

# 4 水に価値をつける技術



山本 和夫  
YAMAMOTO Kazuo

アジア工科大学副学長 / 東京大学教授  
(一財) 造水促進センター 理事長

水に価値をつける技術である造水技術。これが水ビジネスとして成立するのは、「高い水を買ってもよい」という購入者の支払い意思との兼ね合いによる。淡水資源の不足している中東では、まさに「造水技術」である膜関連技術を使った海水淡水化がビジネスとして成立している。

## 水ビジネスの枠組み

水そのものに価値をつけるという観点から、ここでは膜関連技術、特に海水淡水化技術としての逆浸透 (RO: Reverse Osmosis) および生活排水再生利用技術としてのMBR (Membrane Bioreactor) -ROに絞って事例を紹介する。水に価値をつける造水技術の詳細については既刊<sup>1)</sup>を参照されたい。もちろん膜が全てではなく技術は多様である。

まず立ち位置を明確にするため、分かり切った話から始めたい。

水は我々の生命、生活、産業を支える基本財である。同様な基本財である空気はタダであるが、水はタダではない。人間地球圏で空気は遍在するが、空気と共に地球を駆け巡る水蒸気は別にして、太陽エネルギーを駆動力にして海から蒸散した水蒸気が陸域で再び凝縮し降水となり、我々に利用可能となる過程で、水は時空間で偏在してしまうからである。山紫水明の地である日本でも、古来、水争いは絶えなかった。その歴史を経て、我が国の河川を流れる水には水利権が付いている。取水は自由ではない。

公は、ベーシックヒューマンニーズである安全な水を、安価かつ安定して供給する責務を負っている。これが日本の水道行政の基本である。一方、私水である地下水は、自由かつ安価な水として産業用途にかつて過剰に取水され、深刻な地盤沈下を引き起こした苦い経験がある。野放しにはいけない。我が国では、工業用水法による地下水取水規制が功を奏して、地盤沈下は沈静化し、例えば東京都区部は地下水位の回復が顕著

であり、今は地下構造物の浮上問題を抱えているところもある。しかし、沈下してしまった地盤は回復しない。現在も世界に目を向ければ、同様な過剰取水による深刻な地盤沈下問題や塩水障害を抱えているところが至るところにある。

実質的に回復不能ということは、環境修復費用が無限大ということである。未処理の排水による水環境汚染は修復可能であるが、一般に莫大な費用がかかる。安きに流れて取り返しのつかない事態を防ぐため、公は水管理の制度を確立し、公民連携して未然防止対策のための社会コストを負担し、結果的に環境保全のためのコスト最小化を図らなければならない。水ビジネスは、このような枠組みの中で展開されるビジネスである。要は、儲けなければいけないが、儲けすぎてもいけない商売である。投機商品であってはならない。

## 水の値段

さて、その水の大雑把な値段はいくらか。先日、タイの首都バンコクのコンビニで買ったペットボトル1.5ℓで40円 (1パーツ = 3.7円換算)、1m<sup>3</sup>では約2.6万円にもなる。こんな高価な水が買われている。安全や安心を買うために、それだけの支払意思があるということである。これに対し汚水処理への支払意思は薄弱である。自分が出した汚水の処理に金をかけることは考えもしないが、スマートフォンには金をかけるという現象が世界を席卷している。これは制度と教育の問題である。ペットボトル飲料水の場合、高度処理のためのコストは殆ど問題にならない。ROも普通に使われる。すなわちビジネス

表1 大型海水淡水化設備納入・受注実績

運転年	国	都市	設備能力 (m <sup>3</sup> /日)	プラントエンジニア	膜メーカー
1998	サウジアラビア	ヤンブ	128,000	三菱重工	東洋紡
2003	アラブ首長国連邦	フジャイラ	170,000		日東電工
2003	シンガポール	チュアス	136,000		東レ
2007	サウジアラビア	シュアイバ	150,000		東レ
2008	サウジアラビア	ラービク	192,000	三菱重工	東洋紡・日東電工
2008	アルジェリア	ハンマ	200,000		東レ
2009	サウジアラビア	シュケーク	216,000	三菱重工	東洋紡
2009	スペイン	バルセロナ	200,000		日東電工
2010	オーストラリア	メルボルン	440,000		日東電工
2011	バーレーン	アル・ドル	218,000		東レ
2012	アルジェリア	トレンセム	200,000		日東電工
2012	オーストラリア	アデレード	300,000		日東電工
2014	アルジェリア	ベニ・サーフ	200,000		日東電工
2014	アルジェリア	マガター	500,000		東レ
2015 (受注)	サウジアラビア	シュアイバ	91,200	ササクラ	(蒸気圧縮式多重効用缶型)

注: 造水促進センター調べ。日本企業プラントエンジニア10万m<sup>3</sup>/日以上。プラントエンジニア空白欄は外国企業 (膜メーカーのみ日本企業) の場合で20万m<sup>3</sup>/日以上

は適用する技術云々の問題ではなく、投資と販路の問題であり、まさに民に任せるビジネスである。

我が国のいわゆるビル内の中水道も高値が許容されている。条例による水再利用設備導入推進と、大口需要者への上下水道料金通増制 (合計800円/m<sup>3</sup>でも驚かない) という政策的インセンティブにより、MBRを導入し「500」円/m<sup>3</sup>のオーダーの造水コストでも民のビジネスとして成り立つ分野である (オーダー値であることを明確にするため「500」円と表示)。

このようなケースは特殊で、公によるインセンティブがないと成立しないため、そのままの海外展開は難しいと考えられるが、水が決定的に不足している所ではそうでもない。タイの廃棄物処分場サイトで実施した、ごみ収集車から集めた新鮮なごみ浸出水からの水再生デモンストレーション実験では、コンテナタイプ可搬型MBR-ROという最先端水処理技術を導入しても経済的に成立する結果となった<sup>2)</sup>。このサイトには水供給パイプラインが来ておらず、ごみ収集車の洗車にもタンク給水車から水を買わざるを得ず、その値段が370円/m<sup>3</sup>であった。水を車で遠くから運ぶと燃料代などの輸送費が高くつくのである。タイ湾にあるサメット島では本土から水を20ℓのボトルに詰めて船舶で輸送して来るが、その値段も大体同じで、サメット島内のあるホテルでは自前でRO海水淡水化装置を導入して造水している。その方が安いのである。

しかし普通はそこまで高くない。我家がある東京某市での支払い実績は、水道料金145円/m<sup>3</sup>、下水道料金65円/m<sup>3</sup>、合計約210円/m<sup>3</sup>である。水道事業は独立採算制だが、建設償還費が大きい下水道事業は税金投

入がなければ成り立たない事業であることがよく理解できる値段設定である。筆者はバンコクにも住んでいる。その集合住宅での支払い実績は、水道料金70円/m<sup>3</sup>のみで下水道料金は徴収されない。タイでは水道使用量を基にして下水道料金を徴収する仕組みが整っていない。従って、一人当たりの名目GDPが5,600米ドル強の中所得国タイでも、下水道事業の現状は完全な公的資金による事業である。バンコクを離れ地方に行けば、水道料金は約20円/m<sup>3</sup>程度である。バンコク近郊の工業団地の用水供給事業であると、民営かつ従量制で約70円/m<sup>3</sup>となる。バンコク周辺1都7県以外の地下水規制の緩い地方での工業用水供給事業となると、地下水利用で約10円/m<sup>3</sup>である。ちなみに責任水量制を取っている我が国の工業用水道による工業用水料金は、その建設時期により大きく異なるが、大雑把に「50」円/m<sup>3</sup>である。原水水質が既に良好な場合を除き、高度水処理「50」円/m<sup>3</sup>が水に価値をつける技術の相場といえる。海水淡水化ROも水再生MBRも例外ではなく、そこで勝負できなければ海外でのビジネス展開も安閑としてはられない。

## 海外で展開する大型海水淡水化技術

淡水資源の不足に悩むところでは海水淡水化がビジネスとなる。表1は、海外のRO海水淡水化大型施設について、日本企業 (プラントメーカー、膜メーカー) の納入、受注実績例である。サウジアラビア・ラービクの例は、大型直列3段RO (図1) で、冷却用水高純度造水設備として注目を集め、大型高純度海水淡水化市場でも蒸発法に代わるものとして評価されている<sup>3)</sup>。海水淡

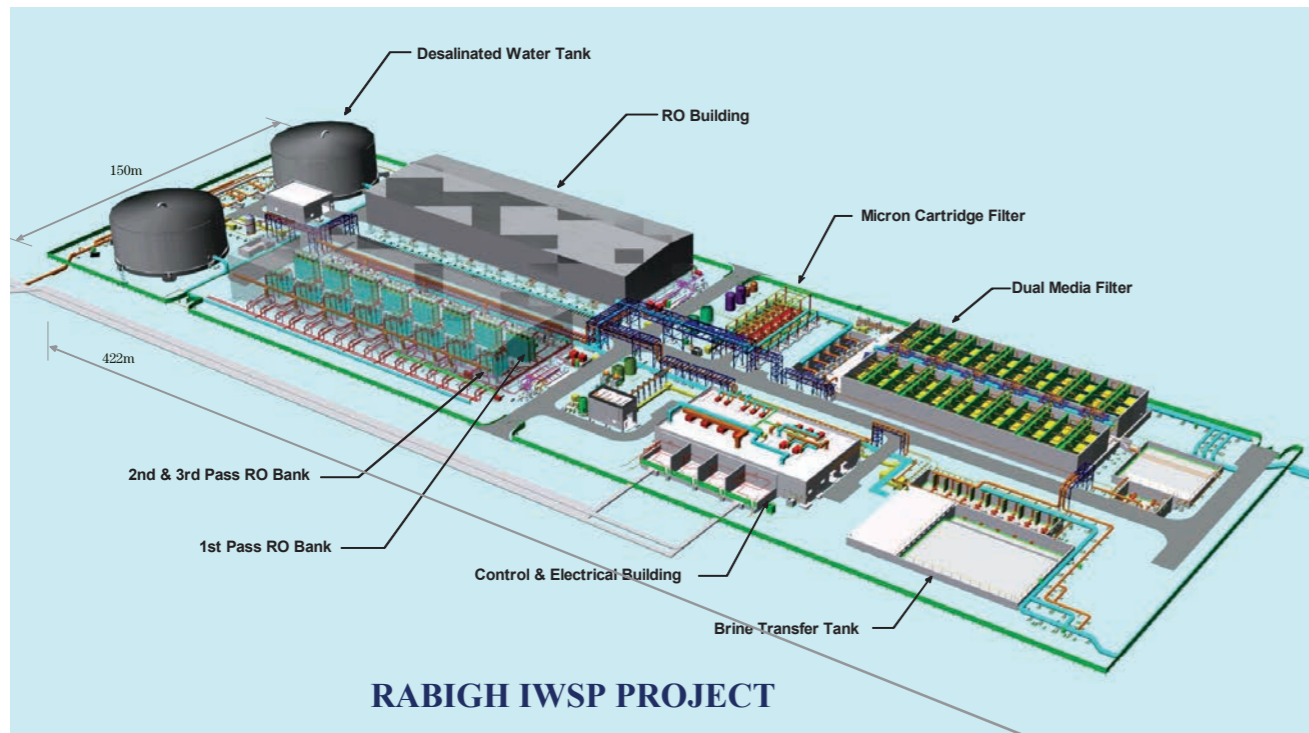


図1 サウジアラビア・ラービクにおける3段直列RO大型海水淡水化設備<sup>3)</sup>

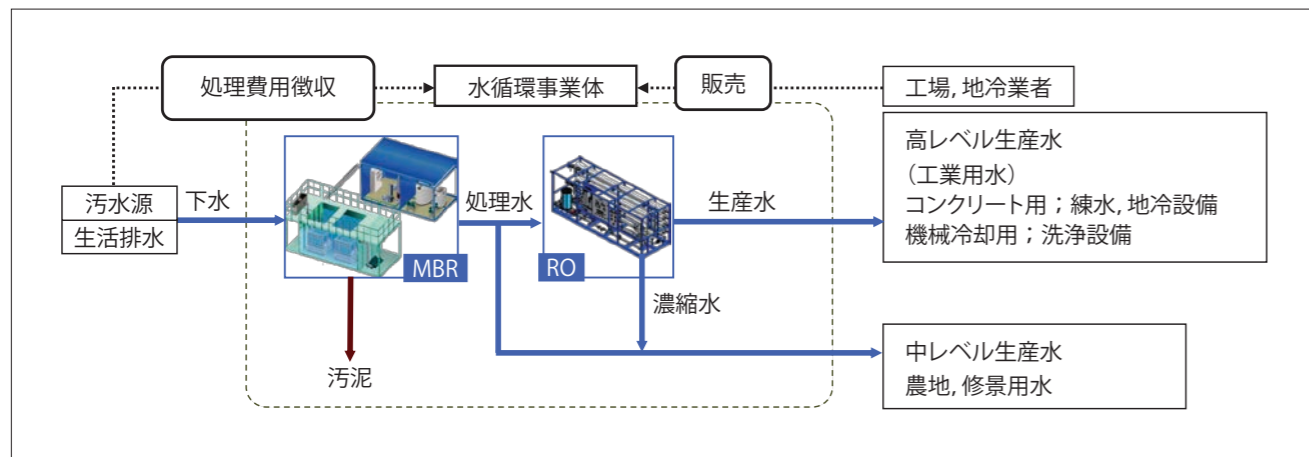


図2 ラスアルハイマ首長国 MBR-RO 水再生実証事業概要<sup>7)</sup>

水化市場はここ10年、RO受注優位の状況であったが、最近では蒸発法も再び注目されており、サウジアラビア・シュアイバの増設設備として日本企業が蒸気圧縮式多重効用缶型海水淡水化設備を受注している<sup>4)</sup>。

いずれにせよ、海水を淡水化するためにはエネルギー投入が必要である。投入したエネルギーをいかに効率よく回収するかが、運転によるエネルギー消費削減の鍵となる。また施設を大型化しプラント設計を最適化することにより、全体のコストが削減される。これが内閣府最先端研究開発支援プログラムとしてメガトンシステム<sup>5)</sup>が目指したものである。その成果は、今後のビジネス展開に大いに繋がると期待される。さらに、RO

濃縮海水の高い化学エネルギーポテンシャルを利用したPRO (Pressure retard Reverse Osmosis) 発電システムを開発している。RO濃縮海水をPROモジュールに通し、下水処理水からの水を濃縮海水で吸い取り、濃縮海水を希釈増量させることで水車を回し発電する技術システムであるが、商業ベースに載せることのできるまでの成果を得ている。

商業RO膜は、酢酸セルロース系の中空糸膜と芳香族ポリアミド系のスパイラル膜に分けられ、スパイラル膜は塩素耐性がないといわれてきたが、NEDO (新エネルギー・産業技術総合開発機構) による省水型・環境調和型水循環プロジェクト<sup>6)</sup>により塩素耐性の高いス

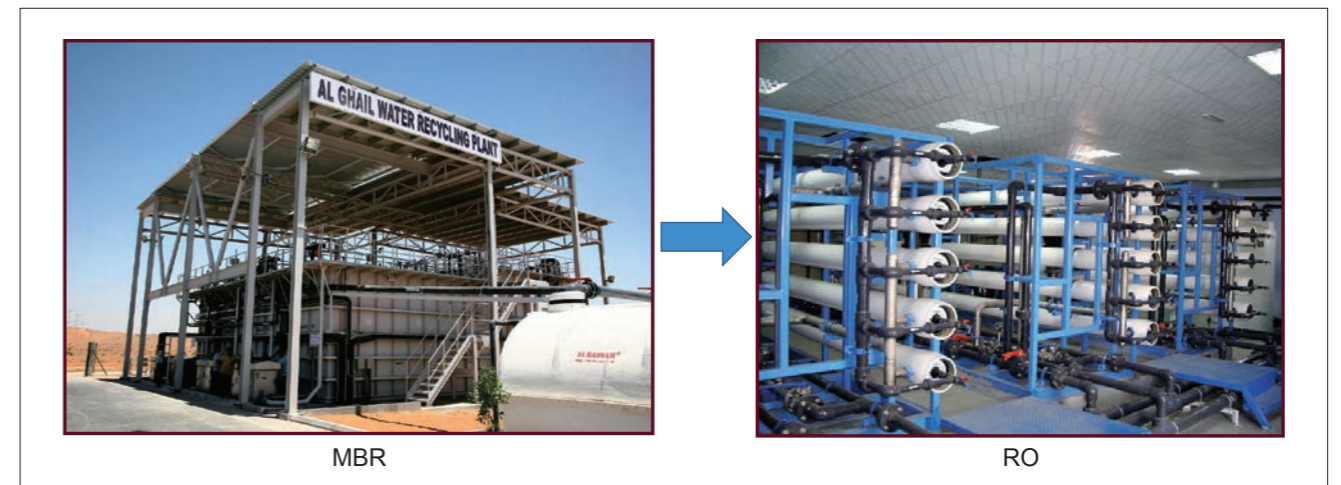


図3 MBR-RO実証プラント外観

パイラル膜が開発されてきており、個々の技術は日進月歩である。また、RO海水淡水化施設からは必ずRO膜濃縮海水が発生し、その濃縮海水の放流による環境影響の問題は無視できない。このNEDOプロジェクトでは、北九州ウォータープラザ<sup>1)</sup>において、MBR下水処理水との組み合わせにより、その濃縮海水の問題を解決した技術システムをデモンストレーションし、画期的技術システムとして海外から注目を浴びた。その技術に限らず、北九州ウォータープラザは、水処理革新技術の日本のショーウィンドウとして機能している。



写真1 MBR-RO実証プラント見学風景

### MBR-RO 再生水ビジネス

図2はアラブ首長国連邦の一つ、ラスアルハイマ首長国の工業団地整備と周辺砂漠地に点在する居住区からタンクローリーで収集される、生活排水の再生利用を組み合わせたビジネスモデルのMBR-RO水再生実証事業概要である<sup>7)</sup>。まさに砂漠の中に立地し、処理能力2,000m<sup>3</sup>/日のMBRが天蓋のみの屋外設置で、1,000m<sup>3</sup>/日のROは建屋の中で稼働している(図3)。砂嵐にも耐えているようである。周辺諸国からの見学訪問者も多く、注目を集めている(写真1)。工業団地整備が計画通り進めば、十分経営が成り立つビジネスモデルであり、日本企業が請け負うO&M事業として期待される。

### 公民連携が必須の水ビジネス

水ビジネスの世界でも、日本の技術は「ものは良いが高い」とよく言われる。現地の状況と必要に合わせ、そこそこの品質保証でよいとも聞かれる。一方で、安か

ろう悪かろうに懲りると、「次は日本製に」という話も同様によく聞かれる。日本製の高品質ブランドは廃れていない。さじ加減の難しい問題である。技術を売るだけでなく、水システムの経営として海外ビジネス展開せよとの掛け声も高い。多くの水ビジネスは、公民連携が必須である。また水事業は初期投資の嵩む事業でもある。世界でより大きな貢献をするには、公が民の背中を押す、最初の一押しがやはり重要となろう。

#### <参考文献>

- 1) 造水技術ハンドブック (追補版)、造水促進センター (2014)
- 2) 山本和夫、水環境学会誌、36 (A) (11)、405-409 (2013)
- 3) 田中賢次他、三菱重工技法、46 (1)、13-15 (2009)
- 4) ササクラ発表資料 (2015.1)
- 5) 栗原優、竹内弘、水環境学会誌、36 (A) (1)、11-14 (2013)
- 6) NEDO 環境部、「省水型・環境調和型水循環プロジェクト」水循環要素技術研究開発 (事後評価) プロジェクト概要 (公開) (2014.11)
- 7) 篠田猛、配管技術、54 (4)、1-14 (2013.3)
- 8) 大熊那夫紀、膜、38 (5)、215-218 (2013)

#### <図・写真提供>

図3、写真1 海外水循環ソリューション技術研究組合提供