

# Surfactant recycling using micellar enhanced ultrafiltration

양중석, 백기태\*, 양지원

한국과학기술원 생명화학공학과, \* 포항산업과학연구원 환경연구팀 (jwyang@kaist.ac.kr)

## <요약문>

계면활성제를 이용한 오염된 토양을 복원하는데 있어 계면활성제의 회수하는 방법의 하나로 한외여과 방식의 타당성을 검토하였다. 계면활성제의 종류, 전해질과 첨가제로서의 알코올 및 휴믹 물질과 점토 질에 의한 상대 플럭스의 변화와 투과액의 계면활성제의 농도 변화를 살펴보았다. 계면활성제의 경우 임계미셀농도 낮을수록 투과액의 농도가 낮았으며, 기타 첨가물은 농도에 비례하여 상대 플럭스가 감소하는 경향을 보였다.

**Key word** : Surfactant, Micellar enhanced ultrafiltration

## 1. 서론

오염된 토양 및 지하수를 정화하기 위해서 양수처리방법이 많이 이용되어 왔다. 그러나 일반적인 양수처리 방법은 정화기간이 매우 길기 때문에 이를 해결하기 위하여 계면활성제나 알코올 등을 첨가하여 양수처리 효율을 높이는 방법이 근래에 많이 이용되고 있다. 계면활성 물질을 이용한 양수처리를 진행할 시에는 경제적인 문제로 인하여 계면활성제의 재사용이 필요하고, 계면활성제를 농축 및 재사용하는 하나의 방법으로 미셀 한외여과 (Micellar enhanced ultrafiltration) 방법이 이용되고 있다<sup>1)</sup>. 본 연구에서는 미셀한외여과를 통한 계면활성제를 농축 및 재사용하는데 있어서, 계면활성제의 종류와 첨가물의 영향을 살펴보았다.

## 2. 실험 재료 및 방법

본 연구에서 사용된 계면활성제의 특성은 표 1에 정리하였다. 투과액 내의 계면활성제 분석은 SDS의 경우 COD kit (Humas)를, 다른 계면활성제의 경우 UV/VIS spectrophotometer (HP 8452A, USA)를 이용하여 측정하였다. 한외여과는 500 ml 용량의 Millipore TFF system과 유효면적 50 cm<sup>2</sup>이고 차단분자량 (molecular weight cut-off: MWCO)이 10,000 (Ultracel-10 PLCGC, Millipore) Da인 composite regenerated cellulose 막을 사용하여 수행하였다. 막 사이의 압력차를 2 bar로 유지하여 수행하였다. 한외여과는 1 wt%의 계면활성제 용액을 한외여과 시스템에 300 ml를 넣고 매 1 분마다 투과액을 모

아 무게와 계면활성제의 농도를 측정하였다.

표 1. 본 연구에 사용된 계면활성제의 특성

Trade name	chemical name	M.W.	HLB	CMC (g/L)
SDS	sodium dodecyl sulfate	288	-	3.57
SDBS	Sodium dodecyl benzyl sulfate	354	-	1.41
Calfax 16L	Sodium hexadecyl diphenyl oxide disulfonate	571	-	0.61
Aerosol OT	dioctyl sulfosuccinate	445	-	1.2
Tergitol 15-S-7	Secondary ethoxylated alcohols	515	12.1	0.039
Tergitol 15-S-9	Secondary ethoxylated alcohols	584	13.3	0.056
Tergitol 15-S-12	Secondary ethoxylated alcohols	738	14.5	0.110
Tween 80	POE(20) sorbitan monooleate	1310	15.0	0.013
Triton X-100	Octylphenol ethoxylates	660	13.4	0.130
Tergitol NP-9	Nonylphenol ethoxylate	616	12.9	-

### 3. 결과

#### 3.1. 계면활성제 종류에 따른 영향

음이온성 계면활성제의 경우 일반적으로 비이온성보다 임계미셀농도(CMC)가 높기 때문에 투과액의 계면활성제 농도 또한 비이온성보다 높게 측정이 되었다. 또한 CMC가 낮을수록 투과액의 계면활성제의 농도 또한 낮게 측정되었다. Flux의 감소는 음이온성과 비이온성 모두 비슷한 경향을 보였으나, Aerosol OT의 경우는 심각한 flux 감소를 보였다. 전체적으로 초기 농도 대비 약 6-7 배 정도의 농축을 진행하는 동안 flux가 절반으로 감소하는 경향을 보였으며, 이 정도는 오염토양복원 공정에서 적용에 큰 무리가 없는 수치로 사료된다.

#### 3.2. 첨가물에 따른 영향

전해질의 농도가 높아질수록 상대적인 flux는 감소하는 경향을 보였다. 그러나 0 M NaCl일 때 보다 0.001M NaCl일 경우 flux 감소가 더 적고, 투과액내의 SDBS의 농도도 적었다. 휴믹 물질이나 점토질 물질이 있을 경우에도 flux의 감소를 유발하였다. 계면활성제의 liquid crystal 형성 등을 방지하기 위하여 넣어주는 알코올의 경우는 flux의 감소와 함께 투과액의 계면활성제의 농도 또한 증가시키는 것으로 나타났다.

### 4. 결론

지중오염토양 세척시 계면활성제를 재사용하기 위한 방법으로 한외여과 방식이 이용될 수 있음을 확인하였으며 계면활성제의 CMC가 낮을수록 투과액의 계면활성제의 농도가 낮아지고, 전해질과 첨가물이 존재할 경우에는 flux의 감소가 심하게 나타남을 확인하였다.

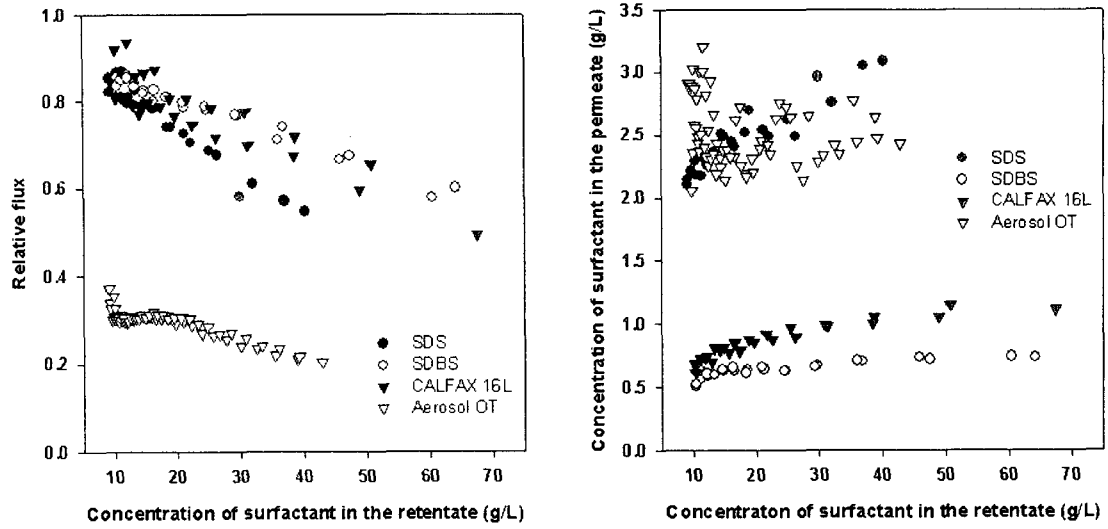


그림 1. 음이온성 계면활성제의 농축시 flux 변화와 투과액내의 계면활성제 농도

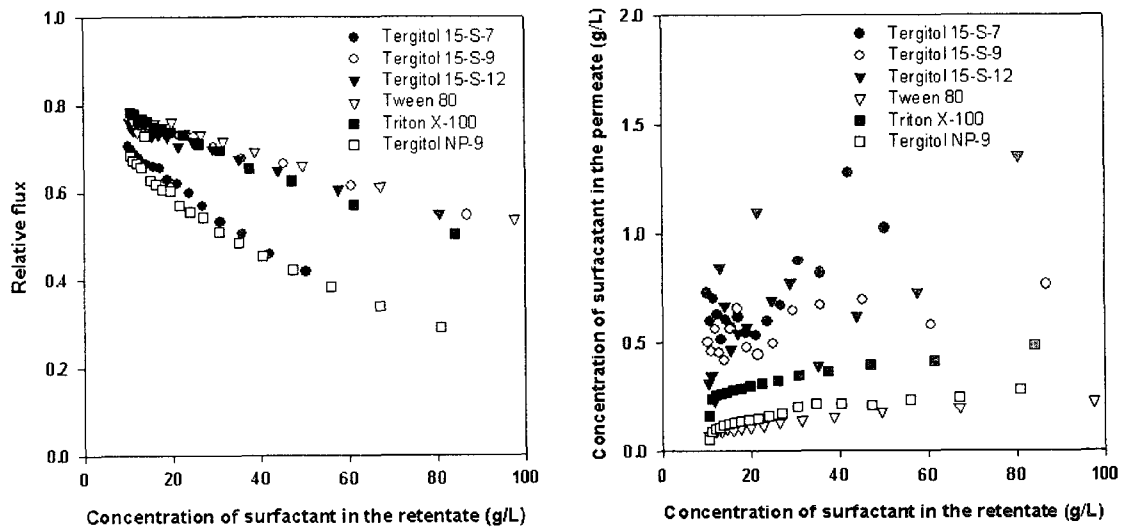


그림 2. 비이온성 계면 활성제의 농축시 flux 변화와 투과액내의 계면활성제 농도

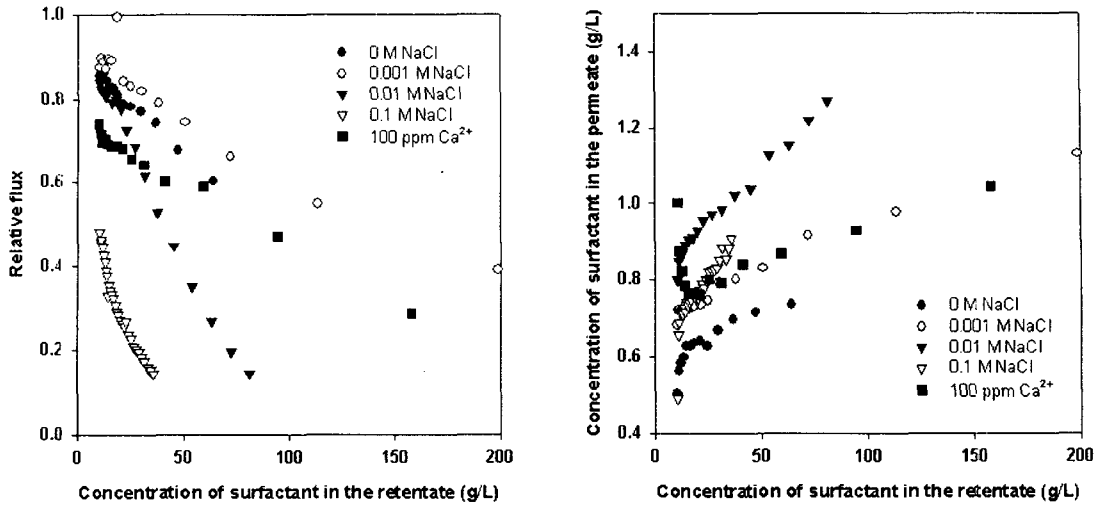


그림 3. SDBS의 농축시 전해질의 영향에 따른 flux 변화와 투과액내의 계면활성제 농도

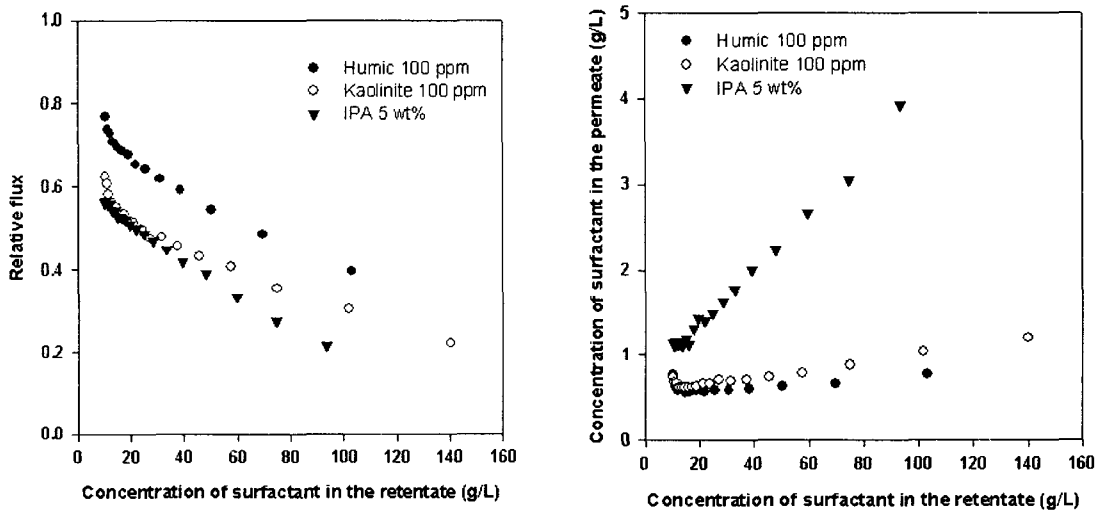


그림 4. SDBS 농축시 첨가물의 영향에 따른 flux 변화와 투과액내의 계면활성제 농도

## 사 사

본 연구는 국가지정연구실사업의 연구비 지원(과제번호 M1-0203-00-0001)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

Sabatini, D.A., Harwell, J.H., Hasegawa, M., Knox, R. Membrane processes and surfactant-enhanced subsurface remediation: results of a field demonstration. *Journal of Membrane Science* 151 (1998) 87-98.