

研究指導 石光 真 教授

電力系統安定化としての VPP 事業

佐々木 大成

1. 研究背景

1.1 電力系統安定性について

近年、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの導入が促進されているが、再生可能エネルギーのうち、自然変動電源である太陽光発電や風力発電は天候によって出力が変動するため、電力系統の安定性に多大な悪影響を与える。

電力需給は、常に需要＝供給の関係でなければならない。需給のバランスが崩れてしまうと、周波数に乱れが生じ、発電所などに悪影響を与え、停電につながる。

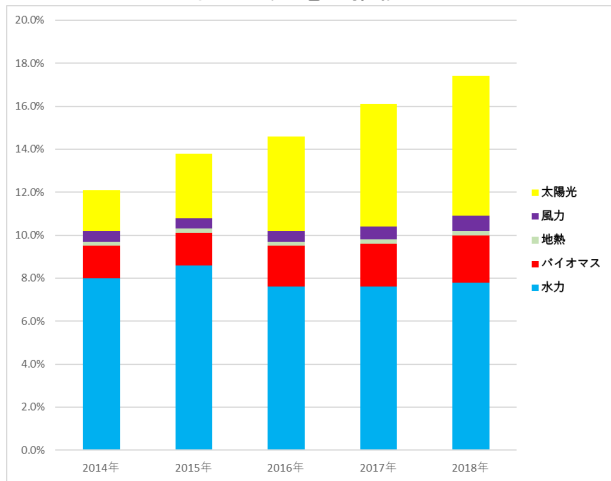
自然変動電源である再エネ由来の電気を電力系統に導入する際には、火力発電などで発電量を調整して需給バランスが崩れることを防いでいる。

1.2 日本における再エネの割合

再生可能エネルギーの導入は、2014年は12%だったのに対して2018年には17.4%まで増加した。そのうち太陽光発電の割合は、2014年は2%だったのに対し、2018年には6.5%と大きく変化している。

経済産業省の「エネルギーミックス2030(2015)」では再エネの割合を22~24%にするという目標がなされている。

図表 1: 日本の年間発電量に占める再エネ発電の推移



出所:「2018年(暦年)の国内の自然エネルギー電力の割合(速報)」[2]より佐々木作成
また、経済産業省の「第5次エネルギー基本計画

(2018)」では、化石燃料主電源の発電はフェードアウトさせ、再エネ・原子力などを主電源とした発電を行うことを目標としている。

このことから、系統安定性を強化する必要性がますます高まっている。

2. VPP 事業について

2.1 VPP(バーチャル・パワー・プラント)とは

VPP(バーチャル・パワー・プラント)とは、電力系統に直結されている発電設備、蓄電設備などの分散設置されたエネルギーリソースを、ICTを活用してアグリゲート(集約)し、あたかも1つの発電所のように制御することである。このアグリゲートされた電力量を、ソースアグリゲーター¹、アグリゲーションコーディネーター²を通して小売電気事業者へと委ね、電力需要家へ供給される。

2.2 VPP 事業の内容

経済産業省は2016年4月に「エネルギー革新戦略」を発表し、その主な内容は、省エネ対策、再エネの拡大、新たなエネルギーシステムの構築の3点である。この、新たなエネルギーシステム構築として挙げられるのがVPP事業である。

VPP事業者が提供するものは調整力、卸電力、需要家向けエネルギーマネジメントの3種類である。

調整力については、平常時または緊急時に行う需給調整のために、送配電事業者が事前に確保しておくべき調整力を確保する。蓄電池等の応答性・制御性に優れたリソースの増加により、これまで大規模電源が提供していた調整力を、需要側設備が提供することが可能になった。

卸電力については、供給力としての電力を相対取引及び卸電力取引市場を通じたやり取りで送配電事業者に提供している。

需要家向けエネルギーマネジメントについては、需要家に導入されたエネルギーリソース(太陽光発電、蓄電池など)を制御し、ピークカット、安価な夜間電力の活用、太陽光発電向けの自家消費最大化、等の需要家向けサービスを提供する。

VPPのエネルギーリソースとなる設備は、主に住宅、ビル、工場、商業施設(大型店舗、スーパーマーケット等)、公共施設(学校、上下水処理場等)、次世代

¹ 分散型エネルギーを、ネットワークを結んで集約し、系統運者、電力会社等に集約した調整力や供給力等の電力を供給、販売することである。

² リソースアグリゲーターが制御した電力量を束ね、一般送配電事業者と直接取引を行う事業者である。

自動車(EV、PHV等)の6種類がある。これらの設備に据え置き型蓄電池を主体に、再生可能エネルギーとして太陽光発電を組み合わせている。家庭用蓄電池よりも産業用蓄電池を導入しているケースが多くその割合も高い。蓄電池以外のエネルギーリソースは、住宅では、空調・照明などの電気器具、ヒートポンプ給湯器などの熱源機器などが主なリソースである。ビルや工場、そして商業施設では、空調・照明から汎用・専門機関なども含めた電気設備、蓄熱層・冷凍冷蔵機器などの熱源設備、コージェネレーションシステムシステム・自家発電機などの分散電源などをリソースとしている。

3. 系統安定化の手段

3.1 VPP 事業に関係する系統安定化の手段

3.1.1 調整用火力発電

火力発電は、燃料の投入量を変化させることにより、出力をコントロールすることができる。天候などの要因によって太陽光や風力などの再エネ由来の電力が計画通りに発電できず、供給力不足や供給力超過で需給バランスが崩れるといった場合には、火力発電による出力を増減させることで需給バランスを調整している。

3.1.2 デマンドレスポンス導入

デマンドレスポンスとは、電気の需要(消費)と供給(発電)のバランスをとるために、需要家側の電力消費を制御することである。電力不足の恐れがあるときは、要請に応じて需要家が消費を抑える場合と、電力の供給が多いときは、要請によって消費を増やす場合がある。

デマンドレスポンスは主に自由参加型デマンドレスポンスと命令型デマンドレスポンスの2種類がある。自由参加型デマンドレスポンスとは、「時間帯別料金」、「ピーク時料金」など、電力需要ピーク時の料金を割高にし、家庭や会社で電力消費を抑制するよう促す仕組みである。命令型デマンドレスポンスとはあらかじめ電力会社と契約を結んだ需要家が、電力需給逼迫時に電力会社からの要請に応じて節電し、その節電量に応じてインセンティブが得られる仕組みである。

3.1.3 太陽光発電出力予測・出力制御

気象予報や太陽光発電の出力状況把握技術の確立のもと、日単位や数時間単位の太陽光発電の出力予測をすることで、電力系統安定化へつなげる。また、電力需要を大きく上回る太陽光の発電量が出してしまった場合に電力会社側が太陽光発電出力制御することも電力系統安定化へつなげることができる。

3.2 その他の系統安定化の手段

3.2.1 FIT(固定価格買取制度)の見直し

FIT(固定価格買取制度)とは再生可能エネルギーを普及させるための制度であり、再生可能エネルギーで発電された電気を国が定めた価格で一定

期間内電力会社が買い取るように義務づけたものである。

日本においては2012年から導入が始まっており、住宅用太陽光発電は10年、風力と事業用太陽光発電は20年の買い取り期間が設けられている。

電力系統の不安定化を招いている根本的な理由は再生可能エネルギーの増加であるため、FIT(固定価格買取制度)の見直しは結果的に系統安定化につながる。

3.2.2 系統連系線強化

系統連系線とは、電力会社どうしが電気を相互にやり取りするために用いる送電設備である。気温変動、発電所事故、大規模災害などによる電力需給の逼迫に備え、電力会社間で電力融通を行う機能を担っている。

日本には、「北海道・本州間連系設備(北本連系線)」、「東北・東京間連系線」、「中部・北陸間連系線」、「関西・中国間連系線」2本、「関西・四国間連系線」、「中国・四国間連系線」、「中国・九州間連系線」、周波数の異なる東日本と西日本との間で周波数変換する「新信濃周波数変換設備」、「佐久間周波数変換設備」、「東清水周波数変換設備」という主要な13の連系線がある。

変動型再エネ電源の発電量が多くなった場合や少なくなった場合に連系線を通じて地域間で送電することで系統安定化を図る必要がある。現在の連系線で送電できる容量には限界があるため強化する必要がある。

3.2.3 揚水発電

揚水発電とは夜間・休日などの需要が少ない時間帯、太陽光発電量の多い真昼などに電力系統の電力・周波数・電圧・力率の調整のため、ほかの発電所の余力電力で下部貯水池から上部貯水池へ水をくみ上げておき、需要が増加するときに上部から下部へと水を導き落とすことで発電する水力発電方式である。

4. 研究目的・新規性

再生可能エネルギー導入により、これから系統安定化が必要に状況になることが予想される。そこで、日本においてVPP事業を商用化するためにはどうしたらよいか、実際に導入されているアメリカやドイツを中心に調べ、考察していくことを目的とする。

VPP事業を系統安定化の手段として研究した先行研究は存在しないため、本研究の新規性はVPP導入を系統安定化の手段として考察することである。

5. 先行研究

松尾・田子(2015)では、今後の電力システム改革とVPP事業の関連性・有効性に関して考察している。

VPP事業の発展により、需要家側の設備を用いた再生可能エネルギーの変動吸収が可能になれば調

整用火力を増強せずに再生可能エネルギーの受入量を拡大できる可能性があり、この調整力を電力小売や送配電会社に提供することでVPP事業が成立する可能性は高いと述べている。

6. 日本のVPPの現状

現在、日本でのVPP事業は実証段階で商用はされていない。日本で行われる実証段階のVPP事業は、統合制御に関する技術実証の実施、エネルギーリソースの遠隔制御対応(IoT)化、EVを系統に接続し充放電する技術の検証の取り組み、需要家側エネルギーリソースの有効利用及び需給調整への活用を通して、再生可能エネルギーの導入拡大、さらなる省エネルギー、系統安定化へのコストの低減を目標としている。特に再エネ出力抑制発動エリアでのデマンドレスポンスによる出力抑制サービスを提供することで系統安定化を図ることを実証している段階である。

7. 外国におけるVPP事業

7.1 アメリカのVPP事業

7.1.1 EnerNOC社のVPP事業

アメリカにおけるVPP事業の例としてEnerNOC社があげられる。電力需要家に対し、消費電力を監視する包括的デマンドレスポンスアプリケーションや無線通信機能と制御機能を持つ機器など、デマンドレスポンス市場に参加するための様々な技術を提供している。これらを通して需要家の電力使用状況を監視、制御し、デマンドレスポンスを実現している。VPPリソースは再エネ、蓄電池、非常用発電設備である。デマンドレスポンスの方法として具体的には3つの方法がある。1つ目は、電力需要家が行使価格を登録し、市場価格がそれに近づくと自動的に需要家エネルギー削減要求の連絡がされ、需要家はエネルギー使用を削減するという自由参加型の料金ベースのプログラムである。2つ目は緊急イベント時、電気事業者から信号が発せられると、需要家に自動的にエネルギー削減要求の連絡がされ、需要家側はエネルギー使用を削減する命令型のプログラムである。配電網事業者や電力事業者により、送電線断絶や大規模発電所の停電など短時間の瞬間予備力要請が実施される際に利用されるプログラムである。

7.1.2 カリフォルニア州における蓄電池導入の拡大

カリフォルニア州では、送配電用蓄電池より需要家用蓄電池の導入拡大が進んだことで、需要家用蓄電池に系統への調整力の機能を持つことが要求され始めている。需要家用蓄電池を中心とした政策として、ピーク需要時の電力供給を義務付ける自家発電の導入補助制度、ピーク予備電源を確保するためのデマンドレスポンスによる市場取引(リソースは蓄電池)、2020年1月より新築住宅にソーラーパネル

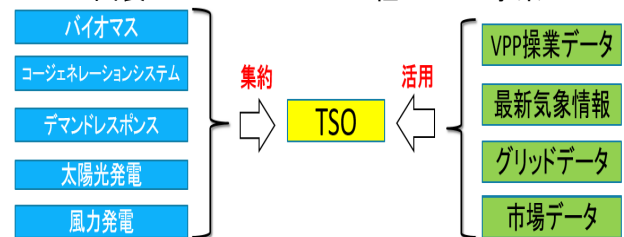
を設置することを義務付け、太陽光発電の自家発自家消費の促進がある。

7.2 ドイツにおけるVPP事業

7.2.1 Next Kraftwerke社

ドイツにおけるVPPの事例としてまず、Next Kraftwerke社があげられる。同社はバイオマス、コージェネレーションシステム、デマンドレスポンス、太陽光発電、風力発電等の分散型エネルギーをアグリゲートし、TSO(送電系統運用者)が運営する需給調整市場への予備力供給および、電力取引市場における電力取引によって収益を得ている。VPP操業データ、最新気象情報、グリッドデータ、リアルタイムの市場データなど、様々な情報を複合的に活用することで従来型の電力取引業者にはない優位性を持っている。

図表 2: Next Kraftwerke 社の VPP 事業

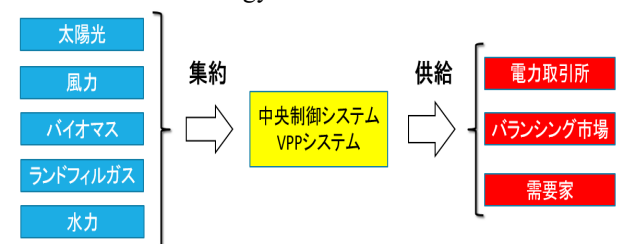


出典:「諸外国におけるバーチャルパワープラントの実態調査」[16]より佐々木作成

7.2.2 Energy2Market社

また、もう1つの例としてEnergy2Market社があげられる。同社のVPPサービスは、太陽光、風力、バイオマス、ランドフィルガス、水力による発電設備をアグリゲートしている。各発電設備は、リアルタイムの発電量を中央制御システムに提供し、VPPシステムは各発電設備の発電量を制御している。アグリゲートした電力は電力取引所における電力取引、バランス市場への予備力の提供、需要家への供給に活用されている。

図表 3: Energy2Market 社の VPP 事業



出典:「諸外国におけるバーチャルパワープラントの実態調査」[16]より佐々木作成

8. 考察

8.1 アメリカに学ぶ日本のVPP事業

アメリカのVPP事業は需要家用蓄電池を用いることで電力系統への調整力の機能を確立している。さらには新築住宅にはソーラーパネルを設置することを義務付け、太陽光発電導入促進がと系統安定化

を両立させている。

日本におけるVPP実証事業では、蓄電池を導入し、太陽光発電と組み合わせることで系統安定化を図っている。したがって、商用化の段階においても、家庭用、産業用でも蓄電池の導入を義務付ける必要性がある。余った電力は蓄電する方式をとれば、より系統安定化が可能になると考える。

8.2 ドイツに学ぶ日本の VPP 事業

ドイツにおいては、バイオマス、コージェネレーションシステム、デマンドレスポンス、太陽光発電、風力発電等の広い範囲のエネルギーリソースを用い、それをVPP最新気象データ、グリッドデータ、リアルタイム市場データなどの様々な情報を複合的に活用することでVPP事業を確立している

日本では広い範囲でのエネルギーリソースを用いたVPP実証は行われているものの、様々な情報を複合的に活用することはそれほど進んでいない。そのため、ドイツのようなシステムを導入することで、変動電源型再エネ導入促進が進んでいくなかでもより効率的な系統安定化を図ることが可能となると考える。

参考文献

- [1] 「再エネの大量導入に向けて～「系統制約」問題と対策」経済産業省資源エネルギー庁(2017)
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/saie/keitouseiyaku.html>
- [2] 「2018年(暦年)の国内の自然エネルギー電力の割合(速報)」認定NPO法人環境エネルギー政策研究所(2019)
<https://www.iseip.or.jp/archives/library/11784>
- [3] 「バーチャルパワープラント(VPP)・ダイヤモンドレスポンス(DR)とは」経済産業省資源エネルギー庁
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/vpp_dr/about.html
- [4] 山本(2018)「VPP市場の現状と市場の育成」一般財団法人日本エネルギー経済研究所
<https://eneken.ieej.or.jp/data/7831.pdf>
- [5] 「2018年度需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金 成果報告書」一般財団法人環境共生イニシアチブ(2018)
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/pdf/009_08_00.pdf
- [6] 「「関西 VPP プロジェクト」H30 年度実証結果と今後の取り組み」関西電力株式会社(2019)
https://sii.or.jp/vpp30/uploads/B_1_1_kepco.pdf
- [7] 「再生可能エネルギー拡大に欠かせないのは「火力発電」!？」経済産業省エネルギー庁(2017)
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/saie/tyoseiryoku.html>
- [8] 「デマンドレスポンスとは？」エコめがねエネルギーBLOG(2018)
<https://blog.eco-megane.jp/%E3%83%87%E3%83%9E%E3%83%B3%E3%83%89%E3%83%AC%E3%82%B9%E3%83%9D%E3%83%B3%E3%82%B9%E3%81%A8%E3%81%AF%E3%81%BC%E3%81%BC/>
- [9] 「太陽光発電出力予測出力予測実証事業」経済産業省(2013)

- [10] 「出力予測技術を使った変動電源の安定化対策」独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)(2015)
https://www.nedo.go.jp/nedoforum2015/program/pdf/ts9/1/akihiro_iwata_0309.pdf
- [11] 「【宅用】光発電の出力制御って何？出力制御対応機器とは？」SOLAR PARTNERS(2016)
<https://www.solar-partners.jp/pv-success-guide-51783.html>
- [12] 「「FIT(固定価格買取制度)」とは？私たちの生活への影響とこれからを解説します」エネチェンジ(2019)
<https://enechange.jp/articles/feed-in-tariff>
- [13] 「連系線(レンケイセン)とは」コトバンク
<https://kotobank.jp/word/%E9%80%A3%E7%B3%BB%E7%B7%9A-1722017>
- [14] 「揚水式水力発電」電気事業連合会
<https://www.fepc.or.jp/enterprise/hatsuden/water/youusuishiki/index.html>
- [15] 松尾・田子(2015)「VPP(Virtual Power Plant)で実現する電力の需給管理」UNISYS TECHNOLOGY REVIEW 第123号
https://www.unisys.co.jp/tec_info/tr123/12302.pdf
- [16] 「諸外国におけるバーチャルパワープラントの実態調査」株式会社三菱総合研究所(2017)
https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H28FY/000583.pdf
- [17] 「太陽光発電、導入量米国 No.1!カリフォルニア州の注目度、CSIとは」SOLAR JOURNAL(2019)
<https://solarjournal.jp/solarpower/31321/>