

# 仮想発電所を活用した需給調整技術

松村 洪作\*  
五十嵐 政志\*

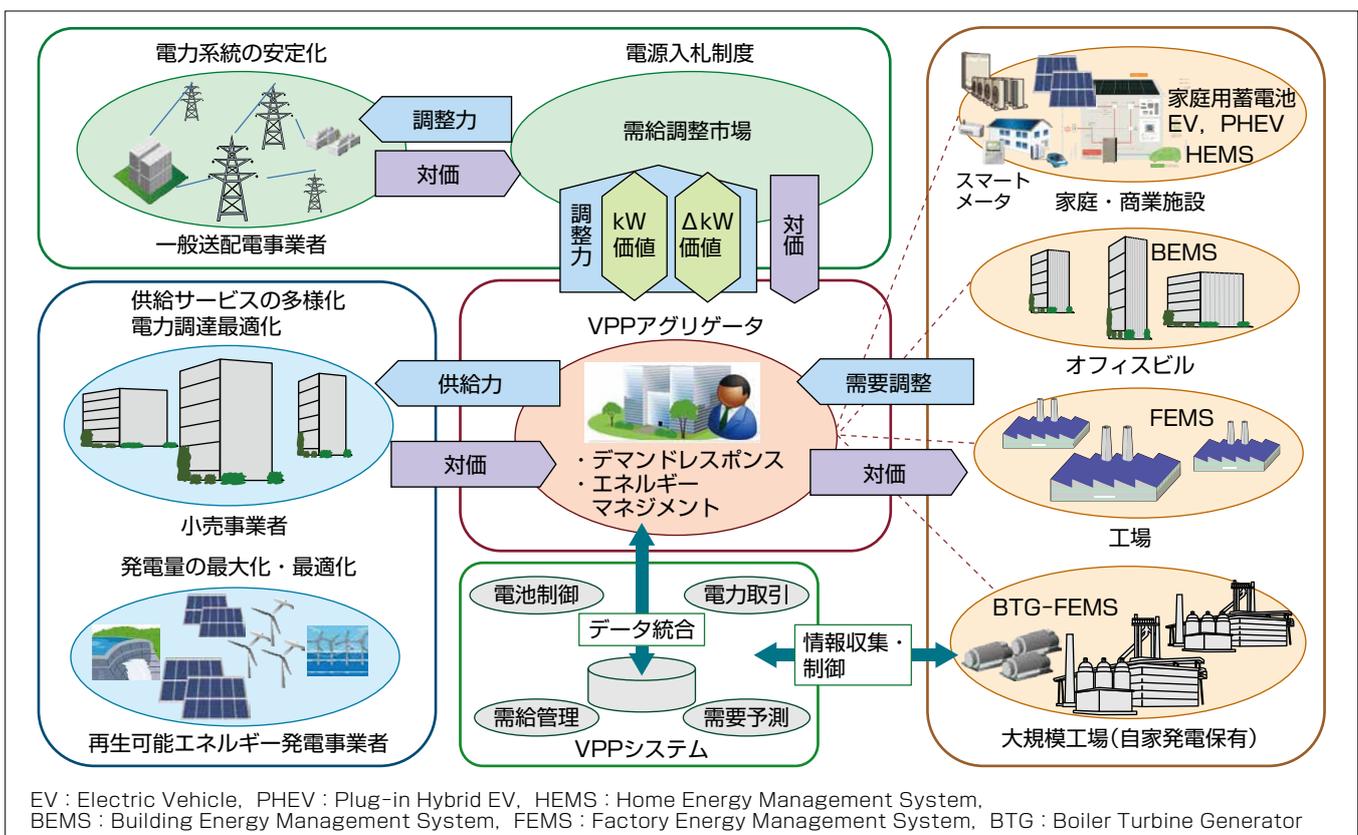
Supply - demand Balancing Control Technology Using Virtual Power Plant

Kosaku Matsumura, Masashi Igarashi

## 要 旨

固定価格買取制度によって太陽光発電(PhotoVoltaic：PV)や風力発電(Wind Turbine：WT)などの再生可能エネルギーの急速な普及拡大が進む中、従来、調整電源の役割を担ってきた火力発電機の低出力運転や停止に加え、PVの出力抑制頻度が増加してきており、需給調整力や配電系統での電圧逸脱など、電力品質の低下が懸念されている。一方で、2021年4月には需給調整市場の開設が予定されており、適切な競争環境下で、一般送配電事業者は市場から安価な調整力の調達を行うことになる。このような状況下で、需要家側に設置されるPVや蓄電池などの分散電源を統合制御し、仮想発電所(Virtual Power Plant：VPP)として大規模な発電設備に匹敵する電力を創出する可能性が期待されている。

三菱電機では2021年の需給調整市場に対応した製品展開を一つのターゲットとして、現在、経済産業省が主導するVPP構築実証事業に参画しながら知見やノウハウを蓄積している。その中で、当社はアグリゲータの業務からVPPシステムに必要な機能を整理し、アプリケーションパッケージ“BLEnDer DR”の開発を進めている。BLEnDer DRは複数の分散電源を管理し、制御基準値計算、指令値配分、電源制御までを自動化して運用可能である。また、国内標準規格に準拠した通信方式でのシステム間のシームレスな接続や強固なセキュリティ機能を持っており、今後発展するVPP事業に対して、大手の電力事業者や新規参入するアグリゲータのビジネス拡大に貢献できる。



## 当社が考えるVPP事業のイメージ

VPP事業はアグリゲータと呼ばれる仲介事業者が小売事業者や一般送配電事業者と需要家の間で供給力や調整力に関わるサービスを提供するイメージである。当社のBLEnDer DRは複数の分散電源を管理し、制御基準値計算、指令値配分、電源制御までを自動化して運用可能であり、国内標準規格に準拠した通信方式でのシステム間のシームレスな接続や強固なセキュリティ機能を持っている。

## 1. ま え が き

脱炭素化社会の実現を目指して、PVやWTのような再生可能エネルギー(以下“再エネ”)の世界規模での普及拡大による、供給電源の分散化が加速している。これらの再エネは主に電源構成に占める火力発電機の代替として期待されているが、天候由来で変化するこれらの電源は出力調整が難しく、導入量の増加に伴い、周波数変動や電力余剰による需給アンバランスを引き起こす要因となり得る。

この問題の解決策の一つとして、近年導入量が増加している定置型蓄電池や電気自動車(EV)のような蓄エネルギー(以下“蓄エネ”)の設備や、需要を制御するデマンドレスポンス(Demand Response: DR)などが需給バランスの調整役として期待されている<sup>(1)</sup>。これらは一つ一つの規模が小さく、個々の制御では系統に与える効果は小さいが、これらを統合制御し、仮想発電所(VPP)として活用することで、大規模な発電設備に匹敵する電源としての活用が期待されている。

本稿ではVPPへの開発の取組みについて述べる。

## 2. 需給調整でのVPPの役割

### 2.1 VPP事業のイメージ

VPPを活用してエネルギーサービスを提供する事業者のことをアグリゲータと呼ぶ。一例として、アグリゲータは需要家へ需要調整を依頼して対価を支払い、小売事業者や一般送配電事業者へ供給力や調整力を提供するモデルがある。ただし、アグリゲータには事業者や需要家との契

約・精算業務やシステム運用業務などが必要となるため、VPP事業の成立に向けては複数サービスの組合せや、効率的な運営が必要になると考えられる(図1)。

ここでVPPの代表的な活用ユースケースの例を表1に示す。VPP事業確立に向けて各地で電力会社やメーカーが様々な取組みや検証を行っており、事業化に向けては発展途上にある。

### 2.2 需給調整市場の制度動向

現在最もVPP活用先の検討が進んでいるのは調整力提供モデルである。調整力は一般送配電事業者が需要と供給を一致させるのに必要な電源調整能力であり、2021年4月以降は需給調整市場を介して取引することで、調達コスト低減や調達の透明・公平化が期待されている(図2)。

これに向けて現在は需給調整市場検討小委員会やエネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会(以下“ERAB検討会”)という。)が設置され、取引要件や商品区分(表2)、VPP活用ルール具体化が行われている。

また2016年から開始された経済産業省主導のVPP構築実証事業<sup>(4)</sup>で、VPPを需給調整に活用するための技術検

表1. VPPの活用ユースケース例

VPPによる提供サービス <sup>(2)</sup>	対象ユーザー			
	一般送配電事業者	小売電気事業者	再エネ発電事業者	需要家
調整力提供	○			
電力品質維持	○			
インバランス回避		○		
供給力提供		○		
出力抑制回避			○	
電気料金削減				○
再エネ有効活用				○

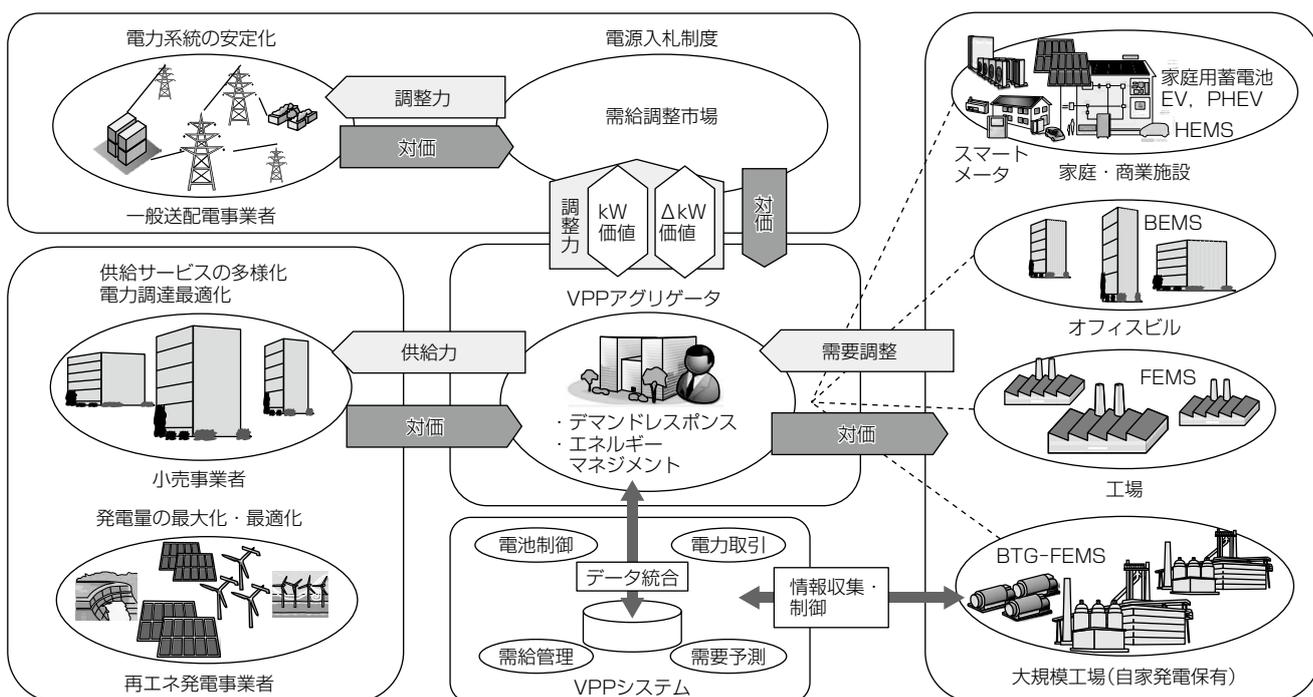


図1. VPP事業のイメージ

表2. 需給調整市場での商品の要件<sup>(3)</sup>

	一次調整力	二次調整力①	二次調整力②	三次調整力①	三次調整力②
英呼称	Frequency Containment Reserve(FCR)	Synchronized Frequency Restoration Reserve(S-FRR)	Frequency Restoration Reserve(FRR)	Replacement Reserve(RR)	Replacement Reserve for FIT(RR-FIT)
指令・制御	オフライン(自端制御)	オンライン(LFC信号)	オンライン(EDC信号)	オンライン(EDC信号)	オンライン
監視	オンライン(一部オフラインも可 <sup>(注2)</sup> )	オンライン	オンライン	オンライン	専用線: オンライン 簡易指令システム: オフライン <sup>(注2)(注5)</sup>
回線	専用線 <sup>(注1)</sup> (監視がオフラインの場合は不要)	専用線 <sup>(注1)</sup>	専用線 <sup>(注1)</sup>	専用線 <sup>(注1)</sup>	専用線又は簡易指令システム
応動時間	10秒以内	5分以内	5分以内	15分以内 <sup>(注3)</sup>	45分以内
継続時間	5分以上 <sup>(注3)</sup>	30分以上	30分以上	商品ブロック時間(3時間)	商品ブロック時間(3時間)
並列要否	必須	必須	任意	任意	任意
指令間隔	- (自端制御)	0.5~数十秒 <sup>(注4)</sup>	1~数分 <sup>(注4)</sup>	1~数分 <sup>(注4)</sup>	30分
監視間隔	1~数秒 <sup>(注2)</sup>	1~5秒程度 <sup>(注4)</sup>	1~5秒程度 <sup>(注4)</sup>	1~5秒程度 <sup>(注4)</sup>	1~30分 <sup>(注5)</sup>
供出可能量(入札量上限)	10秒以内に出力変化可能な量(機器性能上のGF幅を上限)	5分以内に出力変化可能な量(機器性能上のLFC幅を上限)	5分以内に出力変化可能な量(オンラインで調整可能な幅を上限)	15分以内に出力変化可能な量(オンラインで調整可能な幅を上限)	45分以内に出力変化可能な量(オンライン(簡易指令システムも含む)で調整可能な幅を上限)
最低入札量	5 MW(監視がオフラインの場合は1 MW)	5 MW <sup>(注1)(注4)</sup>	5 MW <sup>(注1)(注4)</sup>	5 MW <sup>(注1)(注4)</sup>	専用線: 5 MW 簡易指令システム: 1 MW
刻み幅(入札単位)	1 kW	1 kW	1 kW	1 kW	1 kW
上げ下げ区分	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ

FIT: Feed In Tariff, LFC: Load Frequency Control, EDC: Economic Dispatching Control, GF: Governor Free  
 (注1) 簡易指令システムと中給システムの接続可否について、サイバーセキュリティの観点から国で検討中のため、これを踏まえて改めて検討。  
 (注2) 事後に数値データを提供する必要あり(データの取得方法、提供方法等については今後検討)。  
 (注3) 沖縄エリアはエリア固有事情を踏まえて個別に設定。  
 (注4) 中給システムと簡易指令システムの接続が可能となった場合にでも、監視の通信プロトコルや監視間隔等については、別途検討が必要。  
 (注5) 30分を最大として、事業者が収集している周期と合わせることも許容。

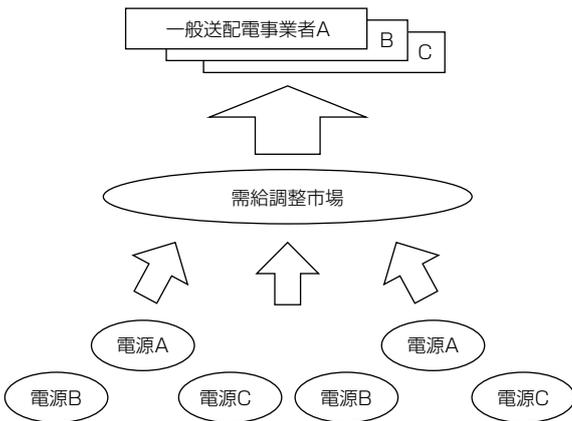


図2. 調整力の市場調達イメージ

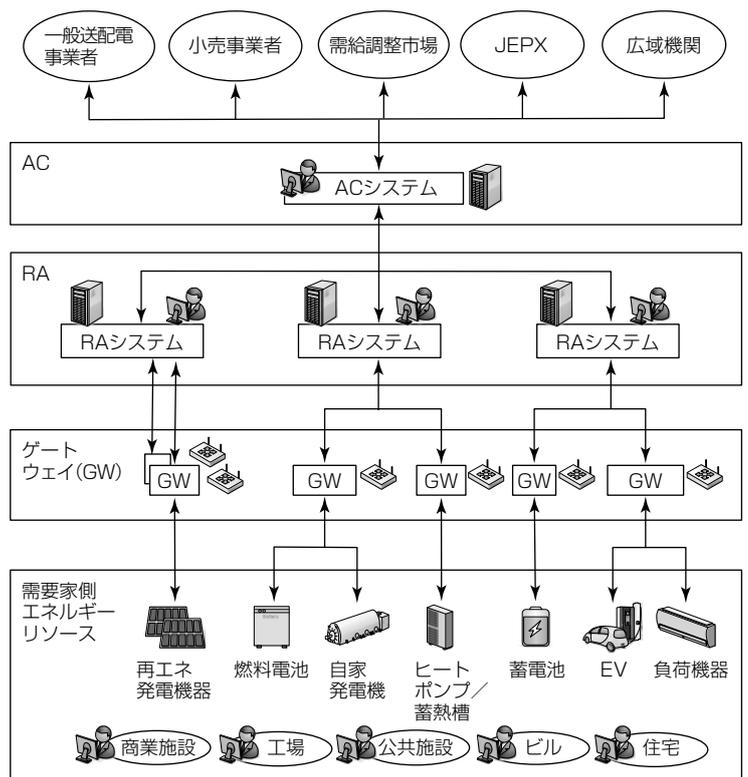
証が行われており、電力会社や新電力、他業界の小売事業者、電機メーカー、通信メーカーなど多様な企業が参加している。

当社も2017年から実証に参画し、システム開発に必要な知見やノウハウの習得を行うとともに、導入実績を拡大している。

### 3. VPPのシステム構成とシステム開発状況

#### 3.1 VPPシステムの基本構成

VPPでは多くの需要家設備を活用することからシステムは図3に示すような役割ごとの階層構造となり、アグリゲータは、需要家とVPPサービス契約を直接締結してリソース制御を行うリソースアグリゲータ(以下“RA”という。)とRAが制御した電力量を束ね、一般送配電事業者や



JEPX: 日本卸電力取引所

図3. VPPのシステム構成

小売電気事業者と直接電力取引を行うアグリゲーションコーディネーター(以下“AC”という。)に役割を分担される。各システムや機器の役割と設備構成例についてまとめたものを表3に示す。

表3. VPPシステムの構成と役割

名称	主な役割	設備構成例
ACシステム	・一般送配電事業者や小売事業者とRAシステムの間に位置し、上位/下位それぞれと通信する。 ・上位の調整力提供指示に基づき、下位のRAを束ねて、調整力を供出する。	・Webサーバ ・パブリッククラウド等
RAシステム	・ACシステムとGWの間に位置し、上位/下位それぞれと通信する。 ・上位の調整力提供指示に基づき、下位の需要家側エネルギーリソースを束ねて調整力を供出する。	・Webサーバ ・パブリッククラウド等
GW	・RAシステムからの指令を、需要家側エネルギー機器への指令に変換する。 ・複数の機器に指示を出すものや、上位の指示を下位機器に合わせてプロトコル変換して指示を出すなど、様々な形態がある。	・IoT端末 ・シーケンサ等
需要家側エネルギーリソース	・需要家側エネルギー機器を制御することで得られる電力。 ・需要家が系統からの受電を調整することで、発電機の出力の調整と同等の効果が得られると想定される。	・再エネ機器 ・蓄エネ機器 ・負荷機器

3.2 BLenDer DR

3.2.1 システムの基本機能

現在当社は調整力対応のVPPシステムとしてアプリケーションパッケージBLenDer DRを開発している。BLenDer DRが具備する ACとRA向けシステムの基本機能を表4と表5に示す。

現在のACとRAの業務は大きく、①制御可能なリソースを持っている需要家との契約、②調整指令発動当日のベースライン計算とリソースへの指令配分、③指令発動終了後の応動評価の三つに分類されている。BLenDer DRでは①の契約情報を事前にシステム上に登録しておくことで、②、③の業務を自動化することが可能になっている。

また現行のBLenDer DRの特長として、指令値を複数のリソースに対して配分する際の優先ルール方式の採用がある。これはリソースごとに設定・管理される制御回数実績や契約単価、契約登録順、過去の制御成功率から計算される信頼度などの指標を自由に組み替え、設定されたルールを基に優先的に配分する対象を決定する方式である。

従来大型発電機への配分は最適化計算方式が多く採用されてきている実績があるが、今後の需要家が持つ大量のリソースに対する配分指令の決定では、ルール設定によって演算ロジックをシンプルにすることで、システムの処理負荷を下げるのが狙いである。

3.2.2 サーバ構成/セキュリティ要件/通信機能

BLenDer DRのサーバ構成を表6に、セキュリティ要件を表7に示す。

ACとRAシステムのサーバ構成は共通となっている。またセキュリティ要件はERAB検討会が発行している“エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスに関するサイバーセキュリティガイドライン”に準拠することを前提に、BLenDer DRは表7を要件として規定している。

BLenDer DRの通信方式はOpenADR 2.0bを採用している。OpenADR 2.0bにはDR指令を送信するVTN(Virtual Top Node)機能と、これによって送信されたDR信号を受信するVEN(Virtual End Node)機能があり、VPPの各システム間をつなぐ標準プロトコルとして経済産業省が推奨している。当社はこのプロトコルのOpenADR Allianceの認証を2013年に取得しており、BLenDer DRの標

表4. ACシステムの基本機能

機能	機能概要
RA情報管理	接続先RAの情報(契約容量, 制御可能量, カレンダー等)を管理する
上位システム連係	一般送配電事業者の需給調整指令システムと連係し、指令値や実績データの送受信を行う
ベースライン計算	RAの過去データ(実績値, 日付, 気象)やカレンダーに基づき、ベースライン(精算時の基準需要)を計算する
調整力配分計算	各RAに対する調整力の配分量を計算する
調整指令発動依頼	RAに対し調整力供出依頼通知を配信する
調整発動確認	RAから調整力供出の依頼を受諾の回答を受信する
調整力供出実績収集	RAから指令発動期間中の実績値のレポートを受信する
実績値管理	RAごとの実績値(需要実績, 調整力応答実績)を管理する

表5. RAシステムの基本機能

機能	機能概要
リソース情報管理	接続先リソースの情報(種別, 契約容量, 制御可能量等)を管理する
上位システム連係	ACシステムと連係し、指令値や実績データの送受信を行う
ベースライン計算	需要家の過去データ(実績値, 日付, 気象)やカレンダーに基づき、ベースライン(精算時の基準需要)を計算する
調整力配分計算	各リソースに対する制御量の配分を計算する
制御指令送信	各リソース又は集約GWに対して制御指示を送信する
リソース状態監視	リソースの死活状態を監視し、非活性時には配分対象から除外する
制御実績収集	各リソースの制御実績値を受信する
需要家向け情報公開	需要家向けに制御実績を公開する

表6. BLenDer DRのサーバ構成

サーバ名	概要
VEN	上位システムとOpenADR通信するための連携用サーバ
APP	ベースライン計算や指令値配分計算、画面を起動させるためのアプリケーションサーバ
VTN	下位システムとOpenADR通信するための連携用サーバ
DB	各システムのマスタ情報と実績データの登録・変更・削除用のデータベースサーバ
Web	需要家向け情報公開用のサーバ

表7. BLenDer DRのセキュリティ要件

脅威項目	なりすまし	不正侵入・操作	サービス停止	盗聴	マルウェア感染
アクセス制御(ログイン認証)	●	●			
パッチ適用					●
マルウェア感染対策					●
相互機器認証		●		●	
通信の暗号化		●		●	
冗長化サーバ			●		

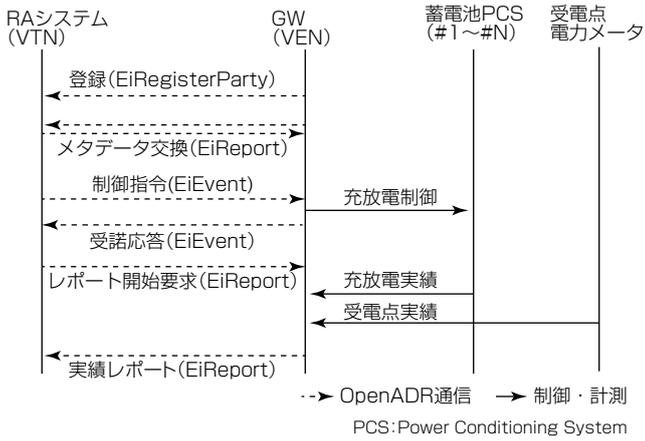


図4. OpenADRの通信シーケンス例

準インタフェースとして実装している。図4はVTN機能とVEN機能を使用したRAシステムとGW間の通信シーケンス例である。

3.3 VPP構築実証への適用による性能評価

経済産業省が主導するVPP構築実証事業では需給調整市場の商品要件に準じた共通メニューが用意されている。その中で2017年は当時の電源I-b(現在の二次調整力①②と三次調整力①)に対応した実証が行われ、調整力供出の要請からその要請を達成するまでの時間を5分に設定したメニューで実証が行われている。この時、当社のBLENder DRはRAシステムとして実証本番ではリソースへの指令送信、及びACへの実績報告で1分以内の性能要求を課されており、問題なく達成している。その結果を表8にまとめて示す。

3.4 今後の開発の展望

BLENder DR開発の今後の展望を表9に示す。機能拡張については、今後需給調整市場の制度設計が進むことで事業者の業務フローが明らかになれば、前日段階での入札を含めた調整力供出計画や事後精算に必要な機能を追加していく予定である。また今後は、調整力不足のペナルティ回避や、表1に示したような調整力以外の目的でVPPを活用するニーズが高まることも想定されるため、例えば事前の計画と実績値の差分を高精度に補正する機能など、開発要件をブレークダウンしていく計画である。

性能向上については、将来のVPP事業規模拡大を想定し、演算ロジックやデータベース構造の見直しを行うとともに、MQTT(Message Queuing Telemetry Transport)のような軽量の通信プロトコル採用による、大量データ通信に対

表8. BLENder DRの性能検証

評価項目	性能基準	測定実績
ACからの指令受信~リソースへの送信	1分以内	約35秒
リソース実績取得~ACへの送信	1分以内	約20秒

表9. BLENder DR開発の今後の展望

開発テーマ	現在の状況	将来の目標
機能拡張	・当日の需給調整要請に対応した業務機能が主体	・前日までの計画、入札業務及び事後精算関連機能の追加 ・調整力以外のVPP活用を目的とした機能の追加
性能向上	・実証のリソース規模に対応した性能	・大量のリソースに対して、データの送受信を短時間でを行うための通信や演算処理性能の向上
サービス化	・1システム1ユーザー利用 ・高価格モデル	・サブスクリプション型への移行による、1システム多ユーザー利用 ・低価格モデル

応していく考えである。

サービス化については、VPPへの新規事業者の参入障壁を下げることでBLENder DRの利用顧客拡大を目的とし、クラウドやオープンソースを活用した低価格かつサービス利用が可能な提供形態を目指した開発を推進する。

4. む す び

今後は国内の制度設計の動向を注視すると同時に、先行する欧米の事例調査を行いながら、要求されるニーズをいち早くキャッチアップすることで、当社のコア技術確立と製品展開を加速し、VPP事業へ参入するアグリゲータをターゲットとしたビジネス拡大に貢献する。

参 考 文 献

- (1) 板屋伸彦：需要家蓄電池と車載蓄電池を中核とした電力品質維持，スマートグリッド2018年4月号，21～25 (2018)
- (2) 資源エネルギー庁：バーチャルパワープラント・デマンドリスポンスについて  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/advanced\\_systems/vpp\\_dr/about.html](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/vpp_dr/about.html)
- (3) 電力広域的運営推進機関：(参考資料)需給調整市場について，第11回需給調整市場検討小委員会配布資料4-2-2，2019年4月25日 (2019)
- (4) 資源エネルギー庁：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7回)-配布資料8-1 H29年度VPP構築実証事業の報告 (2018)