

有機膜を用いた膜ろ過における河川水中のファウリング物質

東京都市大学 学生会員 ○林 錦之介
東京都市大学 正会員 長岡 裕

1. はじめに

日本で最も採用されている浄水処理方式は急速ろ過である。急速ろ過は、短時間で大量の処理水を得られることから、都心部での利用に適している。しかし、デメリットとして塩素消毒を行わないと細菌を取り除くことが出来ないことが挙げられる。

そこで急速ろ過に替わる浄水方法として近年、膜ろ過が採用されている。膜ろ過は、急速ろ過では除去が不可能な細かな濁質を、膜細孔内で除去が可能である。

しかし膜ろ過のデメリットとして、ファウリングの発生によって処理水量が減少、また処理水の質の低下が問題である。膜表面の可逆的ファウリングは定期的な逆洗浄によって除去を行う。また膜内部の不可逆的ファウリングは定期的な薬液洗浄によって除去を行う。その際膜の劣化が徐々に進行し、膜の交換が必要となる。そのため不可逆的ファウリングの原因物質について対策することが重要であると考ええる。

本研究では河川水または湖沼水を有機膜に一定量通水させることによってファウリングを発生させ、ファウリングの濁質を分析結果から調査する。それによって膜内部ファウリングの原因を特定し、適材適所な膜利用を提案する。

2. 実験概要

2.1 実験内容

測定方法は、膜に純水を 300ml 通水させ、水温、ろ過時間を測定した。その後、河川水を膜にファウリングが生じるまで通水させた。再び純水を 300ml 通水させ、水温、ろ過時間を測定した。その後、乾燥炉で膜を約 20 時間乾燥させ、XRF 分析にかけることで膜内部の元素判定を行った。また、膜とファウリング物質のろ過抵抗を式(1)、式(2)、式(3)より算出した。

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

N=膜透過流速(m/s) Q=膜透過流量(m³/s) A=ろ過面

キーワード 有機膜、不可逆的ファウリング、重回帰分析、蛍光 X 線分析装置、元素濃度算出式、

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 E-mail:g1418072@tcu.ac.jp

積(m²)

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

R=ろ過抵抗(m⁻¹) ΔP=膜間差圧(Pa) μ=粘性係数(m²/S) N=膜透過流速(m/s)

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

Rc=膜表面に生じたファウリング物質のろ過抵抗値(m⁻¹) Rt=ろ過後のろ過抵抗値(m⁻¹) Rm=ろ過前のろ過抵抗値(m⁻¹)

2.2 採水概要

表 1 に採水状況及び場所を示す。採水には、0.1%に希釈した次亜塩素ナトリウムに 2 時間浸漬させ、乾燥させた 1.5L のペットボトルを使用した。

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
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
2018/1/5	多摩川	14:00	曇り	晴れ

2.3 実験概要

図 1 に吸引ろ過装置の概略図を示す。

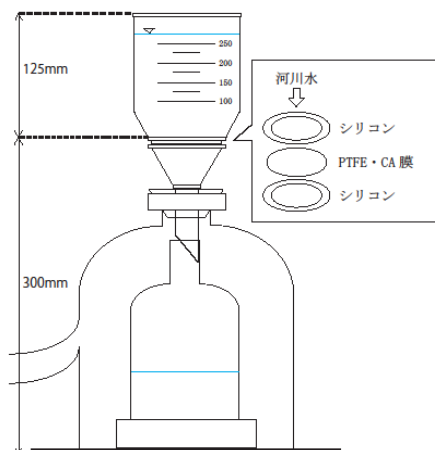


図 1:ろ過装置 概要図

2.4 分析機器

水質指標には全有機炭素計(TOC)、紫外線吸光度計、濁度計を用いた。ファウリング物質の分析には蛍光 X 線分析装置(XRF)を用いた。

また、元素の wt%から元素濃度を式(4)より算出する。

mg/L

元素濃度算出式

$$\alpha = \frac{\text{測定膜の下に銀膜を敷いた時の Ag 測定値}}{\text{銀膜のみの Ag 測定値}}$$

$$\left(\text{拭き取り有 wt\%}-\text{ブランク wt\%} \right) * \frac{\text{膜重量} * \text{分析面積}}{\text{ろ紙面積}} * \left(-\frac{1}{\log \alpha} (1-\alpha) \right)$$

通水量

(4)

3. 実験結果

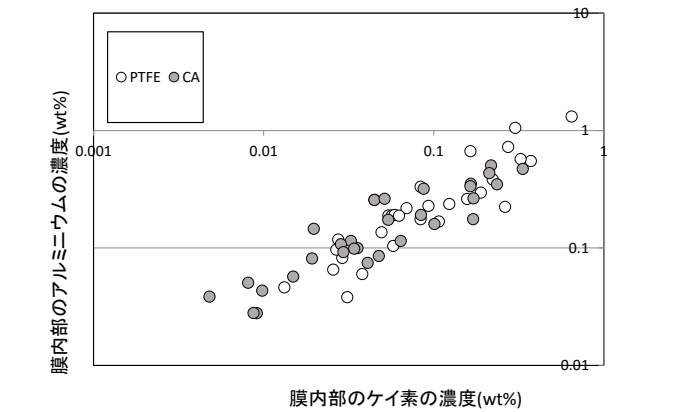


図 2: 膜内部のケイ素とアルミニウムの関係

表 1: CA 膜内部の重回帰分析における相関行列

相関行列	C(mg/L)	O(mg/L)	Al(mg/L)	Si(mg/L)	P(mg/L)	S(mg/L)	K(mg/L)	Ca(mg/L)	Fe(mg/L)	透過抵抗値
C(mg/L)	1.000	-0.967	-0.433	-0.375	-0.392	-0.344	-0.438	0.172	-0.406	-0.143
O(mg/L)	-0.967	1.000	0.236	0.178	0.271	0.301	0.280	-0.219	0.264	0.087
Al(mg/L)	-0.433	0.236	1.000	0.871	0.520	0.165	0.865	0.235	0.722	-0.062
Si(mg/L)	-0.375	0.178	0.871	1.000	0.409	0.228	0.727	0.123	0.514	0.029
P(mg/L)	-0.392	0.271	0.520	0.409	1.000	0.566	0.452	-0.054	0.659	0.425
S(mg/L)	-0.344	0.301	0.165	0.228	0.566	1.000	0.190	-0.081	0.055	0.376
K(mg/L)	-0.438	0.280	0.865	0.727	0.452	0.190	1.000	0.305	0.679	-0.061
Ca(mg/L)	0.172	-0.219	0.235	0.123	-0.054	-0.081	0.305	1.000	0.275	-0.110
Fe(mg/L)	-0.406	0.264	0.722	0.514	0.659	0.055	0.679	0.275	1.000	-0.085
透過抵抗値	-0.143	0.087	-0.062	0.029	0.425	0.376	-0.061	-0.110	-0.085	1.000

表 2: CA 膜内部の重回帰分析の重相関係数と決定係数

重相関係数	修正R	決定係数	修正R2乗	ダービン=ワトソン比
R	0.7708	0.6597	0.5941	0.4352
				1.7906

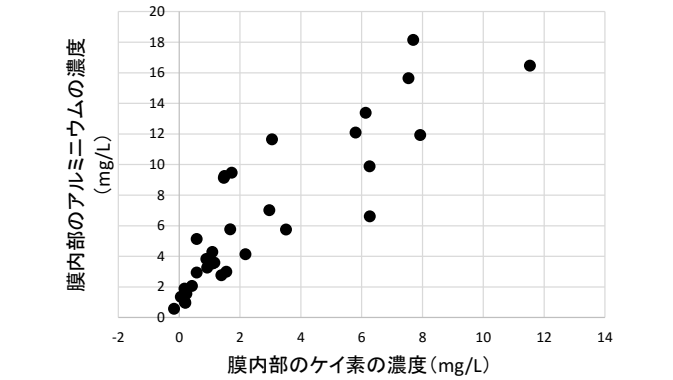


図 3: CA 膜内部のケイ素とアルミニウムの関係

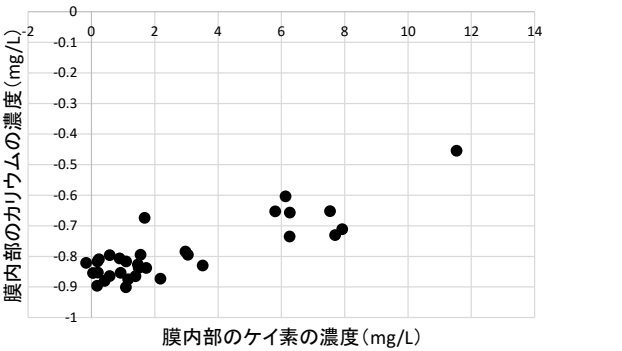


図 5: CA 膜内部のケイ素とカリウムの関係

図 2 は、XRF によって算出された PTFE、CA 膜内部のケイ素とアルミニウムのグラフである。このグラフのみが有機膜において相関したグラフとなっている。

また XRF から式(4)の元素濃度算出式より、図 3、図 4 のグラフを作成した。この 4 つは表 1 の相関行列により相関が高いものである。表 2 の修正 R2 乗からこの重回帰分析はあまり確実性のないものであることが分かる。

4. まとめ

有機膜に河川水を通水させ、XRF 分析を行い、その結果から重回帰分析を行った結果以下の知見が得られた。

- ・ PTFE、CA 膜内部のアルミニウムとケイ素の相関が高い。ケイ素とアルミニウムは土粒子の指標であるため、有機膜内部に土粒子が堆積したといえる。
- ・ CA 膜内部においてはアルミニウムとケイ素、アルミニウムとカリウム、ケイ素とカリウムの相関が高い。カリウムも土粒子の指標であるため、CA 膜内部には土粒子が堆積したといえる。

6. 参考文献

- 1) 吉田駿，長岡裕：有機膜を用いた膜浄水における河川ファウリング物質の挙動，2015 年，土木学会関東支部第 43 回技術研究発表会概要集，VII-43
- 2) 上村麟之介，長岡裕：有機膜を用いた膜ろ過における河川表流水中の河川ファウリング物質の挙動，2017 年，土木学会関東支部第 44 回技術研究発表会概要集，VII-45
- 3)水道維持管理指針 2016 p284-293