Pilot scale biofilter를 이용한 축산폐수의 악취제거

박정엽, 문철현, 장석진, 황재웅, 박성훈*
부산대학교 화학공학과
전화 (051) 510-3049, FAX (051) 515-2716

ABSTRACT

A performance of pilot scale biofilter was investigated for the treatment of odorous waste gas. The system treated 508.7 m^3h^{-1} of waste air with amine and ammonia concentrations ranging up to 0.06 $N\text{-}gm^{-3}$ Over the four month study, its elimination capacity was demonstrated up to 6.37 $N\text{-}gm^{-3}h^{-1}$ and its removal efficiency was 100%. Differ to lab scale biofilter, It is difficult to maintain the proper temperature of reactor because of low external temperature. Experiments were performed indicating various problem such as sudden system shut down, unstable pump, water addition malfunction and corrosion of reactor. However, pilot scale biofilter was stable when treatment of odorous waste gas.

서론

악취의 주 원인물질(황화수소, 암모니아, 메르캅탄류, 아민류 등)은 대부분 감지한계 농도(냄새를 감지할 수 있는 최저농도)가 대단히 낮아 ppm(백만분의 1)단위 이하이며, 심리적인 영향 및 미미한 생리적 피해를 나타낸다. 본 연구에서는 저농도의 악취가 연속적으로 발생되는 축산폐수처리장에서 악취의 생물학적 제거 방법의 적용 가능성을 평가하기 위해 pilot-scale biofilter를 설치 및 운전하였다. 또한 실규모 biofilter 설치 운전시의 예상 성능 및 운전의 안정성 등을 평가하려고 한다.

Pilot-scale biofilter 탈취 시설 개요

실험장치는 콘테이너 박스로 만들어졌으며 2단으로 구성되어 있고 6개의 chamber가 있다. 반응기 본체는 내식성 재료인 스테인레스 스틸을 사용하였고 가스 유입배관은 PVC를 사용하였다. 반응기 전체부피는 8.4㎥이고 각각의 chamber 부피는 1.6㎥이다. 외부 장치로는 물탱크, 배수통, 정량펌프를 설치하였다. 반응기의 모식도는 아래와 같다.(그림 1 참조) 실험기간은 11월부터 2월까지 온도가 낮은 겨울철 4개월이었다.

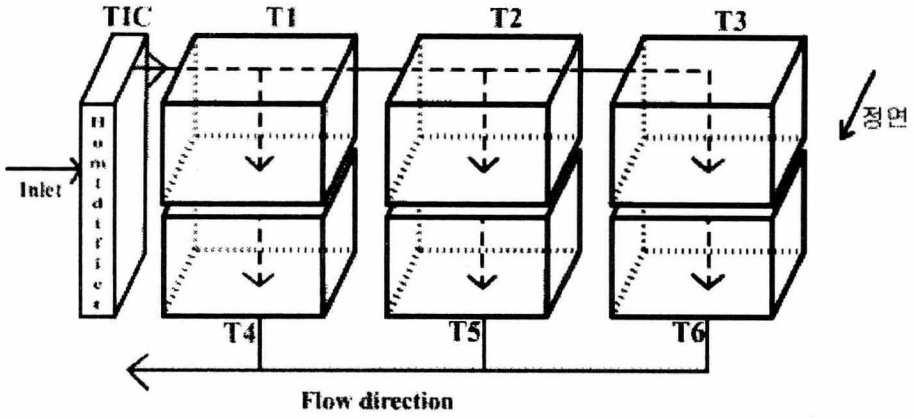

그림 1. Pilot-scale biofilter 모식도

내부 충진 물질

축산폐수처리 시설에서 발생하는 악취의 효율적인 제거를 위해 폐수처리장에서 확보한 활성슬러지를 충진 미생물로 사용하였다. 영양원 담체로는 완전 숙성 compost를 사용하였으며 compost 자체의 악취가 거의 나지 않는다. 압밀 방지제로 첨가되는 합성 담체는 미생물의 부착능 및 통기성이 우수한 것을 주문 제작하여 사용하였다. 일정한 pH를 유지하기 위하여 pH 조절제를 첨가하였다.

Reactor type	Microorganisms	Compost	Bulking agent	Buffering agent
Biofilter	Single strain (1 wt %) Sludge cake (5 wt %)	Mature (50 v/v %)	Synthetic media (50 v/v %)	Crushed oyster shell (3 wt %)

분석 항목

농도 분석 지점은 유입 농도(원수조), 충진층간 농도(상, 중, 하)이다. 농도분석 횟수는 2~3일 1회 측정하며, 현장에서의 신속한 농도측정을 위하여 검지관(Gastech, Japan)을 주로 사용하였다. 반응기 및 Humidifier reservoir 온도는 컴퓨터 모니터링 시스템을 통하여 24시간 자동 저장함과 동시에 현장의 PC에서 trend graph 형태로 경향을 파악하였다. 반응기내 침출수의 pH는 반응기 하부 reservoir에서 3일 간격으로 측정하여 기록하였다. 충진담체의 nutrient 농도를 알기 위해 침출수의 질소분석은 Ammonia, nitrate, nitrite을 Bran Lubbe AA3(Germany)로 분석하였다.

결과 및 고찰

운전 개시 후 2-3일 동안 유입농도에 관계없이 제거효율이 감소하였으나 운전 3일 후에는 R-NH_2, NH_3, H_2S 및 유기산이 모두 제거되었다. 평균 유입농도는 R-NH_2 20~40 ppmv, NH_3 10~20 ppmv H_2S 0.5~2 ppmv였다. 상단에서의 제거효율은 거의 80% 이상 분해가 되었고 전체 제거효율은 100%였다. (그림 2. 참조)

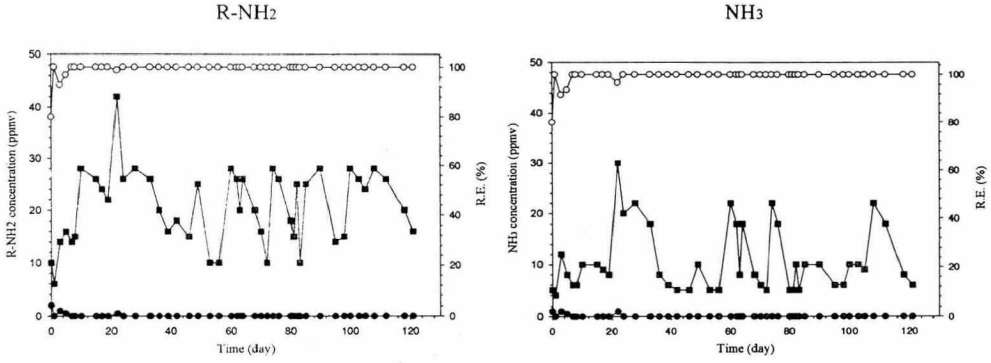

그림 2. 4개월 동안 pilot scale biofilter 운전결과
(○; 제거효율, ●; 유출농도, ■; 유입농도)

유입부 온도가 0 ℃, 체류시간 90초일 때 반응기의 최대온도는 18~32 ℃이다. 이는 Humidifier가 10 ℃씩 증가할 때마다 반응기 온도가 2~3 ℃ 선형적으로 증가하였다. 체류시간 45초의 경우에도 마찬가지 경향을 보였다. 이는 악취가스가 풍량이 적고 Humidifier의 액체와 접촉 시간이 6초 이상 되어 열전달이 잘 이루어져 가온된 것으로 판단된다. (그림 3. 참조)

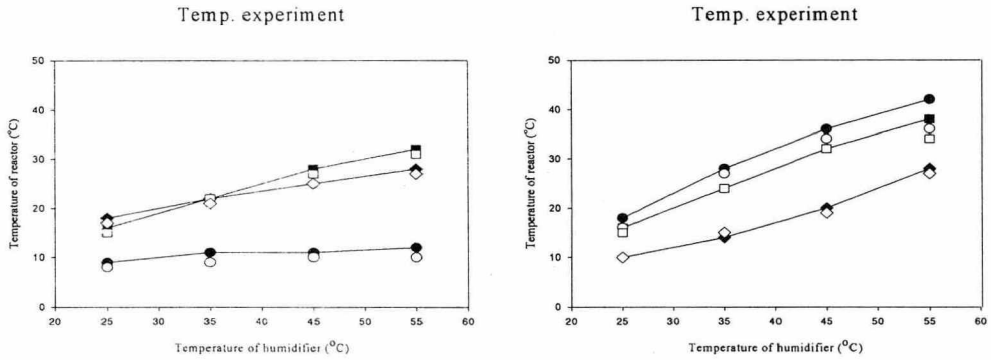

그림 3. 가습기 온도에 따른 반응기의 최대온도
하단 EBRT(○; 20초, □; 45초, ◇; 90초), 상단 EBRT(●; 20초, ■; 45초, ◆; 90초)

유입부 온도가 15 ℃, 체류시간 20초, Humidifier 온도가 55 ℃일 때, 상단의 반응기 최대온도는 42 ℃ 하단온도는 36 ℃였다. 상단과 하단사이 약 6 ℃의 차이를 보

였다. 하단부근의 얇은 벽면 사이로 leak가 발생되어 일정 온도 이상은 가온 되지 않은 것으로 판단된다.

체류시간 90초의 경우 충분한 시간 동안을 반응기 내에서 체류하게 되므로 100%의 제거율을 보였고 EC_{max}는 4.15 $N\text{-}g/m^3 \cdot hr$을 나타내었다. 체류시간 45초일 때도 거의 100% 제거율을 보였고 EC_{max}는 6.37 $N\text{-}g/m^3 \cdot hr$이었다. 이는 다른 반응기와 비교했을 때 반응기 성능이 비슷한 것으로 나왔다. 반대로 체류시간 20초의 경우에는 제거효율이 60% 이하로 나타나고 EC_{max}는 3.12 $N\text{-}g/m^3 \cdot hr$이였다. 이 결과로 볼 때 체류시간이 45초일 때 반응기의 최대 제거율이 높게 나타났다. 이외에 반응기 침출수의 pH는 6.5~7.5를 유지하였고 수분 함유율은 45~55%를 유지하였다.

Scale-up에 따른 문제점으로 본체 외벽 및 Humidifier 안쪽 부식이 심해졌으며 히터 및 노즐의 부식화에 따른 교체주기를 알수 없었다. 또한 겨울철 영하의 낮은 온도로 인하여 급배수관에서 동파하는 경우가 있었다.

결론

본 실험에서 겨울철 Pilot-scale biofilter을 이용한 축산폐수의 악취제거에서 체류시간 45초, Humidifier 온도 45 ℃, 반응기 온도 30 ℃ 최적운전 조건을 도출하였다.

Biofilter에서 미생물의 활성을 유지하기 위해서는 겨울철 적정한 온도를 유지해야 한다. 특히 유입가스의 온도를 15 ℃이상 유지하고 유입관을 짧게 하여 보온대책을 마련하며 원활한 급배수를 위해서는 겨울철 동파 방지에 신경을 써야한다.

Pilot-scale biofilter는 4개월 간의 운전 경과에도 반응기 성능은 우수하고 안정적이었다. 현장의 갑작스런 전기공급 중단으로 인한 shut-down시, 이후 전기공급을 했을 때 이전의 효율을 유지하였다.

참고문헌

1. Deshusses, M.A., and H.H.J. Cox. 1999. A cost benefit approach to reactor sizing and nutrient supply for biotrickling filters for air pollution control. Paper 99-242.
2. Cox, H.H.J, M.A. Deshusses, B. Converse, E.D. Schroeder, D. Vosooghi, P.Samar, R. Iranpour. Odor and VOC treatment by biotrickling filters: pilot scale studies at the Hyperion Treatment Plant
3. Webster, T.S., H.H.J. Cox, and M.A. Deshusses. 1999. Resolving operational and performance problems encountered in the use of a pilot/full-scale biotrickling filter reactor. Environ. Progr. 18: 162-172.
4. Biotreatment of H_2S- and NH_3-containing waste gases by co-immobilized cells biofilter : Ying-Chien Chung, Chihpin Huang, Ching-Ping Tseng, Jill Rushing Pan