

NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025 プログラムNo. 3-1

電力システムの柔軟性確保・最適化のための NEDOの取組み

発表：2025年7月15日

昨年度の成果報告
「NEDO コネクト&マネージの
取組み」の資料は[こちら](#)



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

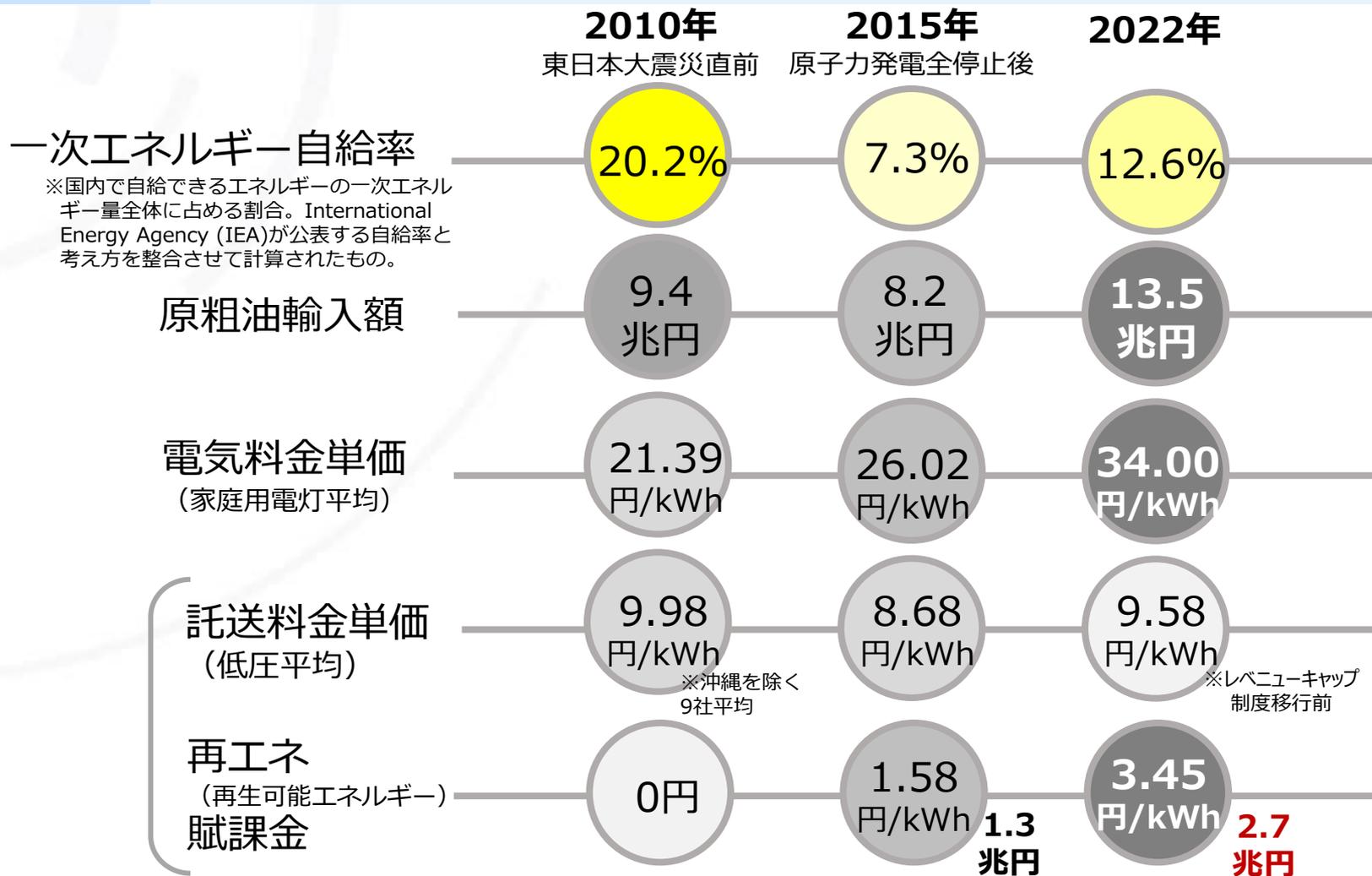
NEDOの目的

New Energy Industry Technology
Development Organization

産業技術の向上及びその企業化の促進を図り、
もって内外の経済的社会的環境に応じた
エネルギーの安定的かつ効率的な供給の確保
並びに**経済及び産業の発展に資すること**

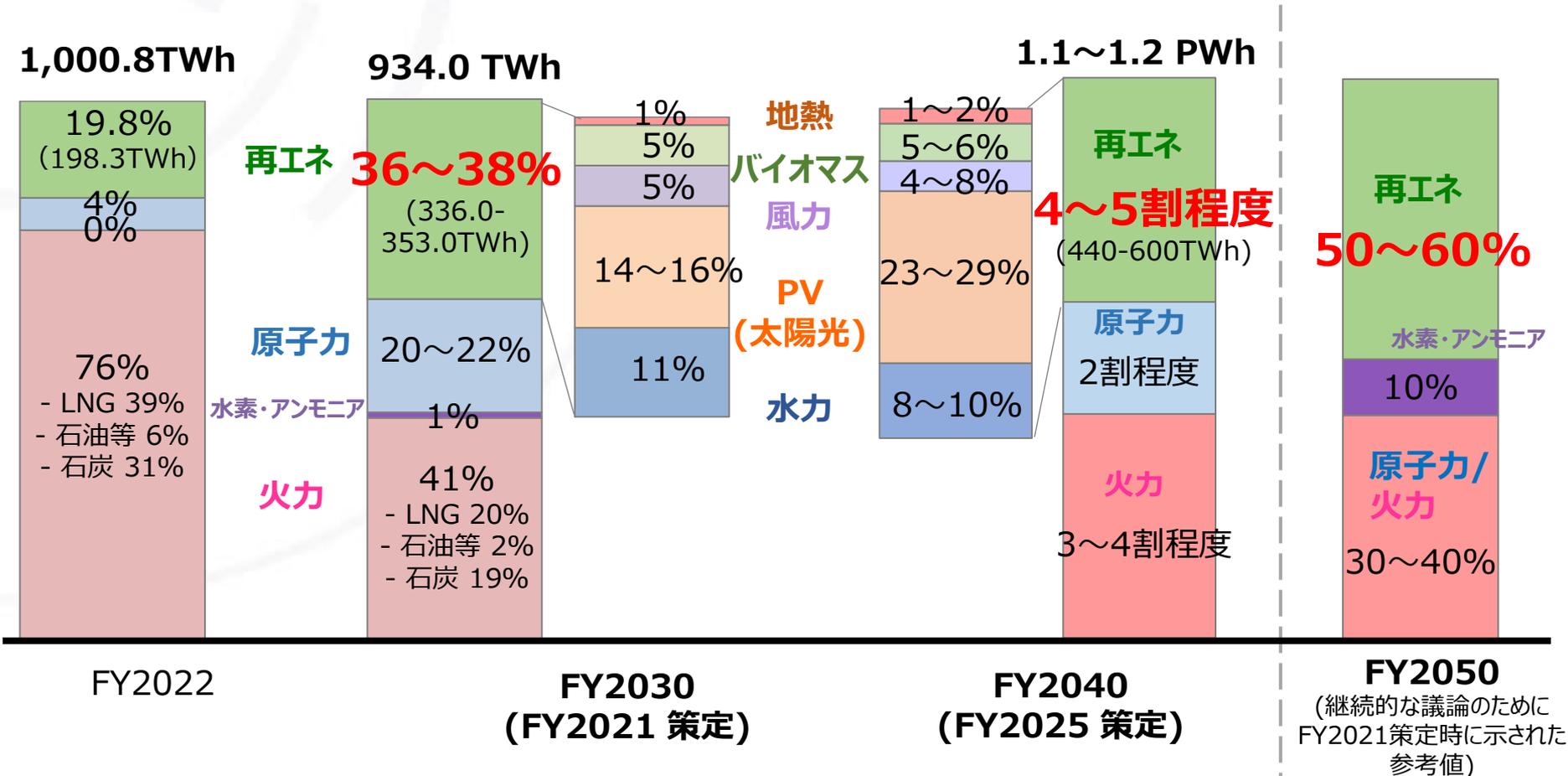
(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法)

数字で見るエネルギー供給と国民負担



出典：総合エネルギー統計 令和5年度（2023年度）確報値（2025年、資源エネルギー庁）、貿易統計 日本の原粗油輸入相手国上位10カ国の推移（財務省）、日本のエネルギー 2023年度版「エネルギーの今を知る10の質問」（資源エネルギー庁）、各社託送供給(等)約款、資源エネルギー庁再生可能エネルギー買取価格・賦課金ニュースリリース等からNEDO作成

日本の電源構成（実績と見通し）



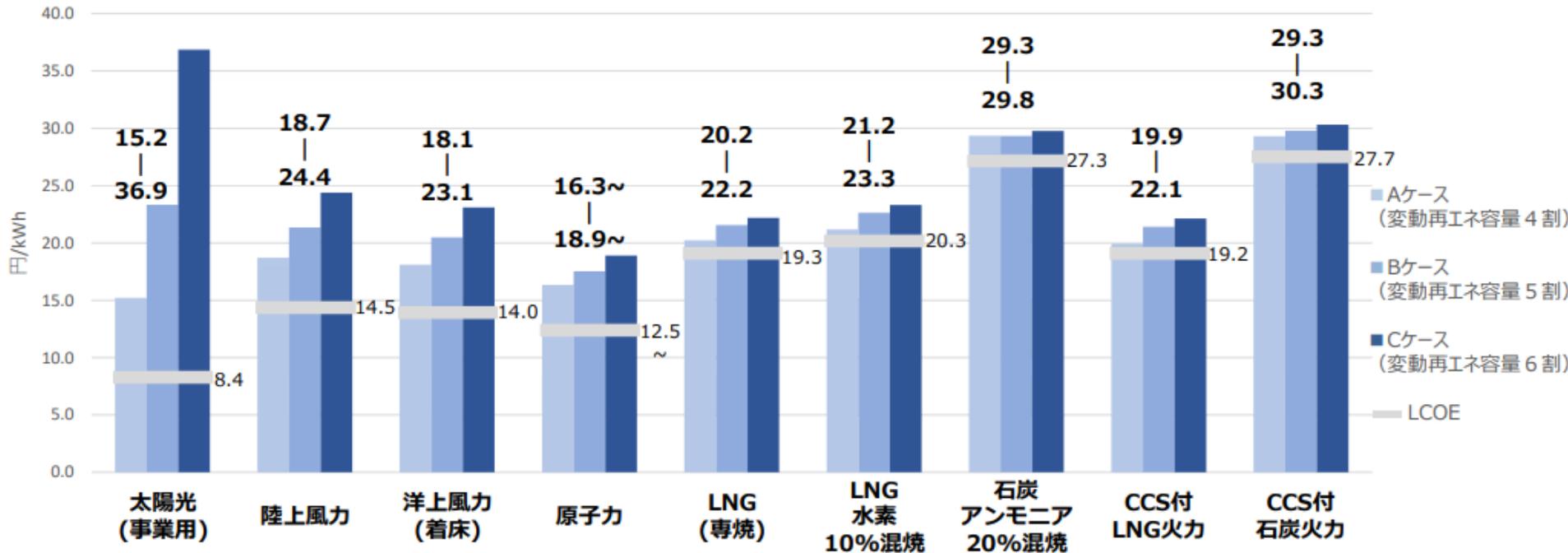
出典：長期エネルギー需給見通し（2015年）、第6次エネルギー基本計画（2021年）・第7次エネルギー基本計画（2025年）・総合エネルギー統計令和5年度（2023年度）確報値（2025年）（いずれも資源エネルギー庁）

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

変動再エネ増加による統合コストの上昇

統合コスト※の一部を考慮した発電コスト（試算値）

※ある電源を追加した場合、電力システム全体に追加で生じるコスト（例：他電源や蓄電池で調整するコスト）を考慮したコスト。「変動再エネ」は天候等により出力が変動する太陽光・風力を指す。



※2040年の電源システムについて、一定程度、地域間連系線が増強され、系統用蓄電池が実装されているケースを想定しており、これらによる統合コストの引き下げ効果は、上記結果に加味されている。加えて、デマンドレスポンスを一定程度考慮した場合、統合コストの一部を考慮した発電コストが上記より低い水準になる。

※地域間連系線の増強費用や蓄電池の整備費用は、「ある特定の電源を追加した際」に電力システム全体に追加で生じるコストではないため、計算には含まれない。

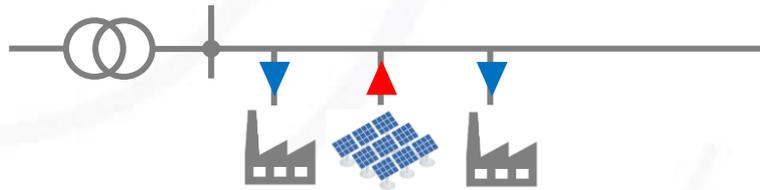
※水素、アンモニアは熱量ベース。

出典：発電コスト検証に関するとりまとめ（令和7年2月6日、資源エネルギー庁 発電コスト検証ワーキンググループ）

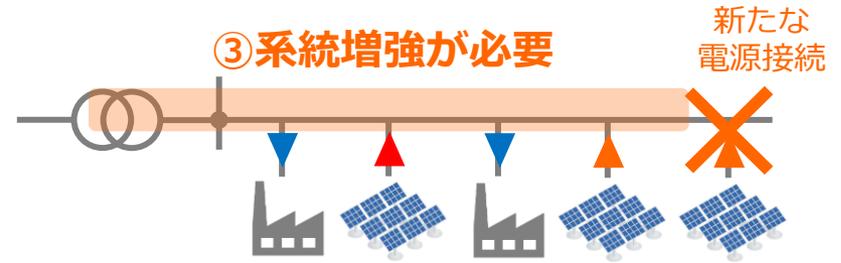
- 需給バランスを維持するための調整力の調達費用
- 系統安定性・電力品質を維持するための費用
- 調整電源（火力等）の設備利用率の低下等による発電効率の低下や再エネの出力抑制による損失コスト
- 電源を系統につなぐための設備増強費用
- 基幹送電線の整備費用

(参考) 電源を系統につなぐための設備増強

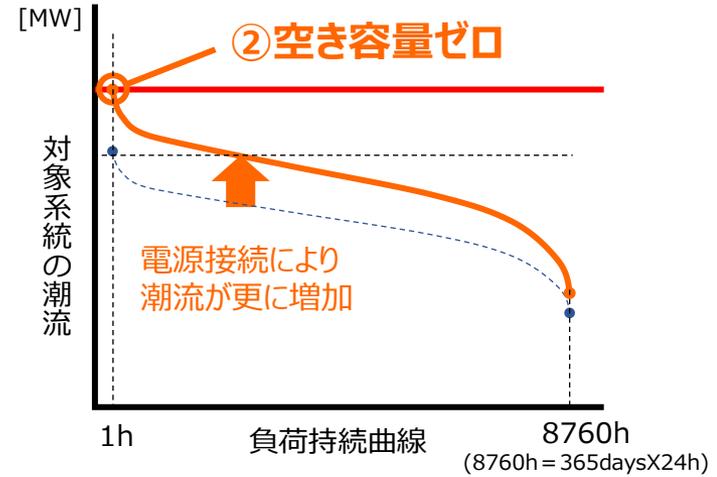
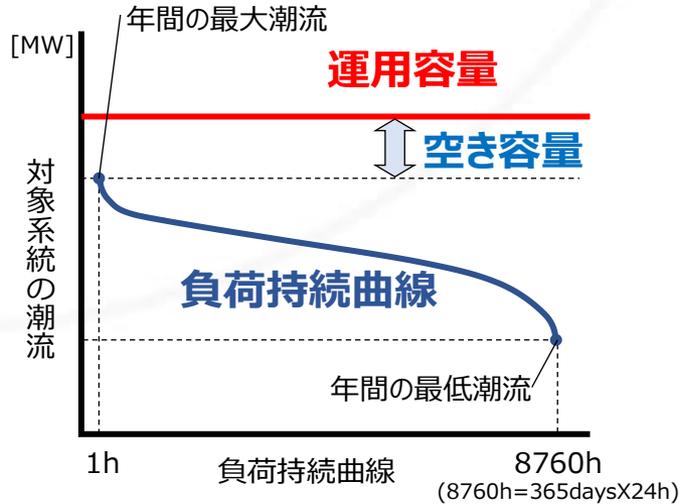
従前



再生エネ大量連系時



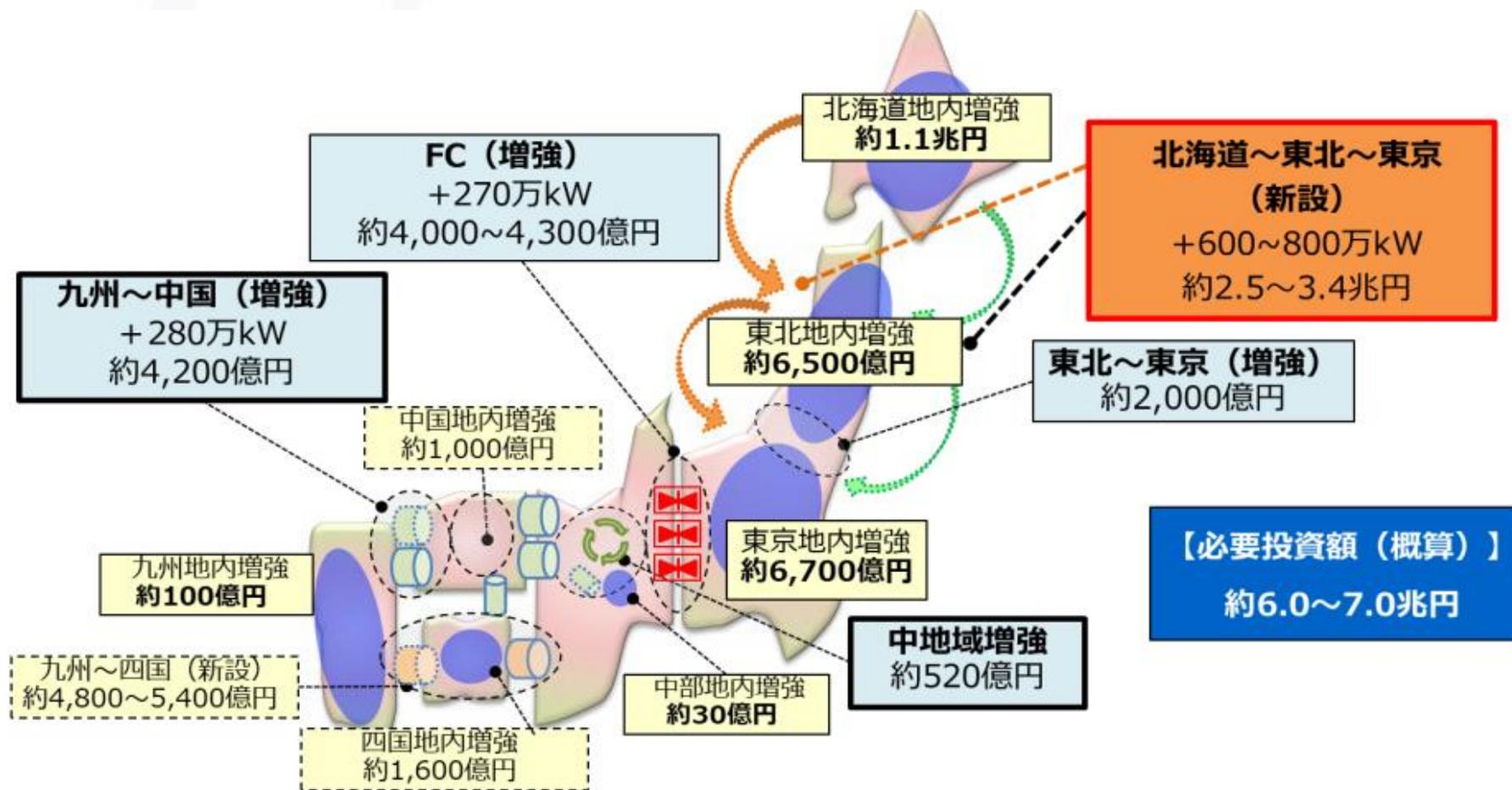
① 新たな電源接続



出典：東京電力パワーグリッド提供資料からNEDO作成

(参考) 基幹送電線の整備費用

(系統安定性維持費用等含む)



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

2030年以降、再エネを導入拡大してもなお 安定的かつ経済的に電力供給を行うには…



主な統合コスト

- 需給バランスを維持するための調整力の調達費用
- 系統安定性・電力品質を維持するための費用
- 調整電源（火力等）の設備利用率の低下等による発電効率の低下や再エネの出力抑制による損失コスト
- 電源を系統につなぐための設備増強費用
- 基幹送電線の整備費用

統合コストは増大してゆく

統合コストは国民が負担するため、

「エネルギー基本計画」で示される再エネの導入割合を目指すにあたっては、
必要な投資を進めつつ

統合コストを低減していくことが重要

従来の系統の空容量不足時の対応

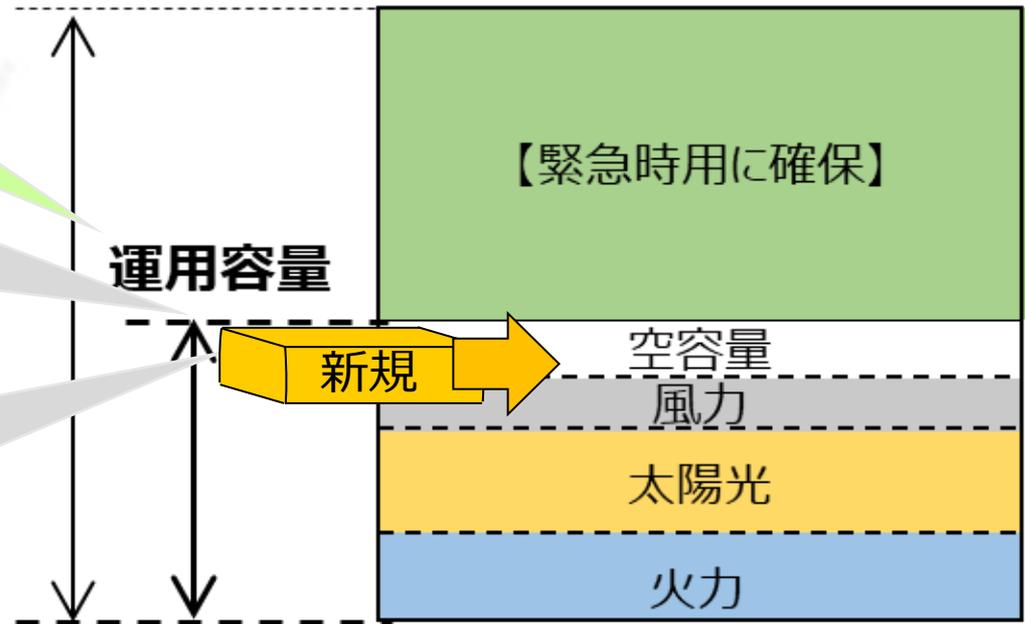
故障が発生しても安定して運用
できるよう限度値（**運用容量**）
を設定
（例：送電線の1回線故障）

【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
ファーム型接続

空容量が無い系統に、**新規に**
接続希望があった場合には、必
要な増強工事を行う

設備容量

＜長期計画断面＞

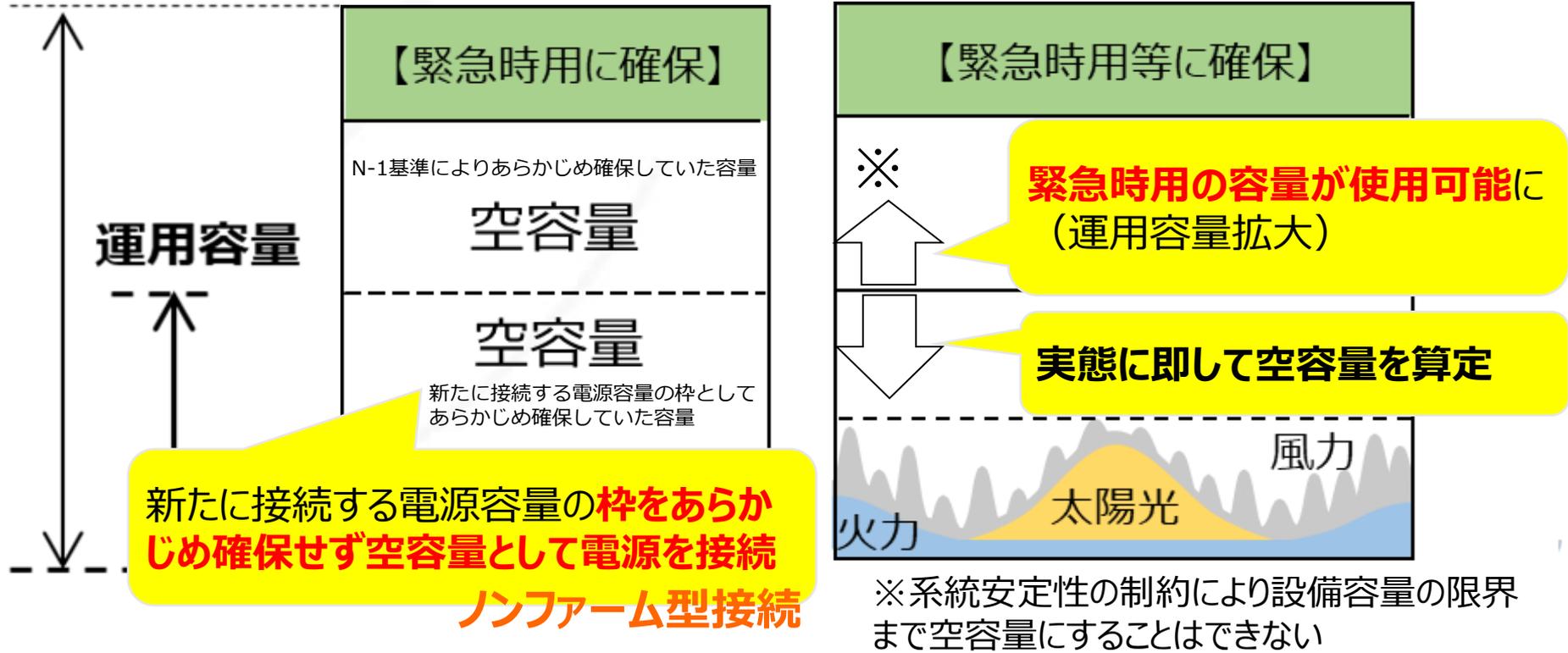


空容量不足の解消には多大なコスト・時間がかかる

設備容量

<長期計画断面>

<～当日（計画）>



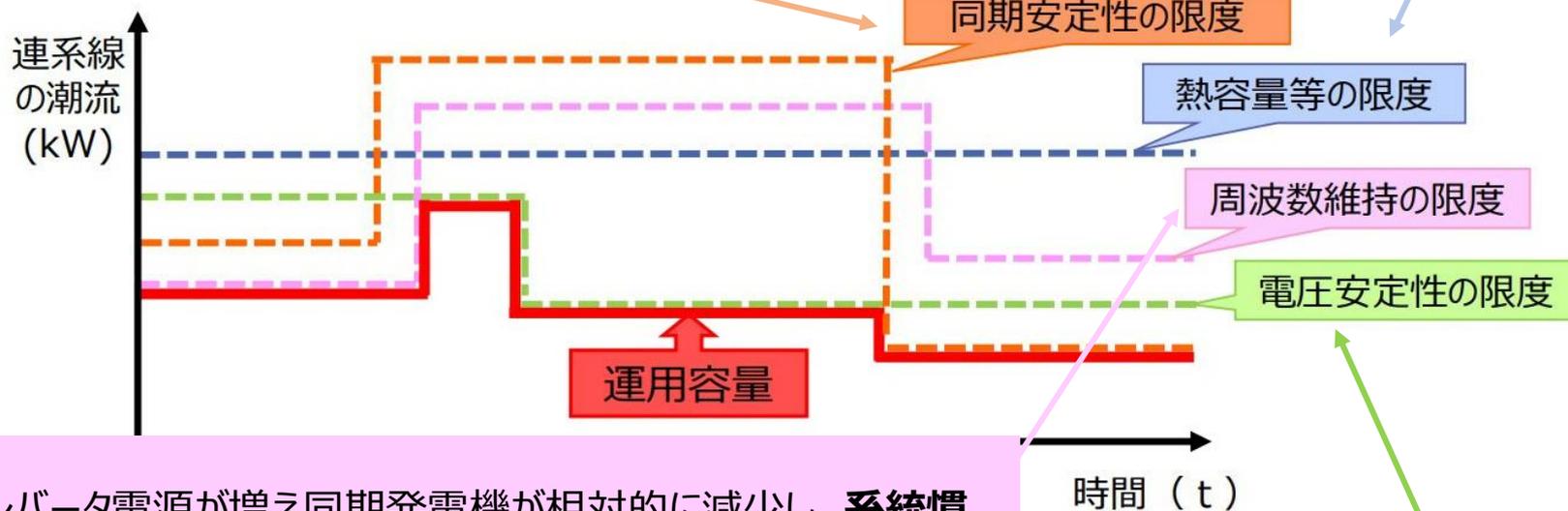
系統混雑時・事故時の出力制御等を前提に
新たな電源を早期・安価に接続

再エネ導入量の増加と運用容量の制約

再エネ導入量の増加に伴い、「熱容量等」、「同期安定性」、「電圧安定性」、「周波数維持」に対する課題が顕在化する。既存設備の活用を含め、これら課題を効率的・効果的に解消することを通じた運用容量の制約の改善が求められる。

インバータ電源が増え同期化力が減少することで**過渡安定度が低下**し、同期発電機の脱調が発生しやすくなる

送電線の**熱容量等制約を超過**する



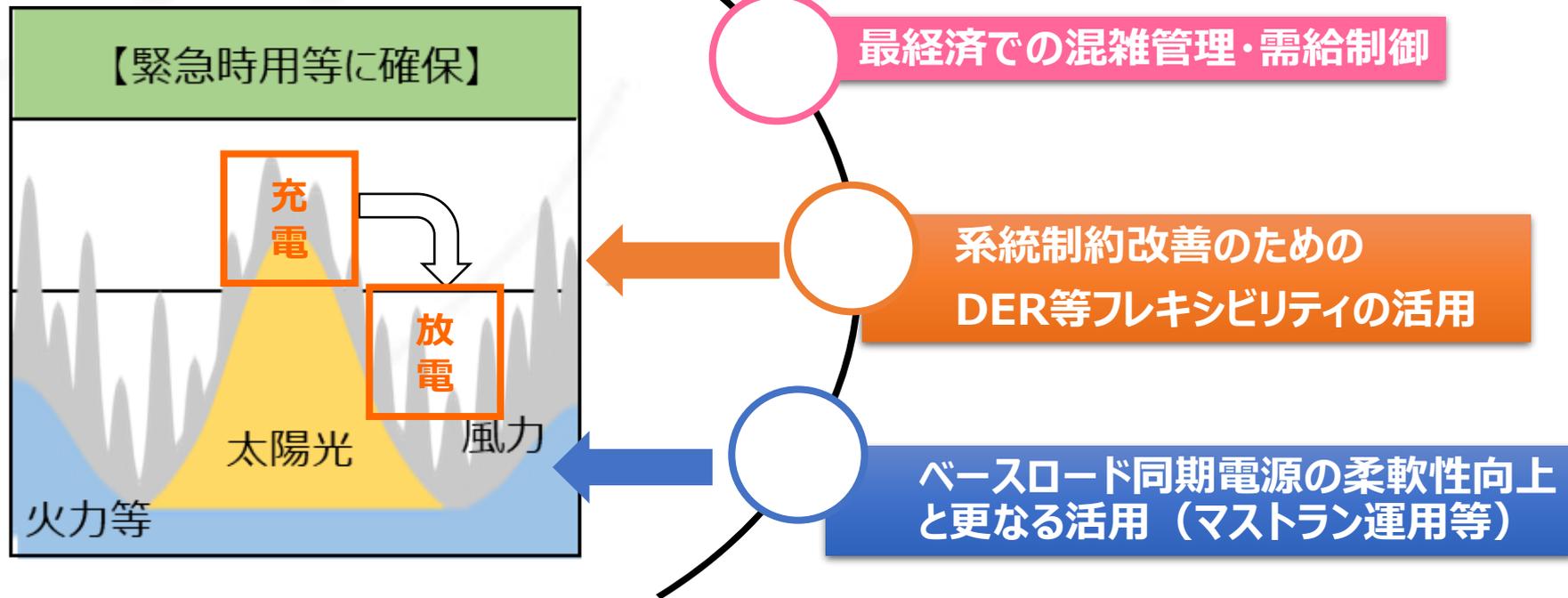
インバータ電源が増え同期発電機が相対的に減少し、**系統慣性**等が**低下**することで、事故時の周波数維持能力が悪化する

これまで同期機が担っていた**電圧維持能力が低下**する

出典：第1回 運用容量検討会 資料3（2015年5月26日、電力広域的運営推進機関）の図にNEDO追記

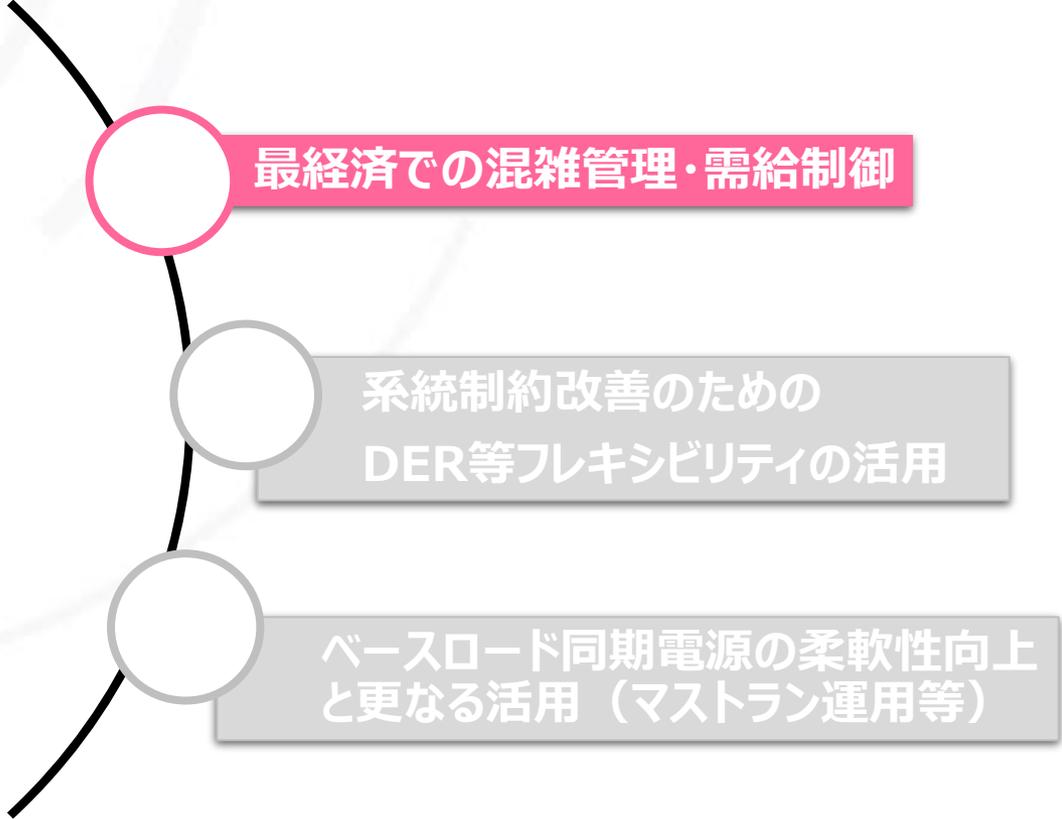
➔ “日本版コネクト&マネージ2.0”

将来的に新たな電源の接続（ノンファーム型接続）が増え、出力制御量の増大等による社会コストの増大が懸念



更に効率的な系統の利用方法・制約解消による運用容量の拡大をめざす

➔ “日本版コネクト&マネージ2.0”

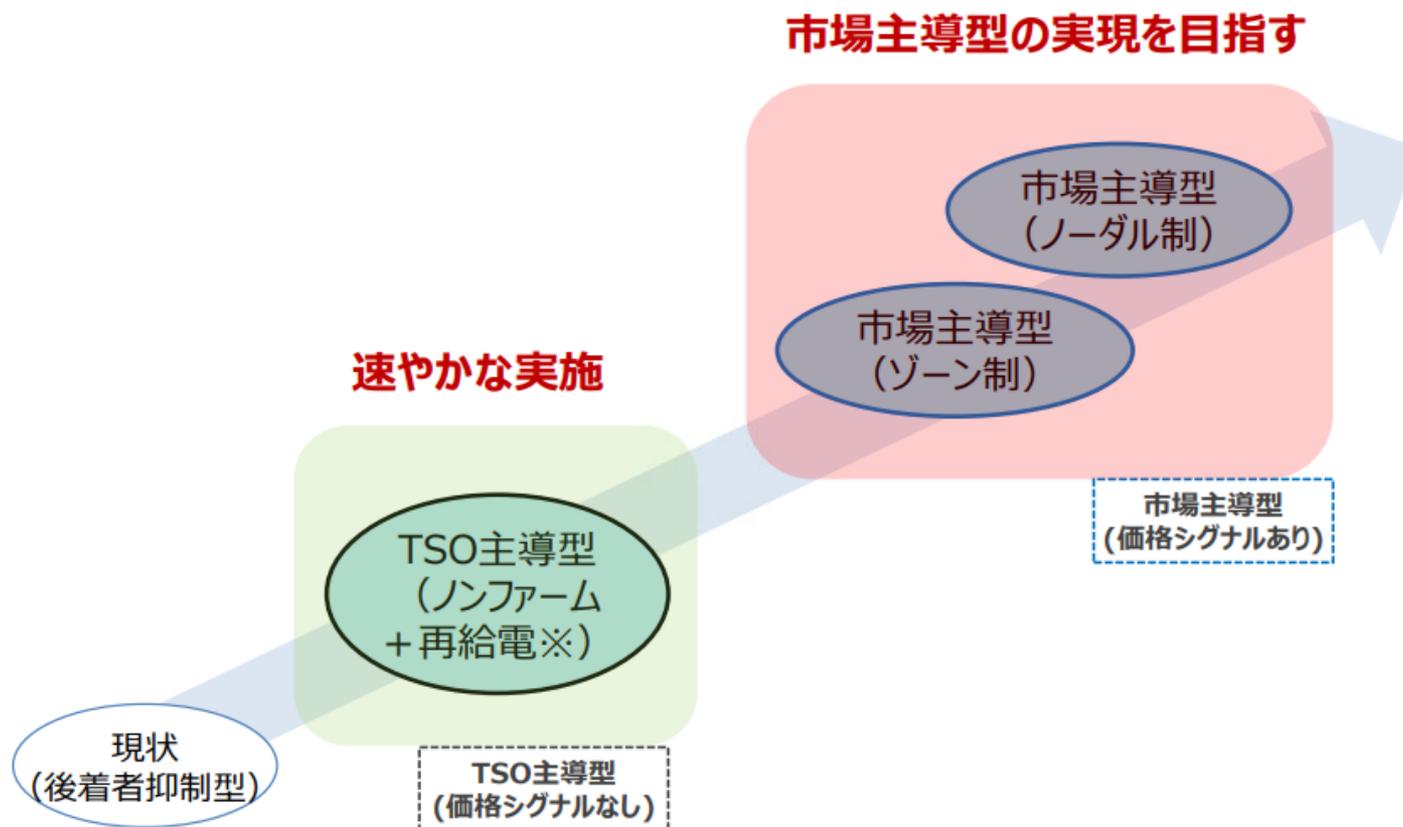


最経済での混雑管理・需給制御

系統制約改善のための
DER等フレキシビリティの活用

ベースロード同期電源の柔軟性向上
と更なる活用（マストラン運用等）

系統利用ルールの見直しに関する国の方向性

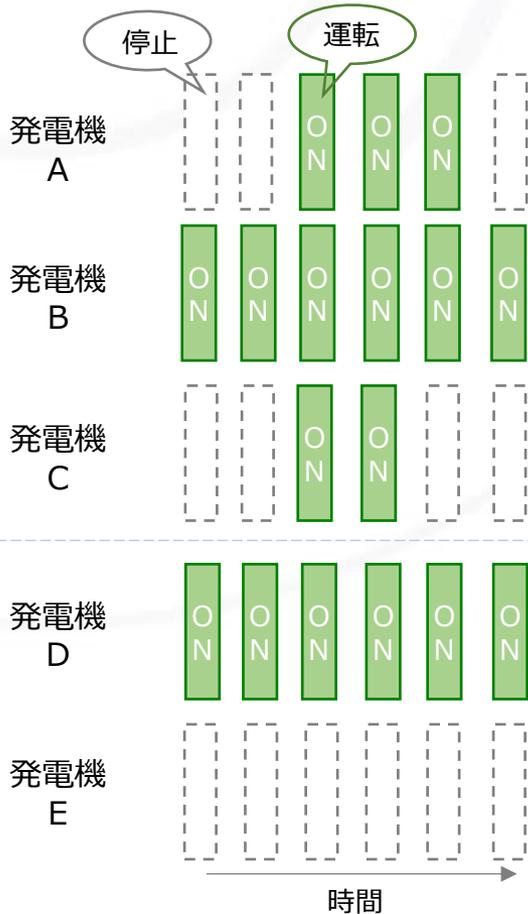


出典：第23回 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 資料3 (2021年1月13日、資源エネルギー庁)

「再給電」とは

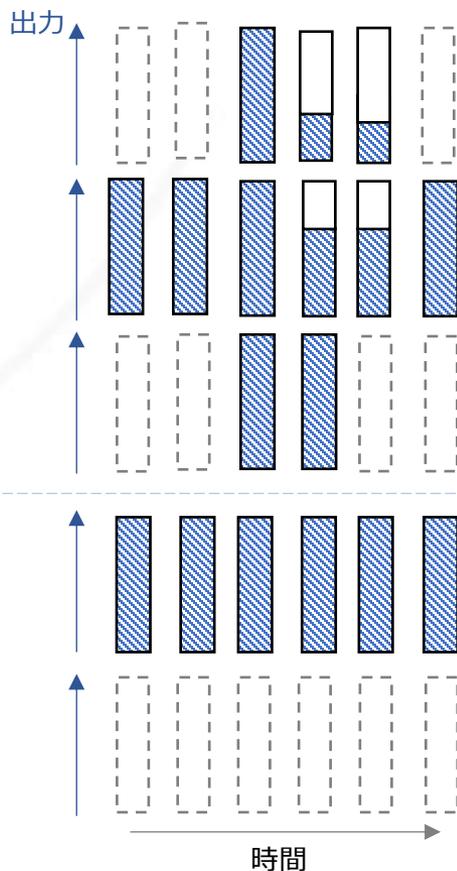
電源起動停止計画 (UC)

発電機の起動停止の決定
先物から前日などまで



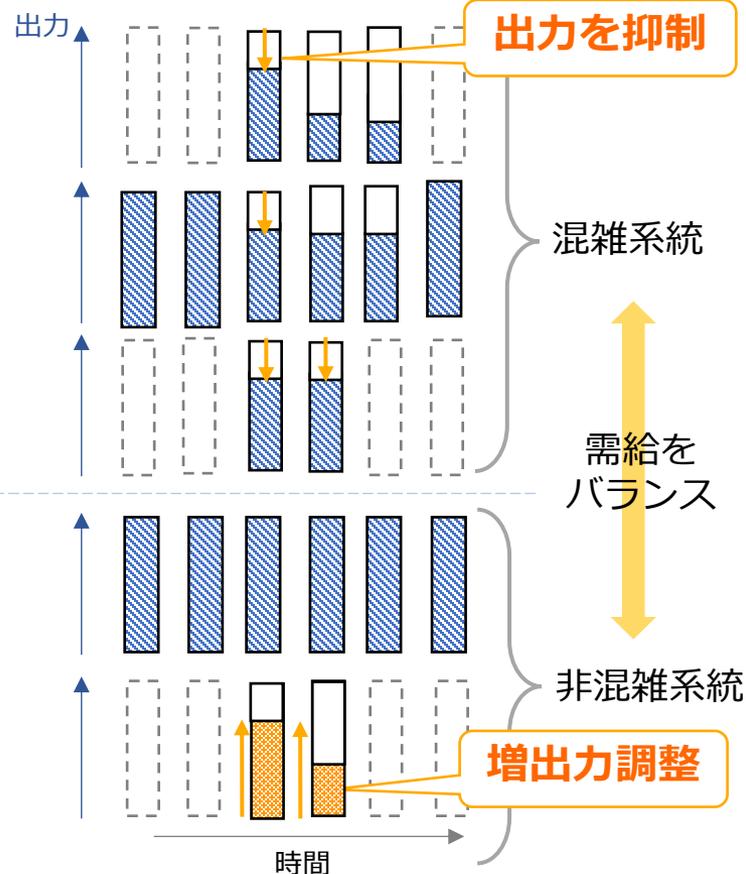
制御指令値 (計画断面)

実需給に向け発電機の
出力・負荷配分決定
(市場での約定結果)



再給電指令 (実需給断面)

各種制約を踏まえ、制御指令値
をほぼリアルタイムで変更し需
給をバランス

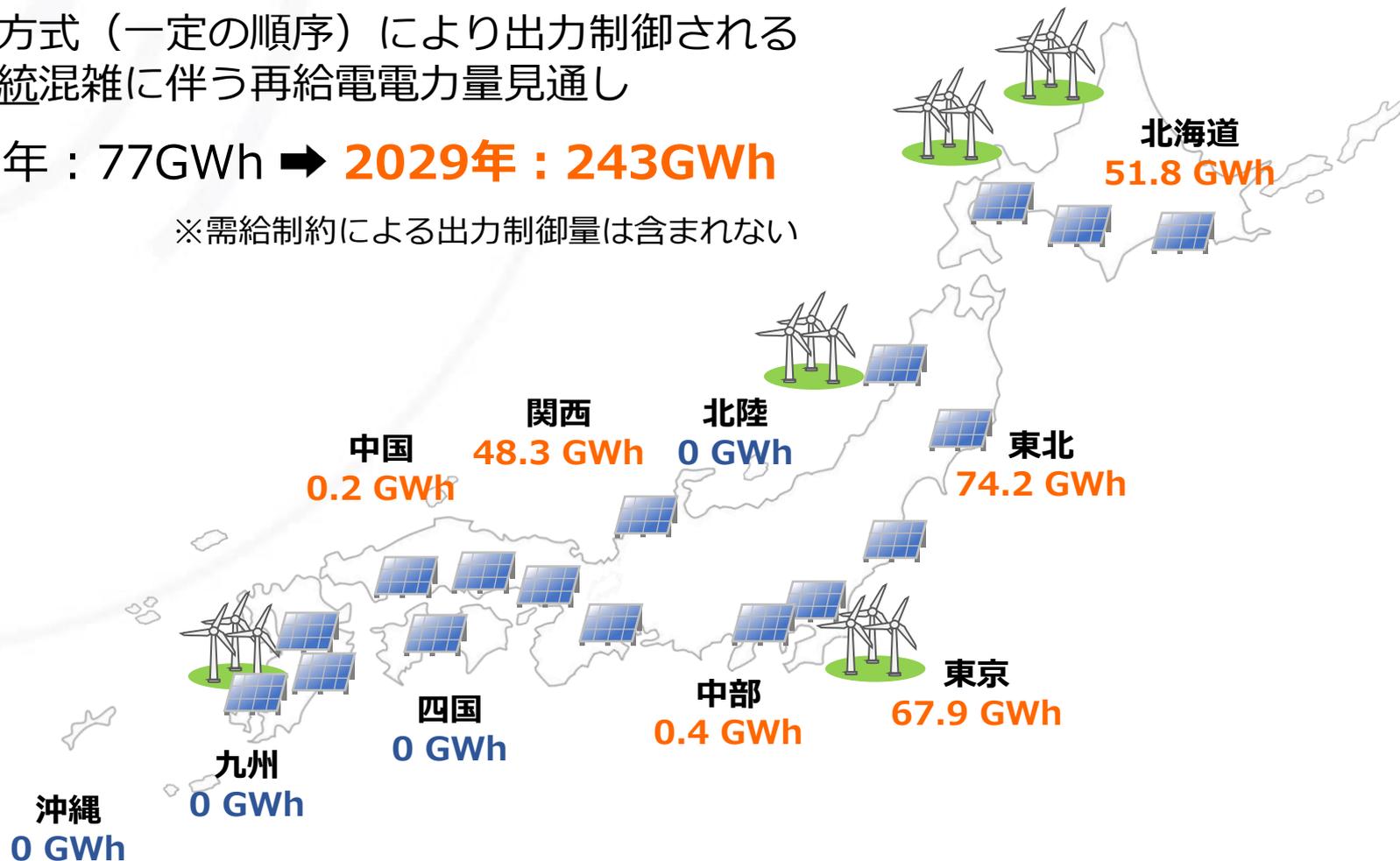


系統混雑起因の再給電電力量の見通し

再給電方式（一定の順序）により出力制御される
基幹系統混雑に伴う再給電電力量見通し

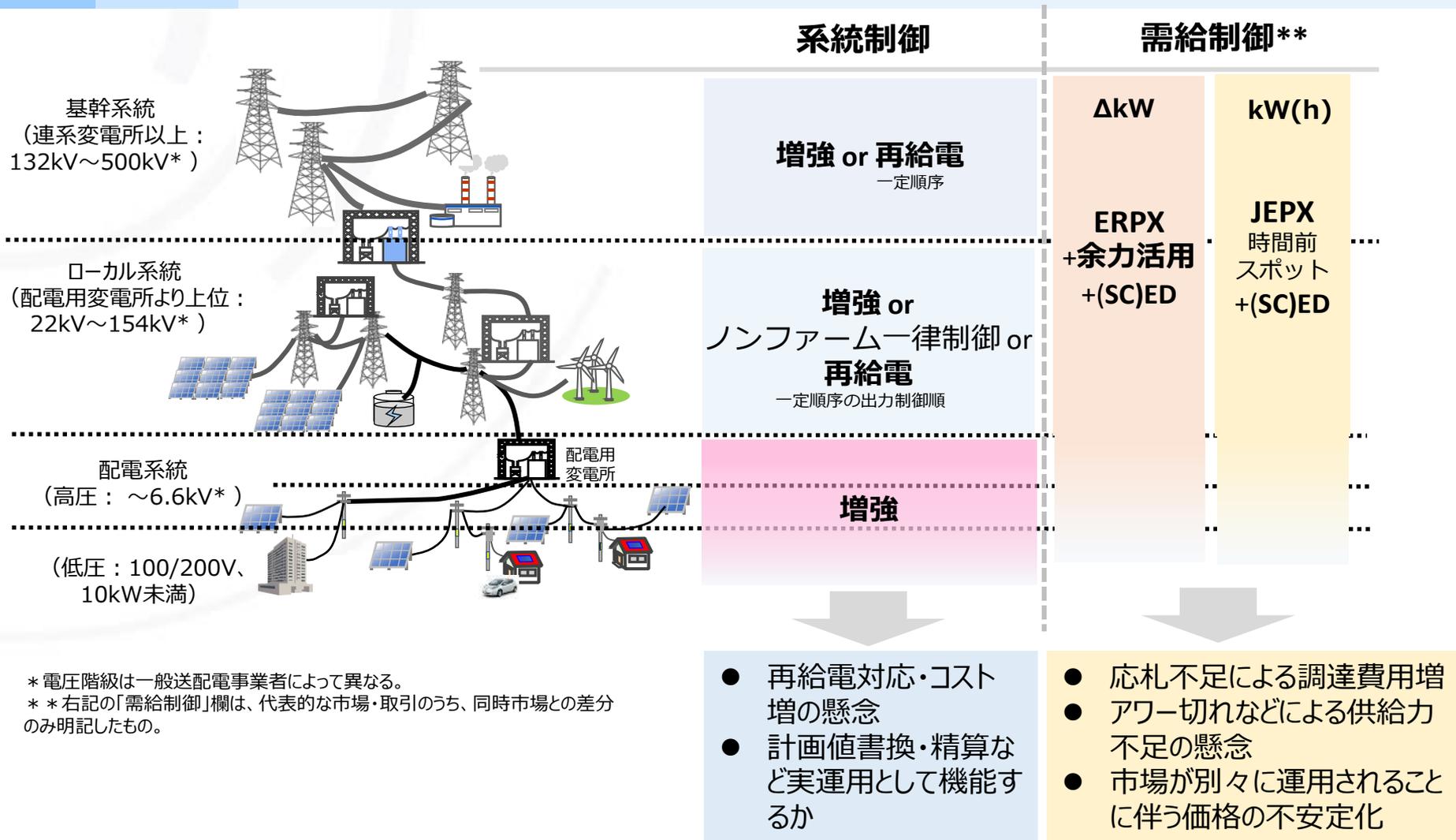
2027年：77GWh ➡ **2029年：243GWh**

※需給制約による出力制御量は含まれない



出典：第83回 広域系統整備委員会 資料3（2024年9月10日、広域系統整備委員会）での公表数値を基にNEDO作成

平常時混雑処理と需給制御に関わる現行の手法・市場等



* 電圧階級は一般送配電事業者によって異なる。
 ** 右記の「需給制御」欄は、代表的な市場・取引のうち、同時市場との差分のみ明記したもの。

給電形態（セルフスケジュールとセントラルディスパッチ）



【給電（制御指令）形態】

- 1 **セルフスケジュール**
（balancing group制）
※②とのハイブリッド
（市場で送電ロス等を補正）
- 2 **セントラルディスパッチ**
（いわゆる全量プール）



市場の価格決定メカニズムに基づき制御 = 市場主導型

- 1 **セルフスケジュール**
（balancing group制）
 - ・リソース間の競争が最大化
 - ・需要側が参加しやすい
 - ・技術的に非効率なシステム運用になりやすい
 - ・事前のスケジュール作成の難易度が高い

- 2 **セントラルディスパッチ**
（いわゆる全量プールの市場主導型）
 - ・効率的な混雑管理が可能
 - ・新規市場参加者の習熟を必要としない
 - ・変動電源が多い条件での出力変化に迅速に対応しやすい
 - ・実装に関する制度変更の課題が多い。多くの分散型電源を扱う場合、特に送配電事業者側のシステムが複雑化する可能性がある
 - ・コンピューティング負荷が大きくなる

ゾーン制 と ノーダル制 (市場主導型混雑管理)

ゾーン制

規定されたゾーン内で価格が単一
(例：東京エリア、東北エリア…)



ゾーン間の混雑が市場価格に反映

- ✓ ロスが市場価格に反映されない
- ✓ ゾーン内における系統制約が考慮されず、再給電等による解消が必要
- ✓ 市場流動性が劣後

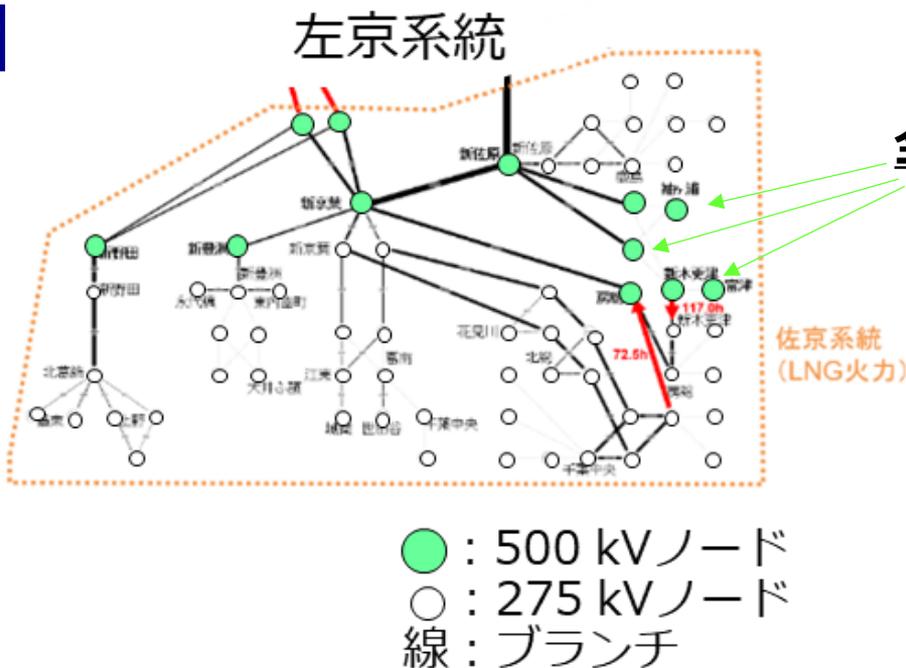
ノーダル制

価格が変電所・母線（ノード）別
(例：房総、新木更津、…)



全送電線の混雑が市場価格に反映 (LMP)

- ✓ 市場の複雑性の増大
- ✓ 個別ノードにおける流動性低下、価格ボラティリティの増大
- ✓ 給電及び価格決定に計算機能力を必要とする
- ✓ 発電事業者が系統運用者に対して正確なコスト情報を提供しない可能性を孕む



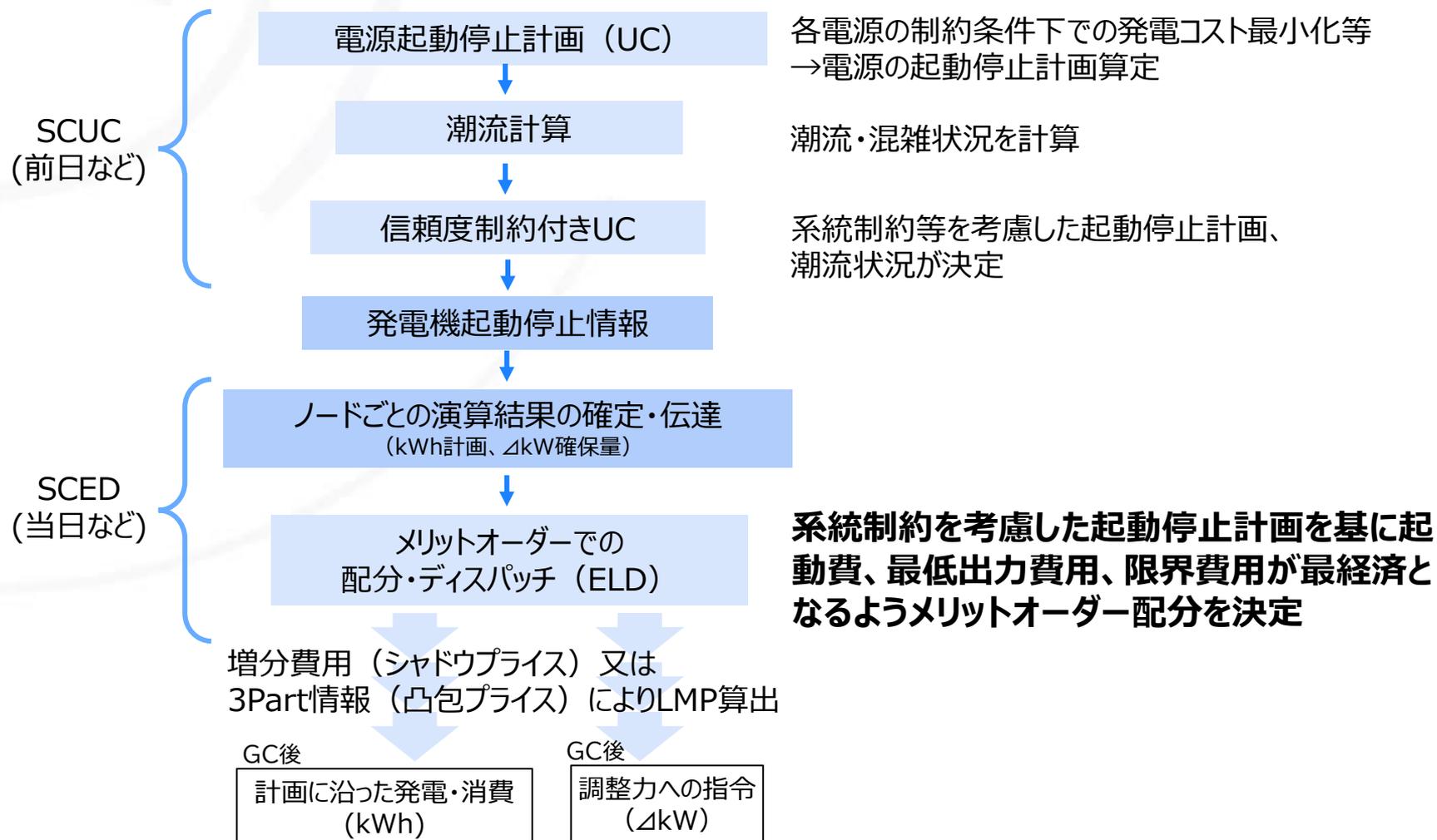
どうやって市場主導型を実現するのか？



SCUC・SCED

SCUC : Security Constrained Unit Commitment
SCED : Security Constrained Economic Dispatch

SCUC・SCED計算の流れのイメージ



➔ “日本版コネクト&マネージ2.0”



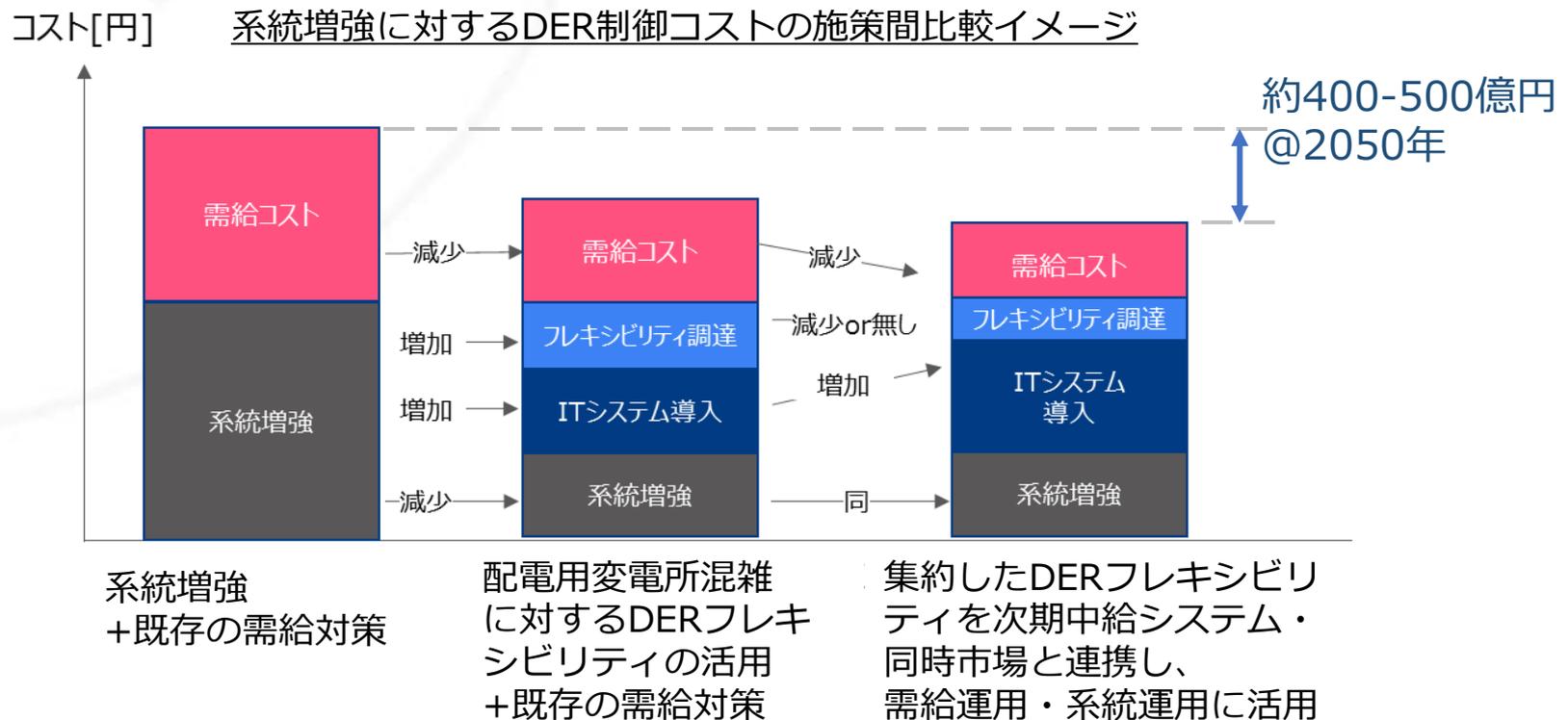
最経済での混雑管理・需給制御

系統制約改善のための
DER等フレキシビリティの活用

ベースロード同期電源の柔軟性向上
と更なる活用（マストラン運用等）

DER制御による系統制約の改善（1 / 2）

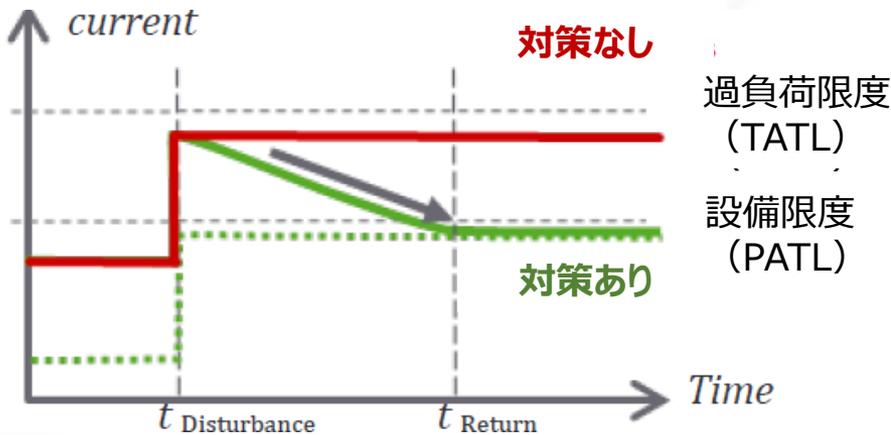
- 日本や諸外国では、**DER制御による系統制約の改善に期待が寄せられている**。理由は、低コスト化、増強延伸、再エネ出力制御量低減などさまざま。
- DERがもつフレキシビリティ（ ΔkW , kWh）を最大限活用する場合、2050年度断面で、単純な設備増強に対し約400～500億円（東京・中部・関西エリア合計）の便益を見込める可能性がある（下図）。



DER制御による系統制約の改善 (2 / 2)

- 事故時の過負荷に対する系統用蓄電池等の高速な充放電制御により、平時の運用容量を拡大する取組みもある（下図）。
- 潮流制約以外（電圧・同期安定性など）の送電容量制約の解消に対しては、日本をはじめ各国ともに机上検討を実施中。

独InnoSys 事故時の過負荷に対するDER等制御



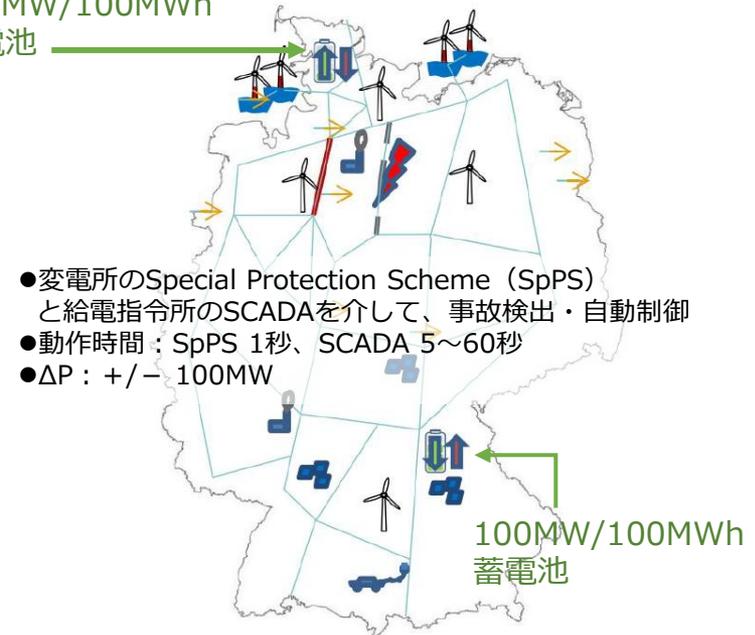
【対策】

- HVDCの出力調整
- 電力潮流制御装置（位相シフト変圧器など）の適用
- Grid Booster（右図） など

出典：独InnoSysホームページ

TenneT Grid Booster (2025年から試運転予定)

100MW/100MWh
蓄電池

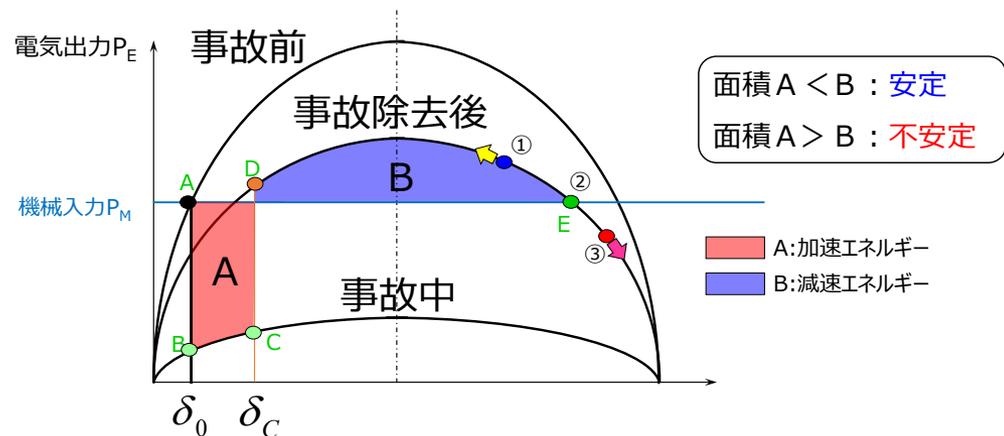
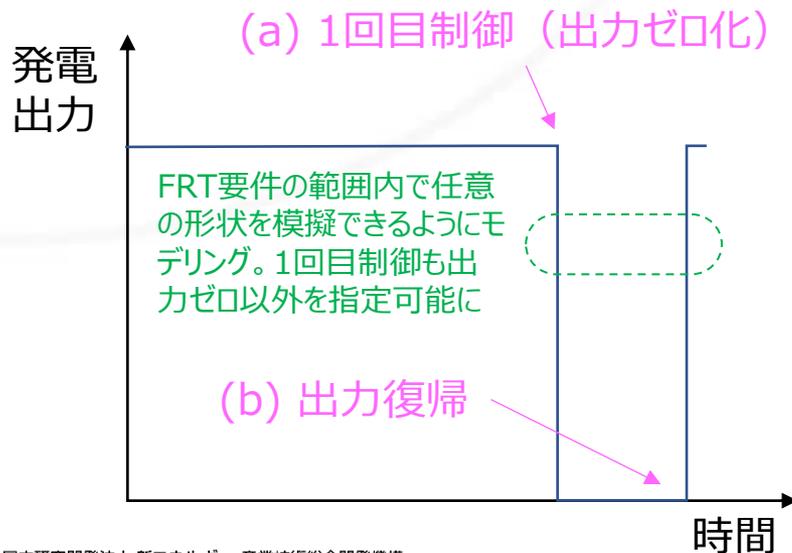


出典：IEEE PES GM 2023

(参考) 同期安定性維持のための動作イメージ

- 交流系統の事故などを起因として発生する同期発電機（水力・火力・原子力など）の変動で生じるエネルギーが、加速 > 減速になると、安定な運転継続ができない。
- 加速エネルギーを減らし減速エネルギーを増やすには、事故後速やかに（数100ミリ秒オーダー）、発電所から交流系統に流れ込む電気の量（発電出力）を減らすことが有効。
[左下図の(a)] [右下図の機械入力 P_M の低下に相当]
- 制御した発電所では、一定時間経過後（1秒オーダー）には、発電出力を元に戻す必要がある。[左下図の(b)]

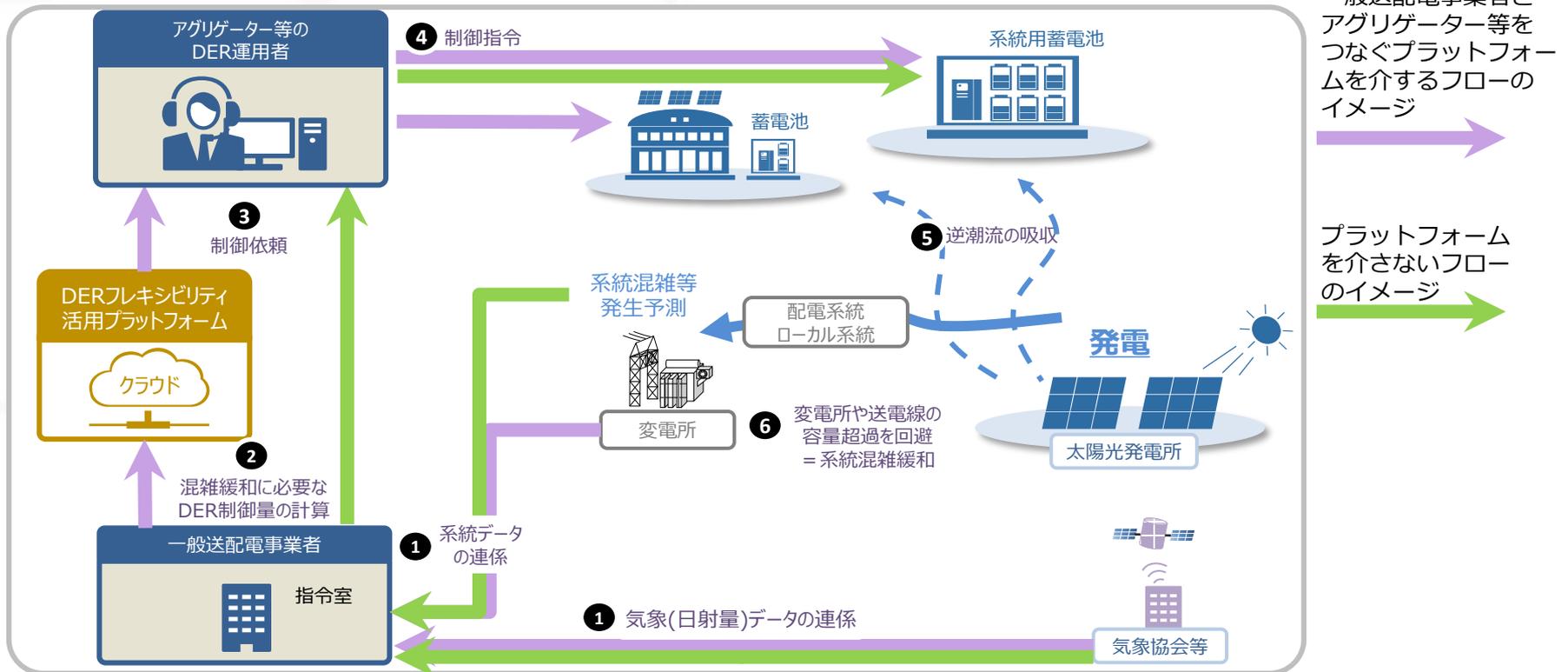
イメージ



DER等フレキシビリティの活用に対するNEDOの対応

NEDO事業において、既存の制度や日本版コネクト&マネージとの整合も図りながら、**再エネの有効活用を図り社会的便益を向上させるための新たなDER等の活用方法に関する制御システムのロジック構築及び基盤技術の開発**を行う。

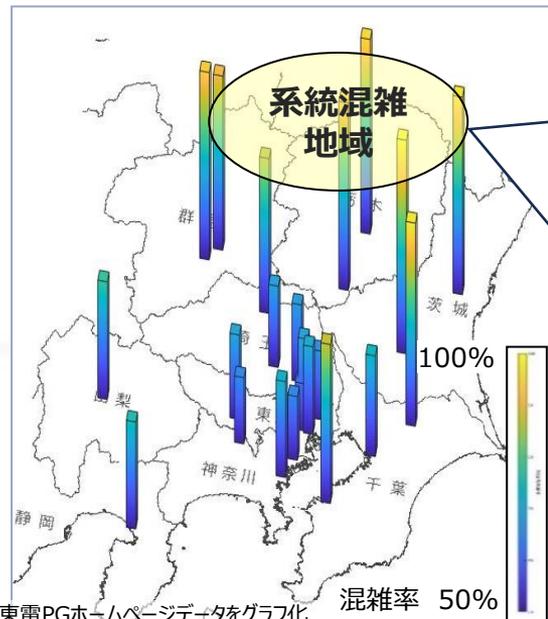
混雑緩和に対するDERフレキシビリティの活用イメージ



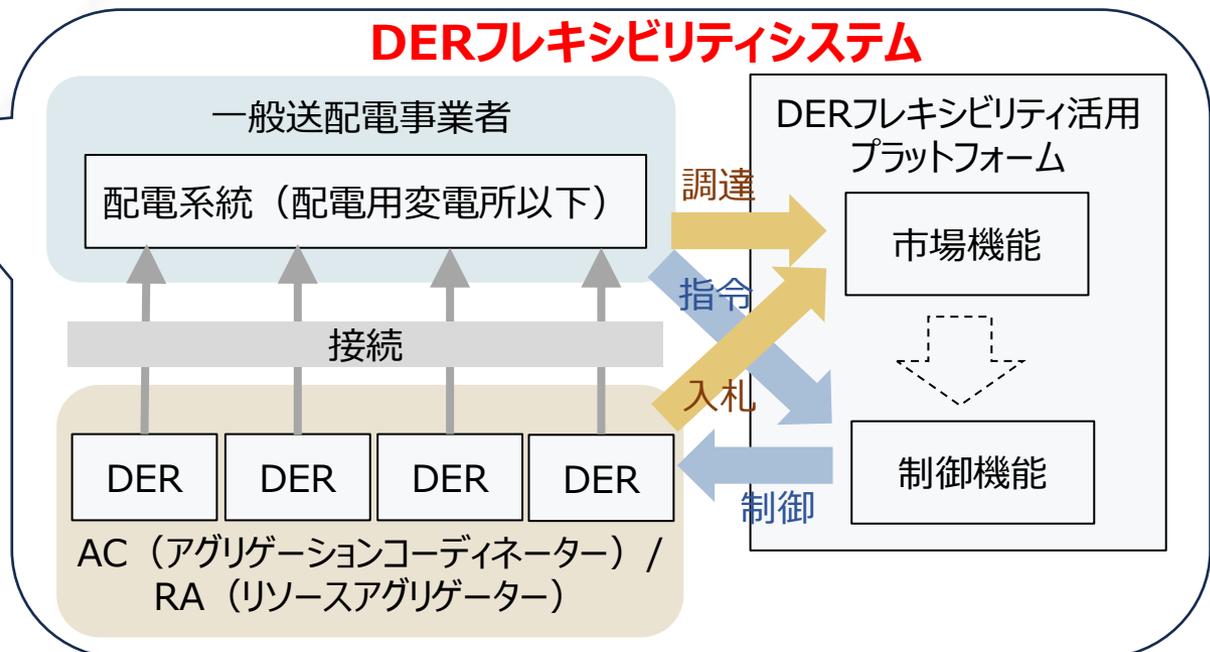
事例 1 : 電力システムの混雑緩和のための分散型エネルギーリソース制御技術開発 (FLEX DER)



- **目的** : 再エネの大量連系により生じる配電用変電所の混雑を、DERのフレキシビリティの活用（上げDR）により緩和し、再エネの出力制御を回避することで、更なる再エネの活用拡大を図る。
- **内容** : アグリゲーター等と送配電事業者をつなぎ、DERを制御して需要をシフトあるいは創出することで再エネに起因して混雑が生じる配電用変電所の混雑緩和を可能とする**DERフレキシビリティシステムの構築に向けた技術開発**を行う。
- **期間** : 2022～2024年度（2024年度にフィールド実証を実施）



※東電PGホームページデータをグラフ化
<https://www.tepco.co.jp/pg/consignment/system/>
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構



事例 2 : DER等を活用したフレキシビリティ技術開発／

系統用蓄電池の充電制御を活用した系統混雑緩和技術の開発

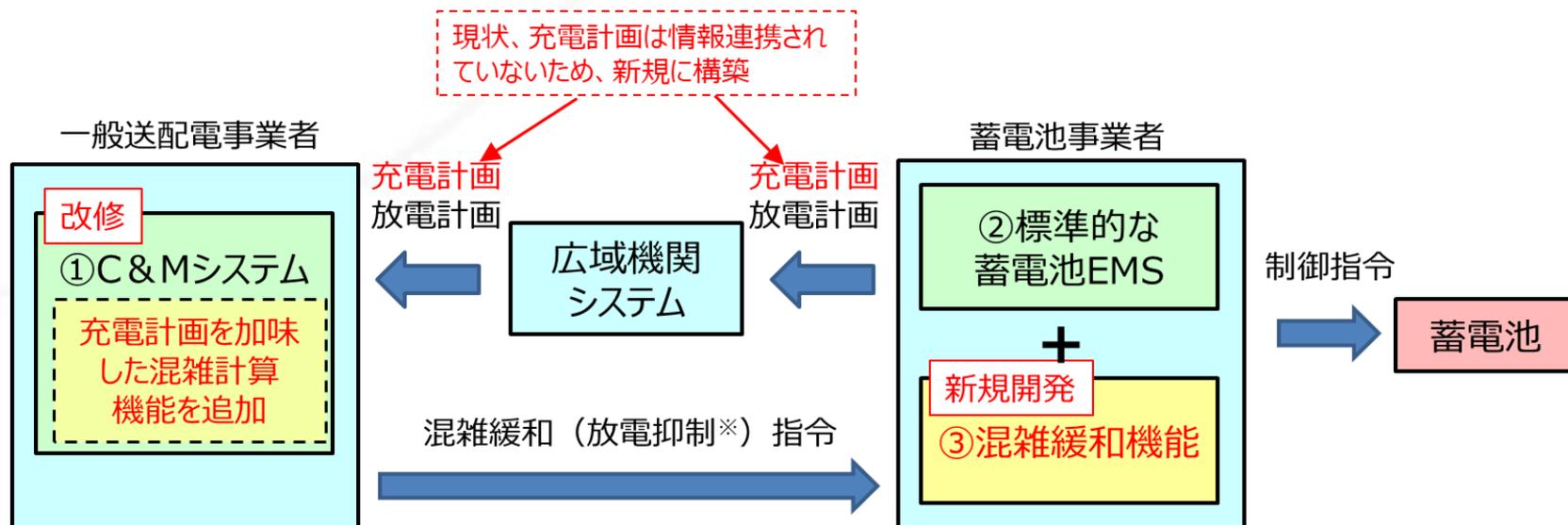


- **目的** : ローカル系統の混雑緩和と再エネ出力制御量低減のため、系統用蓄電池の充電制御ロジックの構築およびエネルギーマネジメントシステムの開発と、コネクト&マネージシステム(C&Mシステム※)との連携方法を確立する。

※系統制約と需給制約の両方を満足する出力制御量を発電所ごとに算出、配信できるシステム

- **内容** : 系統用蓄電池による系統混雑緩和の費用便益評価手法等の調査とともに、蓄電池設備によるフィールド実証を通じ、系統用蓄電池による混雑緩和を実現するための基盤技術の確立を目指す。

- **期間** : 2024～2028年度 (2027～2028年度にフィールド実証を予定)



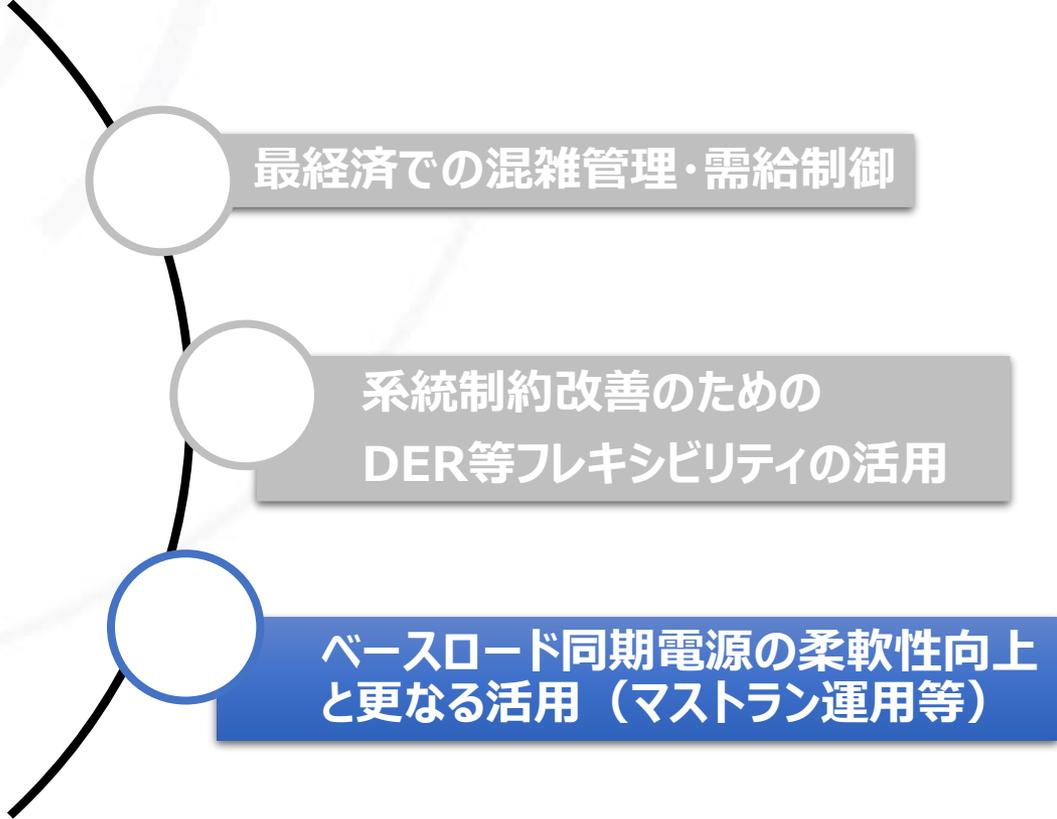
※NEDO事業においては、系統用蓄電池に対して混雑緩和に必要な充電指令（充電下限値）を通知する仕様も技術的に検証する。

2025年度から新たなユースケース検討を開始

研究開発項目	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
事例 1 : 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)	技術開発・実証						
事例 2 : DER等を活用したフレキシビリティ技術開発			系統用蓄電池の充電制御を活用した系統混雑緩和技術の開発				
				新規ユースケースの概念検証等		技術開発	

近日、体制等を公表予定

➔ “日本版コネクト&マネージ2.0”



最経済での混雑管理・需給制御

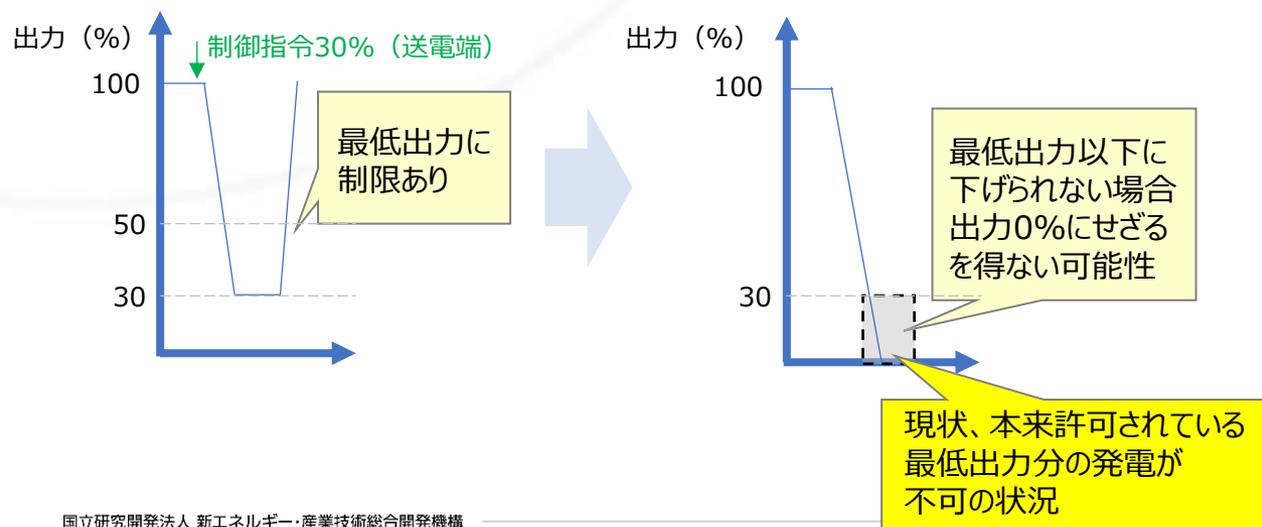
系統制約改善のための
DER等フレキシビリティの活用

ベースロード同期電源の柔軟性向上
と更なる活用（マストラン運用等）

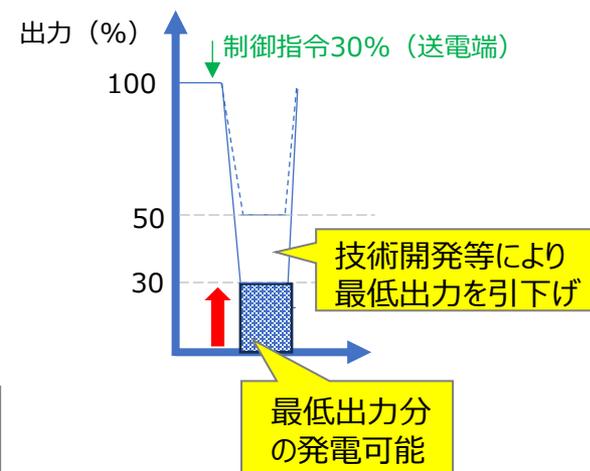
バイオマス・水力・地熱の柔軟性向上意義

- バイオマス発電・水力発電・地熱発電は、従来、固定価格買取制度（FIT）の適用電源として出力を調整するニーズが低かったことに加えて、水力発電・地熱発電は、長期固定電源として、優先給電ルール上も出力制御（抑制）を受けることが実質的になかった。
- 他方、混雑時に出力制御を受けることを前提としたノンファーム型接続（新規に接続するあるいは増出力する電源）やFIT切れのファーム型接続が増えることを想定すると、現状のように単にkWhで全量売電するのみならず、**市場価格に応じた出力調整や、需給調整市場等での Δ kWhの取引を行うことを含め、電源の設備利用率の高さが発電事業者にとっては重要**となる。

検討前（最低出力50%の場合）



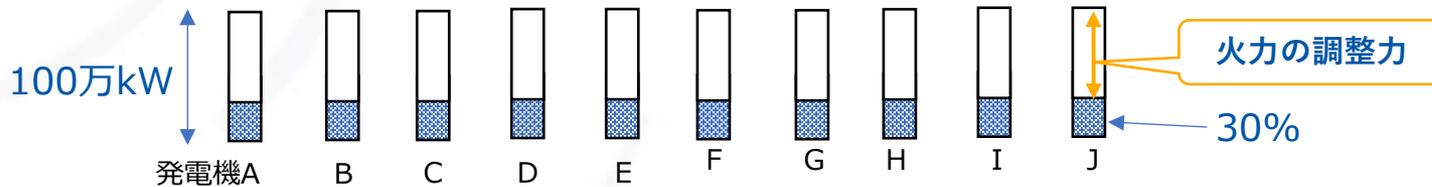
検討後（最低出力30%の場合）



再エネ主力電源化時代の火力による調整力確保

①再エネ供給力・変動の増加により、調整力の確保が必要。

(例) 再エネの出力低下に備えて、最大100万kWの火力を**最低出力 (30%)** ×10台で配分



②計画断面において、再エネ供給量が増加し**最低出力で運転する火力に余剰が発生する**場合、優先給電ルールに従い**火力は停止**することとなる。



③①↔②のような運用が増え、火力を起動停止することにより損失が増大。 また、点灯需要に備え、火力の並列台数を大幅に制限できず、部分負荷運転を解消できない。

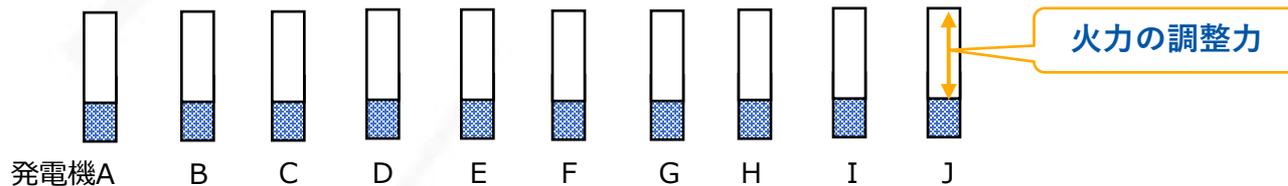
そのため…

火力の部分負荷運用・起動停止回数が増大により熱効率が低下

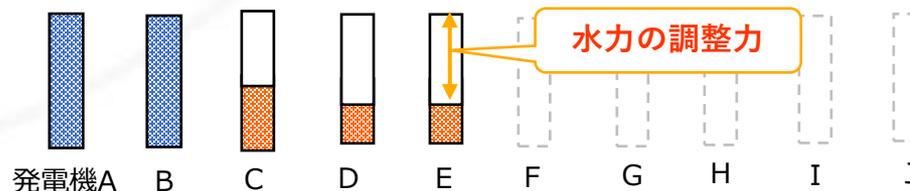
ファーム型接続水力の柔軟性向上意義

ファーム型として接続されている、燃料費のかからない水力の調整力を確保出来る場合、火力の調整力を一部代替しつつ、火力の高効率運転が可能となる

(例) 再エネの出力低下に備えて、最大100万kWの火力を最低出力 (30%) ×10台で配分



水力がマストラン運用することにより最大100万kW (火力) 1台分を水力×3台で分担



**火力の部分負荷運用の解消・起動停止回数の低減
による熱効率改善⇒燃料費等削減**

バイオマス・水力・地熱の柔軟性向上に向けた NEDOの対応



NEDO事業において、kWhの価値を提供し、再エネ連系量及び発電量を増やす可能性を探るため、出力変化速度の向上や最低出力の引き下げ等といった当該電源の柔軟性向上の限界とその要因を明らかにする「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」(FS)を2025年5月末までに実施してきた。



電力システムの信頼度を下げずに経済的に再エネの最大活用を図るための柔軟性向上の効果の評価結果とともに、外部有識者による審議も踏まえ、**柔軟性向上による効果を勘案し、水力発電は国による検討が継続的に必要である**とした。

NEDOでの更なる課題への対応



→ “日本版コネクト&マネージ2.0”

課題	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
最経済での混雑管理・需給制御			市場主導型制御システムの技術検討 5-2 NEDO			詳細FS	
系統制約改善のための DER等フレキシビリティの活用		電力系統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) 4-1 NEDO 4-2 東京電力パワーグリッド	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) DER等を活用したフレキシビリティ技術開発／系統用蓄電池の充電制御を活用した系統混雑緩和技術の開発 5-1 NEDO				
ベースロード同期電源の柔軟性向上と更なる活用		5-3 NEDO 5-4 電力中央研究所	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		技術開発・検証		

これら事業にて新たな系統・需給制御手法の検討を一体的に行い、システム全体での最適化によるエネルギーの安定的かつ効率的な供給の確保並びに経済及び産業の発展に資することを目指します

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)