

ブラックスタート機能の 必要量見直しの検討状況について

2020年12月18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

1. 本日の論点

2. 系統復旧方策の検討状況の概要について

資料 2 - 別紙 1. 東京エリアにおけるブラックスタート機能の必要量見直し

資料 2 - 別紙 2. 四国エリアにおけるブラックスタート機能の必要量見直し

- 第5回電力レジリエンス等に関する小委員会（2019年3月）において、ブラックスタート機能の必要量の見直しの是非に係る検討には、以下の通り整理された。
 - ・ 現状の復旧方策の適切性を確認することとあわせ、他エリアの復旧方策の適用の可能性を含め、各エリアにおける追加的な復旧方策の要否を確認すること
 - ・ 広域機関と各一般送配電事業者が協調して当ること
- 上記については、現状、継続検討中ではあるものの、今回、東京電力パワーグリッドと四国電力送配電より、ブラックスタート機能の増置が必要との申し出があった。
- 本日は、広域機関と各一般送配電事業者が協調して当たっている検討の状況をご報告する。
また、東京電力パワーグリッドおよび四国電力送配電のブラックスタート機能の増置についてご審議いただきたい。

- 第5回電力レジリエンス等に関する小委員会において、ブラックスタート機能の必要量の見直しの是非に係る検討では、現状の復旧方策の適切性を確認することとあわせ、他エリアの復旧方策の適用の可能性を含め、各エリアにおける追加的な復旧方策の要否を確認することとしている。
- またその検討には、広域機関と一般送配電事業者が協調して当たることとしている。

ブラックスタート機能の必要量の見直しの是非に係る検討の進め方(案) 15

ブラックスタート機能の必要量の見直しの是非に係る検討では、現状の復旧方策の適切性を確認することとあわせ、他エリアの復旧方策の適用の可能性を含め、各エリアにおける追加的な復旧方策の要否を確認することとしてはどうか。

また、その検討には広域機関と各一般送配電事業者が協調して当たることとしてはどうか。

なお、その過程では、以下のような項目を検討する必要があること、試行錯誤的に検討せざるを得ないことから、少なくとも1年間程度の期間を要する。

■ ブラックアウト対応のブラックスタート機能での検討項目(例)

- ブラックスタート初期ではブラックスタート電源となる発電所から流通設備を送電しながら、火力、原子力に電圧を到達させることとなるが、その過程で電圧を適正維持できるか
- ブラックスタート初期ではブラックスタート電源で火力、原子力の所内負荷を順次送電することとなるが、その過程で周波数を適正維持できるか
- ※ なお、一部のエリアでは、追加的な方策の検討に用いるシミュレーションのツールやデータを追加的に整備することが必要となる恐れがある

■ ローカル対応のブラックスタート機能での検討項目(例)

- ブラックスタート電源が対象地域の需要に送電した際に、ブラックスタート電源のみでその地域の需要の変動等に応じることとなるが、電圧や周波数を適正に維持できるか

- 2019年3月第5回電力レジリエンス等に関する小委員会において、ブラックスタート電源の必要量に係る当面の対応について、検討の結果を得るまで、「各エリアでのブラックスタート電源の必要量は現状と同様」とすることで整理されている。

ブラックスタート電源の必要量に係る当面の対応

17

- ブラックスタート機能の必要量の見直しの是非に係る検討は少なくとも1年間程度の期間を要する。
- そこで、検討の結果を得るまで、「各エリアでのブラックスタート電源の必要量は現状と同様」としておくこととしてはどうか。
 - ブラックスタート電源の公募は現状と同様の必要量で実施する。

出所) 第5回電力レジリエンス等に関する小委員会(2019年3月27日) 配布資料4

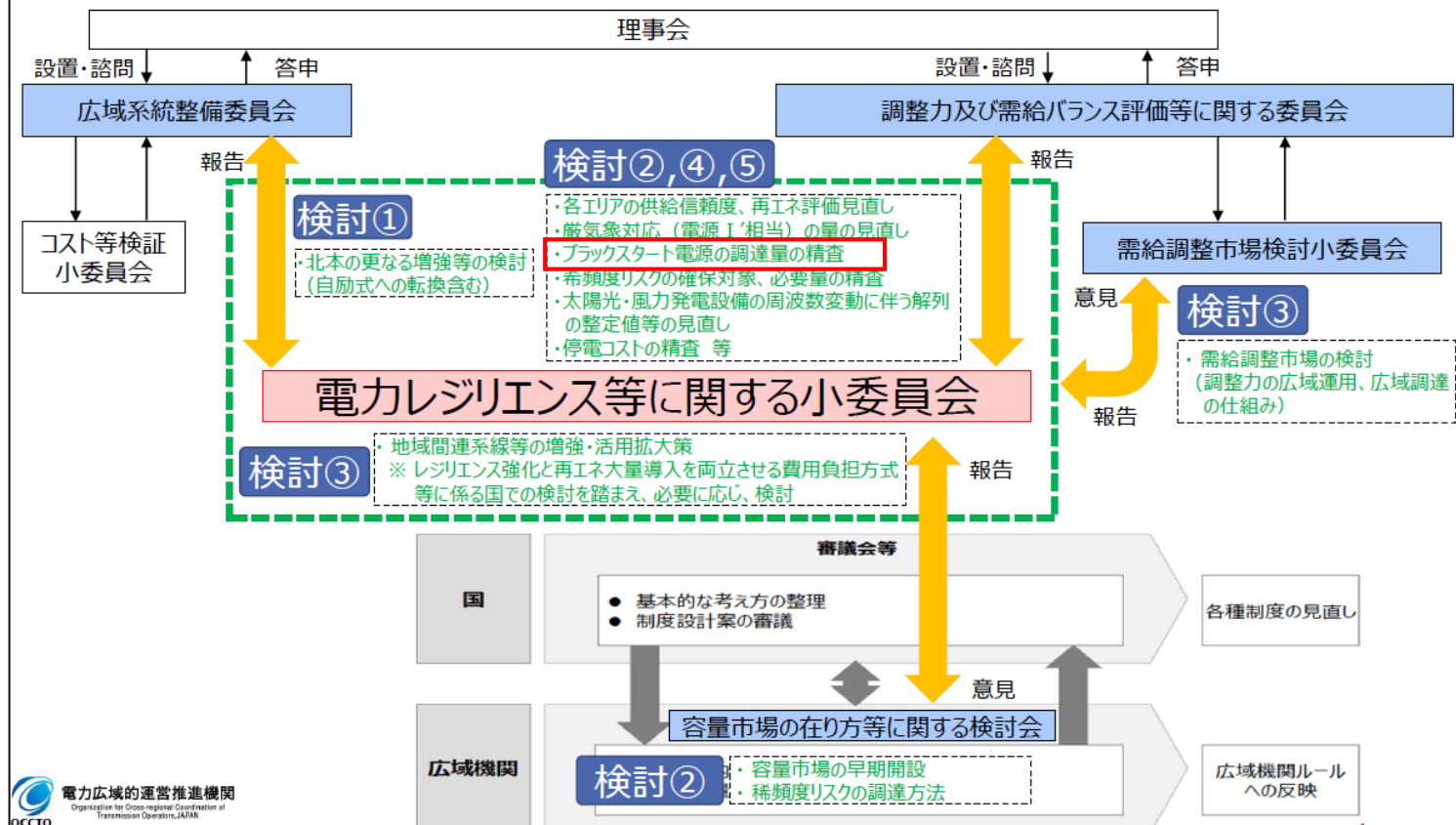
(参考) 今回の検討事項と本委員会の関係

- 2019年4月第6回電力レジリエンス等に関する小委員会において、ブラックスタート電源の調達量の精査について、本委員会に報告することで整理されている。

(参考) 電力レジリエンス小委とその他の委員会等で審議する検討項目 2

第1回電力レギュレーション等に関する小委員会 資料3-1一部修正

- 今後は、国と連携しつつ、以下の枠組みで検討を進めていく。



出所) 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) 配布資料5

ブラックスタート機能の現状(その1)

13

■ “ブラックアウト対応”のブラックスタート機能の活用

- エリア規模で広範囲に停電するブラックアウトに備え、各エリアではブラックスタートの手順を策定している。
- 万が一、ブラックアウトに至った場合には復旧の初期段階において、ブラックスタート機能を有する電源から火力、原子力の所内負荷を送電することとしている。

【参考】ブラックアウトからの復旧の手順（概要）

(1)ブラックスタート機能を有する電源を起動する。

(2) 火力、原子力の所内負荷を送電し、火力、原子力の早期の運転再開を図る。

(3)火力、原子力の運転再開に応じて一般負荷に送電する。

※各エリアの手順はブラックスタート機能を有する電源から火力、原子力への送電手順や一般負荷への供給手順を、その過程での流通設備の送電手順を含め、定めている。

■ “ローカル対応”のブラックスタート機能の活用

- ローカル対応のブラックスタート機能を有する電源を公募しているエリアは、1回線送電線により供給する地域等を対象に、流通設備の事故による停電の長期化を回避すること等に活用している。

出所) 第5回電力レジリエンス等に関する小委員会(2019年3月27日) 配布資料4

ブラックスタート機能の現状(その2)

14

- 各エリアにおける、ブラックスタート機能を有する電源の確保の実態は以下の通り。
 - ブラックアウト対応は、すべてのエリアで、調整力公募を通じて必要量を確保している。
 - ローカル対応は、一部のエリアで、調整力公募を通じて必要量を確保している。

- ブラックスタート機能を有する電源の確保状況(エリア別、対象別、箇所数、ユニット数)

	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄
ブラックアウト対応※1	7か所 10ユニット	3か所 5ユニット	4か所 8ユニット	2か所 9ユニット	2か所 4ユニット	3か所 5ユニット	2か所 5ユニット	1か所 2ユニット	4か所 8ユニット	2か所 2ユニット
ローカル対応	10か所 ※2 12ユニット	7か所 9ユニット	－	6か所 8ユニット	－	1か所 2ユニット	－	1か所 2ユニット	2か所 8ユニット	－

※1：全てのエリアで、ブラックスタート機能を有する電源として複数の発電所やユニットがある。それらは複数の発電所を起点としてブラックスタートすることや、あるブラックスタート機能を有する電源が停止した場合に他の発電所やユニットからブラックスタートすることに活用する。

※2：ブラックアウト対応と重複がある。

16

-  **電力広域の運営推進機関**
Organization for Cross-regional Coordination of
Transmission Operators, JAPAN

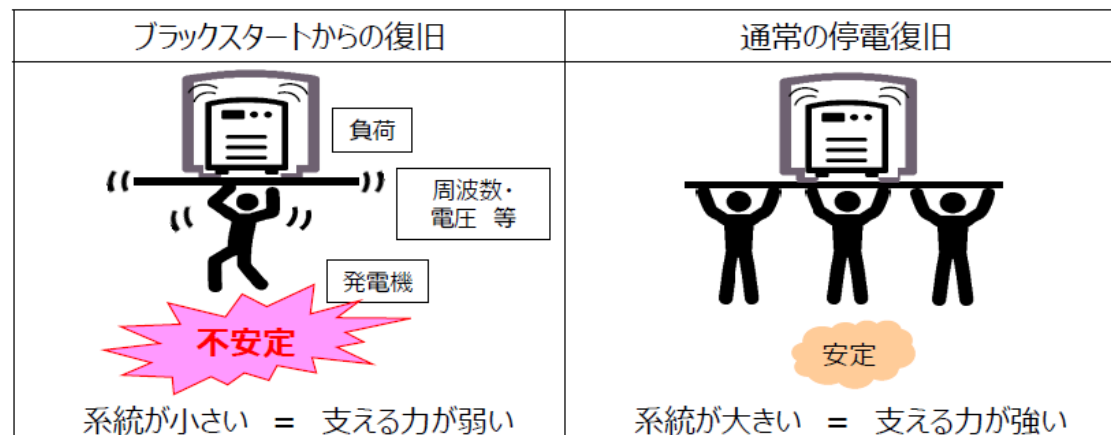
(参考) ブラックスタートからの復旧について …… 通常の停電復旧との違い

第2回平成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 資料1-1

7

■ ブラックスタートからの復旧について

- ブラックスタートとは、ブラックアウトの状態から、外部電源より発電された電気を受電することなく、停電解消のための発電を行うことを言う。
- 系統全体に電力を供給するためには、大型の火力発電機が必要となる。その火力発電機を起動するためには、その発電所の所内機器（給水ポンプやファンなど）を運転する必要があり、これらを運転するためには、ある程度大きな電力の供給が必要（スライド5参照）。
- ただし、それら所内機器の負荷は大きいので、これら機器を運転した際に、電力系統が安定でないと、周波数や電圧が大きく変動し、ブラックアウトに戻ってしまう可能性がある。
- 通常（電力系統にある程度の電力がある場合）は、その大きな電力は電力系統から安定的に供給されることになる。しかしながら、ブラックアウトの状態では、電力系統に電力がないことから、一から安定な電力を作る必要がある。



出所) 第5回電力レジリエンス等に関する小委員会 (2019年3月27日) 配布資料4

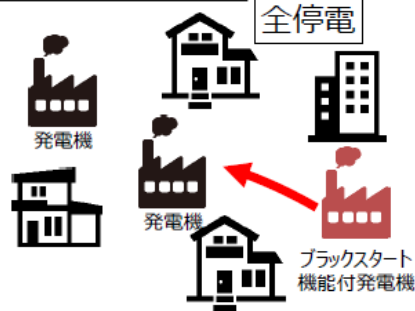
(参考) ブラックスタートからの復旧について … 通常の停電復旧との違い

第2回平成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 資料1-1

8

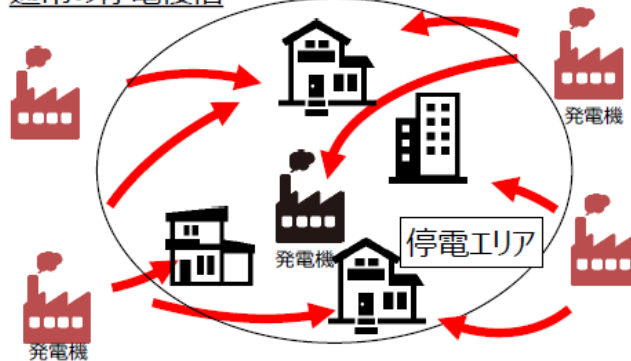
- そこで、ブラックスタートからの復旧には、まず、火力発電所の所内機器に電力を供給できる程度の発電機を、さらに小さい電源で起動することとなる。これら発電機を複数台用意してから初めて、火力発電所の所内機器への電力供給が可能となる。
- なお、火力発電所に電力を供給するために、まず送電線に電力を送電するが、電気が流れていない状態から送電線に電力を送電した際には、電圧が高くなり、機器を損壊させるおそれがある。このため、電圧を常に監視・調整しながら、復旧を進めることとなる。ただし、ブラックスタートからの復旧は、通常とは異なり、電圧を調整する機器が少なく、電圧変動も大きくなりやすいことから、注意が必要。
- 火力発電所が起動し系統に並列した後は一般負荷への電力供給となるが、一度に多くの電力を供給すると、需要と供給のバランスが崩れて周波数が変動し、ブラックアウトに戻ってしまう可能性がある。よって、一般負荷への電力供給も、中央での監視・指示のもとで少しずつ行うこととなる。この際、電圧の監視・調整も必要。

ブラックスタートからの復旧



- ・ブラックスタート機能が付いた一部の発電機から、少しずつ周囲の発電機を起動させる。
- ・系統が極めて小さく、少しの動揺で系統が大きく変動し不安定。

通常の停電復旧



- ・外部からの電気で発電機が起動できる。
- ・外部から系統を支えてもらい安定的に復旧。

出所) 第5回電力レジリエンス等に関する小委員会 (2019年3月27日) 配布資料4

1. 本日の論点

2. 系統復旧方策の検討状況の概要について

資料 2 - 別紙 1. 東京エリアにおけるブラックスタート機能の必要量見直し

資料 2 - 別紙 2. 四国エリアにおけるブラックスタート機能の必要量見直し

- 広域機関と一般送配電事業者とで、現状の系統復旧方策について、電力系統が広域連系しているとの観点から再確認・検討を実施し、現状の系統復旧手順において明確化されていなかった系統並列時の具体的運用・連絡体制等について明確化した。
- また、系統復旧の確実性の向上（再ブラックアウトの回避）のために解析・検討すべき事項の整理を完了。
- 加えて、現状の対策以外に停電時間の短縮に資すると考えられる方策の整理を完了。

- 同期エリア全域がブラックアウトした場合、及び同期エリアの一部がブラックアウトした場合について、それぞれ
 - ・ 隣接エリアとの系統並列タイミング
 - ・ 系統並列時の具体的運用・連絡体制
 について明確化した。これらについては、2020年7月に経済産業大臣に届け出た「災害時連携計画」に一部反映済み。

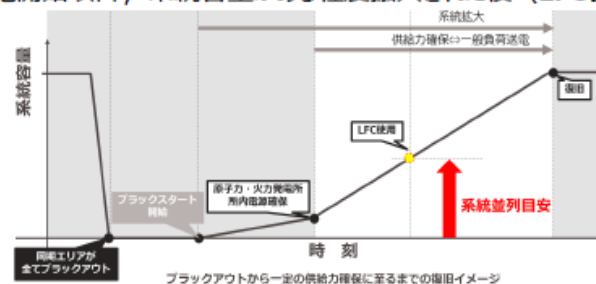
(参考)

○同期エリア全体がブラックアウトの状態

広域連系を踏まえた場合に復旧過程で定めておくべき事項を以下の通り明確化した。

● エリア間系統並列のタイミング

- 一般負荷送電開始以降、系統容量がある程度拡大された後（LFC使用以降が目安）



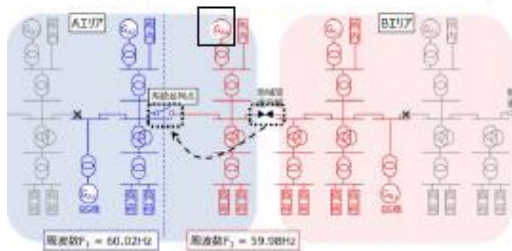
● 連絡体制

- 広域機関と一送間で、適宜情報共有※



● 並列時・後の周波数調整

- 並列時：両エリアともに基準周波数を50/60Hzとした自動調整を基本とした上で、系統並列。
位相差が開いたままとなる場合は、系統容量が小さいエリアの基準周波数をずらすことで、位相差を小さくする。



- 並列後：平常時の周波数制御方式とする。

系統復旧方策の検討状況の概要について

～復旧の確実性の向上(再ブラックアウトの回避) のために解析・検討すべき事項

- 復旧の確実性の向上（再ブラックアウトの回避）のために解析・検討すべき事項の整理を完了。
- 解析環境の整備および整理した事項について各エリアで解析・検討を実施中。

(参考)

想定しうる事象		影響	主因	系統解析の内容			
				チェック項目	判断基準	アウトプット	ツール例
1	発電機の自己励磁現象	下記による, 復旧続行不可, 復旧遅延	・送電線の進相負荷	・ShR分を控除した送電線の充電容量	・理論判定式を満たす	・ShR補償量 ・系統拡大の順序, 範囲	理論判定式 CPAT
2	フェランチ効果による過電圧		・送電線の進相負荷	a. 系統の実効値電圧 b. 発電機の無効電力 ※解析時における, 変圧器タップ値, BS機端子電圧設定値を把握しておく	a. 設備上限値を超過しない a. 調相設備の開閉ハンチングを生じない b. 発電機の可能出力曲線内		CPAT PSA PGS XTAP ATP
3	過渡過電圧		・変圧器の励磁突流 ・送電線の進相負荷	・遮断器の投入位相をパラメータとした過渡過電圧 ・系統の固有共振周波数	設備上限値を超過しない (2次共振を生じない)		XTAP ATP
4	不平衡電流		・変圧器の励磁突流	・電流不平衡リレー設置箇所の各相電流	・電流不平衡リレーが動作しない		XTAP ATP
5	過電流	・リレー動作トリップによる復旧系統の崩壊	・変圧器の励磁突流	・BS機, 関連送電線の過電流リレーに流れる電流	・各過電流リレーが動作しない		XTAP ATP
6	周波数変動		・系統容量小	負荷送電実施段階のうち系統容量が最小の断面における負荷送電時の周波数変動	負荷側または発電側UFRが動作しない		

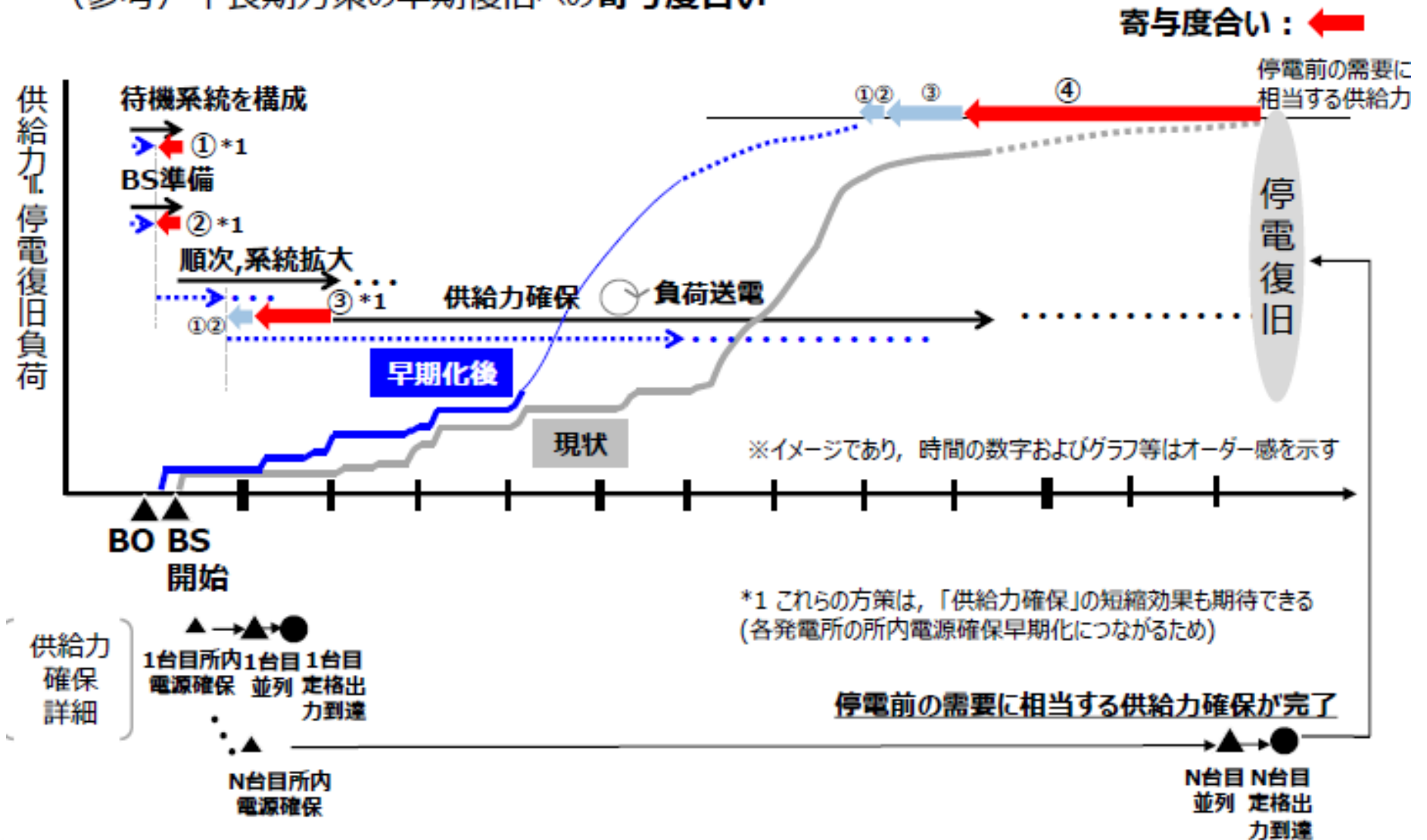
- 現状の対策以外に停電時間の短縮に資すると考えられる方策の整理を完了。
- 方策適用に必要な解析環境の整備および解析・検討、費用対効果（復旧時間の短縮効果）の試算、各エリアでの採否を検討中。

（参考）

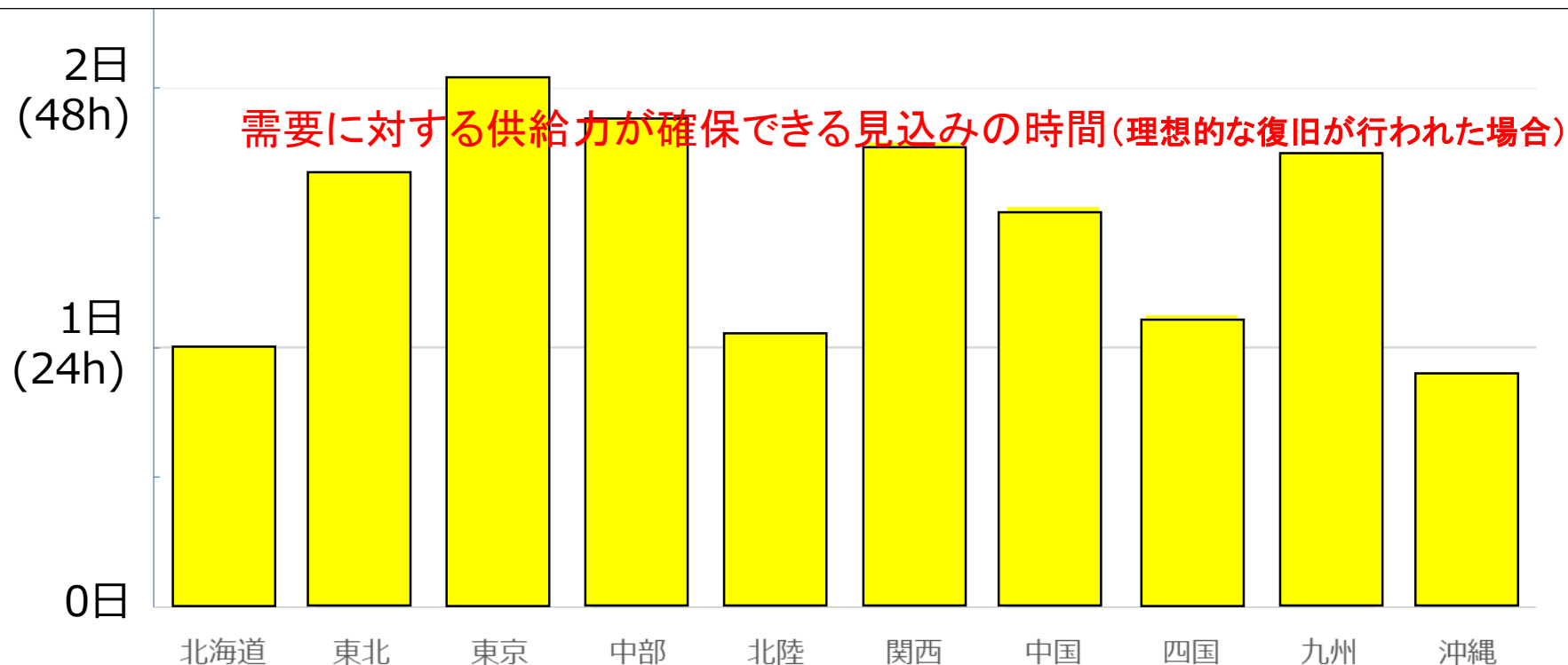
	中長期方策		中長期方策
①	・待機系統構成の自動化	③④	・一定規模の単独系統形成・運転維持
②	・BS機所内確保用電源の遠隔自動起動化	③④	・発電所密集地帯(系統)へのBS機配置
②	・BS機所内確保用電源をBS機所内へ配置	④	・分離系統を認識した中給での周波数調整機能具備
③	・複数拠点からのブラックスタート併行実施	④	・他エリア健全時における自エリアブラックスタート
③	・対同一エリア複数の連系口からの復旧 ・連系する複数エリア各々からの復旧	④	・所内単独運転の形成と継続 (FCB,タービンバイパス)
③	・試送電機への過昇加圧機能具備	④	・BS機以外発電所自所内での非常用発電機による起動準備開始
③	・電気所、通信設備等非常用電源(蓄電池含む)の拡充		

※BS電源や関連送電線の作業期間等を可能な範囲で調整し、設備の作業停止に伴い
エリア内のBS電源機能が喪失しないことを前提に検討

(参考) 中長期方策の早期復旧への寄与度合い



- 各一般送配電事業者において、現在までに検討が完了した系統復旧方策を適用したうえで、ブラックアウトからの停電復旧に必要な供給力の確保できるまでの状況（需要に対する供給力が確保できる見込みの時間）を試算した結果は以下の通り。
- 設備被害やトラブルがなく、復旧操作等が想定通り実施されることを前提とした理想的な復旧が行われた場合、概ね2日間以内に完了する見込み



- 今後は、上記の時間を基準として、復旧時間の短縮方策の効果を検討し、採否の判断を実施していく。

✓ 停電復旧時間を算出するにあたっての考え方および条件は次のとおり。

分類	前提条件		条件案	理由・補足
事前 設定	災害想定		設備被害なし	設備被害想定が困難なため
	想定年度		2024年度	BS機能公募の年度と合わせる為、供給計画値上で想定している数値が最も近い年度を採用する。 現状をベースに5年先までの系統変更や電源変更を反映（復旧時間遅延の要因となる変更を反映する）
	負荷断面想定		2024年度8月ピーク値 （供給計画に記載の需要をもとに各エリアの実績に基づきロードカーブを想定する）	・定性的には、軽負荷断面よりピーク需要断面のほうが復旧時間が長くなるため。（なお、復旧完了はBO直前の需要まで供給力が回復したタイミングとする） （夜間等軽負荷時に全送完了しても後の需要増加で計画停電に至らない説明が担保できる場合はこの限りではない）
	原子力稼働想定		供給計画に記載の再稼働を想定する	2024年度までで廃炉方針が無い事を確認
	発電機 稼働想 定	火力機	・メリットオーダー順 ・補修工程を見込まない ・供給計画2024年度断面に基づき設定する	・現実的な想定とするため ・4年先の補修工程不明の為 ・公募年度に最も近い断面を選択
		再エネ	2024年度8月ピーク値 （供給計画値の出力値をもとに各エリアの実績に基づき出力カーブを想定する）	・想定断面の全供給力とPV出力の比と24時間の出力率の推移（各エリアで過去実績より算出）を想定する。
	連系線潮流		・供給計画2024年度断面に基づき設定する	・公募年度に最も近い断面を選択
	揚水池容量想定		基本は供給計画に記載の満水ベースとするが、実運用上考慮している池容量管理が妥当な場合はこれに基づき設定する。	運用実態は各エリア異なるため ただし、供給力として見込む場合は、kWh面の評価も必要（池容量枯渇による再停電が無いことを確認する）

分類	前提条件	条件案	理由・補足
供給力 確保	発電機起動時間の算定	稼働想定に応じた起動モード（BO時用）送ガス再開までの時間を考慮	・BO時と通常時が異なる可能性があるため（発電事業者へ巡視対応等の時間を織り込んだ起動時間の確認が必要）
	起動時間を把握していない電源の想定（太陽光・風力・水力）	・BO前に想定した供給力を、復旧過程に応じて供給力として見込む	・PVは負荷送電時にPV出力復帰とみなして大型発電機の復帰出力に一定の比率を乗算して供給力とみなす。（最終的な仕上がり時間に影響しない為、高圧/低圧の区分は割り切る事とする。ただし送電タイミングの時間帯によって、復帰したPV出力も変動する為、過去実績より想定した出力率カーブに応じた率をさらに乗算する） ・水力も系統復旧に併せて復旧が見込めるものは折り込む
負荷 送電	負荷送電時間の算定	発電機の出力量とみなす機器操作は遠方制御を前提とする（ただし操作が多数で明らかに遅延が懸念される場合は考慮する）	一般的に、発電機の出力量変化に対して、負荷送電は待ちになるため

- ブラックスタートの必要量の見直しについては、継続検討中であることから、今年度実施のブラックスタートの公募の必要量（箇所数）については、基本的には「現状と同様」とする。（ただし、ローカル対応については、系統の設備対策も考慮し、各社において、減らすことも検討）
- ただし、東京電力パワーグリッドと四国電力送配電の2社については、ブラックスタート機能の必要量を早急に増やす必要性について、整理・検討を実施しており、審議させていただきたい。
 - ・ 東京電力パワーグリッド：資料2－別紙1
 - ・ 四国電力送配電：資料2－別紙2