

まみずピア

海の中道奈多海水淡水化センター

吉田 克己

福岡都市圏の発展とともに、将来、増大する水供給に対応するために、天候等に左右されない新たな水源として海水淡水化が検討された。平成9年に福岡地区水道企業団を事業主体として1日最大5万 m^3 の水道用水を供給する海水淡水化施設の建設が決定され、平成11年度から海水淡水化施設事業に着手し平成16年度完了、平成17年度から供用を開始した。

キーワード：公募型技術提案評価方式、浸透取水

1. 事業概要

(1) 事業の目的

福岡都市圏は今後ますます発展が見込まれ、生活基盤の基礎となる水道水の安定供給はさらに重要度を増してくると考えられるが、安定した水源となる大きな河川がない。

このため、筑後川からの広域利水、上流域でのダム建設等の水資源の開発に積極的に取り組み安定給水の確保に努めてきた。

また、近年においては少雨傾向もあり渇水も頻発していた。

このような状況の中、福岡県では平成22年度を目標年次とする福岡地域広域的水道整備計画が策定され、天候等に影響されない海水淡水化事業が導入され

ることになった。

これを基に、福岡地区水道企業団では逼迫した水事情や頻発している渇水への対応、また、都市圏外の筑後川水系に多く依存する都市圏の自助努力の一環として、本事業に着手することになった。

(2) 事業の概要

- ・事業名 海水淡水化施設整備事業
- ・主要施設 取水施設、プラント施設、放流施設、混合施設、導水施設
- ・生産方式 逆浸透方式
- ・生産水量 最大 50,000 m^3 /日
- ・事業年数 平成11年度～16年度
- ・事業費 約408億円（実績）



写真一 海の中道奈多海水淡水化センター（全景）

2. 建設工事

(1) 工事発注

プラント施設及び取水施設の整備における公募型技術提案評価方式の採用及び契約について

(a) 公募型技術提案評価方式の採用理由

海水淡水化施設は、天候に左右されることはなく、安定した水量を供給できる利点はあるものの、河川水等を水源とした浄水場と比べて一般的に維持管理費等が高いと評価されており、本施設導入による構成団体の給水単価への影響を最小にするために幅広いシステム検討の中から建設費・維持管理費が低減できるシステムを構築する必要がある。

①効率的かつ経済的な海水淡水化施設の可能性

- ・高回収率逆浸透方法
- ・既存施設との連携

②効率的かつ環境に配慮した取水・放流方法

- ・取水方法
- ・放流方法

③環境影響調査

上記事項を踏まえ、海水淡水化施設の建設については従来の考え方にとらわれることなく新たな技術を適用することで、建設費・維持管理費の低減化や操作性・水質管理の優れた施設とすることが可能であり、これらを具体的に実現するにあたっては、設計・施工を分離して発注するのではなく、設計から施工を一括して行い、所要の性能を発揮するまで一元的に責任を持つ「性能一括発注方式」を採用することが必要である。

上記の主旨を最大限に発揮するために、民間の斬新なアイデアと最新の技術のノウハウを取り入れた提案を公募し最優秀提案を決定する公募型技術提案評価方式を採用した。

(b) 公募要項の概要（抜粋）

①提案の名称

海水淡水化施設整備事業
「プラント施設及び取水施設の提案」

②提案の対象

取水施設（取水施設、取水井、取水ポンプ）
プラント施設（機械設備、電気設備等）
その他（管理、運転、保全に必要な設備）

③建設予定地

福岡市東区奈多（敷地面積 約 46,000 m²）

④日程

公告日、技術提案期限 等

⑤応募資格

特定建設業の許可取得 等

⑥審査体制

審査委員会で審議

⑦性能保証

生産水量は最低水温で5万 m³ /日とする。

水質基準等の各種の基準を満足する。

排水、騒音、振動等は、環境保全に係る基準を満足する。

適正な維持管理のもとに15年間は保証する。

（法改正で変更となった水質基準を除く）

⑧主な基本条件

- ・工期：契約締結の翌日から平成17年3月22日
- ・上限額：275億円（消費税含む）

⑨主な設計条件

- ・取水施設：浸透取水方式を原則とする。
- ・海水淡水化方式：高回収率の逆浸透法とする。

(c) 提案審査委員会の選考結果について

海水淡水化施設整備事業提案審査委員会において、海水淡水化施設整備事業「プラント施設及び取水施設の提案」公募要項に基づき応募提案されたものについて、その内容を審査し一提案が決定された。

①決定期理由

- ・最新技術を駆使し、高機能、高効率な施設の設計
- ・全施設を一棟に集約し、景観保全と作業環境の向上が図られている。
- ・取水施設には目詰まりに対する配慮により、取水の確実性、安定性を図るとともに、前処理設備にUF膜を導入したこと。
- ・高回収率を目指した高圧一段方式に低圧ROをプラスすることで性能面でも確実性、信頼性が評価された。
- ・建設事業費については、性能を重視した設備を備えているにもかかわらず、上限価格より低い価格で提案された。

(2) 契約の概要

工事件名：海水淡水化施設整備事業

「プラント施設及び取水施設」工事

契約者：大林組・協和機電工業

建設工事共同企業体

契約日：平成12年5月24日

工期：平成12年5月25日

～平成17年3月22日

(3) 実証試験

(a) 試験目的

モジュール最小ユニットベースで提案システムを構

成し、実際の現地海水による試験を行うことにより、提案システムの取水設備と膜設備等の安定稼働性や水質の安全性あるいは環境調和性等を確認しその結果を実施設計に反映させることが目的である。

(b) 試験概要

- ①実施位置：奈多漁港内および漁港西側海域
- ②設置：H12.9.20～H12.10.31
- ③試験期間：H12.12.1～H13.12.3（取水）
H12.12.1～H14.3.13（プラント）
- ④海水取水方式：緩速ろ過方式の浸透取水
- ⑤海水取水量：250 m³/日～600 m³/日
- ⑥淡水化方式：UF膜前処理による
2段逆浸透膜方式
- ⑦生産水量：100 m³/日

(c) 試験確認項目

①取水設備

- ・海底下から浸透方式の緩速ろ過取水を行い取水量、取水井内水頭差、浸透流速等の基本性能を確認する。
- ・浸透流速を目詰まりが発生する可能性がある8 m/日程度まで変化させて、取水量や取水井内水頭差の変化から目詰まりの可能性、状況、限界等を確認する。
- ・試験場所での原海水と浸透海水のSDI値等の水質を測定し、水質が改善される状況を確認する。

②プラント設備

- ・取水海水の水量及び水質の確認
本施設と同等の浸透流速で運転を行い、水量の変化を確認するとともにSDI値を計測することにより水質の確認を行う。
- ・UF膜の特性の確認
一定流量にて運転を行い膜間差圧を計測し膜の汚れ具合を判断する。また浸透取水と同様にSDI値を計測し水質の確認を行う。汚れが付いた膜は薬品にて浸漬し、洗浄することにより性能が回復することを確認する。
- ・高圧RO膜、低圧RO膜の特性の確認
水温変化による回収率の変動、運転圧力を測定し、水質及び生産水の確認を行う。
- ・生産水の確認
定期的に基準項目等を水質検査登録機関により計測し、水質の確認を行う。

(d) 試験運転状況

①浸透取水量

海水の取水量が設定値450 m³/日（浸透速度6 m/日）で取水ポンプを定速運転した結果、計画量は確保できた。

②海水取水及びUF膜ろ過水の水質

「（逆浸透）膜に要求される供給水の清澄度を表す指

標SDI値は4以下とする」(水道施設設計指針)に対し、原海水のSDI値は5～6の範囲で変動、浸透取水した海水のSDI値は4程度で推移、UF膜ろ過については、1.5～2の範囲で非常に安定した水質を維持していた。

また、試験を継続していく中でSDI値については変化が見られなかったがUF膜間差圧の上昇があったため、クエン洗浄を行った。

③高圧RO膜・低圧RO膜回収率

水温、高圧RO透過水量、低圧RO透過水量を考慮し、水温等に対応する回収率の設定値の検討を行った。

④生産水量

海水の各温度で設定された回収率となるように制御する回収率制御運転を開始し、114～118 m³/日で推移していた。

(e) 運転結果

①取水海水の水量及び水質

取水量はほぼ一定量で運転され、取水量の低下はなかった。また取水海水の水質はSDI値4程度であり、ほぼ計画どおりのSDI値が確認できた。

②UF膜の特性

UF膜は本設備と同等の流速にて運転を行ったが、ろ過水質はSDI値約2程度で計画どおりの数値が確認された。

また洗浄により膜間差圧の上昇もなく安定した運転であった。

③高圧RO膜、低圧RO膜の特性

・高圧RO膜

水温に合わせて回収率の設定を行い運転したが、計画設定値に対してほぼ同等の回収率を維持し追従運転することが確認できた。

また、膜の特性・水質を確認したが、膜間差圧上昇もなく水質は計画どおり。

・低圧RO膜

回収率は85%の一定とし、膜への供給水量を水温により変化させて運転をしたが、水質は計画どおり。

④生産水質

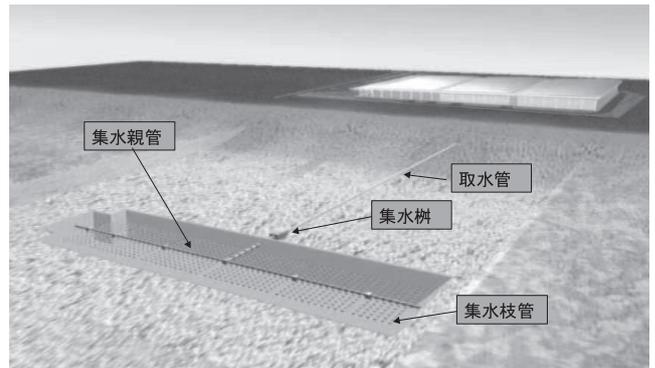
各RO膜透過水の水質は予定どおり。

(f) 実証試験結果

実海水温10～29℃における実証試験にて、各設備について特に問題なく良好に運転された。施設としては9～30℃の運転を計画しているが、計画温度領域内での水温であれば、問題がないと考えられる。システムの的にも、各水温におけるRO設備の回収率制御、分配水量制御等、安定した運転であった。生産水量についても水質、水量とも計画値を満足していた。



写真—2 実証試験プラント 全景



図—1 取水部イメージ図

4. 主要工事・供用開始

海水淡水化施設は福岡市東区奈多，国土交通省航空管理センターに隣接する 46,000 m² の敷地に建設することになり，準備測量が平成 12 年 7 月から開始され，平成 17 年 3 月まで継続された。また，平成 16 年当初より 1 年間にわたる総合試運転を経て，平成 17 年 3 月下旬に竣工式を行い，平成 17 年 4 月から供用開始の予定だった。しかし，供用開始直前の 3 月 20 日に福岡県西方沖地震が発生したため，導水管の一部が被害を受け，その補修，点検等に時間を要し，当初の供用開始予定より約 2 ヶ月遅れの 6 月 1 日供用開始となった。

5. 施設の特徴

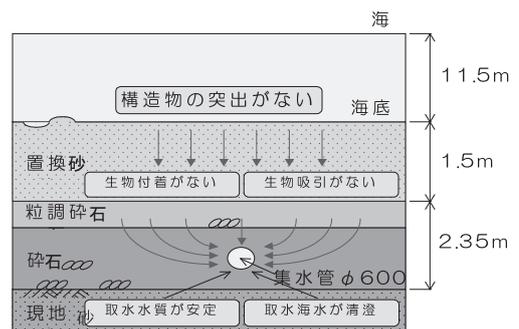
当海水淡水化センターは次に述べる特徴がある。

(1) 浸透取水方式の採用

本施設では，海底の砂の中に取水管を埋設する〔浸透取水方式〕を採用している。この新技術は「海の緩速ろ過システム」と呼ばれ，砂の層を利用して海水をろ過する方式である（図—1，2）。

本方式を採用した理由を次に示す。

- (a) 海底の砂の層がフィルタの役割を果たすので水質が安定し，ゴミや不純物が少なく清澄な海水を確保できる。
- (b) 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への被害が避けられるなど，安全性が高い。
- (c) 魚の卵や海藻などを取水管に吸い込むことがなく，海洋生物の生態系など環境への影響を少なくできるほか，取水管の中に付着するフジツボやイガイの卵なども砂の層でろ過されるので，管内の清掃作業が軽減でき，維持管理が簡略化できる。



図—2 取水部構造図

- (d) 波の力で海底の砂が動くことにより砂層の目詰まりを取り除く自然の力を活用した技術である。

(2) 逆浸透部の使用機器類

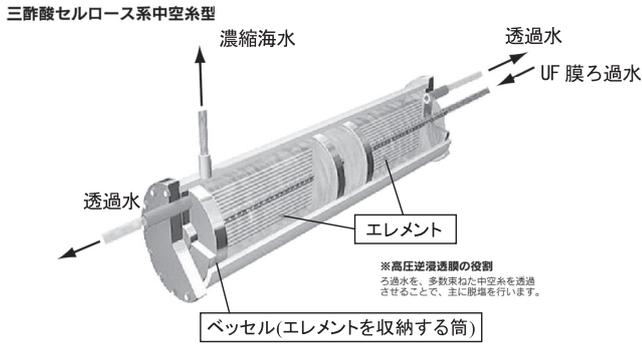
逆浸透部は高圧逆浸透（高圧 RO）膜・低圧逆浸透（低圧 RO）膜から構成され（図—3，4），高圧 RO 膜だけでは，ほう素値を満足することが難しいため，高圧 RO 膜の透過水の一部を低圧逆浸透膜で処理した水と，高圧 RO 膜透過水をほう素濃度により適宜混合し，さらに浄水と等量混合して供給する。

高圧 RO 膜は 10 インチ径の中空糸型三酢酸セルロース膜で，モジュール（エレメント 2 本入り）が 200 本／ユニット／系列，5 系列で 2,000 エレメント設置されている。

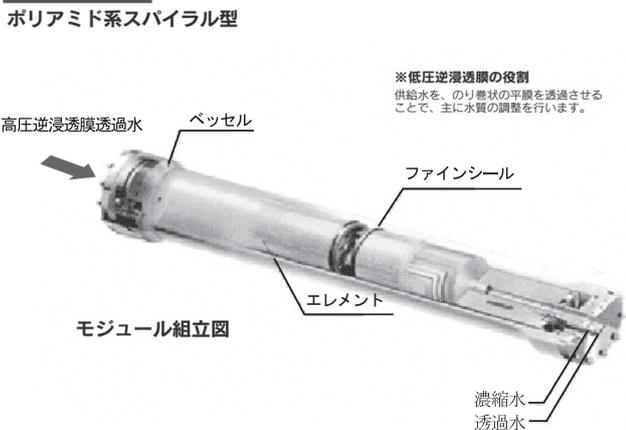
本設備は以下のような特長をもっている。

- (a) 水温による透過水量の変動幅がポリアミド膜に比べて小さい。（RO 膜への供給海水水温の変動に合わせて回収率を 57.5 ～ 62.5% とすることで使用膜本数の季節毎の調整を不要としている。）また，エレメント当りの造水量が多く，コンパクトにできる。
- (b) 濃縮水の昇圧等の複雑なシステムにすることなく従来と同じ方式で高回収率運転ができる。
- (c) 高圧ポンプはポンプ効率・維持管理性から上下分割型多段渦巻きポンプとした。

(d) 動力回収装置は、回収率が高く、水量変動による回収効率の変動幅が小さいペルトン水車を採用した。



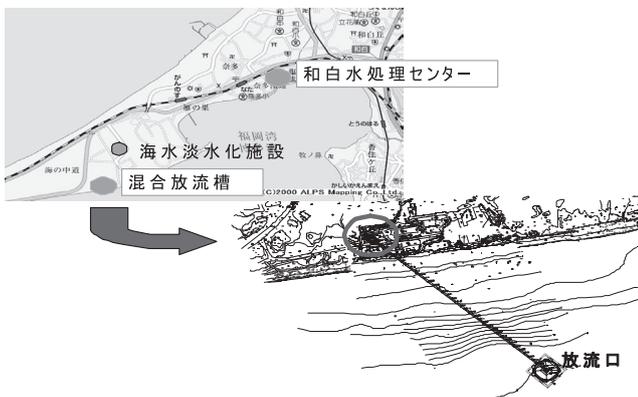
図一三 高圧 RO 膜構造図



図一四 低圧 RO 膜構造図

(3) 環境への配慮

海水を淡水化すると塩分濃度が約2倍に濃くなった海水が出来る。近接する和白水処理センターの下水処理水(淡水)と混合放流槽という施設で混ぜ合わせ、通常の海水塩分濃度に近い濃度にして博多湾内へ放流している(図一五)。



図一五 放流設備

6. 供用開始からこれまでの状況

平成17年6月に供用開始し、約6年間経過したが高圧力高濃度塩分下でのプラント運転において、確認できた主な事象を記載しておく。

- ・当センターは浸透取水方式を採用しており、当初は砂層の目詰まりも懸念されていたが、日常の点検数値(潮位と着水井の水頭差)に変化がないため、砂層の目詰まりはないと判断できる。また、砂層を通過した海水のSDI値についても実証実験値より良い数値がでている。
- ・また、年に2回、海底の集水部の点検をダイバーが潜り、目視点検(砂表面のチェック)、砂層のサンプリング採取(分析用)を行っているが、取水に影響を与えるような問題は発生していない。
- ・海水から淡水を取った残りの濃縮海水の残圧を利用する動力回収装置(エネルギー回収タービン)を設置したことで、高圧ROポンプが使用する電力量の約2割が削減できていることを確認できた。
- ・逆浸透設備に使用しているSUS316L製高圧配管において一部すきま腐食が発生し、配管フランジ部の材質改良等を行っているところである。
- ・機器冷却水に高圧RO透過水を使用しており、当初より水の腐食性の指標となるランゲリア指数が低いため、その影響で冷却水用配管(鋼管)が一部腐食した。現在は腐食した配管を硬質塩化ビニルライニング鋼管に取り替える等により対応している。

7. おわりに

少雨傾向の時期もあったが、当センターがフル稼働(最大生産水量 50,000 m³/日)を行うことで、当初の事業目的である福岡都市圏への水道水の安定供給確保がなされている。今後、安定運転確保のためプラント機器類の点検整備等に重点を置きながら、それら維持管理費に係る費用の低減を図り運営を行っていきたい。

JCMA

[筆者紹介]

吉田 克己(よしだ かつみ)
福岡地区水道企業団施設部海水淡水化センター
運転管理係長

