

# VPPを考慮した電力需給管理システム

Power Supply - demand Management System with Virtual Power Plant

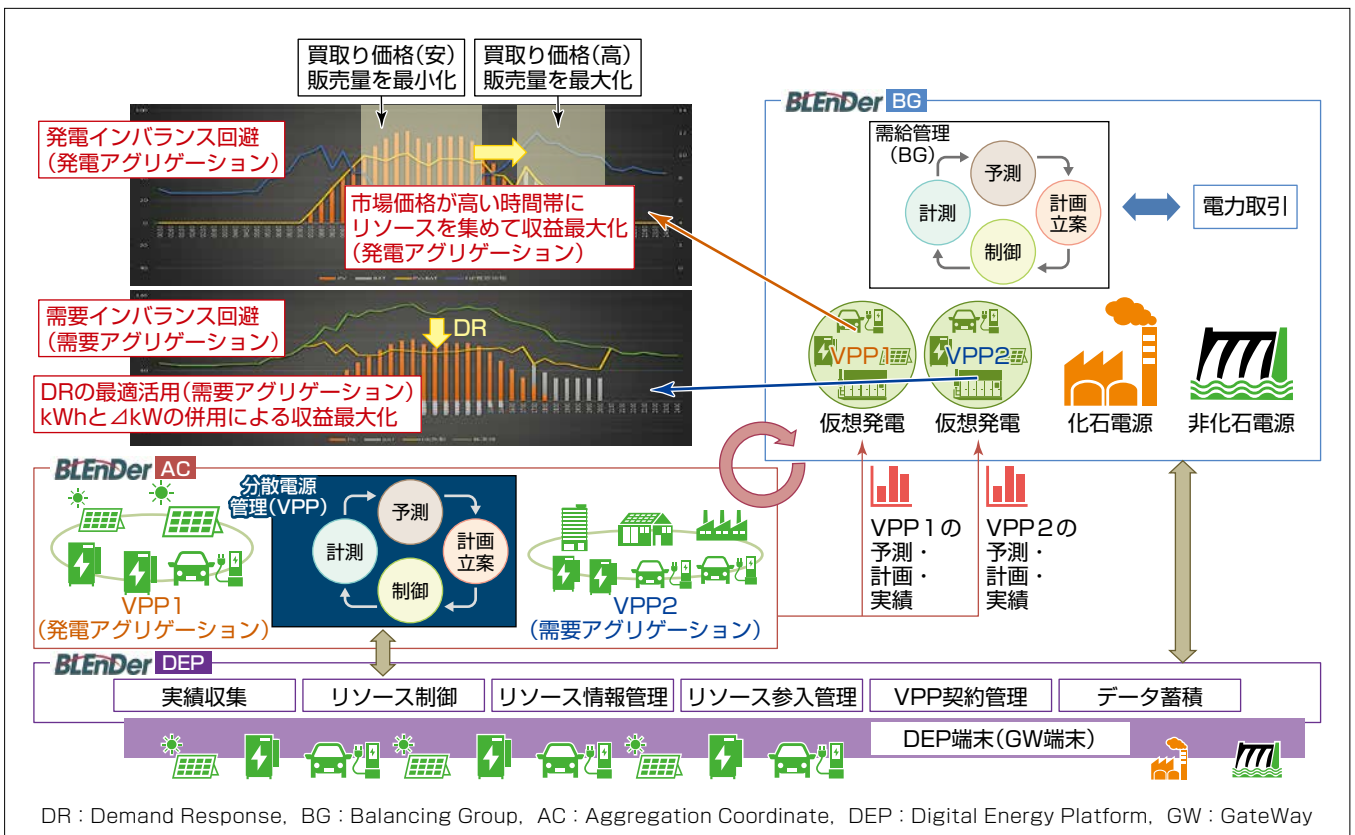
## 要旨

2021年4月、需給調整市場の運用が開始された。これまで各エリアの送配電事業者が個別に調達していた実需給断面で必要になる“調整力”を全国規模の市場で取引することになる。日本でも海外事例を参考にしながら順次調整力商品が拡充される予定である。

このような背景の下、火力発電所等を持っている発電事業者は、従来の“kWh価値”での電力需給管理に加えて、調整力として提供する“ΔkWh価値”も同時に評価しながら、入札市場を選択、最経済発電計画を策定する必要がある。一方、太陽光発電(PV: PhotoVoltaic)などの再生可能エネルギーの急速な普及拡大によって主要な調整電源である火力発電所の稼働率が減少しており、それに伴う電力品質の低下が懸念されている。そのような状況下で期待されて

いるのが、“仮想発電所(VPP: Virtual Power Plant)”である。需要家側に設置されるPVや蓄電池などの分散電源を一つの仮想発電所として統合し、火力発電所と同等の電源として扱って調整力を提供する。この技術を活用することによって、調整電源が不足する断面でも電力系統の品質維持が可能になる。

三菱電機では、2000年の電力自由化以降、電力事業者向けの需給管理業務支援パッケージアプリケーション“BLEnDer”シリーズを提供している。BLEnDerシリーズの“BLEnDer BG(電力需給管理システム)”と“BLEnDer AC(アグリゲーションコーディネータ)”を連携させてVPPを考慮した電力需給管理システムを実現した。また、そのシステム向けの電力需給バランス策定手法を開発中である。



## VPPを考慮した電力需給管理システムでの“BLEnDer BG”と“BLEnDer AC”の連携イメージ

BLEnDerシリーズの発電小売事業者向けBLEnDer BGとアグリゲータ事業者向けBLEnDer ACを連携させてVPPを考慮した電力需給管理システムを実現した。BLEnDer ACでは、需要家側に設置されたPVや蓄電池等を個別管理し、発電予測・計画策定・制御指令計算によってVPPとして集約する。BLEnDer BGでは、BLEnDer ACで集約したVPPを、化石電源、非化石電源と同様に扱い、最経済運転計画の立案を支援する。

\*電力システム製作所

## 1. ま え が き

脱炭素化社会の実現を目指してPVや風力発電のような再生可能エネルギーの導入が進む中、一般送配電事業者が調整力を効率的に確保していくことが重要な課題になっており、その解決策として需給調整市場が創設されることになった。諸外国では既に需給調整市場を活用した調整力の調達、需給調整の広域化が進んでいる。日本でも基幹システムの改修スケジュールを踏まえて段階的に拡張していくことが決定している。

現在、日本で調整力を提供するリソースとしては、化石燃料を消費して発電する火力発電機が主流である。数十分～数秒で変動する電力負荷に対して燃料特性、設備制約を考慮しながら発電機の出力制御を行い、電力品質を維持している。一方、再生可能エネルギーの普及拡大によって主要な調整電源である火力発電機の稼働率が減少しており、それに伴う電力品質の低下が懸念されている。また、発電小売事業者からすると、自社保有電源のうち出力調整が困難なPVの割合が増えることでインバランスリスクにさらされることや、卸電力市場価格の下落によって想定した収益を確保できなくなるなど、電力事業を継続していく上での様々な課題を解決する必要がある。そのような状況下で期待されているのが、VPPである。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: Electric Vehicle)のような蓄エネルギー設備や、需要を制御するDRなどをVPPとして統合制御することで“調整力”“インバランス回避”“市場値差取引”といった様々な用途で活用できる。

本稿では、VPPを考慮した電力需給管理システム及び電力需給バランス策定手法とその検証結果について述べる。

## 2. 需給調整市場

国内では2021年4月から表1の三次調整力②の広域調達が開始され、今後も継続して調整力商品の拡充、広域調

表1. 需給調整市場の開設スケジュール<sup>(1)</sup>

	2020年度	2021年度	2022・2023年度	2024年度以降
予約電源の調達 (kW又はΔkW コストが発生する電源)	電源I-a	電源I-a	電源I-a	一次調整力
				二次調整力①
	電源I-b	電源I-b	電源I-b	二次調整力②
		三次調整力②	三次調整力②	三次調整力①
		三次調整力②	三次調整力②	三次調整力②
余力電力の活用	電源II	電源II	電源II	余力活用電源

□ エリア内調達    ■ 市場での広域調達

達が予定されている。三次調整力②は調整力商品の中でも最も応動時間が長く、VPPリソースが参入しやすい市場になっている。

2021年6月現在、市場への応札量のうち、既存事業者を主とした大手発電事業者によるものが大半を占めている。新規事業者が参入しやすいよう市場ルールが改善が継続議論されているところであり、今後はVPPによる調整力供出者が増えていくことが期待されている。

## 3. VPPを考慮した電力需給管理システム

VPPを考慮した電力需給管理システムは、当社が提供している電力事業者向けの業務支援パッケージアプリケーションBLEnDerシリーズのBLEnDer BG(電力需給管理システム)とBLEnDer AC(アグリゲーションコーディネータ)を連携させて実現した。BLEnDer BGとBLEnDer ACの役割構成を図1に示す。

電力の安定供給には、発電と需要のバランスを取る必要がある。そのため、発電事業者は30分単位の発電・需要それぞれの実績値を計画値と一致させること(同時同量)が求められている。日々行われる需要予測から需給計画の立案、電力広域的運営推進機関への計画提出や、一般社団法人日本卸電力取引所(JEPX)との取引業務で、万が一、同時同量未達成(インバランス)があった場合には、発電事業者はペナルティ(インバランス料金)を負担しなければならない。BLEnDer BGは発電小売事業者の安定した需給オペレーションを実現するために開発されたソフトウェアパッケージ製品群である。

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事業者と呼ぶ。一例として、アグリゲータ事業者は需要家へ需要調整を依頼して対価を支払い、発電小売事業者や送配電事業者へ供給力や調整力を提供する。ただし、アグリゲータ事業者には電力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になるため、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。BLEnDer ACは需要家側に設置されたPVや蓄電池等を個別管理し、発電予測・計画策定・制御指令計算を実現するために開発されたソフトウェアパッケージである。

### 3.1 BLEnDer BG

現在当社は発電小売事業者向け業務支援パッケージアプリケーションとしてBLEnDer BGを提供している。BLEnDer BGのシステム構成とサブパッケージ一覧を図2と表2に示す。BLEnDer BGの特長を次に述べる。

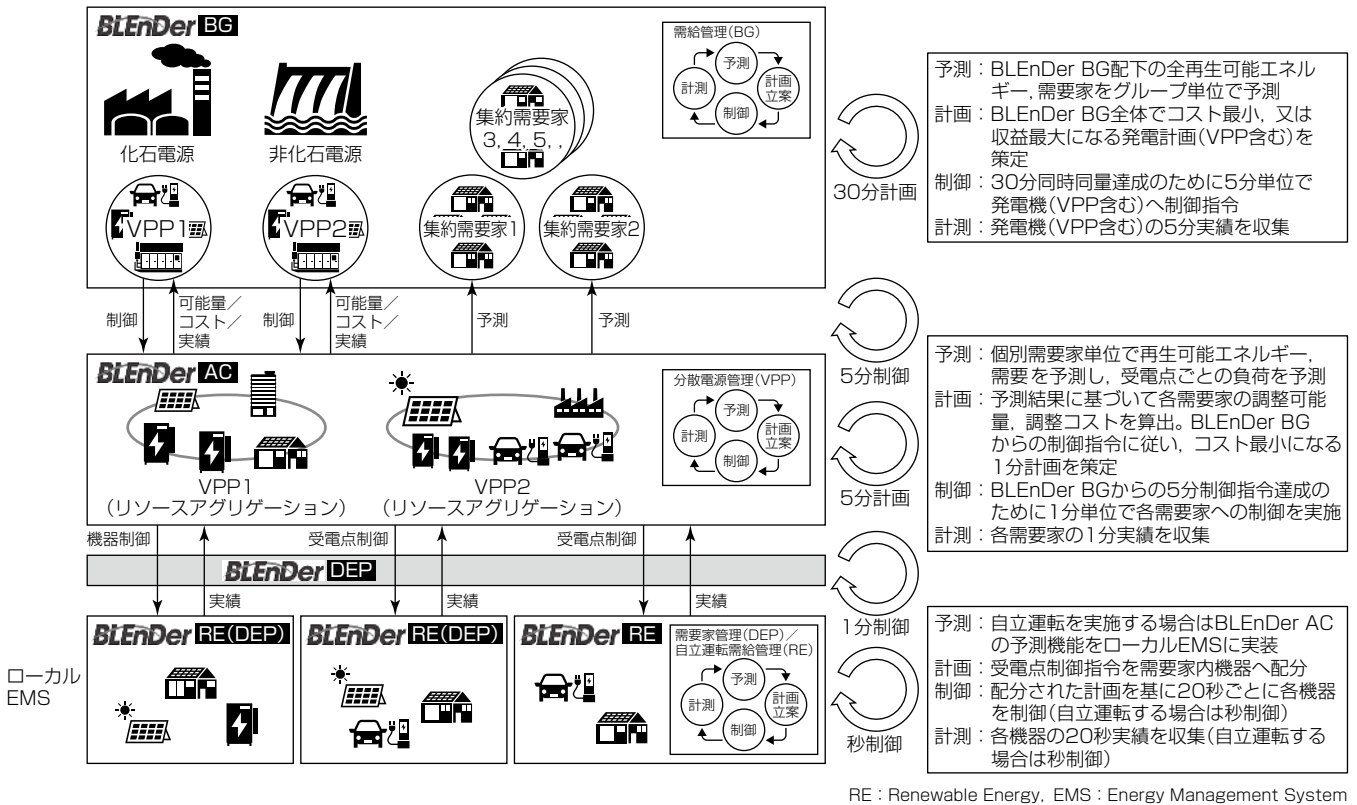


図1. BLENder BGとBLENder ACの役割構成

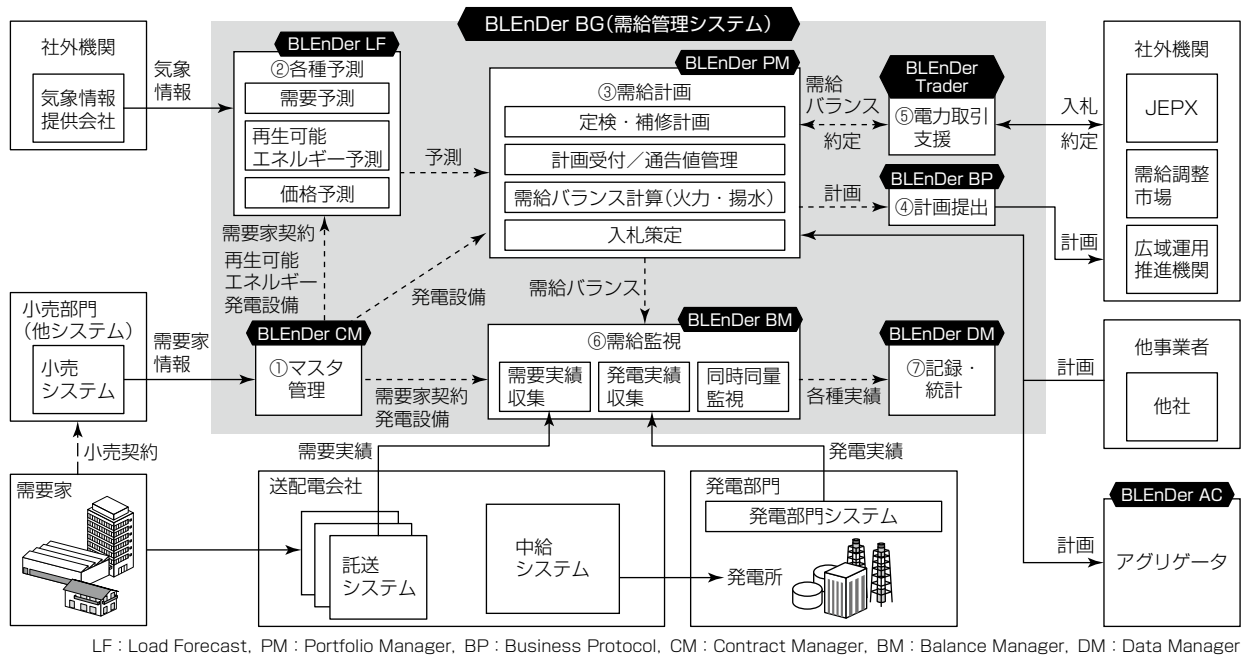
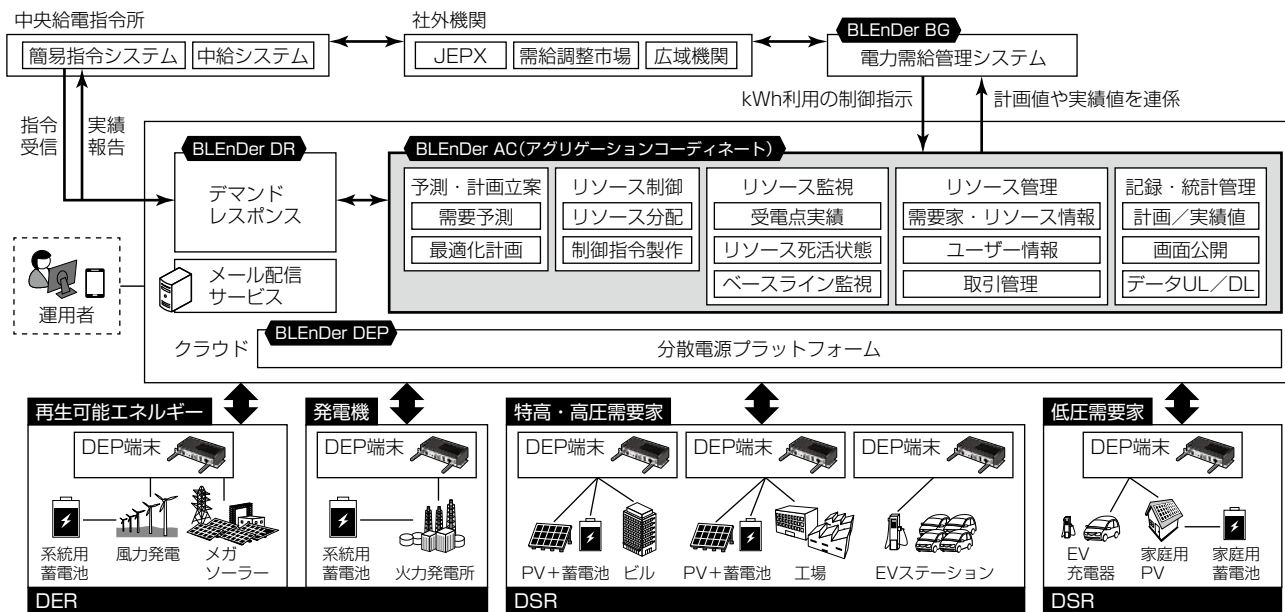


図2. BLENder BGのシステム構成

表2. BLENder BGのサブパッケージ一覧

パッケージ名	名称	内容
① BLENder CM	マスタ管理	需要家, 発電所, BG/事業者, 広域機関/送配電事業者のマスタデータを管理する。
② BLENder LF	各種予測	気象情報及び需要家毎実績を管理し, 需要予測を作成する。需要予測の確認補正も行う。
③ BLENder PM	需給計画	発電計画を計算し, 広域機関に提出して運用する計画を作成する。
④ BLENder BP	計画提出	ビジネスプロトコルに従ってJX手順で広域機関に計画を提出する。
⑤ BLENder Trader	電力取引支援	JEPXとの取引を実施し, 取引関連データを蓄積する。
⑥ BLENder BM	需給監視(同時同量支援含む)	需要実績, 発電実績の収集, 及び小売・発電BGの同時同量監視を行う。
⑦ BLENder DM	記録・統計	各種実績データ, 計画データから各種記録統計処理を行う。



UL : UpLoad, DL : DownLoad, DER : Distributed Energy Resources, DSR : Demand Side Resources

図3. BLENder ACのシステム構成

(1) 要件に合わせた最適ソリューションの提供

BLENder BGは発電小売事業者の実運用業務を踏まえて大別された複数のサブパッケージで構成される。これらのパッケージ製品群から顧客の業務要件に合わせて必要なパッケージ製品だけを導入することも可能である。これによって、自社で開発済みのシステムとBLENderサブパッケージを組み合わせた柔軟でかつ安定したシステムを実現できる。

(2) 自動化による業務効率化

自動化技術による需給計画・電力取引・計画提出を自動化して業務効率化を実現している。業務要件に応じて自動化範囲をカスタマイズすることも可能である。

(3) 社外機関との標準連携

サブパッケージ間でのデータ連携は当然のことながら、JEPXや広域運用推進機関といった社外機関とのデータ連携も標準で具備している。

(4) 需給計画策定技術

需給計画サブパッケージである“BLENder PM”には当社独自開発の最適化技術を用いた需給バランス策定機能を具備している。必要とされる需要量に対して発電機の設備制約・運用制約を考慮しながら自社保有の火力発電機等の調整電源の最経済運転計画を高速に求解する(4章)。

3.2 BLENder AC

現在当社はアグリゲータ事業者向け業務支援パッケージアプリケーションとしてBLENder ACを提供している。BLENder ACのシステム構成と基本機能一覧を図3と表3に示す。BLENder ACは、VPPリソースを構成する機器、需要家の計画を管理し、当日断面ではそれら制御機器に対する監視制御する機能を持っている。

表3. BLENder ACの基本機能一覧

大項目	小項目	概要
予測	需要予測	実績値や運転パターンに基づく個別需要予測
	発電予測 (PV)	気象ポイントごとの日射量に基づく個別PV発電予測
	受電点予測	負荷やPVの予測値を基に受電点を予測
計画立案	制御可能量計算・集約	需要家の運転計画や契約に基づく制御可能量の計算・集約
	最適化計画	目的に合わせてリソースを最適運用する計画の立案
	小売BG連携	BGへ予測値と制御可能量を連携
リソース制御	指令計算	制御量確定後のベースライン計算や個別需要家に対する配分計算
	指令送信	ローカルEMSに制御指令を連携
リソース監視	差分補正制御	計画値に対する監視と差分補正制御
	計測収集	各リソースの実績値を計測収集
バックオフィス	実績値監視	収集した実績値を監視。異常時はアラーム
	取支情報	VPP運用による取支を管理
	見える化	運用状況や経済効果、CO <sub>2</sub> 削減効果等見える化
需給調整市場関連	記録・統計管理	リソースの実績データや各種計算データを管理
	需給調整入札/約定	連携された入札量を所定の様式で市場へ登録/約定結果を取得
	基準値ファイル作成	基準値ファイルを作成
	基準値計画提出	連携された基準値を所定の様式で市場へ提出
	入札案作成	単価情報と可能量を基に入札案を作成
	アセスメント監視	約定結果に対してアセスメントに違反していないか監視

4. 電力需給バランス策定手法と検証結果

3章冒頭で述べたとおり、発電事業者は30分単位の電力需給を一致させることを前提として、自社の利益を最大化するように発電機の運転計画を決定する必要がある。自社で火力機等の調整可能な発電機を複数持っている場合、それぞれの設備の運転制約を考慮しながら運転状態(起動停止)と出力値を30分単位(1日48点)で求めることになる。

制約条件は設備上の制約もあれば、運用上の制約(調整力等)、時間軸の制約(最小運転・停止時間等)が存在するため、人間系でこれらの制約を考慮しながら最経済になる運転計画を決定することは困難である。

BLEnDer BGには、様々な電力事業者とのやり取りの中で培ってきた実績・ノウハウを基に開発した電力需給バランス策定手法が適用されている。満たすべき電力需要に対して先に述べた制約を考慮しながら燃料コストが最小になるように自社保有発電機の運転計画を高速に求解する。これまでに、需給調整市場で約定した三次調整力②の $\Delta kW$ に対してアセスメントを考慮しながら最経済運転計画を立案する手法を開発した。現在は、2022年度4月から追加される三次調整力①商品に対応した手法を開発中である。

次に、並行して開発中のVPPリソースを考慮した電力需給バランス策定手法の考え方について述べる。BLEnDer BGからするとVPPリソース一つ一つは蓄電機能を持つVPPと捉えることができる。したがって、そのVPPの調整能力情報(最大充電/放電電力、最大SOC(State Of Charge)容量、SOC制約など)を電力需給バランス策定手法の制約条件として組み込むことでVPPリソースも含めた最経済運転計画を立案することが可能になる。

VPPリソースを考慮した電力需給バランス策定手法の妥当性を検証するため、仮想のシミュレーションデータを用いて年間需給シミュレーションを実施した。表4に示すようにケースI(従来法)では調整可能な発電機は火力機だけとし、ケースII(提案法)ではVPPリソースを模擬した仮想発電機を追加している。また、火力機は燃料ごとに複数の発電機が運転可能とする(表5)。

結果例として低負荷期3日間の需給バランス結果例を図4に示す。ケースIでは、ベース電源とマージナル電源で需給バランスを取っているが、負荷の変動が激しいため、燃料単価が安いベース電源の出力を抑制する動きとなって

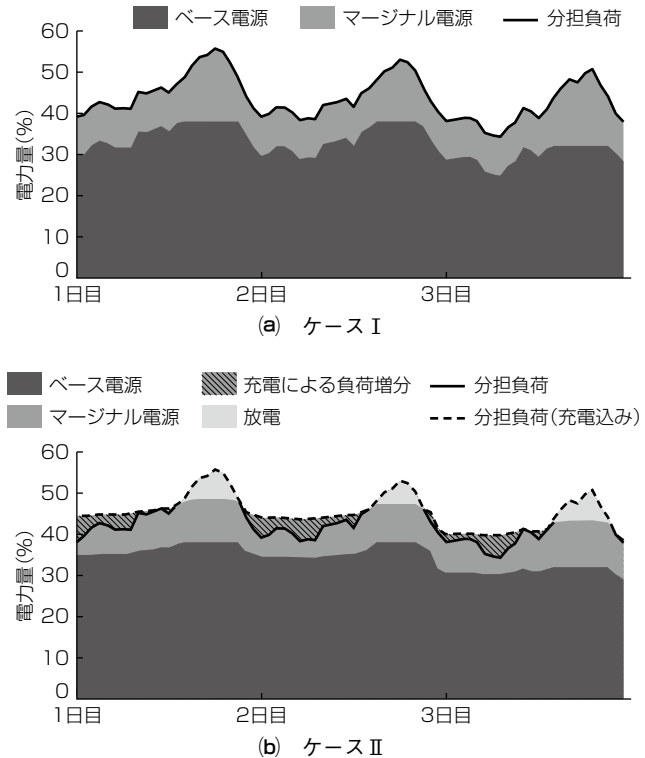


図4. 需給バランス結果のシミュレーション結果(低負荷期)

いる(図4(a))。一方、ケースIIでは低負荷時間帯の充電によってベース電源の出力が安定し、高負荷時間帯の放電によって燃料単価が比較的高いマージナル電源の出力を抑制することが確認できた(図4(b))。年間の燃料コストを比較すると、VPPリソースを活用することで約1.0%の改善効果があることが分かった。

## 5. む す び

当社が供給している電力事業者向けパッケージアプリケーションBLEnDerシリーズによって実現したVPPを考慮した電力需給管理システムについて述べた。また、現在開発中のVPPリソースを考慮した電力需給バランス策定手法についてシミュレーションを実施し、その妥当性を確認した。当社としては、VPP事業へ参入する電力事業者の拡大に向けてシステム面からサポート・貢献していく。

### 参考文献

- (1) 経済産業省：需給調整市場(三次調整力②)の運用状況について、第62回 制度設計専門会合 事務局提出資料(2021)  
[https://www.emsc.meti.go.jp/activity/emsc\\_system/pdf/062\\_08\\_01.pdf](https://www.emsc.meti.go.jp/activity/emsc_system/pdf/062_08_01.pdf)
- (2) 経済産業省 資源エネルギー庁：バーチャルパワープラント・ダイヤモンドリスボンについて(2021)  
[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/)

表4. シミュレーションケース

ケース	最大充放電(%) <sup>(注1)</sup>	SOC容量	SOC制約(%) <sup>(注2)</sup>
I (VPPなし)	-	-	-
II	10	最大充電で5時間満充電	20~100

(注1) 最大分担負荷に対する割合

(注2) SOC容量に対する割合

表5. 最大分担負荷と火力機の割合

最大分担負荷(%)	火力機合計(%) <sup>(注3)</sup>	ベース電源(%) <sup>(注3)</sup>	ベース電源以外(%) <sup>(注3)</sup>
100	120	50	70

(注3) 最大分担負荷に対する割合