

欧米におけるグリッドコード改定状況と 関連技術動向に関する調査 中間報告

2021年12月17日

電力広域的運営推進機関

■ 目的

欧米におけるグリッドコード制定・改定状況と関連する技術動向を調査し、グリッドコード検討会における中長期検討対象項目の要件化の必要性と時期の検討につなげる。

■ 背景

グリッドコード検討会で「中長期検討」と判断した理由に、欧米でも個別協議や詳細検討中であったり、国内ではまだ必要性が見えてないものがあつた。短期要件化個別検討後の2021年度下期以降、中長期要件化検討を進めるにあたり、要件化必要性・時期を整理するために、再エネ導入で先行する海外での要件化の背景、審議の経緯、技術動向等を確認する必要がある。

短期要件化検討

系統側ニーズ

欧州RfG, 米国CA Rule21と現行国内規程を比較、2030年度断面で必要なものを短期、以降のものを中長期と仕分け



海外実態調査 #1

欧州6ヶ国（英国、アイルランド、ドイツ、スペイン、イタリア、デンマーク）のRfG反映状況を整理、米国（FERC order, NERC standards, IEEE, PJM, ERCOT, CAISO）の規程を整理、短期/中長期仕分け内容を再整理、確認

発電側意見

個別審議

海外状況、発電側意見を踏まえ要件化内容を議論

総合評価

「費用」、「変動対応能力」、「公平性」、「実現性」について、各要件を横断的に評価

中長期要件化検討

系統側ニーズ

2030年の電源構成、それに伴う潜在するリスク、系統運用を考慮し、中期・長期・継続検討に仕分け

海外実態調査 #2

欧州と米国における要件化の背景、審議の経緯、技術動向等を確認

中期要件化・長期要件化・継続検討の必要性・時期を検討

発電側意見

個別審議

総合評価

要件化項目と時期

☆2023年4月要件化

- 発電出力の抑制
- 発電出力の遠隔制御
- 周波数変化の抑制対策（上昇側・低下側）：特高
- 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
- 単独運転防止対策
- 事故時運転継続
- 発電設備早期再並列(発電設備所内単独運転)
- 特定系統単独維持(発電設備単独運転)※要件化見送り
- 電圧・無効電力制御(運転制御)
- 電圧変動対策(力率設定)
- 運転可能電圧範囲と継続時間
- 電圧フリッカの防止
- 事故除去対策(保護継電器・遮断器動作時間)
- 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

☆2023年4月 要件化

- ☆2030年再エネ比率(22~24%)に対応すべく、短期(2023年)要件化
- ◇2030年再エネ比率見直し(36~38%)以降も想定し、中期要件化検討
- ◆□2040年以降(2050年目標未定)を想定し、長期要件化、継続検討
- ・ **中長期要件化・継続検討要件化の時期、項目は今後の議論にて決める**

◆長期(2030年前後)要件化を検討

- 周波数変化の抑制対策（上昇側・低下側）：高低圧
- 発電設備の制御応答性
- 周波数変化率耐量(RoCoF)
- 慣性力の供給（疑似慣性）
- 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)
- 出力（有効電力）の増加速度の上限
- 情報提供(系統安定化、慣性力、事故電流)
- 制御・保護システムの協調・優先順位

◇中期(2025年前後)要件化を検討

- 事故時優先順位指定
- 周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度
- 電圧上昇側 Voltage Ride Through
- 電圧・無効電力制御(運転制御)
- ：PCS電源の電圧一定制御

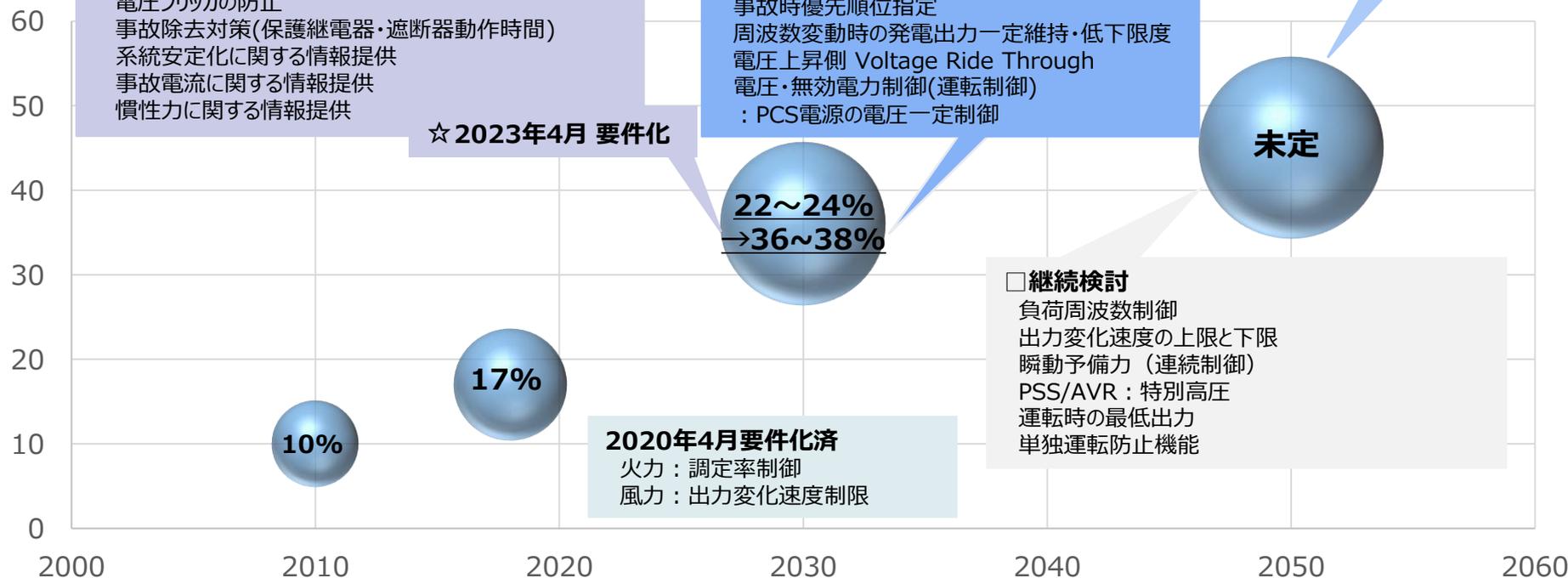
2020年4月要件化済

- 火力：調定率制御
- 風力：出力変化速度制限

□継続検討

- 負荷周波数制御
- 出力変化速度の上限と下限
- 瞬動予備力（連続制御）
- PSS/AVR：特別高圧
- 運転時の最低出力
- 単独運転防止機能

再エネ（発電電力量）導入比率 [%]



■ 調査対象

グリッドコード検討会で「中長期検討」とした要件について、欧州と米国における対応する要件の状況を調査する。

	欧州	米国
中央	ENTSO-E (RfG)	FERC Order NERC Reliability Standards
規格	CENELEC (EN50549-1, EN50549-2)	規格 (IEEE 1548-2018, P2800)
国別、地域	英国 (NATIONAL GRID) アイルランド (EIRGRID) デンマーク (ENERGINET)	テキサス (ERCOT) カリフォルニア (CAISO, CPUC)

■ 調査の視点

以下の観点で調査する。

要件化の背景	
◆ 審議の経緯・ポイント	電源側：発電所・設備の出力、電源種、仕様等 系統側：仕様上の制約等
・ 電源種	適用対象の電源種の追加状況（例：蓄電設備）
	コジェネ、ヒートポンプの扱い
・ 電圧階級	送電系統での技術要件の配電系統への適用拡大状況
・ その他	自家消費、調整力市場、DR/VPPとの関係を踏まえた対応状況、実現性（技術完成度、開発期間）等
◆ 技術動向	事故対応、疑似慣性、グリッドフォーミングインバータ、調整力確保のための設備（蓄電池）等

■ 中長期要件化検討対象候補と海外調査時のポイント一覧 (1/2)

中長期検討対象	対象電圧階級	対象電源	海外調査時のポイント
周波数変化の抑制対策(上昇側) 周波数変化の抑制対策(低下側)	高圧・低圧	太陽光・風力・蓄電池	単独運転検出機能との協調、対象設備容量・整定値設定の経緯、需要家設備に対する要件
発電設備の制御応答性	特別高圧	GT・GTCC・火力・混焼バイオマス(100MW未満、 沖縄35MW未満)	単独運転検出機能との協調、対象設備容量・整定値設定の経緯、需要家設備に対する要件、市場との関係（応動時間）
	高圧・低圧	上記ならびに、太陽光・風力・蓄電池	
負荷周波数制御	特別高圧	GT・GTCC・火力・混焼バイオマス(100MW未満、 沖縄35MW未満)	再エネに対する遠隔制御機能要求状況、対象設備容量・整定値設定の経緯
	高圧・低圧	上記ならびに、太陽光・風力・蓄電池	
発電設備の運転可能周波数（上昇側）	全電圧	全電源	単独運転検出機能との協調、対象設備容量・整定値設定の経緯、需要家設備に対する要件
周波数変化率耐量（RoCoF）	全電圧	太陽光・風力・蓄電池・燃料電池・ガスエンジン （FRT要件対象容量・設備）・複数直流入力	調整力・需給バランス対応、単独運転検出等他のグリッドコード要件との機能協調、対象設備容量・整定値設定の経緯、事故事例、需要家設備に対する要件
出力（有効電力）の増加速度の上限	全電圧	太陽光・風力・蓄電池	対象設備容量・整定値設定の経緯、需要家設備に対する要件
出力変化速度の上限	全電圧	全電源	設備仕様、対象設備容量・整定値設定の経緯、需要家設備に対する要件
出力変化速度の下限 ※調整力を有する電源に適用する要件	高圧・低圧	GT・GTCC・火力・混焼バイオマス(100MW未満、 沖縄35MW未満)	
慣性力の供給	全電圧	太陽光・風力・蓄電池	慣性力対応（英国ナショナルグリッドのスタビリティパスファインダー検討内容とその背景、英国の市場制度、既設・新設の扱いの差異、市場要件と接続要件の差異等）、単独運転検出等他のグリッドコード要件との機能協調、事故事例
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)	全電圧	太陽光・風力・蓄電池	太陽光・風力・蓄電池の事故電流供給技術動向、対象設備容量・整定値設定の経緯、事故事例、需要家設備に対する要件

■ 中長期要件化検討対象候補と海外調査時のポイント一覧 (2/2)

中長期検討対象	対象電圧階級	対象電源	海外調査時のポイント
電圧・無効電力制御	高圧・低圧	太陽光・風力・蓄電池	設備仕様、対象設備容量・整定値設定の経緯、需要家設備に対する要件
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	特別高圧	太陽光・風力・蓄電池	同期機のAVR/PSSに相当する機能の太陽光・風力・蓄電池への規定状況と関連技術動向
制御・保護システムの協調・優先順位	全電圧	全電源	複数の制御・保護機能の動作が相反する場合の優先順位設定の経緯、単独運転検出等他のグリッドコード要件との機能協調・両立性
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)	全電圧	太陽光・風力・蓄電池・燃料電池・ガスエンジン(FRT要件対象容量・設備)・複数直流入力	優先順位(出力回復か事故電流供給かなど)設定の経緯、動的無効電流制御の要否(有効電流・無効電流の優先制御量含む)、事故事例
情報提供(系統安定化、慣性力・事故電流)	高圧・低圧	太陽光・風力・蓄電池	シミュレーション用モデルなど、太陽光・風力・蓄電池に関する諸元とその用途、需要家設備に関する諸元、対象設備容量設定の経緯、需要家設備に関する諸元とその用途
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度	高圧・低圧	火力(100MW未満、沖縄35MW未満)	コージェネでの対応状況(出力低下防止策)、対象設備容量設定の経緯
電圧上昇側 Voltage Ride Through	全電圧	太陽光・風力・蓄電池・燃料電池・ガスエンジン(FRT要件対象容量・設備)・複数直流入力	事故事例、設備仕様
瞬動予備力(連続制御)	特別高圧	GT・GTCC・火力・混焼バイオマス(100MW未満、沖縄35MW未満)	設備仕様、対象設備容量・整定値設定の経緯
	高圧・低圧	上記ならびに、太陽光・風力・蓄電池	
運転時の最低出力	高圧・低圧	火力・混焼バイオマス(100MW未満、沖縄35MW未満)	火力・混焼バイオマス発電の最低出力設定状況、対象設備容量設定の経緯
単独運転防止機能	高圧・低圧	全電源	設備仕様、単独運転検出等他のグリッドコード要件との機能協調・両立性

◆ 中長期要件化検討対象は、各国で違いはあるが規定されており、要件化の背景等調査対象として妥当と考える。

中長期要件化検討対象要件	欧州 RfG	欧州 EN	GB	IE	DK	米 FERC	米 NERC	IEEE	ERCOT	CAISO	CPUC
周波数変化の抑制対策(上昇側)	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			
周波数変化の抑制対策(低下側)	✓	✓	✓	✓							
発電設備の制御応答性	✓	✓	✓	✓				✓	✓		
負荷周波数制御	✓			✓				✓ P2800	✓		
発電設備の運転可能周波数（上昇側）	✓	✓	✓	✓				✓	✓		
周波数変化率耐量（RoCoF）	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	
出力（有効電力）の増加速度の上限	✓	✓	✓	✓				✓			
出力変化速度の上限	✓		✓	✓				✓			
出力変化速度の下限		✓			調査中	追加調査中	追加調査中		追加調査中	追加調査中	調査中
慣性力の供給	✓		✓	✓				✓			
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)	✓	✓	✓	✓				✓	追加調査中	追加調査中	
電圧・無効電力制御	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	✓		✓	✓		✓	✓	✓ P2800	✓	✓	
制御・保護システムの協調・優先順位	✓		✓	✓		✓	✓	✓			
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)	✓		✓	✓				✓			
情報提供（系統安定化、慣性力・事故電流）	✓		✓	✓		✓	✓	✓			
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度	✓	✓									
電圧上昇側 Voltage Ride Through		✓	✓				✓	✓	✓	✓	
瞬動予備力（連続制御）	✓		✓	✓		✓	✓	✓ P2800	✓	✓	
運転時の最低出力			✓	✓							
単独運転防止機能		✓	✓					✓			

中長期要件化検討対象要件	ENTSO-E RfG
周波数変化の抑制対策(上昇側) 周波数変化の抑制対策(低下側)	1.13.2 Limited frequency sensitive mode – over-frequency (LFSM-O) 1.15.2 (c) Limited frequency sensitive mode – under-frequency (LFSM-U)
発電設備の制御応答性	1.15.2 (d) Frequency sensitive mode
負荷周波数制御	1.15.2 (e) Frequency restoration control
発電設備の運転可能周波数（上昇側）	1.13.1 (a) Frequency ranges
周波数変化率耐量（RoCoF）	1.13.1 (b) Rate-of-change-of-frequency (RoCoF) withstand capability
出力（有効電力）の増加速度の上限	1.13.7 (b) Automatic connection
出力変化速度の上限	1.15.6 (e) Rates of change of active power output
出力変化速度の下限	1.15.2 (a) Frequency stability capability of adjusting an active power setpoint in line with instructions
慣性力の供給	2.21.2 (a), (b) Providing synthetic inertia during very fast frequency deviations
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)	2.20.2 (b) Providing fast fault current 2.20.2 (c) TSO shall have the right to specify a requirement for asymmetrical current injection
電圧・無効電力制御	1.17.2 (a), 2.20.2 (a) Reactive power capability
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	2.19.2 (b) Automatic voltage regulator, (v)
制御・保護システムの協調・優先順位	1.14.5 (c) Priority ranking of protection and control
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)	2.21.3 (e) Prioritising active or reactive power contribution
情報提供（系統安定化、慣性力・事故電流）	1.15.6 (c) Simulation models ?
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度	1.13.3 Constant output at its target active power value regardless of changes in frequency 1.13.4 Maximum active power reduction at underfrequency 1.13.5 Conditions for admissible active power reduction from maximum output 1.15.4 (b) Capable of remaining connected to the network and operating without power reduction
電圧上昇側 Voltage Ride Through	1.14.3 Fault ride through capability of generators (RfGでは電圧降下時のみ記載、ENでは上昇側の記載あり)
瞬動予備力（連続制御）	1.15.2 (c) Limited frequency sensitive mode – under-frequency (LFSM-U)
運転時の最低出力	
単独運転防止機能	(RfGでは意図しない単独運転の防止の記載なし、ENでは記載あり)

中長期要件化検討 対象要件	CENELEC EN50549-1:Requirements for the connection of generators above 16 A per phase - Part 1: Connection to the LV distribution system
周波数変化の抑制対策(上昇側) 周波数変化の抑制対策(低下側)	4.6.1 Power response to overfrequency 4.6.2 Power response to underfrequency
発電設備の制御応答性	Response time は 4.6.1, 4.6.2 に記載あり
負荷周波数制御	
発電設備の運転可能周波数（上昇側）	4.4.2 Operating frequency range
周波数変化率耐量（RoCoF）	4.5.2 Rate of change of frequency (ROCOF) immunity
出力（有効電力）の増加速度の上限	4.10.2 Automatic reconnection after tripping 4.10.3 Starting to generate electrical power
出力変化速度の上限	
出力変化速度の下限	4.11.2 Reduction of active power on set point
慣性力の供給	
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)	4.7.4 Short circuit current requirements on generating plants
電圧・無効電力制御	4.7.2 Voltage support by reactive power 4.7.3 Voltage related active power reduction 4.7.4.2.2 Zero current mode for converter connected generating technology
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	
制御・保護システムの協調・優先順位	
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)	
情報提供（系統安定化、慣性力・事故電流）	
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度	4.4.3 Minimal requirement for active power delivery at underfrequency
電圧上昇側 Voltage Ride Through	4.5.4 Over-voltage ride through (OVRT)
瞬動予備力（連続制御）	
運転時の最低出力	
単独運転防止機能	4.9.4 Means to detect island situation

中長期要件化検討 対象要件	CENELEC EN50549-2:Requirements for the connection of generators above 16 A per phase - Part 2: Connection to the MV distribution system
周波数変化の抑制対策(上昇側) 周波数変化の抑制対策(低下側)	4.6.1 Power response to overfrequency 4.6.2 Power response to underfrequency
発電設備の制御応答性	Response time は 4.6.1, 4.6.2 に記載あり
負荷周波数制御	
発電設備の運転可能周波数（上昇側）	4.4.2 Operating frequency range
周波数変化率耐量（RoCoF）	4.5.2 Rate of change of frequency (ROCOF) immunity
出力（有効電力）の増加速度の上限	4.10.2 Automatic reconnection after tripping 4.10.3 Starting to generate electrical power
出力変化速度の上限	
出力変化速度の下限	4.11.2 Reduction of active power on set point
慣性力の供給	
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)	4.7.4 Short circuit current requirements on generating plants
電圧・無効電力制御	4.7.2 Voltage support by reactive power 4.7.3 Voltage related active power reduction 4.7.4.2.2 Optional Modes 4.7.4.2.3 Zero current mode for converter connected generating technology
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	
制御・保護システムの協調・優先順位	
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)	
情報提供（系統安定化、慣性力・事故電流）	
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度	4.4.3 Minimal requirement for active power delivery at underfrequency
電圧上昇側 Voltage Ride Through	4.5.4 Over-voltage ride through (OVRT)
瞬動予備力（連続制御）	
運転時の最低出力	
単独運転防止機能	4.9.4 Means to detect island situation

中長期要件化検討対象要件	英国 National Grid
周波数変化の抑制対策(上昇側) 周波数変化の抑制対策(低下側)	ECC.6.3.7.1
発電設備の制御応答性	ECC.6.3.6.1.1.3
負荷周波数制御	
発電設備の運転可能周波数（上昇側）	CC.6.1.3
周波数変化率耐量（RoCoF）	ECC.6.3.13.2
出力（有効電力）の増加速度の上限	
出力変化速度の上限	BC1.A.1.1
出力変化速度の下限	
慣性力の供給	PC.A.5.4.3.1 (d), ECC.6.3.7.3.3
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)	ECC.6.3.16.1.2
電圧・無効電力制御	CC.6.3.4
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	CC.A.6.2.1 CC.A.6.2.5
制御・保護システムの協調・優先順位	ECC.6.2.2.8
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)	ECC.6.3.16.1.5
情報提供（系統安定化、慣性力・事故電流）	CP.A.3.1.1
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度	
電圧上昇側 Voltage Ride Through	CC.6.1.7
瞬動予備力（連続制御）	OC.4.3.4.1.10
運転時の最低出力	CC.A.3.2, BC.3.7.3
単独運転防止機能	CC.6.3.15.3 (iv)

中長期要件化検討対象要件	アイルランド EIRGRID
周波数変化の抑制対策(上昇側) 周波数変化の抑制対策(低下側)	OC.4.3.4.1.8 OC.4.3.4.1.9
発電設備の制御応答性	PPM1.5.2.1, PPM1.5.3.3
負荷周波数制御	OC.5.6
発電設備の運転可能周波数（上昇側）	CC.7.3.1.1 (b)
周波数変化率耐量（RoCoF）	CC.7.3.1.1 (d)
出力（有効電力）の増加速度の上限	PPM1.5.4.2
出力変化速度の上限	PPM1.5.4, CC.7.3.1.1 (l)
出力変化速度の下限	CC.7.3.1.1 (m)
慣性力の供給	CC.10.9.6 (if applicable)
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)	PPM1.4.2
電圧・無効電力制御	PPM1.6.3.4
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	CC.7.3.8 PC.A4.8
制御・保護システムの協調・優先順位	CC.10.9.6
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)	PPM1.4.2 (c)
情報提供（系統安定化、慣性力・事故電流）	PC.A8
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度	
電圧上昇側 Voltage Ride Through	
瞬動予備力（連続制御）	OC.4.3.4.1.10, CC.7.3.7
運転時の最低出力	CC.7.3.1.1 (k)
単独運転防止機能	

中長期要件化検討対象要件	デンマーク	調査中
周波数変化の抑制対策(上昇側) 周波数変化の抑制対策(低下側)		
発電設備の制御応答性		
負荷周波数制御		
発電設備の運転可能周波数（上昇側）		
周波数変化率耐量（RoCoF）		
出力（有効電力）の増加速度の上限		
出力変化速度の上限		
出力変化速度の下限		
慣性力の供給		
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)		
電圧・無効電力制御		
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)		
制御・保護システムの協調・優先順位		
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)		
情報提供（系統安定化、慣性力・事故電流）		
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度		
電圧上昇側 Voltage Ride Through		
瞬動予備力（連続制御）		
運転時の最低出力		
単独運転防止機能		

中長期要件化検討 対象要件	米国 FERC	追加調査中
周波数変化の抑制対策(上昇側)(低下側)	No.842:Essential Reliability Services and the Evolving Bulk-Power System—Primary Frequency Response	
発電設備の制御応答性		
負荷周波数制御		
発電設備の運転可能周波数（上昇側）		
周波数変化率耐量（RoCoF）		
出力（有効電力）の増加速度の上限		
出力変化速度の上限		
出力変化速度の下限		
慣性力の供給		
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)		
電圧・無効電力制御	No.827:Reactive Power Requirements for Non-Synchronous Generation	
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	(LGIA-5.4)	
制御・保護システムの協調・優先順位	(LGIA-9.7.4)	
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)		
情報提供（系統安定化、慣性力・事故電流）	(LGIA-5.8)	
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度		
電圧上昇側 Voltage Ride Through	上昇側の要件なし	
瞬動予備力（連続制御）	No.842:Essential Reliability Services and the Evolving Bulk-Power System—Primary Frequency Response (LGIA-9.6.2)	
運転時の最低出力		
単独運転防止機能		

◆ LGIA、SGIAは定性的・抽象的な記載であり、具体的な内容はNERC Reliability StandardやRTO/ISOの規程で展開されている。また、LGIAとSGIAの改定は、FERC Orderで議論された内容の反映となっており、FERC Order調査を優先する。

中長期要件化検討 対象要件	米国 NERC	追加調査中
周波数変化の抑制対策(上昇側) (低下側)	BAL-003-2 Frequency Response and Frequency Bias Setting Reliability Standard BAL-001-TRE-2 Primary Frequency Response in the ERCOT Region	
発電設備の制御応答性		
負荷周波数制御		
発電設備の運転可能周波数（上昇側）		
周波数変化率耐量（RoCoF）		
出力（有効電力）の増加速度の上限		
出力変化速度の上限		
出力変化速度の下限		
慣性力の供給		
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)		
電圧・無効電力制御	VAR-001-5/6 Voltage and Reactive Control	
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	VAR-002-WECC-2 Automatic Voltage Regulators VAR-501-WECC-3.1 Power System Stabilizer (PSS)	
制御・保護システムの協調・優先順位	PRC-019-2 Coordination of Generating Unit or Plant Capabilities, Voltage Regulating Controls, and Protection	
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)		
情報提供（系統安定化、慣性力・事故電流）	FAC-001-3 Facility Interconnection Requirements	
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度		
電圧上昇側 Voltage Ride Through	PRC-024-2 Generator Frequency and Voltage Protective Relay Settings	
瞬動予備力（連続制御）	BAL-001-TRE-2 Primary Frequency Response in the ERCOT Region	
運転時の最低出力		
単独運転防止機能		

中長期要件化検討 対象要件	米国IEEE 1547-2018
周波数変化の抑制対策(上昇側) 周波数変化の抑制対策(低下側)	6.5.2.7 Frequency-droop (frequency-power)
発電設備の制御応答性	4.6 Control Capabilities Requirements
負荷周波数制御	
発電設備の運転可能周波数（上昇側）	6.5.2 Frequency disturbance ride-through requirements
周波数変化率耐量（RoCoF）	6.5.2.5 Rate of change of frequency (ROCOF) ride-through
出力（有効電力）の増加速度の上限	4.10.3 Performance during entering service
出力変化速度の上限	6.5.2.7.2 Frequency-droop (frequency-power) operation
出力変化速度の下限	
慣性力の供給	6.5.2.8 Inertial Response
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)	6.2.1 Area EPS Faults
電圧・無効電力制御	5. Reactive power capability and voltage/power control requirements
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	
制御・保護システムの協調・優先順位	Informative: Annex E.2
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)	6.2.1 Area EPS faults
情報提供（系統安定化、慣性力・事故電流）	10. Interoperability, information exchange, information models, and protocols 11.4 Fault current characterization
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度	
電圧上昇側 Voltage Ride Through	6.4.2.4 High-voltage ride-through
瞬動予備力（連続制御）	
運転時の最低出力	
単独運転防止機能	8.1 Unintentional islanding

中長期要件化検討対象要件	米国 IEEE P2800
周波数変化の抑制対策(上昇側) 周波数変化の抑制対策(低下側)	6.1 Primary Frequency Response (PFR) 6.2 Fast Frequency Response (FFR)
発電設備の制御応答性	4.6 Control Requirements
負荷周波数制御	4.6 Control Requirements
発電設備の運転可能周波数（上昇側）	7.3.2 Frequency disturbance ride-through requirements
周波数変化率耐量（RoCoF）	7.3.2.3.5 Rate of change of frequency (ROCOF) ride-through
出力（有効電力）の増加速度の上限	4.10.3 Performance during entering service
出力変化速度の上限	4.6.2 Control Requirements
出力変化速度の下限	
慣性力の供給	6.2 Fast Frequency Response (FFR)
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)	7.2.2.3.4 Current injection during ride-through mode
電圧・無効電力制御	5.1 Reactive power capability
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	Intentional Gap
制御・保護システムの協調・優先順位	9.6 Interconnection System Protection
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)	7.2.2.3.2 Low and High voltage ride-through capability
情報提供（系統安定化、慣性力・事故電流）	10 Modeling Data
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度	
電圧上昇側 Voltage Ride Through	7.2.2 Voltage disturbance ride-through requirements 7.2.3 Transient overvoltage ride-through requirements
瞬動予備力（連続制御）	6.1 Primary Frequency Response (PFR)
運転時の最低出力	
単独運転防止機能	9.5 Unintentional islanding

中長期要件化検討 対象要件	米国 ERCOT ERCOT Nodal Operating Guide
周波数変化の抑制対策(上昇側) 周波数変化の抑制対策(低下側)	
発電設備の制御応答性	2.2.10 Generation Resource and Energy Storage Resource Response Time Requirements 2.2.10 Shutting down and disconnecting Generation Resources or ESRs from the ERCOT Transmission Grid
負荷周波数制御	2.2.4 Load Frequency Control (LFC)
発電設備の運転可能周波数（上昇側）	2.6.2 (2)
周波数変化率耐量（RoCoF）	2.6.2 Frequency Ride-Through Requirements for Distribution Generation Resources (DGRs) and Distribution Energy Storage Resources (DESRs)
出力（有効電力）の増加速度の上限	
出力変化速度の上限	
出力変化速度の下限	
慣性力の供給	
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)	
電圧・無効電力制御	
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	2.2.5 Automatic Voltage Regulators, 2.2.6 Power System Stabilizers (PSS)
制御・保護システムの協調・優先順位	
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)	
情報提供（系統安定化、慣性力・事故電流）	
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度	
電圧上昇側 Voltage Ride Through	2.9.1 Voltage Ride-Through Requirements for Generation Resources and Energy Storage Resources
瞬動予備力（連続制御）	2.2.7 Turbine Speed Governors 2.2.8 Performance/Disturbance/Compliance Analysis
運転時の最低出力	
単独運転防止機能	

追加調査中

中長期要件化検討 対象要件	米国 CAISO TARIFF APPENDIX V Large Generator Interconnection Agreement
周波数変化の抑制対策(上昇側) 周波数変化の抑制対策(低下側)	
発電設備の制御応答性	
負荷周波数制御	
発電設備の運転可能周波数（上昇側）	
周波数変化率耐量（RoCoF）	9.7.3 Under-Frequency and Over Frequency Conditions
出力（有効電力）の増加速度の上限	
出力変化速度の上限	
出力変化速度の下限	
慣性力の供給	
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)	
電圧・無効電力制御	
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	
制御・保護システムの協調・優先順位	
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)	
情報提供（系統安定化、慣性力・事故電流）	
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度	
電圧上昇側 Voltage Ride Through	
瞬動予備力（連続制御）	9.6.2.1 Governors and Regulators
運転時の最低出力	
単独運転防止機能	

追加調査中

中長期要件化検討 対象要件	米国 CAISO TARIFF Appendix T Small Generator Interconnection Agreement
周波数変化の抑制対策(上昇側) 周波数変化の抑制対策(低下側)	
発電設備の制御応答性	
負荷周波数制御	
周波数変化率耐量 (RoCoF)	
発電設備の運転可能周波数 (上昇側)	
出力 (有効電力) の増加速度の上限	
出力変化速度の上限	
出力変化速度の下限	
慣性力の供給	
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)	
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)	Attachment 7-v Power System Stabilizers (PSS)
制御・保護システムの協調・優先順位	
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)	
情報提供 (系統安定化、慣性力・事故電流)	
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度	
電圧上昇側 Voltage Ride Through	
瞬動予備力 (連続制御)	1.8.3 Primary Frequency Response 1.8.3.4 Electric Storage Resources
運転時の最低出力	
単独運転防止機能	

中長期要件化検討 対象要件	米国 CPUC	調査中
周波数変化の抑制対策(上昇側) 周波数変化の抑制対策(低下側)		
発電設備の制御応答性		
負荷周波数制御		
発電設備の運転可能周波数（上昇側）		
周波数変化率耐量（RoCoF）		
出力（有効電力）の増加速度の上限		
出力変化速度の上限		
出力変化速度の下限		
慣性力の供給		
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)		
電圧・無効電力制御		
PSS(系統安定化装置)、AVRの仕様・性能(定常電圧・過渡電圧制御)		
制御・保護システムの協調・優先順位		
事故時優先順位指定(FRT中有効・無効電力制御)		
情報提供（系統安定化、慣性力・事故電流）		
周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度		
電圧上昇側 Voltage Ride Through		
瞬動予備力（連続制御）		
運転時の最低出力		
単独運転防止機能		

4. 調査結果（例）：FERC

■ 周波数変化の抑制対策(上昇側)(低下側)、瞬動予備力（連続制御）

- 中長期要件化検討対象電圧階級：高圧・低圧
- 中長期要件化検討対象電源：太陽光・風力・蓄電池

➤ 調査対象：No. 842 Essential Reliability Services and the Evolving Bulk-Power System—Primary Frequency Response

- 発電設備の大小、同期/非同期電源に関わらず、タービンガバナ同等のprimary frequency response 能力を有することを系統接続の条件とする。
- 過度の遅延なく、ドループ 最大5%、デッドバンド±0.036Hz で応答すること（NERCとRTO/ISOが継続監視し、必要な場合は地域に応じてNERC規程より厳しい設定とすることを認める）

下記項目は引き続き調査予定

- ✓ 単独運転検出機能との協調
- ✓ 設備容量・整定値設定の経緯
- ✓ 需要家設備に対する要件

審議のポイント	要件概要	規定の経緯
電圧階級	全電圧階級	－（規定経緯の記載なし）
電源種	<ul style="list-style-type: none"> • CHP (Combined Heat and Power Facilities) と原子力は除く。 • ただし、CHPは新規設備において、サイト負荷に対応でき、かつガバナ設置に伴うコストが低い場合、PFR提供できることを求める。 	<ul style="list-style-type: none"> • CHPはスタンドアロンの発電機のように扱えない、サイト負荷に応じた容量のため蒸気バランスに影響を及ぼすことから、要件の対象から除外した。
出力・設備仕様・制約	<ul style="list-style-type: none"> • 出力区分なし、容量区分なし • 配電系統での単独運転防止対策は、標準規格や系統事業者の適切な技術基準による。 	<ul style="list-style-type: none"> • 大小分けて扱う経済的または技術的根拠はないため、小規模発電設備にも適用する。
その他	<ul style="list-style-type: none"> • PFRのためのヘッドルーム確保の義務はなし、PFRに対する補償もなし。 • 周波数低下時の出力増加において、運転可能出力以上の出力や系統接続契約で決めた出力上限を超過することは求めない。 	<ul style="list-style-type: none"> • 市場ベースの補償が公正かつ合理的という実績はなく、管理コスト（PFR動作確認用計器の設置、監視等）のほうが増大する可能性あり、PFR対応のための予備力の確保は求めず、関連する補償は規定しない。 • カリフォルニアでは、PFRによる機会損失費用を容量市場参加で回収するメカニズムがある。
市場対応、実現性	<ul style="list-style-type: none"> • 蓄電池には、PFRに必要な動作範囲とPFRに必要でない動作状況を明確にすることを求める。また、エネルギー制限ある場合（充電量不足など）は、PFR要件を免除する。 	<ul style="list-style-type: none"> • 蓄電技術により放電深度が異なり最適な放電深度を超えると設備劣化が加速することから運用・保守コストが増加する。エネルギー容量に制限があることからPFR動作条件の明確化と免除区分する。
技術動向	－（要件としての記載なし）	<ul style="list-style-type: none"> • 最近の風力発電には周波数変動に対応した機能がある。 • 太陽光・蓄電池のインバータは従来の火力発電機より早い制御が可能

- 第7回検討会においてコメントあった 米国**FERC Order No. 2222** (Participation of Distributed Energy Resource Aggregations in Markets Operated by Regional Transmission Organizations and Independent System Operators), **Order No. 841** (Electric Storage Participation in Markets Operated by Regional Transmission Organizations and Independent System Operators) の簡易調査を合わせて実施

- 調査結果

以下の理由(*1) から、FERC Order No. 2222 と No. 841 は、グリッドコード検討会ではなく、分散型電源の市場参入について整理している 国の**ERAB検討会**または**大量導入小委**等他の会議体で**市場参入時の障壁と対応についての検討の参考**としてはどうか。

*1

- RTO/ISOに対しての分散型電源アグリゲーター・蓄電設備のRTO/ISO市場参入障壁排除のためのTariff改定要求であり、グリッドコード検討会で検討している「発電事業者に対しての発電設備に求める技術要件」ではないため。

なお、米国での分散型電源・蓄電設備の市場参入有無に関わらず、分散型電源・蓄電設備についての系統接続時の技術要件は変わらない。

グリッドコードの参考になる内容としては、市場参入に伴う蓄電設備からRTO/ISOにテレメータ等によるデータ送信とその内容についての記載があり、日本において分散型電源の市場参入により一送にてそれらのデータを必要とする場合は、参考にできると考える。

■ 調査結果（続き）

Order	議論項目(Discussionから抜粋)	記載内容
<p>No. 2222 (Participation of Distributed Energy Resource Aggregations in Markets Operated by Regional Transmission Organizations and Independent System Operators)</p> <p>地域送電機関（RTO）および独立システムオペレーター（ISO）市場（RTO / ISO市場）における分散型エネルギー電源アグリゲーターの市場参加に対する障壁を取り除くため、RTO/ISOへTariff改定を要求</p>	<p>A. Commission Jurisdiction B. Definitions of Distributed Energy Resource and Distributed Energy Resource Aggregator C. Eligibility to Participate in RTO/ISO Markets through a Distributed Energy Resource Aggregator D. Locational Requirements E. Distribution Factors and Bidding Parameters F. Information and Data Requirements G. Metering and Telemetry System Requirements H. Coordination between the RTO/ISO, Aggregator, and Distribution Utility I. Modifications to List of Resources in Aggregation J. Market Participation Agreements</p>	<p>A. 本規程の目的、RTO/ISOに対しアグリゲーターの市場参加を拒否することを禁止 B. アグリゲーターが扱う分散型電源の定義 C. 分散型電源リソースアグリゲーターを介してRTO / ISO市場に参加する資格（参加形態、電源種、他サービスとの重複有無、最低設備サイズ、最小容量、アグリケーションによる単一化） D. 地理的要求 E. 入札条件 F. 電源に関する情報とデータの提出 G. テレメーター送信 H. RTO/ISO, アグリゲーター, 配電オペレーター間の協調（市場ルール、役割、小売規制、フレームワーク） I. アグリケーション構成リスト改定時の対応 J. 市場参加協定</p>

■ 調査結果（続き）

Order	議論項目(Discussionから抜粋)	記載内容
<p>No. 841 (Electric Storage Participation in Markets Operated by Regional Transmission Organizations and Independent System Operators)</p> <p>RTO/ISO市場に蓄電設備の容量市場、卸売市場、アンシラリー市場への参入障壁をなくすため、RTO/ISOへTariff改定を要求</p>	<p>A. Definition of Electric Storage Resource B. Creation of a Participation Model for Electric Storage Resources C. Eligibility of Electric Storage Resources to Participate in the RTO/ISO Markets D. Participation in the RTO/ISO Markets as Supply and Demand E. Physical and Operational Characteristics of Electric Storage Resources F. State of Charge Management G. Minimum Size Requirement H. Energy Used to Charge Electric Storage Resources</p>	<p>A. 蓄電設備の定義 B. 蓄電設備の市場参加モデル（参加資格基準、既存市場ルールへの適用） C. 市場参加するための蓄電設備の適格性（対象の市場、最低運転時間、アンシラリーサービスにおける応答時間、NERCの定義の適用） D. 需給両面でのRTO / ISO市場への参加（販売・小売りとしての参加、販売・小売の入札競合防止、支払い方法） E. 蓄電設備の物理的および運用上の特徴 {入札条件（充電状態、充電上限/下限、最大充電率、最大放電率）、追加の入札条件（最小放電制限、最小充電制限、放電ランプレート、充電ランプレート）、用語の定義} F. 充電状態の管理方法 G. 市場参加の最小サイズ要件 H. 充電に使用される電力（入手方法、価格、計測方法）</p>