

生物処理と NF 膜処理を組み合わせた都市下水高度処理システム

北海道大学大学院工学研究科 松宮 知 北海道大学大学院工学研究科 学生員 佐藤 いづみ
神鋼パンテック(株) 正会員 卞 如林 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 渡辺 義公

1.はじめに

近年の水環境の悪化や、都市部における渇水問題などに対応するため、都市下水処理の高効率化を図り、再利用システムを構築することが重要である。佐藤らは¹⁾、下水中の有機成分のうち、懸濁態の 80%が凝集・沈殿処理により除去され、溶存態の大部分は分画分子量 2kDa 以下に分布していることを明らかにした。また、膜振動により、膜面に高いせん断速度を与えることで、有機成分の除去性が高くなることも確認されている。そのため、下水を凝集・沈殿処理した後、2kDa 以下の分画分子量の小さい膜を用い、膜振動を利用した処理法が有効であると考えられる。本文では、噴流攪拌固液分離装置（以下 JMS と称す）によって凝集・沈殿処理をした都市下水を、振動型膜分離装置（以下 VSEP と称す）による NF 膜ろ過プロセス、及び生物処理と NF 膜ろ過を組み合わせたシステムで下水処理実験を行い、有機成分とアンモニア性窒素の処理性を検討した結果について報告する。

2.実験概要

VSEP は、振動発生部、振動伝送部、膜を装着するフィルターパック、及び振動数を調整する制御部の 4 つの部分から構成されている。その詳細については、別報²⁾を参照されたい。フィルターパックが、約 60Hz の振動数で水平円周方向に振動し、振幅が最大の 1inch で、膜面に約 120000s^{-1} の高いせん断速度（クロスフロー時の約 60 倍）を与えることができる。なお、本実験では、有効膜表面積 0.045m^2 の平膜を装着する L 型 VSEP を使用した。JMS による最初沈殿池流出水の凝集・沈殿処理水を原水とし、VSEP の振幅を 1inch に設定して定圧運転を行い、排水や物理洗浄は行わなかった。

図-1 に実験装置の概要を示す。実験装置を、S 市 S 下水処理場内に設置し、以下の 2 系列の実験を行った。

(1)VSEP による膜ろ過実験 (RUN)： 2 種類の NF 膜を用いて、約 1 週間の連続膜ろ過実験を行った。

(2)生物処理を組み合わせた膜ろ過実験 (RUN)：生物膜を、ポリエチレン製の円筒形の担体内部に付着させ、その担体を循環水槽内に約 50%充填して膜供給水の生物処理を行い、約 2 週間の連続実験を行った。

使用膜の仕様、及び実験条件については、表-1 に示す。

3.結果と考察

原水（凝集・沈殿後水）の水質は、濁度は 5～10 度で安定していたが、溶解性成分の DOC、及び $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度は、10～30mg/L の間で変動した。

RUN における原水、膜透過水、循環水の DOC 濃度経時変化を図-2 に示す。LF-10 膜透過水の DOC 濃度は、原水の水質にほとんど影響されず、約 1.25mg/L と低濃度を保った。除去された DOC は、循環水中に濃縮され、120mg/L の高濃度となった。一方、NTR-7450 膜透過水は、原水の水質に影響されて、4～16mg/L と大きく変動した。

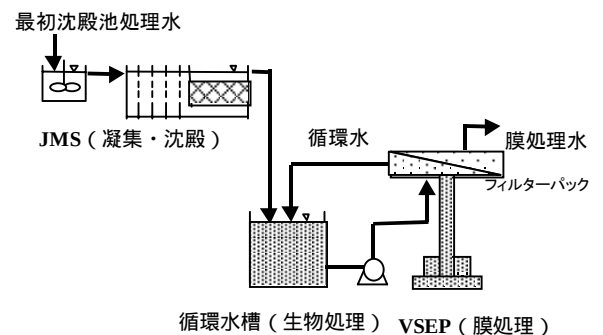


図-1 実験装置概要

表-1 使用膜の仕様及び実験条件

	使用膜と膜性能	操作圧力
RUN	NTR-7450：脱塩率 50% 見かけ分画分子量 1 kDa	850kPa
	LF-10：脱塩率 99%	1500kPa
RUN	NTR-7450：脱塩率 50% 見かけ分画分子量 1 kDa	850kPa

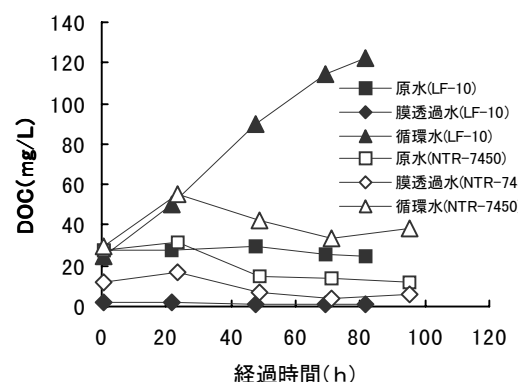


図-2 凝集沈殿後の下水 NF 膜処理における DOC 濃度の推移

RUN における原水、膜透過水、循環水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度経時変化を図-3 に示す。LF-10 膜透過水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度は、初期の 0.5 mg/L から、処理時間の経過に従い、約 80 時間後には 5.5 mg/L となった。除去された $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は、循環水中に濃縮され 95mg/L となった。一方、NTR-7450 膜処理では、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ はほとんど処理できず、透過水濃度は原水と同程度の 10 ~ 15mg/L であった。

RUN における膜透過水流束の推移を図-4 に示す。LF-10 の透過水流束は、0.7 m/day から緩やかに低下し、0.5m/day で安定した。一方、NTR-7450 では、運転初期に、透過水流束が 1.4m/day から急激に低下し、その後は 0.7m/day 付近で安定した。初期の急激な透過水流束の低下は、膜細孔内への溶解性成分の吸着によるものと考えられるが、その原因の解明については、今後の課題とする。

脱塩率の高い LF-10 の場合では、高度な処理水を得ることができたが、高い操作圧力が要求される。そこで、操作圧力が比較的低い NTR-7450 膜処理に、生物処理を加えた高度処理システムについて検討を行った。

RUN における原水、膜透過水、循環水の DOC 濃度の経時変化を図-5 に示す。生物分解性有機成分は酸化され、難分解性成分が膜ろ過によりほとんど除去されたため、処理水の DOC 濃度は、LF-10 膜処理の場合と、ほぼ同程度の約 1.5mg/L と低く安定した。難分解性成分は、循環水中に濃縮され、循環水の DOC 濃度は徐々に上昇した。

RUN における原水、膜透過水、循環水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度の経時変化を図-6 に示す。循環水槽内で硝化反応がおこり、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ から $\text{NO}_3^-\text{-N}$ まで酸化された。膜透過水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の濃度が、膜供給水（循環水）よりも低くなり、窒素成分が膜ろ過により、若干除去されたことがわかる。膜透過水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度は、実験開始後から徐々に低下し、約 250 時間経過後には、2.3mg/L となったが、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度は、17mg/L と高くなった。

NTR-7450 膜処理のみでは、DOC の除去率は 50%、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ はほとんど除去できなかったが、生物処理を加えることによって、DOC と $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の除去率は、それぞれ 90%、70%まで向上した。しかし、循環水中の濃縮された難分解性有機成分と、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ から酸化された $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の処理については、今後の課題とする。

4.まとめ

(1) 脱塩率 99%の NF 膜処理で、高度な処理水質を得ることができた。(2) 脱塩率 50%の NF 膜処理に生物処理を組み合わせることで、DOC の処理水質は、脱塩率 99%の膜処理とほぼ同程度となった。また、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は酸化されたが、脱窒反応が今後の課題である。本研究は、科学技術振興事業団の戦略的基礎研究推進事業 (CREST) の援助を受けて、行われたことをここに記して謝意を表します。

参考文献：1)佐藤、松宮、卞、渡辺：有機成分の処理特性に関する基礎研究、土木学会講演概要集,2000 2)K.Takada,K.Yamamoto,R.Bian and Y.Watanabe,Removal of humic substanc with vibratory shear enhanced processing membrane filtration, Desalination,117 ,p.273-282,1998

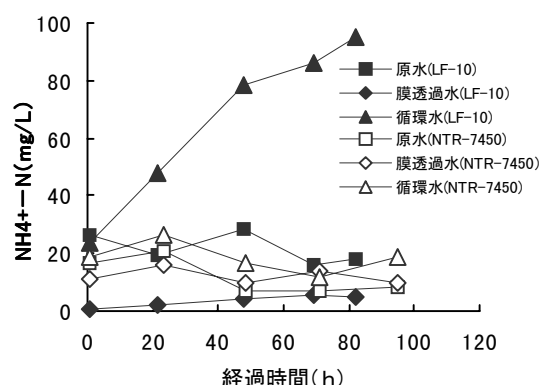


図-3 凝集沈殿後の下水 NF 膜処理における $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度の推移

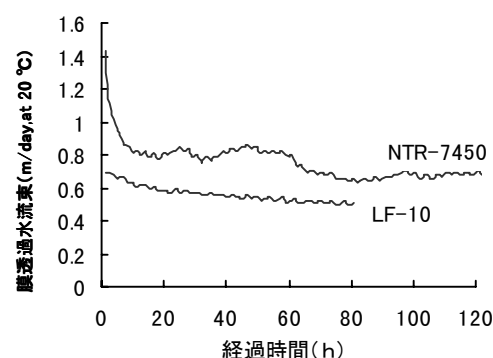


図-4 凝集沈殿後の下水 NF 膜処理における膜透過水流束の推移

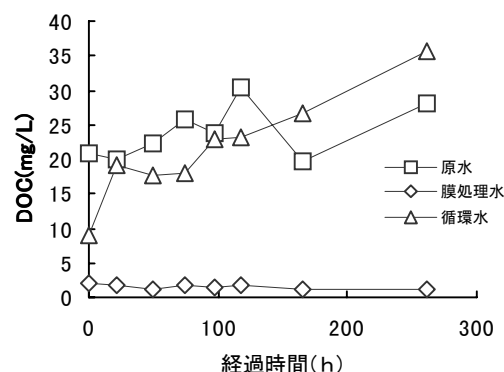


図-5 生物処理を組み合わせた下水 NF 膜処理における DOC 濃度の推移

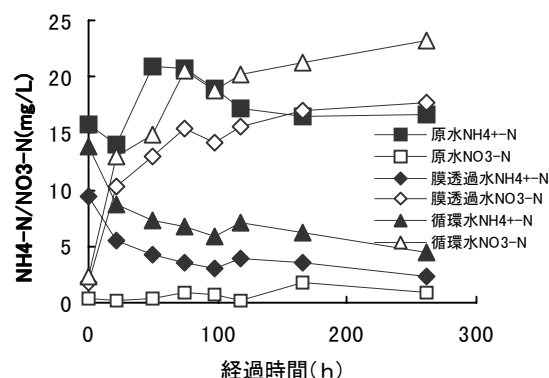


図-6 生物処理を組み合わせた下水 NF 膜処理における窒素濃度の推移