

中国九州間連系線（中国向） 作業時における運用容量について

2023年11月17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

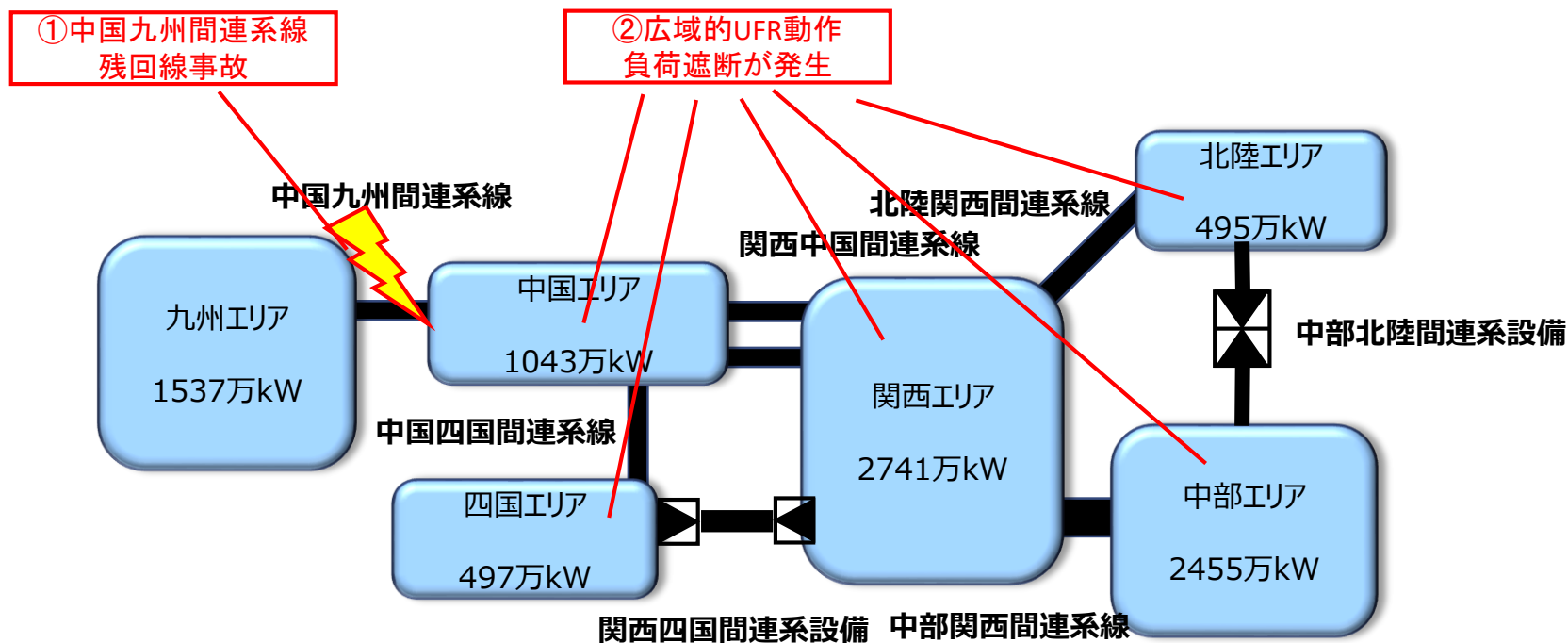
1. はじめに
2. 中国九州間連系線（中国向）作業時の運用容量設定の経緯
3. 中国九州間連系線（中国向）作業時の検討事項
 - ・中国九州間連系線（中国向）作業時の運用容量設定見直しの検討
4. まとめ（2024年度の対応と今後の対応）

- 中国九州間連系線（中国向）においては、同連系線にルート（2回線）断事故が発生した場合、受電している中西5エリア（中部～四国）の周波数低下により中西5エリアで広域的な負荷遮断（停電）が発生する可能性があるものの、その事象が非常に稀頻度であることを前提に運用容量を設定している。
 - 中国九州間連系線の1回線作業時においても運用容量を平常時と同水準に維持した場合、単一故障時（N-1故障時）で九州を除く中西5エリアで広域的な負荷遮断（停電）に至る可能性がある。
 - **このため、現在、1回線作業時には、一般送配電事業者が調整力公募（電源Ⅰ・Ⅱ）契約※¹の中で、系統保安ポンプ運用※²を行うことで運用容量を維持している。**
- ※1 調整力公募（電源Ⅰ・Ⅱ）契約の「起動停止(揚水起動含)」「揚水運転」「発電出力増減」の指令による
- ※2 運用容量維持に係るポンプは、以下の二つがある。
- ①自エリアの需給バランスに必要な揚水（以下、自然体ポンプ）と
 - ②2回線時の運用容量を維持するために必要な調整力を使った揚水（以下、系統保安ポンプ）
- **一方、2024年度以降は調整力公募による電源Ⅰ、電源Ⅱ契約が終了することから、揚水運用の主体は基本的に調整力提供者（BG）となり、一送主体の系統保安ポンプ運用による運用容量維持対策ができなくなる。**
 - こうした状況を踏まえて、本日は、1回線作業時の運用容量の低下への対応の検討状況についてご説明したい。

2. 中国九州間連系線（中国向）運用容量設定の経緯

- 中国九州間連系線（中国向）においては、同連系線にルート（2回線）断事故が発生した場合、受電している中西5エリア（中部～四国）の周波数低下により中西5エリアで広域的な負荷遮断（停電）が発生する可能性があることから、**負荷遮断することのない潮流を限度値として運用容量を設定。**
- 2016年度に中部エリアで275kV送電線ルート断事故が発生した際、PVと一部の自家発が解列したことで、60Hz系統の周波数が想定以上に低下する事象が発生し、**59.0Hz以下に下がると、60Hz系統の各エリアが系統分離する等、安定供給に支障を及ぼすおそれがあること**が判明。そこで、中国九州間連系線では、ルート断時に**中西5エリアが59.0Hz以下とならないよう系統保安ポンプを実施していた。**
- 2019年度には電力レジリエンス向上策の一つとして、中西エリアでは、**負荷側UFRによる負荷遮断を59.1Hzで実施（以下「59.1Hzの広域的な負荷遮断」）することとなった。これにより、平常時（2回線運用時）には系統保安ポンプ運用せず運用容量を維持できることが確認できたため、系統保安ポンプを取りやめている。**
- なお、1回線作業時には、1回線事故によりルート断となり、その頻度も一定程度想定されることから**運用容量の値を維持するため、供給信頼度を確保しつつ、負荷遮断に至らないよう、九州を除く中西エリアで系統保安ポンプ対策を継続している。**

- 中国九州間連系線の1回線作業時に、大きな潮流が流れている状況で系統保安ポンプを実施しない場合、残回線事故が発生すれば中西5エリア (中部～四国) で一定規模の負荷遮断が発生する可能性がある。



各エリア内数値は、2023年度送電端最大3日平均電力予想 (H3) を表す。

【平常時 (2回線運用)】

- **59.1Hzの広域的な負荷遮断を中西エリアで実施することとし、平常時の系統保安ポンプ運用を取りやめた。**

【作業時 (1回線停止)】

- **作業時にも運用容量の値を維持するため、供給信頼度を確保しつつ、負荷遮断に至らないよう、九州を除く中西エリアで系統保安ポンプ対策を継続している。**



(参考) 中国九州間連系線 (中国向) 1回線停止時における運用容量について

第2回運用容量検討会 (2019.5.24) での整理内容

- 平常時の中国九州間連系線 (中国向) については、「59.1Hzの広域的負荷遮断」と「系統保安ポンプ」が重複した対策であり、ルート断故障の発生は稀頻度であること等を踏まえ、系統保安ポンプの運用を取り止め
- 一方、1回線停止時については、N-1故障による負荷遮断の回避が必要であるため、系統保安ポンプを取り止める場合には、運用容量を減少することが必要
- 中国九州間連系線 (中国向) については、運用容量の減少による影響が限定的とは言えず、当面は「作業時の系統保安ポンプ対策」を継続と一旦整理したが、中国九州間連系線 (中国向) の作業時、故障時の1回線停止時における運用容量の取扱いについて継続検討としていた



中国九州間連系線 (中国向) 1回線作業時の対応について

- 中国九州間連系線の1回線作業時に、運用容量を減少させる場合、運用容量を維持した場合に比べ市場分断は、2018年度実績ベースで年間17.3%増加する見込み
- 2018年10月以降、九州エリアにおいて再エネ出力制御が行われていることを考慮すると、今後はさらに中国九州間連系線の空容量が減少する断面が増加する虞

運用容量の減少による影響は限定的とは言えないため、**計画的に対応可能な作業時については系統保安ポンプによる運用容量維持対策を継続**して行う

■ 中国九州間連系線 (中国向) について、2018年度の空容量実績から、年間を通して1回線作業を行った場合の運用容量の減少量を控除し、空容量が代替となる断面を市場分断としてカウントした。
 ■ 結果は下表のとおりであり、「運用容量を減少させる場合」の市場分断の増加は3,033MW(17.3%/年)となった。
 ■ また、実際の作業日数は過去5年の実績において最長65日あり、市場分断を抑制した作業停止調整を行うことは難しく、現時点で運用容量の減少による影響が限定的とは言えないと考えられる。
 ■ このため、中国九州間連系線 (中国向) の作業時における「必要時に運用容量を維持する運用対策」の是非については、作業期間や実施時期、対策費用、市場分断による影響等を考慮し、コストで償還に決定するものとし、当面は2019年6月以降も必要時に運用容量を維持する運用対策を継続することとする。
 (※: 今年度の検討課題として検討し、2019年を目途に決定する)

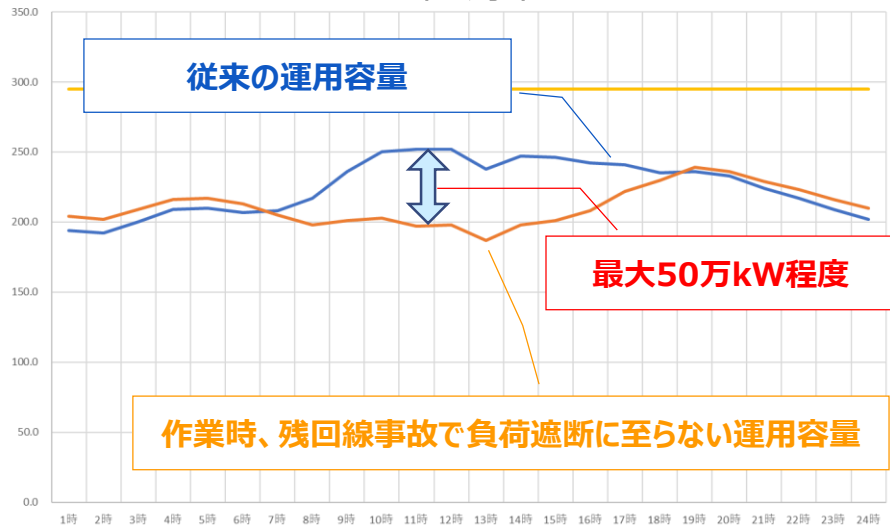
空容量が代替となる3ヶ月数		10月	11月	12月	1月	2月	3月	年計						
運用容量維持 (削減) 削減	228	352	59	216	1,038	922	744	1,063	1,126	969	367	340	270	2,699
運用容量削減 (削減) 削減	0.58	0.29	4.05	5.92	5.26	6.06	6.43	5.53	2.09	1.94	1.54	1.54	43.9	
運用容量削減 (削減) 削減	240	55	265	1,284	1,284	1,247	1,388	1,243	1,299	1,125	718	374	16,232	
運用容量削減 (削減) 削減	0.80	0.31	4.37	7.33	7.33	5.98	7.50	7.41	6.48	4.10	2.13	61.3		
削減	38	5	55	246	362	369	327	117	330	264	378	104	3,883	
削減	0.22	0.03	0.31	1.40	2.07	1.73	1.87	0.67	1.88	4.38	2.16	0.59	17.3	

出典：第2回運用容量検討会 資料3 (2019.5.24)

- 2024年度の中国九州間連系線の作業時において、系統保安ポンプを実施しなかった場合、前日スポット時点で広域的な負荷遮断（停電）が発生しない値に運用容量を設定することとなる。
- 上記により、運用容量は最大約50万kW程度低下。2023年度作業時実績ベースの混雑コマ増加数：199コマ→329コマ／1,200コマ。再エネ出力制御は作業期間中を通して実施されており、最大で運用容量低下分は増加すると想定。
- 一方、調整力提供者の揚水計画（BG計画）であっても再エネ抑制が発生する時期にはポンプアップを行うことから、この活用について検討を行った。

系統保安ポンプ運用による運用容量への影響

2023年4月平日



2024年度 中国九州間連系線 作業停止計画

制約箇所	4月	5月	6月	7月
中国九州間	①4/12~23 閘門連系線1L	5/21 閘門連系線1L ②5/9~20 閘門連系線2L		

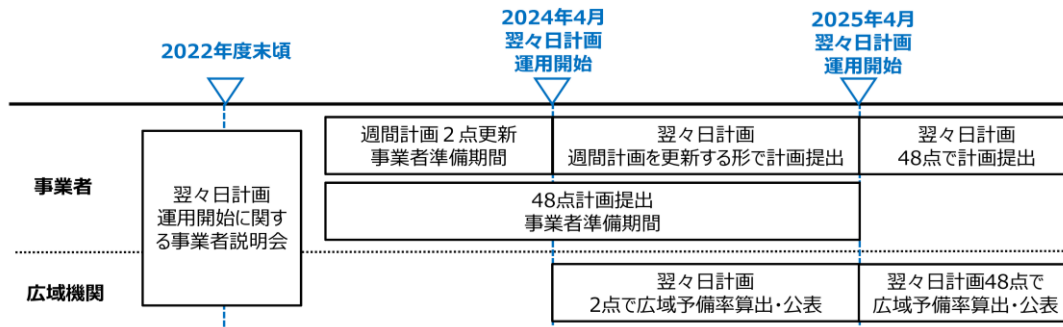
出所：広域連系系統等の作業停止計画調整・確認結果について（2023・2024年度の年間計画）（2023年3月1日公表）から抜粋・加工

(対策案①) 翌々日の揚水計画を前日スポットに活用

- 揚水ポンプを考慮した運用容量を決定するためには、調整力提供者の揚水計画を把握する必要がある。これを前日に行うスポット市場で活用するためには、前々日時点での揚水計画が必要であり、2025年度から開始する翌々日計画の48点化によって作成されるようになる。
- 一方、再エネ予測誤差などを考えると実需給との差が大きくなる可能性があり、BG計画を活用して運用容量を回復させた場合、実需給でポンプ量が減少すると事故時の揚水遮断量が不足し、負荷遮断が発生するリスクあり慎重な検討が必要である。
- また、2024年度は48点の揚水計画は前日スポット約定後となるため、市場での活用ができない。

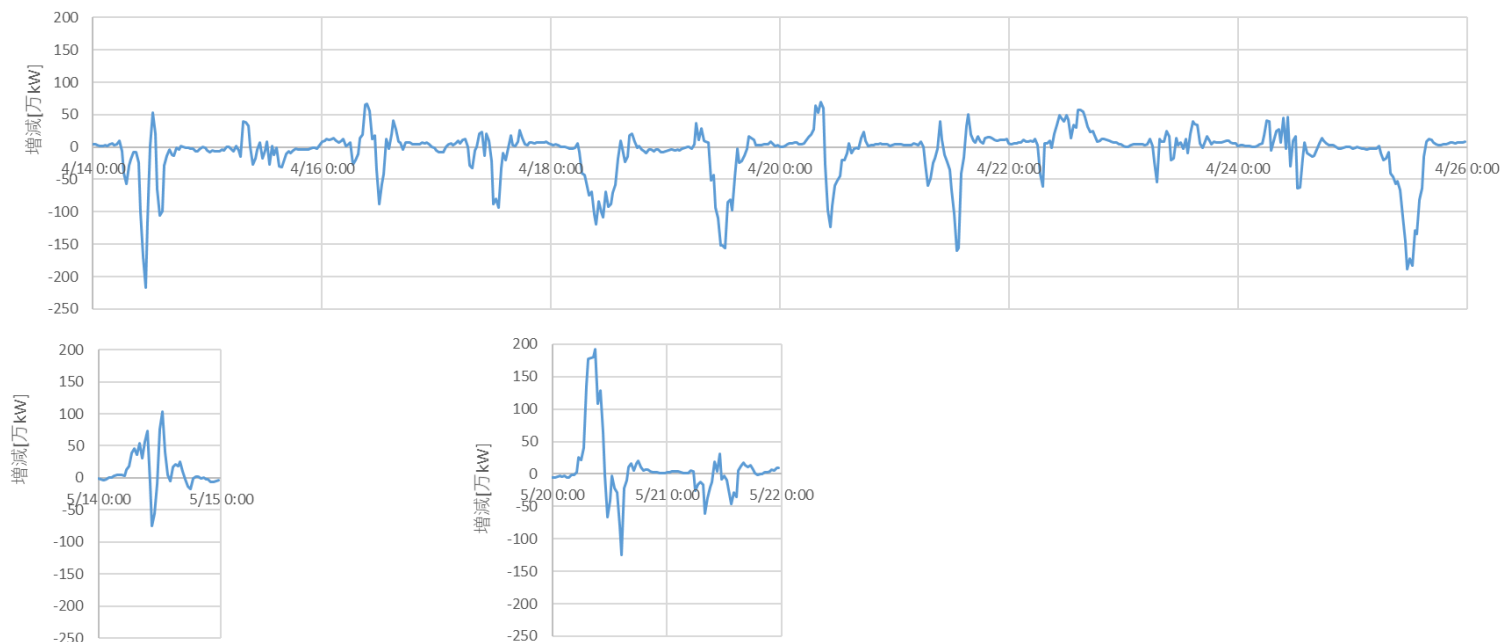
- 2024年度以降開始の翌々日計画の運用について整理した。
- 具体的には、**2024年度からは週間計画と同様に最大需要時、最小予備率時の2点の広域予備率を算出・公表**するため、**BG及び一般送配電事業者は週間計画を締切日時までに更新**することとする。
- また、**2025年度からは前日・当日計画と同様に48点の広域予備率を算出・公表**するため、**BG及び一般送配電事業者は新たに48点のBG計画・調整電力計画を締切日時までに提出**する。
- なお、週間計画の48点化は具体的な必要性に応じて検討することとしたい。

<全体スケジュール>



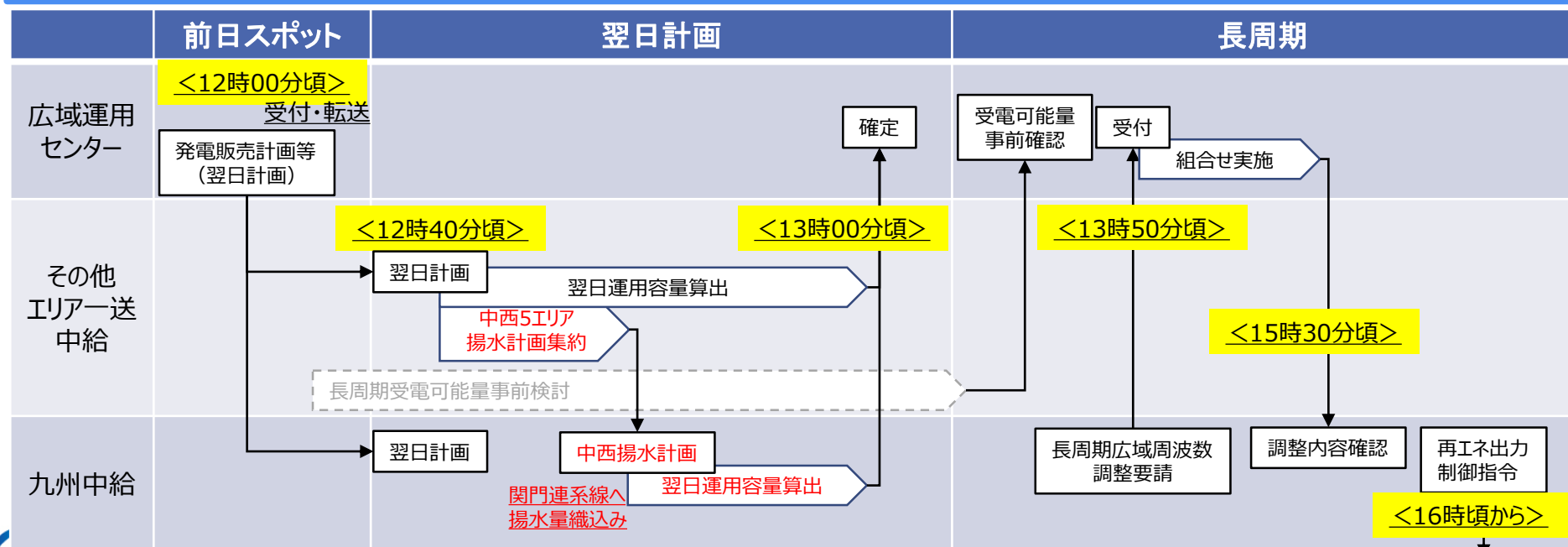
- 調整力提供者の揚水計画に以下課題が内在していることを懸念。
 - FIT配分値は**前日6時に確定される**。各社ホームページから、4/14～26、5/14、20～21の九州エリアをのぞく中西5エリアの前日再エネ予測値と実績値の誤差を確認すると、**100万kWを超える再エネ予測誤差も発生している**。
 - 再エネ予測誤差を踏まえると、**実需給にて再エネ電源が減少した場合は、動力運転（揚水）を減少する可能性もあり、運用容量に応じた保安ポンプが確保できない状態も想定される**。

中部 + 北陸 + 関西 + 中国 + 四国 太陽光・風力の前日予測－実績（各社公表値より作成）



(対策案②) 翌日の揚水計画を長周期周波数調整以降に活用

- 九州エリアの長周期広域周波数調整申告時点で、**各エリアの需給バランスに必要な揚水計画（自然体ポンプ）**を一送が集約、**長周期広域周波数調整の組合せ前に運用容量に加算**する方法が考えられる。
- この対策においても翌日計画から実需給でポンプ量が減少すると事故時の揚水遮断量が不足し、負荷遮断が発生するリスクある。
- また、**業務フローの観点**では、スポット約定後の前日計画が提出され、運用容量を確定するまでの**時間的猶予が少ない中、現状よりも処理が増えるため、オペレーターの対応が複雑となる**。仮に業務処理が滞り、長周期周波数調整が流せなくなると再エネ出力制御量の抑制が出来なくなるリスクがあり慎重な検討が必要である。



3. 中国九州間連系線(中国向)作業時の運用容量設定見直しの検討(4)

■ 揚水計画を加算して運用容量を見直すイメージ

①週間計画まで「59.1Hzの広域的な負荷遮断が動作しない運用容量」まで下げる

◆ 周波数維持では、今年度も中西地域周波数低下事象を踏まえた対応を反映する。

【設備停止時】

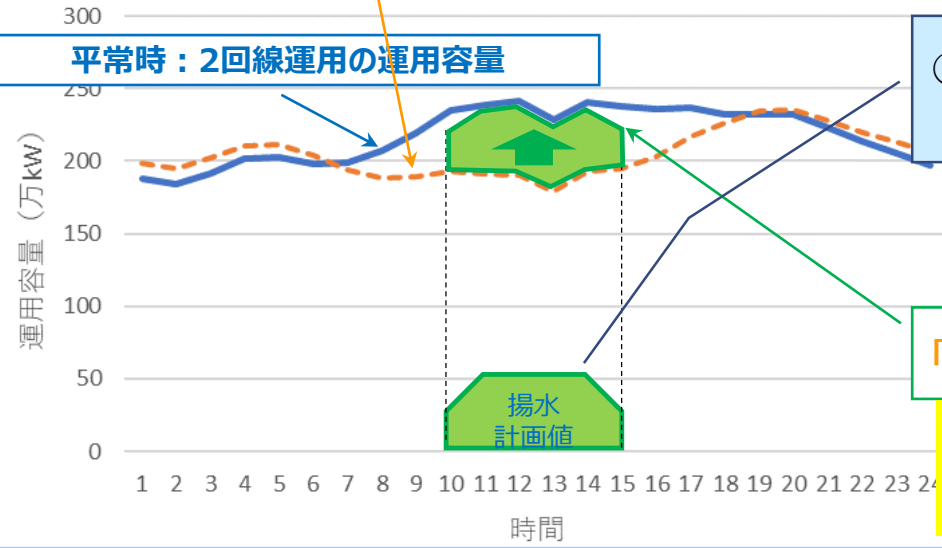
④ 1回線停止時の運用容量

(2017年度第2回運用容量検討会資料2-1,2018年度第6回運用容量検討会資料1-1参照)

これまでどおり、系統制御（負荷制限）を伴わないものとし、以下を織込む。

- ・周波数低下限度幅を0.7Hzとする。ただし、中国九州間連系線（中国向）については系統保安ポンプ等の対策により運用容量を維持する。
- ・想定される発電機解列量を周波数維持限度値から差し引く
- ・FCのEPPS見込み量は60万kWとし、FRT要件非対応発電設備等の不要脱落量を超える分については時間遅れを考慮する。

出所：2023年度第1回運用容量検討会資料1より



②揚水計画を運用容量に活用
ただし、揚水計画の蓋然性に課題あり

「59.1Hzの広域的な負荷遮断」が動作しない運用容量 + 揚水計画※

※算出式では周波数低下によるPVと一部自家発の不要解列や制御の時間遅れを考慮するため、「揚水計画値＝増加量」とはならない

➤ 周波数維持限度算出式

$$= L1 想定需要 \times 系統定数 + (EPPS - 発電機解列量 + 揚水計画) \times 時間遅れ係数$$

4. まとめ（2024年度の対応と今後の対応）

■ 今回、以下の対策を検討

- ① **翌々日揚水計画（BG計画）を活用して前日スポット時点の運用容量を回復**
- ② **翌日揚水計画（各エリアの需給バランスに必要な自然体ポンプ）を活用して長周期広域周波数調整時点の運用容量を回復**

■ 一方、上記①②には以下の課題がある。

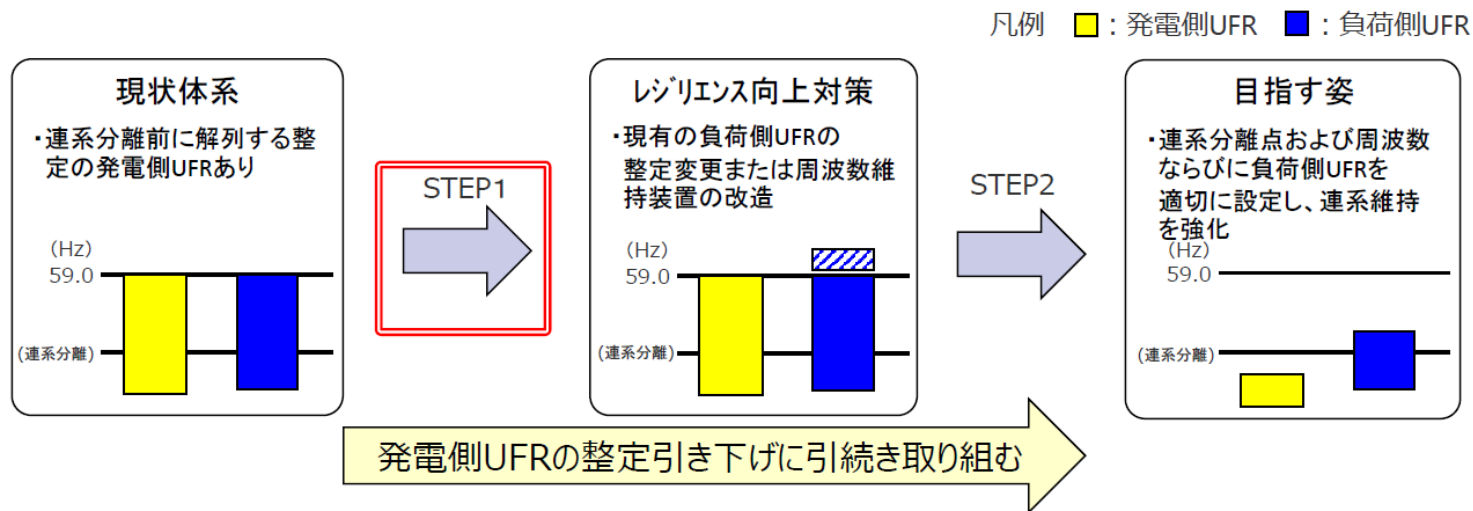
- ①：2024年度は48点の揚水計画は前日スポット約定後となり、現状の揚水計画（BG計画）は、実需給との差が大きくなる可能性があり、BG計画を活用して運用容量を回復させた場合、翌々日計画から実需給でポンプ量が減少すると事故時の揚水遮断量が不足し、負荷遮断が発生するリスクがある。
- ②：翌日計画から実需給でポンプ量が減少すると事故時の揚水遮断量が不足し、負荷遮断が発生するリスクがある。またスポット約定後の前日計画が提出され、運用容量を確定するまでの時間的猶予が少なく、処理が増えるため、長周期周波数調整そのものの対応が滞る可能性があり、慎重に検討が必要。

- **2025年度から、調整力提供者の翌々日計画については前日・当日計画と同様に48点の計画を提出することと整理されたため、翌々日段階での揚水計画値を活用出来るか、引き続き検討する。**
- **2024年度については、検討中の対応案等の実行可否について、更に精査し次回ご審議いただく。**

- 2018年9月の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、中西エリアにおいて「負荷側UFRの整定変更」を実施することとした。
- 太陽光・自家発等が59.0Hz以下で大量解列する現状を踏まえ、当該事象解消までの暫定対策とし、中西エリアの各一般送配電事業者が分担し、負荷側UFRによる負荷遮断を59.1Hzで実施する。

(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。

<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**。

【概要】

1. 電気は貯めることができないため、常に需要増減に合わせて発電する電気の量を同時同量でバランスさせていますが、事故などで大きな発電所が停止した場合、需要を支えられず、急激に**周波数低下**が起こります。
2. 周波数低下が一定時間、**一定周波数以下**となった場合には**周波数低下リレーが動作**します。リレーは定めた条件で自動で発電機や需要などを系統から切り離す装置であり、周波数低下リレーによる負荷送電の停止にあたっては、社会的影響を考慮するとともに公平性に配慮し、一定量の需要を切り離します。
3. 東北・東京エリアは50Hzで、中部・北陸・関西・中国・四国・九州エリアは60Hzで交流連系しています。交流連系系統の各エリアは、周波数が同一となりますので、連系系統内のどのエリアの事故であっても、同一交流連系系統の各エリアで周波数低下が発生するため、一部負荷送電を停止することがあります。

- 電気は貯めることができないため、常に需要増減に合わせて発電する電気の量を**同時同量**でバランスさせています。**周波数**は電気をご利用の供給エリアに応じて50Hzもしくは60Hzですが、需要と供給のバランスが崩れると周波数が上下します。
- **通常時**の周波数調整では、図1のようにおもりの高さを維持するように電力需要の量に応じて、**中央給電指令所**が大きな発電所に発電の量の指令を出し周波数を一定に保っています。
- 図2のように発電機や系統の異常を保護装置により検出した場合、保護装置により発電機等のしゃ断器を動作させ、**発電機を解列**することで、発電機の損傷などを防ぎます。事故などで大きな発電所が解列した場合、他の発電機の緊急的な出力増加や周波数変換所や交直変換所での電力融通の受電を行います。それでも需要を支えられない場合は、**周波数低下**が急激に起こります。

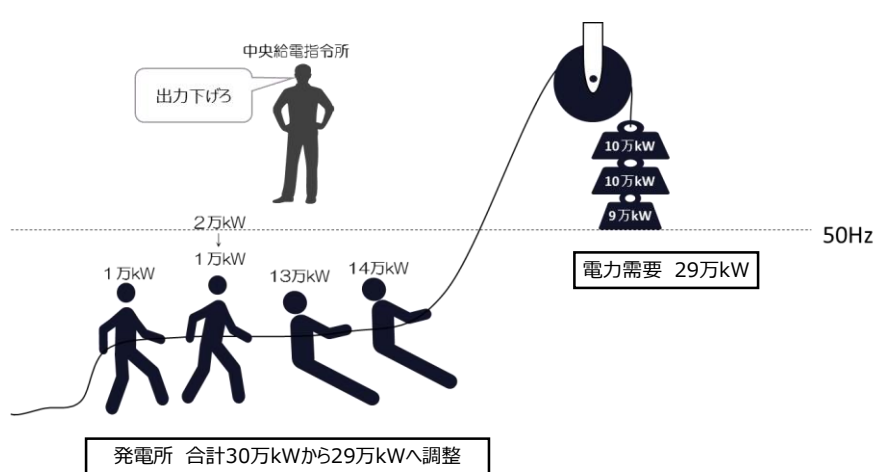


図1 通常時の周波数調整のイメージ

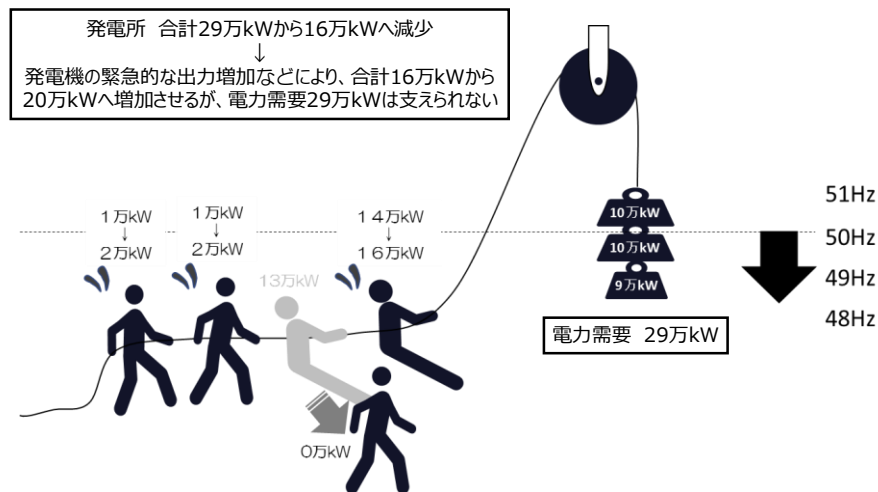


図2 発電機の解列による周波数低下のイメージ

(参考) 周波数低下リレーによる一部負荷送電停止の必要性

第6回 電力レジリエンス等に関する小委員会 (2018.12.18) 資料4 より

- 周波数が大幅に低下した状態では、他の発電機も安定に運転できないため、順次解列する場合があります。すべての発電機が解列した場合、図3のように**ブラックアウト**が発生します。ブラックアウトした際に、**すべてのお客さまが停電**します。一度解列した発電機は、もとの出力で発電できるようになるまで時間を要することから、お客さまに電気をお届けするまでに**多くの時間がかかります**。
- この対策として、周波数低下リレーによる一部負荷送電停止があります。周波数低下が一定時間、一定周波数以下となった場合には、図4のように**周波数低下リレー**が動作します。リレーは定めた条件で自動で発電機や需要などを系統から切り離す装置であり、周波数低下リレーによる負荷送電停止においては、社会的影響を考慮するとともに公平性に配慮し一定量の需要を切り離します。
- 周波数低下リレーによる一部負荷送電の停止を行った場合、図5のように周波数の回復効果が期待できます。

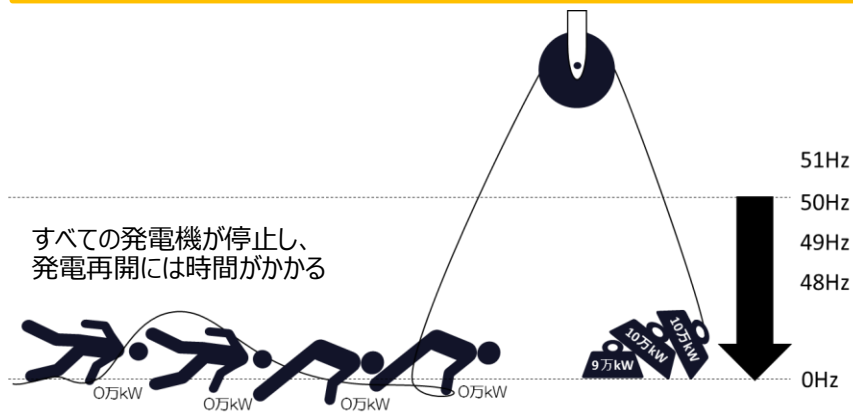


図3 ブラックアウトのイメージ

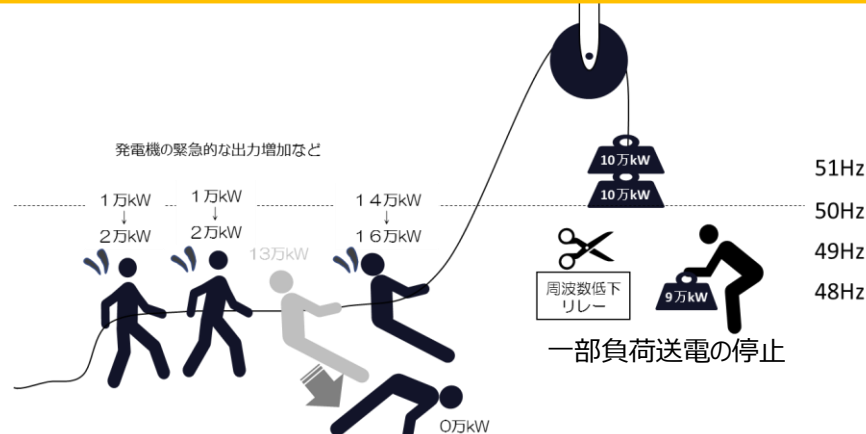


図4 周波数低下リレー動作時のイメージ

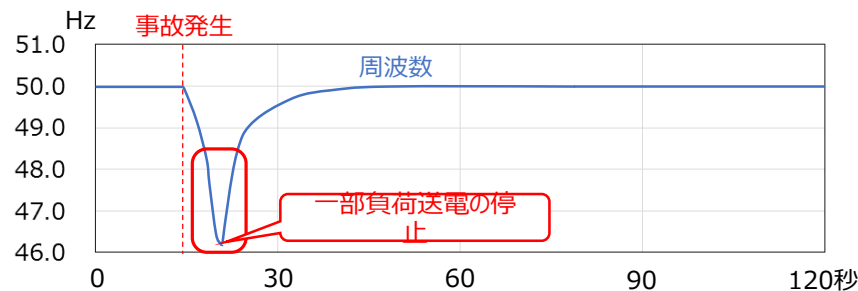


図5 一部負荷送電の停止による周波数回復のイメージ

(参考) 供給エリア外の事故に対する周波数低下リレーによる一部負荷送電の停止

第6回 電力レジリエンス等に関する小委員会 (2018.12.18) 資料4 より

- 東北・東京エリアは50Hzで、中部・北陸・関西・中国・四国・九州エリアは60Hzで交流連系しています。交流連系システムの各エリア (図6破線で囲んだ各エリア) は、周波数が同一となりますので、連系システム内のどのエリアの事故であっても、同一交流連系システムの各エリアで周波数低下が発生するため、一部負荷送電を停止することがあります。これにより、ブラックアウトを防止するなど、電力レジリエンスを高めています。

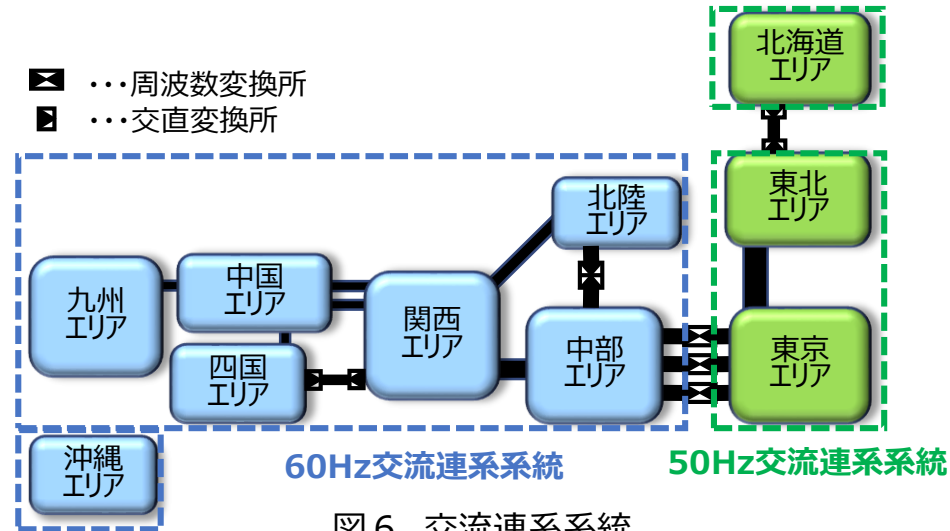
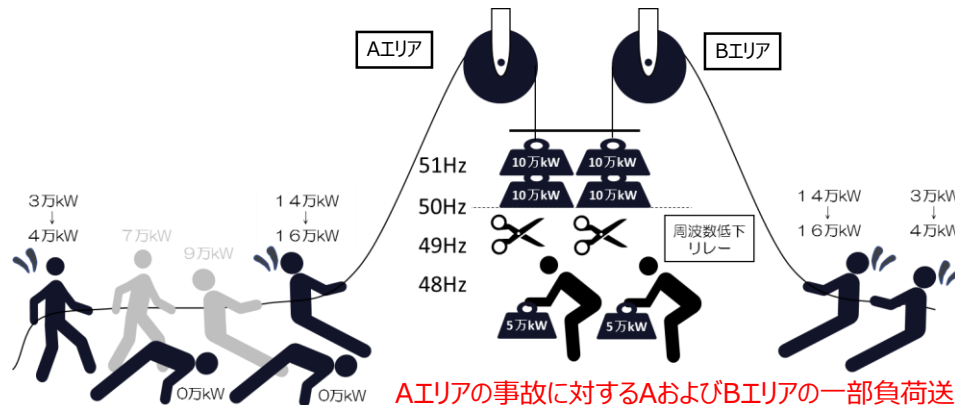


図6 交流連系システム



Aエリアの事故に対するAおよびBエリアの一部負荷送電の停止

図7 供給エリア外の事故に対する周波数低下リレーによる一部負荷送電の停止