

〈特集〉

福岡地区における海水淡水化プラントの運転事例

守田 幸雄

福岡地区水道企業団 海水淡水化センター
(〒811-0204 福岡市東区奈多 1302-122 E-mail: morita@f-suiki.or.jp)

概要

福岡都市圏では、増加している水需要や頻発する渇水への対応と、地域外の筑後川水系に多くを依存する福岡都市圏の自助努力のひとつとして、海水淡水化プラントを建設し2005年6月に供用を開始した。施設能力は国内最大規模の日量50,000 m³で、浸透取水、UF膜による前処理、淡水回収率の向上、濃縮海水と下水処理水との混合放流など、新たな技術を数多く取り入れている。本プラントは、供用開始からこれまで順調に稼働しており、天候に左右されない水源として福岡都市圏への水道用水の安定供給に力を発揮している。

キーワード：水道、海水淡水化、浸透取水、逆浸透、UF膜、膜洗浄

原稿受付 2010.12.14

EICA: 15(4) 48-51

1. はじめに

福岡都市圏は、地域内に一級河川を持たないため、1983年以降、地域外の大河川である筑後川から広域利水を行い安定供給に努めてきたが、近年の少雨傾向もあり渇水が頻発していた。このため福岡都市圏の市や町等に水道用水を供給している福岡地区水道企業団では、増加している水需要や頻発する渇水への対応と、筑後川水系に多くを依存する福岡都市圏の自助努力のひとつとして、天候に左右されない水源である海水淡水化プラントを建設することとした (Fig. 1)。

1999年3月、厚生省の事業認可を受け、同年4月に事業に着手、総事業費は約408億円で2005年6月に供用を開始した。施設能力は国内最大規模の日量50,000 m³で、これは福岡都市圏25万人分の生活用水



Fig. 1 Fukuoka Uminonakamichi Nata Sea water Desalination Plant

に相当する。海水淡水化方式には逆浸透法を用い、多くの新たな技術を取り入れており、ここでは、施設の概要及び運転状況等を報告する。

2. 施設の概要

2.1 取水（浸透取水）

取水は、玄界灘の沖合640m、水深約11mの地点から行っており、最大取水量は日量103,000 m³である。そこでは海底を掘削し底部に砂利を、その上部に砂を敷き詰め、砂の下には周囲に穴の空いた集水管を敷設することできれいな海水を取水できるようにしている (Fig. 2)。また、取水による砂の目詰まりを抑

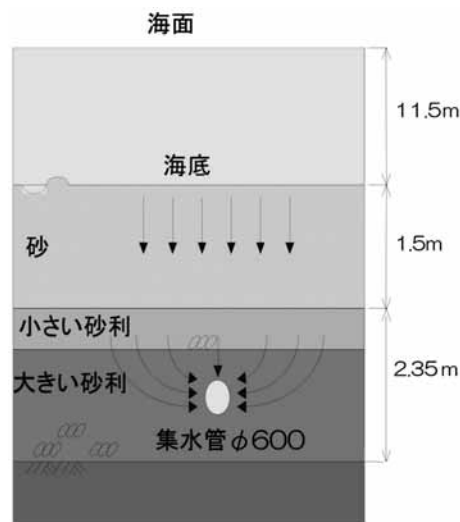


Fig. 2 Cross Section of sea water intake

えるため、取水面積を約 20,000 m² という広さにすることで、砂層のろ過速度を最大 6 m/日とし、取水による砂の目詰まりを抑えている。

この方式では、きれいな海水を安定して取水できるほか、海中に構造物が露出しないので漁業や船の航行の妨げや、強い波浪による構造物の被害が避けられるという利点がある。また、魚の卵や海草などを取水管に吸い込むことがないため、漁業や海洋生物の生態系への影響を軽減できるほか、取水管内へ付着するフジツボやイガイの卵なども砂でろ過されるので、管内の清掃作業などの維持管理が簡略化される。

2.2 前処理 (UF 膜処理)

取水した海水の前処理には、一般に用いられる砂ろ過装置ではなく UF 膜を採用した (Table 1)。これにより、微生物や極細微粒子まで除去でき、清澄な海水を逆浸透膜に供給することができ、逆浸透膜のファウリングを抑えることができるほか、通常の凝集沈殿ろ過と比べ凝集剤が不要で汚泥の発生もなく、コンパクトで敷地面積も小さくてすむ。

UF 膜のユニットは 12 基あり、各 10,000 m³/日の処理能力を有している。真水の生産水量が 50,000 m³/日の場合、10 基がろ過運転、1 基が逆洗運転、残り 1 基が薬品による浸漬洗浄または待機としている。

2.3 逆浸透 (高圧 RO 膜+低圧 RO 膜処理)

本施設では、逆浸透として高圧 RO 膜に加え低圧 RO 膜を使用している (Table 1)。

(1) 高圧 RO 膜

当時、日本近海の塩分濃度で海水から淡水を取り出せる割合 (回収率) は 40% が一般的であったが、本施設では、この淡水回収率を 60% に向上させた。これにより、取水する海水量が少なくて済み、また前処理施設なども縮小できるため、低コストにつながっている。また、本施設で高圧 RO 膜に加える圧力は水温によって異なるが、最大圧力は約 8.2MPa としている。

高圧 RO 膜のユニットは 5 基あり、各 10,000 m³/日の真水を生産する能力を有している。このため、運転は 10,000 m³/日単位となっている。

(2) 低圧 RO 膜

逆浸透膜を通る真水は、水温によって水質が変化する。海水淡水化では特に海水中のホウ素の除去が難し

く、この低圧 RO 膜はホウ素除去性能が優れたものを採用している。高圧 RO 膜透過水の一部をその水質に応じ更に低圧 RO 膜で処理し、残りの高圧 RO 膜透過水と混合したものを生産水とすることにより、年間を通じ、より良質の生産水を得ることができるようにした。なお、低圧 RO 膜での濃縮水は、UF 膜ろ過水槽に返送している。

低圧 RO 膜のユニットは 5 基あり、生産水量、高圧 RO 膜透過水の水質に応じて、運転基数を調整している

2.4 陸水との混合による配水

できあがった真水は、河川水を浄水処理した水と場外の施設で混合し、配水池に送水している。この理由は、ミネラル分や味を通常の水道水に近づけることがひとつと、陸水とのブレンドによりホウ素を水質基準値である 1.0 mg/L 以下にするためである。これにより、生産水へのミネラル添加量を抑えることができるとともに、生産水段階でホウ素を水質基準値以下とする必要がなくなるため、結果的に低圧 RO 膜への透過水量を抑えることができ、コスト低減を図れている。

2.5 濃縮海水の放流 (博多湾の水質保全)

海水から真水を取り出した残りの濃縮海水は、取水箇所である玄界灘ではなく博多湾に放流している。この目的は、フレッシュな濃縮海水を常時博多湾に流すことで、博多湾の水質保全に寄与するためである。また、放流にあたっては近くの水処理センターで処理された下水処理水と混合し、塩分濃度を薄めて放流することで塩分濃度による環境への影響を抑えるよう工夫している。

なお、濃縮海水の一部は民間に有償譲渡し、塩の生産や、海の魚を陸上養殖する際の原水として活用されているが、その量はごくわずかである。

2.6 省エネ機器

本施設では、省エネ対策として高効率変圧器及び高効率型電動機を採用しているほか、ポンプやファンのインバーター化を図っている。

また、海水淡水化プラントの特徴的なものとして、濃縮海水をそのまま海に放流するのではなく、濃縮海水に残った高い圧力を利用しペルトン水車を回転させ

Table 1 Structure of Membrane

	構造	材質	使用膜本数	膜年間交換率
UF 膜	スパイラル型 8 インチ	ポリフッ化ビニリデン (PVDF)	3 本 × 85 ベッセル × 12 基 = 3,060 本 (※ベッセル：膜を装填する圧力容器)	20%
高圧 RO 膜	中空糸型 10 インチ	三酢酸セルロース (TAC)	2 本 × 200 ベッセル × 5 基 = 2,000 本	15%
低圧 RO 膜	スパイラル型 8 インチ	ポリアミド (PA)	5 本 × 40 ベッセル × 5 基 = 1,000 本	20%

高圧 RO ポンプの補助動力として利用することで、高圧 RO ポンプで使用する電力の約 20% を削減している。なお、本施設の概要図を Fig. 3 に示す。

3. 現在の状況

3.1 稼働状況

生産水量は、計画は 7 月から 9 月が施設能力である日量 50,000 m³、その他の月は日量 40,000 m³ としている。実際の運用は、用水供給先である市や町等の必要量や、当企業団の主要な水源である筑後川の流況などから日量 30,000 m³ ないし 50,000 m³ の運転を行っており (Table 2)、稼働開始から 2010 年 3 月までに生産した真水の量は、約 6,400 万 m³ にも達する。

3.2 浸透取水施設

浸透取水では、海底に敷いた砂の状態が保たれているかが維持管理上重要である。特に発生の可能性が高く注意が必要なのは砂の目詰まりで、目詰まりが発生した場合は海底の砂を掻き起こすこととしている。当初と比べると多少損失水頭が高くなってきているものの、まだ問題になるような目詰まりは発生していない。これは、設計上、海水が砂層をゆっくりとした速度で通過するようにしていることと、波が海底を適度に洗浄しているためと考えられる。

3.3 UF 膜

(1) 膜洗浄

今回採用した UF 膜は、次亜塩素酸ナトリウムを使用することができるもので、定期的に次亜塩素酸ナトリウムを含んだろ過海水で 40 分毎に逆洗し、4 日毎に浸漬洗浄を行っている。

また、2 年に 1 回程度、クエン酸による洗浄を行っている。

(2) 膜の状況

UF 膜は順調に稼働しており、使用済み膜の調査結果では、多少の詰まりは発生しているものの、特に問題はない状態である。このため、コスト削減の観点から、1 基分の 255 本について現在 5 年となっている交換周期を 6 年に延長する試験を行っているところである。

Table 2 年度毎の日平均生産水量 単位: m³/日

2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
40,000	30,000	40,000	36,000	37,000

※ 2005 年は、供用開始後の日平均生産水量

3.4 高圧 RO 膜

(1) 膜洗浄

当プラントで使用している高圧 RO 膜は、次亜塩素酸ナトリウムを用いることができるタイプのものであり、次亜塩素酸ナトリウムを含んだろ過海水で約 10 日毎に浸漬洗浄を行っている。

また、年に 1 回程度、クエン酸による洗浄を行い、膜の性能を維持している。

(2) 膜の状況

逆浸透膜の懸念事項であるバイオフィアリングは、現在までのところ発生していない。これは、前処理として UF 膜を用い、濁質だけでなく微生物まで除去していることと、洗浄に次亜塩素酸ナトリウムを使用しているためと考えられる。

3.5 低圧 RO 膜

(1) 膜洗浄

低圧 RO 膜には次亜塩素酸ナトリウムを使用できないため、2 年に 1 回程度クエン酸による洗浄のみを行っている。

(2) 膜の状況

低圧 RO 膜は、ホウ素除去能力を高めるため供給水の pH を高くする必要があるが、高 pH 環境下では、膜にスケールが析出する可能性が高くなる。ここで使用している膜の最大許容 pH は 10.0 であるが、スケールの点を考慮し、供給水の pH が 8.6 から 9.4 (2008 年度の実績値) で運転しており、使用済み膜を調査した結果、これまでのところスケールの析出等は見られず順調に稼働している。

3.6 水質

各工程の水質は次のとおりである。なお、水質データについては 2008 年度の実績値である。

(1) 浸透取水

取水箇所である玄界灘の SDI 値は、取水口付近で約 4 から 6 であるのに対し、取水した海水は約 1.7 から 2.4 となっている。このように年間を通じ安定して良質の海水が取水できるのは、浸透取水の大きな効果と言える。

(2) UF 膜ろ過水

UF 膜ろ過水の SDI 値は約 1.2 から 2.1 となっており、負荷が少ない良質の海水を高圧 RO 膜へ安定して供給できている。

(3) 高圧 RO 透過水

高圧 RO 膜設備は、高圧 RO 膜を 2 段にすることで濃縮海水から再度真水を取り出すようにしている。

浸透海水の電気伝導率は約 50,000 μ S/cm であるのに対し、高圧 RO 膜 1 段目透過水は約 210 から 350 μ S/cm、2 段目透過水は 1 段目濃縮水を供給水とする

ため、約 500 から 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ となっている。

また、ホウ素値は、浸透海水が約 4.5 mg/L であるのに対し、高圧 RO 膜 1 段目透過水は約 1.5 から 2.3 mg/L、2 段目透過水は約 2.8 から 4.7 mg/L となっている。

(4) 低圧 RO 透過水

低圧 RO 膜供給水の電気伝導率は約 510 から 940 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であるのに対し、同透過水の電気伝導率は約 4 から 9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。

また、ホウ素値は、供給水が約 2.5 から 3.1 mg/L であるのに対し、透過水は約 0.6 から 1.1 mg/L となっている。

(5) 生産水

生産水は、高圧 RO 膜透過水と、低圧 RO 膜透過水を混合したものである。生産水の電気伝導率は約 130 から 240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ となっており、ホウ素値は約 1.2 から 1.5 mg/L で、目標の 1.5 mg/L 以下を保っている。

なお、生産水は河川からの浄水と混合し、配水段階でのほう素値を概ね 0.8 mg/L 程度としている。

3.7 電力の使用

本施設における使用電力量は、年間約 7,700 万 kWh (2009 年度実績値) で、動力原単位は約 5.7 kWh/ m^3 となっている。このうちの約 70% は、高圧 RO ポンプが使用する動力である。

4. 今後の課題

4.1 最適な運転方法の確立

本施設の運転については、水温や逆浸透膜の劣化状況、必要生産水量等に応じて、高圧 RO 膜及び低圧 RO 膜への供給水量や回収率の微増減をはじめ、低圧

RO 膜供給水の pH などとその都度変更し運転を行っているが、いろいろな要素が複雑に絡み合うため、より良い運転方法を常に模索している状況である。今後より良質の水をより安く生産できるよう、最適な運転方法の確立を目指し努力していく必要がある。

4.2 付加価値の検討

海水淡水化は、コストが高いという問題があるため、海水淡水化によって発生するものを用い新たなものを生み出すことができないかが将来的な課題である。具体的には、濃縮海水からリチウムをはじめとするレアメタルを回収することや、濃縮海水の塩分濃度を利用した発電なども業者や大学等と研究を行っているところである。また、使用済み膜は現在公募にて一部売却を行っているが、この有効活用についても研究を進めている。

5. おわりに

当企業団では、本施設の供用開始直後をはじめ、これまでに数回、少雨により筑後川からの取水制限を余儀なくされたが、そのようなときも本海水淡水化施設は天候に左右されない水源として福岡都市圏への水道用水の安定供給に力を発揮しているところである。

今後も安全な水を安く安定的に供給するという水道の使命を果たしていくために、職員一同力を尽くしていきたい。

参考文献

- 1) 濱野利夫：福岡海水淡水化施設の運転状況，日本海水学会誌 Vol. 60, pp. 415-421 (2006)

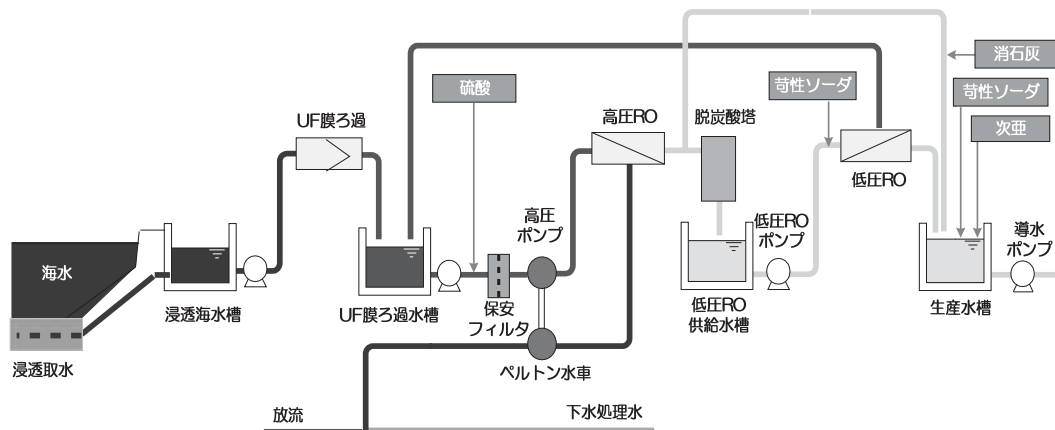


Fig. 3 Conceptual Diagram of the Seawater Desalination Plant