

대기-6

Biofilter에 대한 수학적 해석에 관한 연구

빈정인^{1*}, 이병현¹, 이민규

부경대학교 화학공학부, ¹환경시스템공학부

1. 서 론

여러 종류의 폐기물내의 오염물을 제거하기 위하여 생물학적 프로세스의 용도는 점차 증가되어 왔다. 이런 프로세스 중에서 바이오플터는 효과적인 대기오염방지기술로서 떠오르고 있다. 바이오플터는 알려진 바와 같이 악취 제거와 폐가스에서의 휘발성 유기물 특히 용매제거에 다른 프로세스에 비해 뛰어나다. 생물막 여과 프로세스 중에서 생물반응 기란 오염물을 분해할 수 있는 미생물들이 자연적으로 고정화되어 있는 다공성의 충전물을 들을 습도가 있는 오염된 공기가 통과하는 반응기이다(임광희, 1999).

Biofilter의 수행특성을 해석하고 설계기준을 작성함에 있어서 몇 가지 biofiltration model이 개발되어 사용되고 있다. 1986년 Ottengraf에 의해 제안된 model은 매우 간단하게 해석해를 얻을 수 있어 실험실 규모 실험자료의 검증이나 실제적인 pilot 규모 biofilter 장치의 설계에 사용되고 있다. Zarook 등은 Ottengraf의 모델을 확장하여 단일 VOC에 대한 정상상태 biofiltration model을 제시한 바 있으며, 이후 정상상태 모델을 biofilter의 동적 특성을 기술하는데 확장하였다(이민규 등, 2001).

2. 이론적 고찰

Biofiltration은 오염된 공기를 처리하는 공정으로써 습윤상태의 공기가 충전층을 통과하면서 오염물질은 담체에 흡착되고 미생물 군집에 의해 생물학적으로 분해된다. 액상에서의 기질반응속도는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있으며, 평행흐름에 대한 정상상태 물질수지는 칼럼의 미소길이 dZ 에서의 성분물질율의 변화를 고려함으로써 수식화할 수 있다. 이 경우에 길이는 칼럼의 상부($Z=0$)로부터 바닥까의 길이를 나타내며, 칼럼은 습윤담체 혹은 액상(V_S)과 기상(V_G)으로 구성된 것으로 가정한다. 식 (2)는 칼럼의 미소길이 dZ 에서 기상의 성분물질수지를 나타낸 것이다.

$$r_S = -v_M \frac{S}{S + K_S} \quad (1)$$

$$\frac{dC}{dZ} = -\frac{1}{v_{ZG}} K_{La} (S_S - S) \quad (2)$$

선속도는 다음과 같이 기상과 액상에서 부피유량과 공통단면적으로 표현할 수 있다.

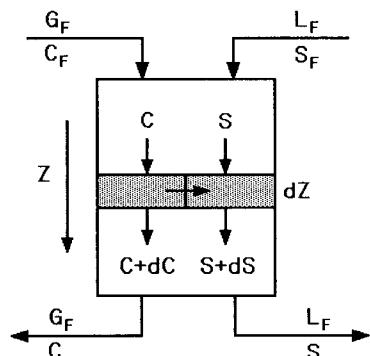


Fig. 1. Steady-state biofiltration column with cocurrent flow.

$$v_{ZG} = \frac{G_F}{A_T} \quad v_{ZL} = \frac{L_F}{A_T} \quad (3)$$

반응은 습윤 상태의 충전부피 V_S 에서 일어나는 것으로 가정하고, 액상에서의 성분물 질수지식을 세우면 다음과 같다. 또한 기-액 평형관계는 $S_S = M C$ 로 나타낼 수 있다.

$$\frac{dS}{dZ} = \frac{1}{v_{ZL}} K_{La} (S_S - S) + r_S \frac{1}{v_{ZL}} (1 - \varepsilon) \quad (4)$$

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 화산석 충전 biofilter를 이용한 유입농도 및 유량 변화에 대한 H_2S 제거 실험 결과와 상기 수학적 해석 기법에 의한 결과를 비교하였다. 먼저 유입농도 변화는 EBCT 30 sec인 조건에서 유입농도를 400~1,500 ppm의 범위에서 운전하였으며, 유입유량 변화는 유입농도 250 ppm인 조건에서 EBCT를 5.5~60 sec의 범위에서 운전하였다.

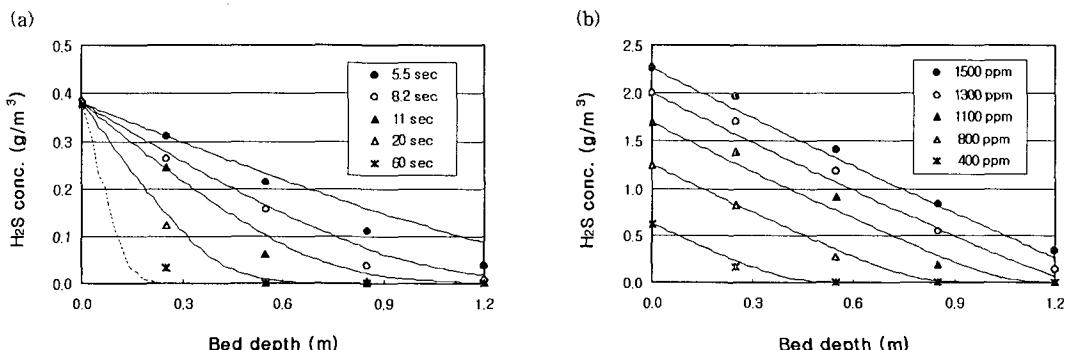


Fig. 2. H_2S concentration profiles with bed depth. (symbol : Experimented., line : Calculated.)

(a) with different EBCT (b) with different inlet concentration

기호 설명

A_T	공탑단면적	m^2	V_S, V_G	액상, 기상의 부피	m^3
L_F, G_F	액상, 가스 유량	m^3/s	S, C	액상, 기상의 기질농도	g/m^3
K_{La}	총풀물질전달계수	/s	K_S	Monod 상수	g/m^3
r	반응속도	$g/m^3/s$	v_M	최대반응속도	$g/m^3/s$
Z	충길이(깊이)	m	ε	총공극율	-

참고문헌

- Ottengraf, S. P. P., 1986, Exhaust gas purification, *Biotechnology*, **8**, pp. 425~452.
 Zarook S., Basil C. Baltzis, Oh, Y. S. and Richard Bartha, 1993, Biofiltration of methanol vapor, *Biotechnol. and Bioeng.*, **41**, pp. 512~524.
 임광희, 1999, 폐가스 처리에 대한 바이오플터의 수학적 모델링, *한국생물공학회지*, 14(5), pp. 550~560.
 이민규, 빈정인, 이병현, 김중균, 최혁, 권성현, 2001, 화산석을 담체로 한 biofilter에서 황화수소 제거 특성, *화학공학*, 39(3), pp. 379~384.