

AIによる下水処理場運転操作 デジタルトランスフォーメーション (DX) の取組

国土交通省 大臣官房 参事官 (上下水道技術) 付 技術係長 つじ りょうすい 辻 亮水

1. はじめに

下水道は、汚水処理による生活環境の改善、雨水排除による浸水の防除、汚濁負荷削減による公用水域の水質保全等、住民の快適で安全・安心な生活や環境を守る重要なインフラとしての役割を担っている。

しかしながら、厳しい財政状況、ストックの適正な維持管理、浸水や地震・津波への備え、少子化やベテラン技術職員の大量退職による人材不足・技術継承への対応といった多岐にわたる課題に直面している。その中で、市民サービスの向上や災害対応力、マネジメント力の強化を行い、質が高く、持続可能な下水道事業を維持、ならびに向上させていくことが必要であり、データとデジタル技術の活用基盤を構築し、徹底活用することで、業務そのものや、組織、プロセスを変革する「下水道のデジタルトランスフォーメーション (DX)」に国を挙げて取り組んでいるところである。

下水道のDXの取組の一環として、下水道革新的技術実証事業 (B-DASH プロジェクト) 等を通じて、「AIを活用した水処理運転操作の最適化支援技術」の実証を行っており、複数の下水道管理者等においても、企業との共同研究等により下水処理場の運転操作にAIを活用する実証研究

が実施されている。

このような状況を踏まえ、下水道のDXの加速化に資することを目的に、下水道管理者が水処理運転操作等にAI導入を検討するに当たり参考となるAI導入の効果や導入モデル、ならびに必要な環境整備や支援策等の検討を行うため、令和4年6月、「AIによる下水処理場運転操作デジタルトランスフォーメーション (DX) 検討会」を設置した。

本検討会では、議論を重ね、企業からのヒアリング、下水道管理者へのアンケート調査を経て、令和6年3月に提言を取りまとめた。本稿では、AIに関する取組や提言の内容について紹介する。

2. AIによる下水処理場運転操作のDXに関する取組

国土交通省では、下水道における革新的な技術について、国が主体となって実規模レベルの施設を設置して技術的な検証を行うB-DASHプロジェクトを平成23年度から実施している。その一つとして、令和3年度から「AIを活用した下水処理場運転操作の先進的支援技術に関する実証事業」(図-1)を実施している。背景として、下水処理場の管理においては、ベテラン技術職員の退職等に伴い、下水処理設備の運用操作に関する技術の継承がされない課題が挙げられる。

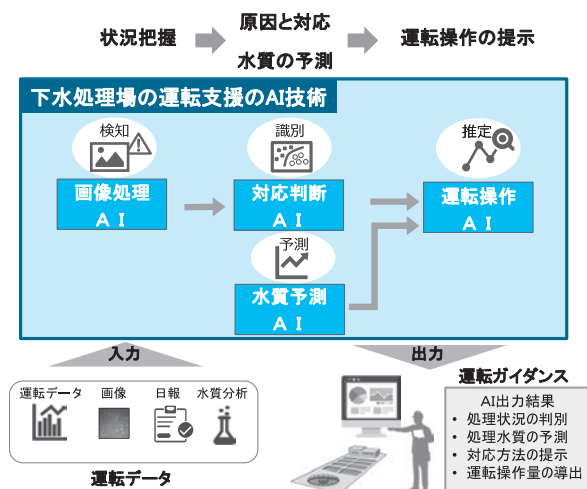


図-1 AIを活用した水処理運転操作の最適化支援のイメージ

解決策の一つとしてAI技術の導入が考えられ、熟練技術者の運転操作に関するノウハウをAIに学習させ、対応方法の見える化を行うことで、運用レベルの維持や技術継承の達成を期待している。本実証事業のフィールドは、広島市の西部水資源再生センター及び船橋市の高瀬下水処理場とし、下水処理場の運用データやカメラ画像を用いて、水質の異常、運転操作の方針、設定値の推定、水質予測が可能なAIにより、処理水質の安定化、維持管理コストの低減効果を検証している。

このほか、北九州市、東京都、町田市などが民間企業と連携し、AIを活用した下水処理場水処理運転操作に関して取り組んでいる。

3. AIによる下水処理場運転操作デジタルトランスフォーメーション(DX)検討会について

(1) 検討会の概要

下水道のDXの加速化に資することを目的に、下水道管理者が下水処理運転操作等にAI導入を検討するに当たり参考となる導入効果や導入モデル、ならびに必要な環境整備や支援策等の検討を行うため、加藤裕之 特任准教授(東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻下水道システムイノベーション研究室)を座長とした「AIによる下水処理場運転操作デジタルトランスフォー

メーション(DX)検討会」を令和4年度より開催している。令和4、5年度に本検討会を6回開催し、成果として令和6年3月に「下水処理場運転操作へのAI導入に向けた環境整備に関するあり方について」を提言として取りまとめた。

(2) 提言について

提言では「AI導入及び運用に必要な運転データの取得」、「信頼性の確保」、「透明性の確保」、「技術開発・導入促進」の観点から必要な環境整備に言及されており、詳細は次のとおり。

① AI導入及び運用に必要な運転データの取得(ベンダーロックイン*解消に向けた環境整備)

下水処理場の運転操作に対してAI導入及び運用をすすめるためには、必要な運転管理データが容易に取得できる環境を整備する必要がある。しかしながら、既存システムベンダーが独自の通信仕様を採用している場合、他社ベンダーが参入困難となり(いわゆるベンダーロックイン)、必要な運転管理データを容易に取得できないという問題が生じAI導入はもとより下水道のDX加速化の障害となる。ベンダーロックインへの対応として、既存システムとの間で通信を行うことができ、必要なデータを入手できる環境整備を行わなければならない。

必要な運転管理データを容易に取得できる環境整備の一つの手法として、「汎用プロトコル化」が考えられる。汎用プロトコル化とは、仕様が公開されている通信規格を用いた通信装置を用いることで、異なるシステムベンダーのコンピュータ間でのデータ送信を可能とするものであり、AI導入及び運用のためには、すべての下水道管理者において取り組むべきものである。下水道管理者においては、本検討会で調査した各下水道管理者の取組状況を参考に、監視制御システム等の発注資料(図面、仕様書等)等の見直しを検討する必要がある。

また、国は、現在、下水道管理者に本課題の認識が浸透していない状況から、下水処理場の設

計・建設にかかわる関係機関と連携して標準的な発注仕様の策定と周知等による働きかけ、進捗状況の調査等によるフォローアップを継続的に行うとともに、必要に応じて財政的な誘導を含めた改善策を検討すべきである。

そして、必要な運転管理データを容易に取得できる環境整備のもう一つの手法が、「データプラットフォームサーバーの導入」である。データプラットフォームサーバーを導入することで、異なる組織が有する大量のデータの収集・管理を一元的に行うことができる。データプラットフォームサーバーの導入やデータ構造の標準化については、各下水道管理者単独で実施することも考えられるが、全国的な普及展開を考慮すると、国も含め、関係団体が一体となった検討が必要である。

また、ベンダーロックインへの対応は、公共事業参入の公平な競争性確保の観点からも取り組むべき重要な課題であり、ひいては下水道事業における官民連携や広域化・共同化等の施策の推進につながる重要な取組といえる。今回の AI 導入及び運用に必要な環境整備を標準化し普及させることで、ベンダーロックインは、事実上解消される。

なお、ベンダーロックイン解消に向けては、システムのセキュリティ強化やベンダー間における

責任分界、導入コストだけでなくメンテナンスコストも含めたトータルコストが適正なものであること、維持管理が適切に行えることを下水道管理者は確認しておく必要がある。

※ベンダーロックインとは、既存システムと通信が必要な新規システムを構築する場合、既存システムベンダーが独自の通信仕様を採用しているため、他社ベンダーが参入困難な状態を指す。下水処理場において、既存システムから情報を取得する場合は、制御装置から汎用プロトコルで情報取得することや、制御装置と各処理設備間を汎用プロトコル化することが考えられ、それは、他社ベンダーが参入困難な状態を解消することにもつながる（図-2）。

② 信頼性の確保

下水処理場は、適切な運転操作を行うことで、良好な放流水質を保っている。運転操作に AI を導入し良好に機能しなかった場合、放流水質や放流先である公共用水域の水質に影響を与える可能性もあることから、AI の性能を適切に評価するとともに、非常時や AI 故障時等のバックアップの仕組みを構築する必要がある。

具体的には、放流水質の改善や消費電力の削減など、AI 導入の目的に応じた評価項目・評価基準を設定し、実フィールドで適切な評価を行うことで、信頼性の確保を図ることが考えられる。

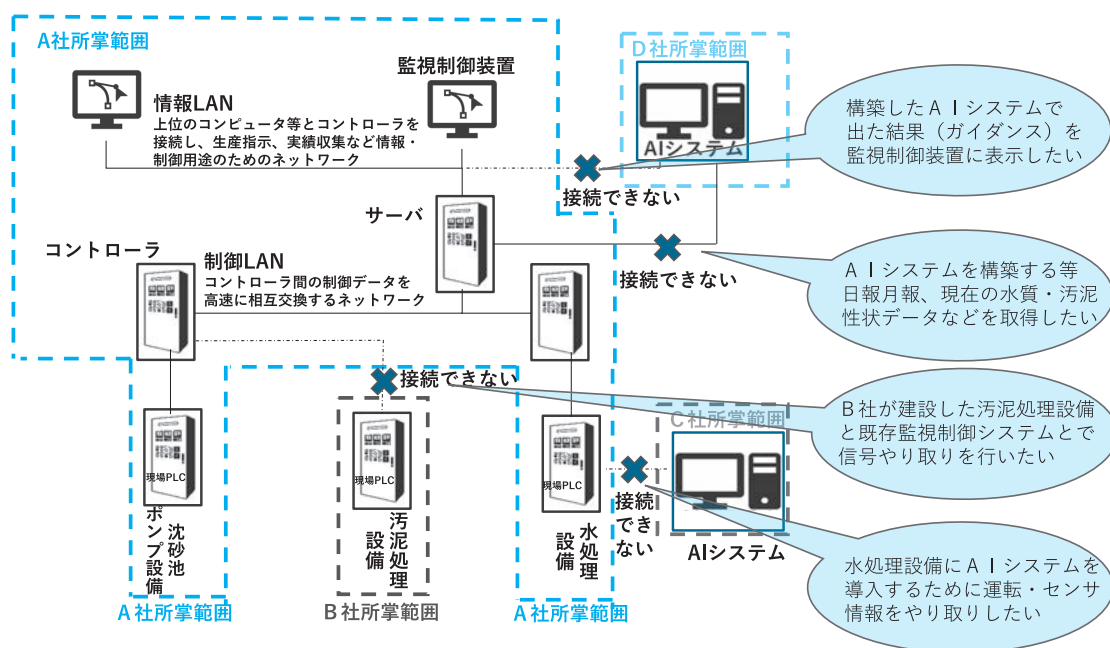


図-2 ベンダーロックインの概念図

また、放流水質の悪化や過剰送風を起こさないためには、放流水質や送風量の閾値を設定し、閾値を超えた際のアラート機能を整備するとともに、AI 運転と従来運転の切り替え方法などを示した運用マニュアルを整備するなど、ソフト・ハード両面でバックアップ体制を構築する必要がある。

③ 透明性の確保

AI の性能が高まるにつれて、AI の判断過程が複雑になり、人間には理解が難しくなる傾向にある。その結果、取得したデータに基づいて AI が判断する過程が「ブラックボックス」の状態になりやすい。ブラックボックス化することで、AI の判断の根拠が分からなくなり、AI の判断の検証や改善を行うことができなくなる。このような状況を解決するためには、AI の判断根拠を「見える化」することが望まれる。

AI による判断プロセス・根拠の見える化は、下水道管理者が下水処理場の運転管理を行う上での判断や学習、技術継承などの観点からも重要である。AI 導入に当たっては、下水道管理者が求める事項（判断プロセス・根拠、重要な特徴量、重要な学習データ、機械学習モデルの可読化等）が整備されていることが望ましい。

④ 技術開発・導入促進

AI 技術は日々急速に発展しているが、引き続き技術開発を促す必要がある。また、AI 導入に当たっては、目的や役割を明確にし、より適切な AI 技術の導入に関する評価を継続的に検討することや、国において最先端の導入事例を水平展開するなど、AI 技術の開発及び導入を促進する仕組みを整備する必要がある。

そのためにも、全国的な処理場の維持管理データ等の公開や共有の仕組みの構築、及び AI 技術の評価等による信頼性及び透明性の確保、AI 人材の育成・資格等を担う専門的な機関が望まれる。

(3) AI 技術の今後について

今後の下水道の役割として、下水道施設のマネジメントだけでなく、下水道が保有する資源を地域内に循環させ、地域内での生産、消費を促進することで、地域の活性化へ寄与することや地域防災や地域エネルギーマネジメント等において上水道、廃棄物、農林水産業等の他分野と連携し、下水道施設を有効活用することが考えられる。国は、このような取組を積極的に推進すべきである。

これまでの技術や人では対応が困難なことについても、AI 技術の特性を活かし、今後の下水道に求められる役割に貢献することが期待される。

【今後の下水道における AI 技術に求められる役割の例】

- ・汚泥資源活用の最適化：地域バイオマスの受け入れ可能量の予測、農業等需要とのマッチング
- ・地域エネルギーの最適化：地域バイオマスの受け入れに関する消化ガスの発生量予測、下水処理場の余剰エネルギー（熱や消化ガス）の供給調整
- ・水産資源への貢献：栄養塩類の能動的運転管理、漁業需要とのマッチング
- ・地域防災への貢献：雨水ポンプ運転の最適化、再生水提供支援

4. おわりに

人口減少や下水道の技術職員不足をはじめ、気候変動、施設の老朽化などの諸問題に対応していくためには、デジタル技術の導入が不可欠であり、そしてさらに、業務のやり方を変革していく DX の普及は必須であると考えています。提言に基づく環境整備を推進していくためにも必要な施策を引き続き検討してまいります。

最後に、AI による下水処理場運転操作 DX 検討会委員の皆さまや本検討会にご協力いただいた AI 活用の取組を進めている自治体、民間企業等の皆さまに感謝申し上げます。