

Overview

水環境ソリューションの概要と今後の展望

舘 隆広 | Tachi Takahiro

奥野 裕 | Okuno Yutaka

武本 剛 | Takemoto Takeshi

鈴木 朋子 | Suzuki Tomoko

大西 真人 | Onishi Makoto

1. はじめに

社会を支えるさまざまなインフラの中で、「水」は生命の維持に不可欠という点で最も重要な基盤の一つである。しかし、日本を含む先進国においても、経済発展や人口増加が顕著な新興国・開発途上国においても、健全な水環境や水循環を持続するためには多くの課題がある。

世界では7億人が安全な飲料水にアクセスできず、24億人が衛生的なトイレを利用できないと推定されている。そのため、国連の持続可能な開発目標（SDGs：Sustainable Development Goals）では、17の目標のうちの1つに「目標6：すべての人々に水と衛生へのアク

セスと持続可能な管理を確保する」を掲げた¹⁾。それ以外の目標に包含される水の課題も含めて、2030年までの達成を目標に活動が進められている（表1参照）。

日立グループは、長年にわたり培ってきたプロダクトやシステムとともに、OT（Operational Technology：制御・運用技術）とIT（Information Technology：情報技術）を連携させて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いる。顧客との「協創」を通じた、課題の解決や新たな価値の提供をめざしており、その一環としてIoT（Internet of Things：モノのインターネット）プラットフォームLumadaを活用した情報の分析・活用によるソリューション提案にも注力している。

その一翼を担う水環境分野の課題解決への取り組み

表1| SDGs（Sustainable Development Goals：持続可能な開発目標）と水環境の関連

水は生命に必須であり、SDGsの目標6のみならず、17の目標の多くに直接的・間接的に関わりがある。本表ではそれらの一部を例示した。

SDGsの目標	水に関わるターゲット
水に関わる目標	
目標6 すべての人々に水と衛生へのアクセスと持続可能な管理を確保する	安全な飲料水と下水、衛生施設への衡平なアクセス、水質改善、水の効率的利用、統合水資源管理、生態系保護、国際技術協力、水衛生管理の地域支援
水に関わるターゲットを含む目標（例）	
目標3 すべての人に健康と福祉を	3.3 水系感染症への対処 3.9 水質汚染による疾病の減少
目標11 住み続けられるまちづくりを	11.5 水関連災害による被災者の減少
目標12 つくる責任 つかう責任	12.4 化学物質や廃棄物の水への放出の削減
目標14 海の豊かさを守ろう	14.1 海洋汚染の防止
目標15 陸の豊かさを守ろう	15.1 内陸淡水生態系の保全
水の考慮が必要な目標（例）	
目標4 質の高い教育を みんなに	(水処理・水管理を含む) 技術・職業教育
目標7 エネルギーをみんなに そしてクリーンに	(水力などの) 再生可能エネルギー活用
目標9 産業と技術革新の基盤をつくろう	(水を含む) 強靱(じん)なインフラ構築
目標13 気候変動に具体的な対策を	(水を含む) 気候変動への対応強化

注：SDGsの目標およびターゲットの表記は、国連広報センター²⁾、および外務省作成の仮訳³⁾を参考に、著者にて要約して表記した。

(水環境ソリューション)においても、1世紀近くにもわたる活動の中で幅広く製品・システム・サービスを提供している。最近ではグループ外のパートナーとの連携や、IoT時代を見据えた新たな技術開発も加速している。また前述のSDGsについてはグローバルな社会課題として捉え、水環境事業においても関連する目標とターゲットの達成に向けて貢献していく考えである。

本稿では、水環境に関わる国内外の動向を概観するとともに、日立グループの取り組みの概要を紹介する。

2. 国内外の水環境と市場の動向

2.1

水環境の現状

地球は表面の7割を水で覆われ、「水の惑星」とも呼ばれている。しかし、飲み水や日常生活に利用できる淡水はわずか0.01%と考えられている。しかも地球上に偏在しているため、低緯度地域を中心に経済的、物理的な渇水地域が存在する。また、洪水や干ばつ、経済発展に伴う水不足や水質汚染などさまざまな課題があり、解決に向けた取り組みが進められている⁴⁾。

日本では近年、局所的な集中豪雨や浸水などが頻発し、想定を超えた雨量への対応が必要となっている。また、大規模な渇水はあまり顕在化していないが、長期的には気候変動の影響も考慮する必要がある。大陸に比べて急

流河川が多いことや、農産品の輸入が水の間接的な輸入に相当するとの考え方(バーチャルウォーター)もあり、水資源不足と無関係とは言えない。健全な水循環を維持する継続的な努力が求められる。

2.2

水環境市場の動向

世界の地域別取水量は、2025年に2000年の1.3倍に達すると推計され、主に今後の経済発展が見込まれるアジアなどの地域での増加が見込まれている。また、水環境事業の市場規模は、2025年に2007年の1.4倍の、86.5兆円まで拡大すると予想されている⁴⁾。市場の9割弱は上下水道で、安定的・持続的な市場と考えられており、その4~5割は管理・運営と見込まれている。残る1割は、海水淡水化・工業・再利用などによる成長市場と考えられ、日本企業が得意とする膜処理や効率化技術などによる貢献が期待されている。

またグローバルな課題解決に貢献するため、ISO (International Organization for Standardization: 国際標準化機構)の上下水道サービス (ISO/TC224) や、水の再利用 (ISO/TC282) などの専門委員会で、国際規格や指針づくりが活発化している(表2参照)。特に近年では、製品標準のみならずサービス標準づくりが進展している。例えば事業品質の評価、資産管理、危機管理、雨水管理、水の効率的利用、再生水品質の評価などである。日本は雨水管理や、再生水のリスクとパフォー

表2| 水環境に関わる主なISO専門委員会(2017年7月1日現在)

水環境分野の国際標準化活動は、ISO (International Organization for Standardization: 国際標準化機構)の多くの委員会に関係している。ISO/TC224設置以前は「製品標準」、設置以降は「サービス標準」や社会課題解決に関わる標準化活動が顕著となっている。

ISO専門委員会	内容(幹事国)
TC5	金属管および管継手(中国)
TC8/SC13/WG3	海水淡水化(中国)
TC23/SC18	かんがい・排水装置とシステム(イスラエル)
TC30	管路における流量測定(イギリス)
TC113	開水路における流量測定(インド)
TC138	流体輸送用プラスチック管、継手およびバルブ類(日本)
TC147	水質(ドイツ)
TC224	飲料水および下水サービスに関する活動 —サービス品質基準および業務指標(フランス)
TC251	アセットマネジメント(イギリス)
TC268	都市の持続的発展[スマートコミュニティ](フランス)
TC275	汚泥の回収、リサイクル、処理および処分(フランス)
TC282	水の再利用(日本・中国)
TC292	セキュリティおよびレジリエンス(スウェーデン)
PC305	持続可能な非下水衛生システム(アメリカ・セネガル)

注: 略語説明

TC (Technical Committee: 専門委員会), PC (Project Committee: プロジェクト委員会), SC (Sub-committee: 分科委員会), WG (Working Group: 作業部会)

マンス評価の作業部会・分科委員会を主導するなど、積極的に参画している。日立も国内関係団体とともに、ISO/TC224の活動に委員を派遣している⁵⁾。

日本においては、2015年度末に水道普及率は97.9%、下水道普及率は77.8%に達し^{6), 7)}、上下水道施設の市場は新設から更新へと移行している。特に1960~70年代に大量に建設された、経年化施設の更新が課題となっている。しかし、自治体予算の逼(ひっ)迫や、熟練職員の大量退職に伴う技術継承、人口減少や生活様式の変化による水需要の減少などの課題もあるため、上下水道資産を次の世代に健全な形で引き継ぐためには、事業の統合や広域化、官民連携などのさまざまな施策が必要となる。

この現状に対し、厚生労働省は2013年に「新水道ビジョン」を、国土交通省は2014年に「新下水道ビジョン」をそれぞれ公表し、上下水道の長期的な理想像や、課題解決の方向性を示した。また、2014年には水循環基本法が公布され、水循環関連施策を総合的・一体的に推進する方針が示されている。

個々の法整備も進みつつあり、2015年11月には浸水被害多発などに対応した改正水防法が施行され、2017

年3月にはアセットマネジメント(資産管理)や、水道事業の広域化、官民連携などの推進に関わる、水道法改正案が内閣で閣議決定された。

3. 水環境ソリューション

3.1

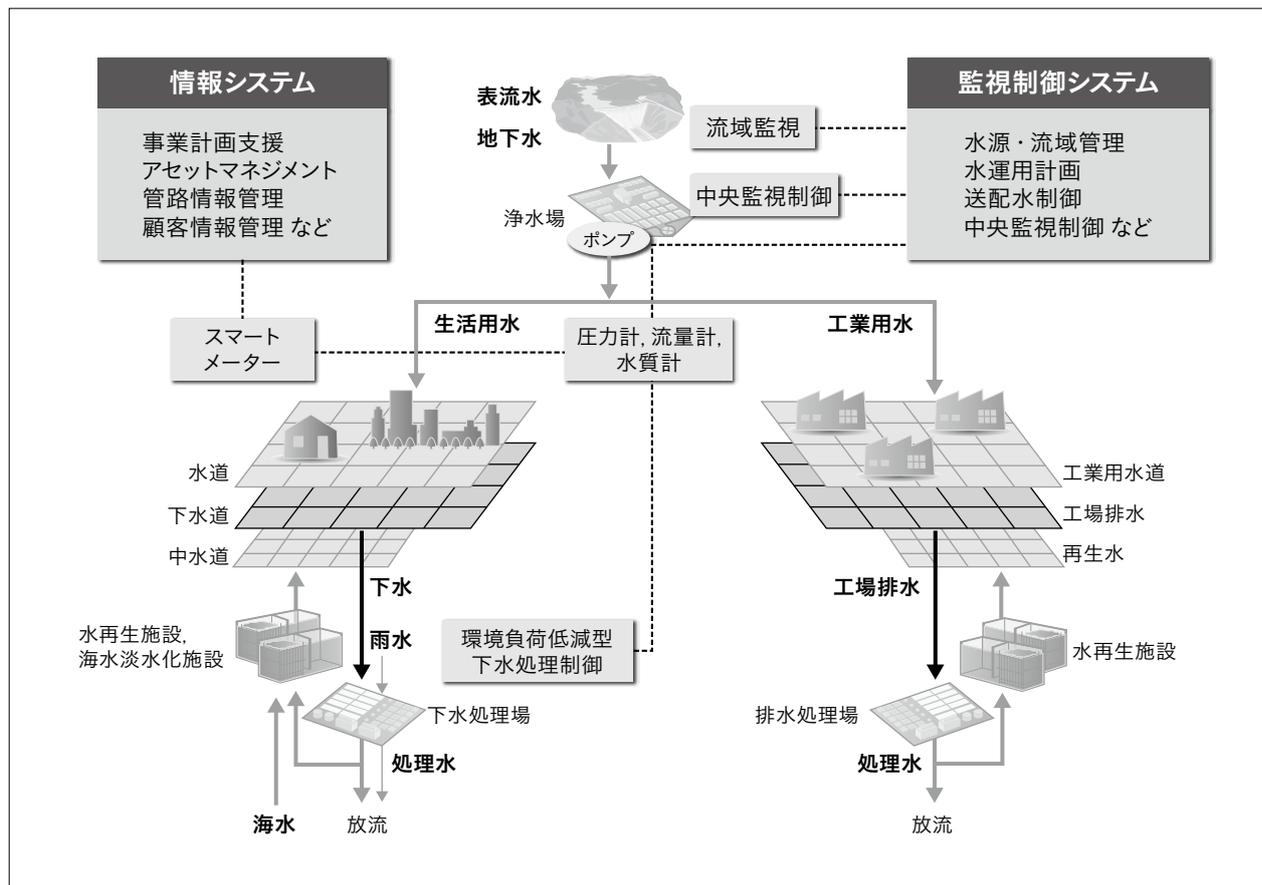
水環境ソリューションの概要

日立グループは水源保全、治水・利水、上下水道、水の再生や造水、排水処理など、広範な製品・システム・サービスに取り組んでいる。しかし、水環境に関わる課題には、自然環境や社会、経済、文化など多くの要因が関係し、全体を最適化するためには単独の製品・システムでは解決が難しい場合がある。また、日本国内では官民連携による上下水道事業運営が増えつつあり、計画から建設、運営、維持管理に至る経営全体を考慮する必要もある。そのため、総合的に課題を解決する、「水環境ソリューション」の提案活動を進めている。

そこでは浄水場の監視制御システムや下水処理プラントなどのプロダクト・システムのみならず、OTやITと

図1 | インテリジェントウォーターシステムの例

水の管理や処理システムを情報・制御システムと広域連携させることにより、都市や流域の水循環の全体最適化に貢献する構想である。



の幅広い連携による全体最適化も必要とされる。

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」構想を2010年に提案した。これはITや制御技術を広域的に活用し、信頼性の向上や、広域的な運営管理の効率化、環境負荷低減などに貢献していく考え方である(図1参照)。最近のセンサーや情報通信技術の進歩、日本国内での上下水道事業の広域化の進展などにより、設備の遠隔監視や広域管理、情報の一元管理などのニーズは今後高まると考えられる。

3.2

水環境ソリューションを支える製品群

「水環境ソリューション」の提案活動を支える、日立グループの主な製品・システム・サービスをまとめて図2に示す。水源保全・治水・利水、水道、下水道、水

再生・造水などの課題に対し、さまざまな技術やシステム、設備・機器、サービスを連携させて、解決に貢献していく考えである。

上下水道をはじめとする水環境事業にはさまざまな要因が関係し、課題の解決方法は一律ではない。そこに適用される監視制御システムや、水処理プロセス、設備・機器なども同様であり、適用範囲の拡大や、効率化、信頼性の向上などによる対応を継続して進めている。

また、国内での水道PFI (Private Finance Initiative) 事業や海外の上下水道会社への投資などを通じて、自社で製造・建設したプロダクト・システムを自ら運転・管理する経験も積んでおり、これをプロダクト・システムの改善や研究開発に反映させることも進めている。

図2| 水環境ソリューションを支える主な技術・製品・システム・サービス

水環境の課題を解決する方法は一律ではないため、水源保全・治水・利水、水道、下水道、水再生・造水などの課題に対し、さまざまな技術やシステム、サービスを連携させることで、解決に貢献していく。

		水環境			
		水源保全・治水・利水	水道	下水道	水再生・造水
日立の水環境ソリューション	事業運営	官民連携事業運営(上下水道O&M, PFI事業など)			
	計画・経営支援システム	事業計画策定エンジニアリング			
		支援システム (水需要予測, 地震被害推定, 水安全計画管理)		災害対策支援システム	再生水運用支援システム
		シミュレーション技術 (河川汚濁物質流下, 水質汚濁動向予測)		シミュレーション技術 (洪水・氾濫, 雨水流入予測, 下水水質)	
			シミュレーション技術 (浄水プロセスの水質, 残留塩素, オゾン反応)		
	維持管理支援システム	管理システム[設備管理, 危機管理ナビゲーション, 侵入者監視, アセットマネジメント(EAM)]			
		ポンプ内部点検技術(超音波腐食診断, 車載移動型多機能診断)			
			管路図面管理 漏水推定検知 故障診断技術	光ファイバーマルチセンシング	
	監視制御システム	監視・管理 (画像処理応用水位計測, 河川情報)	浄水監視・制御 (高濁度原水対応凝集剤注入制御, 有効凝集領域制御, 膜ろ過プロセス最適制御, 水道水放射性物質監視)	環境負荷低減型下水処理制御(N ₂ Oガス低減) 省エネルギー下水硝化処理制御(送風機省エネルギー) リン除去凝集剤注入制御	
			配水監視・制御 (水運用計画, 配水コントロール, 配水水質モニタリング, 配水池運用制御)		
水処理プロセス		膜型浄水システム	海水淡水化・下水再利用統合システム「RemixWater」 膜分離活性汚泥処理システム(MBR) 包括固定化窒素除去プロセス「ベガサス*」	RO(逆浸透)膜システム	
設備・機器	電気設備(監視制御, 受変電, 自家発電, 運転操作, 計装)				
	機械設備[高機能水処理, 各種ポンプ(導・送・配水, 雨水・排水), 送風機]				

注：略語説明ほか

O&M (Operation and Maintenance), PFI (Private Finance Initiative), EAM (Enterprise Asset Management), MBR (Membrane Bioreactor), RO (Reverse Osmosis)

*ベガサスは、日立製作所と日本下水道事業団の日本登録商標である。

4. 水環境ソリューションの事例

ここでは水環境ソリューションの具体的な事例を紹介する。

4.1

水道管網シミュレーションによる配水制御技術

水道水は、配水池の水をポンプで加圧し、水道管（配水管網）を通して蛇口まで供給されることが一般的である。その際に、地域に張り巡らされた配水管網の水圧を、末端の蛇口まで過不足なく制御することは、水道事業体の課題の一つである。過剰な加圧は消費電力や漏水の増加を招く可能性があり、逆に水圧の不足は、断水や、土壌中の有害物質の水道管内への流入を引き起こすおそれがある。

この課題の解決策として、日立グループではオンラインで配水管網の水圧分布を解析し、ポンプによる加圧（吐出圧）を適切に制御する、配水コントロールシステムを開発し提供している。1981年には高松市水道局に、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を納入し、1996年には柏市水道部に、口径100 mm以上の配水管網をリアルタイムで解析して、各水源地からの配水ポンプ圧を自動で制御するシステムを納入している（図3参照）。その中核は管網シミュ

レーション技術であり、最近では配水管網の水圧最適化のみならず、省エネルギー対策や漏水管理システムとしての応用も進めている。

例えば、日本国内の電力の約0.8%は水道事業で消費されており、環境省と厚生労働省では水道事業体の省エネルギー設備導入を支援している。高効率ポンプやインバータなどの、設備・機器のみならず、消費エネルギーの全体最適化に寄与する配水コントロールシステムの効果も期待されており、システムの導入による省エネルギー効果も確認されている⁸⁾。

4.2

下水処理の省エネルギー制御技術

下水処理において、下水処理場の生物反応槽内で、微生物によって有機物を分解する標準活性汚泥法が、日本国内では多く用いられている。また、アンモニアやリンを処理する高度処理も、大都市などで普及している。しかし、生物活性を促進するため反応槽内に空気を送る送風機（ブロワ）は、一定の出力で運転すると送風が過剰になる場合があり、消費電力の削減が課題である。

この解決策として、下水のアンモニア除去（硝化）の送風機を適切に制御するとともに、その制御特性を季節変動に応じて自動更新する、硝化運転制御システムを開

※) 国土交通省「下水道革新的技術実証事業 (B-DASHプロジェクト)」の国土技術政策総合研究所委託研究「ICTを活用した効率的な硝化運転制御の実用化に関する技術実証事業」(日立製作所・茨城県共同研究体, 2014年～2015年度)

図3 配水コントロールシステムの概要

水道配水管網の地図情報や、オンラインで計測した流量・圧力の値から、管網解析によって配水圧力分布をリアルタイムでシミュレーションし、浄水場や配水池からの最適な配水圧力・流量を設定してポンプやバルブを自動制御するシステム。水圧の平準化のみならず、省エネルギーや漏水低減への寄与も期待される。

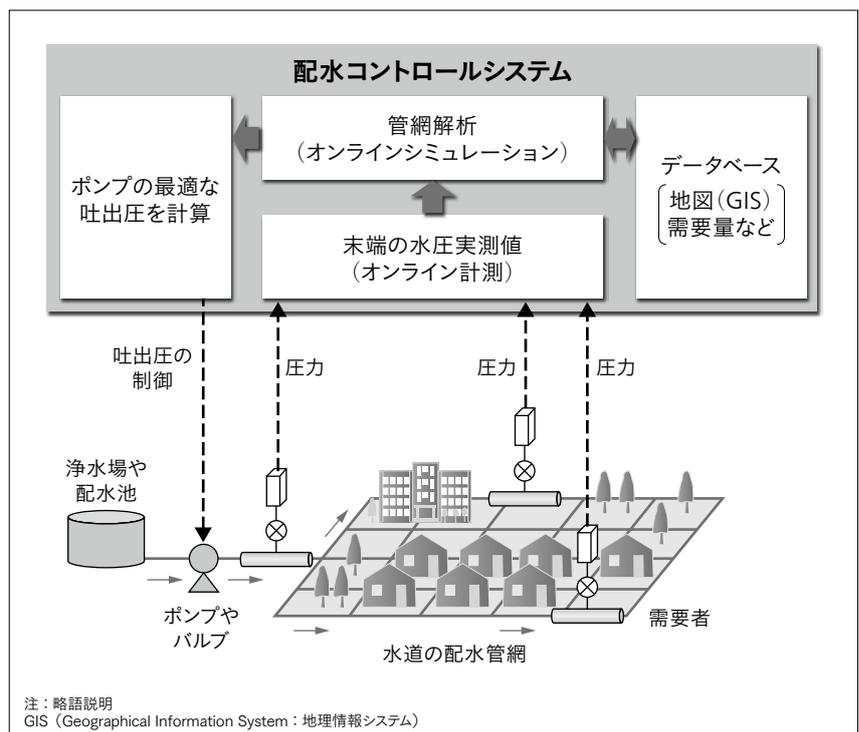
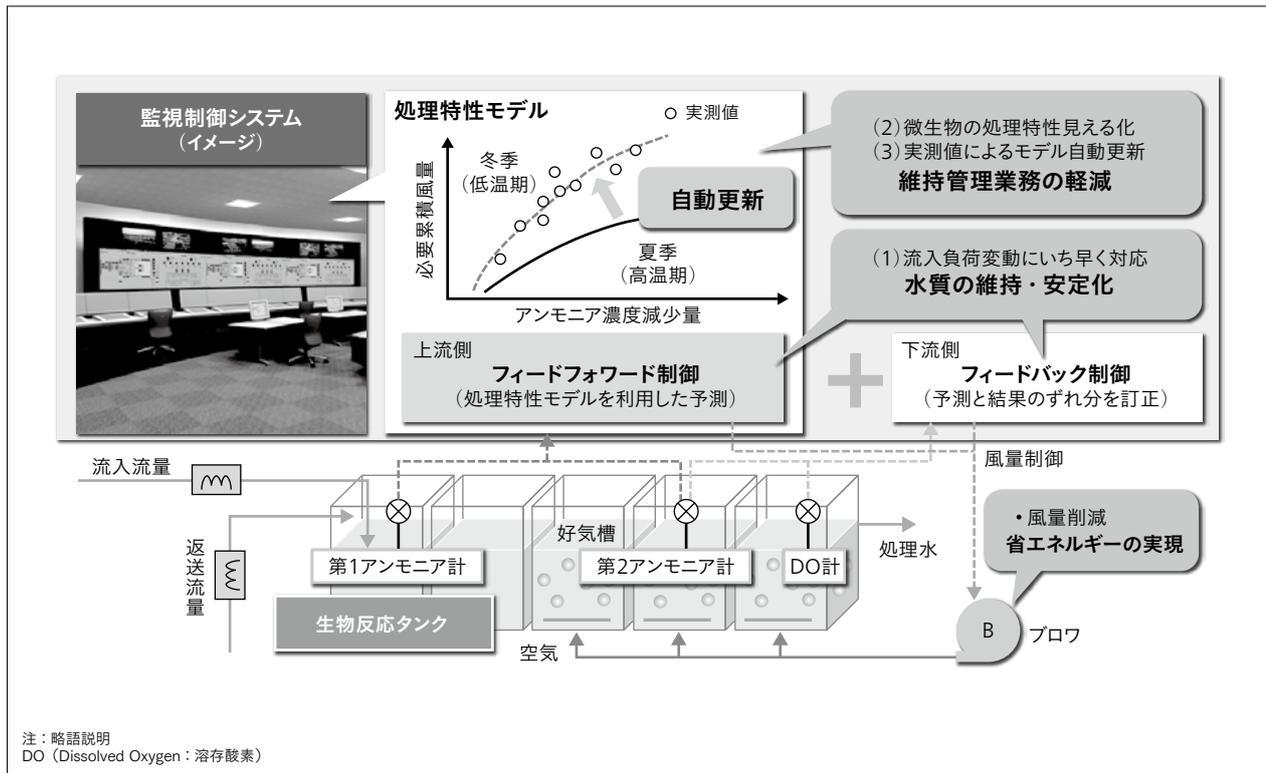


図4| 下水高度処理の省エネルギー制御技術の概要

2台のアンモニア濃度計を用いた監視制御・情報処理技術により、下水のアンモニア除去プロセスの、処理水質の安定化と消費電力低減を両立する。また、季節変動に応じて処理特性を自動更新し、維持管理業務の軽減を図る。



発した^{*)}(図4参照)。下水の高度処理における良好な水質と省エネルギーを両立し、生物活性の季節変動にも自動で対応することで、維持管理の効率化にも貢献する。

日立グループでは浄水処理や水処理のプロセスを、処理水質や省エネルギー、費用や維持管理の容易さなどの幅広い視点から分析し、反応モデルを構築・実証したうえで、新しいプロセス制御技術として実用化する取り組みを継続的に進めている。その成果の一部は図2に監視制御システムとして示したが、今後も浄水処理や水処理の課題を、監視・制御を中核とした技術で解決する取り組みを進めていく考えである。

4.3

RO膜を活用した水処理・造水プロセス

世界的な人口増加と水需要の高まりに伴い、渇水や水不足対策として、微細な孔を持つ逆浸透 (RO: Reverse Osmosis) 膜を用いて海水から真水を作る、RO膜方式海水淡水化プラントの導入が低緯度地域や離島などで進んでいる。これは、海水に圧力をかけてRO膜に通すことで、塩分を除去して真水を取り出すシステムである。海水を高い圧力で送水する必要があるため、ポンプの動力エネルギーの削減が課題となっており、現状では、ポンプの動力費がプラント全体の運転費用の半分近くにな

る場合もある。

この課題の解決策の一つとして、日立グループは、海水淡水化・下水再利用統合システム「RemixWater」を開発し、実証事業を進めている。このシステムは東レ株式会社と日立製作所が中心となり、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」で開発を進めたものである。

RemixWaterは下水の処理水で海水を希釈し、塩分濃度を下げた後にRO膜に通すことで、希釈しない場合よりも低い圧力で淡水化を行うことができる (図5参照)。

海外水循環ソリューション技術研究組合 (GWSTA: Global Water Recycling and Reuse Solution Technology Research Association) が建設したウォータープラザ北九州で北九州市と連携し、2010~2013年に実証試験を行った結果、従来の海水淡水化プラントと比較して、30%以上の省エネルギー効果を確認した。

この成果を踏まえ、南アフリカ共和国のダーバン市で、NEDOの「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業」を2016~2020年の予定で進めている。

日立グループは、1970年代後半に最初の海外水処理大型案件に携わった後、現在までに上下水道を中心に約

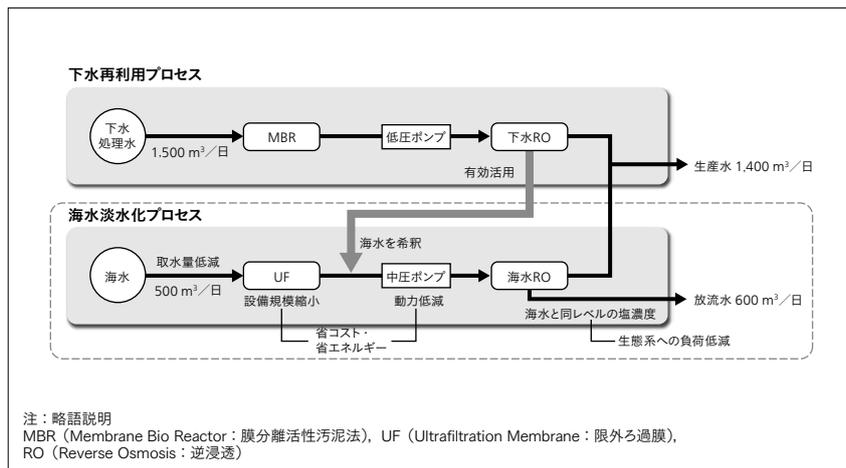


図5 海水淡水化・下水再利用統合システム「RemixWater」の概要

下水の処理水で海水を希釈し、塩分濃度を下げた後にRO膜に通すことで、希釈しない場合よりも低い圧力で海水淡水化を行うことができる。実証試験では30%の省エネルギー効果を確認した。

40の国・地域で200サイト以上の設備納入実績を有している。これらの経験を踏まえ、今後の成長分野と考えられている、造水（海水淡水化）や水の再利用に関わる事業を展開していく考えである。

5. 水環境事業の革新に向けた今後の展望

世界的な水需要の高まりに伴い、特に新興国や開発途上国では、運転や維持管理・保守に関わる技術者不足が課題となっている。また、日本国内の上下水道事業でも、熟練職員の大量退職に伴う技術継承などの課題があり、事業の統合や広域化、官民連携などの施策が進められている。

これらの水環境に関わる事業運営の課題解決に貢献するため、日立グループは日本国内で、包括委託やPFIなどによる官民連携事業を進めている。例えば北海道夕張市では特別目的会社「ゆうばり麗水株式会社」に出資し、2012年4月より北海道で最初の水道PFI事業を開始している。膜ろ過方式の浄水場を建設し、維持管理業務などを官民連携で行うことで、地域に貢献している。

また2015年、2016年には南アフリカの若手上下水道技術者を日本に招き、同国科学技術省（DST：Department of Science and Technology）とともに、社会貢献プログラム「日立-DST南アフリカ技術者育成スカラシップ・プログラム」を実施した。協力機関と連携して2か月間の研修を日本国内で実施し、技術者の育成を支援した。

ところで日本政府は、第5期科学技術基本計画の中期に、人間中心の豊かな社会である「超スマート社会」をめざすSociety 5.0を掲げ、デジタル技術の活用も進めている。また世界的にも、デジタル化された大量の情報活

用による、産業分野の革新が進んでいる。

日立グループは、長年にわたって社会インフラのさまざまな分野に製品・システムで貢献してきており、OTとITの両分野で培った技術や実績、ノウハウを連携させることで、総合的な課題解決や、新たな価値の提供をめざしている。その中核となるのはIoTプラットフォームLumadaであり、日立グループ全体から多様なユースケースが登録されている。水環境分野では、前述の管網シミュレーションによる配水制御技術や、下水処理の省エネルギー制御技術が登録されている。

上下水道の運転や維持管理・保守の現場では、熟練技術職員の経験や暗黙知に頼っている部分がある。日立グループは、その技術継承に貢献するための研究開発を、近年進歩が著しいIoT、AI（Artificial Intelligence：人工知能）や、センシング技術なども活用して進めているところである。

例えば浄水場や水処理施設の運転や維持管理に関わるデータを、従来以上に広範に収集し、きめ細かく分析、可視化することによる管理業務の効率化が期待される。また、ポンプなどの設備の故障の予兆を捉え、適切な時期に保守や修繕をしたり、設備投資の平準化を考慮したアセットマネジメント計画の立案に貢献したりすることも考えられる。

このように日立グループは、水環境分野においても顧客との「協創」の下、総合的な課題の解決や、新たな価値の提供に取り組んでいく考えである。

6. おわりに

本稿では水環境に関わる国内外の動向と、「水環境ソリューション」への最近の取り組みを概観した。日立グ

ループは水環境分野での長年にわたる製品・システム・サービスなどの実績を踏まえ、水環境の安全・安心や効率的な水循環に、引き続き貢献していく考えである。

参考文献など

- 1) United Nations : SDGs Goals - Goal 6,
<https://unstats.un.org/sdgs/report/2016/Goal-06/>
- 2) 国際連合広報センター：持続可能な開発目標（SDGs）報告2016,
http://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/sdgs_report/
- 3) 外務省：持続可能な開発のための2030アジェンダ,
http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/about/doukou/page23_000779.html
- 4) 経済産業省 水ビジネス国際展開研究会：水ビジネスの国際展開に向けた課題と具体的方策（2010.4）
- 5) 館隆広，外：水環境分野の国際標準化活動ISO/TC224, ISO/TC282への貢献と展望，日立評論，97，8，479～482（2015.8）
- 6) 厚生労働省：水道の基本統計，
<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/database/kihon/index.html>
- 7) 日本下水道協会：下水道処理人口普及率，
<http://www.jswa.jp/rate/>
- 8) 水道技術研究センター：水道における省電力ハンドブック，27～32，90～96（2015.8）

執筆者紹介



館 隆広

日立製作所 水ビジネスユニット 水事業部 所属
ISO/TC224（上下水道サービス国際標準化専門委員会）
第9作業部会委員
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



奥野 裕

日立製作所 水ビジネスユニット 水事業部 国際システム本部
所属
現在、上水・海水淡水化分野のプロジェクトに従事
技術士（上下水道部門）



武本 剛

日立製作所 サービス&プラットフォームビジネスユニット
制御プラットフォーム統括本部 情報制御第一本部
社会制御システム設計部 所属
現在、上下水道向け情報制御システムの開発・設計に従事
技術士（上下水道）
化学工学会会員，電気学会会員



鈴木 朋子

日立製作所 研究開発グループ 材料イノベーションセンタ
プロセスエンジニアリング研究部 所属
現在、水環境システムの研究開発に従事
日本機械学会会員，化学工学会会員



大西 真人

日立製作所 産業・水業務統括本部 技術開発本部
松戸開発センタ 水環境システム部 所属
現在、水処理システム開発の統括業務に従事