社会の安全・安心に貢献する水環境ソリューション

Activity to Water Environment Solution Contributing to Safe and Reliable Society

舘 隆広 Tachi Takahiro
田中 孝司 Tanaka Takashi
千葉 直利 Chiba Naotoshi

社会インフラとしての「水」

現代の社会活動や日常生活は，さまざまなインフラシステムによって支えられている。その中で生命に不可欠な「水」は，誰もが安全・安心に利用できることが望まれているが，健全な水環境や効率的な水資源循環を維持するためには，国内外にさまざまな課題がある。

日立グループは，2013年5月に発表した中期経営計画において，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」を重点的に推進することを明確にしている。そして水環境分野での課題解決への取り組みも，その一翼を担っている。1世紀近くにわたって水源保全，治水，上下水道，排水処理，水再生などに製品・システムやサービスで貢献してきた実績を踏まえ，健全な水環境の維持や水資源の効率的利用，水環境事業の持続的発展などに貢献していく考えである。

ここでは，水環境に関わる国内外の動向を概観したうえで，日立グループの最新の取り組みについて述べる。

水環境に関わる国内外の動向

まず，水資源，水環境事業，国際標準化の3つの視点から国内外の動向を概観する。

水資源の現状

地球上には約14億km^3の水が存在するが，淡水はその約2.5％であり，人々が実際に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[1)]。そのわずかな淡水も地球上に偏在しており，低緯度地域を中心に，降水量が少なく渇水の問題を抱える物理的渇水地域や，経済上安全な水を得ることができない経済的渇水地域が存在する。

生活水準の向上に伴う水資源不足も深刻化している。世界の地域別取水量はアジアを中心に増加を続けており，2025年には2000年の1.3倍に達すると推定されている[2)]。また，人口増加や経済活動の活発化による水質悪化も，新興国を中心に課題となっている。

WHO（World Health Organization： 世界保健機関）によると，2010年に上水道や井戸などの安全な水を利用できない人口は約8億人，下水道などの基本的な衛生施設を利用できない人口は約25億人と推計され，解決への努力が続いている[3)]。

一方，日本では一部の地域を除いて水資源不足は顕在化していない。しかし，農産品の輸入が仮想水（バーチャルウォーター）の間接的な輸入にあたるとの指摘もあり，海外の水資源不足と無関係とは言えない。

世界の水環境事業の動向

世界の水環境事業の市場規模は，2007

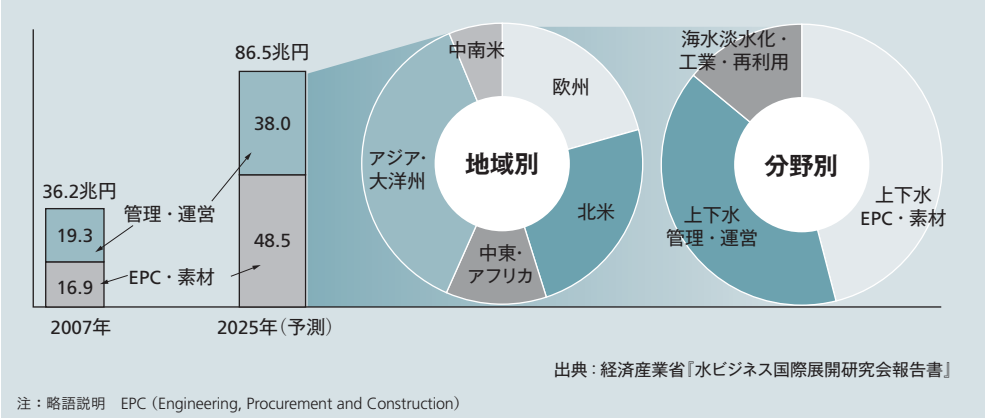


図1｜世界の水環境市場とその内訳

2025年の市場は2007年の約2.4倍に伸長し，上下水道がボリュームゾーンとして9割弱を占めるとともに，海水淡水化・工業用水・工業下水・再利用水が成長ゾーンと予測されている。

年の36.2兆円が2025年には86.5兆円まで増大すると予想されている[1)]。2025年の内訳は，上水道・下水道が全体の9割弱を占め，管理・運営が全体の4割〜5割と見込まれている（**図1**参照）。

市場を，伸び率の大きい成長ゾーンと規模の大きいボリュームゾーンに大別した場合，前者は新興国を中心に海水淡水化，工業用水や排水処理，水再生設備などの新設主体のニーズが想定される。ここでは日本企業が得意とする膜処理技術を用いた水処理設備や，効率化技術の導入による貢献が期待される。

一方，上下水道事業が主体の後者では，すでに「水メジャー」と呼ばれる欧州企業や現地企業が事業運営を展開し，競争が激化している。事業運営の民営化市場は，2009年に給水人口規模で8億人と推定されている[1)]。

上下水道分野の日本企業の多くは，国内の安全・安心で効率的な上下水道の実現に貢献している。海外においては対象地域を絞り，設計・建設から管理・運営までの全体の実績を積み，徐々に地域の要望に応えていくことが考えられる。そのためには国内外の上下水道事業体と連携したり，先進技術の導入で優位性を発揮したりすることも必要と考えられる。

日本の上下水道事業の動向

日本国内の水環境事業について，上下水道を中心に概観する。

(1) 施設建設

日本国内の上下水道施設への建設投資額は，水道で年間1兆円，下水道で2兆円の規模である（**図2**参照）。水道普及率は97.6%（2011年度末），下水道普及率は75.8%（2011年度末）に達し，市場は新設から更新・維持管理へと主体が移っている。

上下水道の管路や水処理施設などは，戦後の高度成長期に大量に建設されたものが耐用年数を迎えつつある。例えば水道管路の法定耐用年数40年を保つためには，年平均2.5%の割合で更新し続けることが必要であるが，自治体の財政難もあり，十分な投資が行えない場合も多い。

しかし，安全・安心な上下水道を維持し続けるため，施設の老朽化対策は喫緊の課題である。限られた予算を有効に活用するため，例えば資産管理（アセットマネジメント）や劣化度の診断に基づいて更新の優先順位を決め，計画的に進める努力が行われている。

(2) 事業運営

国内の上下水道事業は，自治体が運営の主体である。最近は少子高齢化や生活様式の変化に伴って水需要が減少し，事業環境は厳しさを増している。また，いわゆる団塊の世代に代表される熟練職員の大量退職も背景に事業体の職員数は減少してきており，技術の継承や運営の効率化が課題となっている。

このような状況に対応するため，事業の統合・広域化や，一部業務の民間委託，官

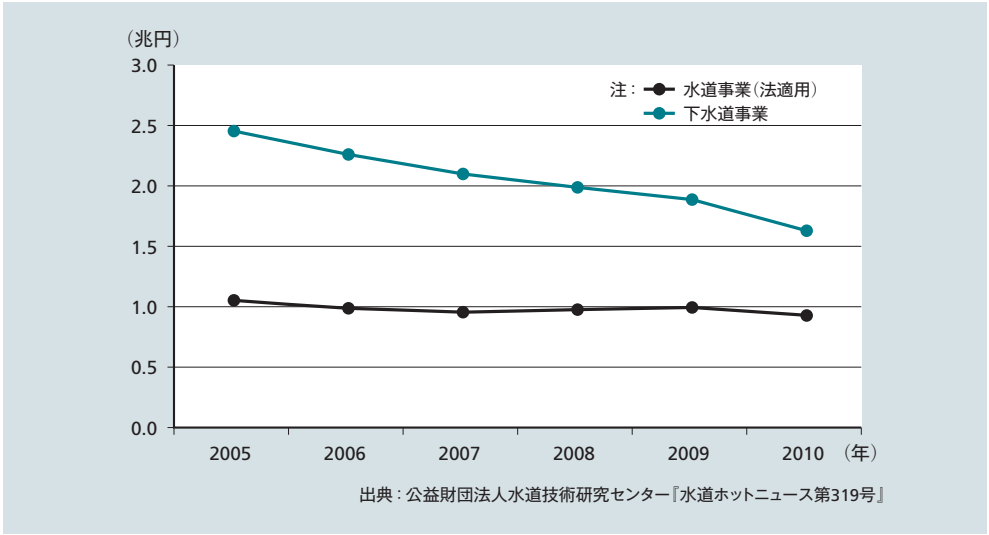


図2｜日本の上下水道建設投資の推移
2005年～2010年の建設投資額は，横ばいあるいは減少傾向を示している。

民連携事業（PPP：Public-private Partnership）が徐々に進みつつある。2011年公布のPFI（Private Finance Initiative）法（民間資金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）改正法では，公共施設の運営権を民間に付与するコンセッション方式が導入されたが，今後も民間参入への環境整備が進んでいくものと考えられる。

(3) 行政動向

さまざまな課題に直面している国内上下水道事業に対し，関係省庁ではさまざまな施策を推進している。

2013年3月には，厚生労働省が「新水道ビジョン」を公表した。「安全」，「強靭（じん）」，「持続」の3つの観点から50年後，100年後の水道の理想像を明示し，取り組みのめざすべき方向性やその実現方策，関係者の役割分担を示した。また，厚生労働省では，施設更新の計画的実施や，事業の統合・広域化，官民連携を促す施策も進めている。

国土交通省においても，健全な水・資源循環をめざす「下水道ビジョン2100」の実現に向けて，下水道資産の管理や，官民連携の促進，ICT（Information and Communication Technology：情報通信技術）の活用などの取り組みを推進している。

上下水道事業の国際展開に関しては，国土交通省，厚生労働省，経済産業省が連携し，2010年に200名近い官民の委員から成る海外水インフラPPP協議会を設置した。官民連携による海外水インフラプロジェクトの実現に向けた支援を行っている。また，地方自治体においても各地で官民連携協議会が発足しており，地域の企業などと連携した活動が進められている。

国際標準化の動向

グローバルな課題解決策の1つとして国際標準の適用があり，さまざまな分野でその重要性が話題となっている。最近では設備や機器の技術仕様を定める製品標準ではなく，事業やサービスそのものの標準化を目的とした活動が増えている。

ISO（International Organization for Standardization：国際標準化機構）には，水環境分野に関わるさまざまな専門委員会（TC：Technical Committee）が設置されている（**表1**参照）。ISO/TC 224「飲料水及び下水サービスに関する活動―サービス品質基準及び業務指標」は，2001年にフランスが設置を提案した専門委員会であり，2007年に国際標準ISO 24510シリーズを発行した。その後も新たなガイドラインや技術報告書の策定作業が行われている。

日本は，水道や下水道の事業を評価するためのガイドラインをいち早く策定し，ISO 24510シリーズに準拠した各国の国内規格の一つとして，引用文献に掲載されている。現在も公益社団法人日本下水道協会

と公益社団法人日本水道協会が中心となり，ISO/TC224の各作業部会に委員を派遣している。世界の上下水道に貢献することを目的に，日本の知見を国際標準に反映させ，その普及を支援する活動を続けている。日立製作所は，一般社団法人日本水道工業団体連合会および一般社団法人海外水循環システム協議会の一員として，活動に参画している。

ISOでは，水環境分野で新たに標準化すべきさまざまな項目が検討されており，2013年にISO/TC275とISO/TC282が新たに設置された。活動のさらなる活発化が見込まれる。

表1｜水環境に関わる主なISO（International Organization for Standardization）専門委員会
水環境に関わる国際標準化活動が活発化しており，新たにTC275とTC282が設置された。

委員会	内容（幹事国）
TC5	金属管及び管継手（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（英国）
TC113	流量測定［開水路］（インド）
TC138	流体輸送用プラスチック管，継手及びバルブ類（日本）
TC147	水質（ドイツ）
TC223	社会の危機管理（スウェーデン）
TC224	飲料水及び下水サービスに関する活動―サービス品質基準及び業務指標（フランス）
PC251	アセットマネジメント（英国）
PC253	かんがいのための下水処理水再利用（イスラエル）
TC255	バイオガス（中国）
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，処理及び処分（フランス）
TC282	水の再利用（日本，中国）

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（Subcommittee：分科委員会）

水環境ソリューションの概要

インテリジェントウォーター構想

日立グループは，水環境分野でのさまざまな課題解決に貢献するため，「水環境ソリューション」の提案活動を進めている。これは機械，電気，情報，制御などのさまざまな製品・システムを連携させるとともに，保守や維持管理，事業運営の一部を担うサービス事業も含めて，総合的な課題解決をめざす取り組みである。

その基本となる考え方として「インテリジェントウォーター」構想を提案している。これは，個々の施設や処理場だけでなく，都市や流域単位で水資源を有効に活用し，全体で最適化しようとする考え方である。それを実現するためのシステムに，ICTや制御技術を幅広く活用し，それぞれの施設を連携させることをめざしている。信頼性の向上や，運営管理の効率化，環境保全に

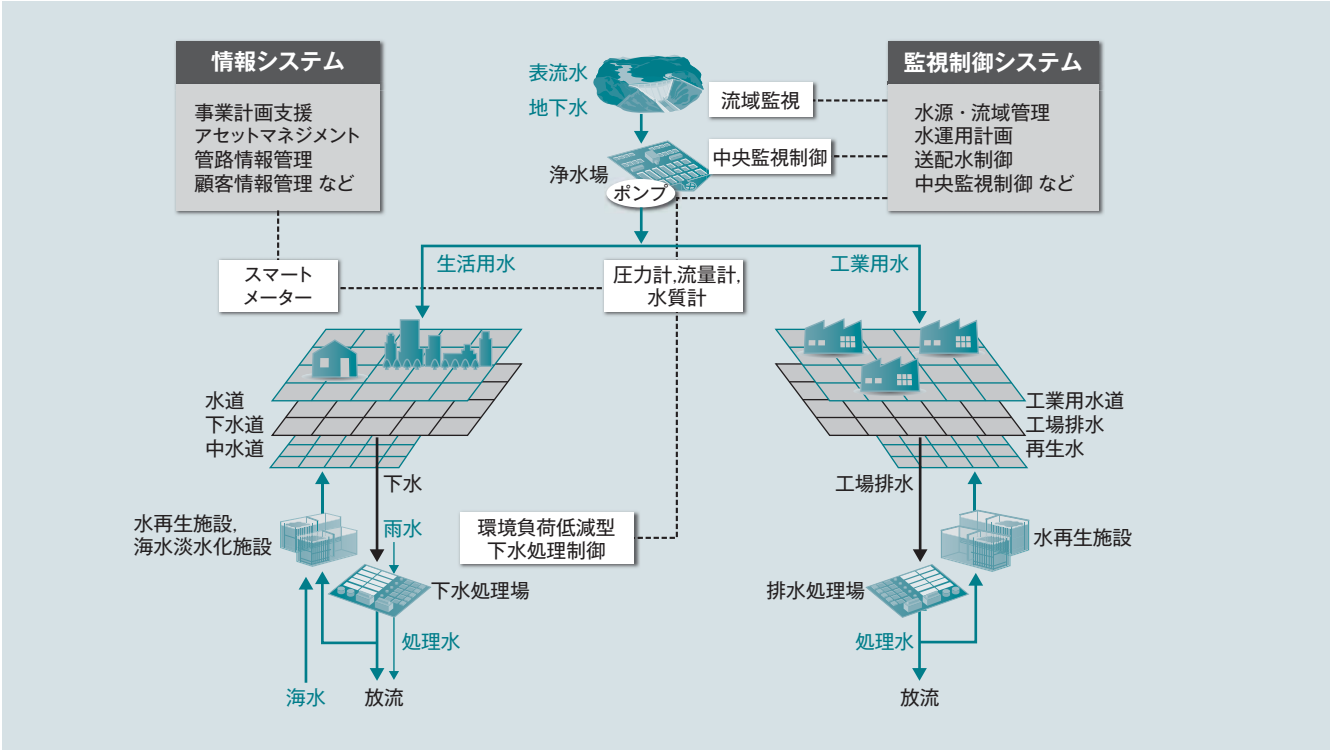


図3｜インテリジェントウォーターのシステム例
水処理システムと情報制御システムの連携により，都市や流域の水循環最適化に貢献する。

表2｜インテリジェントウォーターのシステム構成要素例

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	・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	・経営効率化 ・投資平準化 ・サービス向上
水運用	・流域シミュレーション ・水運用（計画）　・配水コントロール	・水の安定供給 ・環境負荷低減
治水	・洪水シミュレーション　・雨水排水	・安全な水環境
水処理制御	・監視制御　・水安全管理　・運転委託サービス	・信頼性向上 ・効率の向上
水処理設備	・浄水設備　・下水処理設備　・排水処理設備 ・膜処理設備　・海水淡水化設備	・信頼性向上 ・効率の向上

注：略語説明　EAM（Enterprise Asset Management）

も貢献する。この構想に基づいたシステムの一例を**図3**に示す。

インテリジェントウォーターの構成要素

水環境事業は，対象とする地域や国の自然環境，文化，法制度，エネルギー事情，事業者や需要家の要望や経済性など，さまざまな求めに応じて課題を解決していく必要がある。「インテリジェントウォーター」構想においては，その構成要素として多様な技術やシステム，サービスをメニューとして用意し，連携させて課題解決に対応すべく取り組んでいる。

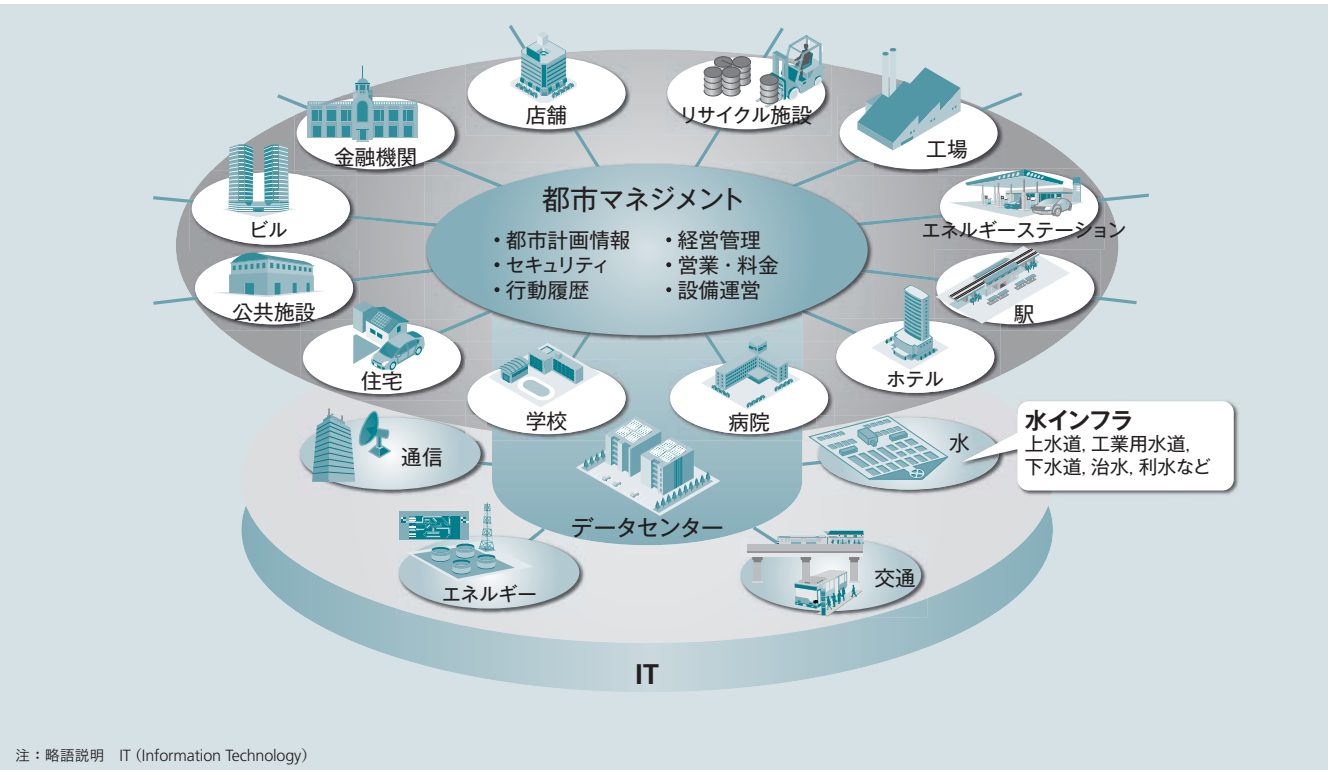
例えば，「事業運営」，「水運用」，「治水」，「水処理制御」，「水処理設備」などの分野において，**表2**に示すそれぞれのシステムやサービスを開発・進化させるとともに，相互に連携させる取り組みを進めている。

スマートシティとの連携

昨今，地球規模の環境，資源，エネルギー問題の深刻化や，人々の価値観の変化などによって，都市の在り方が問い直されている。

日立グループは，環境負荷の低減と，人を中心とした快適・安全・便利・楽しさといった経験価値が自然に調和した街づくりをめざしている。人と地球の「ちょうどいい」関係を実現し，持続可能な社会を体現したものが日立の考えるスマートシティである（**図4**参照）。都市の開発に構想段階から参画し，技術開発や実証実験を行う取り組みをグローバルに進めている。

スマートシティ実現の鍵の1つは，都市のさまざまなインフラ基盤とICTの連携であると考えている。そこには上下水道や



注：略語説明　IT（Information Technology）

図4｜日立の考えるスマートシティ

都市のさまざまなインフラ基盤とITが連携することで，人と地球の「ちょうどいい」関係の実現をめざしている。水環境分野においても，ITを活用した水循環の全体最適化を通じてその実現に寄与する。

治水，利水，排水処理施設に代表される水環境も含まれ，「インテリジェントウォーター」構想とも連携している。

水環境ソリューションの取り組み事例

ここでは水環境ソリューションへの取り組みとして，送配水系ソリューション，情報制御プラットフォーム，上下水道の制御と高度処理，水道事業の官民連携，グローバル水処理・造水ソリューションの各分野に関わる最近の事例を紹介する。

送配水系ソリューション

国内では電力使用量の約1%を水道事業が占め，その約8〜9割がポンプに由来する。日立グループは，情報制御技術による送配水エネルギー削減への取り組みとして，リアルタイム管網解析シミュレーションによって配水ポンプ吐出圧を適正な値に保つ配水コントロールシステム，消費電力や浄水発生土などの環境負荷を最適化できる水運用計画システムを実用化している。

また，水資源を効率的に利用するための技術開発も進めている。特に海外における水道の漏水対策として，シミュレーションを活用した漏水分布推定技術により，漏水探査業務を大幅に効率化するソリューションの開発に取り組んでいる。

情報制御プラットフォーム

日立グループは，上下水道向けソリューションを実現するための情報制御基盤（プラットフォーム）として，1976年よりAQUAMAXシリーズを提供している。浄水場や下水処理場の中央監視制御をはじめとする，運転管理業務に貢献している。

最近では事業の内容に応じて，さまざまな課題に対応できるシステムを提供している。特に中小規模システム向けに，中央監視制御操作のクライアントとサーバの機能を1台に統合したシステムや，新型コントローラXR1000の開発を進めている。

また，事業の広域化に伴う，限られた人員による多数の設備維持管理業務に対し，これを効率化するシステムAQUAMAX-webを開発している。

上下水道の制御と高度処理

上水道施設の情報制御に関しては，浄水場での薬品注入制御における自動運転範囲を拡大し，熟練職員による手動介入範囲を縮小できるシステムを開発した。また，下水道においては，CO_2のみならず**N_2O**[(a)]ガスも含めた温室効果ガス削減に貢献する環境負荷低減型制御システムを開発している。

これらは上下水道施設に大幅な改変を加えることなく，情報制御技術の進化によって信頼性の向上や効率化，環境負荷低減を図ろうとするものである。

水処理技術に関しては，下水道分野での高度処理技術の進化と応用展開を継続的に進めている。地方共同法人日本下水道事業団と共同開発した，下水処理水中の窒素を除去する高度処理システム「**ペガサス**※)[(b)]」は，20年にわたる豊富な運転実績データを基に，運転管理の容易な省エネルギー型へと改良・進化している。また，高い処理速度が得られる**嫌気性アンモニア酸化法**[(c)]（アナモックス法）による下水返流水中の窒素除去や，高度処理と省エネルギーを両立するための**脱窒性リン蓄積細菌（DPAO）**[(d)]を活用した下水高度処理プロセスなどの技術も確立していく考えである。

水道事業の官民連携への取り組み

日立グループは，1999年のPFI法制定および2001年の水道法改正（水道法の一部を改正する法律）により，国内水道事業の第三者への業務委託が可能となったことを契機に，浄水場などの水道施設維持管理業務に取り組んでいる。

メーカーとして製品納入，アフターサービス，技術開発などで培った実績を基に，東京都水道局や北海道夕張市におけるPFI事業や，国内各所での包括委託事業に取り組んでいる。2011年3月には水道料金管

※）ペガサスは，日立製作所と地方共同法人日本下水道事業団との日本における登録商標である。

(a) N_2O
亜酸化窒素，一酸化二窒素，あるいは笑気ガスとも呼ばれる窒素酸化物。温室効果ガスの一種としても知られ，CO_2の約300倍の温室効果があるとされるほか，オゾン層破壊の原因物質にもなる。

(b) ペガサス
汚水中から窒素を取り除く硝化細菌を3mm角の高分子ポリマーの中に封じ込めた「包括固定化担体」により，省スペース，短時間，かつ安定した窒素除去処理を可能にした，硝化促進型下水高度処理プロセス。

(c) 嫌気性アンモニア酸化法
嫌気性アンモニア酸化細菌（アナモックス菌）を用いた窒素除去法。嫌気条件下でアナモックス菌がアンモニアと亜硝酸から窒素ガスを生成する反応を利用し，汚水中から窒素を除去する。従来の窒素除去法よりも，低コストで維持管理が容易な方法として注目されている。

(d) 脱窒性リン蓄積細菌（DPAO）
DPAOはDenitrifying Phosphate Accumulating Organismsの略。嫌気条件下で脱窒とリンの取り込みを同時に行うことのできる微生物。通常のリン蓄積細菌と同様に，嫌気条件で炭素源を体内に蓄積し，リンを放出する。通常，汚水中からの窒素の除去には，硝化菌と脱窒菌，リンの除去にはリン蓄積細菌を用いるが，この細菌を利用することにより，窒素・リン同時除去プロセスが可能になる。

図5｜モルディブでの水道事業経営への参画
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。海水淡水化システムやITシステムなどの導入により，水循環の効率運営への貢献をめざしている。

理分野で豊富な実績を有する第一環境株式会社と業務提携し，さまざまな形態での官民連携ソリューションの提供をめざしている。

グローバル水処理・造水ソリューション

海外においては地域の歴史や水文化を尊重し，設備・システムの提供から建設，運営までの全体で地域の発展に貢献できる水処理事業をめざしている。

例えばモルディブでは，2010年から日立グループが経営に参画しているMale' Water and Sewerage Company Pvt. Ltd. で上下水道事業の運営経験を蓄積し，中東やアジアなどのボリュームゾーン市場への展開を図る（**図5**参照）。また，海洋深層水を活用した，省エネルギーと地域振興を目的とする事業も計画中である（**図6**参照）。

中東では，膜分離活性汚泥システムによる水再生や下水処理事業で実績を積んでおり，成長ゾーン市場に展開していく。

さまざまな水処理・水循環に貢献するポンプ設備に関しては，その効率化に取り組んでいる。例えばCFD（Computational Fluid Dynamics：数値流体工学）を用いた最適化や全鋼板製ポンプの開発などにより，製品のライフサイクル全体での環境負荷低減に貢献している。

造水に関しては，将来の市場拡大が見込まれる逆浸透（RO：Reverse Osmosis）膜を活用した大型海水淡水化プラント開発について，最先端研究開発支援プログラム（FIRSTプログラム）の「Mega-ton Water System」や，独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「**省水型・環境調和型水循環プロジェクト**[e]」に参画し，省エネルギー，低環境負荷，コスト低減などの技術的課題の解決を進めて

(e) **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水処理技術を開発するプロジェクト。事業期間は2009年～2013年。開発テーマは，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。

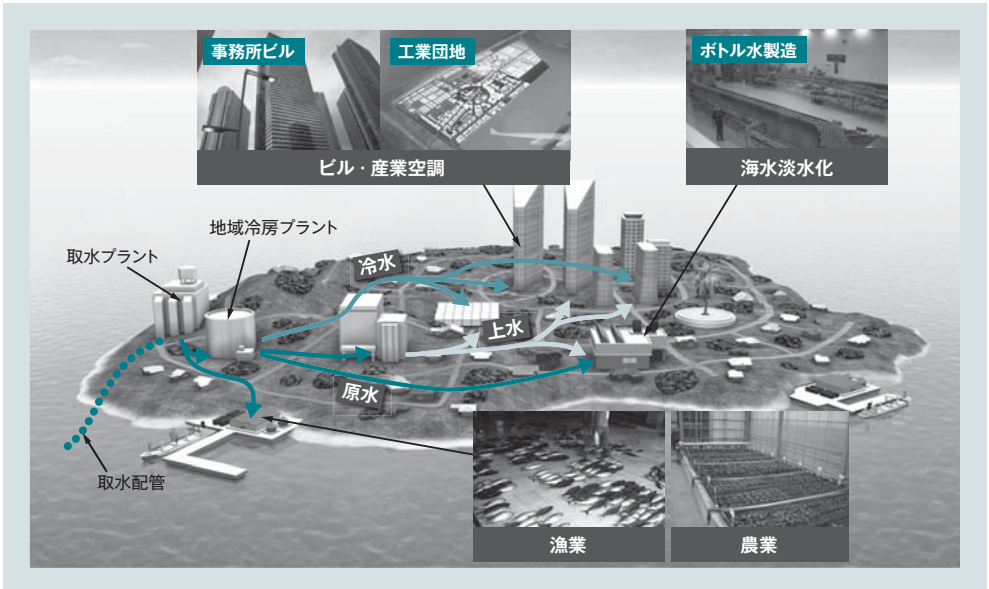


図6｜海洋深層水多段利用インフラシステム
海洋深層水が持つ特性を多段階に活用し，空調の省エネルギーと地域経済の振興に貢献する島しょ・沿岸地域向けインフラシステムの概要を示す。モルディブ共和国のフルレ島を対象に計画中である。

いる。

海水淡水化事業では，設備を建設するだけでなく，運営や給水も含めた事業全体で貢献するため，インドや中国において取り組みを加速している（**図7**参照）。

社会インフラの革新に貢献

水環境に関わる課題は，食糧やエネルギーなどとともに生命の根源に関わる大切な問題であると考える。日立グループは，水環境分野での長年の経験と幅広い実績を「水環境ソリューション」として結集し，今後もさまざまな課題解決に取り組むことで，安全・安心な社会に貢献していく考えである。

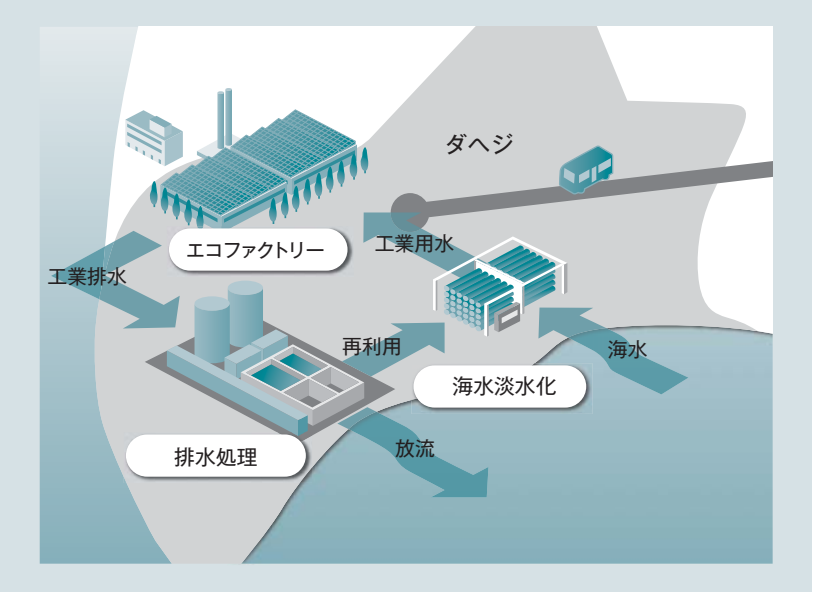


図7｜インド・グジャラート州ダヘジ経済特区
ダヘジ工業団地のスマートコミュニティ計画のイメージを示す。2015年度中に海水淡水化プラントによる給水（給水量33万6,000 m^3／日）を開始する予定である。

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 project（世界の水資源とその利用共同プロジェクト），http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/
3） WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme（JMP）for Water Supply and Sanitation（上下水道共同モニタリングプロジェクト），http://www.wssinfo.org/

執筆者紹介

舘 隆広
1984年日立製作所入社，インフラシステム社 社会システム本部 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

千葉 直利
1988年日立製作所入社，インフラシステム社 社会システム本部 電機システム統括部 所属
現在，上下水道事業の統括業務に従事

田中 孝司
1981年日立製作所入社，インフラシステム社 水環境ソリューション事業統括本部 所属
現在，海外水環境事業の統括業務に従事