

2024年度NEDO再生可能エネルギー一部成果報告会 プログラムNo.②-3

事業紹介③

NEDO コネクト&マネージの取組み

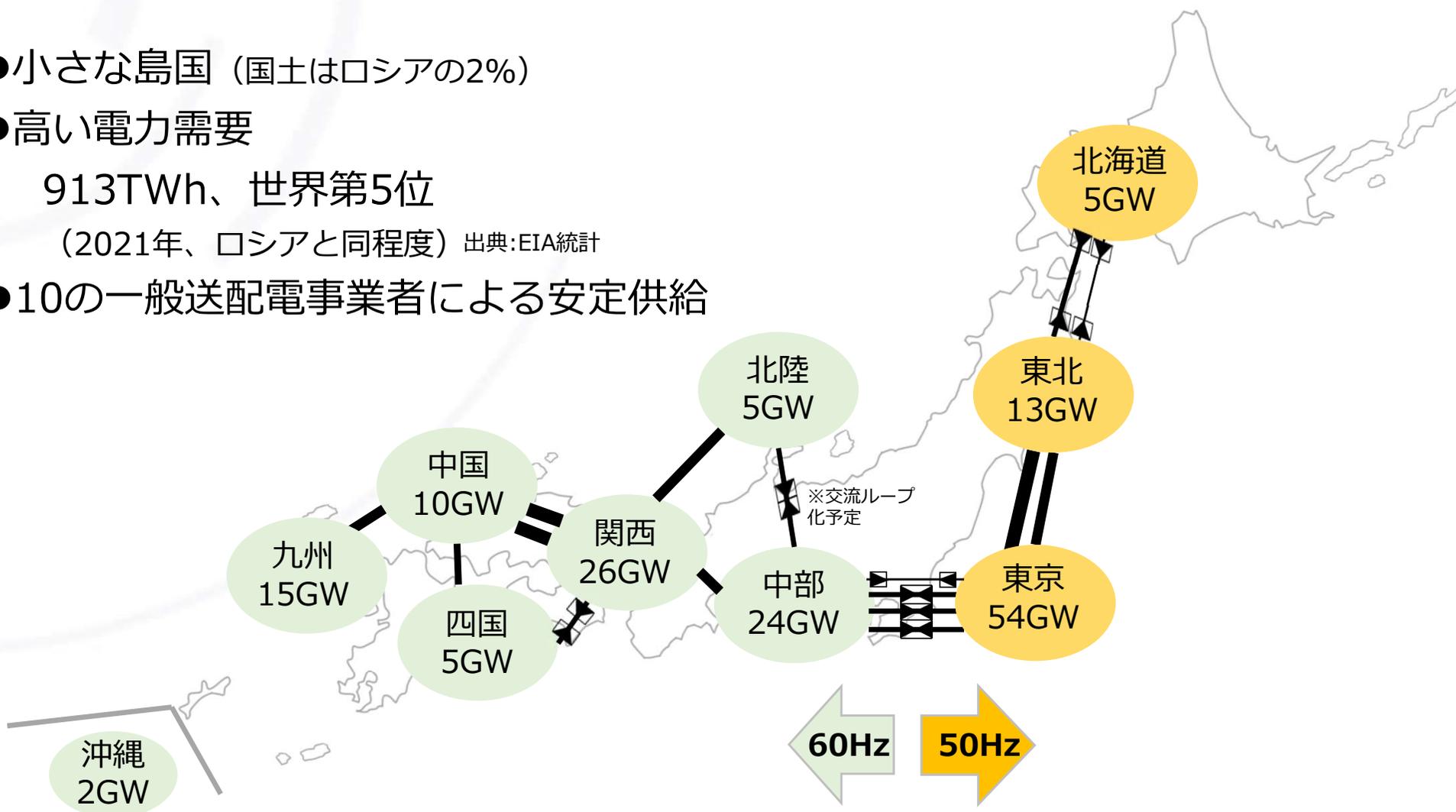
発表日：2024年12月17日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

再生可能エネルギー部 系統連系ユニット プロジェクトマネージャー・主査 小笠原 有香
問い合わせ先 E-mail: powergrid[@]nedo.go.jp TEL:044-520-5270

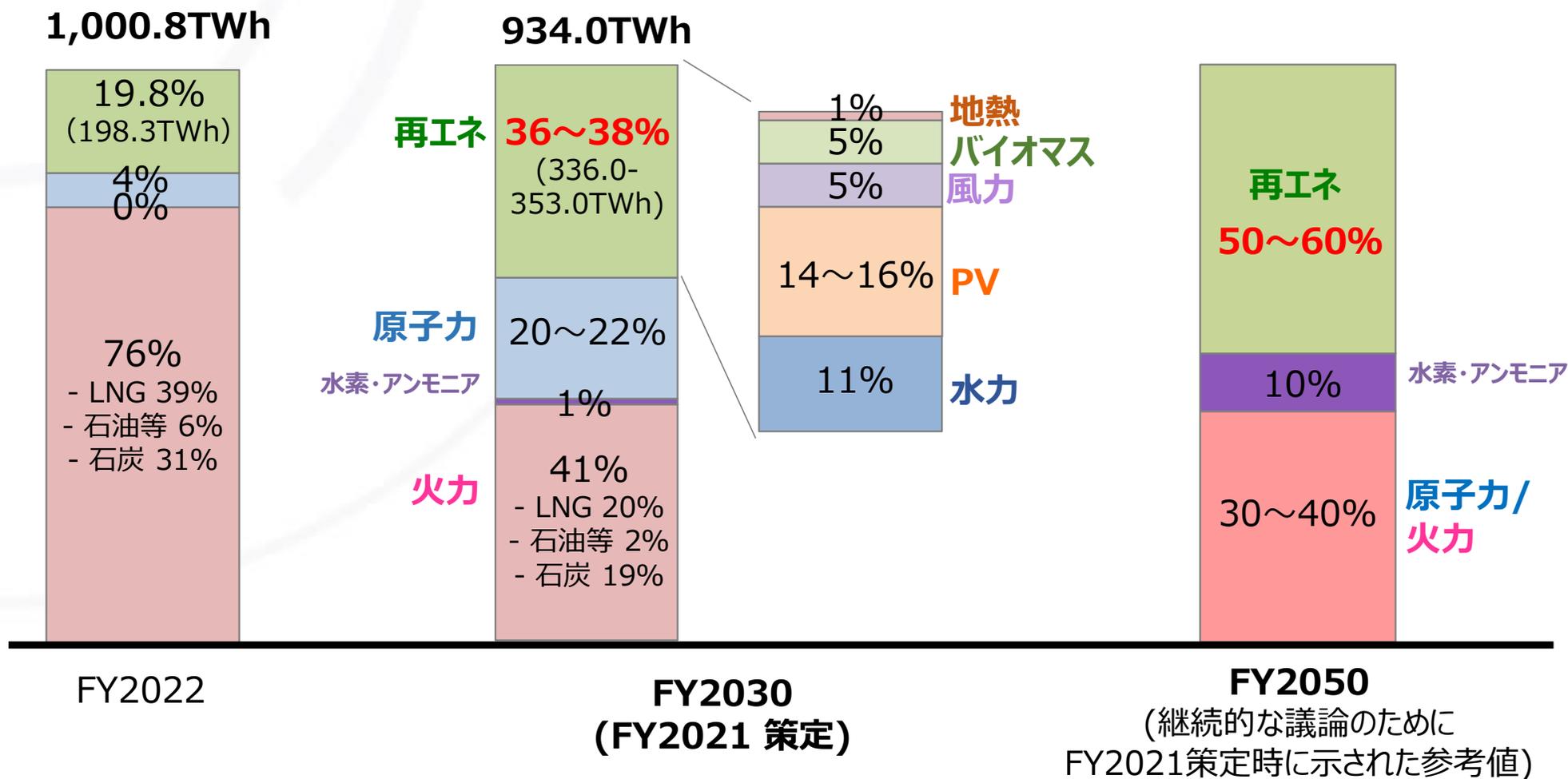
日本の電力事情

- 小さな島国（国土はロシアの2%）
- 高い電力需要
913TWh、世界第5位
（2021年、ロシアと同程度） 出典：EIA統計
- 10の一般送配電事業者による安定供給



出典：全国及び供給区域ごとの需要想定（2024年度）（2024年1月24日、電力広域的運営推進機関機関）最大需要電力値を基にNEDO作成

日本の電源構成（見通し）



出典:長期エネルギー需給見通し（2015年）・第6次エネルギー基本計画（2021年）・総合エネルギー統計（2022年）、資源エネルギー庁

NEDO 「コネクト」と「マネージ」

NEDO コネクト&マネージの取組み



日本初 民間での太陽光発電採用
東北電力 VHF無線中継局
(70W 単結晶Si、福島県信夫山)

1958

**太陽光発電による余剰電力の
販売価格での買電制度開始**
(電力会社での自主的取組み)

1992

系統連系規程改訂

高速動作を可能とする新型能動方式による単独運転検出方法を追記、
事故時運転継続 (FRT) 要件を規定

2011

NEDOプロジェクト

**六甲アイランドでの多数台太陽光等
系統連系試験 (2kW×100台)**



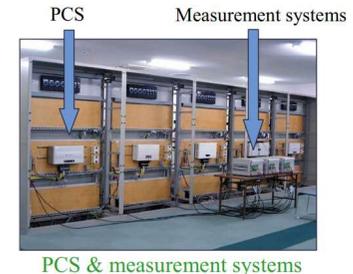
- 小型PVの系統連系時の技術課題の解明
(電力品質、安定性、安全性)
- 単独運転検出手法等の検証
→系統連系仕様策定等に貢献

**群馬県太田市での集中連系型
システム実証 (住宅553軒)**



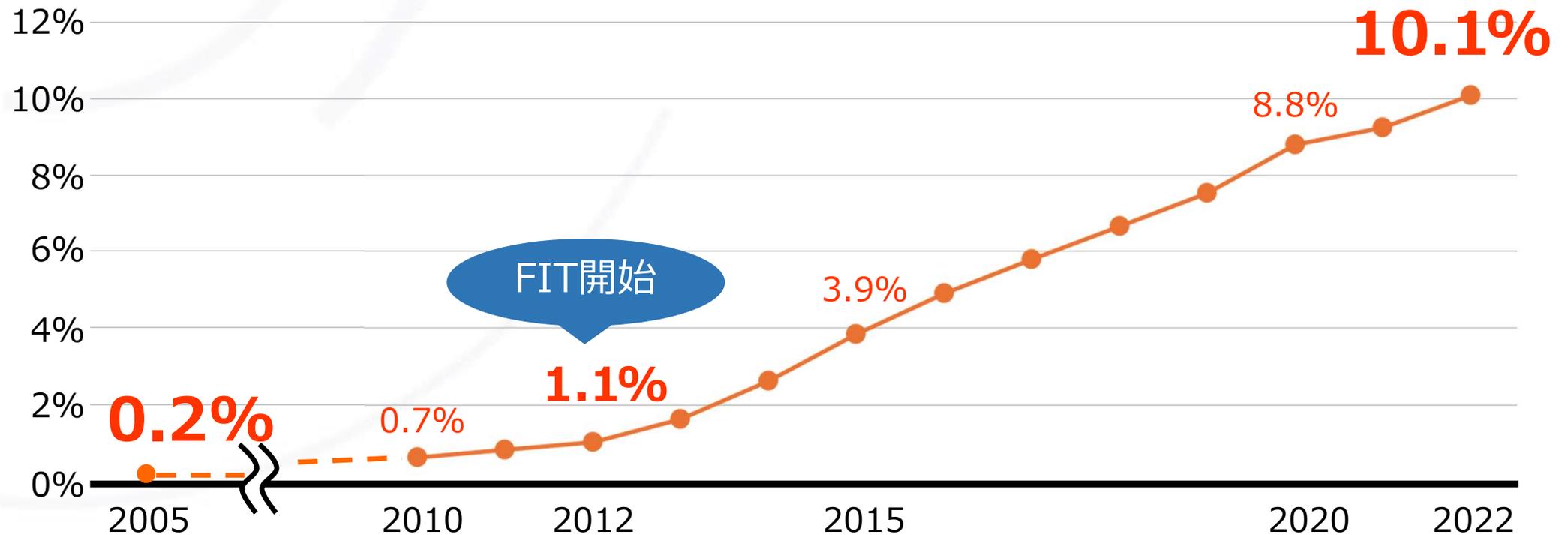
- 住宅用太陽光発電システムが
多数台連系する際の新型単独
運転検出方式を開発・評価

**多数台連系対応の
認証に向けた試験方法開発**



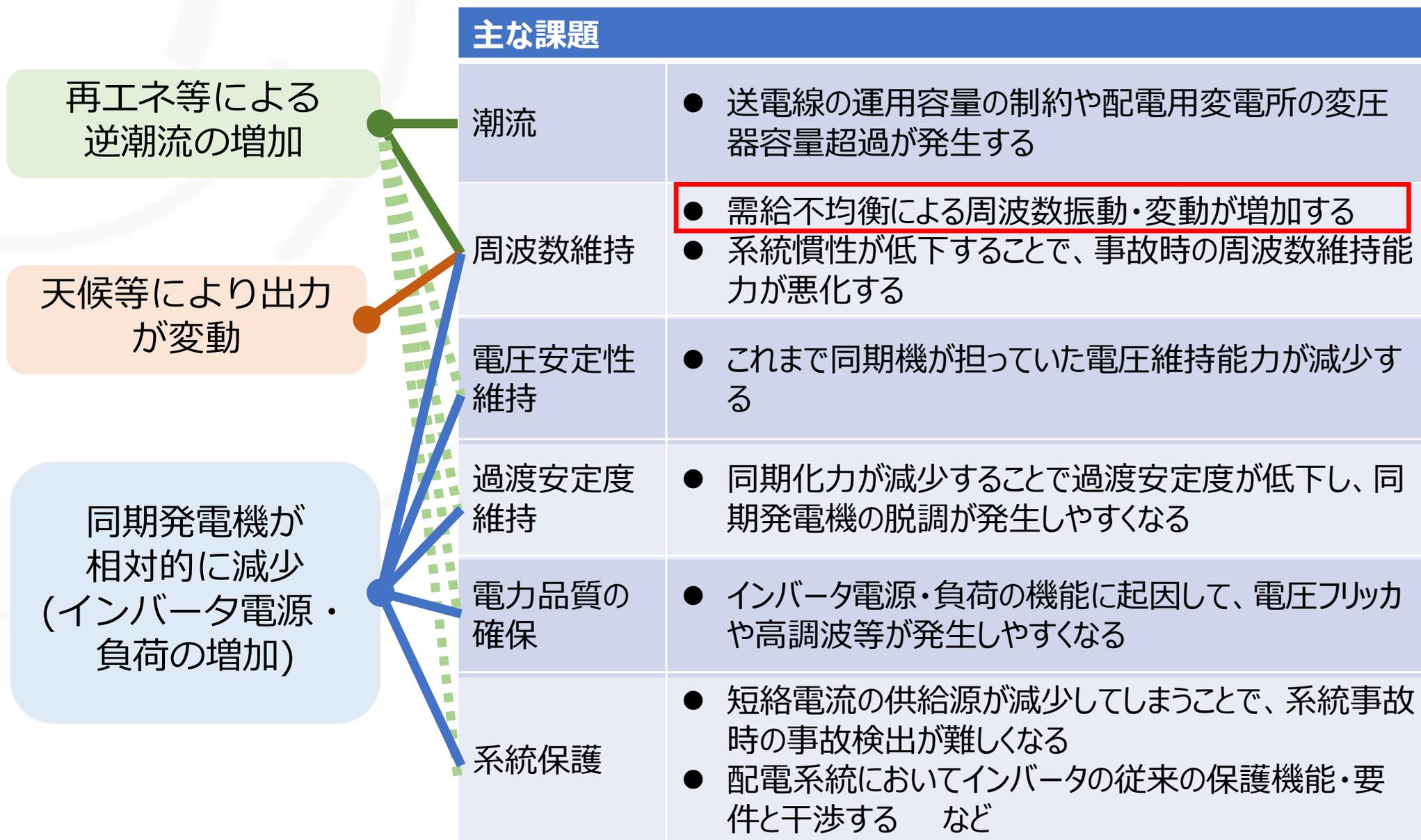
- 多数台連系対応の単独運転検出
装置の試験方法の開発
- 電圧・周波数変動に関するFRT
要件に対する試験の実施
- JET認証準備
- 系統連系規程反映準備

インバータ電源（太陽光・風力）の発電比率の拡大



出典：資源エネルギー庁総合エネルギー統計 時系列表（令和6年4月12日公表）（2010年以降データ）、電力供給計画の概要、総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会（第31回）参考1-2（2009年2月25日）（2009年以前データ）に基づきNEDO作成

再エネ等の更なる連系拡大に伴う主な課題



電力系統出力変動対応技術研究開発事業 2014年度～2018年度（5年間）

- 課題として残っていた風力発電の急激な出力変動（以下「ランプ」）に着目し、予測技術や出力の変動を抑制する出力制御技術を高度化させ（研究開発項目Ⅰ）、予測と出力制御を踏まえた需給運用の基本的な手法を確立する（研究開発項目Ⅱ）
- また、2015年の出力制御ルールの改定に伴い、発電事業者に義務付けられた遠隔出力制御システムの高度化を効果的に実現するため、よりきめ細やかな出力制御を実現する研究開発を実施（研究開発項目Ⅲ）

研究開発項目(Ⅰ)

風力発電予測・制御高度化

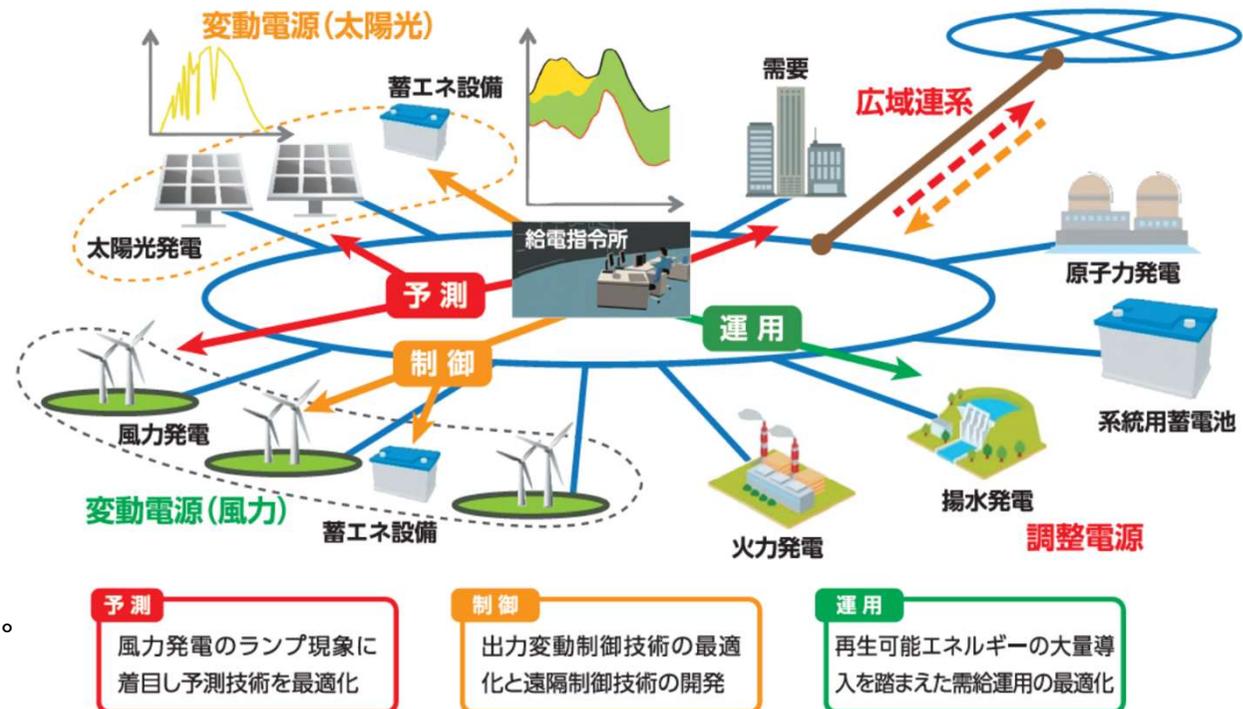
研究開発項目(Ⅱ)

予測技術系統運用
シミュレーション

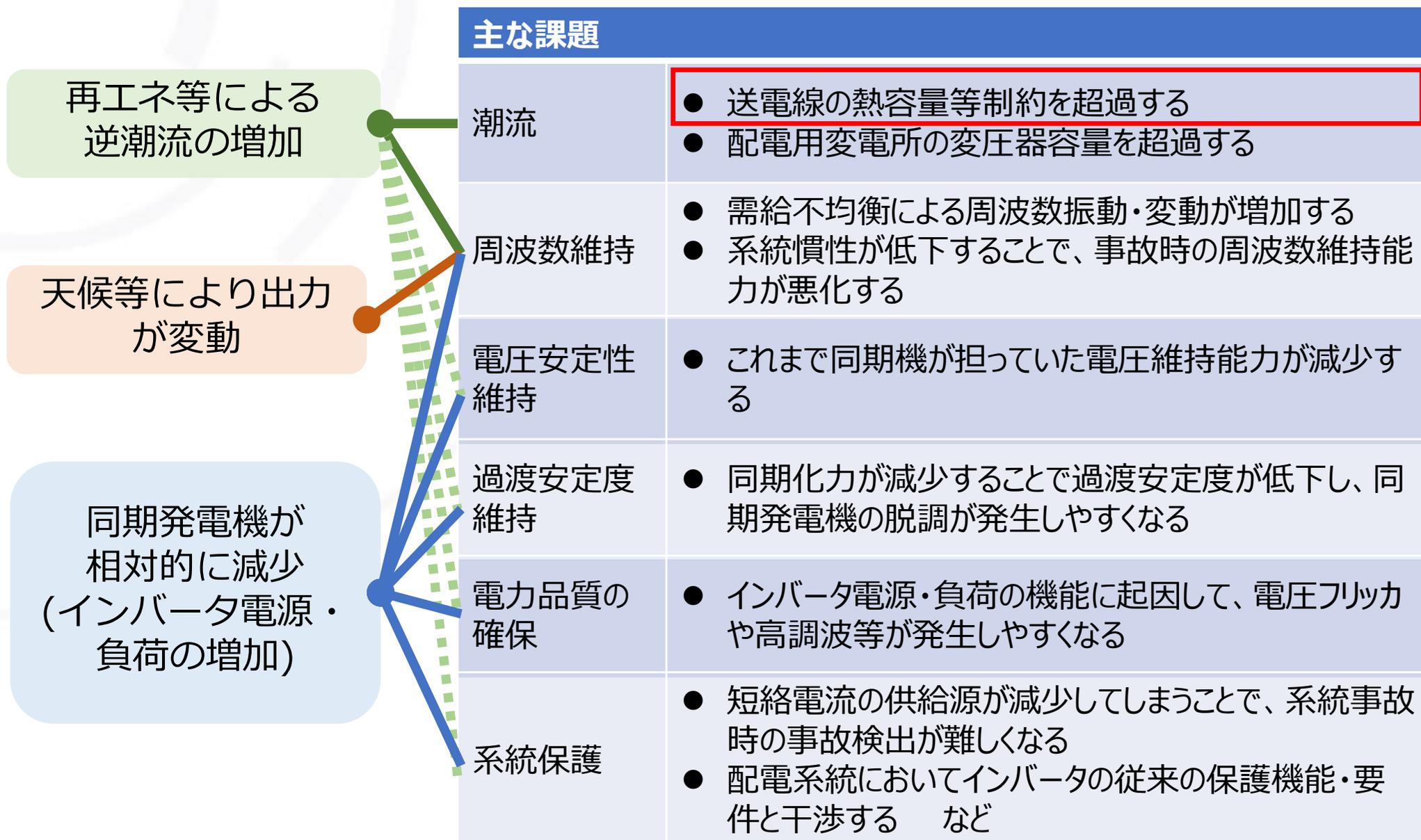
研究開発項目(Ⅲ)

再生可能エネルギー連系拡大
対策高度化

※出力制御ルールの改定を受け、順次追加。
(風力:2015年度～、太陽光:2016年度～)

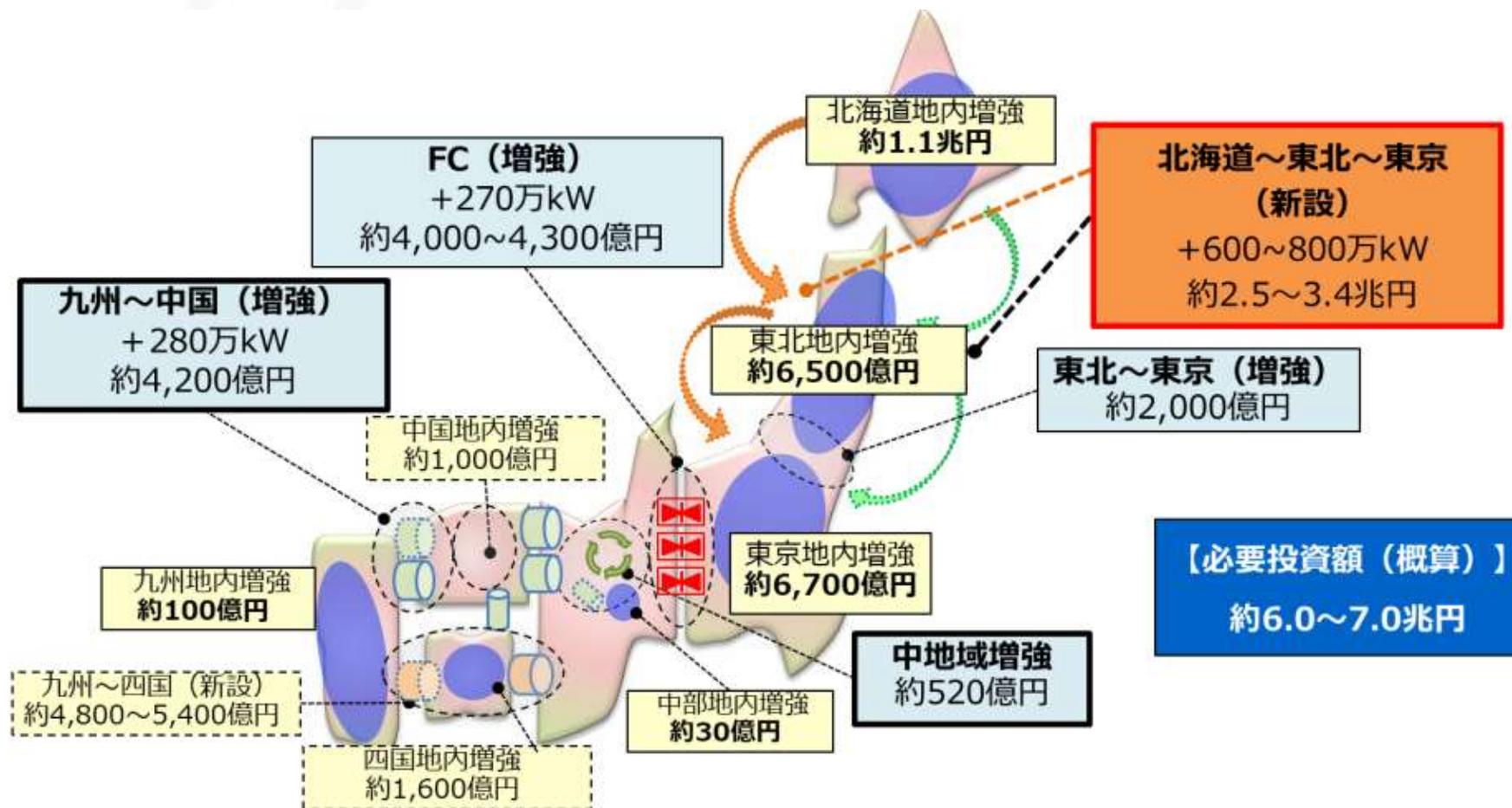


再エネ等の更なる連系拡大に伴う主な課題



容量不足への対策—系統増強

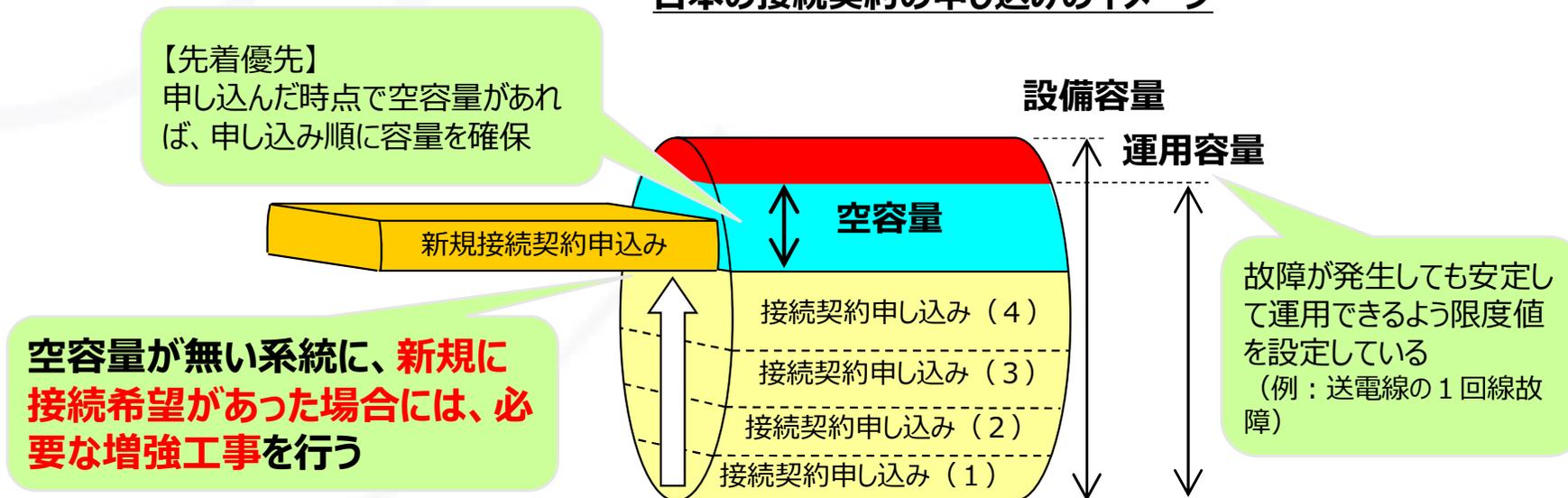
広域系統長期方針（広域連系系統のマスタープラン）の概要



出典：資源エネルギー庁 第80回 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会（2024年9月9日） 資料4

新規電源の受け入れと系統増強（従前）

日本の接続契約の申し込みのイメージ

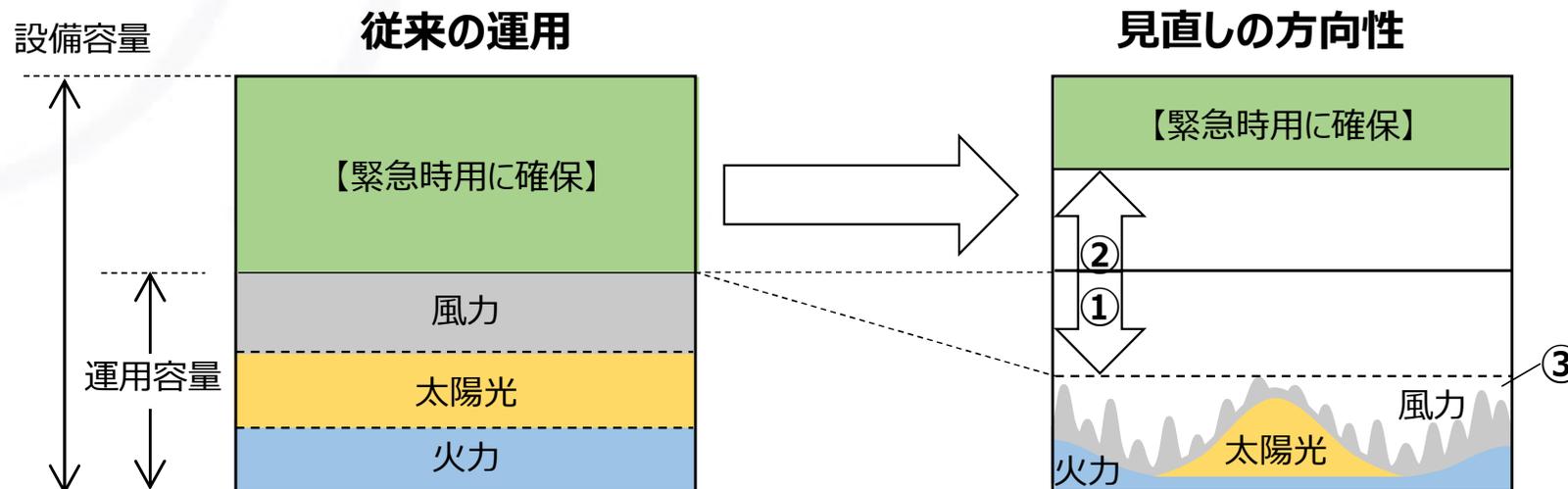


**系統の増強には多額の費用と時間が伴うものであることから、
まずは、既存系統を最大限活用していくことが重要**

出典：「再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 中間整理（2018年6月）」から抜粋

容量不足への対策

ー既存システムの最大限の活用（日本版コネクト&マネージ）



	従来の運用	見直しの方向性	
①空容量の算定	全電源フル稼働	想定潮流の合理化	実態に近い想定
②緊急時用の枠	半分程度を確保	N-1電制	事故時に瞬時遮断する装置の設置により、枠を開放
③出力制御前提の接続	通常は想定せず	ノンファーム型接続	混雑時の出力制御を前提とした、新規接続を許容

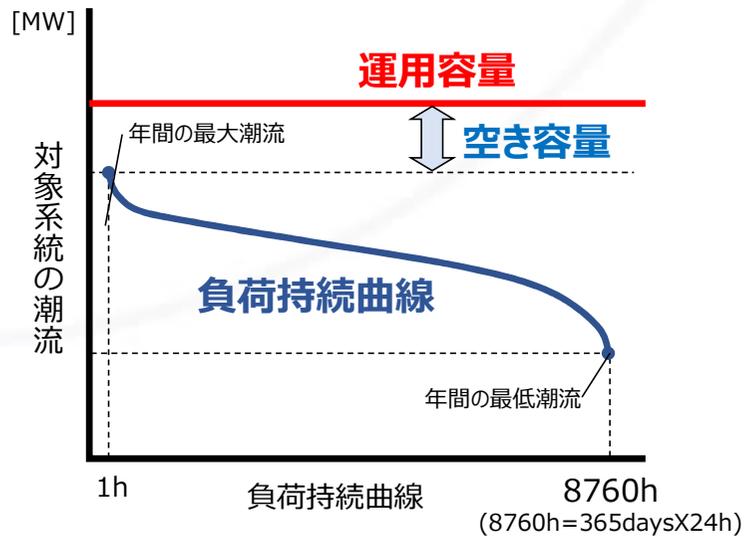
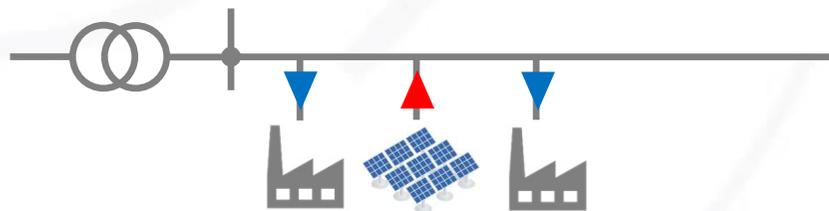
⇒ **ノンファーム型接続が残された課題。（2018年度末時点）**

出典：「再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 中間整理（2018年12月）」から作成

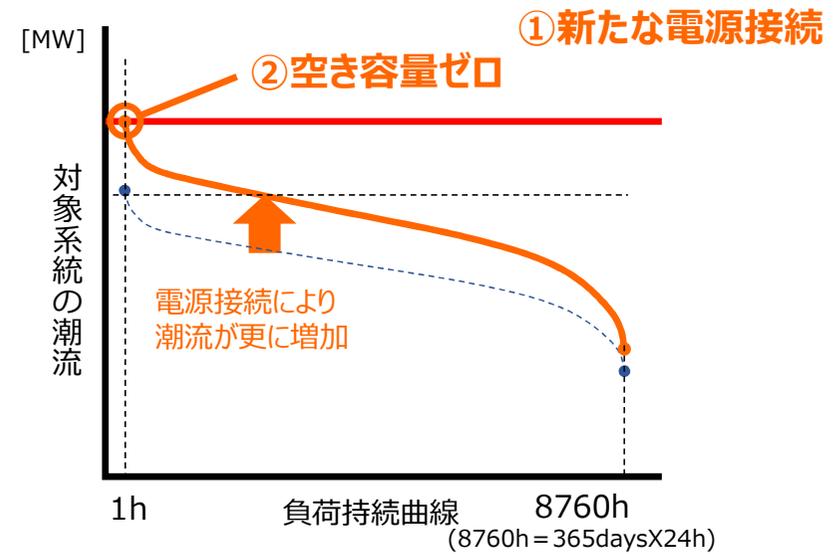
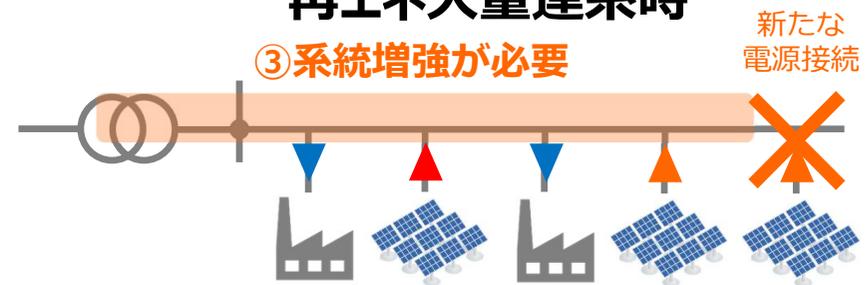
「日本版コネクト&マネージ」への取組み

従前と再エネ大量連系時の負荷持続曲線

従前

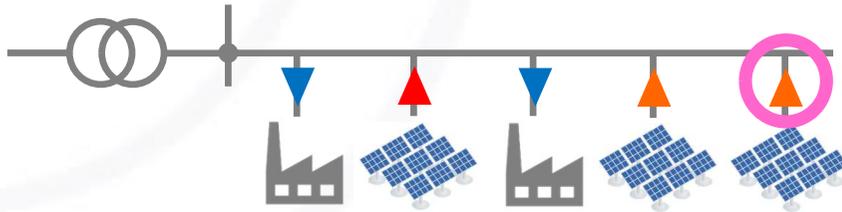


再エネ大量連系時

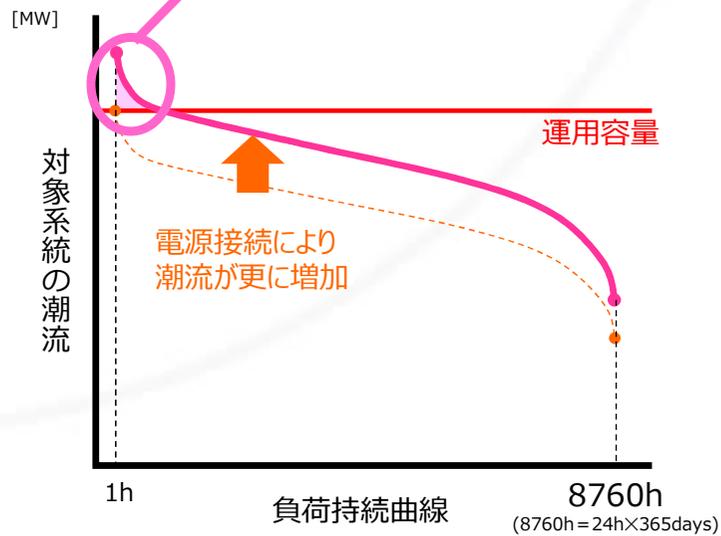


出典：東京電力パワーグリッド提供資料から作成

既存システムを最大限活用：ノンファーム型接続



運用容量を超過する場合は、発電出力制御



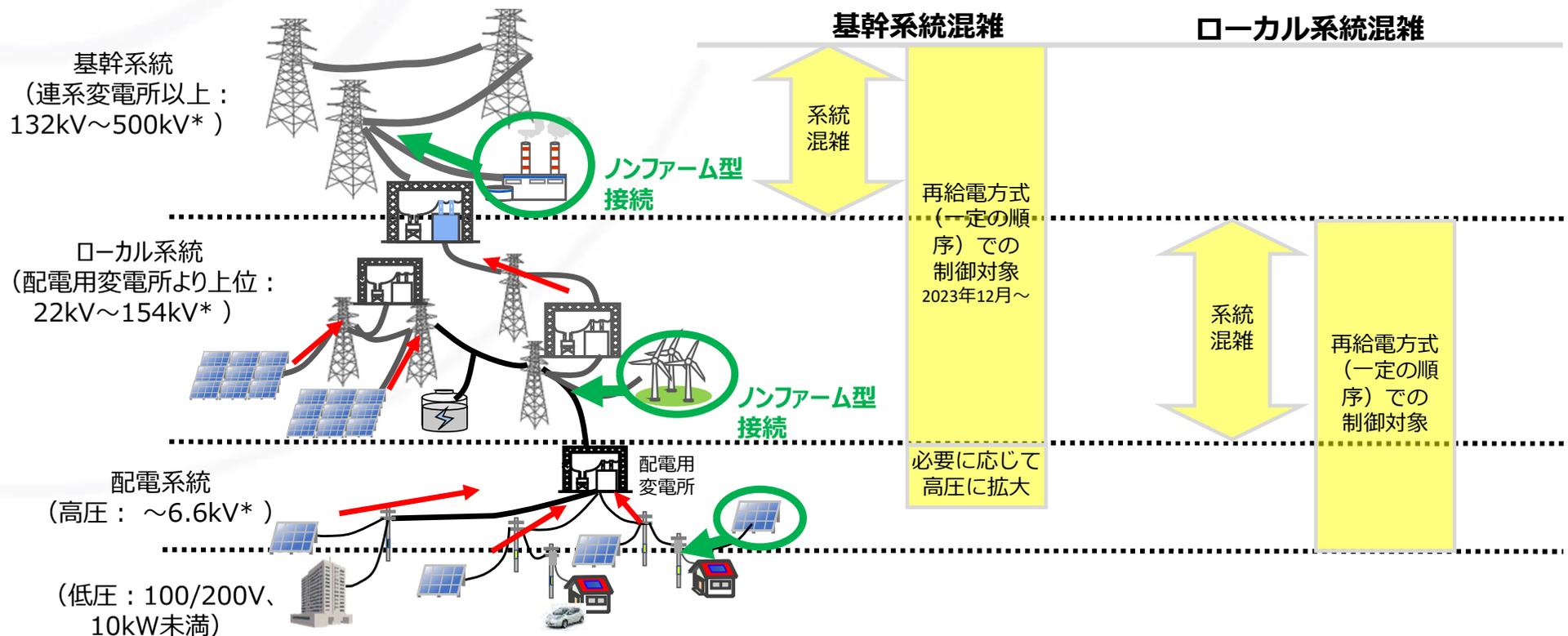
運用容量を超過する時間は、発電出力制御



出典：東京電力パワーグリッド提供資料から作成

日本のノンファーム型接続

- 日本では、空き容量の無い基幹系統を対象としたノンファーム型接続の受付を2021年1月から開始し、順次適用範囲を拡大。
- ローカル系統の混雑を対象として、2023年4月からノンファーム型接続の受付を開始。今後の混雑が見込まれる時期までに再給電方式（一定の順序）の出力制御順に基づく出力制御での混雑処理に対応。



* 電圧階級は一般送配電事業者によって異なる

** : 逆潮流

*** 混雑: 送電線の運用容量の制約により、発電事業者の運用や需要側に制約が必要となる状態

欧米には、既存の設備を条件付きで利用可能とするノンファーム型接続と類似の仕組みがある。

	日本	英国	ドイツ	米国
系統運用者	一般送配電事業者	National Grid ESO	50Hertz他	ERCOT
混雑を許容する接続方法	ノンファーム型接続	送電：増強前提で早期接続** 配電：ノンファーム型接続・フレキシブルコネクション	増強前提で早期接続**	ノンファーム型接続（ERIS）
平常時の混雑処理	再給電	送電：再給電（バランシングメカニズム） 配電：出力制御等	送電：再給電 + 再エネ出力制御*** 配電：再エネ出力制御***	LMPに基づくノード制 + 市場外の再給電（再エネ出力制御含む）
適用系統	送電（66～500kV*） *一般送配電事業者により異なる。ローカル系統（特別高圧）を含む。	送電（275～400kV） 配電（～132kV）	送電（220kV, 380kV） 配電（～110kV）	送電（69kV～）
送電系統の特徴	ループ、メッシュ（多重ループ）、放射状	メッシュ	メッシュ	放射状

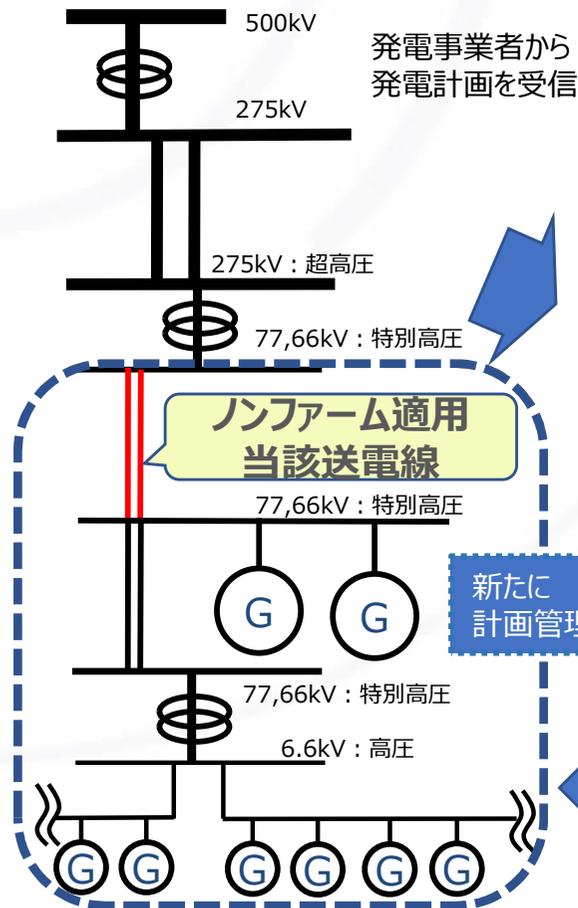
**出力制御は補償あり

***Redispatch2.0施行以降、再給電

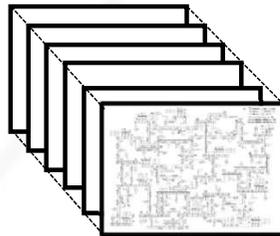
系統構成等の異なる日本に最適なシステムを構築することが重要

出典：各種資料を基にNEDO作成

システム開発の必要性



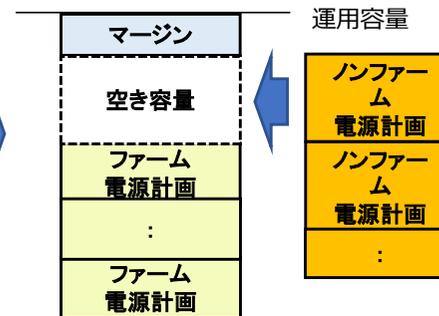
新たに当該特別高圧送電線、配電線ごとに需要、電源計画を取り込み潮流計画を策定 (48断面/ 30分毎24時間)



高圧以上連系PV
導入件数: 28,738件
導入量: 2,386万kW
(2018.12末、全国)

扱うデータ量が多い中で、**1日48断面の潮流計画を策定する合理的かつ効率的な新たなシステムの構築が必要**

混雑を発生させない適切なマージンの設定



- ローカル予測精度向上
- オンライン制御の必要性
- 新たな制御装置機能
- セキュリティの確保

当該線路の潮流計画策定1断面分 (48断面/ 30分毎24時間)

出力制御値を当該コマのゲートクローズ後 (実需給断面の1時間前) に送信

発電機ごとに個別制御

NEDOにおける 日本版コネクト&マネージを実現する制御システムの開発



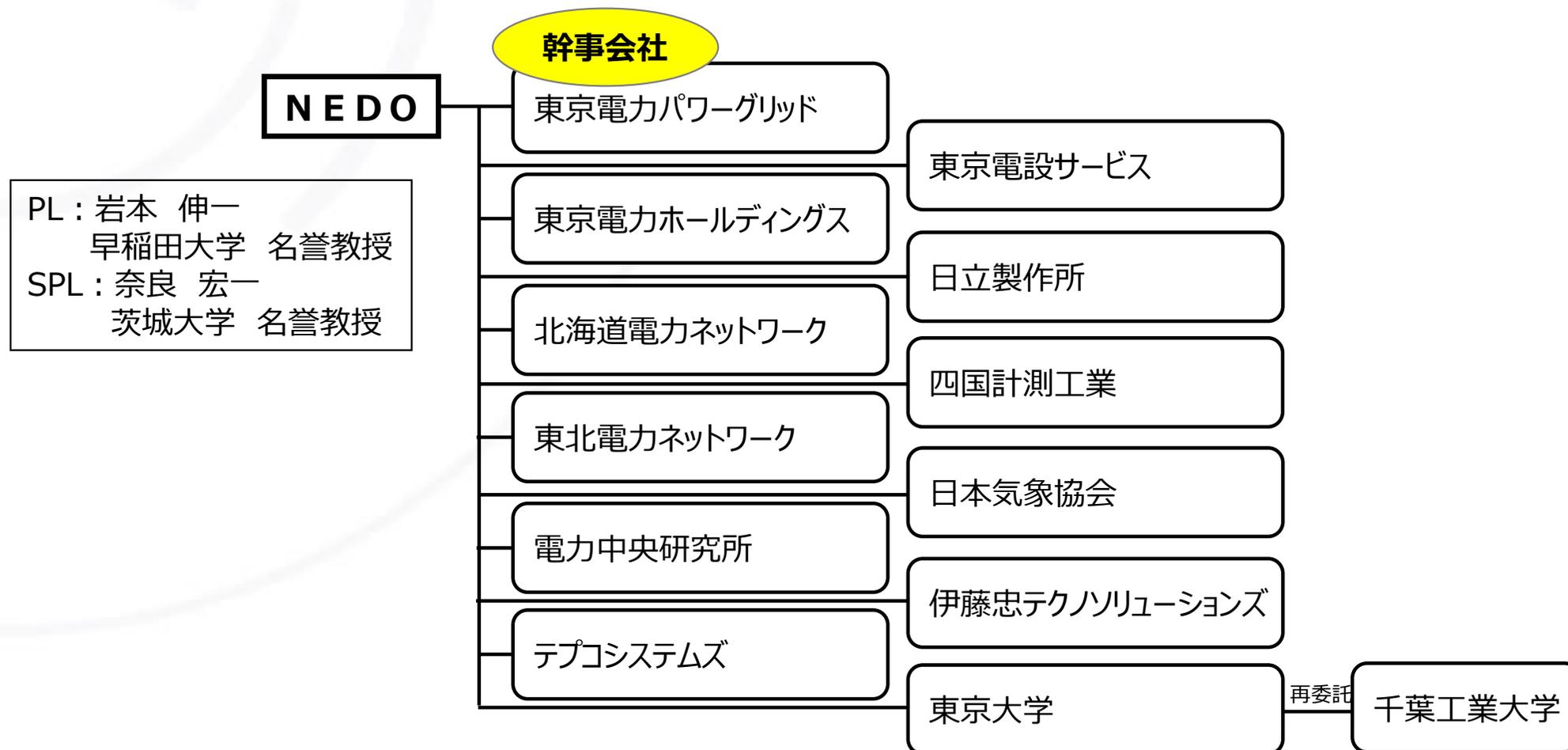
- 期間：2020-2023年度
- 予算：約80億円
- 一定の条件下でシステムへの接続を認める「ノンファーム型接続」といった日本版コネクト&マネージの仕組みを実現し、既存システムを最大限活用していくための効果的かつ合理的な制御システムの開発と実証を実施



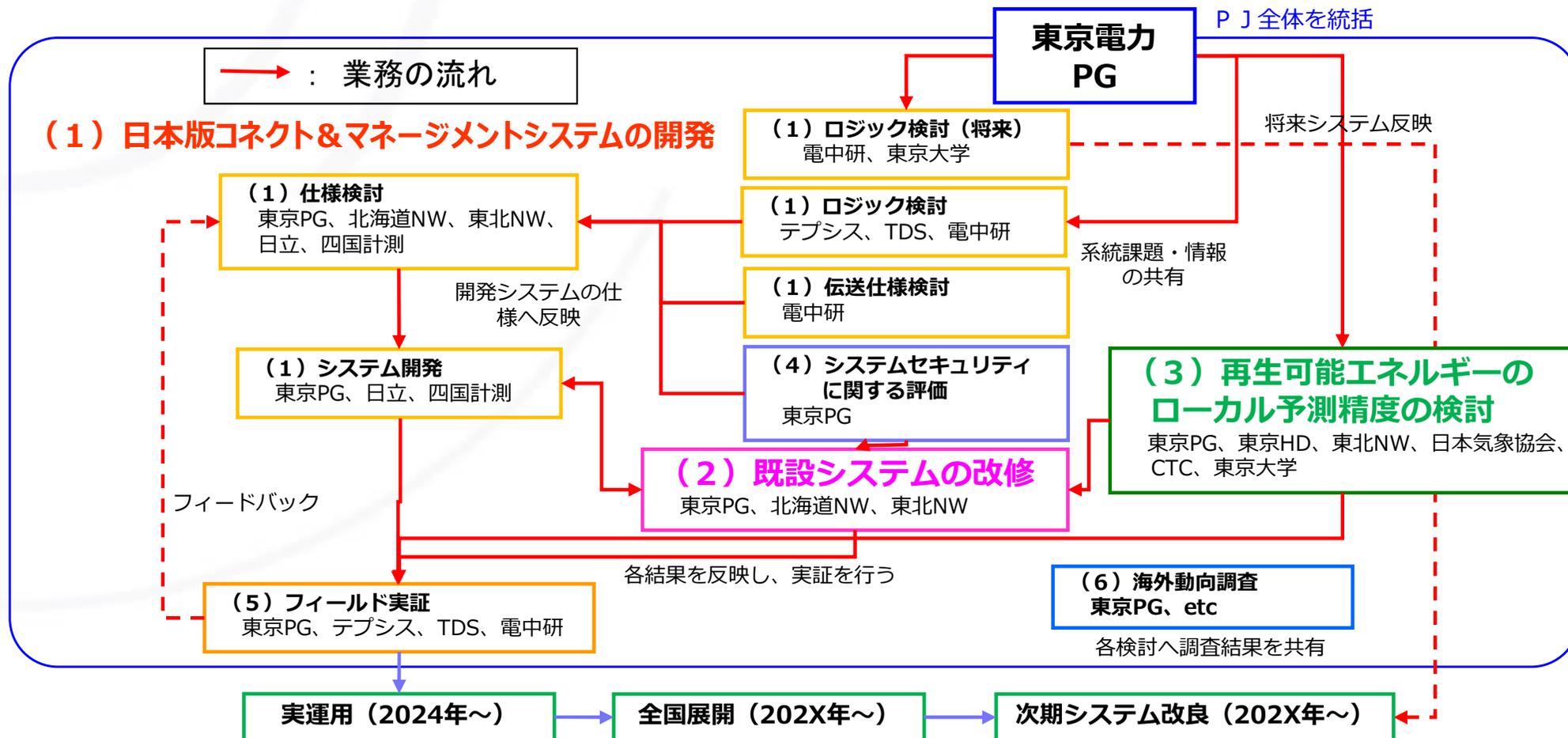
I. 日本版コネクト&マネージ実現に向けたフェーズスタディ（FS）【終了】

II. 日本版コネクト&マネージを実現する制御システムの開発【本事業】





実施項目の分担と連携



研究開発のスケジュール



研究項目		2019	2020	2021	2022	2023	
(1) 日本版コネク&マネージ実現に向けたフイージビリティスタディ		→ フイージビリティスタディ					
(2) 日本版コネク&マネージを実現する制御システムの開発	① 日本版コネク&マネージメントシステムの開発		→ ロジック検討・要件定義	→	→ システム設計・製作・総合試験	→ 試験運用・チューニング	
	② 既設システムの改修		→ 仕様検討	→	→ システム改修	→ 対向試験	
	③ 再生可能エネルギーのローカル予測精度の検討		→ 仕様検討	→	→ 手法作成・評価	→ 総合評価	
	④ システムセキュリティに関する評価		→ 机上検討	→	→ セキュリティ対策検討・構築	→ ペネトレーションテスト 追加対策実施	
	⑤ フィールド実証			→	→ 実証方法策定	→ 試験系フィールド実証 実系統フィールド実証	
	⑥ 海外動向調査		→ 机上調査	→	→ Webヒアリング 現地調査	→ Webヒアリング	
				中間評価			終了時評価

開発した日本版コネクと&マネージメントシステム



1 系統制約マネージメントシステム

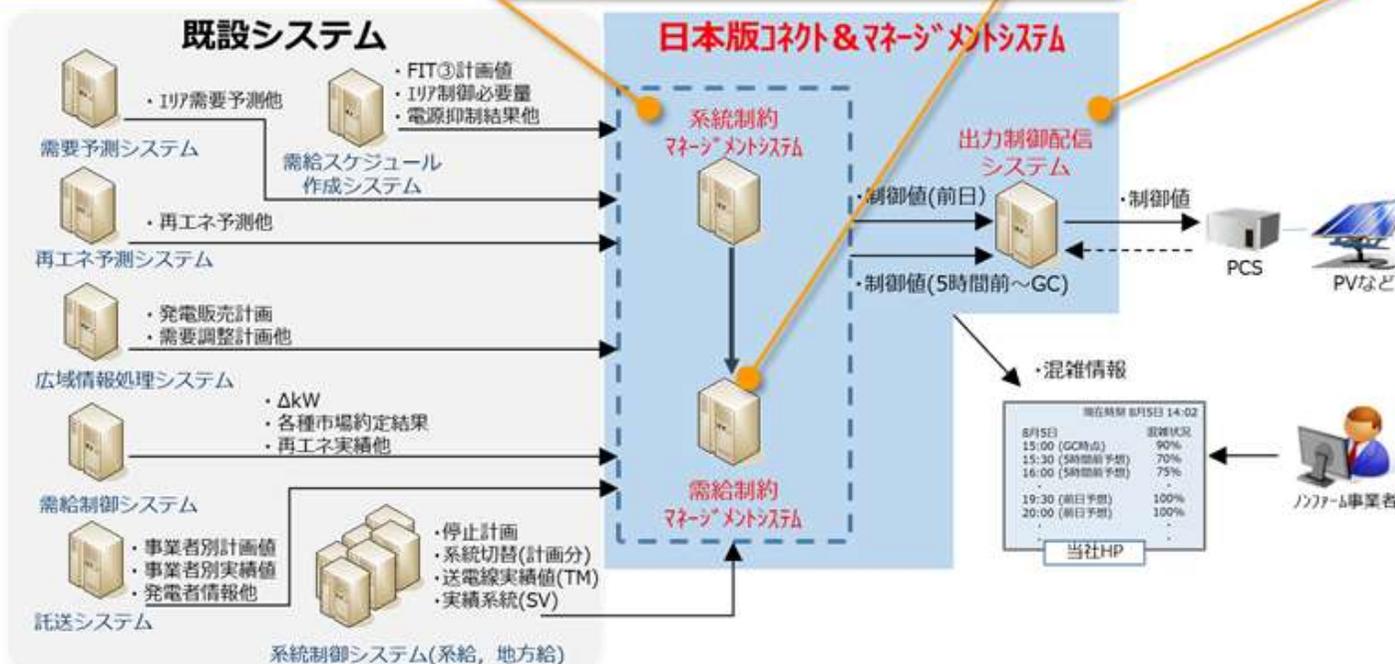
- ・潮流状態を予測・作成
- ・系統混雑箇所を特定し、必要な系統制御量を算出
- ・ノンファーム電源の系統制御量について需給制約マネージメントシステム側へ連係

2 需給制約マネージメントシステム

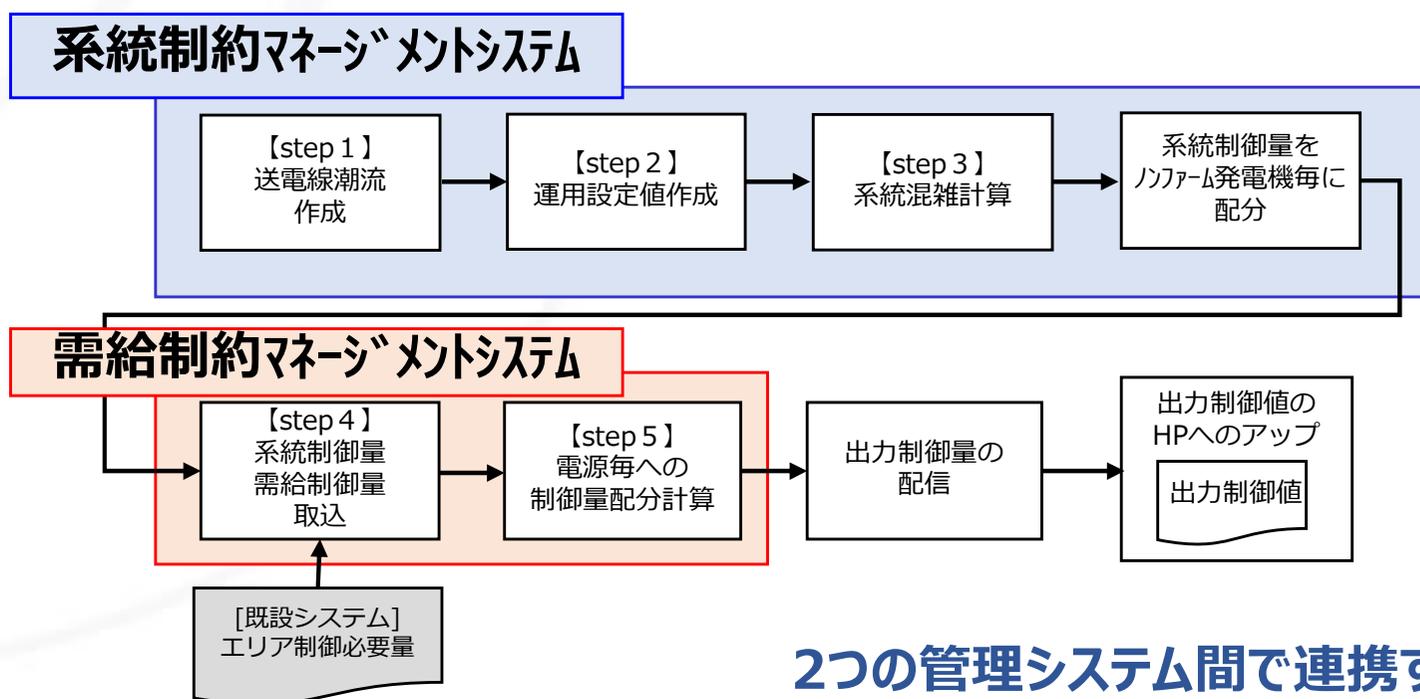
- ・調整力下げ代不足を解消する全系エリア出力制御量を決定
- ・系統制約マネージメントシステムからの系統制御量を踏まえ、ファーム電源およびノンファーム電源の制御値決定

3 出力制御配信システム

- ・ファーム電源およびノンファーム電源に出力制御値を送信
- ・インターネットや専用回線等により、オンラインでの出力制御を実施

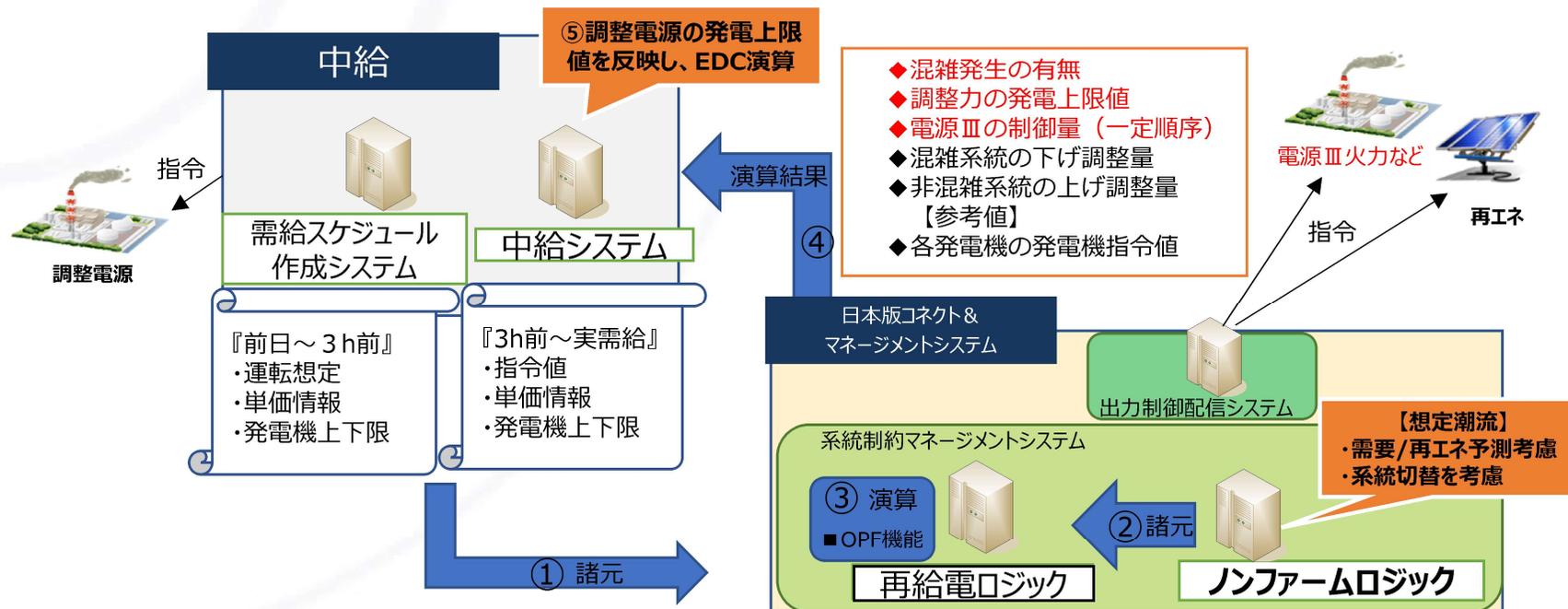


- ＜混雑予想＞
- ① 前日15~17時
 - ② 5時間前
 - ③ ゲートクローズ後



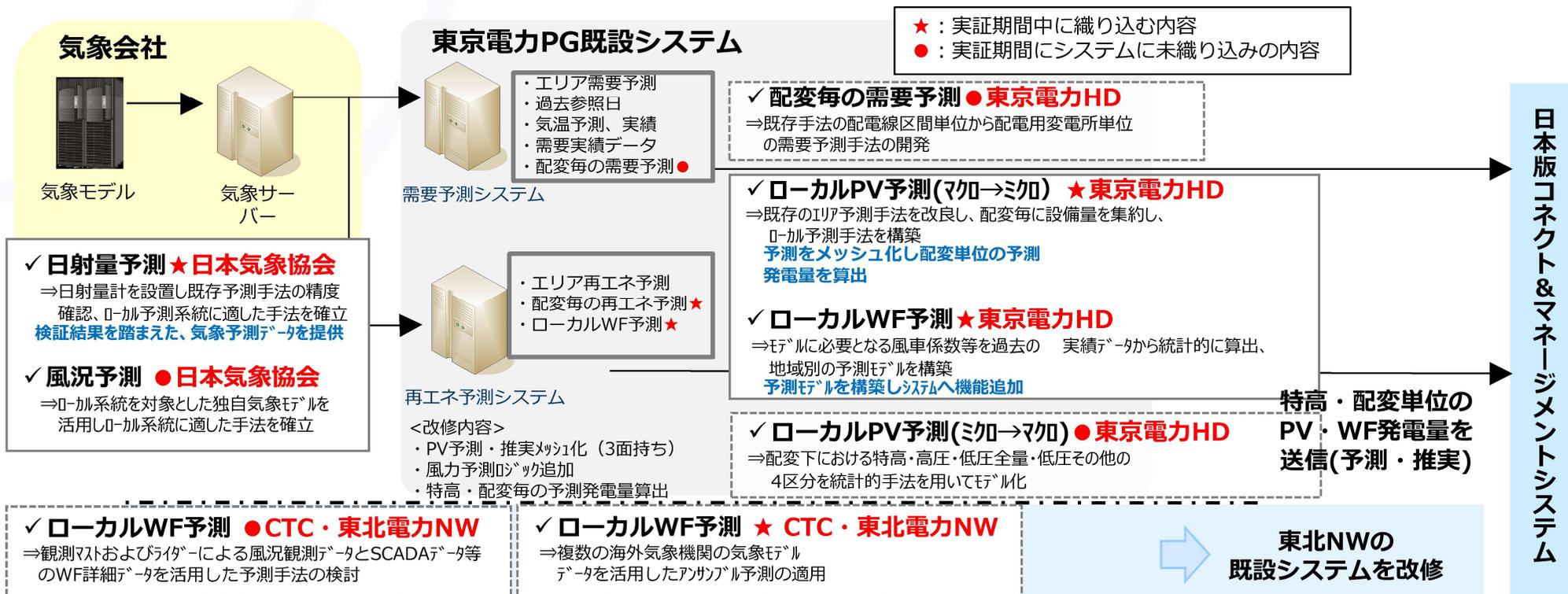
2つの管理システム間で連携することで、
系統制約と需給制約の両方を考慮した
きめ細やかな制御が可能

再給電方式への追加的な対応



**ゲートクローズ後の実需給断面において、
基幹系統、ローカル系統に接続する電源（非調整電源を含む）
の一定の順序による制御に対して適用**

ローカル予測精度の検討



将来のシステム運用下での系統制御ロジックを考慮した定量分析

- ✓ 需要運用への予測選択手法の開発 (東京大学)
⇒系統制御を含む需給運用における予測の適用性評価手法を開発し、その指標に基づく最適な予測を選択する実運用における予測選択手法を開発
- ✓ ローカル日射予測に基づくPV出力の系統制御特性の評価手法の開発 (東京大学)
⇒将来システムにおいて、合理的な系統制御実現に向けたPV応答性をモデル化し応答特性評価手法の開発

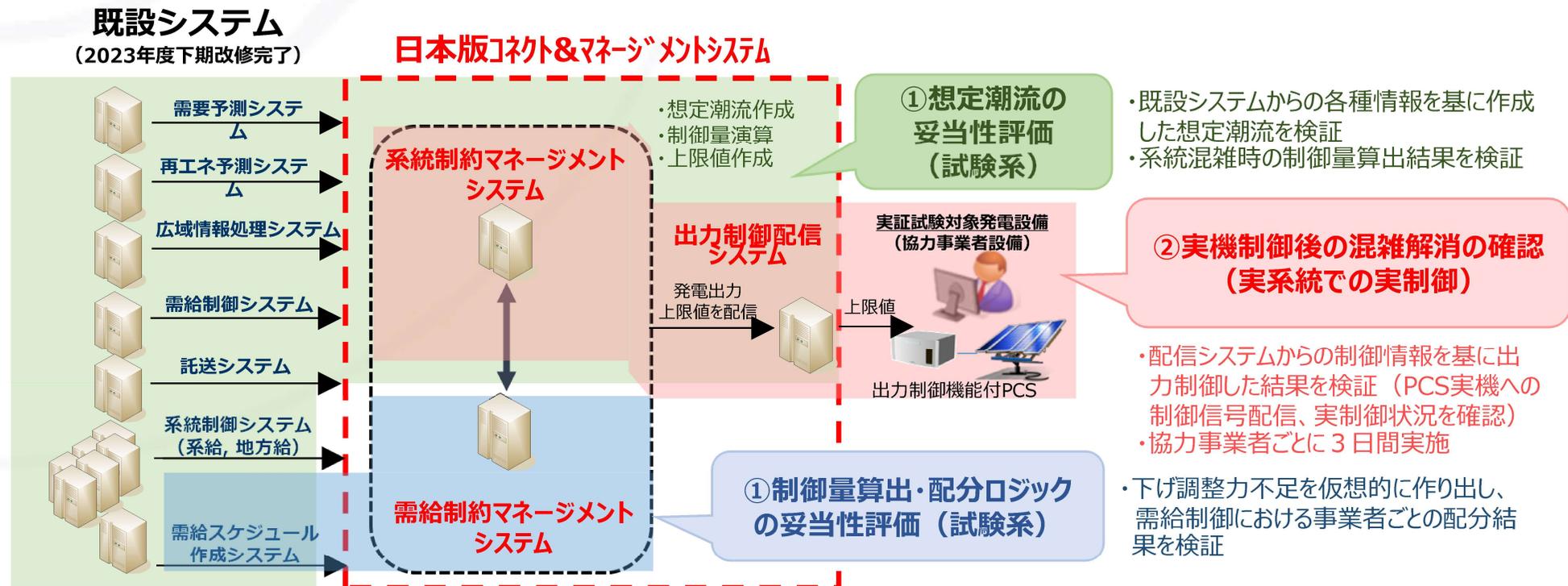
アウトプット目標の達成状況



研究開発目標（NEDO基本計画 最終目標）	成果	達成度・根拠
<ul style="list-style-type: none"> ・ノンファーム型接続システムについて、フィールド実証においてノンファーム適用システムの活用可能な空き容量に対し、ノンファーム発電事業者による発電を制度設計に基づき最大限受け入れた際にも、計画通りに出力制御（制度設計に基づき、算出した各コマ（30分毎48コマ／日）の出力制御値を、当該コマのゲートクローズ後（実需給断面の1時間前）に送信）を行い、混雑を発生することなく適正な運用が可能であることが検証されていること。 ・ノンファーム型接続システムについて、従来の電力需給バランス維持のための再生可能エネルギーの出力制御システム等と協調運用が可能であり、フィールド実証にて検証されていること ・また、システム全体のコスト最小化の観点から、システム保守業務及び潮流計画・監視業務の煩雑化を極力回避し、保守・運用者の負担が極力増加しないような合理的かつ効率的なシステムが開発されること ・フィールド実証による検証結果をもとにノンファーム型接続システムを実現するための基盤技術を確立し要求仕様を取り纏めること 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 国の審議会で新たに整理された系統制約での出力制御ルールと、送配電等業務指針に基づく需給制約での出力制御ルールに則り、OPFに基づく再給電方式（一定の順序）などを含める形でシステムの仕様を策定・実装[※]し、基本的な技術仕様を一般送配電事業者等へ共有した。 <small>※2022年の国の制度変更にはシステム開発が間に合わないことから、ローカル系統の系統制約での出力制御は、当面、ノンファーム電源のみを対象に一律制御を実施。</small> ➤ 試験系でのフィールド実証により、既設システムからの各種情報を基に作成した想定潮流と実績潮流の差異を検証し、実潮流と近い潮流想定が算出可能なことを確認。 ➤ また、系統・需給が協調し、適正な制御量の配分となること、30分コマごとの出力制御量の演算＋出力制御情報の配信が実需給開始までに実行可能であることを確認した。 ➤ 実系統でのフィールド実証において、出力制御機能付PCSを設置している発電事業者に対してC&Mシステムを通じて出力上限値を配信し、事業者が上限値以内で出力を制御できることを一気通貫試験にて確認。出力制御を可能とする機能が適切に実装されていることを確認した。 ➤ また、出力制御を実施した際の系統の潮流変化を確認し、放射状系統・ループ系統ともに机上で算出した制御効果と実制御試験の潮流変化を比較し、C&Mシステムの有効性を確認した。 ➤ 出力制御機能付PCS等の技術仕様、伝送仕様を策定・公開するとともに、フィールド実証による検証結果等を基に、C&Mシステムに係る仕様書を作成し、公開した。 	<p style="text-align: center;">◎</p> <p>当初計画にない制度変更を仕様 に反映、 フィールド実証を通じC&Mシステムの妥当性・有効性を確認</p>

フィールド実証の概要

- C&Mシステムの妥当性・有効性を検証するため、①試験系での想定潮流・制御量算出・配分ロジック検証と、②実機制御（実システムでの実制御）による潮流・制御検証を行うフィールド実証を実施。

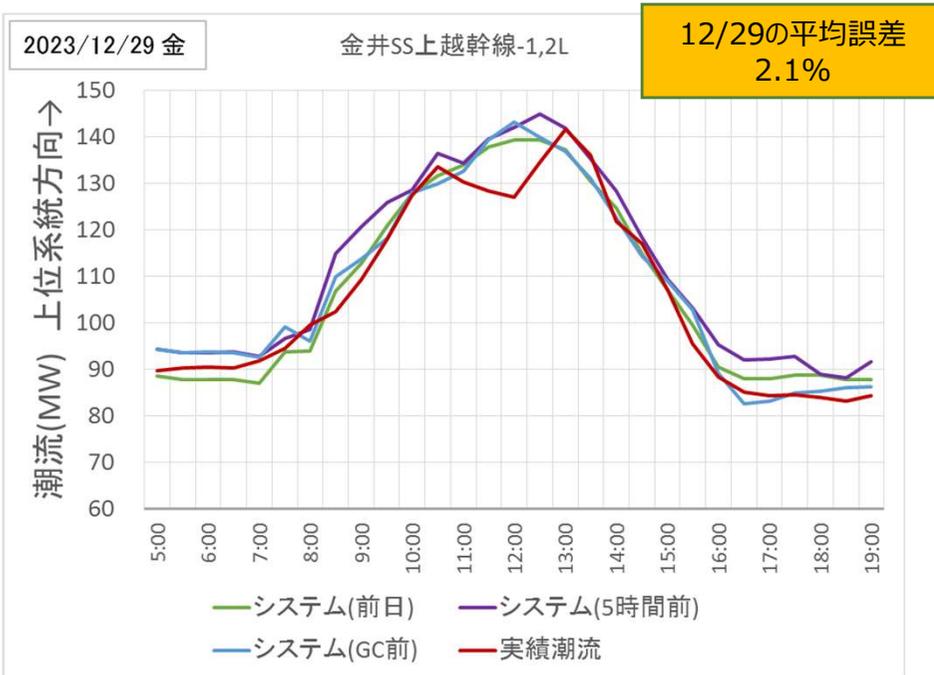


① 試験系フィールド実証の結果概要

想定潮流の 妥当性評価

既設システムからの各種情報を基に作成した想定潮流と実績潮流の差異を検証し、**実潮流と近い潮流想定が算出可能なことを確認。**

ある送電線の想定潮流と実績潮流比較

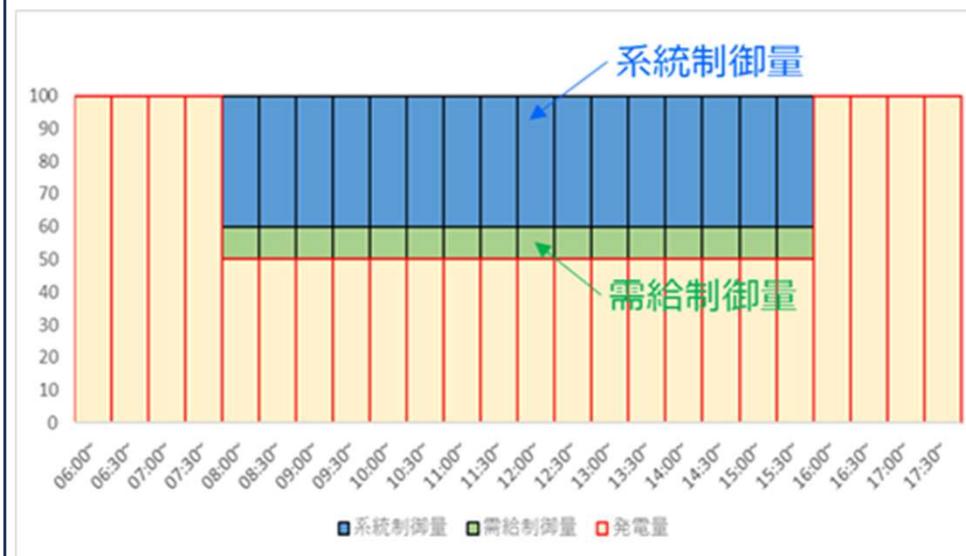


1つの送電系統の平均誤差：2～3%程度（現時点）

制御量算出・ 配分ロジックの 妥当性評価

系統・需給が協調し、適正な制御量の配分となることを確認するとともに、30分コマごとの出力制御量の演算 + **出力制御情報の配信が実需給開始までに実行可能**であることを確認。

系統制御と需給制御の協調制御の配分結果（個別発電所）



系統制約・需給下げ代不足の同時発生を模擬した場合、演算開始から配信完了までに要する時間は約55分

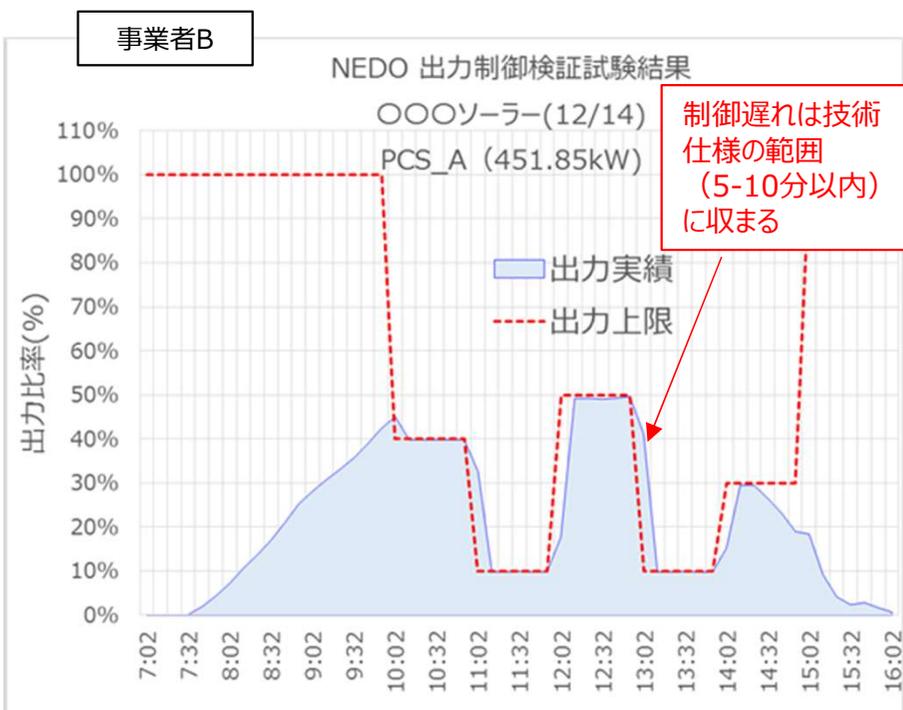
（試験系フィールド実証内での最長演算時間）

②実システムフィールド実証の結果概要

発電事業者設備の応動確認

C&Mシステムにて演算した出力上限値以内にて各発電事業者が出力制御できていることを確認し、実運用に適用できる見通しを得た。

ある事業者の出力制御試験結果（10分実績）

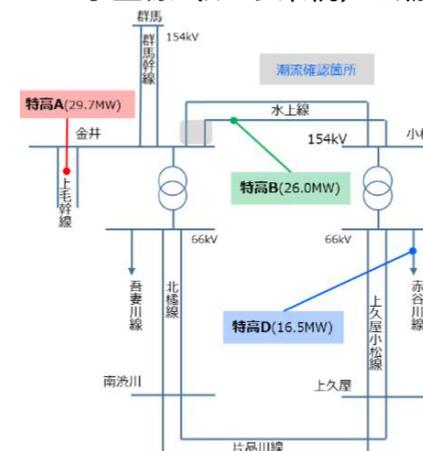


実機制御後の潮流変化の確認

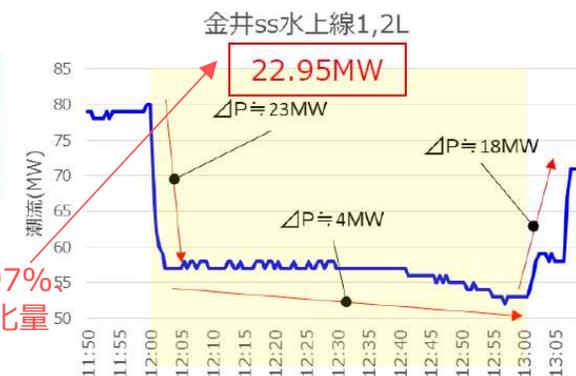
制御量が直接的に潮流変化するわけではないループ系統にて、机上での分流効果を考慮した潮流変化量と、実際の潮流変化実績を比較し、ほぼ近い結果を確認。

実制御試験の潮流変化が妥当であることを確認した。

水上線（ループ系統）の潮流変化実績（右下は12:00-13:00）



出力制御	10:00	12:00	14:00
特高B	12MW	15MW	11MW
特高D	10MW	12MW	8MW
総合	22MW	27MW	19MW



出力制御量に分流効果（特高B：97%
特高D：70%）を考慮した潮流変化量（想定）

- 特別高圧の発電事業者と送受信する必要があるデータ項目を定め、IEC 61850と整合させて、66kV以上に連系する出力制御機能付PCS等の技術仕様と伝送仕様をまとめ、2021年9月に東京電力PGのHPにて公開済み※。
- 事業の検討成果やIEC61850の仕様改定に向けた動きを踏まえ2022年11月に技術仕様・伝送仕様、水力、バイオマス、地熱を含む各電源の特性も踏まえた仕様とすることが国の審議会で議論されたことなどを踏まえ、2023年6月に技術仕様を改定。

特高伝送 技術仕様書 (本文)

1 出力制御システムの概要

出力制御機能付PCS等には、平成27年5月17日 第4回特高伝送 および平成30年10月10日第17回系統用で採択された「出力制御システム」を達成するための仕様を具備することとする。
本技術仕様書は専用回線による出力制御について整備したものである。本仕様書に記載のない事項については、当社との協議により決定する。

<出力制御システムに求められる要件>

システム構築の前提	具体的な内容 (主なもの)
・コスト制、評価等も踏まえ、種別に出力制御可能であること	・出力規模の大きい特高伝送・連系は専用回線を利用したシステムを構築する
・出力制御は系統安定化のために必要最小限のものとする	・必要最小限の出力制御を実施するため、省分制御、特別制御など必要最小限の制御の付加を行う
・再生の性能劣化等に付して、柔軟に対応できること	・再生エネルギーの出力にも柔軟に対応可能な制御方式とする
・電力安定供給のため、必要に応じて出力を調整すること	・制御データがシステム全体の稼働を実現 等

<出力制御システムの概要>

※ 平成27年5月17日 第4回特高伝送

別紙 伝送仕様書

図4 ①のタイミング (5月15日 15:00) にむける望み出力制御の通信手順

| 送電側 (出力制御機能付PCS) |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 |
| 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 |
| 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 |
| 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 |
| 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 | 15:00:00 |

図5 ①のタイミング (5月15日 15:00) およびその次の伝送におけるFSCBインスタンスの継ぎ目

その次の15:00にむける伝送手順は図6および図7に示す。15:00の時点で、停止中になっているFSCB2とFSCB4に制御権を設定した上で、開始命令を送信する。開始命令を受けると、FSCB2は使用中に遷移するが、FSCCは優先度に基づきFSCB1を継続して利用する。その後、FSCB1が停止命令を受けると停止中に遷移し、FSCCが利用するFSCBインスタンスはFSCB2に変わる。FSCB1とFSCB2が切り替わるタイミングは15:00のとときと異

※各一般送配電事業者は本仕様準じた仕様書のほか、66kV未満に連系する出力制御機能付PCS等の技術仕様も公開済み。

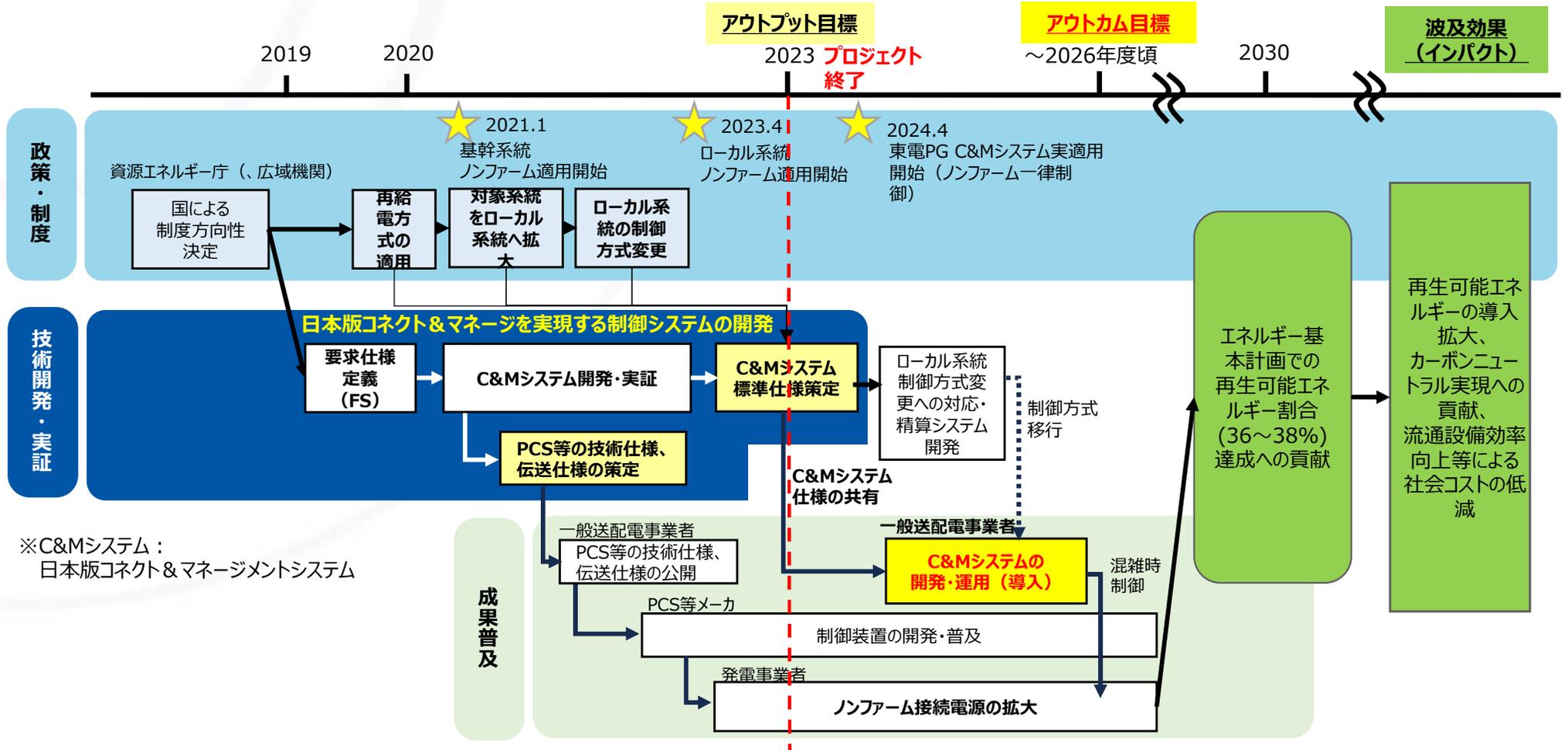
C&Mシステムの基本技術にかかわる仕様書の共有



- 本事業においてC&Mシステムに係る仕様書を作成。一般送配電事業者各社に対し、今後、各社のシステム構築を進める上で必要となる、システム全体概要および主要機能ロジックを記載した、以下9冊の仕様書を公開。

仕様書名	概要
システム基本仕様書	システム全体の概要として各機能や構成の基本的な仕様を記載（システム構成、ソフトウェア、系統制約・需給制約機能、ユーザーインターフェイス、データベース、システムセキュリティ等）
入出力情報伝送機能仕様書 入出力情報伝送画面仕様書	本体システムと既設システムが相互に情報を関係するための入出力情報伝送機能について記載
予想系統状態作成機能仕様書 予想系統状態作成画面仕様書	当日・翌日の予想系統状態作成機能についてロジックの詳細を記載
系統制約機能仕様書 系統制約画面仕様書	系統制約機能について、再給電方式やゾーン方式も含めたロジックの詳細を記載
需給制約機能仕様書 需給制約画面仕様書	需給制約機能について、既設の需給スケジュール作成システムや本体システム内の出力制御配信システムとの関係を含めた詳細を記載

アウトカム達成までの道筋

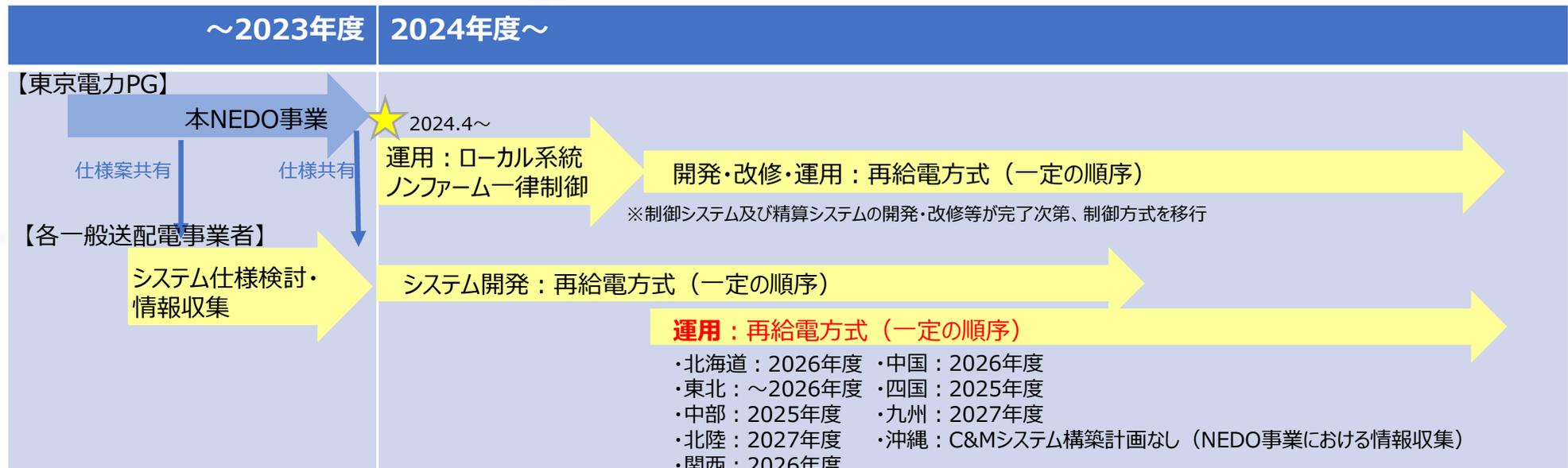


※C&Mシステム：
日本版コネク&マネジメントシステム

アウトカム目標の達成見込み（C&Mシステム）



- 本事業において東京電力PGがC&Mシステムの基本仕様を開発し、2023年度におけるフィールド実証による妥当性確認を完了し、2024年度より運用開始（ノンファーム一律制御）。その後、制御システム及び制御システム及び精算システムの開発・改修等が完了次第、制御方式を再給電方式（一定の順序）へ移行する。
- 各一般送配電事業者（当面混雑の発生が見込めない沖縄を除く）においては、本事業の状況も踏まえつつ、今後の混雑が見込まれる時期までに再給電方式（一定の順序）の出力制御順に基づく出力制御での混雑処理に対応すべく、上記仕様を踏まえた独自のシステム仕様が検討されており、2025～2027年度に運用開始予定（アウトカム目標達成見込み）となっている。



アウトカム目標の達成見込み（再エネ連系拡大）



- 2021年4月以降、ノンファーム型接続の検討・契約申込み容量は年々増加し、順次、接続開始となる。
- 現時点で系統制約による出力制御は実施されていないものの、これらノンファーム電源が系統に接続され逆潮流が増えることによって、近い将来、C&Mシステムを通じた系統混雑に起因する出力制御が想定される。



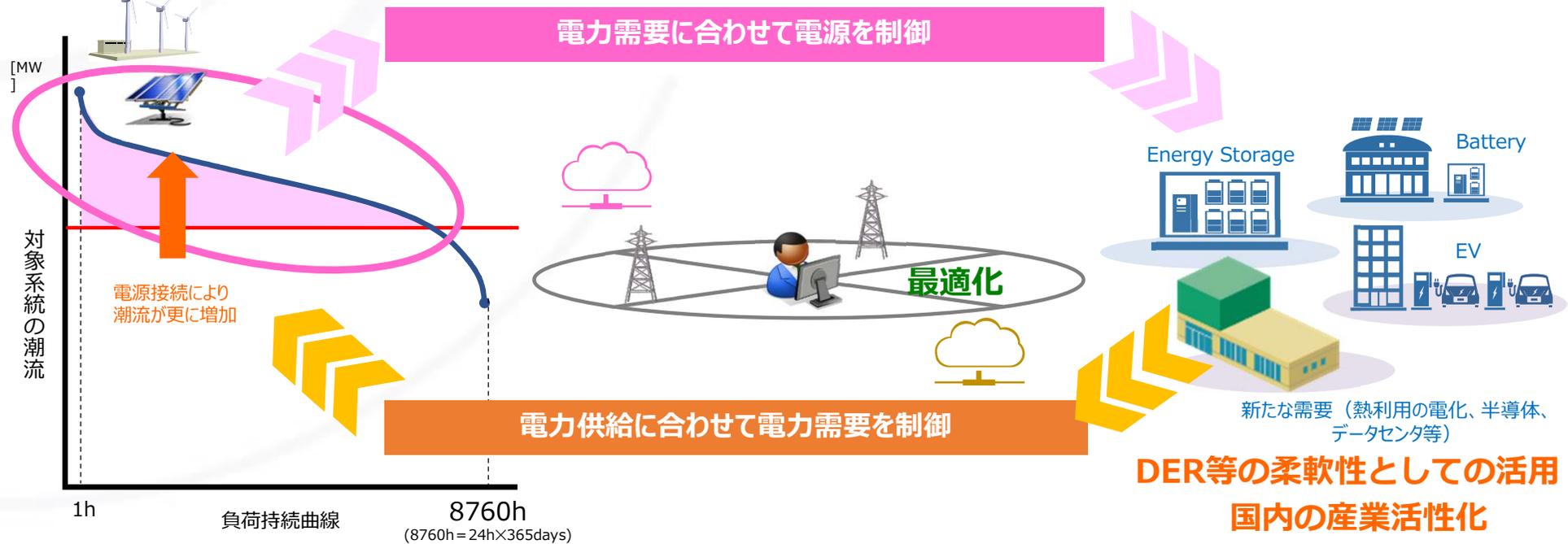
(出典) 各一般送配電事業者提出資料を元に資源エネルギー庁が作成 (2023年10月時点)

出典：第48回 系統ワーキンググループ 資料4 (2023年10月16日)

BEYOND 「日本版コネクト&マネージ」

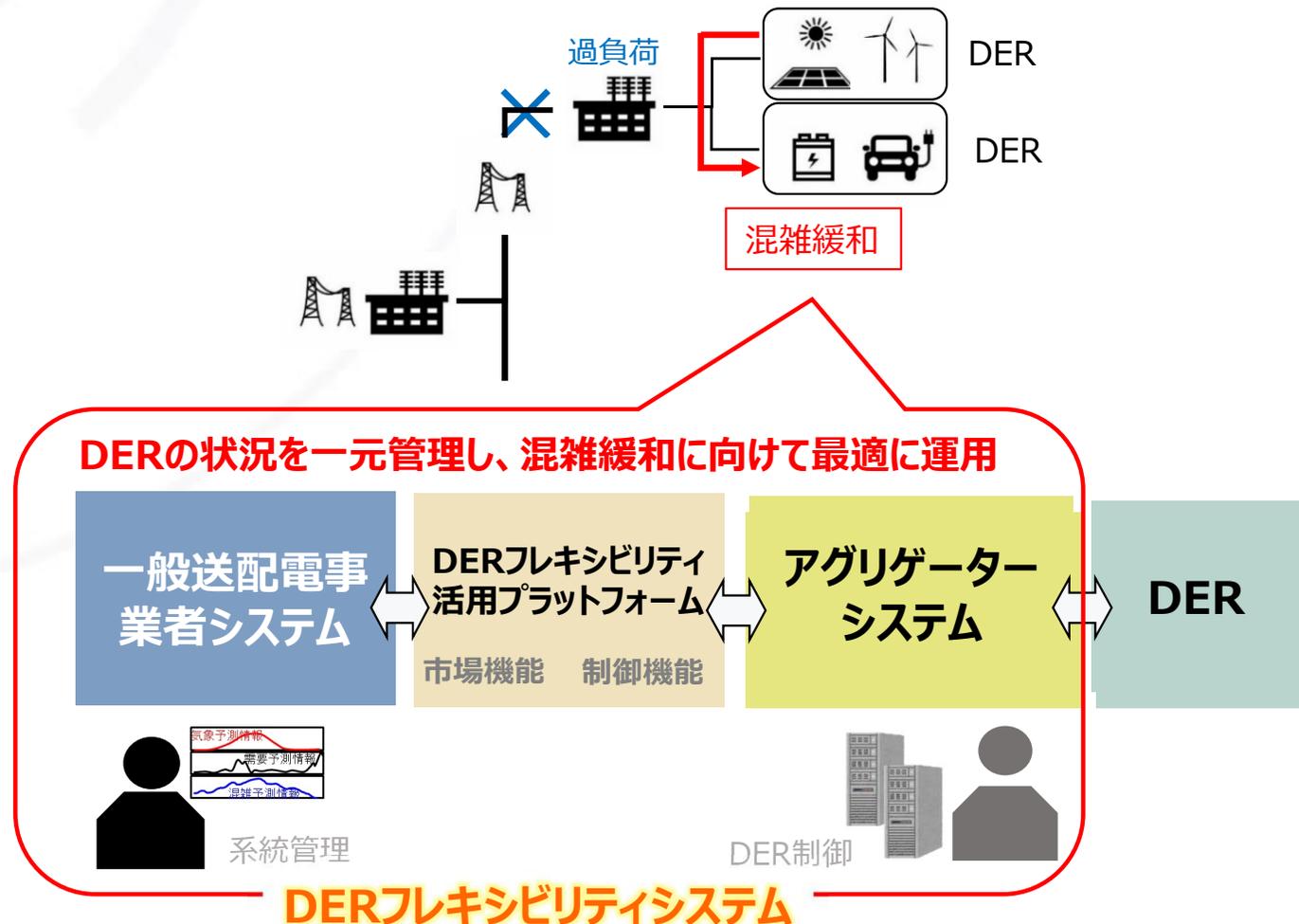
系統と需要の協調

柔軟性と再エネ利用の向上



電力システムの混雑緩和のための分散型エネルギーリソース制御技術開発 (FLEX DERプロジェクト)

- 期間：2022～2024年度
- DER稼働状況を把握し、需要をシフトするよう制御することで、再エネの出力抑制を回避しながら配電システムの混雑を緩和することを可能とする**DERフレキシビリティシステムの構築に向けた技術開発を実施**



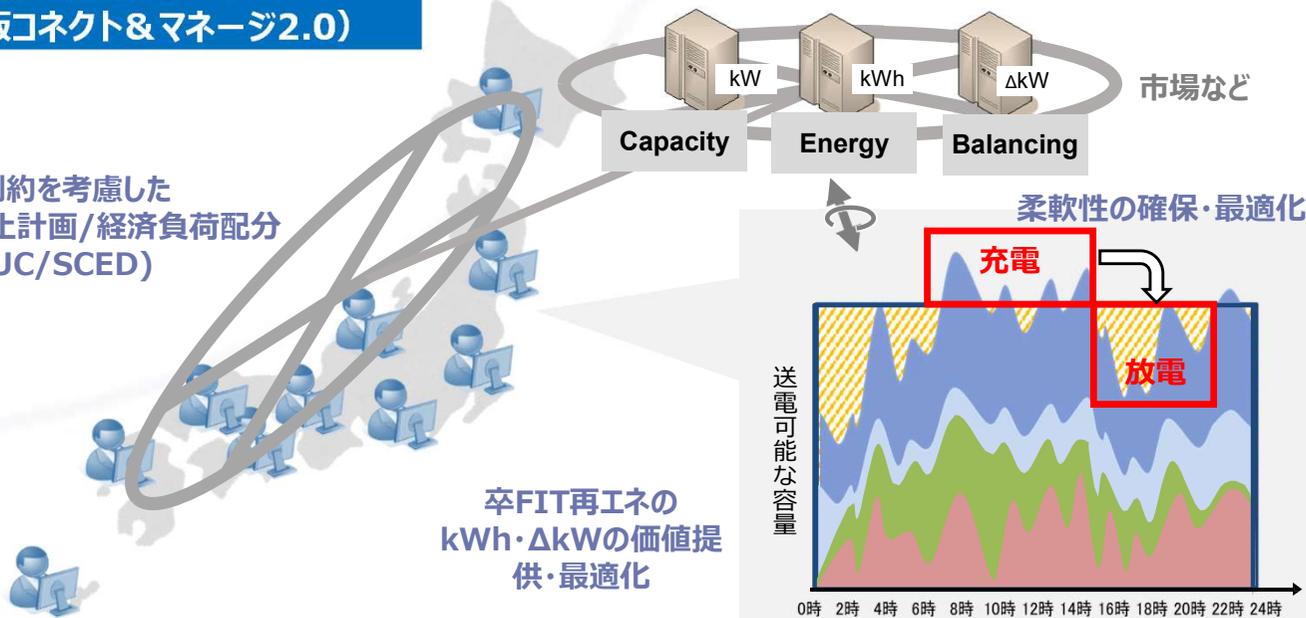
電源の統合コスト低減に向けた電力システムの柔軟性確保・最適化のための技術開発事業（日本版コネクト&マネージ2.0）



- 期間：2024～2028年度
- S+3Eの前提に立ち、統合コストを可能な限り低減し再エネの導入を促進することを目指し、電力システムの柔軟性確保・最適化のための技術開発（腰を据えたフェジビリティスタディ）

成果適用イメージ
（日本版コネクト&マネージ2.0）

各種制約を考慮した
電源の起動停止計画/経済負荷配分
（SCUC/SCED）



卒FIT再エネの
kWh・ΔkWの価値提
供・最適化

1. DER等を活用したフレキシビリティ技術開発
2. 市場主導型制御システムの技術検討
3. バイオマス発電・水力発電・地熱発電の柔軟性向上のための技術検討

イノベーションを加速し、
スピーディーに成果を社会へ



[powergrid\[@\]nedo.go.jp](mailto:powergrid@nedo.go.jp)