

# 海水淡水化施設の計画と施工とその後の運用

## —福岡における日最大量 5 万 m<sup>3</sup> の飲料水生産設備—

林 秀 郎

福岡都市圏は水需要の増加や不安定な気象状況から、過去に幾度かの渇水に見舞われてきた。この渇水対策の一つの打開策となる国内最大（海水取水量 103,000m<sup>3</sup>/日、飲料水生産量 50,000m<sup>3</sup>/日）の海水淡水化施設が 2005 年 3 月に完成し、「海の中道奈多海水淡水化センター」（愛称：まみずピア）として稼働を開始した。本文では数々の新技術を導入した海水淡水化施設の紹介と、福岡県西方沖地震や幾度も来襲した台風を乗り越え、現在に至るまでの運転状況等について紹介する。

キーワード：海水淡水化、浸透取水、UF 膜、逆浸透膜、RO 膜、ろ過海水、水質、地震、台風

### 1. はじめに

福岡都市圏は九州最大の都市であるにも関わらず、大きな水源に恵まれなため、カラ梅雨や小雨といった天候不順に脆弱である。水道関係者による水資源の開発や地域住民による節水等、福岡都市圏では水の安定供給に積極的に取り組んできたが、増大する水需要に対応することが難しく、過去に幾度となく大規模な渇水が発生した。福岡都市圏に水道用水を供給する福岡地区水道企業団は、このような状況を打開するために、新たな水資源として、気象に左右されず、消費地に近く、工期が短く、安定的に水道用水を供給できる逆浸透方式の海水淡水化施設を「海の中道」として知られる福岡市東区奈多に建設することを決定し、2005 年に「海の中道奈多海水淡水化センター」（愛称：ま

みずピア）がオープンした（図—1）。

### 2. 「まみずピア」の概要

「まみずピア」は海の中道に位置し、玄界灘から 103,000 m<sup>3</sup>/日の海水を取水し、逆浸透方式によって 50,000 m<sup>3</sup>/日の飲料水を生産できる国内最大の施設である。海水取水方法は海底の砂層の中に埋設した有孔管による浸透取水方式を採用することで、非常に清浄な海水が陸上へ供給される。陸上に導かれた清浄な海水はさらに UF 膜によってろ過された後、高圧 RO 膜に送られ、海水からの淡水回収率 60 % で脱塩処理される。脱塩された淡水の一部はさらに低圧 RO 膜を通して水質調整され、蒸発残留物 200 mg/l 以下のおいしい水となる。生産水は「まみずピア」から多々良浄水場および下原配水池の近傍に建設された混合施設によって、通常の水道水と混合された後、各家庭へ配水される（図—2）。

一方、「まみずピア」からは RO 膜によって海水か



図—1 まみずピアの全景<sup>1)</sup>



図—2 まみずピアの位置および送水経路<sup>1)</sup>

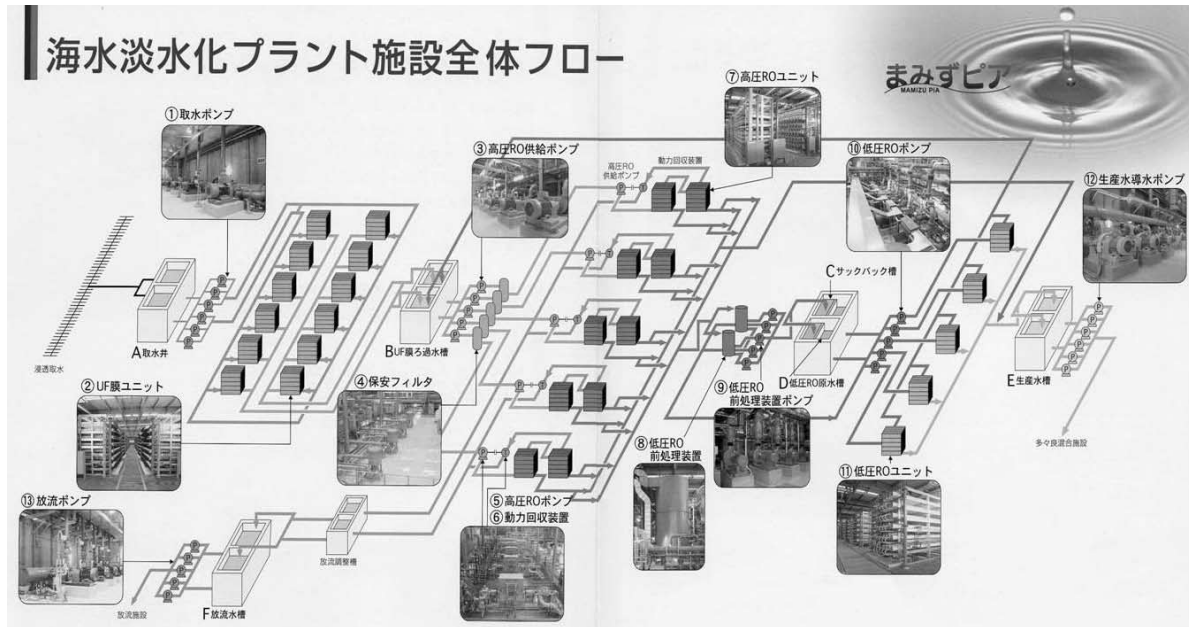


図-3 海水淡水化の全体フロー



図-4 UF膜のユニット(奥)と高圧RO膜用ポンプ(手前)



図-5 高圧RO膜のユニット

ら淡水を分離した結果、塩分濃度が通常の海水の約2倍(約7%~8%)になった濃縮海水が発生する。この濃縮海水は和自の水処理センターからの処理水と混

表-1 施設の諸元

●建設場所	福岡県福岡市東区大字奈多
●敷地面積	約 46,000 m <sup>2</sup>
●構造・階数	鉄骨造 地上2階建て
●施設規模	50,000 m <sup>3</sup> / 日
●取水設備	浸透取水方式
取水量	103,000 m <sup>3</sup> / 日
集水面積	約 20,000 m <sup>2</sup>
集水枝管	ポリエチレン製 φ 600 mm × 3,600 m
集水親管	ポリエチレン製 φ 1,800 mm × 340 m
導水管	レジンコンクリート製 φ 1,580 mm × 1,180 m
●プラント設備	逆浸透方式
UF膜ろ過装置	型式：スパイラル型限外ろ過膜 (UF膜) 材質：ポリフッ化ビニリデン膜 (PVDF) 本数：255本 × 12ユニット 運転圧力：0.2 MPa
高圧逆浸透装置	型式：中空糸型逆浸透膜 (高圧RO膜) 材質：三酢酸セルロース膜 本数：400本 × 5ユニット 運転圧力：8.2 MPa
低圧逆浸透装置	型式：スパイラル型逆浸透膜 (低圧RO膜) 材質：ポリアミド膜 本数：200本 × 5ユニット 運転圧力：1.5 MPa
高圧ROポンプ	上下分割型渦巻ポンプ：8.2 MPa × 2.450 kw ベルトン水車 (動力回収装置)
低圧ROポンプ	多段輪切型タービンポンプ：1.5 MPa × 240 kw
ポンプ類	取水ポンプ、導水ポンプ、放流ポンプ等
水槽類	膜ろ過水槽、生産水槽等
薬注設備	次亜塩素酸ナトリウム・硫酸・苛性ソーダ、消石灰・重硫酸ソーダ等

合することで塩分濃度を低下させ博多湾内へ放流される。しかし、この濃縮海水は浸透取水、UF膜によってろ過された後に分離されたものであり、きれいな濃縮海水であるため、製塩・にがり・タラソ・鮮魚の洗浄等にも有効利用出来る可能性があるため、最近、「まみずピア」において販売を開始し（少量の試験的な配布は無料）現在は主に製塩業の原水として利用されている<sup>2)</sup>。

「まみずピア」は、浸透取水、UF膜、60%回収のRO膜、さらに2段（高压、低压）のRO膜の導入等、最先端の技術を組み合わせた世界に類をみない施設である。図-3に施設全体のフロー、図-4にRO膜の位置から見たUF膜ユニットとRO膜用の高压ポンプの設置状況、図-5に高压RO膜ユニットの設置状況、および表-1に施設の諸元を示す。

### 3. 浸透取水施設の特長

海水の取水方法としては図-6に示すように大きく4種類に分けられるが、現在、国内外で稼働している海水淡水化施設や、その他の海水取水施設のほとんどは、構造がシンプルな直接取水方式が採用されている。しかし、直接取水方式の場合は、海水中のゴミ、懸濁物、生物等々を全て取水してしまうため、クラゲや赤潮の異常発生、油の流出事故、高波浪による濁度の増大等で取水停止を起こす可能性がある。また、フジツボやイガイ等の生物付着が激しいので定期的な清掃、付着防止の薬品添加、全管路における付着しるを

考慮した管径の増大等が必要である。さらに、直接取水方式で取水した海水をRO膜に供給するためには、通常、凝集剤を添加した海水を砂ろ過タンクに通してろ過する砂ろ過施設が必要であり、発生した汚泥を処理する処理施設や処理費用が必要となる。

今回、「まみずピア」に採用した浸透取水システムは、海底に砂や礫から構成された層を構築し、砂層に染み込んできた海水を集める方式であり、ろ過機能を持った取水施設である。このシステムは「海域の状況によらず常に清澄な海水が安定的に得られる」「魚卵、稚魚等を吸い込まないので周辺生物環境への影響が小さい」「付着生物もろ過されるため、管路清掃、薬品添加、付着しるの考慮等が不要となる」等の特長を有する。「まみずピア」では浸透取水の採用により清浄度の高い海水が得られるため、RO膜の前処理としてスパイラル型UF膜が使用可能となり、さらに高清浄度の海水をRO膜へ供給できるようになった。また、従来必要であった汚泥処理施設や汚泥処理費用も不要となり、施設全体の管理が簡素化できた。

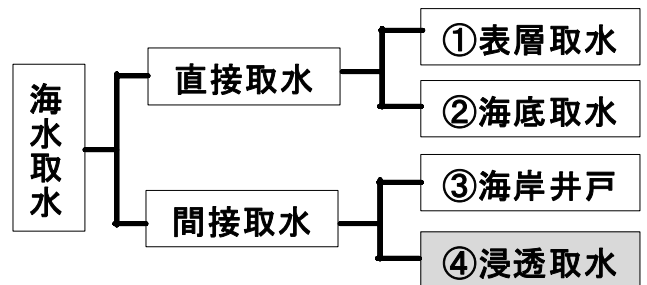


図-6 海水取水方法の種類

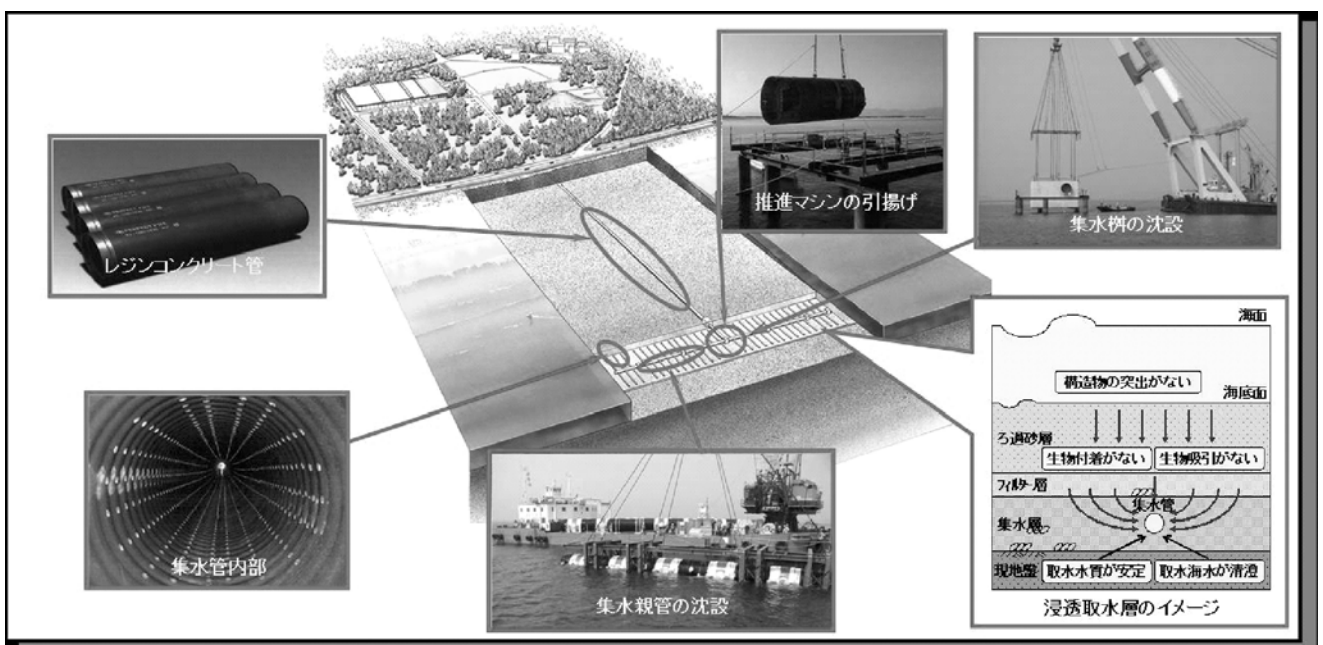


図-7 浸透取水施設工事概要

#### 4. 浸透取水施設の施工

「まみずピア」の施工は取水部、プラント部に分けて平行に進められたが、ここでは特徴のある取水部の施工について紹介する。

「まみずピア」の浸透取水施設の建設は海岸線から約 640 m 沖合の水深約 12 m の玄界灘に、以下の手順で実施された (図-7)。

- ①取水部中央の集水柵の設置
- ②「まみずピア」敷地内から集水柵までの推進工法による約 800 m の導水管の建設
- ③集水柵へ到達した推進マシンの回収 (陸上の取水井が未完成のため、導水管内は水密状態を保つ)
- ④取水部の海底掘削、基礎構築
- ⑤取水部基礎上に集水親管を据付
- ⑥取水部への集水管設置&集水親管との接続
- ⑦取水管の埋戻しと導水管への注水および水密装置撤去
- ⑧ろ過層の構築、取水管内の清掃

取水部の施工は外洋に面した玄界灘で行われるので、施工期間が波の穏やかな春～台風シーズンまでの数ヶ月に限定される。そこで、施工部材は可能な限り陸上でユニット化することで工期の短縮を図り約 2 年で全ての施工を完了した。また、取水部の機能上、導水管、管の据付、ろ過層の構築には非常に高い精度が要求された。

#### 5. 福岡県西方沖地震の影響

2005 年 3 月 20 日 (日) 10 時 53 分、「まみずピア」は最後の調整運転中であり、約 4 万  $m^3$ /日の海水を取水し、2 万  $m^3$ /日の淡水を生産していた。この時、「まみずピア」から約 20 km 離れた玄界島沖を震源とする M7、最大震度 6 弱の福岡県西方沖地震が発生した。震源付近では長さ約 30 km、幅約 20 km の断層が平均で約 60 cm 横ずれし、福岡市東区は南西へ約 17 cm 移動した<sup>3)</sup>。記録された加速度としては、博多市内の天神で 276 gal、大濠で 189 gal であり、最大値は大名の 489 gal であった<sup>4) 5)</sup>。図-8 に福岡県西方沖地震の本震、余震の震源地と「まみずピア」の位置関係を示す。また、図-9 に「まみずピア」から約 1.5 km 離れた海の中道海浜公園 (光と風の広場) における被災状況写真を示す。

地震発生後、直ちに施設の目視による点検作業を行った結果、海水淡水化に係わる中核施設には大きな被害を受けていないことがわかった。その後、取水部の

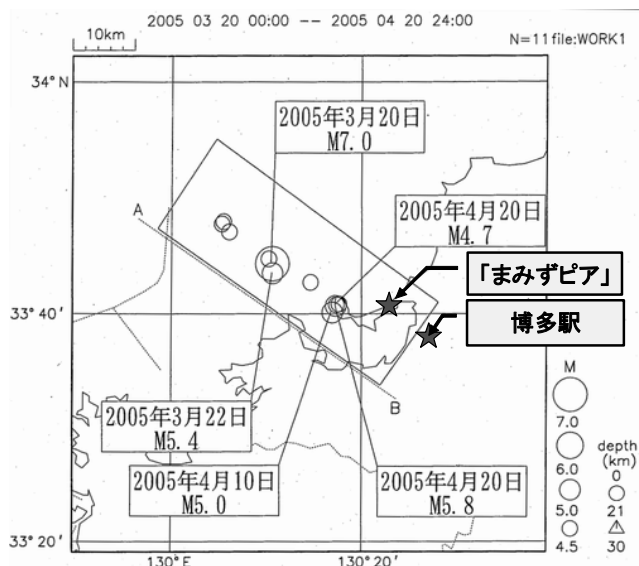


図-8 震源分布と「まみずピア」の位置関係 (気象庁報道発表資料<sup>6)</sup> に加筆)



図-9 「まみずピア」から約 1.5 km 地点の状況 (九州大学下山正一氏 HP<sup>7)</sup> より引用)

健全性確認試験を開始した。海水淡水化施設や浸透取水施設がこのような地震に遭遇したのはおそらく初めてのことと思われるので、非常に慎重に一步一步状況を確認しながら取水を開始した。試験は海水取水量を最小量から最大量約 10 万  $m^3$ /日まで徐々に変化させ、逐次、取水水質、水位、電気伝導度等をチェックした。

水質は当初、濁りが発生したが、徐々に取水量を増大させるに従って濁りはなくなった。当初の濁りは地震によって揺さぶられた砂層からの濁質と考えられ、取水施設内の海水が全て新しい海水と入れ替わった時点で濁質がなくなったものと思われる。その後、順次取水量を増やし、地震発生以前の水質水準に戻っていることを確認すると共に、最大取水量である約 10 万  $m^3$ /日の取水量を確認した段階で取水試験を終了し、

プラント部の試験運転に移行した。

約1ヶ月後には、施設から約10kmの志賀島近海を震源とするM5.8、最大震度5強の余震が発生したが、この時は取水海水の濁りもほとんどなく、地震発生の日には一連の試験を終了しプラントの運転を再開した。今回、取水施設が被災しなかった理由として幾つか要因が考えられるが、設置水深が12mあったことおよび海底から露出する構造物がなかったことが大きな要因の一つと考えられる。

## 6. 施設運転状況

2005年6月から「まみずピア」は本格的に稼働を開始し、必要に応じて生産水量を変化させながら3年目に入った現在も順調に稼働している。その間、取水部は何回かの台風の直撃、赤潮の発生等に遭遇しているが、取水水質は非常に清浄な状態を保ち、SDI値として2.0前後、濁度0.01(mg/L)前後の値を維持している。図-10は2006年度の毎日の午前10時、午後10時における浸透海水のSDI値、濁度をまとめたグラフである(SDI値:Silt Density Indexの略。一般に、RO膜への供給海水はSDI=4以下にする必要があるとされている)。この年は9月18日早朝に約960hPaの台風13号(SHANSHAN)がほぼ真上を通過したが浸透海水の水質にはほとんど影響がなかった。また、浸透海水の受水槽は現在に至るまで、付着生物もなく、非常に透明度の高い海水で満たされている。

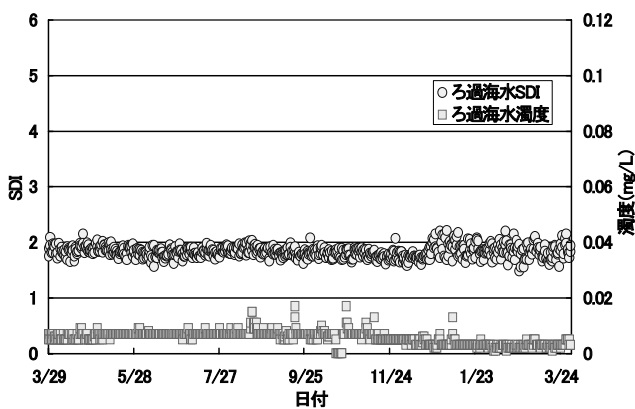


図-10 2006年度浸透海水水質(SDI, 濁度)

本取水施設が台風による影響が小さい理由は、設置水深が12mあり海底から露出する構造物がないため被災しにくいこと、およびろ過砂層の厚さを十分に確保しているためと考えられる。

## 7. おわりに

2007年も西日本は小雨による渇水になったが、2005年に「まみずピア」が稼働した直後、西日本は記録的な小雨で、早明浦ダムの貯水率が0%になり、テレビ、新聞等でダムの状況や給水制限、断水に関する報道が繰り返された。この時、福岡でも福岡管区気象台の観測史上3番目に少ない雨量であったそうだが、ついに給水制限に至ることはなかった<sup>8)</sup>(表-2)。もちろん、福岡市民の日頃からの節水、水道関係者の弛まざる水資源開発の成果であることは疑う余地がないが、この時、フル生産を開始した「まみずピア」の水も給水制限回避に貢献したと信ずるところである。

表-2 「水の安定供給」への取り組みの成果(福岡市政要覧<sup>8)</sup>から引用)

渇水年	昭和53年	平成6年	平成17年
年降水量	1,138 mm	891 mm	1,020 mm
給水人口	1,028 千人	1,248 千人	1,402 千人
下水道普及率	37.3 %	96.3 %	99.4 %
最大給水能力	478,000 m <sup>3</sup> /日	704,000 m <sup>3</sup> /日	764,500 m <sup>3</sup> /日
給水制限延べ時間	4,054 時間	2,452 時間	0 時間
1日平均給水制限時間	14 時間	8 時間	0 時間
給水車出動台数	13,433 台	0 台	0 台

J|C|MA

### 【参考資料】

- 1) 福岡地区水道企業団パンフレット:「海の中道奈多海水淡水化センター」(2005)
- 2) 福岡地区水道企業団HP:「濃縮海水の有効利用について」(<http://www.f-suiki.or.jp/index.htm>)
- 3) 国土地理院:「福岡県西方沖を震源とする地震に伴う地殻変動(第1報)」(2005)(<http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2005/0320.htm>)
- 4) 気象庁報道発表資料:「2005年3月20日10時53分頃の福岡県西方沖の地震について(第4報)」(2005)(<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/kaisetsu200503241430.pdf>)
- 5) 土木学会「福岡県西方沖地震・土木学会被害調査団速報第2報(市街地における被害集中地域調査)」(2005)(<http://www.jsce.or.jp/report/34/body.html> <http://www.jsce.or.jp/report/34/sokuhou2/11.pdf>)
- 6) 気象庁報道発表資料:「2005年4月20日06時11分頃の福岡県西方沖の地震について」(2005)(<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/kaisetsu200504200745.pdf>)
- 7) 九州大学大学院理学府古環境学研究室下山正一氏HP:「福岡県西方沖地震被害状況」(<http://paleobio.geo.kyushu-u.ac.jp/shimoyama/eq/fukuoka.pdf>)
- 8) 福岡市政要覧:「水道局:安全で良質な水の安定供給をめざして」(2007)(<http://www.city.fukuoka.jp/sisei/soshiki/suidou/index.html>)

### 【筆者紹介】

林 秀郎 (はやし ひでろう)

㈱大林組  
土木技術本部  
原子力環境技術部  
専任役

