

北海道大学工学研究科
北海道大学工学研究科 フェロー
伸鋼パンテック
東レ

張 洛陽
○渡辺 義公
卞 如林
峯岸 進一

1. はじめに

様々な大きさを持つフミン質などの有機成分や無機成分などが河川水中に混在している。その中、膜細孔径以上の大きさを持つ高分子・フミン質が膜ファウリングの主な原因物質であることが既往の研究^{1),2)}により明らかとなっている。また、ケーキ層が膜ろ過抵抗を支配していることも指摘された³⁾。膜で阻止された酸化鉄などの懸濁成分も膜表面でケーキ層を形成し、高分子フミン質と共に膜ファウリングを引き起こすと考えられる。実運転では、ある時間間隔で物理洗浄あるいは薬品洗浄を行い、膜透過水流束の回復を図っているが、物理洗浄の効果や洗浄機構に関してはまだ明確にされていない。

本研究では、異なる物理洗浄条件を設定し、同時並列の連続膜ろ過実験を行い、膜ろ過抵抗の上昇、洗浄排水中の有機成分及び無機成分の濃度を指標として、物理洗浄の効果及び洗浄機構を検討した。

2. 実験方法

北大型 4 系列連続膜ろ過実験装置を上江別浄水場内に設置し（図-1）、高濁度、高色度の千歳川表流水を実験原水とした。実験では、公称孔径 $0.01 \mu\text{m}$ のポリアクリロニトリル（PAN）製外圧式中空糸 UF 膜を使用した。ろ過方式は定流量全量ろ過で、膜透過水流束を $1.2\text{m}^3/\text{日}$ に設定した。1 時間ろ過ごとに、洗浄条件の異なる物理洗浄を行った。No. 1 では、60s 間の逆洗のみであった。No. 2 では、60s 間の逆洗と逆洗開始 20s から 60s 間のエアスクラビングを行った。No. 3 では、60s 間の逆洗と逆洗開始 20s から 120s 間のエアスクラビングを行った。逆洗は 200kPa まで加圧された膜透過水を用いて行った。エアスクラビングでは、エアの線速度を 15cm/s に設定した。表-1 の間隔で逆洗排水を採取し、有機成分の指標とする E_{260} 、DOC、また、無機成分の指標とする濁度、総鉄濃度などを測定した。

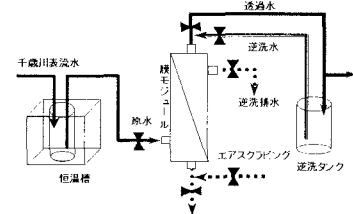


図-1 膜装置の一系列分の概略図

表-1 物理洗浄における逆洗排水採取間隔（秒，s）

	排水区間 1	排水区間 2	排水区間 3	排水区間 4	排水区間 5
No. 1	1~15s	16~30s	31~45s	46~60s	—
No. 2	1~20s	21~30s	31~45s	46~65s	66~80s
No. 3	1~20s	21~30s	31~45s	46~65s	66~140s

3. 実験結果及び考察

3.1 ろ過抵抗の推移

各系列のろ過抵抗の推移を図-2 に示す。これによると、逆洗のみの No. 1 のろ過抵抗が急激に上昇したが、エアスクラビングが加わっている No. 2 と No. 3 のろ過抵抗は、170 時間までは緩やかに上昇し、エアスクラビング時間の長さによる差はほとんど認められなかった。ろ過開始から 200 時間と 400 時間付近では、流入原水の一時的な水質悪化により、No. 2 のろ過抵抗が急激に上昇したが、No. 3 のろ過抵抗の推移は水質悪化の影響をほとんど受けなかった。膜表面に付着した高分子フミン質や鉄などの懸濁成分が逆洗のみでは十分に剥離できず、膜面に不可逆ケーキ層が蓄積されたため、No. 1 のろ過抵抗上昇速度が非常に速かった。これに対し、エアスクラビングを行うことにより不可逆ケーキ層の蓄積が少なかったため、No. 2 と No. 3 のろ過抵抗の上昇は比較的に緩やかとなった。また、エアスクラビングの時間が長くなるほどケーキ層の剥離が良好に起こるため、No. 3 のろ過抵抗上昇は最も緩やかであった。

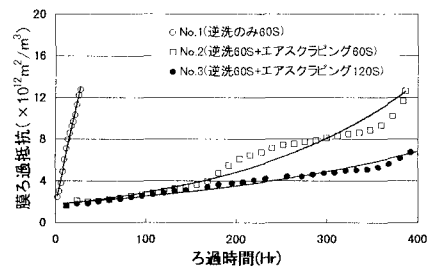


図-2 各系列の膜ろ過抵抗の推移

キーワード：フミン質、ファウリング、ケーキ層

連絡先：〒001-8682 北海道大学工学研究科 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 Tel(011)706-6266 Fax(011)706-7890

3.2 物理洗浄効果に関する考察

各ろ過段階の物理洗浄区間における排水の DOC/E_{260} 推移を図-3 に示す。これによると、逆洗のみの洗浄排水の DOC/E_{260} は洗浄用の膜ろ過水の DOC/E_{260} とほとんど変わらず、約 50 であった。エアスクラビングを加えた物理洗浄排水の DOC/E_{260} については、逆洗段階では 50 程度であったが、エアスクラビングを行うことにより 20 程度まで減少した。 DOC/E_{260} が小さいほど、高分子フミン質が多く含まれていることから、エアスクラビングにより膜面に付着した高分子フミン質が良好に剥離できたことがわかった。その結果として、前述のように、ろ過抵抗の上昇は逆洗のみの場合に比べて緩やかとなったことが考えられる。

各ろ過段階の物理洗浄区間における排水の濁度と総鉄の推移をそれぞれ図-4、5 に示す。これらの図によると、逆洗のみの洗浄排水中の濁度と総鉄濃度が洗浄時間の経過に伴い減少したが、エアスクラビングを加えた物理洗浄排水中の濁度と総鉄濃度が洗浄時間の経過に伴い上昇した。これらの結果から、逆洗のみでは、膜面に付着した鉄などの懸濁成分は十分に剥離できなかったが、エアスクラビングによりその剥離が良好に行われたことが分かる。

図-3 と図-5 に示したように、エアスクラビングを加えた場合においても、洗浄終了時の排水における DOC/E_{260} の上昇と総鉄濃度の減少が完了せず、膜面に付着した高分子フミン質や鉄などの懸濁成分が完全に剥離しなかった。今後、洗浄時間を長く設定する実験を行う予定である。

4. おわりに

エアスクラビングを加えることにより、ろ過抵抗の上昇は逆洗のみの場合より著しく緩やかとなった。エアスクラビングにより、膜面に付着した高分子フミン質や鉄などの懸濁成分が剥離しやすくなることが確認された。

参考文献

1. 卞 如林、渡辺 義公；UF 膜処理に伴う膜ファウリング（第1報）水道協会雑誌 第760号 pp16～24(1998)
2. 卞 如林、渡辺 義公；UF 膜処理に伴う膜ファウリング（第2報）水道協会雑誌 第762号 pp11～19(1998)
3. 卞 如林、渡辺義公、張 洛堉、丹保憲仁；河川水のUF膜ろ過のファウリング発現機構、水道協会雑誌、投稿中

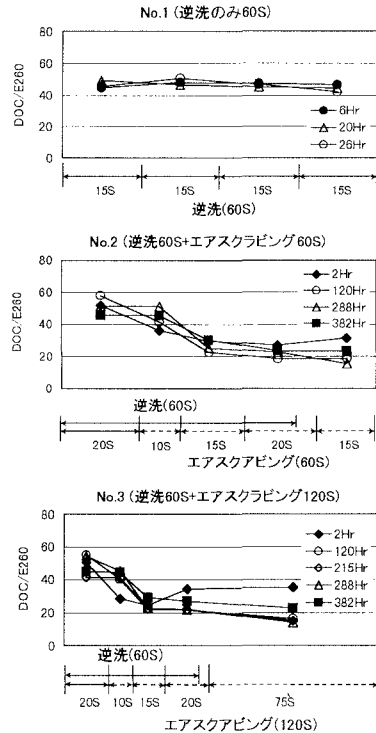


図-3 逆洗排水中の DOC/E_{260} 推移

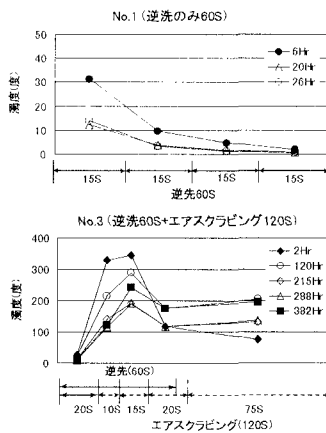


図-4 逆洗排水中の濁度推移

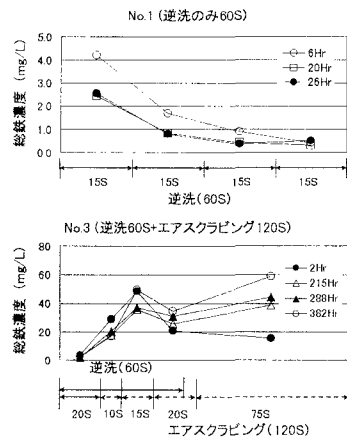


図-5 逆洗排水中の総鉄推移