

水道向けO&Mデジタル技術と官民連携によるソリューション提案

日本の上下水道事業ではすでに、人口減少に伴う給水人口や料金収入の減少、水道施設の更新需要の増大、気候変動の影響を考慮したプラント運転の見直し、カーボンニュートラルへの対応の要請などの課題に直面している。この状況を打開するための施策には官民連携や広域化などがあり、民間企業が水道事業に参画することで、その技術力やノウハウを生かした質の高いサービスの提供やコストの削減などが期待できるため、上下水道事業の運営基盤の強化に有効と考えられている。

本稿では、特にデジタルを活用したソリューションに着目し、受託サイトなどで継続して行っている技術改善の取り組みを紹介する。

横井 浩人 | Yokoi Hiroto

黒津 健之 | Kurotsu Takeshi

遠藤 潤 | Endo Jun

鈴木 拓真 | Suzuki Takuma

1. はじめに

日本の総人口は、2010年にピーク（約1億2,806万人）を迎えた後減少に転じている¹⁾。これは、水道事業においては給水人口や料金収入の減少、さらには職員の高齢化や人員不足に伴う技術継承の問題にもつながる大きな課題であり、すでに直面している事業体も少なくない。また、水道施設の老朽化に伴う大規模な更新需要は2020年代から2030年代にかけてピークを迎えると想定されており、さらなる予算の確保と計画的な施設更新が求められる。一例として、近年、老朽化などによる水道橋の不具合や水源河川の集水施設の不具合発生の事例が報告されている²⁾。これらに対して管理省庁では、水道ビジョンに続き、安全、強靱、持続の実現に向けた各種の検討が、施設の維持修繕³⁾、最適配置計画⁴⁾、カーボンニュー

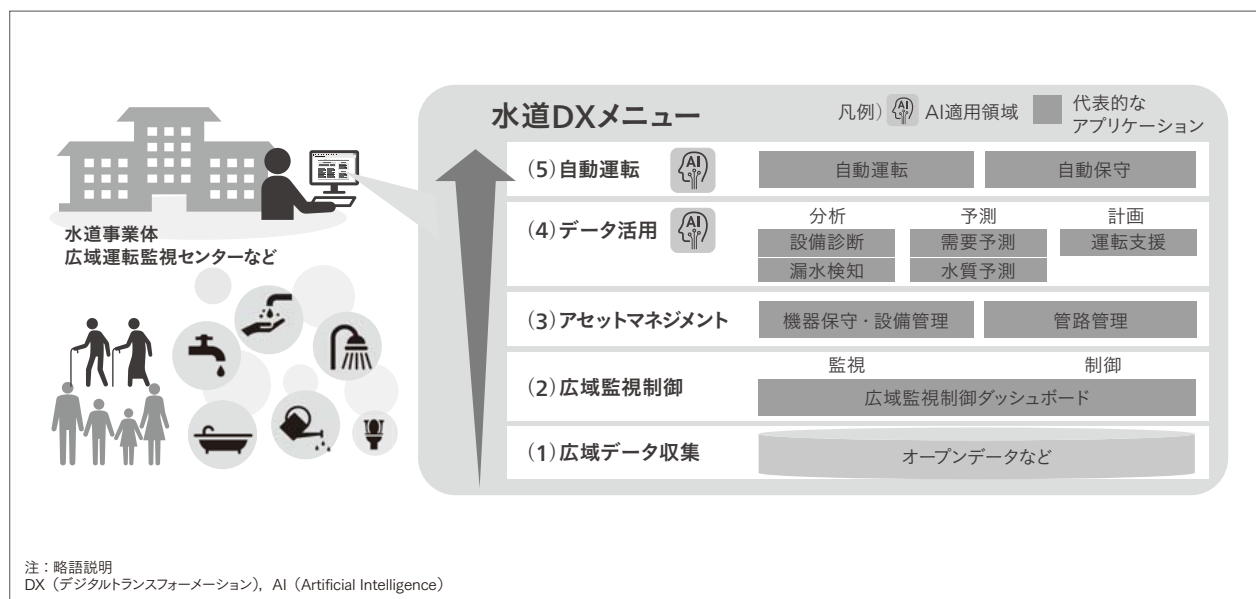
トラル⁵⁾などに関連づけて行われている。

健全かつ安定的な水道事業運営を実現していく手段の一つに、官民連携すなわちPPP（Public Private Partnership）がある。これまで官（自治体）が中心であった水道事業運営に、民間企業の技術力やノウハウを生かす手法を取り入れることで、より質の高いサービスやコストの削減を実現し、水道事業の運営基盤強化に貢献するもので、改正水道法にも「官民連携の推進」がうたわれている。

本稿では、IoT（Internet of Things）、AI（Artificial Intelligence）やアナリティクスなどのデジタル技術を活用し、運転管理、保全業務の可視化、省力化、効率化やノウハウの継承を支援する技術「O&M（Operation & Maintenance）支援デジタルソリューション」を紹介する。また、日立グループの官民連携事業の実施事例の中での検証の取り組みや、今後の展開について述べる。

図1 | 水道DXのメニュー

事業者が保有する各浄水場からの運転データ（水量、水位、水質など）、および点検データを収集するとともにソリューションの共有を行うことで、水道事業の広域化を実現する。



2. 水道サービスソリューション

日立製作所は、ソリューション提供の手段として新たに水道DX（デジタルトランスフォーメーション）を開発した。水道DXのメニューとして、広域データ収集、アセットマネジメント、データ活用などを整備している（図1参照）。このシステムは、セキュアかつリアルタイム性と信頼性を保ったまま、クラウド上でデータの一元管理や双方向の監視制御を行うことも特長の一つとしている。以下に各ソリューションの概要を示す。

2.1

保全業務の支援メニュー

(1) 見える化

収集したデータを適切な形式でユーザーに提示することがデジタルソリューションの第一歩である。見える化機能は監視制御システムによる収集データ、点検データ、水質データなどを統合・可視化する。また、追加で河川やポンプに設置した各種センサーの計測値も容易に取り込めるため、設備機器の監視強化や後述する診断による高度な管理を期待できる。

(2) アセットマネジメント

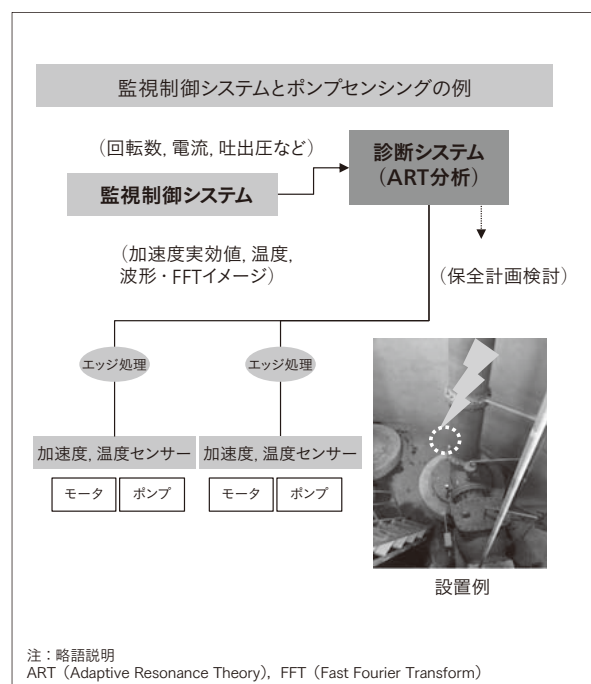
AIを使った機器診断機能は、ART（Adaptive Resonance Theory）手法によって、現在の状態が学習データの領域から逸脱していないかを診断する。診断に

用いるデータは、監視制御システムから得られるもの以外に、回転機に追設する振動センサーや温度センサーの計測値といった機器の劣化を顕著に示すものが有効である（図2参照）⁶⁾。

また、設備機器のマイクロマネジメントに用いる健全度を点検結果から算出する機能を提供している。健全度の実績を外挿することで中期的な視点でメンテナンスが必要な時期を推定できる。さらに、健全度とARTを組み合

図2 | IoTセンサーを活用した設備機器診断

既設の監視制御システムなどのデータに加え、IoT（Internet of Things）センサーの計測値も用いてより高度な設備機器診断を実現する。



わせた判定方法を考案し、運転管理を請け負っている浄水場で有用性を評価中である。

2.2

運転管理業務の支援メニュー

(1) 運転支援機能

運転支援機能は、過去の運用実績データから運転員のノウハウ（使用機器の種類や水位の管理値など）を統計的手法や機械学習によって抽出する^{7,8)}。そして、取得した条件を用いて運転計画を策定し、適切な運転ガイダンスをユーザーに提示する機能である（図3参照）。今般、取水、ろ過池、配水池の水量をそれぞれ管理するうえで、需要予測を満たしながら最小限の操作回数に留める方式を追加した。浄水場の仕様にも依存するが、効果検証を行ったサイトでは5回/日の操作を設定してガイダンスした。本機能を導入することで、非熟練者でも安定した水量管理や、運転業務の効率化が期待できる。

(2) 水質管理

水道の水質基準項目や残留塩素濃度の管理においては、処理前後の水質予測や必要な薬品の注入量が重要である。水質管理機能は、物理化学モデルやAIを用いてこれらの情報をガイダンスとして提供する。クラウドを用いて各所の情報を一元管理することで、より多くのデータを迅速に利用することができるようになる。このことは、AIの学習に必要なデータの収集を容易にするほか、従来型の予測モデルであっても変動に応じたチューニングがより精緻に行えるという利点もある。

以上のように、水道サービスソリューションでは、保全業務や運転管理業務を主な対象として支援機能を構築した。引き続き、現場のニーズを考慮したソリューションの改良や、新規機能の考案・製品化を推進する。

3. 日立グループの取り組み

官民連携の事業モデルには、運転管理業務など限定された範囲を民間などに委託する部分委託、運転管理業務のみならず広い範囲で維持管理業務を行う包括委託、施設的设计・建設および建設後の長期的な施設維持管理を民間などに委ねるDBO (Design Build Operation)、資金調達まで行うPFI(Private Finance Initiative)、コンセッションなどのさまざまな形態がある（図4参照）。

現在日立グループでは、水環境分野における製品やシステムの提供、アフターサービス、技術開発で長年培ってきた実績を基に、持続可能な水道の実現をめざして、部分委託からDBO、PFIまで幅広く事業を手がけている。

3.1

函館市（北海道）DBO事業での取り組み

函館市の水道事業は、日本で2番目の近代水道として1889年に創設された。それ以降、赤川高区浄水場、赤川低区浄水場および旭岡浄水場が建設され、2004年には近隣4町村との合併により九つの簡易水道事業が加わり、現在は約24万人（2022年8月時点）に給水されている。

DBOは、函館市として将来の水道事業環境の変化に対応し、長期的な水の安全・安定供給および施設運用の効率化実現のため、民間事業者をパートナーとして選定し、育成していくことも目的の一つとされている。現在、日立グループおよび地元企業の計3社で構成される特別目的会社「株式会社箱館アクアソリューション」が、2019年4月1日から2041年3月31日までの22年間の水道事業を推進中である。本事業には、浄水場の施設、機械・電気計

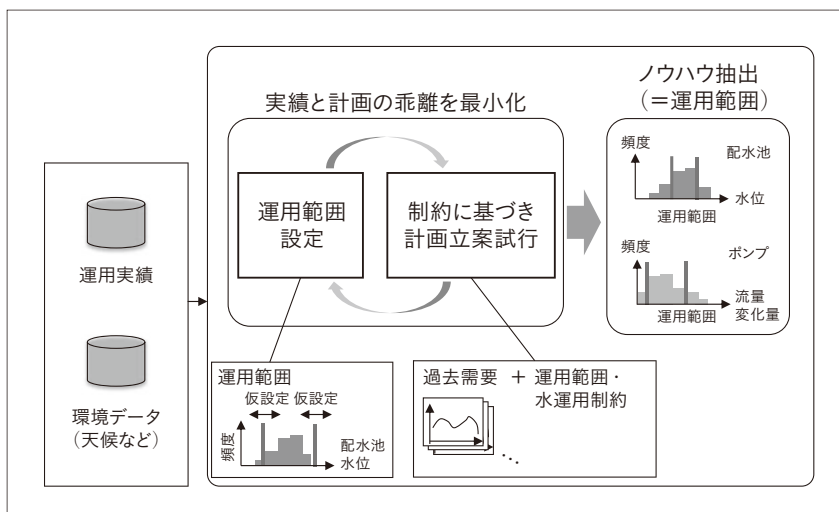


図3| プラント運転支援におけるノウハウ抽出の概要

運用実績データから機械学習を用いて運用制約を抽出し、熟練者と同等の計画立案を行う。運転ガイダンスとして出力することで、技術継承の課題やオペレータ不足時の運転管理支援に寄与する。

図4 日立グループが提供する官民連携事業モデル

部分委託から包括委託、DBO、PFI、コンセッションなど、さまざまな形態で水道事業者のベストパートナーとしてソリューションを提供する。

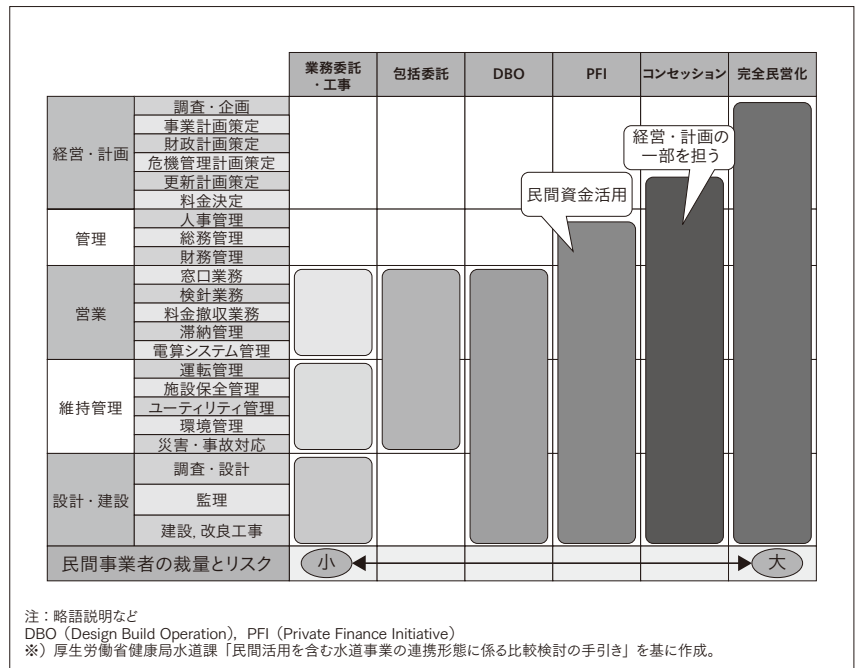


図5 赤川高区浄水場の外観とDBO事業の概要

浄水施設の機械電気設備更新整備と運転維持管理を含むDBO事業の概要を示す。



事業名	赤川高区浄水場プラント設備更新整備等事業
発注元	北海道函館市企業局
事業期間	2019年4月1日～2041年3月31日(22年間)
事業場所	北海道函館市内
事業内容	(1) 赤川高区浄水場のろ過池と総合監視制御システムを中心とした機械・電気計装設備の更新整備 (2) 赤川高区浄水場ほか関連施設の機械・電気計装設備と簡易水道設備などの20年間の運転・保安全管理業務、および浄水場の管理敷地内にある公園・水源林の管理

装設備の更新整備が含まれており、2022年4月には基幹浄水場である赤川高区浄水場のろ過池更新整備を終え、運用を開始した(図5参照)。

前述した運転支援技術の検証のため、運転管理業務を受託している赤川高区浄水場および赤川低区浄水場の水運用時(夜間のみ)に、監視制御システムとは直接接続されていないPCからガイダンスを出す形式で、延べ10日間適用した⁷⁾。結果、急な設定変更や、年平均から約10%低い水需要など外乱があり、追加操作を要したが、目標とした1日2回以内の追加操作で目標水位を満たした運転ができた(図6参照)。引き続き、函館市が抱える将来の課題の解決に向け、函館市の水道事業の維持、発展に

貢献していきたい。

3.2

那珂川浄水場(茨城県企業局)包括委託事業での取り組み

茨城県企業局では水道の普及および工業用水の給水区域拡張を目的に現在まで11浄水場(水道用水3場、工業用水1場、水道用水・工業用水共同7場)を整備し、水道用水供給事業および工業用水道事業を管理運営している。そのうち那珂川浄水場は1966年に給水を開始した12万2,680m³/日の施設能力を有する工業用水道専用浄水場である。本浄水場は、段階的に包括的な委託へ移行する方針となったことから事業者選定公募が実施され、

図6| 運転支援機能を用いた検証試験の結果の一例

統計処理、機械学習、および最適化技術を用いて運転計画を策定し、所定の時刻にガイダンスを提示する。必要な追加操作も示すことで安定した運転管理の実現が期待できる。

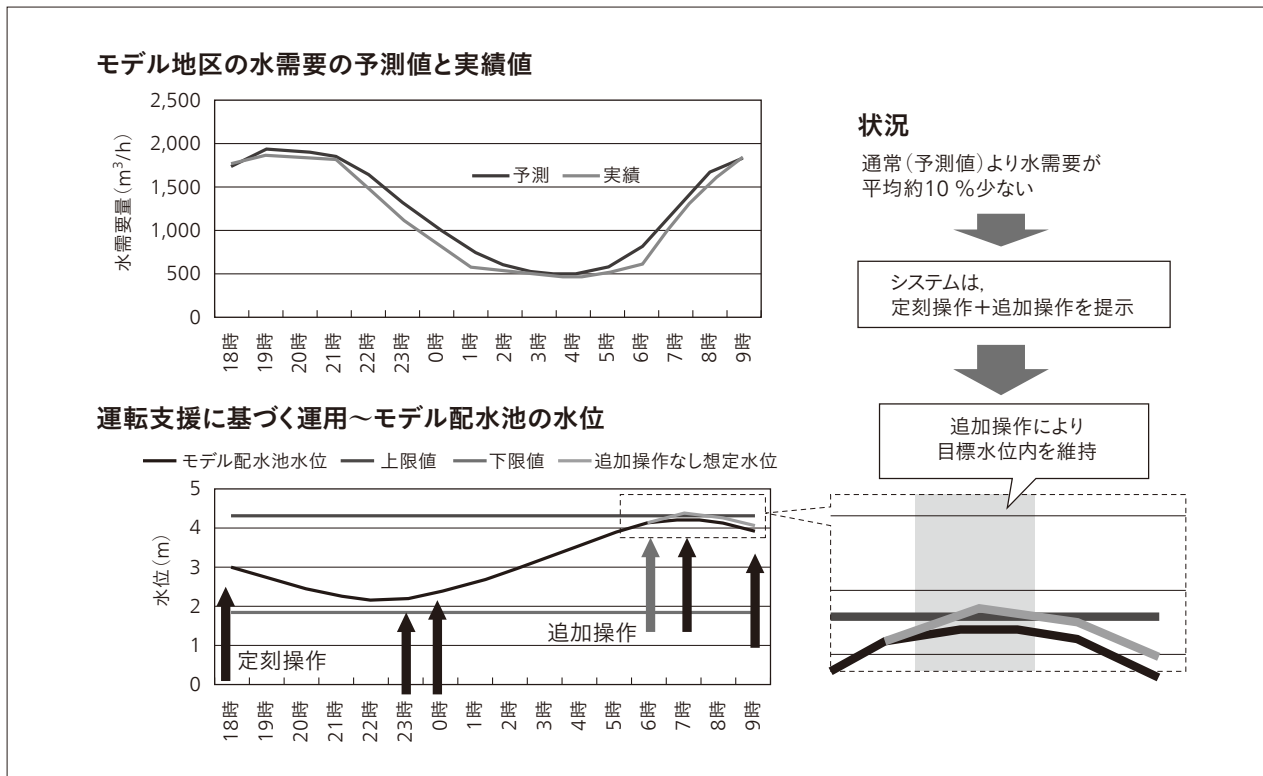
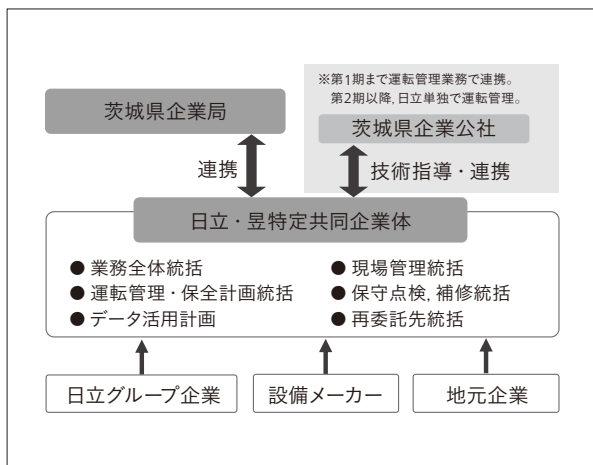


図7| 委託事業の体制

那珂川浄水場包括的委託における日立・昱特定共同企業体の実施体制を示す。



日立製作所と昱株式会社が、日立・昱特定共同企業体[以下「JV」(Joint Venture)と記す。]として2016年度の第1期、2019年度からの第2期の運転管理業務と保全業務を受託した(図7参照)。

運転管理と保全の一体化を通じて一層の効率的な浄水場の維持管理をめざすとともに、JV関連企業の拠点網を取り入れた緊急時支援体制や、クラウドを活用したデータ一元管理など、グループ企業のリソース活用を図っている。さらに、運転管理業務における省エネルギーの検討も含め、デジタルソリューションを通じた点検内容の適正化やコスト縮減へ向けた取り組みを推進中である(表1参照)。

2章で述べたアセットマネジメントの取り組みの中

表1| 那珂川浄水場包括的委託の概要

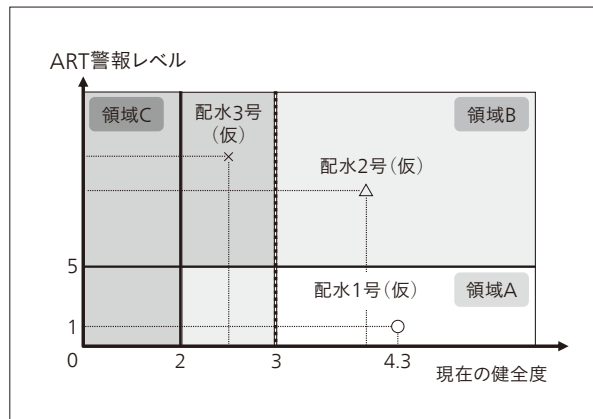
運転管理業務と保全業務を含めた那珂川浄水場包括的委託の概要を示す。

事業名	那珂川浄水場 運転管理等業務委託
事業期間	2016年4月1日～2019年3月31日(第1期) 2019年4月1日～2024年3月31日(第2期)
事業内容	運転管理業務 ・ 運転管理(中央監視、巡視点検、データの記録・報告・保存) ・ 簡易な水質検査
	保全業務 ・ 保守点検(計装設備、監視制御設備、電気設備、非常用発電機、クレーン設備) ・ 定期整備(電気設備、非常用発電機、計装設備 ^{※1)} 、水処理機械設備 ^{※1)} ・ 清掃など(設備清掃、取水口堆積土砂搬出、植栽維持管理)
	提案事項 ・ データ活用(データの収集・蓄積、保全管理支援、運転支援) ・ 省エネルギー管理 ^{※2)} (省エネルギー運転、見える化・ガイダンス)

※1) 第1期のみ
※2) 第2期より

図8 健全度とARTによる判断用マップ(イメージ)

健全度と設備診断技術を使った設備機器の管理方法を考案した。保守・保全業務とその計画策定に貢献する。



で、健全度と設備診断のそれぞれの長所を生かした保守管理方法を適用し、定期的な評価を継続している。健全度とARTの診断結果をプロットし、その位置から機器の状態や今後の対応を判断する指標とする(図8参照)。執筆時点では、健全度が高く警報レベルが低い良好な領域で推移している(同図中の領域A)。今後、健全度の低下と警報レベルの上昇を根拠として、日常点検の強化や保全の実施時期の調整に役立てていく考えである。

4. おわりに

ここでは、日立グループの水道分野におけるシステムの構想と実装される支援技術に加え、官民連携ソリューションへの取り組み事例について述べた。水道事業に求められる機能はますます高度になると予想されるが、今後も日立グループは、水環境ソリューションの提供を通じて、水道事業者のベストパートナーとして、持続可能な水道事業の実現とサービス向上に貢献していく所存である。

謝辞

本稿で述べた各種技術の開発において多大なご協力をいただいた函館市企業局、茨城県企業局ほかの関係各位へ深く感謝の意を表する次第である。

参考文献など

- 1) 国立社会保障・人口問題研究所, 日本の将来推計人口(平成24年1月推計)(2012.1)
- 2) 和歌山市企業局, 六十谷水管橋破損に係る調査委員会について(2022.5), <https://www.mhlw.go.jp/content/10601000/000943408.pdf>
- 3) 厚生労働省, 水道施設の点検を含む維持・修繕の実施に関するガイドライン(2019.9)
- 4) 厚生労働省, 水道基盤強化計画策定に向けた水道施設の最適配置計画の検討業務(2022.3)
- 5) 厚生労働省, 脱炭素水道システム構築へ向けた調査等一式報告書(2020.6)
- 6) 鈴木拓真, 外: 運営効率化と安定供給に寄与するICT応用運転維持管理(IV), 令和4年度全国会議(水道研究発表会) 予稿集(2022.10)
- 7) 湯川貴仁, 外: 機器操作回数の低減と操作時刻の固定化による浄水場運転管理業務の効率化—水量管理システムの構築と実証—, 令和3年度全国会議(水道研究発表会) 予稿集, p. 542(2022.10)
- 8) 安藤菜子, 外: 水需要予測を用いる浄水場運転支援システムにおける緊急事態宣言発出の影響評価, 環境システム計測制御学会誌, 26巻(2/3), pp. 39~43(2021)

執筆者紹介



横井 浩人

日立製作所 水・環境ビジネスユニット 水事業部
ソリューション事業推進部 所属
現在, 水環境分野におけるIoT技術の研究開発に従事
技術士(上下水道), 環境システム計測制御学会会員



黒津 健之

日立製作所 水・環境ビジネスユニット 水事業部
ソリューション事業推進部 所属
現在, 水環境分野における国内官民連携事業の推進に従事
技術士(上下水道)



遠藤 潤

日立製作所 水・環境ビジネスユニット 水事業部
ソリューション事業推進部 所属
現在, 箱館アクアソリューションDBO事業のとりまとめに従事



鈴木 拓真

日立製作所 水・環境ビジネスユニット 水事業部
ソリューション事業推進部 所属
現在, 水環境分野における国内官民連携事業の推進に従事