

災害に強い電力供給体制の確認について

～ ブラックアウト発生の可能性の定期的な確認プロセスについて ～

2019年10月23日

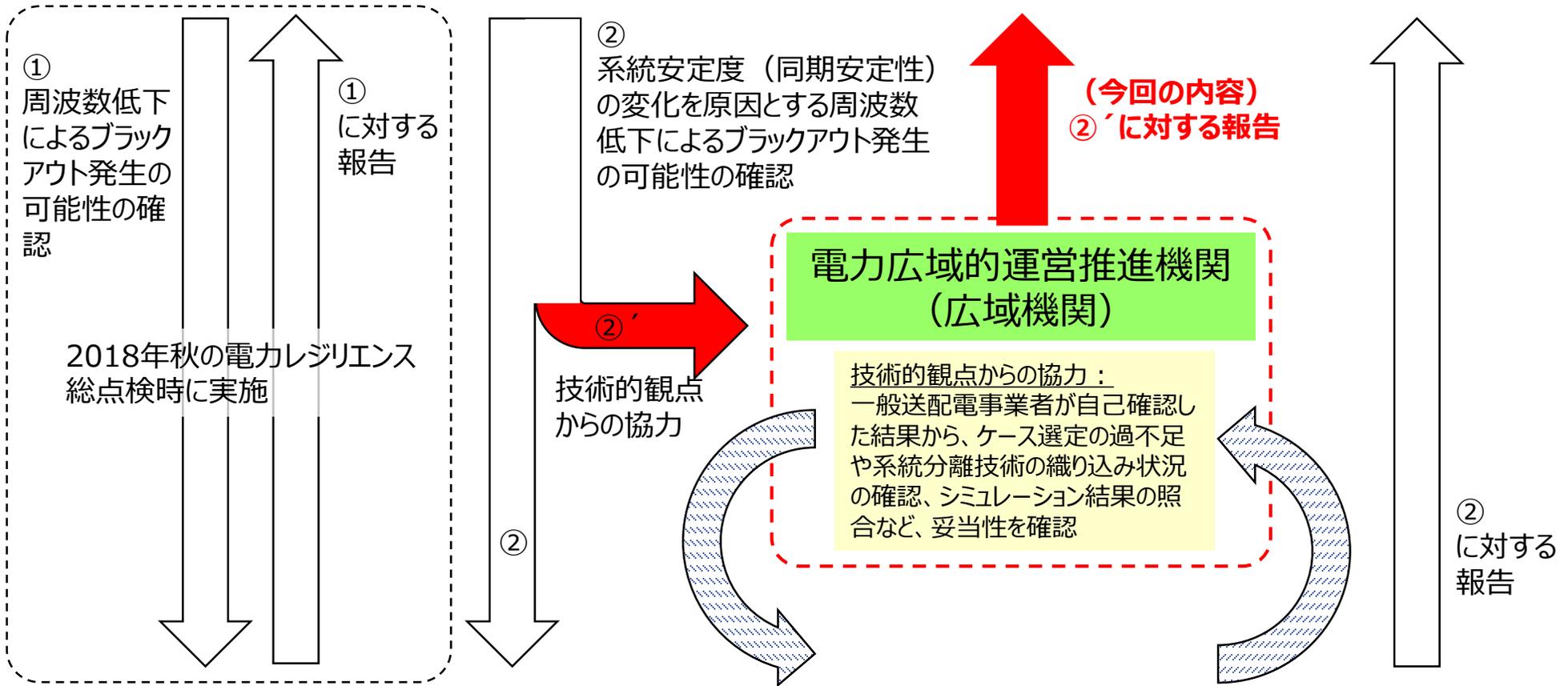
調整力及び需給バランス評価等に関する委員会 事務局

(余白)

- 2018年秋に発生した北海道胆振東部地震による北海道エリアのブラックアウトを踏まえ、国の審議会（電力レジリエンスワーキンググループ）において、電力レジリエンス総点検として各エリアのブラックアウト発生の可能性について審議・評価を実施。あわせて、2019年春までに一定の結論を得る中期対策の一つとして、今後、より精度を高めた形で、ブラックアウト発生の可能性を定期的に確認するプロセス（以下「確認プロセス」という。）を構築することが提言された。
- この提言を踏まえ、国の他の審議会（脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会）において、確認プロセスについて議論され、必要と判断される事象については広域機関の技術的観点からの協力も得ながら、今冬の需給検証と同時期に第1回目を実施することが整理された。
- この整理を踏まえ、広域機関事務局では、想定事象発生時の系統安定度（同期安定性）の変化を原因とする周波数低下によるブラックアウト発生の可能性について、一般送配電事業者が自己確認した結果の妥当性を確認した。
- 本日は、広域機関から国の審議会（電力・ガス基本政策小委員会）へ報告するにあたり、確認プロセスにおける検討条件を含め、ブラックアウトが発生する可能性の確認結果の妥当性について、確認いただきたい。

※ なお今後、国の審議会において、広域機関による確認結果の報告を踏まえ、今後の対応について審議予定。

国（資源エネルギー庁）及び
（脱炭素化社会に向けた電力レジリンス小委員会、電力・ガス基本政策小委員会）



一般送配電事業者

1. 経緯等

- (1) 電力レジリエンスワーキンググループにおける議論
- (2) 脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会における議論

2. ブラックアウト発生の可能性の確認

- (1) 判定方法・判定基準
- (2) 確認対象
- (3) シミュレーション条件・確認手順
- (4) シミュレーション結果

- 電力レジリエンス総点検で確認された内容
 - 東日本エリア、中西日本エリア、沖縄エリアについて、年間を通じた最過酷断面において、①最大電源サイトが脱落、②大規模電源サイト等に近接する4回線事故発生の場合においても、周波数低下によっては、必要に応じて運用対策等を実施することにより「ブラックアウトには至らない」ことが確認された。
- 電力レジリエンスワーキンググループ中間取りまとめの提言内容
 - 設備構成等は随時変化することから、2019年春までに一定の結論を得る中期対策の一つとして、電力インフラの総点検の方法をベースとしつつ、より精度を高めた形で、ブラックアウト発生の可能性を定期的に確認するプロセスを構築することが提言された。

電力レジリエンス総点検の趣旨（「電力レジリエンスワーキンググループ中間取りまとめ」より引用）

- 現在の日本の送電設備形成ルールは、合理的な国民負担（電力コスト）とのバランスを勘案しつつ、災害の多い日本の状況の中でも最大限安定供給を追及するとの考えに基づき、国際的にも一般的な「N-1基準」を超えて、N-2事故も想定した設備形成ルールを採用している。[参照：スライド21,22]
- 今般の北海道全域にわたる大規模停電（ブラックアウト）は、国際的にも一般的な考え方に照らせば、主として「N-3」+「N-4」の事故という複合要因により発生したことが確認されている。しかしながら、北海道民の方々に多大な御不便と御負担をかけたという事実を勘案すれば、国民負担等とのバランスも考えながら、災害に強い電力供給体制の構築を目指していくべきである。
- 以上の考えに基づき、電力レジリエンス総点検（ネットワーク全体）においては、今般発生した事案及び検証委員会の中間報告も踏まえ、検証を行った。

3. 電力レジリエンス総点検

(1) 各エリアにおける最大電源サイト脱落の点検

- 北海道エリア：電力広域機関の検証委員会で苫東厚真火力発電所の全機脱落時に備え、当面に関し、具体的な運用の在り方を含めて検証済み。2019年2～3月の石狩湾新港LNG火力発電所や新北本連系設備の運転開始後に苫東厚真火力発電所が全機脱落した場合に加え、泊原発の全機脱落ケースについても、今後、検証委員会のシミュレーションを踏まえた検証結果を踏まえた必要な対応を講じることを求めている。
- 東日本・中西日本エリア：それぞれのエリアについて、最過酷断面において最大電源サイト（東日本：富津火力発電所、中西日本：川越火力発電所）が脱落した場合においても、地域間連系線による緊急融通や周波数低下リレー（UFR）による負荷遮断等の周波数維持装置の動作により、「ブラックアウトには至らない」ことが確認。
- 沖縄エリア：最過酷断面において最大規模の発電所が脱落した場合には、ブラックアウトに至ることが否定できないが、運用面での対策（安定化装置/周波数低下リレー（UFR）の整定値（負荷遮断量及び時限）の見直し、太陽光最大出力時には最大火力サイトの出力を電源持ち替えにより抑制）を講じることを前提に「ブラックアウトに至らない」と評価。

(2) 大規模電源サイト等に近接する4回線事故の点検

- 北海道エリア：今回の北海道地震時に、送電線事故（N-4）が発生したことを踏まえ、適切な再発防止策を検討することとなり、必要な対策を講じることを前提に「ブラックアウトに至らない」と評価。
- 東日本・中西日本エリア：最上位の基幹送電線の電圧が、北海道エリアが27.5万Vなのに対して、50万Vで構成されている。50万V送電線は、①送電線と鉄塔設備までの距離が約2倍であること、②送電線の重さが約3～7倍であることから、同様の縦揺れが生じても余裕があると考えられるため、N-4事故が発生する蓋然性が低いと評価。その上で、仮に50万Vの主要送電線でN-4事故が発生した場合でもブラックアウトが発生しないことも確認済み。
- 沖縄エリア：主要送電線でN-4事故が発生しても、代替ルートが確保されており、「ブラックアウトに至らない」と評価。

- 脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会において、ブラックアウト発生の可能性の定期的な確認プロセスについて議論され、以下のとおり整理された。
 - 想定される最過酷断面において、①最大電源サイトが脱落した場合、②大規模電源サイト等に近接する4回線事故が発生した場合について、周波数低下によるブラックアウト発生の可能性のみならず、系統安定度（同期安定性）の変化を原因とする周波数低下によるブラックアウト発生の可能性についても確認の対象とすること。
 - 必要と判断される事象については、広域機関の技術的観点からの協力も得ながら、今冬の需給検証と同時期に第1回目を実施すること。

ブラックアウトリスクの定期的な確認プロセスのあり方について（案）

- 電力レジリエンスワーキンググループの検証時においては、北海道胆振東部地震によるブラックアウトと同様の事象である、①最大電源サイトが脱落した場合、②大規模電源サイト等に近接する4回線事故が発生した場合について、周波数低下によるブラックアウト発生の可能性について確認を行った。
- 電力インフラの総点検の方法をベースとしつつ、より精度を高めた形でブラックアウトのリスクを確認する観点から、想定される最過酷断面において、上記の①最大電源サイトが脱落した場合、②大規模電源サイト等に近接する4回線事故が発生した場合について、周波数低下によるブラックアウト発生の可能性のみならず、系統安定度（同期安定性）の変化によるブラックアウト発生の可能性についても確認の対象とすることとしてはどうか。
- 具体的な方法・進め方については、本日の議論も踏まえ、今後事務局において検討を進めるが、必要と判断される事象については、電力広域的運営推進機関の技術的観点からの協力も得ながら、今冬の需給検証と同時期に第1回目を実施することとしてはどうか。

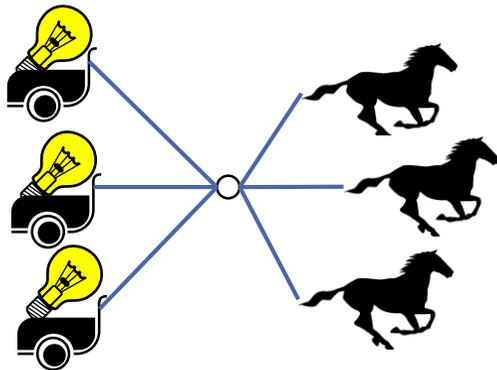
○系統安定度 (同期安定性)

- 電力系統には、多くの発電機が同期 (周波数が一致) して運転を行っている。
- 発電機が安定して運転継続できる度合いを系統安定度 (同期安定性) といい、送電線故障のような状態変化が発生すると、発電機は運転が継続できない不安定な状態になり、不安定な状態となった発電機は自動停止する。
- 送電線停止時の同期安定性が悪化するイメージは、下図で示すとおり。

電力系統全体のイメージ

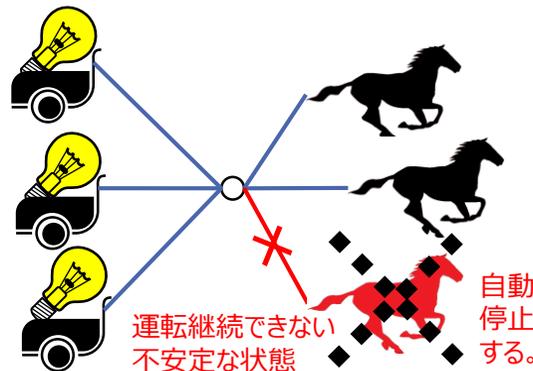


① 平常時の状況



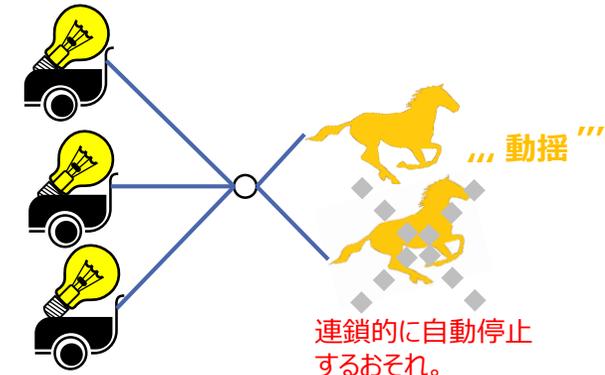
馬 (発電機) と荷車 (負荷) はロープ (送電線) でつながっている。
電力系統全体でバランスの取れた安定した状況。

② 送電線故障後の状況



ロープが切れる (送電線事故後) と、馬 (発電機) は加速し、不安定な状態となり自動停止する。

③ 発電機自動停止後の状況



残った馬 (発電機) の動揺が大きくなれば、さらに自動停止し、荷車 (負荷) のバランスが崩れ、電力系統全体が機能停止 (停電) する。

(余白)

1. 経緯等

- (1) 電力レジリエンスワーキンググループにおける議論
- (2) 脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会における議論

2. ブラックアウト発生の可能性の確認

- (1) 判定方法・判定基準
- (2) 確認対象
- (3) シミュレーション条件・確認手順
- (4) シミュレーション結果

2. ブラックアウト発生の可能性確認（手順・方法（概要））

(1) 判定方法・判定基準

- ・ シミュレーションで発電機の不安定な状態が波及しないかを確認し、一つのエリアの全域に及ぶ大規模な停電が発生するかを判断。

(2) 確認対象

- ・ 確認対象は以下の条件。
 - ① 大規模電源サイト（最大電源サイトを含む）の同時脱落
 - ② 4回線（2ルート）の送電線の同時停止

(3) シミュレーション条件・確認手順

- ・ 各一般送配電事業者間での検討内容を統一。
- ・ 送電線の運用容量の上限値で計算し、不安定となるケースを抽出。
- ・ 不安定となるケースに対して、送電線の運用実態を踏まえた過去最大潮流をもとに再計算し、ブラックアウト発生の可能性を確認。
- ・ ブラックアウト発生の可能性が否定できないケースに対して、その回避策と効果をシミュレーションで確認。

(4) シミュレーション結果

- ・ 確認結果とその回避策の妥当性をまとめ。

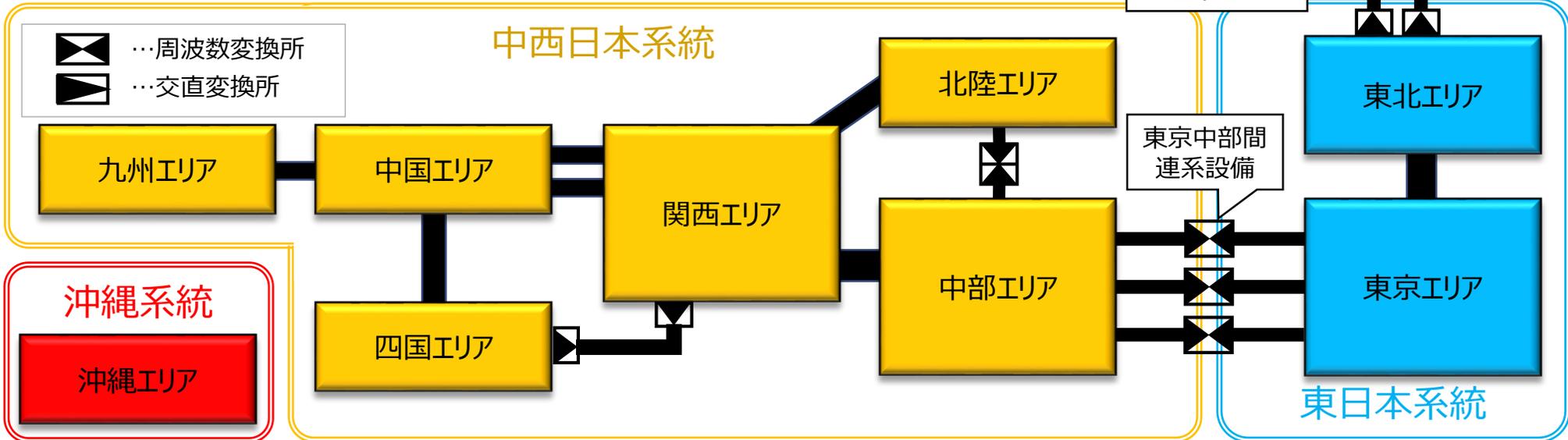
詳細は次スライド以降。

■ 今回の確認プロセスにおいては、一つのエリア※1の全域に及ぶ大規模な停電につながる事象の発生の可能性について確認を行った。



※1 各一般送配電事業者（10者）が管轄する供給区域をいう。

※2 交流同期される系統。日本は4つの同期系統となり、北海道系統、東日本系統、中西日本系統、沖縄系統に分けられる。



■ ブラックアウトが発生する可能性の判断は、以下のとおり。

➤ ブラックアウト発生の可能性「なし」

不安定になる発電機がない、あっても系統全体に波及せず範囲が限定され、供給力喪失規模は小さく、周波数低下の影響が軽微な場合

➤ ブラックアウト発生が否定できない

不安定になる発電機が相当数あり、連鎖脱落による供給力喪失規模が大きく、周波数低下が著しいと想定される場合

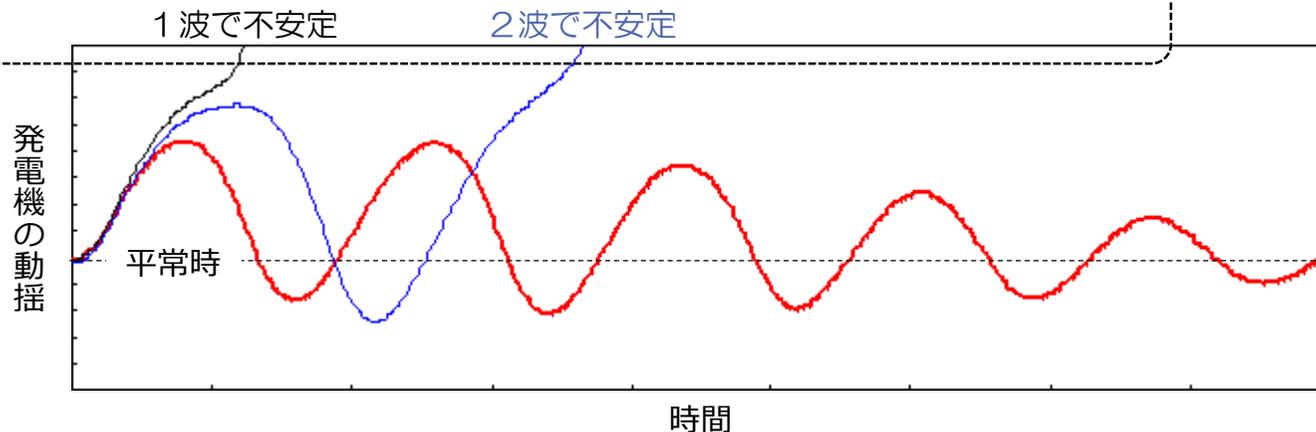
<発電機の安定性判定基準>

数十秒間シミュレーションで確認し、

(安定) 発電機の動揺がその後安定していること。(赤色)

(不安定) 発電機の動揺が収束しないもの。(黒または青色)

系統全体の発電機で不安定が確認された場合は、ブラックアウト発生の可能性が否定できない



安定
ブラックアウト発生の可能性「なし」

■ 2020年3月末時点での基幹系統の電力流通設備および発電設備を対象に、以下の事象を確認対象とした。

① 大規模電源サイト（最大電源サイトを含む）の同時脱落

② 4回線（2ルート）の送電線の同時停止

➤ ①については、最大電源サイト脱落が同期安定性で最過酷な電源脱落事象になるとは限らないため、最大電源サイト以外の大規模電源サイト脱落を追加した。

確認プロセスにおける確認対象

確認対象		確認事項
①	大規模電源サイト※1 の全ユニット同時脱落	同期安定性シミュレーションによる事象発生時の影響
②	大規模電源サイトや重要変電所※2 に接続する4回線（2ルート）の送電線の同時停止※3	<ul style="list-style-type: none"> ・発電機の停止規模 ・ブラックアウト発生の可能性の有・無

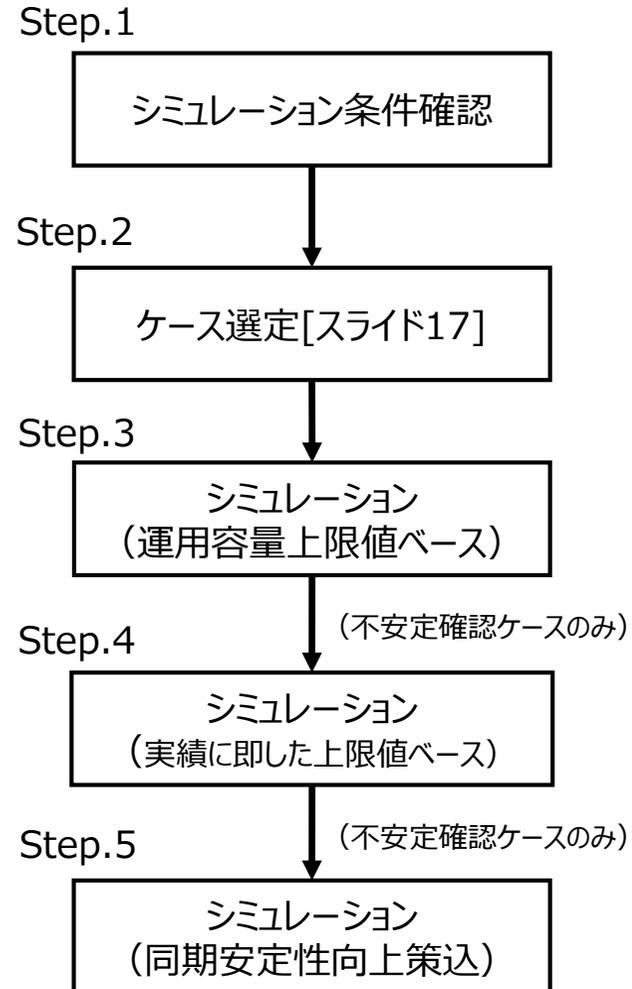
※1 合計出力10万kW以上の発電所 ※2 2ルート以上の送電線で接続される変電所 ※3 同一電圧階級の組合せ

基幹系統とは、電力系統全体の骨格をなす、送変電等設備をいう。確認プロセスにおける対象は、エリアごとに異なり下表のとおり。

北海道	東北・東京・中部 ・北陸・関西	中国 九州	四国	沖縄
27万5千V および 18万7千V	50万V および 27万5千V	50万V および 22万V	50万V および 18万7千V	13万2千V

- 各一般送配電事業者間での検討内容の水準を合わせるため、**広域機関および一般送配電事業者間でシミュレーション条件・確認手順を相互に確認し、シミュレーションを実施した。**
- シミュレーション条件
 - 想定する系統状況（時季、時間帯等）
 - (1)同期機の少ない状況
 - 負荷が少ない年末年始（1月夜間）または GW（5月夜間）
 - 再エネ等の出力が大きい端境期昼間（例：5月,10月の昼間最小）
 - (2)送電線潮流の多い状況
 - 年間需要最大時断面（夏季や冬季）
 - エリア地内潮流が大きくなる夜間揚水最大時（例：8月夜間）
- 確認手順
 - 右図のとおり。
- さらに**広域機関は、選定ケースの過不足やシミュレーション設定データの系統分離技術の織り込み状況等を確認した上で、広域機関内のシミュレーション環境でのシミュレーション結果と照合し、各一般送配電事業者の自己確認結果の妥当性を確認した。**

【確認手順】



※各ステップで、広域機関は、一般送配電事業者との検討条件の相互確認およびシミュレーション実施による結果確認で関与。

- 確認の対象となる①大規模電源サイトおよび②4回線(2ルート)の送電線(大規模電源サイトや重要変電所に接続するものに限る。)の組み合わせ(以下、「ケース」という。)を抽出した。
エリア毎の確認対象抽出ケース数およびシミュレーション実施ケース数は、以下のとおり。

同期系統	エリア	①大規模電源サイト脱落		②送電線4回線事故	
		確認対象抽出数	シミュレーション実施数	確認対象抽出数	シミュレーション実施数
北海道	北海道	10	2	52	16
東日本	東北	10	3	74	70
	東京	32	2	100	35
中西日本	中部	16	3	35	34
	北陸	4	2	16	13
	関西	26	2	97	29
	中国	13	4	52	52
	四国	8	4	57	27
九州	九州	14	4	47	47
	沖縄	6	2	31	9
合計	合計	139	28	561	332

確認対象抽出数とシミュレーション実施数の差異について[参照：スライド24]

①大規模電源サイト脱落

- ・ 4回線(2ルート)の送電線事故でサイト脱落するケース(②のケースに包含されるケース)
- ・ 電源線2回線で接続するサイトで1ルート断故障(N-2故障)に相当するケース

など

②大規模電源サイト等に近接する4回線事故

- ・ 変電所母線故障(3ルート断以上の故障)で問題なしを確認できる変電所の2ルート断の組み合わせケース
- ・ 故障後の潮流変化が、他の組み合わせに比べ小さいケース

など

- 一般送配電事業者が実施した同期安定性シミュレーションによるブラックアウト発生の可能性の確認結果は、下表のとおり。
- ブラックアウト発生の可能性が否定できないエリアにおいても、今回の確認プロセスでは、想定される最過酷断面におけるシミュレーションを実施したものであり、一般送配電事業者がブラックアウト発生を回避する対策案を講じることにより「ブラックアウトに至らない」と評価。[参照：スライド27～29]
- 広域機関は、一般送配電事業者からシミュレーション設定データの提出を受け、データの妥当性を確認し、また、広域機関内のシミュレーション環境により、シミュレーション結果を確認した結果、一般送配電事業者の上記自己評価は「妥当」と評価。

同期系統	エリア	評価
北海道	北海道	揚水動力の分散運転、一部発電機出力抑制等の運用対策を講じることにより、「ブラックアウトに至らない」
東日本	東北	「現状はブラックアウト発生の可能性なし」
	東京	系統安定化装置により高速に発電機を遮断するシステムを構築することにより、「ブラックアウトに至らない」
中西日本	中部	「現状はブラックアウト発生の可能性なし」
	北陸	「現状はブラックアウト発生の可能性なし」
	関西	「現状はブラックアウト発生の可能性なし」
	中国	系統安定化装置による電源制限および系統分離対策を講じることにより、「ブラックアウトに至らない」
	四国	「現状はブラックアウト発生の可能性なし」
九州	九州	系統安定化装置により高速に発電機を遮断するシステムを構築することにより、「ブラックアウトに至らない」
	沖縄	「現状はブラックアウト発生の可能性なし」

- 広域機関から国（資源エネルギー庁）及び国の審議会（電力・ガス基本政策小委員会）へ報告する内容として、

- ブラックアウト発生の可能性の確認プロセスの検討条件

- (1) 判定方法・判定基準
- (2) 確認対象
- (3) シミュレーション条件・確認手順

- ブラックアウト発生の可能性の確認結果

- (4) シミュレーション結果

は「妥当」と評価してよいか。

- 本日もいただいたご意見を踏まえ、今後、所要の修正を行い、理事会を経た上で、広域機関から国及び国の審議会への報告、資料の公表を実施することによいか。

(以降、参考資料)

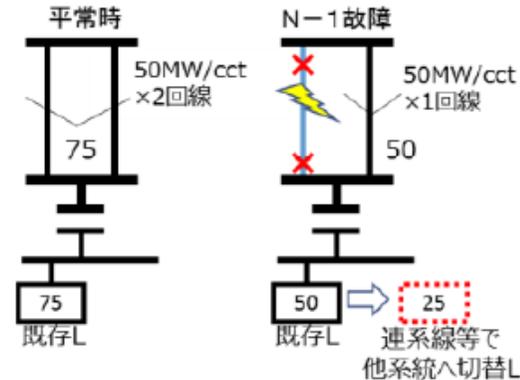
<補論 1 : N-1 基準>

図表 4-1 N-1 基準

〔概要〕

N-1故障が発生しても、短時間熱容量を超過させないようにして、停電させない設備形成とする。ただし、停電が発生する場合であっても供給支障の社会的影響が限定的である場合は、当該性能を充足しているものとする。

〔イメージ〕



送配電等業務指針

(電力設備の単一故障発生時の基準)

第64条 送配電線1回線、変圧器1台、発電機1台その他の電力設備の単一故障（以下「N-1故障」という。）の発生時において、電力系統が充足すべき性能の基準は次の各号に掲げるとおりとする。

- 一 熱容量 電力系統からN-1故障の発生箇所が切り離された後の各流通設備の潮流が、短時間熱容量（流通設備に電流が流れた際の当該設備の温度が、当該設備を短時間に限り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。以下同じ。）を超過しないこと
 - 二 電圧安定性 電力系統からN-1故障の発生箇所が切り離された後においても、電圧安定性が維持されること
 - 三 同期安定性 電力系統からN-1故障の発生箇所が切り離された後においても、発電機の同期運転の安定性が維持されること
- 2 前項に掲げる性能を充足しない場合であっても、次の各号に掲げる条件のいずれにも適合する場合には、当該性能を充足しているものとして取り扱う。
- 一 供給支障が発生しない場合、又は、供給支障が発生する場合であっても、供給支障の社会的影響が限定的である場合（1回線の配電線路から電気の供給を受ける需要場所において、当該配電線路のN-1故障により供給支障が発生する場合を含む。）
 - 二 発電支障が発生しない場合、又は、発電支障が発生する場合であり、次に掲げる事項を満たすとき
 - ア 当該発電支障による電力系統の電圧安定性、同期安定性及び周波数に対する影響が限定的であること
 - イ 発電抑制（給電指令（第189条に定める。以下同じ。）により発電設備等の出力の抑制又は電力系統からの電氣的な切り離しが行われることをいう。以下同じ。）の対象となる発電設備等を維持・運用する電気供給事業者がN-1故障時における発電抑制の実施に合意していること及び当該電気供給事業者が、当該同意に基づく給電指令に応じ、発電抑制を実施することができる体制及び能力を有すること（保護継電器等により確実に発電抑制を実施できる場合を含む。）
 - ウ その他発電抑制を許容することによる電気の供給、公衆の保安等に対するリスクが大きいこと

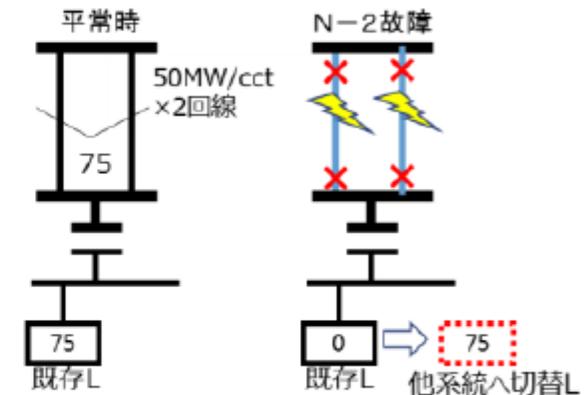
<補論2：N-2基準>

図表4-2：N-2基準

〔概要〕

N-2故障が発生しても、社会的影響が大きくなることが懸念される場合は、これを軽減させるための対策を検討する。また、それを超える事故等については、可能な限り限定的な停電は許容する。ただし故障の影響を他の系統へ波及させないようにする。

〔イメージ〕

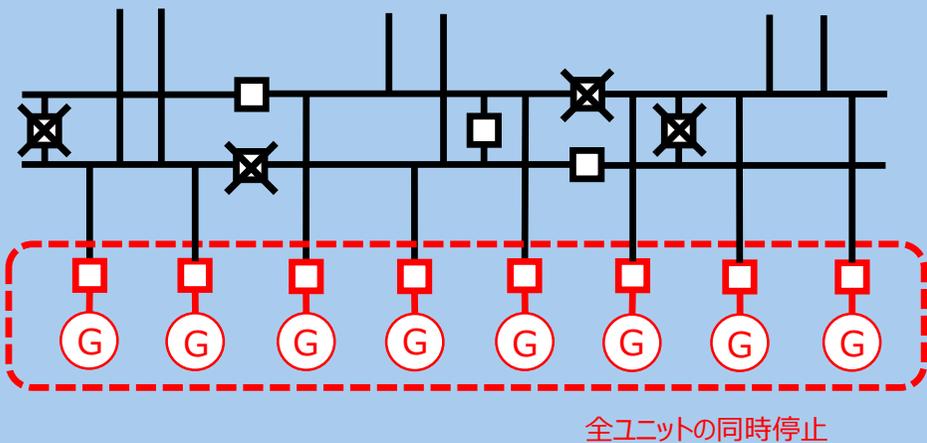


送配電等業務指針

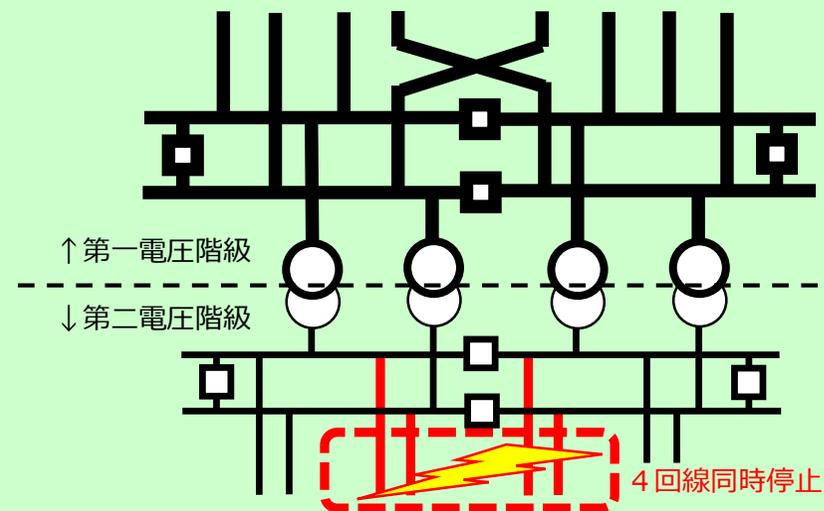
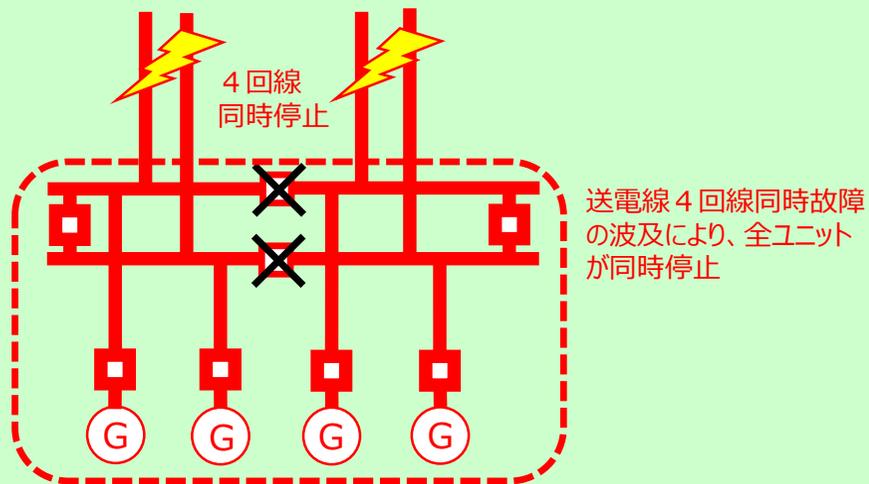
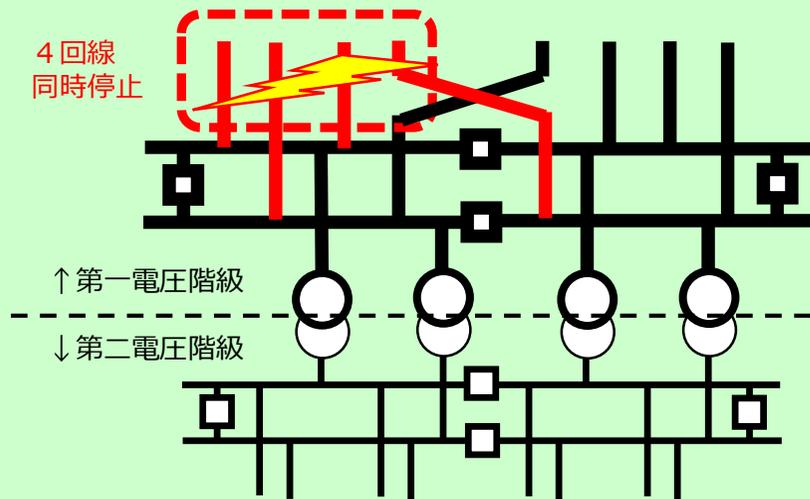
(電力設備の2箇所同時喪失を伴う故障発生時の対策)

第66条 本機関又は一般送配電事業者は、送配電線、変圧器、発電機その他の電力設備の2箇所同時喪失を伴う故障が発生した場合において、当該故障に伴う供給支障及び発電支障の規模や電力システムの安定性に対する影響を考慮し、社会的影響が大きいと懸念される場合には、これを軽減するための対策の実施について検討する。

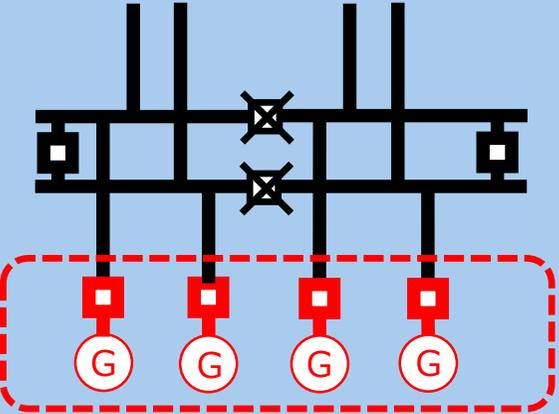
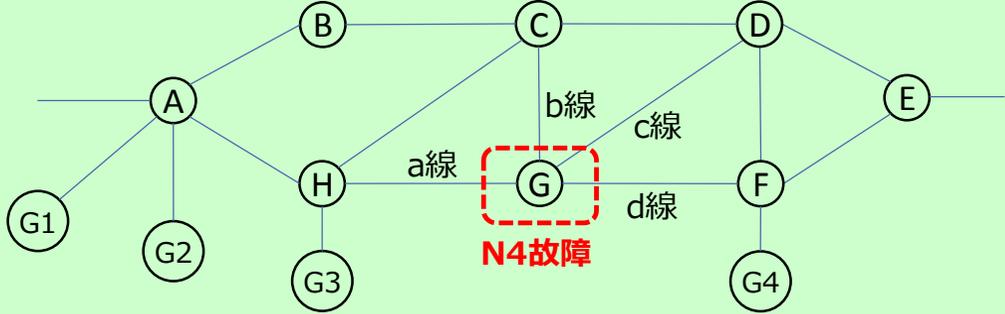
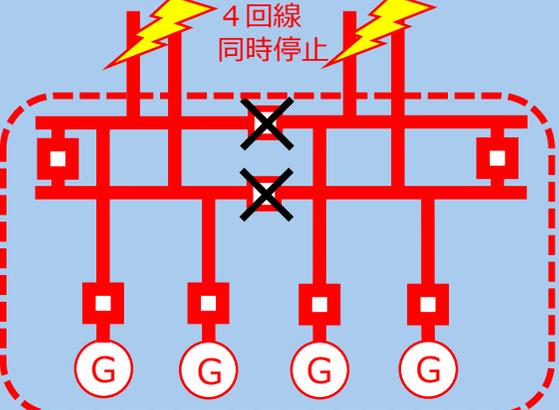
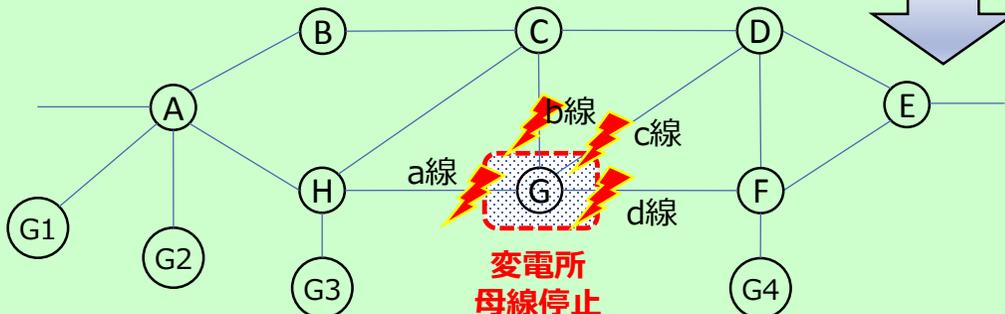
発電所



送電線

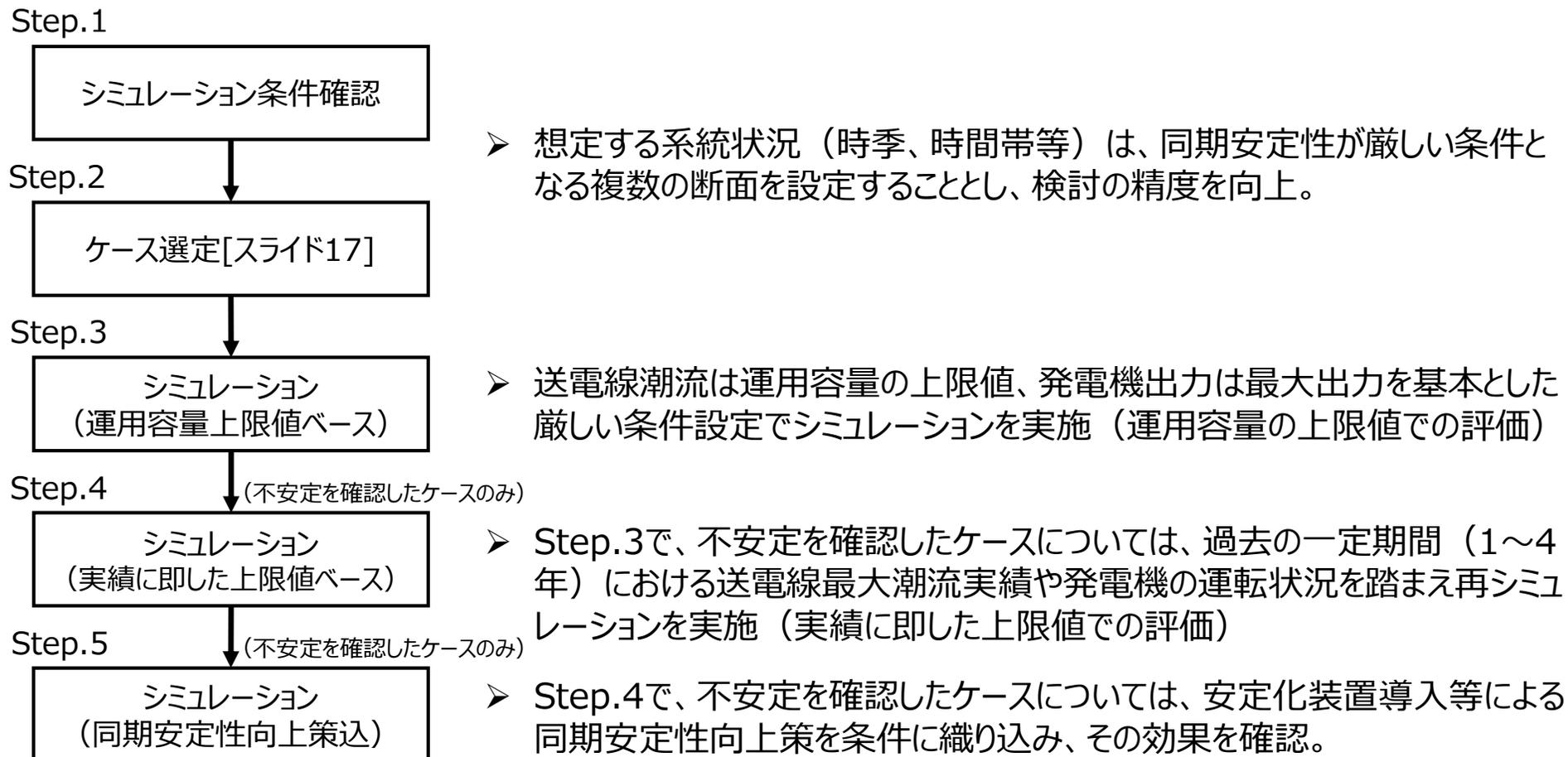


同期安定性のシミュレーションを効果的かつ効率的に行うため、下表のように技術的に代替可能なケースについては、代替ケースの検討により、シミュレーション総数の削減を図った。

発電所	送電線
 <p>全ユニットの同時停止</p>	 <p>G変電所の4回線同時故障の組合せは、①a-b②a-c③a-d④b-c⑤b-d⑥c-dの6ケースの検討が必要。[${}_4C_2 = 4 \times 3 \div 2 \times 1 = 6$]</p>
 <p>4回線同時停止</p> <p>送電線4回線同時故障の波及により、全ユニットが同時停止</p>	 <p>G変電所の母線停止 (全4ルート同時故障) で一括して検討</p>
<p>系統への影響が同等（発電機の4台同時停止）であり、上の確認（大規模サイト停止）を下の確認（送電線4回線事故）で代替した事例。</p>	<p>引き出し送電線ルート数が多い重要変電所において、系統への影響がより過酷（変電所母線停止）なもので一括して確認。上の確認（4回線停止×6ケース）を下の確認（変電所母線停止）で代替した事例。</p>

■ 各一般送配電事業者間での検討内容の水準を合わせるため、広域機関および一般送配電事業者間で検討条件・検討手順を相互に確認し、シミュレーションを実施した。

【検討手順】



(検討条件)

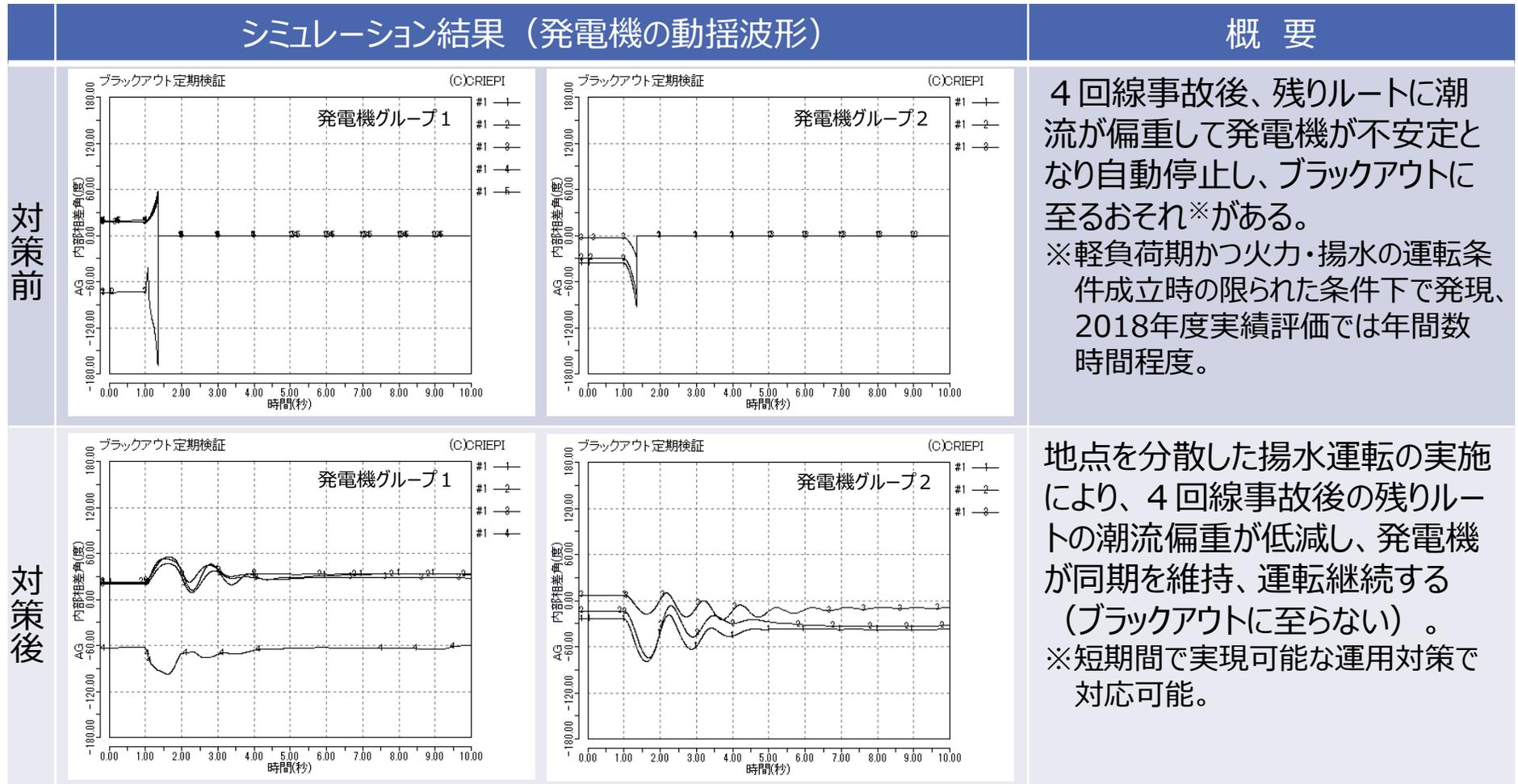
- 流通設備・発電設備
2020年3月末時点での電力流通設備および発電設備とする。
- 想定する系統状況 (時季、時間帯等)
 - (1)同期機の少ない断面
 - └ 負荷が少ない年末年始 (1月夜間) または GW (5月夜間)
 - └ 再エネ等の出力が大きい端境期昼間 (例: 5月,10月の昼間最小)
 - (2)送電線潮流の多い断面
 - └ 年間需要最大時断面 (夏季や冬季)
 - └ エリア地内潮流が大きくなる夜間揚水最大時 (例: 8月夜間)
- 送電線潮流設定
検討断面において過酷となる方向の運用容量上限値を基本とする。(運用容量上限値での評価)
不安定な発電機が確認されたケースは、過去最大実績を考慮して再設定する。(実績を踏まえて想定される上限値での評価)
- 発電機出力設定
 - (1)大規模電源サイトの発電機出力は全ユニット最大出力とする。[大規模電源サイト停止]
 - (2)検討断面における同期安定性の確認対象発電機は最大出力とする。[送電線4回線同時故障]
 - (3)原子力は再稼働の有無に関わらず検討対象とする。
- 系統分離技術 (系統安定化装置等の動作) の織り込み
故障様相から電圧・潮流等の変化を確認し、系統分離技術 (系統安定化装置※¹、電源制限※²装置、脱調分離リレー※³等の動作) を見込む。

※¹ あらかじめ想定した大規模電源脱落に伴う系統不安定現象軽減の為、電源の一部を緊急遮断するまたは、周波数低下防止の為、需要を強制停電する装置のこと。

※² 電力系統内の異常に際して、系統の崩壊を防止するため、一部の電源を緊急遮断または出力制限すること。

※³ 電力系統内の異常に際して、不安定な発電機を検出し、その影響が他系統へ波及するのを防止するために電力系統を分離させるもの。

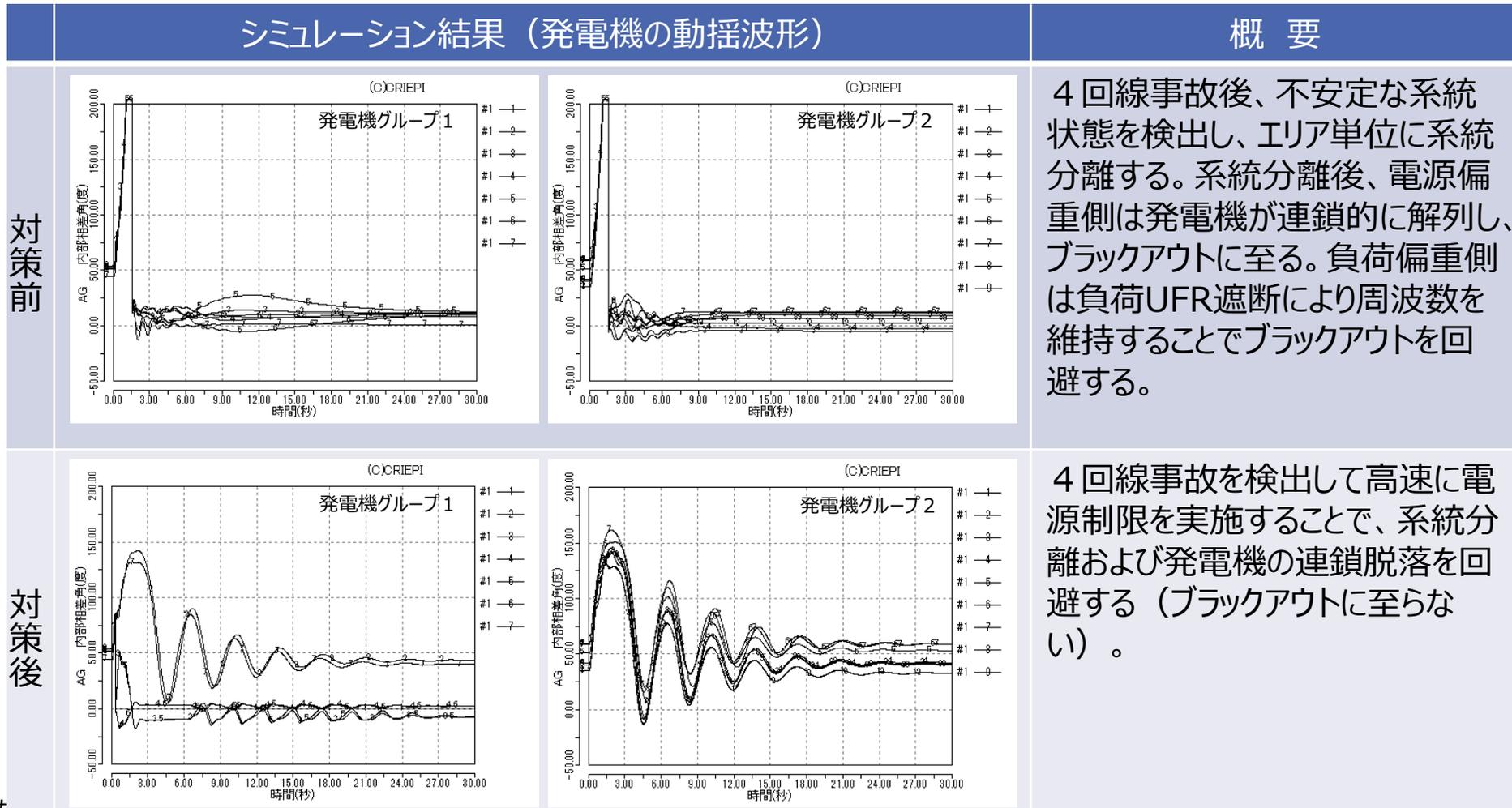
- 軽負荷期に揚水運転地点を集中させずに、揚水運転地点を分散させることによる運用対策案。
- 4回線（2ルート）事故後の残りルートの重潮流化を低減することにより、全発電機は同期を維持し、運転継続できる（ブラックアウトに至らない）ことを確認した。



- 系統安定化装置 (4回線事故に対応した電源制限実施) による対策案。
- 4回線 (2ルート) 事故後、一部の発電機を高速遮断することにより、その他の発電機は同期を維持し、運転継続できる (ブラックアウトに至らない) ことを確認した。[参考: スライド30]

シミュレーション結果 (発電機の動揺波形)		概要
対策前		<p>4回線事故後、脱調分離リーにより複数の単独系統に分離、各系統は発電機の不安定事象が継続して系統の同期安定性の維持が困難となり、ブラックアウトに至るおそれがある。</p>
対策後		<p>4回線事故後、系統安定化装置により、高速に適正な発電機を遮断することで系統分離を防止し、発電機が同期を維持、運転継続する (ブラックアウトに至らない)。</p>

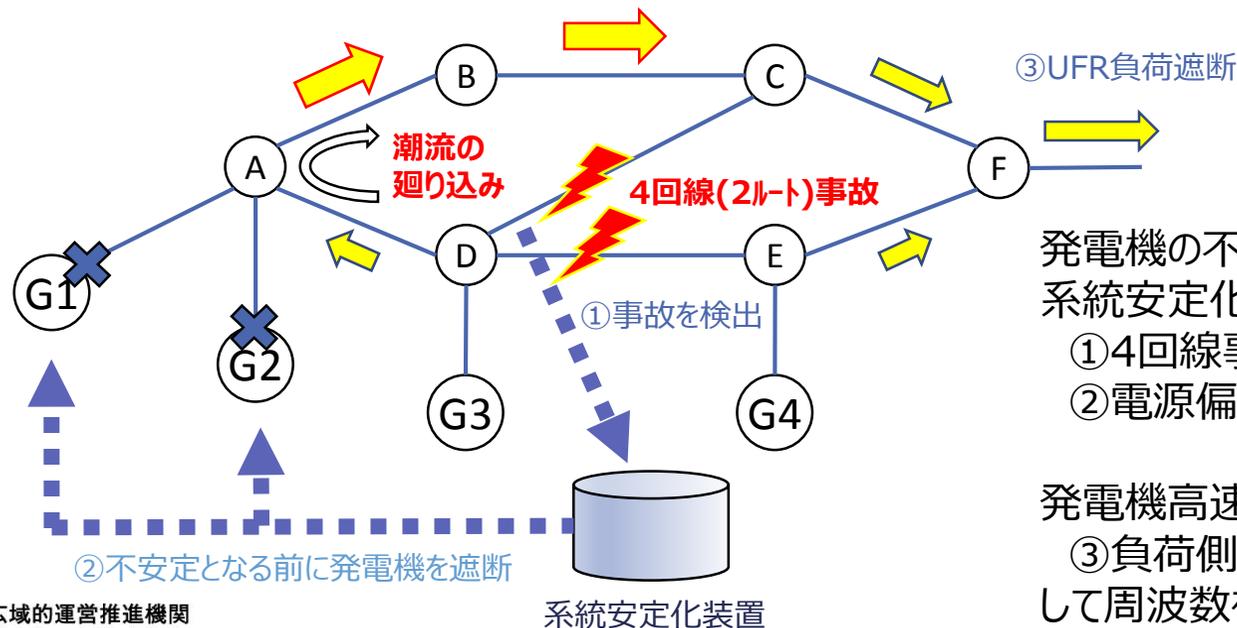
- 系統安定化装置 (4回線事故に対応した電源制限実施) による対策案。
- 4回線 (2ルート) 事故後、一部の発電機を高速遮断することにより、その他の発電機は同期を維持し、運転継続できる (ブラックアウトに至らない) ことを確認した。[参考: スライド30]



- 同期安定性を維持するための対策としては、電力系統でのルート断故障等の過酷事象発生時に、複数の発電機が不安定となり、連鎖的に自動停止する前に、系統安定化装置により必要最小限の電源を遮断して系統から切り離す等の措置（運用対策）が考えられる。
- なお、「平成30年北海道胆振東部地震に伴う大規模停電に関する検証委員会最終報告」では、ブラックアウト再発防止策の基本的な考え方として、大規模電源サイト等に近接する4回線事故のような稀頻度リスクについては、設備形成ではなく、運用によって連鎖的な事故にならないように対策を講じることを補論に記している。

【対策例】

系統安定化装置による電源制限



発電機不安定事象が、連鎖的に発生する前に系統安定化装置にて

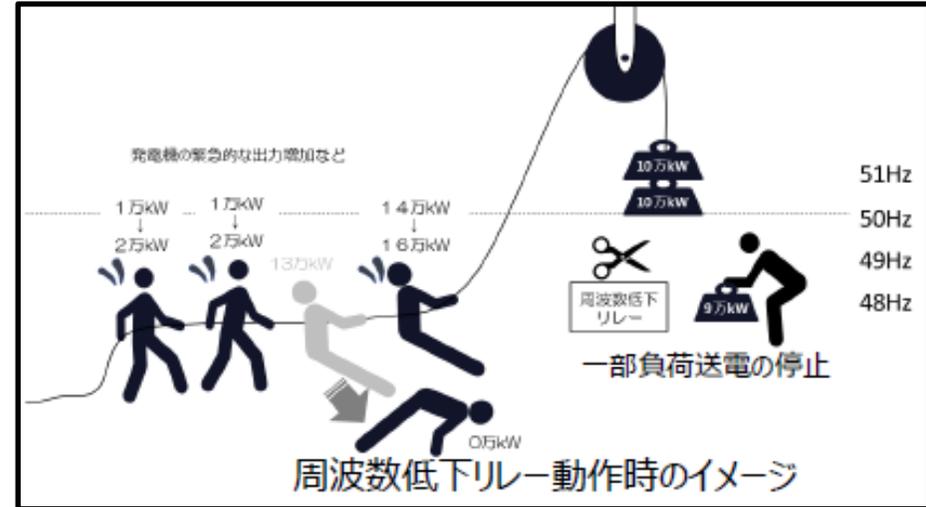
- ① 4回線事故を検出
- ② 電源偏重側の発電機を必要なだけ高速遮断

発電機高速遮断による周波数の低下に対しては③ 負荷側UFR遮断 [参照：スライド31]を実施して周波数を回復し、広域的な停電を回避する。

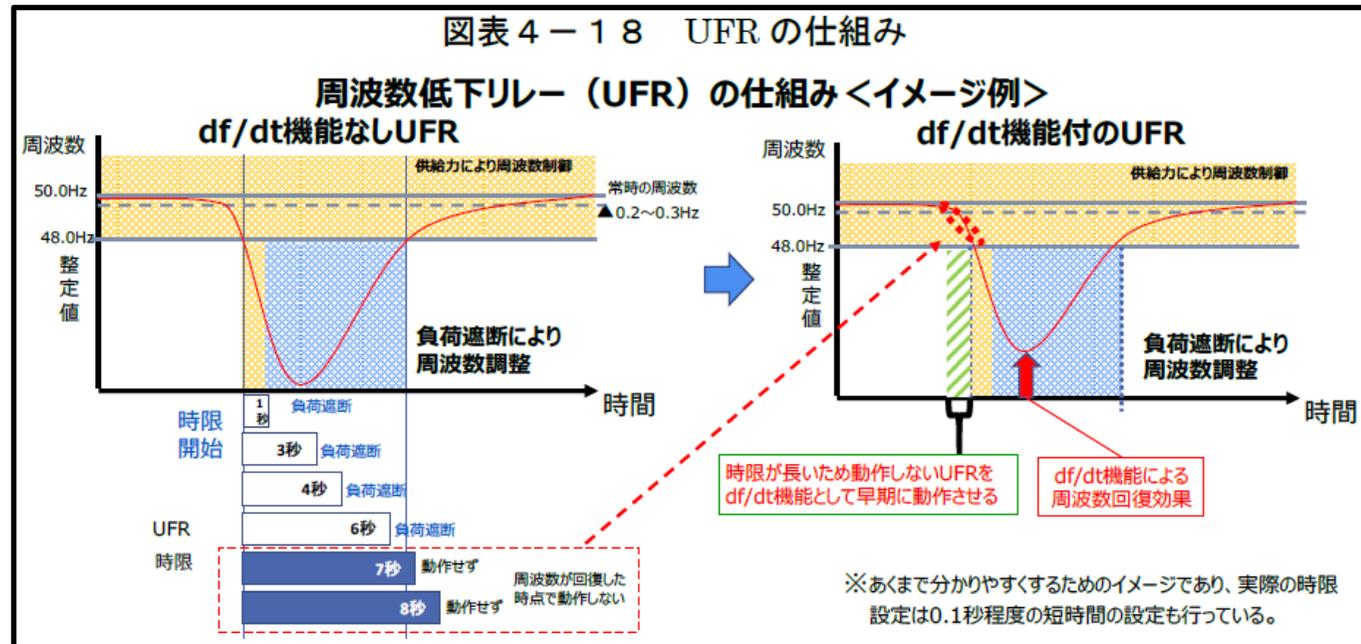
周波数が大幅に低下した状態では、発電機が安定的に運転できないため、順次停止する場合があります。

対策として、周波数低下リレー (UFR) による一部負荷の送電停止がある。周波数低下が一定時間、一定周波数以下となった場合に左図のように周波数低下リレーが動作する。

リレーは定めた条件で自動で発電機や需要などを系統から切り離す装置であり、周波数低下リレーによる負荷送電停止においては、社会的影響を考慮するとともに公平性に配慮し一定量の需要を切り離す。



周波数低下リレーによる一部負荷送電の停止を行った場合、右の図表のように周波数回復効果が期待できる。



○送配電等業務指針 (抄)

(電力設備の単一故障発生時の基準)

第64条 送配電線1回線、変圧器1台、発電機1台その他の電力設備の単一故障 (以下「N-1故障」という。)の発生時において、電力系統が充足すべき性能の基準は次の各号に掲げるとおりとする。

- 一 熱容量 電力系統からN-1故障の発生箇所が切り離された後の各流通設備の潮流が、短時間熱容量 (流通設備に電流が流れた際の当該設備の温度が、当該設備を短時間に限り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。以下同じ。)を超過しないこと。
- 二 電圧安定性 電力系統からN-1故障の発生箇所が切り離された後においても、電圧安定性が維持されること。
- 三 同期安定性 電力系統からN-1故障の発生箇所が切り離された後においても、発電機の同期運転の安定性が維持されること。

(電力設備の2箇所同時喪失を伴う故障発生時の対策)

第66条 本機関又は一般送配電事業者は、送配電線、変圧器、発電機その他の電力設備の2箇所同時喪失を伴う故障が発生した場合において、当該故障に伴う供給支障及び発電支障の規模や電力系統の安定性に対する影響を考慮し、**社会的影響が大きいと懸念される場合には、これを軽減するための対策の実施について検討する。**