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事業

2024年6月26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
スマートコミュニティ・エネルギーシステム部
プロジェクトマネージャー、主任
小笠原　有香

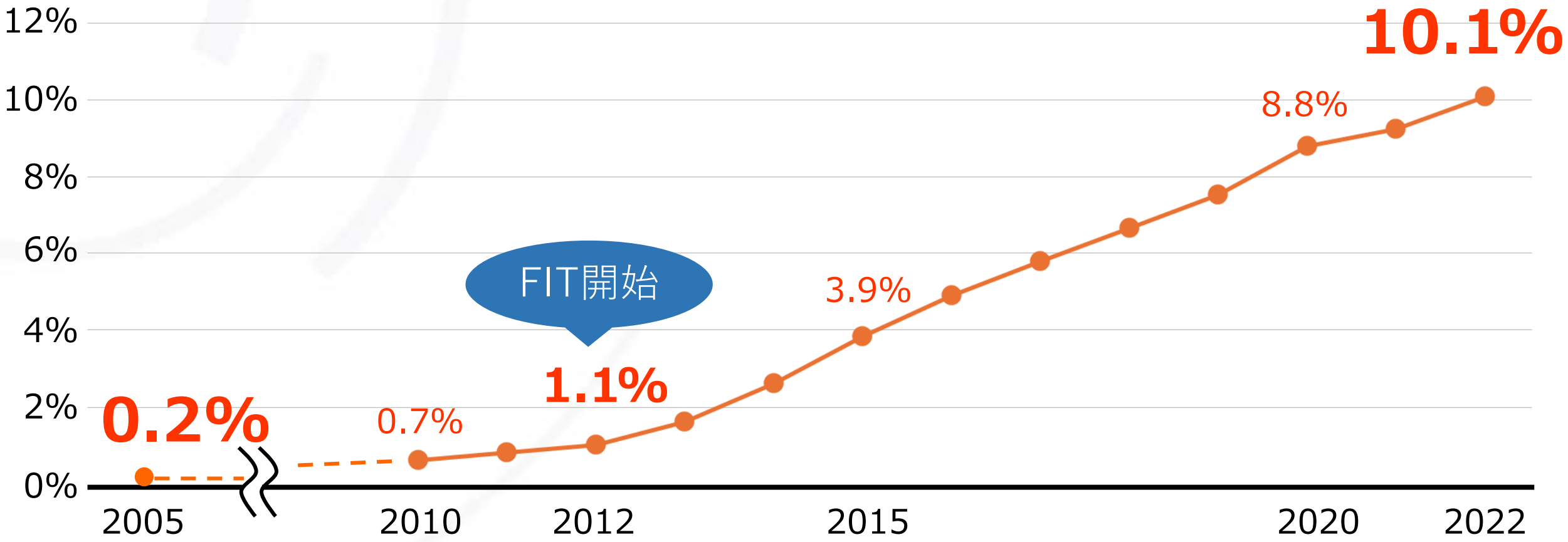
36～38

六甲アイランドにおける初の多数PV等系統連系試験（36～38年前：1986～1988年）

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

出典：NEDO 太陽光発電システム実用化技術開発「周辺技術の研究開発」（統括版）（系統連系制御技術の実証研究開発）（1991）

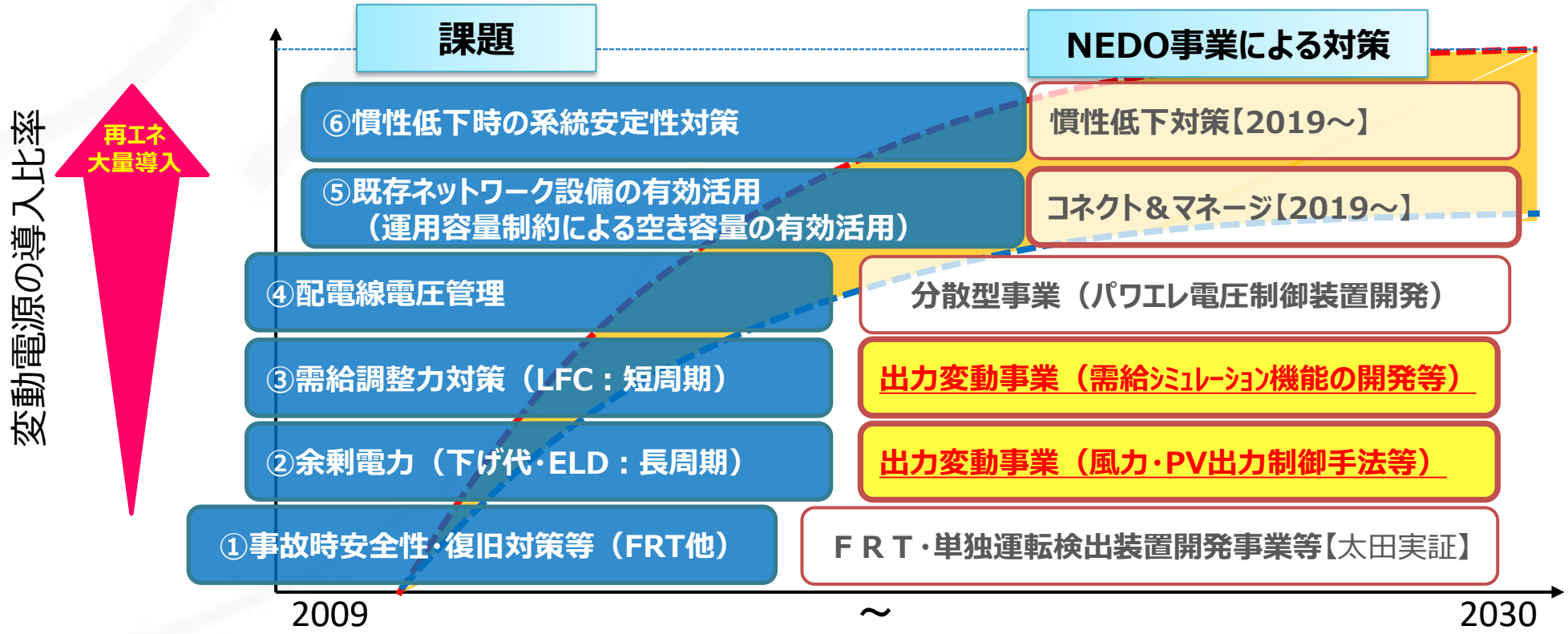
インバータ電源（PV･風力）の発電比率の拡大



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

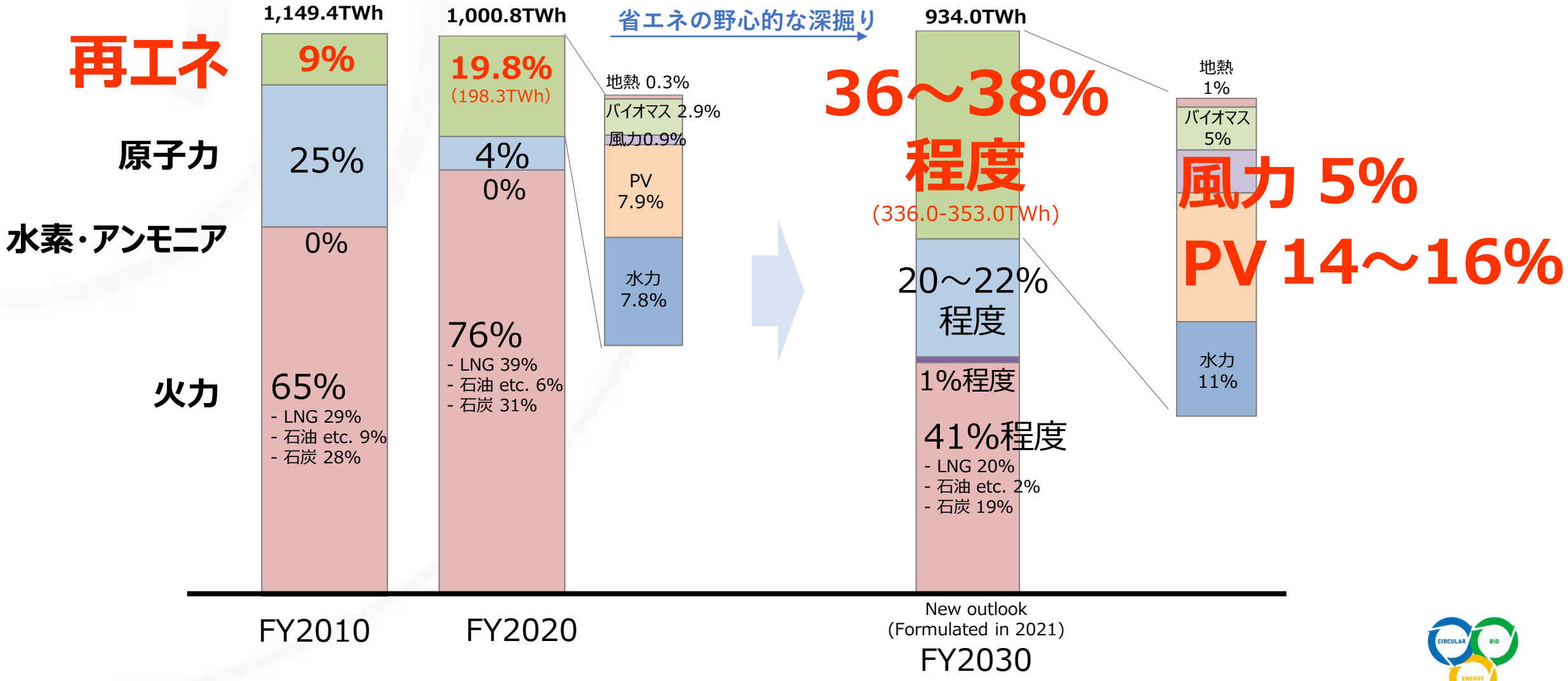
NEDO事業での系統連系課題への対応

再エネの最大限導入といったエネルギー政策の実現に向けていくつかある課題の中で、NEDO「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」（2014～2018年度）では再エネの系統連系にあたって制約が顕在化している電力需給バランス維持対策（需給調整力や余剰電力）に特化した技術開発を実施。



36～38

2030年の電源構成に占める再エネ比率

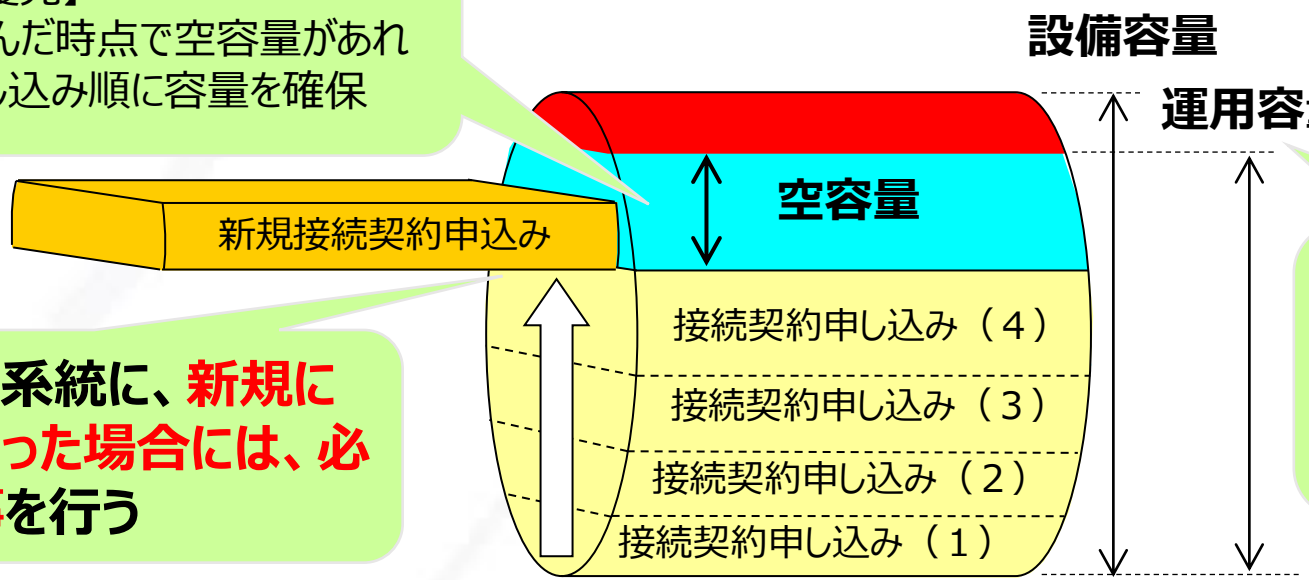


出典：第6次エネルギー基本計画（令和3年10月）

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

【先着優先】
申し込んだ時点で空容量があれば、申し込み順に容量を確保



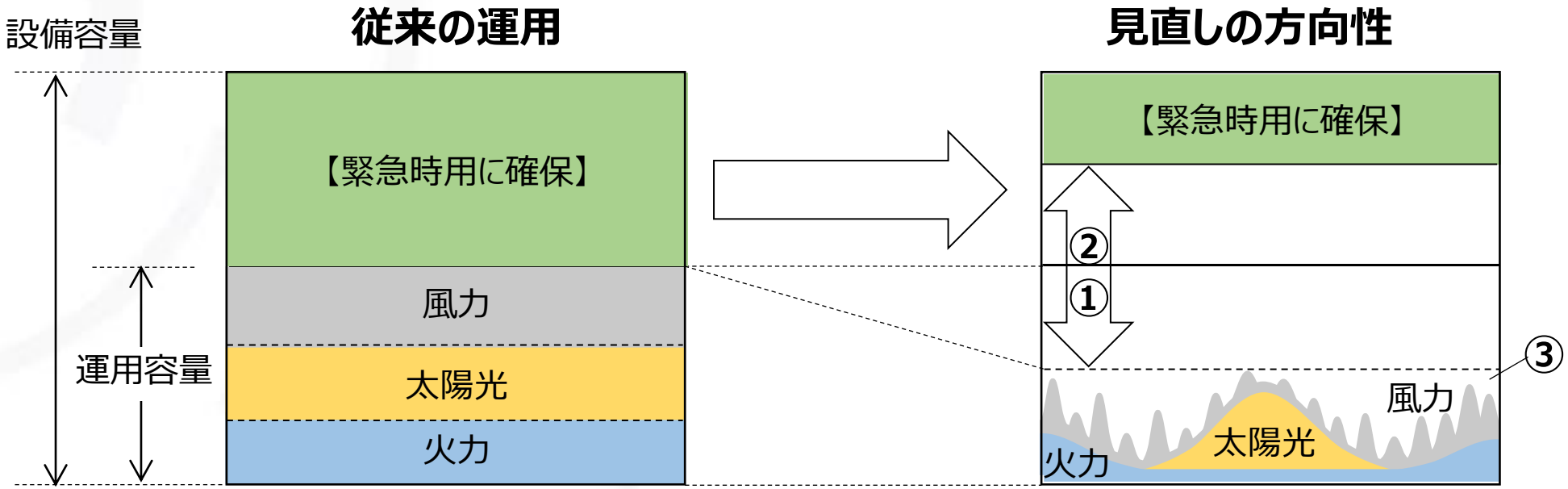
故障が発生しても安定して運用できるよう限度値を設定している
（例：送電線の１回線故障）

空容量が無い系統に、新規接続希望があった場合には、必要な増強工事を行う

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

既存系統の最大限の活用（日本版コネクト&マネージ）



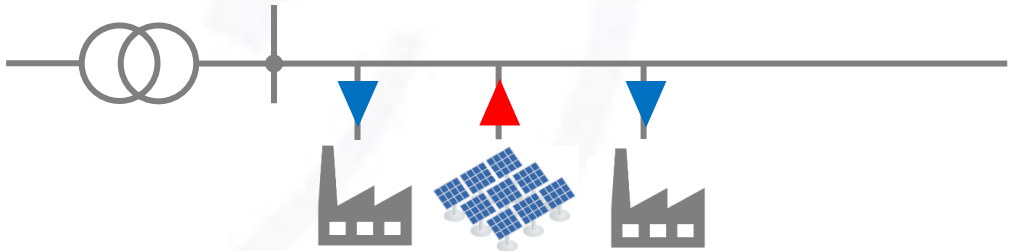
	従来の運用	見直しの方向性	
①空容量の算定	全電源フル稼働	**想定潮流の合理化**	実態に近い想定
②緊急時用の枠	半分程度を確保	**N-1電制**	事故時に瞬時遮断する装置の設置により、枠を開放
③出力制御前提の接続	通常は想定せず	**ノンファーム型接続**	混雑時の出力制御を前提とした、新規接続を許容

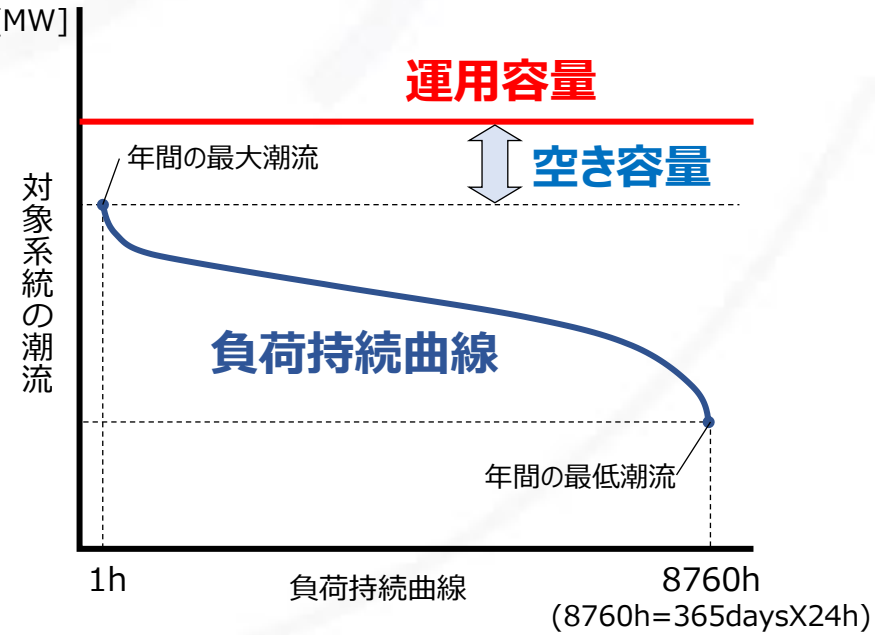
⇒**ノンファーム型接続が残された課題。（2018年度末時点）**

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

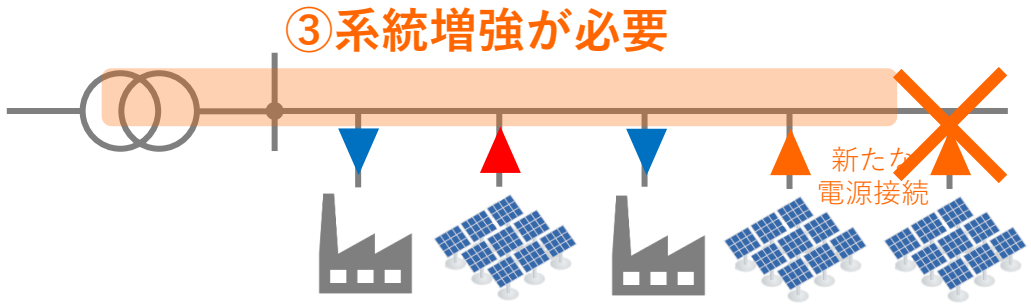
従前と再エネ大量連系時の負荷持続曲線

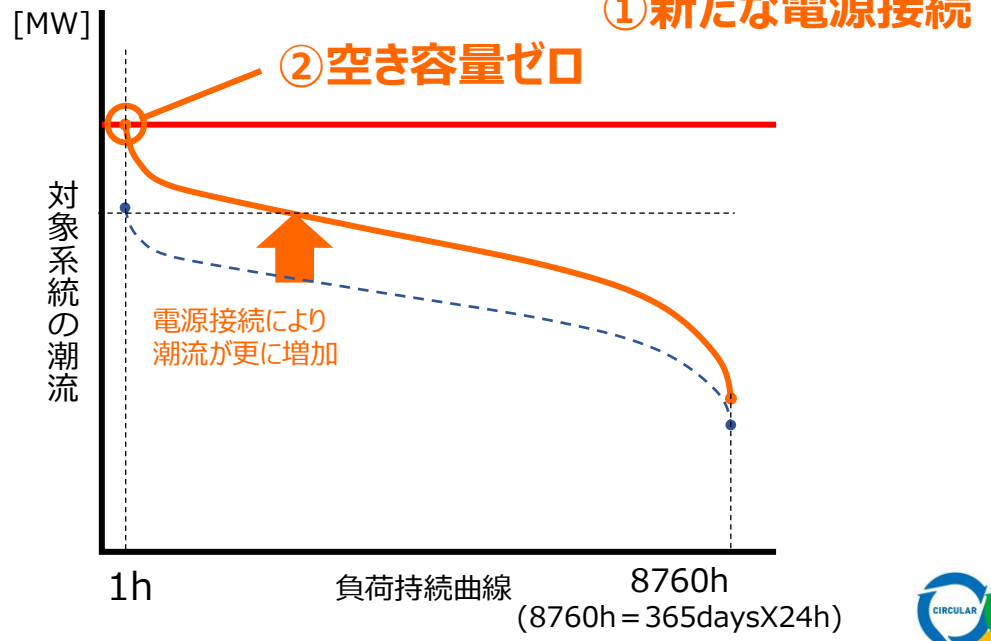
従前





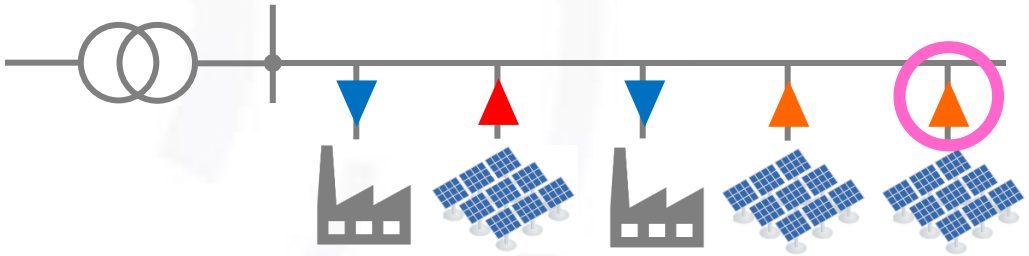
再エネ大量連系時



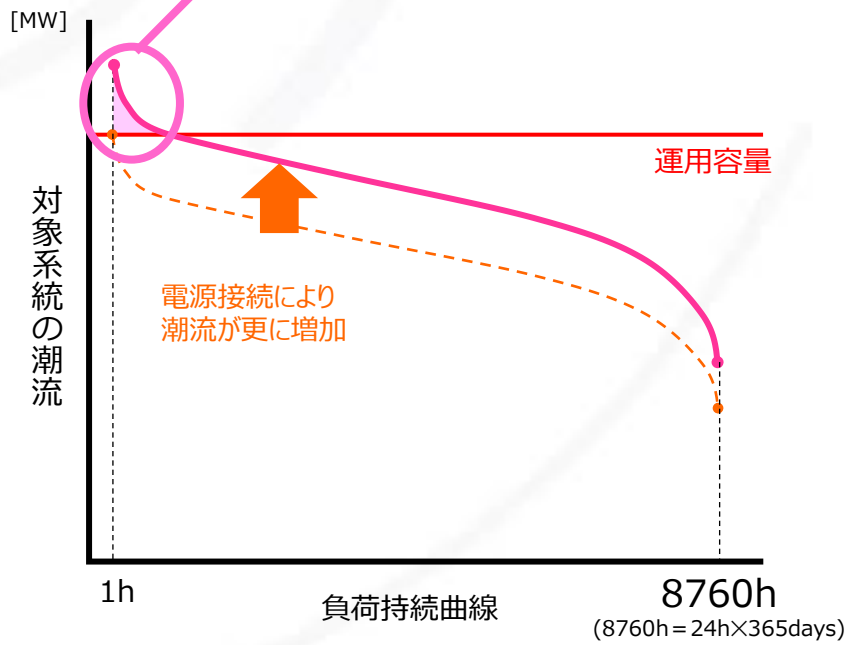


出典：東京電力パワーグリッド提供資料から作成

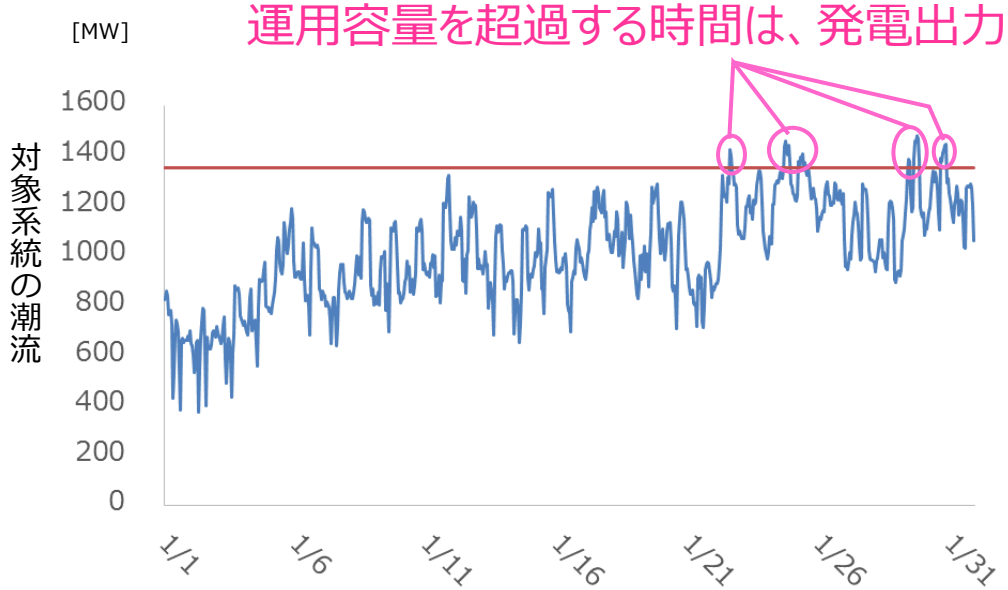
既存系統を最大限活用：ノンファーム型接続



運用容量を超過する場合は、発電出力制御



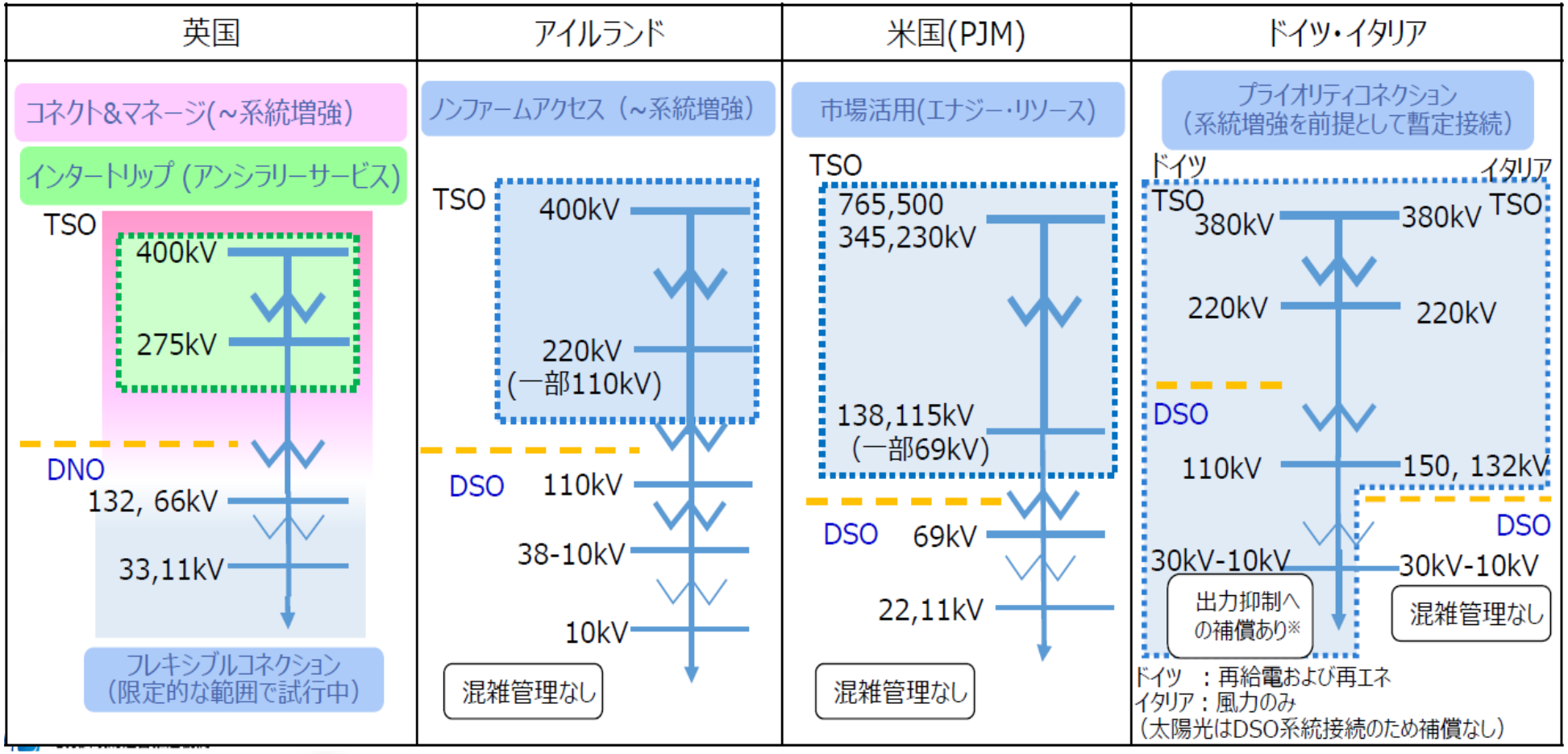
運用容量を超過する時間は、発電出力制御



１月の計画潮流（イメージ）

出典：東京電力パワーグリッド提供資料から作成

諸外国における類似制度



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：第11回 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会／電力・ガス事業分科会 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　資料２

“日本版”のノンファーム型接続

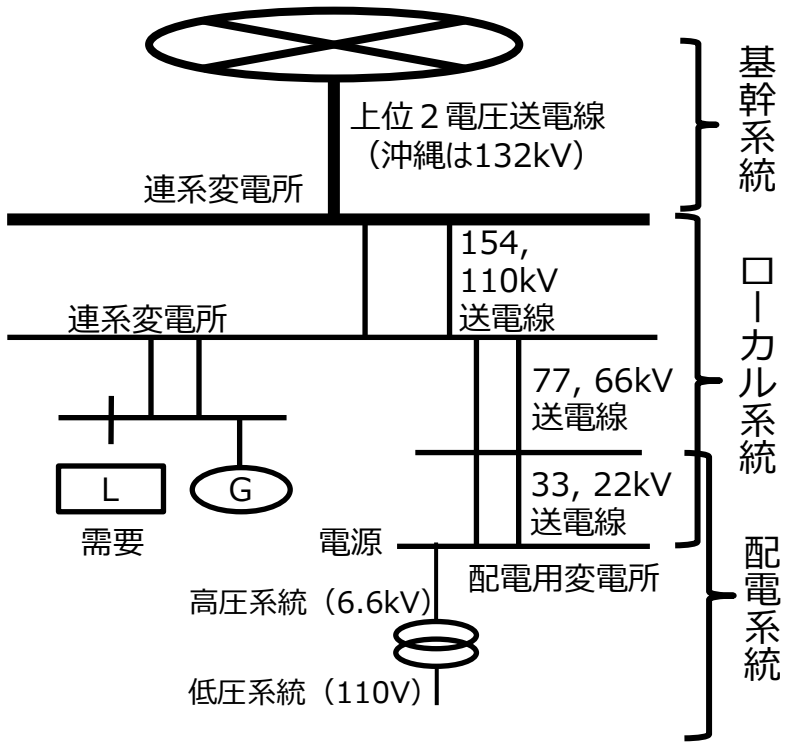
- 混雑管理ルール
  - TSO系統においては、系統増強を前提とせず平常時の混雑管理を実施している事例が米国(PJM等)にある。PJMではLMPを用いたエネルギー市場取引により混雑管理を行っているが、DSO系統まではLMPを適用しておらず、日本における再エネ連系の中心となる小規模電源が多数接続されるDSO系統を含めた仕組みは当時なかった。
  - その他のTSO系統は、系統増強を前提とした一時的な混雑に対する混雑管理であり、日本が目指す系統増強を前提としない設備形成として混雑管理を行う仕組みは当時なかった。
- 抑制方法と抑制費用の精算
  - 日本で議論している、系統増強を前提とせずに抑制に対して補償のない混雑管理手法を用いている事例に米国(PJM等)があるが、日本が目指す配電系統を含む系統全体を通して同様の混雑管理手法を行っている事例は当時なかった。

- ノンファーム型接続の検討にあたっては、日本の電力取引制度を前提に、配電系統まで適用可能な日本独自の仕組みを考えていく必要。このような仕組みは、海外にも事例がないことから、非常に複雑かつ前例のない仕組みとなることも予想されるため、実現可能性や経済性、受容性を総合的に勘案し、決定していく必要。

出典：第１１回　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　資料２（２０１８年１２月）を編集

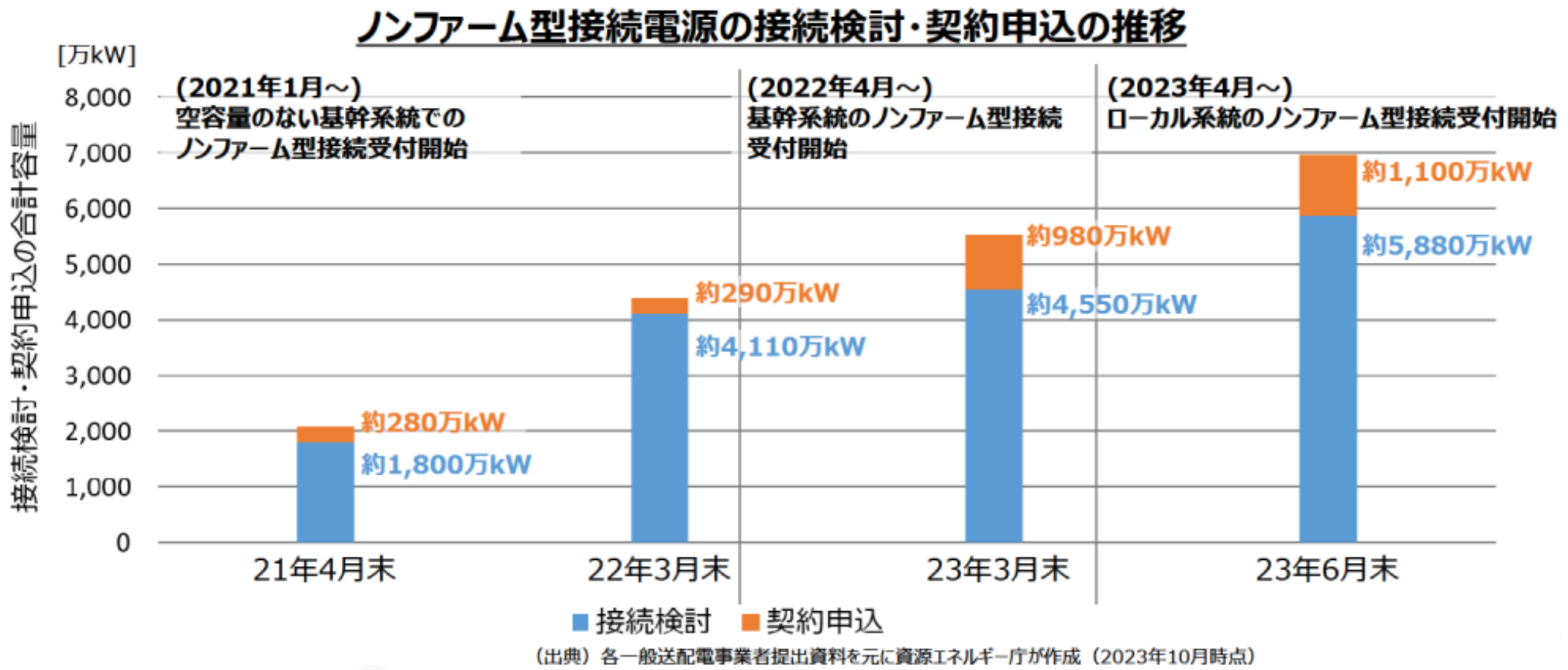
適用系統・電源と制御対象・方法

	基幹系統混雑			ローカル系統混雑			系統図
	①適用系統	②適用電源	③制御対象	①適用系統	②適用電源	③制御対象	
基幹系統(上位2電圧)	2021.1 基幹系統	2022.4 全電源	(調整電源活用) 2022.12 (一定の順序) 2023.12				
ローカル系統 ※上位2電圧以外かつ配電系統として扱われない系統		2023.4 全電源		2023.4 ローカル系統	2023.4 全電源	全電源	
配電系統(高圧以上)			2023.12以降 必要に応じて拡大				
配電系統(低圧)		10kW未満			10kW未満		
④制御方法	再給電方式			再給電方式（一定の順序）の出力制御順に基づく制御（一律制御の対象は計画値変更）			



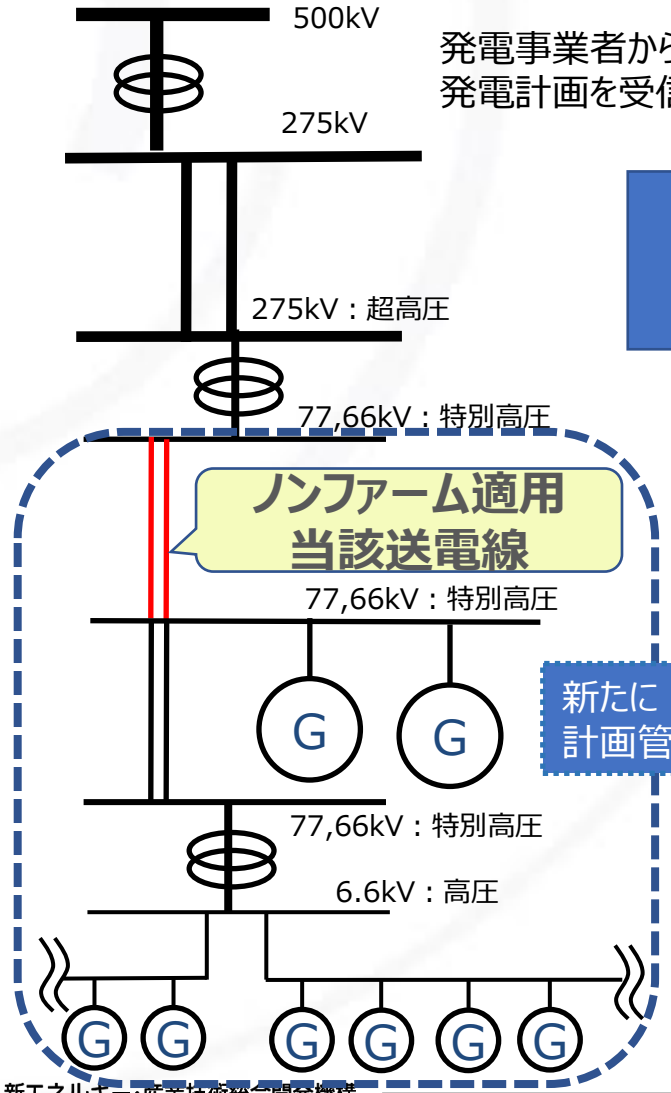
①適用系統：ノンファーム型接続の考え方をどの送変電設備に適用　するか
②適用電源：ノンファーム型接続の考え方をどの電源に適用するか
③制御対象：利用（出力制御）の考え方をどの電源に適用するか
④制御方法：平常時及び事故時において系統容量を超過した場合に電源をどのように出力制御するか

ノンファーム型接続の検討・契約申込み容量の増加



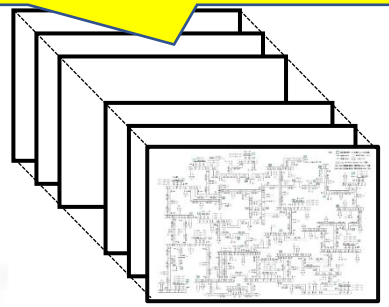
系統制約による出力制御は実施されていないものの、
近い将来、系統混雑に起因する出力制御が想定されている

システム開発の必要性



発電事業者から
発電計画を受信

**高圧接続の電源情報を
取り込む新たなシステムの構築**
高圧以上連系ＰＶ導入件数、導入量：
28,738件、2,386万kW
（2018.12末、全国）

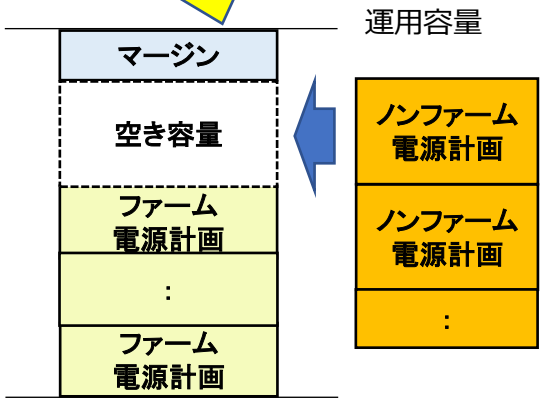


潮流計画策定
（48断面/ 30分毎24時間）

**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）

発電機ごとに個別制御

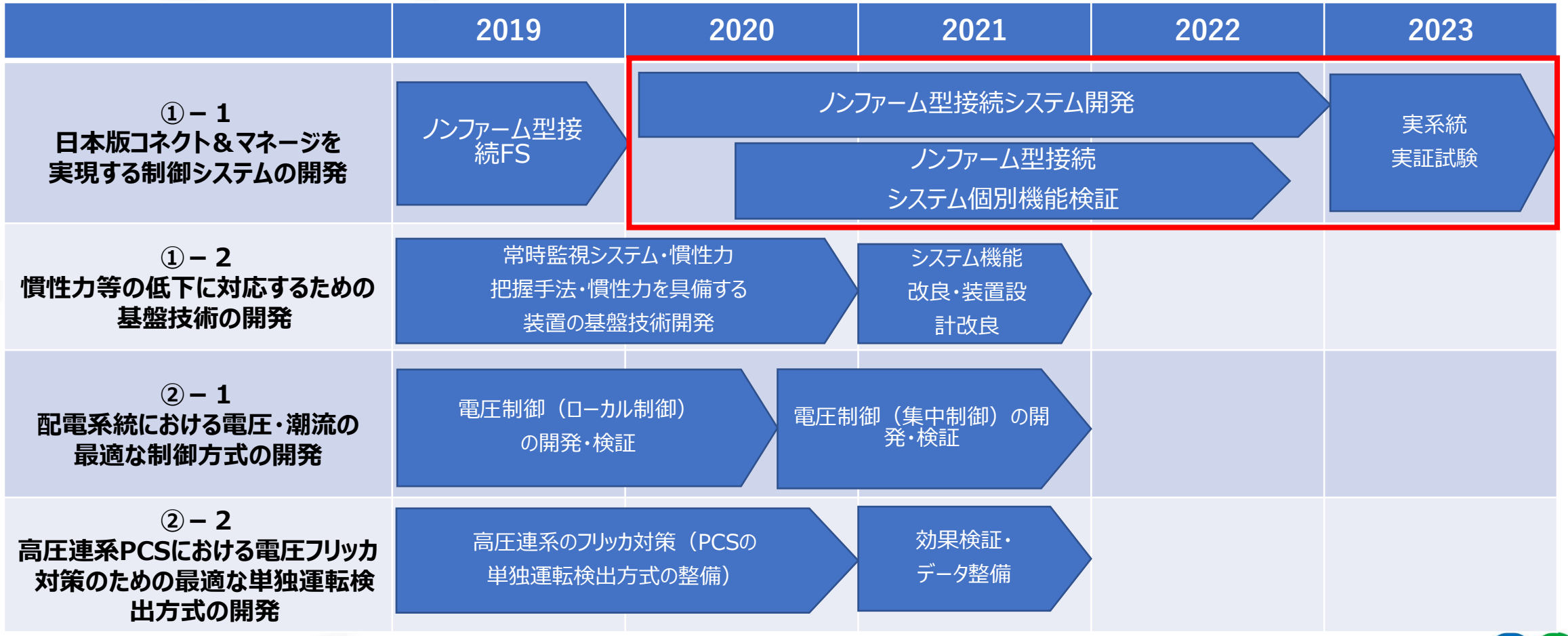
**ローカル予測精度向上、
混雑を発生させない
適切なマージンの設定**



当該線路の潮流計画策定1断面分
（48断面/ 30分毎24時間）

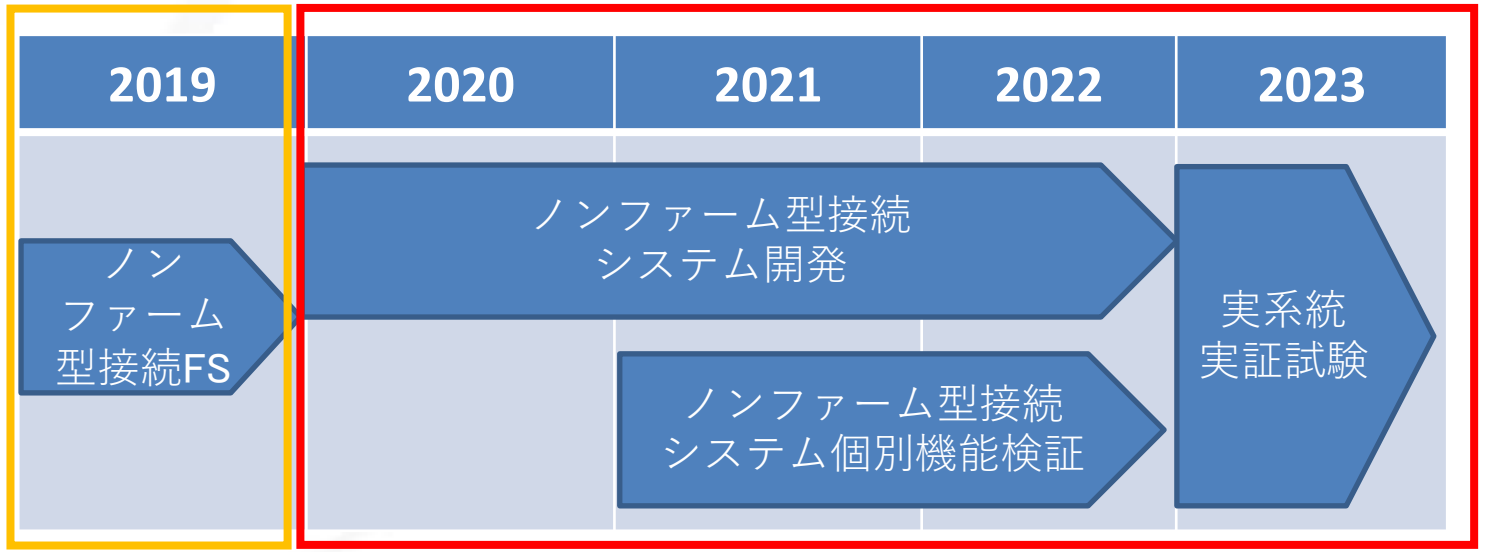
**混雑発生時の措置、
オンライン制御の必要性
新たな制御装置機能
セキュリティの確保**

NEDO「再生可能エネルギーの大量導入に向けた次世代電力ネットワーク安定化技術開発」



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
- 一定の条件下で系統への接続を認める「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、**既存系統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**

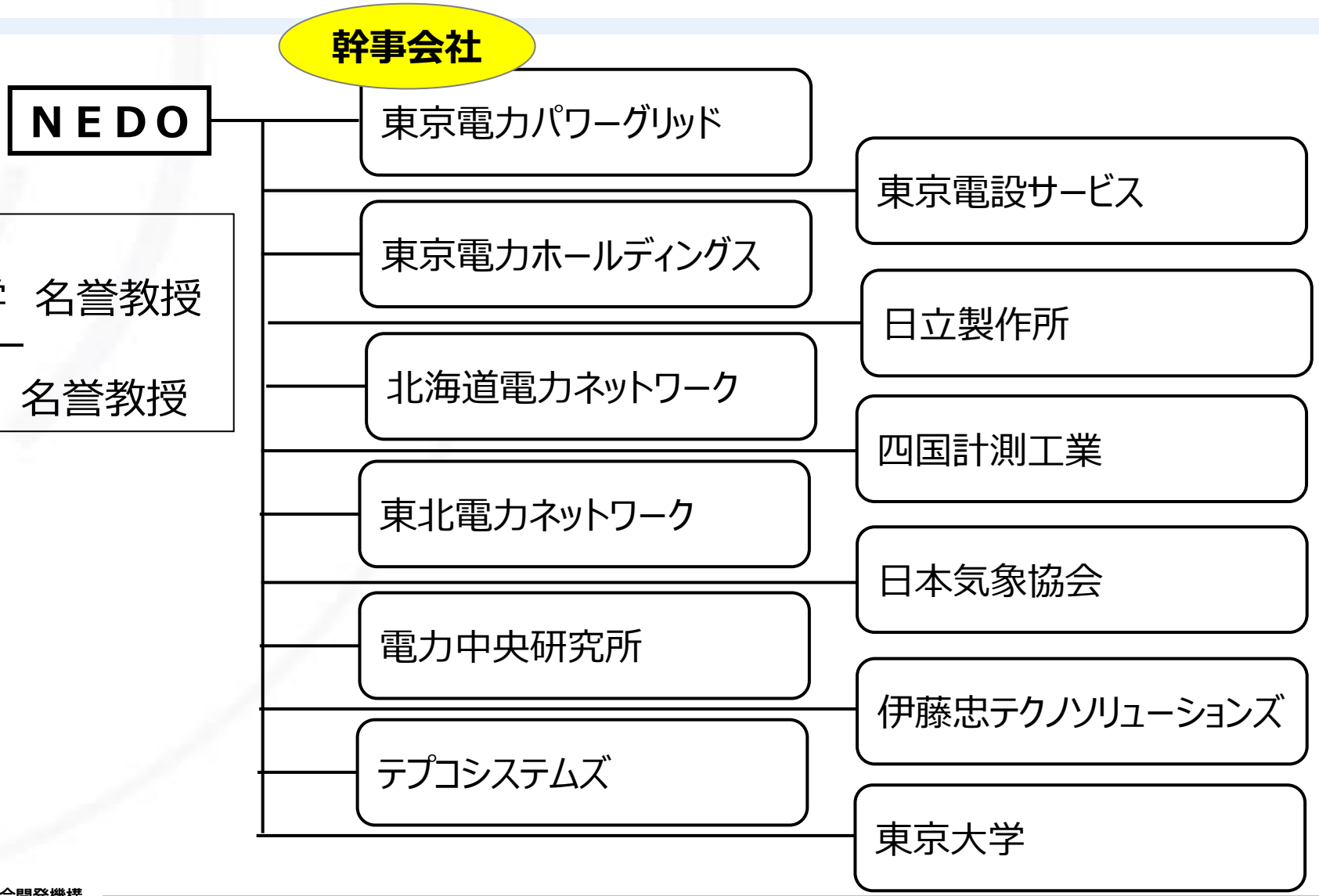


I.日本版コネクト＆マネージ実現に向けたフィージビリティスタディ（FS）【終了】

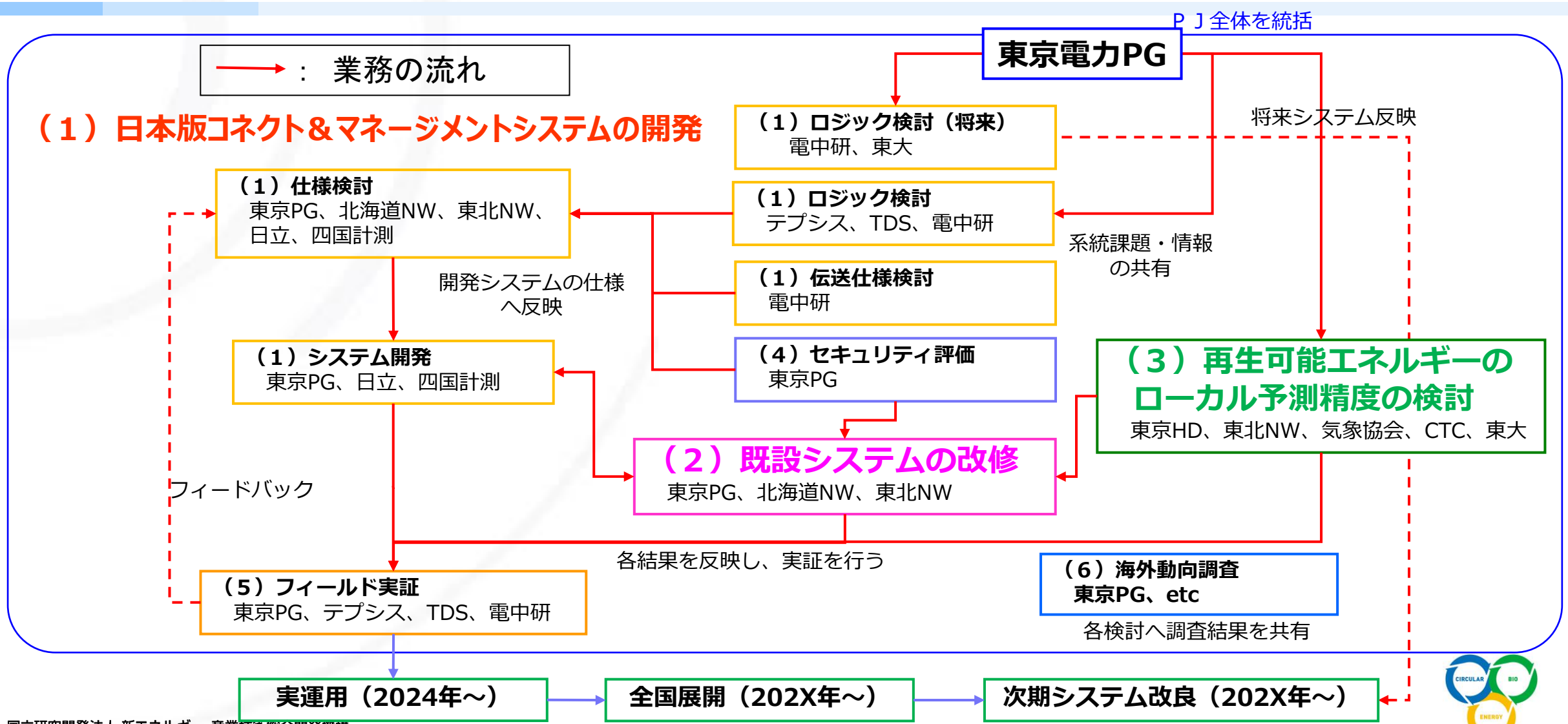
II.日本版コネクト&マネージを実現する制御システムの開発【本事業】

実施体制

PL：岩本　伸一
　　早稲田大学　名誉教授
SPL：奈良　宏一
　　茨城大学　名誉教授



実施項目の分担と連携


ＰＪ全体を統括
東京電力PG
：　業務の流れ
（１）日本版コネクト＆マネージメントシステムの開発
（１）ロジック検討（将来）
電中研、東大
将来システム反映
（１）仕様検討
東京PG、北海道NW、東北NW、
日立、四国計測
（１）ロジック検討
テプシス、TDS、電中研
系統課題・情報
の共有
開発システムの仕様
へ反映
（１）伝送仕様検討
電中研
（１）システム開発
東京PG、日立、四国計測
（４）セキュリティ評価
東京PG
（３）再生可能エネルギーの
ローカル予測精度の検討
東京HD、東北NW、気象協会、CTC、東大
（２）既設システムの改修
東京PG、北海道NW、東北NW
フィードバック
各結果を反映し、実証を行う
（６）海外動向調査
東京PG、etc
各検討へ調査結果を共有
（５）フィールド実証
東京PG、テプシス、TDS、電中研
実運用（2024年～）
全国展開（202X年～）
次期システム改良（202X年～）

開発した日本版コネクト＆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

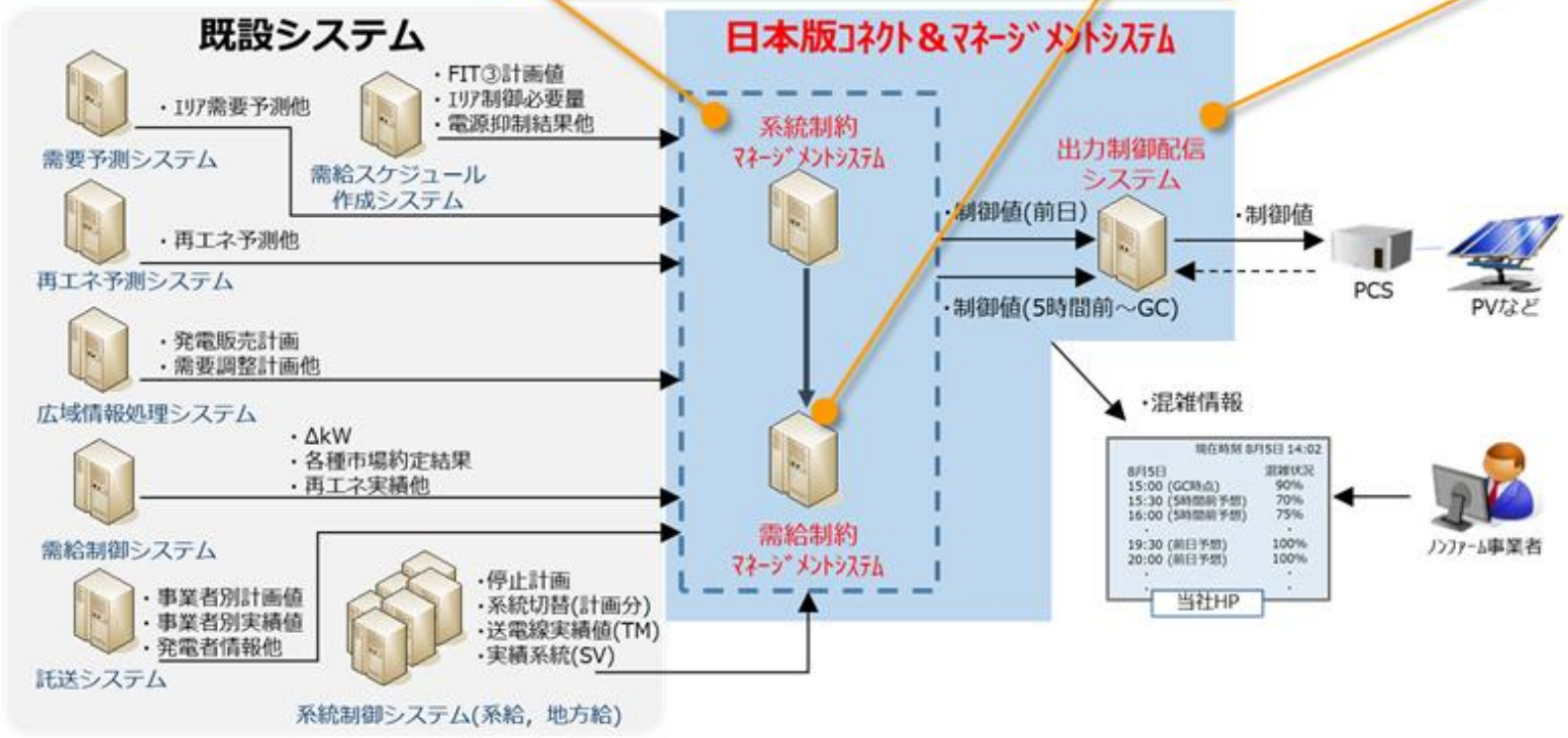
・系統混雑箇所を特定し、必要な系統制御量を算出
・ノンファーム電源の系統制御量について需給制約マネージメントシステム側へ連係

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

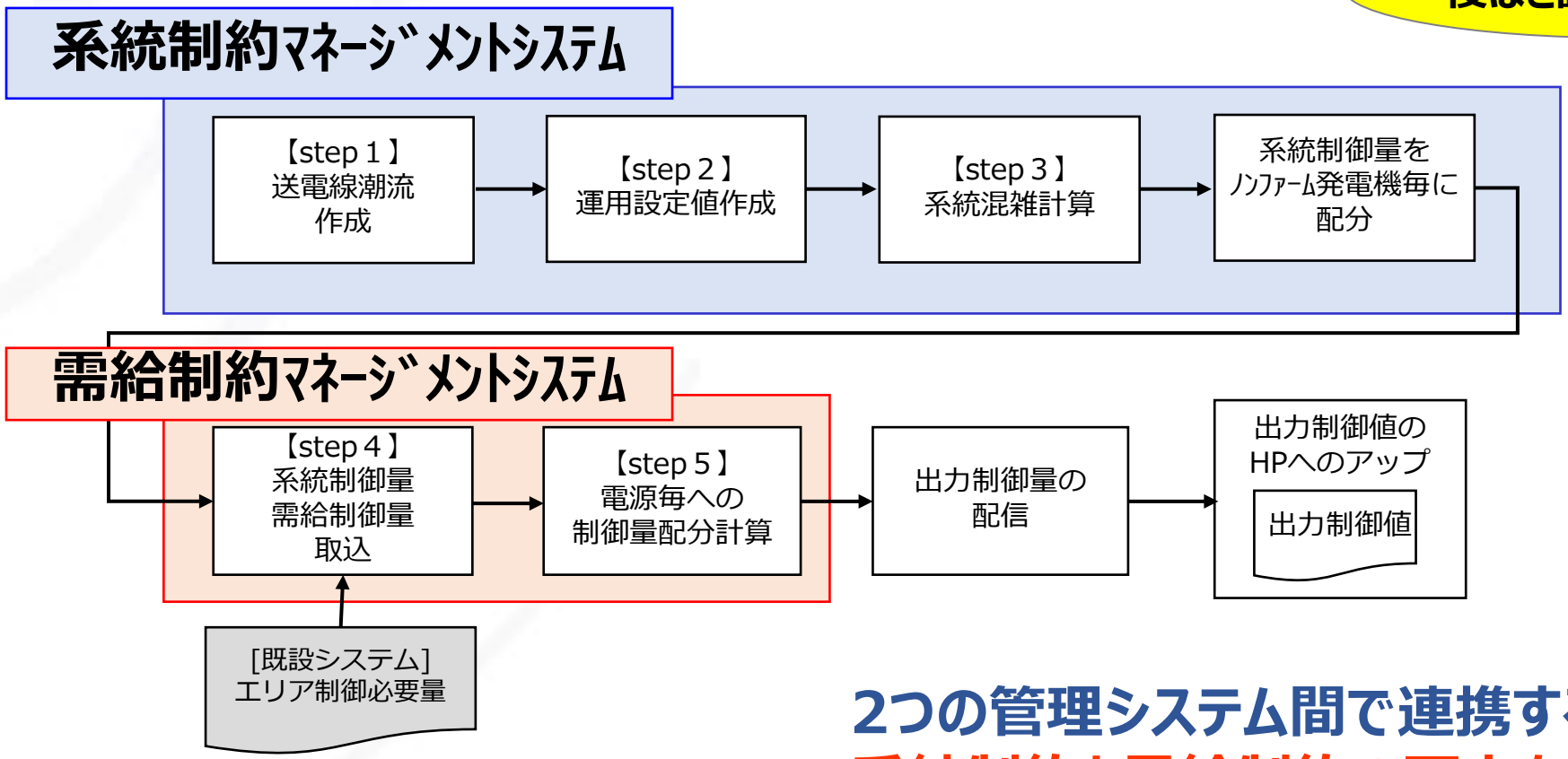
・ファーム電源およびノンファーム電源に出力制御値を送信
・インターネットや専用回線等により、オンラインでの出力制御を実施



＜混雑予想＞
①前日15～17時
②5時間前
③ゲートクローズ後

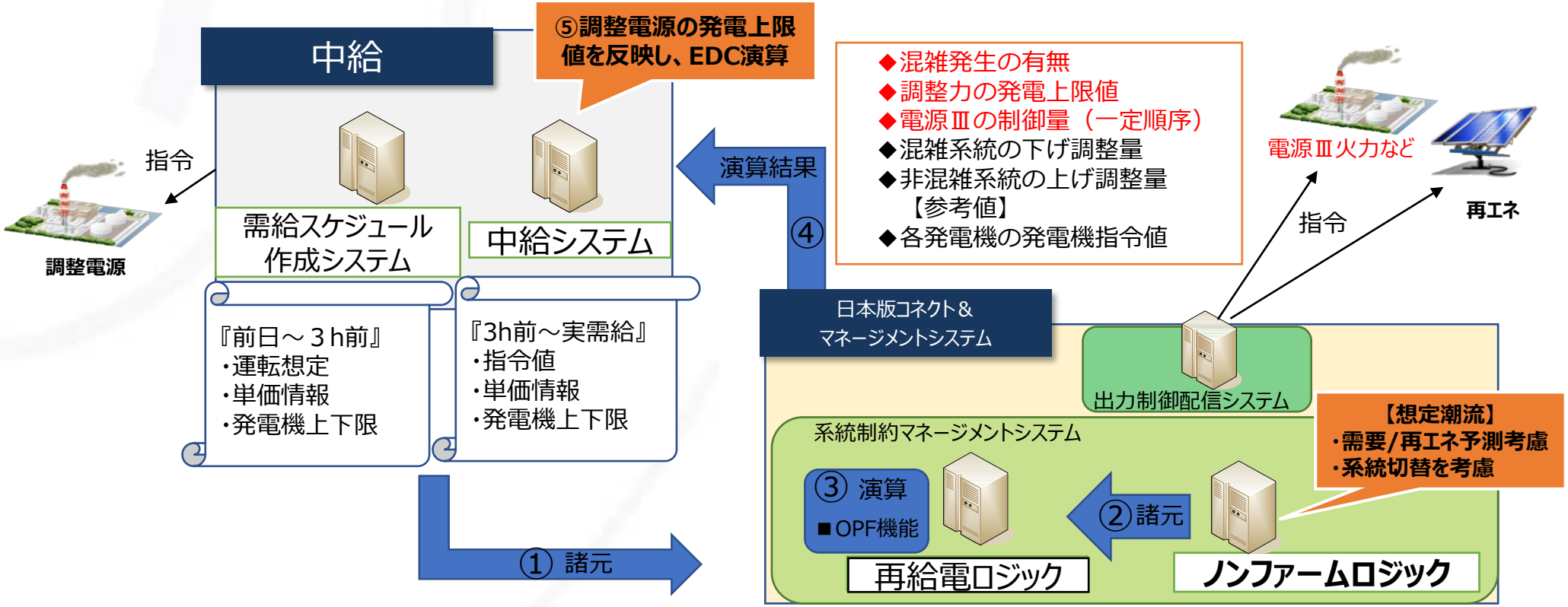
開発したシステムのロジック

後ほど詳細を御紹介



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

後ほど詳細を御紹介

★：実証期間中に織り込む内容
●：実証期間にシステムに未織り込みの内容

気象会社

気象モデル

気象サーバー

東京電力PG既設システム

需要予測システム

・エリア需要予測
・過去参照日
・気温予測、実績
・需要実績データ
・配変毎の需要予測●

✓**配変毎の需要予測●東京電力HD**
⇒既存手法の配電線区間単位から配電用変電所単位の需要予測手法の開発

✓**日射量予測★日本気象協会**
⇒日射量計を設置し既存予測手法の精度確認、ﾛｰｶﾙ予測系統に適した手法を確立
検証結果を踏まえた、気象予測ﾃﾞｰﾀを提供

✓**風況予測 ●日本気象協会**
⇒ﾛｰｶﾙ系統を対象とした独自気象ﾓﾃﾞﾙを活用しﾛｰｶﾙ系統に適した手法を確立

再エネ予測システム

・エリア再エネ予測
・配変毎の再エネ予測★
・ローカルWF予測★

<改修内容>
・PV予測・推実ﾒｯｼｭ化（3面持ち）
・風力予測ﾛｼﾞｯｸ追加
・特高・配変毎の予測発電量算出

✓**ローカルPV予測(ﾏｸﾛ→ﾐｸﾛ) ★東京電力HD**
⇒既存のｴﾘｱ予測手法を改良し、配変毎に設備量を集約し、ﾛｰｶﾙ予測手法を構築
予測をメッシュ化し配変単位の予測
発電量を算出

✓**ローカルWF予測★東京電力HD**
⇒ﾓﾃﾞﾙに必要となる風車係数等を過去の　実績ﾃﾞｰﾀから統計的に算出、地域別の予測ﾓﾃﾞﾙを構築
予測ﾓﾃﾞﾙを構築しｼｽﾃﾑへ機能追加

✓**ローカルPV予測(ﾐｸﾛ→ﾏｸﾛ)●東京電力HD**
⇒配変下における特高・高圧・低圧全量・低圧その他の4区分を統計的手法を用いてﾓﾃﾞﾙ化

特高・配変単位のPV・WF発電量を送信(予測・推実)

日本版コネクト&マネージメントシステム

✓**ローカルWF予測 ●CTC・東北電力NW**
⇒観測ﾏｽﾄおよびﾗｲﾀﾞｰによる風況観測ﾃﾞｰﾀとSCADAﾃﾞｰﾀ等のWF詳細ﾃﾞｰﾀを活用した予測手法の検討

✓**ローカルWF予測 ★ CTC・東北電力NW**
⇒複数の海外気象機関の気象ﾓﾃﾞﾙﾃﾞｰﾀを活用したｱﾝｻﾝﾌﾞﾙ予測の適用

東北NWの既設システムを改修

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）**
⇒将来系統において、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

出力制御機能付PCS等（66kV以上）の技術仕様、伝送仕様の策定･公開

特高伝送　技術仕様書（本文）

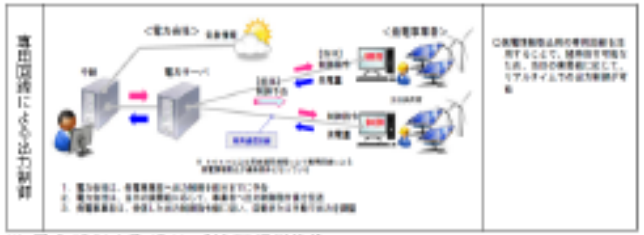
1　出力制御システムの概要

出力制御機能付PCS等には，平成27年1月17日 第4回系統WG，および平成30年10月10日第17回系統WGで提案された「出力制御システム」を構成するための機能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理したものである。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>

システム構築の視点	具体的な対応（主なもの）
・コスト面，技術面等も踏まえ，確実に出力制御可能であること	・出力規模の大きい特別高圧連系は専用回線を活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なものとすること	・必要最小限の出力制御を実現するため，部分制御，時間制御などきめ細かい制御が可能な仕様とする
・将来の情勢変化等に対して，柔軟に対応できること	・再エネ連系量の拡大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，必要なセキュリティを確保すること	・制御データ改ざんや特定者さんなどへの対策を実施　等

<出力制御システムの概要>



出典 平成27年3月17日 系統WG資料抜粋

別紙　伝送仕様書

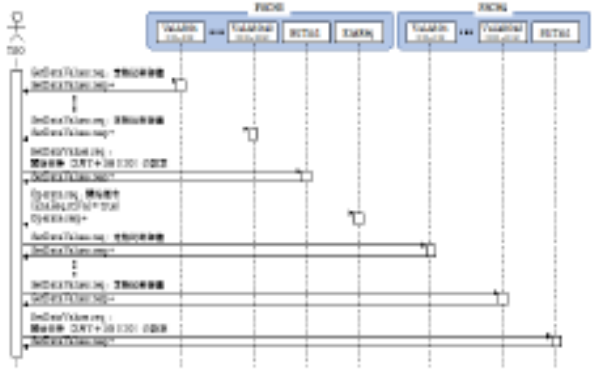


図4　①のタイミング（X月Y日 15:00）における翌日分制御値の通信手順

図5　①のタイミング（X月Y日 15:00）およびその次の伝送におけるFSCHインスタンスの構成

その次の15:30における伝送手順を図6および図7に示す。15:30の時点では，停止中になっているFSCH2とFSCH4に制御値を設定した上で，開始指令を伝送する。開始指令を受け取ると，FSCH2は使用中に遷移するが，FSCCは優先度に基づきFSCH1を継続して利用する。その後，FSCH1が停止指令を受けると停止中に遷移し，FSCCが利用するFSCHインスタンスはFSCH2に変わる。FSCH1とFSCH2が切り替わるタイミングは15:00のときと異

日本版コネクト＆マネージシステムの実用化

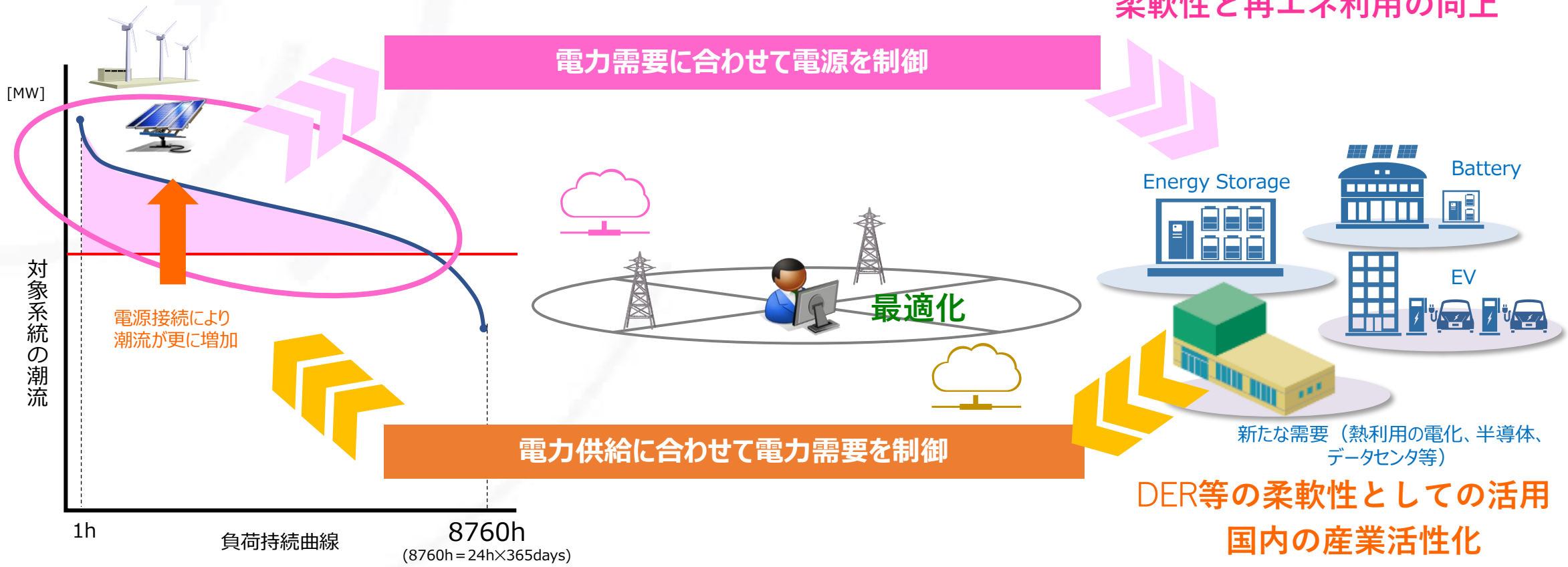
ノンファーム型接続の適用等のスケジュール

		2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
基幹系統	2021年1月 ▼ 空き容量の無い基幹系統にノンファーム型接続適用		2022年4月 ▼ 受電電圧が基幹系統の電圧階級の電源にノンファーム型接続適用	2022年12月下旬まで ▼ 再給電方式（調整電源の活用）導入予定	2023年12月末まで ▼ 再給電方式（一定の順序）導入予定
ローカル系統			2023年3月頃（2022年度末頃） ▼ ノンファーム型接続適用予定	2024年度以降 ▼ ノンファーム型接続適用電源の連系開始予定	

2024年4月から東京電力パワーグリッドにて運用開始

36～38

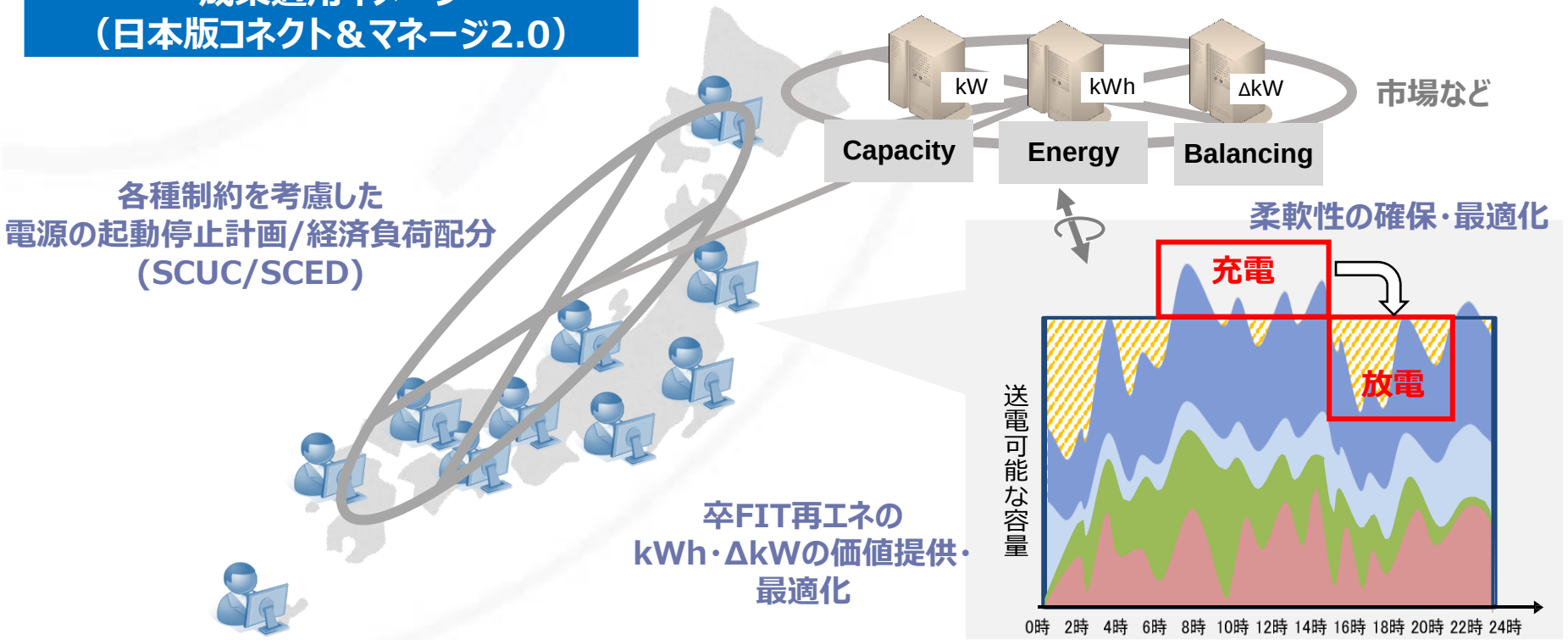
系統と需要の協調


柔軟性と再エネ利用の向上
電力需要に合わせて電源を制御
[MW]
対象系統の潮流
電源接続により
潮流が更に増加
1h
負荷持続曲線
8760h
(8760h＝24h×365days)
最適化
Energy Storage
Battery
EV
新たな需要（熱利用の電化、半導体、
データセンタ等）
電力供給に合わせて電力需要を制御
DER等の柔軟性としての活用
国内の産業活性化

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（腰を据えたフィー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）



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

近日、体制を公表

smartcommunity@ml.nedo.go.jp

近日、本事業の成果報告書を公開予定