

水環境ソリューションの新たな取り組み

New Challenges for Water Environment Solutions

南 俊介 舘 隆広 大熊 那夫紀

Minami Shunsuke Tachi Takahiro

Okuma Naoki

水インフラで進む民間資金の活用

地球は多くの水を有する惑星であるが、大部分が海水であり、人々が飲用や生活に使える水は、水資源全体の0.01%にすぎないと言われている¹⁾。さらに、近年の人口増加、気候変動により、水環境が悪化している。水は市民生活や産業振興に欠くことのできない基本的なインフラであり、各国は国家政策として、水インフラの整備・拡張・更新に取り組んでいる。このような動向の中、注目されているのは民間資金の活用である。特に市民への給水においては、水事業は長期にわたって安定した事業収入が見込めるため、世界各国で民間資金を活用した水施設への投資が行われている。

以下、世界、および日本の水処理の市場を概観するとともに、日立グループの新たな取り組みとして、水事業運営の強化について述べる。

水事業を取り巻く環境

世界の水需要を図1に示す。中国の東北から中央アジア、インド、中東、北アフリカ、米国・カリブ諸国、オーストラリアといった地域は、降水量が少なく物理的に渇水となっている地域である。特に、中国、インド、中東は近年の人口増加、経済発展によって水使用量が増大し、水需要のアンバランスが大きくなってきている。また、東南アジアや南米、アフリカでは、水資源は十分に存在するが、浄水施設や下水処理施設の建設が水需要の増大に追いつかないために、安全な水へのアクセスができない状況にある。

さらに、中国、インド、ブラジルといった新興国では、経済発展による産業の急速な成長に伴う産業排水の増加、人々の生活水準の向上による一人当たりの水使用量の増加、および都市への人口集中による既存処理施設の処理能力不足が顕在化し、排水による環境汚染が問題となってきている。そのため、例えば中国では、第12次5か年計画において、経済成長とともに環境保全にも力を入れており、排水規制の強化がその中に挙げられている。他の新興国にお

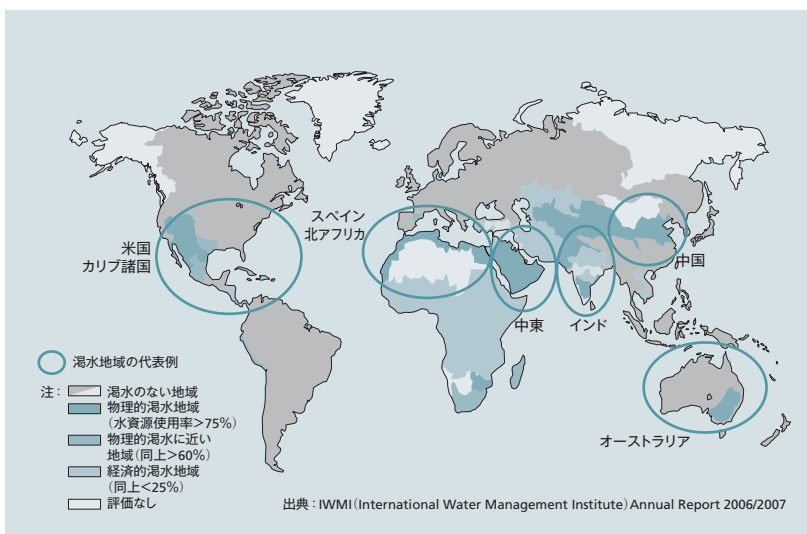


図1 | 渇水地域と水処理市場²⁾

物理的な渇水地域において水処理のニーズが拡大している。

いても環境規制が強化されることが予測される。

水事業の事業規模

地域別の取水量の過去からの推移と将来の予測を図2に示す。全世界の取水量は、2025年には2000年比で約30%増加すると予測されている。その内訳を見ると、アジアが世界の60%を占め、特に人口の多い中国、インドでの取水量の増加が顕著である。

前述のように、世界における渇水地域の状況、および中国、インドをはじめとする新興国での水需要の急激な増加に対して、水事業の市場もアジア、中東を中心に急拡大してきている。

同図の右側のグラフは、世界の水事業の市場動向を示したものである。水需要の増大を受けて、上水や工業用水の供給事業、下水や工業排水の処理事業を運営する管理・運営事業、それらのプラント・設備を新設・改造するEPC（Engineering, Procurement and Construction）事業、プラント運転に必要な膜などの素材事業といった各分野において堅調な伸びが予測されている。地域別には、アジア・大洋州と中東地域が水事業の中心であり、世界最大の市場規模になることが予測されている。

日本の水事業の状況

日本は多くの地域が水資源に恵まれており、また、浄水場や下水処理施設の整備が

進み、水道普及率が97%、下水道が73%に達した。世界でもトップレベルの水インフラ環境が整い、ほとんどの地域で24時間365日、清浄な水が得られ、使用後の水は適切に処理される。

しかし、少子高齢化や生活様式の変化、工場の海外移転などに伴い、上水道および工業用水道の需要はほぼ横ばいか、減少傾向にある。一方、戦後の高度成長期に建設された水道管網や水処理施設は更新が必要となってきている。

水事業運営の面では、日本の事業主体は自治体を中心であり、大都市圏を除くと経営基盤が弱く、今後到来する設備の大量更新時期において事業運営主体が十分な投資を確保できないという現状がある。これに対して、政府は改正PFI法^(a)を公布し、水事業の民営化を推進する政策をとるようになってきた。

日本国内の水事業は、これまでの公営事業体による事業運営と設備投資・維持という事業形態から、民間が事業運営に参画し、老朽設備の更新、運営の広域化による事業運営効率の向上といった方向に進んでいくと考えられる。

日立グループの水環境ソリューション

事業領域の拡大

日立グループの水環境ソリューションの事業領域を図3に示す。

(a) 改正PFI法

PFIはPrivate Finance Initiativeの略で、民間資金を活用した社会資本整備を意味する。これに関連する法律の改正法が2011年6月1日に公布された。改正法では、賃貸住宅や船舶・航空機などがPFIの対象施設に追加されるとともに、民間事業者による実施方針策定の提案制度、「公共施設等運営権」が創設され、コンセッション方式（施設の所有権を公共側が有したまま、施設の運営権を民間に付与する方式）が導入されるなど、PFIの活用、普及を後押しする内容となっている。

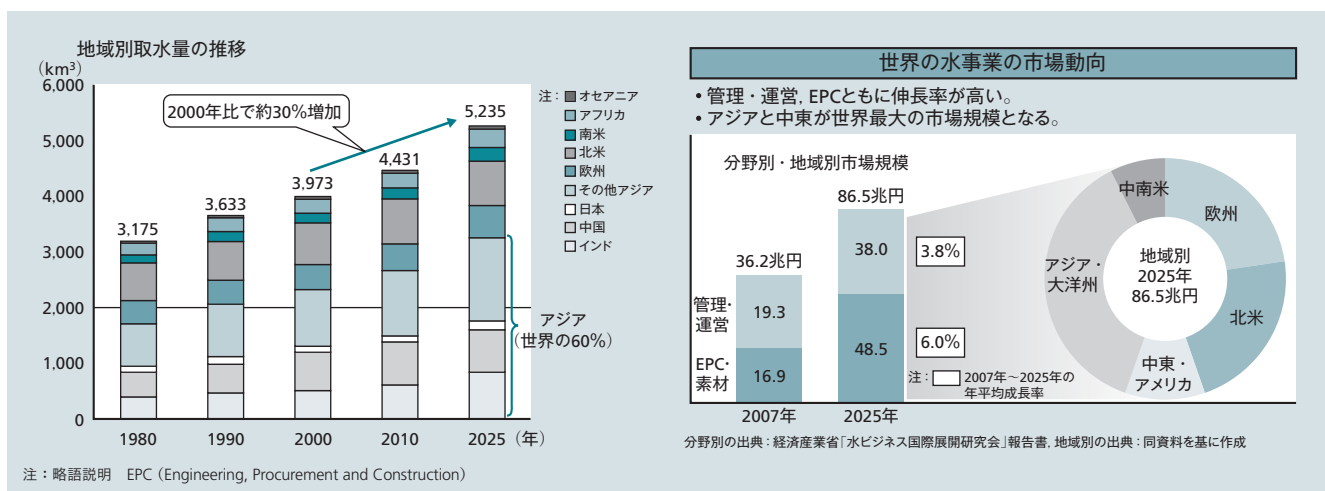
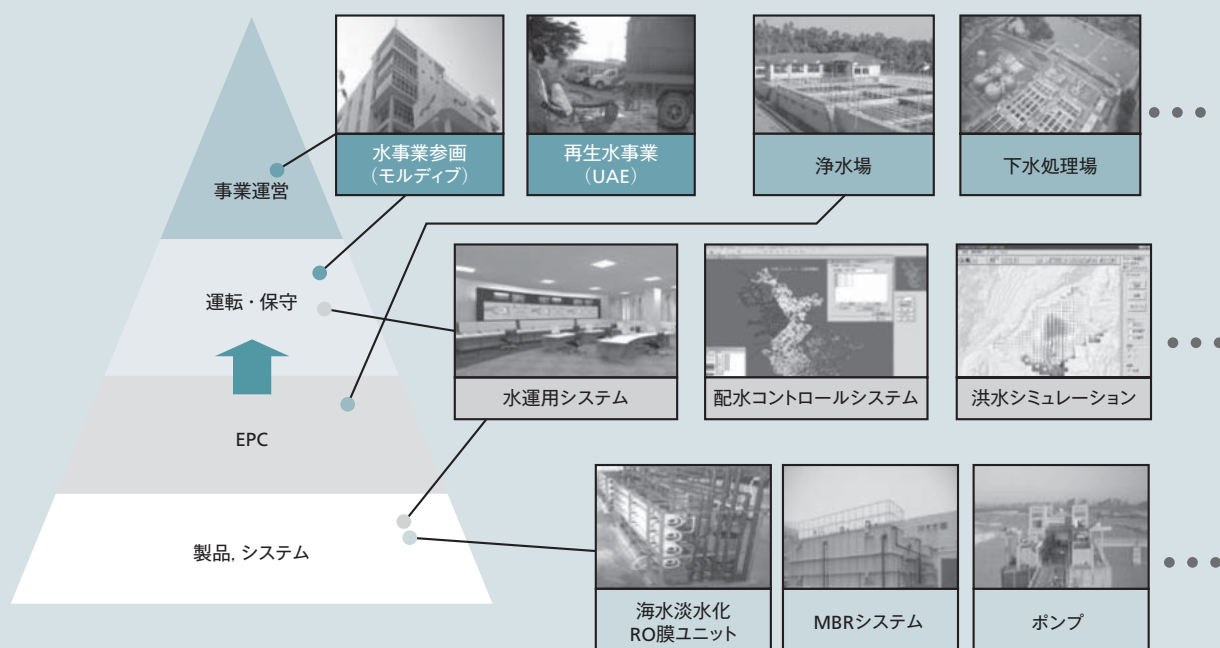


図2 世界の水処理の動向¹⁾

地域別の取水量は、2025年には2000年比で30%増加することが予測されている。これに従い、水事業の市場は、2007年比で倍以上の伸びが期待されている。



注：略語説明 RO (Reverse Osmosis), MBR (Membrane Bioreactor)

図3 | 日立グループの水環境ソリューションの事業領域

従来から取り組んできた、製品・システム、EPC事業に加えて、運転・保守事業および水供給・処理を担う水事業運営に拡大した、総合水事業会社をめざす。

(b) MBR

Membrane Bioreactorの略。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、微生物と汚水を反応させた汚泥を沈殿させて取り除いた後、消毒や砂ろ過を行うことから、設備規模が大きくなる課題がある。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。

(c) RO膜

ROは、Reverse Osmosisの略。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。通常の浸透現象では、RO膜で塩分濃度の異なる水を仕切ると、塩分濃度の低いほうから高いほう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、水だけが濃度の低いほうへ透過する。この逆浸透現象を用いることで、海水淡水化などに利用されている。

日立グループはこれまで、上下水道施設の建設、工業用水の供給と排水処理といった水処理全般において、水源浄化や浄水、下水処理をはじめ、**MBR^(b)**や高度処理システム、監視制御システムなどの製品群を提供してきた。例えば、下水道分野では国内の処理施設建設とともに、海外ではマレーシアをはじめとするアジア・中東地域での下水処理場のEPCなど、主に施設建設を中心に事業を展開してきた。

これらの製品・EPC事業とともに、日立グループは、水処理施設の運転・維持を請け負うサービスを提供し、さらには、水事業会社資本参加して事業運営に参画するなど、水環境ソリューションの事業領域を拡大している。

水処理システム

日立グループは、安全・安心で高信頼の水処理施設を支える水処理システムやポンプシステムを、長年にわたって国内外に提供してきた。

ポンプシステムでは、灌漑(かんがい)用、上下水、排水、電力向けの製品・シス

テムを数多く納入してきた。中東や中国、米国西部の渇水地域において、灌漑用水や上下水を供給するための大規模なプロジェクトに参画し、高効率の大型ポンプを提供することで貢献している。

下水処理向けには、膜処理による高度かつコンパクトな処理システムを実現するMBRシステムを開発し、提供してきた。日立グループのMBRシステムは平膜を採用し、耐久性とメンテナンス性を向上させるとともに、ユニット設計として、さまざまな処理量のニーズに対して、ユニットを組み合わせることで対応することができる。また、株式会社日立プラントテクノロジーが製品化を進める新型MBR膜ユニットは、米国カリフォルニア州の下水再利用水の基準「Title22」の要件を満たす処理装置として認定を取得した。

上水、工業用水向けには、海水淡水化**RO膜^(c)**ユニットを提供している。この製品もユニット設計されており、ニーズに合わせてそれらを組み合わせることにより、現在では3,000 t/日までの海水淡水化システムの納入実績がある。また、太陽光発

電利用淡水化システムをUAE（アラブ首長国連邦）のアブダビ環境庁より受注し、砂漠地帯の塩分濃度の高い地下水を脱塩することで、絶滅危惧種であるアラビアンオリックスの保全に貢献している。

情報制御システム

日立グループの水事業の特徴の一つは、グループ内に情報および制御システム事業を有しており、中央監視やインバータ制御、さらには、これらプラントやフィールドのデータを基にして、水供給全体を制御するシステムを提供していることである。

これにより、例えば、水運用システムでは、複数の水源の取水量をコントロールして、限りある水資源を需要に応じてむだなく活用することができるようになる。また、安定運用と環境負荷低減のようなトレードオフの関係にある要素に対して、最適解を与えるシステムを実現している。

また、配水コントロールシステムは、ポンプなどのエネルギー消費量と、必要以上の水圧による漏水を削減する。このシステムは、水道管網に配置した水量計や圧力センサーの情報から、管網全体の圧力分布をシミュレーションによって求め、送水ポンプやバルブを調整することにより、ほぼリアルタイムで水圧を適切にコントロールできる。また、洪水シミュレーションは、河川流域の地形と水量から、浸水地域を予測する。

事業運営への取り組み

日立グループは、日本国内においてPPP（Public-private Partnership）に関連した維持管理・サービスソリューションへの取り組みを進めている。例えば、東京都水道局において電力・蒸気の供給、消毒剤（次亜塩素酸ナトリウム）の供給、浄水発生土の有効活用を目的とするPFI事業を行っている。また、西宮市中新田浄水場（工業用水）、埼玉県企業局柿木浄水場では包括委託業務を受託している。

運転管理や保全管理に製品・システム事業で培った技術を生かすとともに、PFIな

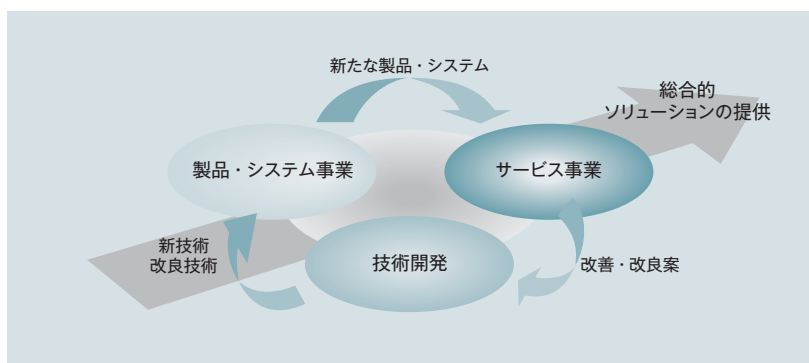


図4 各事業の連携イメージ

各事業のシナジー効果により、提供するソリューションの拡充を図る。

どにおける設備の導入や更新時の、設計・建設・エンジニアリングも含めた広範囲の業務領域に対応する。また、ここで得られた経験や知見は、技術開発や製品事業にフィードバックして総合的なソリューションを提供する（図4参照）。

海外では、日立プラントテクノロジーが2008年にUAEにおいて、アルグレアグループと合併会社であるHi-Star Water Solutions社を設立し、生活排水処理・再生水販売事業を行っている。また、日立プラントテクノロジーは、2010年にモルディブ共和国において上下水道運営事業を運営するMale' Water and Sewerage Company Pvt. Ltdに資本参加した。

運営事業への参画では、日立グループが培ってきた水処理技術と情報制御技術を適用することで、運営事業の効率化に貢献するとともに、日立グループ内に水事業運営のノウハウを蓄積していく。

水環境ソリューションへの今後の取り組み

インテリジェントウォーターシステム

前述した水事業を取り巻く環境から考察すると、中東やインドのような渇水地域では、海水淡水化による新たな水資源の確保とともに、MBRやRO膜システムといった高度処理により、産業排水や下水を再生水として再利用する水循環システムで水資源を有効活用することが必要となる。また、東南アジアのような水資源が豊富な地域においても、人口増加と生活水準の向上によって水需要が増大しており、効率的な

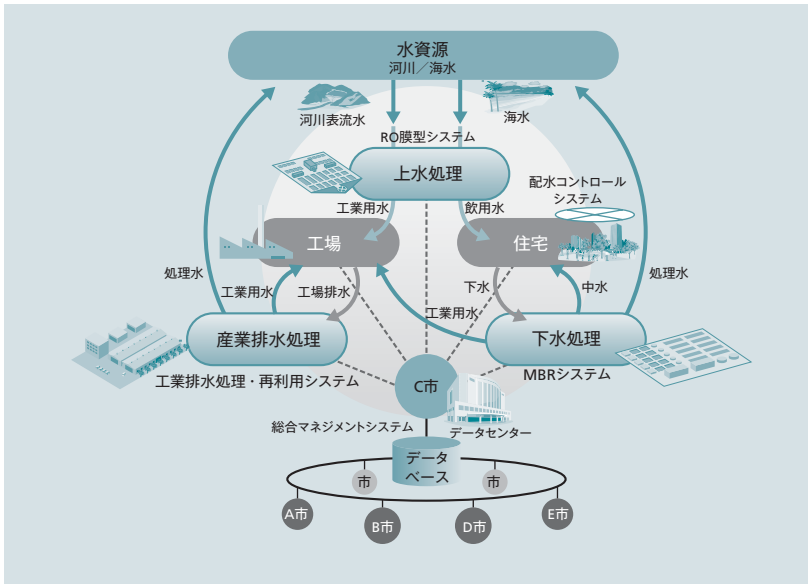


図5 | インテリジェントウォーターシステム

工業用水や生活用水の使用状況をデータベースに蓄積し、その需要を予測して、上水処理、下水処理、産業排水処理の各プラントを組み合わせ、エネルギー効率を最大化した水インフラを実現する。さらに、総合マネジメントシステムにより、複数の都市にまたがる水事業の広域化にも対応する。

設備投資が必要となってきている。

これらのニーズに応えるため、日立グループは、水処理システムと情報制御システムを融合した「インテリジェントウォーターシステム」の開発に取り組んでいる（図5参照）。「インテリジェントウォーターシステム」では、配管網や各需要家に設置し

たセンサー情報を収集することで、工場や住宅・オフィスの水需要を予測する。これらの情報を基にして、上水システム、再生水システム、工業排水処理システムの運転を最適に組み合わせ、エネルギー消費の最小化と水資源の有効活用を実現する。これらのシステムは総合マネジメントシステムとして、都市の水インフラを制御するとともに、中央のデータベースで管理することにより、都市間の水インフラを連携させ、さらに効率的な運用を可能にしていく。

「インテリジェントウォーターシステム」を実現し、水事業の経営を効率化するには、計画段階からの取り組みが重要である。日立グループは、事業運営計画から、システム計画、設計・開発施工、さらにサービス・運用までを網羅する総合水事業ソリューションの開発にも取り組んでいる。ソリューションメニューの全体像を図6に示す。事業運営計画策定エンジニアリングでは、人口動向や工業化の計画、既存設備の状況、水源の種類と容量といった地域ごとに異なる状況を考慮し、水処理システムや情報制御システムの導入による事業性評価を行う。システム計画エンジニアリングでは、都市計画に沿ってシステムの詳細なシミュレーションを行い、事業目標を達成するシステム構成を策定する。

計画エンジニアリングの結果を基に、必要となるシステム機能・レベルに応じて、経営の「見える化」から、資産管理や料金収集システムといった情報系、システムや管網の制御系や水処理施設を設計・開発・施工していく。サービス・運用メニューでは、PFIやPPPに対応した水事業運営から、運用・維持管理のためのアセットマネジメント、プラント設備の監視制御サービスを提供する予定である。

大規模造水技術の開発

沿岸部の渇水地域では、海水淡水化による水資源の確保が有効な手段であり、中東、インド、中国沿岸部、オーストラリアなどでは、RO膜を活用した海水淡水化プラントの建設が進んでいる。しかし、大量

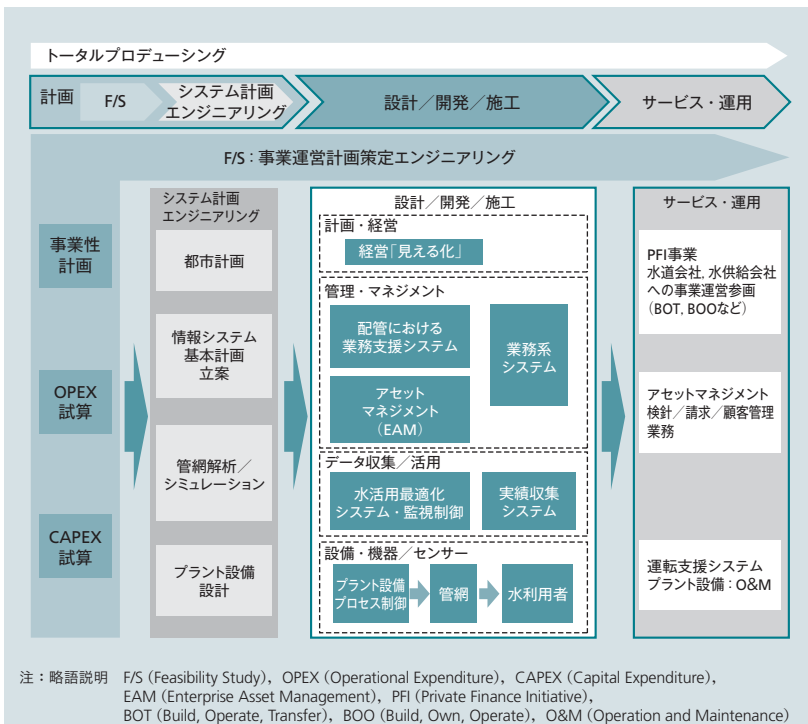


図6 | 水事業運営ソリューションメニューの全体像

F/S段階からシステム計画、設計・開発・施工、サービス・運用までをカバーするソリューションを開発中である。

の電力と大規模な取水・前処理設備を必要とするため、初期投資および運転コストの削減が課題となっている。

日本は、RO膜をはじめとする膜素材技術で世界をリードしており、その優位性をさらに高めるために、プラント設備システム技術を含む大規模造水技術の開発に、最先端研究支援プログラム「**Mega-ton Water System^(d)**」として取り組んでいる。このプログラムにおいて、日立グループはシステム技術および大型プラント建設技術の開発に参画している。海水淡水化プラントの構成と、日立グループがめざす効率化技術のポイントを図7に示す。水処理プロセス技術、計算機シミュレーション技術を活用して、RO膜システムの回収率向上と高圧配管の最適設計による設備コストの低減、および薬液使用量低減や膜の高寿命化による運転コストの削減をめざす。また、発電プラント建設で実績のある大型モジュール工法技術を活用して、工期短縮による建設コストの低減をめざす。

国内外で水インフラに貢献

日立グループの水処理技術および水インフラ技術による水事業への新たな取り組みについて、国内事業の強化、およびグロー

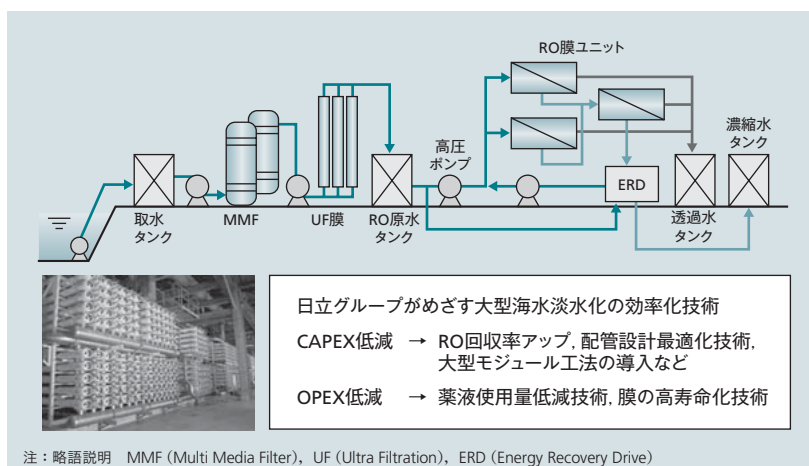


図7 | 大規模造水技術の開発

100万m³/日規模の海水淡水化設備の開発を行う国家プロジェクト「Mega-ton Water System」に参画している。

バル事業への展開を述べた。

新興国では、水インフラの整備・拡張が急務となっており、日立グループは、これまで取り組んできた水処理システム、情報制御システムに加えて、水事業会社への出資、事業運営への参画、運転・維持管理事業に対するサービス事業、O&M (Operation and Maintenance) 事業を強化していく。さらに、国内においても、改正PFI法の施行に対応したサービス事業の強化に取り組み、国内外において安全・安心、高信頼の水インフラの構築、維持管理に貢献していく。

(d) Mega-ton Water System

2009年度から実施されている最先端研究開発支援プログラムのテーマの一つ。提案者は東レ株式会社のフェローである栗原優氏。深刻化する世界的な水問題を解決するため、世界最高レベルの低圧海水淡水化逆浸透膜エレメントとその大型化、耐腐食性配管材料、浸透圧発電、エネルギー回収などの要素技術、ケミカルレス海水淡水化システム、100万m³ (1mega-ton) /日規模 (約400万人の生活用水相当) のインテリジェント大型海水淡水化プラントのシステム技術開発、革新的な下水処理システムなどの開発に取り組んでいる。将来的には、これらを日本発水メジャーの基幹技術として海外展開し、水資源を安定的に確保することをめざしている。

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) International Water Management Institute, <http://www.iwmi.cgiar.org/>

執筆者紹介



南 俊介
1987年日立製作所入社、水環境ソリューション事業統括本部 企画部 所属
現在、日立グループの水事業のグローバル戦略立案に従事
技術士（機械部門）
日本機械学会会員



大熊 那夫紀
1977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）入社、環境システム事業本部 環境エンジニアリング事業部 所属
現在、水処理設備の海外展開に従事
工学博士
日本膜学会会員



館 隆広
1984年日立製作所入社、社会・産業システム社 社会システム事業部 戦略企画本部 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