

MBR-NF/RO 膜処理を用いた都市下水からの医薬品の除去

北海道大学大学院 工学研究科 学生会員 ○岩瀬 智典
 北海道大学大学院 工学研究科 原 宏江
 北海道大学大学院 工学研究科 正会員 木村 克輝
 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、下水処理場を点源汚染源とする水環境の医薬品による汚染が表面化してきている。 $\mu\text{g/L} \sim \text{ng/L}$ のレンジで環境中に存在する医薬品が生態系に与える影響、あるいは都市下水の高度処理を行って再利用する際に人体に及ぼす影響については明らかになってはいないが、予防原則の観点からこれらの医薬品に対する対処技術の準備および評価を早急に行っておくことが賢明である。医薬品除去には膜分離活性汚泥法(MBR)による処理や NF 膜、RO 膜による膜処理が有効であると報告がされているが、これらの処理を統合した場合についての報告は殆ど無い。

そこで本研究では、実下水処理場内に設置した MBR プラントにより処理された実都市下水を原水として NF 膜、RO 膜ろ過実験を行い、MBR-NF/RO 膜処理による医薬品の除去性能を調査・比較するとともに、その有効性について検討した。

2. 実験方法

図-1 に本研究で対象とした 6 種類の医薬品を示す。ポリアミド製 NF 膜(UTC-60, 東レ製)、RO 膜(UTC-70HB, UTC-70UB, 東レ製)を用い、MBR プラント処理水 10L を原水として 48 時間のクロスフローろ過実験を行った。表-1 に本実験で用いた膜の諸特性値を示す。ろ過運転を 48 時間継続した後に原水、ろ過水共に 500mL 採取し、それぞれ pH を 2 に調整した後、固層抽出に供した。アセトンで溶出後 PFBBR を用いて誘導体化を行い、GC/MS 分析計を用いて医薬品の分析を行った。

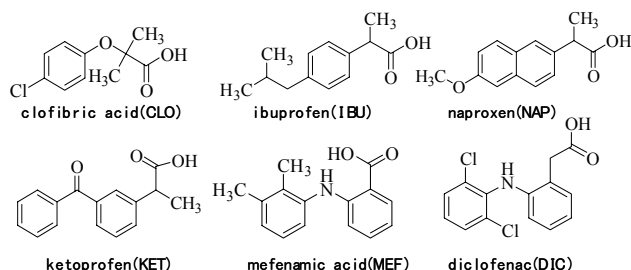


図-1 検討対象とした医薬品の構造式

表-1 本研究に用いた膜の諸特性値

膜の種類	公称脱塩率
NF膜・UTC-60	0.55
RO膜・UTC-70HB	0.995
RO膜・UTC-70UB	0.994

表-2 各処理下水中の医薬品濃度

	CLO	IBU	NAP	KET	MEF	DIC
RW	27.6	1966.1	276.4	979.2	220.5	251.0
AS	14.0	40.1	98.6	444.8	62.2	144.6
MBR	9.5	13.1	25.1	88.6	21.6	117.8
NF	ND	ND	ND	11.5	ND	29.8

濃度:ng/L ND:検出限界以下

3. 実験結果

表-2 に実都市下水(RW)、活性汚泥法処理水(AS)、MBR 処理水、NF 膜を用いたろ過における処理水中の医薬品濃度を示す。表-2 より、下水と活性汚泥法処理水及び MBR 処理水中の医薬品濃度を比較すると、1966ng/L と最も高い濃度で下水中に存在していた

ibuprofen は活性汚泥法処理水中では 40ng/L、さらに MBR 処理水では 13ng/L まで濃度が減少し、これらの処理により良好に除去されていたことがわかる。他の医薬品についても、活性汚泥法処理水中に比べて MBR 処理水中の濃度は顕著に低下しており、医薬品除去技術としての MBR の有効性が示された。しかし ketoprofen、diclofenac は MBR 処理水においても比較的高い濃度で残存していた。これらの医薬品の NF 膜ろ過水中の濃度を見ると、MBR による処理ではあまり除去されていなかった ketoprofen は 12ng/L まで、diclofenac は 30ng/L

キーワード 医薬品, MBR-NF/RO 膜処理, 実都市下水, 残存有機物, 膜表面特性

連絡先 〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院 工学研究科 TEL011-706-6272

まで濃度が減少した。その他の医薬品についても検出限界値以下まで濃度が減少したことから、MBR-NF/RO 膜処理は今回検討対象にした医薬品を除去するには有効な手段であることが示された。

図-2 に MBR 処理水をろ過原水として行った NF/RO 膜処理における医薬品の除去率を示す。図-2 より、clofibric acid においては RO 膜・UTC-70HB を用いたろ過による除去率が最も高かったが、clofibric acid 以外の医薬品では NF 膜・UTC-60 を用いたろ過による除去率が最も高くなった。このことから、NF/RO 膜を用いて MBR 処理水をろ過する際の医薬品の除去率は、一般に除去性能の目安とされている脱塩率のみによって予測することは困難であることがわかる。

また、MBR 処理水を NF/RO 膜を用いてろ過する際、MBR 処理水中に数 mg/L のオーダーで残存する有機物が医薬品の除去性能に何らかの影響を与えている可能性がある。さらに、MBR 処理水中に残存する有機物は NF/RO 膜の表面に付着し、膜の表面特性を改変することで医薬品の除去性に影響を及ぼす可能性がある。これらのことを検討するために、NF 膜を用いて MBR 処理水をろ過後にろ過原水を医薬品をスパイクした純水に取り替えたろ過実験、及び医薬品をスパイクした純水を新膜でろ過するろ過実験を行った。

実験結果を図-3 及び図-4 に示す。図-3 より clofibric acid においては純水でのろ過実験における除去率が MBR 処理水をろ過した場合の除去率と比較して高かったが、それ以外の医薬品については MBR 処理水のろ過実験における除去率が純水を用いた場合の除去率と比較して高くなっていたことがわかる。この実験から、MBR 処理水中の残存有機物が NF 膜処理における医薬品の除去率に影響を与えていたことが示唆された。また、医薬品をスパイクした純水を原水として MBR 処理水をろ過した膜と新膜を用いたろ過実験の結果を比較すると、全ての医薬品について MBR 処理水をろ過した膜を用いたろ過実験における除去率が高くなった。この実験から、NF 膜表面に付着した残存有機物による膜の表面特性の改変が NF 膜処理における医薬品の除去率に影響を与えていたことが示唆された。

4. まとめ

MBR-NF/RO 膜処理による医薬品の除去性能を調査した結果、MBR 処理を行っても残存していた医薬品を NF/RO 膜処理を行うことで大幅に除去出来たことから、MBR-NF/RO 膜処理は今回測定した医薬品に対しては有効な除去手段であると考えられる。また、ほぼ全ての医薬品において NF 膜を用いた場合の除去率が RO 膜を用いた場合の除去率よりも高い値を示したことから、NF/RO 膜を用いて MBR 処理水をろ過する際の医薬品の除去率は、一般に除去性能の目安とされている脱塩率のみによって予測することは困難であることが示された。この原因として、MBR 処理水中に残存する有機物への収着や、膜表面に付着した有機物による膜表面特性の改変が考えられる。

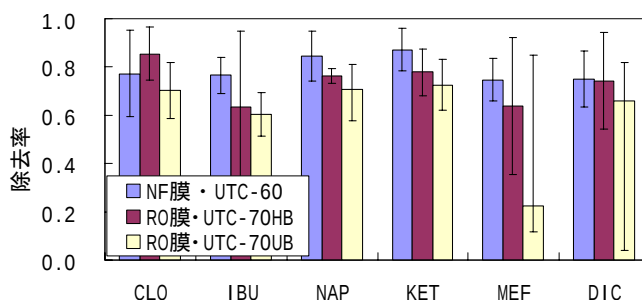


図-2 NF/RO膜処理によるMBR処理水の医薬品除去率

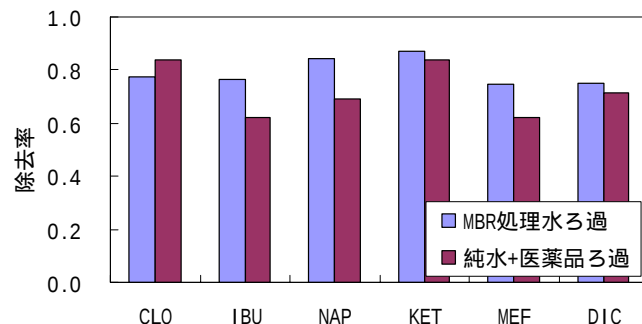


図-3 MBR処理水中に残存する有機物による医薬品除去率の変化

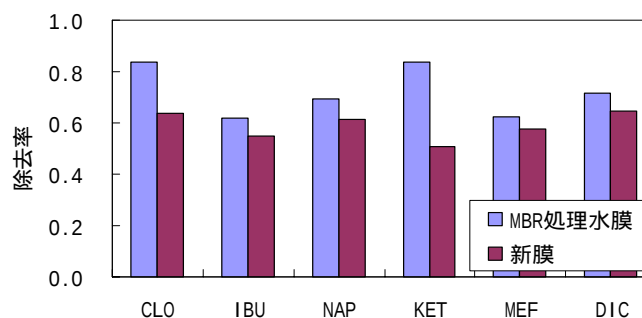


図-4 NF膜表面特性の改変による医薬品除去率の変化