

電圧調整能力の確保必須

電気事業の黎明期、「エンジン」の直流「V S」デスラの交流」の電流戦争を経て、交流送電方式が世界に広まった。19世紀末、130年程前のことである。その後も電力需要の増加と関連技術の発展と共に電力システムは拡大・進化してきた。そして今日、自然変動の非同期電源（以下、インバータ型電源）が大量に下位系統に連系され、電力システムは安定運用面で質的変化が生じつつあり、技術的対策等の検討が必要である。

供給力が大幅に不足する（＝周波数が維持できない）状況を通常思い浮かべるが、本停電では事前の供給力は足りていた。報告では、停電の第一の要因は「電力系統での無効電力（※1）のアンバランスによる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。本停電の特異な点は、適切な電圧制御ができず大停電が引き起こされたことである。

供給力が大幅に不足する（＝周波数が維持できない）状況を通常思い浮かべるが、本停電では事前の供給力は足りていた。報告では、停電の第一の要因は「電力系統での無効電力（※1）のアンバランスによる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。本停電の特異な点は、適切な電圧制御ができず大停電が引き起こされたことである。

供給力が大幅に不足する（＝周波数が維持できない）状況を通常思い浮かべるが、本停電では事前の供給力は足りていた。報告では、停電の第一の要因は「電力系統での無効電力（※1）のアンバランスによる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。本停電の特異な点は、適切な電圧制御ができず大停電が引き起こされたことである。



供給力が大幅に不足する（＝周波数が維持できない）状況を通常思い浮かべるが、本停電では事前の供給力は足りていた。報告では、停電の第一の要因は「電力系統での無効電力（※1）のアンバランスによる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。本停電の特異な点は、適切な電圧制御ができず大停電が引き起こされたことである。

供給力が大幅に不足する（＝周波数が維持できない）状況を通常思い浮かべるが、本停電では事前の供給力は足りていた。報告では、停電の第一の要因は「電力系統での無効電力（※1）のアンバランスによる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。本停電の特異な点は、適切な電圧制御ができず大停電が引き起こされたことである。

供給力が大幅に不足する（＝周波数が維持できない）状況を通常思い浮かべるが、本停電では事前の供給力は足りていた。報告では、停電の第一の要因は「電力系統での無効電力（※1）のアンバランスによる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。本停電の特異な点は、適切な電圧制御ができず大停電が引き起こされたことである。

イベリア半島大規模停電からの示唆

大型の同期発電機は、慣性力・同期化力や、周波数安定化のガバナフリーや電圧調整の自端制御機能を有し、通常、系統運用者の指令に基づく出力調整が可能である。一方、太陽光発電等、パワーコンディショナー（PCS）によって系統連系されるインバータ型電源は、分散型で大量に普及する一方、余剰電力対策の出力制御を除けば系統運用者の制御対象外である。我が国では地域により軽負荷期の晴天日昼間は系統に連系する発電機に占めるインバータ型電源の比率が8割以上となる状況が増えている。また、太陽光発電のうち配電系統に連系されるものは7

供給力が大幅に不足する（＝周波数が維持できない）状況を通常思い浮かべるが、本停電では事前の供給力は足りていた。報告では、停電の第一の要因は「電力系統での無効電力（※1）のアンバランスによる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。本停電の特異な点は、適切な電圧制御ができず大停電が引き起こされたことである。

供給力が大幅に不足する（＝周波数が維持できない）状況を通常思い浮かべるが、本停電では事前の供給力は足りていた。報告では、停電の第一の要因は「電力系統での無効電力（※1）のアンバランスによる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。本停電の特異な点は、適切な電圧制御ができず大停電が引き起こされたことである。

供給力が大幅に不足する（＝周波数が維持できない）状況を通常思い浮かべるが、本停電では事前の供給力は足りていた。報告では、停電の第一の要因は「電力系統での無効電力（※1）のアンバランスによる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。本停電の特異な点は、適切な電圧制御ができず大停電が引き起こされたことである。

供給力が大幅に不足する（＝周波数が維持できない）状況を通常思い浮かべるが、本停電では事前の供給力は足りていた。報告では、停電の第一の要因は「電力系統での無効電力（※1）のアンバランスによる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。本停電の特異な点は、適切な電圧制御ができず大停電が引き起こされたことである。

SPEAKERS' CORNER

今回の論点

インバータ型電源の連系拡大と同期電源の減少によって、電力システムは安定運用面で質的な変化が生じている。2025年4月28日に発生したイベリア半島全域での大規模停電に関する原因分析と対策は、同様に非同期電源の系統連系が増加する日本にとっても貴重なレッスンといえる。今後も電力システムを安定的に運用するには、供給力と調整力の確保による需給バランスの維持のみならず、電圧や無効電力制御の能力確保も重要。発電、需要、送配電の各リソースが電気物理の法則の下で一体となって挙動する電力システムの適正な周波数と電圧の維持等に向けたグリッドコードの策定や、電力系統のより精緻な計測が必要である。

電力システムの安定運用面での質的変化 例

- インバータ型電源の連系拡大と、電圧等の制御能力の高い同期電源の連系減少
- 系統運用者の監視外の、分散型電源や自家消費の拡大
- 下位系統への分散型電源の大量連系と、基幹系統への無効電力流入による電圧上昇
- 自然変動電源の出力変動や予測誤差に対応する需給調整の必要量増加と複雑化
- 急峻な日残余需要カーブに対応する火力発電機の頻繁な起動停止等によるストレス増加

電力システムの安定性維持に必要な能力

電力システムの安定性(周波数・電圧・同期安定性等)を維持するためには、様々な能力が必要であり、現状では、主に大容量の同期電源(火力発電機等)が保有・提供している

必要な能力

周波数の安定化	周波数に応じて出力(有効電力)を調整
電圧の安定化	慣性(周波数に対応して回転している質量)を有する 同じ速度で回ろうとする力(同期化力)がある 瞬間的な電圧の大幅低下時や急激な周波数変動時に運転を継続
同期安定性の維持	基幹系統の電圧調整(無効電力の調整)が可能 系統の短絡容量※を確保 保護リレーシステムの適正動作に必要な故障電流を供給

※ 短絡容量の確保は、現在の再エネ等で使用されているインバータの安定な動作に重要

供給力が大幅に不足する（＝周波数が維持できない）状況を通常思い浮かべるが、本停電では事前の供給力は足りていた。報告では、停電の第一の要因は「電力系統での無効電力（※1）のアンバランスによる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。本停電の特異な点は、適切な電圧制御ができず大停電が引き起こされたことである。

供給力が大幅に不足する（＝周波数が維持できない）状況を通常思い浮かべるが、本停電では事前の供給力は足りていた。報告では、停電の第一の要因は「電力系統での無効電力（※1）のアンバランスによる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。本停電の特異な点は、適切な電圧制御ができず大停電が引き起こされたことである。

安定維持「量」「規模」以外も

システム全体での検討を

今回の登壇者

電力中央研究所
理事長

平岩 芳朗氏

ひらいわ・よしろう 84
年東大大学院電気修了、中部電力入社。執行役員・系統運用部長、取締役副社長執行役員・経営戦略本部長兼計画部長を経て、21年4月送配電網協議会理事・事務局長、23年6月から現職。

国では、軽負荷期昼間を中心に、火力発電機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、インバータ型電源による電圧・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。

設備からの能力提供や、系統事故時等の連系設備の挙動を迅速に把握・分析し、系統安定性維持に必要な能力を適切に確保するためには、常時の系統各所の電圧・周波数等の時刻同期のとれた高頻度計測（例えばPMU〈同期フェーズ計測装置〉による計測）が有用である。再エネ大量導入等を踏まえ、電力中央研究所は一般送配電事業者等と協同で、PMUの設置と活用による運用高度化の検討を進めている。検討の一例として、Behind the Meter発電機を含む、エリアごとの系統慣性を把握するシステムの開発が挙げられる。

インバータ型電源の下位系統への連系増加と同期電源の系統連系減少により、電力システムは安定運用面で質的変化が生じつつある。発電と需要・送配電の各リソースが電気物理の法則の下、一体となって挙動し、適正な周波数と電圧の維持が不可欠である「自身の電力システム」の安定性確保に向けて、技術的対策等の検討が重要である。またこうした新たな対策コストを適切に評価し、各電源を電力システムに受け入れるための統合コストに反映していく必要がある。

※1 電力システムのコンセンサス7「有効電力と無効電力」(本紙2024年12月4日)参照