

上下水道の事業基盤強化に貢献する監視制御システム TOSWACS™-V

TOSWACS™-V Monitoring and Control System
Enhancing Water Supply and Sewerage Business Foundations

出光 武 松田 啓明 有村 良一

■ IDEMITSU Takeshi ■ MATSUDA Hiroaki ■ ARIMURA Ryoichi

水インフラは市民生活及び産業活動を支える重要な社会基盤である。上下水道事業は、強靱（きょうじん）で持続可能な水インフラを構築し維持する役割を果たすために、事業基盤の強化が求められている。このため国は、施設の統廃合や管理の広域化と、中長期的な運用、維持管理、及び更新に関するトータルコストの低減を推進している。

東芝は、このような上下水道事業のニーズの変化に対応し、情報通信技術（ICT）やプラント制御技術を活用した上下水道監視制御システムTOSWACS™-Vを提供している。TOSWACS™-Vはシステムの柔軟性、拡張性、及び信頼性を進化させ、更に運用アプリケーションを充実させて、上下水道の事業基盤強化に貢献している。

Water supply and sewerage systems are important social infrastructures supporting people's lives and corporate activities. For the construction and maintenance of strong and sustainable water infrastructures, it is necessary to enhance the business foundations of the water supply and sewerage fields. The national government has therefore been promoting consolidation and reduction of facilities and broadening the range of management, as well as promoting cost reductions for medium- and long-term operation and maintenance and for the renewal of facilities.

In response to the changing needs of the water supply and sewerage businesses, Toshiba is supplying the TOSWACS™-V water supply and sewerage monitoring and control system applying information and communication technologies (ICTs) and plant control technologies. Through advancements in flexibility, expandability, and reliability and a wide range of operational applications, the TOSWACS™-V system is contributing to enhancement of the foundations of the water supply and sewerage businesses.

1 まえがき

水インフラは市民生活及び産業活動を支える重要な社会基盤である。東芝は、上下水道事業において、プラント電気設備の中でも、特に監視制御システムを数多く納入し、24時間365日の安定運用に貢献している。

近年、わが国の上下水道事業は、人口減少などの社会環境の変化に伴う水使用量の減少などにより料金収入が十分に得られないため、老朽化する施設の維持管理や更新に備え、事業基盤の強化が重要になってきている。このため、国は対応策の一つとして、広域化と官民連携を挙げている⁽¹⁾。上下水道施設の更新に合わせて、施設の統廃合を含めた広域化と、中長期的な運用、維持管理、及び更新に関するトータルコストの低減を推進している⁽¹⁾⁻⁽³⁾。

このような背景の下、最近の監視制御システムには、単にプラントの監視機能だけでなく、広域管理に対応したシステム構成や機能、更には運用アプリケーションソフトウェアによる自動制御機能や様々な支援機能が求められるようになってきている。当社は、このようなニーズに応えるため、上下水道監視制御システムTOSWACS™-Vを提供している。TOSWACS™-Vは、当社が長年培ってきた上水道及び下水道プラントの監視制御ノウハウを最大限に生かし、使用される場所や情報の多寡に関わらず様々なニーズに対応できる。更に当社は、常にニーズの変化を

捉え、柔軟性、拡張性、及び信頼性の面でTOSWACS™-Vを進化させるとともに、プラント制御技術の開発による運用アプリケーションの充実を図っている。

ここでは、上下水道の事業基盤強化に貢献する監視制御システムへのニーズとそれに対応した提供すべき価値についてまとめ、TOSWACS™-Vの機能と運用アプリケーションにより提供されるソリューションについて述べる。

2 東芝が考える監視制御システムへのニーズと提供すべき価値

2.1 監視制御システムへのニーズ

監視制御システムは元来、プラントのデータを収集及び蓄積し、表示及び発報する機能や自動制御を行う機能を持っている。当社は、これらの基本機能に加え、広域管理に対応した柔軟で拡張性を持ったシステムにするるとともに、プラントデータを活用した分析や、予測、シミュレーション、診断などの運用支援機能を備えたシステムにすることで、1章で述べた上下水道事業の課題解決に貢献できると考えている。

具体的に、広域管理については、今後は施設利用の合理化策として配水管又は下水管をネットワーク接続し、複数プラント間で情報連携を行うことが考えられる。このため、管轄内の各設備を遠隔で監視する機能だけでなく、運転員の管轄範囲

に応じて監視・操作可能な機能に制約を設ける仕組みが求められると考える。また、更新に関するコストについては、老朽システムに限られた財源の中で適切な順序で計画的に更新するため、長寿命化や段階的な更新に対応するフレームワークが必要と考えている。そして、運用と維持管理性向上については、ICTの進展に伴い、既存施設を大幅に改造することなく制御改善だけで高効率運用を実現でき、併せてプラントの状態を評価及び診断する技術が求められると考える。

2.2 監視制御システムの提供すべき価値

2.1節の監視制御システムへのニーズに対応するため、当社が提供すべきと考える価値を、監視制御システムと運用アプリケーションに分けて次に示す。

- (1) 監視制御システムが提供すべき価値
 - (a) システムの柔軟性 施設統合による広域管理にも柔軟に対応でき、長寿命化による段階的更新に対応できること
 - (b) 機能の拡張性 評価・診断機能などの運用アプリケーションを必要に応じて容易に提供できるフレームワークであること、及び運用アプリケーションの目的に応じてクラウドシステムを含む多様な環境を用いて付加価値を容易に提供できること
 - (c) システムの信頼性 広域管理などに伴い広域オープンネットワークに接続されるため、システムの脆弱(ぜいじゃく)性確認を行い、必要なセキュリティ対策を施すこと

(2) 運用アプリケーションが提供すべき価値

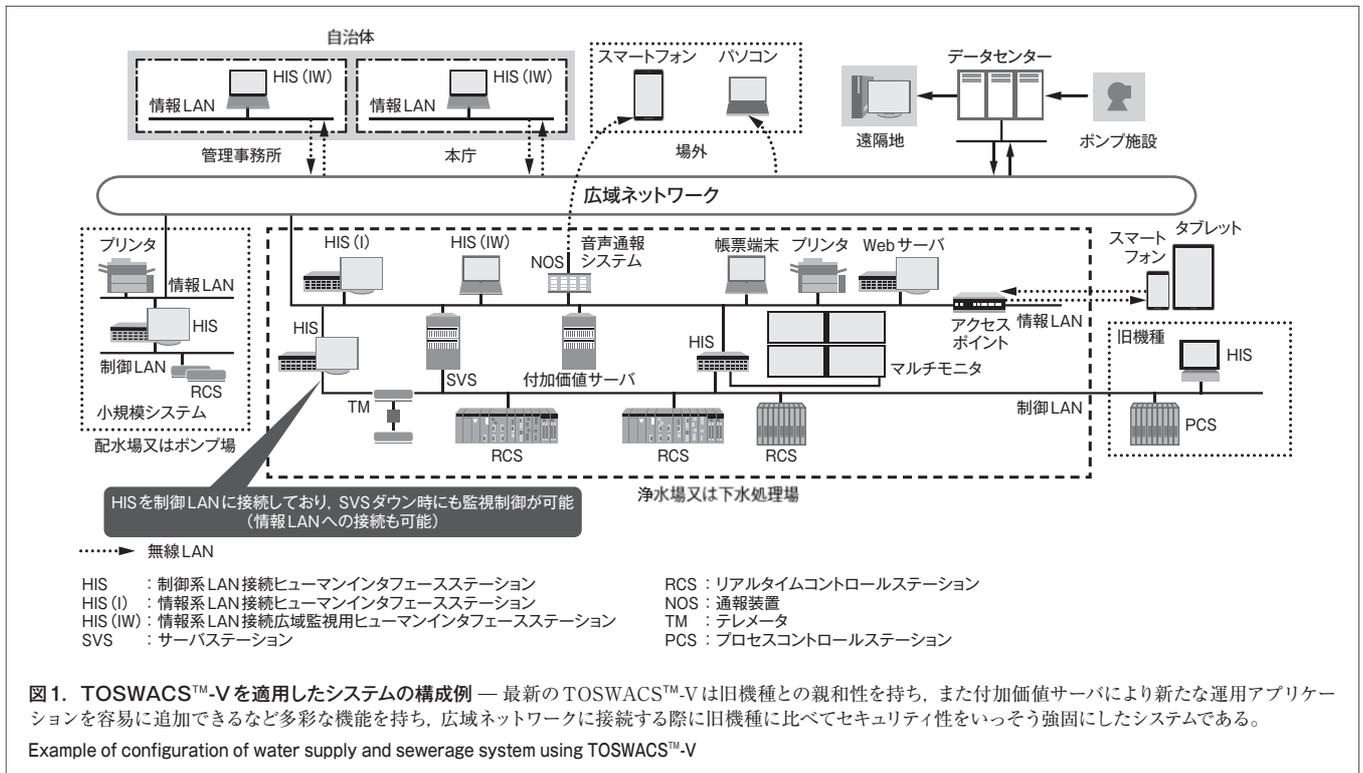
- (a) 維持管理コストの低減 運用支援機能によりコストの低減を図れること
- (b) 自動制御による高効率化 既存施設を大幅に改造することなく、制御改善だけで高効率運用を実現できること
- (c) 評価・診断技術の向上 評価及び診断により24時間365日安定的に運用及び維持管理ができること

3 東芝が考えるソリューション

3.1 TOSWACS™-Vによるソリューション

当社の上下水道監視制御システムTOSWACS™-Vはニーズに対応した多彩な機能を持っている。最先端のICTとプラント制御技術を融合させて監視制御システムとしての機能を進化させ、更にプラントデータを活用して、分析や、予測、シミュレーション、診断なども実現可能である。常に進化し続けるTOSWACS™-Vは、柔軟性、拡張性、及び信頼性の三つの視点からソリューションを提供している。

3.1.1 システムの柔軟性 TOSWACS™-Vを用いたシステムの構成例を図1に示す。TOSWACS™-Vは広域ネットワークへの接続に対応し、必要に応じてシステムの遠隔監視や操作を可能にしている。遠隔監視側の機器は管理の形態により、汎用パソコン、スマートフォン、及びタブレットが選択可能である。また施設の無人化運転や市町村合併に伴うシステム



統合などに対応するため、ネットワーク利用による各種情報の遠方配信や遠隔監視・集中監視支援機能を従来よりも向上させた。これにより、最先端のICTを活用して、従来はプラント内で閉じていたシステムをプラント外へ、すなわち広域へと継続的に発展させていくことが可能になる。

監視画面の例を図2に示す。従来のTOSWACS™シリーズの豊富な機能を継承しつつ、よく使う画面を“お気に入り”登録により直接呼び出せる機能、多機場・広域監視に便利な“最大9画面のマルチウィンドウ表示”機能、一定の周期で画面を切り替える“スライドショー”機能、及び各機能画面における信号の検索・抽出機能の強化により、効率良く監視することができる。また、画面のカスタマイズ機能をユーザーごとに管理することにより、各ユーザーに適した監視操作機能を構築することで、グラフィックの面からも管理の広域化に対応できるようにユーザビリティに配慮している。

更に、上下水道施設の老朽化に伴う段階的な更新計画に対応するため、最新のTOSWACS™-Vはゲートウェイを介すことなく既存システム(TOSWACS™-Vの旧機種)とシームレスに接続する機能を持っている。TOSWACS™-V内に旧システムのプロトコル(データ処理手順)を搭載することで、同一ネットワーク上で新旧の機種を並べて設置でき、両システム間でデータを授受できる。これにより、更新計画に合わせた既存システムからの円滑な移行を実現する。

3.1.2 機能の拡張性 TOSWACS™-Vは、評価・診断機能などの運用アプリケーションを容易に提供するために、拡張システム用プラットフォーム(付加価値サーバ)を採用している。この付加価値サーバは、運用アプリケーションからTOSWACS™-Vへのアクセス手順を標準化し、スピーディなシステムの開発と安定した稼働品質の確保を可能にしている。また、付加価値サーバ上で動作するアプリケーションを部品化することで、ニーズに合わせて、自在にアプリケーションを組

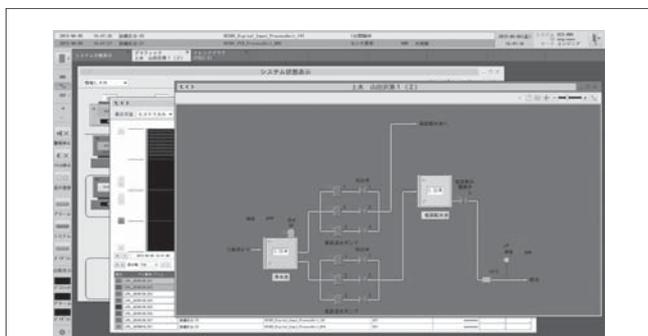


図2. TOSWACS™-Vの監視画面例 — 人間中心設計プロセスISO 13407(国際標準化機構規格 13407)の思想に基づき、使いやすさの追求に加え、画面表示部品のデザインや目に優しい色調など細部にわたってユーザーの立場を考慮した、旧機種より見やすい画面のユーザーインタフェースである。

Example of popup windows in monitoring display of TOSWACS™-V

み合わせ、目的に適したソリューションを実現できる。

また、当社は複数機場のプラント監視データを収集して分析し、運用アプリケーションで活用するためのICTクラウドサービスを提供している(図3)。Web環境を生かし、気象業務支援センターなどの外部情報配信機関と連携するとともに、TOSWACS™-Vと連携したリモート監視点検ツールや運用支援ツールなどのソリューションにより、上下水道事業の効率的な運用支援を実現している。

3.1.3 システムの信頼性 広域管理やクラウドサービスの導入に伴い、監視制御システムは広域ネットワークを介した相互接続や、インターネットを介した遠方監視機能など、上下水道施設外へと広がりを見せている。これに伴い、従来の“閉じたネットワーク”を前提としたセキュリティ対策では不十分であり、マルウェア感染や外部からの侵入などに対して、より強固なセキュリティ対策を施したシステム開発が必要になってきている。

TOSWACS™-Vは、システム設計段階において上下水道の監視制御システム特有の要件を考慮したセキュリティ脅威分析を実施し、システムに潜むセキュリティ上のウィークポイントの洗い出しと、対策の実施を行っている。一例として、外部ネットワークやUSB(Universal Serial Bus)メモリを介したマルウェア感染に対応するため、ホワイトリスト方式^(注1)のセキュリティ対策の適用を可能にしている。また、システムを構成するネットワークをセキュリティレベルに応じて区域化し、各区域間をファイアウォールによって分離するセグメント化を行うことで、不正アクセスなどのセキュリティ事故が万一発生した際の影響を局所化している。

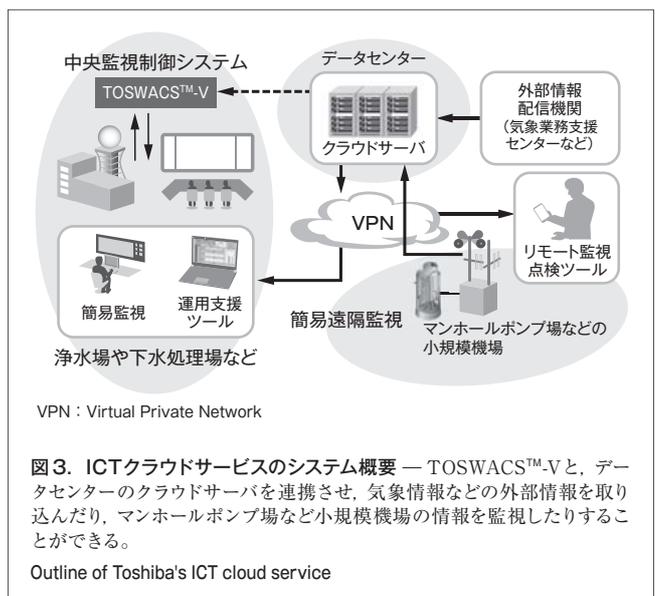


図3. ICTクラウドサービスのシステム概要 — TOSWACS™-Vと、データセンターのクラウドサーバを連携させ、気象情報などの外部情報を取り込んだり、マンホールポンプ場など小規模機場の情報を監視したりすることができる。

Outline of Toshiba's ICT cloud service

(注1) あらかじめ安全が確認されているアプリケーションの対象リストを作成し、それ以外を排除する方式。

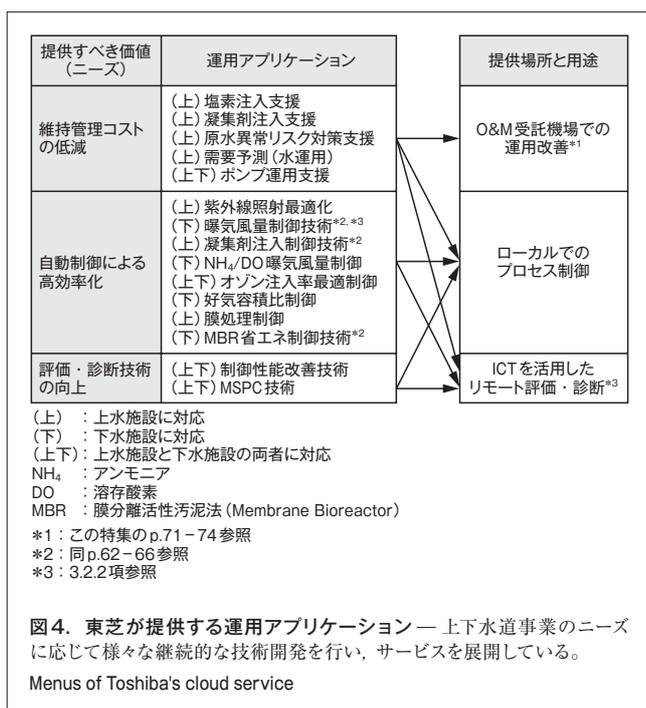
3.2 運用アプリケーション

当社は、上下水道を効率的に運用及び維持管理するための、TOSWACS™-Vの運用アプリケーションも継続的な開発を行っている。これら運用アプリケーションは、これまでに上下水道事業において当社が開発した監視制御システムや、運用支援システム、第三者委託や一部の業務委託における維持管理サービスやリモートサービスなどを通して培ってきたものである。

当社が提供する運用アプリケーションのメニューを図4に示す。2.2節で示した提供すべき価値にそれぞれ関連し、維持管理コストの低減では、O&M (Operation and Maintenance) 受託現場での運用改善として提供する形態の他、得られた知見に基づいたプロセス制御やリモート制御に発展させている。また、自動制御による高効率化では、監視制御及び運用支援系システムに搭載されたプロセス制御として提供される。そして評価・診断技術の向上では、ローカルでの利用に加えて、近年開発中のICTを活用したリモート診断として提供される。これらは、3.1.2項で述べたシステムの付加価値サーバやプラントの自動制御機能に組み込まれる形態で提供される。更に将来的にはクラウド環境を使用して提供していく。

3.2.1 O&M 受託現場における経験やノウハウを活用

維持管理コストの低減につながる塩素注入支援や凝集剤注入支援の運用改善ソリューションは、当社がO&M業務を受託している現場で培った経験やノウハウを活用して構築したものである。運転管理業務の分析から改善要素を抽出し、現場の運転員が自ら改善を進めることができる運用改善ソリューションを展開している（この特集のp.71-74参照）。

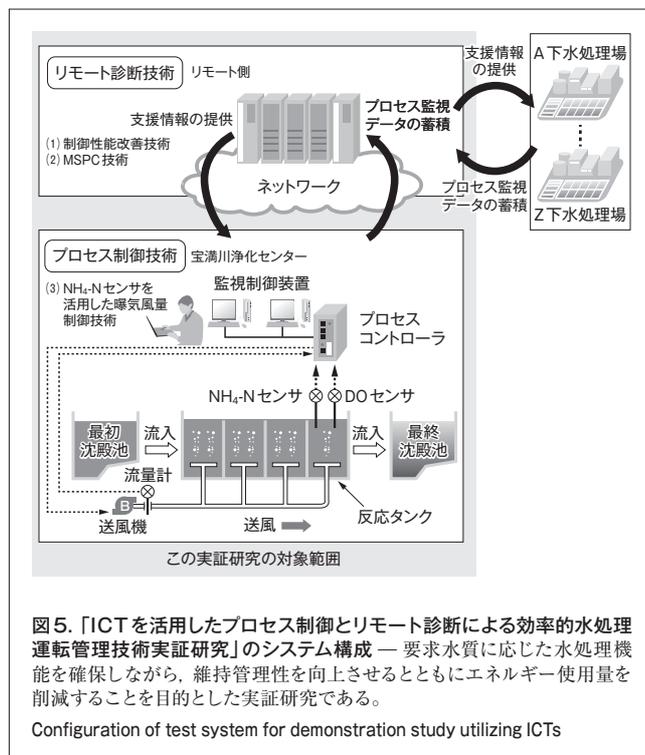


3.2.2 ICTを活用した革新的水処理運転管理技術の実証

ICTを活用した運用改善ソリューションの事例として、国土交通省の「下水道革新的技術実証事業」(B-DASHプロジェクト: Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project) の一つとして、国土交通省 国土技術政策総合研究所から委託を受けて実証した「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実証研究」(図5)について述べる^{(4),(5)}。この研究は、当社、地方共同法人 日本下水道事業団、福岡県、及び公益財団法人福岡県下水道管理センターから成る共同研究体が実施し、福岡県 宝満川流域下水道 宝満川浄化センターを実証フィールドとし、2014～2015年度の2年間にわたり実証を行ったものである。

この研究では、(1)制御性能改善技術、(2)多変量統計的プロセス監視 (MSPC) 技術^(注2)、及び(3)アンモニア性窒素 (NH₄-N) センサを活用した曝気(ばっき)風量制御技術という三つの要素技術を組み合わせた技術について、要求水質に応じた水処理機能を確認しながら、維持管理性を向上させるとともにエネルギー使用量を削減することを目的として実証を行った。

(1)の技術は、制御パラメータの自動調整により、制御性能の安定化と併せて、制御の応答性を向上させることにより維



(注2) 多数のプロセス監視データを統計的に処理することで、プロセス監視データの相関軸からの距離を示す統計量と、分布の中心からの距離を示す統計量を生成し、これらの統計量とそのしきい値からプロセスの異常を検出するとともに、その異常要因と考えられるプロセス監視データを推定する技術。MSPC: Multivariate Statistical Process Control.

持管理性の向上に寄与する。(2)の技術は、水処理プロセスの異常兆候を検出し要因を推定することで、より安定的な運転を可能にし、(1)の技術と同様に維持管理性の向上を図る。そして(3)の技術は、NH₄-Nセンサと溶存酸素(DO: Dissolved Oxygen)センサを併用して、最小限のDO濃度、すなわち最小限の曝気風量で最大限のアンモニア除去を実現する。

この技術は、既存施設の大幅な改造を行うことなく、制御技術と評価・診断技術の改善により、維持管理性の向上やエネルギー使用量の削減などのメリットを得ることができる。

また、(1)、(2)の技術はICTを活用し、ネットワークを介してデータベースに蓄積されたプロセス監視データを活用するもので、将来的には複数の下水処理場のデータを収集して分析し、有効な支援情報を配信することができるなど、クラウド環境のメリットを享受できる技術と言える。

4 あとがき

当社は広域管理に対応し、最先端のICTとプラント制御技術を融合させて、運用及び維持管理のコスト低減と長寿命化に対応する技術の更なる向上を目指している。常にニーズの変化を捉え、柔軟性、拡張性、及び信頼性の面でTOSWACS™-Vを進化させ、更にプラント制御技術の開発による運用アプリケーションの充実により、新たな付加価値を提供する。

当社は今後も上下水道事業の課題に対して、常にその変化からニーズを捉え、最新技術を用いてハードウェアとソフトウェアの両面からソリューションを展開し、上下水道事業体の事業基盤強化に貢献していく。

文 献

- (1) 厚生労働省 健康局. 新水道ビジョン. 厚生労働省, 2013-03, 54p. <<http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/newvision/newvision/newvision-all.pdf>>, (参照 2016-01-28).
- (2) 国土交通省. “下水道政策研究委員会【新下水道ビジョン】(平成26年7月策定)”. 国土交通省. 2014-07. <http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000307.html>, (参照 2016-01-28).
- (3) 内閣官房 水循環政策本部. 水循環基本計画. 首相官邸. 2015-07. <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/mizu_junkan/pdf/honbun.pdf>, (参照 2016-01-25).
- (4) 平岡由紀夫 他. ICTを活用した効率的な水処理運転管理技術の実証—リモート診断技術へのICTの活用—. 土木施工. 57, 1, 2016, p.64-65.
- (5) 小原卓巳 他. “ICTを活用した革新的な水処理運転管理技術の実証”. 第52回下水道研究発表会講演集. 東京, 2015-07, 日本下水道協会. 2015, p.893-895.



出光 武 IDEMITSU Takeshi

インフラシステムソリューション社 水・環境システム事業部 水・環境システム技術第二部グループ長。上下水道をはじめとする公共分野のシステムエンジニアリング業務に従事。電気学会会員。技術士(電気電子部門, 上下水道部門, 総合技術管理部門)。Water & Environmental Systems Div.



松田 啓明 MATSUDA Hiroaki

インフラシステムソリューション社 府中インフラシステムソリューション工場 社会インフラシステムソリューション部 参事。上下水道をはじめとする公共システムのソフトウェア開発に従事。Fuchu Operations - Infrastructure Systems & Solutions



有村 良一 ARIMURA Ryoichi

エネルギーシステムソリューション社 電力・社会システム技術開発センター プラントシステム・ソリューション開発部 主務。上下水道水処理システム技術の研究・開発に従事。環境システム計測制御学会会員。技術士(上下水道部門)。Power and Industrial Systems Research and Development Center