

〈研究発表〉

水運用と需要調整を併用した水道送配水システムの電力平滑化方式

高橋 信 補¹⁾, 足立 進 吾¹⁾, 藤 井 健 司¹⁾

¹⁾ (株)日立製作所 横浜研究所

(〒 244-0817 横浜市戸塚区吉田町 292 番地 E-mail: shinsuke.takahashi.hg@hitachi.com)

概 要

水運用と需用調整を利用した電力平滑化方式を提案する。ビル、マンションなどは水を一時的に貯留する貯留槽を有する。それを有効活用して需要シフトすることで水道事業者から見た水需要を平滑化できる。需要を平滑化した上で、数理計画法を利用してなるべくフラットな電力軌道が実現されるよう水運用計画を策定した。実システムを模擬したシミュレータによる評価で、24時間を通してほぼフラットな電力軌道を実現できた。

キーワード：水道，送配水システム，水運用，需要調整，電力平滑化

1. はじめに

水道事業の電力使用量は、全国の使用量の約1%を占め、その大半は、送配水ポンプによって消費されている。地球規模での環境問題を背景に、効率的な水運用や適正な圧力管理が実施され、送配水ポンプの消費電力が削減されてきた。東日本大震災以降、恒常的な電力不足の問題が発生しており、水道分野においても、いっそうの省エネや電力ピークシフトの取り組みが求められている。本研究は、水運用と需要調整を併用して電力ピークシフトを効率的に行う電力平滑化手法を提案する。

2. 大口需要家の貯留槽を利用した需要シフト

Fig. 1 に、ビル、マンションなど大口需要家が有する給水システムを示す。水道事業者から供給される浄水を一時的に貯留する受水槽、高置水槽を有している。Fig. 2 に示すように水の需要量は変動しているが、貯留槽バッファを利用して、水道事業者から見た水需要

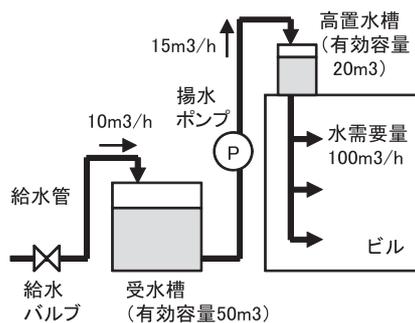


Fig. 1 Service water system

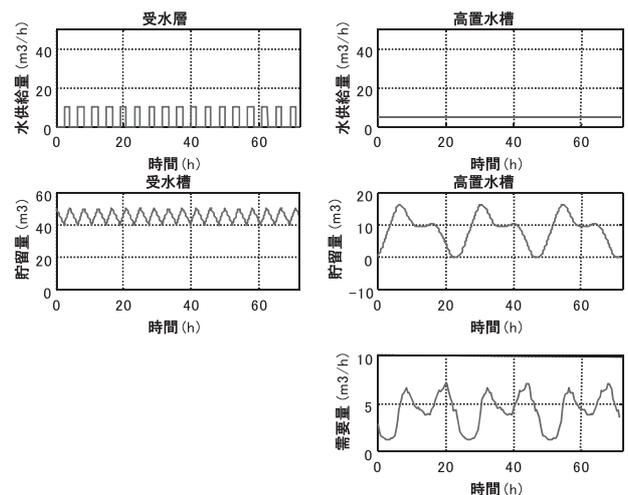


Fig. 2 Water supply and storage in service water system

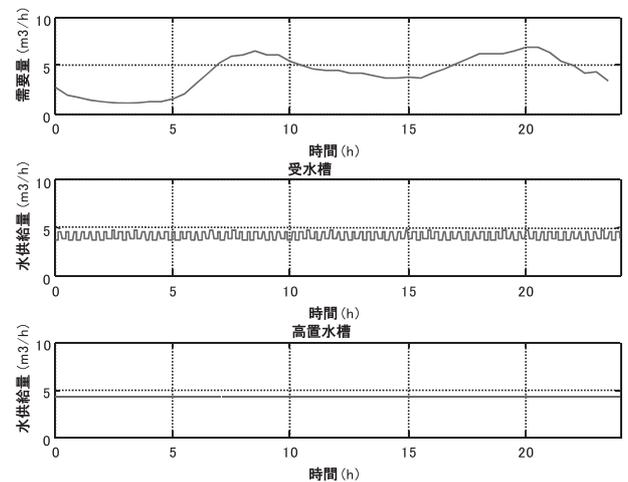


Fig. 3 Average water supply

である貯留槽への水供給を一定にできる。Fig. 2は、高置水槽への水供給量を一定にした場合のシミュレーション結果である。高置水槽が需給ギャップを埋める役目を果たしている。水道業者から受水槽への水の供給は、受水槽の上下限水位に基づく給水バルブの開/閉制御が行われるため、受水槽への水供給は間欠的になっている。この間欠的供給量も平均をとれば、Fig. 3に示すようにほぼフラットになる。多くの大口需要家が存在すれば、その給水システムへのトータル給水量は一定になる。これは、水道事業者から見た水需要量が平滑化されることを意味し、配水ポンプ消費電力の平滑化につながるものである。

3. 水運用と需要調整を併用した電力平滑化

Fig. 4に、電力平滑化方式の適用対象とした水道送配水システムの系統図を示す。線は送配水管、Pはポンプを表している。3つの水源から、5つの配水池を経て、5つの配水区（需要1から需要5）へ水の供給が行われる。ポンプが設置されていない管路では、重力エネルギーを利用して送配水が行われる。

従来水運用では、数理計画法を用いて1日の消費電力が最小となる水運用計画（時々刻々の送水量と配水量計画）が策定された。送水ポンプやバルブなど機器への負荷を小さくするため、なるべく管路流量を一定量に保つ運用が良いとされた。このため、上記電力最小化は、流量をなるべく一定に保つ制約下で実施された。Fig. 5に従来運用によるポンプ消費電力のシミュレーション結果を示す。管路流量一定制約によりポンプ1, 2, 4の消費電力は、ほぼ一定になっている。一方、配水ポンプであるポンプ3は、需要が多い8時や20時前後に多くの配水が必要になるため、消費電力が大きくなっている。トータル電力も需要が大きい時間帯で大きくなり、水需要に同期した電力消費パターンが形成される。水需要ピーク時間帯の消費電力は大きく、このピークカットが望まれる。

提案電力平滑化手法では、以下の考え方で、電力平滑化を実現している。

- (1) 2節の方法で水需要を平滑化する
- (2) 水需要を平滑化した上で、数理計画法を用いて電力平滑化が実現される運用計画を策定する。本来一定が望ましいとされてきた送水量の変動を許容し、かつ、目的関数に1日の消費電力量だけでなく、フラットな目標電力を実現するための新たな項（目標電力と実電力の偏差の項）を設けて、それを最小化する運用計画を策定する

Fig. 6に電力平滑化手法のシミュレーション結果を示す。ポンプ1と3のトータル電力の目標値を設けて、

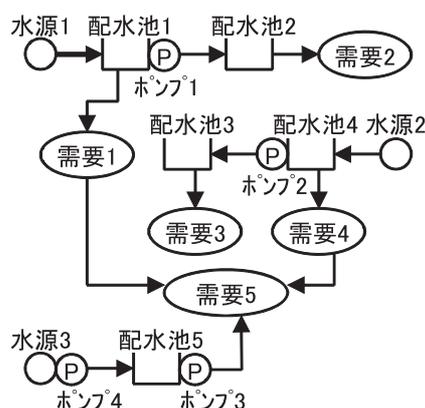


Fig. 4 Water transmission and distribution systems

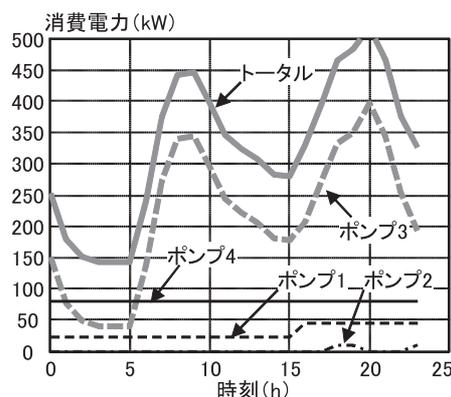


Fig. 5 Power consumption by conventional management

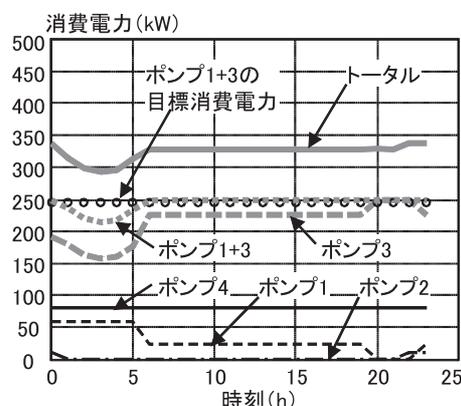


Fig. 6 Power consumption by proposed management

それを実現する運用計画の策定を行ったものである。1日を通じて、ほぼフラットな電力軌道が実現されていることがわかる。なお、本計算は、Fig. 5で需要5と記述した配水区の約40%の需要家が需要シフトに協力した場合の結果であり、協力の割合によっては電力平滑化の性能が落ちることがある。

4. おわりに

水運用と需要調整を併用した送配水システムの電力

平滑化方式を提案し、シミュレーション評価した。従来法が、水需要ピーク時に消費電力が大きくなるのに対して、提案法は、多くの需要家が需要シフトに協力頂けるという前提の下で24時間を通じてほぼ平坦な電力軌道を実現できた。

参考文献

- 1) 上野洋平, ほか: 上水道系統広域化に向けた運用支援技術の検討, 平成 24 年電気学会産業応用部門大会, pp.151-154 (2002) pp.101-110 (2008)
- 2) 高橋信補, ほか: 水運用と需要調整を併用した水道送配水システムの電力平滑化に関する一考察, 電気学会論文 C, Vol. 134, No. 7, pp. 956-963