

## PH6) 화산석을 담체로 충전한 Biofilter에서 양돈분뇨 중의 H<sub>2</sub>S와 Styrene의 혼합가스 제거특성

강경호\*, 감상규, 이민규<sup>1</sup>

제주대학교 토목환경공학전공, <sup>1</sup>부경대학교 응용화학공학부

### 1. 서 론

악취는 사람에게 심리적, 정신적 피해를 주는 감각오염의 한 형태로, 생활 주변에 산재되어 있는 각종 사업장에서 대부분 처리되지 않은 채 방출되어 심각한 환경문제를 일으키고 있다. 특히 최근에는 양돈장에서 발생하는 악취는 수 km까지 확산되어 인근 주민들과 마찰을 빚고 있는 실정이다.

양돈장에서 배출되는 악취의 대부분은 섭취된 사료의 소화 또는 미소화 과정으로 생성되는 분뇨로부터 유래되는데, NH<sub>3</sub>를 비롯하여 H<sub>2</sub>S와 mercaptan 등의 황화합물 및 styrene, benzene, toluene 등의 휘발성 유기물질들이 함유되어 있다(Moseier 등, 1986). 이 중 H<sub>2</sub>S는 양돈장에서 높은 농도로 검출이 되는데, 부패된 계란 냄새가 나는 무색의 악취물질로서, 약 0.5 ppbv 정도의 낮은 농도에서도 그 냄새를 느낄 수 있을 정도로 자극적인 물질이다(Smet 등, 1998). 이에 H<sub>2</sub>S의 농도가 100 ppmv에 이르면 흡입시에 두통, 현기증 및 호흡장애를 일으키며, 500 ppmv 이상의 고농도에 노출되면 의식불명, 호흡마비를 일으켜 사망에 이르게 하는 것으로 알려져 있다. 또한 Styrene은 휘발성이 강한 냄새를 유발하는 방향족 화합물로, 음식물 퇴비화 시설과 양돈농가의 분뇨의 부숙으로 인해 비록 낮은 농도로 배출되어지나(Sollenberg 등, 1988), 장시간 노출시에 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 유발한다. 이러한 이유로 styrene은 US EPA에 의해 우선적인 환경독성물질로 인용되고 있으며(Zilli 등, 2001), 국내에서도 대기환경보전법 제3장 제30조의 악취물질에 포함되어 있다.

이러한 H<sub>2</sub>S와 styrene과 같은 악취물질을 제거하는 기술로 최근 biofilter에 대한 연구가 많이 진행되고 있으며(감상규 등, 2004; 강경호 등, 2005), 그 연구결과 또한 뛰어난 제거효과를 나타낸다고 보고하고 있다. 그러나 기존의 연구는 H<sub>2</sub>S와 styrene의 단일 가스에 대한 연구로 H<sub>2</sub>S와 styrene의 혼합가스 제거에 대한 연구가 필요하다고 판단된다. 이에 본 연구에서는 H<sub>2</sub>S와 styrene를 대상가스로 선정하고, 제주도에 널리 분포하고 있는 화산석을 담체로 충전하여 biofilter를 운전함으로써, H<sub>2</sub>S와 styrene 혼합가스의 제거특성을 살펴보았다.

### 2. 재료 및 실험방법

#### 2.1. 실험장치

실험장치는 Fig. 1에 나타낸 장치의 모식도에서 보여 지는 것처럼 biofilter, styrene 기화장치, H<sub>2</sub>S bombe, mixing chamber 및 nutrient pump 등으로 구성되어 있다. Biofilter는 내경 5 cm, 높이 75 cm의 원형아크릴판을 이용하여 제작하였고, 1 L의 부피에 화산석 담체를 충전하였다.

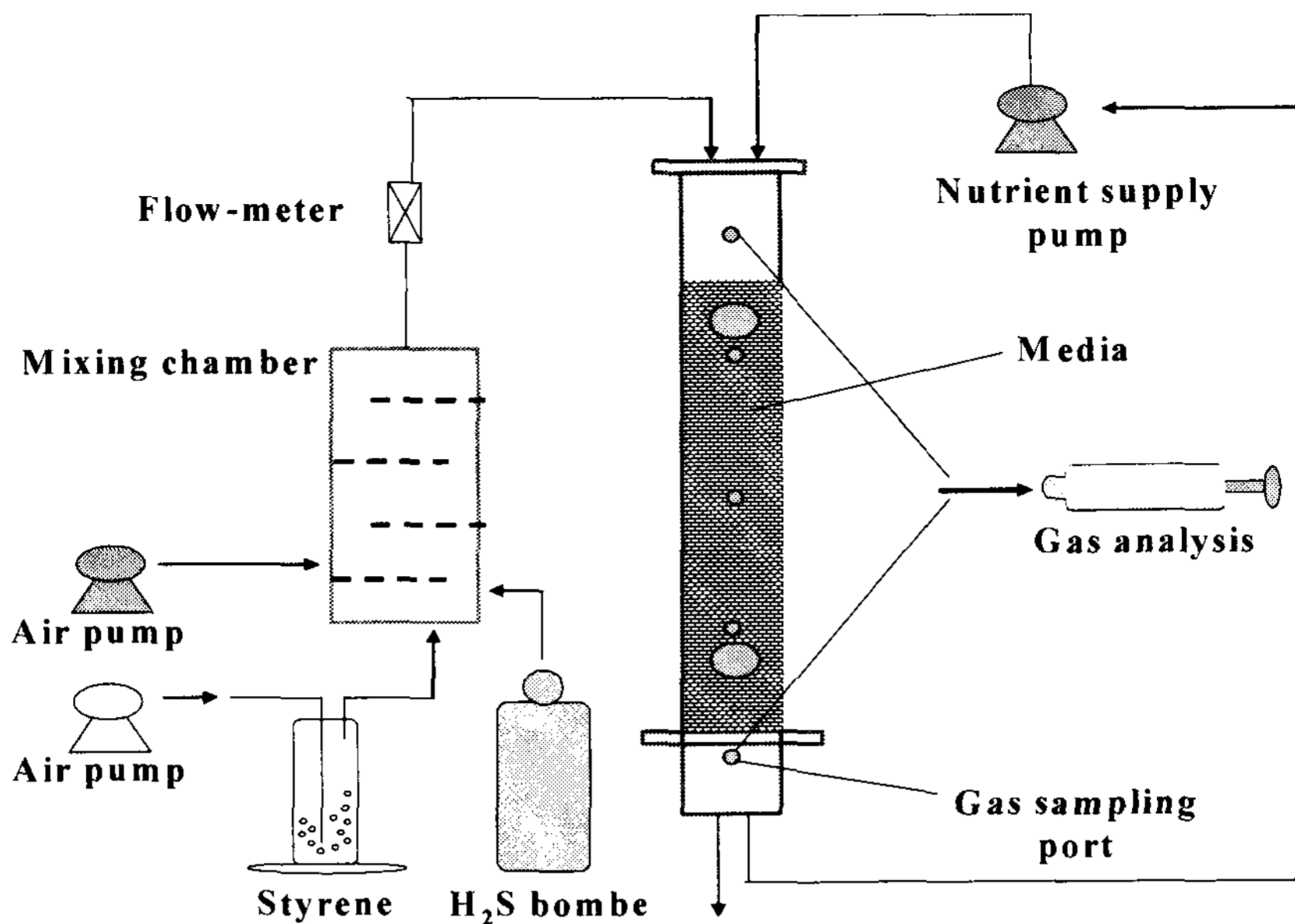


Fig. 1. Schematic diagram of biofilter system used in this study.

## 2.2. 실험재료

제주도의 지역적 특성 때문에 널리 분포하고 있는 화산석은 비표면적이 넓고, 충전 밀도가 낮으며, 높은 함수율을 가지고 있을 뿐 만 아니라 적당한 강도를 지니고 있으며 가격도 저렴하다. 이에 본 연구에서는 화산석을 담체로 선정하였으며, 5~7 mm인 크기의 입경을 가지는 것을 선별하여 biofilter에 충전하였다.

## 2.3. 시료의 분석

시료의 분석은 검지관(GASTEC, Japan)을 이용한 직접 분석과 기기분석을 병행하여 상호 검증하였는데, H<sub>2</sub>S의 경우는 GC(HP 6890, Detector : FPD)를 이용하여, styrene의 경우는 GC(HP 5890 series II, Detector : FID)를 이용하여 분석하였다. 그리고 압력손실은 마노메타(Dwyer Instrument, MM. 400)을 이용하여 측정하였고, 드레인 중의 pH는 pH meter (Orion, 420A)을 이용하여 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 2달여간의 H<sub>2</sub>S-styrene 혼합가스의 운전을 나타낸 것으로, 운전 40일까지는 EBCT 30 sec로 H<sub>2</sub>S의 유입농도를 100 ppm으로 고정하고 styrene의 유입농도를 10~75 ppm으로 단계적으로 높이면서 운전을 하였고, 운전 41일부터는 EBCT 20 sec로 변화를 주어 H<sub>2</sub>S의 유입농도를 100 ppm으로 고정하고 styrene의 유입농도를 20~40 ppm으로 변화를 주어 biofilter를 운전하였다. 유입농도 100 ppm의 황화수소는 결과에서 보듯이 biofilter를 운전하는 기간 동안 100%의 제거율을 보여주고 있어 EBCT의 변화나 styrene의 유입농도 변화에도 H<sub>2</sub>S의 제거에 저해작용이 없는 것으로 나타났다. 반면, styrene의 경우 초기 미생물의 적응 기간이 다소 길게 나타났는데, 이는 styrene과 같은 VOCs의 제거에는 일반

적으로 종속영양미생물이, H<sub>2</sub>S와 같은 황화합물은 독립영양미생물이 우점종으로 존재하게 되는데, 초기 운전에서 상대적으로 종속영양미생물의 적응이 덜 이루어진 것으로 판단된다.

Fig. 3은 운전 기간동안 drain 수내의 pH와 압력손실을 나타낸 것으로, pH는 2.176~2.619로 낮은 pH를 보였으나 biofilter를 운전하는데 미생물의 활성이 급격히 떨어지거나 제거능이 크게 감소하는 경향은 없었다. 단지 초기 운전에서 styrene의 제거에 pH가 어느 정도의 영향을 미쳐 미생물의 순응이 다소 걸린 것으로 판단된다. 그리고 압력손실의 증가로 제거효율이 감소하는 현상이나 칼럼 내 담체의 막힘 현상은 발생하지 않았다.

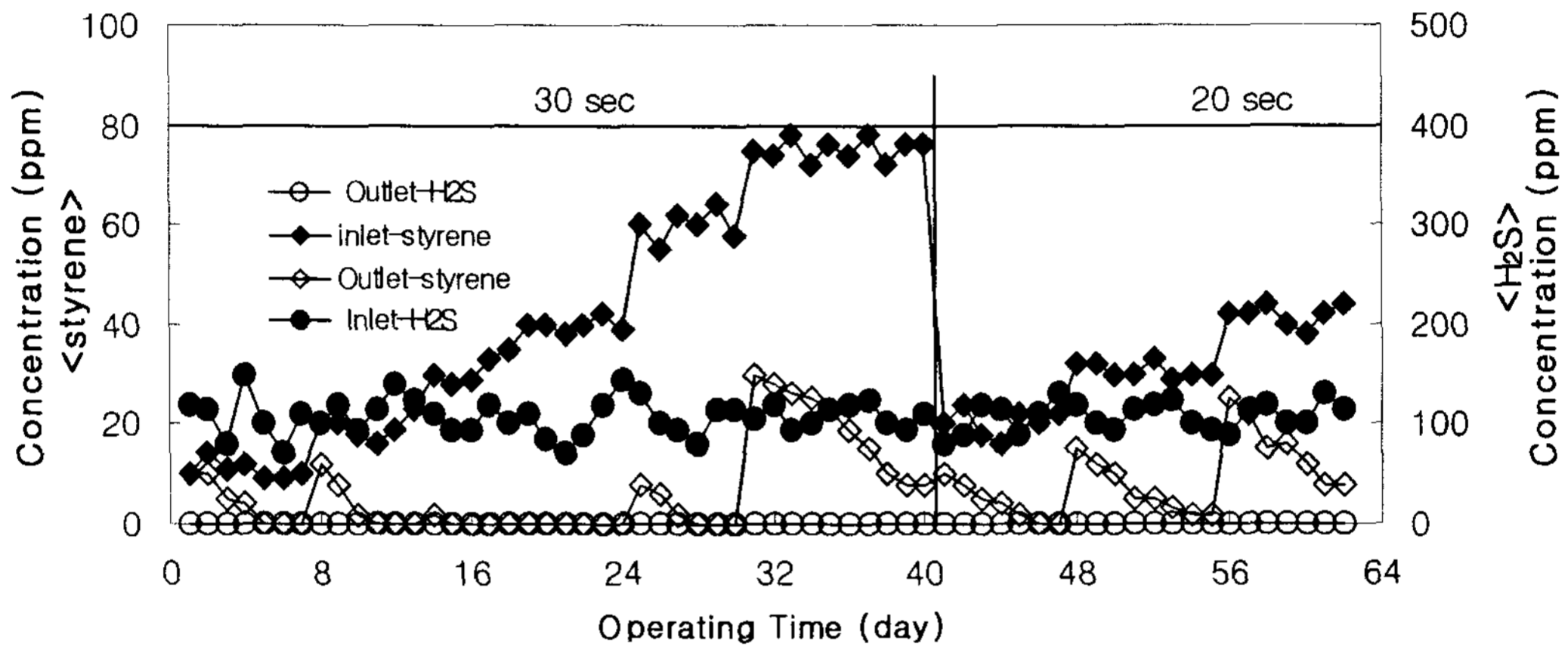


Fig. 2. Inlet and outlet H<sub>2</sub>S-styrene concentration of the biofilter as a function of operation time.

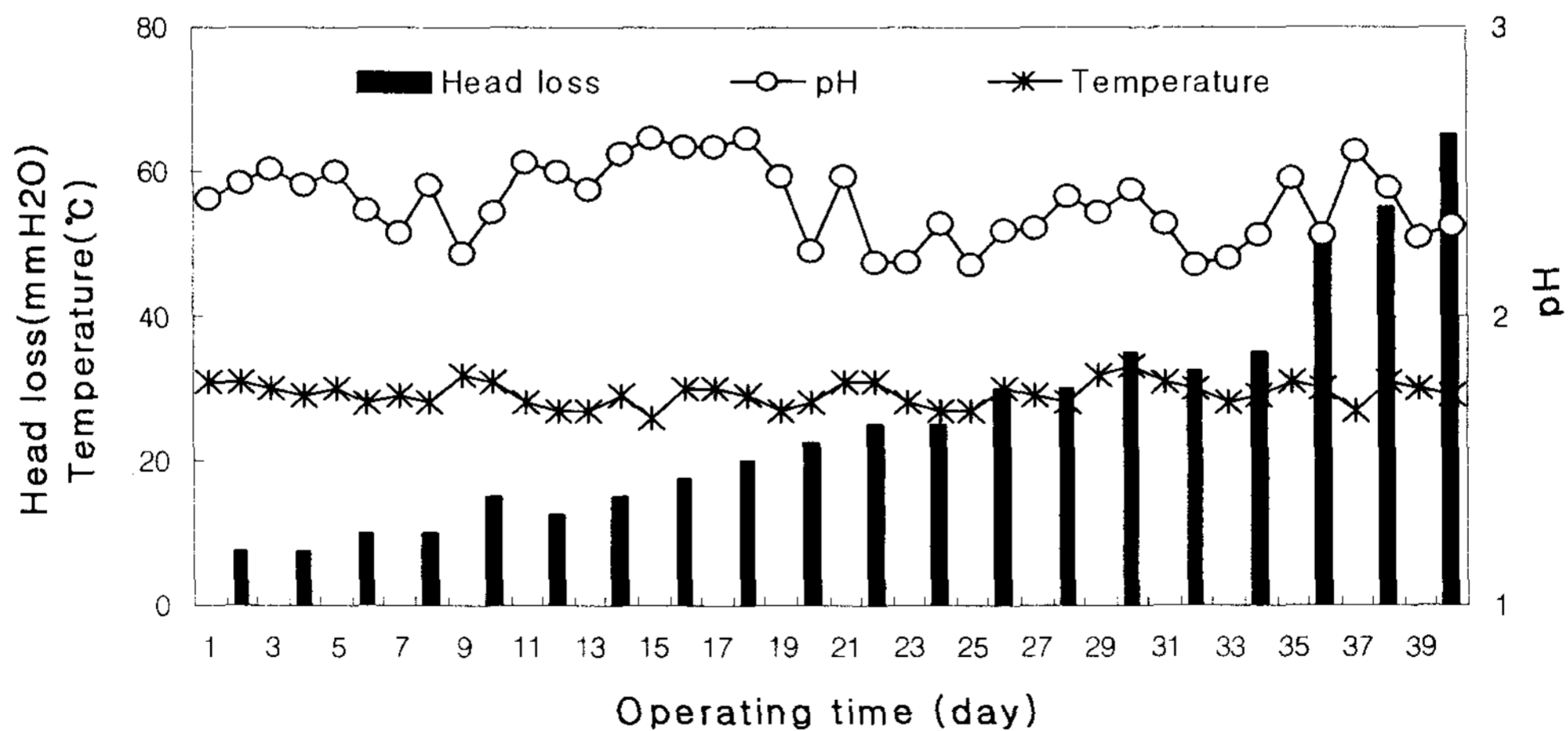


Fig. 3. Variations of head loss and pH during the continuous operation.

#### 4. 요약

본 연구에서 biofilter를 이용하여 H<sub>2</sub>S와 styrene의 혼합가스의 제거특성을 살펴본 결과, 먼저 biofilter의 담체로서 화산석이 충분히 활용될 수 있음을 보였고, 혼합가스의 수십 또는 수백배의 높은 농도에서 EBCT를 30 sec로 하여도 100%의 제거율을 보여 본 연구에 사용

된 biofilter는 악취물질 제거에 효율적으로 적용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 혼합가스의 운전으로 pH는 저하되었지만 제거효율이 감소하는 현상은 발생하지 않았으며, 장기간의 운전에도 압력손실이 낮아 역세척이나 nutrient 공급을 조절할 필요가 없었다.

### 참 고 문 헌

- Moseier, A. R., S. M. Morrison and G. K. Elmund, 1986. Odors and emissions from organic wastes. In "soils for management of organic wastes and waste waters", ASA. CSCA. SSSA. 577 South Road, Madison, Wisconsin 53711. USA.
- Smet, E., P. Lens and H. Langenhove, 1998. Treatment of waste gases contaminated with odorous sulfur compounds, *Critical Rev. Environ. Sci. Technol.*, 28, 89-117.
- Sollenberg, J., R. Bjurstrom, K. Wrangskog and O. Vesterberg, 1988. Biological exposure limits estimated from relations between occupational styrene exposure during a workweek and excretion of mandelic and phenylglyoxylic acids in urine, *Int Arch. Occup. Environ. Health*, 60, 365-370.
- Zilli, M., E. Palazzi, L. Sene, A. Converti and M. D. Borghi, 2001. Toluene and styrene removal from air in biofilters, *Process Biochemistry*, 37, 423-429.
- 감상규, 강경호, 임진관, 이민규, 2004. 활성탄/폴리우레탄 복합담체를 충전한 바이오필터에서 H<sub>2</sub>S의 제거특성, *환경과학회지*, 13(1), 47-53.
- 강경호, 감상규, 이택관, 임상빈, 이민규, 2005. 황토/폴리우레탄 복합담체를 biofilter에서 기상 styrene의 제거특성, *환경과학회지*, 14(11), 1027-1033.