

トレンド

上下水道インフラの持続的発展に向けた東芝グループの取り組み

Toshiba Group Initiatives in Sustainable Development of Water Supply and Sewerage Infrastructure

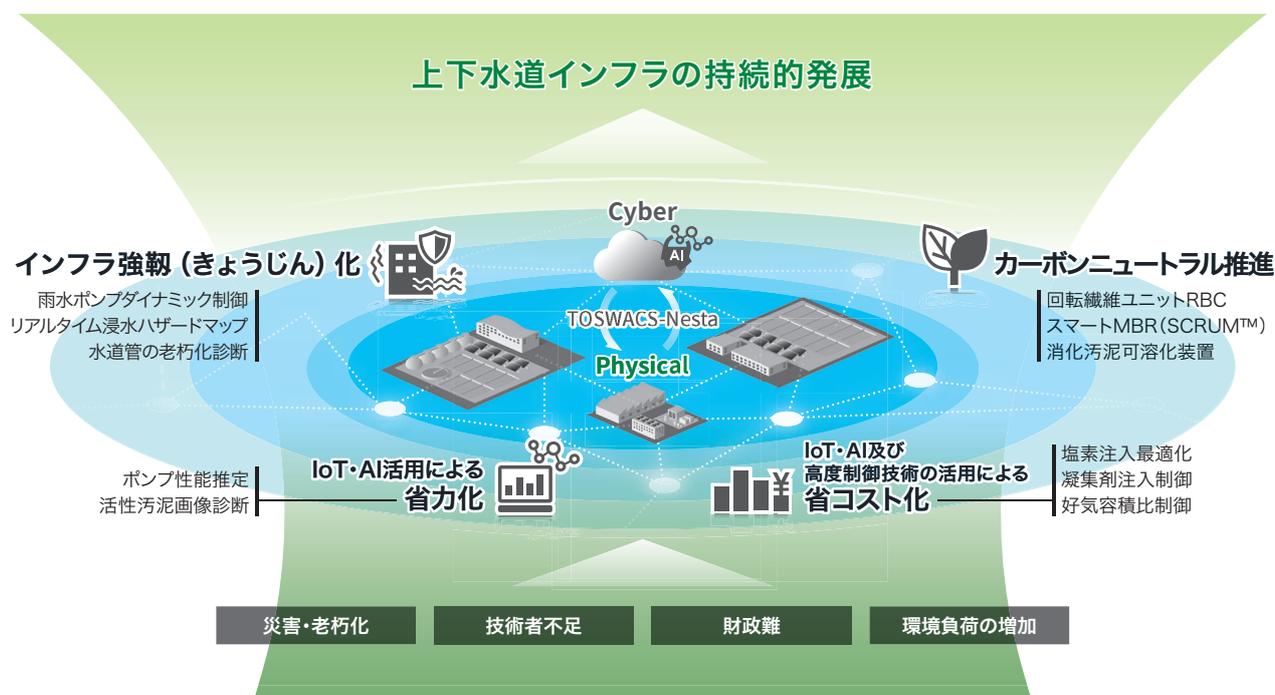
梅田 賢治 UMEDA Kenji

水・環境に関する世界的なメガトレンドは、人口増加や、急激な都市化・工業化による水資源不足、地球温暖化による気候変動などが挙げられる。一方、国内では、人口減少に伴う技術者不足や財政難、インフラ老朽化、激甚化・頻発化する自然災害への対応、脱炭素による環境負荷低減といった課題が顕在化している。また、新型コロナウイルスの感染拡大により、社会システムの転換が進み、より一層の省力化・省人化が求められている。

東芝グループは、これらの課題を解決するため、長年培ってきた水処理技術と、急速に進化するIoT (Internet of Things) やAIをベースとしたデジタル技術を融合し、新たな価値を創出するCPS (サイバーフィジカルシステム) ソリューションを提供することで、上下水道インフラの持続的な発展に貢献している。

Global megatrends related to water and the environment include water resource shortages triggered by population increases, rapid urbanization and industrialization, and climate change due to global warming. In Japan, various issues are becoming evident such as a lack of engineers and financial difficulties due to the dwindling population, aging infrastructure, dealing with ever more serious and frequent natural disasters, and decarbonization efforts to reduce our impact on the environment. Also, the spread of COVID-19 has resulted in a shift in social systems, accelerating labor saving and manpower saving efforts.

To resolve such issues, the Toshiba Group plans on contributing to sustainable development of water supply and sewerage infrastructure by combining water treatment technology developed over many years with digital technologies such as rapidly evolving Internet of things (IoT) devices and artificial intelligence (AI) to provide cyber-physical systems (CPS) solutions which create new value.



RBC:回転生物接触法 MBR:膜分離活性汚泥法

特集の概要図。上下水道インフラの持続的発展に向けた東芝グループの取り組み

Toshiba Group initiatives in sustainable development of water supply and sewerage infrastructure

1. メガトレンド

1.1 世界の動向

国際連合によると、世界人口は、2022年11月に80億人に達しており⁽¹⁾、2030年には85億人、2050年には97億人に増加し、特にアジア・アフリカが、この増加の半分以上を占める見通しである⁽²⁾。人口の増加とともに、都市化・工業化の進展や生活水準の向上などにより、今後の水需要が更にひっ迫することが予想される。また、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第6次評価報告書では、温室効果ガスの排出により世界平均気温は少なくとも今世紀半ばまでは上昇することが予測されており⁽³⁾、地球温暖化・気候変動による自然災害の増加も懸念されている。このような状況の中、国際連合は、2015年9月から持続可能な開発目標(SDGs)を掲げ、2030年までの具体的な目標達成に向け、世界的な取り組みを推進、継続している。

1.2 国内の動向

世界的な人口増加に対し、国内では出生率の低下から、既に人口減少に転じている。総人口は、2020年の1億2,615万人に対し、2070年には8,700万人と約7割に減少し、65歳以上の人口の割合は、2020年の28.6%に対し、2070年には38.7%に増加すると推計されており⁽⁴⁾、急激な少子高齢化が見込まれる。また、世界的な地球温暖化・気候変動の影響で、国内でも線状降水帯がもたらす集中豪雨などによる自然災害リスクが高まっており、近年の地震などの大規模災害と併せて、対策が急務となっている。地

球温暖化に対しては、2030年度に温室効果ガス排出量の46%削減(2013年度比)、2050年度にはカーボンニュートラルの達成を目指しており、待ったなしの状況を迎えている。

このような状況の中、政府は経済発展と社会的課題の解決を両立する施策として、IoTで全ての人とモノがつながることで様々な知識や情報が共有され、AI技術などによって今までにない価値を生み出す新たな社会、Society 5.0を推進している。産業分野では実世界(フィジカル空間)にある多様なデータをセンサーネットワークで収集し、サイバー空間で大規模データ処理技術を駆使して分析・知識化を行い、産業の活性化や社会問題の解決を図るCPSの利活用拡大が見込まれている⁽⁵⁾。一方、2019年末に発生した新型コロナウイルス感染症の世界的流行に伴い、IT(情報技術)を活用したテレワークが一般化するなど、社会システムの転換も急速に進んでいる。

2. 上下水道インフラの課題

2.1 国内の上下水道インフラの課題

1章で述べたメガトレンドも踏まえ、国内の上下水道インフラの持続的発展に向けた取り組み(特集の概要図)の中で、対応しなければならない重要な課題としては、以下の四つが挙げられる(図1)。

- (1) 技術者不足への対応 上下水道分野の経験豊富な技術者が高齢となり退職を迎えると同時に、出生率の低下により若年層が減少し、技術者不足が進むと見込まれる。それが、技術継承を困難にし、上下水道イ

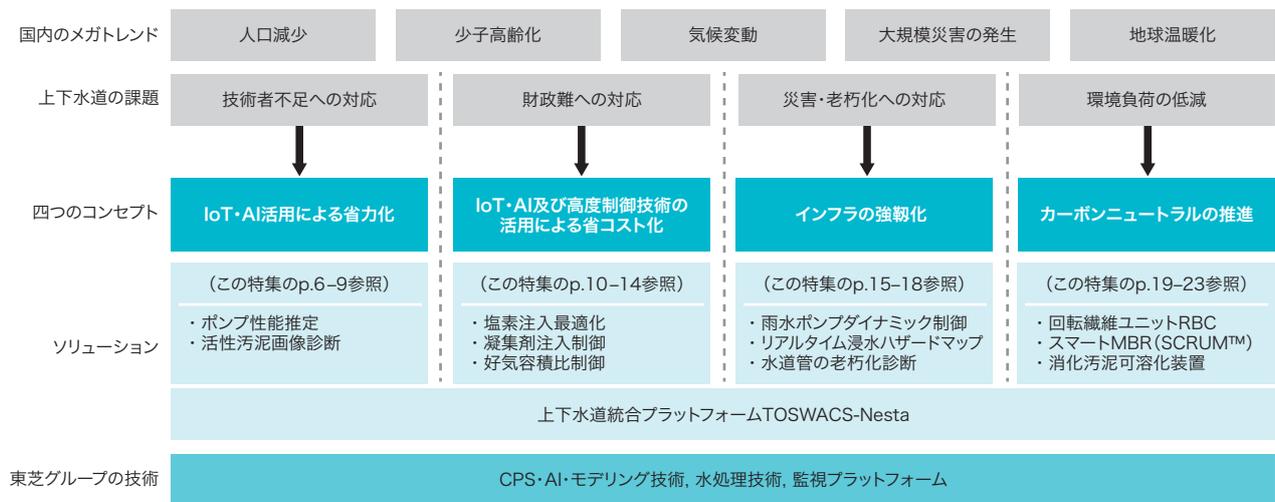


図1. 上下水道インフラの重要な課題を解決するためのコンセプトとソリューション

コンセプトに基づいて、東芝グループの技術を基盤としたソリューションにより、我が国の上下水道インフラの課題を解決する。

Concepts and solutions for resolving serious water supply and sewerage infrastructure issues

インフラの運営能力の低下をもたらす可能性があり、対策が急務である。それに加えて、テレワークの普及などにも対応して、より一層の省力化、省人化も求められる。

(2) 財政難への対応 急速に進行する人口減少と都市圏への人口集中は、地方自治体を中心に税収、水道収入の減少を引き起こしている。また、我が国の上下水道施設の多くは、高度経済成長期に設置され、その多くが同時期に更新時期を迎えるため、財政負担が大きい。それらの財政難を踏まえて、経済性を考慮した対策が必要である。

(3) 災害・老朽化への対応 地球温暖化・気候変動の影響で多発する集中豪雨が引き起こす内水氾濫や、近年発生している大規模地震などの自然災害は、上下水道のインフラに大きなダメージを与えている。また、多くの上下水道施設が老朽化し、自然災害に対して脆弱(ぜいじゃく)となっており、これらの施設の修繕や更新が急務となっている。

(4) 環境負荷の低減 上下水道事業の運営は水処理などで大量のエネルギーを消費し多くの二酸化炭素(CO₂)を排出しており、環境負荷を増加させている。この問題を解決するためには、エネルギー効率の高い設備、処理技術、制御技術の導入や、再生可能エネルギーの活用などによる脱炭素化を進める必要がある。

2.2 海外の上下水道インフラの課題

人口増加が進むアジア・アフリカ地域の新興国では、上下水道インフラの整備が急速に進められている。しかし、整備が追い付かない一部の地域では、河川や海などの周辺水域へ未処理の汚濁物質が流れ込むことによる、水質汚濁の問題に直面している。また、急速な工業化・都市化による工業用水や生活水の取水量の増加や、気候変動による自然災害の増加によって、水不足・渇水の問題も顕在化している。これらの改善のため、更なる上下水道インフラの整備・拡充と、水資源有効活用のための技術革新が求められている。

3. 東芝グループの取り組み

3.1 ソリューションを支える東芝グループの技術

東芝グループは、図1で示したように、上下水道インフラに適合した技術(CPS・AI・モデリング技術や、水処理技術、監視プラットフォームなど)を基盤として、上下水道インフラの持続的発展に取り組んでいる。

上下水道インフラで活用されている監視プラットフォームには、IoTにより収集された、運転に対応するプロセスデータが蓄積されている。これらに、設備情報や保守データなど

も加え、プロセスの挙動に応じたモデル化や、AIや画像診断などの解析手法を駆使した分析を行う。そして、その結果をシステムや、コンポーネント、運転員にフィードバックすることで、新たな価値となるCPSソリューションを提供する。

図2に上下水道インフラにおけるCPSソリューションを示す。

東芝グループは、クラウドシステムやオンプレミスの監視システムを統合した上下水道統合プラットフォーム TOSWACS-Nestaに、このCPSソリューションを実装して進化させていくことで、施設運用の省力化や、経済性、広域化に貢献するプラントの自動化・最適化を進めている。

3.2 四つのコンセプトとそれを実現するソリューション

CPSなど、3.1節で示した東芝グループの技術を基盤とし、重要な課題を解決するための四つのコンセプトとそれを実現するソリューションを、以下に示す。

(1) IoT・AI活用による省力化 技術者不足の対策として、IoT・AIの活用による省力化ソリューションで、プラント運用の省力化、省人化を実現する。具体的には、AIを活用してポンプ設備の性能曲線を推定・可視化するポンプ性能推定や、画像から自動的に水質を診断する活性汚泥画像診断などのソリューションにより、経験豊富な技術者が不足している状況でも、高度な維持管理を実現する(この特集のp.6-9参照)。

(2) IoT・AI及び高度制御技術の活用による省コスト化 財政難への対策として、IoT・AI及び高度制御技術の活用によりプラント建設や運用の省コスト化を実現する。そのためのCPSソリューションには、塩素注入最適化や画像センサーを用いた凝集剤注入制御システムなどがある。水質データをリアルタイムで収集してAIで分析し、最適な薬品使用量を算出することで、水量と



図2. 上下水道インフラの課題解決に向けたCPSソリューション

フィジカル空間(上下水道インフラ)の情報をIoTで収集してサイバー空間(要素技術とソリューション)で分析し、その結果をフィードバックすることで課題を解決する。

CPS solutions for resolving water supply and sewerage infrastructure issues

水質を担保した上で薬品注入コストを最小化する。また、下水高度処理と同等の水質を実現する段階的高度処理技術（好気容積比制御）では、標準活性汚泥法の既存躯体（くたい）を活用することによって、大規模な土木建設を必要とせずに導入コストを低減できる（同p.10-14参照）。

(3) インフラの強靱（きょうじん）化 近年、激甚化・頻発化する集中豪雨などの災害、及び深刻化する施設老朽化の対策として、インフラの強靱化を実現する。そのためのCPSソリューションには、降雨情報や管きょ内水位からポンプ場への流入量を予測し、流入量の変化に応じてポンプの起動・停止水位を動的に変化させる雨水ポンプダイナミック制御がある。ポンプ井水位の上昇とポンプの起動・停止回数を抑制することで、浸水リスクを低減する。また、降雨情報や管きょ内水位から、AIを活用してリアルタイム浸水ハザードマップを作成し、地域への警報発報や人員配備にも活用する。更に、AIを活用した画像解析技術で、老朽化した水道管の劣化状況を自動的に判断・可視化し、適切な時期で更新のための情報を提供することで、インフラの強靱化を実現する（同p.15-18参照）。

(4) カーボンニュートラルの推進 地球温暖化などの環境負荷増加の対策として、省エネ技術により、温室効果ガスの排出を全体としてゼロとするカーボンニュートラルを推進する。そのためのソリューションとして、回転生物接触法（RBC：Rotating Biological Contactor）を活用した回転繊維ユニットRBCは、反応槽の曝気（ばっき）に必要な電力量を低減する。また、MBR（膜分離活性汚泥法）を使用した下水処理システムのスマートMBR（SCRUM™）では、膜ろ過圧力を予測して膜洗浄風量を制御することで、処理に使用する電力量を削減する。更に、オゾンと過酸化水素水を組み合わせた新しい促進酸化処理技術を適用する汚泥可溶化システムは、消化汚泥を効率的に消化してCO₂排出量を低減する（同p.19-23参照）。

3.3 官民連携事業への取り組み

技術者不足、財政難などの問題への横断的な取り組みとして、東芝グループは、10年以上にわたり官民連携事業に取り組んでおり、DB（設計・施工）・DBO（設計・施工・維持管理）だけでなく、コンセッションなどの事業運営にも参画している。ICT（情報通信技術）を活用した業務の効率化に加え、ノウハウの継承に資する技術や、これまで培ってきた設計・建設・運転維持管理の実績、全国的に構築したサポート体制などを活用して取り組んでいる。今後

は、これらに加え、内閣府が新たな枠組みとして設定した、ウオーター PPP（Public Private Partnership）⁽⁶⁾などにも取り組んでいく。

3.4 海外での取り組み

東芝グループは、海外では、インドの現地法人を通して地域事情に応じた水環境問題の解決に取り組んでいる。インドでは、インド政府主導のガンジス川浄化計画における複数の下水処理場整備事業に参画している。また、ICTを活用し、排水の再生利用技術や、排水を系外に一切出さないZLD（Zero Liquid Discharge）技術などを通して、インドを中心とした新興国での水質汚濁・水資源対策にも取り組んでいる。

4. 今後の展望

東芝グループは、長年培ってきた水処理技術に、IoT・AIをベースとしたデジタル技術を融合し、新たな価値を創出するCPSソリューションの強化・拡充を進めることで、上下水道インフラの持続的な発展に貢献していく。

文献

- (1) McFarlane, I. et al., eds. State of World Population 2023 8 Billion Lives, INFINITE POSSIBILITIES the case for rights and choices. United Nations Population Fund, 2023, 188p. <https://tokyo.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/swop2023-english-230329web_0.pdf>, (accessed 2023-07-13).
- (2) Gaigbe-Togbe, V. et al. World Population Prospects 2022 Summary of Results. United Nations, 2022, 47p. <https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.develop.mentdesa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf>, (accessed 2023-07-13).
- (3) 気象庁訳、IPCC AR6 WG1 報告書 政策決定者向け要約（SPM）暫定訳、2022年12月22日版、気象庁、2022、33p. <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WG1_SPM_JP.pdf>, (参照 2023-07-13).
- (4) 国立社会保障・人口問題研究所、日本の将来推計人口（令和5年推計）結果の概要、国立社会保障・人口問題研究所、2023、81p. <https://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2023/pp2023_gaiyou.pdf>, (参照 2023-07-13).
- (5) 電子情報技術産業協会、“CPS/IoTの利活用分野別世界市場調査の発表について”。プレスリリース、<<https://www.jeita.or.jp/cgi-bin/topics/detail.cgi?ca=1&n=3455>>, (参照 2023-07-13).
- (6) 内閣府、PPP／PFI推進アクションプラン、令和5年改定版、内閣府、2023、36p. <https://www8.cao.go.jp/pfi/actionplan/pdf/actionplan_r5_2.pdf>, (参照 2023-07-31).

・SCRUMは、(株)クボタの商標。



梅田 賢治 UMEDA Kenji

東芝インフラシステムズ(株) 社会システム事業部
電気学会・環境システム計測制御学会会員
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.