

# 一次調整力から二次調整力②が対応する事象 および海外調査からの示唆を踏まえた技術要件等 に関する検討の方向性について

2021年1月29日

需給調整市場検討小委員会 事務局  
調整力の細分化及び広域調達の技術的検討に関する作業会 事務局

- これまでの需給調整市場検討小委員会において、一般送配電事業者から我が国におけるGF、LFC制御の現状について、また事業者委員からフランスにおける一次のアセスメント等についてご紹介いただいたところ。
- 需給調整市場において2024年度から取引が開始される商品のうち、一次、二次①は、平常時において時々刻々と変動する需要と供給の誤差（時間内変動）の調整に加え、電源脱落等の予測不能な異常時の周波数回復や需給バランス回復の役割を担うこととなり、他方、二次②は小売電気事業者が策定した需要計画と需要実績のGC以後の誤差、および再エネ出力予測と実績のGC以降の誤差（予測誤差）を調整する役割を担うこととなる。
- また、一次は自端で周波数偏差を検知して応動する一方で、二次①および二次②は各一般送配電事業者が発信する指令信号に追従する応動が求められることとなる。
- 今回、一次、二次①・②が対応する事象や制御方法に関する整理および関連する海外調査結果を踏まえ、それぞれに設定が必要となる技術要件に関する考え方等を整理したことから、それらについて本日も議論いただきたい。

- 1. 海外の需給調整市場にて設定されている技術要件について**
- 2. 各商品が対応する事象および海外調査からの示唆を踏まえた技術要件等の設定について**
- 3. まとめ**

- 1. 海外の需給調整市場にて設定されている技術要件について**
2. 各商品が対応する事象および海外調査からの示唆を踏まえた技術要件等の設定について
3. まとめ

- 一次に関する海外事例調査結果および、今後の検討の方向性は次の通り。
- 調査を実施した全ての国・地域で一次に対して自端制御を要求しており、自端で周波数計測を実施して応動するために必要となる事項（検出精度や不感帯等）に関する技術的な要件が規定されている。

【周波数計測に係る海外事例調査結果】 調査対象国：米（PJM）、英、仏、独

項目	海外事例調査結果	得られた示唆・検討の方向性
周波数計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 全ての国で自端での周波数計測を規定（4/4か国）</li> <li>• 検出精度や計測周期等について詳細な要件を規定。                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 検出精度(許容誤差) ： ±0.01Hz～±0.036Hz</li> <li>✓ 計測周期：約0.03秒～0.1秒等</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 自端で周波数偏差を検出して、応動する必要があるため、要件として<u>系統周波数計測に関する事項（精度、周期等）を規定</u>する必要があるのではないか。</li> </ul>
不感帯	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 全ての国で一次の応動に関する不感帯を許容（4/4か国）</li> <li>• 不感帯に関する具体的な要件は以下の通り                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ±0.01～0.015Hz（英・独・仏）</li> <li>✓ ±0.036Hz（米）</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 周波数計測の許容誤差の設定とあわせて、<u>不感帯の要否についても検討</u>する必要があるのではないか。</li> <li>• なお、不感帯等の具体的な設定値は、既存電源等の設定状況等も調査したうえで議論することとしてはどうか。</li> </ul>

- イギリスにおける一次における応動速度に関する事前審査においては、不感帯 (Dead Band) を設けた上で周波数の偏差に応じた応動速度について確認している。

### 【不感帯の設定例】

## Dynamic test (1) – Step test

This test is designed to ensure the system responds when the frequency moves outside of the  $\pm 0.015\text{Hz}$  dead band.

### Pass criteria for test

- Delay in response is no greater than 2 seconds.
- Minimum response must be within the allowable tolerances for Primary, Secondary and High frequency timescales.
- The standard deviation of load error at steady state over a 180 second period must not exceed 2.5% of the maximum contracted response. Response should progressively change to its contracted output.
- Each step is sustained for 180 seconds. The frequency will then be returned to 50Hz for a minimum of 30 seconds, or until the output is stable, before the next injection is applied.

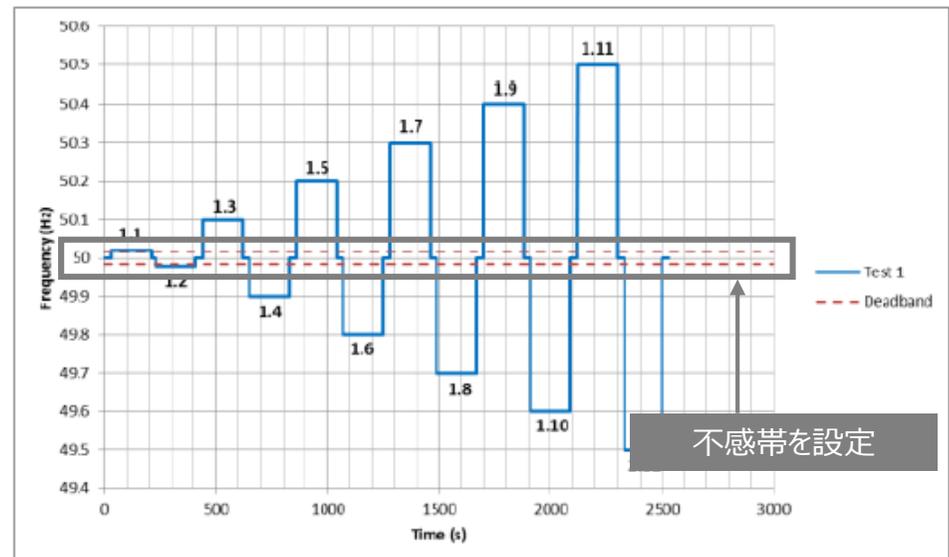


Figure 3.1 – Test 1 Injection Profile

- フランスのR1（一次相当）では、周波数計測器を用いて系統周波数をリアルタイムで計測し、計測値をもとに調整電力の値を算出することで、リソースの制御を実施して参入している事例がある。



### 実績評価

#### Modbusプロトコルによる制御：電解槽のR1の事例

##### ○周波数計測・自動制御

- > DRボックスと電解槽制御盤をModbusで接続、1～10秒周期で通信
- > 周波数計測器（トランスデューサー）およびDRボックスにて、秒単位で系統周波数（ $f$ ）のデータを取得して、周波数変動（ $\Delta f$ ）から調整電力（ $\Delta P$ ）算出し、需要家の制御システムに伝送



- フランスでは、周波数計測器の要件を過度に厳格化した結果、特定の機器メーカーが採用された経緯があることから、今後、日本における周波数計測器の要件を定めるにあたっては、留意が必要。



Smart energy management

### ○周波数計測器の事例

- > 国際規格に対応した汎用型の周波数計測器
- > フランスでは周波数計測器の要件を過度に厳格化した結果、特定の機器メーカー（一社）のみ採用された経緯があり、留意が必要

実績評価

参考：周波数計測器の事例

### 国際規格対応 新型マルチトランスデューサ

**特長**

- 国際規格対応  
IEC 60688:2012 (トランスデューサ)、IEC 62053:2003 (電力量計) に対応。
- 幅広い入力回路に対応  
相線方式、定格電圧、定格電流を設定で切り替え可能、440Vダイレクト接続対応。
- 多様な出力形式  
アナログ×10点、パルス×2点、RS-485通信を、1台に標準装備。
- PCソフトウェアによる設定に対応  
前面のMicro-USB端子とパソコンを接続する事で、専用ソフトウェアにより設定値の書き込みと読み出しが可能。  
\* ソフトウェアは当社ホームページより無料でダウンロードできます。(要ユーザー登録)
- 表示機能搭載  
高コントラストの有機ELパネルで、設定変更と計測項目の表示が可能。
- ループテスト/誤配線判別サポート機能付き  
前面操作によるテスト出力で、設置後の配線確認が可能。前面パネルに電圧と電流の位相角を表示し、誤配線箇所の判別をサポート。

DAIICHI  
マルチトランスデューサ  
MULTI-TRANSDUCER  
QT2-500



CE

© Energy Pool Japan K.K.

- 一次は自端で周波数偏差を検出しこれに応じて出力を調整することから、全ての国・地域において調定率に基づいた応動を求めており、また、実出力が供出されるまでの遅れ時間に関する技術要件についても規定されている。

【応動に関する海外事例調査結果】 調査対象国：米（PJM）、英、仏、独

項目	海外事例調査結果	得られた示唆・検討の方向性
調定率	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 全ての国で周波数の変動に応じて調整力を供出するために、出力変化量として調定率に基づいた応動を要求（4/4か国）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 一次は自端制御のため、<u>調定率による応動を求める</u>必要があるのではないか。</li> </ul>
応動遅れ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 周波数変動の検出から応動開始までの時間（遅れ時間）に許容幅を規定。（2/4か国）                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 検出から2秒以内に応動開始（英・独）</li> </ul> </li> <li>• 周波数偏差を検知して速やかに応動（仏）</li> <li>• 不感帯以上の周波数偏差が生じた場合は速やかに応動（米）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 発電機等、周波数を検知してから応動までに一定の時間を要するリソースがあることから、周波数変動の検出から応動開始までの間に<u>遅れの許容時間を検討</u>しても良いのではないか。</li> <li>• ただし、許容時間の具体的な設定値は、応動遅れが系統に及ぼす影響等や測定精度との関連性も踏まえたうえで、検討する必要があるのではないか。</li> </ul>

- イギリスの事前審査において実施されている周波数変動に応じた出力変化量に関する審査は以下の通り。
- 周波数の変化に応じた出力変化量が定められており、一定の許容範囲内で応動可能かどうか審査している。

【周波数偏差に応じた出力変化量の規定例】

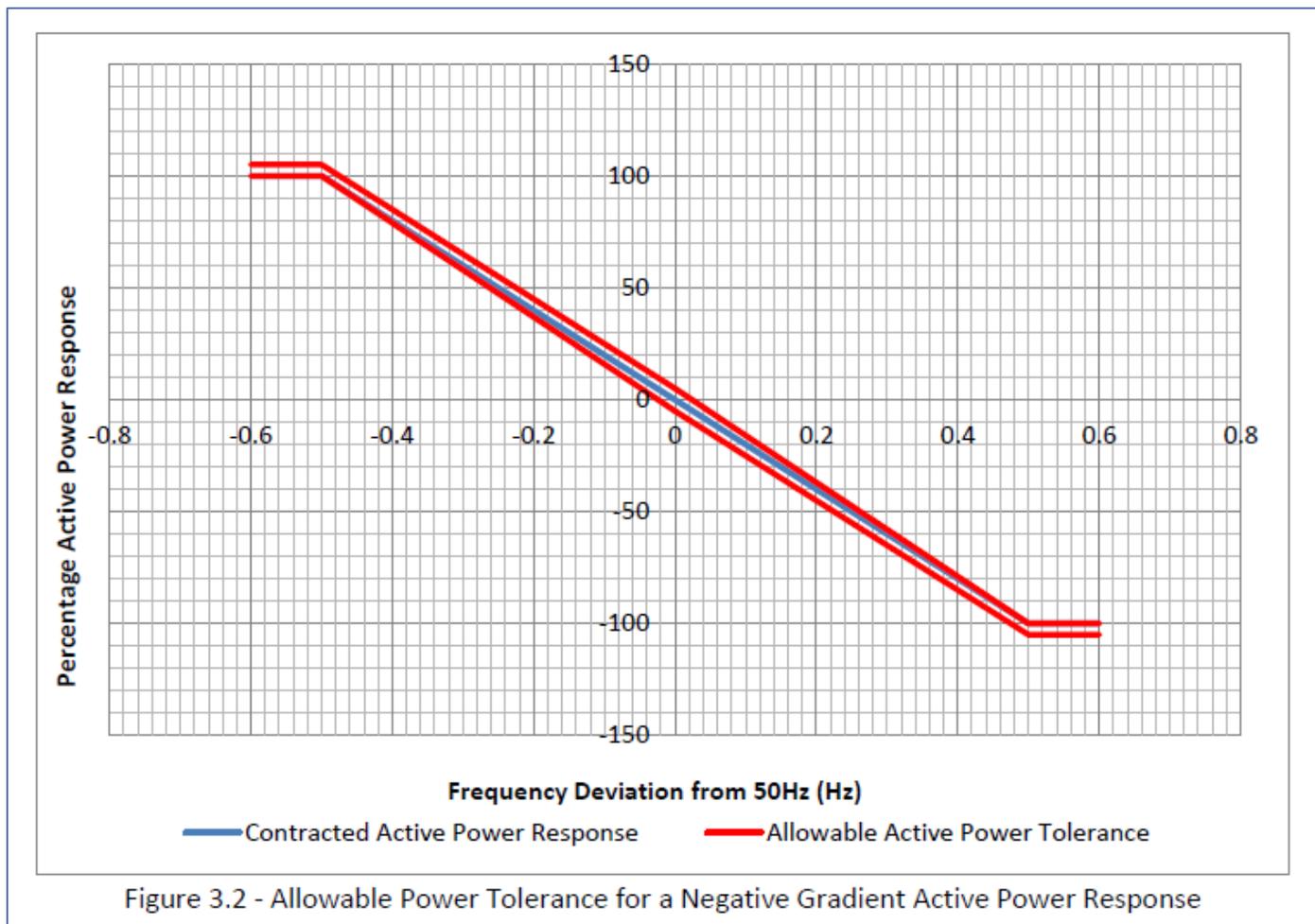
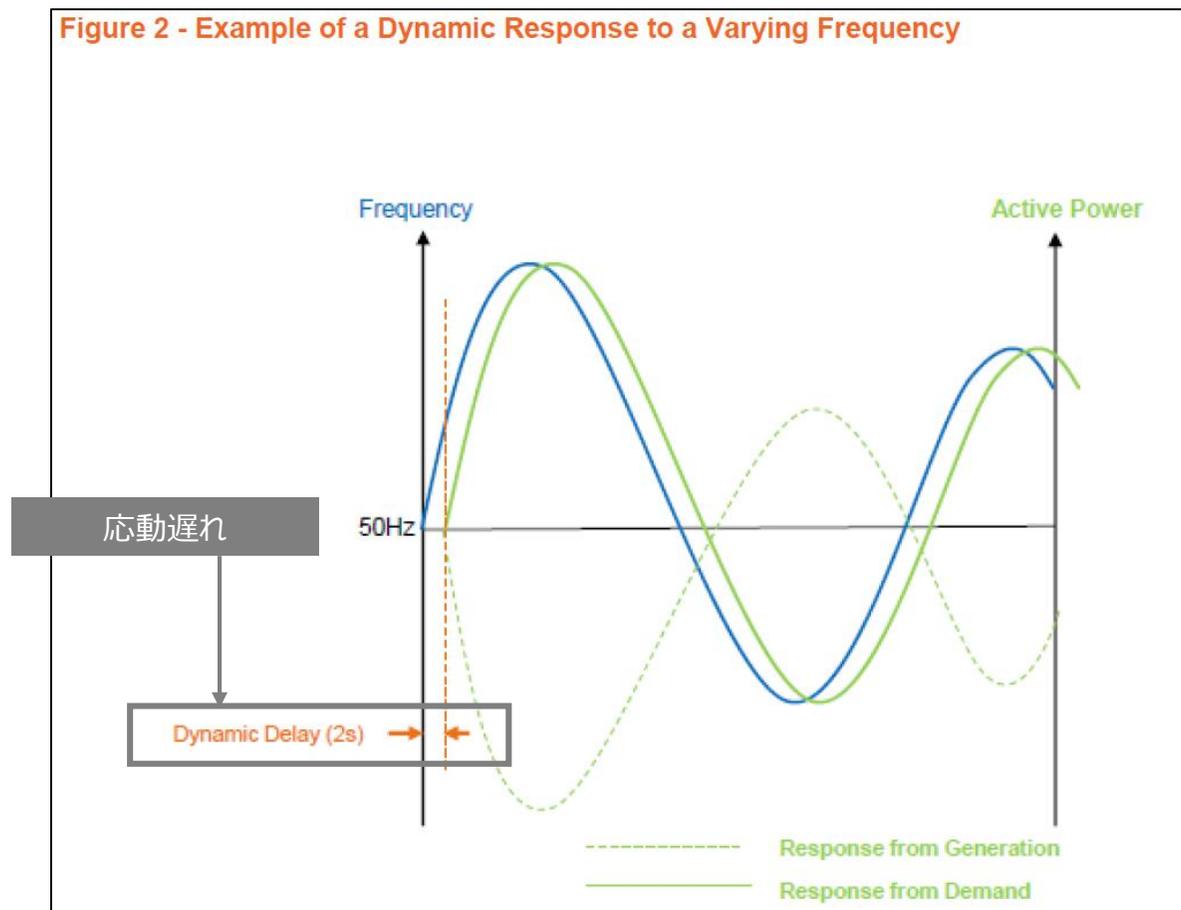


Figure 3.2 - Allowable Power Tolerance for a Negative Gradient Active Power Response

- イギリスにおける遅れ時間の設定例は以下の通り。
- 周波数偏差の検知後、一定の遅れ時間（イギリスでは2秒以内）を許容した上で周波数偏差に応じて速やかに応動することを求めている。

【応動遅れの設定例】



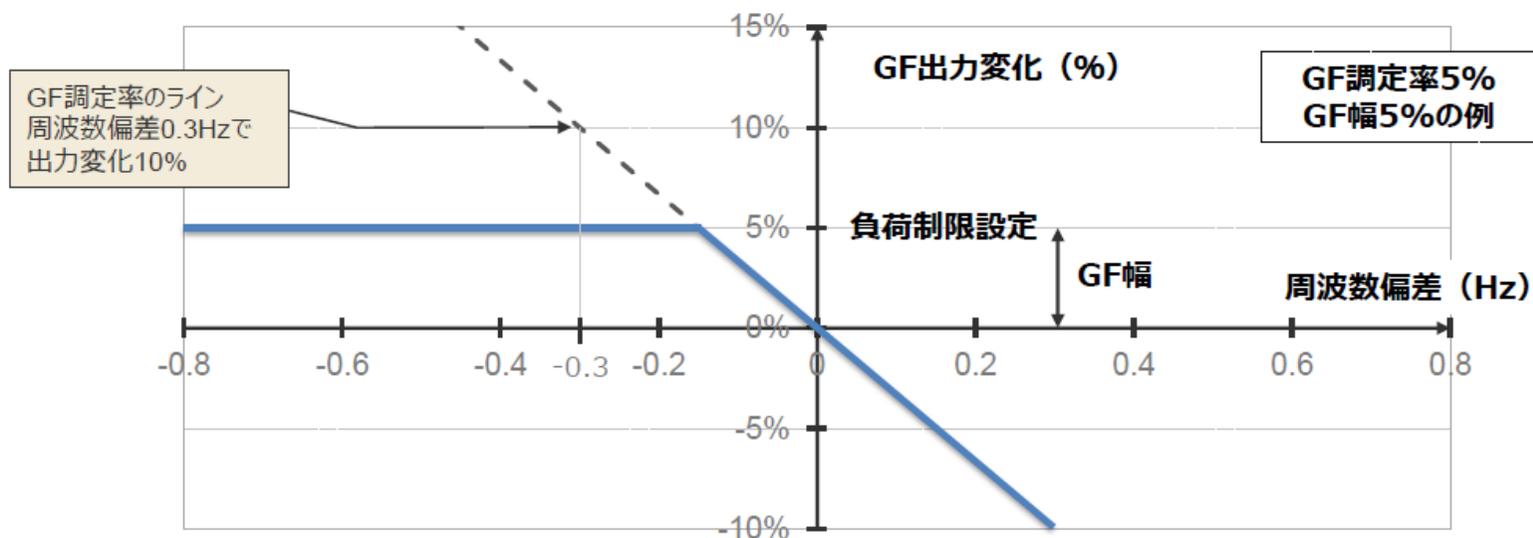
## 2-1 GFの機能・仕様 (GF調定率による制御)

12

- GFは中給からの指令に応動するものではなく、周波数偏差に対し発電機自ら出力を増減させるものであり、周波数偏差に対し、GF調定率に応じて出力が増減する。
- 「GF調定率 = 5%」とは、5%の周波数変動（60Hz系では3Hzの変動）が生じたとき、発電機の定格出力の100%まで変化する※という意味であり、調定率が小さいほど周波数偏差に敏感に応動する。
- 実際は、負荷制限設定で決まる「GF幅」が動作できる上限であり、GF調定率5%、GF幅5%の発電機は下図のように応動する。  
※0.3Hzで10%変化と同義

### 現状の運用で求めていること

- GF運転する発電機の自端で系統周波数偏差を検出すること。
- 並列中発電機は、自端で検出した周波数偏差に対し、GF調定率に応じて出力増加・減少すること。



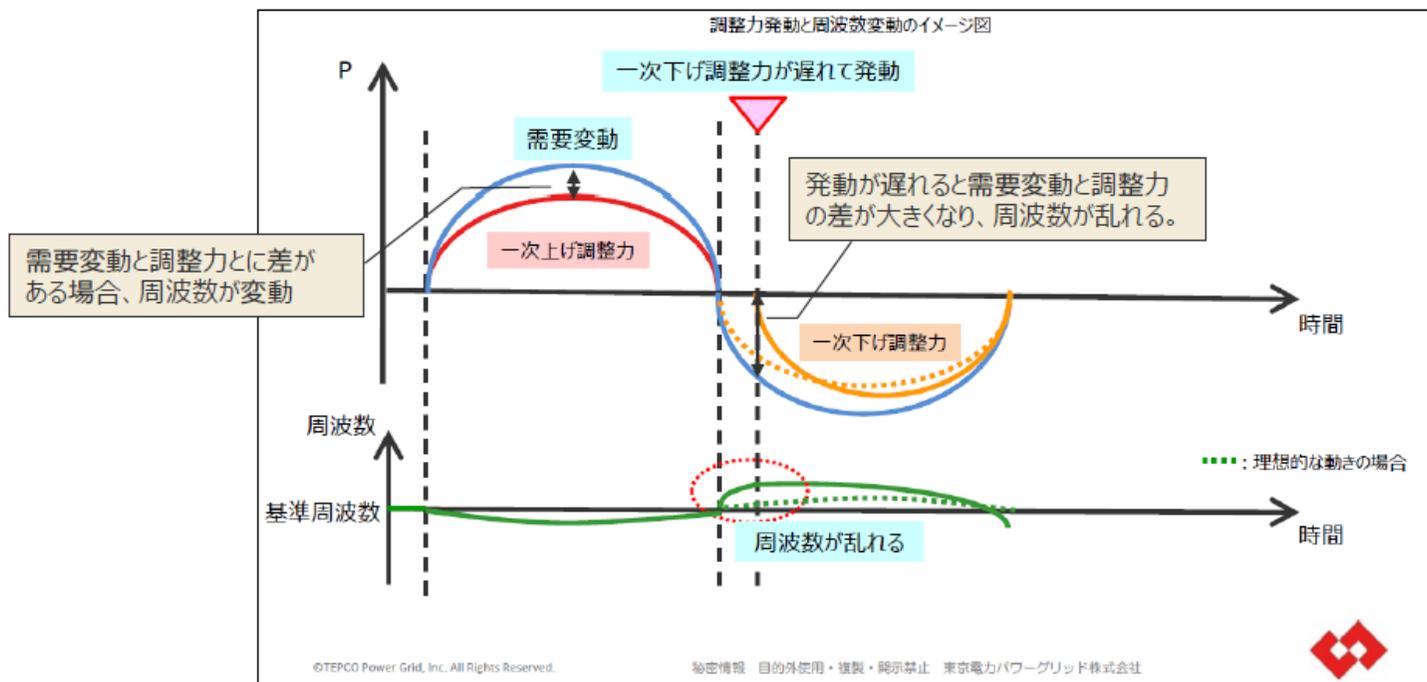
## 2-1 GFの機能・仕様 (周波数変動に対する即時応答)

13

- 周波数変動を検出し、GFが応動するまでに周波数検出時や周波数変動補償時等に遅れが発生する。
- 周波数変動は瞬時瞬時の需要変動によって生じるものであり、GFが適切なタイミングで応動しないと周波数が乱れる。したがって、GFには即応性が求められる。

### 現状の運用で求めていること

- 不要に周波数が乱れないよう、周波数偏差を検出後、速やかに（1秒など）出力変化を開始させること。  
※周波数品質維持のための調整力の発動時間遅れに関する規律が必要



第3回 調整力の細分化及び広域調達の技術的検討に関する作業会 (2017.5.23) 資料4より抜粋

# 一次の技術要件に係る海外事例の調査結果（応動に関する要件）②

- 一次の**変化速度**に関しては、多くの国で**要件として規定していない**一方で、**事前審査**において**模擬信号への追従性を確認**する等により、周波数偏差に対する応動の追従性を確認している。

【応動に関する海外事例調査結果】 調査対象国：米（PJM）、英、仏、独

項目	海外事例調査結果	得られた示唆・検討の方向性
変化速度	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 複数の国で周波数偏差の模擬信号を設定した上で、これに追従した応動が可能かどうかについて確認（3/4か国）               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 事前審査において、試験信号を発信し、それぞれの周波数偏差に対し、応動の追従性を確認（英）</li> <li>✓ 事前審査において、応動の理論値を設定し、これに応じた応動が可能かどうかについて確認（独）</li> <li>✓ 事前に定めた理論値に沿った応動が可能かどうかを確認（米）</li> </ul> </li> <li>• 応動から算出した推定値と実際の応動を比較し、20%以上の乖離が生じた場合、ペナルティの対象とする（仏）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 一次は、自端で周波数偏差を検知して調定率に基づいて応動することを要求しているため、<u>リソースの供出電力の変化速度は系統周波数の変化速度に従うこととなる</u>。このため、異常時等の周波数偏差に応じた応動に関する理論信号等を設定したうえで、これに追従した応動が可能かどうかについて、応動の遅れ時間等も含め、<b>事前審査等で確認することで、必要な変化速度を有しているとみなせる</b>のではないかと。<b>（変化速度の規定は不要ではないか）</b></li> </ul>

- ドイツにおける応動に関する事前審査の内容は以下の通り。
- 落札時間内では、応動時間（以下図「PCP」部分）において一定の遅れ時間を許容した上で応動し、周波数偏差から算出された要求される応動の理論値と実際の応動が整合しているかどうかについて確認している。

【遅れ時間の設定例】

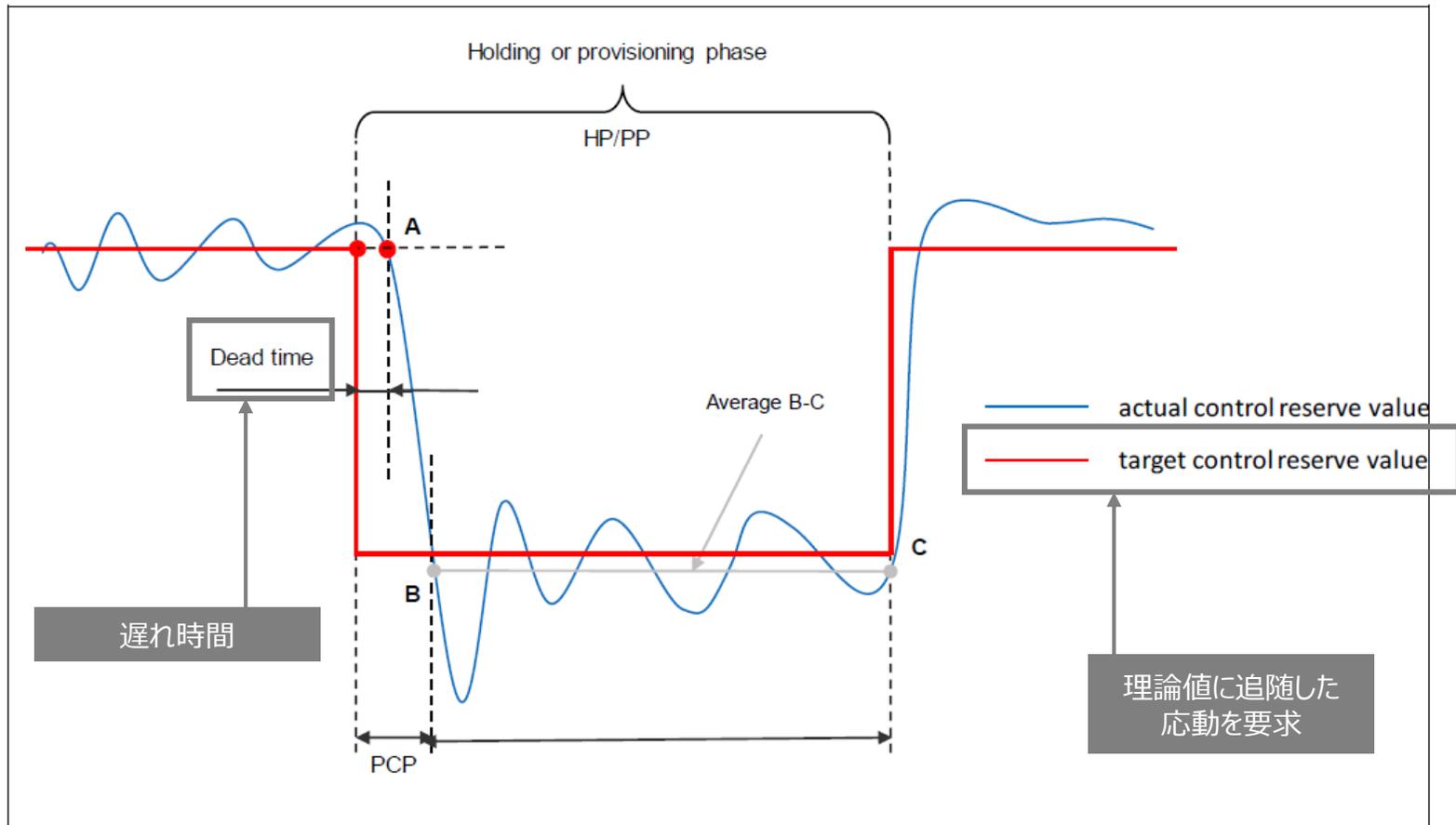
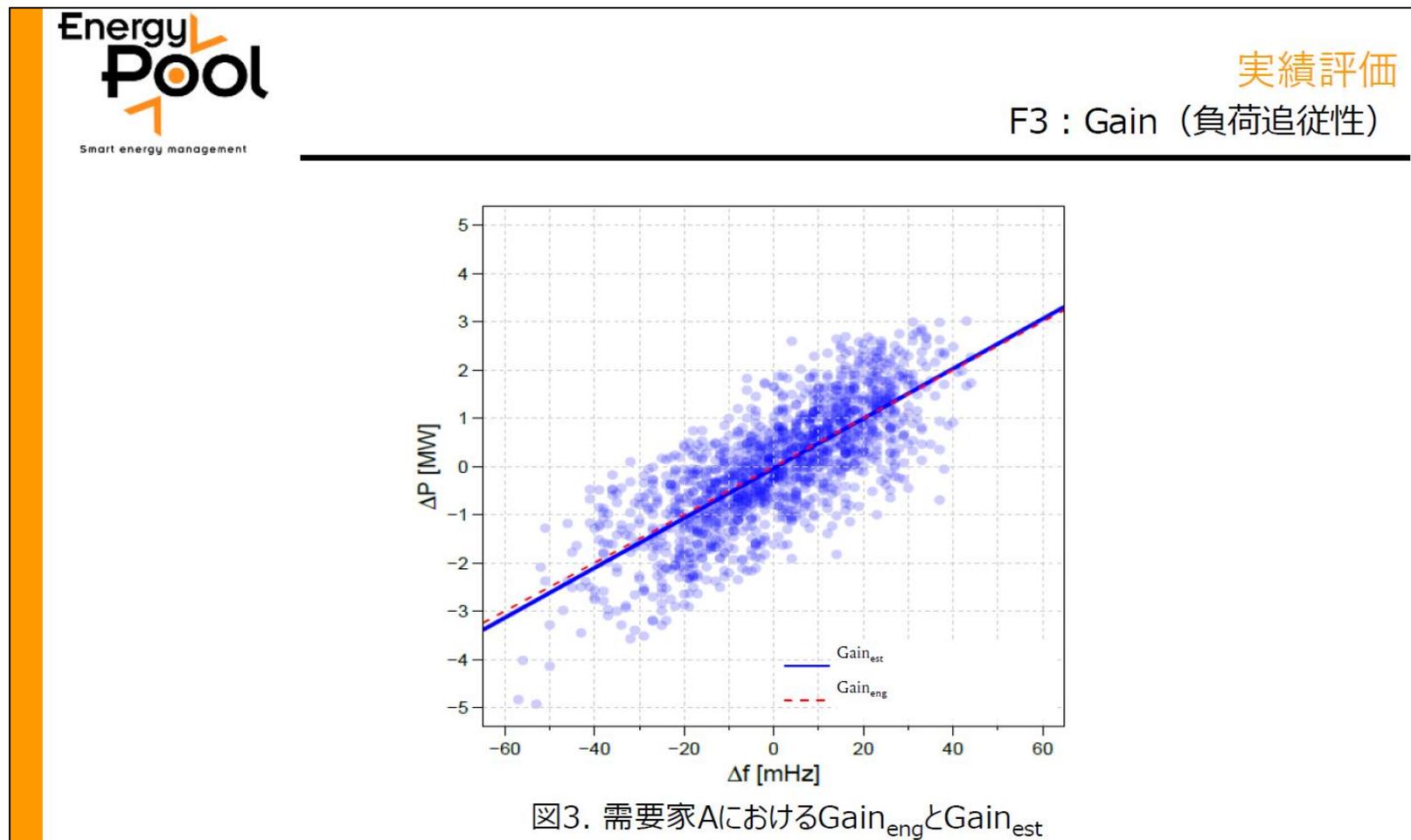


Figure 4: Schematic representation of an FCR operating test

- フランスにおけるPrimary Control (R1) の応動評価 (アセスメント) は以下の通り。
- 応動実績から算出した推定値 ( $\text{Gain}_{\text{est}}$ ) と契約で定めた応動 ( $\text{Gain}_{\text{eng}}$ ) が合致しているかを確認し、その差異が一定幅 (20%) を超過した場合はペナルティが課される。



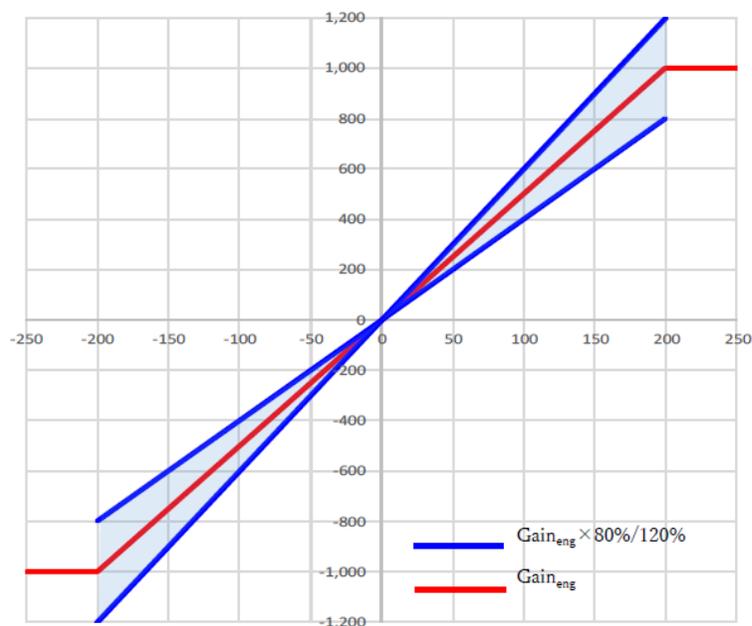


実績評価

F3 : Gain (負荷追従性)

●ペナルティ

- > 差異が20%を上回る時間に応じて、契約調整電力が減少する
- > RTEは差異が20%を上回る時間が7%を超過する場合、アグリゲーターに警告する



時間	減少
10%未満	0%
10%～30%	50%
30%超過	100%

図4. 評価基準の模式図 (Keng = 5,000 (kW/Hz) の場合)

- 調査を行った全ての国・地域において、一次は電源脱落時等の異常時において周波数低下を抑制する役割を担っており、こうした異常時における応動について、その詳細が定められている。また、平常時と同様に調定率に応じた応動を要求している一方で、継続時間については約定量の最大量を一定時間継続することが求められている。
- GF幅については、一部の国においてGFに対して一定の容量確保を求めている事例があるものの、出力幅の制限を要件として求めている国は無い。

【異常時の応動に関する海外事例調査結果】 調査対象国：米（PJM）、英、仏、独

項目	海外事例調査結果	得られた示唆・検討の方向性
周波数低下時の応動	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 全ての国で電源脱落等による異常時に対して、平常時と異なる応動の要件が定められている。（4/4か国）</li> <li>✓ 0.2Hz以上の周波数低下時は15秒以内に50%以上、30秒以内に100%供出（独）</li> <li>✓ 3GW以上の電源脱落時は15秒以内に50%以上、30秒以内に100%供出（仏）</li> <li>• また、複数の国で、異常時における継続時間に関する要件が定められている。（2/4か国）</li> <li>✓ 異常時には30分間、もしくはシステムの目標周波数への復帰のいずれか短い方の時間で、所定の出力を速やかに供出する（英）</li> <li>✓ 異常時には約定量の最大量を最低30分間継続して出力する（独）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 日本でも周波数が著しく低下した場合に速やかに系統周波数を回復する機能を一次に求めていることから、<u>異常時の応動要件について検討</u>する必要があるのではないかと。また、検討にあたっては、商品要件の応動時間・継続時間との関係について再確認が必要。</li> <li>• また、<u>異常時の応動を求める基準</u>を定めておく必要があるのではないかと。その際、<u>参入が予想されるリソース毎に、その特性を鑑みた設定等も検討してはどうか。</u></li> </ul>

項目	海外事例調査結果	得られた示唆・検討の方向性
周波数 変動補償	<ul style="list-style-type: none"> <li>上記の国において、電源脱落時にリソースが出力の引き戻しを起こさないよう、一次の応動を補償すべき等の要件（周波数変動補償）は確認できなかった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>調定率に基づく応動を要件とすると、周波数が基準値より低下している状態においては、出力の供出が求められていることと同義であるため、<b><u>周波数変動補償自体を技術要件として設定する必要は無い</u></b>のではないかと。</li> <li>なお、LFC・EDC制御に基づく引き戻しが生じるリソースについては、現状の日本における火力電源の大半が該当することから、<b><u>周波数変動補償機能が具備されていることをもって、調定率に基づく応動に関する要件を満たしているとみなす</u></b>こととしてもよいのではないかと。</li> </ul>
一次の出力 幅の制限 (GF幅)	<ul style="list-style-type: none"> <li>リソースに対してGFの出力可能量について制限を設けている国は無い。(4/4か国)</li> <li>グリッドコードにおいてGFの容量を一定程度確保している。(英)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各国ともにGFの出力幅に関する規定は設定されておらず、GFの供出可能量は市場参加者が判断していると考えられることから、<b><u>GFの出力幅に制限を持たせる要件は設定する必要はない</u></b>のではないかと。</li> </ul>

- フランスでは異常時における応動として、一定容量以上の電源脱落（3,000MW）が生じた際の応動の要件を定めている。



## 実績評価

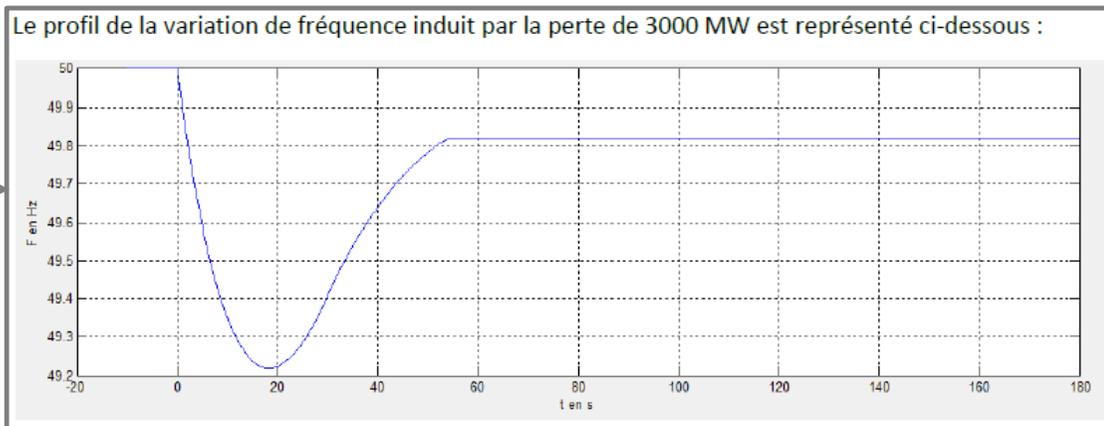
### F4 : Dynamic (負荷応動性)

#### 3. F4 : Dynamic (負荷応動性)

##### ○ 評価の観点

- >  $\Delta f$ に対して追従できているか
- > 具体的には、欧州全体で必要とされるR1量（300万kWと設定し、そのうち516MWがフランス一国で確保すべき量）の大規模災害等による一斉脱落により引き起こされる周波数の変動に対して、以下の条件を満たして追従している必要がある
  - 15秒以内に少なくとも契約調整電力×周波数偏差の50%
  - 30秒以内に少なくとも契約調整電力×周波数偏差の100%

3,000MWの電源脱落が生じた場合の RTEによる周波数変動のシミュレーション



- イギリスでは、FFR Secondary（一次相当の低速商品）の事前審査において、周波数が一定の閾値まで到達した場合に、約定量の最大値で30分間応動可能かどうかについて審査している。

### 【イギリスにおける継続時間の考え方】

FFR duration tests require the service provider to be able to respond at full output for 30 minutes. Operation will be tested at  $\pm 100\%$  of capability to ensure the system is compliant. This is carried out by a frequency step of  $\pm 0.6\text{Hz}$  onto the system for 30 minutes. The frequency will then be stepped back to  $50\text{Hz}$ . The frequency injection profiles are shown in Tables 3.9 and 3.10 and Figures 3.12 and 3.13.

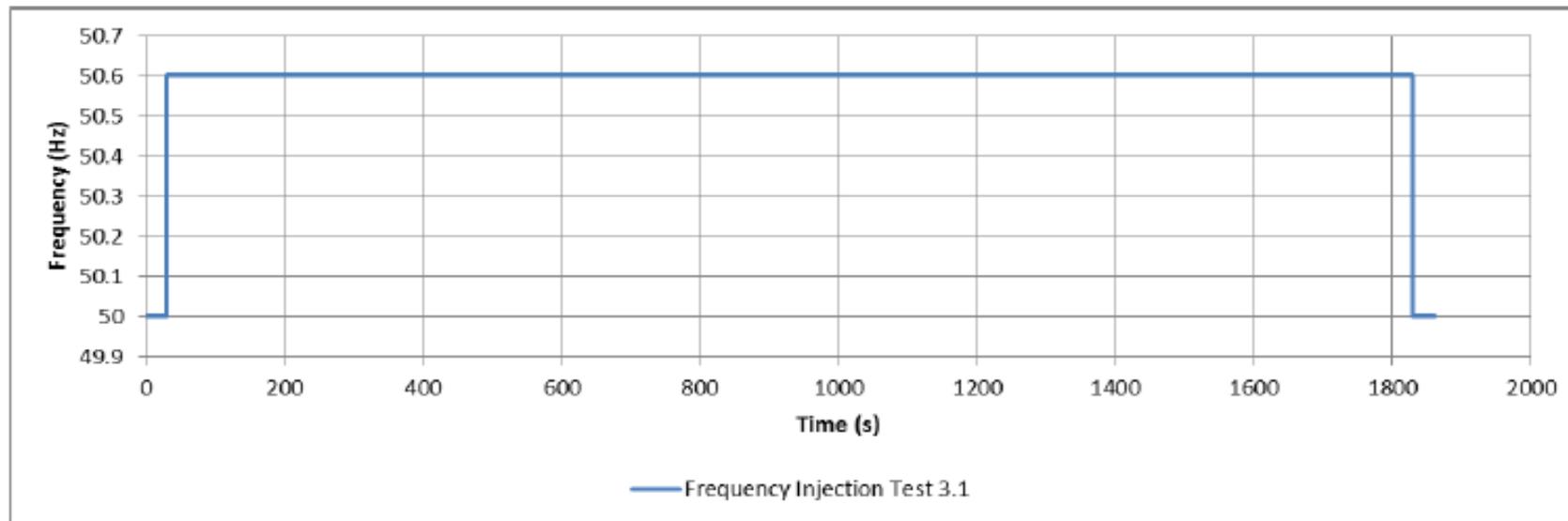


Figure 3.12 - Test 3.1 Injection Profile

- ドイツでは、周波数偏差が一定の閾値を超えた場合、PCR（一次相当）の応動について、約定量の最大量を最低30分間供出する必要がある点が定められている。

【異常時におけるPCR（一次相当）の応動】

In addition, a requirement on the providing behaviour arises in connection with the robustness versus frequency deviations. Specifically, FCR providing units or FCR providing groups must be capable of activating FCR in the frequency range of 47.5 Hz to 51.5 Hz for at least the following periods of time;

- 47.5 Hz - 49.0 Hz: 30 minutes
- 49.0 Hz - 51.0 Hz: Unlimited
- 51.0 Hz - 51.5 Hz: 30 minutes

In the case of frequency deviations greater than +/- 200 mHz but within the frequency range of 47.5 Hz to 51.5 Hz, the FCR providing unit or group must provide the full FCR power for as long as it is capable of providing FCR at all.

■ 今回実施した一次の技術要件に関する海外事例調査の結果は以下の通り

	日本(現行)	イギリス 	ドイツ 	フランス 	アメリカ 
対象TSO	一般送配電事業者	National Grid	Amprion, Transnet, 50Hertz, TenneT	RTE	PJM
商品	-	Firm Frequency Response	Primary Control Reserve	Primary Control (FCR)	Primary Frequency Response
周波数計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>自端で周波数を検知</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自端で周波数を検知</li> <li>0.1秒毎に計測し、許容誤差は±10mHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自端で周波数を検知</li> <li>許容誤差は±10mHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自端で周波数を検知</li> <li>許容誤差は±10mHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自端で周波数を検知</li> <li>1/30秒毎に計測</li> </ul>
GF出力幅(kW)の確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>10万kW以上の発電機に対し、定格の3～5%をGF幅として確保</li> </ul>	(設定無し) <small>※ただし、10MW以上もしくは110kV以上で系統接続したリソースに一定の容量の確保を要求</small>	(設定無し)	(設定無し)	(設定無し)
調定率	<ul style="list-style-type: none"> <li>5%以下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3～5%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2～5%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5%未満</li> </ul>
不感帯の設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>設定なし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>±0.015Hz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>±0.01Hz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>±0.01Hz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>±0.036Hz</li> </ul>
応動開始の遅れ時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>設定なし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不感帯を超えた周波数変動が生じた場合は2秒以上の遅れなく応動すること (慣性がないリソースの場合は1秒)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数偏差の検知後、2秒以内に応動開始すること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数偏差の検知後速やかに応動すること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不感帯を超えた周波数変動が生じた場合は速やかに応動を開始すること (遅れ時間の設定無し)</li> </ul>
電源脱落等による周波数低下時の応答	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数変動補償機能により中給から別の指令信号を受けた場合も、GF応動の応動を継続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>異常時には30分間、もしくは系統の目標周波数への復帰のいずれか短い方の時間で、所定の出力を供出する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数が0.2Hz以上低下した場合、落札量のうち、15秒以内に50%以上、30秒以内に100%を供出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3GW以上の電源脱落が発生した場合、落札量のうち、15秒以内に50%以上、30秒以内に100%を供出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>系統周波数が不感帯域に戻るまで応動を継続することが必要</li> </ul>

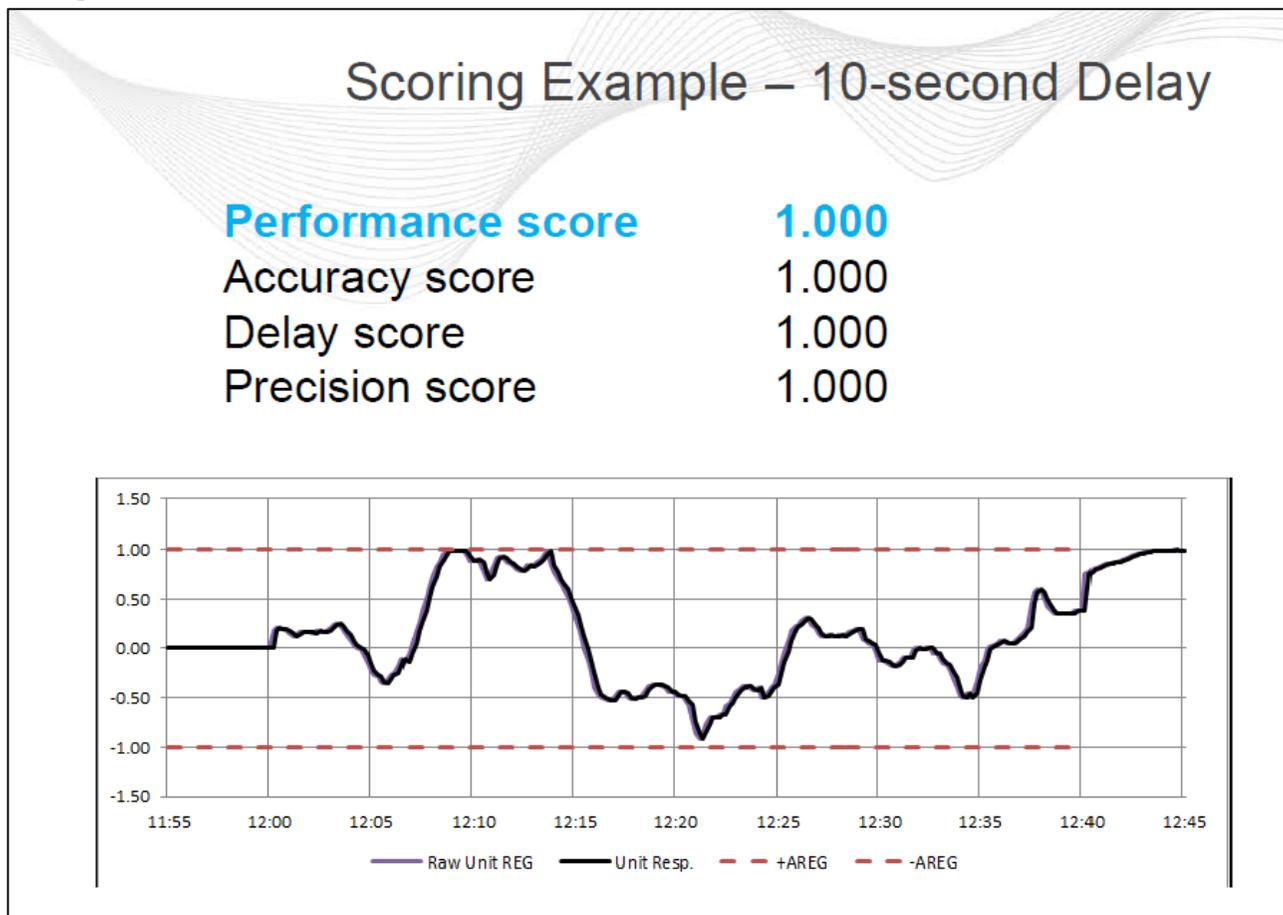
- **二次①**に関する海外事例調査結果および、今後の検討の方向性は次の通り。
- 二次相当の商品については、**いずれの国・地域においても、中給からの指令信号への追従**が求められており、また、短周期の周波数変動の調整を担っていることから、**応動遅れに関する技術要件が規定**されている。

【信号への追従性に関する海外事例調査結果】 調査対象国：米（PJM）、英、仏、独

項目	海外事例調査結果	得られた示唆・検討の方向性（案）
指令信号への追従	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 全ての国で中給からの指令信号への追従が求められる（4/4か国）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 日本においても、エリア毎の時々刻々と変動する周波数と連系線潮流の偏差から算出されるAR値を基に発信される<b>LFC信号への追従を求め</b>ることを要件として設定することとしてはどうか。</li> </ul>
応動遅れ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 複数の国で、指令信号受信後、一定の遅れ時間を設けた上で速やかな応動の開始を規定（3/4か国）                         <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 指令受信後、2分以内の応動開始（英）</li> <li>✓ 応動開始時間の理論値と実績値の乖離が30秒以内であること（独）</li> <li>✓ 10秒毎に、信号に追従した場合の推定値と応動実績を比較し、評価（遅れ時間が10秒までは約定金額の減額が無く、遅れ時間10秒を許容することと同義）（米）</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 二次①は、LFC信号に速やかに反応することが求められることから、<b>応動遅れに関する具体的な閾値の設定を検討</b>する必要があるのではないか。</li> <li>• また、上記の点は事前審査、アセスメントの手法とも関連することから、これらを踏まえて検討する必要があるのではないか。</li> </ul>

- アメリカにおけるRegulation（二次相当）の応動に関するアセスメントの方法は以下の通り。
- 10秒までの応動遅延を許容した上で、「信号への追従性」「遅れ時間」「応動の正確性」について、評価を点数化（Performance score）した上で、アセスメントを実施している。

【アメリカPJMにおけるRegulation（二次相当）に関する遅れ時間の考え方】



- ドイツにおけるSecondary Control Reserve (aFRR 二次相当) では、指令受信時点から供出開始までに30秒の遅れ時間を許容しており、これを超過するリソースの市場への応札は不可として規定されている。

### aFRR

The power change period during the aFRR operating test can encompass a response time of up to 30 seconds. The possible response time begins with the target value change and ends when the power supply or consumption has continuously left the mean value of the preceding (activation or reservation) phase. The latter time is understood as the time at which the actual control reserve value departs from the average value for the last time. If the response time exceeds 30 seconds, prequalification as an aFRR unit or aFRR group is not possible. The

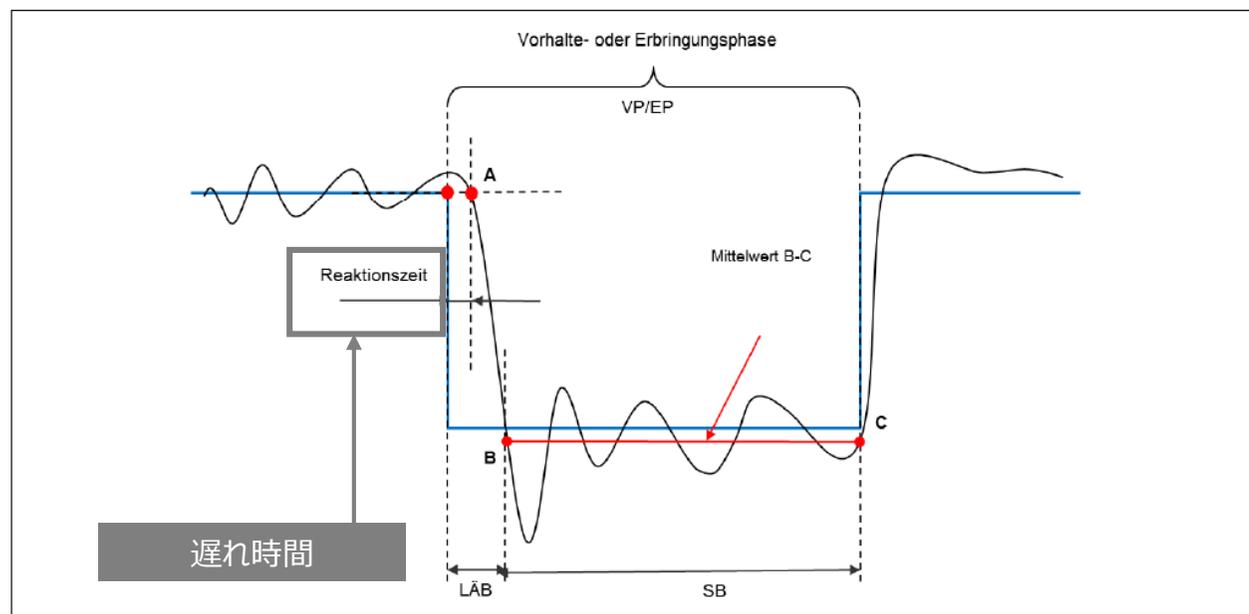


Figure 5: Schematic representation of an aFRR operating test

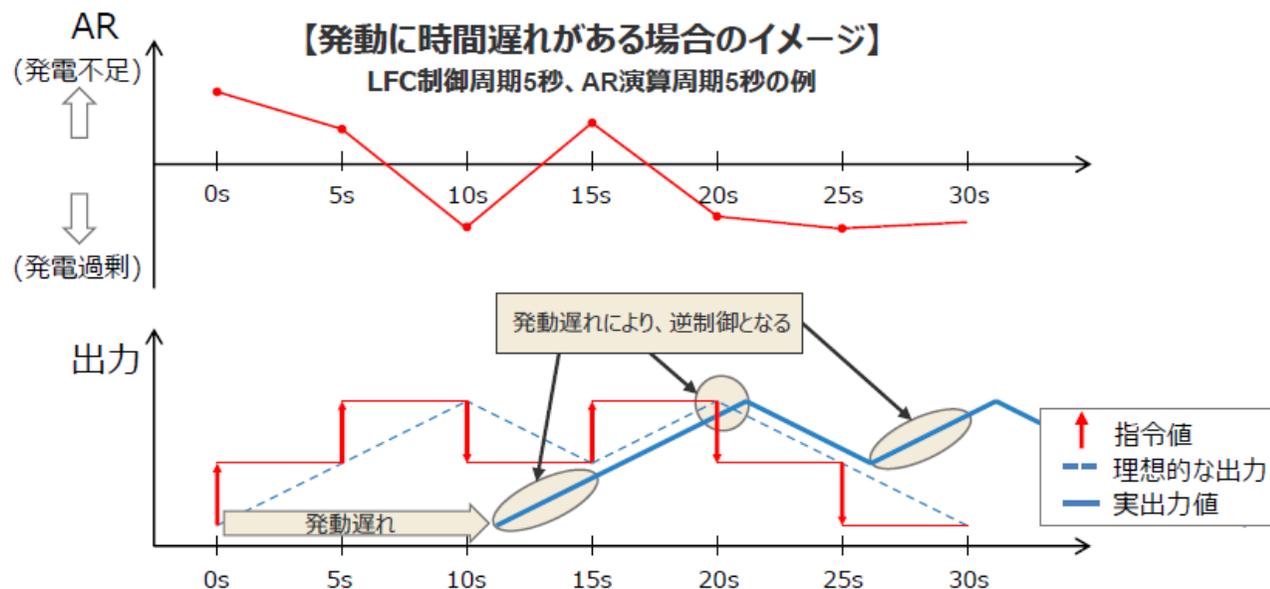
### 3-1 LFCの機能・仕様 (指令に対する即応性)

27

- LFC (TBCの場合) は、周波数と連系線潮流の偏差をARという形で検出し、そのAR分を解消させるための制御である。
- 主として数秒程度以下の短周期での制御となり、周波数維持のためには、中給LFC指令を受けた後に即応することが重要。(発動に時間遅れがある場合、逆制御となり、不要に周波数の乱れる虞がある)

#### 現状の運用で求めていること

- 調整力の発動に時間遅れがある場合、逆制御となり、周波数が乱れる虞があるため、指令に対し即応できること。  
※周波数品質維持のための調整力の発動時間遅れ等に関する規律が必要。



- 応動に関する要件について、LFC信号への追従性が全ての国で設定されていることから、**複数の国で事前審査において、理論値への追従性や中間点（線）以上の速度での応動が求められている。**
- **LFC幅**については、**出力幅の制限を要件として求めている国は無い。**

【応動に関する海外事例調査結果】 調査対象国：米（PJM）、英、仏、独

項目	海外事例調査結果	得られた示唆・検討の方向性（案）
変化速度・中間点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 複数の国において、応動における変化速度に関する規定を設定（2/4か国）                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 指令信号から算出した最大値および最小値により応動可能域を設定し、応動時間においては、最小値から逸脱した場合、ペナルティを課す（独）</li> <li>✓ 事前審査において、一定時間内で契約値から算出された応動可能領域内での応動が可能であることを確認（仏）</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 二次①は、時々刻々と変動する周波数と連系線潮流の偏差から算出されるAR値を基に数秒周期で発信されるLFC信号に速やかに反応することが求められることから、こうした信号への追従性を確認するにあたっては、異常時の応動も含め、<b>遅れ時間を許容した上で、変化速度等の要件を設定し、事前審査等でその追従性を確認</b>する必要があるのではないか。</li> <li>• なお、蓄電池等の離散制御型のリソース等の参入も想定されることから、商品要件における応動時間（5分間）の定義の再確認を踏まえ、<b>中間点（線）を検討する必要</b>があるのではないか。</li> </ul>
二次①の出力幅の制限（LFC幅）	<ul style="list-style-type: none"> <li>• リソースに対してLFCの出力可能量について制限を設けている国は無い。（4/4か国）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 各国ともに二次①の供出可能量は市場参加者が判断していると考えられることから、<b>出力幅に制限を持たせる要件は設定する必要はない</b>のではないか。</li> </ul>

- ドイツにおけるSecondary Control Reserve（二次相当）では、事前審査において変化速度について確認しており、指令から一定の遅れ時間を許容し、応動可能な閾値を設定した上で、応動時間の最低値（図中「UGT」）を下回る場合、ペナルティ（図中の紫色部分）が課される。

【ドイツにおけるSecondary Control Reserve（二次相当）に関する変化速度の考え方】

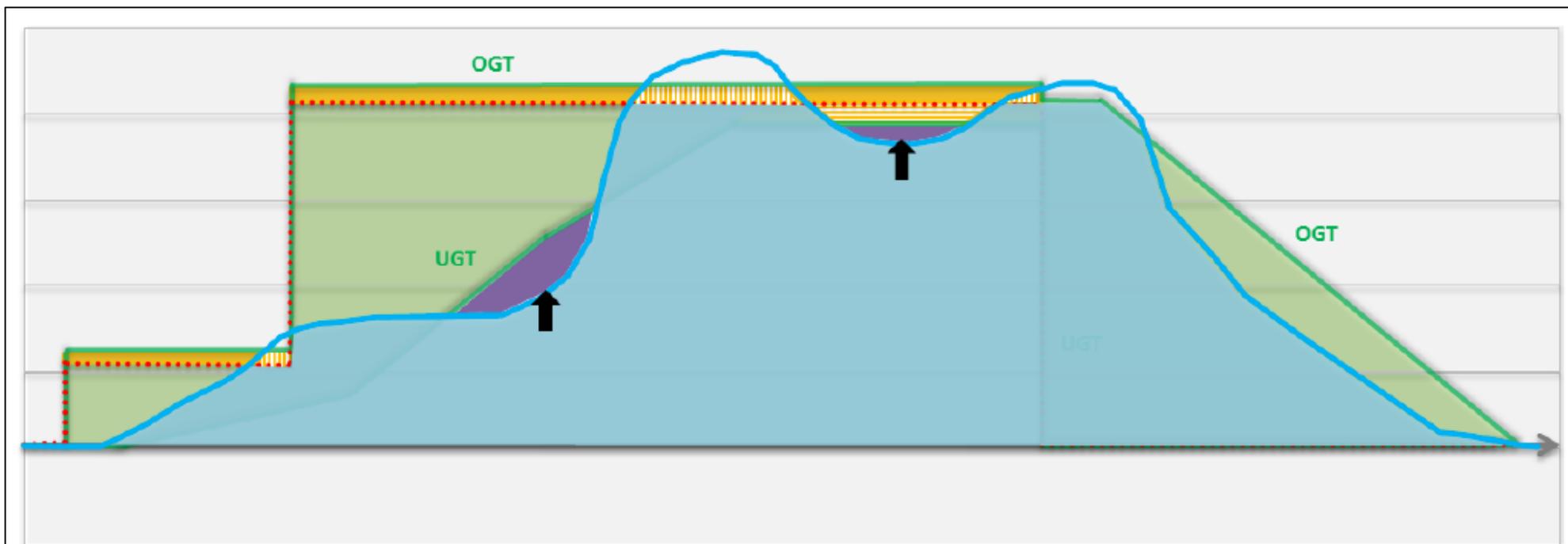


Abbildung 7: Bestimmung der Untererfüllung

### 3-1 LFCの機能・仕様 (応動時間と指令間隔の関係)

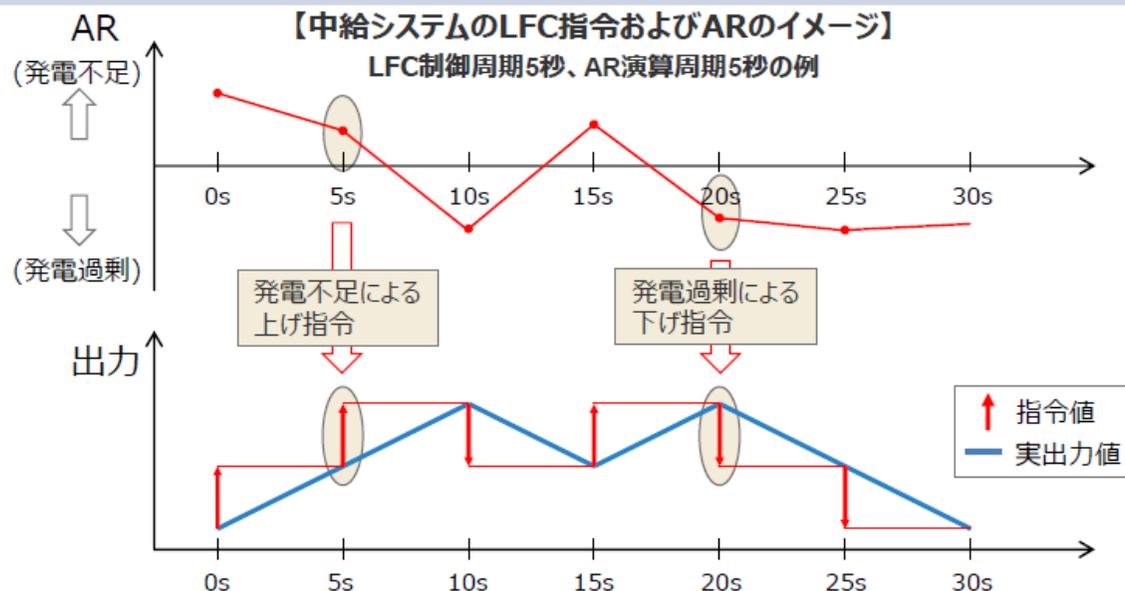
26

- 中給 (自動給電) システム (TBCの場合) は周波数および連系線潮流を計測し、偏差が発生した場合は、並列中のLFC対象発電機に、各中給システムより、0.5秒~数十秒の周期で、LFC指令信号を発信。
- 周波数および連系線潮流は絶えず変動しており、LFC指令信号は短周期で上げ下げ指令を繰り返し行う。
- 中給 (自動給電) システムは各発電機の仕様 (出力変化速度等) を認識しており、LFC指令を受けた発電機は中給と共有した出力変化速度で指令に応動している。

#### 現状の運用で求めていること

- 並列中のLFC対象発電機は、連続的なLFC指令に応じて連続的に出力すること。
- 発電機は、変化速度などの性能を各中給システムと共有の上で、中給システムのLFC指令に応動すること。

※今後、DR等の新たなリソースの増加を見据え、周波数品質維持のため、規定出力までの中間点等に関する規律が必要。



### 3-1 LFCの機能・仕様 (系統連系技術要件)

20

- 周波数を適正に維持するには、調整力を供出する発電機が中給のLFC指令に適切に応動することが極めて重要。
- 具体的には、発電機がLFC指令に応じる幅を持つこと、一定以上の変化速度があり、中給が予め認識することが必要。
- 一般送配電事業者が定める系統連系技術要件は、新設またはリプレースされる10万kW以上の火力発電機（一部混焼バイオマス発電機を含む）に対し、「LFC幅」「LFC変化速度」「EDC+LFC変化速度」の確保を求めている。

【系統連系技術要件（中部の例）】

	発電機定格出力	10万キロワット以上	
		GTおよびGTCC	その他の火力発電設備および混焼バイオマス発電設備 <sup>※6</sup>
機能・仕様等	GF調定率	5パーセント以下	5パーセント以下
	GF幅 <sup>※1</sup>	5パーセント以上 (定格出力基準)	3パーセント以上 (定格出力基準)
	LFC幅	±5パーセント以上 (定格出力基準)	±5パーセント以上 (定格出力基準)
	LFC変化速度 <sup>※2</sup>	5パーセント/分以上 (定格出力基準)	1パーセント/分以上 (定格出力基準)
	EDC変化速度 <sup>※2</sup>	5パーセント/分以上 (定格出力基準)	1パーセント/分以上 (定格出力基準)
	EDC+LFC変化速度	10パーセント/分以上 (定格出力基準)	1パーセント/分以上 (定格出力基準)
	最低出力 <sup>※3※4</sup> (定格出力基準)	50パーセント以下 DSS 機能具備 <sup>※5</sup>	30パーセント以下

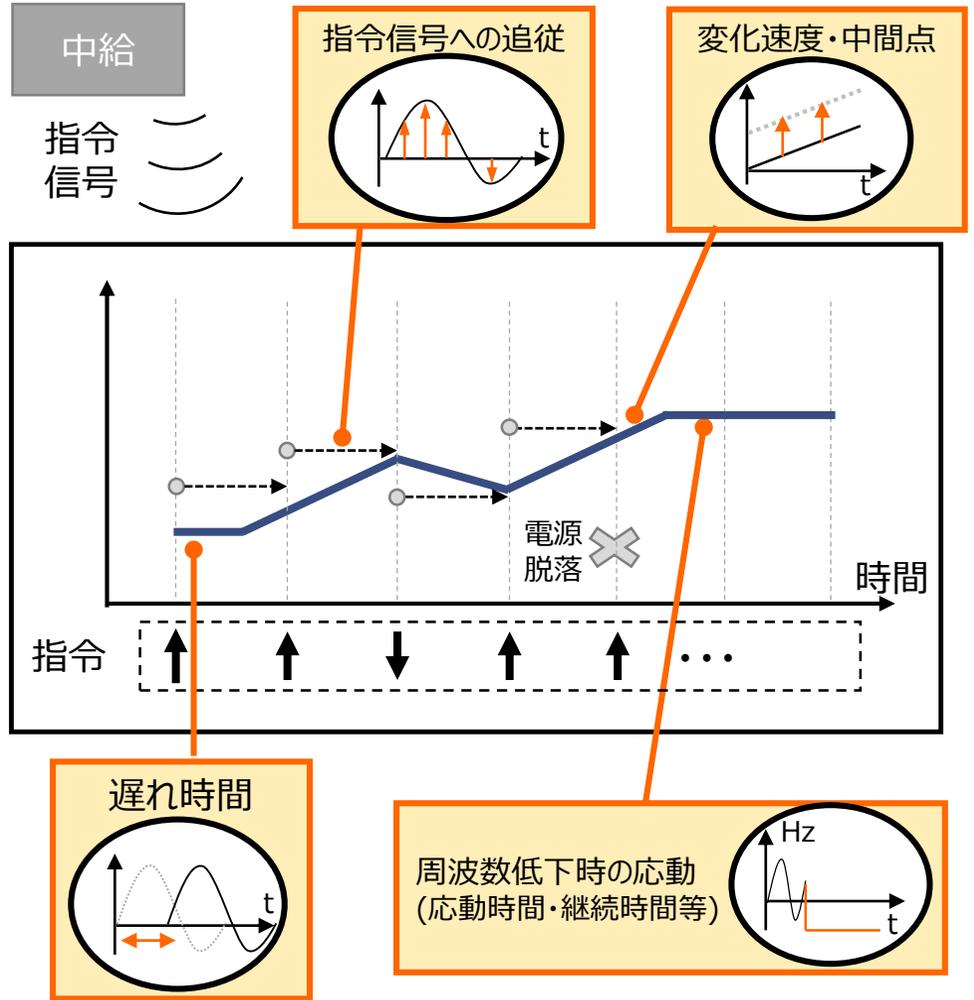
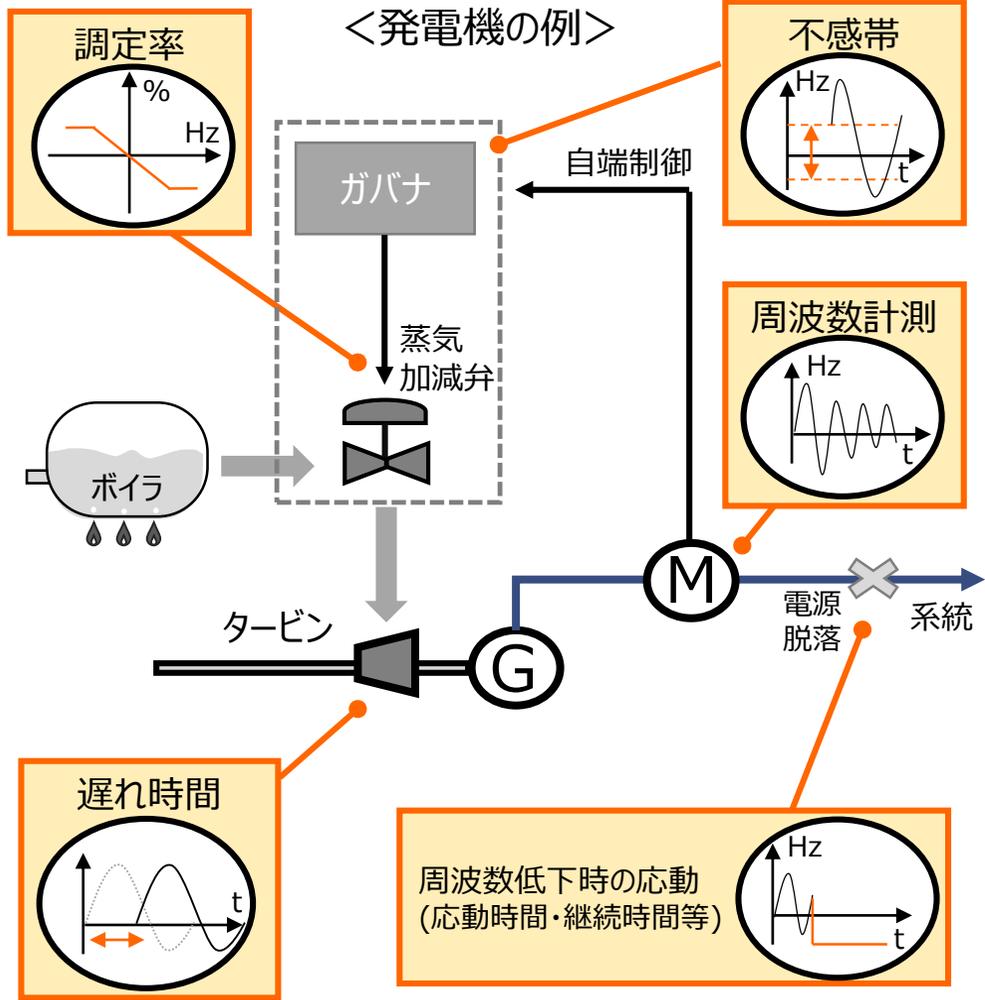
■ 今回実施した二次①相当の技術要件に関する海外事例調査の結果は以下の通り。

	日本(現行)	イギリス 	ドイツ 	フランス 	アメリカ 
対象TSO	一般送配電事業者	National Grid	Amprion, Transnet, 50Hertz, TenneT	RTE	PJM
商品	-	Fast Reserve	Secondary Control Reserve	Secondary Control	Regulation (Reg A)
指令追従	<ul style="list-style-type: none"> <li>中給から発信されるLFC信号へ追従</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>National Gridから発信される指令信号に追従</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各TSOから発信される指令信号に追従</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RTEから発信される指令信号に追従</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PJMから2秒周期で発信される信号に追従</li> <li>伝送遅延10秒許容</li> </ul>
応動開始遅れ	<ul style="list-style-type: none"> <li>設定なし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>指令後2分以内に応動開始すること(応動時間:5分)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>理論値と実出力に30秒以上の差がないこと(応動時間:5分)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>60秒後には提供開始すること(応動時間:400秒)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10秒間隔で応答遅延を定量化し、10秒以上の遅れはパフォーマンススコアの一部として評価し、ペナルティ対象</li> </ul>
変化速度・中間点	<ul style="list-style-type: none"> <li>5%/分以上(GT及びGTCC)</li> <li>1%/分以上(その他)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>25MW/分以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事前審査時に、契約値から一定の許容範囲を設け、変化速度の閾値の中での応動を要求</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事前審査時に、契約値から一定の許容範囲を設け、変化速度の閾値の中での応動を要求</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PJMに提出したランピングレートで出力を増減</li> </ul>
継続時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>30分以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>30分</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10分</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>30分</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>追従性を確認</li> </ul>
LFC幅	<ul style="list-style-type: none"> <li>5%以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設定無し</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設定無し</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設定無し</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設定無し</li> </ul>

■ 海外調査にて判明した、一次および二次相当の商品における技術要件の設定に関する詳細は以下の通り。

一次相当の技術要件

二次相当の技術要件



1. 海外市場における技術要件および調査から得られる示唆

**2. 海外調査からの示唆および各商品が対応する事象を踏まえた  
技術要件等の設定について**

3. まとめ

- 調整力が対応する事象について、一次、二次①は、平常時における時々刻々と変動する需要と供給の誤差（時間内変動）の調整に加え、電源脱落等の予測不能な異常時の周波数回復や需給バランス回復を担っており、また、二次②は小売電気事業者が策定した需要計画と需要実績のGC以降の誤差、および再エネ出力予測と実績のGC以降の誤差（予測誤差）を調整する役割を担うことになる。

事象		調整力の商品区分			
		一次	二次①	二次②	三次①
イメージ					
残余需要の予測誤差				対象	
残余需要の時間内変動		対象			
電源脱落		対象			対象
商品の 主な要件	指令・制御	オフライン (自端制御)	オンライン (LFC信号)	オンライン (EDC信号)	オンライン (EDC信号)
	応動時間	10秒以内	5分以内		15分以内
	継続時間	5分以上	30分以上		商品ブロック時間(3h)
	並列要否	必須	必須	任意	任意
	指令間隔	- (自端制御)	0.5~数十秒	1~数分	1~数分
	供出可能量 (入札量上限)	10秒以内に 出力変化可能な量	5分以内に 出力変化可能な量	5分以内に 出力変化可能な量	15分以内に 出力変化可能な量

調整力で対応する事象 (一次から三次①)

10

■ 調整力で対応する事象は平常時と事故時の大きく2つに分かれ、それぞれに対応する必要がある。

✓平常時

<予測誤差>

○需要予測誤差

小売電気事業者は、需要を予測することで需要計画を作成しているが、需要実績と完全に一致する計画を策定することができないため、GC後に予測と実績に差が生じる。これを「予測誤差」といい、調整力を用いることで需要と供給を一致させている。

○再エネ予測誤差

FIT特例制度①③による再エネの予測のうち、GC時点に想定された再エネ出力予測値と実績値との差についても調整力を用いて対応している。

<時間内変動>

○需要・再エネの時間内変動

実際の需要は時々刻々と変化し続けており、再エネの出力も時々刻々と変化している。仮に、予測と実績が30分平均値で一致していたとしても、30分より短い時間では細かな変動が生じている。これを「時間内変動」と呼び、こうした事象についても調整力を用いて需要と供給を一致させている。

✓事故時

<電源脱落>

電源が予期せぬトラブルなどで停止すること(=電源脱落)があり、このような予測不能なトラブルで生じた需要と供給の差に対しても調整力で対応する。

- 一次および二次①は、系統への常時並列が必須となり、電源脱落等の事故時には優先して調整力を供出することが求められる。

事故時の電源脱落に対応する一次、二次①及び三次①の各必要量

32

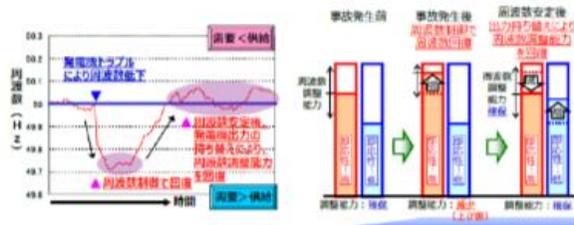
- 実需給において、電源脱落が発生した場合には、小売電気事業者が追加供給力を確保するまでの間、一般送配電事業者が調整力を発動し、電源脱落直後の周波数低下を一定の範囲内に抑え、周波数を回復させる。その後、持続時間が短い一次から順次二次、三次①へ持ち替えていく必要がある。
- 応動時間、継続時間が同時間である二次①と二次②の選定においては、いつ発生するかわからない事故に備えておくため、並列が任意の二次②でなく、常時並列で指令間隔の短い二次①を優先して対応することとしてはどうか。
- このことを踏まえると、電源脱落が発生した場合には一次から二次①、三次①へ持ち替えることとし、一次、二次①及び三次①の必要量は同量としてはどうか。

電源脱落時の調整力の運用について

9

第9回調整力の細分化及び広域調達の技術的検討に関する作業会 資料2

- 事故による電源脱落等により周波数低下が発生した場合は、調整力を活用して周波数低下を一定の範囲内に抑え、周波数制御で周波数を回復し、出力持ち替えにより周波数調整能力を回復する。
- 現状は、応動時間の短いGF機能で周波数低下を一定の範囲内に抑え、その後、中給システムからの指令に対する応動時間の短いLFCで維持し、EDCで発電機の持ち替えを行いながら周波数を回復させるとともに、周波数調整力を回復し、次に備えている。なお、大規模電源脱落時には系統安定化装置や負荷遮断等を組合せて対応している。
- 各段階で調整力に求められる能力は異なり、大規模な電源脱落等が発生した場合にも細分化した調整力を組み合わせて対応する必要がある。



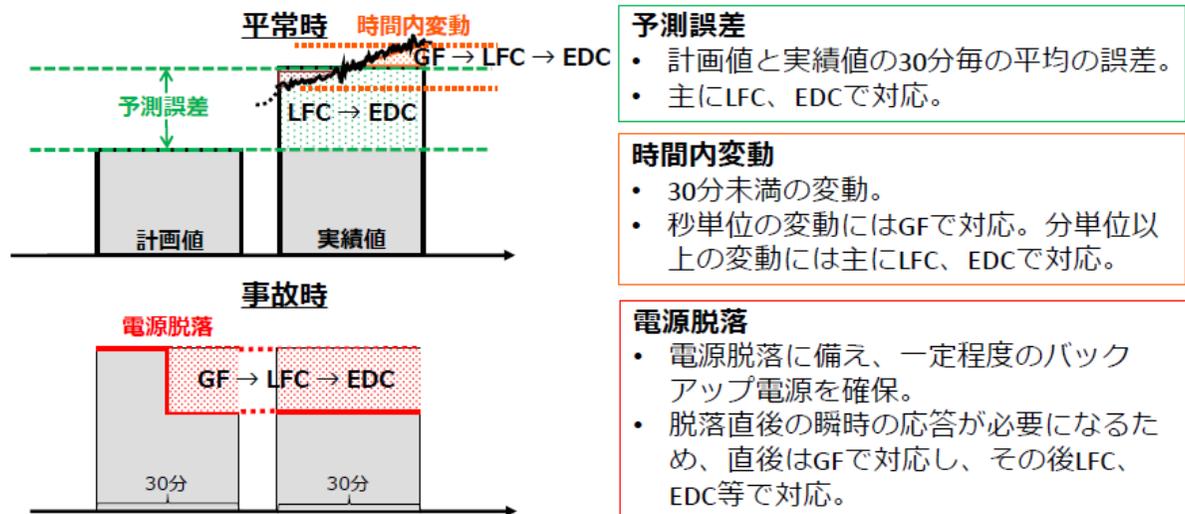
出所) 第10回 制度設計WG 資料4  
[http://www.occto.or.jp/occto/tech/technical/2017/2017\\_jukyuchousei\\_04\\_haifu.html](http://www.occto.or.jp/occto/tech/technical/2017/2017_jukyuchousei_04_haifu.html)

出所) 第1回 需給調整市場検討小委員会 (2018.2.23) 資料4  
[https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/jukyuchousei/2017/2017\\_jukyuchousei\\_01\\_haifu.html](https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/jukyuchousei/2017/2017_jukyuchousei_01_haifu.html)

- 一次、二次①は時々刻々と変動する需給バランスの誤差を調整するのに対し、二次②は数十分先に発生が予想される需要予測誤差や、再エネ予測誤差といった需給バランスの不一致を調整する役割を担っており、他方、その応動については、一次は自端制御、二次①および二次②は各一般送配電事業者が算出・指令するLFC信号およびEDC信号に基づいて応動する商品となる。
- このため、一次は自端で周波数偏差を検知し、応動するための要件を整理するとともに、二次①、②については各一般送配電事業者が指令する信号に追従し、応動するための要件を整理する必要があるのではないか。

## (参考) 調整力に対応する事象

- 需給調整市場で調達すべき調整力は予測誤差、時間内変動、電源脱落等。
- これらの事象に対応するため、各一般送配電事業者はGF、LFC、EDCに活用できる調整力を確保。
- また、一定程度のバックアップ電源も必要不可欠。



(参考) 需給調整市場における商品の要件(簡易指令システムが中給システムに接続された場合)

	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 (自端制御)	オンライン (LFC信号)	オンライン (EDC信号)	オンライン (EDC信号)	オンライン
監視	オンライン (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 (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 簡易指令システム	専用線 または 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 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 簡易指令システム：1分	1～30分※5
供出可能量 (入札量上限)	10秒以内に 出力変化可能な量 (機器性能上のGF幅 を上限)	5分以内に 出力変化可能な量 (機器性能上のLFC幅 を上限)	5分以内に 出力変化可能な量 (オンラインで調整可能 な幅を上限)	15分以内に 出力変化可能な量 (オンラインで調整可能 な幅を上限)	45分以内に 出力変化可能な量 (オンライン(簡易指令 システムも含む)で調整 可能な幅を上限)
最低入札量	5MW (監視がオフラインの場合は1MW)	5MW※1,4	5MW※1,4	専用線：5MW 簡易指令システム：1MW	専用線：5MW 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有り(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。

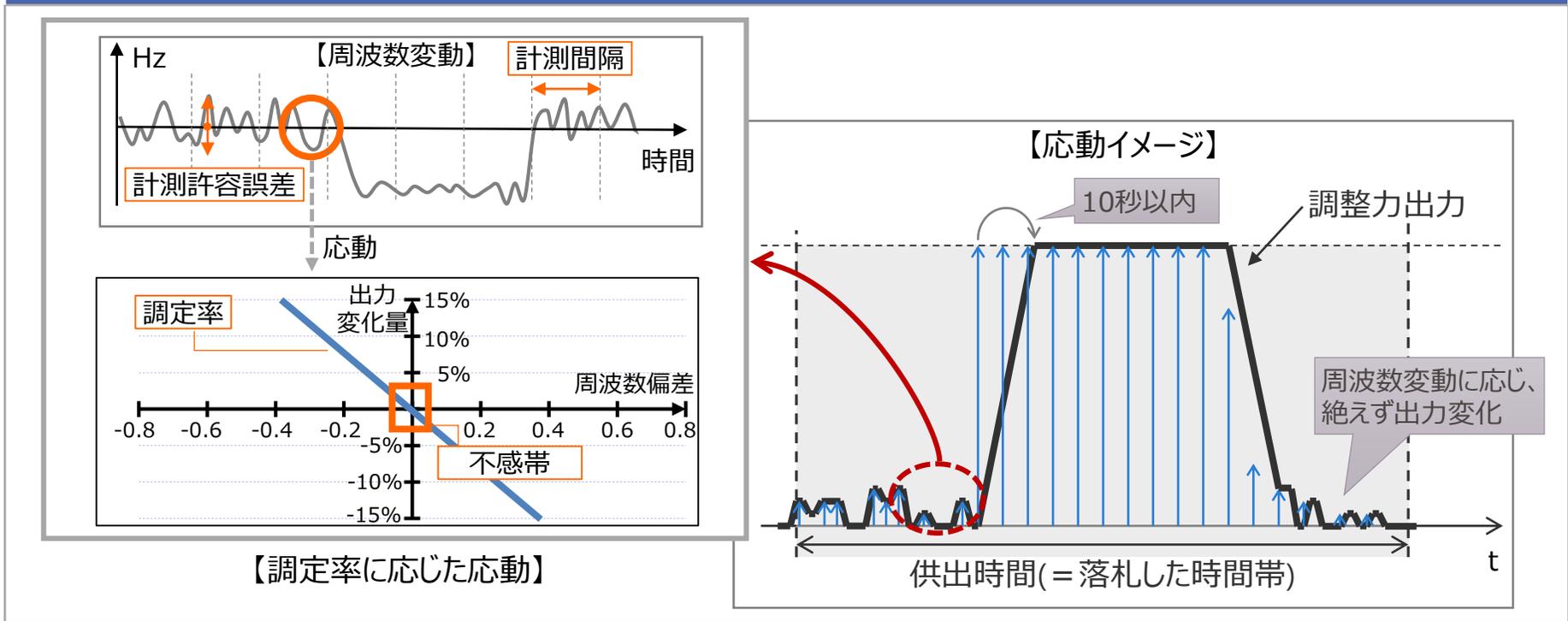
※6 簡易指令システムの指令間隔は広域需給調整システムの計算周期となるため当面は15分。

---

# 一次の技術要件等に関する整理

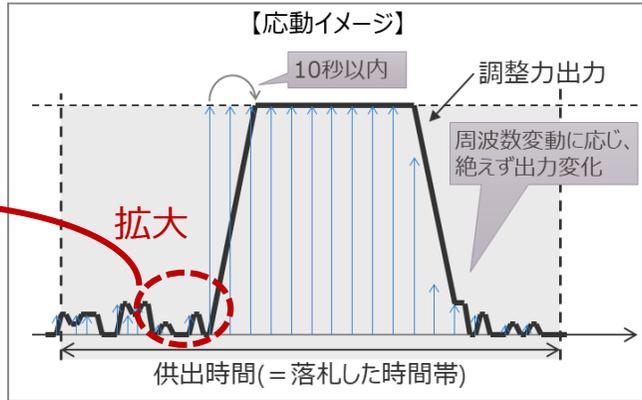
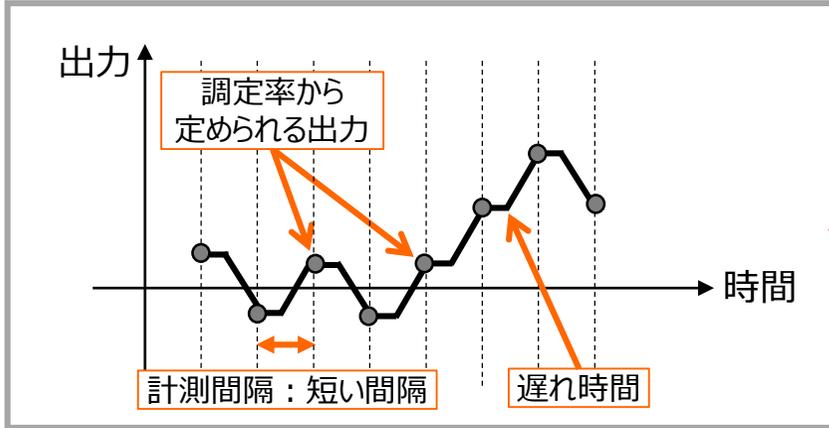
- 一次は**周波数の偏差を検知して応動**する必要があることから、**周波数計測に必要な技術要件（計測誤差、間隔等）を設定**するとともに、国際規格等の標準規格も参考に、これらの計測に必要な**周波数計測器の規格についても検討**する必要があるのではないかと。
- また、一次は周波数偏差を検知し、自端でリソースの出力を制御する必要があることから、**周波数偏差に応じた出力変化率（調定率）を定め**たうえで、平常時や電源脱落時の応動に関する考え方について整理することとしてはどうか。なお、微細な周波数偏差における応動による発電機等への負荷軽減等に関するニーズがある場合においては、**調定率に不感帯を設けることを許容**してもよいのではないかと。

### 周波数検知および調定率による応動のイメージ



- 一次は、極短周期成分の変動に対応する商品であることから、周波数偏差の検知後、速やかに出力を変化させることが求められるが、火力発電機等のリソースについては、周波数検知後、出力の増加減が行われるまでに一定の時間（遅れ時間）を要する。
- また、リソースの出力は調定率に基づいて応動することが求められるため、その出力変化速度は周波数の変化速度に従うことになる。このため計測間隔を一定程度短くすることで、リソースの応動は周波数との同期性が高まる。
- 以上を踏まえ、一次の応動については、**調定率に応じた応動を技術要件として要求したうえで、遅れ時間や周波数の計測間隔、不感帯等を適切に設定**することで、**出力変化速度に関する要件は設定を不要**と整理できるのではないかな。
- なお、こうした遅れ時間等の設定値については、現状の日本の周波数時間滞在率が標準周波数 $\pm 0.1$ Hz以内に概ね99%以上に収まっている点も鑑み、周波数の計測誤差も含め、既存電源の設定値を参照しつつ、海外事例等も踏まえて、設定することとしてはどうか。

調定率による応動の詳細イメージ



## 1 GFおよびLFC機能の概要（周波数調整目標と変動実績）

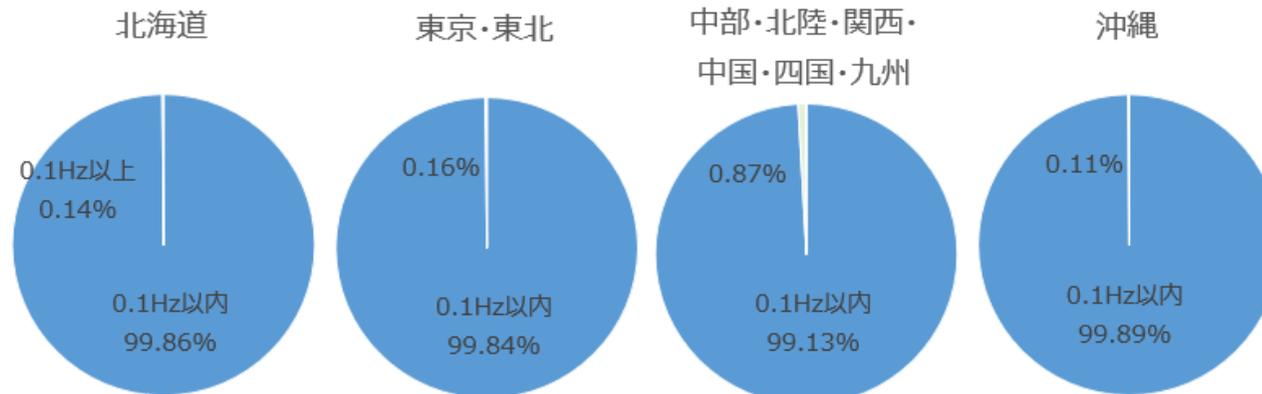
8

- 各一般送配電事業者は、GFやLFC機能をもった発電機を適切に確保および制御し、周波数を調整。
- 平常時の周波数調整目標範囲は、 $\pm 0.2\text{Hz}$ および $\pm 0.3\text{Hz}$ であり、標準周波数 $\pm 0.1\text{Hz}$ 以内の時間滞在率実績は概ね99%以上。

### 【各エリアの周波数調整目標値】

	北海道	東北・東京	中部・北陸・関西・ 中国・四国・九州	沖縄
標準周波数	50Hz		60Hz	
調整目標範囲	$\pm 0.3\text{Hz}$	$\pm 0.2\text{Hz}$		$\pm 0.3\text{Hz}$

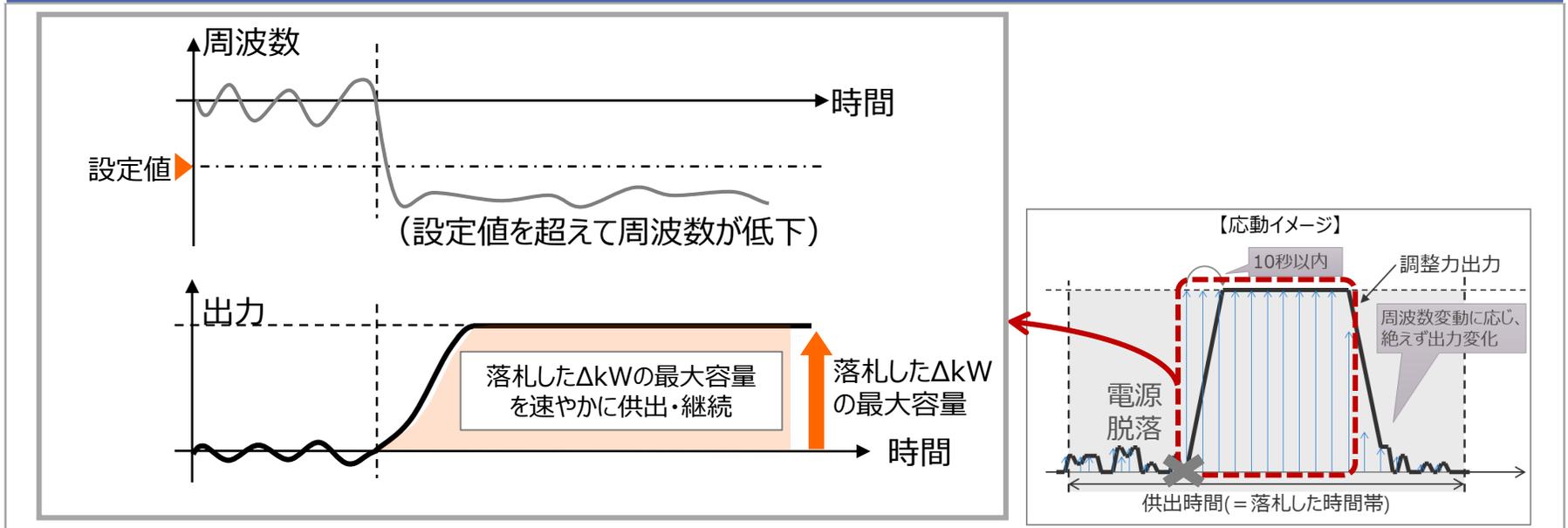
### 【2018年度の周波数時間滞在率】



広域機関 電気の質に関する報告書 -2018年度実績- (2019年12月) より抜粋

- 平常時における一次の応動は、落札ブロック期間を通じて、極短周期の周波数変動を自端で検知して、調定率に応じてリソースの出力増減を繰り返すこととなるが、他方で、一次は、電源脱落発生時等の異常時において周波数低下を抑制する機能も担っていることから、落札ブロック期間内において急激な周波数低下を検知した場合には、その周波数低下を抑制し、更に基準周波数に回復させる応動が求められる。
- このため、電源脱落発生等により一定以上の周波数低下を検知した場合においては、周波数の回復に向けて、**落札 $\Delta$ kWの最大供出量を可能な限り速やかに供出し、また、基準周波数に回復するまでの一定期間において、落札した $\Delta$ kWの最大容量を継続して供出することが求められる。**
- 現状の一次に関する商品要件のうち、応動時間および継続時間については、こうした異常時に求められる応動の考え方を踏まえて設定されたものとなる。

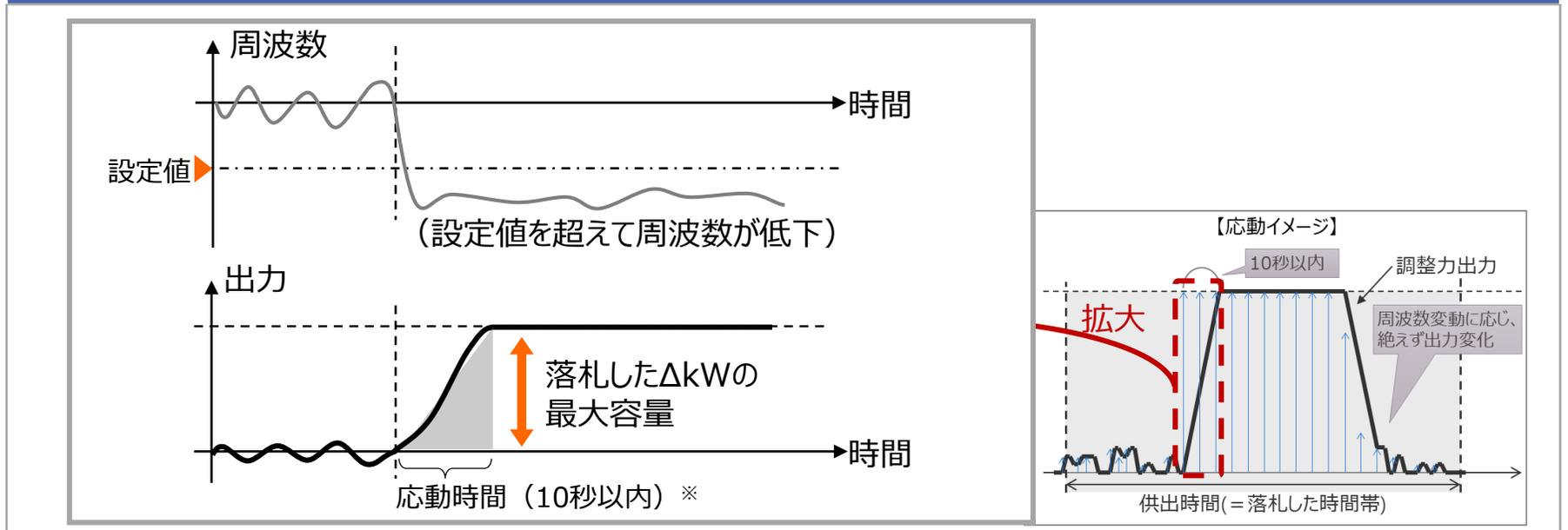
電源脱落等の異常時における応動イメージ



- 一次の商品要件における応動時間（10秒）※は、応動時間以内に全てのGFが最大量を供出すれば、一定規模の電源脱落等を除き負荷遮断等を実施することなく周波数が基準周波数に回復可能であることを踏まえたうえで設定されたものである。このことから一次における応動時間に関する考え方は、電源脱落等による周波数低下時において、落札した $\Delta kW$ の最大量を供出するまでの時間となる。
- なお、上記の応動を要求する周波数の設定値については、一次の応動時間を検討する際に想定した事象等も踏まえて検討する必要があるのではないか。
- また、応動時間（10秒）以内に全ての一次の $\Delta kW$ 最大量が供出されることで周波数が回復することを踏まえると、中間点など応動時間より短い時点での目標値の設定は不要と考えてよいのではないか。

※応動時間の起点はアセスメントとあわせて今後検討する。

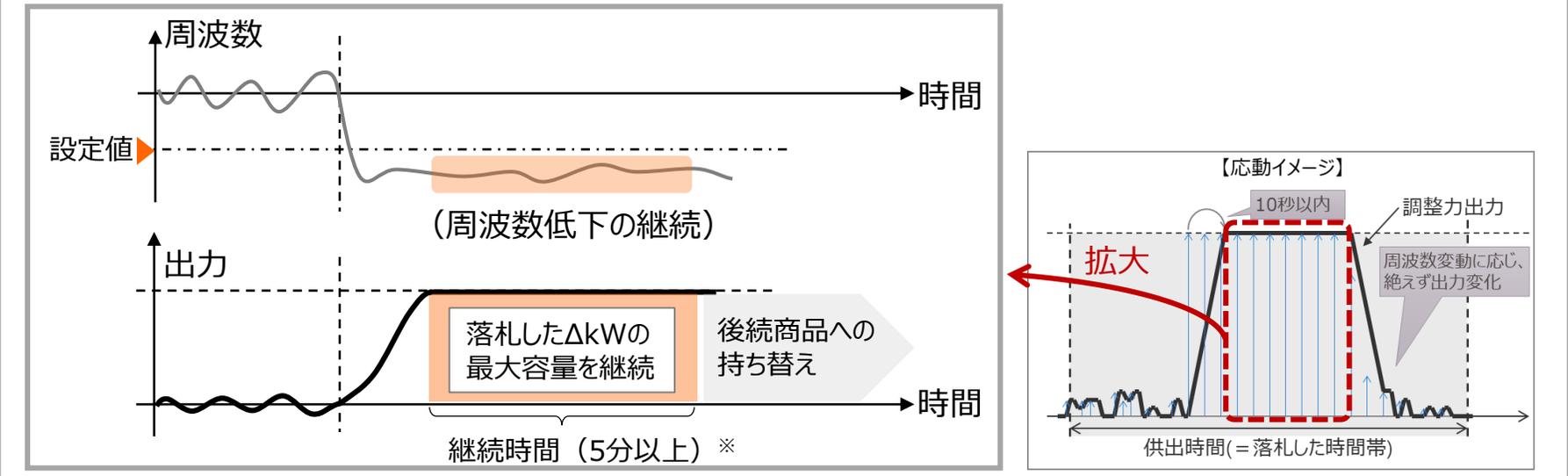
## 電源脱落等の異常時における応動（応動時間）



- 一次の商品要件における継続時間（5分以上）※は、電源脱落等による周波数低下が一定時間継続した場合において、後続で発動する二次①へ出力を持ち替えることを念頭に、二次①の応動時間と合わせて設定している。
- このことから、一次における継続時間に関する考え方については、電源脱落等による周波数低下時において、落札した $\Delta kW$ の最大量を継続的に供出し続ける時間となる。
- なお、電源脱落等による周波数低下は、全ての事例において周波数低下の設定値を逸脱する状態が5分以上継続するわけではないことから、5分以内に周波数が回復した場合においては、平常時と同様に、調定率に応じた応動に戻ることは問題とならないと考えられるのではないか。

※継続時間の起点はアセスメントとあわせて今後検討する。

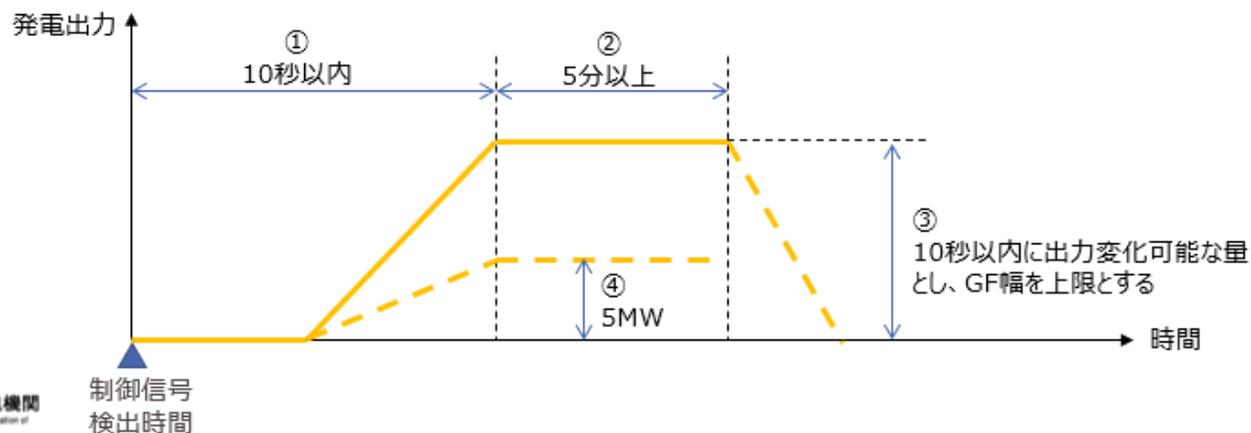
## 電源脱落等の異常時における応動（継続時間）



各商品の要件と考え方について  
一次調整力(GF)の定量的な要件

7

要件	設定値	設定値の考え方
① 応動時間	10秒以内	5分以内の変動および電源脱落時等の過渡的な変動において周波数維持できるように設定する。(海外事例(英国:10秒)を参考に設定)
② 継続時間	5分以上	周波数戻り時間(東日本エリアであれば50Hzを下回ってから50Hzに戻るまでの時間)の2 $\sigma$ パーセンタイル値を一次調整力(GF)の継続が必要な時間と考え設定する。
③ 供出可能量 (入札量上限)	10秒以内に 出力変化可能な量とし、 機器性能上のGF幅を 上限とする	応動時間である10秒以内に出力変化が可能な量を設定することとし、確保した調整力が不足しないよう確実に応動できる量である必要があるため、機器性能上のGF幅を上限とする。
④ 最低入札量	5MW	P18のとおり
⑤ 刻み幅 (入札単位)	1kW	P19のとおり



- 現状、系統連系技術要件において、一定規模以上の火力発電機に対して、周波数が低下した場合に発電機出力の引き戻しを防止するために周波数変動補償機能の具備を求めている。
- 他方で、一次は調定率に基づく応動を技術要件とすることで、周波数が基準値より低下している状態においては $\Delta kW$ の供出が求められること、また、市場へ参入が期待される新たなリソース（DR、蓄電池等）については、こうした機能の具備がなされていないことが想定され、周波数変動補償機能の具備を技術要件にすると、新たなリソースに対する参入障壁となりうることから、**周波数変動補償機能を技術要件として設定しない**こととしてはどうか。
- なお、現状の日本における一定規模以上の火力発電機は、系統連系技術要件によりLFCやEDC制御の具備もあわせて求められており、周波数が基準値より低下した場合であっても、LFCやEDC指令値への引き戻しにより、調定率とは異なる応動を行う可能性がある。ただし、現状は、このような引き戻しが生じる火力発電機が日本における調整力の大宗を占めていることも踏まえ、こうしたリソースについては、**周波数変動補償機能が具備されていることをもって、調定率に基づく応動に関する要件を満たしている**とみなすこととしてはどうか。

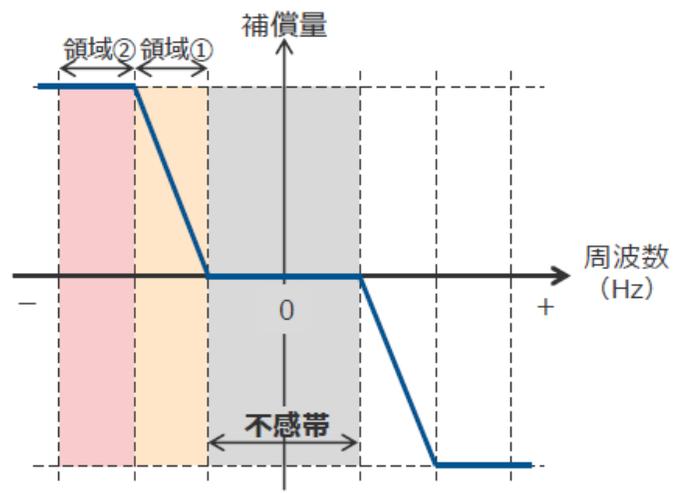
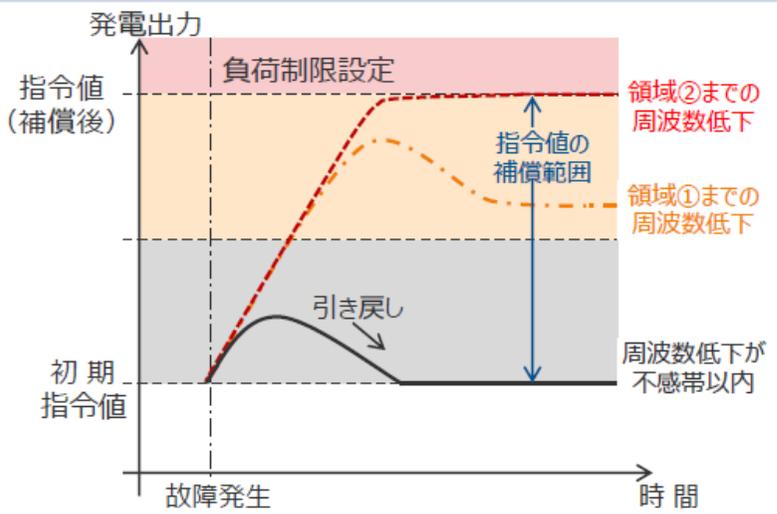
### 2-1 GFの機能・仕様 (周波数変動補償機能)

14

- 周波数変動補償機能は、発電機故障に伴い周波数が低下した場合など、周波数低下量を抑制させるために、発電機の指令値に対して、必要な出力増加分（補償量）を加算するもの。
  - 平常時の周波数変動では、ガバナが動作したあと一定程度の時間が経過すると、周波数の変動とは関係なく、もとの出力指令値に引き戻す仕組みとなっている。
  - 他方、周波数が継続して低下する異常時には、引き戻しが生じないよう発電機の指令値に対し、自動で補償量を加算することで、発電機のガバナ動作が継続し、周波数の低下を抑制することができる。

#### 現状の運用で求めていること

- 10万kW以上（沖縄エリアは3.5万kW以上）の火力発電機などには、周波数が低下する異常時に、GF運転により一旦増加した発電出力を、もとの出力指令値に引き戻すことがないよう「周波数変動補償機能」を具備すること。



電気学会技術報告第1386号「電力需給・周波数シミュレーションの標準解析モデル」(2016年12月) 汽力プラントモデル定数を引用

- 現状、系統連系技術要件において一定規模以上の火力発電機に対して、GF幅を規定しているが、市場で取り扱う商品としては、前述の異常時に供出可能な $\Delta kW$ 最大値等の要件に基づき、**事業者が応札 $\Delta kW$ を自ら設定するもの**であると考えられるため、**GF幅を一次に関する技術要件とする必要は無い**のではないか。

## 2-1 GFの機能・仕様（系統連系技術要件）

10

- GF機能に係る技術要件として、各一般送配電事業者が定める系統連系技術要件で、新設またはリプレースされる10万kW以上（沖縄エリアは3.5万kW以上）の火力発電機（一部混焼バイオマス発電機を含む）を対象に、以下の要件を定めている。
- その他の発電機種別（水力、原子力等）は、統一した仕様の設定が困難と考えられるため、個別協議。

### 【系統連系技術要件（中部の例）】

	発電機定格出力	10万キロワット以上	
		GTおよびGTCC	その他の火力発電設備および混焼バイオマス発電設備 <sup>※6</sup>
機能・仕様等	GF調定率	5パーセント以下	5パーセント以下
	GF幅 <sup>※1</sup>	5パーセント以上 (定格出力基準)	3パーセント以上 (定格出力基準)
	LFC幅	±5パーセント以上 (定格出力基準)	±5パーセント以上 (定格出力基準)
	LFC変化速度 <sup>※2</sup>	5パーセント/分以上 (定格出力基準)	1パーセント/分以上 (定格出力基準)
	EDC変化速度 <sup>※2</sup>	5パーセント/分以上 (定格出力基準)	1パーセント/分以上 (定格出力基準)
	EDC+LFC変化速度	10パーセント/分以上 (定格出力基準)	1パーセント/分以上 (定格出力基準)
	最低出力 <sup>※3※4</sup> (定格出力基準)	50パーセント以下 DSS 機能具備 <sup>※5</sup>	30パーセント以下

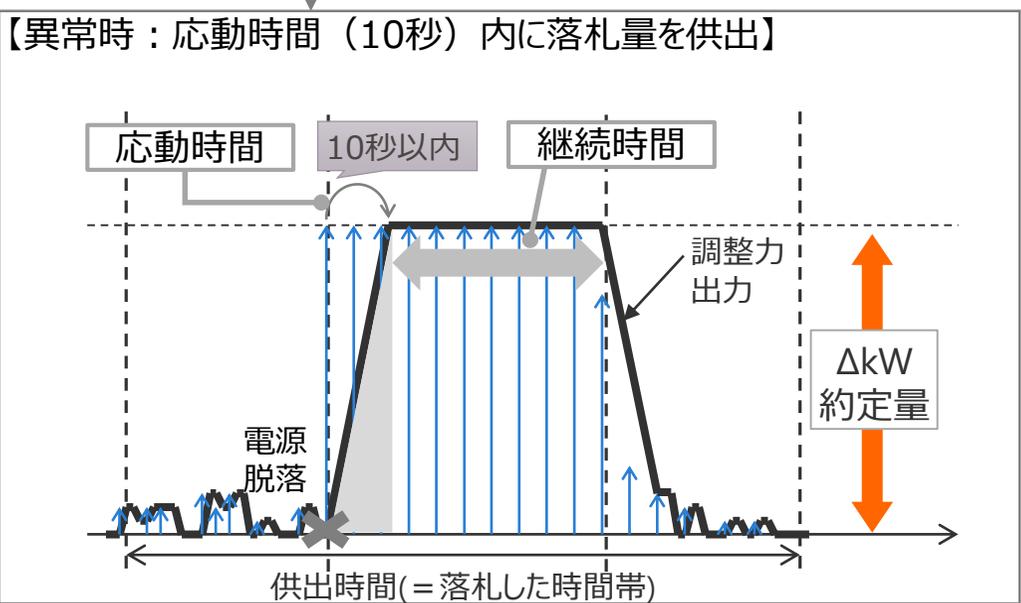
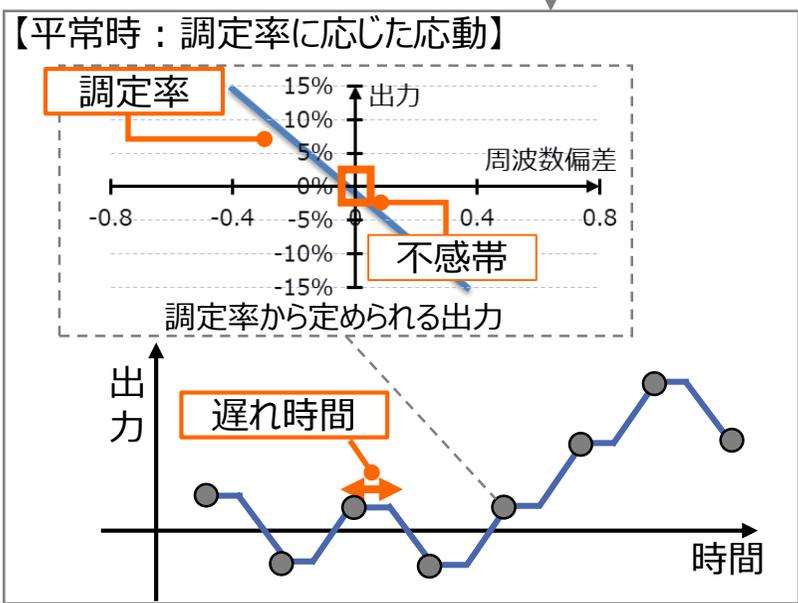
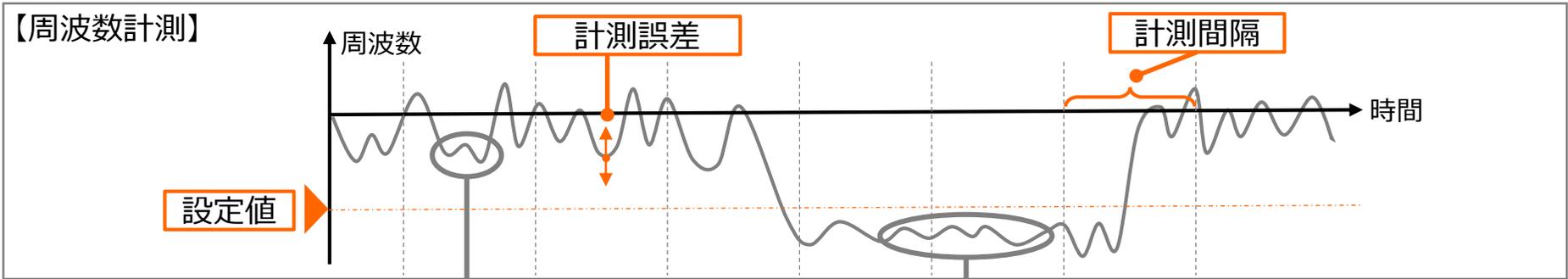
- ガバナフリー運転機能  
タービンの调速機（ガバナ）を系統周波数の変動に応じ、発電出力を変化させるように運転（ガバナフリー運転）する機能を具備すること。
- 周波数変動補償機能  
基準周波数 $\pm 0.2\text{Hz}$ を超えた場合、系統周波数変動により、ガバナで調整した発電出力を発電所の自動出力制御装置が出力指令値に引き戻すことがないように、ガバナによる出力変動相当を出力指令値に加算する機能を具備すること。

注：火力発電設備の調整機能・仕様は、既存設備の調整機能および発電事業者への負担を考慮し設定

■ 以上を踏まえ、一次に関する技術要件について今後整理が必要な事項は以下の通りとなるのではないか。

## 一次における応動と今後整理が必要な技術要件

     : 今後整理が必要な事項



# 二次①の技術要件等に関する整理

- 二次①は、平常時において時々刻々と変動する需要と供給の誤差に対する調整に加え、電源脱落等の予測不能な異常時の周波数あるいは需給バランス回復の役割を担うことになるが、一次が自端制御であることとは異なり、一般送配電事業者の中給システムがエリアの制御量であるARを基に算出し、発信される**LFC信号に追従した応動が求められる**。
- また現状は、各一般送配電事業者の中給システム仕様が異なるため、実応動値かパルス、あるいは指令間隔についてもLFCとEDCの信号が重畳して発信するエリアがある等、**一般送配電事業者毎のシステム仕様に対応する必要があるため、それらへの対応方法について規定する必要がある**。
- なお、このエリアによる指令方法の違いについては、将来的には、各一般送配電事業者が有する中給システムの仕様統一を図ることにより是正する方向性が、第18回需給調整市場検討小委員会において一般送配電事業者から示されている。

## 中給システムから専用線を用いた場合の指令の発信方法について

22

- 専用線から発信される指令について、各一般送配電事業者の中給システムにおける演算・指令方法について、調査を実施した。
- 三次①の指令に用いるEDCは予測制御のため、数分先に必要な調整量をメルトオーダーで各発電機に配分する演算を行っており、あらかじめ発電機毎に登録された負荷変化率が考慮されている。
- その際、一般送配電事業者毎に演算周期分先の時間を予測した演算を行っており、その時間間隔は商品の応動時間より短いものの3分もしくは5分に大別され、これがEDCの指令の基となっている。
- また、その指令の発信方法は、①EDC信号のみを発信、②LFC信号を重畳させて発信、の2つに大別される。後者はEDCより間隔の短いLFCの制御周期で指令を行っており、その場合のEDCの指令値はEDCの演算結果をより細かく分けた値を出している。いずれにおいても、制御周期は異なるもののEDCの指令値はEDCの演算結果に基づいている。

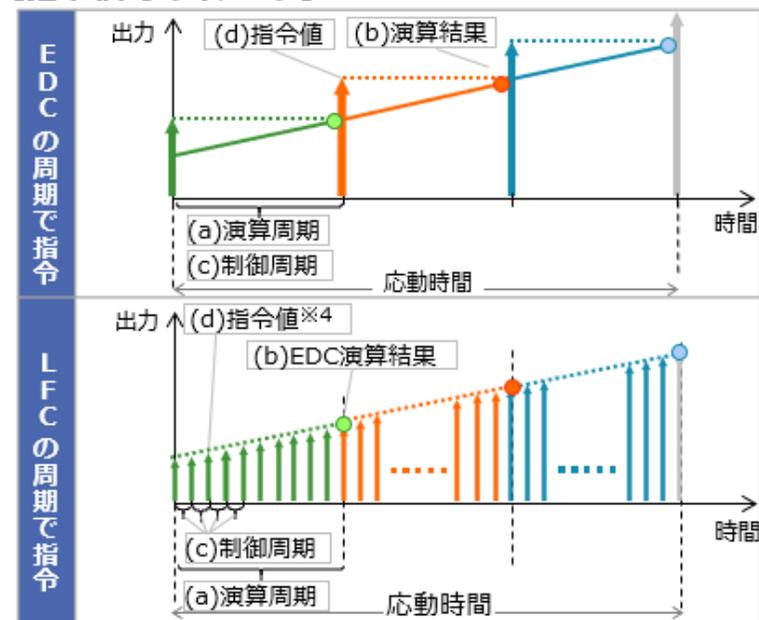
## 【EDC信号の演算周期および指令】※1

	演算周期 (a)	演算結果 (b)	制御周期 (c)	指令値 (d)	TSO
EDC信号の 周期で指令	3分	3分先の出力	3分	3分先の出力	東北 関西
	5分	5分先の出力	30秒 5分	30秒先の出力 5分先の出力	沖縄 東京
LFC信号の 周期で指令	5分	5分先の出力	3分	3分先の出力※2	北海道
			30秒	5分先の出力※2	北陸
			5秒	1分先の出力	九州
			10秒	10秒先の出力	中国
			10秒	10分先の出力	中部
			20秒	1分先の出力	四国

※1：現在、一般送配電事業者において中給システムの抜本改修においてエリア間の制御方式・演算周期等の統一が検討されている。

※2：LFC信号が混在する場合、演算結果(b)の値がLFC信号の間隔で発信される。

## 【指令信号のイメージ】※3

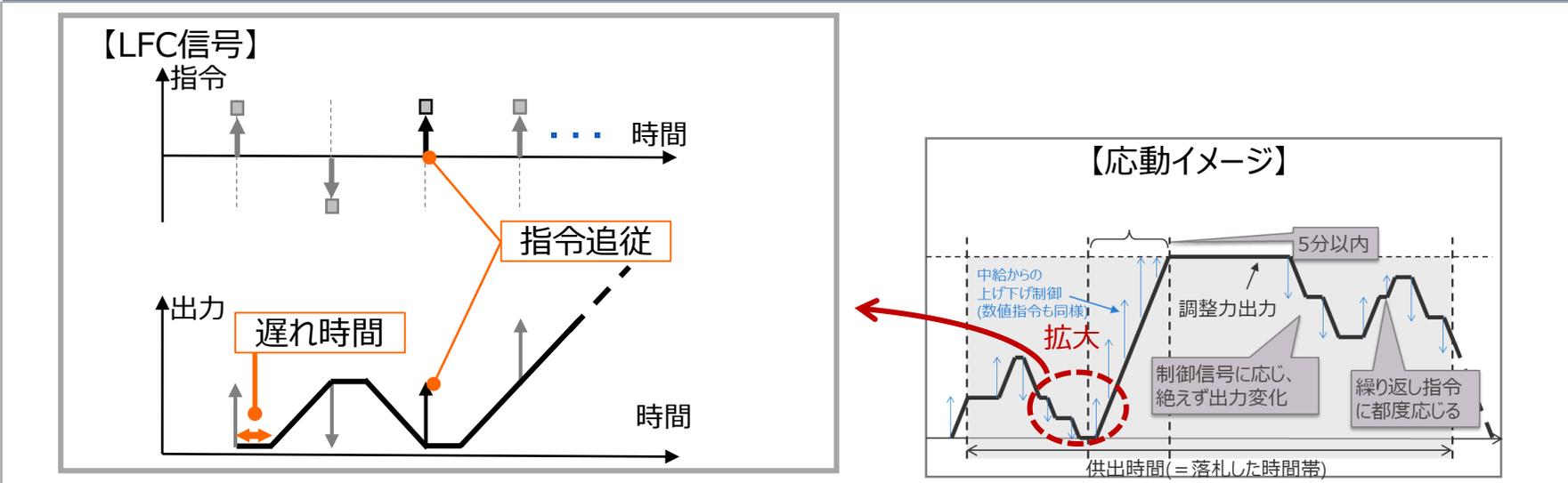


※3：詳細は各エリアの中給システム仕様により異なる

※4：EDC信号にLFC信号の値が合算されている場合がある。

- 二次①は、平常時においては、エリア毎に時々刻々と数秒単位で変動する需要と供給の誤差を調整する役割を担っていることから、落札ブロック期間を通じて、中給システムから数秒周期で発信されるLFC信号を受信後、可能な限り速やかにシステムに対して出力を供出することが求められる。他方で、火力発電機等の同期電源は、信号の受信後、一定時間の経過（遅れ時間）後にシステムに出力を供出することとなる。
- このため、二次①についても、**遅れ時間を技術要件として設定**することとした上で、後述する異常時における応動の考え方とあわせて、**事前審査、アセスメント等でLFC信号への追従性を確認**することを前提に、二次①に関する定量的な**変化速度は技術要件として設定しない**こととしてはどうか。
- なお、商品要件における応動時間は、一般送配電事業者が指令を発信してからリソースの出力が指令値に到達するまでの時間と定義している。このため、遅れ時間については、伝送に要する時間や、リソースの出力が指令値に到達するに要する時間も踏まえ、設定することとしてはどうか。

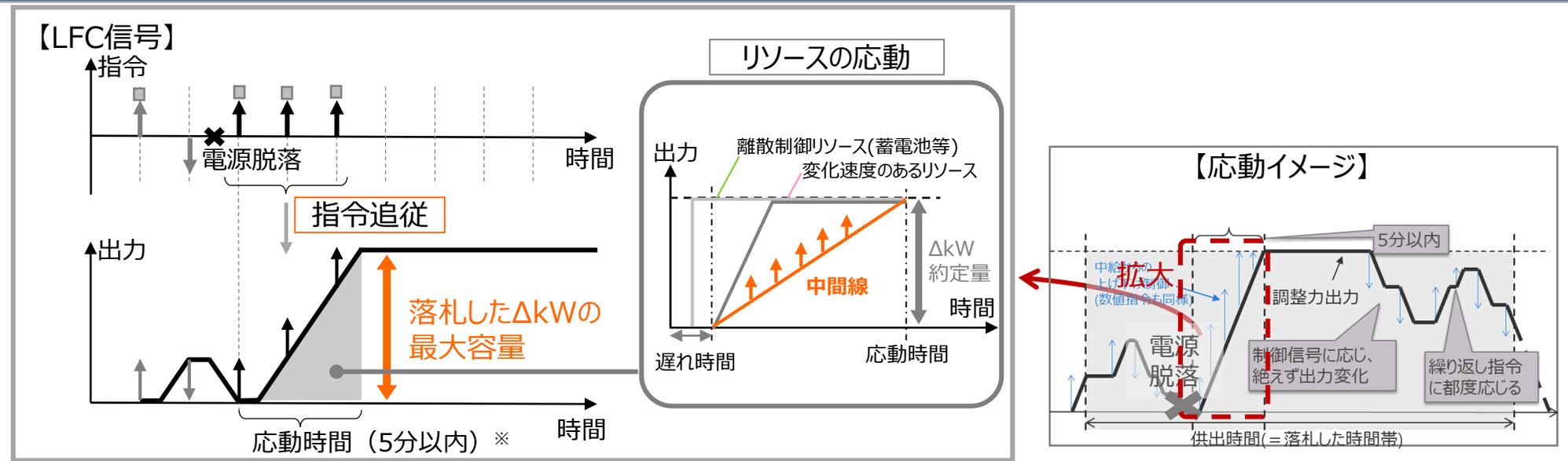
LFC信号に追従した応動のイメージ



- 二次①は、電源脱落等による周波数の急激な低下等の異常時において、周波数の回復に向けて一次から持ち替え対象となる等の役割を担っていることから、一次と同様に、こうした異常時には、落札された $\Delta kW$ の最大値がLFC指令値として発信されることとなる。
- このため、二次①の応動時間（5分以内） ※は、こうした異常時における落札 $\Delta kW$ 最大値を供出するためのLFC信号の受信時において、落札されたリソースが指令値に到達するまでの時間として設定されたものとなる。
- なお、電源脱落等による周波数の急激な低下に対応するためのLFC信号を受信してから、 $\Delta kW$ 最大値に到達するまでのリソースの応動については、今後、離散制御を行う蓄電池が市場参入することが想定されることも踏まえて、**中間点（線）を設定**するなどの何らかの規定を設ける必要があるのではないか。

※応動時間の起点はアセスメントとあわせて今後検討する。

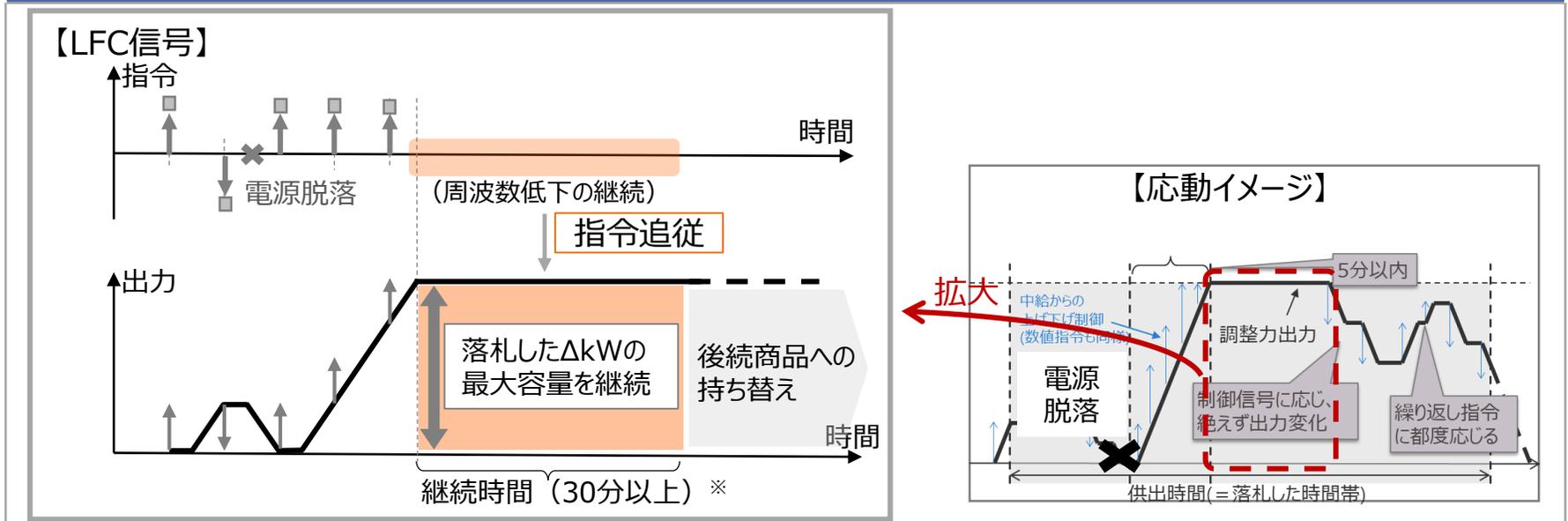
## 電源脱落等の異常時における応動（応動時間）



- 二次①の商品要件における継続時間（30分以上）※は、電源脱落等による周波数の急激な低下等の異常時において、後続で発動する三次①へ出力を持ち替えることを念頭に、一般送配電事業者が三次①への発動指令を判断する時間および三次①の応動時間を含めて設定されたものである。
- このため、二次①の継続時間に関する考え方については、電源脱落等による**周波数の急激な低下等の異常時において、落札した $\Delta kW$ の最大量を三次①の追加発動が行われるまでの間、供出し続ける時間**となる。
- なお、電源脱落等による周波数低下は、全てのケースにおいて30分以上継続するわけではないことから、30分以内に定常状態に回復した場合においては、平常時の応動、つまりLFC指令値に応じた出力調整に戻ることは問題となる応動ではないと考えてよいのではないか。

※継続時間の起点はアセスメントとあわせて今後検討する。

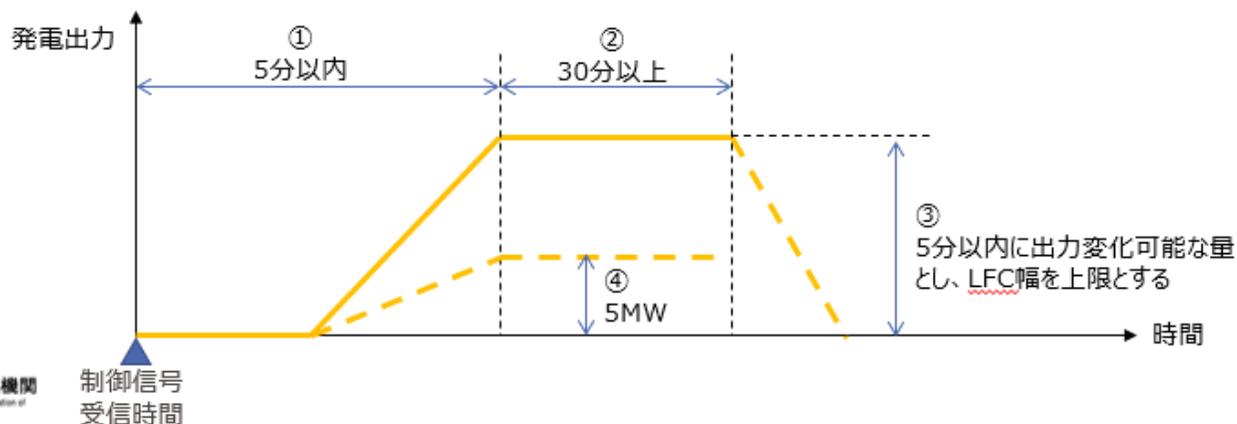
## 電源脱落等の異常時における応動（継続時間）



各商品の要件と考え方について  
二次調整力①(LFC)の定量的な要件

9

要件	設定値	設定値の考え方
①応動時間	5分以内	5分以上、15分以内の変動に追従し、周波数を維持することを目的に設定する。また、一次調整力(GF)からの受け渡しを前提に、一次調整力(GF)の継続時間も考慮し設定する。
②継続時間	30分以上	二次調整力①は後段の三次調整力①への受け渡しを前提に、三次調整力①の応動時間(15分以内)と、その重なりも考慮し、設定する。
③供出可能量 (入札量上限)	5分以内に 出力変化可能な量とし、 機器性能上のLFC幅を 上限とする。	応動時間である5分以内に出力変化可能な量を設定することとし、確保した調整力が不足しないよう物理的に制御可能な量である必要があるため、機器性能上のLFC幅を上限とする。
④最低入札量	5MW	P18のとおり
⑤刻み幅 (入札単位)	1kW	P19のとおり



- 現状、系統連系技術要件において一定規模以上の火力発電機に対して、LFC幅を規定しているが、商品として捉えた場合、前述の異常時に供出可能な $\Delta kW$ 最大値等の要件に基づき、**事業者が応札 $\Delta kW$ を自ら設定するもの**であると考えられるため、**LFC幅を二次①に関する技術要件とする必要は無い**のではないか。

【系統連系技術要件（中部エリアの例）】

	発電機定格出力	10万キロワット以上	
		GTおよびGTCC	その他の火力発電設備および混焼バイオマス発電設備 <sup>※6</sup>
機能・仕様等	GF調定率	5パーセント以下	5パーセント以下
	GF幅 <sup>※1</sup>	5パーセント以上 (定格出力基準)	3パーセント以上 (定格出力基準)
	LFC幅	±5パーセント以上 (定格出力基準)	±5パーセント以上 (定格出力基準)
	LFC変化速度 <sup>※2</sup>	5パーセント/分以上 (定格出力基準)	1パーセント/分以上 (定格出力基準)
	EDC変化速度 <sup>※2</sup>	5パーセント/分以上 (定格出力基準)	1パーセント/分以上 (定格出力基準)
	EDC+LFC変化速度	10パーセント/分以上 (定格出力基準)	1パーセント/分以上 (定格出力基準)
	最低出力 <sup>※3※4</sup> (定格出力基準)	50パーセント以下 DSS 機能具備 <sup>※5</sup>	30パーセント以下

# 二次②の技術要件等に関する整理

- 二次②は、小売電気事業者が策定した需要計画と需要実績のGC以降の誤差、および再エネ出力予測と実績のGC以降の誤差（予測誤差）を調整する役割を担うことになり、一般送配電事業者の中給システムが将来の需要および再エネ予測に基づき算出し、発信する**EDC信号に追従した応動が求められる**。
- これは、応動時間や継続時間の違いはあるものの、指令・制御方法および指令間隔等に関する要件は、残余需要の予測誤差に対応するための商品である三次①と同様である。このため、**二次②の応動に求める技術要件は、基本的に三次①と同様とする**こととしてはどうか。
- このため、二次②については個別の技術要件は設定しないこととした上で、三次①と同様の考え方にに基づき、事前審査およびアセスメント等によりその応動を確認することとしてはどうか。なお、事前審査およびアセスメントにあたっては、三次①との応動時間や継続時間の違いも考慮した上で、その詳細を定めることとしてはどうか。

## 三次①におけるアセスメントⅡの実施方法について (簡易指令システムを用いて指令を発信する場合)

37

- 簡易指令システムを用いて指令を発信する場合の三次①におけるアセスメントⅡの実施方法は以下の通り。  
※簡易指令システムは中給システムへの接続が実証等において検討されており、現時点で接続可能時期および詳細等は未定。

### 【アセスメントⅡの具体的な方法（概要）】

項目	実施内容
評価対象	実出力(需要実績)と基準の差 [送電端で確認]
評価間隔	1分(オンライン)
許容範囲	指令値 <sup>※1・2</sup> から落札された $\Delta kW$ の $\pm 10\%$
評価方法	1分毎の全計測点を30分コマ単位で評価し、許容範囲への滞在率が90%(27/30点)以上となっていること
中間点	設定無し

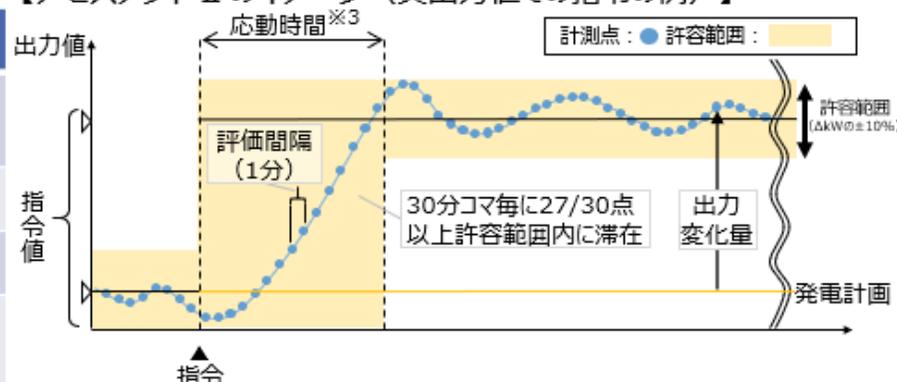
※1: ブロック開始後、最初の指令および出力が変化する場合、指令値ゼロの場合も含めて指令が発信される

※2: 実出力値での指令については簡易指令システムの改修が必要

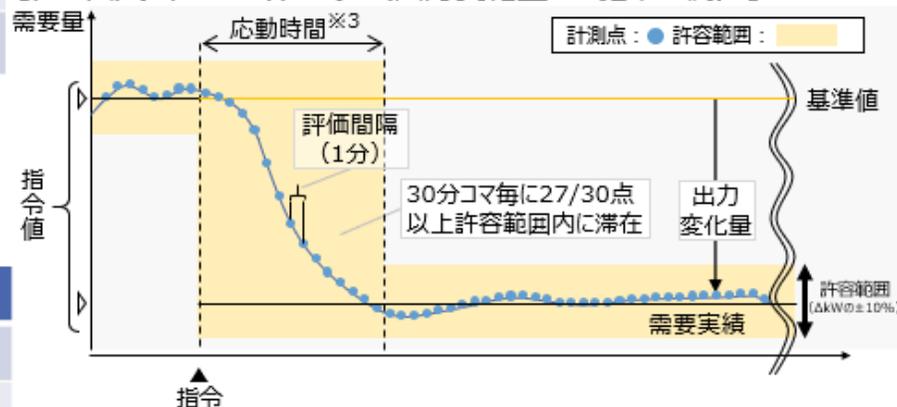
### 【計測時の基準の考え方】

指令方法	基準の考え方
実出力値	発電計画
出力変化量	基準値

### 【アセスメントⅡのイメージ（実出力値での指令の例）】



### 【アセスメントⅡのイメージ（出力変化量での指令の例）】



※3: 中給から指令を発信してから供出可能量まで出力を変化するのに要する時間

### 三次①におけるアセスメントⅡの実施方法について (専用線を用いて指令を発信する場合)

39

■ 中給システムから専用線を用いて指令を発信する場合の三次①におけるアセスメントⅡの実施方法は以下の通り。  
※エリアにより中給システムの仕様異なるため、詳細については一般送配電事業者が定める取引規程において取り決めることとする。

#### 【アセスメントⅡの具体的な方法（概要）】

項目	実施内容
評価対象	実出力(需要実績)と基準の差 [発電端値を送電端値に換算し確認]
評価間隔	1分(オンライン)
許容範囲	指令値 <sup>※1・2・3</sup> から落札された $\Delta kW$ の $\pm 10\%$
評価方法	1分毎の全計測点を30分コマ単位で評価し、許容範囲への滞在率が90%(27/30点)以上となっていること
中間点	設定無し

※1: EDCの演算結果(演算周期は3分または5分)にもとづく発電端での指令値。EDC演算周期よりも短い間隔で指令発信される場合は、EDC演算周期において最後に出る値をEDC演算結果とする。

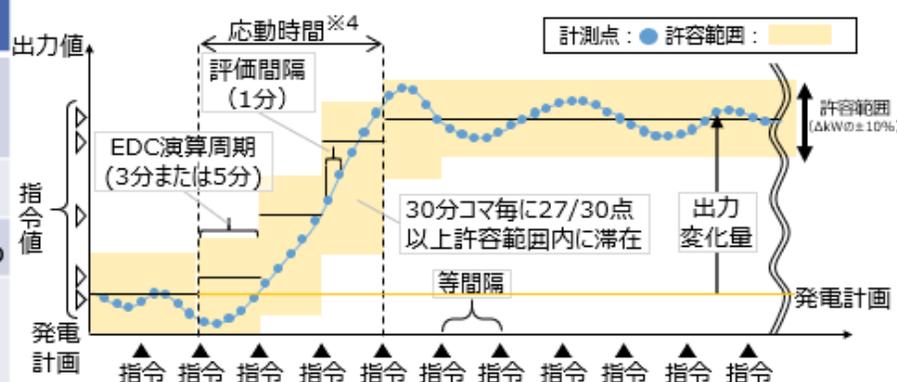
※2: 指令無しの場合、指令値ゼロとみなす

※3: 出力変化量での指令については、中給システムの改修が必要

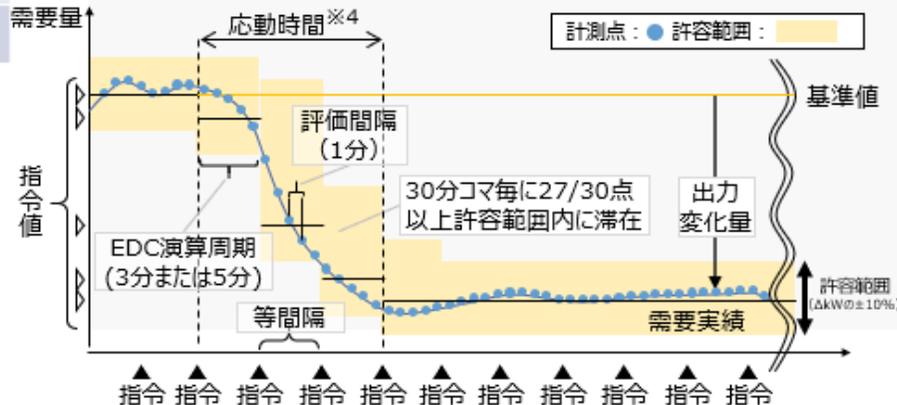
#### 【計測時の基準の考え方】

指令方法	基準の考え方
実出力値	発電計画
出力変化量	基準値

#### 【アセスメントⅡのイメージ(実出力値での指令の例)】



#### 【アセスメントⅡのイメージ(出力変化量での指令の例)】



※4: 中給から指令を発信してから供出可能量まで出力を変化するのに要する時間

# その他の技術要件等に関する整理

- 需給調整市場（一次～二次②）が開設されることで、2024年度以降は全ての商品において市場が開設されることとなり、DSRや蓄電池等の新たなリソースがその応動特性を活用して市場へ参入することが期待されている。
- 他方、こうしたDSRや蓄電池等の新しいリソースが調整力を供出する場合、需要家の生産設備や蓄電容量から調整力を供出することとなり、発電機等のリソースとは異なる応動特性を有することが考えられる。
- 今後、需給調整市場（一次～二次②）の事前審査、アセスメント等の検討にあたっては、こうしたリソース毎の応動特性等も考慮するとともに、新たなリソースの積極的かつ継続的な参入は、再エネ主力電源化における調整力の確保および需給調整市場の活性化にも繋がることも踏まえ、これらのリソース向けの規定やオフライン枠の活用等について、必要に応じて国とも連携しつつ、今後検討することとしてはどうか。

- ドイツでは蓄電池等の容量に制限があるリソースに対しては、事前審査において個別の規定（下図の事例では供出時間の後に一定の休止期間を設けて、当該期間に充電可能とする規定を設定）を設けている事例がある。

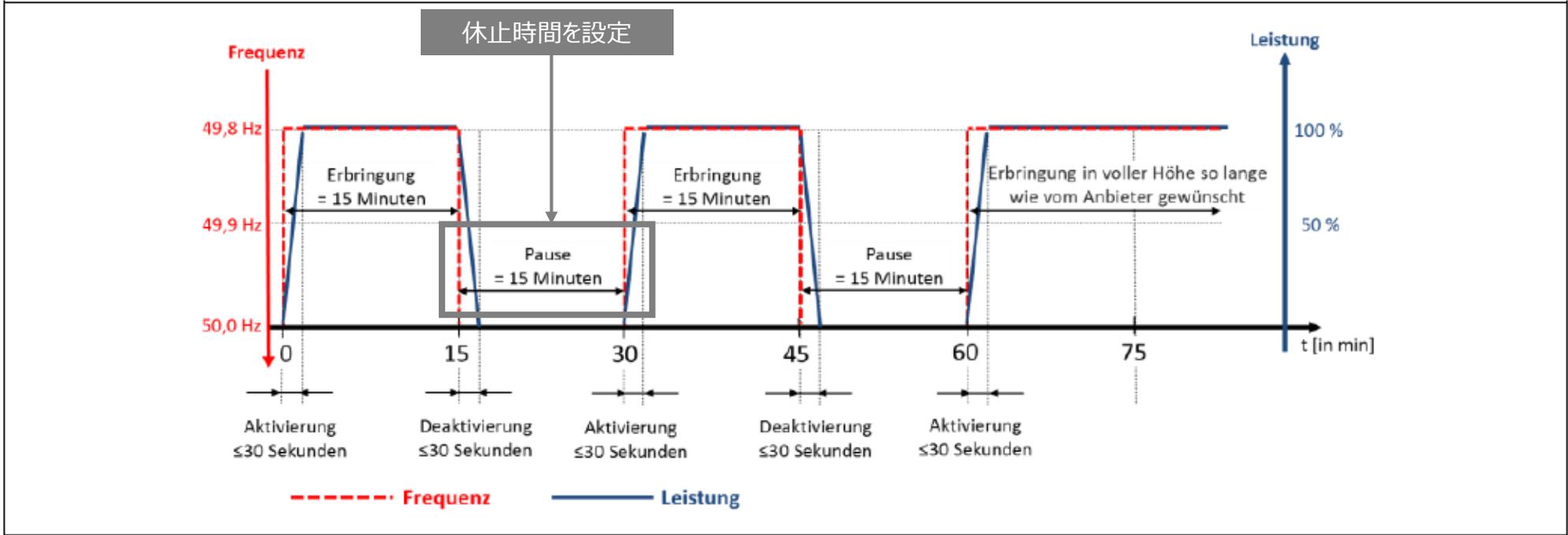


Figure 10: Variant 1 of the verification of the usable energy capacity (FCR)

出所) Prequalification Process for Balancing Service Providers(FCR, aFRR, mFRR) in Germany  
<https://www.regelleistung.net/ext/static/prequalification?lang=en>

1. 海外市場における技術要件および調査から得られる示唆
2. 各商品が対応する事象および海外調査からの示唆を踏まえた技術要件等の設定について
- 3. まとめ**

- 今回、海外における需給調整市場の技術要件等に関する調査を行い、海外調査結果も踏まえ、一次～二次②の商品毎に設定が必要となる技術要件の項目等について考え方を整理した。
- 一次～二次②に係る技術要件の項目および考え方については以下の通りとしてはどうか。

(一次)

<平常時>

- ✓ 一次は自端制御による周波数偏差に応じた応動が求められることを踏まえ、周波数計測（計測誤差、間隔等）、調定率、遅れ時間について技術要件の項目を設定し、その詳細な設定値について今後検討する。なお、調定率については不感帯を許容することとし、その値については遅れ時間等とあわせて詳細検討を行う。
- ✓ 出力の変化速度については、周波数の計測間隔、遅れ時間、不感帯等を適切に設定することで、出力変化速度に関する技術要件は設定しないこととする。
- ✓ GF幅については、異常時に供出可能な $\Delta kW$ 最大値に基づき事業者が応札 $\Delta kW$ を自ら設定するものであると考えられるため、技術要件としては設定しないこととする。

<異常時>

- ✓ 電源脱落等により一定以上の周波数低下が生じる異常時において、落札した $\Delta kW$ の最大量を供出するまでの時間が応動時間となり、応動時間より短い時点での目標値（中間点等）の設定は不要とする。また、周波数低下が継続する場合、落札した $\Delta kW$ の最大量を継続的に供出し続ける時間が継続時間となる。なお、異常時としての応動を求める周波数の設定値については技術要件の詳細と併せて今後検討する。
- ✓ 周波数変動補償については、調定率に基づく応動を要件とすることを前提に、技術要件としては設定しないこととする。なお、LFCやEDC制御による引き戻しが発生する発電機等では、周波数変動補償機能の具備をもって、調定率に基づく応動に関する要件を満たしているとみなすこととする。

## (二次①)

## &lt;平常時&gt;

- ✓ 二次①は中給システムから数秒周期で発信されるLFC信号に追従する必要があるが、LFC信号への追従にあたり、その遅れ時間について技術要件の項目を設定し、その詳細な設定値について今後検討することとする。なお遅れ時間については、伝送に要する時間や出力が指令値に到達するまでに要する時間も踏まえて設定する。
- ✓ 出力の変化速度については、事前審査、アセスメント等でLFC信号への追従性を確認することを前提に、定量的な変化速度は技術要件として設定しないこととする。
- ✓ LFC幅については、異常時に供出可能な $\Delta kW$ 最大値に基づき事業者が応札 $\Delta kW$ を自ら設定するものであると考えられるため、技術要件としては設定しないこととする。

## &lt;異常時&gt;

- ✓ 電源脱落等による周波数の急激な低下等の異常時においては、落札した $\Delta kW$ 最大値を供出するためのLFC信号の受信時にその出力が指令値に到達するまでの時間が応動時間となり、応動時間におけるリソースの応動については中間点（線）などの何らかの規定を設けることとする。また、周波数低下が継続する場合、三次①の追加発動が行われるまでの間、落札した $\Delta kW$ の最大量を供出し続ける時間が継続時間となる。

## (二次②)

- ✓ 二次②はEDC信号に追従した応動が求められ、指令・制御方法および指令間隔等に関する要件は三次①と同様となることから、二次②の応動に求める技術要件は三次①と同様とする。このため、個別の技術要件は設定しないこととした上で、三次①と同様の考え方に基づき、事前審査およびアセスメント等によりその応動を確認する。

(その他の技術要件等)

✓ 今後は、DSRや蓄電池等の新たなリソースがその応動特性を活用して市場へ参入することが想定されることから、事前審査、アセスメント等の検討にあたってはリソース毎の応動特性等も考慮して検討を行う。また、これらのリソース向けの規定やオフライン枠の活用等については、必要に応じて国とも連携しつつ、今後検討することとする。

■ 本日のご意見を踏まえ、次回以降、一次～二次②の技術要件の詳細および事前審査・アセスメントの方法等について検討していく。