

# セラミックモノリス膜の開発

我妻聖孝 Kiyotaka Wagatsuma  
 中村 浩 Hiroshi Nakamura  
 鮫島正一 Shoichi Sameshima  
 齋藤千穂 Chiho Saito

キーワード 浄水処理, 水質分析, 繊維ろ過, 膜処理, 無機膜, モノリス膜

## 概要



大形膜ろ過装置

水処理膜によって長期間安定して原水をろ過するためには、前処理法を適切に選定する必要がある。そこで当社は、河川水を原水とし、凝集処理を前処理とした大形無機膜による膜ろ過試験を行った。

膜ろ過の洗浄排水に凝集剤を添加後、濃縮槽で固液分離した上澄水を着水槽に返送することで回収率99%以上を確保し、約半年間安定して運転した。

また、有機膜と無機膜の膜表面電荷が異なるため、無機膜の膜ろ過処理には前段として凝集処理が必要であることが示唆された。

## 1 まえがき

一般に水処理膜はろ過時間の経過に伴い、ろ過速度が低下する。長期安定ろ過をするためには、適切な原水の前処理法を選定する必要がある。当社は、水質変動のある河川水を原水としたセラミック膜の前処理法検討の一環として、凝集を行う系列（以下、系列1）と繊維ろ過する系列（以下、系列2）で小形セラミックモノリス膜（以下、小形膜）のろ過特性試験を実施した。また、小形膜試験で得られた知見を基に、大形セラミックモノリス膜（以下、大形膜）によるろ過試験を行った。本稿では、膜ろ過装置全体の回収率向上の一環として、大形膜試験で濃縮排水上澄水の返送系を含めた処理特性を評価したので紹介する。

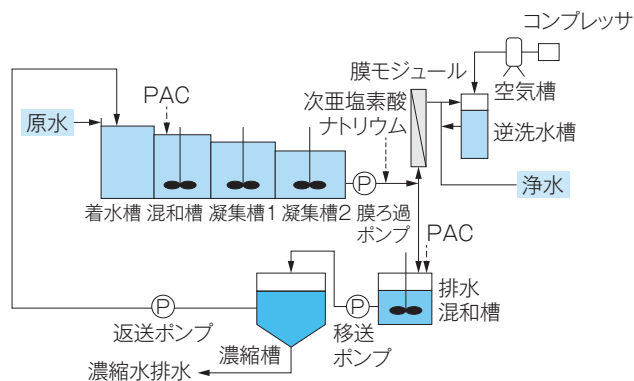
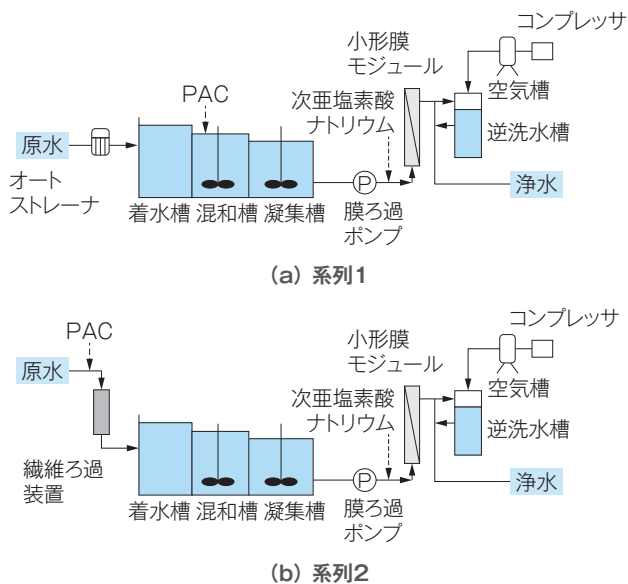
## 2 試験の概要

### 2.1 小形膜試験

**第1図**に試験設備のフローを示す。系列1では原水（河川水）から大きなきょう雑物を除去するため、原水をストレーナに通水した後、濁度に応じてPAC（ポリ塩化アルミニウム凝集剤）を注入率2～30mg/Lで添加した凝集処理水を膜ろ過した。系列2では、繊維ろ過によって濁度を0.3程度としたろ過水を膜ろ過した。繊維ろ過では原水濁度に応じてPACを1～50mg/Lの注入率で添加した。**第1表**に系列1, 2の試験条件を示す。ろ過時間経過後、次亜塩素酸ナトリウムを添加して小形膜の逆洗を実施した。

### 2.2 大形膜試験

**第2図**に大口径膜エレメントを、**第3図**に試験



第3図 大形膜ろ過試験フロー

浄水回収率99%以上を確保するため、膜洗浄排水を固液分離し、上澄水を着水槽に返送する工程を設けた。

第1図 小形膜ろ過試験フロー

(a) は前処理として凝集する系列であり、(b) は前処理として繊維ろ過する系列を示す。

第1表 小形膜ろ過試験条件

系列1と系列2で、前処理後に小形膜による膜ろ過試験を行った。

膜面積	0.305m <sup>2</sup>
公称孔径	0.1μm
膜モジュール寸法	φ30×1000mm
ろ過時間	4時間
膜ろ過流束	1.6m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ・d)
ろ過方式	内圧式全量ろ過
回収率	95.6%

第2表 大形膜ろ過試験条件

膜単体では回収率92%だが、返送系を設けたことで膜システム全体の回収率を99%以上とした。試験開始147日が経過した時、安定運転が見込まれると判断し、流束を1.2から1.5m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・d)に変更した。

膜面積	24m <sup>2</sup>
公称孔径	0.1μm
膜モジュール寸法	φ230×1000mm
ろ過時間	1.5時間
膜ろ過流束	1.2又は1.5m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ・d)
ろ過方式	内圧式全量ろ過
回収率	92% (システム回収率99%以上)

設備のフローを示す。大形膜は外径φ230mm、モジュール長1000mm、膜面積24m<sup>2</sup>、公称孔径0.1μmを用い、膜ろ過流束1.2m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・d)で連続通水試験を実施した。第2表に大形膜ろ過の試験条件を示す。ろ過時間は1.5時間、膜ろ過部の回収率は92%であるが、膜ろ過の洗浄排水にPACを添加して濃縮槽で汚泥と分離し、上澄水を着水槽に返送することで、システム回収率(浄水量÷原水量)を99%に設定した。

### 3 試験結果と考察

#### 3.1 原水と繊維ろ過水の水質比較

第3表に試験期間中の原水、繊維ろ過水の水質平均値を示す。原水からは、河川水に含有されている懸濁態の鉄・マンガンなどが検出された。

第2図 大口径膜エレメント

試験で用いた口径230mm、長さ1000mmの大口径膜エレメントを示す。

**第3表 小形膜ろ過試験の水質分析結果**

原水から河川水由来の鉄・マンガンなどが検出された。繊維ろ過装置で鉄・マンガンを90%程度除去できた。

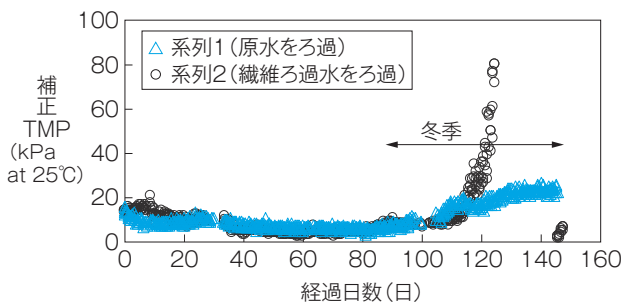
水質項目	系列1		系列2	
	原水	膜ろ過水	繊維ろ過水	膜ろ過水
	平均値 (最大値)			
アルミニウム (mg/L)	0.11	0.04	0.04	0.03
鉄 (mg/L)	0.29	0.03未満	0.03未満	0.03未満
マンガン (mg/L)	0.056	0.007	0.005	0.006
TOC (mg/L)	0.62 (0.9)	0.45 (0.8)	0.56 (0.8)	0.48 (0.8)
pH	7.2	7.1	7.1	7.3
色度 (度)	4	1	1	1
濁度 (度)	2.6 (15)	0.1未満 (0.1未満)	0.3 (0.9)	0.1未満 (0.1)

**第4表 大形膜ろ過試験の水質分析結果**

膜ろ過によって、アルミニウム・鉄・マンガン・濁質などが除去できたことを示す。

水質項目	原水	膜ろ過水	返送水	濃縮水
	平均値 (最大値)			
アルミニウム (mg/L)	0.08	0.02未満	2.41	273
鉄 (mg/L)	0.07	0.03未満	0.12	16.2
マンガン (mg/L)	0.02	0.005未満	0.03	5.27
TOC (mg/L)	0.66 (1.0)	0.52 (0.8)	0.83 (1.0)	3.72 (6.7)
pH	7.2	7.0	6.8	6.7
色度 (度)	2	0	1	63
濁度 (度)	5.4 (86)	0.1未満 (0.1未満)	5.8 (12)	755 (2190)

.....



**第4図 小形膜の補正TMPの推移**

前処理として系列2の方が、膜差圧 (TMP : Trans Membrane Pressure) 上昇速度が速かったことを示す。試験開始から約100日で急激にTMPが上昇した。

繊維ろ過水から検出された鉄・マンガンは原水の10%ほどの値で、繊維ろ過によって除去された。一方、TOC (全有機炭素) は、繊維ろ過ではほとんど除去されなかった。

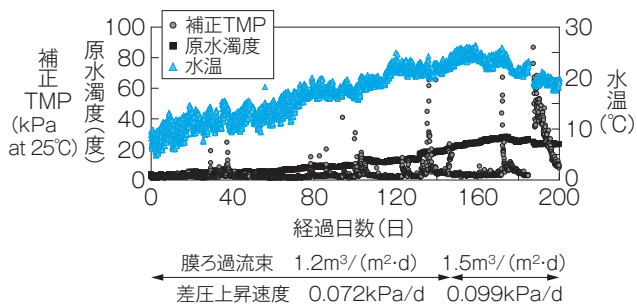
### 3.2 小形膜の膜ろ過性能比較

第4図に系列1, 系列2の補正TMPを示す。2系列ともに、試験開始100日経過時から補正TMPが上昇し始めた。100日経過以降, 系列1の補正TMPの上昇速度が0.30kPa/dであったのに対し, 系列2の補正TMPの上昇速度は3.3kPa/dと10倍ほど速い結果となった。原因として, 系列2では

繊維ろ過後も凝集処理しなかったことが考えられる。既報<sup>(1)</sup>では、有機膜のろ過前処理として繊維ろ過した場合、その後凝集処理しなくても安定ろ過できたことから、中性付近のpHでは有機膜の表面電荷が負であり、同じく負電荷の濁質を吸着しにくいと考えられる。これに対し、セラミック膜の表面電荷は正であるため、ろ過初期は膜の洗浄によって補正TMPは回復したものの、長期運転とともに膜閉塞が進行しやすいと考えられる。そのため、濁度0.3度程度の原水であっても、セラミック膜の膜ろ過には、凝集処理による荷電中和が必要であることが示唆された。

### 3.3 大形膜の膜ろ過性能

膜ろ過に及ぼす返送水の影響を検討するため、濃縮水・返送水及びろ過水の水質を調査した。第4表にそれぞれの平均値を示す。返送水に含まれるアルミニウム濃度の平均値は2.41mg/Lであり、原水の30倍であった。これは排水混和槽で凝集剤を注入しているためである。濁度・鉄・マンガンの濃度は、原水と返送水の間で大きく変化することはなかった。返送水のTOC平均値は0.83で、原水の1.25倍であったが、返送水は原水によって13.4倍に希釈されるため、原水のTOC



第5図 大形膜の補正TMPの推移

試験開始から200日経過後も安定してろ過できている様子を示す。試験開始から147日経過後、流束を1.2から1.5m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・d)としても急激なTMP上昇は見られなかった。

が大きく増加することはない。第5図に大形膜の補正TMPを示す。結果として、補正TMPの上昇速度は、0.04kPa/dに安定してろ過継続することができた。

## 4 むすび

河川水を凝集及び繊維ろ過した処理水に対するセラミックモノリス膜のろ過性能を比較した結果、凝集処理した系列ではより安定したろ過性能を示した。また、小形膜試験で得られた結果を基に、回収率を高める返送工程を設けた大形膜ろ過試験を実施し、回収率99%以上の条件でも安定し

たろ過性能を示した。今後は、より高濁度の原水に対する長期安定運転を目指す。

- ・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

### 《参考文献》

- (1) 鮫島ほか：「繊維ろ過と膜ろ過の組み合わせによる浄水処理システム」, 第62回全国水道研究発表会講演要旨集, 2011.5

### 《執筆者紹介》



我妻聖孝  
Kiyotaka Wagatsuma  
水・環境事業部技術部  
浄水処理システムの企画開発に従事



中村 浩  
Hiroshi Nakamura  
水・環境事業部技術部  
浄水処理システムの企画開発に従事



鮫島正一  
Shoichi Sameshima  
水・環境事業部技術部  
浄水処理システムの企画開発に従事



齋藤千穂  
Chiho Saito  
水・環境事業部技術部  
浄水処理システムの企画開発に従事