

前凝集条件が膜ファウリングに及ぼす影響—バイオポリマーとナノ粒子の挙動—

北海道大学大学院 工学院 学生会員 ○安藤菜子
北海道大学大学院 工学研究院 正会員 木村克輝

1. 目的

凝集を前処理に組み込んだ MF 膜処理の浄水処理への適用が進んでいるが、膜ファウリングの発生が問題である。MF 膜処理における膜ファウリングを抑制できる凝集処理条件は確立されておらず、着目すべき水質指標も明らかになっていない。近年の研究では、多糖類に代表されるバイオポリマーおよび MF 膜細孔と同程度の寸法を持つナノ粒子の膜ファウリングへの関与が指摘されている。¹⁾本研究では、凝集処理におけるバイオポリマーとナノ粒子の挙動を調べ、pH や凝集剤注入率などの凝集条件の違いが膜ファウリングに及ぼす影響について検討した。

2. 研究方法

豊平川と千歳川の実河川水を用いてジャーテストを行った。pH の影響を調べるために、pH を 5.5~8 の 6 段階に調整し、PAC 注入率を 20 mg/L に設定して実験を行った。また、凝集剤注入率による影響を調べるために、PAC 注入率を 20~80 mg/L の 7 段階に変化させるジャーテスト(pH7)も行った。10 分間の急速攪拌を行い (G 値=100)、バイオポリマー濃度、DOC 濃度、UV 吸光度(254nm)、ナノ粒子粒径分布の 4 項目を測定した。バイオポリマー濃度は LC-OCD 分析において紫外外部吸光を示さない高分子量ピークより定量し、ナノ粒子粒径分布は画像解析により算出した各粒子のブラウン運動速度より決定した。一連のジャーテストの結果からそれぞれの河川水について膜ファウリングの程度が最も高くなる条件と低くなる条件を予想し、ベンチスケールの MF 膜ろ過実験により検証した。用いた膜は公称孔径 0.1 μm の PVDF 製中空糸 MF 膜で、透過水フラックスは 1.5 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$ に設定し、30 分に 1 度 30 秒間の逆流洗浄を行い、膜間差圧(TMP)の経時変化を測定した。

3. 実験結果

図-1 に凝集 pH を変えて豊平川水を凝集処理した際の DOC、UV 吸光度、バイオポリマーの除去率を示す。DOC と吸光度の除去率は酸性域で高く、アルカリ域で低くなった。バイオポリマーの除去率については、pH の値によらず、ほぼ同様の除去率となった。

図-2 に豊平川水を凝集処理した後に測定したナノ粒子の粒径分布を示す。MF 膜細孔に近い 0.1 μm 付近に最も大きいピークが認められる。豊平川水の凝集処理では、pH の上昇に伴い 0.1 μm 付近の粒径を持つ粒子数が増加した。pH7 で粒子数は最大となり、pH7.5、8 では減少に転じた。

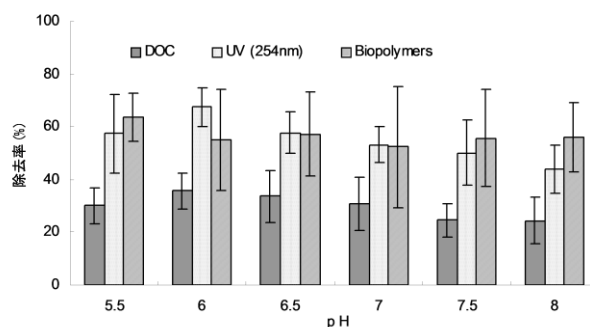


図-1 ジャーテスト結果(豊平川)

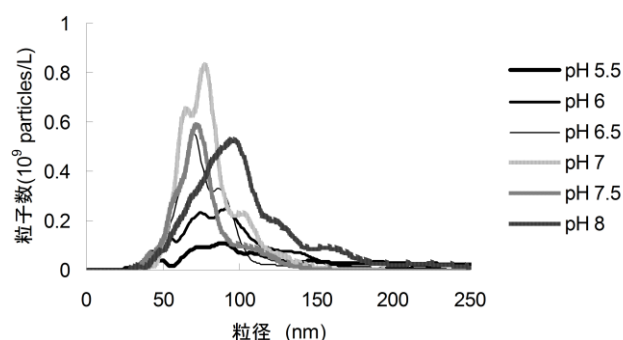


図-2 ナノ粒子粒径分布(豊平川)

キーワード 凝集処理 膜ファウリング バイオポリマー ナノ粒子 MF 膜

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目 サニテーション工学研究室 電話 011-706-6271

図-3 に凝集 pH を変えて千歳川水を凝集処理した際の DOC、UV 吸光度、バイオポリマーの除去率を示す。DOC と UV 吸光度の除去率は酸性域で高くなり、中性、アルカリ域では DOC の除去率が極めて低くなった。千歳川水の場合は、バイオポリマーの除去率が DOC や UV 吸光度と連動して酸性域で高くなり、pH 6 で最も除去された。

図-4 に pH を変えて千歳川水を凝集処理した際のナノ粒子の粒径分布を示す。豊平川水の場合と同様に、MF 膜細孔に近い $0.1\ \mu\text{m}$ 付近にピークが認められる。千歳川水の凝集処理においても pH の上昇に伴って粒子数が増加したが、アルカリ域における粒子数の減少は観察されず、pH の上昇に伴って粒子数は単調に増加した。特に pH8 で凝集処理を行った場合に粒子数が多くなった。DOC や UV 吸光度に比べ、ナノ粒子の粒径分布では凝集条件の変化に伴う水質の違いが明確に現れることが示唆された。

凝集剤注入率を変化させた場合にも、ナノ粒子粒径分布の変化は明確に現れた。豊平川水をさまざまな PAC 注入率により凝集処理した後に測定したナノ粒子の粒径分布を図-5 に示す。凝集剤注入率の上昇に伴い、 $0.1\ \mu\text{m}$ 付近の粒径を持つ粒子数が減少した。しかし注入率 $50\ \text{mg/L}$ で $0.1\ \mu\text{m}$ 付近の粒径を持つ粒子数の減少は止まり、 $60\ \text{mg/L}$ 以上注入すると $0.1\ \mu\text{m}$ 付近の粒子数は増加に転じた。DOC や UV 吸光度では注入率を $50\ \text{mg/L}$ 以上に設定した場合にはほとんど違いが見られなかった。

バイオポリマー濃度の増減とナノ粒子粒径分布から、pH を変動させた場合に膜ファウリングが最も促進される条件と抑制される条件は豊平川の場合 pH7 と pH5.5、千歳川では pH8 と pH6 であると推測した。二つの前処理凝集条件で平行して行ったベンチスケール膜ろ過実験では、予想通りファウリングの発生速度に顕著な差が生じた。

4. 結論

本研究では、凝集処理におけるバイオポリマーとナノ粒子の挙動に着目し、前凝集条件が膜ファウリングに及ぼす影響について検討した。DOC や UV 吸光度による評価では差が認められなくても、バイオポリマーの除去率やナノ粒子粒径分布は明らかに違

っている場合がある。バイオポリマーの除去率が低く、 $0.1\ \mu\text{m}$ 付近の粒径を持つナノ粒子が多い条件で膜ファウリングが促進されることをベンチスケール膜ろ過実験により確認した。

参考文献

- 1) Tanaka, K. et al. : Assessment of membrane fouling potential of surface water using advanced organic characterization techniques, *Proceedings in The 9th International Symposium on Water Supply Technology*

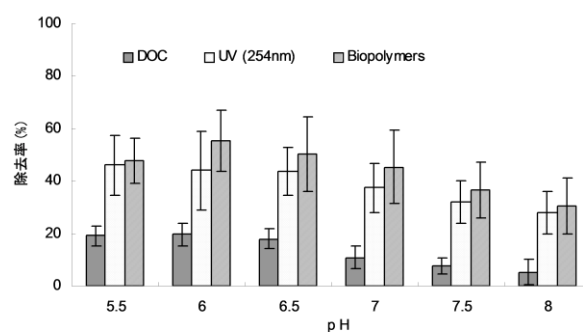


図-3 ジャーテスト結果(千歳川)

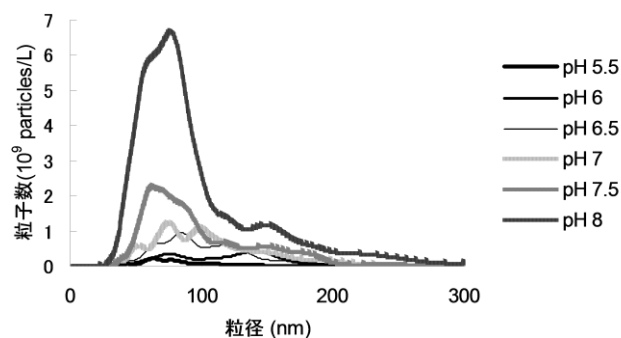


図-4 ナノ粒子粒径分布(千歳川)

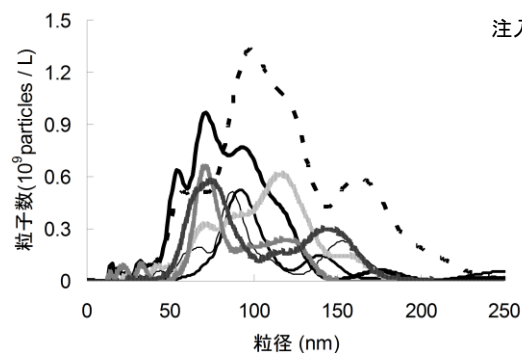


図-5 ナノ粒子粒径分布(豊平川)