

# 将来の中西エリアの周波数制御体系について

2025年4月22日

中部電力パワーグリッド株式会社  
北陸電力送配電株式会社  
関西電力送配電株式会社  
中国電力ネットワーク株式会社  
四国電力送配電株式会社  
九州電力送配電株式会社

■ 電力レジリエンス等に関する小委員会において、既連系発電設備のUFR整定値に関する課題整理と対応の方向性について議論が行われ、以下の整理が行われた。

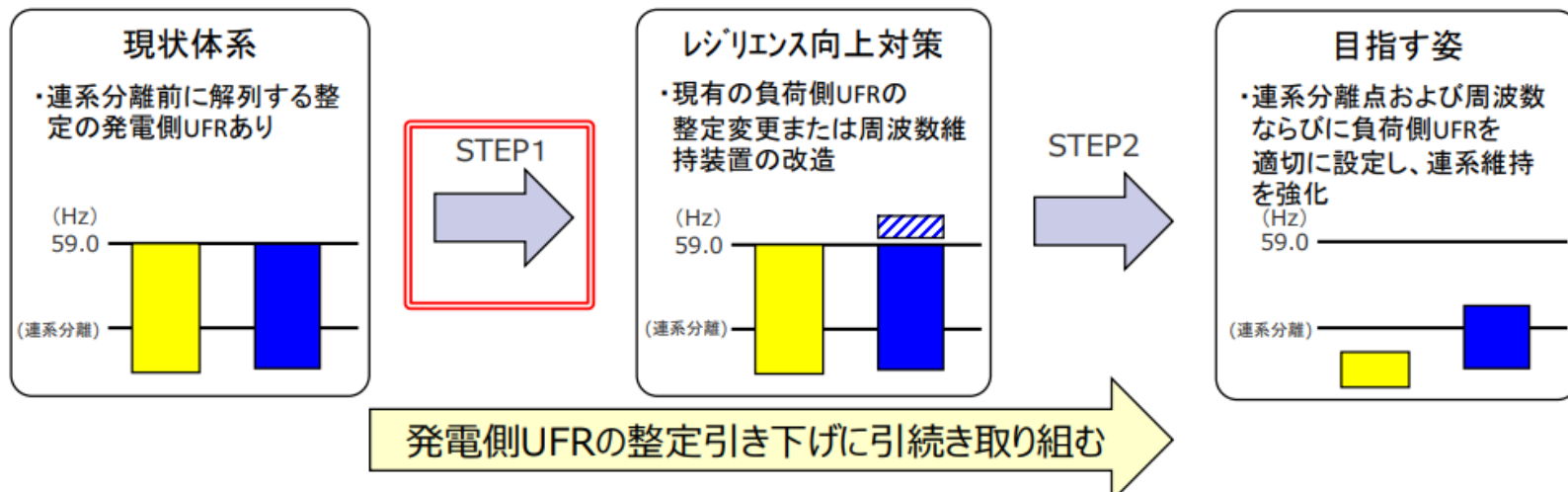
- ▶ 太陽光・自家発等が59.0Hz以下で大量解列する現状を踏まえ、各エリアが分担し、負荷側UFRによる負荷遮断を59.1Hzで実施する。（下図STEP1 実施済）
- ▶ 発電側UFR整定引き下げ完了後は、連系分離周波数付近に負荷側UFRを整定する。  
連系点分離、連系分離周波数についても適切な設定の検討を進めていく。（下図STEP2 本報告）

■ 本日は、引続き取り組むこととしていたSTEP2について報告を行うもの。

（参考）負荷側UFRの整定変更について（中西エリア）

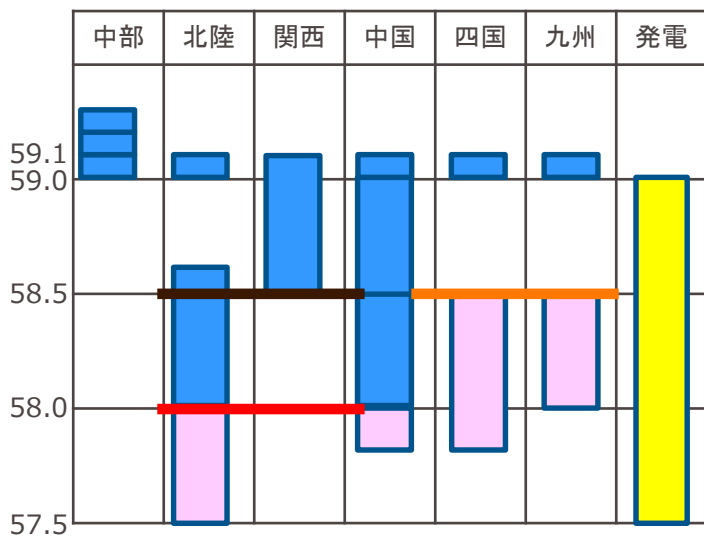
22

凡例 ■ : 発電側UFR ■ : 負荷側UFR



- 中西エリアでは、中央制御装置で負荷遮断を行う「自エリア遮断」を実施（揚水動力などお客さまの停電に至らないものから優先）したうえで、それでも周波数が一定時間、設定値以下となった時に広域的に負荷遮断を実施する「広域遮断」とを併用している為、事象に応じて負荷遮断の範囲が異なっていた。
- 中西エリアにおける負荷遮断の考え方を整理した結果、遮断機会の均平化、社会的影響の極小化などの観点から、**連系系統全体で負荷遮断を実施する「広域遮断」が望ましい**との結論となった。

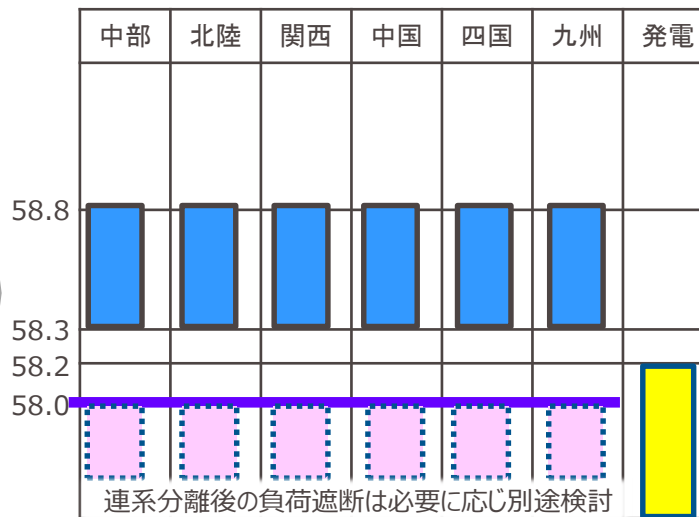
現在



■ 連系維持中の負荷遮断  
■ 連系分離後の負荷遮断  
■ 発電側UFR遮断  
■ 将来的な分離周波数( $\alpha$ 秒)

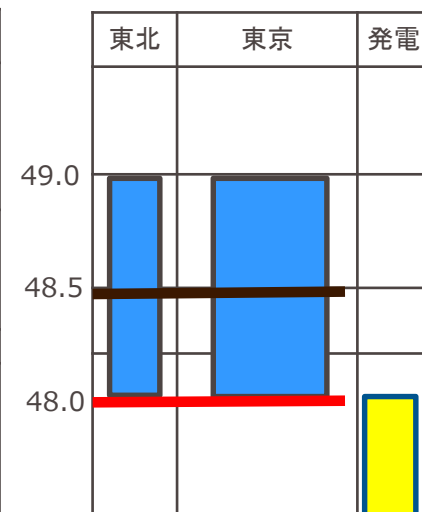
目指す姿

整定 (例)



■ 分離周波数(10秒)  
■ 分離周波数(1秒)  
■ 分離周波数(0秒)

(参考) 東エリア



■ 連系維持中の負荷遮断  
■ 発電側UFR遮断  
■ 分離周波数(手動)  
■ 分離周波数(タイマー)

## (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

- 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

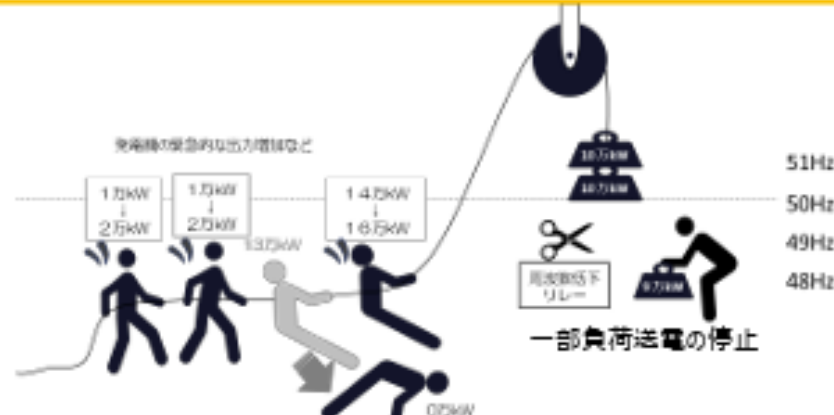


図4 周波数低下リレー動作時のイメージ

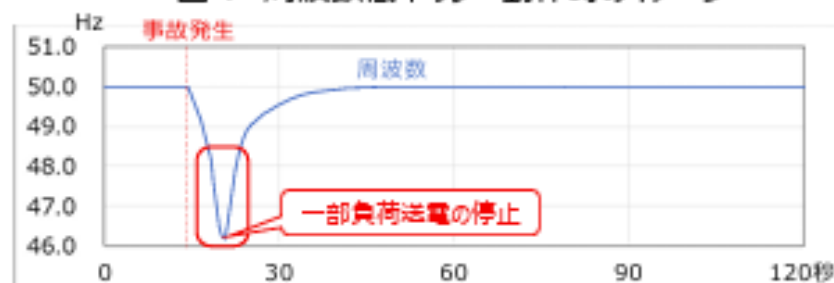
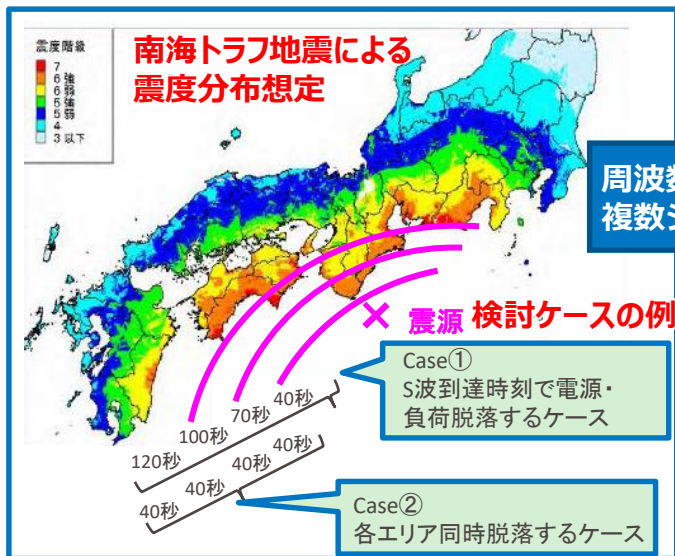


図5 一部負荷送電の停止による周波数回復のイメージ

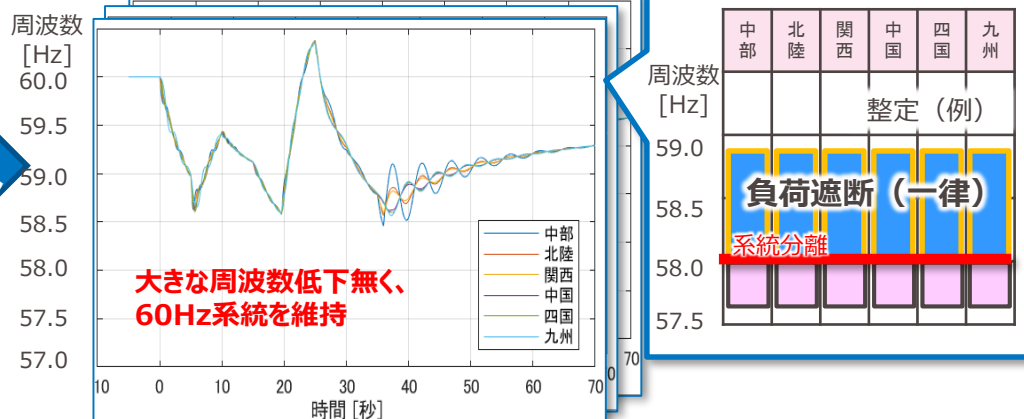
- 広範囲の電源脱落故障においても中西エリアとしてブラックアウトを極力回避できる方法について、系統分離周波数、負荷遮断量等を変更し検討を行った。
- 南海トラフ地震における各地の想定震度、地震到達時刻等から周波数状況を複数パターン設定したシミュレーションにおいて、系統分離周波数を引き下げた上で、**各エリアで需要規模に応じた一律の負荷遮断を行えば、中西エリアとしてブラックアウトを極力回避できることを確認した。**

災害に強い電気設備検討調査(災害時の電力需給等シミュレーションに関する調査)  
調査報告書 平成26年度(経済産業省委託調査報告書 平成26年度)



周波数状況を  
複数シミュレーション

## 南海トラフ地震時における 中西エリアの周波数シミュレーション結果の例

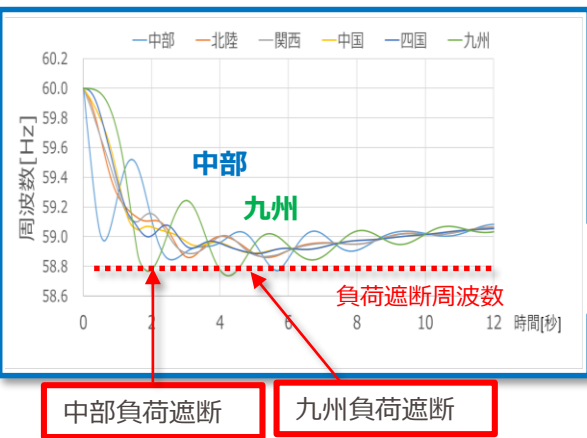


- ・予想震度、地震到達タイミングを踏まえ 発電所、変電所の停止を模擬
- ・系統分離周波数を引き下げ、各エリアが一律に負荷遮断することで系統維持

- 中西エリアは中部エリアから九州エリアまで長距離に及ぶため大規模な電源脱落時などには、特に中部と九州エリアの発電機が加速・減速を繰り返しながら周波数（＝発電機の回転数）が低下していく。
- このため、必ずしも周波数の低下状況が全ての地域で様にはならず、周波数低下が速い地域（中部、九州）では先行的に負荷遮断に至るなど、負荷遮断箇所が特定の地域に偏ってしまう可能性がある。
- このため、特定の地域、お客さまに負荷遮断が偏ることが無いよう、負荷遮断後は、広域的に遮断対象のローテーションを行い、遮断機会についても均平化を図る。

各エリア周波数の推移と UFR動作状況

【エリア間での整定イメージ（例）】



| 負荷UFR  | 中部 | 北陸 | 関西 | 中国 | 四国 | 九州 |
|--------|----|----|----|----|----|----|
| 58.8Hz |    |    |    |    |    |    |
| 58.3Hz |    |    |    |    |    |    |

各エリアで需要比に応じた負荷遮断を実施

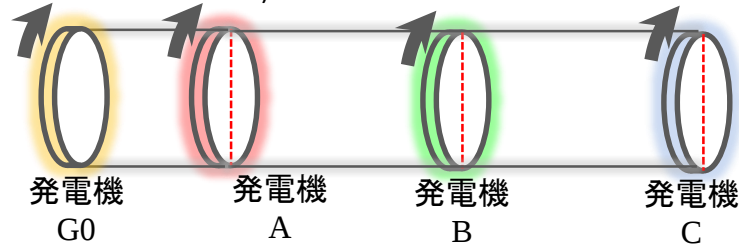
中部、九州は整定引き下げ

中部、九州以外は整定引き上げ

- 発電機を円盤に例えてゴム紐でつながったモデルで、電源脱落が発生した際の周波数が振動するイメージを以下の通り示す。
- 電源脱落直後は、脱落した発電機の出力量を残りの発電機で分担するが、電源脱落地点に近い発電機が多く負担（回転エネルギーを多く放出）するため、周波数（回転速度）が大きく低下。一方、遠方の発電機ほど負担が小さく周波数低下が小さくなる（①）。
- このように、電源脱落直後において各発電機の出力量分担が異なることから、周波数変化は、電源脱落地点からの距離によって差が生じることなり、電源脱落が発生した系統の周波数変化率は急峻に変化する。

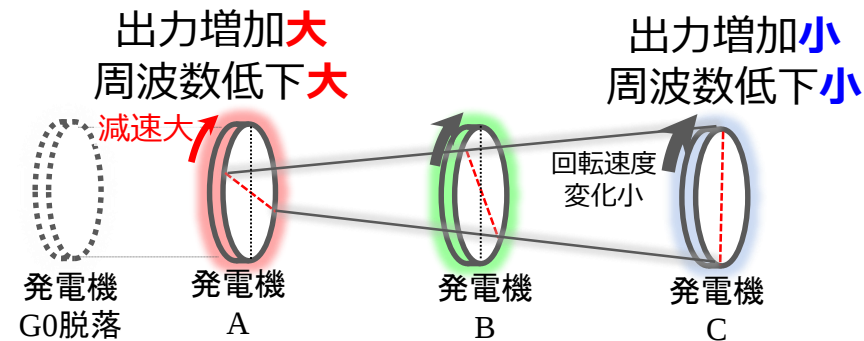
## 電源脱落発生前

回転方向  
(矢印の太さは回転速度)



各発電機は、同じ周波数で運転

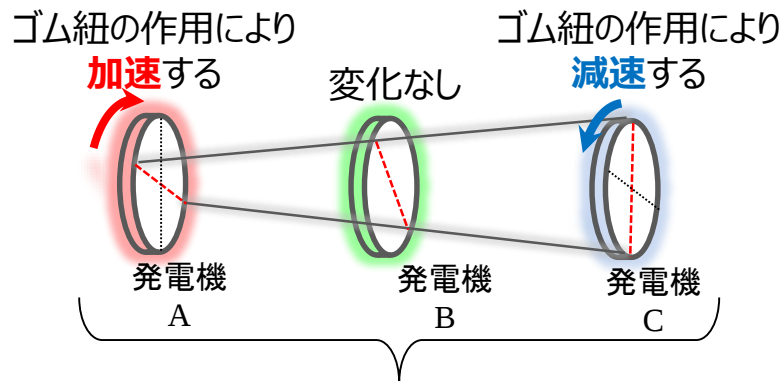
## ① 電源脱落発生直後



電源脱落地点に近い発電機Aは負担する出力が大きいため回転エネルギーを多く放出し、回転数が減速するため、他の発電機に比べ周波数が大きく低下。

■ 電源脱落直後の負担の不均衡によって、発電機間のねじれが増大するが、ゴム紐がねじれを戻そうとする力によって、加速・減速を繰り返し、最終的に同じ周波数に落ち着く(②、③)。

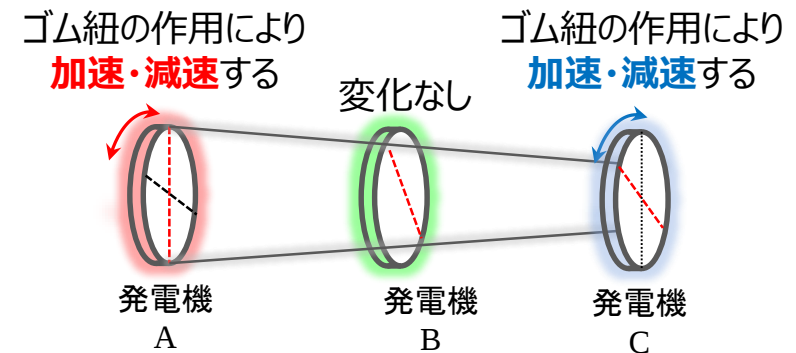
## ② 電源脱落発生後



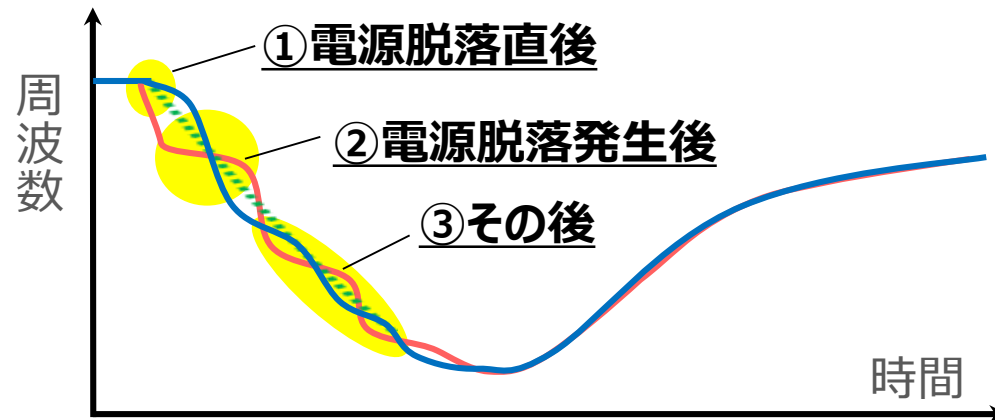
### 発電機間の位相差が増大

電源脱落直後の負担の不均衡により発電機間の位相差(ゴム紐のねじれ)を増大するがやがてゴム紐の位相差を戻ろうとする作用によってAは加速方向にCは減速方向に変化する

## ③ その後



ゴム紐の作用によって加速・減速を繰り返し、やがて全体の回転速度(周波数)は同じになる



- 発電側UFR整定引き下げ完了後に、連系分離周波数付近に負荷側UFRを整定することとしているが、現時点では2030年頃の見通し。
- 引き続き特高・高圧連系設備の整定変更状況および低圧連系のPCS更新状況（推定値）を定期的に確認し、適切な時期を判断する。

（参考）発電機周波数低下リレー（UFR）に関する状況（2／2）

29

- 整定変更協議の進捗状況、ならびに高低圧PCSの標準的な耐用年数が15年である（15年経過したPCSが更新される）ことを前提条件とすると、2030年頃には運用容量の算出条件を従来の考え方（発電機不要解列を考慮しない）に戻すことが可能な見込みが示されている。

## 中西地域の発電設備不要解列量推移の試算結果について



- 今回、2023年12月時点の整定見直し実績を踏まえて以下の条件（前回と同じ）にて再度試算した結果、中西地域の運用容量の算出条件を従来の考え方に戻すことが可能となる時期は、**2030年頃**となる見込みとなり、**2023年1月の検討結果から大きな変更は無い事が分かった。**



### 【算出条件】（2023年12月時点の実績基準）

- ・ 特高系は、個別協議の実績を踏まえ、変更待ちおよび協議中の案件についても、2024年以降の3年間で整定見直しの対応が完了し、58.6kV以上の対象設備の約70%が整定変更するものと想定（約30%は、協議結果の推移より、整定変更不可とすることを想定）。
- ・ 高圧系は、現時点で全ての協議対象（59.1kV以上の設備）と協議を実施し、発電事業者側の変更待ちの状態となっており、2023年12月時点で概3万kW（高圧影響量全体の1%以下）程度であることから、更新等による自然減の影響が支配的となるため、整定変更による減少を考慮しない。

3

Copyright © Chubu Electric Power Grid Co., Inc. All rights reserved.

※ 高低圧については、現況を正確に反映できていないわけではないことに留意が必要。

- 今後、中西系統の更なるレジリエンス向上のために、将来の周波数制御体系移行に向けて、各エリア負荷遮断量の確保（周波数低下リレー設置等）を進めていく。

|                                        | 2024年度                  | 2025年～            | 2030年代 |
|----------------------------------------|-------------------------|-------------------|--------|
| 将来の運用容量等の在り方に関する作業会                    |                         | 4/22<br>▽         |        |
| 周波数低下リレー設置等                            |                         | 新規設置、既設UFR改造<br>→ | 方式移行   |
| 電源不要解列対応<br>（自家発、再エネの周波数低下リレーの整定変更お願い） | 整定変更のお願い、事業者での整定変更<br>→ |                   |        |

Thank you.