

中国四国間連系線 2回線運用時の 周波数維持限度値の算出方法見直し

2020年12月11日
四国電力送配電株式会社

- 中国四国間連系線2回線運用時の周波数維持限度値は、当該連系線2回線故障において四国エリアおよび中西5社（四国除く）エリアの周波数が大幅に上昇（または低下）することなく、周波数面からの系統安定維持が可能となる潮流値としている。
- これまで関西四国間連系設備（阿南紀北直流幹線）の潮流が逆方向（関西向き）のため、阿南紀北直流幹線のEPPS制御量（以下、「阿南紀北EPPS制御量」）が十分に確保できていたことから、年間1断面で周波数維持限度値が熱容量限度値を下回らないことを確認してきた。
- 一方、2018年10月以降、間接オークション導入により阿南紀北直流幹線の潮流が変化しており、中国四国間連系線が順方向（四国向き）となる断面で阿南紀北直流幹線の計画潮流がゼロとなる事象が顕在化。また、2020年10月には、作業により阿南紀北直流幹線が双極停止となるなど、阿南紀北EPPS制御量を十分に見込めない事象も発生するようになった。
- 以上の状況を踏まえ、年間1断面での周波数維持限度値の算出では熱容量限度値を下回る可能性が出てきたことから、今回、他の周波数維持限度値が運用容量となっている連系線と同様に年間60断面で算出するなど、算出方法を見直すこととする。

（阿南紀北直流幹線の計画潮流実績）

年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度上期
計画潮流(最小) [万kW]	21	8	0	0
計画潮流0kWの頻度 [コマ]	0	0	25	212

出典：広域機関 系統情報サービスよりダウンロード

（阿南紀北直流幹線の双極停止作業実績）

停止日時	停止区分	作業箇所／作業内容	備考
2020/10/3 22:03 ～2020/10/4 4:53	単日	阿南紀北直流幹線2L / 漏油障害に伴う ケーブル表面導出（穴開け）作業	阿南紀北直流幹線1L 帰線停止中のため、本作業中は運用容量0MWとなる。

出典：広域機関 系統情報サービスよりダウンロード

2. 周波数維持限度値（順方向）の算出方法見直し【現行】

- 中国四国間連系線が順方向（四国向き）潮流時の当該連系線2回線故障により、周波数面からの系統安定維持が可能となるよう、以下の制約条件および算出式から周波数維持限度値が熱容量限度値を下回らないことを確認している。
 - 四国エリアの周波数が大幅に低下しない
 - 中西5社（四国除く）エリアの周波数が大幅に上昇しない（中西5社エリアの系統容量が大きく制約とならない）

EPPS制御量（阿南紀北直流幹線の関西向き潮流＋四国向き運用容量）

$$（一 発電機解列量^1）^2 \geq 120 \text{万kW（熱容量）}$$

1）中西地域周波数低下事象により判明した発電機解列量

2）（ ）は周波数低下側のみ

- 今回、阿南紀北直流幹線の逆方向（関西向き）潮流の減少による阿南紀北EPPS制御量の減少を踏まえ、算出方法を見直すこととする。

➢ 算出断面の細分化（年間1断面 ⇒ 年間60断面）

➢ 阿南紀北EPPS制御量の減少を踏まえ見直し

過去：307万kW＝関西向け潮流132万kW※1 ＋EPPS動作後の四国向け最大潮流175万kW※3

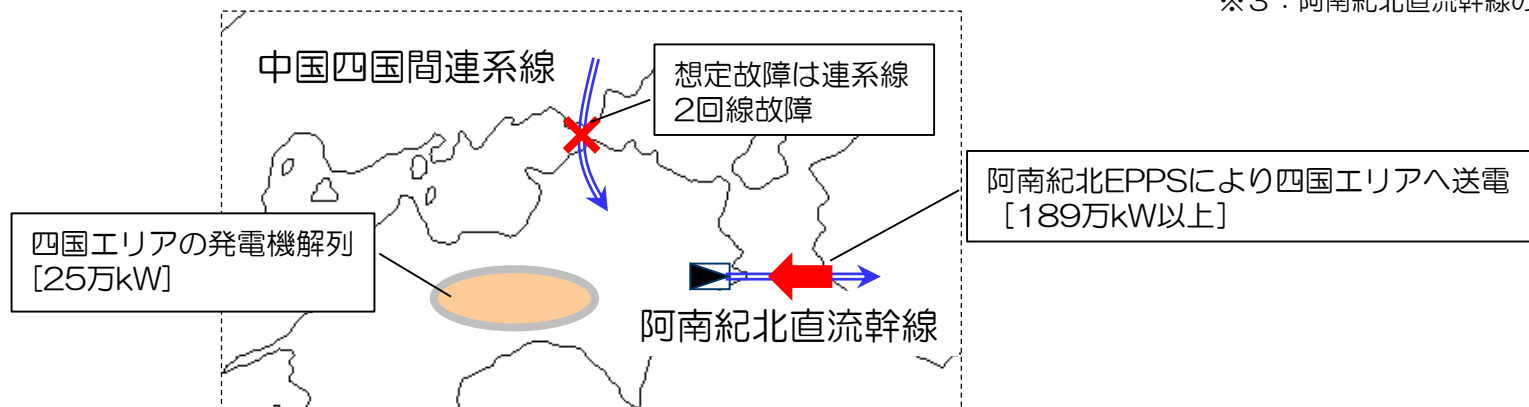
見直し：189万kW＝関西向け最低潮流14万kW※2 ＋EPPS動作後の四国向け最大潮流175万kW※3

※1：間接オークション以前の計画潮流値

※2：双極運転時の最低潮流制約

※3：阿南紀北直流幹線の短時間過負荷を含む

（周波数維持限度値の考え方のイメージ）



<考え方>

- 中国四国間連系線がルート断（2回線故障）した場合において、四国エリアの周波数は大幅に低下することなく、また中西5社（四国除く）エリアは大幅に周波数上昇することなく、周波数面からの系統安定維持が可能となる潮流の値とする。

<検討条件>

①算術式

- 四国エリア（周波数低下）
阿南紀北EPPSおよび中西地域周波数低下事象により判明した発電機解列を考慮する。

$$\text{周波数維持限度値} = \text{四国の系統容量} \times \text{系統特性定数} + \text{阿南紀北EPPS制御量} - \text{四国の発電機解列量}$$

- 中西5社エリア（周波数上昇）
周波数上昇側であることから、発電機解列量は考慮しない。

$$\text{周波数維持限度値} = \text{中西系統（四国除く）の系統容量} \times \text{系統特性定数}$$

②検討断面

- 月別区分に加え、端境期である9月・11月・3月については、前後半に区分し、15区分化
- 時間帯別：昼間、夜間
- 平休日別：平日、休日、特殊日（GW、盆、年末年始）

③想定需要

- 最小需要を実績比率から想定

<検討条件（つづき）>

④電源制限・負荷制限の織り込み

- 四国エリア 負荷制限：あり※1、阿南紀北EPPS ※2を見込む
- 中西5社エリア 電源制限：なし

※1：四国エリアにおいて、中国四国間連系線2回線故障により、既定の周波数限度を下回る場合には、周波数を規定の範囲内に収めるため、負荷制限を行う

※2：中国四国間連系線2回線故障時、系統安定化装置からの指令により阿南紀北直流幹線の潮流を自動調整することで、周波数維持などを図る機能（双極運転時は189万kWを見込む）

⑤想定故障

- 中国四国間連系線 2回線故障

⑥系統の周波数特性

	系統特性定数
四国系統の周波数低下	4.4%MW/0.8Hz
中西系統（四国除く）の周波数上昇	14.0%MW/0.6Hz

<判定基準>

- 四国系統の周波数が、59.2Hzより下回らないこと。
- 本州系統の周波数が、60.6Hzを上回らないこと。

- 現時点での概算ではあるが、阿南紀北直流幹線が双極運転時においては、周波数維持限度値が熱容量限度値を下回ることはない見込みである。

<四国エリア（周波数低下）>

- 周波数維持限度値
$$\begin{aligned} &= \text{四国の系統容量} \times \text{系統特性定数} + \text{阿南紀北EPPS制御量} - \text{四国の発電機解列量} \\ &= (200 \sim 390 \text{万kW}) \times 4.4\% \text{MW}/0.8\text{Hz} + 189 \text{万kW} - 0 \sim 25 \text{万kW程度} \\ &= \text{熱容量限度値 (120万kW) 以上} \end{aligned}$$

※1：各断面の最小需要を、過去実績から想定

<中西5社エリア（周波数上昇）>

- 周波数維持限度値
$$\begin{aligned} &= \text{中西5社の系統容量} \times \text{系統特性定数} \\ &= (3300 \sim 6800 \text{万kW}) \times 14.0\% \text{MW}/0.6\text{Hz} \\ &= \text{熱容量限度値 (120万kW) 以上} \end{aligned}$$

※2：各断面の最小需要を、過去実績から想定

- 阿南紀北直流幹線が作業による片極停止等で阿南紀北EPPS制御量が減少する断面では、四国エリアの周波数低下側の制約により、周波数維持限度値が熱容量限度値を下回る可能性がある。

➤ 阿南紀北EPPS制御量

片極運転時：94.5万kW（関西向け潮流7万W + EPPS動作後の四国向け最大潮流87.5万kW）

双極停止時： 0kW

○2021年度周波数維持限度値（四国向き、阿南紀北潮流幹線片極運転）

		[MW]											
断面		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
平日	昼間	1,170	1,150	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1,190
	夜間	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
休日	昼間	1,010	1,020	1,100	*	*	*	1,130	1,170	*	*	*	1,110
	夜間	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1,070

		[MW]		
断面		GW	盆	年末年始
特殊日	昼間	990	*	*
	夜間	*	*	*

*：熱容量1,200MWを下回らない

○2021年度周波数維持限度値（四国向き、阿南紀北潮流幹線双極停止）

		[MW]											
断面		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
平日	昼間	220	210	360	570	630	560 450	380	450 500	650	610	440	300 240
	夜間	660	590	620	830	860	880 810	850	990 1,030	1,050	1,140	1,130	950 850
休日	昼間	60	70	150	330	380	340 270	190	230 270	430	400	280	160 120
	夜間	490	410	430	630	650	690 670	650	810 870	990	1,070	1,000	820 710

		[MW]		
断面		GW	盆	年末年始
特殊日	昼間	40	470	270
	夜間	370	760	990

*：熱容量1,200MWを下回らない

注）現時点での試算値であることに留意

3. 周波数維持限度値（逆方向）の算出方法見直し〔現行〕

- 中国四国間連系線が逆方向（中国向き）潮流時の当該連系線2回線故障により、周波数面からの系統安定維持が可能となるよう、以下の制約条件および算出式から周波数維持限度値が熱容量限度値を下回らないことを確認している。

- 四国エリアの周波数が大幅に上昇しない

$$\text{無制御潮流（20万kW）} + \text{抑制対象発電機及びEPPS制御量（100万kW以上）} \geq 120\text{万kW（熱容量）}$$

- 中西5社（四国除く）エリアの周波数が大幅に低下しない

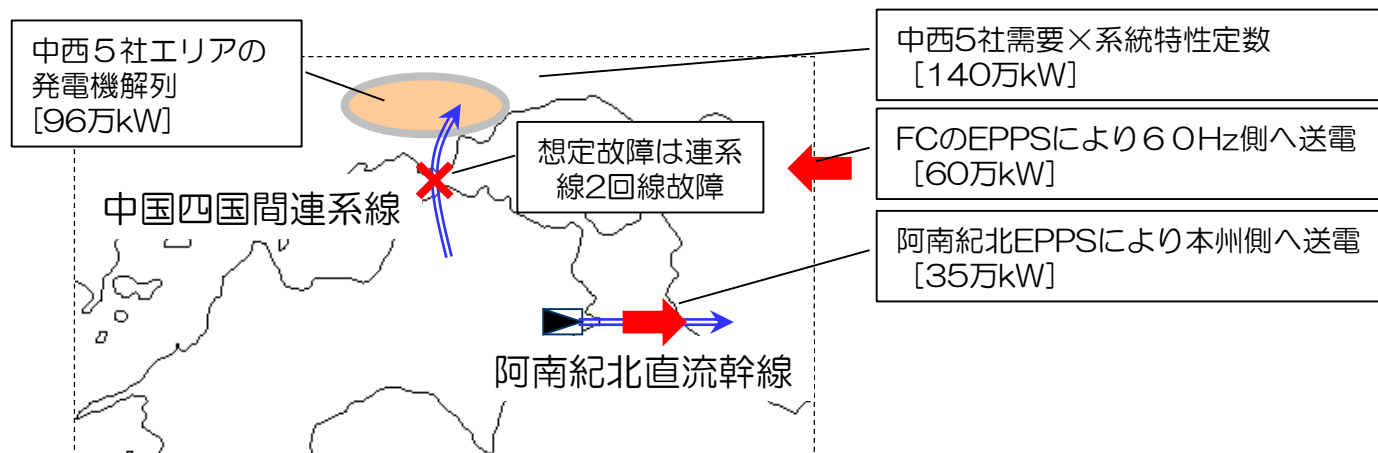
$$\text{四国以外の中西5社需要過去3カ年におけるL1の平均} \times \text{系統特性定数} + \text{EPPS制御量}^1) - \text{発電機解列量}^2) \geq 120\text{万kW（熱容量）}$$

1) FC及び阿南紀北のEPPSの合計。FCのEPPS見込み量が発電機解列量より大きい場合は、EPPS動作までの時間遅れによる影響を考慮

2) 中西地域周波数低下事象により判明した発電機解列量

- 阿南紀北直流幹線の双極作業停止により、阿南紀北EPPS制御量が見込めない状況が発生したことを踏まえ、算出断面の細分化（年間1断面→年間48断面）を行うこととする。

（周波数維持限度値（中西5社エリア）の考え方のイメージ）



<考え方>

- 中国四国間連系線がルート断（2回線故障）した場合において、四国エリアの周波数系統は大幅に上昇することなく、また中西5社（四国除く）エリアは大幅に周波数低下することなく、周波数面からの系統安定維持が可能となる潮流の値とする。

<検討条件>

①算術式

- 四国エリア（周波数上昇）
無制御潮流に抑制対象発電機及び阿南紀北EPPS制御量を考慮する。

$$\text{周波数維持限度値} = \text{無制御潮流（20万kW※）} + \text{抑制対象発電機及び阿南紀北EPPS制御量}$$

※シミュレーションにより算出（2016年度第3回運用容量検討会）

- 中西5社エリア（周波数低下）
FCのEPPSおよび中西地域周波数低下事象により判明した発電機解列を考慮する。

$$\begin{aligned} \text{周波数維持限度値} = & \text{中西系統（四国除く）の系統容量} \times \text{系統特性定数} \\ & + \text{FC及び阿南紀北のEPPS制御量} - \text{中西系統（四国除く）の発電機解列量} \end{aligned}$$

②検討断面

- 月別区分とし12区分化
- 時間帯別：昼間、夜間
- 平休日別：平日、休日、特殊日（GW、盆、年末年始）

③想定需要

- 最小需要を実績比率から想定

<検討条件（つづき）>

④電源制限・負荷制限の織り込み

- 四国エリア 電源制限：あり※1、阿南紀北EPPS※2を見込む
- 中西5社エリア 負荷制限：なし、FC及び阿南紀北のEPPSを見込む

※1：四国エリアにおいて、中国四国間連系線2回線故障により、既定の周波数限度を上回る場合には、周波数を規定の範囲内に収めるため、電源制限を行う

※2：中国四国間連系線2回線故障時、系統安定化装置からの指令により阿南紀北直流幹線の潮流を自動調整することで、周波数維持などを図る機能

⑤想定故障

- 中国四国間連系線 2回線故障

⑥系統の周波数特性

	系統特性定数
中西系統の周波数低下	4.4%MW/0.8Hz

<判定基準>

- 四国系統の周波数が、60.3Hzを上回らないこと。
- 本州系統の周波数が、59.2Hzより下回らないこと。

3. 周波数維持限度値（逆方向）の算出方法見直し【概算】

10

- 現時点での概算ではあるが、周波数維持限度値が熱容量限度値を下回ることはない見込み。

<四国エリア（周波数上昇）>

- 周波数維持限度値
 - = 無制御潮流 + 抑制対象発電機及び阿南紀北EPPS制御量
 - = 20万kW + 100万kW以上は確保可能
 - ≥ 熱容量限度値（120万kW）以上

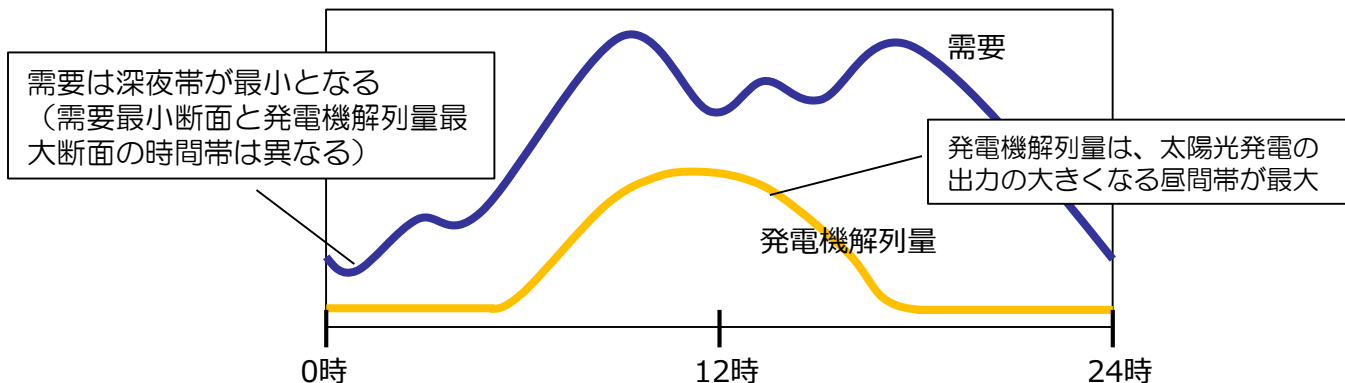
<中西5社エリア（周波数低下）>

- 周波数維持限度値
 - = 中西5社の系統容量 × 系統特性定数 + FC及び阿南紀北のEPPS制御量 — 中西5社の発電機解列量
 - = (3300~6800万kW) ※1 × 4.4%MW/0.8Hz + 95万kW※2 — 0~96万kW程度
 - = 熱容量限度値（120万kW）以上

※1：各断面の最小需要を、過去実績から想定

※2：FCのEPPS（60万kW）+ 阿南紀北EPPS（35万kW）

（需要と発電機解列量のイメージ）



4. まとめ

- 間接オークション導入により阿南紀北直流幹線の潮流状況が変化しており、四国受けとなる断面で阿南紀北直流幹線の計画潮流がゼロとなる事象が顕在化したことなどを踏まえ、これまで最過酷1断面で算出してきた周波数維持限度値を、他連系線と同様に年間60断面（または年間48断面）で算出するなど、算出方法の見直しを行う。
- 現時点の概算では、阿南紀北直流幹線双極運転時は中国四国間連系線の周波数維持限度値が、熱容量限度値を下回ることはない見込み。
 今後は2021年度からの適用に向け、諸元の精査等を行い、運用容量算出を進める。
 （スケジュール）

2020年度		3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
公表			▲	検討条件 ▲		適宜公表		▲			▲		算出結果 ▲			
検討会				▲		適宜開催		▲			▲		▲			
検討条件の検討		意見募集 ▲			要望を受けたときは必要に応じ適宜検討											
個別 検討	熱容量等				設備容量確認					潮流計算実施箇所						
	同期安定性															
	電圧安定性															
	周波数維持															
運用容量算出															検討会の結果反映	

出典：第1回運用容量検討会(2020年5月15日) 資料1より抜粋

5. 周波数維持限度値の考え方と判定基準 (1)

126

<考え方>

- 中国四国間連系線2回線故障において、それぞれの系統が大幅に周波数上昇（または低下）することなく、周波数面からの系統安定維持が可能となる潮流の値とする。

<検討条件>

①電源制限・負荷制限等の織り込み

- 四国系統 電源制限、負荷制限：あり
- 本州系統 電源制限、負荷制限：なし
また、FCのEPPSを見込む

四国系統において、中国四国間連系線2回線故障により、規定の周波数限度を上回る（または下回る）場合には、周波数を規定の範囲内に収めるため、電源制限（または負荷制限）を行う。

- 阿南紀北直流幹線のEPPSを織り込む。

阿南紀北直流幹線のEPPS：
中国四国間連系線ルート断時などに、系統安定化装置からの指令により阿南紀北直流幹線の潮流を自動調整することで、周波数維持などをはかる機能

5. 周波数維持限度値の考え方と判定基準 (2)

127

②制約の確認結果

【中国四国間連系線潮流が四国→中国の場合】

- 四国系統においては、熱容量限度値120万kWにおいて、抑制対象発電機及び阿南紀北直流幹線のEPPS制御量は確保可能であり、周波数維持が制約とならないことを確認した。

無制御潮流(20万kW) + 抑制対象発電機及びEPPS制御量(100万kW以上)
 ≥ 120 万kW(熱容量)

- 本州系統においては、熱容量限度値120万kWにおいて、FC+阿南紀北直流幹線のEPPS制御量は確保可能であり、周波数維持が制約とならないことを確認した。

本州系統の周波数制約：

四国以外の中西5社需要過去3ヶ年におけるL1の平均×系統特性定数－発電機解列量¹⁾ + EPPS制御量²⁾ ≥ 120 万kW(熱容量)

今回見直し

【中国四国間連系線潮流が中国→四国の場合】

- 四国系統及び本州系統のいずれにおいても、熱容量限度値120万kWにおいて、阿南紀北直流幹線の計画潮流が常時四国→関西向きであり、阿南紀北直流幹線のEPPS制御量は確保可能であり、周波数維持が制約とならないことを確認した。

EPPS制御量(阿南紀北直流幹線の関西向き潮流+四国向き運用容量)
 (－発電機解列量¹⁾)³⁾ ≥ 120 万kW(熱容量)

今回見直し

1) 中西地域周波数低下事象により判明した発電機解列量

2) FCのEPPS見込み量が発電機解列量より大きい場合は、EPPS動作までの時間遅れによる影響を考慮する

3) () は周波数低下側のみ



出典：第5回運用容量検討会(2020年2月14日) 資料1-3より抜粋