

行政情報

下水道施設管理の省力化・低コスト化に向けた新技術の開発 B-DASH プロジェクト（下水道革新的技術実証事業）

村岡 正 季

平成 27 年に下水道法の改正が行われ、下水道管理者に対して下水道施設の適切な維持修繕が義務付けられた。しかしながら、下水道施設の維持管理情報が適切に集積、分析されておらず、ストックマネジメントに有効活用されていない実態もある。そこで国土交通省では、下水道革新的技術実証事業(B-DASH プロジェクト)を活用して下水道施設の維持修繕やストックマネジメントに資する新技術の開発を行ってきた。本稿ではこれらの技術の普及を促進し、施設の点検・調査から計画・設計、修繕・改築が一連となったマネジメントサイクルの確立により、効率的な下水道施設管理が実現することを目指した活動を紹介する。

キーワード：下水道、新技術、B-DASH プロジェクト、施設管理、ストックマネジメント

1. 下水道事業の現状と課題

(1) 下水道の普及と 10 年概成

下水道、集落排水施設、浄化槽等による污水处理人口普及率は、令和元年度末時点で全国平均 91.7%に達した。その内訳は、下水道が 79.7%，農業集落排水等が 2.6%，浄化槽が 9.3%，コミュニティ・プラントが 0.2%となっている。しかしながら、未だに全国で約 1,050 万人が污水处理施設を利用できない状況であり、特に人口 5 万人未満の市町村における污水处理人口普及率は 81.1%と、その整備水準の地域間格差は顕著となっている。

一方で、国土交通省、農林水産省、環境省の 3 省は、污水处理施設の未整備区域について、平成 38 年度末を目途に污水处理の概成を目指すとした「10 年概成」を掲げている。各污水处理施設の経済比較を基本としつつ、地域特性や地域住民の意向、人口減少等の社会情勢の変化を考慮して処理区域を再設定し、低コスト技術や官民連携手法を活用するなど、污水处理人口普及率 95%を目安とした概成に向けて取り組んでいるところである。

(2) 下水道事業が抱える課題

近年の下水道事業は、人・モノ・カネという経営資源を取り巻く環境が厳しさを増しており、いかに下水道事業を持続可能なものとしていくかが大命題となっている。さらに、頻発する集中豪雨による浸水や雨天時浸入水への対応、経営効率化に向けた広域化・共同

化の推進、施設の省エネ化や資源・エネルギーの有効利用による地球温暖化対策と循環型社会の構築など、下水道は重要な社会インフラとしての使命や責務を担う一方で様々な課題を抱えている。

(a) 下水道職員の減少（人）

近年の社会問題にもなっている人口減少や高齢化は、下水道事業にとっても大きな懸念材料である。日本の人口は 2060 年にはピーク時の 7 割程度まで減少すると言われているが、下水道に携わる職員数の減少も著しく、平成 9 年をピークに現在は約 6 割の水準にまで縮小している。さらに近年は、地方公務員の減少を上回るスピードで下水道担当職員が減ってきており、全国の約半数の市町村においては下水道担当職員が 5 人以下という脆弱な執行体制で、今後ますます高度化、複雑化することが予想される下水道行政に対応していかなければならない。

(b) 下水道施設の老朽化（モノ）

下水道施設は、下水を滞りなく流下させる管路施設、地形等に合わせて下水を揚水するポンプ場施設、集められた下水を処理する処理施設で構成される。これらの施設の老朽化が進んでいることから、地震などの災害に対する安全性や機能の確保についても喫緊の課題となっている。一般に地中埋設されている下水道管渠かんきょの総延長は、令和元年度末現在、日本全国で約 48 万 km にまで増加した。その内、標準的な耐用年数とされる 50 年を経過した管渠は約 2.2 万 km に達し、さらに 10 年後には 7.6 万 km、20 年後には 17 万 km と、老朽化の進行は加速度的に進むと予測している。管路施

設の老朽化は、道路の陥没事故という形でその実態が顕在化することが多く、令和元年度は約 2,900 件発生している。そのほとんどはごく小規模な陥没であるが、時に交通傷害や汚水流出に発展するような事故が発生することもある。

処理場やポンプ場施設は、各々の機能に応じた土木・建築施設の中に、例えばポンプや送風機、監視装置等の様々な機械・電気設備が配置されている。全国で約 2,200 箇所ある下水処理場の内、機械・電気設備の一般的な耐用年数である 15 年を経過しているところが 8 割以上に上る。これらの設備は、一般に湿度や臭気濃度の高い劣悪な環境で使用され、劣化の進行が早くなることがあるため、計画的な点検・調査と修繕・改築が必要となる。

(c) 使用料収入の減少（カネ）

近年の下水道事業の経営状況は、全体としては改善傾向にあるものの、特に中小規模の地方公共団体では未だ厳しい状況にある。下水道施設の適切な維持管理に要する財源が必要となる中、下水道経営を下支えする使用料収入は、今後の人口減少等を背景に漸減する傾向が予想されている。維持管理費を使用料で賄うことのできない（経費回収率の低い）地方公共団体も多くあり、特に人口規模が小さく、下水道の供用開始から間もない団体にあっては、経営状況はより厳しいものとなっている。各下水道管理者においては、自らの収支構造を把握し、使用料が事業の持続に対して必要な水準にないと判断された場合は、下水道使用料の値上げを含めた経営改善策の検討を行うことが急務である。

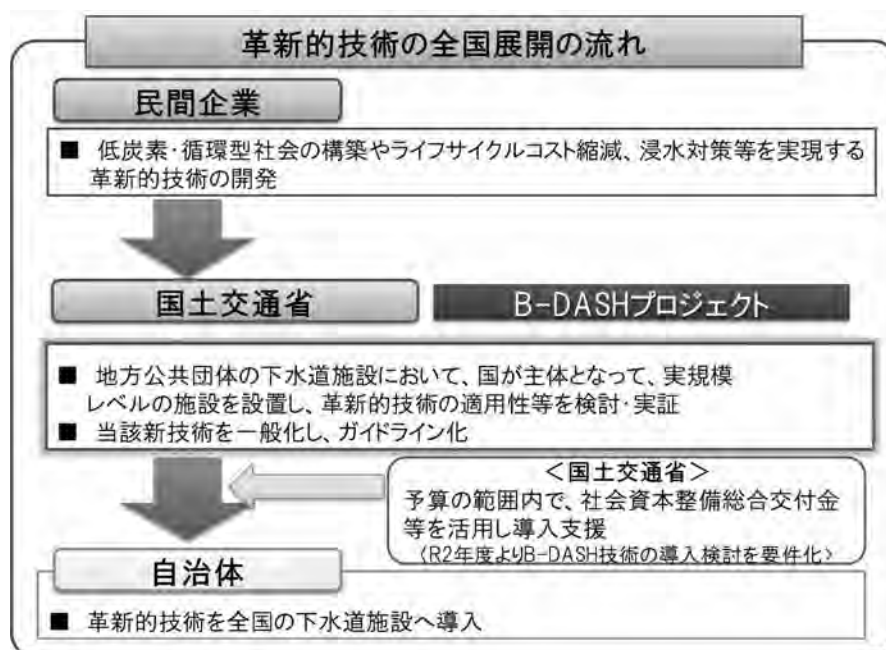
2. B-DASH プロジェクトの目的とこれまでの取組

(1) B-DASH の概要と技術開発スキーム（図—1）

下水道経営を取り巻く課題解決に向けて、より一層の業務・作業の効率化が求められる。そのひとつとして新技術の導入が極めて重要であるが、社会インフラとして信頼性の高い下水道を維持するという観点から、下水道事業者は実績の少ない新技術の採用に対して慎重になるため、有効な新技術の普及が速やかに進まないことがある。そこで、国が主体となって技術的な検証とガイドライン作成を行い、新技術の全国展開を図っていくことを目的として、平成 23 年度より「下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）」を実施してきた。

B-DASH プロジェクトは、実規模レベルの施設を建設して実証試験を行う「実規模実証」と、実規模レベルの前段階にある技術を対象として、パイロット実験規模で導入効果を含めた普及可能性の検討や技術性能の確認等を行う「FS 調査（平成 29 年度に「予備調査」から改称）」に分類される。

また、若手研究者に対して、研究段階にある技術の開発を支援する「GAIA プロジェクト」も平成 26 年度より実施しており、全国の大学等有する先端技術や地域産業に貢献する多様な技術に対して支援してきた。さらに平成 29 年度には、B-DASH プロジェクトと GAIA プロジェクトの中間に位置する技術開発支援として、開発段階にある技術を対象とした「下水道応用研究」を新たに立ち上げた。



図—1 B-DASH プロジェクトのスキーム

これらの整備により、国土交通省の技術開発は、B-DASH（実規模、FS）を中心に応用研究やGAIAを活用し、研究段階から実証まで効果的かつ戦略的に実施しているところである。

(2) これまでの実証事業

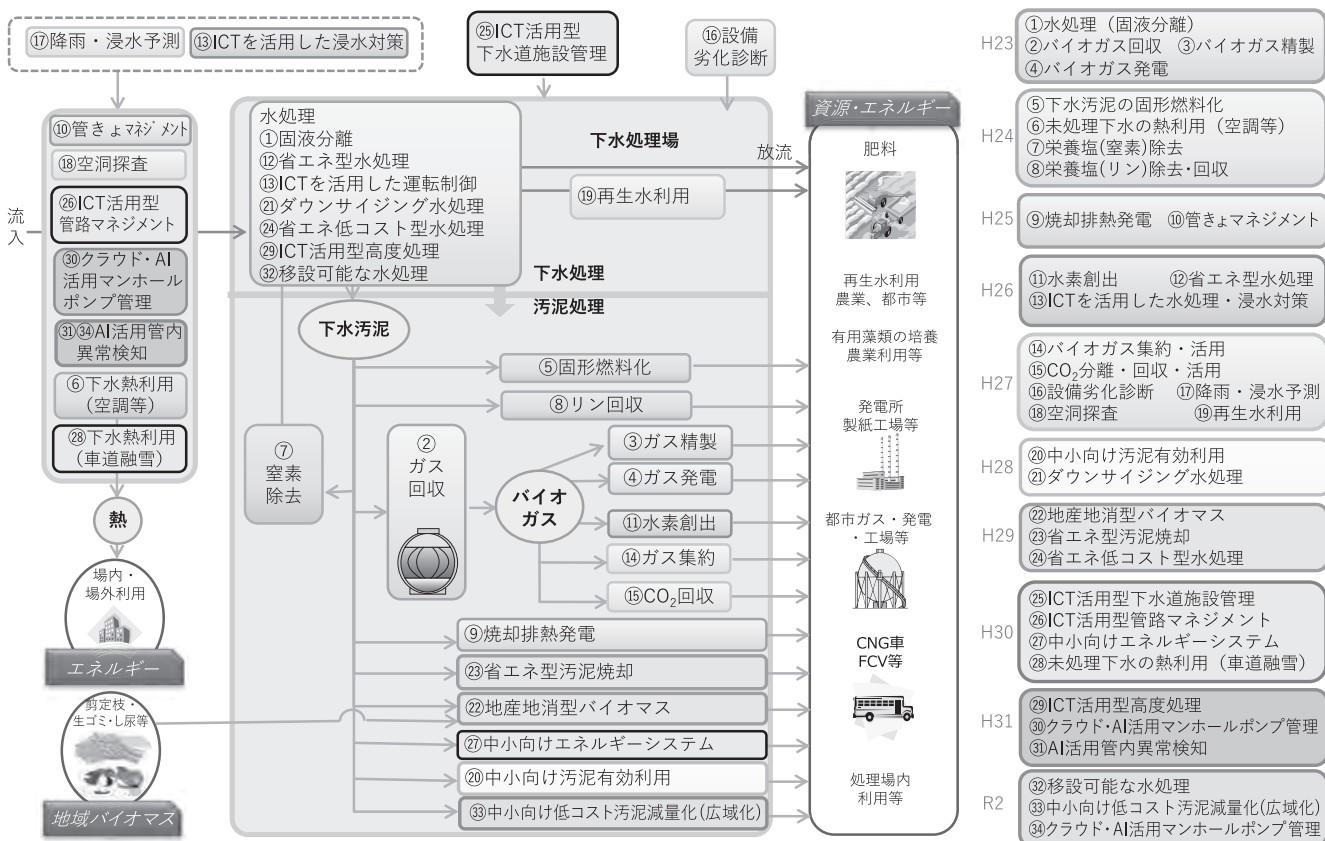
国土交通省では、「新下水道ビジョン（平成26年7月）」で示された長期ビジョンや中期目標の達成に向け、これに必要な技術開発の方向性や目標を設定した「下水道技術ビジョン」を平成27年12月に取りまとめ、公表している。下水道技術ビジョンには、技術目標の達成に至るまでのロードマップが示されており、この中でも特に重点化して実施すべき課題を、「ロードマップ重点課題」として平成28年7月に選定・公表した。ロードマップ重点課題は地方公共団体のニーズや社会情勢を踏まえて定期的にフォローアップされ、B-DASH等の各プロジェクトはこれに沿ったテーマ設定と技術公募を行っている。

B-DASHの実規模実証では、これまでに48技術を採択し（令和2年度採択分を含む）、28のガイドラインを策定・公表してきた（図—2）。これらの技術については、各研究体の不断努力により下水道事業の現場に順次導入され、令和2年5月時点の採用実績は

10技術113件となっている。しかしながらB-DASHの実証技術は、民間事業者が有する機材を用いた管路点検技術から、下水道管理者による構想や計画の変更を要する汚泥エネルギー化技術まで幅広く、実装には技術ごとに時間差がある。そこで、実証技術の更なる普及拡大に向けて、下水処理場ごとに適用可能な技術を一覧にしたB-DASH技術適用表や、実証技術を採用した場合にその効果を簡易的に算出できる導入効果算定ツール、各技術の発注仕様書や採用事例の紹介資料を国土交通省ホームページに掲載している。さらに、現行のガイドラインの見直しに着手することとしており、実証事業後の自主研究成果等を用いて実証根拠の上積みを行ったり、技術の適用範囲や経済性等をより明確に示したりすることにより、今まで以上に地方公共団体が安心して新技術を導入できるようになると期待している。

3. B-DASH プロジェクトによる下水道施設管理技術の開発

平成27年に下水道法の改正が行われ、下水道管理者に対して下水道施設の適切な維持修繕が義務付けられた。これは、管路施設において計画的な点検、調査



図—2 B-DASH プロジェクト採択テーマ一覧

の実施率が低かったこと、そのために下水道管路に起因する道路陥没事故が頻発していたこと、さらには処理施設の老朽化に伴う処理機能の低下や事故の発生が危惧されたこと等が背景となっている。他方、下水道施設の日常の維持管理情報が適切に集積、分析されおらず、修繕や改築計画の策定に有効活用されていない実態もある。維持管理情報が集約、管理されていないことから、ストックマネジメント計画を策定しようとする際に改めて大掛かりな調査や資料の搜索が必要となっている。

そこで国土交通省では、B-DASH プロジェクトを活用して下水道施設の維持修繕やストックマネジメントに資する新技術の開発を行ってきた。これらの技術の普及により、施設の点検・調査から計画・設計、修繕・改築が一連となったマネジメントサイクルが確立し、効率的な下水道施設管理が実現することを目指している。

(1) 管路管理技術

管路施設の点検・調査は、その頻度は数年から十数年に1回程度であるが、総延長約48万kmに対しては計画的かつ効率的に実施していく必要がある。また、昨今では管路の老朽化に加えて、分流式下水道における雨天時浸入水も施設管理の重要な課題となっている。国土交通省は、膨大な管路ストックの効率的かつ効果的な点検・調査に向けて、これまで以下の5技術の実証を行ってきた。

(a) 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技術 (図-3)

日本電気(株)・日本下水道事業団・船橋市で構成された研究体により実証された技術で、高度な画像認識による管渠内異常箇所の自動検出と、内蔵電源・軽量ケーブルによる長距離調査を実現する画像認識型カメラを用いたスクリーニング調査技術である。画像認識技術では、画像取得と機械学習による不具合検出アルゴリズムにより、管内の異常箇所を自動的に判別し検出することができる。具体的には、予め収集した管内の異常・正常箇所の画像を教師データとし、機械学習により検出ソフトウェアの動作を調整する。この検出ソフトウェアは画像を入力とし欠陥のカテゴリ(クラック・腐食等)を出力とするものであり、例えば模様の連続性(例:クラックと継手の違い)や模様の荒さ(例:汚れと木根の違い)といった画像の特徴を機械学習により自動的に選別することで、出力されるカテゴリの精度が高くなる。



図-3 画像認識型カメラ

(b) 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効率的管渠マネジメントシステム (図-4)

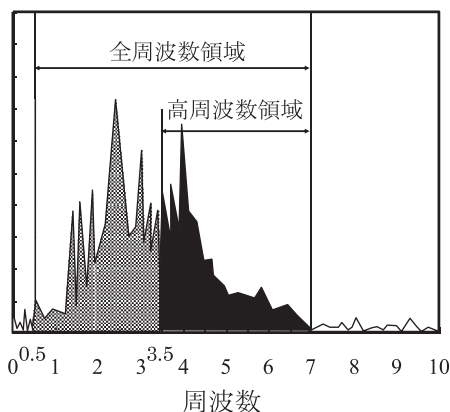
管清工業(株)・(株)日水コン・八王子市で構成された共同研究体により実証された技術で、伸縮可能な操作棒の先にカメラとライトを取り付けた管口カメラで異常の有無を点検(スクリーニング)した後、異常箇所を展開広角カメラにより詳細な調査・診断を行うものである。管口カメラは、管内走行を行うことなく地上部のマンホールから操作するため、作業員がマンホールや管内に立ち入る必要がなく、酸欠や落下等の事故の恐れが少ないという安全面の利点がある。また、機器はコンパクトで可搬性に優れ、操作も容易であるため、従来型TVカメラ調査と比べると日進量は約4倍、調査コストは約5分の1程度である。展開広角カメラは、画角190度の広角レンズを搭載した自走式TVカメラ機器であり、走行しながら管内の展開画像を作成するとともに、展開画像を見ながら異常の程度の診断を実施できることから、直視型TVカメラに比べて日進量は約1.5倍、10%程度のコスト低減となる。



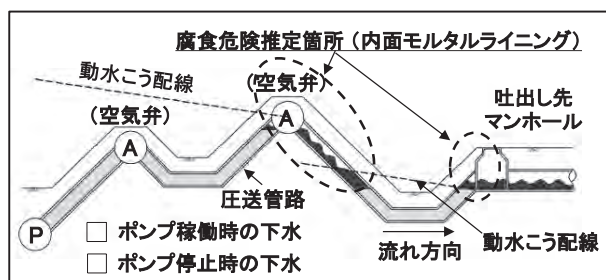
図-4 管口カメラ及び展開広角カメラ

(c) 広角カメラ調査と衝撃弾性波検査法による効率的な管渠マネジメントシステム (図—5)

河内長野市、大阪狭山市を実証フィールドに、積水化学工業(株)、(一財)都市技術センター及び両市の共同研究体が実証した技術で、展開広角カメラ調査後に衝撃弾性波検査法を行うものである。展開広角カメラによるスクリーニング調査は、無停止走行により管渠内の撮影画像を取得可能で、短期間で広範囲の調査が可能である。側視を行うことなく管渠内周面全面を詳細に記録することができるため、500 m/日以上での調査日進量を実現した。衝撃弾性波検査法による詳細調査は、管体を内側から軽く叩く事により発生する弾性波の周波数から管の耐荷力を推定するため、非破壊かつ非開削で管体の耐荷力を定量的に計測可能で、最適な改築



図—5 衝撃弾性波検査ロボットと計測周波数分布の例



図—6 机上スクリーニング手法と圧送管内カメラ調査

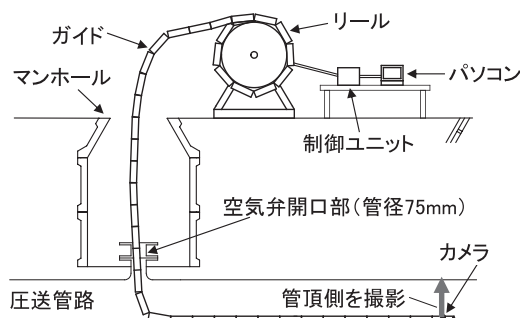
工法の選定が可能となる。本技術では、スクリーニング調査と詳細調査を組み合わせることで、効率的な改築計画の策定を可能とし、本技術を用いる事で管路調査の日数とコストを概ね半減させることができる。

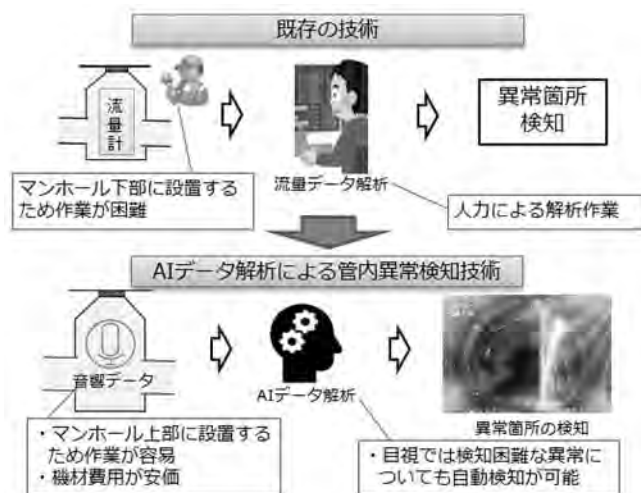
(d) 下水圧送管路における硫化水素腐食箇所の効率的な調査・診断技術 (図—6)

(株)クボタにより実証された本技術は、これまで確立された点検・調査技術の無かった圧送管路を対象に、硫酸腐食の危険箇所を効率的に抽出する机上スクリーニング手法と、抽出された箇所を対象に硫酸腐食の程度を診断・評価する管内カメラ調査技術で構成される。机上スクリーニングでは、圧送区間において腐食の発生が危惧される箇所を、管路内に気相部が存在するか、新鮮な空気の入りがあるか、耐食性の乏しい内面防食方法の管材を使用しているか、の3条件から抽出する。モルタルライニング管が使用されている区間内で、管路の位置(高さ)が動水こう配より高いか低いかで評価し、動水こう配より高い位置の管路は、ポンプ稼働時にも非満流(気相部)と判断する。机上スクリーニングで腐食危険推定箇所と判断された箇所を対象に、専用の調査機器を空気弁設置箇所の開口部(管径75mm)から挿入して管内を撮影し、腐食状況を直接確認して劣化度を診断・評価する技術である。

(e) AIによる音響データを用いた雨天時浸入水検知技術 (図—7)

(株)建設技術研究所・(国研)産業技術総合研究所・郡山市・つくば市・名古屋市・神戸市・熊本市の共同研究体で実証された本技術は、市販のボイスレコーダによる音響調査と、機械学習を用いたAI解析の2つの要素技術で構成される。音響調査では、雨天時浸入水の発生が予想される区域・箇所に集音装置を設置して、雨天日を含む約1か月間の管路内の流水音を連続的に観測する。続くAI解析では、晴天時の「正常」を規定して、雨天時に規定を外れるデータを「異常」と定義することにより雨天時浸入水の発生区域や箇所を検知する。マンホール内の音響データから200を超





図一 音響データとAIを用いた管内異常検知のイメージ

える記述統計量を用いて晴天時パターンとなるAI特徴量を抽出し、この晴天時パターンを教師データとして、雨天時の異常データを判定して雨天時浸入水を検知する。従来技術では、観測機器が高価で機器設置や撤去に時間を要するが、本技術は安価な調査機器とマンホール内の作業を伴わないことが特徴で、従来技術と同程度の予算規模であれば、多地点での調査を効率的に実施することが可能である。

(2) 処理場管理技術

耐用年数が比較的短く、改築周期の早い処理施設やポンプ場施設は、老朽化の進行に伴い適切な維持管理に必要な経費も増加している。また、維持管理を支えてきた技術者の減少に歯止めがかからず、脆弱な管理

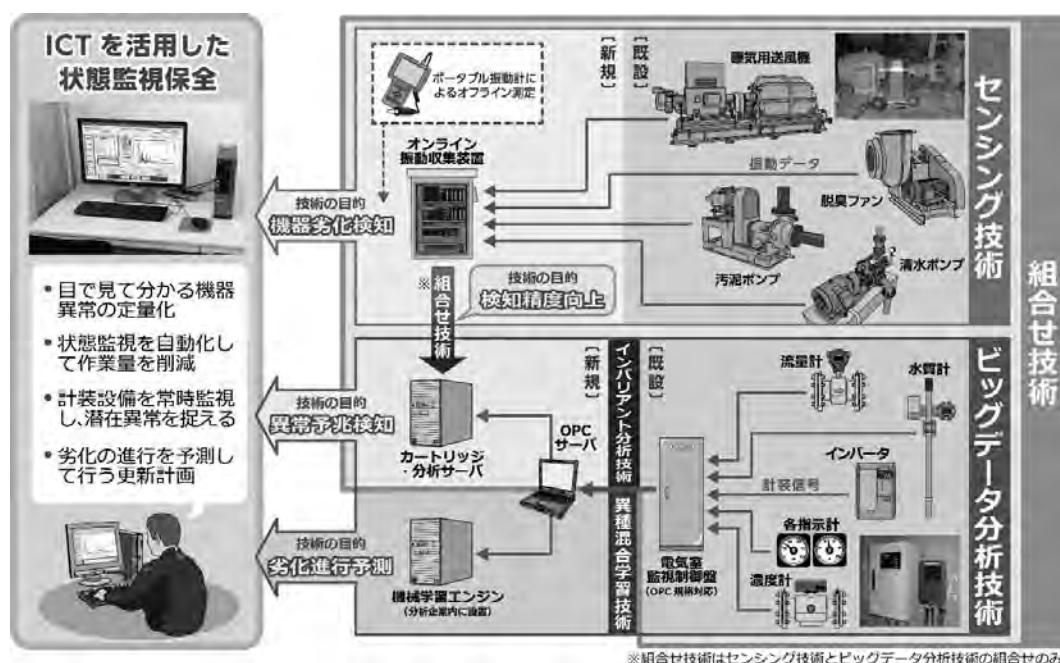
体制や技術力の継承が課題となっている。そこで国土交通省では、下水道施設のストックマネジメントの効率的な運用に向けて、技術者に依存しない新たな維持管理手法3技術を実証してきた。

(a) ICTを活用した下水道施設の劣化状況把握・診断技術（図一8）

（株）ウォーターエージェンシー・日本電気（株）・旭化成エンジニアリング（株）・日本下水道事業団・守谷市・日高市の共同研究体が実証した本技術は、センシング技術およびビッグデータ分析技術を活用した状態監視保全を導入することで、突発故障の未然防止に加え、修繕・更新周期の延伸による維持管理コストの縮減及びストックマネジメントの効率的な実施を目的としている。センシング技術は、下水処理場で採用が多い回転機器に振動センサーを設置してオンラインによる振動測定を行い、管理基準値を設けて機器劣化傾向の管理を行うものである。ビッグデータ分析技術では、中央操作室のCRTやグラフィックパネル等に表示する計測信号やプロセス信号をデータサーバに集約して、異常予兆検知や機器性能劣化の予測を行う。これらの技術により、技術者の五感に頼らない管理が実現されるため、人が気づきにくい僅かな変化や過去に経験のない未知の異常を早い段階で発見することが可能となり、重要機器の突発的な故障や、人の操作ミス等を早期に発見することが期待される。

(b) ICTを活用する劣化診断技術および設備点検技術（図一9）

水ing（株）と仙台市の共同研究体により実証された本



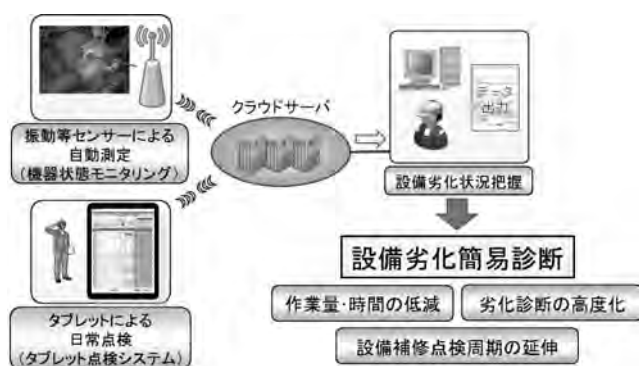
図一8 センシングとビッグデータ分析による状態監視保全

技術は、振動法による設備診断データから、機械設備の劣化を簡易診断するもので、設備の稼働状態を24時間モニタリングするセンサーモニタリングシステムと、施設現場での点検データを入力するタブレット点検システムで構成される。これらの要素技術から収集したデータを、ストックマネジメント情報としてクラウドサーバに集約・蓄積し、設備の劣化診断と劣化予測を行うものである。センサーモニタリングシステムで収集した振動速度値データは、対象設備が停止中又はメンテナンス作業中等の非定常データや、他号機運転時にその振動の影響も受ける。そこで、センサーモニタリングシステムで収集した対象設備の電流値に基づく稼働判定により、停止中や発停止直後の不要デー

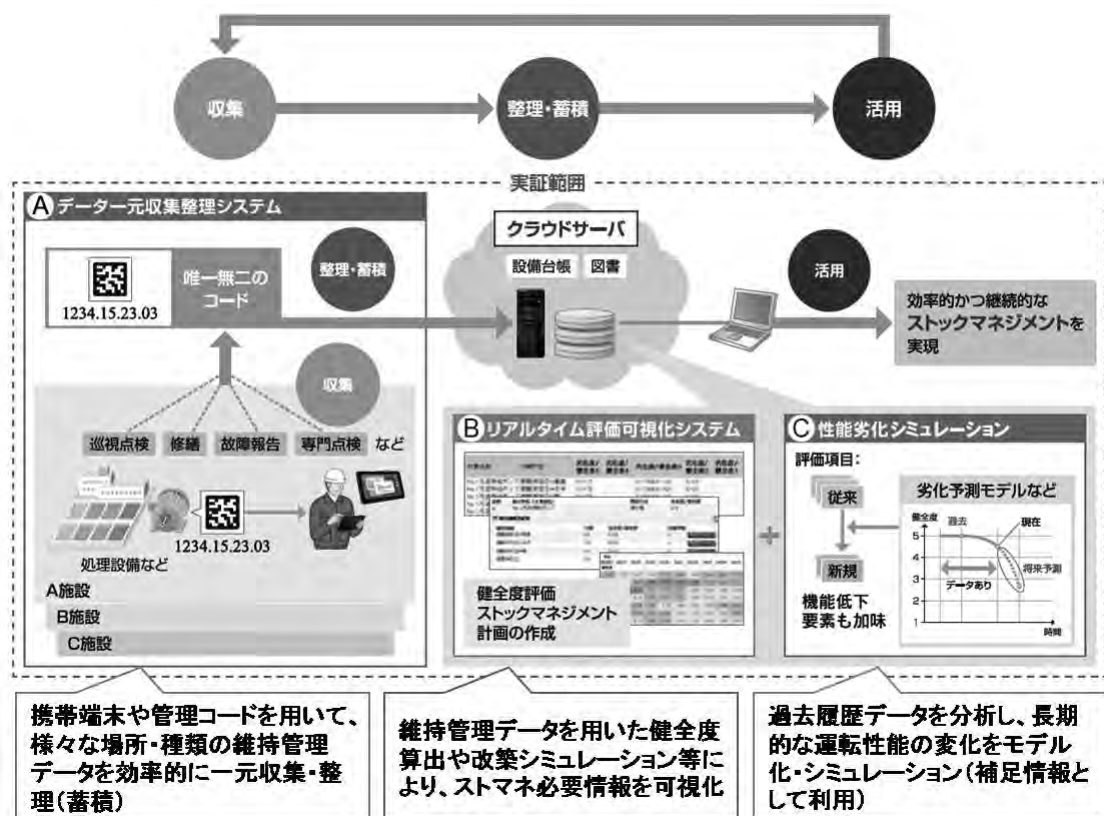
タを除去し、対象設備単独稼働時のデータを抽出している。下水処理場の主要設備である污水ポンプと曝気ブローにセンサーノードを設置し、1日1回のタブレット点検を実施するものとする、施設規模によらず5年程度で経費回収が可能である。

(c) 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 (図一10)

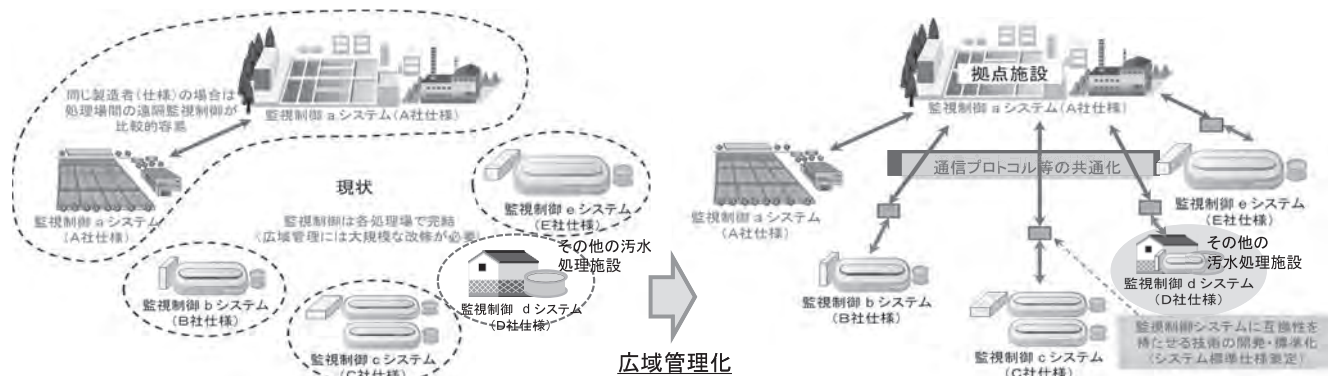
メタウォーター・池田市・恵那市共同研究体は、一元管理された維持管理データを利用して健全度を算出するとともに、日常の維持管理作業がストックマネジメント計画策定に活かせるシステムを実証した。本技術は、クラウド型の設備台帳システムを中心に、維持管理データをタブレット端末等で効率的に収集して設備に関連付けて整理するデータ一元収集整理システム、収集・整理されたデータを用いて健全度評価を行うリアルタイム評価可視化システム、過去の運転データや修繕履歴等を用いて運転性能自体の変化をモデル化する性能劣化シミュレーション、の3要素技術で構成される。立場の異なる技術者の所見をデータ化することで、客観性を保ちつつ状態劣化を見逃さないシステムとし、逐次登録されたデータを用いて定期的に健全度を自動算出することで、設備状態を可視化してストックマネジメント計画の見直しにも利用できる。



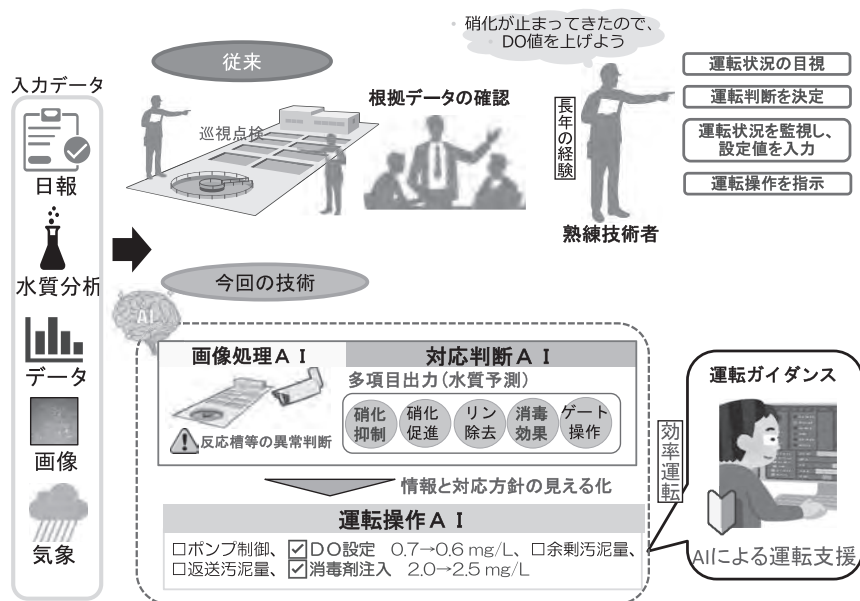
図一9 センサー連続監視とクラウドサーバ集約による劣化診断イメージ



図一10 維持管理を起点としたストックマネジメント支援システム



図—11 R3 実証テーマ① ICTを活用した下水道施設広域管理システム



図—12 R3 実証テーマ② AIを活用した水処理運転操作の最適化支援技術

4. B-DASH プロジェクトの今後の展望 (図—11, 12)

冒頭に記述したとおり、人・モノ・カネという課題を抱える中、国土交通省としても様々な取組を推進し、財政的・技術的な支援を行っている。これらの施策を踏まえて、各地方公共団体が効率的な下水道事業を推進することになるが、その際に必要となる技術を整備しておくことも、国が実施すべき支援策の一つと考えている。

一方で、昨年10月に、2050年までに二酸化炭素の排出量を実質ゼロにするカーボンニュートラルの政策目標が掲げられ、12月にはグリーン成長戦略が策定、公表された。また、今年度から来年度にかけて、地球温暖化対策計画や社会資本整備重点計画の改定が予定されている。これらの中に盛り込まれる下水道のCO₂削減に向けては、省エネ機器の導入や制御・運転方法の工夫、下水道バイオマス利用の普及等も重要な要素となる。

国土交通省としては引き続き効果的かつ効率的な

B-DASH プロジェクトを進めるため、下水道施設管理をはじめ、ゼロ・カーボン、広域化・共同化、ICT・AI・ロボット・ビッグデータ等をキーワードに、異分野技術の掘り起こしを含めて重点的かつ戦略的な開発を進める予定である。そのためには、下水道施設の将来像やあるべき姿を国が明確に示し、民間事業者の開発を促進・誘導していくことが重要であると考えている。特に令和3年度に実施予定のICTやAIに関する技術は開発スピードが速く、他分野では既に社会実装されているものもあるため、早期の実証とその後の普及展開を目指し、時間軸を意識した開発を進めてまいりたいと考えている。

J C M A

【筆者紹介】

村岡 正季（むらおか まさき）
国土交通省 水管理・国土保全局
下水道部 下水道企画課

