

二次調整力①広域運用の 検討状況について

2020年7月28日

送配電網運用委員会

- 二次調整力①広域運用の実現策として、中給システムの抜本改修を伴う「仕様統一案」と現状の中給システムの活用を前提とする「現状活用案」の検討を進めることとしており、広域運用の早期実現のため、現状活用案について先行して検討を行った。
- 現状活用案については、シミュレーション分析を行い、実現性および実現可能時期について検討結果をとりまとめたため、今回報告する。
- 仕様統一案については、2019年度からシステム仕様検討を行い、2020年度には周波数品質等の影響についてシミュレーション分析を行うことで進めており、検討状況を報告する。

【2024年度に向けた動き】

2020.1.29 第16回 需給調整市場検討小委 参考資料より

	年度	2019			2020	2021	2022	2023	2024~
		2Q	3Q	4Q					
(3-3)	商品設計								
一次 ↳ 二次 ②	(3-10) 調整力必要量								2024年 4月* 市場 開設
	(5-1) 複合約定ロジック								
	<u>(6-1) 中給システムの抜本的な改修</u>								
	(1-2) 二次①の広域調達可否と時期								
	(6-2) 二次①に係る具体的な調達・運用方法								
	(5-2) 連系線容量確保(スポット前) <監視等委にて検討>								
	(1-3) 一次の広域調達可否と時期								
	(4-1) 一次に係る具体的な調達方法								

今回報告

三次①

切出可否の判断

広域調達可否・時期の検討

※一次の市場調達開始時期は検討中

※一次の市場調達開始時期は必要量の議論を踏まえて検討

I . 現状活用案の検討

- 1 シミュレーション分析結果
- 2 現状活用案の実現可能時期および今後の進め方について

II . 仕様統一案の検討

I. 現状活用案の検討 現状活用案採用に関する検討の背景

○二次調整力①の広域運用において、現状活用案（中給システムの抜本改修なしで、各エリアの現在制御方式を活用）を採用する場合、各社の演算周期や制御周期の異なることが、周波数面へ影響を与えることがないかを懸念。また、より経済的な広域運用となるよう、メリットオーダーの採用可否もあわせて検討することとしていた。

2018.11.13 第7回 需給調整市場検討小委 資料4より

2 制御方式・演算周期等の統一要否の検討 【現状活用案の検討】

8

- 現状活用案（中給システムの抜本改修なしで、各エリアの現在の制御方式を活用）の検討として、中給システムのLFC演算周期・制御周期、発電機への制御方式が異なる状態で、二次調整力①の広域運用を行った場合の、周波数品質への影響について、シミュレーションによって評価。
- それが許容される範囲なのか、限定的な範囲（一部のエリアのみ等）での改修により対応可能なのか等を検討。
- もし、現状活用案で周波数品質への特段の悪影響がなければ、二次調整力①の広域運用開始が大幅に前倒し可能となる。
- この検討には期間を要するため、1エリア目の抜本改修時期が遅れる可能性があるが、9エリアの改修が完了する時期には影響を与えない*と考えている。
- * 広域需給調整システムに追加するモジュールについて、現状活用案と仕様統一案との間にモジュールの仕様に大きな差がないと考えており、システム開発等に影響を与えない見込み



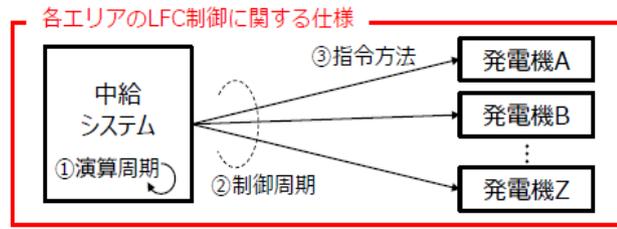
(確認事項)
今回提案させていただいた現状活用案（中給システムの抜本改修なしで、各エリアの現在の制御方式を活用）の検討を、シミュレーションを含め行うことでよいか。

今回報告（現状活用案報告）

(参考) 中給システムの仕様差異の現状調査

12

- 二次調整力①の広域運用に関する各エリアの中給システムの以下の仕様差異を調査した。
 - ①演算周期：中給システム内での演算の周期
 - ②制御周期：発電機への制御指令の送信周期
 - ③指令方法：発電機への指令方法



	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄
①演算周期	3秒	5秒	1秒	5秒	2秒	0.5秒	2秒	2秒	5秒	2秒
②制御周期	3秒	5秒	1秒	10秒 ※1	30秒	0.5秒	10秒	20秒 ※4	5秒	2秒
③指令方法	指令値	指令値	パルス	パルス ※2	指令値	パルス ※3	指令値	指令値	指令値	指令値

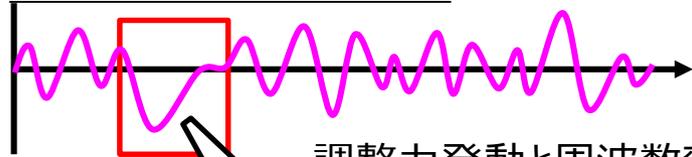
③指令方法の「パルス」とは、調整力の出力を増加(減少)させる場合は上げ(下げ)出力の信号を目的値に達するまで出す方式。また、指令方法(指令値、パルス)は同様でも、各社により「配分対象の考え方」、「指令の送信方法」等の詳細仕様は異なる。

※1：ARがある閾値以上になると5秒
 ※2：一部他社水力に数値指令あり
 ※3：10秒継続又は積分量超過にて制御出力
 ※4：指定により、5秒に切替可能

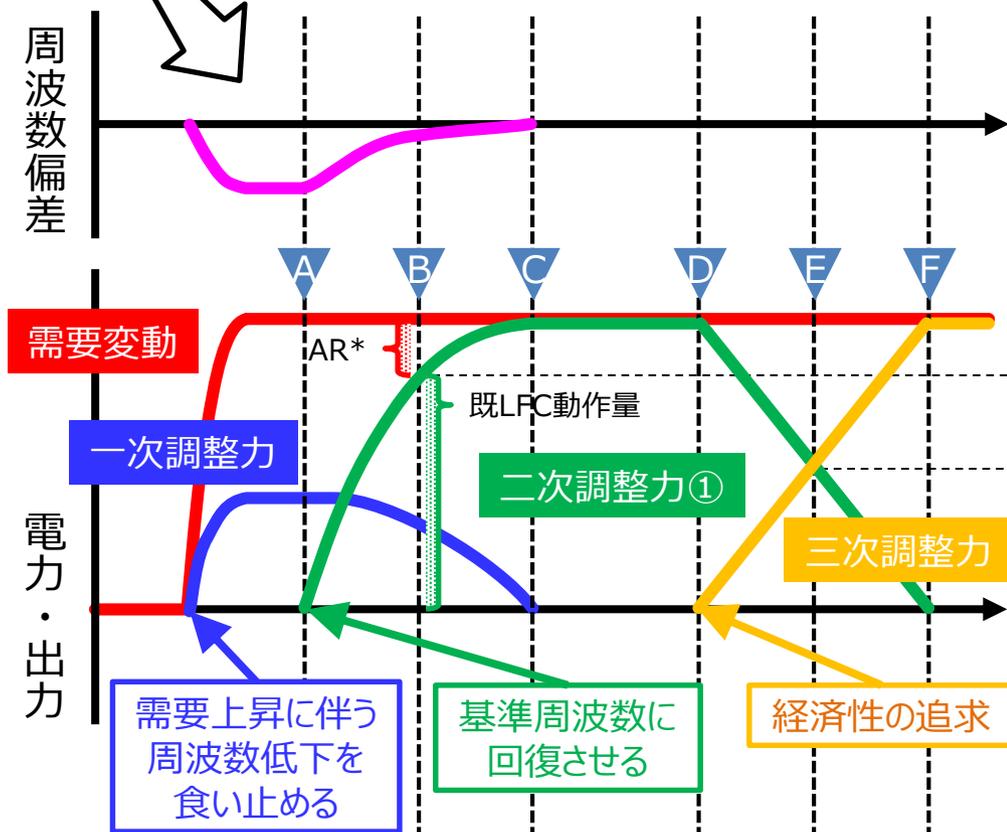
調整力における「二次調整力①」の役割

- 二次調整力①(LFC)は、細かな周波数変動に対応することに加えて、一次調整力を持ち替えるとともに周波数を基準周波数まで回復させ、三次調整力に受け渡すまで出力を維持する機能も求められる。

ある断面における周波数偏差



調整力発動と周波数変動のイメージ図

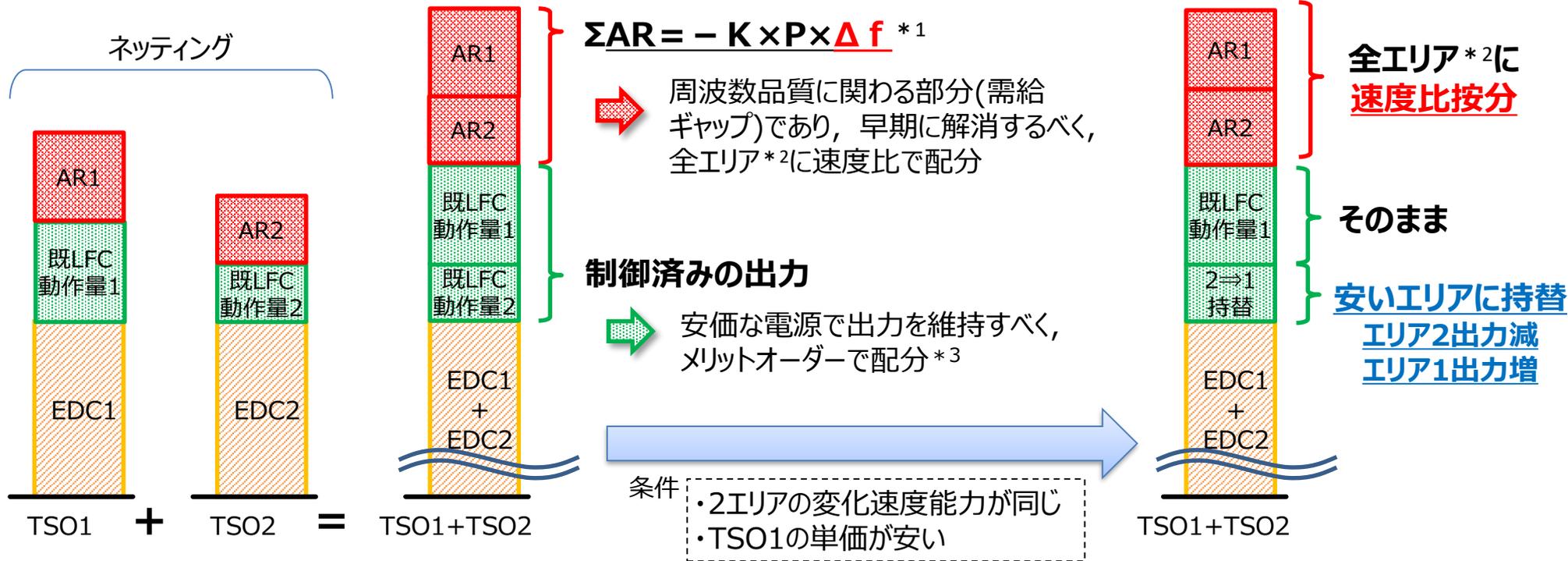


周波数偏差					
有	有	無	無	無	無
各断面における需給イメージ					
A	B	C	D	E	F
AR*	AR*	既LFC動作量	既LFC動作量	既LFC動作量	三次調整力
既LFC動作量	既LFC動作量	既LFC動作量	既LFC動作量	既LFC動作量	三次調整力
二次調整力①の応答性が高ければ、早期に基準周波数へ回復。			安価な電源へ持ち替えることが出来れば、経済的な運用となる。		三次調整力へ受け渡し。

* A R (Area Requirement) とは、制御エリアの調整必要量を表しており、L F Cにより発電機に配分指令される。

I. 現状活用案の検討 ネットイングの対象と配分のコンセプトについて

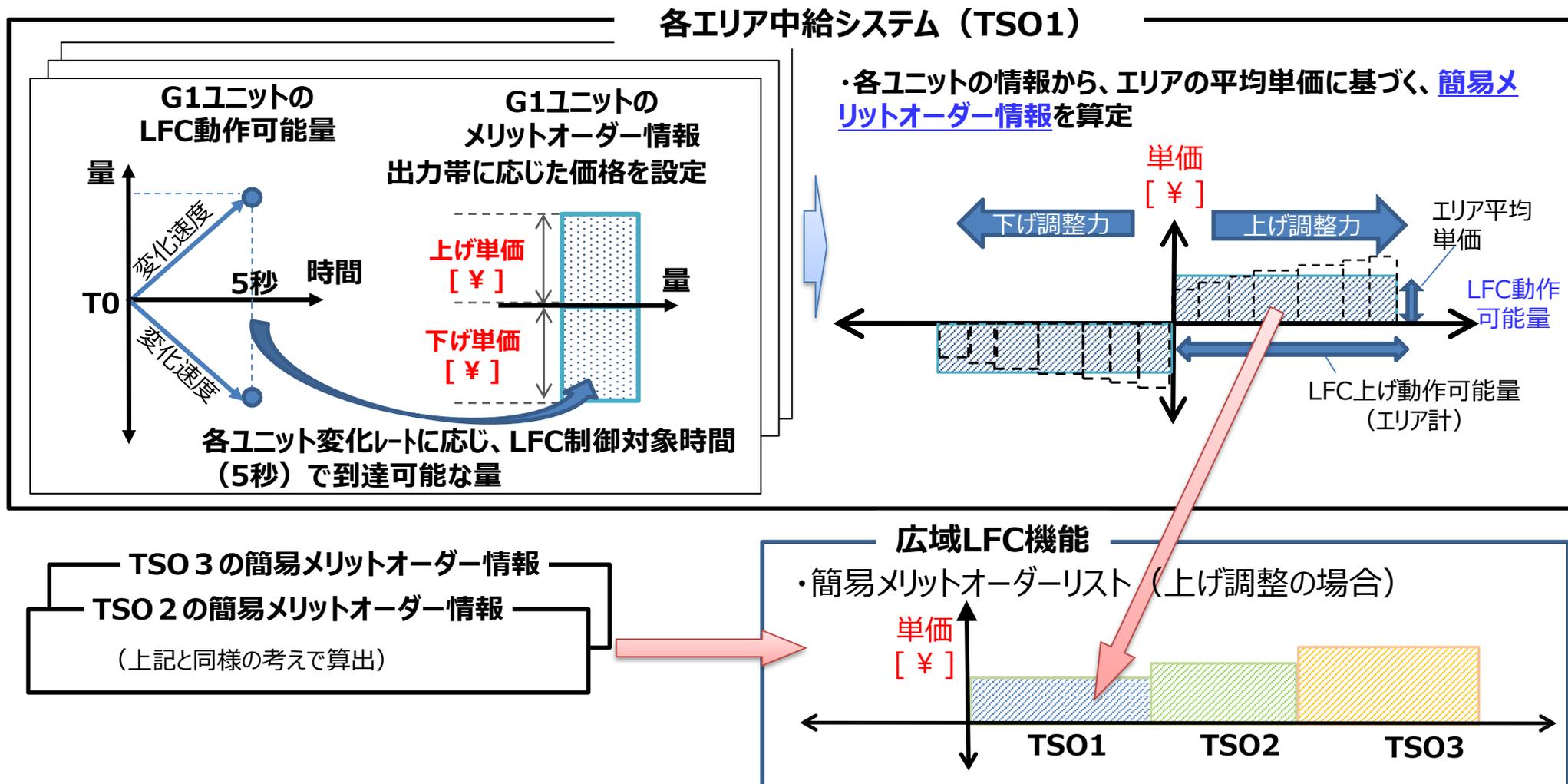
- 二次調整力①の広域運用においては、周波数を早く回復させるためにARを速度比率（エリア毎のLFC動作可能量比率）で各エリアに配分する。
- また、三次調整力に受け渡すまでの出力（既LFC動作量）維持において、メリットオーダーにより安価な電源に出力を持ち替える。
(本コンセプトについては、電力中央研究所の発案)



*1 K(%/0.1Hz) : 系統定数 P(MW) : 系統容量 Δf(Hz) : 周波数偏差
 *2 需給調整市場検討小委 (2019.3.28) の整理に基づき, 50Hz系2社 (東京・東北) と60Hz系6社 (中部・北陸・関西・中国・四国・九州) の同期系統毎の広域運用とする。
 *3 ΣAR配分後の変化速度の余力範囲で配分

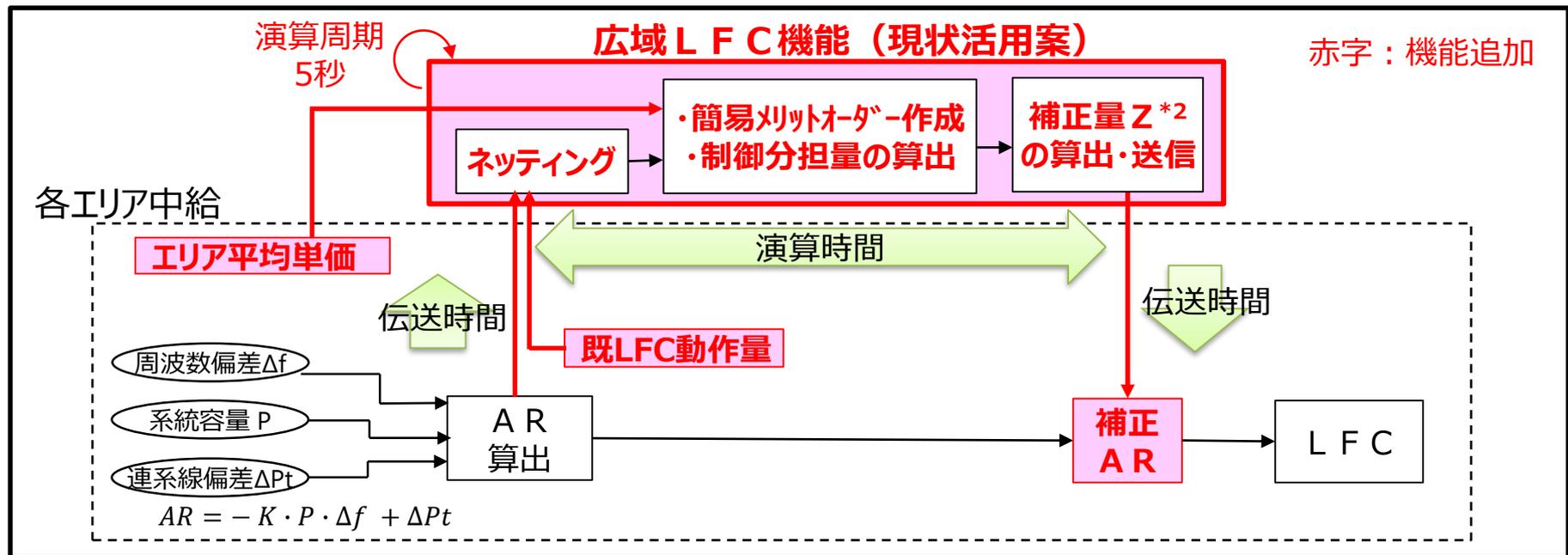
現状活用案におけるメリットオーダーについて

- 現状の中給システムでは、LFCは、全てのLFC対象機へ一斉に指令する機能となっており、発電機個別の指令制御が出来ないことから、エリア単位の平均単価順でLFC制御分担量を補正する簡易的なメリットオーダーについて検討を行った。



現状活用案の制御ロジックの概要について

- 現状活用案における、広域運用の実現の検討にあたっては、ARを用いて周波数制御を行っている点に着目し、広域的にARをネッティングすることで、現状のLFC機能を活用して広域運用を実現する。
- ネッティングしたARの各エリアへの配分（制御分担量）については、発電機の応答速度から算出したLFC動作可能量*1から算出する。
- また、直前までのARにより発動された既LFC動作量についてもネッティングし、エリア単位の平均単価を用いた簡易的なメリットオーダーを実現する。
- システムの演算周期については、各エリア中給との情報の伝送時間を考慮して決定した。



* 1 需給調整市場での約定電源等およびエリア内の余力活用電源等の二次調整力①相当量から算出。

* 2 ARネッティング後に各エリア中給ARに配分される広域的な調整必要量を補正量Zと定義

(参考) 現状活用案の演算周期について

- 現状活用案においては、現状の各エリア中給システムの演算周期（AR計算周期）が最長5秒であることから、広域LFC機能におけるネッティングおよび制御分担量算定等の演算周期を5秒とする。

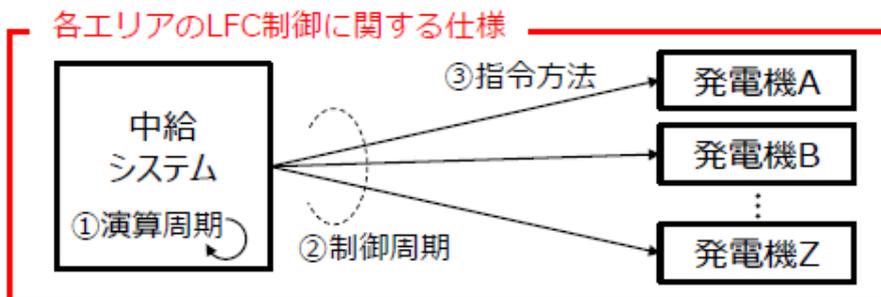
2018.11.13 第7回 需給調整市場検討小委 資料4より

(参考) 中給システムの仕様差異の現状調査

12

- 二次調整力①の広域運用に関する各エリアの中給システムの以下の仕様差異を調査した。

- ①演算周期：中給システム内での演算の周期
 ②制御周期：発電機への制御指令の送信周期
 ③指令方法：発電機への指令方法



	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄
①演算周期	3秒	5秒	1秒	5秒	2秒	0.5秒	2秒	2秒	5秒	2秒
②制御周期	3秒	5秒	1秒	10秒 ※1	30秒	0.5秒	10秒	20秒 ※4	5秒	2秒
③指令方法	指令値	指令値	パルス	パルス ※2	指令値	パルス ※3	指令値	指令値	指令値	指令値

③指令方法の「パルス」とは、調整力の出力を増加(減少)させる場合は上げ(下げ)出力の信号を目的値に達するまで出す方式。また、指令方法(指令値、パルス)は同様でも、各社により「配分対象の考え方」、「指令の送信方法」等の詳細仕様は異なる。

※1：ARがある閾値以上になると5秒
 ※2：一部他社水力に数値指令あり
 ※3：10秒継続又は積分量超過にて制御出力
 ※4：指定により、5秒に切替可能

1 シミュレーション分析結果について

- 現状活用案は、各エリアの中給システムのLFC演算周期・制御周期が異なる状況での広域運用となることから、その違いが周波数変動にどのような影響を与えるか等についてシミュレーション分析による検証を行い、実現性について評価を行った。
- 60Hz系統モデル（中西エリア6社・TBC方式）および50Hz系統モデル（東エリア2社 東京FFC・東北TBC方式）のシミュレーションを電力中央研究所への委託研究にて実施した。
- 実施ケースや実施断面は、下表の通り。

■表1 実施ケース

ケース		説明
(参考) 現状運用	エリア内運用 メリットオーダーなし	・現在の制御実態を模擬し、各エリアがそれぞれのLFCで制御
現状活用案による 広域運用	広域運用 簡易メリットオーダーあり	・広域LFC機能によるARネッティングをモデル化 ・ARおよび既LFC動作量をネッティングし、ARに対しLFC動作可能量比率で配分、既LFC動作量に対し簡易的なメリットオーダーで配分 ・地域間連系線の空容量は未考慮

■表2 実施断面

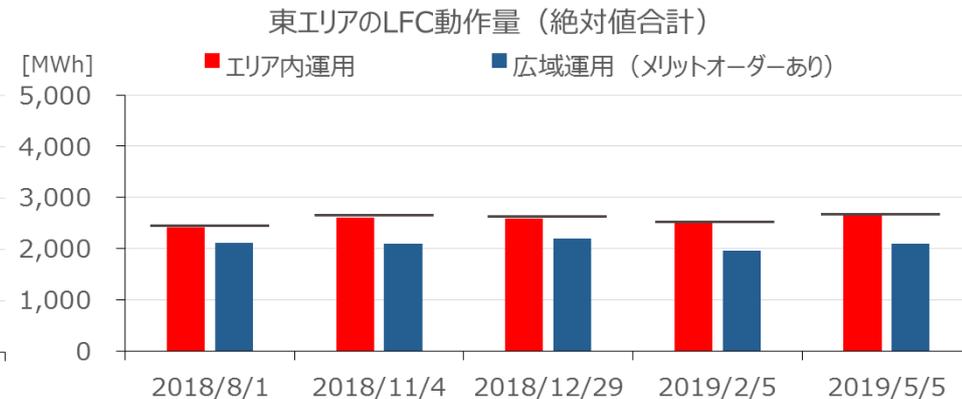
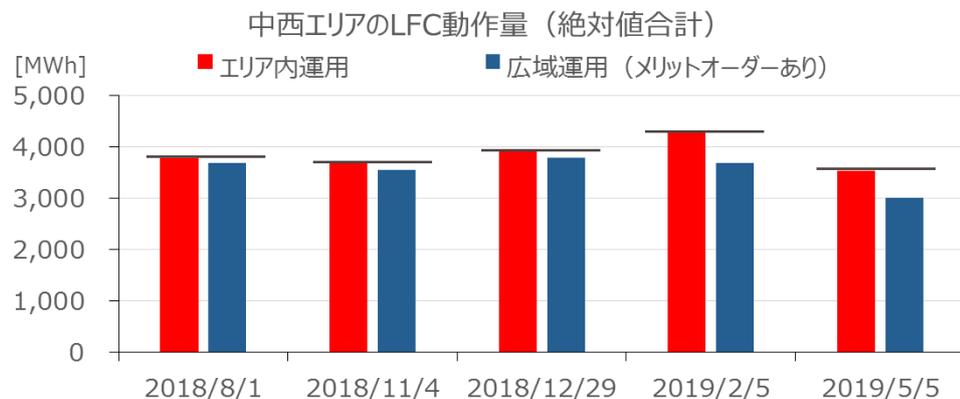
断面		年月日
重負荷	夏季	2018年 8月 1日 (水)
	冬季	2019年 2月 5日 (火)
軽負荷	秋季	2018年11月 4日 (日)
	年末年始	2018年12月29日 (土)
	GW	2019年 5月 5日 (日)

シミュレーションは24時間を0.1秒周期で計算
使用する負荷データのサンプリング周期は、各エリアの仕様に基づく
(関西は10秒)

1-1 ネットینگ効果および周波数品質

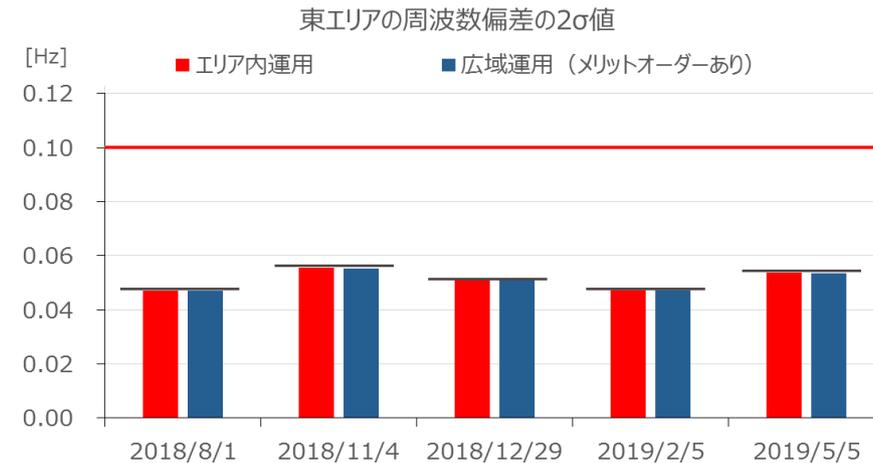
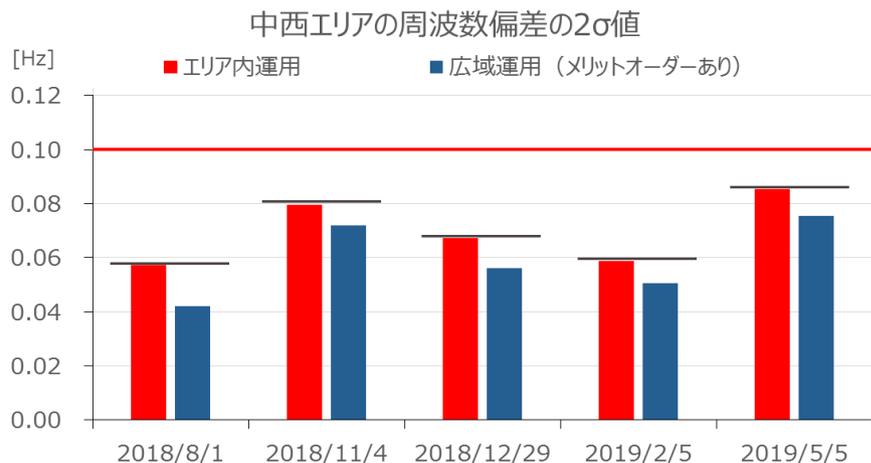
ネットینگ効果（LFC動作量）

○ LFCの広域運用によりARがネットینگされるため、現状運用に比べLFC動作量が低減される傾向が確認できた。



周波数品質

○ 現状運用と比べ周波数品質は改善する傾向（中西エリア）、または同等（東エリア）であることが確認できた。



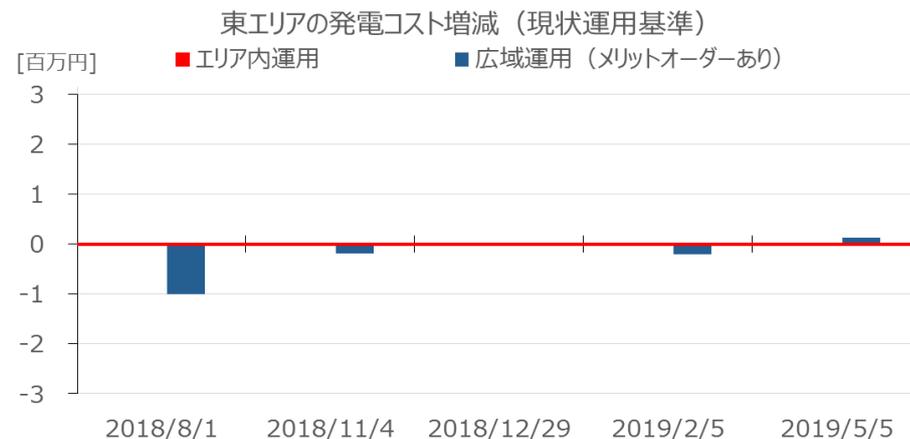
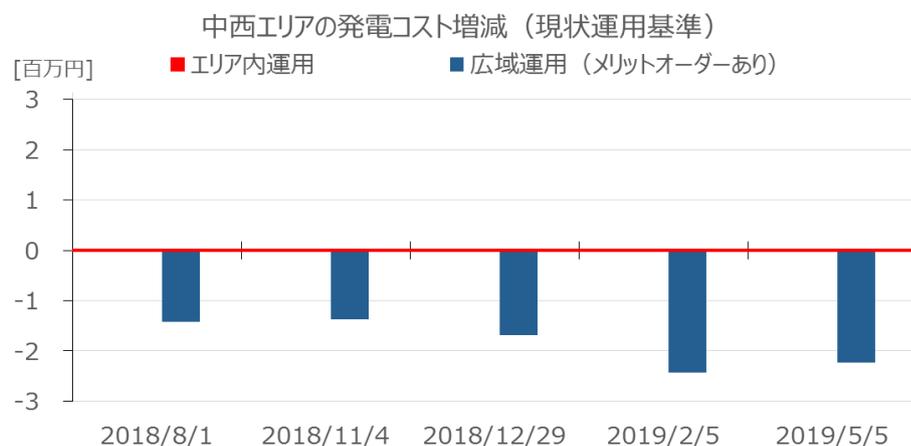
1-2 kWhコスト低減効果

kWhコスト低減効果（発電コスト総量による比較）

○ 現状運用と比べkWhコストの低減が確認できた。（三次調整力①の実績と比較すると、コスト低減効果は低い水準。）

二次調整力①のシミュレーションによるコスト低減額（8エリア合計） 平均約100万円/日

【参考】三次調整力①広域運用によるコスト低減額の実績（3エリア合計） 平均約1,300万円/日（2020年3月実績）



中西エリアと東エリアのシミュレーション結果の違い

「ネットینگ効果」、「周波数品質」、「kWhコスト低減効果」のいずれの評価においても、中西エリアと東エリアの周波数制御方式（中西：全社TBC、東：FFC+TBC）や、ネットینگ対象エリア数（中西：6、東：2）・規模の違いにより、シミュレーション結果に違いが見られた。

1-3 現状活用案の方向性

シミュレーション結果を踏まえた現状活用案の方向性について

- シミュレーション結果から、平常時における周波数品質面の課題は確認できず、LFC動作量の低減効果があると評価できるため、現状活用案による二次調整力①広域運用について実現可能であることを確認した。
- 簡易メリットオーダーに関しては、多くの断面でkWhコスト低減効果があると評価できるため、採用可能であることを確認した。

【今後の主な検討事項】

- 連系線空容量を踏まえたkWhコスト低減効果の検討。
- 簡易メリットオーダーの採用によりLFC動作量が偏在することが考えられるため、連系線事故時等において、各エリアに一定程度のLFC余力を確保する必要性の検討。

I . 現状活用案の検討

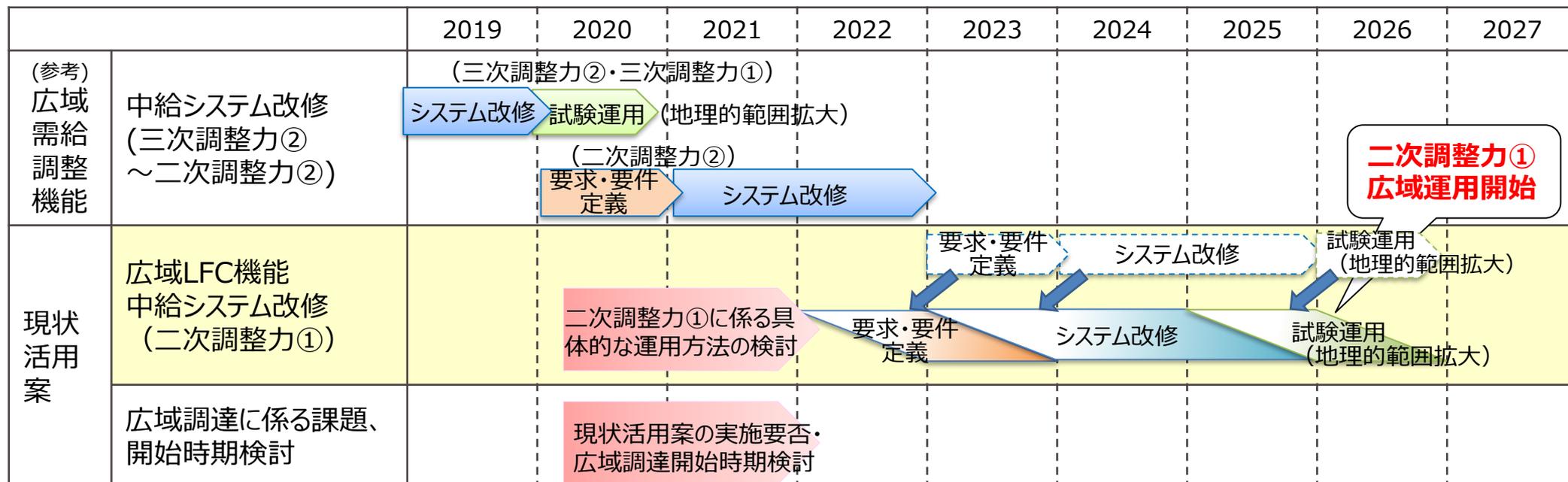
1 シミュレーション分析結果

2 現状活用案の実現可能時期および今後の進め方について

II . 仕様統一案の検討

2 現状活用案の実現可能時期および今後の進め方について

- これまでは、中給システム改修中に主要プログラムを共用するシステムの設計・改修を重複させない工程としてきたが、広域需給調整機能（三次調整力②～二次調整力②）のシステム改修の経験を踏まえ、現状活用案の中給システムにおいては二次調整力②のシステム改修と並行して進める工程で検討を進める。
- 広域運用が実現すれば広域調達も可能となるが、広域調達は本小委員会において連系線容量確保、費用対効果、偏在化等の課題が挙げられている。これら広域調達の課題整理と合わせて、運用方法・コスト低減効果等を確認し、広域運用の実現について検討を進める。
- 上記検討後、システム構築に着手し、順次エリア拡大(地理的範囲拡大)・試験運用を進めることにより、二次調整力①の広域運用開始時期は、2026年度から実現可能となる。



I . 現状活用案の検討

1 シミュレーション分析結果

2 現状活用案の実現可能時期および今後の進め方について

II . 仕様統一案の検討

- 仕様統一案（中給システムのリプレースに合わせた抜本改修による制御方式・演算周期等の統一）の検討では、周波数品質面の課題以外に、事業者の参入機会の拡大にもつながる接続方式の統一、更なる調整力コストの低減を目指したメリットオーダーの追及も検討を進めている。

2018.11.13 第7回 需給調整市場検討小委 資料4より

2 制御方式・演算周期等の統一要否の検討 【検討の進め方①】

10

(1) 現状活用案の検討を行う場合

- ⇒具体的な広域調達、広域運用の方法に係るシステム面の検討、周波数面の影響評価（シミュレーションによる評価）などの検討を進めていく。
- ⇒（検討の結果、課題解決が可能であれば）二次調整力①の広域運用開始が大幅に前倒し可能に。
- ⇒現状活用案（中給システムの抜本改修なし）の実現を目指す場合においても、更なる将来に向けては、仕様統一案（中給システムのリプレースに合わせた抜本改修）の検討を進めていく。

[仕様統一案の検討を進めていく理由] **今回報告（仕様統一案報告）**

- ✓ 制御方式・演算周期等の統一を目指すことで、技術的にはスムーズな運用（周波数品質面でもより良い方向）を目指すことができる可能性がある。
- ✓ 調整力供出事業者にとっては、全国どのエリアでも同じ方式で接続可能となり、事業者の参加機会の拡大にもつながる。

2 制御方式・演算周期等の統一要否の検討 【検討の進め方②】

11

(2) 現状活用案の検討を行わない場合

- ⇒仕様統一案（中給システムのリプレースに合わせた抜本改修）の検討を行う。
（各エリア制御方式統一を目指す。）

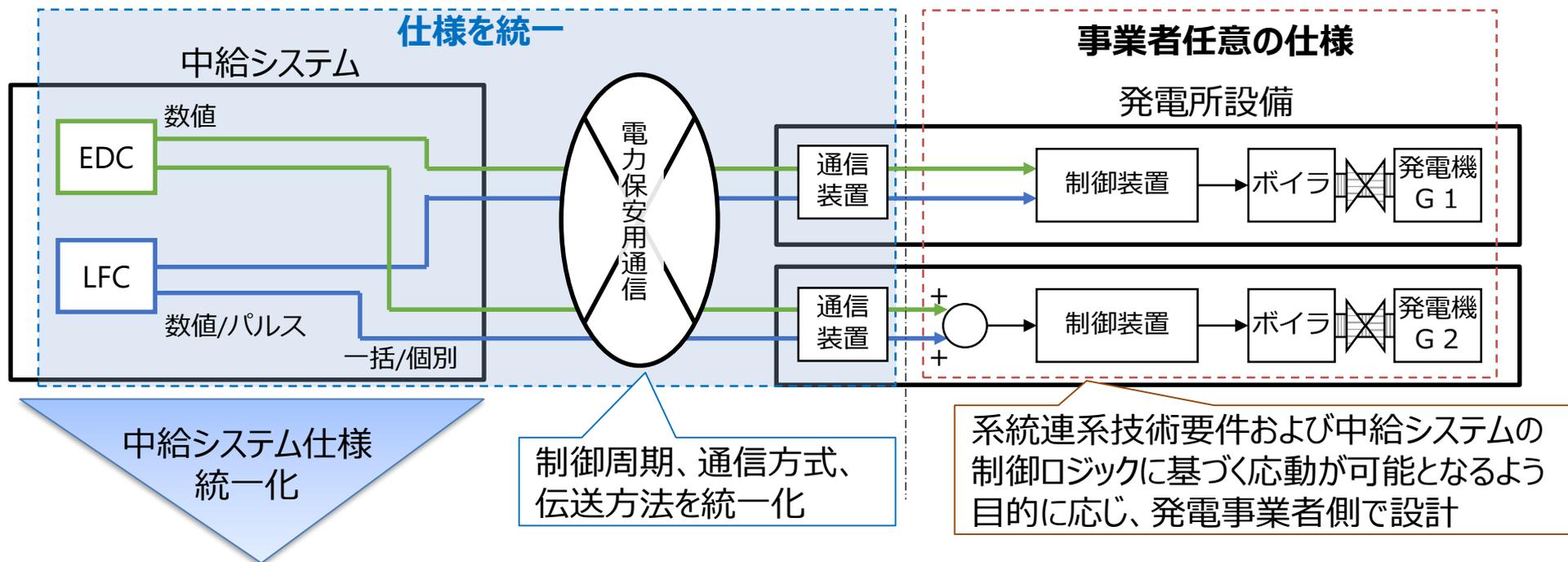
仕様統一案の検討に関しては、以下の観点でのチェックが必要。 **今後検討**

- ✓ 制御方式・演算周期等の統一により、想定外の擾乱※（周波数品質面での悪影響など）が発生しないか。
※例えば5秒周期で統一した場合に5秒の倍数での共振などが発生しないか、逆に方式が多様な方が周波数が安定ではないか等をチェックする。
- ✓ 費用対効果面。
- ✓ 制御方式・演算周期等の統一に向けて、発電所側で従来型と新型が混在する期間の技術的課題の整理等。

⇒ 今後も本小委員会の議論を踏まえ、引き続き詳細検討を進めていく。

1 中給システムおよび発電機の仕様統一化について

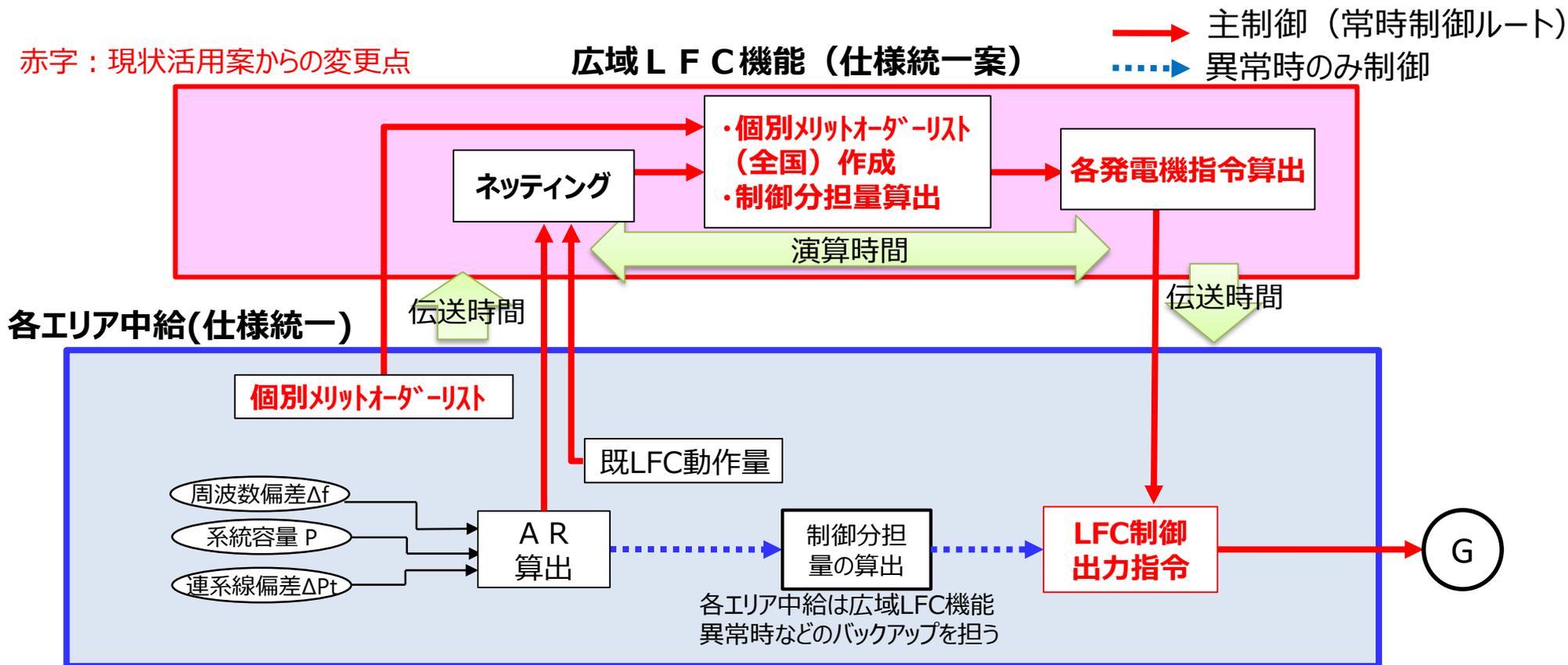
- 発電所側の制御装置の仕様統一の観点から、中給システムの制御信号の内容（数値/パルス、EDC・LFC個別/一括）、制御周期、通信方式、伝送方法について統一化する。



項目	仕様統一内容
制御信号 数値/パルス	個別メリットオーダーの応動およびアセスメントでの指令値の明確化の観点から「数値」に統一
EDC・LFC 一括/個別	指令値の明確化およびアセスメントの観点から、個別方式に統一

2 仕様統一案の制御ロジックの概要について

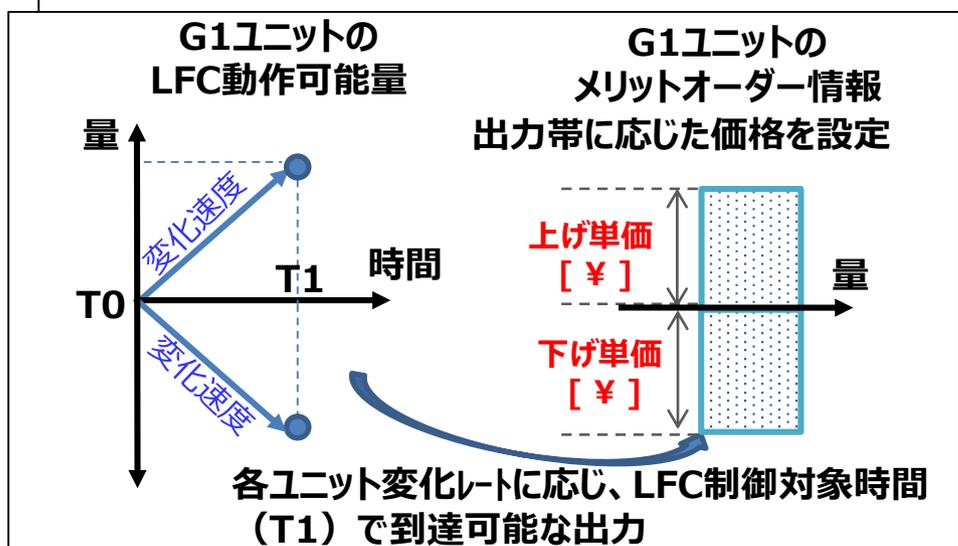
- 現状活用案では、エリア毎にA Rの配分や既L F C動作量の持ち替えを行うことで二次調整力①の広域運用を行うこととした。
- 仕様統一案では、現状活用案と同様のコンセプトのもと、調整力コストの更なる低減を目指し、各エリア中給システムの仕様の統一に加え、A Rに対する制御指令や既L F C動作量のメリットオーダーによる持ち替えを広域L F C機能が発電機毎の個別メリットオーダーリストを考慮して行うことにより広域運用を実現する制御ロジックを検討した。



3 発電機毎の個別メリットオーダーについて

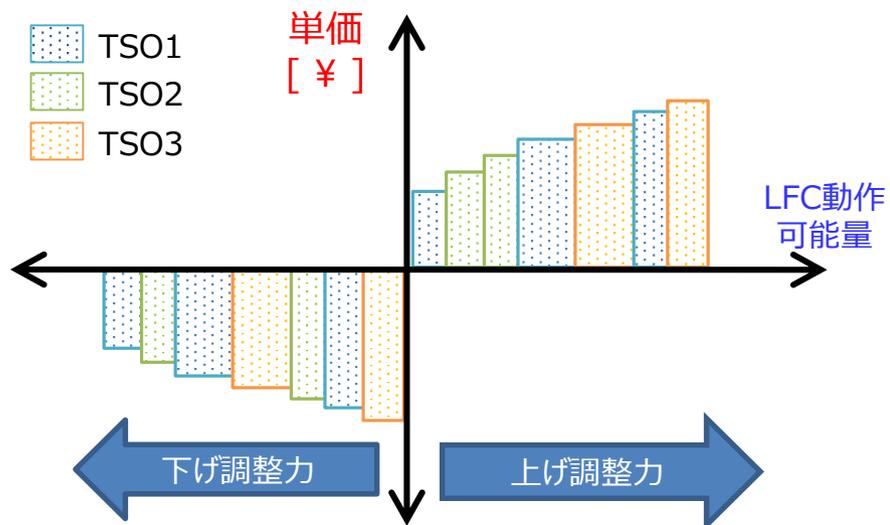
- 仕様統一案における個別メリットオーダーリストは、L F C 変化速度に基づく L F C 動作可能量に価格情報を付加したユニット毎の個別メリットオーダー情報を、演算断面毎に各エリアから集約し価格順に並べる。
- 上げ調整力は、原則として単価の安い順に発動し、下げ調整力は単価の高い順に発動する。（A R に対する配分に対しても応答性を考慮しつつメリットオーダーの適用を検討。）
 ただし、前回の L F C 指令で応動した 既 L F C 動作量がある場合、調整力 kWh コストの低減および制御量の偏りの解消を目的とし、その動作量の解消を優先する。

TSO 1 のメリットオーダーリスト



広域LFC機能

・各エリアの個別ユニットのメリットオーダー情報を価格順に並べ広域メリットオーダーリストを算定



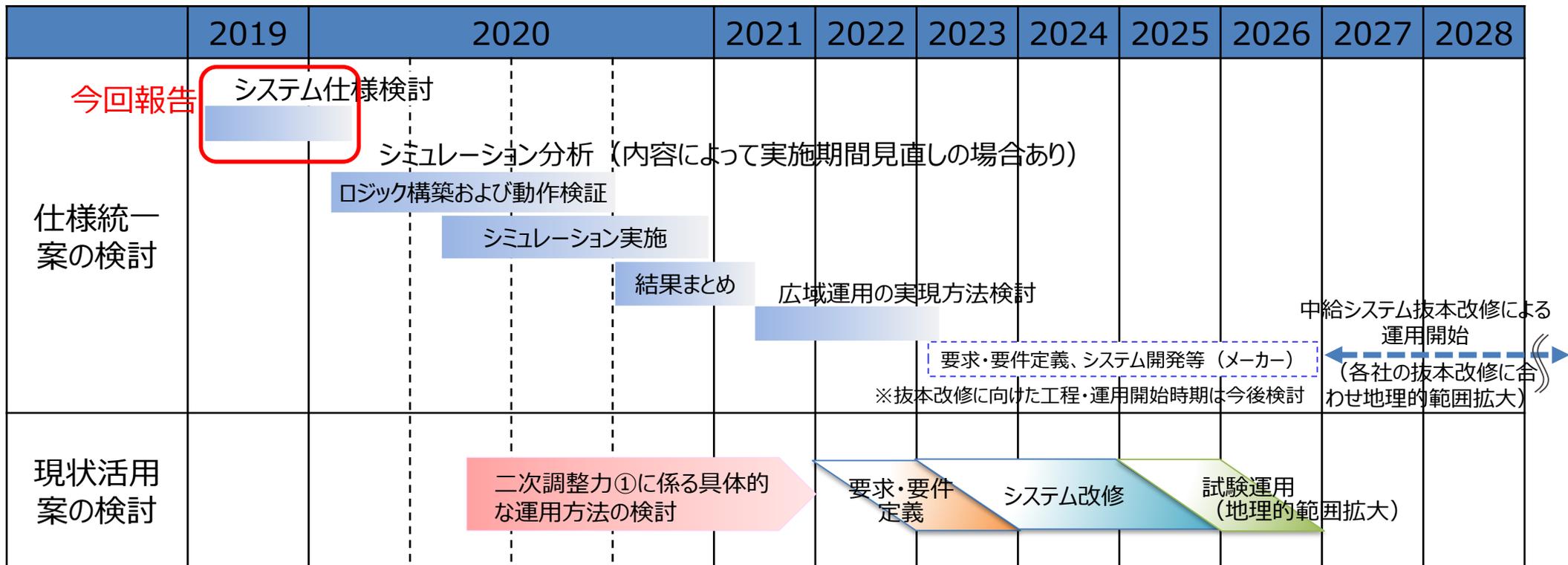
TSO 3 のメリットオーダーリスト

TSO 2 のメリットオーダーリスト

(上記と同様の考えで算出)

4 仕様統一案検討の今後の進め方

- 仕様統一案に関しては、制御方式・演算周期等の統一により、想定外の擾乱（周波数品質面での悪影響など）が発生しないか等について確認することを目的とし、2020年度からシミュレーションを実施する。
- 仕様統一案のシミュレーションにおいても、現状活用案と同様に既存の「需給・周波数解析モデル」をベースに、必要なモデルを追加構築（一部改修含む）して評価を行う。
- シミュレーションの結果を踏まえ、仕様統一案による広域運用における課題を抽出し、広域運用の実現可否について検討を行う。（将来の各社中給システムのリプレースとのスケジュール協調も考慮しつつ、詳細仕様の検討を進める。）

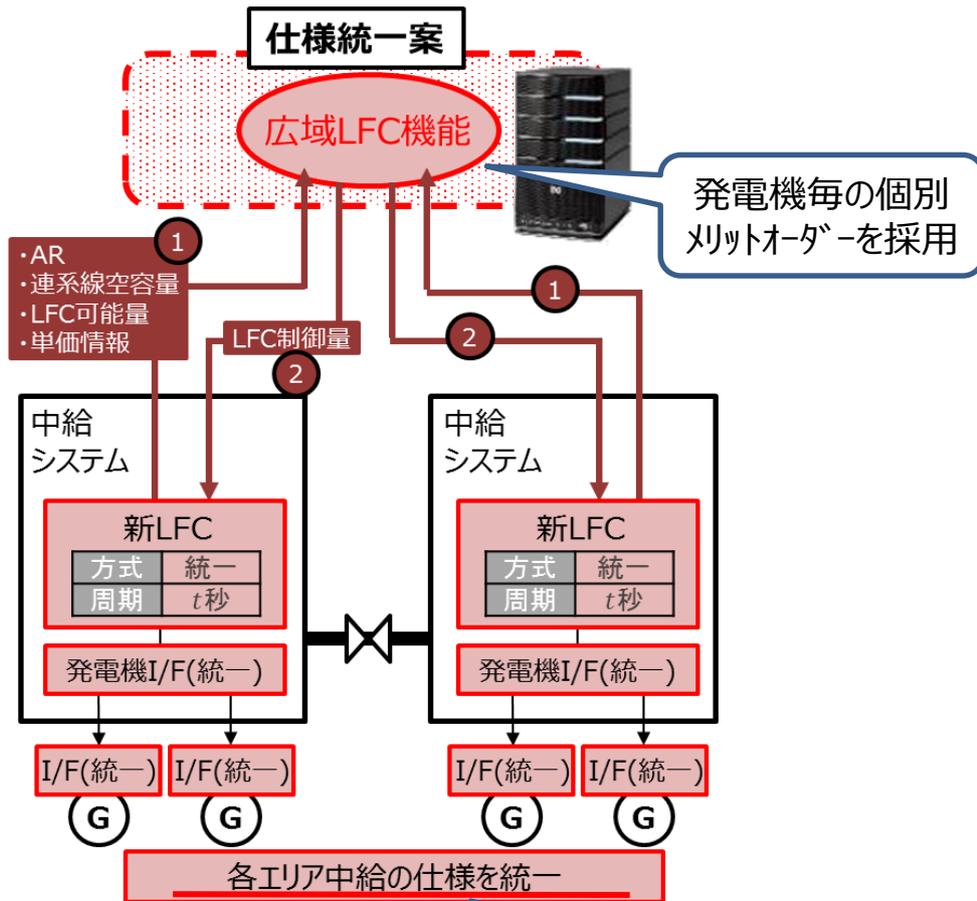
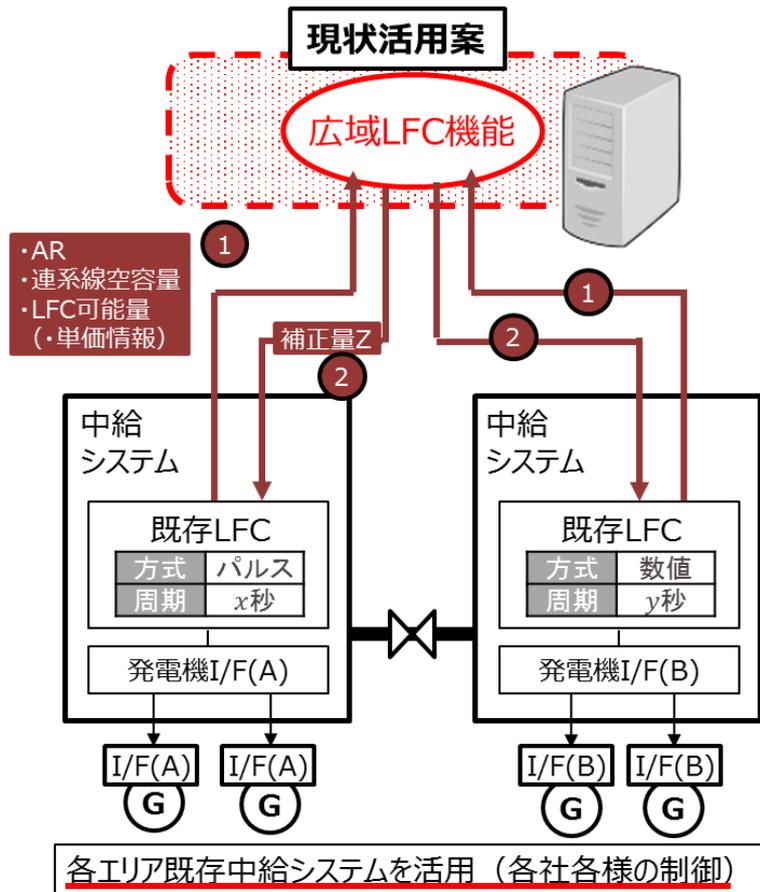


以降 参考資料

(参考) 現状活用案と仕様統一案の概略について

- 現状活用案は、現状の各社中給システムと発電機インターフェイスを活用することを前提に、広域運用を実現する案。

- 仕様統一案は、各社中給システムの抜本改修を前提に、制御方式・制御周期等を統一した上で、発電機毎の個別メリットオーダーに基づく広域運用を実現する案。



赤字：新規開発、赤網掛け：仕様統一化

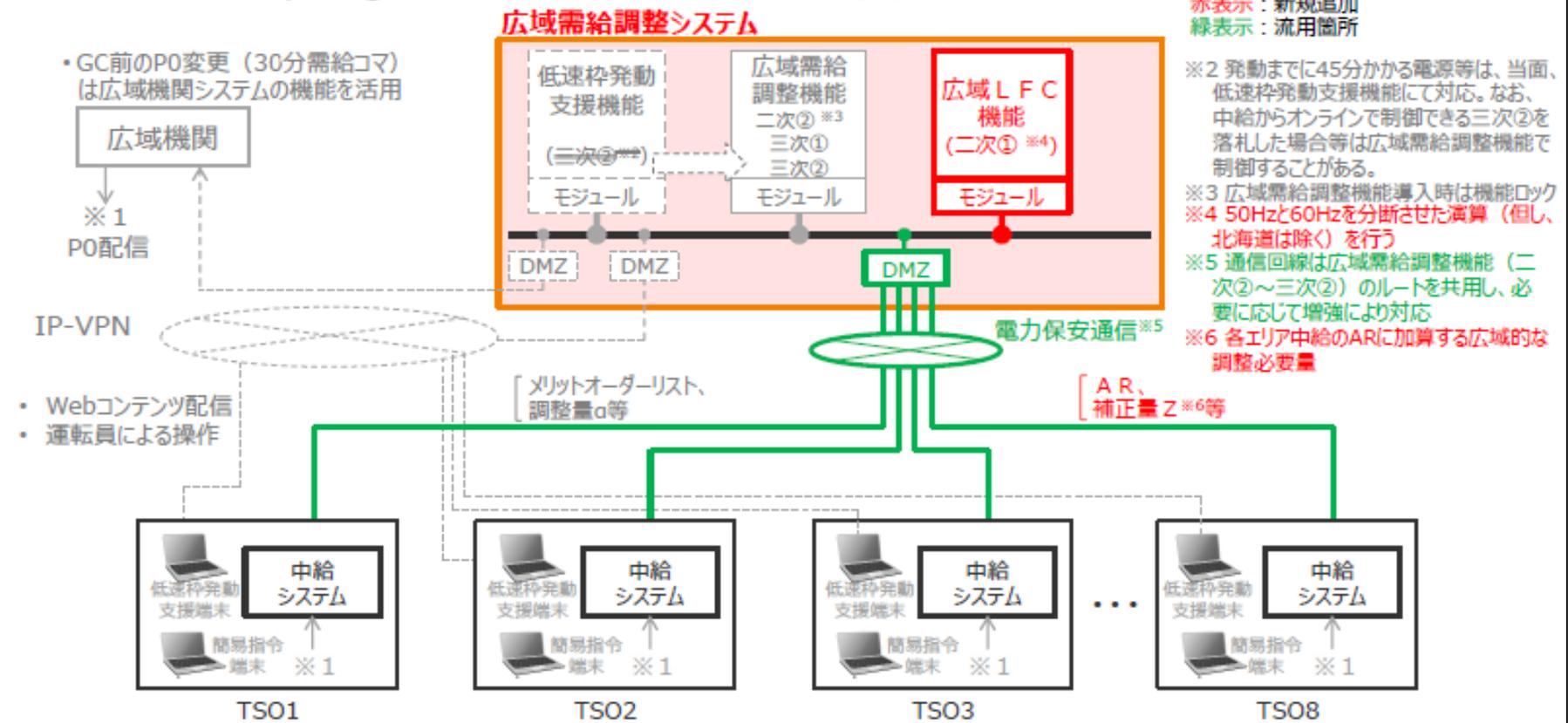
各エリア中給システムの仕様を統一

2 システムの概観 (広域需給調整システムへの機能追加)

5

○二次調整力①広域運用のためのARネッティング等を演算する装置として、広域LFC機能(二次調整力①の広域需給調整機能)を、二次調整力②～三次調整力②の広域運用のため先行開発している広域需給調整システムに実装する形で構成。

●広域LFC機能(二次①)導入時点の広域需給調整システムの構成



小規模な中給システム改修は実施(広域LFC機能(二次①)と連携するデータ作成機能等)

3-2 広域LFC機能におけるARネッティング

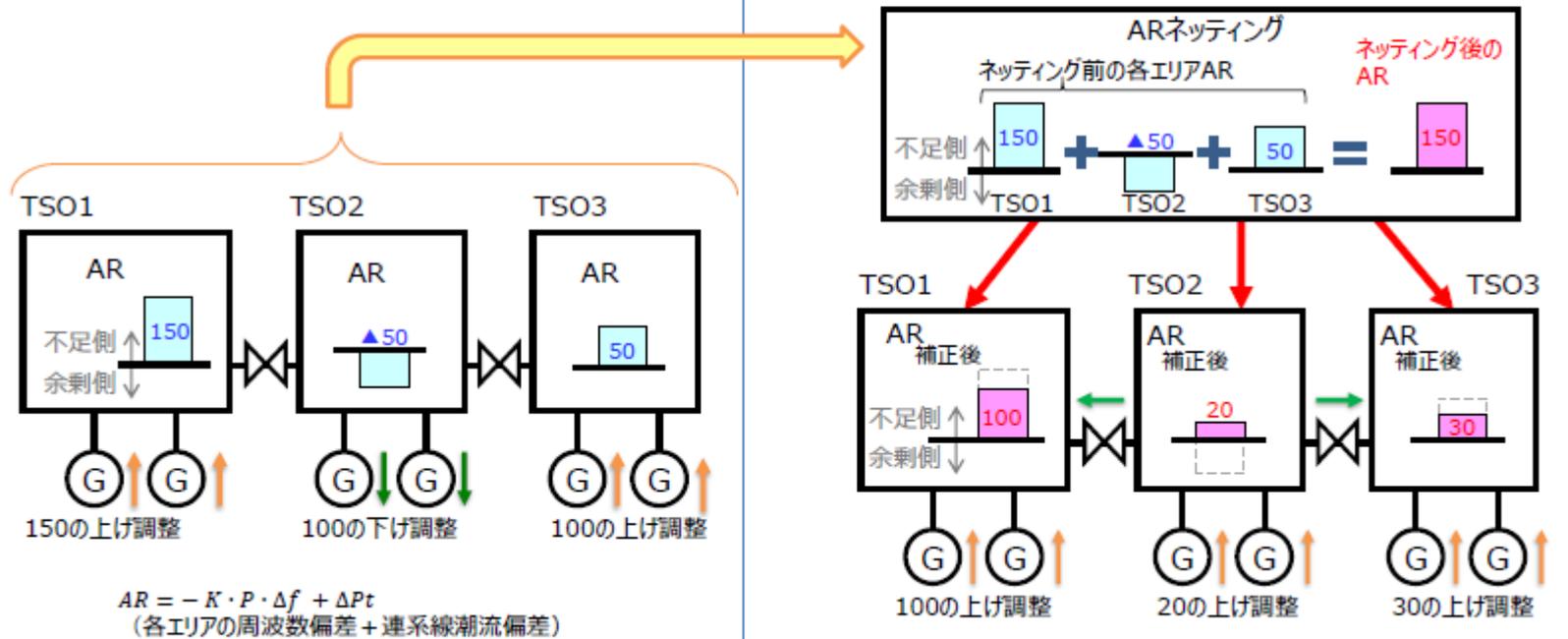
7

【現状】

- 各エリア中給それぞれが、自エリアのARに基づき二次調整力①を制御・運用（上げ・下げ）している。

【広域運用時】

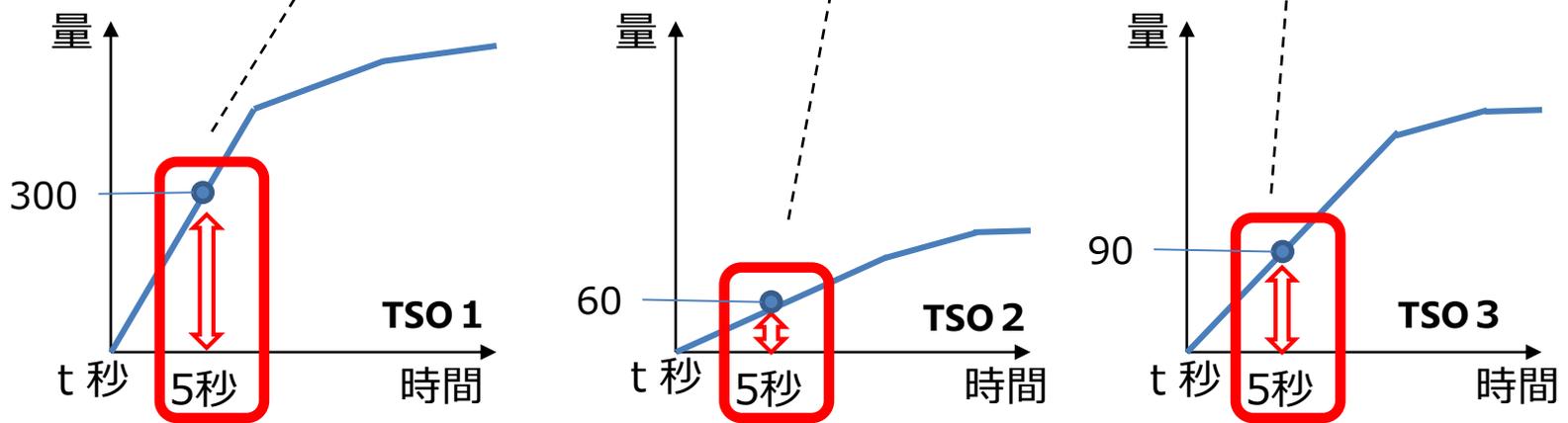
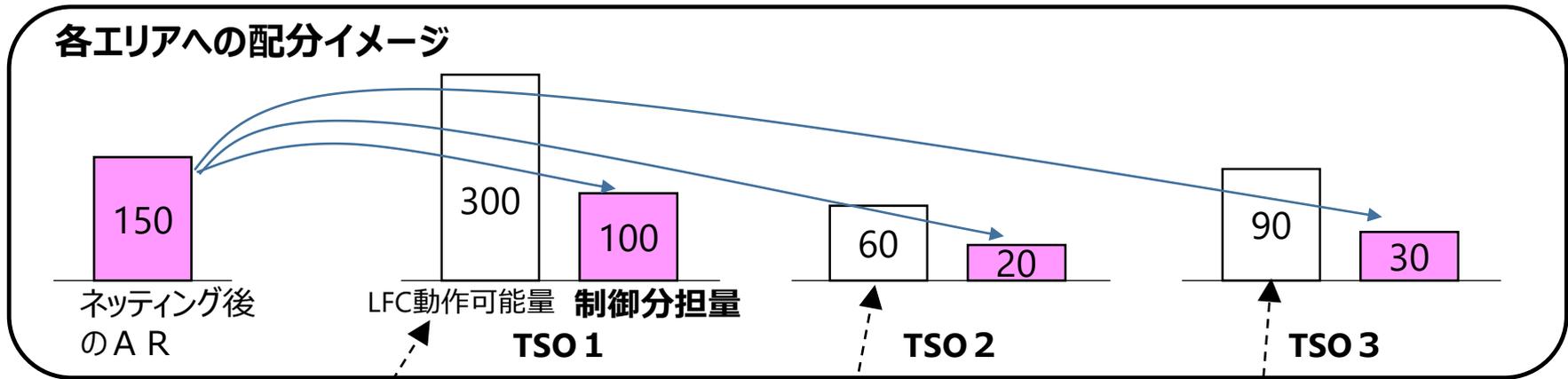
- 各エリアのARをネッティングし、ネッティング後のARをLFC制御量（二次調整力①の発動量）とする。
- 各エリアのLFC制御分担量算出、各エリアへ送信する補正量Z算出は、各エリアのLFC動作可能量（二次調整力①の動作可能量）を勘案して配分する。（後述）



(注) ・各エリアへのAR配分量はあくまで一例
 ・ネッティングによる経済メリットがない場合はロックする機能を検討

2019.3.28 第10回 需給調整市場検討小委 資料4を加工

- ARのネッティング範囲は周波数変動に対応するため応答速度が重要であることを踏まえ、各エリアへの L F C 制御量の配分 (制御分担量) は、この L F C 動作可能量の比率で按分し算定する。L F C 動作可能量は、L F C の制御間隔と広域 L F C 機能の演算時間等を勘案した時間 (5 秒) とする。



〈時間毎のLFC動作可能量のイメージ〉

※計算した制御分担量が各エリアのLFC動作可能量を超過する場合、5秒段階では超過した状態で配分するが、5分以内には解消するような演算とする。

- 現状運用（エリア内制御）では、EDC基準値に対してLFCの動作量は各エリアでバラツキがある。広域運用ではエリア間のARを合算してLFC制御を行うため各エリアでの動作方向が同方向になる。単価と動作方向によって、以下のようなコスト低減効果のケース分類ができる。

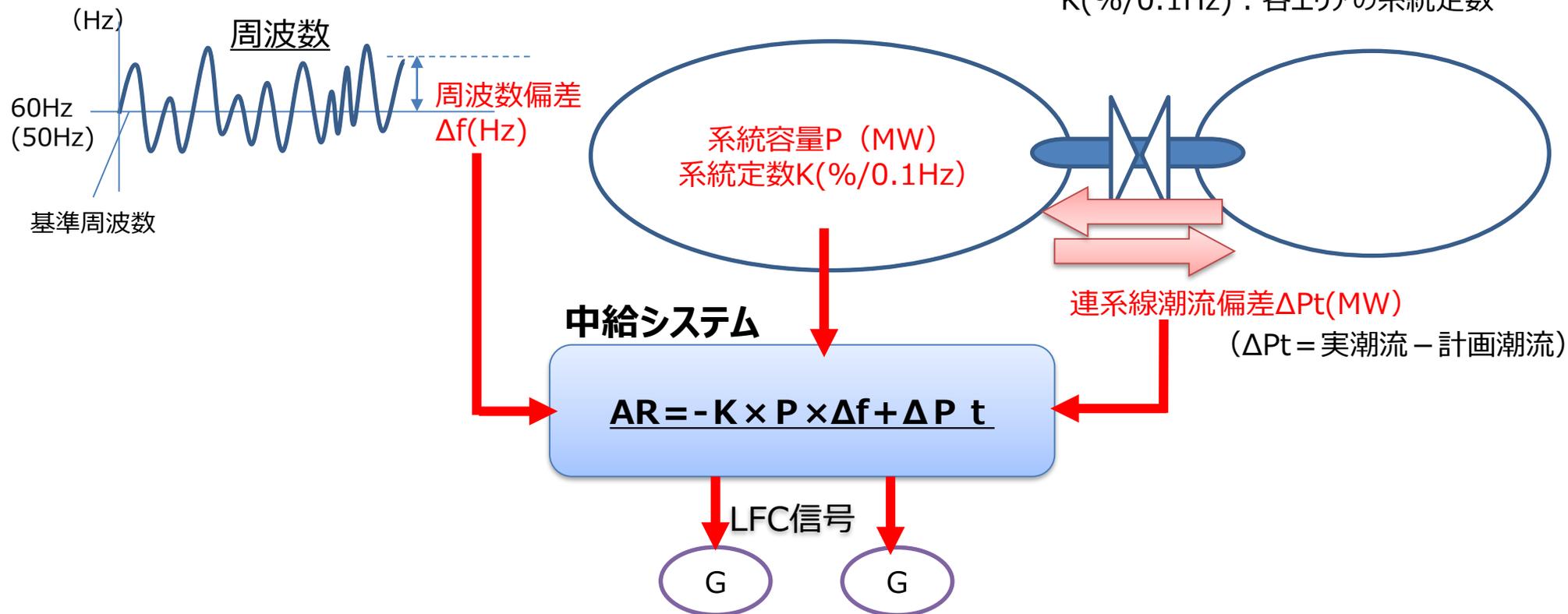
ケース	A			B			C			D		
TSO1の単価:5円 TSO2の単価:4円 — EDC基準値 ■ 現状運用 LFC動作量 ■ 広域運用の LFC動作量												
TSO	TSO1	TSO2	計	TSO1	TSO2	計	TSO1	TSO2	計	TSO1	TSO2	計
現状運用コスト	+500	+400	+900	△500	△400	△900	+500	△400	+100	△500	+400	△100
広域運用コスト	0	+800	+800	△1000	0	△1000	0	0	0	0	0	0
広域化によるコスト低減	△500	+400	△100	△500	+400	△100	△500	+400	△100	+500	△400	+100
説明	エリア制御結果が上げ方向に揃っていた場合、広域化によるコスト低減が期待できる。			エリア制御結果が下げ方向に揃っていた場合、広域化によるコスト低減が期待できる。			エリア制御結果が不揃いでMO順になっていない場合、広域化によるコスト低減が期待できる。			エリア制御結果が不揃いでMO順になっている場合、広域化によりコストが増加することもある。		

(参考) 現状のARによる周波数制御について

- 周波数偏差 (Δf) を、連系線潮流偏差 (ΔP_t) で補正し、自エリアの需給偏差である「AR」を算定。
- ARを打ち消すように、発電機に対しLFC制御を行う。

$$\text{AR (Area Requirement)} = -K \times P \times \Delta f + \Delta P_t$$

Δf (Hz) : 周波数偏差
 ΔP_t (MW) : 連系線潮流偏差
 P (MW) : 各エリア系統容量
 K (%/0.1Hz) : 各エリアの系統定数



- ・日本の電力系統は、各エリア間がくし形-1点で連系される形態であることから、連系線故障時の影響を考慮し運用容量を定め（広域機関で管理）、その範囲内に連系線潮流が収まるよう運用しているところ。
- ・連系線の設備形成状況が現状と大きく変わらない前提においては、今後も連系線潮流を考慮した周波数制御が必要となるため、仕様統一案においても、ARを用いた周波数制御を継続して採用する必要がある。