

膜ろ過における下水処理水混入時の細孔内ファウリング物質の直接測定

東京都市大学大学院 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

膜ろ過浄水において、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運転する上で重要な課題である。本研究では下水処理水の混入の有無という河川水質の違いに注目し、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の調査を目的とする。

2. 調査地点及び分析方法

採水は2011年5月23日から2012年12月17日の間の計22回、多摩川の調布取水堰近郊の左岸、相模川の磯部観測所近郊の右岸から直接行った。ろ過には平膜で公称孔径0.5 μ mのPTFE膜を使用し、吸引ろ過器により河川水200mlろ過を行った。この膜は疎水性の膜なので事前にエタノールに1分間浸漬することで親水化を行った。また、ろ過後の膜の表面を拭き取ったものを膜内部の値とし、拭き取りを行っていない膜から膜内部の値を引いたものを膜表面の値として比較を行った。河川水のろ過の前後で純水を通水することでろ過抵抗を求めた。

採水した河川水の水質調査としてE260、TOC濃度、濁度を測定した。また、膜に堆積させた濁質の成分を調べるために蛍光X線分析装置(XRF)により定性分析を行う。得られた元素のwt%を式(1)よりmg/lへと変換を行った。

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

α :各元素の濃度(mg/l) $Y_{wt\%}$:ろ過後の膜における求めたい元素の含有率(wt%) $F_{wt\%}$: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、AlをAl₂O₃、SiをSiO₂、CaをCaCO₃、FeをFe₂O₃として、河川水には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濃度からこれらを引き、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(FT-IR)を使用した。

3. 実験結果

表1に相模川、多摩川の各水質の測定結果の平均を、図1にTOCと通水量あたりのろ過抵抗の関係を示す。

表1 各河川の水質に関する測定結果の平均

	E260(cm ⁻¹)			TOC(mg/L)			濁度(NTU)		
	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大
相模川	0.014	0.011	0.025	0.850	0.645	1.18	3.36	1.03	8.41
多摩川	0.034	0.029	0.042	1.98	1.59	3.43	3.16	1.69	4.27

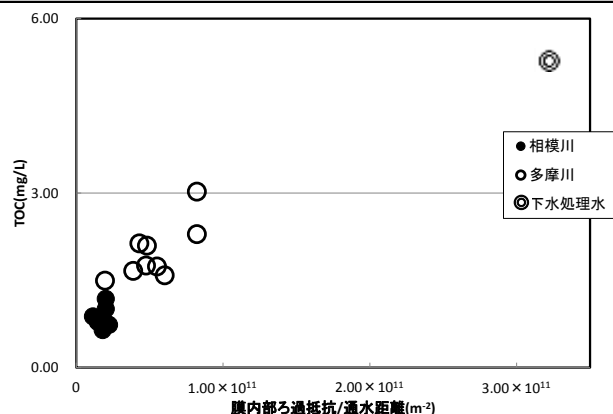


図1 膜内部におけるTOC濃度と通水量あたりのろ過抵抗の関係

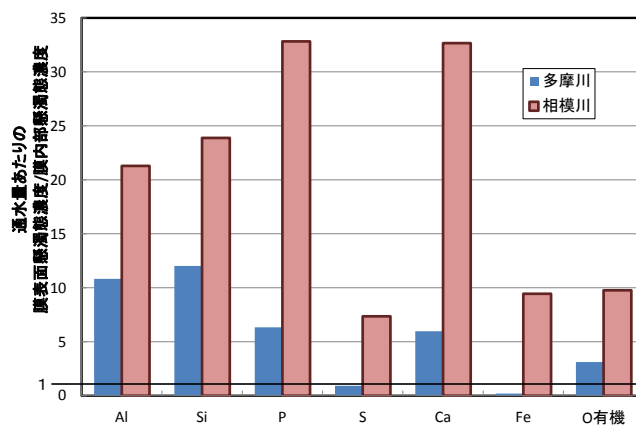


図2 XRF分析結果の各懸濁物質の通水量あたりの膜表面懸濁態濃度/膜内部懸濁態濃度

図2にXRF分析結果の各懸濁物質の通水量あたりの濁質濃度の比率を示す。その結果より下水処理水の混入がある多摩川では、膜内部へ侵入している物質が多く、S、Feにその傾向が強く見られた。また、有機物由来のO、P、Caなども比較的膜内部への侵入が見られる。

キーワード：河川表流水 膜ろ過 膜ファウリング 腐食有機物

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

そこで、図3に有機物の構成元素の一つである懸濁態Sと通水量あたりのろ過抵抗の関係を示す。これより膜内部への侵入物質としてSが考えられ、不可逆的膜ファウリングの要因の一つであると考えられる。

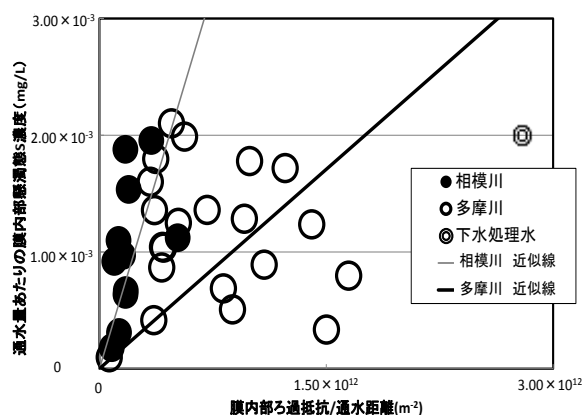


図3 膜内部における通水量あたりの懸濁態Sとろ過抵抗の関係

FT-IRの分析結果からC=O伸縮振動であり、アミドやタンパク質のピークである波数 1660cm^{-1} とC-Hの伸縮振動のピークである波数 2980cm^{-1} 付近の各ピークに着目すると、どちらもフルボ酸やフミン酸といった腐植有機物によく見られるピークであり、特にC-Hの伸縮振動からフミン酸がメチレン鎖を多く含むことを示しており、フミン酸の難溶解性が示される¹⁾。

図4、図5に各ピーク高さと通水量あたりのろ過抵抗の関係を示す²⁾。ここでピーク高さとは、基準とした波数の透過率から注目するピークの透過率を引いたものである。今回基準とするピークを、波数 1850cm^{-1} 、 3000cm^{-1} とした。

雨の影響でデータにバラつきがあるものの、各サンプルには相関が見られ、不可逆的膜ファウリングの要因として、このピークに関する官能基の存在が示唆された。

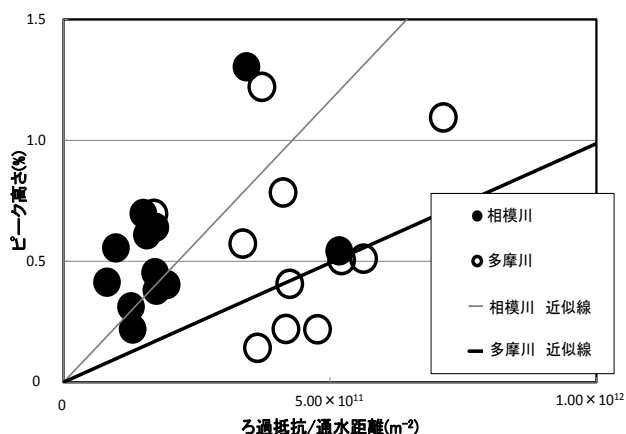


図4 波数 1660cm^{-1} のピーク高さと通水量あたりのろ過抵抗の関係

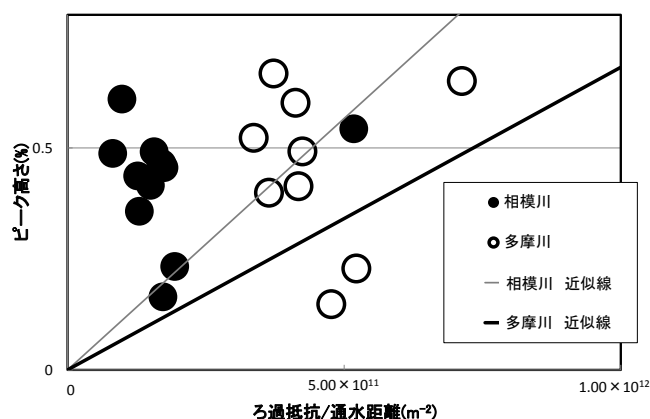


図5 波数 2930cm^{-1} のピーク高さと通水量あたりのろ過抵抗の関係

表2にFT-IRの分析結果を解析ソフトir Analyzeを用いた解析結果を示す。これより下水処理水の混入の有無に関わらず脂肪酸と芳香族が検出され、これはフルボ酸やフミン酸の存在を示唆するものである。

表2 ir Analyzeの解析結果

化合物	
脂肪酸アルデヒド	芳香族ヒドロキシ化合物
脂肪酸アミノ酸	芳香族硫黄化合物
脂肪酸アミド	芳香族リン化合物
脂肪酸アミン	芳香族ニトリル
脂肪酸酸無水物	芳香族アミン
脂肪酸ニトリル	芳香族アミノ酸
脂肪酸ケイ素化合物	芳香族チオール
脂肪酸エーテル	
脂肪酸アルコール	アルケン
脂肪酸チオール	
脂肪酸カルボキシル	

4. 結論

下水処理水の混入の有無という水質的に違いのある河川表流水を平膜による吸引ろ過を行い、膜に堆積させた濁質の成分に対して、XRF、FT-IRによる分析を行った結果、以下の知見を得た。

- 1) 膜細孔内へのS、アミドやタンパク質の侵入が確認された。
- 2) 不可逆的膜ファウリングの要因の一つにフミン酸やフルボ酸の存在が考えられる。
- 3) 下水処理水の混入により腐植有機物の侵入の傾向がより強くなった。

参考文献

- 1) 多摩川における有機汚濁物質の起源と削減に関する研究(その5)
- 2) R. M. Silverstein F. X. Webster : 有機化合物のスペクトルによる同定法, P73~P141, 2006