

feature article

「潤す」

# 中東・ドバイにおける水再生事業の展開

Water Recycling Business in Dubai

大熊 那夫紀 Naoki Okuma

篠田 猛 Takeshi Shinoda

人口の急激な増加と社会の発展に伴い、多くの国で水不足が深刻化しており、国際的な課題として議論が進められている。

この解決技術の一つとして注目されているのが膜分離技術である。

株式会社日立プラントテクノロジーは、新規開発したMBR（膜分離活性汚泥）システムを中心として、アラブ首長国連邦・ドバイで、膜分離技術を用いた水処理システムを提供している。

また、日本国内の水ビジネスの関連企業により、

2009年1月に発足した「海外水循環システム協議会」にも積極的に参画し、

地球規模での「水問題」解決に向けて貢献している。

## 1. はじめに

21世紀は「水の世紀」と言われ、水問題が経済的、衛生的な問題として世界各地でクローズアップされている。中東地域のほぼ中央、ペルシア湾に面した砂漠の地にあるドバイ首長国でも、都市開発に伴って予想される人口増加に対応するインフラ設備として、飲料水製造設備や生活排水処理設備の需要が期待されている。

ここでは、ドバイの水環境と、株式会社日立プラントテクノロジーが日本国内で開発したMBR（Membrane Bio-reactor：膜分離活性汚泥法）技術や、この技術をベースに現地で展開している水再生事業、および今後の展望について述べる。

## 2. 水不足と膜処理技術

世界における水不足は深刻で、これまでのペースで水を消費し続ければ、2025年には世界人口の半分である約40億人が水不足に直面すると言われている。この水問題を解決する技術の一つとして膜処理技術が注目されている。

膜処理技術に用いる膜は、1 nm以下の孔径で海水などを淡水化するRO（Reverse Osmosis：逆浸透）膜、ナノメートルレベルの孔径でタンパク質などの高分子量物質を分離するUF（Ultrafiltration：限外ろ過）膜、サブミクロンレベルの孔径でバクテリアなどを分離するMF（Microfiltration：精密ろ過）膜などに分類される。

RO膜を用いる海水淡水化設備は、日本をはじめとして世界で稼働している。また、シンガポールでは、生活排水を処理し、さらにRO膜処理を行って飲料水に混合する

「NEWaterプロジェクト」が知られている。

水道原水中の濁質成分であるバクテリアやクリプトスポリジウムなどの病原性原虫類を除去する目的で、浄水設備にはMF膜やUF膜が用いられている。近年、生活排水処理分野にも膜技術が応用され、MBRシステムとして世界に急激な市場形成がされつつある。

これらの膜処理設備に使用される膜は、世界シェアの約60%を日本製品が占めている<sup>1)</sup>。特に、海水淡水化用のRO膜のシェアは70%に達する。しかし、処理設備や水事業となると日本企業の名前は挙がらず、フランスのスエズ社やヴェオリア・ウォーター社などのグローバルカンパニーが世界の水市場を席捲（けん）しているのが現状である。

## 3. ドバイにおける水環境事情

ドバイの開発計画完成図の一例を図1に示す。ヤシの葉形状の人工島で有名なパームジュメイラは同図中央部の人工島で、現在までにほぼ出来上がっている唯一の開発プロジェクトである。そのほかのものはすべて建設中であるが、現在は、2008年末の世界金融危機の影響で大部分の開発案件が停止している状況である。統計資料によると2006年現在のドバイ市の人口は142万人で、人口構成はUAE（アラブ首長国連邦）人が2割弱、インド人が半数以上でパキスタン人と合わせると7割になる。水道水製造量は71万m<sup>3</sup>/日、下水処理水量は39万m<sup>3</sup>/日、灌漑（かんがい）用水使用量は25万m<sup>3</sup>/日である。なお、ドバイでは開発プロジェクトの認可には必ず開発計画に則した下水処理場の建設が義務づけられている。



図1 20年後のドバイ予想図 (Nakheel社開発プロジェクト)

UAE (アラブ首長国連邦) のドバイでは、2030年を目標に、現在の150万人から700万人に人口を増加する都市計画を進めている。海岸に人工島を多数造成し、観光立国をめざして建設中であるが、2008年末の世界金融危機の影響を受け、計画の大幅な見直しを迫られている。

ドバイにおける水道水はすべて海水の淡水化で賄っており、下水処理水は大部分を灌漑用水として再利用している。しかし、公共の下水処理場は一か所だけで、増設工事が間に合わず、計画水量の26万 $\text{m}^3$ /日に対して、現在は50万 $\mathbf{m}^3$ /日の汚水を処理しているため、再利用水質としては良好ではない状況である。この原因は、都市の開発ラッシュに伴う建設に従事する労働者の増加であり、労働者人口は約50万人と言われている。労働者はレイバーキャンプという地域に集められて生活しており、この生活排水は、タンクローリで下水処理場に運ばれて処理される。

下水処理場に並ぶタンクローリの列を図2に示す。待ち時間は2～5時間で運搬効率が悪いので、このタンクローリの費用、すなわち生活排水処理費用が高騰している。



図2 下水処理場に並ぶタンクローリの列

1日に約4,000台のタンクローリが生活排水などを運んでくるため、周辺の道路の交通渋滞をも引き起こす。

#### 4. MBR/MBR-ROシステムの概要

MBRは、生物処理の反応槽に膜モジュールを浸漬させ、従来の活性汚泥法の沈殿槽を省略したものである。従来の処理法との比較の概念図を図3に示す。MBRシステムは、省スペースで簡単な維持管理によって、再利用できる良質な処理水を得ることができ、水不足の地域にとっては最適な生物処理システムである。

このMBRシステムの心臓部は膜ユニットであり、各社によってさまざまな膜ユニットが提案されている。MBR

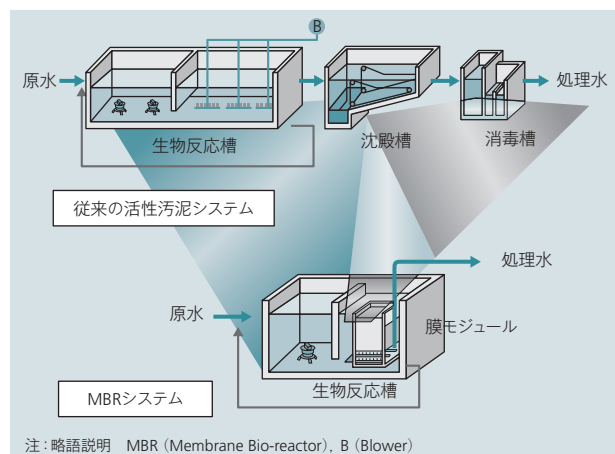


図3 従来システムとの比較

従来の活性汚泥システムは生物反応槽が大きく、沈殿槽や消毒槽が必要であった。これに対し、MBRシステムは活性汚泥液の濃度を高く維持できるので反応槽をコンパクトにでき、膜でろ過するため沈殿槽、消毒槽が不要になる。

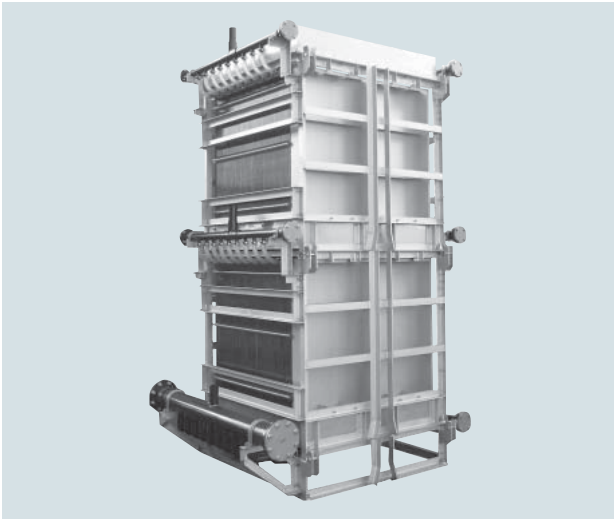


図4 MBR用の膜ユニット

この二段重ね膜ユニットは、膜面積400 m<sup>2</sup>を有し、約250 m<sup>3</sup>/日の処理水を得ることができる。

システムに使われている膜ユニットを図4に示す。膜の素材は、PVDF (Polyvinylidene Difluoride：ポリフッ化ビニリデン) の平膜型で、孔径は0.1 μmである。そのため、病原性原虫類はもとより、大腸菌などの微生物も除去でき、0.1 μmよりも小さなウィルスの除去もできることを証明している<sup>2)</sup>。

日立プラントテクノロジーは、国内では現在最大の下水処理用MBRシステム(2,140 m<sup>3</sup>/日)を静岡県の戸田浄化センターに納入している。ドバイでは、レイバーキャンプ向けに処理規模250 m<sup>3</sup>/日、500 m<sup>3</sup>/日、750 m<sup>3</sup>/日の標準機種をこれまでに約60台受注している。

MBR-ROシステムは、水の再利用をめざしたシステムで、MBR処理水中のイオン類をRO設備で除去するため、再生水は工業用水として利用できる。ドバイでは、地域冷房用の補給水やコンクリートの練り水などでの用途がある。

世界最高層ビル「ブルジ・ドバイ」の完成予想図を図5に示す。ビルの周りには池があり、この池に高さ150 mに達する噴水設備を建設している。噴水に使用する水は、この地域住民の3,000 m<sup>3</sup>/日の生活排水をMBR-ROシステムで処理した再生水となる計画である。地域住民の衛生面を考え、また蒸発量が非常に多い地域であるため、RO設備で脱塩した再生水が使われる。日立プラントテクノロジーは、この再生水製造設備を受注し、同設備は2009年3月末に完成した。

## 5. 水再生事業の展開

### 5.1 合併会社設立の背景

日立プラントテクノロジーは2008年からドバイにおいてMBRシステムの拡販事業をしている過程で、再生水事業がドバイにおける水環境の問題解決に寄与し、事業とし



図5 ブルジ・ドバイ完成予想図

2009年秋の完成をめざし建設中である。高さは850 mとも言われているが、まだ最終的な高さは公表されていない。ショッピングセンター、ホテル、住居などの利用が予定されている。

ても成り立つと確信を持つに至った。そこで、ブルジ・ドバイの空調設備工事をきっかけに提携関係にあるドバイの有力財閥アルグレアグループと共同して、レイバーキャンプの生活排水を集めて処理し、再生水を販売する事業計画を検討した。

2008年8月には、再生水事業を行うための合弁会社Hi-Star Water Solutions LLCを設立した。現地では、外国企業は50%以上の資本を取ることはできないため、出資比率はアルグレアグループ51%、日立プラントテクノロジー49%である。

### 5.2 新会社のビジネスモデル

水再生会社のビジネスモデルを図6に示す。レイバーキャンプの近くに汚水処理・再生処理プラントをつくり、市場値よりも安価に生活排水を収集する。生活排水はMBR処理とRO処理を行い、中程度の水質と高度な水質の再生水を製造する。中程度の水質のMBR水は、トイレ用水や灌漑用水向けに低価格で販売し、高度な水質のRO水は、水道水と同等の価格でコンクリート練り水などの産業用水や地域冷房用の補給水などとして販売する。レイバーキャンプの周りには工業団地があるので、数キロメートル以内の狭い地域で水を使い回しすることが可能になる。

### 5.3 事業計画および今後の展開

2009年2月から第1期の処理設備が順調に稼働している(図7参照)。まずは小規模の汚水処理プラントで操業

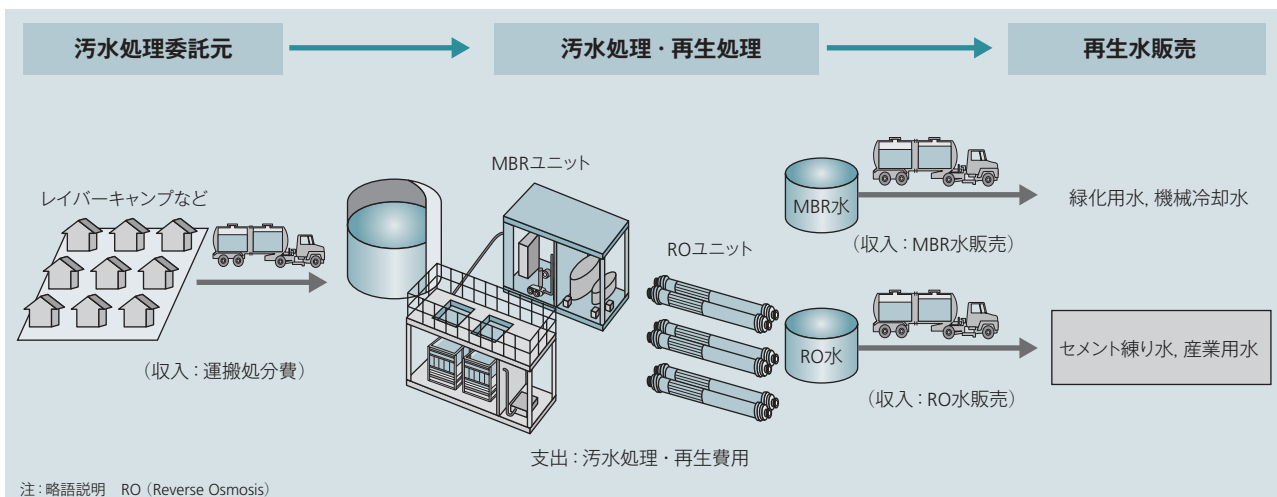


図6 水再生事業のビジネスモデル

新会社の収入は、生活排水の運搬処分費と再生水の販売費であり、支出はMBR-ROプラントの建設費用と運転費である。

を開始し、2009年度中には処理規模を増大した中規模の第2期プラントを建設する計画である。さらにこの事業モデルをドバイから他の地域に水平展開していく予定である。

日立プラントテクノロジーは、2009年1月にシンガポールのROシステム会社をM&A (Merger and Acquisition) したことで、MBR-ROシステムの拡販を強化し、O&M (Operation and Maintenance) も含めた水事業を新会社と連携させ、積極的に展開する予定である。

また、2009年1月に日立製作所と日立プラントテクノロジーが中心となって発足した「海外水循環システム協議会」は、水ビジネスの関連企業28社が参加し、国内企業の水ビジネスの海外展開を後押しする組織である。協議会では海外でのモデル事業を展開するうえで、政府、関係機関の全面的支援の受け皿をめざしており、今後、国内での実証を経て、海外水ビジネスを展開していく計画である。



図7 水再生事業第1期プラントの外観

鋼板製のMBRタンク2基と左下にROユニットのハウスがある。ドバイ・アルクース地区のセメント工場内に設置した。

## 6. おわりに

ここでは、ドバイの水環境、株式会社日立プラントテクノロジーが日本国内で開発したMBR技術とシステムの概要、現地企業と合弁会社を設立して現地で開始した水再生事業、および今後の展望について述べた。

映画作品「007シリーズ」の最新作「007/慰めの報酬」では、南米での水資源の利権が背景に描かれ、エンターテインメントの世界でも水問題が登場するようになっている。中東地域において、水は貴重な資源であり、ここで紹介した水再生事業をはじめ、この地域に根ざした水事業を積極的に展開していきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 膜分離技術振興協会、外：浄水膜（第2版）、技報堂、p.12（2008）
- 2) S. Ota, et al. : Evaluation of MBR effluent characteristics for reuse purposes, Water Science & Technology, Vol.51 No.6-7, pp.441-446（2005）

### 執筆者紹介



#### 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ー）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、中東における水処理システムの拡販に従事  
工学博士  
日本膜学会会員



#### 篠田 猛

1971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ー）入社、環境システム事業本部 所属  
現在、海外水処理事業の統括に従事  
技術士