始 ～従来比約８倍の点検効率、点検後のデータ管理の簡易化、安全性の向上を実現～」https://www.terra-drone.net/blog/page-5860/

No.7　風力：ロボットによるブレード点検			
設備区分：	風力	技術区分：	ロボット
保安対象：	ブレード		
機能概要：	カメラや導通確認機器を搭載したロボットでブレード上を移動しながら、高解像度の画像の取得やレセプターの導通確認を行う。		
保安上の効果:	• 高所作業車の手配や専門の高所作業員の確保が不要になることによる、点検の迅速化や高頻度化。 • 高所作業が不要になることによる、点検対応者の安全性の向上。		
概要：	作業員が高所作業車の利用やロープワークによる高所作業によって行っている、ブレードの外観点検やレセプターの導通確認を、カメラや導通確認機器を搭載したロボットでの点検で代替する。これにより、高所作業車の手配や専門の高所作業員の確保が不要となり、点検をより迅速に実施でき高頻度化も可能になる。特に、ブレードへの被雷後にブレードの健全性確認を行う場合には、確認から再稼働までの時間を短縮することができるため、設備利用率が向上し電力供給の安定化も期待できる。		

LEBO ROBOTICS株式会社「ブレードメンテナンスロボット」https://www.leborobotics.com/

No.8 太陽電池：発電設備の遠隔監視

設備区分：	太陽電池	技術区分：	遠隔監視
保安対象：	太陽電池発電設備		
機能概要：	設備の異常を発生初期段階、または予兆段階で把握する。		
保安上の効果:	• 故障・劣化したモジュール等の計画的、または迅速な補修による、設備の電気的な事故の防止。 • 故障・劣化したモジュール等の計画的、または迅速な補修による、設備利用率の向上や電力供給の安定化。 • 広大な太陽電池発電所における異常モジュール等の特定による、現場での保守管理業務の省力化。		
概要：	ストリングスやPCSの状態（出力など）を遠隔で常時監視し、取得データに対して閾値管理やAIの活用を含む高度な分析を行うことで、モジュール等の設備の故障・劣化を発生初期段階、または予兆段階で把握する。これにより、設備の電気的な事故を未然に防ぐだけでなく、迅速な対応や計画的な補修が可能となるため、設備利用率が向上し電力供給の安定化も期待できる。 現在、多種の遠隔監視システムが提供されており、より高い異常判定精度をもつ分析手法や、AIを活用した異常予兆検知技術の開発等も進んでいる。		

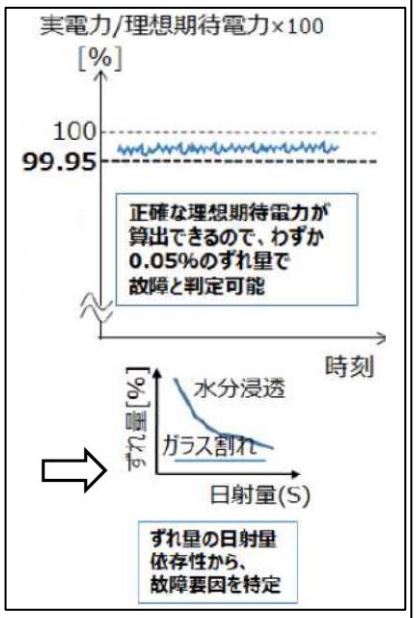
オーナンバ株式会社「太陽光発電インテリジェントモニタリングシステム PVU-Finder®」http://www.onamba.co.jp/?p=691

第4回インフラメンテナンス大賞　優秀賞

案件名：
パネルの半導体特性を活用した、太陽光発電設備のメンテナンス技術

代表団体名：
株式会社日立製作所　ほか

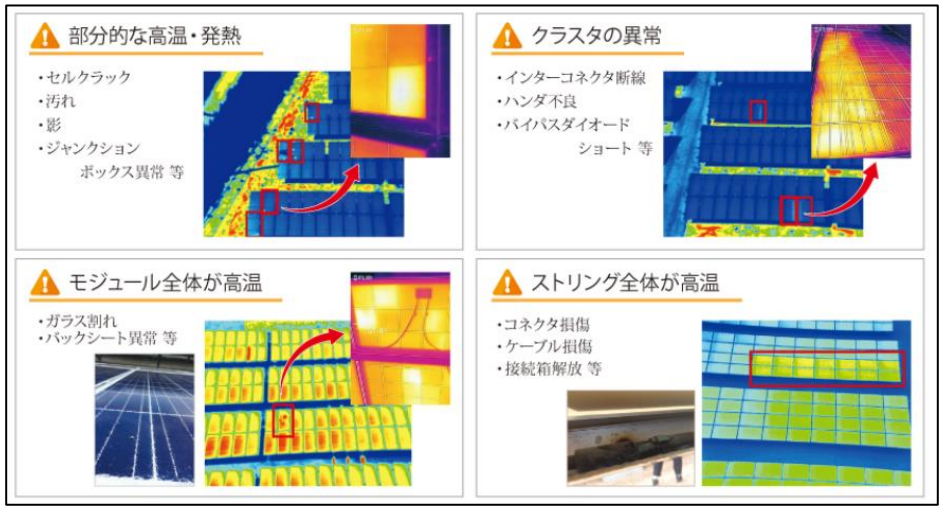
太陽光発電設備の計画発電量維持には建設費の約1割の保守費がかかり、普及妨げの一つになっている。パネルの故障判定精度が低く、対策が過剰なためである。本技術では、太陽電池における光と電気特性を表す式を活用し、パネル自体をセンサとして使う新発想により、0.05%変動（従来10%）での故障判定が可能となり、家庭用からメガソーラまで、最適なメンテナンスの立案・実行を提供できる。メガソーラの故障判定精度の向上により、パネル管理費を1/10に低減するとともに、計画発電量に対して1.1倍の発電出力が維持できた。



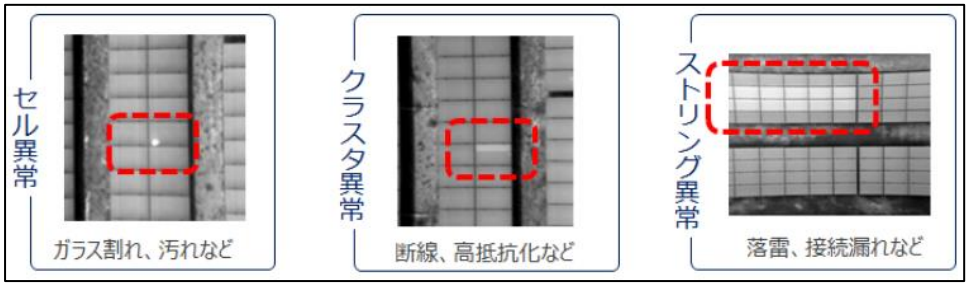
経済産業省「第4回インフラメンテナンス大賞」
https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201127007/20201127007.html
https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201127007/20201127007-2.pdf

No.9 太陽電池：ドローンによるモジュール点検

設備区分：	太陽電池	技術区分：	ドローン
保安対象：	太陽電池発電設備（モジュール）		
機能概要：	光学・赤外線カメラを搭載したドローンでモジュールを撮影し、画像を取得・解析することでモジュールの点検を行う。		
保安上の効果:	• 作業員の発電所内移動が不要になることによる、目視点検の時間短縮や高頻度化。 • 赤外線画像を用いたモジュールの発熱箇所の検出による、高精度な不具合箇所の抽出。		
概要：	作業員が広範囲を移動しながら実施していたモジュールの目視点検を、光学・赤外線カメラを搭載したドローンでの画像取得と取得画像の解析による割れ等の異常箇所の検出によって代替する。これにより、点検を短時間で実施でき高頻度化も可能になる。また、赤外線画像の取得・解析によって発熱箇所を検出することで、作業員による目視点検よりも高精度にモジュールの不具合箇所を抽出することが出来る。現在、ドローンを用いた様々な点検サービスが提供されている。		



エナジーソリューションズ株式会社「ドローン＆クラウド ソーラーモジュールIR検査サービス DroneEye」https://www.energy-itsol.com/service/droneeye.html



NECネッツエスアイ株式会社「【ドローン×ＡＩ活用】太陽電池モジュール点検サービス」
https://www.nesic.co.jp/solution/eco/moduletenkenservice.html

No.10　送配電･変電：ドローンによる点検

設備区分：	送配電･変電	技術区分：	ドローン
保安対象：	高所設備（架空送電線･鉄塔）		
機能概要：	光学カメラ等の各種センサーを搭載したドローンで高所設備に接近し、各種検査･診断のためのデータ収集を行う。また、AIを活用し、さびや欠損、腐食劣化度等を自動判定する。		
保安上の効果:	• 各種センサーの活用による、高精度のデータ収集。 • 高所作業のための足場設置コストの削減、高所作業による労働災害の防止。 • 停電を伴わない点検作業の実現。 • 劣化度判定の個人差の解消。		
概要：	立ち入りが困難な箇所や高所の点検作業にドローンを活用する。地上装置に入力した飛行経路に従ってドローンが自律飛行し、送電線を自動で検知して撮影等検査に必要なデータの収集を行う。取得した画像データをAIで解析し、さびや欠損等の異常を自動で検知可能なサービスも提供されている。		

第4回インフラメンテナンス大賞　経済産業大臣賞

案件名：
ＡＩを活用した送電鉄塔の腐食劣化度診断システム開発･運用

代表団体名：
東北電力ネットワーク株式会社

送電鉄塔の目視点検による腐食劣化度判定の個人差解消、送電鉄塔の腐食傾向把握と補修工事計画立案の効率化を目的として、撮影した画像情報から送電鉄塔の腐食劣化度をAIで自動判定し、鉄塔情報（位置座標、線路名など）とあわせてデータベース上で一元管理することが可能な「腐食劣化度診断システム」を開発し、運用を開始した。

経済産業省「第4回インフラメンテナンス大賞」
https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201127007/20201127007.html
https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201127007/20201127007-2.pdf

テラドローン株式会社「AI技術を活用した送配電設備向けUAV点検サービスを開始　国内外で90,000 km以上の送配電線点検実績を元に、送配電設備点検に特化したAI技術を開発」https://www.terra-drone.net/blog/page-6665/

No.11 送配電･変電：設備更新計画の策定

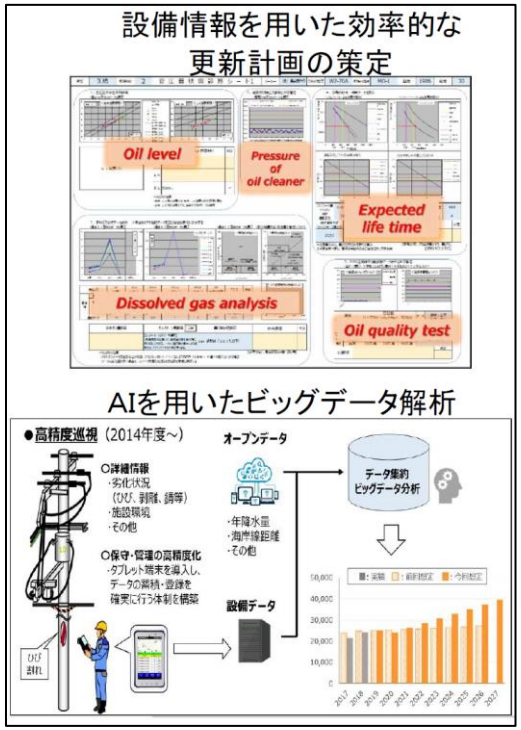
設備区分：	送配電･変電	技術区分：	AI
保安対象：	送電鉄塔		
機能概要：	点検等により収集した設備状態に関するデータベースを構築し、設備改修の必要時期や優先順位を自動判定する。		
保安上の効果:	• 点検データ、環境データに基づく、設備の腐食速度、余寿命の高精度な推定。 • 設備毎の劣化状況の定量的な評価。 • 回収判断基準の見直し、中長期改修計画策定への活用。		

第4回インフラメンテナンス大賞　経済産業大臣賞

案件名：
設備情報を用いた効率的な更新計画の策定

代表団体名：
関西電力送配電株式会社

今後課題となる改修物量の増加、施工力の減少といった事態に対応するため、電力インフラの中心となる変電設備･送電設備･配電設備に対して、設備情報を収集･解析し、設備更新の優先順位を付けを行い、将来に亘る効率的な設備更新計画が策定できる取り組みを行った。
変電･送電設備では、点検等により数十年に亘り収集した設備状態に関するデータベースを構築し、設備改修の必要時期や優先順位がシステム的に判別できる仕組みを構築した。特に送電設備では、送電線が位置する場所の環境データを収集、解析を行いマップ化し、設備の腐食速度から余寿命を精度よく推定する手法を開発した。
また、配電設備は設備数が膨大であるため、AIを用いたビックデータ解析を行うことで、設備毎の劣化状況を定量的に評価し、改修判断基準の見直し･中長期改修計画の策定に活用している。



経済産業省「第4回インフラメンテナンス大賞」
https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201127007/20201127007.html
https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201127007/20201127007-2.pdf

No.12 送配電･変電：内部鉄筋破断の診断

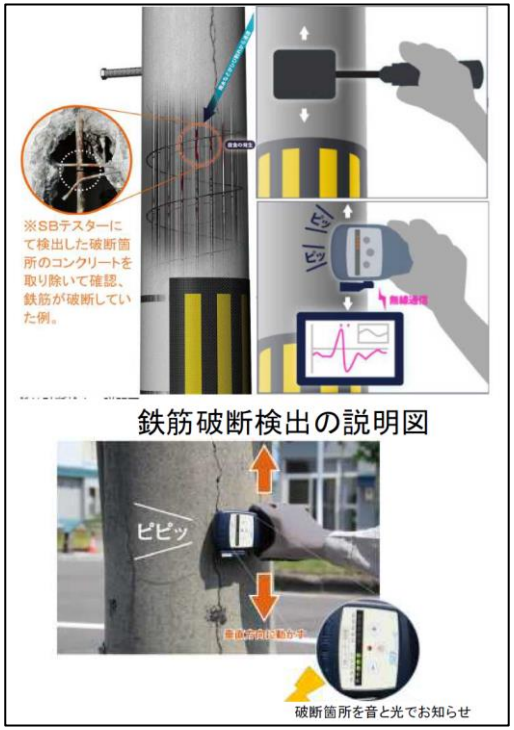
設備区分：	送配電･変電	技術区分：	非破壊検査
保安対象：	電柱		
機能概要：	コンクリート柱内部の鉄筋破断の有無を非破壊で診断する。		
保安上の効果:	• 日常点検における電柱内部の鉄筋破断の簡易化。		

第4回インフラメンテナンス大賞　優秀賞

案件名：
コンクリート柱の鉄筋破断診断装置の開発、実用化

代表団体名：
北海道電力株式会社　ほか

●コンクリート柱内部の鉄筋破断有無を、非破壊にて簡便に診断できる検査装置を開発。本装置は小型軽量で携帯性に優れ、かつ安価に実用化している。
●本検査装置は、コンクリート表面から内部の鉄筋を磁石で着磁し、鉄筋が破断している箇所に生じる微弱な磁界の乱れをホール素子により電気信号に変換、更にオペアンプで増幅することで、高精度に検知することを可能とし、日常のメンテナンス作業で簡便に利用されている。



鉄筋破断検出の説明図

経済産業省「第4回インフラメンテナンス大賞」
https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201127007/20201127007.html
https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201127007/20201127007-2.pdf

No.13 需要設備：設備の遠隔監視

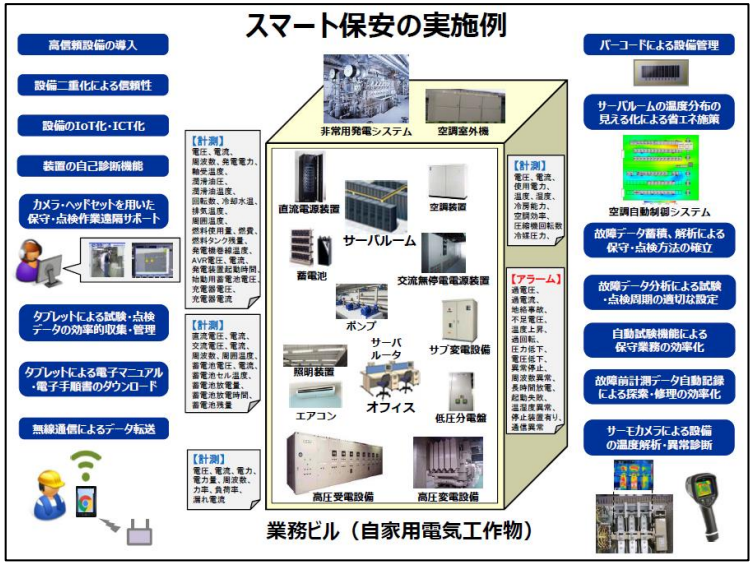
設備区分：	需要設備	技術区分：	遠隔監視
保安対象：	需要設備（自家用電気工作物）		
機能概要：	電流・電圧等の計器表示値の遠隔監視や温度等のセンサによる設備状態の遠隔監視によって、設備の異常を早期に検知する。		
保安上の効果:	• 設備状態の常時監視による、異常の早期把握、電気事故の更なる低減。 • 現地点検を遠隔での点検で代替することによる、保安業務における移動時間の削減、及び点検業務の迅速化。		
概要：	電気主任技術者等が行っている、業務ビルや工場に設置される需要設備の現地での点検を、電流・電圧等の計器表示値の遠隔監視や温度等のセンサによる設備状態の遠隔監視によって代替する。遠隔で取得するデータに対して閾値管理等の常時監視を行うことで、異常の早期把握が可能となり電気事故の更なる低減が期待できる。また、現地点検を代替する場合には、需要設備の保安業務において多くの時間を占めている移動時間の削減も期待できる。 需要設備では、既に低圧部分の絶縁常時監視が普及しているが、監視項目を拡充した高度な遠隔監視システムの開発や実装も進んでいる。また、官民が連携して、保安水準を維持・向上させながら現地点検を遠隔で代替可能なキュービクルの検討も進んでいる。		

遠隔常時状態監視システム(主装置：ES SYSTEM)
「監視項目：全停電　瞬時電圧低下　低圧側の漏電
変圧器の表面温度　電力使用状況など」

電力使用状況の閲覧サービス
「1日30分単位の電力単価や電力量の
高低等を見て、合理的な稼働計画を策定」

オンライン点検システム
(タブレット式電気点検簿)
「遠隔にて各種計測数値を確認」

日本テクノ株式会社
会社ホームページ「電気保安管理」
https://www.n-techno.co.jp/service/security.html



経済産業省　第4回産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 電気保安人材・技術ワーキンググループ「資料1-1 電気保安人材を巡る課題の検討状況について」
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/hoan_jinzai/004.html
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/hoan_jinzai/pdf/004_01_01.pdf
※資料提供：株式会社NTTファシリティーズ

No.14 その他：タブレット端末・スマートグラスの活用

設備区分：	電力設備全般	技術区分：	デジタル端末
保安対象：	―		
機能概要：	タブレット端末やスマートグラス等のデジタル端末を活用し、記録のデジタル化や情報の即時共有を行う。		
保安上の効果:	• タブレット端末にて点検記録を即時に電子化することによる、レポートの作成等の省力化。 • タブレット端末にて現場点検の際に過去の点検記録等を任意に呼び出せることによる、保安水準の向上。 • スマートグラスにて現場の状況を遠隔の事業所と共有しアドバイス等を受けられることによる、保安水準の向上。		
概要：	点検の記録を、紙ではなくタブレット端末への入力に代替する。これにより、点検記録表作成及び保存等の事務処理時間を削減することが出来る。また、設備データの事前登録や、点検対象機器に貼り付けたQRコード等をタブレット端末のカメラで読み込み点検様式や過去の点検記録などを呼び出すといった運用を行うことで、円滑かつ保安水準の高い現場点検が実現できる。 現場点検において作業者がスマートグラスを装備することで、現場の状況を遠隔の事業所にいる技術者と共有することが出来る。これにより、経験の少ない作業者でもアドバイスを受けながら質の高い点検や事故対応を行うことが出来る。また、遠隔の事業所にいる技術者は、複数の現場の作業者に対して効率的にノウハウを継承することが出来る。		

月次点検

太陽光発電所の巡視・点検

関東電気保安協会「電気と保安 No.546」
https://www.kdh.or.jp/pdf/safe/es2018_03_04.pdf

関西電力送配電株式会社「更なる効率化に向けて～スマートグラスの活用～」
https://www.facebook.com/kanden.jp/photos/pcb.4183419388354029/4183418701687431/?type=3&theater
（資料提供：関西電力送配電株式会社）

資料１－２

電気保安分野
スマート保安アクションプラン（案）

令和３年３月

スマート保安官民協議会　電力安全部会

はじめに

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

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

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

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

スマート保安官民協議会 電力安全部会 構成員等名簿

（敬称略・五十音順）

（構成員）

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

（オブザーバー）

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

目 次

1. 背景 1

1.1 電気保安をとりまく課題とスマート化 1

1.2 スマート保安官民協議会とアクションプランの位置付け 1

2. 電気保安全体の将来像と技術実装のターゲットイヤー 3

2.1 電気保安のスマート化の将来像 3

2.2 メンテナンス及びオペレーションの作業プロセスの変化 3

2.3 電気保安における IoT・AI・ドローン導入のイメージ（2025 年） 4

2.4 技術実装の道筋とターゲットイヤー 6

3. 具体的な保安上の課題及び導入が期待される技術 10

3.1 電気設備ごとの技術実装の道筋 10

3.2 火力発電所の保安の将来像と導入が期待される技術 10

3.3 水力発電所の保安の将来像と導入が期待される技術 14

3.4 風力発電所の保安の将来像と導入が期待される技術 17

3.5 太陽電池発電所の保安の将来像と導入が期待される技術 20

3.6 送配電・変電設備の保安の将来像と導入が期待される技術 24

3.7 需要設備の保安の将来像と導入が期待される技術 26

4. 新技術の実用化・導入に必要な取り組み 28

4.1 新技術の実用化・導入に必要な官の取り組み 28

4.2 新技術の実用化・導入に必要な民の取り組み 32

4.3 新技術の実用化・導入に必要な取組とフォローアップ 37

5. 新技術の妥当性確認の仕組みづくり 38

5.1 技術の妥当性確認に必要な論点 38

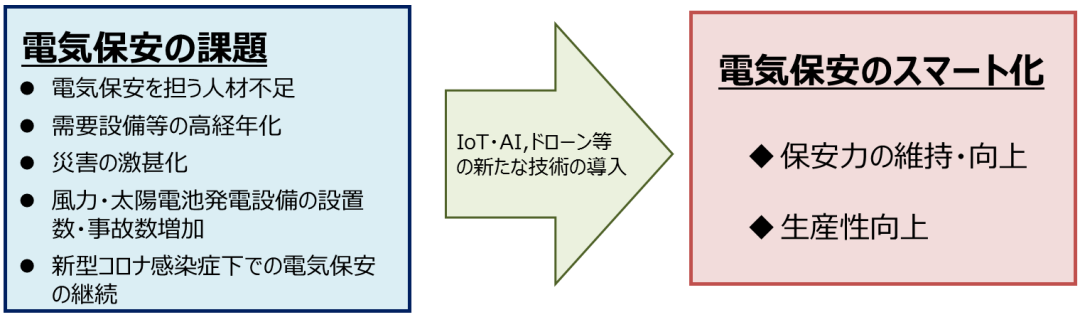
5.2 スマート保安プロモーション委員会の設立 38

1. 背景

1.1 電気保安をとりまく課題とスマート化

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

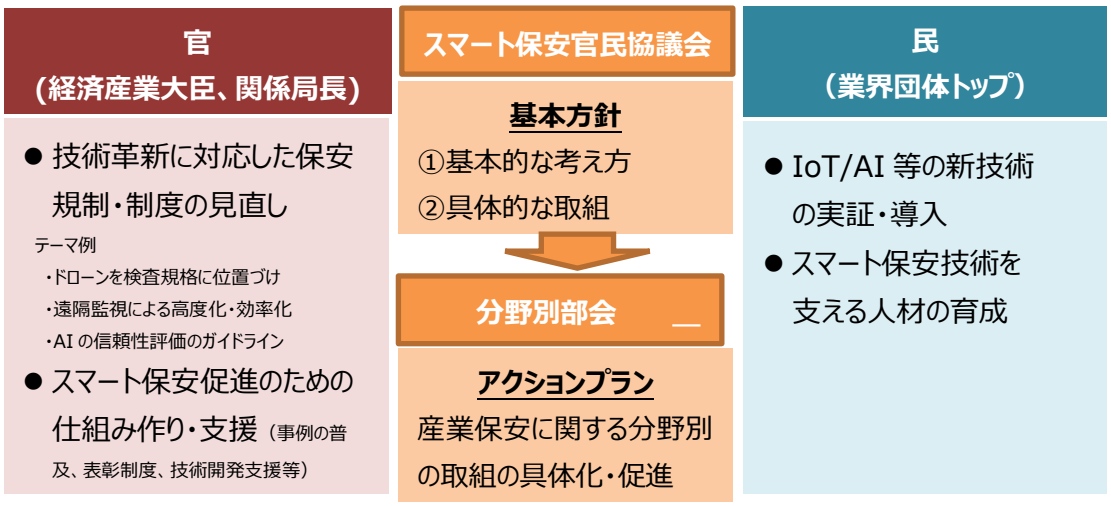
このような状況にあって、近年では、**IoT、AI やドローンに代表されるような新しい技術（以降、スマート保安技術）が登場し実用化**されており、電気保安の分野においても安全性を前提とした電力の安定供給を将来にわたり実現するべく、これらの技術の活用による**電気保安水準の維持向上及び生産性向上等を両立させる所謂スマート保安（＝電気保安のスマート化）の推進**が強く求められている。



1.2 スマート保安官民協議会とアクションプランの位置付け

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

[1] スマート保安官民協議会，スマート保安推進のための基本方針，
https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/smart_hoan/pdf/kihon_hoshin.pdf.


官
（経済産業大臣、関係局長）
● 技術革新に対応した保安規制・制度の見直し
テーマ例
・ドローンを検査規格に位置づけ
・遠隔監視による高度化・効率化
・AI の信頼性評価のガイドライン
● スマート保安促進のための仕組み作り・支援（事例の普及、表彰制度、技術開発支援等）
スマート保安官民協議会
基本方針
①基本的な考え方
②具体的な取組
分野別部会
アクションプラン
産業保安に関する分野別の取組の具体化・促進
民
（業界団体トップ）
● IoT/AI 等の新技術の実証・導入
● スマート保安技術を支える人材の育成

2. 電気保安全体の将来像と技術実装のターゲットイヤー

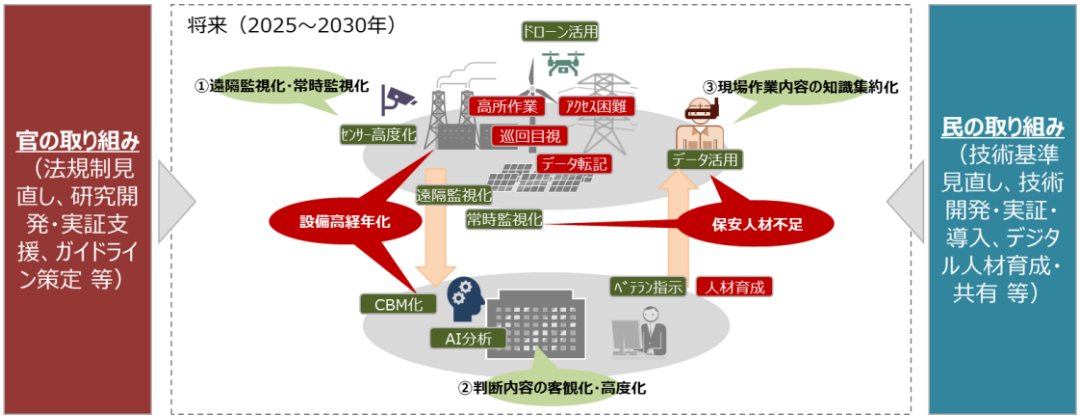
2.1 電気保安のスマート化の将来像

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

① 定置センサーの増設やドローン・ロボットによる可搬センサーの現場搬送によって、労働集約的であった現場作業が合理化され、機器による**常時監視化・遠隔監視化が普及・拡大**する。

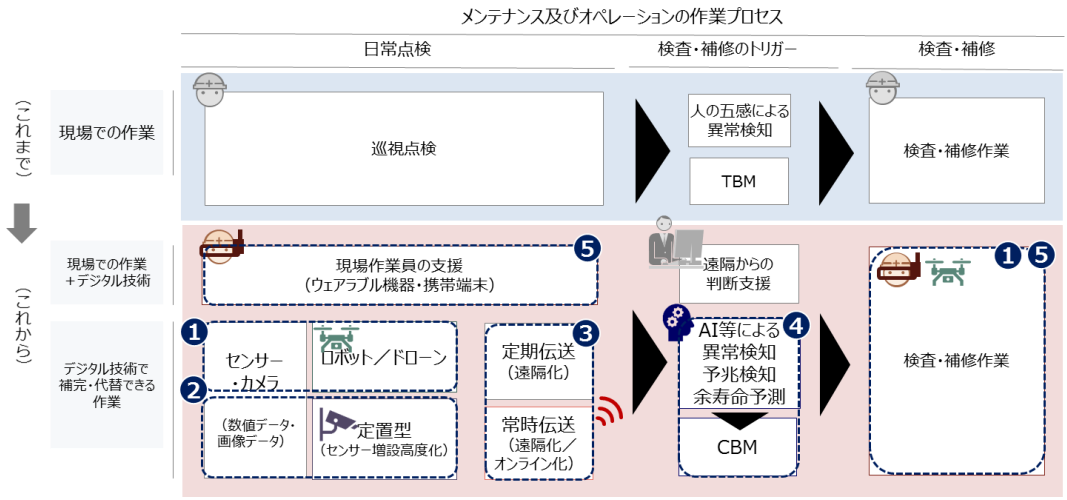
② センサーの高度化・増設によるデジタルデータ化及び、AI 活用による処理情報量の拡大と判断精度の向上によって、これまで一部が主観的・暗黙知であった**判断内容が客観化・形式知化**される。

③ 各種設備状況データの分析と携行機器の活用によって、**現場作業内容がより知識集約化**される。



2.2 メンテナンス及びオペレーションの作業プロセスの変化

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



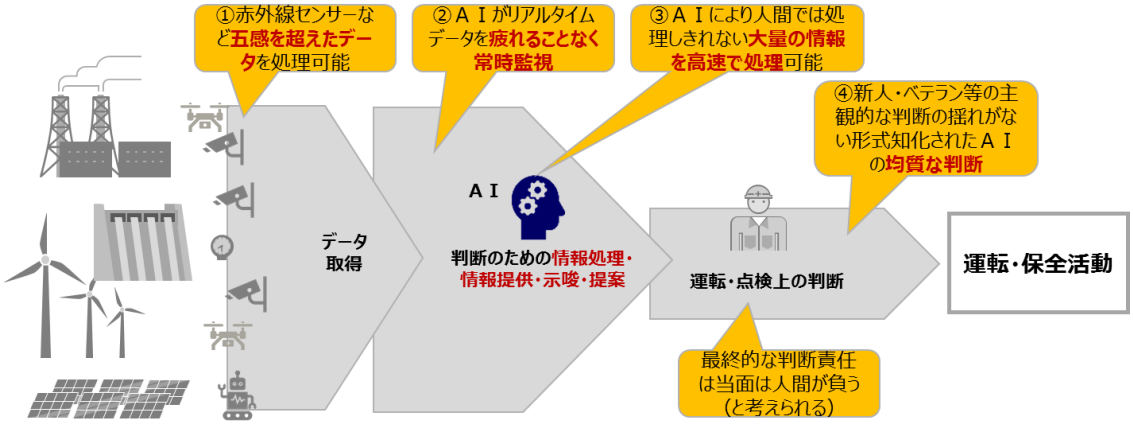
2.3 電気保安における IoT・AI・ドローン導入のイメージ（2025 年）

(1) 電気保安における IoT・AI 導入のイメージ（2025 年）

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

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

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

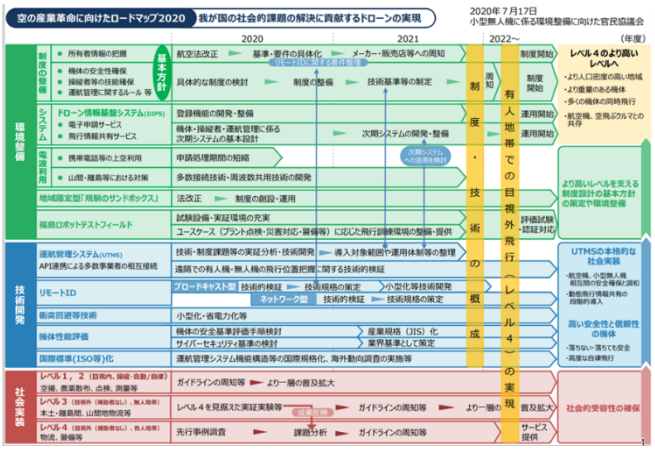


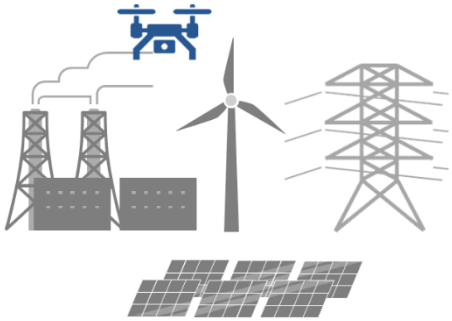
(2) 電気保安におけるドローン導入のイメージ（2025 年）

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

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

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





2.4 技術実装の道筋とターゲットイヤー

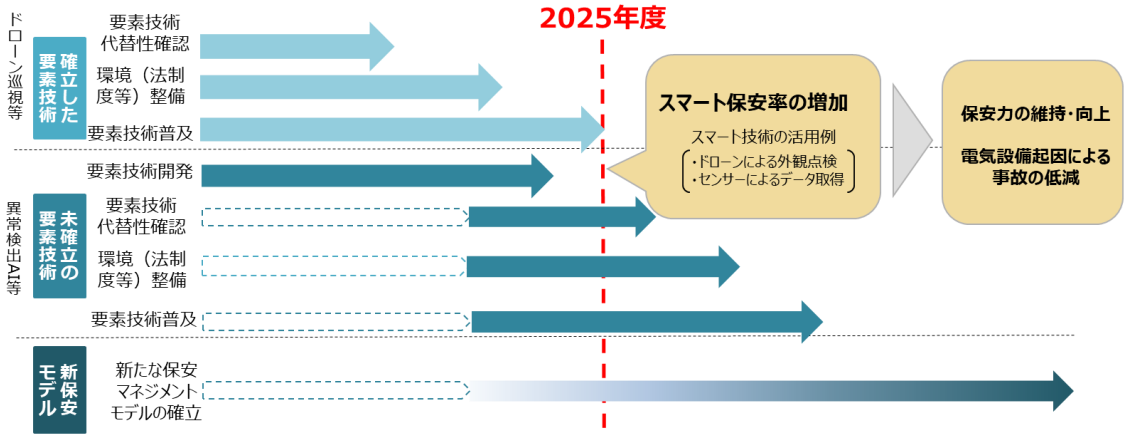
(1) 技術実装の道筋とターゲットイヤー

2025 年に向けて個別の保安業務のスマート化を進めるべく、まず**既に一定程度確立している要素技術については、既存の保安業務の補完性・代替可能性について実証**を進めるとともに、**法令や業界指針の必要な環境整備**を進め、その普及を図り、スマート保安技術の導入を推進する。

一方、現在**未確立の要素技術については、その開発・実証**を進め、要素技術を組み合わせた**保安システム全体のマネジメントモデルの実証**を行う。技術が確立した段階で徐々に必要な規制環境の見直しと共に技術の実用化を進めていく。

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

こうした取り組みを通じ、**スマート保安技術を保安活動の中で利用（ドローンによる外観点検や、センサーによるデータ取得等）する発電所等数の割合を増加**させ、事故の予兆を早期に発見し、**電気設備起因の事故の低減**を目指す。



(2) 目標（KPI）の設定

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

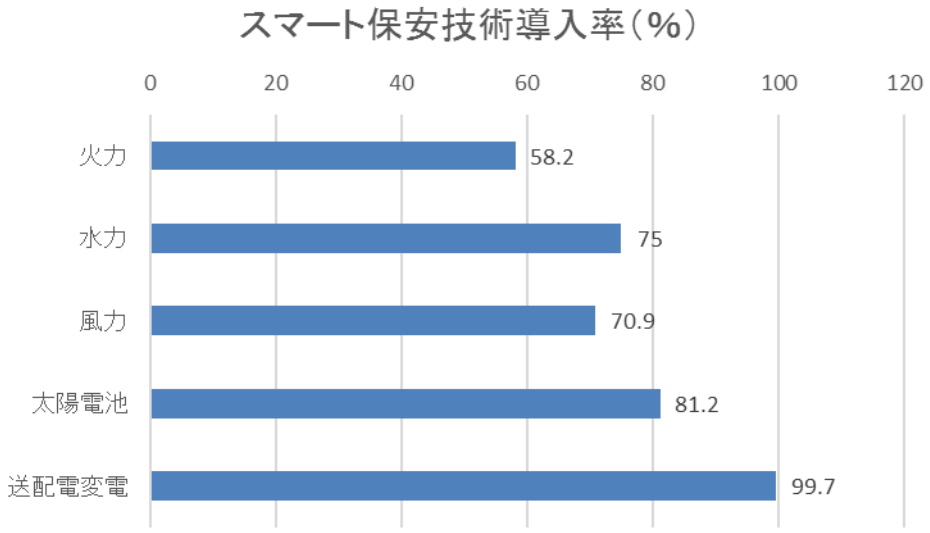
1) スマート保安技術導入に係る KPI

発電事業者・送配電事業者を対象に、スマート保安技術の導入状況についてアンケートを実施した。[2]なお、今回のアンケートでは、足下のスマート化への着手の状況を概観する趣

[2] 風力・太陽電池発電については工事計画届出の対象設備。

旨から、スマート保安技術の要件定義を確定せず、例えば、点検時の現場記入事項の電子化（携帯端末の活用）や危険箇所を監視するためのカメラの単独設置等のシンプルなデジタル技術も含めた調査を行ったところ。この下で、当該デジタル技術をスマート保安技術として１つ以上導入[3]している発電所等の割合は、火力では 58.2%、水力では 75.0%、風力では 70.9%、太陽電池では 81.2%、送配電・変電では 99.7%と高く、過半数の発電所等において一定程度の個々のデジタル技術の導入を実施しているものと考えられる。

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



（スマート保安技術導入率＝導入発電所※3等の数／発電所等の総数×100（%））

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

＜スマート保安技術別導入率＞

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

（配布数：1168、回答者数：425、回答率 36.4%[4]）

※１　送配電・変電設備については設備を管理している事業所の数。※２　送配電・変電設備については「センサーまたはカメラによる遠隔監視」

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

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

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

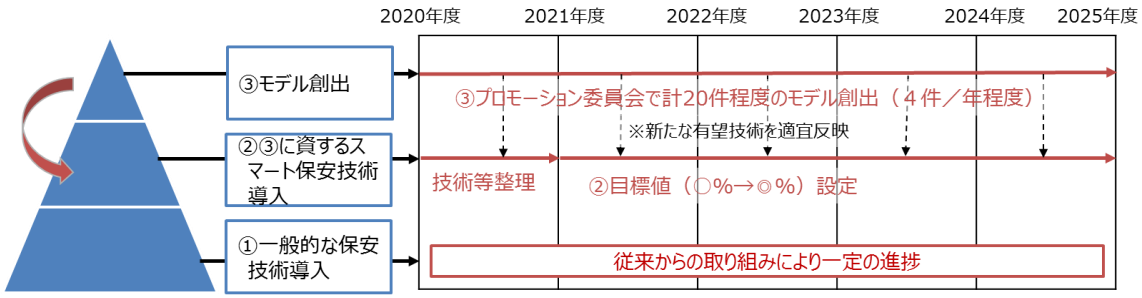
本取り組みについては、③の取り組みを踏まえて、本アクションプラン３．等の実装に資する技術（組み合わせを含む）を整理し、2021 年度に新たな KPI を設定することを検討する。なお、当該 KPI については、必要に応じフォローアップの際に随時追加・見直しを行う。

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

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

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

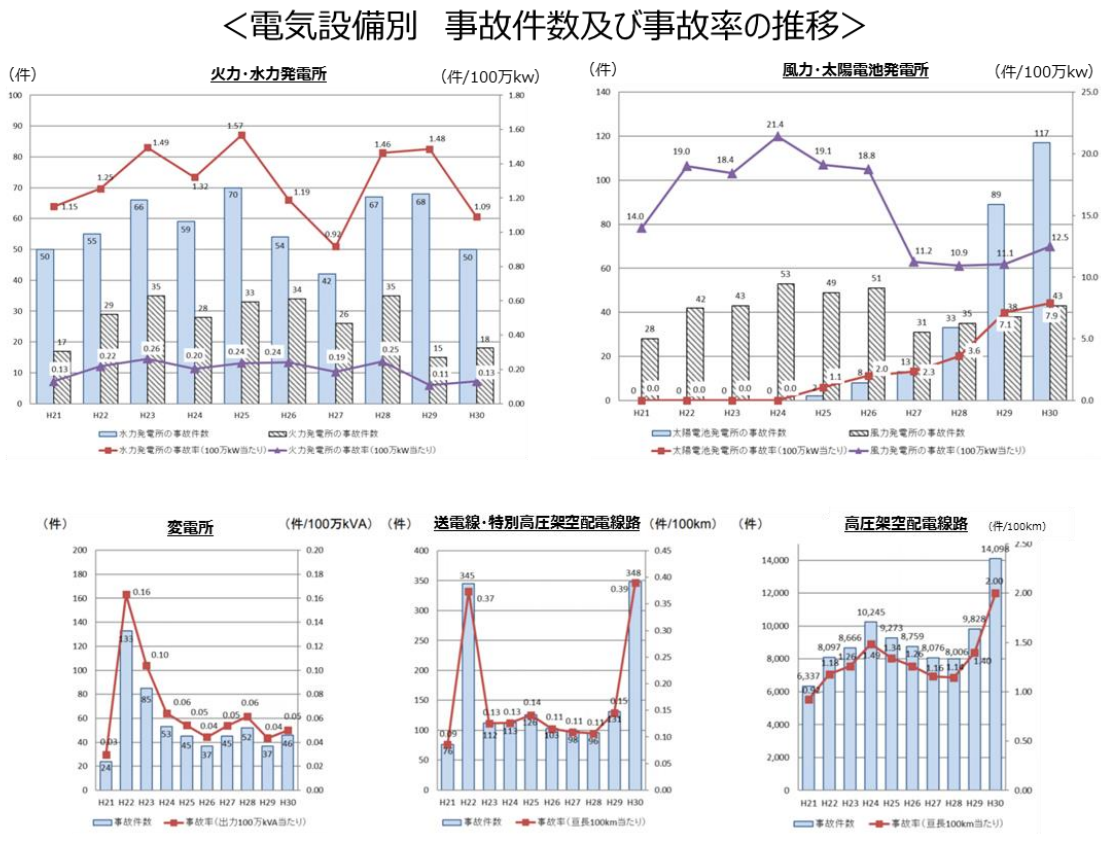
[4] 風力・太陽電池発電については、FIT 認定情報に基づき、設備 ID 毎に配布した数。管理設備をまとめて回答するケースと設備 ID 毎に回答するケースが混在。



2) スマート保安導入による効果の KPI

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

【KPI】災害起因を除く事故率のトレンドを確認する。

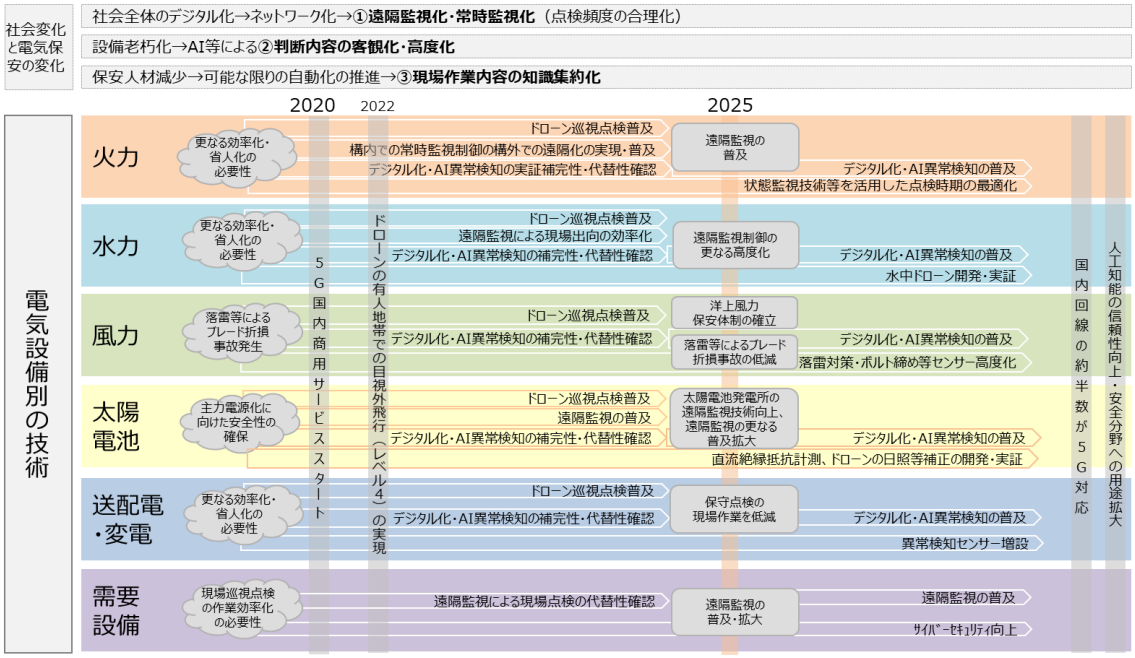


（出所：独立行政法人製品評価技術基盤機構　電気保安統計の現状について（平成30年度電気保安統計の概要））

3. 具体的な保安上の課題及び導入が期待される技術

3.1 電気設備ごとの技術実装の道筋

<u>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</u>を目指す。ロードマップ案を以下に示す。



以降、電気設備毎の保安の将来像と導入が期待される技術について整理をする。

3.2 火力発電所の保安の将来像と導入が期待される技術

(1) <u>火力発電所の保安の将来像</u>

- 保安の課題

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

- 2025 年の絵姿

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

る補完性・代替性を確認した上で、例えば遠隔常時監視、点検の省力化を促進し、保安力の向上を図りつつ、コスト面での更なる合理化を目指す。また、有用であるが現在確立していない技術（例：状態監視技術等を活用した点検時期の最適化）の開発を促進する。スマート保安技術の活用を通じ、保安力の維持・向上を図るとともに、異常の予兆を的確に把握することにより、計画的なメンテナンスに寄与することで、計画外停止を低減し、調整電源やベースロード電源としての機能を果たす。

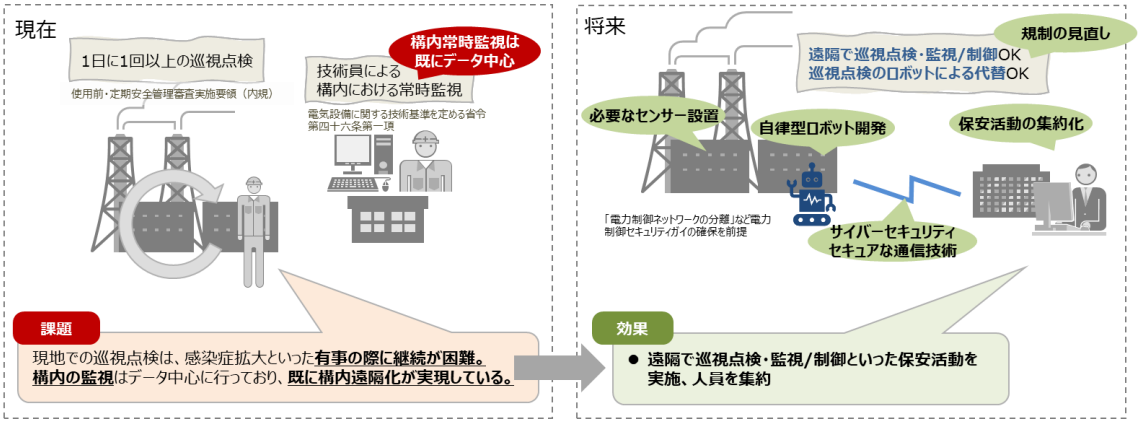
(2) 火力発電分野における技術

1) 巡視点検・監視/制御のデジタル化・遠隔化

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

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

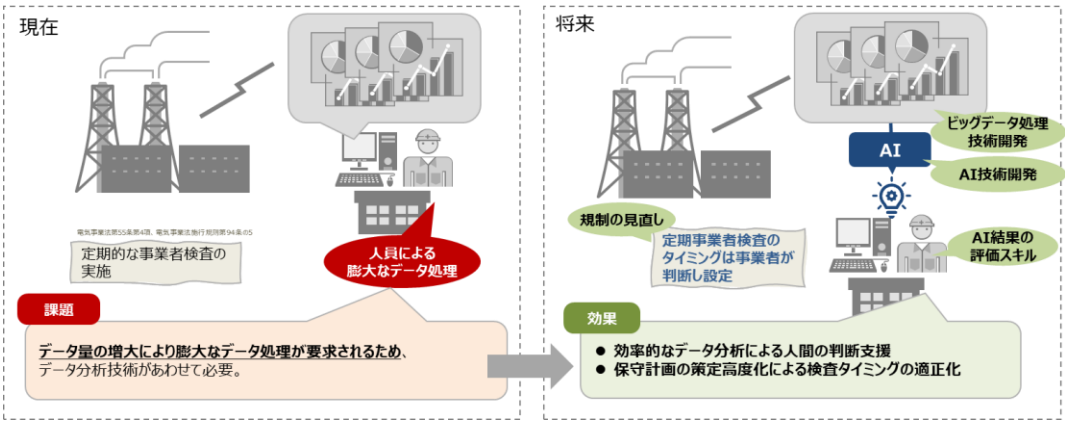
規制としては、**構内での常時監視**や安全管理審査におけるインセンティブ要件としての**１日に１回以上の巡視点検といった規制要件**が求められており、事業者によるデジタル化・遠隔化といったスマート保安を進めるには**この要件の見直し**が必要となる。また、火災予防や危険物管理等の観点から、応急時対応で求められる要件の整理とその評価ができれば、将来的には、発電所の無人化の選択肢の可能性もありうる。



2) AI 活用による保安活動の判断支援

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

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

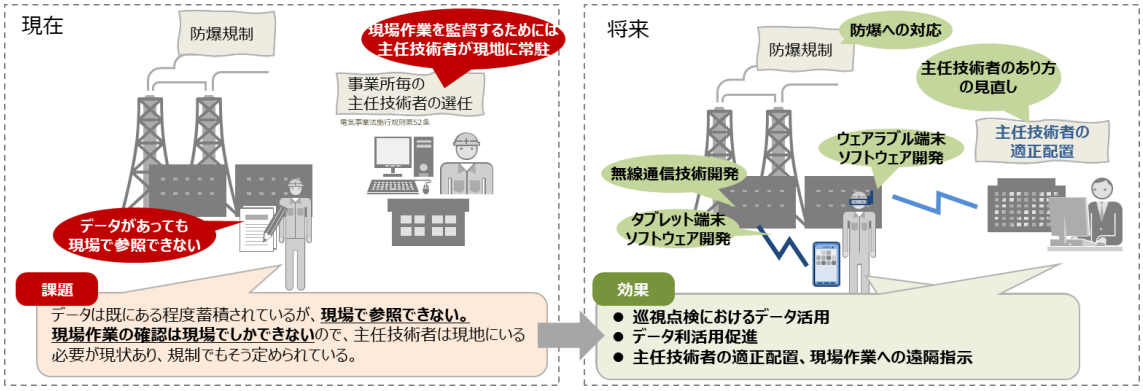


3) デジタル端末の活用による現場作業高度化

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

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

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



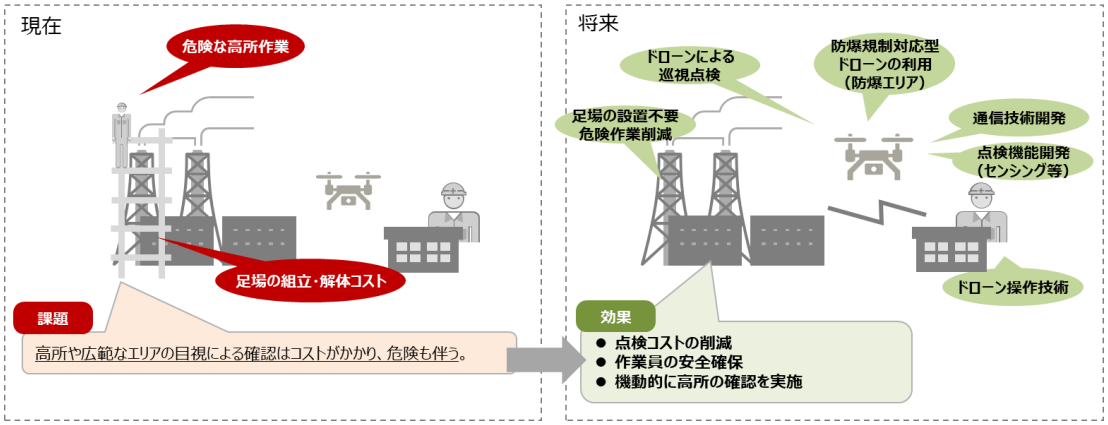
4) 点検におけるドローン活用

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

間の長期化の一因にもなっている。

各設備の劣化状況をドローンで撮影することにより、**移動・巡視時間の削減**、落下等の**労働災害の低減**、**難点検箇所における不具合の早期発見**、**足場の設置が不要になるため工事コストの削減**、**機動的な高所の確認の実施**が可能になる。例えば、近隣住民よりすすが舞っている等の通報があったときや、災害時に安全にかつ迅速に高所等の現場確認を行うことが求められるときなど、機動的な安全確認が求められる際に活用されることが期待されている。

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



3.3 水力発電所の保安の将来像と導入が期待される技術

(1) 水力発電所の保安の将来像

- 保安の課題

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

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

- 2025 年の絵姿

2020 年度に、水力発電設備のスマート化のガイドライン（導入編）を策定し、スマート保安の導入を推進する他、2021 年度には運用編を策定する予定。2025 年においては、すでに一定程度技術が確立し、導入が進むと見込まれるセンサーやウェアラブル機器について、現在の巡視点検における補完性・代替性を確認し、活用を促進することで、①遠隔監視の更なる高度化や、②状態監視技術を活用した点検技術の最適化と点検時間・点検期間等の削減により、保安に係るコスト合理化を目指す。また、有用であるが、現在確立していない技術（例：水中ドローンや機器の異常進展メカニズムに基づくデータ解析による点検時期の最適化等）の開発を促進する。スマート保安技術の活用を通じ、保安力の向上を図るとともに、異常の予兆を的確に把握することにより、計画的なメンテナンスに寄与することで、計画外停止の削減を目指す。

(2) 水力発電分野における技術

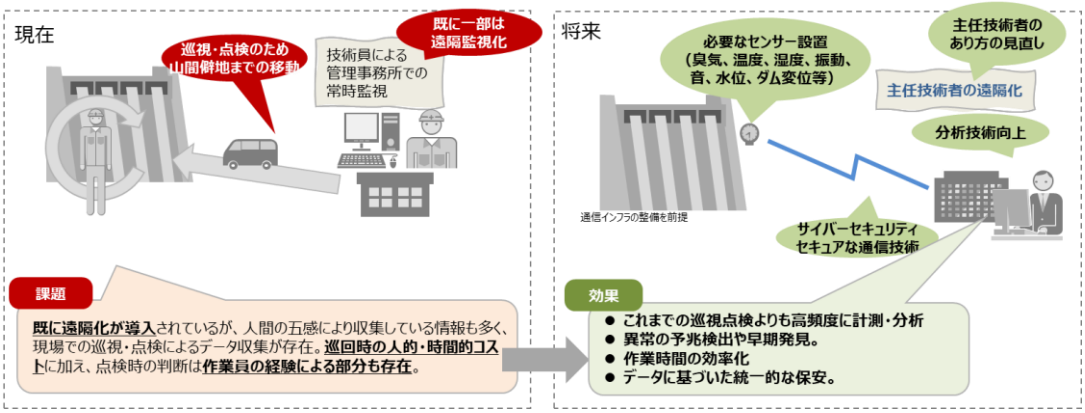
1) 巡視点検・監視/制御のデジタル化・遠隔化

水力発電所は一部遠隔監視を行っているものの、**現場での巡視・点検によるデータ収集も実施**している。水力発電所は、山間僻地に設置される場合が多く、その保守管理は台風や大雨などの自然条件に左右されるなど、**時間的・人的負担が大きい**。また、**点検時の判断は作業員の経験による部分も存在**している。

これらの課題に対応するため、現在行われている遠隔監視技術に加え、巡視点検時の確認項目について新たにセンサーを設置することで、これまでの巡視点検よりも高頻度に計測・分析することによって、**異常の予兆検出や早期発見に繋げる**ことができるとともに、**巡視・点検頻度や作業時間の効率化**や、**データに基づいた統一的な保安**が可能になる。

技術的には現場のセンシング技術、**データの通信技術やサイバーセキュリティ対策**が必要である。水力発電所の多くが山間部であり、通信インフラが整備されていない場所が存

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

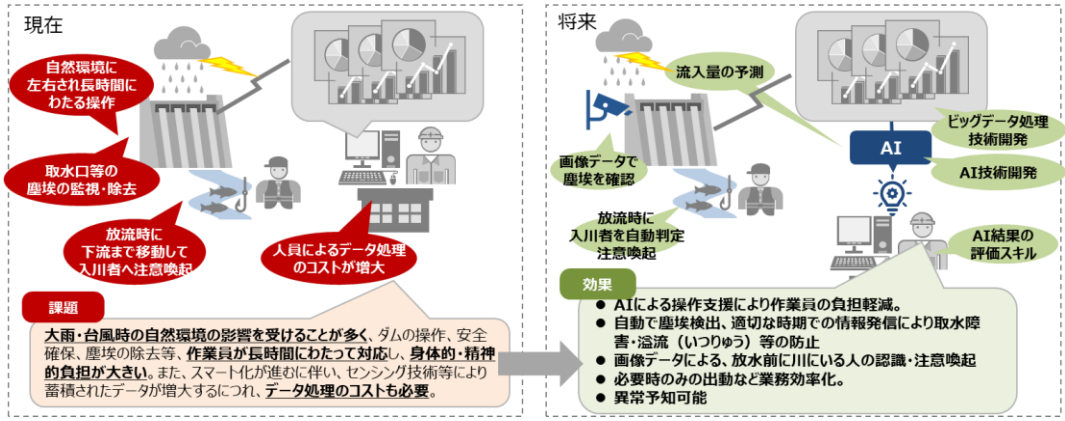


2) AI 活用による保安活動の判断支援

水力発電設備は、**大雨・台風時の自然環境の影響を受ける**ことが多く、ダムの操作や安全確保、塵埃除去等、**長時間の作業に係る負担が大きい**。また、スマート化が進むに伴いデータ処理のコストへの対応も必要となる。

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

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

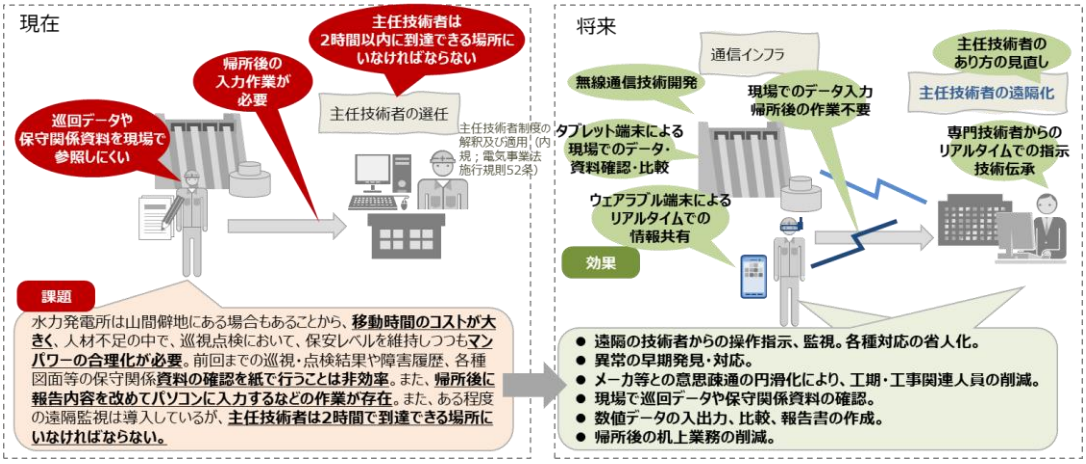


3) デジタル端末の活用による現場作業高度化

巡視・点検においては、**巡回データや各種資料の確認を紙で行うことは非効率**であり、**帰所後の机上作業も存在**している。

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

デジタル端末による遠隔化に伴い、緊急時対応等の課題を解決した上で**ダム水路主任技術者の要件を適正化できる可能性**がある。一方、遠隔化にはデータの通信技術が必要となるが、発電所の多くが山間部であることから、通信インフラが整備されていない場所が存在しており、まずインフラ整備が必要となる。また、通信設備においてはサイバーセキュリティ対策を行う必要があると考えられる。

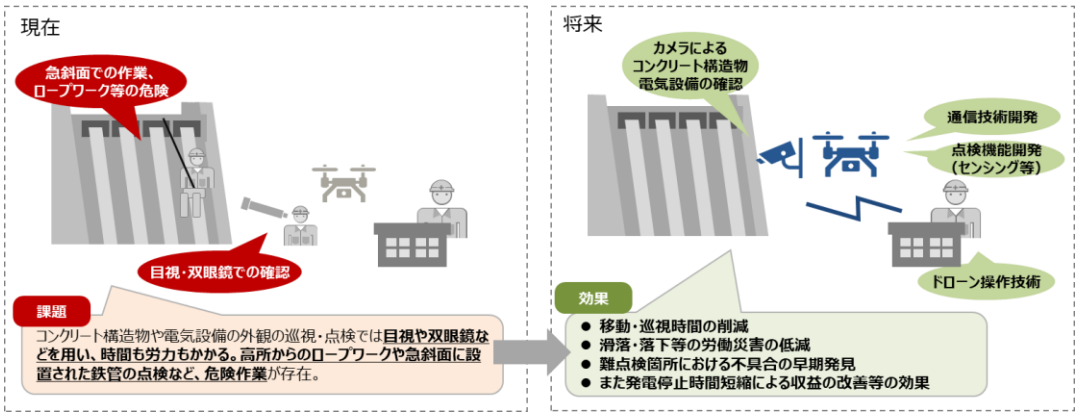


4) 点検におけるドローン活用

コンクリート構造物や電気設備の巡視・点検では目視や双眼鏡、ロープワーク等が用いられ、**時間及び労力がかかり、急斜面等での危険作業が存在**している。

このような課題に対応するため、巡視・点検にドローン技術を活用することが考えられる。各設備の劣化状況をドローンで撮影し、遠隔から点検することで、**移動時間や巡視時間の削減**、**滑落・落下等の労働災害の低減**、**難点検箇所における不具合の早期発見**、**足場の設置が不要になるため工事コストの削減**、また、**発電停止時間短縮による収益の改善等の効果**が期待される。

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



3.4 風力発電所の保安の将来像と導入が期待される技術

(1) 風力発電所の保安の将来像

- 保安の課題

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

- 2025 年の絵姿

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

(2) 風力発電分野における技術

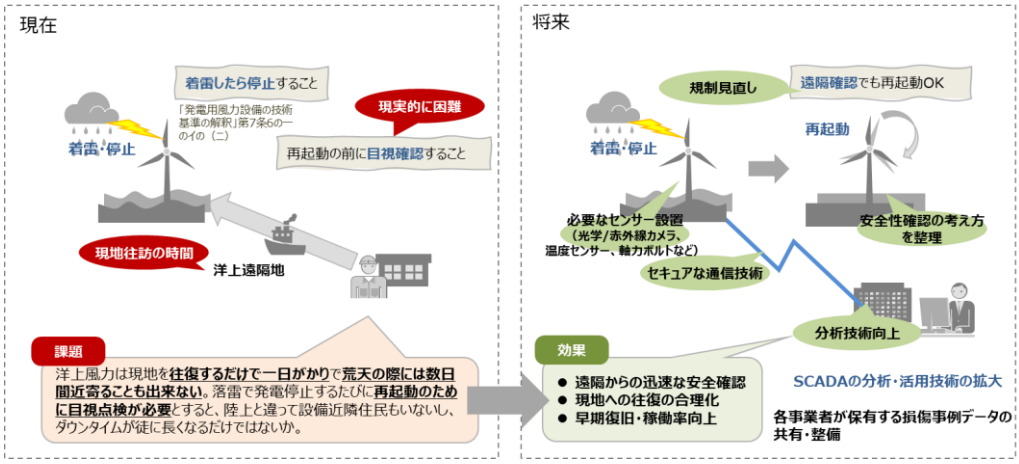
1) 洋上風力での遠隔異常確認技術

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

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

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

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

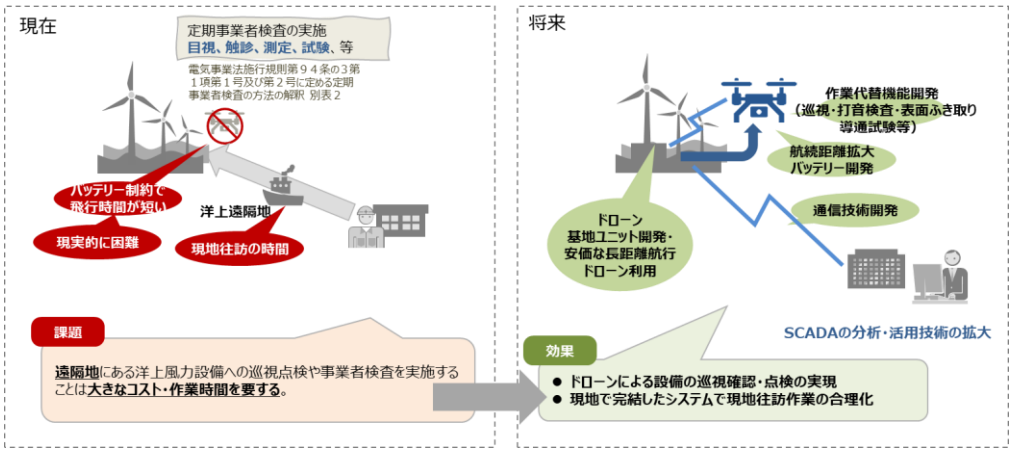


2) 洋上風力でのドローン巡視点検技術

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

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

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



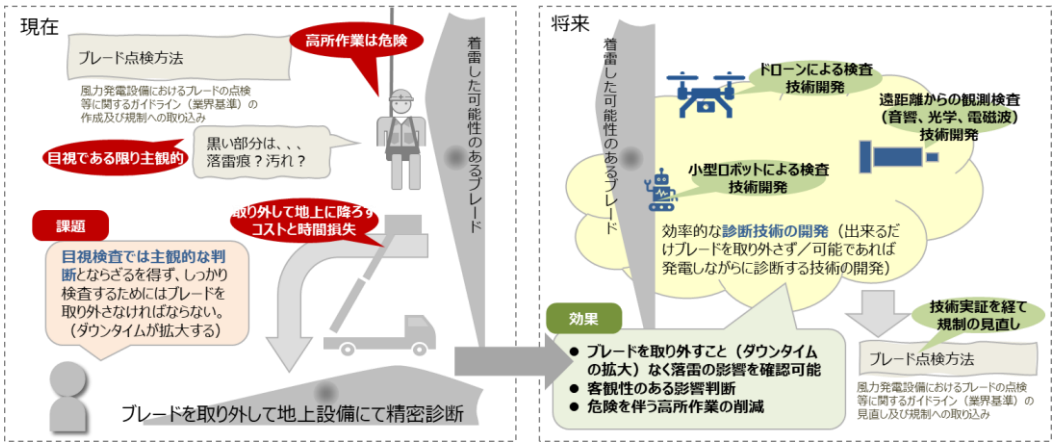
3) ブレード健全性診断技術

日本は、台風等による様々な方向からの強風及び非常に高い電荷量を伴った落雷等、世界で最も厳しい風力発電の環境といえる。その様な状況において、風力発電設備の多くの風車は海外メーカー・海外基準であり、落雷等を要因とするブレードの折損事故が後を絶たない状況となっており、着雷した可能性等のあるブレードの健全性確認作業については、その点検結果の判断基準や対応フローについて、一般的な事項を示すものとして業界による自主指針[5]が策定される等の取組が進められている。その一方で、**ロープワークによる高所での近接目視確認は危険を伴う作業**となっており、また、**精密検査をするためにはブレードを取り外して地上の設備で検査する必要があり、ダウンタイムの拡大**に繋がっている。

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

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

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



3.5 太陽電池発電所の保安の将来像と導入が期待される技術

(1) 太陽電池発電所の保安の将来像

- 保安の課題

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

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

- 2025 年の絵姿

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

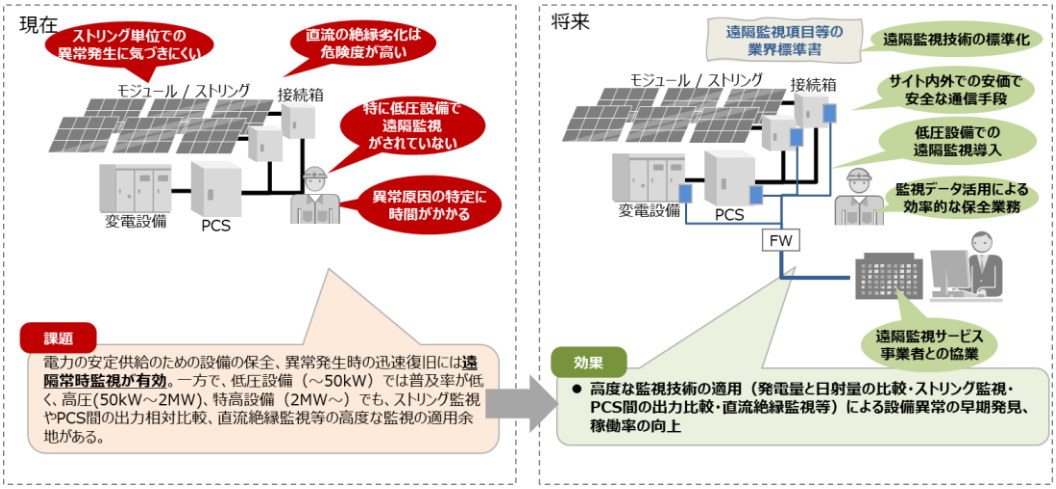
(2) 太陽電池発電分野における技術

1) 遠隔常時監視の普及

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

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

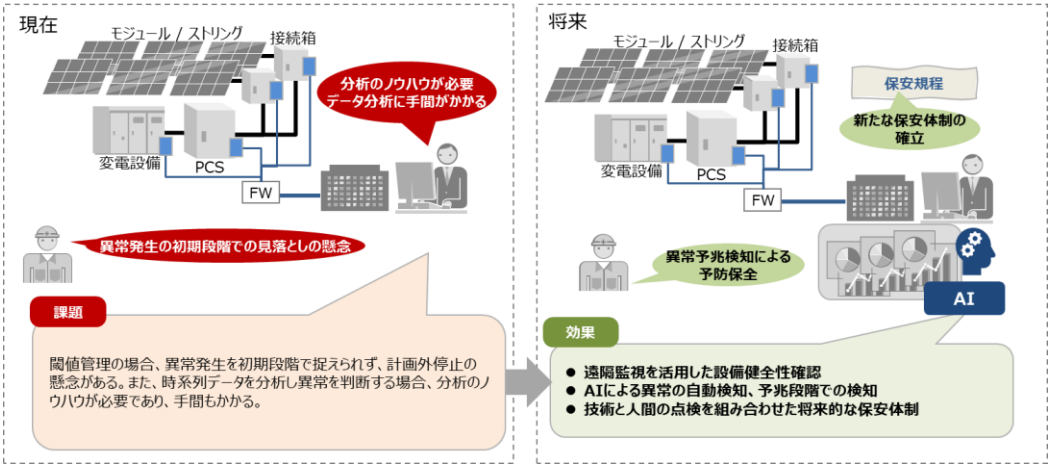
遠隔常時監視の普及にあたっては、太陽電池発電事業者に対して**遠隔常時監視技術の導入意義を明確化することが必要**となる。技術的な面では、現在開発されている様々な遠隔監視技術の監視項目を利用者にとって分かりやすい形で標準化することや、サイト内外での安価で安全な通信手段を開発し提供されることが必要である。また、太陽電池発電事業者は、遠隔監視サービス事業者と協業した、監視データ活用による効率的な保全業務を実現できる体制を構築することが必要である。



2) データ分析による保安高度化

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

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

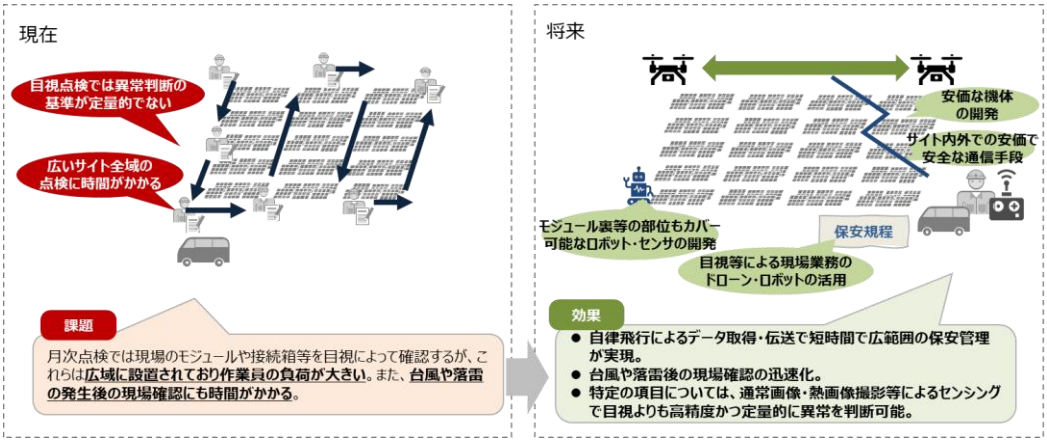


3) 巡視・点検でのドローン・ロボットの活用

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

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

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

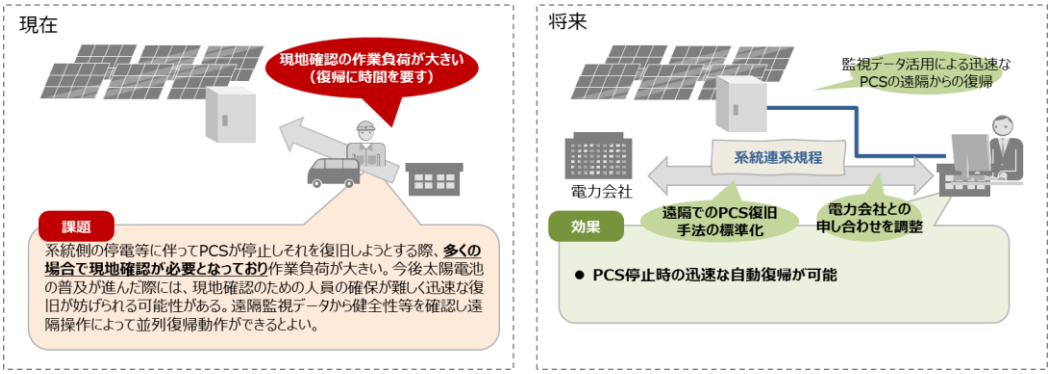


4) PCS 遠隔復帰の普及

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

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

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



3.6 送配電・変電設備の保安の将来像と導入が期待される技術

(1) 送配電・変電設備の保安の将来像

- 保安の課題

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

- 2025 年の絵姿

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

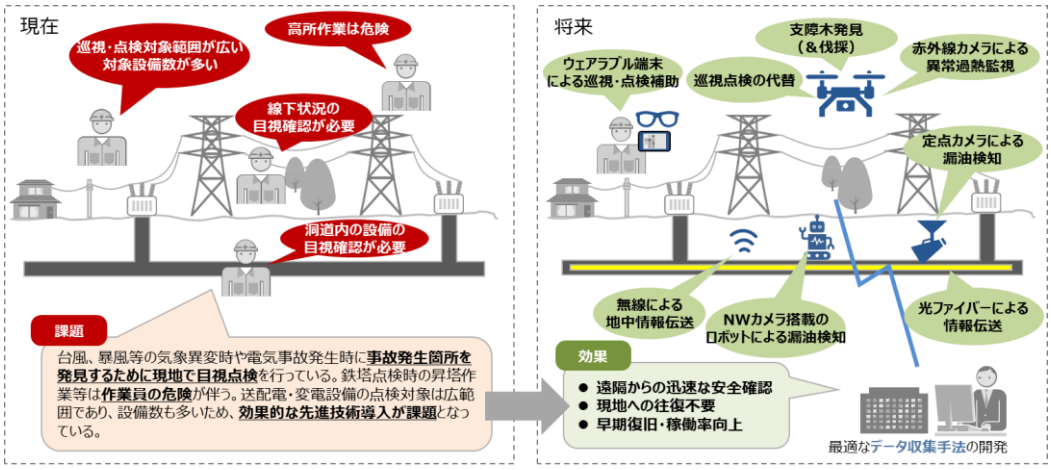
(2) 送配電・変電分野における技術

1) 遠隔監視による巡視・点検等の効率化

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

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

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



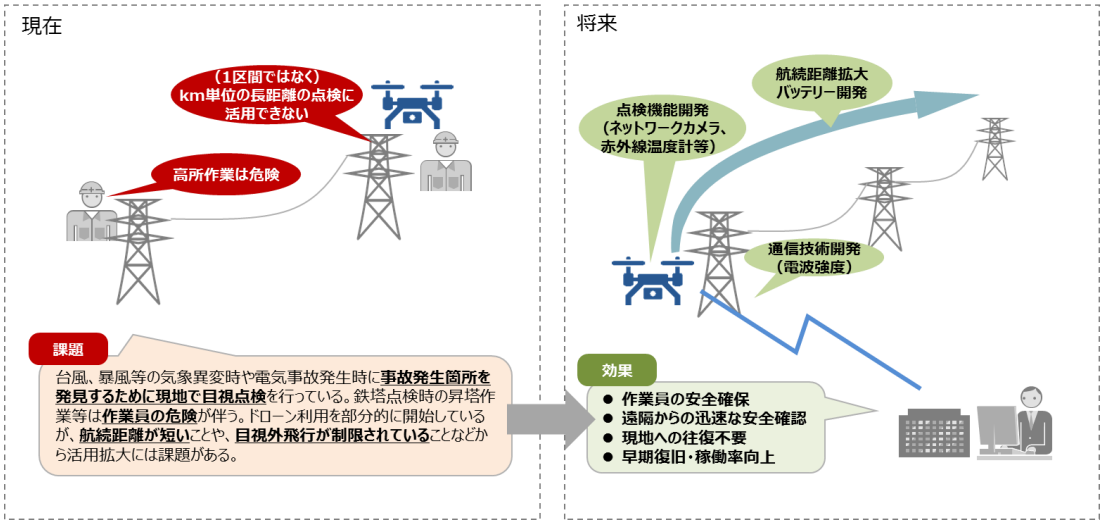
2) 巡視・点検におけるドローン技術活用

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

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

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

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

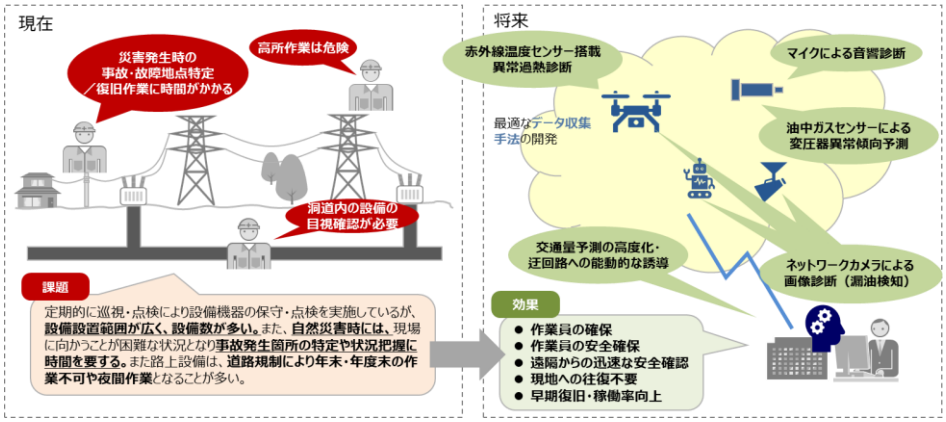


3) AI 等活用による故障予兆把握・災害対応

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

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

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



3.7 需要設備の保安の将来像と導入が期待される技術

(1) 需要設備の保安の将来像

- 保安の課題

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

- 2025 年の絵姿

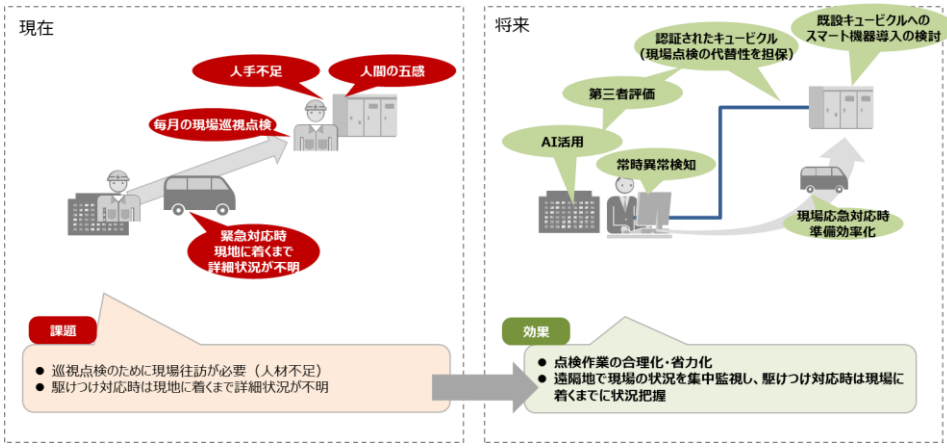
2020 年度には、月次点検の遠隔代替が可能であることが第三者により認証された製品（スマートキュービクル）を導入した場合、外部委託における需要設備の月次点検において、遠隔点検への代替を可能とする所要の改正を行う。また、既設キュービクルに対する遠隔代替

や、受電設備のサイバーセキュリティについても検討を進めていく。
　月次点検を遠隔代替することにより、現場への移動時間及び作業時間の削減が期待される。また、スマート保安技術の導入による保安力の向上により、事故率の低減を目指す。

(2) 需要設備分野における技術

1) 遠隔監視技術

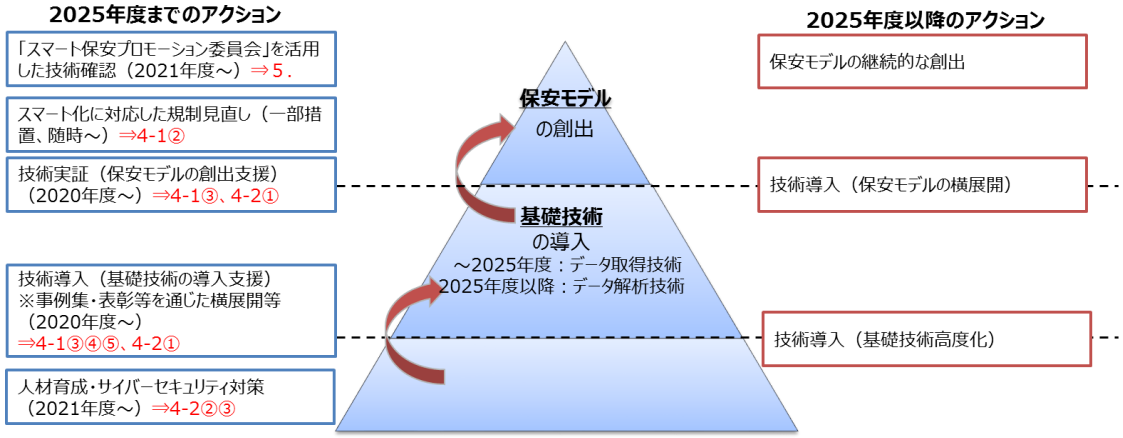
　電気保安人材不足が予測される中、保安水準を維持、向上しながら現場巡視点検を効率化することが喫緊の課題である。特に、巡視点検のための現場への往訪が業務上の負荷となっており、技術活用による負荷低減が望まれる。
　遠隔常時監視技術を活用することで、**現場巡視点検の遠隔代替や作業の合理化**、及び**異常予兆検知による事故の低減が期待**される。また、現在は設備からの警報等によって緊急対応を行う際、現地に着くまで詳細状況が不明であり現場に到着した後に原因調査を行うことが多いが、遠隔地で現場の状況を集中監視し駆けつけ対応時に事前に状況を把握することによる、現場業務の効率化が期待される。
　外部委託承認制度においては点検方法等が規定されているため、現場巡視点検の遠隔代替には制度の見直しが必要である。そのためには、技術開発と並行して、新しい遠隔監視技術の人間による巡視点検作業の一部代替可能性について第三者評価などが必要となる。



4. 新技術の実用化・導入に必要な取り組み

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

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



4.1 新技術の実用化・導入に必要な官の取り組み

(1) 設置者責任の理解促進

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

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

＜周知方法案＞

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

＜周知内容の例＞

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

(2) スマート化に対応した規制のあり方見直し

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

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

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

なお、2020 年度には、一定の条件下での火力発電所における常時監視制御の遠隔化や外部委託承認制度における需要設備や太陽電池発電設備の月次点検の遠隔化について整理を行ったところであり、2021 年度初旬に法令改正の施行を予定している。

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

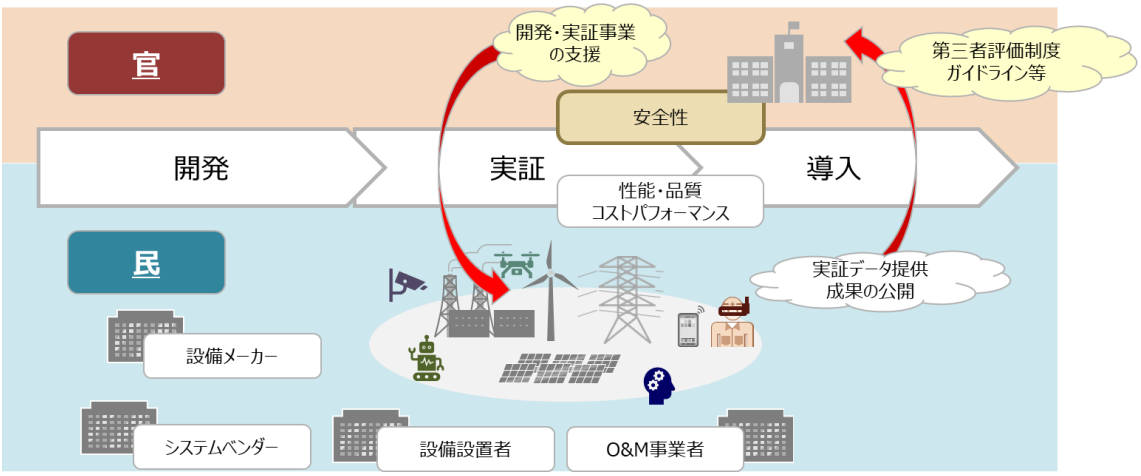
(3) 技術実証・導入

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

よる省人・遠隔化技術の開発や、保安業務 AI の開発が期待される。

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

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



(4) スマート保安の導入に関する指針・事例の横展開

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

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

分類	ガイドライン・事例集名	電気保安分野にて参考となる点
IoT 機器・AI システム活用事例	スマート保安先行事例集（経済産業省 保安課）[6]	保全・保安業務へのスマート化技術活用の事例が掲載されている。 電気保安分野においては、特に電力事業者による高所の目視確認の代替のためのドローン活用や、計測データを活用した異常予兆検知システムの導入事例が参考となる。
	プラントにおけるドローン活用事例集（石油コンビナート等災害防止３省連絡会議）[7]	石油化学プラントの保安におけるドローン活用の国内外の事例が掲載されている。 電気保安分野においても、電力事業者にとってドローン活用のユースケースを検討する際に参考になる。
	プラントにおけるドローン	石油化学プラントの保安におけるドローン活用

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

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

	の安全な運用方法に関するガイドライン（石油コンビナート等災害防止３省連絡会議）[8]	の留意点が整理されている。 電気保安分野においても、ドローン活用の留意点を整理する際に参考になる。
	無人航空機性能評価手順書（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）[9]	ドローンの性能評価の指標を設定し、ドローン機器の性能をランク付けし比較可能な情報が整理されている。 電気保安分野においては、ドローンの活用を検討する際に求められるドローンの性能の検討やドローンの比較に参考になる。
AI の品質評価	機械学習品質マネジメントガイドライン（国立研究開発法人産業技術総合研究所）[10]	機械学習を利用したシステム・サービスの開発において、目標や基準を設定することによる品質向上や、主体間での共通認識の醸成を目的として情報が整理されている。 電気保安分野においては、機械学習を利用する際の品質設定・確保の参考になる。
	AI プロダクト品質保証ガイドライン（AI プロダクト品質保証コンソーシアム）[11]	AI プロダクトの開発における品質保証の考え方について整理されている。 電気保安分野においては、AI を利用したシステムに求められる品質や品質保証のあり方の参考になる。
サイバーセキュリティ	※4.2（４）に詳述。	
契約	AI・データの利用に関する契約ガイドライン（経済産業省）[12]	あらゆる事業活動におけるデータ契約及び AI 技術を利用したソフトウェアの開発・利用に関する契約について基本的な考え方が解説されている。 電気保安分野においては、データの利活用や AI 活用が行われる際に、電力事業者とシステム事業者で契約をする際に、発生しうる責任等円滑

[8] 石油コンビナート等災害防止３省連絡会議 （総務省消防庁、厚生労働省、経済産業省）, プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/koatsu_gas/pdf/014_s01_00.pdf.

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

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

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

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

		な技術開発・活用のために参考になる。
	データの利用に関する契約ガイドライン産業保安版（経済産業省／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）[13]	データの利用に関する契約について、「AI・データの利用に関する契約ガイドライン」も踏まえ産業保安（特にプラント分野）に特化し考え方が解説されている。 電気保安分野においても、産業保安に特化した箇所を含めデータの利活用に際し、電力事業者とシステム事業者等が契約をする際に具体的なデータやモデル契約等ユースケースに関する情報が参考になる。

(5) 表彰制度

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

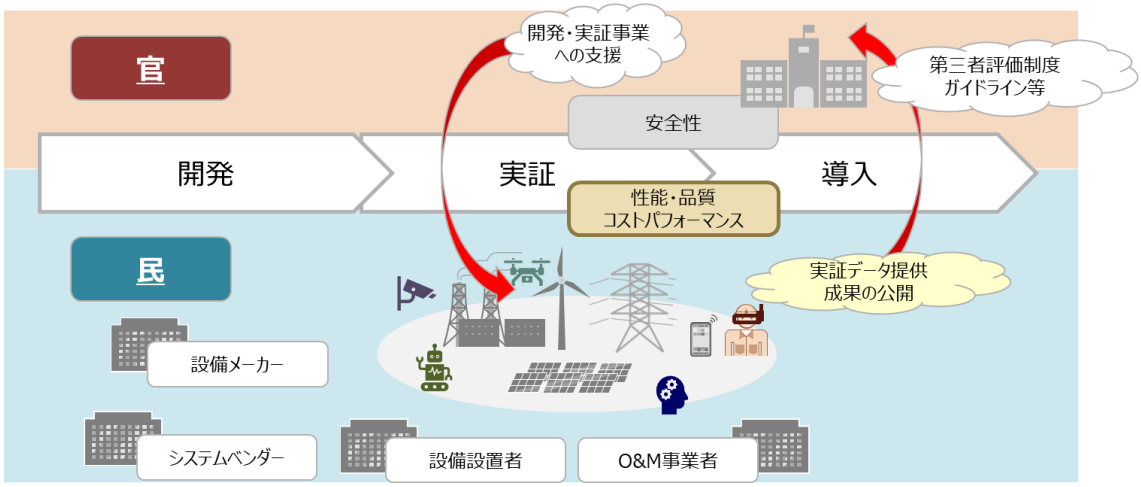
経済産業省は、国土交通省、総務省、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、防衛省とともに「インフラメンテナンス大賞[14]」を実施している。これは、「日本国内における社会資本のメンテナンス（以下「インフラメンテナンス」という。）に係る優れた取組や技術開発を表彰し、好事例として広く紹介することにより、我が国のインフラメンテナンスに関わる事業者、団体、研究者等の取組を促進し、メンテナンス産業の活性化を図るとともに、インフラメンテナンスの理念の普及を図ることを目的」としている。今後も引き続きインフラメンテナンス大賞などの表彰制度を実施し、事業者によるスマート保安の導入を促進する。

4.2 新技術の実用化・導入に必要な民の取り組み

(1) 技術実証・導入

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

[13] 経済産業省/国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, データの利用に関する契約ガイドライン産業保安版 第 2 版,
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/hipregas/files/20190425keiyakuGuideline.pdf
[14] 経済産業省, 第 4 回「インフラメンテナンス大賞」受賞者を決定しました,
https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201127007/20201127007.html.



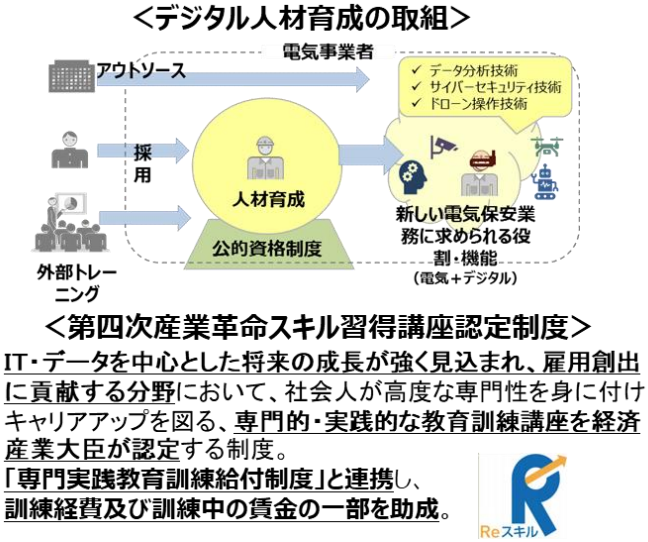
(2) 人材育成

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

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

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

また、外部研修については、「第四次産業革命スキル習得講座認定制度[15]」において認定され、かつ厚生労働省が定める一定の要件を満たし、厚生労働大臣の指定を受けた「専門実践教育訓練給付[16]」の対象となっている AI・IoT 人材の育成講座[17]等の活用も有効。



(3) サイバーセキュリティ

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

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

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

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

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

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

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

ガイドライン名	ガイドラインの観点	電気保安分野にて参考となる点
（一般社団法人日本電気協会）[18]	して、電気事業者が実施すべきセキュリティ対策の要求事項について規定したものである。	象にしたガイドラインであり、電力の安定供給、電気工作物の保安の確保の妨害等を目的としたサイバー攻撃を脅威として想定している。
IoT 開発におけるセキュリティ設計の手引き（独立行政法人情報処理推進機構）[19]	IoT 開発においてセキュリティ設計を担当する開発者に向けた手引きであり、IoT のセキュリティ設計において行う、脅威分析・対策検討・脆弱性への対応方法が解説されている。	セキュリティを検討する上で参考となる IoT 関連のセキュリティガイドの紹介や、いくつかの例題をもとに、IoT システムにおける脅威分析と対策検討の実施例が示されている。
スマートメーターシステムセキュリティガイドライン（一般社団法人日本電気協会）[20]	スマートメーターシステムのセキュリティ確保を目的として、一般送配電事業者が実施すべきセキュリティ対策の要求事項について規定したものである。	一般送配電事業者が施設するスマートメーターシステム及びそれに携わる者を対象にしたガイドラインであり、スマートメーターシステムの運用に影響を与えることを目的としたサイバー攻撃を脅威として想定している。
エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス（ERAB）に関するサイバーセキュリティガイドライン Ver2.0（資源エネルギー庁／独立行政法人情報処理推進機構）[21]	ERAB のサービスレベルを維持するために ERAB に参画する各事業者が実施すべき最低限のセキュリティ対策の要求事項を整理したものである。	送配電事業において、ERAB システムが留意すべき点、想定すべき脅威、サイバーセキュリティ対策等が整理されている。
IoT セキュリティ対応マニュアル産業保安版 第２版（経済産業省／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合	主にプラントにおけるシステム管理者を対象に、産業保安において IoT を活用する際、外部接続から制御システムを守り、プラントデータの信頼	プラントデータ利活用に伴う外部接続の脅威の背景として、クラウドや無線等の活用、オープンなプロトコル・技術の利用、接続先となる外部関係者の増加・多様化を

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

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

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

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

ガイドライン名	ガイドラインの観点	電気保安分野にて参考となる点
開発機構）[22]	性を高めるためのセキュリティの考え方をまとめたものである。	考慮し、制御システム外部の設備機器及びそれらの管理体制等（情報系 NW、クラウドを含む外部 NW 等）を対象としたセキュリティガイドラインとなっている。
サイバーセキュリティ経営ガイドライン　Ver 2.0（経済産業省／独立行政法人情報処理推進機構）[23]	大企業及び中小企業の経営者を対象としたサイバーセキュリティガイドラインである。サイバーセキュリティに対する適切な投資が行われ、企業のサイバーセキュリティ対策強化が行われることを最大の目的としている。	「経営者が認識すべき３原則」「サイバーセキュリティ経営の重要10項目」等、サイバーセキュリティ対策の考え方が参考となる。また、チェックリストや参考情報リストが充実しており、サイバーセキュリティ対策担当部門等で活用可能なガイドラインとなっている。
制御システムセキュリティ運用ガイドライン（一般社団法人日本電気制御機器工業会）[24]	制御システムの運用・管理に携わる管理者、設計・構築に携わる設計者、保守に携わる保守担当者、制御システムを含む生産設備で作業に携わるオペレータを対象とし、制御システムをよりセキュアに構築・運用し、操業を安全に継続するための指針を示している。	制御システムを対象とした運用ガイドラインであるが、管理・設計・運用・保守する現場ユーザを対象としたものであり、入退室管理、パスワード管理、オペレータの管理、教育、意識向上等の観点で留意点と実施ポイントが整理されており参考となる。

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

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

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

[23] 経済産業省／独立行政法人情報処理推進機構, サイバーセキュリティ経営ガイドライン Ver 2.0, https://www.meti.go.jp/policy/netsecurity/downloadfiles/guide2.0.pdf.

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

	理解を目指す。2020 年度はオンラインで開講。先進事例・課題や解決策・ノウハウなどを体系的に学ぶプログラムを提供。	等を検討するための知見を得ることを目的としている。
業界別サイバーレジリエンス強化演習（CyberREX）（独立行政法人情報処理推進機構）	業界別に、シナリオによる実践的演習の形式を中心としたトレーニングを行う。ビジネスパートナーが直面するサイバーセキュリティ規制やガイドライン等の解説に関する集中講義と演習を実施。	責任者クラスが認識すべき「サイバーセキュリティ課題」や「自社の体制や規程等とのギャップ分析」への理解度及び対応力の向上、さらに「起こりうるリスクシナリオ」、「国内外の規制動向、海外事例」に対する知見の蓄積を目的としている。電力業界を対象としたコースを定期的に開講。
中核人材育成プログラム（独立行政法人情報処理推進機構）[25]	重要インフラ企業を中心にセキュリティの中核を担う人材育成を目標としたプログラム。電力、石油、ガス、化学、自動車、鉄道分野等の企業からセキュリティ担当予定者を1年間派遣させ、制御系セキュリティに精通する講師により、実機を使った模擬プラントを実際に攻撃して脆弱性を洗い出す等の実践的なプログラムを行う。	テクノロジー（OT・IT）、マネジメント、ビジネス分野を総合的に学習する。また、制御システムセキュリティに関し、演習を交えたトレーニングを受けることができる。また、修了後も知見をアップデートできる修了者コミュニティ活動も行っている。

4.3 新技術の実用化・導入に必要な取組とフォローアップ

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

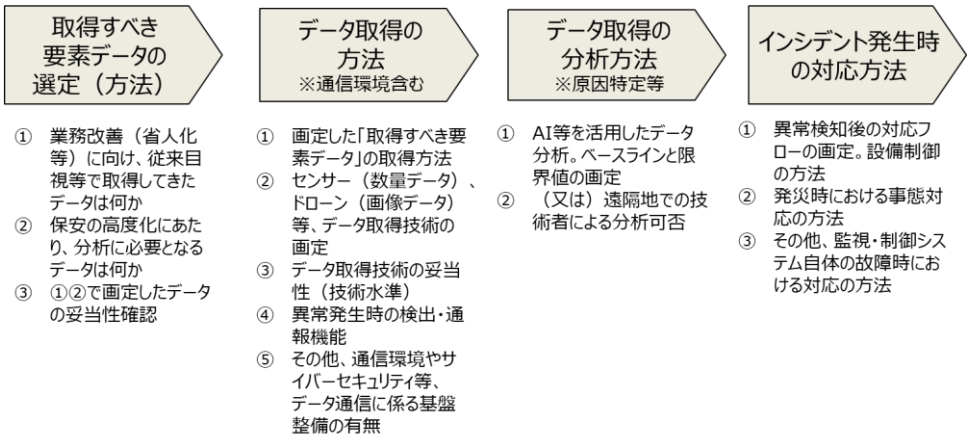
[25] 独立行政法人情報処理推進機構, 中核人材育成プログラム, https://www.ipa.go.jp/icscoe/program/core_human_resource/index.html.

5. 新技術の妥当性確認の仕組みづくり

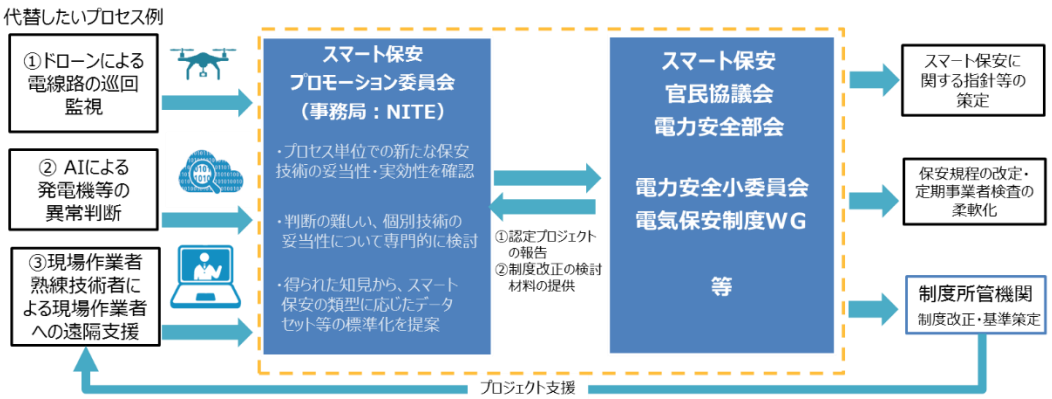
5.1 技術の妥当性確認に必要な論点

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

例えば、以下のデータについて、妥当性を整理する必要があると考えられる。



5.2 スマート保安プロモーション委員会の設立

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

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