

下水処理水中に含まれる有機物による MF 膜ファウリング

北海道大学大学院 学生員 ○山村 寛
正員 木村 克輝
フェロー 渡辺 義公

1. はじめに

膜ろ過を水処理に広く普及させるための課題として、膜ファウリングの制御があげられる。膜ファウリングの発生機構を理解し、発生を制御することは膜ろ過装置を効率的に運転し、膜寿命を延ばす上で重要な研究課題である。既往の研究で、膜ファウリングを引き起こす主な物質としてフミン質に代表されるような自然水中有機物 (NOM : Natural Organic Matter) 及び微生物代謝産物がその主たる構成成分であると考えられる EfOM (Effluent Organic Matter) が指摘されている。しかし、NOM 及び EfOM は様々な有機物の総称であり、NOM や EfOM のうちどのような成分が膜ファウリングを引き起こすのか、またその機構についても未だ十分な知見が得られていない。筆者らはこれまでに、市販フミン酸及び河川水、下水高度処理水より回収・精製した溶存有機物を用いた膜ろ過実験より、下水高度処理水に含まれる有機物は他の水に含まれる有機物と比較すると膜ファウリングを進行させやすいことを示した¹⁾。また、フラックス減少の比較及び有機物のキャラクタリゼーションに基づき、溶存有機物の特性と膜ファウリング進行との関係を検討した結果、下水高度処理水中に特に多く含まれる糖様の成分が膜ファウリングの進行に寄与することを推測した。

本報では下水高度処理水より回収・精製した有機物を用いて、同じ膜細孔径(0.1 μ m)を持つ 2 種類の MF 膜でろ過を行い、フラックス減少を比較することで膜の材質と膜ファウリング進行との関係を検討した。また、連続ろ過実験終了時に膜から抽出した有機物のキャラクタリゼーションを行うことにより、膜ファウリングを進行させる原因物質について検討した。

2. 実験概要

2.1 実験装置

膜細孔径 0.1 μ m である PolyVinylideneFluoride(PVDF)製と PolyEthylene(PE)製の 2 種類の中空糸膜を使用し、膜面積 40 cm² のミニモジュールを製作した。このミニモジュールを水槽に浸漬し、3 m の水位差による定圧ろ過を行った。

2.2 使用有機物

2004 年 1 月に下水高度処理水を約 800L 採取した。粒径 0.5 μ m 以上の懸濁粒子除去及び陽イオン交換を行った後、逆浸透膜装置を用いた濃縮、電気透析法による脱塩を行い、最後に凍結乾燥させて粉末状にしたものをろ過実験に供した。

2.3 ろ過実験手順

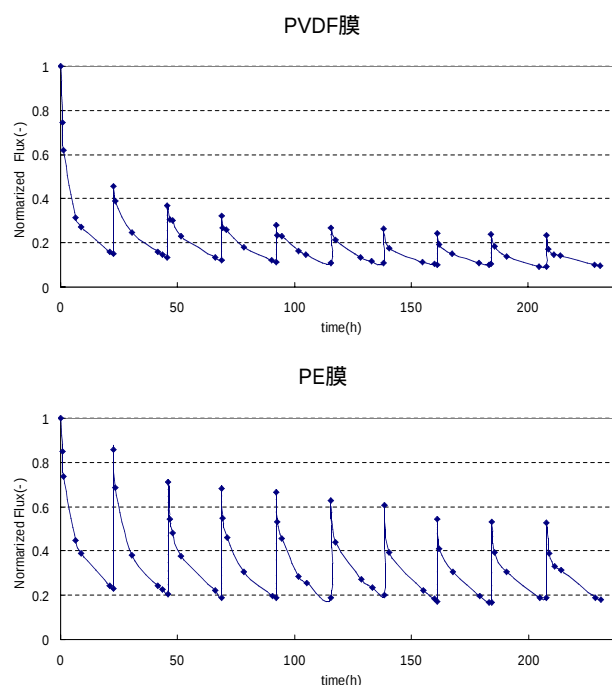
粉末状の有機物を 3mg-C/L に調整後、pH 緩衝剤として Na₂CO₃ を 1mM 加えた水を原水として用いた(pH7)。23 時間ろ過を継続した後、スポンジによるケーキ層の除去、3 分間の逆圧洗浄(50kPa)を行った。この操作を繰り返し、フラックス変化と、透過水、逆洗浄水の DOC、UV の変化を計測した。10 サイクルのろ過終了後、膜を pH10 と pH12 の NaOH に 24 時間浸漬し、膜に吸着した有機物を抽出した。

2.4 有機物キャラクタリゼーション

使用した有機物、及び抽出した有機物の特性を把握するために、DOC、UV、全糖、全タンパク、3 次元励起・蛍光スペクトル(EEM)、分子量分布、単糖構成の測定を行った。

3. 実験結果および考察

上述の方法によって調整した原水を PVDF 膜、PE 膜を用い 図-1(上)PVDF膜のフラックス経時変化 (下)PE膜のフラックス経時変化でろ過した際のフラックス経日変化を図-1に示す。



キーワード: NOM、中空糸膜、膜ファウリング、糖

連絡先: 〒 060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 011-706-6266/FAX011-706-7890

図-1より、PVDF 膜は PE 膜と比較すると、ろ過開始直後に急速にフラックスが減少したことが読み取れる。一般的に膜ファウリングは物理洗浄で除去可能な可逆的膜ファウリングと化学洗浄によって解消される不可逆的膜ファウリングに分類される。図-1より、物理洗浄後においても PVDF 膜を用いた実験系列ではフラックスが 2 割程度しか回復しなかったことから、この実験系列では不可逆的膜ファウリングが急速に進行していたことがわかる。これに対して、PE 膜を用いた実験では PVDF 膜を用いた実験に比べると可逆的膜ファウリング、不可逆的膜ファウリングともに穏やかに進行していたことがわかる。これらのことから、膜細孔径が同様であっても、膜の材質によりファウリングの進行に差が生じることが分かる。

原水及び膜抽出水の SUVA 値を図-2に示す。図-2を見ると、膜抽出水の SUVA 値は原水の SUVA 値に比較して PVDF 膜、PE 膜共にかなり低い値を示していることがわかる。したがって、原水中に含まれる有機物の中でも特に SUVA 値が低い糖やタンパク質の様な物質が膜を閉塞させていたと考えられる。

図-3に膜抽出水的全糖量、図-4に膜抽出水的全タンパク量をそれぞれ示す。図-3を見ると PVDF 膜抽出水に比べ、PE 膜抽出水には糖の存在量が著しく少なかったことがわかる。一方図-4を見ると、タンパク質は PVDF 膜抽出水だけでなく PE 膜抽出水にも存在していることから、SUVA 値に大きな違いはなくても、膜の材質によって不可逆的膜ファウリングの原因となる有機物の構成は異なることがわかる。

PVDF 膜から抽出した糖の単糖構成、及びろ過原水の単糖構成の測定結果を図-5、図-6にそれぞれ示す。図-5と図-6を比較すると、各単糖の存在割合に顕著な差は認められなかった。このことは、原水中のあるタイプの糖が膜に特異的に結合していたのではなかったことを示唆するものである。

4. まとめ

本研究では、下水高度処理水から回収・精製した有機物を用いたろ過実験を通して、膜の材質とフラックス減少との関係性を考察した。また、ろ過終了後の膜から抽出した有機物の特性から、膜ファウリングを進行させる原因となる物質について検討した。本実験の結果、膜の材質の違いによりフラックス減少に明確に違いが生じ、PVDF 膜の方が PE 膜よりも不可逆的膜ファウリングが急速に進行することが示された。また、PVDF 膜及び PE 膜抽出水の有機物は同様の SUVA 値を示したが、PVDF 膜抽出水からは非常に多量の糖が検出された一方で、PVDF 膜及び PE 膜抽出水の相方からはタンパク質が検出されたことから、膜の材質に応じて不可逆的膜ファウリングに寄与する物質は異なることが示された。

参考文献

1)山村・木村・渡辺(2004): 溶存有機物質が膜ファウリングの進行に及ぼす影響、第 38 回日本水環境学会年会講演集、p318

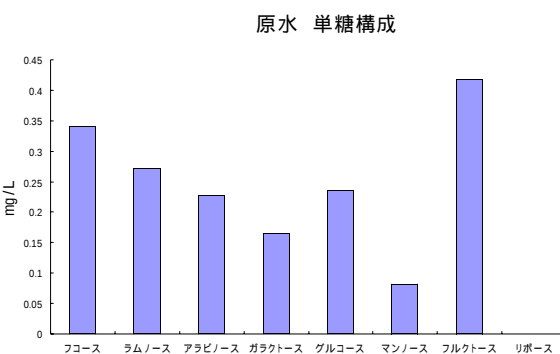
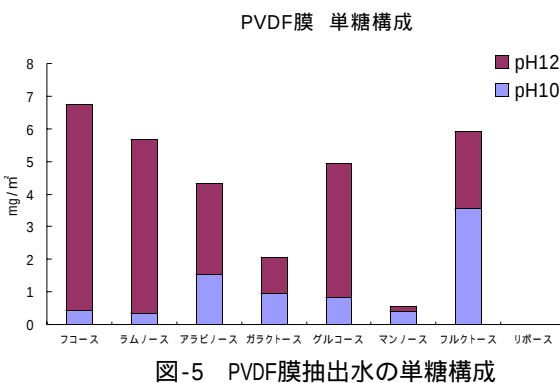
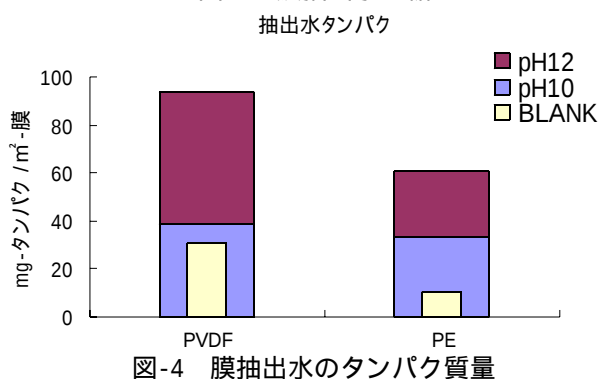
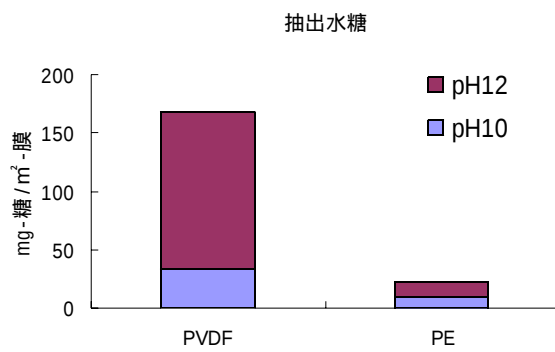
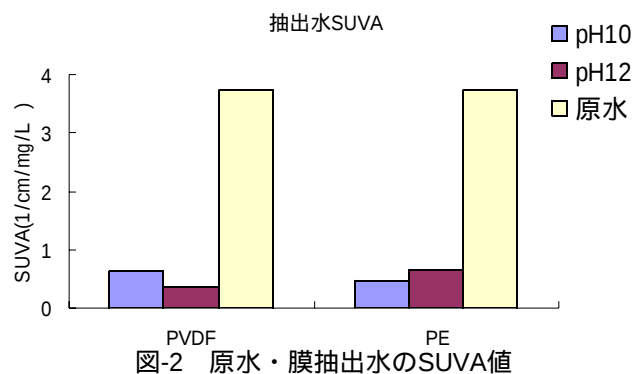


図-6 原水の単糖構成