

# 系統混雑に対応した フリンジに関する検討の方向性について

2024年8月29日

将来の運用容量等の在り方に関する作業会 事務局

- 第1回本作業会（2024年7月19日）では、将来の日本の電力系統で想定される下記の状況変化等を踏まえ、**制度としての妥当性・透明性の担保や、運用としても、将来に備え、課題の早期把握・ゼロベースの検討を行い、安定供給を確保していくことの重要性**をお示した。

（主な将来の状況変化）

- 広域運用可能なプラットフォーム構築に伴い、調整力（ $\Delta kW$ ）の広域調達・運用は更に進展
- 地域間連系線と地内系統の区別なく、不特定多数の箇所では混雑（運用容量超過）が発生

- 上記のような状況では、一般送配電事業者が**予め確保した調整力（ $\Delta kW$ ）が不特定多数の系統混雑により発動を制限されることが懸念**されており、第8回同時市場の在り方等に関する検討会（2024年4月19日）では、将来（同時市場）における $\Delta kW$ 確保エリア内の発動制限 $\Delta kW$ への対応として、フリンジで対応する方法が示され、まずこれらを基本的な考え方とした上で、引き続き深掘り検討を行うとされたところ。

- 今回、系統混雑に伴う発動制限 $\Delta kW$ への対応を整理していくにあたって、**現行のフリンジの取扱いに関する論点、および今後の進め方について整理したため、ご議論いただきたい。**

1. 発動制限 $\Delta kW$ とフリンジの関係性（振り返り）
2. 現行の地域間連系線におけるフリンジ
3. 現行の地内送電線におけるフリンジ
4. 系統混雑とフリンジに関する論点
5. まとめと今後の進め方

1. 発動制限 $\Delta kW$ とフリンジの関係性（振り返り）
2. 現行の地域間連系線におけるフリンジ
3. 現行の地内送電線におけるフリンジ
4. 系統混雑とフリンジに関する論点
5. まとめと今後の進め方

- 2021年1月以降、基幹系統からローカル系統へ段階的にノンファーム型接続の導入を進めており、系統混雑前提の設備形成へと転換が進展している。
- 現時点で、平常時の地内混雑実績はないものの、**中長期的には地域間連系線と地内系統の区別なく、不特定多数の箇所**で混雑が発生するフェーズ2へ至る見通しである（2027年度以降、**基幹・ローカル系統で100箇所以上の想定**）。
- フェーズ2においては、一般送配電事業者が**予め確保した調整力（ΔkW）が不特定多数の系統混雑により発動を制限**されることとなり、エリア全体として「**時間内変動**」「**予測誤差**」「**電源脱落**」に対応する、**需給調整用ΔkWが不足し、需給調整が困難になる**といった課題が考えられる。

(参考) 2027年度系統混雑想定結果 (混雑設備数)

11

■ 第63回本委員会「2027年度の系統混雑想定の結果について（報告）」で示した系統混雑の想定結果は、運用対策等（N-1電制の本格適用等）を反映すると以下となることを確認した。

全国合計

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	19
ローカル系統	0	0	101

※設備数は各社公表している空き容量マップ一覧表の設備単位でカウント。  
 I：昼間ピーク需要断面  
 II：点灯ピーク需要断面（太陽光が発電しない断面）  
 III：I、II以外の断面（軽負荷期等）  
 基幹系統は最上位電圧から2階級（供給区域内の最上位電圧が250kV未満のときは最上位電圧。変圧器の分類は一次電圧による）、ローカル系統はそれ未満の電圧階級（配電用変圧器及び配電設備を除く）とした。  
 前回（第63回広域系統整備委員会 資料2）からの変更箇所は朱書き。

北海道

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	10
ローカル系統	0	0	19

沖縄

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	0
ローカル系統	0	0	0

中国

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	0
ローカル系統	0	0	0

北陸

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	2
ローカル系統	0	0	0

東北

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	1
ローカル系統	0	0	31

九州

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	0
ローカル系統	0	0	16

四国

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	1
ローカル系統	0	0	10

関西

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	0
ローカル系統	0	0	0

中部

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	3
ローカル系統	0	0	8

東京

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	2
ローカル系統	0	0	17

【出典】第63回 広域系統整備委員会(2022年9月21日) 資料2 編集

3. 2028年度時点の系統混雑想定結果 (混雑設備数)

6

■ 混雑設備数※1は、一般送配電事業者における運用対策等※2の対応により、昨年度の想定結果と比べ、**断面I・IIでは同程度（混雑箇所は変化）、断面IIIにおいては減少**することを確認した。

※1 今後の電源の稼働状況や系統の運用状況の変化によっては、混雑想定結果が変わる場合がある。  
 ※2 N-1電制の本格適用ほか

全国合計

	混雑が想定される設備数		
	断面I	断面II	断面III
基幹系統	1	1	25
ローカル系統	3	2	95

※設備数は各社公表している空き容量マップ一覧表の設備単位でカウント。  
 I：昼間ピーク需要断面  
 II：点灯ピーク需要断面（太陽光が発電しない断面）  
 III：I、II以外の断面（軽負荷期等）  
 基幹系統は最上位電圧から2階級（供給区域内の最上位電圧が250kV未満のときは最上位電圧。変圧器の分類は一次電圧による）、ローカル系統はそれ未満の電圧階級（配電用変圧器及び配電設備を除く）とした。

北海道

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	10
ローカル系統	0	0	19

沖縄

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	0
ローカル系統	0	0	0

中国

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	1
ローカル系統	0	0	1

北陸

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	3
ローカル系統	0	0	1

東北

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	1	1	6
ローカル系統	1	1	28

九州

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	0
ローカル系統	0	0	15

四国

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	1
ローカル系統	0	0	6

関西

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	0
ローカル系統	0	0	0

中部

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	1
ローカル系統	0	0	8

東京

	設備数		
	I	II	III
基幹系統	0	0	3
ローカル系統	2	1	17

電力広域的運営推進機関

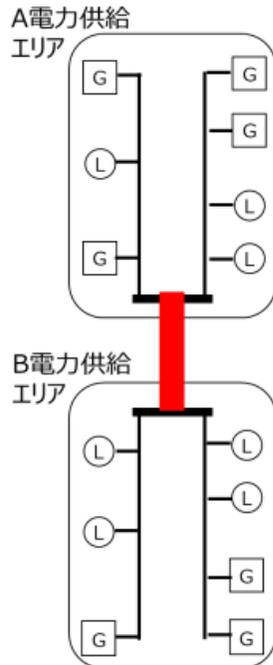
## 今後の地内系統での混雑

7

- これまで地内では系統混雑が発生しないよう送電設備を形成してきたため、地域間連系線のみ混雑が発生してきた（フェーズ0）が、今後はノンファーム型接続の適用の拡大にともない、地内でも系統混雑が発生する。
- 地内混雑は、初めは特定の少数の箇所のみで発生し（フェーズ1）、次第に不特定多数の箇所でも発生する（フェーズ2）ものと考えられる。

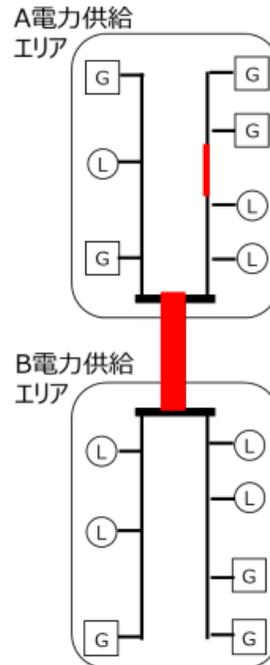
### フェーズ0

（地域間連系線のみで混雑）



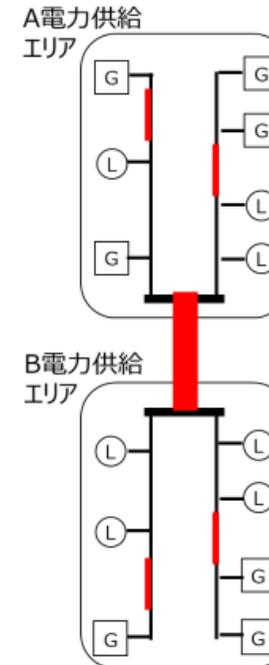
### フェーズ1

（特定の少数の箇所でも地内混雑）



### フェーズ2

（不特定多数の箇所でも地内混雑）

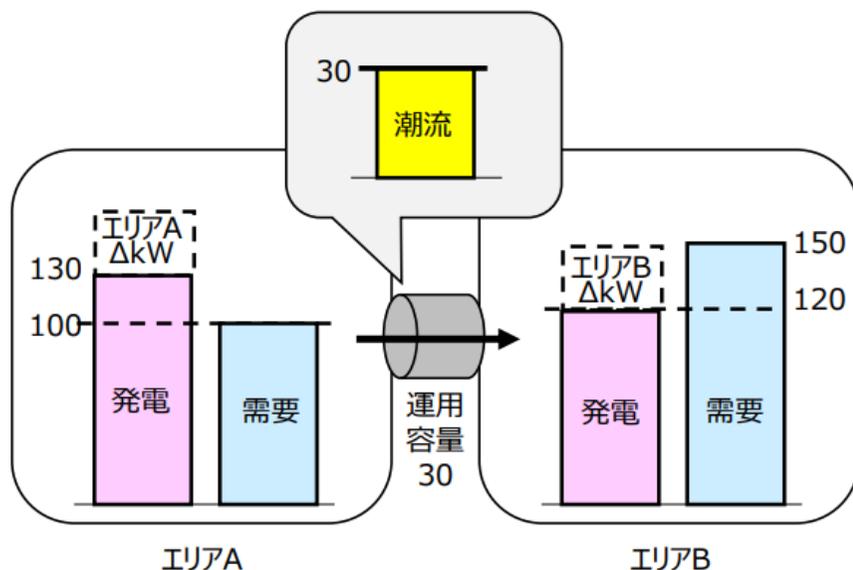


赤線：混雑発生箇所

- 現行の日本では、「地域間連系線のみ混雑が発生 (フェーズ0)」する状況であり、かつ、「一般送配電事業者の供給エリア単位で調整力 ( $\Delta kW$ ) 必要量が存在している」ことを前提に、エリア外から $\Delta kW$ を広域調達する際に、**地域間連系線に $\Delta kW$ マージンを設定することで発動制限を回避**している。

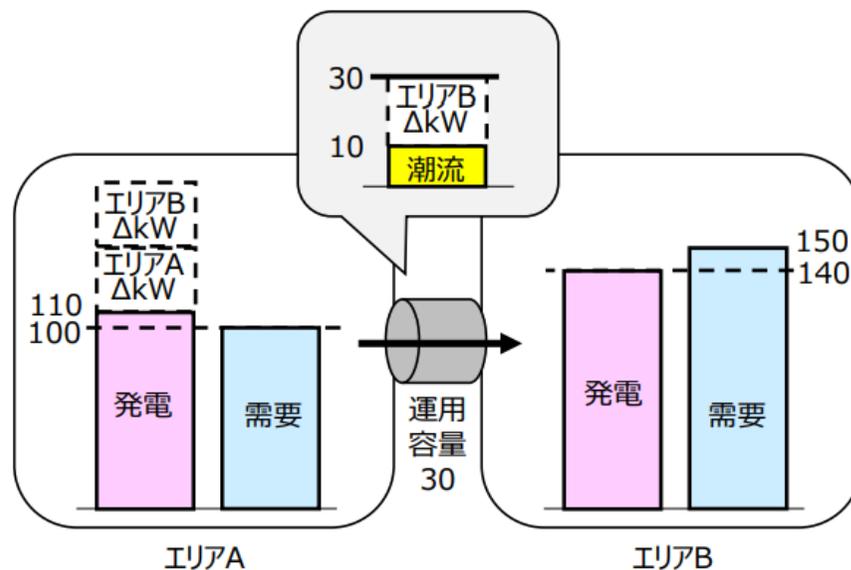
### 【 $\Delta kW$ 確保エリアの細分化】

(必要量をエリア単位に分け、エリア内調達)



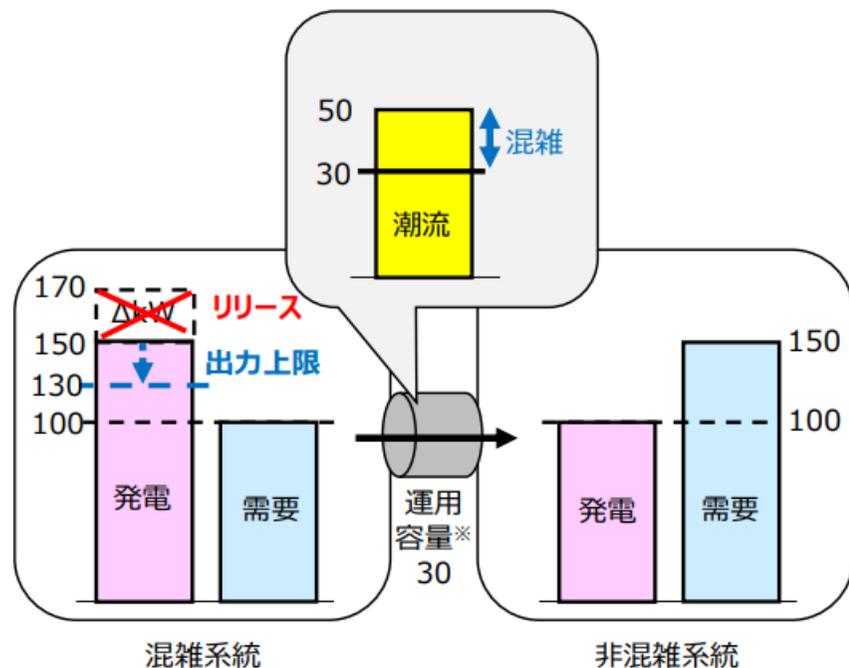
### 【調整力の広域調達】

(連系線 $\Delta kW$ マージン設定し、発動制限回避)

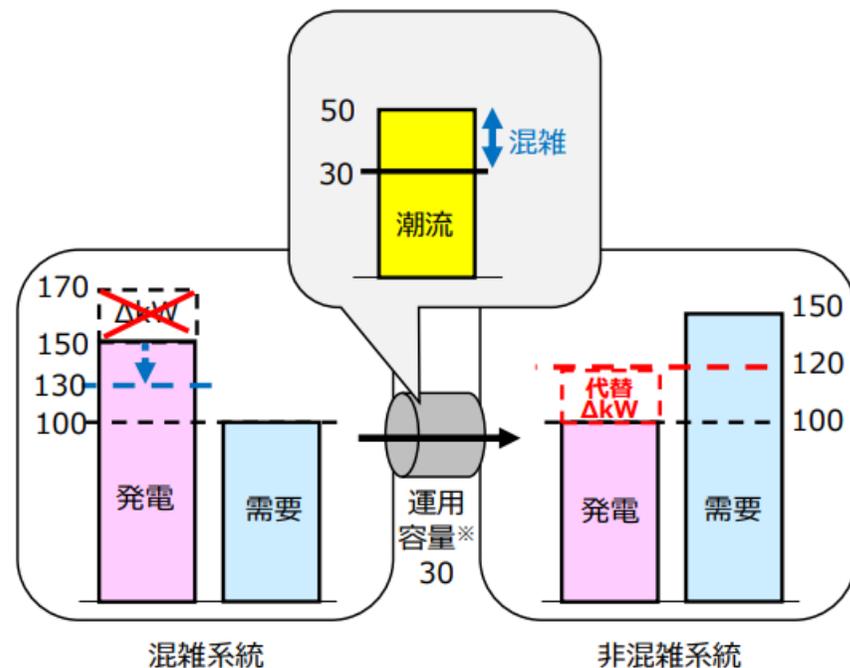


- また、地内送電線における系統混雑は、翌日計画策定後の前日17時頃に予見可能となることから、**地内系統混雑に伴う発動制限 $\Delta kW$** についても予見可能となる。
- そのため、一般送配電事業者は、**前日17時以降、可能な限り早い時間帯に予め調達した $\Delta kW$ をリリースし、新たに非混雑系統で代替 $\Delta kW$ を確保**することと整理している。

【中給システム上の事前処理& $\Delta kW$ リリース  
（混雑判明後 前日17時以降）】



【 $\Delta kW$ 代替確保  
（前日17時頃～GC）】



- 現行の地域間連系線および地内送電線における発動制限 $\Delta kW$ への対応は、あくまでも地域間連系線のみで混雑が発生するフェーズ0、ならびに特定の少数の箇所で地内混雑が発生するフェーズ1を前提としている。
- 2027年度以降、不特定多数の箇所で系統混雑が発生するフェーズ2が想定され、現行の対応方法では、対応が難しくなるとも考えられることから、あらかじめ**将来的な $\Delta kW$ 確保の在り方を検討する必要**がある。

混雑状況	(例) $\Delta kW$ の広域調達時の系統混雑と $\Delta kW$ 発動制限について	
<p>フェーズ0 (地域間連系線のみで混雑)</p>		<p>連系線において、広域調達<math>\Delta kW</math>分を<b>マージンとして確保することで発動制限を回避</b></p>
<p>フェーズ1 (特定の少数の箇所で地内混雑)</p>		<p>地内の混雑箇所数が少ないことから、他の<b>非混雑系統から代替<math>\Delta kW</math>確保することで対応</b> (地内調達時も同様)</p>
<p><b>2027年度以降</b></p> <p>フェーズ2 (不特定多数の箇所で地内混雑)</p>		<p><b>非混雑系統での代替<math>\Delta kW</math>確保が困難となる可能性</b>が懸念される (地内調達時も同様)</p>

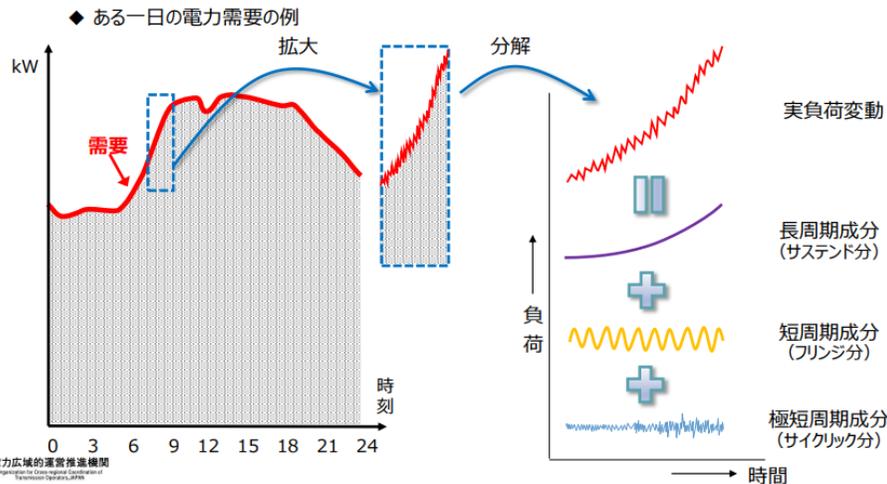
- 現行の発動制限 $\Delta kW$ への対応 ( $\Delta kW$ マージンや代替 $\Delta kW$ の確保) は、調整力 ( $\Delta kW$ ) 発動時にも、地域間連系線や地内送電線の運用容量を超過させないといった考え方の元、厳格な管理をしていると言える。
- その一方で、運用容量自体は、需要変動に対する周波数制御 (GF・LFC・EDC) の結果として生じる平常時の潮流変動 (フリンジ) ※に対応するための裕度を設けて設定されている。
- これは言い換えれば、**調整力 ( $\Delta kW$ ) の発動に伴う潮流変動 (フリンジ) により、運用容量を超過すること自体は許容した (織り込んだ) 運用が、既に実施されている**と言える。

※ GF・LFCは系統周波数の変化に追従する事後制御であること、あるいは、予測制御であるEDCであったとしても、予測外し等が生じれば、原理的に需給不均衡が生じることから、地域間連系線や地内送電線の潮流には数秒から十数分までの周期的な潮流変動 (フリンジ) が生じる (直流連系設備除く)

## 時々刻々と変化する電力需要

13

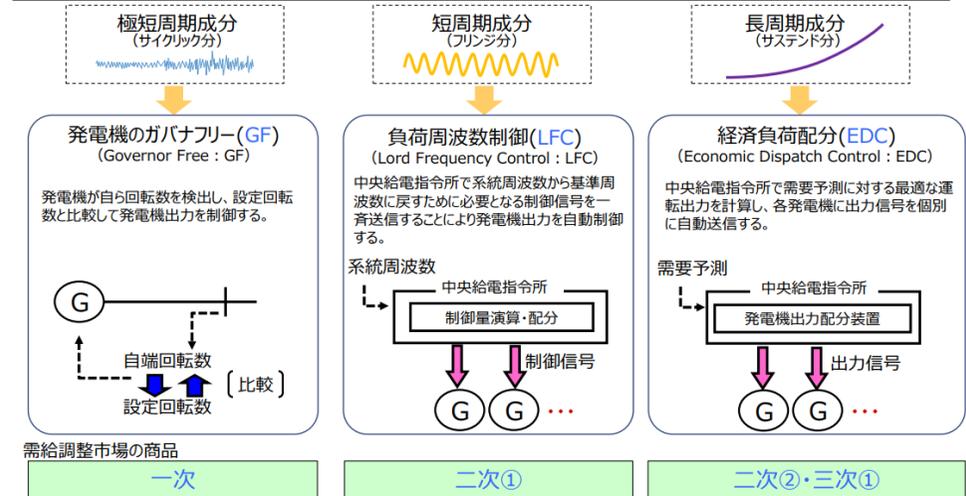
- 工場の操業状態や家庭の照明入切など、電気の使用状況に伴い、電力需要は時々刻々と変化しており、変動する成分を分解することができる。



## 発電機の周波数制御機能

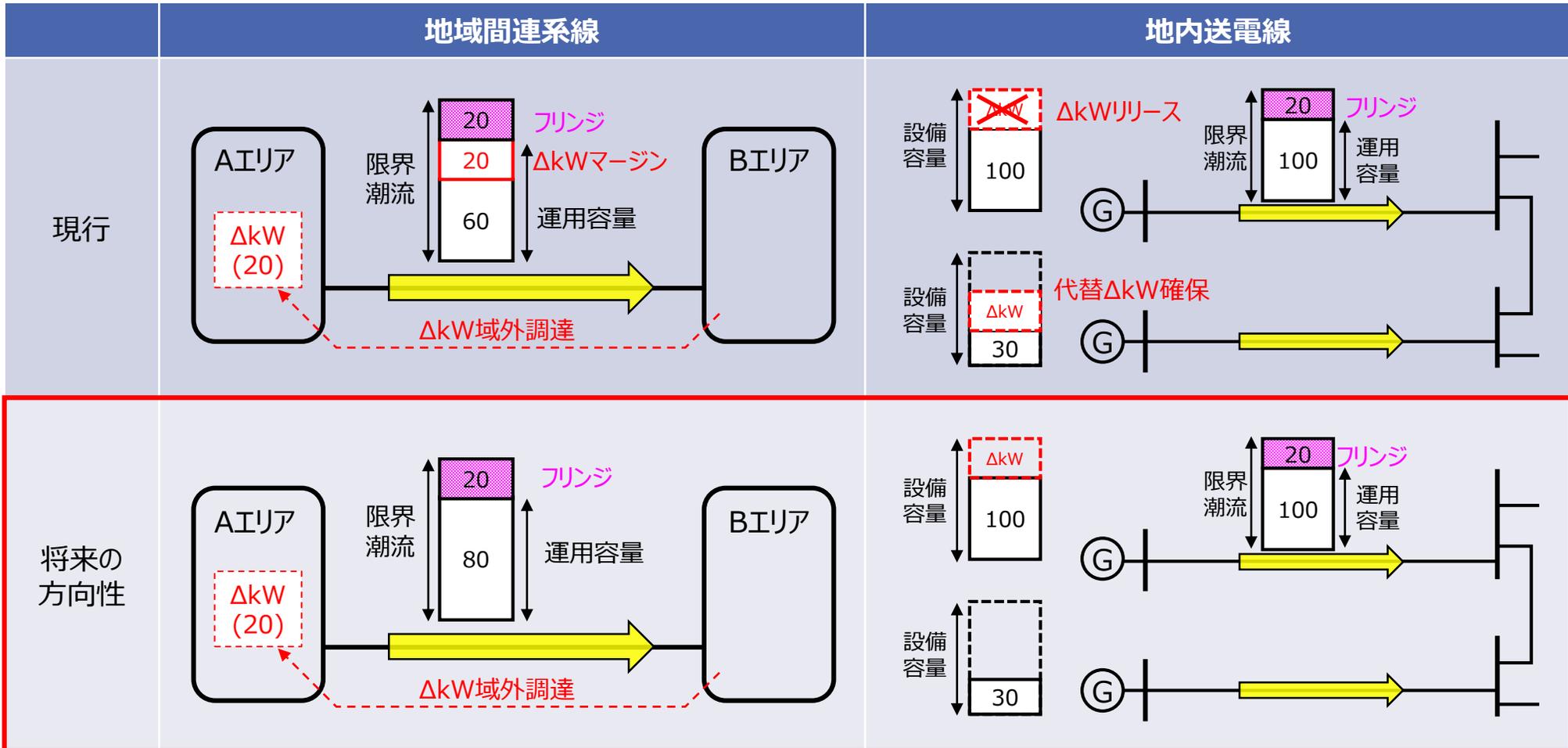
14

- 発電機はそれぞれの変動成分に対応した周波数制御機能を備えており、現在の運用においては、これらの機能を使い分けながら、需要変動に対して周波数制御を行っている。
- 需給調整市場においては、周波数制御機能を踏まえて各商品に分類した。



■ この点、第8回同時市場の在り方等に関する検討会（2024年4月19日）では、運用容量とフリンジの関係性を踏まえ、将来の発動制限 $\Delta kW$ に対しては、地域間連系線や地内送電線において、フリンジで対応（ $\Delta kW$ 発動による運用容量超過を許容）する基本的な考え方が示され、引き続き深掘り検討することとされた。

【将来の発動制限 $\Delta kW$ への対応の方向性イメージ】



1. 発動制限 $\Delta kW$ とフリンジの関係性（振り返り）
2. 現行の地域間連系線におけるフリンジ
3. 現行の地内送電線におけるフリンジ
4. 系統混雑とフリンジに関する論点
5. まとめと今後の進め方

■ 現行の送配電等業務指針では、**同期安定性・電圧安定性に限り、限界潮流からフリンジを控除した値を設定**しており、平常時には、フリンジにより**一瞬たりとも限界潮流を超過させないよう対応**することとしている。

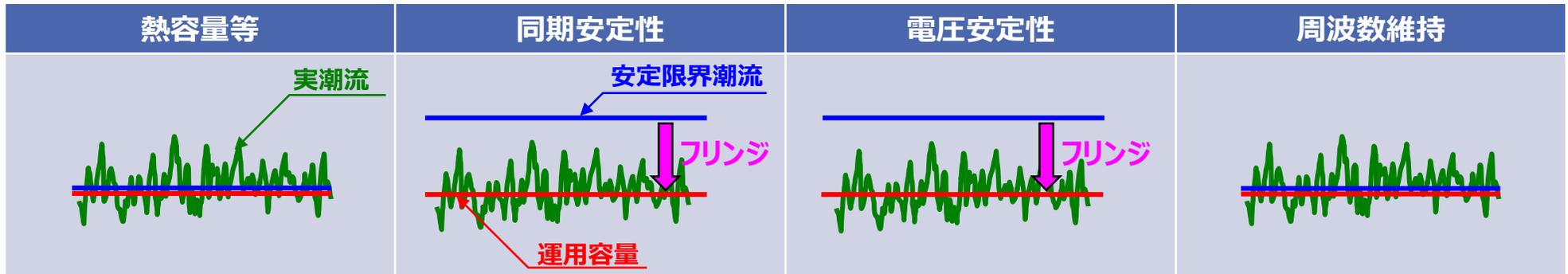
(運用容量の算出の考え方)

第195条 連系線の運用容量は、電力設備に通常想定し得る故障が発生した場合においても、電力システムの安定的な運用が可能な容量とする。

2 連系線の運用容量は、次の各号に掲げる潮流の値の最小値とする。

- 一 **熱容量等** 設備健全時、又は、電力設備のN-1故障が発生した場合において、流通設備に流れる潮流を熱容量その他の設計上の許容値以下とできる連系線の潮流の最大値。ただし、この号における熱容量とは、流通設備に電流が流れた際の当該設備の温度が当該設備を継続的に使用することができる上限の温度となる潮流の値をいう。
- 二 **同期安定性** 通常想定し得る範囲において、送電線、変電所又は開閉所の母線その他発電機間の同期状態に影響を与える可能性のある電力設備の故障が発生した場合に、発電機間の同期状態が保たれ、発電機の安定運転を維持できる**連系線の潮流の最大値**から**需要等の瞬時的な変動に伴う潮流の偏差量を控除した値**。
- 三 **電圧安定性** 通常想定し得る範囲において、送電線、変電所又は開閉所の母線その他電力システムの電圧の安定性に影響を与える可能性のある電力設備の故障が発生した場合に、電力システムの電圧を安定的に維持できる**連系線の潮流の最大値**から**需要等の瞬時的な変動に伴う潮流の偏差量を控除した値**。
- 四 **周波数維持** 連系線が遮断し電力システムが分離した場合において、電力システムの周波数を安定的に維持できる連系線の潮流の最大値

【地域間連系線（平常時イメージ）】

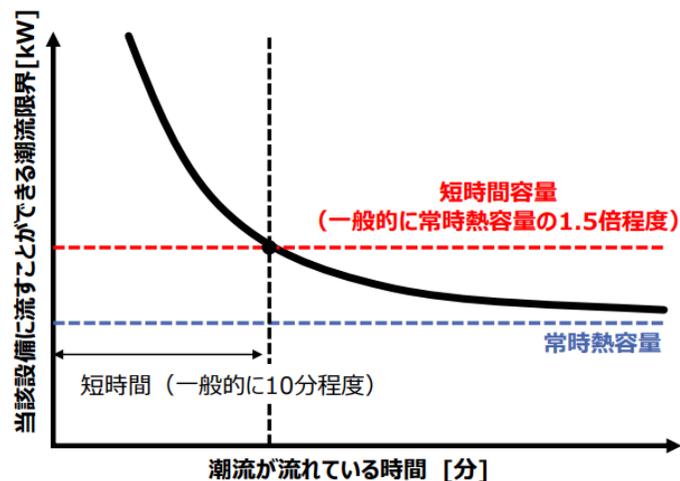


- フリンジにより限界潮流を超過した状況で、N-1故障等が発生した場合には、設備の上限温度を瞬時的（数秒～数分）には超過することとなるが、**フリンジ程度の瞬時的な超過であれば下図の限界潮流と時間の関係性から、機器寿命への影響は限定的**であり、大規模停電等への発展はないものと考えられている。
- そのため、現行においては、**フリンジに伴う限界潮流の超過は許容**している（**限界潮流からフリンジを控除しない**）。

## 熱容量制約の概要（1 / 2）

10

- 電力システムを構成する送電線や変圧器は、電気抵抗 $R[\Omega]$ を有することから、当該設備に一定時間（ $t[\text{秒}]$ ）潮流（ $I[\text{A}]$ ）が流れる場合、ジュール熱（ $Q[\text{J}] = R[\Omega] \times I[\text{A}]^2 \times t[\text{秒}]$ ）が発生する。
- そのため、電力設備に流すことのできる限界潮流（熱容量）と時間は、下図のような関係性になり、熱容量制約はこれを考慮して定められる。
- 具体的には、**設備耐用年数にわたり常時流し続けることができる限界潮流を常時熱容量（100%）、短時間（10分程度）流すことのできる限界潮流を短時間熱容量（150%）**として定め、運用することが一般的となる。

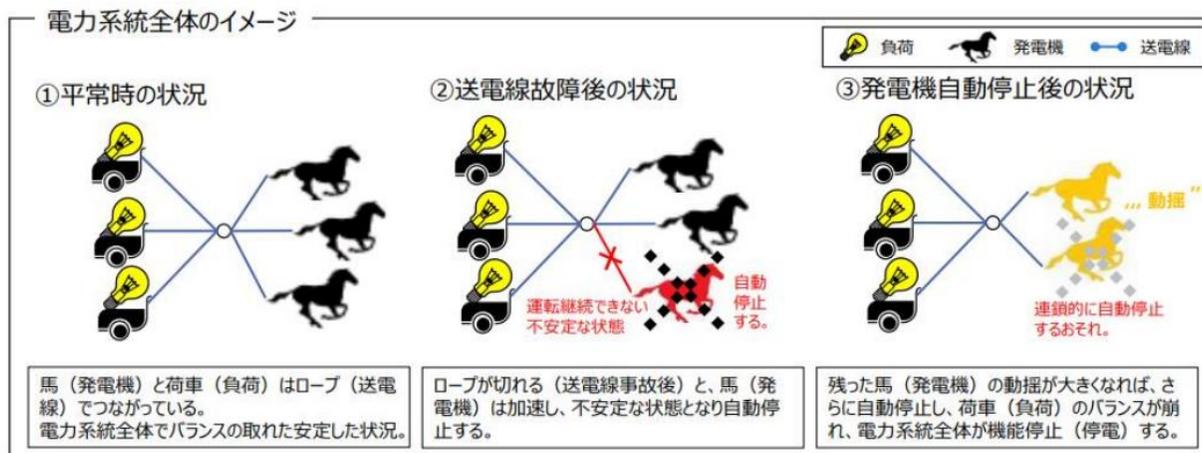


- フリンジにより限界潮流を超過した状況で、N-1故障等が発生した場合、**数百ms～数秒オーダーで発電機が加速脱調し、以降、連鎖的な電源脱落による発電支障等に発展する可能性があるため、社会的影響が大きい。**
- 発電機の連鎖的な停止後は速やかな定常状態への復旧ができないため、不安定となった際の（社会的）影響の大きさを考慮し、**限界潮流からフリンジを控除することで、一瞬たりとも限界潮流を超えないよう運用している。**

## 同期安定性制約を違反した場合の影響（2 / 3）

29

- また、電力系統全体に与える影響として、事故点近傍の同期発電機が脱調（同期はずれ）状態に至った結果、これをきっかけとして、他の同期発電機も脱調に至る現象（連鎖脱調）が発生する可能性がある。
- **このような連鎖脱調は、事故波及防止装置（脱調分離リレーなど）や発電機保護リレーにより設備損壊自体は最小限に食い止めるものの、事象自体は数百ms～数秒オーダーで進展していくことから、電源脱落や系統分離による周波数低下等、またこれによる供給支障に発展する可能性が考えられる。**

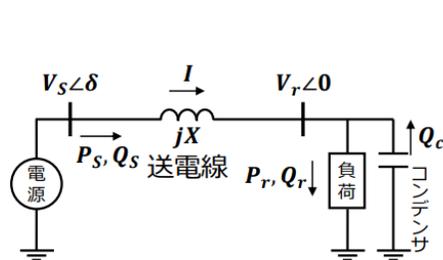


- フリンジにより限界潮流を超過した状況で、N-1故障等が発生した場合、故障直後に運転点が低め解へ推移する。
- この場合、系統運用者による調相設備の投入操作等を行ったとしても、高め解領域へ回復させることが困難となり、**数十分程度の時間をかけて徐々に系統電圧が低下し続け、発電機解列等を誘発し、大規模停電を引き起こす可能性**があり、社会的な影響が大きい。
- そのため、同期安定性と同様に、不安定となった際の（社会的）影響の大きさを考慮し、**限界潮流からフリンジを控除することで、一瞬たりとも限界潮流を超えないよう運用**している。

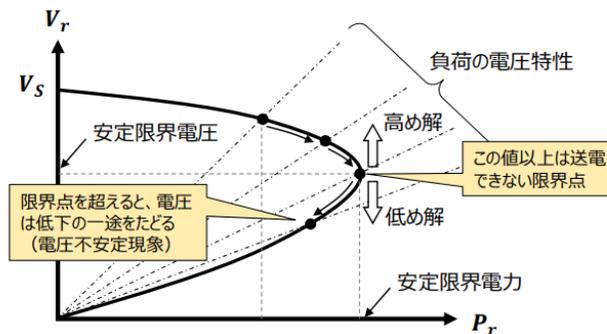
## 電圧安定性制約の概要（2 / 3）

38

- 前頁の潮流と電圧の関係性を理論的に示したものは、P-V曲線（ノーズカーブ）と呼ばれている。
- 負荷側の電圧 $V_r$ は、負荷の電圧特性とP-V曲線との交点で求まることとなり、**安定限界電力を超える潮流を流そうとすれば、低め解領域で交点が定まるため、電圧は低下していくこととなる（電圧不安定現象）**。こうした現象は**数十分オーダーで起こることが分かっている**。
- この低め解領域では、前頁のような電圧調整装置等での電圧回復が不可能となることから、電力システムの安定的な運用にあたっては、**安定限界電力を超えない高め解領域で運用することが重要**となる。



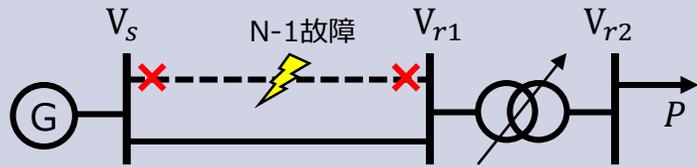
(モデル系統)



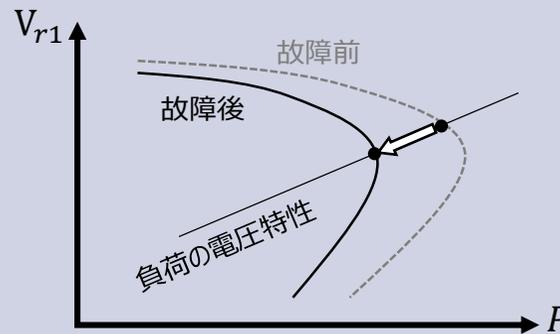
(P-V曲線)

■ N-1故障に伴い運転点が低め解領域へ推移した場合、故障直後の電圧が多少低下する程度であったとしても、その後、電圧低下を検出した変圧器タップ切替装置が二次電圧を昇圧させるよう動作した際、**タップ切替の逆動作現象が起こり、系統電圧は、変圧器タップ切替の都度、低下を続ける。**

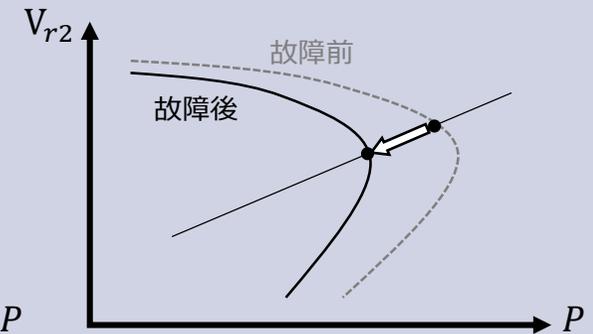
故障発生時



N-1故障に伴い $V_{r1}$ および $V_{r2}$ の電圧が低下  
安定限界付近に運転点が推移

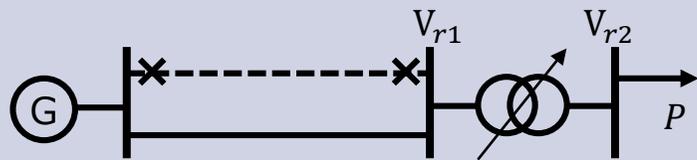


(一次側電圧 :  $V_{r1}$ )



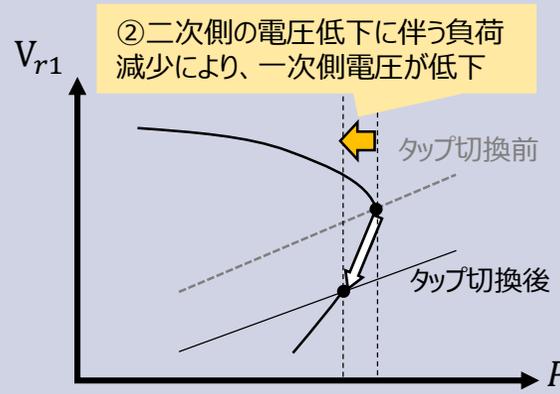
(二次側電圧 :  $V_{r2}$ )

変圧器タップ昇圧時

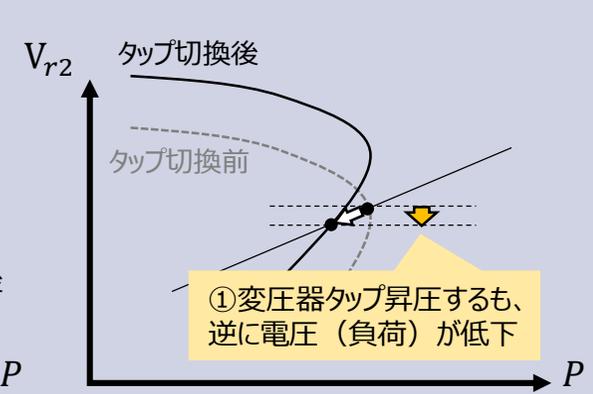


$V_{r2}$ の電圧低下を検出し、変圧器タップ切替により二次側電圧を昇圧させようと動作するが、右図の通り、 $V_{r2}$ および負荷は低下する。これに伴い、1次側の電圧 $V_{r1}$ も低下する。

(タップ切替の逆動作現象)



(一次側電圧 :  $V_{r1}$ )

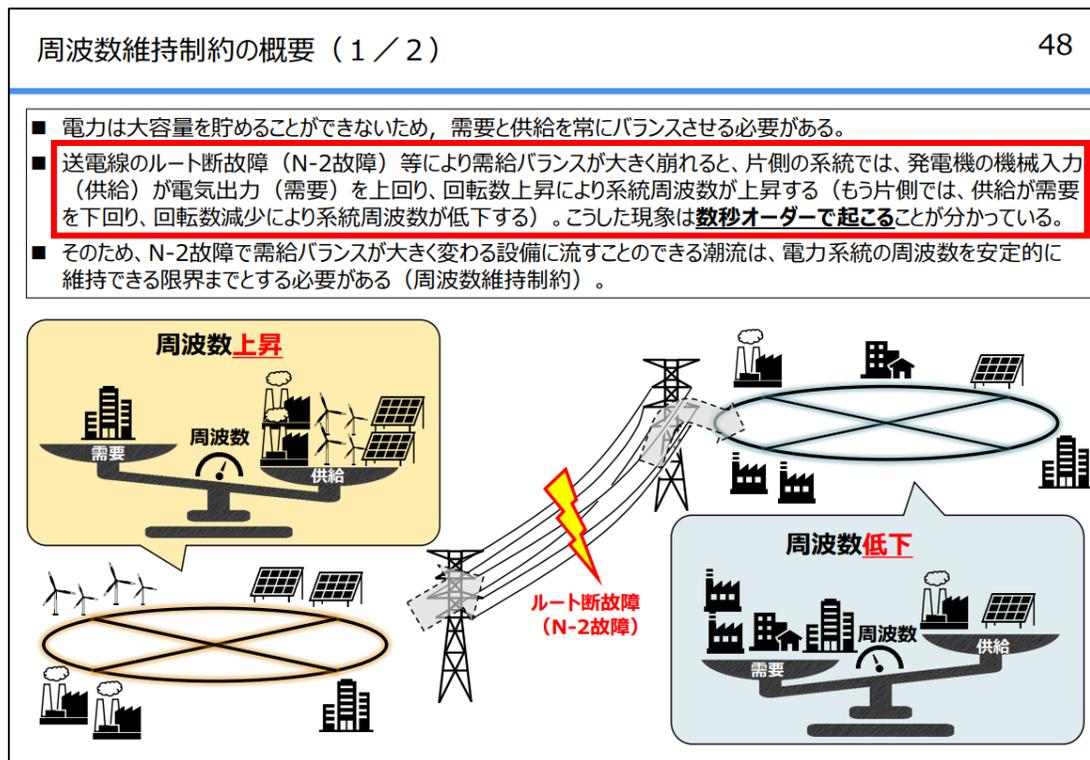


(二次側電圧 :  $V_{r2}$ )

②二次側の電圧低下に伴う負荷減少により、一次側電圧が低下

①変圧器タップ昇圧するも、逆に電圧（負荷）が低下

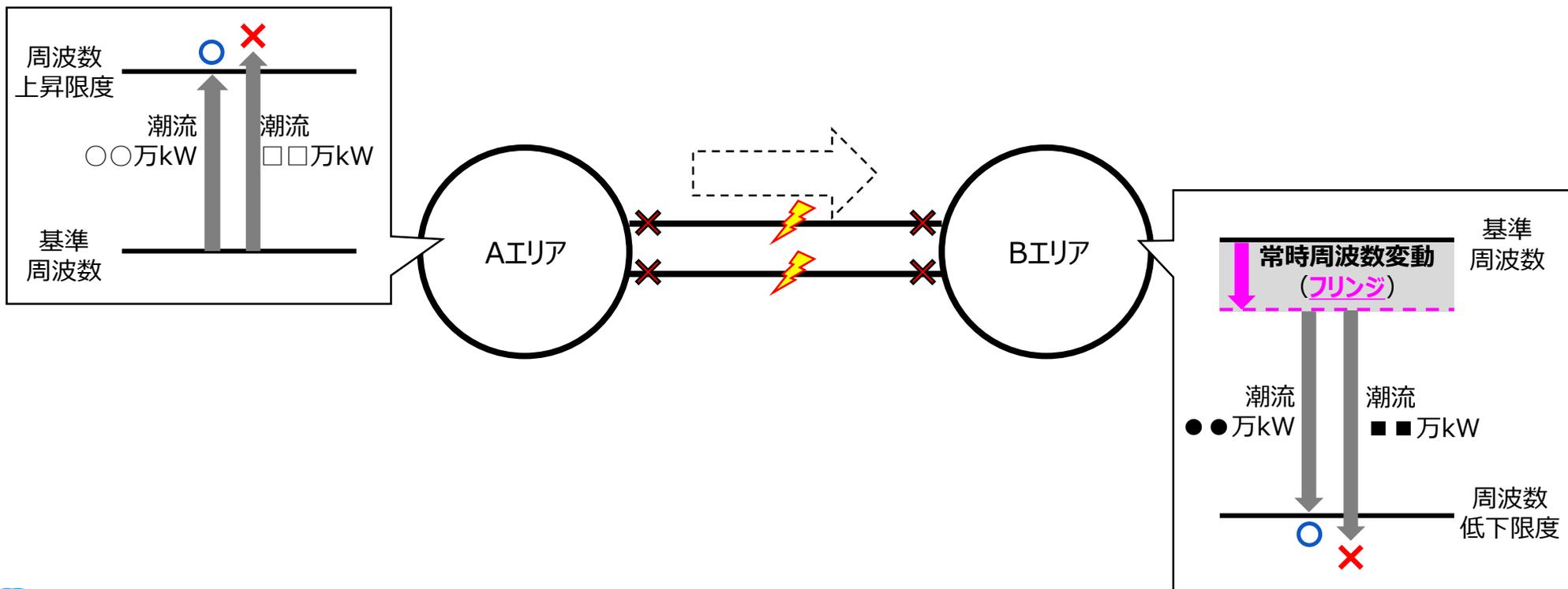
- フリンジにより限界潮流を超過した状況で、N-2故障が生じた場合には、周波数低下・上昇限度値を超え、**数秒オーダーで同期発電機の連鎖的な停止を伴って、大規模停電**に至る可能性があるため、**社会的な影響は大きい**。
- この場合、調整力（GF・LFC・EDC）による周波数回復ができないため、系統運用者による緊急的な負荷遮断等を講じることとなるが、数秒以内に対処することは困難である。
- そのため、本来的には限界潮流からフリンジを控除することが考えられるが、周波数維持（低下側）においては、一部の地域間連系線を除き同期安定性・電圧安定性とは異なる方法で対応している。



- 具体的には、運用容量算出における周波数維持制約（低下側）の限界潮流は、**基準周波数に常時周波数変動<sup>※1</sup>を考慮した周波数（60Hzの場合、59.8Hz<sup>※2</sup>）から周波数低下限度値を超えるかどうかを確認している。**
- そのため、周波数低下側に限っては、**限界潮流がフリンジにより超えないよう対応している。**
- 他方、周波数低下側における中国九州間連系線ならびに周波数上昇側では、常時周波数変動を考慮しておらず、フリンジ分を限界潮流から控除もしていないことから、現行は、**フリンジに伴う限界潮流の超過を許容している状況。**

※1 北海道・沖縄：±0.3Hz、東日本・西日本：±0.2Hz

※2 北海道エリア（50.0Hz系統）の場合、常時周波数変動（0.3Hz）+αを考慮した周波数49.5Hz



- 中国九州間連系線では、**当該連系線ルート断故障（N-2故障）が非常に稀頻度**であることから、限界潮流を算出する際には、常時周波数変動を考慮していない。

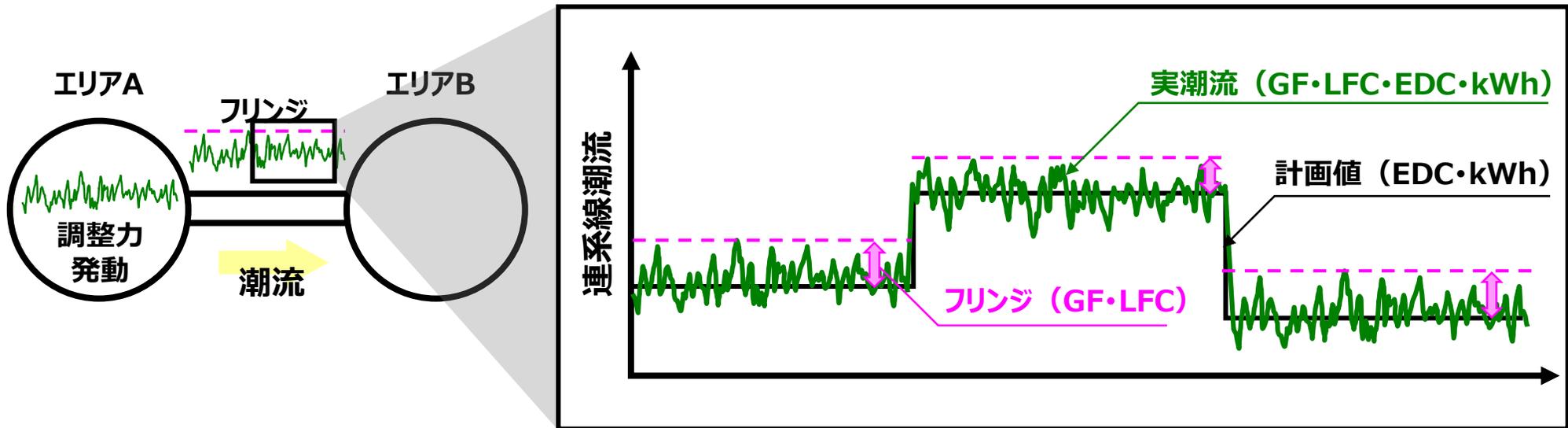
## 1. はじめに

3

- 中国九州間連系線（中国向）においては、同連系線にルート（2回線）断事故が発生した場合、受電している中西5エリア（中部～四国）の周波数低下により中西5エリアで広域的な負荷遮断（停電）が発生する可能性があるものの、その事象が非常に稀頻度であることを前提に運用容量を設定している。
- 中国九州間連系線の1回線作業時においても運用容量を平常時と同水準に維持した場合、単一故障時（N-1故障時）で九州を除く中西5エリアで広域的な負荷遮断（停電）に至る可能性がある。
- このため、現在、**1回線作業時においては、一般送配電事業者が調整力公募（電源Ⅰ・Ⅱ）契約※<sup>1</sup>の中で、系統保安ポンプ運用※<sup>2</sup>を行うことで運用容量を維持している。**
  - ※1 調整力公募（電源Ⅰ・Ⅱ）契約の「起動停止(揚水起動含)」「揚水運転」「発電出力増減」の指令による
  - ※2 運用容量維持に係るポンプは、以下の二つがある。
    - ①自エリアの需給バランスに必要な揚水（以下、自然体ポンプ）と
    - ②2回線時の運用容量を維持するために必要な調整力を使った揚水（以下、系統保安ポンプ）
- 一方、**2024年度以降は調整力公募による電源Ⅰ、電源Ⅱ契約が終了することから、揚水運用の主体は基本的に調整力提供者（BG）となり、一送主体の系統保安ポンプ運用による運用容量維持対策ができなくなる。**
- こうした状況を踏まえて、本日は、1回線作業時の運用容量の低下への対応の検討状況についてご説明したい。

- 同期・電圧安定性制約により運用容量が決定する地域間連系線においては、限界潮流から控除されるフリンジは **連系線潮流実績値 (GF・LFC・EDC・kWh)** と **計画値\* (EDC・kWh)** の差分を正規分布に置き換えた時の **3σ (99.7%) の過去5年最大値より設定**している (フリンジ量を実績最大値ではなく、3σ値 (99.7%) としている理由は、電源脱落等異常時の変動分を含めないため)。
- そのため、**主には平常時における時間内変動 (GF・LFC) 成分がフリンジ**として設定されていると言える。

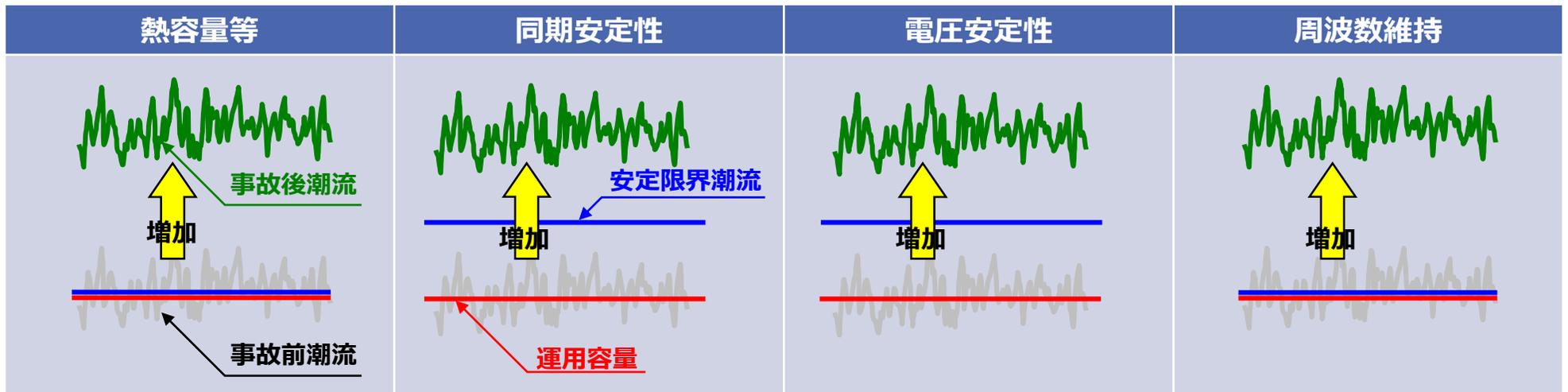
※ 卸取引市場での約定結果や、エリア間インバランス (調整力kWh市場) 等をもとに、広域需給調整システム (KJC) によりGC直前まで随時変更される計画値が存在しており、これに基づきTBC制御 (LFC調整) がなされる。



- 一方、電源脱落発生時の調整力（ $\Delta kW$ ）発動に伴う潮流変動は、前頁の通り、フリンジ量に含まれていない。
- 加えて、調達エリアで確保した電源脱落対応分を他エリアで使用する※際の $\Delta kW$ マージンも設定されていない。
- このため、電源脱落発生時は下図の通り、一時的に安定限界潮流を超過する可能性が考えられるが、当該事象は**電源脱落（初発）と送電線故障（続発）の異地点同時発生（N-2以上）であることから、想定していない（電源脱落時の限界潮流超過は許容している）**ことになる。

※ 電源脱落時に対応する調整力は同期連系系統単位で各エリアの系統容量按分で調達しており、電源脱落時は他エリアから入ってくる潮流が増加する。

## 【地域間連系線（電源脱落時イメージ）】



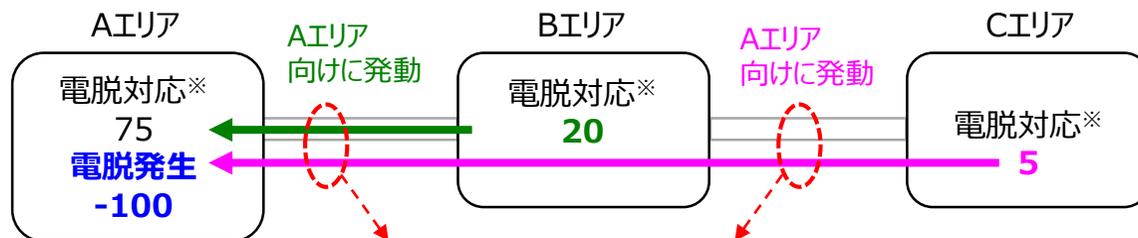
- 現行制度においては電源脱落に対応する量は、各エリアで分担することができるため、50Hzおよび60Hz毎の同期連系系統の単機最大ユニット容量を各エリアの系統容量をもとに按分した量を調達している。
- また、 $\Delta kW$ マージンは調達エリア分を他エリアから広域調達した際に設定するため、調達エリアで確保した電源脱落対応分を他エリアで使用するための $\Delta kW$ マージンは設定されていない。

【電源脱落時の潮流増加イメージ】

・電源脱落必要量100を下図のとおり按分で調達した場合



・電源脱落 (-100) 発生時は  
Aエリア分 (75) + Bエリア分 (20) + Cエリア分 (5) に対応



電源脱落により潮流が増加

$\Delta kW$ マージンは設定されていないため、一時的に運用容量を超過する可能性あり

※ 調達エリア分 (各エリアの按分量) を他エリアから広域調達した際に $\Delta kW$ マージンを確保

- 熱容量等および周波数維持制約（低下側（中国九州間連系線・北海道エリア）、上昇側）のみ、**瞬時的な潮流変動による限界潮流の超過は許容**しており、特段の対応を講じていない。
- 他方、その他の制約要因（同期安定性、電圧安定性、周波数維持（低下側（中国九州間連系線・北海道エリア除く）））は、不安定となった際の社会的影響が大きいことから、**瞬時的な潮流変動により限界潮流を超えないよう対応**している。
- 具体的な対応方法としては、同期・電圧安定性制約では、**限界潮流からフリンジ3σ値（99.7%）を控除し**、周波数維持制約（低下側（中国九州間連系線除く））では、**常時周波数変動を限界潮流の算出時に考慮することで、フリンジで限界潮流を超えないよう対応**している。
- なお、**電源脱落による一時的な限界潮流超過は割り切っている**（初発・続発の同時発生（N-2以上）は想定しない）。

制約要因	各制約要因毎のフリンジの取り扱い		
	フリンジへの対応	理由	対応方法
熱容量等	なし	フリンジ程度の超過であれば、事故発生後も設備損壊となる潮流とはならない	—————
同期安定性	あり	発電機の脱調に伴う停止により、周波数が変動し、連鎖的な発電機停止や大規模停電を起こす可能性があり、 <b>社会的影響が大きい</b> ため	限界潮流からフリンジ分※1を控除
電圧安定性	あり	電圧低下による保護機能により設備停止した場合に、周波数が変動し、発電機の停止や大規模停電を引き起こす可能性があり、 <b>社会的影響が大きい</b> ため	限界潮流からフリンジ分※1を控除
周波数維持	あり <small>低下側（中国九州間除く）</small>	同期発電機の連鎖的な停止を伴って、大規模停電に至る可能性があり、 <b>社会的な影響が大きい</b> ため	周波数低下限度となる潮流を算出する際に、常時周波数変動※2等を考慮
	なし <small>低下側（中国九州間） 上昇側</small>		

※1 計画値（P0）と実績潮流の差分を求め、正規分布に置き換えた時の3σ（99.7%）の過去5年実績最大値 ※2 常時周波数変動管理目標値（±0.2Hz or 0.3Hz）

1. 発動制限 $\Delta kW$ とフリンジの関係性（振り返り）
2. 現行の地域間連系線におけるフリンジ
3. 現行の地内送電線におけるフリンジ
4. 系統混雑とフリンジに関する論点
5. まとめと今後の進め方

- 各一般送配電事業者に、地内送電線におけるフリンジへの対応をアンケートした結果は以下の通り。
- 熱容量等においては、地域間連系線と同様に、**全エリアでフリンジによる限界潮流の超過は許容**している。
- 同期・電圧安定性においては、地域間連系線と同様に、**限界潮流からフリンジを控除することにより対応しているエリアが大宗**であり、その他、**算出条件を実態よりも厳しめに設定**することで対応しているエリアも存在する。
- 周波数維持においては、地域間連系線と同様に、**常時周波数変動を考慮して限界潮流を算出することで対応しているエリアが大宗**であり、その他、**系統安定化装置にてフリンジ分を含めた制御により対応するエリアも存在**。
- 一方、同期・電圧安定性、周波数維持においては、**影響が限定的であることを理由に、フリンジへ対応していないエリアも存在**している。

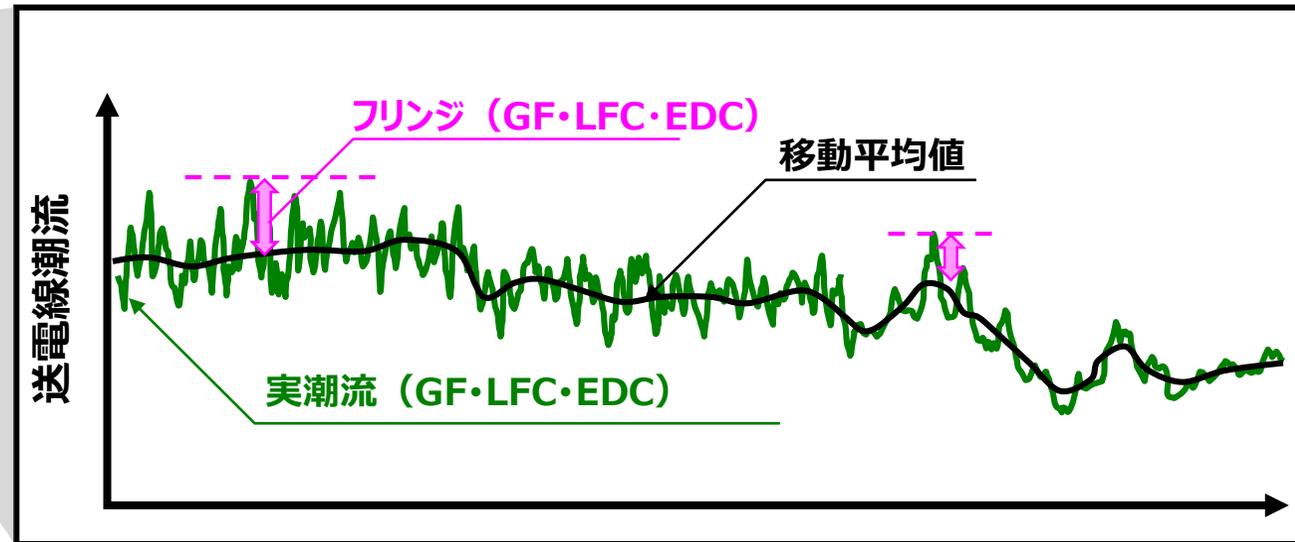
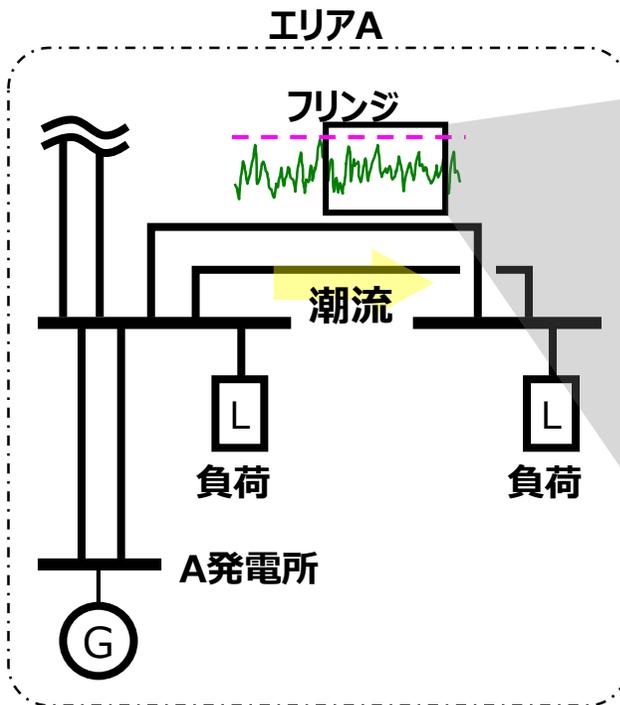
【一般送配電事業者へのアンケート結果集約（沖縄および対象送電線が無いエリアを除く）】

赤字：地域間連系線との違い

制約要因	(地内送電線) フリンジへの対応	(地域間連系線) フリンジへの対応
熱容量等	なし：9社（地域間連系線と同じ） あり：0社	なし
同期安定性	なし：1社（影響は限定的なため） あり：6社（限界潮流からフリンジ分を控除、算出条件を厳しめに設定）	あり
電圧安定性	なし：1社（影響は限定的なため） あり：4社（限界潮流からフリンジ分を控除）	あり
周波数維持	なし：0社 あり：5社（常時周波数変動を考慮、系統安定化装置にてフリンジ分を含めた制御）	なし（中国九州間連系線） あり

- 地内送電線の場合、地域間連系線のように随時更新される計画値が存在しない※ことから、**潮流変動実績のみからフリンジ量を算出**している。
- 具体的には、潮流変動実績の**サンプリング値**と**移動平均値**との差分の $3\sigma$ 値からフリンジを算出しており、この場合、フリンジはGF・LFC・EDCの全てを含んだ潮流変動分となっており、この点は地域間連系線と異なる。

※ 地域間連系線では、自エリアの需給バランスを維持（計画値 $P_0$ を維持）するよう発電量を制御する（LFC制御）ため、随時更新される計画値が必要であるが、地内送電線において、そのような制御を現状必要としていないため、計画値は作成されていない。



- また、地域間連系線の考え方に倣い、過去5年間の3σ最大値を設定することで、**電源脱落等異常時の変動分を排除している点も同じ**であり、電源脱落発生時は下図の通り、一時的に限界潮流を超過する可能性も考えられる。
- この点、地域間連系線と同様に、**電源脱落（初発）と送電線故障（続発）の異地点同時発生（N-2以上）であることから想定していない（電源脱落時の限界潮流超過は許容している）**ことになるものと考えられる。

【地内送電線の電源脱落時イメージ】

（安定限界潮流を超過する場合）



（安定限界潮流を超過しない場合）



- 現行の地内送電線においては、**概ね地域間連系線と同様の考え方**であったが、**フリンジへの対応有無や対応方法に違いが見られる**（地域間連系線と異なる箇所は、**下表赤字**の通り）。
- なお、**電源脱落による一時的な限界潮流超過は割り切っている**（初発・続発の同時発生（N-2以上）は想定しない）。

制約要因	各制約要因毎のフリンジの取り扱い		
	フリンジへの対応	理由	対応方法
熱容量等	なし	フリンジ程度の超過であれば、事故発生後も設備損壊となる潮流とはならない	—————
同期安定性	あり（6社）	発電機の脱調に伴う停止により、周波数が変動し、連鎖的な発電機停止や大規模停電を起こす可能性があり、社会的影響が大きい	限界潮流からフリンジ分※1を控除 <b>算出条件を厳しめに設定</b>
	なし（1社）	<b>影響が限定的なため</b>	—————
電圧安定性	あり（4社）	電圧低下による保護機能により設備停止した場合に、周波数が変動し、発電機の停止や大規模停電を引き起こす可能性があり、社会的影響が大きい	限界潮流からフリンジ分※1を控除
	なし（1社）	<b>影響が限定的なため</b>	—————
周波数維持	あり（5社）	同期発電機の連鎖的な停止を伴って、大規模停電に至る可能性があり、社会的な影響が大きい	周波数低下限度となる潮流を算出する際に、常時周波数変動※2等を考慮 <b>系統安定化装置にてフリンジ分を含めた制御</b>
	なし（0社）	—————	—————

※1 移動平均値と実績潮流の差分を求め、正規分布に置き換えた時の3σ（99.7%）の過去5年実績最大値

※2 常時周波数変動管理目標値（±0.2Hz or 0.3Hz）

1. 発動制限 $\Delta kW$ とフリンジの関係性（振り返り）
2. 現行の地域間連系線におけるフリンジ
3. 現行の地内送電線におけるフリンジ
4. **系統混雑とフリンジに関する論点**
5. まとめと今後の進め方

■ 以上を踏まえ、系統混雑とフリンジに関する論点については、大きく次の二つか。

➤ **各制約要因におけるフリンジの取り扱いをどうするか**

⇒No.1-2-1に反映

- 地域間連系線と地内送電線で同様の考え方とできるか（フリンジの取り扱いを統一できるか）検討するにあたり、まずもって地域間連系線のフリンジの取り扱いに、見直しの余地がないかを再確認する
- 地域間連系線では、同期安定性および電圧安定性のみ限界潮流からフリンジを控除しているが、他の制約要因（熱容量等、周波数維持）に織り込んでいないことを踏まえ、故障時の影響や事故後の対応可否について深掘り検討し、必要に応じて見直しを行う

➤ **地域間連系線と地内送電線のフリンジの取り扱いを統一できるか**

⇒No.1-2-2に反映

- 同時市場検討会での検討において、地域間連系線と地内送電線のフリンジの取り扱いを統一する方向性が示されたものの、実際に考え方を統一することが可能かの検討が必要
- 現在フリンジを考慮していないエリアにおいて、地域間連系線や他エリアと異なる理由について深掘りを行い、場合によっては未考慮側に合わせることも選択肢とし、合理的な取り扱いについて整理していく

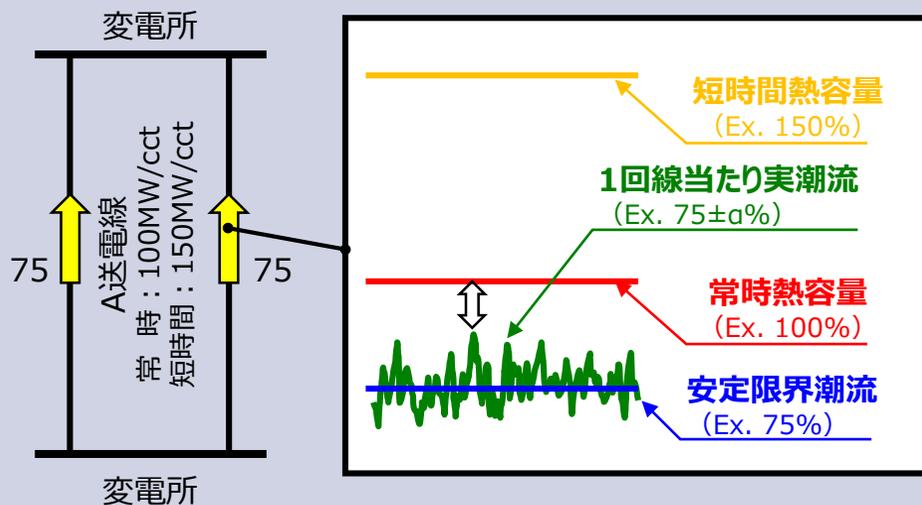
■ 今回、まずもっては現行の地域間連系線および地内送電線におけるフリンジへの対応状況（取り扱い）を踏まえ、運用容量の各制約要因におけるフリンジの取り扱いにおける見直しの余地がないか再確認したため、**今後の検討の方向性と合わせて、ご議論いただきたい。**

- 前述の現行の地域間連系線および地内送電線における現行のフリンジへの対応（取り扱い）を踏まえ、**下記項目**について、**見直しの余地がないかどうか深掘り検討を行った。**

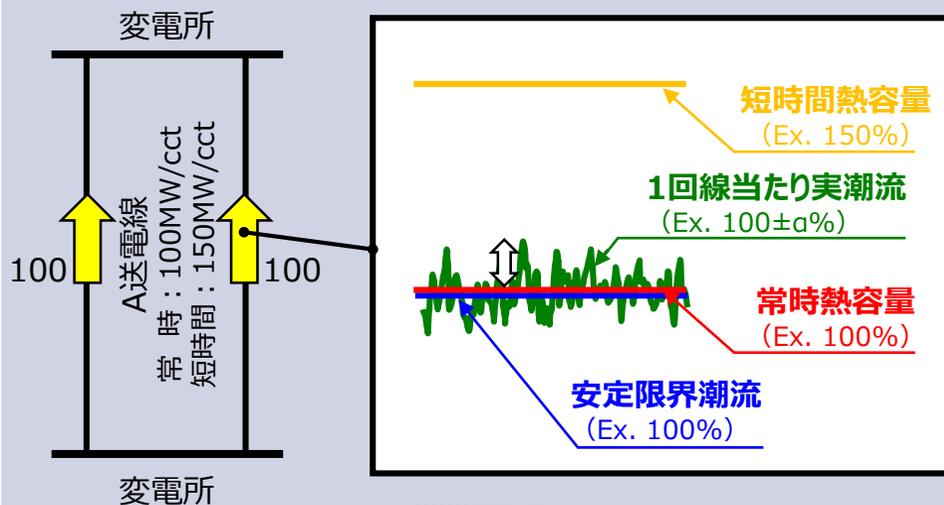
大項目	中項目	現状	見直しの余地
各制約要因におけるフリンジへの対応	熱容量	地域間連系線・地内送電線ともにフリンジによる限界潮流の超過を許容	新たな状況変化（N-1電制の本格適用等）も踏まえ、平常時の常時熱容量超過は問題ないか、N-1故障時に他の系統制御との協調が問題ないか等
	同期安定性	地域間連系線・地内送電線の大宗でフリンジにより限界潮流を超過しないよう対応	フリンジへの具体的な対応方法として合理的かどうか フリンジへ対応していないことの合理的な説明が可能か
	電圧安定性	同上	
	周波数維持	地域間連系線・地内送電線の大宗で常時周波数変動を算出に織り込むことでフリンジにより限界潮流が超過しないよう対応	
フリンジ算出方法	フリンジの考え方等	地内送電線は計画値が存在しないことから、フリンジ算出方法や考慮する成分について地域間連系線と地内送電線で異なる	将来の同時市場における調整力の在り方等を踏まえて、継続的に発動されるEDC成分の取扱いや、それも含めたフリンジ算定方法はどうか

- 平常時において、従来は、送電線1回線あたりに流れる潮流の最大は、**常時熱容量の50%~75% (100%~150%の半分) 程度であることから、フリンジにより常時熱容量100%を超過するとは考え難い。**
- 他方、N-1電制本格適用開始以降、平常時に地内送電線1回線あたりに流れる潮流が常時熱容量の100%となる箇所が拡大しており、この場合には、**フリンジによる瞬時的な常時熱容量超過 (100+α%)**が生じる。
- こういった新たな状況変化も踏まえ、平常時に常時熱容量超過が生じることが問題ないか、N-1故障時に他の系統制御との協調が問題ないか等、**本作業会では、まずもってフリンジ実態 (変動量や変動周期等) を把握した上で許容することができるかどうか検討 (影響評価) を進めていく**必要があるか。

## 短時間熱容量適用箇所 (N-1電制非適用)



## N-1電制適用箇所



- 平常時に常時熱容量超過が生じることが問題ないか
- N-1故障時に他の系統制御との協調が問題ないか 等

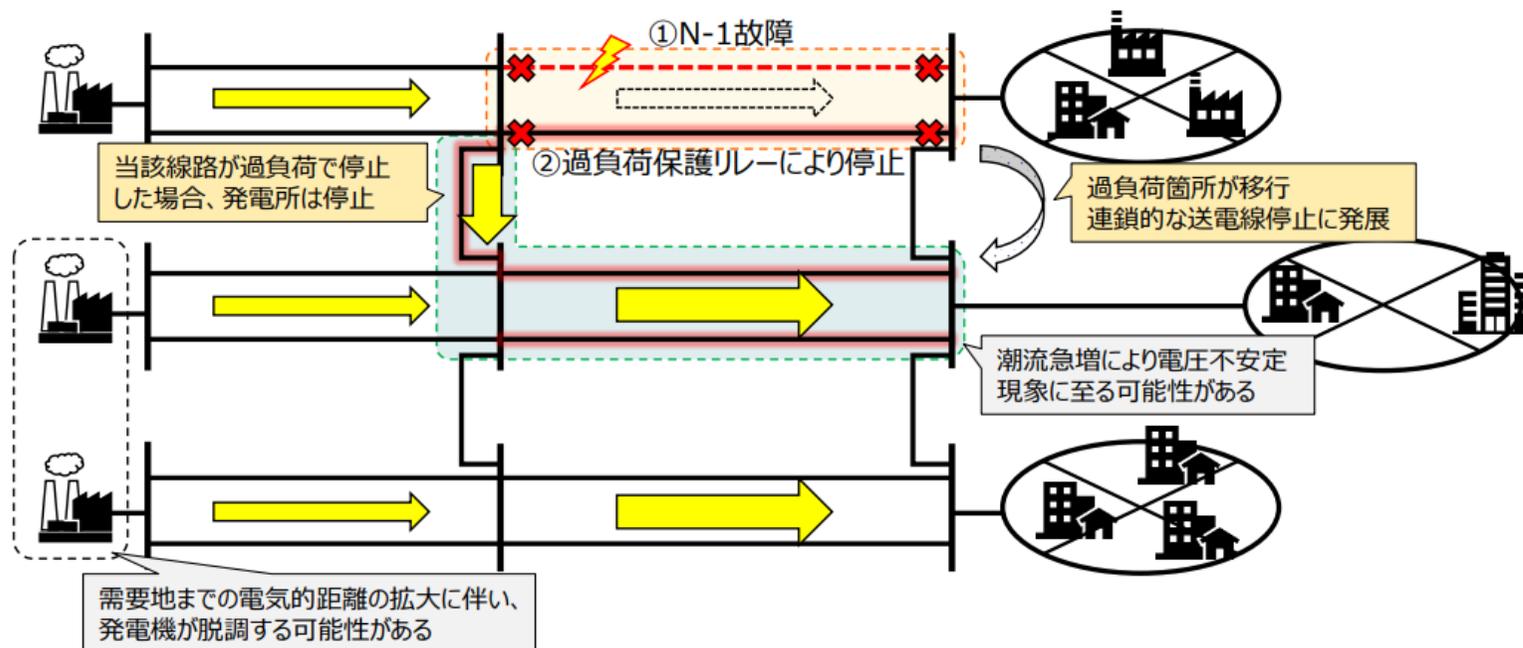
- 熱容量等におけるフリンジの取り扱いにおいては、**N-1電制の本格適用を踏まえて、フリンジによる瞬時的な限界潮流の超過を許容し続けることでよいか**、本作業会において引き続き検討を進めていくこととしたい。

限界潮流	条件	平常時	N-1故障時
従来の領域 <b>常時熱容量</b> (100%/cct)	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>フリンジによる常時熱容量超過はない (50+a %/cct)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フリンジによる常時熱容量超過を許容 (100+a %/cct)</li> </ul>
従来の領域 <b>短時間熱容量</b> (150%/cct)	<ul style="list-style-type: none"> <li>短時間以内に、供給支障を生じることなく、系統切替・発電機出力調整等により、常時熱容量まで調整できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フリンジによる常時熱容量超過はない (75+a %/cct)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フリンジによる短時間熱容量超過を許容 (150+a %/cct)</li> </ul>
新たな領域 <b>常時熱容量の2倍</b> (200%/cct)	<ul style="list-style-type: none"> <li>N-1故障時、電制対象電源を瞬時に遮断することで常時熱容量まで、潮流調整を行うことができる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フリンジによる常時熱容量超過あり (100+a% /cct)</li> </ul> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin-top: 10px;">           平常時に1回線あたり100%+aの潮流が流れることを許容できるかどうか         </div>	【N-1故障→電制遮断】 <ul style="list-style-type: none"> <li>遮断前には、フリンジにより常時熱容量の2倍を超過する潮流が流れる (200+a %/cct)</li> </ul> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin-top: 10px;">           電制遮断までの間、他の系統制御 (OLR) が動作する等、カスケードトリップに至る可能性はないか         </div>

### 熱容量制約を違反した場合の影響 (1 / 2)

13

- N-1故障に伴い、健全設備（送電線、変圧器）に流れる潮流が熱容量制約を超過する場合、**送電線では電線の伸び（弛み）や熱疲労による素線切れ、変圧器では絶縁物の劣化による寿命損失**が発生する。
- 実際には、過負荷保護リレーが設備毎に設けられているため、設備損壊に至るまでに、当該設備を電力系統から切り離すこととなり、**N-1故障起因にも関わらず送電線2回線故障（N-2故障）相当の影響**を受けることとなる。
- その結果、更に、連鎖的に送電線が解放されること（カスケードトリップ）により、**同期・電圧安定性が維持できず、発電支障や供給支障（大規模停電）へ発展する可能性**も出てくる。



- フリンジにより限界潮流を超えないように運用するための方法としては、現行では、**限界潮流からフリンジ実績値（実績値と計画値（地内送電線の場合、移動平均値）の差）を控除する方法が大宗**である。
- その他には、限界潮流を算出する際の算出条件を厳しめに設定（過酷な電源稼働等）することにより、実際の限界潮流との間に一定程度の裕度を設け、**この裕度の範囲内でフリンジへ対応しているエリア**も存在する。
- 基本的には、上記のいずれかの方法を選択することが望ましいと考えられるため、本作業会では、**まずもって地域間連系線や地内送電線の算出条件の実態を把握した上で、フリンジへの対応方法として、合理的な方法を深堀りしていく**こととしたい。
- 加えて、上記の対応方法の**いずれも織り込んでいない箇所の理由等についても、合理的な説明が可能かについて合わせて確認を進めていく**こととしたい。

対象	各制約要因毎のフリンジの取り扱い		
	フリンジへの対応	理由	対応方法
地域間連系線	あり	発電機の脱調に伴う停止により、周波数が変動し、連鎖的な発電機停止や大規模停電を起こす可能性があり、社会的影響が大きいため	限界潮流からフリンジ分※1を控除
地内送電線	あり（6社）	〃	限界潮流からフリンジ分※2を控除 算出条件を厳しめに設定
	なし（1社）	影響が限定的なため	—————

※1 計画値（P0）と実績潮流の差分を求め、正規分布に置き換えた時の3σ（99.7%）の過去5年実績最大値

※2 移動平均値と実績潮流の差分を求め、正規分布に置き換えた時の3σ（99.7%）の過去5年実績最大値

- フリンジにより限界潮流を超えない運用とするための方法は、同期安定性と同様に**限界潮流からフリンジ実績値（実績値と計画値（地内送電線の場合、移動平均値）の差）を控除する方法が**大宗である。
- 他方で、関西中国間連系線等における電圧安定性の限界潮流の算出方法は、調相設備の追加投入や変圧器タップ動作を考慮しないものであり、実際の限界潮流との間に一定程度の裕度が存在する（現行においてもフリンジ実績ならびに算出条件上の裕度を二重に運用容量から控除している）可能性がある。
- したがって、同期安定性と同様に、**まずもって地域間連系線や地内送電線の算出条件の実態を把握（別論点として電圧安定性の算出方法の妥当性を検討）した上で、フリンジへの対応方法として、合理的な方法を深堀りしていく**こととしたい。
- 加えて、上記の対応方法の**いずれも織り込んでいない箇所の理由等についても、合理的な説明が可能かについて合わせて確認を進めていく**こととしたい。

対象	各制約要因毎のフリンジの取り扱い		
	フリンジへの対応	理由	対応方法
地域間 連系線	あり	電圧低下による保護機能により設備停止した場合に、周波数が変動し、発電機の停止や大規模停電を引き起こす可能性があり、社会的影響が大きいため	限界潮流からフリンジ分※1を控除
地内 送電線	あり（4社）	〃	限界潮流からフリンジ分※2を控除
	なし（1社）	影響が限定的なため	—————

※1 計画値（P0）と実績潮流の差分を求め、正規分布に置き換えた時の3σ（99.7%）の過去5年実績最大値

※2 移動平均値と実績潮流の差分を求め、正規分布に置き換えた時の3σ（99.7%）の過去5年実績最大値

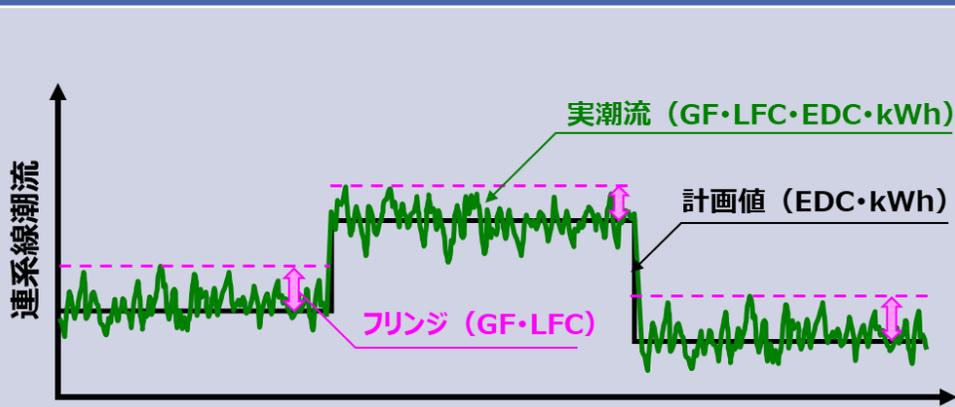
- フリンジにより限界潮流を超えないように運用する方法としては、同期・電圧安定性のように、限界潮流からフリンジ実績値（実績値と計画値（地内送電線の場合、移動平均値）の差）を控除する方法も考えられるが、現行においては、**限界潮流の算出条件に常時周波数変動を織り込む方法が**大宗であり、その他、系統安定化装置にてフリンジを含めた制御により対応する箇所も存在している。
- したがって、同期・電圧安定性と同様に、**まずもって地域間連系線や地内送電線の算出条件の実態を把握し、かつ、常時周波数変動とフリンジの関係性を整理した上で、フリンジへの対応方法として合理的な方法を深掘りしていく**こととしたい。
- 加えて、上記の対応方法の**いずれも織り込んでいない箇所の理由等についても、合理的な説明が可能かについて合わせて確認を進めていく**こととしたい。

対象	各制約要因毎のフリンジの取り扱い		
	フリンジへの対応	理由	対応方法
地域間 連系線	あり <small>低下側（中国九州間除）</small>	同期発電機の連鎖的な停止を伴って、大規模停電に至る可能性があり、 <b>社会的な影響が大きい</b> ため	周波数低下限度となる潮流を算出する際に、常時周波数変動※ <sup>2</sup> 等を考慮
	なし <small>低下側（中国九州間） 上昇側</small>	事象が非常に稀頻度なため（中国九州間連系線）	——
地内 送電線	あり（5社）	同期発電機の連鎖的な停止を伴って、大規模停電に至る可能性があり、社会的な影響が大きいため	周波数低下限度となる潮流を算出する際に、常時周波数変動※等を考慮 —— 系統安定化装置にてフリンジ分を含めて制御
	なし（0社）	——	——

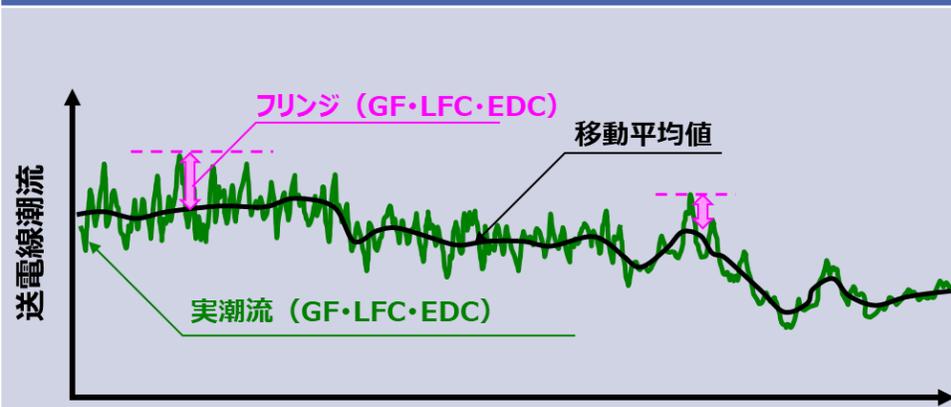
※ 常時周波数変動管理目標値（±0.2Hz or 0.3Hz）

- 現行の地域間連系線では、実績値と計画値の差分をフリンジとして算出しているため、EDC成分を含んでおらず、**EDC運用については、域外調達された $\Delta kW$ マージンの範疇で運用容量を超えないよう対応**している。
- 一方、地内送電線では、EDC成分も含んだ潮流変動をフリンジとして算出し、限界潮流から控除した値を運用容量としているため、**EDC運用も含めフリンジで対応（ $\Delta kW$ 発動による運用容量超過を許容）**している状況。
- そのため、地域間連系線においてEDC運用も含めてフリンジで対応する考え方へ変更する場合、現行のフリンジ実績にはEDC成分が含まれていないことから、**フリンジ実績や将来的な調整力の在り方等を踏まえ、EDC運用に対し、どのようにフリンジ対応すべきか検討を進める**こととしたい（フリンジ算出方法や変更後の影響など）。
- 逆に地内送電線では、フリンジにEDC成分が含まれていることから、既にEDC成分の発動制限 $\Delta kW$ に対して、一定程度フリンジで対応している状況と言えるが、**地域間連系線との違いについても整理**していくこととしたい。

地域間連系線（GF・LFC成分）



地内送電線（GF・LFC・EDC成分）



1. 発動制限 $\Delta kW$ とフリンジの関係性（振り返り）
2. 現行の地域間連系線におけるフリンジ
3. 現行の地内送電線におけるフリンジ
4. 系統混雑とフリンジに関する論点
5. まとめと今後の進め方

■ 地域間連系線および地内送電線におけるフリンジの現行の取り扱いを踏まえた見直しの余地は下表の通りであり、引き続き、深掘り検討を進めていくこととしたい。

大項目	中項目	現状	見直しの余地
各制約要因におけるフリンジへの対応	熱容量	地域間連系線・地内送電線ともにフリンジによる限界潮流の超過を許容	新たな状況変化（N-1電制の本格適用等）も踏まえ、平常時の常時熱容量超過は問題ないか、N-1故障時に他の系統制御との協調が問題ないか等 ▶ フリンジ実態（変動量や変動周期等）を把握した上で、許容することができるかどうか検討（影響評価）を進める
	同期安定性	地域間連系線・地内送電線の大宗でフリンジにより限界潮流を超過しないよう対応	フリンジへの具体的な対応方法として合理的かどうか ▶ 地域間連系線ならびに地内送電線の算出条件の実態を把握した上で、フリンジへの対応方法として、合理的な方法を深掘りしていく
	電圧安定性	同上	
	周波数維持	地域間連系線・地内送電線の大宗で常時周波数変動を算出に織り込むことでフリンジにより限界潮流が超過しないよう対応	フリンジへ対応していないことの合理的な説明が可能か ▶ 合理的な説明が可能かについて合わせて確認を進める
フリンジ算出方法	フリンジの考え方等	地内送電線は計画値が存在しないことから、フリンジ算出方法や考慮する成分について地域間連系線と地内送電線で異なる	将来の同時市場における調整力の在り方等を踏まえて、継続的に発動されるEDC成分の取扱いや、それも含めたフリンジ算定方法はどうかあるべきか ▶ フリンジ実績や将来的な調整力の在り方等を踏まえ、EDC運用に対し、どのようにフリンジ対応すべきか検討を進める ▶ 地域間連系線と地内送電線の考え方・違いを整理する

以上