上下水道施設の安定運用を実現するための維持管理を効率化するソリューション

Solutions to Improve Efficiency of Operation and Maintenance of Water Supply and Sewerage Facilities

穂刈　啓志 HOKARI Hiroyuki　　工藤　恭敬 KUDO Yasutaka　　松本　春樹 MATSUMOTO Haruki

人材（ヒト）の不足や，施設（モノ）の老朽化，財務（カネ）の悪化などの上下水道事業における諸課題の解決につなげ，持続可能な上下水道事業を実現するためには，革新技術の導入などを通じた各業務プロセスの効率化が求められている。

これを受け，東芝グループは，最新のICT（情報通信技術）を活用し，上下水道施設のライフサイクルの各ステージで業務の効率化に取り組んでいる。一例として，維持管理のステージでは，監視制御装置に蓄積したプロセスデータを，顧客のノウハウとして活用して分析し，薬品注入率の推奨値を決定するなどで，浄水場の効率的な維持管理を推進している。また，ICTを活用して測定器により検出したデータを入手することで施設状態を把握し，定期点検における予備診断に活用している。東芝グループは，維持管理の効率化を進めながら，蓄積した現場の技術・知見をICTと融合させて活用し，顧客と共有した事業課題を確実かつ速やかに解決していく。

To realize sustainable water supply and sewerage businesses, various problems must be overcome including a lack of experienced personnel, the need for renewal of aging facilities, and decreasing income from water-related services. In order to surmount such problems, it is necessary for these business entities to improve the efficiency of their business processes through the introduction of innovative technologies.

In response to these requirements, the Toshiba Group has been working on the improvement of operational efficiency in each phase of the life cycle of water supply and sewerage facilities utilizing innovative technologies including information and communication technologies (ICTs). In the operation and maintenance phases, we ensure highly efficient operation of water purification plants by determining recommended chemical injection ratios utilizing the customer's own know-how, based on analyses of process data accumulated by their monitoring and control system. We also apply measuring instrument data obtained by means of ICTs so as to gain an understanding of facility conditions and make preliminary diagnoses at the time of periodic inspections. Utilizing our experience and expertise in this field, we are making continuous progress in offering quick and optimal solutions tailored to the on-site requirements of individual customers while further improving the efficiency of their operation and maintenance.

1. まえがき

上下水道事業では，人材（ヒト）の不足や，施設（モノ）の老朽化，財務（カネ）の悪化など，社会環境の変化に起因する経営課題を抱えており，持続可能な上下水道事業を実現するためには，施設のライフサイクル全般で業務の効率化が必要となっている。

東芝グループは，上下水道事業における施設のライフサイクル（**図1**）の各ステージで，最新のICTを活用した業務の効率化に取り組んでいる。

ここでは，このライフサイクルのうち，特に維持管理のステージに注目し，浄水場における運転管理業務及び保全管理業務での取り組みの事例について述べる。

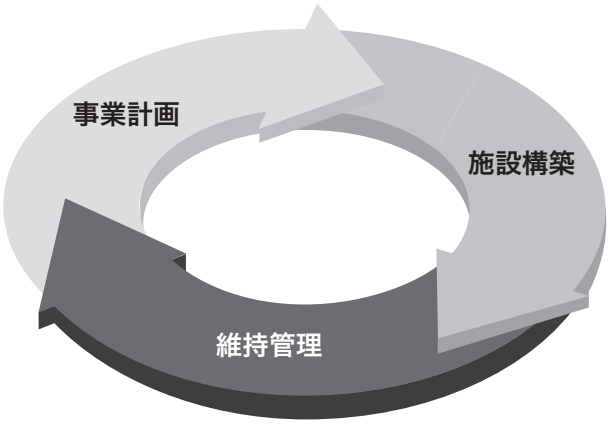


図1. 上下水道事業における施設のライフサイクル

持続可能な上下水道事業を実現するため，施設のライフサイクルの事業計画，施設構築，維持管理の各ステージで革新技術による効率化が求められている。

Life cycle of water supply and sewerage facilities

2. 浄水場の運転管理業務におけるソリューション

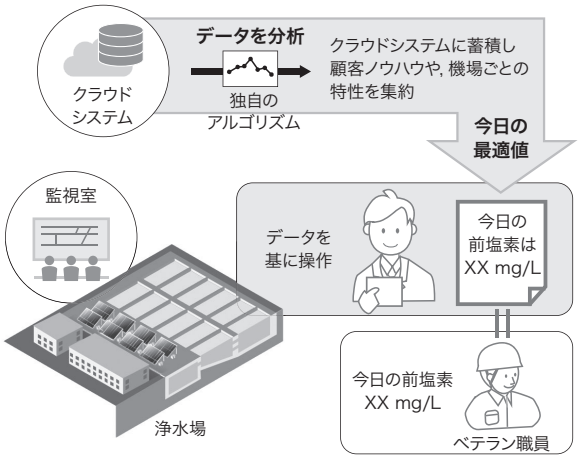
2.1 スマート運用ソリューションの開発・展開[1]

東芝グループは，上下水道施設に係る各業務プロセスにおいて，ICTを活用した業務の効率化を進めている。その中でも，日常的に利用され，目に見える形で効果を発揮する運転管理業務におけるソリューションは，特に重要と考えている。これらのソリューションは，薬品・動力費の縮減や作業時間の短縮などのすぐに効果の表れる価値に加え，顧客のノウハウや技術の継承といった，長期的に発揮される価値も提供する。

従来，これらのソリューションを利用するには，機場特性を熟知している技術者によるエンジニアリングや機能調整が前提となっており，ソリューションをほかの現場へ展開する際の課題となっていた。この課題に対し，東芝グループは，容易に機場特性を取り込んで，個別施設の運転管理業務を効率化できる，“スマート運用ソリューション”を開発し提供している。

スマート運用ソリューションは，各現場の監視制御装置（TOSWACS-V）で収集したプロセスデータを“顧客のノウハウ”として活用することを前提としている。顧客の設備であるTOSWACS-Vから，スマート運用ソリューションを搭載したTOSWACS-Cloudへデータを連係し，プロセスデータを分析することで機場特性に合わせた補正係数（パラメーター）を抽出する。抽出したパラメーターを使用して，薬品注入率などの推奨値や予測・診断結果を出力する仕組みになっている（**図2**）。

図3にソリューションの例を示す。浄水場の運転管理の



特長①： 監視制御装置で収集したプロセスデータを独自のアルゴリズムで処理し，浄水場ごとに推奨値を提示
特長②： 特別なシステムや装置の増設は不要
特長③： 推奨値をそのまま利用すると，効果が得られる

図2. スマート運用ソリューションの概要
施設の運転維持管理に係る設定値などについて，プロセスデータを基に，薬品注入率などの推奨値を提示する。
Outline of smart operation solution

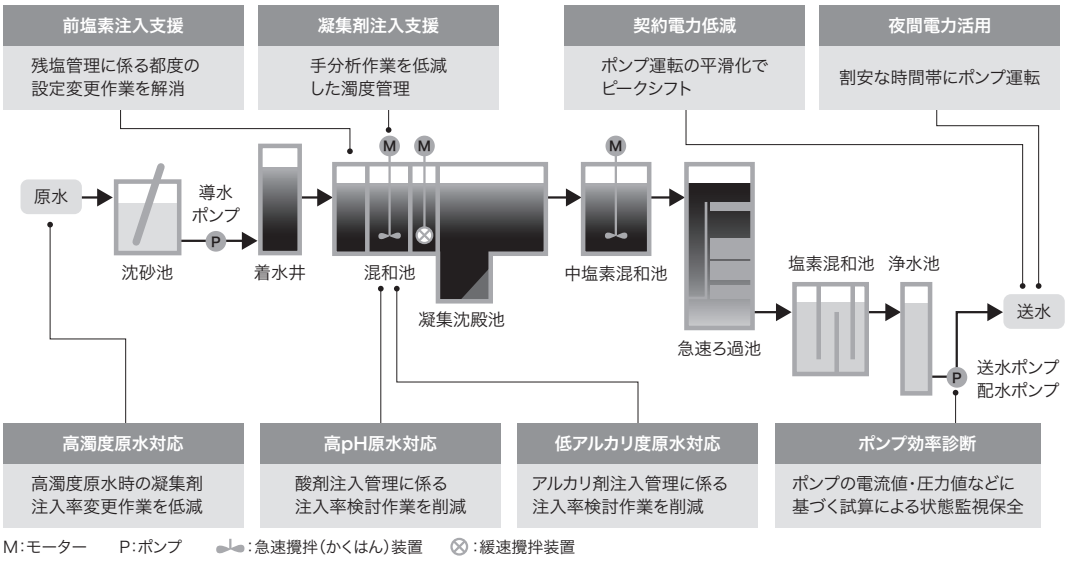


図3. スマート運用ソリューションの適用例
薬品使用量や電力消費の適正化など，業務品質とコストのトレードオフに係るソリューションを開発し，提供している。
Example of application of smart operation solution

現場で広く利用できるように，様々なソリューションを展開していく。その際，成果を多くの浄水場で活用できるように汎用化するとともに，浄水場の運転管理の課題を詳細に調査し，各ソリューションの洗練を図っていく。

2.2　事例1：原水水質異常への対応支援

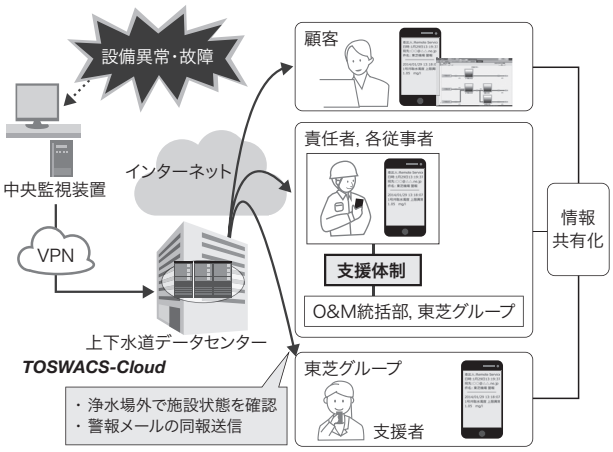
降雨などでの突発的な原水水質の変化は，適切な薬品注入率の見極めが難しく，浄水処理のリスクが高まる。特に，原水のアルカリ度やpH（水素イオン指数）の変化は，凝集・沈殿処理に大きく影響し，凝集不良の原因となる。これまでは，原水水質の変化に応じてアルカリ剤や酸剤の注入率を変え，手分析で適切な注入率を決定していたが，原水水質によっては，手分析の繰り返しが必要となる場合があり，注入率を決定するまでに時間が掛かるという問題があった。

東芝グループは，運転管理業務を受託した浄水場において，過去の原水水質，薬品の注入実績，及び処理水質を分析し，化学反応モデルに東芝グループが保有する知見を取り入れたアルゴリズムを開発した。原水水質の変化に対して凝集不良を起こさないための目安となる注入率を決定することで，手分析の回数を低減するソリューションである。このソリューションは，業務負荷の軽減と薬品使用量の適正化・省資源化の観点で，有効な技術になっている。

2.3　事例2：異常の早期把握と情報共有

水道施設では，異常に対する対応の遅れや判断の誤りから，被害が拡大し，減水・断水に至る場合がある。そのため，異常発生時には，現場従事者間の連携はもちろんのこと現場外の支援者など，関係者との効果的な連携が必要不可欠である。

従来，異常時の関係者との連絡は，電話連絡が中心であり，情報の正確さの確保と情報共有までの時間短縮の実現が課題だった。TOSWACS-Cloudは，水道施設の状態，プロセス値のトレンドグラフや警報履歴など，監視制御システムと同様の情報を，関係者がいつでもどこでも閲覧・確認できるものであり，異常発生時には電子メールで故障状況を配信する機能も装備している。TOSWACS-Cloudを導入したことにより，異常時でも短時間のうちに正確な情報を浄水場内外で共有でき，場外の支援者から的確な指示や支援を受けられるようになった。これにより，現場従事者への支援体制を強化し，迅速かつ効果的な初動対応ができるようになった（**図4**）。



VPN：Virtual Private Network　　O&M：Operation and Maintenance

図4.　TOSWACS-Cloudを用いた異常の早期把握と情報共有

施設での異常発生時に，登録している現場従事者や現場外の支援者，顧客などの関係者に警報メールを配信する。異常事象の対応緊急度や時間帯などにより配信先を任意に設定することで，必要な情報の迅速で確実な共有を実現する。

Early perception of abnormality and information sharing using TOSWACS-Cloud water supply and sewerage cloud solution

3.　保全管理業務におけるソリューション

3.1　日常点検におけるソリューション

保守点検業務で行う日常点検では，施設の機能を維持して性能を発揮させるために，管理基準値や，計測値間の関係，修繕履歴，点検員の五感など，多様な情報に基づいて異常や予兆を発見し，適切に更新・修繕する必要がある。しかし，老朽化した設備が増える一方で予算は限られており，客観的かつ合理的な更新・修繕の優先度の決定方法が確立していないという課題がある。また，設備状態を把握するための基礎データとなる設備台帳は，設備数が膨大で設置年度や，仕様，修繕履歴などの記載内容を正しく保ち続けるのが難しいという問題がある。

この問題に対して，日常点検に使用しているタブレットに設備台帳を搭載し，現地で台帳を照合・修正できるようにすることで，台帳管理の手間と時間を省き，管理業務を効率化した。また，設備台帳の情報を活用し，設備の更新・修繕の優先順位を客観的に判定する基準も考案した。各設備の設置年数，状態の評価値，重要度を入力することで，劣化度などの評価を定量化（スコア化）する。この値を基に，更新・修繕の優先順位や長寿命化手法の判断，費用の平準化と費用対効果の確保を両立させる更新・修繕計画の策定支援などを行う。また，日常点検データや設備台帳

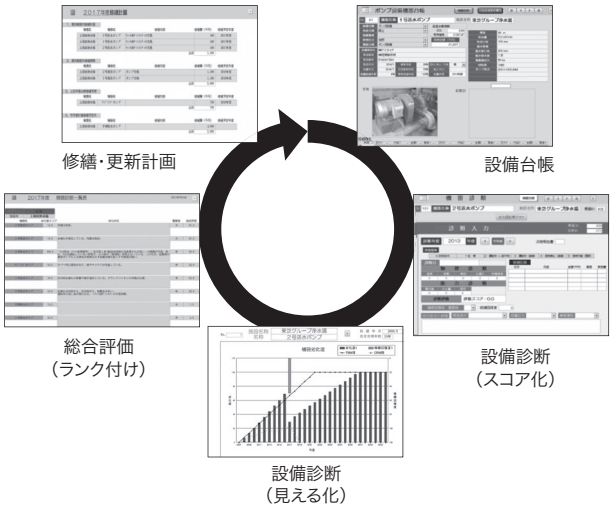


図5. 上下水道施設における総合評価のスコア化と修繕・更新計画
実施する施策の優先度判断や対外説明のため，各種データを一元管理し，判断指標を可視化・定量化することが重要である。
Repair and renewal plan based on scoring of diagnostic results

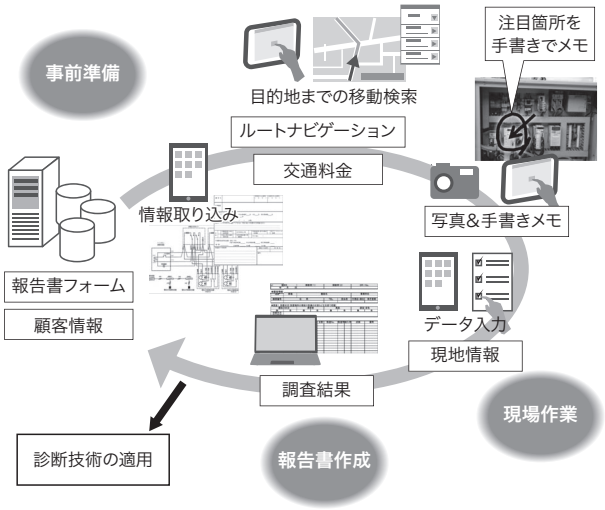


図6. 保守点検業務支援システム
データ連係により各段階で保守点検業務の作業効率向上を図るとともに，関連情報に基づく個別業務での付加価値創出を実現する。
Outline of maintenance service support system

データなどの各種データを一元管理することで，今後想定される，水道法改正による設備台帳の義務化(注1)への対応と，アセットマネジメントシステムの基礎データとしての活用を図っていく（**図5**）。

3.2 定期点検におけるソリューション

定期点検に係る保守点検サービスでは，現場技術者の技量・経験によらず，高品質かつ効率的に業務を遂行することが求められている。そこで，東芝グループは，この課題を解決するため，ICTを活用した保守点検業務支援システムを構築した。

保守点検業務支援システムの概要を，**図6**に示す。このシステムは，保守点検業務における事前準備，現場作業，報告書作成の各段階で業務の効率化を図るものである。従来は，データベースや紙で管理されていた顧客情報や報告書などの書類様式を印刷して用意し，現場でそれに測定データを手書きで記入していた。また，手書きしたデータを事務所に持ち帰って報告書を作成するため，報告書の完成・提出までに時間が掛かっていた。

今回構築したシステムでは，顧客情報などの点検実施に必要な情報をタブレットに取り込んで現場へ持参する。現場では，その場で測定データをタブレットに入力する。入力した測定データは，自動で報告書に反映できるため，作業終了後，モバイルプリンターを用いて出力し，顧客に報告書を提出できる。また，サーバーにアクセスしてパンフレットや技術資料を出力し，提供することもできる。

臨機応変で迅速な顧客対応が実現できるのに加え，得られた点検データや情報をサーバーに保管することで，次回以降の点検時に参照したり，あるいは顧客設備の状態分析に使用したりといった活用ができるようになった。状態分析の結果から，東芝グループが保有する，後述の各種診断技術のうち適切な手法を選定・適用することで，設備の安定稼働が実現する。

現在，このシステムは，外観目視が主体の簡易点検に適用しているが，今後は，普通点検や，細密点検にも拡張していく。

3.3 定期点検結果から精密診断へとつなぐソリューション

上下水道施設の異常などによる停止は，市民生活に大きな影響を及ぼす。そのため，施設・設備を常に健全な状態に保つことは極めて重要であり，その劣化状態を十分に把握した上で，適切な延命・更新計画を立てなければならない。しかし，設備の劣化状態は，設置環境や，使用状態，点検の実施状況などによって異なるため，それを把握するためには，診断技術が必要となる。

東芝グループの設備診断サービスメニューを，**表1**に示す。設置環境や，受変電設備，監視制御設備，UPS（無停電電源装置），回転機（電動機），ケーブルなどの診断

（注1） 水道法の一部を改正する法律案。水道事業者等は，水道施設を適切に管理するため水道施設台帳を作成し，保管することが義務になる。

表1. 設備診断サービスメニュー

List of electrical equipment diagnostic service menus

項　目	設備診断メニュー	初期診断	信頼性維持診断	一次劣化診断	二次劣化診断	運転中
環境診断	環境診断	●	●			●
	汚損度診断		●	●	●	
	基板・電機品の洗浄サービス		●	●		
受変電	スイッチギヤ劣化診断（絶縁）		●	●	●	●
	スイッチギヤ劣化診断（特性）		●	●	●	
	スイッチギヤの余寿命診断		●	●	●	
	部分放電測定		●	●	●	●
	局部過熱測定		●	●	●	●
	油入変圧器　油中ガス分析	●	●	●	●	●
	グリース劣化診断		●	●	●	
監視制御UPS	光伝送路の劣化診断		●	●	●	
	UPSバッテリー診断		●			●
回転機	現地絶縁診断		●	●	●	
	オンラインコロナ絶縁診断		●	●	●	●
ケーブル	高圧ケーブル絶縁劣化診断（停電）		●	●	●	

●：該当

サービスを，顧客ニーズに応じて提供できる。

これらのサービスの中で，上下水道施設において重要な役割を担う，高圧電動機の絶縁劣化を診断するオンラインコロナ絶縁診断[2]について説明する。これは，分解点検が必要だったコイルやくさびなどの緩みや，異相コイル間で発生する絶縁劣化などを電動機の停止を伴わずに診断する技術である。負荷電流に重畳して発生する電流パルスを専用の測定器で検出することで，絶縁劣化などを診断する。

これらの診断のための測定は，現在は，依頼がある度に現地へ赴いて実施している。将来的には，測定器で検出した情報を現場から通信でサーバーに取り込むことで，遠隔地に居ながらにしてデータを入手するシステムの構築が実現可能と考えられる。そうなれば，随時又は定期的に，劣化状態に加え，その傾向をも報告するサービスが提供できるようになる。顧客設備の異常などでの突発的な停止を未然に防止できるとともに，劣化状況に応じて診断データをオーバーホールや更新の計画に活用でき，顧客要望に応えるソリューションになると考える。

4. あとがき

運転管理及び保全管理でのソリューション適用による効率化の取り組みについて述べた。

定期点検まで含めた広義の維持管理は，施設本来の目的を達成するための最終ステージであり，ほかのステージと比較して期間も長い。したがって，この最終ステージで，安定して施設性能を発揮させながら，省力化やコスト縮減を同時に実現できることの意義は大きい。

東芝グループは，維持管理の業務効率化，技術継承，及びコスト縮減といった課題を，クラウドサービスの活用や支援ソリューションの提供といったICT活用で解決すると同時に，現場の技術・知見の蓄積を進めている。今後も，これら蓄積した技術・知見を活用し，顧客の事業課題を顧客とともに取り組むことで，確実かつ速やかな解決を図っていく。

文　献

(1) 宮尾圭一，ほか．官民連携で推進する上下水道事業の効率化と技術継承．東芝レビュー．2016，71，4，p.71–74．<https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2016/04/71_04pdf/b07.pdf>，（参照 2018-07-23）．

(2) 冨沢幸彦，ほか．高圧電動機の遠隔絶縁劣化診断システム．東芝レビュー．2003，58，4，p.48–51．

穂刈　啓志　HOKARI Hiroyuki
東芝インフラシステムズ（株）
水・環境システム事業部 水ソリューション事業開発部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.

工藤　恭敬　KUDO Yasutaka
東芝インフラシステムズ（株）
水・環境システム事業部 水・環境システム技術第一部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.

松本　春樹　MATSUMOTO Haruki
東芝インフラシステムズ（株）
電機サービスセンター O&M 統括部
環境システム計測制御学会会員
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.