

# 個別技術要件検討 「電圧上昇側 Voltage Ride Through」

2023年2月27日

電力広域的運営推進機関

## 1. 個別技術要件の検討

- ① 論点整理
- ② 発電側の対策（低圧、高圧、特別高圧）
- ③ 発電側関連団体の意見
- ④ 系統側の対策
- ⑤ 比較・検討結果
- ⑥ 遡及適用検討結果

## 2. 他の規程への影響

## 3. 関連規程・市場要件への影響

## 4. 詳細検討資料

- ① 定量評価、解析結果等
- ② 系統連系技術要件の改定案（新旧対照表）
- ③ その他
- ④ 確認事項
- ⑤ 要件化ロードマップ（修正案）

## ① 論点整理

### ■ 現在の対応状況

- フェーズ1「事故時運転継続」の検討において、2023年4月改定の系統連系技術要件に、**電圧低下時の運転継続時間・動作、電圧復帰時の出力復帰時間・動作について、系統連系規程の内容を明文化して規定**する予定であり、今回**電圧上昇側における規定の必要性を検討**する。
- **米国などでは、事故事例を踏まえて、事故時の過渡的な電圧上昇での再エネ電源一斉解列の回避と事故電流供給の継続を目的に要件化している事例がある。**
- また、**海外では事故事例によらず、インバーター電源における事故電流供給などの機能追加と合わせて、電圧上昇側の要件も議論され、規格に規定されている事例もある。**

### ■ 将来的に想定される課題と提言

- 発電側は、系統事故等により電圧が変動した場合においても、その変動が一定範囲にとどまるのであれば、電源の運転を継続するため、発電設備毎に電圧上昇側Voltage Ride Through 機能が必要である。
- 系統側は、系統事故による発電設備の一斉解列等が発生し、系統全体の電圧・周波数維持に大きな影響を与えることを回避するため、電圧上昇側Voltage Ride Through 機能が必要である。

### ■ 要件化の必要性およびメリット

- 海外での大規模同期発電機の長距離送電時の系統事故に起因した電圧上昇側VRTを参考に、カーボンニュートラル実現も考慮したシミュレーション検討結果からは、**国内の電力系統においては発生の可能性が低いため、フェーズ2では電圧上昇側VRTはフェーズ1の検討結果や系統連系技術要件に規定済みの電圧範囲に準じた対応**とする。
- 今後、**事故電流の供給等(フェーズ3以降)の要件化によっては、事故直後の過渡的な電圧上昇に影響を与える可能性**があるため、技術動向や海外動向などを引き続き注視し、継続検討する。
- **本要件を今回規定する必要性は低く、フェーズ2での要件化を見送る(フェーズ4とする)。**ただし、事故電流の供給の要件化等の**フェーズ3検討時に、電圧上昇側VRTの観点からも確認**する。

## ②発電側の対策

- 発電事業者が取り得る対策として、以下の（1）を検討した。

### （1）電圧上昇側 Voltage Ride Through

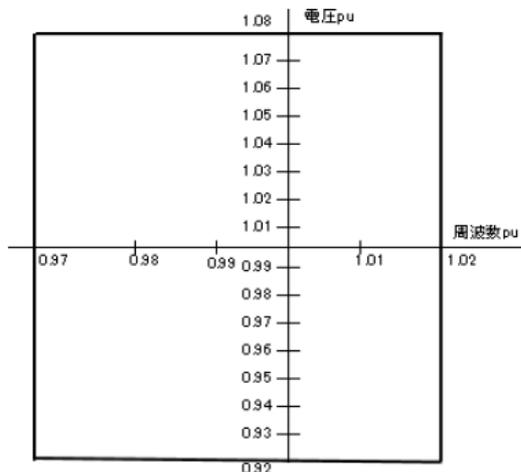
（対象電源種、対象容量：現行FRT要件対象電源(次スライド表のとおり)）

（特別高圧）・・・電圧上昇側 Voltage Ride Throughとしては規定しないが、フェーズ1で要件化した運転可能電圧範囲に準じた対応とする。

（高圧）、（低圧）・・・電圧上昇側 Voltage Ride Throughとしては規定しないが、系統連系技術要件に規定済みの電圧範囲に準じた対応とする。

（参考）運転可能電圧範囲(特別高圧)  
(フェーズ1の検討結果)

○逆変換装置の端子電圧変動範囲



（参考）系統連系技術要件に規定済みの電圧範囲(高圧、低圧)

・高圧…連系する系統における低圧需要家の電圧を適正值（標準電圧100Vに対しては $101 \pm 6$  V、標準電圧200Vに対しては $202 \pm 20$  V）以内に維持する必要があるため、発電設備の解列による電圧低下や逆潮流による系統の電圧上昇等により適正值を逸脱するおそれがあるときは、次に示す電圧変動対策を行っていただきます。なお、これにより対応できない場合には、配電線新設による負荷分割等の配電線増強や専用線による連系を行うなどの対策を行います。

・低圧…連系する系統における低圧需要家の電圧を適正值（標準電圧100Vに対しては $101 \pm 6$  V、標準電圧200Vに対しては $202 \pm 20$  V）以内に維持する必要があるため、発電設備の逆潮流により低圧需要家の電圧が適正值を逸脱するおそれがあるときは、進相無効電力制御機能又は出力制御機能により自動的に電圧を調整する対策を行っていただきます。なお、これにより対応できない場合は、配電線増強等の対策を行います。

# 1. 個別技術要件「電圧上昇側 Voltage Ride Through」の検討

## ②発電側の対策

- 対象電源種および対象容量の選定理由を下記に記載する。

(選定理由)

- ・特別高圧、高圧、低圧（対象電源種：下表のとおり 対象容量：下表のとおり）

対象電源種、対象容量

: 電力系統に大量かつ広域に連系された場合、電力系統に擾乱が発生すると一斉解列により電力品質に大きな影響を与えるため。

対象電源種		対象容量
太陽光		全容量
蓄電池		全容量
燃料電池		全容量
ガスエンジン	単相※	10kW未満
	三相	35kW以下
複数直流入力	単相	太陽光 + 蓄電池 燃料電池 + 蓄電池 ガスエンジン（単記出力2kW未満） + 蓄電池
風力		全容量

※ 単機出力2kW以上10kW未満の内、発電機能を備えたガスエンジン冷暖房機を除く

# 1. 個別技術要件「電圧上昇側 Voltage Ride Through」の検討

## ③発電側関連団体の意見

団体	意見
火原協	・特に意見なし。
自家発	・特に意見なし。
JPEA	・特に意見なし。
JWPA	・特に意見なし。
JEMA	・特に意見なし。
ガス・ コジエネ	・特に意見なし。

# 1. 個別技術要件「電圧上昇側 Voltage Ride Through」の検討

## ④ 系統側の対策

**本要件を今回規定する必要性は低く、フェーズ2での要件化を見送るため、系統側との比較なし。**

# 1. 個別技術要件「電圧上昇側 Voltage Ride Through」の検討

## ⑤比較・検討結果

**本要件を今回規定する必要性は低く、フェーズ2での要件化を見送るため、比較・検討結果なし。**

# 1. 個別技術要件「電圧上昇側 Voltage Ride Through」の検討

## ⑥ 遡及適用検討結果

**本要件を今回規定する必要性は低く、フェーズ2での要件化を見送るため、遡及適用検討なし。**

## 2. 他の規程への影響

### 技術要件「電圧上昇側 Voltage Ride Through」

**本要件を今回規定する必要性は低く、フェーズ2での要件化を見送るため、他の規程への影響なし。**

### 3. 関連規程・市場要件への影響

#### 技術要件「電圧上昇側 Voltage Ride Through」

**本要件を今回規定する必要性は低く、フェーズ2での要件化を見送るため、関連規程・市場要件への影響なし。**

## 4. 詳細検討資料

### ① 定量評価、解析等

- 以下検討結果について示す。

その他：各エリアにおける実態を調査  
解析不要で、計算レベルのもの⇒結果を添付

## 4. 詳細検討資料

### ②系統連系技術要件の改定案（新旧対照表）

**本要件を今回規定する必要性は低く、フェーズ2での要件化を見送るため、系統連系技術要件は改定なし。**

## ③その他（他会議体の検討資料）

## 4. 調査結果：要件別詳細（米国 NERC Reliability Standards）

NE5

一覧表△

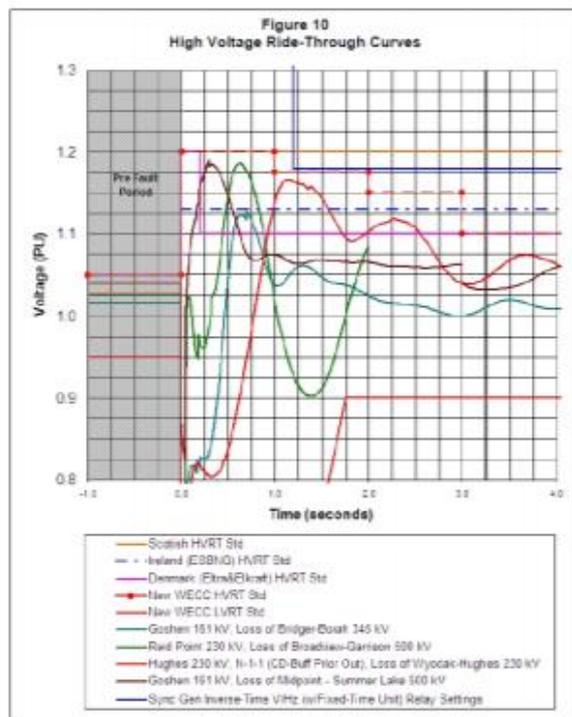
96

## ■ 電圧上昇側 Voltage Ride Through

The Technical Justification for the New WECC Voltage Ride-Through (VRT) Standard, A White Paper Developed by the Wind Generation Task Force (WGTF), June 13, 2007

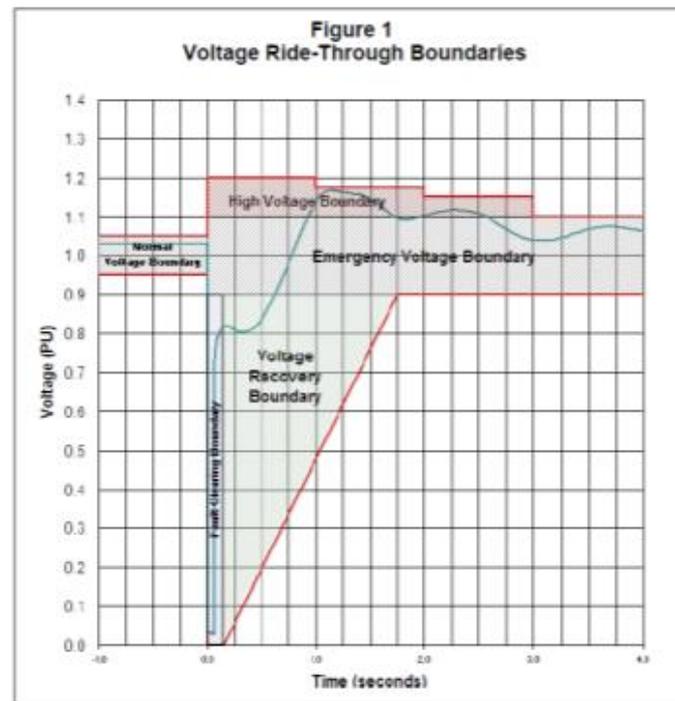
【本書の目的】

1. 特に、ゼロボルト 9サイクルのライドスルー要求について、WECC Low Voltage Ride Through (LVRT) StandardをFederal Energy Regulatory Commission (FERC) Order No. 661-Aと一致させる。
2. 新設の発電所に対しオンラインを維持する要求である、送電障害が解消されてから送電電圧が公称電圧の90% (0.90 pu) に戻るまでの間に発生する電圧回復変動の境界を定義する。
3. 新設の発電所に対しオンラインを維持する要求である、**送電障害が解消されてから、送電電圧が公称電圧の110% (1.10 pu) に戻るまでの間に発生する高電圧変動の境界を定義する。**



障害解消後の風力発電所付近での高電圧変動は、風力発電所に併設されるシャントキャパシター、力率改善用機器、電圧調整機器により影響する。

→ シミュレーションと海外事例を参考に、WECCにおける High Voltage Ride-Through Curveを検討した。



③その他（他会議体の検討資料）

4. 調査結果：要件別詳細（米国 NERC Reliability Standards）

NE5

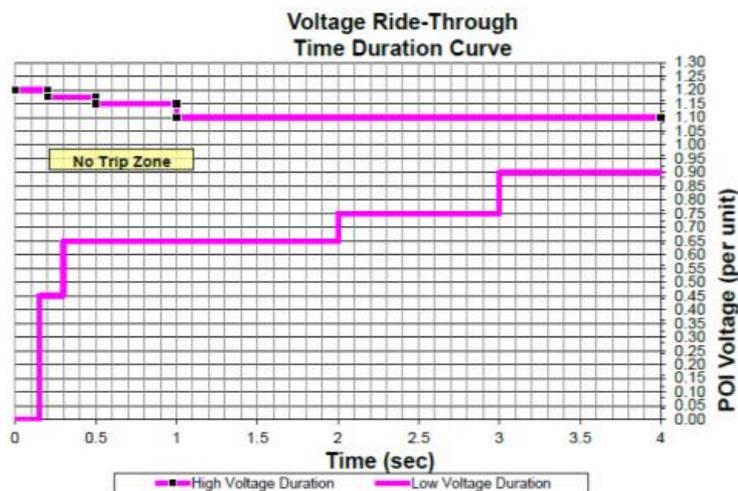
一覧表へ

97

■ 電圧上昇側 Voltage Ride Through

-1/2

PRC-024— Attachment 2



Ride Through Duration:

High Voltage Ride Through Duration		Low Voltage Ride Through Duration	
Voltage (pu)	Time (sec)	Voltage (pu)	Time (sec)
≥1.200	Instantaneous trip	<0.45	0.15
≥1.175	0.20	<0.65	0.30
≥1.15	0.50	<0.75	2.00
≥1.10	1.00	<0.90	3.00

-3 改定

PRC-024 — Attachment 2  
(Voltage No-Trip Boundaries – Eastern, Western, and ERCOT Interconnections)

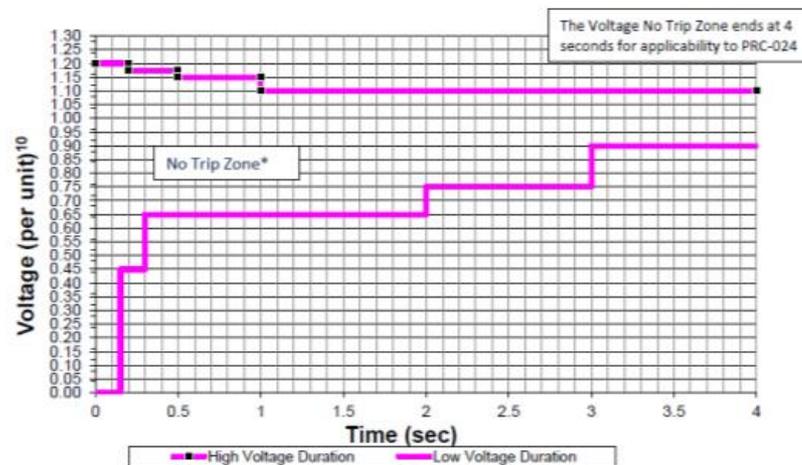


Figure 1

\* The area outside the "No Trip Zone" is not a "Must Trip Zone"

境界値は保護装置の整定値ではないことを明記

Voltage Boundary Data Points

High Voltage Duration		Low Voltage Duration	
Voltage (pu)	Minimum Time (sec)	Voltage (pu)	Minimum Time (sec)
≥1.200	0.00	<0.45	0.15
≥1.175	0.20	<0.65	0.30
≥1.15	0.50	<0.75	2.00
≥1.10	1.00	<0.90	3.00
<1.10	4.00	≥ 0.90	4.00

Table 1

イベント開始と終了の時間を明確化



電力広域的運営推進機関  
Organization for Cross-regional Coordination of  
Transmission Operators, JAPAN

③その他（他会議体の検討資料）

4. 調査結果：要件別詳細（米国 NERC Reliability Standards）

NE5

一覧表へ

98

■ 電圧上昇側 Voltage Ride Through

-3 改定 Quebec系統での要求を追加

**PRC-024— Attachment 2a**  
(Voltage No-Trip Boundaries – Quebec Interconnection)

インバーター電源は、電圧上昇の間、トリップするか電流注入を停止するよう設定できる。

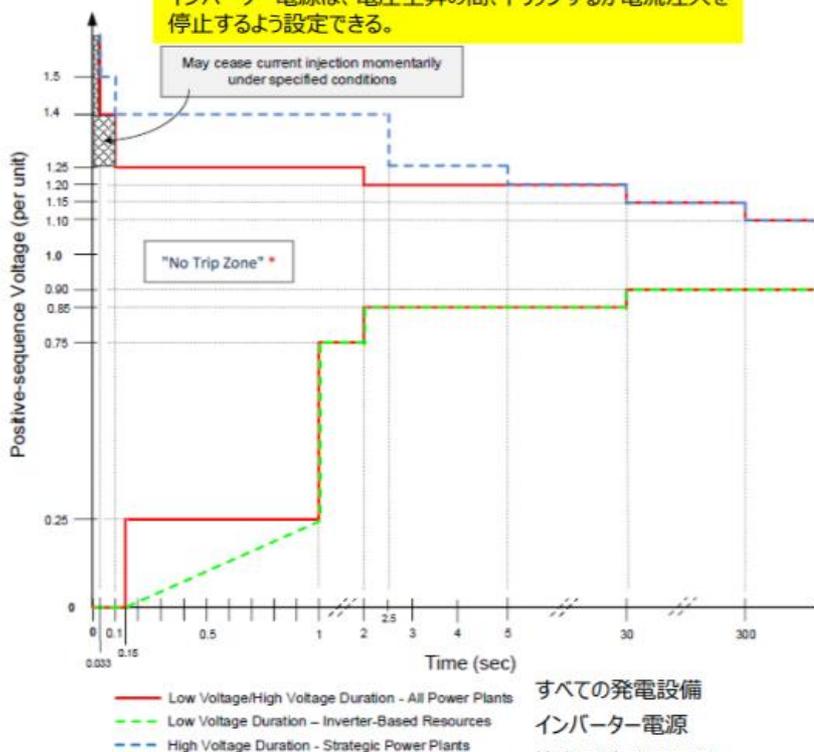


Figure 1

送電線計画者がPRC-024付属書2aを満たすために必要な電圧保護設定よりも緩やかな電圧保護設定を許可する場合、発電機所有者または送電線所有者は、地域ごとの送電線計画検討結果に基づき、その電圧回復特性内で設定することができる。

Voltage Boundary Data Points – Quebec Interconnection

High Voltage Duration for all Power Plants		High Voltage Duration for strategic Power Plants	
Voltage (pu)	Minimum Time (sec)	Voltage (pu)	Minimum Time (sec)
---	---	>1.50	0.033
>1.40	0.033	>1.40	0.10
>1.25	0.10	>1.25	2.50
>1.20	2.00	>1.20	5.00
>1.15	30	>1.15	30
>1.10	300	>1.10	300
≤1.10	continuous	≤1.10	continuous

Table 1

Voltage Boundary Data Points – Quebec Interconnection

Low Voltage Duration for all Power Plants		Low Voltage Duration for Inverter-Based Resources	
Voltage (pu)	Minimum Time (sec)	Voltage (pu)	Minimum Time (sec)
<0.25	0.15	<0.25	$3.4 * V(pu) + 0.15$
<0.75	1.00	<0.75	1.00
<0.85	2.00	<0.85	2.00
<0.90	30	<0.90	30
≥0.90	continuous	≥0.90	continuous

Table 2

\* The area outside the "No Trip Zone" is not a "Must Trip Zone."

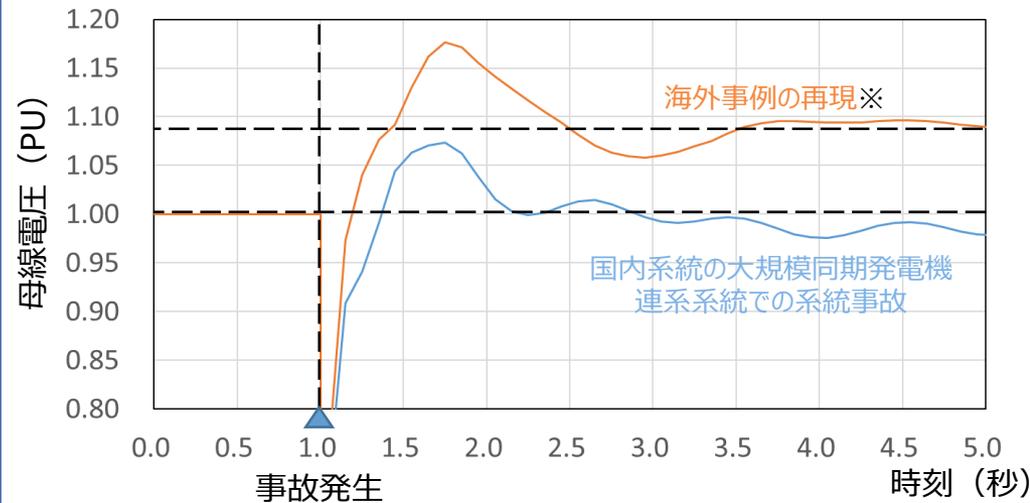
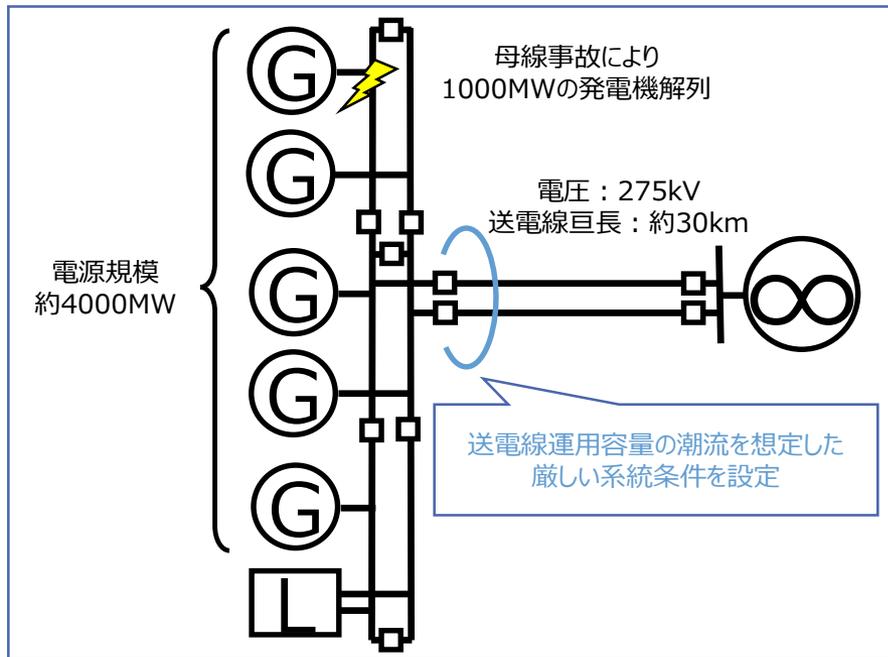
境界値は保護装置の整定値ではないことを明記

## 4. 詳細検討資料

### ③その他（他会議体の検討資料）

#### <一般送配電事業者検討結果>

- 国内系統では最大規模の同期発電機連系系統においては、再エネ導入等による潮流増加を想定した厳しい系統条件を想定した場合でも海外事例のような過渡的な電圧上昇は生じない。（なお、電圧上昇幅は、高圧・低圧についても同様。）



※海外事例の再現  
(系統構成の概要)

2000MW程度の275kV電源を長距離送電（約200km、その間の需要は300MW程度）し、電圧維持のために275kV系統に調相設備を合計600Mvar程度設置。発電所母線事故により、1000MWの発電機トリップが発生。

## ③その他（他会議体の検討資料）

## 1. 個別技術要件「発電設備の運転可能電圧範囲と継続時間」の検討

4

## ②発電側の対策

- 発電事業者が取り得る対策で短期的（3年程度）に適用可能な対策として、以下の（1）を検討した。

## (1) 発電設備の運転可能な電圧範囲と継続時間

(対象電源種：**全電源種** 対象容量：**全容量**)

(特別高圧)

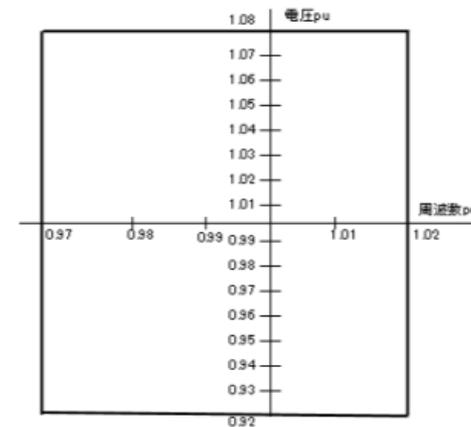
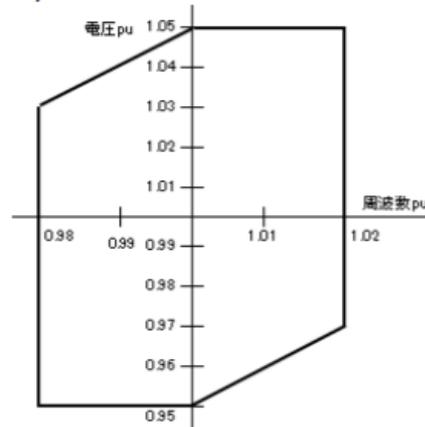
JECでの規定を考慮し、以下の端子電圧・周波数変動範囲においては、発電設備を連続運転し、発電設備の保護装置等による解列を行わないものとする。

また、これを超える端子電圧・周波数変動においても、設備に支障が無い範囲で運転を継続する。

なお、電圧・周波数変動に鋭敏な負荷設備や、構内設備（発電用所内電源を除く）への電源供給維持のため、自立運転に移行する必要がある自家用発電設備については、個別協議とする。

○同期発電機、誘導発電機の端子電圧変動範囲

○逆変換装置の端子電圧変動範囲



(高圧)、(低圧)・・・要件化済

### ③その他（他会議体の検討資料）

#### 1. 個別技術要件「発電設備の運転可能電圧範囲と継続時間」の検討

5

##### ②発電側の対策

- 対象電源種および対象容量の選定理由を下記に記載する。

（選定理由）

- ・特別高圧（対象電源種：**全電源種** 対象容量：**全容量**）

電力系統に大量かつ広域に連系された場合、電圧・周波数変動時に発電機の運転が一斉に不安定となると電力品質に大きな影響を与えるため。

- ・高圧、低圧（要件化済）

低圧での供給電圧への影響が大きい低圧と高圧は、すでに「発電設備等を配電線※に連系する場合には、低圧需要家の電圧を、標準電圧100Vに対しては $101 \pm 6$  V、標準電圧200Vに対しては $202 \pm 20$  V以内に維持する必要がある」と規定されており、これに必要な機能・性能を具備している。

なお、瞬時電圧低下時の運転継続については「事故時運転継続」のなかで別途、整理予定

※低圧は低圧配電線、高圧は一般配電線

## ④確認事項

- **本要件を今回規定する必要性は低く、フェーズ2での要件化を見送るため、確認事項なし。**

事務局案	主な発電側対応意見	確認事項
<p>・本要件を今回規定する必要性は低く、フェーズ2での要件化を見送る（フェーズ4とする）。</p> <p>ただし、事故電流の供給の要件化等のフェーズ3検討時に、電圧上昇側VRTの観点からも確認する。</p>	<p>・特に意見なし。</p>	<p>・本要件を今回規定する必要性は低く、<u>フェーズ2での要件化を見送る（フェーズ4とする）</u>。</p> <p><u>ただし、事故電流の供給の要件化等のフェーズ3検討時に、電圧上昇側VRTの観点からも確認する。</u></p>

# 4. 詳細検討資料

## ⑤要件化ロードマップ（修正案）

### 修正箇所

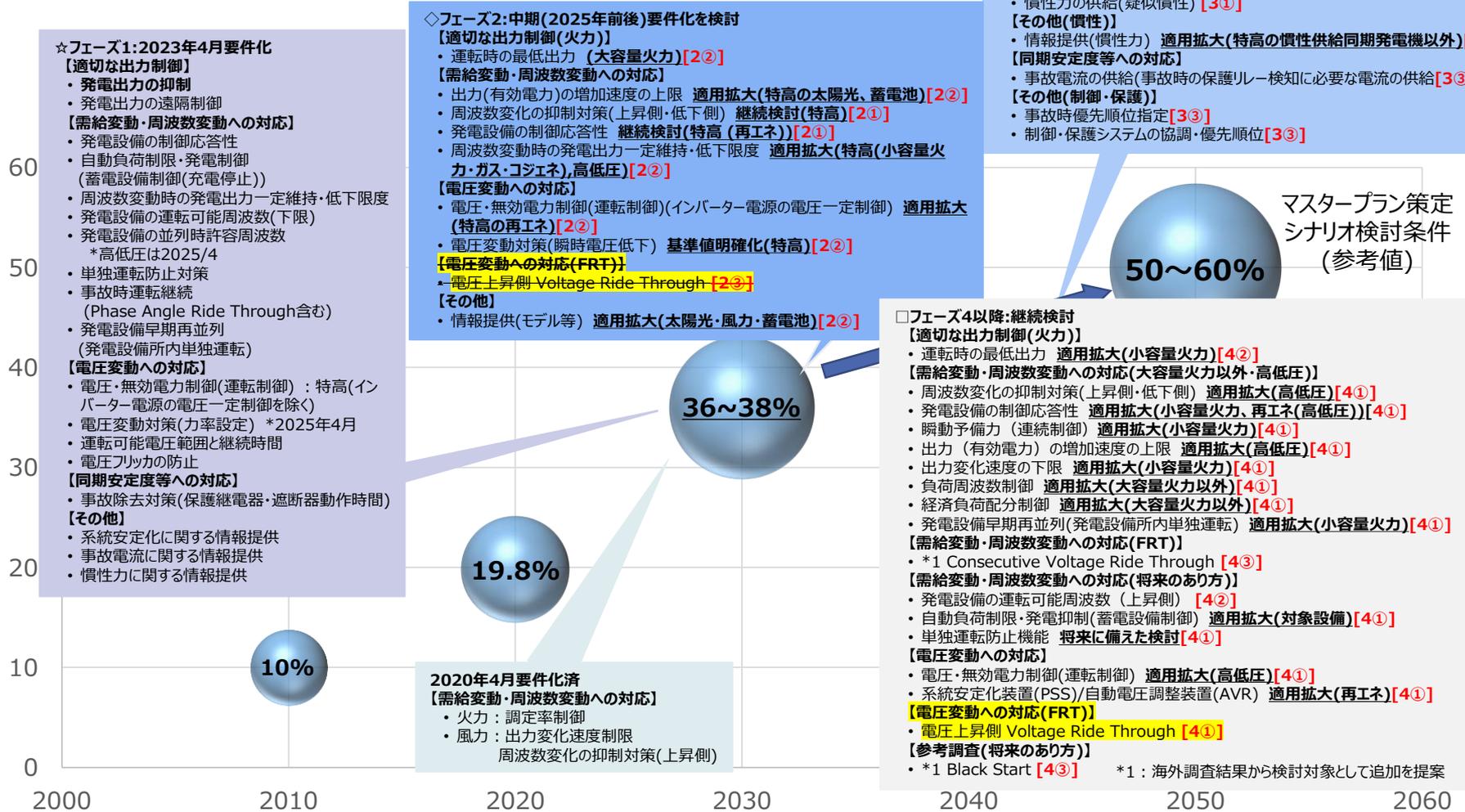
※[2①]～[4③]は次スライドの注釈とする。

### 要件化項目と要件化時期

- ☆2030年再エネ比率(22~24%)に対応：フェーズ1(2023年要件化)
- ◇2030年再エネ比率見直し(36~38%)以降も想定：フェーズ2(2025年前後要件化検討)
- ◆□2040年以降(2050年目標未定)を想定：フェーズ3(2030年前後要件化検討)、フェーズ4以降(継続検討)
  - ※要件化の時期、項目は今後の議論にて決める

- ◆フェーズ3:長期(2030年前後)要件化を検討
  - ※電圧上昇側 Voltage Ride Throughの観点からも確認実施
  - 【需給変動・周波数変動への対応(FRT)】
    - ・周波数変化率耐量(RoCoF) [3①]
  - 【需給変動・周波数変動への対応(慣性)】
    - ・慣性力の供給(疑似慣性) [3①]
  - 【その他(慣性)】
    - ・情報提供(慣性力) 適用拡大(特高の慣性供給同期発電機以外)[3②]
  - 【同期安定度等への対応】
    - ・事故電流の供給(事故時の保護リレー検知に必要な電流の供給)[3③]
  - 【その他(制御・保護)】
    - ・事故時優先順位指定 [3③]
    - ・制御・保護システムの協調・優先順位 [3③]

再エネ(発電電力量)導入比率 [%]



#### ☆フェーズ1:2023年4月要件化

- 【適切な出力制御】
  - ・発電出力の抑制
  - ・発電出力の遠隔制御
- 【需給変動・周波数変動への対応】
  - ・発電設備の制御応答性
  - ・自動負荷制限・発電制御(蓄電設備制御(充電停止))
  - ・周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度
  - ・発電設備の運転可能周波数(下限)
  - ・発電設備の並列時許容周波数
    - \*高低圧は2025/4
  - ・単独運転防止対策
  - ・事故時運転継続(Phase Angle Ride Through含む)
  - ・発電設備早期再並列(発電設備所内単独運転)
- 【電圧変動への対応】
  - ・電圧・無効電力制御(運転制御)：特高(インバーター電源の電圧一定制御を除く)
  - ・電圧変動対策(力率設定) \*2025年4月
  - ・運転可能電圧範囲と継続時間
  - ・電圧フリッカの防止
- 【同期安定度等への対応】
  - ・事故除去対策(保護継電器・遮断器動作時間)
- 【その他】
  - ・系統安定化に関する情報提供
  - ・事故電流に関する情報提供
  - ・慣性力に関する情報提供

#### ◇フェーズ2:中期(2025年前後)要件化を検討

- 【適切な出力制御(火力)】
  - ・運転時の最低出力(大容量火力)[2②]
- 【需給変動・周波数変動への対応】
  - ・出力(有効電力)の増加速度の上限 適用拡大(特高の太陽光・蓄電池)[2②]
  - ・周波数変化の抑制対策(上昇側・低下側) 継続検討(特高)[2①]
  - ・発電設備の制御応答性 継続検討(特高(再エネ))[2①]
  - ・周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度 適用拡大(特高(小容量火力・ガス・コジェネ),高低圧)[2②]
- 【電圧変動への対応】
  - ・電圧・無効電力制御(運転制御)(インバーター電源の電圧一定制御) 適用拡大(特高の再エネ)[2②]
  - ・電圧変動対策(瞬時電圧低下) 基準値明確化(特高)[2②]
- 【電圧変動への対応(FRT)】
  - ・電圧上昇側 Voltage Ride Through [2③]
- 【その他】
  - ・情報提供(モデル等) 適用拡大(太陽光・風力・蓄電池)[2②]

#### □フェーズ4以降:継続検討

- 【適切な出力制御(火力)】
  - ・運転時の最低出力 適用拡大(小容量火力)[4②]
- 【需給変動・周波数変動への対応(大容量火力以外・高低圧)】
  - ・周波数変化の抑制対策(上昇側・低下側) 適用拡大(高低圧)[4①]
  - ・発電設備の制御応答性 適用拡大(小容量火力、再エネ(高低圧))[4①]
  - ・瞬動予備力(連続制御) 適用拡大(小容量火力)[4①]
  - ・出力(有効電力)の増加速度の上限 適用拡大(高低圧)[4①]
  - ・出力変化速度の下限 適用拡大(小容量火力)[4①]
  - ・負荷周波数制御 適用拡大(大容量火力以外)[4①]
  - ・経済負荷配分制御 適用拡大(大容量火力以外)[4①]
  - ・発電設備早期再並列(発電設備所内単独運転) 適用拡大(小容量火力)[4①]
- 【需給変動・周波数変動への対応(FRT)】
  - ・\*1 Consecutive Voltage Ride Through [4③]
- 【需給変動・周波数変動への対応(将来のあり方)】
  - ・発電設備の運転可能周波数(上昇側) [4②]
  - ・自動負荷制限・発電抑制(蓄電設備制御) 適用拡大(対象設備)[4①]
  - ・単独運転防止機能 将来に備えた検討 [4①]
- 【電圧変動への対応】
  - ・電圧・無効電力制御(運転制御) 適用拡大(高低圧)[4①]
  - ・系統安定化装置(PSS)/自動電圧調整装置(AVR) 適用拡大(再エネ)[4④]
- 【電圧変動への対応(FRT)】
  - ・電圧上昇側 Voltage Ride Through [4④]
- 【参考調査(将来のあり方)】
  - ・\*1 Black Start [4③] \*1: 海外調査結果から検討対象として追加を提案

### ⑤要件化ロードマップ（修正案）

#### 【参考】フェーズ2以降の考え方

- 下記の考え方で、フェーズ2:中期（2025年前後）、フェーズ3:長期（2030年前後）、フェーズ4以降:継続検討とフェーズ分けするが、個別要件検討、評価の中で必要に応じて、要件化時期を議論の上決める。
- ✓ 「フェーズ2:中期（2025年前後）」…再エネ(発電電力量)導入比率36～38%※<sup>1</sup>程度を想定し、適切な出力制御や変動対策などに貢献する要件
  - [2①]早急に発電側で具備したほうがよいとフェーズ1（2023年要件化）で一旦整理したが、継続検討となったもの。
  - [2②]現行要件内容およびフェーズ1（2023年要件化）内容で、早期に電圧・電源種の適用拡大をすることで安定供給に貢献すると考えられるもの。
  - [2③]海外ですでに検討、規定されているもので、日本のグリッドコードにおいても電力の安定供給に貢献と考えられるもの。
- ✓ 「フェーズ3:長期（2030年前後）」…再エネ(発電電力量)導入比率50～60%※<sup>2</sup>程度を想定し、調整力・慣性や系統の保護・制御に貢献する要件
  - [3①]早急に発電側で具備したほうがよいが、引き続き技術的検討や実証試験などが必要と考えられるもの。
  - [3②]必要性の整理次第では、現行要件内容の電圧・電源種の適用拡大をすることで、安定供給に貢献すると考えられるもの。
  - [3③]海外ですでに検討、規定されているもので、必要性の整理次第では日本のグリッドコードにおいても電力の安定供給に貢献と考えられるもの。
- ✓ 「フェーズ4以降:継続検討」…カーボンニュートラル実現に向けて、新規技術や新制度なども意識した主に小容量火力や高低圧に関する要件
  - [4①]近い将来においては要件化の必要性が明確ではないものの、今後の再エネ導入拡大を見据えて、検討をしておいたほうがよいもの。
  - [4②]他の会議体で検討・整理されるため、要件化時期を確定できないもの。
  - [4③]海外において検討されているものの、日本のグリッドコードにおいて規定した方がよいか検討するために情報収集や詳細検討などが必要なもの。