

### 3상 생물막유동층반응기를 이용한 황화수소와 암모니아의 동시제거

박진수, 문중혜, 김종우, 김동욱, 오광중  
 인제대학교 화학공학과, 부산대학교 환경공학과  
 전화 (0525)320-3396, FAX (0525)322-2679

#### 초록

A three phase fluidized bed bioreactor including *Thiobacillus* sp.IW was used to remove hydrogen sulfide and ammonia simultaneously. In this study, hydrogen sulfide was oxidized to sulfate by the microorganism and ammonia was reacted with the sulfate to form ammonium sulfate. Removal efficiency of hydrogen sulfide was almost perfect up to 45 mg/l h of inlet loading rate, whereas that of ammonia was reduced as inlet loading rate increased from 10 mg/l h.

#### 서론

축산농가, 하수처리장, 쓰레기매립장 등에서는 심한 악취가 발생하는데 이들은 주로 황화합물과 질소화합물로 구분할 수 있다. 황화합물은 황화수소, 메틸메르캡탄, 황화메틸 및 이황화메틸 등으로 구성되어 있으며 황화수소가 가장 많은 양을 차지하고 있고, 질소화합물로는 암모니아, 메틸아민, 디메틸아민 및 트리메틸아민 등으로 구성되어 있으나 보편적으로 암모니아의 구성비가 가장 높다<sup>1</sup>. 따라서 본 연구에서는 황화수소와 암모니아를 함유하는 복합악취를 효과적으로 제거하는 장치를 개발하고자 한다.

악취의 처리에는 물리적, 화학적 및 생물학적 방법이 있으나, 운전경비가 물리적, 화학적 방법에 비해 최소 30% 정도 저렴하고, 이차오염의 가능성이 낮은 점 때문에 최근에는 생물학적 처리가 가장 각광을 받고 있다<sup>2</sup>. 따라서 본 연구에서는 강력한 황산화균인 *Thiobacillus* sp.IW<sup>3</sup>를 함유한 3상 생물막유동층반응기<sup>4</sup>를 사용하여 황화수소와 암모니아 악취를 동시 처리하고자 하며, 이를 위해 황화수소와 암모니아의 유량, 농도, 농도비 및 처리시간에 따른 악취제거효율을 측정하였다.

#### 재료 및 방법

황화수소의 생물학적 처리를 위해 호기성 황산화균인 *Thiobacillus* sp.IW를 선정하였는데, 이 균은 전남 화순의 폐탄광수에서 조선대 이인화교수 등에 의해 분리되었다. *Thiobacillus* sp.IW의 생장을 위한 배지는 차진명 등<sup>3</sup>에 나타나 있으며, 빠른 균체번식을 위해 기상의 H<sub>2</sub>S 대신 액상의 S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)를 에너지원으로 사용하였

다.

본 연구에서 황화수소와 암모니아를 효과적으로 제거하기 위해 2단의 3상 생물막유동층반응기를 사용하였다. 3상 생물막유동층반응기는 각각의 가스탱크로부터 주입되는 황화수소와 암모니아의 농도와 유량을 조절하기 위해 양 가스가 흐르는 tube의 끝과 공기가 흐르는 tube의 끝에 유량계를 설치하며, 이들은 각각의 mixing chamber에서 혼합되어진 후, 3상 유동층의 하단부로 주입되었다. 유입된 황화수소는 미생물로 고정화된 담체를 유동화 시키면서 액상에 녹으며, *Thiobacillus* sp.IW에 의해 산화되어  $\text{SO}_4^{2-}$ 가 생성되고 이어서 유입된  $\text{NH}_3$ 와 반응하여  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 가 생성됨으로서 황화수소와 암모니아가 동시제거 되었다.

황화수소의 농도분석은 pulse discharge detector와 GS-Q column이 장착된 GC를 사용하였고, 최소검출농도는 0.1 ppm이었으며, 암모니아의 분석에는 인도페놀법<sup>5</sup>을 사용하였는데 최소검출농도는 0.5 ppm 이었다.

### 결과 및 고찰

생물막유동층반응기의 처리효율을 측정하기에 앞서 우선 황화수소와 암모니아의 반응결과 생성되는 황산암모늄의 농도가 *Thiobacillus* sp.IW의 성장에 미치는 영향을 알아보았다. Fig.1에 나타난 것처럼 최적농도는 5 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ /L이어서 황산암모늄은 일정농도범위까지 균의 성장에 긍정적인 영향을 보여준다.

Fig.2은 반응기에 균주가 존재할 때와 없을 때의 황화수소와 암모니아의 처리효율을 보여준다. 균주가 존재할 경우에는 황화수소와 암모니아의 처리효율이 각각 99% 이상을 보여주었으며, 반응기내 균주가 없을 경우에도 황화수소와 암모니아의 높은 용해도로 인하여 초기에는 비교적 높은 처리효율을 보여주었으나 곧 양 성분이 포화에 도달함에 따라 처리효율은 급격히 떨어졌다.

Fig.3는 황화수소와 암모니아의 유입량에 대한 그 처리속도를 나타낸다. 황화수소의 경우 45 mg/l h의 유입량에서도 거의 완전한 처리효율을 보여주었으나, 암모니아의 경우 유입량이 10 mg/l h에서 증가함에 따라 처리효율은 점차 감소하였다.

Fig.4는 일정농도의 범위의 황화수소와 암모니아에 대해 반응기를 25일간 연속가동하였을 때의 그 처리효율을 보여준다. 우리나라 환경부의 배출허용기준이 공업지역 내에서 황화수소의 경우 0.2 ppm, 암모니아의 경우 5 ppm인데 본 반응기를 사용할 경우 양 악취성분에 대해 그 기준을 모두 충족하였다.

### 요약

황화수소와 암모니아 함유악취의 동시처리를 위해 *Thiobacillus* sp.IW가 함유된 3상

생물막유동층반응기를 사용하였다. 본 연구에서 황화수소는 미생물에 의해 산으로 전환되었으며 이어서 유입된 암모니아와 반응하여 황산암모늄이 생성됨으로서 양 성분은 제거되었다. 황화수소의 경우 45 mg/l h의 유입량에서도 거의 완전한 처리 효율을 보여주었으나, 암모니아의 경우 유입량이 10 mg/l h에서 증가함에 따라 처리효율은 점차 감소하였다.

### 참고문헌

1. 양성봉, 이성화, 악취의 성분분석 (1994), 16-21, 동화기술.
2. Chung, Y.-C., Huang, C., and Tseng, C.-P., "Biodegradation of hydrogen sulfide by a laboratory-scale immobilized *Pseudomonas putida* CH11 biofilter"(1996), *Biotechnol. Prog.* 12, 773-778.
3. 차진명, 박열, 이인화, "폐탄광수에서 분리한 황화수소 분해세균 *Thiobacillus* sp.IW의 성장조건" (1994), 한국생물공학회지, 9(3), 287-293.
4. Kwang Joong Oh, Donguk Kim, In-Hwa Lee, "Development of effective hydrogen sulfide removing equipment using *Thiobacillus* sp. IW" (1998), *Environmental Pollution*, 99, 87-92.
5. 이민희, 대기오염 공정시험방법해설 (1999), 242-245, 신광출판사.

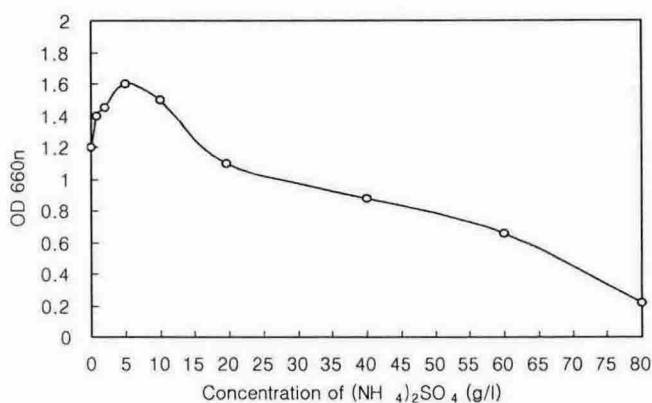


Fig. 1. Absorbance of *Thiobacillus* sp. IW at 24 hour culture in flask for  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  concentration

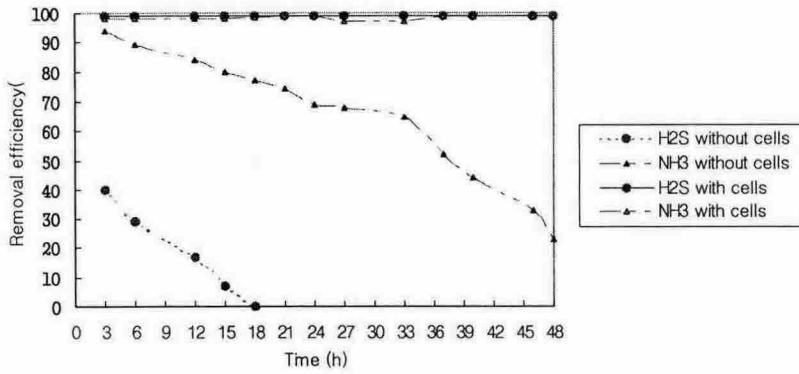


Fig. 2. Removal efficiency of H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub> with and without cells.  
 $C_{in}(H_2S) = 178 \text{ ppm}$ ,  $C_{in}(NH_3) = 170 \text{ ppm}$ ,  $Q = 120 \text{ l/h}$ .

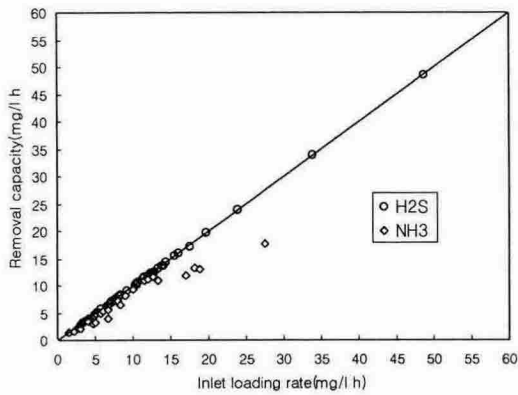


Fig. 3. Removal capacity of the bioreactor for inlet loading rates of H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub>.  
 $C_{in}(H_2S) = 36\text{--}730 \text{ ppm}$ ,  $C_{in}(NH_3) = 45\text{--}412 \text{ ppm}$ ,  
 $Q = 120\text{--}240 \text{ l/h}$ .

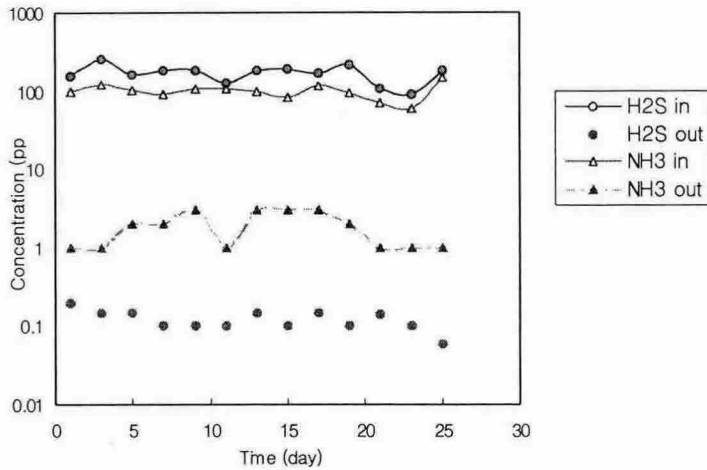


Fig. 4. Inlet and outlet concentration of H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub> in a continuous operation.  $C_{in}(H_2S) = 91\text{--}260 \text{ ppm}$ ,  
 $C_{in}(NH_3) = 60\text{--}151 \text{ ppm}$ ,  $Q = 120 \text{ l/h}$ .