

## 바이오필터를 활용한 폐가스에 함유된 황화수소와 암모니아의 동시처리

임광희\*, Wang Zhi Ping

대구대학교 화학공학과

(khlm@daegu.ac.kr\*)

## Simultaneous treatment of hydrogen sulfide and ammonia contained in waste-air with a biofilter

Kwang-Hee Lim\*, Wang Zhi Ping

Department of Chemical 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) 선행된 연구에서는 황화수소를 포함한 폐가스 및 암모니아를 포함한 폐가스를 각각 처리하였다.(3, 4) 이번 연구는 황화수소 및 암모니아 혼합가스를 효율적으로 제거하기 위한 바이오필터실험으로서 30-500ppmv의 황화수소 및 50-500ppmv의 암모니아를 동시에 포함한 폐가스에 대한 바이오필터의 각단에 대한 동적 특성을 관찰하였다.

### 2. 실험

#### 2.1 바이오필터 시스템의 구성

여러가지 단계에서 황화수소와 암모니아의 inlet load량과 농도를 변화시켜서 황화수소와 암모니아의 시간에 따른 바이오필터에서의 처리추이를 관찰하기 위하여 바이오필터 실험을 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 페타이어담체, 평균지름(Dp)이 3mm인 입상 활성탄(GAC)과 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 a biofilter

H <sub>2</sub> S/NH <sub>3</sub> Simultaneous treatment		Q=1 L/min			Q=2 L/min			
H <sub>2</sub> S	Stage (times)	1(1-10)	2(11-20)	3(21-30)	4(31-40)	5(41-50)		
	C <sub>go</sub> (ppmv)	30	60	100	250	500		
	L/min	0.03	0.06	0.1	0.5	1		
	S-g/m <sup>3</sup> /h	3	6	10	50	100		
NH <sub>3</sub>	Stage (times)	1(1-5)	2(6-15)	3(16-25)	4(26-30)	5(31-35)	6(36-45)	7(46-50)
	C <sub>go</sub> (ppmv)	50	100	200	300	300	400	500
	L/min	0.05	0.1	0.2	0.3	0.6	0.8	1.0
	N-g/m <sup>3</sup> /h	2.18	4.36	8.72	13.08	26.16	34.88	43.6

※Q: air flow rate  
C<sub>go</sub>: feed concentration

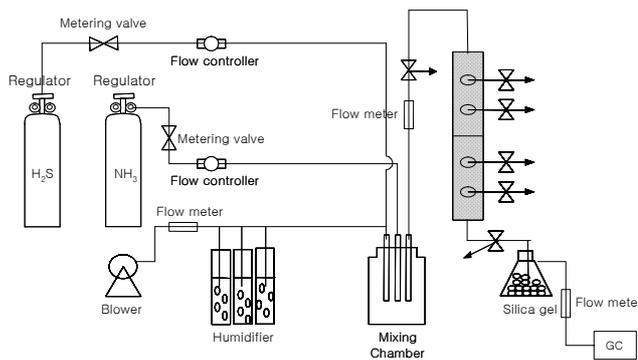


Fig. 1. Schematic diagram of a biofilter

## 2.2 미생물 접종

황화수소에 대한 분해능이 있는 미생물을 바이오필터의 담체에 접종하기 위하여 *Thiobacillus sp.* IW를 부산대학교에서 분양 받아 배양하였다. 아래의 표2와 같은 조성의 medium을 조제한 후에 Clean bench 안에서 petri-dish 안에 있는 미생물을 백금으로 긁어서 조제한 medium에 떨어뜨려서 shaking incubator에 넣은 후에 30°C에서 200rpm의 조건으로 진탕 배양하였다. 이때에 optical density를 spectrometer를 사용하여 660nm의 파장에서 3시간마다 측정하여 흡광도가 0.8 이상일 때에 바이오필터의 담체에 접종하였다.

암모니아의 분해균주의 배양 및 접종을 위해서는 경산 수질관리소의 반송슬러지를 취수하고 peristaltic pump(Masterflex)를 이용하여 반송슬러지를 연속적으로 주입하여 바이오필터의 담체에 고정화시켰다.

## 2.3 VOC 분석방법

Flame photometric detector(FPD)와 silica capillary column(30mx0.32mm, 4µm thickness)을 장착한 가스크로마토그래피(Shimadzu, GC-2010AF)를 RiGas에서 주문하여 구입한 황화수소(1ppmv) 및 암모니아(15.4ppmv)의 표준가스로 calibration을 수행하였

고 injection port, 오픈 및 detector의 온도는 각각 100℃, 50-230℃와 225℃를 유지하였다. 공기, 헬륨 및 수소의 유량은 82, 4 및 85ml/min을 유지하였다. 황화수소 및 암모니아를 함유한 폐가스가 들어가는 바이오필터의 인입구, 처리되어 나오는 배출구 및 각 sampling port에서 용량이 1L인 테트라 백(1L)을 연결시켜서 황화수소용 검지관(Gastec, 4LK-4LT 및 4L-4LL) 및 암모니아용 검지관(Gastec, 3L-3La 및 3M)을 사용하여 각각의 가스내의 황화수소 및 암모니아의 농도를 측정하였다.

Table 2. Compositions of medium

Medium component		Medium component	
NH <sub>4</sub> Cl	0.5g/L	MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0.01g/L
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	4.0g/L	FeSO <sub>4</sub>	0.05g/L
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	4.0g/L	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub>	0.01g/L
MgSO <sub>4</sub>	0.8g/L	CuSO <sub>4</sub>	0.01g/L
Na <sub>2</sub> -EDTA	0.5g/L	CoCl <sub>2</sub>	0.01g/L
ZnSO <sub>4</sub>	0.22g/L	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8g/L
CaCl <sub>2</sub>	0.05g/L	yeast extract	2g/L

#### 2.4. 바이오필터의 실험 및 운전

황화수소 및 암모니아를 함유한 폐가스의 처리를 위하여 각각의 바이오필터를 30일(2회/1일의 회수로 총 60times 실험)동안 30℃의 온도조건 하에서 표1과 같은 운전조건으로 운전하였다.

### 3. 결과 및 고찰

바이오필터에서 황화수소 및 암모니아를 동시에 함유한 폐가스의 처리를 위하여 바이오필터를 표 1과 같은 여러 운전조건 아래에서 운전하였을 때의 바이오필터의 feed inlet, 처리가스의 exit 및 각 sampling port에서 측정된 황화수소와 암모니아의 농도 추이 및 removal efficiency는 각각 그림 2와 4 및 그림 3과 5와 같다.

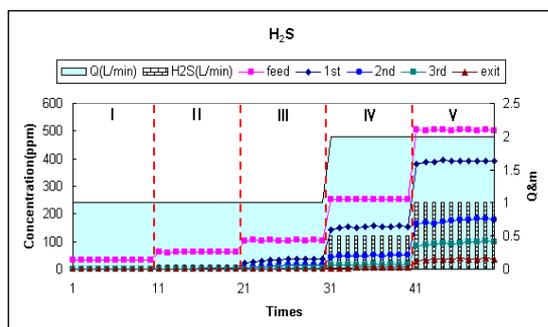


Fig. 2. Various hydrogen sulfide concentrations of a biofilter at each sampling port versus experimental times

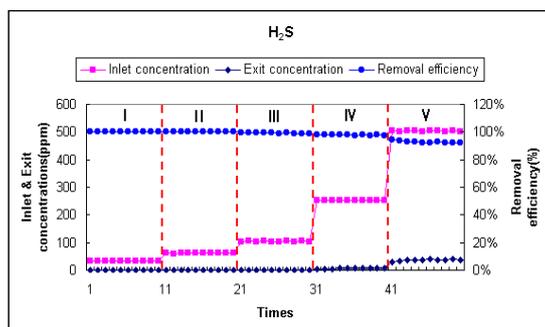


Fig. 3. Removal efficiency, inlet and exit concentrations versus times

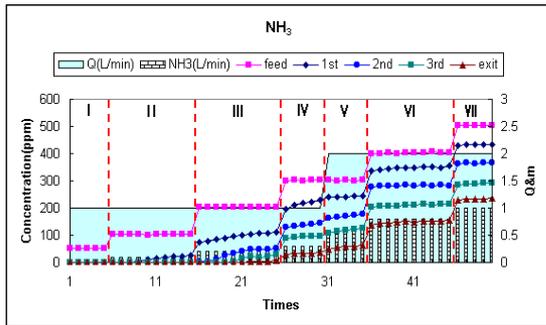


Fig. 4. Various ammonia concentrations of a biofilter at each sampling port versus experimental times

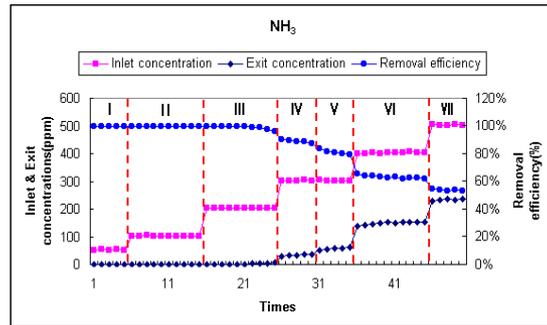


Fig. 5. Removal efficiency, inlet and exit concentrations versus times

황화수소를 포함한 폐가스 및 암모니아를 포함한 폐가스를 각각 처리한 선행된 연구(3, 4)에서는 황화수소와 암모니아의 inlet load가 각각  $1.5\text{--}100\text{g/m}^3/\text{h}$  및  $2.18\text{--}70\text{g/m}^3/\text{h}$  일 때의 removal efficiency는 각각 94% 및 80%를 유지하였다. 황화수소에 대한 removal efficiency는 그림 3에서처럼 거의 100%를 유지하다가 황화수소의 inlet load가 약  $100\text{g/m}^3/\text{h}$ 일 때에 떨어지기 시작하여 약 93% 수준을 유지하여서 황화수소만을 함유한 폐가스를 처리(3)할 때와 비슷한 removal efficiency를 보였다. 그러나 암모니아에 대한 removal efficiency는 그림 5에서처럼 거의 100%를 유지하다가 암모니아의 inlet load가 약  $13\text{g/m}^3/\text{h}$ 를 초과할 때부터 떨어지기 시작하여 inlet load가  $26\text{g/m}^3/\text{h}$ 로 증가할 때까지 약 80% 수준을 유지하였으나 암모니아의 inlet load가  $44\text{g/m}^3/\text{h}$ 로 증가할 때에는 약 53%로 감소하였다.

#### 4. 결론

페타이어담체, 입상 활성탄(GAC)과 compost를 각각 같은 부피로 혼합한 미생물담체를 사용하여 *Thiobacillus sp.* IW와 하수처리장의 반송슬러지를 고정화한 바이오필터의 운전결과 황화수소의 removal efficiency는 황화수소만을 포함한 폐가스의 처리 경우와 비슷한 93%이었다. 그러나 암모니아의 removal efficiency는 암모니아만을 포함한 폐가스의 처리 경우보다 훨씬 감소하여 약 53%를 유지하였다.

#### 5. 감사의 글

본 연구는 2004년도 농림기술개발사업(203122-3)에 의하여 지원되었으며 이에 감사드립니다.

#### 6. 참고문헌

- 정윤진, “퇴비 및 페타이어 Granule을 이용한 악취제거”, *대한상하수도학회지*, **13**(1), 43-53, (1999)
- 박상진, 서경석, “목탄을 이용한 황화수소와 악취 제거에 관한 연구”, *한국폐기물학회지*, **17**(3), 243-251, (2000)
- 임광희, 박상원, 김지은, 임무현, 홍수현, 황화수소를 함유한 폐가스에 대한 바이오필터의 처리거동, *화학공학의 이론과 응용*, **10**(2), 1632-1635, (2004)
- 임광희, 김지은, 박상원, 임무현, 홍수현, 암모니아를 함유한 폐가스에 대한 바이오필터의 처리거동, *화학공학의 이론과 응용*, **10**(2), 1636-1639, (2004)