

ライフラインへの 視点

2020年4月、いよいよ発送電分離が実施され、70年近く続いてきた電力会社の形が変わる。

安定供給の行方は？ 電力システムの強靱化は図られるのか？ 次世代ネットワークの形は？

「使命」「レジリエンス」「ビジョン」といった

ライフラインをめぐる各側面について、各分野の専門家・有識者の意見を聴いた――

安定供給を守りつつ 地域で世界で 多様なビジネス展開を

小笠原 潤一

日本エネルギー経済研究所 研究理事



おがさわら じゅんいち
日本エネルギー経済研究所
電力・新エネルギーユニット担任補佐／研究理事
1969年千葉県生まれ。青山学院大学大学院国際政治経済学研究科修了。国際経済学修士。日本エネルギー経済研究所入所後、電気・ガスグループリーダー、電力グループマネージャー、研究主幹、総括研究主幹を経て、現職。専門研究分野はエネルギー需給分析、電力経済、欧米諸国の電力規制緩和と政策。電力システム改革専門委員会委員など歴任。
https://eneken.ieej.or.jp/about/staff/ogasawara_junichi.html

電力安定供給は、これまで電力会社が発電電一体となって担ってきたが、2020年4月に発送電が分離されれば、発電事業者に供給力確保の義務はない。一方、送配電事業者には同時同量原則のもと、周波数と電圧の維持義務が課せられる。つまり安定供給の責任を一手に担うことになるわけだ。

そもそも安定供給、ライフラインという点では、高度経済成長期から半世紀が経った10年頃、送配電設備の高経年化が課題となり、設備の更新方法や資金調達・負担のあり方を、議論し始めた矢先に東日本大震災が発生、検討が先延ばしになっていた。しかし近年地震や台風被害が相次ぎ、もはや先送りできない、と検討が再スタートした。

今後の送配電事業を考える際、「広域的協力」と「デジタル化・高度化」という2つの

Rをうまく使いつつ、遠隔制御技術など、システムのデジタル化・高度化で、系統制約を解消するしくみを考える必要がある。

安定供給課題に設備増強だけで対応しようとすると、いくら資金があっても足りない。特に投機目的で設置された太陽光発電設備など「使い捨て」にされるおそれもあり、「電力設備は更新しながら何十年も使う」という常識は崩れつつある。それを念頭に、短期的には市場取引や需給運用で対応し、抜本的には変電所増強など設備形成で解決するなど、コスト効率を考えた総合的判断が重要だ。

分社後の送配電事業者は、地域社会との窓口の役割も担うことになる。DRやエネル

ギーワードに沿って進めることが重要だ。

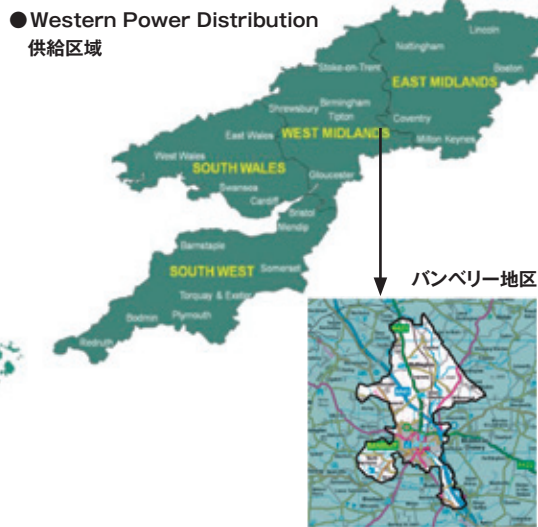
広域的協力には「非常時への対応」と「調整力の確保」という2つの側面がある。非常時対応は、ヨーロッパならロシアからのガス供給途絶、アメリカでは寒波によるガス管凍結、日本は地震・台風等による停電被害など、対応する対象は異なる。しかし早期復旧など安定供給を守るための広域的な協力体制づくりは共通で、各国とも同様の取り組みを進めている。

周波数制御・需給バランス調整に必要となる調整力確保について、日本では21年4月全国規模の需給調整市場の開設が予定されている。各送配電事業者がエリアを越え、効率的に調整力を調達できるようにすると同時に、需給逼迫の際も円滑に融通し合えるようにして安定供給を維持するのが狙いだ。

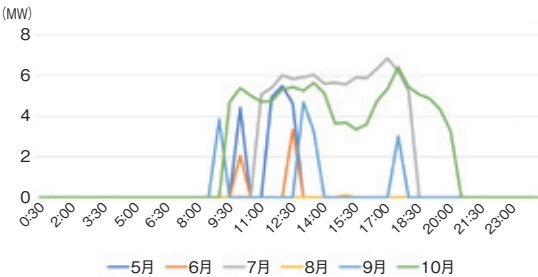
ギーマネジメントに必須の需要家データを持つのは送配電事業者だからだ。例えば電気自動車に対し、「いまA地域の太陽光が大量に発電しているから、そこで充電して」といったシグナルを出せるのが送配電事業者。いわば地域のエネルギーマネジメントの司令塔だ。他方、世界的に電化・IT化が進み、僅かな停電でも困るというユーザーが増えるなか、日本が誇る安定供給技術・技能は海外で大きな武器になる。「太陽光の接続拡大による配電系統の安定」も、日本が世界に先駆けて直面している課題。これを解決して成果を海外に移転すれば、投資のリターンが増え、事業拡大にもつなげられる。

イギリスの配電会社による市場構築

配電会社Western Power Distributionは2018年より地域を特定化して小規模供給力の調達を開始。バンベリー地区では障害からの復旧を目的とした電力調達を行っている。



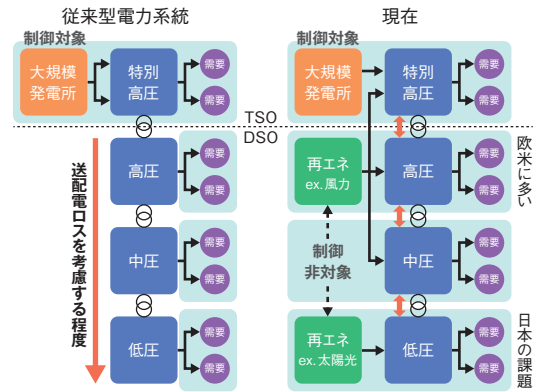
●2019年 前月段階での利用可能量見込み



WPD, "Banbury 132/11kV - 670045 - MW Service availability windows"をもとに小笠原氏作成

再生可能エネルギーの接続

従来は大規模電源を送電系統に連系、電圧を下げながら需要家に供給。再生可能エネルギー発電が増えると風力は高圧送電線に接続するが、太陽光は低圧で連系するものが多く、変電所の容量不足等による接続制約が生じている。



小笠原氏の資料をもとに作成

*需給調整市場 需給調整力の広域的な調達を行う市場。
*DR エネルギーの供給状況に応じて消費パターンを変化させる需要制御の取り組み。

こうして考えると、発送電分離後の送配電事業者は、安定供給という重責を担いつつも、非常に面白いチャレンジができる可能性を秘めている。一般企業はデジタル化というと社員を減らすことだけに終始し、仕事を高度化・多様化する方向に進められる企業は少ない。3・11後、電力会社は批判にさらされてきたが、これだけミッションが明確で、何十年も先の将来を見据えてビジネスを高度化・多様化できる可能性に富んだ事業は珍しい。今後の飛躍を期待したい。

被害最小・早期復旧へのシステム強靱化

小宮山 涼一 東京大学大学院工学系研究科准教授



こみやま りょういち
 東京大学大学院工学系研究科
 原子力国際専攻准教授
 1975年神奈川県生まれ。東京大学工学部電子工学科卒、同大学院工学系研究科電気工学専攻博士課程修了。日本エネルギー経済研究所を経て、2013年より現職。経済産業省電力・ガス取引監視等委員会特別委員等を務める。主な研究分野はエネルギーシステムや電力システムの数値シミュレーション分析。著書『Alternative East Asian Nuclear Futures』、『レジリエンス工学入門「想定外」に備えるために』(いずれも分担執筆)など。
<http://www.esl.t.u-tokyo.ac.jp/sub3.html>

2019年9月に関東を襲った台風15号は、さまざまな面で想定外だった。台風が西日本への上陸を経ず関東を直撃した例は過去ほとんどなく、約2000本もの電柱が倒壊し、一部地域で2週間以上の停電が発生した。

電力供給での従来のリスクマネジメントは、事前に定めた供給信頼度基準等の遵守が基本にある。しかし近年、台風や地震などの災害が激甚化。一方、社会インフラの相互依存性の深化など、社会システムの巨大化・複雑化が進み、ひとたび災害が起これば想定を超える被害を起こしかねなくなっている。それを踏まえ、これからの電力システムを考える必要がある。

ポイントは、被害を最小化し迅速に機能を復旧すること。リスクをゼロにはできないし、絶対に壊れないシステムはつくれないか

ら、「レジスタンス」でなく「レジリエンス」——つまり災害への「抵抗力」を強めるより「回復力」を高めた、柔軟なシステム構築が重要だ。

方策として分散型電源の活用がある。昨年の台風時、千葉では、太陽光発電や電気自動車から需要家への給電が各所で行われた。特に倒木で道路が封鎖されるなどして災害復旧が難航しそうな山間の地域などでは、主要系統からの電力が途絶えても、再生可能エネルギーなどを使って一定期間地域内に電気を供給できる地産地消の電力ネットワーク「マイクログリッド」の構築・導入が有効だろう。ただ、問題は対策コスト。マイクログリッドの場合、主要系統での電力供給のほうが経済優位性があり、その導入判断は、停電コスト(停電による社会損失)、いわば、「電気の

くが経過し、更新時期を迎えている。設備更新の費用をどう賄うのか、事業者任せにせず、社会全体の課題として共有することが重要となる。

現在、送配電事業者は、系統の設備投資費用を託送料金という形で小売事業者、すなわち、電気料金の形で消費者から回収している。しかし先行して託送料金制度改革を行った諸外国の例を見ると、着実な送配電投資の促進や投資の効率化に向け、欧米では「レベニューキャップ」などのインセンティブ規制

を導入しており、国際的にも送配電コストが高水準にある日本でも検討されている。これは送配電事業者の総収入に上限を設けるが、一定期間、その上限を据え置く規制方策だ。コストを削減するほど、送配電事業者の利益となるため、効率化投資へのインセンティブになり得る。

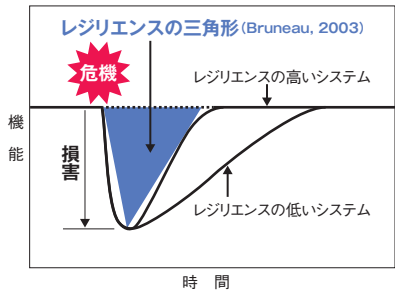
併せて、「発電側基本料金制度」の導入も検討されている。発電事業者が電力を消費者に送る際、現状、小売事業者が託送料金の形で全て負担している送配電コストを、同じ系

価値」をどう評価するか、による。例えば災害時に孤立して停電復旧が難航しそうなエリア、一瞬たりとも停電してはならない病院、停電すると大変困る介護施設や保育所、多少は我慢できる家庭など、それぞれの電気の価値に応じて最適な対策があり得る。事業者が持つ蓄電池や電源車などを有効活用し、「停電時には3日間電源車を派遣する」「電気自動車を配車する」など、ユーザーの電気の価値に応じた多様な供給サービスを提供することもあり得よう。

今後、分散型電源を活用するにしても、広域での安定供給という基幹送電系統が果たすべき役割は変わることとはなく、引き続きしっかり系統を維持していかないとけない。ところが近年、設備の高経年化が顕在化。基幹系統は60〜70年代以降に構築され、半世紀近

統利用者である発電事業者も自社設備の最大出力(kW)に応じて負担する制度だ。電源立地点とその送配電コストへの影響に同じ、負担額を割り引く措置も検討中にある。そうすれば発電事業者は、送配電線に接続の際、送配電コストを意識して、消費地近郊への電源立地インセンティブが働き、電力供給システム全体での投資コストの低減が見込める。これは消費者の負担を抑制する点でも有望な制度で、23年度の導入をめざして検討が進んでいる。

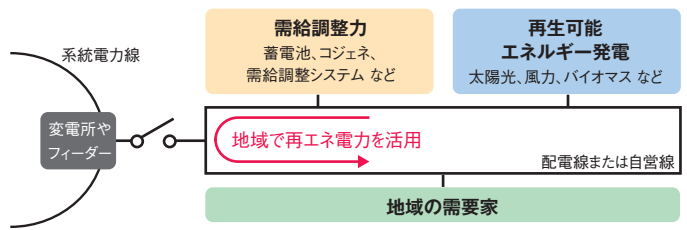
レジリエンスの三角形



危機発生によってシステムは損害を受けて機能が低下。レジリエンスの高いシステムが早期に機能回復するのに対し、レジリエンスの低いシステムは回復が遅い。機能低下部分の面積をレジリエンスの尺度として「レジリエンスの三角形」と呼ぶ

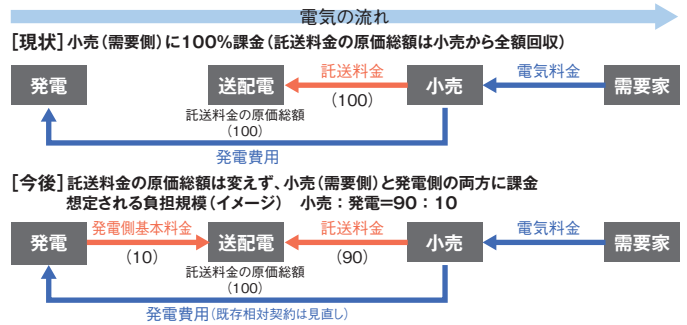
古田・菅野「システム/制御/情報」60(1)3-8(2016)をもとに作成

災害時の大規模停電における地域マイクログリッドの活用イメージ



資源エネルギー庁の資料をもとに作成

発電側基本料金制度



- 発電側は系統への接続時の初期費用を別途負担しているが、当該費用は託送料金原価には含まれていない
- kW当たりの単価としては2015年度の全10社費用をベースに簡易試算すると、150円程度/kW・月が目安になると考えられる

資源エネルギー庁の資料をもとに作成

これら新制度を生かしつつ、今後の電力供給システム構築は、いわゆる「プル型」から「プッシュ型」への転換が望まれる。現在は発電事業者からの系統接続要請の都度対応する「プル型」だが、電源開発ポテンシャルに応じて系統側が計画的・主体的に対応する「プッシュ型」が望ましい。例えば洋上風力発電のポテンシャルが高い地域や太陽光発電適地の電力系統を手厚くして、系統全体の持続可能性を実現していくという考え方である。自然災害・高経年化・再エネ増加など系統を巡るリスクが顕在化するなか、送配電事業者にとって安定供給は第一義だが、多様な供給サービスなど新ビジネスにも果敢に挑み、ぜひリスクをチャンスに変えていただきたい。

マイクログリッドも連系し、次世代ネットワークを構築

田中謙司 東京大学大学院工学系研究科准教授



たなか けんじ
 東京大学大学院工学系研究科
 技術経営戦略学専攻准教授
 1974年鳥取県生まれ。東京大学工学部船舶海洋工学科卒、同大学院工学系研究科情報工学専攻修士課程修了。工学博士。マッキンゼー・アンド・カンパニー、日本産業パートナーズ、東京大学助手、オーストラリアグラーツ工科大学客員研究員等を経て、19年より現職。電力流通システム／デジタルグリッドを用いた社会システム・イノベーションなど研究。資源エネルギー庁電力のデジタル化委員など歴任。著書『電力流通とP2P・ブロックチェーン（監修）』など。
<http://www.ioe.t.u-tokyo.ac.jp/>

米「タイム」誌は2019年の「今年の人」に、スウェーデンの環境活動家グレタ・トゥーンベリさんを選んだ。彼女の言動に対する見方はさまざまだが、気候変動対策が喫緊課題であることに違いはない。中長期的にエネルギー源が化石燃料から再生可能エネルギーに移行し、分散化していくことは、今後の電力ネットワーク構築にあたっての前提だ。再エネは初期コストこそかかるものの、燃料費はほぼゼロ。資本主義経済では、最も安いエネルギーが最も強いエネルギーだから、無視するわけにはいかない。

こちらの思いどおりには発電してくれない「やんちゃ」な変動型電源ではあるが、いかに味方にするかを前提に考える必要がある。安定供給を維持する上でも大規模集中電源を擁するメイングリッドだけでなく、再エ

ネなど小規模分散型電源による地産地消の自律型「マイクログリッド」との組み合わせが有効だ。

近年、激甚化する自然災害によって送配電網が損壊し、一部地域では数週間も停電が続くことも。各地で同時に被災したり、道路が寸断されたりすれば、停電復旧には向かえない。メイングリッドだけに頼っているのは、災害時にライフラインを守れない地域も現れる。マイクログリッドは、過疎化が進む限界集落のライフラインとして活躍するほか、自然災害時、メイングリッドが一部損壊しても、地域内の系統として電力供給を続けることができる。平時時と災害時、両睨みでネットワークを構築することが望ましい。系統と切り離し、完全に地域内で閉じる、自給自足の「オフグリッド」も考えられるが、むしろ系

統に接続し、マイクログリッド内の設備故障時などは系統電力で補完できるようにしておけば、信頼性が高まる。メイングリッドとマイクログリッドの連系が、将来的な電力ネットワーク像だと考える。

実現性は十分ある。ここ10年ほどで、IoTやAI、蓄電池システムなど、かなり技術が進化し価格も安くなってきた。これらうまく使えば、効率的で機動的な次世代ネットワークの設計・運用が可能だ。

私が関西電力らと共同で行ったピア・トゥ・ピア（P2P）の電力取引実証研究は、電力の消費者とプロシューマー双方の希望価格からオークションなど各種方式により取引価格を決定、ブロックチェーン技術を用いて電力会社を介さず直接取引を行い、複数の消費者宅へ送電するもの。P2Pはマイクログ

リッド内での新しい取引形態であり、18年度に実証開始、19年度は取り組みを高度化、太陽光発電によって生じた環境価値の売買価格決定や「RE100」*企業向けの取引ができる新システムを実証、エネルギーをより効率的に活用する社会の実現をめざしている。

また、太陽光や風力など小規模な電源をまとめて、あたかも1つの発電所のように集中制御するVPP（Virtual Power Plant＝仮想発電所）も再エネ電源を活用する上では欠かせない。蓄電池や電気自動車も一緒につないで、系統安定化を図る安い調整力として使

えばいい。

日本の電力会社は、20世紀を通じてまじめ

にインフラ整備をしてきた。しかし古い設備を維持・更新するだけでなく、マイクログリッドのように消費地に近い最前線で新しい技術の導入を始め、最終的には全体が新しい姿になっているのが理想だ。安全に留意しつつも将来を見据えた技術はどんどん使えばいい。そういう新しい姿の実現へ、電力会社は再エネ関連のベンチャー企業等にも目を向け、有望と思えば支援して欲しい。例えば石油メジャーのロイヤル・ダッチ・シェルはドイツのゾンネンという蓄電池メーカーを完全子会社化。このベンチャー企業の新規サービスが事業として成り立つよう支援している。中長期的な石油消費の減少を見越し、シェルは事

業ポートフォリオをつくり直すとしており、その一環だろう。日本の電力会社も、ベンチャーを育てながら、新しい技術やサービスを取り込めばいい。

東日本大震災以降、電力会社は「守り」が多かった。しかしこれからは、災害対策、過疎地のインフラ整備といった社会的課題解決に向け、再エネを積極的に活用し、ぜひ「攻めて」いって欲しい。既存の電気事業の延長線上ばかりでなく、異業種間連携などによって新たなサービスの創出にも努めてもらいたい。

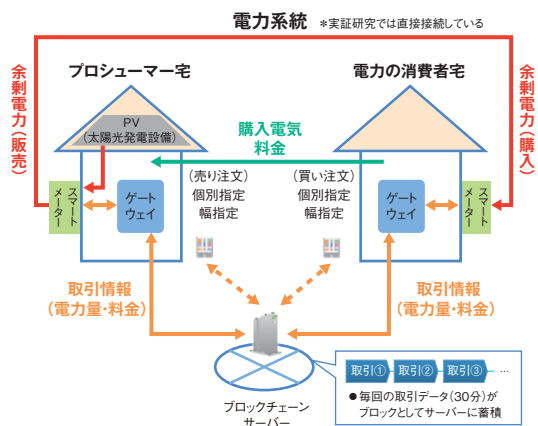
*ブロックチェーン技術 データ改竄を困難にした分散型の記録管理技術。ビットコインに代表される仮想通貨の基盤技術として利用されている。
 *RE100 企業が自らの事業の使用電力を100%再生可能エネルギーで賄うことをめざす国際的なイニシアティブ。

マイクログリッドのしくみ



関西電力送配電カンパニーの資料をもとに作成

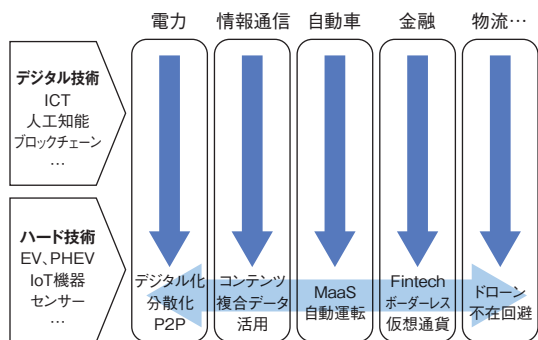
関西電力らとのP2P電力取引実証研究 概要図



* 各種方式により決定される価格・量にて電力の取引が行われ、スマートメーター計量値により精算する

東京大学／関西電力らの資料をもとに作成

デジタル時代の産業変革



業界の既存境界も超えたサービスの探索が始まっている

田中氏の資料をもとに作成