

## 〈研究発表〉

## セラミック膜を用いた浄水膜ろ過

我妻 聖孝<sup>1)</sup>, 鮫島 正一<sup>2)</sup>, 中村 浩<sup>3)</sup>, 齋藤 千穂<sup>4)</sup><sup>1)</sup> (株)明電舎 水環境事業部 技術部企画開発課  
(〒141-8616 東京都品川区大崎5-5-5 E-mail: wagatsuma-k@mb.meidensha.co.jp)<sup>2)</sup> (株)明電舎 水環境事業部 技術部企画開発課  
(〒141-8616 東京都品川区大崎5-5-5 E-mail: sameshima-s@mb.meidensha.co.jp)<sup>3)</sup> (株)明電舎 水環境事業部 技術部企画開発課  
(〒141-8616 東京都品川区大崎5-5-5 E-mail: nakamura-hi@mb.meidensha.co.jp)<sup>4)</sup> (株)明電舎 水環境事業部 技術部企画開発課  
(〒141-8616 東京都品川区大崎5-5-5 E-mail: saito-c@mb.meidensha.co.jp)

## 概要

水処理膜によって長期間安定してろ過するためには、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、PACによる凝集処理及び繊維ろ過を前処理とした、小型セラミックモノリス膜（以後小型膜）による膜ろ過実験を行った。長期安定運転を確認後、凝集処理を行わない直接膜ろ過の実験も行った。これらの実験結果から、無機膜においては前処理として凝集処理が必要である可能性が示唆された。また、小型膜実験で得られた知見を基に、大型セラミックモノリス膜（以後大型膜）によるろ過実験を行った。大型膜実験では、回収率向上の一環として返送系を含めた処理特性を評価したので、併せて報告する。

キーワード：MF膜，浄水処理，セラミック，ゼータ電位，膜ろ過

## 1. はじめに

水処理膜を長期安定して運転するためには、適切な原水の前処理法を選定し、運転条件を検討する必要がある。我々は、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の検討の一環として、凝集-膜ろ過（系列1）と、繊維ろ過-凝集-膜ろ過（系列2）の比較実験を実施した。系列2では、凝集による膜ろ過性能への影響を調べるため、途中より凝集工程を省略する検討を実施した。また、系列1のフローを大型モノリス膜モジュールで長期間ろ過実験を行った。

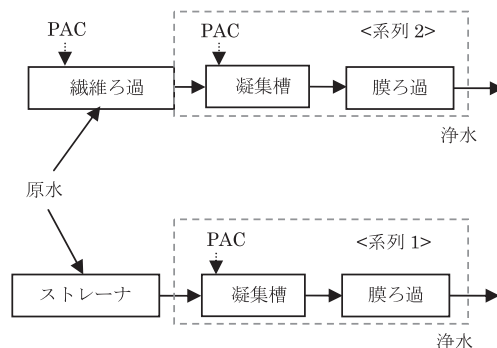


Fig. 1 膜ろ過実験フロー図

## 2. 実験の概要

## 2.1 小型膜ろ過実験

実験設備のフローを Fig. 1 に示す。系列1では原水（河川水）から大きな夾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を注入率2~30 mg/Lで注入する凝集処理水を膜ろ過した。系列2では、繊維ろ過により濁度を低減した水を膜ろ過した。繊維ろ過では原水濁度に応じてPACを1~50 mg/Lの注入率で注入した。系列1, 系列2の膜ろ過装置の運転条件を Table 1 に示す。

Table 1 小型膜ろ過装置運転条件

膜面積	0.305 m <sup>2</sup>
公称孔径	0.1 μm
膜モジュール寸法	φ30 mm×1,000 mm
ろ過時間	4 時間
膜ろ過流束	1.6 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ・日)
ろ過方式	内圧式全量ろ過
物理逆洗	空気圧 0.5 MPa 利用水逆洗 (次亜塩素酸ナトリウム添加)
回収率	95.6 %

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 原水と繊維ろ過水の水質比較

実験期間中の原水、繊維ろ過水の水質平均値を **Table 2** に示す。原水からは、河川水に含有されている懸濁体の鉄、マンガンなどが検出された。繊維ろ過水から検出された鉄、マンガンは定量下限値未満で、繊維ろ過により除去された。一方、TOCは、繊維ろ過ではほとんど除去されなかった。

#### 3.2 系列1と系列2のろ過性能比較

系列1、系列2の補正膜差圧を **Fig. 2** に示す。実験開始240日経過までは、PACを原水濁度に比例して注入していたため、補正膜差圧に大きな差は見られず、安定運転が継続できた。さらなる長期安定運転が見込まれたため、実験開始240日経過時に2系列共にPAC注入を中止した。系列1は原水を直接膜ろ過しているため、PAC注入中止時より急激に補正膜差圧が上昇し、ろ過開始から250日経過時に流束が設定値を下回った。また、系列2はPAC注入中止時より、補正膜差圧が1.3 kPa/日の速度で上昇した。既報<sup>1)</sup>で

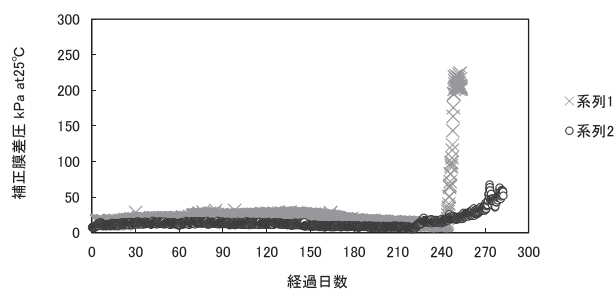


Fig. 2 系列1、系列2の補正膜差圧推移

は、有機膜のろ過前処理として繊維ろ過した場合には、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可能性が考えられる。これに対し、セラミック膜の表面電荷は正または負電荷で絶対値が小さいため、繊維ろ過による除濁により濁度0.2程度となった原水であっても、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 系列1と系列2のろ過水質比較

実験期間中の系列1、系列2のろ過水水質平均値を **Table 3** に示す。系列1、2ともに、PACを注入した

Table 2 原水、繊維ろ過水の水質分析結果

水質項目	表示単位	平均		最大	
		原水	繊維ろ過水	原水	繊維ろ過水
アルミニウム	mg/L	0.07	0.06	0.24	0.28
溶解性アルミニウム	mg/L	0.02 未満	0.02	0.04	0.10
鉄	mg/L	0.05	0.03 未満	0.20	0.06
溶解性鉄	mg/L	0.03 未満	0.03 未満	0.03 未満	0.03 未満
マンガン	mg/L	0.019	0.005 未満	0.049	0.024
溶解性マンガン	mg/L	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.017
TOC	mg/L	0.5	0.5	1.0	0.9
pH	—	7.2	7.1	7.5	7.3
色度	度	2	1	5	3
濁度	度	1.0	0.2	4.6	0.9

Table 3 系列1、系列2のろ過水水質分析結果

水質項目	表示単位	系列1		系列2	
		PACあり	PACなし	PACあり	PACなし
アルミニウム	mg/L	0.06	0.02 未満	0.03	0.02 未満
鉄	mg/L	0.03 未満	0.03 未満	0.03 未満	0.03 未満
マンガン	mg/L	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満
TOC	mg/L	0.4	0.5	0.4	0.5
pH	—	7.3	7.3	7.1	7.2
色度	度	0.5 未満	0.5 未満	0.5 未満	0.5 未満
濁度	度	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満
溶解性アルミニウム	mg/L	0.02 未満	0.02	0.02	0.02 未満
溶解性鉄	mg/L	0.03 未満	0.03 未満	0.03 未満	0.03 未満
溶解性マンガン	mg/L	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満

期間は、PAC由来のアルミニウムがろ過水より検出された。また、凝集膜ろ過により、TOCがわずかに除去できた。

#### 4. 大型膜ろ過実験

小型膜ろ過実験で得られた知見を基に、大型膜ろ過実験を実施した。大型膜ろ過装置の運転条件をTable 4に、実験フローをFig. 3に示す。小型膜と異なり、大型膜ではろ過水の回収率を増やすため、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。

大型膜の補正膜差圧推移をFig. 4に示す。実験開始から130日間は、流束を $1.2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ として実験した。この期間は、補正膜差圧の上昇速度は

Table 4 大型膜ろ過装置運転条件

膜面積	24 m <sup>2</sup>
公称孔径	0.1 μm
膜モジュール寸法	Φ230 mm×1,000 mm
ろ過時間	1.5 時間
膜ろ過流束	1.2~1.5 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ・日)
ろ過方式	内圧式全量ろ過
物理逆洗	空気圧 0.5 MPa 利用水逆洗 (次亜塩素酸ナトリウム添加)
回収率	92 % (システム全体では 99 %)

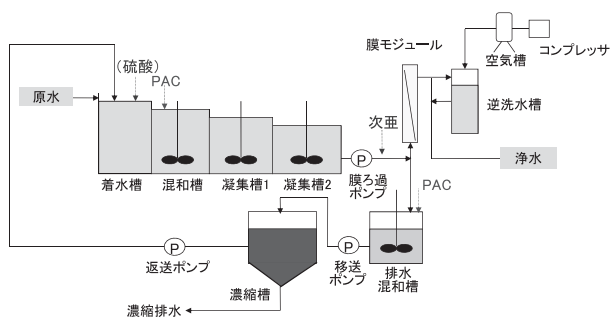


Fig. 3 大型膜ろ過実験フロー図

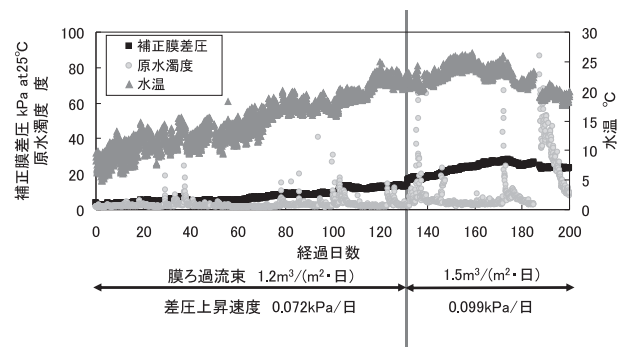


Fig. 4 大型膜の補正膜差圧推移

0.072 kPa/日と、安定してろ過継続することができた。長期安定運転が見込まれたため、130日経過時に流束を $1.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ として実験した。流束を変更後70日間は、補正膜差圧の上昇速度は0.099 kPa/日と、わずかに上昇したものの、安定してろ過継続することができた。

#### 5. おわりに

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補正膜差圧推移には、PACを適切に注入することで、大きな差は見られなかった。PAC注入を中止してからは、原水直接膜ろ過の系列だけでなく、繊維ろ過水を膜ろ過する系列であっても補正膜差圧が上昇した。これにより、無機膜を用いた膜ろ過には、長期安定運転のために凝集剤注入が必要であることがわかった。また、小型膜実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型膜ろ過実験を実施し、回収率99%以上の条件においても安定したろ過性能を示した。

今後は、本実験で得られた結果を基に、より高濁度の原水に対しても長期の安定運転を目指す。

#### 参考文献

- 1) 鮫島ら：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、pp. 340-341 (2011)