

論 説

下水道 DX の現状と今後の展望

東京大学大学院工学系研究科
下水道システムイノベーション研究室
特任准教授 加藤 裕之

1. はじめに

人口減少による収入減、施設の老朽化に伴う新たな投資の確保、地球温暖化対策など多様な課題に対応しつつ持続的な経営を行うことが下水道事業に求められている。効率的な事業を行うために、わが国では、官民連携及び広域化の推進等が図られているところであるが、下水道システムとしての効率性を確保するために DX (Digital Transformation) に大きな期待が寄せられている。経済産業省の「DX 推進ガイドライン」によれば、DX とは「ビジネス環境の変化に対応し、デジタル技術を活用してサービスやビジネスモデルを変革するとともに、業務、組織、企業文化、風土を変革し、競争の優位性を確立すること」とされている。デジタル技術は活用するが手段にすぎず、目的は業務や組織等の「変革」にあることを認識しておく必要がある。

日本の下水道事業において、現在、どのように DX に取り組んでいるのか、また、様々な下

水道政策と DX はどのような関係にあるのか、さらに先進的な自治体の取組など、本稿では下水道システムに関する DX の現状と展望を記すこととする。

2. 下水道事業における DX の代表的な研究と技術開発の動向

DX の中心となる技術と言えば AI (Artificial Intelligence) であり、機械学習 (Machine Learning:ML) を下水道事業に導入する様々な研究が行われている。ML では、既存の膨大な教師データを入力することでモデルを構築し、予測、分類、映像判別等が可能となる。このため、予測結果等のアウトプットを迅速にかつ正確に示すことを目的とする場合には有効である。一方で、予測モデルの中身はブラックボックスになるので、メカニズムを明らかにする必要がある場合等には向いていない。また、教師データが少ない領域の予測等には適用できないことに留意する必要がある。

ML に関する代表的な研究事例(1)～(3)と国

や自治体で実証中の AI 技術(4)を以下に記す。

(1) 管路の老朽化の診断

今後、増大する老朽管の異常個所を迅速に把握するため、ひび割れの発生など目視により異常と判断された個所の映像を機械学習させ、管路内のテレビカメラの映像から異常個所を自動的に識別・診断する技術が研究されている。また、本分野では、過去の異常個所と周辺環境（管材、土質、道路交通量など）の相関をモデル化して、そもそもテレビカメラを管内に入れずに、周辺環境のデータから異常個所を推定する技術が既に実用化されている（下水道よりも水道分野で主に適用されている事例がある。）。

(2) 水処理の高度化・効率化

流入水等の情報と放流水質の関係を機械学習させて、流入水から処理水の水質予測を行う研究が行われている。このほか、これまでは、人が顕微鏡で観察することでその沈降性等を判断していた活性汚泥のフロックについて、多くのフロックの画像データと沈降性を機械学習させて、フロックの写真画像のみから沈降性を予測する研究開発が行われている。

また、地球温暖化で大きな問題となっている下水処理場からの N₂O の排出量の予測を、流

入水の情報や反応槽の DO 等の管理データを入力することで可能とする研究も進められている。

(3) 下水疫学における感染症の予測

コロナウイルス等の下水中のウイルスデータから、1週間後に発生する新規感染者を予測する機械学習モデルを東北大学等が開発し、予測データを実際に公表している。

通常は、医師が把握する感染者数が一定数に達した時に感染についての注意報を出すことに比べて、早期に市民に感染症の増大について注意を促すことが出来るものである。

(4) 国や自治体で実証中の AI 技術

国土交通省が設置している「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検討会（以下「DX 検討会」と記す。座長：東京大学特任准教授 加藤裕之）」の令和4年度論点整理では、AIによる効率的な運転について現地実証試験が行われている代表的な技術開発について整理している（表1）。これらの技術の導入に向けて必要な政策が立案されることとなる。

表1 AIを活用した下水処理技術の実証

開始	地方公共団体名等	件名	実施者	実証場所
R1	東京都	AIを活用した省エネと水質改善を両立する制御技術の開発	東京都、三菱電機	北多摩一号水再生センター
R3	埼玉県	下水処理へのAI活用に係る共同研究	埼玉県、下水道公社、 ①三菱商事・水ing	荒川水循環センター
			埼玉県、下水道公社、 ②メタウォーター	
			埼玉県、下水道公社、 ③日立製作所	
R3	北九州市	AIを適用した下水処理プロセスの運転ガイダンスおよび制御の実証研究	北九州市、安川オートメーション・ドライブ	北漢浄化センター
R3	B-DASH 実規模	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	明電舎、NJS、広島市、船橋市	広島市西部水資源再生センター 船橋市高瀬下水処理場

3. 下水道政策とDX

(1) 官民連携の推進とDXについて

DXの技術を活用主体の視点から考えると、官民連携の政策推進に大きな貢献が期待される。コンセッションや包括委託等の官民連携においては、事業を行う企業は収益性の向上のため、より効率的な事業運営についての意識が高い。また、一般的には長期契約となるため、自ら開発したものを含め、積極的に新たな管理システムを採用しやすい環境にあると言える。このため、先導的なDXの技術導入主体として、官民連携を実施している民間企業が考えられる。

実際、後述する宮城県における上下工水のコンセッションにおいては、事業を運営する「株式会社みずむすびマネジメントみやぎ」がそのマネジメントやオペレーションに関して各部署のデジタル情報を共有することで、もともとは別々の会社によるコンソーシアムながら、スムーズな情報共有と意思疎通を図っている。

(2) 広域化政策・上下一体政策とDXについて

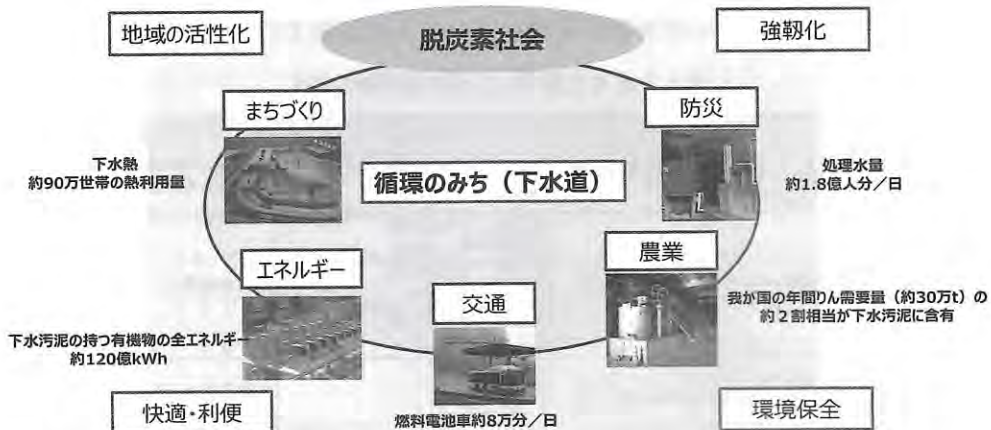
人口減少等により、下水道事業の広域化が推

進されつつある。広域化のメリットには様々あるが、複数の処理場を一体的に管理することが出来れば効率性を格段に高めることが出来る。また、厚生労働省の水道行政の国土交通省・環境省への移管に伴い上下水道の一体管理によるシナジー効果が注目されているが、DXによる一体管理による効果には大いに期待できると考える。

(3) 省エネ・脱炭素政策とDXについて

下水処理場において、最も消費電力の大きいのは水処理で、特に、エアレーションタンクの酸素濃度を一定以上に保つためのブローによる酸素供給に必要な電気量が大きな割合を占める。このため、省エネを進めるには、表1にある東京都の実証試験のように、適正な放流水質は確保しつつ、なるべく少ない酸素供給量で運転する方法として、エアレーションタンク等に水質センサーを設置して、過剰な酸素供給とならないようにリアルタイムで監視・制御するシステムの開発が注目されている。

また、下水道だけでなく様々なインフラ等との連携による脱炭素まちづくりが地域で求められている。これまでは、分野横断のインフラ管



(国土交通省 脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会資料)

図1 多様な分野との連携による脱炭素まちづくり

理は人と人のコミュニケーションに時間を要することから進みにくい状況であったが、DXは地域住民を含めた様々なステイクホルダーの連携やコミュニケーションを加速し脱炭素まちづくりに貢献することが期待される（図1）。

4. 自治体における先進的な下水道DXの取組（横浜市事例）

下水道の事業主体である地方自治体において、DXを全面的に取り入れることで事業全体の効率性や他分野との連携を推進する事例として、市役所全体で積極的にDXを導入しており、これと連携しつつ全国初の公共下水道管理者によるDX実現を目指しているのが横浜市である。

横浜市環境創造局は、横浜市全体の戦略である「横浜DX戦略」との整合を図りつつ、下水道事業についてのビジョンを明確にし、その下のレイヤーに、防災・減災、循環・脱炭素、ストックマネジメントという主要な分野を位置付けた。さらに、これらを支える基盤として最下層のレイヤーに下水道プラットフォームを構

築することとしている（図2）。

横浜市の戦略の、全体ビジョンの中にある、「誰もが創造力を発揮して新たな可能性を切り拓く」という言葉は、まさにDXの本質を言い表していると言える。また、横浜市では、本戦略の実施について、最初の4年間（2022～2025年）をファーストステップとして、まずは、デジタルの恩恵を実感できる具体的な取組等を「初動のDXアクション」として推進することとしている。これは、新たなイノベーションであるDXについて必ずしも組織内の全ての者が前向きではない可能性があることに対する普及戦略として優れたアプローチを取っていると言える。

5. 全国的なDXを進めるための環境整備～ベンダーロック問題の解消～

下水処理場ではICTによる総合的な管理を行うため各機器の運転情報をデジタル化しているが、その情報は中央監視装置に集められる。本来、この情報を処理場の運転管理に関わるあらゆる関係者で共有することが効果的なDX



図2 横浜市下水道DXのビジョンと重層的なレイヤー

表2 ベンダーロックの解消方法

	汎用プロトコル化	データプラットフォームサーバ導入
概要	汎用プロトコル（異なる種類のコンピューターシステムやネットワーク間でデータ通信を可能とする装置）を用いて、他社間での通信を可能とする。	組織が持つ大量のデータを一元的に管理し、データの収集、処理、分析を容易にするプラットフォームを設ける。
現状課題	<ul style="list-style-type: none"> ・情報共有は直接的であるため、情報取得が早く、自動制御も可能 ・既存監視制御設備の機能増設・改造は必要（責任の分界点、情報連携のため） ・現状導入されているベンダーフリーは通信方法の標準化を行っているのみで、情報の内容・構造は各社独自となっているので、情報連携のためにカスタマイズが必要。既存のメーカーから高額な金額を要求される可能性。 ・セキュリティリスクが高まる可能性の有無と対応策 	<ul style="list-style-type: none"> ・情報共有が間接的であるためベンダーフリーより情報の更新に時間が必要 ・情報の内容・構造が各社独自となっているので、情報連携のためにカスタマイズが必要。既存のメーカーから高額な金額を要求される可能性。 ・セキュリティリスクが高まる可能性の有無と対応策

活用のために重要であるが、中央監視装置を設置する機器メーカーが情報を外部から取り出せないようにロックしているケースが多く、また、情報を活用すべき自治体もそのことに気が付いていない。これでは、貴重な情報がブラックボックスに入ってしまう有効に生かされないという大きな問題がある。

この問題について、前述した国土交通省の「DX 検討会」では重要な検討項目として議論することとしている。同検討会が本年4月に示

した論点整理では、ベンダーロックの解除は、DXの推進のため、また、公正な競争性確保のために必要であるとし、解除の具体的な方法を二つに大別して先進事例を紹介している（表2）。一つは、汎用プロトコル化（FL-net）である。これは、異なる種類のコンピューター等のデータ送信を可能とする装置を付加するもので、横浜市と葉山町での導入事例を参考資料として示している。中央監視装置の発注段階でFL-netを仕様として明記することがポイント

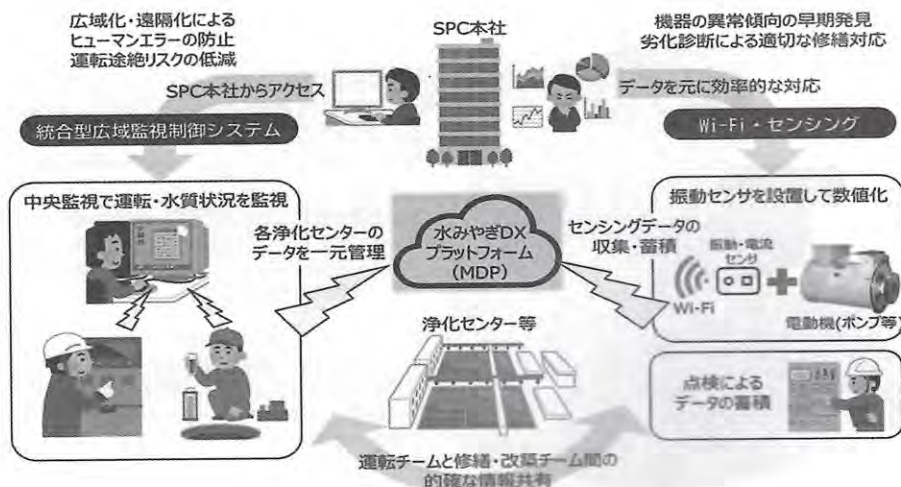


図3 みずむすびマネジメントむすびのDXプラットフォーム

である。もう一つの方法が、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出来るデータプラットフォームサーバーの導入である。これについては、みず未来広島、及び複数社によるSPC「みずむすびマネジメントみやぎ」の先進事例を紹介している(図3)。

いずれにしても、今後、DXを推進していくためには中央監視装置の改築時等に自治体はベンダーロックによる情報共有の障害が発生しないようにするとともに、公正な競争性確保の観点からの対応が求められる。既に、公正取引委員会は2022年2月8日に公表した「官公庁における情報システム調達に関する実態調査報告書」の中で、ベンダーの反競争的行為があれば摘発するとして一方、発注側の行政機関にも原因があるとしている。

6. おわりに

下水道分野におけるDXの技術開発、政策動向や課題について述べてきた。官民連携、広域化、また、低炭素、ゲリラ豪雨等の地球温暖化対策等の多様な課題が下水道事業にはあるが、これらを一体的に解決していく方法としてDXは極めて有効と考えられる。さらに、市民とのコミュニケーション、異分野との連携にもDXは貢献する。

下水道事業は多様な関係者で成り立っており、それぞれの役割分担を明確にして推進してきたが、マネジメント時代にはこれらの壁を取り払う必要がある。冒頭のDXの定義によれば、DXの目的は業務と組織等の変革にあると言える。DXが壁を取り払い、日本の下水道業界に新たなネットワークと価値を創り出すことを期待する。

