IEEJ：2018年4月掲載 禁無断転載

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

EV、FIT 後の太陽光などが大きなポテンシャル。ICT が普及を後押し

計量分析ユニット エネルギー・経済分析グループ ｜ 寄田 保夫

1．はじめに

２０３０年エネルギーミックス達成に向けて、日本では固定価格買取制度（以下、FIT）の後押しもあり、太陽光を中心に再生可能エネルギー（以下、再エネ）は増加しつつある。諸外国に比べて依然、わが国の再エネ発電コストは高いものの、家庭用太陽光はグリッドパリティ（発電コストが電力小売単価と同等になる状態）に到達した[i]。非住宅用も遠くない将来にそうなる可能性がある。しかし、再エネをこのまま一層普及させようとすると、系統制約が顕在化し、系統の増強費用が大きくなりかねない状況となっている。その対応策として現在、経済産業省の審議会でも、「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」等で検討が行われ、並行して「容量市場」「需給調整市場」「間接送電権」といった電力取引方法や、「日本版コネクト＆マネージ」による送電網の有効活用も検討されている。

対応策の一つとして、バーチャルパワープラント（以下、VPP）やデマンドレスポンス（以下、DR）を活用することで、費用効率的に対策を行うことができる可能性があり、経済産業省の審議会でも次世代型調整力の候補として挙げられている。DR は今でも需給逼迫時に活用され始めている。記憶に新しいところでは、本年 1 月 22 日から数日間の東京電力パワーグリッドエリアでの厳しい需給逼迫に対応して発動した。中型火力発電所 1 基に相当する容量を提供したといわれており、既に需給安定化に貢献している。

現在、日本ではほぼ実証段階にある VPP は、欧米では商用段階のものもある。今回、国内外の事例や文献を紹介しつつ、動向を概観することで、現状の国内外の VPP や DR に関する状況を理解する一助としたい。

2．VPP、DR について

2－1　VPP と DR の定義

2017 年 9 月の「第 6 回エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会」資料で DR は、「需要家エネルギーリソース（DSR[1]） の保有者もしくは第三者が、DSR を制御することで、電力需要パターンを変化させること」とある。また、VPP は、「分散型エネルギーリソース（DER[2]）の保有者もしくは第三者が、DER を制御（DSR からの逆潮も含む）することで発電所と同等の機能を提供すること」とある（図 1）。

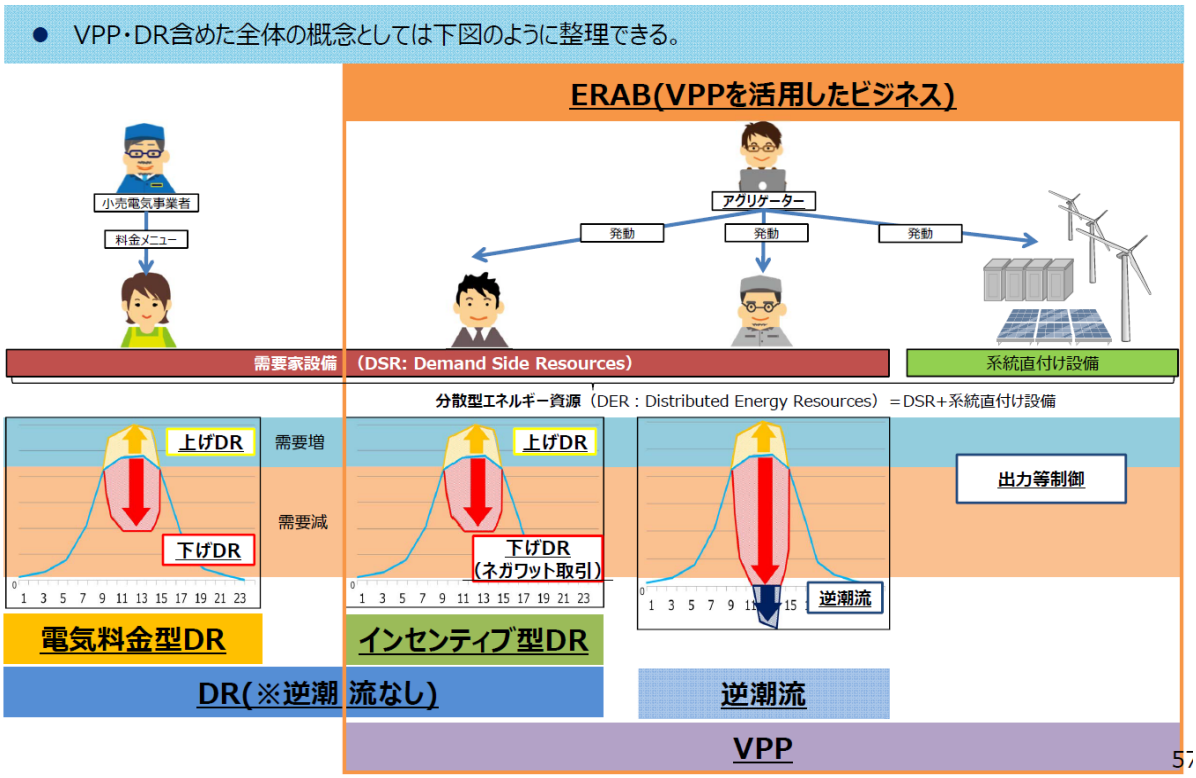
---

[1] 需要家の受電点以下（behind the meter）に接続されているエネルギーリソース（発電設備、逐電設備、需要設備）を総称するもの。

[2] DSR に加えて、系統に直接接続される発電設備、蓄電設備を総称するもの。

DR が需要側、VPP が供給側の取組みというイメージである。しかし、(ネガワット取引などの)インセンティブ型 DR は、DR と VPP の両類型に含まれる。そこで本稿では、電気料金型 DR とインセンティブ型 DR を「DR」、それ以外の逆潮流や出力制御等を「VPP」と呼ぶこととする。

図 1 ｜VPP と DR の区分

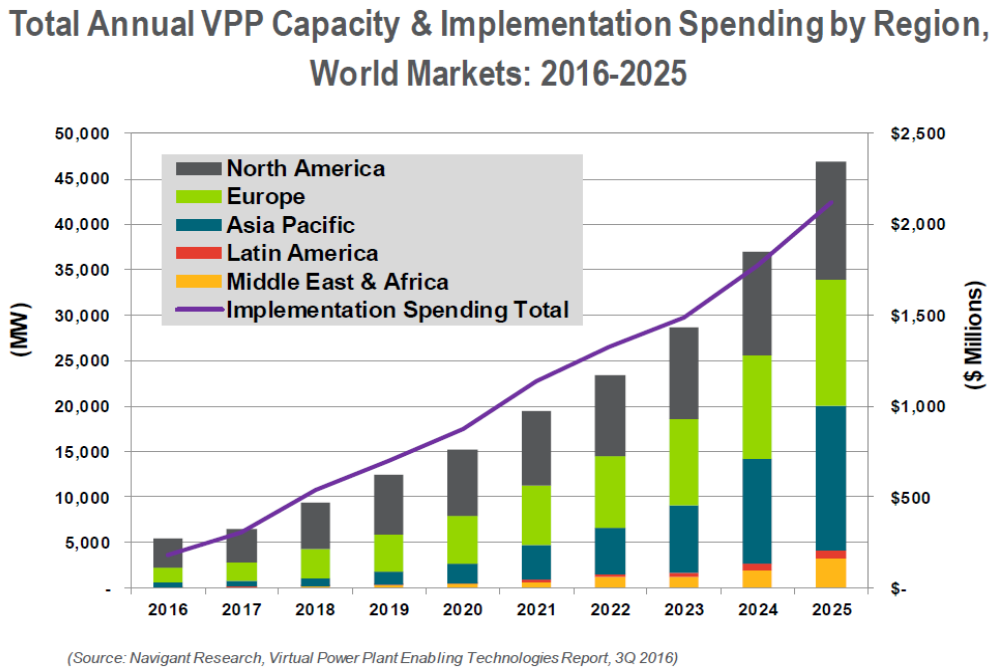


（出所）エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会（第 6 回） - 配布資料より

2－2　世界の VPP・DR の市場規模

再エネの導入が進む欧州では、VPP・DR の市場規模にあたる需給調整市場の規模は、ドイツにおいては 2015 年に 547 百万ユーロ[ii]、イギリスにおいては 2015-2016 年に 565 百万ポンドとなっている[iii]（日本円換算で 700～900 億円程度）。また、世界の VPP の市場規模（エネルギー貯蔵を除く）は、2025 年までに年間 21 億ドルに達するとする予測もある（図 2）。2025 年段階での市場規模はまださほど大きくはないものの、今後の VPP 市場は「北米・欧州・アジア」において、再エネの増加に伴い大きく右肩上がりの成長市場と予測されている。2025 年以降も再エネは世界的に増加すると見込まれることから、再エネのコスト低下と相まって VPP 市場は大きく成長し続ける可能性が考えられる。

図２ ｜ 世界の VPP の容量と市場規模の見通し例



（出所）Navigant Research

２－３　日本の VPP 容量と DR ポテンシャル

既存設備の有効活用により、低コストで電力需給調整できるのが、VPP・DR の利点である。DR は、調整力公募で 2 年連続で電源よりも 3 割以上も低い平均落札価格となっている（表１）。その結果、落札容量も 2 年連続で電源の 2 倍以上となっている。

表１ ｜ 平成 30 年度向け調整力の公募における DR の平均契約価格

平均価格

（円/kW）	前年度	当年度	増減
合計	4,415	4,085	▲ 330
電源	6,165	5,210	▲ 954
DR	3,753	3,661	▲ 92

※ 平均価格は電源等の契約額の合計を落札容量の合計で除した加重平均として委員会事務局が算定。

応札容量・落札容量

	前年度		当年度		増減	
	件数	容量（万kW）	件数	容量（万kW）	件数	容量（万kW）
募集容量	–	132.7	–	132.2	–	▲ 0.5
応札容量	63	165.4	55	175.4	▲ 8	10.0
電源	6	54.2	7	59.3	1	5.1
DR	57	111.2	48	116.1	▲ 9	4.9
落札容量	41	132.0	46	132.2	5	0.2
電源	5	36.2	7	36.1	2	▲ 0.1
DR	36	95.8	39	96.1	3	0.3
●旧一電（発電・小売部門）以外						
応札容量	43	40.3	46	50.4	3	10.1
落札容量	22	27.1	37	36.8	15	9.7

出典：平成30年1月30日　第25回制度設計専門会合　資料4より抜粋一部加工

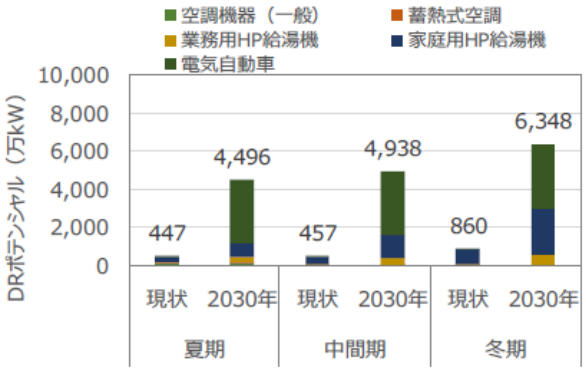
（出所）再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会（第 4 回）資料より

次に、日本の DR ポテンシャルを見ていく。環境省「平成２８年度低炭素社会の実現に向けた中長期的再生可能エネルギー導入拡大方策検討調査委託業務報告書」では、DR リソースの候補として、柔軟性の高いものでは、電気自動車（以下、EV）、家庭用・業務用ヒートポンプ給湯機、空調機器などがあげられている。また柔軟性の低いものでは、電気炉（アーク炉）、電解槽、上水道、下水道、冷凍冷蔵倉庫、自動販売機、業務用ショーケースなどがあげられている。これらから、情報通信技術（後述のブロックチェーン技術等）等を用いて、最適な組み合わせで DR を行うと考えられる。

柔軟性の高い DR リソースにおいては 2030 年時点で約 4,500 万-6,300 万 kW もの需要抑制ポテンシャルがあると推計されている（図３）。中でも、EV が最大となっている。現状のピーク時供給力は、東京電力パワーグリッドエリアで約 5,000-6,000 万 kW 程度、日本全国で約 1 億 6,000 万-1 億 7,000 万 kW 程度であることから、DR のポテンシャルの高さが伺える。DR は低コストで非常に大きい電力需給調整を担う可能性がある。なお、ここでは継続時間を考慮したものを示したが、同報告書には平均最大ポテンシャルによる、より大きい需要抑制を見通す推計もある。

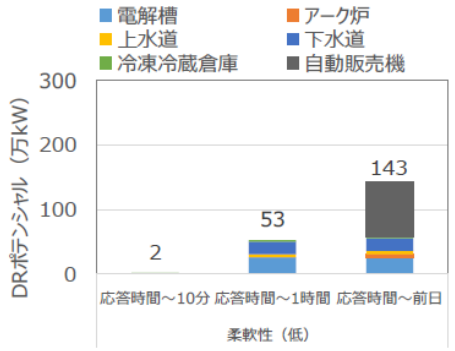
図３ ｜ 日本における DR リソースの需要抑制ポテンシャル

【柔軟性の高い DR リソース（現状-2030 年）】



需要抑制デマンドレスポンス・ポテンシャル
（継続時間考慮）

【柔軟性の低い DR リソース（現状）】

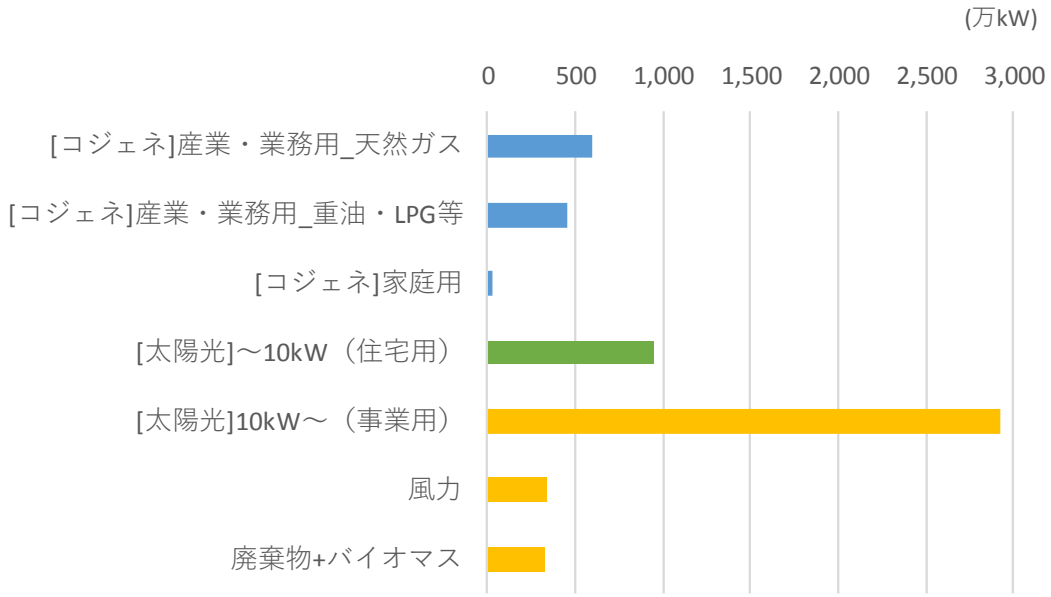


需要抑制デマンドレスポンス・ポテンシャル
（継続時間考慮）

（出所）環境省「平成２８年度低炭素社会の実現に向けた中長期的再生可能エネルギー導入拡大方策検討調査委託業務報告書」

次に、日本の VPP ポテンシャルを考える。DER 電源（再エネ+コジェネ）の導入量から、自家消費分や FIT 向け売電分などを差し引いたものが VPP リソースとなる可能性がある（図４）。

図４ ｜ 日本の DER 電源（再エネ+コジェネ）の累積導入出力容量　2017 年 3 月末



（注）グラフの青色は FIT 対象外、緑色は FIT 期間 10 年（＝2019 年～順次 FIT 切れ）、黄色は FIT 期間 20 年（＝2032 年～順次 FIT 切れ）

（出所）コージェネ財団「コージェネ導入実績報告」、経済産業省 HP、省エネルギーセンター「EDMC エネルギー・経済統計要覧」等より筆者作成

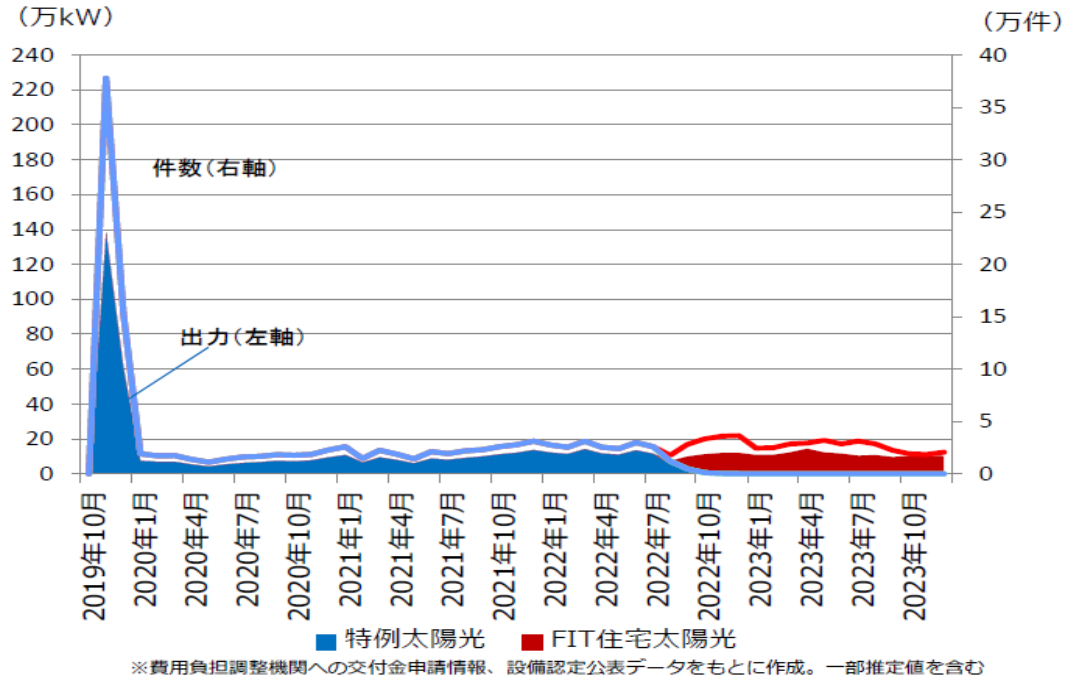
このうち、コジェネと廃棄物+バイオマスは燃料が必要で、発電時に限界費用が発生する。一方、太陽光と風力は限界費用が原則発生しないため、（設備の費用回収が完了していると想定される）FIT 終了後は非常に競争力ある電源として市場に活用される可能性がある。住宅用太陽光は 10 年の買取期間が終了する 2019 年度以降から、風力とボリュームゾーンである事業用太陽光は 20 年の買取期間が終了する 2032 年度以降から VPP リソースとなる可能性がある。従って現存する設備では、本格的な VPP の普及はボリュームゾーンである事業用太陽光の FIT が順次終了する 2032 年以降になると思われる。但し、新設する再エネのコストが中長期目標（非住宅用太陽光：2030 年 発電コスト 7 円/kWh 等）程度に達し、既存火力よりもコスト競争力を持つタイミングや、EV など蓄電池の普及動向次第で、VPP の普及時期が早まる可能性はある。

なお、住宅用太陽光の導入発電容量は 2017 年 3 月末に約 900 万 kW である。このうち、図５から 2019 年度に FIT 切れとなるものは 200～300 万 kW 程度、その後の数年間は毎年 100 万 kW 前後が追加で FIT 切れになっていくことが想定される。住宅用太陽光は、事業用太陽光と異なり、原則自家消費が発生する。この自家消費分は、（EV を含む）家庭用蓄電池導入による余剰発電分の蓄電によって影響を受ける。蓄電した電力を自家消費したほうが経済合理的である場合は自家消費が増加し、逆の場合は売電されて VPP リソースとなる可能性がある。

また、発電容量で見ると、メガソーラーなど再エネの多くは地方にある一方で、コジェネは約4分の3が電力需要の大きい三大都市圏に集中している。特に環境負荷の低い天然ガスのコジェネはVPPリソースとして当面の間、ボリュームと合わせて有望である可能性がある。熱需要との兼ね合いという制約はあるものの、自然の条件によって発電量が左右される変動型再エネ（太陽光+風力）に比べてコジェネは、発電量を任意に調整しやすいという特性もある。但し、（熱需要を含めた上で）火力発電に比べて発電コストが優位かどうか、という課題があり、それらは主に原油価格（と連動するLNG価格）によって左右される。また、コジェネは導入に当たり、熱需要に合わせて設備容量を決定していると思われるため、原則は発生する熱を有効に利用できる範囲での運転となるだろう。

このようにDRリソース、VPPリソースの組み合わせによって、FIT切れの再エネを有効活用しつつ、費用効率的に電力需給調整力を用意できる可能性がある。

図5 ｜ 日本の特例太陽光とFIT対象の太陽光の買取期間終了時期と出力／件数



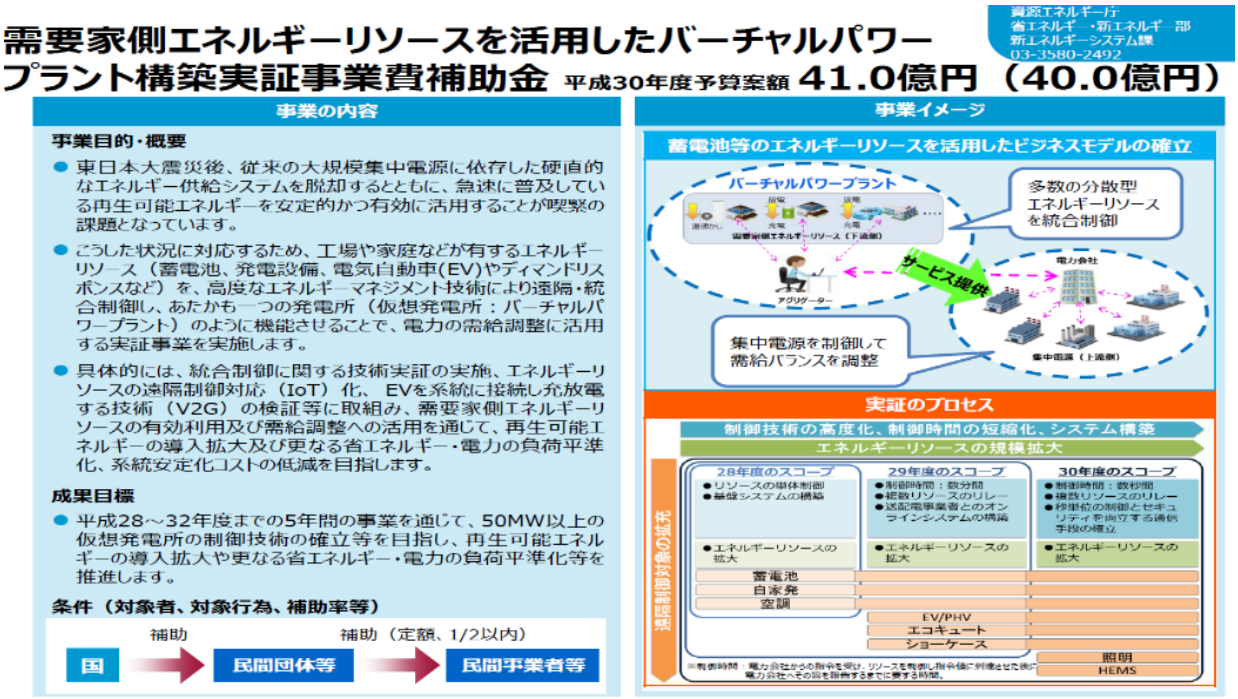
（出所）資源エネルギー庁HP

2－4　日本の補助金

次に、VPPの実証実験に向けた日本での補助金を見る。

平成28-32年度までの5年間の事業を通じて、5万kW以上のVPP制御技術の確立等を目指し、平成30年度では41億円の予算案額がある（図6）。この補助金が後述する国内の実証実験事例などに用いられている。日本でのVPPは主に実証段階にあることから、この補助金が現在のわが国VPP事業に与える影響は大きい。

図６ ｜ 日本の VPP 補助金



（出所）資源エネルギー庁 HP

３．VPP や DR に関連する国内外の実例

ここからは、欧米と日本での実例を見ていく。VPP については、欧米では商用段階と実証段階が並存する一方で、日本ではほぼ実証段階にある。DR については日本でも商用が始まっている。欧米の VPP・DR リソースは現在、産業・業務部門の需要家が中心となっている。そのため、高圧程度までがリソースの中心である。また特に、欧州はコジェネや再エネ、米国は DR+蓄電池が中心となっている[iv]。今後は家庭用太陽光の普及に伴い、リソースとして現在は一部しかない家庭部門が増加していくことも考えられる。

３－１　VPP・DR の海外事例と日本市場での動向

2009 年設立のスタートアップ企業ながら、ドイツ国内での事業規模がトップクラスの Next Kraftwerke 社は、年間売上規模が約 273 百万ユーロ（2015）である。太陽光、風力、水力発電、バイオマスなどの再生可能エネルギーをアグリゲートし、需給調整市場への予備力提供と、電力取引市場への電力提供によって収益を得ている。VPP・DR のトレーダーは、リアルタイムで市場データ等の各種データを複合的に活用することで、精度の高い価格予測をして優位性のある取引を実現し、最適なタイミングで最適な市場へ販売することで利益の最大化を図っている[v]。

また、欧米企業は事業で蓄積したノウハウを活用し、一部に日本市場の参入に向けた動きが出てきている。2018 年 3 月、欧州重電大手 ABB の子会社である ABB 日本ベーレーは、日本市場で VPP 支援事業への本格参入を発表した[vi]。VPP 向けソリューション「ABB Ability Virtual Power Pools」を提供することで分散型電源を集約し、電力系統の安定化や電力品質の向上、CO_2 排出量の削減につなげるという。これまでに欧州 8 カ国で約 400 万 kW 相当の VPP を構築、その知見

を元に日本市場への売込みを図っている。加えて、石油メジャー英蘭ロイヤル・ダッチ・シェル系の、シェル・テクノロジー・ベンチャーズが出資する企業なども日本での VPP 事業に関心を示すなど、一部の外資系企業が日本の VPP 市場に関心を寄せている。

国内の VPP リソースは量の確保が当面は難しいため、外資系企業の参入はしばらくの間は、欧米で蓄積したノウハウを基にした国内企業向けの VPP 支援事業を提供する等の間接的な参入が主となるのではないだろうか。

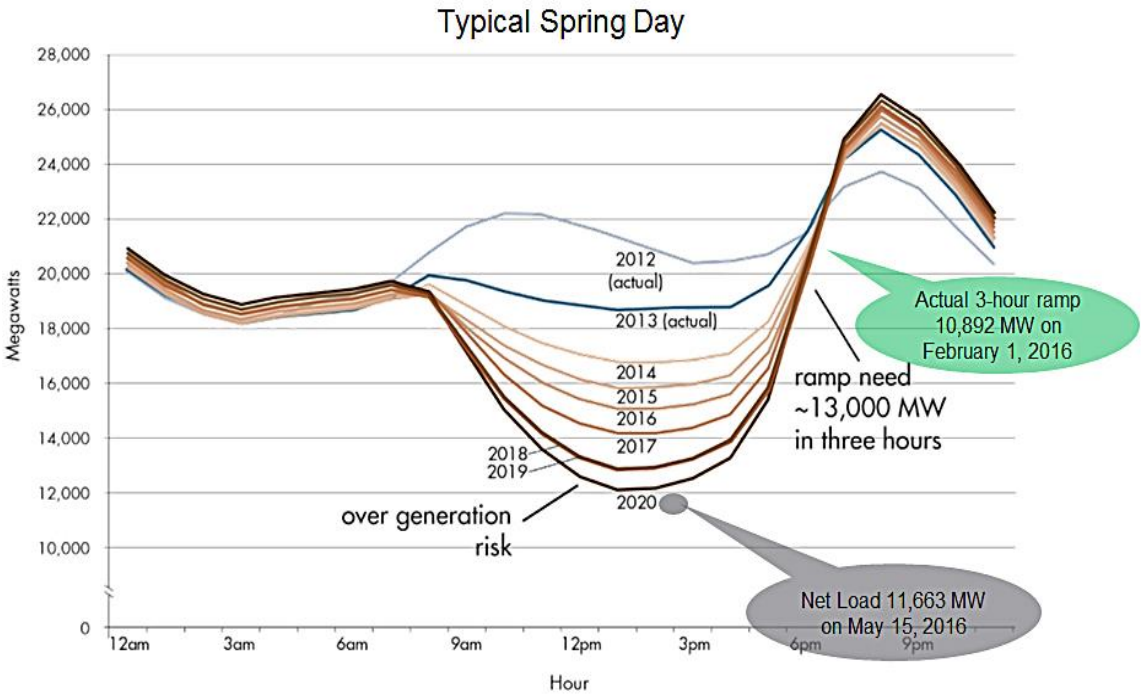
3－2　EV を用いた VPP・DR の取組み

EV は蓄電池を搭載しているため大量普及した場合、その蓄電機能を利用して VPP や DR の取組みを後押しする可能性がある。

①カリフォルニア州での EV・蓄電池を用いた VPP・DR の取組み

CAISO （カリフォルニア独立系統運用機関）が実施した 2020 年までの分析によると、カリフォルニア州では太陽光発電の普及拡大に伴い、「ダックカーブ」が出現し、年々深刻さを増すことが見込まれている（図 7 ）。太陽光の出力が大きい日中は、ベース電源を最低出力まで低下させても需給バランスを保つことができず、再エネの出力抑制が顕在化しつつある[3]。対策として、EV が搭載する蓄電池で昼間の余剰電力を充電し、夜に放電することでダックカーブの緩和に貢献する。

図 7 ｜ ダックカーブの発生推移及び予測値



（出所）CAISO，“FAST FACTS : What the duck curve tells us about managing a green grid”

[3] なお、日本でも特に太陽光発電が増加している九州電力エリアにおいて、ダックカーブが発生している。太陽光発電の普及と共に、他エリアでも同様の現象が発生する可能性がある。

【州レベルの取組み】

同州は、2025 年までにゼロエミッションビークル（ZEV）の普及台数 150 万台との目標を掲げている。同目標の達成に向けた「ZEVAction Plan」が 2013 年に策定、2016 年に改訂され、技術開発、インフラ整備、消費者啓発等に係る方向性が提示された[vii]。また、EV 所有者に対し、昼間にオフィスやショッピングセンターなどの駐車場で充電することを促す動きが出てきている。個人レベルでも、昼間の余剰電力を家庭用蓄電池で充電し、夜に放電するパターンが顕在化している[viii]。これらにより、日中の余剰電力が減ることでダックカーブの緩和につながり、太陽光発電を持続的に拡大しやすくなる。

【企業レベルの取組み】

同州のサクラメント電力公社は、EV への充電を、太陽光発電の導入拡大に伴う収入源の損失を補填する手段のみならず、負荷シフトやダックカーブの解決手段の一つとして位置づけている。過去にサービスエリアにおいて、EV の普及台数に応じた様々なシナリオを策定し、負荷シフトやダックカーブの解決における潜在的利用を検証した。その結果、夜間に発電量が増える風力発電の出力調整に EV を活用できると結論付けた。ただし、EV を系統運用に利用することによる蓄電池の劣化への懸念の声もある。SMUD は、自動車メーカーとのパートナーシップを通じ、EV 蓄電池の活用を検証している[ix]。

また、2010 年設立のスタートアップである eMotorWerks は、EV 充電器の販売および充電サービスに係るプラットフォームを提供している。2014 年より、EV 充電器 Juice Box を主に家庭向けに販売しており、累積販売台数は 14,000 台以上である（図 8）。既設の給電口にアダプターとして接続することで、あらゆる普通充電器の制御が可能となる製品 Juice Plug や、ソフトウェアプラットフォーム Juice Net も提供している。2016 年 11 月より、カリフォルニア州において、家庭への EV 充電装置 1,000 件の無償提供およびプログラム参加者への報酬付与に関する実証試験を実施した[vii]。そして、2017 年 10 月には Enel が米国子会社の EnerNOC を通じて、この eMotorWerks を買収した。これは、世界レベルでも最大の EV 市場の 1 つである米国 EV 関連市場への Enel の参入を意味するだろう。

図 8 ｜ eMotorWerks 社　EV 充電器 Juice Box と給電アダプター

（出所）eMotorWerks 社 HP

②日本での EV を用いた VPP・DR の取組み

日本での EV を用いた VPP・DR の取組みは実証段階にある。取組み例は以下の通りである。

- 2018 年 1 月、関西電力は住友電工、日産自動車と VPP 構築実証事業において、EV の充電遠隔制御実験を開始した[x]。
- 2017 年 12 月、東京電力ホールディングスは日産自動車と EV を活用した VPP 実証試験を開始した[xi]。

なお、中部電力も EV に関わる実証実験を実施しており、次節で触れる。

③日本への示唆

日本では EV の累計販売台数が約１０万台、年間販売台数が約１万台であるため、現段階では EV による大規模な VPP･DR の実施は難しい。今後 EV の販売台数が増加した際には有望な VPP･DR リソースとなることが想定され、実証試験などを通じた確実な VPP・DR のノウハウ蓄積が望まれる。また将来的に EV を輸出する際、その EV を用いた VPP・DR のノウハウや仕組みをパッケージで合わせて輸出するという方法は考えられないだろうか。EV 化による部品点数減少に伴う売上減の影響を受ける可能性のある自動車業界と、部品点数減少に伴うエネルギー需要減の影響を受ける可能性のあるエネルギー業界の双方に利益をもたらす可能性がある。

また、太陽光の増加に伴い、今後は日本各地でもダックカーブの増加が懸念される。その対策として、VPP・DR が有効である可能性がある。国内 VPP 市場に外資系企業の（導入支援としての）参入も始まる中、国内企業には現在行う EV 関連の実証試験等を通してビジネスモデルを構築することが期待される。その際、スピード感を持って進めたい場合は、eMotorWerks の事例のように、VPP･DR 事業で有望なスタートアップ企業を買収するという戦略も考えられるだろう。

3－3　ブロックチェーンが VPP・DR を後押しする可能性

ブロックチェーン技術も VPP・DR の普及を後押しする可能性がある。VPP・DR は既存資源を「つなげる」ことで余剰電力・余剰設備を有効利用するのがその最大の特徴であるが、ブロックチェーンは履歴を広く共有することで、その「つなげる」機能を強化する可能性がある。

【米国調査会社の報告書】

2018 年 2 月に調査会社の米フロスト&サリバンは、ブロックチェーン技術の導入により「分散エネルギーによる発電モデル」が実現し、現在の電力事業者と消費者の事業取引モデルに変革が起こる可能性があると発表した。そこではデジタルグリッド分野におけるブロックチェーン技術の適用によって、5 つの用途が事業機会になり得ると指摘している[xii]。

① 小売販売およびネットメータリングの請求プラットフォーム
② 電力直接取引（P2P）[4]取引と再生可能エネルギー認証のプラットフォーム
③ 国際エネルギー取引

[4] 中央管理者が不要なネットワーク。ここでは再エネ発電者間と需要家間の電力直接取引を示すと思われる。

④　電気自動車と電気グリッド間の双方向の電気フロー（Vehicle-to-Grid）
⑤　顧客管理

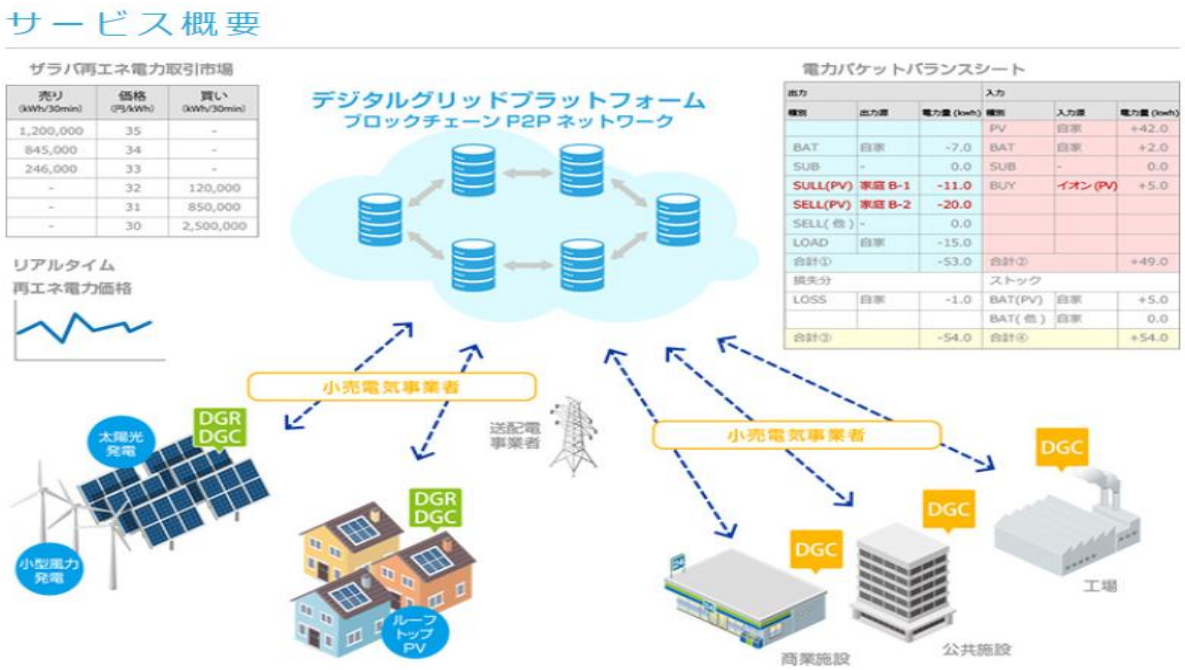
これらの内、①・②・④は VPP・DR を加速化させる可能性がある。①・②は、自家発電などで電気の余った家庭が、買い手となる家庭や企業に電気を販売する際などに活用されるプラットフォームビジネスを意味するだろう。例えば、ブロックチェーンのプラットフォームを介することで取引内容を全て時系列で記録し、取引量に応じてプラットフォーマーが取引料を得る、というビジネスが考えられる。④はカリフォルニア州での EV を用いた VPP・DR 取組みなどにも有効であることを示していると考えられる。

【日本の取組み例】

また、日本でのブロックチェーンを用いたエネルギー取引は主に実証段階であるが、足元で商用に向けた動きも出始めている。デジタルグリッド株式会社というブロックチェーンを用いた VPP・DR 等を事業とする会社が 2017 年 10 月に設立された。2018 年 3 月 30 日現在、東京ガス等が出資している。小売電気事業者がアグリゲートする中小規模の電力需要を直接電源と結び付け、自動取引する P2P 電力売買プラットフォーム事業を推進している（図９）。これにより電力を家庭や企業同士で売買できる可能性がある。

また、EV 向けの展開もあり、EV 顧客向けに一括で、時間帯に応じた最も安い再エネ電力を供給するサービスなども提供していく模様である。これらは先述の米国調査会社フロスト&サリバンの報告書にあったブロックチェーンによるプラットフォームビジネス例といえるだろう。

図９ ｜ デジタルグリッド株式会社　小売プラットフォーム事業　イメージ



（出所）デジタルグリッド株式会社 HP

また、日本企業でもブロックチェーンを用いたエネルギー取引のノウハウが蓄積されつつある。

- 2018 年 3 月、中部電力は Nayuta、インフォテリアと、EV や PHV の充電履歴をブロックチェーンで管理する技術の実証実験を開始した[xiii]。
- 2017 年 7 月、東京電力はドイツ大手電力会社イノジー社と、ブロックチェーンを活用した P2P プラットフォーム事業を共同で立ち上げ、ドイツで事業を開始した[xiv]。
- 2017 年 6 月、エナリスは会津ラボと、福島県でブロックチェーンを活用した DR 実証実験を開始した[xv]。
- 2018 年 2 月、みんな電力はブロックチェーンを活用した電力直接取引（P2P）プラットフォームのシミュレーション試験を開始した[xvi]。

ブロックチェーンは人工知能（AI）を組み合わせることで、セキュリティーを維持しながら自動で最適化できるようになる可能性があるため、VPP・DR と非常に相性がよい可能性が高い。国内企業には実証試験を通じて早期にビジネスモデルを構築することが期待される。

ただ、全ての電力取引が一足飛びにブロックチェーン等による P2P 取引に置き換わっていくとは考えにくい。電力そのものを融通する「物理面」と、それを取引・会計する「情報面」から考えた場合、まず「物理面」においては、再エネや EV（蓄電池）などの DER が本格的に普及しても、調整用電源としての大規模火力発電は一定数が必要となることが見込まれることから、一足飛びに従来の電力ネットワークの全てが分散化するとは考えにくく、相当期間の将来に渡って既存の電力ネットワークは残るだろう。

それを受けて「情報面」でも、それぞれの物理的な電力の動きに応じた情報のやり取りをすることが合理的であると考えられるため、DER で発電した電気はブロックチェーン等を使った P2P 取引、従来の大規模火力発電で発電した電気は卸電力取引市場などの従来型取引システムを活用するという住み分けが起きる可能性がある。電力ネットワークが完全な分散化を迎えない限り、電力取引においてはブロックチェーン等を用いた P2P 取引と、従来型の取引システムが並存するのではないだろうか。

4．おわりに

ここまで見てきた通り、VPP・DR の構成要素である再エネ、EV（蓄電池）、情報通信技術が相互に影響し合い、VPP や DR は普及が進む可能性があるといえる。また、その VPP や DR の普及が、更に再エネ、EV（蓄電池）などの普及へと還元されていく可能性があると考えられる。いずれ再エネ+蓄電池（EV など）がストレージパリティー（発電コスト+蓄電池コストが電力小売単価と同等になる状態）に到達すれば、VPP・DR の商用化の流れはより強くなるだろう。そうなれば VPP は系統制約対策だけでなく、非常にコスト競争力のある電源にもなりうる。

日本での VPP・DR ビジネスは黎明期であり、ビジネスチャンスは多様である。どういった組み合わせで、どういったサービスを創造し、付加価値を提供していくかが問われる。VPP・DR の

組み合わせや変数は極めて多様である。1社で全てに対応するのは難しいだろう。また、関係する要素の変数も極めて多く、変化のスピードも速いため先を見通すのも困難が伴う。提携関係などで、得意分野を持ち寄り、機動的にビジネスモデルを構築する必要があるだろう。

VPP や DR が本格的に普及すれば、長期的な視点ではエネルギーの需給構造を大きく変化させることに寄与する可能性がある。技術の歴史的転換点は、何の前触れもなく訪れるのではなく、技術の積み重ねによって生まれる。昨今話題の AI も、インターネットによるデータ蓄積、クラウドなどによるデータ蓄積量の増加、さらにそのデータを処理する演算能力の向上等といった技術の掛け合わせの結果、生まれている。VPP・DR も同様に、温暖化対策としての再エネの増加とそれに伴う電源の分散化、蓄エネルギー機器の普及、情報通信技術の発展という時代の変遷に対応した結果の技術の掛け合わせによって、実現・普及していく可能性があるのではないだろうか。

【参考文献】

[i] NEDO　HP「太陽光発電システム 住宅（10kW 未満）の状況」。2016 年の太陽光発電コスト（出力 制御機器あり）は 18.3 円と、家庭用電力小売り単価以下となっている。

[ii] The German Market for System Reserve Capacity and Balancing, September　2015

[iii] THINKING GRIDS

[iv] 経済産業省「平成２８年度国際エネルギー使用合理化等対策事業（諸外国におけるバーチャルパワープラントの実態調査）報告書」

[v] Next Kraftwerke 社 HP

[vi] ABB 日本ベーレーHP

[vii] 環境省「平成２８年度低炭素社会の実現に向けた中長期的再生可能エネルギー導入拡大方策検討調査委託業務報告書」

[viii] メガソーラービジネス HP

[ix] 環境省「平成２７年度低炭素社会の実現に向けた中長期的再生可能エネルギー導入拡大方策検討調査委託業務報告書」

[x] 関西電力 HP

[xi] 東京電力ホールディングス HP

[xii] Frost & Sullivan「Frost & Sullivan Explores Five Different Applications for Blockchain in the US Digital Grid Sector」

[xiii] 中部電力 HP

[xiv] 東京電力ホールディングス HP

[xv] エナリス HP

[xvi] みんな電力 HP