

火力発電に係る安全規制の 最近の動向について

令和4年3月4日

中国四国産業保安監督部
電力安全課

1. 火力発電をとりまく環境

2. 最近の電力保安制度の見直し

3. これからの電力保安行政のあり方を見直し

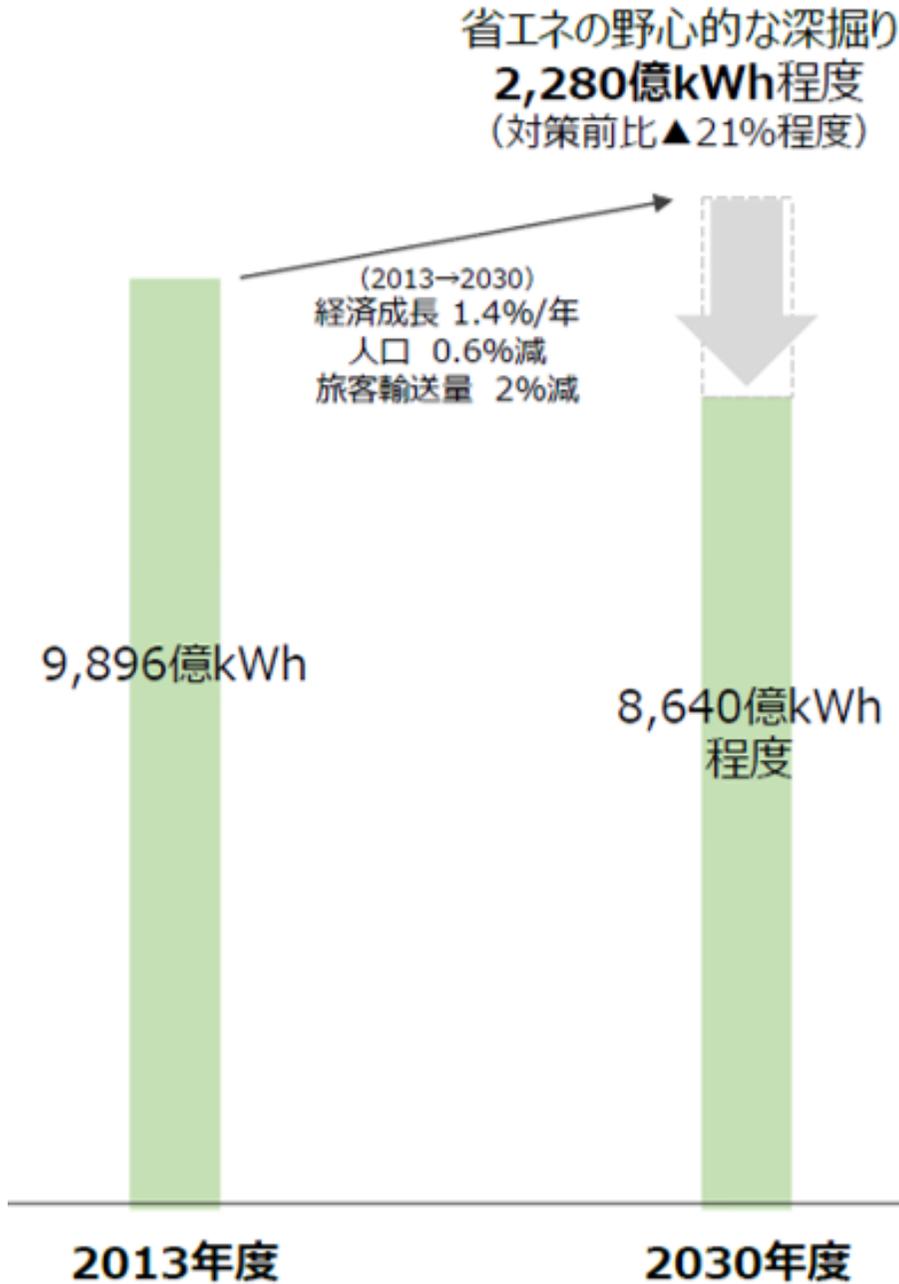
4. 電気保安のスマート化の推進

5. 自然災害を踏まえた対応と事故に係る取組

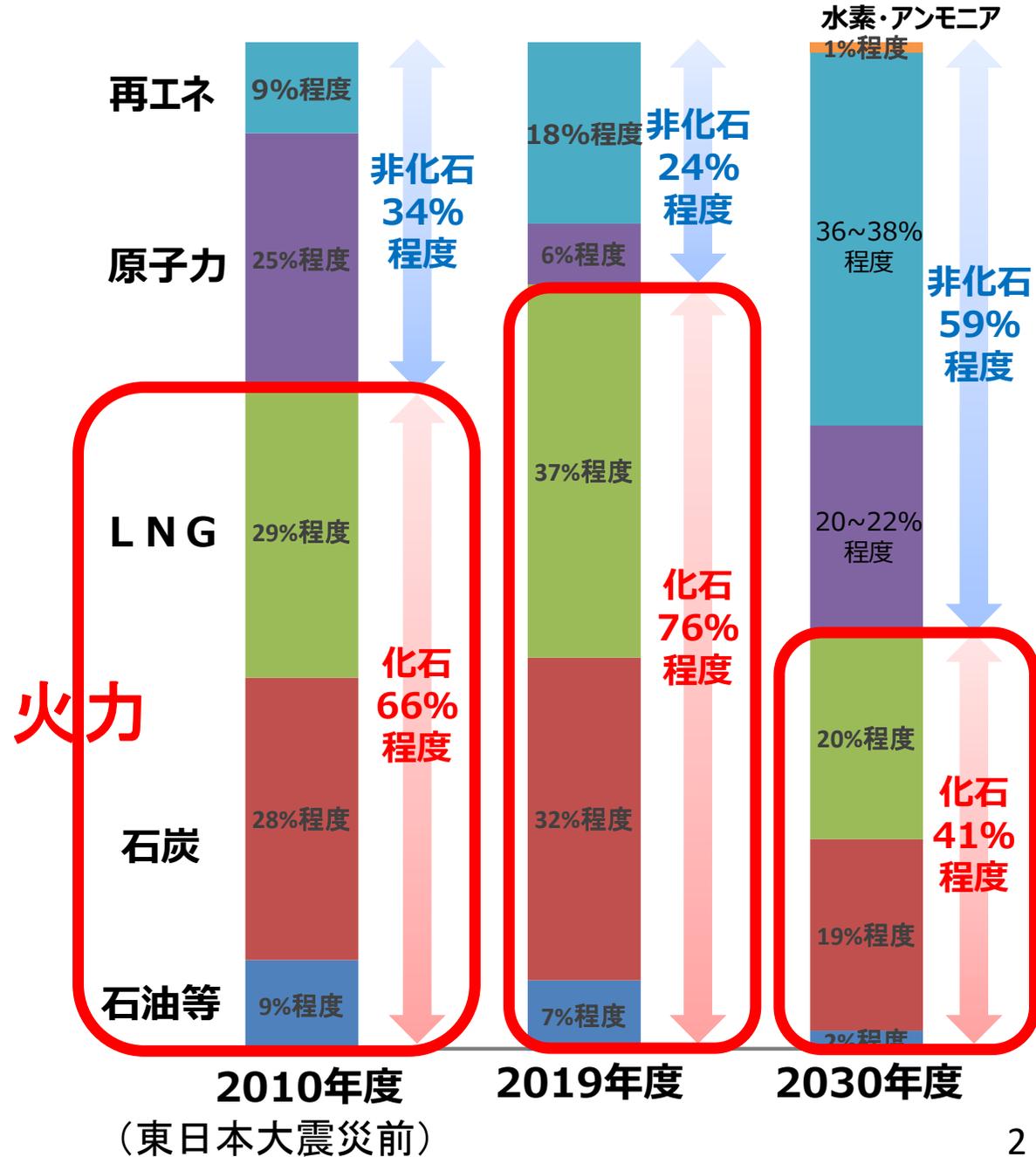
1-1. 電力需要・電源構成の現状・見通し

2030年度におけるエネルギー需給の見通し
(関連資料) (R3.9資源エネルギー庁資料を基に作成)

電力需要



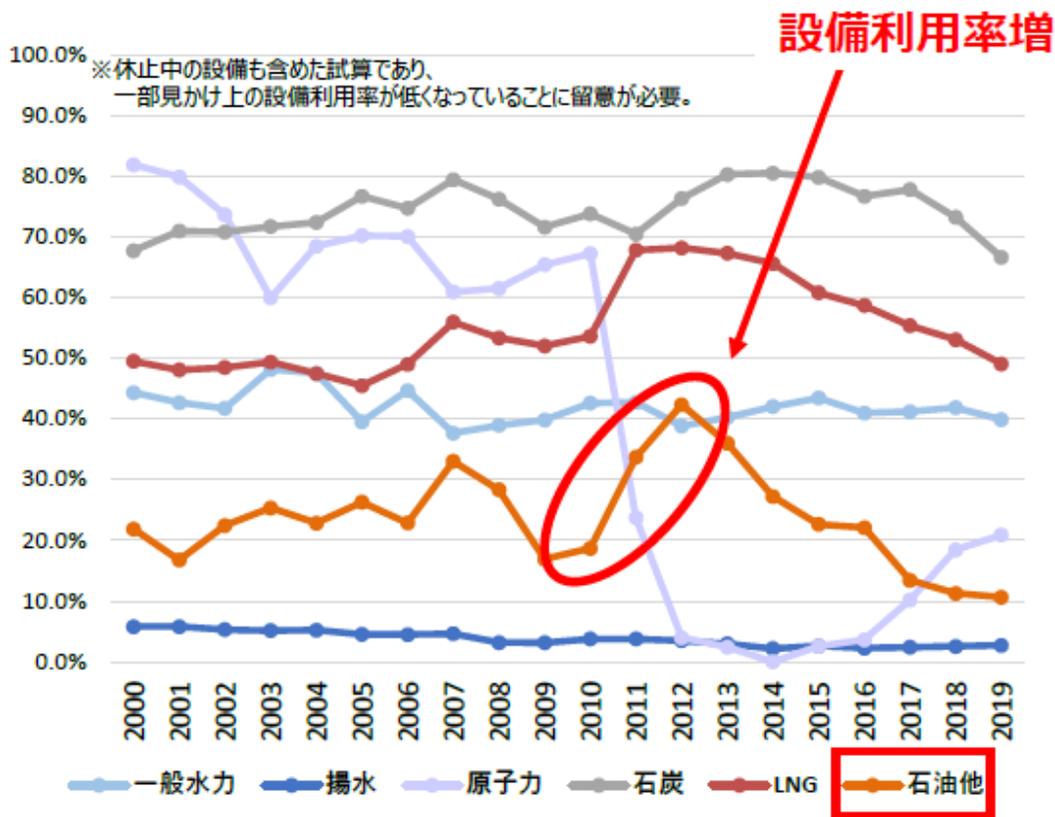
電源構成 (kWh)



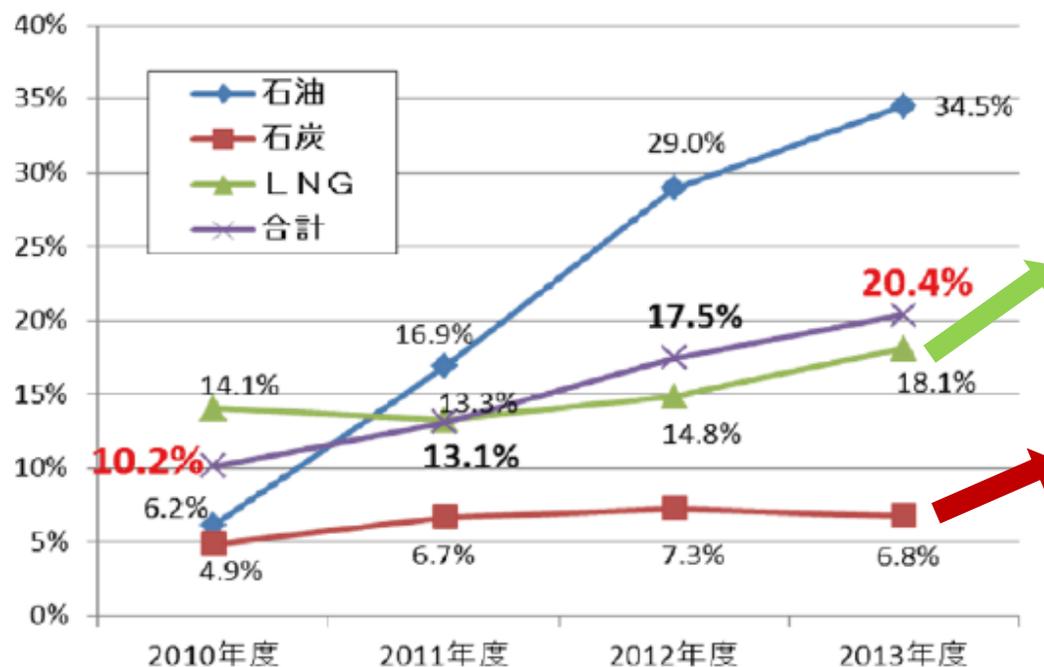
1-2. 設備利用率の推移と設備の高経年化

- 東日本大震災以降、原子力が稼働停止する中、長期停止させていた石油火力の再稼働をはじめとする火力の稼働増等によって電力の供給力が確保されてきた。
- 昨今は、太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギー発電の急速な拡大に伴い、火力の設備利用率は低下傾向にあり、調整力としての役割が益々重要となっている。
- 一方、火力設備の高経年化が進んでおり、2020年度現在では、石炭火力で9%、LNG火力で33%の設備が運転開始40年以上を超過。

設備利用率の推移



老朽火力の割合の推移 (kWベース)



出典：左図2000～2015年度：電源開発の概要（資源エネルギー庁）、2017年度以降：供給計画とりまとめ（電力広域的運営推進機関）から作成
 右図資源エネルギー庁「エネルギー白書2014」
 2020年度老朽火力設備の割合：2020年度電気事業便覧より算出

エネルギー基本計画の全体像

- 新たなエネルギー基本計画では、**2050年カーボンニュートラル (2020年10月表明)、2030年度の46%削減、更に50%の高みを目指して挑戦を続ける新たな削減目標 (2021年4月表明)** の実現に向けた**エネルギー政策の道筋**を示すことが重要テーマ。
 - 世界的な脱炭素に向けた動きの中で、**国際的なルール形成を主導**することや、**これまで培ってきた脱炭素技術、新たな脱炭素に資するイノベーション**により国際的な競争力を高めることが重要。
- 同時に、日本のエネルギー需給構造が抱える課題の克服が、もう一つの重要なテーマ。**安全性の確保を大前提に、気候変動対策を進める中でも、安定供給の確保やエネルギーコストの低減 (S+3E)** に向けた取組を進める。
- エネ基全体は、主として、**①東電福島第一の事故後10年の歩み、②2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応、③2050年を見据えた2030年に向けた政策対応**のパートから構成。

2030年に向けた政策対応のポイント【基本方針】

- エネルギー政策の要諦は、**安全性**を前提とした上で、**エネルギーの安定供給を第一**とし、**経済効率性の向上**による**低コストでのエネルギー供給**を実現し、同時に、**環境への適合**を図るS+3Eの実現のため、**最大限の取組**を行うこと。

2030年に向けた政策対応のポイント【火力】

- **火力発電**については、**安定供給を大前提**に、再エネの瞬時的・継続的な発電電力量の低下にも対応可能な供給力を持つ形で**設備容量を確保しつつ**、以下を踏まえ、**できる限り電源構成に占める火力発電比率を引き下げる**。
 - 調達リスク、発電量当たりのCO₂排出量、備蓄性・保管の容易性といったレジリエンス向上への寄与度等の観点から、LNG、石炭、石油における**適切な火力のポートフォリオを維持**。
 - 次世代化・高効率化を推進しつつ、**非効率な火力のフェードアウト**に着実に取り組むとともに、脱炭素型の火力発電への置き換えに向け、**アンモニア・水素等の脱炭素燃料の混焼やCCUS/カーボンリサイクル等のCO₂排出を削減する措置の促進**に取り組む。
- 政府開発援助、輸出金融、投資、金融・貿易促進支援等を通じた、**排出削減対策が講じられていない石炭火力発電への政府による新規の国際的な直接支援を2021年末までに終了**。

1-5. 火力発電をとりまく環境（まとめ）

■ 中長期的な政策として、

- 再エネの瞬時的・継続的な発電電力量の低下にも対応可能な供給力を持つ形で設備容量を確保しつつ、できる限り電源構成に占める火力発電比率を引き下げ（2019年度時点71%から、2020年度には41%までの削減を目標）。
- 脱炭素型の火力発電への置き換えに向け、アンモニア・水素等の脱炭素燃料の混焼やCCUS/カーボンリサイクル等のCO2排出を削減する措置の促進。

■ 現時点においても、太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギー発電の急速な拡大に伴い、火力発電の設備利用率は低下傾向にある中で、調整力としての役割が益々重要になっているところ。

■ 一方、火力設備の高経年化が進んでおり、2020年度現在では、石炭火力で9%、LNG火力で33%の設備が運転開始40年以上を超過。

■ 加えて、直近では2021年度冬季の需給が厳しい見通しであることから、火力発電設備の保安管理の重要性が更に増している。



経済産業省は、こうした環境変化に対応するべく、電気保安制度の適正化を進めている。

1. 火力発電をとりまく環境

2. 最近の電力保安制度の見直し

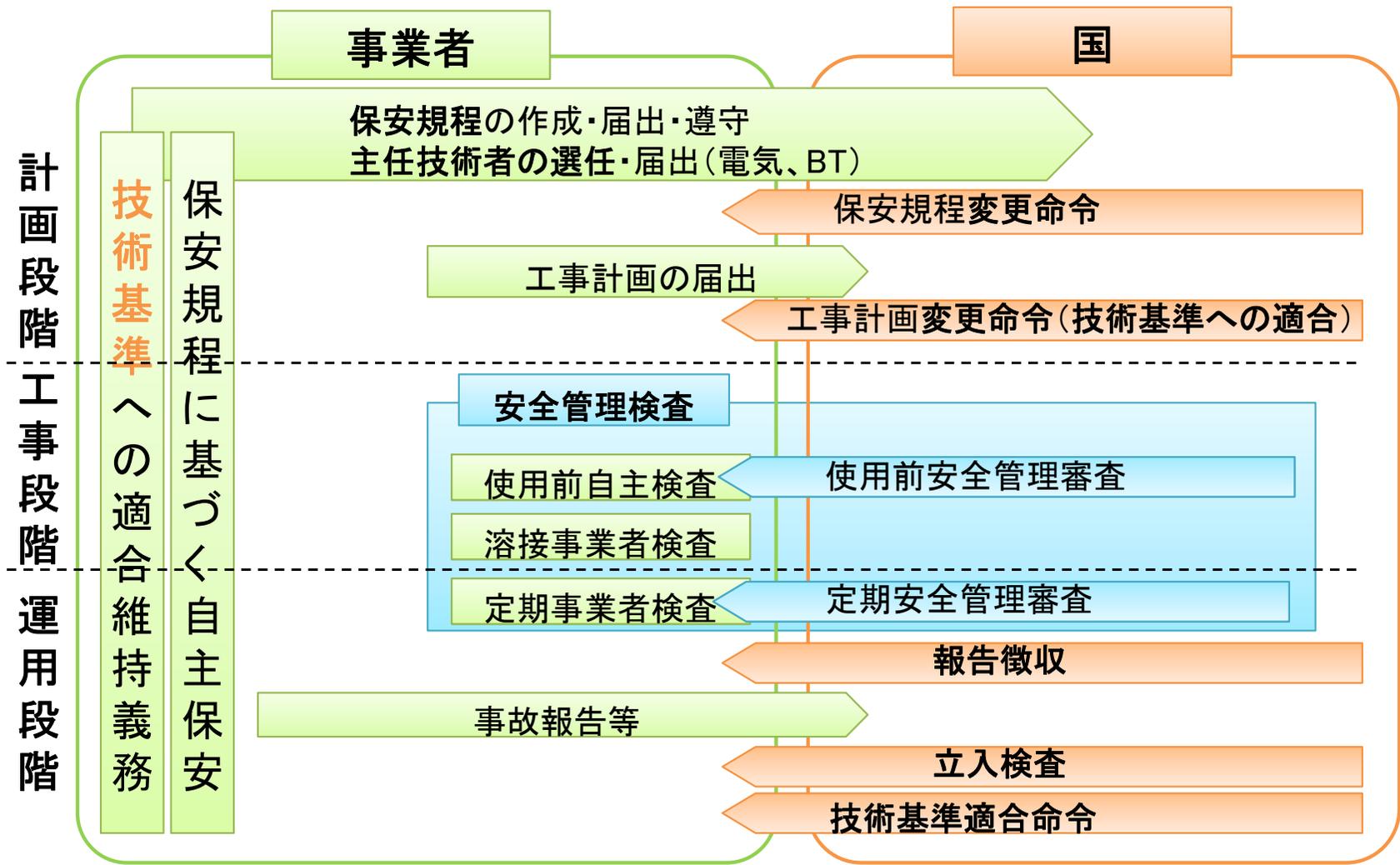
3. これからの電力保安行政のあり方を見直し

4. 電気保安のスマート化の推進

5. 自然災害を踏まえた対応と事故に係る取組

2-1. 火力発電設備の安全規制体系

- 電気工作物の保安確保のため、設置者（事業者）に対して、技術基準への適合維持義務や主任技術者の選任等を求めているところ。
- 設置者の自主保安を重視しつつ、国としても適切に状況を把握し、必要に応じて指導等ができる安全規制体系となっている。



(参考) 火力発電設備の規制概要

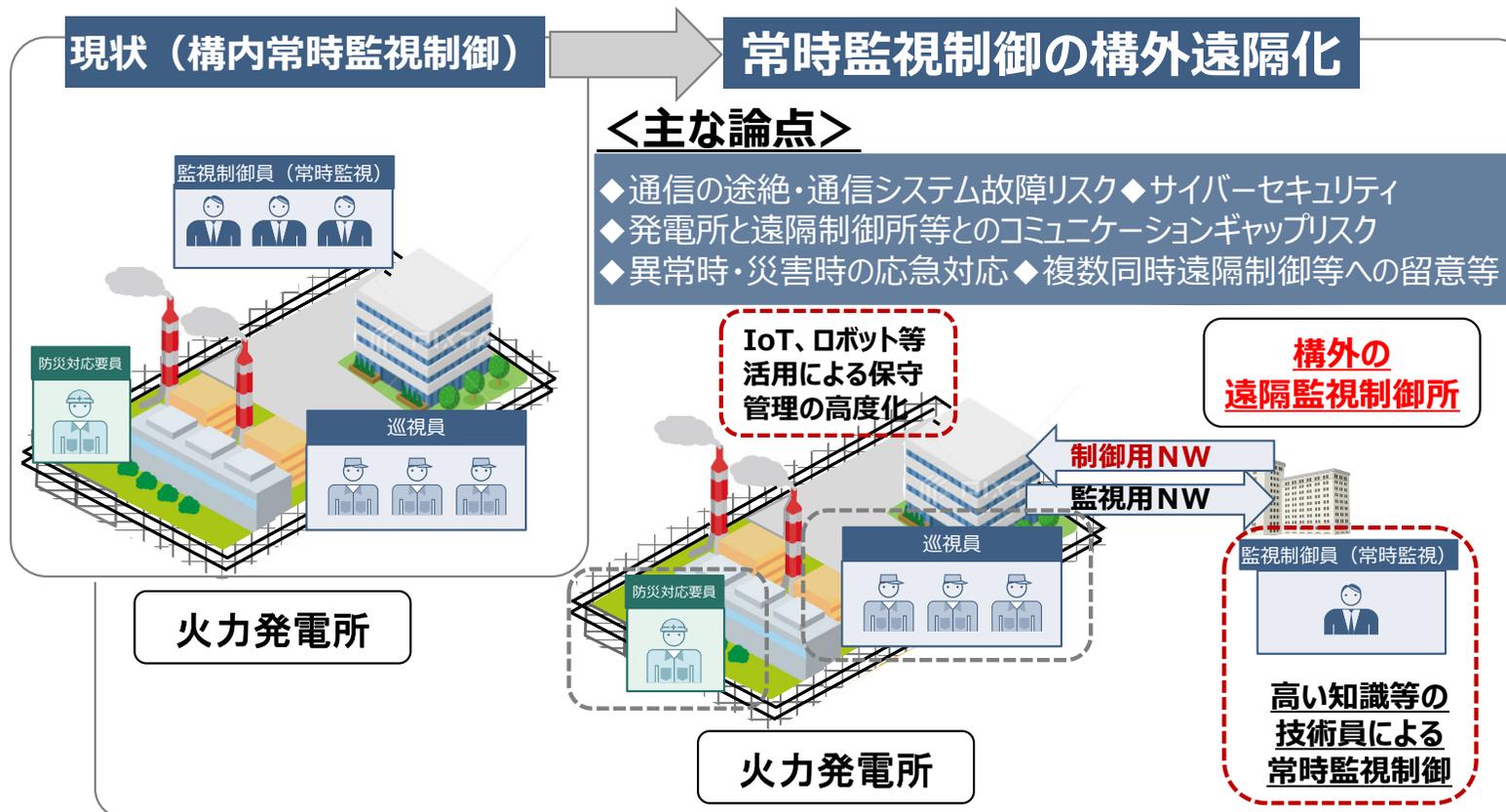
発電方式	出力等条件	保安規程	主任技術者選任		工事計画届出
			電気	ボイラー・タービン	
汽力	—	要	要	要	要
	発電出力300kW未満等※2	要	要	不要	不要
ガスタービン	10,000kW以上	要	要	要（発電所）	要
	1,000kW以上～10,000kW未満	要	要	要（統括事業場）	要
	1,000kW未満	要	要	要（統括事業場）	不要
	告示のもの※1	要	要	不要	不要
内燃力	10,000kW以上	要	要	不要	要
	10kW以上～10,000kW未満	要	要	不要	不要
	10kW未満	不要	不要	不要	不要
汽力、ガスタービン、内燃力以外	—	要	要	要	要
2種類以上の原動力の組合せ	—	要	要	要	要

- ※1 ①電気出力が300kW未満のもの
 ②最高使用圧力が1,000kPa未満のもの
 ③最高使用温度が1,400℃未満のもの
 ④発電機と一体のものとして一の筐体に収められているものその他の一体のものとして設置されるもの
 ⑤ガスタービンの損壊その他の事故が発生した場合においても、当該事故に伴って生じた破片が当該設備の外部に飛散しない構造を有するもの

- ※2 ①電気出力が300kW未満のもの
 ②最高使用圧力が2MPa未満のもの
 ③最高使用温度が250℃未満のもの
 ④蒸気タービン本体が発電機と一体のものとして一の筐体に収められているもの又は施錠その他の通行制限のための措置が講じられた部屋に収められているもの
 ⑤蒸気タービン本体の損壊その他の事故が発生した場合においても、当該事故に伴って生じた破片が当該蒸気タービン本体の車室又はこれが収められている筐体の外部に飛散しない構造を有するもの
 ⑥同一の火力発電所の構内に設置された労働安全衛生法の適用を受けるボイラーから蒸気の供給を受け、当該蒸気の汽力を直接その原動力とするもの又は同一の火力発電所の構内以外から蒸気の供給を受け、当該蒸気の汽力を直接その原動力とするもの 等

2-2-1. 火力発電所における常時監視制御の遠隔化について

- 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の策定を実施した。(令和3年4月1日施行)



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・停止できるような措置等）」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。

(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)

2-2-2.電気設備の技術基準を定める省令・解釈の改正について

◆ 電技省令の改正概要

- 電技省令第46条第1号に、現行規定にある発電所又は同一構内における常時監視と同等な監視を確実にできる発電所であって、異常が生じた場合に安全かつ確実に停止することができる措置を講じている場合は、発電所等での常時監視を求めない旨の条文を追記。

◆ 電技解釈の改正概要

新たに以下の内容を追記。

○遠隔常時監視制御方式の定義等

- 技術員が、構外の制御所に常時駐在し、発電所の運転状態の監視又は制御を遠隔で行うもの。
- 発電所内の火災など異常時に、制御所にいる技術員へ警報する装置を施設。
- 制御所には、発電所の運転及び停止を、監視又は操作する装置を施設。

○異常時の安全・確実な制御・停止措置（汽力発電所の場合。大型ガスタービン発電所についても準じて規定）

- 蒸気タービン及び発電機に、自動出力調整装置又は出力制限装置を施設。
- 蒸気タービンの回転速度が著しく上昇した場合など異常時に、発電機を回路から自動的に遮断するとともに、ボイラーへの燃料の流入及び蒸気タービンへの蒸気の流入を自動的に停止する装置を施設。
- 遠隔常時監視制御方式により運転する発電所及び、監視又は制御を行う制御所並びにこれらの間に施設する電力保安通信設備に異常が発生した場合、異常の拡大を防ぐとともに、安全かつ確実に発電所を制御又は停止することができるような措置。

2-2-3. 遠隔常時監視制御導入の「手引き」書

- 遠隔常時監視制御を導入を予定している発電事業者向けに、導入に当たっての要件や留意点を概説した「手引き」書のポイントについては、以下のとおり。

汽力及び大型ガスタービン発電所における遠隔常時監視 制御導入の手引き (目次案)

【目次】

- 第1章 はじめに
 - 第1節 背景と目的
 - 第2節 本資料の位置付け (電技省令・解釈との関係)
 - 第3節 用語の定義
- 第2章 電技省令四十六条第一項の発電所における遠隔常時監視制御方式等の導入
 - 第1節 概要
 - 第2節 監視制御所等の遠隔化のパターン
- 第3章 遠隔常時監視制御のリスク評価のポイント
- 第4章 遠隔常時監視制御方式を導入のための行政手続き等
- 参考資料

具体的対策例 (リスクに応じて実施)

- ・システム等の堅牢化・多重化・多層化、・保安体制・仕組み等の構築
- ・保安教育、・手順書整備や定期的な訓練、・監視体制の構築、
- ・日々のPDCAの構築等

リスク対策評価のポイント

経年劣化等**内部ハザード**リスク対策

大規模自然災害発生時のリスク対策

人為的攻撃等 (**侵入者、サイバー攻撃**) リスク対策

異常発生時の判断能力リスク対策

監視・制御等場所が異なることによる**コミュニケーションギャップ**リスク対策

複数発電所を遠隔常時監視制御方式で**管理**する場合のリスク対策

応急措置に関するリスク対策

各種行政手続き

工事計画届出

使用前自主検査、使用前・定期安全管理審査

保安規程 (変更) 届出

2-3. バイオマス発電設備に係る技術基準の整備について

- 近年、再生可能エネルギーの一つであるバイオマス発電の導入が増加傾向となっているところ、バイオマス燃料を用いた発電設備のうちガス設備については技術基準が明確化されていなかった。
- 一方、平成31年2月、試運転中のバイオマス発電所（山形県）で人身災害と伴う事故が発生し、事故再発防止の観点からも、当該設備の技術基準の明確化が必要となったことから、当該設備に係る技術基準について、発電用火力設備に関する技術基準を定める省令（火技省令）及び発電用火力設備の技術基準の解釈（火技解釈）に規定した。

【改正概要】 火技省令：【令和3年2月26日付け施行・公布】、火技解釈：【令和3年4月1日付け施行】

バイオマス燃料（動植物由来）を加熱、発酵その他処理によりガスを発生させ、
1日のガス発生能力が300m³以上（可燃性ガスに限る）であり、低圧のガスに係る技術基準を規定した。※

※300m³未満、或いは、ガスの圧力が中圧以上の場合であっても、技術基準の適合義務は課せられている。

ガス事業法のガス工作物技術基準及び同解釈例から火技省令及び火技解釈へ技術基準を引用した。

（以下、引用した技術基準の一覧）下線太字は、山形の事故の防止に対応する技術基準 ※当技術基準はガス事業法からの引用ではない。
離隔距離、ガスの滞留防止、電気設備の防爆構造、防消火設備※、火気設備との距離、ガスの置換等、材料、構造等、溶接部分、計測装置等、警報装置、誤操作防止及びインターロック、保安電力等、付臭措置、低圧ガス発生設備等の圧力上昇防止装置、遮断装置、緊急停止装置、ガス逆流防止、ガスホルダーの構造、ガスホルダーの遮断装置、表示、附属設備等、水取り器、防食措置、防護措置、漏えい検査、導管の種類、共同構内の施設、等

(参考) バイオガスを用いた発電設備の事故概要

- 平成31年2月、山形県においてバイオガス発電設備でガス爆発事故が発生。
- この事故に伴い、人的被害、物的被害が生じた。

◆事故概要

- 平成31年2月、山形県上山市において、木質バイオマスを経由して、内燃力発電設備で使用する施設において、試運転時にレシーバータンク内の燃料ガスが爆発。
- この爆発により、改質ガスのレシーバータンクの上部が吹き飛び、約100m離れた住宅の2階を直撃し、その衝撃により落下した家財で住民がケガをして病院に搬送された。
- また、爆風により周辺住宅及び事業場の窓ガラス等が破損した。



(出所：第21回電力安全小委員会資料4)

2019年2月7日
山形新聞より

◆事故原因

- ・可燃性ガスに関する危機意識や知識が不十分
- ・試運転マニュアルが不十分
- ・試運転を施工業者に任せきり
- ・配管内の初期パージが不十分
- ・酸素濃度の常時監視装置が未設置
- ・逆火防止装置の性能・構造が不十分 等

◆再発防止策

- ・可燃性ガスに関する知識や取扱いの習得
- ・試運転要領書の作成
- ・初期パージや濃度管理の「ト・リフト」の見直し

等

(出所：設置者による電気関係事故報告)

2-4. ボイラー・タービン主任技術者等資格免状における旧姓使用について

- これまで、ボイラー・タービン(BT)主任技術者等資格免状においては、その氏名欄に資格者自身の旧姓を使用できるような運用をしてこなかった。
- 第5次男女共同参画基本計画**（令和2年12月25日閣議決定）では、「婚姻により改姓した人が不便さや不利益を感じることはないよう、引き続き旧姓の通称使用の拡大やその周知に取り組む。」とされた。
- これらを踏まえ、当省としても、電気保安における女性等の活躍を推進するため、**令和4年1月**から**BT等主任技術者**や**電気工事士**の資格に**旧姓が使用できる**よう運用の見直しを実施した。

経済産業省ウェブサイト (令和3年9月17日掲載)

政策について > 政策一覧 > 安全・安心 > 産業保安 > 電力の安全 > 電気事業法に基づく資格は、令和4年から旧姓使用が可能となります

電気事業法に基づく資格は、令和4年から旧姓使用が可能となります

印刷

本件の概要

令和3年9月17日

電気事業法に基づく資格※1については、これまで旧姓による交付（再交付を含む。）が行われておりませんでした。令和4年（2022年）1月1日付けの申請から全国的に旧姓使用が可能となります。

旧姓による資格の交付を希望する場合には、交付申請書の氏名を旧姓で記入してください。交付申請書の氏名がそのまま資格に記載されます。申請に当たって、住民票を提出する場合には、当該住民票に旧姓が併記されていることが必要です※2。

旧姓使用に関する詳細な手続については、一般財団法人電気技術者試験センター※3又は産業保安監督部※4までお問合せください。

※1 電気事業法に基づく資格とは

- ① 第一種電気主任技術者免状
- ② 第二種電気主任技術者免状
- ③ 第三種電気主任技術者免状
- ④ 第一種ダム水路主任技術者免状
- ⑤ 第二種ダム水路主任技術者免状
- ⑥ 第一種ボイラー・タービン主任技術者免状
- ⑦ 第二種ボイラー・タービン主任技術者免状

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2021/09/20210917-5.html

電気保安・電気工事業界の認知度向上・入職促進 に向けた協議会ウェブサイト「Watt Magazine」 (令和3年10月1日掲載)

2021年10月01日 公開

電気工事士(10) 電気主任技術者(24) 免状(1)

電気工事士と電気主任技術者の免状で、旧姓使用が可能に！

電気工事士、電気主任技術者の免状※について、2022年（令和4年）年1月1日付けの申請から旧姓使用が可能となります。この記事ではその詳細について解説します。

Tweet いいね! 3 お気に入り

目次

- 来春、電気工事士と電気主任技術者の免状で旧姓使用が可能に！

来春、電気工事士と電気主任技術者の免状で旧姓使用が可能に！

電気工事士や電気主任技術者が手にする免状。これはあなたが電気工事士、または電気主任技術者であること、その国家資格を有することを証明する大事なものです。

人気記事ランキング

昨日	週間	月間
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5

>>総合人気ランキング

今日のおすすめ

社会を支えるエッセシャルワーカーが働く

<https://www.watt-mag.jp/articles/267>

1. 火力発電をとりまく環境
2. 最近の電力保安制度の見直し
3. **これからの電力保安行政のあり方**の見直し
4. 電気保安のスマート化の推進
5. 自然災害を踏まえた対応と事故に係る取組

3-1-1. 電気事業を取り巻く環境変化を踏まえた課題認識

- 電気事業法を中心とした電気保安規制は、事業者の保安レベルの向上及び事故率の低減の推移を見極めつつ、平成7年以降、国による直接的な検査による規制から自己責任原則を重視した安全規制（自主保安）へと徐々に転換。
- 一方で、電力システム改革の進展及び再エネ発電設備の導入拡大等を受け、電気事業を取り巻く環境は大きく変化。
 - ① 電力自由化やFIT（固定価格買取制度）によって発電事業者が急増。発電事業者により保安レベルに大きな違い。
 - ② 発電部門の完全自由化により、発電部門の競争市場は成熟。これに伴い、保安を含めた電力品質確保とコスト低減の両立が必要。
 - ③ 改正電気事業法（エネルギー供給強靱化法）により分散型電力システムを担う新たなプレーヤー（配電事業者やアグリゲーター）を規定。その位置づけについて、保安面からの整理が必要。
 - ④ 事故の原因分析から再発防止・水平展開へ繋げていくスキームを適切に確立していくため、事故報告の対象範囲についての検討が必要。



- 上記のような環境変化の中、我が国全体の電気保安の制度設計について、基礎から改めて検討・検証をすべき。

3-1-2. 現在行われている検討・検証項目の体系図

	火力	水力	風力	太陽電池	流通設備	電力貯蔵設備	需要設備
①保安力評価に応じた規制	認定事業者の認定基準等						
			小出力設備の情報把握				
	定検周期の見直し	安管審の対象・内容等の見直し					
②設備事故の教訓を次に繋げるPDCAサイクルの高度化	工事計画届出・事故報告の対象範囲の見直し						
	保安規程の標準型の作成、軽微な変更届出の不要化						
			工事計画 審査合理化				新たな設置形態を踏まえた規制の整理
③新技術を見据えた技術基準等の整備	アンモニア混焼・水素発電	洋上風力発電	太陽電池新技術				
④電気保安人材不足の解消	統括制度の見直し						
		ダム水路技術者要件見直し	外部委託要件見直し				
⑤スマート技術の導入支援	スマート保安アクションプランの実践						
	自家用電気工作物サイバーセキュリティ対策						
		スマート化ガイドライン					スマートキュービクル導入

3-2-1 . ①保安力評価に応じた規制

- 発電分野の自由化やFIT制度の導入により、再生可能エネルギー発電設備を中心に導入数は急速に増加し、新規参入等事業者の増加及び設置形態が多様化。
- それに伴い、事業の運営体制、設置者及び現場の保安意識、保安確保の能力は千差万別の状況。
- 以上を踏まえ、従来の電気工作物の規模に応じた規制を基盤としつつ、設置者の保安力等を改めて確認し、それに応じた規制になるように、規制体系を見直し、適正化していくことが必要。

従来：モノベースのリスク評価による規制

今後：モノベースのリスク評価
+ 保安力評価による規制

従来のモノのリスクに加え、
保安力を考慮要素に追加

全体的に
保安水準を
引き上げ

工事・維持・運用に係る
一律の規制設定

事業用電気工作物
の設置者

一般用電気工作物（低圧受電設備・
小出力発電設備）の所有者・占有者

高度な
保安力を
有する者

通常の事業者

小出力発電設備
の所有者・占有者

● 高度な保安力を有する者
に係る規制見直し
⇒ 高度な保安力を有する者
に係る 規制の適正化

製造・施工を別法で担保技術基準不適合時は改善命令

左図：電気保安制度WG（第7回）
資料1より抜粋

「高度な保安力を有する者」の考え方

- 産業保安基本制度小委員会「中間とりまとめ」(R3.6)では、「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」に対し、**画一的な個別・事前規制から、行政によるチェック機能の担保策を講じた上で、自己管理型の保安への移行**が求められたところ。
- この「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」については、**①経営トップのコミットメント、②高度なリスク管理体制、③テクノロジーの活用、④サイバーセキュリティ対策など関連リスクへの対応**、といった**4つの要素を満たす者を想定することが適当**、とされた。

＜「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」の考え方＞



	トップのコミットメント	リスク管理体制の構築			テクノロジーの活用	その他
		リスク評価とそれに基づく措置	検査・監督体制	教育と訓練		
スーパー認定事業者制度の認定要件	法人の代表者によって、 保安の確保に関する理念及び基本方針 等が定められ、 文書化 。	危険源の特定及び評価並びにその結果に基づく必要な措置 を高度に実施していること。(非定常時作業、運転等を含めたリスクアセスメントの実施。達成すべきリスク基準を明確にし、必要なリスク低減対策を実施等)	検査組織を設置 。本社による事業所及び検査管理に対する監督を実施。	従業員等への リスクアセスメント教育等及び緊急事態等訓練の実施 。	AI/IoT・ビッグデータ等の先進的な技術 を導入し、その効果を適切に検証し、改善を実施していること。	第三者の専門的知見の活用
リスクアセスメント・ガイドライン(高圧ガス保安協会)	-	① リスクアセスメント：危険源の特定、リスク算定、リスク評価の実施 ② リスク対応：リスク回避・低減等	-	リスクアセスメント結果等を活用した教育 が有益	-	-
定期安全管理検査制度に係るインセンティブ制度(システムS)の要件	-	・保守管理の組織・要員を確保し、 適切な保守管理方法(リスク要因の特定・評価及び是正措置の実施方法等) を取ること。	保守管理に関する内部監督の仕組みの構築。	保守管理要員の教育訓練の実施。	IoT・所内専用監視設備等による常時監視・予兆把握 などの実施。	事故対応体制構築、高度な運転管理等
VPP制度(米国)(Voluntary Protection Program)	安全と健康の継続的な改善へのコミットメントを示す	職場の危険を継続的に特定し、リスクを評価する手順が実施されていること。職場の危険を排除、又は管理するための方法を特定及び選択 すること。※VPPに限らず、事業者はリスクアセスメント実施義務あり。	プログラムのパフォーマンスを監視 し、プログラムの欠点と改善機会の特定プロセスが確立。	職場の危険を認識し、実施されている管理措置を理解するように訓練されていること。	-	それぞれの業界の全国平均以下の傷害及び疾病率を達成。

出典：産業保安基本制度小委員会「中間とりまとめ」(令和3年6月8日)

電気保安分野においても、この「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」に対する**新たな認定措置を創設し、事業者の保安レベルに見合った合理的な規制**としていくべきではないか。

(参考) 産業保安基本制度小委員会「中間とりまとめ」(令和3年6月8日) における指摘事項(抄)

ア. 許可・届出等の手続のあり方

許可・届出等の手続の不要化や自己管理型の検査等を幅広く許容

イ. 検査(自主検査)のあり方

(ア)検査の時期・周期／連続運転期間について、CBMの採用を含め事業者が設定することを基本とするとともに、定期的な検査から設備状態に基づく検査や常時監視への移行を可能とする。

(イ)検査の実施手法については、事業者が設備の構成・状態等に応じ適切と判断し設定した方法で行うことを可能とする。

(ウ)「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」が実施する検査については、検査結果を行政に対して届け出るのではなく、検査結果の記録保存に代えることを可能とし、行政は、必要に応じ、検査等により事業者による検査の状況を確認する。

「高度な保安力を有する者」に対する規制のあり方

- 産業保安基本制度小委員会「最終とりまとめ」※では、「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」に対する認定制度を創設し、**画一的な個別・事前規制から**、行政によるチェック機能の担保策を講じた上で、**自己管理型の保安への移行**が求められたところ。
- 一方、現行の電気事業法では、設置者組織の検査体制や保守管理体制を確認する**安全管理審査が存在**。**「高度な保安力を有する者」を認定する際の基準**については、安全管理審査のうち、特に高度な保守管理を行う事業者への評価である**システムSの要件をベース**としつつ、**さらに求めるべき追加的事項を検討していく**。

※産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 産業保安基本制度小委員会 最終取りまとめ (令和3年12月1日)

<「高度な保安力を有する者」の認定基準（現行の安全管理審査システムSとの比較）>

	「高度な保安力を有する者」の認定基準	安全管理審査システムS
①経営トップのコミットメント	コンプライアンス体制の整備、 コーポレート・ガバナンスの確保	要求なし※1
②高度なリスク管理体制	【 全社・関連組織単位 】 ・継続的な検査体制 ・継続的な保守管理体制 ・高度な運転管理 ・有事の際の措置 等	【 組織単位 】 ・検査体制 ・保守管理体制 ・高度な運転管理 等
③テクノロジーの活用	認定基準において、採用することが必要となるテクノロジー（水準）を一定の幅で示し、事業者の中で事業実態に見合ったテクノロジーを採用。	高度な運転管理においてIoT等活用する場合、その体制についても審査
④サイバーセキュリティなど 関連リスクへの対応	電力制御システムセキュリティガイドライン等※2	

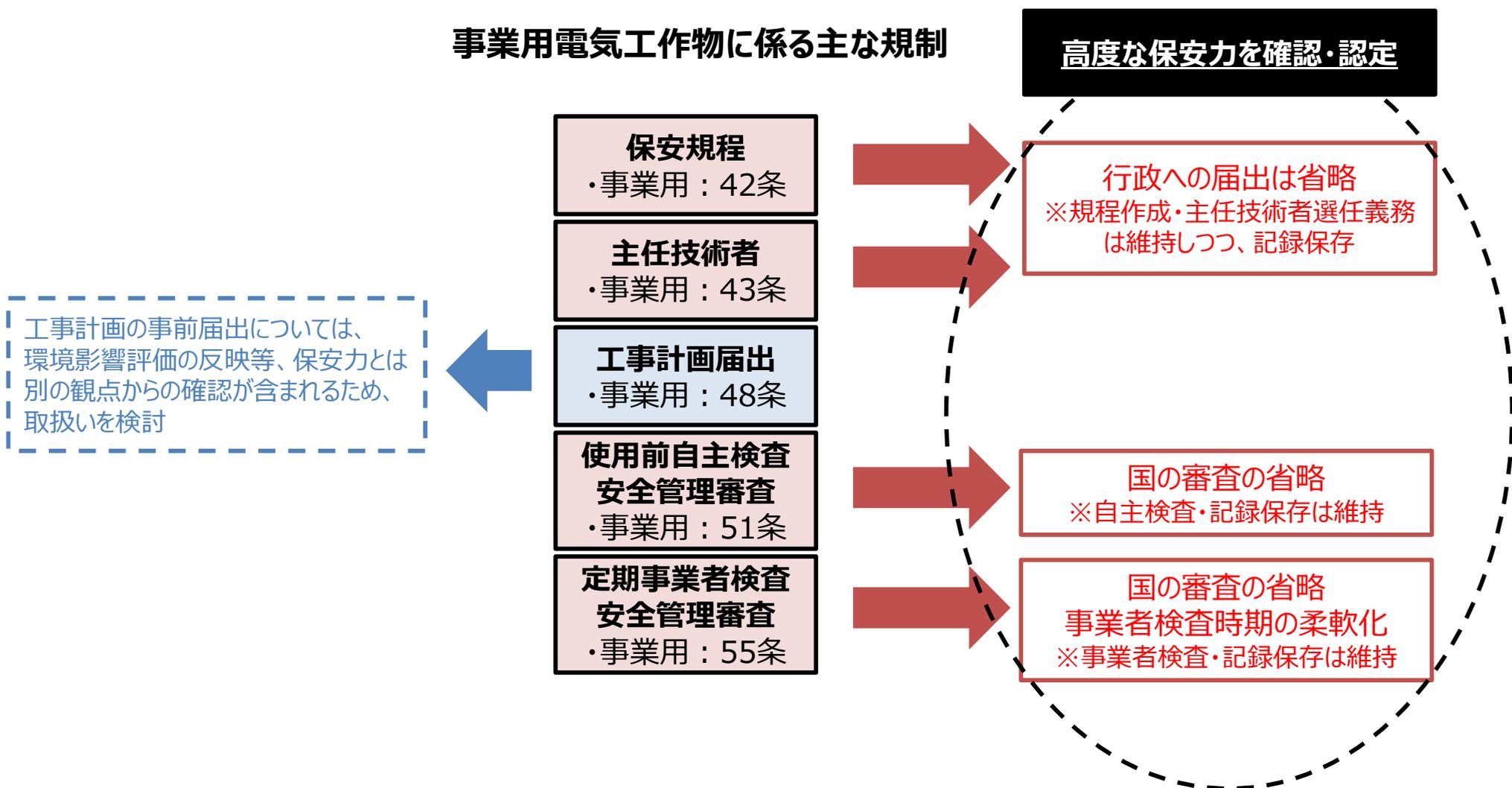
※1：発電事業者に対しては、保安規程において、保安規程遵守のための体制（経営層の関与を含む）について記載を要求。（施行規則第50条第2項第1号）

※2：電気設備に関する技術基準を定める省令第15条の2において、一般送配電事業、送電事業、特定送配電事業及び発電事業の用に供する電気工作物の運転を管理する電子計算機について、サイバーセキュリティの確保が規定されている。

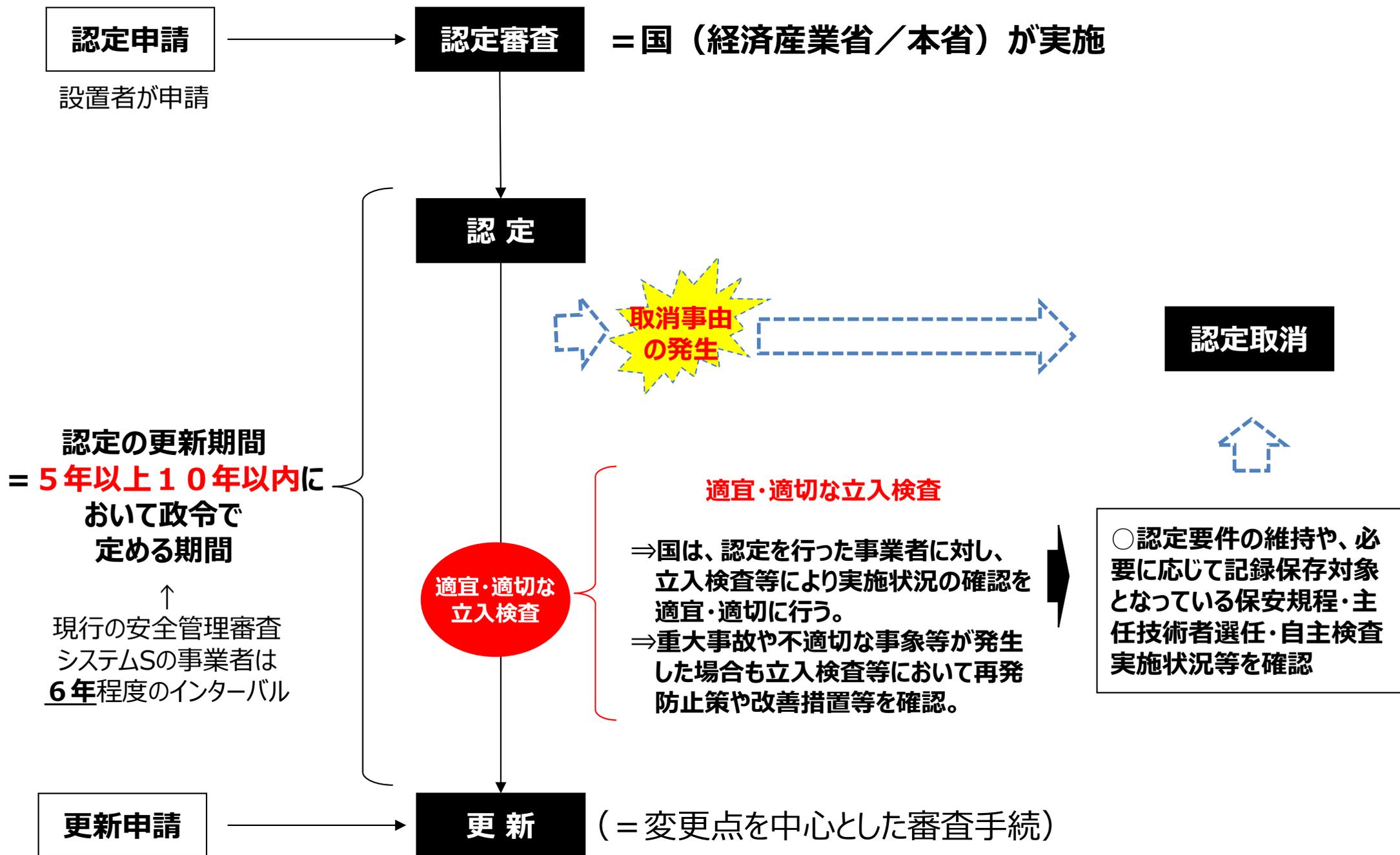
電気事業法上の行政手続の特例

- 「**高度な保安力を有する者**」として認定を受けた者については、**現行の保安規制における行為規制は維持しつつ、届出等の行政手続は簡略化し、より自主性を高めることが適切。**
- 具体的には、電気事業法に基づく**事業用電気工作物に係る設備変更の手続や規程・人員に関する手続、国の審査**については、**届出等の手続の不要化や自己管理型の検査等を幅広く許容**することを検討（記録保存義務は維持）。

事業用電気工作物に係る主な規制



認定手続に係る新たなフロー（イメージ）



安全管理審査をとりまく環境変化と課題

- 安全管理審査制度は、設置者による自主保安の意識を高めるため、（国による直接検査ではなく）設置者による自主保安管理体制を重視した制度。また、設置者の保安力に応じて定期検査の周期が適正化されるようこれまで制度を見直してきたところ。
- システムS取得事業者の中には、「高度な保安力を有する者」に通ずるものも存在し、今後の制度設計にあたっては、相互の制度の整合性を図る必要があるのではないかと。

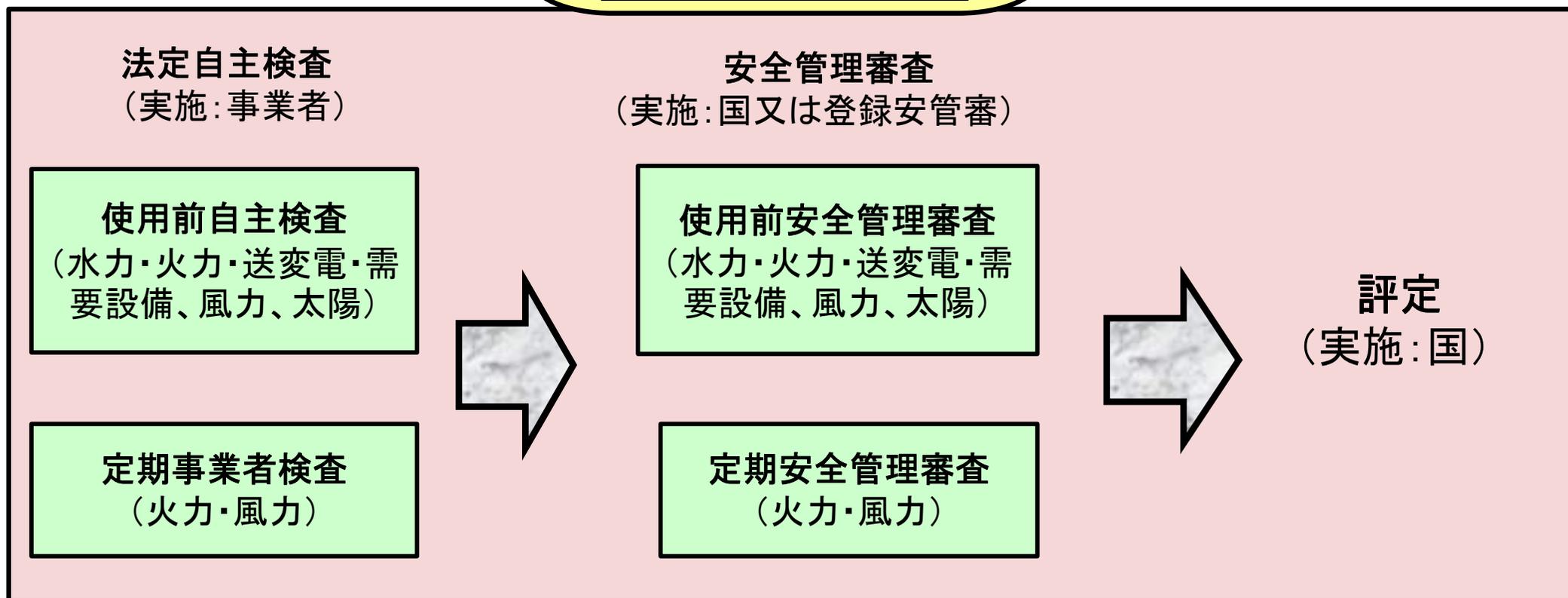
＜安全管理審査において再検討を要する事項＞

- (1) 安全管理審査において「システムS」の取得事業者は、高度な運転管理ができる者であり、これは「高度な保安力を有する者」に通ずるものであり、相互の制度の整合性を整理する必要があるのではないかと。システムS取得事業者の中には、IoT等の活用に加え、設備の異常兆候を予測し、事故防止等に取り組んでいる事業者が存在していることから、「高度な保安力を有する者」として整理すべきと考える。一方、現行のシステムS・A・B・個別について、あわせて整理・集約の検討が必要ではないかと。
- (2) 火力発電設備の定期検査の周期は、各設備それぞれのリスクに応じて法定化されており、またシステムS・A・B取得事業者は、更なる周期延長が可能。しかしながら、設備毎に法定検査周期が異なることで非効率が生じているとの声があるところ、その時期の統一化は可能か。また、「高度な保安力を有する者」については、法定周期を定めないCBM (Condition Based Maintenance)の導入余地はあるか。
- (3) 登録安全管理審査機関の対象設備は、これまで順次拡大してきたが、火力発電設備に限定。しかしながら、登録安全管理審査機関は、過去20年以上にわたり安全管理審査制度に従事しており、直近では年間1000件程度を審査。安全管理審査制度が「設置者の品質管理状況」を確認するものであることを踏まえれば、こうした経験豊富な登録安全管理審査機関による審査の対象設備を増やすことも検討するべきではないかと。

(参考) 安全管理審査制度とは

- 電気事業法により、事業用電気工作物の設置者は、使用前及び運転開始後の一定期間ごとに当該設備の技術基準への適合性等を自主的に検査し、かつその検査体制について国又は登録審査機関による審査を受けることが義務づけられている。

安全管理審査制度



- 安全管理審査は、事業用電気工作物単位（個別）での受検が原則だが、保安管理に関する十分かつ高度な取組を継続している設置者については、同一設置者が有する事業用電気工作物を一括して受検することも可能。
- さらに、安全管理審査の結果、「S」又は「A」の評定が得られた設置者に対しては、定期事業者検査周期の延長などのインセンティブが用意されている。

<システム安全管理審査の検査項目>

項目	システム			個別
	S	A	B	
法定事業者検査	○	○	○	○
継続的な検査体制の構築・維持	○	○	○	
日常の保守管理(運転管理・日常点検・定期点検)	○	○	—	—
運転状況(温度/圧力超過、振動)	○	○	—	—
運転状況(事故対応、再発防止)	○	○	—	—
高度な運転管理	○	—	—	—

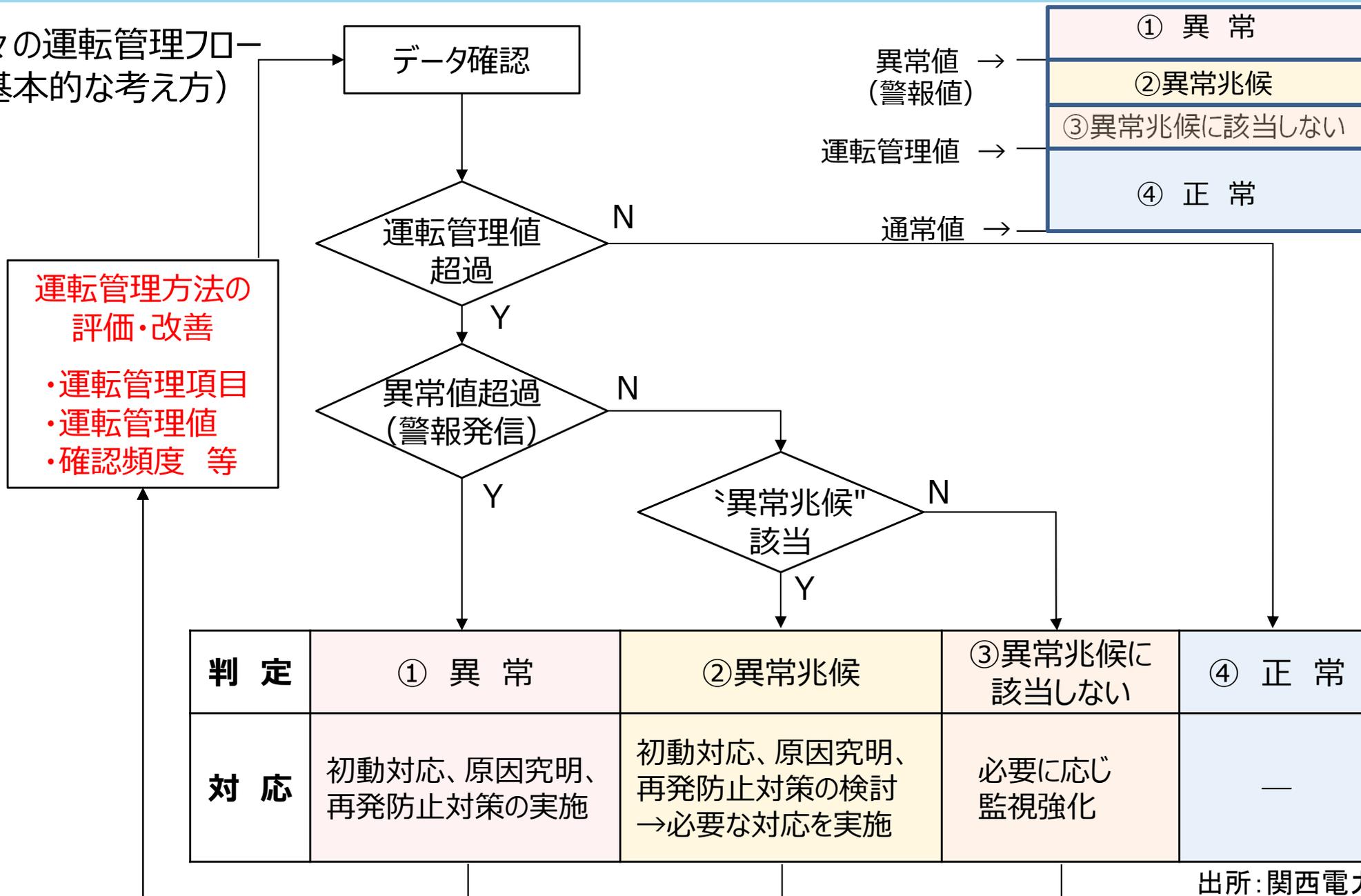
<定期事業者検査の検査周期>

組織区分	分類	定期事業者検査周期	
		ボイラー	蒸気タービン
システム	S	6年	
	A	4年	4年
	B	2年	
個別		2年	4年

(参考) システムS取得事業者の取組事例

- システムS事業者による、自己管理型・状態監視型（異常兆候の把握や異常への対応を行いつつ、運転管理方法の評価、改善を継続的に実施している）の管理フロー（概念図）

日々の運転管理フロー
(基本的な考え方)



異常値 (警報値)	① 異常
	② 異常兆候
運転管理値	③ 異常兆候に該当しない
通常値	④ 正常

判定	① 異常	② 異常兆候	③ 異常兆候に該当しない	④ 正常
対応	初動対応、原因究明、再発防止対策の実施	初動対応、原因究明、再発防止対策の検討 → 必要な対応を実施	必要に応じ監視強化	—

システムS・A・Bの整理・集約

- システムBの審査基準は、個別審査に対し、「継続的な検査体制の構築・維持と当該体制整備のためのマニュアルの整備・維持」程度の差。
- 火力の定期安管審は、H30年度(S:24件、A:6件、B:9件、個別:851件)、R元年度(S:9件、A:8件、B:3件、個別:834件)、R2年度(S:10件、A:8件、B:8件、個別:800件)であり、A及びBの合計は、各年度とも、個別審査件数の1～2パーセント程度。
- したがって、「**高度な保安力を有する者**」に対する認定制度が創設された場合、**システムSは廃止し、残るAとBと個別は、整理・集約、若しくはABの整理・統合と個別の2区分**にしてもよいのではないか。

✓ 法定審査6項目

システムAの審査基準

①法定事業者検査の実施に係る組織、②検査の方法、③工程管理、④検査において協力した事業者がある場合には、当該事業者に関する事項、⑤検査記録の管理に関する事項、⑥検査に係る教育訓練に関する事項

- ✓ 継続的な検査体制の構築・維持
- ✓ 日常の保守管理(運転管理・日常点検・定期点検)
- ✓ 運転状況(温度/圧力超過、振動)
- ✓ 運転状況(事故対応、再発防止)

システムBの 審査基準

✓ 法定審査6項目

- ①法定事業者検査の実施に係る組織
- ②検査の方法、③工程管理
- ④検査において協力した事業者がある場合には、当該事業者に関する事項
- ⑤検査記録の管理に関する事項
- ⑥検査に係る教育訓練に関する事項

- ✓ 継続的な検査体制の構築・維持
- ✓ 体制整備のためのマニュアルの整備・維持

個別の審査 基準

✓ 法定審査6項目

- ①法定事業者検査の実施に係る組織
- ②検査の方法、③工程管理
- ④検査において協力した事業者がある場合には、当該事業者に関する事項
- ⑤検査記録の管理に関する事項
- ⑥検査に係る教育訓練に関する事項

○システムAとBの審査件数は個別審査件数の1～2程度。

→A・B・個別は整理・集約してはどうか。

○システムBと個別区分の差は、継続的な検査体制の構築・継続、マニュアルの整備・維持。

→区分けの継続は必要性か。

定期事業者検査の周期について（火力発電設備）

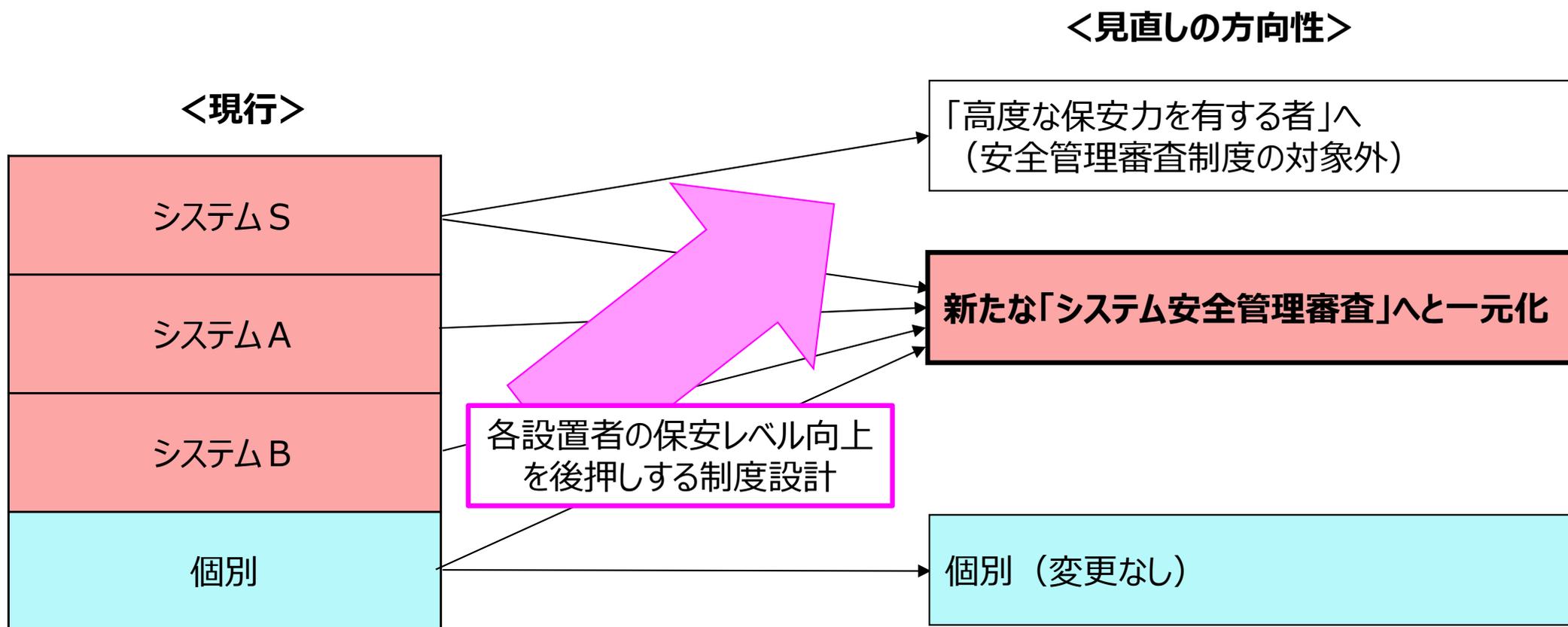
- 火力発電設備の定期事業者検査において、設備によってその法定検査周期が一律でないことから、運転計画上の制約となっているとの声がある。
- しかしながら、対象設備（ボイラー、タービン等）には、一定以上の圧力が加えられる部分があり、金属材料の高温高圧蒸気又はガスによる損傷、腐食又はクリープ現象による材料の劣化等を生じる可能性が高く、そのリスクに応じた周期を設定しているため、技術的なデータがない限り、これを変更することは難しい。
- 一方で、「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」に対しては、検査の時期・周期／連続運転期間について、事業者が設定することを基本とし、定期的な検査から設備状態に基づく検査や常時監視への移行を可能としてはどうか。

【火力発電設備に係る定期事業者検査周期】

対象設備	検査時期	インセンティブ
蒸気タービン及びその附属設備	4年	システムS取得:6年
ボイラー及びその附属設備	2年	システムS取得:6年、 システムA取得:4年
ガスタービン1万kW未満	3年	インセンティブなし
ガスタービン1万kW以上	2年	インセンティブなし
液化ガス設備		
ガス化炉設備		
独立過熱器及びその附属設備		
蒸気貯蔵器及びその附属設備		
脱水素設備		

安全管理審査制度の見直しの方向性

- **安全管理審査制度については、第7回電気保安制度WGにおいて、「高度な保安力を有する者」に係る制度設計とあわせて制度設計を見直す方向で議論が行われたところ。**
- **システムS取得事業者の中には、「高度な保安力を有する者」に通ずる者が相当数いることを踏まえ、現行の安全管理審査のシステムS・A・Bは再整理（一本化）。**
- **新たな「システム安全管理審査」の検討に当たっては、各設置者の保安レベルの更なる向上を後押しする制度設計とすべきではないか。**



新たな「システム安全管理審査」の要件

- 各設置者の保安レベルの更なる向上を後押しする方向性を踏まえれば、現行の安全管理審査制度のシステムAの要件である「日常の保守点検」や「運転状況の監視」、「事故発生時の適切な対応」については、新たな「システム安全管理審査」でも求めるべきではないか。
- 一方で、現行のシステムSの要件である「各設備から得られたデータを分析し改善につなげていくというPDCAサイクルの構築」については、現行のシステムA・Bのレベルからは大きく乖離。
- したがって、システム安全管理審査を将来的なPDCAサイクルの構築の前段として位置づけ、デジタルデータの取得及びそのための体制整備（現行のシステムSとシステムAのあいだ）まで求めてはどうか。

<現行>

項目	システム			個別
	S	A	B	
法定事業者検査項目	○	○	○	○
継続的な検査体制の構築・維持	○	○	○	
日常の保守管理 (運転管理・日常点検・定期点検)	○	○	-	-
運転状況 (温度/圧力超過、振動)	○	○	-	-
運転状況 (事故対応、再発防止)	○	○	-	-
高度な運転管理 ①異常兆候の発見・把握のための体制構築 ②運転・保守データの収集・分析・評価・改善	○	-	-	-

<見直しの方向性>

項目	システム	個別
法定事業者検査項目	○	○
継続的な検査体制の構築・維持	○	
日常の保守管理 (運転管理・日常点検・定期点検)	○	-
運転状況 (温度/圧力超過、振動)	○	-
運転状況 (事故対応、再発防止)	○	-
①デジタル化に係る体制整備 ②運転・保守データの収集・蓄積	○	-

定期検査周期の延長の考え方

- 現行の安全管理審査では、システムS又はシステムAの評定が得られた設置者は、定期事業者検査の周期延長が可能。
- 新たな「システム安全管理審査」では、システムSとシステムAのあいだの保安レベルを求めることとなるところ、定期事業者検査の周期についても検討が必要。
- 近年、再エネ発電設備の増加に伴い、火力発電は調整力としての役割が一層高まり、DSS（Daily Start and Stop）運転の増加など、安全管理審査制度の発足時と比べ、火力発電の運用は大きく変化。従来想定していなかった火力発電の運用変化に伴うボイラーや蒸気タービン等の金属疲労等の影響について、国において十分な調査ができていない状況下では、定期事業者検査の周期延長は慎重に検討すべきではないか。
- これらを踏まえ、新たな「システム安全管理審査」の定期事業者検査の周期は、まずは現行のシステムAと同等とすべき（ボイラー・蒸気タービンは4年）ではないか。

<現行>

分類	ボイラー	蒸気タービン
システムS	6年	
システムA	4年	4年
システムB	2年	
個別		



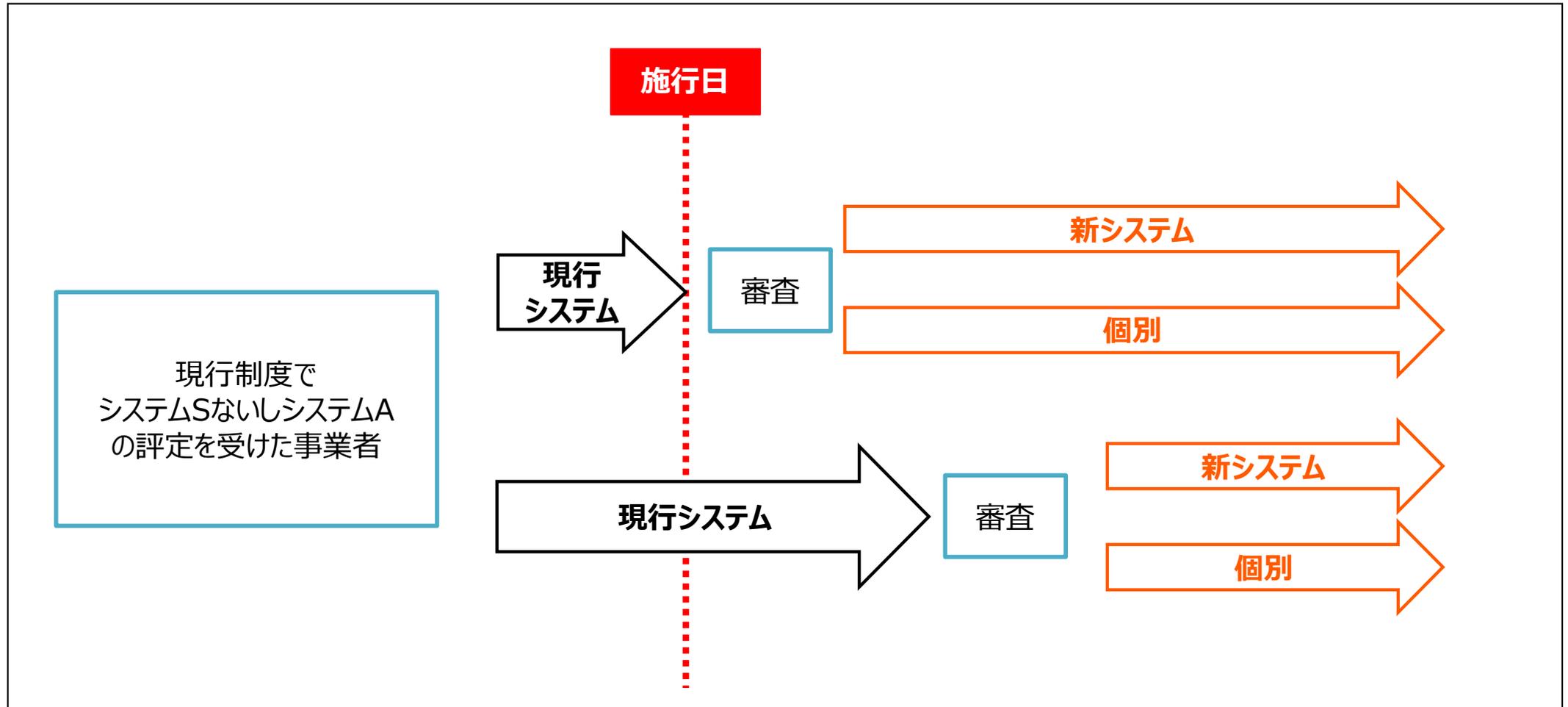
<見直しの方向性>

分類	ボイラー	蒸気タービン
システム	4年	4年
個別	2年	

経過措置の考え方

- 現行の安全管理審査制度において、システムS又はシステムAの評定を受けた事業者は、定期事業者検査の周期延長が認められているところ、**施行日以降であってもこうした周期延長の効力は有効期間満了まで継続すること**としてはどうか。

<経過措置の考え方>



(再掲) 現在行われている検討・検証項目の体系図

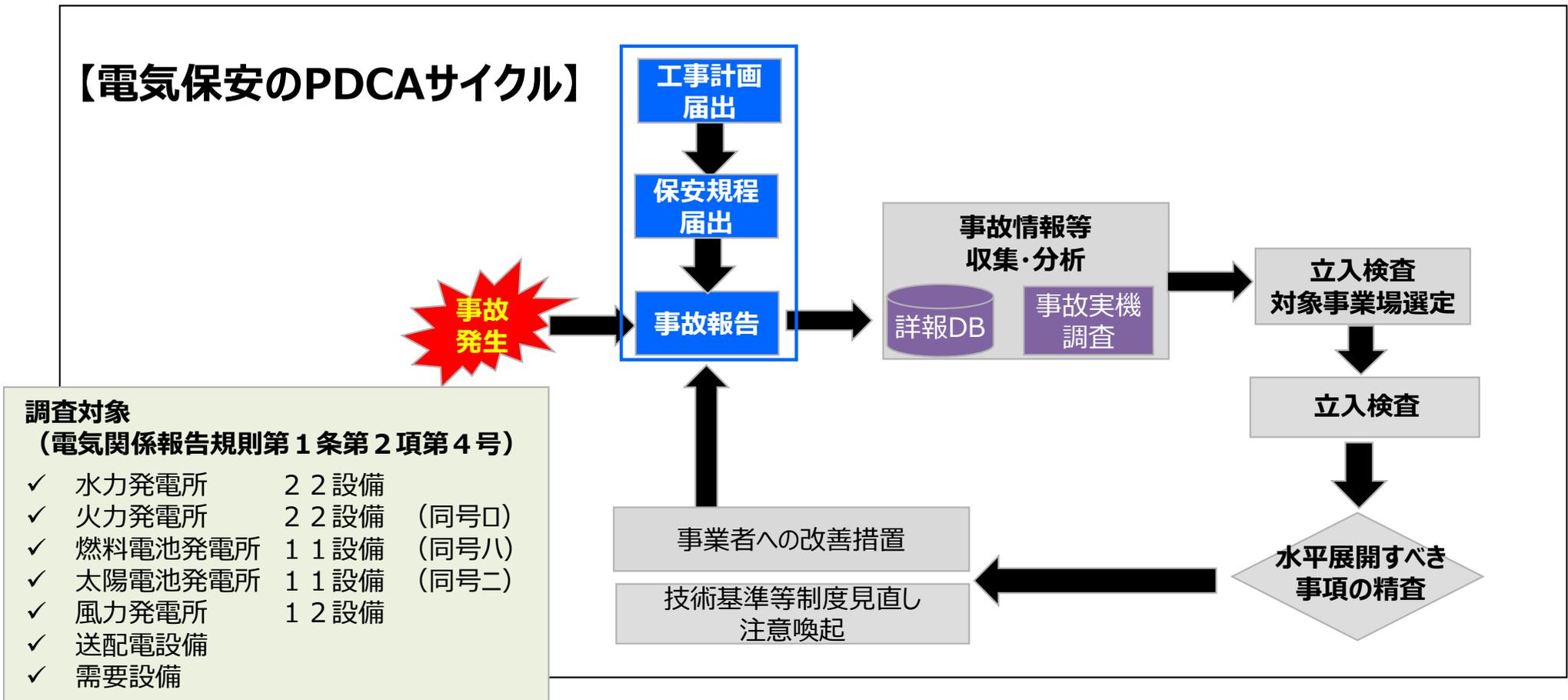
	火力	水力	風力	太陽電池	流通設備	電力貯蔵設備	需要設備
①保安力評価に応じた規制	認定事業者の認定基準等						
	定検周期の見直し		小出力設備の情報把握				
②設備事故の教訓を次に繋げるPDCAサイクルの高度化	安管審の対象・内容等の見直し						
	工事計画届出・事故報告の対象範囲の見直し						
	保安規程の標準型の作成、軽微な変更届出の不要化						
③新技術を見据えた技術基準等の整備	アンモニア混焼・水素発電		工事計画 審査合理化			新たな設置形態を踏まえた規制の整理	
			洋上風力 発電	太陽電池 新技術			
④電気保安人材不足の解消	統括制度の見直し						
		ダム水路技術者 要件見直し	外部委託要件見直し				
⑤スマート技術の導入支援	スマート保安アクションプランの実践						
	自家用電気工作物サイバーセキュリティ対策						
	スマート化 ガイドライン						スマートキュービ クル導入

3-2-2. ②設備事故の教訓を次に繋げるPDCAサイクルの高度化

■工事計画・事故報告等の合理化

(調査内容)

- ➡規制対象設備となった経緯、国内外の規制動向
- ➡電気保安のPDCAサイクルを確保するために必要十分な対象設備の精査



事故報告の意義

- **電気事故報告は**、当該事故の要因分析に基づき、**類似の事故の再発防止策**を講じるとともに、電気工作物の**安全性の確保、信頼性の向上等のための施策検討**を行うために、設置者から報告を求めているもの。
- その対象は**電気工作物による事故のうち、監督規制として必要な主要電気工作物の破損事故**に加えて、**公衆災害（電気工作物起因の死傷事故、火災事故等）**や**供給支障を及ぼした事故等**について報告を義務づけている。
- 報告は、事故の発生を知った時から**24時間以内**に**事故の概要を報告（速報）**するとともに、原則事故の発生を知った日から起算して**30日以内**に**報告書（詳報）**を提出しなければならない。

< 現行の事故報告の対象（電気関係報告規則第3条） >

号	事故の内容	事故内容の詳細	
1	感電等による死傷事故	破損又は誤操作等により人が死傷した事故	公衆災害
2	電気火災事故	電気工作物が半焼以上の場合	
3	他の物件への損傷事故	他の物件へ損傷を与えた事故	
4、5	主要電気工作物の破損事故	構内における主要設備の破損	供給支障
6	発電支障	10万kW以上、7日間以上の発電支障	
7、8	供給支障	所定の出力・日数の規模の供給支障事故	
9、10、11	波及事故	他の電気事業者に一定規模以上の供給支障を発生させた事故	公衆災害
12	ダムからの異常放流	誤操作等によるダムからの異常放流事故	
13	その他社会的影響のある事故	上述以外の事故で社会的影響を及ぼすもの	

(参考)「主要電気工作物」の範囲 (電気関係報告規則第1条2項4号)

①水力発電所 (22設備)	ダム、取水設備、沈砂池、導水路、放水路、ヘッドタンク、サージタンク、水圧管路、水車、揚水式発電所における揚水用のポンプ、貯水池、調整池、発電機、変圧器、負荷時電圧調整器、負荷時電圧位相調整器、調相機、電力用コンデンサー、分路リアクトル及び限流リアクトル、周波数変換機器、整流機器、遮断器
②火力発電所 (22設備)	蒸気タービン、ボイラー、独立過熱器、蒸気貯蔵器、蒸気井、ガスタービン、内燃機関、燃料設備(ばい煙処理設備、液化ガス設備、ガス化炉設備、脱水素設備並びに施行規則別表第二の発電所の二の(一)の下欄に掲げる発電設備に係る発電機、変圧器、負荷時電圧調整器、負荷時電圧位相調整器、調相機、電力用コンデンサー、分路リアクトル、限流リアクトル、周波数変換機器、整流機器、遮断器
③燃料電池発電所 (11設備)	燃料電池設備、変圧器、負荷時電圧調整器、負荷時電圧位相調整器、調相機、電力用コンデンサー、分路リアクトル、限流リアクトル、周波数変換機器、整流機器、遮断器、逆変換装置
④太陽電池発電所 (11設備)	太陽電池、変圧器、負荷時電圧調整器、負荷時電圧位相調整器、調相機、電力用コンデンサー、分路リアクトル、限流リアクトル、周波数変換機器、整流機器、遮断器、逆変換装置
⑤風力発電所 (12設備)	風力機関、発電機、変圧器、負荷時電圧調整器、負荷時電圧位相調整器、調相機、電力用コンデンサー、分路リアクトル、限流リアクトル、周波数変換機器、整流機器、遮断器、逆変換装置
⑥変電所 (9設備)	変圧器、負荷時電圧調整器、負荷時電圧位相調整器、調相機、電力用コンデンサー、分路リアクトル及び限流リアクトル、周波数変換機器、整流機器、遮断器
⑦送電線路 (3設備)	電線、支持物、遮断器
⑧需要設備 (5設備)	遮断器、変圧器、周波数変換機器及び整流機器、調相機及び分路リアクトル、電線及び支持物

事故報告の見直しに係る方向性と分析結果

- 現行の**主要電気工作物の破損事故**については、当該設備の機能に重大な影響を及ぼすのみならず、**関連設備への重大な影響**、**復旧の遅れ**、**供給支障を誘発**するおそれがあり、当該事故の**類似事故の防止**や当該事故以上の**大規模な事故の予防的観点から報告**を求めている。
- これを踏まえれば、**あえて「主要電気工作物」として明示すべき対象**は、**①公衆への影響**あるいは**②供給支障を生じさせる蓋然性が高いもの**であるべきと考えられる。
- こうした観点を踏まえた分析の結果、**下記については主要電気工作物から除外すべき**ではないか。
(各設備に係る詳細な説明は次頁以降参照)

<確認事項>

- ✓ 当該主要電気工作物が破損した場合の**公衆への影響**（リスク）
- ✓ 当該主要電気工作物が破損した場合の**供給支障を引き起こす可能性**（リスク）
- ✓ 過去5年間における**重大事故**（作業員等の死傷、電気火災事故、所定の規模の供給支障を及ぼすもの）の発生
- ✓ 事故要因の分析を踏まえ、**再発防止対策などの水平展開**が必要となる蓋然性



<「主要電気工作物」から除外すべき設備>

【水力発電設備】 ①流木路、②船ばつ路、③除塵機

【風力発電設備】 ④風向・風速計、⑤ヨー駆動装置

【太陽電池・風力発電設備】 ⑥PCS（ただし、制御用基盤だけの故障の場合のみ。）

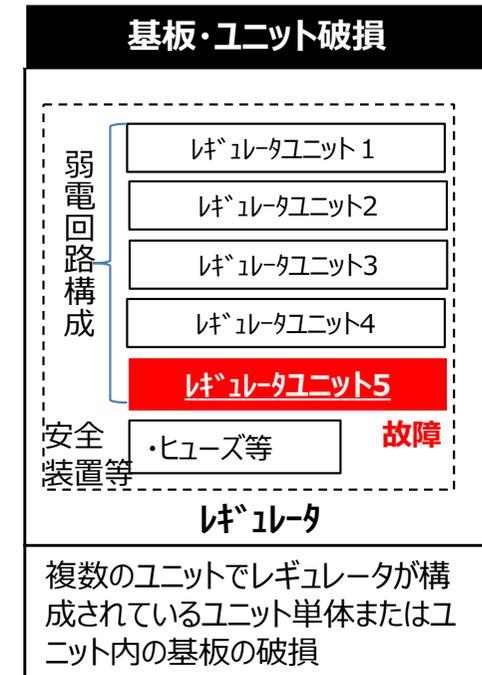
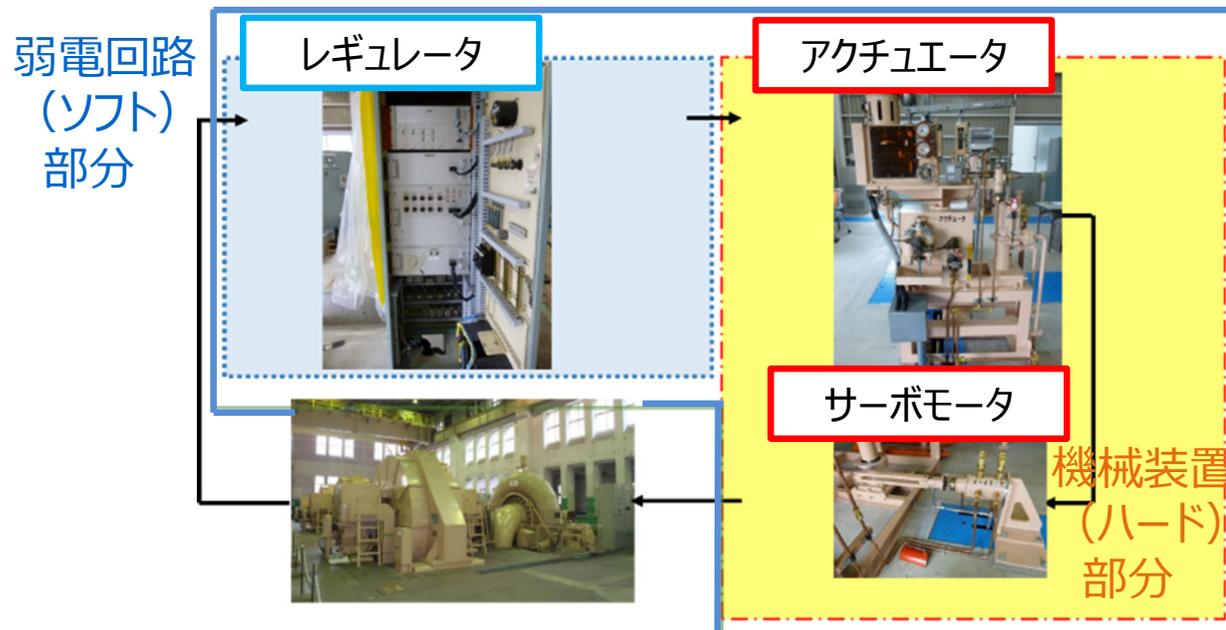
【火力・水力発電設備】 ⑦调速機のレギュレータ、⑧励磁装置のAVR

【変電設備】 ⑨分路リアクトル、電力用コンデンサー（17万V以上の変電所に係る10万kVA未満のもの）

事故報告の対象見直し：⑦調速機のレギュレータ（火力発電・水力発電）

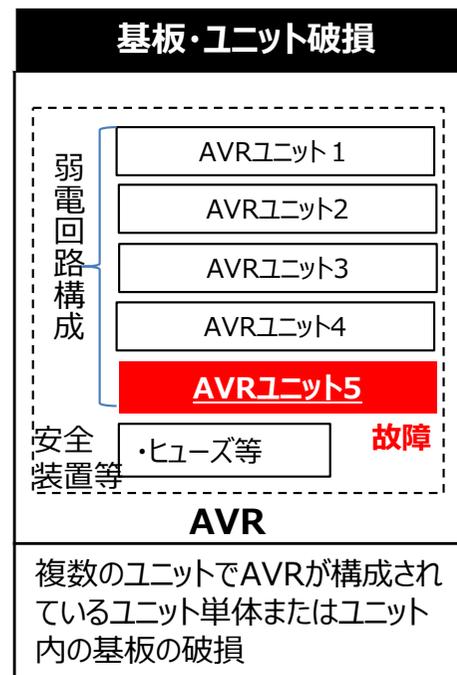
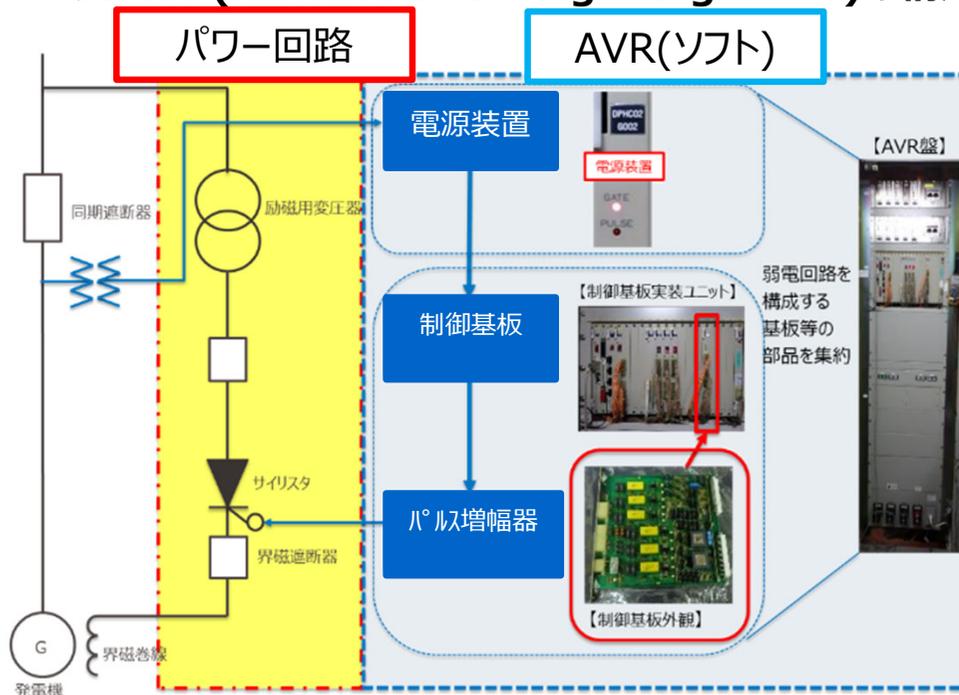
- 調速機は、蒸気タービンや水車の回転数を一定に保つよう回転数を常に監視し、変化時に負荷に応じて回転数を調整させる装置。調速機は油圧(アクチュエータ)、電動サーボモータ、油圧サーボ・電動サーボドライバなどの**機械装置(ハード)**とそれを制御する**レギュレータ(ソフト・弱電回路)**で構成。
- 調速機の故障は、①**機械装置の破損を伴う甚大な故障**と、②**レギュレータの弱電回路の基板交換などで補修できる軽微な故障**の2種類に分類できる。
- ②については、レギュレータが破損しても調速機の機械装置が水車への水の流入等を自動的に停止するよう機構動作するため、製品設計上、公衆災害の可能性も低い。また、速やかに基板を交換すればよいだけであるため、再発防止対策などの水平展開をする必要性に乏しい。したがって、**レギュレータの基板等の故障については、事故報告の対象から除外**してよいのではないか。

<調速機の構成>



- 励磁装置は発電機に磁界を作るための励磁電流を調整することで自動的に発電機電圧を一定になるよう調整する装置。界磁電流を流す励磁用変圧器、サイリスタ、界磁遮断器などの**パワー回路（ハード）**とそれを制御する**AVR（ソフト・弱電回路）**で構成。
- 励磁装置の故障は、**①ハードの破損を伴う甚大な故障**と、**②AVRの弱電回路の基板交換などで補修できる軽微な故障**の2種類に分類できる。
- ②については、仮にAVRが破損しても発電機は電路から自動的に遮断するよう保護装置が動作するため、製品設計上、公衆災害の可能性も低い。また、速やかに基板を交換すればよいだけであるため、再発防止対策などの水平展開をする必要性に乏しい。したがって、**AVRの基板等の故障については、事故報告の対象から除外**してよいのではないか。

<AVR : (Automatic Voltage Regulator)の構成>



3-2-3. ③新技術を見据えた技術基準等の整備

■風力発電設備

(調査内容)

- ➡諸外国の洋上風力発電設備に係る安全規制・運用保守の実態把握
- ➡技術基準のアップデート、工事計画届出審査における判断基準の整理

■水素発電・アンモニア混焼発電

(調査内容)

- ➡技術開発・設備導入動向、技術基準の整理

■太陽電池発電設備（追尾型、薄膜等）

(調査内容)

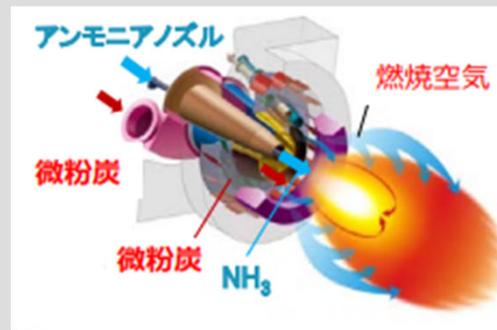
- ➡技術開発動向、技術基準の整理

■電力貯蔵設備（蓄電池）

(調査内容)

- ➡想定される設備構成及びリスクの整理、諸外国の安全規制、電気保安規制上の取扱

アンモニア混焼



出典：総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会（第35回会合）

追尾型太陽電池発電設備



出典：令和2年度新エネルギー等の保安規制高度化事業委託調査(太陽電池発電設備技術基準検討及び小出力発電設備における事故報告制度改正に関する調査)報告書

水素・アンモニア発電をとりまく現状

- 第6次エネルギー基本計画（R3年10月）では、発電部門において2030年までにガス火力への30%混焼や水素専焼、石炭火力への20%アンモニア混焼の導入・普及が目標とされており、2030年の電源構成においては、水素・アンモニアで1%程度を賄うことが想定。今後、水素やアンモニア等を活用した新たな発電設備のニーズの拡大が見込まれる。
- これらの発電形式については、現在実証計画が進められており、早ければ2023年度にも設備工事が開始される見込み。よって、十分な設備上の安全性を確保するため、商用規模の発電を見据えた保安規制を整備することが必要。
- このため、水素・アンモニア発電設備に関する保安規制について、2021年度中に技術的課題を整理し、事業者による小ロットでの実証試験の結果等も踏まえ、2022年度上期を目途に所要の改正を行う。

第6次エネルギー基本計画（令和3年10月）より該当部分抜粋

アンモニア・水素等の脱炭素燃料の火力発電への活用については、2030年までに、ガス火力への30%水素混焼や、水素専焼、石炭火力への20%アンモニア混焼の導入・普及を目標に、実機を活用した混焼・専焼の実証の推進、技術の確立、その後の水素の燃焼性に対応した燃焼器やNO_xを抑制した混焼バーナーの既設発電所等への実装等を目指す。こうした取組を通じ、2030年時点では国内で水素の年間需要を最大300万t、うちアンモニアについては年間300万t（水素換算で約50万t）の需要を想定する。また、2030年度の電源構成において、水素・アンモニアで1%程度を賄うことを想定する。

技術基準の見直し・新規策定（水素発電）

- 水素発電については、平成27年度当時の水素発電の動向（出力：1,000kWクラス、原動力：汽力、ガスタービン）を踏まえ、発電用火力設備の技術基準及び同解釈を平成28年度に改正。
- 一方で、当該技術基準等は、10万kW以上の大規模発電向けボイラー・タービン・貯槽等や、内燃機関を活用した水素発電には必ずしも適応できていないため、技術基準等の見直しが必要。

<水素発電に係る技術基準見直しのポイント（例）>

対象設備	項目	大規模水素利用に係る技術基準等の内容
内燃機関	<u>適切な材料の選定</u>	高温・高圧下の水素による脆化防止のための適切な材料の選定。
ボイラー		平成28年度に措置済ではあるものの、大規模な発電設備を想定して改めて検討が必要。
ガスタービン		
液化ガス設備	<u>離隔距離・漏えい検知・漏えい対策</u>	水素の特性を考慮した離隔距離、保安区画の設定
		液化水素に対する防液堤の設置

技術基準の見直し・新規策定（アンモニア発電）

- 現行の火力発電設備における、アンモニアに係る技術基準は、アンモニア利用を想定した脱硝用の液化ガス設備に関する規定はあるものの、発電用燃料としての利用は想定していない。
- ボイラーやガスタービン等におけるアンモニア利用に係る技術基準について、新たに整備が必要。

<アンモニア発電に係る技術基準見直しのポイント（例）>

対象設備	項目	大量のアンモニア利用に係る技術基準等の内容
内燃機関 ボイラー ガスタービン	<u>適切な材料の選定</u>	高温・高圧下のアンモニア（燃焼後生成物質含む）による腐食防止等のための適切な材料の選定
	<u>漏えい検知・漏えい対策</u>	配管、官継手及びバルブの溶接の実施、アンモニアの漏洩に対する無害化 保安物件周辺における二重配管及び漏えい検知対策の措置
液化ガス設備	<u>離隔距離・漏えい検知・漏えい対策</u>	アンモニアの毒性等を考慮した離隔距離、保安区画の設定
		液化アンモニア漏えいに対する防液堤の設置、充填時の容量制限
その他	識別・周知	毒性ガスを取り扱う旨の識別表示、漏えいするおそれのある箇所の危険標識掲示

工事計画・事故報告に係る対象設備等の追加

- 水素・アンモニアを利用する場合、燃料に応じた安全設備を含む新たな設備が必要。
- このため、技術基準に加えて、工事計画や事故報告に対しても当該対象設備の追加が必要。例えば、液化水素・アンモニア用貯槽、防液堤、付臭設備、除害設備、排水処理設備など。
- また、万が一の大規模漏えい等の発生に備えて、事業者の保安規程等において、事故・安全評価や具体的な防災・発災時対策（ソフト対策）についても検討していく。

工事計画、事故報告の対象となっている 火力発電設備の主要電気工作物の例

火力設備

- 蒸気タービン
- ガスタービン
- ボイラー
- 独立過熱器
- 蒸気貯蔵器蒸気井
- 内燃機関
- 燃料設備
- ばい煙処理設備
- 液化ガス設備
- ガス化炉設備、脱水素設備

保安規程記載事項 （主なもの）

- 保安体制
- 職務・組織
- 主任技術者の職務・権限等
- 保安教育
- 保安のP D C A
- 巡視、点検等
- 運転・操作
- 調達管理
- 災害その他非常の場合に採るべき措置

小規模火力設備に対する規制の見直し

- 現行の火力発電設備に関する規制は、主に出力規模に応じたものとなっており、一定規模以下の設備については、一部の保安規制が対象外となっているところ。
- しかしながら、**水素・アンモニアは、爆発性、毒性のリスク**があることを踏まえ、**原則として、出力規模に関わらず B T 主任技術者の選任や工事計画の届出等を求める方向**で検討していく。

発電方式	出力等条件	保安規程	主任技術者選任		工事計画/ 安全管理検査 (使用前/定期)
			電気	ボイラー・タービン	
汽力	—	要	要	要	要
	発電出力300kW未満等※2	要	要	不要	不要
ガスタービン	10,000kW以上	要	要	要（発電所）	要
	1,000kW以上～10,000kW未満	要	要	要（統括事業場）	要
	1,000kW未満	要	要	要（統括事業場）	不要
	告示のもの※1	要	要	不要	不要
内燃力	10,000kW以上	要	要	不要	要
	10kW以上～10,000kW未満	要	要	不要	不要
	10kW未満	不要	不要	不要	不要
汽力、ガスタービン、内燃力以外	—	要	要	要	要
2種類以上の原動力の組合せ	—	要	要	要	要

※1 ①電気出力が300kW未満のもの

②最高使用圧力が1,000kPa未満のもの

③最高使用温度が1,400℃未満のもの

④発電機と一体のものとして一の筐体に収められているものその他の一体のものとして設置されるもの

⑤ガスタービンの損壊その他の事故が発生した場合においても、当該事故に伴って生じた破片が当該設備の外部に飛散しない構造を有するもの

※2 ①電気出力が300kW未満のもの

②最高使用圧力が2MPa未満のもの

③最高使用温度が250℃未満のもの

④蒸気タービン本体が発電機と一体のものとして一の筐体に収められているもの又は施設その他の通行制限のための措置が講じられた部屋に収められているもの

⑤蒸気タービン本体の損壊その他の事故が発生した場合においても、当該事故に伴って生じた破片が当該蒸気タービン本体の車室又はこれが収められている筐体の外部に飛散しない構造を有するもの

⑥同一の火力発電所の構内に設置された労働安全衛生法の適用を受けるボイラーから蒸気の供給を受け、当該蒸気の汽力を直接その原動力とするもの又は同一の火力発電所の構内以外から蒸気の供給を受け、当該蒸気の汽力を直接その原動力とするもの 等

(参考) **水素スタンドの運営には、規模の大小にかかわらず、有資格者(高圧ガス保安監督者)の選任義務あり。**

2030年に向けた政策対応のポイント【水素・アンモニア】

- カーボンニュートラル時代を見据え、水素を新たな資源として位置づけ、社会実装を加速。
- 長期的に安価な水素・アンモニアを安定的かつ大量に供給するため、海外からの安価の水素活用、国内の資源を活用した水素製造基盤を確立。
- 国際水素サプライチェーン、余剰再エネ等を活用した水電解装置による水素製造の商用化、光触媒・高温ガス炉等の高温熱源を活用した革新的な水素製造技術の開発などに取り組む。
- 水素の供給コストを、化石燃料と同等程度の水準まで低減させ、供給量の引上げを目指す。
コスト：現在の100円/Nm³→2030年に30円/Nm³、2050年に20円/Nm³以下に低減
供給量：現在の約200万t/年→2030年に最大300万t/年、2050年に2,000万t/年に拡大
- 需要サイド（発電、運輸、産業、民生部門）における水素利用を拡大。
- 大量の水素需要が見込める発電部門では、2030年までに、ガス火力への30%水素混焼や水素専焼、石炭火力への20%アンモニア混焼の導入・普及を目標に、混焼・専焼の実証の推進や非化石価値の適切な評価をできる環境整備を行う。また、2030年の電源構成において、水素・アンモニア1%を位置づけ。
- 運輸部門では、FCVや将来的なFCトラックなどの更なる導入拡大に向け、水素ステーションの戦略的整備などに取り組む。
- 産業部門では、水素還元製鉄などの製造プロセスの大規模転換や燃焼特性を踏まえた大型水素ボイラーの技術開発などに取り組む。
- 民生部門では、純水素燃料電池も含む、定置用燃料電池の更なる導入拡大に向け、コスト低減に向けた技術開発などに取り組む。

3-2-4. ⑤スマート技術の導入支援

■スマート保安アクションプランの実行

- ➡スマート保安に係る各種規制の見直し・適正化を推進
- ➡専門家会議（スマート保安プロモーション委員会）の活用

■水力発電設備に係るスマート化

(調査内容)

- ➡水力発電設備のスマート保安に関するガイドライン（運用フェーズ）の策定

■スマート保安キュービクル

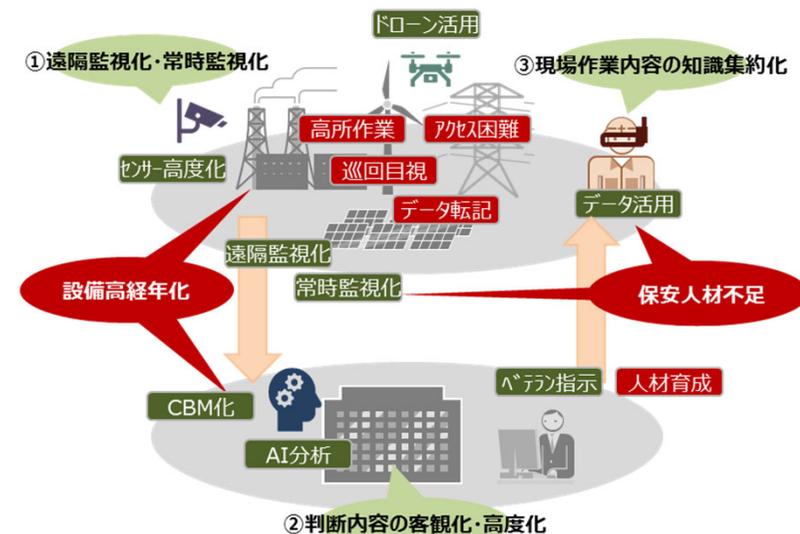
(調査内容)

- ➡キュービクルの遠隔監視に必要な技術要件の精査

■自家用電気工作物のサイバーセキュリティ対策

(調査内容)

- ➡電力制御システムセキュリティガイドラインを参考にしたガイドライン策定



電気保安のスマート化の将来像

1. 火力発電をとりまく環境
2. 最近の電力保安制度の見直し
3. これからの電力保安行政のあり方を見直し
4. 電気保安のスマート化の推進
5. 自然災害を踏まえた対応と事故に係る取組

4-1. 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
- 新型コロナウイルス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

4-2. 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

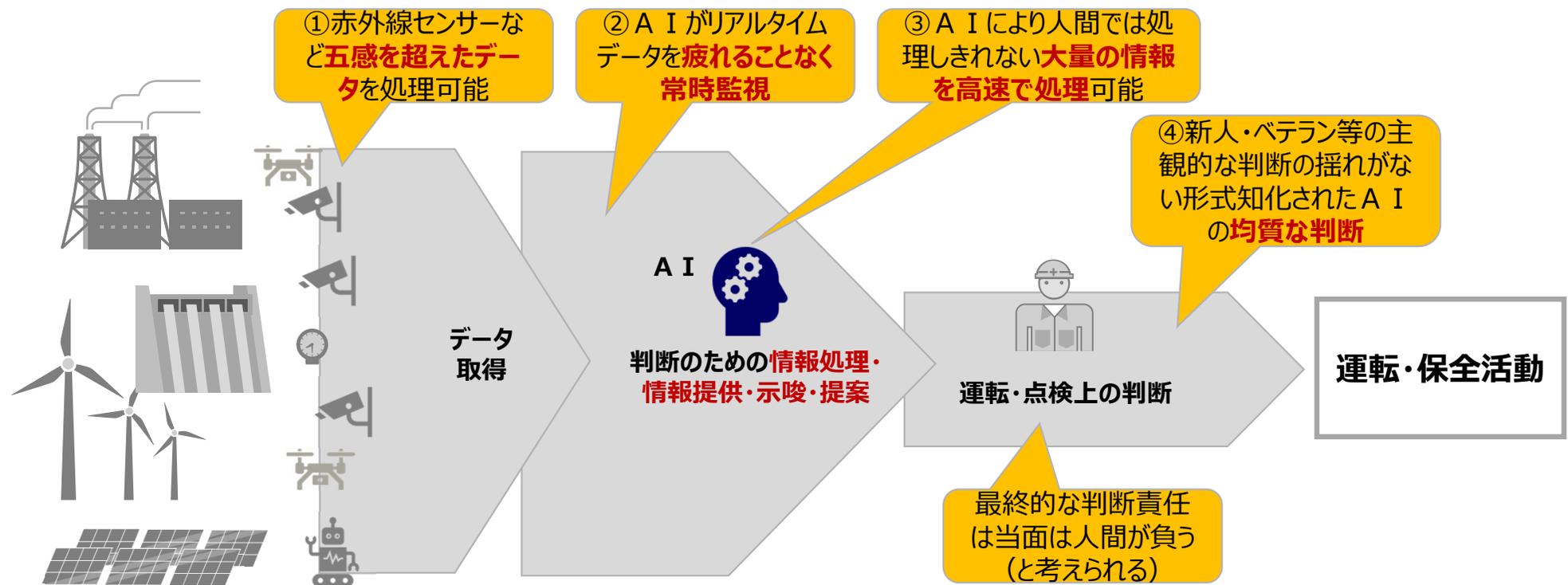
テーマ例

- ・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

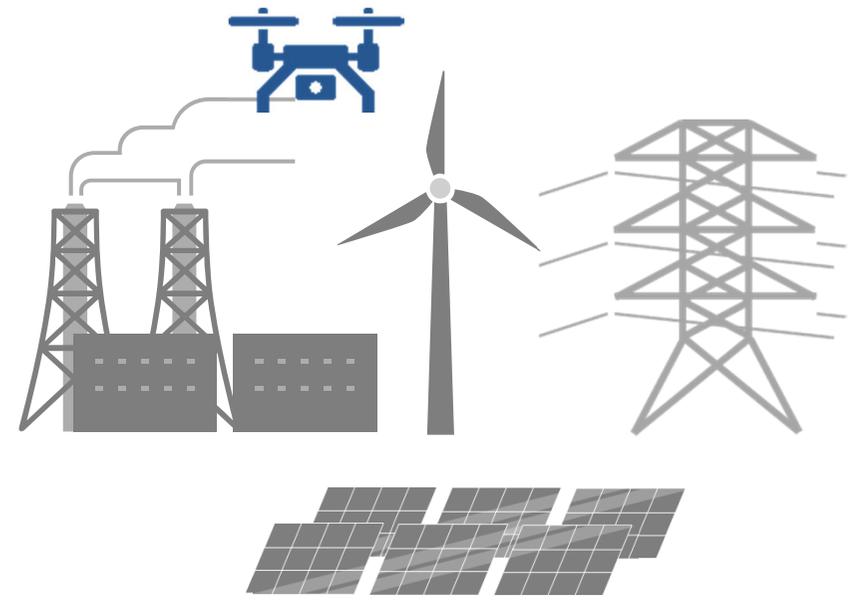
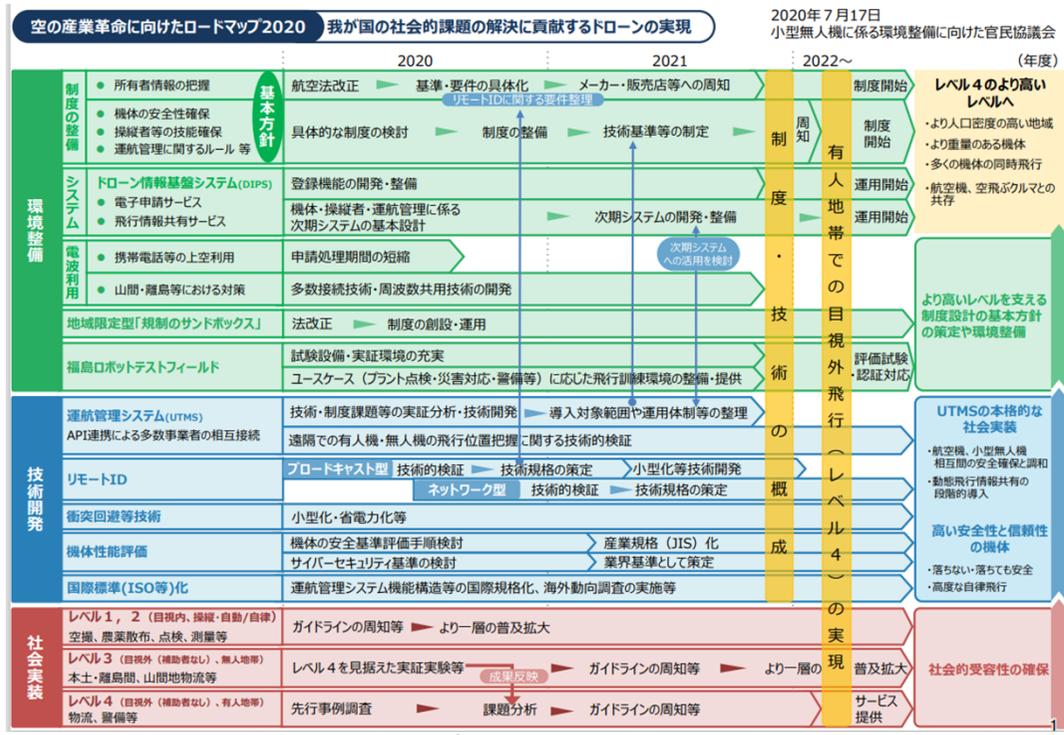
4-3. 電気保安におけるAI導入のイメージ (2025年)

- 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、人間を超越した「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。**



4-4. 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。



（出所：スマート保安官民協議会 電気安全部会 アクションプラン（2021年4月30日））

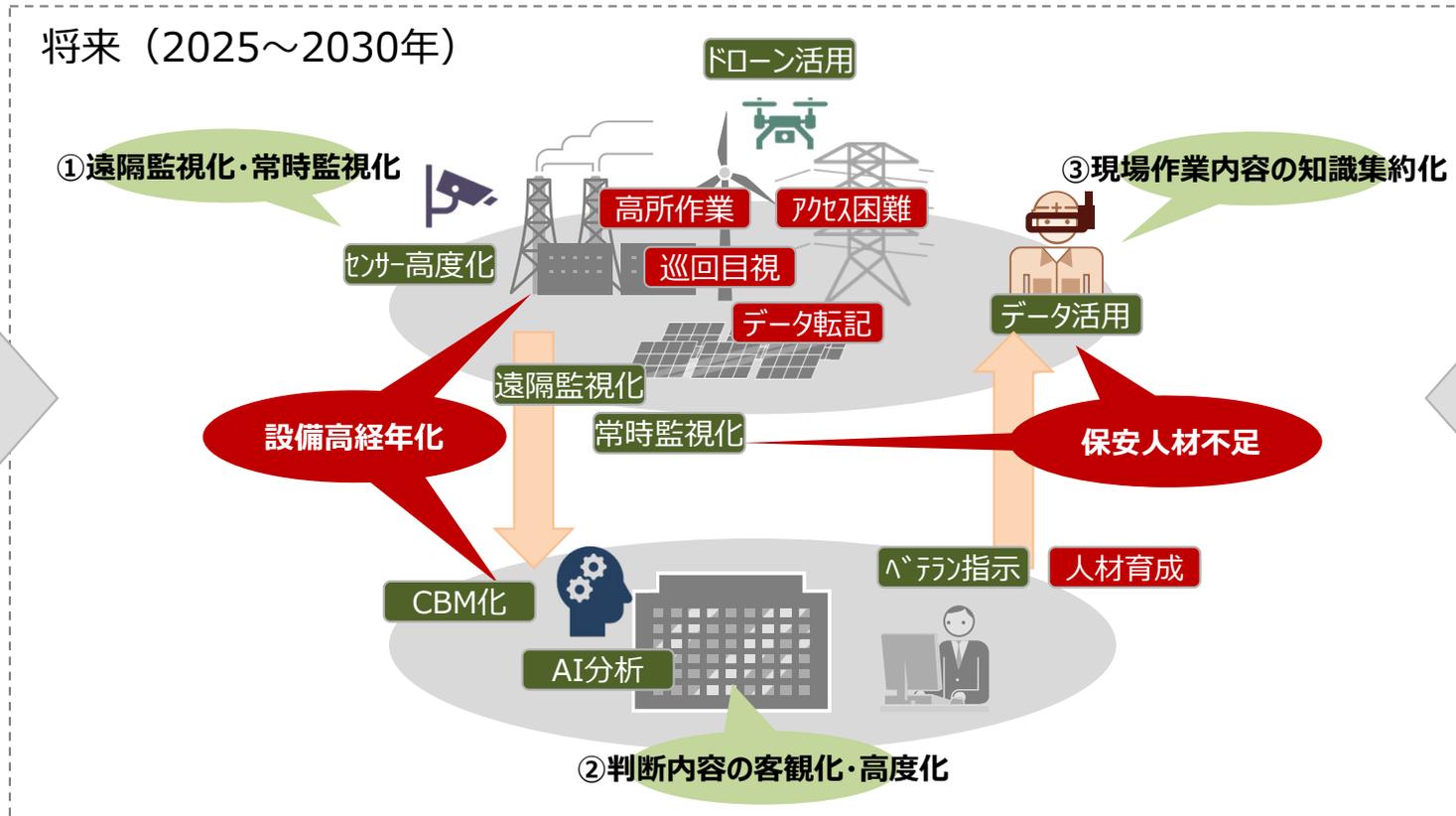
4-5. 電気保安のスマート化の将来像

● 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)

4-6. 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。**

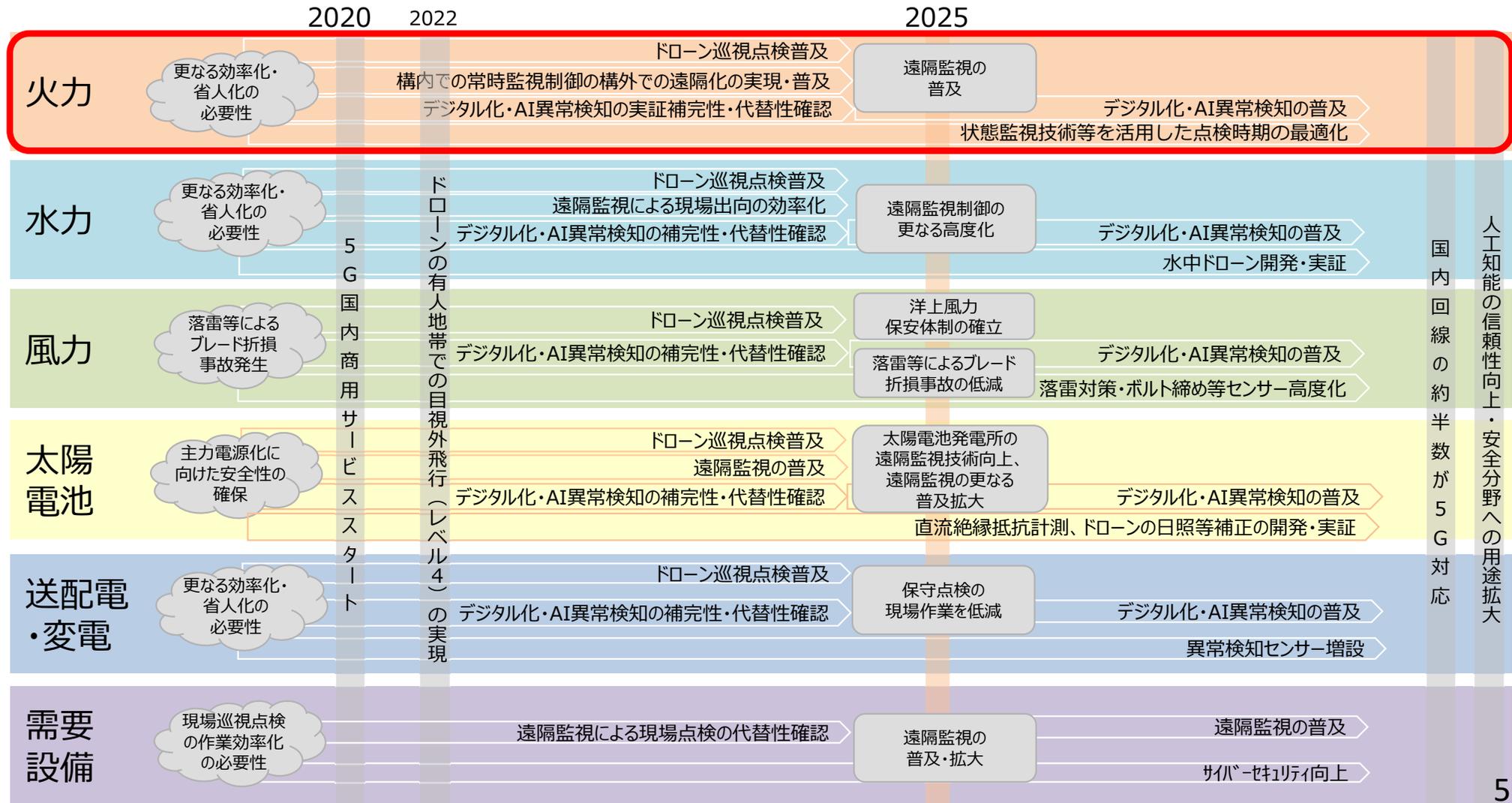
社会変化
と電気保
安の変化

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

電気設備別の技術



国内回線の約半数が5G対応
人工知能の信頼性向上・安全分野への用途拡大

4-7. 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。

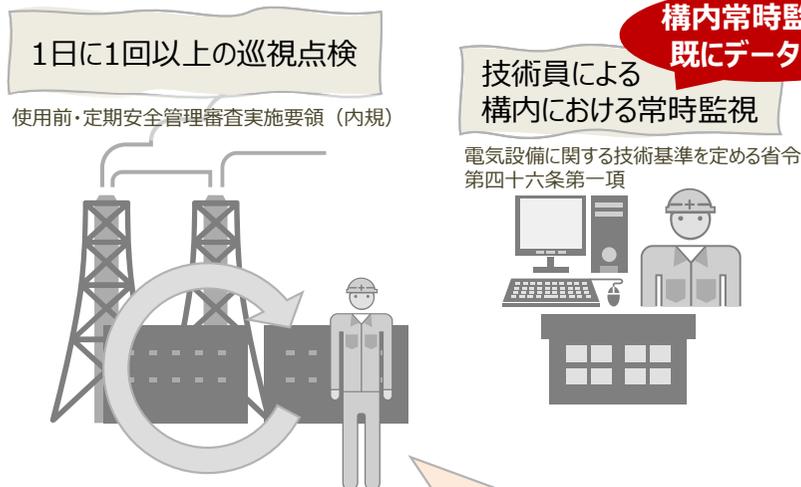
2025年の絵姿

- 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。**

4-8. 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ろう。

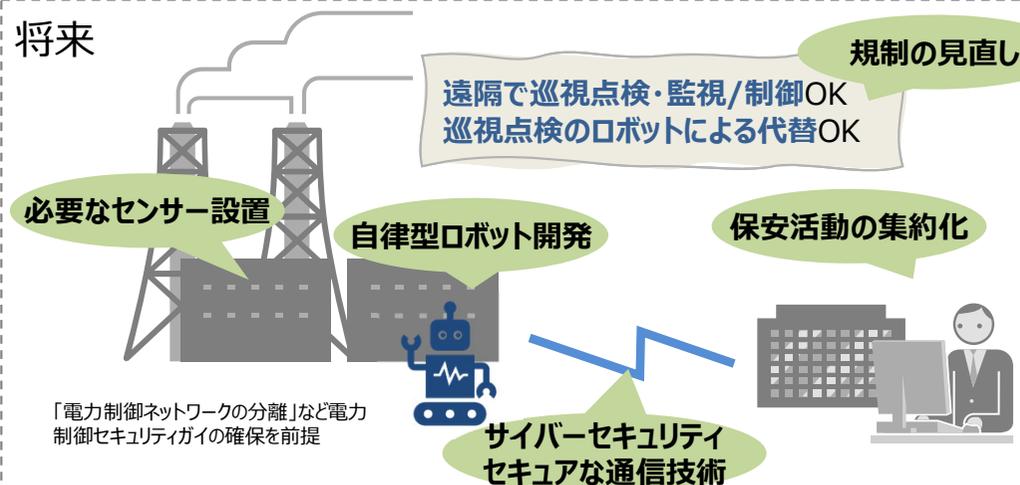
現在



課題

現地での巡視点検は、感染症拡大といった有事の際に継続が困難。
構内の監視はデータ中心に行っており、既に構内遠隔化が実現している。

将来

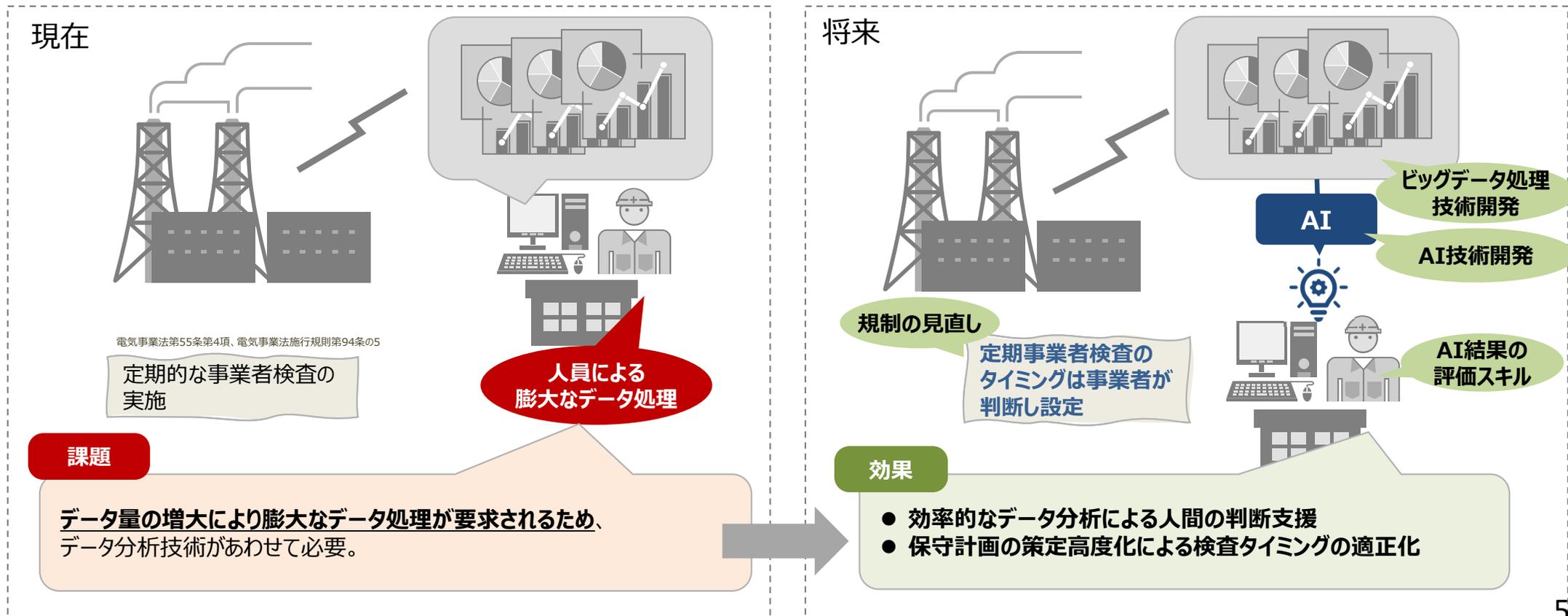


効果

- 遠隔で巡視点検・監視/制御といった保安活動を実施、人員を集約

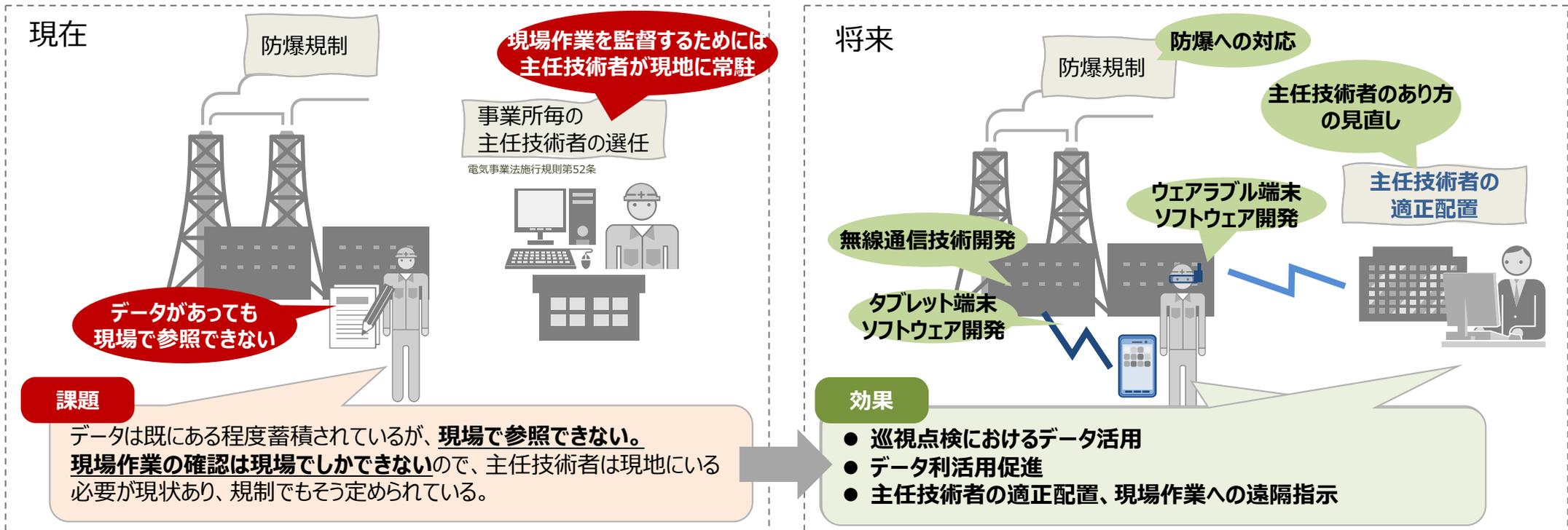
4-9. 火力発電分野における技術 ②AI活用による保安活動の判断支援

- 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。



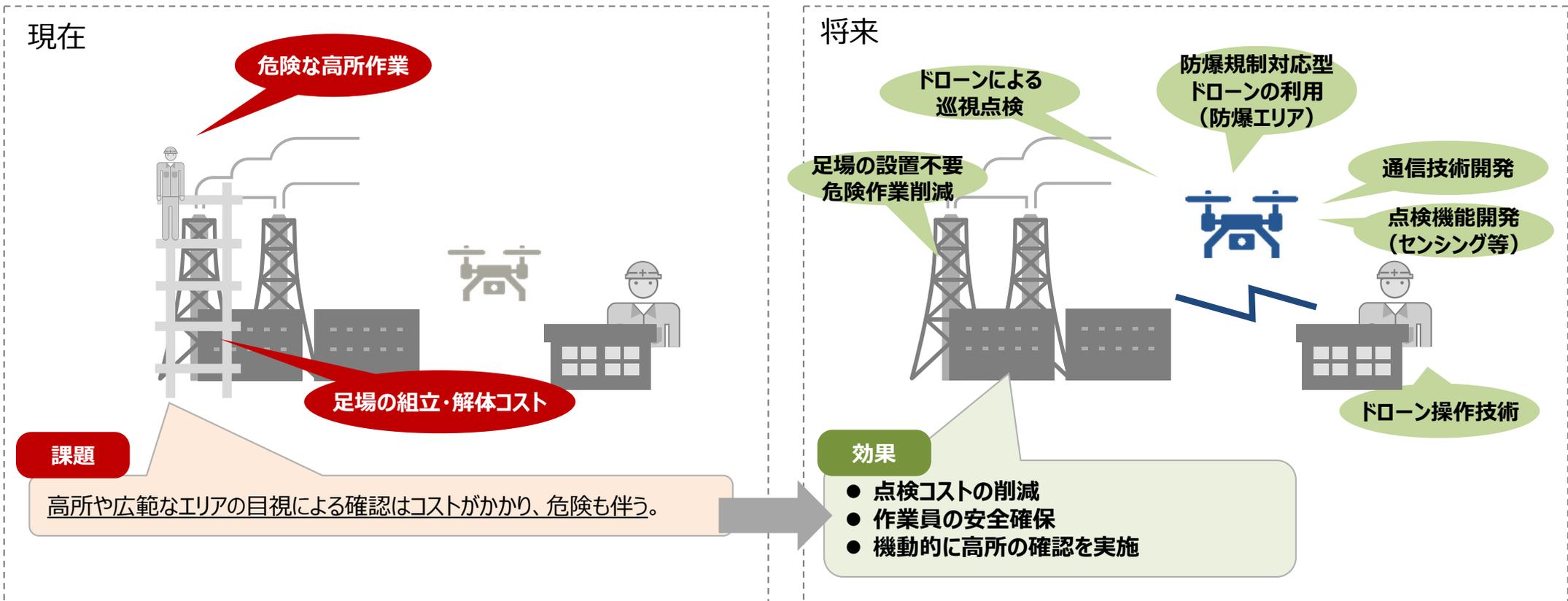
4-10. 火力発電分野における技術 ③デジタル端末の活用による現場作業高度化

- 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。



4-11. 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。

4-12. 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。

2025年度までのアクション

「スマート保安プロモーション委員会」を活用した技術確認（2021年度～）

スマート化に対応した規制見直し（一部措置、随時～）

技術実証（保安モデルの創出支援）
（2020年度～）

技術導入（基礎技術の導入支援）
※事例集・表彰等を通じた横展開等
（2020年度～）

人材育成・サイバーセキュリティ対策
（2021年度～）

保安モデル
の創出

基礎技術
の導入

～2025年度：データ取得技術
2025年度以降：データ解析技術

2025年度以降のアクション

保安モデルの継続的な創出

技術導入（保安モデルの横展開）

技術導入（基礎技術高度化）

4-13. 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の**妥当性を確認・共有する場**が必要。
- そのため、スマート保安プロモーション委員会を設置。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。
- 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。

(下図出所：スマート保安官民協議会 電気安全部会 アクションプラン (2021年4月30日))

代替したいプロセス例



1. 火力発電をとりまく環境
2. 最近の電力保安制度の見直し
3. これからの電力保安行政のあり方を見直し
4. 電気保安のスマート化の推進
5. **自然災害を踏まえた対応と事故に係る取組**

5-1. 電気設備自然災害等対策ワーキンググループでの検討について

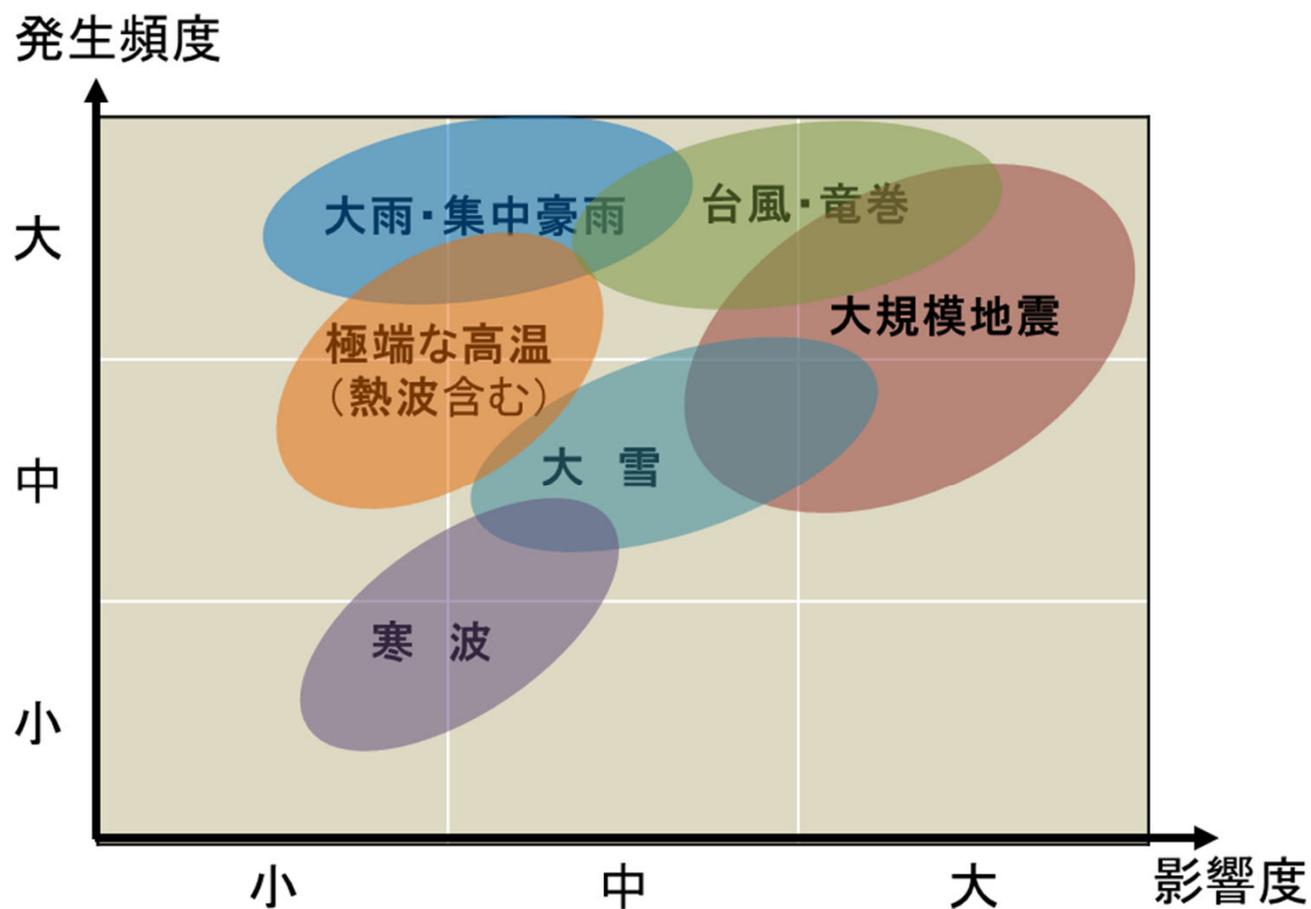
■ 近年の自然災害等の影響や電気設備の事故事例、最新の科学的知見等を適切に電気設備の技術基準等の規制・制度や官民の対策へ反映するべく、令和3年7月から「電気設備自然災害等対策ワーキンググループ」を再開。以下が主な検討項目。

自然災害・事象	発生頻度	発生の蓋然性	影響度	過去の実例	本WGでの検討優先度	ポイント
大規模地震	中～大 (過去10年間に震度6弱以上の地震発生回数が27回)	今後30年間に震度6以上の確率26%以上の地域が存在(地震調査研究推進本部)	広域かつ甚大な被害(設備及び停電)	2021年2月福島県沖地震に伴い設備被害等が発生等	◎	地震についてはこれまでもWG等で検証しているが、最新事例を基に要再確認
熱波	中～大 (世界平均気温は上昇を続け、極端な高温が拡大(IPCC))	極端な高温が拡大(IPCC)	大規模供給支障等	2020年8月米国加州では約30万世帯が停電	◎	これまで未検討事項
寒波	小 (温暖化に伴い頻度は多くないものの、寒波のリスクが存在)	温暖化傾向であっても、偏西風の蛇行によって寒波が発生。(気象庁前回WG)	大規模供給支障等	2021年2月米国テキサス州では約450万軒以上が停電	◎	これまで未検討事項
大雨・集中豪雨	大 (今後も日降水量と短時間強雨の両方とも発生回数が増加(気象庁予測))	極端な大雨が拡大(IPCC)	設備被害・供給支障	2018年7月西日本豪雨等多数	○	これまでの経験を踏まえ一定の対策を確保済
台風・竜巻	大 (過去6年間で激甚災害指定台風が30個発生)	強い熱帯低気圧の割合の増加(IPCC)	設備被害・供給支障	2018年9月台風21号、2019年9月台風15号等多数	○	これまでの経験を踏まえ一定の対策を確保済
大雪	中 (隔年等一定程度の頻度で発生)	ごくまれに降る大雪リスクが低下するとは限らない(文部科学省・気象庁)	設備被害・供給支障	2014年2月政府非常災害対策本部対象豪雪等多数	○	これまでの経験を踏まえ一定の対策を確保済

(第13回電気設備自然災害等対策WG資料1を基に作成)

(参考)

電気設備に対する自然災害に係る発生頻度×影響度を考慮したイメージ図



(第13回電気設備自然災害等対策WG資料1を基に作成)

5-2. 最近の稀にみる特異な事故事例

(第12回電気設備自然災害等対策WG資料1を基に作成)

- R3年4月に火力発電設備において、ボイラー爆発事故、揚炭機に係る破損事故が発生。設置者において、原因究明がなされている。
- 第14回電気設備自然災害等対策WG (R3.12.24) において審議。

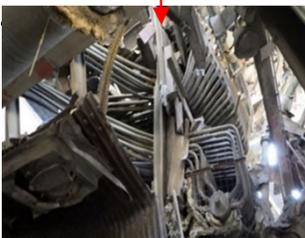
ボイラー爆発事故の概要

1. 発生日時：R3年4月26日21:58
2. 事業場名：太平洋セメント(株)
埼玉工場 埼玉発電所
(1996.4運開)
3. 事故の種類：
 - ・主要電気工作物の破損事故
 - ・社会的に影響を及ぼした事故



爆発後のボイラー

4. 被害の状況：
 - 自社設備の被害：ボイラー本体破損、ボイラー用木材チップ輸送機の一部が火災
 - 他者被害：・隣接するパチンコ店駐車場で車1台炎上及び20台以上が破損、隣接する雑木林で火災発生、体調不良の申し出が数件発生。



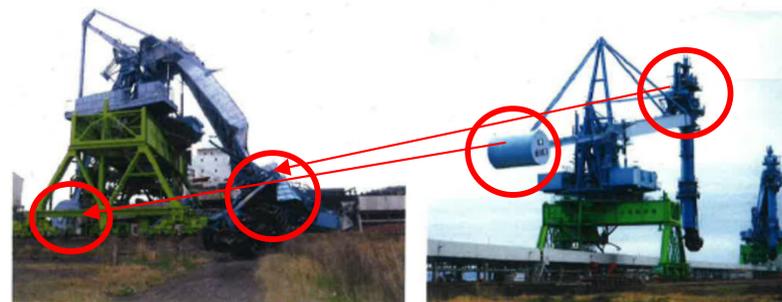
5. 事故の概要：
 - 通常運転中の発電用ボイラーが、ボイラトリップ発報と同時に爆発。
 - 金属片(ボイラー部品)、耐火材及び炉材が隣接する市道、パチンコ店、コンビニ等に飛散(最大約5km)。
 - ボイラー型式：循環流動層ボイラー(CFB)
 - 燃料：石炭、木質チップ、乾燥汚泥

(出所：太平洋セメント事故報告等)

揚炭機(アンダー-ローダ)破損事故の概要

1. 発生日時：R3年4月4日17:59
2. 事業場名：九州電力(株)松浦発電所(1989.6運開(1号機))
3. 事故の種類：負傷事故、発電支障
4. 被害の状況：・1号揚炭機破損・負傷2名(内1名重傷)
5. 事故の概要
 - ・揚炭作業を停止し、係留位置へ移動完了したところ、揚炭機テンションバーが突然破損。
 - ・これに伴い支柱を中心に前部の運転室及び後部のバラストタンクが落下。運転室にいたオペレーター2名が負傷。
 - ・この事故に伴い、受入コンベアが破損したため、貯炭場への石炭運搬が出来ない状況。
 - ・2～4号揚炭機の健全性を調査中

* 揚炭設備(1～4号)は九州電力(株)松浦発電所(170万kW)、電源開発(株)松浦火力発電所(200万kW)の共有設備。

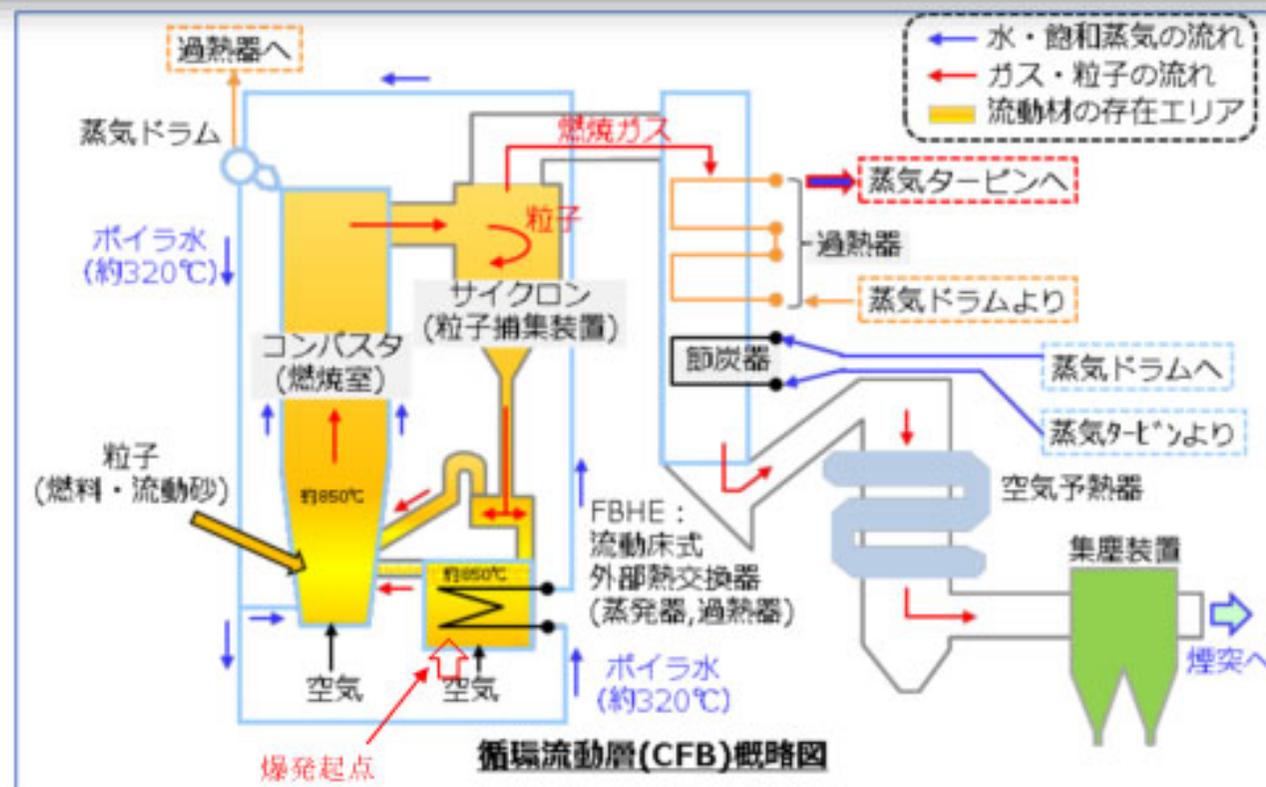


事故後

事故前

(出所：九州電力事故報告等) 67

<CFB概略図>



【CFBボイラーの特徴】

熱交換の効率を良くするため熱交換媒体として燃料が燃焼後に発生する灰を流動砂として使用している。

【FBHEの役割】

FBHEは過熱器管と蒸発器管で構成されており、高温(550~850℃)の流動砂により熱交換を行っている。

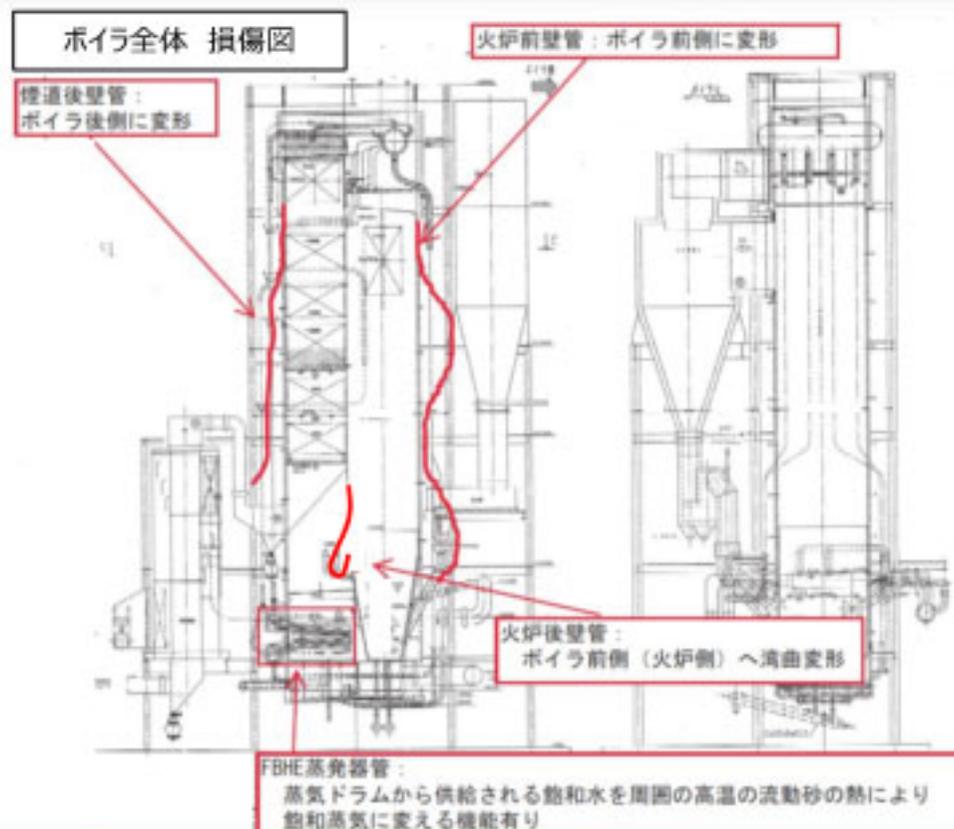
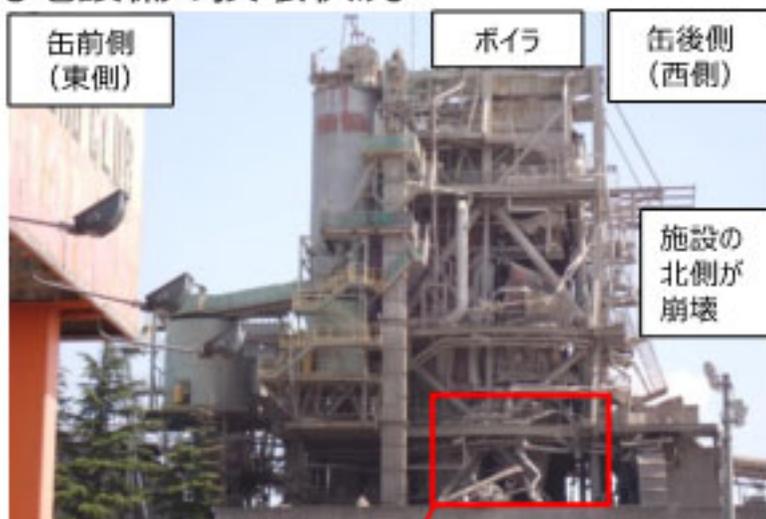
サイクロンで捕集された流動砂は、シールポットと呼ばれる分配器により火炉側とFBHEへ振り分けられ、火炉温度をコントロールしている。

FBHE蒸発器管では、蒸気ドラムから降水した飽和水が流動砂との熱交換により、飽和蒸気まで加熱される。また、FBHE内は下部からブロー空気により流動砂が流動化された状態になっており、熱交換後の流動砂はFBHEから火炉へオーバーフローし、ボイラー内を循環する構造となっている。

5-2-1. ボイラー爆発事故



<発電設備の損壊状況>



ボイラ 本体	<ul style="list-style-type: none"> ・火炉および煙道の前壁、後壁、右壁管パネル湾曲変形圧壊 ・FBHE変形脱落
ボイラ 架構	<ul style="list-style-type: none"> ・柱および各階梁変形 ・床の各所穴あき、脱落、変形 ・一部階段の脱落

5-2-1. ボイラー爆発事故



<爆発事故の起点になったと思われる箇所>



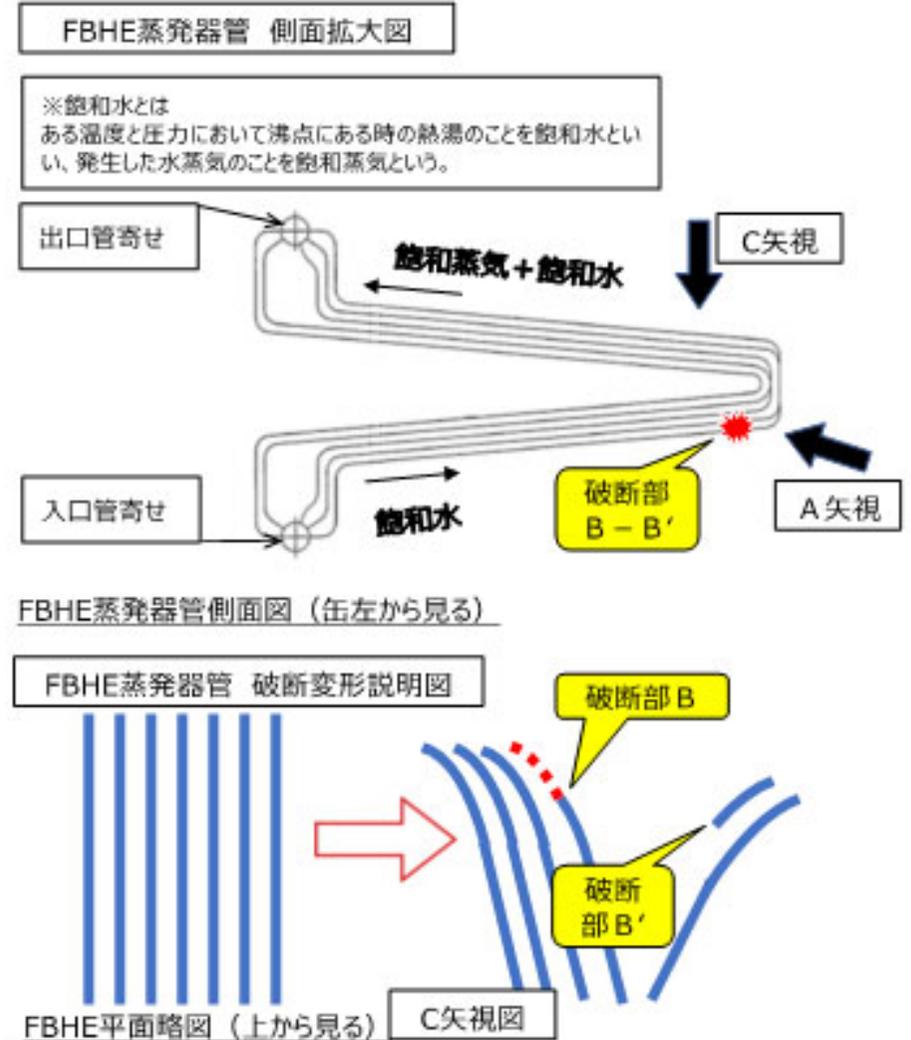
※破断部 B - B' は元々つながっていた



※技術情報に係る部分は加工しております。

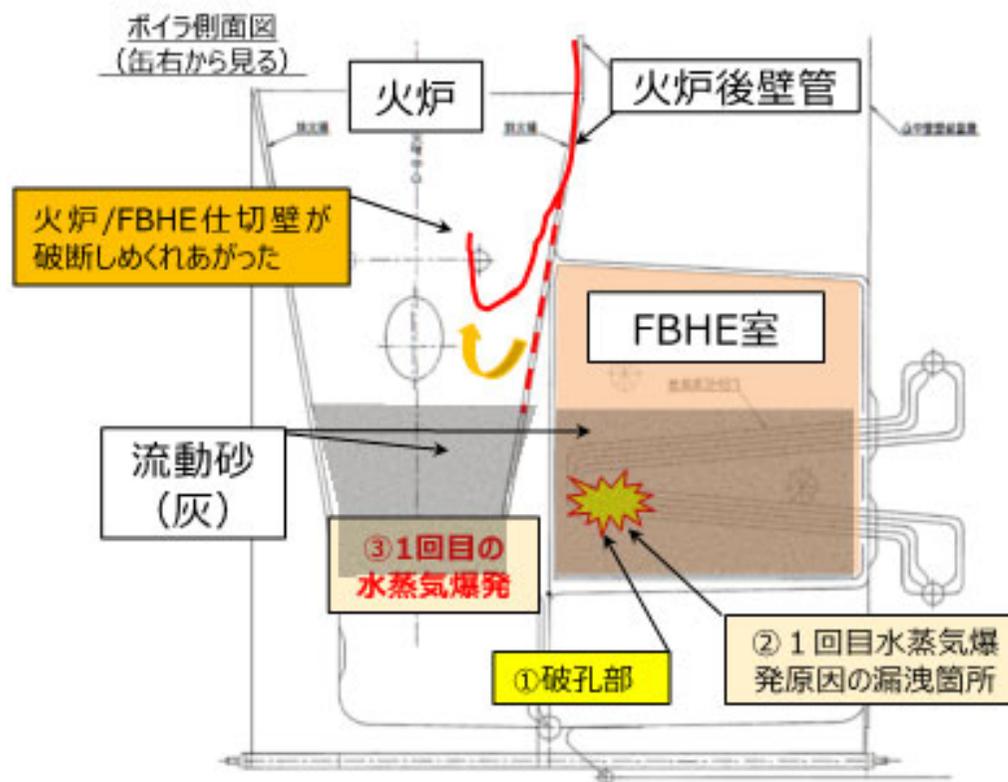


※技術情報に係る部分は加工しております。





(2) 原因 <爆発のメカニズム>

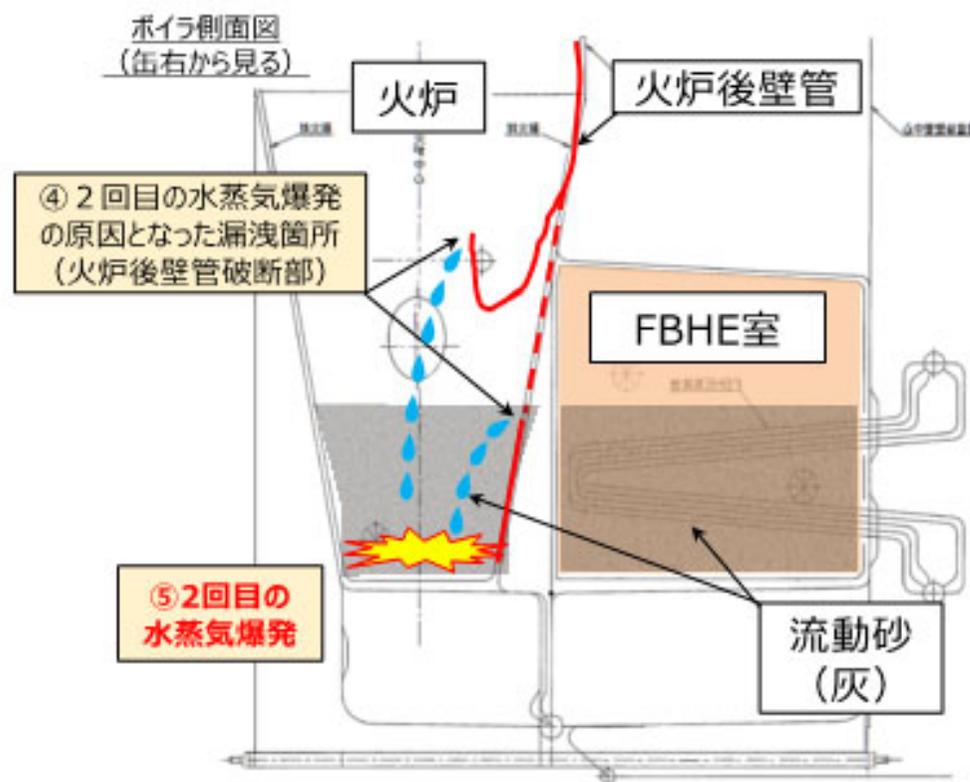


- <過程>
- ① 減肉によるFBHE蒸発器管の破孔
 - ② FBHE室の狭い空間で大量かつ高温の流動砂(灰)が存在する空間で大量の飽和水が漏洩
 - ③ FBHE室の損傷 (1回目水蒸気爆発)
漏洩した大量の飽和水が大量の流動砂(灰)からの受熱により水蒸気となりFBHE内の圧力が急上昇し(1回目水蒸気爆発)、以下のFBHE損傷が発生
 - ・火炉/FBHE仕切壁破断
 - ・FBHE右側壁上部破断 等

※FBHE室の容積：約140m³



<爆発のメカニズム>



<過程>

④ 火炉後壁管の破断部から火炉側に漏洩した飽和水が大量に流入



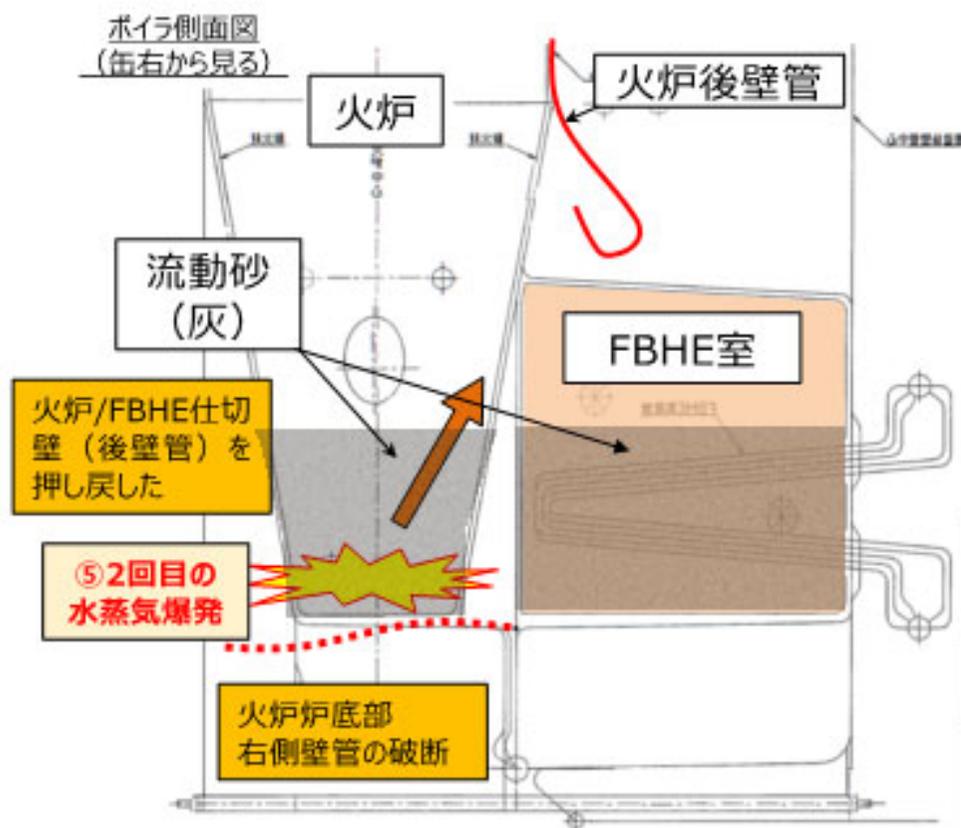
⑤ 火炉の損傷 (2回目水蒸気爆発)

火炉側に流入した大量の飽和水が大量の流動砂 (灰) からの受熱により水蒸気となり圧力が急上昇し (2回目水蒸気爆発) 以下の事象が発生

- ・火炉炉底部右側壁管の破断 等



<爆発のメカニズム>



⑤ 火炉の損傷 (2回目水蒸気爆発)
 火炉側に流入した大量の飽和水が大量の流動砂(灰)からの受熱により水蒸気となり圧力が急上昇し(2回目水蒸気爆発)
 以下の事象が発生
 ・火炉炉底部右側壁管の破断 等



⑥ 爆発音が一回しか確認されていないことから瞬時の爆発現象となりボイラー全体の破損に至ったと考察できる。

水蒸気圧力と機器耐圧の関係

事象	漏洩水量推定値	漏洩水流量推定値	漏水→水蒸気による最大発生圧力推定値	構造的破壊に必要な圧力推定値
③ FBHEの損傷(1回目爆発)	101kg	112kg/秒	0.60MPa	0.05MPa (FBHE 右側壁破断)
⑤ 火炉の損傷(2回目爆発)	1,421kg	1,586kg/秒	0.64MPa	0.77MPa (火炉炉底部右側壁管破断) 0.06MPa (火炉前壁変形)

最大発生圧力推定値と、構造的破壊に必要な圧力推定値のオーダーは一致しており、水蒸気爆発によるボイラー破損の可能性が高いと判断



< F B H E 蒸発器管の摩耗を検出できなかった原因 >

・法定点検

電気事業法に基づき F B H E 蒸発器管は内面腐食による減肉確認と外面減肉確認を毎年の定期点検時に実施しています。その他の点検箇所についても測定は毎年実施され、ボイラ伝熱管の切替など適切にメンテナンスを行ってまいりました。

・破孔の原因となった蒸発器管の外部減肉点検

1996年の運転開始から2008年まで外面測定データから摩耗進行が見られなかったため、検査会社の推奨を参考に2009年からは目視点検としていました。しかしながら目視では摩耗を発見することが困難であったことにより、今回の事故が発生しました。

(3) 再発防止策

- ・ F B H E における点検基準の見直し (定期的な U T 肉厚測定実施)
- ・ 担当者の増員 (2 名体制) と上職による確認体制
- ・ 本社・工場間およびメーカーとの情報共有
- ・ 定期的な教育の実施 (毎年のメーカー教育等を実施)



(4) 水平展開

【太平洋セメント社内】

弊社では埼玉工場のみならず、他工場においても発電設備だけでなく工場内諸設備についても有効と思われる安全対策を実施してまいります。

同型の循環流動層（CFB）ボイラーを有する上磯工場には再発防止策の横展開を進めてまいります。

【製造メーカー対応】

製造メーカーは2021年6月29日付「インシデントレポート」をもって納入したすべての循環流動層（CFB）ボイラー使用者へ今回事象の周知を実施し、稼働中すべて9缶（12缶納入、2缶休止、1缶埼玉）に異常がないことを確認及び今後のメンテナンスについても水平展開を実施済みです。

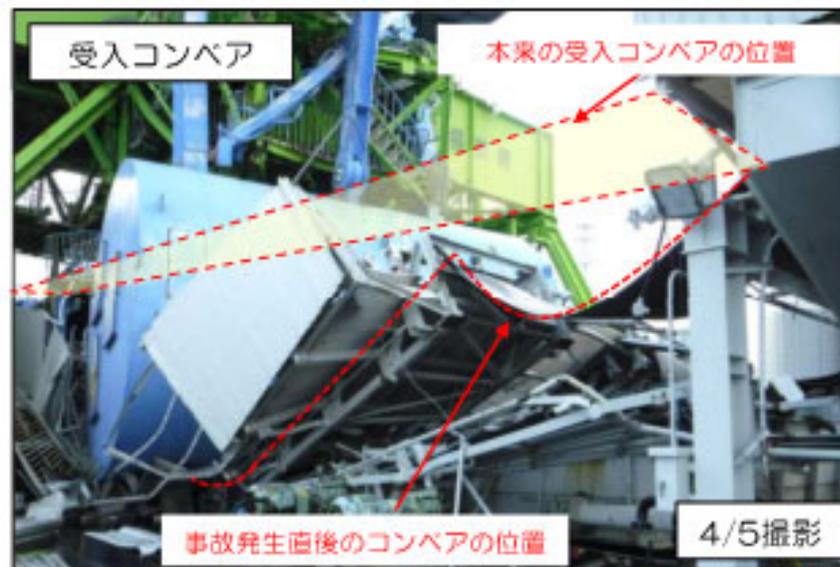
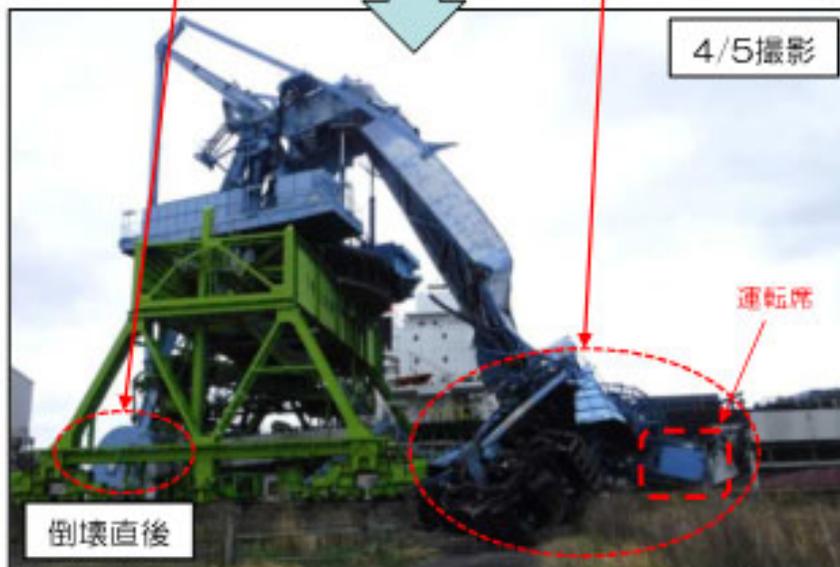
【終わりに】

今回の事故を受け、安全は工場操業における最大の基本であることを改めて認識し、信頼回復に向けて全力を尽くしてまいります。

2 「事故の経緯」と「被害の状況」（つづき）

5

○ 事故発生直後の状況



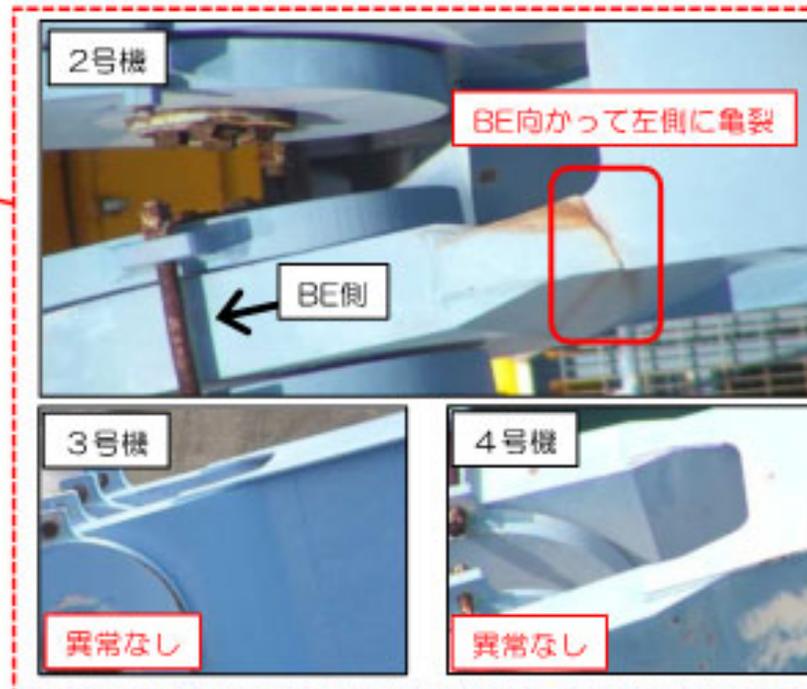
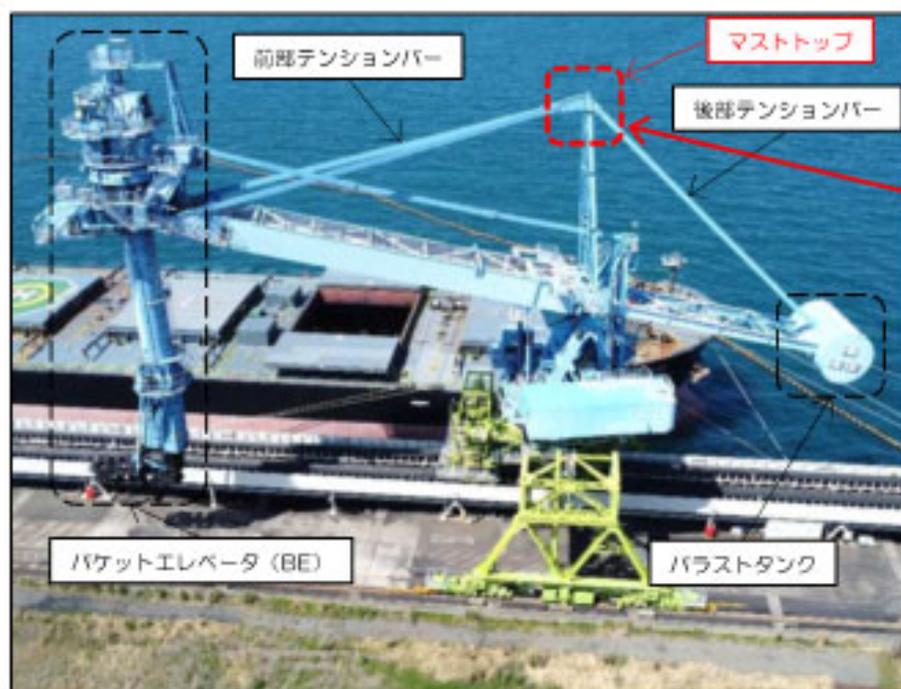
2 「事故の経緯」と「被害の状況」（つづき）

6

○ 2～4号揚炭機の確認

- 当社ドローンを活用した点検の結果、2号揚炭機にき裂を確認
- 3,4号機については、ドローンを用いた点検と高所作業車を用いた非破壊検査(PT,UT)にてき裂などの異常がないことを確認

〔2～4号揚炭機確認結果〕



3 事故の推定原因

○ 倒壊の推定プロセス

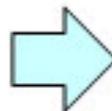
- 前部テンションバーが破断したことにより、構造物としての形態が保てなくなり 倒壊

事故発生前	事故発生		
①係留状態	②前部テンションバー(左)の破断	③前部テンションバー(右)の破断	④倒壊
<p>前部テンションバー 破断</p> <p>き裂が進展</p> <p>山側(右)</p> <p>海側(左)</p> <p>バケットエレベータ(BE)</p>	<p>破断</p> <p>撓れ</p> <p>風</p>	<p>破断</p> <p>落下</p>	<p>落下</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ 係留位置にて停止 ○ 前部テンションバー(左)に長い年月をかけてき裂が進展していた状態 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 風の外力によりBEが山側に撓れる。 ○ 前部テンションバー(左)は、この外力により引張応力を受ける。 ○ き裂が進展していた前部テンションバー(左)が破断 	<ul style="list-style-type: none"> ○ BEの荷重が前部テンションバー(右)のみに集中 ○ 前部テンションバー(右)も荷重に耐えられなくなり破断 	<ul style="list-style-type: none"> ○ BEとBTの荷重を釣り合わせる構造体が無くなったことにより、形態を保てなくなり倒壊

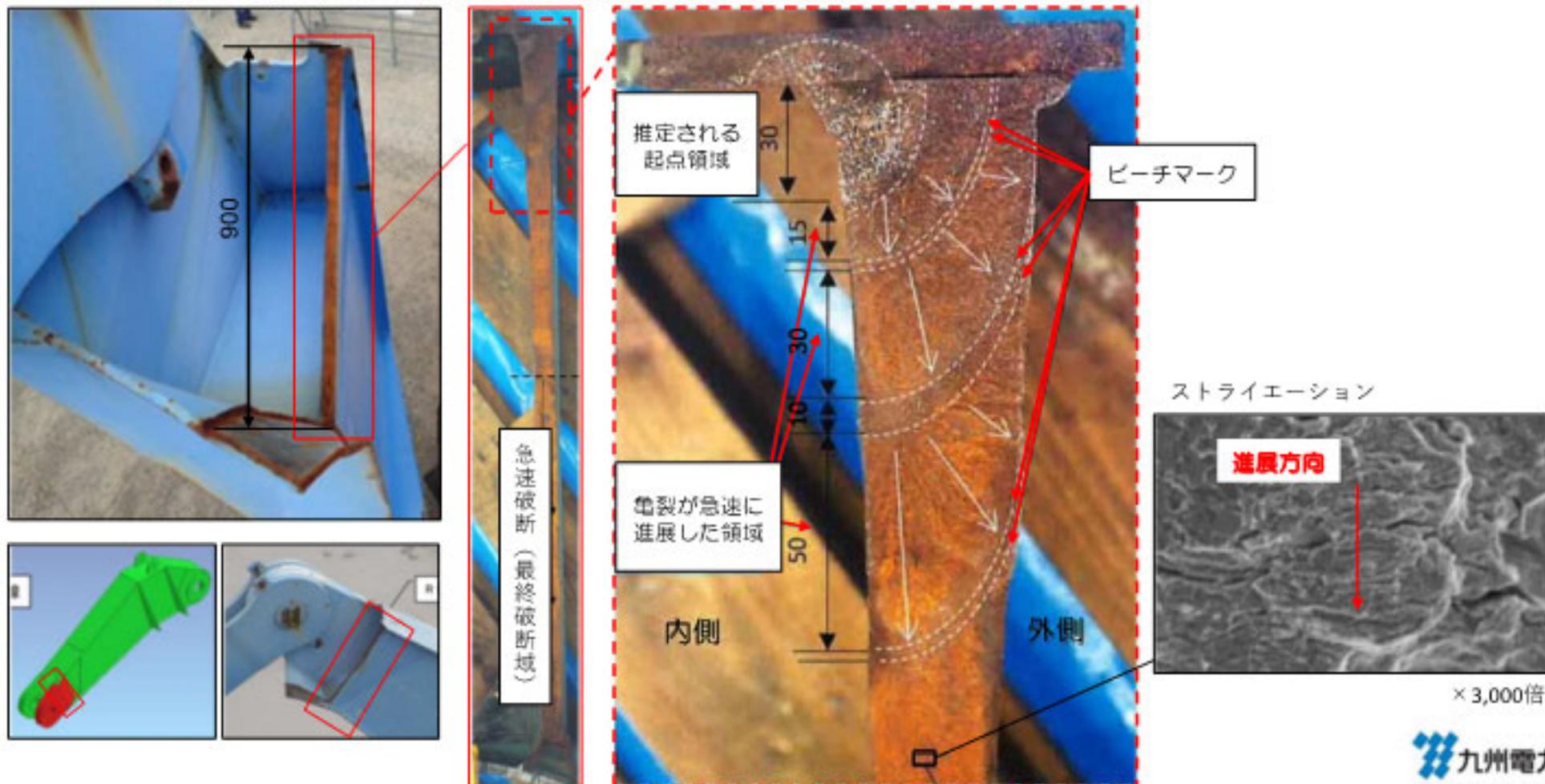
3 事故の推定原因（つづき） 8

○ 前部テンションバーの破断面解析

- 厚い錆が付着している。
- 疲労破壊の特徴であるビーチマーク及びストライエーションが観察される。
- 一部にき裂が急速に進展した領域が観察される。



- 初期き裂が発生後、揚炭作業時の応力などによりき裂が長い年月をかけて進展したものと推定



3 事故の推定原因（つづき）

9

○ 材料面

- 材料表とミルシート※で照合の結果、問題ないことを確認
- 製作当時、衝撃試験結果などを実施しており、靱性や疲労強度に問題がないことを確認

※ ミルシート：納品された鋼材の機械的性質や化学成分を記載したもの

○ 設計面

- 強度計算書、FEM解析により、材料と構造の強度に問題ないことを確認
- これまでの運転データから求めた繰返し応力の実績回数による寿命消費は約3%程度であり、材料への疲労影響は十分に小さいことを確認

○ 製作面

- 今回破断の箇所を切り出し、メーカ工場にて分析した結果、製作時における溶接と組立の不適合は確認されなかった。

○ 操業面

- 運転記録の確認とオペレータへのヒアリングを実施し、恒常的に過負荷状態で運転していたなどの操業上の問題は確認されなかった。

○ 保守面

- 法令(クレーン等安全規則)に基づく点検(月次、年次、1回/2年の性能検査)を実施
- 必要に応じて不具合発生箇所の補修を実施



- 特異な事象が初期き裂の原因となっている可能性

5-2-2. 揚炭機（アング-ローダ）破損事故

3 事故の推定原因（つづき）

10

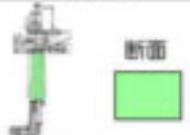
○ 初期き裂発生要因の推定

- 「2号揚炭機のき裂発生箇所が、1号揚炭機の破断発生箇所と一致する」
- 「3,4号揚炭機は、き裂の発生などなく問題がない」



- 「1,2号揚炭機のみが存在するときに特異な事象が発生した可能性」
- そこで、気象庁データベースなどを参照し、可能性のある特異な事象を検索すると、1991年に長崎県佐世保市に上陸した台風19号がこれに当たることが分かった*1。（※1：次頁参照）
- 現在の知見に照らし合わせると、強風によりギャロッピングと呼ばれる発散的振動が発生、揚炭機が大きく振動し、これが要因となり初期き裂が発生した可能性があることがわかった*2。（※2：12,13頁にて詳細説明）
- ギャロッピング現象は断面形状が矩形の際に発生しやすく、当該機のポケットエレベータは同台風通過時において矩形であった。なお、更新により現在の断面形状はすべて円形であり、ギャロッピングは発生しない形状となっている。

〔揚炭機ポケットエレベータの変遷〕

項 目	1号機	2号機	3号機	4号機	形状
使用開始（矩形）	1988年11月 （昭和63年）		1996年12月 （平成8年）		
ポケットエレベータ更新（円形）	2010年 （平成22年）	2009年 （平成21年）	2017年 （平成29年）	2016年 （平成28年）	

3 事故の推定原因（つづき） 12

○ ギャロッピング振動

○ 高風速域において風向の直角方向に大振幅の振動が発生する発散振動

○ ギャロッピングが発生する条件と松浦発電所揚炭機の形状

ギャロッピング発生条件		
断面形状	円形	発生しない
	矩形	$0.62 \leq B/D \leq 2.8$
背圧係数	$0.63 \leq -C_{pb} \leq 2$	

○ 柱の長さによる背圧係数の関係
柱の長さが $L/D=13$ 付近であれば背圧係数はギャロッピング発生時の範囲内 ($C_{pb} = -0.94$)

○ 台風19号当時のBE形状

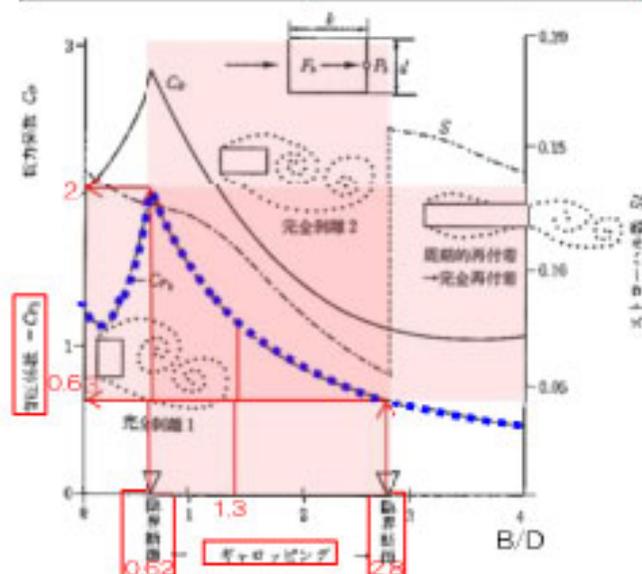


図2-16 角柱の背圧係数、抗力係数、ストローハールの数と迎風角の関係

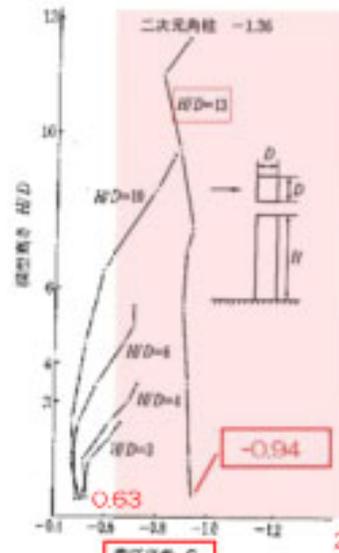
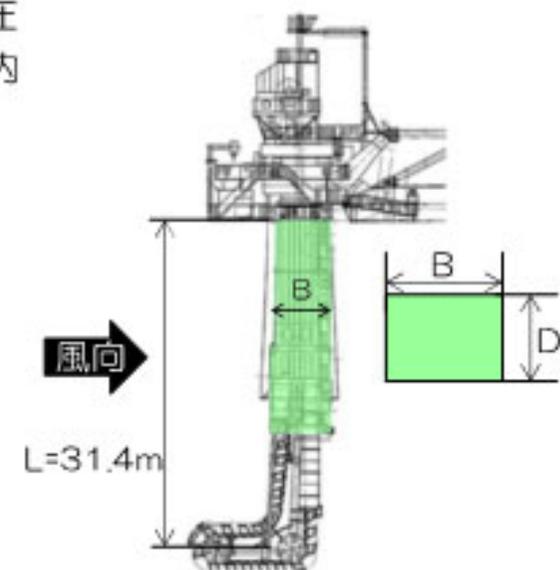


図2-17 二次元正方形柱の背圧分布*



松浦発電所の形状

B	D	L	B/D	L/D
3.1	2.3	31.4	1.3	13.7

○ 台風19号当時のBE形状は、ギャロッピングの発生する条件に合致

* グラフは、「構造物の耐風工学(社団法人 日本鋼構造協会)」より引用

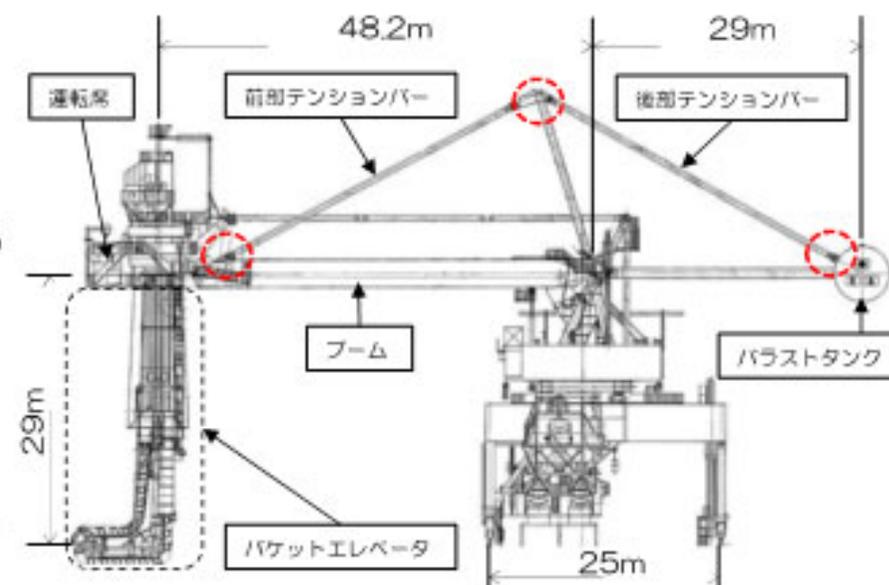
4 再発防止策

14

- 推定原因を踏まえ、設備異常の早期発見のため、クレーン構造上負荷の集中する箇所を特定し、以下の対策を実施することとした。

〔再発防止策〕

- 自主点検（1回/月）でのドローンによる外観点検
- クレーン等安全規則による点検（1回/2年）時に高所作業車を用いた構造上負荷が集中する箇所の目視点検および非破壊検査実施
- クレーン等安全規則に定められた暴風後（瞬間風速：30.0m/s超過）または地震後（震度4以上）など構造部への被害が懸念される場合のドローンによる点検



○：負荷の集中する箇所

4 再発防止策（つづき）

15

○ 揚炭機点検内容の見直し（前頁の再発防止対策）のほか、以下の対応を実施することとした。

〔対応内容〕

○ 点検内容の明確化と風化防止

- 前頁の再発防止策を保安規程の下位規程に当たる基準・マニュアルへ明記し、記載に至った理由を併記
- 毎年の発電所業務計画に「全所員を対象とした本事象の周知」を追加し、実施するに至った理由を明記し風化防止を徹底

○ 本事象の確実な理解と情報共有体制の再確認

- 本事象の推定原因や補修内容および再発防止策について、全ての作業員へ説明会※を実施
※2021年6月実施
- 不具合発見時は保安規程の下位規程に当たる基準に基づき直ちに必要な応急措置を講じるとともに恒久的な対策を検討、実施することを再確認
- 不具合発見時や新たな知見入手時の迅速な情報共有体制について、電発・NKK・メーカーと再確認

〔参考〕更なる安心に向けた取り組み

16

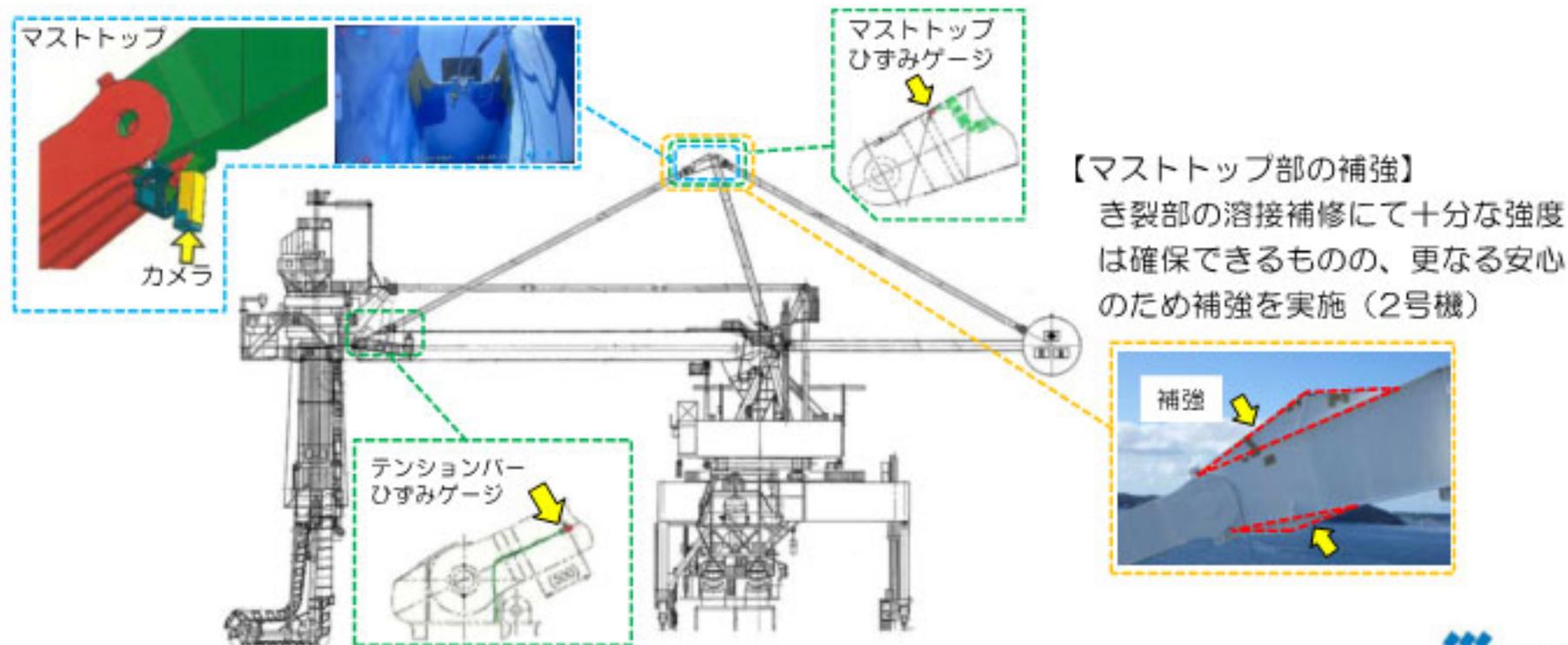
- 更に、松浦発電所では運転員を含む作業従事者が今後も安心して操業ができるように、以下の取り組みを実施

【監視カメラ】

破損の起点となった初期き裂発生箇所（マストトップ内側）を、運転席で常時監視できるカメラを設置

【応力監視装置】

部材に過大な応力が発生していないことを確認するためにひずみゲージにより発生応力を監視できる応力監視装置を設置



5 水平展開

17

○ 九電の社内水平展開状況

- 松浦発電所での事故を受け、揚炭機を保有している苓北発電所において、本事象の周知を行い、ドローンによる点検と溶接線の非破壊検査（浸透探傷試験）を実施し健全性を確認した。
- 今後は、松浦発電所の再発防止策を参考にした点検を実施し、不具合の早期発見に努める。

○ 製造メーカーによる水平展開の状況(聞き取り)

- 製造メーカーより納入したすべての揚炭機使用者へ、今回事象の周知を実施
- 上記のうち国内に設置された揚炭機（51基）すべてに異常がないことを確認

○ 検討のポイント

- 本年4月に発生した火力発電所の事故とその対応に係る審議に当たっては、以下の視点で行ってはどうか。

(1) 原因究明の妥当性等

- ⇒ ○ 事故発生メカニズムについて、十分な解明がなされているか。
- 原因究明（設計・製造、保守管理等）は、十分に検証されているか。

(2) 再発防止対策の妥当性等

- ⇒ ○ 再発防止対策は、(1)を踏まえ、十分なものになっているか。
- 同種設備等に対する水平展開（注意喚起）は、適正に行われているか。

(3) 国による対応

- ⇒ ○ 今回事故の教訓を踏まえ、クレーン等高所かつ構造上負荷が集中する設備等については、地上からの目視だけではなく、適切な方法等を用いて確実な点検を実施するよう、経済産業省と厚生労働省が連携して注意喚起していく。

(参考)

- 揚炭機の破損事故を踏まえ、電力大で事故情報を共有し、電気事業用工作物として全国に設置された揚炭機（計51基）については、全て異常がないことを確認済み。
- 爆発事故を起こした循環流動層式ボイラと同型のボイラは、国内に当該メーカーのものしか存在せず、稼働中のボイラ（計9缶）については、全て異常がないことを確認済み。

5-2-3. 最近の稀にみる特異な事故事例

(第14回電気設備自然災害等対策WG議事要旨を基に作成)

松浦発電所共有設備のうち揚炭設備の破損と負傷事故について（九州電力株式会社）

<委員等からの主な御意見>

- ・ 揚炭機の事故は自然災害が発端とのことだが、自然外乱が切っ掛けとなる場合には地域の特徴をも考慮すべき。
- ・ 再発防止策の検討や保守点検方法の見直しの際には、現場がやりやすい環境を提供する視点も大事。
- ・ ドローン等の導入により点検がやりやすくなった場合には、従来点検がやりづらかった箇所の再検討も重要。

<事務局・説明者からの主な回答>

- ・ 自然災害は日本全国どこでも発生する可能性があるため、地域的考慮は今後の検討を進める上でも重要視していく。
- ・ （事業者としては）時間のかからない点検方法を導入して、現場に負担をかけないように努めるとともに、センサーやドローンといった技術を保守管理に活用し保安を高めていく。



- 経済産業省本省では、厚生労働省と連名で、各団体（電気事業連合会、一般社団法人火力原子力発電技術協会、大口自家発電施設者懇話会）に注意喚起文書を発出
- 中国四国産業保安監督部では、管内事業者に、地上からの目視だけではなく、ドローン等による適切な方法等を用いた確実な点検を実施していない場合は改めて実施し、令和4年3月18日（金）までにその結果を報告するよう依頼。

ご清聴ありがとうございました。
今後とも、電気保安へのご理解・ご協力を、
どうぞよろしくお願いいたします。

皆様、ご安全に！

【参考URL】 経済産業省HP

電力の安全

http://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/index.html

電力安全小委員会

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/index.html

電気保安制度ワーキンググループ

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/hoan_seido/index.html

電気設備自然災害等対策ワーキンググループ

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/denki_setsubi/index.html

スマート保安官民協議会

https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/smart_hoan/index.html

電気保安分野 スマート保安アクションプラン

https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/smart_hoan/denryoku_anzen/index.html

