

上水道プラント運転支援装置 “WE-SMART”

川島啓吾*
Keigo Kawashima
入来院浩司*
Koji Irikin
真辺信也*
Shinya Manabe

Operation Support System “WE-SMART” for Water Treatment Plants

*神戸製作所

要 旨

国内水道事業では、人口減少に伴う料金収入減少や働き手不足に加えて、運転管理費の中で高い割合を占める電力費の高騰によって経営環境は厳しさを増しており、電力費の削減が強く求められている。このニーズに応えるために、電力費削減を主目的に上水道プラントの様々な運用をシミュレーションし、オペレーターの意思決定を支援する上水道プラント運転支援装置“WE-SMART”(以下、“WE-SMART”という。)を開発した。WE-SMARTは、電力費を削減するための運転計画や運用の見直し、安全安心な運転計画の支援、新入オペレーターの教育など、様々な用途で活用することが可能である。

1. ま え が き

国内水道事業では、人口減少に伴う料金収入減少や働き手不足に加えて、運転管理費の中で高い割合を占める電力費の高騰によって経営環境は厳しさを増している。このような背景の下、施設運営に係る電力費削減が強く求められており、電動機のインバーター化など、省エネルギー設備の導入が行われている。そのほかにも、大型ポンプの稼働台数削減による最大デマンド値抑制、電力料金が安価な夜間電力の活用、動力不要な自然流下での配水エリア拡大等、設備運用の工夫による解決が図られているが、水の安定供給を継続しながら運用の変更を試行することは困難である。

そこで、三菱電機では、監視制御システムに蓄積されている過去の運転データを活用して上水道プラントの運用を仮想的にシミュレーションすることで、実運用に影響を与えることなくオペレーターの意思決定を支援するWE-SMARTを開発した。この装置は、(1)電力費削減を含む様々な運用のシミュレーション、(2)平時の運用、特定の運用など様々なシチュエーションを想定した運転計画支援、(3)属人的な運用の解消に向けた、運転計画の可視化によるオペレーター間での認識共有支援、(4)新入オペレーターの操作習熟のための教育ツール、(5)施設の広域化や統廃合に向けたプラント計画支援などの多岐にわたる用途に活用可能である。

本稿では、WE-SMARTの概要、主な機能について述べて、最後に実証実験で得られた成果及び知見について述べる。

2. WE-SMARTの概要

上水道プラントでは、(a)運転管理費抑制・削減のための“電力費削減”のほかにも、(b)水の安定供給を実現するための“安全安心な運用”、(c)特定の担当者に依存しない運用実現のための“属人化解消”、(d)熟練技術者のノウハウを次世代へ確実に引き継ぐための“技術継承”、(e)施設の広域化や統廃合に向けた“プラント計画”など、様々な課題が存在する。WE-SMARTは、これらの課題に対して表1に示す様々な支援を実現することを目的とした運転支援装置である。

表1 - WE-SMARTで支援する主な課題と機能

課題	機能
(a) 電力費削減	運転計画によって変化する電力需要をシミュレーションし、ピーク電力平準化による契約電力低減、デマンドレスポンス ^(注1) への対応、夜間電力活用、動力不要な自然流下での給水エリア拡大など電力費の削減方法を探索し、効果を確認
(b) 安全安心な運用	平時の運用、特定の運用など様々なシチュエーションを想定したシミュレーション
(c) 属人化解消	オペレーター間での認識共有を改善することによる属人的な運用の解消に向けた、24時間先の運転計画とそれに伴う数値の推移の可視化
(d) 技術継承	実運用に影響を与えることなく、運用変更した場合のプラント影響を把握でき、新入オペレーターの操作習熟のための教育支援
(e) プラント計画	施設の広域化や統廃合に向けたシミュレーションによる、プラント計画支援

(注1) 電力会社からの要請などで電力の需給バランスに応じて電力使用量を制御すること

図1にWE-SMARTを活用した運用イメージを示す。WE-SMARTでは、監視制御装置に蓄積された各種流量や池の水位、受電電力などの1分間隔の過去のトレンドデータを用いる。ポンプ等の運転計画の変更に伴って、電力や流量・水位などの各種計測データの変化やしきい値超過が画面上で瞬時に反映される。オペレーターはWE-SMARTを用いて、実施しようとする運転操作が所望の運用になるかを、実運用に影響を与えることなく、装置上で仮想的に確認・評価することが可能になる。WE-SMART上で効果が確認できた運転計画をオペレーターが監視制御装置で実行することによって、所望の運用が実現される。

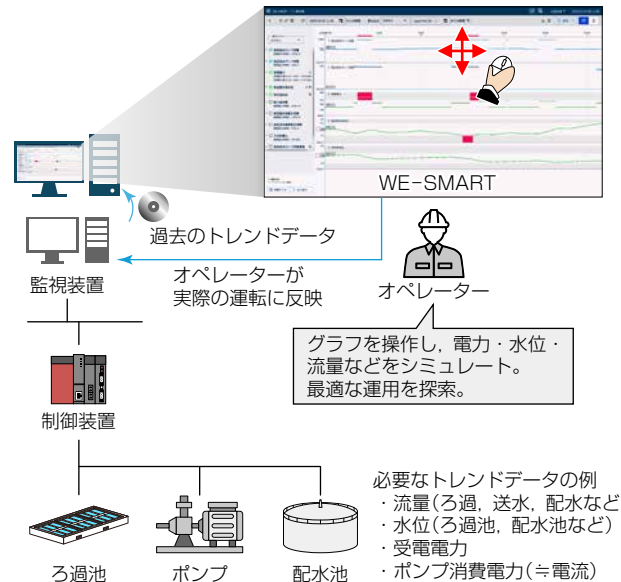


図1 - WE-SMARTの運用イメージ

3. WE-SMARTの主な機能

WE-SMARTでは、図2に示すとおり、まず、あらかじめ蓄えられた過去のプラントデータから条件が近似した日のデータを用いて24時間先までの水の需要量を予測し、シミュレーションの初期値とすることができる。次に、ポンプなどの運転計画を設定することで、運転計画に応じた各種計測値の変化や制約条件違反を確認できる。これによって、実際の設備に影響を与えることなく、所望の運転計画になるまでシミュレーションが可能である。

この章では、各機能の概要について述べる。

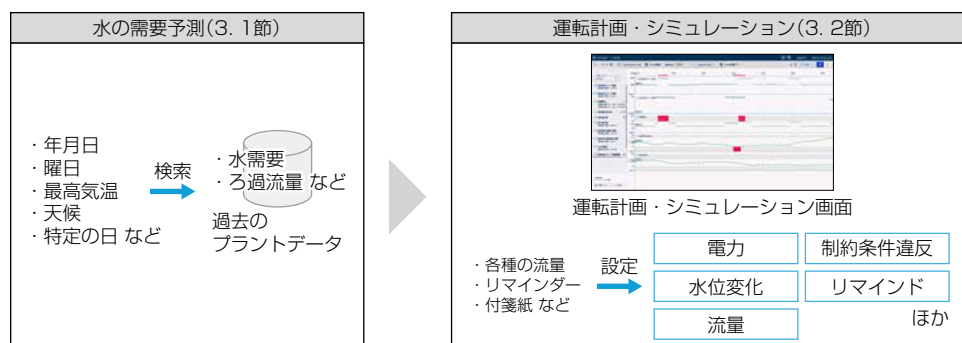


図2 - WE-SMARTの操作フロー

3.1 水の需要予測

水の需要量は、曜日や気温、天気などの条件パラメーターによって日々変化する。オペレーターは、あらかじめ蓄えられた過去のデータから条件に近い日のデータを検索・参照し、24時間先までの推移を予測できる。図3(a)に示す条件検索では、年月日、曜日、最高気温、天気や、流量の24時間積算値などの条件で当日に近い過去データを検索し、予測結果をシミュレーションの初期値とする。例えば、“直近の平日”などの通常の検索に加えて大晦日(おおみそか)や大規模スポーツイベントがあった特定の日などを検索し初期値とした上で、運転計画を変更した場合の上水道プラントへの影響をシミュレーションできる。

また図3(b)に示すとおり、24時間積算値のランキング検索も可能で、例えば水の需要量が多い日などの運用が難しい条件を選択して、運転計画をシミュレーションできる。



(a) 条件検索

(b) ランキング検索

図3-過去データの検索

3.2 運転計画・シミュレーション

3.1節の過去データの検索結果から得られた水の需要量の予測に基づいて、24時間先までの流量や水位、電力を予測し、図4に示すようなシミュレーション画面に表示する。このとき、図5に示すとおり、目標水位や池の水位上下限、電力などの上限値といった設備や運用上の制約条件をあらかじめ設定できる。

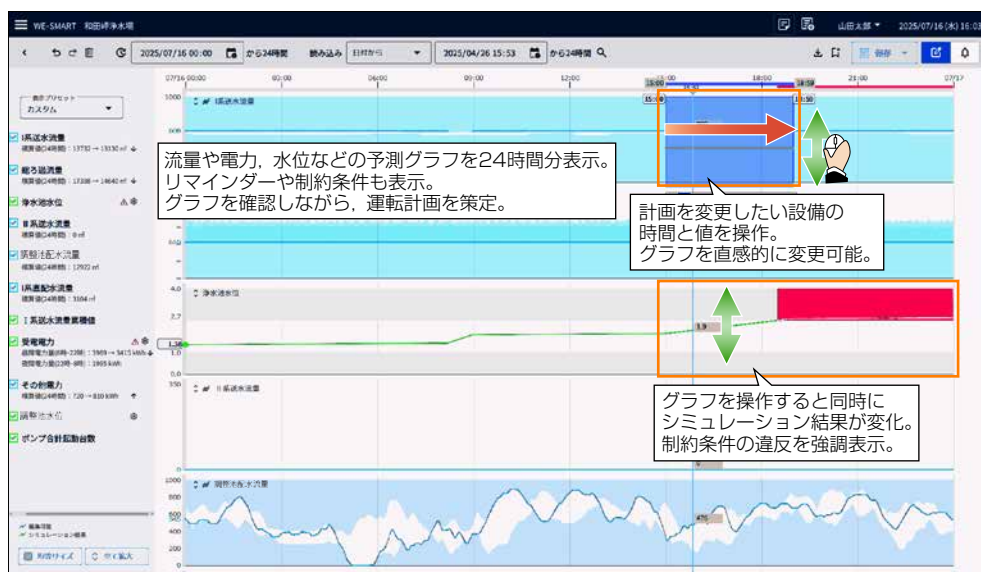


図4-シミュレーション画面

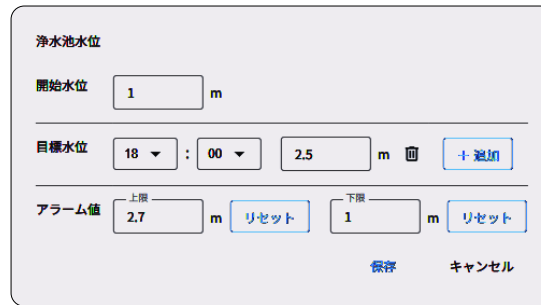


図5-制約事項の設定例

運転計画に応じて各種流量などの数値をトレンドグラフ上でマウス操作によって増減させると、関連する電力や各種水位が連動して変化し、直感的に上水道プラントへの影響を把握できる。また、あらかじめ設定した制約条件に違反した場合には強調表示されて、安全安心な運転計画を探索できる。オペレーターは、WE-SMART上でシミュレーションした結果を監視制御装置に反映することで、所望の運用が実現される。

そのほかにも、WE-SMARTではポンプの発停などの機器操作が必要な時刻になるとオペレーターへ操作が必要であることを知らせるリマインダー機能や、オペレーター間での伝達事項の引継ぎ等に活用できる付箋紙機能など、シミュレーション機能以外にも様々な運転支援機能を持つ。

4. プロトタイプ機による電力費削減効果検証

2022年度から2024年度にかけて、広島県三原市の宮浦浄水場で、プロトタイプ機を使用して電力費の削減を目的とした実証実験を行った。過去1年間のトレンドデータの分析を実施した結果、受電電力が高い時間が一日の中でも局所的であることに着目し、送水ポンプの運転計画を見直すことで受電電力のピークを平準化し、契約電力削減の可能性を見いだした。実プラントで契約電力削減による電力費削減を実現するため、運転支援を行うプロトタイプ機を設計、製作した。プロトタイプ機では、図6に示すように受電電力への影響が大きい送水ポンプの運転計画に応じて、受電電力や、配水池水位等への影響を直感的に把握し、シミュレーションできるようにした。今回、制約事項として送水ポンプの最大運転台数を設定し、受電電力のピークを平準化した運用を実現した。実際にプロトタイプ機を活用した運用を実施した結果、受電電力のピークを平準化することで、当社試算で契約電力を378kWから278kWへ低減できて、年間約180万円の電力費削減効果を得た。また、実証を通してのオペレーターとの協議では、契約電力削減を実現するための目標水位見直しの機会創出や、シミュレーション結果を可視化することによる運転計画での課題意識の共有など、様々な業務改善に活用できたという評価が得られた。

実証中、デマンドレスポンスの実現可能性検討や新人オペレーターの教育などのユースケースが加わって、運転計画を行う予測モードのほかに過去の運用分析を行う分析モードを操作モードとして実現した。さらに、機器操作の時刻をオペレーターに気付かせるためのアラーム機能や、任意の時刻での目標水位の表示といった、オペレーションに必要な各種機能を現場のヒアリングから抽出できて、製品要件に反映できた。

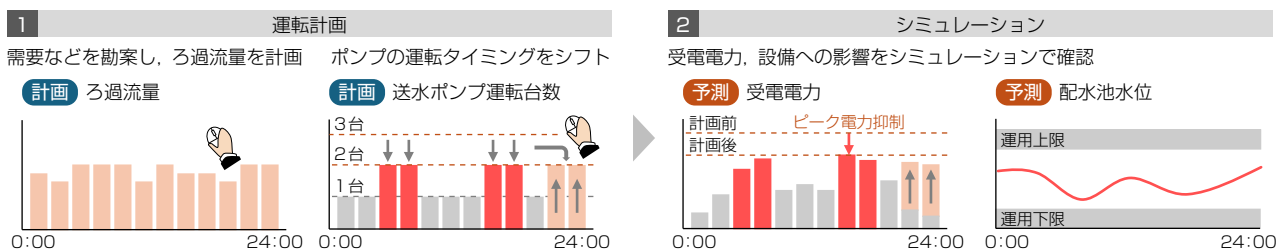


図6-宮浦浄水場での実証実験

5. む す び

電力費削減を主目的に上水道プラントの様々な運用をシミュレーションし、実運用に影響を与えることなくオペレーターの意思決定を支援するWE-SMARTについて述べた。WE-SMARTは電力費を削減するための運転計画の策定、平時の運用、特定の運用など様々なシチュエーションを想定した運転計画の支援、新人オペレーターの教育など、多くの用途で活用することが可能であることを述べた。

今後は、監視制御システムと連動することによる操作性の改善や、AI等を活用した高精度な制御の実現、上水道プラント以外の分野での活用を目指す。

最後に、この開発では、広島県水道広域連合企業団、及び榑水みらい広島に実証協力を受けて、多くの有益な助言を受けた。ここに記して深く感謝の意を表す。

