

## 암모니아를 함유한 폐가스에 대한 바이오필터의 처리거동

김지은, 박상원<sup>1</sup>, 홍수현, 임무현<sup>1</sup>, 임광희\*  
 대구대학교 화학공학과, <sup>1</sup>식품공학과  
 (khlm@daegu.ac.kr\*)

### Transient behavior of biofilter treating waste-air containing ammonia

Ji-Eun Kim, Sang-Won Park<sup>1</sup>, Soo-Hyeun Hong, Moo-Hyun Yim<sup>1</sup>, Kwang-Hee Lim\*  
 Department of Chemical Engineering and <sup>1</sup>Food Engineering, Daegu University  
 (khlm@daegu.ac.kr\*)

#### 1.서론

미국, 일본을 포함한 선진국에서는 악취를 발생하는 물질별로 감지할 수 있는 악취강도를 유발하는 최저감지농도(odor threshold)를 설정하여 악취발생시설을 철저히 시행 및 관리하여오고 있으나 우리나라는 근래에 악취의 중요성을 인정하여 1897년부터 악취집중관리업소를 선정하여 집중관리하고 있으며 1991년 이후에 11개 업종을 생활악취규제대상시설로 지정하여 관리하고 있다. 따라서 가장 경제적이고 2차처리가 필요 없는 악취제거용 바이오필터 기술개발이 필요한데, 지금까지는 악취보다는 휘발성유기화합물(VOC)의 제거에 더욱 중점을 두어왔던 실정이다. 황화수소는 악취강도지수가 낮아서 대기 중에서 분산되어도 희석에 의한 악취강도 감소율이 크지 않아 최저감지농도도 우리나라의 경우 0.0005ppm으로서 암모니아의 경우의 0.1ppm인 최저감지농도 보다 훨씬 낮아서 이에 대한 효율적인 제거를 위한 바이오필터 기술개발이 필요하나, 암모니아와 동시처리 시에는 암모니아질소의 질소가스로의 전환은 거의 중성 pH에서 수행되므로 낮은 pH를 선호하는 황화수소를 제거하는 *Thiobacillus*균과 적정 pH가 달라서 황화수소보다 암모니아 제거효율이 60-85%로 매우 저하되었다.(1, 2) 이번 연구는 황화수소 및 암모니아 혼합가스를 효율적으로 제거하기 위한 바이오필터실험에 대한 control로서 100-533ppmv 농도의 암모니아를 포함한 폐가스에 대한 바이오필터의 각단에 대한 동적 특성을 관찰하였다.

#### 2.실험

##### 2.1 바이오필터 시스템의 구성

여러가지 단계에서 암모니아의 inlet load량과 농도를 변화시켜서 암모니아의 시간에 따른 바이오필터에서의 처리추이를 관찰하기 위하여 바이오필터 실험(B)을 수행하였다.

실험의 수행을 위하여 아크릴을 소재로 한 바이오필터를 downflow방식으로 운전하기 위하여 반응기를 제작하였다. 당 바이오필터 실험은 광촉매와 바이오필터 hybrid 시스템에서 암모니아의 처리효율의 비교를 위한 control로서 4개의 sampling port를 각각 설치하여, 각 port의 바이오필터 높이에서의 폐가스의 처리분석을 하였다. 바이오필터는 담체를 바이오필터 상부관 및 하부관에 18cm 및 20cm 각각의 높이로 채워 넣어서 바이오필터의 총 유효높이는 38cm로 하였다.

바이오필터에는 개발한 페타이어담체와 평균지름이 0.6mm인 compost의 각각을 같은 부피로 혼합한 담체를 사용하였다. 바이오필터 시스템에 대한 공정도를 그림 1과 같이 나타내었다.

Table 1. Theoretical values of operating condition from each stage of biofilterB

단계(times) 이론값	1단계 (1-10)	2단계 (11-20)	3단계 (21-30)	4단계 (31-40)	5단계 (41-50)	6단계 (51-60)
Q (L/min)	0.5	1		2		3
C <sub>go</sub> (ppmv)	100		200		400	533
C <sub>go</sub> (N-g/m <sup>3</sup> )	0.063		0.125		0.25	0.33
τ (min)	1.72	0.86		0.43		0.29
Inlet load (g/m <sup>3</sup> /h)	2.18	4.36	8.72	17.44	34.88	70
암모니아 주입량(L/min)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6

- ※Q: air flow rate  
 C<sub>go</sub>: feed concentration  
 τ: retention time (유효높이: 0.38m)

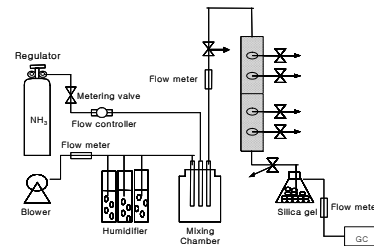


Fig. 1 Schematic diagram of biofilter B

## 2.2 미생물 접종

암모니아의 분해균주의 배양 및 접종을 위해서는 경산 수질관리소의 반송슬러지를 취수하고 당 연구과제의 연구책임자의 수질실험실에서 개발한 제오라이트를 포함한 페타이어담체(이하 페타이어담체)가 충전된, 암모니아의 질산화와 탈질화를 위하여 호기조와 무산소조가 상하로 연결되어 있는 패키지형 다단반응조(특허출원번호 10-2002-0057775)에 peristaltic pump(Masterflex)를 이용하여 반송슬러지를 연속적으로 주입하여 바이오필터B의 담체인 페타이어담체에 고정화시켰다.

## 2.3 VOC 분석방법

Flame photometric detector(FPD)와 silica capillary column(30mx0.32mm, 4μm thickness)을 장착한 가스크로마토그래피(Shimazu, GC-2010AF)를 RiGas에서 주문하여 구입한 암모니아(15.4ppmv)의 표준가스로 calibration을 수행하였고 injection port, 오븐 및 detector의 온도는 각각 100℃, 50-230℃와 225℃를 유지하였다. 공기, 헬륨 및 수소의 유량은 82, 4 및 85ml/min을 유지하였다. 암모니아를 함유한 폐가스가 들어가는 바이오필터의 인입구, 처리되어 나오는 배출구 및 각 sampling port에서 용량이 1L인 테드라 백(1L)을 연결시켜서 암모니아용 검지관(Gastec, 3L-3La 및 3M)을 사용하여 각각의 가스내의 암모니아의 농도를 측정하였다.

2.4. 바이오필터(A)의 실험 및 운전

암모니아의 질산화 및 탈질화를 위한 미생물을 호기조 및 무산소조로 구성된 다단반응조에서 반응슬러지를 60일간 순환시켜서 개발된 펠타이어담체에 고정화 시킨 후에 바이오필터B에 충전하였다. 암모니아를 함유한 폐가스의 처리를 위하여 각각의 바이오필터를 30일(2회/1일의 회수로 총 60times 실험)동안 약 35°C의 온도조건 하에서 표1과 같은 운전조건으로 운전하였다.

3. 결과 및 고찰

바이오필터에서 암모니아만을 함유한 폐가스의 처리를 위하여 바이오필터를 표 1과 같은 여러 운전조건 아래에서 운전하였을 때의 바이오필터의 feed inlet, 처리가스의 exit 및 각 sampling port에서 측정된 암모니아의 농도 추이는 그림 2와 같다.

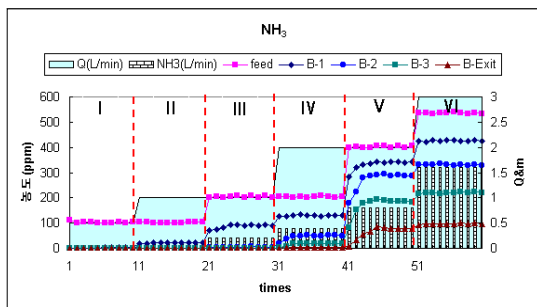


Fig. 2. Various ammonia concentrations of biofilter B at each sampling port versus experimental times

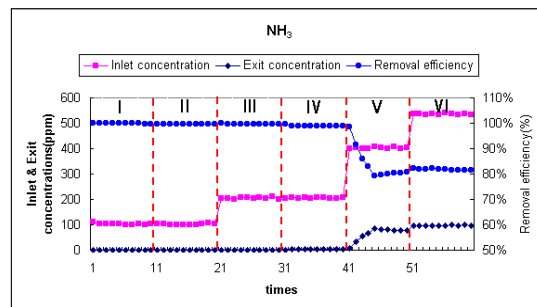


Fig. 3. Removal efficiency, inlet and exit concentrations versus times

바이오필터B의 가동후 5일(10times) 동안은 이론적인 암모니아의 inlet load가 각 단계 중에서 가장 작은 2.18g/m<sup>3</sup>/h이어서 각단계에서의 파과곡선(breakthrough curve)들의 시간변화에 따른 거동은 미미하였고 두 번째 단계(11times에서 20times까지)에서부터 암모니아 주입량 및 공기공급량이 각각 2배 증가하여 각단계에서의 파과곡선(breakthrough curve)들의 시간변화에 따른 거동이 관찰되기 시작하였다. 제 2단계에서 표 4 및 그림 14에서와 같이 feed 중의 암모니아 농도의 변화는 없으나 공기공급량이 증가하여 상대적으로 바이오필터B에서의 체류시간이 짧아졌음에도 불구하고 그림 17과 같이 removal efficiency가 1단계와 같이 거의 100%를 유지하였다.

3단계(21times부터 30times까지)에서는 2단계와 같은 체류시간으로 하고 암모니아 feed 농도와 암모니아 inlet load는 2배로 증가시켜서 바이오필터B를 운전하였다. 제4단계는 암모니아 feed농도는 그대로 유지하고 체류시간을 0.5배로 하여 암모니아부하를 2배로 증가시켰다. 그 결과 그림 17과 같이 removal efficiency는 전 단계와 비슷한 100% 정도를 보였고 각단계에서의 파과곡선(breakthrough curve)들의 시간변화에 따른 거동이 두드러지게 관찰되었다. 한편 5단계에서는 4단계와 같은 체류시간을 적용하였으나 100% 증가한 암모니아 feed 농도를 운전조건으로 하여 결과적으로 inlet load를 4단계보다 100% 증가시켰고 그림 17과 같이 removal efficiency는 80%까지 감소하였다. 이 단계에서 각단계에서의 파과곡선(breakthrough curve)들의 시간변화에 따른 거동이 가장 두드러지게 관찰되어서 각 파과곡선들의 거동에서 흡착에 의하여 포화되는 순서는 제 1단, 2단, 3단 및 가스출구의 차례이며, 각 단에서 흡착이 포화되고 통과하는 폐가스의 농도는 먼저 포화될수록 커짐을 마찬가지로 그림 14에서 보여주고 있다. 제6단계(51times부터 60times 사이)에서는 5단계보다 체류시간을 33% 만큼 감소하고 암모니아 feed농도를 33% 만큼 증가시켜서 결과적으로 inlet load를 5단계보다 2배 증가시켰다. 그 결과

removal efficiency는 5단계와 비슷한 80%정도를 유지하였다.

바이오필터A의 운전에 있어서 각 단계별로 시간이 지나갈 때에 암모니아에 대한 removal efficiency 와 elimination capacity 및 inlet load의 거동을 그림 3 및 그림 4가 각각 보여주고 있다.

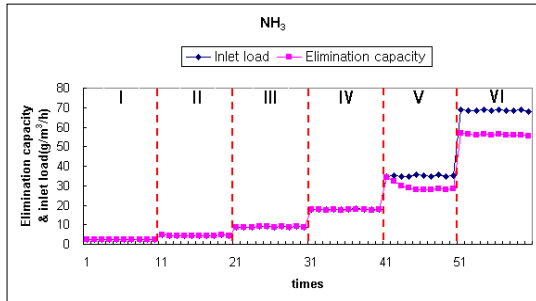


Fig. 4. Elimination capacity( $\text{g/m}^3/\text{h}$ ) and inlet load versus times

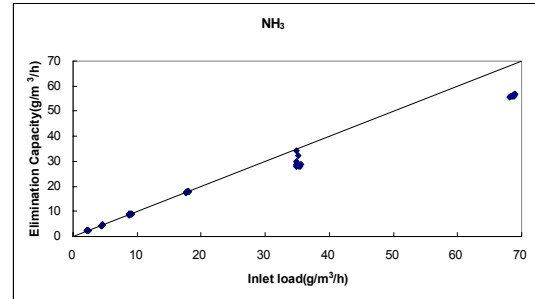


Fig. 5. Elimination capacity( $\text{g/m}^3/\text{h}$ ) versus inlet load of ammonia at the exit of biofilterB

Removal efficiency는 그림 3에서처럼 거의 100%를 유지하다가 그림 4에서와 같이 inlet load가 약  $35\text{g/m}^3/\text{h}$ 를 초과할 때부터 떨어지기 시작하여 약 80% 수준을 유지하고 있음을 알 수가 있고 그림 5에서와 같이 최대 elimination capacity 값은 약  $60\text{g/m}^3/\text{h}$ 이었다.

#### 4. 결론

동부피의 개발된 페타이어담체와 compost를 미생물담체로 하고 하수처리장의 반송슬러지를 고정화한 바이어필터B의 운전결과 암모니아의 inlet load가 약  $35\text{N-g/m}^3/\text{h}$ 를 초과할 때부터 removal efficiency는 떨어지기 시작하여 약 80% 수준을 유지하였고 최대 elimination capacity는 약  $60\text{N-g/m}^3/\text{h}$ 으로 나타났다.

한편 암모니아제거실험(바이오필터B)에 적용한 페타이어담체의 경우에는 황화수소제거실험(바이오필터A)에 적용한 활성탄 경우와는 다르게 바이오필터실험에서 각단계에서의 과과곡선의 시간변화에 따른 거동이 현저하게 관찰되어서 각 바이오필터실험B에 적용한 페타이어담체의 암모니아에 대한 비교적 큰 흡착capacity를 관찰할 수 있었다.

#### 5. 감사의 글

본 연구는 농림부의 농림기술개발 연구과제 (과제번호 203122-3)로서 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

#### 6. 참고문헌

1. 정윤진, "퇴비 및 페타이어 Granule을 이용한 악취제거", 대한상하수도학회지, 13, 1, 43-53, (1999)
2. 박상진, 서경석, "목탄을 이용한 황화수소와 악취 제거에 관한 연구", 한국폐기물학회지, 17, 3 243-251, (2000)