

## 河川表流水の膜ろ過におけるファウリング物質の同定

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

現在わが国の浄水施設において主流となっている浄水方法の一つに、ろ材に砂を利用した急速ろ過方式が挙げられる<sup>1)</sup>。その理由として、かつて主流であった緩速ろ過のろ過速度が 5[m/d]程度に対し、ろ過速度が 120[m/d]以上が一般的であり、近年では工業用水などを中心に 300[m/d]以上の速度のろ過法も開発されている<sup>2)</sup>。しかし急速ろ過は急な水質や濁度の変化が多い日本の河川ではフロック形成が難しく、これを維持するには高い技術力と常時の監視が要求される。

そこで急な水質や濁度の変化に対して柔軟に対応できるという点から、近年膜ろ過が導入されるようになった。膜によるろ過は優れた固液分離性能を省スペースで発揮することが出来るという点などからも現在注目されている浄水方法の一つである。

しかし、現在このろ過方法はあまり普及していない。その理由として、運転を連続して行うとファウリングという膜の目詰まりによるろ過速度の低下が挙げられる。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長期間効率的に運転する上で重要な課題であると言える。これは不可逆的膜ファウリングの解消方法である薬品洗浄が原因であり、薬品による膜の劣化や薬品使用のコスト面が問題とされている。よってファウリングを制御するために不可逆的膜ファウリングを発生させる成分についての情報が不可欠であるが、研究事例が少ないのが現状である。

以上のことから本研究では河川水を膜による全量式の加圧ろ過を行い、膜に堆積し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)、有機物の種類を特定するために有機物内の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) の 2 つの分析装置による分析によって得られた結果を評価、検討し膜内部に侵入している物質の特定をすることを目的とする。

### 2. 調査方法

#### 2. 1. 採水方法・採水場所

採水には 500[ml]のペットボトルを使用し、対象河川の川辺から直接採取し、研究室でろ過をした。また、対象河川は多摩川とし、採水は調布取水堰近郊で行った。

#### 2. 2. ろ過方法

ろ紙には平膜で公称孔径 0.5[μm]の PTFE 膜を使用し、加圧ろ過器によりろ過をした。また、膜細孔内への侵入物質を把握するために、ろ過後の膜の表面に堆積している濁質を拭き取り、内部へ侵入している物質のみの分析も行った。

### 3. 分析方法

まず、採水した河川水の濁質の成分を調べるために、ろ過により膜に堆積させたサンプルにXRFを使用し定性分析を行う。これより得られた元素の[wt%]を用いて[mg/l]へと変換を行った。

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

$\alpha$ :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:ブランク膜のフッ素の質量[mg] V:サンプル通水量[l]

また O に関しては無機化合物由来と有機物由来が考えられるので、分析によって得られた O 濃度の由来の分別に 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で無機由来と有機由来の O 濃度を算出した。

次に採水した河川水に含まれる有機物の官能基や種類の特定を行うために簡易に短時間で有機物の官能基の測定が可能な FT-IR を使用した。

### 4. 分析結果

#### 4. 1. XRF 結果

今までに分析を行った XRF の結果から求めた各元素の成分濃度の平均を図 1、図 2 に示す。

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 : g0818009@tcu.ac.jp

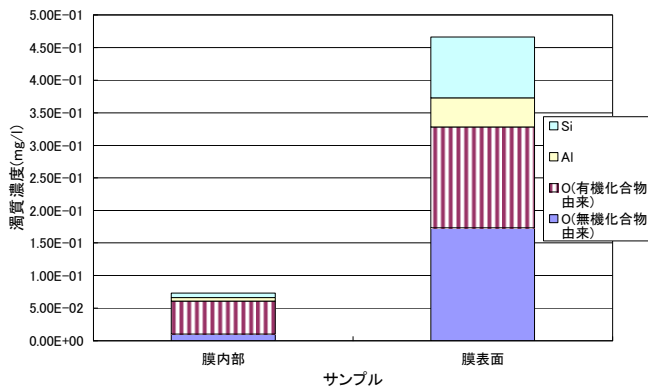


図1 膜内部・表面における成分濃度平均結果

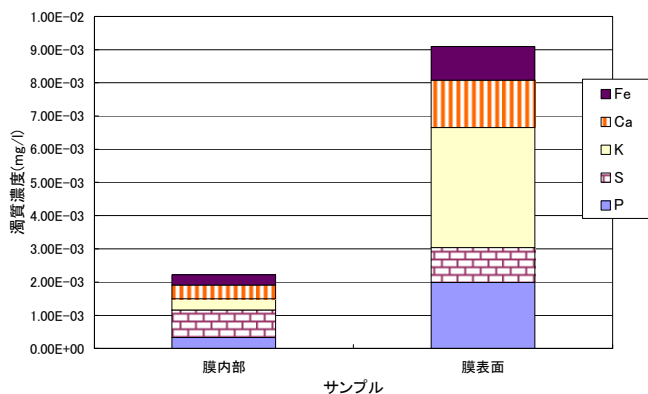


図2 膜内部・表面における成分濃度平均結果

図1, 図2は濃度が比較的高い3元素とそれ以外のものに分けたものである。図1, 図2より膜の表面ではAlとSiの濃度が高いことから、膜表面の目詰まりを引き起こしている原因にはこれらの元素が大きく関わっていることがわかる。また、膜の表面と内部でSの濃度に差がないことからSは膜内部へ侵入しており、不可逆的膜ファウリングを引き起こす原因の一つであると考えられる。そして、膜内部には有機化合物由来の酸素の割合が多いことから、不可逆的膜ファウリングを引き起こしている原因には有機化合物が大きく関係していると考えられる。

そこでファウリングの原因と考えられるSについて膜表面を拭き取ったる過抵抗との関係を図3に示す。

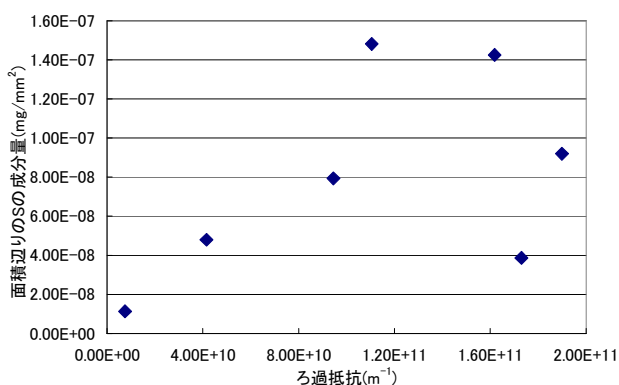


図3 面積辺りのSの成分量とろ過抵抗との関係

図3よりろ過抵抗の上昇に伴いSの面積辺りの成分量の増加がわかる。このことよりろ過抵抗の増加は膜目詰まりの指標とされているので、Sがファウリングの原因の一つであることが示唆された。

#### 4. 2. FT-IR 結果

今までに分析を行ったFT-IRの平均結果を拭き取りの有無によって分けたものを図4に示す。

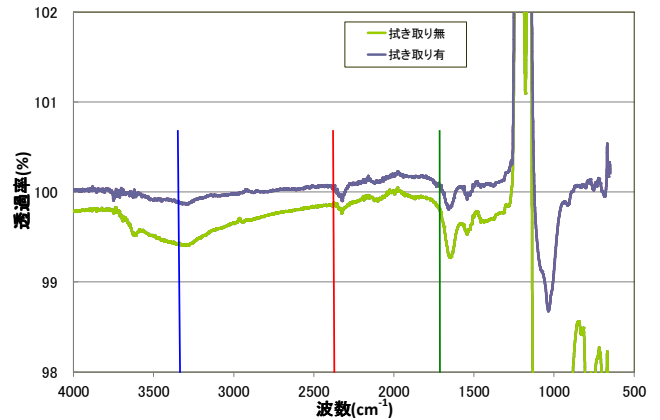


図4 膜の拭き取りの有無によるFT-IR平均結果

図4より3箇所においてピークが確認された。これらは波数1650[cm<sup>-1</sup>]はC=C、波数3400[cm<sup>-1</sup>]はN-Hの存在の示唆、また波数1650[cm<sup>-1</sup>]付近の2本のピークはアミド特有のものとされている。<sup>34)</sup>

#### 5. 考察

下水処理水が流入している多摩川の河川水においてXRFの結果より可逆的膜ファウリングの主な原因がSiとAlの無機化合物であり、不可逆的膜ファウリングの原因はSと有機物であることが示唆された。またFT-IRの結果よりアミドを骨格内に有する有機化合物が含まれていることが示唆された。

これらの結果より今後はファウリング物質に対して有効な前処理などの検討を行うと共に、他の河川でも同様の研究を行い基準化していく必要がある。

#### 参考文献

- 1) 安田正志, 長岡裕, 田中修三, 田中和博, 土佐光司 共著:水環境工学改訂2版 pp.108-112 オーム社 1999年
- 2) 膜分離技術振興協会:浄水膜(第2版) pp.28-29 技報堂出版 2003年
- 3) 新津隆士, 海野雅史, 鍵裕之共著:10年使える有機スペクトル解析 pp.102-104 三共出版 2005年
- 4) R.M.Silverstein F.X.Webster 著:有機化合物のスペクトルによる同定法 pp73-141 東京化学同人 1999年