

想定故障等に関する詳細検討について

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5回本作業会（2025年1月24日）において、主に同期安定性の面から、N-1故障およびN-2故障に関する事故様相、および安定化の考え方について現状の実態を調査した。
- 調査の結果、大別すると、「N-1故障・N-2故障の定義」・「N-1故障における安定の考え方」・「N-2故障における安定の考え方」の3つの論点について、エリア毎にいくつかの差異が見受けられた。
- 今回、想定故障等について更に深掘りした調査を行うとともに、上記3つの論点（差異）に関する合理的な考え方（考え方は統一可能か、差異は合理的か等）について整理したため、ご議論いただきたい。

本作業会における詳細論点（１．共通）（１／２）

33

大項目	中項目	No.	論点	概要（背景、検討の進め方）
共通	想定故障 (クライテリア)	1-1-1	想定故障や社会的影響 の考え方の違いは妥当か	現行のクライテリア（信頼度基準）においては、N-1故障では原則、発電・供給支障を発生させないこと（ただし、電制は許容）、N-2故障では発電・供給支障を許容しているが、社会的影響を鑑み、必要に応じて対策を講じることとしている。 この点、各エリアにおいて、具体的にどういった故障をN-1故障と定義しているのか（例えば母線事故や同相欠相事故は含まれるのか）、また、N-2故障の対策として、どこまでの社会的影響に講じているのか、エリア間で違いがある場合には、その理由が合理的なものか検討する。 ➤ 次回以降、各エリアの現行の考え方を確認のうえ、エリア間の違いの理由の妥当性を確認。その結果、考え方を見直すことによる影響があれば、技術動向も含め対策を検討
	フリンジ	1-2-1	各決定要因における フリンジの取扱い	地域間連系線とエリア内送電線で同様の考え方とする（フリンジで対応する）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、必要により見直しを行ったうえで、エリア内送電線に適用可能かを判断したい（論点No.1-2-2）。 ➤ 第2回本作業会にて検討状況を報告（資料4）、次回以降見直し要否も含め深掘り検討
		1-2-2	連系線と地内送電線で の取扱い統一可否	同時市場導入検討においては、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である。 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こととしたい。 ➤ 第2回本作業会での報告内容（資料4）を踏まえ、一般送配電事業者と共に統一することの影響評価を行い、次回以降に検討結果を報告
	緊急的な 運用容量拡大	1-3-1	地内系統の緊急拡大 スキーム整理が必要か	地域間連系線では、N-0（設備健全時）において、需給ひっ迫に伴う計画停電等のおそれがある場合には、N-1故障・N-2故障時の供給信頼度低下を許容した緊急的な運用容量の拡大が認められているが、地内系統における緊急拡大の考え方は整理されていない。 地内系統においても、今後の系統混雑の進展に伴い、需給ひっ迫時においても供給力が制限されることが懸念されるため、地内運用容量を緊急的に拡大できる仕組み（適用基準、承認者、拡大までのスキーム、情報公表、事後検証など）の整理が必要ではないか。 ➤ 次回以降、地域間連系線における緊急拡大スキームの考え方や仕組みを紹介した上で、地内系統の緊急拡大スキームの整理結果を報告

今後の検討の進め方

26

- 今回、大きく「N-1故障・N-2故障の定義」「N-1故障における安定の考え方」「N-2故障における安定の考え方」の3つの論点について地域間連系線、各エリアの考え方（実態）の調査を行い、以下のような差異が存在した。

【論点①② N-1故障・N-2故障の定義】

- 2回線に跨る故障のうち、ルート断に至らない様相（通常、N-2故障）においては、1φ2LGや2φ3LGをN-1故障と見做しているエリア、または、そもそも検討対象としていない（検討省略としている）エリアが見受けられた
- 片母線については、運用容量制約において一部の連系線・エリアにおいてN-1故障想定としていた

【論点③④ N-1故障における安定の考え方】

- 系統制御（電源制限）については大宗のエリアが織り込み「あり」としていたが、電制量上限の考え方に差異があり、それによって安定限界潮流が変わる（制約要因となる）ケースも散見された

【論点⑤⑥⑦ N-2故障における安定の考え方】

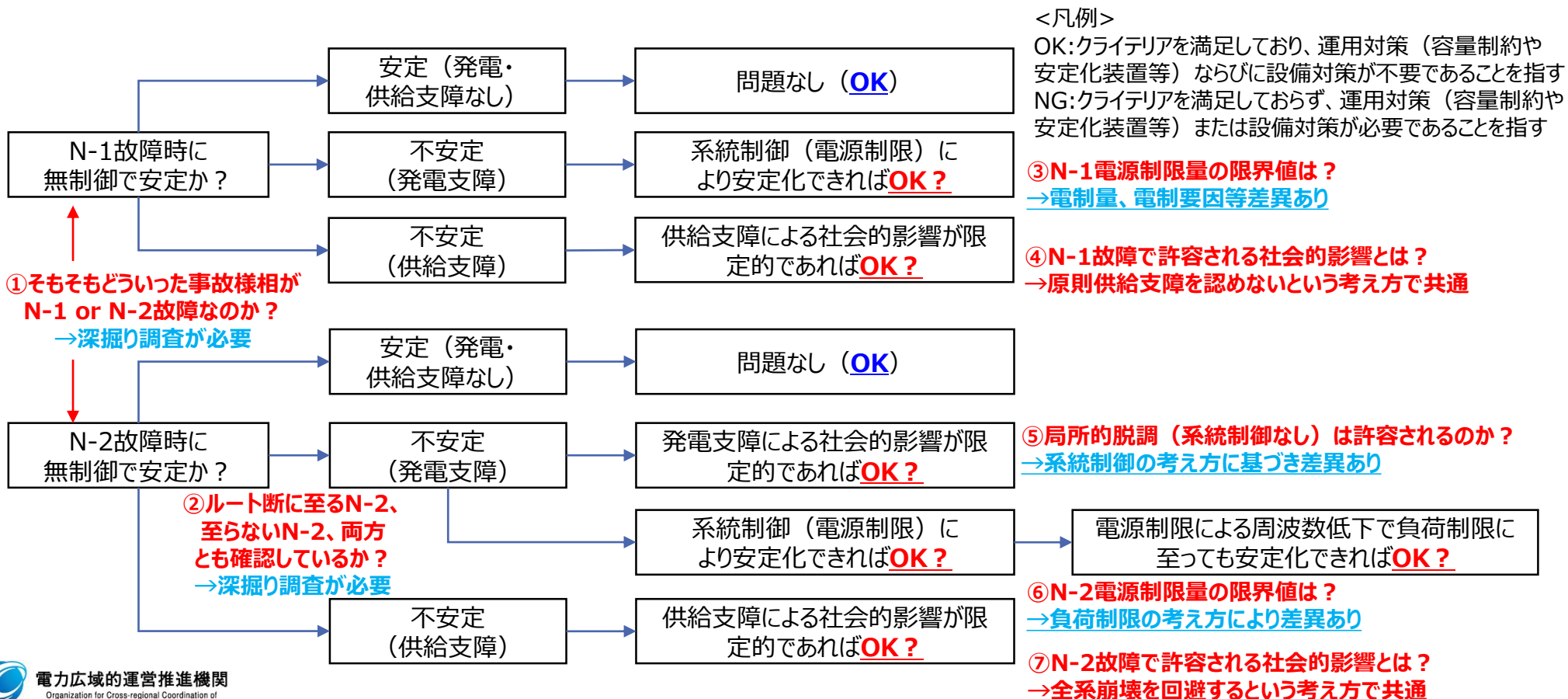
- 発電支障については局所的脱調の許容有無が分かれる等、エリア毎に異なる考え方があることを確認した
- 系統制御の組み合わせ（電源制限＋負荷制限）については、許容する（実質電制量の上限がなく、制約要因としない）エリアと、許容しない（電制量上限により制約要因になる）エリアがそれぞれ存在することを確認した

- 今後、上記の各論点（差異）については、地域間連系線との平仄等も踏まえ、合理的な考え方を深掘りしていく。

1. 想定故障等の考え方と実態把握の深掘り
2. 想定故障等に関する合理的な考え方の整理
 - 2-1. N-1故障・N-2故障の定義
 - 2-2. N-1故障における安定の考え方
 - 2-3. N-2故障における安定の考え方
3. まとめ

1. 想定故障等の考え方と実態把握の深掘り
2. 想定故障等に関する合理的な考え方の整理
 - 2-1. N-1故障・N-2故障の定義
 - 2-2. N-1故障における安定の考え方
 - 2-3. N-2故障における安定の考え方
3. まとめ

- 第5回本作業会において行った、実態把握（アンケート結果）を整理すると下図の通りとなる。
- 「N-1故障における安定の考え方（③④）」「N-2故障における安定の考え方（⑤⑥⑦）」については、エリア間で大筋では同様の考え方であったが、系統制御（電源制限・負荷制限）の考え方には差異が見受けられた。
- 一方、「N-1故障・N-2故障の定義（①②）」については、そもそも空欄回答が多く、どういう考え方に基づくのかを把握するためには、もう少し深掘り調査が必要というご意見を多数頂いたため、今回再アンケートを実施した。



論点①② 送電線におけるN-1故障・N-2故障 (アンケート結果)

12

- 送電線（2回線）における、N-1故障・N-2故障想定（同期安定性）のアンケート結果は下表のとおり。
- 送電線（2回線）においては、大きく「領域Ⅰ：1回線における故障（通常、N-1故障）」・「領域Ⅱ：2回線に跨る故障のうち、ルート断に至らない様相（N-1 or N-2故障）」・「領域Ⅲ：2回線に跨る故障のうち、ルート断に至る様相（通常、N-2故障）」の3つがあり、このうち領域Ⅰ、Ⅲについては連系線・各エリアとも共通であった。
- 一方、領域Ⅱにおいては、1φ2LGや2φ3LGをN-1故障と見做しているエリア、または、そもそも領域Ⅱ自体を検討対象としていない（検討省略としている）エリアが見受けられた。

事故様相	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄	連系線
●○ ○○ ○○ 1φ1LG								領域Ⅰ：1回線における故障（通常、N-1故障）			
●○ ●○ ○○ 2φ2LG											
●○ ●○ ●○ 3φ3LG	N-1	N-1	N-1	N-1	N-1	N-1	N-1	N-1	N-1	N-1	N-1
●● ○○ ○○ 1φ2LG			N-1			N-1		領域Ⅱ：2回線に跨る故障のうち、ルート断に至らない様相（N-1 or N-2故障）			
●● ●○ ○○ 2φ3LG					N-1	N-2					N-1 (越嶺)
●● ●○ ●○ 3φ4LG	N-2		N-2	N-2	N-2	N-2					N-2 (越嶺)
●● ●○ ○○ 2φ4LG								領域Ⅲ：2回線に跨る故障のうち、ルート断に至る様相（通常、N-2故障）			
●● ●● ●● 3φ6LG	N-2	N-2	N-2	N-2	N-2	N-2	N-2	N-2	N-2	N-2	N-2

※ 空欄については、「検討省略」との回答があった箇所

- 第5回本作業会で頂いたご意見を踏まえ、以下の点について深掘りのためのアンケートを実施した。
 - 各事故様相について、（検討省略しているから未回答ではなく）事故時の電氣的ショックや発生確率等に基づき、そもそもどのような事象（N-1故障、N-2故障、あるいはこれまで未考慮であったか等）と解釈しているか
 - 送電線以外の設備故障（発電機・変圧器・母線等）についても、どのような事象と解釈しているか
- また、これらの差異は、そもそも設備形成ルールが異なることに起因する可能性があるため、合わせて確認を行った。

第5回本作業会（2025年1月24日）資料5 想定故障の違い等を踏まえた検討の進め方について

（河辺メンバー）

- ・想定故障の実態についてまとめていただき感謝する。私から二つ程コメントさせていただくが、論点①②のアンケート結果に関してだが、今回送電線以外の故障に対するアンケート結果のところ、例えばその変圧器故障についても、N-1故障として変圧器故障を考慮しているエリアとそうでないエリアがあるということをお示しいただいている。実際、変圧器故障は同期安定性に影響があるのではないかと私は感じたが、それぞれどういう理由で考慮しているのか、考慮していないのかという点についても深掘りいただけると、今後の方針で示されている合理的な考え方というのを整理していく上で、役に立つのではないかと考えている。次にその後の論点③～⑦のN-1故障及びN-2故障に対する安定の考え方のところだが、ここに対しては、既に前段において、何をN-1故障やN-2故障として想定しているかがエリアによって異なっている部分も示されているかと認識しており、想定故障とセットでアンケートの結果というのは見る必要があると感じた。言い変えると、共通の想定故障に対して、安定の考え方というのをきちんと整理していく必要があるのかと感じた。

（松村メンバー）

- ・この資料に関しては、こういう調査を始めて下さったことはとても有難いし、こういう点を考慮しなければいけないということを教えていただき有難いが、現状をまとめて整理した段階には到達していないように見える。それは、**アンケート結果のところでは空欄が多い。個別の事情があるのは十分理解した上だが、きちんと理解する為には、もう少し詳しく把握しなければいけないということがわかった。**今後具体的な検討をしていく時に、何故空欄になっているのかというのは変な聞き方かもしれないし、個別の事情や複雑な事情があると思うが、まだこの段階でも現状どうなっているのかは、この資料だけではよくわからないので、今後仮にアンケートの回答があったとしてももう少しどうしてこの回答なのかという点を詰めていただき、具体的な提案が出てくる時にはもう少し背景事情がわかると有難い。

- | 事故様相 | | 北海道 | 東北 | 東京 | 中部 | 北陸 | 関西 | 中国 | 四国 | 九州 | 沖縄 | 連系線 |
|--|-------|--------------------|------------|------------|------------|-----|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
|  | 1φ1LG | N-1（全エリア共通） | | | | | | | | | | 領域Ⅰ |
|  | 2φ2LG | N-1（全エリア共通） | | | | | | | | | | |
|  | 3φ3LG | N-1（全エリア共通） | | | | | | | | | | |
|  | 1φ2LG | <u>N-2</u> | <u>N-2</u> | N-1 | <u>N-2</u> | N-1 | N-1 | <u>N-2</u> | <u>N-2</u> | <u>N-2</u> | <u>N-2</u> | 領域Ⅱ |
|  | 2φ3LG | <u>N-2</u> | <u>N-2</u> | <u>N-2</u> | <u>N-2</u> | N-1 | <u>N-2</u> | <u>N-2</u> | <u>N-2</u> | <u>N-2</u> | <u>N-2</u> | N-1
(越嶺) |
|  | 3φ4LG | <u>N-2（全エリア共通）</u> | | | | | | | | | | |
|  | 2φ4LG | <u>N-2（全エリア共通）</u> | | | | | | | | | | 領域Ⅲ |
|  | 3φ6LG | <u>N-2（全エリア共通）</u> | | | | | | | | | | |

- 2回線に跨る故障のうち、領域Ⅱ（ルート断に至らない様相）に該当する詳細な事故様相としては、初発事故は2回線に跨るも、高速再閉路後の故障が片回線（事故相が多い側）のみ残存することで、故障が残存しなかった健全回線側で連系維持が図れる（それが故に、放射状系統での同期安定性が厳しくなる）ケースを指す。
- 高速再閉路後の故障が両回線とも残存する場合は、そのままルート断に至るため、N-2故障と見做すのが一般的。

※ 下表は、単相遮断・高速再閉路による領域Ⅱに該当する事故除去シーケンスの一例（これと異なるシーケンスになるエリアもある）

事故様相	故障発生 (n)	単相遮断 (n+50msec程度)	再閉路＋再故障発生 (n+550msec程度)	仕上がり (n+600msec程度)
1φ2LG (同相欠相)	● ● ○ ○ ○ ○	× × ○ ○ ○ ○	<u>● ○</u> ○ ○ ○ ○	× ○ × ○ × ○
2φ3LG	● ● ● ○ ○ ○	× × × ○ ○ ○	<u>● ○</u> <u>● ○</u> ○ ○	× ○ × ○ × ○
3φ4LG	● ● ● ○ ● ○	× × × ○ × ○	<u>● ○</u> <u>● ○</u> <u>● ○</u>	× ○ × ○ × ○
(参考) 2φ4LG	● ● ● ● ○ ○	× × × × × ×	(左記ケースの解説) 初発事故の時点で健全相が単相しかなく、高速再閉路（500msec）中の同期連系が保てないため、即時ルート断とする必要がある	

- 続いて、送電線以外の設備（発電機・変圧器・母線等）における、主に同期安定性に関するN-1故障・N-2故障想定
 の深掘り調査結果については下表の通り。
- 送配電等業務指針では、送配電線、変圧器、発電機が故障設備として例示されており、このうち、**変圧器・発電機**
 については**N-1故障で共通**であった。
- また、Ry1系不動作については、系統でN-1故障が発生した上で、追加的に発生するN-1故障（合計N-2故障）
 と見做す考え方が共通であった（実際には、基幹系にはRy2系列設置することで、両系とも不動作による事故除去
 遅延はN-3以上の想定外故障と見做していることが多い）。
- しかしながら、片母線事故については、多くのエリアがN-2故障と見做している一方、N-1故障と見做しているエリアも
 存在する等、差異が見受けられた（詳細な取扱いについては後述）。

想定設備	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄	連系線
発電機	N-1	N-1	N-1	N-1	N-1	未考慮	N-1	N-1	N-1	N-1	
変圧器	N-1（全エリア共通）										
片母線	N-1	N-2	N-2	N-2	N-1	N-1	N-2	N-2	N-2	N-1	N-1※
N-1故障＋ Ry1系不動作	N-2（全エリア共通）										

※ 中部関西間、北陸関西間、中国四国間、中国九州間のみ

- また、前述の深掘り調査結果において、差異が見受けられた「1φ2LG」「2φ3LG」「片母線」について、設備形成ルール含めて確認すると、更に下記の通り、類型パターンが細分化されることが分かった。

➤ 類型A：運用のクライテリアと設備形成のクライテリアが一致（他エリアと同等の水準）

➤ 類型B：運用のクライテリアと設備形成のクライテリアが一致（他エリアより厳しい水準）

➤ 類型C：運用のクライテリアと設備形成のクライテリアが不一致
- これまでの深掘り結果を踏まえ、次章において、「1φ2LG」「2φ3LG」「片母線」に関する合理的な考え方（考え方は統一可能か、差異は合理的か等）についての整理を行うこととする。（他の事故様相に関しては、現状において、既に統一的な考え方となっていることが確認できたため、検討を割愛する）

類型B

類型C

 （それ以外は全て類型A）

事故様相/設備			北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄
●○ ●○ ●○	(参考) 3φ3LG	運用	N-1（全エリア共通）									
		設備形成	N-1（全エリア共通）									
●● ○○ ○○	1φ2LG	運用	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	N-1	<u>N-2</u>	N-1	N-1	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>
		設備形成			N-1		(N-1)					
●● ●○ ○○	2φ3LG	運用	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	N-1	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>
		設備形成					N-1					
片母線		運用	N-1	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	N-1	N-1	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	N-1
		設備形成		<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>	N-1	<u>N-2</u>	<u>N-2</u>			

※ 空欄は設備形成ルールに記載がない（実質的にN-2以上である）ことを示す。

1. 想定故障等の考え方と実態把握の深掘り
2. 想定故障等に関する合理的な考え方の整理
 - 2-1. N-1故障・N-2故障の定義
 - 2-2. N-1故障における安定の考え方
 - 2-3. N-2故障における安定の考え方
3. まとめ

- 想定故障等の定義（N-1故障かN-2故障か）については、系統信頼度（セキュリティ）という観点からは、単純な電力設備の箇所数というよりも、当該事故様相の発生確率等から分類するという考え方※が実態を占めている。
- この点、**「1φ2LG」については**、代表的なN-1故障である3φ3LGよりも発生確率の高いことから、**本来的にはN-1故障と定義するのが合理的**と考えられる。（本事故様相においては、類型Bにあたる東京・北陸が該当）
- 一方で、本作業会はあくまで運用基準を主たる議題とする場であることから、他エリアについては1φ2LGをN-2故障以上と見做し設備形成している（N-1故障と見做し設備形成しているエリアより系統が弱い）ことを前提に考える必要があり、その場合の現状の考え方（各類型）の特徴は以下の通り。

1φ2LGをN-2以上と見做して設備形成	運用上は1φ2LGをN-1故障と定義（類型C：関西）	運用上も1φ2LGをN-2故障と定義（類型A：東京・関西・北陸以外）
特徴	・N-1故障と見做して設備形成しているエリアより系統が弱いなか、運用上だけN-1信頼度基準（原則、供給支障NG）を満たそうと思うと、電制量等が不足し、 運用容量制約となる可能性	・実際には、代表的なN-1故障である3φ3LGよりも発生確率の高いにも関わらず、N-2故障と定義することで 負荷制限許容の運用になる可能性

- これらについては、実質的にN-1相当の発生確率で負荷制限が発生するのは避けるべきと考える一方、設備形成の考え方と不整合が生じている状態で、闇雲にN-1故障と定義して運用容量制約（あるいは新たな運用対策）を生じさせるのも非合理的であることから、**当面は1φ2LGに対し複数の定義が併存することを許容しつつ、1φ2LGにより負荷制限が発生する箇所（系統）に限り、負荷制限を許容するN-2信頼度基準ではなく、N-1信頼度基準（それに伴う、後述のN-1故障における安定の考え方）を適用すること**としてはどうか。
- また、中長期的には設備形成の考え方と整合を図ることが望ましいことから、関係箇所とも連携しながら、引き続き、検討を進めていくこととしたい。

※ 当該事故の影響を緩和する（基準以内に収める）ために、設備・運用の対策（投資）を行うことを考えると、発生確率等に基づく考え方が整合的。

- 送電線(2回線)における事故の発生確率としては1φ1LGや2φ2LGの頻度が高く、代表的なN-1故障である3φ3LGよりも電氣的ショックが小さいことから、1φ1LGや2φ2LG等はN-1故障に包含することが一般的となる。

表 4.3 平行2回線送電線における事故様相別の発生比率(昭和55～59年度)⁽¹⁾

事故相	1φG		2φG			3φG			
事故導体	1 LG	2 LG	2 LG	2 LG	3 LG	3 LG	3 LG	4 LG	4 LG
事故様相	×○	××	×○	×○	××	×○	×○	××	××
	○○	○○	×○	○×	×○	×○	×○	×○	×○
	○○	○○	○○	○○	○○	×○	○×	×○	○×
略称1	1φ1 LG	1φ2 LG	2φ2 LG		2φ3 LG	3φ3 LG		3φ4 LG	
略称2	A	AA'	AB	AB'	AA'B	ABC	ABC'	AA'BC	AA'BC'
事故実績	73 %	5 %	10 %		3 %	3 %		1 %	

(注) φは相, LGは地絡線路数を示す。

領域Ⅰ 領域Ⅱ 領域Ⅰ (領域Ⅱ) 領域Ⅱ 領域Ⅰ (領域Ⅱ) 領域Ⅱ (領域Ⅱ)

なお表4.3には、わが国における平行2回線送電線で発生した事故様相別の実績の比率(昭和55～59年度、全国の187kV以上の送電線)をあわせて記載している。

この実績をみると、1φ1LG(A)が最も頻度が高く、ついで2φ2LG(AB, AB'), 1φ2LG(AA')の順となっている。また、電力設備形成上の標準的な想定事故である3φ3LG(ABC)は意外に少ないことがわかる。

- 次に、「2φ3LG」については、1φ2LGと異なり、代表的なN-1故障である3φ3LGよりも発生確率は同等以下であることから、**本来的にはN-2故障と定義するのが合理的**と考えられる。（北陸以外のエリア（類型A）が該当）
- 一方で、北陸エリアは冬季雷の影響で2φ3LGの発生頻度が比較的高いという特徴があり、これまでにしても、北陸エリアでは、設備形成の考え方ならびに運用の考え方ともに、2φ3LGをN-1故障と定義している。
- これらの考え方は当該事故様相の発生確率に基づいており、差異の説明として合理的と考えられることから、引き続き、**北陸エリアにおいては、2φ3LGをN-1故障と定義すること**としてはどうか。

（参考）運用容量検討会資料の記載

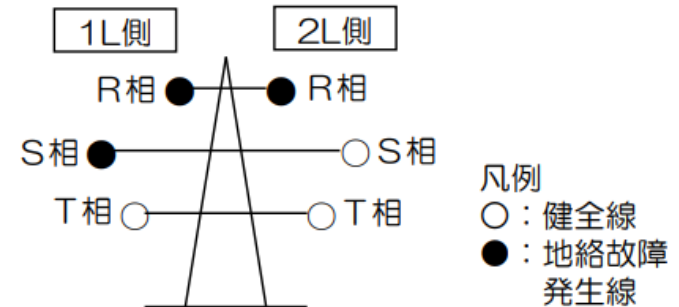
【2回線二相3線地絡故障のイメージ】

北陸エリアでは、送電線2回線またがり故障の頻度が比較的多いため、二相3線地絡故障を想定故障に含めている。

二相3線故障とは右図のような故障をいう。

＜二相＞
R相、S相

＜3線＞
1L側：2線
2L側：1線



- 北陸エリアでは、冬季雷の影響により、2φ3LG故障の発生頻度が高く、これまでもN-1故障として整理している。

参 考) 不平衡故障の取り扱い

23

◆設備形成ルールでの取り扱い

- ・北陸エリアでは冬季雷の影響で2回線2相3線故障の頻度が比較的多く、設備形成ルールでは単一設備故障(N-1故障)として考慮している。
- ・他のエリアでは必要に応じ対策している。

エリア	不平衡故障の対応
北海道	単相再閉路方式または多相再閉路方式を採用している送電線については、3LG-O以外の事故様相についても検討を行なう。
東 北	総合的に検討し適切な対策を行なう。
東 京	必要に応じ2回線同相1線地絡並びにルート事故、遮断失敗等の条件についても、広範囲、長時間停電等の重大事故に発展しないよう保護・制御面を含めて適切な対策を行なう。
中 部	必要に応じ、系統安定化装置を設置する。
北 陸	単一設備故障時の系統崩壊。 系統安定度及び電圧安定性の検討に用いる想定故障は原則として以下の通りとし、発電機の電力動揺波形の収束状況及び電圧の回復状況から安定性を判定する。 a.超高压送電線で、高速度多相再閉路方式における系統安定度検討の場合：2φ3LG b.上記以外：3φ3LG
関 西	安定度電源制限装置： 並行2回線送電線の2回線に亘る同相故障等に対して発電機の同期運転の安定性を維持することを目的として設置する。
中 国	2回線にまたがる送電線事故、母線事故、高速再閉路不成功、変圧器1台事故及びループ系統のループ断等についても、系統へ及ぼす影響が大きいとえられる場合は必要により考慮する。
四 国	単一事故(送電線1回線事故)以上の過酷事故 事故の頻度等により個別に検討する。
九 州	系統に及ぼす影響が大きいと想定される場合は、ルート断故障等も考慮する。

- 最後に、「片母線」については、単一設備の故障ではあるものの、過去のエリア毎の故障実績を踏まえると、代表的なN-2であるルート断故障より発生確率は低いことから、**本来的にはN-2故障と定義するのが合理的**と考えられる。
（北海道・北陸・関西・沖縄以外のエリア（類型A）が該当）
- この点、類型Cに該当する北海道・関西・沖縄についても、設備形成上N-2以上と見做して取り扱っており、運用上だけN-1信頼度基準（原則、供給支障NG）を満たそうと思うと、電制量等が不足し運用容量制約となる可能性が生じる等、合理的ではない状態になると考えられるため、**北海道・関西・沖縄エリアにおいても片母線をN-2故障と定義することとしてはどうか。**
- 一方で、北陸エリアにおいては、設備形成上もN-1故障と見做して取り扱っており、また、片母線事故の発生確率は2φ3LG程は地域性に依らないと考えられるところ、あくまで運用基準を主たる議題とする本作業会においては、**当面は片母線に対し、複数の定義が併存（北陸エリアにおいてはN-1故障と定義）することを許容**することとしたい。
- また、中長期的には設備形成の考え方と整合を図ることが望ましいことから、関係箇所とも連携しながら、引き続き、検討を進めていくこととしたい。

参 考) エリア毎の故障実績

22

- ◆ルート断故障は、連系線と同じ第一階級電圧で見れば10年で19件発生しており、“通常想定し得る範囲での故障”と言える。

H17～26年度（東京はH17～26年度上期）故障件数／（ ）内はルート断件数

エリア (電発設備含む) [第一、第二階級電圧]	送電線				母線故障	
	N－1故障		N－2故障		N－1故障	
	第一階級電圧	第二階級電圧	第一階級電圧	第二階級電圧	第一階級電圧	第二階級電圧
北海道 [275kV、187kV]	39件	203(3※ ¹) 件	11(1+7※ ²)件	36(16+2※ ²)件	0件	1件
東北 [500kV、275kV]	58件	257件	4(4※ ²) 件	23(1+2※ ²)件	0件	1件
東京 [500kV、275kV]	167件	222(2※ ¹) 件	11(1)件	50(10)件	7件	17件
中部 [500kV、275kV]	59件	63(11※ ¹) 件	13件	25(4+1※ ²) 件	1件	6件
北陸 [500kV、275kV]	44件	64件	17(2)件	24(3)件	0件	3件
関西 [500kV、275kV]	166件	350件	11(2)件	57(14)件	3件	3件
中国 [500kV、220kV]	43件	186件	11(2)件	44(22)件	0件	0件
四国 [500kV、187kV]	8件	442(21※ ¹) 件	0件	27(8)件	0件	2件
九州 [500kV、220kV]	47件	310件	7件	39件	0件	2件
合計	631件	2097(37)件	85(19)件	325(83)件	11件	35件

※1) 1 回線設備での故障

※2) 1 回線が故障停止中に残り回線が故障停止し、ルート断に至った事象



電力広域的運営推進機関
Organization for Cross-regional Coordination of
Transmission Operators, JAPAN

1. 想定故障等の考え方と実態把握の深掘り
2. 想定故障等に関する合理的な考え方の整理
 - 2-1. N-1故障・N-2故障の定義
 - 2-2. N-1故障における安定の考え方
 - 2-3. N-2故障における安定の考え方
3. まとめ

- 第5回本作業会において、「N-1故障における安定の考え方」についてアンケートを行った結果、エリア間で大筋では同様の考え方であったが、系統制御（電源制限）の考え方には差異が見受けられた。
- 今回、これらについて合理的な考え方を整理したので、ご議論いただきたい。

論点③④ N-1故障における安定の考え方（アンケート結果）

19

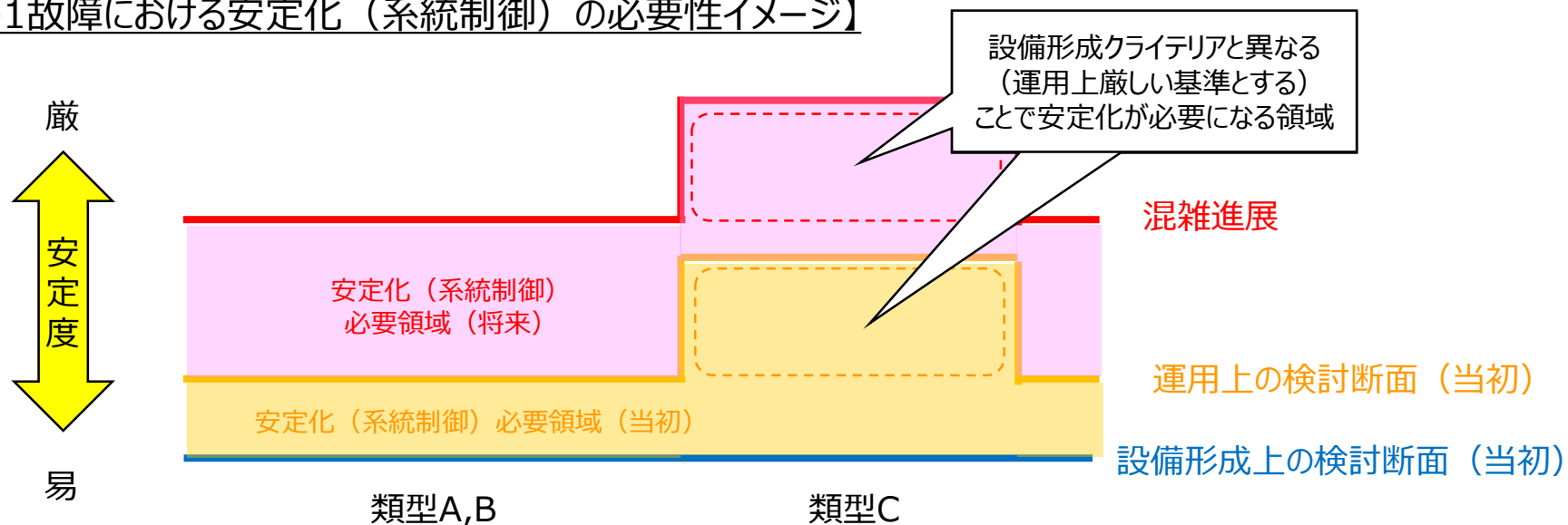
- N-1故障における安定化の考え方に関するアンケート結果は下表のとおり。
- N-1供給支障を許容する限定的な社会的影響としては、短時間で復旧可能な小規模停電などが挙げられたが、これらは1回線の送電線路から受電する需要場所のような特殊なケースが大半であり、**基幹系のN-1故障において不安定となり供給支障が生じるケースを問題なしと見做す（制約要因としない）**考え方は殆どなかった。
- また、系統制御（電源制限）については大宗のエリアが織り込み「あり」としていたが、電制量上限の考え方に差異があり、それによって安定限界潮流が変わる（制約要因となる）ケースも散見された。

	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄	連系線
電制織込み有無	あり	あり	あり	あり	将来的にあり	あり	あり	あり	あり	なし	なし
電制量上限（熱）	N-1電制ガイドライン	N-1電制ガイドライン	UFRの動作に至らない量	N-1電制ガイドライン	N-1電制ガイドライン	N-1電制ガイドライン	N-1電制ガイドライン	N-1電制ガイドライン	N-1電制ガイドライン		
電制量上限（安定度）			UFRの動作に至らない量	N-1電制ガイドライン（単機最大脱落量）		59.1HzのUFR作動させない量		N-1電制ガイドライン			
電制量上限（電圧）				N-1電制ガイドライン（単機最大脱落量）				N-1電制ガイドライン			
電制量上限（周波数）											
限定的な社会的影響	・ 小規模 ・ 短時間復旧	基準なし	・ 小規模 ・ 短時間復旧	基準なし	基準なし	基準なし	基準なし	・ 短時間復旧	基準なし	基準なし	基準なし

※ 空欄については、当該制約要因における「N-1電制なし」との回答があった箇所

- 前述の通り、大宗のエリア・事故様相に関しては、設備形成と運用のクライテリアは一致している。（不一致なのは、類型Cで示した、関西の「1φ2LG」、北海道・関西・沖縄の「片母線」のみ）
- この点、設備形成クライテリアを満足していれば、そもそもN-1故障で不安定とならないよう設備対策（系統増強）がなされているはずで、その前提であればN-1故障における安定化（系統制御）は本来必要ないとも考えられる。
- 他方、実際には、設備形成上の検討断面（ex.重負荷代表断面）と運用上の検討断面（ex.軽負荷最過酷断面）は異なり、同じ事故様相であっても運用上の検討断面でのみ不安定となるケースは生じうること、また、系統混雑の進展によって、設備形成当初想定していた検討断面を超える状況も起こりうる。（あるいは類型Cのように、運用上のみ厳しい基準を適用する際にも発生する）
- そのため、今は熱以外のN-1電制が存在しないエリアにおいても、将来的には必要となるケースも考えられることから、改めてN-1電制における共通的な考え方について整理を行うこととする。

【N-1故障における安定化（系統制御）の必要性イメージ】



- 現状（実態）は、熱以外のN-1電制が存在しない（必要としていない）エリアもあり、同期・電圧・周波数のN-1電制量上限の考え方は異なっているが、系統混雑の進展等で将来的には必要となるケースも考えられることから、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、N-1電制の起因事象（電制動作のきっかけとなる事故）がN-1故障であることを踏まえると、電制量上限の考え方についてもN-1信頼度基準に準ずるのが整合的と考えられることから、**同期・電圧・周波数のN-1電制量上限については、技術的に可能、かつ必要な箇所に対しては、UFR動作に至らない（供給支障に至らない）量まで織り込み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。
- ただし、連系線の状況等で、N-1電制実施後に供給力不足に陥る可能性がある等事情があれば、エリアによっては単機最大ユニットを上限とすることも考えられる（単機最大脱落自体が同じN-1故障で発生することを踏まえれば、単機最大ユニット相当の電制量までは対応可能と考えられるため）。
- また、N-1電制の起因事象ならびに電制後の影響（需給バランス）は、運用容量の制約要因（熱、同期、電圧、周波数）で大きく変わらなないと考えれば、熱におけるN-1電制量上限の考え方についても、上記と同様の考え方にする（現状の考え方から見直す）ことも考えられる。
- 一方で、N-1熱電制の考え方は、設備形成の考え方にも大きく影響を与え、ならびにN-1熱電制の対象や電制量については、N-1電制ガイドライン改訂含めた対応が必要となることから、関係する広域系統整備委員会とも連携して、引き続き、検討を進めていくこととしたい。

- 主に熱容量等制約の解消（容量拡大）に用いられるN-1電制ガイドラインにおける電源制限量は、同一周波数連系系統の単機最大ユニット容量を超えない範囲で、対象設備の設備実態や故障頻度等を踏まえつつ、各エリアの一般送配電事業者で検討することとされている。（「常時の周波数変動に収める電制量」と「各エリアの予備力を考慮した電制量」の小さい方の値を目安とすることとなっている）

1. 3 供給信頼度の観点から許容する電制量

N-1故障対象設備（送電線・変圧器）1回の故障あたりの電制量は、信頼度の観点を踏まえ、「常時の周波数変動に収める電制量」と「各エリアの予備力を考慮した電制量」の小さい方の値を目安とする。

表1-3 N-1故障に対する電制量（目安）（赤字が小さい方）

エリア	常時の周波数変動に収めるための電制量 (MW) ³	各エリアの予備力を考慮した電制量 (MW) ⁴
北海道	40	250
東北	400	650
東京	400	2,550
中部	500	1,250
北陸	500	250
関西	500	1,300
中国	500	500
四国	500	250
九州	500	750
沖縄	10	50

目安を超えるN-1電制の適用については、電源脱落直後の需給バランス維持のために期待することとなる調整力の算定根拠となっている同一周波数連系系統の単機最大ユニット容量を超えない範囲で、対象設備の設備実態や故障頻度等を踏まえつつ、各エリアの一般送配電事業者で検討する。

なお、エリア全体で許容する電制量については、適正予備力等を算定するための供給信頼度評価において、電源の計画外停止率が算定根拠となっている。N-1電制のさらなる拡大に伴う同評価への影響については限定的と想定しているものの、注視していく必要があると考える。

1. 想定故障等の考え方と実態把握の深掘り
2. 想定故障等に関する合理的な考え方の整理
 - 2-1. N-1故障・N-2故障の定義
 - 2-2. N-1故障における安定の考え方
 - 2-3. N-2故障における安定の考え方
3. まとめ

- 第5回本作業会において、「N-2故障における安定の考え方」についてアンケートを行った結果、エリア間で大筋では同様の考え方であったが、系統制御の組み合わせ（電源制限＋負荷制限）の考え方には差異が見受けられた。
- 今回、これらについて合理的な考え方を整理したので、ご議論いただきたい。

論点⑤⑥⑦ N-2故障における安定の考え方（アンケート結果）

23

- N-2故障における安定化の考え方に関するアンケート結果は下表のとおり。
- 基幹系のN-2故障は影響（事故波及）が広範に及ぶため、供給支障量が限定的であるから許容というより、各種対策を組み合わせ全系崩壊に至らないことを確認という考え方が大宗であった。他方、発電支障については局所的脱調を許容しない／許容しつつも脱調分離リレーにより安定化できれば良い等、エリア毎に異なる考え方があった。
- 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ことを確認した。
- 地域間連系線においては、（周波数制約以外にも）N-2故障時の安定度電制が織り込まれているが、その際の系統制御の組み合わせ（電源制限＋負荷制限）については許容有無が分かれている状況。

	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄	連系線
類型	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ／Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ／Ⅱ
電制織込み有無	無し	有り	有り	有り	有り	有／無	有り	有り	有り	無し	有り
局所的脱調許容有無	許容	許容しない	許容しない	許容しない	許容しない	許容しない／許容	許容しない	許容しない	許容しない	許容	許容しない
電制＋負制許容有無	－	負制まで許容せず	負制も許容	負制も許容	負制まで許容せず	負制も許容	負制も許容	負制も許容	負制も許容	－	両方あり
電制量上限	－	負制に至るほどの箇所なし	供給力不足とならない量	上限なし	負制に至るほどの箇所なし	PVの不要解列発生しない量	PVの不要解列発生しない量	上限なし	PVの不要解列発生しない量	－	※
限定的な社会的影響	各種対策を組み合わせて全系崩壊に至らないことを確認（詳細は次頁）										

※「供給力不足とならない量」と「負制に至るほどの箇所なし」が混在

- 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。

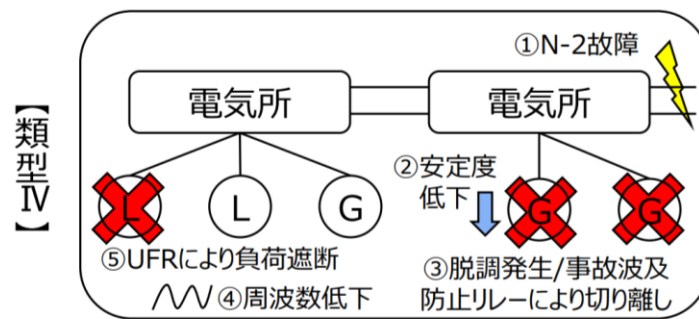
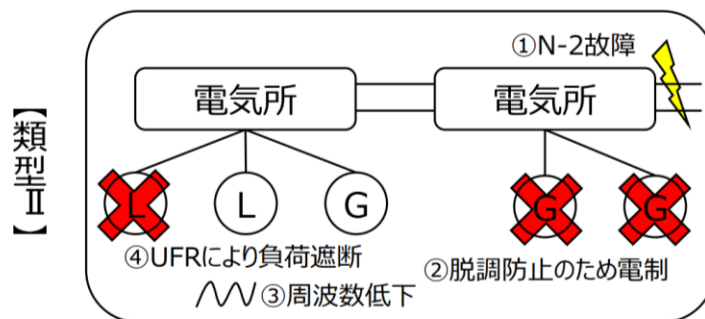
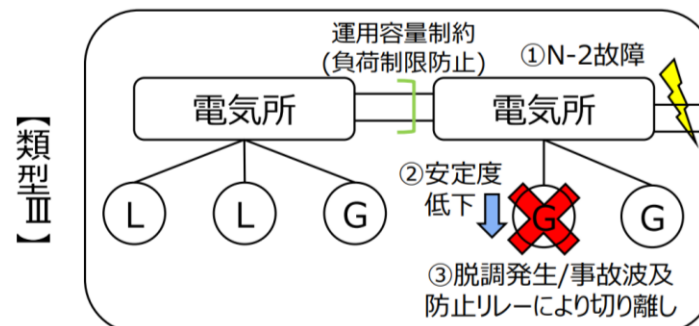
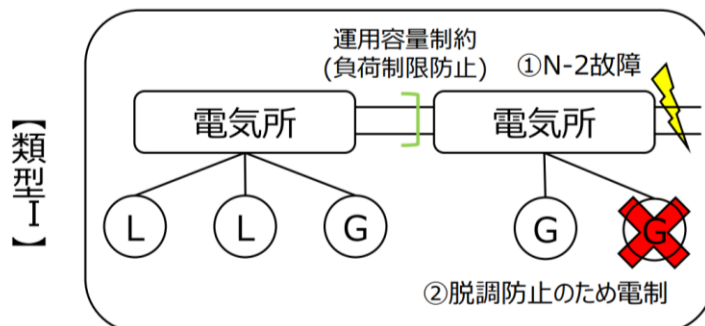
(参考) N-2故障における安定化方法の類型(イメージ)

22

■ アンケート結果から、N-2故障における安定化の考え方としては大きく4類型が見受けられ、イメージは下図のとおり。

	類型Ⅰ	類型Ⅱ	類型Ⅲ	類型Ⅳ
電制/脱調	安定化電制により脱調防止		局所的脱調はリレーで事故波及防止（電制はなし）	
負荷制限	UFR動作を許容しない	UFR動作を許容	UFR動作を許容しない	UFR動作を許容
運用容量	電制可能量によって決定	運用容量制約なし※	脱落許容量により決定	運用容量制約なし

※ 稀頻度のUFR動作を許容しているだけで、電制量の上限（運用容量制約）を設定している場合もある。



1. 想定故障等の考え方と実態把握の深掘り
2. 想定故障等に関する合理的な考え方の整理
 - 2-1. N-1故障・N-2故障の定義
 - 2-2. N-1故障における安定の考え方
 - 2-3. N-2故障における安定の考え方
3. まとめ

- 今回、想定故障等について更に深掘りした調査を行うとともに、「N-1故障・N-2故障の定義」・「N-1故障における安定の考え方」・「N-2故障における安定の考え方」の3つの論点（差異）に関する合理的な考え方（考え方は統一可能か、差異は合理的か等）について、下記のとおり整理を行った。

【N-1故障・N-2故障の定義】

- 「1φ2LG」については、本来的にはN-1故障と定義するのが合理的である一方、設備形成の考え方と不整合が生じるエリアにおいて、当面は1φ2LGに対し複数の定義が併存することを許容しつつ、1φ2LGにより負荷制限が発生する箇所（系統）に限り、負荷制限を許容するN-2信頼度基準ではなく、N-1信頼度基準（それに伴う、N-1故障における安定の考え方）を適用する
- 「2φ3LG」については、本来的にはN-2故障と定義するのが合理的である一方、北陸においては、引き続き、2φ3LGをN-1故障と定義する
- 「片母線」については、本来的にはN-2故障と定義するのが合理的なため、北海道・関西・沖縄において、片母線をN-2故障と定義することとし、設備形成の考え方と不整合が生じる北陸においてN-1故障と定義することを許容

【N-1故障における安定の考え方】

- 同期・電圧・周波数のN-1電制量上限については、技術的に可能、かつ必要な箇所に対しては、UFR動作に至らない（供給支障に至らない）量まで織り込み可能としておくことが合理的
- 熱のN-1電制量上限についても、同様の考え方にするとも考えられるが、設備形成の考え方にも大きく影響を与えうることから、関係する広域系統整備委員会とも連携して、引き続き、検討を進めていくこととする

【N-2故障における安定の考え方】

- 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