

바이오필터 담체 모델링 및 운전자료 비교에 대한 연구

허남수, 조대철, 권성현*

순천향대학교 신소재화학공학부 환경전공

*경상대학교 해양환경공학부

e-mail:daechul@sch.ac.kr

Biofiltration Modeling for Packing Media Compared To a Small-scale Operation

Nam-Soo Huh, Daechul Cho, Sung-Hyun Kwon*

*Dept of Environmental Engineering, Soonchunhyang University

Div. of Marine & Environmental Engineering, Kyung Sang

National University

요 약

Filter media are one of the most important choices when biofiltration is applied. Filter media provide adsorbing microbes with available sites for residence and the residential cells grow to degrade or decompose target waste gases. Up to date, filter media were only qualitatively analyzed. As a quantitative approach to filter material for biofiltration, a simple model based on reaction kinetics and mass action law (Ottengraf's Model in 1983) was presented. Cork, zeolite, and granulated activated carbon were tested in terms of effective surface area, cell covered fraction of adsorbing sites, surface roughness, and pore size distribution. The cell covered fraction, surface roughness and hydrophilicity was found to be closely related to the efficiency of gas degradation in biofiltration. The cork was the best candidate for cell residence and growth in this work.

1. 서론

바이오필터(biofilter) 기술은 최근 10여년간 두드러진 실용화 추세를 보이는 환경기술의 하나이다. 수처리와 대기중 오염물질의 제거에 경제적이고 탁월한 효과를 입증해 온 바이오필터 기술은 그동안 충전매체의 개발, 장기운전을 위한 공학적 해법, 유독성 가스 및 제거 물질의 광역화에 주력해 왔다. 기술의 단순성 및 핵심 메카니즘인 미생물-담체의 상호작용에 대한 정확한 이해 없이도 일정 수준의 실용화에 성공한 것이 사실이나(Deshusses, 1997), 제거효율의 안정화 및 경쟁기술인 흡착, 집진 등 물리적 기술에 비하여 광역화한 오염가스 제거에는 취약한 형편이다.

특히 미생물이 정착하는 매체에 대하여는 값싼

compost나 peat 등이 과학적 표면특성의 분석 없이 일반적으로 이용되어 왔으며 또한 그에 대한 정량적 평가 분석도 미흡하였다(Devinsky 등, 1999).

따라서 본 연구는 매체에 대한 정량적 탐구를 중심으로 잘 알려진 Ottengraf의 확산 방정식(1983)을 풀어 그 물리화학적 특성과의 연계성을 파악하고 실험실 규모의 pilot에서 얻어진 운전자료와 비교하고자 하였다.

2. 바이오필터 원리 및 접근방법

2.1. 바이오필터의 원리

바이오필터는 그림 1에 보인 것 과 같이 '친수화'된 매체표면과 장치에 부착된 미생물이 증식에 의해 생물막을 형성하고 이 생물막을 접촉한 gas의 성분

이 흡착 및 생물대사에 의해 분해되는 과정을 집약한 장치이다.

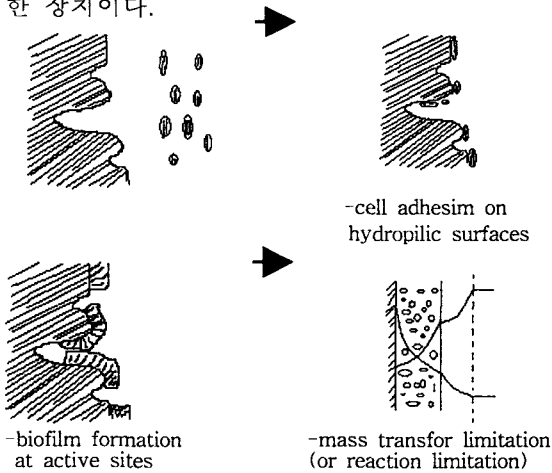


Fig.1 Simplified diagram of an active biofiltration mechanism

2.2. 모델 설정

Fick's law에 의한 1차원 모델은 다음과 같이 설정되었다(Ottengraf 등, 1983).

$$D_e \frac{d^2 S_t}{dx^2} = k_0 \quad (\text{main equation})$$

$$S_t = \frac{S_g}{m} \quad @ \ x = 0 \quad (\text{경계조건1})$$

$$\frac{dS_t}{dx} = 0 \quad @ \ x = \delta \quad (\text{경계조건2})$$

확산제한 조건 및 반응제한 조건하에서 분석해를 구하였다.

2.3. pilot 실험

바이오필터 매체로서 cork, zeolite, GAC를 각각 충전한 column형 반응기 (PVC재질; 900×80mm)를 사용하였다. 시험용 기체로서 toluene, benzene, xylene vapor를 air와 혼합하여 필터를 통과시켰다. 오염 기체의 농도는 20~30ppm 범위에서 조절하였다.

3. 결과 및 토의

변형된 Ottengraf model의 운용결과 매체의 미생물 점착도와 미생물 형성막의 겉보기 확산, 그리고 비표면적이 제거율 제고에 가장 큰 영향을 주는 변수로 확인되었다. Wood 등(2002)의 확산속도 측정에 대한 보고에 의하면 겉보기 확산 계수값은 1.0~2.0mm의 생물막 두께의 물질전달에서 10⁰~10² order의 계수값 편차를 보인다고 하였다. 따라서 형성된 생물막의 총생물량보다 미생물 밀도가 바이오필터의 기능향상에 더 중요하며 최적 밀도가 존재한다고 사

료된다. 단, 비표면적 차이도 제거율에 결정적인 변수이긴 하지만 실험에서 선택한 cork, zeolite, GAC 시료에 대한 운전결과는 유의할 만한 차이를 나타내지 않았다(그림2).

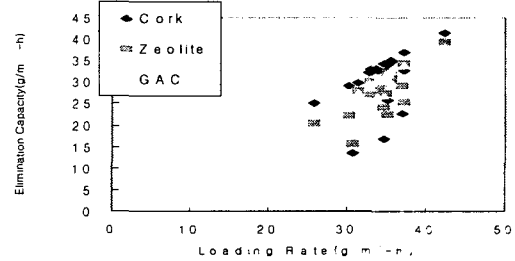


Fig.2 Elimination capacity of toluene in three different biofilters.

이는 미생물량이 일정 기준치를 초과하면 미세 공극의 폐색 등으로 표면적이 상대적으로 감소하기 때문으로 풀이된다.

참고문헌

- [1] Deshusses, M.A., "Biological waste air treatment in biofilters," Curr. Opin. Biotechnol. 8, 335-339, 1997.
- [2] Devinny, J.S. et al., "Biofiltration for Air pollution Control," CRC Press, 1999.
- [3] Ottengraf, S.P.P. et al., "Kinetics of Organic Compound Removal from Waste Gases with a Biological Filter." Biotechnol. Bioeng., 25, 3089-3102, 1983.
- [4] Wood, B.D. et al., "Calculation of Effective Diffusivities for Biofilms and Tissues," Biotechnol. Bioeng., 77, 495-516, 2002