

新FCを活用した一次、二次①の 広域調達・運用の方向性について

2024年12月5日

需給調整市場検討小委員会 事務局
調整力の細分化及び広域調達の技術的検討に関する作業会 事務局

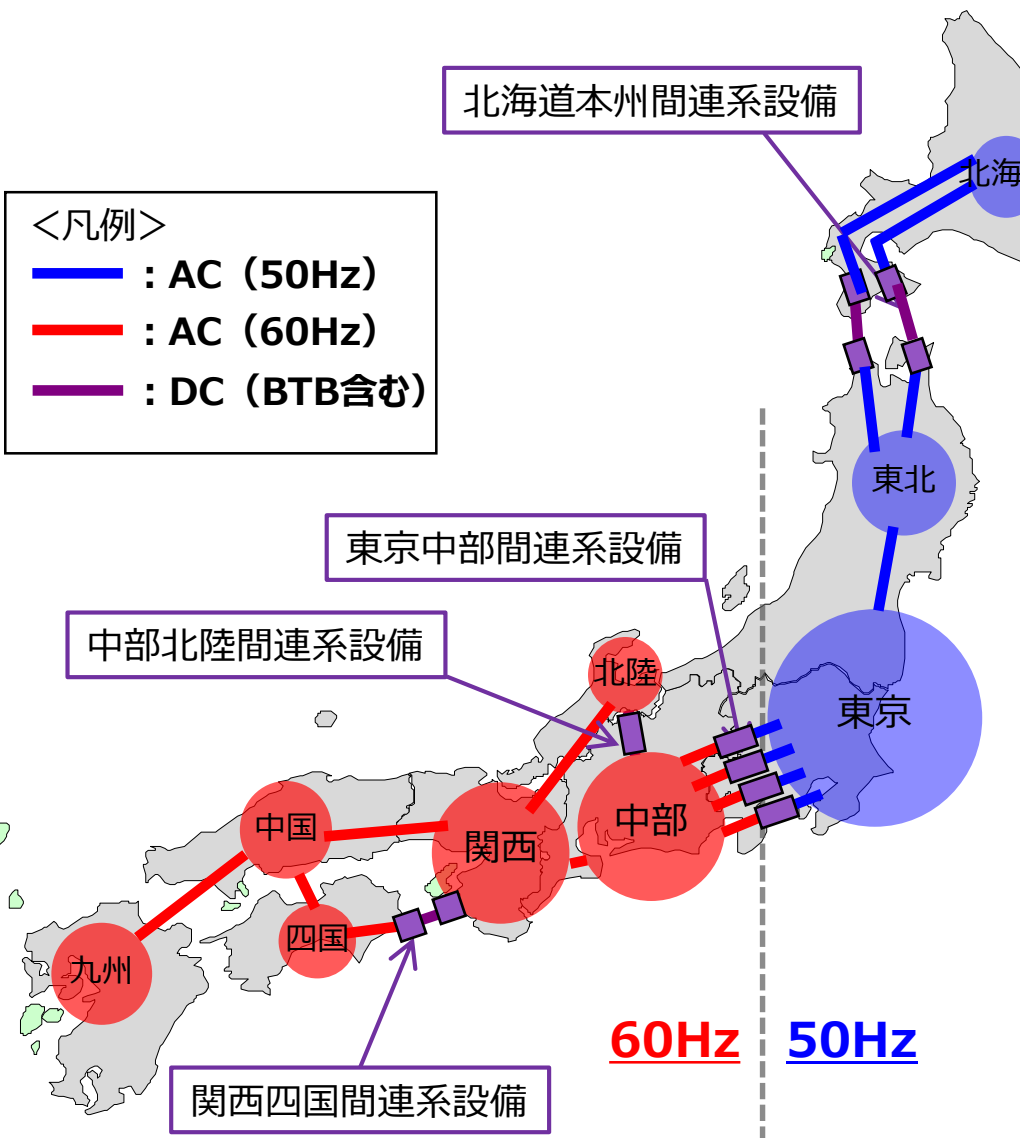
- 2027年度末に増設される新しい周波数変換装置（以下、「新FC」という。）は、50/60Hz間での安定供給確保を目的に増強されることが第14回広域系統整備委員会（2016年6月24日）で整理されているものの、当時は本小委員会の発足前であり、新FCを活用した調整力の広域調達・運用に係る検討は行われていない。
- また、その他のFC等の直流設備を活用した調整力の広域運用は、交流設備と異なり、直流設備の運転制約事項を考慮する必要があることから、第9回本小委員会（2019年3月5日）において、調整力の広域運用可否が整理されている。
- この点、新FCは自励式であるため、一次・二次①相当の機能（AFC・LFC）を実装することにより、50Hz/60Hz系統間の広域調達・運用を実現できる可能性があり、今回、新FCを活用した一次・二次①の広域調達・運用の方向性について検討したため、ご議論いただきたい。

1. 直流設備における調整力の広域運用について（振り返り）
2. 新FC運開に伴う一次・二次①の広域運用の検討について
 - 2-1. 一次調整力について
 - 2-2. 二次調整力①について
3. 北本連系設備における一次・二次①の広域運用（補論）
4. まとめ

1. 直流設備における調整力の広域運用について（振り返り）
2. 新FC運開に伴う一次・二次①の広域運用の検討について
 - 2-1. 一次調整力について
 - 2-2. 二次調整力①について
3. 北本連系設備における一次・二次①の広域運用（補論）
4. まとめ

- FCや北海道本州間連系設備に用いられている**交直変換器**には、大きく**他励式**と**自励式**の2種類がある。
- 他励式とは、**交流系統側の電源を利用して交直変換を行う方式**であり、最低潮流制約が設けられていたり、自ら無効電力の制御はできないため、調相設備での補償が必要になる等の特徴がある。
- 自励式とは、**自身の回路内に蓄えたエネルギーにより交直変換を行う方式**であり、装置自体は他励式に比べ高価であるものの、最低潮流制約等がないことや無効電力制御が可能であること、起動に系統（外部）電源を必要としないことからブラックスタート機能を有する等の特徴がある。
- また、どちらの方式においても、周辺の交流系統の電圧変動を考慮し、段差制約が必要となる場合もある。
- 半導体技術の進歩等により大容量自励式変換装置が運用可能となったことから、至近は2019年3月に運開した新北本連系設備や2027年度末運開予定の新FCにおいて、自励式が採用されている。

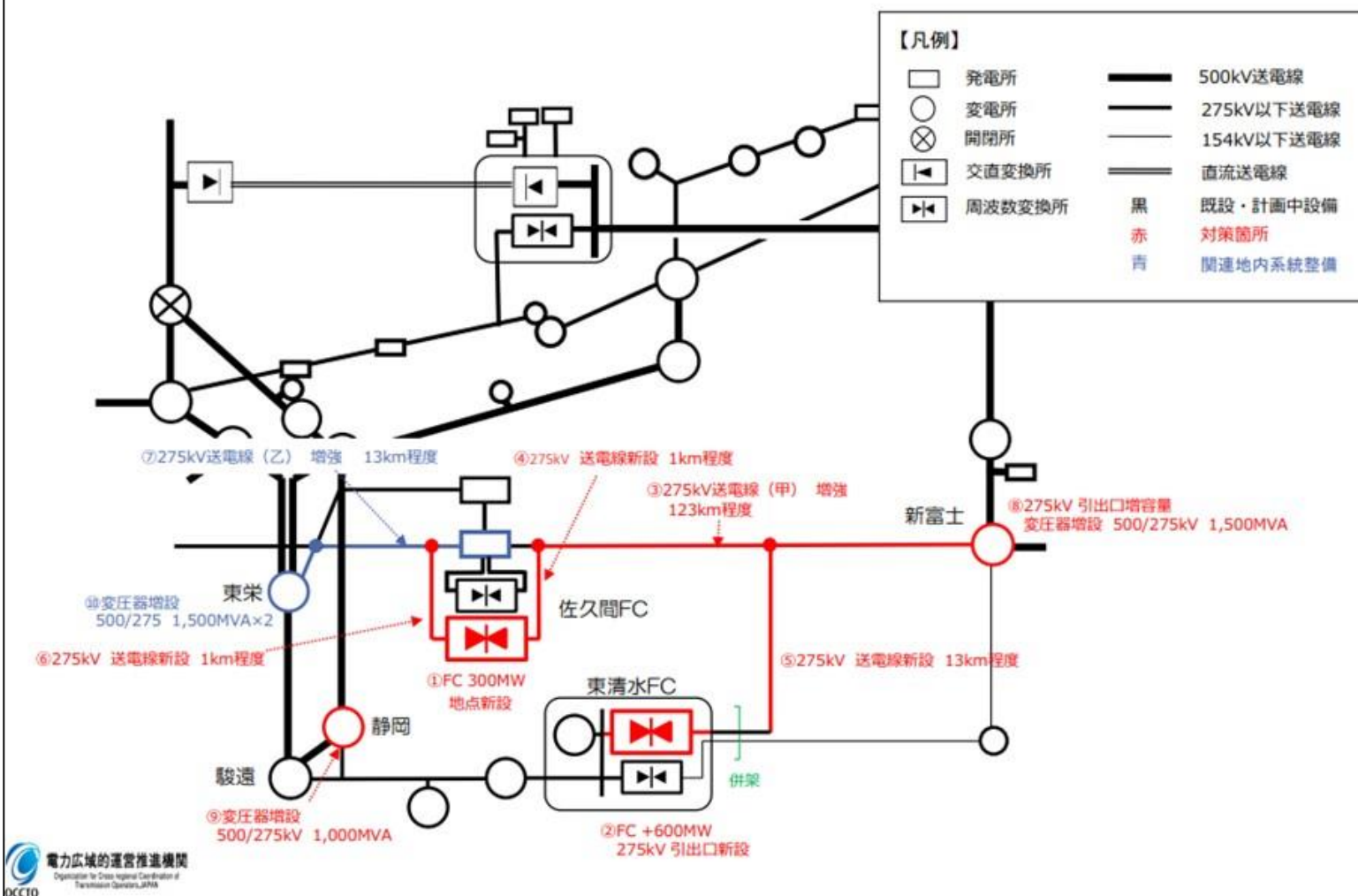
項目	他励式	自励式
制御方式	系統（外部）電源によるON/OFFが必要	系統（外部）電源に依存せずON/OFF可能
ブラックスタート機能	不可	可能
装置価格	変換装置としては自励式に比べ安価であるが、フィルタ・調相設備や系統対策費用含めた総コストは自励式より大きくなる、もしくは同程度となる場合もある	変換装置としては他励式に比べ高価であるが、フィルタ・調相設備や系統対策費用を含めた 総コストは他励式より小さくなる、もしくは同程度となる場合もある
無効電力制御	不可（調相設備が必要）	可能
最低潮流制約	サイリスタ素子保護の観点から定格10%の最低潮流制約が必要	なし
段差制約 （交流系統の電圧変動等考慮して、直流連系設備の一定時間あたりの潮流変化量を制約）	詳細設計時に制約を評価	詳細設計時に制約を評価 （自励式変換器の電圧調整機能により他励式に比べると、制約は緩和される傾向）



連系設備	設備名 (通称名)	容量	備考
北海道本州間連系設備	北本連系設備(既設)	60万kW	
	新北本連系設備	30万kW	
	新々北本連系設備	30万kW	2027年度末 運転開始予定
東京中部間連系設備	新信濃 1 FC	30万kW	
	新信濃 2 FC	30万kW	
	東清水FC	30万kW	
	佐久間FC	30万kW	
	飛騨信濃直流連系設備(HVDC FC)	90万kW	
	新東清水FC	60万kW	2027年度末 運転開始予定
	新佐久間FC	30万kW	〃
中部北陸間連系設備	南福光BTB※	30万kW	交流設備の迂回 ルートあり
関西四国間連系設備	阿南紀北連系設備	140万kW	交流設備の迂回 ルートあり

※南福光BTBは2026年度の中地域交流ループ運用開始後に廃止予定

3. 流通設備の増強の方法 (増強又は新設の別、概略ルート) 及びその考え方 17



- 現行の東京中部間連系設備は全て他励式となっており、補助リレー接点摩耗を防ぐといった理由や、手動で電圧調整を行う必要がある等の理由により、比較的最近（2021年度）運開した飛騨信濃FCを除き、30分単位での潮流変化（三次①・二次②不可）となっている。
- 北海道本州間連系設備においては、自励式であり比較的制約の少ない新北本連系設備を対象として、残る段差制約（交流系統側の制約）の範囲内で運転している。

2021年度以降における各直流設備を用いた三次②、三次①、二次②の広域運用可否について						4
■ 三次②、三次①、二次②については、一部の直流設備が対応困難。その他の設備も制約事項を有すものの、これを考慮したうえで地点ごとの設備群として扱うことで運用可能となる。						
						<凡例> ○：運用可能、×：運用困難
連系名	設備名<通称名>	三次②	三次①	二次②	三次①と二次②における主な制約事項等	
北海道本州間連系設備	北本連系設備	○	○	○	・原則、 <u>比較的制約が少ない新北本連系設備を対象として、制約の範囲内で運用する。</u>	
	新北本連系設備	○	○	○	新北本連系設備：段差制約 北本連系設備：段差制約、最低潮流制約、潮流反転制約	
東京中部間連系設備	新信濃1FC	×	×	×	・補助リレー接点摩耗やマージン運用からのソフト変更等の理由により、 <u>多頻度の潮流変更が困難である。</u> （三次②も同様の理由）	
	佐久間FC	×	×	×	・運用者が潮流を現地で設定をするため、 <u>多頻度の潮流変更が困難である。</u> ・なお、現時点のマージン設定対象設備である。（三次②も同様の理由）	
	東清水FC	○	×	×	・計画潮流量変化の大きい30分コマに合わせて、 <u>上位系統で事前に手動で電圧調整を実施する必要があるため、多頻度の潮流変更が困難である。</u>	
	新信濃2FC	○	×	×	・潮流頻度が多すぎると補助リレー接点が摩耗するため、 <u>多頻度の潮流変更が困難である。</u>	
	飛騨信濃直流連系設備（HVDC FC）	○	○	○	・調相設備の開閉頻度が極端に増加しない潮流変化（段差制約）内で運用する。	
中部北陸間連系設備	南福光BTB	○	○	○	・全て対応可能であるが、直流設備には最低潮流制約や周辺系統電圧調整等の課題があるため、 <u>原則、迂回ルートである交流設備を優先して運用する。</u>	
関西四国間連系設備	阿南紀北連系設備	○	○	○	・同上	

- 飛騨信濃FCは、他のFCと異なり補助リレー接点がないことから、多頻度の潮流変化自体は可能となっている。
- 他方で、FCに潮流が流れると、潮流量に応じた電圧低下が生じるため、これを調相設備で補償している。
- そのため、調相設備の高頻度での開閉（およびそれに伴う点検によるFC停止）を防ぐために、早期に実現可能な暫定対策として2024年度から段差制約を設定している。

はじめに

2

- 2021年度より、9エリアによる15分間隔での調整力の広域的運用を開始してから約1年となる。東西の調整力の受給は主に2021年度に新設した飛騨信濃FCを介して実施しているが、この飛騨信濃FCの調相設備が高頻度で開閉※していることが判明した。
※調相設備の開閉器は、動作回数に応じた点検手入れが必要であり、点検に伴うFCの停止が頻発することへの対策が必要
- 飛騨信濃FCの停止を回避するための恒久対策は広域機関とともに検討中であるが、その実現には相当の期間を要する。よって広域機関より、昨今の需給ひっ迫等の状況を踏まえ、より早期に実現可能な対策の検討を依頼された。
- 過去の本委員会での整理も踏まえ、早期に実現可能な対策は「飛騨信濃FCに潮流制約（段差制約）を設定」であり、本日はその概要を説明する。
- なお、段差制約を設けるには広域需給調整システム（KJC）や各社中給システムの改修が必要であり、最短の実現時期は2024年度になる見込み。

5分間隔での運用

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	...
暫定対策（段差制約）									
恒久対策（検討中） 対策完了時期はイメージ									
<参考> FC300万化									
FC極停止									

飛騨信濃FC運用後の初回点検・定期点検が計画されており、可能な範囲でこれに同調



©Transmission & Distribution Grid Council

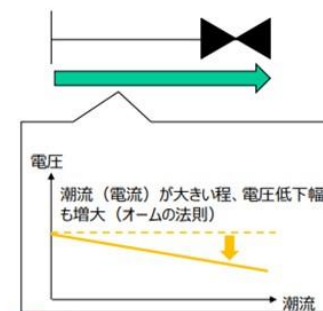
FCの潮流と調相設備の開閉

3

- FCに潮流が流れると、潮流量に応じた電圧低下が生じるため、これを調相設備で補償する。電圧を一定に維持するために、FC潮流がある閾値を超える毎に調相投入量を変更している。
- 広域需給調整により、連系線の潮流は15分間隔で変化する。飛騨信濃FCは唯一、15分間隔で運用するFC※であり、潮流変化頻度が多い。これにより調相設備の開閉も高頻度化している。

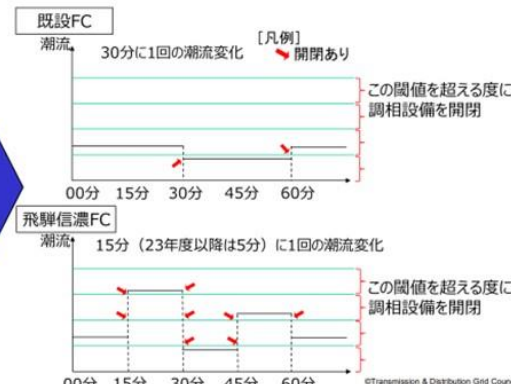
※他FCは30分単位の潮流変化。各FCの運用制約は9スライド参照

【FC潮流量に応じた電圧低下（イメージ）】



©Transmission & Distribution Grid Council

【FC潮流量に応じて調相投入量を変更（イメージ）】



- また、飛騨信濃FCにおける恒久対策として、第99回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会（2024年7月23日）において、STATCOM（自励式無効電力補償装置）を設置すると整理された。

恒久対策の費用便益評価の再検討結果について

18

- 以上の恒久対策案の再評価結果をまとめると下表の通りとなり、改めて算定したB/CはSTATCOMの場合には1以上であるが、ShRの場合には1を下回るケースがあることが確認された。
- したがって、**飛騨信濃FCの恒久対策としては、最も低コストに対策が可能なSTATCOMを設置して、引き続き調整力の広域運用に活用する。**

【費用便益評価結果※1】

			今回		前回	
			STATCOM	ShR	STATCOM	ShR
①	内訳	C【億円】	281～337	439～566	246	208
		【1】イニシャル+ランニング	223～268	164～216	246	208
		【2】FC停止コスト	58～69	276～350	—	—
②	B※2【億円】		304～608		444～673	
③	B/C(②/①)		1.08～1.80	0.69～1.07	1.81～2.73	2.14～3.24

※1 一定の条件の元、設備耐用年数の22年で算定したもの。今後の状況変化により変われるものであることに留意
合計は四捨五入の関係で一致しない場合がある

※2 第84回本委員会の試算値を元に算定。なお今回より便益にも割引率を考慮した

- 新北本連系設備を除き、各直流装置は他励式であり、多頻度（数秒～数十秒オーダー）の潮流変化は不可となっていることから、一次・二次①の広域運用は行われていない。
- 新北本連系設備は自励式であることから、多頻度の潮流変化自体はできるものの、北海道側の周波数変動抑制や周辺の電圧変動抑制のために、変化させる潮流を制限※しており、一次・二次①の広域運用は困難となっている。

※ 新北本は2019年3月に運開したものの、計画当初は調整力の広域運用の予定がなかったことから、多頻度の潮流変化を前提とした設計となっておらず、仮に実現しようとするれば、制御装置改修や道南地域の電圧変動対策（系統増強等の設備対策）が必要となる。

2021年度以降における各直流設備を用いた二次①、一次の広域運用可否について 5

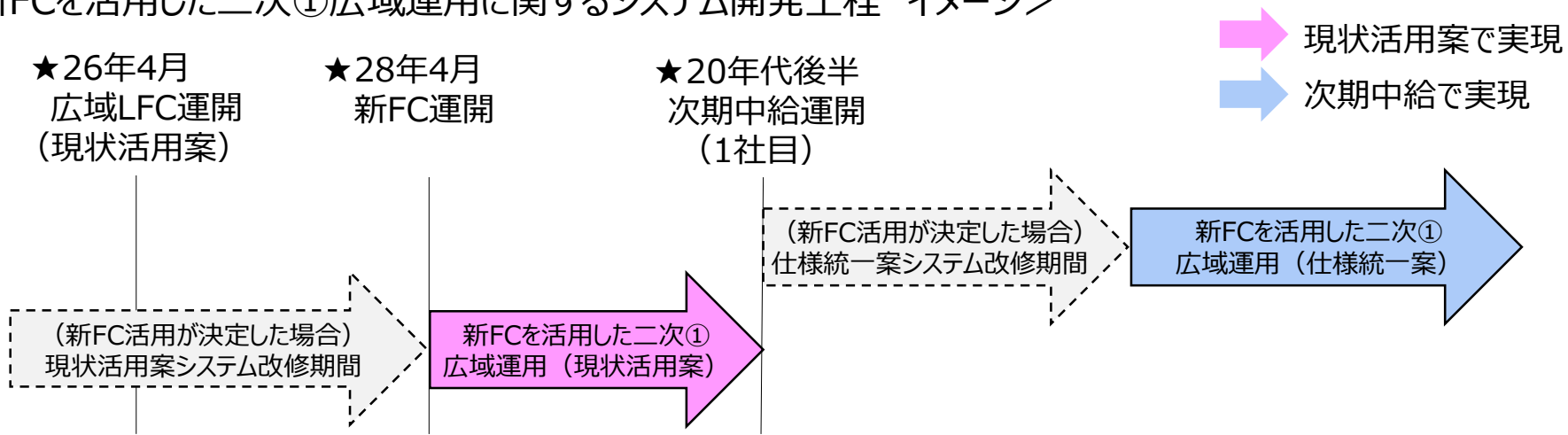
- 二次①、一次については、多頻度の操作に耐えられる電圧調整設備や制御設備等を各直流設備とも備えておらず、広域運用には設備上の課題がある。

連系名	設備名<通称名>	二次①	一次	二次①、一次の主な制約事項等
北海道本州間連系設備	北本連系設備	×	×	・北海道エリアの周波数変動抑制等のため変化させる潮流を制限（段差制約）して5分単位に設定しており、二次①、一次の広域運用は困難である。 ※平常時AFC機能もあるが制約があり交流連系と異なり限定的。
	新北本連系設備	×	×	
東京中部間連系設備	新信濃1FC	×	×	・補助リレー接点摩耗や平常使用へのソフト変更等の理由により、 多頻度の潮流変更が困難である。 ・なお、現時点のマージン設定対象設備である。
	佐久間FC	×	×	・運用者が潮流を現地で設定をするため、 多頻度の潮流変更が困難である。 ・なお、現時点のマージン設定対象設備である。
	東清水FC	×	×	・計画潮流量変化の大きい30分コマに合わせて、上位系統で事前に手動で電圧調整を実施する必要があるため、 多頻度の潮流変更が困難である。
	新信濃2FC	×	×	・潮流頻度が多すぎると補助リレー接点が摩耗するため、 多頻度の潮流変更が困難である。
	飛騨信濃直流連系設備（HVDC FC）	×	×	・調相設備の開閉頻度が極端に増加しない潮流変化（段差制約）内で運用する必要がある。 ・中給システムから自動送信される潮流設定値が5分単位のため、 多頻度の潮流変更が困難である。
中部北陸間連系設備	南福光BTB	×	×	・中給システムから自動送信される潮流設定値が5分単位のため、 多頻度の潮流変更が困難である。 (○) 交流設備の迂回ルートを活用すれば、広域運用に支障はない。
関西四国間連系設備	阿南紀北連系設備	×	×	・同上

1. 直流設備における調整力の広域運用について（振り返り）
2. 新FC運開に伴う一次・二次①の広域運用の検討について
 - 2-1. 一次調整力について
 - 2-2. 二次調整力①について
3. 北本連系設備における一次・二次①の広域運用（補論）
4. まとめ

- 2027年度末に運開する新FCは自励式となることから、GF・LFC相当の機能を実装することで、技術的には一次・二次①の広域調達・運用が可能となる。
- 一方で、機能実装には広域需給調整（KJC）システムや中給システムの改修が必要となることから、導入可否の判断をするために、周波数への影響およびkWhコスト低減効果をシミュレーションにより検討・確認した。
- また、二次①の広域運用については、既設中給を活用した**現状活用案**と、次期中給を活用した**仕様統一案**の2つが考えられるところ、厳密には制御方式が異なることから、それぞれに応じた機能実装をする必要があり、機能実装にかかる費用等も踏まえて今後の方向性を整理した。

<新FCを活用した二次①広域運用に関するシステム開発工程 イメージ>



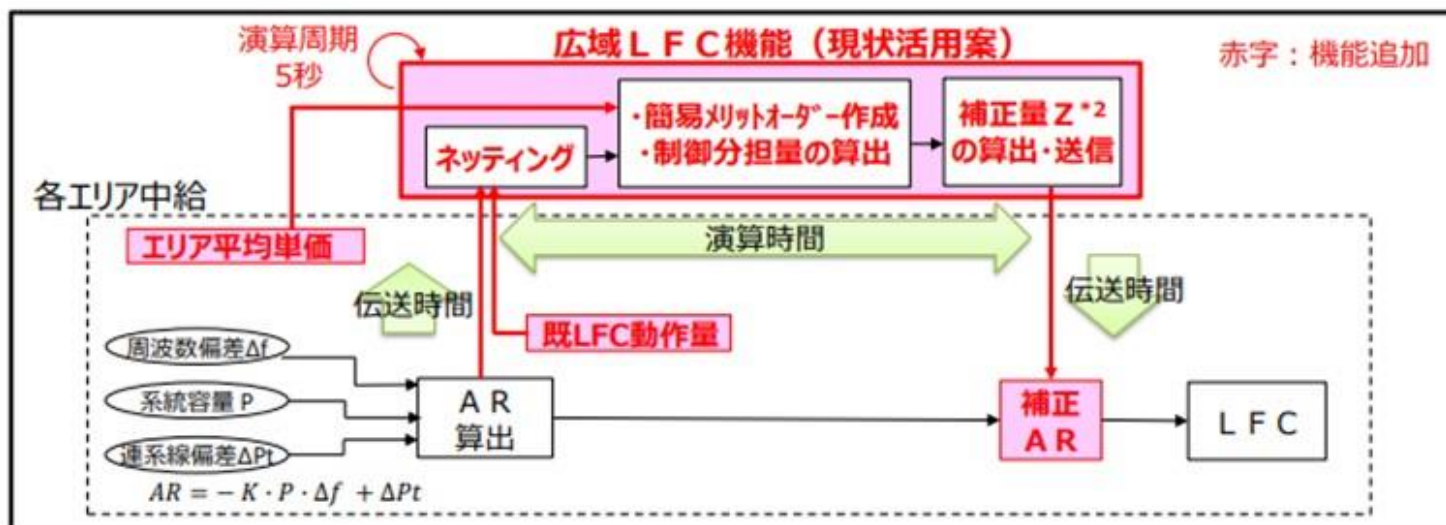
項目	二次①現状活用案	二次①仕様統一案
追加機能実装	必要	必要
適用期間	新FC運開～次期中給運開まで	次期中給運開以降

I. 現状活用案の検討

7

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ル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。

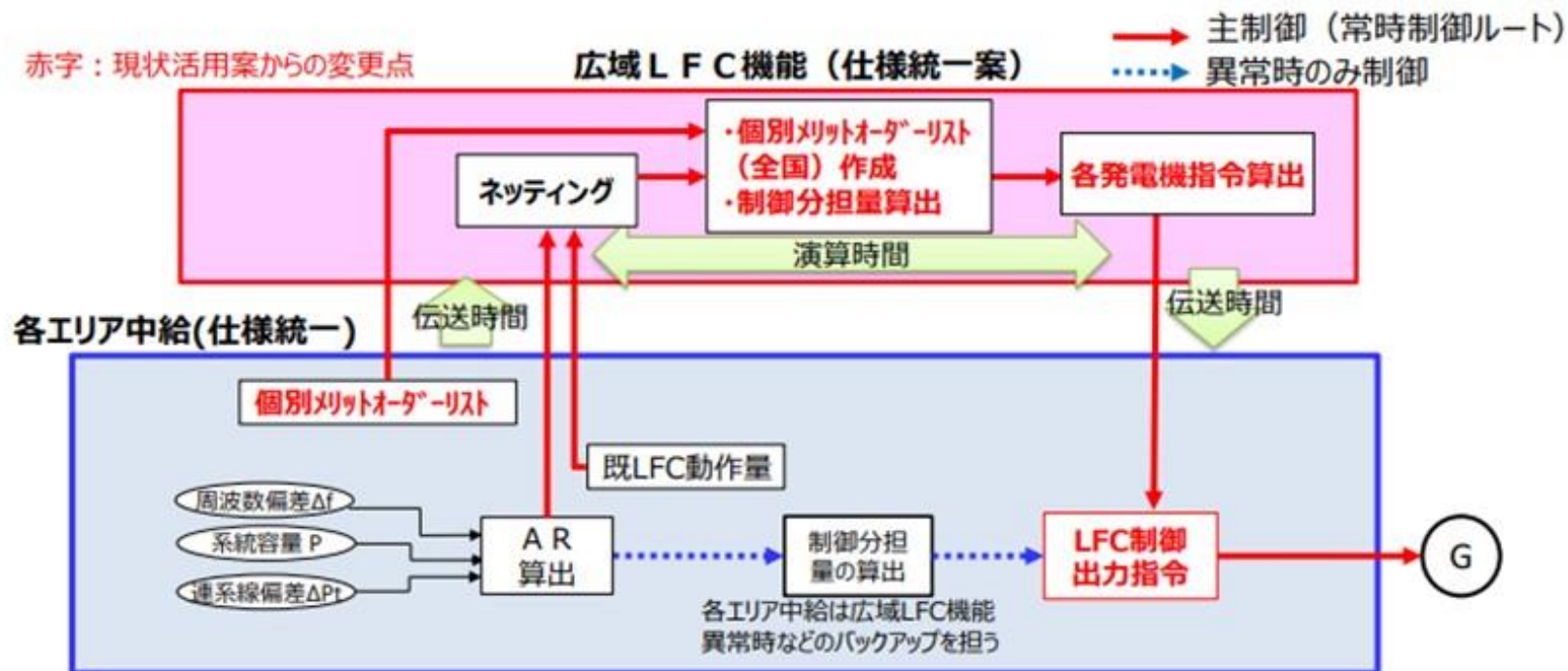
*2 ARネッティング後に各エリア中給ARに配分される広域的な調整必要量を補正量 Z と定義

Ⅱ. 仕様統一案の検討

18

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리트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리트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。



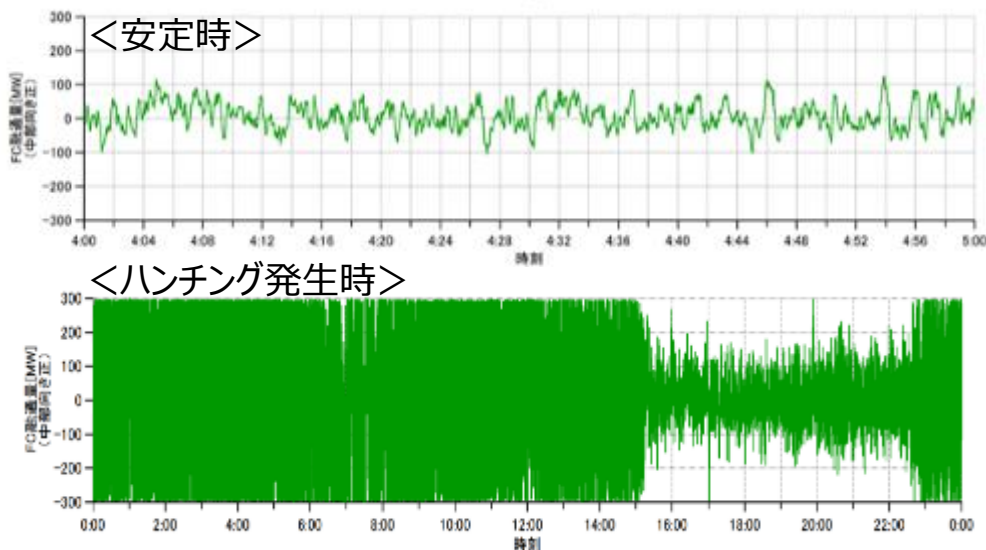
1. 直流設備における調整力の広域運用について（振り返り）
2. 新FC運開に伴う一次・二次①の広域運用の検討について
 - 2-1. 一次調整力について
 - 2-2. 二次調整力①について
3. 北本連系設備における一次・二次①の広域運用（補論）
4. まとめ

- 新FCに一次相当の機能（AFC）を実装し、新FCを交流連系線相当として振舞わせる場合、系統特性と制御系の干渉等による**FC潮流のハンチング**^{※1}現象の発生が確認され、新FCを活用した一次の広域運用を行う場合には、詳細設計段階において系統特性等との干渉を精緻に検証し、適切なパラメータの設定を行う必要がある。
- また、上記パラメータ設定を経た（解決した）場合でも、**東北～九州間が交流連系相当で連系される**ことにより、**広域動揺**^{※2}が発生する可能性もあり、安定度面等への影響が懸念される。
- 一次の広域運用の導入においては、詳細な検討が必要となるが、現段階では詳細な解析環境が整備されていないため、検討には長期間を要することとなる。

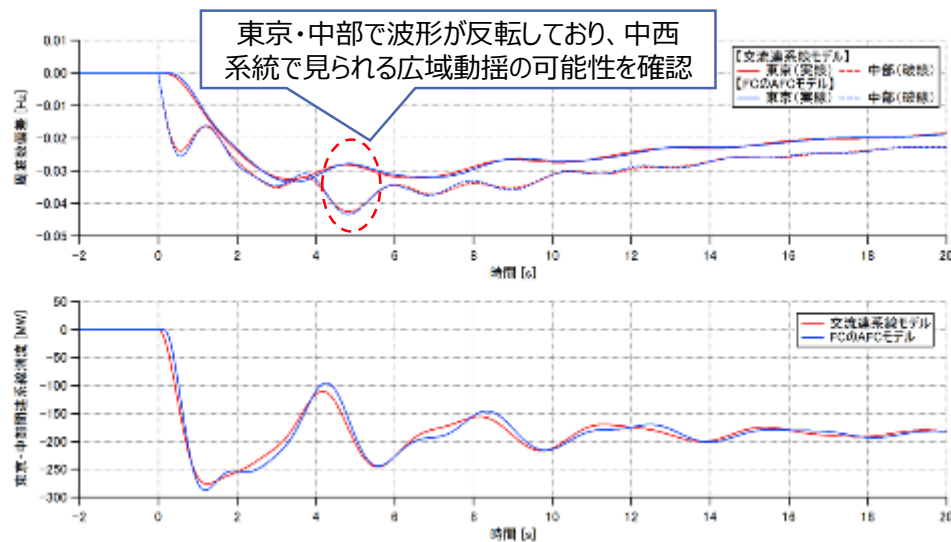
※1 数値が安定せず、上がったたり下がったりの変化を繰り返すこと。 ※2 電圧の位相が、電力系統全体で振動する現象。

FC潮流のハンチング現象

（同一パラメータでも状況によりハンチング現象が発生する場合がある）

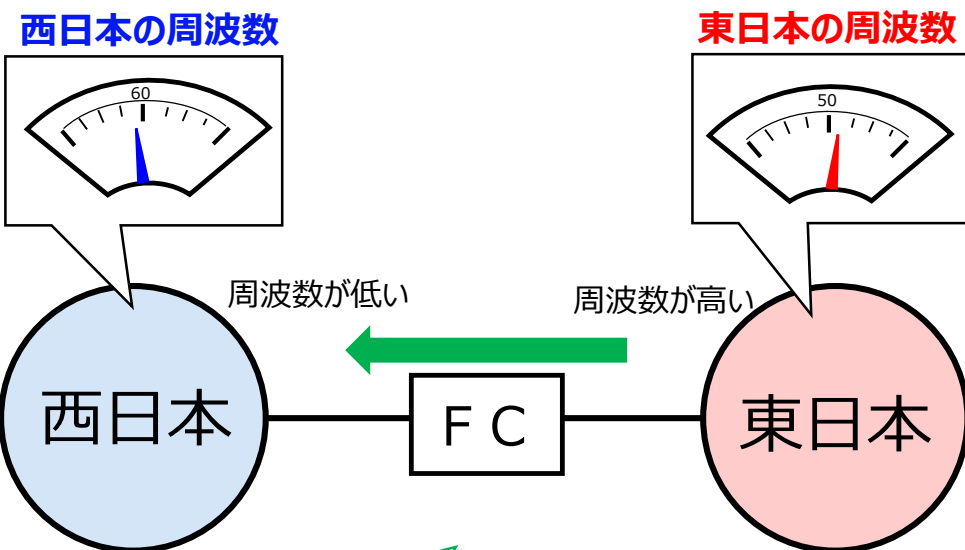


FCのAFC機能による広域動揺モード

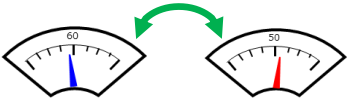


- それぞれの系統の周波数の差を検出し潮流を制御する際、周波数の検出には一定の遅れ時間が伴うため、FCが本来の制御と逆方向に潮流を制御することで周波数の上昇・低下およびFC潮流の増加・減少が繰り返される現象（ハンチング）が発生する可能性がある。
- ハンチング現象を防止（抑制）するには、系統の特性やFCの制御遅れを考慮し、制御系パラメータ（ゲイン等）の適切な設定値をチューニングする必要がある。

FCを活用した制御のイメージ

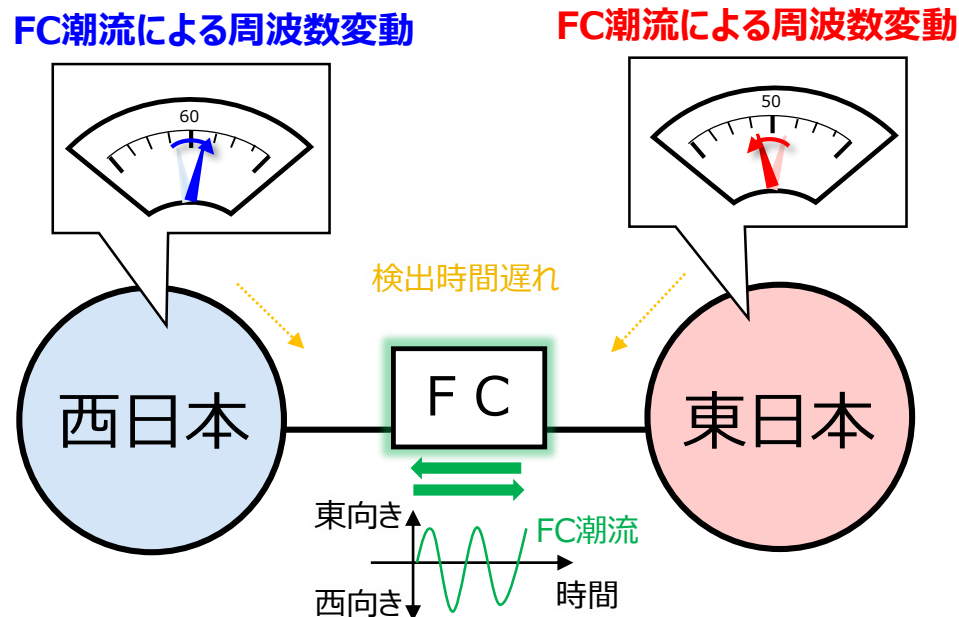


比較



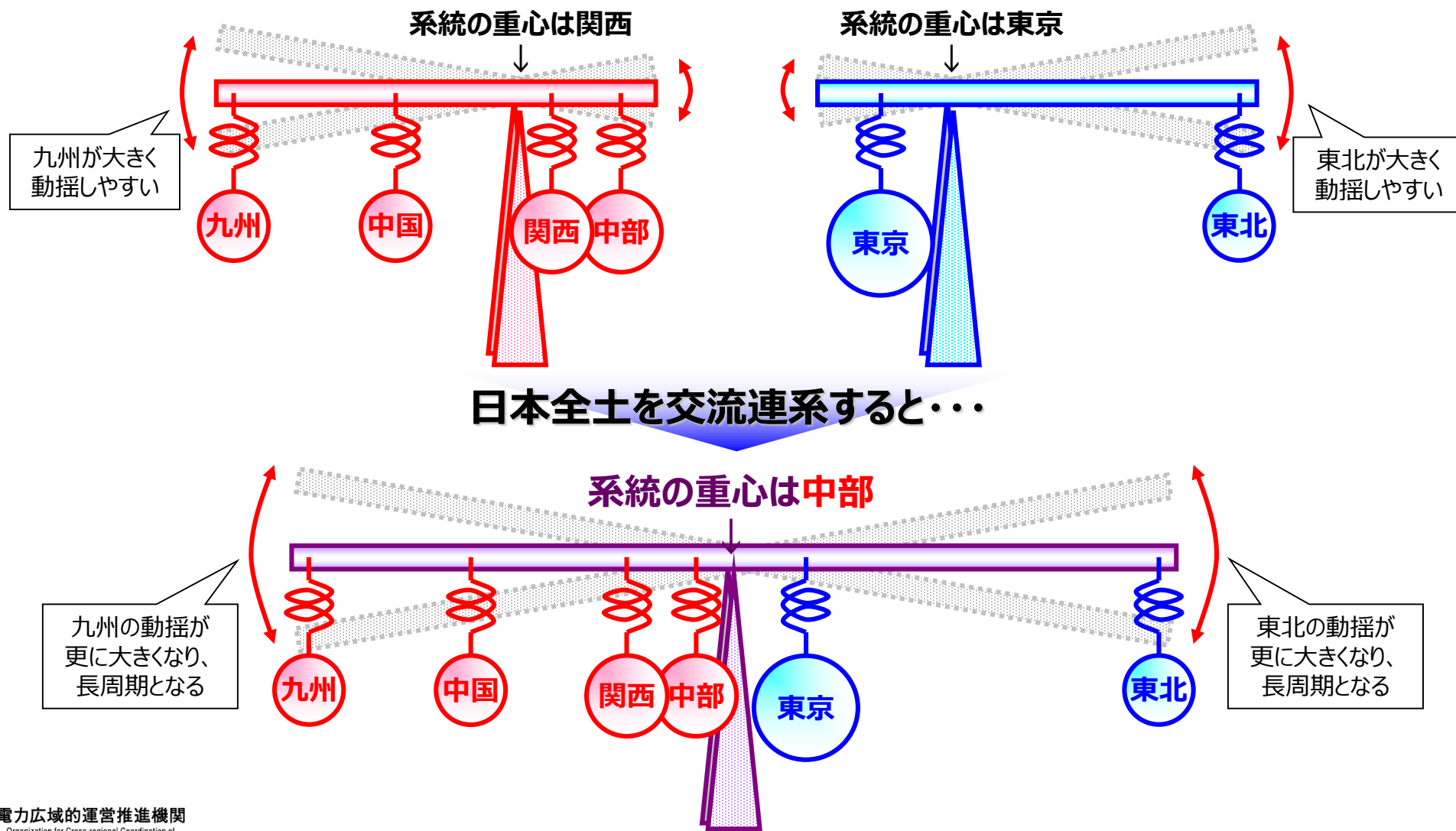
交流連系線相当の応動となるように、周波数差に応じて潮流方向・量を制御

ハンチング現象の発生要因（イメージ）



各系統の周波数の差異を検出し潮流を制御する際、周波数の検出には一定の遅れ時間が伴うことから、系統状況や制御系のパラメータによっては、「周波数変化を（遅れて）検出し、再度潮流を制御する」ことを繰り返し、ハンチングに至る可能性

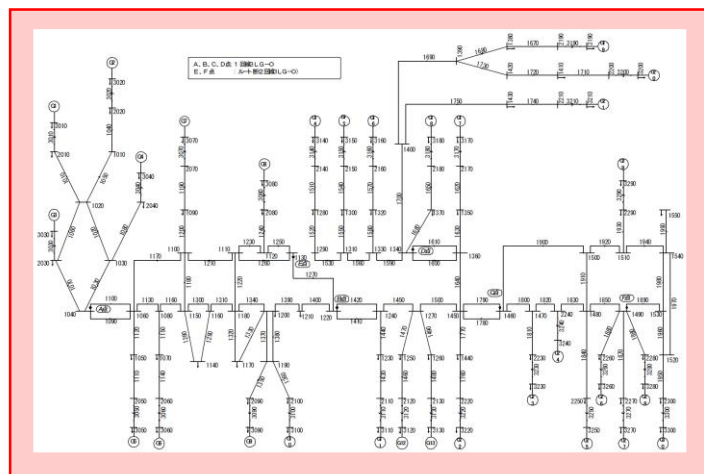
- 仮に、日本全土を交流連系すると、系統末端でのインピーダンスが大きくなり、長周期の動揺が発生しやすくなる。



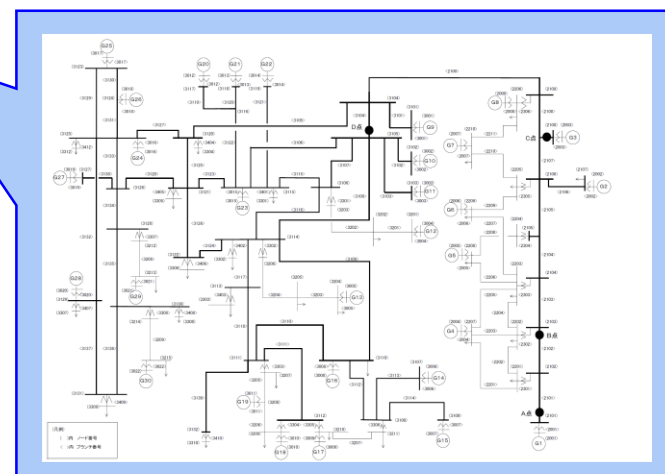
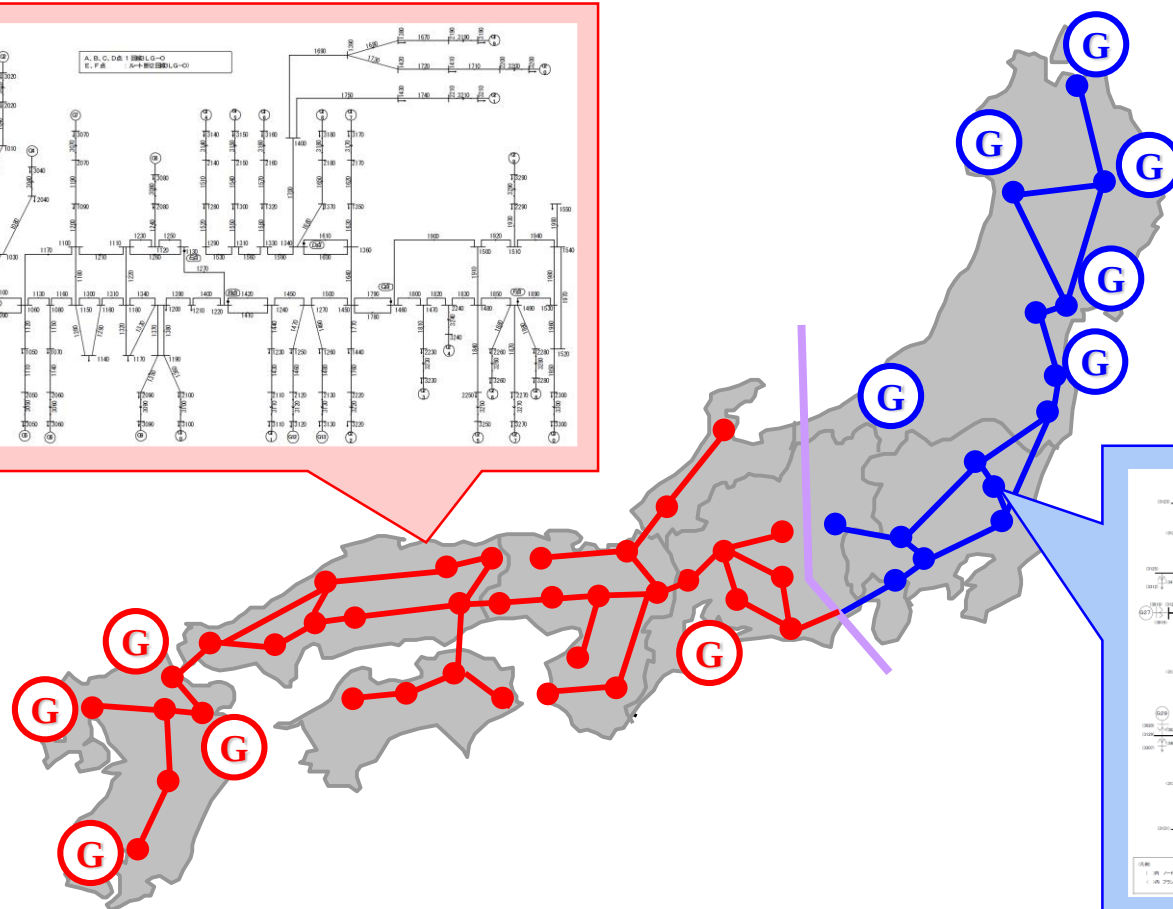
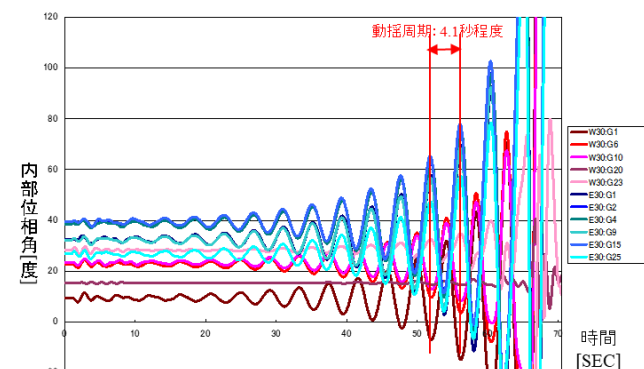
■ また、電気学会標準モデル（EAST30、WEST30）を用いて、50Hz系統と60Hz系統を交流連系した系統を簡易的に模擬し、系統擾乱時の応動を確認した結果、系統（日本）全体で不安定になる傾向※も見受けられた。

※ 電気学会標準モデルは比較的系統の特徴（悪さ）を出しやすくしたモデルであり、実際の応動を正確に示している訳ではない点に留意が必要。

西日本60Hz系統を模擬した「電気学会WEST30機系統モデル」



系統擾乱時の応動結果（不安定傾向）



東日本50Hz系統を模擬した「電気学会EAST30機系統モデル」

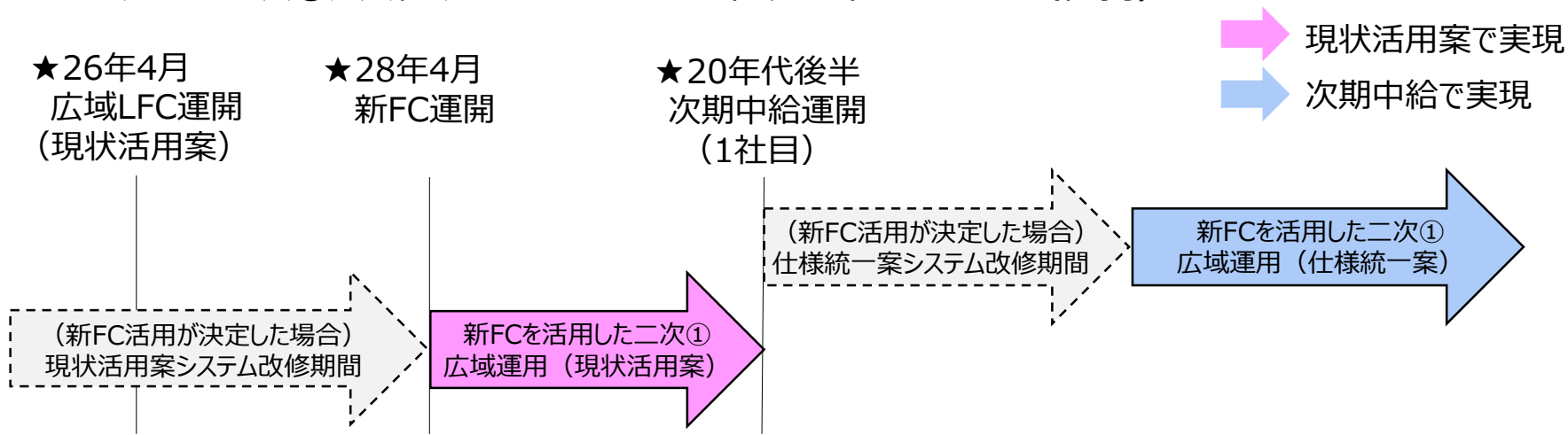
- 新FCの一次相当の機能（AFC）実装については、設備的には可能であるものの、技術的には、東北～九州間が交流連系相当で連系されることによる新たな広域動揺モードが発生する可能性（安定供給面の懸念）があり、更なる詳細検討が必要。（現状では詳細な解析環境が整備されていないため、数年程度を要する見込み）
- このため、新FCを活用した一次調整力の広域調達・運用は当面実施しないこととしたい。
（将来的に、50Hzと60Hzで一次調整力を有するリソース自体の偏在化が見受けられ、広域調達の必要性が高まった場合等に、改めて技術検討を実施することとしたい）

対 象		技術評価結果
一次調整力	実現可否	・東北～九州間の <u>広域動揺モード発生</u> の懸念があるため、現時点では実現可否の判断不可（更なる詳細検討が必要）
	機能具備	・FCが50,60Hzの周波数偏差に応じ潮流制御するAFC機能（交流連系相当の応動）の付加により設備的には可能
	制約・懸念など	・詳細設計段階において系統特性等との干渉を精緻に検証し、 <u>適切なパラメータ設定が必要</u> ・新たな広域動揺モードについて詳細深堀検討が必要であるが、 <u>現段階では詳細な解析環境が整備されておらず、詳細検討には数年程度を要する</u> ・AFC機能の実装はFC機能改良が必要となるため、FC運開以降に追加発注で対応となる

1. 直流設備における調整力の広域運用について（振り返り）
2. 新FC運開に伴う一次・二次①の広域運用の検討について
 - 2-1. 一次調整力について
 - 2-2. 二次調整力①について
3. 北本連系設備における一次・二次①の広域運用（補論）
4. まとめ

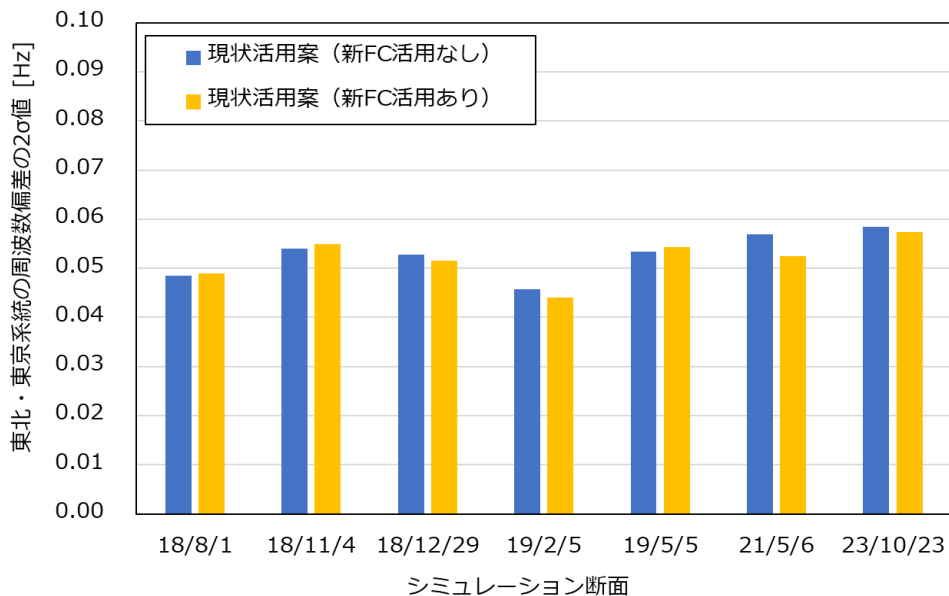
- 前述のとおり、新FC運開時期（2027年度末運開）から時系列的に考えると、二次①においては、既設中給を活用した現状活用案（2027年度以降）と、次期中給にて実装する仕様統一案（次期中給運開以降）での実現が考えられる。
- そのため、現状活用案・仕様統一案それぞれにおいて、周波数面の影響・費用便益評価（B/C）について確認した。

＜新FCを活用した二次①広域運用に関するシステム開発工程 イメージ（再掲）＞

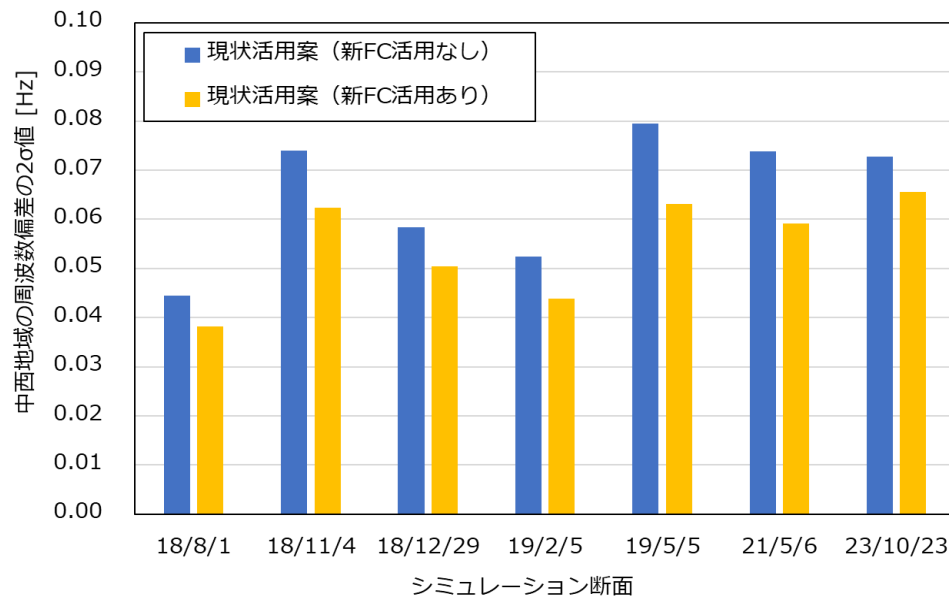


項目	二次①現状活用案	二次①仕様統一案
追加機能実装	必要	必要
適用期間	新FC運開～次期中給運開まで	次期中給運開以降

- 2026年度からの運用開始が予定されている広域LFC（現状活用案）において、新FCへ二次①相当の機能（LFC）を実装しない場合と、実装した場合（新FCで300MWを広域LFCとして活用した場合）の周波数面の影響についてシミュレーションにて確認した。
- 新FCを広域LFC（現状活用案）で活用することにより、特に中西エリアにおいて周波数偏差2 σ 相当値（周波数偏差の絶対値の95.45パーセンタイル値）が20%程度低減（改善）された。
- 上記より、周波数面では効果があることが確認されたため、続いてkWhコスト低減を踏まえたB/Cの検討を行った。

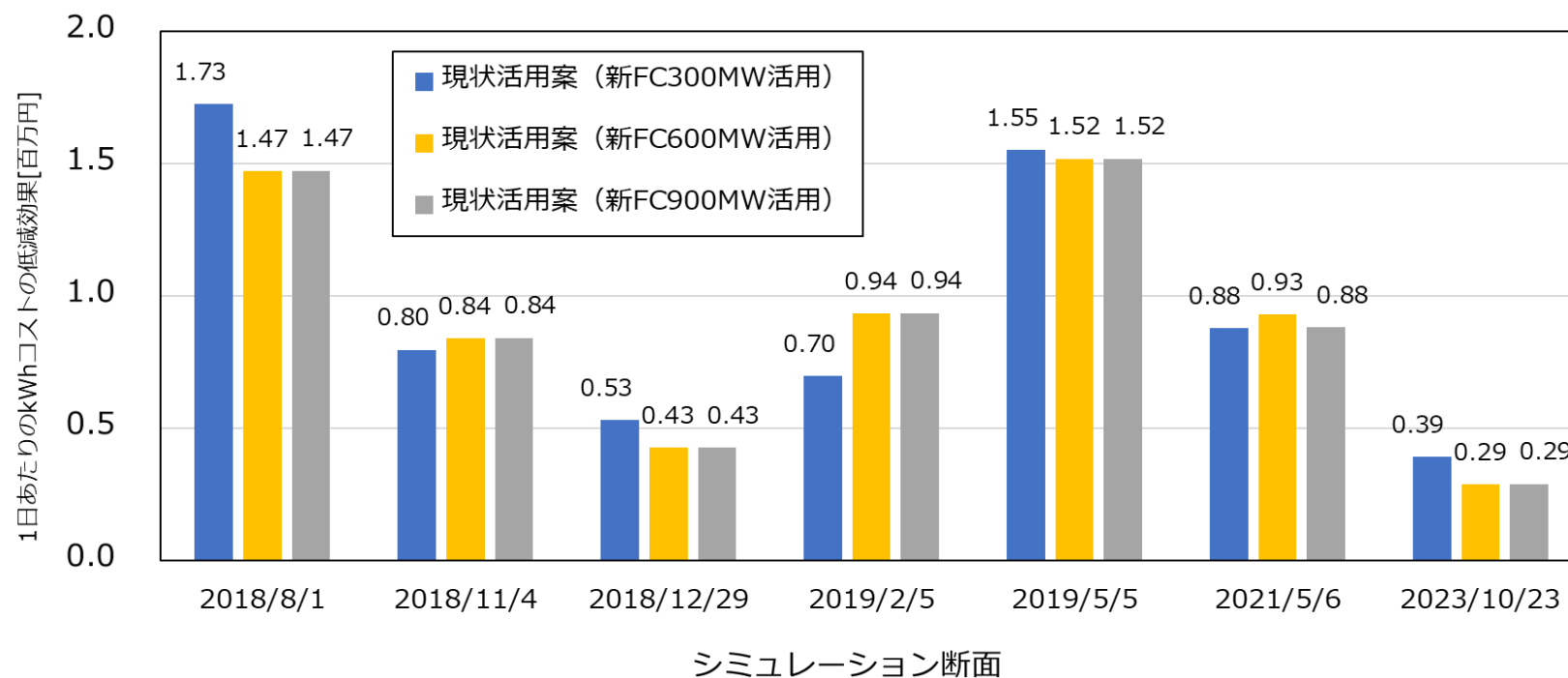


東北・東京エリアの周波数偏差2 σ 値（Hz）



中西エリアの周波数偏差2 σ 値（Hz）

- 新FC900MWのうち、調整力取引（広域LFC）に活用する連系線枠を300,600,900MWとして比較検討した。
- 今回のシミュレーションケースにおいては、それぞれのケースで後述のコスト低減効果に有意な差がなく、連系線枠が600,900MWのケースでは卸取引利用率が大きく低下することから、FC300MWを代表ケースとした。
- なお、系統状況によっては、広域LFCがネットینگ後のARを全エリアにLFC動作可能量比率（速度比率）で配分する機能により、高速かつ高コストな発電機への配分量が増えることで、FC容量を増やした場合にkWhコスト低減効果が僅かに減少するケースも存在した。（速度比率で配分後、メリットオーダーによる持ち替え機能があり、結果的にはkWhコスト低減効果に大きな差は生じなかった）

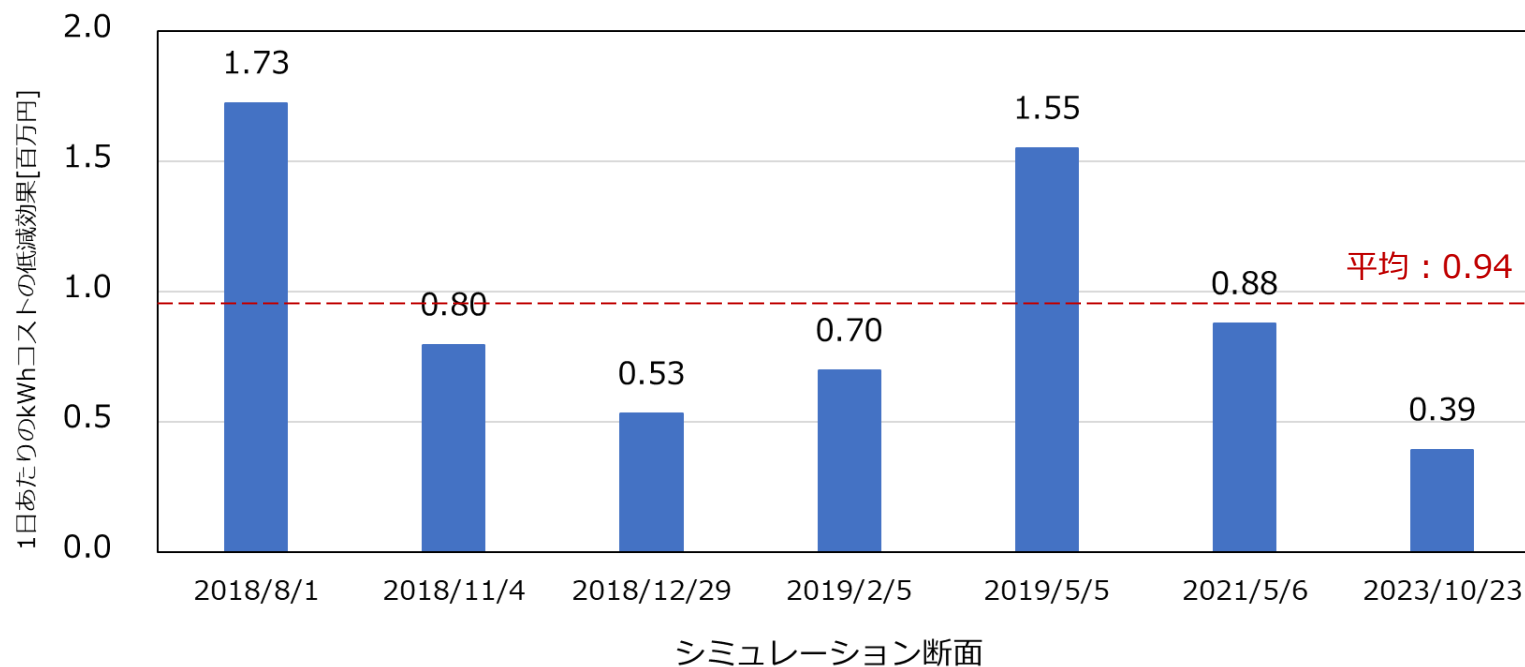


- 続いて、費用便益評価（B/C）における費用（Cost）については下記のとおりとなった。
- 既設中給にて新FCを活用した二次①の広域調達・運用を実現するには、広域需給調整システム（広域LFC）、中部中給システム、東京中給システムの改修が必要となり、**改修費用は計16億円**となる見込み。

改修対象	主な改修項目	概要	改修費用
広域需給調整システム （広域LFCシステム）	新FCに対する広域LFC指令値の作成	50Hz、60Hz系統のAR解消タイミングを合わせるように新FCに対して指令値を作成	6 億円
	新FCに対する段差制約の考慮	新FC周辺の系統電圧の変動幅を小さくするため、X秒間の新FCの潮流変化幅をY[MW]以下に抑制するよう制御	
	伝送項目の追加	新FCを広域LFC対象とするために必要な情報を中部中給、東京中給から受信できるよう伝送項目を追加	
	画面表示内容の修正	新FC追加に伴う運用者画面の修正	
中部中給システム	新FCを広域LFC対象とするための諸元作成	新FCの空容量や段差制約諸元を計算	5 億円
	補正量Z（広域LFCの制御量）へのトラブル対応	EPPS動作時、LFC指令値をゼロにセットするなどの対応他	
	伝送項目の追加	新FCを広域LFC対象とするために必要な情報を広域需給調整システムに送信できるよう伝送項目を追加	
	画面表示内容の修正	新FC追加に伴う運用者画面の修正	
東京中給システム	中部中給システムと同程度の改修と想定		5 億円（中部相当）

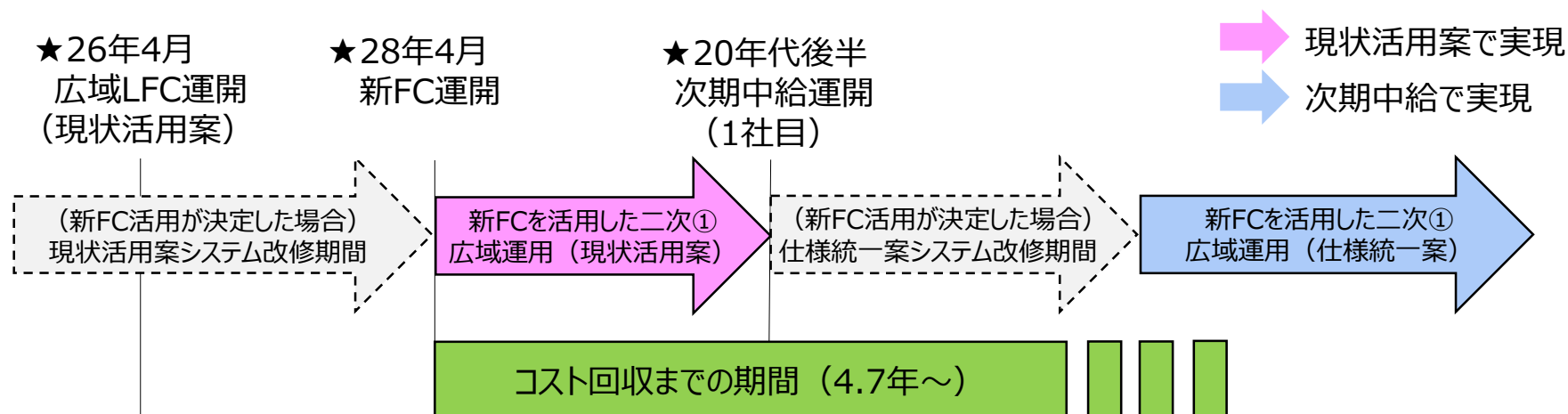
- 費用便益評価（B/C）における便益（Benefit）については、新FCを活用した広域LFC実施時のkWhコスト低減効果が該当するため、新FCを活用した場合、しなかった場合のkWhコスト比較により低減効果を確認した。
- 今回のシミュレーションにおいては、**平均で0.94百万円／日、3.43億円／年（＝0.94百万円／日×365日）のkWhコスト低減効果が得られることを確認**した。（最低レベルであっても、0.39百万円／日、1.42億円／年のkWhコスト低減効果が得られることを確認）

＜新FC300MWを広域LFCに活用した場合の、活用しなかった場合と比較したkWhコスト低減効果＞

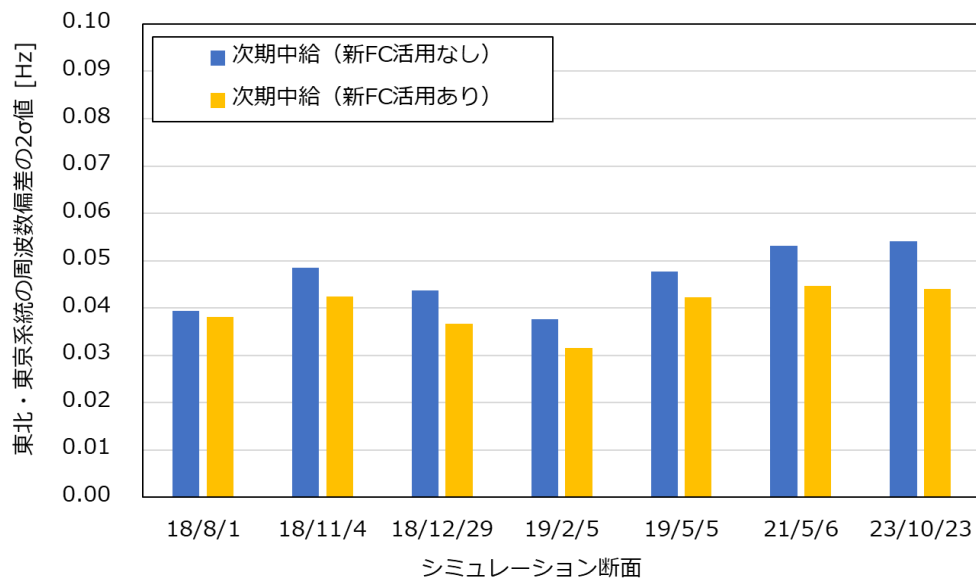


- 次期中給の運開に伴い、広域LFC（現状活用案）は廃止となることを前提とし、下表のとおりB/Cを評価した。
- 前述の費用（Cost）と便益（Benefit）を踏まえると、**改修費用を回収するために必要な期間は平均で4.7年**（最低レベルでは11.2年）となり、次期中給運開時期が2020年後半（予定）であることから、**広域LFCの活用期間が短くなるため、現状活用案における費用便益（B/C）は1.0を上回らない可能性が高い。**
- したがって、既設中給においては、**新FCの二次①相当機能は実装しない**こととしてはどうか。

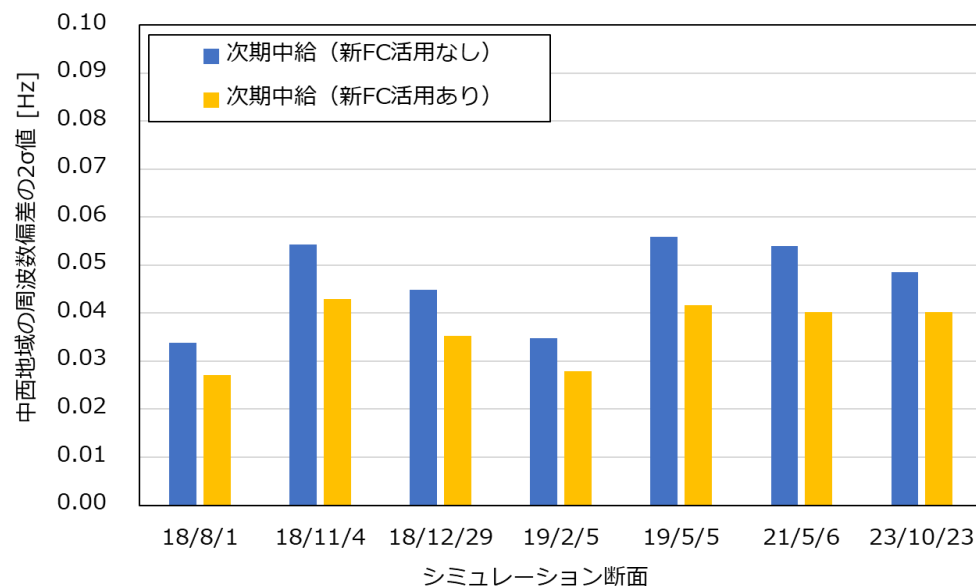
kWhコスト試算方法	kWhコスト低減効果※		コスト回収 までの期間	B/C≥1となる 次期中給運開年度
	百万円／日	億円/年		
平均値（代表7日間）	0.94	3.43	4.7年	2033年度
最低レベル（23/10/23）	0.39	1.42	11.2年	2040年度



- 続いて、次期中給における広域LFC（仕様統一案）において、新FCへ二次①相当の機能（LFC）を実装しない場合と、実装した場合の周波数面の影響について、シミュレーションにて確認した。
- 新FCを広域LFC（仕様統一案）で活用することにより、周波数偏差 2σ 相当値（周波数偏差の絶対値の95.45パーセンタイル値）は、東北・東京エリアおよび中西エリアのどちらにおいても低減（改善）されることを確認した。
- 上記より、周波数面では効果があることが確認されたため、続いてkWhコスト低減を踏まえたB/Cの検討を行った。



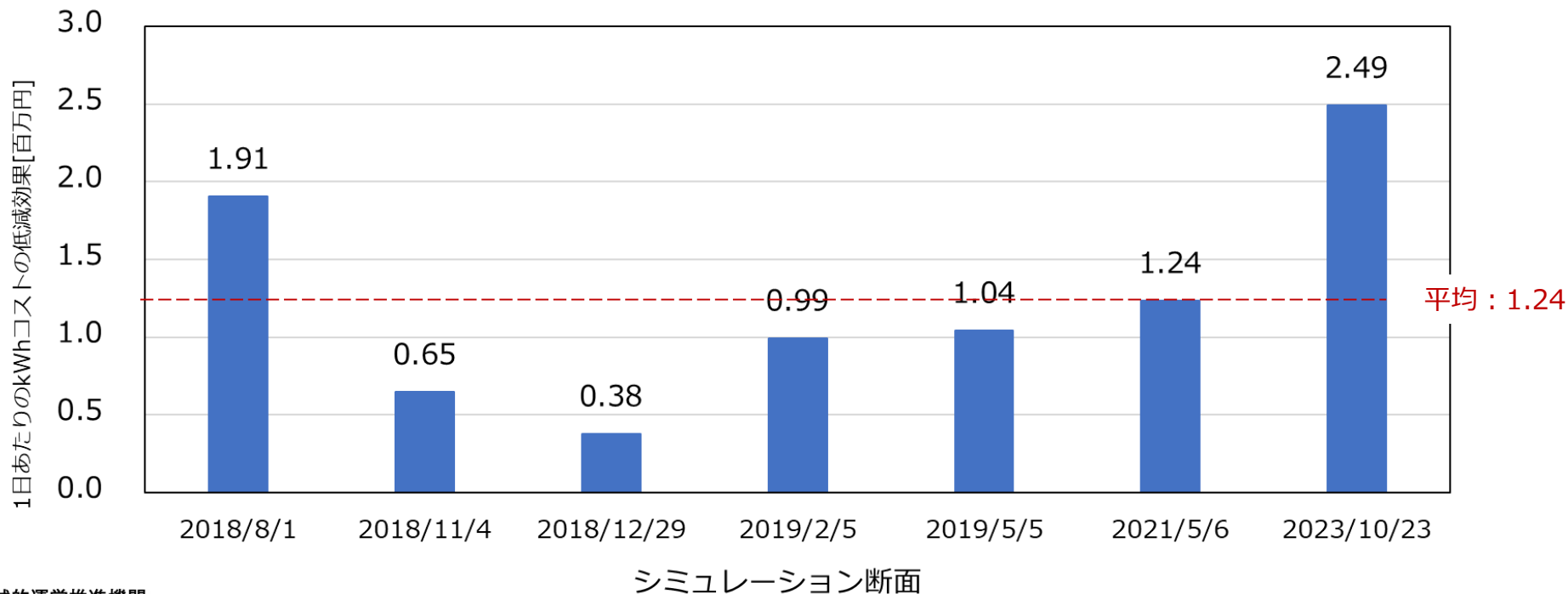
東北・東京エリアの周波数偏差 2σ 値（Hz）



中西エリアの周波数偏差 2σ 値（Hz）

- 費用便益評価（B/C）における便益（Benefit）については、新FCを活用した広域LFC実施時のkWhコスト低減効果が該当するため、新FCを活用した場合、しなかった場合のkWhコスト比較により低減効果を確認した。
- 今回のシミュレーションにおいては、**平均で1.24百万円／日、4.53億円／年（＝1.24百万円／日×365日）のkWhコスト低減効果が得られ、現状活用案を上回る便益があることを確認した。**
- この点、仕様統一案については、**次期中給運開後における長期の適用期間が見込めるため、費用便益（B/C）が1.0以上となる蓋然性は高い**と考えられる。（現時点で改修コストは未検討）

＜次期中給において新FC300MWを広域LFCに活用した場合の、活用しなかった場合と比較したkWhコスト低減効果＞



- 一方で、次期中給は2020年代後半を目指して開発が進められているものの、既に開発工程がタイトな状況にあり、新FCを活用した二次①広域運用のシステム化を**初期開発時点で実装することは困難**となる見込み※。
- この点、周波数改善効果やkWhコスト低減効果（費用便益が高い蓋然性）が確認されたことを踏まえて、**次期中給運開後の広域LFC（仕様統一案）に導入することを目指し、次期中給の対応可能時期や改修コスト等を考慮したうえで、深掘り検討を進める**こととしてはどうか。

※ 運開後に追加的に機能実装を行う場合、大規模な改修は不要となるよう、柔軟性を確保したシステム設計を志向。

2.次期中給システム開発の検討状況

検討状況 前提条件 SCUC ロック 8

次期中給システム開発の検討状況（スケジュール）

- 各社中給システムは、経年劣化に伴う保守限界を迎えるにあたり、順次システム更新が必要であり、既に工程はタイトな状況。
- 一方、品質を担保するためには、設計～製作～試験に十分な期間が必要であり、本システムで実現する業務は、この前段の要件定義完了時点までに、適切に仕様へ反映する必要がある。※1
- 同時市場の導入が決定し、制度設計が完了した際には、可能な範囲で次期中給システムの仕様に反映し、運用開始までに反映できなかった内容は、開発と並行して検討を進め、全社運開後、可能な限り早期の追加実装等により対応したい。



RFP発行後の仕様変更は
工期やコストに影響がある

特に要件定義完了後は設計工程に移行するため
仕様変更が工期やコストに与える影響が大きくなる

※1：後述する3・4章の内容（次期中給システム開発の前提条件や初期開発時点で実装予定のSCUCロジック）はRFPに織り込み済みであり、既に仕様変更は工期やコストに影響を与える可能性がある。

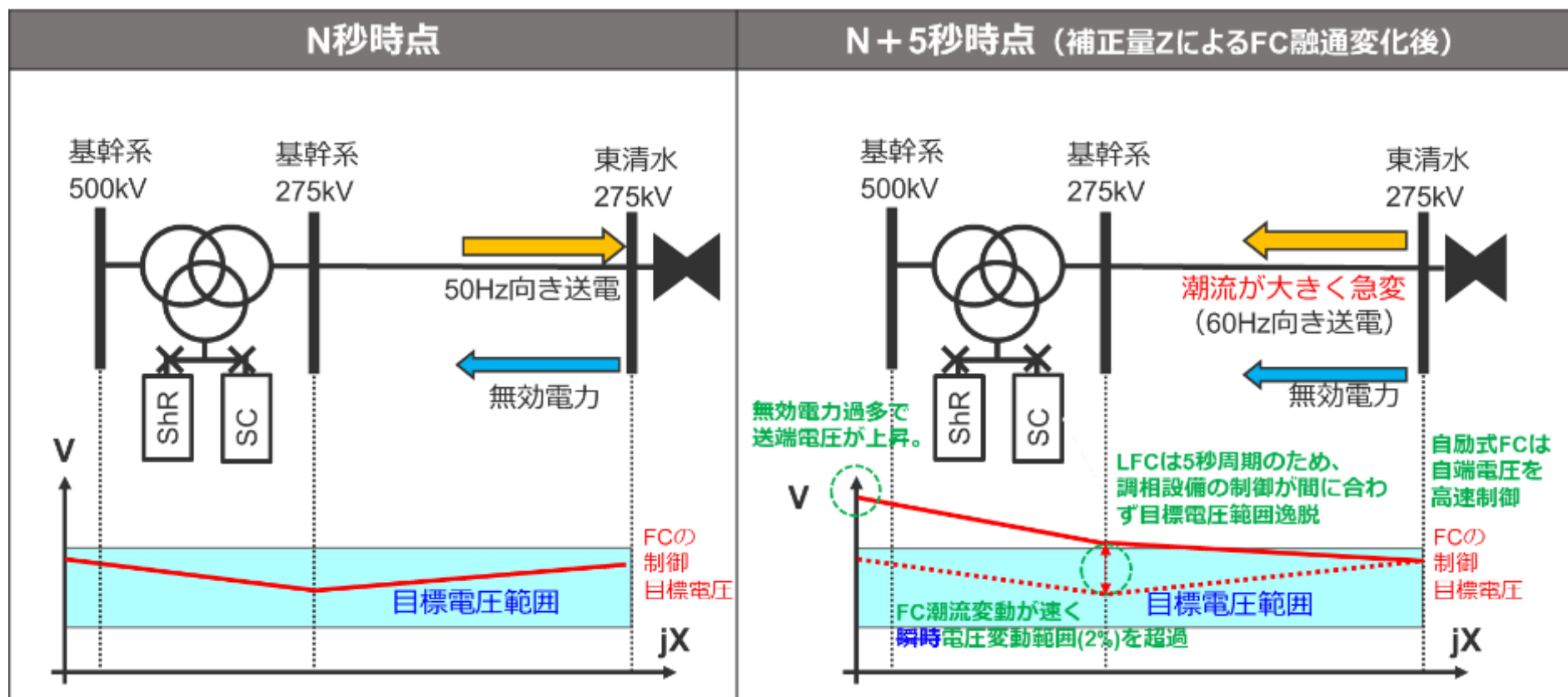
※2：地理的拡大にあたり、1社の切替に要する期間は今後、開発ベンダとの協議も踏まえて決定。可能な限り早期の全社運開を目指したい。

©Transmission & Distribution Grid Council

- 新FCの二次①相当の機能（LFC）実装については、技術的には、周波数改善効果やkWhコスト低減効果を得られることが、シミュレーション結果により得られた。
- 他方、既存中給（現状活用案）では適用期間が次期中給運開までと短く、B/Cが1.0未満となる可能性が高いことから、新FCの二次①相当の機能（LFC）実装については、B/Cが1.0以上となる蓋然性が高い次期中給（仕様統一案）に導入することを目指し、次期中給の対応可能時期や改修コスト等を考慮したうえで、深掘り検討を進めることとしたい。

対 象		技術評価結果
二次調整力①	実現可否	・ <u>制御量を限定した上で実現可能</u>
	機能具備	・広域LFC制御ロジックにおいて、東エリア／中西エリア全体でAR配分を行い、両エリアの配分合計量の差分をFC潮流として流すことで可能 ・次期中給においては、今後詳細検討要
	効果	・ <u>周波数偏差の抑制（改善）ならびにkWhコスト低減にも寄与することを確認</u>
	制約・懸念など	・FC潮流変化時の <u>電圧変動制約範囲内にFC潮流変化を抑える必要がある</u> ・次期中給の初期開発時点の対応は困難な見込みであるため、 <u>次期中給の対応可能時期や改修コスト等を考慮する必要がある</u>

- 自励式FCは自端電圧の制御機能を有するためFC接続地点の電圧は適正に維持できるものの、周辺系統ではFCの潮流変化によって電圧が変化し、目標電圧範囲の超過もしくは電圧変動が2%を超過するおそれがある。
- このため、広域LFCによるFCの潮流変動は、電圧変動を適正值以内に抑えられるように制約を設ける必要がある。



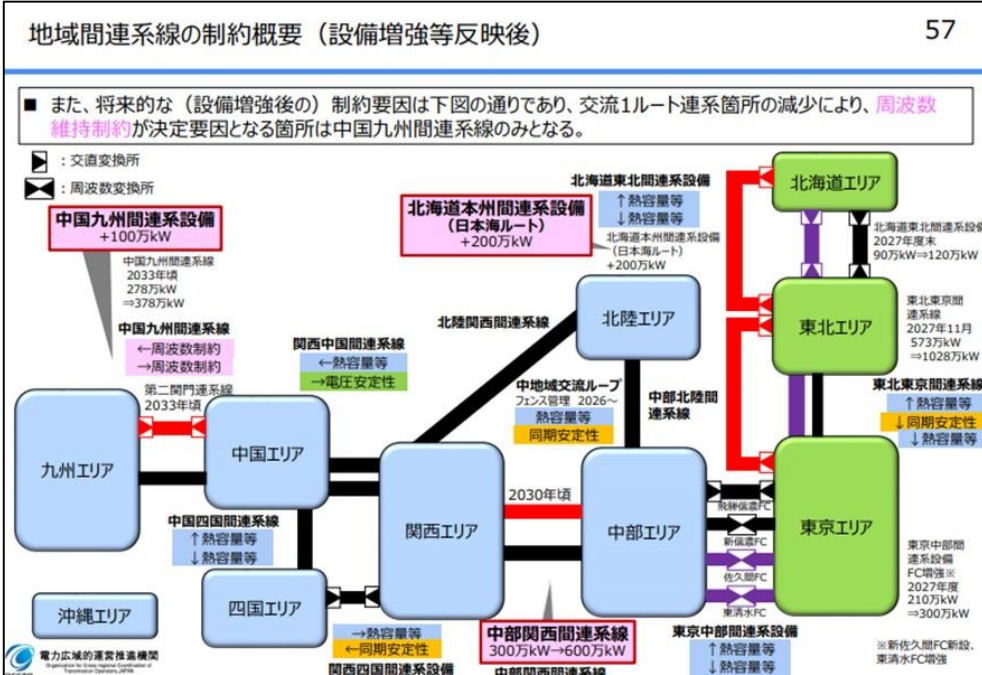
1. 直流設備における調整力の広域運用について（振り返り）
2. 新FC運開に伴う一次・二次①の広域運用の検討について
 - 2-1. 一次調整力について
 - 2-2. 二次調整力①について
3. 北本連系設備における一次・二次①の広域運用（補論）
4. まとめ

- 北海道本州間連系設備については、2027年度末に新々北本連系設備が運開予定となっている。
- また、広域的な電力取引の活性化、再エネの導入促進とレジリエンス強化を目的に、北海道本州間連系設備（日本海ルート）についても基本要件が決定しており、2030～2034年頃の使用開始を目指している。
- このうち、新々北本においては、新北本と同じく自励式であるが、**新北本の既設制御装置を活用した増設**であることから、新北本と同様の制約事項となり、**新々北本を活用した一次・二次①の広域調達・運用は実施できない。**
- 他方、**北海道本州間連系設備（日本海ルート）においては、これからの詳細設計であり、一次・二次①の広域調達・運用を行える可能性がある**ため、こちらの検討の方向性について整理を行った。

37

予定されている設備増強等について

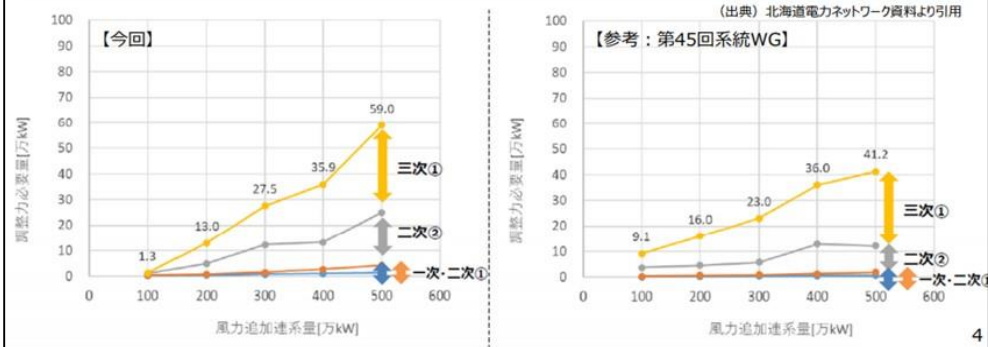
連系線	使用開始予定	増加量
北海道本州間連系設備 (新北海道本州間連系設備増強)	2027年度末	30万kW (90万kW⇒120万kW)
東北東京間連系線	2027年11月	455万kW (573万kW⇒1028万kW)
北海道本州間連系設備 (日本海ルート)	2030～2034年頃 基本要件決定(24.4.3)から6～10年程度	200万kW
東京中部間連系設備 (FC)	2027年度末	90万kW (210万kW⇒300万kW)
中地域交流ループ運用	2026年度	50万kW程度増加 (関西中部間250万kW⇒300万kW程度、 周波数制約解消に伴う)
中部関西間連系線	2030年6月頃	300万kW (300万kW程度⇒600万kW程度)
中国九州間連系設備	2030～2033年頃 基本要件決定(24.4.3)から6～9年程度	100万kW (278万kW⇒378万kW)



- 北海道エリアにおいては、再エネの連系量が増加する将来に向けて調整力が不足する虞があることを踏まえると、北本連系設備を活用した一次・二次①広域調達・運用のニーズは高まると考えられる。
- このうち、一次相当の機能（AFC）実装については、新FCで見受けられた技術的課題（東北～九州間の広域動揺モード発生の懸念）は、北海道～東京間であればインピーダンスも小さく、顕在化しない可能性も考えられる。
- また、二次①相当の機能（LFC）実装については、定性的には新FCと同様、周波数改善効果やkWhコスト低減効果が得られる可能性が高い。
- 上記を踏まえ、北本連系設備については、日本海ルート（HVDC）を対象に、一般送配電事業者と連携の上、一次・二次①の広域調達・運用に関する検討を進めていくこととしたい。

将来的な調整力必要量に係るシミュレーションの結果について

- 北海道電力ネットワークの報告にあったとおり、複合約定や連系線を考慮したシミュレーションの結果、一定の仮定の下においては、足下で調整力不足が生じる断面はないと考えられる一方、風力発電の連系量が増加する将来に向けては、更なる調整力の導入を図っていく必要があることが示された。
- また、今後、大型の洋上風力等の連系が進めば、再エネの地理的分布に偏りが生じ、平滑化効果や出力制御の状況等にも影響がある可能性があることから、引き続き、実際の連系量等を踏まえて影響を注視していく必要がある。



(2) 調整力確保可能量の試算について
【調整力確保可能量の試算について（結果）】

22

- 基本シナリオ（2050Without）において、再エネの出力制御率を増加させない範囲※1で、基本シナリオで想定している発電設備にて調整力を確保する場合※2、北海道エリアでは平均217万kW、東北エリアでは583万kW、東京エリアでは3139万kW程度確保できるといった結果となった。
- エリア単体で見ると、北海道エリアにおいては基本シナリオで想定している調整力リソースのみでは必要調整力が確保できない時間帯が発生する結果となった。
また、上記の時間帯は連系線の空容量も無く、他エリアからの調整力の調達が必要であるため、別途調整力リソースを調達する必要があるという結果となった。

※1 年間の再エネ出力制御率を増加させない範囲での前提であり、各時間の出力制御率は変化していることに留意
※2 現状の調整契約の有無は考慮せず、火力、揚水、蓄電池の余力を調整力として扱っている
またDSRやDERといった需要制御による調整力は含んでいないことに留意

※3 ※4

	北海道	東北	東京
平均確保可能量（H3需要比）	217万kW（27.1%）	583万kW（28.7%）	3139万kW（43.5%）
調整力不足時間数（年間）	1時間	なし	なし
H3需要	801万kW	2034万kW	7211万kW
太陽光設備量	831万kW	3378万kW	6023万kW
風力設備量	2063万kW	2707万kW	754万kW

※3 調整力必要量（電源Ⅰ相当）の総量が確保できるかの確認であり、時間内変動・予測誤差それぞれに対する確保可能量の確認については考慮されていないことに留意
また、ゲートクローズ（実需給1時間前）までの予測誤差への対応等についても考慮されていないことに留意

※4 基本シナリオ（2050Without）での試算結果であり、需要見通しの変化や再エネ出力制御の状況変化によっては、確保できない可能性があることに留意

1. 直流設備における調整力の広域運用について（振り返り）
2. 新FC運開に伴う一次・二次①の広域運用の検討について
 - 2-1. 一次調整力について
 - 2-2. 二次調整力①について
3. 北本連系設備における一次・二次①の広域運用（補論）
4. まとめ

- 今回、2027年度末に運開する**新FCを活用した一次・二次①の広域調達・運用の方向性**について検討した。
- 新FCを活用した**一次の広域調達・運用**については、東北～九州間が交流連系相当で連系されることによる広域動揺モードが発生する可能性（安定供給面の懸念）があることから、**新FCを活用した一次調整力の広域調達・運用は当面実施しない**こととしたい。
- 新FCを活用した**二次①の広域調達・運用（既設中給を活用した現状活用案）**については、周波数改善効果やkWhコスト低減効果が期待できるものの、**適用期間が次期中給運開までの短期間となり、B/Cが1.0未満となる可能性が高いため、実装しない**こととしたい。
- 一方、新FCを活用した**二次①の広域調達・運用（次期中給を活用した仕様統一案）**については、周波数改善効果やkWhコスト低減効果（費用便益が高い蓋然性）が確認されたことを踏まえて、**次期中給運開後の広域LFC（仕様統一案）に導入することを目指し、次期中給の対応可能時期や改修コスト等を考慮したうえで、深掘り検討を進める**こととしたい。
- また、北海道本州間連系設備については、2027年度末運開予定の新々北本における一次・二次①広域運用は実施できないものの、将来的に増強が予定されている**日本海ルート（HVDC）を対象に、一般送配電事業者と連携の上、一次・二次①の広域調達・運用に関する検討を進めていく**こととしたい。