

# 調整力の広域調達に伴う運用容量への影響と対応策について

2022年5月13日

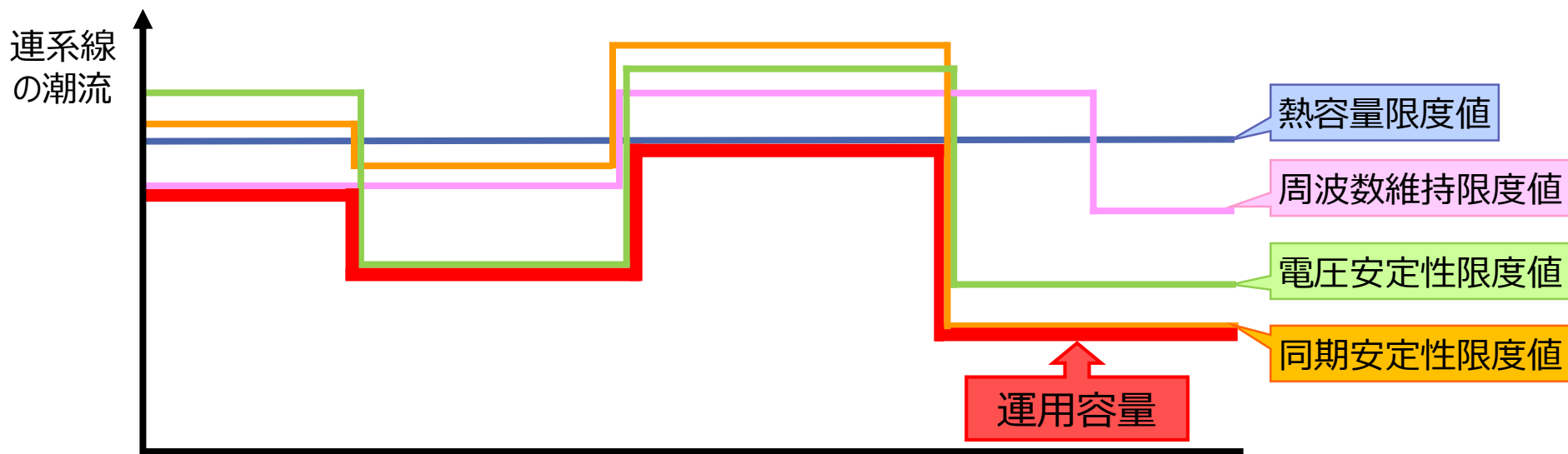
**【検討の背景】**

- 調整力の広域調達については、需給調整市場における商品区分毎（三次調整力②～一次調整力）に2021年度から段階的に開始しており、需給調整市場検討小委員会では、2024年度から一次調整力の広域調達開始に向けた検討を進めている。
- 運用容量検討会においては、調整力の広域調達による連系線運用容量への影響を踏まえ、連系線運用容量の算出方法について検討を進めている。

**【検討の目的と内容】**

- 調整力の広域調達の更なる拡大が進む中、適切に連系線運用容量を算出することを目的として、一次調整力の広域調達によって想定される運用容量への影響を整理し、運用容量算出方法見直しによる対応策の可否と内容について検討した。

- 電力設備に通常想定し得る故障が発生した場合においても電力系統を安定的に運用するためには、熱容量等、同期安定性、電圧安定性、周波数維持それぞれの制約要因を考慮する必要があり、4つの制約要因の限度値のうち最も小さいものを連系線の運用容量としている。
- 同期・電圧安定性限度値は瞬時的な潮流変動（フリンジ）を考慮しており、周波数維持限度値は電力変化に対して変化する系統周波数の感度（系統特性定数）を用いて算出している。



各限度値の概要

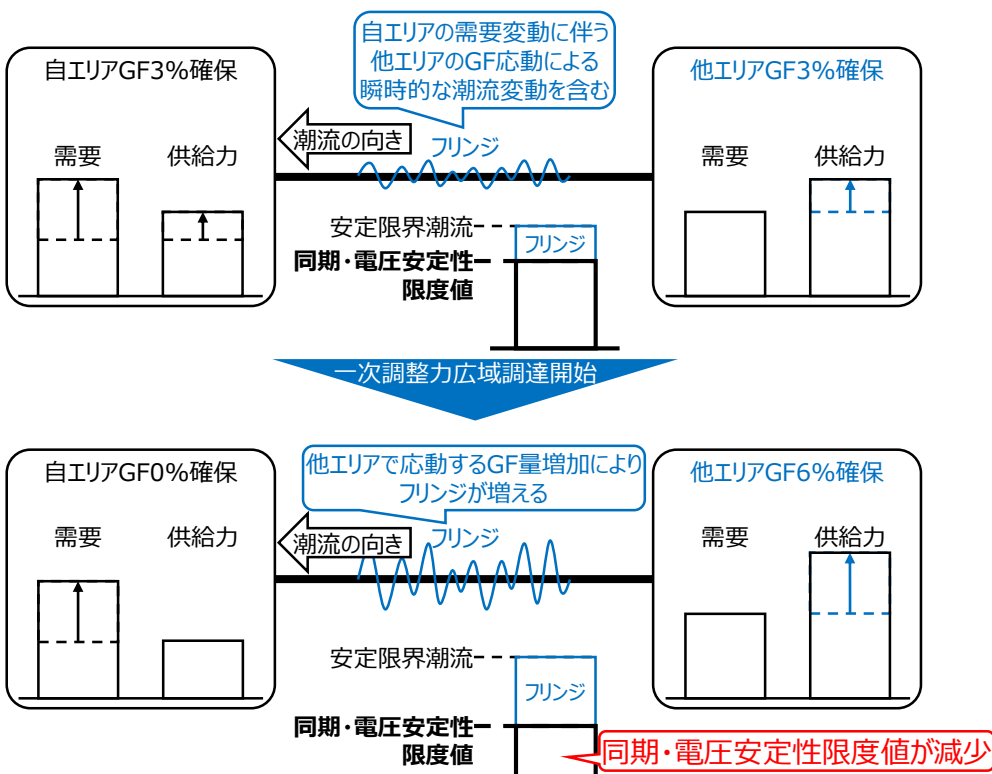
| 限度値      | 概要                                            |
|----------|-----------------------------------------------|
| 熱容量限度値   | 直流設備の容量の値または交流設備の上限温度により決まる値                  |
| 同期安定性限度値 | 発電機の安定運転を維持できる安定限界潮流から瞬時的な潮流変動（フリンジ）を減算した値    |
| 電圧安定性限度値 | 電力系統の電圧を安定的に維持できる安定限界潮流から瞬時的な潮流変動（フリンジ）を減算した値 |
| 周波数維持限度値 | 電力系統の周波数を安定的に維持できる潮流として系統特性定数*を用いて算出した値       |

\*系統特性定数：過去の故障実績からシミュレーションツールを用いて算出した定数であり、電力変化に対して変化する系統周波数の感度。系統特性定数が小さい程、系統周波数は変化しやすく、周波数維持限度値は小さくなる。

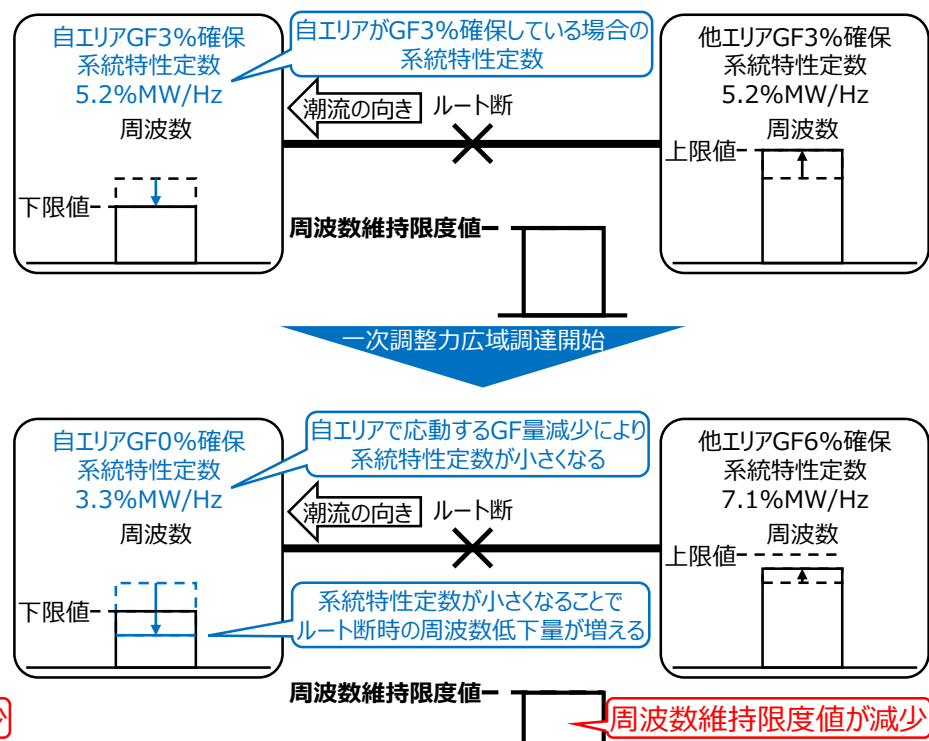
■ 一次調整力の広域調達によって、需要変動に対して自端制御で応動するガバナフリー（以下：GF）の量が偏在すると、同期・電圧安定性限度値と周波数維持限度値が減少することが想定される。

- 同期・電圧安定性限度値の減少  
他エリアで応動するGF量の増加により、瞬時的な潮流変動（以下：フリンジ）が増えることで、同期・電圧安定性限度値が減少する。
- 周波数維持限度値の減少  
自エリアで応動するGF量の減少により、連系線ルート断故障時に分離された系統の系統特性定数が小さくなることで、周波数維持限度値が減少する。

## 同期・電圧安定性限度値の減少



## 周波数維持限度値の減少



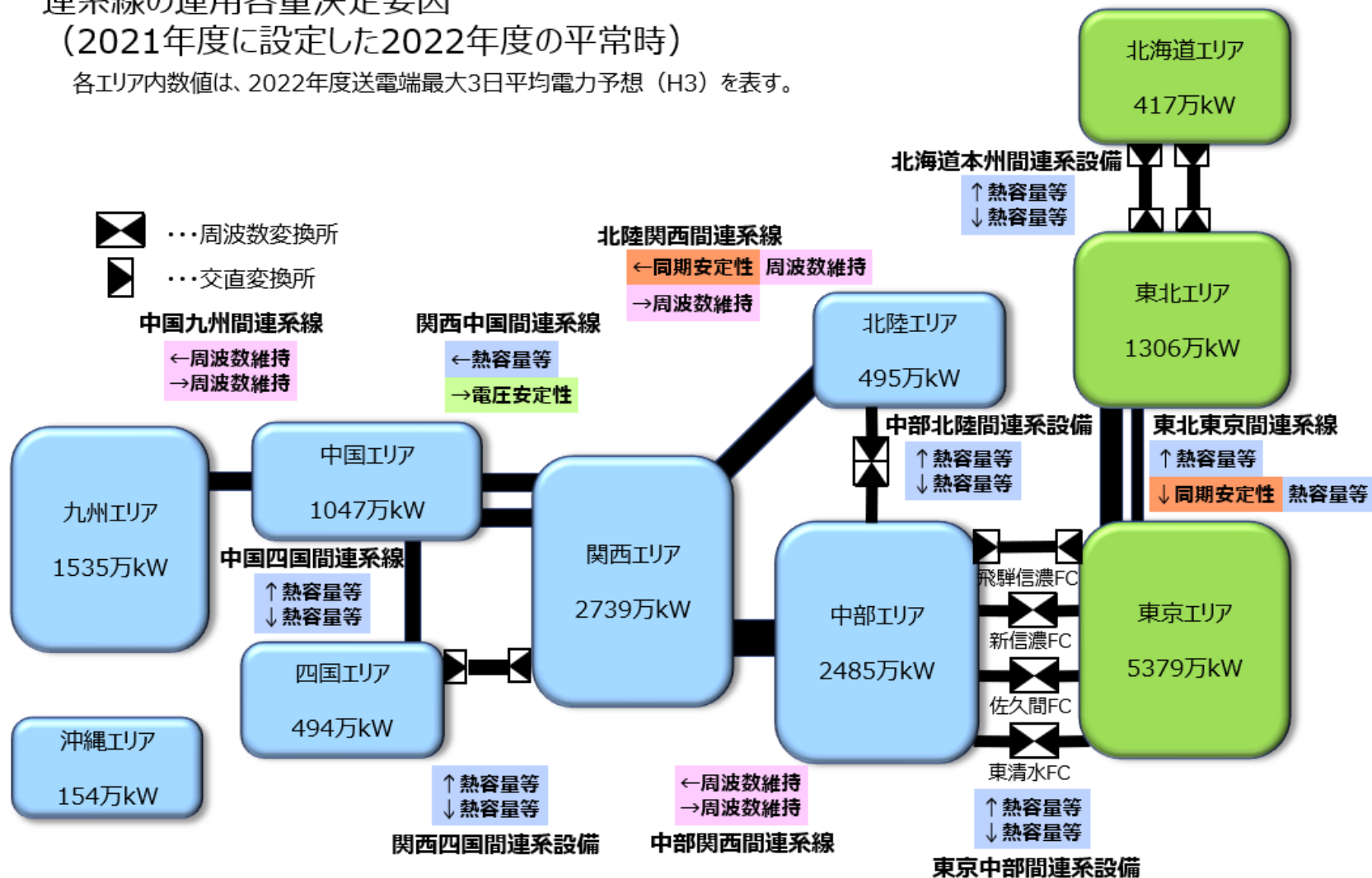
## 6 全国系統の概念図

30

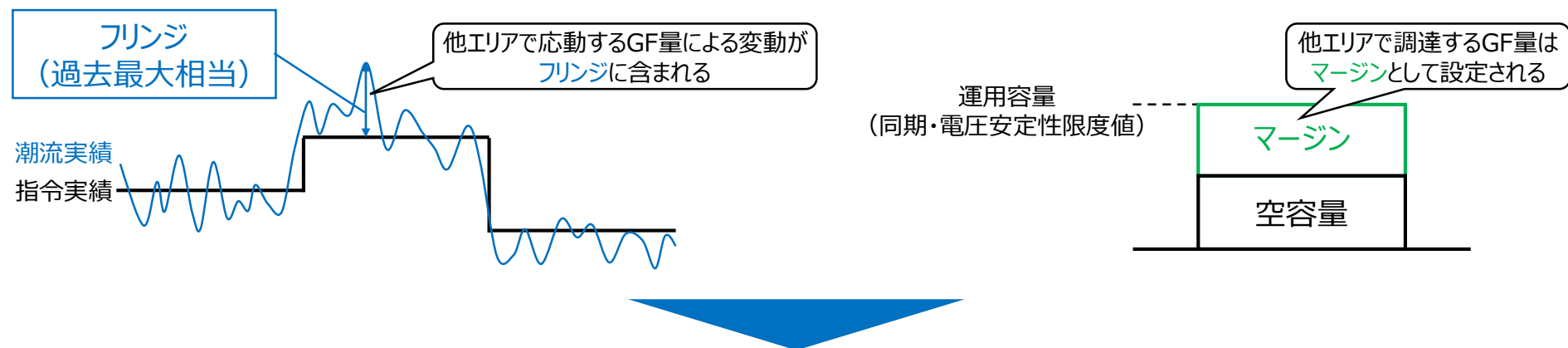
### 連系線の運用容量決定要因

(2021年度に設定した2022年度の平常時)

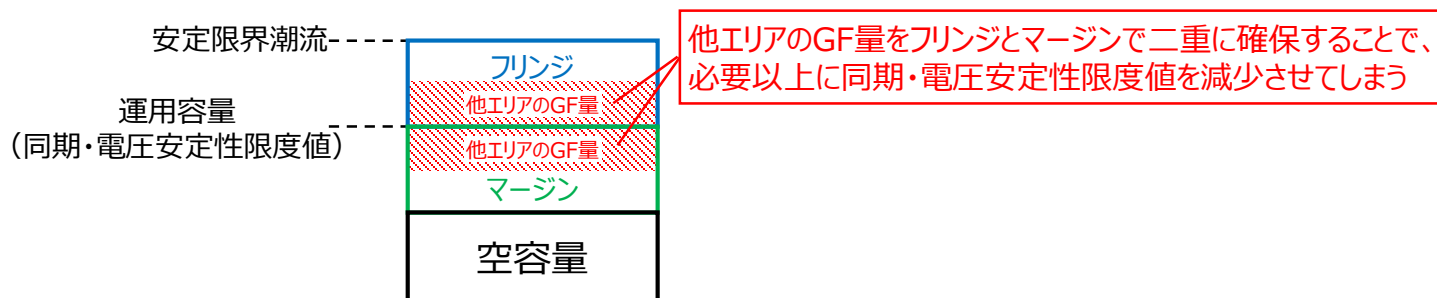
各エリア内数値は、2022年度送電端最大3日平均電力予想（H3）を表す。



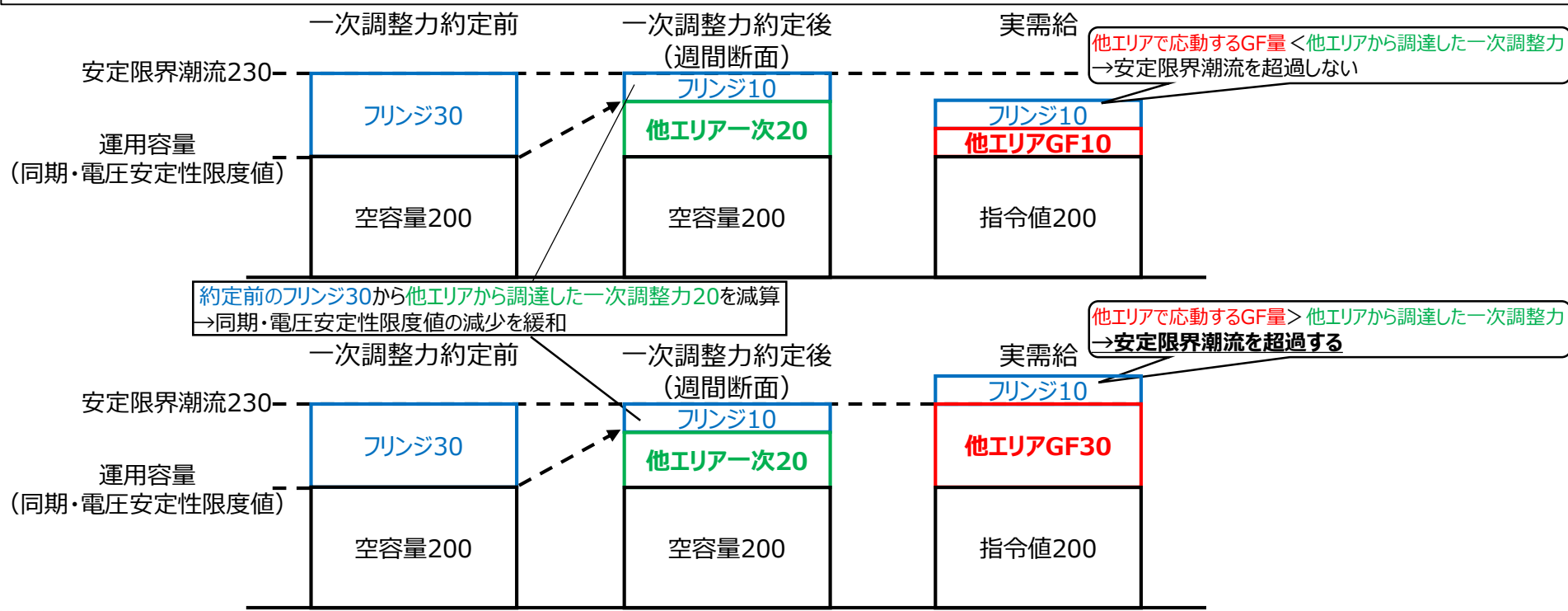
- 同期・電圧安定性限度値算出時に安定限界潮流から減算しているフリンジは、連系線の潮流実績と連系線の指令実績の差分（過去最大相当）であり、他エリアで応動するGF量による変動はフリンジに含まれる。
- 一方、需給調整市場で約定された他エリアから調達するGF量は、空容量算出時に同期・電圧安定性限度値から減算するマージンとして設定される。
- 上記を現状の同期・電圧安定性限度値の算出方法に当てはめると、他エリアのGF量をフリンジとマージンで二重に確保することになり、必要以上に同期・電圧安定性限度値を減少させてしまうため、対応策が必要であると考えられる。



現状の同期・電圧安定性限度値の算出方法に当てはめると・・・



- 連系線の潮流には、他エリアで応動するGF量だけでなく、時々刻々と変化する需要変動とGF・LFC・EDCの制御遅れを含む発電機の応動等が混ざっており、事前に他エリアで応動するGF量が増えた場合のフリンジを算出する術がなく、算出できたとしても実績がないことから、その妥当性を評価する術がない。
- 一次調整力の広域調達開始後、他エリアから調達するGF量は、週間断面で他エリアから調達した一次調整力として約定され、その量はマージンとして設定される。
- 「他エリアで応動するGF量 < 他エリアから調達した一次調整力」になると考えると、週間断面で約定前のフリンジから他エリアから調達した一次調整力を減算すれば、同期・電圧安定性限度値の減少を緩和できる。
- 一方、「他エリアで応動するGF量 > 他エリアから調達した一次調整力」になると、実需給断面で安定限界潮流を超過するおそれがあるため、一次調整力広域調達開始後に潮流実績等を分析した上で、フリンジの設定方法を見直してはどうか。





- 周波数維持限度値の算出に用いている系統特性定数は、自エリアで系統容量の3%のGF量を調達した状態で連系線ルート断となっても、自エリアの周波数が下限値を下回らない値としている。
- 需給調整市場検討小委においては、一次調整力を全量（自エリアの3%）他エリアから調達した場合、他エリアから調達した一次調整力は「 $\Delta$ kWマージン」として設定され、連系線に流れる潮流は「kWh流入可能量」を上限として、「周波数維持限度潮流」より小さくなると考えられている。
- 自エリアで応動するGF量が減少しても、連系線に流れる潮流は「kWh流入可能量」が上限となり、「周波数維持限度値」を減少させる必要がないため、対応策は不要ではあるが、自エリアでGFが応動しない場合において「kWh流入可能量 < 周波数維持限度潮流」となることをシミュレーションを用いて確認する。

## 連系線ルート断時の対応②（連系線潮流が流入のエリア） 2/2

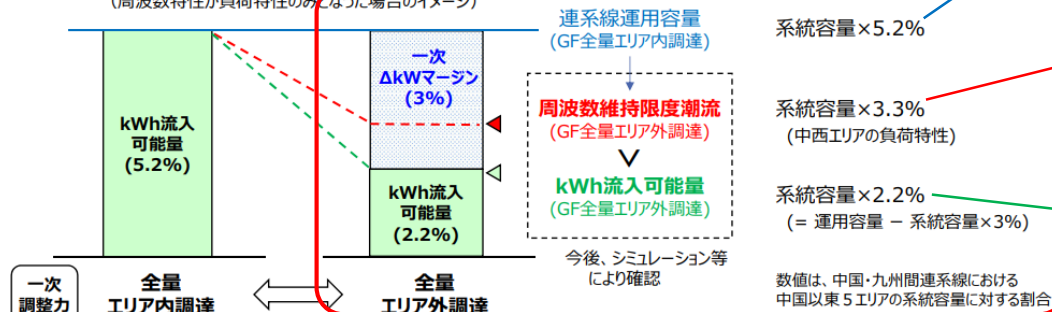
18

- 他方で、連系線ルート断時において周波数がどの程度低下するのは、遮断される電力量にも依存することになる。現状、運用容量が周波数維持で定められている連系線については、連系線ルート断時に周波数低下を1Hz※に抑えるよう運用容量が設定されているところ、一次の広域調達に伴い確保される $\Delta$ kWマージンにより、連系線の流入可能電力量は、一次がエリア内に存在しない場合の周波数維持限度潮流より小さくなるため、連系線ルート断が生じて周波数は1Hz※以上低下せず、停電を生じないとも考えられる。ただし、N-2故障による連系線ルート断時における供給支障については、社会的影響が大きいと懸念される場合には、これを軽減するための対策の実施について検討すると整理されていることも踏まえ、今後、シミュレーション等による確認を行うこととしたい。
- なお、連系線に2ルートがあり、N-2故障においても交流連系が保たれる東北・東京間、関西・中国間においては、前述のケース1および2による対応が可能であることから、**2024年度から広域調達が可能**と考えられる。

※連系線によっては0.8Hzの箇所もある

### 周波数低下限度潮流とkWh流入可能量の関係

（周波数特性が負荷特性のみとなった場合のイメージ）



#### 「周波数維持限度値」

自エリアで系統容量の3%のGF量を調達した状態で、連系線ルート断が発生した場合の周波数低下が $\Delta$ 1.0Hzに収まる連系線潮流 = 系統容量の5.2%

#### 「周波数維持限度潮流」

自エリアでGF量を調達しない状態で、連系線ルート断が起きた場合の周波数低下が $\Delta$ 1.0Hzに収まる連系線潮流 = 系統容量の3.3% (中西エリアの負荷特性)

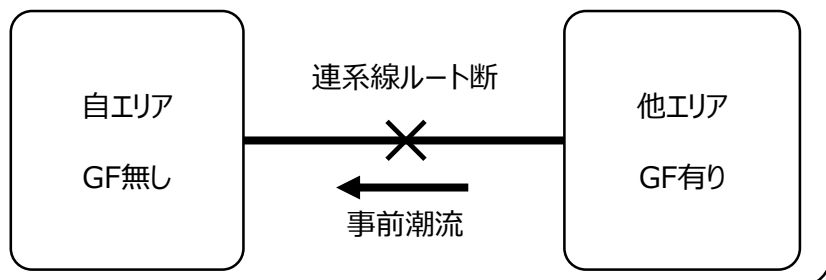
#### 「kWh流入可能量」

周波数維持限度値から自エリアの3% (GF相当) の供給力を減算した値であり、自エリアでGF量を調達しない前提で連系線に流れる潮流の上限値 = 系統容量の2.2% (5.2% - 3.0%)

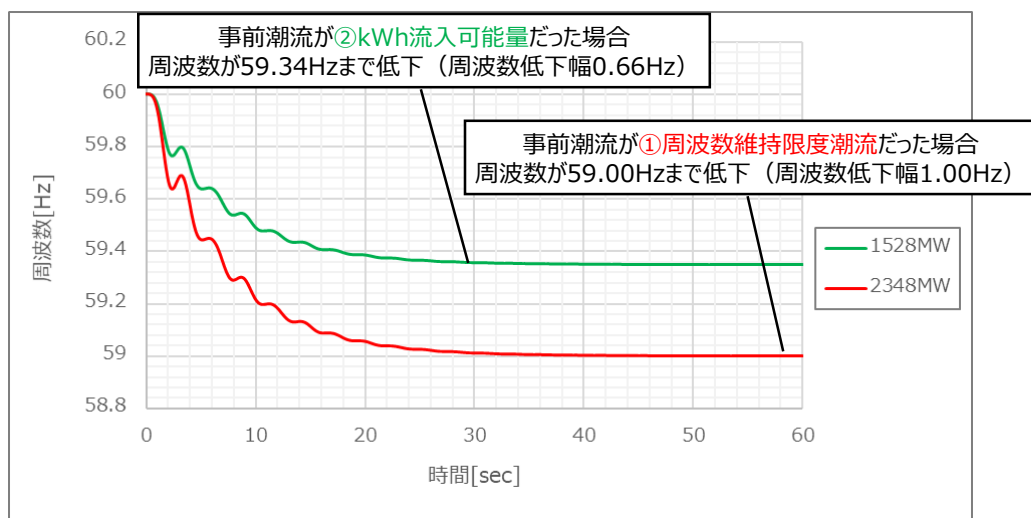
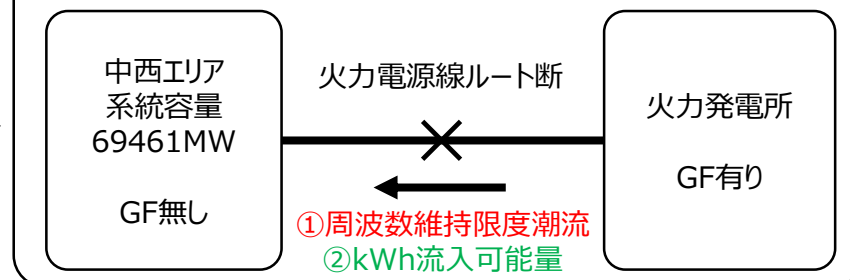


- 「**kWh流入可能量** < **周波数維持限度潮流**」となることを確認するにあたり、至近年で発生した火力電源線ルート断故障発生時の周波数変化を再現するためにチューニングした中西モデルを用いた。
- シミュレーションする際は、自エリアで応動するGF量に応じた周波数低下量を算出するため、GF以外に周波数変化に影響を与える要素（FCのEPPS動作等）は除外した。
- 自エリアでGFが応動しない状態で連系線ルート断故障が発生した状況を模擬した結果、事前潮流が**kWh流入可能量**だった場合の周波数低下幅は1.0Hz以内（0.66Hz）となり、「**kWh流入可能量** < **周波数維持限度潮流**」となることを確認した。

GFを自エリアで調達しない状態で連系線ルート断発生



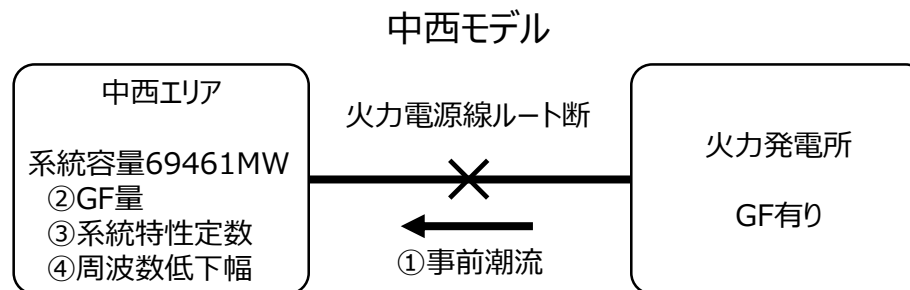
GFを中西エリアで調達しない状態で火力電源線ルート断発生



①周波数維持限度潮流（シミュレーションで算出）  
= **234.8万kW**



②kWh流入可能量（系統容量×2.2%）  
= 69461MW × 0.022  
≒ **152.8万kW**



Sim1 : GF量と系統特性定数

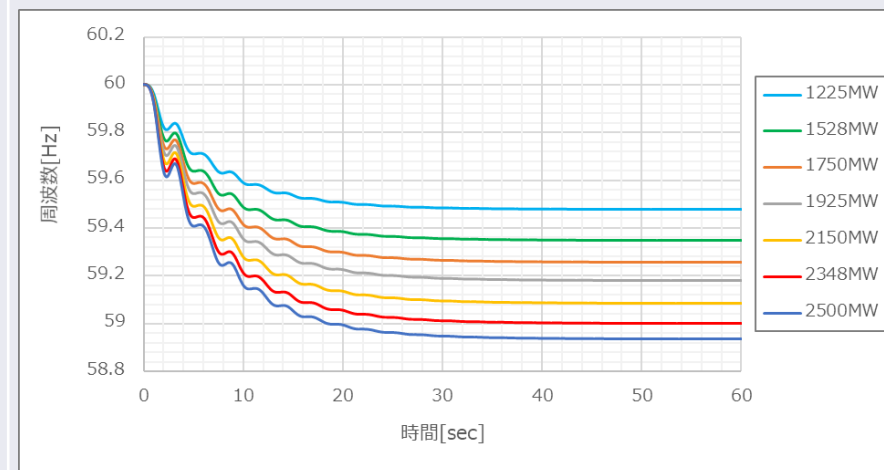
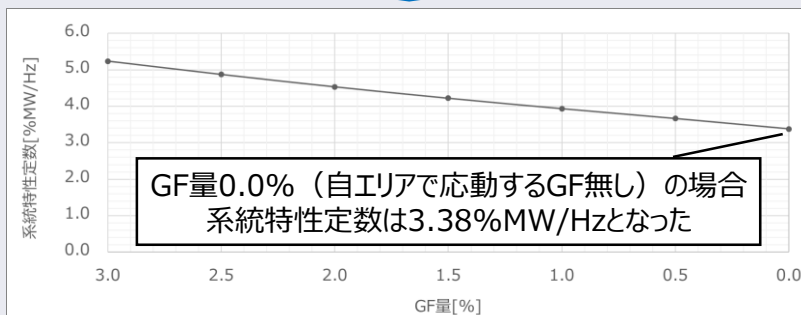
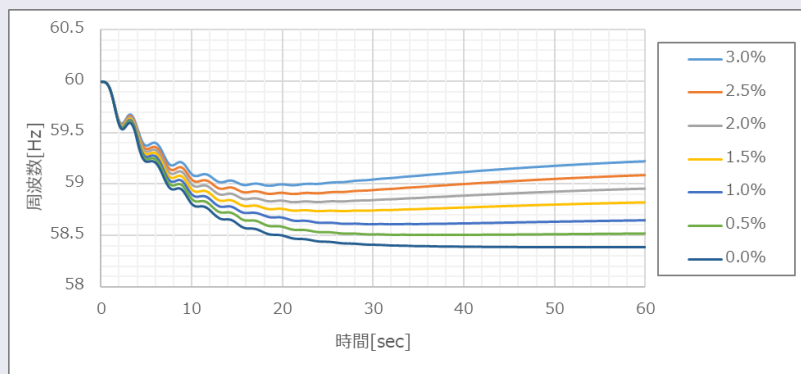
Sim2 : 事前潮流と周波数低下幅

条件

- ①事前潮流 : 2883MW  
 ②GF量 : 3.0%~0.0%  
 ③系統特性定数 :  
 (①事前潮流 + 中西エリアPV出力低下量) ÷ (系統容量 × ④周波数低下幅)  
 ④周波数低下幅 : シミュレーションで算出

- ①事前潮流 : 1225MW~2500MW  
 ②GF量 : 0.0% (自エリアで応動するGF無し)  
 ③系統特性定数 : 3.38%MW/Hz (Sim1で算出した値)  
 ④周波数低下幅 : シミュレーションで算出

結果



- 事前潮流 = 1528MW (kWh流入可能量)  
 → 59.34Hzまで低下 (周波数低下幅0.66Hz)  
 事前潮流 = 2348MW (周波数維持限度潮流)  
 → 59.00Hzまで低下 (周波数低下幅1.00Hz)

- 調整力の広域調達の更なる拡大が進む中、適切に連系線運用容量を算出することを目的として、一次調整力の広域調達によって想定される運用容量への影響を整理し、運用容量算出方法見直しによる対応策の可否と内容について検討した。

#### 【調整力の広域調達による運用容量への影響】

- ・ 同期・電圧安定性限度値の減少  
他エリアで応動するGFの増加により、連系線の瞬時的な潮流変動（以下：フリンジ）が増えることで、同期・電圧安定性限度値が減少する。
- ・ 周波数維持限度値の減少  
自エリアで応動するGFの減少により、連系線ルート断故障時に分離された系統の系統特性定数が小さくなることで、周波数維持限度値が減少する。

#### 【運用容量算出方法見直しによる対応策】

- ・ 同期・電圧安定性限度値の減少  
一次調整力広域調達開始後に潮流実績等进行分析した上で、フリンジの設定方法を見直してはどうか。
- ・ 周波数維持限度値の減少  
自エリアで応動するGF量が減少しても、連系線に流れる潮流は「kWh流入可能量」が上限となり、「周波数維持限度値」を減少させる必要がないため、対応策は不要。

- 今回の検討内容については、市場設計の検討材料として需給調整市場検討小委員会事務局と共有する。

### ＜参考資料＞ 需給調整市場検討小委員会資料

- 需給調整市場における商品の要件
- 需給調整市場における一次・二次①の市場取引開始時期
- 供給力脱落時の系統周波数変動量（系統特性）
- 一次の広域調達に関する考え方のまとめ

(参考) 需給調整市場における商品の要件

|                  | 一次調整力                                    | 二次調整力①                                             | 二次調整力②                                     | 三次調整力①                                      | 三次調整力②                                                       |
|------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 英呼称              | Frequency Containment Reserve (FCR)      | Synchronized Frequency Restoration Reserve (S-FRR) | Frequency Restoration Reserve (FRR)        | Replacement Reserve (RR)                    | Replacement Reserve-for FIT (RR-FIT)                         |
| 指令・制御            | オフライン<br>(自端制御)                          | オンライン<br>(LFC信号)                                   | オンライン<br>(EDC信号)                           | オンライン<br>(EDC信号)                            | オンライン                                                        |
| 監視               | オンライン<br>(一部オフラインも可※2)                   | オンライン                                              | オンライン                                      | オンライン                                       | オンライン                                                        |
| 回線               | 専用線※1<br>(監視がオフラインの場合は不要)                | 専用線※1                                              | 専用線※1                                      | 専用線 または<br>簡易指令システム                         | 専用線 または<br>簡易指令システム                                          |
| 応動時間             | 10秒以内                                    | 5分以内                                               | 5分以内                                       | 15分以内※3                                     | 45分以内                                                        |
| 継続時間             | 5分以上※3                                   | 30分以上                                              | 30分以上                                      | 商品ブロック時間(3時間)                               | 商品ブロック時間(3時間)                                                |
| 並列要否             | 必須                                       | 必須                                                 | 任意                                         | 任意                                          | 任意                                                           |
| 指令間隔             | － (自端制御)                                 | 0.5～数十秒※4                                          | 数秒～数分※4                                    | 専用線：数秒～数分<br>簡易指令システム：5分※6                  | 30分                                                          |
| 監視間隔             | 1～数秒※2                                   | 1～5秒程度※4                                           | 1～5秒程度※4                                   | 専用線：1～5秒程度<br>簡易指令システム：1分                   | 1～30分※5                                                      |
| 供出可能量<br>(入札量上限) | 10秒以内に<br>出力変化可能な量<br>(機器性能上のGF幅<br>を上限) | 5分以内に<br>出力変化可能な量<br>(機器性能上のLFC幅<br>を上限)           | 5分以内に<br>出力変化可能な量<br>(オンラインで調整可能<br>な幅を上限) | 15分以内に<br>出力変化可能な量<br>(オンラインで調整可能<br>な幅を上限) | 45分以内に<br>出力変化可能な量<br>(オンライン(簡易指令<br>システムも含む)で調整<br>可能な幅を上限) |
| 最低入札量            | 5MW<br>(監視がオフラインの場合は1MW)                 | 5MW※1,4                                            | 5MW※1,4                                    | 専用線：5MW<br>簡易指令システム：1MW                     | 専用線：5MW<br>簡易指令システム：1MW                                      |
| 刻み幅 (入札単位)       | 1kW                                      | 1kW                                                | 1kW                                        | 1kW                                         | 1kW                                                          |
| 上げ下げ区分           | 上げ／下げ                                    | 上げ／下げ                                              | 上げ／下げ                                      | 上げ／下げ                                       | 上げ／下げ                                                        |

※1 簡易指令システムと中給システムの接続可否について、サイバーセキュリティの観点から国で検討中のため、これを踏まえて改めて検討。

※2 事後に数値データを提供する必要あり(データの取得方法、提供方法等については今後検討)。

※3 沖縄エリアはエリア固有事情を踏まえて個別に設定。

※4 中給システムと簡易指令システムの接続が可能となった場合においても、監視の通信プロトコルや監視間隔等については、別途検討が必要。

※5 30分を最大として、事業者が収集している周期と合わせることも許容。

※6 簡易指令システムの指令間隔は広域需給調整システムの計算周期となるため当面は15分。

(参考) 需給調整市場における一次・二次①の市場取引開始時期

3

- 一次、二次①は2024年度から需給調整市場で取り扱う一方、広域調達は検討中としている。

(参考) 調達方法の変遷

24

| 商品            | 2019        | 2020 | 2021                  | 2022                  | 2023                  | 2024～<br>(容量市場開設※)                                    |
|---------------|-------------|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------|
| 需給調整市場<br>の商品 |             |      | 三次②<br>(広域)<br>需給調整市場 | 三次①<br>(広域)<br>需給調整市場 | 二次②<br>(広域)<br>需給調整市場 | 二次①<br>(エリア内)<br>需給調整市場<br>一次<br>(広域調達は検討中)<br>需給調整市場 |
| 電源Ⅰ-a (kW)    | エリア内公募 (年間) |      |                       |                       |                       | 容量市場<br>(オークションは4年前)                                  |
| 電源Ⅰ-b (kW)    | エリア内公募 (年間) |      |                       | 広域調達 (年間)             |                       | 容量市場<br>(オークションは4年前)                                  |
| 電源Ⅰ' (kW)     | エリア内公募 (年間) |      |                       |                       |                       | 容量市場<br>(オークションは4年前)                                  |
| 電源Ⅱ           | エリア内公募 (随時) |      |                       |                       |                       | 余力活用                                                  |
| 電源Ⅱ'          | エリア内公募 (随時) |      |                       |                       |                       | 余力活用                                                  |
| ブラックスタート      | 電源Ⅰ公募時に公募   |      |                       |                       |                       | 公募<br>(公募は4年前)                                        |



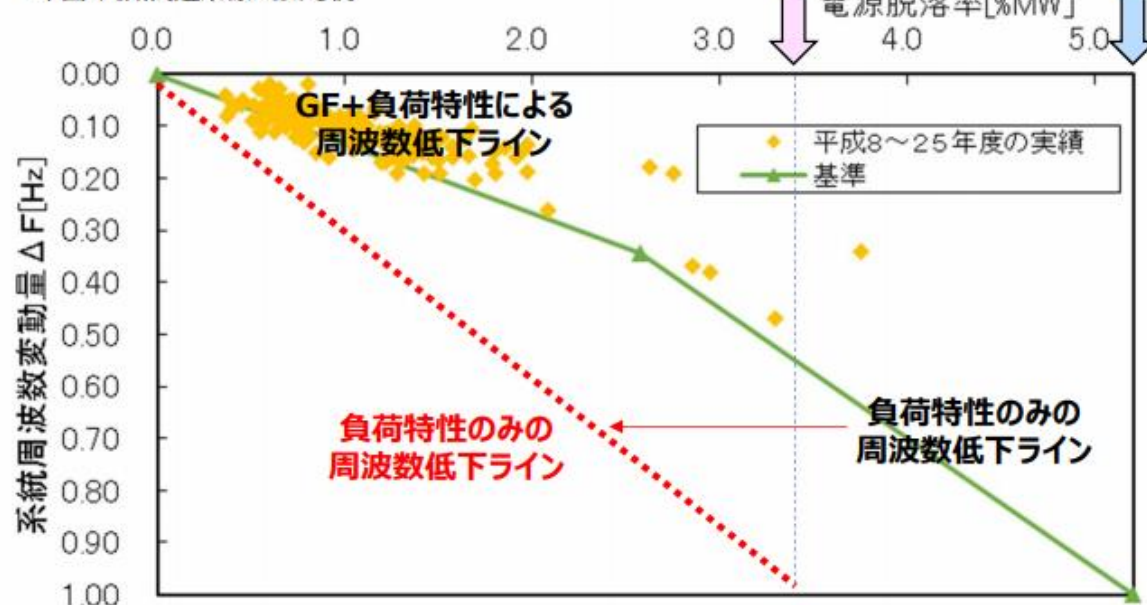
（参考） 供給力脱落時の系統周波数変動量（系統特性）

19

- 供給力脱落時の周波数の低下度合いは、GF容量(3%)がエリア内に存在する場合、GFと負荷特性により系統容量の5.2%に相当する供給力脱落において周波数が1Hz低下することが過去の電源脱落实績等から求められおり、これが連系線における周波数維持限度になっている。
- 他方で、エリア内にGF容量が無い場合、供給力脱落時の周波数低下は負荷特性のみによることになり、周波数が1Hz低下することになる供給力脱落は系統容量の3.3%程度となる。

<電源脱落率と系統周波数変動量 $\Delta F$ [Hz]の関係>

中国・九州間連系線における例



出所) 第3回 運用容量検討会 (2016.1.28) 資料1をもとに作成  
[https://www.occto.or.jp/iinkai/unyouyouryou/2015/2016\\_0128\\_unyouyouryou\\_3.html](https://www.occto.or.jp/iinkai/unyouyouryou/2015/2016_0128_unyouyouryou_3.html)

## 一次の広域調達に関する考え方のまとめ

21

- 以上を踏まえ、N-2故障においても交流連系が保たれる**東北・東京間、関西・中国間**については、需給調整市場において一次の取引が開始される**2024年度から、一次を広域調達**することとしてはどうか。
- また、60Hz系統におけるその他のエリア（**中部、北陸、四国、九州**）については、一次が存在しない状態においてN-2故障による連系線ルート断が生じた際の供給支障の有無等を**周波数シミュレーション等により確認したうえで、広域調達の可否を判断**することとしてはどうか。なお、中部、北陸については、広域連系系統のマスタープランにおいて中地域交流ループの検討が進められており、それが実現することでも一次の広域調達は可能となる。
- なお、連系線潮流が流出のエリアにおいて、供給力の大宗が再エネで構成されるなど、連系線ルート断に伴う出力抑制を実施しても、当該エリアに調整機能が存在しないような電源構成となることが予見される場合には、一次の一部を自エリア内で調達するなどの対応を検討してはどうか。

