

2. 電力系統（ネットワーク）視点での調査

現代社会は、電気への依存度が高まり、安定供給に対する要請がより高まっている。こうした中、電気事業者はこれまでに経験した災害を教訓に、電力ネットワークの様々な設備対策や運用の高度化に取り組んできた。

しかし、近年は自然災害の激甚化が顕著で、電力ネットワークに与える影響の深刻さが増し、安定供給のための電力ネットワークのレジリエンス強化が再認識されている。

このため、いかにして電力ネットワークのレジリエンスを強化し、持続可能な安定供給体制を構築していくかについて、具体的な方策の検討が急務である⁽¹⁾。

本特別調査専門委員会に設置されたワーキンググループ（WG）のひとつである WG1 では、主として電力系統（ネットワーク）の視点から調査活動を行った。具体的には、近年の自然災害による大規模停電事象を踏まえた課題、電力システム改革の進展等に伴うネットワーク信頼度上の課題、SNS の普及等を踏まえた情報発信のあり方に関する現状の取組みと課題、また、将来に向けて検討を始めている新たな取組みや理想形としてイメージされるレジリエンス強化策等について調査した。

調査対象は、一般送配電事業者、自家発電設置事業者を中心とし、アンケートによる調査を主体にその結果を整理した。

災害大国であるわが国では、これまでは自然現象による災害が発生しないよう「防災」への取組みを幅広く行ってきたが、近年の大規模災害を受け、「減災」に向けた取組みの重要性が深まっている。ここでは、以下の「防災」「減災」の考え方に基づいて整理・考察している。

「防災」：停電を極力招かないための取組み（災害を未然に防ぐ、被害を「ゼロ」に近づける備え）

「減災」：大規模災害による設備被害を想定したうえで、停電範囲や時間等を抑える取組み（災害を予め想定し、被害を「最小限」とする備え）

2.1 電気エネルギーセキュリティ確保のための電力系統（ネットワーク）の供給信頼度

2.1.1 設備形成や運用における信頼度確保の考え方

発電所で発電された電気は、送電線によって変電所等に送られ、電圧を変換してから配電線を経て、工場や家庭などの電気機器で消費される。これら一連の設備と周波数や電圧等を調整する仕組みを含めた全体を電力ネットワークという。

わが国の電力ネットワークは、基幹系統が北海道から九州まで送電線や周波数変換所等で連系されている膨大な設備の集合体であり、巨大で複雑なネットワークを形成している。

電力ネットワークの信頼度とは、電力設備の形成と運用におけるネットワーク全体の頑健性を指しており、停電の頻度や時間の少なさ等により評価される。一般的には、停電の発生確率が低く、継続時間が短く、停電範囲が小さいほど信頼度は高いといえる。

また、信頼度は、電力設備の形成や設備の維持状態が最も大きい決定要因であり、設備形成の冗長性や維持レベルが高いと、災害等発生時の運用が容易になる。このため、電力ネットワークには、設備形成から運用までの一貫した最適化が求められる。

電力ネットワークの運用は、需給運用と系統運用に大別される。時々刻々と変化する電気の消費量に合わせてネットワークを円滑に運用し、安定供給を維持するためには、この2つの運用を両輪とし、確実に機能させる必要がある。また、電力ネットワークの安定した運用は、社会全般への影響に加え、保安や設備保全の見地からも、極めて重要である。このため、運用に対して高い信頼度が要求されることは言うまでもないが、信頼度の過度な向上はコストの上昇を招くことになりかねず、単に信頼度を高めさえすればよいというものでもない。

電力ネットワークの信頼度は「アデカシー」と「セキュリティ」に大別され、近年の自然災害による大規模・広範囲停電などの実例を踏まえた技術面からの議論を深め、信頼度の維持・向上に掛かるコストを考慮したうえで、「レジリエンス」を強化していく必要がある（図1）。

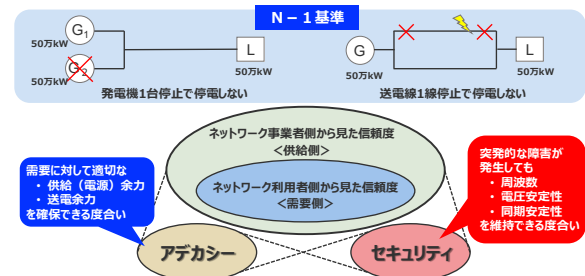


図1 電力ネットワークの信頼性に関する概念

(1) 需給運用と「アデカシー」

電気の消費量は、季節や気象、社会の動き等に敏感に反応する。需給運用では、発電量と消費量を常に一致させ（同時同量）、安定した周波数を維持することが求められる。

瞬時の需給バランスのコントロールはもとより、中長期にわたる需要の想定・分析をもとに、綿密な需給計画を立てることも重要である。

需給運用に関わる信頼度は「アデカシー」と呼ばれ、発電設備、ネットワーク設備の計画停止ならびに計画外停止を考慮し、需要に求められる電力や電力量が供給できるかどうかを表し、静的な信頼度とも呼ばれる。

(2) 系統運用と「セキュリティ」

系統運用は、発電所から電気の消費地まで、電気を安定的かつ効率的に運ぶことができるよう送配電ルートを選定するとともに、適正な電圧を維持するためにネットワーク設備を構成し、これをコントロールする。

ネットワーク設備は、その多くが屋外に構築されているため、日々、雷・雪・台風といった自然の脅威にさらされている。ひとたび事故が発生した場合には、事故箇所を瞬時に検出して切り離し、自動復旧や切替操作などによって、可能な限り短時間の停電復旧を目指している。さらに、事故除去後の電力動揺や周波数・電圧異常を抑え、事故波及を防止するなど、高度な技術を用いて運用している。また、系統運用者は平常時から常に事故を想定し、適切な運用対策を立案して備えている。

系統運用に関わる信頼度は「セキュリティ」と呼ばれ、電力ネットワークに突発的な事故が発生した際にも、周波数、電圧、系統安定度等が適切に維持されるか否かを表し、動的な信頼度とも呼ばれる。

(3) 電力系統（ネットワーク）のレジリエンス

レジリエンスとは「強靱性」「回復力」「弾力性」を示す言葉である。電力ネットワークのレジリエンスについて考える際は、ネットワーク設備の形成や運用といった電力技術に関する事項はもとより、ネットワークが社会生活のあらゆる面に深く関わっているという実態に鑑み、関係する事業者や自治体との間の連携や系統（ネットワーク）利用者への情報発信、また、これを受けた利用者における被害

軽減に向けた行動など、社会全体の取組みとして、幅広い視点から総合的に議論することが重要である。

2.1.2 大規模災害と「防災」「減災」に関する考え方の変遷

わが国では、過去から災害を未然に防止するとともに被害の発生を防ぐ「防災」への取組みを重視してきた。具体的には、過去の大規模災害対応の経験からの様々な教訓を得て、これらを踏まえたより良い対策の実現を目指した取組みを進めることであり、これまでに発生した被害状況をもとに、これに「耐えうる」対策（ハード対策）を行うことが中心となっていた。しかし、こうした対策には限界があり、近年では、災害によってある程度の被害は発生し得るものと考え、被害が発生した際の社会活動への影響を極力軽減するよう「備える」仕組み（ソフト対策）を充実させる「減災」への取組みが注目を集めている。また、「減災」に関する取組みは、阪神淡路大震災（1995）以降、その広がりをを見せてきたとされる。

他方、ICT 分野に目を向けると、阪神淡路大震災の発生とほぼ同時期の 1995 年頃からインターネットの急速な普及が始まった。1995～2000 年頃にかけてはインターネット普及開始期と言われ、常時接続ではなく通信速度が十分でないこと、また、従量課金型接続であったことなどから、データ容量の小さい文字情報でのやり取りが一般的であった。2001～2010 年頃にかけては高速・常時接続であるブロードバンドが普及し、この影響を受けてデータ容量の大きい写真や動画などの提供が可能になるとともに情報

表 1 大規模自然災害と災害対応の考え方、ICT 技術の進化の変遷

	1995	2000	2005	2010	2015	2020
大規模自然災害 (主なもの)	○阪神淡路大震災	○新潟県 中越地震 ○東海豪雨	○駿河湾地震 ○新潟県中越沖地震	○東日本大震災	○熊本地震 ○広島市豪雨 土砂災害	○北海道 胆振東部地震 ○台風21,24号 (2018年) ○台風15,19号 (2019年) ○新型コロナウイルス の流行
インターネットの 普及の推移	インターネット普及初期 (PHS・携帯電話の普及)		ブロードバンドの 急速な普及 (Web2.0 動画・音楽・画像)		スマートフォンの普及 (パソコンからモバイル端末への移行)	
防災・減災 の考え方	これまでに発生した事象を教訓に これに「 耐えうる 」対策を実施 ○ハード対策の拡充 (耐震補強の実施など)		⇒ ハード対策には限界があり、代替手段を含め社会的活動 への影響を極力軽減するよう「 備える 」仕組みを充実 ○ソフト対策(避難計画・訓練)の充実、復旧手順の確立 ○備蓄の拡充や事前の代替手段確保 など			
情報発信・共有 のトレンド	インターネットの普及により、情報 の伝達速度や量が飛躍的に向上 ○発信頻度の向上 ○PUSH型に加えPULL型を活用		⇒ 情報伝達ツールの多様化 が進み、誰でも簡単に 広範囲に情報発信が可能 ○サービスの提供サイドだけでなく、利用サイドによる発信が 可能となり、情報量が飛躍的に向上 ○情報の正確性が課題			

の双方向化が進み、共有される情報の量や種類が格段に増えることとなった。さらに、2010 年以降は、モバイル端末からのインターネット利用者数がパソコンからの利用者数を上回ることとなり、その後はスマートフォン利用者の拡大と相まって、モバイル端末からの利用者数が年々増加する傾向となっている⁽²⁾。

こうした技術進化を背景に、SNS を始めとするソーシャルメディアの利用率はますます高まり、オンラインコミュニケーションによって誰もが手軽に情報の受信者にも発信者にもなり得る時代が到来している（表 1）。

特に「減災」の取組みにおいては、広範囲にわたる速やかな情報共有の実現が重要な役割を果たす。災害の発生状況に関する情報や、今後の対応策に関する計画の事前周知など、社会全体が一体となって災害に備えるためには、適時適切な情報の広範囲かつリアルタイムな共有と、その有効利用が不可欠といえる。

阪神淡路大震災以降の「減災」に関する考え方の進展と並行して劇的な進化を遂げてきた ICT 技術の活用により、これからの「減災」への取組みが大きく発展していくものと考えられる。また、電力ネットワークの運用においても、停電を極力招かない防災への取組みと合わせ、自然災害による設備被害を起り得るものとしたうえで、停電範囲や時間を最小限に抑える「減災」への取組みをさらに充実させるとともに、進化させていくことが必要である。

2.1.3 「防災」「減災」を考慮した信頼度確保のあり方（他の社会インフラとの関連）

私たちの生活を支える基盤として、信頼度の高い社会インフラの整備は不可欠である。社会インフラと称される範囲は広く、上下水道、ガス、交通（道路・鉄道・空港・港湾）、通信・情報、医療、消防・警察、行政サービスなど多岐に渡っており、電力ネットワークもそうした社会インフラのひとつである。

しかし、社会の電気への依存が著しく進展している現状においては、電力ネットワーク以外の他の社会インフラが電力を使わずにその機能を維持することは不可能であり、電力ネットワークが他の社会インフラの運用や信頼度に深く影響している。これが、電力ネットワークが「インフラの中のインフラ」と評される所以といえる。

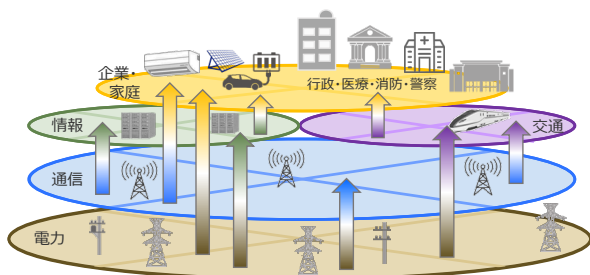


図2 電力ネットワーク・他の社会インフラと利用者の相関イメージ

なお、電力ネットワーク自体の高度化・効率化は、通信・情報インフラの機能によるところも大きく、電力ネットワークとその他の社会インフラとの間で、相互関係性が非常に強くなっている（図2）。

一方で、自然災害の激甚化や新たな感染症の流行など、私たちの社会生活において、これまでに経験したことのない様々な事象が発生している。このような状況下では、全ての時間断面において、社会インフラが提供するサービスを完全に維持し、社会生活への影響を皆無とすることは極めて困難であるといえよう。ハード面の対策だけによるのではなく、ソフト面の対策と組み合わせ、全体への影響を軽減する仕組みを構築することで、災害による被害を最小限に抑える取組みが可能となる。

こうした仕組みのひとつとして、時系列の防災行動計画、いわゆる「タイムライン」の考え方が浸透し始めている。タイムラインとは、災害の発生を前提に、防災関係機関が連携して災害時に発生する状況を予め想定し、共有したうえで、「いつ」、「誰が」、「何をするか」に着目して、防災行動とその実施主体を時系列で整理した計画のことをいう。

このタイムラインは、2012 年に米国東海岸に上陸したハリケーン・サンディへの対応において、ニュージャージー州が適用したことが始まりとされている。当時、米国史上最大の都市災害をもたらしたサンディはニュージャージー州沿岸に上陸したが、タイムラインによる早めの対応が奏功し、ニュージャージー州における死者はなく、その被害を最小限に留めたことで注目を集めた。

わが国では、2014 年の国土交通省における取組みを皮切りに、具体的な検討が始まった。国、地方自治体、企業、住民等が連携してタイムラインを策定することにより、災害時の連携した対応が可能となる。災害には、水害や雪害など時間の経過に合わせて被害が進行していく「進行型災害」と、地震などの「突発型災害」に大別されるが、タイムラインの仕組みは、特に「進行型災害」への対応において効果が期待されている⁽³⁾。

鉄道・航空・船舶などの公共交通機関の運行への適用例について概要を示す。

台風などの進行型災害による被害が想定される場合には、事前に十分な周知を行ったうえで、運行本数を減らすことや、場合によっては運行そのものを止めることで、被害の最小化を図っている。この時、運行本数の減などにより利用者に不便が生じるが、事前の情報共有によって利用者に早期帰宅を促す取組みと合わせて実施することで、実際に鉄道設備に被害が発生して列車の運行ができなくなった場合の帰宅困難者を低減させる効果が見られるなど、生活に与える影響の拡大を防止することができる。また、ダイヤの乱れが継続することによる運行への影響も最小限に抑えることができるため、台風が通過した後の通常ダイヤによる運行への早期復帰が可能となり、影響を受ける期間を短縮する効果も期待できる。

こうした時系列を意識した取組みは、電力ネットワークの運用においても、従来から積極的に取り入れられている。例えば、降雨による河川の増水によって水力発電所の出力変動（主に減少方向・停止）が発生することを想定し、予めその変動を考慮した供給力を確保するため、火力発電機を追加で並列しておく、台風の予想進路を考慮した送電ルート of の事前切替による電力ネットワークの構成変更、予定されていた電力設備点検の中止などにより稼働設備を確保するなど、想定されるトラブルに対応できるよう備えている。また、台風など、広範囲で様々な被害発生が想定される場合は、台風が通過する災害発生の可能性が最も高まる時間帯を過ぎても継続した対策が必要となる。例えば、大雨で河川の水が濁ることで、台風が通過した後も一定の期間は水力発電設備が使用できなくなる可能性や、河川流域等から流出した漂流物が海沿いにある大規模火力発電所に流れ着き、発電所の稼働に必要な海水を取り入れることができなくなることで出力低下を招き、電力不足が生じる可能性などが考えられる。こういった事例では、台風通過後の天候回復に合わせて社会活動が順次再開され、電力需要が大きく増加するタイミングで電力ネットワークの安定運用に必要な供給力・調整力が不足することになるため、影響が大きい。

こうした事態を予め想定し、予備的な設備の稼働範囲・期間などを検討し対策を講じるが、災害の様相によっては、その対策期間が長引く場合もある。

なお、電力ネットワークの運用においては、公共交通機

関における例のように、利用者側の協力を得ながら事前に提供サービスの内容を変更（例えば、予め電力使用量を抑制）することで被害を軽減できる事例はほとんどなく、事前の主な対策は、保有する発電設備を最大限に活用し、予備的な設備稼働を確保するなど、供給側の対策が中心となっている（図3）。

このように、同じ社会生活の基盤を支えるインフラ事業であっても、提供サービスの性質の違いによって、災害対策の考え方やその有効性が異なる。

これまでにない災害事象が頻発している現状において、電力ネットワークのレジリエンス強化策を導入する際には、これまでのような供給側における対策だけでなく、他の社会インフラに見られるような利用者側の所謂需要側の協力を前提とすることで実現可能となる対策についても積極的に検討し、それらの相乗効果によって、被害を最小限に抑える仕組みを構築することが重要と考えられる。

2.2 自然災害による大規模・広範囲停電の記録

2.2.1 大規模範囲停電に至るメカニズム

電力ネットワークは、電力設備が電氣的に密接に関係しており、ひとつの設備事故が連鎖的に拡大し、ネットワーク全体に繋がる可能性があり、過去にもその事例がある。

大規模・広範囲停電に至る事象は様々であるが、主として次に示す4つの要因に分類できる⁽⁴⁾。

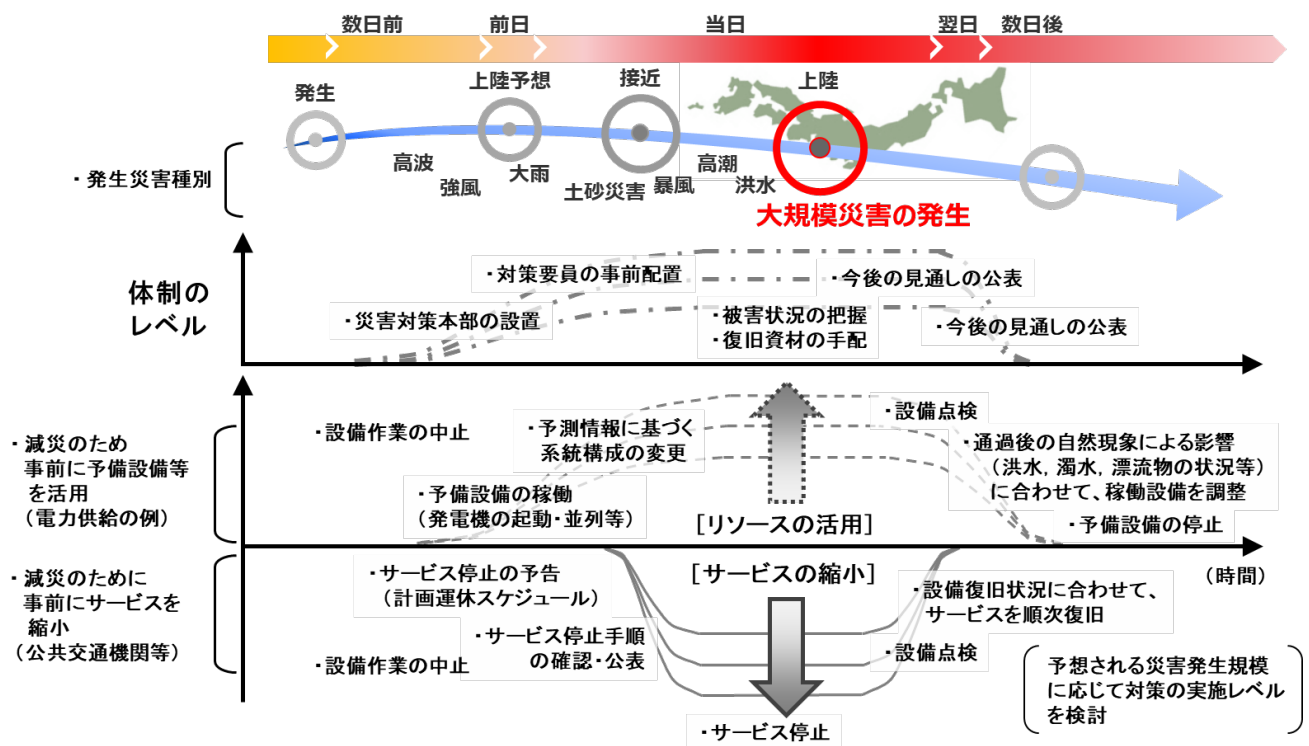
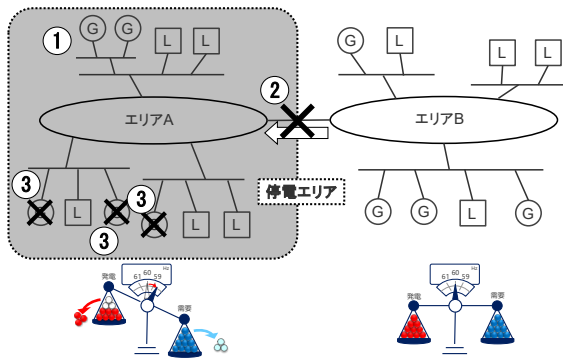


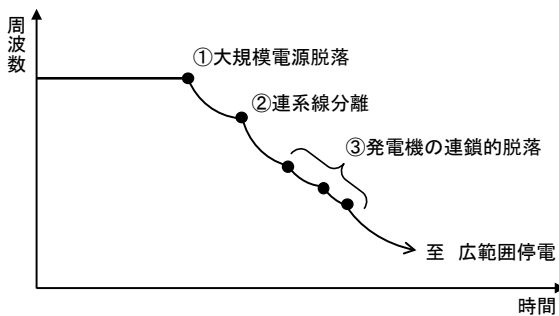
図3 台風襲来時のタイムライン（防災行動計画）

(1) 需給バランス

電力ネットワークは、発電と消費の需給をバランス（瞬時同時同量）させることで周波数を一定に保っている。同期発電機は一般的に调速機能を有しており、周波数の低下に伴い発電出力を増加させ、周波数の上昇に伴い発電出力を減少させることで周波数変動を抑制している。このため、発電と消費の需給バランスが多少崩れても、周波数はある程度の範囲内に維持されるが、大規模発電機の停止な



(a) 連鎖的な電源停止のプロセス



(b) 周波数の時間的变化

図4 周波数低下による電源の連鎖停止

どにより需給バランスが大きく損なわれると、周波数も大幅に低下する。また、発電機には運転可能な周波数領域があり、領域を逸脱すると運転を継続することができなくなり、発電機自体の保護機能のために自動的に停止する。この機能により一部の発電機が停止すると、さらに需給バランスが大きく崩れ、周波数が低下し、発電機が次々と連鎖的に停止して、全体の供給力不足により大規模・広範囲停電に至る（図4）。

なお、同期発電機が持つ慣性エネルギーには、周波数の変動を緩和する効果があるが、近年の再生可能エネルギー導入拡大によって、インバータ電源の比率が高くなる傾向にある。インバータ電源は慣性エネルギーを保有していないため、大規模発電機の緊急停止時などの周波数変化が大きくなり、その結果として発電機が連鎖的に停止する可能性も高くなるという問題が顕在化してくる。

(2) 系統安定度（同期安定性）

平常時における需要の変化や送電線等の作業停止、異常時における送電線への落雷等で一時的に電力が送れなくなる事故停止等の擾乱に対し、各々の同期発電機の運転が維持できるか否かを系統安定度（同期安定性）という。

系統安定度は、「小擾乱同期安定度（これまで、定態安定度と呼ばれている）」と「過渡安定度」に分類される。小擾乱同期安定度は、需要変化や遮断器の開閉といった系統操作など、平常時の系統状態で発生する擾乱に対して安定的に電力供給が行える度合をいう。また、過渡安定度は、系統事故等の大きな擾乱があっても安定状態を回復して送電できる度合をいう。

同期発電機が電力系統と同期運転できなくなり、電力を送ることができなくなることを脱調という。同期発電機が脱調すると、その発電機の電圧位相は基幹系統の電圧位相に対して回転するように変化する。このため、脱調した発電機と基幹系統の間で電圧位相が大きく変動し、この発電機の周辺に連系している同期発電機に影響が波及し、電力

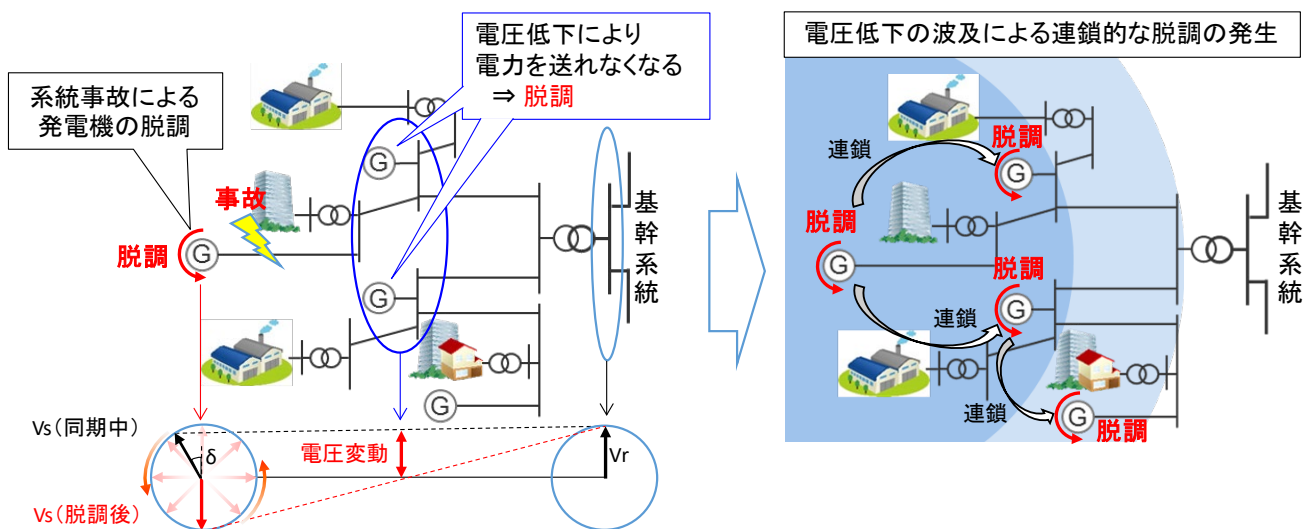


図5 連鎖的な脱調

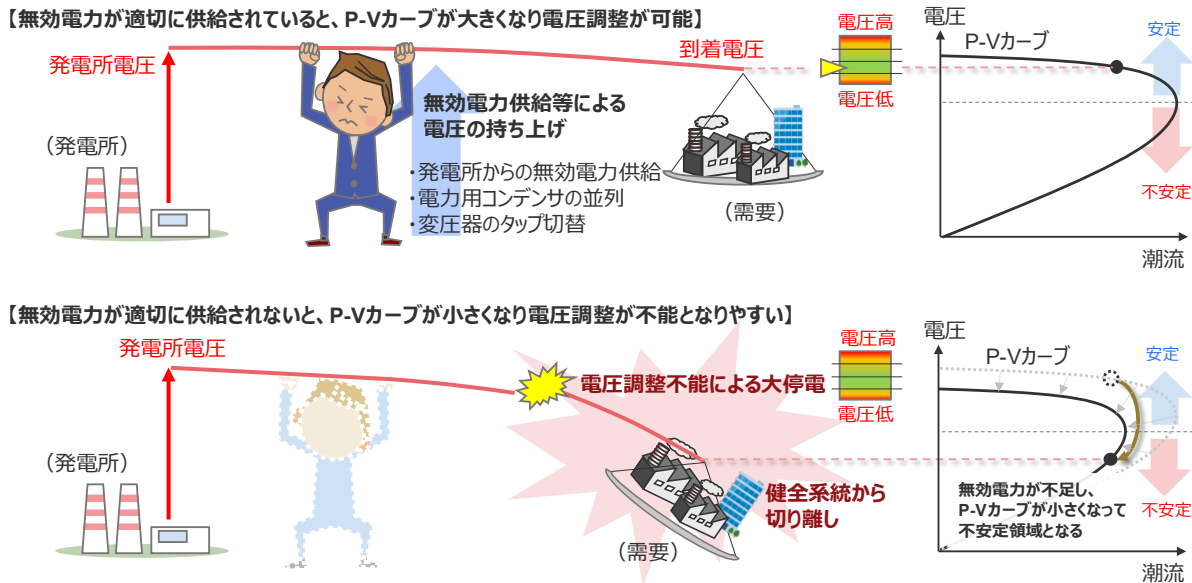


図6 連鎖的な脱調

を送ることができなくなって、連鎖的に脱調していく虞がある。連鎖的に脱調した発電機は、各々が発電機自体の保護のために自動的に停止し、電力ネットワーク全体の供給力が大きく減少するため、需給バランスが大きく崩れ大規模・広範囲停電に至る（図5）。

(3) 電圧安定性

電圧安定性とは、需要の増加、発電機や変電設備の停止等、システムに擾乱が発生した時に、システム電圧を安定に維持する能力のことをいう。電圧安定性が低いと、わずかな擾乱であっても系統電圧が大きく低下し、電力設備の停止や小擾乱同期安定度の低下による同期発電機の脱調等を招く。

電力ネットワークには、電圧を安定して調整できる領域と不安定な領域の2つがある。電圧は需要変動や系統事故などにより常に変動するが、電圧を安定運転領域に滞在させるため、無効電力の供給量を適正に保っている。需要の有効電力 P と受電端電圧 V との関係を示す曲線をP-Vカーブといい、無効電力の調整可能（供給・吸収）量によって、その大きさが変わる。無効電力を適切に調整できないと、受電端電圧が適正値を逸脱するだけでなく、P-Vカーブが描く突起の形状が小さくなり、送電線等を通る潮流の増加等によって、電圧調整が不能となり大規模・広範囲停電に至る⁽⁴⁾（図6）。

(4) 設備事故（事故停止）

電力ネットワーク設備の一部が、落雷による影響や損壊などにより停止すると、これらの設備を介して供給されていた需要が停止する。基幹系統など、広範囲に電力を供給している設備が停止した場合は、大規模・広範囲停電に至る（図7）。

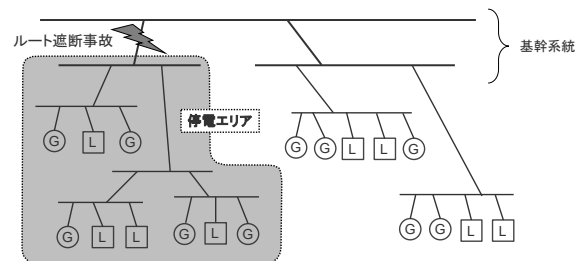


図7 設備故障による大規模・広範囲停電

2.2.2 最近の自然災害による広範囲停電とその後の対策例

自然災害の種類によっても、発生する被害状況は異なる。一方、同じ種類の災害であっても最大停電戸数が大きい方が復旧までの時間が長くなるというものでもない（図8）。実際の災害による被害から知見を得て、電力ネットワークの情報発信・共有方法やレジリエンス強化策について、常に最適な対応を目指す取組みを進めていくことが重要である

(1) 北海道ブラックアウト（2018年）

2018年9月6日3時7分、北海道胆振地方中東部を震源とする最大震度7（マグニチュード6.7）の地震が発生し、同日午前3時25分に、離島を除く北海道エリア全域が停電（ブラックアウト）した。これは、日本で初めてとなるエリア全域におよぶ大規模・広範囲停電であった。

復旧においては、作成してあった手順書をもとに2回のブラックスタートを行い、概ね45時間後に一般需要の停電を解消した。ブラックスタートとは、ブラックアウトの状態から、外部電源より発電された電気を受電すること

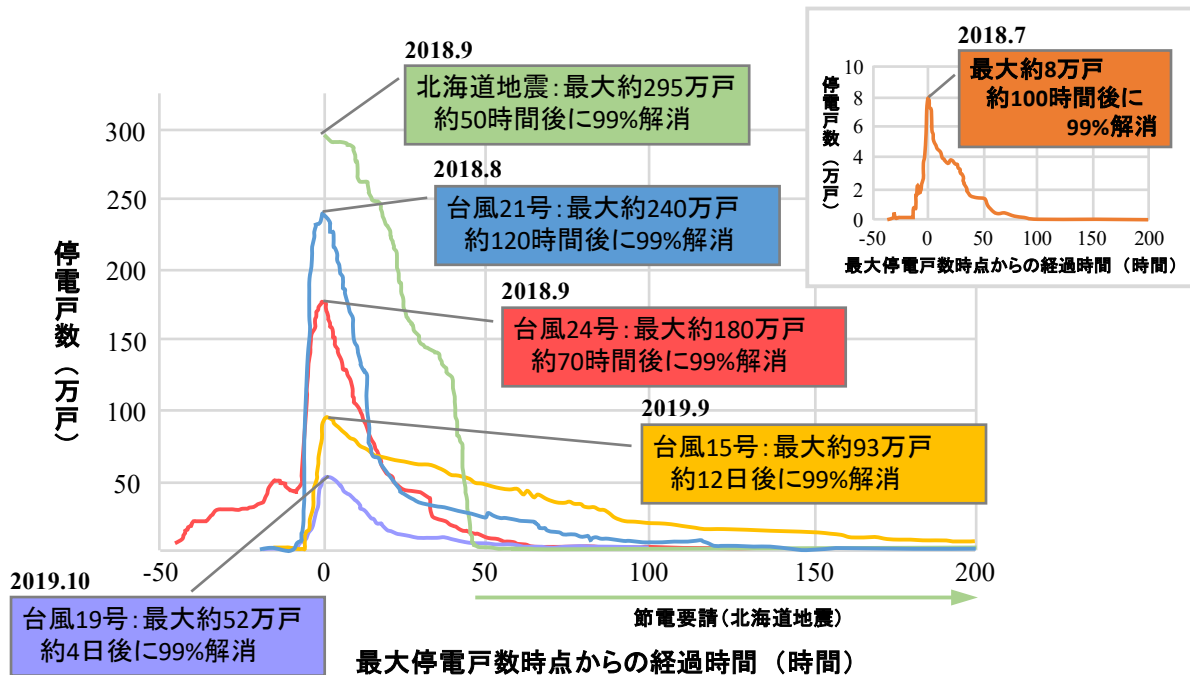


図8 大規模自然災害における停電戸数の推移

く、停電解消のための発電を開始することをいう。ブラックスタートは通常の停電復旧と異なり、相当な時間を要するとともに、ブラックスタート直後は系統容量が小さく、需要と供給のわずかなバランスの変化によっても周波数が大きく変動するため、供給力確保と負荷送電については、慎重な操作が求められる⁽⁶⁾。

なお、運用対策として、電源の緊急停止を想定した北海道内最大規模発電機の運用や周波数低下リレー（UFR）の整定値変更等を実施した。

(2) 台風15号（2019年）

2019年9月9日に千葉市付近に上陸した台風15号は、最大瞬間風速 57.5m/s を観測する記録的な暴風を伴い、鉄塔が倒壊する事象も発生するなど、電力ネットワークに大きな被害をもたらした。この災害では、停電解消に至るまでの期間が長期化（約2週間）するなど、社会生活に大きな影響を与えた。

こうした状況を踏まえ、政府全体の取り組みとして、台風15号と続いて発生した台風19号による被害を通じて得られた知見を整理し、長期停電およびその復旧プロセス、その他課題となった事項について検証を行うために内閣官房に検証チームが設けられ、課題とその対策について議論された⁽⁷⁾。

そのひとつは、SNS等を活用した正確かつ迅速な被害状況把握と復旧見通しなどの情報の共有と発信である。情報の共有・連携においては、一般送配電事業者間をはじめ、地方自治体や自衛隊、通信事業者など様々な関係先との連携強化が課題とされており、これらに関する計画を作成し、経済産業大臣に届け出ることを求める法整備、ならび

に、計画に記載された事項が確実に実施されるための仕組みも併せて検討すべきとされた。

その後、一般送配電事業者が2020年7月に「災害時連携計画」として初めての届け出を行っている。

また、鉄塔が倒壊する事象が見られたため、現行の技術基準について、①基準風速 40m/s について10分間平均であることの明記、②地域の実情を踏まえた基準風速の適用、③今回の類型を含めた特殊箇所の考慮の3点を規定する、電気設備に関する技術基準を定める省令・解釈・解説が改正された⁽⁸⁾。

2.3 電力系統における「防災」「減災」「レジリエンス強化」への取り組み

2.3.1 設備形成、運用の考え方

電力ネットワークは、主に屋外に構築された巨大な電気回路であり、自然災害の影響を皆無とすることは難しい。

一般送配電事業者は、設備形成の考え方において、全ての電力設備に関して「防災」「減災」に資する何らかの取り組みを実施している。具体的には、電気設備に関する技術基準の要件を満たす設備とすることはもとより、地域の特性に合わせた追加の対策を施している場合が多い。

例えば、豪雪地帯設備への雪害対策や沿岸部設備への塩害対策などが挙げられる。その他、洪水や土砂災害への備えも行われているが、こうした事例では、設備に追加の対策を行うよりも、元からそういう災害発生が懸念される地域に設備を置かなくても済むような設備形成のあり方についても検討している。

また、同じ対策内容であっても、発生する災害規模によってその対策が「防災」の役割を果たしたり、「減災」の効果を持ったりするため、設備形成における対策については「防災」または「減災」と明確に区分できる事例は少ないといえる。

一方、運用においては、「減災」に資する取組みがほとんどである。ここでいう運用は、監視制御業務による系統運用や保守箇所による巡視・設備機能維持、設備被害発生時の仮設設備による対応なども含んでいるが、基本的に、災害によって発生した停電などの影響を最小限とする効果を期待している。具体的には、雷害による送電線停止を考慮して事前に送電線潮流を抑制する、台風等の気象情報をもとに事前に最適な系統構成へ変更する、塩害や飛来物による影響を想定して事前巡視等の強化を図る、万一に備えて移動用仮設設備や予備品の事前確認・再配置するなどが挙げられる。また、こうした対応は、災害の発生または発生の予測情報を把握しつつ、人による臨機応変な対応が求められるため、日頃より様々な状況を想定した訓練を行うことで、いざという時に知識と技能を最大限活用できるよう備えている。

2.3.2 系統制御、監視制御、予測制御における現状

電力ネットワークは、信頼度確保の考え方と整合を図りつつ、停電を極力招かない防災への対応とともに、自然現象に伴う設備被害を想定したうえで、停電範囲や時間を最小限に留める減災への考え方を取り入れてきている。

将来的には、以下に挙げる様々な機能を融合させることで、ネットワーク運用者の負担を軽減するとともに、災害に強いネットワーク運用を自動的に確立するシステム構築等が期待される。

例えば、台風の発生を受けて、気象予測情報をもとに被害推定システムで作成された設備被害に関する予測情報を監視制御システムに取り込む。監視制御システムは、設備の稼働状態などを計測値から把握するとともに、対象設備

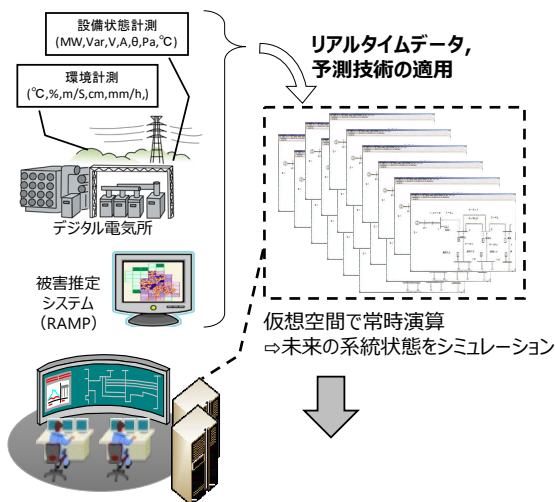


図9 電力ネットワークの将来の監視制御

周辺の環境計測値、需要想定にもとづく将来の電力潮流・電圧値の計算結果、ならびに被害推定システムからの予測情報を用いて未来の系統状態をシミュレーションし、最もリスクの低い系統構成を導出する。こうした結果を運用者が確認し、実行許可を行うことで、監視制御システムが自動的に系統構成の変更を行う、といった仕組みである（図9）。

一連の流れを完全自動で実現するには、まだ時間を要すると考えられるが、運用者に具体的な選択肢を提示することで、業務の効率化や負担軽減を図ることができるため、その機能の一部分からでも早期の導入が望まれる。

(1) 系統制御

系統制御は、電力ネットワーク設備を高度な技術を用いる、一般送配電事業者が経験から独自に培ってきた技術である。この中には、平常時における周波数・電圧制御技術に加え、事故時に事故点を瞬時に除去する保護制御技術、そして除去直後の事故波及を防止する系統安定化技術等が含まれる。また、これらは高度な系統解析技術の上に成り立ち、進歩の著しい分野である（図10）。

事故発生時に発電機を高速に遮断することで過渡安定度を維持する機能や、送電ルートの遮断事故によって分断された系統における発電機や需要（揚水運転時の負荷を含む）の一部を遮断し、分離系統の周波数を適正に維持することで広範囲停電を防止する機能を有する系統安定化システムを構築し運用している一般送配電事業者もある。こうしたシステムは、昨今のデジタル技術の進歩によってリアルタイム情報を用いて数百ミリ秒オーダーでの高速な演算が可能となっており、制御対象量の最適化を実現している。

また、安定供給の実現に必要な不可欠な系統解析を行う場合、既知の現象はデジタルシミュレーションにより解析されるが、定式化されていない現象の把握や解析モデルが確立されていない機器等の特性解明には、実系統と相似な電圧・電流により現象をリアルに再現できるアナログシミュレーションが有効であり、デジタルとリアル（アナログ）が融合したハイブリッドシミュレータが有効である。

最近では、再生可能エネルギーなどの新たな分散型リソ

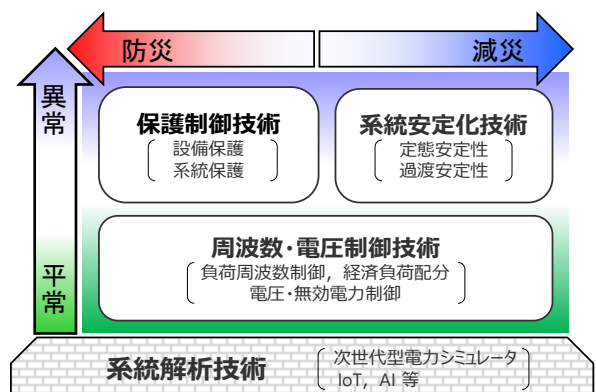


図10 系統制御技術の関係性（イメージ）

ース（Distributed Energy Resources : DER）の連系による系統解析ニーズが高まっている。ブラックボックス化している DER の系統連系用インバータのダイナミック特性を模擬するため、実装置をハイブリッドシミュレータに接続してシミュレーションすることが必要である。

(2) 監視制御

昨今のビックデータの活用や IoT、AI の進化など、デジタル技術は日進月歩であり、こうしたデジタル技術の電力ネットワークの監視制御への活用は、「防災」「減災」の課題解決に向けたポテンシャルを有している。

(a) デジタル化

センシングと通信技術の発展により、取得困難であった詳細データを瞬時に、かつ簡単に取得できるようになった。こうして得られた膨大なデータを RPA（Robotic Process Automation）等を用いて効率的に整理・分析するとともに、AI 予測技術を活用することで、データにもとづく監視制御技術の高度化が図られている。

監視制御システム自体が保有する情報を監視制御以外の業務に活用する事例も増えている。事故時の電氣的様相や、潮流・電圧制御などの運用上の課題解決に向けた系統状態の解析に用いることや、設備補修時期の最適化を図る際の検討に活用することなどがある。

具体的な適用例として、数百～数千箇所の計測点から数秒毎に送信・記録される電圧計測データを用いて不確定要素の大きい電圧変動現象の分析を行った事例を紹介する。電力系統における電圧変動は、系統に連系する数多くの PV や大小の発電機、ならびに無数の負荷の挙動によって線路潮流が変化することや、上・下位系統の電圧変動の影響を受けることによって発生する。しかし、これらの膨大な要素について、個々の動きを詳細に把握することは不可能であるため、電圧計測の実績値についてその全体像を分析し、変動のトレンドを把握することで電圧制御定数を最適化し、電圧逸脱を抑え、目標範囲内に維持することを可能とした⁽⁹⁾。

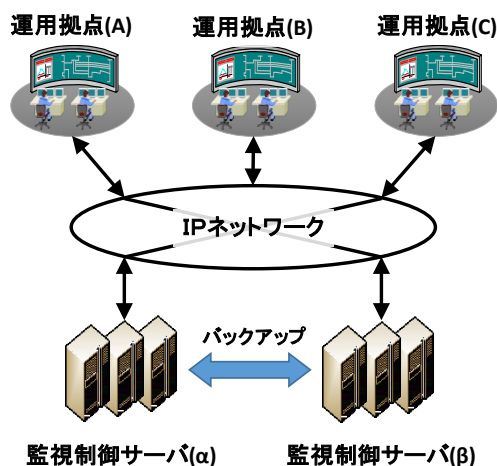


図 11 サーバ仮想化による監視制御システム

(b) サーバ仮想化

最近では、サーバ仮想化技術によって計算機性能を最大限に活かす構成とすることが多い。従来は分割していた監視制御サーバを集約することで物理計算機台数を削減し保守性を向上させるとともに、必要なサーバを運用拠点とバックアップ拠点到に広域分散配置し、IP ネットワークを介して拠点間を接続する構成としている。これにより、大規模災害時に運用拠点が被災した場合でも、他の運用拠点がバックアップ拠点のサーバに接続することで被災エリアの監視制御業務の継続を可能としている⁽¹⁰⁾（図 11）。

(c) 監視制御システムの柔軟化

近年、DER の配電系統への連系拡大に伴い、電力潮流が双方向になり、配電系統においても需給バランスをスマートに制御できれば、送電系統からの電力供給は究極的には非常用として扱うことが可能となる。この場合、将来は現状と異なり、配電系統での制御が「主」となり、送電系統での制御が「従」という考え方に変わる可能性もある。

その実現には、電力ネットワーク設備が逆潮流にも対応できるよう、系統増強や設備強化とともに、監視制御システムの柔軟化が鍵となる。また、平常時は主要な電力ネットワークと連系して運用されるが、ネットワークの被災時に連系を切り離して独立運用できるローカル（地域）グリッド等は電力ネットワークのレジリエンス強化に資すると考えられる。

こうした監視制御システムの柔軟化は、運用拠点の切り替えや管轄範囲の拡大など、日々の運用体制における変化にも即対応が可能となるため、様々な事象への対応力の強化につながる⁽¹⁰⁾（図 12）。

しかし、柔軟性を高めることで、情報セキュリティに対する耐力が弱まることも考えられるため、サイバーテロ等への対策も柔軟性向上と同時に進めていく必要がある。

(3) 予測制御

電力ネットワークの安定運用には、様々なデータを用いて将来を予測することが重要である。過去実績や気象予報

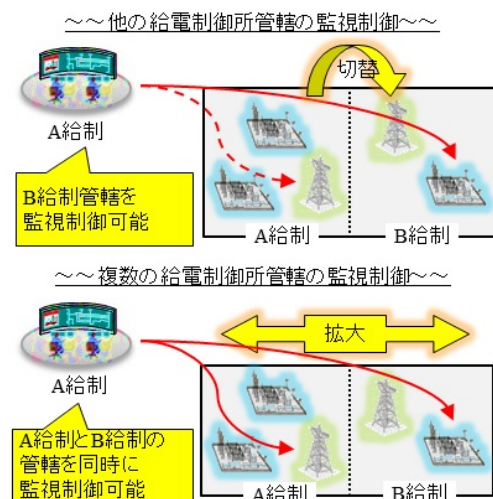


図 12 監視制御システムの管轄エリアの切替

等から需要や再生可能エネルギーの出力を細かく正確に予測し、需給計画や系統計画を立案することは、安定運用のみならず、経済性向上の実現にも資する。

代表的なものとして、太陽光発電予測システムや電力需要予測システムが挙げられるが、最近では、地震や台風発生時の設備被害予測を実施している。また、これを利用して災害防止や早期復旧に重点をおいた対策を行っている。

具体的には、台風の進路・風速等の予測をもとにした地点毎の気象予測と設備データを用いて設備被害を想定するシミュレーションを行い、災害対策本部の設置時期や態勢を決定するための判断要素のひとつとしている。また、被害想定シミュレーションの結果をもとに、大きな被害が想定される地域へ配置する要員を事前に増員したり、復旧に必要な資機材を予め運搬したりしておくなど、具体的な対応方針の策定に活用している例が見られる。

災害による設備被害の予測に関し、一般送配電事業者の実務支援ツールとして（一財）電力中央研究所で開発された被害推定システム（Risk Assessment & Management system for Power lifeline：RAMP）が成果を上げている⁽¹¹⁾。

2.3.3 系統利用者（自家発電設備保有事業者）側の取組み

電力ネットワーク事業者は、様々な最新技術を導入・活用することによって停電時間・範囲の縮減に努めている。しかし、自然災害の激甚化などにより、停電を完全に発生させないようにすることは極めて困難である。

こうした中、自家発電設備を保有している事業者がどのような対策を講じているのかについて、アンケート調査を行った。ここでは、主な考え方や取組み例を紹介する。

今回、アンケートに回答いただいた全事業者は、停電は起こり得るものと考え、何らかの対策を行っていると回答している。停電の発生当初は事業者側では停電が長引くかどうかの判断がつかないため、自家発電設備の供給対象として、当初は保安設備や一度停止すると復旧に多大な時間を要する製造ラインなど、事前に設定した優先順位に従って電力供給先を選定する事業者が多い。製造ライン以外の電力供給先としては、通信設備や計算機室などが挙げられており、昨今では製造ラインの維持に情報・通信設備が不可欠である実態も垣間見ることができた。また、事業所内の厚生施設へ供給し、災害による帰宅困難者などの臨時居住空間の確保に充てる場合があるとの回答もあった。

過去の震災を経験した事業者の中には、連系する系統において周波数低下はあったが停電には至らず、その後の計画停電の実施中に自家発電設備にて最大限の発電を行い、電力ネットワーク側へ供給応援を実施した事業者もある。

デジタル技術や予測技術（気象予測技術）を活用した「防災」「減災」への取組みについては、約半数の事業者から実施しているとの回答を得た。中には、雷情報をもとに、落雷による影響が想定されると一時的に電力ネットワ

ークから解列し、雷が収まるのを待ってからネットワークに再並列している事業者もあった。また、台風のように事前にある程度の被害予測を立てることができる事例においては、予め復旧要員を配置するなど、災害収束後の早期復旧に向けた対応を実践している例があった。

しかし、AI等を用いた最先端の予測技術による対応を実践している事業者はなく、基本的には従来の気象情報の活用により対応を行っているとの回答を得た。

また、アンケートでは、一般送配電事業者への要望事項についても質問している。事業者からは、停電範囲と復旧見込みの迅速な情報共有はもとより、復旧に向けた作業の進捗など、定期的な情報の更新を要望する声が多い。自家発電設備保有事業者であっても、自ら必要とする電力の全量を賄うことができるほどの発電機を保有している事業者は少なく、事業継続のためには電力ネットワークからの受電電力は欠かすことができないため、ネットワークの信頼度への要望は極めて高い。一方で、停電を完全に防ぐことはできない実情に鑑み、信頼度の向上に過度な投資を行うことで、コストの上昇を招くことがないようとの意見もある。

2.3.4 電力システム改革や ICT、IoT の活用による設備形成や運用の変化を踏まえた今後の展望等

昨今、人口減少、電力市場の競争促進等の影響により、電力需要の見通しは不透明化し、電力ネットワークに係る投資の予見性も低下している。また、進展しつつある電力システム改革は、電力設備の効率的な利用を促すとともに、多種多様なプレイヤーの出現や電力取引の広域化をもたらした。

こうした中でも「防災」「減災」への対応として、新たな電力取引市場の拡充や DER を活用したローカルグリッドの形成や運用による電力ネットワークのレジリエンス強化は注目されている。

(1) 電力取引市場の活用（需給調整市場の拡充）

供給力等不足への備えとして、従来は一般送配電事業者が原則自エリアに需給調整力（予備力含む）と供給力を確保してきた。今後は、2021年4月に開設された需給調整市場における商品が順次拡充されることを踏まえ、エリアを跨いで広域的な調達と運用を行っていく。今後、大規模災害の発生が予想されるとともに脱炭素化の要請が高まる中、経済性と環境性、レジリエンス強化に資すると考えられる。

しかし、災害で地域間連系線の事故が発生すると、大規模・広範囲停電を招くこともあるため、需給調整力や供給力の極端な地域偏在は望ましくなく、バックアップが必要となる。

(2) 同期発電機減少への対応

再生可能エネルギーの導入拡大に伴ってインバータ電源の比率が高まり、同期発電機が持つ慣性力や同期化力の減少が課題となっている。

同期発電機が持つ回転エネルギーは、慣性力や同期化力として電力ネットワークの安定運用に貢献しており、同期発電機は同期化力によりネットワークを介して他の同期発電機と同期して繋がっている。しかし、インバータ電源は回転エネルギーを保有しておらず、ネットワークに追従して電気を流す仕組みとなるため、インバータ電源の比率が高まると、大規模発電機の緊急停止時などの周波数の変化が大きくなり、その結果、発電機が連鎖的に停止する可能性が高くなり、大規模停電に至ることも想定される⁽¹²⁾。

再生可能エネルギーの導入量がさらに拡大した場合でも、ネットワーク全体として十分な慣性力や同期化力を確保するため、次に示すような新たな対策が考えられる。

(a) MG セット（発電機と電動機の組合せ）

再生可能エネルギー・蓄電池と同期電動機を組み合わせ、同期発電機よりネットワークへ電力を出力する。また、逆に系統電力を充電することもできる。同期発電機と同様に慣性力や同期化力を持つという特長もあるが、発電機・電動機・蓄電池など多くの設備を必要とし、コストが高くなることが課題である。

(b) 仮想同期発電機（Virtual Synchronous Generator : VSG）

同期発電機が保有する慣性力や同期化力をインバータ電源に持たせるよう PCS（Power Conditioning System）を制御する。同期電源と同等の慣性力・同期化力を持たせるには大容量のインバータや蓄電池が必要となる。また、多数の VSG が系統連系した際の制御系における不安定性についても、実用化のためにさらなる研究が必要である。

(3) ローカルグリッドへの期待

災害に強い電力供給体制の構築には、「集中から自律分散」「分散協調」の観点を考慮していく必要がある。自然災害に対する電力ネットワークのレジリエンス強化のためにも、DER やこれらを束ねた分散型ローカルグリッド等の活用は有効な手段のひとつである（図 13）。

分散型ローカルグリッドは、平常時は基幹系統からの電力供給を受けつつ、地域の再生可能エネルギーを始めとする DER を有効活用することで、エネルギーの地産地消を促進する。これにより、熱の有効活用による高いエネルギー効率の実現や送電ロスの低減等によるエネルギーの有効利用が可能となるほか、エネルギーの地産地消が進むことで電力ネットワークの負荷を軽減することができ、経済効

率性を高め、環境負荷の軽減に貢献できる面もある。

しかし、小規模グリッドでは周波数調整が難しく、変動幅が大きくなるため、蓄電池等が必要となるなど、現状ではその導入コストやグリッド監視制御システムが高価であり、事業性上の課題は多い。

なお、2020 年 6 月に成立した「エネルギー供給強靱化法（強靱かつ持続可能な電気供給体制の確立を図るための電気事業法等の一部を改正する法律）」（2022 年 4 月施行）にもとづき、電気事業法の一部が改正された。この中で、①地域において分散小型の電源等を含む配電網を運営しつつ、緊急時には独立したネットワークとして運用可能となるよう配電事業が法律上位置付けられ、②山間部等において電力の安定供給・効率性が向上する場合、配電網の独立運用が可能となった。これにより、配電事業に新規参入する際のハードルとなる設備投資などのコスト面の課題を緩和するため、配電事業ライセンスが導入される。こうした一連の新たな法制度の整備もローカルグリッド構築の後押しとなっている。

デジタル技術の高度化（VPP、DER の導入拡大等）は、経済的な電力ネットワークの構築や再生可能エネルギーの導入拡大、系統安定化コストの低減など、様々な効果を期待されている。

(4) 高経年化設備への対応

今後、1970 年代に投資された電力設備の多くで老朽化が進むため、建て替えや大規模修繕の必要性が高まる。

大量の電力設備が「高経年化」していくに伴い、劣化の進行した設備が増加し、メンテナンスに必要な物量が大幅に増加していく。そのような状況が懸念される中、将来にわたって、「安全」・「安定」・「低廉」な電気を利用し続けるためには、適切な時期にメンテナンスを行い、高経年化対策に取り組んでいく必要がある。

2.4 平常時および非常時における情報発信・連携のあり方

2.4.1 情報発信・共有、連携体制（インフラ間連携を含む）に関する現状

大規模災害が発生した場合、電力ネットワークだけでなく、通信・情報ネットワークなどのインフラも寸断し、情報が錯綜するなどして、全体像の把握が難しくなる。

「防災」「減災」の観点からは、一般送配電事業者と他のインフラ事業者および自治体等との連携を早期に確立し、迅速な情報共有が必要である。また、実効性を高めるため、それぞれの果たすべき役割を予め明確にするとともに、関係者による訓練の実施など、事前の備えも重要である。

一般送配電事業者は、従来から行っているホームページを活用した情報提供に加え、SNS 等のソーシャルメディアを活用したタイムリーな情報提供を行っている。SNS の活用では、一般送配電事業者側からのプッシュ型の通知だけ

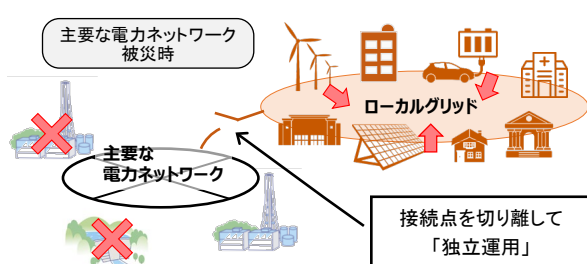


図 13 分散型ローカルグリッドの活用

でなく、AI を活用した電話応対やチャットによる自動応答対応についての取組みも進めており、専用アプリを開発・運用している例も見られる。また、インターネットを使う機会が少ない系統利用者が一定数存在することに加え、大規模災害時はモバイル端末のバッテリー切れによりネット環境を利用できない事例が見受けられたため、ラジオから情報を取得する利用者も多い。その対策として、供給エリア内の放送局と提携し、大規模停電時における情報発信をお願いしている事例がある。その他、日頃から停電時の対処方法について、ホームページなどを活用して周知するとともに、停電に対する備えだけでなく、防災全般に関するハンドブック等を作成、周知することで、防災意識の向上にも努めている。

2019 年の台風による被害で長期停電が問題となったことなどから、一般送配電事業者が「災害時連携計画」を作成し、経済産業省へ届出を行うことが義務付けられた（2020.7 届出）。これには、停電の早期復旧に向けた事前の備えと災害発生時の協力、地方自治体や自衛隊といった関係機関との連携について定められており、過去の自然災害からの教訓を踏まえ、非常災害による停電復旧を迅速かつ柔軟に行うことを目的としている⁽¹³⁾。また、2020 年の台風への対応を踏まえ、災害が発生する前においても甚大な被害が想定される場合、被災が想定される一般送配電事業者が応援派遣を要請できるよう災害時連携計画が見直された。

一般送配電事業者には、事前準備として、事業者間の連絡体制等の整備、電源車の運用・管理手法の整理、応援に必要な燃料調達方針の共有などが求められている。また、非常災害時は、発災直後の迅速な現場情報の収集および速やかな整理・共有が重要なことから、迅速な被害・復旧状況の把握および工程管理に資するシステム等の整備を平時から進めることとされているほか、国が主導する情報プラットフォームの構築に向け協力するとともに、停電復旧の見通しに関するデータを提供すると規定されている。

その外にも、非常災害時は電力以外のインフラ設備のほか、建物や河川、道路等の被害も想定されるため、地方自治体、自衛隊、通信事業者等と連携して復旧対応に当たることが重要である。

このため、一般送配電事業者は、平常時から関係機関と連携するとともに、連携事例は他の一般送配電事業者との間でも共有し、地域性等を踏まえた連携強化に役立たせている。

(1) 平常時における情報発信・共有

平常時においては、非常時の備えとして、各事業者が災害等を想定した事業継続計画（BCP）を策定し、ステークホルダーに明示していく必要がある。また、適宜の見直しと対応訓練の重要性は言うまでもない。

(2) 非常時における情報発信・共有

非常時においては、情報の受け手だけでなく、発信側も厳しい状況下にいる可能性がある。しかし、アンケートの

結果にもあった受け手のニーズに配慮すれば、「何が起きているのか」「どうすれば良いか」についての情報をできる限りすみやかに発信することが必須である。情報の正確さを確保できないこともあるが、可能な限り正確な情報把握ができた段階で修正情報を更新すればよいと考えられる。

なお、情報発信による混乱を招かぬよう重要なことは、情報発信源の特定とその信頼性である。予め定めた発信方法に従い、第一発信源が第一報を出し、後続の発信源がこれを追認していくことも重要である。

2.4.2 他の社会インフラや消費者のニーズを踏まえた考察とリスク情報を活用した今後の展望等

近年、SNS 等の普及により、情報の即時性と拡散性が格段に向上するとともに、双方向化が劇的に進んでいる。

こうしたソーシャルメディアの仕組みを活用し、停電状況や復旧作業の進捗をきめ細かく発信することで、系統利用者の不安を軽減するとともに、次の行動を促すきっかけとすることが可能である。

情報発信に関する系統利用者のニーズは、一般の消費者や事業者を問わず、基本的には共通といえる。その内容は、災害の様相（規模）、被災範囲、停電規模、停電範囲、復旧見通しに集約される。これらの内容については、定期的な情報の更新を強く要望している。大規模災害の場合、新しい情報の迅速かつ正確な収集は難しく、定期的な情報更新の都度、新たな情報を提示することが困難な事例もあるが、情報発信の履歴が更新され続けていることで、一般送配電事業者が停電範囲を把握して対応していることが伝わり、利用者の不安を抑える効果も期待できるため重要である。

こうした基本的ニーズのほか、一般の消費者からは、ソーシャルメディアの活用による情報提供手段の多様化への対応と同時にソーシャルメディアに不慣れな消費者に向けたラジオやテレビなどのマスメディアの利用による情報の発信、外国人への情報提供を念頭においた情報の多言語化への対応も求められている。また、災害による停電が長引く場合には、避難所の情報やモバイル端末が充電できる場所の紹介情報など、電力供給の代替手段に関する情報の提供ニーズが高まる。

事業者からは、前述の復旧見通しに関する情報について、より詳細な提供を求められている。具体的には、復旧見込みの時間だけでなく、復旧作業の工程やその進捗に関する定期的な情報共有などである。中でも、他の社会インフラ事業者は地域に面的に広がるサービスを提供していることから、停電範囲内における地域毎の復旧順序についても、可能な限り速やかな情報共有を期待している。また、地方自治体や自衛隊といった関係機関への要請の共同実施や、復旧作業に資する情報（道路啓開情報等）の共有にもニーズがある。

SNS を始めとするソーシャルメディアの分野は今後も確

実に発展し、多種多様なアプリケーションが開発されるとともに、双方向コミュニケーションの機会が飛躍的に増加すると想定される。一般送配電事業者は、それぞれのツールの特性を理解し、得られる効果が最大となるような情報発信の方法を検討・工夫している。特に、情報発信した内容が伝わる範囲とその伝達速度、情報を受け取る側が期待している情報の粒度や鮮度（リアルタイム制、更新頻度）、および、その理解度を意識しながら情報発信することが重要と考えている。例えば、粒度の細かい情報の提供に注力するあまり鮮度が落ちてしまうと、その効果が大きく低下する場合もある。粒度の粗い情報や状況が詳しく把握できていない場合でも、その理由と合わせて丁寧に情報を伝えることが肝要である。

双方向コミュニケーションの増加を見据え、AI を用いたチャットや音声認識機能の活用による自動応答システムの開発・導入を検討している会社もあり、一部分は導入済みである。また、双方向コミュニケーションツールの活用では、情報の発信者が受信者から災害状況に関する有益な情報を得られる可能性があるため、こうした情報を復旧作業等にどのように活用していくかについても併せて検討していく必要がある。

足元における取組みとしては、各一般送配電事業者とも、現在活用している各種ツールによる効果を検証する中でお客さまのニーズを汲み取り、より良い情報発信のあり方について検討を深めていくことが重要としている。

将来に向けた取組みとして、系統運用者から利用者へ発信する内容に、電力ネットワークの運用にメリットのある行動のお願いを含めるやり方も考えられる。その簡単な事例として、節電のお願いなどが挙げられるが、利用者が保有するデジタル機器との協調やインセンティブを付与した形での協力依頼などを行うことも考えられる。

このように、災害のリスク情報をもとに、ICT の発展と双方向コミュニケーションの浸透によって、様々なリスク対応の選択肢ができるなど、新たな取組みの可能性が広がる分野といえる。一方で、災害時とはいえ、利用者への協力依頼がどこまでの実効性を有するかなど、検証すべき課題も多い。

災害に係る情報の活用については、その影響力が大きいだけに、利用者との連携のあり方について、今後も十分な検討と議論が必要である。

2.5 「防災」「減災」のための電気エネルギーセキュリティ確保の方向性

電気エネルギーは、社会のあらゆる分野との関りが強い重要な基盤である。電力システム改革の進展や、再生可能エネルギーの導入拡大等で、電力ネットワークの安定性の維持が難しくなる一方、社会的な受容性を意識した「電気エネルギーセキュリティの維持」が欠かせない。これから

は、電気エネルギーセキュリティに関する「防災」「減災」への対応を次のキーワード等から多面的に考えていくことが一層重要となる。

<キーワード>

「S + 3 E」、5 D（制度改革、人口減少、脱炭素化、分散化、デジタル化）、再生可能エネルギー導入拡大、DER の普及、需要サイドを加えた需給一体運用、分散型グリッドの運用・災害自立性、社会受容性、自助、公助、共助

2.5.1 災害状況を踏まえた適切な対応力の強化

災害の種別や規模によって、発生する被害の状況は異なる。被害が短時間かつ急激に拡大する事例や、時間の経過とともに徐々に増加する事例、完全な復旧には相当時間がかかる事例など、その様相は様々である。

こうした多様な状況に対する効果的な施策は一律に決められるものではなく、それぞれの事例や災害状況において必要とされる対応が異なると考えられる。

想定される災害を「突発型災害」と「進行型災害」に分類し、それぞれにおけるフェーズ別（図 14 中、①②③③'④）に「防災」「減災」に資する電力ネットワーク運用の対応策や情報発信に関する考え方などを整理した一例を示す。

図 14 に示す各フェーズ（丸数字）が対象とする期間のイメージを以下に示す。

- ① 突発的な災害（地震等）の発生直後の時間帯
- ② 事前にある程度の予測が可能な災害（台風、大雪、大雨等）による影響が出始めて以降、影響がピークになるまでの時間帯
- ③ 突発的な災害が発生し、しばらくして状況が落ち着いて以降、数時間～1 日間程度の期間
- ③' 災害の発生またはその影響がピークを過ぎて以降、1～数日間程度の期間
- ④ 災害の発生またはその影響がピークを過ぎて以降、数日間～1 週間程度、またはそれ以上の期間

発生した災害の状況にもよるが、②～③' のフェーズについては様々な事例が想定され、全てに対応可能な施策を

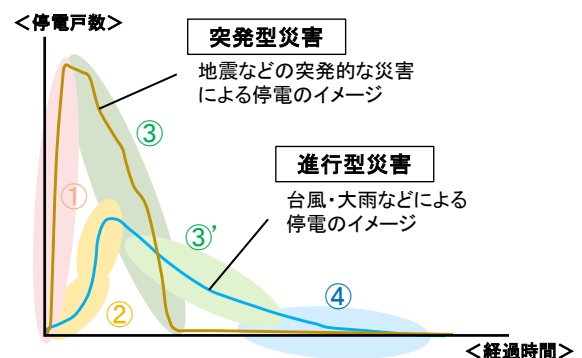


図 14 災害状況を踏まえた時間帯別対応力（イメージ）

事前に決めておくことは困難である。特に、運用面では②～③、情報発信等では③～③'のフェーズにおいて、その傾向が顕著であると考えられ、災害の状況に合わせて対応策や発信する情報の内容を選択し、その効果を最大限とする方法について今後も検討を進めていくことが重要である。

その際、双方向コミュニケーションツールの将来性を見据え、これを活かした対応策を模索するとともに、系統利用者側のニーズを汲み取る機会を積極的に設け、系統の利用者と利用者の双方が協力することによって、効果の高い「防災」「減災」に資する取組みの実現に向けた対応力の強化に努めていく必要がある。

2.5.2 行政、電力事業者、消費者の役割分担や社会的受容性を考慮した対策の方向性

今後の取組みの方向性として、電力系統（ネットワーク）の視点から考えた「防災」「減災」はどちらも重要であり、偏ることなく、バランスよく適用していくことが望まれる。

表2 フェーズ別の対応策、考え方の整理の一例

	系統運用面の対応策	情報発信等の考え方
①	事故点を瞬時に除去する保護制御技術と除去直後の事故波及を防止する系統安定化技術等により、電力系統の安定運用を維持。	事故直後の緊急時対応を実施後、速やかに停電が発生している事実を発信。その後、順次判明した事実を中心に、情報を更新。
②	事前の予測情報にもとづき、電力系統の構成変更等の対応を実施。その後は最新の気象情報などをもとに、状況変化に応じた対応策の追加・変更を実施。事故発生時は、①と同様。	関係機関と事前に取り決めている連絡体制等の状況確認。利用者に対し、停電の発生に備えた準備をしていただくよう周知。停電の発生状況について、事実を中心に、情報を更新。
③	状況把握と復旧対応を同時進行で実施。需給状況と設備状態について常に最新の状況を把握し、これに合わせて運用における対応策を変更。	現状で分かっている事とそうでない事を情報の「粒度」に留意しながら明確化し、その理由と合わせて「鮮度」の良い情報を提供。今後の見通しについても、可能な範囲で発信。
③'	設備被害により復旧に時間を要する事象について、詳細を把握するとともに復旧作業工程を立案し、実行。復旧の長期化が見通される箇所への代替手段の検討や適用を実施。	復旧工程を踏まえつつ、今後の見通しについて発信。関係機関とも協力し、電力供給に関する代替手段についての情報等を発信。系統利用者からの要望や情報提供を取り込み、活用。
④	復旧作業を継続。設備被害に加え、洪水・土砂災害等で早急な設備復旧が難しい地域における電力供給の代替手段の適用や避難所での対応を充実。	復旧作業の進捗状況など、詳細な情報にもとづく今後の見通しを随時発信。双方向コミュニケーションツールの活用により、系統利用者ニーズの的確な把握と、将来的には系統運用者のニーズを利用者に伝えることで利用者行動の誘因とすることも検討。

また、人々の防災意識の醸成も重要な施策のひとつである。これは設備投資を伴わないため、コスト面で有利とも言われるが、人々に防災に関する意識が広く浸透し、その行動が変化するなどして、その効果を得るまでにある程度の時間とコストが必要であり、有効性を想定することは難しい。こうした対応策については、得られる効果に関する評価手法の整理も必要と考える。

高度な電気依存社会における電気エネルギーセキュリティ確保のためには、「電力系統」「他の社会インフラ」「消費者」の3つの視点からの調査で得られた課題を整理する必要がある。しかし、それぞれの視点から考えられる「電気エネルギーセキュリティ確保のあり方」に不一致がある場合、全てを同時に満たす『解』を求めることは難しい。

課題の解決に当たっては、求める『解』の得失について、「安全性」「信頼性」「経済性・利便性」などを評価軸として整理し、これらのバランスをどのように取っていくのがよいかについて、議論を深めていく必要がある（図15）。

「どの事業者がどこまで何をするか」「どの機能を担うのはどの事業者か」というように、一般送配電事業者だけでなく、発電事業者、小売電気事業者、自家発電事業者、需要者等の電力ネットワークに接続する全ての者が電気エネルギーセキュリティ全体に対し、何らかの役割を果たすことが求められる（図16）。

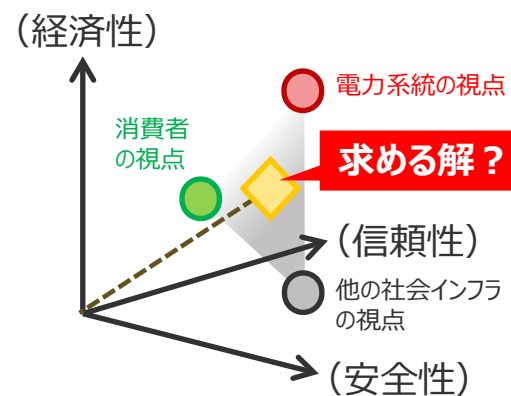


図15 電気エネルギーセキュリティ確保のあり方（イメージ）

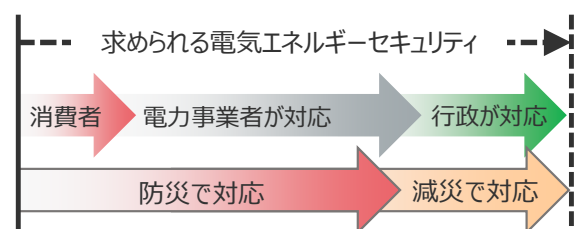


図16 電気エネルギーセキュリティ実現に向けた役割分担（イメージ）

また、「防災」「減災」のための電力システムの信頼度確保には、不測の事態に備えたバックアップ機能が必要となる。これには蓄電池や発電機等の設備形成⁽¹⁴⁾によるもの、停電時の系統切替や電力融通等の運用によるものがあり、その出力容量や応答速度が異なるため、効果的な機能提供の観点から、どの設備、どの運用が合理的かを、必要なコストを踏まえたうえで議論していく必要がある（図17）。

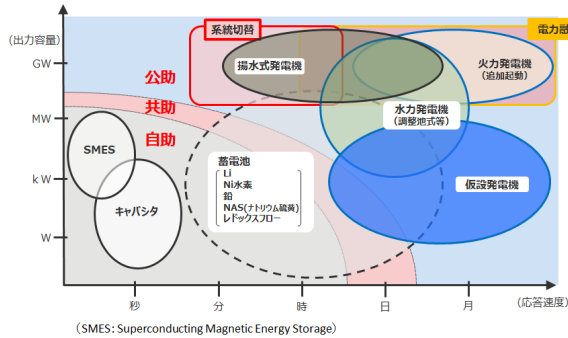


図17 バックアップ機能（設備・運用）の出力容量と応答速度

2015年以降、一貫して自由化や市場化といった電力システム改革が進められてきた。自由化前は、供給責任は一般電気事業者に課せられ、供給責任体制が明確で円滑な組織間連携が取りやすかった。自由化後は、電気事業制度改革により、多くの電気事業者が参入し、連携不足、利害相反、計画不整合の問題が生じやすくなった。

「安定供給の確保」「電気料金の最大限の抑制」「需要家選択枝の拡大」という電力システム改革の目的に照らし合わせれば、悪い面ばかりではないが、安定供給に対する責任がより複雑化した。これは、防災や減災に対する考えにも影響を与えている。容量市場や需給調整市場等の市場構造の変化に伴い、それに応じた新しい信頼度確保のあり方が必要と考える。

電力システムの安定運用に関わる機能の中には、「事業者が競争して提供した方が効果的」「系統全体で提供した方が効果的」なものがある。簡単に分けられるものでないところもあるが、信頼度確保、競争促進、事業者間の公平なコスト負担の観点から、誰による負担が効果的かつ経済合理的なのかを議論していく必要がある（図18）。

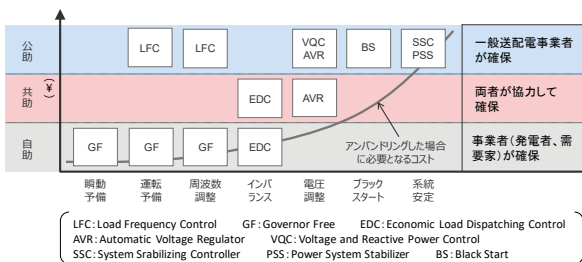


図18 バックアップ機能（設備・運用）の出力容量と応答速度

「防災」「減災」のための電気エネルギーセキュリティについては、電力ネットワークの信頼度確保の考え方と整合を図ると共に、社会的受容性を考慮しつつ、「自助」「公助」「共助」の役割を官民が一体となり、それぞれが現実的かつ合理的な方法で課題解決に向けた役割を果たしていくことが重要であり期待される。

参考文献

文 献

- (1) 花井浩一：「電力ネットワークのレジリエンス」，電気学会誌，Vol.140，No.12，pp.762-765（2020）
- (2) 総務省：「情報通信白書（令和元年版）」，<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/r01.html>
- (3) 国土交通省：「タイムライン」，<https://www.mlit.go.jp/river/bousai/timeline/>
- (4) 横山明彦，太田宏次：「電力系統安定化システム工学」，電気学会，pp.10-15，pp.105-107（2014）
- (5) 宮崎保幸：「用語解説 第67回テーマ：電圧安定度」，電気学会 HP，https://www.ice.jp/pes/termb_067/
- (6) 電力広域的運営推進機関：平成30年北海道胆振東部地震に伴う大規模停電に関する検証委員会
https://www.occto.or.jp/iinkai/hokkaido_kensho/
- (7) 経済産業省：「台風15号の停電復旧対応等に係る検証結果取りまとめ」
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/resilience_wg/pdf/20200110_report_02.pdf
- (8) 大規模停電の記録編集委員会：「大規模停電の記録」，オーム社，pp.114-126（2021）
- (9) 中部電力パワーグリッド株式会社系統運用部門：「電圧ビックデータ分析による長距離送電系統の電圧制御最適化」，電気評論，Vol.107，No.1，pp.62-65（2022）
- (10) 中部電力パワーグリッド株式会社系統運用部門：「次期給電制御所システムの開発」，電気評論，Vol.106，No.1，pp.58-60（2021）
- (11) 朱牟田善治・清水慶一：「地震による設備被害の推定システムと都市部の地震被害」，電気学会誌，Vol.138，No.3，pp.145-148（2018）
- (12) 送配電網協議会：「同期電源の減少に関する技術的課題」，<https://www.tdgc.jp/information/docs/5bc445f2c046a78e881ec2d4dd13a619fb1285fe.pdf>
- (13) 一般送配電事業者（10社）：「災害時連携計画」，官庁届出（2020）
- (14) 池谷知彦：「電力貯蔵技術の現状と今後の展望」，電気協同研究，第67巻，第5号，pp.24-26（2012）

参考 アンケート調査結果

参考.1 一般送配電事業者に対するアンケート調査結果

一般送配電事業者 10 社から回答を得た。以下に、結果と考察を記す。

Q1. 災害への備えにおいて、「防災」「減災」の考え方を取り入れていますか。次に示す災害種別ごと、ならびに、設備形成面・運用面の別にご教示ください。

〔災害種別〕

- ① 地震、② 津波、③ 台風、④ 塩害、⑤ 雷害、
⑥ 大雨、⑦ 大雪、⑧ 洪水、⑨ 土砂、⑩ 噴火

設備形成の考え方において、各一般送配電事業者は、全ての設備に関して「防災」「減災」に資する何らかの取り組みを実施している。具体的には、電気設備に関する技術基準の要件を満たす設備とすることはもとより、地域の特性に合わせた追加の対策を施している場合が多い。例えば、豪雪地帯の設備への雪害対策や沿岸部の設備への塩害対策などが挙げられる。その他、洪水や土砂災害への備えも行われているが、こうした事例では、設備に追加の対策を行うよりも、そうした災害の発生が懸念される地域に設備を置かないような設備形成の在り方について、検討されている。

同じ対策内容であっても、発生する災害の規模によってその対策が「防災」の役割を果たすことや、「減災」の効果を持つことが考えられるため、設備形成における対策については「防災」「減災」を明確に区別せずに対策を講じている事例が多い。

Q2. Q1 で「取り入れていない」と回答された「災害種別とその考え方（防災・減災、設備形成面・運用面の別）」について、その理由をそれぞれご教示ください。

運用面については、「減災」に関する取り組みがほとんどであった。運用による対策では、監視制御業務による系統運用や保守箇所による巡視・設備機能維持、設備被害発生時の仮設備による対応なども含んでいるが、災害によって発生した停電などの影響を最小限とする効果を期待している。

具体的には、雷害による送電線停止を考慮して事前に送電線潮流を抑制する、台風等の気象情報をもとに事前に最適な系統構成へ変更する、塩害や飛来物による影響を想定

して事前巡視等の強化を図る、万が一に備えて移動用仮設備や予備品の事前確認・再配置をする等が挙げられる。

また、地域特性から発生が希頻度である災害種別に対しては、特別な対策を行っていない事例も見られる。例えば「噴火」に関して、被害が限定的と考えられる会社においては、特に対策を行っていない。

Q3. 広範囲・大規模停電に備え、復旧手順の事前作成や、これに合わせた技能訓練等を行っていますか。

10 社が復旧手順の事前作成、これに合わせた机上訓練、技能訓練を行っているという回答を得た。訓練内容は多岐に渡っている。系統運用者は、実系統を模擬した訓練用シミュレーターを活用した訓練を定期的を実施。また、設備主管部署や防災担当部署においても、対応マニュアルを整備し、机上訓練や技能訓練を定期的を実施。

こうした部署毎に行われる訓練の他にも、一般送配電事業者だけでなくグループ会社を含めた合同訓練、また、一般送配電事業者間の応援を想定した訓練も実施しており、応援する側やされる側両方の立場における手順や連携についても確認している。

なお、グループ会社間の他にも、自治体や自衛隊、他企業と災害時の連携について協定を結んでいる事例も見られ、それぞれ定期的な合同訓練で手順確認や連携強化を図っている。

〔回答抜粋〕

- ・ 万が一のブラックスタートは、各給電指令機関の連携が非常に重要であるため、訓練用シミュレーターを活用し、給電指令系統全体を対象とした合同事故復旧訓練を実施している。
- ・ 年 1 回、全社大防災訓練にて、大規模災害時に備えた体制確保、役割分担、被害把握、復旧方法等の訓練を実施している。

Q4. Q3 で「行っている」と回答された場合、Q1 の災害種別①～⑩のどの事象を対象にしていますか。

Q3 の回答では、全社が「行っている」と回答。

なお、災害種別は特定せずに幅広く訓練を実施しているが、大規模災害に対する合同訓練は、電力供給の技能訓練だけでなく、社内外の情報連携に係る要素も大きいため、①地震、②津波、③台風を対象とした訓練が多い。また、地域によっては⑦大雪を対象としている。

その他の⑤雷害には、稀に送電ルート遮断により大規模停電に至る事例が考えられるため、大規模停電に関する復旧訓練も行われている。雷害の場合、大規模な設備損壊に至る事象は少なく、系統運用者による復旧対応が中心とな

るため、訓練用シミュレーターを用いた系統運用者による復旧（需給調整・系統操作）を対象とすることが多い。

〔回答抜粋〕

- ・ 大規模停電（ブラックアウト）の復旧には、災害種別を特定して検討していないが、技能訓練では、特定の災害を想定してシナリオを作成している。
- ・ 毎年、災害種別を変更して訓練している。（例：③台風→⑦大雪→①地震→⑥大雨（非常災害レベルの豪雨）→③台風 など）

Q5. 新たな系統リソース(再エネを含む DER, DR)の導入が進んでいますが、防災・減災の面から、これらを活用している事例があれば、ご教示ください。

新たな系統リソースを防災・減災の面から活用している事例は現時点では見られない。しかし、厳気象対応調整力としての DR の活用、系統用蓄電池や水素エネルギーシステム（※）を用いた電圧変動抑制や需給バランス改善、調整力確保など、新たな系統リソースを電力系統の安定化に活用する様々な取り組みが始まっており、この取り組みが事故時の減災に大きな役割を果たす可能性が高まっている。また、各地でスマートコミュニティの実証が進められており、エネルギーの効率的利用と大規模災害時など非常時におけるエネルギー確保策として期待されている。

※水素エネルギーシステム：福島水素エネルギー研究フィールド（FH2R）（NEDO 実証事業）

Q6. 新たな系統リソース(再エネを含む DER, DR)の導入が進んでいますが、防災・減災の面から、これらの活用で課題等となっている事例があれば、ご教示ください。

新たな系統リソースを防災・減災の面から活用している事例がなかったため、現時点での課題は明らかでない。

一方で、再エネなどの新たな系統リソースの系統連系量が拡大していることにより、特に配電系統において再エネによる自家消費量などを考慮した真の需要の把握が難しくなっているとの回答が多く得られた。

事故後の潮流予測精度の低下や適正電圧の管理・制御が複雑化しており、デジタル技術を活用した系統状態の見える化、再エネ発電量の予測技術向上など、系統運用の高度化が必要である。また、大規模災害発生時などにおけるエネルギー確保策として期待されるローカルグリッドにおいて、主力電源として期待される再エネなどの DER には一般的に同期電源（回転機）が少なく、慣性力や同期化力が不足するといった課題が挙げられる。グリッド内の電力品質の維持と保安の確保に関する技術確立が重要である。

〔回答抜粋〕

- ・ 事故時は、系統連系されている PV が解列するため、事故前後で当該地域の見かけ上の需要が大幅に増減する。特に、大規模災害復旧時はそれらを考慮して復旧手順を検討する必要がある。また、事故により波及停止した電源は、すみやかな復旧が必要である。
- ・ 地域マイクログリッド事業の推進など、災害時における自立的な電力供給を行う分散グリッド化への取り組みが議論されているが、一般送配電事業者による系統運用から独立する災害時においては、DER が担う系統の電力品質の維持と保安の確保に関わる技術確立が不可欠である。

Q7. 現在活用している気象予測技術には、どのようなものがありますか。

電力系統に関する業務は、多分に気象影響を受けるため、各社とも気象には重点を置いているとの回答を得た。

気象庁や日本気象協会を始め、民間気象会社など、複数からの情報を活用している会社が多く、活用している予報内容は多岐にわたる。最近では、地点毎の詳細な予測が可能となっており、対象範囲を絞ったより細かなデータをリアルタイムに取得・更新できるようになっている。こうした情報を基に臨機に対応策の見直しを行っている。また、PV 連系量の拡大を受け、日射量の把握・予測の重要性が増しているため、各社は日射量の地点毎の情報・予測を重要視するとともに、技術向上策について検討している。

〔回答抜粋〕

- ・ 活用している気象情報には、天気予報（翌日、週間、季節予報など）、降水確率・雨量、風向・風速予報、積雪量、発雷予測、日射量予測、気象レーダー、注意報・警報の発表状況、台風予報、地震情報、津波予報、火山情報、洪水予報などが挙げられる。
- ・ PV 連系量の拡大を受け、地点毎の日射量予測（週間、短期、短時間、アンサンブル信頼度予測）の活用と更なる予測精度向上に関する取り組みを進めている。

Q8. 気象予測技術を活用し、被害発生前および発生後の復旧等に対応している事例があれば、ご教示ください。

10 社において、気象予測から得られる情報を用いて対応策を実践との回答を得た。特に、災害の予兆がある場合の事前準備に活用している。系統運用面では、設備（調整力等発電設備、流通設備、制御システム等）停止を伴う作業中止や作業内容の変更、作業の早期終了を指示するなどの信頼度・予備力確保に務めるとともに、気象条件が厳しく

なると予測される地域を極力避けるための送電ルート変更や事故発生時の影響を少なくするための送電線潮流を事前に調整するなどの対応をしている。また、体制面では、復旧要員の配置や資機材の準備規模の検討、交通途絶が想定される現場への要員の事前配置要否の決定などに活用している。

〔回答抜粋〕

- ・ 悪天候が予想される場合には、予め電力設備作業の中止や作業内容・実施時間の変更または、当該送電線が供給しているエリアを別の送電線からの供給に切り替える検討を行い、供給信頼度の維持に努めている。
- ・ 台風予測情報の影響による電源トラブルを想定した予備力確保や公共交通機関停止等による需要減少を想定した調整力の下げ代を確保している。
- ・ 台風進路情報などをもとに、塩害による送電線停止や高潮による浸水被害で発電機が停止する場合などを想定した予備力確保を行っている。
- ・ 気象情報をもとに、復旧体制（要員の待機、参集規模等）の決定・構築を行っている。
- ・ 気象情報から道路の通行止めや海上交通の欠航の可能性がある場合は、復旧要員を事前に現地へ派遣。
- ・ 気象レーダーによる発雷の観測結果と短時間予測を活用することで、今後の気象状況の変化を想定し、落雷被害の可能性が高い架空送電線が供給しているエリアを、落雷被害の可能性が低い地中送電線からの供給に切り替える検討などを行っている。

Q9. 現在活用している災害予測(被害想定)技術には、どのようなものがありますか。

電力中央研究所が開発した「RAMP（Risk Assessment Management system for Power lifeline）：被害推定システム」を活用していると回答した会社が多い。RAMPには、地震被害推定を目的とした「RAMP-er」と台風被害予測を目的とした「RAMP-T」がある。このうち、「RAMP-T」を活用している会社が太宗を占める。また、気象庁が発表する気象データ（気温・降水量・風速・日照時間等）を用いて、独自システムを構築して災害発生予測を行っている会社もある。システムの中には、現状の気象データと過去の災害事例のデータを照らし合わせ、災害発生の危険性を示すことができるものもある。

〔回答抜粋〕

- ・ 台風の進路・風速予測などから、事業場管轄エリアにおける最大風速、強風・暴風域突入時間／離脱時間を予測し、この予測結果と過去の被害実績から設備被害を予測している。
- ・ 異常着雪予測システム：気温・降水量・日照時間・天

気などの情報から、着雪予測・落雪予測計算を行う。

- ・ 土砂災害危険度予測システム：降雨情報や過去の土砂災害情報、地形因子などにより土砂災害の危険性を設定・表示させることにより、設備異常の早期把握や巡視範囲の絞り込みの判断を支援する。
- ・ 送電設備への着雪による設備損壊を防ぐために、気象予測データに加え、過去の知見に基づく電線への着雪条件と気象庁の数値モデルの予測値（気温、降水量、風向、風速）から無通電状態の送電線に通電を行う等、発熱を利用して着雪を防止する運用を行っている。

Q10. 災害予測技術を活用し、被害発生前および事故後の復旧等に対応している事例があれば、ご教示ください。

気象予測の活用と同様に、災害予測情報を用い、事前の体制整備に活用している会社が多い。特に配電系においては、電力中央研究所が開発した「RAMP-T」を活用し、台風による大規模被害が想定される地域や交通途絶の懸念がある遠隔地や離島などに対し、予め応援要員や復旧作業員を現地へ派遣する検討や対策方針の決定に役立てている。また、降雪が多い地域や土砂災害が懸念される地域などでは専用システムを導入して被害想定を行い、設備巡視計画の策定等に活用している。

〔回答抜粋〕

- ・ 台風の進路・風速等の予測をもとにした、事業場管轄エリアの風速予測と過去の被害実績を用いて設備被害を想定するシミュレーションを行い、災害対策本部の設置時期や体制決定のための判断要素のひとつとしている。また、設備被害想定シミュレーション結果をもとに、大きな被害が想定される地域への要員配置を事前に増員するなど、具体的な対応方針の決定に活用している。
- ・ 異常着雪予測システム（気温・降水量・日照時間・天気などの情報から、着雪予測・落雪予測計算を実施）を活用し、巡視計画の策定に役立てている。
- ・ 土砂災害危険度予測システム（降雨情報や過去の土砂災害情報、地形因子などにより土砂災害の危険性を設定・表示が可能）を活用し、設備異常の早期把握や巡視範囲の絞り込みに役立てている。

Q11. 至近の状況に鑑み、自然災害が電力設備(系統)以外に与える影響の観点から、実施している対策(※)があれば、ご教示ください。

※ 昨今の新型コロナウイルス感染症への対策など、足元で新たに実施した対策を中心にご回答ください。

10 社において、昨今のコロナ禍を踏まえた対策を行っていた。特に、中央給電指令所や制御所、発電所、ダム管理所など、交替勤務者を擁する事業場では、一層の感染対策を行い、新たな働き方を実践。また、未知の感染症等は完全に防ぎきれものではないとの考えから、感染症が蔓延した場合に備え、業務体制の縮小を含めた BCP 対策を準備している。

[回答抜粋]

新型コロナウイルス感染症への対策の一例

<通常時>

- ・ 出社前の検温、マスクの着用、アルコール消毒、換気、執務距離の確保といった基本事項の遵守。
- ・ 会議、打合せはオンライン形式を基本とし、やむを得ない場合は最小限の参加人数とする。
- ・ 交替勤務者と通常（日勤）勤務者の動線を分けるとともに、執務距離が十分に取れない場合はパーティション等を設置。
- ・ Web を活用した交替勤務者間の業務引継実施による感染リスクの低減。
- ・ 交替勤務を行っている職場については、通勤手段を可能な限り公共交通機関からマイカー通勤へ変更し、通勤時の感染リスクを低減。
- ・ 県境を挟んだ公共交通機関による遠距離通勤の回避および当直員の分散配置を図るため、必要に応じ、当該当直員の住居の最寄りの事業所等を当該当直員の暫定的な勤務箇所として指定。
- ・ 必要最小限の業務に従事する要員に対し、公共交通機関以外での通勤や勤務先近隣の宿泊施設の利用を検討し、感染リスクを低減。
- ・ 交替勤務者に感染者が発生した場合の代替勤務体制を事前に準備（勤務パターン変更、日勤応援等のルールを予め策定）。
- ・ 交替勤務部署で感染蔓延が発生した際の日勤者応援体制の確立、当直縮小体制の構成準備、三交替勤務シフトの二交替勤務シフトへの移行準備等。
- ・ 交替勤務者の周囲で罹患者や濃厚接触者が発生した場合に、早期に民間 PCR 検査機関等を活用し、クラスターに発展させない取組み。
- ・ 交替勤務班内に感染者が発生した場合、感染が発生していない人員班により代替施設を立上げられるよう事前に準備。
- ・ 発電所運転監視室（交替勤務）にある配電盤や機器をビニルシートで防護（感染者が発生した際の消毒作業を最小化する取組み）。
- ・ 日勤業務におけるテレワークの推進（環境整備含む）および着座位置の千鳥配置、ローテーション勤務や執務室の分散。

<非常時>

- ・ 非常災害対策本部設置時における感染対策の実施（本

部分散設置（Web 接続）、参集者の一部 Web 参加による 3 密回避、本部長・班長の代行者の選定、など）。

- ・ 復旧現場における管理体制の構築（感染予防要員の選定、応援者との接触回避・分散配置など）。
- ・ 待機・休憩・食事・宿泊における対策（個室確保のための準備など）。
- ・ 応援者の移動手段における対策（貸し切りバスの運行方針の確認など）。

Q12. ローカルグリッド、VPP、DER 等の新たな系統リソースの活用に関する将来に向けた取り組みについて、ご教示ください。

スマートグリッド実証事業への参画や、既存の電力系統を活用した非常時マイクログリッドの構築を検討している事業者へ助言している。また、電力需要への供給だけでなく、情報や通信分野における分散リソースを相互に連系させることで、社会インフラ全体における脱炭素化やレジリエンス強化に資する取り組みを目指す「スマートレジリエンスネットワーク」への参画などを通じ、DER の有効活用に関する取り組み情報を収集している。

その他、調整力等公募において、DER や VPP が活用しやすい要件を設定するなど、分散型リソースの活用促進に資する取り組みを始めている事例もある。

[回答抜粋]

- ・ 離島における実証事業として、再エネ、内燃力、蓄電池を組み合わせた最適需給制御に関する検証を実施する計画があり、この中で需要側制御に関する取組みとして家庭用 PV・蓄電池や EV などのリソースの活用について検討している。
- ・ 災害等による大規模停電時において、一般送配電事業者の既存系統を活用した非常時マイクログリッドの構築を検討している事業者に対し、技術的課題に対する助言などを行っている。
- ・ 指定区域供給制度の導入に伴い、災害への耐性（レジリエンス）向上等が期待されているオフグリッドの適用可能性について検討している。
- ・ DER フレキシビリティを活用したローカルグリッドの混雑解消の実現に向け、課題の抽出や今後必要な技術開発項目等について検討している。
- ・ 共同研究への参画により、分散型リソース（家庭用蓄電池や電気自動車）の充放電制御による電力品質の確保（適正な電圧・電流維持）検討を中心に、適宜情報収集を行っている。
- ・ 調整力公募の要件において、VPP や DER 等を束ねた AC（Aggregation Coordinator）においても参画しやすいメニューを用意している。

Q13. 新たな予測技術等を活用した電力設備運用の高度化、高信頼度化に関する将来に向けた取り組みについて、ご教示ください。

電力設備運用の高度化、高信頼度化を図ることは、防災・減災に資するだけでなく、電力系統に連系するリソースの多様化への対応や通常の系統運用における効率化にも大きな効果がある。現状は今ある予測技術の精度向上に関する取り組みが主体的である。

[回答抜粋]

- ・ 基幹系統だけでなく負荷供給系統を含めた混雑処理へ適切に対応していくため、エリア全体ではなくローカルの再エネ発電出力予測精度の向上が求められており、海外気象データを活用した予測技術向上に取り組んでいる。需要と再エネ出力を精度よく予測することで設備容量に応じた適切な潮流管理が可能となり、再エネ導入拡大と安定した系統運用の両立が実現できる。
- ・ 気象・災害予測データを利用し、数時間～数日先の需給バランス・潮流を自動算定することで、災害発生の恐れがある系統に対し、事前の系統切替を自動的に行うなど、災害による停電等の影響を最小限に抑える運用などが考えられる。

Q14. 電力供給の信頼度確保において、系統利用者との役割分担に関する考え方や、系統利用者への具体的な要望事項について、ご教示ください。

災害時対応における一般送配電事業者と系統利用者間の役割分担について、将来に向けた具体的な考え方を回答した会社はなかった。

今後、再エネ導入拡大に合わせ、さらなる系統利用者の増加が見込まれるが、電力系統の信頼度維持には、系統に接続する全てのリソースで確保することが重要。

なお、全ての系統利用者に対し中立・公平な電力系統を構築することが一般送配電事業者課せられた使命であるが、同時に、系統利用者もグリッドコードを遵守した運用に努め、両者が一体となって電力系統の信頼度維持・向上を図る必要がある。系統運用において、作業停止や系統操作に関連する不適切事象が増加する傾向が見られるため、系統利用者に対し、系統連系時に合意いただいた系統利用に関するルールを遵守いただくよう、理解活動を進めていく必要がある。

[回答抜粋]

- ・ 流通設備の設備形成を行う場合には、系統連系希望者に対し、自然現象（雷、土砂災害、津波、洪水等）等

による故障発生リスクを含め、供給支障および発電支障の発生を抑制又は防止するための電力系統性能基準を充足した設備形成を行う必要がある旨をご理解いただき、設備形成を行っている。

- ・ 系統操作に関連する不適切事象が増加する傾向にあり、業務打合せや給電申告書改正時等の機会を活用し、安全操作に関する啓発活動に努めている。
- ・ 系統連系者が増加することで作業停止計画の調整がより困難となるおそれがあるが、送配電設備の保安確保を始めとする作業停止の重要性、および送配電会社として公平な対応の必要性などを丁寧に説明することで、系統利用ルールに対するご理解をいただけるよう、取り組んでいく。
- ・ 今後多くの系統利用者が再生可能エネルギー電源を電力系統に接続すると想定されているが、その状況においても災害による停電等の影響を最小限に抑えるためには、電力供給の信頼度確保に資する電源の系統接続が不可欠と考えられるため、系統利用者には、今後もグリッドコードに基づく系統接続および運用をお願いしたい。
- ・ 系統利用者に対しても、電力のガイドラインにある「自治体が行う物資支給活動（ポータブル発電機、電動車等の貸し出しなど）の協力」や「停電問い合わせ対応のための要員等の確保」などの対応を求めていく必要があると考える。そのため、自治体等からの要請に対応すべく、系統利用者でポータブル発電機等を準備いただき、貸出・運搬の対応をお願いしていきたい。
- ・ 事故時における設備復旧への協力や、単独運転設備の解列等のルールに従った迅速な対応をお願いしたい。

Q15. 広範囲・大規模停電の発生時および発生前の情報発信において、どのような取り組みを行っていますか。

各社とも、従来から行っているプレスリリースやホームページを活用した情報掲載に加え、SNSを活用したタイムリーな情報提供を行っており、情報発信手段の多様化に取り組んでいる。SNSの活用では、一般送配電事業者からのプッシュ型の通知だけでなく、AIを活用した電話対応やチャットによる対応についての取り組みも進めており、専用アプリを開発・運用している例も見られる。また、インターネットを使う機会が少ないお客さまに加え、大規模災害時はラジオから情報を取得するお客さまも多いことから、供給エリア内の放送局と提携し、大規模停電時における情報発信をお願いしている。

なお、日頃から停電時の対処方法について、ホームページなどで周知するとともに、停電に対する備えだけでなく、防災全般に関するハンドブック等を作成、周知することで、防災意識の向上に努めている事例もある。

〔回答抜粋〕

- ・ 広範囲・大規模災害発生時は、ホームページで停電状況をお知らせするとともに、設備の被害状況や復旧の見通し、災害発生前の注意喚起などについて、適宜迅速に SNS（Twitter, Facebook）で情報発信している。また、SNS では、英語、中国語、韓国語でも情報発信している。
- ・ SNS を活用したプッシュ型の停電情報の通知を行っているほか、電話での停電のお問い合わせに AI が自動音声でお答えする自動応答サービス、チャットで停電のお問い合わせに適宜対応できる取り組みなどを行っている。
- ・ 供給エリア内のコミュニティ放送局等を含めたメディアとの間で、大規模停電時における情報発信に関する協定を締結し、停電に関する情報を放送していただき、地域住民の安全・安心の確保および秩序の維持に努めている。こうした取り組みは、インターネットを使うことができないお客さまに対する効果が期待できることに加え、非常災害時にはラジオから情報を取得する方も多いと考えられ、有効な手段と認識している。具体例として、災害発生時に、被災した県内を中心に 200 回超の放送を行い、エリア毎の被害状況、お客さまへの注意喚起、低圧停電や浸水家屋の通電立会に関するお願い事項などの放送を実施した。
- ・ 停電に関する情報はホームページに掲載するとともに、アプリ（停電情報アプリ）や E メール等を活用して、情報発信している。
- ・ ホームページには、平時から「停電時の対処法」として、急に電気が消えた時や、事前に停電が決まっている場合の対処法を紹介し、「災害への備え」として、「地震」「台風・水害」「非常持ち出し品」「災害時の電気の安全ポイント」「避難する時の注意点」「災害時に活用できる電気機器」「家族みんなの防災ハンドブック」等の防災や停電に関する情報を紹介し、注意喚起している。
- ・ 台風等の暴風雨が想定される際には、事前にホームページやアプリ、SNS、（大型台風の際にはテレビ CM、ラジオ CM）を活用し、台風の接近や暴風雨に備えた飛散防止、感電防止事故への備えを注意喚起している。報道機関にもあわせて注意喚起協力依頼を実施している。
- ・ 発信する情報内容は、停電の発生日時、発生場所、軒数、復旧見込み時間等であり、過去停電（停電履歴）も閲覧可能にしている。停電アプリでは、停電が発生または復旧した場合にプッシュ通知を受け取れる地域を複数登録することができ、停電復旧に向けた作業の進捗状況や復旧見込み時間などの詳細が確認できる。チャットサービスも用意しており、停電に関するお問い合わせや電気設備の異常に関する連絡ができるようにしている。また、停電が長期化する場合など

には、お客さまや社会に対して、当社の停電復旧作業の状況や、停電に関する被害状況（設備被害や周辺の様子（断線、設備破損、浸水、倒木、土砂崩れ、道路封鎖など）をホームページや SNS（Twitter）を活用して情報発信し、お客さまにご安心いただけるように努めている。

- ・ 台風シーズンを前に、地元紙等へ「台風対策のお願い」に関する広告を掲載し、注意喚起を行っている。

Q16. 自治体や自衛隊等との連携について、既に関係者との間で取り決めを交わすなど、協力体制の構築に関する具体的な事例があれば、ご教示ください。

過去の自然災害からの教訓を踏まえ、非常災害による停電復旧を迅速かつ柔軟に行うことを目的に、電気事業法にもとづき、非常災害時における一般送配電事業者間の相互応援および一般送配電事業者と関係機関との連携、ならびに、非常災害時に備えた平時からの一般送配電事業者間の連携および一般送配電事業者と関係機関との連携について定めた「災害時連携計画」の提出が義務付けられた（2020 年 7 月提出）。これは、一般送配電事業者間の相互応援もしくは連携を必要とする場合、または一般送配電事業者と関係機関との連携を必要とする場合に適用され、各社は供給エリア内の自治体や自衛隊などとの連携強化にも努めている。その他、地元企業と避難場所設置訓練を実施するとともに、災害復旧活動に必要な作業車用燃料や食糧の確保に関する取り決めを結んでおり、こうした取り組みに関する定期的な合同訓練や意見交換を行っている。

〔回答抜粋〕

- ・ 電力の安定供給や早期復旧を目的に、道内企業や自衛隊等と災害に備えた防災協定を締結している。
- ・ 防災協定の締結先とは、相互協力を円滑に行うため連絡体制の共有、意見交換会や訓練の実施等、平時から顔の見える関係を構築している。
- ・ これまでに協力関係にある企業との避難場所設置の訓練、燃料調達契約を締結している相手先との発電機車への燃料給油接続訓練、自衛隊や海上保安庁との間で燃料ドラム缶・復旧車両・資機材・復旧要員の輸送に関する訓練等ならびに道路等の確保（道路啓開）に関する連携確認等を実施した。
- ・ スーパーやコンビニエンスストアとも災害時の支援物資の提供や復旧拠点スペースの提供などに関する協定を締結している。
- ・ 高速道路事業者等と緊急車両等の優先通行、災害時の拠点となるサービスエリア等の借用について、協定を締結している。

Q17. 高度情報化社会(デジタル化の進展を含む)における情報発信の在り方や、SNS 等の新たな情報ツールの活用による連携効果等を踏まえた将来に向けた取り組みについて、ご教示ください。

各社とも、SNS を始めとするソーシャルメディアの分野は今後も確実に発展し、多種多様なアプリケーションが開発されるとともに、双方向コミュニケーションの機会が飛躍的に増加すると想定している。こうした中、それぞれのツールの特性を理解しつつ、ツールの利用効果が最大となるような情報発信方法を検討している。中でも、情報発信した内容が伝わる速度と範囲、ならびに、情報を受け取る側が期待している情報の粒度や理解度を意識しつつ、情報を発信することが重要と考えている。

双方向コミュニケーションの増加を見据え、AI を用いたチャットや音声認識機能の活用による自動応答システムの開発・導入を検討している会社もあり、一部は導入済みである。また、双方向コミュニケーションツールでは、お客さまから災害状況に関する有益な情報を得られるというメリットが考えられるため、情報をどう活用していくかについても併せて検討していく必要がある。

各社とも、まずは、現在活用しているツールの効果を検証する中でお客さまニーズを汲み取り、より良い情報発信の在り方について検討を深めていくことが重要であるとしている。

[回答抜粋]

- ・ 現在、活用に取り組んでいる情報ツールの効果を検証しながら、社会情勢を鑑み、より良い情報発信のあり方を検討していく。
- ・ これまでスマートフォンアプリ、停電情報 HP、SNS を活用した情報発信媒体の拡充を行ってきたが、今後は電話（有人）からチャット（無人＋有人）対応への移行を図っていきたいと考えている。また、本取り組みは、チャットボット（無人）活用による対応力強化だけでなく、需要者からの情報提供（被害画像など）を受けやすいことが利点である。必要情報の集積に役立てることができるため、併せて、提供写真を円滑に集積・可視化する仕組みが必要と考えている。
- ・ 双方向コミュニケーションの将来性に注目し、検討を継続していくが、現時点において新たなツールの導入等の具体的な予定はない。

参考.2 自家発電設備保有者に対するアンケート調査結果

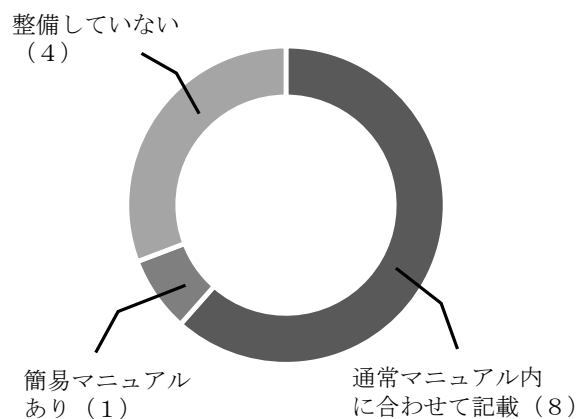
調査は「大口自家発電施設者懇話会」にご協力いただき、当該維持会員のうち 13 社より回答を得た。回答いただいた 13 社は以下のとおり。以下に、結果と考察を記す。

- ・ 旭化成株式会社
- ・ AGC 株式会社
- ・ 鹿島北共同発電株式会社
- ・ 株式会社神戸製鋼所
- ・ JFE スチール株式会社
- ・ 昭和電工株式会社
- ・ 住友化学株式会社
- ・ デンカ株式会社
- ・ 東ソー株式会社
- ・ 株式会社トクヤマ
- ・ 日本軽金属株式会社
- ・ 日本製鉄株式会社
- ・ 三菱ケミカル株式会社

（五十音順）

なお、質問項目の「災害による大規模・長時間停電」については、明確な規模や時間を示していなかったが、各事業者の回答から概ね数時間～1 日以上停電継続をイメージしてご回答いただいたものと推測する。

Q1. 災害による大規模・長時間停電を想定した対応策について、マニュアル等を整備されていますでしょうか。また、整備されている場合、自家発電設備の供給対象にはどのようなもの(設備等)があるか、ご教示ください。



対応マニュアルを整備していると回答した事業者は 9 社。このうち、通常の停電時における対応マニュアル内に「災害による大規模・長時間停電」への対応を含めて記載していると回答した会社が 8 社あった。また、事業所全停電時の対応として、簡易的なマニュアルを整備している会社が 1 社。

なお、対応マニュアルを未整備と回答した事業者も「大規模・長時間停電を想定した対応策を具体的に記したマニュアルは整備していない」ということであり、全事業者において、停電発生時における対応マニュアルは整備されている。

〔回答抜粋〕

- ・ 対応マニュアルはあるが、停電自体が「大規模」「長時間」のものかどうかは事後に判明することであり、これらに関する対応マニュアルを分けて整備することはしていない。また、当該マニュアル内に大規模な災害が発生した場合の対応についても記載している。
- ・ 「大規模・長時間停電」を想定したマニュアルは整備していないが、電力系統が停止することに対応するマニュアルは整備されており、基本的に停電した場合はこのマニュアルに沿って対応する。
- ・ 停電が発生した瞬間の電力使用状況（自家発電設備の稼働状況や電力系統からの調達状況、事業所内の需要状況）に応じ、事前に決められた優先度に基づき、事業所内の負荷への電力供給を制限する。この制限は、電氣的な事象（周波数・電圧など）の変動などにより自動的に作動するように構成している。
- ・ 停電が発生した当初は、保安設備や一度停止すると復帰に多大な時間を要する製造工程等に対して優先的に供給するように定めている。その後、停電が長時間となる事が判明した際には、別途、状況に合わせたBCP計画を策定し、社会的優先度によって供給対象とする製造工程を選定することとしている。

Q2. 災害による大規模・長時間の停電をご経験されたことがある場合、実際にどのような対応（自家発電設備の活用等）をされたのか、ご教示ください。

経験はないが、計画停電実施時に
焚き増しにより応援を実施（1）

経験がある
（2）

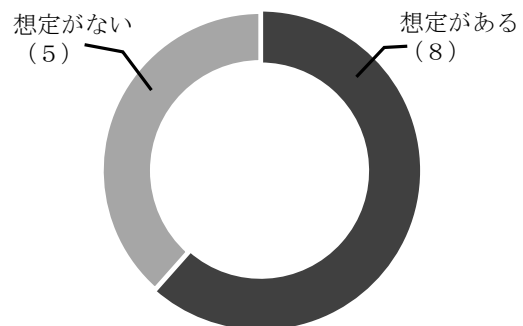
経験がない（10）

経験があると回答した事業者は2社。その他、自社で大規模・長時間停電は経験していないが、震災による計画停電において、自家発電焚き増しによる電力応援を行った会社が1社。また、どの事業者も停電（短時間のものを含む）は経験があった。

〔回答抜粋〕

- ・ 震災で1日程度の停電を経験。工場がメンテナンス中であつたため、非常用発電機により保安照明や公害防止設備へ供給し、電力系統が復旧するまで対応した。
- ・ 震災で周波数低下はあつたが停電には至らなかった。その後実施された計画停電実施中に自家発電設備にて最大限発電し、電力系統へ供給応援した。
- ・ 地震によって周波数が低下した際、系統分離を行い、自家発電設備による事業所内の単独運転に移行した。電力系統側は大規模停電となつたが、事業所内は自家発電設備により供給を継続し、生産活動は中断となつたものの保安に必要な供給を確保・維持できたことで、設備の安全な停止や電力系統が復旧した際の生産活動の早期再開が可能となつた。
- ・ 震災時に、一旦、全停電を経験した。震災当日中に電力系統が復旧したため受電した。自家発電設備は、震災発生半月後に設備点検を実施し再稼働した。なお、自家発電設備を自身で再稼働するために必要な非常用発電機は保有していない。

Q3. 災害による大規模・長時間停電において、貴事業所の製造設備の維持（稼働）以外に、自家発電設備を活用する想定がある場合は、その内容をご教示ください。



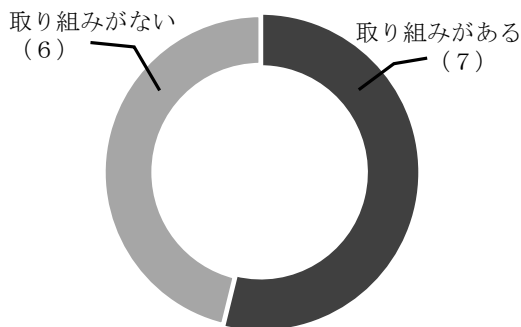
想定があると回答した事業者は8社。そのうち1社は、事前には具体的に想定していないが、発電余力を確認しながら、製造に直接関係のない間接部門の事務所等への供給を行う場合があると回答。製造設備以外の供給先として、消火設備などの保安設備のほか、通信設備を挙げる事業者が多かった。

〔回答抜粋〕

- ・ 保安系負荷として総合事務所を含み、災害時の対策本部機能ならびに従業員等の居住空間（製造に直接関係しない事務所などを含む）の維持を図っている。
- ・ 事業所内の厚生設備へ給電し、災害による帰宅困難者などの臨時居住空間の確保に充てている。

- ・ 通信設備、計算機室、消火設備に供給している。
- ・ 通常時から操業に必要な電力をほぼ全て自家発電設備で賄っている。
- ・ 発電余力次第ではあるが、間接部門の事務所等へ供給する場合もある。

Q4. 災害・気象の予測技術やデジタル技術を活用した「防災」「減災」(事業継続)への取り組みがあれば、ご教示ください。



取り組みがあると回答した事業者は7社。中には、雷情報をもとに、一時的に電力系統から解列し、雷が収まってから並列する操作を行っている事業者も見られた。また、台風のように事前にある程度の予測を立てることができる場合、あらかじめ要員を配置するなど、災害収束後の早期復旧に向けた取り組みを行っている事業者が多い。ただし、デジタル技術を活用した最先端の予測技術を用いている事例は見られず、従来の気象情報を基にした対応がほとんどである。

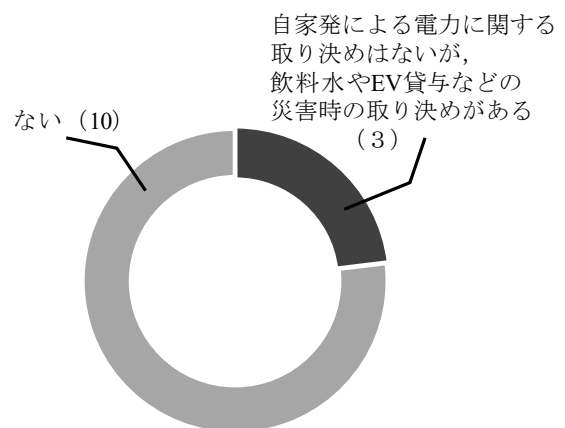
[回答抜粋]

- ・ 通常は電力系統から供給を受けている一部の製造工程では、落雷による電圧降下への事前対応を行っている。具体的には、気象情報サービスから雷情報を収集し、事業所付近で雷が発生した場合には自家発電を立ち上げて電力系統から切り離し、事業所内を単独系統とする。そして、雷が消えてから数時間が経過した後、電力系統に再接続し、自家発電を停止している。
- ・ 台風等の予測可能な災害に対し、その想定規模に応じて、前もっての操業停止や、緊急対応要員の増員等を実施している。最新の予測技術のDX活用には至っていない。
- ・ 気象情報を活用し、災害等の発生確率が高まった際には、製造設備の稼働状況に応じて対応を決めている。一例として、台風襲来に対応し、操業予定の変更や製造設備を停止した事例もある。また、復旧の迅速化を図るための要員配置等についても並行して検討し、対

応している。

- ・ 雷に関する気象情報を製造現場へ提供することで、瞬時停電発生を想定した対応マニュアル(停電発生の危険予知、停電時の対応、インバータから商用電源による運転への切替など)に従い、製造ラインにおいて防衛的な操業を行っている。
- ・ 雷注意報発表時において、実施しない作業(禁止している操作)等を決めている。
- ・ 雷が多く発生する地域の事業所では、雷発生情報の自動受信・警報システムを運用している。その他、風速は社内に設置した計測器から得られるようにしている。また、台風情報についてはインターネット等より情報を入手し、社内の運用基準に基づき、災害による影響を最小限に留める対策を行っている。
- ・ コンピュータシミュレーションを用いた大型地震発生時の津波予測をもとに、必要となる設備対策を行っている。
- ・ 特に事前の対応は行っていないが、雷情報等を参考に、停電発生時における対応について、心構えをしている。

Q5. 自家発電設備を保有していることで、非常時における社外(共同体や地域、自治体等)との協力・連携関係に関する取り決めなどがある場合は、その内容をご教示ください。



自家発による電力供給について、あらかじめ社外との取り決めを結んでいる事業者はいない。ただし、災害時において事業者が保有する資機材等の提供に関し、取り決めを行っている事例が見られた。

[回答抜粋]

- ・ 飲料水を自製している関係で、災害時に自治体に協力する取り決めを行っている。
- ・ 一部、災害時にEVの無償貸与について、地元自治体

と協定を交わしている事業所がある。

- ・ 水力発電所水槽の水を防火用水に使用する取り決めをしている事業所がある。

Q6. 災害による停電が発生および発生が予測される場合において、一般送配電事業者に求める情報発信・共有の在り方とはどのようなものでしょうか。

停電範囲と復旧見込みの迅速な情報共有はもとより、復旧作業の進捗状況など、定期的な情報更新を要望する声強い。また、電力の使用方法も事業者によって様々であるため、一律の情報発信ではなく、系統利用者毎に必要とされる情報のリアルタイムな発信が求められている。

〔回答抜粋〕

- ・ 発生時は速やかに影響の範囲と想定される復旧工程を示していただく共に、定期的な進捗情報を発信してほしい。
- ・ 復電予定の情報については、大まかな情報でもよいので示してほしい。それによって、その後の社内対応が変わってくる。
- ・ 停電発生時は、復電までの時間に応じて製造設備の処置方法、要員配置計画が変動するため、停電の復旧状況、復電の予定時間については、新たに判明した情報をできる限りリアルタイムに発信してほしい。
- ・ 予測に関する情報共有は今のところない。現実には難しい部分も多いと思うが、こうした情報が事前であれば、操業調整することなどで電力系統からの流れ込みを可能な限りなくすよう、予防処置が可能となるため、大変有益な情報となり得る。
- ・ 停電の予測情報を公開することは非常に難しいと思われるが、過去実績や将来に向けた対策検討状況、対策の実施に関するスケジュールなどを共有してほしい（過去の災害や事故等による停電実績、雷害等による停電確率、激甚災害発生時の影響予測など）。
- ・ 特に、雪害は事業者側で予測することが難しい。仮に一般送配電事業者側で雪害発生が予測できるのであれば、エリア別の発生リスクについて、インターネットなどを通じて事前に公開してほしい。
- ・ 一律な情報発信ではなく、いろいろな系統利用者が今後の対応を決めるために必要な情報を提供してほしい。例えば、瞬時電圧低下の発生であればその原因と再発する可能性、停電であれば原因と復旧予定時刻とその時点の信頼性など。
- ・ 災害による大規模停電発生時は、様々な機器が使用できなくなり、通信網の混雑から情報連絡が滞る可能性が想定されるため、可能であれば事業者と一般送配電事業者間の専用回線（有線、無線）の設置や専用 Web ページによる復旧状態の共有などが期待される。有事

に備え、複数の情報共有・連絡手段を確保しておきたい。

- ・ 自家発電保有事業者への要請（例：自家発電設備による焚き増しなど）についても発信していただき、可能な範囲で協力していきたい。

Q7. 災害による停電が発生および予測される場合において、一般送配電事業者に電力供給の信頼度をどこまで求めますか。その考え方や具体的要望などをご教示ください。

自家発電保有事業者も、自ら必要とする電力の全量を賄うことができる自家発電を保有している事業者は少なく、事業継続のために電力系統からの受電は欠かすことができない。このため、電力供給の信頼性への要望は極めて高いと言える。

〔回答抜粋〕

- ・ 自家発電設備のみでは、事業の運営に支障が出る可能性が高い。また、電力は、社員や協力企業の方々の社会生活の中で重要なライフラインであり、事業所が自家発電設備で維持できたとしても事業（生産）活動としては何らかの影響を受けることから、一般送配電事業者には高いレベルの信頼性を求める。
- ・ 停電発生時には、数時間以内で復旧可能な電力系統の構築、保安体制の確立が望まれるが、電力料金に反映されない程度での対策をお願いしたい。
- ・ 系統事故発生時に確実な事故点の切り離しにより、事業者へ事故が波及しないよう対応していただきたい。
- ・ 災害発生時は、使用量が制限されたとしても、安定した電力供給をお願いしたい。
- ・ 多くの事業所で2回線受電しているため、荒天や激甚災害発生時にどちらか一方で連系を継続できるような信頼性を希望する。設備損壊等により、2回線とも長期に停電が継続する事態は許容し難い。
- ・ 供給信頼度は現状で問題ないと考えているが、今後も同等以上の信頼度を求める。
- ・ 停電発生予測に関する情報は重要であり、提供について検討してほしい。
- ・ 災害等が予測され、安定供給における信頼度が保てない状況が発生しているのであれば、自家発電設備による単独運転への移行も含めた対応を行っていくため、安定供給に対する正確なリスク評価ができる情報の提供を可能な限り早めをお願いしたい。
- ・ 災害の発生予想情報について、高精度でなくても利用価値が高いことから、何等か提供できる内容を検討してほしい。
- ・ 事業者側での大規模な対応は資金的にも技術的にも難しい側面があるため、電力系統側で対策を行い、その投資に必要な対価を系統利用者全体で公平に負担

する仕組みが必要と考える。

- ・ 電力の連続かつ安定的な供給は必須事項であるが、現実的には自然災害や再エネの大量連系により、現状の電力品質の維持が難しくなっていることも理解している。安定・安全に運転することが特に求められるプラントを運用しており、停電や瞬時電圧低下といった系統事故発生時には速やかに電力系統から切り離して円滑に自立（単独）運転に移行させる対応を基本としていることから、系統分離のための周波数リレー整定など、一般送配電事業者とは柔軟に協調を図っていきたいと考えている。
- ・ 過去より電力会社では電圧・周波数の維持、停電回数・時間の減少に多大な努力が払われており、現在の日本の電力供給はその品質を含めて非常に安定している。今後もこの信頼性のレベルを維持しながら再エネ導入量の最大化を図るとともに、電力料金も抑制し、かつ災害に強い電力系統を運用するという極めて難しい課題にしっかりと対応してほしい。