

선박에서 발생하는 VOCs 저감을 위한 바이오필터에 관한 연구

송지경* · 경철홍* · 하신영* · † 김인수

*한국해양대학교 대학원, † 한국해양대학교 환경공학과 교수

요 약 : 본 연구에서는 선박에서 발생하는 휘발성유기화합물을 처리하기 위하여 친환경적인 대기오염방지설비를 개발하기 위하여 유용미생물 담체를 충전한 바이오필터를 사용하여 VOCs가스를 처리하는 실험실 규모의 실험을 수행하였다. VOCs가스의 온도, pH, 습도, 가스농도와 VOCs가스 제거효율과의 상관관계를 도출하고 이를 바탕으로 바이오필터의 전반적인 VOCs가스 제거효율 및 수명 그리고 안정성 등을 평가하였다. 최적 조건에서의 VOCs 제거 효율은 유입되는 오염가스 농도가 2000ppmv까지 모든 범위에서 90%이상의 제거효율을 나타내는 것으로 보아 이 범위에서 안정적인 운전이 가능한 것으로 평가된다.

핵심용어 : BM 유용미생물, VOCs 휘발성유기화합물, 바이오필터

1. 서 론

국제해사기구 IMO(International Maritime Organization)의 MEPC(Marine Environment Protection Committee)는 선박으로부터 배출되는 오염물질로 인한 대기오염을 방지하기 위하여 「MARPOL 73/78」 부속서 VI(선박으로부터의 대기오염방지를 위한 규칙)를 2005년 5월 19일 발효시켰다. 이에 따라 선박으로부터의 대기오염물질의 배출을 방지할 수 있도록 선박에 대기오염방지설비의 설치를 의무화하는 등 부속서 VI의 내용을 수용하여 2006년 7월 국내 해양오염방지법이 개정되었다. 이로 휘발성유기화합물규제 항만에서 규제하고 있는 물질을 신고자 하는 총톤수 400톤 이상의 선박은 대기오염방지설비의 설치를 의무화하고 있다. 본 연구에서는 유용미생물 담체를 충전한 바이오필터를 사용하여 VOCs가스를 처리하는 실험을 Lab. scale 로 수행하였다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 실험장치

Biofilter 실험장치는 1.5L의 유효 부피를 가지도록 설계하였다. Fig. 1은 본 실험의 Biofilter시스템의 구성도이다.

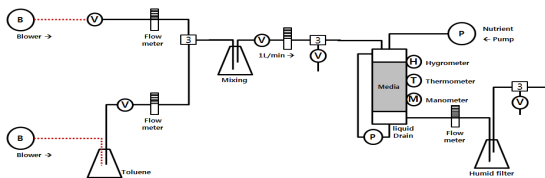


Fig. 1 schematic diagram of Biofilter system.

2.2 실험방법

본 실험의 바이오필터 반응기의 구성인자는 Table 1과 같다.

Table 1 Characterization of the biofilter

Parameter	Value
폭(지름)	80mm
길이	300mm
유효부피	1.5 L
모양	원통형
충진재료	다공성 세라믹 담체
오염물질	Toluene

2.3 운전조건

본 실험에 앞서 BMS-1과 바이오세라믹 담체의 기본적인 운전조건인 온도, 습도, 영양분 주입량에 대한 변수실험을 실시하였으며 운전조건의 범위는 Table 2와 같다.

Table 2 Operating condition of biofilter

Parameter	Value
온도	20~30℃
pH	6.5 ~ 9.0
EBRT	90sec
습도	60~80%
영양분	0~100ml/day

3. 결과 및 고찰

3.1 적용변수별 제거효율 평가

온도에 따른 제거효율을 평가한 결과 제거효율은 21±0.5℃의 경우 평균 93.08%였고, 25±0.5℃의 경우 평균 85.67%, 29±0.5℃의 경우 평균 86.36%의 제거효율을 나타내었으며, 제

† Corresponding author : 정희원, iskim@kmou.ac.kr 051)410-4416

거효율이 가장 높은 온도의 범위는 $21\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 최고효율은 21 $^{\circ}\text{C}$ 일 때 95.71%로 나타났다(Fig. 2).

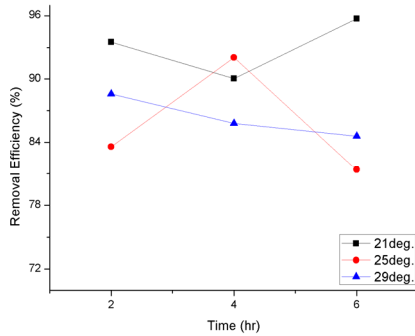


Fig. 2 Relationship between temperature and removal rate

바이오필터로 유입되는 toluene의 농도는 $253.6 \pm 9.3\text{ppmv}$ 이고 습도별 평균 제거효율은 80%일 때 86.32%, 70%일 때 77.58%, 60%일 때 82.02%로 습도 조건이 80%가 최적의 운전 조건으로 나타났다(Fig. 3).

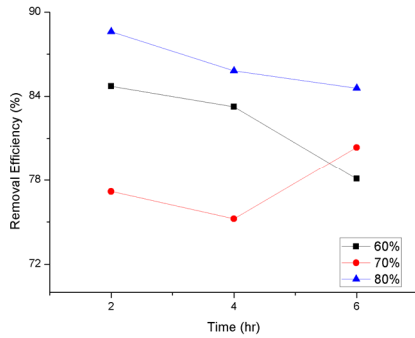


Fig. 3 Relationship between humidity and removal rate

영양분 투입이 없는 경우 평균 제거효율은 87.15%였으며, 영양분 100ml 투입 시 95.16%의 제거효율을 보여 영양분 유무에 따른 제거효율의 차이는 8.01%로 많은 차이를 보였다(Fig. 4).

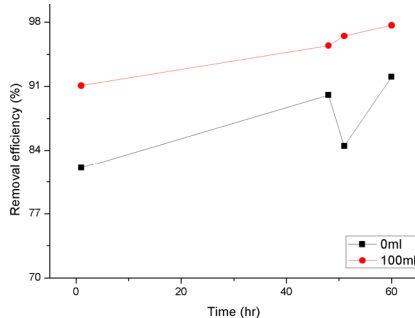


Fig. 4 Relationship between nutrient and removal rate

3.2 제거효율 평가

톨루엔의 평균 유입 및 유출 농도는 $256.1\pm 20.99\text{ppmv}$, $13.55\pm 10.43\text{ppmv}$ 이었으며, 평균 제거효율은 94.48%였으며 최고 제거효율은 98.98%였다. 운전초기에는 제거효율의 변동이 있었으나 150시간 경과 후 제거효율이 95%이상으로 안정적인

처리능력을 보였다(Fig. 5).

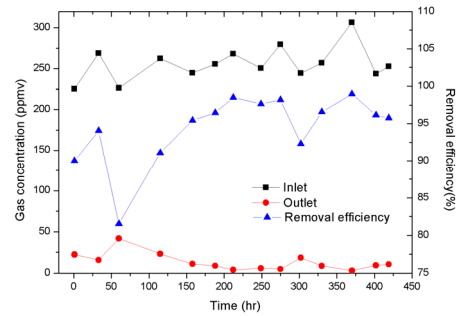


Fig. 5 Total removal rate of biofilter

4. 결론

VOCs 가스를 처리하기 위해 BM미생물을 고정시킨 세라믹 담체를 충전한 Bio-filter를 사용하여 Lab-scale의 최적 조건 도출실험 결과 온도 21 $^{\circ}\text{C}$, 습도 80% 일 때 톨루엔의 제거효율이 86.32%로 가장 높았으며 1일 100mL로 영양분을 공급한 경우 공급하지 않았을 때보다 8.01% 높은 제거효율을 나타내었다.

유입농도의 20배정도의 충격부하를 주어 실험한 결과 VOCs 가스 제거효율이 40.96%로 급격히 떨어졌으며, 3시간 이후 회복기로 접어들어 6시간 만에 80%이상의 효율을 보인 후 87~89%사이의 효율을 유지하였고 32시간 후 95.76%의 효율을 나타내는 것을 확인 하였다.

톨루엔의 평균 제거효율은 94.48%였으며 최고 제거효율은 98.98%였다. 내부 압력손실은 0~10mmAq로 나타났으며 수분의 영향에 따른 배관 등의 막힘현상을 고려하면 운전기간 동안의 압력손실은 없는 것으로 평가되었다.

참고 문헌

- [1] IMO MARPOL 73/78(1973,1978), Annex, of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships.
- [2] IMO(2009), Resolution MEPC.185(59), Guidelines for the Development of a VOC managements plan.
- [3] 경철홍(2012), BM미생물과 세라믹담체를 이용한 Bio-filter의 휘발성유기화합물 제거특성에 관한 연구, 석사학위논문. 부산:한국해양대학교
- [4] 하신영(2012), 토착미생물을 이용한 난분해성폐수처리에 관한 연구. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교
- [5] 원양수(2007), 생물학적 처리기술을 이용한 대기오염 제어, 한국청정기술학회 청정기술지, pp.1-15
- [6] 이흥운(2006), 바이오트리클링필터에서 영양물질을 이용한 바이오매스 농도에 따른 총탄화수소 제거효율 평가, 석사학위논문, 서울:한양대학교.
- [7] 장봉수(2002), 생물학적 처리 방법을 이용한 톨루엔 제거에 관한 연구, 석사학위논문, 부산:동아대학교
- [8] 장상태(2005), 균류를 이용한 생물여과 반응기에서의 휘발성유기화합물 제거 안정화 향상, 석사학위논문, 서울:연세대학교