

## セラミック膜を用いた膜浄水における河川水中ファウリング物質の挙動

東京都市大学 学生会員 ○鈴木 徹良 正会員 長岡 裕  
(株)明電舎 鮫島 正一

## 1. はじめに

近年、濁質の分離精度が高い浄水処理方式として注目されている膜ろ過方式は、ファウリングと呼ばれる膜目詰まりの発生により、ろ過性能が低下するという問題がある。ろ過性能を回復させる対策として薬液洗浄を行うが、膜の材質によっては膜が劣化する欠点が挙げられる。

そこで、膜材質の一種で、機械的に強靱で摩耗しにくく、薬液洗浄に対する耐性が強い性質を持っているセラミックは膜ろ過方式に最適であり、セラミックを用いた浄水処理の普及が期待される。

そのためには、ファウリングの原因物質を特定し、適切な前処理を行うことで、事前にファウリングの要因を最小限に抑えることが必要になる。これによって、運転コストのかかる薬液洗浄の機会を減らし、効率の良い膜ろ過運転を実現することが可能になる。

本研究では、セラミック膜に河川水を通水させることによって生じるファウリングの要因を追究する。

## 2. 実験概要

## 2.1 採水概要

採水は、相模川、鶴見川、多摩川の3つの河川で、2014年10月から2015年12月まで計23回行った。3つの河川を選んだ理由は、下水処理水混入前後の地点で比較することで水質の違いによるファウリング物質の挙動を調査するためである。採水器には、洗剤で洗い、その後、0.1%に希釈した次亜塩素酸ナトリウムに1時間浸漬させ、乾燥させた500mlと1.5Lのペットボトルを使用した。なお、2014年10月から2015年2月までの計7回のろ過実験は渡邊ら<sup>1)</sup>の研究結果から引用した。

## 2.2 実験装置の概要

ろ過装置には、吸引ろ過器(ADVANTEC社)を使用した。膜は直径45mm、公称孔径0.10 $\mu$ mのテスト用のセラミック膜を使用し、1つの河川につき、2枚用意した。

## 2.3 ろ過実験方法

まず、膜に純水を300ml通水させ、水温、膜間差圧、ろ過時間を測定する。その後、河川水をファウリングが生じるまで通水させ、ファウリングが生じたら、膜表面を拭き取ったものと拭き取らないものの2種類を作成する。その後、もう一度純水を300ml通水させ、水温、膜間差圧、ろ過時間を測定した。そして、乾燥炉で膜を約20時間乾燥させ、分析にかけた。ファウリングは膜表面と膜内部でそれぞれ生じるため、膜表面の堆積物を拭き取ることで膜内部に生じたファウリング物質の分析を行った。また、膜と堆積物のろ過抵抗を式(1)、式(2)、式(3)より算出した。

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

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

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

ここで、 $N$ は膜透過流速[m/s]、 $Q$ は膜透過流量[m<sup>3</sup>/s]、 $A$ はろ過面積[m<sup>2</sup>]、 $R$ はろ過抵抗[m<sup>-1</sup>]、 $\Delta P$ は膜間差圧[Pa]、 $\mu$ は粘性係数[m<sup>2</sup>/s]、 $R_c$ は堆積物のろ過抵抗値[m<sup>-1</sup>]、 $R_t$ はろ過後のろ過抵抗値[m<sup>-1</sup>]、 $R_m$ はろ過前のろ過抵抗値[m<sup>-1</sup>]を表す。

## 2.3 分析方法

ファウリング物質の分析には蛍光X線分析装置(株式会社Rigaku, RIX-3000)(XRF)を用いた。分析結果をもとに式(4)を用いて各元素濃度を算出した。

$$\alpha = \frac{Y_{wt\%}}{Z_{wt\%}} \cdot \frac{Z}{V} \quad (4)$$

ここで、 $\alpha$ は各元素の濃度[mg/L]、 $Y_{wt}$ はろ過後の膜における求めたい元素の含有率[wt%]、 $Z_{wt}$ はろ過後の膜におけるジルコニウムの含有率[wt%]、 $Zr$ はろ過面積あたりのジルコニウムの質量[mg]、 $V$ はサンプル通水量[L]を表す。

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

### 3. 実験結果

XRF 分析結果は 2014 年 10 月から 2015 年 12 月までの採水分の測定結果を平均したものを示している。また、各元素濃度について全体的に比較して、大きく違う値については省いた。図 1 に下水処理水混入前後における膜全体に対する膜内部に侵入した各濁質物質の割合を示す。下水処理水が混入している地点としていない地点ともに、カルシウムの膜内部の侵入割合が最も高いことが分かる。このことから、膜内部に蓄積しているファウリング物質の中にカルシウムが多く含まれていることが示唆される。

ここで、膜内部の侵入割合が最も高いカルシウムに注目する。図 2 に下水処理水混入前後における膜内部のろ過抵抗値とカルシウム濃度の関係を、図 3 に下水処理水混入前後における膜内部のカルシウム濃度と河川水の E260 の関係を示す。図 2 から下水処理水が混入している地点としていない地点ともに、一部を除くと、カルシウム濃度が増加してもろ過抵抗値は一定の値までしか増加しない。このことから、膜内部に蓄積しているファウリング物質の中ではカルシウムが蓄積しやすいが、その濃度は一定までしか増加しないことが示唆される。図 3 から下水処理水が混入していない地点では相関はないが、下水処理水が混入している地点では河川水の E260 が上昇すると、膜内部におけるカルシウム濃度も増加していることが分かる。フミン酸は、カルシウムと結合して、フミン酸塩を形成する<sup>2)</sup>ことから、カルシウムはフミン酸と結合して、フミン酸塩として存在していることが示唆される。

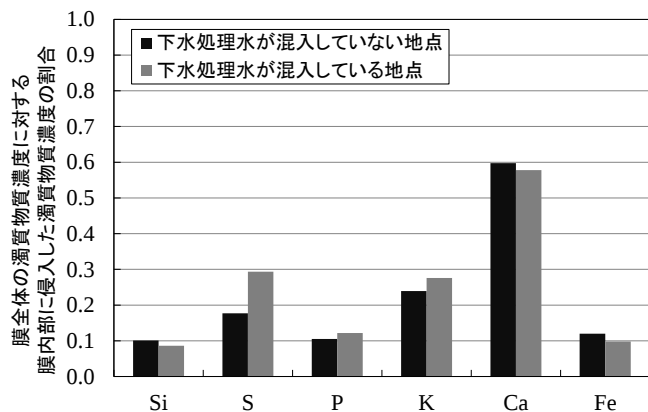


図 1 下水処理水混入の有無における膜全体に対する膜内部に侵入した各濁質物質の割合

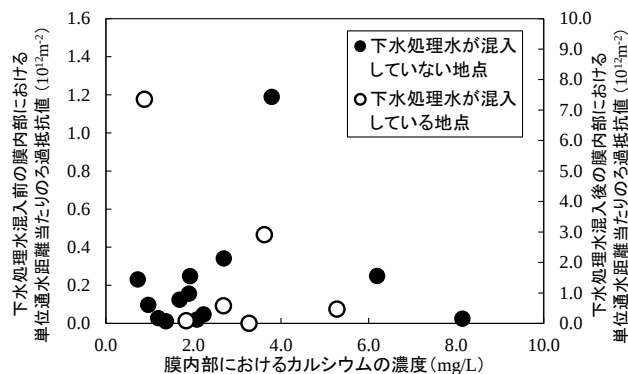


図 2 下水処理水混入の有無における

膜内部のろ過抵抗値とカルシウム濃度の関係

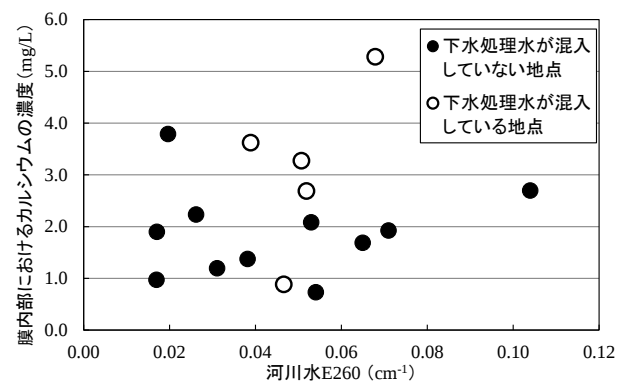


図 3 下水処理水混入の有無における

膜内部のカルシウム濃度と河川水の E260 の関係

### 4. まとめ

セラミック膜を用いて、河川水を吸引ろ過し、XRF 分析を行った結果から得られた知見を示す。

1) 下水処理水混入の有無における膜全体に対する膜内部に侵入した各濁質物質の割合、膜内部のろ過抵抗値とカルシウムの濃度の関係から、膜内部に蓄積しているファウリング物質の中にカルシウムが多く含まれていることが、カルシウム濃度は一定までしか増加しないことが示唆される。

2) 下水処理水混入の有無における膜内部のカルシウム濃度と河川水の E260 の関係から、カルシウムはフミン酸と結合して、フミン酸塩として存在していることが示唆される。

### 5. 参考文献

1) 渡邊健太：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，土木学会関東支部第 42 回技術研究発表会概要集，第 VII 部門，VII-41

2) フミン酸 その生成・特性・用途

<http://www.telnite.co.jp/recruit/img/huminreview.pdf>

(閲覧日 2016/01/06)