

広域的な負荷制限の在るべき姿について

2025年3月14日

将来の運用容量等の在り方に関する作業会 事務局

- 第4回本作業会（2024年12月5日）において、緊急時における負荷制限の在るべき姿について整理し、その中で広域的な負荷制限（以下「広域負荷制限」という。）については、広域ブロック単位での計画停電と同様の考え方とする方向性を提示した。
- この点に関し、第104回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会（以下「調整力等委」という。）において、オブザーバより広域負荷制限については広域ブロック単位での計画停電と同様と括れるものと、そうでないものがあり、それらの課題は現時点でも生じ得ることから、検討を進める必要性について言及いただいた。
- こうした状況を踏まえ、今回、広域負荷制限の在るべき姿について深掘り整理を行ったことから、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	再エネ大量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電制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	電制対象箇所への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	電制対象箇所への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、考え方の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	電制対象箇所への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

- 本検討に関しては、第4回本作業会での整理に基づき、広域ブロック単位での計画停電の考え方を参考にしつつ、計画停電と負荷制限の差異を踏まえて整理することとする。

【制度 1 - 4】広域負荷制限の在り方（2 / 2）

21

- 広域負荷制限と広域計画停電は、N-2事故時かN-0での需給ひっ迫（ただし、計画停電に至るまでには様々な設備の計画外停止などが生じている可能性大）、系統安定化システムやUFRによる自動制御か系統運用者によるハンド対応か、という違いはあるものの、どちらも広域的な大規模停電の回避を目的としている点では共通している。
- そのため、仮に広域負荷制限を実施していく際には、広域ブロック単位での計画停電の考え方と同様となるか。
- ただし、広域計画停電においても、「広域ブロック単位での計画停電の実施については、国民的な理解を得ることが欠かせない」と整理されている。このため、広域負荷制限についても、その必要性や実現可能性について広域機関、国、そして一般送配電事業者が連携して取り組んでいくべき課題と言えるか。

	広域負荷制限	広域ブロック単位の計画停電
目的	広域的な大規模停電の回避	広域的な大規模停電の回避
想定故障	N-2事故	N-0での需給ひっ迫 (ただし、計画停電に至るまでに様々な設備の計画外停止の可能性大)
実施方法	自動制御 (系統安定化システムまたはUFR)	ハンド対応 (系統運用者が実施)

第104回調整力等委（2024年12月27日）資料3 将来の運用容量等の在り方に関する作業会における検討状況について（報告）

（岸オブザーバー）

- 27ページの広域的な負荷制限の在り方は、広域ブロック単位の計画停電の考え方と同様という記載があるが、ここをもう少し具体的に項目化すると、同様と括れるものと、そうでないものがあると考えている。
- 括れるものとしては、負荷送電時のPVの見込み方である。計画停電時及びUFR動作などによる負荷制限時において、PVが見込めないと、負荷送電時に需給バランスが更に悪化する恐れがある。その場合、計画停電時は、次の時間帯で停電量を増やさないといけない等の懸念もあり、負荷送電時は更にUFRが動作し、停電エリアが拡大する等の懸念もあるかと認識している。
- 他方で、括れないものとしては、具体的にはUFRの保有量や広域的な復旧の考え方かと考える。需給アンバランスで、広域的に停電させることを考えていくのであれば、負荷制限等の停電側だけではなく、送電側もルールが必要ではないかという課題の提起をさせていただく。複数エリアを跨ぐ広範囲停電が発生した場合は、現時点でも課題になってくるので、広域的な考え方を是非お示しいただきたい。
- 一般送配電事業者としてもこの検討には協力して参りたい。今、提起した件については、検討の場はもしかすると別の審議会になっているかも知れないが、重要な観点かと捉え発言させていただいた。

1. 緊急時の負荷制限の在り方（振り返り）
2. 広域負荷制限検討の位置づけ
3. 広域負荷制限の在るべき姿の整理
 - （１）広域負荷制限の位置づけ
 - （２）負荷制限の実施単位
 - （３）エリア間の分担比率
 - （４）制御方式
 - （５）負荷制限実施後の復旧方針
4. まとめ

1. 緊急時の負荷制限の在り方（振り返り）
2. 広域負荷制限検討の位置づけ
3. 広域負荷制限の在るべき姿の整理
 - （１）広域負荷制限の位置づけ
 - （２）負荷制限の実施単位
 - （３）エリア間の分担比率
 - （４）制御方式
 - （５）負荷制限実施後の復旧方針
4. まとめ

- 電力系統においては、N-1故障では原則供給支障（および発電支障）を許容せず、N-2故障で社会的影響が大きいと懸念される場合は別途対策を検討する、という考え方のもとで設備形成が行われてきた。
- 負荷制限とは、こうしたN-2故障発生時の社会的影響を軽減するための対策の一つとして挙げられる。

（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。

2 前項各号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。）

（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若しくは配電事業者は、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。

- 前述の考え方より、運用容量の拡大については、可能な限り社会的影響を低減するという観点から、基本的には系統増強による運用容量拡大が望ましい姿といえる。
- 他方、系統増強に必要な費用・工期などを考慮したうえで、技術的に可能、かつ必要な箇所に対し、社会的影響が限定的（ex.早期復旧が図れる等）な範囲で補完的に負荷制限を適用することも、電力設備を有効活用する観点では合理的といえる。

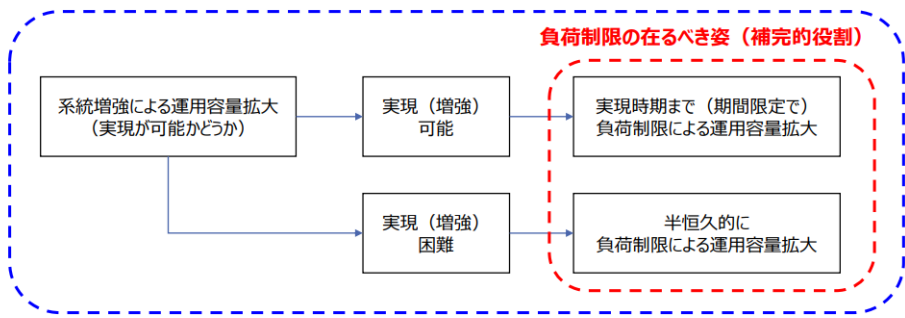
議論の前提（建付けの明確化）

9

- 系統制御（負荷制限）を用いた運用容量拡大は、発雷時や作業時には運用容量が低下すること、また、稀頻度とはいえ負荷制限といった社会的影響も有り得る対策であることから、連系線・地内送電線に依らず、基本的には、系統増強による運用容量拡大が、まずもって系統全体として望ましい姿といえる。
- 他方で、系統増強（多ルート化）は膨大な費用・工期がかかる対策であることから、増強予定箇所に対する期間限定、または増強困難※箇所に対し半恒久的に適用といった補完的な方策が、系統制御（負荷制限）を用いた運用容量拡大の建付けといえる。
- 上記のような建付け（補完的役割）の元、負荷制限の在るべき姿を議論（整理）することとしたい。

※ B/Cが小さい、そもそも施工が実現できない等

系統増強と負荷制限の効率的な組合せ

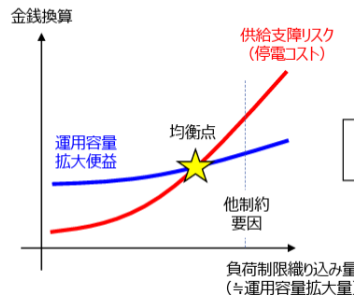


【制度1－2】負荷制限の社会的影響（トレードオフ）

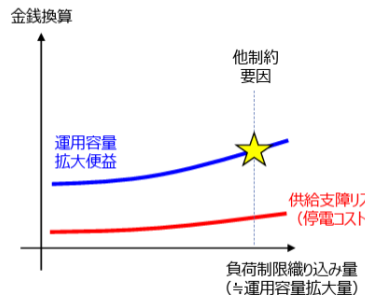
15

- 負荷制限の織り込みは運用容量拡大と供給支障リスクのトレードオフの関係となるため、厳密に言えば、運用容量拡大便益と供給支障リスク（停電コスト）が均衡する点が社会的に最も合理的な織り込み量となる（下左図）。
- 一方、基幹系統のルート断（N-2）故障の発生確率は非常に小さく、供給支障リスク（停電コスト）は早期復旧が図れる（停電時間が短い）限り非常に小さくなるため、運用容量拡大の経済的な便益と停電コストを貨幣価値換算して比較する場合、実質的にトレードオフの関係は成立しない（下右図）。
- この点、だからこそ大宗の地内系統において周波数維持制約を設けていない（技術的に可能、かつ必要な分だけ、負荷制限を織り込んでいる）と言え、基本的には地域間連系線にも同様の考え方を適用すべきと考えられる。
- ただし、留意事項である早期復旧可否によっても本取扱いが変わり得るため、次論点でこの点を深掘ることとしたい。

【トレードオフ曲線のイメージ】



【実際のトレードオフ曲線】



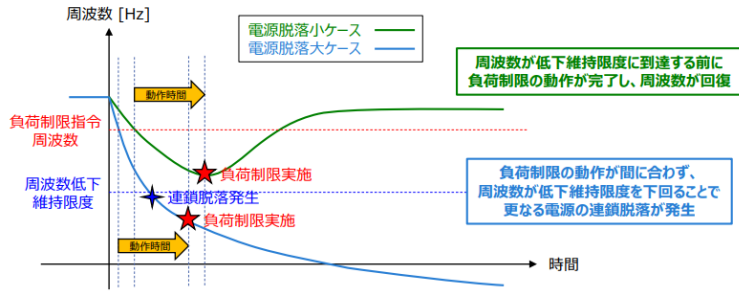
■ 前述の「技術的に可能」という点については、系統規模に対する電源脱落の割合や、想定外故障発生時のブラックアウトリスクへの対応等といったいくつかの技術的要素から、負荷制限の織り込み可能量が決まることもお示した。

【技術 2 - 1】対応可能な電源脱落率

23

- 負荷制限の技術的限界を論じる上では、負荷制限による対応（周波数回復）が可能な電源脱落の規模かどうかといった観点も大事になると考えられる。
- 具体的には、電源脱落規模（系統規模に対する電源脱落の割合）が大きくなるほど、周波数変化率や電圧変動などが大きくなり、負荷制限の動作遅延※や更なる電源の連鎖脱落などの影響が懸念される。
- 上記を踏まえると、電源脱落に対して制御が間に合うか（系統崩壊の防止に有効か）という観点からは、単純な絶対値だけではなく、相対値（系統規模に対する電源脱落の割合）によっても負荷制限の技術的限界（運用容量の拡大幅）が決まることになるか。

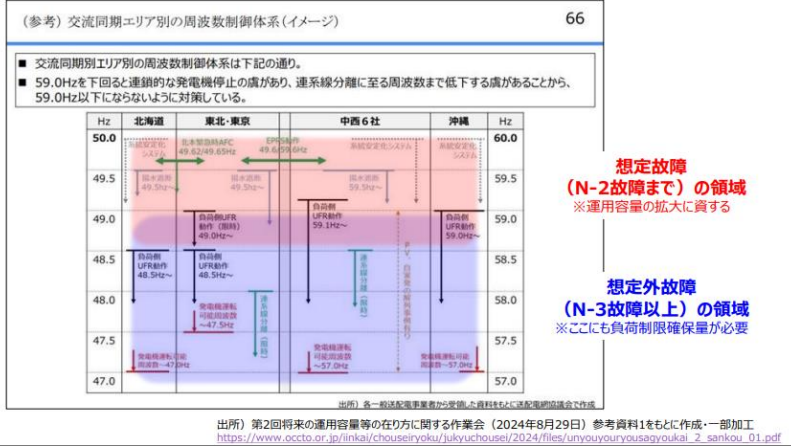
※ 一般的に、系統安定化システムや負荷側UFRによる負荷制限の動作は瞬時に完了するわけではなく、制御信号の伝送時間や遮断器の動作時間など（一般的に数十～数百ms程度）がかかるため、大規模な電源脱落に対して、負荷制限量が十分にあったとしても動作が間に合わず、周波数維持限度値を下回って大規模停電に至るといったケースも考えられる。



【技術 2 - 3】ブラックアウトリスクへの対応（2 / 2）

29

- 最大電源サイトの脱落等によるブラックアウト発生リスクへの対応としても負荷制限は有効である一方で、負荷制限の確保量には限り（技術的な限界）があるところ。
- この点、負荷制限の確保量は、想定故障（N-2故障まで）の領域だけでなく、想定外故障（N-3故障以上）の領域にも共用され得るため、電力レジリエンス総点検（ブラックアウトリスクの対応）という観点からは、負荷制限確保量の一部は控除した上で、負荷制限の技術的限界（運用容量の拡大幅）を決めることになるか。



- このうち、九州向きに関しては、本作業会での検討結果を踏まえ、負荷制限を織り込んで制約緩和する方向。



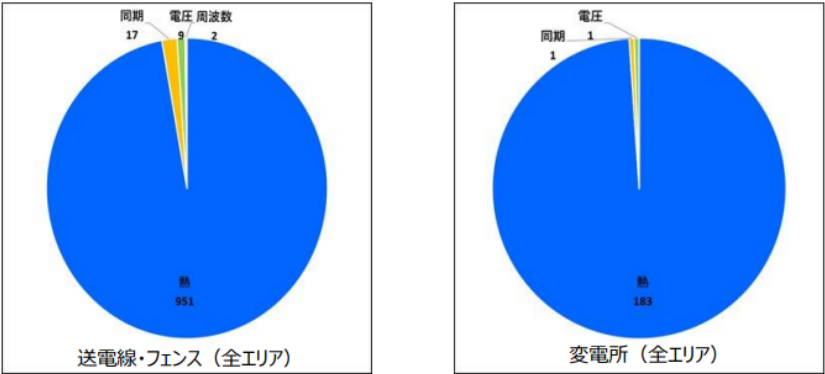
- 各エリアの送電線および変圧器の制約決定要因を調査したところ、周波数維持制約となっている箇所は送電線のうち0.2%のみであり、負荷制限は周波数維持制約の解消または緩和のために適用されることを踏まえれば、地内系統に関しては、既存設備について足元で喫緊に負荷制限の適用が必要となる箇所はほぼ存在しないと言える。
- ただし、今後、系統混雑の進展に伴い、状況変化が起こる可能性がある点には留意が必要である。

各地内系統の制約概要

21

- 制約要因一覧対象箇所は送電線516線路、フェンス21箇所、変圧器92箇所であり、それぞれの調査※を行った。
- 【送電線・フェンスについて】
 - 決定要因の97.1%は熱容量等であり、同期安定性が1.7%、電圧安定性が1%、周波数維持は0.2%であった。
 - 電制考慮も、電制対象電源の出力によって、同期安定性・電圧安定性が決定要因となっている箇所もあった。
 - 周波数維持制約は基本的には負荷制御等に対応可能という理由で制約値を設けていない箇所が多いが、系統安定化装置未設置（今後導入予定）の線路で周波数維持となっている箇所があった。
- 【変圧器について】
 - 決定要因はほぼ熱容量等であるが、同期安定性が決定要因となっている箇所（電制により緩和）と、他の送電線ルート断時に生じる過電圧により決定している箇所があった。

※ 逆向き潮流となる蓋然性が低い等の理由から省略している箇所を除く。



- また、前述の整理に基づき、中部関西間連系線（中部向き）および中国九州間連系線（九州向き）に関して、負荷制限の見直しおよび負荷制限の新規適用による運用容量拡大が可能か、個別検討を実施した。
- その結果、いずれの地域間連系線についても運用容量拡大が期待できることがわかった。
- 中部関西間連系線（中部向き）については、2025年1月から実運用に適用されており、中国九州間連系線（九州向き）についても、準備が整い次第、随時、実運用に適用される見込みである。

7. まとめ

11

- 近年、夜間を中心に中部関西間連系線の市場分断の発生率が上昇している。2026年度の中地域交流ループ運用の開始によって中部関西間連系線の周波数維持制約は解消予定となっているが、短期的な運用容量拡大策として、負荷制限の織り込み拡大について負荷制限の確保の観点やシステム改修を伴わない対応について検討した。
- 中部関西間連系線ルート断故障時における中部エリアのブラックアウトを防止する観点から、ルート断故障に伴って追加的に発生する想定外故障（N-3故障以上）に対応するために必要な負荷制限を考慮し、運用容量に織り込み可能な負荷制限を評価する必要がある。
- システム改修を伴わない短期的な運用容量の拡大方法としては、現在の監視システムを活用し、運用容量を月別で平日2断面＋休日1断面での細分化とする。
- 以上をふまえ、過去の運用実績を分析したところ、技術的には、需要が大きく、太陽光による逆潮流の影響を受けにくい平日の夜間帯に＋20～50万kWほど拡大可能と考えられる。この拡大可能コマは、市場分断の発生コマの15%に相当する。
- 連系線の運用容量拡大によって受電潮流が増えた場合、ルート断故障時の負荷制限が増加し、停電量と復旧時間も増加するものの、今回の夜間帯の運用容量拡大は復旧可能な範囲と考えられる。
- なお、運用容量の拡大にむけては、方針の整理後に遅滞なく実施できるよう、必要な準備を進めることとしたい。また、2026年度からの中地域ループ運用は、信頼度を確保しながら、更なる運用容量の拡大が期待できることから着実に対応を進めていく。

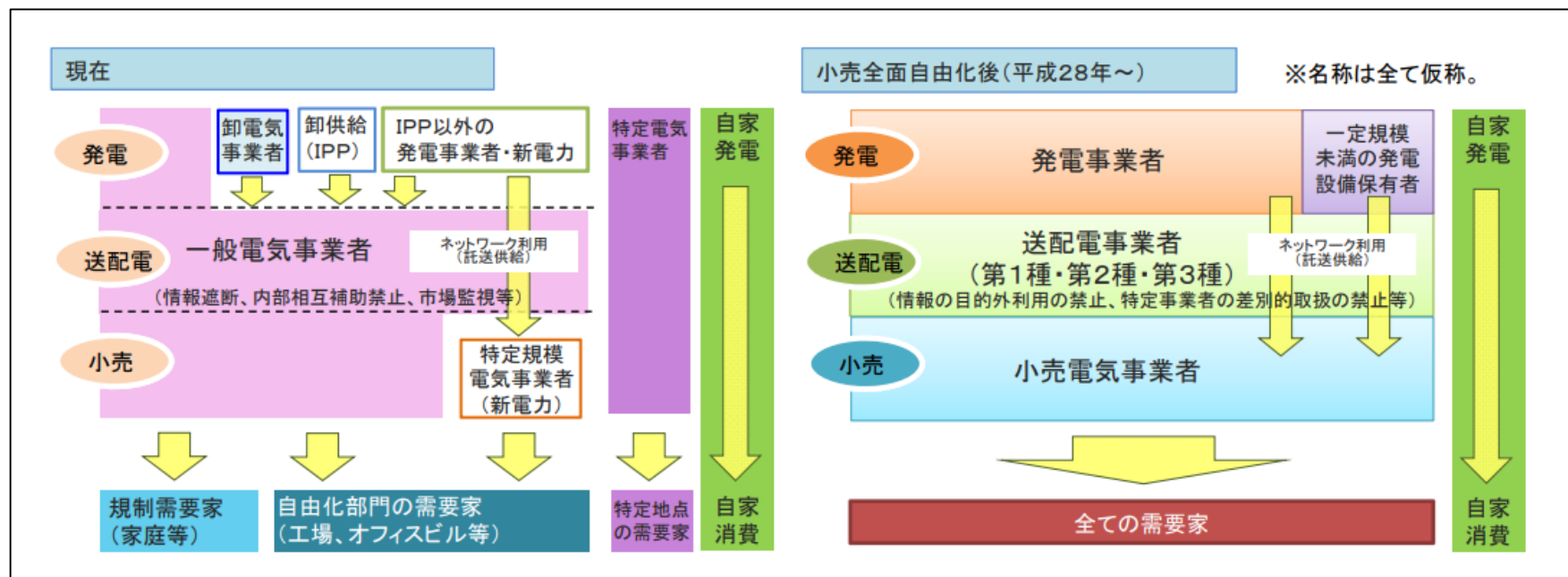
5. まとめ

12

- 中国九州間連系線（九州向き）運用容量の拡大方策として、ステップ1（0～40万kW程度）とステップ2（10～60万kW程度）の対策により、点灯帯を中心に最大100万kW程度の拡大が見込まれる。
- また、ステップ1－2、2－2を実現することで、これまで減少していた昼間帯（特に冬季）の運用容量拡大が図れる。
- 今後、広域機関殿と連携し、EUE評価や需給検証などへの効果を確認するとともに、実運用面の課題整理や設備対策を進め、実現性や運用開始時期の見極めを広域機関殿や一般送配電事業者と行っていく。
- さらに、EUE評価を踏まえながら、中長期的な追加対策検討についても必要に応じて広域機関殿と調整することとしたい。

1. 緊急時の負荷制限の在り方（振り返り）
2. 広域負荷制限検討の位置づけ
3. 広域負荷制限の在るべき姿の整理
 - （１）広域負荷制限の位置づけ
 - （２）負荷制限の実施単位
 - （３）エリア間の分担比率
 - （４）制御方式
 - （５）負荷制限実施後の復旧方針
4. まとめ

- 小売全面自由化前の状況下では、各エリアの電源で発電した電気を各エリアの需要家が受電する仕組みが基本であったことから、各エリアの電源脱落時の負荷制限対象を各エリアの需要家としており（エリア単位の負荷制限としており）、これらは受益と負担の関係性から整合的であったと考えられる。
- 他方で、その後の小売全面自由化を経て、広域的な電力取引ならびに需給運用が基本となった現状においては、受益と負担の関係性についても変化しつつあると考えられる。
- このような状況変化の元では、**必ずしも従来のエリア単位の負荷制限に限定せず、広域負荷制限のようなエリアを跨いだ対策についても検討を実施し、広域的な観点から更なる安定供給を志向することも合理的な取り組み**だと考えられる。



1. 緊急時の負荷制限の在り方（振り返り）
2. 広域負荷制限検討の位置づけ
3. 広域負荷制限の在るべき姿の整理
 - （１）広域負荷制限の位置づけ
 - （２）負荷制限の実施単位
 - （３）エリア間の分担比率
 - （４）制御方式
 - （５）負荷制限実施後の復旧方針
4. まとめ

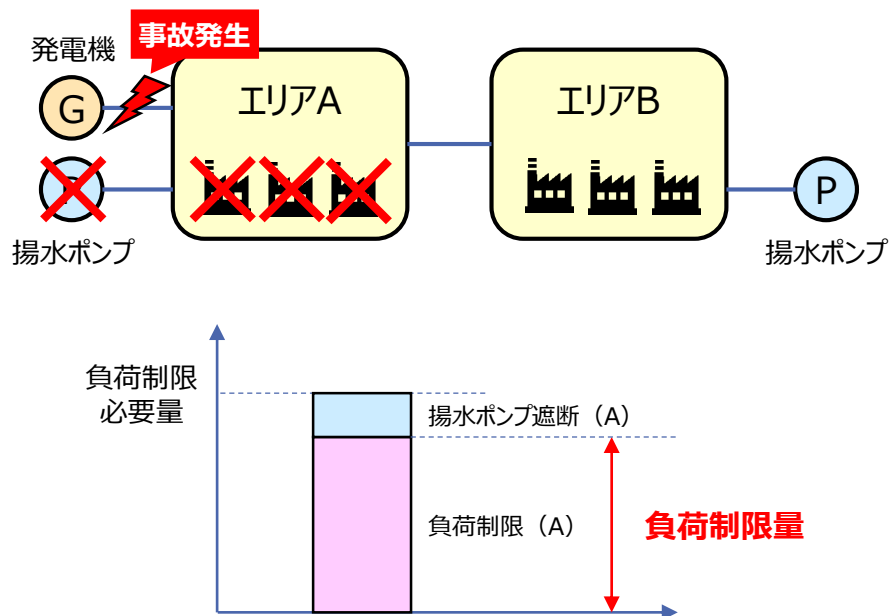
- 送配電等業務指針第66条では、N-2故障が発生した場合に、「当該故障に伴う供給支障及び発電支障の規模や電力系統の安定性に対する影響を考慮し、社会的影響が大きいと懸念される場合には、これを軽減するための対策の実施について検討する」と記載されている。
- 上記の対策は、「電力系統の安定性に対する影響を考慮」したうえでなされるものであることから、各エリアが個別に対策するだけでなく、必要に応じて、エリアを跨いだ広域連系系統全体で連携して対処していくべき対策であるとも考えられる。
- **したがって、広域負荷制限についても、社会的影響の低減に資する場合は、送配電等業務指針に則った合理的な系統安定化維持対策である**と位置付けることができるのではないかと。

（電力設備の2箇所同時喪失を伴う故障発生時の対策）

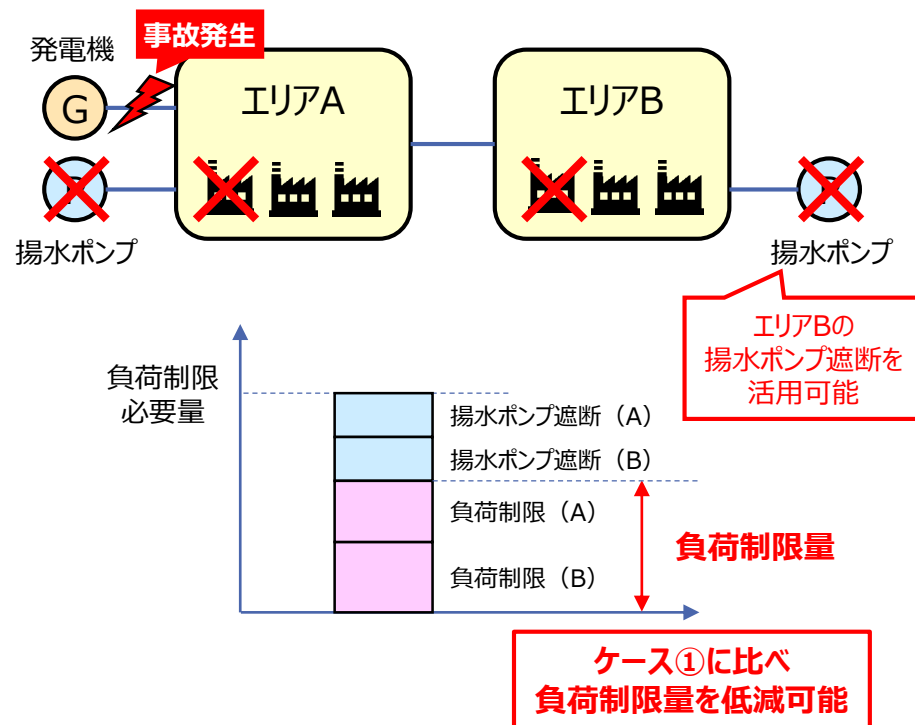
第66条 本機関又は一般送配電事業者若しくは配電事業者は、送配電線、変圧器、発電機その他の電力設備の2箇所同時喪失を伴う故障が発生した場合において、当該故障に伴う供給支障及び発電支障の規模や電力系統の安定性に対する影響を考慮し、社会的影響が大きいと懸念される場合には、これを軽減するための対策の実施について検討する。

- ポンプ運転中の揚水発電機は、系統から見れば負荷と同様の扱いとなるため、揚水ポンプ遮断も周波数低下抑制のための有効な対策となり、現状、揚水ポンプのUFR整定は負荷側UFR整定よりも高い値（あるいは系統安定化システムにおいて一般負荷より優先度高く遮断）に設定されており、負荷制限より先に揚水ポンプを遮断することで、負荷制限量の低減を図っている。
- 広域負荷制限を実施する場合、自エリアだけでなく他エリアの揚水ポンプ遮断も期待できるため、エリア単位で負荷制限する場合に比べ、負荷制限量を低減できる可能性が高まり、事故発生時における社会的影響の低減に資するケースも考えられる。

ケース①：エリアAのみで負荷制限



ケース②：エリアAおよびBで広域負荷制限



- 前述の考え方にに基づき、東北東京間連系線（東京向き）や中国九州間連系線（中国向き）の地域間連系線、ならびに東北・東京の地内系統では、広域負荷制限を織り込んだ対応（運用容量の拡大）を実施している。

（参考）現状の広域負荷制限の適用箇所

19

- 東北・東京エリアは周波数（変化率・低下度合い）のみで動作する負荷UFRが設置されているため、東北エリアの電源脱落事故で東京エリアの広域負荷制限（あるいはその逆）が発生し得る仕組みとなっている。
- また、中国九州間連系線（中国向き）においても、作業時運用容量の無制御限界潮流は59.1HzUFRが動作しないよう「4.0%MW/0.7Hz」の特性定数を用いている一方、平常時運用容量は「5.2%MW/1.0Hz」の特性定数を用いていることから、59.1HzUFR織り込みにより1.2%MW/0.3Hz分の運用容量拡大している状態。
- この時、ルート断（N-2）故障により、中国以東（5エリア）で広域負荷制限が発生し得る仕組みとなっている。

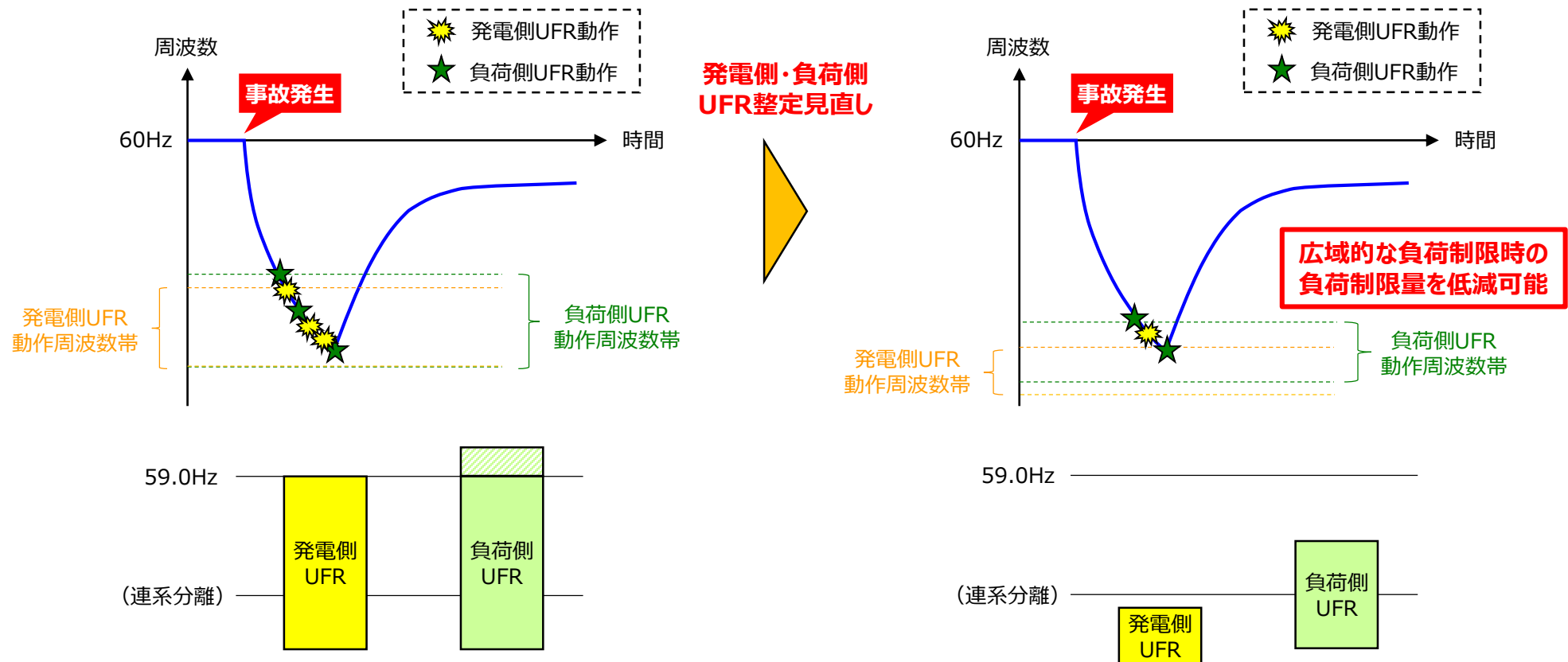
5. 周波数維持限度値の考え方と判定基準（2）

171

- ② 検討断面
 - 中国九州間連系線の利用実態から混雑の解消または緩和を図るため断面を細分化
 - ・ 月別：月別区分に加え、端境期である9月・11月・3月については、前後半に区分（15区分化）
 - ・ 時間帯別：昼間、夜間。
 - ・ 平日日別：平日、休日、特殊日（ゴールデンウィーク、盆、年末年始）。
- ③ 想定需要
 - 最小需要を実績比率から想定
- ④ 電源制限・負荷制限の織り込み
 - 本州系統 電源制限：なし、負荷制限：あり※
 - 九州系統 電源制限：あり、負荷制限：なし
※非常に稀頻度ではあるが周波数が59.1Hzに至る場合には負荷側UFRが動作し、負荷遮断に至る（2019年度 第1回運用容量検討会 資料1参照）

九州系統において、連系線2回線故障により系統分離が発生し、規定の周波数限度を上回ると想定される場合には、周波数を規定の範囲内に収めるため、電源制限を行う。

- 他方、現状の中西エリアにおいては、高低圧の発電側UFR不要解列に伴う周波数低下対策として、各エリアともに負荷側UFR整定値を高め（59.1Hz）に設定している。
- このような状況下で、59.1Hz負荷側UFRでは周波数低下を抑制できない程の大規模な事故が発生した場合は、発電機UFR不要解列も伴うことから、負荷制限量も相当程度大規模になることが想定される。
- したがって、広域負荷制限の適用にあたっては、負荷制限量の低減策（例：高低圧発電機のUFR整定見直しの徹底）などを実施したうえで、負荷制限時の社会的影響も考慮した丁寧な対応が必要となる。



- 第6回電力レジリエンス等に関する小委員会（2019年4月26日）において、UFR整定値の見直し効果が相対的に小さい一部の高低圧発電側UFRが動作した場合の対策の一環として、各エリアともに負荷側UFRの整定見直し（高めに整定）を実施している。

2-①UFR整定値見直し効果が相対的に小さい一部の高压や低压の対応方針

20

<課題整理⑤：電力レジリエンスの向上対策>

- 北海道エリアのブラックアウトを機に、大規模な電源脱落に対しても、広域的な対策により強靱な電力システムの構築を目指すべく、次の「現有設備の活用による負荷側UFR等の対策」を実施することとした。

(北海道エリア)

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の中間報告にて提言された負荷側UFRを追加した。また、大きな周波数低下が発生した場合に動作時限の遅い整定となっている負荷側UFRも動作するよう、周波数変化率要素を活用するよう整定見直しを行っている。

(東北・東京エリア)

東京エリアにおいて、周波数の下限値に至るまでに、極力全ての負荷側UFRを動作させるように、負荷側UFRの整定変更を実施している。また、東北エリアにおいて、負荷側UFRの追加設置について検討する。

(中西エリア)

太陽光・自家発電等が59.0Hz以下で大量解列する現状を踏まえ、各エリアが分担し、負荷側UFRによる負荷遮断を59.1Hzで実施※する。

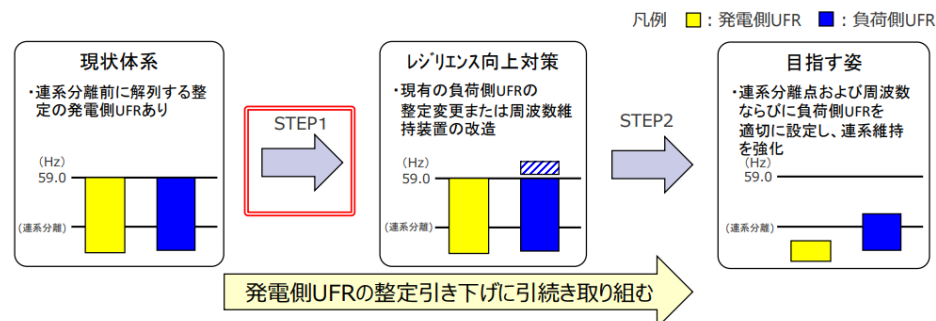
※ 59.1Hzで負荷遮断を実施することに伴う、連系線の運用容量への影響及び対応（系統保安ポンプ運用の解消など）については、別途運用容量検討会にて検討を行う。

(沖縄エリア)

電力レジリエンスWGの総点検結果を踏まえ、地震などの過酷断面における発電所サイト脱落時においても、安定化装置がこれを検出しブラックアウトを回避できるよう、安定化装置の機能向上を図った。

(参考) 負荷側UFRの整定変更について（中西エリア）

22



【STEP 1】

- ・PV、自家発電等が59.0Hz以下で大量解列する現状を踏まえ、現有設備の活用による早期に実現可能な対策である負荷側UFRの整定変更または周波数維持装置の改造により、「負荷遮断を59.1Hzで実施」※する。

【STEP 2】

- ・発電側UFR整定引き下げ完了後は、連系分離周波数付近に負荷側UFRを整定する方向。
- ・連系分離点、連系分離周波数についても適切な設定の検討を進めていく。

※ 59.1Hzで負荷遮断を実施することに伴う、連系線の運用容量への影響および対応（系統保安ポンプ運用の解消など）については、別途運用容量検討会にて検討を行う。

1. 緊急時の負荷制限の在り方（振り返り）
2. 広域負荷制限検討の位置づけ
3. 広域負荷制限の在るべき姿の整理
 - （１）広域負荷制限の位置づけ
 - （２）負荷制限の実施単位
 - （３）エリア間の分担比率
 - （４）制御方式
 - （５）負荷制限実施後の復旧方針
4. まとめ

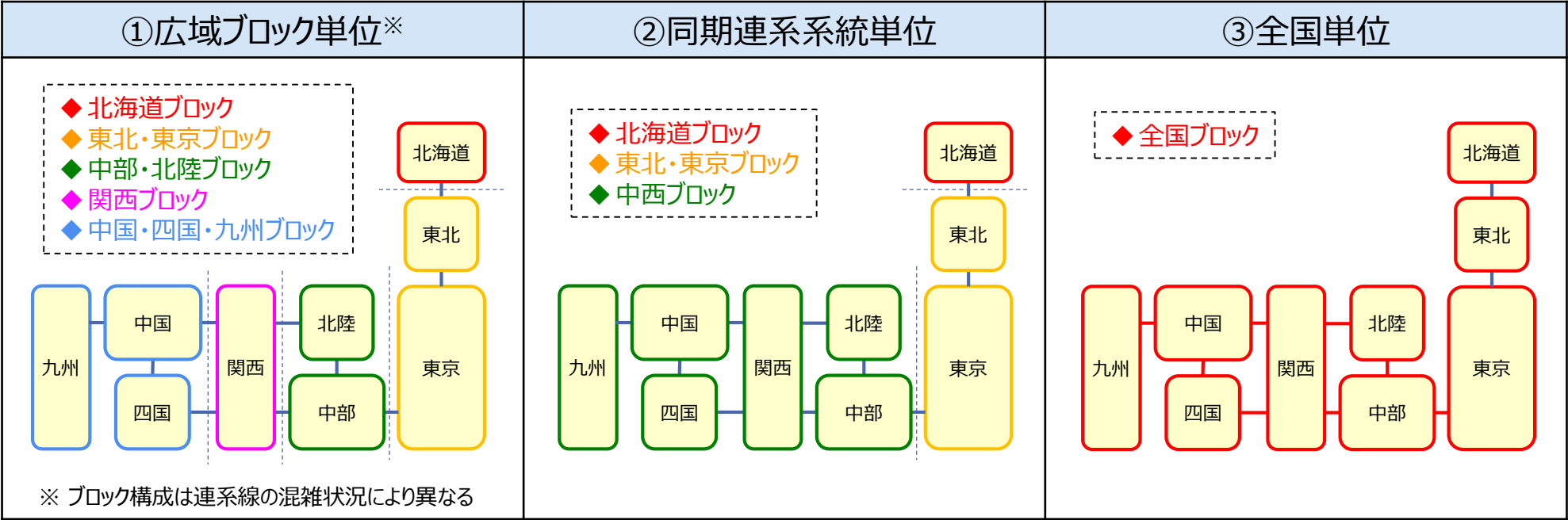
- まずもって広域的な計画停電の考え方について振り返ると、広域的な計画停電の実施基準は広域予備率が1%を下回ると見込まれることであり、その実施単位も広域ブロック単位と整理されている。
- ただし、広域的な計画停電は、実需給断面より前に策定された需給バランス計画に基づいて計画的に実施される対策である一方、広域負荷制限は突発的なN-2故障発生時に、その時点の実需給バランスに応じた周波数変動（低下）に基づき実施される対策である。
- このように、厳密には、広域的な計画停電と広域負荷制限は実施する基準やタイミングが異なるスキームであるため、実施単位についても本来的には異なる整理となり得る。

③計画停電の実施方法（広域ブロック単位での実施）

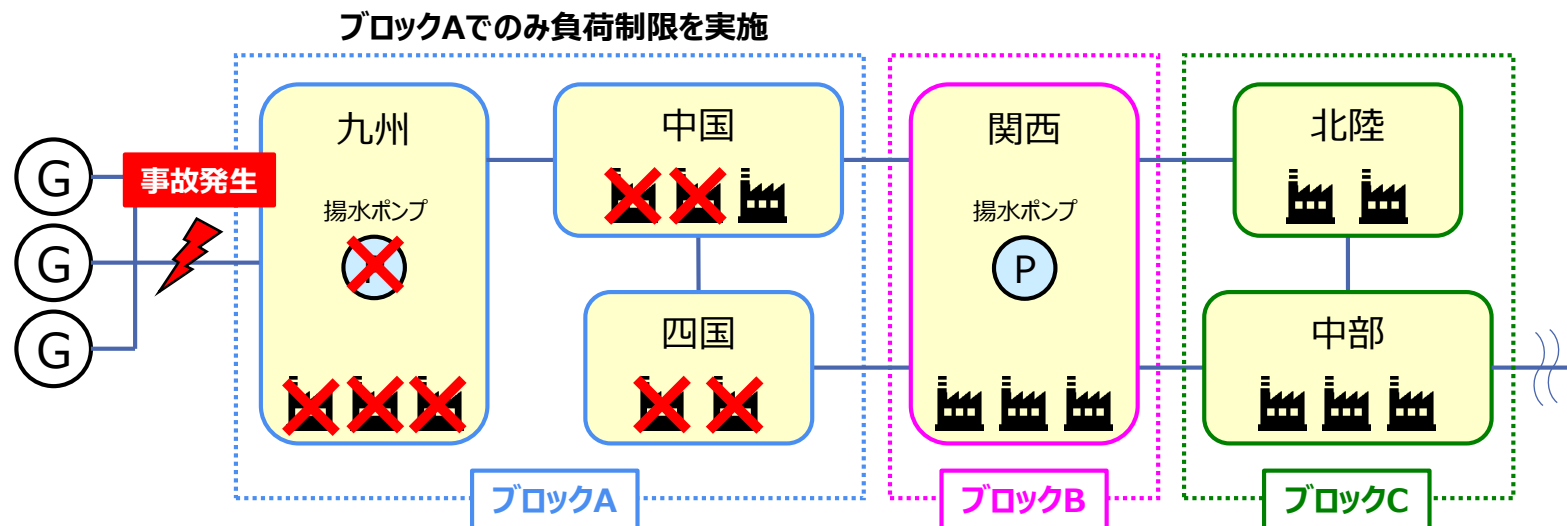
- 現状、計画停電は原則不実施とされている一方、あらゆる需給対策を踏まえてもなお、予備率が1%を下回ると見込まれる場合は、対象エリアの需要家に緊急速報メールを配信した上で、計画停電を実施することとされている。
- また、2024年度以降は、地域間連系線を最大限活用した上で広域ブロック単位での需給運用になり、計画停電の実施についても、基本的には広域予備率により判断されることとなる。
- ただし、広域ブロック単位での計画停電の実施については、国民的な理解を得ることが欠かせない。
- 需給運用の広域化については、高需要期に備えた需給検証や、2022年3月及び6月の電力需給ひっ迫警報・注意報の発令を通じ、一般的な理解は広がりつつあると考えられる。
- 他方、計画停電の広域的な実施については、現状、必ずしも広く社会的な認知を得られていない。このため、今後、広域機関や一般送配電事業者と連携しつつ、様々な機会を通じ、周知を図っていく。
- また、広域的な実施に不可欠な複数エリアにおける計画停電量の分担方法等については、広域機関や一般送配電事業者と連携し、2023年度中に調整を行う。

- 広域負荷制限の実施単位としては、大きく以下の3案が考えられるところ、次頁以降でそれぞれの得失を整理した。
- ① 広域ブロック単位（ただし、直流連系設備は跨がない）
 - ② 同期連系系統単位（50Hzまたは60Hzの交流系統）
 - ③ 全国単位（直流連系設備を跨いでの実施）

広域負荷制限の実施単位のイメージ図

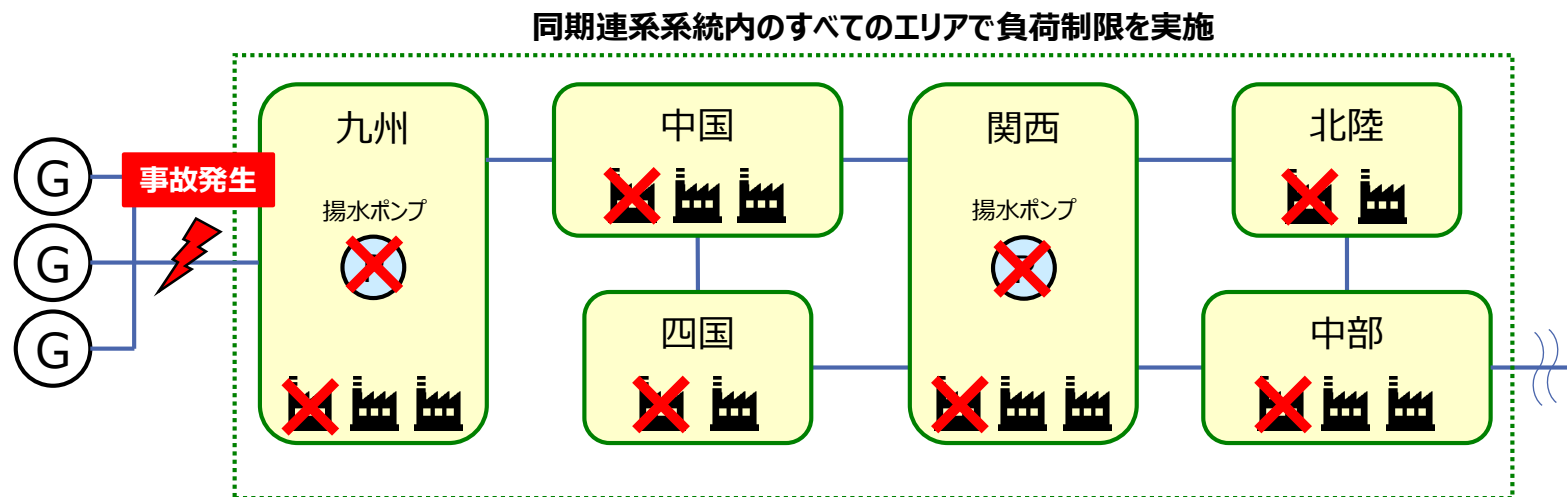


- 広域ブロック単位で負荷制限する場合、広域ブロック内で需給バランスが保たれることから、ブロックを跨いだ連系線（ブロックが分断していることから、事前に混雑している可能性が高い）の潮流状況はあまり変化せず、負荷制限後の混雑対応という面では優位性があると考えられる。
- 他方で、広域ブロックの区分は連系線の混雑状況に応じて時々刻々と変化することから、自エリアが負荷制限対象の広域ブロックか否かを都度判定するシステムを設置するためのコストが必要になる。
- また、前述の広域負荷制限が社会的影響の低減に資するケースでお示したような、同期連系系統内の全エリアの揚水ポンプ遮断が期待できないため、その分だけ負荷制限量が増加する可能性もある。



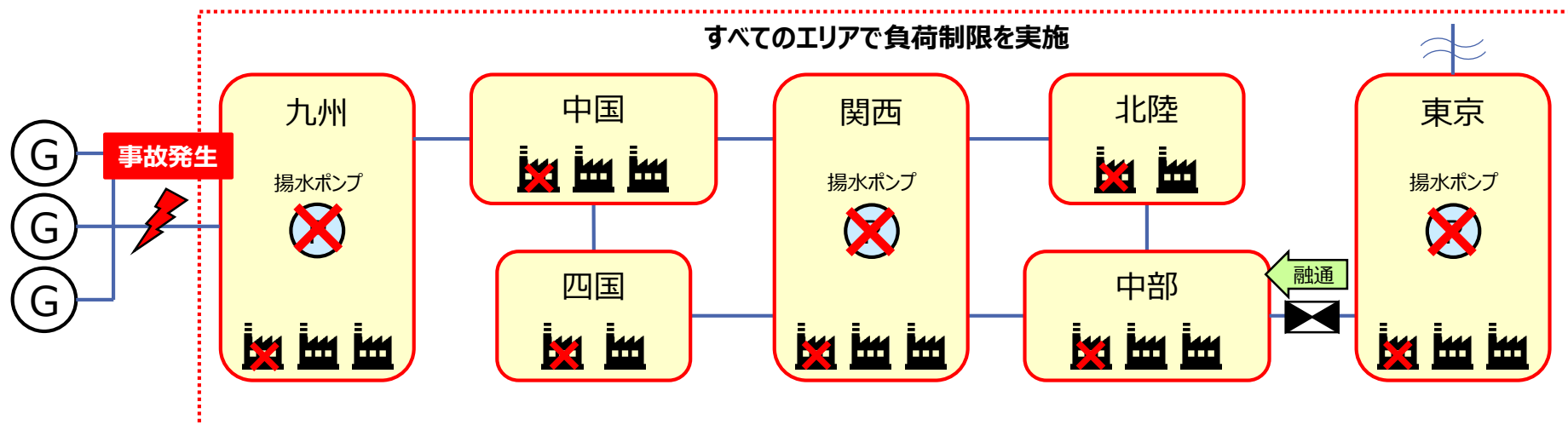
- ・ 地域間連系線における一時的な運用容量超過発生リスク低減
- ・ 広域ブロックを判定するためのシステムが必要
- ・ 揚水ポンプ遮断の期待量減少（負荷制限量増加）

- 同期連系系統単位で負荷制限する場合、広域ブロックを跨いだ連系線（ブロックが分断していることから、事前に混雑している可能性が高い）の潮流状況が変わり得ることから、負荷制限後の混雑対応を要する可能性がある。
- 他方で、地域間連系線の潮流状況（広域ブロックの状況）によらず、自エリアの周波数低下を検出して負荷制限を実施すればよいから、広域ブロックか否かを都度判定するようなシステムコストは不要となる。
- また、同期連系系統内の全エリアの揚水ポンプ遮断が期待できるため、案①に比べて、全体の負荷制限量を低減できる可能性があると考えられる。



- ・ 地域間連系線における一時的な運用容量超過発生リスク増加
- ・ 広域ブロックを判定するためのシステムが不要
- ・ 揚水ポンプ遮断の期待量増加（負荷制限量低減）

- 直流設備を跨いで全国単位で負荷制限する場合、直流設備は基本的に一時的であっても熱容量を超えた潮流を流せない（そもそも運用容量超過が発生し得ない）ことから、空容量状況によっては融通可能量が減少し、周波数低下抑制効果も限定的となる可能性がある。（仮に、緊急時の融通量確保を優先する場合はマージン対応などが考えられるが、その場合は平常時の広域取引に影響を与えることとなる）
- そのため、原理的には全てのエリアの揚水ポンプ遮断効果が期待できるも、空容量状況（融通可能量）によって、その効果も限定的になると考えられる。
- また、直流設備を跨いだ制御を実施するためには、周波数低下を抑制するために必要かつ最適な融通量を演算する必要があり、そのための直流設備（制御系）の改修コストが必要となる。



- 直流設備の混雑対応は不要だが、空容量状況によって効果は限定的となる
- 直流設備を跨いだ制御のためのシステム改修コストが必要
- 揚水ポンプ遮断の期待量も限定的

■ 以上の検討結果（各案の得失）を踏まえると、**広域的な負荷制限の実施単位に関しては、②同期連系系統単位で実施することを基本とすること**でどうか。

	①広域ブロック単位	②同期連系系統単位	③全国単位
系統混雑対応	○ 運用容量超過リスク少	△ 一時的な運用容量超過リスク	× 運用容量超過は発生しないが融通可能量（効果）減少
システム改修コスト	△ 広域ブロック判定機能が必要	○ 特別な実施単位判定機能は不要	× 直流設備（制御系）改修が必要
揚水ポンプ遮断期待量	△ 広域ブロック内のみ期待可	○ 同期連系系統内で期待可	△ 全国で期待可能だが融通可能量次第で効果減少
評価	△	○	×

1. 緊急時の負荷制限の在り方（振り返り）
2. 広域負荷制限検討の位置づけ
3. 広域負荷制限の在るべき姿の整理
 - （１）広域負荷制限の位置づけ
 - （２）負荷制限の実施単位
 - （３）エリア間の分担比率
 - （４）制御方式
 - （５）負荷制限実施後の復旧方針
4. まとめ

- 前述のとおり、広域的な負荷制限の実施は同期連系系統単位と整理したうえで、以下では同期連系系統内での負荷制限量の分担比率の考え方について整理する。
- まず広域的な計画停電について振り返ると、第94回調整力等委において、広域的な計画停電量のエリア間の分担比率は、各エリアの計画停電前の想定需要に応じた比率とすることが合理的と整理されている。

計画停電量の広域的な分担に関する整理事項

18

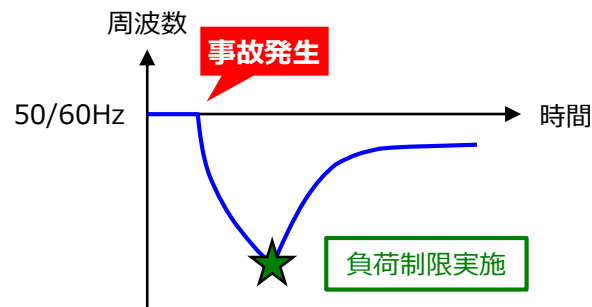
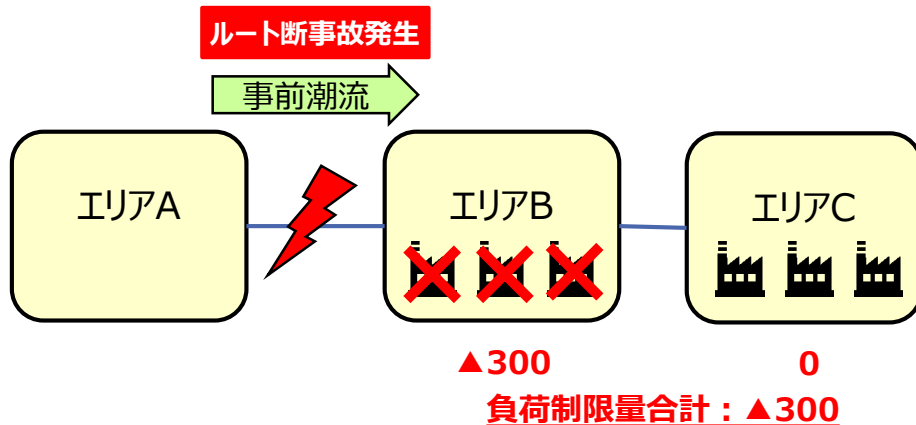
- 計画停電の広域的な実施のためには、①計画停電量のエリア間の分担比率と②計画停電の分担エリアの考え方を整理する必要がある。
- ①計画停電量のエリア間の分担比率については、広域ブロック内のエリアで均等に分担して広域予備率を回復させるため、各エリアの計画停電前の想定需要に応じた比率とすることが合理的と考えられる。
- ②計画停電の分担エリアについては、国の審議会で整理された内容に基づき、基本的に広域ブロックを構成する全エリアで実施する。他方で需給状況によっては、広域ブロック内の全エリアを計画停電の対象にしない方が全体の停電量を低減できる場合が考えられることから、具体的なケースを検討した。

②計画停電の分担エリアの考え方に関し、全体の停電量を低減できるケース

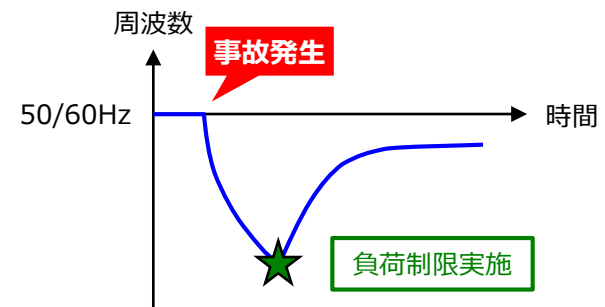
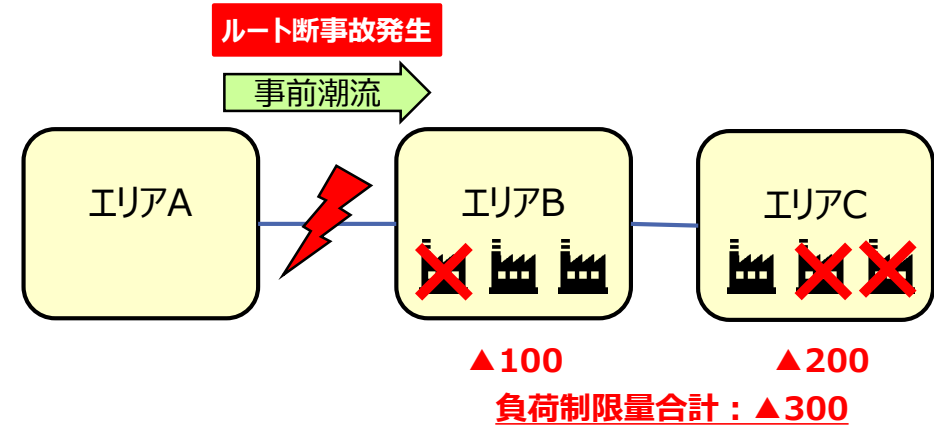
ケースNo.	具体的な内容
I	計画停電実施の1時間帯（2時間）の間に 広域ブロックを構成するエリアが変化する場合
II	計画停電必要量が少量 で、広域ブロックを構成する全エリアによる停電が不要な場合

- この点、系統周波数は同期連系系統内における需要と供給のバランスに応じて増減するものであることから、周波数低下抑制のために負荷制限を実施する場合、事故点からの電氣的距離の遠近によって、負荷制限の効果が大きく変化するものではない。
- こうした特徴を踏まえれば、エリア間の公平性の観点から、**広域負荷制限の分担比率についても、各エリアの需要比率を基本とすることが合理的**と考えられるのではないか。

ケース①：１エリアのみで負荷制限を実施

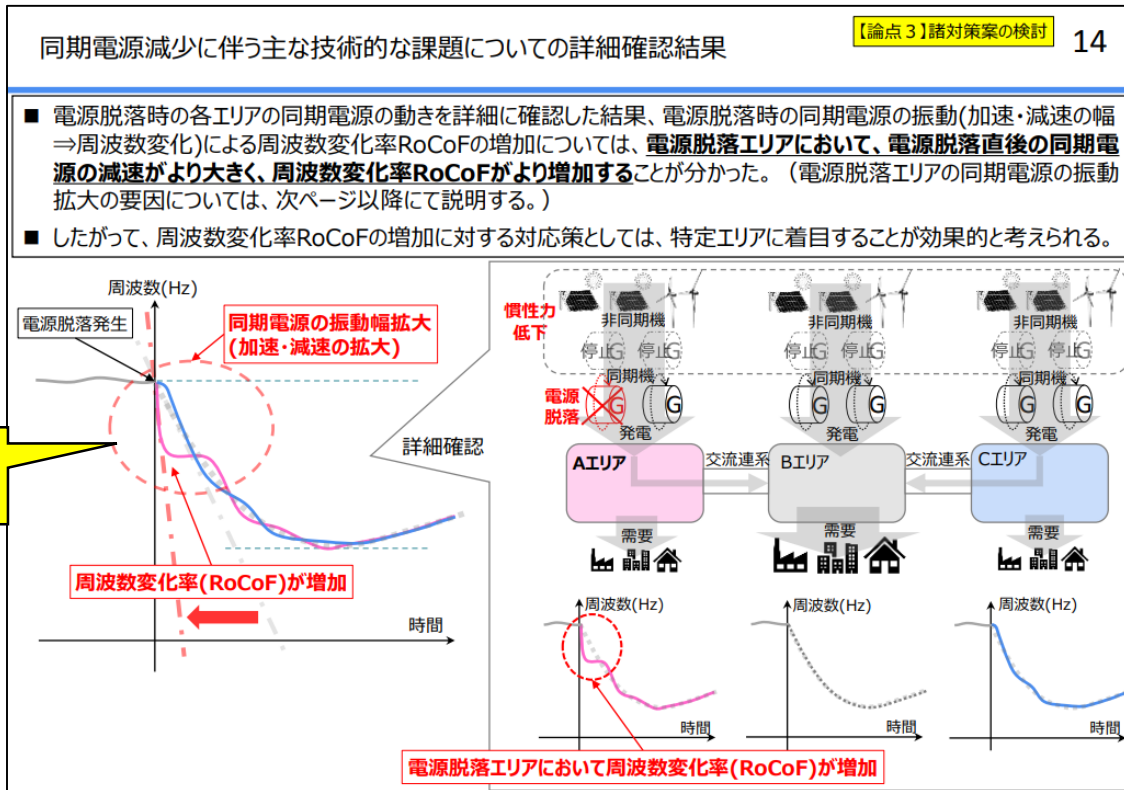


ケース②：複数エリアで分担して負荷制限を実施



負荷制限量が同じなら
周波数変動もほぼ同様

- ただし、日本のような長距離くし形系統において、広域負荷制限が必要となるような大規模事故が発生した場合、系統状況によっては複雑な振動モードが発生し、各エリア毎に異なる周波数変動様相となるケースも考えられるため、こういった場合、単純な需要比率に応じた分担比率では負荷制限の頻度が変わり、エリア間の公平性が図れない可能性も考えられる。
- そのため、広域負荷制限の分担比率は各エリアの需要比率を基本としつつ、必要に応じて、実施頻度の均平化を図るための調整を行うことも考えられる。



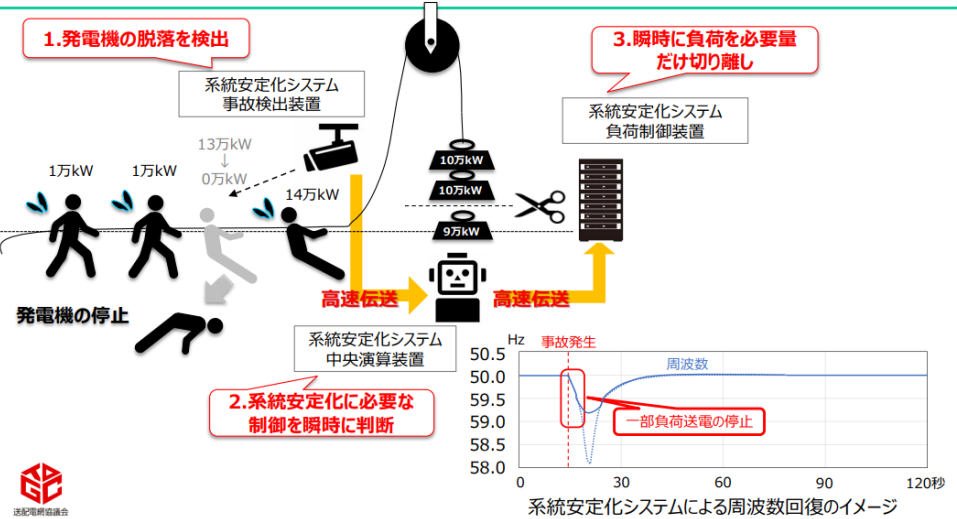
1. 緊急時の負荷制限の在り方（振り返り）
2. 広域負荷制限検討の位置づけ
3. 広域負荷制限の在るべき姿の整理
 - （１）広域負荷制限の位置づけ
 - （２）負荷制限の実施単位
 - （３）エリア間の分担比率
 - （４）制御方式
 - （５）負荷制限実施後の復旧方針
4. まとめ

- 広域負荷制限の実施にあたっては、系統安定化システムを用いる方法と、負荷側UFRを用いる方法が考えられ、エリア個別で実施する負荷制限については、そのいずれも有用であることが示されている。
- 今回、広域負荷制限を実施する場合の制御方式という観点から、両者の得失について整理した。

② 系統安定化システムによる負荷遮断

9

○ 2回線送電線の同時故障（ルート断）による電源脱落など、**想定される大規模電源脱落に対して予め演算した量の負荷遮断**（揚水動力などお客さまの停電に至らないものから優先）をすることで、**早期の周波数回復や、発電機が不安定な状態に至ることの防止を図る系統安定化システムの導入事例もあります。**

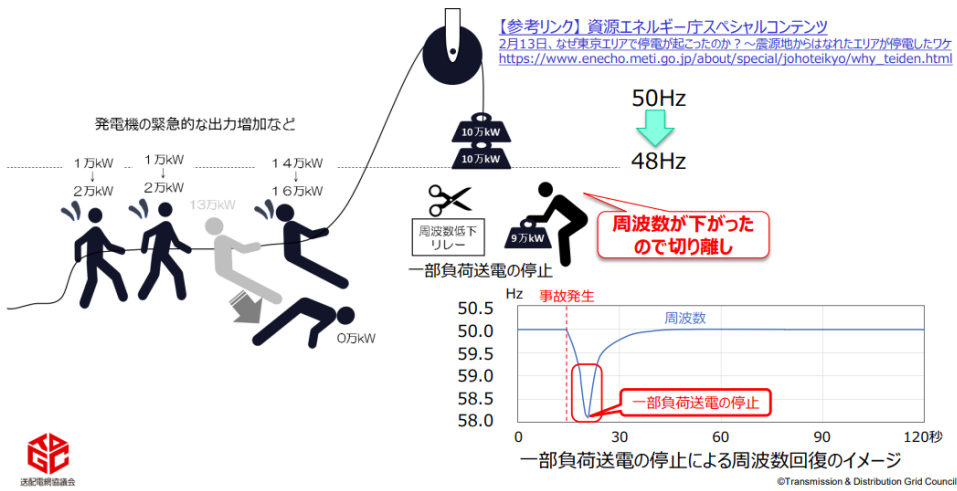


② 負荷側UFRによる負荷遮断

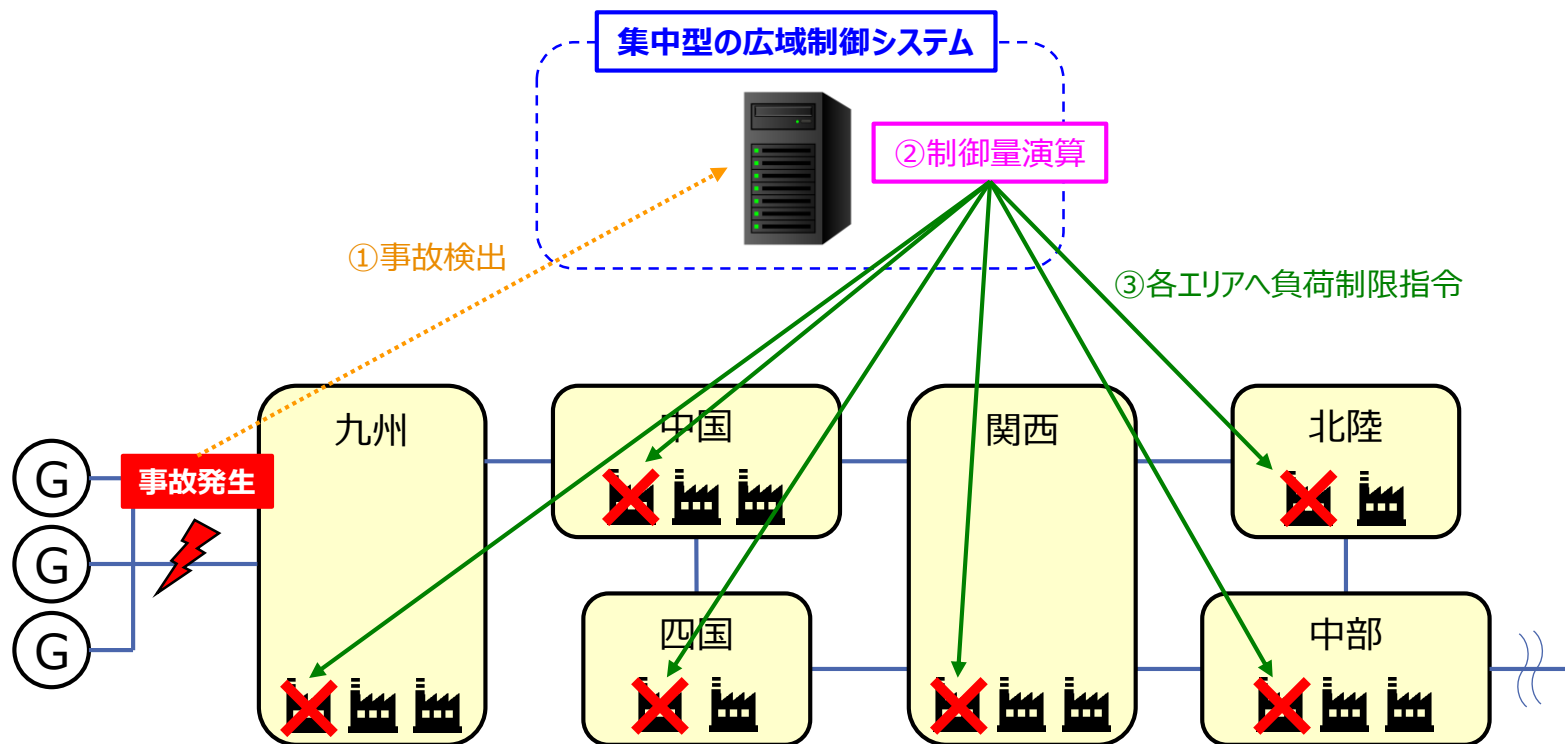
8

○ 周波数が一定時間、設定値以下となった場合、**周波数低下を検出する装置（UFR）**が動作します。UFR（負荷側）は、予め設定された周波数以下となった場合、**大規模停電を回避するために、一部の需要を切り離して（停電させる）低下した周波数を回復させます。**

UFR：Under Frequency Relay（周波数低下リレー） 発電機の保護や電力系統の安定化の為に、周波数低下を検出し、自動的に発電設備や一部の需要を電力系統から切り離す装置のこと。



- 系統安定化システムによる広域負荷制限として、集中型の広域制御システムを新たに設置する対応が考えられる。
- 例えば、下図のようなシステムにより同期連系系統全体を常時監視し、対象となる事故が検出されれば、演算された必要遮断量を各エリアに分担する形で負荷制限指令を送信する方式が考えられる。
- この場合、事前に各エリアの分担比率や遮断対象選定を柔軟に行えることから、精緻な制御が期待できる一方で、エリアを跨いだ大規模な制御システムを新たに設置することが必要となることから、システム構築にかかるコストが非常に大きくなるというデメリットも考えられる。



-
- 周波数
- 60Hz
- 時間
- 事故発生
- 負荷側UFR
動作周波数
- 系統周波数の低下を検出して
負荷側UFRが自端動作
- 九州
- 中国
- 関西
- 北陸
- UFR
- UFR
- UFR
- UFR
- 事故発生
- G
- G
- G

1. 緊急時の負荷制限の在り方（振り返り）
2. 広域負荷制限検討の位置づけ
3. 広域負荷制限の在るべき姿の整理
 - （１）広域負荷制限の位置づけ
 - （２）負荷制限の実施単位
 - （３）エリア間の分担比率
 - （４）制御方式
 - （５）負荷制限実施後の復旧方針
4. まとめ

- 広域的な計画停電は、予め定められた停電時間帯において計画的に負荷の停止および送電を実施するスキームであるため、その復旧手順についても各エリアにて適切に実施する形となっている。
- 他方、広域負荷制限は事故に伴い突発的に負荷を停止するスキームであり、復旧においてはその時点の需給状況に応じて柔軟な対応が求められるものである。
- したがって、広域負荷制限の復旧方針を整理するにあたっては、広域的な計画停電の考え方をそのまま適用することは困難と考えられる（異なる整理となり得る）。

対象予定日	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
〇月 〇日	第1-6		第2-6		第3-6		第4-6		第5-6		第6-6		
	第1-5		第2-5		第3-5		第4-5		第5-5		第6-5		
	第1-4		第2-4		第3-4		第4-4		第5-4		第6-4		
	第1-3		第2-3		第3-3		第4-3		第5-3		第6-3		
	第1-2		第2-2		第3-2		第4-2		第5-2		第6-2		
	第1-1		第2-1		第3-1		第4-1		第5-1		第6-1		
	△ 8:30		△ 10:30		△ 12:30		△ 14:30		△ 16:30		△ 18:30		△ 20:30
	第1時間帯 8:30~11:00		第2時間帯 10:30~13:00		第3時間帯 12:30~15:00		第4時間帯 14:30~17:00		第5時間帯 16:30~19:00		第6時間帯 18:30~21:00		

- また、広域負荷制限に至るような大規模事故が発生するケースとして、非常災害発生時が考えられる。
- 非常災害時における電力需給および系統の運用に関する方針は「災害時連携計画」に定められており、広域負荷制限（広域的な周波数低下対策）は、非常災害等により大規模電源脱落が発生した場合におけるブラックアウト発生を回避するための周波数低下対策に位置づけられる。
- この点、連系維持中に広域負荷制限が実施された場合の復旧方針については、現状明確に定められていないが、連系分離に至るような（またその後の負荷側UFR動作によりブラックアウトが回避できた）場合については復旧方針が定められていたため、今後の検討の参考にすべく、まずはこちらの復旧方針の内容について確認した。

（電力需給および系統の運用）

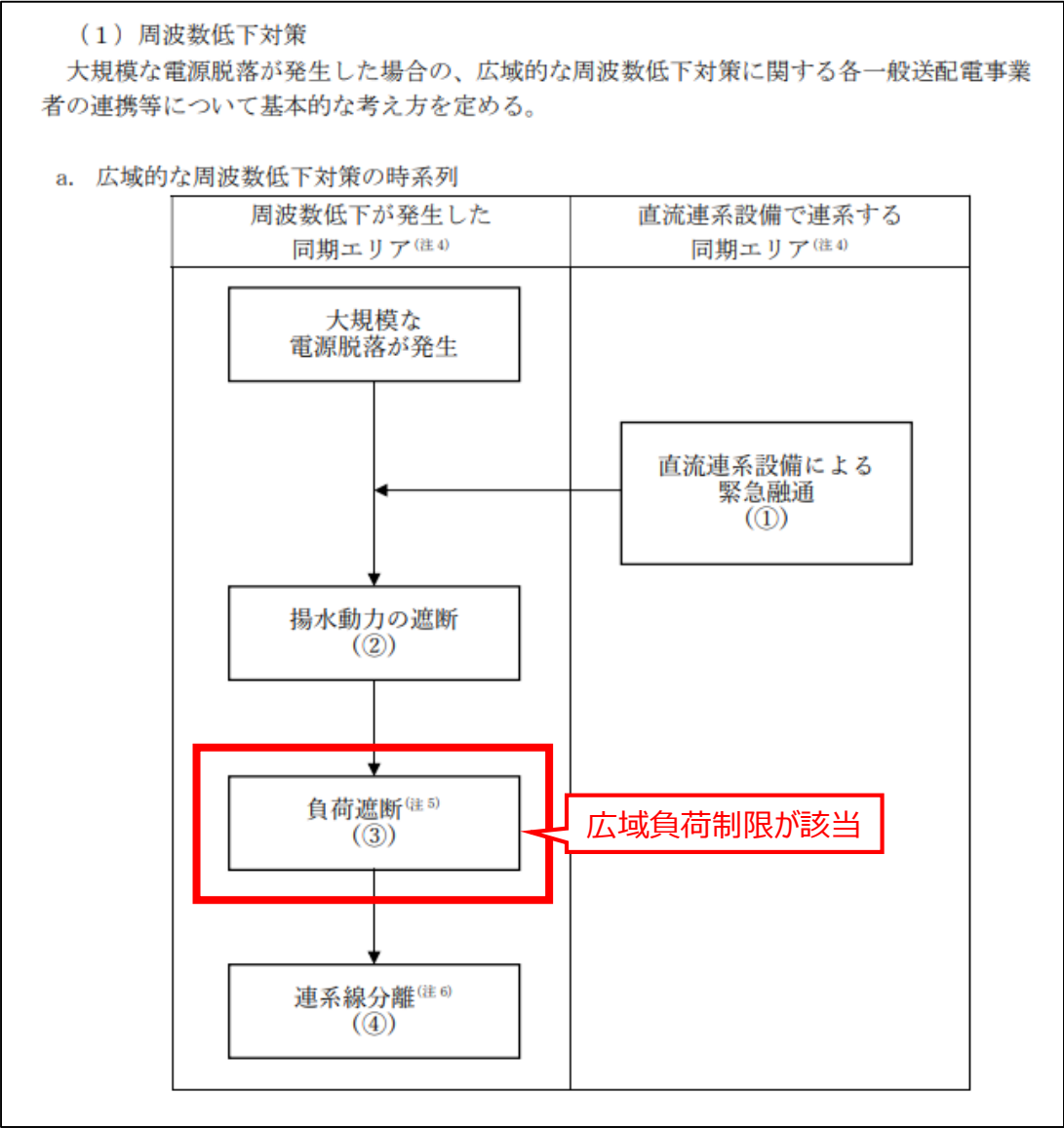
第 13 条 非常災害時は、一般送配電事業者の供給区域単位での対応のみではなく、一般送配電事業者間で協力し、需給状況の改善等に取り組むべく、非常災害時における電力需給および系統の運用について、次のとおり定める。なお、詳細については、別添 9 「需給状況改善・系統復旧方針」に定める。

（1）ひっ迫時の需給状況の改善

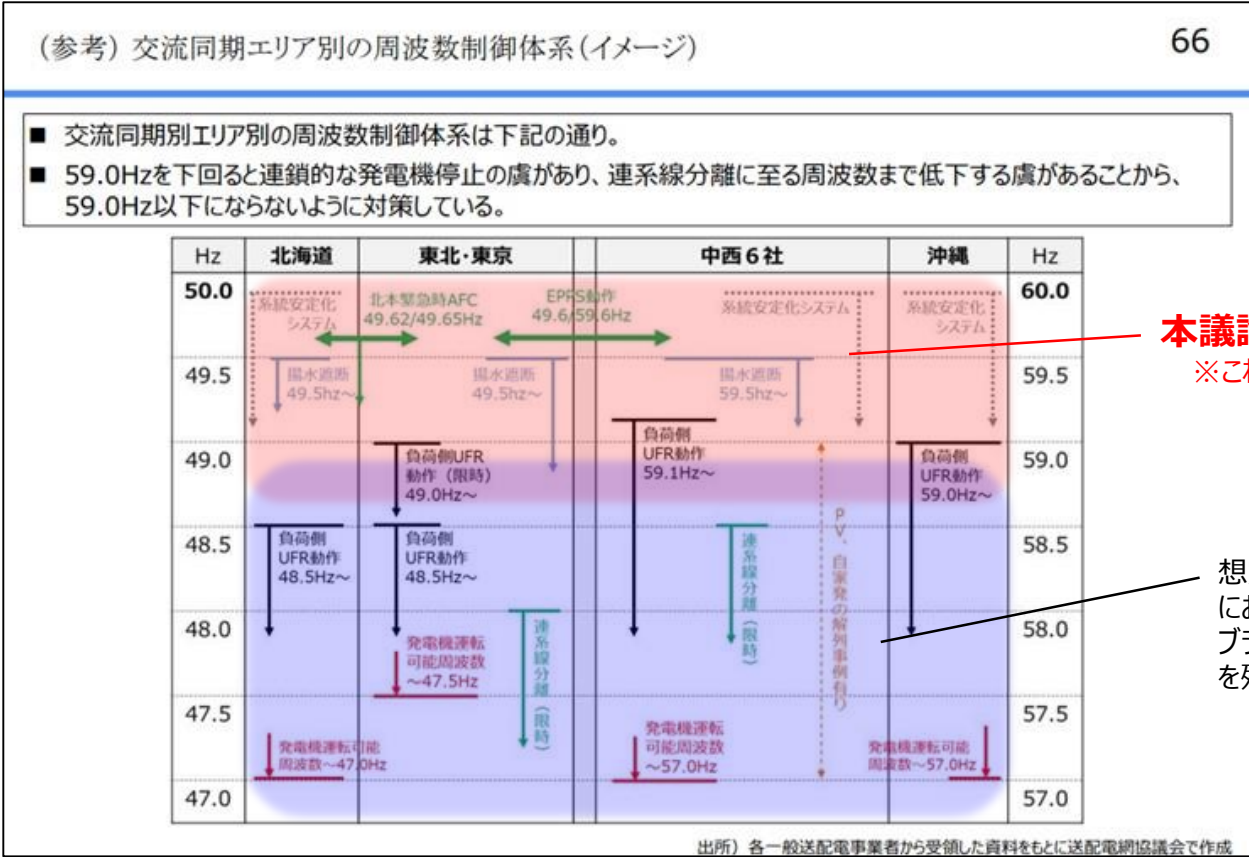
一般送配電事業者は、非常災害等により需給状況が悪化、または悪化するおそれがある場合は、相互に協力して需給状況の改善を行う。

（2）ブラックアウトからの系統復旧方策

一般送配電事業者は、非常災害等により大規模電源脱落が発生した場合、広域的な周波数低下対策でブラックアウトを極力回避し、万が一ブラックアウトが発生した場合は、電力の融通等、相互応援を行う。



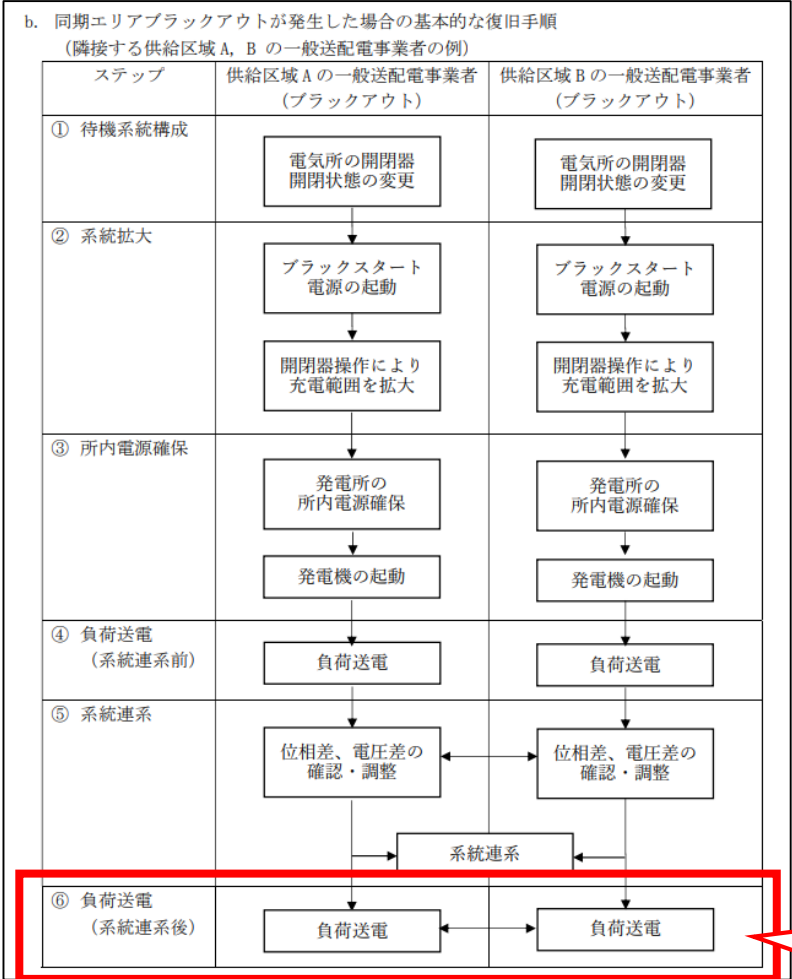
- 本作業会は運用容量等の在り方を扱っていることから、あくまで想定故障（N-2故障まで）において、連系分離前に広域負荷制限を行った場合の取り扱いを検討しているもの。
- 想定外故障（N-3故障以上）において、広域負荷制限を実施してなお周波数低下が下げ止まらなかった場合、系統崩壊を防止したり、ブラックスタートの起点（種火）を残すべく、連系分離する（その後、単独系統を維持するため追加の負荷制限を行う）こともあり、前述の復旧方針はこちらの領域に対応したものとなる。



本議論（整理）の対象範囲
※これより範囲が広いエリアもある

想定外故障（N-3故障以上）において、系統崩壊を防止したり、ブラックスタートの起点（種火）を残すべく系統分離する領域

- 災害時連携計画における復旧方針において、周波数低下対策の負荷遮断後にブラックアウトに至らなかった（連系分離後の負荷側UFR動作によりブラックアウトが回避できた）場合、復旧時の負荷送電については、「⑥負荷送電（系統連系後）」に準じることと定められている。



なお、「(1) 周波数低下対策」の「③負荷遮断」を講じ、供給区域 A および供給区域 B がブラックアウトに至らなかった場合の負荷送電に関する一般送配電事業者間の連携は「⑥負荷送電（系統連系後）」に準じて行う。

広域負荷制限実施後の復旧は
この手順に準じる

- 「⑥負荷送電（系統連系後）」（加えて、関連する「④負荷送電（系統連系前）」）における復旧手順は、以下の通りとなる。

➤ **負荷送電（系統連系前）**

管轄エリアの運転予備力の範囲内で負荷送電を行う。

➤ **負荷送電（系統連系後）**

基本的に「負荷送電（系統連系前）」と同様の考え方で負荷送電を行う。なお、管轄エリアの運転予備力を用いて他の供給区域の負荷を送電する場合は、需給ひっ迫時の手順に準じて、他エリアを応援する。

④ 負荷送電（系統連系前）

発電機の起動並列後、管轄する供給区域の運転予備力の範囲内で負荷送電を行う。なお、周波数変動による再度のブラックアウトを回避するべく、自然変動電源に対する調整力を可能な限り確保した上で負荷送電を行うが、必要な調整力の確保が困難な場合は、自然変動電源の並列を段階的に行う場合がある。

⑥ 負荷送電（系統連系後）

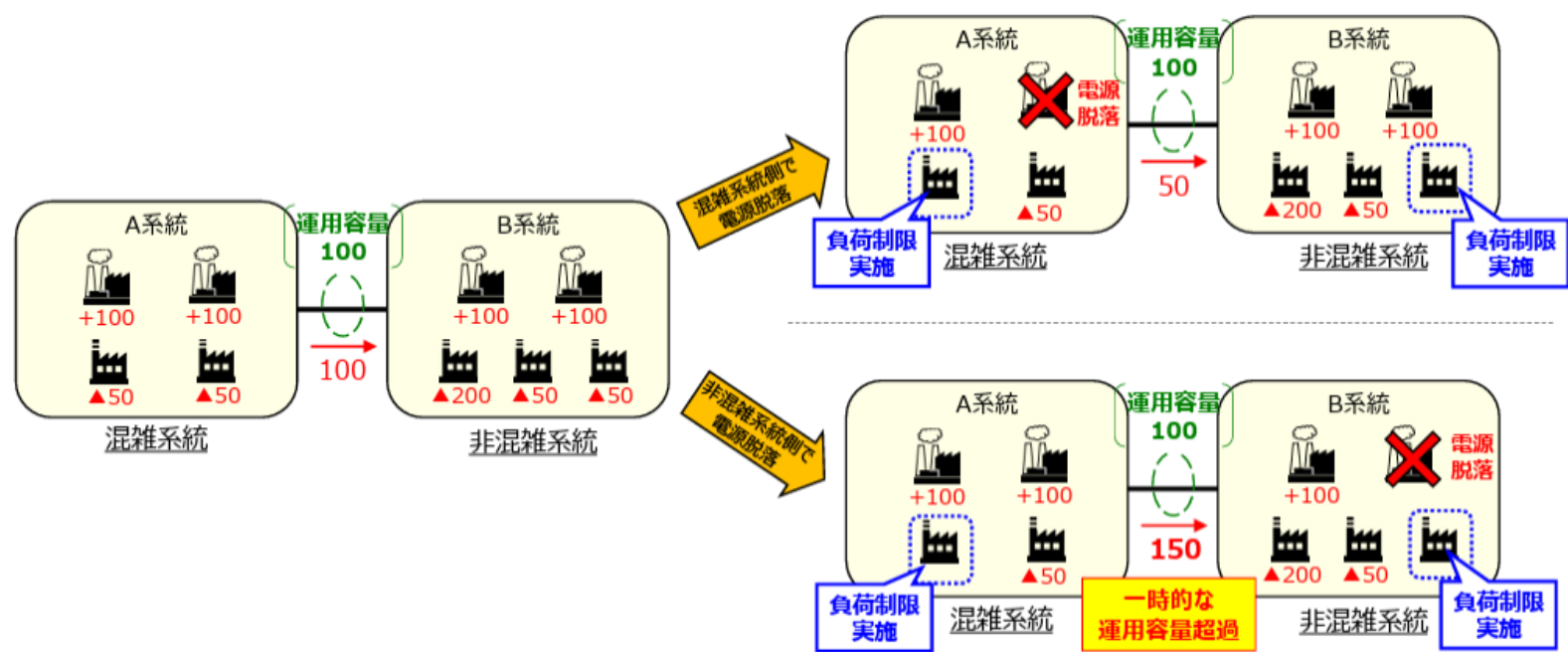
基本的には「④負荷送電（系統連系前）」と同様の考え方で負荷送電を行う。なお、管轄する供給区域の運転予備力を用いて他の供給区域の負荷を送電する一般送配電事業者は、「Ⅰ．需給ひっ迫時の需給状況の改善に関する手順」に準じ、管轄する供給区域の運転予備力確保状況を踏まえて、地域間連系線を通じて他の供給区域を応援する。

- 現状を踏まえ、連系維持中に広域負荷制限が実施された場合の復旧方針に関しても、前述した災害時連携計画における復旧手順を参考とする案も考えられる一方、下記のような点（違い）も考慮する必要がある。
 - 連系維持中の広域負荷制限実施後の復旧と、連系分離に至るような場合からの復旧では、連系線の状況（例えば混雑が発生している等）や停電の規模が異なること
 - 具体的な復旧手順については、実運用における各エリアの実態を踏まえ、実際に機能するかどうかを検討した上で作成する必要があること
- 以上より、**広域負荷制限実施後の復旧方針については、広域機関および一般送配電事業者の実運用を担う関係箇所と連携しつつ、検討を進めていく必要があるか。**

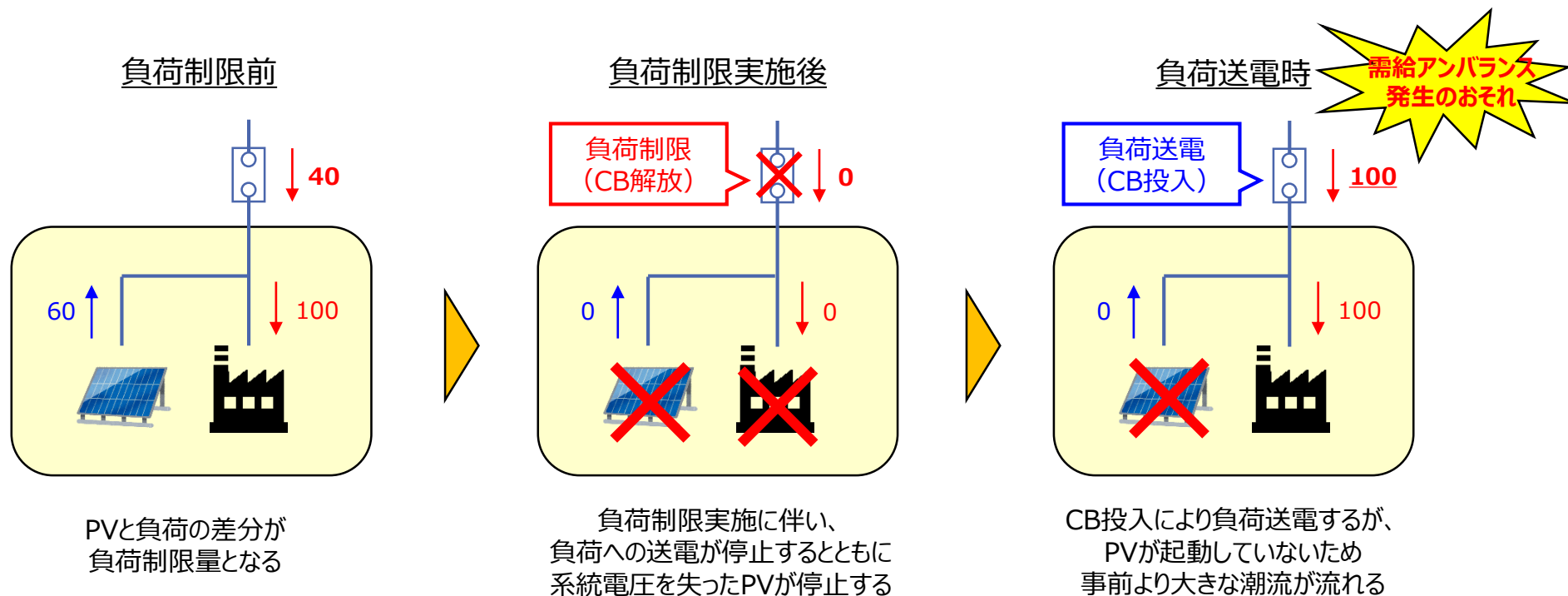
【技術 2 - 4】 負荷制限時の混雑対応 (2 / 2)

31

- この点、電源脱落が混雑系統、非混雑系統それぞれで発生した場合、対応の考え方も変わり得る。
- 混雑系統（ここでは送電側系統を指す）内で発生した場合は、混雑送電線の潮流が維持または緩和されるため、混雑対応は特段必要ないと考えられる。
- 他方、非混雑系統（ここでは受電側系統を指す）内で発生した場合は、混雑送電線の潮流がさらに増加することから、**非混雑系統内に一時的な運用容量超過の解消のための余力が必要**になると考えられる。



- 負荷制限は変電所またはフィーダ単位で実施しており、その際の事前潮流（負荷制限量）は、需要からPV出力を差し引いた正味の需要となっている一方、負荷制限の実施によりPVは一旦停止するため、実際に送電すべき負荷は事前潮流よりも大きな数値となる場合がある。
- 仮に、このPV停止による負荷送電必要量の増加を考慮せずに復旧した場合、送電と同時に需給バランスが崩れ、さらなる負荷側UFRの動作に至るおそれがある。
- このため、復旧時においては、事前のPV出力を適切に把握したうえで、負荷送電量を決定する必要がある。



1. 緊急時の負荷制限の在り方（振り返り）
2. 広域負荷制限検討の位置づけ
3. 広域負荷制限の在るべき姿の整理
 - （１）広域負荷制限の位置づけ
 - （２）負荷制限の実施単位
 - （３）エリア間の分担比率
 - （４）制御方式
 - （５）負荷制限実施後の復旧方針
4. まとめ

- 今回、広域負荷制限の在るべき姿について、下記のとおり、整理を行った。

項目	整理（検討結果）
広域負荷制限の位置づけ	社会的影響の低減に資する場合は、送配電等業務指針に則った合理的な系統安定化維持対策である。
負荷制限の実施単位	同期連系系統（50Hzまたは60Hzの交流系統）単位で実施することを基本とする。
エリア間の分担比率	各エリアの需要比率を基本としつつ、必要に応じて、実施頻度の均平化を図るための調整を行う。
制御方式	系統安定化システムと負荷側UFRのどちらの方式を選択するかに関しては、それぞれの特徴を踏まえた検討が必要である。
負荷制限実施後の復旧方針	広域機関および一般送配電事業者の実運用を担う関係箇所と連携しつつ、検討を進めていく必要がある。

- 引き続き、広域負荷制限の適用（拡大）要否、ならびに詳細な論点について、検討を進めることとしたい。