

4B8) Toluene 농도 변화에 따른 계면활성제 미생물 반응기의 운전특성과 미생물 군집 변동

Effect of Toluene Concentration on Biodegradation and Analysis of Microbial Community in a Bioactive Foam Reactor

신승규 · 송지현 · 장현섭¹⁾ · 황선진¹⁾

세종대학교 토목환경공학과, ¹⁾경희대학교 환경응용화학대학 및 환경연구센터

1. 서 론

최근 중소규모 사업장을 비롯한 대부분의 산업체에서 배출되는 휘발성유기화합물(VOCs)에 대한 규제가 강화되고 있으며, 보다 효율적인 방지시설에 대한 산업체의 요구가 높아지고 있는 실정이다. 따라서 담체(packaging materials)표면에 부착 성장 미생물을 이용하는 방법인 biofilter와 biotrickling filter는 운전이 간편하고 다양한 오염원에 적용하기 용이해 많은 연구와 실용화가 진행되어 왔다. 하지만 담체 표면에 고정된 미생물을 사용하는 처리기술은 장기 운전시에 분해미생물의 활성이 떨어지거나 담체 사이에 비활성 미생물이 축적되는 막힘(clogging) 현상이 발생한다.

이런 문제점을 보완하기 위해 최근 부유미생물을 VOC 처리에 접목한 새로운 방식인 BFR (Bioactive Foam Reactor)이 대두되고 있다. BFR에서는 비활성물질 축적, 시스템 압력증가와 막힘(clogging)현상이 일어나지 않으며, 거품형성을 통한 기상과 액상 사이의 물질이동 속도가 증가한다. 또한 BFR은 상대적으로 활성도가 뛰어난 부유성장 미생물을 이용한다는 점과, 계면활성제 거품에 의해 VOCs와 같은 소수성 물질의 용해도가 증가한다는 점에서 다른 담체충진형 바이오필터와 구분되는 시스템이다. 본 연구에서는 BFR의 장기운전과 내부의 미생물 분석을 통하여 VOCs의 효과적인 처리기술로서 적용타당성을 검증하고자 한다.

2. 실험 재료 및 방법

본 연구에서 사용한 실험실 규모의 BFR시스템은 그림 1과 같다. Toluene으로 오염된 공기를 액상에 산기시키면, 액상의 계면활성제와 미생물, 영양염류 등이 거품을 형성하며 이동하게 되고, 기,액간 물질 전달이 일어나게 되며, 이를 액상의 미생물이 처리하게 된다. 처리된 공기는 외부로 유출되고, 거품이 깨진 액상은 순환(closed-loop)하게 된다.

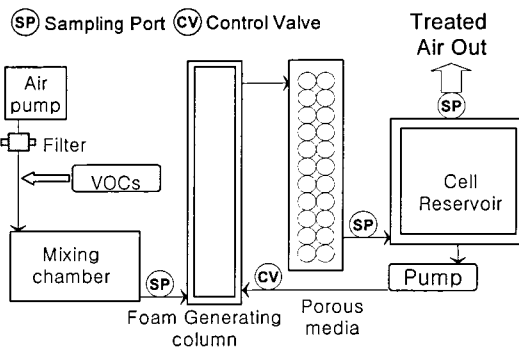


Fig. 1. Schematics of the bioactive foam reactor system.

한편 BFR 시스템 내의 미생물 군집변동을 파악하기 위하여 FISH(Fluorescent *in situ* Hybridization) 방법을 적용하였다. 사용된 probe는 EUB338과 GAM 42a, 그리고 본 연구과정에서 제작한 TDB-4였으며, CLSM(Confocal Laser Scanning Microscope)으로 관찰한 후 면적비를 산정하여 미생물 변화를 정량적으로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

BFR 장기운전

실험실 규모 계면활성제 미생물 반응기를 농도부하를 달리하며 21일간 운전하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 inlet(●)농도가 증가함에 따라 처리효율은 떨어지는 경향을 나타내고 있다. 주목할 만한 것은 초기 90ppm부근에서 middle(■)와 outlet(▲)의 농도가 같다는 것이다. 이는 가장 이상적인 경우로 거품안정성(Foam stability)과 미생물의 활성도가 적절함을 나타내는 것이다. 액상으로 전달된 toluene이 미생물에 의해 100%제거가 되기 때문에 outlet(▲)의 농도가 middle(■)과 같게 되는 것이다. 하지만 inlet(●)농도가 증가함에 따라 middle(■)의 농도보다 outlet(▲)의 농도가 높아지게 되는데, 이는 미생물이 액상의 toluene을 일정시간동안 전부 처리하지 못함에 따라, 다시 액상에서 기상으로 유출되기 때문이다.

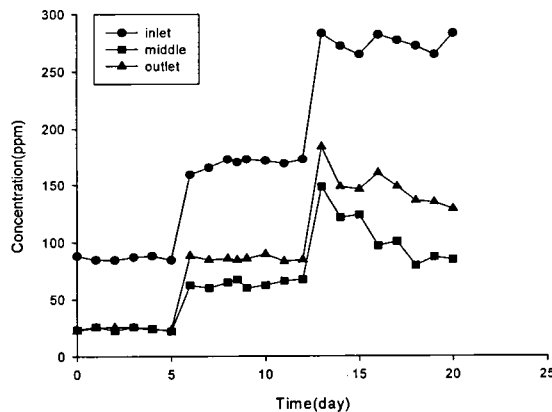


Fig. 2. Changes of the gas-phase toluene concentrations during the longterm test.

BFR 미생물 군집분석

FISH 방법을 적용하여 미생물 군집을 분석한 결과, 반응 초기에는 주입한 톨루엔 분해균주가 완전히 우점하였으나, toluene 유입농도를 높인 시점에서 급격하게 감소하다가 안정화단계에서는 다시 우점하는 형태의 패턴을 나타냈다. 또한 장기운전 과정에서 다양한 미생물이 출현하여 처리효율이 다소 감소하는 현상이 나타나 이에 대한 대책이 요구된다.

사 사

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2005-000-10675-0)지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Amann, R. I. (1995) In situ identification of micro-organisms by wholecell hybridization with rRNA-targeted nucleic acid probes, section 3.3.6, p. 3.3.6/1-3.3.6/15. In A. D. L. Akkermans,

- and J. D. van Elsas (ed.), Molecular microbial ecology manual. Kluwer. Academic Publishers, London, England.
- Huang, H. L., and L. G. Whei-May (2001) Enhanced naphthalene solubility in the presence of sodium dodecyl sulfate: effect of critical micelle concentration, *Chemosphere*, Vol.44, 963-972.
- Kang, E. and M. A. Deshusses (2005) Continuous operation of foamed emulsion bioreactor treating toluene vapor, *Biotechnol. Bioeng*, Vol. 92, 364-371.