

水道の経営効率化に寄与する 送配水系ソリューション

高橋 信補
Takahashi Shinsuke

足立 進吾
Adachi Shingo

武本 剛
Takemoto Takeshi

梅木 実
Umeki Minoru

水道分野では、総人口減少に伴う給水量、料金収入の減少、施設老朽化による更新需要増大など、厳しい事業環境変化に直面している。これらの環境下で持続的な発展を遂げるためには、設備投資や運用の効率化による一層のコスト削減が重要になると考えられる。日立グループは、これらの課題に対応するため、環境負荷や電力コスト削減に寄与する省エネルギー型の水運用システム、配

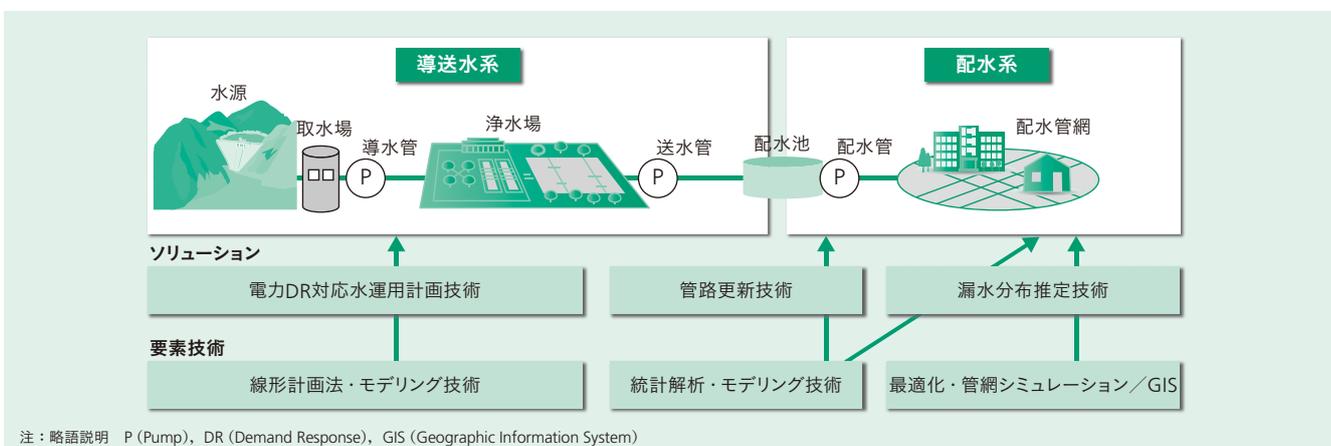
水コントロールシステムなど経営効率化に寄与するソリューションを研究開発し提供してきた。現在、設備投資や運用コスト削減などさらなる効率化を実現するソリューションとして、電力ピークカット／シフト対応の水運用技術、管路更新時期を適正化し設備投資を削減する管路更新技術、漏水調査を効率化し管理コストを削減する漏水分布推定技術の開発に取り組んでいる。

1. はじめに

水道分野では、総人口減少に伴う給水量、料金収入の減少、施設老朽化による更新需要増大など、厳しい事業環境変化に直面している¹⁾。また、東日本大震災を踏まえた設備強靱(じん)化の取り組み、電力不足に起因する電力ピークカット／シフトへの取り組みが求められている。これらの環境下で持続的な発展を遂げるためには、設備投資や運用の効率化による一層のコスト削減が重要になると考えられる。

日立グループは、これらの課題に対応するため、環境負

荷や電力コスト削減に寄与する省エネルギー型の水運用システム、配水コントロールシステムなど経営効率化に寄与するソリューションを研究開発し提供してきた。ここでは、新たな研究開発の事例として、電力デマンドレスポンス(DR: Demand Response)や電力ピークカット／シフト要請に対応し電力コストを削減する水運用技術、管路更新時期を適正化し設備投資を削減するライフサイクルコスト評価に基づく管路更新技術、漏水調査を効率化し管理コスト削減を可能にする漏水分布推定技術について、最新の取り組みを紹介する(図1参照)。



注：略語説明 P (Pump), DR (Demand Response), GIS (Geographic Information System)

図1 | 経営効率化に寄与する送配水系ソリューションと要素技術

経営効率化に寄与するソリューションとして、電力DR対応水運用計画技術、管路更新技術、漏水分布推定技術の研究開発に取り組んでいる。

2. 電力DR対応水運用計画技術

近年、電力を安定的に供給するためピーク時の電力消費をコントロールする取り組みとしてDRが注目を集めている²⁾。DRとは、電力需給バランスを維持するために需要家に対して需要抑制を促すインセンティブ制度である。DRは、時間帯別料金 (TOU : Time of Use) やクリティカルピークプライシングのような電気料金メニューを通じて需要家にピークシフトを促す料金単価型タイプと、負荷抑制プログラムなど需給逼 (ひっ) 迫時に需要家に需要抑制を要請しその対価としてボーナスを支払うインセンティブ型タイプがある。これらのインセンティブの獲得を通じて電力コストを削減する水運用技術を開発した。

2.1 水運用技術

水運用技術は、電力ピークをカット/シフトする、すなわち、1日の電力需要を平滑化することで電力基本料金を削減する電力平滑化運用方式、および、要請に対して電力需要を削減してインセンティブを獲得する電力DR対応運用方式から成る (図2参照)。水道システムは、浄水製造と水需要の需給ギャップを埋めるための配水池を多数有する。また、近年の水需要減少に起因して容量に余裕を持つ配水池が少なからず存在する。この貯留能力の余裕を生かして、送水ポンプの運転時期をシフトすることで、電力のピークシフト/カットが可能になる。

電力ピークやDR要請時間帯の電力消費を極力抑制するためには、複数のポンプの運転が重ならないよう、うまく

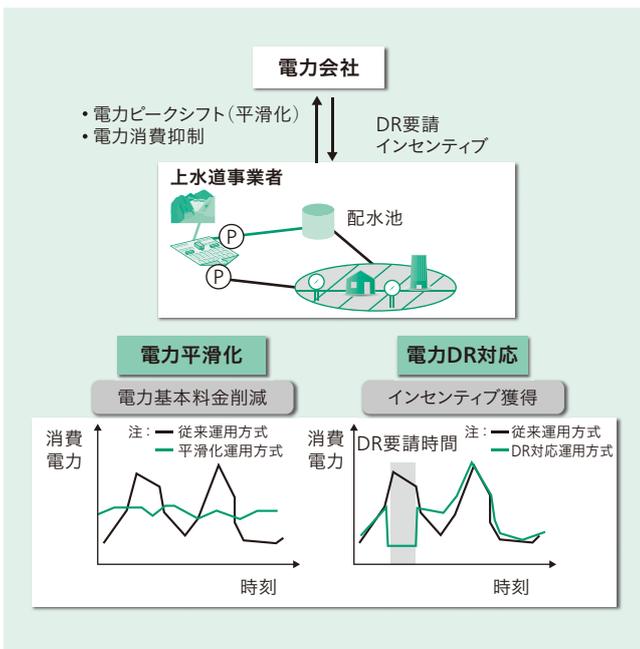


図2 | 水運用計画技術

水運用計画技術は、1日の電力需要を平滑化することで電力基本料金を削減する電力平滑化運用方式、および、要請に対して電力需要を削減してインセンティブを獲得する電力DR対応運用方式から成る。

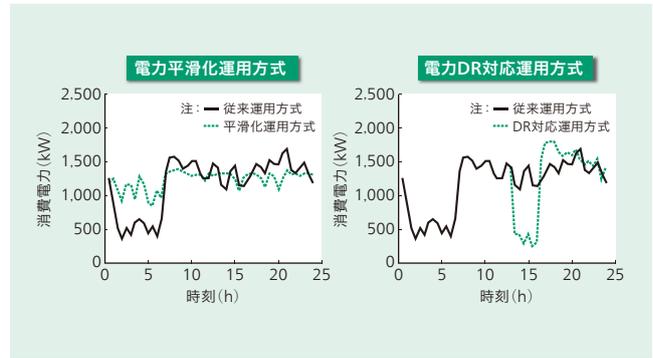


図3 | 水運用による電力マネジメント効果

電力平滑化運用方式と電力DR対応運用方式の電力マネジメント効果を示す。

運転計画を立案する必要がある。また、配水池の貯留量が下限値を下回らないようリスク管理する必要がある。前者の課題に対して、min-max最適化という数理計画法を適用し、精緻にポンプ運転計画を立案した。後者の課題に対しては、送水ポンプが事故などで停止した場合に12時間の水の継続供給が可能な水位を下限水位として与え、それを下回らないようなポンプ運転計画を策定した。これらにより電力削減量を最大化し、削減する電力コストや獲得するインセンティブを最大化した。

2.2 電力マネジメント効果

給水規模約60,000 m³/dの中規模水道事業体を対象に、開発方式の電力マネジメント効果を評価した (図3参照)。ここでは、送水ポンプのほか、多くの電力を消費する取導水ポンプも運用計画の対象にした。

電力平滑化運用方式では、1日のピーク電力を、現行運用方式の1,726 kWから1,374 kWに、約20%削減できた。電力DR対応運用方式では、DR要請時間帯 (13時から16時) のピーク電力を、現行運用方式の1,550 kWから460 kWに、約70%削減できた。電力平滑化方式と電力DR対応運用方式を組み合わせた方式で運用することも可能である。これらの方式の導入により、年間電力コストの削減が期待できる。

3. ライフサイクルコスト評価に基づく管路更新技術

3.1 管路更新技術

管路のライフサイクルコスト (LCC : Life Cycle Cost) を評価して、最適な更新時期を算出する方式を構築した (図4参照)。導入コストとは管路敷設替えコストを供用年数で割ったものであり、ランニングコストとは累積修理コスト、累積断水補償コスト、累積浸水補償コスト、累積漏水損失コストなどの総和、すなわち、運用に要したコストの総和を供用年数で割ったものである。ライフサイクルコストは、導入コストとランニングコストの和で計算され

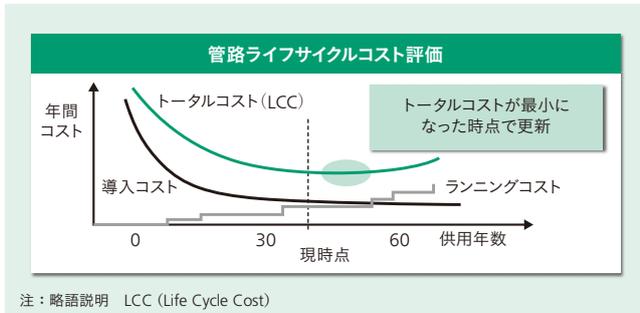


図4 | ライフサイクルコスト評価に基づく管路更新時期決定方式
管路LCCが最小となる時期を最適更新時期として提示する。

る。導入コスト、ランニングコストは、それぞれ、供用年数が増加するにつれて、減少、増加する。したがって、それらの和は最小値を持ち、最小を与える供用年数が管路の最適更新時期になる。ライフサイクルコストは、管路属性(管種、口径など)や埋設環境(土壌、地盤特性など)により異なることが予想されるため、LCCカーブや最適更新時期は、上記の属性、環境ごとに算出する必要がある。

3.2 評価事例

漏水事故に関する実データを活用してLCCカーブや最適更新時期を計算した。ランニングコスト計算に関しては、修理コスト、漏水損失コストなどの漏水事故1件当たりの平均コストを過去データから計算しておき、それに累積漏水事故件数を乗じてコスト総和を求めた。ここで、累積漏水事故件数は、漏水事故率(単位長さ当たりの年間事故件数)を漏水事故の実績データから管路属性別(管種、口径、供用年数別)に求めておき、それを累積して算出した。図5に管種VP(硬質ポリ塩化ビニル管)、口径75 mmの漏水事故率の計算例を示す。供用年数40年までは、実績データを活用し、それ以降は予測式³⁾を活用して算出



図5 | 漏水事故率の計算結果
供用年数に対する漏水事故率(件/年/km)を示す。

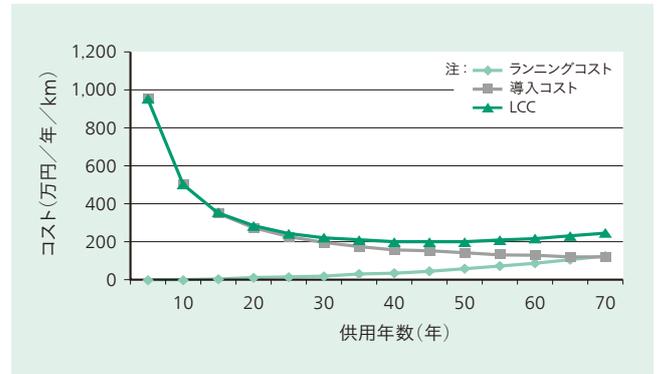


図6 | ライフサイクルコストの計算結果

導入コストとランニングコストの和としてライフサイクルコストが表されている。

した。

図6に、管種VP、口径75 mmのLCCカーブを示す。供用年数40年でLCCは最小になった。すなわち、最適更新時期は40年である。同様に、さまざまな属性の最適更新時期を算出できる。今回の事例では、更新を最適更新時期40年から、5年、10年先送りすると、LCCは、約2~3%、約6~8%増加した。長期(10年以上)の先送りは、コスト増につながり望ましくないことが分かった。

今回の評価事例では、最適更新時期は法定耐用年数に近い結果となったが、管路属性や埋設環境によっては、長寿命化できる管路が存在すると考えられる。この分析手法を利用し、そのような管路を見だし長期に利用することで、管路に対する設備投資や維持管理コストの削減が期待される。

4. 漏水分布推定技術

漏水対策を効率化するためには、配水地区の中から漏水が多いエリアを特定することが重要になる。エリア特定では、投資を抑制し漏水管理を効率化するという観点から、必要となるセンサ数やフィールドテストなどは、最小限に抑制されなければならない。この課題に対して、配水地区に設置した限られた流量・水圧センサの情報と管路老朽度などのアセット情報を利用して水理解析(管網計算)を実施し、配水地区の漏水分布を推定する技術を開発した(図7参照)。これは、配水地区を複数の小規模エリアに仮想的に分割し、各小規模エリアの漏水量を推定するものである。開発技術は、水理解析による圧力推定値と圧力計測値が一致するよう漏水の面的分布を規定する未知パラメータを推定する。この技術は、アセット情報から漏水の起こりやすさの面的な構造を求め漏水分布推定に利用している。これにより推定パラメータの数を減らして推定結果の信頼性を高めている。

実フィールドを模擬した評価実験では、配水地区への

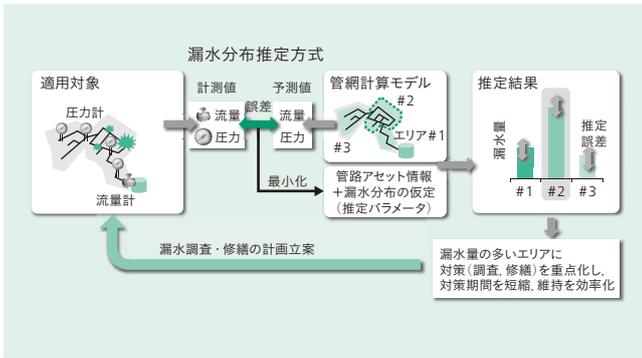


図7 漏水分布推定方式

管路アセット情報と管網計算をベースに配水エリアの漏水分布を推定する。

トータル配水量のプラスマイナス2%の精度で漏水量推定が可能であることを確認した（図8参照）。

また、管路延長300 km、漏水率約20%の配水エリアに対して投資対効果の評価を行った（図9参照）。開発技術とは、上記配水エリアをまず5つの大規模DMA (District Metered Area) に分割し、さらに、それぞれの大規模DMAを3つの仮想エリアに分割して、計15の仮想エリアに対して漏水管理を行うものである。従来技術 (DMA活用) とは、上記配水エリアを15のDMAに分割し漏水管理

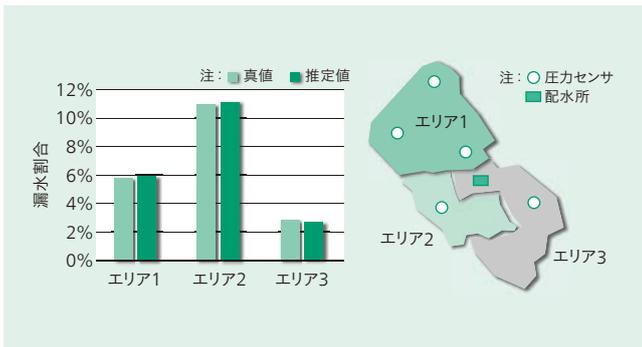


図8 漏水分布推定結果

3つの仮想エリアの漏水割合の真値と推定値を比較した結果を示す。漏水割合とは、配水エリア全体へのトータル配水量に対する各エリアの漏水量の割合である。

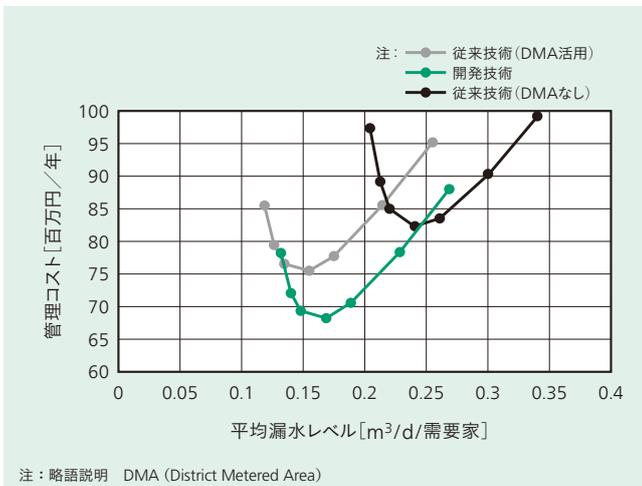


図9 投資対効果の試算例

開発技術と従来技術の管理コストを比較した結果を示す。

するもの、従来技術 (DMAなし) とは、DMA分割は行わず広大なエリアに対して漏水管理を行うものである。図9の管理コストは、DMA構築やセンサ設置などの設備投資コスト、漏水調査コスト、漏水による損失コストなど漏水管理に関わるすべてのコストの総和である。開発技術では、DMA分割のための設備投資が抑制されるため、DMAを活用する従来技術に対して管理コストが約1割削減されることが分かった。

5. おわりに

送配水系における経営効率改善に寄与する取り組みとして、電力DR、電力ピークシフト/カット対応の水運用技術、ライフサイクルコスト評価に基づく管路更新技術、漏水分布推定技術について述べた。

日立グループは、これらの技術のブラッシュアップと適用実績の積み重ねにより、送配水システムの運用・計画技術に対する貢献度を上げていく考えである。さらに、分散配置された水道システムを効果的に連携、協調させることで投資コスト、エネルギー消費などを削減し、さらなる経営改善を実現する新たなソリューション開発に取り組むと考えている。

参考文献

- 1) 厚生労働省健康局：新水道ビジョン (2013.3)
- 2) 株式会社野村総合研究所：NRI Knowledge Insight, Vol.23 (2012.3)
- 3) 公益財団法人水道技術研究センター：持続可能な水道サービスのための管路技術に関する研究 (e-Pipe) 報告書 (2011.1)

執筆者紹介



高橋 信補
日立製作所 研究開発グループ システムイノベーションセンター
インフラシステム研究部 所属
現在、水道の運用・計画技術の研究開発に従事
博士 (工学)
電気学会会員、計測自動制御学会会員



足立 進吾
日立製作所 研究開発グループ システムイノベーションセンター
インフラシステム研究部 所属
現在、上水道の運用・計画技術の研究開発に従事
電気学会会員



武本 剛
日立製作所 電力・インフラシステムグループ インフラシステム社
電機システム本部 社会制御システム設計部 所属
現在、上下水道向け情報制御システムの開発・設計に従事
技術士 (上下水道)
化学工学会会員、環境システム計測制御学会会員



梅木 実
日立製作所 電力・インフラシステムグループ インフラシステム社
水・環境ソリューション事業部 グローバル水ソリューション本部
所属
現在、海外水事業の電機システムの拡販に従事