

水処理ソリューションの動向と展望

特集

初又 繁(はつまた しげる)

木田 友康(きだ ともやす)

多田 弘(ただ ひろし)

① まえがき——世界の課題「水問題」

2003年3月16日～23日の間、京都、滋賀、大阪で第3回世界水フォーラムが開催された。適切な水供給や健康と衛生の改善といった人間が生活するのに必要な水と、食料生産、交通、エネルギー、環境に必要とされる水のバランスをいかにとっていかについて、183の国・地域から水にかかわる政策決定者、学識専門家、技術者、企業やNGO(Nongovernmental Organization)の関係者など2万4,000人以上の参加を得て、地球規模から地域固有のレベルまで「水環境ビジョン」に関する声明が発表された。アジアで初めての開催地である日本において、「水問題」が21世紀最大の世界共通課題であることが再認識されるとともに、「論議」だけではない具体的な「行動指針」として策定された意義は非常に大きい。

② 日本の水環境における課題・目標

わが国の水道普及率は2002年度末現在で96.8%に達し、成熟段階に入ってきたが、新たな問題への対処も緊急課題となりつつあり、厚生労働省が編成した「水道ビジョン検討会」では、以下のテーマを検討課題と定義しており、2013年度(平成25年度)を目標最終年度とした課題解決型の具体策や定量的な目標値が、近々水道ビジョンとして示される予定である。

- ① 水道の運営基盤の強化
- ② 安心・快適な給水の確保
- ③ 災害対策などの充実
- ④ 環境・エネルギー対策の強化
- ⑤ 国際協力などを通じた水道分野の国際貢献

一方、下水道に関しては、処理人口普及率が6割を超え、相応のストックが形成されるとともに、都市の水循環における下水道の役割が相対的に重要となってきた一方で、都市型水害、合流式下水道からの未処理下水の雨天時越流、地球温暖化の課題などが明らかになってきた。このような諸状況の変化を踏まえ、2003年に閣議決定された国土交

通省の社会資本整備重点計画における下水道整備事業の概要と指標は以下のとおりである。

- ① 衛生的で快適な生活の実現
- ② 大雨にも安全な都市づくり
- ③ 良好な水環境の形成
- ④ 循環を基調とした環境負荷の削減
- ⑤ 下水道施設の徹底的な活用

今まで上下水道を含む社会資本の整備は、右肩上がりの経済・人口増加などを前提にして量的拡充を主眼に進められてきたが、資源・エネルギー消費の視点から見た場合は、社会の許容限度を超えるレベルに達しつつあり、まさに飽和期からの脱却が必須となる。しかしながら、工業化・近代化・集積化(ハードパス)を追求してきたわれわれは、今から前近代への後退(ソフトパス)の道は採り得ない。そこで採るべき「新しい道」として必要な構想は、社会・経済の成熟化、すなわち質的拡大・向上(ホロニックパス)である。水環境分野においては、「持続可能な流域圏構想」(北海道大学大学院工学研究科：渡辺義公教授提唱)という考え方に基づく分散型の自律的水利用・再循環の水代謝システムが必要となるであろう。

③ 水環境ビジネス全体の動向

昨今、日本では、国・地方自治体の財政悪化が大きな問題となっており、上下水道分野でもコスト縮減が命題となっている。また人口の少ない市町村では、事業に携わる人材、主に施設の建設、運転管理に携わる技術者が不足しており、安全で安定した設備運営ができずサービス低下などの問題が危惧(きぐ)されている。こういった背景を受け、2001年6月に「水道法」が改正された。ポイントは、以下のとおりである。

- ① 委託範囲は、水道の管理に関する技術上の業務、例えば水道施設の運転管理、保守点検、水質管理とする。
- ② 「第三者」受託者の要件は、地方自治体または一定の能力を有する法人であることとし、本法人に一定の資格を有する受託業務技術管理者を配置することを義務づけ



初又 繁

上下水道の電気・計測システム設計、水環境全般の事業開発に従事。現在、富士電機システムズ(株)環境システム本部新事業統括部長。環境システム計測制御学会会員。



木田 友康

電気・電子制御機器の製品開発企画、上下水道の電気・計測システム設計に従事。現在、富士電機システムズ(株)環境システム本部長。電気学会会員。



多田 弘

上下水道の電気・計測システム設計に従事。現在、富士電機システムズ(株)環境システム本部水処理統括部長。電気学会会員、日本水環境学会会員、環境システム計測制御学会会員。

る。

3) 委託に関する届出は、国（厚生労働大臣など）または都道府県知事に行い、これら官庁が委託に関する監督を行う。

本改正を受け、水道事業の一部民間委託が加速傾向にある。また、2000年9月に施行された「民間資本等の活用による公共施設等の整備等の促進に関する法律」を受け、民間資本をバックグラウンドに包括運営する新しい契約手法として、PFI（Private Finance Initiative）方式をとる自治体が増えており、多くの上下水道事業体では、逼迫（ひっばく）した財政を救済しうるビジネスモデルとして、また委託対象となる企業からは新たなビジネスチャンスとして期待が高まっている（図1）。

一方、2004年4月1日に施行された、水道法に基づく新しい水質基準では、ジェオスミン、2-メチルイソボルネオールなどの13項目が追加され、1,2-ジクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタンなどの9項目が削除された。この結果、今まで以上に「水の安全」や「水のおいしさ」が要求されることとなった。これにより、浄水プロセスの一層の高度化、新たなコンセプトで質の高い管理・計測制御技術の実現が待たれる。

さらに、下水道分野においては、国土交通省が「第3次下水道技術五箇年計画」において、主要課題を解決する技術を以下のように31種定義しており、今後これに対応できるキーテクノロジー出現に期待がかかっている。

1) 災害に強い都市づくり

浸水対策計画技術、浸水対策高度化技術、耐震下水道構築技術

2) 水系リスクのマネジメント

リスク物質監視・評価技術、リスク物質除去・無害化技術

3) 流域管理による健全な水循環・良好な水循環の創出

水循環マスタープラン策定技術、水循環オープンデータベースの構築技術、水循環への影響評価技術、

水循環保全技術

4) 流域の水質を良好に保全

窒素・りん高度処理技術、雨天時越流汚濁負荷削減技術

5) 下水道資源の管理

下水処理水の再利用促進技術、下水汚泥減量化技術、下水汚泥保有エネルギーの高度活用技術、下水汚泥有効利用技術、有機性廃棄物フロー最適化技術

6) 都市再生への対応

都市環境向上技術、下水道高度化技術

7) 地球環境の保全

低位排熱地域活用技術、下水処理場消費エネルギー低減化技術、①自然エネルギー活用下水収集・処理技術、②地球温暖化ガス排出抑制技術、③都市有機資源活用技術

8) 下水道施設の効率的な整備

④ライフサイクルコスト低減技術、⑤経済的・迅速な施設建設技術

9) 下水道施設の効率的な管理

⑥効率的施設管理技術、⑦効果的改築・更新、再構築技術

10) 他事業との連携施策

⑧他事業との連携評価技術

11) 国際化への対応

⑨グローバル化のための下水道技術

12) 国民の参画

⑩国民と協働して事業実施するための技術、⑪効率的・責任説明のための事業評価方法高度化技術

一方、民需製造業においては、生活圏の水環境への影響を最大限低減すべき社会的責務は従来にも増して大きくなっているが、これに加えて「質の高い水処理」を実施することで、ランニングコストを低減できるだけでなく、製品品質向上や従業員の安全確保などにも大きく寄与することが再認識され始めており、工場内の総合的水処理ソリューション技術への期待が高まっている。

富士電機は、以上のようなニーズならびに市場環境を受け、上下水道の高度処理、省エネルギー、持続可能な循環型社会構築に向けての技術・製品開発にとどまらず、新たなビジネスモデル開発にも精力的に取り組み、それぞれ特長あるソリューションを提供している。

水環境市場に適應するソリューションメニューを図2に示す。

4) 経営・サービスにかかわるソリューション

前述のとおり、水道法の改正を機に、水道事業における運転維持管理業務の民間への委託化が増えつつある。富士電機では、2001年4月に履行を開始した松本市上下水道局向け運転維持管理業務を皮切りに、水処理電機メーカーとして長年の経験によって蓄積してきた水運用制御、自動化、遠方監視、水質計測、エネルギーマネジメントなどのベース技術に加え、「ろ過池管理の高度化」や「給水残留

図1 PFI事業スキーム

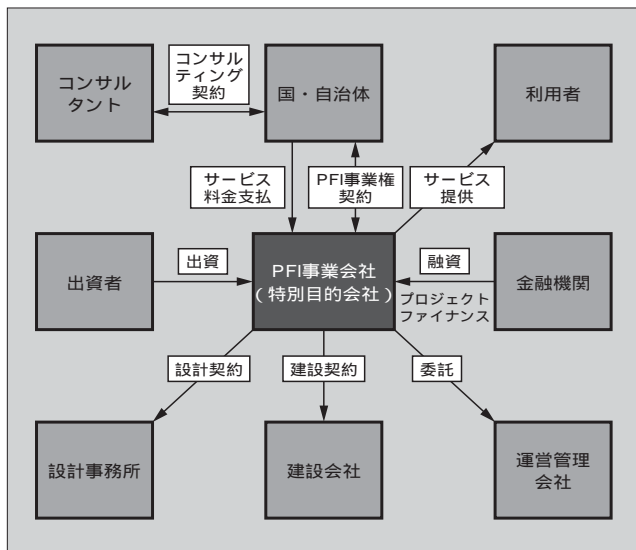
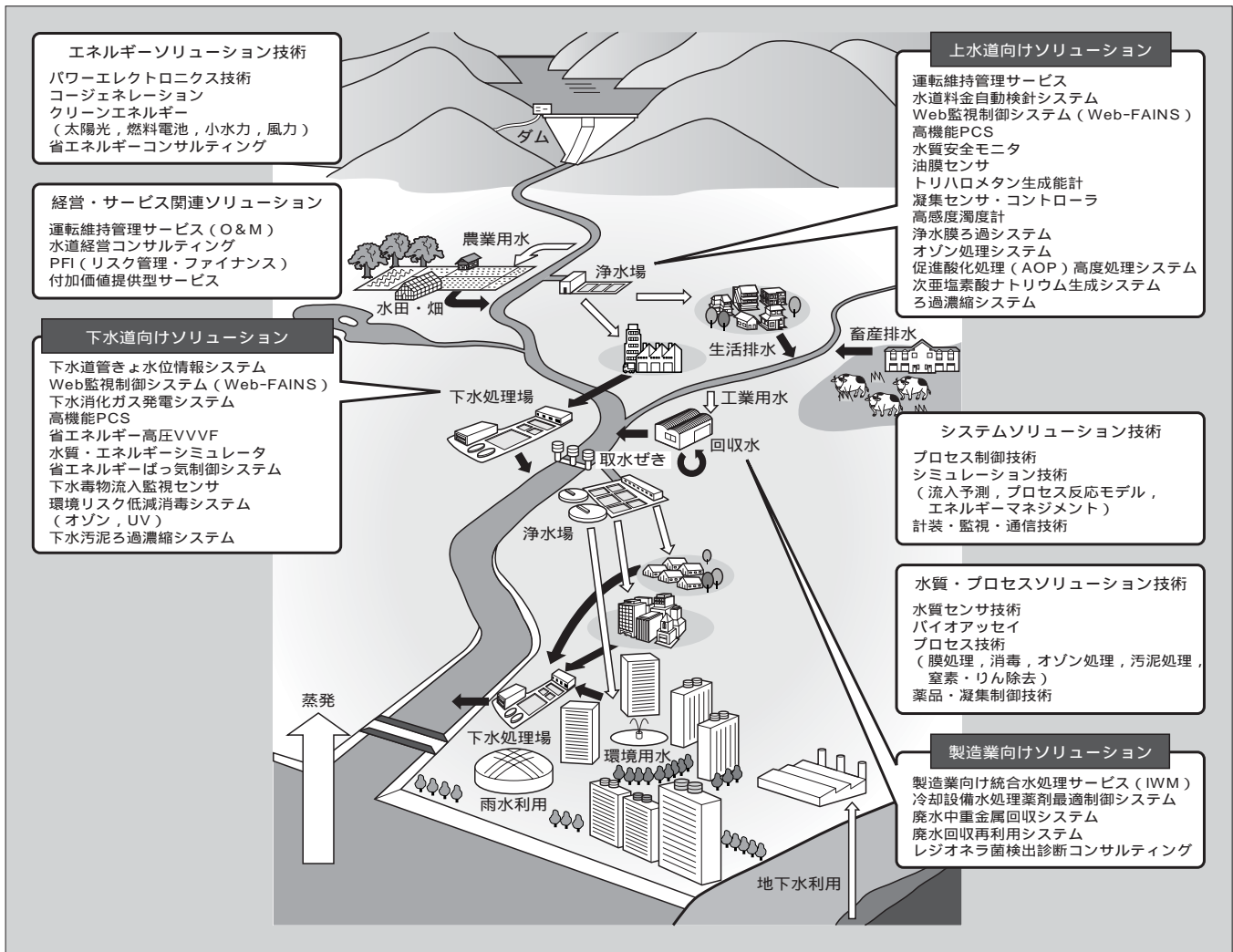


図2 富士電機の水環境ソリューションと基盤技術



特集

塩素の適正管理」などの水処理プロセス技術から「水道経営コンサルティング」などに至るソリューションを付加価値技術として、安全・安定・安心なサービスを実現している。

また、製造業向けに、エネルギー・薬品・上下水道使用量などの消耗材コストの低減、生産性の向上、製品歩留りの向上、環境負荷抑制ならびに従業員や地域住民の健康・安全管理などを目的として、「水処理」をソリューションの手段として提供する新しい水処理サービスビジネス IWM (Integrated Water Management) 事業をアメリカの NALCO 社と共同で立ち上げ、富士電機デバイステクノロジー(株)の松本工場冷却設備の水処理サービス履行を手始めに、拡大展開を図っている。

さらに、上下水道向け PFI 事業としては、2003 年 12 月に月島機械(株)、富士電機システムズ(株)、電源開発(株)、日立造船(株)、月島テクノメンテサービス(株)の 5 社で設立した SPC (Special Purpose Company: 特別目的会社) 寒川ウオーターサービス(株)が、神奈川県企業庁水道局から「寒川浄水場排水処理施設特定事業」を受託した。当 SPC は、脱水施設などを設計・建設後、神奈川県企業庁に所有権を移転し、既存の濃縮施設を含めた排水処理施設

全体の維持管理運営を行う。また排水処理に伴って発生する脱水ケーキの全量を搬出し、再利用するものであり、維持管理運営期間は 20 年である。

以上のような「価値提供型サービス」は、今後急速に市場に浸透していくものと思われるが、一方で契約上大きなファクターとなる、設備や土地の所有権、ファイナンス、リスク分担の考え方の整備が急務であり、富士電機ではこれらの新しい契約スキームに応え、住民・顧客のメリットを最大化させるためのソリューションとビジネスモデル開発により一層努めていきたい。

5 システム・エネルギーにかかわるソリューション

水環境市場の動向について前述したように、水処理システムはさまざまな社会的要求を背景に、運用や制御の条件(原水水質、時々刻々の雨量など)と結果により評価される項目(配水水質、放流水質など)が増加し、かつこれら相互の関連が無視できないようになってきている。システムおよびエネルギーソリューションの目的は、このように関連、輻輳(ふくそう)する条件の中で適切なパラメータ

を選択し、おのおののサブシステムの制御を部分最適化して水処理システム全体の運用の最適化を行うことであり、今後このようなソリューションとそれを実現するエンジニアリング技術がますます必要となると考えられる。

また、今後の水処理システムは、経営面では統合による効率化が進む一方、運用面ではそれぞれが立地する水環境に合わせた効果的で効率的な処理や制御の分散設置と連携運用が進んでいくと考えられ、水処理システムに対する要求機能の変化に応えられる総合的ソリューション技術が必要となってきた。

5.1 システムソリューション

システムソリューションの基盤技術は監視制御システムにおいて適用のうえ実現化されており、監視制御システムのシステムソリューションにおける役割は今でも大きい。近年の上下水道向け監視制御システムは、システムソリューションのツールとしての機能要求度が高く、急速な技術進歩を背景に、減価償却期間中においても最新技術を容易に適用でき、かつ導入コストの安価な汎用性の高いハードウェア、ソフトウェアが求められている。このような状況の中、専用ハードウェアを長期保守・保証するか、もしくは汎用ハードウェアを更新しながら、ソフトウェアの互換性を持たせることで長期保証するいずれの方法にも対応できる監視制御システム（Web-FAINS）を開発した。

また、少量のデータ通信に優位性のある携帯電話のiモードサービスのDoPa網を利用した工業用水道向け自動検針システムを横浜市に納めた。さらに、都市型浸水対策として下水管きょ内水位を光ファイバ水位計で計測し、水位情報として提供する下水道水位情報システムの納入が増えている。

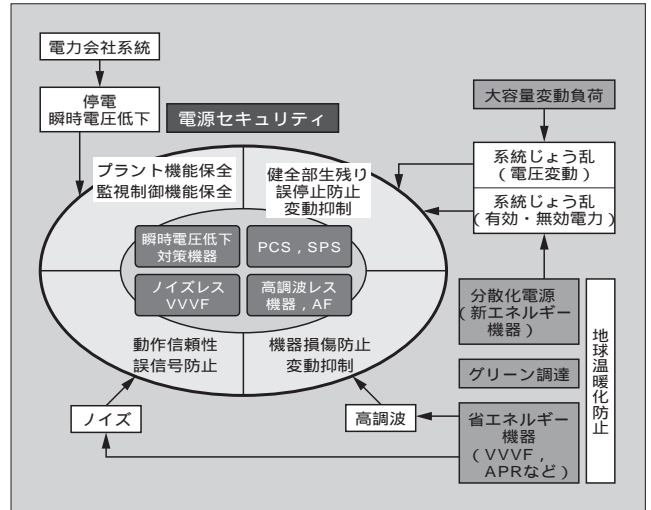
5.2 エネルギーソリューション

水処理システムのエネルギー分野における主要な課題は、電源品質の確保と省エネルギーである。水処理システムのほとんどが電気エネルギーで稼働しているため、その供給停止はシステムの機能停止を引き起こす。すなわち、システムの稼働信頼性を確保するためには安定な電源品質を確保する必要がある。

また、2003年4月の「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネ法）の改正でエネルギー管理指定工場の対象業種限定が撤廃され、水処理施設もエネルギーの使用量に応じてエネルギー使用の合理化（省エネルギー）を推進する義務を負うこととなり、今まで以上に省エネルギーの推進が求められている。

電源品質の確保には、高機能PCS（Power Conditioning System）を製品化しており、通常時には需要電力のピークカットで負荷を平準化し、電源変動時には瞬時電圧

図3 電源セキュリティの概念



低下の防止、高調波や電圧フリッカなどの電源波形の改善が行える。このPCSを使用した500kWのNAS（ナトリウム硫黄）電池電源を村山浄化センタ向けに納入した。

さらに、分散化電源（オンサイト電源）によって、エネルギーセキュリティを確立して必要なエネルギーを自前で確保することも可能となっている。分散化電源としては遊休空間を利用した太陽光発電、包蔵水力を利用した小水力発電、下水消化ガスを利用した燃料電池、電熱併用のコージェネレーションなどを系統連系制御も含めて提供できる。電源セキュリティの概念を図3に示す。

RPS（Renewable Portfolio Standard：証書を用いた再生可能エネルギーの導入）制度など電気事業者による販売電力量に見合った新エネルギー由来の電力の購入が進むものと考えられ、これら分散化電源は、新エネルギー普及の切り札になるものと期待される。

また、水処理システムの省エネルギーのメニューはそれぞれの機場ごとに適切に選択する必要があるが、特に水道では水の輸送エネルギー、下水道ではばっ気槽へのばっ気エネルギーを効率化し低減できれば、その省エネルギー効果は高い。これらの省エネルギーのためには、可変速電動機の適用をさらに推進する必要があるといえるが、大容量のポンプ、プロワを駆動する電動機は高圧電動機となり、従来は巻線形、VVVF（可変電圧可変周波数）駆動用でない電動機、既設電動機などの直接駆動が難しかった。富士電機では、これらの高圧電動機を駆動できる高圧VVVFを製品化しており、既存システムの省エネルギー推進に貢献している。

⑥ 安全で高品質な水質・プロセスにかかわるソリューション

従来、浄水プロセスの大半は、急速ろ過方式が採用されていた。しかしながら、感染性の高い病原性原虫クリプトスポリジウムが飲料水に混入するリスクが懸念される昨今、完全には除去・消毒しきれない急速ろ過方式に代わって、

注1 iモード：(株)エヌ・ティ・ティ・ドコモの登録商標
注2 DoPa：(株)エヌ・ティ・ティ・ドコモの商標

膜ろ過方式が注目されている。さらに省スペース、高コストパフォーマンス、運転制御自動化、既存浄水場更新工事への柔軟な適応性などでも大きな利点があり、水道への適用が飛躍的に進むと考えられる。富士電機では、2003年に中大規模の膜ろ過システムで世界的に実績のあるオランダ NORIT 社グループの X-Flow 社と技術提携をし、膜洗浄技術や前処理技術など富士電機独自のプロセス技術と微粒子カウント方式を基に応用開発した膜破断検知技術を組み合わせ、安定的に高品質な飲料水を提供できる浄水膜ろ過システムの販売を開始した。

前述したとおり、新水質基準では、水道水の臭いの原因となる臭気物質の基準値が改正され、粉末活性炭単独処理では基準の満足が難しいことから、オゾンあるいはオゾンと過酸化水素を組み合わせた促進酸化処理（AOP）と生物処理を組み合わせた高性能、低コストの高度処理システムを中小規模浄水場向けに開発中である。また、水道分野では海外事業展開も活発に行っており、米国の浄水場に酸素（液体酸素）を原料とした高濃度オゾン発生器（70 kg O₃/h、当社記録品）を4台納入した。また、中国の浄水場には、凝集センサ・コントローラを用いた凝集制御をはじめとする全自動監視制御システムを納入した。

また下水道分野では、処理プロセスにおける動力エネルギーの半分近くを消費するばっ気制御に、微生物反応シミュレーションを適用し、既存プロセスの効率診断、省エネルギー化を達成する制御システムを開発中であるが、さらに今後は、中継ポンプ場など流入側から処理場内の汚泥処理まで全プロセスを対象とした水質・エネルギーの収支把握を行い、トレードオフ関係にある水質・エネルギーの最適化を図るソリューションが必須であり、この実現のために富士電機は今までの経験やノウハウを結集していく所存である。

より高度な水質の信頼性が求められる中で、富士電機は、新たな水質管理を可能にする水質センサをソリューション

として適用すべく、今までも多くのラインアップをそろえてきたが、水道原水の水質事故監視用としては、すでに製品化し多くの納入実績を持つ急性毒物バイオセンサに加え、油流出を監視し突発性油汚染事故を未然に防ぐ油膜センサを製品化した。

また、塩素消毒の過程で生成する発がん性物質トリハロメタンの前駆物質フミン質など、水道水源や産業排水などの有機物汚濁指標として重要視されているトリハロメタン生成能を短時間かつ自動で測れる分析装置の発売に向け準備中である。

さらに、下水道向けには、下水処理場に流入するとばっ気槽内の活性汚泥呼吸阻害を引き起こし、汚濁負荷処理性能を低下させる化学物質系の毒物を検知する下水流入監視センサの開発を進めており、近々製品化を予定している。

さらに流域圏に関するアプローチとしては、琵琶湖・淀川流域をモデルとした水環境総合管理システム、モニタリングシステムの研究を行っている。本構想は、前述した2003年3月の世界水フォーラムにおいて紹介されている。

㊦ あとがき

水環境市場における、富士電機が現在注力し、さらに強化していきたいソリューションならびに技術の概要を紹介した。今後の市場は、主として財政面の影響と環境リスクへの危機感、保全の責務増大をバックグラウンドにし、従来の定義では対応しきれない高度で広範なソリューションを求めることになるであろう。富士電機では、こういったニーズに的確かつタイムリーに応え、水環境市場に大きく貢献できるよう、さらに技術研鑽（けんさん）を図っていく所存である。

本特集号を発刊するにあたり、水環境分野の関係各位に誌上をお借りし厚くお礼申し上げますとともに、一層のご指導・ご支援をお願いする次第である。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。