

仮想発電所 (Virtual Power Plant)

海外事例とIBMソリューション

電力小売事業や地域エネルギー会社のビジネスを
スマートに実現するソリューション

分散発電や再生可能エネルギー発電をITで管理することにより、あたかも一つの大きな発電所のように見える仮想発電所 (Virtual Power Plant、以下VPP) というソリューションがあります。VPPは需要を満たす電力を供給者のみが発電するだけでなく、積極的な消費者との連携により安定した電力供給を実施するものです。このように、消費者が保有する燃料電池や蓄電池を利用して、電力の融通、最適化を実現する事例が、すでに海外では出てきています。

IBMではVPPのアーキテクチャーを提唱するとともに、電力の融通および最適化のためのソリューションを提供しています。電力自由化を契機に新しいビジネスを検討している新電力事業者、電源調達を課題とする小売事業者や地域エネルギー会社にとって、VPPはビジネス課題を解決するソリューションとなります。

▶▶ 1. 仮想発電所 (Virtual Power Plant) とは

電力市場の自由化が進む海外では、VPPと呼ばれるソリューションが成長しています[1][2]。これは、複数の小規模な自家発電設備、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギー発電、燃料電池や蓄電池といった「分散電源」をネットワークで接続・統合し、電力の需給バランスを機動的に実施することによって、あたかも一つの発電所のように仮想的 (Virtual) に機能させるソリューションです。複数の分散電源を需要量に合わせて計画発電するソリューションは現在もありますが、VPPが実現された社会では、大規模集中型で電力を生産し提供する供給者と、その電力を消費する需要家 (消費者) の二大プレイヤーという、役割が明確に分かれた現在の状況が変化します。消費者が分散電源を持つことで、自己消費に利用する需要プレイヤーであると同時に、時には他の消費者へ電力供給する供給プレイヤーとして機動的に活動を変更することが可能になります。個々の消費者がエネルギーの地産地消を実現することは難しくとも、需要プレイヤーと供給プレイヤーの両特性を持つ

消費者が集まり、インターネット上で消費者グループを形成し、このグループの需給を調整するアグリゲーターとも連携することがVPPの特徴です。

日本においてもVPPは、平成24年に内閣に設置された日本経済再生本部の「改革2020WG」の配布資料「集中型と分散型システムとが調和したエネルギーシステムへの変革」の中で取り上げられており、これからの電力ビジネスにおいて中核となるソリューションです[3]。

▶▶ 2. VPPの海外事例

IBMは2000年代の中ごろから欧米においてVPPの実証実験を実施しています。この実証実験では、供給者の論理のみに基づく需給バランス方法が採用されているのではなく、①電力供給量の余剰時を予測し、その時には電力消費を促進させ、不足時を予測し、その時には電力消費を抑制させる方法 (スイス[4])、②余剰時に蓄電 (充電) させ、不足時に消費 (放電) させる方法 (デンマーク[5])、③余剰時に供給装置の運転を休止させ、不足時には稼働させ供給を補充させる方法 (オランダ[6]) など、さまざまなVPPが採用されています。

本章では、③の実証プロジェクトを紹介します。これはオランダのアーメラント島という人口3500人の島で、2020年までに島内のCO₂排出量ゼロを達成することを目標にしたプロジェクトです。6MWの太陽電池と45台の燃料電池を利用して、電力会社Aliander社、燃料電池メーカーBlueGEN社、IBMなどの企業が参画し、2013年から開始されています。

図1にその概念図を示します。太陽電池と燃料電池から電力と熱を賄うことを基本とし、系統からの電力供給は不足分を補うバックアップと位置付けています。装置使用状況などのデータは、個々の装置に導入されたデバイス・エージェントとそれを束ねるコンセントレーション・エージェントを通し、オークションおよびオブジェクト・エージェントへ収集されます。VPPは太陽電池からの発電（供給）量と島民個々の電力消費量を予測するとともに、需要プレイヤーが計画した燃料電池の運転スケジュールに対して、電力供給量が不足する時には休止中の燃料電池を稼働させ、余剰時には稼働中の燃料電池を停止させる機動的な運転変更を、電力取引市場などの状況を加味しながら需要・供給プレイヤーのKPI（コスト最小やCO₂排出量最小）に合わせてスケジュールします。このスケジュールの指令が再びデバイス・エージェントまで届き、燃料電池の制御が実施されます。これにより、島内の需要量に合う供給量、あるいは供給量に合う需要量をVPPが制御し、系統からの電力供給を最小限にした需給バランスを実現します。その際、消費者の利便性を妨げない条件や、不安定な太陽電池の発電量予測、燃料電池の温水タンク貯水量なども制約条件にしてVPPが最適化問題を解きます。

このプロジェクトでは、

- エネルギー・サプライチェーンの監視と管理
- 送配電の効率化
- 不安定な再生可能エネルギーの利用拡大
- エネルギー地産地消の料金と利益バランス

を目的としています。さらに将来的には、電気自動車（Electric Vehicle、以下EV）の蓄電池も組み入れ、EVの充放電を最適にスケジュールすることで、島内でより効率の良いエネルギー利用を実現させることが計画されています。

一方で、VPPをより広域に実現する実証も米国で行われています[7]。VPPの範囲が広域になれば、需要プレイヤーと供給プレイヤーの提供する電力メニュー（発電・蓄電・節電）も増え、VPPにより管理・制御される分散電源の特性が多様かつ複雑な環境になると想定されます。そこで、電力取引市場を介して、需要プレイヤーが必要な電力消費量を希望する価格で入札し供給プレイヤーが応札するという、電力量とその価格の2つの情報をリアルタイムにプレイヤー間で交換し、電力売買をまるで金融商品のように取引する方法で需給バランスを取るVPPも考えられています。

これらの海外事例は、VPP事例の一部に過ぎません。現在は需給バランスの仕組みが注目されていますが、現在一様の商品である電力も、その品質、例えば低CO₂排出電力やグリーン（CO₂排出ゼロ）電力など、発電する媒体により電力に銘柄が付き、異なる料金で需要プレイヤーが選択できる仕組みや、そのようなビジネスの出現を可能とします。例えば、環境にセンシティブな消費者は、VPPを通してCO₂排出量ゼロの再生可能エネルギーを

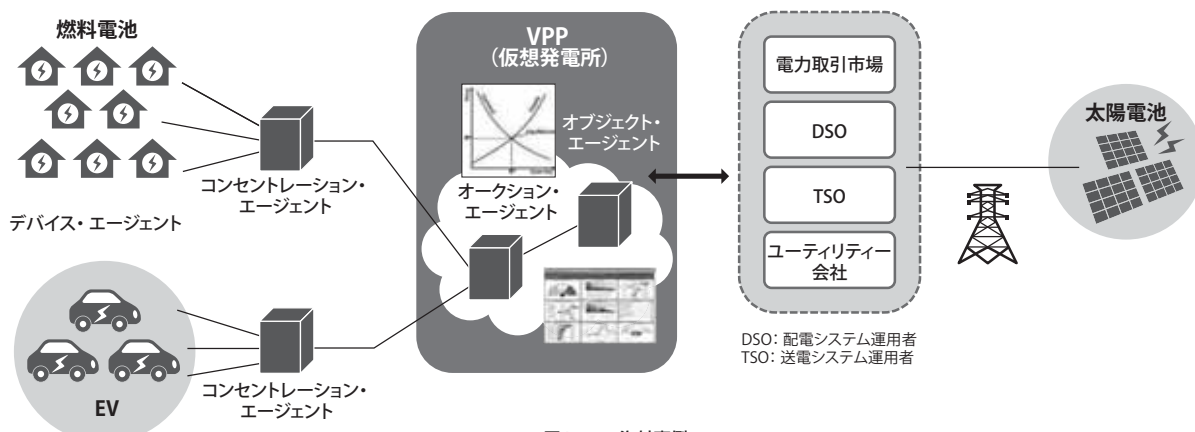


図1. VPP海外事例

EVの蓄電池として利用することができるようになります。

▶▶ 3. VPPソリューション

IBMではVPPを構成するために図2のようなアーキテクチャーを提唱しています。

VPPは、発電・蓄電・節電など装置の状況監視と制御、消費者とアグリゲーターとの連携を実現する機能、そして、取得したデータを用いた予測と最適化が必要となります。そのためには、それぞれのプレイヤーをレイヤーごとに管理することが重要です。IBMではVPPに5つのレイヤーを設定し、それぞれに下記の機能を定義付けました。

レイヤー5 予測・最適化 (Prediction & Optimization)	VPPの機能(需給予測と需給バランス最適化、消費者との連携方法決定)
レイヤー4 運用(Operation)	複数EMS設備の統合管理、アセット管理
レイヤー3 管理(Management)	BEMS、HEMS、MEMSなどのエネルギー管理
レイヤー2 制御(Control)	機器の制御装置
レイヤー1 供給・需要 (Supply and Demand)	発電・蓄電装置、消費者

レイヤー1からレイヤー2までは、供給者と消費者の機器が対象となります。供給者の機器は太陽電池や燃料電池、蓄電池、および、その制御装置で構成されています。消費者の機器は、スマートフォンやインターネット端末など消費者とのインターフェースになる機器、または、アグリゲーターとの接続機器が位置付けられます。レイヤー3は、BEMS、HEMSやMEMSなどのEMS(エネルギー管理システム)のレイヤーです。レイヤー4は、複数EMS設備の統合管理、アセット管理を実現するレイヤーとなります。エネルギーの見える化や“供給者主導”でのデマンド・レスポンスを実現するのであればレイヤー4までの機能で十分ですが、消費者との連携などを考えるためにはレイヤー5に位置付けたVPPの機能が必要となります。

VPPは、消費者が需要プレイヤーと供給プレイヤーとに機動的に変化することを監視し、需給予測に基づいてそのバランスを取るようエネルギー供給と消費の最適

なスケジュールを計算し、その指令を下位レイヤーに発行します。この制御を行うためには、さまざまな装置をインターネット接続し、装置の入出力データから需要と供給の量を高精度に予測することと、その予測に基づいて、需要プレイヤーの電力・熱の消費量、供給プレイヤーの供給電源の選択やその電力量、アグリゲーターが設定するKPIなどの制約条件をすべて満たす最適解を、決められたリードタイム内に求めることが重要です。この最適解に従い発行される指令が下位レイヤーで実行された結果として、需要プレイヤーのデマンド・レスポンスやネガワットと呼ばれる消費抑制や消費促進、供給プレイヤーの発電停止や追加発電などの制御を行います。そして、VPPは形成するグループ全体の需給バランスが特定の要件で実現されていることを監視し、必要に応じて次のアクションへつなげます。現在の同時同量(需給バランス)のリードタイムは、大規模集中型の現在の供給プレイヤー主導の要件であり、需要プレイヤー主導の要件が強くなれば、このリードタイムはより短縮されると想定されます。事実、欧米では5分程度でバランスさせる事例があり、このような時間要件をクリアするには、よりリアルタイムに大量データを高信頼性の下で処理できる計算力と仕組みが求められます。

また、下位レイヤーにおいても、さまざまな種類と大量の装置を取り扱うため、各レイヤーの機能を実現するエージェントを組み込んでいます。エージェントは、装

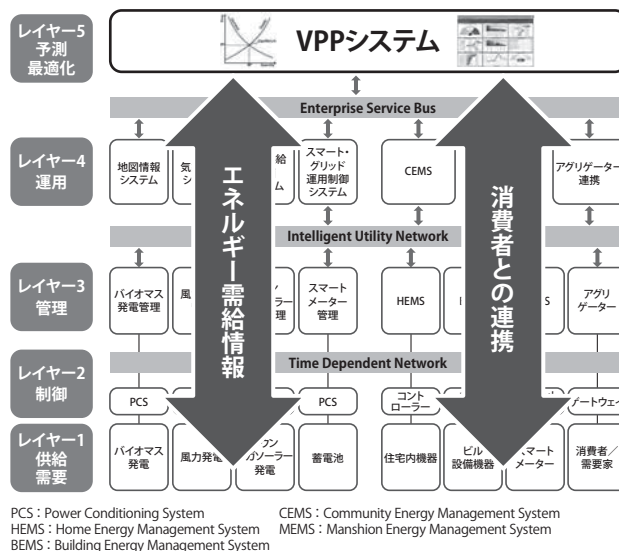


図2. VPPアーキテクチャー

置の状況を把握するセンサー機能、装置に制御指令を出すアクチュエーター機能、そして、この機能を管理し他エージェントと通信するマネジメント機能を持ちます。

このようなレイヤー構造のアーキテクチャーにより、異なるメーカーの分散電源であっても一元化したデータを基にVPPが構築できます(図3)。

▶▶ 4. 日本におけるVPP適用の可能性

VPPは、電力自由化でビジネスを実施したい電力小売会社や地域エネルギー会社(アグリゲーター)に有効です。電力小売会社にとって最大の課題は電源調達と言われています。電力小売会社は多くの消費者と契約が可能となりますが、電源調達が困難な場合は消費者と契約できない事態も起こり得ます。VPPを利用することで、“出なり”と呼ばれる突発的に発生する余剰電力や再生可能エネルギーの余剰電力を利用することも可能となります。さらに、消費者との連携によるデマンド・レスポンスや消費者が所持する分散電源を利用することもできます。

このVPPの機能は、特定の地区でのみ電力小売を実施する地域エネルギー会社が、地産地消の実現に向けた電力ビジネスを実施したい場合にも有効です。地産地消の電力ビジネスでは、地域エネルギー会社で保有している分散電源だけではビジネスが実現できない場合には、外部のアグリゲーター(メガソーラー事業者や風力発電ファーム)との連携が必要です。VPPを利用することで、

外部アグリゲーターの需給状況が把握でき、連携して電力の最適化や融通を実施することが可能となります。このようにVPPは、電力自由化で新しいビジネスを実施したい企業に活用されることが予想されています。

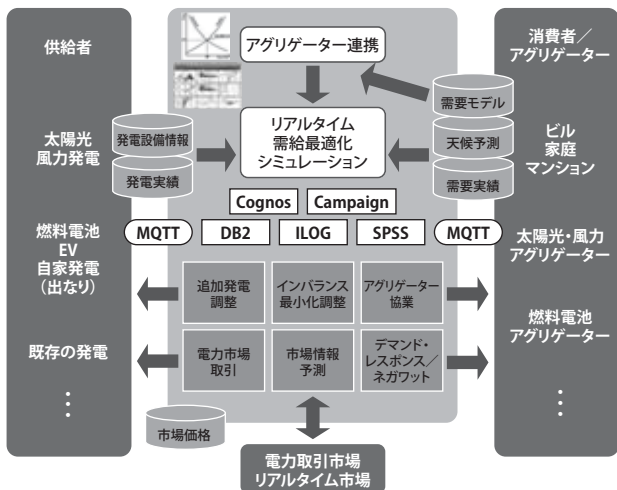
▶▶ 5. おわりに

日本におけるVPPはまだ黎明期の段階ですが、電力自由化以降さまざまな新電力事業者の課題を解決できます。VPPの実現には、テクノロジーだけではなく、分散電源などのメーカーとの連携、消費者やアグリゲーターとの連携が不可欠です。

IBMでは海外で培ったVPPの実績やノウハウを生かして、お客様の新電力ビジネスの成功をご支援してまいります。

[参考文献]

- [1] PikeResearch: "Virtual Power Plants", Published 3Q 2010.
- [2] IEEE SPECTRUM: Virtual Power Plants, Real Power, <http://spectrum.ieee.org/energy/the-smarter-grid/virtual-power-plants-real-power>
- [3] 経済産業省, 国土交通省, 環境省: 集中型と分散型システムとが調和したエネルギーシステムへの変革, <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/wg/kaikaku/dai5/siryou2.pdf>
- [4] IBM: Swiss energy utility and supermarket chain pilot smart grid using renewable energy, <http://www.zurich.ibm.com/news/12/flexlast.html>
- [5] IBM: IBM joins EDISON project to build smart grid for electric cars, <http://www.zurich.ibm.com/news/09/edison.html>
- [6] Ceramic Fuel Cells: Ceramic Fuel Cells Limited Operational Update, http://www.cfcl.com.au/Assets/Files/20131113%20-%20ASX%20Announcement_Operational%20Update_Netherlands_UK_13%20Nov%202013.pdf
- [7] IBM Pacific Northwest Smart Grid Demonstration Project: <http://www.pnwsmartgrid.org/docs/ibm.pdf>



Cognos: IBM Cognos Business Intelligence DB2: IBM DB2
 Campaign: IBM Campaign ILOG: IBM ILOG CPLEX Optimization Studio
 MQTT: MQ Telemetry Transport SPSS: IBM SPSS Statistics

図3. VPPソリューション



日本アイ・ビー・エム株式会社
 スマート・シティ事業
 スマート・エネルギー・ソリューション部長

川井 秀之
 Hideyuki Kawai

企業間取引(EDI)システム開発やB2B、ECなど電子商取引のソリューション開発のリーダーを経て、2005年より電力ガスIUNソリューションリーダー、2009年よりスマートシティ事業にて新電力も含めたエネルギー・ソリューションを担当。



日本アイ・ビー・エム株式会社
 東京ラボラトリー、SW&システム開発研究所
 M&Dソリューション開発担当

高山 雅行
 Masayuki Takayama

IAサーバー製品やそのシステム管理製品の開発業務を経て、エネルギー管理ソリューションや製造業向けデータ解析ソリューションなど、海外のスマート・グリッド関連プロジェクトのソリューション化に従事。