



イベリア半島における大規模停電 ～ スペインの報告書に見る停電の要因と 電力系統の視点からの示唆 ～

電力中央研究所 首席研究員

永田 真幸

2025年7月14日

 電力中央研究所

第 1 回解説(6/3公開)

- 「イベリア半島における大規模停電― 判明していること・解明が期待されること ―」
<https://criepi.denken.or.jp/koho/seminar/250603/index.html>
- 公表されている情報を基に、停電発生時に「何が起こったか」について、判明していること、解明が期待されることを整理・紹介。
 - 初期に**3度の電源停止**が生じた
 - 初期の大きな周波数低下・RoCoFの発生を示す計測結果はないが、その後に周波数が大きく低下
 - **電圧の推移**は明らかになっていない
 - イベリア半島の全停の直前に**系統間脱調**が発生した広域の系統動揺が原因の可能性が高い

第1回解説以降の動き

■ 6/17 **スペイン政府による報告書**の公表

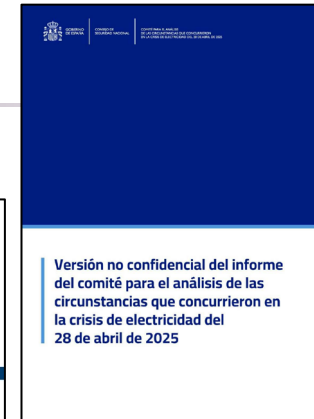
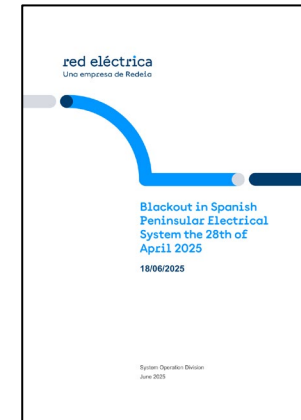
[Informe-no-confidencial-Comite-de-analisis-28A.pdf](#)

■ 6/18 **REE^{*1)}による報告書**の公表

[Blackout in Spanish Peninsular Electrical System the 28th of April 2025](#)

■ 6/24 上記を踏まえたENTSO-E^{*2)}による情報更新

[28 April Iberian Peninsula Blackout: Expert Panel releases new information and announces a stakeholder meeting](#)



■ 停電の第一の要因が「系統電圧の上昇とこれによる連鎖的な電源等の停止」とされた。

■ 停電までの事象の詳細が示され、対策の提言がなされた。

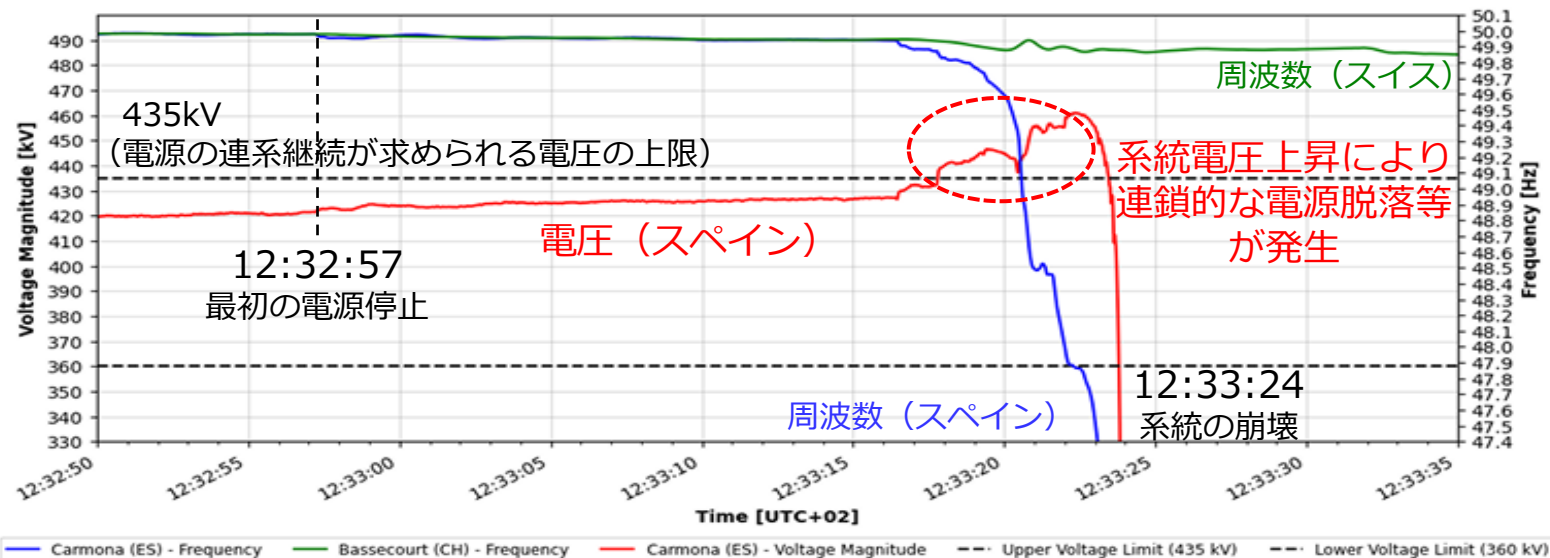
- 第1回解説で「解明が期待されること」とした多くの点についての情報が示された。

➡ これらの報告書に基づき、停電の要因や示唆を紹介

停電の第一の要因：系統電圧の上昇

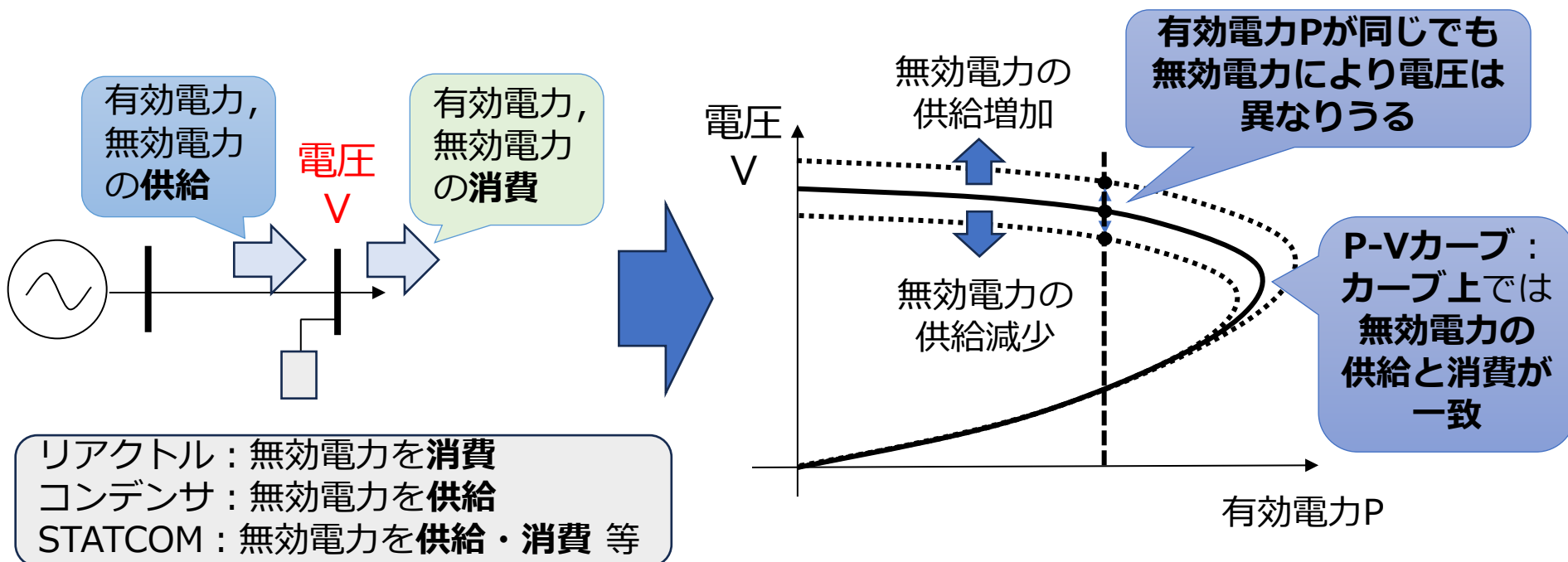
停電の第一の要因

- 報告書では「**系統電圧の上昇**とこれによる**連鎖的な電源等の停止**」とされた
 - 電圧上昇は、電力系統での**無効電力のアンバランス**（消費に対し、供給が過剰となった）で生じた
 - **無効電力のアンバランスにより大停電が引き起こされた**という点は、**本停電の特異な点**といえる



参考：電力系統の電圧と無効電力

- 電力系統内の各地点の電圧は，無効電力の流入（供給）と流出（消費）のバランスによって決まる
 - 無効電力の流入（供給）が多くなれば電圧は上がり，流出（消費）が多くなれば電圧は下がる



参考：電力系統の電圧の調整

- **電圧と無効電力の関係**を利用して電圧を調整している。
無効電力の性質上，効果はローカルに留まる。

電圧調整する設備	電圧を 上げる	電圧を 下げる	調整能力の性質
同期電源（火力等） 同期調相機	無効電力を供給	無効電力を吸収 （進相運転）	動的 （連続的・速い）
非同期電源 （再エネ等） STATCOM等 （パワエレ応用機器）	無効電力を供給	無効電力を吸収	
調相設備 （リアクトル， コンデンサ）	リアクトルを解列 コンデンサを並列	リアクトルを並列 コンデンサを解列	静的 （離散的・遅い※）
変圧器（タップ動作）	タップ上げ動作 （二次側電圧が上昇）	タップ下げ動作 （二次側電圧が低下）	

※ 調相設備等による調整は，電圧逸脱量の積分に基づく制御や運用者の指令によることが多く，電源による調整に比べて電圧変動に対する応動は一般に遅い

停電時の電圧上昇の原因

■ 停電当日は「電圧を下げる」能力が重要だった

- 低需要期で電圧が高くなる傾向

■ 以下が**電圧上昇の主な原因**とされた

➤ 電源による無効電力の吸収能力の低下

- ✓ 同期電源による不十分な電圧調整（吸収量の不足）
- ✓ 再エネ（非同期電源）の出力低下（吸収量も減少）
- ✓ 電源の計画外停止（吸収能力の喪失）

➤ 系統での無効電力の消費減少，供給増加

- ✓ フランスへの電力輸出減少に伴う潮流減少（消費減少）
 - 系統動揺への対応，再エネ等の出力低下で輸出減少
 - 輸出時はスペイン南部→北部→フランスという潮流が基調であり，輸出が減少すると潮流も減少
- ✓ 系統動揺への対応での送電線の並列（供給増加）

スペインでの電源による電圧・無効電力調整

■ 同期電源は「動的電圧制御」

- **電圧一定制御**（AVR）と考えられる
- 発電機端子の電圧が一定となるよう、無効電力の供給・吸収を調整
- 動的電圧制御のために計画に組み込まれた同期電源には対価が支払われる

■ 非同期電源（再エネ）は**定力率運用**（「動的電圧制御」は求められていなかった）

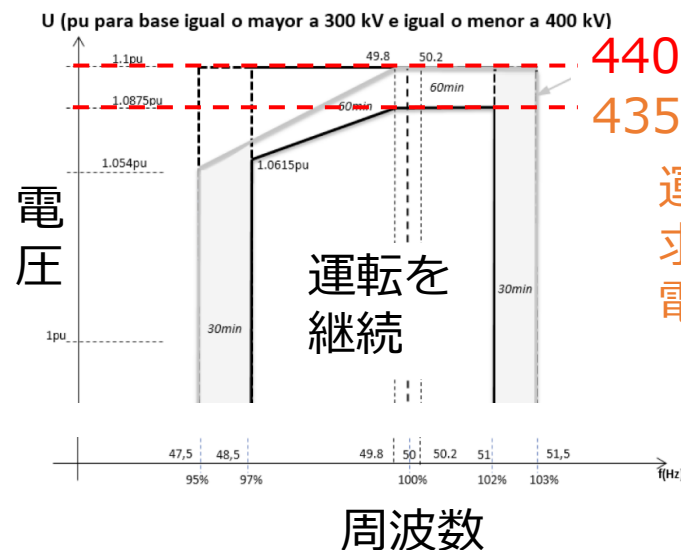
- **力率一定制御**（APFR）
- 電源出力が一定力率となるよう、有効電力出力に応じて無効電力の供給・吸収を調整
- **系統電圧に応じた無効電力の調整がなされない**ため、電圧の変動を抑制する能力はAVRに比べて低い

電圧上昇による設備停止

- 初期の3度の電源停止は、**連系要件で運転継続が求められる電圧の範囲内で生じた**ことが指摘されている

- 可能性のある原因：電源側での ①不適切な過電圧保護、②不適切な電圧調整（変圧器タップ調整の遅れによる二次側過電圧の発生）

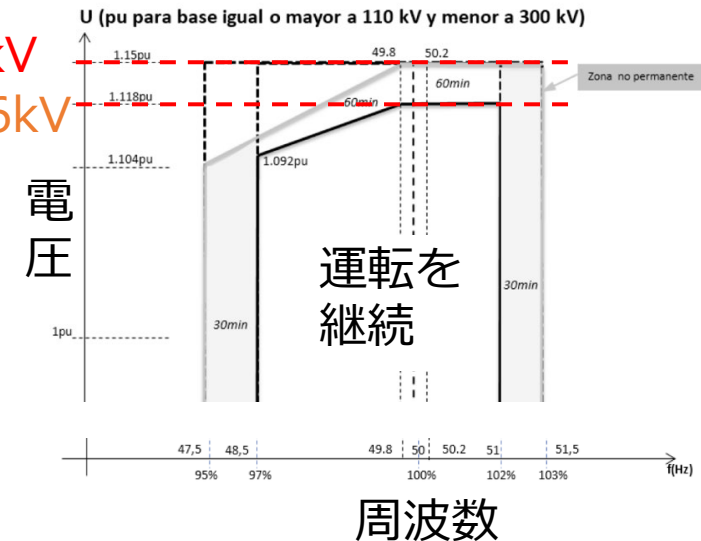
60分の運転維持が求められる電圧の上限



400kV連系の場合の電圧上限

440kV 253kV
435kV 245.96kV

運転継続が
求められる
電圧の上限



220kV連系の場合の電圧上限

大停電に至るまでの事象の詳細

第1回解説での「説明が期待されること(1/2)」

大停電に至るまでのイベリア半島の系統での詳細

- 初期の3度の脱落はどのようなものか，原因は何か
- その後，どのような電源の脱落が生じたのか（**Behind the meterのリソースを含む**），原因は何か，**連系技術要件**と整合していたのか
- 揚水遮断・負荷遮断はどのように動作したのか
- 周波数，系統各部の電圧はどのように推移したのか
- 送電線の停止等，ネットワークでどのような事象が，どのような時系列で発生したのか，原因は何か
- 停電はどのように拡大したのか
- スペイン・フランス間のHVDCは最後まで停止しなかったが，どのような設計と動作であったのか

大停電に至るまでの流れ

動揺発生の
詳細は調査が
必要な点もある

発電機の
不十分な
電圧調整

過電圧保護
の動作

不適切な保護動作,
不適切な電圧調整
の可能性

(1)系統動揺
の発生
12:30まで

電圧上昇

(2)3度の
電源脱落
12:33:17まで

電圧上昇
周波数低下

(3)更なる
電源脱落
12:33:24まで

大停電
(全停)

(対処)

- ・送電線の並列
- ・フランスへの輸出
低減（潮流低減）
- ・リアクトルの解列

電圧調整能力,
供給力・需給
調整能力の低下

電圧調整能力,
供給力・需給
調整能力の低下

- ・電源の追加並列
(間に合わず)

再エネ, 小規模電源の
出力低下（潮流低減）

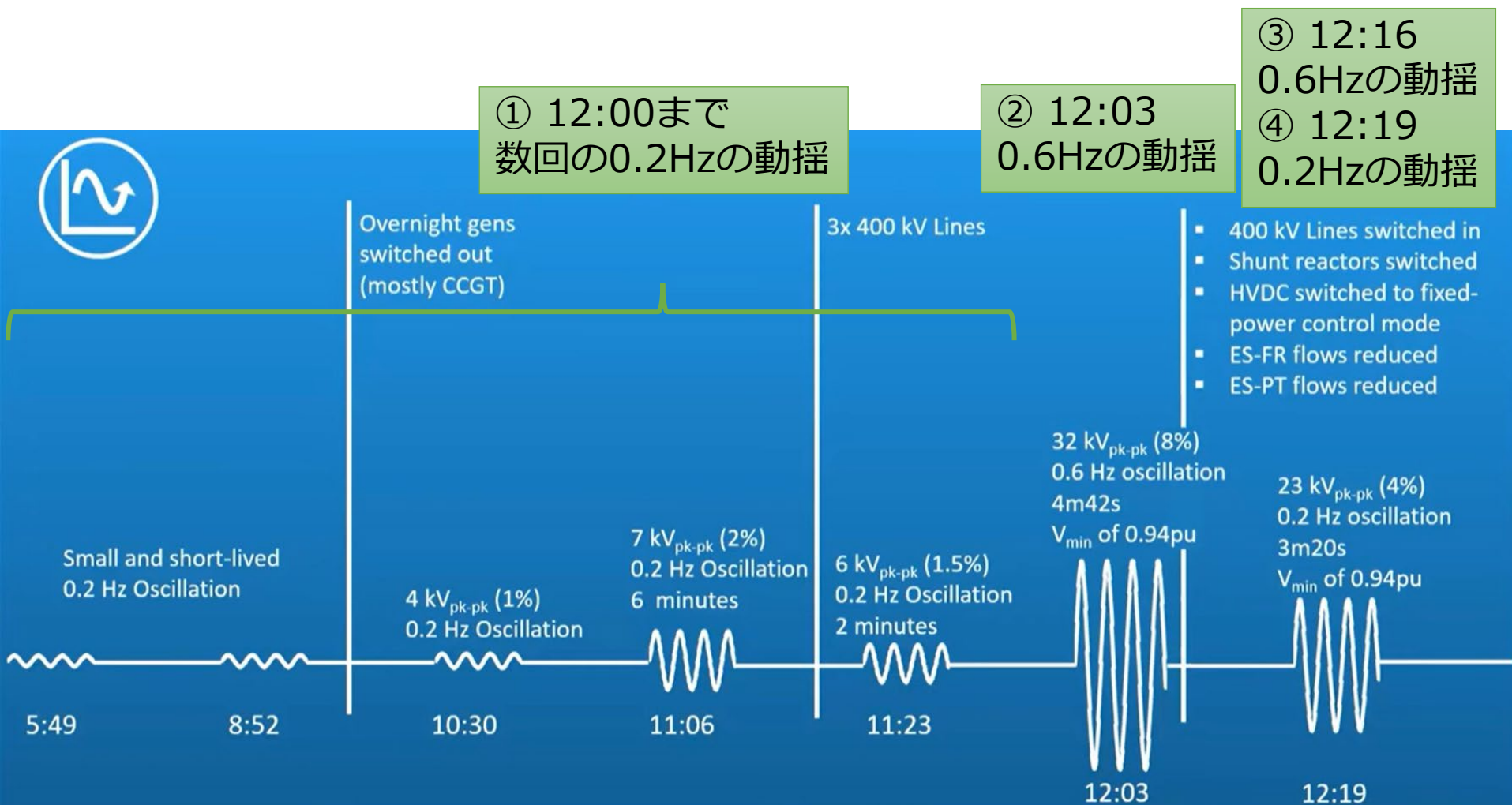
大停電に至るまで(1)：系統動揺の発生

■ 12:30まで：電圧・周波数とも運用限度内だが，電圧は高め

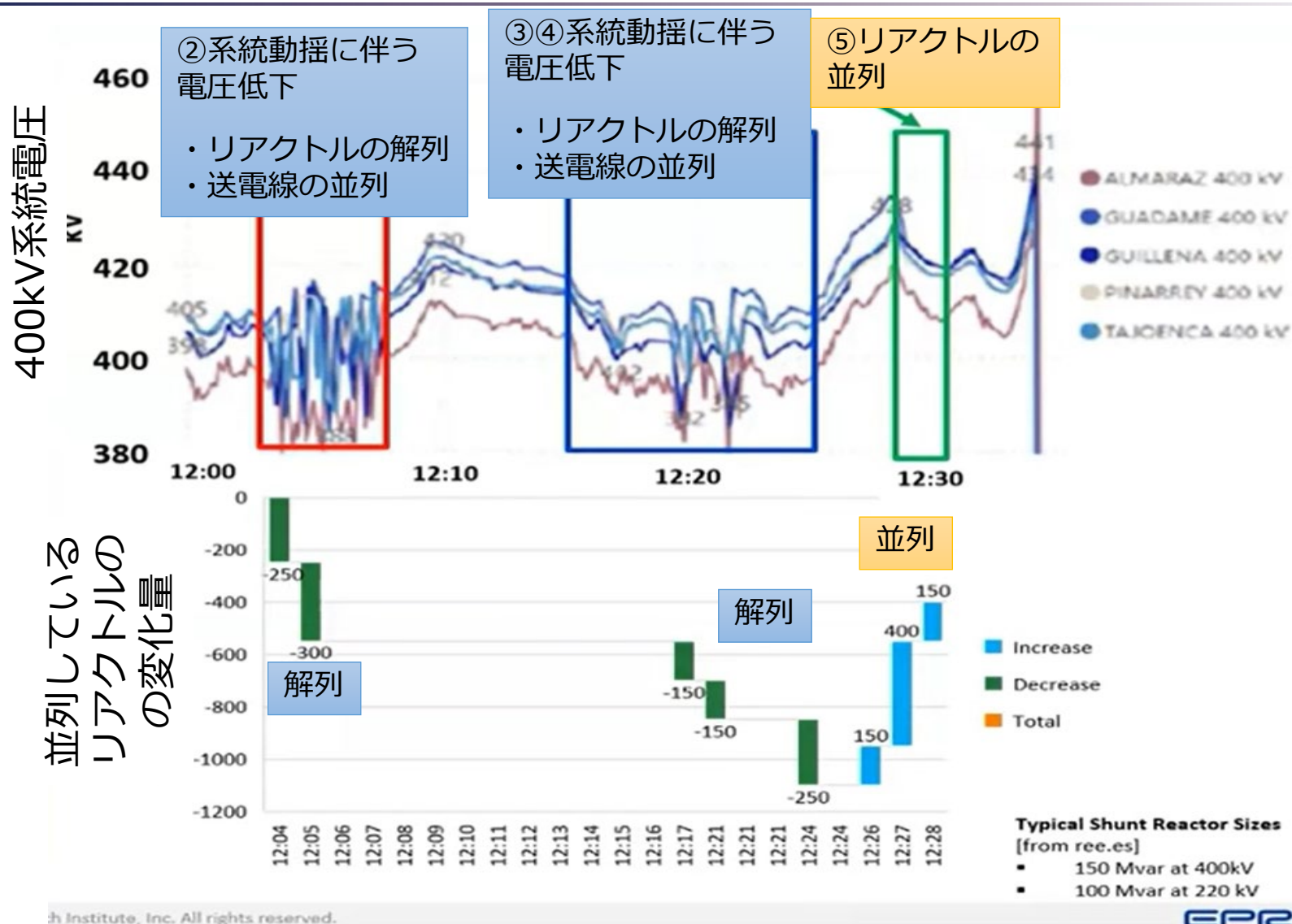
赤字：電圧上昇に関わる事項

時刻	電 圧	周波数	系統動揺， フランスとの輸出入
①12:00まで	動揺による数kV以下の変動		数回の0.2Hzの動揺 400kV送電線の並列(3箇所)
②12:03 (4分42秒継続)	電圧低下，最大30kVの変動 リアクトルの解列(12:04-12:05)		0.6Hzの動揺，太陽光に起因か 400kV送電線の並列(5箇所) 輸出を1500MWに(800MW減) HVDCを定電力運転に (フランスへ1000MW)
③12:16	電圧の低下，変動 リアクトルの解列(12:17-12:24)		0.6Hzの動揺
④12:19 (3分20秒継続)	電圧の低下，変動		0.2Hzの動揺 400kV送電線の並列(2箇所) 輸出を1000MWに(500MW減)
⑤12:22	全域的に電圧が上昇し始める 下位系統から無効電力が流入 リアクトルの並列(12:26-12:28)		小規模電源の出力低下 (845MW，1MW未満の電源分 が約700MW)により輸出減少

12:30までに生じた系統動揺



スペイン南部での400kV系統電圧の推移



大停電に至るまで(2)：3度の電源脱落

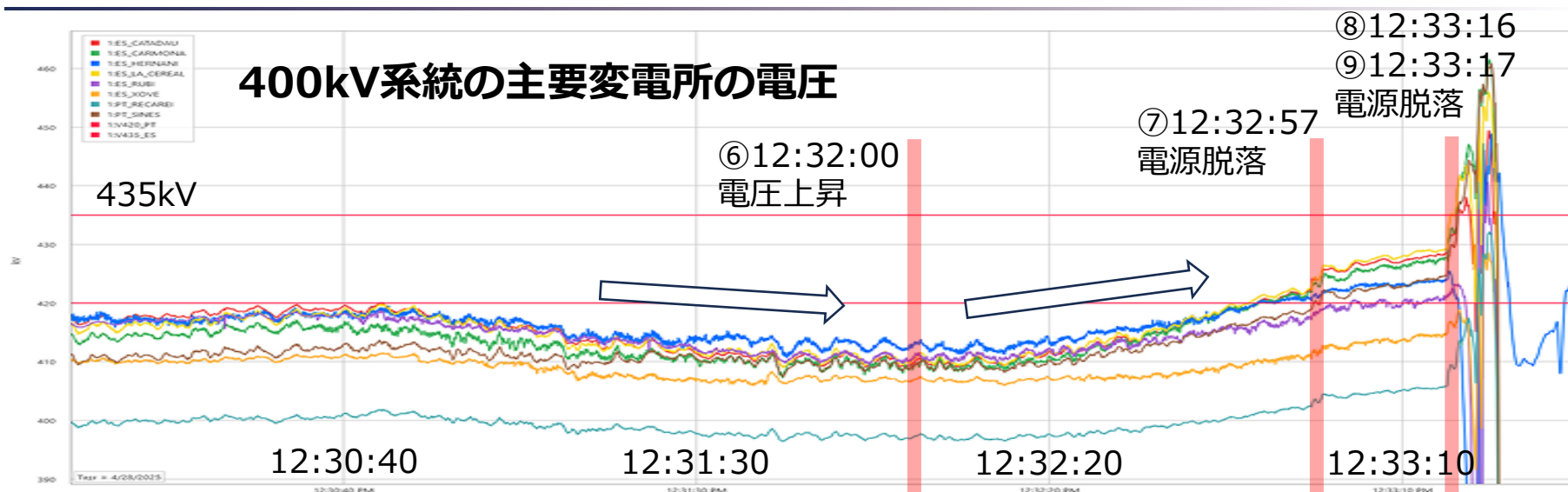
■ 12:33:17まで：系統電圧が過高となる前に脱落した可能性

赤字：電圧上昇に関わる事項，下線：設備停止，青字：設備停止に関わる事項

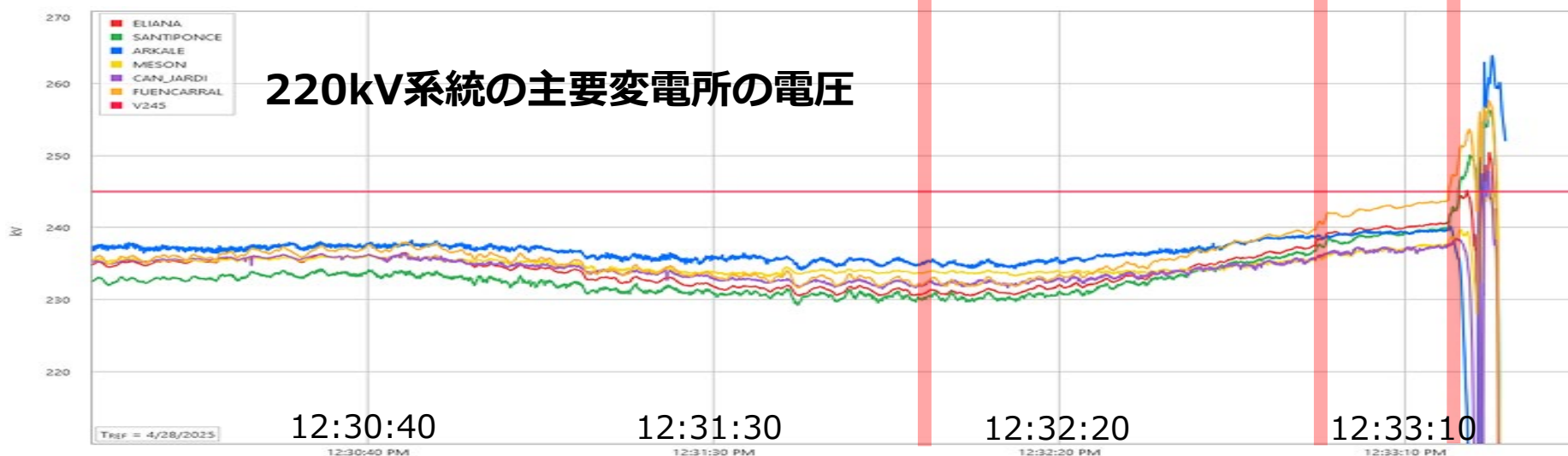
時刻	電 圧	周波数	系統動揺， フランスとの輸出入
⑥12:32:00	電圧上昇，下位系統でも 発電設備での不十分な電圧調整 (無効電力吸収の不足)も	3度の電源脱落	輸出1500MW，以後，再エネ 出力減や小規模電源の出力 低下(約434MW)により減少
⑦12:32:57	<u>400/220kV変圧器トリップ(335MWの 供給力喪失)</u> ，電圧上昇 二次側でのトリップ，不適切な電圧調 整(タップ調整遅れ)による過電圧の 可能性	周波数が低下， 約3秒で回復	トリップにより輸出が約 450MWからほぼ0に減少
⑧12:33:16	<u>発電設備のトリップ(種別不明 582MW，PV 145MW)</u> ，電圧上昇 不適切な電圧調整(タップ調整遅れ) による過電圧の可能性	周波数が55mHz 低下	輸入895MW
⑨12:33:17	<u>発電設備のトリップ(PV，風力等合計 834MW，RoCoFからは1150MWと推 定)</u> ，電圧上昇 不適切な動作(早い脱落)の可能性	周波数が75mHz 低下(フランス)	輸入1510MW

12:30からの400kV,220kV系統電圧の推移

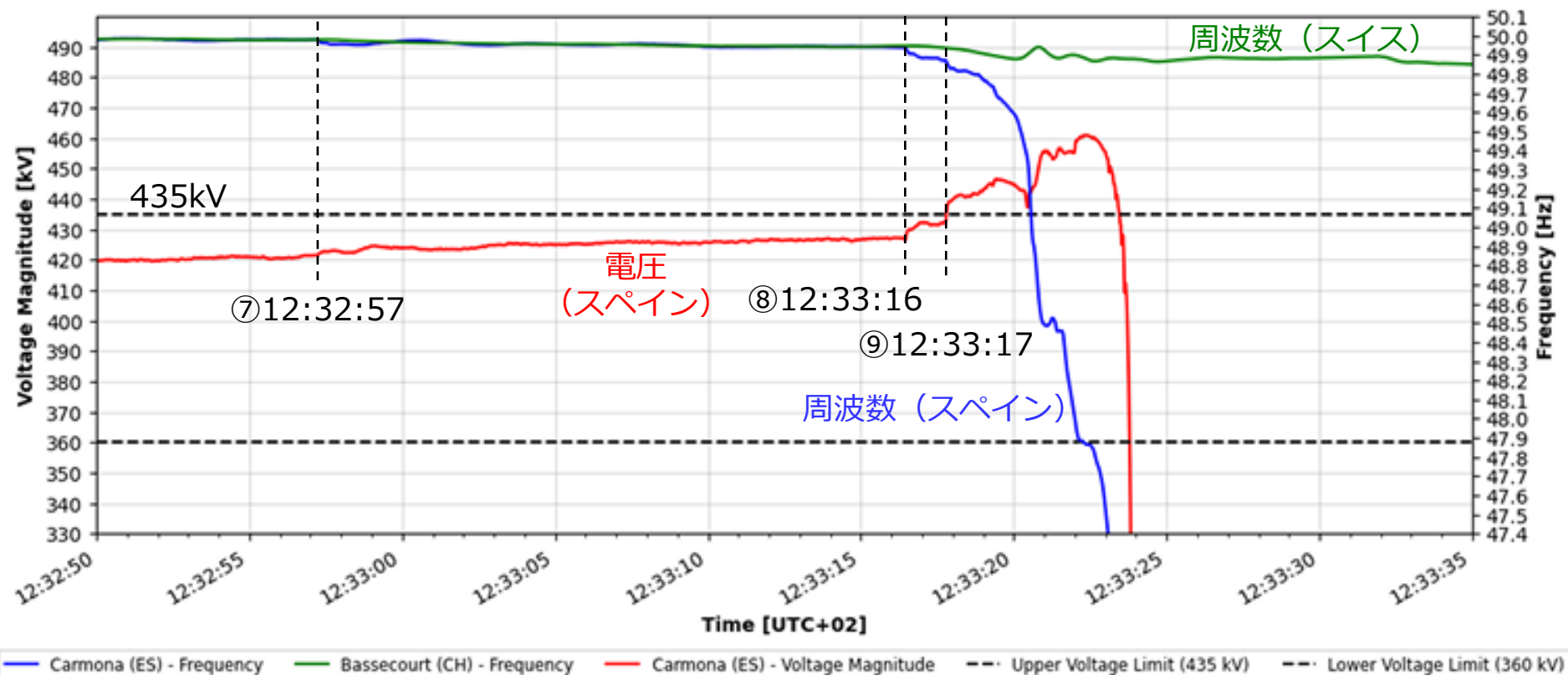
400kV系統の主要変電所の電圧



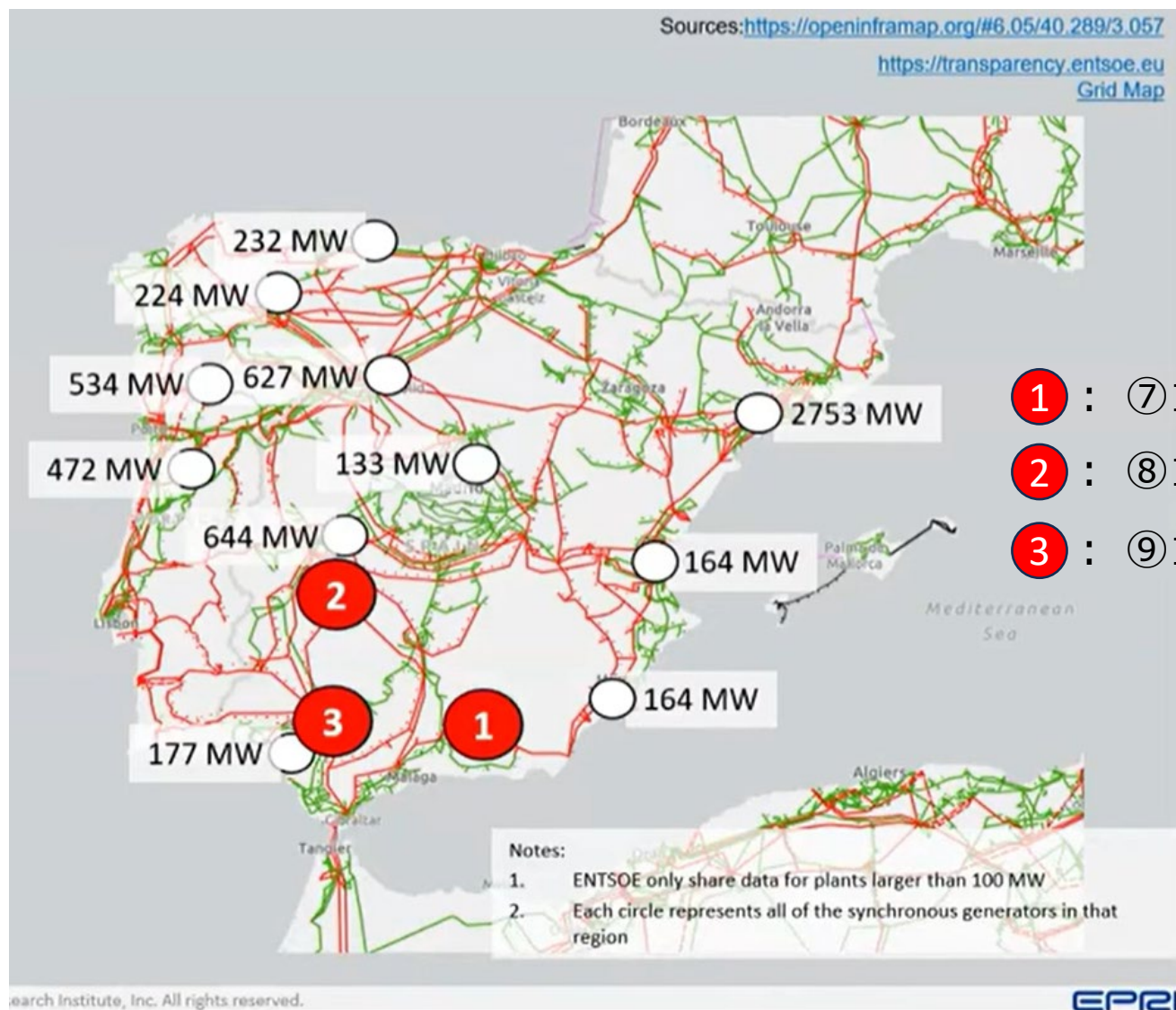
220kV系統の主要変電所の電圧



12:32:50からの電圧と周波数の推移



参考：脱落した電源の位置（地域）



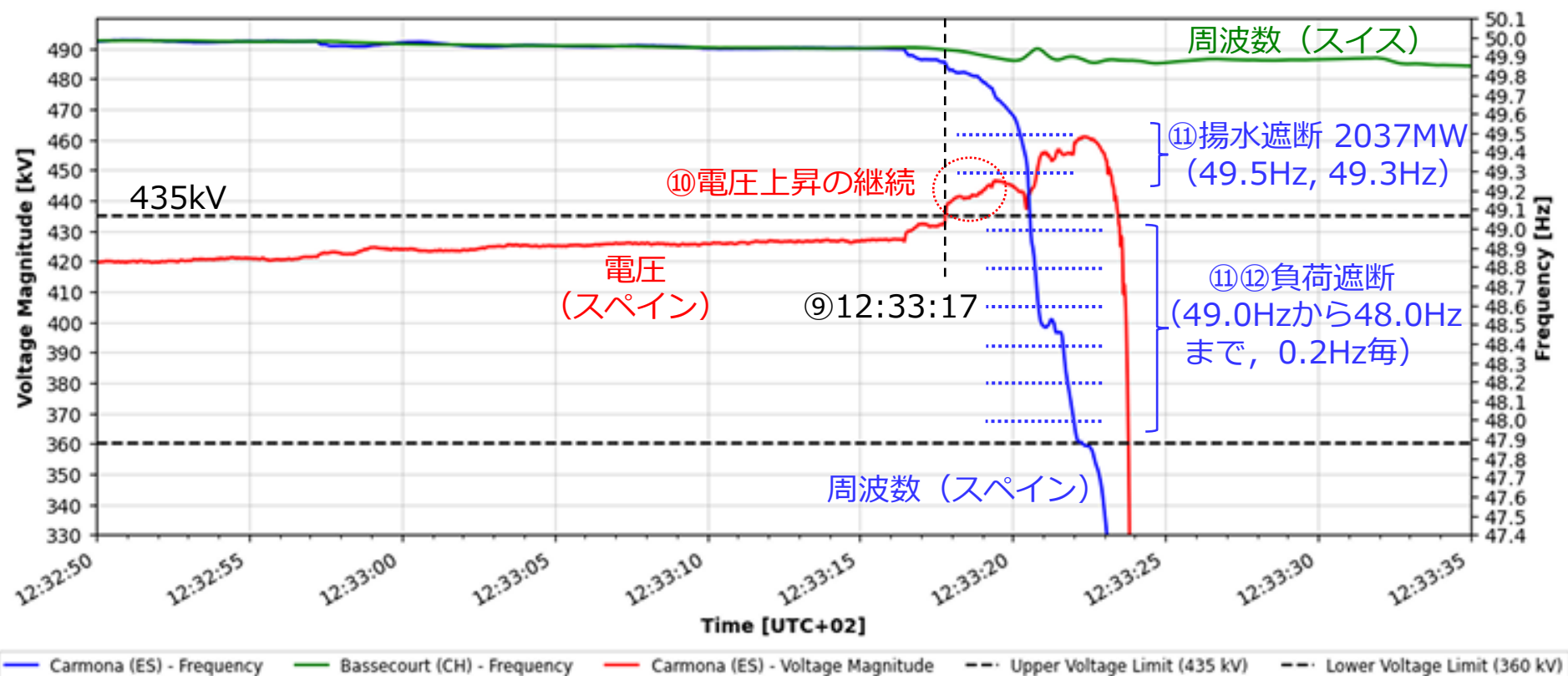
大停電に至るまで(3)：更なる電源脱落・全停

■ 全停まで：連鎖的な電源等の脱落により系統が崩壊

赤字：電圧上昇に関わる事項, 下線：設備停止

時刻	電 圧	周波数	系統動揺, フランスとの輸出入
⑩12:33:19	<u>発電設備の脱落が継続</u> , 電圧上昇が継続	周波数低下が継続	輸入3807MW(AC連系線で 4609MW), 同期を喪失
⑪12:33:20	<u>発電設備の脱落</u> , 負荷の遮断 が継続, 電圧上昇が継続	周波数低下が継続 揚水遮断(49.5Hz, 49.3Hz), 負荷遮断(49.0Hzから 0.2Hz刻み)	
⑫12:33:21		周波数低下が継続 負荷遮断(48.0Hzまで 0.2Hz刻み)	AC連系線のトリップ
⑬12:33:24	イベリア半島の系統が崩壊		

電圧と周波数の推移



初期の3度の電源脱落

- 電圧が上昇傾向にあったが、**連系維持が求められる電圧範囲を超過する前に脱落した可能性**がある（**不適切な過電圧保護**）
- また、電圧上昇に対して**変圧器のタップ調整が追いつかず**、一次側（系統側）電圧が過高でないにも関わらず、**二次側（電源側）で過電圧が生じた可能性**がある（**不適切な電圧調整**）
 - タップによる調整は「遅い」ことに注意



（ここでの示唆）

- 連系する設備の動作，実態の把握が必要
- 適切な電圧調整，電圧に関する規定とその遵守が必要

小規模電源（自家消費含む）の出力低下

- **小規模電源（自家消費含む）の出力低下・停止（等価的に系統需要増）**により，フランスへの輸出が減少することで潮流が軽くなり，**電圧上昇の影響が生じたこと**が言及されている
 - 初期の3度の電源脱落よりも**前の時点**，REEから見えない1MW未満の電源や自家消費分で約1000MW
 - ただし，出力低下・停止の原因は示されていない
- また，**下位系統からの無効電力の流入**も指摘されている



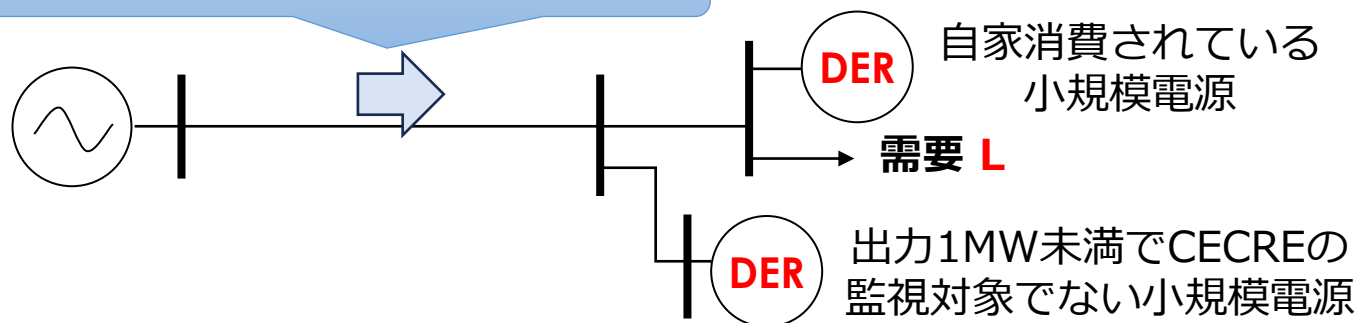
（ここでの示唆）

- 小規模のリソース・自家消費（Behind the meter）のリソースに関する適切な把握が必要
- 下位系統での無効電力調整の改善も必要

小規模電源（自家消費含む）の影響

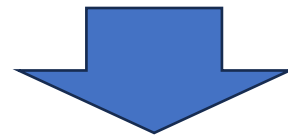
- スペインは自家消費の太陽光発電を「2030年までに19GW」とする目標を掲げており，2024年末で8.5GWの容量とされる
- また，1MW未満の電源はCECRE（再エネ中給）の監視対象となっていない
- これらの電源の出力は**REEから直接監視できず**，出力低下や停止は，需要の増加・潮流の変化として現れる

上位系から見える需要 = $L - (2つのDERの出力)$



揚水遮断と負荷遮断

- 周波数低下に対し、**揚水遮断と負荷遮断は設計通りに動作**
- ただし、**電圧を安定化させる効果はなく**（潮流を軽減する点では寧ろ逆効果）、電圧上昇による連鎖的な電源等の停止に至ってからの動作であったため、**大停電の回避には効果がなかった**



（ここでの示唆）

- 揚水遮断・負荷遮断は周波数面の対策として重要
- 周波数低下対策として有効であるためには、適切な電圧維持が重要であることに注意が必要

フランスとの間のHVDCの動作

- **電源脱落から大停電に至る段階では定電力運用**（フランス向きに1000MW），系統動揺への対応で実施
 - 定電力に変更する前は，AC連系模擬運用（スペイン・フランス間の位相差に応じた潮流）
- **系統間脱調を早めた可能性**がある
 - フランスへの輸出から輸入になったが，HVDCの潮流（輸出方向）は変わらず，AC連系線の潮流（輸入方向）が増え，位相差がより大きくなったため
- HVDCに**系統安定化の機能は具備されていない**



（ここでの示唆）

- スペイン・フランス間連系のHVDCによる増強が進められており，周波数面，同期安定性面の対策として系統安定化機能が必要か

参考：イベリア半島の系統



スペイン・フランス間連系：

- ・ AC 4ルート (400kV, 225kV)
- ・ HVDC

この他、2028年運開
予定で新規HVDCを
建設中

これまでの最大需要：

- ・ スペイン 45,450MW (2007/12/17)
- ・ ポルトガル 9,888MW (2021/1/12)

基幹送電線：
400kV (赤) および220kV (緑)

スペイン・モロッコ間連系：
AC 2ルート (400kV, 海底ケーブル)

報告書で示された対策提言（一部省略）

■ 電圧面

- 調整能力の確保：義務遵守の監督・検証の強化，非同期電源を含む電圧制御サービスの実施
- 過電圧保護設定の見直し：上限をわずかに上回るしきい値に調整
- 設備対策：同期調相機・STATCOM等
- 電化による電力需要の増加

■ 同期化力対策：同期電源のPSS， 非同期電源の系統安定化機能

■ 連系設備の増強

■ 系統監視・事象分析の強化：自家消費設備の観測性， 広域監視（PMU設置）の拡充，事故分析データの提出

系統間脱調（系統動揺）

第1回解説での「解明が期待されること(2/2)」

系統間脱調に関する詳細

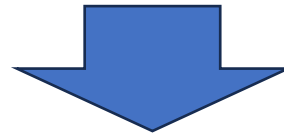
- 事前**にどのような**検討・対策**がなされていたか
- 当日の対策・対応**は, どのようなものであったか
- 広域の系統動揺での脱調**に至った**要因**は, 何だったか

系統安定性維持のための能力の確保・管理

- 系統安定性の維持に必要な様々な能力**は, どのように**確保・運用**されていたのか
 - ・需給調整力 (ガバナフリー, LFC ほか)
 - ・慣性力
 - ・同期化力
 - ・電圧調整能力 など
- 再エネ電源などの**インバータ電源**からの能力の提供はどうであったか

系統動揺と系統間脱調

- **系統間脱調**は、連鎖的な発電等の停止によるフランスとの輸出入の変化の**結果として生じた**
- 一方で、**電源脱落前に生じた系統動揺への対応が電圧の上昇に繋がったことが示されている**
 - 12:00までの系統動揺は特別なことではないとの認識
 - 対応は事前に定められていた手順に従ったもの
 - 系統動揺への対応に伴う電圧面のリスクがどう評価されていたのかは示されていない



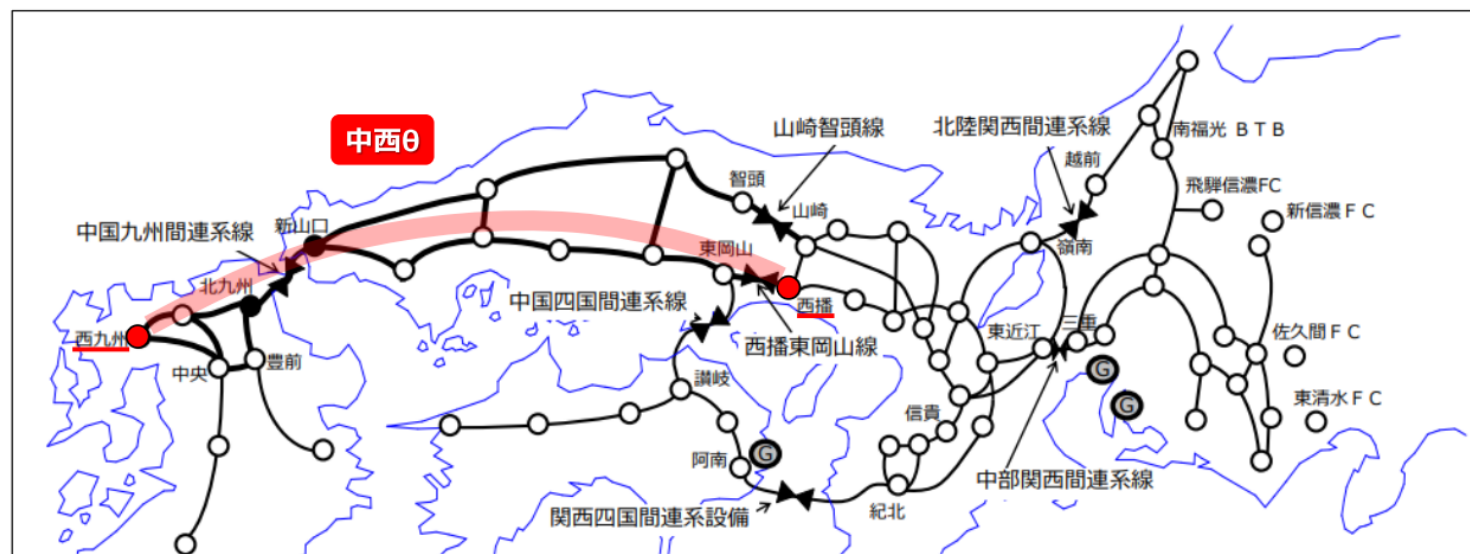
(ここでの示唆)

- 系統動揺の問題は、停電の背景的要因として重要
- 電圧面への影響も含めて、事前に検討・対策が必要

参考：広域の系統動揺への対応

- 広域の系統動揺は連系系統大の問題であり，対応も連系系統大で行う必要がある。下図は，我が国の60Hz連系系統での例

- また、中西安定度は、電気的な位相角重心である関西エリアと大きく振動する九州エリアの位相角差に相関がある（位相差が大きくなると不安定になりやすい）ことが経験則的に分かっている。
- これを踏まえ、西九州変電所（九州）と西播変電所（関西）の500kV母線電圧の位相差を中西 θ と呼称し、中西系統の同期安定性に対する指標としており、また、事前のシミュレーション結果に基づき、中西 θ の運用目標値を設定し、実運用において中西 θ が運用目標値を超過しないよう監視・調整を行っている。



出所) 第4回運用容量検討会（2025年2月12日）資料1-2をもとに作成
https://www.occto.or.jp/iinkai/unyouyouryou/2024/files/unyouyouryou_2024_4_2.pdf

系統安定性維持のための能力の 確保・管理

第1回解説での「解明が期待されること(2/2)」

系統間脱調に関する詳細

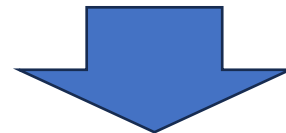
- 事前**にどのような**検討・対策**がなされていたか
- 当日の対策・対応**は, どのようなものであったか
- 広域の系統動揺での脱調**に至った**要因**は, 何だったか

系統安定性維持のための能力の確保・管理

- 系統安定性の維持に必要な様々な能力**は, どのように**確保・運用**されていたのか
 - ・需給調整力 (ガバナフリー, LFC ほか)
 - ・慣性力
 - ・同期化力
 - ・電圧調整能力 など
- 再エネ電源などの**インバータ電源**からの能力の提供はどうであったか

電圧調整能力の確保

- 当日の火力等の動的電圧調整能力を持つ電源の並列台数は少なかった（12:30時点の火力の連系は、11で今年最小）
 - 前日のコンバインドサイクル（CCGT）電源トラブルで減ったが、REEは問題はないと判断していた
- 再エネは定力率運用であり、電圧調整能力は限定的
- 結果として、系統動揺への対応等に伴う電圧状況の悪化に対し、動的電圧調整能力を持つリソースが不足した
 - 電源の追加並列を決定したが、間に合わなかった



（ここでの示唆）

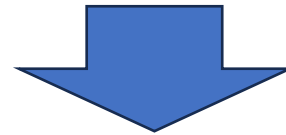
- リソースの脱落等のリスクも含めて評価し、事前に十分な能力を確保することが必要
- 再エネなどによる動的な調整能力の提供も必要

火力の追加並列

- **系統動揺発生後の12:26に，南部アンダルシアのCCGTユニットの並列を決定**
 - 当日9時まで連系，起動時間が1時間30分で最短
 - **14時から最低出力で稼働する予定**
- **同時期に，あるcontrol centerから原子力ユニットのトリップ対策として北部のCCGTユニットの連系を要請したとの報告，15:00に同期準備完了する予定**
- この後，別のcontrol centerから，アンダルシアのあるCCGTユニットの並列には2-2.5時間が必要との連絡
- これらの対応は，**停電発生には間に合わなかった**
- より早いタイミングで並列の判断をする必要があった

電圧調整能力以外

- 需給調整力，慣性
 - 不足はなかったとの評価
- 同期化力（系統動揺対策）
 - 事前の評価・対応については示されていない



（ここでの示唆）

- 系統動揺の課題があることから，同期化力についても事前に十分な能力を確保しておくことが必要

電力系統の視点からの示唆

電力システムの視点からの示唆（1/2）

■ 系統安定性の維持に必要な能力の確保が重要

- 事前に「どのような能力がどれだけ必要か」を的確に評価し、これに基づいて十分な能力を確保し、**実運用で確実に利用できる**ようにすることが重要
 - ✓ 電圧・周波数・同期安定性の相互の影響を考慮すること
 - ✓ リソースの停止等のリスクを考慮すること
 - ✓ 量だけでなく、**速度等の制御性も考慮**すること
- 能力確保のために、**各種リソースから適切に能力を提供**することを要件化すること
 - ✓ 適切な**グリッドコード**の策定が重要

能力の確保・提供に必要な視点

- 再エネの大量導入に対し、これまでは需給・周波数面の調整力を中心に議論
- 今回の停電で、電圧・無効電力、同期安定性に関わる能力確保の重要性が示された
 - 同期電源による電圧調整能力が不足だった
 - 再エネの電圧調整能力が限定的だった（定力率運用）
 - 系統動揺が停電の重要な背景要因だった
- さらに、大量の小規模分散電源の挙動が影響を及ぼしたことも示された
 - 停止による系統需要の増加，下位系統からの無効電力流入
 - 上位系のリソースだけでなく，小規模電源も含めて，**基幹系から配電系までの電力システム全体の観点から，どのように能力を確保・提供するかが重要**

日本での基幹系統の電圧上昇

- **低需要期**を中心に、**大規模火力の並列台数減少**や下位系統からの**無効電力流入の増加**により、**基幹系統の電圧が上昇する傾向**にある。
- **同期発電機の進相運転**や**送電線停止**などの運用対策や設備対策が行われているが、これらの運用対策には**同期安定性や信頼度の低下のリスク**があり、**再エネのPCS等による電圧・無効電力調整の強化等、他の対策をより活用**することを検討していく必要がある。

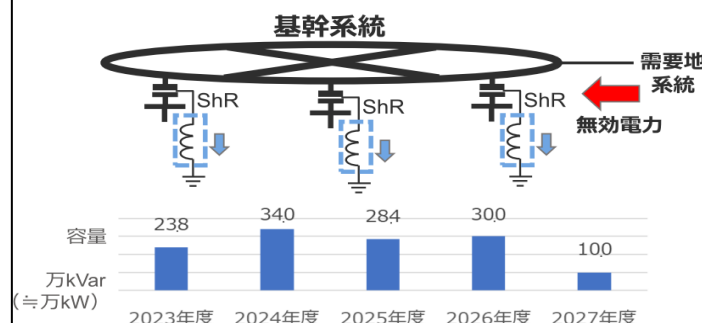
電圧上昇対策



中部電力パワーグリッド

- 電圧上昇対策として、分路リアクトル（無効電力の吸収源）の設置による**設備対策**を実施しているが、1台当たり数億円の**費用がかかる**ほか、設備対策には期間を要する。
- このため、信頼度を低下させることになるが、現状、**送電線停止（＝インピーダンスを増加）などの運用対策により電圧制御を実施**している状況にある。

【基幹系統変電所へのShR増設】



【送電線運用停止】



参考：現状の発電設備等での電圧変動対策の要件

■ 系統連系技術要件での常時電圧変動対策の規定の例

- **特高**：275kV以上の系統に連系する発電設備等は、指定する電圧，無効電力または力率に応じて運転可能な機能を具備
(154kV以下の発電設備等でも，必要により同じ機能を具備)
 - ✓ 非同期電源の電圧一定制御は2025/4より要件化
- **高圧**：発電設備等の逆潮流により低圧需要家の電圧が適正値を逸脱するおそれがあるときには、自動的に電圧を調整すること
(発電設備等の進相または遅相運転，力率改善用コンデンサの制御，PCSの力率一定運転あるいはSVCなどによる対策)
- **低圧**：発電設備等のPCSは，逆潮流による電圧上昇の抑制対策として，常に一定の力率で進相運転を行う機能（力率一定制御）を有すること

参考：グリッドコード策定での検討

- グリッドコード検討会で、電圧変動対策等（主に高低圧連系）の検討は、フェーズ2'（2030年を待たずに要件化）およびフェーズ4（必要に応じて検討時期を設定して検討）で予定されている。

	フェーズ2	フェーズ2'	フェーズ3	フェーズ4
電圧変動への対応	- 電圧・無効電力制御（運転制御） 基幹系統に接続するインバーター電源の電圧一定制御 - 電圧上昇側 Voltage Ride Through 全電圧（FRT対象電源） - 電圧変動対策（瞬時電圧低下） 特高（全電源種）	- 電圧変動対策（力率設定） 高低圧（蓄電池） - 電圧位相変化耐量 全電圧（FRT対象電源）	—	- 電圧・無効電力制御（運転制御） 高低圧（太陽光、風力、燃料電池、蓄電池） - 電圧上昇側 Voltage Ride Through 全電圧（FRT対象電源） - Consecutive Voltage Ride Through 全電圧（FRT対象電源）
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） 全電圧（太陽光、風力、燃料電池、蓄電池）	系統安定化装置（PSS） 特高（太陽光、風力、燃料電池、蓄電池）
その他	- 系統安定化に関する情報提供（モデル等） 特高（実効値計算モデル：太陽光、風力、蓄電池、《別記1》） - 高低圧（実効値計算モデル：《別記3》）	系統安定化に関する情報提供（モデル等） 特高（実効値計算モデル：蓄電池）	- 事故時優先順位指定 全電圧（FRT対象電源） - 制御・保護システムの協調・優先順位 全電圧（全電源種） - 慣性力に関する情報提供 特高（慣性供給同期発電機以外） 高低圧（全電源種） - 系統安定化に関する情報提供（モデル等） 特高（実効値計算モデル：《別記1》） （瞬時値計算モデル：《別記2》） 高低圧（実効値計算モデル：《別記3》） （瞬時値計算モデル：《別記4》）	【参考調査】 Black Start 特高（太陽光、燃料電池、蓄電池）
【需要設備】	—	電圧・無効電力制御（需要設備） 高低圧（EV用急速充電器）	—	—

電力システムの視点からの示唆（2/2）

- **系統に連系する設備の挙動，系統で生じた事象を把握する機能が重要**
 - **設備からの能力提供や事故時等の挙動の把握**
 - ✓ 連系要件の遵守は当然として，実態把握は系統安定性維持に**必要な能力を適切に確保するためにも有用**
 - **Behind the meterのリソースに関する把握**
 - **系統各所の電圧・周波数等の（常時の）把握は，停電等の事象が生じた際の迅速な把握・分析に有用**
 - **多地点での時刻同期のとれた高頻度計測（例えばPMUによる計測）が有用**

参考：PMUの導入の検討

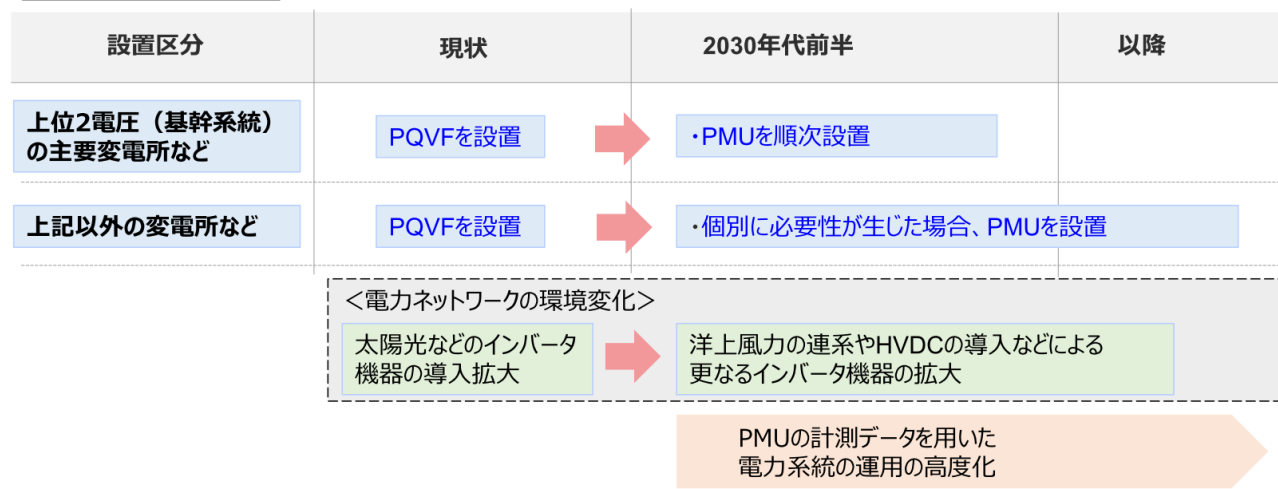
- 再エネの更なる大量導入等を踏まえて、PMUの設置とPMU活用による運用高度化の検討が進められている

PMU導入に向けた進め方について

23

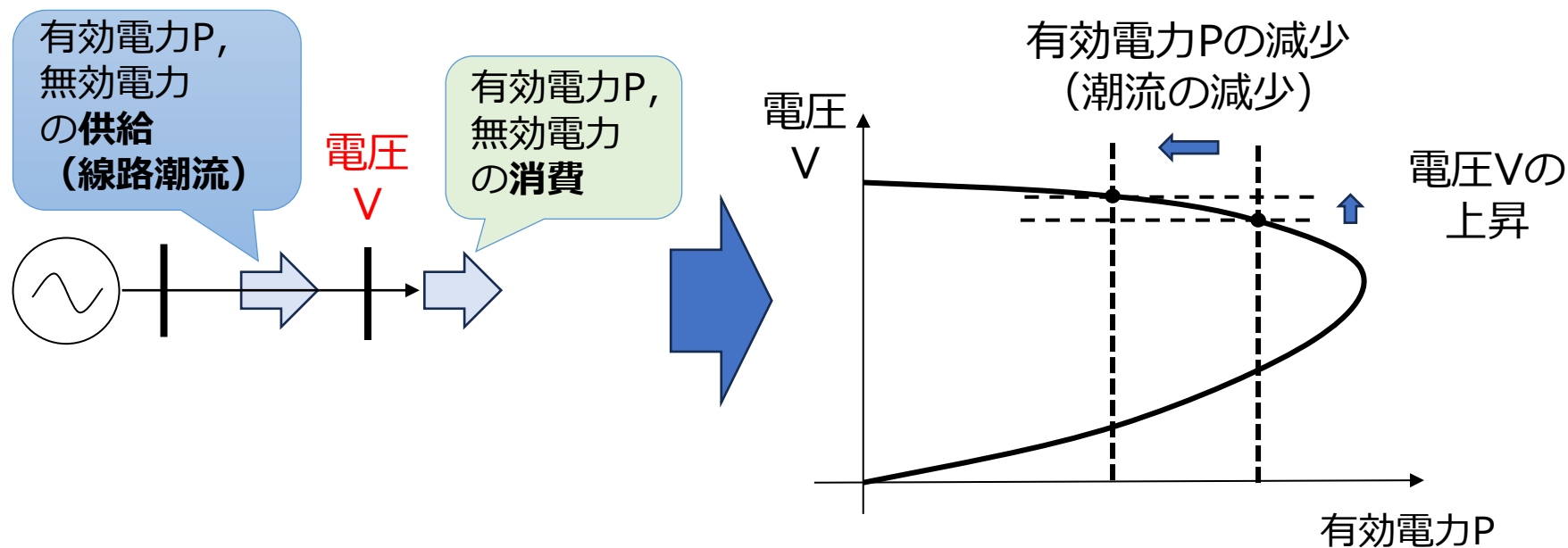
- 再エネの更なる大量導入や蓄電池の導入、HVDCの計画策定プロセスが2030年頃に向けて今後進んでいくことを踏まえて、一般送配電事業者においてPMUの設置を進めていくべきではないか。
 - まずは、2030年代前半を目途に上位2電圧（基幹系統）の主要変電所など、必要性が高いと考えられる箇所にPMUを設置。
 - その他の系統については、個別に系統ごとの必要性を踏まえながらPMUを設置（詳細な系統現象を把握可能にする範囲を順次拡大）。
- そのうえで安定供給維持のために、併せて系統運用技術の高度化を進めていくことが必要である。

PMUの設置方針案

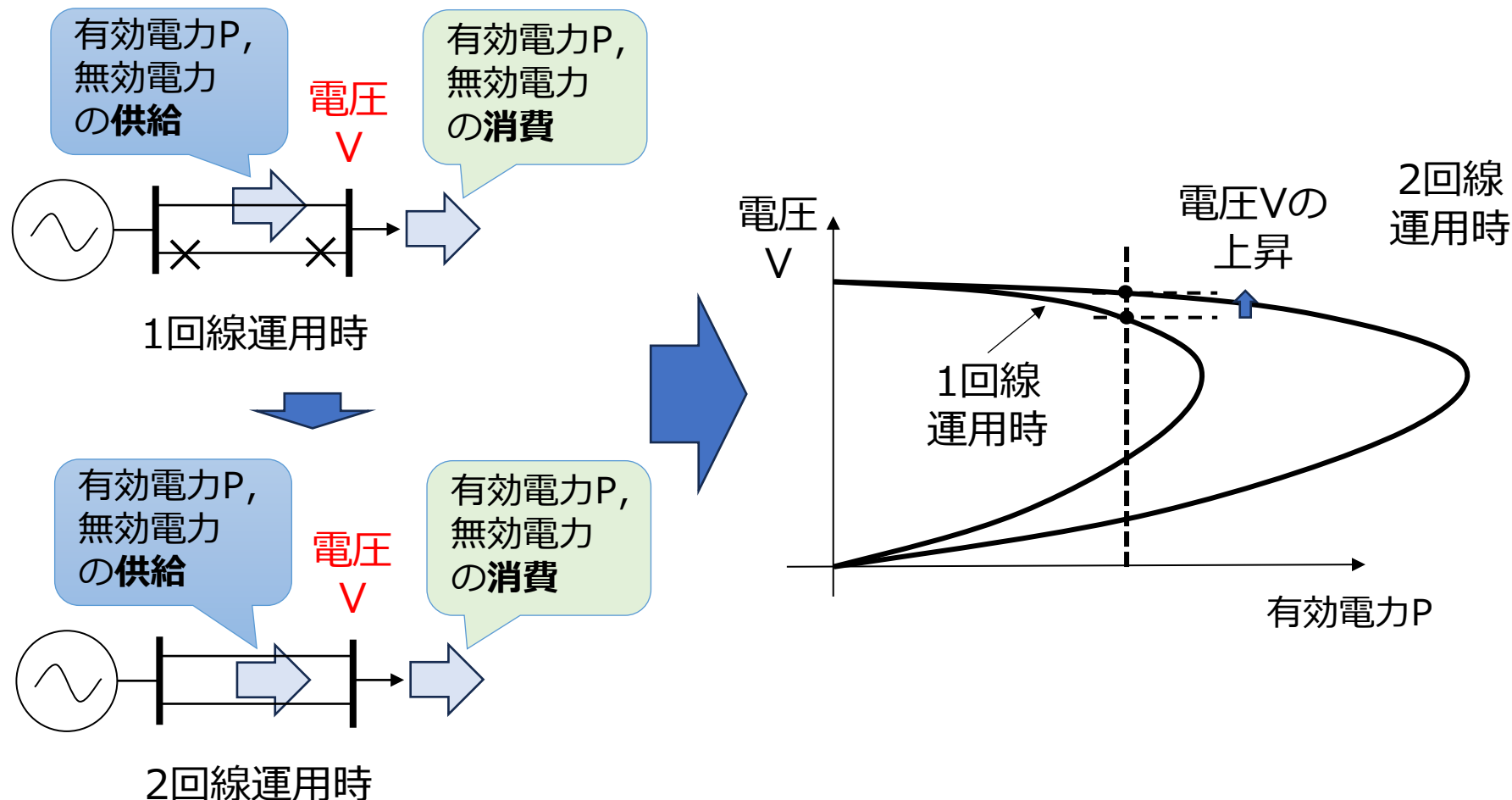


電力中央研究所

参考：潮流の減少による電圧上昇



参考：送電線の並列による電圧上昇



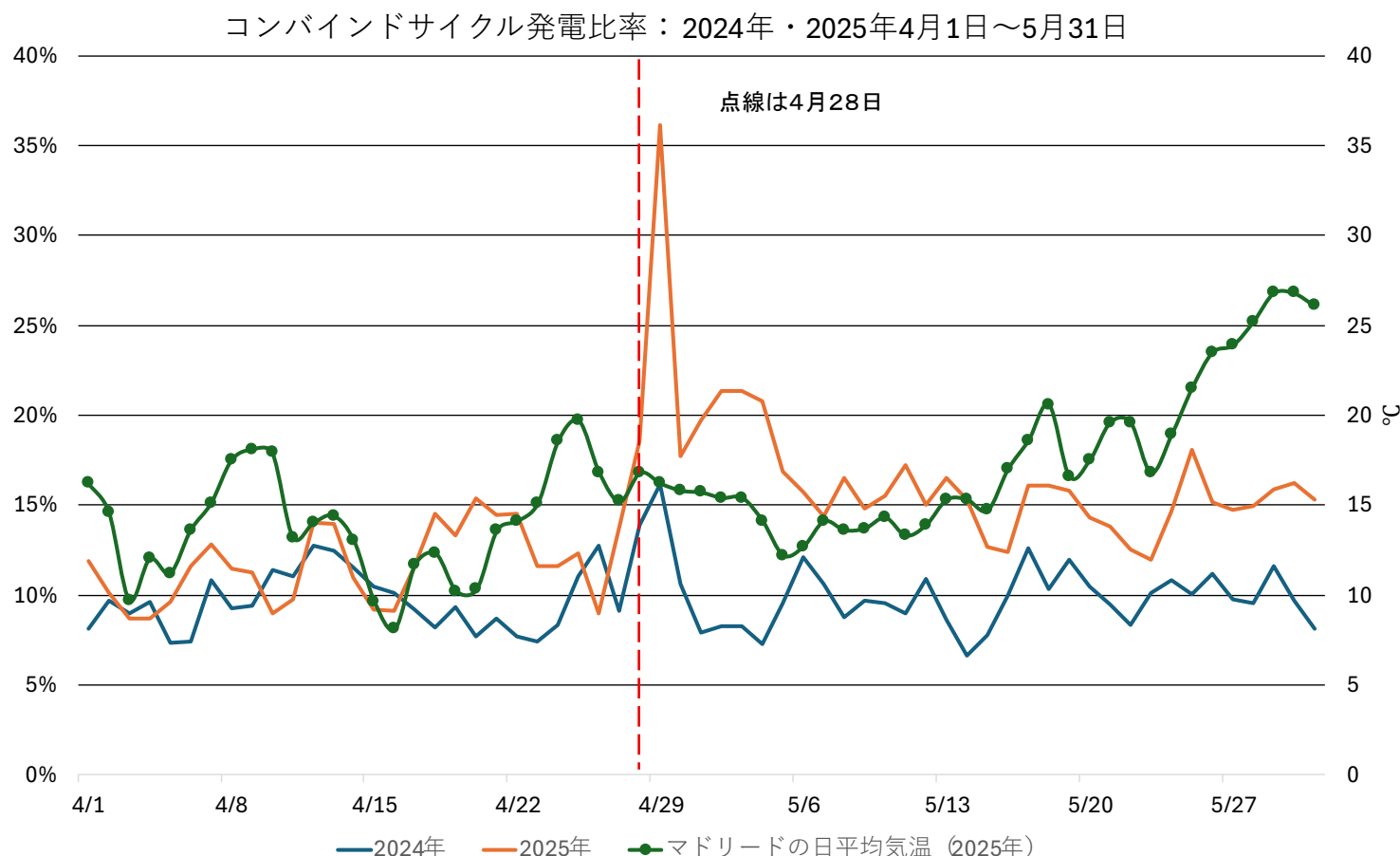
参考：市場面への言及

- 報告書では、以下の点で電圧面への影響が考えられることが指摘されている
 - 3/18から実施された**15分単位の当日市場取引**
 - ✓ 時間単位が短縮され、**潮流変化がより頻繁に生じる**ようになった
 - **価格シグナルに対する速い応動**（特に再エネ等の変換器で連系するリソース）
 - ✓ 以下の対策が提言されている
 - ① 発電スケジュールのランプ時間を、現在の100-120秒から10分間に延長する
 - ② 秒オーダー以下で出力変更する古い再エネ等の発電ユニットを、制御されたランププロファイルに従うようにアップグレードする

参考：スペインでのCCGT発電量比率

2024年・2025年4～5月

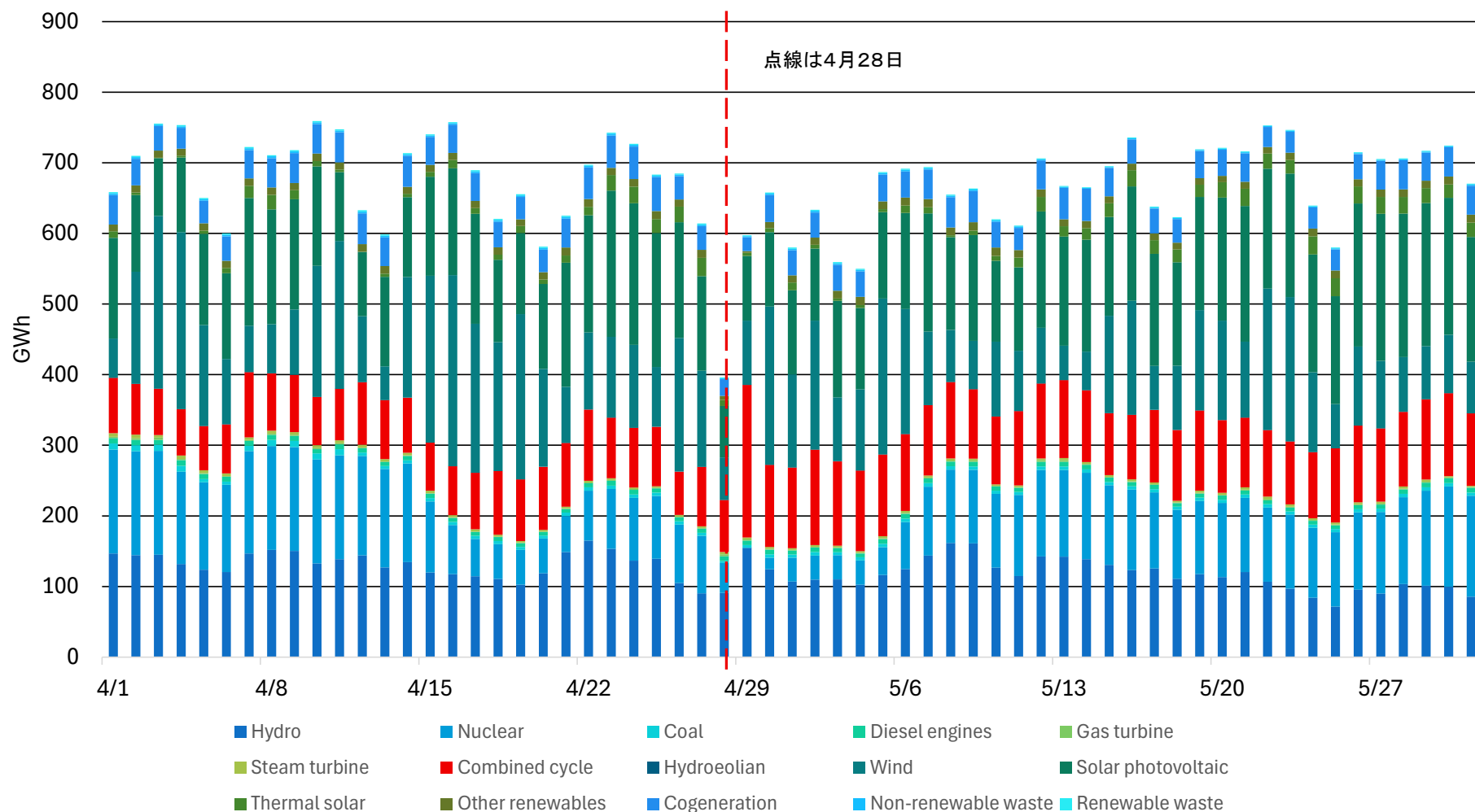
■ スペインでは、4/28の大停電以降、CCGT発電比率が増加



参考：電源種別発電量

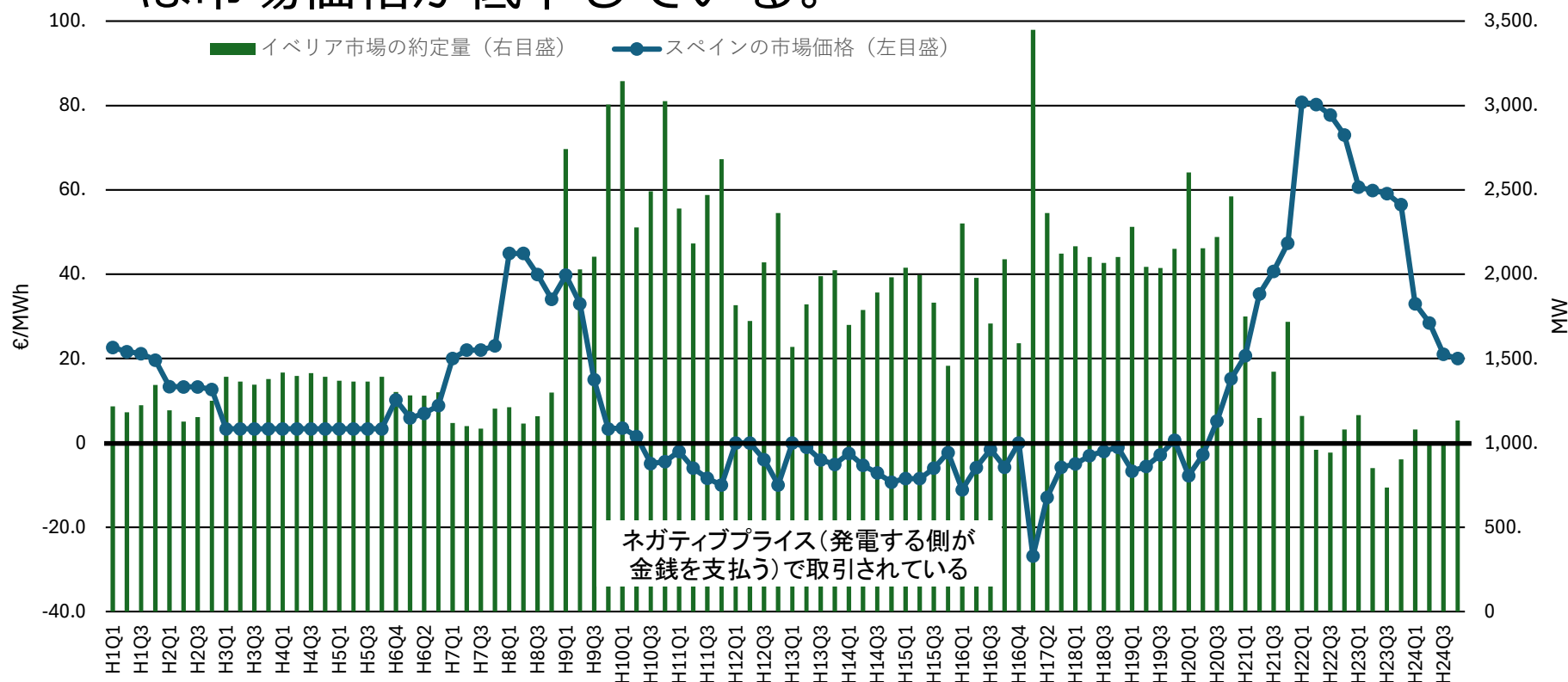
2025年4～5月

電源種別発電量（2025年4月1日～5月31日）



参考：当日市場 2025/4/28

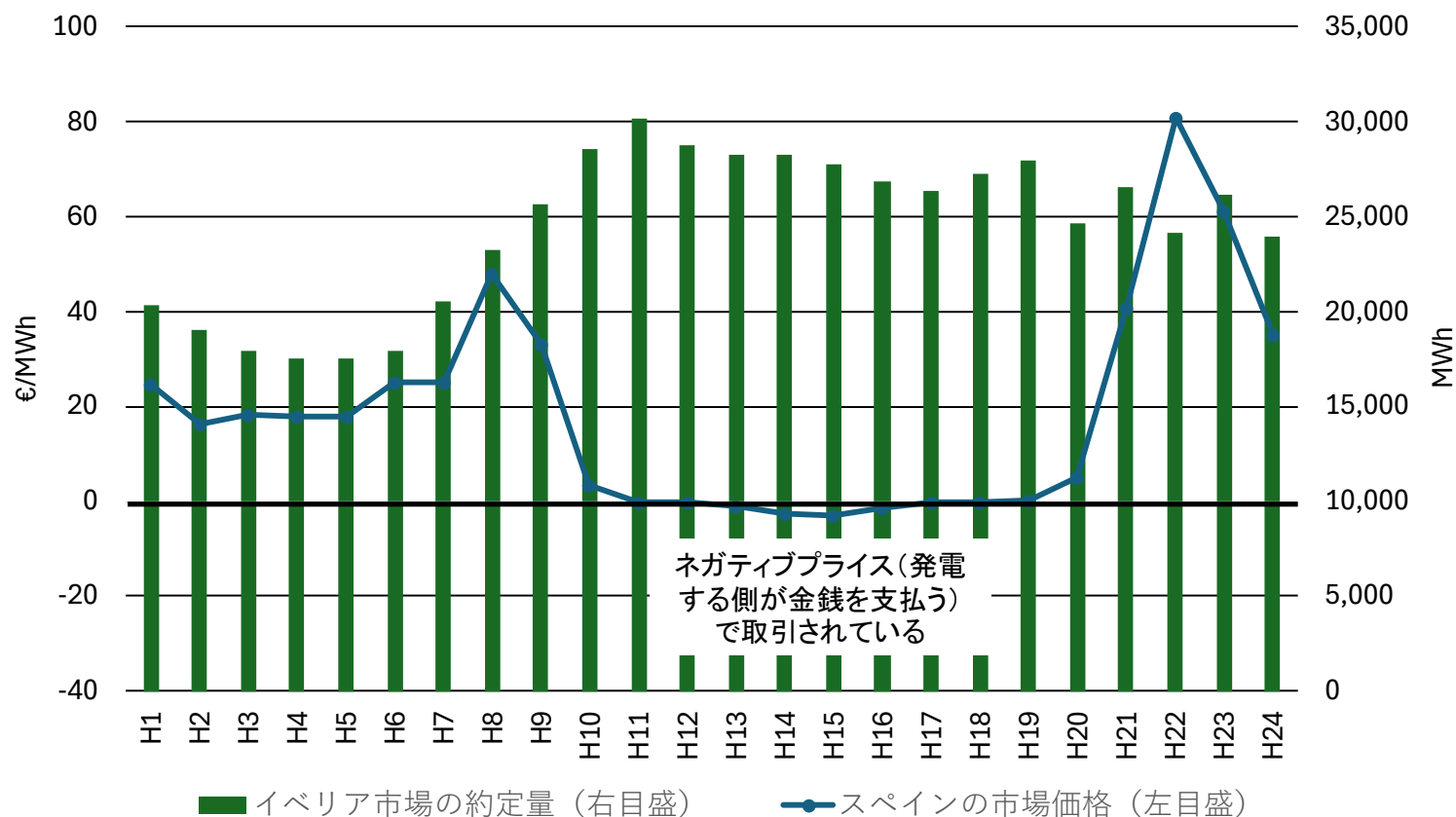
- 前日15時に取引を締め切る当日市場（シングルプライスオークション）のセッション1の約定結果であり、昼間は市場価格が低下している。



※当日市場は15分単位で取引。H1Q1は00:00～00:15の取引価格と約定量、
以下、15分ごとに、23:45～24:00までの96ブロックの値を掲載

参考：前日市場 2025/4/28

- 前日12時に取引を締め切る前日市場の約定結果では、昼間は市場価格が低下している。



※前日市場は60分単位で取引。H1は00:00～01:00の取引価格と約定量、
以下、60分ごとに、23:00～24:00までの24ブロックの値を掲載