

氏名	足立 進吾
所属	都市環境科学研究科 都市環境科学専攻 都市基盤環境学域
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	都市環境博 第 314 号
学位授与の日付	令和 3 年 9 月 30 日
課程・論文の別	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題名	導送配水システムにおける運転実績データを活用した運用管理の高度化に関する研究
論文審査委員	主査 准教授 荒井 康裕 委員 教授 小根山 裕之 委員 准教授 酒井 宏治 委員 特任教授 小泉 明

【論文の内容の要旨】

水道は、市民生活や都市活動の維持のための清浄にして豊富低廉な水の供給を目的とし、河川や地下水などの原水を浄水場へと導水し、浄水場で処理した上で、送水管・配水池・配水管を通じて浄水を需要者へと供給する。

日本の水道事業の課題として、人口減少に伴う水需要の減少、施設の老朽化、深刻化する人材不足などが挙げられる。人材不足に関して、水道事業の職員数は 1980 年代のピーク時に比べて約 4 割減少した。加えて、生産年齢人口の減少などにより民間事業者を含めて水道に携わる技術者の確保が難しくなっている。こうした状況の中で水道事業を持続的に運営していくためには、情報技術やデータの活用を通じて人材不足を補う方策が今後一層重要になると考えられる。

導送配水システムは、配水池や配水管などの導水・送水・配水施設の運用により、需要者に必要な量の水を運び届ける機能を果たす。この機能は、施設の適切な設計・維持・更新と、システム全体の運用管理の両輪により支えられている。導送配水システムの運用管理は、必ずしも自動化が進んでおらず、多くの運転操作や設備監視を運転員が行っている。平常時における運用管理では、広域に配置された導送配水施設を連携させて導送配水システム全体を安定的かつ効率的に運転操作することが求められる。また、異常の連鎖やその被害の拡大を防ぐために、運用状態の監視を通じて異常の発生やその予兆を速やかに発見することが重要である。熟練運転員は、過去の経験やノウハウを踏まえて運転操作や状態監視における判断を行っている。しかしながら、熟練運転員の経験やノウハウは明文化されていないことが多く、運転員にヒアリングして把握するには多大な時間を要する。将来

にわたって安定した水供給を持続していくためには、熟練運転員の知見を継承する運用管理の方策が求められる。

そこで本研究では、運転員の判断に基づく運転操作や、監視対象の特徴が記録された運転実績データに着目し、運転実績データを活用した導送配水システムの運用管理の高度化手法について検討する。具体的には、平常時における配水池の安定的な運用を実現する配水池運用モデルと、そのモデルに含まれるパラメータの決定手法、および、代表的な異常である漏水事故の発生を早期に判定する配水流量の監視手法を提案する。

第 1 章は序論であり、水道における導送配水システムの役割と、運用管理における課題について述べるとともに、本論文の目的と構成を示した。

第 2 章では、導送配水システムの運用管理に関する既往研究をまとめ、本研究の位置づけを明らかにした。

第 3 章では、平常時の配水池運用における水位の変動範囲に着目し、熟練運転員の判断に基づく運転実績データを用いて配水池水位の変動範囲を定める運用モデルを検討した。配水池の特性が水位実績データのヒストグラムや分位値に与える影響を踏まえて、水位実績データの分位値により水位の日常的な変動範囲を定め、その範囲からの逸脱を抑制する配水池運用モデルを提案した。ケーススタディを通じて、提案手法で立案した運用計画は、配水池の水位変動の範囲や、配水池の水位・流入出水量のトレンドが運転実績に近く、実用的な運用を提案できることを確認した。

第 4 章では、前章で提案した配水池運用モデルのパラメータを運転実績データの再現を基準として決定する手法を検討した。配水池の水位変動は、流入出水量の平準化とトレンドオフ関係にあり、対象モデルでは両者のバランスに関するパラメータを決定する必要がある。バランスを熟練運転員の判断に基づく運用に近づけるように、立案する運用計画が運転実績データを再現するパラメータの決定手法を提案した。提案手法で決定したパラメータは、半年以上の期間にわたり継続して運転実績データに近い実用的な運用計画を立案できることを確認した。

第 5 章では、配水プロセスの代表的な異常である漏水事故の発生を判定する配水流量の監視手法を検討した。漏水事故発生時における漏水流量の増加には、急速な増加から緩やかな増加まで多様な事例が見られる。一方で、監視手法に用いる配水流量予測モデルの予測ラグが短い場合は急速に増加する漏水、長い場合は緩やかに増加する漏水の判定により適することから、予測ラグの異なる複数の配水流量予測モデルを併用することで、多様な漏水事故を早期判定する監視手法を提案した。小規模配水区域を対象に、様々な規模、増加の緩急、発生時刻の漏水事故発生を模擬するデータを生成して提案手法を適用した結果、単独の予測モデルに基づく既往手法と比べて、提案手法は漏水事故発生の判定見落としを低減し、判定に要する時間を短縮する効果が見込まれた。

第 6 章では、上述した研究成果を総括して導送配水システムの運用管理において運転実績データを活用する手法の有用性を示し、今後の研究課題について述べた。