

膜ろ過抵抗を抑制させるための凝集処理条件に関する検討

岐阜大学大学院工学研究科

岐阜大学工学部

岐阜大学工学部

安藤 由華

黒木 誠

正会員 李 富生, 吉村 千洋

1. はじめに

全国の水道施設において、膜ろ過施設は 1993 年度から導入が始まり、順調に普及してきている。ところが、膜ろ過の前処理として行う凝集処理は、従来の凝集沈殿処理条件に基づいて運転されており、その条件が膜ろ過に適しているか否かは議論されていない。そこで本研究では、膜ろ過の高効率化を図るため、安全な水質を確保しつつ、膜ろ過抵抗を抑制することのできる凝集処理条件を検討することを目的とした。

2. 実験方法

実験装置を図 1 に示した。本実験では、凝集処理工程における pH, PAC 添加濃度をそれぞれ変化させ、凝集+膜ろ過を行った。試料水(木曾川河水)と凝集剤溶液(PAC: $[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]_m$)をそれぞれ流速 120mL/min と 2.1mL/min にてインラインミキサーにポンプで送り、急速混合(G 値 $2400s^{-1} \times 0.49s$)を行った。得られた凝集処理水を孔径 0.1 μ m セラミック膜でろ過し、膜ろ過抵抗として膜差圧(ΔP)を測定した。なお、膜ろ過時間は 3 時間を 1 回とし、膜ろ過終了時に逆流洗浄(0.5MPa \times 10s)を行った。この工程を 2 回繰り返し、計 6 時間の膜ろ過抵抗を評価した。また、原水、凝集処理水、膜ろ過水の水質(濁度、DOC、UV260、色度、Al 濃度)を測定した。加えて、凝集による膜ろ過抵抗の抑制効果を評価するため、原水及び凝集処理水のゼータ電位、分子量分布、微粒子数分布を測定した。

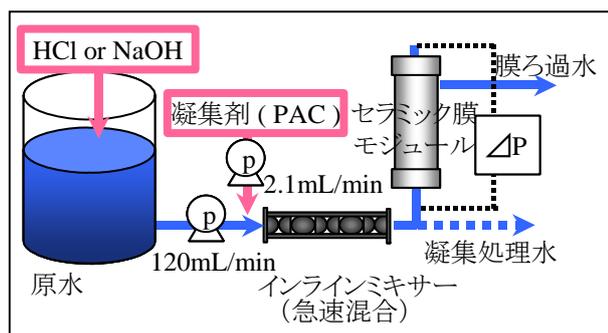


図1 実験装置

3. 結果と考察

3.1 pH, PAC 添加濃度による膜ろ過水質への影響

凝集処理を行わず、膜ろ過における DOC, UV260, 色度の除去率と膜流入水 pH の関係を図 2 に示した。凝集処理が行われなかったため、DOC, UV260, 色度で示される溶存態有機物の除去率はいずれも低く、1 割から 2 割程度であった。これは溶存態有機物が、膜に捕捉された微粒子に阻止され通過で

きなかった、もしくは膜の細孔内に捕捉されたためであると推測された。

凝集処理工程での pH が 6.75 付近となるような条件下にて、凝集+膜ろ過における DOC, UV260, 色度の除去率と PAC 添加濃度の関係を図 3 に示した。PAC 添加濃度 10mg/L までは、PAC 添加濃度増加に伴い DOC, UV260, 色度いずれも除去率が高くなった。しかし、PAC 添加濃度 10mg/L を超えると除去率の上昇は緩やかとなった。

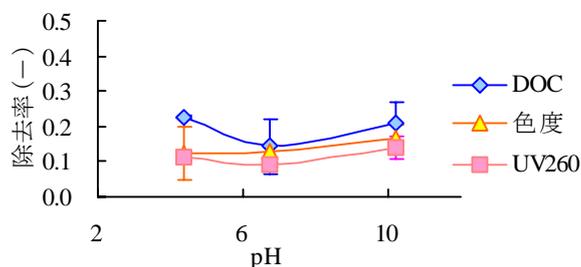


図2 膜流入水 pH と膜ろ過における DOC, UV260, 色度の除去率との関係(凝集処理なし)

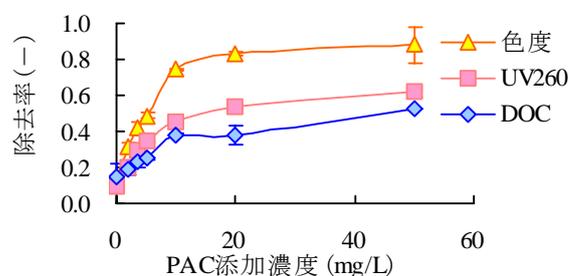


図3 PAC 添加濃度と凝集(pH6.75 付近)+膜ろ過における DOC, UV260, 色度の除去率との関係

3.2 pH による膜ろ過抵抗への影響

凝集処理を行わず、膜流入水 pH を変化させた場合における、膜差圧(25 $^{\circ}$ C補正)を図 4 に示した。いずれの pH も膜ろ過時間経過に伴って膜差圧は上昇したが、pH10.20 の場合は pH4.36 と pH6.76 に比べて膜差圧上昇が抑制されていた。

このときの膜流入水の微粒子数(粒径 0.5~30 μ m)を粒径別に図 5 に示した。なお、図 5 の横軸は膜ろ過時間 6h のときの膜差圧が低い順に左から示してある。どの pH においても、微粒子数に大きな差異はなく、微粒子数分布(0.5~30 μ m)が膜ろ過抵抗に寄与しているとは考えられなかった。得られた実験データの中で、pH10.20 が他の pH と大きく異なっていた点は、表 1 に示すように膜流入水の色度の値であった。河川中の色

度成分には、アルカリ溶液に可溶であるフミン酸が含まれている(Jette et al., 1998). したがって、アルカリ領域である pH10.20 では、低pHで析出されるフミン分子が色度を示す溶存態となり、膜を通過し、膜に捕捉されなかったため、膜差圧の上昇が抑制されたのではないかと推測された。また、図 6 に膜ろ過水の分子量分布を示した。pH10.20の検出最大値は原水の1.6倍以上あり、この結果からも膜を通過したフミン質の存在を確認することができた。

表 1 膜流入水の水質(凝集処理なし)

	DOC (mg/L)	UV260 (cm ⁻¹)	色度 (度)	濁度 (mg/L)
pH4.36	1.09	0.02	1.13	13.45
pH6.76	1.35	0.02	1.30	11.00
pH10.20	1.17	0.03	2.64	13.97

3.3 PAC 添加濃度による膜ろ過抵抗への影響

凝集処理工程での pH が 6.75 付近となるような条件下にて、PAC 添加濃度を变化させた場合における膜差圧(25°C補正)を図7に示した。PAC 添加濃度 5, 10, 20mg/L では膜差圧が最も抑制され、2, 3.5, 50mg/L では凝集剤を添加しなかった場合よりも膜差圧が上昇した。このときの凝集処理水の微粒子数(粒径 0.5~30μm)を粒径別に図 8 に示した。なお図 8 も同様に、横軸は膜ろ過時間 6h のときの膜差圧が低い順に左から示してある。どの PAC 添加濃度においても、急速混合時間が 0.49s と短時間であるため、微粒子数に差異が生じず、この結果からも微粒子数分布(0.5~30μm)が膜ろ過抵抗に寄与しているとは考えられなかった。したがって、膜ろ過抵抗を生じさせる因子は、粒子の性質に影響を及ぼす PAC にあるのではないかと考えた。つまり、PAC 添加濃度 2, 3.5mg/L では PAC 添加濃度が低いため、フロックになりきれなかった微粒子とフロックが混在し、50mg/L では凝集剤添加量が過剰なため、微粒子と凝集されなかった PAC そのものが発現し、膜ろ過抵抗を及ぼしたのではないかと推測した。

4. おわりに

pH, PAC 添加濃度をそれぞれ変化させ、凝集+膜ろ過を行った結果、急速混合後 pH6.75 付近、PAC 添加濃度 10~20mg/L、急速混合 G 値 2400s⁻¹ × 0.49s の条件下において、膜差圧が抑制され、水質の除去率が高かった。また、フミン質は膜ろ過抵抗に影響を及ぼす因子の一つであると推測された。

参考文献

Jette B. Christensen, Dorthe L. Jensen, Christian Gron, Zdenek Filip and Thomas H. Christensen(1998) Characterization of the dissolved organic carbon in landfill leachate-polluted groundwater. Wat. Res.32, 125-134

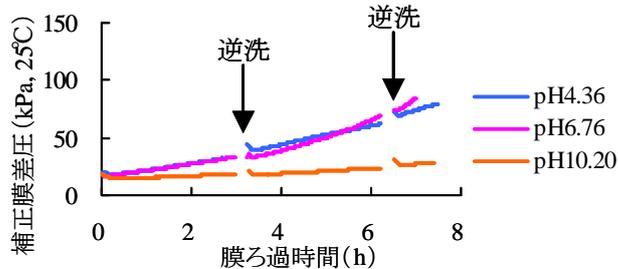


図 4 膜差圧と流入水 pH の関係(凝集処理なし)

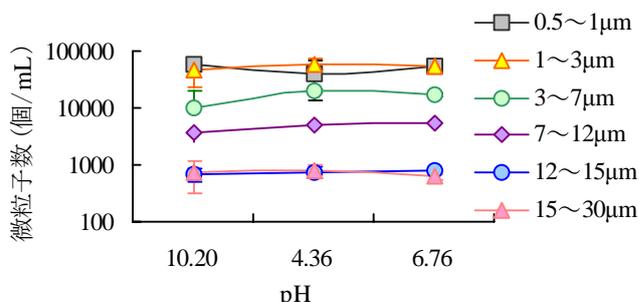


図 5 流入水 pH と膜に捕捉された微粒子との関係(凝集処理なし)

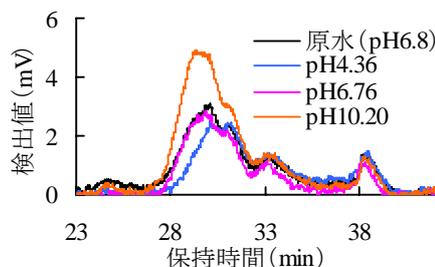


図 6 流入水 pH と膜ろ過水中における有機物の分子量分布の関係(凝集処理なし)

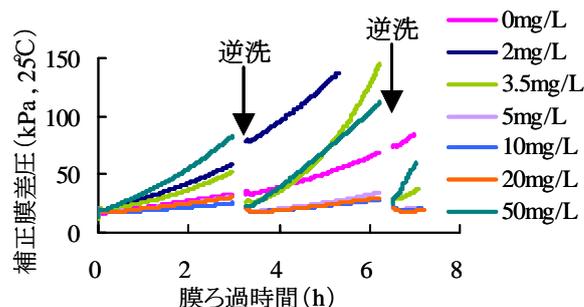


図 7 凝集(pH6.75 付近)+膜ろ過における PAC 添加濃度が膜差圧に与える影響

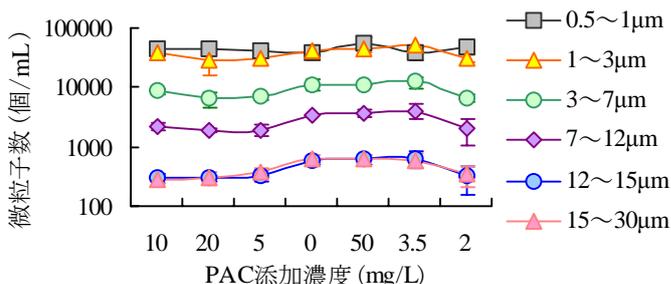


図 8 凝集(pH6.75 付近)+膜ろ過における PAC 添加濃度と膜に捕捉された微粒子との関係