

# 大型海水淡水化事業への 日立グループの取り組み

International Activities of Hitachi's Desalination Business

三宅 吉宜  
Miyake Yoshinobu

黒川 秀昭  
Kurokawa Hideaki

市毛 由希子  
Ichige Yukiko

堀井 洋一  
Horiyoshi Youichi

林 政一郎  
Hayashi Seiichiro

陰山 晃治  
Kageyama Kouji

21世紀は「水の世紀」と言われ、世界の水環境事業は2025年には86.5兆円市場になるとの予測もある。特に海水淡水化事業は、物理的な渇水地域だけでなく、今後の人口増加や工業発展によって水不足が進むことが予想され、経済的に渇水が予想される地域でも有効な事業である。日立グループは、社会イノベーション事業の1つとして、水インフラ事業を積極的に展開している。水処理技術と情報制御技術の融合で省エネルギー・低環境負荷・低コストのシステムを実現するだけでなく、水事業会社への出資、事業運営への参画、O&M事業により、国内外において安全・安心で高信頼の水インフラの構築に貢献していく。

## 1. はじめに

2011年に70億人を突破した世界人口の増加や開発途上国の工業発展により、水需要が増大している。また、気候変動の影響によって地域の水事情が変化しているため、水資源の確保が大きな課題になっており、多くの国が国家政策として水インフラの整備・拡張に取り組んでいる。世界の水環境市場を、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、成長ゾーンは新興国を中心とした海水淡水化、水再生設備などの工業用水主体のニーズが想定される。その中でも海水淡水化市場は、2007年の1.2兆円が2025年には4.4兆円に増大すると予想されている<sup>1)</sup>。

ここでは、日立グループの水環境ソリューションのグローバル展開の1つとして、海水淡水化事業について述べる。

## 2. 海水淡水化事業

日立グループの水環境事業は、従来の製品やEPC(Engineering, Procurement and Construction)事業を中心とした構造から、水運営事業を中心とした構造に変化を加

速させている。ここでは、日立グループが現在取り組んでいる代表的な海水淡水化プロジェクトの概要について述べる。

### 2.1 インド・ダヘジ海水淡水化プロジェクト

インド・グジャラート州ダヘジ経済特別区では、スマートコミュニティの開発が進められている(図1参照)。日立グループは、Hyflux社(シンガポール)とコンソーシアムを構成し、2013年1月にダヘジ経済特別区管理会社との間に海水淡水化プラント給水契約(給水量33万6,000m<sup>3</sup>/日、建設期間を含め30年間)を締結した。今後、パイロットプラントによる検証、ファイナンスアレンジ、建設を経て2015年度中に給水を開始する予定である。

### 2.2 中国・大連長興島海水淡水化プロジェクト

長興島/西中島石化産業園区は、中国石油の進出も予定される国家級プロジェクトとして開発が進められている。日立グループは、現地政府およびAbengoa Water社(スベ

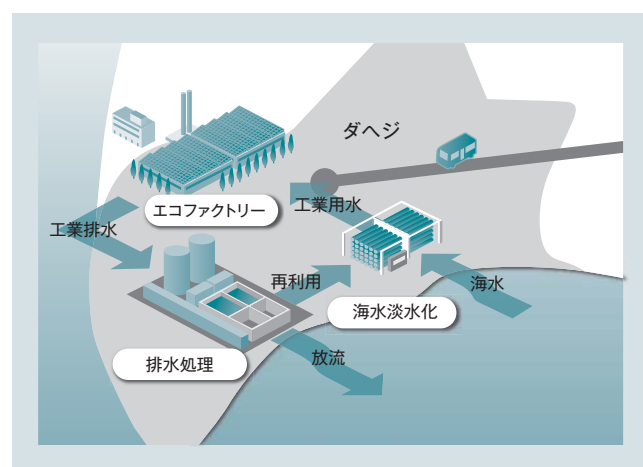


図1 | インド・グジャラート州ダヘジ経済特別区  
グジャラート州ダヘジにある経済特別区内の工業団地におけるスマートコミュニティ計画のイメージを示す。



**図2** | Mega-ton Water System パイロット試験設備  
沖縄県企業局の海水淡水化施設内に設置したパイロット試験設備の外観を示す。

イン)とコンソーシアムを構成し、同地域への海水淡水化水供給事業プロジェクトに参画している。2013年2月には準備会社の合資契約を締結し、2016年3月末の5万 $\text{m}^3$ /日の給水開始をめざして事業性評価や給水契約交渉を進めている。

### 3. 海水淡水化システムに関する技術開発

RO (Reverse Osmosis: 逆浸透) 膜法は、海水淡水化の主流な方式として採用が拡大しているが、造水コストと消費エネルギーが比較的大きい。また、排出される濃縮水の塩濃度が海水よりも高いため、海域の生態系に悪影響を及ぼす恐れがあることが課題となっている。日立グループは、これらの課題を解決するため、省エネルギー・低環境負荷・低コスト技術の開発を進めている。

#### 3.1 大規模造水技術の開発

2009年度から4年間の期限で国の新しい科学技術施策として「最先端研究開発支援プログラム」が新設され、その一つのテーマに「Mega-ton Water System」(提案者: 東レ株式会社フェロー 栗原優氏) が採択された。このテーマの趣旨は「深刻化する世界の水問題を解決するために、膜など日本が有する世界的なコア技術を用い世界最大の海水淡水化システムを確立し、日本発の水メジャーとして海外展開し水資源の安定的な確保を実現する」である。また、プロジェクトの目標として、(1) エネルギー25%削減、(2) 低コスト (100万 $\text{m}^3$ /日規模の場合に半減)、(3) 低環境負荷システムを挙げている。

日立グループは、このプロジェクトの中核メンバーであり、「100万 $\text{m}^3$ /日規模大型プラント構成最適化」テーマの検討を、三菱重工業株式会社などと共同で進めている。このプロジェクトでは、沖縄県企業局の海水淡水化施設内に設置したパイロット試験設備を用いて、高効率大型分離膜エレメントや高効率エネルギー回収装置、無薬注運転シ



**図3** | 日立事業所埠頭工場実証研究設備  
日立事業所埠頭工場内に設置した海水淡水化技術の実証試験設備の外観を示す。実海水を連続的に取水 (100  $\text{m}^3$ /日) できる。

ステム、低コスト高圧配管などの各種コア技術、および最適運転技術に関する実証試験を継続中である (図2参照)。

#### 3.2 運転・維持管理技術実証研究

海水淡水化の技術開発には実海水を用いた実証研究が必須となるが、海水に含まれる成分や組成は、時間の経過とともに変化する。そのため、試験に用いる実海水を連続的に取水できる実験施設が必要である。

日立グループは、2011年11月、茨城県日立市の日立事業所埠頭工場内に実証試験設備を設置した (図3参照)。この設備は敷地面積270  $\text{m}^2$ であり、テーブル試験を実施する実験棟、RO膜処理装置を設置した40フィートコンテナ、および室外の各種水槽から構成される。設備は岸壁から約300 mの位置に設置し、海水取水量は約100  $\text{m}^3$ /日であり、水深2.5 m (干潮時) ~ 4.3 m (満潮時) から取水している。

この設備では、今後想定される比較的清澄度の低い海水に対応する、以下の3つをはじめとする運転・維持管理技術の開発・実証を行っている。

- (1) 海水のRO膜への汚染影響を評価するQCM (Quartz Crystal Microbalance: 水晶振動子てんびん) を用いたセンシング技術
- (2) RO膜を汚染する物質を事前に除去する前処理技術
- (3) 効率的にRO膜を運転できるシステム技術

RO試験設備は4インチRO膜処理装置を2系列設置しており、従来システムと比較しながら新システムを開発している。また、QCM技術は、2013年度からサウジアラビア王国のKAU (King Abdulaziz University) との共同研究を開始し、紅海における実海水を用いた実証実験と併せて実用化を加速する。

この施設では小回りの利く小型装置を用いた基礎実験を主体としているため、開発した技術は、より実機に近い試験サイトで実証し、早期実用化をめざす計画である。

#### 3.3 海水淡水化・下水等再生水統合システム事業の実証研究

2009年に東レと株式会社日立プラントテクノロジー(当

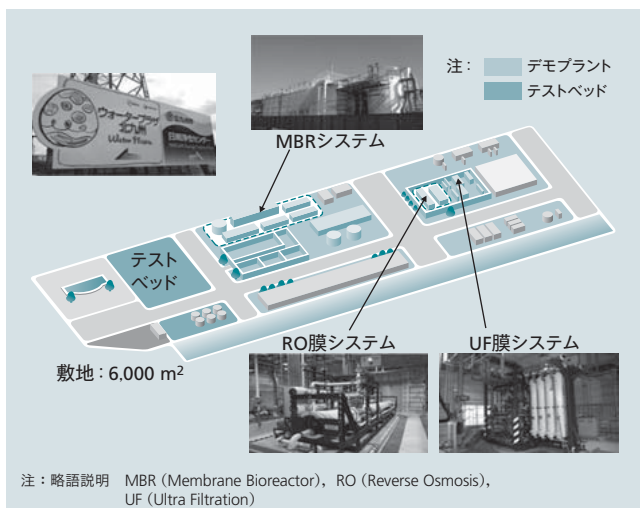


図4 | ウォータープラザ北九州のデモプラント設備

官民連携による独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の事業「ウォータープラザ」の設備の概要を示す。

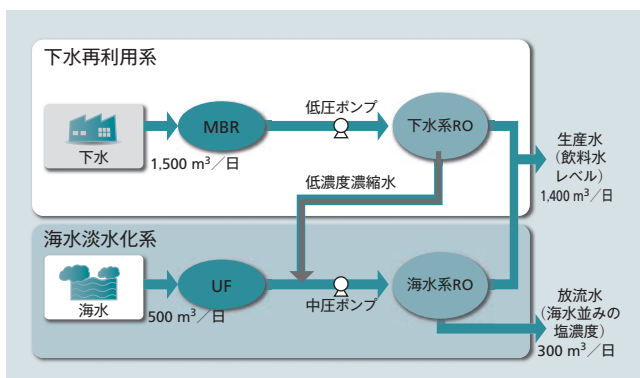


図5 | ウォータープラザ北九州のデモプラント処理フロー

海水淡水化・下水再生水統合システムにより、省エネルギー・低環境負荷を実現する。

時）が提案した「海水淡水化・下水等再利用統合システム事業（ウォータープラザ事業）」が、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」のテーマとして採択された。その後、2010年3月に同2社が海外の水資源問題の解決に貢献するための組織として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）を経済産業省の認可を受けて設立し、北九州市と連携しながら海水淡水化・下水再利用統合システムの実証（ウォータープラザ北九州）を進めている（図4参照）。この事業では、省エネルギーを実現する水循環システムとして各種水資源を組み合わせた統合システムのデモプラントを建設し、システム実証と運営・維持管理を含めた事業実証を行っている（図5参照）。下水再利用プロセスから排出される濃縮水などを海水の希釈水として利用することで、RO供給水（混合水）の塩濃度を低減でき、30%以上の省エネルギーが可能であることをデモプラントで検証した。

2011年4月から本格運転に入り、同年8月にフル稼働運

用を開始した。下水1,500 m³/日と海水500 m³/日を処理し、生産水1,400 m³/日を製造するとともに、九州電力株式会社新小倉発電所に最大1,000 m³/日の生産水を供給している。この生産水の水質は現在使用している工業用水より良質なため、ボイラ用水に精製するための浄化プロセスの簡素化とメンテナンス性の向上が図れることが分かった。また、デモプラントのフル稼働運転で得られた消費動力の実績データを基に、生産水量1万8,000 m³/日の規模の消費動力を計算した結果、39%の省エネルギー効果が得られることを明らかにした。

今後、工業発展による工業用水量の増加が見込まれる国に、海水淡水化・下水再利用統合システムの省エネルギー効果と、排出される濃縮水の塩濃度が海水と同レベルである低環境負荷をアピールし、持続的な水・エネルギー資源の確保に貢献したいと考えている。

この内容は、NEDOによる省水型・環境調和型水循環プロジェクトの中で海水淡水化・下水等再利用統合システム事業の実証研究として実施しているものである。

#### 4. 事業運営・O&Mに関する技術開発

日立グループは、運営事業・O&M（Operation and Maintenance）事業に取り組むにあたり、これまで培ってきた水処理技術と情報制御技術を融合し、運営効率の向上やノウハウ蓄積を目的とした技術開発を進めている。

##### 4.1 事業性評価支援ツール

プロジェクトの計画初期段階では、事業性の正しい評価は困難であり、半分から倍の誤差を含むと言われている。事業性を判断するには、経験則または積み上げ方式が考えられるが、経験則はばらつきが大きいため信頼性が低く、積み上げ方式は詳細な事業計画の策定が必要となるため時間がかかる。そこで、積み上げが困難な部分は経験則や仮説のままでも、計画初期段階から一定レベルの事業性評価が可能なツール「経済性シミュレータ」を開発した（図6参照）。特徴は以下の3点である。

##### (1) 収支構造記述スクリプト

収支構造を容易に記述でき、明確な定義ができない部分は幅を持たせて仮置きできる。

##### (2) 長期事業収支シミュレーション機能

長期の税引き前利益、税引き後利益、キャッシュフローなどの経営指標が計算できる。

##### (3) シナリオ分析機能

各項目の変動が事業に与える影響を即座に計算し、感度分析が容易にできる。

このツールを海水淡水化プラント案件に適用し、取るべ



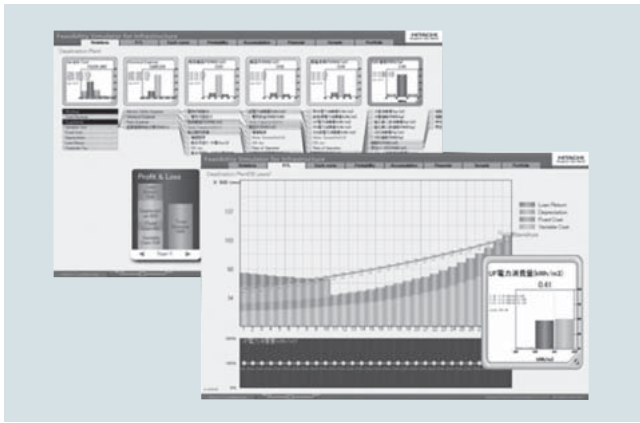


図6 | 経済性シミュレータ

収支構造を表示する画面(左)と、長期の事業収支のシミュレーション結果画面(右)を示す。

き戦略の策定に用いた。さらに、随伴水、バラスト水浄化、バイオマス発電などの海水淡水化プラント事業以外の事業にも適用した。

## 4.2 O&M支援技術

RO膜を用いる海水淡水化プラントの運転費の多くは、高圧ポンプの動力費で占められており、その低減が課題である。

日立グループは、動力費低減に貢献するO&M支援技術の1つとして、時間によって変化する外的条件(海水の水温や塩濃度、時間別電気料金など)を考慮に入れ、高圧ポンプの動力費を最小化できる造水計画適正化システムを開発した(図7参照)。

RO膜の後段の生産水タンクのバッファ機能を活用し、高圧ポンプ動力費が低い時間帯に多量の淡水を、動力費が高い時間帯には少量の淡水を生産する運転とすることで、動力費の低減を図る。ただし、生産水タンクの水位や各機器の運転可能範囲、複数系列の起動停止および流量可変制御まで含めると、短時間に最適解を得ることは容易ではな

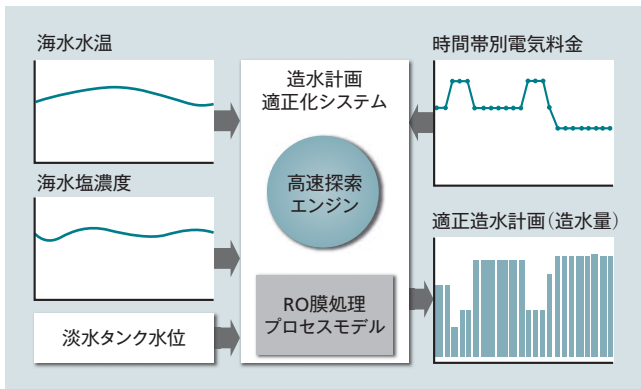


図7 | O&M (Operation and Maintenance) 支援技術の造水計画適正化システム構成

海水の水温や塩濃度、時間別電気料金など時間的に変化する条件を考慮し、設備を効率的に運転して高圧ポンプの動力費低減を支援する。

い。そこで、高速探索エンジンを新たに開発した。これにより、数秒で適正な造水計画を算出できるシステムを実現した。

今後は、このシステムに前処理を組み合わせた造水計画適正化技術を確立し、運転費のさらなる低減をめざしていく。

## 5. おわりに

ここでは、日立グループの水環境ソリューションのグローバル展開の1つとして、海水淡水化事業について述べた。

日立グループは、市場が拡大する海水淡水化事業を積極的に展開するため、省エネルギー・低環境負荷・低コストを実現する技術開発を加速していく。さらに産官学との連携を促進しつつ、日立グループの総力を結集して社会に貢献していく。

## 参考文献

- 1) 経済産業省：水ビジネス国際展開研究会報告書(2010.4)

## 執筆者紹介



### 三宅 吉宜

1999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、日立グループの水事業のグローバル戦略立案に従事



### 市毛 由希子

1999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、海水淡水化事業の事業開発・計画に従事  
日本ロボット学会会員



### 林 政一郎

2006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、海水淡水化事業の事業開発・計画に従事  
日本バーチャルリアリティ学会会員



### 黒川 秀昭

1983年日立製作所入社、インフラシステム社 技術開発本部 松戸開発センタ 所属  
現在、海水淡水化システムの開発に従事  
博士(工学)  
化学工学会会員



### 堀井 洋一

1990年日立製作所入社、インフラシステム社 技術開発本部 松戸開発センタ 所属  
現在、社会インフラ事業の経済性評価技術の開発に従事



### 陰山 晃治

1993年日立製作所入社、日立研究所 材料研究センタ エネルギー材料研究部 所属  
現在、海水淡水化システムの研究開発に従事  
博士(工学)  
環境システム計測制御学会会員