

個別技術要件検討 「FRT要件見直し」

2026年3月31日

電力広域的運営推進機関

1. 論点整理

■ これまでの対応状況

- 2024年12月の第104回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会（以降、調整力等委）で、2050年想定断面の電源線ルート事故時には、急峻な電圧変動の影響によりインバータ電源が大幅に解列され、周波数が低下し負荷制限を行ってもなおエリア間の連系分離に至る可能性が示された。
- これに対し、2026年3月の第117回調整力等委の中で、その対応策としてFRT要件の見直し案が示され、今後のFRT要件見直しに向けた詳細検討はグリッドコード検討会で検討することで整理された。
- また、第19回グリッドコード検討会（2025年6月25日）では、高低圧系のFRT要件見直しに当たり、単独運転防止対策との整合などの課題があり、対応に相当の時間を要することから、高低圧系と比較して影響の少ない特高系から要件化に向けた検討を優先して進めることで整理された。

■ 今回の報告、相談内容

- 第117回調整力等委の中で示された見直し案をもとに、現時点での関係団体との調整状況から、今後のFRT要件見直しの方向性を整理したので、ご意見を伺いたい。

(参考) FRT要件見直しの必要性

1. FRT要件見直しの必要性

2

- 2050年カーボンニュートラルに向け、**再エネ導入拡大によりインバータ電源導入量が増加していく中、系統に並列する同期電源の相対的な減少により、慣性、短絡容量が減少していくことが懸念されている。**
- 調整力及び需給バランス 評価等に関する委員会（以降、調整力等委）では、2050年を想定した電源線ルート事故時において、急峻な電圧変動の影響により**現行のFRT要件ではインバータ電源の運転継続が困難となり、インバータ電源の解列により大幅な周波数低下が発生し、負荷制限を行ってもなおエリア間の連系分離に至る可能性**が示されている。

電源線ルート事故の影響評価について（北海道・中西6エリアの場合）

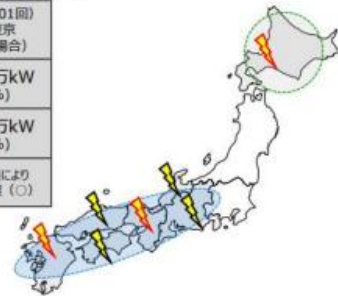
16

- 短絡容量が非常に小さいと想定されるMsys最小（RoCoFが最大）の系統状況において、北海道エリアと中西の各エリアで最大の同期電源脱落量となる電源線ルート事故の影響について確認を行った。
- 北海道エリアについては、需要を上回る電源停止となり大幅な周波数低下が想定される。また加えて電源停止に伴う急峻な潮流変化による電圧安定性の維持に課題が生じることも想定され、現時点では具体的に評価することが困難であるが、相当な系統影響が生じると見込まれる。
- 中西6エリアについては、一部の電源線ルート事故で、事故時の急峻な電圧変動の影響で多数のインバータ電源が停止することで負荷制限を行ってもなお大幅な周波数低下が発生しエリア間の連系分離に至る可能性がある。

<シミュレーション結果※1>

括弧内はシミュレーションの系統状況における需要に対する比率

	北海道	中西6エリア (九州の場合)	参考 (第101回) 東北東京 (東北の場合)
電源停止量 <同期電源+再エネ>	591万kW (107%)	1,219万kW (22%)	1,283万kW (21%)
負荷制限 <UFRなど>	相当な 系統影響 (×か)	757万kW (14%)	1,113万kW (18%)
系統維持の可否		周波数低下によるエリア間連系分離 (ブラックアウトのおそれ: ×)	負荷制限により 周波数回復 (○)



※1・マスタープランベースシナリオなどを前提条件とした試算結果であり、簡略バランス等の前提が変われば、算定結果も異なることに留意が必要
 ・インバータ電源の停止有無はアンケート結果を元に評価したものであり、実際の制御ロジックを正確に模擬できているものではない
 ・2030年想定と2050年想定の評価ケースでは、需要規模や再エネ稼働量が異なる
 ・短絡容量が非常に小さいと想定されるMsys最小（RoCoFが最大）の系統状況で評価
 ・中国～九州間連系線の増強は至近の議論状況から直流設備で模擬
 ・中西6エリアは電源停止量の最も大きな九州エリアの数値を記載（関西エリアの事故でも連系分離に至る）

(出典) 第104回調整力及び需給バランス 評価等に関する委員会 (2024年12月27日) 資料1

(参考) FRT要件見直しの必要性

1. FRT要件見直しの必要性

3

- 調整力等委の中でその対策として以下の2案を比較検討し、対策①については対策コストが相当程度大きくなる懸念があること、また、対策②はインバータ電源の運転停止による周波数低下を防ぎ、周波数低下による負荷制限を基本的に発生させなくする根本的な対応となりえることから、**対策②を基本的な対策の方向性として整理された。**

対策①：系統側対策（同期電源の追加運転等）により、系統事故時の電圧・周波数変動を抑制

対策②：機器側対策（インバータ電源のFRT要件見直し）により、電圧・周波数変動時の運転停止を防止

対応策のまとめ

31

- ①系統側対策（同期電源の追加運転等）と②機器側対策（FRT要件の見直し）について、いずれの対応についても、最低限満たすべき水準である系統維持に関しては実現できると示唆されることである。
 - ①については、特定の設備事故に限っても大規模な同期電源の追加運転が必要になると想定される。さらに、その時々々の系統状況によってさまざまな設備事故において対策を講じることが必要になり、対策コストが相当程度大きくなることも懸念される。
 - ②については、電圧・周波数変動が生じたとしてもインバータ電源の運転停止を防止するものであり、最低限の系統維持のみならず、周波数低下による負荷制限を基本的に発生させなくする根本的な対応である。
- したがって、**系統事故時の急峻な電圧・周波数変動に対する系統維持の対策はFRT要件を基本的な方向性としてとることとどうか**（状況に応じて系統側対策を併用することもありえる）。
- **周波数ステップ要素・周波数ランプ要素・電圧位相要素の見直し案については、引き続き検討を深め、改めて本委員会に報告を行う。**
- また、**見直し案のFRT要件への反映に向けては、グリッドコード検討会において、詳細な検討を進めることとどうか。**
- なお、これまでも本委員会において、より詳細な技術検討（瞬時値解析、非対称故障時の振る舞い、基幹系統事故の高圧系統以下への波及メカニズム）によっては、さらに厳しい状況を想定する必要があることをご意見いただいている。
- これらについては、現時点での系統解析技術では十分にとらえきれない領域でもあるため、今後の技術開発・知見の拡充を踏まえた中長期的な課題として位置づけ、状況に応じて必要な対応をとることとしたい。

※ シミュレーション条件が変わることで結果は変わりえることに留意が必要

（出典）第104回調整力及び需給バランス 評価等に関する委員会
（2024年12月27日）資料1

(参考) FRT要件見直しの進め方

4. 今後の進め方

7

- FRT要件の見直しにあたり、**高低圧系では単独運転防止対策との整合や高低圧混触事故時の瞬時解列との整合などの課題があり**、対応に相当の時間を要することが見えてきた。
- 一方、**特高系では**、PCSでの単独運転検出機能が必要とされていないことから、上記の**課題はない**と考えられる。
- このため、高低圧系と比較して影響の少ない**特高系から、FRT要件見直しの要件化に向けた検討を先行して進めていくこととしてはどうか。**
- ただし、特高系においても、瞬間的な擾乱に対して運転継続するとした場合には、電圧位相の急変による過電流などの懸念がある。調整力等委から出されるFRT要件の見直し案をもとに、機器保護の観点も確認しながら、次回グリッドコード検討会での具体的な要件化内容の提示に向けて検討を進めていく。
- 高低圧系の課題については、対応策を関係者と引き続き検討を進め、改めて対応案や方針について整理のうえ、ご議論させていただきたい。その中で、電気設備の技術基準の解釈との整合性にも課題があるため、調整力等委とも連携し、必要によりFRT要件を見直さない場合の系統への影響なども考慮に入れながら検討を進めていきたい。

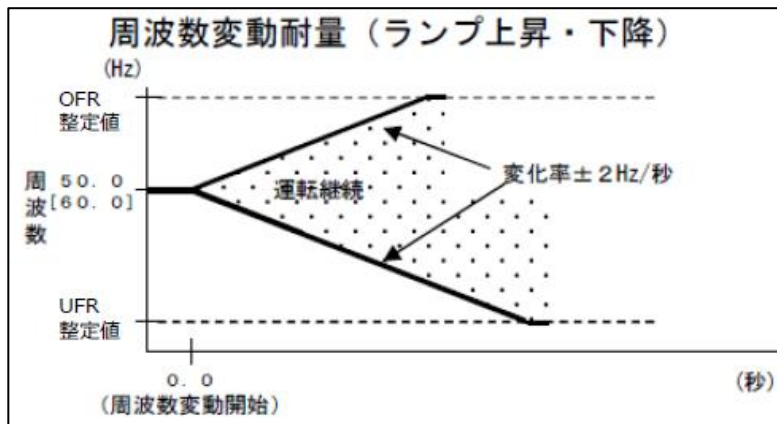
(出典) [第19回グリッドコード検討会 \(2025年6月25日\)](#) 資料4

2. FRT要件見直しに関する具体案 周波数変動耐量に関する見直し案

- インバータ電源など系統の電圧波形を元に系統周波数を検出・演算する場合は、系統事故時の電圧波形の乱れを急峻な周波数変動として検出する可能性があり、調整力等委では、基幹系統での系統事故においてこのような周波数変動が安定するまでに事故発生後100ms程度要することを踏まえて、周波数変動耐量に関するFRT要件の見直し案として以下の2案が提示された。
 - 系統から見て300ms以上の時間で算定した周波数変化率(Hz/s)が±2Hz/s以内であれば運転を継続する。(案1)
 - 事故により電圧、周波数、位相変動が複合的に変化した場合でも事故発生後から100ms間は電圧低下耐量に応じて運転を継続し、周波数ランプ変動耐量は適用しない。(案2)
- また、案1、案2ともに電源停止量を十分に抑えられ、2050年での系統事故時にも系統の維持が可能とされている。

○ 現行のFRT要件（周波数変動時）

ランプ状の±2Hz/sの周波数変動に対して連系運転を維持し、可能な範囲で発電出力及び放電出力を継続する。

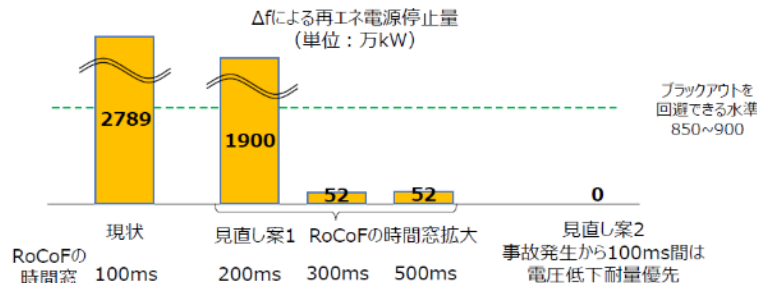


第6回グリッドコード検討会（2021年6月30日）資料10より抜粋

周波数変動耐量の見直しに関する具体案と電源停止量の低減効果

- 現状（第104回本委員会報告値）の Δf による再エネ電源停止量は、周波数ランプ変動（RoCoF）の値を100ms間の周波数変動量とし、RoCoFの値が2Hz/sを超過した場合に電源停止するものとして算定※している。
- RoCoFの時間窓の見直し（案1）に関する効果の検証として、周波数変動による停止が支配的かつ量が多い関西中国間連系線事故時において、RoCoFの時間窓を段階的に拡大した（RoCoFの定義を見直した）ところ、300ms以上であれば、系統維持できる水準まで十分な低減効果があることを確認した。
- また、事故により電圧、周波数、位相変動が複合的に変化した場合でも、事故発生から100msの間は電圧低下耐量を優先し、当該時間帯における周波数変動耐量については上限制約を設けない取り扱いとした場合（案2）、同事故ケースにおいて周波数変動要因での停止量をゼロにできることを確認した。
- なお、案1・2について、設備側の対応要否などを確認して進めていく必要がある。具体的な規定については、グリッドコード検討会にて2050年想定を見据えた実現性など踏まえ詳細検討することだろうか。

※電力中央研究所のY法にて、基本的に特高の送電用変電所二次側母線までの系統をモデル化し、各ノードの周波数を基に算定している。
 ※なお、すべての実機がこの条件で停止するわけではないが、運転継続が担保されていないことを踏まえ、保守的に算定している。

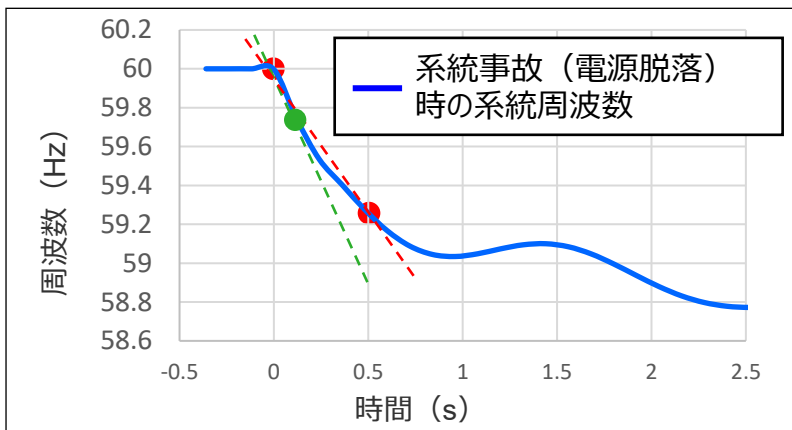


2. FRT要件見直しに関する具体案

周波数変動耐量に関する見直し案の補足説明

■ 周波数変動耐量に関する見直し案のイメージは下記のとおり。

<案1>

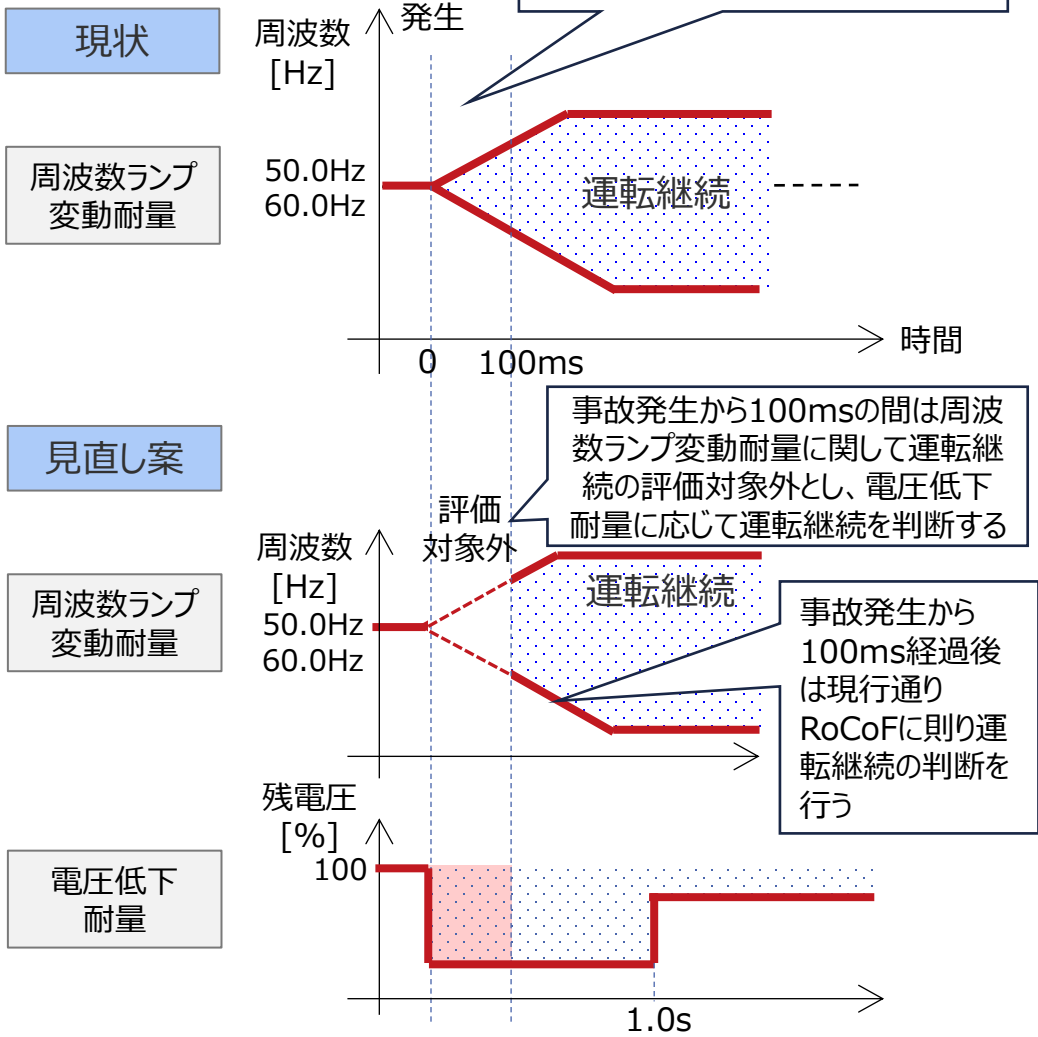


上記の系統周波数の波形において、

- ・100ms間の周波数差で周波数変化率（RoCoF）を算定した場合、2.1Hz/sとなる。
- ・500ms間の周波数差で周波数変化率（RoCoF）を算定した場合、1.4Hz/sとなる。





⇒算定時間を長くすることで、RoCoFが小さくなる。

<案2>



2. FRT要件見直しに関する具体案 周波数ランプ変動耐量に関する方向性

- 調整力等委で出された二つの案を元に特高系統に連系するものについて関係団体と協議を行った結果、現時点では、案2については開発に相応の期間を要する一方、案1については短期に実現が可能な見込みである。
- 案1を採用した場合でも系統維持することが可能であることも踏まえ、案1についてはフェーズ2'で要件化し速やかに対応する方向で検討を進めていくこととしたい。
- また、案2については、系統視点での将来的な必要性と技術的な課題などを比較しながら、適用時期などについて継続検討することとしたい。

周波数ランプ変動耐量に関する見直し		
項目	案1	案2
具体的な対応	試験条件や評価方法の検討	機器の再設計が必要
対応に必要な期間	短期間 	長期間 
電源停止量の低減効果	系統維持可能 	案1より電源停止量減 

2. FRT要件見直しに関する具体案 位相変動耐量に関する見直し案

- 位相変動耐量に関するFRT要件の見直し案として、調整力等委の中では残電圧0.2pu~0.52puの位相変動耐量を強化することを対策の一つとしており、具体的には領域Xの要件として、連系運転を維持し、可能な範囲で出力を維持する案が示された。

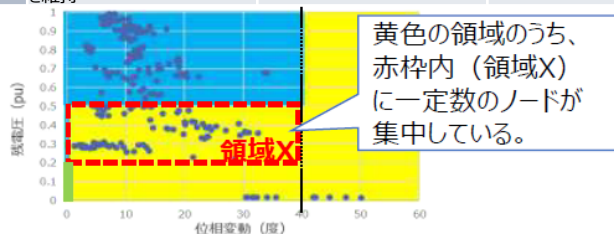
位相変動耐量の見直しに関する具体案と電源停止量の低減効果

27

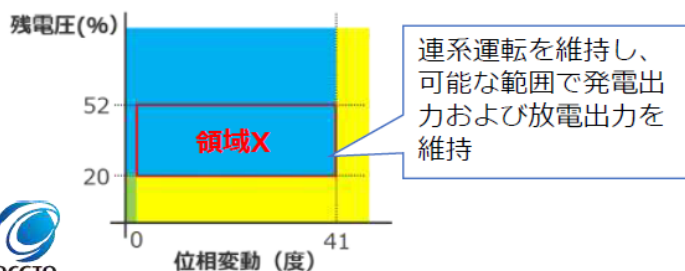
- 電源停止量低減にあたり効果が高いのは、残電圧0.2pu~0.52puにおいて位相変動耐量を強化することと考えており、赤枠内（領域X）を青色の領域として連系運転を維持し、可能な範囲で出力を維持することが具体的な対策の一つとなる。
- 位相変動による停止が支配的かつ量が多い中部関西間連系線事故ケースにおいて、上記対策（全電圧階級を対象）を実現した場合に系統維持できることを確認した。

(凡例)

領域	青	緑	黄
現行の要件	連系運転を維持し、可能な範囲で発電出力および放電出力による出力停止（解列不可）を維持	運転継続またはゲートブロックに未定義	（解列しても構わない）



FRT要件見直し案



Δθ要素による再エネ電源停止量
(単位：万kW)



2. FRT要件見直しに関する具体案 (参考) 位相変動耐量に関する見直し案の補足

- 系統連系規程のFRT要件の中で記載されている三相短絡事故時の電圧ベクトル列では事故時の位相変化はなしと扱われているが、実際の系統事故では時間とともに電圧や電流も動的に変化するため、三相短絡事故にも位相変化を伴う。
- 調整力等委では、電力中央研究所のY法を用いた動的なシミュレーションに基づき地域間連系線や電源線のルート事故時の位相変動量を算定した結果、残電圧0.2pu~0.52pu帯においても位相変動を伴うノードが多く確認されており、領域Xの連系運転の維持を求める案となっている。

2050年想定における系統事故のシミュレーション (位相変動の分析)

26

- 電力中央研究所のY法を用いて、中西6エリアの地域間連系線での事故における各ノードの残電圧と位相変動量をプロットした図が下記のとおり (シミュレーションでは、基本的に特高の送電用変電所二次側母線までの系統をモデル化しており、下位系統 (高圧含む) は縮約している)。
- 現行のFRT要件にて未定義である黄色の領域にも一定数のプロットが確認できたことから、多くの再エネ電源が停止するおそれがある。このため、電源停止量を確実に低減するには青色の領域を現行の範囲から拡大し、連系運転の維持と可能な範囲での発電出力・放電出力維持を明確化する必要がある。

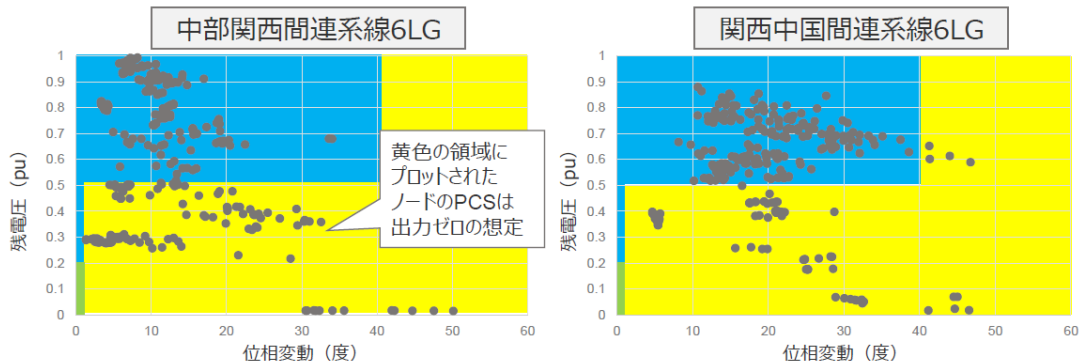


図 中西6エリアを模擬している各ノード (277地点) の残電圧および位相変動量の様相

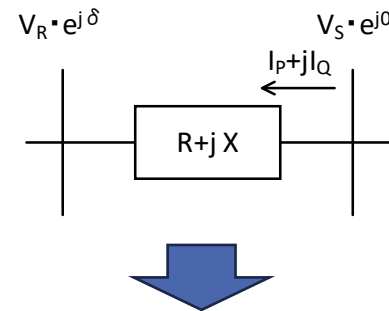
<シミュレーションの前提>

- ・ マスタープランベースシナリオに基づく2050年断面 (第104回本委員会で報告した条件と同じ)
- ・ 位相変動最大時の残電圧をプロット



(出典) 第117回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会 (2026年3月16日) 資料3

オームの法則に基づく電圧降下の式から、
2点間の位相差 δ を導出



$$\delta = \arctan \left(\frac{-XI_P + RI_Q}{V_S - RI_P - XI_Q} \right)$$

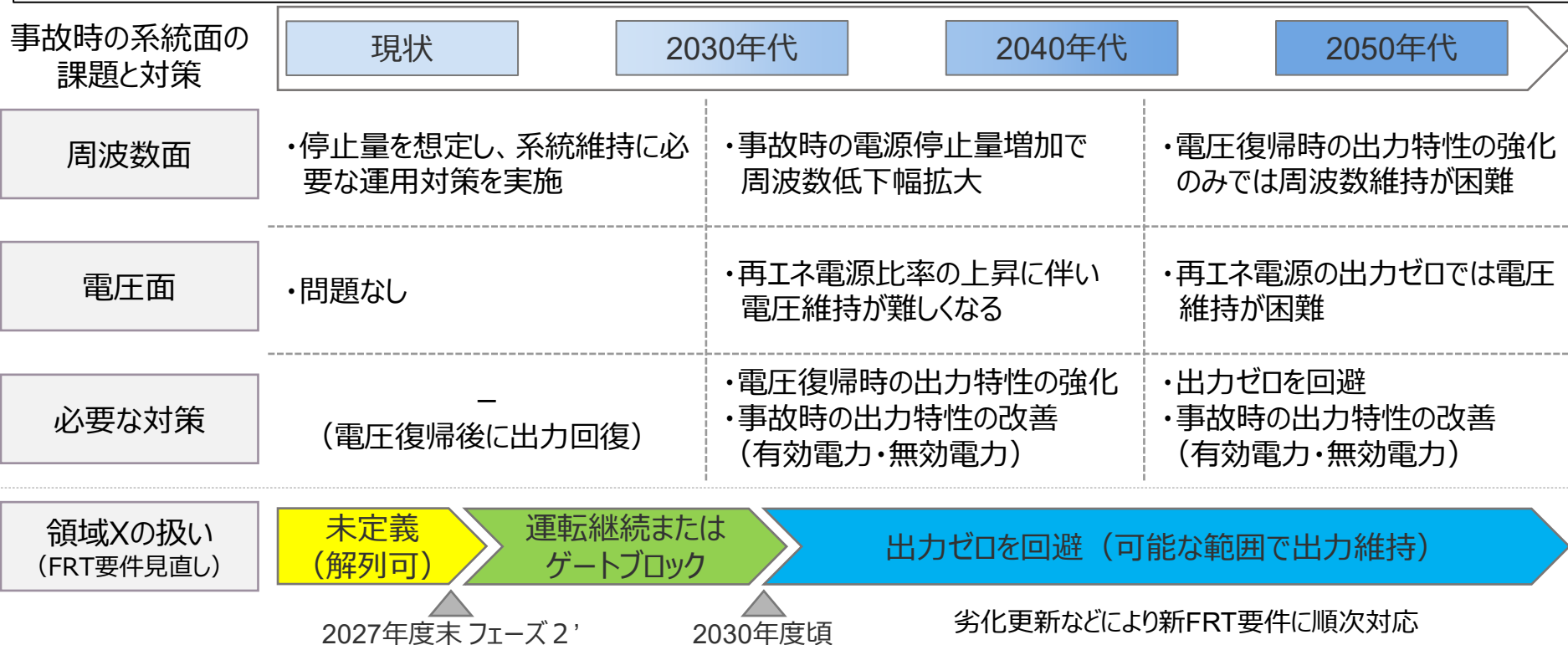
位相差 δ は電圧だけでなく、電流やインピーダンスにより変化

なお、基幹系統事故時の電圧位相変動については電中研殿とも協働で検討を進めており、関連する内容の電中研報告書が2026年5月頃発刊される予定

2. FRT要件見直しに関する具体案

位相変動耐量の見直しに関するフェーズ2'の方向性

- 調整力等委で出された案を元に特高系統に連系するものについて関係団体と協議を行った結果、現時点では、位相変動耐量の見直し案は開発に相応の期間を要する一方、領域Xにおいてゲートブロックを許容することで解列を回避することは早期に実現可能な見込みである。
- 2050年代に向けて再エネ導入量が増加していくことを見据えると、ゲートブロックをせずに出力の維持が必要となるが対応には相当の期間を要することから、段階的な対策として、フェーズ2'では領域Xでの解列を不可（ゲートブロックは許容）とし、現状のFRT要件よりも電圧復帰時の出力特性を強化することで、系統事故時の周波数低下幅の改善や負荷制限量の低減を目指すこととしたい。
- 領域Xでの出力ゼロ回避（可能な範囲で出力維持）に向けては、関係者と引き続き協議を行い、要件化の時期について検討を深めていくこととしたい。



3. FRT要件見直しに伴う配電関係の課題の状況について

- 第19回本検討会において、低圧連系時の高低圧混触事故時には電気設備の技術基準の解釈-第17条第2項に規定される時限（1秒以下もしくは2秒以下）以内に解列する必要があり、低圧インバータ電源単体としては変電所の遮断器が遮断後瞬時に単独運転検出・停止が必要となる旨を報告した。
- 現在、日本電気協会の配電専門部会にて、上記電技解釈の改正として時限の延長および接地抵抗値を緩和することが検討されており、検討の結果、電技解釈が改正されれば当初想定していた高低圧におけるFRT要件見直しの課題が一つ解消されることになる。
- そのため、高低圧においても時限延長を前提にした単独運転検出との協調や要件内容の検討を進めていく。

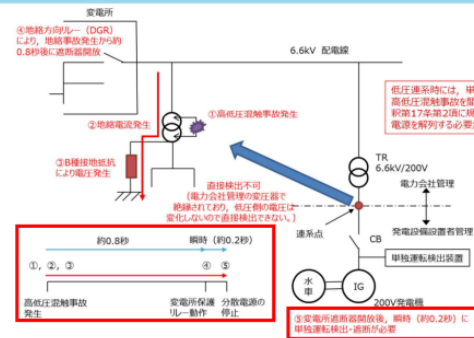
3. FRT要件見直しに伴う配電関係の課題（2/2）

6

- 受動的方式では電圧位相や周波数の急変を検出して単独運転検出するのに対し、上位系統の事故中および事故除去直後に生じる瞬間的な擾乱があっても運転継続する方向でFRT要件を見直す場合、**高低圧系統における故障での単独運転時の検出ができなくなるおそれがある。**
- 低圧系は、高低圧混触事故時において、電気設備の技術基準の解釈-第17条第2項に規定される時限（1秒以下もしくは2秒以下）以内に解列する必要があり、低圧インバータ電源単体としては変電所の遮断器が遮断後瞬時に単独運転検出・停止が必要となる。上位系統の事故中および事故除去後の瞬間的な擾乱において運転継続とする場合、能動的方式においても瞬時の単独運転検出・停止ができず、**電気設備の技術基準の解釈を満たせなくなるおそれがある。**

（参考）低圧連系時の高低圧混触事故の検出

- 変圧器の内部故障（高圧巻線と低圧巻線間の絶縁破壊など）にて高低圧混触事故が発生した際には、高圧の電気が低圧電路に侵入して低圧電路に接続される機器を損傷させるなどの危険が生じるため、1秒以内に遮断することが求められる。



2 B種接地工事は、次の各号によること。

一 接地抵抗値は、17-1表に規定する値以下であること。

接地電圧の種類	17-1表	接地抵抗値 (Ω)
接地電圧を施す変圧器の種類	当該変圧器の高圧側又は特別高圧側の電路と低圧側の電路との差配により、低圧電路の対地電圧が150Vを超えた場合に、自動的に高圧又は特別高圧の電路を遮断する装置を設ける場合の遮断時間	
下記以外の場合		150/V _n
高圧又は35,000V以下の特別高圧の電路と低圧電路を結合するもの	1秒を超え2秒以下	300/V _n
	1秒以下	600/V _n

(備考) V_n は、当該変圧器の高圧側又は特別高圧側の電路の1線地絡電流 (単位: A)

（出典）第9回電気保安制度WG（2022年1月17日） 資料4

（出典）電気設備の技術基準の解釈（第17条第2項から抜粋）

4. 今後のスケジュール

現状の検討状況を踏まえた見直し

- 現状の検討結果を踏まえて今後のスケジュールについて見直しを行った。
- 特高系は、関係者と規定案などの協議を進め、次回のグリッドコード検討会にて要件化の審議を行いたい。
- 高低圧系は単独運転検出機能との整合など実現性を含めて引き続き詳細検討を行う。審議時期については、電気設備の技術基準の解釈-第17条第2項の改定状況などを踏まえて今後調整することとしたい。

個別技術要件		要件化にあたっての主な検討項目							
周波数変化率耐量 (RoCoF) 周波数ステップ変化耐量 電圧位相変化耐量		<ul style="list-style-type: none"> ・調整力等委の検討結果との連携 ・高低圧系の単独運転検出機能との整合など実現性の検討 							
項目	2025				2026				
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	
周波数変動耐量 位相変動耐量	FRT要件の見直し案 <small>※第117回調整力等委にて提示</small>								
	関連団体の調整 (特高系の要件化に関する議論)				第22回GC 検討会 ★				
					関連団体の調整 (高低圧の要件化に関する議論・ 単独運転検出機能との整合など)				

※審議スケジュール（検討会の日程含む）については、検討の進捗により変更する場合があります。