

PC9) 알킬페놀류의 NF막에 의한 저지특성에 관한 연구

박한주*, 이석현, 이지윤
 동서대학교 토목공학과

1. 서 론

내분비교란물질(EDs)의 한 종류인 알킬페놀류는 계면활성제의 원료나 플라스틱 제품의 산화방지제로써 넓은 범위에 걸쳐 이용되고 있다. 최근에 들어서는 하천수나 하수방류수 중에서도 검출되고 있으며, 야생생물의 체내축적과 생식능력 저하에 미치는 영향에 관해서도 보고되고 있는 등, 환경 중에서의 거동이 주목되고 있다. 인간의 건강과 생태계에 있어서 알킬페놀류의 제거는 대단히 중요한 과제에 있으며, 막분리법은 이에 대처할 하나의 유용한 수단으로 생각되어진다. NF막은 한외여과(UF)막과 역침투(RO)막의 중간적인 성질을 가지며, 200~400정도의 분자량을 가지는 농약을 포함한 유해유기화합물의 분리·농축이 가능하다는 것이 기존의 연구들에 의해 알려져 왔다.

본 연구에서는 C2~C9의 알킬페놀류를 용질로 하여 NF막을 이용한 투과실험을 수행하여 저지특성에 관해 검토한다. 또한 알킬페놀류의 분자량, 분자폭, logP 등의 물리·화학적 성질이 저지특성에 미치는 영향에 관하여 검토하는 것을 목적으로 한다.

2. 재료 및 실험방법

연구에 사용된 NF막 및 알킬페놀류의 특성을 Table 1, 2에 나타내었다. 4종류의 NF막을 사용하였고, NaCl 탈염율의 범위는 15~92%이며, 재질은 Polyamide계(Memb-1~2)와 Polysulfon계(Memb-3~4)이다. 대상 용질은 총10종류로, 분자폭의 영향을 검토하기 위하여 6종류의 n-alkyl phenol과 3종류의 tert-alkyl phenol, 그리고 2-phenylphenol을 사용하였다. 용질수용액은 막투과실험에 의해 99.9%가 저지되어도 정량이 가능한 농도로써, 용질에 따라 0.5~1.5mg/L 정도로 조제하였다.

Table 1. 실험에 사용한 NF막의 특성

Memb-No.	NaCl Desalination Ratio (%)	Property of Membrane	Operating Pressure (MPa)
Memb-1	92	Polyamide	10~20
Memb-2	60		
Memb-3	51	Polysulfon	5~15
Memb-4	15		

NF막분리 실험은, 용량 380mL, 유효막면적 32cm²이고 자기유도형의 교반기를 갖춘 스테인리스제의 회분식역침투장치를 사용하였다. 공급용액량은 300mL로 하고, 질소 가스를 이용한 조작압력은 Memb-1~3은 1MPa, Memb-4는 0.5MPa로 가압하였다.

본 연구에서는 모든 용질의 정량은 HPLC 직접주입법으로 수행하였다.

Table 2. 알킬페놀류의 물리·화학적 성질

번호	시료명	화학식	분자량	분자길이 (nm)	분자폭 (nm)	logP
1	4-Ethyphenol	C ₈ H ₁₀ O	122.16	1.08	0.31	2.41*
2	4-n-Butylphenol	C ₁₀ H ₁₄ O	150.22	1.32	0.33	3.67*
3	2-tert-Buthyphenol	C ₁₀ H ₁₄ O	150.22	1.05	0.36	3.55*
4	4-tert-Buthyphenol	C ₁₀ H ₁₄ O	150.22	1.09	0.36	3.31
5	2-phenylphenol	C ₁₂ H ₁₀ O	170.21	1.23	0.31	3.09
6	4-Pentylphenol	C ₁₁ H ₁₆ O	164.25	1.43	0.33	4.06
7	4-n-Heptylphenol	C ₁₃ H ₂₀ O	192.30	1.68	0.33	4.15
8	4-tert-Octylphenol	C ₁₄ H ₂₂ O	206.32	1.19	0.43	4.09*
9	4-Octylphenol	C ₁₄ H ₂₂ O	206.32	1.80	0.35	5.16*
10	4-Nonyphenol	C ₁₅ H ₂₄ O	220.35	1.92	0.34	5.76

logP* : 측정치, 기타 : Exploring QSAR

3. 결 과

3.1. 알킬페놀류의 저지율

Memb-3에 있어서의 저지율과 걸보기 저지율의 관계를 Fig 1에 나타내었다. 막투과실험 후에 막장치내에 잔류한 농축액의 농도로부터 구한 저지율이 막의 흡착을 고려하지 않고 물 질수지로부터 구한 걸보기 저지율보다 낮은 수치를 보였지만, 두 저지율간에는 높은 상관관 계를 보였다. 이것은 용질이 막에 흡착하여 제거되고 있는 것을 시사하는 것이라고 판단된다.

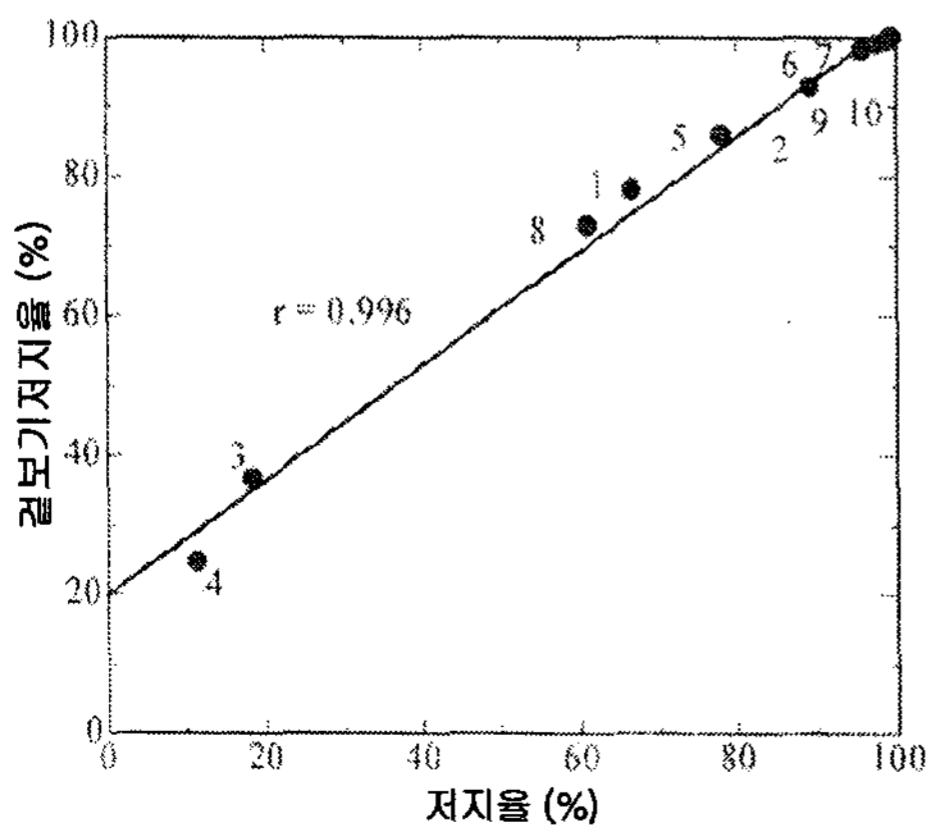


Fig. 1. 저지율과 걸보기 저지율의 관계

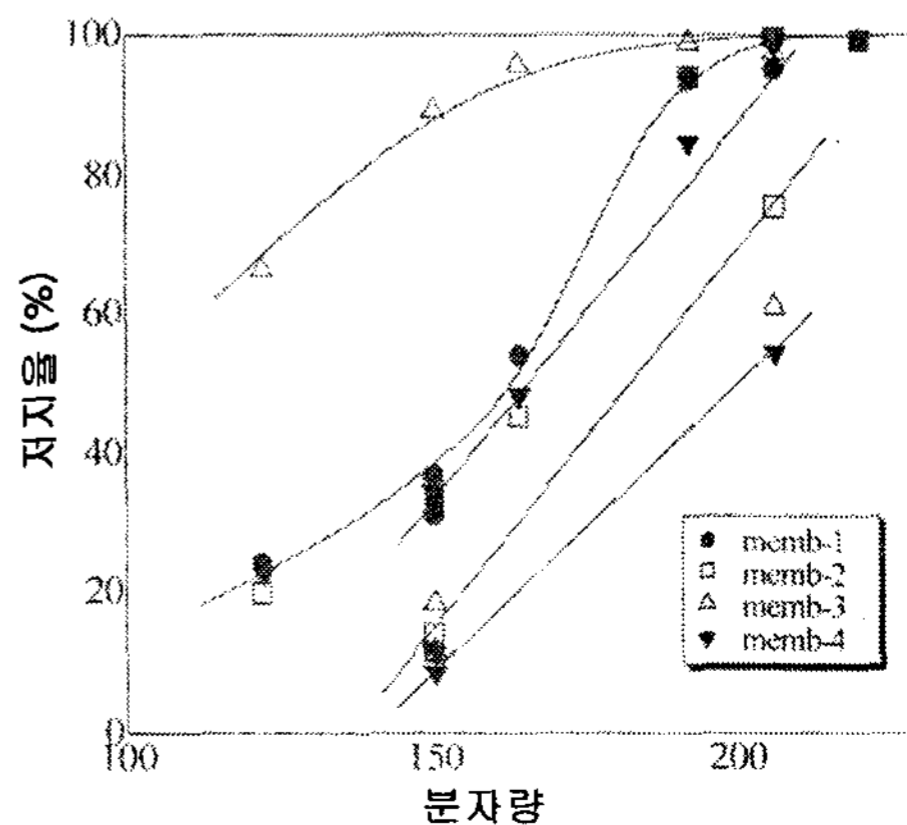


Fig. 2. 분자량과 저지율의 관계

3.2. 저지율과 분자량, 분자폭, logP와의 관계

본 연구에서는 분자형상의 평가로서 분자량과 분자폭을, 그리고 소수성 상호작용의 평가로서 n-octanol/water분배계수(logP)에 착목하여 알킬페놀류의 저지특성에 영향을 미치는 인자에 관한 검토를 수행하였다.

용질분자의 분자길이와 분자폭을 평가하는 방법으로, Verloop들이 제안한 STERIMOL parameter을 개량한 molecular STERIMOL parameter를 이용하였다. 또한 흡착이 저지특성에 미치는 영향을 판단하기 위하여 친수성, 소수성의 지표로 이용되고 있는 logP를 조사, 측정하여 결과를 검토하였다. logP의 수치는 Exploring QSAR를 참고 했으며, 데이터가 없는 것은 실험을 통하여 구한 측정치를 사용하였다.

분자형상, logP와 저지율의 관계를 Fig 2~4에 나타내었다.

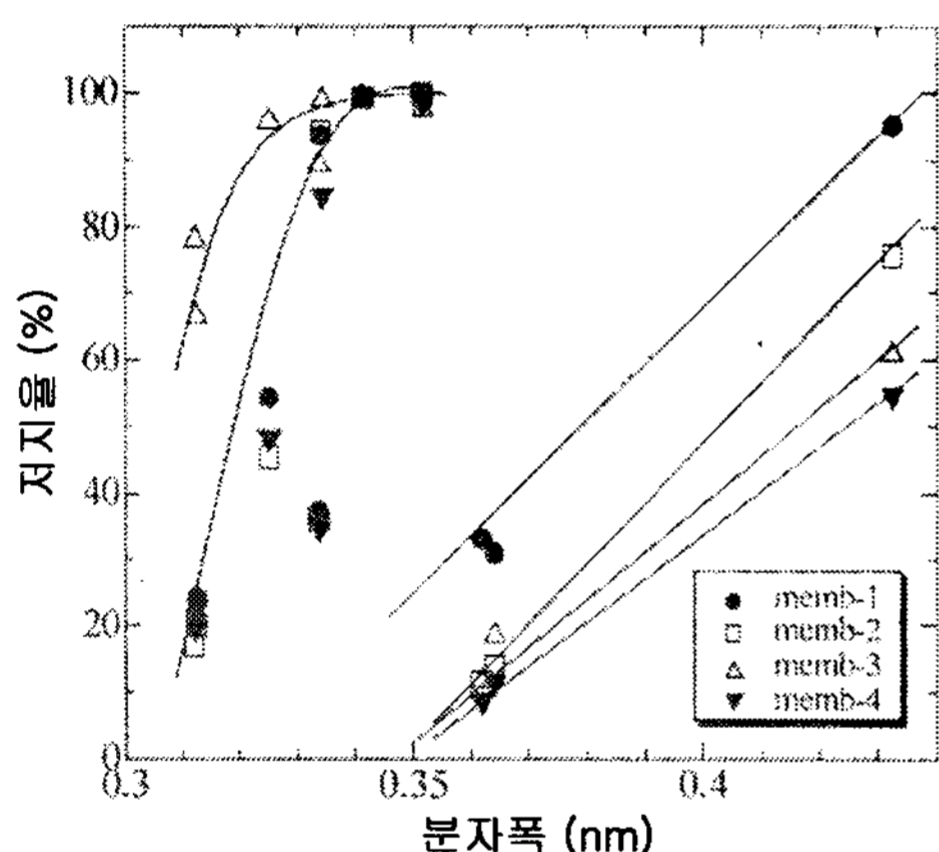


Fig. 3. 분자폭과 저지율의 관계

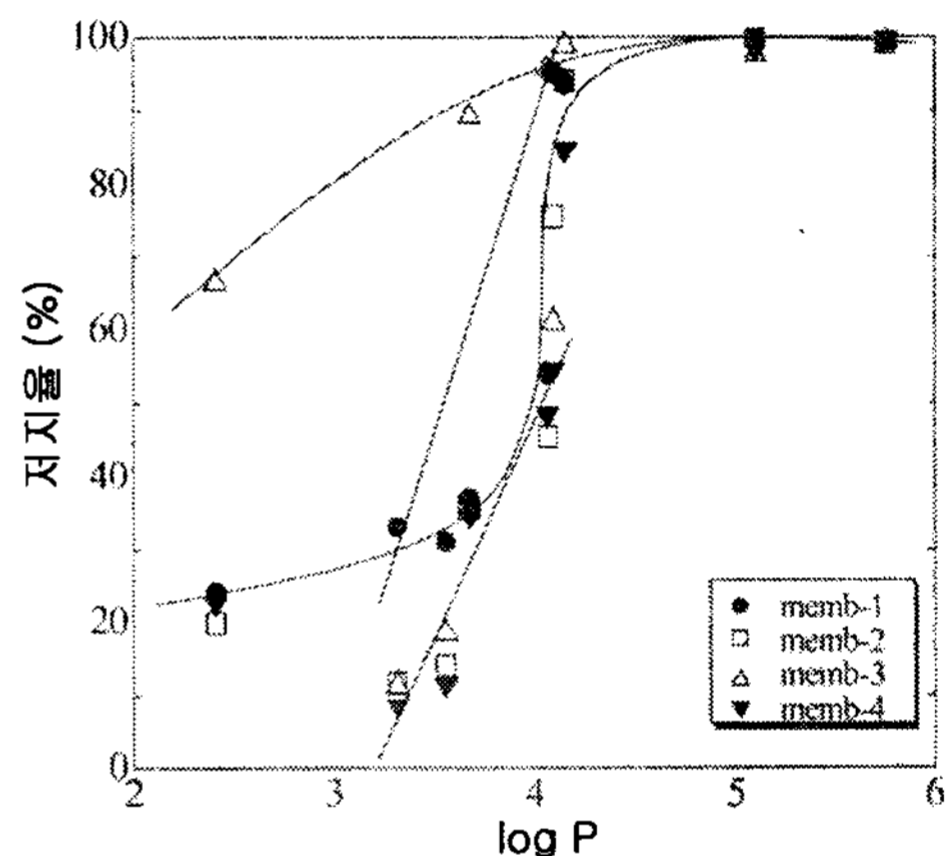


Fig. 4. logP와 저지율의 관계

본 연구 결과로는, n-octyl phenol, n-nonyl phenol은 실험한 모든 막에 대하여 97.7%이상의 높은 저지율을 보였다. 저지율과 분자량, 분자폭, logP의 관계에 대해서는, n-alkyl phenol과 tert-alkyl phenol에서는 다른 경향의 변화를 보이는 것이 확인되었다. n-alkyl phenol에서는, 원래 분자량과 logP가 상관함으로, 이들의 증가에 의해 저지율도 증가하고 있었다. 또 이때 이들 분자의 분자폭은 0.31~0.34nm의 범위였다. 한편, tert-alkyl phenol은 n-alkyl phenol보다 분자폭이 크에도 불구하고 낮은 저지율을 보였다. 그러나 tert-alkyl phenol의 각막에 대한 저지율은, 막의 탈염율과 같은 순서로 되어, 분자체작용의 영향이라고 생각할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서 구한 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

- (1) EDs로서의 작용이 높다고 보고되어지고 있는 4-octylphenol, 4-nonylphenol은, 모든 막에 있어서 97.7% 이상의 높은 저지율을 보였다.
- (2) Memb-3은 모든 알킬페놀류에 대하여 가장 높은 저지율을 나타내었다.

- (3) n-alkyl phenol류는 분자량의 증가와 함께 저지율이 증가했지만, logP가 4부근에서의 저지율은 급격히 증가하는 경향이 확인되었다.
- (4) tert-alkyl phenol류는, n-alkyl phenol류에 비하여 낮은 저지율을 보였지만, 분자폭이 클수록 저지율이 높게되는 경향이 확인되었다.

참 고 문 헌

- (財)河川環境管理財団, 内分泌攪亂物質に係わる河川實態調査・調査分析法の關連資料, 1999.
4. 28
- Exploring QSAR Hydrophobic, Electronic, and Steric Constants
財團法人 水道技術研究センター(2001) : 膜ろ過高度淨水施設導入の手引き
木曾祥秋, 2002. 膜ろ過による有機汚染物除去, *化學工學會誌*, 66(6), 332-334.
- B. Van der Bruggen, J. Schaep, W. Maes, D. Wilms and C. Vandecasteele, 1998.
Nanofiltration as a treatment method for the removal of pesticides from ground waters, *Desalination, Volume 117, Issues 1-3, Pages 139-147.*
- Shiao-Shing Chen , James S. Taylor, Luke A. Mulford and Charles D. Norris, 2004.
Influences of molecular weight, molecular size, flux, and recovery for aromatic pesticide removal by nanofiltration membranes, *Desalination, Volume160, Issue2, Pages 103-111.*