

## 日本のカーボンニュートラル実現に向けて ～仮想発電所（VPP）活用の可能性～

2050年カーボンニュートラルに向けて太陽光や風力などの変動性の再生可能エネルギーが大量導入される中で、仮想発電所（VPP）の活用が進むと予測される。電力会社が大型設備で発電を一手に引き受けてきた状況から一変し、VPPは需給バランス確保のために多様なプレイヤーが参加する仕組みである。先行している欧州の事例も紹介しながらVPPの仕組みを紐解いていきたい。

### 1. 分散型エネルギーリソースの活用

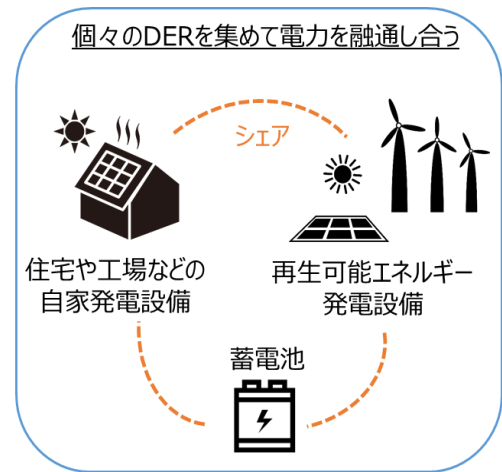
#### （1）大規模集中型システムから分散型エネルギーリソースへの移行

従来の日本では、安定性と経済効率性の観点から火力発電や原子力発電などの大規模集中型の電力システムが社会や経済発展の基盤となってきた。しかし2011年に東京電力福島第一原子力発電所の事故により電力の供給量不足に陥った結果、計画停電の実施に至った。この時、大規模集中型システムの脆弱性が露わになったものの<sup>1</sup>、火力発電の電力比率を高めることで供給量不足を回避できた。

昨今、世界が脱炭素化を目指す中で、改めて化石燃料を用いた火力発電に対し厳しい目が向けられている。そこで日本でも「分散型エネルギーリソース（Distributed Energy Resources、以下 DER）」を用いた仕組みに注目が集まっている。DERとは、比較的小規模な再生可能エネルギー（以下、再エネ）や、住宅や工場などの自家発電設備、蓄電池などを指す<sup>2</sup>。大規模集中型システムが遠隔地の大きな設備で発電し送配電する仕組みである一方、DERは単体では電力量が小さいため、域内の複数の設備を

上手く繋げて1つのシステムとして電力を賄う仕組み作りが欠かせない（図表1）。

＜図表1＞分散型エネルギーリソースの例

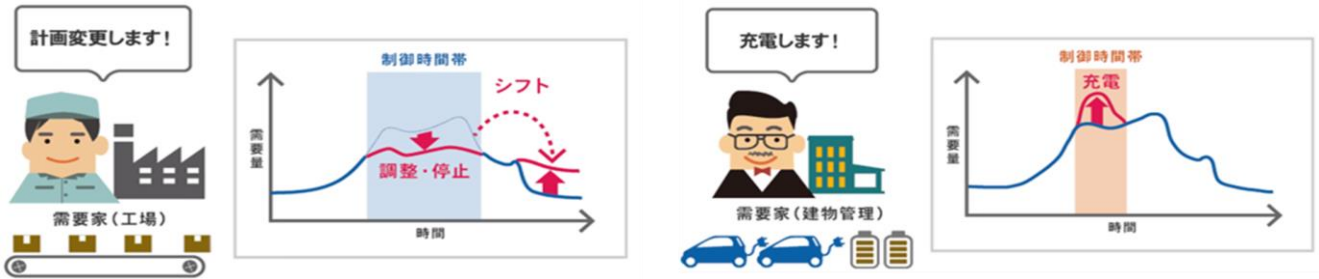


（出典）SOMPO 未来研究所作成

#### （2）需給バランス保持のための需要家側の調整意義

電気は単体では貯蔵できない性質を持っているため、常に需給バランスを保つことが必要になる。需要量か供給量のどちらかが他方より多くなりバランスが崩れると、停電に繋がる恐れがある。大規模集中型システムは電力需要に合わせていかに安定的な供給を図るかが管理の焦点であった。対して、DERは比較的小規模な電源も多く供給側のコントロールだけでは需給バランスの維持が難しく、需要側も含めた管理の在り方が課題になる。DERは電力の需要家側である個人や企業が所有しているケースも多い。そこで、個々の需要家の発電量と消費電力量のバランス、域内の需給バランスを同時に調整する方法が取られる。協力する需要家に需給調整の対価として報奨金を支払いつつ、例えば工場の生産計画を電力需要の少ない時間帯へシフトしてもらい、域内の発電量が多い時間帯に蓄電設備を持つ需要家に充電を実施してもらい等の方法を取ることが考えられる（図表2）。

＜図表 2＞需要家側を制御するイメージ



(出典) 経済産業省 HP の説明動画「バーチャルパワープラント」より SOMPO 未来研究所編集

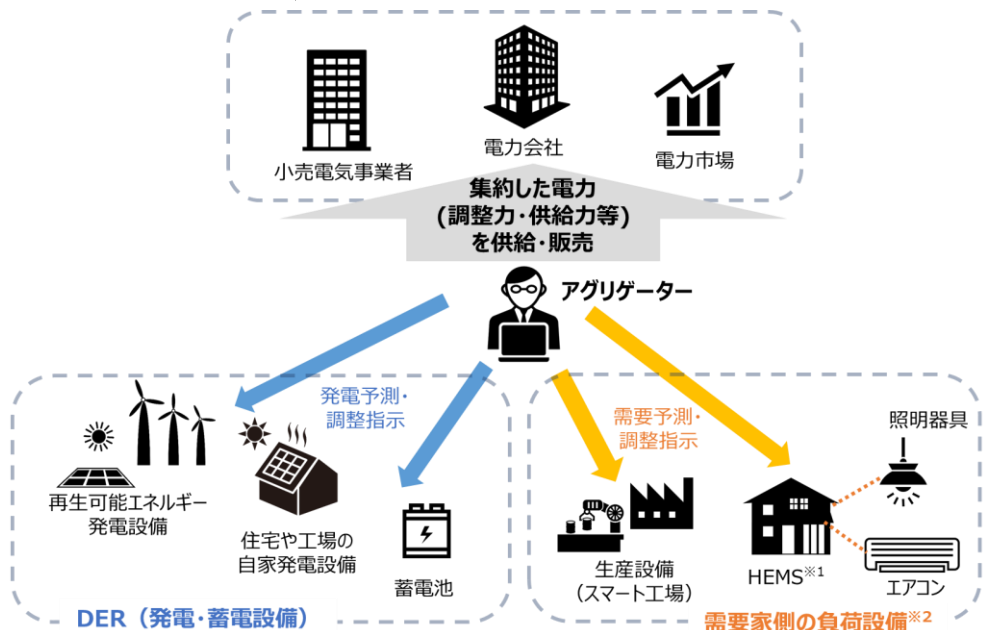
昨年 10 月、日本において 2050 年カーボンニュートラル（以下、CN）が宣言された。CN 達成のためには再エネの主力電源化が大前提にあり<sup>3</sup>、中でも太陽光や風力等の DER である再エネを上手く活用する必要がある。太陽光や風力は時間帯や気象条件などで発電量に変動を生じるため、需給バランスを取る調整力<sup>4</sup>がこれまで以上に強く求められる。しかし、今まで供給の調整弁として使われてきた化石燃料を用いた火力発電は、脱炭素化のために今後縮小していかざるを得ない。そのため、これから再エネの大量導入を図るには、個々の需要家に働きかけるようなきめ細かな調整力が必要になる。

## 2. DER を束ねて制御する仮想発電所の発想用

### (1) 仮想発電所と日本の動き

再エネを主とした DER が拡大局面にある中で、調整力を提供する仕組みの 1 つとして注目を集めているのが「仮想発電所（Virtual Power Plant、以下 VPP）」である。VPP は DER をネットワークで結んで集約した電力（調整力・供給力等）を電力市場や電力会社等に供給・販売する仕組みである<sup>5</sup>（図表 3）。多数の DER をあたかも 1 つの発電所のように機能させ、安定的な電力供給を行う。CN に向けて蓄電池などの DER が増えることも VPP の仕組みの後押しになる。VPP の発電容量は、世界最大規模といわれるドイツの Next Kraftwerke 社で 2.45GW（ギガワット）程度となっており、日本の石炭火力発電が 1 基約 1 GW（約 35 万世帯分相当<sup>6</sup>）であることから鑑みると 2~3 基分に相当する<sup>7</sup>。

＜図表 3＞仮想発電所（VPP）のイメージ



(※1) Home Energy Management System（ホーム エネルギー マネジメント システム）の略。家庭で使うエネルギーを節約するための管理システム  
 (※2) DERの1つと位置付けられる。

(出典) SOMPO 未来研究所作成

DER を持つ個人や企業に代わり全体を統合・制御し VPP などのサービスを提供する事業者をアグリゲーターと呼ぶ<sup>8</sup>。アグリゲーターは DER を集めて需給バランスを調整し、その電源を小売電気事業者等に販売する<sup>9</sup>（図表 4）。

日本では 2016 年度より経済産業省支援のもと VPP 実証実験が開始され、今年度まで蓄電池などの DER 制御技術の確立や精度向上等が進められてきた。今後 2022 年度

に向けては、卸売電力価格に連動した時間別料金に合わせて、電池の充電を電力料金が高い時間から安い時間に誘導するなど、効率的な電力システムの構築が予定されている<sup>10</sup>。技術面に加え、VPP 本格導入に向けた制度調整も始まっている。1 つ目はビジネスの収益化に必要な各種市場制度である。日本では 2020 年度に容量市場<sup>11</sup>が開設され、2021 年度には需給調整市場<sup>12</sup>が開設される。市場への入札量は 1,000kW 以上と決められており、小規模な DER もアグリゲーターによって集約されることで参画できる環境が整う。2 つ目はアグリゲーター制度の導入である。電気事業法等の改正により 2022 年度よりアグリゲーターを特定卸供給事業として法令上位置づける予定となっており、現在制度設計の詳細が議論されている<sup>13</sup>。

アグリゲーターには電力関連以外にも通信会社や商社、自治体などが参入すると考えられる。国内市場は大よそ 2030 年度に 730 億円（2015 年時点のドイツやイギリスと同等水準<sup>14</sup>）になると予測されている<sup>15</sup>。

## （2）欧州における VPP の動向

欧州のドイツやイギリス等では 2 つの要素が揃うことで 10 年以上前から VPP の活用が先行している<sup>16</sup>。1 つ目は需給調整市場によって供給力確保が必要となったことである。2 つ目は再エネの導入拡大とそれに伴う制度変更である。固定価格買取制度（FIT）から市場連動型の制度（FIP）<sup>17</sup>へと移行する中で、発電者は予め報告した計画量と実発電量を合わせる義務や電力販売先を自ら確保する必要がある<sup>18</sup>。

VPP で収益化しやすい仕組みの構築は重要である。前述のドイツの Next Kraftwerke 社は DER 保有者に対し遠隔で需給バランスの調整を図るだけでなく、最適なタイミングで市場入札を行うことによって需給調整市場から収入を得ている。ドイツ等の需給調整市場では、秒単位の高速度で応動可能な電力ほど高い落札価格で取引されており、日本でも相応の速度で応動できる DER を多数見つけて束ねることができるかという点が重要な技術課題となると予想される<sup>19</sup>。

ここで、需要家向けに提供している sonnen 社の VPP のビジネスモデルを紹介したい。

sonnen 社はドイツの蓄電池製造ベンチャーとして 2010 年に設立された。同社は蓄電池の販売に留まらず、2015 年に月額 19.99 ユーロで参加できる sonnenCommunity というサービスを開始<sup>20</sup>。顧客間で余剰電力を融通できるサービスの提供や、アグリゲーターとして市場取引を代行し発電量に応じて対価を還元することで、コミュニティメンバーの電気料金の負担を軽減している。更に同社は太陽光発電や蓄電池が設置できない世帯にもグリーン電源を安価に提供することをメリットとしてサービスを提供している<sup>21</sup>（図表 5）。sonnenCommunity はドイツ全土に広がっているため、例えばドイツの北東部の天候が雨の場合に、晴れて

＜図表 4＞アグリゲーターによるサービス例

便益の受け手	主なサービス概要
送配電事業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>需給バランスのための調整力を需給調整市場等を通じて供給し、系統安定化に寄与。</li> <li>国全体で必要となる供給力を需給調整市場等を通じて供給。</li> </ul>
小売電気事業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>電力量やネガワット(節電等で浮いた余剰電力)を市場経由や相対売買等にて供給し、電力調達や需給量の差分が生じたことによるペナルティ料支払の回避に寄与。</li> <li>小売電気事業者が必要とする供給力等を供給。</li> </ul>
需要家	<ul style="list-style-type: none"> <li>省エネやエネルギーマネジメント(管理)による電力料金の削減。</li> <li>供給余力のある電源や蓄電池を活用した電力量やネガワットの販売等、保有設備の最適利用による利益の最大化に寄与。</li> </ul>

（出典）日本政策投資銀行「動き出す電力業界の新ビジネス」をもとに SOMPO 未来研究所作成

いる南西部のコミュニティメンバーの余剰電力を融通してもらえるとといったメリットがある。このように顧客に対して様々なニーズに対応することで、VPP の成功要件の 1 つである顧客の囲い込みに成功していると考えられる。

同社は 2019 年に石油メジャーのシェルに買収され、また、2019 年末には日本法人である sonnen Japan を設立している<sup>22</sup>。

<図表 5> sonnen 社が提供する sonnenCommunity のサービス

サービス名	対象者	特徴
sonnenFlat	sonnen社の太陽光発電・蓄電池を購入する世帯	<ul style="list-style-type: none"> <li>・sonnen社製の太陽光発電と蓄電池を購入。</li> <li>・自家発電の余剰電力をコミュニティ内で共有。不足している際は無料で供給されるため、実質電気代が0ユーロ。</li> <li>・自家発電の電気の未使用分はキャッシュバックされる。</li> <li>・sonnen社のVPPの一部になる。最新のsonnenバッテリーの場合、約77～178 ユーロ/年(容量による)の利益分配が10年間保証される。</li> </ul>
sonnenFlat direkt	既に太陽光発電設備を所有している世帯(卒FIT等)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自家発電の余剰電力をコミュニティ内で共有。不足している際は無料で供給されるため、実質電気代が0ユーロ。</li> <li>・sonnen社の蓄電池を設置している場合、sonnen社のVPPの一部になる。最大約178ユーロ/年の利益分配が保証される。</li> <li>・ビジネス目的の場合は、税制上の優遇措置を受けられる可能性がある。</li> </ul>
sonnenStorm	太陽光発電や蓄電池を設置できない世帯	<ul style="list-style-type: none"> <li>・太陽光や蓄電池を持たなくとも、電気料金26セント/kWhでグリーン電源の使用が可能。</li> <li>・電力会社から独立しているため、電気料金の高騰の影響を受けづらいというメリットもある。</li> <li>・sonnenDriveのサブスクリプション用の電気自動車を使用できる。</li> </ul>

(出典) sonnen 社の HP をもとに SOMPO 未来研究所作成

欧州の VPP のビジネスモデルは、更に顧客ニーズに合わせた形へと進化を遂げている。sonnen 社のような需要家への安価な電気料金サービスや、数時間先の自家発電の発電量を予測・モニタリングをしつつ、変動する卸売電力価格に合わせて需要家がアプリで自ら売買のタイミングを決定できるサービスなど、各社の工夫が見られる<sup>23</sup>。

### 3. おわりに

日本では 2030 年代にはガソリン車販売禁止の方向が打ち出されており、電気自動車の大量導入が予想される。電気自動車の蓄電設備は、DER として VPP の仕組みでの活用が期待される。VPP システムには今後追加される可能性のある多様な DER を柔軟に追加できる仕様も求められる。

日本においても CN に向けた再エネ大量導入に伴い、調整力を提供する VPP は欠かせない仕組みとなるはずだ。2021 年度の需給調整市場の開始や 2022 年度のアグリゲーター制度の開始など、VPP を収益化するための制度も整い始めている。実証実験を積み重ねながら、技術面を磨いて正確に需給コントロールができ、かつ市場に上手く連動させたシステムが構築されていくことを期待したい。

【研究員 松崎 絢香】

<sup>1</sup> 井熊均「電力小売全面自由化で動き出す分散型エネルギー」(B&T ブックス 日刊工業新聞社、2014 年)

<sup>2</sup> 市村健「電力システム改革の突破口 DR・VPP・アグリゲーター入門」(オーム社、2021 年)

<sup>3</sup> 内閣官房「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」(2020 年)

<<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/seicho/seichosenryakukaigi/dai6/siryou2.pdf>> (最終閲覧日 2021 年 3 月 12 日)

<sup>4</sup> 発電機、蓄電池、デマンドリスポンスその他の電力需給を制御するシステムその他これに準ずるものの能力。

電力広域的運営推進機関「調整力の定義及び調整力確保計画の対象について」(2015 年)

<[https://www.octo.or.jp/iinkai/chouseiryoku/2015/files/chousei\\_06\\_06.pdf](https://www.octo.or.jp/iinkai/chouseiryoku/2015/files/chousei_06_06.pdf)> (最終閲覧日 2021 年 3 月 19 日)

- 5 関西電力「VPP ビジネスの過去、現在、そして未来」(2018年)  
<[https://www.chugoku.meti.go.jp/latestnews/pdf/shinene/181005\\_2.pdf](https://www.chugoku.meti.go.jp/latestnews/pdf/shinene/181005_2.pdf)> (最終閲覧日 2021年3月15日)
- 6 東京電力ホールディングス「【火力発電所に潜入!】電気はこうして作られる」(2016年)  
<[https://www.tepco.co.jp/toudenhou/fp/1299810\\_9045.html](https://www.tepco.co.jp/toudenhou/fp/1299810_9045.html)> (最終閲覧日 2021年3月24日)
- 7 三菱総合研究所「諸外国におけるバーチャルパワープラントの実態調査」(2017年)  
<[https://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/H28FY/000583.pdf](https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H28FY/000583.pdf)> (最終閲覧日 2021年3月9日)
- 8 経済産業省「エネルギー・リソースアグリゲーション・ビジネスハンドブック」  
<[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/advanced\\_systems/vpp\\_dr/files/erab\\_handbook.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/vpp_dr/files/erab_handbook.pdf)> (最終閲覧日 2021年3月15日)
- 9 日本政策投資銀行「動き出す電力業界の新ビジネス～再エネの拡大と共に注目を集めるエネルギー・リソース・アグリゲーション事業」(2018年)  
<[https://www.dbj.jp/topics/report/2018/files/0000031038\\_file2.pdf](https://www.dbj.jp/topics/report/2018/files/0000031038_file2.pdf)> (最終閲覧日 2021年3月22日)
- 10 経済産業省「令和2年度 VPP 構築実証事業等概算要求に関する資料」(2019年)  
<[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/pdf/010\\_09\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/pdf/010_09_00.pdf)> (最終閲覧日 2021年3月15日)
- 11 将来にわたる日本全体の供給力(kW)を効率的に確保する市場。将来必要な供給力を予め確保することにより安定供給を確保する市場。  
電力広域的運営推進機関 HP「容量市場かいせつスペシャルサイト」  
<<https://www.occto.or.jp/capacity-market/shikumi/capacity-market.html>> (最終閲覧日 2021年3月19日)
- 12 一般送配電事業者が最終的に需要と供給を一致させる際に使う供給力が「調整力」。調整力は周波数を維持し、安定供給を果たすために重要な役割を担っており、これを取引する場が需給調整市場。  
環境ビジネスオンライン「新市場「需給調整市場」ってナニ? DR や VPP などの要件を解説した資料公開」(2019年)  
<<https://www.kankyo-business.jp/news/021948.php>> (最終閲覧日 2021年3月19日)
- 13 経済産業省「アグリゲーター制度の設計」(2020年)  
<[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/system\\_kouchiku/007/007\\_05.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/system_kouchiku/007/007_05.pdf)> (最終閲覧日 2021年3月15日)
- 14 日本エネルギー経済研究所「バーチャルパワープラントやデマンドレスポンスの内外動向」(2018年)  
<<https://eneken.ieej.or.jp/data/7869.pdf>> (最終閲覧日 2021年3月22日)
- 15 VPP を含むエネルギーリソースアグリゲーションビジネス全体。  
矢野経済研究所「2030年度のエネルギーリソースアグリゲーションビジネス(ERAB)市場規模を730億円と予測」(2019年)  
<[https://www.yano.co.jp/press-release/show/press\\_id/2283](https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2283)> (最終閲覧日 2021年3月22日)
- 16 7と同様の資料に加え、日本エネルギー経済研究所「VPP市場の現状と市場の育成」(2018年)  
<<https://eneken.ieej.or.jp/data/7831.pdf>> (最終閲覧日 2021年3月29日)
- 17 市場価格(この定義は現在論議中)に連動して、そこに一定の補助(プレミアム)を載せて売電する制度。  
参考資料は2と同様。
- 18 みずほ情報総研「FIT制度からFIP制度へ 需要家に増える選択肢」(2020年)  
<<https://www.mizuho-ir.co.jp/publication/contribution/2020/nikkan200731.html>> (最終閲覧日 2021年3月26日)
- 19 電力中央研究所「VPPビジネスの今後の健全な発展に向けた課題は何か?」(2020年)  
<<https://criepi.denken.or.jp/press/journal/denkizemi/2020/201209.html>> (最終閲覧日 2021年3月22日)
- 20 sonnen 社 HP(EN) <<https://sonnengroup.com/sonnencommunity/>>(visited Mar.24 2021)
- 21 sonnen 社 HP(DE), "SONNENCOMMUNITY"<<https://sonnen.de/sonnencommunity/>> (visited Mar.15, 2021)
- 22 sonnen 社 HP(JP)<<https://sonnen.co.jp/index.html>>(visited Mar.15, 2021)
- 23 日経エネルギーNext HP 「海外でも死屍累々、VPPビジネスを収益化するポイントは?」(2019年)  
<<https://project.nikkeibp.co.jp/energy/atcl/feature/15/031400077/041800027/?P=1>> (最終閲覧日 2021年3月10日)
- <その他参考文献>  
経済産業省 HP「バーチャルパワープラント・デマンドレスポンスについて」  
<[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/advanced\\_systems/vpp\\_dr/](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/vpp_dr/)> (最終閲覧日 2021年3月9日)  
一般社団法人環境共創イニシアチブ「令和2年度 バーチャルパワープラント構築実証事業 公募情報」  
<<https://sii.or.jp/vpp02/public.html>> (最終閲覧日 2021年3月12日)  
村上敦他「進化するエネルギービジネス 100%再生可能へ!ポストFIT時代のドイツ」(新農林社、2018年)