

中西安定度の運用容量制約への反映について

2025年4月22日

将来の運用容量等の在り方に関する作業会 事務局

- 第2回本作業会（2024年8月29日）において、中西60Hz系統の同期安定性（以下「中西安定度」という。）に関する主要論点をお示したところ。
- 具体的には、中西60Hz系統は長距離くし形系統であり、東向き重潮流化で中西安定度が不安定になりやすい傾向があり、当該事象を防止するために、中西 θ （九州の西側ノードから関西の西側ノードまでの位相差）が上限（限界値）に至らないように監視の上、超過時には持替え運用を行っている実態があること、ならびに将来に備え、中西 θ という指標を、より効率的に管理するための方策として、運用容量の考え方に反映可能か検討するとしていた。
- これらを踏まえて、今回、中西安定度（中西 θ 管理）の運用実態や課題を整理するとともに、運用容量の考え方（制約）への反映にむけた検討を行ったことから、ご議論いただきたい。

本作業会における今後の主要論点

変更あり

37

- 前章の内容を踏まえ、本作業会で取扱うべき主要論点は、現時点で以下の通り。
- 今後、それぞれの論点について、具体的な進め方の整理や深掘り検討を進めることとしたい。

大項目	中項目	No.	論点
共通	想定故障（クライテリア）	1-1-1	N-1,N-2故障の具体的様相や社会的影響の考え方の違いは妥当か
	フリンジ	1-2-1	各決定要因におけるフリンジの取り扱いをどうするか
		1-2-2	地域間連系線とエリア内送電線のフリンジの取り扱いを統一することが可能か
	緊急的な運用容量拡大	1-3-1	地内混雑の進展を見据え、地内系統における緊急的な運用容量の拡大スキームが必要かどうか
	再エネ導入による影響	1-4-1	再エネ発電導入が運用容量へ与える影響とは何か
熱	短時間容量	2-1-1	地内送電線へ適用している短時間容量を地域間連系線へ適用できない理由は何か
	電源制限	2-2-1	N-1電力量上限の考え方は妥当か
同期安定性	中西安定度	3-1-1	中西θを運用容量の新たな制約として追加する必要があるか
	電源制限	3-2-1	電制対象箇所考え方の整理が必要か
	低下補填	3-3-1	将来的な同期安定性の低下を補う方策は何か
電圧安定性	算出・判定方法・低下補填	4-1-1	電圧安定性の妥当な算出方法・評価方法・補う方策は何か
	電源制限	4-2-1	電制対象箇所考え方の整理が必要か
周波数維持	EPPS	5-1-1	周波数品質を踏まえ、考え方を見直しやその影響評価が必要かどうか
	負荷制限	5-2-1	N-2故障時に負荷制限を織り込まないことの（EUE算定への影響も含めて）理由は何か
	電源制限	5-3-1	電制対象箇所考え方の整理が必要か
	系統特性定数	5-4-1	系統特性定数を用いた算出方法・判定方法・補う方策は妥当か
		5-4-2	調整力調達の在り方や系統構成、周波数制御方式が変化していく中でも系統特性定数は必要か
		5-4-3	調整力必要量の見直しや負荷特性の変化等を踏まえ、系統特性定数の再算定が必要か

本作業会における詳細論点（3. 同期安定性）

変更あり

41

大項目	中項目	No.	論点	概要（背景、検討の進め方）
同期安定性	中西安定度	3-1-1	中西θを運用容量の制約へ追加すべきか	中西60Hz系統は長距離くし形系統であり、東向き潮流の重潮流化で同期安定性が不安定になりやすい傾向（西系統の送電線N-2事故や中系統の電源脱落事故が発生すると系統間脱調に至る可能性）がある。上記事象を防止するため、中西θ（九州の西側ノードから中国の東側ノードまでの位相差）が上限（限界値）に至らないように監視しており、超過時には持替え運用を行っている実態がある。 一方、持替え運用は混雑処理（再給電）と同義であり、同時市場においてはSCUCで一括処理することが効率的と考えられるところ、中西θという指標を、新たな運用容量の考え方とすべく、管理方法やSCUCへの組み込み方等について検討を進める必要がある。 ➤ 次回以降、中西地域における中西θを考慮した運用実態（必要性）を紹介いただいた上で、事務局にて運用容量の制約要因とする場合の考え方（管理方法等）を整理・検討する
	電源制限	3-2-1	電制対象箇所の考え方の整理が必要か	熱容量と異なり効果が一律でないため、同期安定性の場合には、最も遮断量が小さい箇所が妥当か等の整理が必要か。 次回以降、同期安定性制約の拡大を目的とした電制を設置されている一般送配電事業者の考え方を確認し、整理が必要な場合には、その整理結果を報告する。
	低下補填	3-3-1	将来的な同期安定性の低下を補う方策はあるか	将来的な再エネ大量導入等に伴い、電力系統内の非同期電源比率が高まることで、中期的な運用容量への影響（運用容量低下）が顕在化し得る可能性が調整力等委で報告されていることを踏まえ、当該影響を補う方策についての検討が必要か。 ➤ 既存の技術で効果的と考えられる電源制限装置等を活用した対策効果の見通しについて、次回以降、本作業会にて報告する。

1. 中西安定度の運用実態や課題
2. 中西安定度の運用容量への反映方法
3. 中西安定度の維持・向上対策
4. まとめと今後の進め方

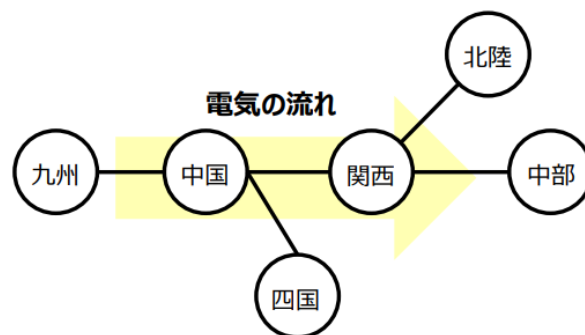
1. 中西安定度の運用実態や課題
2. 中西安定度の運用容量への反映方法
3. 中西安定度の維持・向上対策
4. まとめと今後の進め方

- 中西60Hz系統は長距離交流くし形系統であり、大きな擾乱（大規模な電源脱落や基幹系統送電線のルート断事故）が発生した場合に、エリア間を跨いだ長周期電力動揺が発生し、同期安定性が不安定となる（中西全体の系統間脱調が発生する）可能性がある。

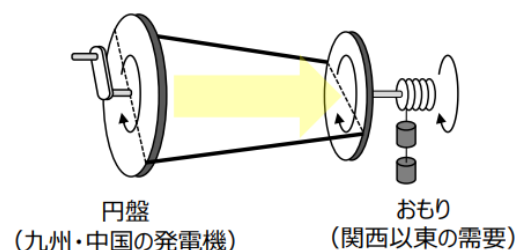
同期安定性制約の概要（3 / 3）

26

- また、同期安定性制約は、必ずしも単一送電線のみを対象とした制約という訳ではなく、理論上は同期連系系統であれば生じる可能性がある。
- 実際に、西日本の60Hz連系系統は長距離交流くし形系統であることから、数秒程度の地域間をまたぐ長周期電力動揺（中西安定度の問題）が存在しており、電力系統に想定し得る故障が生じた際には、この電力動揺が増大し、不安定となる（中西全体の系統間脱調が発生する）可能性がある。
- そのため、N-2故障（次頁参照）において、60Hz連系系統の同期安定性が維持できるよう、60Hz連系系統の西から東向きの潮流に対する安定度指標として、西九州変電所（九州）と西播変電所（関西）の500kV母線電圧の位相角の差（中西運用目標相差角）を設定し、実運用において、超過しないよう監視している。
- 中西運用目標相差角を超える場合には、発電機態勢の変更（電源持ち替え）等により上限値以内となるよう調整がなされている。

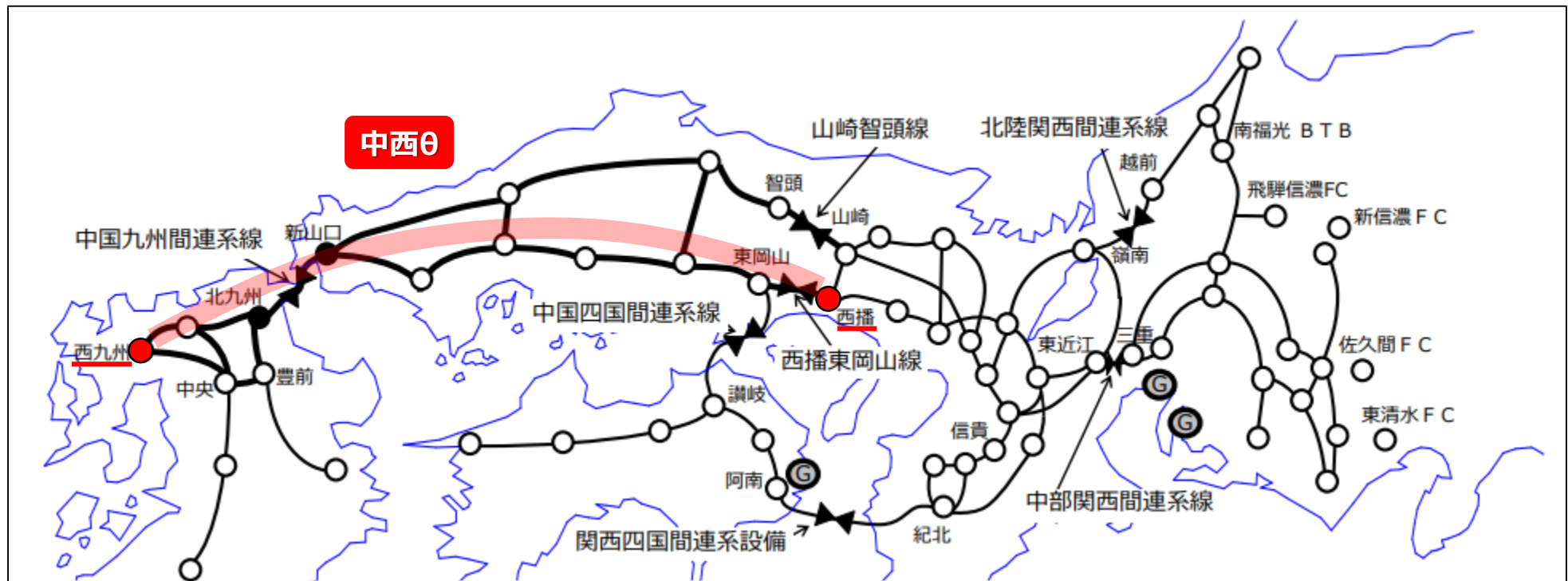


西日本60Hz（交流）連系系統概略図



力学系モデルでのイメージ

- また、中西安定度は、電氣的な位相角重心である関西エリアと大きく振動する九州エリアの位相角差に相関がある（位相差が大きくなると不安定になりやすい）ことが経験則的に分かっている。
- これを踏まえ、**西九州変電所（九州）と西播変電所（関西）の500kV母線電圧の位相差を中西θと呼称し**、中西系統の同期安定性に対する指標としており、また、事前のシミュレーション結果に基づき、中西θの運用目標値を設定し、**実運用において中西θが運用目標値を超過しないよう監視・調整を行っている。**



- 中西安定度の検討（事前シミュレーション）においては、九州～関西の基幹送電線ルート断故障や変電所片母線故障、および脱落規模の大きい電源線のルート断故障（いずれもN-2故障）を想定故障としている。
- これらの故障に対し、必要に応じて電源制限※1および負荷制限※2を実施することで、中西安定度を維持している。

※1 送電線ルート断故障・片母線故障等、送電インピーダンスが増大することで不安定となる故障に対しては電源制限を実施することで安定度を維持。
※2 電源線ルート断故障（電源脱落相当）で、東向き潮流が増大することで不安定となる故障に対しては負荷制限を実施することで安定度を維持。

⑥ 電源制限・負荷制限の織り込み

- 電源制限、負荷制限：あり

同期安定性を維持するために、電源制限、負荷制限を行うことがある。

⑧ 想定故障

- 西九州から西播の基幹送電線の内、1ルート区間は1回線故障（同期安定性面でより過酷な片母線故障により代用）、2ルート区間は2回線故障を想定
- 西九州から西播までの2ルート区間の変電所片母線故障を想定
- 同期安定性に大きな影響を与える脱落規模の大きい電源線の2回線故障を想定

	対象線路（区間）及び変電所
基幹送電線2回線故障（三相6線地絡）	西九州～北九州、新山口～西播・山崎
片母線故障（三相地絡）	北九州、新山口
電源脱落故障（三相6線地絡）	幸田碧南線、西部西尾張線、西神戸線、橘湾火力線

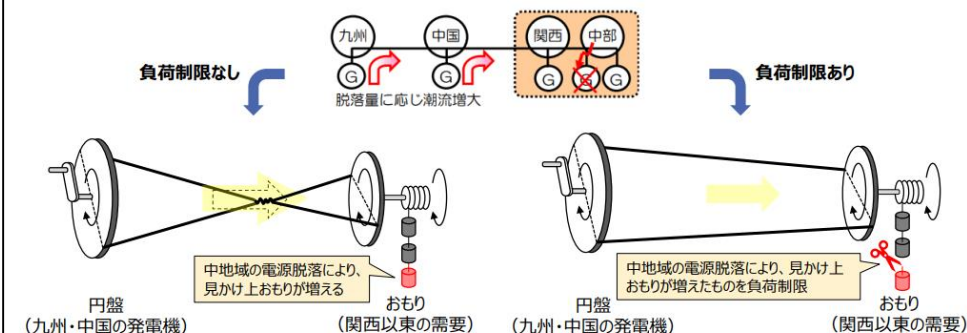
送電インピーダンスが増大するため
必要に応じ電源制限で対応

東向き潮流が増大するため
必要に応じ負荷制限で対応

同期安定性制約を拡大するための方策(負荷制限)

34

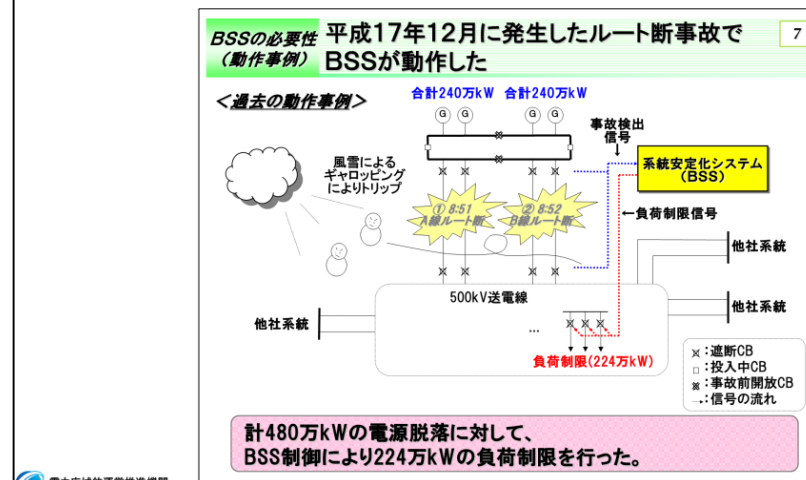
- また、同期安定性の向上には、瞬間的な(数百msオーダーの)負荷制限も効果的である。
- 負荷制限は、力学系モデルのおもりを減らすことに相当するため、故障後にインピーダンスの増加(ゴム紐の長さが伸びる)があったとしても、同期運転を継続することができ、同期安定性を拡大することができる。
- なお、負荷制限は供給支障を伴うことから、N-2以上の故障時にのみ可能な方策となり、一例としては先述の中西安定度を維持するために、中地域の電源脱落(電源線ルート断)故障に対し、中地域の負荷制限を行うことで、西から東向きの潮流を抑制し、中西全体の系統間脱調が生じないようにしている実績(適用例)が存在する。



(参考) 電源線ルート断故障に伴う負荷制限事例

35

- 平成17年(2005年)12月に発生した、関西エリアでの計480kWの電源脱落(電源線ルート断)故障に対し、関西エリア負荷を224kW制限することで西から東向きの潮流を抑制し、中西全体の系統間脱調を回避した事例が存在する(当該負荷制限は、後述する周波数低下の抑制にも貢献している)。



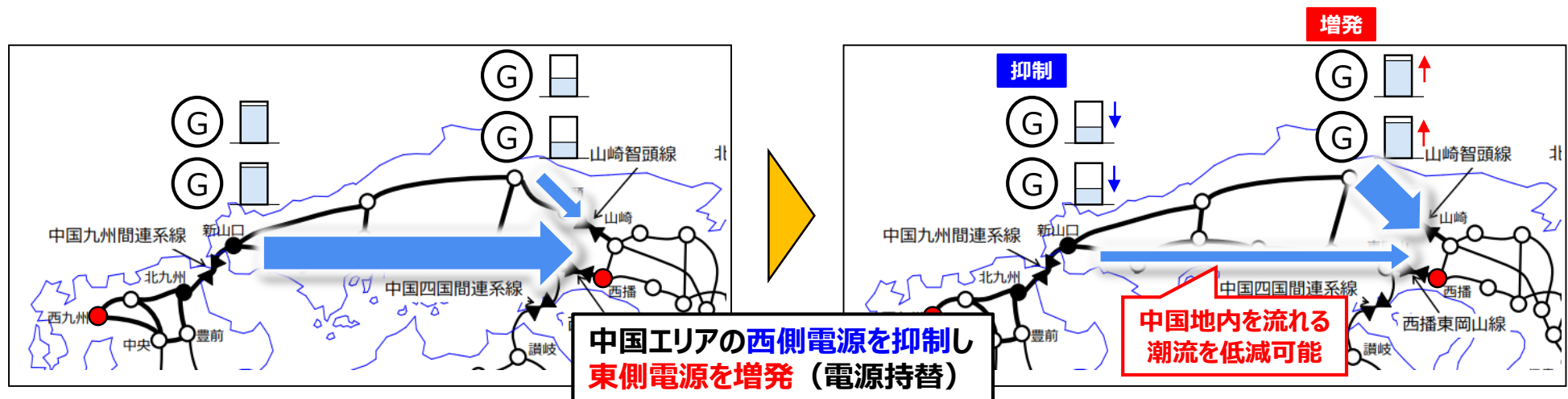
- 中西θの運用目標値は、九州～関西の位相差が大きくなるよう（東向き重潮流となるよう）、系統重心（関西）までの電氣的距離が遠い位置（西側）にある発電機から地内送電線の実績潮流などを踏まえて、メルिटオーダーに近い電源稼働を想定※している。
- 実運用において中西θが運用目標値を超過する場合、または超過が継続する場合は、現状は稀頻度ではあるが、必要に応じて中国地内の電源持替を実施し、中西θを運用目標値以下とする運用を行っている。

※ これに加えて、中地域の電源線潮流をパラメータとして変化させ、実際の電源線潮流に応じて適用可能な弾力運用θも算出の上、適宜活用（中西θが弾力運用θ以下であれば電源持替を不要とする等）している。（詳細は次頁参照）

電気所間の潮流が大きいほど位相差が増加

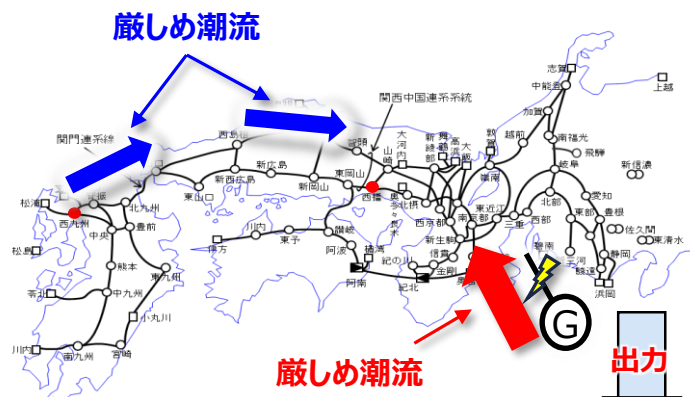
II

西九州～西播間の潮流を低減すれば中西θも低減される



- 現状、中西安定度においては、電源線故障が最過酷となっており、中西 θ の限度値は電源線故障により決定されているため、九州～関西の潮流（位相差）の運用限度値は、電源線潮流（電源脱落量）の大きさによって決まる。
- 具体的には、当該電源線潮流が小さければ、ルート断故障（電源脱落相当）による系統への影響が緩和※され、九州～関西の潮流が増加した条件であっても系統の安定性を維持可能となる。
- このため、中西 θ は通常、中国九州間連系線・関西中国間連系線潮流については運用容量相当、電源線潮流については想定しうる範囲で最大として、算定を行っているものの、中西安定度の低下が予想される場合は、電源線潮流に応じた弾力運用 θ を算定の上で、中西 θ が弾力運用 θ 以下であれば電源持替を不要とする等、適宜活用（工夫）を行っている。

※「電源線潮流－負荷制限量 $\leq$ 許容電源脱落量（無制御で系統の安定維持が可能な脱落量）」であれば系統の安定維持が可能となるため、電源線潮流の減少は、まずは負荷制限量の低減に寄与し、さらに無制御で安定な領域まで減少すれば、安定度の向上（中西 θ の限度値増加）に寄与する。

【中西 θ 算定断面】【弾力運用 θ 算定断面】

中西 θ 算定条件より
九州～関西の潮流が大きくても安定

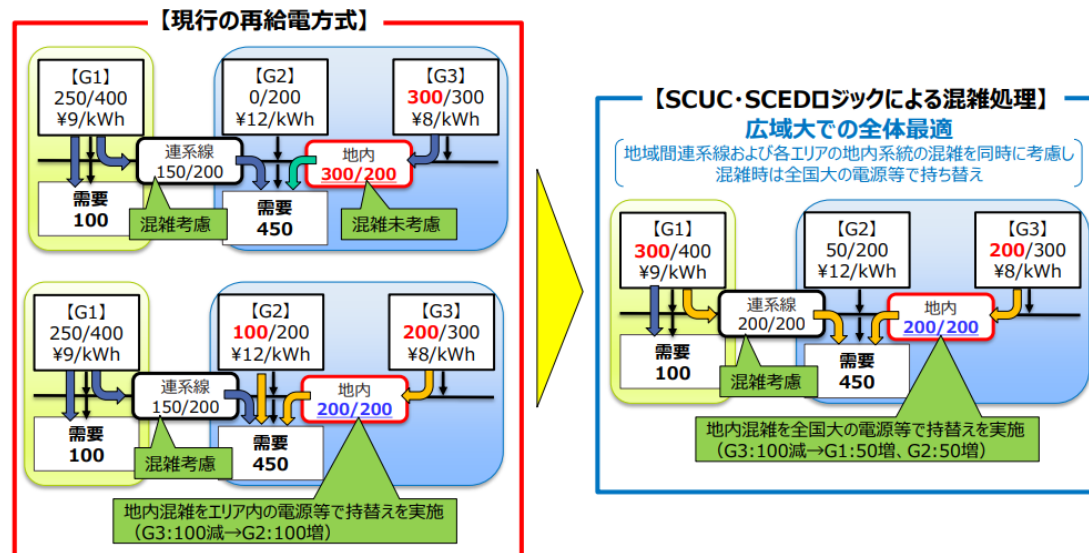


- 前述の通り、実運用において中西θが運用目標値を超過する場合は、中国地内の電源持替により、中西θを運用目標値以下とする運用を実施している一方、この電源持替の運用は混雑処理（再給電）と実質的に同義であり、エリア単位での個別最適になっているものの、全国大の電源持替による全体最適とはなっていない状況である。
- この点、**同時市場ではSCUC・SCEDロジックによる広域大の混雑処理が検討されており、中西θについてもその枠組みの中で運用・管理していくことが効率的**と考えられるため、中西θという指標を、新たな運用容量の考え方とすべく、その管理方法やSCUC・SCEDロジックへの組み込み方法について検討が必要と考えられる。

② 広域大の混雑処理（全国メリットオーダーの推進）による費用低減

36

- 現在の混雑管理方法は、再給電方式（エリア内電源持ち替え）によるエリア単位の個別最適になっている一方で、SCUC・SCEDロジックにおいては、全国大の電源等で持ち替え、広域大での全体最適とすることが可能。



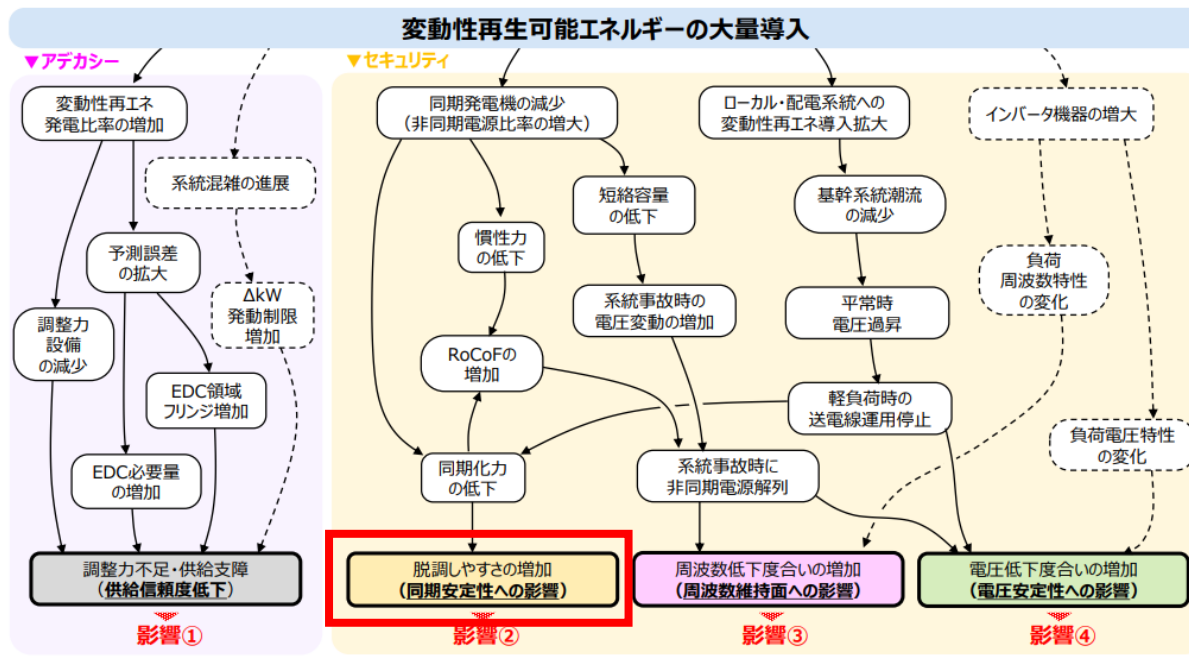
- また、現状は中西θが運用目標値を超過するような断面が発生することは稀である一方、変動性再エネが大量導入されると同期発電機の減少等により同期安定性は悪化傾向となり、実際に将来断面の検討を行うと、運用目標値が低下する（中西θが運用目標値を超過しやすくなる）傾向も見受けられるところ。
- この点、混雑処理（電源持替）については、広域的な電力取引の観点からも発生させないことが望ましいことから、将来的な中西安定度の維持・向上対策についても合わせて検討が必要と考えられる。

変動性再エネ大量導入が運用容量等へ与える影響

10

■ 変動性再エネ大量導入が運用容量等へ与える影響の因果関係は下図の通り。（影響について次章以降詳細説明）

-----▶ : 付帯的影響



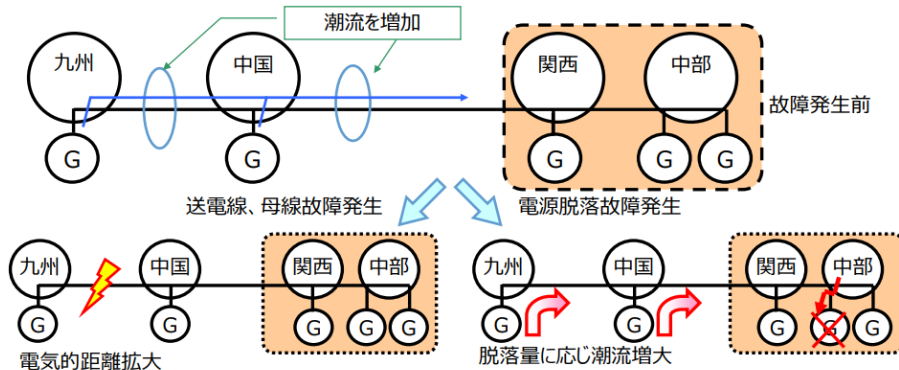
1. 中西安定度の運用実態や課題
2. 中西安定度の運用容量への反映方法
3. 中西安定度の維持・向上対策
4. まとめと今後の進め方

- 運用容量の決定要因には、熱容量制約、同期安定性制約、電圧安定性制約および周波数維持制約の4種類があり、このうち最も小さい限度値を運用容量としている。
- このうち、同期安定性は電力設備の故障発生時に発電機間の同期運転を安定的に維持可能かどうかを評価するものであり、**中西安定度についても同期安定性制約の一つとして扱うのが本来的**であると考えられる。

2. 算出方法

188

- ①電力系統を季節（夏・冬・その他）毎に昼間／夜間別に模擬。
- ②九州・中国から関西・中部への潮流を模擬。
[計画潮流をベースに運用容量一杯まで潮流を増加]
- ③想定故障で安定であることを確認。
- ④九州から中国への潮流を模擬（夏夜間、冬夜間）
[中国九州間連系線を潮流限度値（熱容量限度値にフリンジを加えた潮流）まで増加]
- ⑤想定故障で安定であることを確認。
不安定であれば、安定となる中国九州間連系線の潮流を算出。

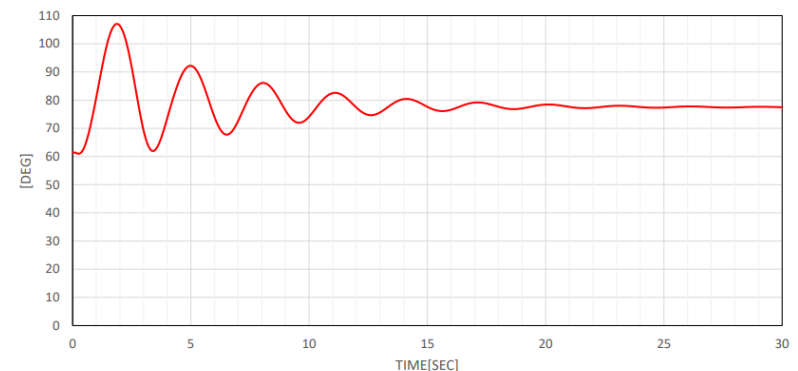


4. 検討結果（3）

195

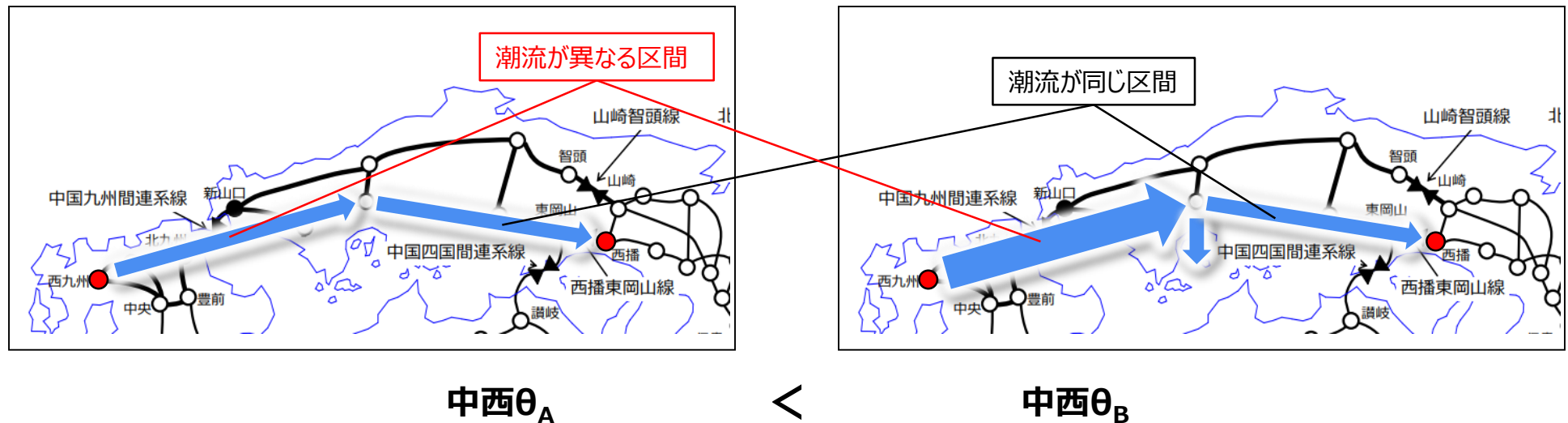
想定故障 A のシミュレーション波形（発電機位相角）

東向き計画潮流 + 90 万 kW 増加
（中国九州間連系線及び関西中国間連系線の東向き潮流：運用容量上限）



- 一方で、現状、中西安定度の指標として用いている中西 θ は、西九州から西播までの電氣的経路における各区分（変電所間）位相差の合計値で与えられ、一般的な運用容量の定義（潮流値）とは異なる管理となっている。
- これは、ある区間で流れる潮流が同じだったとしても、他の区間で流れる潮流が異なっていれば、中西 θ は異なる値になる場合があり（ある区間の潮流が目標値以内であったとしても、他の区間の潮流状況次第では、中西 θ としては運用目標値超過のおそれがあり）、中西安定度を各送電線の潮流値のみで管理することは困難なためである。
- 上記を踏まえ、**中西安定度の管理指標としては、現在の運用通り、中西 θ （位相差）を用いる※ことかどうか。**

※ 他方、中西 θ の管理指標が、現行の規程類の記載ぶりで問題ないか（あるいは修正が必要か）は別途整理が必要。（次頁参照）



ある区間の潮流が同じでも、中西 θ は異なる場合がある

- 同期安定性は、電気所間の位相差のねじれが増大することで不安定となる現象であり、本質的（技術的）には位相差で管理する方が正しく、他制約との平仄や管理しやすさも踏まえ（P- δ カーブの関係性に基づき簡易的に）潮流値により管理しているのが実態と考えられる。
- 他方、業務規程や送配電等業務指針では、同期安定性をはじめとした運用容量は潮流の限度値（最大値）で管理することと記載されているため、中西 θ の管理にあたり、現行の規程類の記載ぶりで問題ないか（あるいは修正が必要か）は別途整理を行うこととしたい。

業務規程

十七 「運用容量」とは、流通設備を損なうことなく、供給信頼度を確保した上で、流通設備に流すことのできる電力の最大値をいう。

送配電等業務指針

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

- 同期安定性制約では、安定限界潮流からフリンジを控除した値を運用容量としていることを考慮すれば、中西θの運用目標値についても、フリンジに相当する裕度を確保することが望ましい。
- この点、現状の中西θ運用目標値算出においても、常時潮流変動分の実測結果に基づく位相差の3σ値をフリンジ相当分としており、安定限度値からフリンジ相当分を控除した値を運用目標値としている。
- これは連系線運用容量におけるフリンジの考え方とも整合していることから、現状においては問題ない一方で、現在、同時市場導入や次期中給システム運開を見据え、将来のフリンジの考え方を詳細検討しているところでもあるため、その整理結果も踏まえ、**中西安定度における将来のフリンジの考え方については改めて検討すること**としたい。

将来課題①
第1年度のフリンジ量の算出方法の整理

35

■ 前章では、地域間連系線および地内送電線の実績データをもとに、フリンジ量を算出する方法を整理した一方で、**同時市場導入あるいは次期中給運開後の第1年度のフリンジ量の算出をどうするかが課題**となる。

■ この点、地域間連系線では、LFC広域調達開始（2027年度）以降であれば、同時市場導入あるいは次期中給システム運開後と概ね同様の調整力調達・運用となることから、**現行のKJCや広域LFC発動に伴う実績データから「GC時点およびSCED後の計画潮流」等に相当するフリンジ量の算出・分析が可能**である。

■ 他方で、地内送電線には上記データが存在しないため、**別途、一般送配電事業者と連携のうえ、同時市場導入あるいは次期中給システム運開までにフリンジ量算出方法の整理が必要**となる。

運用容量の算出に必要なフリンジ量の算出方法（前章まとめてお示した方法からの変更点を赤字記載）※1 KJCにおける調整量α

	地域間連系線	地内送電線
瞬間的な潮流超過を許容できない制約要因	① GC前の同時市場（調整力の調達） 「実績潮流－計画潮流（ P_0 ）」の3σ相当値	一般送配電事業者と連携のうえ整理要
	② GC後のSCED（EDCの予測制御） 「実績潮流－計画潮流（ $P_0 + \alpha^{*1}$ ）」の3σ相当値	
	③ SCED後の実需給（GF・LFCの事後制御） 「実績潮流－実績潮流10分周期成分」の3σ相当値※2	算出不要
瞬間的な潮流超過を許容できる制約要因	① GC前の同時市場（調整力の調達） 「実績潮流10分周期成分－計画潮流（ P_0 ）」の3σ相当値※2	一般送配電事業者と連携のうえ整理要
	② GC後のSCED（EDCの予測制御） 「実績潮流10分周期成分－計画潮流（ $P_0 + \alpha^{*}$ ）」の3σ相当値※2	算出不要
	③ SCED後の実需給（GF・LFCの事後制御） 算出不要	算出不要

※2 第6回本作業会でお示した「広域LFC機能の仕様」を前提として記載。（仕様変更により、系統制約を考慮しないLFC指令となる場合、地内送電線と同じ整理）

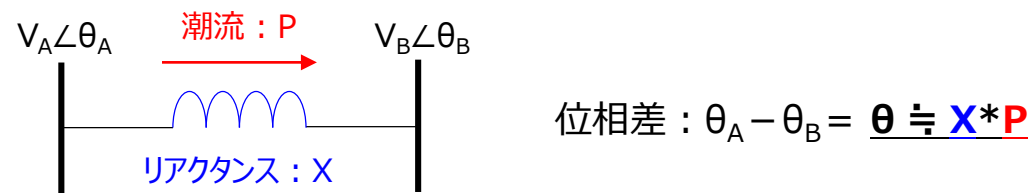
- 続いて、中西安定度（中西 θ という指標）を運用容量制約に反映するにあたり、具体的にどのようにSCUC・SCEDロジックへ組み込むかについて検討を行った。
- SCUC・SCEDロジックにおいては、発電機の機器制約や調整力確保制約だけでなく、地内送電線の運用容量のネットワーク制約など様々な制約条件を考慮した上で、電源起動・出力配分を行っている。
- この点、これらの制約条件に中西安定度（中西 θ ）に関する制約式を組み込むことで、中西安定度制約を考慮したSCUC・SCEDロジックが実現できる可能性があると考えられる。

ロジックの構築（制約条件の設定）		19
■ また、電源運用制約（揚水池容量制約等）や、系統運用制約（ ΔkW 確保制約・系統混雑制約）についても、一定程度考慮可能な仕様となっている。		
【電中研SCUCツールの主な制約条件】		
項目	内容	
電源運用制約	出力上下限制約	電源出力 (発電, 充放電) を指定範囲に制限
	出力変化速度制約	直前 (t-1) の時間断面からの出力変化量を指定値以下に制限
	運転継続時間制約	運転継続時間 (MUT) と停止継続時間 (MDT) を指定断面数以上に制限
	日間起動回数制約	日間の起動回数を指定値以下に制限
	サイト運用制約	指定の電源グループに対し、並解列台数・合計出力を指定範囲に制限
系統運用制約	蓄電量上下限制約	充電設備 (揚水, 蓄電池) の電力貯蔵量を指定範囲内に制限
	需給バランス制約	各エリア・各ノードにおいて電力需要と「電源出力合計 + 流入電力」が一致
	予備力制約	各エリアの運転予備力が指定値以上となるように対象電源の上げ代を確保
	調整力制約	各エリアの調整力が指定値以上となるように対象電源の上げ代・下げ代を確保
	ネットワーク潮流制約	各ブランチ (地域間連系線・地内送電線等) の潮流および各フェンス潮流を運用容量の範囲に制限
系統運用制約	系統慣性制約	系統容量に対する系統全体の慣性エネルギーを指定値以上に制限

中西安定度に関する
制約式の追加

- 具体的には、電気所間の位相差 θ は、簡易的に $\theta \div X * P$ （ X :送電線リアクタンス、 P :当該送電線を流れる潮流）で計算することができるため、一例として、「**西九州から西播までの $\Sigma(X * P) \leq$ 中西 θ の運用目標値**」となる制約条件を組み込むことで、**中西 θ が運用目標値を超過しないような、SCUC・SCEDロジックでの電源起動・出力配分（超過時は電源持替）が可能になる**と考えられる。

位相差の簡易計算



中西安定度に関する制約式の一例



$$\begin{aligned} \text{中西}\theta &= \theta_{\text{西九州-脊振}} + \dots + \theta_{\text{東岡山-西播}} \\ &= X_{\text{西九州-脊振}} * P_{\text{西九州-脊振}} + \dots + X_{\text{東岡山-西播}} * P_{\text{東岡山-西播}} \leq \text{中西}\theta \text{運用目標値} \end{aligned}$$

- 他方で、SCUC・SCEDロジックに前述の制約条件を追加する上では、様々な課題があると考えられる。
 - SCUC・SCEDは数理計画問題の一つであり、制約条件を追加することで解の収束性が悪化し、実行可能解を得ることが困難となる可能性がある
 - 制約条件の追加に伴う、システム上の影響（計算に必要なデータ項目の増加や計算時間の増加等）有無について評価・試験を行う必要がある
- したがって、中西安定度の運用容量制約への反映（制約条件の追加）に関しては、これら技術的な実現可否等について、引き続き、一般送配電事業者とも連携して検討していくこととしたい。

1. 中西安定度の運用実態や課題
2. 中西安定度の運用容量への反映方法
3. 中西安定度の維持・向上対策
4. まとめと今後の進め方

■ 前述の通り、中西安定度における想定故障は、送電線・電源線ルート断故障や片母線故障といった、N-2故障が対象であり、社会的影響を低減するという観点から、現状においても、**系統制御（電源制限および負荷制限）を織り込んで、中西θの運用目標値を維持・向上させていることは、合理的な対策である**と考えられる。

⑥ 電源制限・負荷制限の織り込み

- 電源制限、負荷制限：あり

同期安定性を維持するために、電源制限、負荷制限を行うことがある。

⑧ 想定故障

- 西九州から西播の基幹送電線の内、1ルート区間は1回線故障（同期安定性面でより過酷な片母線故障により代用）、2ルート区間は2回線故障を想定
- 西九州から西播までの2ルート区間の変電所片母線故障を想定
- 同期安定性に大きな影響を与える脱落規模の大きい電源線の2回線故障を想定

	対象線路（区間）及び変電所
基幹送電線2回線故障（三相6線地絡）	西九州～北九州、新山口～西播・山崎
片母線故障（三相地絡）	北九州、新山口
電源脱落故障（三相6線地絡）	幸田碧南線、西部西尾張線、西神戸線、橘湾火力線

送電インピーダンスが増大するため
必要に応じ電源制限で対応

東向き潮流が増大するため
必要に応じ負荷制限で対応

- そのため、将来的な中西安定度の悪化に対しても、まずは系統制御（電源制限および負荷制限）の適用により、中西安定度の維持・向上を図るのが基本になると考えられる。
- この際、中西安定度はエリア間を跨いだ事象であること、ならびに第6回本作業会（2025年3月14日）でお示したN-2故障における安定化の考え方を踏まえると、社会的影響を勘案の上、技術的に可能であれば、広域的な電源制限（広域電制）と負荷制限との組み合わせ※も許容可能としておくことが考えられる。
- 今後、将来的に中西安定度の悪化が顕在化した際には、上記の考え方に基づく中西安定度の維持・向上対策について検討していくこととしてはどうか。

※ まずは送電インピーダンスが増大する故障への適用が考えられるが、技術的には東向き潮流が増大する電源線ルート断故障への適用も考えられる。

N-2故障における安定化（系統制御の組み合わせ）の考え方について

28

- 現状のN-2故障時の事故波及防止は、系統安定化装置によって電制を行う方法と、部分的な脱調を許容し脱調分離リレーによる発電機解列を行う方法の二通りに分かれ、エリア毎に差異が見られた。
- これらの方法は、コストや事故確率等、様々な要因を勘案すると、どちらかが常に合理的な選択とはならないため、N-2故障における安定化では、**状況に応じてそれぞれ（電制・脱調分離リレー）を使い分ける**こととしてはどうか。
- また、系統制御の組み合わせ（電源制限＋負荷制限）については、許容する（実質電制量の上限がなく、制約要因としない）エリアと、許容しない（電制量上限により制約要因になる）エリアがそれぞれ存在するが、将来のことを考えると、何らかの統一的な考え方を定めておくことが望ましい。
- この点、安定化制御の起因事象（電制動作のきっかけとなる事故）がN-2故障であることを踏まえると、系統制御の組み合わせ（電源制限＋負荷制限）についても、N-2信頼度基準に準ずるのが整合的と考えられることから、**系統制御の組み合わせ（電源制限＋負荷制限）については、社会的影響を勘案の上、技術的に可能、かつ必要な箇所に対しては、負荷制限との組み合わせも許容可能としておくことが合理的**と考えられるのではないかと。
- 上記については、言い換えると、系統安定化装置または脱調分離リレーによる安定化を前提とし、それに伴う負荷制限を許容した運用（類型Ⅱまたは類型Ⅳ）をN-2故障における安定化の共通的な考え方とすることを指す。

- また、中西安定度の更なる維持・向上対策としては、例えば同期調相機やSTATCOMといった故障発生中の系統電圧維持に貢献し、同期安定性の改善が期待できる主回路機器の設置も考えられるところ。
- ただし、これら機器の設置および保守には相応のコストが必要となるため、機器の設置要否については、中西安定度の改善効果（混雑解消）と対策コストを考慮した上で検討する必要があると考えられる。

【参考】 同期調相機

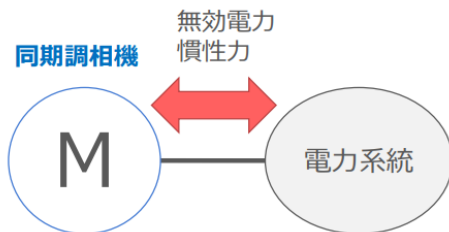
12

<特徴>

- 無負荷の同期電動機と同じであり、無効電力を調整することで電圧維持が可能
- 同期速度で回転しているため慣性力があり、周波数変化に応じて慣性力を出力
- 火力発電所のタービンを切り離せば同期調相機として使用可能

<課題>

- 回転機のため、保守コストが大きい



©Transmission & Distribution Grid Council

【参考】 STATCOM（スタットコム）

16

<特徴>

- 半導体スイッチによる無効電力制御により電圧を調整
- 電圧を維持することにより、同期化力が向上

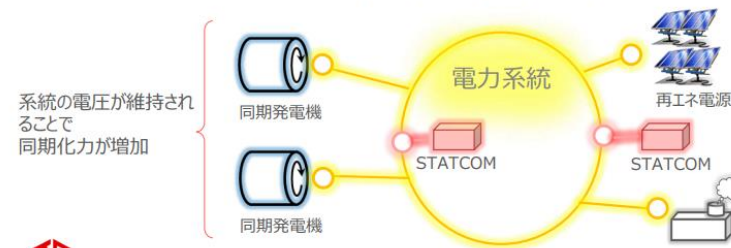
<課題>

- 慣性力改善効果はなし

$$\text{同期化力} = \frac{V_1 V_2}{X} \cos \delta$$

vを増加させることで同期化力は増加

V_1 : 送電端電圧、 V_2 : 受電端電圧
 X : 系統のインピーダンス
 δ : 受電側までの電圧位相差



©Transmission & Distribution Grid Council

1. 中西安定度の運用実態や課題
2. 中西安定度の運用容量への反映方法
3. 中西安定度の維持・向上対策
4. まとめと今後の進め方

- 今回、中西安定度の運用実態や課題を踏まえ、運用容量制約への反映について、下記のとおり整理を行った。
 - 同時市場ではSCUC・SCEDロジックによる広域大の混雑処理が検討されており、中西 θ についてもその枠組みの中で運用・管理していくことが効率的と考えられる
 - 中西安定度は、同期安定性制約の一つとして扱うことが本来的であり、その際、中西 θ （位相差）を用いて管理を行い、また、運用目標値については安定限度値からフリンジ相当分を控除した値とする（中西安定度における将来のフリンジの考え方については改めて検討）
 - 中西安定度の運用容量制約への反映については、中西安定度（中西 θ ）に関する制約式を組み込むことで実現できる可能性がある一方で、技術的な実現可否等については要検討
 - 将来的な中西安定度の維持・向上対策については、広域電制と負荷制限との組み合わせも許容可能としておくことが考えられる（同期調相機やSTATCOMといった主回路機器の設置も考えられる）
- こうした将来の中西安定度にかかわる課題については、引き続き、一般送配電事業者とも連携の上、検討を進めていくこととしたい。