

# 周波数低下維持限度値算出における整理事項

幹事会社（関西電力株式会社）

2018年12月14日

1. はじめに
2. 直流設備の動作信頼性の整理
3. 需要想定方法（需要下振れ考慮）の整理
4. FCのEPPS時間遅れ
5. 周波数低下対策レベルの検討
6. 周波数低下維持限度値の算出における基本的な考え方

# 目次

---

1. はじめに
2. 直流設備の動作信頼性の整理
3. 需要想定方法（需要下振れ考慮）の整理
4. FCのEPPS時間遅れ
5. 周波数低下対策レベルの検討
6. 周波数低下維持限度値の算出における基本的な考え方

# H30年度 運用容量算出における課題

(2018.5.10) 第1回 運用容量検討会 資料1-2

## 1. 運用容量算出における課題

3

		今年度の課題	内 容	幹事
1	継続	周波数上昇限度の考え方整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数上昇限度や無制御潮流の考え方を整理</li> </ul>	九州
2	継続	<u>周波数維持限度値算出における 需要算出方法変更への対応</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>需要想定方法の整理（実績との乖離をどう減少させるか）</li> <li>需要の算出方法が発電端ベースから送電端ベースへ変わっており、見直しの要否を検討（昨年度整理済み）</li> </ul>	関西
3	新規	<u>EPPSの織込みの整理</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCのEPPSは60万kW1段動作に整定変更したことから、織り込み量の考え方を整理               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓中西周波数低下事象への対応として暫定的に60万kWとしているが、今後の取扱いを検討</li> <li>✓作業停止時はEPPSを暫定的に考慮し運用容量を維持するとしているが、今後の取扱いを検討</li> </ul> </li> </ul>	関西
4	新規	フリンジの算出方法の見直し	<ul style="list-style-type: none"> <li>フリンジについては近年増加の傾向がみられるため、傾向を分析。例えば昼間帯、夜間帯に分けて算出するなど細分化等により下がる断面がないか検討</li> </ul>	広域

# 周波数低下維持限度値算出における検討事項

(2018.9.21) 第2回 運用容量検討会 資料1

はじめに

4

## これまでの整理状況

- 【従来整理】 H27年度の運用容量検討会において、中国九州間連系線（中国向き）に対し、EPPS1段20万kWの動作を見込み、需要の下振れ10万kWを考慮することとし、H28年度の運用容量算出よりEPPS10万kWを織り込むこととなった。
- 【暫定整理】 H29年度の運用容量検討会において、H29年度10月より中西地域周波数低下事象に対応するため、連系線平常時は、暫定的にEPPSを60万kW織り込むこととした。また、連系線作業時は、暫定的にEPPSを不要解列相殺まで織り込むこととした。（明確な整理はされていない。）

## 周波数低下維持限度値算出における検討事項

- **需要想定方法の整理**  
⇒需要下振れリスクの考慮適用について考え方を検討
- **EPPS織り込みにおける基本的な考え方の整理**  
⇒基本的な考え方を整理するにあたり、下記の課題について検討
  - 直流設備の動作信頼性
  - FCのEPPS時間遅れ
  - 作業時を含めた周波数低下対策レベル(30分細分化等)適用の考え方

# 目次

---

1. はじめに
2. 直流設備の動作信頼性の整理
3. 需要想定方法（需要下振れ考慮）の整理
4. FCのEPPS時間遅れ
5. 周波数低下対策レベルの検討
6. 周波数低下維持限度値の算出における基本的な考え方

# 直流設備の動作信頼性（1）

- EPPSの織り込みを整理するにあたり、直流設備の動作信頼性(※)を考慮する必要がある。

(※) 直流設備の動作信頼性とは…

(1) 直流制御が動作条件を満たすことの確実性

(2) 直流設備が交流系統の故障で運転停止に至らず動作することの信頼性

➡ (1) および (2) について検証を実施。

➤ 「(1) 直流制御が動作条件を満たすことの確実性」については、EPPS機能を持つ東京中部間および関西四国間の直流連系設備を確認。

➤ 下記の理由により、EPPSの動作条件を満たすことの確実性が十分であると評価。

## ① 【FC】東京中部間連系設備

東京中部間連系設備のEPPSは、系統の周波数低下を検出することにより動作するシステムであり、動作条件は右記のとおりである。EPPSの動作条件である、健全側の東地域の周波数が49.90Hz以上滞在率は、99.7%以上(3σ以内)あることから、EPPS1段60万kWの動作は十分期待できる。

## ② 【HVDC】関西四国間連系設備

関西四国間連系設備のEPPSは、本四連系線ルート断を検出し動作するシステムであること、制御システムが2系であることから、動作条件を満たすことの確実性は十分である。

(2016.01.28) 第3回 運用容量検討会

<EPPS（緊急時融通装置）動作条件>

a.50Hz⇒60Hzへ融通  
周波数低下側：59.6Hz以下  
健全側：49.9Hz以上  
b.60Hz⇒50Hzへ融通  
周波数低下側：49.6Hz以下  
健全側：59.9Hz以上

<東京エリアの50±0.1Hz以内  
である時間滞在率>

年度	滞在率(%)
平成26年度	99.84
平成25年度	99.83
平成24年度	99.91

## 直流設備の動作信頼性（2）

- 「（2）直流設備が交流系統の故障で運転停止に至らず動作することの信頼性」について、東京中部間、関西四国間の直流連系設備を検証。
- 下記の理由により、交流系統の故障によりEPPS動作失敗する可能性は低く、**EPPSの動作信頼性は高い**と評価。

### ① 【FC】東京中部間連系設備

至近の実績より、500kV交流系統の故障に伴う変動や擾乱に起因するEPPS動作失敗事例は無く、信頼度向上対策を実施していることも考慮すると、EPPSの動作信頼性は高いと評価できる。

### ② 【HVDC】関西四国間連系設備

500kV交流系統の故障に伴う変動や擾乱に起因する運転継続失敗例は無く(※)、運転停止に至る可能性は低いため、EPPSの動作信頼性が高いと評価できる。

※ 500kV交流系統の欠相故障に伴う交流過電圧保護トリップにより直流停止したケースはあるが、交流連系線故障では過電圧事象が発生せず交流過電圧保護の対象外であるため、同様の直流停止には至らない。

## 【直流設備の動作信頼性（1）、（2）の検証結果を踏まえた見直し】

- 以上のとおり、直流設備のEPPSは動作信頼性が高く、動作が十分期待できるため、周波数低下維持限度値の算出において、平常時・作業時共に、**EPPSの動作量を全量織り込む**こととする。

# 目次

---

1. はじめに
2. 直流設備の動作信頼性の整理
3. 需要想定方法（需要下振れ考慮）の整理
4. FCのEPPS時間遅れ
5. 周波数低下対策レベルの検討
6. 周波数低下維持限度値の算出における基本的な考え方

## 30分細分化連系線の需要下振れ検証方法

検証期間：2017年4月1日～2018年3月31日

対象連系線：中部関西間(関西向き) 対策レベル:30分細分化

検証需要：中部除きの中西5社需要実績(※1)

N年度 = 2017年度

需要想定：実績平均(  $\frac{N-4年度L1}{N-4年度H3'} \frac{N-3年度L1}{N-3年度H3'} \frac{N-2年度L1}{N-2年度H3}$  ) × N年度供計H3 (※1,2)

検証方法：30分毎の需要実績および需要想定より、周波数低下維持限度乖離値(※3)、および需要低下断面(※4)の割合を検証。

判定：需要低下断面の割合が3σ値相当以下であれば、需要下振れリスクが小さく考慮不要。

(※1) 需要実績および需要想定は1時間値のため、各時間前後の需要を平均し30分値に設定

(※2) 各年度L1:広域機関システム情報サービスより取得する送電端需要実績(24断面/日)を2012年度～2015年度までのH3平均発送比率により発電端としたもの

各年度H3:年間におけるH3需要実績

N年度供計H3:供給計画に記載されている年間におけるH3想定需要

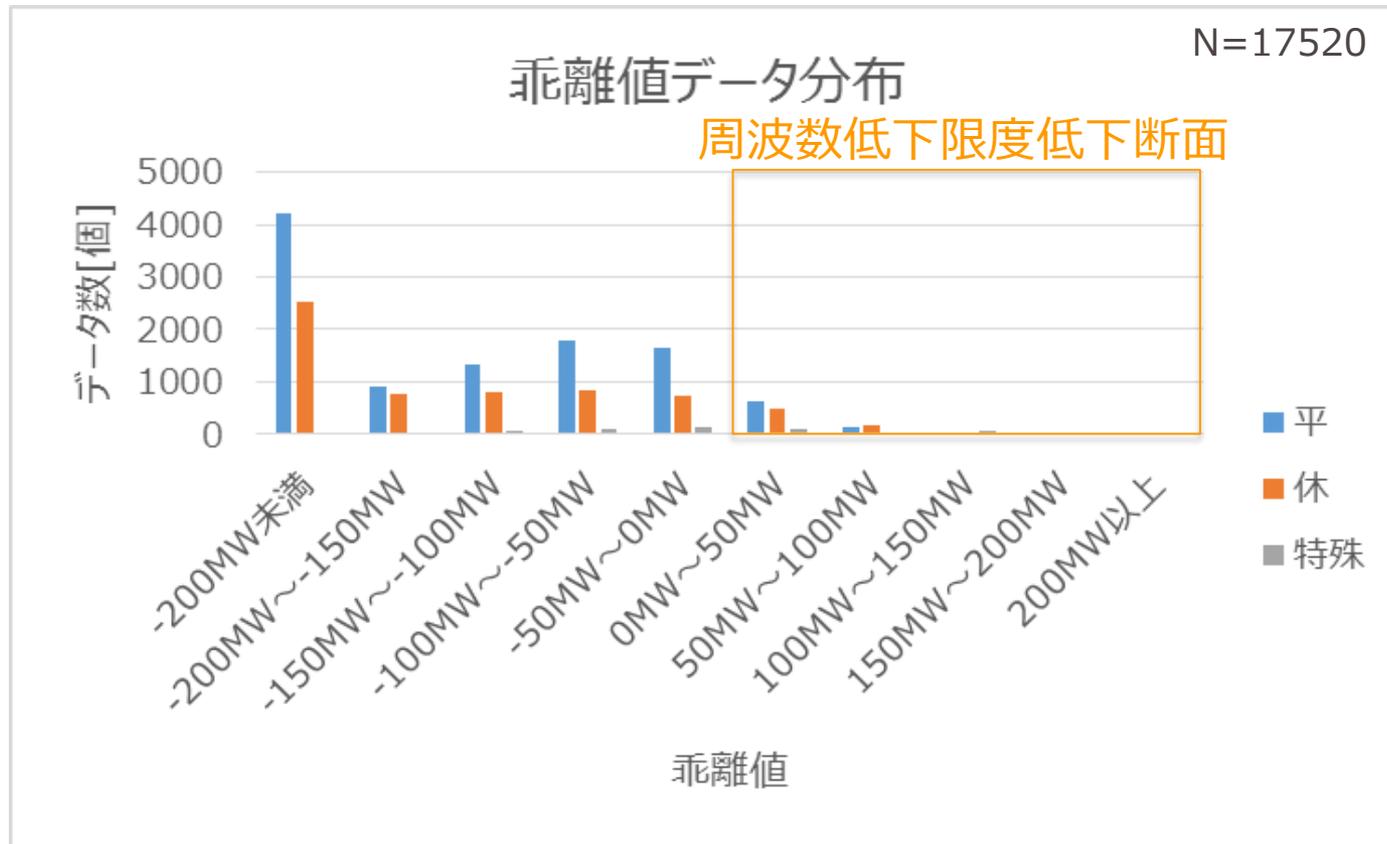
(※3) 周波数低下維持限度乖離値 = (需要想定 - 需要実績) × 系統特性定数4.4%MW/0.8Hz

(※4) 需要低下断面：想定需要 > 需要実績となる断面

# 30分細分化連系線の需要下振れリスクの検証結果（1）

➤ 中部関西間(関西向き) 対策レベル:30分細分化

H29年度 周波数低下維持限度乖離値ごとの断面数



## 30分細分化連系線の需要下振れリスクの検証結果（2）

### ➤ 中部関西間(関西向き) 対策レベル:30分細分化

#### H29年度 需要低下割合

平日	休日	特殊日	総計
7.27%	10.11%	40.80%	9.42%

#### H29年度 周波数低下限度値100MW以上低下割合

平日	休日	特殊日	総計
0.22%	0.00%	17.71%	0.72%

#### H29年度 周波数低下限度値200MW以上低下割合

平日	休日	特殊日	総計
0.00%	0.00%	0.52%	0.02%

- 中部関西間連系線（関西向き）の需要下振れリスクについて、需要想定と需要実績から検証した結果、中国九州間連系線（中国向き）と同様、需要下振れリスクを考慮する必要があることが分かった。（※）
- 中部関西間連系線（関西向き）の周波数低下限度値の低下割合について、平休日では100MW以上低下しない割合が、特殊日では200MW以上低下しない割合が、3σ値相当となった。

※ 中国九州間連系線（中国向き）の需要下振れについては、2017年度第3回運用容量検討会(2017.12.15)で検証済み。

### 30分細分化連系線の需要下振れリスクの考慮について

- 30分細分化している中国九州間連系線（中国向き）および中部関西間連系線（関西向き）の需要下振れリスクについて、考慮する必要はあるものの、以下のとおり整理できるため、周波数低下限度に需要下振れ量を織り込まないこととする。

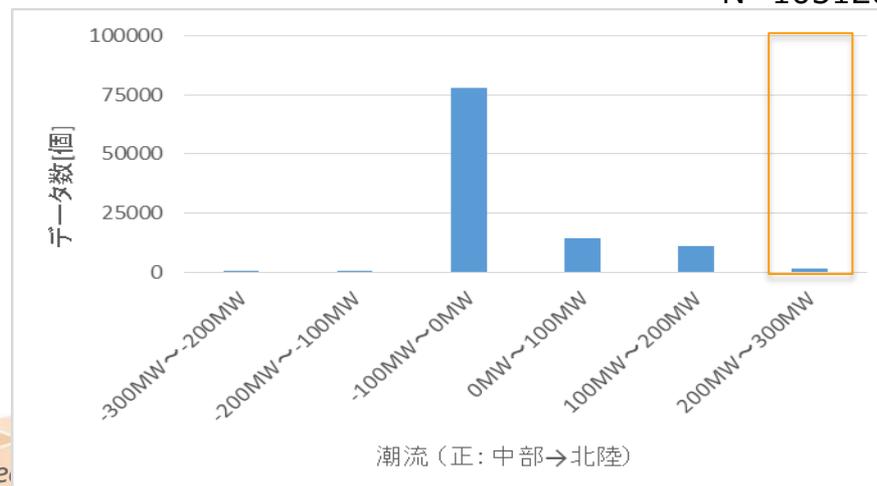
- 中国九州間連系線（中国向き）

系統保安ポンプ量は前日に算出されるとともに、年間計画断面で決定された運用容量を維持するための量が並列されるため、需要下振れ量を織り込む必要はない。

- 中部関西間連系線（関西向き）

中部北陸間連系線の北陸向きに流れている潮流実績を考慮すると、周波数低下限度を下回る可能性が低いため、BTB30万kWを減じている現状の算出方法を前提とすれば、需要下振れ量を織り込む必要はない。

H29年度 中部北陸間連系線 潮流実績(5分毎) N=105120



潮流実績	割合
200MW~ 300MW	1.4%

H29年度の特殊日における北陸向き潮流実績は無し。

# 年間48断面連系線の需要下振れリスクの考慮について

- 年間48断面(2断面/日)としている北陸関西間連系線（関西向き）については、30分細分化している中部関西間連系線（関西向き）の検討結果より、需要下振れリスクは考慮不要と整理する。

- 対策レベル:30分細分化(**48断面/日**) 中部関西間(関西向き) 検証結果

## H29年度 需要低下断面の割合

平日	休日	特殊日	総計
7.27%	10.11%	40.80%	9.42%

↓ **1/24**

- 対策レベル：48断面(**2断面/日**)

## H29年度 需要低下断面の割合

平日	休日	特殊日	総計
0.31%	0.42%	1.69%	0.39%

需要低下しない割合が  
3σ値相当となった。

# 需要想定方法（需要下振れ考慮）の整理まとめ

## 【需要想定方法（需要下振れ考慮）について】

- 30分細分化連系線の需要下振れリスクは考慮する必要があるものの、現在30分細分化している以下の連系線においては、周波数低下限度算出に需要下振れ量を織り込む必要はない。
  - ・ 中国九州間連系線（中国向き）
  - ・ 中部関西間連系線（関西向き）
- 30分細分化していない（年間48断面等）連系線は需要下振れリスクを考慮する必要はない。

※ 上記の30分細分化連系線に限らず、同様の考え方となる場合は需要下振れ量の織り込みは不要。

## 【注意事項】

- 中国九州間連系線（中国向き）については、系統保安ポンプを実施していること、中部関西間連系線（関西向き）については、周波数低下限度算出においてBTB30万kWを減じていることを前提に、需要下振れ量を織り込む必要がないと整理したため、運用容量算出方法の見直しや潮流状況の変化等があれば、必要に応じて需要下振れ量の織り込み是非を再検討する必要がある。

# 目次

---

1. はじめに
2. 直流設備の動作信頼性の整理
3. 需要想定方法（需要下振れ考慮）の整理
4. FCのEPPS時間遅れ
5. 周波数低下対策レベルの検討
6. 周波数低下維持限度値の算出における基本的な考え方

# FCのEPPS時間遅れの考慮対象

- 不要脱落は概ね時間遅れを伴うため、不要脱落相殺分のEPPS時間遅れは、考慮不要である（等価的に相殺される）。
- 一方、**不要脱落相殺以上のEPPS動作量は、時間遅れを考慮する必要がある。**

- 発電機不要解列量が多い場合  
（EPPS時間遅れによる目減り無し）

- 発電機不要解列量が少ない場合

時間遅れによる目減り

C : (60万kW-30万kW)  
×時間遅れ係数

時間遅れを  
考慮する対象

時間遅れは  
等価的に相殺

運用容量

A : 30万kW

B : 30万kW

C : 80万kW-60万kW  
=20万kW

B : 60万kW

時間遅れは  
等価的に相殺

A : 80万kW

A

B

FC  
(EPPS)

不要  
脱落量

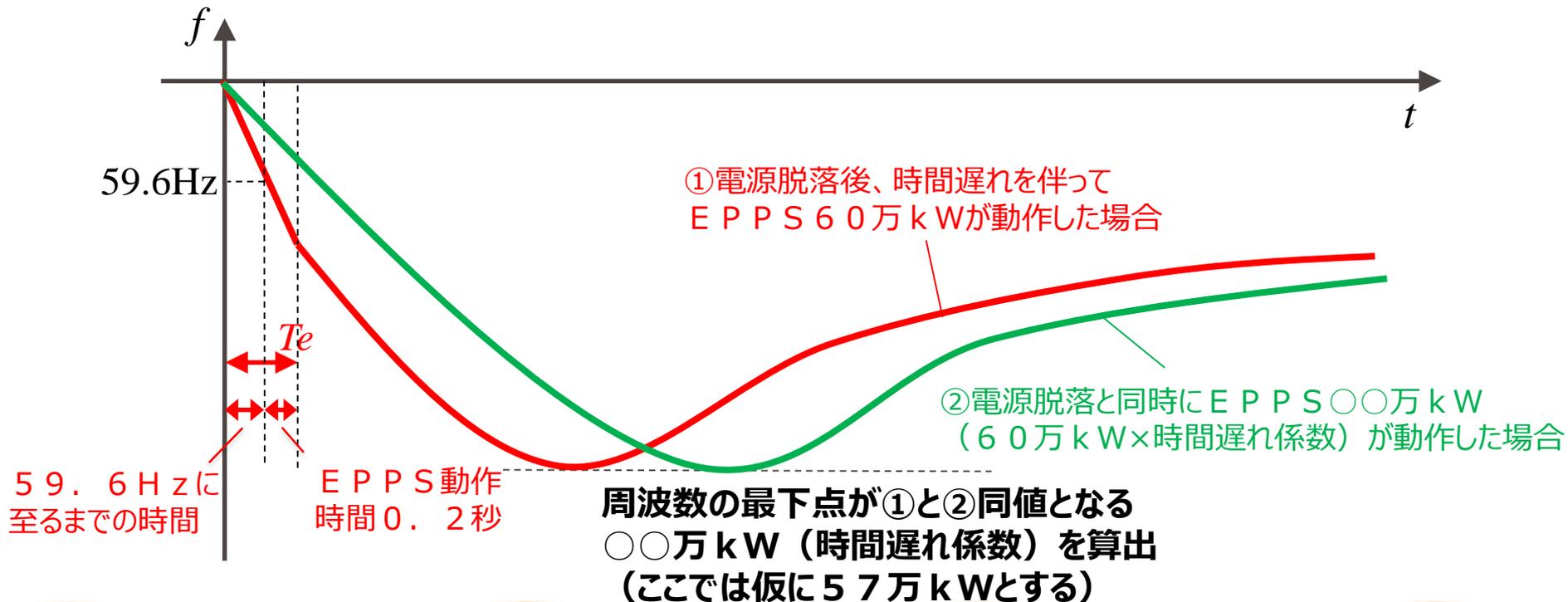
系統容量×4.4%MW/0.8Hz

運用容量

発電機不要解列量が多い場合は、EPPSの時間遅れによる影響がないため、運用容量は減少することはない。

# 時間遅れを考慮したEPPS織込み量の考え方

- 「電源脱落后、時間遅れを伴ってEPPS60万kWが動作した場合の周波数の最下点」と「電源脱落と同時にEPPS〇〇万kWが動作した場合の周波数の最下点」が同値となるEPPS量が仮に57万kWである場合、EPPSの実効動作割合は0.95（57万kW／60万kW）となる。
- 従って、**EPPSの時間遅れについては、EPPS量に実効動作割合（時間遅れ係数とする）を乗じる**こととする。



# EPPSの時間遅れ係数

- 電源脱落やEPPS動作による周波数変動について、電気書院発行の「電力系統技術計算の応用」を参考に計算した。
- 下表の計算結果のとおり、系統容量が小さいほど、EPPS時間遅れの影響（周波数低下幅）が大きくなり、中西の最軽負荷時（3,500万kW程度）の実効動作割合は93.8%程度となった。
- 以上より、連系線ルート断時は周波数低下側エリアの系統容量がさらに小さくなることも踏まえ、**周波数低下維持限度値の算出に適用するEPPSの時間遅れ係数は0.9**とする。

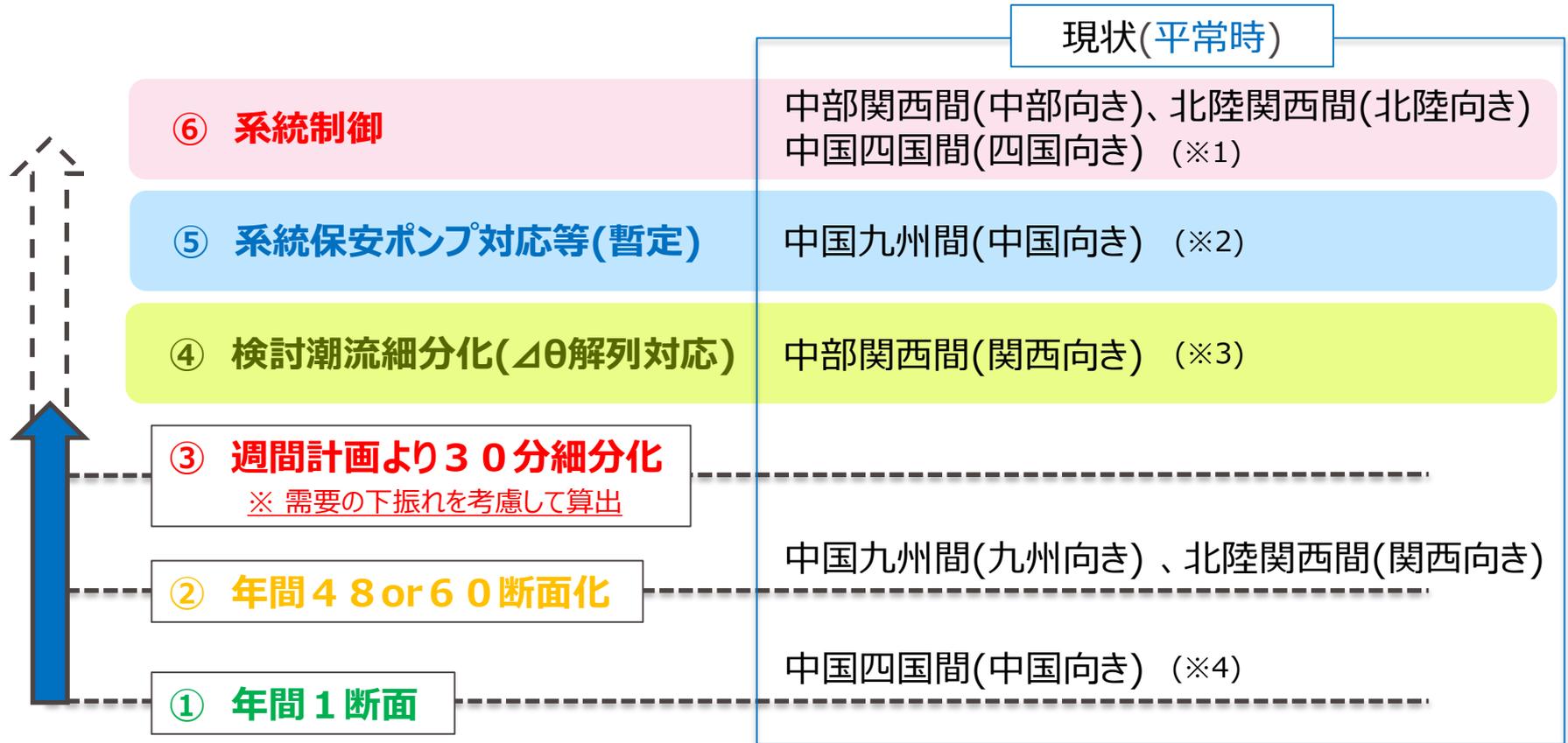
系統容量 [万kW]	3,500	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000
実効動作割合 [%]	93.75	94.33	95.00	95.33	95.50	95.67

# 目次

---

1. はじめに
2. 直流設備の動作信頼性の整理
3. 需要想定方法（需要下振れ考慮）の整理
4. FCのEPPS時間遅れ
5. 周波数低下対策レベルの検討
6. 周波数低下維持限度値の算出における基本的な考え方

○ 平常時の周波数低下対策レベルは、下図のとおり実施している。



- (※1) 中部関西間(中部向き)は年間2断面、中国四国間(四国向き)は年間1断面(熱容量)、北陸関西間(北陸向き)は年間2断面以上(今冬の北陸フェンス運用容量の細分化を実施(季節別の平日昼間とそれ以外に細分化))
- (※2) 運用容量低下による社会的影響を考慮し、必要時に、系統保安ポンプ(揚水動力)の追加実施や潮流調整(相殺潮流)などを組み合わせた対策を実施し、運用容量を維持。(2017.9.8 第21回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会 資料4)
- (※3) FRT要件非対応PVは連系線潮流が小さければ解列量が少なくなることから、連系線の検討潮流を細分化して算出することにより、運用容量の減少を抑制。(2018.2.9 第4回運用容量検討会 資料1-1)
- (※4) 周波数低下維持限度値が熱容量以上であることを最過酷1断面で確認。

- 作業時の周波数低下対策レベルは、下図のとおり実施している。



# 周波数低下対策レベルの検討

- 周波数低下維持限度値の算出方法の見直しにより、各連系線の運用容量に与える影響および周波数低下対策レベルの検討を実施した。
- **周波数低下対策レベルについては、連系線の混雑状況や計算・運用の煩雑さ並びにリスク等を考慮し、各連系線毎にどこまでの対策レベルを適用するか整理する。**
- 作業時の中国四国間（四国向き）連系線について、下記のとおり周波数低下維持限度値そのものは拡大可能であるが、連系線の混雑状況や計算・運用の煩雑さ並びにリスク等を考慮し、現在と同様の運用容量と断面数(48断面)とする。
- また、その他の連系線については運用容量に与える影響は小さい。
- 従って、**平常時、作業時ともに、各連系線の周波数低下対策レベルは現状通りとする。**

➤ 作業時の中国四国間（四国向き）連系線の周波数低下維持限度値について

## ■ 現状

運用容量 = 無制御潮流（200～300MW）

無制御潮流 = 系統容量 × 6.4%MW/1.3Hz - 発電機解列量 + EPPS相殺分

- ・ 系統容量：作業時の最小需要相当
- ・ 発電機解列量：最大発電機解列量相当

## ■ 関西四国間連系設備(HVDC)のEPPSを織り込んだ場合

運用容量 = 系統容量1,940MW × 6.4%MW/1.3Hz - 383MW  
(四国エリア最低需要相当) (四国エリア発電機最大解列量試算)

**+ HVDC(EPPS)1400MW以上**

(関西四国間連系設備の想定潮流は関西向き)

**= 1141MW以上 > 200～300MW**

# 目次

---

1. はじめに
2. 直流設備の動作信頼性の整理
3. 需要想定方法（需要下振れ考慮）の整理
4. FCのEPPS時間遅れ
5. 周波数低下対策レベルの検討
6. 周波数低下維持限度値の算出における基本的な考え方

# 周波数低下維持限度値の算出における基本的な考え方

## 平常時の基本的な考え方

変更箇所を赤字で記載

- N-2故障でルート断となるため、系統制御（負荷制限）を行うことを前提に f 低算出値が増加する場合があります。
- 負荷制限を織り込まない場合は、30分細分化等の周波数低下対策レベルを適用する。ただし、連系線の混雑状況や計算・運用の煩雑さ並びにリスク等を考慮し、断面数を簡素化することができる。
- 30分細分化を適用する連系線は、需要下振れを考慮する。ただし、運用容量を維持する運用対策（系統保安ポンプ等）を実施している等、需要下振れリスクを補償できている連系線は需要下振れ対応量の織り込みを不要とすることができる。
- FCのEPPS60万kWを織り込む。不要解列相殺以上については時間遅れを考慮する。
- HVDCのEPPSを織り込む。
- 直流設備の動作信頼性を考慮し、一部の連系線においてはBTB30万kWを控除する。

## 作業時の基本的な考え方

- N-1故障でルート断となるため、ルート断発生しても原則、系統制御（負荷制限）を伴わない潮流（無制御潮流）とする。
- 30分細分化等の周波数低下対策レベルを適用する。ただし、連系線の混雑状況や計算・運用の煩雑さ並びにリスク等を考慮し、断面数を細分化もしくは簡素化することができる。
- 30分細分化を適用する連系線は、需要下振れを考慮する。ただし、運用容量を維持する運用対策（系統保安ポンプ等）を実施している等、需要下振れリスクを補償できている連系線は需要下振れ対応量の織り込みを不要とすることができる。
- FCのEPPS60万kWを織り込む。不要解列相殺以上については時間遅れを考慮する。
- HVDCのEPPSを織り込む。
- 直流設備の動作信頼性を考慮し、一部の連系線においてはBTB30万kWを控除する。

# 各連系線の周波数低下維持限度値算出方法

変更箇所を赤字で記載

平常時	中国九州間 (九州向き)	中国九州間 (中国向き)	中国四国間 (四国向き)	中国四国間 (中国向き)	中部関西間 (関西向き)	中部関西間 (中部向き)	北陸関西間 (関西向き)	北陸関西間 (北陸向き)
周波数低下 対策レベル	年間60断面	週間計画より 30分細分化 ※1	年間1断面 系統制御込み	年間1断面 熱容量制約	週間計画より 30分細分化	年間2断面 系統制御込み	年間60断面 安定度制約	年間2断面以上 系統制御込み ※2
EPPS 織り込み	織り込み 不可	10万kW ※1	HVDCの EPPS制御量	FC60万kW +HVDCの EPPS制御量	織り込み 不可	60万kW	60万kW	織り込み 不可
FCのEPPS 時間遅れ	織り込み 不可	適用せず ※1	考慮不要	適用	織り込み 不可	適用	適用	織り込み 不可
需要補正 (下振れ対応量)	無し	織り込み不要	無し	無し	織り込み不要	無し	無し	無し
直流設備の 動作量控除	無し	無し	無し	無し	BTB30万 kWを控除	BTB再起動失敗 時はN-3として追加 の系統制御で対応	BTB停止 を考慮	BTB停止 を考慮
作業時	中国九州間 (九州向き)	中国九州間 (中国向き)	中国四国間 (四国向き)	中国四国間 (中国向き)	中部関西間 (関西向き)	中部関西間 (中部向き)	北陸関西間 (関西向き)	北陸関西間 (北陸向き)
周波数低下 対策レベル	年間48断面	週間計画より 30分細分化 ※1	年間48断面	年間1断面	週間計画より 30分細分化	週間計画より 30分細分化	年間1断面	年間48断面
EPPS 織り込み	織り込み 不可	10万kW ※1	HVDCの EPPS制御量	FC60万kW +HVDCの EPPS制御量	織り込み 不可	60万kW	60万kW	織り込み 不可
FCのEPPS 時間遅れ	織り込み 不可	適用せず ※1	考慮不要	適用	織り込み 不可	適用	適用	織り込み 不可
需要補正 (下振れ対応量)	無し	織り込み不要	無し	無し	織り込み不要	織り込み不要	無し	無し
直流設備の 動作量控除	無し	無し	無し	無し	BTB30万 kWを控除	BTB再起動失敗 時はN-2として 系統制御で対応	BTB停止 を考慮	BTB停止 を考慮

※1 運用容量低下による社会的影響を考慮し、必要時に、系統保安ポンプ(揚水動力)の追加実施や潮流調整(相殺潮流)などを組み合わせた対策を実施し、運用容量を維持。

※2 2018年12月より、市場分断回避のため、今冬の北陸フェンス運用容量の細分化を実施(季節別の平日昼間とそれ以外に細分化)。

以上