

# アラブ首長国連邦アブダビ首長国での HiSIS Pilot Plant 実証試験

Field Test of HiSIS SWRO Pilot Plant in Abu Dhabi, U.A.E.



乾	真	規	Masaki Inui	①
新	里	英	Hideyuki Niizato	②
井	上	隆	Takayuki Inoue	③
岡	本	豊	Yutaka Okamoto	④
藤	田	哲	Tetsuro Fujita	③
吉	良	典	Noriko Kira	④
西	村	浩	Hiroto Nishimura	④
中	林	克	Katsu Nakabayashi	⑤

## あ ら ま し

当社は高速海底浸透取水システム（HiSIS）を適用したRO膜式海水淡水化実証試験機をアラブ首長国連邦アブダビ首長国内に建設し、約1年9ヶ月間の実証試験を実施した。その結果、実証試験期間中、HiSISは無薬注かつ無停止で安定した運転を継続でき、取水設備として問題が無いことを確認した。また、UF膜と組み合わせることで、SDI<sub>15</sub>値が1.5以下の清澄海水をRO膜に供給し続けることができた。HiSIS取水海水を分析した結果、HiSISにより原海水中のTOC、DOC、ATP、TEP、Biopolymerといったバイオフィアウリングと関係のある指標を低減でき、RO膜のバイオフィアウリング対策として有効であることを確認した。

## Abstract

We constructed a pilot plant for seawater reverse osmosis desalination employing the High-speed Seabed Infiltration System (HiSIS) and operated for 21 months in Abu Dhabi, U.A.E. As a result of pilot plant operation, we confirmed that HiSIS continued to demonstrate high performance as an intake system without chemical injection or stoppage, and in combination with UF membranes it kept supplying highly clarified seawater with an SDI<sub>15</sub> of 1.5 or less to the RO membranes. Furthermore, an analysis showed that HiSIS reduced organic matter in raw seawater such as TOC, DOC, ATP, TEP and biopolymers, thus confirming that HiSIS is an effective technology for preventing bio-fouling of the RO membrane.

## 1. 緒 言

近年、経済成長及び人口急増に伴い水需要が増加しており、その解決策として世界各地で海水淡水化プラントが建設されている。海水淡水化の手法として、海水を蒸発させて淡水を蒸留する蒸発法と、逆浸透（RO）膜に海水を通水して淡水を得るRO膜法があり、現在ではエネルギーコストの安いRO膜法が主流となっている。一方で、蒸発法は海水性状に影響されず安定して運転が可能で

あるのに対し、RO膜法は海水性状の影響を受けやすく、海水性状が悪化した場合に生産水量の低下や運転停止を余儀なくされる問題を持つ。特に、海水中の微生物がRO膜面上で増殖してRO膜を閉塞させるバイオフィアウリングが大きな問題となっており、海水性状の悪い海域でのRO膜法海水淡水化設備（以降、SWROと記載）の普及の妨げとなっている。このことから、海水性状の悪い海域でも安定してSWROプラントに高品質な海水を供給できる取水・前処理技術の実用化が切望されている。

当社と株式会社ナガオカは共同で、SWROプラントの取水及び前処理機能を併せ持つ高速海底浸透取水システム（High-speed Seabed Infiltration System ; HiSIS）を開発した。HiSISは、図1に示すように海底面下に敷設されたろ過砂層と支持砂利層、および支持砂利層に集水管を通して海底面から海水を高速で取水するシステムである。大阪湾にて実際の海水を用いた基礎実験を

① 技術開発本部 環境エンジニアリング研究センター 技術士(機械)  
 ② 技術開発本部 環境エンジニアリング研究センター 博士(工学)、技術士(船舶、海洋)  
 ③ 環境事業本部 EPCビジネスユニット プラント・エネルギー計画部  
 ④ 技術開発本部 環境エンジニアリング研究センター  
 ⑤ グローバル事業統括部 プラント営業部

行い、有効であることを確認した<sup>1)</sup>。そして、日本とは海水性状の異なる地域での実証を行うため、アラブ首長国連邦アブダビ首長国の政府機関であるアブダビ水電力庁(Abu Dhabi Water and Electricity Authority ; ADWEA)と共同研究に関する覚書を締結し、アブダビ市郊外にHiSISを用いたSWROパイロットプラントを建設した。

本報ではHiSISの特徴と共に、2014年6月から2016年3月までの約1年9ヶ月間実施したアブダビでのHiSIS実証試験結果について述べる。

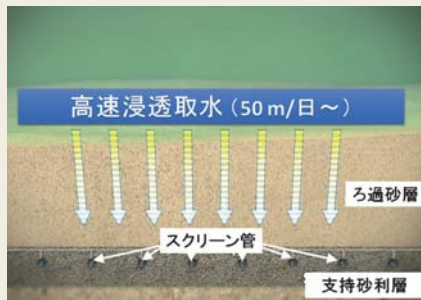


図1 HiSIS

## 2. HiSIS と従来法の比較

### 2.1 直接取水方式を用いたSWROプラント

図2に一般的な直接取水方式を用いた従来型SWROプラントを示す。この方式では取水塔を海底面上に設置し、海水を直接取水する。陸上側には1次処理(例えば、浮上分離装置)や2次処理(例えば、砂ろ過装置やMF膜)の設備があり、海水中の懸濁物質を除去した後に後段のRO膜ろ過装置に送水する。この方式では、以下に示すように多種多量の薬品を海水に投与している。

- ①海中の取水塔や取水管内にフジツボなどの海生生物が付着し、開口部を閉塞させる。それを防止するために塩素などの殺菌剤を取水塔から注入する。
- ②浮上分離装置や砂ろ過装置で、海水中の懸濁物質の除去率を向上させるために凝集剤が投与される。また、凝集剤と合わせてpH調整剤も投与される。
- ③RO膜は塩素により劣化するため、RO膜へ供給する前段階で供給水中の残留塩素をゼロにする必要がある。このため、還元剤が投与される。

最近の研究では、海水に塩素や還元剤を投与することがバイオフィウリングの発生を促進するとの報告<sup>2)</sup>もあり、

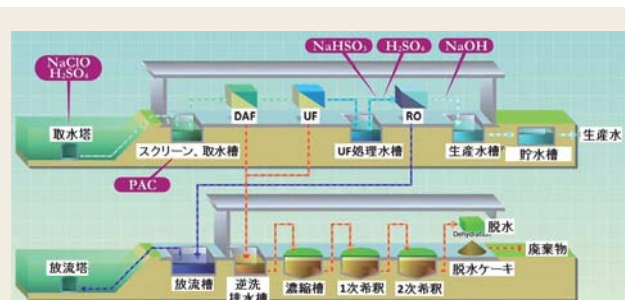


図2 従来型SWROプラント

これに加え、薬品コストの削減や環境影響の観点から、SWRO前処理において無薬注プロセスの実現が望まれている。

### 2.2 HiSISを適用したSWROプラント

図1に示したように、HiSISでは集水管を海底に埋設するため、海底の砂によりろ過された海水を取水することができる。このため、集水管の後段には海生生物が付着せず、塩素系薬剤の注入は不要となる。また、取水の段階で従来型SWROプラントの砂ろ過装置と同等の水質の海水を取水できるため砂ろ過装置が不要となり、それに付随する凝集剤の注入も必要なくなる。さらに、塩素系薬剤を注入しないため還元剤の注入も不要となり、RO膜のバイオフィウリング発生率の減少にもつながる。以上より、使用薬品量が大幅に削減されるため薬品コストを大幅に縮小できる。また、直接取水方式では浮上分離装置や砂ろ過装置から排出される汚泥を処理するための設備が必要であるが、HiSISの場合は海中で逆洗浄を実施するためこの処理工程も不要となる。よって、HiSISを適用したSWROプラントでは図3のように設備を簡略化することができ、敷地面積や建設コストを縮小できる。また、当社ではHiSISの後段に限外ろ過(UF)膜を配置し、HiSISでは排除できないバクテリアやウイルスをUF膜で取り除く複合型前処理プロセスを提案している。これによりRO膜のバイオフィウリング発生率をさらに低減できる。また、SWROプラントだけでなく、漁港や養殖場など無菌海水を必要とする施設に対しても本装置を提供することが可能である。

HiSISと比較される緩速海底浸透取水方式(浸透速度5m/日)では、取水量が大きい場合に広大な取水面積が必要となり、海洋土木工事のコストが大きくなる短所が存在する。一方で、HiSISでは、2013年から2014年にかけて実施した大阪湾の海水を用いた基礎実験において、浸透速度100m/日でも良好な水質が得られることが判明している<sup>1)</sup>。浸透速度100m/日とした場合、緩速海底浸透取水方式の場合と比較して取水面積は1/20となり、海洋土木工事のコストを大幅に低減できる。

試算では、従来法による取水、前処理設備と比較して、HiSISとUFを組み合わせた複合型前処理設備は、設備コストにおいて60%以上、造水コストにおいて約15%の削減が可能という結果が出ている。よって、HiSISをSWROプラントに適用することは経済的恩恵が非常に大きい。

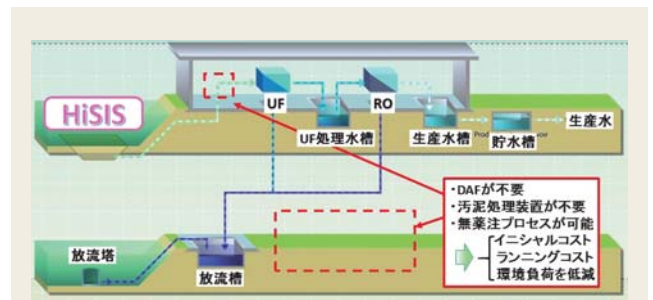


図3 HiSISを適用したSWROプラント

### 3. HiSIS SWRO Pilot Plant

本章では、アブダビ市近郊のSas Al Nakhl (旧Umm Al Nar) 島内に建設したHiSIS SWRO Pilot Plantについて説明する。

**3.1 全体の概要** 図4にHiSIS SWRO Pilot Plantの全体フロー図を示す。HiSISは、後述するように1基あたり4m<sup>2</sup>の取水面積をもつユニット方式とし、運転1基と待機1基の計2基を設置した。HiSISユニットの取水量は、1基あたり、浸透速度(LV) 50m/日の場合に200 m<sup>3</sup>/日、LV 100m/日の場合に400m<sup>3</sup>/日である。本実証試験では、HiSISで取水した清澄海水を103m<sup>3</sup>/日の流量で後段のHiSIS取水海水槽に送水し、余った清澄海水は直接海へ放流した。UF膜ろ過装置では、HiSIS取水海水槽内の清澄海水をUF膜でろ過して、清澄海水中のバクテリアを除去する。UF膜ろ過装置で処理された海水は中間タンクに送水された後、RO膜ろ過装置に供給される。RO膜ろ過装置では、高圧ポンプで5～7MPaに昇圧した海水をRO膜に通水し、淡水と濃縮海水に分離する。淡水(生産水)の生産量は20.4m<sup>3</sup>/日である。本実証試験では生産水を別の場所に配水せず、プラント内で消費される量を除いて排水タンク内にて濃縮海水と混合し、塩分濃度を原海水と同程度に調整した後に海洋へ放流した。

実証試験期間中、基本的に全ての装置を24時間連続で運転し、部品破損による一時停止を除いて、約1年9ヶ月間連続で運転を行った。

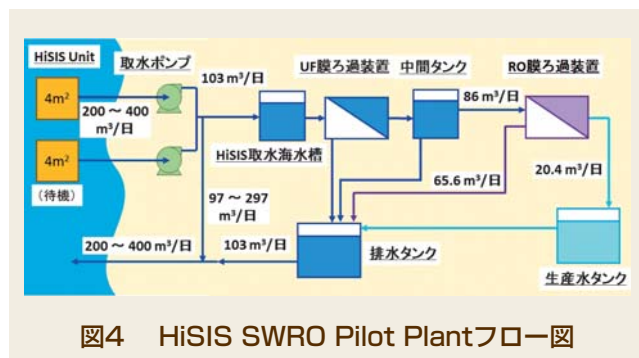


図4 HiSIS SWRO Pilot Plantフロー図

#### 3.2 HiSISユニット

**3.2.1 HiSISユニットの構造** HiSISの工法として、図1のように直接海底に集水管を埋設する埋設方式と、函体内に集水管や逆洗浄管、ろ過砂層が設置されたHiSISユニットを海底に設置するユニット方式の2つを考えている。埋設方式は、海底を掘削して集水管等を設置する必要があるため現地工事の作業量が多い。一方、ユニット方式は、ユニットを工場で作成してから海底に設置するため現地工事での作業量が小さいが、工場で作成するため大きさ(取水量)に制約がある。HiSIS SWRO Pilot Plantでは必要取水量が小さいため、現地工事の作業量の少ないユニット方式を採用した。

本実証試験に使用したHiSISユニットは、幅2m×奥行き2m×高さ1.6mのFRP製の函体に集水管や逆洗浄管、

圧力センサなどを設置した構造である。HiSISユニットは、取水管で陸上に設置した取水ポンプと接続した。

**3.2.2 HiSISユニットの設置** 図5にHiSISユニット据付時の写真を示す。HiSISユニットは護岸から3m沖合の海底面上に設置した。設置場所の水深は約5.8mである。HiSISユニット設置後に、ユニットの滑動防止のため周囲に捨石を設置してユニットを固定した。



図5 HiSISユニット据付時の様子

**3.2.3 HiSISの運転** HiSISユニット後段に設置した取水ポンプで海水を吸引して取水した。ろ過砂層の通水性を管理するため、HiSISユニット内に設置した圧力センサで計測した損失水頭を常時監視した。損失水頭または運転時間のいずれかが規定値に到達した場合に自動的に逆洗浄工程に移行させ、ろ過砂層内に蓄積した懸濁物質を海中に排出した。逆洗浄工程は、空気洗浄と取水した清澄海水による逆流洗浄を併用した方式とした。逆洗浄実施前に、待機状態のユニットを運転状態に切り替え、逆洗浄を実施したユニットを逆洗浄終了後に待機状態に移行させた。本実証試験では、2014年6月からの1年間はLV 50m/日、2015年6月から実証試験終了まではLV 100m/日の取水速度で運転を行った。

#### 3.3 UF膜ろ過装置

**3.3.1 UF膜ろ過装置の構造** UF膜モジュールは、FZ50-AC-FUS1582 (ダイセンメンブレンシステムズ株式会社製)を使用した。UF膜の分画分子量は15万で、材質はポリエーテルサルフォン(PES)である。HiSISを用いて取水した海水を、異物混入防止用のプレフィルター(目開き100μm)に通してから供給ポンプで加圧し、2基のUF膜モジュールに供給した。UF膜もろ過を継続すると膜が閉塞し、原水側と透過水側の圧力差(膜間差圧)が上昇するため、定期的に透過水側からUF処理海水を逆流させる逆洗浄行程を実施しなければならない。このための設備として、逆洗浄用のポンプと逆洗水に次亜塩素酸ナトリウムを注入して薬品添加逆洗(Chemical Enhanced Backwash,CEB)を実施するための薬注システムを設置した。薬注システムは逆洗浄時のみ作動し、ろ過運転時は停止している。

**3.3.2 UF膜ろ過装置の運転** UF膜ろ過装置の運転条件を表1に示す。所定の透過水流量となるようにUF膜入口圧力を制御する定流量ろ過運転を行った。ろ過方式はクロスフローろ過とし、1時間に1回の頻度でUF処理海水を使用した逆洗浄工程を実施した。運転時

には膜間差圧を常時監視し、膜間差圧がメーカー推奨値まで上昇した際に、薬品洗浄した膜モジュールと交換して運転を継続した。使用した膜モジュールは、UF膜洗浄装置を使用して薬品洗浄を実施し、次回の膜交換時に再利用した。CEBを実施する場合は、次亜塩素酸ナトリウム溶液(4%～12%)を薬注システムに投入し、規定の濃度でCEBを実施した。CEBは2016年6月以降から実施し、それまでは無薬注逆洗で運転を行った。

表1 UF膜ろ過装置運転条件

項目	値
透過水量	4.3 m <sup>3</sup> /h
循環水量	15.8 m <sup>3</sup> /h
逆洗水量	17.4 m <sup>3</sup> /h
逆洗間隔	60 分
逆洗時間	60 秒

### 3.4 RO膜ろ過装置

**3.4.1 RO膜ろ過装置の構造** RO膜ろ過装置は1段式ROとした。RO膜エレメントには8インチのSWC-5MAX(日東電工株式会社製)を使用し、ベッセルにエレメントを2つ挿入した。高圧ポンプで昇圧したUF処理海水をRO膜に供給し、RO膜で淡水(生産水)と濃縮海水に分離した。エネルギー回収機構は、RO膜ろ過装置が小規模なため設置していない。

**3.4.2 RO膜ろ過装置の運転** RO膜ろ過装置の運転は、生産水量が0.85m<sup>3</sup>/hで一定となるように、RO膜入口圧力を調節して行った。回収率は23.8%とした。一般的なSWROプラントの回収率である40～60%よりも低い理由は、エレメント数が2つの1段式ROであるため設備的に回収率を高くできないこと、無薬注プロセスの実現のためスケール防止剤を使用せずに運転可能な回収率にしたからである。基本的に、無薬注かつフラッシング洗浄などのメンテナンスを実施せずに24時間連続でろ過運転を継続した。

## 4. 実証試験

**4.1 実証試験の目的** 本実証試験の目的は以下のとおりである。

- ①取水配管内への海生物の付着防止効果の確認
- ②実証試験期間中HiSIS無停止の達成
- ③常時、RO供給海水のSDI<sub>15</sub>値3.0以下の達成
- ④RO膜バイオフィウリング防止効果の確認

**4.2 水質分析項目および分析機器** 前述した目的の③、④の確認のため、表2に示す項目について水質分析を実施した。代表的な水質項目の測定については、ポータブル多項目水質計WQC-24(東亜DKK(株)製)を使用した。TOCおよびDOCの分析は、現地企業のExova Limitedに外注した。TEPとBio-polymerについては、サンプル水を日本に輸送し、各外注先で分析を実施した。以降に一部の分析項目について簡単に説明する。

●SDI<sub>15</sub>  
SDI(Silt Density Index)は、試料中の懸濁物質が膜のファウリングにどれだけ影響するかを示す指標である。RO膜メーカーはRO膜供給水のSDI<sub>15</sub>を3以下にすることを推奨している。測定方法はASTM D 4189-95で定義されている。

●クロロフィルa  
クロロフィルaは植物プランクトン数と相関があり、赤潮時にはその値が急増する。また、クロロフィルaと後述するTEPは相関があることが報告されており<sup>3)</sup>、原海水水質を評価するうえで重要な指標である。

●ATP  
ATP(アデノシン三リン酸)は生体内でエネルギーの放出や貯蔵、物質の代謝や合成に使用されるもので、ATPの量と微生物数には相関があることが報告されている<sup>4)</sup>。よって、海水中のATP量を測定することで、海水中の微生物量を推定できる。

●TOCとDOC  
TOC(Total Organic Carbon)は、海水中に存在する全ての有機炭素量を表し、DOC(Dissolved Organic Carbon)はTOCのうち溶存態として海水中に存在する有機炭素量を表したものである。どちらの値も大きいとRO膜の有機物ファウリングやバイオフィウリングが発生する。

●TEP  
TEP(Transparent Exopolymer Particles)は、微生物が分泌するゼリー状の多糖類の総称である。膜に付着するとその粘着性により逆洗浄やフラッシング等での除去が困難で、ファウリングの原因物質として近年注目されている<sup>5)</sup>。

●Biopolymer  
BiopolymerはLC-OCD装置で分画される分子量10万～200万の親水性の有機物である。BiopolymerもTEPと同様にファウリングの原因物質として注目されている<sup>5)</sup>。

表2 水質分析機器

分析項目	型番	メーカー(外注先)
SDI <sub>15</sub>	自動SDI分析装置	トスク(株)
濁度	WQC-24	東亜DKK(株)
水温	WQC-24	東亜DKK(株)
pH	WQC-24	東亜DKK(株)
DO	WQC-24	東亜DKK(株)
クロロフィルa	WQC-24	東亜DKK(株)
E260	UV-1800	(株)島津製作所
ATP	ルミスターC-101	キョーマンバイオケミファ(株)
TOC	外注	Exova Ltd.
DOC	外注	Exova Ltd.
TEP	外注	(株)東リサーチセンター
Biopolymer	LC-OCD	神戸大学先端膜工学センター

## 5. 実証試験結果

**5.1 HiSISユニットと取水管内およびHiSIS取水水槽の観察結果** 図6に海底に設置されたHiSISユ

ニットの様子を示す。HiSISユニット壁面にフジツボなどの海生生物が無数に付着していることがわかる。一方で、**図7 (a)** に示す取水管内および**図7 (b)** に示すHiSIS取水海水槽内には、汚れは付着しているものの海生生物の付着は殆ど無い。よって、HiSISは無薬注で取水配管内への海生生物の付着を防止できるといえる。



図6 実証試験中のHiSISユニットの様子



(a) 取水配管内 (b) HiSIS取水海水槽

図7 実証試験中の取水配管およびHiSIS取水海水槽

**5.2 HiSIS ユニットの運転結果** HiSISは約1年9ヶ月間の無停止で運転することができた。運転データの一例として、**図8**にLV 100m/日で運転中のHiSISの取水流量とろ過砂層の損失水頭の経時変化について示す。ろ過砂層の損失水頭は運転時間とともに増加するが、逆洗浄工程後には初期値に戻っている。また、設定した逆洗浄条件において、常に規定の取水流量を取水できおり、HiSISが継続して運転可能であることを確認した。

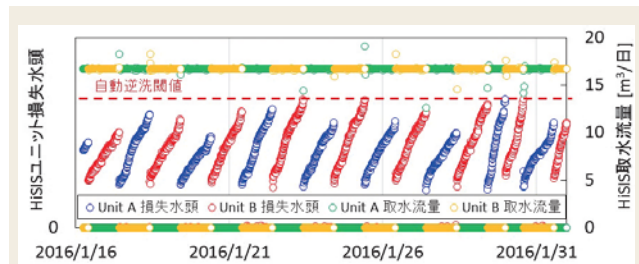


図8 HiSIS運転中の損失水頭と取水流量

### 5.3 水質分析結果

**5.3.1 濁度** **図9**に実証試験期間中の原海水およびHiSIS取水海水の濁度の測定結果を示す。原海水の濁度は通常時には5～15NTUの範囲を推移し、荒天時には一時的に20NTU以上に上昇した。一方、HiSIS取水海水の濁度は、LVや原海水の濁度によらず常時0.0NTUを示した。以上より、HiSISは原海水中の殆どの濁度分を安定して除去できている。

**5.3.2 クロロフィルa** **図10**に原海水とHiSIS取水海水のクロロフィルaの測定結果を示す。原海水中のクロロフィルaの値は季節により大きく変動しているが、HiSIS取水海水の値は殆どの期間で安定して1.0 $\mu\text{g/L}$ 以下の値となっている。よって、HiSISは原海水中の植物プランクトンを安定して除去できている。

**5.3.3 SDI<sub>15</sub>** **図11**に各海水のSDI<sub>15</sub>の測定結果を示す。原海水のSDI<sub>15</sub>は測定限界値の6.67であった。一方で、HiSIS取水海水のSDI<sub>15</sub>は、LV 50m/日の場合に3.74、LV 100m/日の場合に4.00で安定した。UF処理海水のSDI<sub>15</sub>は、実証試験期間を通して1.50以下であった。よって、HiSISとUFを組み合わせた複合型前処理はRO膜の前処理として有効であるといえる。

**5.3.4 ATP** **図12**に各海水中のATPの測定結果を示す。原海水中のATP量をHiSISにより1/10に、UFによりさらに1/10に低減できることを確認した。よって、HiSISとUF膜を組み合わせた複合型前処理では、無菌に近い海水をRO膜へ供給できているといえる。

**5.3.5 TOCおよびDOC** **図13**に各海水中のTOCの分析結果を、**図14**に各海水中のDOCの分析結果を示す。原海水中のTOCおよびDOCはHiSISにより約15%減少した。これは、ろ過砂層に付着した微生物によ

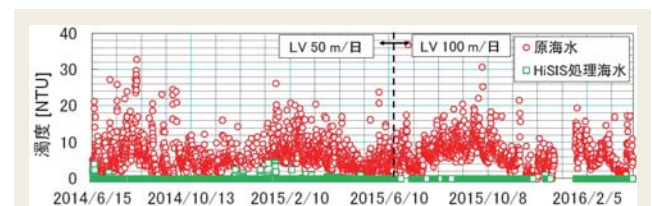


図9 原海水およびHiSIS取水海水中の濁度

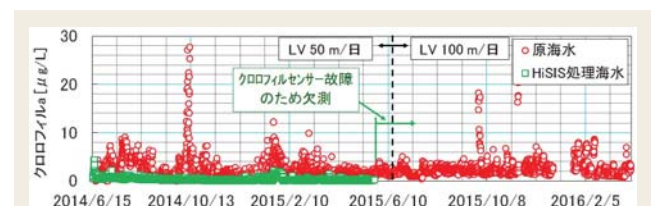


図10 原海水およびHiSIS取水海水中のクロロフィルa

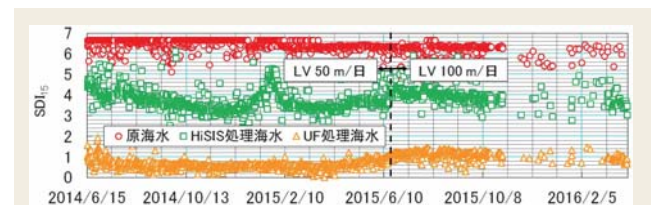


図11 各海水のSDI<sub>15</sub>

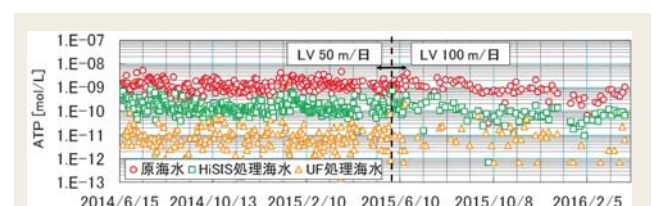


図12 各海水中のATP

る生物ろ過の効果であると考えられる。HiSIS取水海水中のTOCとDOCはUFでは殆ど除去されないため、UF膜の分画分子量15万以上の有機物はほぼHiSISで除去されていると思われる。

**5.3.6 TEP** 図15に原海水およびHiSIS取水海水中のTEPの測定結果を示す。HiSISは原海水中のTEPを約45%除去できており、RO膜ファウリングの原因物質を除去できることを確認した。また、HiSISは特に粒径が $0.4\mu\text{m}$ 以上の粒子状TEP (p-TEP) の除去に優れていることも判明した。

**5.3.7 Biopolymer** 図16に各海水中のBiopolymerの測定結果を示す。原海水、HiSIS取水海水、UF処理海水の順にBiopolymerの値は低くなっており、各処理によってBiopolymerを除去できていることがわかる。HiSISでのBiopolymerの除去率は約50%で、HiSISが原海水中のBiopolymerの除去に有効であることが判明した。

**5.4 RO膜ろ過装置運転結果** 図17に実証試験期間中のRO膜入口圧とROエレメントの圧力損失（供給水入口と濃縮水出口の圧力差）の経時変化を示す。RO膜入口圧は2014年6月の運転開始から約1年半の間、目立った上昇は無かった。しかし、2015年秋ごろから上

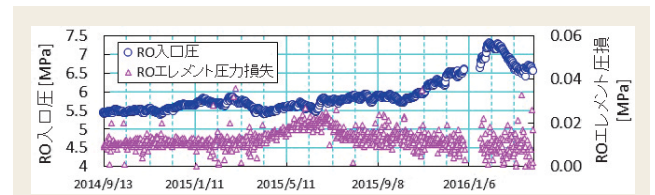


図17 RO膜ろ過装置の運転結果

昇し始め、サイトのGate Passの問題で装置を一時停止した2016年1月以降に急上昇した。このため、2016年3月上旬に初めてフラッシングと薬品によるRO膜の洗浄を実施した。一方で、バイオフィウリングの目安となるROエレメントの圧力損失は2015年初夏に一時的に上昇しているが、概ね0.01MPa前後で推移した。RO膜入口圧が急上昇した原因は、水温の低下の影響も考えられるが、有機物もしくは微生物によるファウリングであると思われる。UF膜モジュール交換時には配管が大気開放されてしまうため、この際にUF後段に雑菌が侵入したと考えられる。実機ではCleaning-In-Place (CIP) 方式でUF膜を洗浄するため、この点は改善される。最終的にRO入口圧は上昇したが、約1年6ヶ月もの長期間、薬品洗浄やフラッシング等のメンテナンスをすることなくろ過運転を継続できたことは、HiSISとUFによる複合型前処理の効果であると考えている。

## 6. 結言

本実証試験により、以下の知見を得た。

- HiSISは浸透速度50m/日および100m/日において無停止かつ無薬注で安定した運転が可能である。
- 約1年9ヶ月間の運転後もHiSIS以降の取水配管内への海生生物の付着は殆ど無い。
- HiSIS取水海水の濁度は、原水濁度によらず常に0 NTU付近を維持し、SDI<sub>15</sub>も、3.7～4.0付近となる。UF膜ろ過と組み合わせることで、SDI<sub>15</sub>が1.5以下の清澄海水をRO膜に安定して供給できる。
- HiSISにより原海水中のTOC、DOC、ATP、TEP、Biopolymerといったバイオフィウリングと関係のある有機物を除去することができる。

以上より、HiSISとUFろ過による複合型前処理を使用することで、使用薬品量やメンテナンス頻度を大幅に削減しながら継続してSWROプラントを運転できることが実証された。アラビア湾以外にも原海水水質の悪い海域は存在し、そのような海域においてHiSISはSWROを実施するための重要な技術になると考えている。今後は、国内外を問わずHiSISの一号機受注に向けて尽力していく所存である。

### 【謝辞】

本実証試験実施に伴い、経済産業省より多大なご支援を頂いたことをここに記し、謝意を表す。また、実証試験場所の提供など現地にて多大なご支援を頂いたADWEA関係者への深い感謝をここに表す。

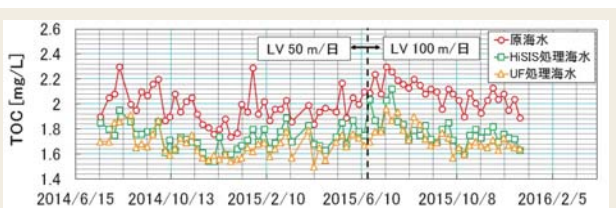


図13 各海水中のTOC

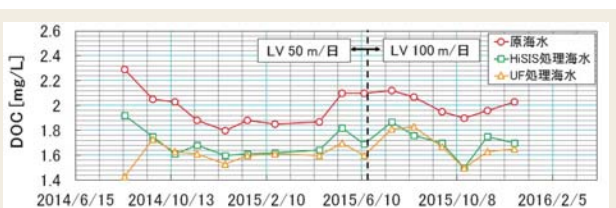


図14 各海水中のDOC

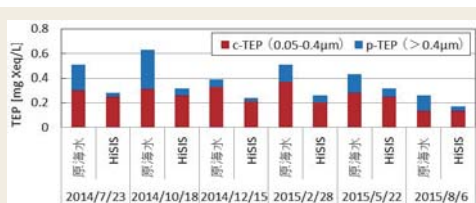


図15 原海水およびHiSIS取水海水中のTEP



図16 各海水中のBiopolymer

## 参考文献

- 1) Niizato, H. et al, INNOVATIVE SWRO DESALINATION TECHNOLOGY INTRODUCING HIGH-SPEED SEABED INFILTRATION SYSTEM (HiSIS) , In proceedings of the International Desalination Association World Congress on Desalination and Water Reuse **2013** Tianjin, China, REF: IDAWC/TIAN13-033.
- 2) Ito, Y. et al, CLARIFICATION OF IMPACT OF BIOFOULING TRIGGERED BY CHEMICAL ADDITION FOR DESIGNING OF MEGATON SWRO PLANT, In proceedings of the International Desalination Association World Congress on Desalination and Water Reuse **2013**Tianjin, China, REF: IDAWC/TIAN13-062.
- 3) Passow, U., A dye-binding assay for the spectrophotometric measurement of transparent exopolymer particles (TEP), Limnol. Oceanogr., **1995**, 40 (7) , 1326-1335.
- 4) Hattori, N. et al., Enhanced Microbial Biomass Assay Using Mutant Luciferase Resistant to Benzalkonium Chloride, Anal. Biochem., **2003**, 319, 287-295.
- 5) Villacorte, O., The fate of Transparent Exopolymer Particles (TEP) in integrated membrane systems: Removal through pre-treatment processes and deposition on reverse osmosis membranes, Water Research, **2009**, Volume 43, Issue 20, 5039 – 5052.

## 【文責者連絡先】

Hitz日立造船株式会社 技術開発本部 技術研究所  
 環境エンジニアリング研究センター  
 海洋環境グループ  
 乾 真規  
 Tel : 06-6551-9196 Fax : 06-6551-9906  
 e-mail : inui\_m@hitachizosen.co.jp

Hitachi Zosen Corporation  
 Technology Development Headquarters  
 Technical Research Institute  
 Environmental Engineering Research Center  
 Masaki Inui  
 Tel : +81-6-6551-9196 Fax : +81-6-6551-9906  
 e-mail : inui\_m@hitachizosen.co.jp



乾 真規



新里 英幸



井上 隆之



岡本 豊



藤田 哲朗



吉良 典子



西村 浩人



中林 克