

## 〈研究発表〉

# 送水ポンプ設備を活用したバーチャルパワープラント構築実証

鯉 淵 裕 史<sup>1)</sup>, 小 熊 基 朗<sup>1)</sup>, 田 所 秀 之<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(株)日立製作所 大みか事業所

(〒319-1293 日立市大みか町5-2-1 E-mail: hiroshi.koibuchi.qa@hitachi.com,  
motoaki.oguma.ec@hitachi.com, hideyuki.tadokoro.dw@hitachi.com)

### 概 要

近年、太陽光発電や蓄電池など、需要家側に導入される分散型エネルギーリソースが普及している。また、電力の安定供給を目的に、これらのリソースや既存設備の運転・停止を組合せ、あたかも一つの発電所のように機能させるバーチャルパワープラント (VPP) の構築が進んでいる。水道事業はポンプの電力使用量が大きく、配水池の貯水バッファを活用してポンプの運転を変更し、電力需要を増減するデマンドレスポンス (DR) を実施することで VPP に貢献できる。本発表では、水道事業者の送水ポンプを用いた DR 実証の結果を報告する。

キーワード：バーチャルパワープラント、デマンドレスポンス、エネルギーマネジメント

原稿受付 2020.6.26

EICA: 25(2・3) 133-136

## 1. は じ め に

従来の電力システムでは、電力需要を所与のものとして、電力系統側で集中的に電力の需給バランスを調整してきた。しかしながら、太陽光発電等の再生可能エネルギーや蓄電池等のエネルギーリソースが普及拡大したことに加え、Internet of Things (IoT) 等を適用した統合制御技術の発展により、電力システムを取り巻く環境は変化をしている<sup>1)</sup>。

これにより、需要家エネルギーリソース (DSR) や分散型エネルギーリソース (DER) を活用し、従来の電力消費量を削減する省エネの強化だけでなく、電力供給状況に応じてスマートに需要パターンを変化させるデマンドレスポンス (DR) やバーチャルパワープラント (VPP) への注目が高まっている。

一方、水道事業は全国の電力使用量の0.85%を消費している<sup>2)</sup>、電力の大口需要家であり、電力使用の多くは配水池に向けて水を送る送水ポンプ設備の運転によるものである。このため、配水池の貯水バッファを活用して電力需要パターンを変更することで、DSRとしてVPPに貢献可能である<sup>3)</sup>。

本稿では、水道事業における送水ポンプ設備のDSRとしてのポテンシャルをフィールド実証で検証したので、その成果を報告する。

## 2. VPPにおけるDRと水道事業

DRには、下げDRと上げDRの2通りが考えられる。前者は、効果的にピークカットを行うことで需給ひっ迫の解消に寄与するとともに、ピーク需要時の電力需要を下げることで中長期的には発電容量を合理的な規模に維持し、安定供給を実現すると期待されている。後者は、再生可能エネルギーの導入拡大に伴い電力の供給過多状態に陥った際に、需要家に対し電力の消費増加を促すことにより、需給調整や周波数等の電気の品質安定化を図るものである。

複数のエネルギーリソースの所有者を束ね、電力小売事業者や再生可能エネルギー事業者、系統運用事業者等からの要求に基づいて所有者にDRを指令、もしくは自らエネルギーリソースの制御をおこなうことでVPPの機能を提供する事業者をアグリゲーターと呼ぶ。アグリゲーターには、エネルギーリソースの所有者を束ねて、エネルギーリソース間の調整をおこなうリソースアグリゲーターと、リソースアグリゲーターを束ねて、リソースアグリゲーター間の調整や電力関連事業者との取引をおこなうアグリゲーションコーディネーターが存在する。

水道事業のポンプを活用したVPPの実現方法の一つに、配水池の貯水バッファを活用した送水ポンプ設備のDRがある。配水池には水需要の変動に対応するための貯水機能があり、通常時には水需要に応じて貯水量を増減させることで、浄水場の浄水処理の平準化に寄与している。そこで、DR時には配水池の貯水バッファを活用し、配水池に水を送っている送水ポン

プ設備の運転時間をシフトすることで、電力需要の調整をおこなう。下げDRの場合は送水ポンプ設備の運転を抑制し、水需要に対する不足分は配水池の貯水量を活用することで対応、上げDRの場合は送水ポンプ設備の運転を追加し、水需要に対する余剰分は配水池に貯水することで対応する。

送水ポンプ設備のDRは、既存設備を活用できるため、初期の設備投資を抑えた上でDRを実施できるメリットがある。一方で、水道供給において重要な設備であることから、安定供給を維持した上でDRを実施すること、水道事業者にとってDR実施が過度な業務負担とならないことが重要になる。

### 3. 実 証

#### 3.1 対象設備

実証フィールドとなった水道事業者の送水系統を示

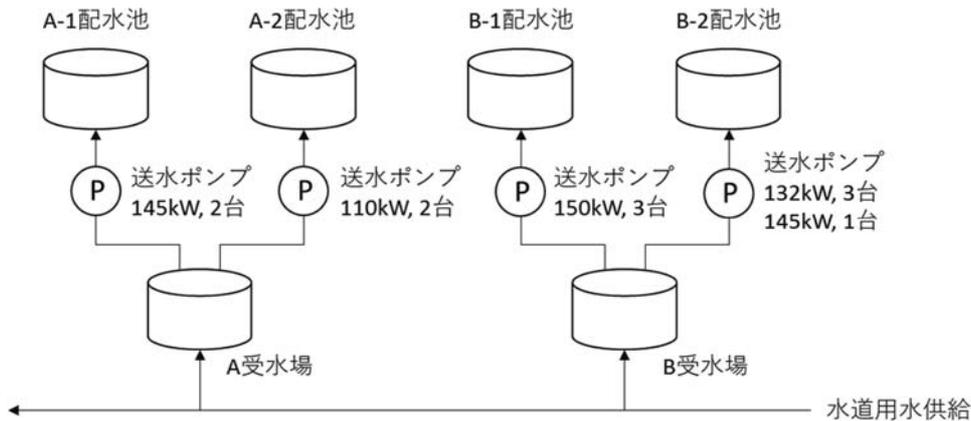


Fig. 1 Water transmission network of the test-bedding field

す (Fig. 1)。対象の送水ポンプ設備は、水道用水供給事業から送水を受ける受水場2ヶ所に設置された固定速ポンプ11台、定格出力合計1501kWであり、各受水場から2ヶ所ずつの配水池に送水している。

DRは、ポンプ11台を1つのグループと見立て実施した。グループ内で、通常通り運転するポンプとDRに対応して運転を変更するポンプを決定し、グループ単位で指令内容を達成するように、電力需要を変化させる。ここで、ポンプの運転変更に際しては、当日の水需要、配水池の上下限水位を勘案して、安定した水供給を確保できるように配慮して運転、停止ポンプ号機を決定する。

#### 3.2 実証方法

##### (1) 実証の流れ

アグリゲーションコーディネーター以下の実証システム構成と実証の流れを示す (Fig. 2)。リソースア

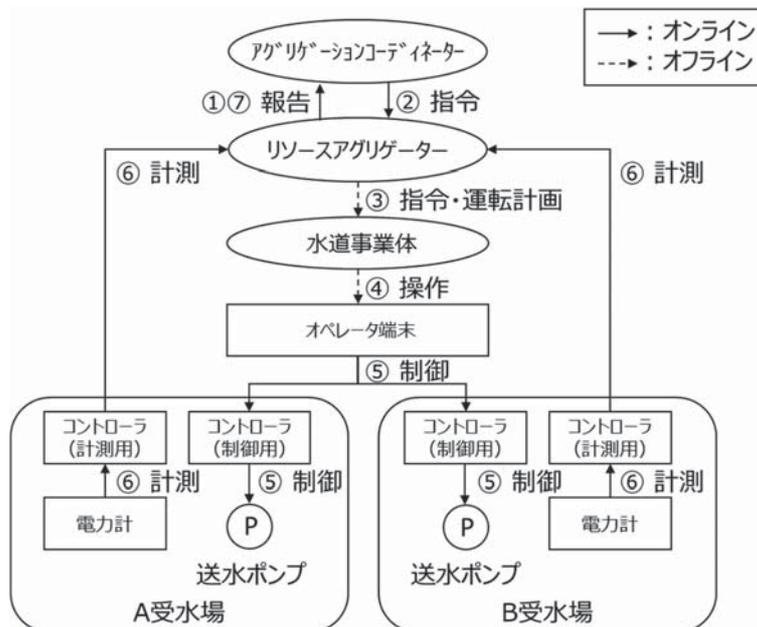


Fig. 2 System configuration and verification procedure

グリゲーターはアグリゲーションコーディネーターに対して、電力の調整能力である制御可能量と、DRを実施しない場合の電力需要予測パターンである基準値を事前に報告する(①)。アグリゲーションコーディネーターはリソースアグリゲーターからの制御可能量に基づき、リソースアグリゲーターに対してDR指令とともに指令値を送信する(②)。リソースアグリゲーターは、水道事業体のオペレータに対してDR指令とともに、指令値を達成するための30分毎のポンプの運転計画を提示する(③)。オペレータは運転計画に沿ってオペレータ端末を操作し(④)、コントローラ(制御用)を介して送水ポンプの制御を実施する(⑤)。DR実施中、オペレータは各受水場・配水池の水位を監視するとともに、リソースアグリゲーターはコントローラ(計測用)で電力の実績値を収集し(⑥)、基準値から実績値を引いた制御量をアグリゲーションコーディネーターに報告する(⑦)。なお、DR実施中に指令内容が変更される指令値変更があり、その場合は②から再度実施し、リソースアグリゲーターはポンプ運転計画を修正、オペレータは修正後の計画に沿ってポンプ制御を実施する。

実証は下げDRを実施し、DR指令からDRを開始するまでの応動時間が45分、DR開始から終了までの持続時間が3時間である。また、変更後の指令値でDRを実施するまでの応動時間は45分である。本条件での実証は2019年12月から2020年1月の期間に計9回実施した。

(2) 基準値の作成方法

基準値は、DRを実施しない場合に予測される電力の需要パターンであり、固定速ポンプの場合はポンプの基準運転台数と言い換えることができる。そこで、過去1ヵ月の平日の運転実績から30分単位の基準運転台数を算出し、それらを電力に換算した数値を基準値として用いた。

(3) 制御可能量の作成方法

制御可能量は、DRを実施した場合に調整可能な電力需要の変化分であり、基準値算出に使用した基準運転台数からの変更可能台数と言い換えることができる。実証では、基準運転台数から1台分を変更することとし、これに相当する130kWを制御可能量とした。

(4) DR実施の成功判定基準

実証結果は、3時間の持続時間を30分1コマの計6コマに分割し、各コマにおいて、実績値が目標値±制御可能量の10%の範囲内であるものを成功と判定した。

4. 結果と考察

2019年12月24日12:00~15:00の実施結果を示

す。実証当日、リソースアグリゲーターは11:15にアグリゲータコーディネーターから指令を受信した。指令値は0kWであり、12:00からDRを開始した。また、12:15に指令値変更を受信した。指令値は130kWであり、13:00から変更された内容でDRを実施した。

4.1 ポンプ運転結果と電力需要の調整結果

基準値に用いたポンプの基準運転台数とDR時に作成したポンプ運転計画の台数を示す(表1)。指令値が0kWであった12:00~13:00は、基準運転台数となるよう制御を実施した。また、指令値が130kWに変更された13:00~15:00は、B-2配水池向けの送水ポンプを基準運転台数から1台減として制御を実施した。

基準値と基準値から指令値を引いた目標値、コントローラ(計測用)で収集した実績値を示す(図3)。指令値が0kWであった12:00~13:00は、基準値通りの制御を実施したため、実績値は基準値や目標値とほぼ等しい数値となった。また、指令値が130kWに変更された13:00~15:00は、B-2配水池向け送水ポンプ1台分に相当する123kWを基準値から削減し、実績値はほぼ目標値通りとなった。各コマにおいて、実績値はいずれも成功判定基準を満たしており、成功率は6/6であった。

Table 1 Operation schedule of pumps in the case of normal and DR situation

時刻	A-1 配水池		A-2 配水池		B-1 配水池		B-2 配水池	
	基準	DR	基準	DR	基準	DR	基準	DR
12:00	0台	0台	0台	0台	1台	1台	1台	1台
12:30	0台	0台	0台	0台	0台	0台	1台	1台
13:00	0台	0台	0台	0台	0台	0台	1台	0台
13:30	0台	0台	0台	0台	0台	0台	1台	0台
14:00	0台	0台	0台	0台	0台	0台	1台	0台
14:30	0台	0台	0台	0台	0台	0台	1台	0台

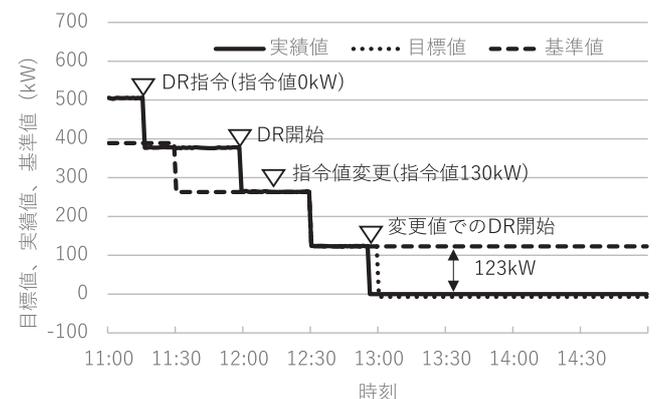


Fig. 3 Fluctuation of power demand during DR period in the water utility

## 4.2 受水場と配水池の水位変動結果

DR による運転変更により影響を受ける B-2 配水池と B 受水場の水位変動を示す (Fig. 4, 5)。B-2 配水池では水位低下, B 受水場では水位上昇があったが、いずれも水位の上下限の範囲内で制御を実施できた。

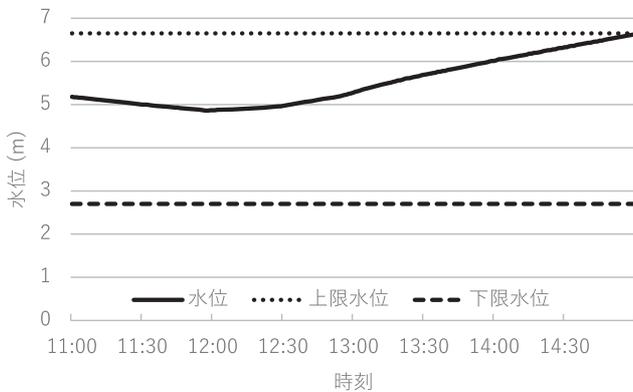


Fig. 4 Fluctuation of water level during DR period at reservoir station "B"

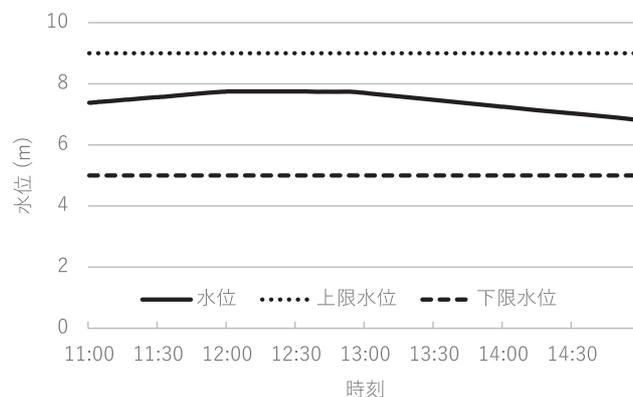


Fig. 5 Fluctuation of water level during DR period at reservoir station "B-2"

## 4.3 業務への影響

実証フィールドとなった水道事業体では、通常 1 時間に 1 回作成した運転計画に基づき、ポンプの自動制御を実施していた。DR の実施時はポンプを手動制御にし、30 分毎に運転を切替えたため、オペレータ端末の操作回数が増えたが、業務に大きな支障はなかった。また、応動時間の中で DR 開始に十分備えること

ができ、DR 終了後は手動制御から自動制御へ速やかに変更し、通常の運転体制に戻ることができた。

## 4.4 課題

固定速ポンプの場合、ポンプ運転台数で変更可能な指令値には対応できるが、さらに細かな調整は困難である。また、基準値には日々の運転傾向が反映されている必要があるが、当てはまらないケースもあったため、基準値を適切に設定するための検討が必要である。実証では、一部の手順がオフラインであり、ポンプは手動制御であったため、手順の自動化が業務負担軽減に繋がると考えられる。

## 5. まとめ

配水池の貯水バッファを活用した送水ポンプ設備の DR をアグリゲーションコーディネーターからの指令に基づき実施し、指令値を満足できることを実証した。また、水道事業体にとって過度な業務負担とならず DR を実施でき、水道の安定供給も維持できた。以上より、微調整が困難であること、適切な基準値の設定に課題があるものの、水道事業の送水ポンプ設備は、VPP の DSR として有望であることが確認できた。

実証は、経済産業省資源エネルギー庁の補助事業である「平成 31 年度 需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金」にリソースアグリゲーターとして公募申請し、補助事業の執行団体である一般社団法人 環境共創イニシアチブから採択を受けて実施した。

## 参考文献

- 1) 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・ビジネスに関するガイドライン, p.2 (2020)
- 2) 水道技術研究センター：水道における電力使用量について——水道統計に基づく試算結果(その1)——, 水道ホットニュース, 第 496 号, p.4 (2016)
- 3) 電力中央研究所：再生可能エネルギー電源大量連系に対応するアンシラリー・サービス型デマンドレスポンスの導入可能性の検討, 電力中央研究所報告, Y13030, pp.16-18 (2014)