

エネルギーマネジメントの新時代 VPP の実現に向けて 自動 DR システムがもたらす自家用発電設備の有効利用

VPP : New Stage in Energy Management
Smart Utilization of Self-Generation Facilities with Automated DR System



田邊 敏昭^{*1}
Toshiaki Tanabe

小鍛冶 聡司^{*2}
Satoshi Kokaji

中北 治^{*3}
Osamu Nakakita

井上 学^{*4}
Manabu Inoue

再生可能エネルギー(以下、再エネ)拡大に伴い、系統を安定化させるための調整力が必要とされており、調整力として需要家の自家用発電設備を利用するためにデマンドレスポンス(以下、DR)^{*1}の実証実験や商取引が活発化している。更に、今後の国内電力システム改革の中で、自家用発電設備はVPP(Virtual Power Plant)^{*2}を構築する上で重要な要素として期待されている。そこで、当社は需要家向けに、エネルギー需給最適化のために自家用発電設備の有効利用を推進しており、更に電力市場と連携し需給調整用電力としても活用できるよう、自動 DR システムを開発したので技術成果を紹介する。

^{*1} 需要家の自家用発電設備を自動で出力制御して、需要家が系統から受電する電力を抑制すること

^{*2} 分散しているエネルギーリソースを統合制御して、一つの発電所のように機能させること

1. はじめに

国内電力システム改革の中で、2016 年から電力小売が全面自由化となった。2017 年より一般送配電事業者による需給調整用電力の一般公募がスタートし、需要家の自家用発電設備の活用が可能な市場として、一般送配電事業者(電力系統の管理・運用者)、アグリゲータ(需要家が抑制した電力を集める者)、需要家の間でネガワットの各種実証実験及び商取引の動きが活発化している。2020 年には送配電部門の法的分離が予定されており、今後、需要家の自家用発電設備を有効利用することが期待されている。

更に、第5次エネルギー基本計画において、今後の再エネ拡大及び調整力電源・系統機能の分散化についての基本方針が閣議決定された⁽¹⁾。その中では、再エネの急激な普及に伴い kWh(エネルギー量)の市場価値が低下するが、一方で不安定になった系統を安定化させるための Δ kW(調整力)の市場価値が高まるため、今後需給調整市場が伸長すると見られており⁽²⁾、需要家の自家用発電設備の活用の重要性は益々高まっている。

加えて、設備稼働率が低い、もしくは発電余力が大きい自家用発電設備を更に有効利用したいという需要家ニーズの高まりがある。

そこで、当社は需要家の事業価値向上を目指した ENERGY CLOUD[®] Service のメニューの一つとして需要家のエネルギー需給最適化のために自家用発電設備の運用支援を行っており、上述の市場動向と需要家ニーズを受けて自動 DR システムを開発した。

^{*1} パワードメインパワー&エネルギーソリューションビジネス(PESB)総括部 PESB 企画室

^{*2} パワードメイン PESB 総括部 PESB 企画室 主席技師

^{*3} 三菱重工エンジン&ターボチャージャ(株) エンジン・エナジー事業部技術開発室 次長

^{*4} パワードメイン PESB 総括部 PESB 営業部 主幹部員 技術士(機械部門)

2. DR システム概要

2.1 国内電力の需給調整における DR 活用の背景

DR とは、電力需給が逼迫する時間帯に一般送配電事業者が需要家に一定時間の節電や自家発電設備等の運用を要請して、需要家が系統から受電する電力量を抑制することである。国内の電力需給の逼迫は、夏季の冷房需要が高い日中、または、冬季の暖房需要が高い朝晩や太陽光発電の出力が急激に低下する夕刻に発生する可能性があると考えられる。

現制度では、一般送配電事業者は同時同量の原則に基づき、常に電力の需要と供給を一致させる責務を負っており、需要量に合わせて供給量を計画し、発電設備投資を行っている。しかし、今後、需給調整力市場からの電力調達が制度化されると、電力のピーク需要対応を目的とした新規設備導入や、未稼働の既存設備の再立上げをするよりも、需要家の自家発電設備を有効利用して DR を実施する方がより経済的であると見られているため、DR の活用が増加していくと見込まれる。

自家発電設備を保有する需要家が DR の実施検討を行う際には、以下の項目を理解した上で検討することが重要であるため、それらを後述する。

①DR の取引フロー

②DR 成否評価方法

2.2 DR の取引フロー

DR の取引フローを図1に、概要を以下に示す。

①電力需給逼迫時に一般送配電事業者がアグリゲータに DR 要請を行う。

②アグリゲータが需要家に対して DR 要請を行う。

DR 要請は、DR 開始時刻、DR 継続時間、目標受電電力等の情報を含む。

③DR 要請を受けた需要家は自家発電設備の運用により、指示された分の電力量を抑制し、DR を実施する。

具体的には、工場の受電電力、各エンジンの運転状態等の情報を収集し、起動させるエンジン及び発電出力を決定して各エンジンへ指令信号を出す。

④アグリゲータが各需要家の受電電力抑制量を取り纏めて一般送配電事業者へ DR 実施結果を報告する。

尚、本報の自動 DR システムでは、②③の手順を自動で行う。

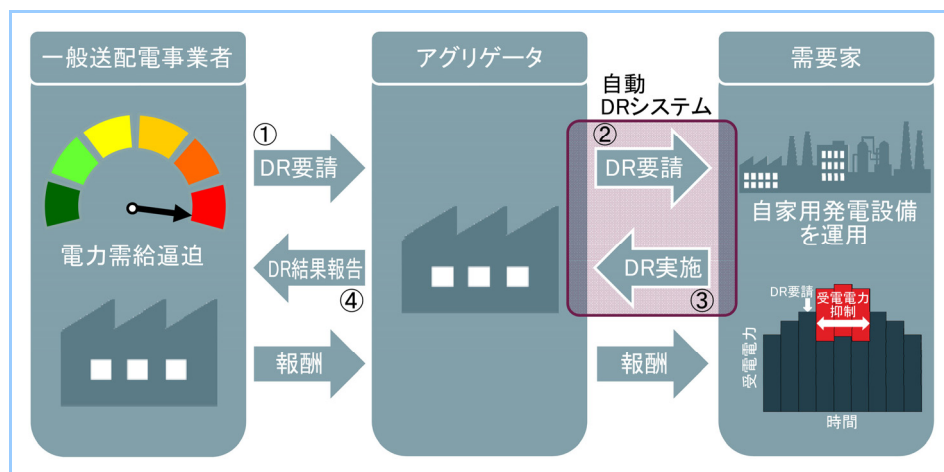


図1 DR の取引フロー

2.3 DR 成否評価方法

DR 成否評価の基準となる考え方を図2に、当日調整の概要を図3に示す。受電抑制の基準となる電力値はベースラインと呼ばれ、資源エネルギー庁が発行しているネガワット取引に関するガイドライン⁽³⁾に記載された High4 of 5方式^{※3}に基づいて次のように算出される。

- ①DR 実施時間の5時間前から2時間前までの実受電電力と、High4 of 5方式で求めたベースライン(当日調整無し)の差の平均値を算出する。
- ②DR 開始後のベースライン(当日調整無し)に①を加え、この値を最終的なベースライン(当日調整有り)とする。

ベースライン(当日調整有り)から契約抑制電力を引いた値が目標受電電力となり、ベースライン(当日調整有り)から、契約抑制電力にアグリゲータとの契約で定めた係数を乗じた電力を引いた値が成否判定の基準となる。この成否判定基準を満足すれば DR 成功となる。

尚、本報の自動 DR システムでは実受電電力が目標受電電力に追従するように制御する。

※3 直近5日間の内、平均需要量が多い4日間の需要データを用いる方式

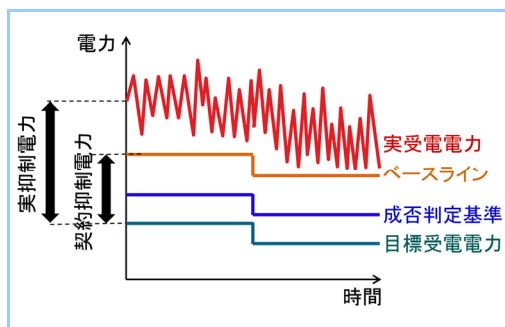


図2 DR 成否評価の基準となる考え方

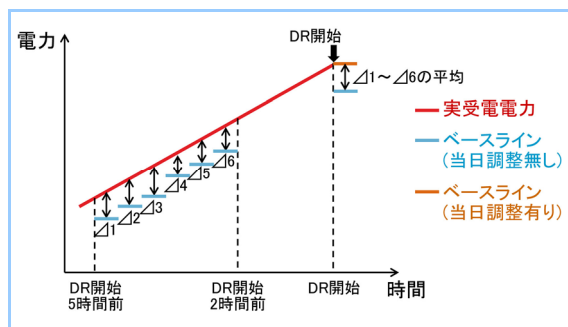


図3 当日調整の概要

3. 開発した自動 DR システム

3.1 自動 DR システムの特徴

自動 DR システムの構成を図4、外観写真を図5に示す。自動 DR システムには、三菱日立パワーシステムズ(株)のプラント向け制御システムで、2000 プロジェクトを超える豊富な販売実績と高い信頼性を有している DIASYS Netmotion®を採用した。

自家用発電設備を保有する需要家がアグリゲータと DR 契約をして、収益を最大化するためには以下の項目が重要であるため、それらの特徴及び実証実験結果を後述する。

- ①追従性の高い自動制御
- ②短い DR 反応時間
- ③DR 中の逆潮流防止機能

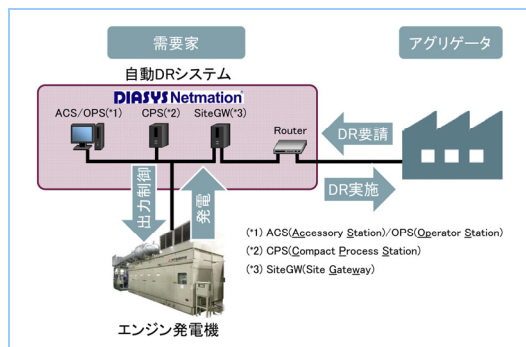


図4 自動 DR システムの構成

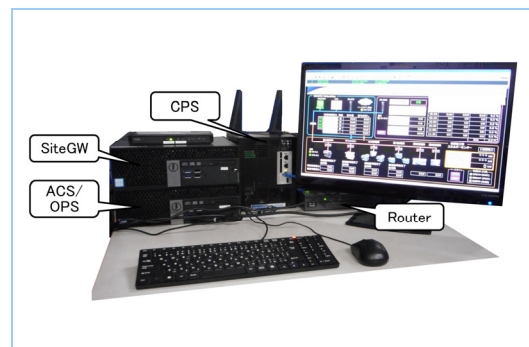


図5 外観写真

3.1.1 追従性の高い自動制御

DR システムの自動制御には、エンジン発電機を製造・販売している三菱重工エンジン&ターボチャージャ(株) (以下、MHIET) が長年にわたり蓄積してきたエンジン発電機の出力制御ノウハウを活用した。

DR 実施結果を評価する際には、契約抑制電力を超過した分の電力は報酬の対象外であり、最低限のエネルギーコストで DR 対応をすることが望まれるため、常に変動を伴う受電電力に追従し、少ない過不足で基準達成できる自動制御を実現した。図6に追従性が高い自動制御のイメージを示す。

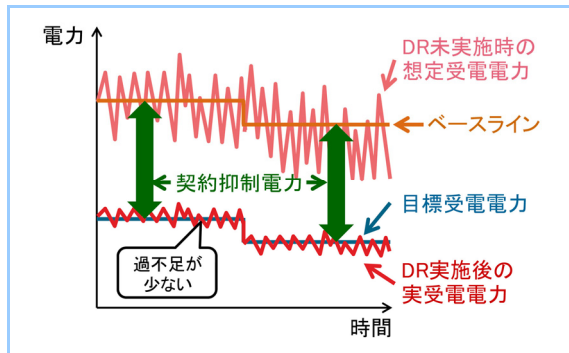


図6 追従性が高い自動制御のイメージ

3.1.2 短い DR 反応時間

DR 要請から DR 開始までの時間を DR 反応時間と呼び、契約時の反応時間が短い程、DR 成功時の報酬が高くなる。そこで、エンジン発電機の出力特性や起動時間等を考慮した出力制御を実施し、契約時の反応時間を短くすることを実現した。図7に短い DR 反応時間のイメージを示す。

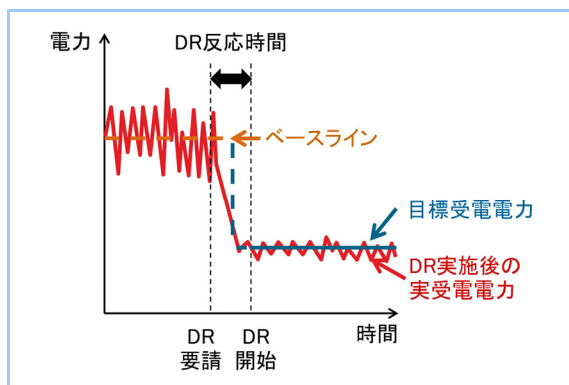


図7 短い DR 反応時間のイメージ

3.1.3 DR 中の逆潮流防止機能

生産設備の停止等で急遽受電電力が低下した場合、ベースラインに大きな負の当日調整が加わり、計算上の目標受電電力が0を下回ることがある。現行の DR はネガワットの調整電力量が対象であること、及び需要家によっては逆潮流を禁止する電力契約となっていることを踏まえ、逆潮流が発生しない範囲で DR を実施する制御機能を搭載した。目標受電電力が0以下となった際には、代替目標受電電力を設定して受電電力を制御することにより、逆潮流防止を実現した。図8に DR 中の逆潮流防止機能のイメージを示す。

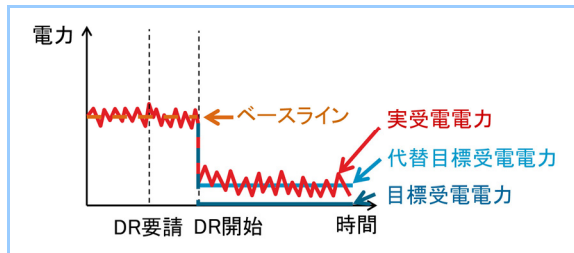


図8 DR中の逆潮流防止機能のイメージ

3.2 実証実験結果

開発した自動 DR システムを当社相模原製作所へ設置し、工場内にあるエンジン発電機を利用した実証実験を実施した。

実証実験で評価した主要項目を以下に示す。

- ①DR 要請に対する達成率^{※4}
- ②DR 制御の追従性
- ③DR 中の逆潮流防止機能

3.2.1 DR 要請に対する達成率の評価結果

実証実験中にアグリゲータから発令された DR 要請に対する達成率の評価結果として、一例を表1及び図9に示す。各時間帯とも達成率は良好であり、平均受電電力が目標受電電力近傍で制御されており、DR 要請に対して適切に対応できる自動 DR システムを実現した。

表1 DR 要請に対する達成率の評価結果例

評価時間 ^{※5}	0～30 分	30～60 分	60～90 分	90～120 分
達成率	105%	105%	107%	106%

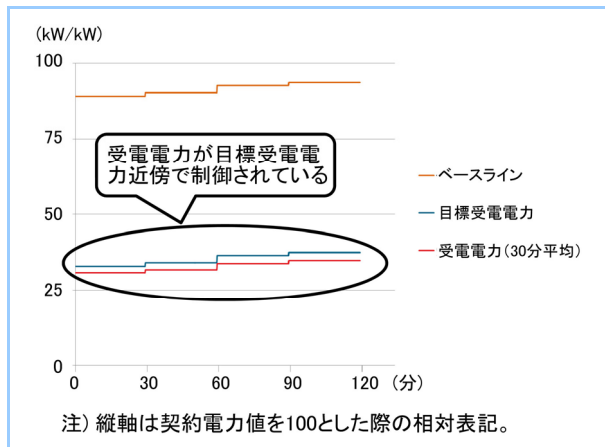


図9 DR 要請に対する達成率の評価結果例

3.2.2 DR 制御の追従性の評価結果

DR 制御の追従性の評価結果として、追従制御改善前後の各電力トレンドグラフを図10に示す。MHIET のノウハウを活用して、エンジン発電機へ5秒周期で出力制御をすることにより、受電電力の目標受電電力への追従性を改善した。

また、エンジン発電機の出力特性を考慮し、DR 開始に合わせて受電電力が目標受電電力になるように制御した。

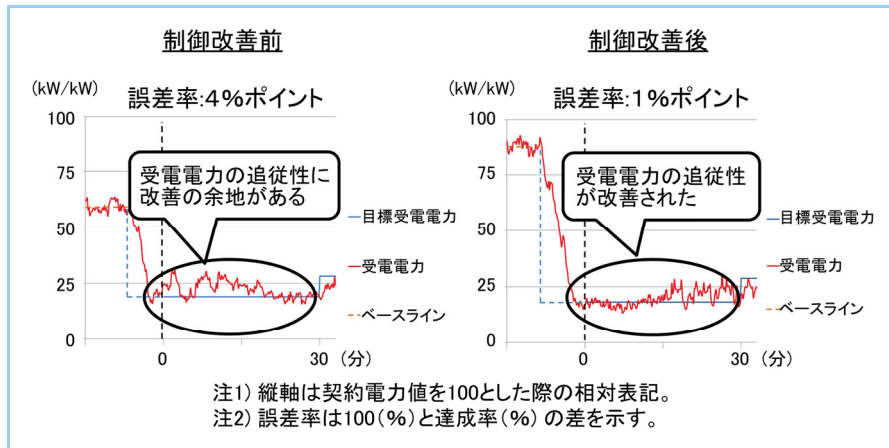


図 10 追従制御改善前後の各電力トレンドグラフ

3.2.3 DR 中の逆潮流防止機能の評価結果

目標受電電力が0以下である、または、DR 中に受電電力がマイナスに振れる可能性がある場合でも、新たな目標値として代替目標受電電力を設定して受電電力を制御することにより、逆潮流防止を図ることができることを確認した。逆潮流防止機能の有無における各電力トレンドグラフを図 11 に示す。なお、逆潮流の電力は計測データが無いため、逆潮流の電力のイメージを図に追記した。

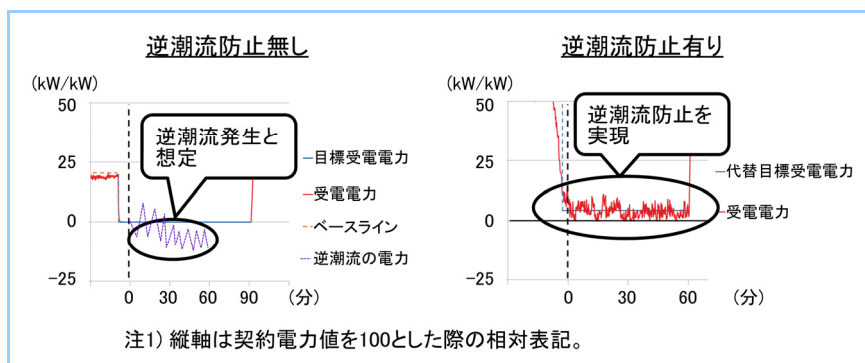


図 11 逆潮流防止機能の有無における各電力トレンドグラフ

3.3 DR から VPP への発展

今後の再エネ拡大に伴い、系統安定化のための調整力として DR の役割が将来益々増加することが予想されている。一方、今後の送配電分離に伴い、分散するエネルギーリソースを統合制御して一つの発電所のように機能させ、系統への電力供給を行う VPP の構築・運用が期待されている。DR は自家用発電設備等で系統から受電する電力を抑制し、逆潮流にならないことを前提としているが、逆潮となる VPP においても自家用発電設備を有効利用することにより経済性向上が期待されている。そのため、開発した DR の技術を VPP にも活用し、需要家の更なる自家用発電設備の有効利用に役立てていきたい。VPP の概念図を図 12 に示す。

※4 達成率 = (ベースライン - 受電電力) / 契約抑制電力 × 100 (%)

※5 評価する時間単位を 30 分として、DR の実施結果を評価する

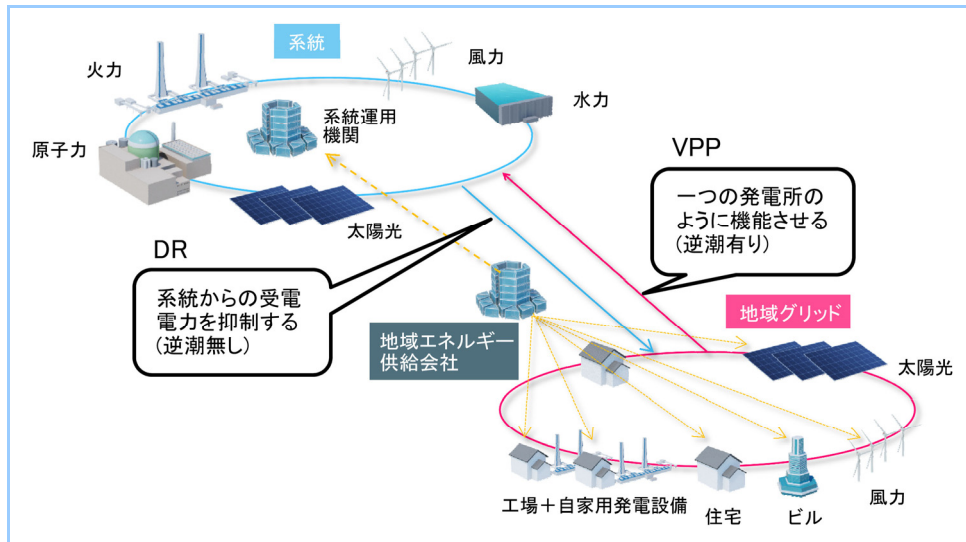


図 12 VPP の概念図

4. まとめ

需要家の自家用発電設備を電力市場における需給調整に利用可能な自動 DR システムを開発した。当社は ENERGY CLOUD[®] Service として需要家のエネルギー需給最適化を目指しているが、系統安定化のための調整力として DR の役割は将来益々増加することが予想されている。更に、自家用発電設備は将来の VPP を構成する重要な要素として期待されていることから、開発した自動 DR システムを用いることで自家用発電設備の更なる有効利用に貢献していきたい。

ENERGY CLOUD[®]は、三菱重工業(株)の日本及びその他の国における登録商標です。

DIASYS Netmation[®]は、三菱日立パワーシステムズ(株)の日本及びその他の国における登録商標です。

参考文献

- (1) 経済産業省 資源エネルギー庁, エネルギー基本計画, (2018)
http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf
- (2) 東京電力パワーグリッド株式会社, 低炭素化に向けた電力システムの方向性と課題, (2017)
<https://www.env.go.jp/council/06earth/y0618-kondan01/mat01.pdf>
- (3) 経済産業省 資源エネルギー庁, ネガワット取引に関するガイドライン, (2016)
<http://www.meti.go.jp/press/2016/09/20160901003/20160901003-1.pdf>