

セラミック膜による膜浄水過程におけるファウリング物質の調査

東京都市大学 学生員 ○渡邊 健太
東京都市大学 正会員 長岡 裕

1.はじめに

膜ろ過方式の問題点として、河川水をろ過する際にファウリングが起き、ろ過性能が低下してしまうことがある。効率的に運転するためには、膜内部に目詰まりを引き起こす不可逆的膜ファウリングの制御や適切な膜洗浄が必要である。膜の材質の一種であるセラミック素材は、機械的に強靱であり、強力な薬剤による洗浄も可能である。そのため、今日、セラミック膜を採用する浄水場は増加傾向¹⁾にある。

今後の課題として、ファウリングの原因である濁質成分を調査し、適した環境での膜ろ過方式の利用が求められる。本研究では、現在注目されているセラミック膜を使用し、セラミック膜の特性を調査するとともに、有機膜(PTFE 膜,CA 膜)との比較を行い、ファウリング物質の調査を目的とする。

2.採水概要

図1に示す箇所は下水処理水が混入しており、濁質成分が多く水中に含んでいると予想できる。採水容器として、0.1%に希釈した次亜塩素酸ナトリウムにて浸漬したペットボトルを用いた。河川水を用いたろ過実験は2014年9月29日から2014年12月6日まで計8回行った。なお、PTFE膜を用いた2012年5月19日から2013年6月13日まで計16回のろ過実験は岩田ら²⁾の研究から実験結果を引用した。



図1 採水地点

3.実験方法

膜は公称孔径 $0.1\mu\text{m}$ のセラミック膜、また公称孔径 $0.5\mu\text{m}$ の PTFE 膜、 $0.45\mu\text{m}$ の CA 膜を使用し、吸引ろ過器によりろ過を行った。測定方法として膜に純水 400ml を通水し、水温や膜間差圧、ろ過時間を測定した後、ファウリングが生じるまで河川水を通水した。その後、純水 400ml を通水させ、再び膜間差圧、水温、ろ過時間を測定した。膜と堆積物のろ過抵抗を式(1)、式(2)、式(3)より算出した。

$$N = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

$$R = \frac{\Delta P}{\mu \cdot N} \quad (2)$$

$$R_c = R_t - R_m \quad (3)$$

N =膜透過流速(m/s) Q =膜透過流量(m^3/s) A =ろ過面積(m^2) R =ろ過抵抗(m^{-1}) ΔP =膜間差圧(Pa) μ =粘性係数(m^2/s) R_m =ろ過前のろ過抵抗(m^{-1}) R_t =ろ過後のろ過抵抗(m^{-1}) R_c =堆積物ろ過抵抗(m^{-1})

ファウリングの原因物質を特定するため、蛍光 X 線分析(X-Ray Fluorescence:XRF)を使用した。XRF はサンプルに短波長の連続 X 線や特定 X 線を照射する。セラミック膜において定量分析を行う際、ジルコニウムの元素構成比を用い、式(4)にて各元素濃度を算出した。

$$\alpha = \frac{Y_{\text{wt}\%}}{Zr_{\text{wt}\%}} \cdot \frac{Zr}{V} \quad (4)$$

α :各元素の濃度(mg/L), $Y_{\text{wt}\%}$:ろ過後の膜における求めたい元素の含有率(wt%), $Zr_{\text{wt}\%}$:ろ過後の膜におけるジルコニウム含有率 wt(%), Zr :ろ過面積あたりのジルコニウムの質量(mg), V :サンプル通水量(L)

ファウリング物質は膜表面及び膜内部に堆積する。そのため、膜内部の濁質態を分析する際には河川水を通水後、膜に付着した表面の堆積物を拭き取ることにより、膜内部へ侵入した成分の分析を行った。

キーワード 膜ろ過方式, セラミック, ファウリング

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL. 03-5707-0104

4.実験結果

膜全体に対する膜内部濁質濃度の割合を図2に、膜内部における濁質態Sと膜内部におけるろ過抵抗をろ過距離で除したものを図3に、河川水でのTOC濃度と膜内部における濁質態濃度S及びFeの関係をそれぞれ図4、図5に示す。

図2より、セラミック膜は各元素においてPTFE膜、CA膜よりも膜内部に侵入する割合が高い傾向にあることがわかる。特に、S、P、Ca、Feが膜内部に侵入する割合が高いことが示唆され、Feはそれぞれの膜がともに膜内部に侵入しやすい傾向にある。

図3よりセラミック膜は濁質態S濃度の上昇に対し、単位面積単位通水量あたりのろ過抵抗は低い値となっている。そのため、セラミック膜は膜内部に濁質態Sが堆積しやすい傾向にあることがわかる。

図4、図5よりセラミック膜において河川水TOC濃度の上昇に伴い、膜内部における濁質態濃度S及びFeの上昇がみられる。これは、有機物、特に腐植物質との関係性があると考えられる。腐植物質の1つであるフミン酸の構成物質はSも含まれる。また、フミン質はFeと結合してフミン酸塩を作ると考えられる。このことから、Sはフミン酸、Feはフミン酸塩に化合し、存在していると推測される。

5.まとめ

ファウリング物質の調査を目的として、通水後のセラミック膜による分析を行い、以下の知見を得た。

- 1) セラミック膜はS、P、Ca、Feが膜内部に侵入しやすい傾向にあり、PTFE膜、CA膜と比較すると濁質態が膜内部に堆積しやすい。これは、膜細孔内の構造の違いにより堆積の仕方が異なるためである。
- 2) 濁質態S、Feは河川水TOC濃度の上昇に伴い、膜内部の濁質態濃度が上昇しているため、Sはフミン酸、Feはフミン酸塩とそれぞれフミン質に結合し、ファウリングの原因物質となり、膜細孔内に存在している可能性がある。

6.参考文献

- 1) 浄水膜編集委員会: 浄水膜 (第2版), 技報堂出版, 平成20年2月
- 2) 岩田隆佑他: 浄水膜ろ過における下水処理水流入時の細孔内ファウリング物質の直接測定, 土木学会関東支部技術研究発表会概要集, 第VII部門

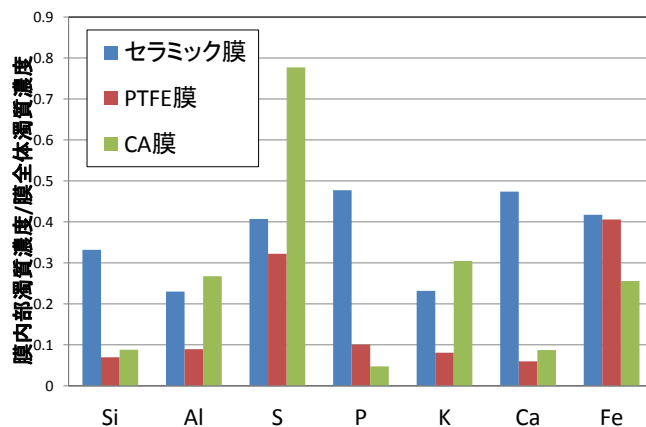


図2 膜全体濁質濃度に対する膜内部濁質濃度の割合

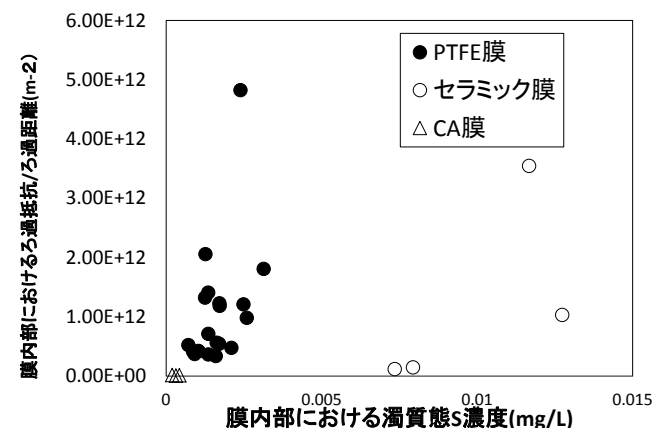


図3 膜内部における懸濁態Sとろ過抵抗値との関係

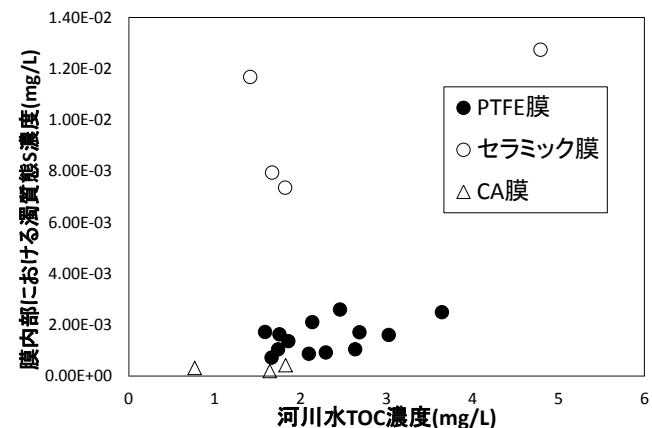


図4 TOC濃度と膜内部における濁質態S濃度の関係

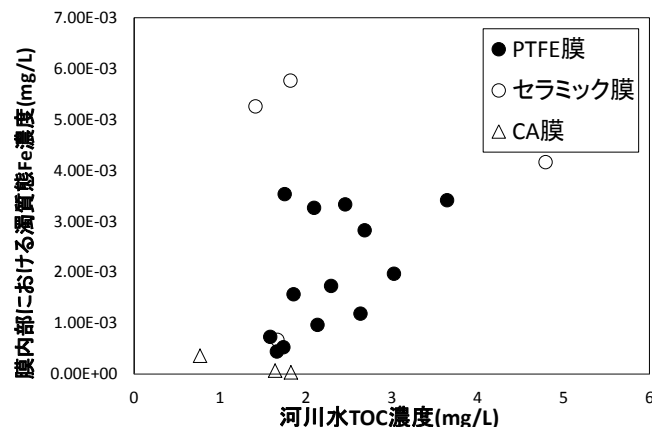


図5 TOC濃度と膜内部における濁質態Fe濃度の関係