

# 極小規模水道施設向け RO膜付き浄水処理装置の開発



濱野治男・藤田幸男

株式会社清水合金製作所 環境事業部 水処理事業課



## INTRODUCTION

日本では人口減少に伴う水道料金収入の減少や水道施設の更新需要の増大など、多くの課題がある。その対策として水道事業の発展的広域化が図られているが離島や山間部の極小規模水道施設の場合、水質管理、施設管理、施設更新などの課題を抱えている。これらの多くの施設は高度成長期につくられ老朽化しており、またそれらは、人口減少に伴いダウンサイジングが必要であるが、多くの場合、投資回収が困難な状況にある。これらの水道施設が直面しているもうひとつの課題は熟練技術者の不足である。我々は、これらの極小規模水道施設に関する課題に対処するため、可搬型浄水装置の開発を行った。この開発品は持ち運びが可能で多様な水質の原水に適応し、コンパクトに設置でき、管理者負担が少ないという利点を有する。この開発品を離島の極小規模水道施設に搬入し、これらの課題を解決できるか検証を行った。本稿では、実証実験を行った18ヶ月間の運用実態について報告する。

## METHODS

### 1 開発した装置の特徴

- 1) MF膜を前処理としたRO膜処理による高い浄水性能  
MF膜ろ過装置単独運転も可能  
図1に開発装置の処理フローを示す
- 2) 自動運転システムで逆洗機能付き  
オール自動運転、かつ逆洗機能付きで浄水場と同等のシステム  
処理量や膜差圧などの異常時には警報発生点出力が可能
- 3) 遠方監視機能装置付き  
現地に行かなくても設備の運転データが得られ、異常発生時はリアルタイムにメールで把握でき、施設管理の省人化が図れる
- 4) 軽量・コンパクトで可搬式  
一般的な片扉 幅700mmから搬入可能
- 5) 小型ユニット化とキャスター付きの分割によるプレハブ化  
運搬、現地組立が簡単  
図2に開発装置のプレハブ構造を示す
- 6) 電源はAC100V/200V  
電源は家庭用コンセントから容易に確保できる。市販の発電機を使えば、電源がない場所でも運転できる

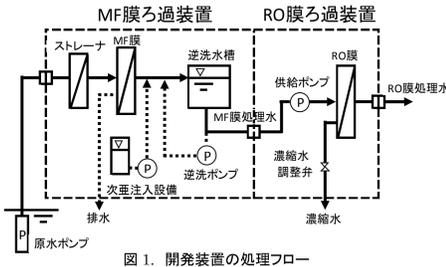


図2. 開発装置のプレハブ構造

### 2 実験方法

- 図3に設置状況を示す。  
図4に実験における浄水処理フローを示す。  
図5に水源の状況を示す。  
図6に水源の状況(拡大)を示す。  
表1に実験方法を示す。



図3. 設置状況

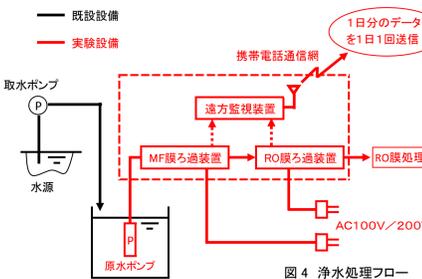


図4. 浄水処理フロー



図5. 水源の状況

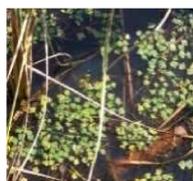


図6. 水源の状況(拡大)

### 3 評価項目

- 1) 搬入設置の作業性
- 2) 浄水性能
- 3) 遠方監視性能  
MF膜薬品洗浄、RO膜交換の判定の可否  
表2にMF膜薬品洗浄、RO膜交換の判定基準を示す

項目	内容
実験期間	2016年9月1日～2018年3月31日 計18ヶ月間
搬入・設置の作業性	輸送: 漁船、及び軽トラックによる輸送 搬入: 人力搬入 ※重機使用せず 設置: 屋外設置し、過酷な状況下で運用
浄水処理フロー	図3のとおりである
原水の種類	貯め池の水
原水取水量	10.24m <sup>3</sup> /8h/日
浄水処理量	5~6m <sup>3</sup> /8h/日
運転時間	22時～6時(8時間) ※取水制限あり
遠方監視方法	遠方監視装置による定期収集 回線方式: 携帯電話通信網 測定データの項目: MF膜流量 RO膜差圧 RO膜処理水量 RO膜供給水圧力 RO膜濃縮水圧力 RO膜差圧 ※1 MF膜ろ過装置電圧 RO膜ろ過装置電圧 水温 サンプリング周期: 1分 転送頻度: 1日1回 異常検出の通報手段: 検出時にメール送信 重異常: 13項目 軽異常: 4項目
浄水性能	上水試験方法(日本水道協会)によって下記の項目を分析する 鉄、マンガン、塩化物イオン、硬度、蒸発残留物 有機物(TOC)、臭気、色度、濁度 計9項目

※1 RO膜差圧はRO膜供給水圧力とRO膜濃縮水圧力から算出

膜の種類	対象測定データ	判定基準
MF膜	MF膜差圧	0.2MPa以上
RO膜	RO膜処理水電気伝導率	10μS/cm以上 ※2
	RO膜処理水量	初期水量の90%以下
	RO膜差圧	初期差圧の1.5倍以上 ※2

※2 上記条件をいずれか検出した場合、RO膜交換時期の判定とする

## DISCUSSION

- 1) 搬入、設置において重機を使用せず人力で対応できたことは、当初のねらい通り必要な設備をユニット化し現場施工が少ないプレハブ構造とすることで実現できた。これにより可搬性の高い装置であることを確認できた。装置の設置は屋外の空きスペースに設置したことで、建屋を準備することなくコンパクトに設置できた。我々は山間部の極小規模水道施設を多く見てきた。その多くは市街地から離れ、時には車では施設に近づけない場所に施設があることも珍しくない。また、新たに設備を設置する十分なスペースがない場合が多い。開発した装置はそのような場所においても容易に搬入と設置ができるものとする。
- 2) グラフ1の記号JのRO膜の交換時期を過ぎた運転は、記号I、記号Kのように浄水処理が安定していない状況であった。RO膜交換後の記号Nの運転期間はRO膜差圧、RO膜処理水電気伝導率など低い値で運転され、安定的に運転されていることを確認できた。よって、グラフ1の記号AでRO膜の交換時期と判断することができ、このときにRO膜を交換しておかなければならないことがわかった。原水が今回実験に使用した水質よりも良好な場合、RO膜の交換時期は遅くなり、MF膜の薬品洗浄頻度は少なくなると予想される。今後は水質の違う原水でRO膜の交換時期とMF膜の薬品洗浄頻度がどうかわかるのか検証し、RO膜の交換予測するためのデータを得たい。
- 3) RO膜濃縮水量が初期より増加していたためグラフ1の記号Cのところ図1の濃縮水調整弁を絞ったところ、RO膜差圧が低下していった。RO膜差圧を管理する上でRO膜濃縮水量を把握することが重要であることがわかった。今後、RO膜濃縮水量を監視対象とすることが望ましい。
- 4) 表6に示すように、実験期間中遠方監視装置から異常通報(メール通報)があった。2017年6月21日の重異常では、MF膜のろ過水量が著しく低下した警報を検出した。現地で開発装置の確認をしたところ、原因は取水ポンプが故障停止し、ろ過水量を確保できていなかったことであった。直ぐに代替の取水ポンプと交換し運転を再開した。他の軽異常はMF膜の閉塞による警報であった。MF膜差圧の上昇を数日前から遠方監視装置で収集したデータから把握していたため、余裕をもって対応できた。このように設備の異常をリアルタイムに受信し、現地人がいなくても早期に対処することができ、これより管理者負担を減らし、省人化を図れることを確認できた。
- 5) 開発装置は全自動運転で優れた浄水性能と可搬性を併せ持つ装置であることから、災害用設備としての利用が考えられる。普段常設設備として使用し災害時に持ち出して給水拠点で運用すれば、災害に強い分散型浄水方法としてリスク管理対策も同時にできるものとする。

## RESULTS

### 1 搬入・設置の作業性

図7に分割した装置を漁船に積み込み輸送している状況を示す。  
表3に搬入、設置に要した時間を示す。  
漁船の積み込みから設置までに要した時間は7.5時間であり搬入、設置の作業性は良好であった。



図7. 分割した装置を、漁船に積み込み輸送している状況

表3. 搬入、設置の作業性の結果

1日目の作業	状況	所要時間	評価
本島の港で漁船への装置の積み込み	重機を使用せず人力で対応(4人)	0.5h	良好
漁船による輸送(本島～離島)		0.5h	良好
漁船から港へ装置を降ろす	重機を使用せず人力で対応(4人)	0.5h	良好
軽トラックへ装置を積み込む	重機を使用せず人力で対応(4人)	0.2h	良好
軽トラックによる輸送(港～設置場所)		0.4h	良好
装置を軽トラックから降ろし設置する	重機を使用せず人力で対応(4人)	0.4h	良好
装置組立	プレハブ構造のため容易に組立できた	2h	良好
配管、配線～仮通水 ※3	ホース配管のため短時間で施工完了	3h	良好
合計		7.5h	

※3 運用のための調整作業は含まず

表4. 運用開始時の水質分析結果

検査項目	単位	水質基準値	原水	MF膜処理水	RO膜処理水
鉄	mg/l	0.3以下	3.7	0.05	0.01以下
マンガン	mg/l	0.05以下	0.06	0.005以下	0.005以下
塩化物イオン	mg/l	200以下	96	110	1.5
硬度	mg/l	300以下	55	72	3
蒸発残留物	mg/l	500以下	270	270	20以下
有機物(TOC)	mg/l	3以下	8.2	6.7	0.2
臭気	-	異常でない	異常あり	異常あり	異常でない
色度	度	5以下	90	14	0.5以下
濁度	度	2以下	4.7	0.1以下	0.1以下

※赤字は基準値を超えている値

### 2 浄水性能

表4より、原水は特に金属類、有機物、色度が非常に高く、また臭気も検出され、浄水処理するには高い浄水性能が求められる水であった。MF膜処理水は鉄、マンガン、硬度が水質基準以下まで除去され、また色度は6分の1程度まで低減することができた。よって、MF膜処理は前処理装置として高い浄水性能をもつことがわかった。RO膜処理水は日本の水質基準値を十分に満足する値まで処理され、高い処理性能を確認できた。

### 3 遠方監視性能

グラフ1に遠方監視装置で収集した測定データを示す。  
表5にグラフ1における記号についての内容を示す。  
表6に遠方監視装置でメール通報された異常内容を示す。

- 1) 遠方監視装置により現地に行かなくてもグラフ1のように詳細なデータが得られた。
- 2) RO膜の交換時期として最初に確認されたのは記号Dの2017年4月22日であった。次に確認されたのは記号Fの2017年5月22日であった。最後に確認されたのは記号Gの2017年5月25日であった。
- 3) RO膜交換時期を確認してからさらに実験のため約7ヵ月間(2017年11月13日までのJの期間)運転させ、RO膜交換時期を越えたとところ各種データを得た。
- 4) 表6より、重異常を1回、軽異常を3回検出した。いずれの異常もリアルタイムに受信でき、遠方監視装置によるデータと合わせて現地に行かなくても装置の状況が確認できた。
- 5) グラフ1、及び表6より、MF膜の薬品洗浄時期、RO膜の交換時期を適切に判断することができた。
- 6) 屋外設置という過酷な環境下でも大きなトラブルもなく運転を継続でき、現地で点検によって遠方監視性能の信頼性も確認することができた。

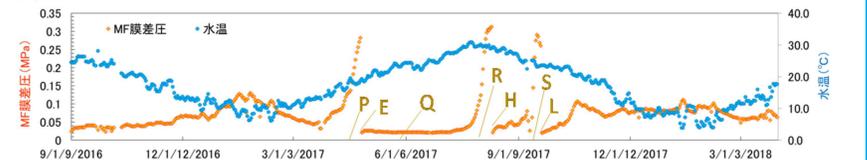
表5. グラフ1における記号と内容

グラフ記号	年月日	内容
A	1/9/2016 ～22/4/2017	RO膜処理水電気伝導率が正常な期間
B	1/9/2016 ～22/5/2017	RO膜差圧、RO膜処理水量が正常な期間
C	14/3/2017	RO膜濃縮水の流量調整をしたためRO膜差圧が低下した
D	22/4/2017	RO膜処理水電気伝導率で判定したRO膜交換時期
E	25/4/2017	予備のMF膜に交換し、取り外した膜は工場にて薬品洗浄を行う
F	22/5/2017	RO膜処理水量で判定したRO膜交換時期
G	25/5/2017	RO膜差圧で判定したRO膜交換時期
H	10/8/2017	予備のMF膜に交換し、取り外した膜は工場にて薬品洗浄を行う
I	-	RO膜交換時期経過後、RO膜差圧が急激に上昇した状況
J	22/4/2017 ～13/11/2017	RO膜交換時期を超えて運転した期間
K	-	RO膜交換時期経過後、RO膜処理水電気伝導率が乱れた状況
L	19/9/2017	予備のMF膜に交換し、取り外した膜は工場にて薬品洗浄を行う
M	13/11/2017	RO膜を交換する
N	13/11/2017 ～31/3/2018	RO膜を交換し、安定した運転に戻った期間
O	21/3/2018 ～31/3/2018	MF膜処理水とRO膜処理水の電気伝導率が共に上昇した状況

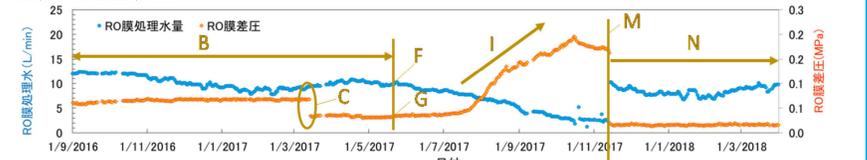
表6. グラフ1における異常を検出した内容

グラフ記号	年月日	内容
P	20/4/2017	軽異常検出。MF膜の閉塞を検出
Q	21/6/2017	重異常検出。取水ポンプ故障によるろ過水量異常を検出
R	4/8/2017	軽異常検出。MF膜の閉塞を検出
S	19/9/2018	軽異常検出。MF膜の閉塞を検出

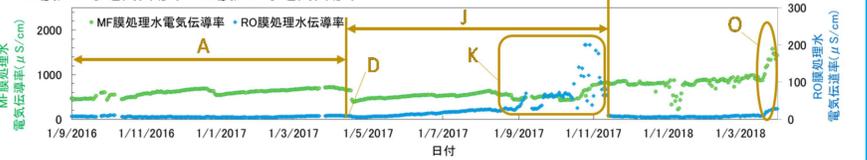
### MF膜差圧と水温



### RO膜処理水とRO膜差圧



### MF膜処理水電気伝導率とRO膜処理水電気伝導率



グラフ1. 遠方監視測定データ

## CONCLUSIONS

- 1) 研究対象地域はアクセスが困難な離島であったが、開発した装置は容易に搬入、設置ができることを確認できた。
- 2) 水質分析結果から優れた浄水性能を確認でき、遠方監視装置による運転データの管理から装置の運転状況や膜の交換時期を的確に把握することができた。
- 3) この実証実験の結果から、我々は、極小規模水道施設が抱える様々な問題を解決することが可能な浄水装置を開発できたと確信する。加えて、本装置は災害時にも利用可能であるため、「新水道ビジョン」にある「安全な水道」や「自然災害の危機管理対策」にも寄与するものとする。我々は地域社会が直面している様々な課題の解決に貢献する製品を継続的に提供するよう努めたい。