セラミック膜を用いた膜ろ過浄水におけ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靭で摩耗しにくく，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(長瀞)	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	宮ケ瀬湖	11:00	晴れ	曇り
2016/11/28	山中湖	14:00	晴れ	曇り
2017/2/9	酒匂川	14:00	曇り	曇り
2017/7/7	多摩川	16:00	晴れ	曇り

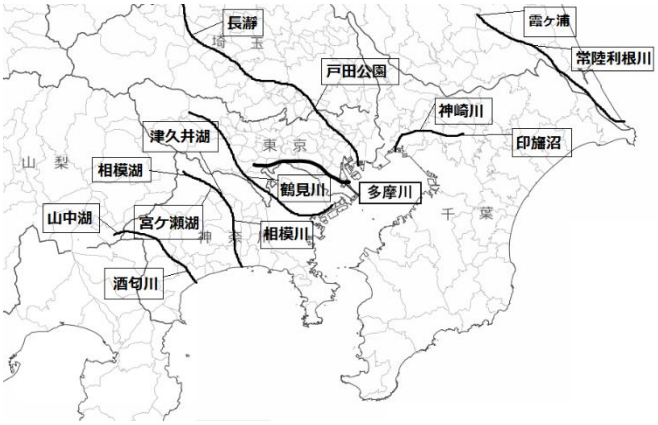

図 1　採水場所　全体図

2.2 ろ過実験方法

孔径 0.1μm 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(m/s), Q は膜透過流量(m^3/s) A はろ過面積(m^2)，R はろ過抵抗(m^{-1})，ΔP は膜間差圧(Pa)，μ は粘性係数(m^2/S)，Rc は堆積物のろ過抵抗値(m^{-1})，Rt はろ過後のろ過抵抗値(m^{-1})，Rm はろ過前のろ過抵抗値(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

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

を行うものである．各元素濃度を**式(4)**より算出した．

$$\rho = \frac{(Z_{wt}-Y_{wt})\times\frac{M\times A}{S}\times(-\frac{1}{log\alpha}(1-\alpha))}{L} \quad (4)$$

ρ=各元素の濃度(mg/L)　Z_{wt}＝ろ過後の膜における求めたい元素の含有率(wt%)　Y_{wt}＝求めたい元素のブランク値(wt%)　M＝膜重量(mg)　A＝分析面積(mm^2)　S＝膜面積(mm^2)　L＝通水量(L)　α＝X 線透過率

3. 実験結果及び考察

3.1 XRF 分析結果

図 2 に膜内部に堆積した硫黄の濃度と通水距離当たりのろ過抵抗値の図を，**図 3** に膜内部に堆積した炭素の濃度と通水距離当たりのろ過抵抗値の図を示す．**図 2**，**図 3** 共に若干ではあるが右上がりの相関が見られる．このことから，膜内部の硫黄と炭素の濃度が通水距離当たりのろ過抵抗値に影響を与えていることが示唆される．

図 4 に膜内部に堆積した硫黄の濃度と炭素の濃度の関係の図を示す．膜内部の硫黄の濃度と炭素の濃度に右上がりの相関があることが読み取れる．このことから，膜内部の硫黄の濃度と炭素の濃度が比例関係にあることが示唆される．

このことから，膜内部に硫黄と炭素の化合物が堆積していることが示唆される．河川中に存在する硫黄と炭素の化合物として，生物の老廃物や植物から自然に生成される有機硫黄化合物が堆積していると考えられる．[3)]

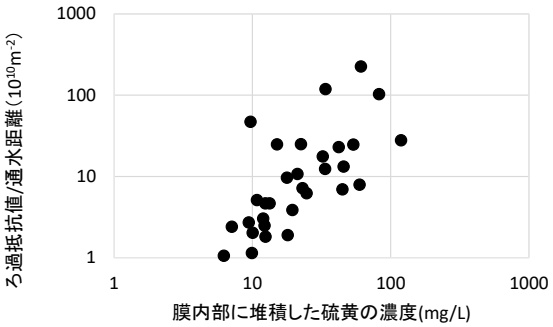

図 2　膜内部に堆積した硫黄の濃度と膜内部の通水距離当たりのろ過抵抗値

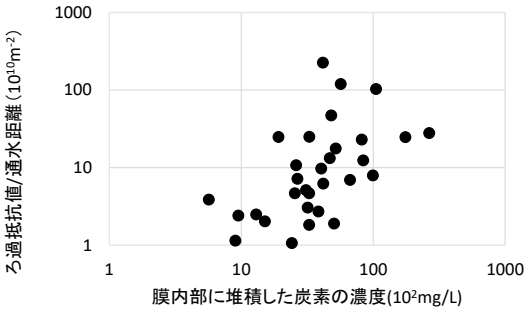

図 3　膜内部に堆積した炭素の濃度と膜内部の通水距離当たりのろ過抵抗値

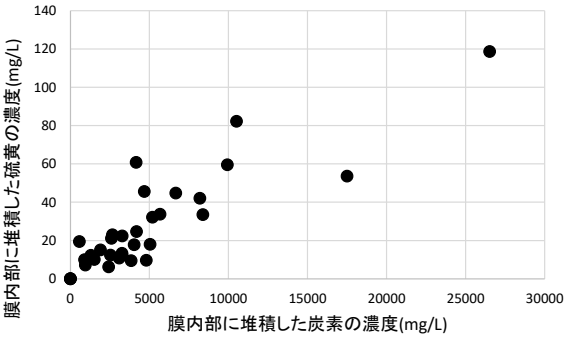

図 4　膜内部に堆積した硫黄と炭素濃度の関係の図

4. まとめ

セラミック膜を用いて河川水を吸引ろ過し，ろ過抵抗値の算出，水質測定，XRF 分析したことから，以下の知見が得られた．

1）通水距離当たりのろ過抵抗値と膜内部に堆積した元素の濃度の比較から，膜内部に堆積した炭素と硫黄の濃度が膜内部の通水距離当たりのろ過抵抗値に影響を与えていることが示唆された．

2）膜内部に堆積した元素濃度の比較から，膜内部に堆積した炭素と硫黄の濃度に相関があることが示唆された．このことから，膜内部に生物の老廃物や植物由来の有機硫黄化合物が堆積していることが示唆された．

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中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

3）斉藤 和季，野路 征昭，高橋 秀樹:植物の硫黄同化系の分子機構と制御硫酸イオン同化によるシステイン生合成