

NF 膜を用いた都市下水高度処理システムの有機物除去性能

○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 下 如林

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 フェロー 渡辺 義公

1.はじめに

著者らは、活性汚泥法の高度化とは異なる発想に立った、凝集・沈殿処理と膜処理を組み合わせた高度下水処理システムの研究を行っている。本システムでは、凝集・沈殿によって膜への懸濁物と有機物の負荷を軽減させて、膜の持つ高度な固液分離能を長期間維持できるように配慮している。本文では、NF 膜を振動型膜分離装置（VSEP）に装着した装置の処理性を、有機物の分画を行うことにより評価した結果について報告する。

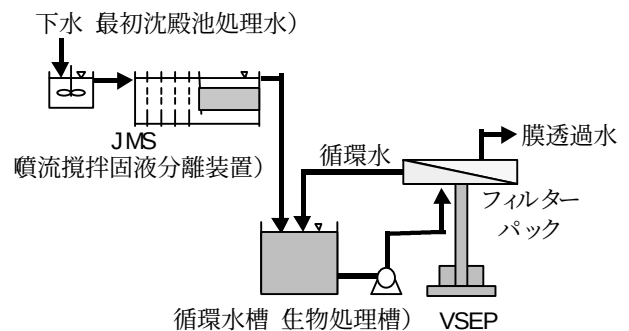
2.実験概要

表－1 に示す分画分子量の異なる膜を用い、都市下水（S 市 S 下水処理場最初沈殿池処理水）、及び凝集・沈殿処理水中の有機成分の分画実験と生物分解特性実験を行った。都市下水と凝集・沈殿処理水を MF 膜でろ過したものを、6 種類の分画分子量の異なる膜でそれぞれろ過することにより、溶存態（粒径 $0.45\mu\text{m}$ 以下）の成分を 7 のフラクションに分画した。膜ろ過では、クロスフロー型の電動加圧ろ過器を用い、クロスフロー流速を 0.5m/s に設定した。分画で得られた各フラクションに微生物を植種し、DOC の経時変化を見たところ、植種開始から約 120 時間以降はほぼ一定の値となった。そのため、植種開始から 120 時間後の DOC の値を最終 DOC 値とし、初期 DOC 値と最終 DOC 値との差を生物分解性有機炭素（BDOC）として、各フラクションの有機成分の生物分解特性を評価した。

パイロットプラント実験システムの概要を図－1 に示す。実験装置を S 市 S 下水処理場内に設置し、原水として当処理場の最初沈殿池処理水を用いた。凝集・沈殿処理では、噴流攪拌固液分離装置（JMS）、膜処理では、VSEP を使用した。JMS と VSEP の詳細について、別報^{1) 2)}を参照されたい。凝集・沈殿を前処理とした 4 種類の NF 膜ろ過実験、及びこれに生物処理プロセスを加え、2 種類の NF 膜ろ過実験を行った。VSEP の振幅はいずれも 1 inch とした。また、振幅を 0、1/2、3/4、1 inch にそれぞれ設定して NF 膜（NTR-7450）を用いた膜ろ過実験を行い、NF 膜ろ過による有機成分の除去性に及ぼす膜振動の振幅の影響について検討した。なお、全ての実験では、排水や物理洗浄を行わず、約 140 時間

表－1 分画実験に用いた膜仕様

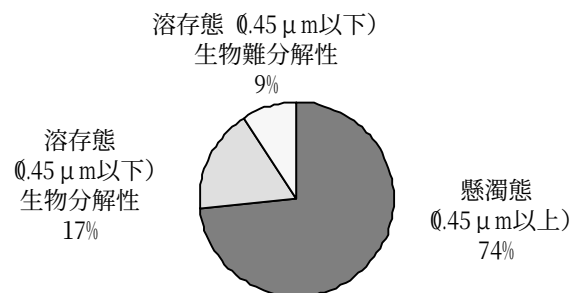
使用膜	分画分子量もしくは孔径もしくは脱塩率
NTR-7450	分画分子量 1 kDa、脱塩率 50 %
AES-5	分画分子量 2 kDa
AES-10	分画分子量 5 kDa
AES-30	分画分子量 10 kDa
UF-C-30	分画分子量 30 kDa
UF-C-100	分画分子量 100 kDa
MF 膜	孔径 $0.45\mu\text{m}$



図－1 実験プラントフロー

表－2 パイロットプラント実験の使用膜と操作圧力

使用膜	分画分子量もしくは脱塩率	操作圧力
LF-10	脱塩率 99 %	1500 kPa
NTR-7450	分画分子量 1 kDa、脱塩率 50 %	850 kPa
NTR-7430	分画分子量 2 kDa、脱塩率 30 %	600 kPa
NTR-7410	分画分子量 5 kDa、脱塩率 10 %	300 kPa



図－2 下水中の有機成分

の連続定圧ろ過を行った。使用膜、及び操作圧力などの実験条件を表－2に示す。

3.結果と考察

分画実験の結果を図－2、図－3、図－4に示す。下水中の有機成分の割合は、懸濁態（粒径 0.45 μm 以上）が 70%、溶存態（粒径 0.45 μm 以下）が 30%（内、生物分解性が 20%）であった。溶存態の有機成分に関して、分画分子量 100kDa 以下のものは約 80%（内、生物分解性が 65%）、1kDa 以下のものは約 50%（内、生物分解性が 75%）存在しており、下水中の有機成分が広い分子量範囲に分布し、その大部分が見かけ分子量 2kDa 以下であった。また、凝集剤としてポリ塩化アルミニウムを 5mg-Al/L 添加した凝集・沈殿処理水において、懸濁態の有機成分の 76%が除去された。

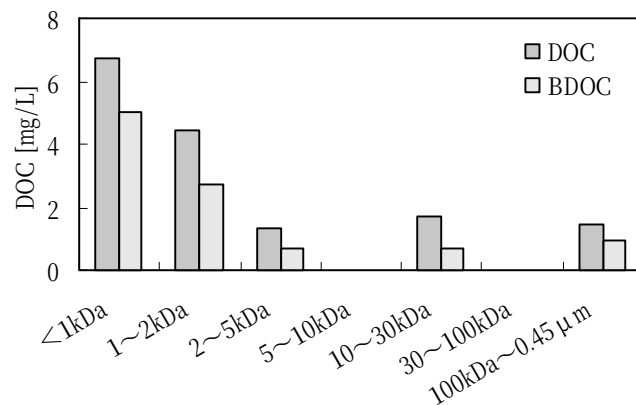
振幅の異なる NTR-7450 膜ろ過における有機成分の平均除去率を図－5に示す。振動を行わない場合の除去率が上記の分画実験とほぼ同じ結果が得られたが、振幅が大きいくほど、有機物の除去率が高くなった。これは、膜振動により、膜面に強いせん断速度を与え、濃度分極層の形成を妨げた³⁾ことによるものと考えられる。また、NF 膜ろ過及び生物処理を組み合わせた実験装置で得られた有機成分の平均除去率を図－6に示す。分画実験で得られた結果と同様、膜の分画分子量が小さいほど、有機成分の除去率が高くなり、脱塩率 99%の NF 膜による有機成分の除去率が 99%以上となった。生物処理を加えることにより、膜を通過する低分子有機成分と循環水に蓄積した高分子有機物を分解し、濃縮側の有機物濃度が大幅に減ったのに加え、透過側との濃度勾配が小さくなったため、さらに高い有機成分の除去率が得られた。

4.おわりに

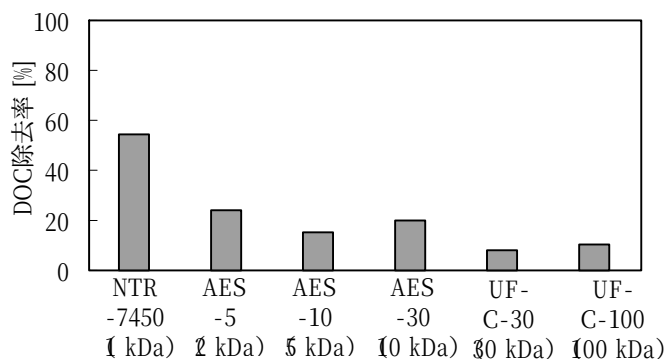
(1)下水中の有機成分は広い分子量範囲に分布し、その大部分が 2kDa 以下に存在した。凝集沈殿処理により下水中の懸濁態有機成分の 80%程度が除去された。(2)膜振動により有機成分の除去率が高くなった。(3)脱塩率 99%の NF 膜の単独ろ過処理と、脱塩率 10%、50%の NF 膜と生物処理と組み合わせた処理により、非常に高い有機成分の除去性が得られた。

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。

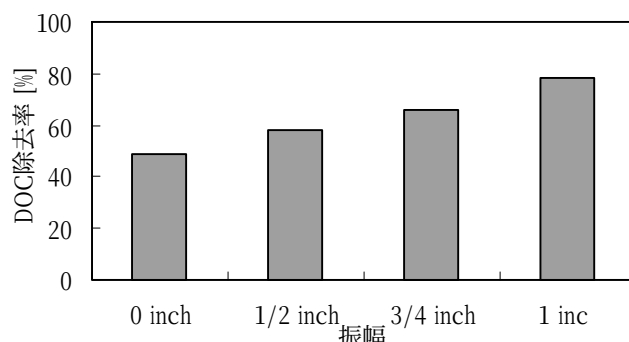
参考文献) 1) 林 誠・濱田 彰一・笠原 伸介・渡辺 義公・小澤 源三・船水 尚之：噴流攪拌固液分離装置と三層ろ過を用いた固液分離の合理化、第 48 回全国水道研究発表会公演集（平成 9）、2) K. Takada, K. Yamamoto, R. Bian and Y. Watanabe, Removal of humic substances with vibratory shear enhanced processing membrane filtration, Desalination, 117, pp273-282, 1998、3) 卞 如林・山本 和良・渡辺 義公・小澤 源三：膜ろ過によるフミン質とヒ素における膜振動の効果、第 51 回水道研究発表会公演集、2000 年 5 月 菅小牧



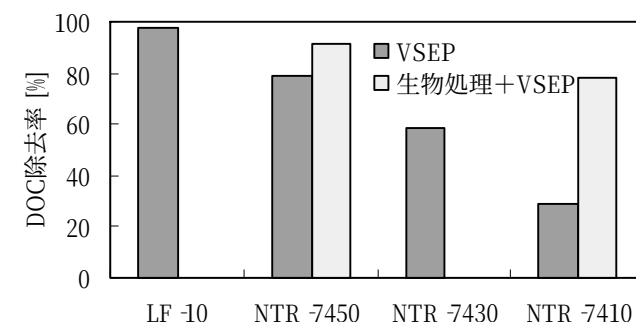
図－3 下水の分画結果



図－4 分画実験におけるDOC除去率



図－5 DOCの平均除去率と膜振幅の関係



図－6 DOCの平均除去率と膜分画分子量の関係