

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 中間報告（概要） （案）

2018年10月23日

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

地震発生からブラックアウトに至る経緯について

1. 今回の事象は、主として、苫東厚真発電所 1、2、4号機の停止及び地震による狩勝幹線他 2線路（送電線 4回線）の事故による水力発電の停止の複合要因（「N-3」+「N-4」）により発生した。
2. 北本連系設備のマージンを活用し緊急融通が行われ周波数を回復させたが、最大受電量に達したため、苫東厚真発電所 1号機のトリップ時は周波数調整機能が発揮できず、ブラックアウトに至った。

ブラックアウトから一定の供給力（約300万kW）確保に至る経緯について

1. 1回目のブラックスタートは手順どおりに適切に復旧が進められたが、泊発電所の主要変圧器に送電したところ、異常電流で南早来・北新得変電所で分路リアクトルが停止。
2. 2回目は大きな問題はなく復旧しブラックアウトから概ね全域に供給できるまで45時間程度を要した。
3. 分路リアクトルの停止を予見することは非常に困難であり、仮に1回目のブラックスタートにおいて不具合事象がなく理想的に行えたとしても数時間の短縮が限度であった。

設備形成及び運用上の不適切な点は確認できなかったがブラックアウトの社会的影響を踏まえ当面（今冬）の対策をとりまとめ

当面（今冬）の再発防止策

1. 周波数低下リレー（UFR）による負荷遮断量35万kWの追加
2. 京極発電所 1、2号機の運転を前提とした苫東厚真発電所 1、2、4号機 3台の稼働
3. 京極発電所 1、2号機いずれか 1台停止時は苫東厚真発電所 1号機の20万kW出力抑制又は10分程度で20万kW供給できる火力機等の確保
4. 周波数が46.0～47.0Hzに低下した場合にも運転が継続可能な電源の需要比30～35%以上確保
5. 京極発電所 1、2号機いずれか 1台が停止した場合の追加対策実施と広域機関による監視

2018年度末の石狩湾新港発電所 1号機や新北本連系設備の運転開始も踏まえ、検証委員会のみならず様々な主体が、今後の検討事項として、北海道エリアにおける運用上・設備形成上の中長期対策等を整理

I. 検証委員会の目的及び概要

- 2018年9月11日、世耕弘成経済産業大臣より、北海道電力と電力広域的運営推進機関（以下「広域機関」という。）に対し、今回の大規模停電の原因等についての検証作業に着手するよう指示がなされ、10月中を目途に中間報告が求められた。
- 当該指示を受けた広域機関により、中立・公平な立場で、客観的なデータに基づき、第三者を交えた透明性の高い厳正な検証を行っていくため、「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」が設置された。諮問事項は、以下のとおり。
 - ① 北海道全域に及ぶ大規模停電の発生原因の分析（9月6日午前3時7分の地震発生後、午前3時25分の大規模停電発生まで）
 - ② 大規模停電後、一定の供給力（約300万kW）確保に至るプロセス（9月6日及び7日）における技術的な検証（ブラックスタート電源の立ち上げ等）
 - ③ 北海道エリア等において講じられるべき再発防止策等（停電規模抑制策含む）の検討

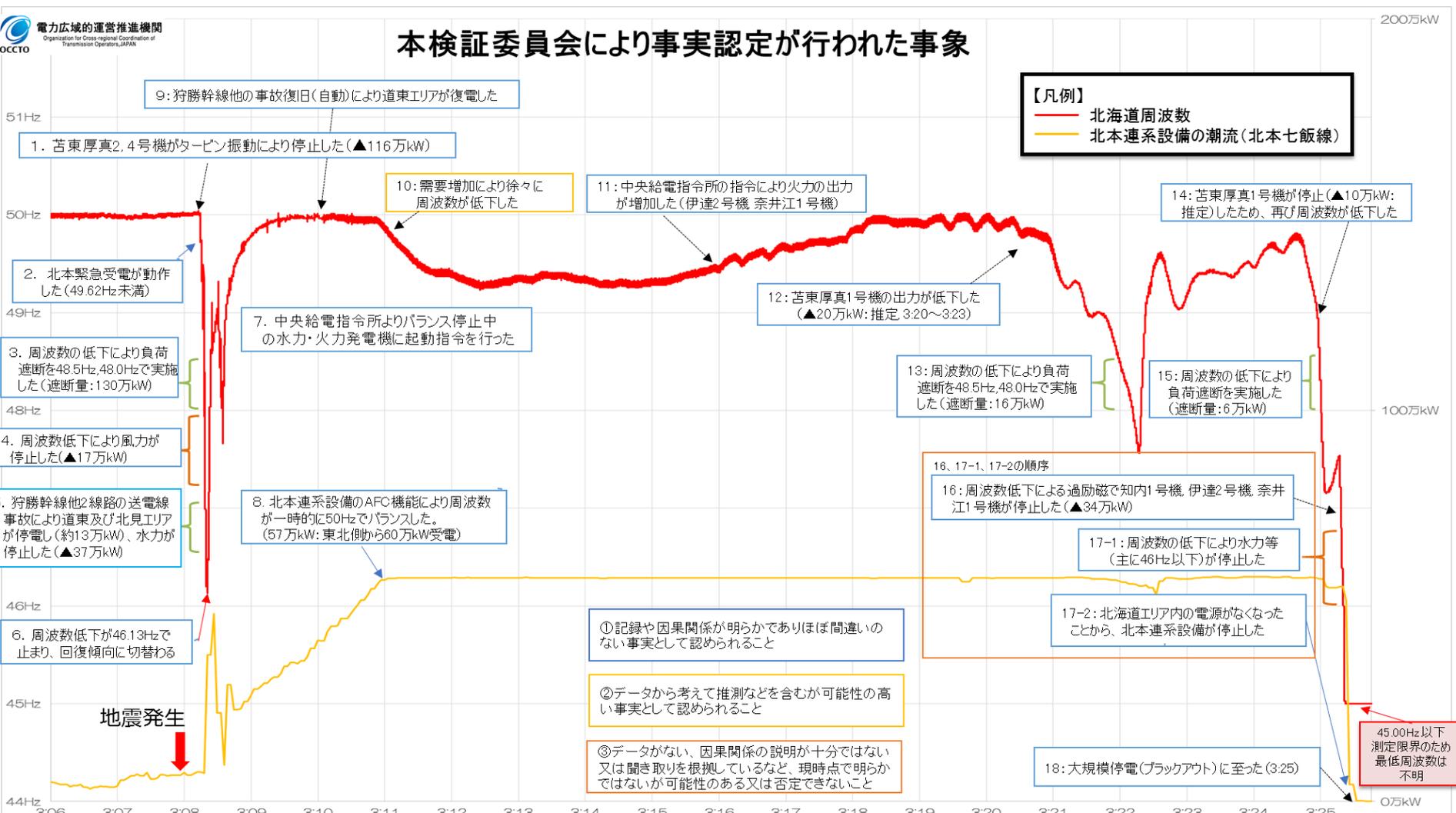
<検証委員会 概要>

委員等名簿	開催実績
<ul style="list-style-type: none"> ◎ 委員長 横山 明彦 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授 ○ 委員 井上 俊雄 一般財団法人 電力中央研究所 システム技術研究所長 岩船 由美子 東京大学生産技術研究所 特任教授 辻 隆男 横浜国立大学 大学院工学研究院 准教授 ○ オブザーバー 経済産業省電力安全課、資源エネルギー庁電力基盤整備課、 電気事業連合会、北海道電力株式会社 	<ul style="list-style-type: none"> 第1回（2018年9月21日） ◇平成30年北海道胆振東部地震に伴う大規模停電（ブラックアウト）に至る事象の検証について 等 第2回（2018年10月9日） ◇ブラックスタートから一定の供給力確保に至るまでの事象について ◇再発防止に向けた論点整理について 等 第3回（2018年10月23日） ◇当面（今冬）の再発防止策について ◇中間報告書案について 等

Ⅱ．地震発生からブラックアウトに至る経緯について

Ⅱ. 地震発生からブラックアウトに至る経緯について

- 地震発生からブラックアウトに至るまでの間に発生した事象を明らかにし、周波数変動を説明。
- 一部に推測を含むが概ね全ての事象はほぼ間違いのない事実として確認。一連の事象は需要と供給のバランスで生じる周波数変動で説明できる。

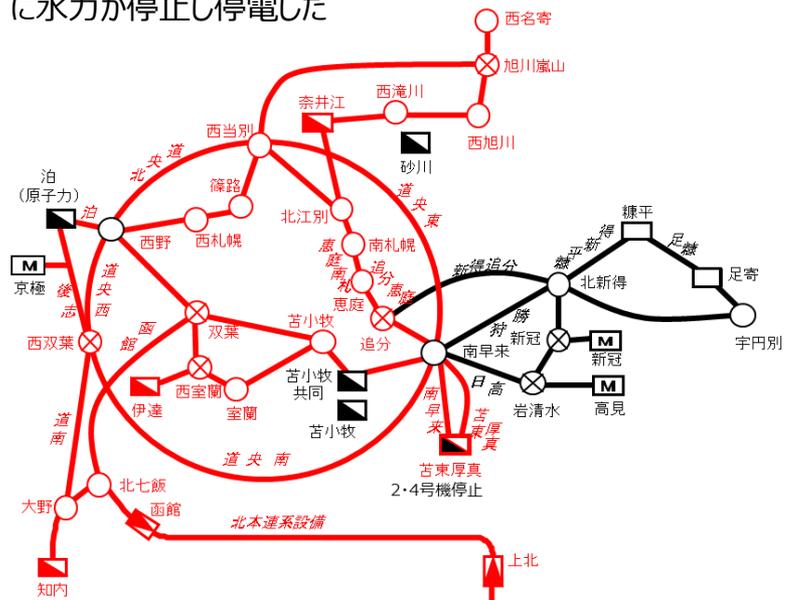


Ⅱ. 地震発生からブラックアウトに至る経緯について

■ ブラックアウトに至る事象については、送電線の事故箇所を確認できたことから、主として、苫東発電所 1、2、4 号機の停止 (N-3事故) に加え、地震の揺れによる送電線4回線事故 (N-4事故) (これに伴う道東水力の停止) が複合要因となり発生したことを確認。シミュレーションによる確認が必要ではあるが、水力の停止 (N-4) が発生しなかった場合はブラックアウトには至らなかった可能性が高いと考えられる。

送電線事故による道東のルート断

多くの水力発電所が接続する道東・北見エリアにつながる3線路が地震により停止、道東エリアが単独系統となった後に水力が停止し停電した

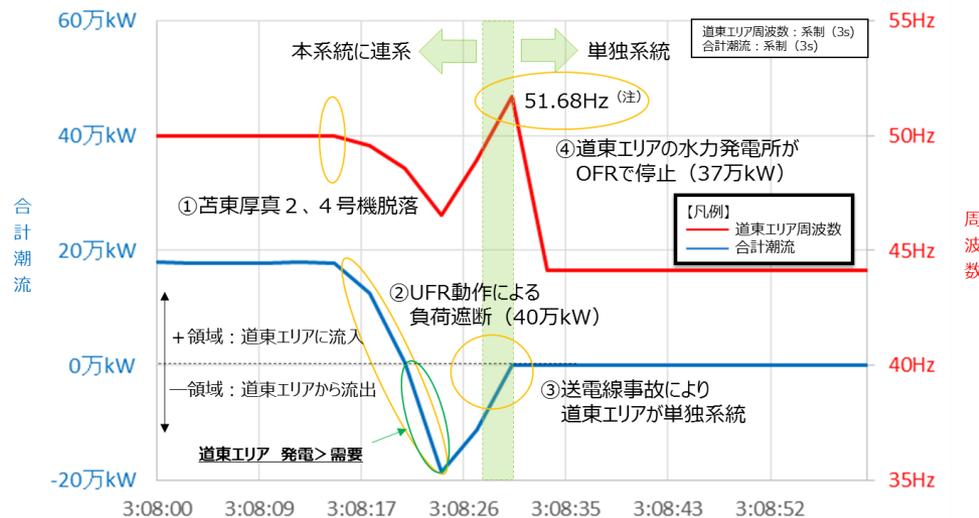


地震の揺れにより①ジャンパー線が②鉄塔に接触

送電線事故による道東水力のトリップ

1回目のUFR動作による負荷遮断により道東エリアが発電 > 需要となった道東エリアが単独系統となり、道東エリアの周波数が上昇しOFRにより水力が停止した

苫東脱落～道東エリア単独 (3:08～3:09)



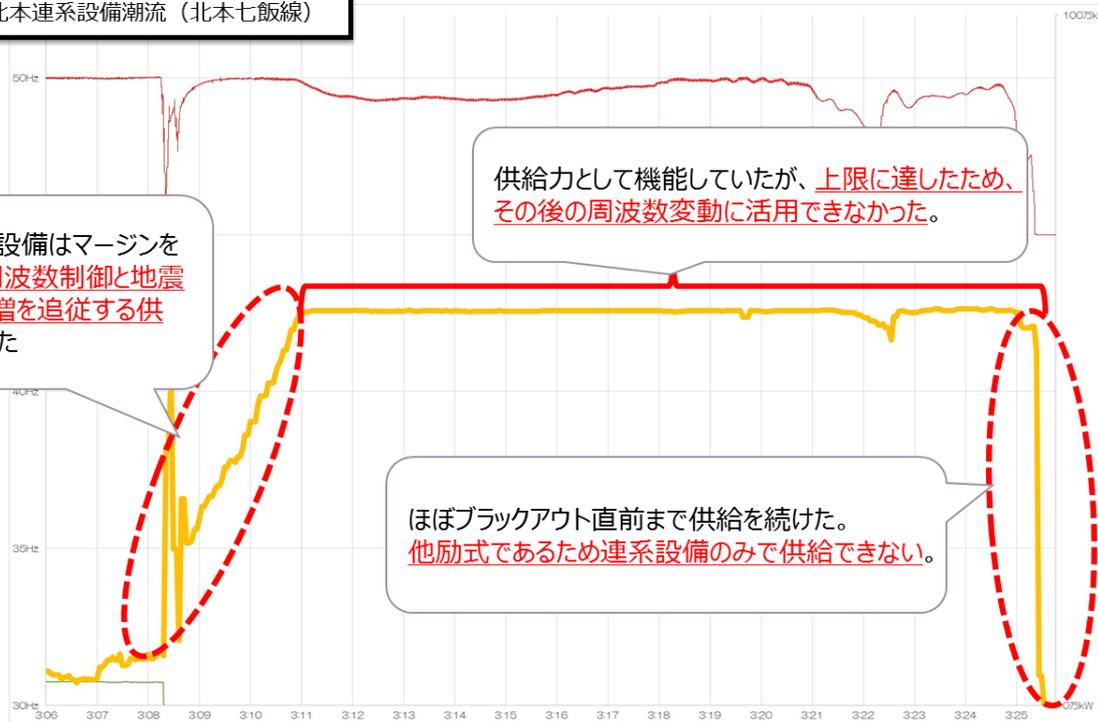
(注) 測定値は51.68Hzであるが、測定が3秒間隔であること、及び水力発電所の OFR (動作値: 52.0Hz 0.5秒) が動作していることから、少なくとも0.5秒以上は52.0Hz以上であったと推定。ただし、OFRの動作値が52.0Hz 2.0秒の水力発電所は停止していない。(次シート参照)

Ⅱ. 地震発生からブラックアウトに至る経緯について

- 北本連系設備については、マージンを活用して期待していた緊急融通が動作していた。
- ただし、北本連系設備は最大受電量の状態が続き、本来備えていた急速な変動を調整する機能を発揮できなかった。
- 今回の事象を踏まえれば、結果としてマージンの確保量で賄うことはできなかった。
- 現在、新たなルートとして北斗今別直流幹線を通す新北本連系設備を建設中であり、2019年3月に運転開始予定となっている。

【凡例】

- 北海道周波数
- 北本連系設備潮流（北本七飯線）

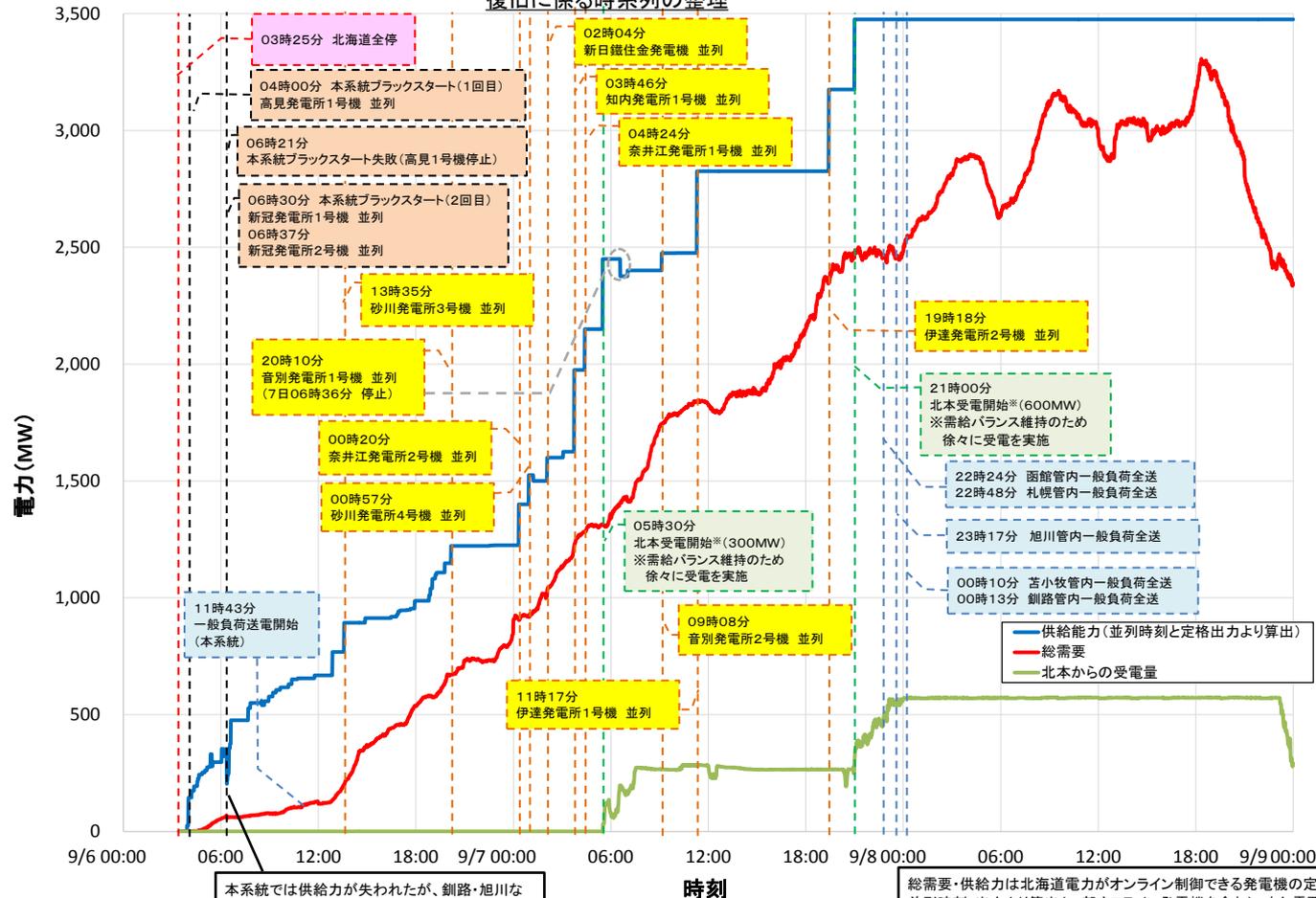


Ⅲ. ブラックアウトから一定の供給力確保に至る経緯

Ⅲ. ブラックアウトから一定の供給力確保に至る経緯

- ブラックアウト後から一般負荷送電（一定の供給力（約300万kW）確保に相当）至るまでの復旧状況について「停電の早期解消」の観点から検証を行った。
- 手順書に定められた手順どおりに適切に復旧が進められたが、ブラックアウトから概ね全域に供給できるまで45時間程度を要している。

本検証委員会により事実確認が行われたブラックアウトから一定の供給力確保に至るまでの復旧に係る時系列の整理



- ブラックスタートについてはマニュアルに従い実施しており、明らかな人為的ミスなどはなく、問題となるような点は確認できなかった。小さい系統から少しずつ発電機を起動させていくため、復旧時間の短縮には限度があることを確認

手順の概要

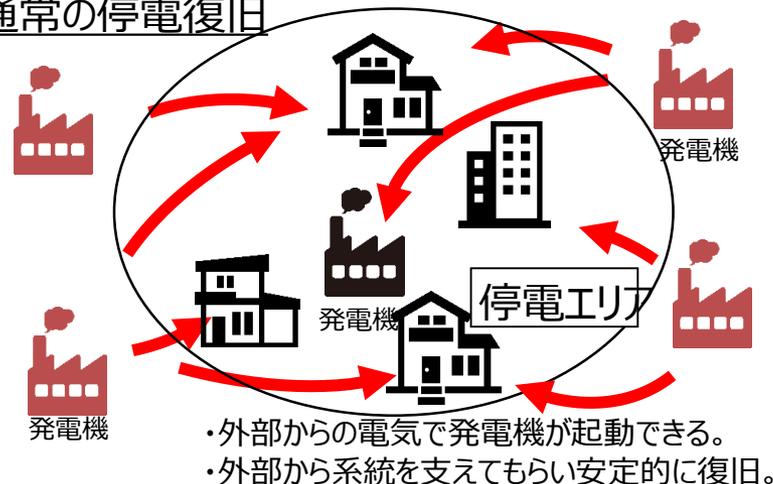
- ブラックスタート対象発電機の状態を踏まえ、発電機の起動順位をパターン化（全7パターンを準備）
系統安定化のため、揚発機2台による復旧を基本
- ブラックスタート後の系統復旧優先順位の明確化
火力・原子力発電所の保安用所内電源確保と早期の系統への再並列を目的に、
操作ステップの少ない275kV系統から実施

など

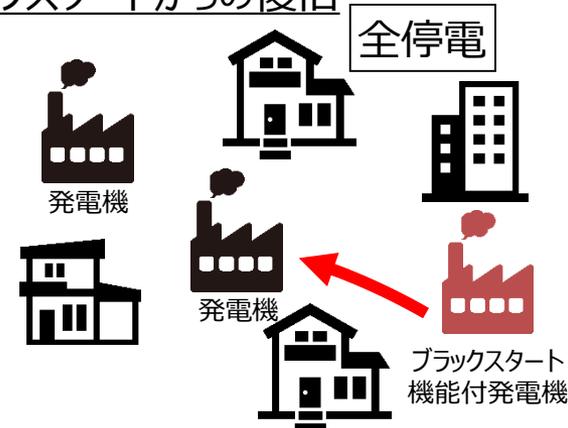
負荷供給について

- 中給は、発電機並列等の状況から供給力を算出し、供給支障の解消を系統制御所（系制）に指令
- 系制は、ブラックスタートシステムの負荷供給による周波数・電圧変動を考慮しおよそ3,000kW単位で送電

通常の停電復旧



ブラックスタートからの復旧

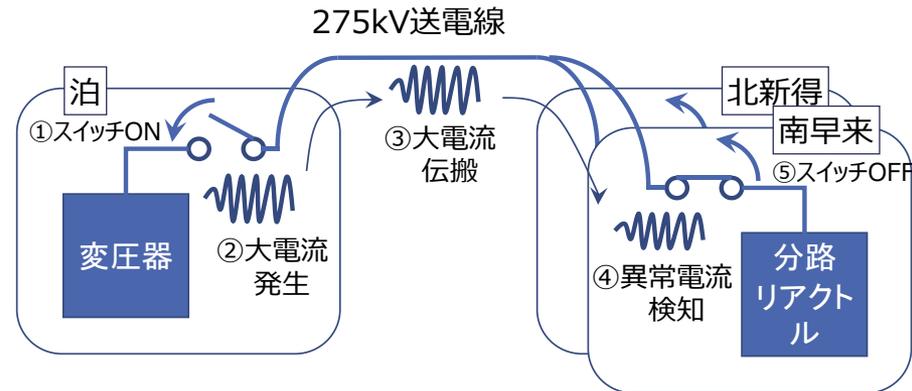
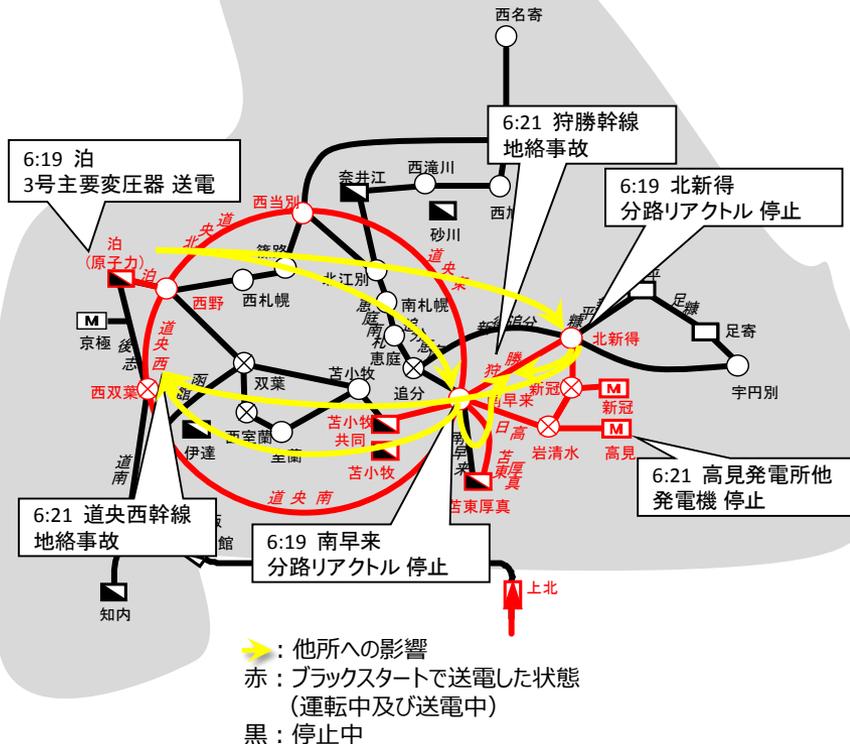


- ブラックスタート機能が付いた一部の発電機から、少しずつ周囲の発電機を起動させる。
- 系統が極めて小さく、少しの動揺で系統が大きく変動し不安定。

- 1回目のブラックスタートでは、手順書どおり、火力、原子力発電所の保安用所内電源や発電機を起動するための所内機器への電源確保に向けて復旧を進め、泊発電所の3号主要変圧器に送電したところ、大電流が流れ、その影響と想定できる異常電流で、南早来・北新得変電所で分路リアクトルが停止した。
- 分路リアクトル停止後の電圧上昇に伴って、道央西幹線、狩勝幹線で地絡事故が発生した。同時刻、高見発電所他で事故電流を検知して発電機が停止した。
- 2回目のブラックスタートでは、大電流が発生した主変圧器を使わず予備変圧器のみで所内電源を供給し、その後も適切に系統を拡大し、供給力を確保した。

06:19~06:21

※苫東厚真、苫小牧、共同火力の電源を確保済み



IV. 再発防止策について

- 当面（今冬）の再発防止策について、早期に実施できる対策を検討。
- 地震時と同じ事象が発生しても、京極1、2号機が緊急起動できればブラックアウトに至らないことをシミュレーションにより確認。
- 苫東厚真1、2、4号機停止（N-3）が発生しても、対策を前提に適切に運用上配慮することでブラックアウトを防止する。

地震発生時想定

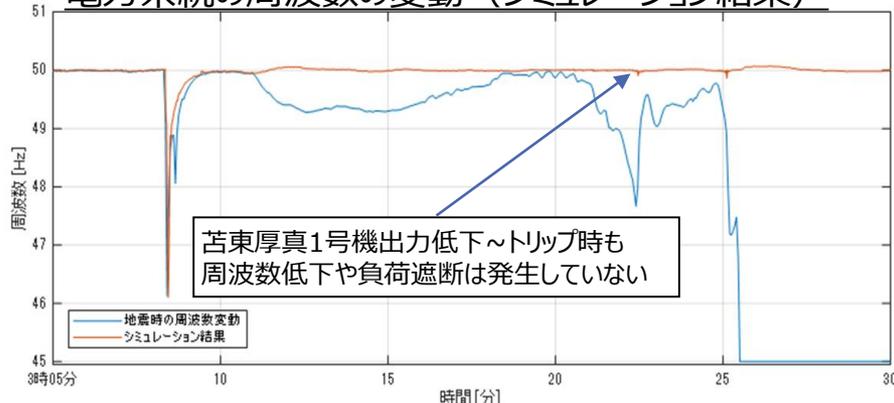
シミュレーションケース：苫東厚真2台トリップ + 1台遅れトリップ (N-2 + N-1)

地震時再現

風力等の周波数リレーによるトリップ
送電線事故 (N-4) による道東水カトリップ

京極2台 緊急起動

電力システムの周波数の変動 (シミュレーション結果)



シミュレーション結果

ブラックアウト回避可否	○
地震直後周波数最下点(Hz)	46.10
UFR動作量(MW)	1288.0
UFR残量(MW)	158.3
北本潮流最終値(MW)	-398.2
49Hz以下滞在時間(s)	8.3

再エネ最大時想定

シミュレーションケース：苫東厚真3台同時トリップ (N-3)

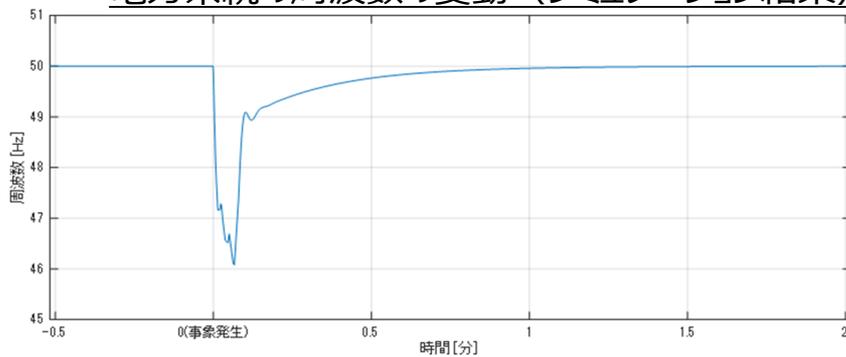
苫東厚真
ルート断

風力等の周波数リレーによるトリップ

UFR拡大

京極 揚水遮断

電力システムの周波数の変動 (シミュレーション結果)



シミュレーション結果

ブラックアウト回避可否	○
地震直後周波数最下点(Hz)	46.08
UFR動作量(MW)	1957.0
UFR残量(MW)	241.7
北本潮流最終値(MW)	97.8
49Hz以下滞在時間(s)	7.6

北海道エリアにおける当面（今冬）の運用上の早期対策

北海道における当面（今冬）の対策は、以下の通りとする。以下の対策の実施状況については、引き続き広域機関において確認を行うこととする。

1. 緊急時措置であるUFRによる負荷遮断量を35万kW程度（需要規模309万kW時）追加する。
2. 京極発電所 1、2号機が運転できる状態であることを前提に苫東厚真発電所 1、2、4号機 3台を運転することを可能とする。
3. ただし、京極発電所 1、2号機いずれか 1台がトラブル等で停止した場合、一定の裕度を持たせる観点からは苫東厚真発電所 1号機の出力を20万kW程度（京極発電所発電機 1台分）抑制する。なお、高需要期については、安定供給の観点から出力抑制ではなく、10分程度で20万kWの出力増加ができるように火力機等を運用することで追加対策とすることができる。
4. 需要の30～35%程度を火力など周波数低下が起きた場合においても、運転継続可能な電源により電力供給を行うこととする。
5. 北本連系設備の運転に必要な短絡容量の算定に苫東厚真発電所 1、2、4号機の発電量は考慮しないこと。
6. バランス停止を行う場合には予備力を十分考慮し、当面、需要の動向に応じて、数分から数時間で供給できる予備力を火力発電所で確保できる状態にする。
7. 当面、トラブル等により京極発電所 1、2号機いずれか1台が停止し、追加対策を講じる場合には適切に対策が行われているか、広域機関において監視する。

北海道エリアにおける発電設備や送電設備の総点検

ブラックアウトの再発防止のため、今冬に向けた早期対策として、国においては、ネットワークのレジリエンス強化の観点から、北海道電力管内の発電設備や送電設備の関連する規制への適合性の総点検を行う必要があると考えられる

ブラックスタートの評価と今後講じるべき対策

評価

- ✓ ブラックアウトを想定した手順書の準備、訓練等は、従来より確実に実施されており、今回の事故復旧においても、ほぼ手順どおりに行われていたことを確認した。また、一部手順書と異なる手順にて復旧を行っている点もあるが、復旧に使用する機器の状況や1回目のブラックスタート失敗時の事故機器を回避するためであることなどを勘案すれば、その手順は概ね妥当と言える。
- ✓ これまで経験したことのないような実システムでのブラックアウトからの復旧においては、今回の復旧時間は妥当とも考えられるが、復旧時間の短縮に向け、今回の事象を踏まえた手順書の充実及び訓練の実施が望まれる。なお、新北本連系設備の運転開始（2019年3月予定）により、復旧手順も見直しとなり、復旧時間の短縮に寄与できるものと期待する。

今後の検討と対策

- ① 今回の検証で明らかになった課題を教訓とした復旧手順等の見直し
- ② ブラックスタートの訓練や研修の充実
- ③ 新北本連系設備を活用したブラックスタート機能の付与とその手順のマニュアル化
- ④ ブラックスタート機能の強化に必要な設備対策

北海道エリアにおける運用上の中長期対策

<北海道エリアにおける周波数低下リレー（UFR）整定の考え方>

- ✓ 今後検証されるシミュレーション結果を踏まえ、UFRの整定値の見直しを抜本的に行う必要があると考えられる。

<最大規模発電所発電機の運用>

- ✓ 検証委員会で今後検証されるシミュレーション結果を踏まえ、最大規模発電所発電機である苫東厚真 1、2、4号機は京極発電所等の他の発電所の発電機とも組み合わせて適切に運用する必要があると考えられる。

【少なくとも2019年3月までに石狩湾新港火力発電所や新北本連系設備が運開することを踏まえ、検証委員会が必要な対策を検討】

<発電機（風力、太陽光）のリレーの整定値等>

- ✓ 周波数低下時に一斉解列等が発生し系統全体の周波数維持に大きな影響を及ぼすことを避けるため、UFRの整定値、事故時に運転を継続するための要件への適否及び対応。風力発電機のUFRの整定値及びFRT要件について、まずもって北海道から系統連系技術要件の見直しの是非を検討する必要があると考えられる。太陽光も風力発電機と同様。

【関係機関・関係者（事業者、事業者団体、広域機関）において対応を検討】

<北海道エリアにおける周波数制御機能の再評価>

- ✓ 北海道エリアにおけるガバナフリー、自動周波数調整機能（AFC）、連系設備のマージン等の周波数制御機能の再評価を行った上で、適切な対策を検討する必要があると考えられる。

【検証委員会が必要な対策を検討】

北海道エリアにおける設備形成上の中長期対策

<北本連系設備の更なる増強等>

- ✓ 北海道エリアの今後の再生可能エネルギー導入拡大と中長期的な供給力・調整力を安定的な確保を両立させるため、ひいてはブラックアウトの再発防止のためには、新北本連系設備の整備の着実な実施に加え、既存の北本連系設備の自励式への変更、あるいは、新北本連系設備整備後の北本連系設備の更なる増強の是非を早期に検討する必要があると考えられる。

【国において更なる増強が必要となった場合の費用負担の在り方について、当機関において更なる増強の是非の具体的検討】

<発電設備や送電設備の対策>

- ✓ 発電設備や送電設備の設備保安については、検証委員会の検証対象ではないが、ブラックアウトの再発防止のため、北海道電力においては、関連する規制への適合性の総点検を踏まえて、中長期的な対策の検討を行っていく必要がある。

【北海道電力において中長期的な対策の検討】