

# グリーンフロント堺 高度処理水リサイクルセンター

## Presentation of Advanced Treated-water Recycle Center in Sharp Green Front Sakai



細谷仁人\*  
Masato Hosoya



池田進吾\*  
Shingo Ikeda

当社はシャープ グリーンフロント堺で、公共下水処理水から再生水を作り出す高度処理水リサイクルセンターを立ち上げ、2010年4月から水供給を開始している。当センターで製造された再生水は冷却塔の補給水として利用されることから、下水処理水に多く含まれる溶解性物質を除去することが要求され、MF+RO プロセスを採用した。本稿では、今回水供給を開始した高度処理水リサイクルセンターの概要とプラントの運転状況について紹介する。

We established water recycle plant, named Advanced Treated-Water Recycle Center in Sharp Green Front Sakai, where reclaimed water is generated from treated water of Public sewage treatment plant, and started to supply recycled water in April, 2010. Recycled water, generated here, is used for makeup water of cooling towers; therefore, MF and RO process is introduced in order to remove dissolved solids which is contained in treated water of sewage. This report introduces the outline of the center and the operating state.

### Key Words :

M	F	膜	Micro filtration membrane
R	O	膜	Reverse osmosis membrane
水	リ	サイ	Water recycle
高	回	収	High recycle rate
S-CIP			Short chemical cleaning in place
高	度	処	Advanced treated-water
理	水		

### 【セールスポイント】

下水処理水の再利用を行うことで渇水リスクの低減に繋がる。

新たな水資源の開発を実施する必要がなく、生態系の保全にも寄与し、持続可能な社会の一助となる。

水リサイクルを行うことで、企業・自治体のイメージ向上に繋がる。

## まえがき

日本はこれまで水不足と無縁との印象があったものの、工場の大規模化、人口の集中など、水の利用箇所が集中するにつれ、地域的な水不足が顕在化してきており、安定した水資源の確保が求められている。喝水リスクについて、地球温暖化によってさらに高まると懸念される中、国土交通省では下水処理水の再利用に関する懇談会を開催した。都市に豊富に存在する下水処理水を全国一律ではなく、地域の様々な条件を踏まえて再利用を推進する方策を検討中である。<sup>1)</sup> 一方、海外の動向に目を向けてみると中近東のような干ばつ地域、シンガポールのような大規模な水道水源が乏しい地域に至っては、海水淡水化設備と並行して大規模な下水処理水の再利用が検討・導入されている。

このように下水処理水の再利用が求められている中で、当センターが堺市三宝下水処理場の処理水を利用し、日本最大規模の地域循環型の水リサイクルを実現したことの意義は大きく、今後さらに下水処理水の再利用を行う地域が増加することが期待される。

本稿では、今回設置した高度処理水リサイクルセンターの概要とプラントの運転状況について紹介する。

### 1. グリーンフロント堺の概要

グリーンフロント堺はシャープ(株)を始めとする進出企業19社から構成され、「省エネ・創エネパネルの創出」「エコ&高効率オペレーション」「世界最先端環境工場」「社会との共生」という四つのエコ革新に取り組む、世界最大規模の液晶パネルおよび太陽電池パネルの生産拠点である。グリーンフロント堺では共創をキーワードにバーチャルワンカンパニーとしてガラス、カラーフィルタなどの部材メーカ、

ガス、電気、水などのユーティリティ供給メーカ、物流、梱包材メーカなど最先端の技術を持った企業が同一敷地内に集まり、まるでひとつの生命体のように機能し、グリーン社会の創造という夢を実現するべく事業活動を行っている。その中で当社は堺市三宝下水処理場の下水高度処理水から膜処理にて再生水を製造するプラントを建設し、運営する水供給事業を行っており、地域循環型の水リサイクル技術を用いて社会との共生を実現した。

### 2. 高度処理水リサイクルセンターの概要

#### 2.1 プラントの構成

当プラントは各機器とも多数の系列とし、グリーンフロント堺内の生産状況に応じた水供給への柔軟な対応性と安定性を重視したプラントとした。当プラントの外観を図1、概要を図2のフローシートに、機器仕様を表1に、プラント写真を写真1～4に示す。本プラントは大きく分けて①MF膜ユニット②RO膜ユニット③逆洗排水回収装置から構成される。本プラントの計画最大受入水量は33 000 m<sup>3</sup>/d、計画最大処理水量は27 000 m<sup>3</sup>/dであり、日本最大規模の下水再利用プラントとして計画され、2010年4月から受入水量16 500 m<sup>3</sup>/d、処理水量13 500 m<sup>3</sup>/dの処理装置を設置、運用している。

#### 2.2 プラント計画でのポイント

当プラントはグリーンフロント堺で工水の代替となる再生水を作り出す役割を担っている。再生水はグリーンフロント堺内でクリーンルームの温調用冷水を製造するために必要な冷却塔の補給水などとして利用される。

当プラントの原水は堺市三宝下水処理場から供給される。堺市三宝下水処理場は市の北西端大和川河口に位置している。まわりには多くの工場が存在



図1 高度処理水リサイクルセンター

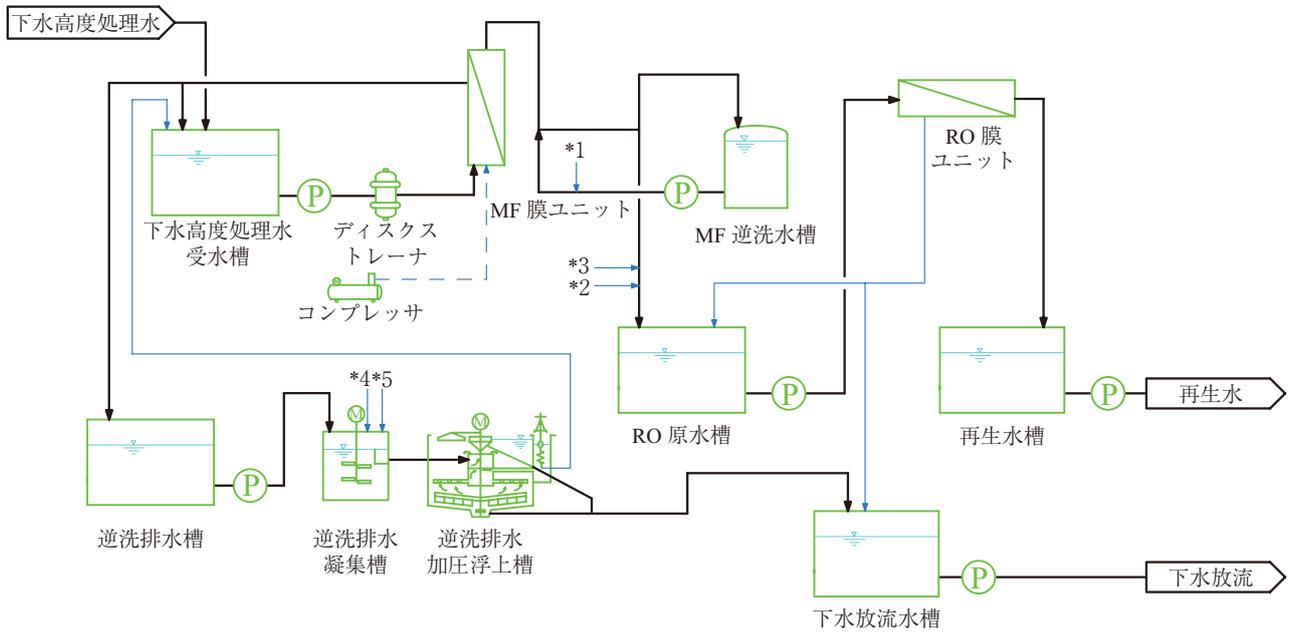
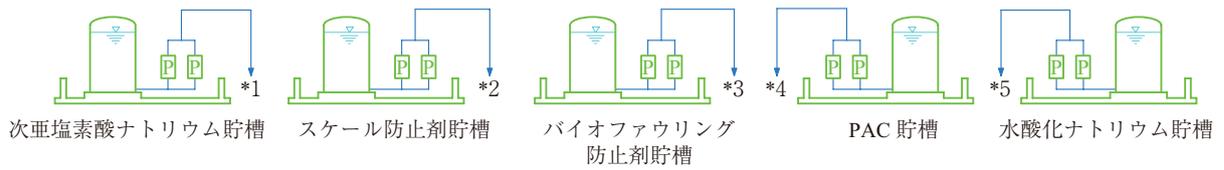


図2 高度処理水再生プラント フローシート

表1 プラント仕様 (定格最大)

項	目	設備仕様	
MF 装置	原水ポンプ	5台 (1台予備)	
	ディスクストレーナー	4系列 (6本/系列)	
	MF 膜ユニット	膜材質	ポリフッ化ビニリデン (PVDF)
		系列	12系列 (1系列予備)
		ろ過方式	クロスフローろ過
		物理洗浄	逆圧水洗浄+エアスクラビング
薬品洗浄	塩酸、水酸化ナトリウム、次亜塩素酸ナトリウム		
RO 装置	RO 加压ポンプ	14台	
	RO 膜ユニット	膜材質	合成高分子 (ポリアミド) 系複合膜
		系列	14系列 (2系列予備)
		ろ過方式	クロスフローろ過
		薬品洗浄	塩酸、水酸化ナトリウム
逆洗排水回収装置	逆洗排水ポンプ	3台 (1台予備)	
	逆洗排水凝集槽	型式	鋼板製円筒型 蓋付
		系列	2系列
		寸法	φ3 200 × 3 050 H
	逆洗排水加压上浮槽	型式	鋼板製円筒型 蓋付
		系列	2系列
		寸法	φ5 300 × 2 290 H
スクラム掻取方式		スクレーパー式	



写真1 MFユニット



写真2 ROユニット



写真3 逆洗排水回収装置



写真4 監視室

し、多くの工場排水が下水処理場に流入している。この影響で下水処理水の電気伝導率は100~200 mS/mと高く、硬度や塩化物イオンも多く溶解している。この水を冷却塔の補給水などの設備用水として利用するためには脱塩処理が必要である。このため、当プラントはMF + ROにて処理を行うこととした。また、再生水を製造する工程で排出されるブロー水は下水処理場へ返送され、処理されるため、返送・再処理動力の削減という観点から高回収率の運転が要望される。当プラントではMF膜の逆洗排水回収装置やRO膜の高回収率運転など、高い回収率による水の有効利用を考慮して設計・運転管理を実施している。

### 2.3 プラントのフロー

当プラントの配置概要を図3に示す。当プラントに供給される原水は堺市三宝下水処理場にて硝化、脱窒、脱りんおよび繊維ろ過を付加して処理された下水高度処理水を用いている。受け入れた水は下水高度処理水受水槽に貯留され、原水ポンプによりMF装置に供給される。まず、ディスクストレーナーにて原水中に含まれる夾雑物を除去し、4Fに設置されているMF膜ユニットにて膜ろ過を行い、3FのRO原水槽に貯留される。

RO原水槽に流入するMFろ過水は、スケール防止剤、バイオフィウリング防止剤を注入された後、RO加圧ポンプにてRO膜ユニットに供給される。RO膜にて脱塩処理された透過水は1Fの再生水槽に、濃縮水は下水放流水槽へ送られる。再生水はグリーンフロント堺内の冷却塔補給水として利用され、濃縮水は三宝下水処理場へ返送される。また、再生水が3FのRO膜ユニットから1Fの再生水槽に送られるラインに水力発電ユニットを設置し、落差を利用して余剰エネルギーの回収を行っている。

MF膜では定期的に物理洗浄を伴った運用を実施しているが、その工程で排出される排水は逆洗排水槽に貯留され、逆洗排水回収装置に送水される。逆洗排水回収装置は凝集槽と加圧浮上槽から構成され、逆洗排水中のSSを浮上分離にて除去し、処理水を下水高度処理水受水槽に返送することで回収率を高めている。

### 2.4 MF膜

MF膜はポリフッ化ビニリデン製の公称孔径0.1  $\mu\text{m}$ の中空糸膜であり、膜面積は50  $\text{m}^2$ /モジュールである。MF膜ユニットは数十本の膜モジュールから構成されており、系列数は12系列である。

MF膜にてろ過したろ過水の水質は濁度0.01度以

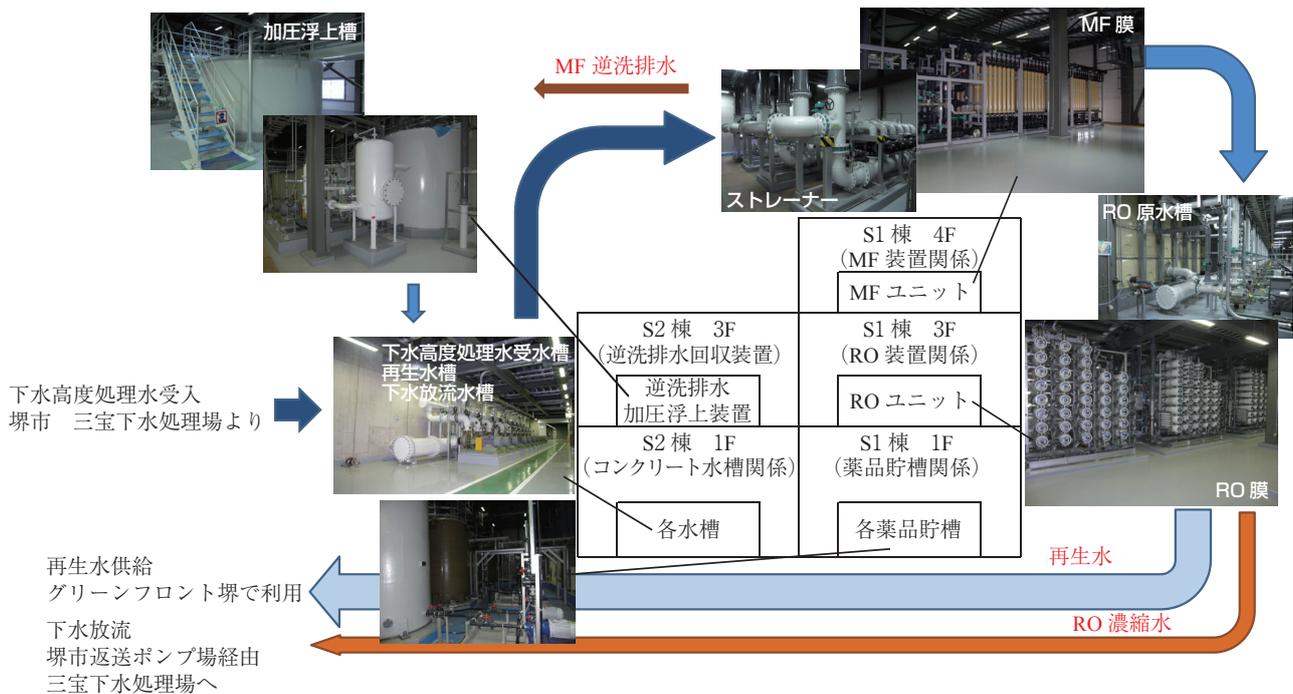


図3 高度処理水再生プラント 配置概要

下、Fouling Index (FI 値) が4 以下となり、RO 膜へ供給可能な水質を満足している。MF 膜はクロスフローろ過方式を採用し、原水のSS 変動に対し強い運用としている。

## 2.5 MF 膜の洗浄

### 2.5.1 物理洗浄

MF 膜ユニットの物理洗浄方式は逆圧水洗浄＋エアスクラビングである。約30分に1回の頻度で次亜塩素酸ナトリウムを数mg/L 添加して洗浄を実施している。

### 2.5.2 薬品洗浄

MF 膜ユニットでは定期的な物理洗浄を行い、膜差圧の上昇を抑えながら運転を行っているものの、長時間の運転を継続していると鉄・マンガンなどの無機物質の沈着や有機物などの圧密により膜差圧の上昇が発生する。そのため、通常の物理洗浄では除去できない汚れを取除くことを目的として、数日に1回の頻度で次亜塩素酸ナトリウムを用いたS-CIPを実施している。

また、膜面の汚れを除去し、新膜に近い状態にする目的として、数か月に1回の頻度で薬品洗浄を実施することを想定している。使用薬品は無機物質の除去として塩酸、圧密した有機物の除去として水酸化ナトリウム＋次亜塩素酸ナトリウムを用いる。

## 2.6 RO 膜

RO 膜は合成高分子（ポリアミド）系複合膜のス

パイラル膜であり、膜面積は37 m<sup>2</sup>/モジュールである。RO 膜ユニットは数百本の膜モジュールから構成されており、系列数は14系列である。MF ろ過水はRO 加圧ポンプにて1～1.5 MPa 程度に昇圧されてRO 膜ユニットに供給され、脱塩処理される。RO での脱塩率は約95 % 以上であり、原水の電気伝導率の変動しても数mS/m 程度の一定水質を保つことが可能である。本プラントでは下水処理水中に残存が想定される界面活性剤でのケミカルファウリングを防ぐ目的で、膜表面荷電を中性にした耐ファウリング膜を採用している。

## 2.7 RO 膜の洗浄

RO 膜の構造上、定期的な物理洗浄は実施できないため、膜面に汚染物が付着しにくいクロスフロー運転を行っている。しかし、長時間の運転や高回収率運転に伴い、膜表面にスケールやバイオフィームが付着することにより、膜差圧の上昇が発生する。そのため、月に数回の頻度で薬品洗浄を実施することを想定しており、スケール成分の除去として塩酸、バイオフィウリング、有機物の除去として水酸化ナトリウムを用いる。

## 3. プラントの運転状況

### 3.1 MF 装置

図4にMF 膜ユニットの運転データを示す。運転条件として定格で回収率92 % にて運転を行う予定であるが、現状はプラント立ち上げ初期のため、低

Flux で運転を開始している。膜差圧は平均21 kPa で推移し、運転開始から約60日を経過しているが急激な差圧上昇はみられていない。また、物理洗浄、S-CIP にて膜差圧が回復しているため、薬品洗浄は運転開始から2カ月程度経過している現在も実施していない。

### 3.2 RO 装置

図5にRO膜ユニットの運転データを示す。運転条件として定格で回収率82%にて運転を行う予定であるが、現状はプラント立ち上げ初期のため、回収率60%から運転を開始し、2010年4月21日からは回収率を70%に上昇させて運転を行っている。

膜差圧は平均0.16 MPa で推移し、運転開始から約60日を経過しているが急激な差圧上昇や操作圧力の上昇はみられず、透過水質も良好な運転が継続できている。薬品洗浄は膜ファウリングの影響は認められないものの、予防保全の観点から2週間に1回の頻度で実施している。RO原水の電気伝導率は平均200 mS/m であるのに対し、RO透過水の電気伝導率は平均3 mS/m であり、脱塩率として平均98%程度と良好な脱塩処理が行えている。

### 3.3 薬注条件

MF膜ユニットでは物理洗浄時およびS-CIP時に次亜塩素ナトリウムを、RO膜ユニットではスケー

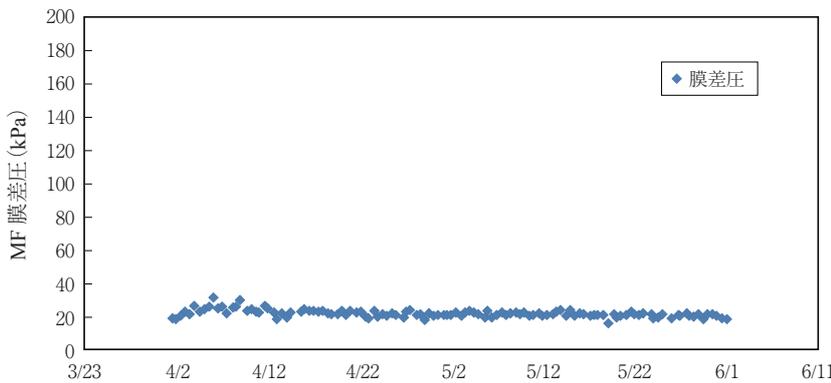


図4 MF膜ユニットの運転状況

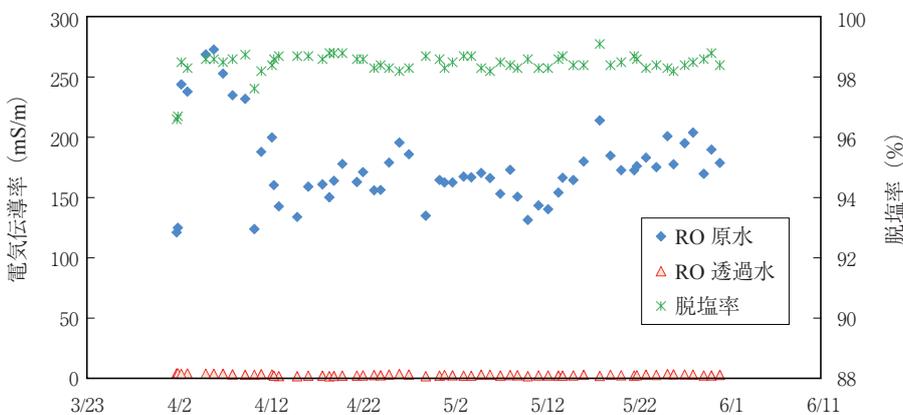
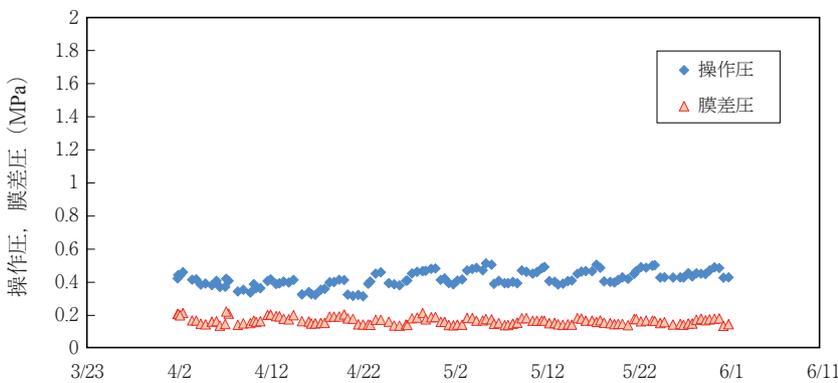


図5 RO膜ユニットの運転状況

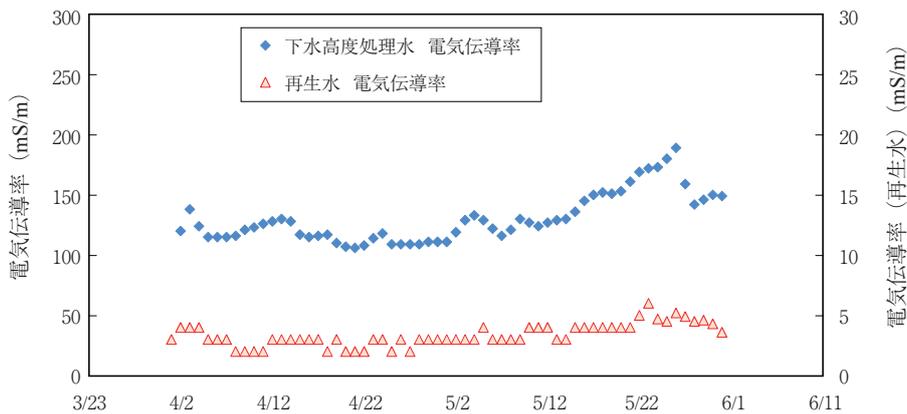


図6 下水高度処理水および再生水 水質の推移

表2 水質分析結果

検査項目	単位	下水高度処理水 (2010/4/12)	再生水 (2010/4/12)	工業用水 (2010/4/12)	冷却塔補給水基準 <sup>2)</sup>
濁度	度	0.9	<0.1	<1.0	—
過マンガン酸 カリウム消費量	mg/L	7.1	<1.0	—	—
pH	—	7.4	8.0	7.2	6.0~8.0
電気伝導率	mS/m	111.0	2.5	15.7	<30
塩化物イオン	mg/L	268	5.24	14	<50
硫酸イオン	mg/L	84.2	0.3	—	<50
酸消費量	mg/L as CaCO <sub>3</sub>	96.9	2.8	24.0	<50
全硬度	mg/L as CaCO <sub>3</sub>	176	<2.0	40	<70
カルシウム硬度	mg/L as CaCO <sub>3</sub>	102	<2.0	31	<50
イオン状シリカ	mg/L	16.4	0.31	6.0	<30
鉄	mg/L	0.03	<0.01	0.10	<0.3

ル防止剤，バイオフィアウリング防止剤を，逆洗排水回収装置ではPACを使用している。

### 3.4 水質

図6に下水高度処理水および再生水の水質の推移を，表2に下水高度処理水および再生水の水質分析結果を示す。下水高度処理水の電気伝導率が106～189 mS/m（平均130 mS/m）の間で推移しているのに対し，再生水の電気伝導率は2～6 mS/m（平均3.3 mS/m）であり，工業用水よりも良好な水質が得られている。

電気伝導率以外の水質項目についても，工業用水よりも良好な水質が得られ，冷却塔の補給水として利用できる水質基準を十分に満足している。

### むすび

以上グリーンフロント堺 高度処理水リサイクル

センターについての概要とプラント運転状況を紹介した。当センターは2010年4月に水供給を開始して以来，順調に安定した運転を行っている。

世界的な水不足が叫ばれる中，今後増加すると考えられる水リサイクルにおいて，当センターで蓄積される技術，ノウハウは大きな意義があると考えられる。

最後に，本稿の作成に当たり多大なるご協力を頂いたシャープ(株)に深く感謝の意を表す。

### [参考文献]

- 1) 国土交通省：平成20年下水処理水の再利用のあり方に関する懇談会 中間まとめ
- 2) 社団法人日本冷凍空調工業会：ガス吸収冷温水機ハンドブック

\*水環境・冷却塔事業部 水リサイクル部 テクノサービス室 堺事業所