

次世代の電力ネットワークへの転換に向けた課題

中村 直貴

(経済産業委員会調査室)

《要旨》

2020年4月に予定されている発送電分離の実施により、電力システム改革における一連の施策は完了するが、近年の状況変化にも対応しつつ改革の目的を十分に達成するためには、電力ネットワークの次世代化が必要となる。その実現のためには、主として①再生可能エネルギー（再エネ）の主力電源化に向けた系統の整備、②電力インフラのレジリエンス強化（持続的な安定供給体制の構築）、③次世代技術・新ビジネスモデルを見据えた電力ネットワークの高度化といった3つの課題に包括的に取り組む必要がある。

これらの課題への対応が進むにつれて、電力ネットワークの姿は、送電網は広域化する一方で配電網は分散化が進むことが想定されており、その過程で生じうる新たな事業形態について法的に位置付けておくなどの環境整備が求められている。加えて、国民負担を抑制しつつ、次世代の電力ネットワークに転換するために必要となる投資をいかに確保していくかという課題にも対応していかなければならない。

1. はじめに

2020（令和2）年4月、いわゆる電力システム改革の総仕上げとして、一般送配電事業者（大手電力会社）等の送配電部門を別会社とする「発送電分離」が実施される予定である。これにより、電力システム改革における一連の施策は完了することとなるが、電力システム改革の本来の目的を達成するためには、電力ネットワーク¹の次世代化も必要となる。現在、経済産業省の審議会等において、電力ネットワークの次世代化に向けた検討が様々な観点からなされているが、検討事項は多岐にわたり、その全容を把握することは容易ではない。本稿では、電力システム改革における発送電分離の経緯と意義を確認した上で、

¹ 本稿では「送配電網」あるいは「系統」のことを「電力ネットワーク」と表現する。「次世代の送配電網」と表現した場合に、現状では単に「スマートグリッド」を意味すると解されるおそれがあるためである。また、本稿における「次世代の電力ネットワーク」との表現は、分散型の電源や新技術に係る設備等、今後期待されている送配電の姿に関わる要素全体を幅広く捉えている。ただし、文脈により「送配電網」や「系統」を用いることが適切な場合には適宜これらの用語を用いる。

次世代の電力ネットワークとして期待されている将来像と、その実現のために解決されるべき主な課題を整理することとしたい。

2. 電力システム改革とは

従来の我が国の電気事業は、各供給エリアにつき一つの電気事業者が、「発電」「小売」「送配電」の3つのサービスを一貫して提供する形で運営されてきた（地域独占・発送電一貫体制）。また、発電や送電等にかかった費用に一定の報酬割合を加えて電気の小売料金が決定される「総括原価方式」がとられていた。

投資回収が保証された事業形態は、電気事業者が、高品質かつ安定した電力を全国各地に行き渡らせるための基盤となり、我が国の高度成長や地域の発展に貢献してきた。しかし他方で、電気事業者の経営効率やイノベーションへの意識を低下させ、諸外国に比した我が国の電気料金の高止まりといった問題も生じさせることとなった。これを解決するため、1995（平成7）年以降4次にわたる電気事業制度改革が行われ、発電部門において競争原理が導入されたほか、小売部門の一部自由化とその拡大等の取組が実施されてきた。その結果、電気料金の低廉化については一定の成果は見られたものの、旧来の電気事業者による独占的な市場構造には変化が見られず、小売市場における新規参入者のシェアは2011（平成23）年度において3.6%にとどまるなど競争は不十分であったとされる²。

こうした中、2011年の東日本大震災とこれに伴う原発事故を契機として、電力システムにおける根本的な課題が指摘されるようになった。具体的には、震災により原子力や火力といった大規模集中電源が停止して東日本の電力供給が不足した結果、計10日間に及ぶ計画停電を余儀なくされたが、このことは電気の周波数変換設備（東西で異なる周波数³を変換する設備）や地域間連系線（供給エリア間をつなぐ送電線）の容量が不足したため、西日本から余剰電力を融通することができなかったことが主因とされる。つまり、大規模集中電源を喪失するというリスクが現実のものとなったとき、エリアごとの独占的な電力供給体制があだとなり、電力を広域的に活用することができなかったのである。

このような電力需給の大きな混乱を受けて、政府において「電力システム改革タスクフォース」が設けられ、電力システムの抜本的な改革に係る論点整理が行われた。その結果、従来の電力システムの問題点として、①供給力の確保に主眼が置かれ、需要家の選択行動を活用して「需要を抑制することで供給力に余裕を持たせる」との視点に乏しかったこと、②「分割された区域内における供給」に重点が置かれ、全国規模での最適需給構造を目指すとの視点に乏しかったことの2点があったと統括された⁴。また、別途進められていた新たなエネルギー基本計画の策定に向けた議論においては、大規模集中電源に大きく依存していた従来の電力システムのリスクに鑑み、分散型の次世代システムが必要とされ、

² 「電力システム改革専門委員会報告書」（2013.2）4頁

³ 東日本における交流電気の周波数は50ヘルツ（Hz）帯、西日本は60Hz帯である。周波数とは電気の波の山（又は谷）が1秒間に何個あるかを示す尺度である。東西で周波数が異なるのは、明治初期に日本に初めて電気が導入された際、東京ではドイツから周波数50Hzの発電機を輸入し、大阪ではアメリカから周波数60Hzの発電機を輸入して電力を供給したが、現在まで続いているためである。

⁴ 「電力システム改革に関するタスクフォース論点整理」（平23.12.27）2頁

それを支える送配電ネットワークの強化・広域化や、送電部門の中立性を確保することも重要な課題とされた⁵。これらの議論を踏まえ、経済産業省に設置された「電力システム改革専門委員会」において具体的な検討が進められ、2012（平成24）年7月に「電力システム改革の基本方針―国民に開かれた電力システムを目指して―」が、また、2013（平成25）年2月に「電力システム改革専門委員会報告書」がそれぞれ取りまとめられた。

以上の経緯を経て、政府は2013年4月、「電力システム改革に関する改革方針」を閣議決定し、電力システム改革が本格的に始動することとなった。同改革方針では、電力システム改革の目的として、①安定供給を確保すること、②電気料金を最大限抑制すること、③需要家の選択肢や事業者の事業機会を拡大することの3点が掲げられた⁶。その上で、「広域系統運用の拡大」、「小売等の全面自由化」、「法的分離の方式による送配電部門の中立性の一層の確保」という3段階からなる改革の全体像が提示された。この改革方針を踏まえ、電気事業法等の改正が3回にわたって行われた⁷。その具体策である電力広域的運営推進機関の設立（改革の第一弾）、小売全面自由化（第二弾）は既に実施済みであるが、一般送配電事業者等の送配電部門を別会社にする「法的分離方式による発送電分離」（第三弾）は2020年4月に実施される予定となっている。

3. 発送電分離と中立性の確保

発電と小売が完全に自由化された場合でも、発電した電気を需要家（事業所や家庭等）に販売するためには、送配電網を公共のインフラとして引き続き利用する必要がある。そのための送配電網の建設・保守業務、需給バランスの調整といった業務が引き続き必要となるが、二重投資の回避等の観点からは、複数の事業者が各々送配電網を管理・運営するよりも、一つの事業者が一元的に行う方が効率的である。しかし、送配電事業者が、一部の発電事業者や小売事業者だけを優遇し、送配電網を利用する事業者を平等に扱わないならば健全な自由競争は行われぬ。送配電網は中立的な公共インフラとして確立されなければならない、そのために送配電事業を適切に規制することが核心的に重要となる⁸。その中で、送配電事業の中立性を確保する手段として不可欠とされるものが「発送電分離」である。

発送電分離の方式には、主として①会計分離（送配電部門に関する会計を発電・小売部門から分離）、②法的分離（送配電部門を別会社に分離するが、子会社化（持ち株方式）するなど資本関係の維持が可能）、③機能分離（送配電網の運用等を中立組織に移管）、④所有分離（送配電部門の資産保有も別会社に分離（資本関係も認めない））の4つの方式があ

⁵ 総合資源エネルギー調査会 基本問題委員会「新しい「エネルギー基本計画」に向けた論点整理」（平23.12.20）7頁

⁶ ③については、需要家のニーズに多様な選択肢を提供するとともに、イノベーションを誘発し得る電力システムの実現により、今後の我が国のビジネスの活性化につながるものと期待されている。詳細は、安藤利昭「イノベーションを誘発する電力システムの実現に向けた課題」『立法と調査』No.419（令元.12）を参照。

⁷ 第一弾は2013（平成25）年11月13日（第185回国会）、第二弾は2014（平成26）年6月11日（第186回国会）、第三弾は2015（平成27）年6月17日（第189回国会）に改正法が成立した。

⁸ 規制された送電料金の下で送電線を公平に開放することを「電力自由化」というとの説明もある（八田達夫『電力システム改革をどう進めるか』（日本経済新聞出版社、2012）28頁）。

る。我が国においては、2003（平成 15）年の電気事業法改正（第三次電気事業制度改革）により、電力小売の自由化の拡大と併せて①の会計分離が導入された⁹。しかし、制度改正後 10 年が経過しても「送配電部門の中立性の確保がなお不十分であるとする指摘が絶えない」との報告¹⁰を受けて、「電力システムに関する改革方針」において、送配電部門を別会社にする②の法的分離を実施する方針が示された。こうして、2015 年 6 月の第三弾の電気事業法改正により、2020 年 4 月に送配電事業の法的分離が実施されることとなった¹¹。

法的分離が採用されたのは、資金調達面や災害発生時を含めた安定供給面におけるグループの一体性の必要性等に鑑み、安定供給確保と中立性確保への対応を両立させるためであったとされる。しかし、法的分離では、発電・小売事業者は送配電事業者と資本関係を持つことが可能であることから、送配電事業者が同グループ内の発電・小売事業者を優遇するような行動をとる可能性が指摘されていた。このため、各事業者が送配電網を公平に利用できるよう、送配電部門の中立性を確保するためのさらなる「行為規制」が求められた。これを受けて、第三弾の電気事業法改正において、一般送配電事業者等に行為規制を導入し、その詳細は経済産業省令に定める旨の規定が盛り込まれることとなった¹²。

これに加え、電力取引の適切な監視と厳格な行為規制の実施を担う組織として、電力取引監視等委員会¹³が新設されることとなった。同委員会からの経済産業大臣への建議¹⁴を踏まえ、2018（平成 30）年 12 月、電気事業法施行規則（平成 7 年通商産業省令第 77 号）に行為規制の詳細を定めるものとして、電気事業法施行規則の一部を改正する省令（平成 30 年経済産業省令第 73 号）が公布された¹⁵。一般送配電事業者等においては、送配電部門の分社化に向けた準備会社を設立し、行為規制への対応を進めるほか、新会社の組織形態・社名・ロゴマークの策定、システムの改修、防災業務計画の策定といった準備作業が進められてきた。

以上のような経緯を経て、2020 年 4 月に送配電部門の法的分離が実施されることとなるが、今後は、先述の行為規制が送配電事業者の中立性を確保する上で適切かつ実効的なもの

⁹ 会計分離と併せて、情報の目的外利用禁止、差別的取扱いの禁止といった「行為規制」も導入された。

¹⁰ 「電力システム改革専門委員会報告書」（2013. 2）31 頁

¹¹ 電気事業法等の一部を改正する等の法律（平成 27 年法律第 47 号）において、一般送配電事業者と送電事業者の法的分離について定められており（第 22 条の 2、第 27 条の 11 の 2）、同法の施行期日は一部を除き平成 32 年（2020 年）4 月 1 日とされた。

¹² 電気事業法等の一部を改正する等の法律（平成 27 年法律第 47 号）第 22 条の 3 等

¹³ 国家行政組織法第 8 条に基づく委員会（いわゆる「8 条委員会」）。2015（平成 27）年 9 月の設立当初の名称は「電力取引監視等委員会」であったが、2017（平成 29）年 4 月のガス小売業の全面自由化に先だって 2016（平成 28）年 4 月に「電力・ガス取引監視等委員会」に改称された。

¹⁴ 電力・ガス取引監視等委員会「「一般送配電事業者及び送電事業者の法的分離にあわせて導入する行為規制の詳細について」を踏まえた経済産業省令の改正に関する建議について」（平 30. 6. 18）

¹⁵ 具体的には、一般送配電事業者が小売電気事業又は発電事業を営むことの禁止、一般送配電事業者の取締役等が小売電気事業者又は発電事業者等の取締役等及び従業者を兼職することの禁止、一般送配電事業者が小売電気事業者又は発電事業者等と適正な競争関係を阻害するおそれのある条件で取引を行うことの禁止、適正な競争関係確保のための体制を整備する義務等について規定している（送電事業者についても同様）（第 18 回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会 配布資料 5-1 「第 3 弾改正法施行前検証について」（2019. 5. 28）20 頁）。なお、同行為規制に関する法令の運用をより明確化するため、公正取引委員会と経済産業省が共同して「適正な電力取引についての指針」の改定を行い、2019（令和元）年 9 月 27 日に公表している。

のとなっているか、また、行為規制の履行状況に関して電力・ガス取引監視等委員会による監視体制が有効に機能しているか等に留意する必要がある。仮に法的分離後も送配電事業の中立性が十分に確保されていない場合には、行為規制の強化や監視体制の在り方といった根本的な部分の見直しも議論となりうる。

重要なことは、単に送配電事業者が既存の制度内で中立的な運営を行っているかという視点だけではなく、法令や事業環境等を含む制度全体が送配電事業の中立性を担保するものとなっているかという視点からも確認を行うことである。例えば、地域独占・発送電一貫体制の下で主流であった業界ルールや法令・指針・規程等¹⁶の内容について、送配電事業の中立的な運用を促すものとなっているかを不断に検証していく必要があるといえる。

4. 「電力システム改革」から「電力ネットワークの次世代化」へ

2020年4月の発送電の法的分離をもって、電力システム改革（第一弾～第三弾）の施策は全て実施されることとなる。一連の電力システム改革を受けて、競争環境の整備や市場の創設といった「経済政策」面の取組は進展しつつあると言えるが、今後、電力システム改革の目的が十分に達成されるためには、その基盤となる電力ネットワークの整備という「インフラ政策」面の対応がより重要となってくる¹⁷。さらに、近年の様々な状況変化に対応していくためにも、電力ネットワークの「次世代化」に向けてその姿を転換していく必要があるとされ、主として、①再生可能エネルギー（再エネ）の主力電源化に向けた系統の整備、②電力インフラのレジリエンス強化（持続的な安定供給体制の構築）、③次世代技術・新ビジネスモデルを見据えた電力ネットワークの高度化といった3つの新たな課題への対応が求められている¹⁸。

（1）再生可能エネルギーの主力電源化に向けた系統の整備

我が国では、2012（平成24）年7月より、再エネ由来の電気を一定の価格で買い取る固定価格買取制度（FIT制度）が運用されており¹⁹、2019年3月末時点の再エネ導入量が

¹⁶ 具体的には、送電線の利用に関わる「先着優先」、増強に関わる「原因者負担」等の従来一般的であった考え方のほか、電気事業法、一般送配電事業者による「託送供給等約款（電気事業法第18条に基づき経済産業大臣が認可）」、電力広域的運営推進機関による「送配電等業務指針（電気事業法第28条の46に基づき経済産業大臣が認可）」や「業務規程」、資源エネルギー庁による「発電設備の設置に伴う電力系統の増強及び事業者の費用負担の在り方に関する指針」等が考えられる（安田陽『世界の再生可能エネルギーと電力システム [系統連系編]』（インプレスR&D、2019）104～106頁）。

¹⁷ 高橋洋「進展する電力システム改革 分散型の安定供給を目指す」、植田和弘監修、大嶋堅一、高橋洋編著『地域分散型エネルギーシステム』（日本評論社、2016）216～220頁

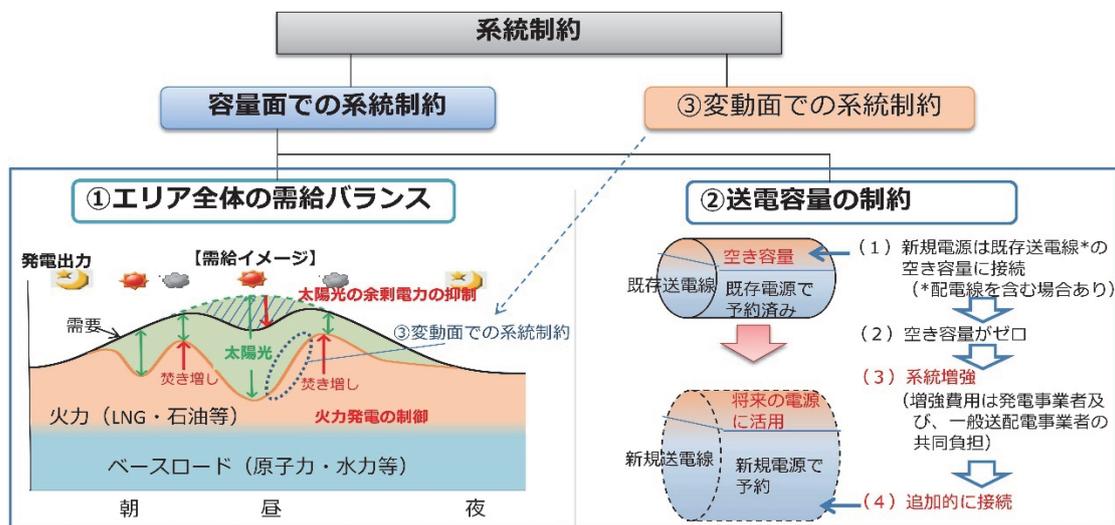
¹⁸ ①については、「再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会」が、②については「電力レジリエンスワーキンググループ」が、③については「次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会」が検討を行ってきた。これらの課題をまとめて議論する場として新たに「脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会」が設けられた（第1回 脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会 配布資料3「電力ネットワークをめぐる最近の動向と今後の進め方について」（2019.2.21）32頁）。なお、②については、中長期的な視点から持続可能性を担保する電力システムの在り方という観点から「持続可能な電力システム構築小委員会」でも検討が行われており、③については現行制度を超える部分への対応という観点から「再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会」でも検討が行われている。

¹⁹ 2011年に成立した「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」（FIT法）に基づく制度である。

制度導入前の2.3倍になるなど着実な拡大を見せている（なお、FIT制度は2020年度末までに制度の抜本の見直しを行うこととされている²⁰）。また、2018年7月に閣議決定された第5次エネルギー基本計画では、再エネの「主力電源化」が打ち出されており、温室効果ガス削減の国際約束とも関連して再エネのさらなる拡大に向けた取組が注目されている。

このような再エネの導入拡大の動きに伴い、送配電網の運用に関わる「系統制約」と呼ばれる問題が顕在化することとなった。「系統制約」とは、主に再エネを既存の送配電網に接続する際に、①需給バランスのコントロールが困難になる、②再エネを既存系統に接続するために必要な送電線の空き容量²¹がない、③自然環境の変化による再エネの出力変動に追従するための調整力²²が必要となることにまつわる問題である（図表1）。この中で最も大きく注目されたものは、②の送電線の空き容量の問題である。

図表1 系統制約の種類について



（出所）第3回 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 資料2「系統制約の克服に向けた対応について（その2）」（2018.2.22）16頁より抜粋

2014年以降、大手電力会社から「送電線の空き容量がゼロとなった」ことが発表されるようになった。これに伴い、新規参入事業者が再エネ等の電源を送配電網に接続しようとした際、電気を流すことのできる送電線の容量が不足していることを理由に、送電線の増強費用の負担を求められるという状況が見られた。その工事負担金は数億から数百億円に及び、工期も数年から十数年間に及ぶという大きな負担であったとされる。この問題を検

²⁰ 脚注44～46を参照。

²¹ ここでいう送電線の空き容量とは、「送電線の運用容量（送電線に流すことのできる電力の安全上・運用上の限界値）から実潮流（実際に流れる電力）を差し引いたもの」のことである。

²² 周波数制御や電力需給バランスを調整するために必要な火力等の発電設備、電力貯蔵装置、ディマンドレスポンス等のこと。例えば、需要が増加している中で風が急に止まり風力発電からの供給が減少した場合など、速やかに別の電源等を稼働させて供給を補う必要がある。

証する研究結果等も踏まえ²³、送電線の空き容量の問題が再エネ拡大の障壁となっているとして報道等でも取り上げられるようになった。

「系統制約」の問題への対応として、これまでに、費用負担運用指針の策定、電源接続案件募集プロセス²⁴の導入、地域間連系線の利用に関する間接オークションの導入、エリア内における系統の効率的活用（日本版コネクト&マネージ）といった対策が進められてきた²⁵。このような既存の系統を効率的に活用しようとする取組は引き続き実施される必要があるが、エネルギー基本計画で打ち出された「主力電源化」を達成するためには、必要な送電線の容量を確保すべく系統の増強を進めていくことは不可欠である。とりわけ、地域間連系線等の増強が行われない場合、開発ポテンシャルのある地域でも再エネの導入が進まないおそれがあるとも指摘されている²⁶。

「系統制約」の問題は、そもそも我が国の系統形成の在り方が、再エネの開発ポテンシャルを踏まえたものとなっていなかった²⁷という構造的な問題にも起因している。例えば、北海道や東北地域は大規模な風力発電等の開発ポテンシャルが高いものの、これらの地域だけでは発電された大量の電気を消費しきれない。このため、東京等の大量需要地に電気を送る必要があるが、現状の系統では容量が貧小なため広域的な運用が困難となっている。これを解消するために系統増強が不可欠であるとしても、再エネが将来的にどこに、どの程度導入されるのかが見通せない状況では、その投資判断は容易ではなく、再エネ電源からの接続要請にその都度対応しているのが現状である。また、増強費用を誰がどのように負担するのかといった点で不透明な点が多く、募集プロセスが長期化するといった課題も生じていた。

こうした問題意識から、従来のように電源からの接続要請にその都度対応する「プル型」の系統形成から、再エネのポテンシャルを考慮して主体的かつ計画的に対応する「プッシュ型」の系統形成へと転換する必要があるとの指摘がなされた²⁸。具体的には、新たな広域系統長期方針（全国大での広域連系系統の整備及び更新に関する方向性を整理したもの）と広域系統整備計画（費用対効果分析に基づく主要送電線の整備計画）から成る「マスタープラン」を作成した上で²⁹、各エリアの開発ポテンシャルを考慮した設備増強判断を実施すべきであるとしている。また、国があらかじめ必要な系統容量を確保することで洋上風力等の導入を促す新たなスキーム³⁰や、一般送配電事業者が主体的に系統増強プロセスを提

²³ 安田陽『送電線は行列のできるガラガラのそば屋さん？』（インプレスR&D、2018）

²⁴ 発電事業者が系統への接続を希望して系統の増強工事が必要となった際、一般送配電事業者もしくは電力広域的運営推進機関が複数の発電事業者を募集し、その工事費を按分する仕組みを「電源接続案件募集プロセス」と呼んでいる。

²⁵ 取組の詳細については、薄井繭実「系統制約克服への現状と課題－再生可能エネルギー主力電源化に向けて－」『立法と調査』No. 411（平31.4）を参照。

²⁶ 再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会「中間取りまとめ（案）」（2019.12）18頁

²⁷ 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会「中間整理（第3次）」（2019.8）23頁

²⁸ 再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会「中間取りまとめ（案）」（2019.12）18頁

²⁹ なお、既に電力広域的運営推進機関の広域系統整備委員会において、「マスタープラン」の策定に向けた検討が進められており、2022年春頃の完成が目標とされている（第45回広域系統整備委員会配布資料1「基幹系統の設備形成の在り方について（新たな広域系統長期方針等の検討について）」（2019.12.10）23頁）。

³⁰ 海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律では、系統接続が見込まれる等の要件を満たす場所を「促進区域」として指定することとしているが、その前提として事業者による系統

案する「一括検討プロセス³¹」を導入することで、より効率的に系統形成を進めていくことも必要とされている。

ただし、現状では系統に係る費用は地域毎の負担となっていることから、「プッシュ型」の系統形成を進めるに当たっては、再エネの地域偏在性によって費用負担面で地域間格差が生じうる点に配慮が必要となる。このため、地域間連系線等の増強に係る負担のうち、地域の電力の安定供給という便益部分については受益する地域の一般送配電事業者が負担することとする一方、電力の広域流通によって生じる電力価格の低下という便益部分については、託送料金による全国負担とすることが検討されている（この場合、一般社団法人日本卸電力取引所（JEPX）の値差収益を活用する方法も検討されている）。また、再エネの導入によって生じた便益（価格低下及びCO₂削減）に対応した部分については、FIT制度における賦課金方式による全国負担とすることが検討されている³²。これらは系統増強費用の「全国調整スキーム」と呼ばれているが、得られた便益の価値を厳密に区分して定量化することがそもそも可能なのかといった点は議論の余地がある。また、全国調整スキームの適用に際しては、国が系統整備計画に一定程度関与するとともに、内容が不適切な場合³³には是正できるようにするなど、エネルギー政策との整合性を確保する仕組みとすることが必要であるとしている。ただ、なによりもまず、国民の理解を得ることが重要となることは論を俟たないであろう。

以上のように、今後、再エネの導入拡大に向けた系統の増強が進められるに際しては、「系統制約」への対応や事業者間・地域間の負担の公平性等に配慮しつつ、いかに効率的に系統を形成していくかといった長期的視点が重要となる（その際は、どこに再エネ電源を立地させれば効率的かという視点も必要となる）。「プッシュ型」との考え方の下、国、電力広域的運営推進機関、一般送配電事業者は、これまで以上に主体的な役割を果たすこととなると考えられるが、系統形成とこれに係る費用負担の問題は発電事業者（再エネ事業者を含む）、電力小売事業者、さらには国民全体に影響を及ぼしうるものである。従って、系統増強の必要性の判断から、費用の分担、実際に系統を利用する段階に至るまで、中立性・透明性・適正性が十分に確保されることが求められよう³⁴。

容量の確保を求めると、区域指定の規模が事業者の確保した系統枠の規模に依存するため、洋上風力のコスト低減のために必要な規模での区域指定を行えない等の課題が指摘されている（脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会「中間整理」（2019.8）10頁）。

³¹ 現行の電源接続案件募集プロセス（脚注24参照）では、現に要請のある事業者のみを考慮しているため中長期的な設備形成が行われるとは限らないことや、プロセスが長期化するという課題が報告されていた。一括検討プロセスは、こうした課題に対処するため、手続の簡素化、負担金算定方法の見直しのほか、複数の系統連系希望者を同順位扱いとするなど、複数の案件をまとめて検討する仕組みとして検討が進められているものである（第36回 広域系統整備委員会 配布資料1-（2）「効率的なアクセス業務の在り方について」（2018.9.26））。

³² 持続可能な電力システム構築小委員会「中間取りまとめ（案）」（2019.12）6～9頁

³³ 例えば、広域系統整備計画との整合性、系統増強の必要性、費用負担割合の適正性などの観点から監視・確認できるようにするべきであるとしている（再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会「中間取りまとめ（案）」（2019.12）18～19頁）。

³⁴ 例えば、再エネの開発ポテンシャルは客観的なデータに基づいて判断されているか、系統増強の規模は費用対効果の観点から適切か、系統増強に係る費用の算定方法は適切か、費用の分担や系統利用の制度は公平かといった点で疑義が生じることがないような制度設計が求められよう。

（２）電力インフラのレジリエンスの強化

2018年の北海道胆振東部地震によって生じたエリア全域にわたる停電（ブラックアウト）や、2018年以降に発生した大雨・台風等の一連の災害によって、電力インフラのレジリエンスを高め、持続的な安定供給体制を構築していくことの必要性が改めて認識された。これを受けて、経済産業省に設置された「電力レジリエンスワーキンググループ」において、災害対応に係る検証と今後必要となる施策の検討が行われ、2019（令和元）年11月に「中間論点整理」が公表された。これを踏まえ、電力を巡る環境変化が急激に進む中でいかに電力インフラのレジリエンスを高めるかという観点から、「持続可能な電力システム構築小委員会」においてさらなる検討が行われ、同年12月、「中間取りまとめ（案）」が公表された。ここでは、主として、①早期復旧のための関係者の連携強化、②強靱な電力ネットワークの形成、③電源等の分散化という3つの観点から様々な施策の必要性が指摘された。

まず、①の早期復旧のための関係者の連携強化については、主として配電網の復旧に係るオペレーションの改善に関する指摘がなされている。具体的には、「災害時連携計画の整備による復旧作業の迅速化³⁵」のほか、「災害復旧費用の相互扶助制度（電気事業者が対象）」や、「電気事業者に個人情報を含む電力データ等を自治体等へ提供することを求める制度」の必要性が指摘されており、これらに係る電気事業法の整備も必要であるとしている。

次に、②強靱な電力ネットワークの形成に関して、「中間取りまとめ（案）」では、「地域間連系線の増強を促進するための制度整備」として、先述の系統増強費用に係る「全国調整スキーム（FIT賦課金方式の活用やJEPXの値差収益の活用）」の導入や、「託送料金制度改革」（後述）の必要性が挙げられている。これらは重要な検討事項ではあるが、「強靱な電力ネットワークとは何か」、「なぜそれが必要か」という前提部分を明らかにするため、電力レジリエンスワーキンググループによる「中間論点整理」に立ち返って、電力ネットワークを強靱化することの意義を確認してみたい。

「中間論点整理」では、「インフラ投資」という観点から電力ネットワークの強靱化の必要性が指摘されている。具体的な指摘事項のうち、「鉄塔・電柱の技術基準見直し」や、「無電柱化（地中化）の推進」といった施策も重要であるが、本稿では、「送配電網の強靱化・スマート化」と「地域間連系線の増強促進」を求める指摘に着目する。

そもそも、電力ネットワークは通信ネットワークと異なり、単に送電線を物理的につないで電気を流すだけではシステムとして安定的に機能しない。情報を伝送する通信ネットワークの場合には、ネットワークが十分に機能しなくても、一部の情報が届かないだけでシステム全体が影響を受けることはない。他方で、電力ネットワークの場合には、需要と供給が常に同量であることが求められる（「同時同量」と呼ばれる）³⁶。この需給バランスが崩れると、周波数が変動して電気の品質が低下し、製造業等に悪影響を及ぼしたり、最悪の場合にはエリア全域に及ぶ大規模停電（ブラックアウト）を引き起こすこととなる。

³⁵ 災害時連携計画には、関係者（一般送配電事業者、地方公共団体、自衛隊等）の連携や復旧手法・設備仕様の統一化等に関する事項を盛り込むべきであるとされている。

³⁶ 井出秀樹ほか「第2章 発送電法的分離とは何か」山内弘隆、澤昭裕編『電力システム改革の検証』（白桃書房、2015）16～17頁

電力システムを安定的に運営するためには、ネットワークの現状を把握し、将来の需給を予測するとともに、需給を常にコントロールすることが求められる。こうした業務に有効なのが近年著しく発達した I o T (モノのインターネット)、センサー、A I (人工知能)、ビッグデータ分析等の情報通信・デジタル技術であり、これらの技術の導入は「スマート化」と呼ばれている。送配電網に係るスマート化の例としては、系統状態を監視する「位相情報計測装置³⁷」や、リアルタイムで送電可能容量を把握する「ダイナミックレイティング³⁸」、電力データとガスや電気自動車 (E V : Electric Vehicle) といった他のインフラデータとが有機的に結合した「データプラットフォーム³⁹」等の活用が挙げられる。

スマート化によって電力需給を迅速かつ最適にコントロールする体制に加えて、地域間連系線の増強によって広域の電力ネットワークが構築されていれば、電力需給の全体最適が実現すると同時に、安定供給面でのレジリエンスが強化されることとなる。例えば、あるエリアで、災害等により電力の調整力が不足した場合に、速やかに別のエリアから調整力を融通することが可能となる。

また、このような体制が実現した場合の副次的な効果として、先述の「系統制約」問題の改善が期待できる (特に、需給バランスのコントロールの問題と、自然環境の変化による再エネの出力変動に係る問題への対応策となりうる)。この結果、「再エネ電源の導入に際しては、調整力となる火力発電や蓄電池等のバックアップ電源が必要となる」といった指摘に対して、別の解決策を提供することにもなりうる。

さらに、電力を広域的に調達することができるようになると、限界費用の安い電源への差し替え (火力から再エネへの変更等) が発生し⁴⁰、これに伴って市場価格の低下やCO₂排出量の低減といった効果も期待できる。広域的運用には多くのメリットがあると考えられるが、その実現のためには、単に地域間連系線を増強するだけでなく、実際に広域的に系統の運用を行う能力・技術の錬成も求められよう。

³⁷ 位相情報計測装置 (PMU: Phasor Measurement Unit) を系統の複数地点に配置することにより、系統の詳細なデータ (電圧・電流等の情報) をGPSによる時刻情報と共に収集して系統の状況を把握し、必要であれば対策装置に指令を出すなどの対応が可能となる (第4回 次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会 配布資料3「次世代技術を活用した送電事業の変革について」(2018.12.13)10頁)。

³⁸ 送電線の送電可能容量は、主として各部位・部品の熱容量によって決定される (ただし、基幹送電線については同期安定性、電圧安定性などの熱容量以外の制約要因で決まるものも多い)。ダイナミックレイティングは、送電線の周囲温度や風向・風速などの環境データをセンサーによってリアルタイム (ダイナミック) に取得することで動的に送電可能容量を算出する技術で、熱容量による制約を緩和できるとされている (第4回 次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会 配布資料3「次世代技術を活用した送電事業の変革について」(2018.12.13)8頁)。

³⁹ 第4回 次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会 配布資料3「次世代技術を活用した送電事業の変革について」(2018.12.13)13頁

⁴⁰ 限界費用の安い電源から優先的に活用することを「メリットオーダー」と呼ぶが、広域的にメリットオーダーを行うことが可能となれば、例えば、火力発電の燃料費が高騰したため、他の地域からより安価な再エネ電力を調達するといった行動も可能となり、理論上全体の電力供給コストが最小化されることとなる。ただし、広域的メリットオーダーの結果として、火力発電等の高コストの発電設備そのものを維持することが困難となる可能性も生じる (これをミッシングマネー問題という)。将来的に、電力の安定供給に必要な供給力や予備力が失われる可能性があることから、発電設備の能力容量 (kW) に対価が支払われる (稼働しない場合でも一定の収入が得られる) 仕組みが必要とされる。こうした仕組みは容量メカニズムと呼ばれ、我が国では容量メカニズムのうち「容量市場」が導入されることとされており、2024年度の供給力を確保するための入札が2020年7月に行われる予定となっている。

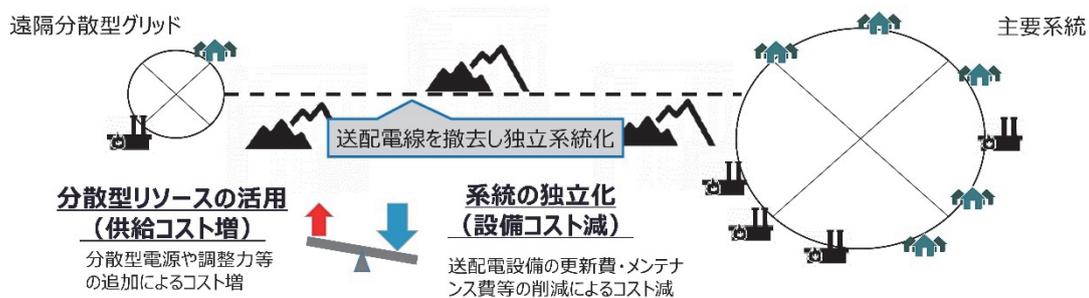
広域的運用が実現すれば、我が国の電力インフラのレジリエンスは相当程度高まるものと思われるが、それでもなお地理的な制約によって事故からの復旧に時間を要するケースは依然として存在しうる。例えば、山間部等で配電網が被害を受けた際、倒木等によって道路が塞がれてしまい、被害箇所の復旧に向かうことが困難となった事例も見られる。

こうした状況に対応するためにも、③電源等の分散化の指摘は、レジリエンスの強化という点で重要な意味を持つ。具体的には、電力レジリエンスワーキンググループの「中間論点整理」において、自立運転可能な「分散型電源（再エネ、蓄電池、コジェネ、EV等）」や「分散型グリッド」を導入する必要性が指摘されている。実際に、2011年の東日本大震災や、2018年及び2019年の台風被害による停電の際には、分散型電源やそれをつなぐ自営線が家庭の生活維持や事業活動の継続に貢献したとされる⁴¹。

分散型グリッドの具体的な姿としては、主に二種類の将来像が検討されている。まず、遠隔地においては、主要な電力系統から送電線を経由して電力の供給を受けるより、「遠隔分散型グリッド」として平常時から独立した系統で電力供給を行った方が、レジリエンスが高まる地域が存在すると考えられている。独立したグリッドとするための分散型電源等の導入コストは増加するとしても、主要系統からの送電線を撤去してしまうことによってその維持コストを省くことができ、全体としてはコストが下がる可能性もあるとされる⁴²

（図表2）。また、平常時は主要系統からの電力供給を受けるが、災害時には主要系統からネットワークを切り離すことで主要系統側の事故の影響を排除し、健全な配電網において復旧の迅速化を図ろうとする「地域マイクログリッド」も検討されている⁴³（図表3）。

図表2 平常時から独立して運用される遠隔分散型グリッド



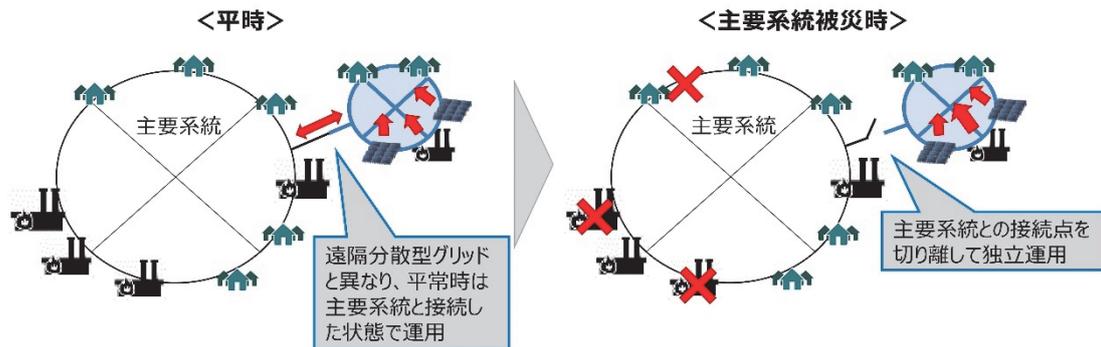
（出所）第1回 持続可能な電力システム構築小委員会 配布資料4「電力システムのレジリエンス強化に向けた論点」（2019.11.8）20頁より抜粋

⁴¹ 例えば、千葉県睦沢町の事例が報道されている（『日本経済新聞』（令2.1.22））。

⁴² 持続可能な電力システム構築小委員会「中間取りまとめ（案）」（2019.12）14頁

⁴³ 地域の再エネ電源と自営線・系統配電線を活用することで、災害時にもエネルギーの安定供給を可能とするモデルとして、宮城県大衡村の「F-グリッド」がある。トヨタ自動車などで構成されるF-グリッド宮城・大衡有限責任事業組合が熱電併給システム（コジェネ）、太陽光発電、蓄電池によるシステムを構築し、平常時は組合が自家発電した電力を工業団地内の工場・事業者へ供給するほか、東北電力の系統と接続して余剰電力を販売している。災害などの緊急時には、工場・事業者への供給力を確保した上で、余剰電力を既存の配電網経由で地域防災拠点である大衡村役場に供給する体制となっている（第10回 再エネ大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 配布資料2「再生可能エネルギーの自立に向けた取組の加速化（多様な自立モデルについて）」（2018.11.21）35頁）。

図表3 平常時と災害時の双方で活用される地域マイクログリッド



(出所) 第1回 持続可能な電力システム構築小委員会 配布資料4「電力システムのレジリエンス強化に向けた論点」(2019.11.8) 21頁より抜粋

なお、レジリエンスの強化という視点は、再エネの主力電源化に向けた取組においても重要性を増している。現在、再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会において、FIT制度の抜本の見直しが検討されているが、その中で、再エネを「競争電源⁴⁴」と「地域活用電源⁴⁵」とに分類し、各電源の特性に応じた支援制度の設計が進められている⁴⁶。この「地域活用電源」は、①災害時に自立的に活用される「自家消費型」と、②災害時に地域住民に利用されることを前提に、平常時においても地域と一体的にエネルギー供給がなされる「地域消費型(地域一体型)」とに分類することが提案されているが、①の「自家消費型」も②の「地域消費型」も、「全体としてレジリエンスの強化に資するものとなること」との要件が含まれているという点では共通している⁴⁷。

このように、今後、再エネの導入を進めるに当たっては、「競争電源」については広域的な運用が指向される一方、「地域活用電源」については、先述の「遠隔分散型グリッド」及び「地域マイクログリッド」との考え方に対応した形で分散型のシステムを構築していくことが検討されている。すなわち、レジリエンスの強化と再エネの導入拡大が相乗効果を発揮することが企図されていると捉えることもできるが、実際にこのようなシステムの構築を進める際には、費用対効果や持続可能性という面で慎重な見極めも必要となろう。

⁴⁴ 競争電源は、「電力市場でコスト競争に打ち勝って自立的に導入が進んでいくことにより、競争力ある電源への成長が見込まれる電源」と説明されている(再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会「中間取りまとめ(案)」(2019.12)4頁)。

⁴⁵ 地域活用電源は、「需給一体的に活用され、災害時のレジリエンス強化やエネルギーの地産地消に貢献することにより、地域において活用され得る電源」と説明されている(再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会「中間取りまとめ(案)」(2019.12)4頁)。

⁴⁶ 競争電源については、現行のFIT(Feed-in Tariff)制度からFIP(Feed-in Premiums)制度(市場価格にプレミアムとして補助金を上乗せする制度)へと移行し、市場と連動させていくことが検討されている。また、地域活用電源については、一定の要件の下にFIT制度が継続される方向で検討されている。

⁴⁷ 再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会「中間取りまとめ(案)」(2019.12)4頁。なお、「地域消費型(地域一体型)」については、再エネの活用が地方自治体の防災計画等に位置付けられていることを確認することが適切であるとも指摘されている。

(3) 次世代技術・新ビジネスモデルを見据えた電力ネットワークの高度化

従来の電力ネットワークは、一定のエリアにおいて大規模発電所から需要家まで一方向で電力を供給することを基本に設計されていたが、広域的な運用や分散型電源・グリッドを主軸とした次世代のネットワークが構築されていく中で、次世代技術に基づく新たなビジネスが創発されることも期待されている。

例えば、第5次エネルギー基本計画では、電力需要量を抑制することで生じた余力を需給調整等に活用するディマンドリスポンス（DR）の次の段階として、需要家が小売事業者や送配電事業者の要請に応じて需要抑制を行い、その対価を受け取るといった仕組みの確立と普及拡大に取り組むこととしている（その際は、複数の需要家の節電容量を束ねて活用する運営者（アグリゲーター）を介することとなる）⁴⁸。さらに、複数の分散型エネルギーがあたかも1つの発電所のような働きをするバーチャル・パワー・プラント（VPP）や、需要家のエネルギーリソースから得られた電力を、別の需要家に受け渡す電力の個人間取引（P2P：Peer to Peer）など、エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス（ERAB：Energy Resource Aggregation Businesses）と呼ばれる革新的なビジネスの展開も期待されている⁴⁹。このほか、配電網とEVとの連携による新ビジネス⁵⁰、配電エリア内で需給をバランスさせて送配電の負荷低減や低炭素化を実現するマイクログリッドの運営⁵¹、さらには送配電事業のグローバル展開なども考えられる⁵²。

このような新たなビジネスが拡大するにつれて、複数のプロシューマー⁵³の余剰電力が送配電網に多量に流入するようになると（「逆潮流」と呼ばれる）、電気の流れの双方向化がより一層加速することとなる（図表4）。これに伴い、電力ネットワークが逆潮流にも対応できるよう、系統増強や設備（変圧器等）の強化を実施しておく必要が生ずる。

また、将来的に電力ネットワークは、送電網の広域化が進む一方で、配電網は分散化していくことが想定されている。その場合、送電網は主として分散化された配電網に対して「バックアップ機能」や「電力品質維持機能」を提供する役割を担うようになる。一方、配電網は、電力の個人間取引等の新たなビジネスのプラットフォームとしての役割のほか、電力その他のインフラデータを用いて社会課題を解決するといった役割を担うことが期待されている。これを実現するためには、電気計量制度の合理化⁵⁴やデータ利用に係るルール作り等の環境整備を進めておくことも求められる。

⁴⁸ 「第5次エネルギー基本計画」（2018年7月閣議決定）37頁

⁴⁹ 詳細は、安藤利昭「イノベーションを誘発する電力システムの実現に向けた課題」『立法と調査』No. 419（令和元. 12）を参照。

⁵⁰ 第8回 次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会 配布資料1「トーマツ提出資料①（EV化社会を見据えた電力分野の論点）」（2019. 7. 16）17～21頁

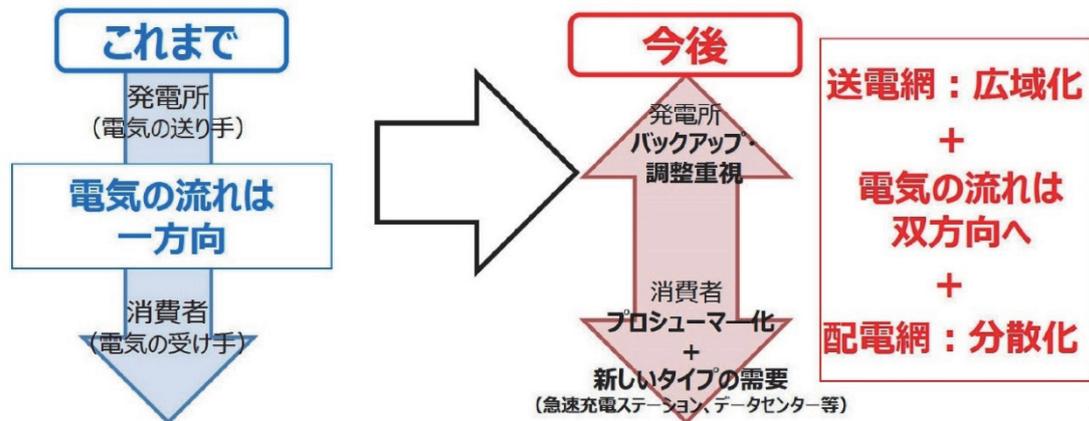
⁵¹ 第8回 次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会 配布資料4「トーマツ提出資料②（新たな事業類型に関する規律について）」（2019. 7. 16）11～15頁

⁵² 第8回 次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会 配布資料6「トーマツ提出資料③（送電・配電分野のグローバル展開）」（2019. 7. 16）

⁵³ 生産者（producer）と消費者（consumer）を組み合わせた造語であり、電力の場合は、電力を生産し消費する者という意味で用いられている。

⁵⁴ 家庭用太陽光発電等を活用して電力取引を行う際、現行の計量法では、計量専用機器ではない機器（例えばパワーコンディショナー等）を用いて電力を計量することが認められないという課題がある。

図表4 次世代の電力ネットワークのイメージ



(出所) 第2回 脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会 資料1 「電力ネットワーク改革の基本的考え方について」(2019.3.26) 56 頁より抜粋

以上のような電力ネットワークの高度化が実現した場合、事業者についても役割の変化が生ずると考えられ、例えば、「一般送配電事業者から譲渡又は貸与された配電システムを維持・運用し、託送供給及び電力量調整供給を行う事業者」(配電事業者)や「自家発電等の分散型電源を束ねて供給力や調整力として活用する事業者」(アグリゲーター)の登場が想定されている⁵⁵。また、山間地等の特定の地域において、一般送配電事業者がシステム運用と小売供給を一体的に行う仕組みの導入も検討されている。こうした新たな事業者の参入を促すためにも、多様な事業形態を電気事業法上に位置付けておくこと(ライセンス制の導入)が急務となっている⁵⁶。

5. 必要な投資をいかに確保するか ～むすびにかえて～

発送電の法的分離後も、一般送配電事業については、従来のような地域独占による総括原価方式に基づく料金規制が継続され、電力ネットワークの受益者である小売電気事業者から託送料金を徴収することによって事業が運営される。小売電気事業者は、その負担した託送料金を電気料金の一部として需要家から回収することとなるため、国民負担の軽減のためには、託送料金を最大限抑制することが求められている。

他方で、鉄塔や変圧器等を含む送配電網の老朽化対策や、電力ネットワークの次世代化に向けて必要となる投資が妨げられることのないよう配慮することも必要となる。こうした投資が着実に実施されるためには、一般送配電事業者が、今後必要となる投資の規模を精査し、その実施に必要な計画を策定した上で取組を進めていくことが重要とされる⁵⁷。

しかし、近年、電力需要の見通しは不透明化しており、送配電網に係る投資の予見性も低下している。我が国では、人口減少や省エネ・節電等の影響により当面は電力需要の減

⁵⁵ 再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会「中間取りまとめ(案)」(2019.12) 19～20 頁

⁵⁶ 持続可能な電力システム構築小委員会「中間取りまとめ(案)」(2019.12) 15～18 頁

⁵⁷ 電力レジリエンスワーキンググループ「台風15号の停電復旧対応等に係る検証結果取りまとめ」(2020.1) 41 頁

少が続くものと予想されており⁵⁸、託送料金収入の増加は見込めない状況にある。加えて、今後、再エネ等の自家発電の導入拡大が進めば、「デススパイラル⁵⁹」と呼ばれる託送料金収益の連鎖的減少に陥る可能性もある。こうした状況の中、現状における送配電費用に占める固定費の割合は約 80%に及ぶ一方、料金構成のうち基本料金による回収は約 27%にとどまっており、約 73%は従量料金として回収されているとされる。このため、基本料金比率を高める等の対応を行わないと安定的に固定費を回収できなくなるとの懸念が示されているほか⁶⁰、これまで費用を負担していなかった発電事業者に対して、受益分に応じた負担を課す制度（発電側基本料金）の導入も検討されている⁶¹。

また、必要な投資を確保しつつコスト効率化も実現していくためには、託送料金制度自体の改革も必要となる。例えば、現行の総括原価方式による規制料金の下では、一般送配電事業者の経営は安定する一方でコスト効率化のインセンティブが十分に働きにくいとされる。これに対処するため、電気事業法を改正し、事業者の効率化の努力が増益につながるような託送料金制度を創設することが検討されている（インセンティブ規制⁶²）。さらに、再エネに係る系統増強費用が想定を上回った場合など、料金を認可された時点では予見しえなかった外生的な費用を機動的に回収できていないという課題もある。これについて、「全国調整スキーム」による対応が検討されていることは既に述べたが、今後、レジリエンス強化等への対応も含め、より包括的な費用回収スキームが求められる可能性もある⁶³。

本稿で紹介したように、電力ネットワークの次世代化に向けて多くの施策が検討されているが、それらを実現するために必要な投資がなされないならば、いずれも画餅に帰すこととなる。電力システム改革の成果を十分に実のあるものにするためにも、「いかにして電力ネットワークに係るコストを低減しつつ投資を喚起するか」という問題と、「必要となる費用を、誰に、なぜ、どのような方法で課すのか」という問題への対応が求められている。

（なかむら なおき）

⁵⁸ 電力広域的運営推進機関「全国及び供給区域ごとの需要想定（2020年度）」（2020.1.15）

⁵⁹ 再エネによる自家消費が拡大した場合、発電所から送配電網を經由して需要家に供給される電力量が減少し、託送料金収益が減少することが予想される。送配電網の維持に係る費用が減少しない場合、これを補うためには託送料金の値上げを行わざるを得ない。託送料金の値上げは最終的には小売料金に転嫁され、電気料金の値上げにつながる。その結果、需要家にとって再エネによる自家消費がより割安で合理的な選択肢となることから、自家消費型の再エネの普及がさらに拡大し、託送料金収益の減少が加速することとなる。

⁶⁰ 一般社団法人日本経済団体連合会「総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 持続可能な電力システム構築小委員会 中間取りまとめ（案）に対する意見 ーパブリックコメント募集に関する意見ー」（2020.1.24）

⁶¹ 送配電網の維持・運用費用の負担の在り方検討ワーキング・グループ「中間取りまとめ」（2018.6）で具体的な制度の提案がなされ、第5次エネルギー基本計画（2018年7月）でもその導入について言及された（「第5次エネルギー基本計画」（2018年7月閣議決定）45頁）。現在、電力広域的運営推進機関において詳細な検討が進められており、2023年度の導入を目指すこととしている（電力広域的運営推進機関 第42回 制度設計専門会合 配布資料7「発電側基本料金の詳細設計について②」（令元.10.18）2頁）。

⁶² インセンティブ規制には「プライスカップ」と「レベニューキャップ」という二つの代表的な手法がある。プライスカップとは、価格に上限を設定し、その上限を超えない範囲で費用の回収を認める方式のことである。一方、レベニューキャップは、価格ではなく事業者の総収入に上限を設ける方式のことである。事業者の総収入に上限（レベニューキャップ）を設定し、一定期間はその上限を保つこととすることで、事業者の効率化努力により削減された費用分が事業者の利潤の増分となるため、強い効率化のインセンティブが働くこととなる。我が国では、レベニューキャップを導入する方向で電気事業法等の改正が検討されている。

⁶³ 脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会「中間整理」（2019.8）29～32頁