

ネットワークの次世代化に向けた取組と課題

2022年3月30日
四国電力送配電株式会社

1. 当社のミッションおよびネットワークの次世代化に向けた取組
2. 送配電設備の整備計画
 - (1) 送変電設備の整備計画
 - (2) 四国内の太陽光連系容量の分布と具体的な増強・増容量化個所
 - (3) ローカル系統の増強事例（低圧太陽光の連系起因、設備老朽起因）
 - (4) 無電柱化の推進体制と整備計画
3. 送配電設備の運用等の高度化・デジタル化
 - (1) 再エネ導入拡大に向けた取組
(N-1電制、ノンファーム、再給電、運用容量拡大、再エネ出力予測精度向上)
 - (2) レジリエンス強化の取組（システムのバックアップ機能強化）
 - (3) デジタル化による効率化の取組（AIによる画像診断、スマートグラス）
4. 分散型エネルギーシステムの構築
 - (1) 分散型エネルギーシステムへの取組
 - (2) 地域マイクログリッド構築支援事業の取組
5. 設備の調達効率化
 - (1) 仕様統一に向けた取組
 - (2) 調達ロードマップ

1. 当社のミッションおよびネットワークの次世代化に向けた取組

(当社のミッション)

- 当社は、送配電ネットワークを利用する全てのお客さまに良質な電気を安価かつ安定的にお届けすることで、四国の発展に貢献してまいります。

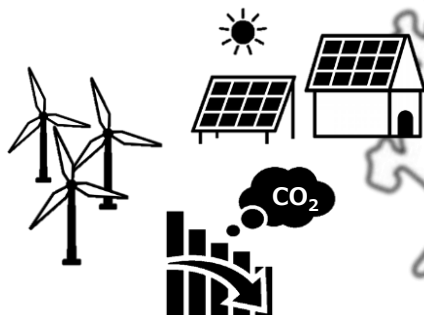
(ネットワークの次世代化に向けた取組)

- ローカルシステムの増強等をはじめとした再エネ導入拡大に向けたネットワーク構築
- 設備対応や関係機関との連携強化等によるレジリエンスの強化
- 業務の高度化・効率化に資するデジタル化

【ネットワークの次世代化に向けた、第一規制期間（レベニューキャップ）での主な取組】

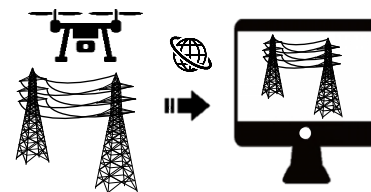
再エネ導入拡大に向けたネットワーク構築

- ・ローカルシステムの増強
- ・再エネ予測精度向上
- ・再エネの抑制削減・連系容量拡大（N-1電制、ノンファーム接続等）
- ・系統混雑管理（再給電方式等）
- ・マスタープラン
- ・次世代スマメの導入・活用



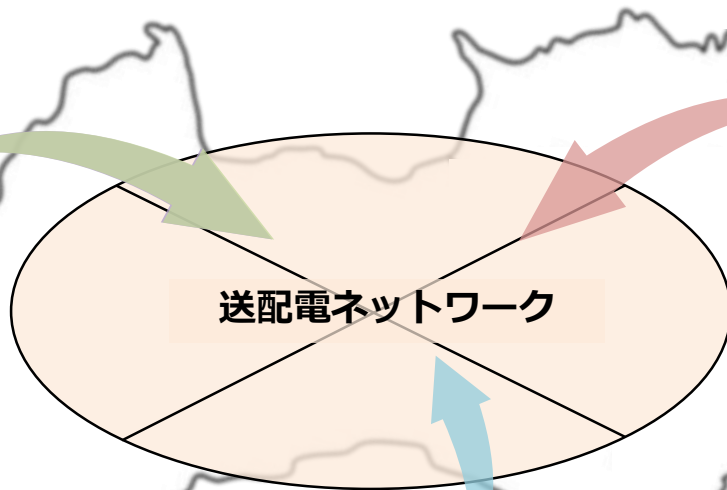
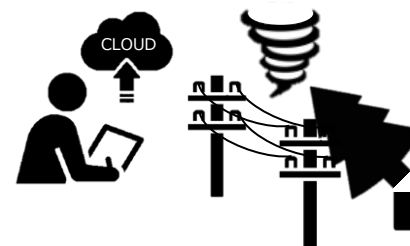
デジタル化

- ・保守の高度化・効率化（AI映像診断、IoT機器、ドローン、DX推進等）
- ・システム構築（アセマネ等）



レジリエンス強化

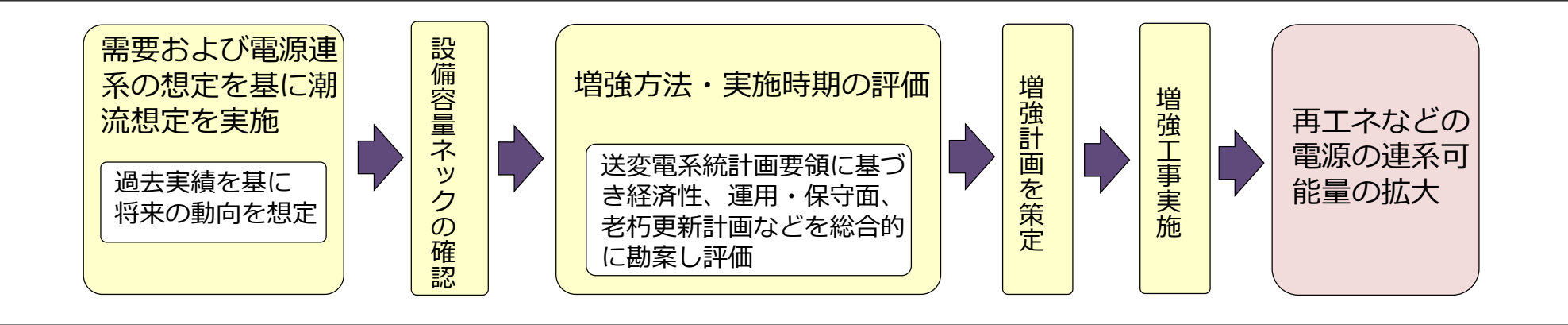
- ・自然災害への対応力強化（制御システムの高度化等）
- ・災害時の電力データ提供
- ・分散型エネルギーシステム



2. 送配電設備の整備計画

- 送変電設備の増強については、将来の需要動向、再エネなどの電源の連系状況や見通しを踏まえ、設備対応の必要性・実施時期を検討し、実施にあたっては経済性などを総合的に勘案のうえ、計画しています。
- なお、設備増強の実施時期や設備容量の設定にあたっては、地域別に再エネ電源がどの程度増加するかの想定が重要となります。

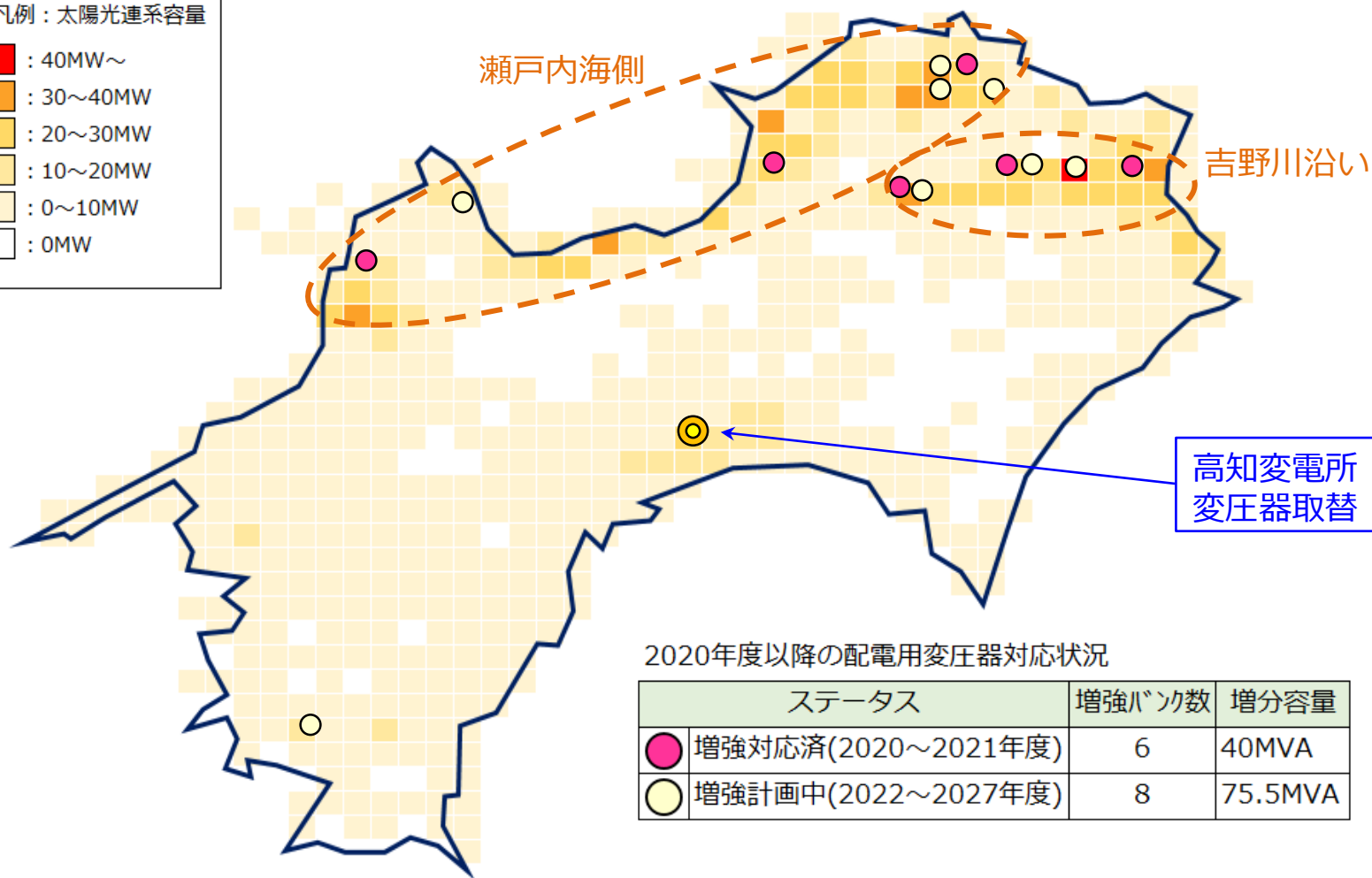
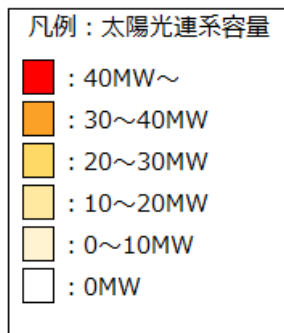
【送変電設備の増強検討フロー】



【至近における主要変電所の拡充工事】

件名	電圧 (kV)	容量 (MVA)	着工年月	使用開始年月
高知変電所 変圧器取替	187/66	200→300	2021/9	2022/7

- 四国内の太陽光連系容量は、主に瀬戸内海側と吉野川沿いに広がっており、当該エリアを供給している変圧器の増強実績があり、今後も増強を計画しております。
- 太陽光発電設備の連系実績を基にした変圧器増強工事を2020年以降に6バンク（計40MVA）実施しており、今後も8バンク（計75.5MVA）を順次実施する予定としております。



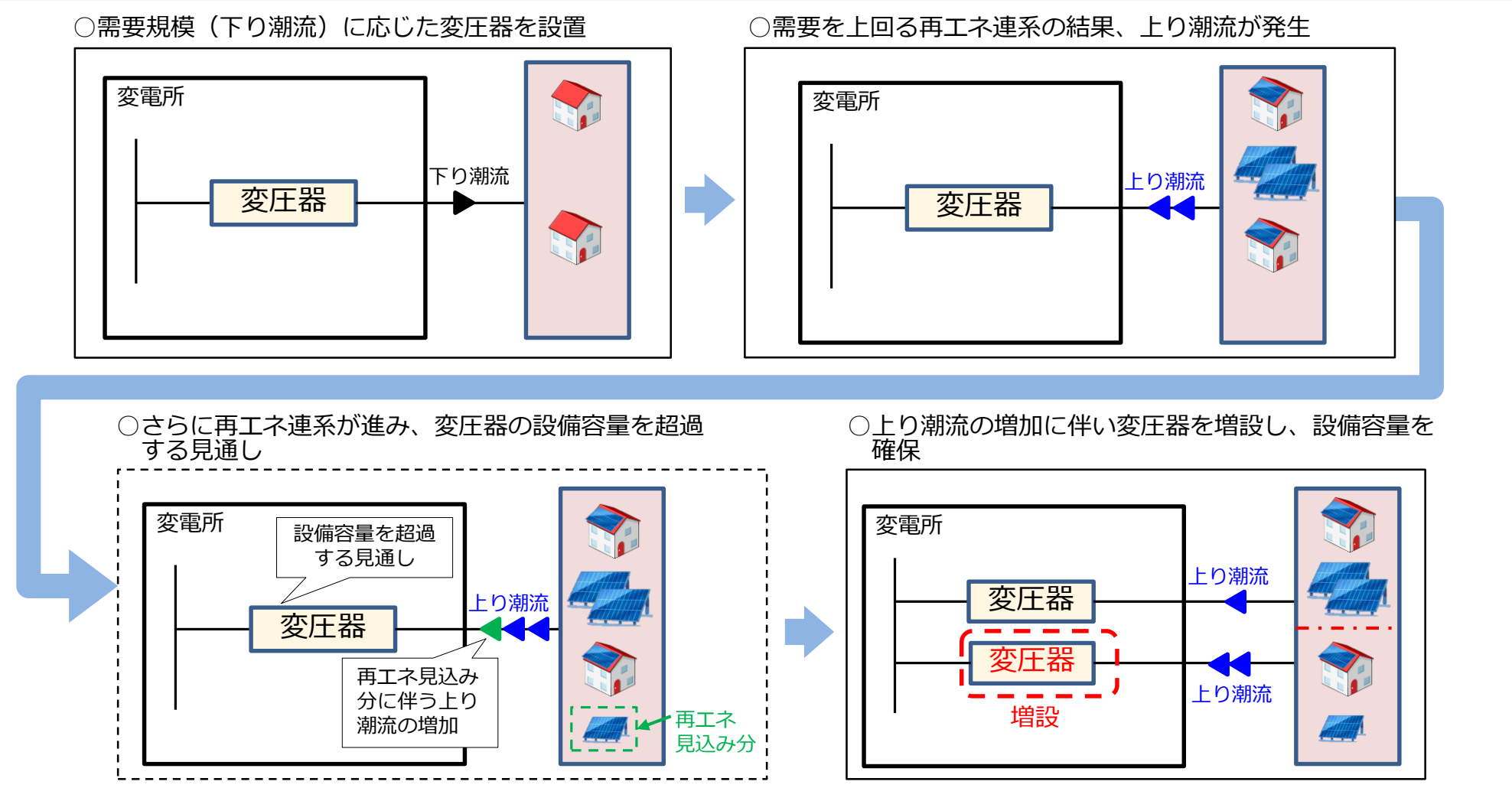
2020年度以降の配電用変圧器対応状況

ステータス	増強バンク数	増分容量
● 増強対応済(2020～2021年度)	6	40MVA
○ 増強計画中(2022～2027年度)	8	75.5MVA

▶ 詳細はP.7、8へ

○ 電源の連系に伴い変圧器容量を超過する見通しとなる場合には、当該電源開発事業者にも一部負担（特定負担）をいただきながら増強することとなりますが、近年、低圧太陽光の連系に伴う上り潮流の増加が起因となり、全額需要家の負担（一般負担）として増強するケースが増えております。

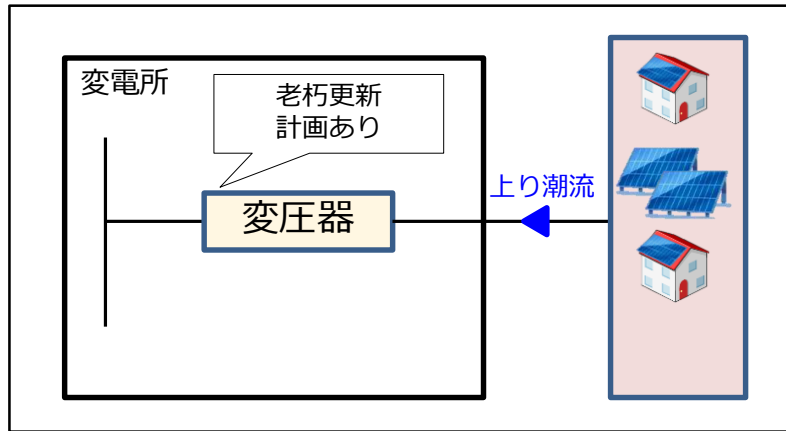
【ローカルシステムの増強イメージ（低圧太陽光の連系起因）】



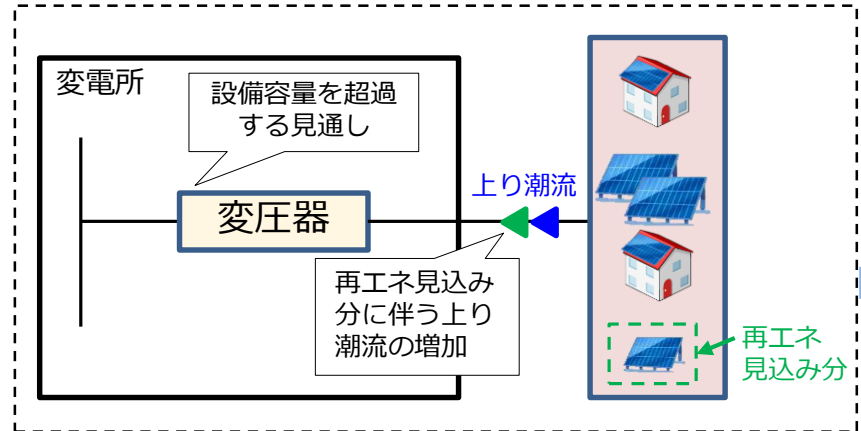
○ ローカル設備の老朽更新については、当該設備の老朽更新を検討する中で、将来の需要動向および再エネ見込み分を踏まえ、老朽更新後の再増強を回避できるよう先取りして増容量での更新を計画し、全額需要家の負担（一般負担）にて実施しております。

【ローカルシステムの増強イメージ（設備老朽起因）】

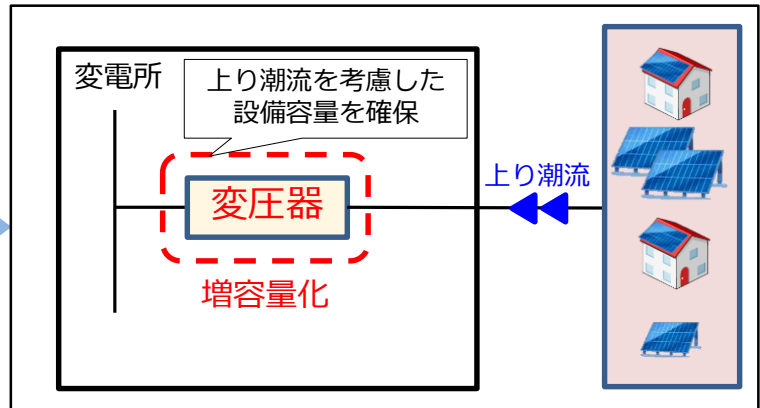
○老朽更新計画の策定時



○老朽更新後の再増強を回避できるよう需要動向や再エネ見込み分を踏まえ需要想定を実施

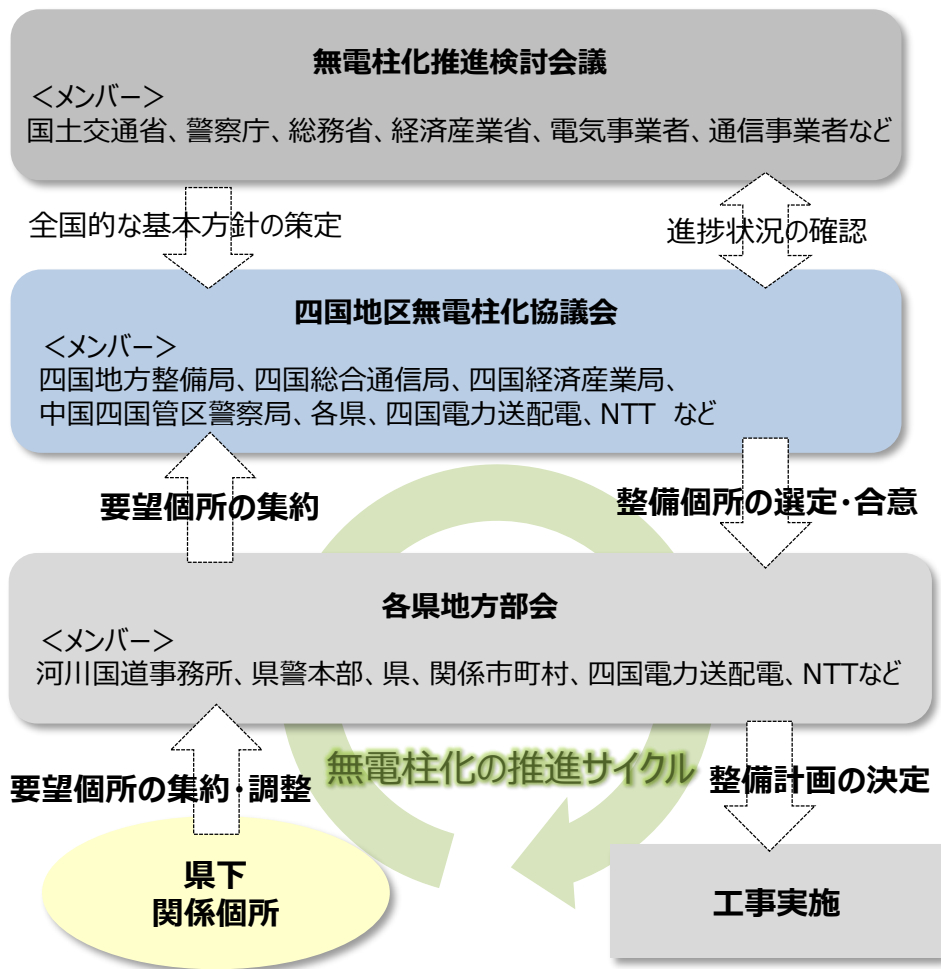


○老朽更新時に変圧器を増容量化し、設備容量を確保



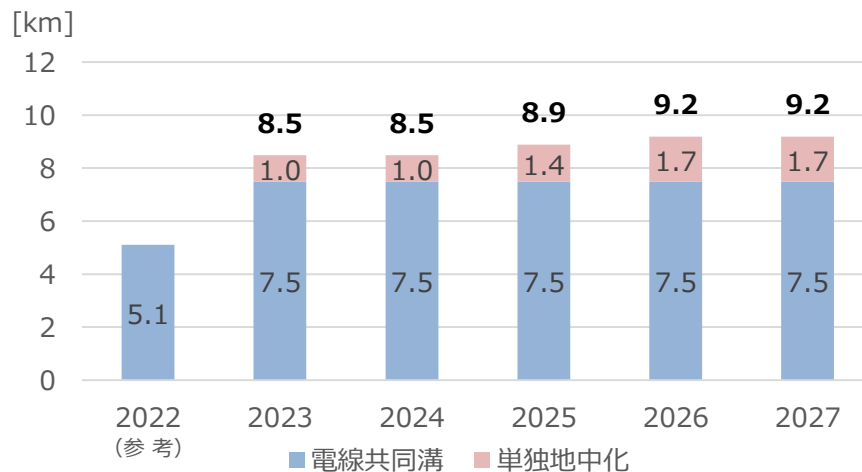
- 無電柱化路線は、「各県地方部会」における道路管理者・電線管理者、その他関係者の協議・調整結果をもとに「四国地区無電柱化協議会」において関係者間の合意形成によって決定しております。
- 今後は、電線共同溝方式による無電柱化に加え、電力NWのレジリエンス強化に資する単独地中化にも取り組んでまいります。

◆無電柱化の推進体制



◆第一規制期間（レベニューキャップ）における整備計画

整備手法	整備距離 (2023-2027年度計)
電線共同溝	37.5 km [85%]
単独地中化	6.8 km [15%]
合計	44.3 km [100%]



※上記の整備距離については、関係者間における工程調整や周辺住民との合意形成等により変動することがあります。

3. 送配電設備の運用等の高度化・デジタル化

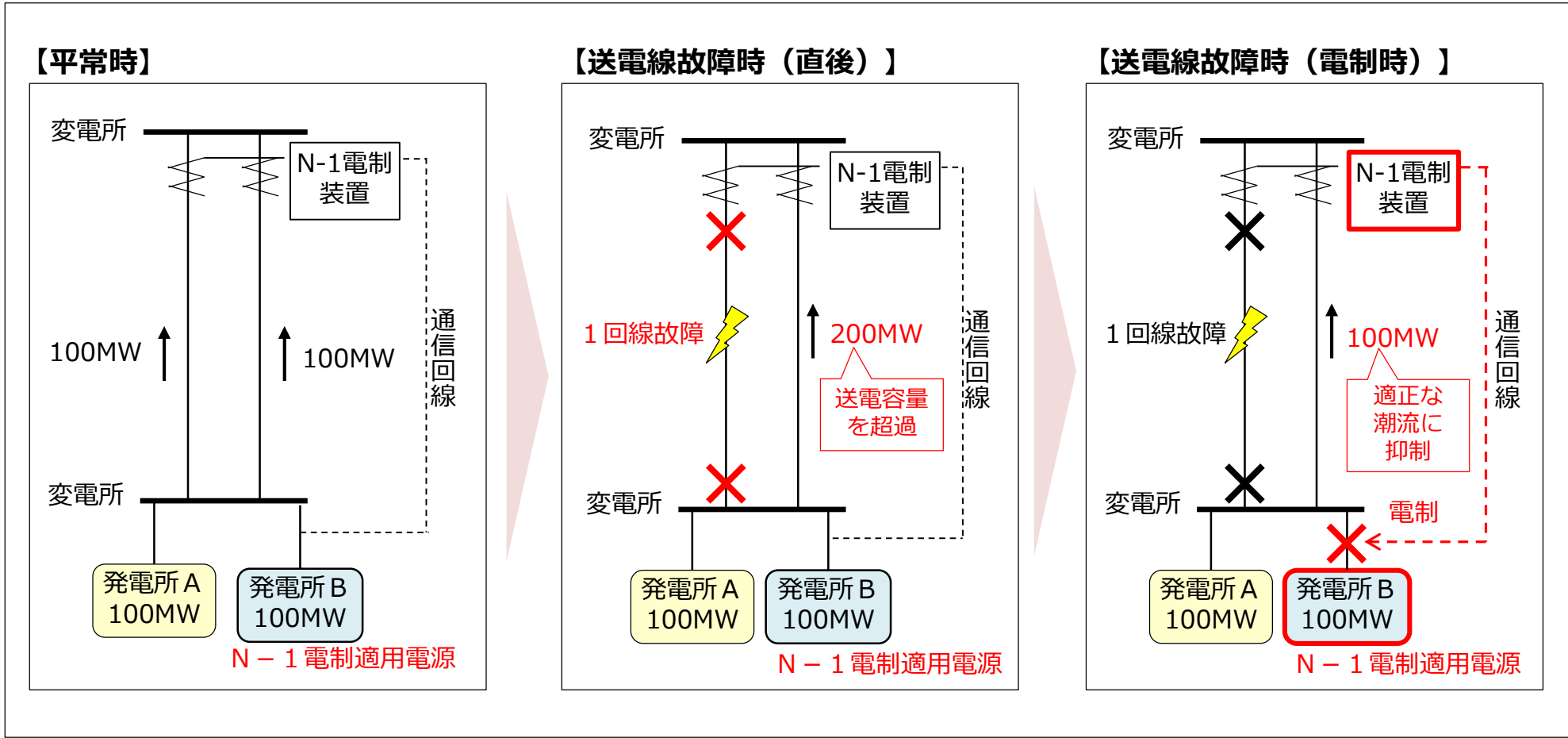
- 送配電ネットワークの次世代化を図る観点から、再エネ導入拡大に向けたネットワーク構築（太陽光・風力発電等の再エネ電源の大量導入への対応）、レジリエンス強化（災害への対応）およびデジタル化（効率化・サービス向上に資する対応）等に取り組んでまいります。

実現すべきこと		主な取組・施策
再エネ導入拡大に向けたネットワーク構築	系統の有効活用（系統利用の次世代化）	N-1電制（P.12） ノンファーム接続（P.13） 運用容量拡大（P.14、15）
	需給調整の次世代化	再給電（P.13） 再エネ出力予測精度向上（P.16）
	電圧管理の次世代化	配電網における次世代機器の導入 次世代スマートメーター導入
レジリエンス強化	近年頻発する自然災害への対応	システムのバックアップ機能の強化（P.17）
	災害時の自治体向け電力データ提供対応	電力データ集約システムの導入
	制御システムの高度化	次期系統制御所システム開発
デジタル化	保守業務の高度化・高品質化	AIによる画像診断（P.18） スマートグラス（P.19） ドローン
	設備の劣化状況把握と効果的な修繕・更新	アセットマネジメントシステムの構築

※ 主な取組・施策の欄には、現時点で計画している代表件名を記載しております。

- 2018年10月1日から、再エネ電源の系統連系申込に対して、N-1 電制による系統連系を先行適用しております。
- 適用可否および適用可能容量をホームページの系統アクセス情報に公表しており、現時点では、系統連系ネットワークが発生している送電線10箇所および変電所3箇所に適用しています。

【取組の概要】



- 現在、空容量の無い基幹系統やその傘下のローカル系統等に連系を希望される10kW以上の電源を対象にノンファーム型接続を適用しております。加えて、2022年4月以降は、空容量がある場合であっても、受電電圧が基幹系統の電圧階級となるお申込みについては、ノンファーム型接続適用電源として取り扱うこととなります。
- 基幹系統の混雑管理については、国の審議会で整理された再給電方式について、早期の実現に向けて一般送配電事業者10社が共同で検討を行うとともに、当社として必要なシステム対応を進めてまいります。

【取組の概要】

従来 混雑する系統には接続しない	現状 ノンファーム型接続 + 先着優先	今後速やかに実現 ノンファーム + 再給電 (メリットオーダー)
<p>(例)</p> <p>LNG (G) 太陽光 (G) 変電所 送電容量制約 需要地 風力 (G) 新規接続</p>	<p>(例)</p> <p>LNG (G) 太陽光 (G) 変電所 送電容量制約 需要地 風力 (G) 抑制 新規接続</p>	<p>(例)</p> <p>LNG (G) 太陽光 (G) 変電所 送電容量制約 需要地 風力 (G) 新規接続</p>
<p>いくつかの実需給断面において送電容量の超過が見込まれる場合、系統が増強されるまでは新規電源の接続を認めない。</p>	<p>送電容量の超過が発生した時間帯は、新規電源の出力を制限する。 (それを前提に、新規電源を接続する。)</p>	<p>新規電源の接続は原則制限しない。 送電容量の超過が発生した時間帯は、再給電方式によりメリットオーダーに従い出力を制御する。</p>

- 軽負荷期など四国エリアの発電量が需要を上回ると予想される場合には、調整電源の出力調整、揚水発電所の揚水運転および連系線を活用した他エリアへの送電などにより、需給バランスを維持しております。
- これらの対策を行っても、発電量が余剰となる場合には、再エネの出力制御が必要となることから、出力制御量を少しでも低減するために、中国四国間連系線の運用容量を有効活用する取組を行いました。

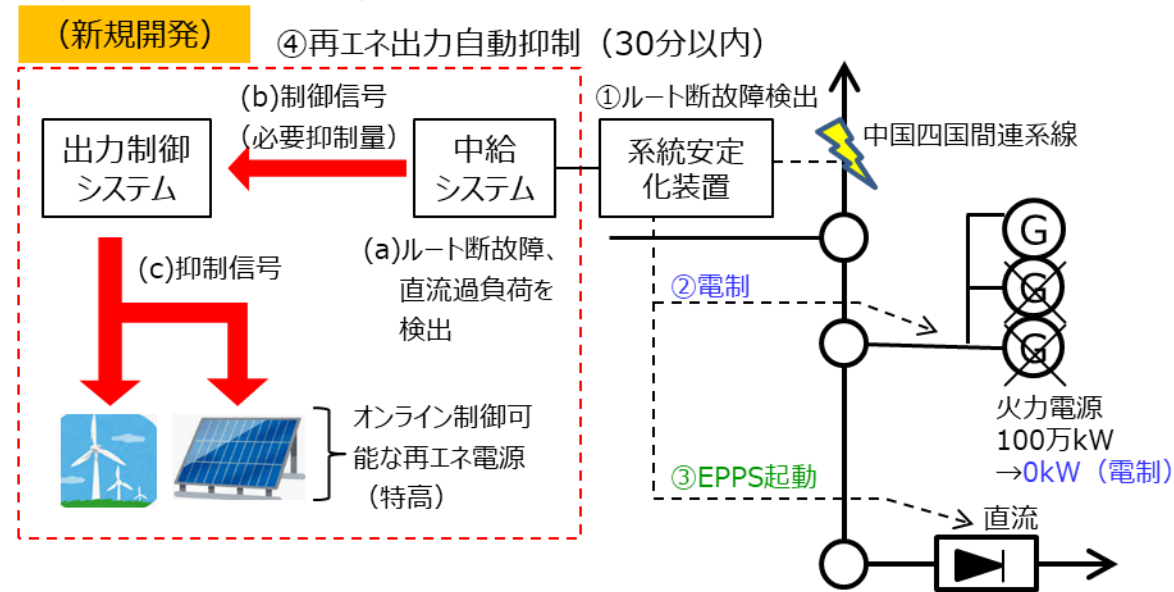
【取組の概要】中国四国間連系線の中国向き運用容量拡大[120万kW⇒145万kW]（2021年10月より）

- 中国四国間連系線の2回線運用時の運用容量（中国エリア向き）を連続容量の120万kWから短時間過負荷容量（4時間）の145万kWに拡大するための緊急時再エネ自動制御システムを開発しました。
- これにより、最大25万kWの再エネ出力制御量の低減が可能となりました。

○運用容量拡大のイメージ

	拡大前	拡大後
平常時	1L : 60万kW 2L : 60万kW 120万kW	1L : 72.5万kW 2L : 72.5万kW 145万kW
1回線故障時	2L : 120万kW 連続容量内であり潮流抑制等の対応不要	2L : 145万kW → 120万kW 4時間以内に再エネ電源等を抑制し、潮流を120万kW※1まで抑制

○緊急時の再エネ制御システムのイメージ



+25万kW（運用容量拡大分）を阿南紀北直流幹線を活用し、緊急対応として四国エリア外へ送電

※1 作業停止等による1回線停止時は運用容量(熱容量)は120万kW

- 今回の便益評価に用いた諸元は、以下のとおりです。
 - 緊急時再エネ自動制御システムの構築費用：3.80億^{※1}
 - 既存火力発電コストの削減（CO2対策費を含む）：1.83億円^{※2}
 - 評価算定期間：5年（ソフトウェアの法定対応年数）
 - 割引率：1.9%（現行託送料金原価の事業報酬率相当）
 - 年経費率：22.6%

※1：緊急時の再エネ自動制御に必要となる既設再エネ出力制御システム等の構築費用を含む

※2：中国四国間連系線の通過想定潮流(17.1GWh)×2020年度のLNG火力発電コスト(10.7円/kWh)で試算

【費用】

システム構築費用：3.80億円×22.6% = 0.86億円

$$\sum_{t=1}^5 \frac{0.86}{(1+1.9\%)^t} = 4.07\text{億円}$$

【便益】

燃料費・CO2対策コスト： = 1.83億円

$$\sum_{t=1}^5 \frac{1.83}{(1+1.9\%)^t} = 8.65\text{億円}$$

【費用便益評価】

純現在価値 (NPV) : 8.65-4.07 = **4.59億円** ⇒ 費用便益比 (B/C) : = **2.13**

- 中国四国間連系線の運用容量拡大については、約4.6億円の便益が見込まれます。

- 太陽光発電の出力予測は、気象会社から提供される日射量データや電圧別の発電設備容量などに基づき算定を行っております。
- 今後も精度向上に資する研究に取り組むとともに、研究で得られた成果を都度システムに反映し、誤差低減に努めてまいります。

【取組の概要】

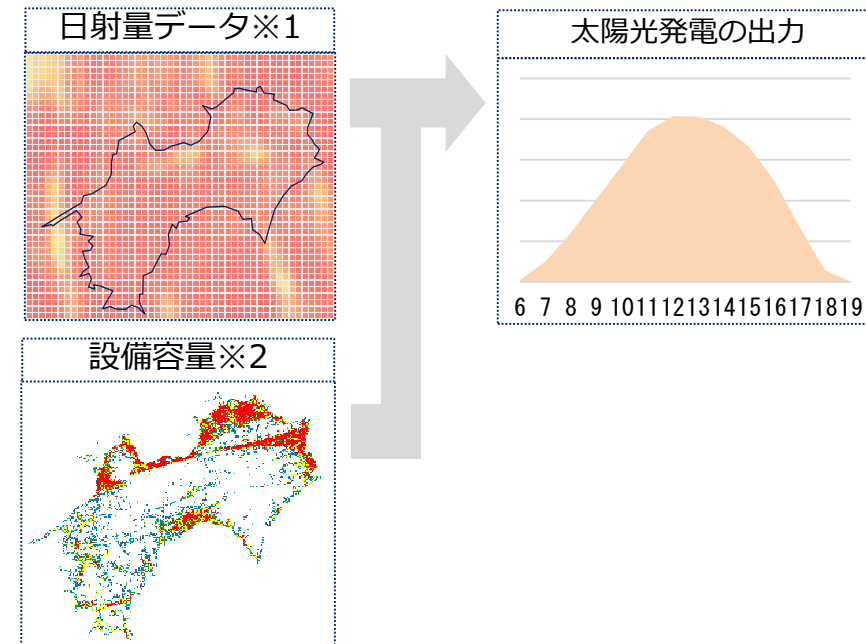
（現在までの主な取組）

- 2011年度 太陽光出力予測に関する研究の開始
- 2012年度 簡易手法による太陽光出力予測の開始
 - ・ 日本気象協会の日射量4県都ポイント予測を用いて出力予測
- 2015年度～ 出力予測システムの導入
 - ・ 日射量予測：5kmメッシュ毎の日射量予測
 - ・ 設備別予測：5kmメッシュ毎の設備容量に対し電圧毎のパネル傾斜角等の諸元を反映
- 2016年度～ 出力予測システムの改修
 - ・ 過積載モデルの導入
- 2019年度 出力予測システムの改修
 - ・ 日本気象協会SYNFOS-solar日射量予測値の追加導入
- 2020年度
 - ・ 日本気象協会SOLASAT 8-Nowcastの追加導入
- 2021年度
 - ・ 日本気象協会SYNFOS-solar統合予測の追加導入

（今後の取組）

- ・ より高精度な日射量予測手法やアンサンブル予報を活用した信頼区間予測の導入に係る研究 など

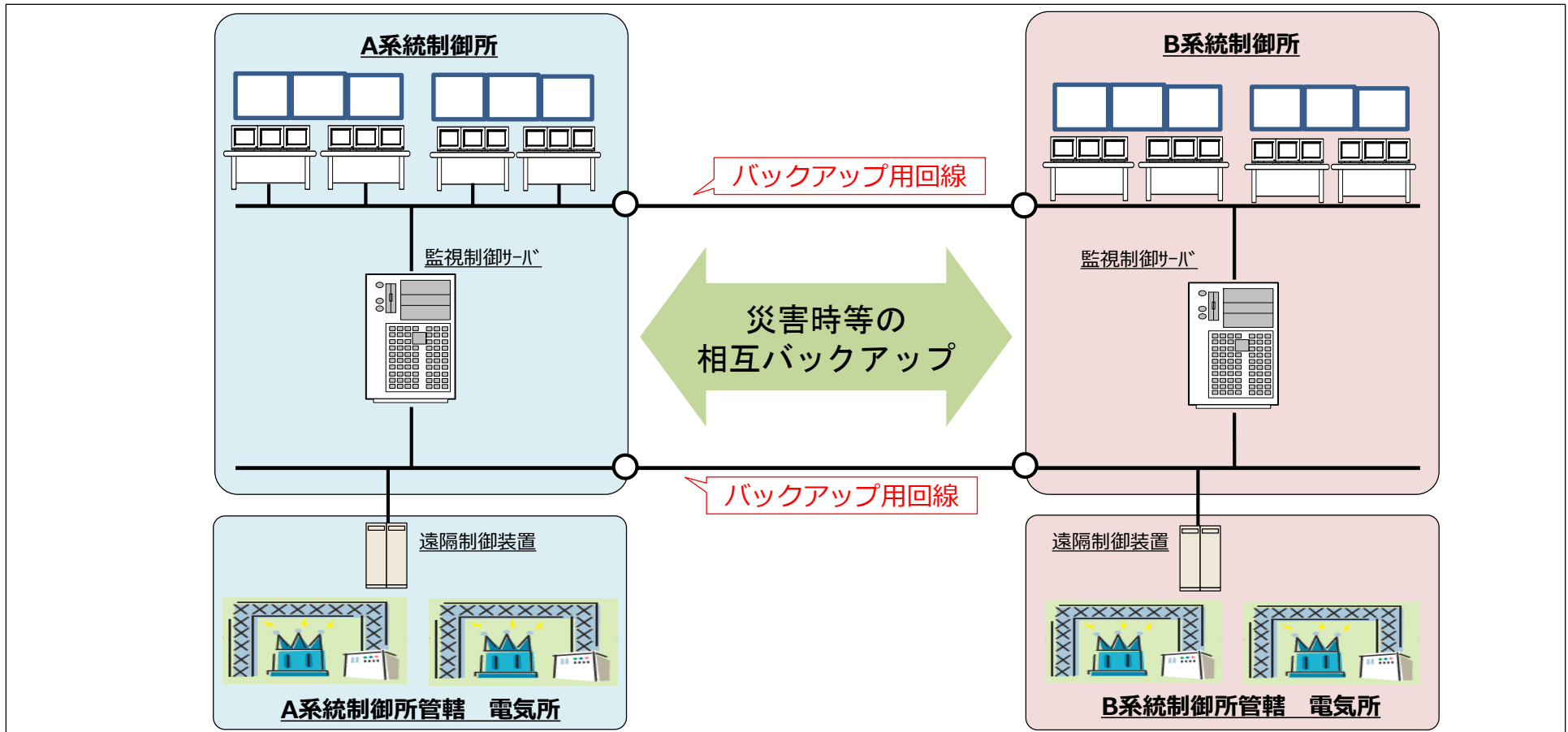
【太陽光発電出力の予測イメージ】



- ※ 1：気象会社から提供される日射量予測
- ※ 2：電圧別の太陽光発電設備容量

- 東南海・南海地震発生リスクの高まりを踏まえ、系統制御所システムの更新にあわせ、系統制御所間でシステムを相互にバックアップする機能開発を進めております。
- また、業務系システムのうち、お客さま対応や復旧対応等に必要となるものについては、大規模な地震などによりメインデータセンターでの処理が不能となる場合に備えて、他県に配置しているバックアップデータセンターへバックアップ機能を配置し、被災後も処理を継続できるよう対策を進めております。

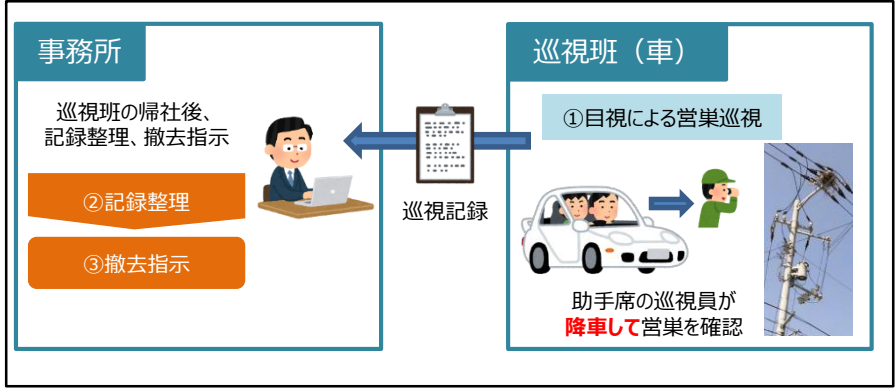
【系統制御所システムの相互バックアップ機能の構築】



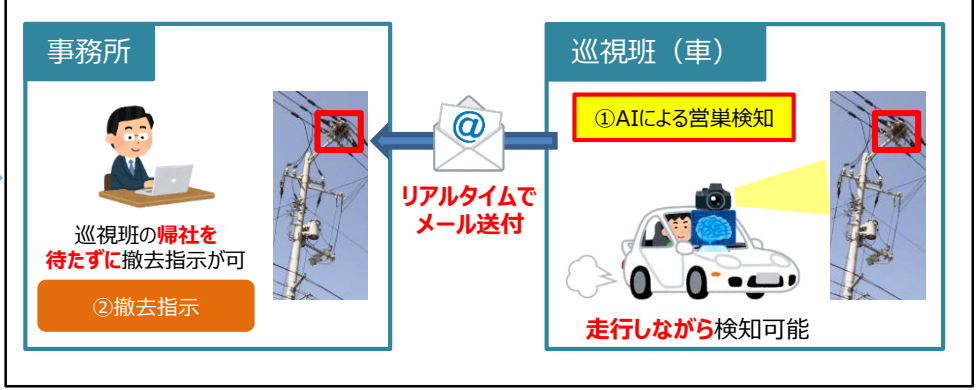
- A I をはじめとする最新の I C T に関する知見を電力の安定供給維持に活用しています。
- 具体的な例として、停電の一因となる配電設備上のカラスの営巣を自動的に発見するため、A I による画像認識を活用した営巣検知システムを導入しています。

【A I を活用した営巣検知システムによる業務実施イメージ】

◇ 従来の業務実施方法



◇ A I 活用によって期待される業務実施イメージ



○ 検知時のメール送付内容

▼ 1 添付ファイル

20210909-164917-7.zip

<メール内容>

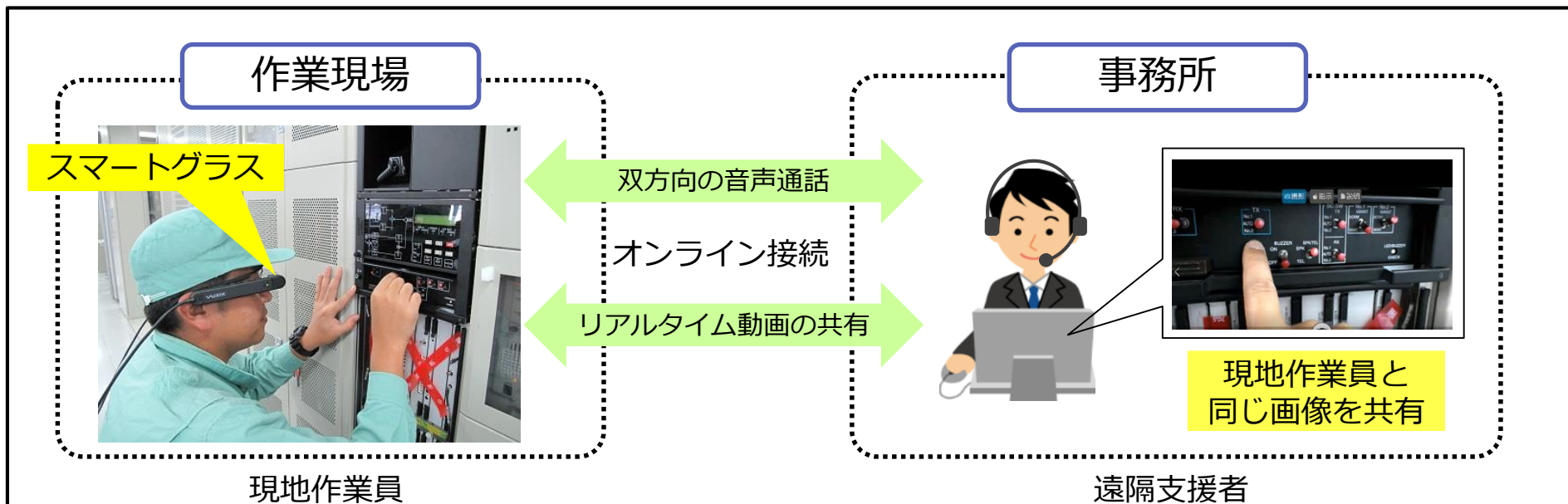
- ・営巣検知時刻
- ・営巣検知結果 (右図)
- ・営巣検知位置 (緯度経度及び電柱番号)

営巣が見つかりました。
 ファイル名は20210909-164917-7_1.jpgです。
 検出時間は2021-09-09 16:49:19.429303です。
 位置情報は緯度が34.29425333333334で経度が133.99357183333333です。
 電柱候補はモリミツ11N3W2, モリミツ11N3W3です。



- IoT機器を活用した各種現場作業の省力化・高度化の取組の一環として、遠隔での作業支援が可能となるスマートグラスの技術検証を行い、導入を進めております。

【スマートグラスを活用した遠隔作業支援の効果】



- スマートグラスにはカメラ・マイクが内蔵されており、現地で撮影している動画（音声あり）をリアルタイムで遠隔支援者と共有できる。
- 遠隔支援者は、現地作業員の目線での的確な指示を出して作業を支援できる。未熟練者への作業支援や、安全パトロール、竣工検査などに活用できる。
- 現地作業員と遠隔支援者でダブルチェック（相互確認）ができるので、現地単独作業化により、現地への移動に要する人役を省力化できる。

4. 分散型エネルギーシステムの構築

- 分散型エネルギーシステムにかかる技術面・運用面での課題を解決するため、配電システムに関する保護や電力品質維持等に関する研究を進めております。
- 上記を踏まえ、事業者との協議を進めることで、分散型エネルギーシステムに適切に対応してまいります。

課題例	課題の概要	課題解決に向けた取組事例
技術面の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電力保安面（短絡・地絡等）の対策 ・ 単独運転機能の確立 ・ ブラックスタート機能の付加 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電力品質維持対策に関する研究 ・ 系統保護方法に関する研究
運用面の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 連絡体制の構築 ・ 需要家、発電事業者、小売電気事業者の理解促進 	



【出典】 2019.12.6 第4回地域社会における持続的な再エネ導入に関する情報連絡会
資料6 「地域の系統線を活用したエネルギー面的利用システム（地域マイクログリッド）について」より

○ 地域マイクログリッドの自立的普及と、地域共生型の再エネ普及拡大に向けた地域マイクログリッド構築支援事業について、申請事業者からの相談を受け具体的な運用や技術的な課題に関して協議を進めています。

【地域マイクログリッド構築支援事業の検討状況】



No.	実施場所	事業目的	検討状況
事業者A	愛媛県 西条市	<ul style="list-style-type: none"> 都市開発プロジェクトの事業用地に発電設備を設置しマイクログリッドシステムを構築 災害等による大規模停電時に、周辺系統から独立したグリッドに自立的に電力供給可能なエリアモデルとなり、地域レジリエンス強化に貢献 	2021年3月 導入プラン作成完了
事業者B	徳島県 東みよし町	<ul style="list-style-type: none"> 災害対策本部を設置する町庁舎および防災拠点施設に発電設備を設置 非常時にマイクログリッドを形成し、災害に強いまちづくりを推進 	2022年3月 導入プラン作成完了見込み

5. 設備の調達効率化

○ 送配電設備の代表5品目について、一般送配電事業者10社での仕様統一に向けた取組を実施しております。

品目	規格等	取組概要	現状と今後
鉄塔	鉄塔材は、電気設備の技術基準において、JIS材を使用することが定められている。 鉄塔は下記の規格等により設計している。 ・電気設備の技術基準（経済産業省） ・JEC-127「送電用支持物設計標準」（制定：1965年、至近改正：1979年）	鉄塔設計手法（耐震設計）について、一般送配電事業者10社での統一を図るべく、JEC-127「送電用支持物設計標準」を改正する。	2017年度より、送電用支持物設計標準特別委員会及びJEC-127本改正作業会を設置し、2022年度の規格改正に向けて、一般送配電事業者10社で検討を実施中。
電線	下記の規格に基づき、仕様を制定している。 ・JIS C3110「鋼心アルミニウムより線」 ・JEC-3406「耐熱アルミ合金電線」 ・JEC-3404「アルミ電線」等	架空送電線の付属品について、一般送配電事業者10社で標準化を進める。	一般送配電事業者10社でACSR、ACSR/ACをACSR/ACに集約した。鉄塔の設備更新等に合わせ、ACSR/ACを採用し、仕様の統一化を進める。超高圧送電線の付属品の一部について、仕様統一のため標準規格を制定した。その他の付属品についても、対象設備を選定し実施可能性を調査する。
ケーブル	下記の規格（電力用規格）に基づき、仕様を制定している。 ・A-216「22・33kV CVケーブル規格」 ・A-261「66・77kV CVケーブル規格」 ・A-265「154kV CVケーブル規格」等	CVケーブル付属品について、一般送配電事業者10社で標準化を進める。	154kV CVケーブル付属品のうち主要なものについて、仕様統一のため標準規格を制定した。その他の付属品についても、対象設備を選定し実施可能性を調査する。
変圧器	下記の規格に基づき仕様を制定 ・JEC-2200「変圧器」 ・JEC-2220「負荷時タップ切換装置」 ・JEC-5202「ブッシング」 ・JIS C 2320「電気絶縁油」等	110~187kVの上位電圧階級について、一般送配電事業者10社で付帯的な部分の仕様統一を検討する（本体はJECに準拠済み）。 ソフト地中化用変圧器について、今後の無電柱化路線の狭隘道路への拡大に備え、供給すべき需要に見合った中低容量の仕様の統一を検討する。	220~275kVクラスについて、付帯的な部分を仕様統一することとした。（本体はJECに準拠済み） 今後、他設備の仕様統一に向けて、対象設備の選定含め検討する。 6kVソフト地中化用変圧器は、機器の新規開発を伴う仕様統一の検討のため、試作や性能評価などを行い、一般送配電事業者10社で統一を完了させた。
コンクリート柱	以下の規格に基づき、当社仕様を制定 ・電力用規格C101「プレストレストコンクリートポール」 ・JIS A5373「プレキャストプレストレストコンクリート製品」 ・JIS A5363「プレキャストコンクリート製品-性能試験方法通則等」	他社との比較により付属品も含めた仕様精査検討を実施した。 一般送配電事業者10社での仕様統一作業会にて検討を実施した。	一般送配電事業者各社の仕様比較結果を踏まえ必要機能の最適化を図るとともに、製造コストの低減を目的にメーカー要望を規格へ反映して、一般送配電事業者10社で統一を完了させた。

- 2019年3月に「調達価格低減に向けた取組について」（調達改革ロードマップ）を定め、まずは以下の3品目の設備仕様統一や調達方法の工夫に取り組んでおります。

品目		仕様統一化の進捗状況
架空送電線 (ACSR/AC)		<ul style="list-style-type: none"> ・一般送配電事業者10社でACSRとACSR/ACの設計上のスペック比較により、ACSR/ACへ統一することで不具合がないか検証し、調整が完了した。2019年度末に一般送配電事業者10社で手続きを完了した。 ・新設のみならず、設備更新の機会を捉えて、既設についても新仕様で対応していく。
ガス遮断器 (66kV・77kV)		<ul style="list-style-type: none"> ・各社の現状仕様を把握し、本体はJEC等の規格に準拠済を確認、ブッシング含め付帯的な部分の仕様を一般送配電事業者10社で統一の調整が完了した。2019年度末に一般送配電事業者10社で手続きを完了した。 ・新設のみならず、設備更新の機会を捉えて、既設についても新仕様で対応していく。 ・今後、更なる検討として上位電圧に対しても、仕様統一に向けて検討を実施中。
地中ケーブル (6kVCVT)		<ul style="list-style-type: none"> ・各社の現状仕様を把握し、必要機能の最適化を図るとともに、製造コストの低減を目的にメーカー要望を規格へ反映し、一般送配電事業者10社での仕様統一を完了させた。 ・新設のみならず、設備更新の機会を捉えて、既設についても新仕様で対応していく。

○ 2022年度の目標の達成に向けて、取り組んでまいります。

項目	現在の状況								
	2020年度（実績）			2021年度（推定）			2022年度（目標値）		
	架空送電線	ガス遮断器	地中ケーブル	架空送電線	ガス遮断器	地中ケーブル	架空送電線	ガス遮断器	地中ケーブル
統一化品調達割合	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
競争発注比率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
取引先数 ()内は増加数	4社 (1社)	6社 (1社)	6社	4社 (1社)	7社 (1社)	7社 (1社)	4社以上 (1社以上)	7社以上 (1社以上)	7社以上 (1社以上)
施策実施率	83%	67%	50%	83%	100%	83%	100%	100%	100%

施策実施率の詳細	架空送電線	ガス遮断器	地中ケーブル	架空送電線	ガス遮断器	地中ケーブル
新規取引先開拓	実施	実施	検討中	実施	実施	実施
まとめ発注	実施	実施	実施	実施	実施	実施
早期発注	実施	実施	実施	実施	実施	実施
シェア配分競争	実施	検討中	検討中	実施	実施	実施
コスト低減提案の募集	実施	実施	実施	実施	実施	実施
複数年契約	検討中	検討中	検討中	検討中	実施	検討中



四国電力送配電株式会社