

VPP (Virtual Power Plant) で実現する電力の需給管理

New Electricity Supply and Demand Management realized by Virtual Power Plant

松尾尚志, 田子大作

要約 電力システム改革が、電力の需要側、供給側の双方で進められている。2016年には電力の小売市場も自由化される。電力需要のピークを抑えるデマンドレスポンス (Demand Response) の考え方にに基づき、複数の小規模な発電設備と電力の需要抑制を統合し制御するVPP (Virtual Power Plant) は、地域内あるいは地域間での電力需要と供給、それに加えて地域間融通などを最適化できるため、今後の電力の需給管理の課題解決において有効なソリューションである。また、VPPといった電力の供給管理の新しい形態は、電力システム改革を進めるわが国において、新しいサービスビジネスの創出につながる。

Abstract Electricity system reforms have been promoted in both the demand and supply side of the power. Also, Japan's electric power retail market is liberalized in 2016. Based on the concept of demand response to reduce the peak power demand (Demand Response), VPP (Virtual Power Plant) controls and integrates the multiple small power generation facilities and the demand restraint of power. VPP is a useful solution for solving issues in future supply and demand management of electricity as it can optimize the supply and demand of electricity in the region, or between regions. In addition, a new form of power supply management such as VPP leads to a creation of new service business in an ongoing reform of electricity system.

1. はじめに

電力システム改革が、電力の需要側、供給側の双方で進められている。2016年には電力の小売市場も自由化される。

供給側では、再生可能エネルギーを中心とした小規模な電源の多様化、分散化が図られている。また、需要側では、原子力発電所の停止が続く中、省エネルギーをはじめとした節電対応や電力の供給状況に応じて地域の需要を抑制する取り組みが実験的に開始されている。

日本各地でスマートシティの実証実験が開始され、多様な電源や複数の需要家を統合的に管理し、効率的なエネルギーマネジメントを実現するためにICTの活用は欠かせないものとなっている。

日本ユニシスは、経済産業省の「エネルギー管理システム導入促進事業費補助金」におけるBEMSアグリゲータ^{*1}をはじめとして、エネルギーマネジメント分野でICTを活用したさまざまなサービスを提供している実績がある。

本稿では、2章で電力の需給管理の動向を紹介し、3章で日本ユニシスの取り組み、4章で今後の展望を述べる。

2. 電力の需給管理の動向

従来の日本の電力供給の考え方は、電力の需要と供給を等しくするための「同時同量^{*2}」を、発電側の供給量を調整することで実現していた。震災を契機として、需要側の電力消費を抑制することで需給の同時同量を実現させる方法が定着してきている。本章では、電力需要のピークを抑えるデマンドレスポンス（DR：Demand Response）の概念を紹介し、複雑な電力の需給管理の有望なソリューションとしてのバーチャルパワープラント（Virtual Power Plant）と欧州の先進的な取り組みを紹介する。

2.1 電力のデマンドレスポンス

デマンドレスポンスとは、「卸市場価格の高騰時または系統信頼性の低下時において、電気料金価格の設定またはインセンティブの支払に応じて、需要家側が電力の使用を抑制するよう電力消費パターンを変化させること^[1]」を指す。つまり、電力の需給が逼迫することが予想される時間帯に、電力価格が高くなるように動的な価格設定をしたり、ピーク時間帯に電力消費量を抑えた需要家に節電分の電力量に応じてインセンティブを支払うことでピーク需要の削減を実現する。

デマンドレスポンスには、主に時間帯別に電気料金を変える電気料金ベースのものと同抑制分に報酬を出すインセンティブベースのものに分けられる。電気料金ベースのものでは、時間帯別に料金を設定する時間帯別料金（TOU：Time of Use）や需給逼迫が予想される日のピーク時間帯の料金を通常のピーク時間帯料金より更に高くする緊急ピーク時課金（CPP：Critical Peak Pricing）、需給の状態に応じて時間別の料金が変動するリアルタイム料金（RTP：Real Time Pricing）等がある。

インセンティブ型のデマンドレスポンスは、東京電力や関西電力などの電力会社から夏季、冬季の需給逼迫時での節電要請への協力に対して、削減分の電力量をネガワット^{*3}として買い取るような取り組みが実施されている。

2.2 バーチャルパワープラントと欧州の先進的な取り組み

バーチャルパワープラント（以降 VPP）とは、複数の小規模な自家発電設備、例えば、企業の自家発電設備や家庭の太陽光発電設備、電気自動車の蓄電池などと電力の需要抑制を統合し、あたかも一つの発電所のように制御することである。そのため、「仮想発電所」とも呼ばれる（図1）。

ドイツのスマートグリッド実証事業（E-Energy 事業）は、2009年から2012年までの4年にわたり実施されてきた。その中で、北部の港町クックスハーフェンの「イーテリジェンス（eTelligence）」事業を紹介する。

クックスハーフェンは、バルト海に面した漁業や観光が盛んな人口5万の町、風力発電が盛んな一方で、冷凍冷蔵倉庫群が多く立地し、コージェネレーション^{*4}によるCHP（Combined Heat & Power：熱電併給）を利用した温泉施設（スパ）などがある。事業主体は、ドイツ北東部の配電および小売事業者のEWE社である。イーテリジェンス事業は、地域の電力需給バランスを取るために市場取引を活用するとともに、風力発電や太陽光発電の変動を調整するために冷蔵倉庫とスパの熱需要のシフトを自動制御する取り組みを実施している。つまり、風力発電と太陽光発電、そして冷蔵倉庫の電力需要を統合的に管理するVPPサービスである。

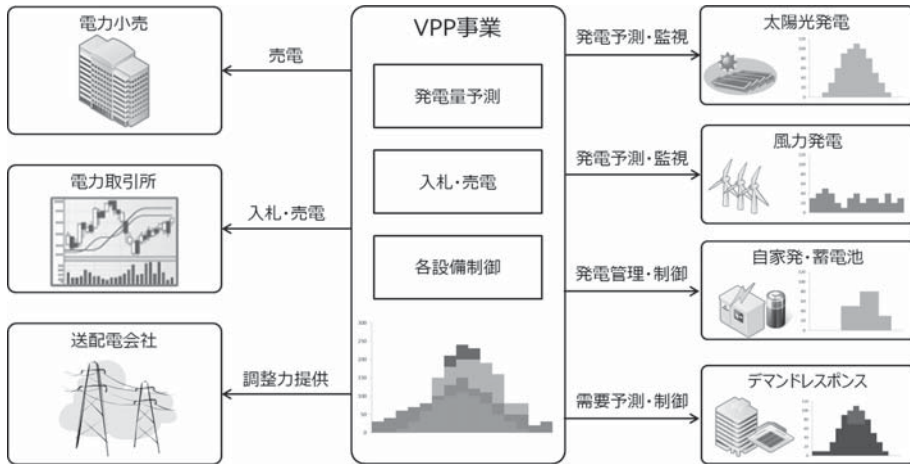


図1 VPP 事業イメージ

冷蔵倉庫の温度は、電源を切っても温度の下がり方が緩やかなため、保管物の品質を劣化させない温度の範囲で電力の需要を制御できる。そのため、発電量が日照条件や風の状況によって左右される風力・太陽光発電所の供給を予測しながら、冷蔵倉庫を制御して地域内の需給のバランスを取っている。発電量が少ない時や取引市場の価格が高い時には、冷凍倉庫の設定温度を上げたり、コンプレッサーを停めることで使用電力量を減らすように制御している。

この結果、再生可能エネルギーの出力変動を吸収するための火力発電所の利用を15%減らすことに成功し、VPPである冷蔵倉庫事業者は6～8%の電気料金の削減、CHPに関しては光熱費を16%削減することができたという報告がある^{[2][3][4]} (図2)。

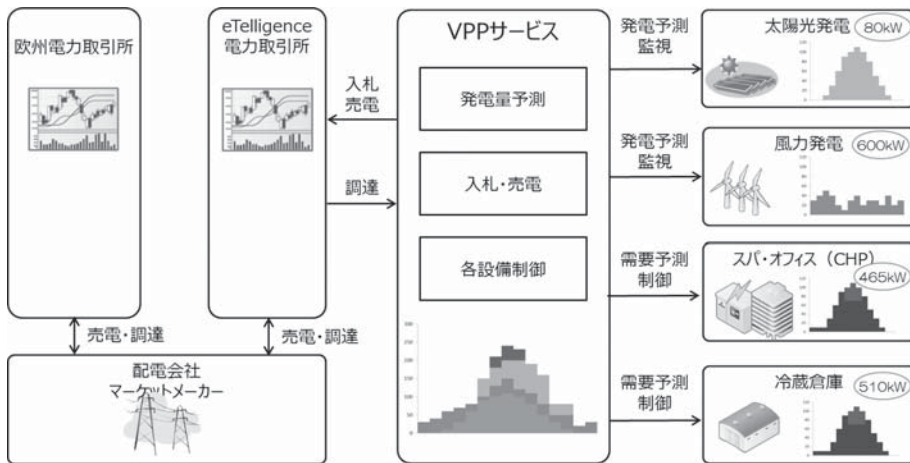


図2 eTelligence VPP 事業イメージ

3. 日本ユニシスの取り組み

VPP 事業は、欧州や米国でビジネスが成立しているが、日本国内でも電力システム改革に関連してビジネス化が期待される分野である。本章では VPP 事業に求められる主な機能と自社事業の関連性について述べる。

3.1 VPP 事業に求められる機能

最も重要なのが電源調達先の確保である。電源調達先は、需要家の空調・照明制御によるデマンドレスポンス、需要家設置の自家発電・蓄電池といった需要家資産からの電源と、太陽光発電や風力発電といった分散電源に大別される。これらの電源を広域的に、かつバランスよく確保することが望ましい。特定の地域や電源種別に偏ると、局所的な気象条件等に発電力が依存しすぎてしまい、販売先のニーズに対してタイムリーに供給することが困難になる。これでは販売機会損失が大きくなり、事業として成立しにくくなる。

次に重要なのは VPP 事業者のシステム・業務機能である。これらは主に「予測」「最適化」「モニタリング・制御」の3機能が求められる。

まず、天候条件や需要家の稼働状況、設備の稼働状況に応じて翌日もしくは数時間後にどの程度の発電力を確保できるかを求める「予測」機能である。再生可能エネルギーであれば気象予報と連携した「発電量予測」、需要家のデマンドレスポンスであれば需要予測や設備稼働状況に応じた「削減可能量予測」が必要である。これらの予測を可能な限り正確に実施することで、電力取引所への入札量が最大化でき、収益の拡大が期待できる。また、日本国内でも1時間前市場取引が予定されており、短時間の予測、例えば当日の気象状況に応じた1時間後の発電量予測、顧客の実稼働状況を考慮した1時間後の削減可能量予測といった機能も重要性が高い。これらはビッグデータを活用した高精度予測の発展を今後期待したい。

次に、予測された発電量や削減可能量と売電単価・量を考慮した「最適化」である。販売先のニーズ（時間・量・単価）に応じて最適な調達先を組み合わせ、どの調達先でどの程度の発電 or 削減を実施することが最も効率的かを計算する機能である。調達先の発電資産（DR含む）は実施コストに差がある場合が多く、特定の単価以上でないと調達できない場合がある。また、操作方法や応答性も異なるため、1時間前市場への対応が可能な機器から、前日までの依頼でしか対応できない機器もある。これらの諸条件を考慮しつつ、売却益を最大化するための「最適化」は VPP 事業の心臓部と言える。

最後に、「最適化」した結果を実際の機器と連携させ実施状況を監視する「モニタリング・制御機能」である。幅広い調達先との連携を実現するため、この機能にはマルチベンダ対応が欠かせない。ビルの空調や発電機など、共通のプロトコルが搭載されている機器もあるが、メーカー毎に異なるインタフェースやプロトコルが必要になることが多い。これらの機器にマルチで対応し、共通したモニタリング・制御を行うことが VPP 事業の強みになる可能性が高い。

3.2 VPP 事業に対する日本ユニシスの取り組み

前節で紹介した必要機能のうち、日本ユニシスは「調達先の確保」やマルチベンダでの「モニタリング・制御」で一定の取り組みを行っている（図3の網掛け部分）。一方、「予測」は取り組み事例が少なく、現在提供しているサービスへの機能追加検証や国内実証で用いられている予測系機能の採用検討が必要である。電力取引市場単価や託送コストも考慮した「最適化」は国内実証でも実施されている事例が非常に少ないため、他社との連携や海外技術の採用を含めて今後検討が必要である。

以下では、それぞれの取り組み内容について説明する。

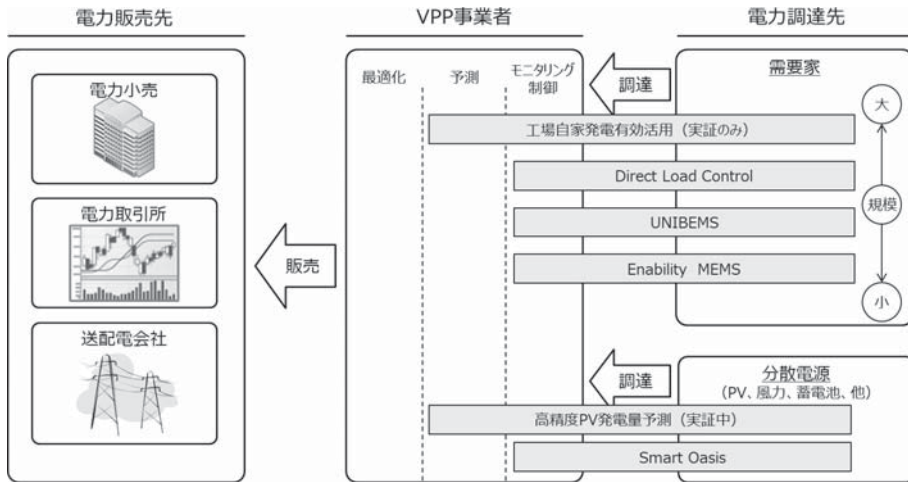


図3 VPP事業機能と日本ユニシスの取り組み

3.2.1 工場自家発電有効活用

本項では、工場に自家発電を保有する産業系需要家と、「工場の自家発電設備を有効に活用する方法」について共同で検討を行った事例を紹介する。産業系需要家は熱と電力の双方の需要がある場合、工場内にコージェネレーション（以下、「コジェネ」）を設置して電力・熱双方の自給を実施したほうがコスト安になることが多い。工場内のコジェネは常にフル稼働していることは少なく、生産状況によっては発電容量に余裕がある時間がある。これらの発電余力を管理し、電力小売側の需給逼迫時にコジェネ出力を上昇させることによって受電電力を減らし、小売側の電力調達コスト改善に寄与する事業モデルである（図4）。

この事業の実現には生産計画と連携した正確な電力・熱の需要予測が必要であり、工場内のFEMS（Factory Energy Management System）との連携により実現する必要がある。単独工場では十分な調整力は得られないが、国内の複数工場の連携により、コジェネを有効活用したVPPの実現が期待できる。

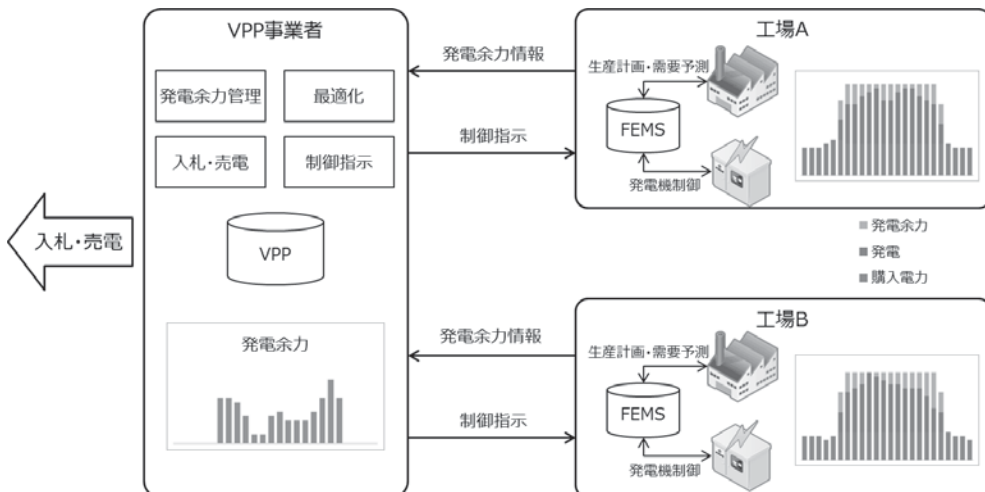


図4 自家発電を活用したVPP事業モデル

日本ユニシスでは、今後実フィールドでの実証も含めた深耕を実施し、ビジネス化を検討する予定である。

3.2.2 Direct Load Control

Direct Load Control は「直接負荷制御」と呼ばれるデマンドレスポンスの一種で、電力小売や送配電事業者からの DR 依頼に応じて、自動的に需要家の空調や照明を制御する方式である。

日本ユニシスは、特定規模電気事業者（以下「PPS」）および BEMS ベンダと連携し、PPS 側の需給逼迫状況に応じて自動的に建物内設備の制御を行う情報システムを提供している。現在は天候に応じた削減可能量の「予測機能」は実装しておらず、一定値を用いている。

日本ユニシスでは、天候や設備稼働状況に応じた削減可能量の予測機能も付加し、柔軟かつ正確な削減可能量の管理を実現すべく検討している。

3.2.3 UNIBEMS

主に中小規模のビルを対象に電力の見える化やデマンド監視、空調・照明の自動制御を提供するサービスである。日本ユニシスは、経済産業省の平成 23 年度エネルギー管理システム導入事業費補助金（BEMS）事業にて BEMS アグリゲータに採択されており、本サービスを用いて関西電力とも DR 契約を締結している。MEMS（Mansion Energy Management System 次項参照）にも本サービスを活用しており、合わせて 700 拠点以上の需要家を管理している。

規模の小さな需要家でも数百拠点分の DR 容量を合わせると数 MW の発電力を確保できる場合があり、VPP 事業の調達先としても十分に期待できる。

3.2.4 Enability MEMS

MEMS アグリゲータ向けに提供している日本ユニシスのパッケージシステムである（図 5）。MEMS アグリゲータ複数に採用されており、接続集合住宅棟数は約 7 万戸にもなり低圧需要家からの電源調達インフラとして十分に期待できる。

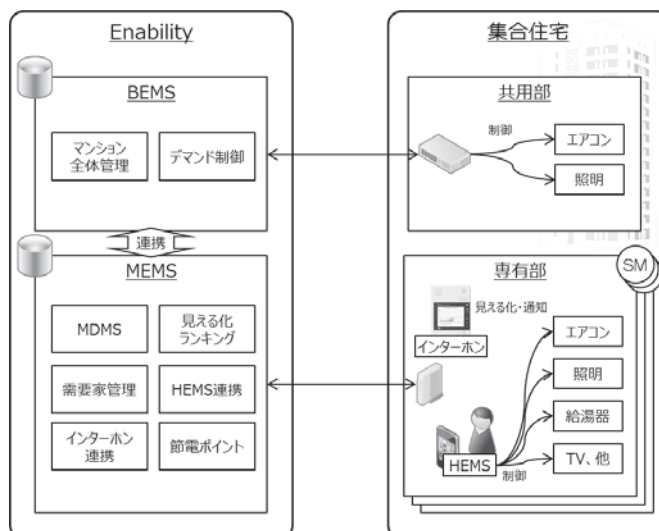


図 5 Enability^{*5} システムイメージ

VPP 事業と関連した最大の特徴は HEMS (Home Energy Management System) および家電へのマルチベンダ対応にある。Enability を介して複数の HEMS メーカーおよび家電に接続可能であり、一般家庭の家電や蓄電池等と連携した DR が実施可能な基盤が整っている。集合住宅のインターフォンとも連携しており、居住者への通知も可能である。

現在は集合住宅向けのシステムだが、同一の機能を戸建て住宅にも提供可能であり、電力自由化と連動した横展開を検討している。

3.2.5 高精度 PV 発電量予測

独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (以下、JAXA) の衛星データや地上でのセンサーデータを活用した太陽光発電の高精度予測である。

太陽光発電の発電量予測はこれまでも気象予報や日射量の測定によって実施されている。本事業は衛星データならではのより細かなメッシュや時間間隔の短い予測データを用いて、ゲリラ豪雨等の局所的な気象変化を考慮した「1 時間後の発電量予測」を実現することを目的としている (図 6)。

この機能の実現により、発電および小売事業者にとっては 1 時間前市場での適正調達や同時同量逸脱によるインバランス^{*6} リスク軽減により、収益性の向上が期待できる。また、1 時間後発電予測を正確に実施することにより、特定エリアの需給バランス変動を事前に察知することができるため、代替発電の実施を予め計画することができるようになる。これにより、再生可能エネルギーの系統受入量拡大にも寄与できると考えている。

本事業は、JAXA が公募の地球観測衛星データの利用拡大に向けたビジネス・インキュベーション施策「衛星データを活用した新たなビジネスソリューション構築のためのパイロットプロジェクト」に日本ユニシスが「EMS (Energy Management System) サービスへの衛星データ活用」を提案し、「新規に開拓する利用分野」のエネルギー分野で採択されたものである。

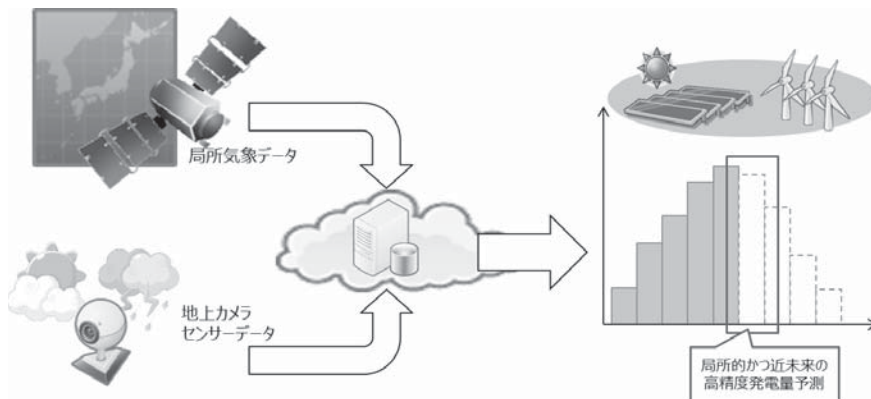


図 6 衛星データを活用した高精度発電予測

3.2.6 Smart Oasis

日本ユニシスが 2009 年から推進している電気自動車 (以下、EV) の充電インフラサービスである。現在は、充電器の位置情報や会員管理、決済サービスが中心である。現在の機能でも、

需給逼迫時に認証制御機能を用いて充電制限を行うことにより、系統安定への寄与は可能であるが(図7)、充電器がEVからの放電が可能な、所謂V2G(Vehicle to Grid)機能を持ったタイプになれば同一インフラを用いてEV蓄電池の分散制御によるVPP事業に発展できる可能性もある。

EVの普及に伴い、帰宅時間での充電集中による電力網への悪影響が課題となるといわれており、EV普及と電力網の安定の双方に寄与できるよう本サービスの機能強化も検討していく必要がある。

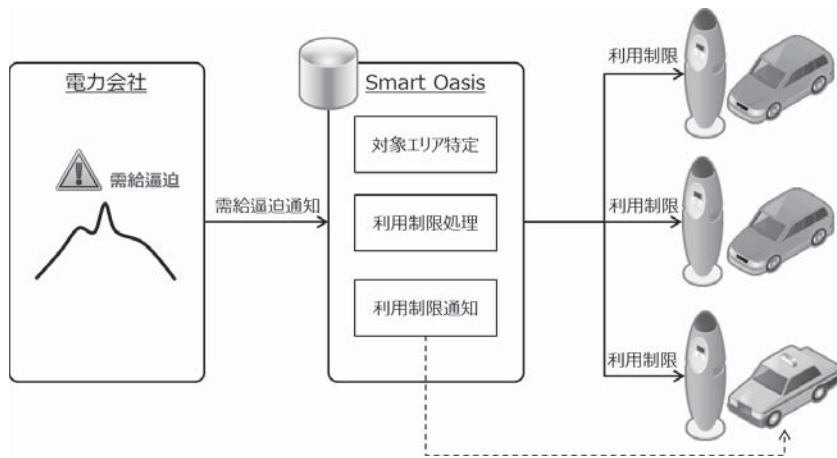


図7 認証制御機能を活用した充電制御

4. 今後の展望

前章まででVPP事業の概要と日本ユニシスの取り組みとの関連性について述べた。本章では、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、今後の日本ユニシスの方向性を述べる。

4.1 電力システム改革とVPP事業の関連性

現在検討されている電力システム改革は、一般家庭を含めた低圧の全面自由化だけではなく、様々な制度変更^[5]が議論されている(表1)。これらの制度変更の中には、DRを含むVPP事業を後押しするものが含まれている。

まず、2016年の全面自由化に合わせて導入が予定されている同時同量およびインバランスルールの変更である。PPS側は、これまでは実績値の評価で30分同時量 $\pm 3\%$ を超える逸脱があった場合、実際の需給状況にかかわらず50円/kWhを超えるインバランスを支払う必要があった。これが実際の需給状況を反映した単価に変更される。ペナルティ的なインバランス料金設定がなくなった点はメリットだが、単価上限が撤廃されることにより、夏季の特異日(最高気温が非常に高い日など)は100円/kWhを超える高額になる可能性もある。1時間前市場の取引状況等により、インバランスが高額になることが予想される場合、可能な限り需要を抑制するDRを実施してインバランス支払を少なくすることで、電力小売の収益改善が可能である。この制度改正はDR、特に1時間前市場終了後でも実施できる応答時間の早いDR(Fast-DR)の実施価値を高めることは間違いない。

次に検討されているのは再生可能エネルギー固定価格買取制度（以下「FIT」）改革とアンシラリーサービス**である。これは、再生可能エネルギーの受入許容量の問題と関連する。再生可能エネルギーは天候に応じて発電量が大きく変化するため、その変動を吸収するためにはほぼ同量の調整用電源が必要になる場合が多い。現状は中小規模の火力発電がその役割を担っているが、調整用電源の発電能力を超える再生可能エネルギーの受入は困難である。しかし、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、調整用火力の増強を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る。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。

表 1 注目される制度改革項目と VPP 事業の関連性

No.	項目	概要	VPP 事業関連性
1	計画値同時同量	電力小売および発電事業者が、1 時間前計画値通りの需要および発電を実施できなかった場合、計画値との差分をインバランスとして精算する制度	再生可能エネルギー 1 時間後発電量の正確な予測提供 Fast-DR 等による短時間の需給調整力提供
2	インバランス制度変更	定額単価精算から需給状況を反映した変動単価精算に変更。3%ルールも廃止され差分は全量インバランス精算となる見込み	需給逼迫時は 100 円を超えるインバランスが発生する可能性があり、DR 提供による VPP 収益機会は向上
3	1 時間前取引市場	インバランスリスク回避のための最終取引市場 需給逼迫時は高単価取引となる可能性有	1 時間後需給の正確な予測による売電/買電量の最適化 高単価時の売電機会拡大と DR による高単価調達回避
4	FIT 制度改革	固定買取価格の低下や受け入れ停止、買取期間終了後の発電設備活用の問題	取引市場単価が高い時間の売電による収益拡大 (FIT に依存しない収益確保)
5	アンシラリーサービス	再生可能エネルギーの発電変動に伴う電圧および周波数変動対策	Fast-DR や分散電源 (蓄電池等) での調整力提供による VPP 事業機会の創出

4.2 VPP 事業に関する日本ユニシスの今後の取り組みおよび課題

3章で述べたように、日本ユニシスは VPP 事業領域に対して一定の取り組みを実施している。今後、それらの事業の連携や不足機能の補完によって、お客様や事業パートナーと連携し、VPP 事業への進出は可能である。特に、日本ユニシスの強みの一つである「マルチベンダ対応」は、複数メーカーの機器や制御システムを同一プラットフォームで管理することが求められる VPP 事業においては強みとなることが想定される。

今後は、現状不足している「予測」や「最適化」の機能をいかに獲得していくかが課題になる。注目されている「M2M」技術やエネルギービッグデータの活用、海外先行事例の応用、本領域に強みのあるパートナーとの連携など、多岐にわたる検討を実施しつつ、VPP 事業に対する継続的な検討を実施する計画である。

5. おわりに

本稿では、電力需要のピークを抑えるデマンドレスポンスの考え方にに基づき、電力の供給力の問題を解決する方法として VPP といった電力の需給管理の新しい形態と日本ユニシスの取

り組みについて紹介した。今後、電力システム改革を進めているわが国でも、電源の分散化や制度変更による電力の市場取引の活性化が進むことで、VPPを活用した新たなサービスビジネスが出現することが期待される。

将来のエネルギーマネジメント分野では、複数の拠点や設備などを管理・連携させ、発電・需要の予測などICTの活用がますます欠かせないと考える。日本ユニシスも、現在取り組んでいるサービスや実証実験で検証している機能やサービスを強化し、エネルギーマネジメント分野での課題解決に貢献していきたい。

最後に、本稿執筆にあたりご協力・ご指導頂いたすべての皆様に深く感謝し、御礼申し上げます。

-
- * 1 BEMS アグリゲータ：経済産業省の補助事業「エネルギー管理システム導入促進事業」において、中小ビル等にBEMS (Building Energy Management System)を導入しエネルギーマネジメントサービスを提供する事業者
 - * 2 同時同量：電気はためておくことが難しいため、電力の需要と供給を絶えず一致させることをいう
 - * 3 ネガワット：需要家が節約して生まれた余剰電力（節電量）を発電と同等にみなす考え方
 - * 4 コージェネレーション：特定のエネルギー（重油等）から電力と熱の双方を生産する設備
 - * 5 Enability：日本ユニシスが提供するMEMSのサービス名称
 - * 6 インバランス：PPSが同時同量を達成できず、電力会社から補給・吸収を受けた電力のことをいう
 - * 7 アンシラリーサービス：電力品質や安定供給を維持するための周波数調整や電圧調整のことをいう

- 参考文献** [1] 経済産業省, デマンドレスポンス (Demand Response) について
http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/sougou/denryoku_system_kaikaku/002_s01_01_05.pdf
- [2] 電力システムシリーズ① 電力・エネルギービジネス総覧, 日経BP社, 2014年8月, 4-6-2 E エナジー 冷蔵倉庫活用 VPP サービス, p138-139
- [3] 山家 公雄 エネルギー 世界の新潮流 風力発電と冷蔵倉庫を組み合わせた仮想発電所ドイツのスマートグリッド「E-Energy」(1)
<http://business.nikkeibp.co.jp/article/report/20130909/253159/>
- [4] 山家 公雄 エネルギー 世界の新潮流 地域電力市場が分散型システムを可能にするドイツのスマートグリッド「E-Energy」(2)
<http://business.nikkeibp.co.jp/article/report/20130925/253841/>
- [5] 経済産業省 電力システム改革小委員会 制度設計ワーキンググループ発表資料, 2013年8月5日第1回～2014年11月27日第10回

上記参考文献のURLは2015年2月27日時点での存在を確認。

執筆者紹介 松尾 尚志 (Takashi Matsuo)

2002年日本ユニシス(株)入社。電力会社を中心としたエネルギー、社会公共部門の営業として従事。2011年より、エネルギーマネジメントサービス関連の商品企画・販売業務に携わる。



田 子 大 作 (Daisaku Tago)

2007年日本ユニシス(株)中途入社。環境・エネルギー分野中心としたビジネス企画に従事。現在、公共ビジネス企画部にて電力システム改革に関連する企画および提案を担当。

