

2D4) Bioactive Foam Reactor를 이용한 Toluene의 생물학적 분해

Bioactive Foam Reactor for the Enhanced Biological Degradation of Toluene

김 용 식 · 김 지 형 · 송 지 현¹⁾

고려대학교 사회환경시스템공학과, ¹⁾세종대학교 토목환경공학과

1. 서 론

유기물의 용해도를 증가시키는 성질이 있는 surfactant는 석유화합물로 오염된 토양의 정화를 위해 많이 사용되었다. 이러한 surfactant의 용해도 증가의 성질과 함께 거품을 발생시키는 성질은 액상과 기상 사이의 표면적을 매우 증가시켜 기상과 액상사이의 물질전달계수(K_La)를 증가시키기 때문에 기상에 존재하는 VOCs를 액상으로 더 빠르게 전달시킬 수 있다. 결국, 기상의 VOCs를 액상으로 더 많이 빠르게 전달시킴으로써 미생물에 의해 더욱 많이 분해되게 할 수 있다. 따라서 본 연구는 VOCs 처리를 위한 적절한 surfactant의 선정과 이를 바탕으로 한 처리 시스템의 개발과 평가로 이루어진다.

2. 연구 방법

사용된 surfactant는 모두 4가지로 SDS(sodium dodecyl sulfate), TritonX-100, Tween80, BYK-345(silicone surfactant)이다. 사용된 미생물은 하수처리장 반송 슬러지를 채취하여 약 6개월간 폐쇄에 적응시킨 뒤, 한 달간 toluene을 탄소/에너지원으로 반연속식으로 주입하여 배양한 것을 다시 6L의 연속식 생물반응기에서 배양한 것이다. 시험은 크게 회분실험과 반응기 실험으로 나누어진다. 기상으로 채취된 toluene은 FID가 장착된 HP6890 GC에 manual injection 하여 분석하였다. 액상에 존재하는 toluene의 농도는 Purge&Trap이 장착된 GC/FID를 이용해 구하였다.

3. 결과 및 고찰

각각의 surfactant 사용으로 인한 액상 toluene 농도의 변화와 이를 바탕으로 구한 물질전달계수(K_La)는 그림 1과 표 1에 나타내었으며, toluene의 용해도 증가는 표 2에 나타내었다. 미생물에 의한 toluene의 분해에 surfactant가 미치는 영향은 그림 2~5에 나타내었다. 이 실험 결과들을 바탕으로 보면 silicone surfactant만이 CMC에서 K_La 값과 용해도의 증가가 있었다. 하지만 silicone surfactant는 미생물의 활성도에 영향을 미쳤다. SDS가 있는 경우에는 미생물에 의한 toluene의 분해가 거의 이루어지지 않았다. Tween80은 TritonX-100과 거의 유사한 경향을 보이지만 농도가 증가할수록 미생물에

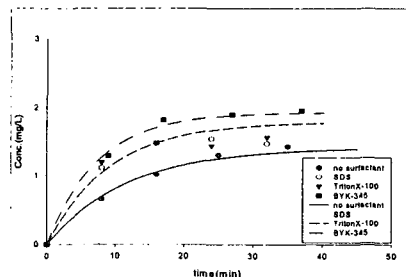


Fig 1. Changes in toluene concentration in the liquid phase during the abiotic bottle tests.

Table 1. Mass transfer coefficients (K_La) determined using the experimental data from the bottle studies and the nonlinear regression.

Surfactant	K_La (1/hr)
Deionized water	3.308
SDS	3.621
TritonX-100	3.649
BYK-345 (silicone surfactant)	4.077

Table 2. Toluene concentrations in the liquid and the gas phase using surfactants.

Surfactant	toluene injection (ppm _v)	gas phase Conc. at equilibrium (ppm _v)	liquid phase Conc. measured at equilibrium (mg/L)	liquid phase Conc.(mg/L) calculated by H		liquid phase Conc.(mg/L) calculated by H	
				$H(atm \cdot m^3/mol) = e^{(A-B/T)}$	deviation(%)	$H(atm) = \frac{H(atm \cdot m^3/mol)}{10^{(A-B/T)}}$	deviation(%)
Deionized water	365.3	143.7	2.2	2.2	0	2.4	+ 9.1
SDS	361.4	152.5	2.5	2.4	-4.0	2.7	+ 8.0
TritonX-100	361.4	153.7	2.5	2.4	-4.0	2.7	+ 8.0
BYK-345 (silicone surfactant)	361.4	124.8	2.7	2.0	-25.9	2.2	-18.5

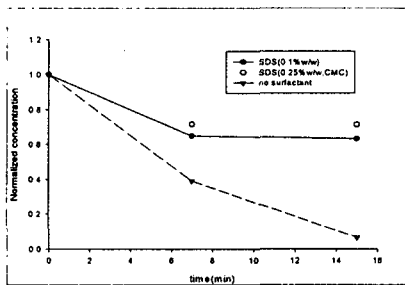


Fig. 2. Biological toluene degradation in the presence of SDS.

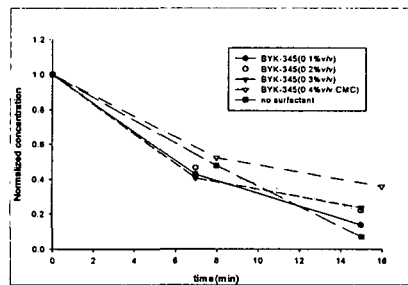


Fig. 3. Biological toluene degradation in the presence of Silicone surfactant (BYK-345).

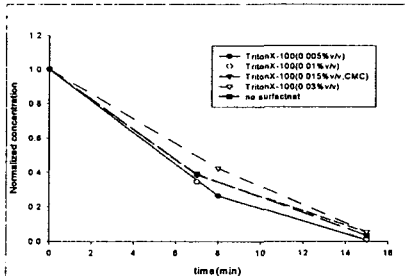


Fig. 4. Biological toluene degradation in the presence of TritonX-100.

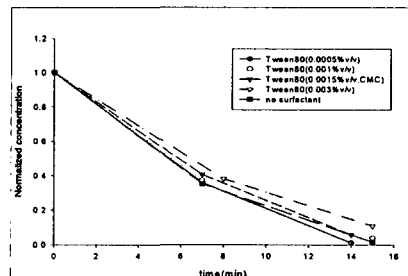


Fig. 5. Biological toluene degradation in the presence of Tween80.

의한 toluene 분해율이 TritonX-100보다는 떨어진다. 따라서 미생물의 활성도에 영향을 미치지 않고 CMC에서 K_{La} 값과 용해도의 증가도 어느 정도 유발하는 TritonX-100이 기상의 toluene을 액상에 녹여 미생물로 분해하는 시스템에 가장 적합하다고 판단된다.

선정된 surfactant를 이용해 toluene을 분해하는 시스템을 foam generator, defoamer, cell reservoir의 세부분으로 구성하였으며, 그림6에 나타내었다. Reactor의 액상 부피에 대한 loading rate을 $75g/m^3/hr$ 로 일정하게 유지하고 gas 체류시간이 30초, 60초, 120초로 변할 때 toluene의 분해율을 그림 7에 나타내었다. 또한, reactor 내의 gas 체류시간을 60초로 일정하게 유지한 후, toluene 주입농도를 다르게 함으로써 loading을 변화시킨 경우 toluene이 변화하는 양상을 그림 8에 나타내었다.

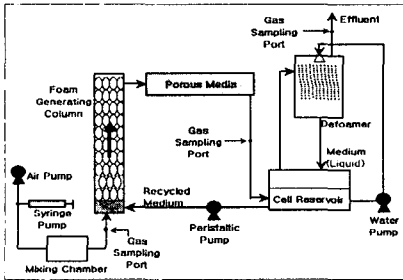


Fig. 6. Schematic of the bioactive foam reactor.

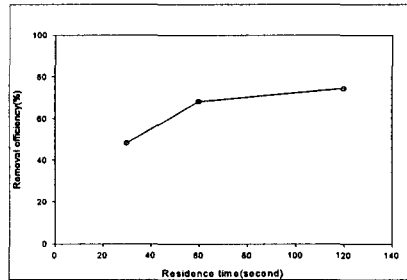


Fig. 7. Effect of gas residence time on toluene removal.

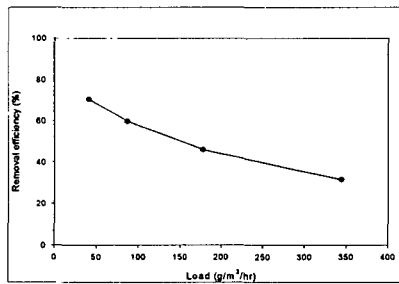


Fig. 8. Effect of toluene loading on toluene removal.

참고 문헌

- Phipps DW(1998) Biodegradation of volatile organic contaminants from air using biologically activated foam. US Patent No. 5,714,379
- Eunsung Kan, Marc A. Deshusses.(2003) Development of foamed emulsion bioreactor for air pollution control. *Biotech and Bioeng*, Vol. 84, No.2
- Muligan. C.N., Yong R.N., Gibbs, B.F. (2001) Surfactant-enhanced remediation of contaminated soil : a review, *Engineering Geology* 60, pp. 371-380
- Hill RM (1999) Siloxane surfactant. In: Hill RM, editor. *Silicone surfactants*, New York: Marcel Dekker Inc.
- JiHyeon Song (2001) Control of Characterization of Biomass Activity and Distribution in Vapor-Phase Bioreactor for VOC removal, Doctoral thesis at the university of Texas at Austine.
- Chunping Yang, Xueqing Zhu (2004) Removal of a volatile organic compound in a hybrid rotting drum biofilter, *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 130, No. 3, pp.282-291.
- Maurice R. Porter & Associates (1994) *Handbook of Surfactants*. (second edition)
- Ming-Chin Chang, Ching-Rong Huang, Hung-ye Shu (2000) Effects of surfactants on extraction of phenanthrene in spiked sand, *Chemosphere*, Vol. 41, pp. 1295-1300