

N - 1 大孔径膜の浄水処理への適用

水道機工株式会社	○長屋光広	水道機工株式会社	伊本洋平
同上	矢田修平	同上	樺沢克巳
同上	鬼塚卓也	同上	神保吉次

1. はじめに

近年、我が国でも水道原水中にクリプトスポリジウムが検出されたり、それによる感染症も発生している。水道の安全性にとってこれらの病原性原虫汚染に有効な技術的対策が望まれている。

クリプトスポリジウムなどの原虫は耐塩素性の特性を持つことから、消毒のみで処理されている浄水施設でも急速砂ろ過法、緩速砂ろ過法、膜ろ過法などの物理的除去技術の導入が望まれている。特に膜ろ過法によるクリプトスポリジウムなどの除去率は5～7log と、急速ろ過法や緩速ろ過法と比較して高い性能を有し、極めて有効な手段と考えられる。しかし、従来水道に用いられているろ過膜では、ポンプ動力の増大によるエネルギー消費の増加、それによる受電設備の増設が必要となり、建設費やランニングコストも上昇するといった問題が避けられない。

そこで筆者らは、クリプトスポリジウムなどの原虫や微小生物の除去を目的に、低圧力で高フラックスの運転が可能な大孔径膜ろ過装置の開発に着手した。ここでは、標準のモデル粒子を用いた除去性能と、濁度及び色度を調整した原水によるろ過性能結果について報告する。

2. 大孔径膜の仕様と微粒子除去特性

2.1 大孔径膜の仕様

大孔径膜の仕様を表1に示す。公称孔径が2.0μmと、これまでの浄水用の膜に比べて大きな孔径であり極めて高いろ過性能を有している。また、洗浄は二次側からの空気洗浄である。実用の膜エレメントを図1に示す。長さ300mmの中空糸を束ね、片側を接着剤で固めた構造をしており、中空糸の周囲は水流の衝撃を防止する為に円筒のカバーを付けている。

表1 大孔径膜仕様

材質	親水化ポリスルホン
種類	中空糸MF膜
公称孔径	2.0μm
OD/ID, 糸長	1.25mm/0.75mm, 300mm
膜面積	2m ² /エレメント
ろ過方式	外圧式全量ろ過
設置方式	大型ケーシング収納型
洗浄方法	空気逆洗

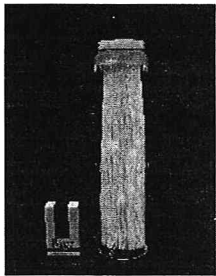


図1 膜エレメント

2.2 標準粒子の除去特性

三種類のそれぞれ孔径の異なる標準粒子を用いて大孔径膜の除去特性を調べた。標準粒子にはポリスチレンラ

表2 標準粒子による除去性能

粒径 μm	2.2	2.9	3.2
原水 (個/mL)	1.57×10 ⁷	1.57×10 ⁷	4.97×10 ⁸
ろ過水 (個/mL)	3.82×10 ²	8.96×10 ⁰	0
除去性能	4.6log	6.2log	8.7log

テックス粒子を用いた。その結果を表2に示す。粒径3.2μmのラテックス粒子の除去性能は8log以上であり、従来の水道用膜と遜色ない性能を有し、4～5μmと言われるクリプトスポリジウムやそれ以上の大きさを有する原虫や微小生物を選択的に除去することが可能と言える。

3. 膜ろ過実験

大孔径膜の適用を、消毒のみで供給している浄水施設、凝集・沈殿さらには砂ろ過の後を想定していることから、濁度及び色度を調整した原水に対する膜ろ過特性を検討した。

3.1 実験装置

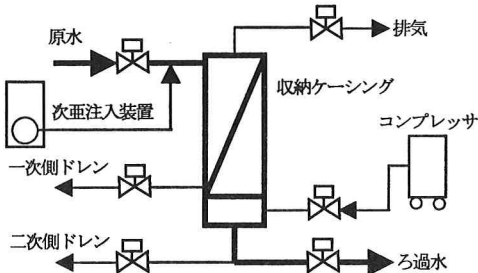


図2 実験装置フロー

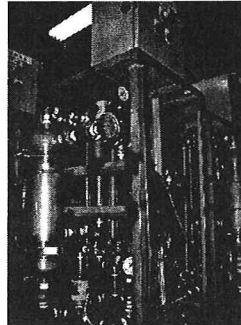


図3 実験装置外観

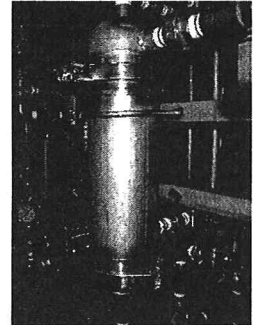


図4 膜エレメント
収納ケーシング

実験装置のフローを図2に示す。また、装置の外観を図3に、膜エレメント収納ケーシングを図4に示す。膜収納ケーシングに流入した原水は、全量ろ過方式により膜ろ過される。コンプレッサの空気源により膜ろ過水側から空気逆洗を行い、また空気逆洗の直前に次亜塩素酸ナトリウムを原水側より間欠的に注入している。

3.2 濁度1度、色度3度程度の原水による膜ろ過特性

(1) 実験方法と膜ろ過条件

濁度成分として天然の黒土、色度成分として製紙工場のKP排液を用いその希釈液をポンプで水道水に注入し、原水とした。原水の濁度は1度、色度は3度程度に調整した。膜ろ過の運転条件を表3に示す。なお空洗1とはケーシング内に水が満水になった状態で空気洗浄する工程であり、空洗2とはケーシング内の洗浄後の排水を空気で排出する工程である。

表3 膜ろ過の運転条件

原水		黒土及びKP排液を添加
膜ろ過速度		フラックス 5 m/日 (420 L/h)
洗浄条件	洗浄間隔	15 分
	空洗1	30 秒
	空洗2	15 秒
	次亜注入率	洗浄排水中に 1~2 mg/L
	次亜浸漬時間	15 秒
	排水ドレン	5 秒
	空洗風量	3.5 m³/h

(2) 実験結果

実験結果を図5に示す。初期膜間差圧が3kPaで始まり、その後1,000時間運転後も膜間差圧の上昇はほとんど認められず、低圧で安定した運転が続いている。1度程度を変動する原水濁度に対して、処理水の濁度は0.001~0.004度であり、除濁効果を示している。ただ色度の低減は認められなかった。

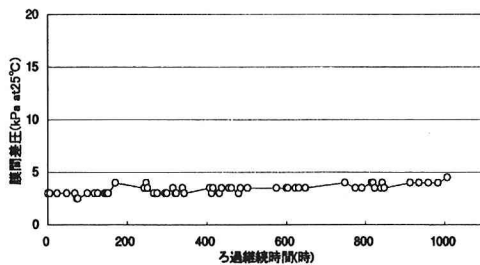


図5 膜間差圧の経時変化

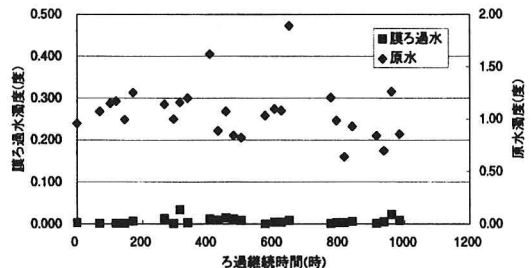


図6 原水濁度及びろ過水濁度の経時変化

3.3 一時的濁度上昇に対する膜ろ過特性

(1) 実験方法と膜ろ過条件

図3に示す実験装置を3台同時運転し、黒土、KP 排水を添加した原水を対象に一時的に濁度を5度程度に上げ、洗浄間隔の相違による膜間差圧を調べた。さらに、黒土、KP 排水の注入を停止した後の膜間差圧の挙動を調べた。膜ろ過の運転条件を表4に示す。黒土、KP 排水を添加した原水の濁度を5度程度、色度3程度とした。

表4 膜ろ過の運転条件

原水		黒土及びKP 排水を添加
膜ろ過速度		フラックス 5 m ³ /日 (420L/h)
洗浄条件	洗浄間隔	5分, 15分, 30分
	空洗1	15秒
	空洗2	15秒
	次亜注入率	洗浄排水中に 1~2 mg/L
	次亜浸漬時間	15秒
	排水ドレン	5秒
	空洗風量	3.5 m ³ /h

(2) 実験結果

実験結果を図7に示す。運転開始から96時間まで黒土及びKP 排水を添加し、その後添加を停止し水道水のみを処理した。濁度5度程度になると洗浄間隔の相違により膜間差圧に違いが認められ、特に洗浄間隔30分では、80時間頃から急激な膜間差圧の上昇が生じている。ただ、添加を停止すると一時的に膜間差圧が低下しているが、その後添加していないにもかかわらず、大幅な膜間差圧の上昇が生じている。一方、洗浄間隔を5分に短縮すると、この程度の濁度上昇に対しては膜間差圧の上昇は全くみせず、一時的な濁度上昇に対しては洗浄間隔等の条件変更により膜間差圧の上昇を抑制できることが分かった。また、処理水濁度については、原水濁度の上昇に対しては処理水の悪化は認められない。

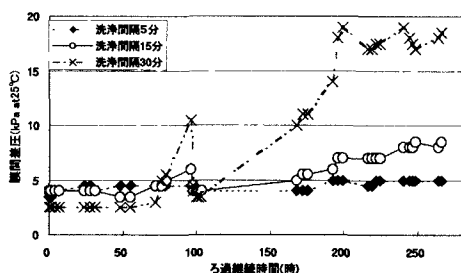


図7 膜間差圧の経時変化

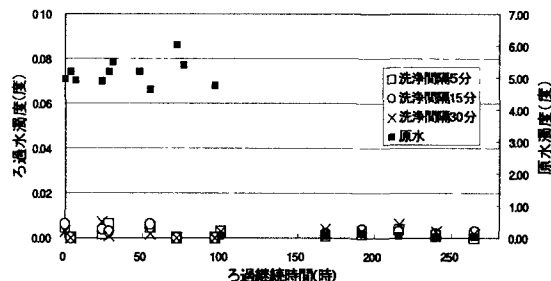


図8 原水濁度及びびろ過水濁度の経時変化

4. まとめ

以上の実験結果より明らかになったことを以下に示す。

- (1) 濁度1度、色度3度程度の原水に対し、膜間差圧5kPa以下で、1,000時間の運転が可能である。
- (2) 濁度5度程度の原水が一時的に流入しても洗浄間隔を5分で運転すれば、膜間差圧の上昇を抑えられる。
- (3) 大孔径膜ろ過システムは低圧で高フラックスの膜ろ過運転が可能なることから、ポンプを使わず浄水場内の余裕水圧を利用でき、設備費、ランニングコストの低減が図れる。

5. 付記

本研究は、株式会社クラレとの共同研究で実施している。