

河川表流水を原水とした膜ろ過における細孔内ファウリング物質の直接測定

東京都市大学 学生会員○岩田隆佑

東京都市大学 正会員 長岡 裕

1. はじめに

膜ろ過はファウリングによるろ過速度の低下が問題であり、特に膜内部が目詰まりを起こす不可逆的膜ファウリングの制御は膜ろ過装置を効率的に運転する上で重要な課題である。本研究では河川表流水を膜による全量ろ過を行い、濁質を堆積させた膜を直接測定することで膜細孔内のファウリング物質を分析することを目的とする。

2. 調査地点及び分析方法

多摩川の調布取水堰近郊の川辺から直接採取ろ過を行い、採水日時は2011年5月23日から2012年1月25日の間の計12回。

ろ過には平膜で公称孔径 $0.5\mu\text{m}$ のPTFE膜を使用し、加圧ろ過器によりろ過をし、ろ過後の膜の表面を拭き取り、膜内部へ侵入している物質のみの分析を行い、拭き取りを行わないものと比較を行った。また、ろ過の前後で純水を使用ろ過抵抗を求めた。

採水した河川水に吸光度計を使用して紫外線吸光度E260を測定した。

膜に堆積させた濁質から河川水の濁質の成分を調べるために蛍光X線分析装置(X-Ray Fluorescence: XRF)により定性分析を行う。これより得られた元素のwt%を式(1)を用いてmg/lへと変換を行った。

$$\alpha = \frac{Y_{\text{wt}\%}}{F_{\text{wt}\%}} \times \frac{F}{V} \quad (1)$$

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%) $F_{\text{wt}\%}$:ろ過後の膜におけるフッ素の含有率(wt%) F :ろ過膜の通水面積に含まれるフッ素の量(mg) V :サンプル通水量(l)

またOは無機化合物由来と有機物由来が考えられる。そこでAlを Al_2O_3 、Siを SiO_2 、Caを CaCO_3 、Feを Fe_2O_3 として、河川水は4つの無機化合物のみが存在しているという仮定のもと全体のO濃度から無機化合物由来を引くことで有機物由来のO濃度を算出した。

有機物の種類を特定するために官能基の測定が可能

なフーリエ変換赤外分光光度計(Fourier Transform InfraRed spectrophotometer: FT-IR)を使用した。

3. 分析結果及び考察

3.1. 紫外線吸光度E260の測定結果

図1に測定した紫外線吸光度E260と膜内部の目詰まりの指標となる膜内部のろ過抵抗との関係を示す。なお、膜内部とは拭き取り有りのデータとする。

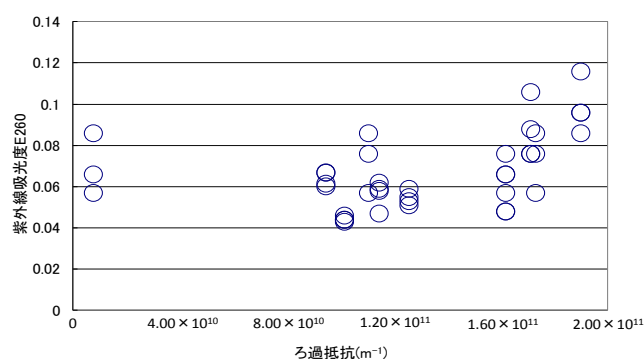


図1 E260と膜内部におけるろ過抵抗との関係

E260の上昇に伴いろ過抵抗の上昇がみられ、膜内部におけるファウリングにはフミン質が関係していることが示唆された。

3.2. XRF分析による結果

表1にXRFの分析結果を平均したものを示す。なお、膜表面の値は膜の拭き取りのないデータから拭き取り有りのデータを引いたものである。

表1 多摩川採水分XRF平均結果(mg/l)

	膜内部平均	膜表面平均
O(無機)	1.15×10^{-2}	1.12×10^{-1}
O(有機)	5.35×10^{-2}	1.55×10^{-1}
Al	6.87×10^{-3}	3.44×10^{-2}
Si	7.34×10^{-3}	7.02×10^{-2}
P	4.07×10^{-4}	1.76×10^{-3}
S	8.89×10^{-4}	7.06×10^{-4}
K	3.82×10^{-4}	2.68×10^{-3}
Ca	3.51×10^{-4}	1.03×10^{-3}
Fe	4.00×10^{-4}	8.20×10^{-4}

キーワード：多摩川 河川表流水 膜ろ過 膜ファウリング

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL03-5707-0104(内線 3257) E-mail: g1281702@tcu.ac.jp

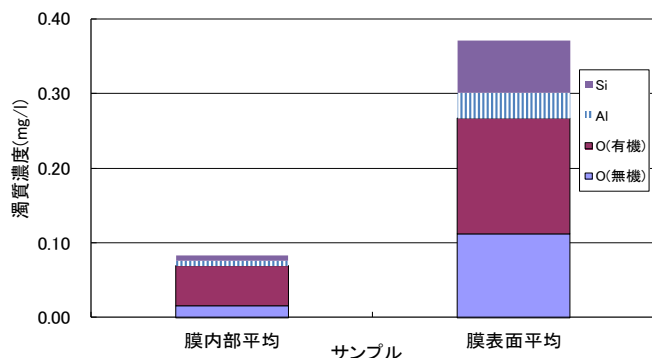


図2 多摩川採水分 XRF 平均結果

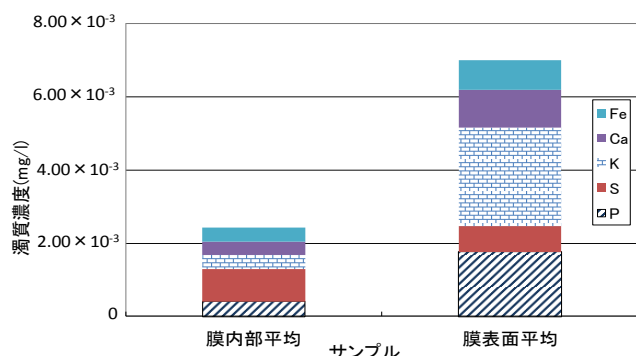


図3 多摩川採水分 XRF 平均結果

図2に比較的濃度が高い元素を、図3に残りの元素を示す。膜表面はSi、Alと無機由来のOがファウリング要因、膜内部では有機由来のOやK、Fe、Caなどの他に膜表面より濃度が高いSがファウリングの要因だとわかる。

図4に膜内部におけるXRF分析の結果より検出されたSと膜内部のろ過抵抗に伴う関係を示す。

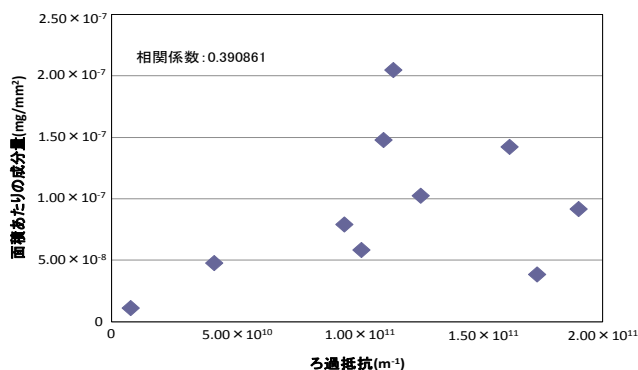


図4 ろ過抵抗と面積辺りのSの成分量の関係

ろ過抵抗の上昇によるS濃度の変化において正の相関があることから、Sは膜内部におけるファウリングの要因であることが示唆された。

3.3. FT-IR 分析による結果

図5にFT-IR結果を平均したものを示す。図5より波数1650cm⁻¹はC-Cの二重結合、波数2320cm⁻¹はC-Nの三

重結合、波数3250cm⁻¹はN-H結合の存在の示唆、また波数1650cm⁻¹付近にある2本のピークはアミンや芳香族特有のものとされている¹⁾。

図6に膜表面を拭き取った時の波数1650cm⁻¹のピーク高さと膜内部のろ過抵抗との関係について示す。ピーク高さと波数1850cm⁻¹での透過率を基準とし、そこから波数1650cm⁻¹の透過率との差を求めたものである。

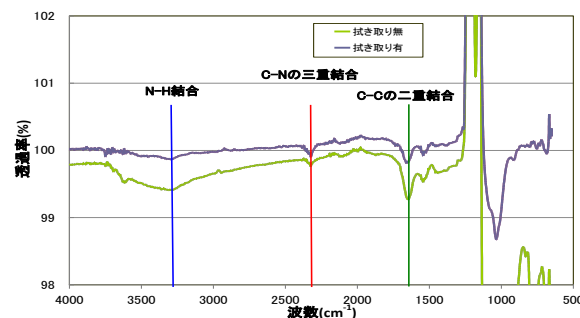
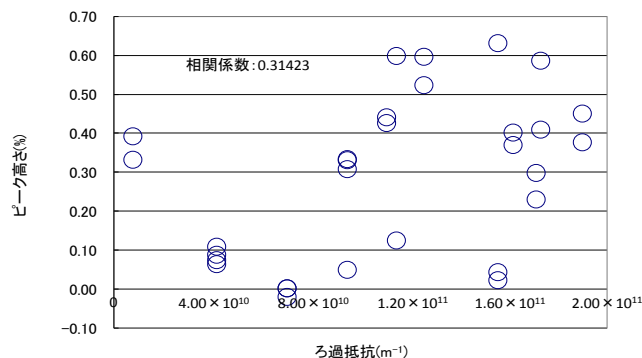


図5 多摩川採水分 FT-IR 平均結果

図6 波数1650cm⁻¹のピーク高さろ過抵抗の関係

ろ過抵抗の上昇に伴いピーク高さが増加していることがわかる。これにより膜内部でのファウリング要因としてアミンや芳香族が示唆された。

4. 結論

PTFE膜を用いて多摩川河川水のろ過を行い、膜に堆積させた濁質及び膜細孔内について吸光度計、XRF、FT-IRの結果から以下の知見を得た。

- (1) 紫外線吸光度E260の上昇に伴いろ過抵抗の上昇が確認された。
- (2) 膜表面ではSiやAlの無機化合物、膜細孔内ではSや有機物がファウリング物質と考えられる。
- (3) 膜細孔内にアミンや芳香族を骨格内に有する有機物が含まれていることが示唆された。

参考文献

- 1) R. M. Silverstein F. X. Webster 著「有機化合物のスペクトルによる同定法」P73~P141 2006年