

超低压逆浸透膜による有機化合物の分離特性

京都大学工学研究科 正 尾崎博明

アジア工科大学院大学 Li Huafang

1. はじめに 効率的な水処理方法として膜分離法が注目を集めてきている。とくに、超低压逆浸透法 (ULPRO) は、0.2 ~ 1Mpa という低压下で、従来の逆浸透法と比較しても高い水透過フラックスが得られるとともに、ナノろ過膜よりも溶質分離能が高く、今後幅広い分野への応用が期待されている。しかしながら、同膜利用の歴史が浅いこともあり、膜特性については十分に知られていない。本報では、有害物質を含む各種有機物の超低压逆浸透膜による分離特性について実験的に検討した結果について報告する。

2. 実験装置と方法 実験は、日東電工 (株) 製の ULPRO 膜 ES20 をアクリル樹脂製の薄層流式平膜テストセル (日東電工 C-10T、有効膜面積 60cm²) にセットし、後述する供試水をポンプにより 0.3Mpa で加圧供給してクロスフローで連続ろ過する方式で行った。この膜の公称の NaCl 除去率は 99.7% (0.7Mpa, 500mg/L) である。用いた有機物質を Table 1 に示す。これらは分子量 32 から 288 までの解離性及び非解離性の有機物質であり、MCPA のような農薬も含まれている。これらの物質のうち 1 種をそれぞれ高純度純水中に 10mg/L の濃度になるように溶解し、HCl 溶液あるいは NaOH 溶液を用いて所定の pH に維持しながら実験に供した。水温は温度制御器により 25 ± 2 に維持した。なお、有機物質透過実験の前後において、必ず NaCl 溶液を用いて膜の性能テストを行い、全ての実験において膜の性能が初期とほぼ同一の場合のみ得られたデータを採用した。

3. 実験結果と考察 有機物質透過実験に先立ち、pH3, 5, 7, 9 の各条件下で NaCl 溶液 (500mg/L) の透過実験を行ったところ、0.3Mpa という低压下でも電気伝導度測定値として 96.4 ~ 98.6% の高い除去率が得られた。ナノろ過膜 (NTR729HF) を用いて同様の実験をした場合、Cl⁻ の除去率は pH の減少と共に 80% 程度 (pH9) から 35% 程度 (pH3) へと低下し、Na⁺ は pH5 で最低除去率 50% 程度となる結果¹⁾ をすでに得ており、ULPRO 膜の一価塩類除去能はナノろ過膜と比較してかなり高い。Fig.1 は、用いた有機物の分子量を横軸にとり、それぞれの膜透過実験の除去率を表示したものである。分子量の増加とともに除去率が上昇し、いくつかのフェノール類を除き分子量 150 以上で 90% 以上の除去率が得られている。図から非解離性有機物のみの結果を取り出すと除去率は分子量とともに直線的 (相関係数 0.96) に増加している。しかしながら、解離性有機物については pH 依存性が強く、また、ニトロ基を有するフェノール類に低除去率のものがあることがわかる。

Fig.2 に酢酸と尿素の除去率の pH 依存性を示す。両者とも分子量は 60 で同じであるにもかかわらず、酢酸の除去率は pH とともに増加して pH9 で 99.7% に達するのに対し、尿素の除去率は pH の上昇とともに若干低下するものの、ほぼ 30% 前後の低い値となっている。用いた膜は低 pH 領域を除き負の表面電位を有する荷電膜であり、酢酸の除去率の上昇は、pH の上昇とともに解離割合を増す解離酢酸イオンと膜との電氣的反発によるものと考えられる。

Fig.3 は、pH5 における解離性有機物の除去率とそれらの解離定数 pKa との関係を示したものである。pKa 値が大きいフェノール及びクロロフェノール類のグループとその他の pKa 値が比較的小さいグループにおいて、除去率と pKa 値間にそれぞれ高い相関が認められる。ただし、o-Nitrophenol と p-Nitrophenol の 2 者はフェノール類であるにもかかわらずその低除去率のゆえにその他のグループの線上に位置している。この

キーワード：超低压逆浸透法、有機化合物、膜分離、分子量、解離定数

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科環境工学専攻

Tel : 075-753-5169 Fax : 075-753-3335

ようなニトロ基を有する化合物の除去率は概して低く、除去率に及ぼす各種の官能基の影響についてはさらに検討する必要がある。

4. おわりに 超低压逆浸透法による有機物除去率は、その分子量と解離定数によりかなり説明できることを示した。今後は、ニトロ基のような官能基の影響について検討する必要がある。

本研究は著者がタイ国アジア工科大学(AIT)在任中に行った研究の一部である。AIT の関係各位と使用した膜や資材の一部を提供いただいた日東電工（株）に深謝する。

[文献]1)尾崎ら，低压逆浸透法における溶質透過特性と焼却灰模擬浸出液の処理，環境工学研究論文集，32、39-48(1995)

Table 1 organic compounds used in this study

compound	M.W.	pKa	symbol
Methyl alcohol	32	-	A
Ethyl alcohol	46	-	B
Benzyl alcohol	108	-	C
Acetic acid	60	4.7	D
Phenol	94	9.9	E
Ethylene glycol	62	-	F
Tri(ethylene glycol)	150	-	G
Urea	60	-	H
Glucose	180	-	I
4-Chlorophenol	128	9.4	J
2,3-Dichlorophenol	163	7.7	K
2,4-Dichlorophenol	163	7.9	L
2,4,5-Trichlorophenol*	219	6.7	M
Pentachlorophenol*	288	4.7	N
O-Nitrophenol	139	7.2	Z
P-Nitrophenol*	161	7.1	P
2,4-Dinitrophenol	184	4.1	Q
Aniline	93	4.7	R
MCPA	200	3.1	S

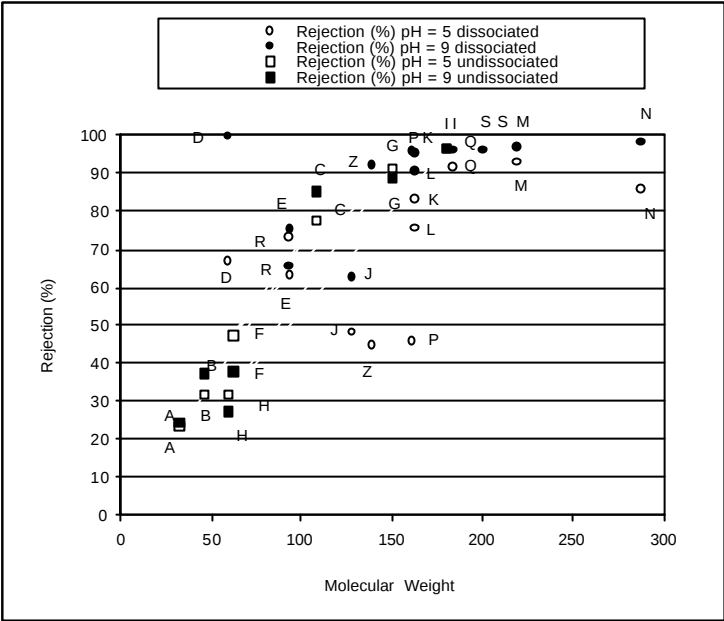


Fig.1 Trend of rejection with molecular weight

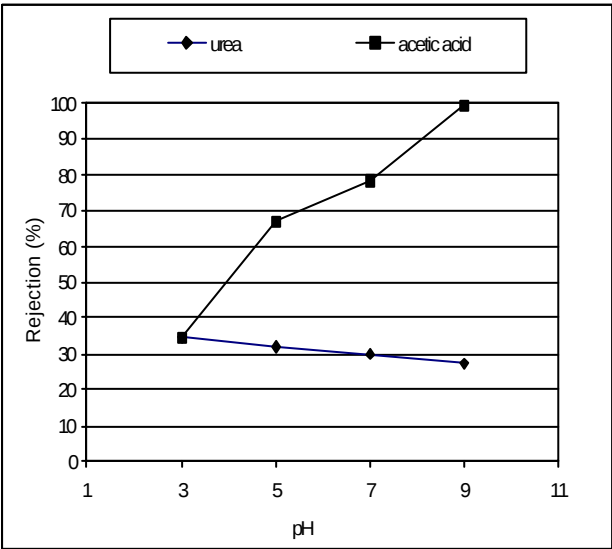


Fig.2 Effect of pH on rejection of urea and of acetic acid

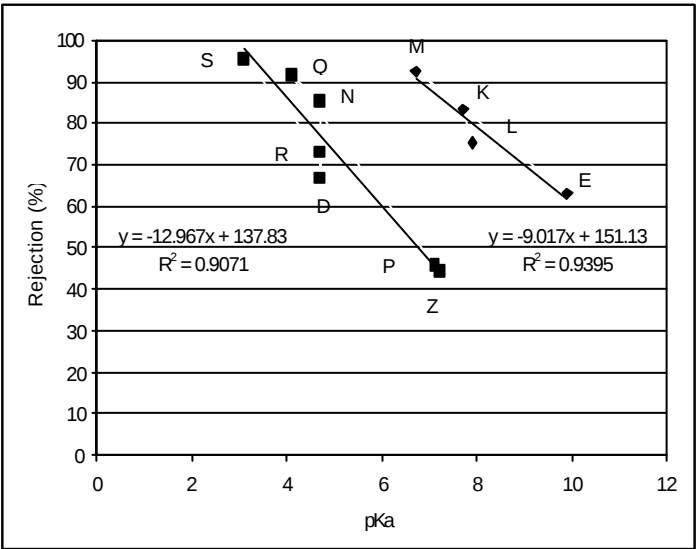


Fig.3 Effect of pKa on rejection of dissociated organic compounds (pH=5)