

太陽光発電出力 四国・九州で一時的に需要の8割に

再生可能エネルギー 「主力電源」化への課題

計量分析ユニット 計量・統計分析グループ 遠藤聖也

1. 太陽光出力 四国、九州で一時的に需要の8割を占める

昨今、太陽光発電、風力発電の普及が進展すると共に、その出力変動性に伴う影響が徐々に現れ始めている。電気事業者はこれら電源の変動する出力に柔軟に対応することが要求されるようになりつつある。九州エリアは以前からその影響が顕著であり、2018年4月末には太陽光発電設備の接続量が791万kWに達し、政府の系統ワーキンググループにて定められた30日等出力制御枠の817万kWに迫っている¹。4月末～5月頭の連休の低負荷時には出力制御（抑制）が行われる可能性も懸念されていた。結局、他の電源の抑制と揚水発電用動力による調整により出力制御は行われることはなかったが、4月29日には一時的に太陽光発電の出力が需要の8割に達した。

九州エリアに続く形で、他地域の電気事業者も出力変動対応を迫られている。四国エリアにおいても固定価格買取制度（FIT）施行以来太陽光発電が急速に増加しており、5月現在229万kWが系統に接続されている。5月5日には好天と連休中の低負荷が重なり、四国エリアにおける太陽光発電の出力が177万kWに達し、12時～13時の間に電力需要の8割をカバーした²。九州と同様、四国エリアにおいても他の発電設備の出力調整、揚水発電所、連系送電線の活用により需給バランスを保った。

近年、再生可能エネルギーの導入量は着実に増加している（図1）。特に太陽光発電はFIT施行に伴い導入量を著しく伸ばし、2017年9月末時点で4,199万kWに達していると推計される。このうち、2017年9月末時点でFITの対象となっている太陽光発電設備は3,677万kWである。認定を受けている設備容量に関しては、2017年のFIT法改正後に一部の未稼働案件の認定が失効したことで減少したが、それでも太陽光だけで7,168万kW（2017年9月時点）と、導入量に匹敵する認定済み・未稼働分があり³、今後も堅調に増加することが予想される。

¹ 九州電力株式会社 九州本土の再生可能エネルギーの接続状況 他

http://www.kyuden.co.jp/effort_renewable-energy_application.html

² 四国電力株式会社, プレスリリース「太陽光発電の普及拡大に伴う今春の需給への影響について」, 2018年5月21日 <http://www.yonden.co.jp/press/re1805/data/pr009.pdf>

³ 資源エネルギー庁 固定価格買取制度 情報公表用ウェブサイト

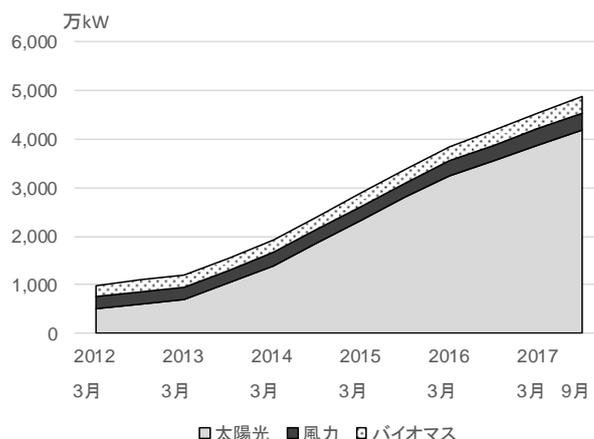


図1 再生可能エネルギー設備導入容量

出所) 資源エネルギー庁,新エネルギー部会資料、同,固定価格買取制度 情報公開用ウェブサイトなどから EDMC 推計

2. 変動性再生可能エネルギーの導入に伴う課題

今後太陽光発電の導入が更に進んだ場合に、どのような課題が生まれるのだろうか。国際エネルギー機関 (IEA) が本年1月に発行した報告書⁴では、太陽光、風力のような変動性再生可能エネルギー (VRE) が、電力システムに広く導入されていくまでの過程を4段階に分類し、各段階でのVREの影響と、電力システムの安定供給を維持するための対策が記されている (表1)。このフェーズ分類は再生可能エネルギーの導入量が電力需要に占めるシェアを参考に、地域毎の系統特性を勘案して行われている。日本 (全国) は4フェーズ中の2フェーズ目に分類されているが、九州エリアに限り3フェーズ目に分類されている。

表1 VRE 導入フェーズの特徴と課題

	フェーズ1	フェーズ2	フェーズ3	フェーズ4
システム全体の特徴	VREの容量は電力システムにほぼ影響を及ぼさないほど小さい。	VREの影響がシステム管理者に感知されるようになる。	VREの出力変動が、需給バランスに大きな影響を与える。	時間帯によってはVREの出力だけで需要を満たすようになり、需給バランス、系統安定性に大きな影響を与える。
既存発電設備への影響	有意な影響はない。	VREの出力変動に対応するために、小規模な運転パターンの変化を要する。	運転パターンの変化に加え、一部の発電所は起動と停止を繰り返す必要が生じる。	全ての発電所が起動と停止を繰り返し、VREの出力変動に対処する必要が生じる。
主要な課題	地域的な系統整備が必要な場合もある。	需要、VRE出力に応じたシステムの調整。	調整力を可能な限り確保すること。	出力の乱高下に耐える強靱なシステムの構築。
代表的な地域	メキシコ、インド	日本、オーストラリア	九州、イタリア、ドイツ	アイルランド、デンマーク

VRE：変動性再生可能エネルギー (太陽光、風力) を指す。

出所) IEA, System Integration of Renewables - An Update of Best Practice(2018)、筆者訳

日本が属しているフェーズ2はVREが発電量の3%~15%程度のシェアを占める段階で

⁴ OECD/IEA, System Integration of Renewables - An Update of Best Practice (2018)

ある。VRE が電力需給バランスに軽微に影響するものの、VRE の出力を予測し、他の発電所の出力を調整するなど、電力システムの運用を改善することで比較的容易、経済効率的に影響対応が可能な段階である、としている。

この段階での重要な課題は、VRE の出力変動を踏まえた運転計画の改善である。システム管理者は大量の発電設備とその運用状況を把握するためのデータシステム整備、あるいは統計的な把握が必要である。出力予測システムの導入もこれに資する。また、変動に効率よく対応するため、リアルタイムに近い運転計画、予備力の管理を要する。また、電力市場が整備されている場合には、妥当な価格設定を行うため価格ステップの短期化が必要とされている。

将来における課題を整理するために、フェーズ3以降の特徴についても触れる。当該文献では、VRE の大量導入に対する技術的、政策的な対策を提示している。フェーズ3のシステムでは発電量の10%~25%程度がVREによって占められている。分~時間規模での需給バランスの変動が顕在化し、一部の火力等発電所は起動、停止を繰り返すことが必要になる。このフェーズ3以降では、電力事業者や政策決定者に、根本的、多種多様な対策が推奨されている。運転計画の適応、制度の整備、地域配電網の強化などテーマは多岐にわたっており、主要なものを紹介する。

➤ 運転パターンの計画、実行の改善

この段階ではこれまでのフェーズとは異なる運転パターンの計画と実行が要求される。VRE の状況把握とコントロール、十分な送電容量と調整力の確保などが必要事項である。これらの取り組みは協調して計画的に行われる必要があり、報告書に実例が提示されている。

➤ 大規模電源としてのVRE導入のための政策、規制、市場の枠組み

これらの枠組みは運用、投資における重要な判断材料となる。VRE の大規模な導入は、5つの目標（①安定供給への対価を反映、②リアルタイムに近い運用判断、より効果的な価格形成による効率的運用、③投資喚起のための確実性確保、④環境問題等の負の外部性を価格に織り込む、⑤柔軟性の導入と開発を確保）に向かうことで達成される。

➤ システムと協調したVREの導入

適切な地点分布を促すインセンティブ付け（小売価格等の制度設計）、発電設備の正確なシステム価値（単体の発電費用だけでなく、系統対策費用、外部性などを踏まえた経済性）の把握と比較、それに基づいた意思決定により全体最適がなされる。

日本では九州エリアがこのフェーズに含まれ、国内で最も先進的な事例といえる。実際に、先述のとおり九州エリアでは一時的に需要の8割以上を太陽光が占めることがあり、ガス火力発電や揚水発電をフル活用しながら需給を調整している。総じて、VRE の大規模な導入が既存の系統運用とは大きく異なる運用を要求することが分かる。課題先進地域である九州エリアや諸外国の系統運用で得られる教訓を、他地域にも活かすことが望ましい。

3. 今後、日本で考えられること 再エネ「主力電源」化への道筋

未稼働案件と今後の投資

図2に2017年9月末時点の、各電力エリアにおけるFIT制度対象の再生可能エネルギー設備容量を示す。棒グラフの高さは認定量を示し、塗りつぶし部分が導入量である。2017年4月に改正FIT法が施行され、10kW未満太陽光の買取価格引下げ、接続契約の要件化などがなされた。これを受け、一部未稼働案件の認定が失効したが、それでも全国で3,491万kWの太陽光発電設備、607万kWの風力発電設備が認定後未稼働の状態にあり、これら設備の導入が進展すれば、需給バランスの維持が今後ますます困難な課題となる。とりわけ、今でもVREによる出力変動の影響を大きく受けている九州エリアでは、多くの容量が未稼働状態にあり、今後の導入次第で出力制御（出力抑制）が増え、VRE発電の事業性が変化することが予想される。

また、特定エリア、単一種類の発電設備が集中すると、出力が天候に依存するために同時に運転する傾向にあり、出力変動の影響が極端になる傾向にある。（これは自己相関効果、あるいはカニバリゼーション効果と呼ばれる）この影響を緩和するべく、一部地域、一部種類の発電設備への集中的な投資を避けるような政策配慮が求められる。

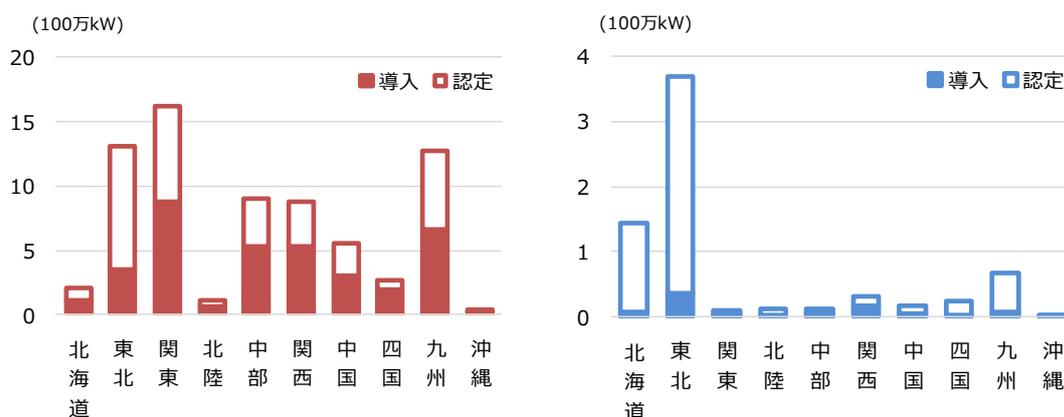


図2 FITによる再生可能エネルギー設備容量（左：太陽光 右：風力）2017年9月末時点

出所：資源エネルギー庁

経済性の妥当な評価を

発電における意思決定において、正確なコスト評価は当然不可欠である。ただし、VRE発電費用を評価する場合は、従来用いられていた kWh あたり均等化発電原価（LCOE）指標を用いて他の発電手段と横並びで比較することは難しい。一部の国では風力、太陽光による kWh あたり均等化発電原価がすでに他の電源と同等、場合によっては安価になっているが、この均等化発電原価は VRE 導入により新たに生じる、需給調整や系統接続に係る費用を含んでいない場合が多く、その解釈には注意が必要である。

VRE の経済性評価においては、発電設備の費用だけでなく、需給調整費用、系統接続費

用等を含めた包括的な評価が望ましく、OECD/NEA 等によりこの点を踏まえた経済性評価の研究⁵が進められている。しかし一般に、その評価結果の提示は単なる均等化発電原価の提示に比べ複雑なものになる。

その原因は2つあり、①発電量あたりの需給調整費用がVREのシェアに応じて変化すること、②系統接続費用は需要、他の電源、既存送配電網などの系統特性に応じて変動するものであり、一概に決定しがたいためである。とりわけ、①の点は重要であり、一部地域への大規模なVRE導入は、現状の実績から見積もられる以上の調整費用の増大をもたらす。

経済性を評価する者はこの点に留意し、評価に適した前提を置くか、あるいは感度解析的に複数のシナリオに基づいた評価を行い、その前提を示すことが求められる。また評価を解釈する側はその費用が発電設備以外の費用をどの程度含んでいるか、含んでいた場合その前提は妥当なものかを注意深く確認する必要がある。

「主力電源」に向けた着実な進歩を

5月16日に資源エネルギー庁にて行われた「総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会（第27回会合）」では、本年閣議決定予定の第5次エネルギー基本計画の改訂案が取りまとめられた。分科会で議論された改訂案の中には、再生可能エネルギーを「主力電源」に据える中長期的な指針が打ち出されている。

直近数年間の国際潮流として、再生可能エネルギー発電の費用は大きく低下しており、また、昨年電気自動車が著しく脚光を浴びたことで、蓄電池技術が進展しVREの出力変動を調整する有力なオプションとなる可能性が期待される。このような世界的なトレンドを背景に、再生可能エネルギーの大規模導入を期待する声が上がっている。それでもなお、変動性再生可能エネルギー中心のシステムによる電力の安定供給には大きな課題が複数存在しており、特に日本においては域外からの連系送受電が困難であるため、当面は需給調整を国内で完結させる必要がある、といった独自の事情も踏まえなければならない。

VREの急激な導入は、需給調整費用を加速度的に増加させ、想定以上の費用負担を招く恐れがある。再生可能エネルギーと、蓄電池あるいは水素技術を組み合わせ余剰電力を活用するアイデアは理に適っているように見えるが、実際は蓄電、水素技術側の設備利用率が低くなってしまい、現状の費用水準では経済合理的とは言いがたい。再生可能エネルギーと電力貯蔵設備で電力システムの大部分をまかなうことは現状困難であるといえる。

そのため、当面は既存のシステムの運用を改善しながら必要な投資を続け、導入量を地道、着実に拡大させ続け、他方で蓄電技術（あるいは、他の低炭素技術）革新への投資を進めていく、着実かつ焦ることのない進歩が求められる。

お問い合わせ：report@tky.ieej.or.jp

⁵ OECD/NEA, The Full Costs of Electricity Provision (2018) など