

下水道分野におけるDXの取組み ～B-DASHプロジェクトによる技術の実証～

三宅晴男

1. はじめに

我が国の下水道事業は、厳しい財政状況の下で膨大な下水道ストックの管理、浸水や地震・津波への備え、脱炭素への対応、ベテラン職員の大量退職による人材不足・技術継承への対応等、多岐にわたる課題に直面している。さらに新型コロナウイルス感染症の発生を契機とした非接触・リモート化への転換等、社会情勢の変化に伴う新たな要請への対応を踏まえ、強靱な下水道事業の実施体制の構築の加速も課題となっている。このような状況において、持続可能な下水道事業のためにはデジタル化・スマート化を図り、業務そのものや組織、プロセスを変革させていく必要がある。

本稿では、下水道分野におけるDX推進の取組み及びそれらに貢献する国土交通省国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）下水道研究部における技術開発状況を紹介します。

2. 下水道におけるDX推進に向けた取組み

国土交通省では以下の4分野について取組みを推進している。項目については図-1を参照されたい。

(1) 行政手続き・サービスの変革

デジタル化・オンライン化促進による行政手続き等の迅速化・効率化や、デジタルデータ活用による暮らしの利便性・安全性を高めるサービスを提供する。

(2) ICTやAI等を活用し、現場の安全性や効率性を向上

ICT等の活用による作業の自動化、効率的かつ安全な実施の支援や、AI等の活用によりベテラン技術者の技術の効率的な伝承を実現する。

(3) 業務プロセスや働き方を変革

横断的なデータ活用を推進し、業務プロセスを変革する。

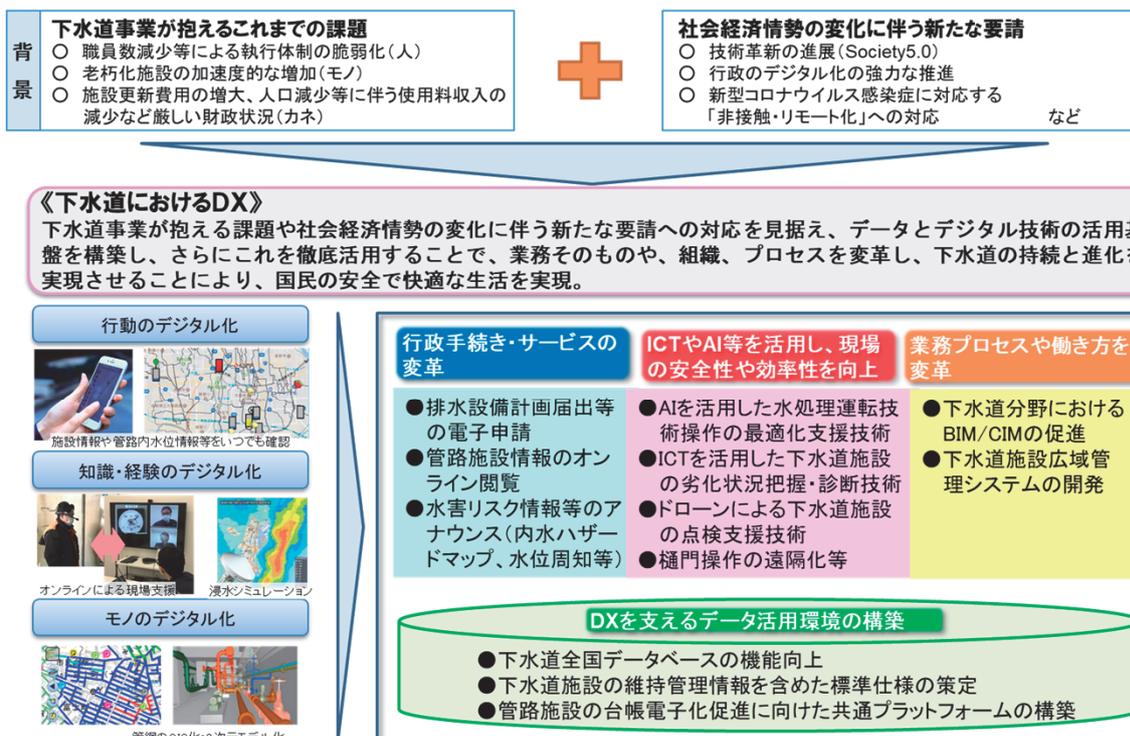


図-1 下水道におけるデジタルトランスフォーメーション (DX) の推進 (国土交通省作成)

(4) DXを支えるデータ活用環境の構築

統計情報等のデジタル化、分析による下水道事業の取組みや課題の見える化や、DXの取組みの基礎となるデータ活用環境を整備する。

3. 国総研における取組み

国土交通省では、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業における低炭素・循環型社会の構築やライフサイクルコスト縮減、浸水対策、老朽化対策等を実現し、併せて本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、「下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）」を実施している。国総研はその実施機関として、委託研究により実規模レベルの施設を設置して技術的検証を実施、ガイドラインを作成し普及展開を図っている。それらのうちDXに関連する技術の実証状況を表-1に示した。以下、各分野に関する技術の例を概説する。

3.1 行政手続き・サービスの変革

3.1.1 水害リスク情報の周知

都市域レーダーによる雨雲検知及び短時間降雨

予測モデルによる降雨量・場所予測を用いてリアルタイムで流出解析を実施し、下水管内水位や浸水予測情報等を配信することで、雨水貯留管等のより効果的な運用や住民の自助・共助活動の促進に寄与する技術を実証、ガイドライン化している（表-1中の1-①-1）。

3.2 ICTやAI等を活用し、現場安全性や効率性を向上

3.2.1 AIを活用した施設運転操作最適化支援

今後の熟練技術者減少に伴う技術力不足への対応や下水処理場運転の最適化・効率化に向けた実証を行っている。水処理過程のアンモニアの状況をセンサーで収集し、状況監視や曝気風量制御により省エネ化等を可能とする技術（2-②-1,2）や、NH₄-N計とNO_x-N計を用い流入負荷変動に応じた風量演算を行うことで単一槽で硝化脱窒を可能とし、槽の小型化や送風・ポンプ動力を削減する技術（2-②-3）をガイドライン化している。

また下水処理場の運用データを基にAIを用い、以下の対応判断を行う技術（2-②-4、図-2）を実証中である。

表-1 国総研下水道研究部におけるDX関連技術の実証状況

DXの取組テーマ	B-DASHプロジェクト 実証対象テーマ	実証事業	採択 年次	実証状況
1.行政手続き・サービスの 変革	①都市浸水対策技術	1 都市域における局所的集中豪雨に対する雨水管理技術	H27	ガイドライン化
		1 ICTを活用した浸水対策施設運用支援システム	H26	ガイドライン化
2.ICTやAI等を活用し、現場の安全性 や効率性を向上	②ICTによる下水処理場の 運転制御	1 ICTを活用した効率的な硝化運転制御技術	H26	
		2 ICTを活用したプロセス制御とリモート診断による効率的な水処理運転管理技術	H26	
		3 単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術	R1	
		4 AIを活用した下水処理場運転操作の先進的支援技術	R3	
2.ICTやAI等を活用し、現場の安全性 や効率性を向上	③分流式下水道雨天時流入 予測・運転支援	1 分流式下水道の雨天時浸入水量予測及び運転支援技術	R3	実証中
		2 AIを用いた分流式下水道の雨天時浸入水対策支援技術	R3	
	④管渠マネジメント システム	1 高度な画像認識技術を活用した効率的な管路マネジメントシステム	H25	ガイドライン化
		2 管口カメラ点検と展開広角カメラ調査及びプロファイリング技術を用いた管渠マネジメントシステム	H25	
		3 展開広角カメラ調査と衝撃弾性波検査法による管渠マネジメントシステム	H25	
		4 維持管理情報のビッグデータ解析による効果的なマネジメントサイクルの確立	H30	
		5 ICTを活用した総合的な段階型管路診断システム	H30	
	⑤AIデータ解析による効 率的な管内異常（雨天時 浸入水）検知技術	1 水位計と光ファイバー温度分布計測システムにAIを組合わせた雨天時浸入水調査技術	R1	ガイドライン化
		2 AIによる音響データを用いた雨天時浸入水検知技術	R1	
	⑥その他管路スクリー ニング調査、点検等	1 陥没予兆検知調査技術（空洞探索等 3件） 腐食点検調査技術（無人小型飛行体活用 1件） 効率的な管渠劣化状況自動判定システム（2件） 管渠劣化状況等の効率的スクリーニング調査技術（1件）	H27	予備調査等実施
H28				
R2				
⑦処理場施設・設備劣 化診断	1 センサー連続監視とクラウドサーバ集約による劣化診断技術 2 センシング技術とビッグデータ分析技術を用いた下水道施設の劣化診断技術 3 下水処理場の効率的維持管理の基盤となるクラウド3次元GISデータベース	H27	ガイドライン化	
		H27		
		R3	FS調査実施中	
⑧ICT活用による処理場 施設管理	1 クラウドを活用し維持管理を起点とした継続的なストックマネジメント実現システム	H30	ガイドライン化	
3.業務プロセスや 働き方を変革	①AI活用マンホールポン プ管理	1 ICT技術(クラウドAIシステム)を用いた汚水マンホールのスマートオペレーション	H31	ガイドライン作成中
		2 IoTとAIを活用した効率的予防保全型マンホールポンプ維持管理技術	R2	
②広域監視制御	1 ICTを活用した下水道施設広域管理システム		R3	実証中
4.DXを支えるデー タ活用環境の構築		国総研実施無し (国土交通本省や日本下水道協会にて実施（予定含む）)		

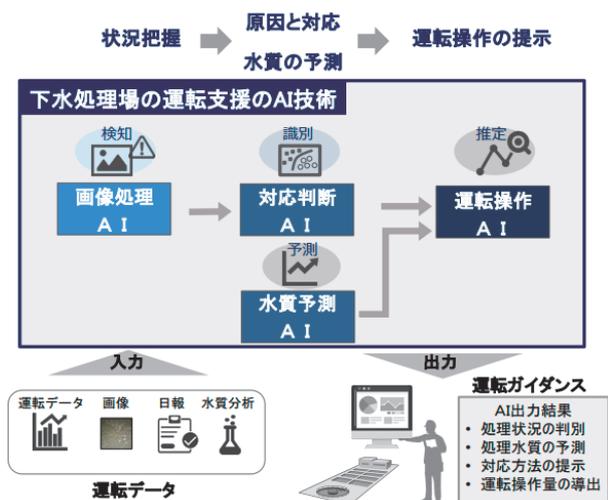


図-2 AIを活用した下水処理場運転操作の先進的支援技術¹⁾

①画像処理AI：人の目の代わりとなり沈殿池水面等の画像から異常検知、②対応判断AI：水質や画像から原因と対応の関連を見える化し対応を絞り込み、③運転操作AI：数値データから対策を踏まえた最適な運転操作量を推定、④水質予測AI：現在及び推定した運転操作量に対して処理水質を予測、の4つが連動して運転ガイダンスを行い、判断根拠の見える化により技術継承とコスト低減を図る運転支援の実現を目指している。

分流式下水道採用都市において、雨天時に污水管の劣化箇所等から雨水が浸入し汚水量が増加する雨天時浸入水が問題となっている。近年頻発する局地的豪雨時等では、污水管等からの溢水や、下水処理場の流入が処理能力を超える場合がある。少人数で複数処理場を管理する地域等では対応遅れ、初期判断の遅れ、情報不足による現場判断の誤り等のリスクがあり、実際に処理場での浸水被害が生じることもある。2-③-1 (図-3) では、降水量実績／予報値と流入量実績のみを用いた深層学習により降雨時の流入水量をAIで予測し、早期に警報及び適切なガイダンスを発報することで少人数で運転管理を行っている下水処理場においても浸水被害リスクを縮減する技術の実証を行っている。また2-③-2では、雨天時浸入水の影響、下水処理場の運転状況、熟練技術者の運転操作データ等をAIが学習し、降雨に伴う水位、放流水質、コストを予測し必要な操作をガイダンスすることで、非熟練者も安心して運転操作を可能とする技術の実証を行っている。

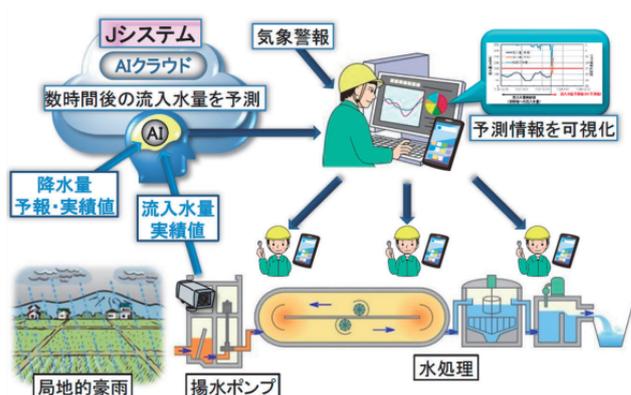


図-3 分流式下水道の雨天時浸入水予測及び運転支援技術²⁾

3.2.2 ICTを活用した下水道施設の劣化状況把握・診断技術

下水道の保有施設は膨大で、特に管路は地中埋設され点検は容易ではない。そのため詳細に調査すべき対象のスクリーニング手法が重要となる。管路内をロボットにより撮影し、画像認識システムにより欠陥を自動検出しデータベースに登録する等の技術や、ロボットによる衝撃弾性波検査法を用いた管の耐荷力計測等の劣化状況把握・診断技術 (2-④-1~3)、保有する管路データを用いた机上劣化予測によりスクリーニングを実施、現地でのロボットによる詳細調査情報をフィードバックする一連の流れをシステム化し効率的な調査の実施及びデータの蓄積を可能とする技術もある (2-④-5)。

雨天時浸入水の検知技術としては、従来調査に用いられていた流量計よりも安価な水位計を用い、AIによる解析作業により小ブロックを絞り込み、一定期間光ファイバーを用いた下水温度の連続計測及びAIによる温度分布変化等の解析により発生箇所を特定する技術 (2-⑤-1) や、市販のボイスレコーダーを用い、雨天時と晴天時の管渠内の音響変化調査とAIを用いた解析手法の組み合わせで雨天時浸入水の有無を検知する技術 (2-⑤-2) を実証、ガイドライン化している。

また処理設備の老朽化診断やストックマネジメント計画策定に資する技術として、機器の振動データを連続的に取得することで障害の早期発見や将来の性能劣化を予測する技術 (2-⑦-1,2) や、日常的な維持管理業務の一環で得られる情報を携帯端末等で継続的に収集・データベース上で一元管理し、施設健全度のリアルタイム評価や長期的

な性能劣化シミュレーションを行う等、維持管理を起点として必要な情報等を収集・活用できるシステムを実証、ガイドライン化した(2-⑧-1)。

3.3 業務プロセスや働き方を変革

3.3.1 下水道施設広域管理システム

中小の地方公共団体は下水道関係職員が少なく経費回収率も低い等の状況が多く、持続可能な下水道事業の運営には広域化・共同化等、管理の効率化が不可欠である。しかし、下水処理場等の監視制御設備の通信仕様は製造者毎に異なり互換性が無いことから、複数施設を遠方で監視・制御するための新たなシステム導入等には多額の費用を要する。そのため、大規模改修等を要せずに、製造業者の異なる監視制御設備間で接続・通信を行うための互換性を持たせる技術を実証中である(3-②-1、図-4)。

要素技術として①共通プロトコル方式：共通の通信仕様を定めることで製造業者が異なる監視制御装置間の接続を容易とする技術、②リモートデスクトップ方式：監視制御装置が設置されている処理場においてリモートでの監視制御、帳票印刷を可能とする技術、③上記の組み合わせ技術、について、導入施設に応じた方式の採用による省力化やコスト縮減の実現を目指している。

3.3.2 その他関連技術

汚水を処理場に流下させるため多数のマンホールポンプを管理している自治体は多い。点検頻度、緊急出動や夜間待機削減等、維持管理最適化に向け、維持管理情報やリアルタイム計測データ等の情報をクラウドシステムにより一元管理し、AIを用いたリアルタイム異常検知や劣化予測を行う技術(3-①-1,2)のガイドラインを作成中である。

4. おわりに

本稿では、下水道分野のDX推進に資する国総研の取組みとして、B-DASHプロジェクトによるICTやAIを用いた施設運転操作の最適化、施設劣化状況把握・診断や施設広域管理等の技術実証状況を紹介した。国土交通省では2022年6月に「AIによる下水処理場運転操作DX検討会」を設置し、下水道管理者が水処理運転操作等にAI導入を検討する際に参考となるAI導入効果、導入モデル、必要な環境整備や支援策等の検討を開始した。2-②-4の技術を含む各種技術の実装を目指す³⁾等、下水道のDX活用への期待が高まっている。国総研下水道研究部は、今後も調査研究の実施を通じて支援を行っていく所存である。なお本稿で示した技術の概要やガイドライン、導入事例等は国総研HP^{1),2)}に掲載している。是非参照されたい。

参考文献

- 1) 国総研下水道研究部下水処理研究室 下水道革新的技術実証事業HP (<http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/bdash.htm>) (2022年11月1日閲覧)
- 2) 国総研下水道研究部下水研究室 下水道革新的技術実証事業HP (<http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/bdash.html>) (2022年11月1日閲覧)
- 3) 国土交通省：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 (https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000774.html) (2022年11月1日閲覧)

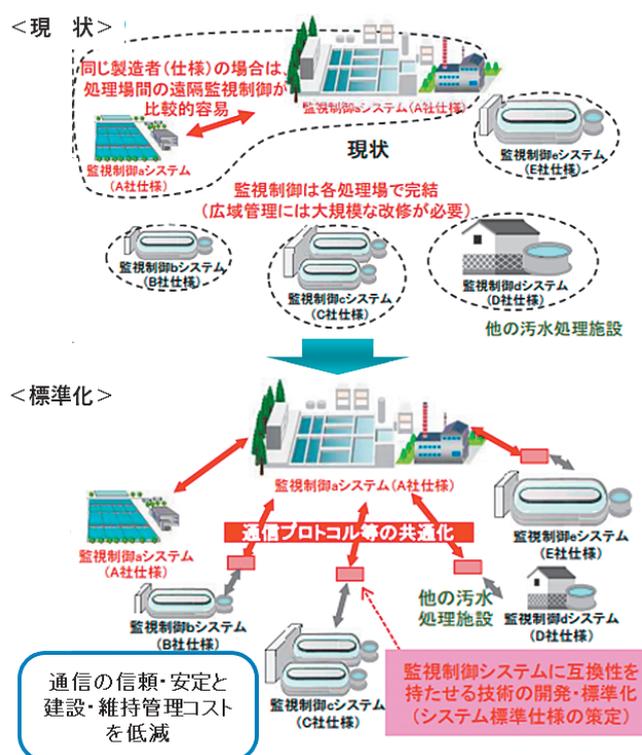


図-4 下水道施設広域管理システムの実証
(国土交通省作成)

三宅晴男



国土交通省国土技術政策総合研究所
下水道研究部 下水道エネルギー・
機能復旧研究官
MIYAKE Haruo