

第6次エネルギー基本計画への

JEMA 提言

送変電

送変電分野

（1）エネルギー供給強靭化の推進

1) レジリエンスへの貢献

2050年カーボンニュートラルに向け主力電源としての再生可能エネルギーの導入拡大は不可欠である。一方で一般送配電事業者による送配電運用は、火力・原子力など各事業者自身が発電量を制御可能な電源を前提に構築・運用されており、太陽光・風力など発電量の予測が難しくかつ各事業者では発電量を制御不能な再生可能エネルギーの大量導入や蓄電などの最新技術を取り入れた形態での運用は想定されていない。このため、電力の安定供給との両立には送配電運用の制度・システムを含めた抜本的な見直しが必要である。また、近年、自然災害の甚大化が顕著であり、電力の安定供給のためのレジリエンス強化と合わせた対策が強く求められている。

これらについては制度検討含め様々な委員会やワーキンググループで議論がなされているが、本項では送配電技術の観点から電力の安定供給およびレジリエンス強化に向けた課題および対策の必要性について述べる。

①電力系統安定化対策

再エネ導入拡大に伴う系統安定化のためには、IoT技術を活用し、分散した大量のエネルギー資源(小規模・多種・変動大)の出力抑制を含むリアルタイムな監視・制御技術の確立、調整力の確保、および、需要側リソース(蓄電池、EV等)の積極的な活用の検討が必要である。このような系統安定化対策は早期に着手することが望ましいが、現状の一般送配電事業者が自ら費用を負担して実施することには限界がある。強靭化対策とコスト効率化についてはレベニューキャップ制度が設けられているが、カーボンニュートラル化に向けた一般送配電事業者による積極的な取り組みについても、意欲的な取り組みに対してインセンティブが働く制度面の整備や、再エネの地域偏在性による費用負担面の地域間格差への配慮も含め国による弾力的な財務支援が必要である。

さらに、レジリエンスに係る情報は、電気事業者が把握できる範囲は限定的であり、より広く・大きな効果を得るためにには、警察・消防・交通など従来縦割りのインフラセクタ間で連携すべきである。この点も含めエネルギー供給強靭化に向けた情報公開のためのプラットフォーム構築のため情報の扱いを含めて国の強い指導が不可欠であると考える。

なお、このような電力インフラの整備には、費用と時間を要するため、制度面の整備に加え、必要技術の検討からシステム開発・運用定着期間を含めた計画的な実施が重要である。

②系統設備の新增設対応や広域連系（送配電事業者間や地域間連系）について

電力ネットワーク整備・系統整備計画の策定は複数一般送配電事業者が連携した広域需給調整(インバランスネットティング、広域メリットオーダー)による運用効率化も加味した検討が重要であると考える。

また、自然災害などによる配電線故障などの供給障害に対する強靭性を備えた地中配電線化の計画的な推進が求められているが、無電柱化は風災害には有効であるが、浸水災害には逆に復旧が長引くとの話もあり、防災面や景観面を考慮し必要性の高いところから推進することが重要と考える。

③レジリエンス強化のための製品仕様の検討について

台風や地震等により送配電設備を復旧する場合、他の一般送配電事業者やその協力会社の応援が不可欠であるが、事業者が異なるとメンテナンスや復旧に使用する設備規格・道具も違ってくるという現実がある。今後の計画的な設備更新時には、鉄塔や送電線等の規格を統一し、復旧作業が迅速に行えることも一つの有効な方策であると考える。

このように一般送配電事業者のコスト効率化として仕様統一が考えられるが、事業者の既存組織構成や業務規程・フローとも関連が深く、仕様調整は難航が予想されるため、統一仕様に準拠するインセンティブや公平性の考慮も合わせて検討する必要がある。

④再エネ電源への直流送電の実現について

再エネ電源は、洋上風力、海近傍の風力並びにPV発電等が計画されている。これらを海岸線に近い地点に変換所を設置して大容量VSC-HVDC多端子直流送電系統網で送電することについて、系統安定化に向けた費用利益分析を行い、電力系統のレジリエンスの向上に繋げることも重要な検討事項であると考える。

2) 設備投資（高経年設備対策）

①高経年設備更新について

レジリエンスの強化と再生可能エネルギーの主力電源化を両立させる次世代電力ネットワークの形成に向けて、高経年化した我が国の送配電設備をタイムリーに更新しつつ、再エネの導入拡大に資する送配電設備の増強を実施していく方針が示されている。

送配電設備の運用・保守の効率化のみを短期的な視点で追求しすぎると、新たな設備投資が困難化してしまう。中長期的な設備形成の方向性を見誤らないように、公平性と透明性を確保しつつ適切な設備投資が行われなければならない。そのためのツールとして、アセットマネジメント手法の活用が有望視されている。

- ・アセットマネジメント手法の標準化あるいは共通化が必要である。設備投資を行わない場合のリスク評価の考え方などを整備して、ステークホルダー間で共有できることが望ましい。
- ・アセットマネジメント手法の活用は、高経年設備更新の投資最適化のみの視点ではなく、一般送配電事業者が取り組むあらゆる活動（保全計画、新增設計画、設備更新計画、人員採用計画等）への適用を視野に入れて、全体投資の最適化を図っていくべきである。
- ・コスト効率化に比べると強靭化の向上は定量化しづらい。送配電機器などのハードウェアへの投資だけでなく、アセットマネジメントシステムや新しいオンライン系統安定化システムなど強靭化を高めるためのシステム導入に関しても、一般送配電事業者の取り組みをより積極的に評価すべきである。それらの設備投資にもインセンティブを付与できるような制度とすることが望ましい。

②設備投資への対応について

新たな託送料金制度（レベニューキャップ制度）の下では、一般送配電事業者の効率化努力（コスト削減）が進めば進むほど収入上限が下がり、バブル崩壊後の低価格競争と同じ状況が生じて送配電に関わるメーカーが疲弊・弱体化する懸念がある。

一般送配電事業者による効率化努力とのバランスを取りながら、レジリエンスの強化や高経年設備の更新、電化等による需要増を考慮した系統増強に投資が向かうような制度設計がなされるべきである。

- ・高経年設備の更新に関しては、メーカー側での計画的な対応が可能となるように、電力会社ごとに異なる更新条件（年数など）を平準化した上で、中長期的な更新計画が明示されることが必要である。これにより、メーカー側では、更新（受注）の途絶による人員削減の回避、改廃部品対応のための無駄な開発の抑制、継続的な保守部品の提供などが可能となり、無理のないコスト削減を通じた安定した価格による持続的な製品提供が可能となる。
- ・大きな技術革新や、制度や事業環境などの構造変化に対しても、柔軟かつ持続的に投資が向かう仕組みも必要と考える。

③系統整備の予見性（プッシュ型）の方向性について

電力系統は、電源設備、送配電設備、需要家設備とそれらを統合する運用・保護制御設備で成り立っており、それら各々が単独ではなく総合的に機能している。

2050年までにカーボンニュートラルを達成するためには、既存の電力系統において送電線の新增設が必要となる。電力系統全体の供給信頼性、設備信頼性、電力品質を将来にわたって維持・強化するためには、個別の分野における課題についても、電力系統全体の観点から俯瞰的に検討し、客観的に評価し検証できる仕組みの導入が必要である。

- ・エネルギー供給強靭化の観点では、地域間（一般送配電事業者間）の連携を含めた国内全体のエネルギー管理（エネルギー需給の広域最適化と系統安定化）が必要である。インバランスティングや広域メリットオーダーなどによる広域需給調整による運用効率化をふまえて、将来の広域系統整備計画を策定すべきである。
- ・系統整備の予見性（プッシュ型）の推進と並行して、出力制御を前提とした再エネ事業者の「事業予見性」を高める施策として、出力制御に関する情報開示と公平性の確保、事業判断やファイナンスなどの経営支援が必要である。FIP制度など、再エネ事業者への投資インセンティブについては、コネクト＆マネージなどの系統安定化策と両立できるように考慮すべきである。
- ・我が国の電力産業と関連技術開発の底上げのためにも、既存の延長線上の計画だけでの新しいビジョンが必要である。再エネの主力電源化を想定した送配電設備の在り方について、デジタル化や蓄電池や水素技術などの新技術の積極的な活用を折り込んだ検討を実施し、意欲的な系統整備計画のロードマップの提示が必要と考える。

（2）送変電分野における温暖化対策への貢献

1) 分散電源への対応について

2050 年のカーボンニュートラル実現のために、電化の促進、電源の脱炭素化が鍵となる中で、再生可能エネルギーを中心とした分散型電源の最大限の普及、主力電源化が推進されている。これまでの FIT 制度や系統整備などの支援を通じて、日本の再生エネの導入量は世界 6 位となり、電源比率でみると 2018 年は 17%まで拡大している。（2030 年の 22-24%は到達可能とされている）

再生エネの大量導入の実現課題を解決するためには、技術的に革新的イノベーションを通じて実現する仕組み、また大規模な系統整備のための費用負担のルール作りが必要である。送配電事業者やその技術開発や製品提供をおこなうメーカーが、先行したコア技術の開発の促進、また安易に市場コスト競争にならないためのマスタープランの策定と増強費用を、全国で支える仕組み作りが必要と考える。

マスタープランは、学識経験者はもとより、発電、電力事業者やメーカーなど幅広い意見、知見を活用し、社会的便益が最適に配分されるような合意形成が必要である。

2) 送変電機器の温暖化ガス（SF₆ ガス等）削減について

我が国においては、電力、メーカー、大学をはじめとするオールジャパン体制にて「SF₆ 代替ガス検討会」を組織し、温暖化抑制には、CO₂ だけでなく送変電機器にて使用している SF₆ ガスの排出量抑制を維持しつつ、電力設備の脱 SF₆ 化について中長期のロードマップを描き、温暖化削減効果を踏まえて段階的に脱 SF₆ 化を進める必要があると考える。また、我が国における電力設備の脱 SF₆ 化の取り組みは、海外に対しても積極的に発信し、国際的なプレゼンスを高めるべきである。

英国のガス・電力市場局（OFGEM）においては、景観美化・環境調和・防災などに資する投資コストは、その社会的貢献に価値を見出し、当該コストを電力託送料金に上乗せするインセンティブを与えており、環境配慮型製品の導入初期には開発・研究コストが必要となるため、環境負荷低減に資する製品技術開発や、それを積極導入するユーザーに対して、社会貢献の観点での何かしらのインセンティブ制度を導入すべきである。

3) 環境性能（LCA）の優れた製品への支援

電力の安定供給に加え、CO₂ 削減などの環境負荷低減に向けての製品開発が不可欠である。これらの開発促進については一部の分野では取り組みが行われているものの、一層の採用には一般送変電事業者の積極的採用に向けて評価しインセンティブを付与出来る制度の導入が必要である。

この中で、変圧器はこれまでの主流として鉛油入変圧器が多く採用されてきたが、近年では植物系油入変圧器(大豆、菜種油、ヤシ油等)の開発、導入も進んでいる。植物由来の絶縁油は、高い引火点の特徴から変圧器の火災発生リスク低減が期待できるだけでなく、空気中の CO₂ から有機物を作っているため燃焼しても CO₂ が増加しない(カーボンニュートラル)、生分解性に優れている、人体に無害である等の特徴がある。また、破棄時に発生する CO₂ 排出量はカーボンニュートラルによってゼロであり、ライフサイクルアセスメント（LCA : Life Cycle Assessment）に優れている。

しかしながら、環境性能の優れた製品への更新には、小型化／長寿命化などの課題に対する研究や開発への投資が必要であり、補助金を含むインセンティブ制度などの導入による支援が重要である。

（3）送変電分野における新技術による貢献

1) コスト低減／高効率化への貢献について

安定供給に必要なインフラ投資を積極的に推進していくためには、エネルギー・環境イノベーション投資が計画的に実行される環境の更なる整備、デジタル化の促進が必要であり、電力ネットワークの現状を把握し、将来の正確な需給の予測とコントロール、およびレジリエンスの強化が不可欠である。この要求に有効なのは AI・IoT 等のデジタル技術やデジタルデータを活用した全体最適となるような次世代型グリッドの整備であり、これを支える安定した託送料金制度の構築、サイバーセキュリティ対策の強化が必要であり、ベースとなるのはデジタル技術を利用した設備のさらなる効率化、省力化である。

近年は自然災害の激甚化が見られ、令和元年も台風 15 号等により送配電設備が広範囲、長時間にわたる被害を受け、復旧作業や送配電設備の建て替え等の緊急対応が必要となり、多くのコストも発生している。しかし、現場作業員や電気主任技術者等の電気保安人材は減少傾向にあり、人材の高齢化も進展し、将来的には人材不足が予想され、ベテラン作業員の電気保安に関する技術継承が大きな課題となっている。

また、分散型電源の大量導入に的確に対応するためには、系統増強あるいは調整力確保のための設備投資を効率的に進めていく必要があり、更には高度成長期に大量に設置した設備が更新時期を迎えており、計画的な更新計画が示されないままであると、機器を製造するメーカーの対応も難しくなり、強いては送配電設備コストの増大を招く危険がある。高経年化設備故障の予兆診断においては、まだ効果的な知見を十分に持ち得ておらず、各社によってかなり差があると感じており、その技術成果を待つよりは更新の平準化を実現できればコスト削減も期待できる。デジタル技術を利用した電気保安の「スマート化」は、電力の安定供給・公衆安全の確保を実現する手段だけではなく、業務効率化・省力化の手段として捉えることが重要である。

①設備点検・保守の効率化

温度、振動などのセンサーの活用により、保守点検の効率化や、リスク低減を図りながらの設備更新が期待できる。これらをセンサー化することにより設備の保守点検や、設備更新について迅速化、省力化などを図ることが可能となる。

リモートセンサー取り付けのほかに、点検ロボットの導入による付加価値の創出なども考えられるが、保守期限・設備更新スケジュールの明文化、更新モチベーション向上のために、官民一体となった AI 活用時の指針化が必要と考える。

②停電予測・復旧の高効率化、災害対応の迅速化

災害対応には早期解決が必要であり、予想を超える災害時に如何にして正確な情報を収集できるかがキーとなっている。そういう観点から、衛星画像等の IoT 技術を活用した災害発生個所及び災害内容（土砂崩れ、水害、設備位置変位）を適切に掴み、初動に生かす必要がある。

停電状況把握の効率化を行うには、スマートメーターのデータ分析や LastGasp 機能により、停電状況の早期把握が可能となり、断線個所や停電範囲を早期に特定し災害復旧を迅速化することができる。

気象予測などを元にして事故の予兆を感じし、これを避けるレジリエンスの高い対応を行うためのリモートセンシングによるリモート制御・監視等については、生産・試験・運用・保守に亘る流れと、アセットマネジメントをつないで一括管理することにより、デジタルツインへの発展につながる。共創により構築されるプラットフォーム上で各種のアプリケーションサービスを連携する際には、電力会社間や異メーカー間での情報のやり取りが生じることになるため、デジタルデータの共有についての取り決めに関しては、国の強い指導が必要と思われる。

③変換効率向上による貢献

センシング技術の適用により、その設備の一番効率の良い稼働条件を導き、電力ネットワーク全体を最適化することで高効率運用、低効率設備の更新を促すことが考えられる。高効率の設備を適用するには、電力設備・保安基準への汎用 IT 技術の適用を促す必要があり、また効果的な更新ができるような各種基準の見直しが必要である。また、スマートメーターのデータを活用するためには各種基準の見直しが必要である。

配電設備（汎用高圧機器）については、既に JEMA が更新推奨時期（使用開始後 10～20 年）を提示し、高圧需要家はこれを参照している。この状況を踏まえ、高圧需要家だけでなく送電電事業者も、JEMA が提示する更新推奨時期を参考しつつ、最大使用年限（例えば、更新推奨年数 + 猶予期間 5 年）を機種毎に設定し、これを超えないように更新するような制度が必要と考える。

2) セキュリティ対応について

カーボンニュートラルの実現に向けて、再生可能エネルギーの最大限の導入を図る方針が示されているが、自然条件により変動する出力の対応や送電網の整備、分散電源の監視・制御技術の高度化と合わせて、サイバーセキュリティ対応の為の技術維持が必要となる。電力制御システムのセキュリティ対策については、「電力制御システムセキュリティガイドライン（JEAG1111-2019）」が出されており、JEMA からは「JEM-TR 249：監視制御用計算機システムにおけるセキュリティ対策のガイドライン」が出されている。

サイバーセキュリティの確保には、一般送配電事業者だけでなく電気事業者や一般事業者を含めた電力ネットワーク全体での対策が必要であり、システムの重要度、規模等の条件に応じた具体的かつ継続的な対策には費用が発生することの認識が重要であり、そのための啓蒙活動や人材育成を目的とした制御システムセキュリティセンター（CSSC）のような設備の整備や関係者のトレーニングも必要と考える。また、セキュリティ技術での国産化も重要なテーマであり、特に電力ネットワークを監視・制御する電力制御システムと送配電設備との通信プロトコルは一般的な通信プロトコルではなく、プロトコル自体を秘匿化し、電力ネットワークに必要な通信機能が可能なプロトコルである必要があると考える。