

創業100周年記念特集シリーズ
社会・産業インフラシステム

日立グループの上下水道への取り組みと インテリジェントウォーター構想

—日本国内での実績と最新事例—

Hitachi Group's Activity Contributing to Safe and Secure Water in Water Supply and Sewage System

田中 孝司 **山田 顕寛** **土居 正浩**
Tanaka Takashi Yamada Akihiro Doi Masahiro

福江 一 **国井 光男**
Fukue Hajime Kunii Mitsuo

現代社会はさまざまなインフラシステムに支えられているが、生命の維持に不可欠な「水」はとりわけ重要である。日立グループは水にかかわる幅広いソリューションを、1世紀近くにわたり国内外に提供してきた。今後も、水循環の全体最適化に寄与する「インテリジェントウォーター」構想を踏まえて、上下水道のネットワークを支える技術をはじめ、水処理、ポンプ、サービスソリューションも含めたトータルソリューションを提供し、健全な水環境の実現・維持に貢献していく考えである。

1. はじめに

現代社会は電力、通信、水道、交通などの、さまざまなインフラシステムに支えられている。それらの中で「水」は、生命の維持に不可欠な点でとりわけ重要である。

日立グループは1世紀近くにわたり、水にかかわる先進技術や製品信頼性に基づいた、さまざまなソリューションを国内外に提供してきた。

ここでは、このうち日本国内の上下水道への貢献に焦点を当て、上下水道のネットワークを支える技術を中心に、水処理、ポンプ、サービスソリューションも含めた取り組みや実績、最新事例について述べる。

2. 上下水道事業への取り組みの変遷

1887(明治20)年に横浜で日本最初の近代水道が整備され、今年で123年を経た。国内の上下水道は高い普及率を実現し、高度な技術で世界に誇るレベルに達したが、経年化施設の更新や、技術職員の大量退職に伴う技術継承などの課題が顕在化している。施設の建設・拡張の時代から、適切な維持管理・サービス向上の時代へと移行し、水の安全・安心の確保や環境保全が懸案となっている。

時代背景や社会の要請により、国内上下水道の事業環境は大きく変遷してきた。このような中で日立グループは、

時代の要求に合致した、あるいは先取りした製品やシステムなどを市場に提供することで、上下水道の安全・安心や信頼性向上の一翼を担い続けてきた。

それらの中から、上下水道の水、情報およびエネルギーのネットワークを支える技術であるハードウェアとしての監視制御システム、ソフトウェアとしての制御・シミュレーション技術、情報・制御の統合化技術である広域情報監視システム、および上下水道の基盤製品である水処理設備やポンプの変遷について以下に述べる(図1参照)。

2.1 監視制御システム

上下水道の電気機器は、黎明期には開閉装置を直接操作して運転されたが、技術の発達とともに監視や制御を行うシステムが用いられるようになった。

1934年、東京市(現在の東京都)金町浄水場に納入した電気系統制御盤(監視盤)は、模擬母線によって電気系統の操作を行っており、機側運転者-配電盤監視者間で信号装置を用いることで、確実な操作を可能としていた。

制御技術としては、1948年に東京都淀橋浄水場に用いられたポンプの単独制御に始まり、1955年には大阪市庭窪浄水場にワンマン制御方式が採用され、中央監視盤からの自動制御化が行われた。

1960年代には上下水道に計装自動制御技術が活発に導入された。1965年に福岡市中部処理場に納入したシステムは、中央にアクリル貼(はり)り付け式グラフィックパネル監視盤と電子式工業計器を採用し、画期的なシステム構成であった。

本格的なデジタル計算機時代が到来した1970年代には、1971年に名古屋市犬山ポンプ場に制御用計算機HIDIC-100を導入し、計算機による自動制御とCRT(Cathode Ray Tube)監視操作を実現した。さらに1976年

(年)	1983~	1988~	1993~	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
市場・行政動向		-1991 プレッシュ水道計画 -1992 新水道水質基準制定 -1994 水道水源法制定 -1997 公共工事コスト縮減に関する行動計画				-2001 水道法改正				-2004 WHO飲料水 水質ガイドライン 改訂		水道ビジョン 下水道ビジョン	改訂	-2008 水安全計画 ガイドライン
	第5次	第6次	第7次	第8次下水道整備5ヵ年計画										
監視制御システム	AQUAMAX-100/200 AQUAMAX-1000 AQUAMAX-5000	AQUAMAX-S AQUAMAX-AZ/μ AQUAMAX-AZ/Rμ	AQUAMAX-AZ	AQUAMAX-AZ/RSμ AQUAMAX-AZ/RS AQUAMAX-AZ/R										AQUAMAX-DW AQUAMAX-AZ/SP
制御・シミュレーション技術	画像処理 応用ブロック 監視	AI ニューロ ンネットワーク 応用薬品注入 制御、需要予測	浄水オゾン 処理、情報 制御技術									浄水膜ろ過制御技術		リスク対応 薬品注入制御
	バルキング 予知対策	都市型洪水防止 ・雨水流量予測 ・予見ファジィ制御				下水道高度処理シミュレータ (省エネルギー、環境負荷低減)						ローエミッション 下水処理制御技術		
広域情報監視システム	多層ネット 水運用システム	配水コントロールシステム							水運用システム多目的最適化技術			環境負荷低減型水運用技術		
	下水道管渠(きよ) 光ファイバ利用 集中管理システム	WS版AQUAMAP					AQUA-Web							
		ポンプ場/排水機場広域管理システム・汚泥処理統合管理					PC版AQUAMAP・四次元GIS							
		光ファイバ心線管理システム					画像処理応用 AQUA-Fish・油膜検知							
													巡回点検支援システム	
													水道HACCPシステム	
														水質汚濁動向予測 汚染物流予測 水圏管理 リモートセンシング応用

注：略語説明 WHO (World Health Organization), AQUAMAX (日立上下水道監視制御システム), AI (Artificial Intelligence), WS (Workstation), AQUAMAP (上下水道向け地理情報システム), GIS (Geographic Information System), HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point)

図1 | 上下水道監視制御システムの変遷

日立グループの1980年代から現在までの主な監視制御システム製品、制御・シミュレーション技術、広域情報監視システムを示す。

に、広島市旭町下水処理場へAQUAMAXシリーズの初号機となる上下水道向け監視制御システム「AQUAMAX-80」を納入し、現在に至る基礎となった(図2参照)。

この後、AQUAMAXシリーズは、今日まで進化とラインアップの充実を重ねている。

1990年には電気・計装・計算機制御を統合化した、EIC (Electric Instrumentation Computer: 電気・計装・制御) 統合システム AQUAMAX-AZ を開発し、横浜市水道局西谷浄水場に初号機を納入した。さらにEIC統合システムは1997年にWindows^{※1)}アーキテクチャをいち早く採用したAQUAMAX-AZ/Rシリーズとして進化し、中規模事業所向けにAQUAMAX-AZ/RS、中小規模事業所向けにAQUAMAX-AZ/RSμ、広域管理システム向けとしてAQUAMAX-AZ/RWへとシリーズの充実を図った。

2008年には本格的な維持管理の時代を迎えた上下水事業に対応し、SP (Sustainable and Progressive: 段階的・持続的成長) をコンセプトとした監視制御システムの新シリーズAQUAMAX-AZ/SPをリリースした。このシリーズはWindowsクライアントとLinux^{※2)}サーバから構成されるクライアントサーバ型システムとした。

サーバは段階的増設や更新に柔軟に対応できるよう分散型構成とし、クライアントはサーバとのインターフェースを標準化するとともに、Microsoft .Net^{※1)}上にGUI (Graphic User Interface) を構築することでWindowsのバージョンアップに追従しやすい構成となっている。

また、基幹ネットワークにはギガビットイーサネット^{※3)}

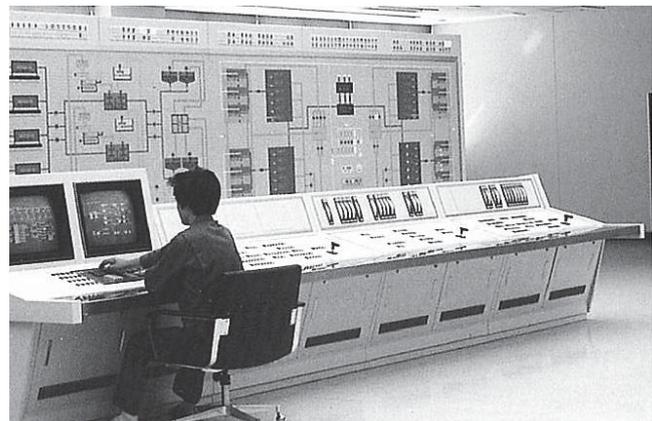


図2 | 広島市旭町下水処理場の「AQUAMAX-80」(1976年当時) 現在の日立上下水道専用監視制御システムAQUAMAXシリーズの初号機となる。以後のシステムコンセプトの基礎となった。

をベースとしたμΣNetwork-1000ギガビット情報制御LAN (Local Area Network) を採用し、広域統合化にも対応したシステムとしている。

2.2 制御・シミュレーション技術

上下水道の電気機器の運転操作は、初期には人間が装置の開閉器操作を直接行うものであったが、電子式計装機器やリレー回路の適用によって高度化が図られ、電子計算機の出現が大きな変革をもたらした。ハードウェアとしての監視制御システムの能力向上に伴い、ソフトウェアとして

※1) Windows, Microsoft .Netは、米国Microsoft Corporationの米国およびその他の国における登録商標または商標である。

※2) Linuxは、Linus Torvaldsの米国およびその他の国における登録商標または商標である。

※3) イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の登録商標である。

の制御技術も高機能化を図ってきた。

上水道システムでは、薬品注入制御メカニズムを解析して有効領域凝集制御を確立させ、1978年に宮城県大崎広域水道事務所に納入した。また、1980年代から1990年代にかけて画像処理応用フロック監視技術、AI (Artificial Intelligence) やニューラルネットワーク技術を適用した薬品注入制御、高度浄水処理の運転支援を目的としたオゾン反応モデルに基づくシミュレータなどを開発し、浄水プロセスにおける安全な水づくりに貢献した。

近年では、2005年～2007年に財団法人水道技術研究センターのe-Water II プロジェクトに参画している。高度シミュレーション技術を活用して、従来、膜ろ過浄水プロセスの適用が難しいとされてきた、水質変動が大きい表流水系への対応技術として、運転管理コストや環境負荷低減を図る制御技術と、独自の膜損傷検知方式による安全性確保技術を開発した。

一方、下水道システムでは、東京都下水道局三河島処理場での現地試験を経てDO (Dissolved Oxygen: 溶存酸素)、MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid: 活性汚泥浮遊物) 制御のオンライン化に成功した。このプロセス制御技術を1976年に、前述の広島市旭町下水処理場に適用した。また1990年代には、下水道高度処理運転支援システムA2O (Anaerobic Anoxic Oxidation) シミュレータの開発などにより、下水プロセスの省力化と処理水質の安定化に貢献した。

1993年には、東京都下水道局小松川ポンプ所に降雨予測、幹線流入予測、予見ファジィ制御から成る雨水ポンプ運転支援システムを納入し、都市型洪水防止を目的としたRTC (Real Time Control) システムの先駆けとなった。

さらに、近年注目される環境問題に対しては、下水処理場における環境負荷、水質目標、運転コストを、運転制御によって最適化することで、地球温暖化に寄与するCO₂やN₂Oの発生量を低減できるローエミッション下水処理制御技術を開発し、実証を進めている。

2.3 広域情報監視システム

日本では戦後の高度成長期の人口増加や生活水準の向上、居住域の拡大に対応し、多くの上下水道施設が整備された結果、限られた人員で複雑なシステムを効率的に運用することが必要となった。

日立グループは、情報と制御の統合化によってこの要求に答えてきた。例えば、1975年には日本初の水道トータル管理システムを横浜市から受注した。このシステムは水道の全施設を監視して運用情報を一元管理するとともに、需要予測に基づく配分計画を行い、効率的で安定的な施設運用をめざすものである。このシステムはその後更新を重

ね、日々の水運用計画立案に貢献している。

また、1981年には高松市水道局へ水道配水コントロールシステムを納入した。オンラインで管網計算処理を実行し、市内全域で最適圧力となるようにバルブ操作のガイド表示を行うシステムである。1996年から運用を開始した柏市水道部納入のシステムは、この技術をさらに発展させたもので、口径100 mm以上の配水管網のリアルタイム管網解析により、配水圧力を適切に保つために各水源地からのポンプ吐出し圧を制御している。

給水台帳や下水道台帳などの、管路維持情報の高度化への要求に対しては、管路情報システム「AQUAMAP」を開発し、1989年に山形県東根市に納入した。このシステムはコンピュータマッピング技術を応用し、管路網や地形などの図形情報と属性情報をデータベース化し、検索・集計などのほか、工事設計支援や工事に伴う断水区域表示など幅広い応用技術を有している。

日立グループは、2008年5月に厚生労働省から発行された「水安全計画策定ガイドライン」に先駆けて、HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) 手法を応用した水安全管理システム (水道HACCP) を開発した。水道事業体の水安全計画策定を支援し、「安全でおいしい水」への要求にも貢献する。

下水道分野では、東京都が推進する下水道管渠 (きょ) 光ファイバネットワーク「ソフトプラン (Sewer Optical Fiber Teleway Network PLAN)」整備に中核企業として参加している。ソフトプランは施設の運転情報データ以外にも、雨量情報・画像情報・設計積算システム・都庁ネットワークシステムとの接続など、情報インフラとしての重要な役割を果たしており、近年は当初のATM (Asynchronous Transfer Mode) 網から、L (Layer) 3スイッチネットワークへと段階的に進化しつつある。

2.4 水処理およびポンプ設備

上下水道システム全体を人体に例えれば、上下水道のネットワークを支える技術は頭脳や神経系に相当するものだが、日立グループは、いわば手足に相当する基盤製品であるポンプや水処理設備においても長年にわたり貢献し続けてきた。

ポンプ設備は、日立グループの中でも最も歴史ある製品のひとつである。昭和初期までは、信頼性が必要な用途には、欧米製品が採用されていたが、日立グループは低揚程大流量仕様に対応した軸流ポンプを開発するなど国産技術の開発を進め、水道をはじめ一般産業や炭鉱向けに採用されるようになった。

1964年8月には、利根川水系の拡張事業に伴い新設さ

れた東京水道局朝霞浄水場内に水道用ポンプとして当時国内最大の原水連絡ポンプを納入した(立軸タービンポンプ: 吐出し量4.14 m³/s, 全揚程 120 m, 電動機出力6,200 kW)。異常渇水対策として突貫工事が行われたが、顧客とともに日立グループ全社が総力を結集し、1964年10月の東京オリンピック開催前に引き渡すことができた。

1970年代以降、ポンプの大型化、効率化はいっそう進み、回転数制御などによる運用の多様化も進んだ。1974年には建設省(現 国土交通省)三郷排水機場、1976年には新芝川排水機場、1980年には松戸排水機場に当時国内最大級の単機容量を持つポンプを納入した。1980年代以後も継続的な国内公共投資に対応し、現在に至るまで上下水、排水、灌漑(かんがい)などの用途に対応したポンプの生産を続けている。

一方、水処理設備に関しては、水源浄化、上水道、下水道、産業排水処理などの幅広い分野に製品、システムを提供してきた。

湖沼や河川などの水圏浄化に関しては、1980年代より水源の攪拌(かくはん)やばっ気、揚水などに対応した機器やシステムを提供している。また、凝集磁気分離法による水質浄化システムを開発し、設備がコンパクトである利点を生かし、船舶のバラスト水浄化システムにも応用している。

近年では包括固定化担体による硝化促進法や、膜分離活性汚泥法による水処理・水再生システムを開発し、上下水道を含む、水処理への多様な要求に対応している。

3. 最近の取り組み事例

近年の取り組みの中から、上下水道ネットワークを支えるシステムや維持管理に関する代表的事例を紹介する。

3.1 浄水場監視制御システム

大阪市の水道は1895年に日本で4番目の近代水道として発足した。柴島浄水場は1914年に通水を開始した同市で最も歴史のある浄水場である。給水能力は118万m³/日を有し、市内中部・北部・北西部へ給水している。

柴島浄水場の監視制御システムは、従来、上系施設と下系施設それぞれに設置されていたが、今回は一津屋取水場の遠方監視制御を含め、AQUAMAX-AZ/SPを使った総合管理システムの導入を行い、2010年4月から運用を開始した。

このシステムはLCD(Liquid Crystal Display)クライアント監視装置6台、サーバ4台、大型表示装置(50インチ×9台マルチ)、PCS(Process Control Station)コントローラ23台(二重化)および周辺装置から成る大規模システム



図3 | 大阪市柴島浄水場の監視制御システム

新世代監視制御システムAQUAMAX-AZ/SPで構成されている浄水場である。

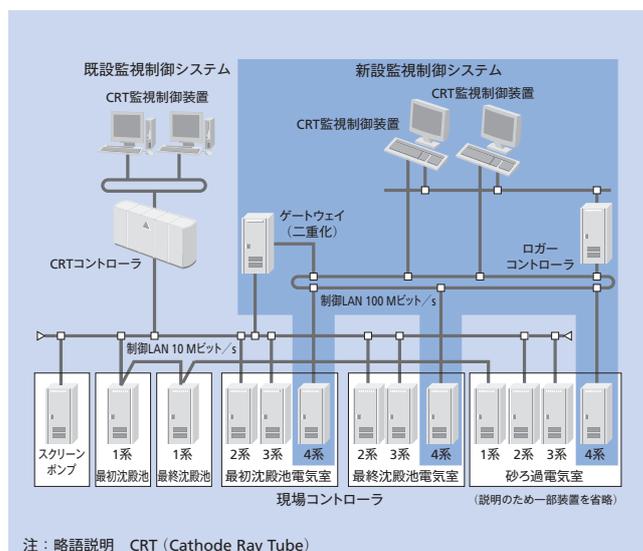
であり、伝送路を含めて完全二重化され、高い信頼性を確保している(図3参照)。

3.2 下水処理場監視制御システム

下水処理場の段階的な整備においては、既存のシステムと新設・増設システムとの接続が必要になる場合がある。

愛知県矢作川浄化センターは1992年に運用を開始して以来、4市4町に順次供用を開始しており、これに合わせて設備の増設を繰り返してきた。2003年には水処理系統の増設に伴い、新世代監視制御システムを増設した。この際に旧システムと新システム間はゲートウェイにて接続され、シームレスな接続を実現している(図4参照)。

職員による現場巡視時には、プラントや機器の状態、および来歴確認のため、監視制御システムのデータベースにアクセスしたいとのニーズがある。



注: 略語説明 CRT (Cathode Ray Tube)

図4 | 愛知県矢作川浄化センターの監視制御システム構成概要

伝送速度やプロトコルが異なる旧世代システムと新世代システム間をゲートウェイで接続した。新世代システムへの段階的増設や更新が可能である。

福岡市中部水処理センターは、1966年に供用開始した福岡市で最初の処理場である。2008年にリニューアルした監視制御システムは、プラントの状態や来歴をデータベースからWebサーバと無線アクセスポイントを経由し、巡回職員のPDA (Personal Digital Assistant) 端末に配信できる構成となっている。時間や場所にとらわれずに必要なデータの確認を可能とし、保守・メンテナンス性の大幅な向上を図った (図5参照)。

3.3 広域監視制御システム

運転管理統合化の代表事例として、大阪府浄水場統合遠隔監視制御システムがある。大阪府水道部は淀川を水源とし、4か所の浄水場・19か所のポンプ場・7か所の浄水池を有し、大阪市を除く府下42市町村への上水および工業用水の送水を行っている。この浄水場4か所のうち3か所を、庭窪浄水場に設置されている遠隔監視制御システムより集中監視制御を行っている。このシステムは2006年から全面運用開始している (図6参照)。

広域水運用の代表例としては、2007年12月から運用を開始した横浜市水運用システムがある。このシステムは水道局全施設を統合管理するものである。日々、市内の配水ブロック26か所の需要予測を行い、取送水計画を立案して市内4か所の浄水場に配信する。また需要予測値と最新の配水情報により、配水池やポンプ場の運用計画を立案する。さらにWebによる情報配信機能を有し、市内38か所の情報端末へ、施設状況・運転監視などの情報を配信している。需要予測に日立独自の手法である多層ネットワークとQRS (Quasi-optimal Routing System) 法の考え方を併用することで、計画流量の急な変動や運転制約条件を十分に運用計画に反映させ、適用率100%を目標としている (図7参照)。



図5 | 福岡市中部水処理センターの中央監視制御システム
リニューアルされた中央監視制御システムと無線アンテナ (写真右上) を示す。



図6 | 大阪府庭窪浄水場の統合遠隔監視制御システム
庭窪浄水場のほか、大庭浄水場、淀川対岸にある三島浄水場を統合管理するシステムである。

3.4 サービスソリューション

国内上下水道事業は、規模拡張から維持・持続の時代へと移行しており、PPP (Public-private Partnership:官民連携) による民間活力導入が徐々に進んでいる。

日立グループは、製品納入、アフターサービス、技術開発の経験を基に、PPP領域でのサービスソリューション提供にも取り組んでいる。ファイナンス、施設の設計・建設から長期維持管理までを行うPFI (Private Finance Initiative)、浄水場の運転監視操作・保守管理・ユーティリティ調達などを一括して受託する包括委託、浄水場の運転監視などを行う部分委託などの実績があり、関東、中部、関西地区を中心にPPPへの取り組みを進めている。

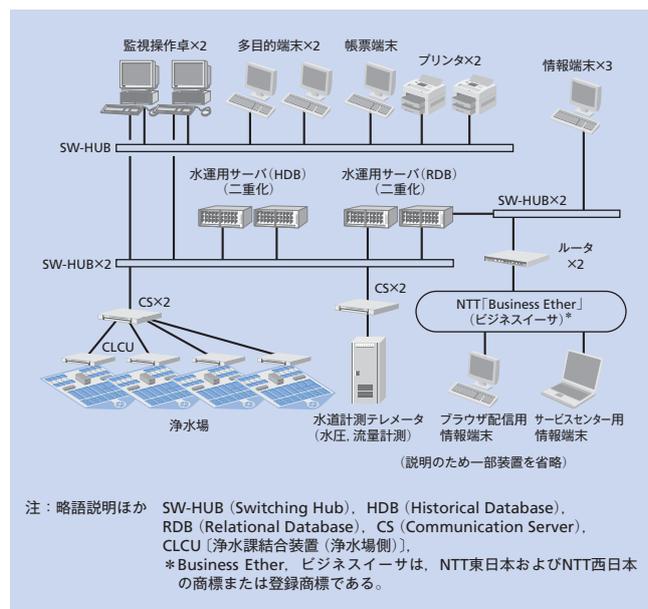


図7 | 横浜市水運用システムの全体構成
システムの全体構成を示す。監視操作卓・水運用サーバ・コミュニケーションサーバなどの主要な装置は二重化されている。また、市内に点在するサービスセンターなどへ、オンライン情報をリアルタイムで配信し、情報の共有化を図っている。

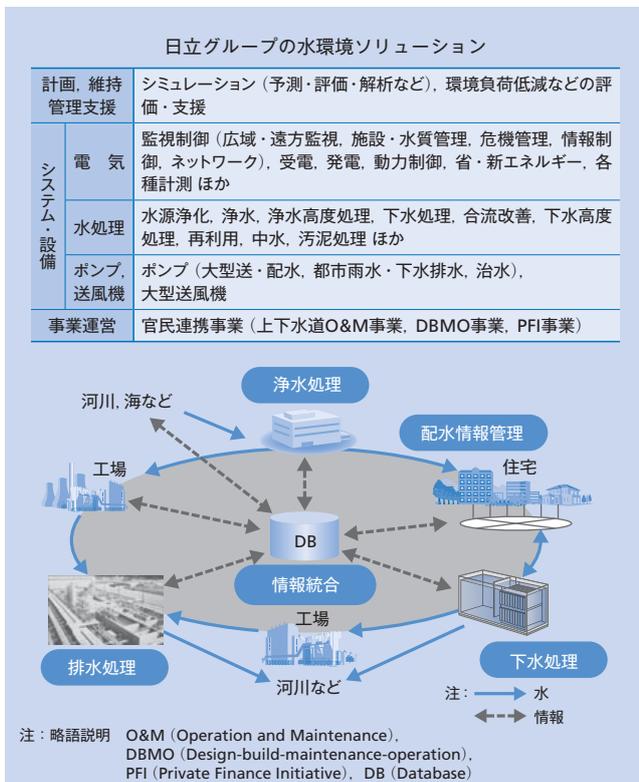


図8 | 総合水環境システム「インテリジェントウォーター」のコンセプト
日立グループが保有するさまざまな水環境ソリューションを、情報技術により有機的に連携させることで、都市や地域における水環境の全体最適化をめざす。

今後もサービスソリューションの提供を通じて上下水道ネットワークの持続的発展を支え、健全な水環境に貢献していく。

4. おわりに

ここでは、上下水道のネットワークを支える技術を中心に、水処理、ポンプ、サービスソリューションも含めた取り組みや実績、および最新事例について述べた。

日立グループは、現在、環境、情報、安全・安心などの技術により社会インフラの変革を担う「社会イノベーション事業」を推進している。上下水道を含む水環境分野もその一翼を担っており、グループで幅広く保有する製品、システム、サービスなどの水環境ソリューションを、情報技術を活用して有機的に統合し、水循環の全体最適化を図る「インテリジェントウォーター」構想の実現をめざしている。

具体的には、水循環を個々の施設や機器ではなくネットワーク全体の視点からとらえ、水、情報、エネルギーを一体的に管理しようとする構想である。例えば都市や流域単位での水循環の最適化や、需給の情報に応じたよりきめ細かな水運用、さらには経営効率化などに寄与できると考えている(図8参照)。

国内の上下水道事業には、経年化した施設の適切な維持・更新や、技術の継承などのさまざまな課題があり、事業の広域化や民間活力の導入が徐々に進んでいる。また、高度な上下水道技術による国際貢献を、官民で連携して推進する機運も高まっている。時代のさまざまな要求に対し、日立グループは、「インテリジェントウォーター」構想の下、今後も積極的に応えていく考えである。

* 機場名は納入当時の名称としている。

参考文献など

- 1) 日立製作所 大みか工場：日立制御技術の歩み(1979.8)
- 2) 日立製作所 情報制御システム事業部：変革の時代に向けて(2009.9)
- 3) 野本：総合システム工場をめざして、日立評論、91、10、742~749(2009.10)
- 4) 柏市水道部、<http://suido.city.kashiwa.lg.jp/index.asp>
- 5) 三角：世界の水環境・社会基盤を支えるポンプ、日立評論、90、9、710~715(2008.9)
- 6) 矢作川浄化センター、http://business3.plala.or.jp/awg/hp_gesui/center/yahagi.html
- 7) 福岡市道路下水道局、<http://gesui.city.fukuoka.lg.jp/>
- 8) 大阪府水道部、http://www.pref.osaka.jp/bu_suido/
- 9) 横浜市水道局、<http://www.city.yokohama.jp/me/suidou/>
- 10) 内田、外：水の安全・安心に貢献する日立グループの水環境への取り組み、日立評論、91、8、625~629(2009.8)

執筆者紹介



田中 孝司

1981年日立製作所入社、社会・産業インフラシステム社 社会システム事業部 社会制御システム本部 電機システム統括部 所属
現在、水環境分野における電機システムトータルソリューション業務に従事



山田 顕寛

1983年日立製作所入社、社会・産業インフラシステム社 社会システム事業部 社会制御システム本部 電機システム統括部 所属
現在、水環境分野における電機システムトータルソリューション業務に従事
環境システム計測制御学会会員、電気学会会員



土居 正浩

1992年日立製作所入社、社会・産業インフラシステム社 社会システム事業部 社会制御システム本部 サービス事業推進部 所属
現在、水サービス分野の事業推進に従事



福江 一

1974年日立製作所入社、情報制御システム社 電機制御システム本部 社会制御システム設計部 所属
現在、上下水監視制御システムの設計および開発取りまとめに従事



国井 光男

1976年日立プラント建設株式会社(現 株式会社日立プラントテクノロジー)入社、環境システム事業本部 事業企画本部 所属
現在、水処理システム事業に従事
技術士(上下水道部門)