

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo. A1-3-14

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)/

研究開発項目2 市場主導型制御システムの技術検討/ フィージビリティスタディ

発表: 2026年7月23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

発表者名 攝待 彰久

(株)三菱総合研究所、送配電システムズ(合)、(株)日立製作所、(一財)電力中央研究所、(株)テプコス
ムズ、(国)横浜国立大学、(国)東京科学大学

問い合わせ先: 株式会社三菱総合研究所 E-mail:n-lwem@ml.mri.co.jp

事業目的・概要・実施体制

<目的>

- 市場主導型の混雑管理への移行検討に向けて、以下を目的としたフィージビリティスタディ(FS)を実施。
 - 欧米諸国や国内議論を踏まえつつ、系統混雑等の長期見通しを算定し、混雑管理手法ごと(再給電方式・ゾーン制・ノーダル制)の費用対効果を試算するとともに、各手法適用時の課題整理を行う。
 - 市場主導型制御システムにおいて必要となるSCUC、SCEDロジックに関して、既存技術の高度化・代替手法および新規技術について調査・検討を行う。

実施内容の概要

①試行的な費用対効果の検証【三菱総合研究所】

- a) 費用対効果の検証の前提条件の整理
- b) 系統混雑等の長期見通しの算定
- c) 試行的な費用対効果の検証

②既存技術の活用及び高度化の可能性調査

- a) 既存技術の高度化・代替する手法の調査・検討【送配電システムズ・日立製作所】
- b) 新規技術の調査・検討【電力中央研究所、テプコシステムズ、横浜国立大学、東京科学大学】

実施体制



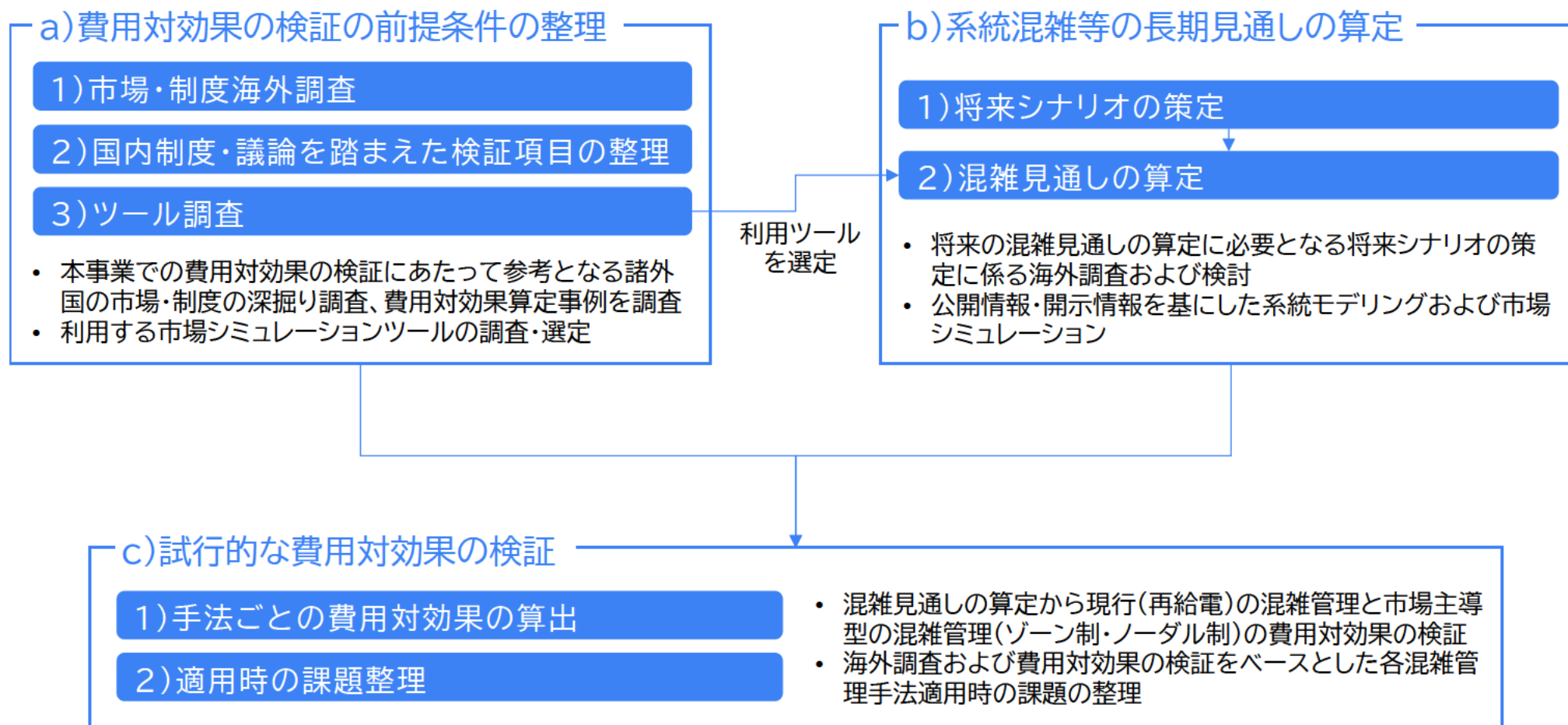
調査項目一覧

大項目	中項目	概要
①試行的な費用対効果の検証 【三菱総研】	a)費用対効果の検証の前提条件の整理	本事業での費用対効果検証に向けた、市場主導型混雑管理を検討・実施している諸外国の制度・市場および費用対効果検証に関する調査
	b)系統混雑等の長期見通しの算定	- 将来シナリオを策定し、将来の電源等の導入量および電源の配置を決定 - 市場シミュレーションにより将来の系統混雑等の長期見通しを算定
	c)試行的な費用対効果の検証	a), b)を基にした市場主導型混雑管理適用時の費用対効果検証および課題の整理
②既存技術の活用および高度化の可能性調査	a)既存技術の高度化・代替する手法の調査・検討 【送配電システムズ・日立製作所】	実運用システムとして求められる計算時間の制約や未収束の回避等の厳しい制約を満たすための最新の最適化演算の技術導入状況や計算上の割り切り等を調査
	b)新規技術の調査・検討	
	b)1)SCUC/SCED技術の高度化ソリューションの調査研究 【電力中央研究所】	将来の実運用に向けた、AC-OPFベースの潮流解析技術・系統解析・最適化技術の観点からSCUC/SCEDの高度化ソリューション構築の可能性を調査
	b)2)日本版SCUC/SCEDを備える革新的中給システムの調査研究 【テプコシステムズ】	高度な相互運用性を有する中給システムの高度化技術を整理し、革新的中給システムのコンセプトを提案
	b)3)確率論的SCUC・SCED技術と高速求解手法の調査研究 【横浜国立大学】	再エネ・需要の不確実性を考慮した確率論的SCUC/SCED手法の検討を行い、その高速求解手法の調査・検討
	b)4)再エネ主力化を見据えた系統安定性と経済性を両立する市場主導型制御機構の数理的研究 【東京科学大学】	- 再エネの不確かさを考慮した大規模蓄発電計画の機械学習による高速化 - 火力・原子力と併せて再エネ・蓄エネを経済評価するリアルタイム市場メカニズム - 力学的エネルギー消散性に基づく同期発電機群とGFM※インバータ機器群の市場主導型制御機構 - 統合型シミュレーション環境構築に向けたGUILDAの拡張
	b)5)予備力の発動を考慮した確率論的な系統混雑予測に関する検討 【東京科学大学】	再エネ予測外れおよび ΔkW の発動によって生じる系統混雑を予測する手法の調査・検討

調査項目①の概要

①試行的な費用対効果の検証

各混雑管理手法ごとの費用対効果検証を行うとともに、課題整理を実施。



①a)費用対効果の検証の前提条件の整理

- 本事業の参考となる諸外国の費用対効果事例について調査を実施。
- 評価の際のモデリング・シミュレーションの考え方等についても情報を整理し、①b)での検討に反映。

英国において実施された費用対効果事例の概要

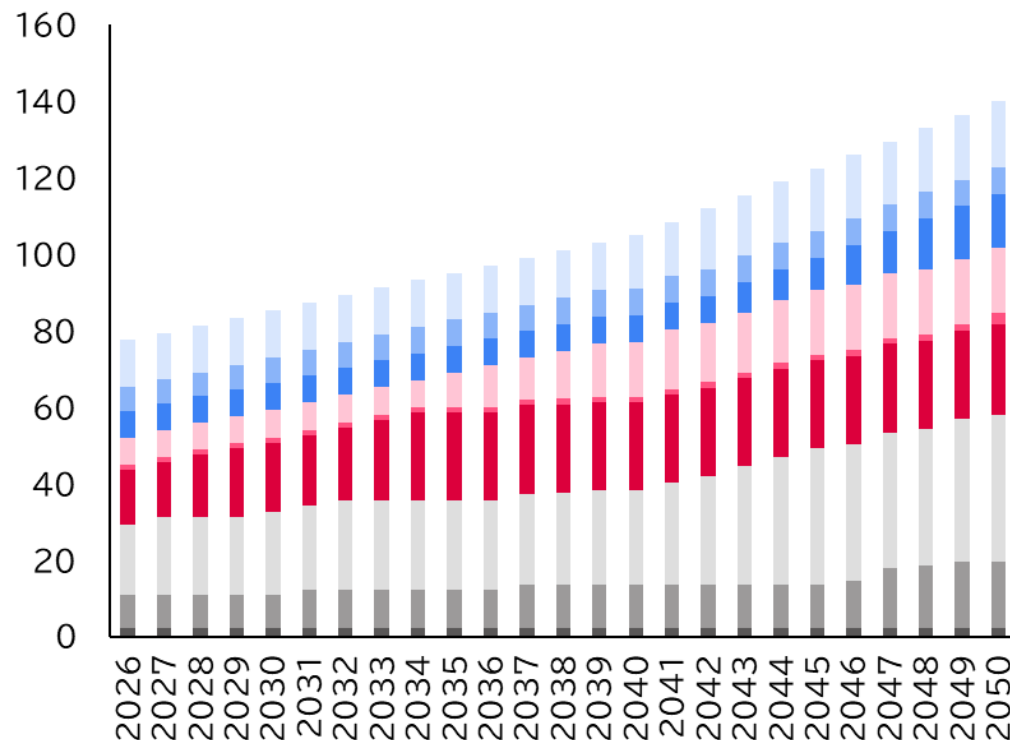
		FTI	Aurora	AFRY	LCP Delta
ファウンダー		Ofgem 電力・ガス規制機関	発電事業者	発電事業者 小売事業者	DESNZ エネルギー保障・ネットゼロ省
評価対象	National	●	●	●	●
	Zonal	●	●	●	●
	Nodal	●	●	●	×
評価期間		2025～2040年	2025～2060年	2028～2050年	2030～2050年
評価ツール		外製 (PLEXOS)	内製	内製	内製

出所)三菱総研作成

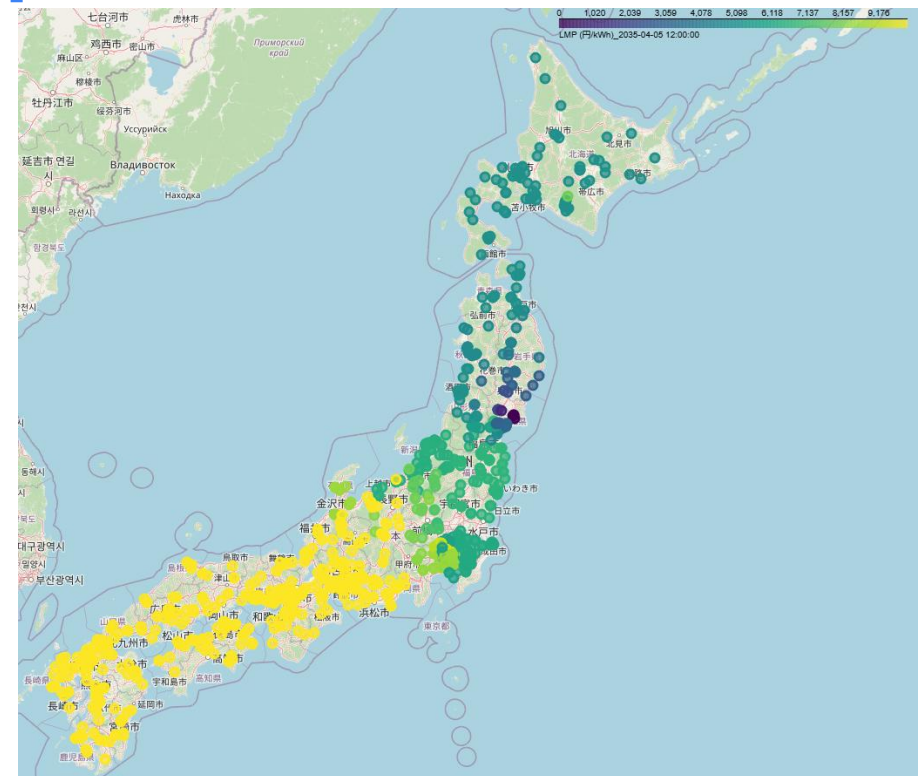
①b) 系統混雑等の長期見通しの算定

- 将来の混雑見通し算定のために、日本全国を対象とした基幹系統(一部ローカル系)のモデリングを実施。
- 2050年までを対象に将来シナリオを検討した上で、PLEXOSを用いた市場シミュレーションを実施。

将来の太陽光発電の導入量のシミュレーション結果



将来のノード価格の一例



出所)xxxx

①c) 試行的な費用対効果の検証

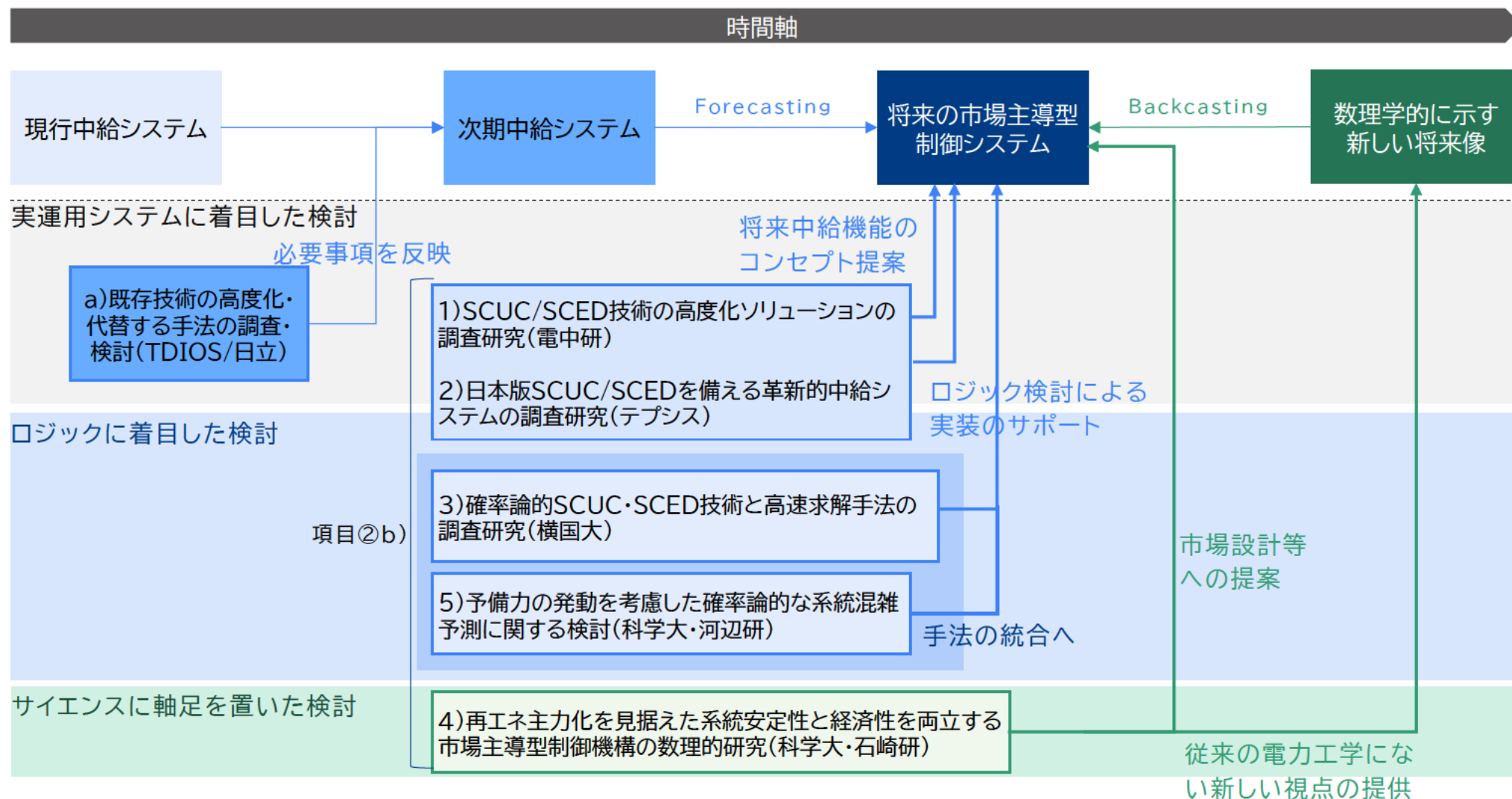
- ①b)の結果を基に、費用対効果の試算を実施。
- また、移行検討が行われた諸外国での議論状況を踏まえて、各混雑管理手法の課題についても整理を実施。

諸外国で挙げられた市場主導型混雑管理への移行時の課題の一例

課題	概要	指摘のあった国		
		英	独	豪
1 価格リスク・価格変動(ボラティリティ)	価格の細分化(地点別・細分ゾーン化)により地域間の価格差とボラティリティが拡大しやすく、ヘッジ困難化も相まって発電・小売を含む市場参加者の価格リスク(収益・調達コスト不確実性)が増大する。	○	○	○
2 投資家心理／投資環境／資金調達コスト	価格変動・ベーススリスク等による収益不確実性の増大と、制度・ヘッジ手段(例:FTR等)の成熟度や移行設計の不透明さが投資家のリスク認識を高め、資金調達コスト上昇や投資延期を通じて再エネ・蓄電池等の投資環境を悪化させる。	○	○	○
3 投資シグナル／ロケーションシグナル(立地誘導)の有効性	価格細分化は理論上は立地誘導シグナルを強め得る一方で、価格シグナルの不確実性や制度・計画による立地決定などの制約により、安定した投資シグナルとして機能しない。	○	○	○
4 市場の流動性・予見性(ヘッジ/金融市場含む)	価格の細分化により取引が分散して流動性が低下しやすく、市場支配力の顕在化やヘッジ市場(先物・先渡等)の機能低下を通じて、価格形成の安定性・予見可能性が損なわれる可能性がある。	○	○	○
5 制度導入の困難さ(移行期間・実装負荷・人材/運用)	- ゾーン分割／ノーダル制の市場設計変更は評価(費用便益等)・制度設計・システム改修・運用体制整備が大規模かつ長期化しやすく、人材不足や合意形成の難しさも相まって、迅速な導入が困難で脱炭素目標の時間軸とも衝突する。 - ゾーン制の場合、系統の混雑状況の変化に伴い適切な入札ゾーンが変化するため、将来に渡って期待便益が維持される保証がない。	○	○	○
6 移行コスト・便益の不確実性／便益が限定的	移行に伴う市場システム・契約・運用の改修コストが大きい一方、便益は不確実であり、資本コスト上昇や代替策(系統増強・フレキシビリティ活用等)の方が有効な場合には、社会便益が限定的・費用に見合わない可能性がある。	○	○	○

調査項目②の概要

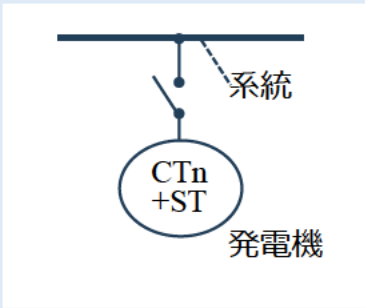
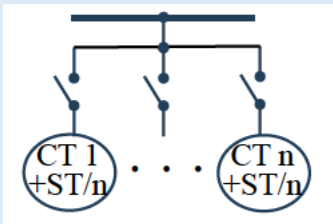
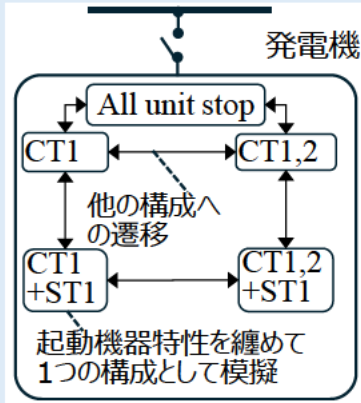
② a)では次期中給に関わる検討、b)では更なる将来に向けた検討を実施。



②a)既存技術の高度化・代替する手法の調査・検討

② a)では、実運用システムとして必要となる厳しい制約を満たすための最新の最適化演算の技術導入状況や計算上の割り切り等の調査を実施。(上表:モデリング手法、下表:システム間関係事例)

CC:combined cycle、CT :combustion turbines、ST :Steam turbines

名称	Aggregate Model	Pseudo Unit Model	Configuration-Based Model
特徴	CC発電機を一つの発電機とする。(従来型) 	1台のCT、STをCTの台数nで案分した特性を一つの発電機とし、CT台数に応じた複数の発電機で模擬する。 	CTとST起動状態を組合せ、CT単独、CT+STなど構成を模擬する。 

ISO	NYISO等	PJM
出典	SPIDERWG White Paper(NERC発行): 送電と配電の協調戦略に関する課題や推奨策を整理した文書	NCEMC/PJM Distribution Operator Pilot Project Final Report PJMとNCEMCがテストを行い、DERを送電/配電オペレーターが協調して制御できるかを検証した実証の最終報告書
概要	DERの急増や多様なリソース統合によっても送電・配電の両方で信頼性・安全性を確保するため、計画・運用・市場の整合性を維持する協調の枠組み(情報共有、リアルタイムモニタリング、制御・指令、計画調整)を整備	DSOとISO/RTOがリアルタイムで情報共有、制御を行い、市場/系統運用の高度化が実現可能であることを実証
課題	- 情報共有:DERが増えるほど、影響する情報(位置、容量、運転特性、接続点、制御応答等)が増える - リアルタイムモニタリング:実応動と完全に一致することが困難 - 制御・指令:瞬間的には制御が間に合わない可能性が高い	技術的には可能なものの、市場設計面の課題には言及されていない。 - 抑制箇所がISOから分からないため、透明性に懸念 - 市場ルールにおけるDERの価格に関する設計 - 責任の明確化、スケーラビリティ等の制度化が必要

※本資料は、各ISO/RTO、規制機関、関連団体等の公開情報を基に、実施者が整理・再構成したものである。制度・実装状況は調査時点の公開情報に基づく。

②b)新規技術の調査・検討

② b)では、将来中給機能のコンセプトの提案およびロジックの検討を実施。

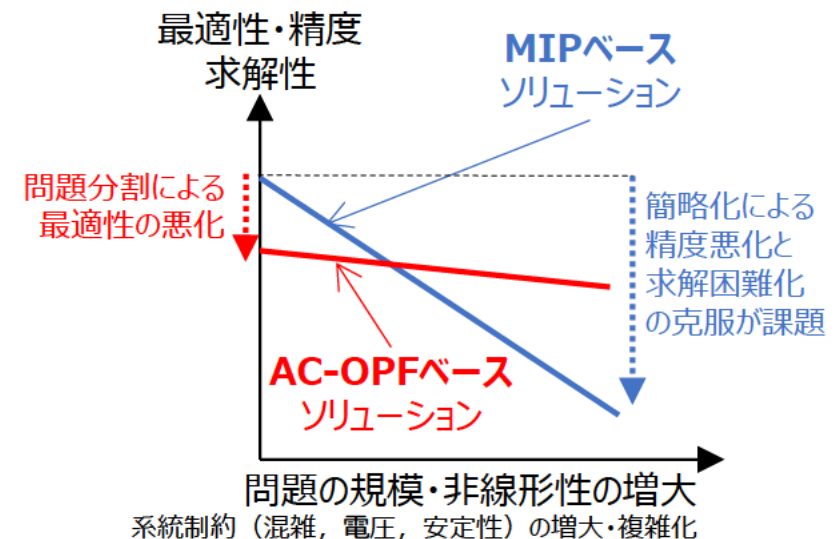
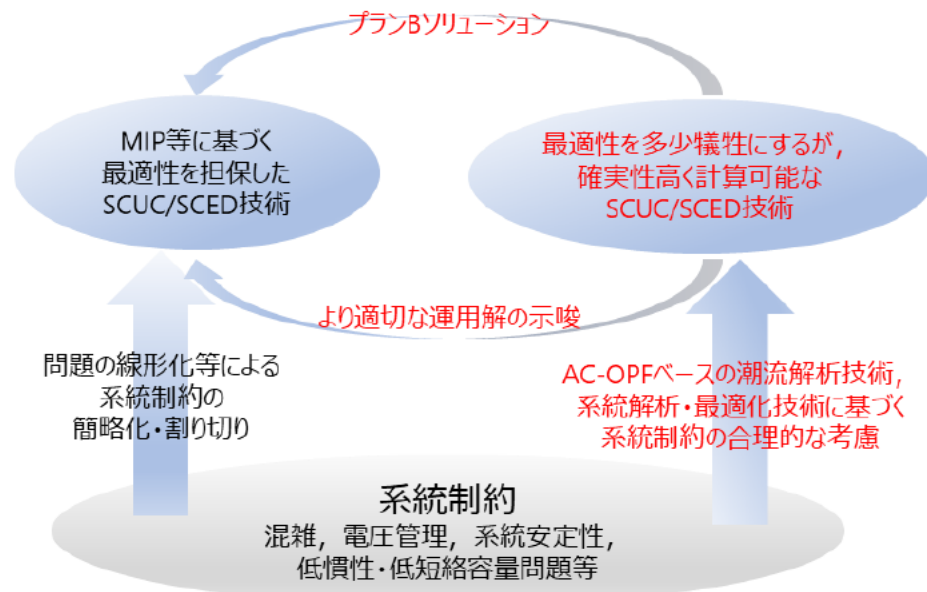
● プランBソリューションのコンセプト

✓ 基本戦略

- 最適性を多少犠牲にするが、**プランBとして確実性高く解く**ことを優先
- AC潮流ベースとすることにより、**より実態に即した運用解**を提供

✓ 手段：問題の特徴を巧く活かしたソリューションの追求

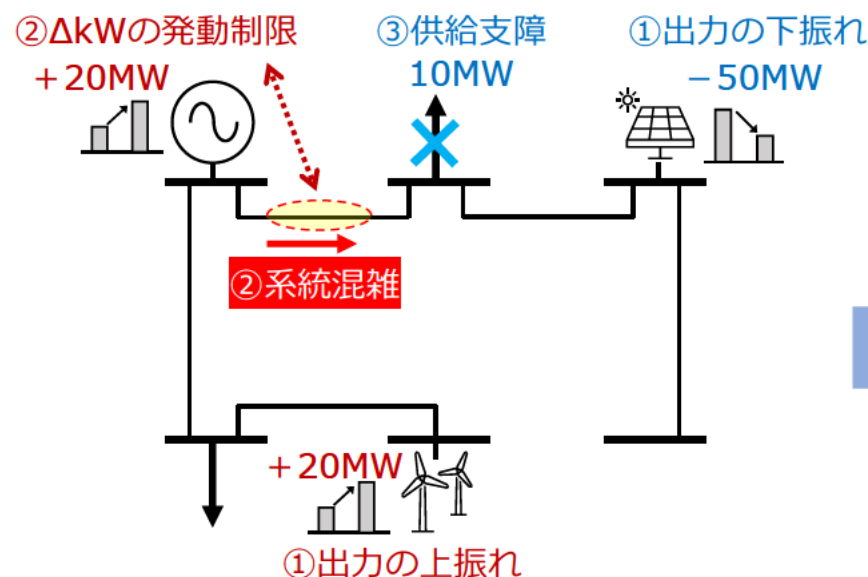
- 問題を分割して、解けるサブ問題に落とし込む
 - 系統の時間的，空間的，物理的，機能的な特徴・制約による分割
 - 市場等の供給力・柔軟性確保の時間的制約からの分割
- サブ問題を合理的に組み合わせる



②b)新規技術の調査・検討

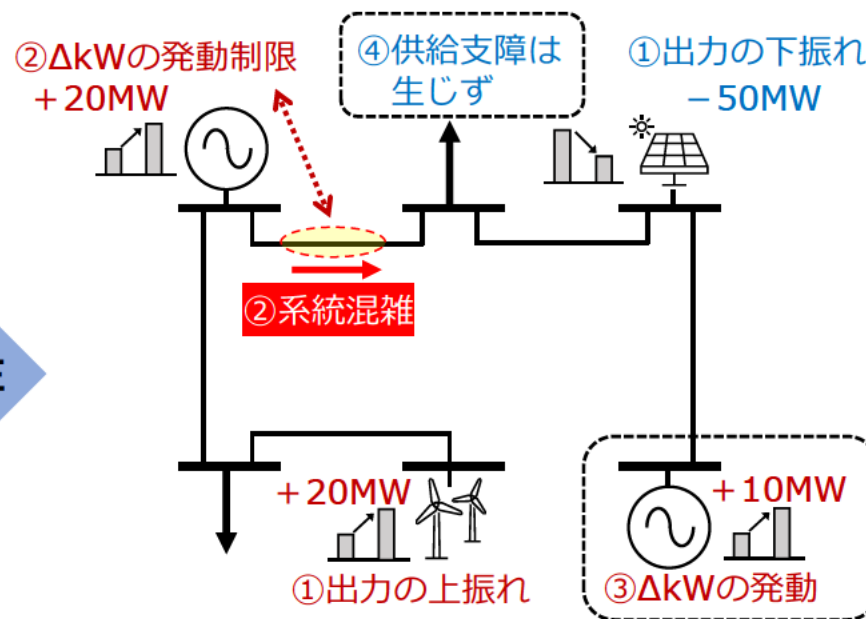
② b)では、将来中給機能のコンセプトの提案およびロジックの検討を実施。

基本的な考え方



(a) ΔkWの発動制限による
供給支障の発生

計画修正



(b) ΔkWの追加調達による
供給支障の回避

系統混雑に伴うΔkWの発動制限(図a)を予測できれば、
混雑送電線の潮流増加に寄与しない地点で代替ΔkWの調達(図b)を行うことで、
ΔkWの発動制限に伴う需給インバランスのリスクを低減できると期待

②b)新規技術の調査・検討

② b)では、加えて数理的側面から複数のテーマでの検討を実施。

- 潮流状況に応じた定態安定度判定を可能とするロジックを開発しており、下記の需給状況に応じたGFM/GFLの最適選択を行うユースケースに応用可能

提案:エネルギー関数の凸性で比較

■ 発電機モデルの内部電圧を縮約したヘッセ行列

① GFL型の電力源:静的モデル

$$H^{(1)} = \begin{array}{c} \delta \quad \theta \quad V \\ \begin{array}{c} \delta \\ \theta \\ V \end{array} \begin{bmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{bmatrix} \end{array}$$

次元が
違う

② GFM型の電圧源:動的モデル

$$H^{(2)} = \begin{array}{c} \delta \quad \theta \quad V \\ \begin{array}{c} \delta \\ \theta \\ V \end{array} \begin{bmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{bmatrix} \end{array}$$

■ さらに内部電圧の偏角も縮約すると「同じ次元」で比較可能

$$\textcircled{1} \quad H^{(1)} / H_{\delta\delta}^{(1)} = \text{送電網の項} + \text{全機器電力の項} + \text{発電機1の項}$$

$$\textcircled{2} \quad H^{(2)} / H_{\delta\delta}^{(2)} = \text{送電網の項} + \text{全機器電力の項} + \text{発電機1の項} + \text{GFM2の項}$$

違いは
ここだけ

正負は変わる:需給状況に応じたGFM/GFLの最適選択が重要

今後の取り組みおよび実用化・事業化の見通し

- ①については引き続き費用対効果検証を実施。②についても、調査・ロジック検討について引き続き検討するとともに2027年度以降に詳細FSを実施予定。
- 本事業の成果を踏まえ、市場主導型制御システムの導入検討の促進・制御ロジックの高度化の実現に貢献。

本事業の活用イメージ

