

## セラミック膜を用いた河川水の膜ろ過によるファウリング物質の挙動

東京都市大学 学生会員 ○飯田 憧太  
東京都市大学 正会員 長岡 裕

## 1. はじめに

近年、注目されている膜ろ過方式は薬品添加が少なく、高精度な浄水処理ができる。しかし、濁質物質によるファウリングと呼ばれる膜目詰まりが発生し、ろ過性能が低下するという問題がある。ファウリングを解消するためには薬液洗浄が必要であり、膜の劣化を早めるといった欠点が挙げられる。

そこで、膜材質の一種であり機械的に強靱で摩耗しにくく、耐薬品性に優れているセラミック膜を浄水処理に用いることが適しているといわれている。

今後、セラミックを用いた膜ろ過方式の普及にあたっては、ファウリング物質を抑制し薬液洗浄の頻度を減少させることが必要となる。

そこで、本研究では、セラミック膜で河川水を通水させることによって生じる膜ファウリングの原因物質を調査することを目的とする。

## 2. 実験概要

## 2.1 採水概要

表 1 に採水状況を示す。図 1 に採水場所を示す。採水には 500ml と 1.5L のペットボトルを洗剤で洗い、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、乾燥させたものを使用した。

表 1 採水状況

| 採水日       | 採水場所     | 採水時刻  | 天気 | 前日天気 |
|-----------|----------|-------|----|------|
| 2016/2/27 | 相模川      | 12:00 | 晴れ | 晴れ   |
| 2016/4/27 | 相模川      | 11:00 | 晴れ | 晴れ   |
|           | 鶴見川      | 13:00 | 晴れ | 晴れ   |
| 2016/5/24 | 荒川(戸田公園) | 10:30 | 晴れ | 晴れ   |
|           | 荒川(長瀬)   | 16:00 | 晴れ | 晴れ   |
| 2016/7/1  | 霞ヶ浦      | 10:00 | 晴れ | 晴れ   |
|           | 常陸利根川    | 13:00 | 晴れ | 晴れ   |
| 2016/7/26 | 印旛沼      | 12:15 | 曇り | 曇り   |
|           | 神崎川      | 13:30 | 曇り | 曇り   |
| 2016/9/12 | 相模湖      | 11:30 | 曇り | 曇り   |
|           | 津久井湖     | 13:30 | 曇り | 曇り   |
| 2016/9/26 | 宮ヶ瀬湖     | 11:00 | 晴れ | 曇り   |
|           | 山中湖      | 14:00 | 晴れ | 曇り   |



図 1 採水場所 全体図

## 2.2 ろ過実験方法

孔径  $0.1\mu\text{m}$  のセラミック膜を使用し、吸引ろ過器でろ過を行った。まず、膜に純水を 300ml 通水させ、水温、膜間差圧、ろ過時間を測定した。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 種類を用意する。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。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。

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

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

$$Rc = Rt - Rm \quad (3)$$

ここで、 $N$  は膜透過流速( $\text{m/s}$ )、 $Q$  は膜透過流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )、 $A$  はろ過面積( $\text{m}^2$ )、 $R$  はろ過抵抗( $\text{m}^{-1}$ )、 $\Delta P$  は膜間差圧(Pa)、 $\mu$  は粘性係数( $\text{m}^2/\text{S}$ )、 $Rc$  は堆積物のろ過抵抗値( $\text{m}^{-1}$ )、 $Rt$  はろ過後のろ過抵抗値( $\text{m}^{-1}$ )、 $Rm$  はろ過前のろ過抵抗値( $\text{m}^{-1}$ )を表す。

## 2.3 分析方法

ファウリング物質の特定するために蛍光 X 線分析装置(XRF)を使用した。XRF はサンプルに特定の X 線を照射することによって元素の定性・定量分析を行うものである。各元素濃度を式(4)より算出した。

キーワード セラミック、膜ろ過、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

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

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,  $V$ はサンプル通水量(L)を表す。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 水質結果

河川水及び処理水の水質結果を表2に示す。

表2 水質結果

| 採水日       | 河川名      |     | TOC (mg/L) | E260 (cm <sup>-1</sup> ) | 濁度 (NTU) |
|-----------|----------|-----|------------|--------------------------|----------|
| 2016/2/27 | 相模川      | 河川水 | 0.485      | 0.00196                  | 0.6414   |
|           |          | 透過水 |            | 0.00994                  | 0.110    |
| 2016/4/27 | 相模川      | 河川水 | 0.577      | 0.00211                  | 0.894    |
|           |          | 透過水 |            | 0.00987                  | 0.284    |
|           | 鶴見川      | 河川水 | 1.045      | 0.0498                   | 3.056    |
|           |          | 透過水 |            | 0.0255                   | 0.160    |
| 2016/5/24 | 荒川(戸田公園) | 河川水 | 4.056      | 0.1376                   | 31.42    |
|           |          | 透過水 |            | 0.0712                   | 0.241    |
|           | 荒川(長瀬)   | 河川水 | 1.286      | 0.1008                   | 0.4556   |
|           |          | 透過水 |            | 0.01878                  | 0.0678   |
| 2016/7/1  | 霞ヶ浦      | 河川水 |            | 0.2054                   | 28.44    |
|           |          | 透過水 |            | 0.13178                  | 0.646    |
|           | 常陸利根川    | 河川水 | 3.374      | 0.17406                  | 21.78    |
|           |          | 透過水 |            | 0.0765                   | 0.1158   |
| 2016/7/26 | 印旛沼      | 河川水 | 4.467      | 0.24034                  | 20.02    |
|           |          | 透過水 |            | 0.0997                   | 0.2046   |
|           | 神崎川      | 河川水 | 2.813      | 0.10172                  | 9.966    |
|           |          | 透過水 |            | 0.06728                  | 0.1220   |
| 2016/9/12 | 相模湖      | 河川水 | 0.661      | 0.03728                  | 4.758    |
|           |          | 透過水 |            | 0.0186                   | 0.3574   |
|           | 津久井湖     | 河川水 | 0.612      | 0.02642                  | 1.222    |
|           |          | 透過水 |            | 0.02052                  | 0.1428   |
| 2016/9/26 | 宮ヶ瀬湖     | 河川水 | 0.36       | 0.01156                  | 1.362    |
|           |          | 透過水 |            | 0.00928                  | 0.1202   |
|           | 山中湖      | 河川水 | 0.52       | 0.01656                  | 1.412    |
|           |          | 透過水 |            | 0.01236                  | 0.0876   |

E260の値は、原水よりも透過水が高い値を示すことがあった。これは、セラミックの膜の成分が関係していると考えられる。

#### 3.2 XRF 分析結果

図2の濁質成分Sと処理水E260の関係の図から、処理水E260の値が高くなると膜内部における硫黄の濃度が高くなることが示唆された。

図3の濁質成分Sと河川水TOCの図から、河川水TOCの値が高くなると膜内部における硫黄の濃度が高くなることが示唆された。フミン酸は不定形の高分子物質であり、その分子量は $10^2 \sim 10^6$ の範囲であるといわれている。分子を構成する元素として、若干の硫黄の存在が認められている。このことから、硫黄はフミン酸として存在していることが示唆された。

フミン酸は、その分子内に基本骨格として芳香族環を多数有することから芳香族化合物の一種であるといえる。芳香族環の主なものとしては、ベンゼン、ナフタリン等が知られており、それらが一つまたはそれ以上の単一また複素環状に結合している。酸化

または還元分解において、一時的にキノイド構造を示すこともある。これらの芳香族環には、一重または二重結合をもつ基が結合して架橋し、全体として三次元網目状構造となっている。

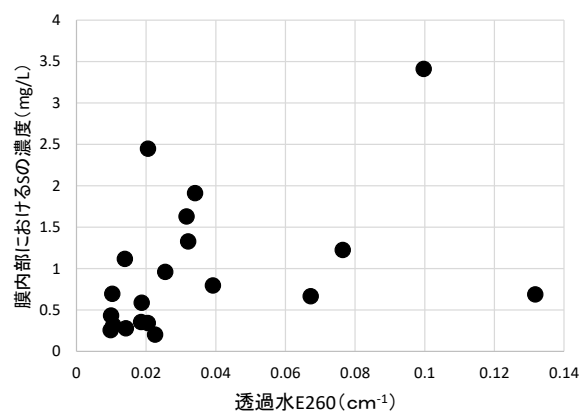


図2 河川水のE260と膜内部へのPの侵入割合

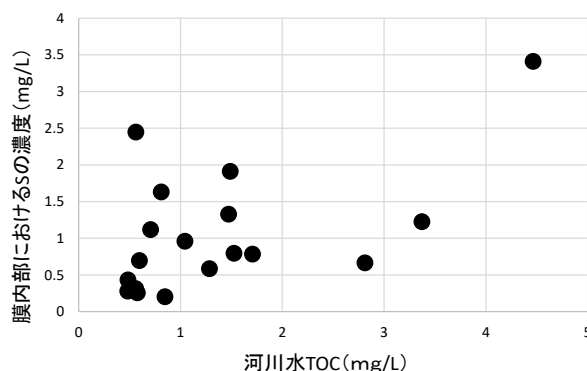


図3 河川水のE260と膜内部へのPの侵入割合

### 4. まとめ

セラミック膜を用いて河川水を吸引ろ過し、水質測定、XRF分析したことから得られた知見を示す。

河川水TOCの値が高くなると、膜内部における硫黄の濃度が高くなることが示唆された。また、処理水のE260の値が高くなると膜内部における硫黄の濃度が高くなることが示唆された。硫黄はフミン酸として存在している。このことから、ファウリングの要因としてフミン酸が関係していることが示唆される。

### 5. 参考文献

- 1) 鈴木徹良: セラミック平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, 土木学会関東支部技術研究発表会概要集, 第VII部門-42
- 2) 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