

社会インフラの持続的発展に貢献する 水環境ソリューション

舘 隆広
Tachi Takahiro

千葉 直利
Chiba Naotoshi

田中 孝司
Tanaka Takashi

健全な水環境を維持するために

人々の日常生活や企業の経済活動は、さまざまな社会インフラに支えられている。その中で「水」は、生命に不可欠な点で重要であるが、健全な水環境や効率的な水循環を維持していくためには、解決しなければならぬさまざまな課題がある。

日立グループは、IT (Information Technology) を最大限に活用することで社会インフラを革新していく、「社会イノベーション事業」を推進しており、水環境分野の課題解決(水環境ソリューション)への活動もその一翼を担っている。具体的には水源保全、治水、上下水道、水資源確保(造水や水再生)、排水処理などの課題に対し、製品・システムやサービスによる解決に取り組んでいる。

また、近年では、異なる社会インフラの連携による資源やエネルギー利用の効率化も注目されており、例えば水と電力の連携による電力利用の効率化などが検討されている。

本稿ではこの特集号全体を俯瞰(ふかん)し、まず水環境に関わる国内外の動向を概観する。そのうえで社会インフラの持続的な発展に貢献する、「水環境ソリューション」の事例を紹介する。

世界と日本の水環境

水環境と水資源の現状

地球上には約14億km³の水が存在するが、人々が飲み水や日常生活などに利用できる淡水は、その中のわずか0.01%と考えられている¹⁾。しかも地球上に偏在しており、低緯度地域を中心に渇水の悩みを抱える地域が存在する。

また、経済発展や生活水準の向上に伴う、水資源不足や水質汚染も課題である。世界の地域別取水量はアジアなどで顕著な増加が見込まれ、2025年には2000年の1.3倍に達すると推計されている²⁾。

一方、近年の日本では一部の地域を除き渇水は深刻化していないが、農産品の輸入が水の間接的な輸入に当たるとの考え方もあり、海外の水資源不足と無関係とは言えない。また、局所的な集中豪雨や浸水の被害が頻発しており、雨水の排水も含めた水資源管理が求められている。

水環境事業の動向

世界の水環境事業の市場規模は、2007年の36.2兆円が2025年に86.5兆円まで増大すると予想されている¹⁾。その9割弱は上下水道で、うち4~5割が管理・運営と見込まれる。残る1割強は海水淡水化・工業・再利用であり、市場の成長が期待されている。

上下水道の市場は、欧州や現地の企業などによる事業運営分野の競争が活発であ

る。そのため、海外実績の少ない日本企業は、それぞれの国や地域の課題を把握し、その解決に貢献しつつ、設計・建設・維持管理などの全体の経験を蓄積し、事業を徐々に拡大していくことが考えられる。また、成長が期待される海水淡水化や水の再利用の市場では、日本企業が得意とする膜処理や効率化の技術による貢献が期待される。

一方、日本国内では2013年度末に水道普及率が97.7%、下水道普及率が77.0%に達し、上下水道市場は既存施設の更新や維持管理が中心である。水道や下水道の資産を健全な形で次世代に引き継ぐためには、経年化施設の適切な更新や維持管理、熟練職員の大量退職に備えた技術の継承、事業の統合や広域化による経営の効率化、人口減少や生活様式の変化による水需要減少への対応など、さまざまな課題がある。

この現状を踏まえ、厚生労働省は2013年3月に「新水道ビジョン」、国土交通省は2014年7月に「新下水道ビジョン」を公表し、水道や下水道の長期的な理想像や、課題解決の方向性、関係者の役割分担などを提示した。また、2014年4月には水循環関連施策を総合的・一体的に推進するため、水循環基本法が公布された。

水環境ソリューションの概要

水環境分野の課題解決を通じて社会インフラの持続的な発展に貢献するため、日立グループでは「水環境ソリューション」の提案活動を進めている。さまざまな製品やシステムを適切に組み合わせ、維持管理や事業運営などのサービスとも連携させた、総合的な課題解決をめざしている。

また、都市や流域単位で水資源や水関連施設を適切に管理し、全体で最適化するための基本的な考え方として「インテリジェントウォーターシステム」の構想を提案した。これは情報通信技術 (IT) や制御技術を広域的に活用し、課題を解決しようとするもので、信頼性の向上や、運営管理の効率化、環境負荷低減などに貢献していく考

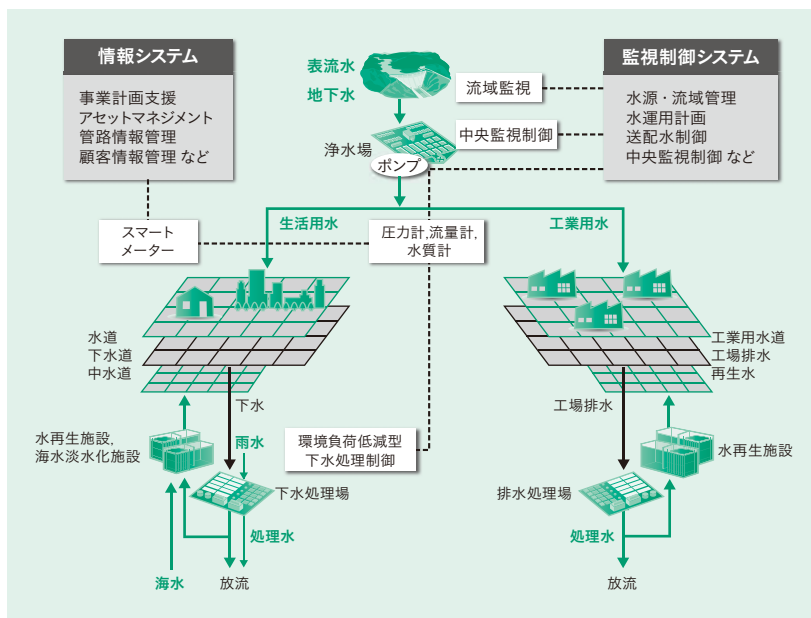


図1 | インテリジェントウォーターシステムの例

水処理システムと情報制御システムの連携により、都市や流域の水循環最適化に貢献する。

えである。そのシステムと構成要素の例を図1と表1に示した。

日本国内での水環境ソリューション

ここでは、日本国内での上下水道の課題解決に貢献するための取り組みを、3つの視点から紹介する。

(1) 安全・安心への貢献

日本国内の水道では、蛇口から直接飲用できる品質の水が、24時間365日供給されている。水質安全に貢献する技術として、浄水場での凝集剤などの薬品注入制御を、原水水質の急変時にも熟練職員の手動介入に頼ることなく、自動で対応可能とす

表1 | インテリジェントウォーターシステムの構成要素

さまざまな技術やシステム、サービスを連携させて、インテリジェントウォーター構想実現への取り組みを進めていく。

分野	システムやサービスの例	導入効果の例
事業運営	<ul style="list-style-type: none"> システム計画エンジニアリング 事業計画支援システム アセットマネジメント (EAM) 管路図面管理 顧客情報管理 料金管理 スマートメーター活用 	<ul style="list-style-type: none"> 経営効率化 投資平準化 サービス向上
水運用	<ul style="list-style-type: none"> 流域シミュレーション 水運用 (計画) 配水コントロール 	<ul style="list-style-type: none"> 水の安定供給 環境負荷低減
治水	<ul style="list-style-type: none"> 洪水シミュレーション 雨水排水 	<ul style="list-style-type: none"> 安全な水環境
水処理制御	<ul style="list-style-type: none"> 監視制御 水安全管理 運転委託サービス 	<ul style="list-style-type: none"> 信頼性向上 効率の向上
水処理設備	<ul style="list-style-type: none"> 浄水設備 排水処理設備 膜処理設備 下水処理設備 海水淡水化設備 	<ul style="list-style-type: none"> 信頼性向上 効率の向上

注：略語説明 EAM (Enterprise Asset Management)

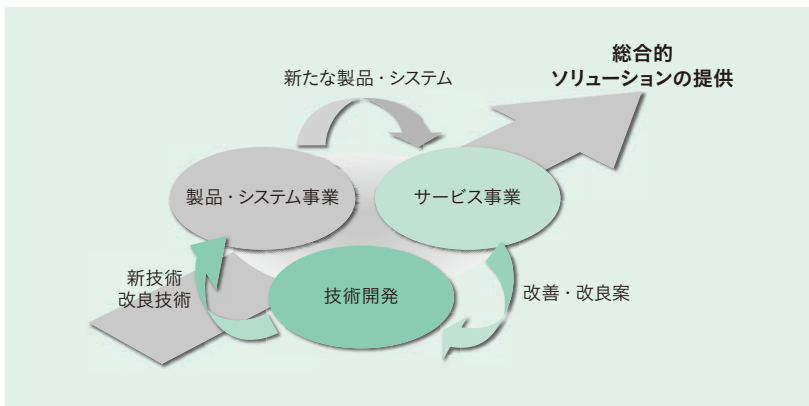


図2 | 技術開発、製品・システム事業、サービス事業の連携イメージ
各事業の連携により、質の高いサービスソリューションの提供をめざしている。

(a) 適応共鳴理論

情報処理モデルの中で、学習のための見本パターン（教師）のないカテゴリ学習に用いられる自己組織型ニューラルネットワークモデル。一般的に、ニューラルネットワークの学習では、新しい入力パターンを学習すると過去の記憶（カテゴリ）が失われ、過去の記憶の保持を重視すると新たな学習が困難になるという問題がある。適応共鳴理論では、入力と記憶の整合度を、基準となるパラメータと比較して分類し、その結果に基づいてカテゴリを適応的に生成・拡大することによってこの問題を克服しており、近年、パターン認識、分類モデルとして注目されている。

(b) 高速凝集沈殿法

水中のコロイド状微粒子や懸濁物質を、塊状にし沈殿させる凝集沈殿プロセスにおいて、2種類の凝集剤を添加し、沈殿スピードを高速化した水処理システム。

(c) 膜分離活性汚泥法

生物処理法と膜による固液分離を組み合わせた高度な水処理システム。従来の生物処理法（活性汚泥法）では、反応槽で微生物と汚水を反応させた後、最終沈殿池で汚泥を沈殿させて取り除くため、設備規模が大きくなるという課題がある。膜分離活性汚泥法は、沈殿法ではなく微細な穴を持つろ過膜を通して汚泥を分離するため、設備規模を小さくでき、処理水の安全性も高い。

(d) 包括固定化技術を用いたアナモックス処理システム

汚水中から窒素を除去する嫌気性アンモニア酸化細菌（アナモックス細菌）を、高分子ポリマーの中に封じ込めた「包括固定化担体」を用いることにより、省スペース、省エネルギー、かつ安定した窒素除去処理を可能にした高度処理プロセス。

(e) 膜ろ過方式

従来の凝集・沈殿・ろ過という急速ろ過方式に代わり、膜を使ったろ過によって連続的な浄水処理を行う方式。水道水の消毒に広く用いられる塩素に、耐性を持つ病原性原虫への対策としても有効であり、安全・安心な浄水方式として普及が進んでいる。膜の材質や形式は各種あり、それぞれ特長が異なる。

るシステムを提供している。システムの制御可能領域を拡大することで、熟練技術職員減少の課題に 대응できるものである。

水質分析においても、オンサイト（その場）での多項目水質分析をリアルタイムで実現可能な、小型水質計の開発を進めている。急激な水質変化にも対応できる、より安全・安心な水道供給に貢献する考えである。

インフラ関連設備の故障は、人々の生活や産業に大きな影響を及ぼす場合がある。経年劣化などによる故障に迅速に対処するため、設備や機器の運転データや**適応共鳴理論**^(a) [ART (Adaptive Resonance Theory)] を用いた統計処理による、故障予知・回復支援技術を開発中である。また、制御システムのサイバーセキュリティ強化や、水インフラ施設への不審な人・物の侵入を防ぐフィジカルセキュリティ技術の提供も行っている。

東日本大震災を契機として社会インフラの災害対策強化が求められているが、下水道においては災害時の応急復旧用仮設備として、**高速凝集沈殿法**^(b) や**膜分離活性汚泥法**^(c) による水処理装置を開発し、実証を進めている。

制御セキュリティや上下水道の危機管理については、国際規格の整備が進んでいる。日立では産官学と連携し、これらの国際標準化活動への参画や認証取得の取り組みも進めている。

(2) 環境負荷低減や効率化への貢献

環境保全や省エネルギー、事業運営の効

率化も課題である。水道においては水運用計画システムを提供しており、水道事業者における日々の水運用効率化に貢献している。

資産管理（アセットマネジメント）に関しても、ライフサイクルコスト評価に基づく水道管路の更新支援や、漏水分布の推定などの技術を開発しており、維持管理の効率化や更新費用の低減などに貢献していく。

下水・排水処理においては、**包括固定化技術を用いたアナモックス処理システム**^(d)

の産業排水処理への導入や、新たな硝化運転制御技術の実証など、水処理と運転制御の両面で環境負荷低減や効率化に取り組んでいる。

(3) 事業運営や維持管理への貢献

日立グループでは水道事業者との官民連携 [PPP (Public Private Partnership)] による事業運営への貢献を、部分委託、包括委託、PFI (Private Finance Initiative) などさまざまな形態で行っている。

東京都水道局の朝霞浄水場・三園浄水場での常用発電設備等整備事業（20年間のPFI事業）は11年目を迎え、引き続き当該事業による両浄水場への貢献に努めていく。また、北海道夕張市では、**膜ろ過方式**^(e) による浄水場の建設と運転管理が一体となったPFI事業を推進中である。

維持管理業務においては、携帯端末を用いた点検システムや設備管理システムなどの導入による効率化を進めている。新たな製品・システムの導入によるサービス事業の効率化と、そこで得られた改善・改良案を技術開発に反映させるシナジー効果を発揮することにより、質の高い総合的なソリューションの提供をめざしている（図2参照）。

グローバル水環境ソリューション

水問題は食料問題やエネルギー問題と密接につながる国際的な課題でもあり、民間企業のみならず国や政府機関なども関わっている。水ビジネスの市場獲得競争が激化して

このような状況下において、日立グループは官民連携や国内外企業との協力により、グローバル水環境の課題解決への活動を加速している。以下にその事例を紹介する。

(1) 上下水道事業

上下水道においては、2010年からMale' Water and Sewerage Company Pvt. Ltd. (MWSC、マレ上下水道株式会社)の経営に参画し、モルディブの上下水道事業全般の合理化に取り組んできた。現在、MWSCでは、施設内にある井戸からくみ上げた地下水から淡水を生成する、**逆浸透[RO (Reverse Osmosis)]膜^(f)**を活用した海水淡水化装置8ユニットが稼働している。そこでは徹底した水質管理が行われ、人口11万人のマレ島全域に安全な水道水が提供されている。また、淡水化された水はボトル水としても出荷・販売され、人々の暮らしをより豊かにしている(図3参照)。日立グループは引き続きモルディブの水環境の課題解決に貢献し、その経験を他の事業にも生かしていく考えである。

(2) 大型海水淡水化事業

水資源不足の解決方法として、日立グループでは海水淡水化事業に注力している。地球上の低緯度地域を中心とした物理的な渇水地域や、人口増加や経済発展により水需要が逼(ひっ)迫する経済的な渇水地域の拡大が懸念されている。海水淡水化はそれらの有効な解決策の一つであるが、省エネルギーや建設・運転費の低減が課題

である。

日立グループは、内閣府の最先端研究開発支援プログラム[FIRST (Funding Program for World-Leading Innovative R&D on Science and Technology)プログラム]の「**Mega-ton Water System^(g)**」や、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構[NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization)]の「**省水型・環境調和型水循環プロジェクト^(h)**」に参画して、将来の市場拡大が見込まれる大型海水淡水化プラントの開発実証を、産官学で連携して推進した。その結果、従来の海水淡水化システムに比べ30%以上の省エネルギー、低コスト化を達成した。海水淡水化プロセスに下水処理プロセスの一部を利用することで、放流水の塩分濃度を低減し、環境負荷低減にも寄与するシステムであり、水資源不足の地域に対応した水処理施設として導入が期待される。

2015年5月には、東レ株式会社と日立製作所が、サウジアラビア王国の海水淡水化公社Saline Water Conversion Corporationおよび、水・エネルギー関連企業Abunayyan Trading Company Limitedとの間で、「Mega-ton Water System」の実証に向けた覚書を締結した。省エネルギーに貢献する低圧RO膜や、RO膜圧力容器の二段分割配置により高効率化を図るシステムなどの先進技術開発の経験を踏まえ、低環境負荷、低コストの大型海水淡水化プラン

(f) 逆浸透膜

孔径1 nm以下の微細な穴を持ち、水は通すが、塩分などの不純物は透過しない性質を持つ膜のこと。逆浸透膜で塩分濃度の異なる水を仕切ると、通常の浸透現象では塩分濃度の低い側から高い側へと水が移動するが、塩分濃度の高い側に浸透圧以上の圧力をかけると、逆に水だけが濃度の低い側へ透過する。この逆浸透の原理を水処理膜に応用し、海水淡水化などに利用されている。

(g) 「Mega-ton Water System」

2009年度～2013年度に実施された最先端研究開発支援プログラムのテーマの一つ。深刻化する世界的な水問題解決に貢献するため、省エネルギー、低環境負荷、低コストの大規模海水淡水化システムの基幹技術の研究開発に、日立・東レなどの民間企業や大学など31の組織が取り組み、研究目標を達成した。2015年より、その成果を基にしたパイロット実証が行われる計画である。

(h) 「省水型・環境調和型水循環プロジェクト」

日本が強みを持つ水処理・水資源管理技術をより高度化するため、省エネルギーで環境負荷低減に貢献する技術の開発をめざし、2009年度～2013年度に実施されたプロジェクト。水循環要素技術として、革新的膜分離技術の開発、省エネルギー型膜分離活性汚泥法技術の開発、有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発、高効率難分解性物質分解技術の開発が行われた。また、水資源管理技術の国内外への展開に向けた実証、調査が行われた。



図3 | モルディブでの水道事業参画

日立グループは、モルディブのMale' Water and Sewerage Company Pvt. Ltd.の経営に参画している。飲用ボトル工場が海水淡水化設備に隣接している。

ト（100万m³/日規模）の早期実用化をめざす。

(3) 新たな事業展開

日立グループは、海外企業との連携によるソリューション提案力の強化・拡大も進めている。

水処理会社Veolia Water Solutions & Technologies SAと日立製作所は、2014年4月に水インフラプロジェクト協業の覚書を締結した。中東、アフリカ、アジア地域の上下水処理や海水淡水化などのプロジェクトに対し、案件ごとに共同で事業展開を進める。また、同社のEPC (Engineering, Procurement, Construction)、O&M (Operation and Maintenance) ノウハウやセールスチャネルを活用していく。

2015年1月には、日立製作所がシンガポールの水処理設備・エンジニアリング会社Aqua Works and Engineering Pte. Ltd.を買収した。同社の有する噴水やプールなどの水景観設備に、Hitachi Aqua-Tech Engineering Pte. Ltd.のRO膜システムを組み合わせることで、東南アジア地域での総合提案力を強化する。

さらに、新たに取り組みを進めている事業分野として、オイル&ガス分野の水処理

がある。オイル&ガス業界では環境規制が年々強化され、石油やガスとともに産出される随伴水の処理が課題となっている。

また、石油の生産量を増進させるために、油層に水を圧入する掘削方法（水攻法）では、スケール（堆積物）の原因となる硫酸塩を除去する必要があり、硫酸塩除去装置 [SRU (Sulfate Removal Unit)] のニーズが拡大している。さらに、洋上油田などで必要とされる水処理設備は、設置場所や電源の制約があり、要求性能を満足するためには特別な仕様が要求される。

日立グループでは、豊富な水処理技術の知見を基に、オイル&ガス業界特有の課題に対応したソリューションを提供することで、新たな事業に取り組んでいる。

安全・安心で持続可能な水環境に貢献

水環境に関わる国内外の動向と、「水環境ソリューション」への取り組みを概観した。日立グループは長年にわたる経験と幅広い実績を基に、引き続き安全・安心な水環境、さらには社会インフラの持続的な発展に貢献していく考えである。

参考文献など

- 1) 経済産業省：水ビジネス国際展開研究会報告書（2010.4）
- 2) WORLD WATER RESOURCES AND THEIR USE a joint SHI/UNESCO product（世界の水資源とその利用共同プロジェクト）,
<http://webworld.unesco.org/water/lhp/db/shiklomanov/>

執筆者紹介



館 隆広

日立製作所 インフラシステム社 水・環境ソリューション事業部
所属
現在、国内外の水環境事業および研究開発統括業務に従事
環境システム計測制御学会会員、触媒学会会員



千葉 直利

日立製作所 インフラシステム社 水・環境ソリューション事業部
社会システム本部 事業企画部 所属
現在、国内水環境事業の統括業務に従事



田中 孝司

日立製作所 インフラシステム社 水・環境ソリューション事業部
グローバル水ソリューション本部 事業企画部 所属
現在、海外水環境事業の統括業務に従事