

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（概要）

2018年12月19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（需要309万kW時）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

運用上の中長期対策（留意事項を含む）

今後、北海道エリアにおける電源構成や需給バランスが大きく変化することなどにより、以下の運用上の中長期対策は適時適切に見直されるべき。特に、泊発電所が再稼働後に脱落した場合については、再稼働時期の目途が立った時点で改めてシミュレーションを行うとともに、必要な対策の検討を行い所要の措置を講じることが必要不可欠。

○石狩湾新港発電所や新北本連系設備の運転開始後

<北海道エリアにおけるUFR整定の考え方>

- 周波数の最下点を47.0Hz以上に引き上げることが可能となるよう、早期にUFRの整定を見直す（df/dt機能の整定済みの割合を1割から2割に増加させる）。

<最大規模発電所発電機の運用>

- 北本・新北本連系設備でAFC余力を確保できる状態であることを前提に、今冬の対策における苫東厚真発電所1、2、4号機3台稼働のための「京極発電所1、2号機が運転できる状態」という条件を解除する。
- 今回想定した最過酷断面よりも周波数低下が予想される場合などは、最大サイト脱落のシミュレーションを事前に行い、ブラックアウトに至らないことを確認し、必要に応じ、所要の措置を講じる。

<ガバナフリー、AFC、連系設備のマージンの再評価>

- 現時点で見直す必要はない。

○泊発電所再稼働後

<北海道エリアにおけるUFR整定の考え方>

- UFR整定の見直し(周波数変化率要素(df/dt)の活用)や高速負荷遮断を行う安定化装置による対策が必要。

<ガバナフリー、AFC、連系設備のマージンの再評価>

- 現時点で見直す必要はない。

設備形成上の中長期対策（北本連系設備の更なる増強等）

- 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検討を行う必要がある。また、広域機関において、更なる増強及び現在の北本連系設備の自励式への転換の是非の具体的検討を行う必要がある。
- ブラックアウトを起こさないためには、技術的には更なる増強等が有益であることは言うまでもないため、国の方針のとおり、国や広域機関において、更なる増強、及び現在の北本連系設備の自励式への転換の是非について、シミュレーション等により効果を確認した上で、ルートや増強の規模含め、来春までを目途に具体化を図ることが求められる。

余 白

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、同年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

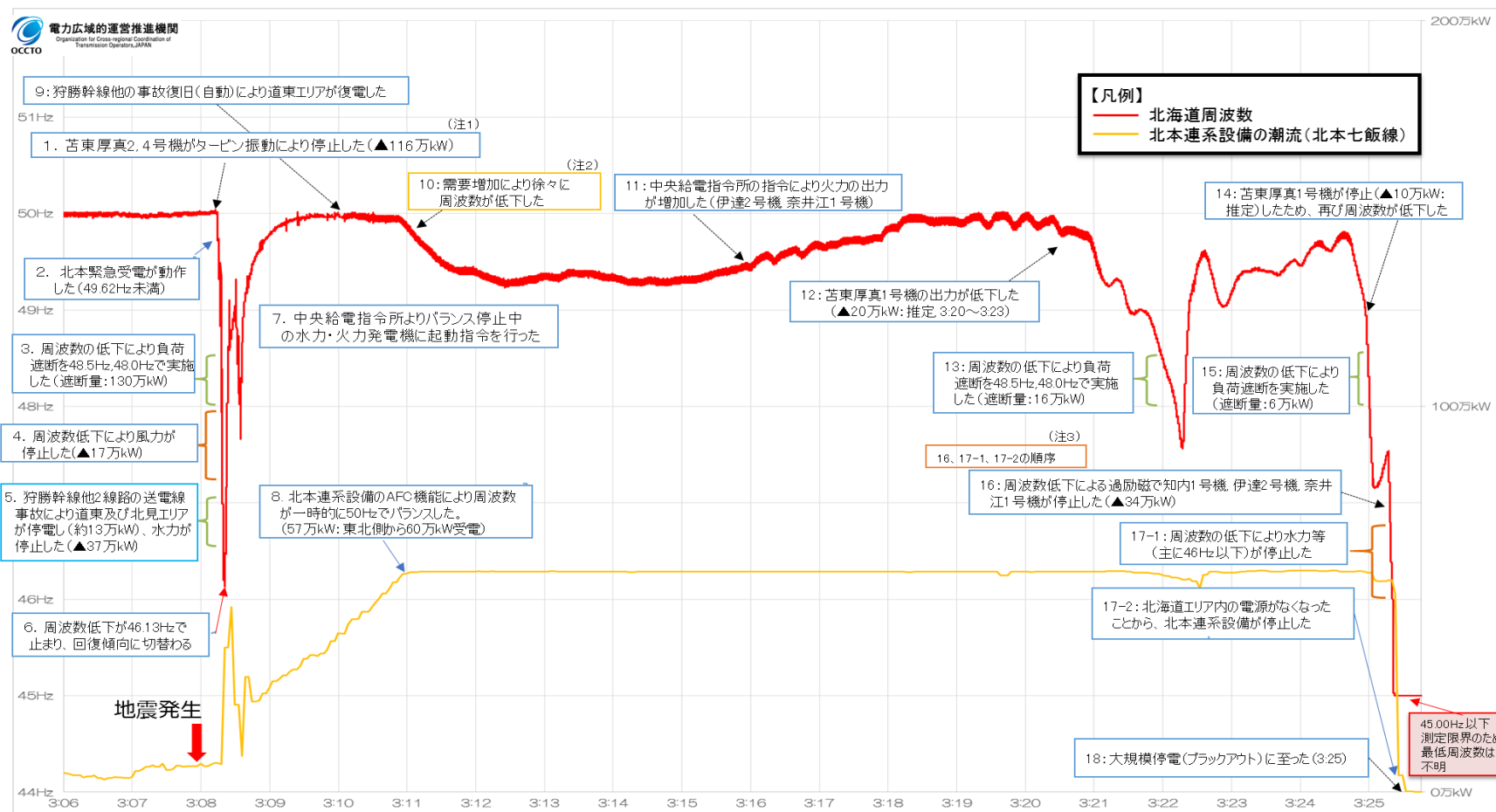
<検証委員会 概要>

委員等名簿	開催実績
<p>◎ 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</p> <p>○ 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</p> <p>○ 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</p>	<p>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</p> <p>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</p> <p>第3回（2018年10月23日） ◇当面（今冬）の再発防止策について ◇中間報告案について 等</p> <p>第4回（2018年12月12日） ◇運用上の中長期対策について ◇最終報告案について 等</p>

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。

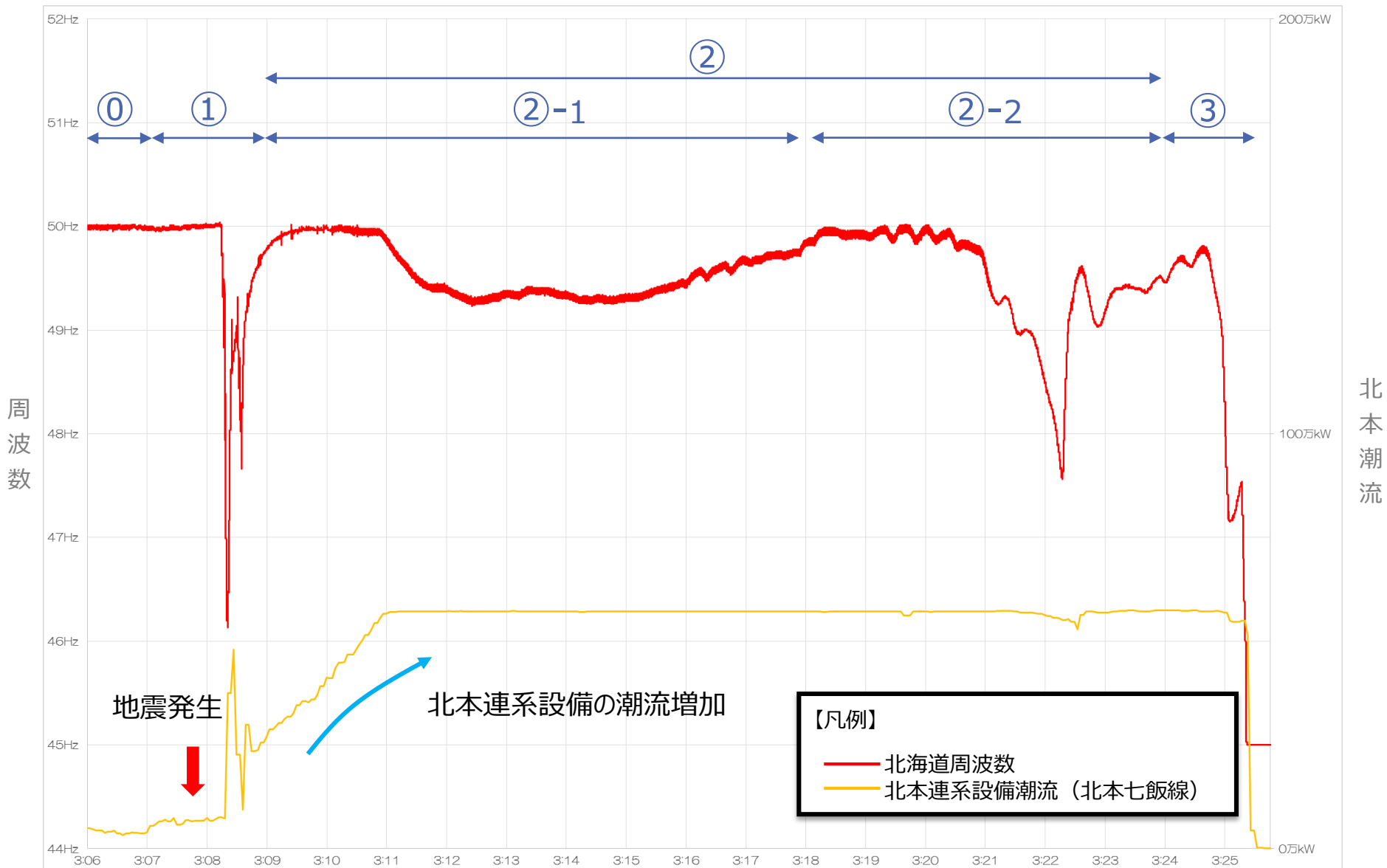
本検証委員会により事実認定が行われた事象



< 枠囲みについて >

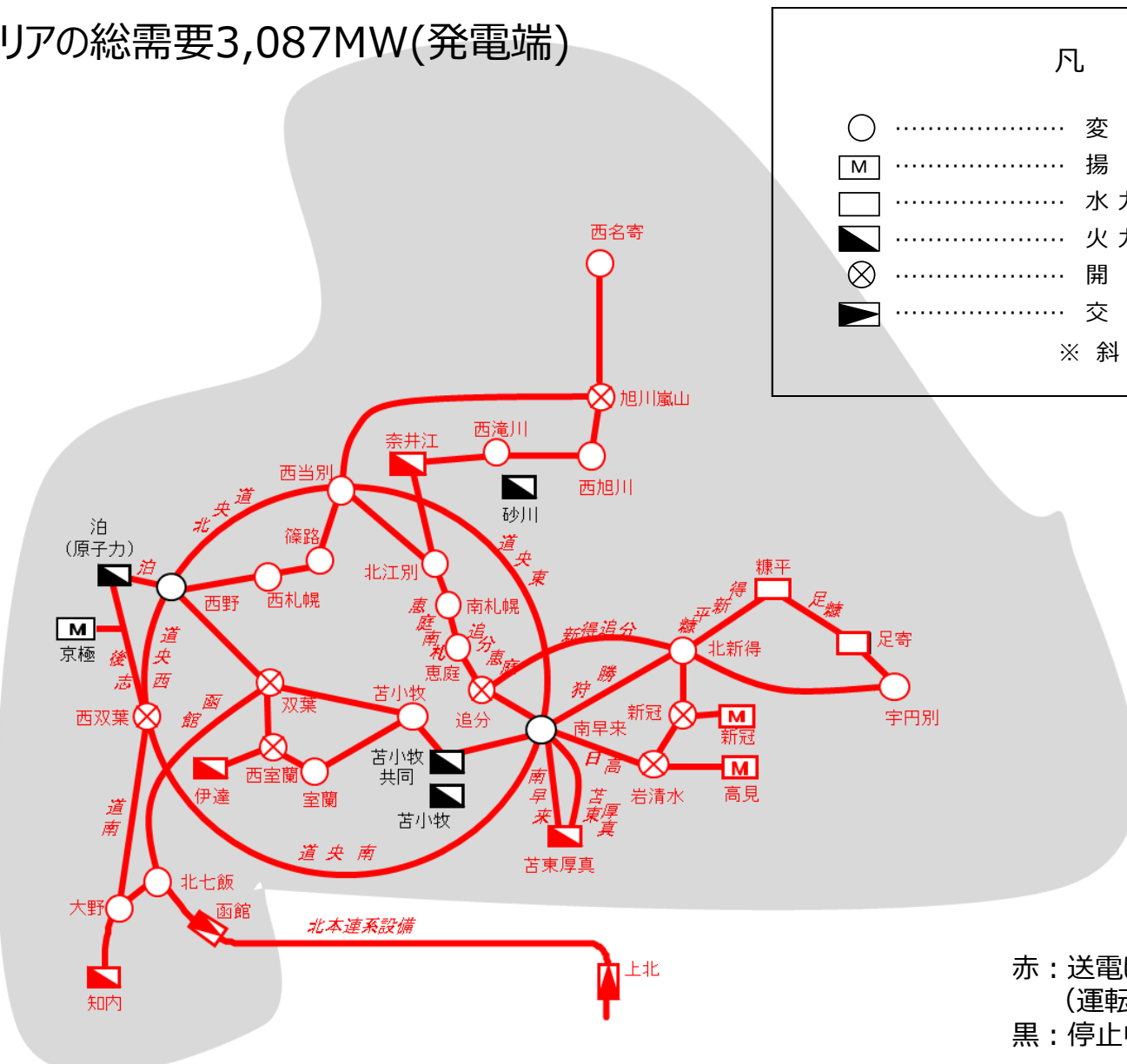
- (注1) 記録や因果関係が明らかでありほぼ間違いのない事実として認められること
- (注2) データから考えて推測などを含む可能性の高い事実として認められること
- (注3) 現時点で明らかではないが可能性のある又は否定できないこと

■ 周波数が大きく変動した①～③内の事象について個別に確認。



II. 地震発生からブラックアウトに至る経緯について 地震発生直前の系統状態①

北海道エリアの総需要3,087MW(発電端)



凡 例

○	変電所
□M	揚水式発電所
□	水力発電所（除揚水式）
▣	火力・ガス・原子力発電所
⊗	開閉所
◀▶	交直変換所

※ 斜体文字は送電線名

赤：送電している状態
（運転中及び充電中）
黒：停止中

Ⅱ. 地震発生からブラックアウトに至る経緯について 地震発生直前の系統状態⑥

- 発電機の運転状況は、右表のとおり。
- 火力発電所の一部は、深夜需要に合わせて停止しており、短時間での起動が出来ないことから翌日の需要カーブに合わせて
 - ・ 砂川3・4号機、奈井江2号機を順次起動
 - ・ 伊達1号機や音別1・2号機は停止を継続する計画であった。
- 火力発電所の出力は、メリットオーダー順に発電しており、苫東厚真を高出力、その他の火力は最低出力としていた。

供給力				定格 (MW)	出力 (MW)	火力運転計画
火力	砂川	3号機	石炭	125	0	11:00並列予定
		4号機		125	0	14:00並列予定
	奈井江	1号機	石炭	175	61	運転中
		2号機		175	0	5:30並列予定
	苫小牧	1号機	重原油・天然ガス	250	0	作業停止※1
	苫小牧共同	3号機	重油	250	0	作業停止
	伊達	1号機	重油	350	0	バランス停止※2
		2号機		350	76	運転中
	苫東厚真	1号機	石炭	350	338	運転中
		2号機		600	556	運転中
		4号機		700	598	運転中
	知内	1号機	重油	350	96	運転中
2号機		350		0	作業停止	
音別	1・2号機	軽油	148	0	バランス停止	
水力※3	新冠1・2号機、高見1号機 糠平1号機、足寄1・2号機			361	69	運転中
	京極1・2号機、高見2号機 糠平2号機			521	0	作業停止
	その他			-	711	運転中
主な風力※3				319	166	運転中
その他※4				-	344	運転中
北本連系設備 (北海道側受電最大)				600 (約570)	72	運転中
需 要				-	3087	

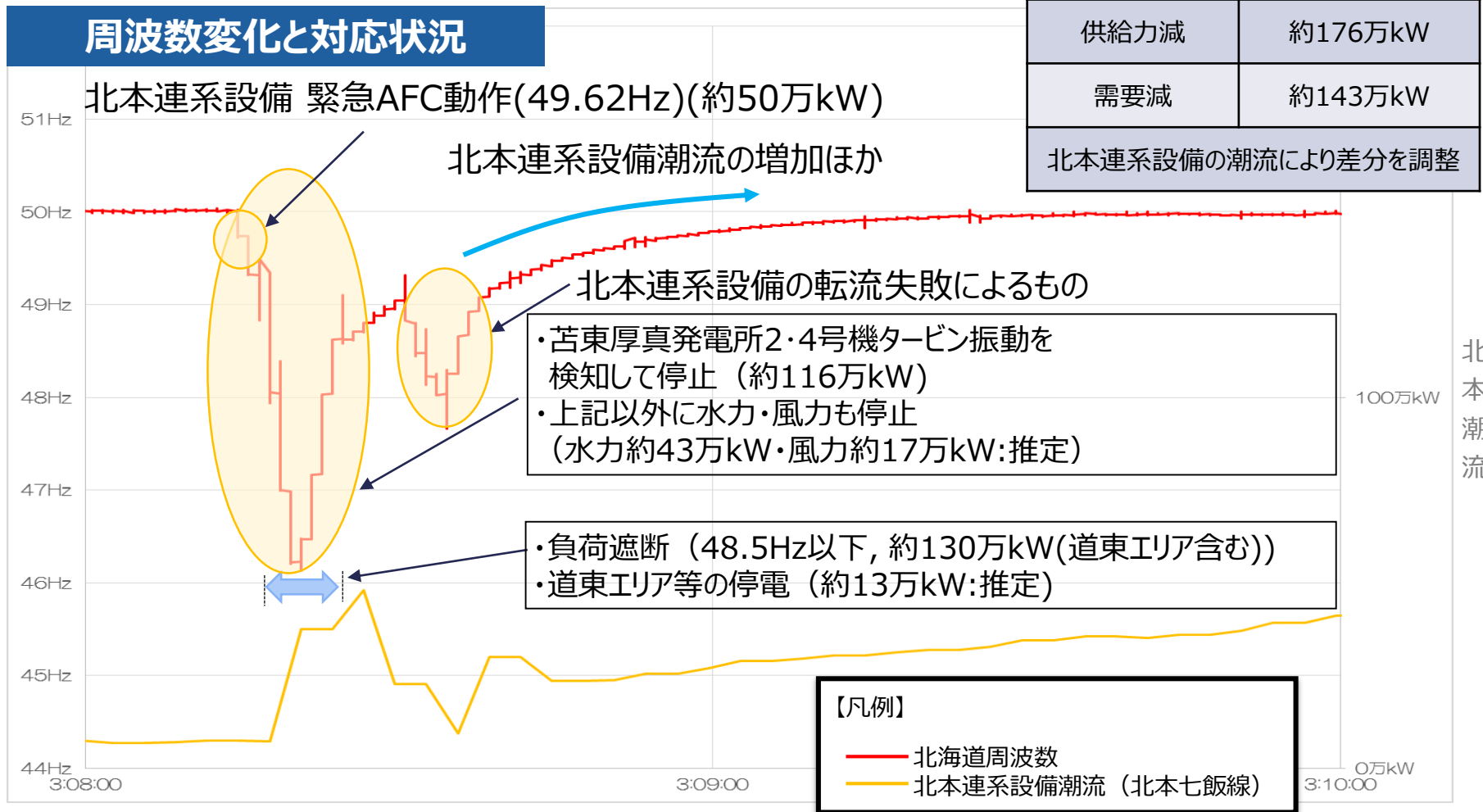
(表の補足)

- ※1: 「作業停止」とは、定期検査などにより停止した状態
- ※2: 「バランス停止」とは、需給バランスで運用上停止した状態
- ※3: 中央給電指令所がテレメータ(遠隔測定)情報を受信している水力・風力
- ※4: 「その他」は、需要から火力・水力・主な風力・北本連系設備の合計を差し引いた自家発電

Ⅱ. 地震発生からブラックアウトに至る経緯について 地震発生直後① 概観（地震発生～周波数回復）

2018/9/6 AM3:08～3:09

- 苫東厚真2・4号機がタービン振動を検知し停止し周波数が低下したが、北本連系設備からの緊急融通や稀頻度事故時のみ動作する負荷遮断により、周波数は回復した。
- 狩勝幹線他2線路が地絡事故で停止し、道東エリア等が停電した。

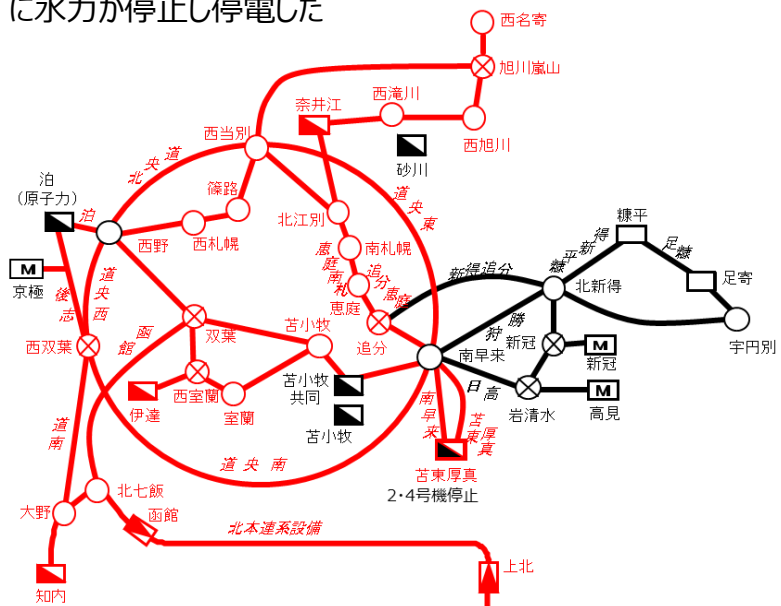


Ⅱ. 地震発生からブラックアウトに至る経緯について 地震発生直後① (地震発生～周波数回復)

- 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、苫東厚真発電所 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。シミュレーションの結果、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

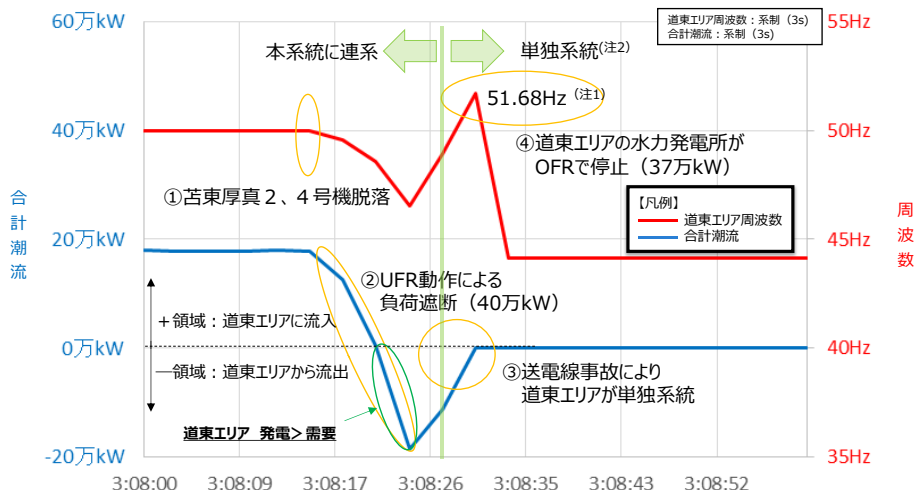
多くの水力発電所が接続する道東・北見エリアにつながる
3線路が地震により停止、道東エリアが単独系統となった後
に水力が停止し停電した



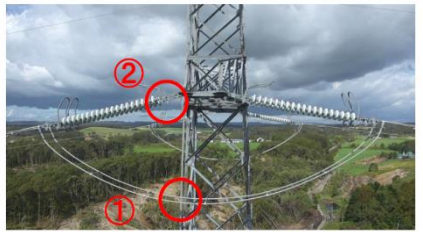
送電線事故による道東水力のトリップ

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1) 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)
(注2) 測定が3秒間隔であること、及び伝送遅延等のため、道東エリア周波数と合計潮流の時間的な同期は取れていない。



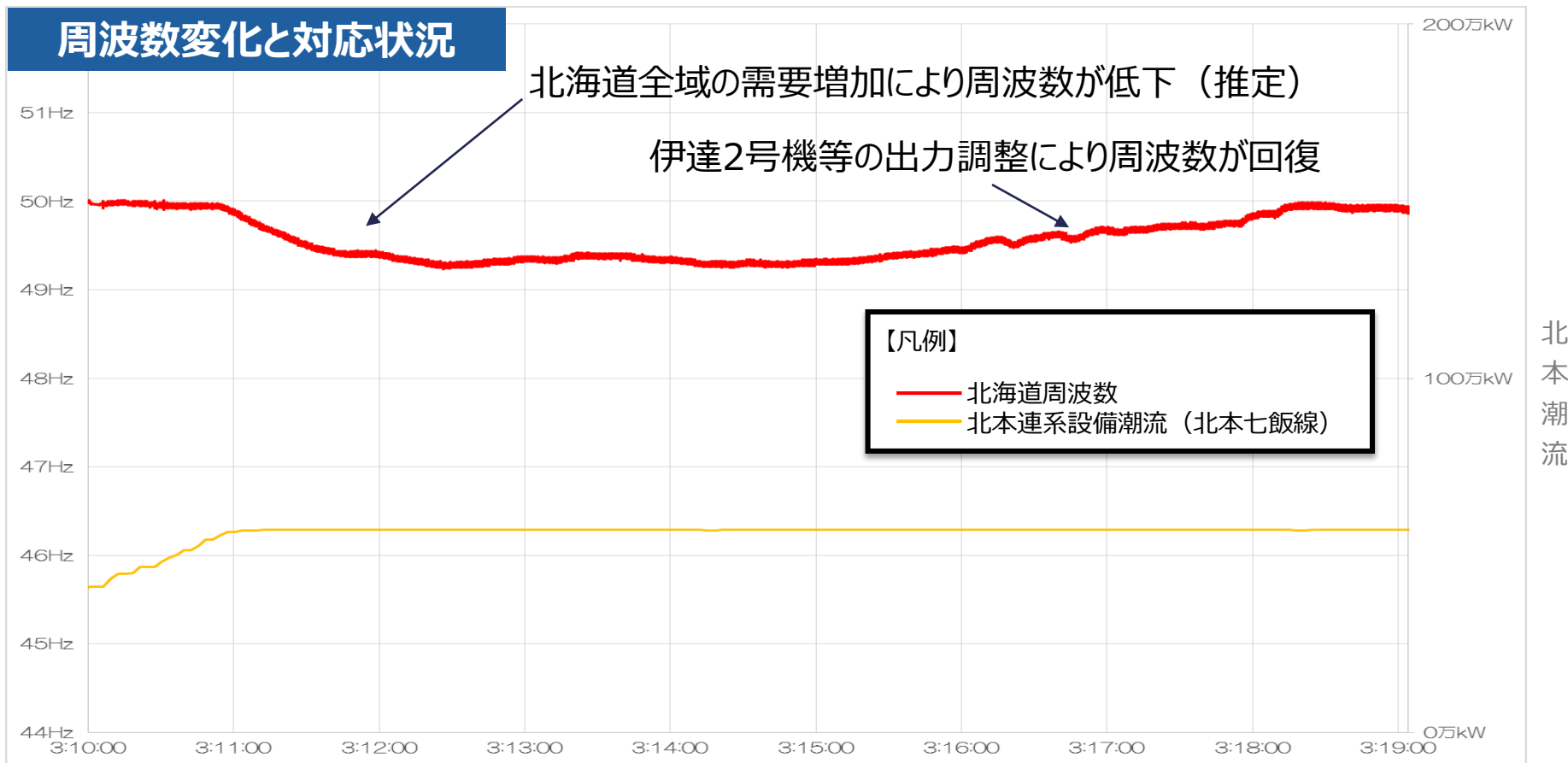
地震の揺れにより①ジャンパー線が②架線金物に接近

地震発生直後②-1 概観（周波数回復～苫東厚真1号機出力低下）

2018/9/6 AM3:09～3:19

- 周波数の回復後、需要増加（情報収集のための照明・テレビ等によるものだけでなく、負荷遮断後の系統電圧上昇による負荷増加も一因と推定される）により周波数が徐々に低下した。※
- 中央給電指令所から火力機等へ出力増加を指令・制御（自動的に動作）し、周波数が回復傾向となった。

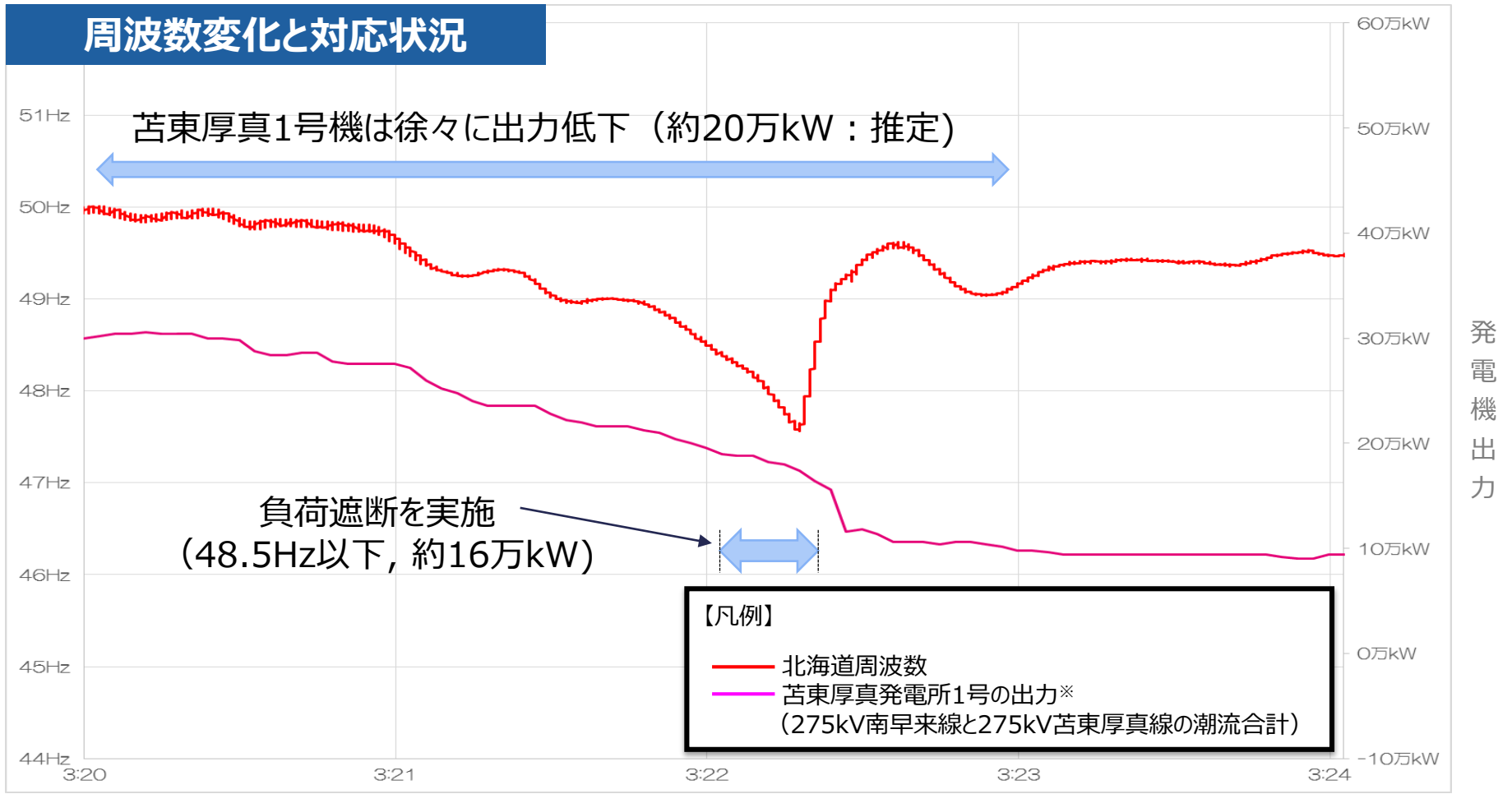
※地震の影響により系統規模が縮小しているため、需要の変動が周波数に与える影響が大きくなる。



地震発生直後②-2 概観 (苫東厚真1号機出力低下～負荷遮断2回目)

2018/9/6 AM3:20～3:24

- 苫東厚真発電所1号機の出力が安定せず、徐々に出力低下したため、周波数が低下した。
- 追加の負荷遮断(自動的に動作)により、周波数は回復傾向となるが、安定を維持できていない。



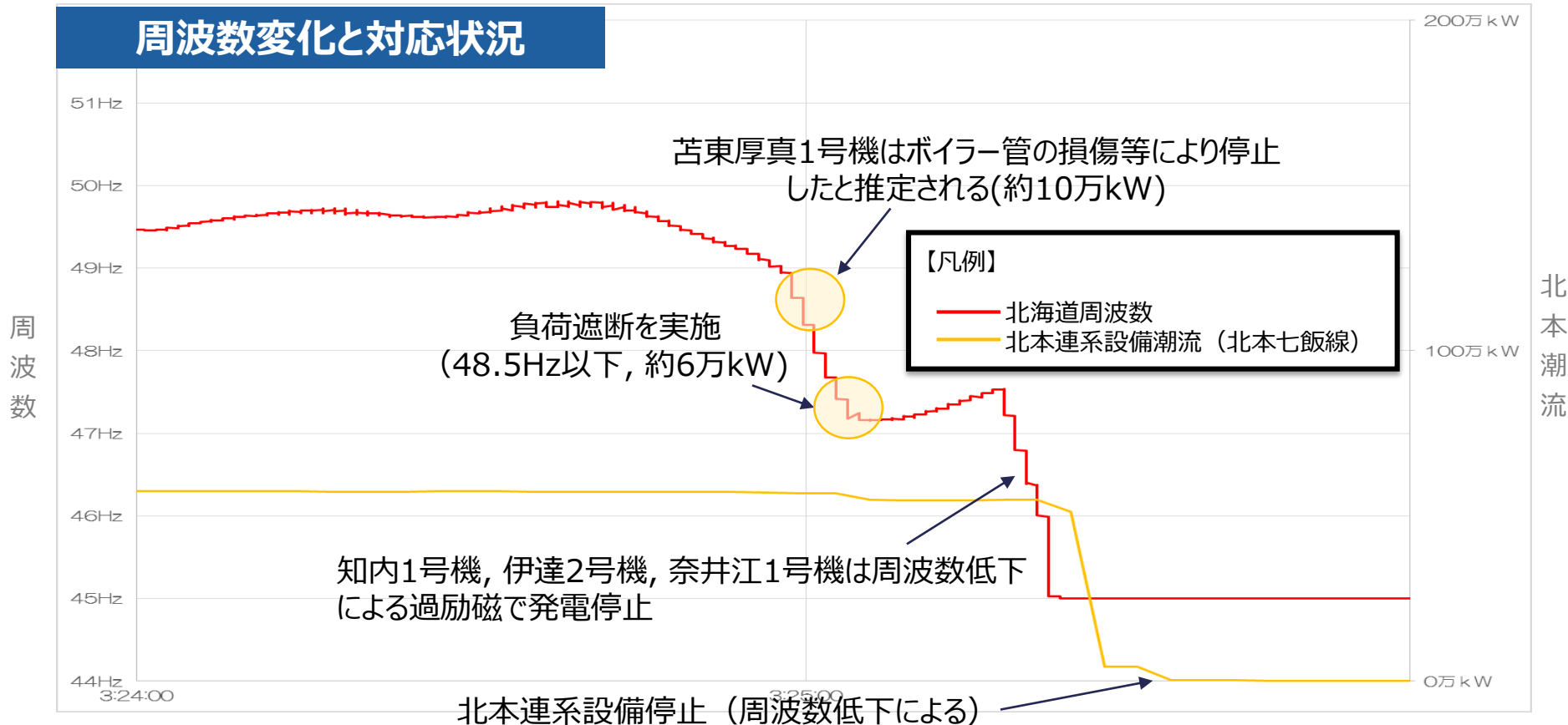
※ 3時8分より苫東1Gの発電端出力と送電線潮流(南早来線＋苫東厚真線)の値が2倍程度乖離しており、当該発電機の計測異常が疑われるため、送電線潮流値を採用

Ⅱ. 地震発生からブラックアウトに至る経緯について ブラックアウトまで③ 概観

2018/9/6 AM3:24~3:25

- 苫東厚真発電所1号機が停止したため、再び周波数が低下した。
- 再度追加の負荷遮断（自動的に動作）により全設定量を遮断したが、残量は6万kWであり周波数の回復を見込める量は残っていなかった。
- 周波数低下により、他の火力及び水力等が設備保護のため停止するとともに、北本連系設備が運転不能となった。
- 上記事象により供給力が喪失し最終的にブラックアウトに至った。

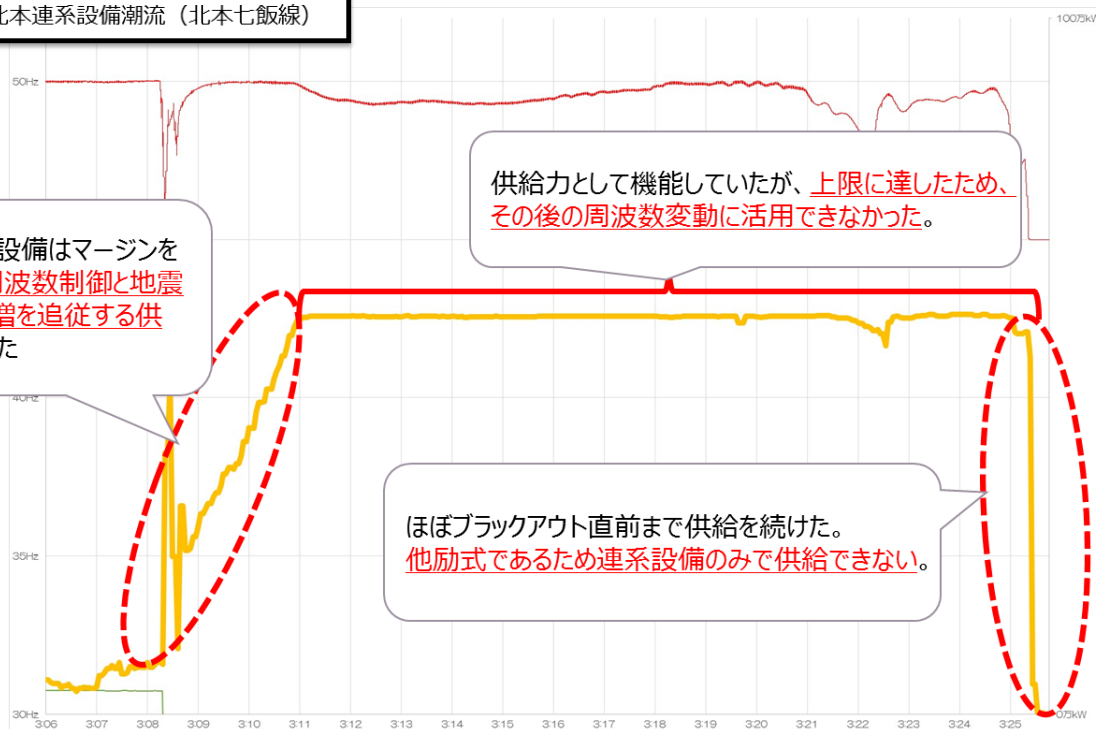
周波数変化と対応状況



- 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）

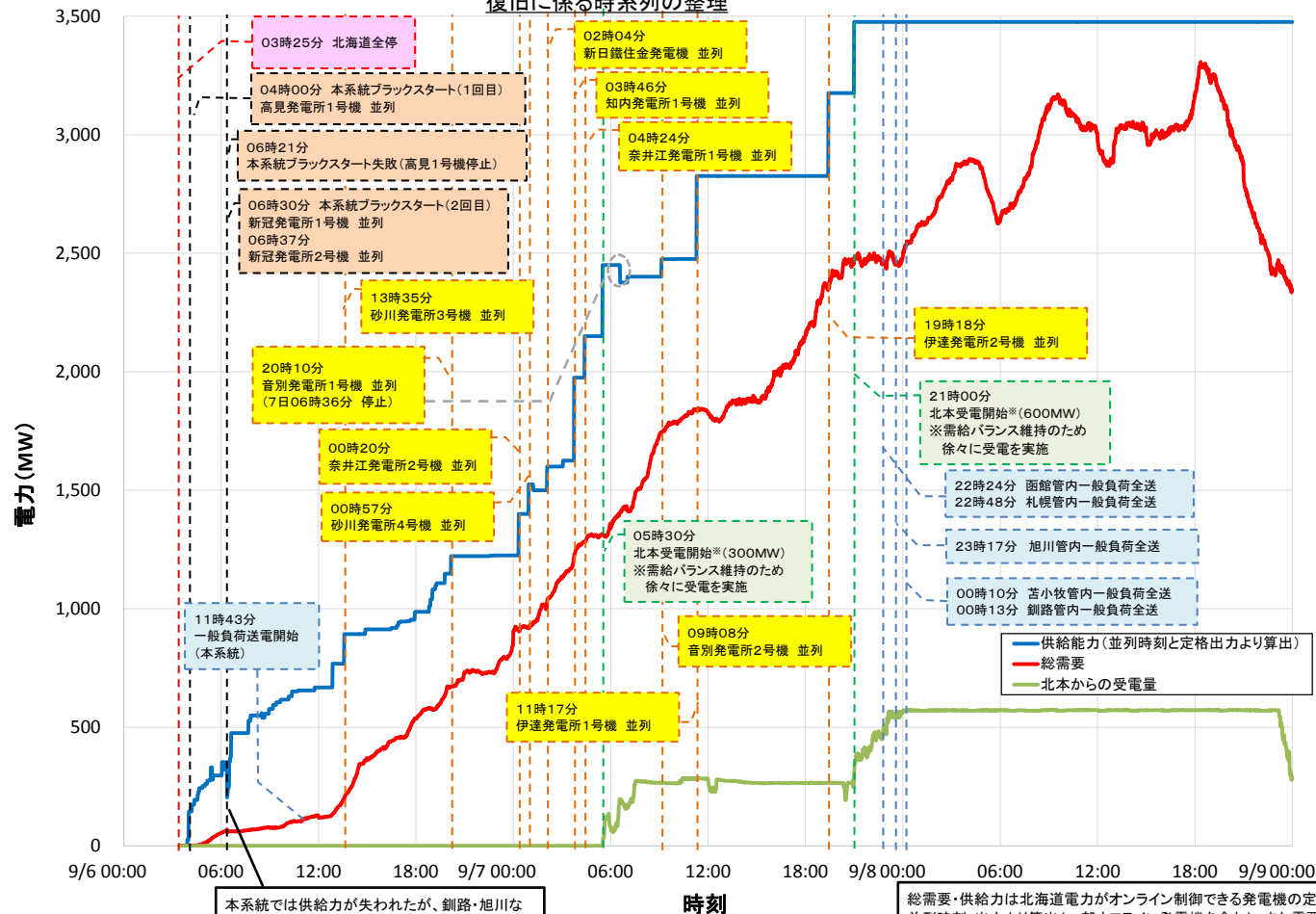


余 白

Ⅲ. ブラックアウトから一定の供給力確保に至る経緯について

- 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



本系統では供給力が失われたが、釧路・旭川などの単独系統ではブラックスタート継続中

総需要・供給力は北海道電力がオンライン制御できる発電機の定格・並列時刻・出力より算出(一部オフライン発電機を含む)。また需要は過去実績に基づいた補正を行っている。

約45時間

- 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した。

手順の概要

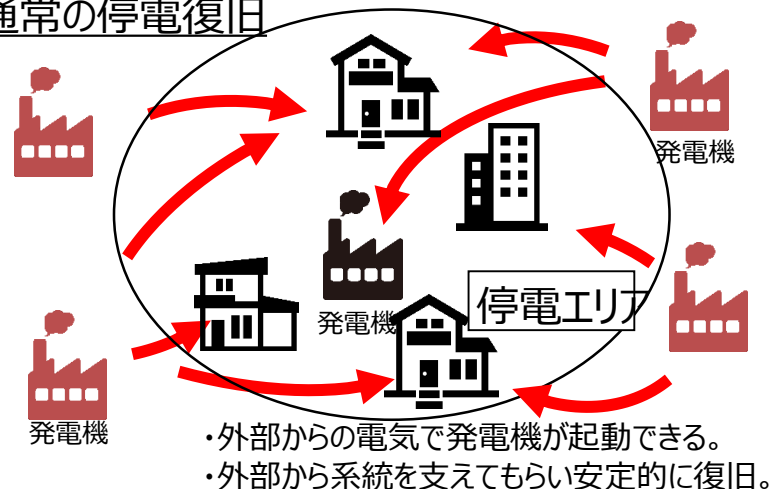
- ブラックスタート対象発電機の状態を踏まえ、発電機の起動順位をパターン化（全7パターンを準備）
系統安定化のため、揚発機2台による復旧を基本
- ブラックスタート後の系統復旧優先順位の明確化
火力・原子力発電所の保安用所内電源確保と早期の系統への再並列を目的に、
操作ステップの少ない275kV系統から実施

など

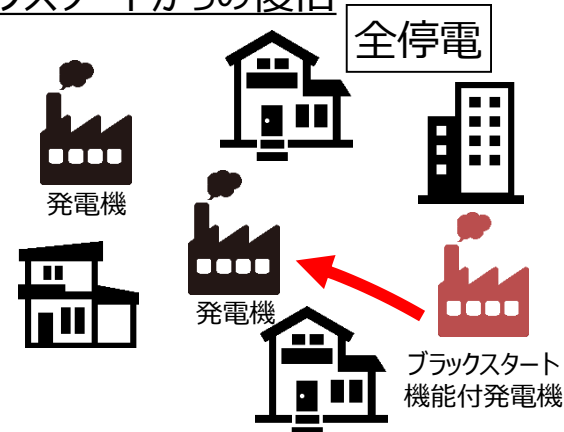
負荷供給について

- 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、ブラックスタート系統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

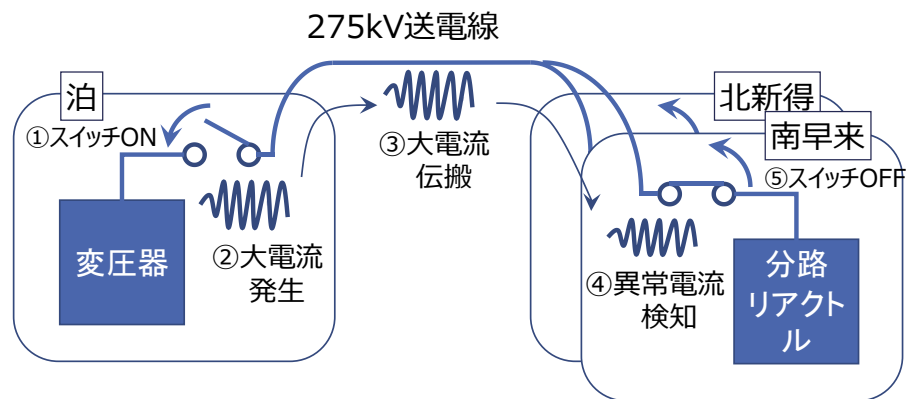
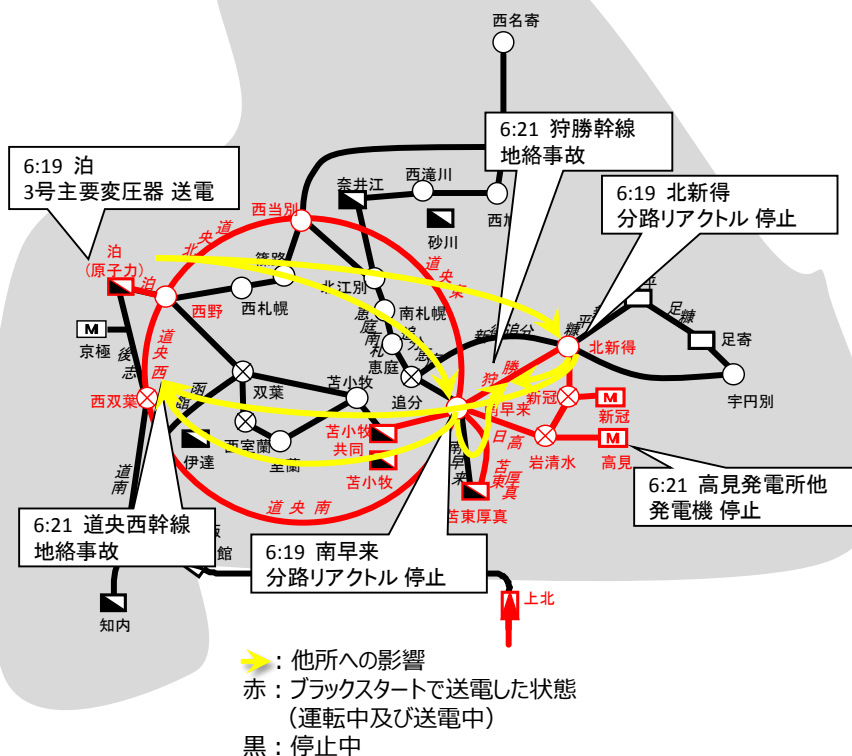


- ブラックスタート機能が付いた一部の発電機から、少しずつ周囲の発電機を起動させる。
- 系統が極めて小さく、少しの動揺で系統が大きく変動し不安定。

- 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

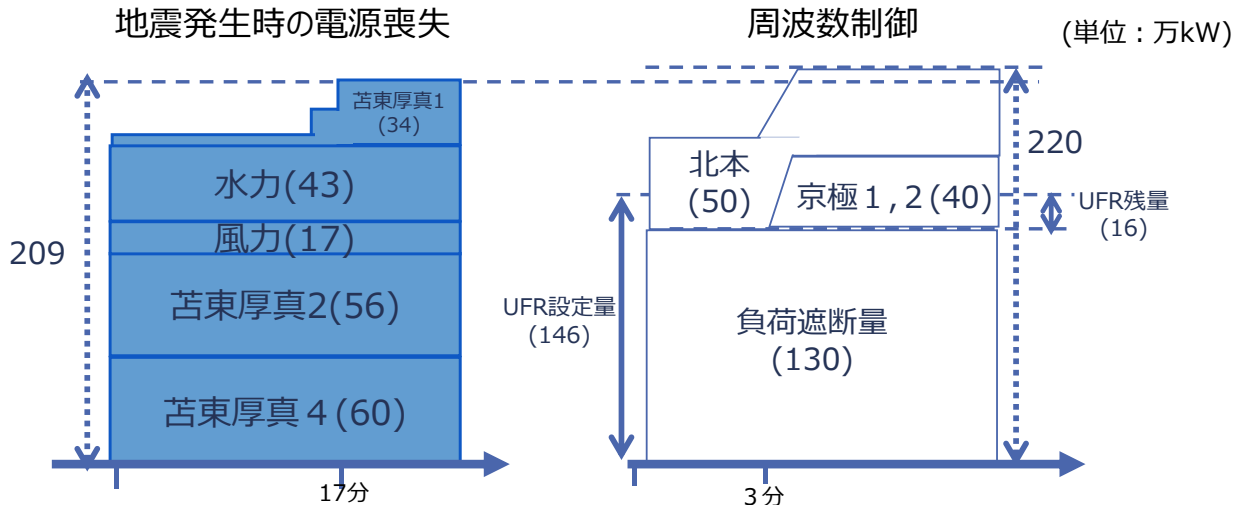


IV. 再発防止策について

(1) 当面（今冬）の運用上の早期対策

IV. 再発防止策について (1) 当面 (今冬) の運用上の早期対策 運用面での評価について (稀頻度リスクに対する運用面での備え)

- 地震発生時の状況で**苫東厚真1サイトが全機脱落した場合でも、京極1、2号機(20万kW×2)が稼働できれば、ブラックアウトには至らなかった可能性が高い**ことをシミュレーションにて確認。
- また、大規模揚水(京極1、2号機)が2台停止していても、**水力のトリップ(N-4)が発生しなかった場合は同様にブラックアウトには至らなかった**と考えられる。

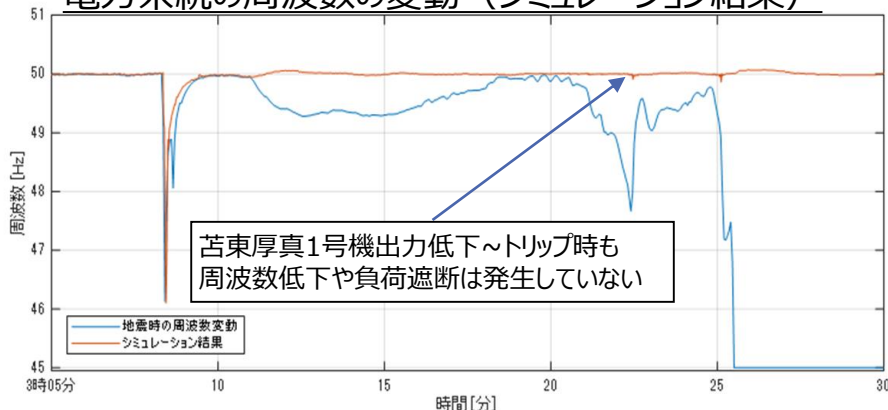


地震発生時想定

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)
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

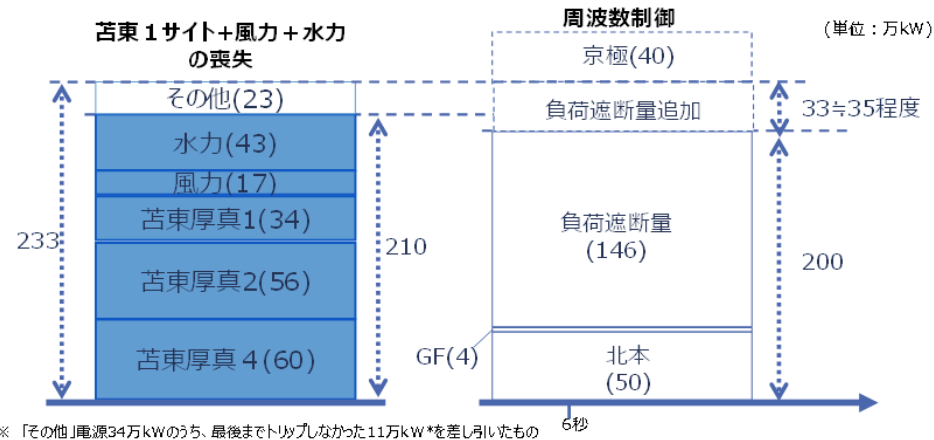
電力システムの周波数の変動 (シミュレーション結果)



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)	-398.1
49Hz以下滞在時間(s)	8.3

IV. 再発防止策について (1) 当面 (今冬) の運用上の早期対策 運用面での評価について (UFRによる負荷遮断量拡大について)

- 当面ブラックアウトを極力回避するための対策として苫東厚真 1 サイト、風力、水力同時トリップ、加えて現時点でトリップの原因や時間が確認できない約23万kWの電源※も同時トリップという、**今回の事象よりも更に厳しい条件を設定し周波数制御に必要な負荷遮断量を検討**した。
- この場合、233万kWの同時トリップに対し北本連系設備や負荷遮断等は200万kWとなり、不足は35万kW程度となる。シミュレーションにより拡大量が十分であることを確認した。
- 揚水発電所である京極だけで常時35万kW確保することは運用上は難しいことから、これをUFR追加量とした場合**北本連系設備を安定的に活用できる範囲でUFRの追加量を検討する必要**がある。



地震発生時想定

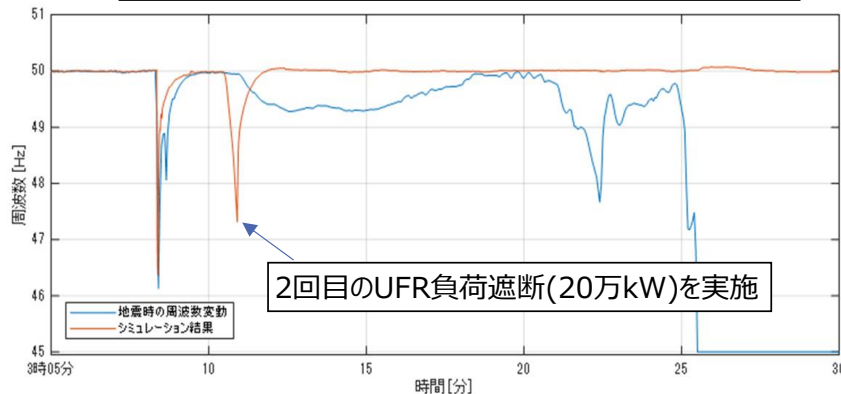
シミュレーションケース：苫東厚真 3 台同時トリップ (N-3)
風力等の周波数リレーによるトリップ
送電線事故 (N-4) による道東水カトリップ

UFR量 確認用

UFR拡大

京極2台 緊急起動

電力系統の周波数の変動 (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)	46.37
UFR動作量(MW)	1611
UFR残量(MW)	199
北本潮流最終値(MW)	-75.6
49Hz以下滞在時間(s) ^{*1}	6.7

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、以下のとおりとする。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

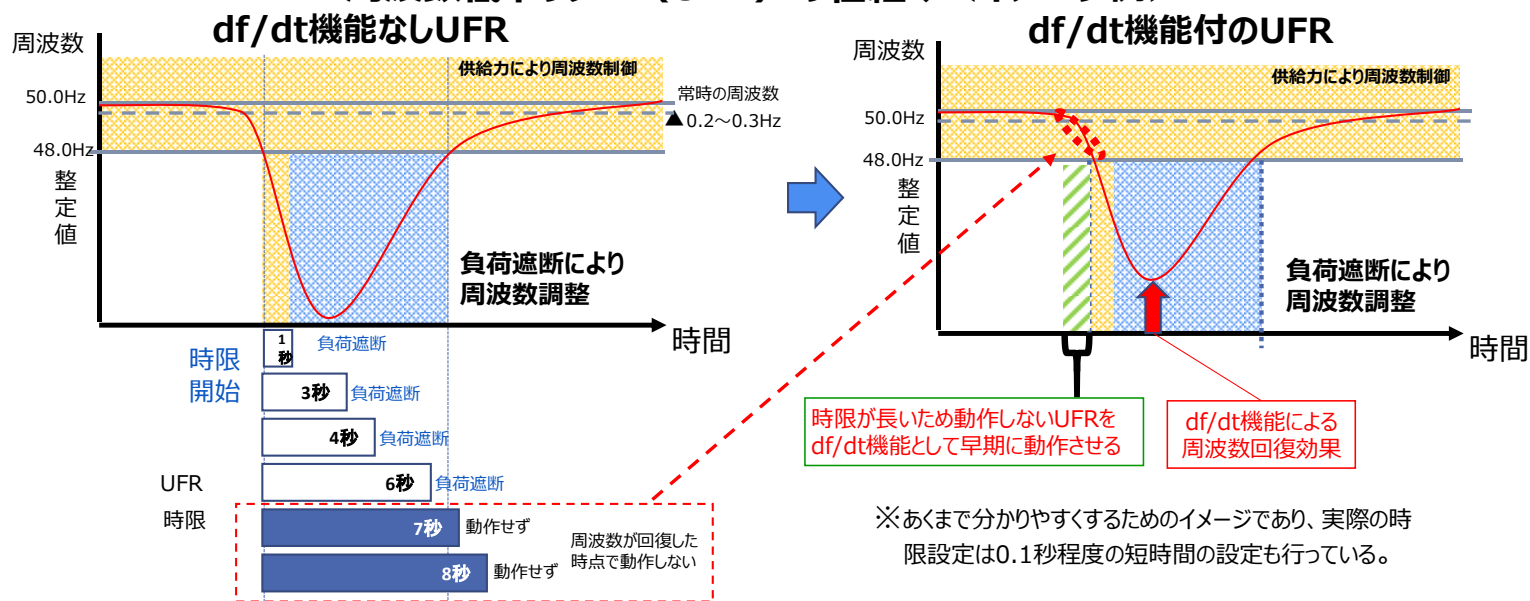
ブラックアウトの再発防止のため、今冬に向けた早期対策として、国においては、ネットワークのレジリエンス強化の観点から、北海道電力管内の発電設備や送電設備の関連する規制への適合性等の総点検を行う必要があると考えられる。

IV. 再発防止策について

(2) 中長期対策の検討を行うためのシミュレーション

- 最終報告にあたり、「①石狩湾新港発電所や新北本連系設備の運転開始後」、「②泊発電所が再稼働後」の2断面について、現状 想定し得る最過酷断面で最大サイトが脱落した場合についてシミュレーションを行い、中間報告で提言された以下の項目について検討を行った。
 - ・ 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
 - ・ 最大規模発電所発電機の運用
 - ・ ガバナフリー、自動周波数調整機能 (AFC)、連系設備のマーzin等の周波数制御機能の再評価
- 最過酷断面としては、「周波数低下の影響が大きい深夜需要」、「周波数低下により大量脱落が懸念される再エネ高出力時の需要」を抽出し、揚水運転の有無、北本連系設備の潮流を勘案した最過酷断面を選定した。
- また、北海道電力において順次更新中のUFR端末装置には、周波数が急激に低下する場合に備えた周波数変化率要素を検知して負荷遮断を行う機能 (df/dt機能) が具備されている※ことから、反映した。
 - ※ 現状、UFR全体の2割程度設置されており、そのうち整定されているのはUFR全体の1割程度

周波数低下リレー (UFR) の仕組み<イメージ例>



IV. 再発防止策について(2) 中長期対策の検討を行うためのシミュレーション

①石狩湾新港発電所や新北本連系設備の運転開始後

- 「①石狩湾新港発電所や新北本連系設備の運転開始後」のシミュレーション結果は以下のとおりで、現状想定し得る3つの最過酷断面(深夜需要、軽負荷かつ再エネ高出力、深夜需要かつ揚水なし)において、苫東厚真発電所のサイト脱落時にブラックアウトに至らないことを確認した。

単位：MW

ケースNo.		①-1	①-2	①-3	
断面		苫東厚真3台フル出力			
		深夜需要	軽負荷かつ再エネ高出力	深夜需要かつ揚水なし	
需要他	需要	2564	2811	2792	
	揚水動力	183	460	0	
	北本(北海道へ送電分を正)	53	-301	55	
供給力	脱落対象電源	苫東厚真	1598	1598	1598
		再エネ他	268	1168	264
		小計	1866	2766	1862
	非脱落電源	知内2号機	110	110	110
		石狩湾新港1号機	155	142	189
		その他	563	554	576
		小計	828	806	875
	シミュレーション結果	結果	○	○	○*
		周波数最下点(Hz)	47.46	47.87	※2 46.95
		UFR動作量	1071	636	1166
UFR残量		476	1060	519	
北本AFC最大動作量※1		802(546)	963(531)	800(532)	
北本潮流最終値		558	533	652	

※1 ()はマージン(単機最大脱落)

※2 47.0Hz以下であるが、火力発電所のUFR(47Hz-10秒)遮断なしでブラックアウトに至らないため、条件付き「○*」

②泊発電所再稼働後

- 「②泊発電所が再稼働後」のシミュレーション結果は以下のとおりで、現状想定し得る4つの最過酷断面※(深夜需要・揚水なし・北本北流、泊3台、同・泊2台、再エネ高出力・揚水あり・泊3台・北本南流、同・北本0MW)において、泊発電所のサイト脱落時にケース②-1のみに追加的な対策が必要であることを確認した。

※ ①-1、2と同様の需要実績値を用いた場合、需給バランス上、揚水の増加に加え北本及び新北本連系設備の潮流が本州向きに増え、最過酷断面とならないと考えられる

単位：MW

ケースNo.		②-1	②-2	②-3	②-4	
断面		深夜帯断面		再エネ出力高出力時断面		
		泊3台運転	泊2台運転	泊3台運転		
需要他	需要	3123	2507	2793	3438	
	揚水動力	0	0	422	422	
	北本(北海道へ送電分を正)	175	138	-645	0	
供給力	脱落対象電源	泊	2070	1491	2070	2070
		再エネ他	30	30	942	942
		小計	2100	1521	3012	3012
	非脱落電源	知内2号機	110	110	110	110
		石狩湾新港1号機	142	142	142	142
		その他	596	596	596	596
		小計	848	848	848	848
	シミュレーション結果	結果	対策要 ^(注)	○	○	○
		周波数最下点(Hz)	45以下	47.41	47.68	47.44
		UFR動作量	1305	1047	726	1436
UFR残量		580	466	960	639	
北本AFC最大動作量 ^{※1}		680	717(762)	1317(744)	855(706)	
北本潮流最終値		855	547	672	631	

(注)ブラックアウト回避策は別途検討。

※1 ()はマージン(単機最大脱落)

②泊発電所再稼働後

- ケース②-1（泊3台が同時脱落（揚水なし））について、追加的な対策を検討した。
- その結果、2つの対策（df/dtを活用したUFR整定、安定化装置）のいずれも、泊発電所のサイト脱落時にブラックアウトに至らないことを確認した。

単位：MW

ケースNo.		②-1-a1	②-1-a2	②-1-b1	②-1-b2
再発防止対策		df/dtを活用したUFR整定		安定化装置	
		UFR更新率20%	全UFR更新後	負荷遮断量 198万kW	負荷遮断量 139万kW
シミュレーション 結果	結果	○*	○	○	○
	周波数最下点 (Hz)	※2 46.65	47.26	48.65	48.52
	UFR動作量	1836	1732	188	188
	UFR残量	49	152	1697	1697
	北本AFC最大動作量※1	680(725)	680(725)	615(725)	673(725)
	北本潮流最終値	357	451	2	586

※1（ ）はマージン（単機最大脱落）

※2 47.0Hz以下であるが、火力発電所のUFR(47Hz-10秒)遮断なしでブラックアウトに至らないため、条件付き「○*」

IV. 再発防止策について

(3) 運用上の中長期対策

①石狩湾新港発電所や新北本連系設備の運転開始後

＜北海道エリアにおけるUFR整定の考え方＞

- 揚水を行っていない場合に最大サイト脱落のように周波数が大きく低下すると、周波数の最下点は47.0Hzを下回り、再エネの連鎖脱落を引き起こすおそれがあることから、**周波数の最下点を47.0Hz以上に引き上げることが可能となるよう、早期にUFRの整定を見直す**（df/dt機能の整定済みの割合を1割から2割に増加させる）。

＜最大規模発電所発電機の運用＞

- 北本・新北本連系設備でAFC余力を確保できる状態であることを前提に、今冬の対策における**苫東厚真発電所1、2、4号機3台稼働のための「京極発電所1、2号機が運転できる状態」という条件を解除する。**
- 北海道電力は、苫東厚真発電所3台がフル運転相当の断面で、**今回想定した最過酷断面よりも周波数低下が予想される需給断面等の場合は、最大サイト脱落のシミュレーションを事前に行い、ブラックアウトに至らないことを確認し、必要に応じ、所要の措置を講じる。**

＜ガバナフリー、AFCの再評価＞

- シミュレーションにより最大サイト脱落の場合でも、ガバナフリーについては非脱落電源などで2%確保していることや、AFCについては北本・新北本連系設備による周波数調整余力が残されていることが確認されたことから、**ガバナフリー、AFCについては現時点で見直す必要はない。**

＜連系設備のマージンの再評価＞

- 最小需要断面に北流最大潮流で、かつ苫東厚真発電所がフル出力となるケースは極めて稀と考えられる。また、そのようなケースが想定される場合には事前にシミュレーションを行い、**ブラックアウトのおそれがある時は苫東厚真発電所の出力抑制または揚水などの対策を取り得る。**このため、北本・新北本連系設備の逆方向・北海道向きのマージンについては、**単機最大脱落を想定した現行の考え方を現時点で見直す必要はない。**

② 泊発電所再稼働後

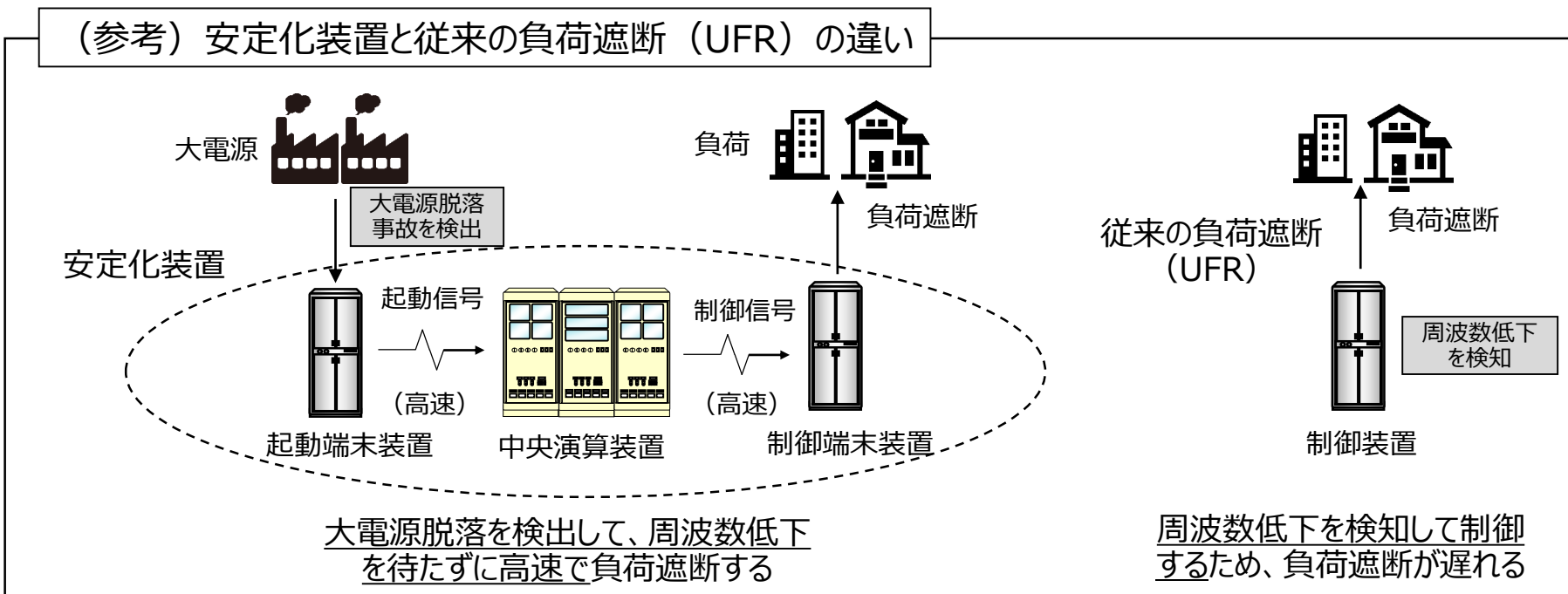
現在、長期停止中の泊発電所が再稼働後に脱落した場合については、泊発電所の再稼働時期の目途が実際に立った時点で、改めてシミュレーションを行いつつ、必要な対策の検討を行い、所要の措置を講じることが必要不可欠である。

<北海道エリアにおけるUFR整定の考え方>

- UFRの周波数変化率要素 (df/dt) 活用 (整定見直し) や高速負荷遮断を行う安定化装置による対策が必要である。

<ガバナフリー、AFC、連系設備のマージン等の周波数制御機能の再評価>

- 「①石狩湾新港発電所や新北本連系設備の運転開始後」の場合と同様、現時点で見直す必要はない。



IV. 再発防止策について

(4) 設備形成上の中長期対策

北本連系設備の更なる増強等

- ◆ 国において、新北本連系設備整備後の北本連系設備の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、早期に検討を行う必要がある。また、広域機関において、新北本連系設備整備後の北本連系設備の更なる増強及び現在の北本連系設備の自励式への転換の是非の具体的検討を早期に行う必要がある。
- ◆ ブラックアウトを起こさないためには、技術的には北本連系設備の更なる増強等が安定供給を確保する観点から有益であることは言うまでもないことから、国の方針（重要インフラの緊急点検に関する関係閣僚会議において取りまとめられた政府の対応方策、電力レジリエンスワーキンググループ中間取りまとめ）のとおり、国や広域機関において、新北本連系設備整備後（合計連系容量60万kWから90万kWに増強後）の更なる増強、及び現在の北本連系設備の自励式への転換の是非について、シミュレーション等により効果を確認した上で、ルートや増強の規模含め、来春までを目途に具体化を図ることが求められる。