

## 퇴비화 '공장에서 발생하는 악취' 를 제거하기 위한 Biofilter의 적용

김창일 · 이재호 · 김대승 · 남상일 · 남이\*

동양물산기업주식회사 중앙기술연구소, \*농협중앙회

## Application of biofilter for removing malodorous gas generated from compost factory

Chang-Il Kim, Jae-Ho Lee, Dae-Seung Kim, Sang-Il Nam, Yi Nam\*

*R & D center, Tong Yang Moolsan Co. Ltd.*

*\*Agro-fertilizer division, National Agricultural Cooperative Federation*

### ABSTRACT

A biofilter was established to remove the ammonia, which is representative nitrogen-contained malodorous gas, in a compost factory. Removal efficiency of ammonia and hydrogen sulfide also was investigated. A quantity of malodor gas produced in a compost factory was affected greatly by the weather, compost states and working condition of a fertilizing mixer, and the produced gas concentrations doubled by above various parameters. By operating a water scrubbing system for removing water-soluble malodorous gases effectively, we could improve the removal efficiency over three times. We investigated long-term stability of biofilter under continuous gas flow(SV=500h<sup>-1</sup>) for 100 days. The results showed 30 days of microbial retention time. After the days, deodorization efficiency of biofilter was kept steady state, and the removal efficiency was kept over 95% for ammonia and 97% for hydrogen sulfide, respectively. The electric consumption of the biofilter, which could treat malodorous gas of 100m<sup>3</sup>/min, applied in the compost factory was evaluated about 80kWh/day and water consumption was 80~100 l

/day. These results concluded that the biofilter is an excellent deodorization technology as well as cost-effective for removing malodorous gas produced in a compost factory.

**Key words :** Ammonia, Hydrogen Sulfide, Compost factory, biofilter, biological deodorization, malodour gas

## 요 약 문

퇴비 공장에서 발생하는 대표적 질소계 악취가스인 암모니아를 제거하기 위해 퇴비발효장에 바이오필터를 설치하여 암모니아와 대표적 유황계 악취가스인 황화수소에 대한 제거성을 조사하였다. 퇴비 공장의 악취가스 발생은 현장의 날씨 및 퇴비 상태, 퇴비교반기의 가동여부에 따라 많은 영향을 받게 되며, 발생하는 악취의 농도는 약 2배까지 차이를 보였다. 그리고 수용성 취기를 효과적으로 제거하기 위해 수세 방식의 전처리조를 가동함으로써 암모니아의 제거능을 약 3배 이상 향상시킬 수 있었다. 바이오필터의 장기안정성을 조사하기 위해 일정한 풍량조건(SV=500h<sup>-1</sup>) 하에서 약 100일간 가동한 결과 미생물들의 순치기간은 약 30일이었으며, 이후 탈취능은 안정화되었다. 안정화가 이루어진 후 암모니아와 황화수소의 제거율은 각각 95%이상, 97%이상 유지할 수 있었다. 100m<sup>3</sup>/min의 풍량을 처리하는 퇴비공장용 바이오필터의 전기 소비량은 약 80kWh/일이었고, 용수 소비량은 80~100 l/일이었다. 결과적으로 퇴비장에서 발생하는 악취를 제거하기 위해 바이오필터를 적용할 경우 탈취능이 우수할 뿐만 아니라 경제적인 측면에서도 효과적일 것으로 판단되었다.

**주제어 :** 암모니아, 황화수소, 퇴비발효장, 바이오필터, 생물학적 탈취, 악취

## 1. 서 론

최근 우리 나라는 경제적·사회적 발전에 따른 악취 문제가 환경적 측면에서 최근 심각하게 대두되고 있어, 정부에서는 90년대 들어 대기환경보전법에서 악취를 대기오염물질로 지정<sup>1)</sup>하여 배출허용기준을 설정하여 규제를 시작했다<sup>2)</sup>. 또한 이러한 대기오염물질은 빗물들로 토양을 오염시키게 되므로 악취를 수동적으로 포집·흡착하여 제거하는 것보다는 능동적으로 분해·제거하는 기술이 요망된다.

그러나 대부분의 사업장 및 환경기초시설은 탈취기술에 대한 국내의 기술개발이나 연구실적이 미

흡하여 악취공해에 대한 적절한 탈취대책을 수립하지 않고 있으며 방지시설업체 역시 탈취문제에 대해서 핵심적인 기술개발 없이 기존의 사례나 외국 의 문헌을 답습하고 있는 실정이다.

악취가스는 화학·정유공장, 오·폐수 및 분뇨처리장, 쓰레기 매립장 등 산업 전반에 걸쳐 발생되고 있으며<sup>3-4)</sup>, 황화수소 등의 유황계 화합물<sup>5)</sup>과 암모니아 등의 질소계 화합물<sup>6)</sup>들이 대표적인 악취가스로 밝혀졌다<sup>7-9)</sup>.

국내 분뇨처리장 및 하수처리장내 탈취 설비가 갖추어진 곳은 약 50% 정도이며<sup>10)</sup>, 현재 국내 탈취기술 보유업체는 약 30여개사에 불과하다. 따라서 향후 악취에 관한 민원이 급증할 경우 악취문제

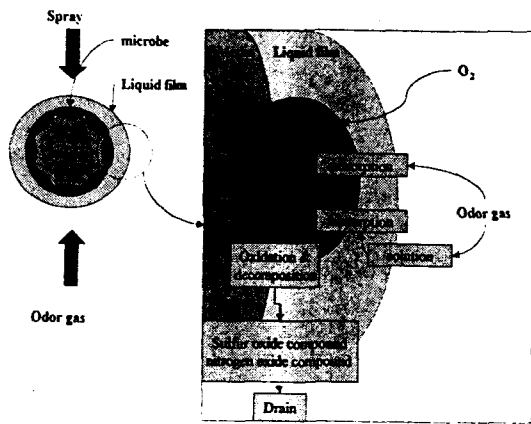


Fig. 1. Concept diagram of microbial deodorization mechanism in biofilter.

를 해소하기 위한 탈취 설비의 설치가 필수적이며, 이에 따른 경제적인 손실이 발생하므로, 사전에 탈취문제에 대한 연구의 필요성이 시급히 요구되고 있다.

악취를 제거하는 방법<sup>11-13)</sup>은 주로 물리·화학적 방법과 생물학적 방법으로 나눌 수 있으며, 최근 선진국의 경우 경제성과 성능측면에서 유리한 생물학적 탈취방법이 새로운 악취제거기술로 주목 받고 있다<sup>14-15)</sup>. 생물학적 탈취 방법에서 토양 탈취와 포기조 탈취는 낮은 통기성과 처리 능력의 한계 점을 나타내고 있는 반면<sup>16-17)</sup>, 담체충진형 미생물 탈취(biofilter)의 경우 그림 1과 같이 탈취탑내에

일정량의 충진재(microbial media)에 특성의 탈취 미생물을 고집적으로 담지하여 다량의 악취가스를 단시간 내에 처리할 수 있는 기술로 평가되고 있다<sup>18-19)</sup>. 또한 바이오필터에 의한 탈취방식은 탈취효율이 우수하고 조작성이 간편하다<sup>20)</sup>. 특히 이 기술은 2차 오염물질의 생성이 없으며, 구조가 간단하므로 가스의 부하변동에 강하기 때문에, 최근 외국의 경우 설치가 급격히 증가되고 있는 추세이다<sup>21)</sup>.

따라서 본 연구에서는 담체 충진형 미생물 탈취법, 즉 바이오필터를 이용하여 최근 악취민원의 대상으로 지목되는 퇴비공장에 적용하여 악취가스에 대한 제거능에 관해 조사하고자 하였다. 우선 악취 발생에 영향을 미치는 환경요인에 따른 바이오필터의 탈취능 변화에 대해 검토하였으며, 대표적인 악취가스인 암모니아의 효과적인 제거를 위해 전처리 조의 탈취효과에 대해 검토하였다. 또한 장기간의 운전을 통한 바이오필터의 탈취안정성에 대해 조사하였으며, 성능대비 에너지 소모 등의 경제성에 대해 조사하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 바이오필터의 설치 및 운전

#### 2.1.1 현장 취기 특성 분석

퇴비공장에 적용할 바이오필터를 설계하기 위해

Table 1. Test-tubes for measuring malodorous gas concentration

Gas		test tube No.	measuring range
Nitrogen compound	Ammonia(NH <sub>3</sub> )	3L	(1)~30 ppm
		3La	5~100 ppm
	Amin(R · NH <sub>2</sub> )	180	5~100 ppm
Sulfuric compound	Hydrogen sulfide(H <sub>2</sub> S)	4LT	0.2~2 ppm
		4LL	(2.5)~60 ppm
	Methy mercaptan(CH <sub>3</sub> SH)	71	(2.5)~70 ppm
Acetaldehyde(CH <sub>3</sub> CHO)		92L	1~20 ppm

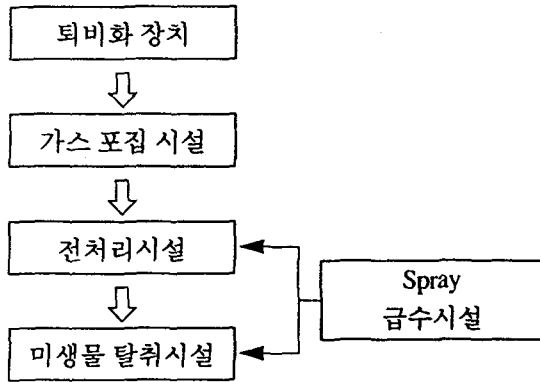


Fig. 2. Deodorization process in biofilter system.

퇴비공장내의 악취가스 발생상황에 대해 조사하였다. 악취가스의 성분과 농도를 조사하기 위해 가스 검지관(GASTEC社, 일본)을 이용하였으며, 사용된 검지관들은 암모니아, 아민, 황화수소, 메틸메르캅탄 및 아세트 알데히드 등이며, 그 상세한 내

용은 표 1에 나타내었다. 상기 검지관을 통해 측정된 악취 가스농도는 퇴비장 내부에서 5회에 걸쳐 측정하여, 그 평균치를 택하였다.

2.1.2 바이오필터의 설치 및 운전

현장에서 발생하는 취기의 종류 및 농도에 따라 본 연구에서는 그림 2와 같은 공정의 탈취시스템을 설계하였다. 바이오필터 시스템은 그림 3과 같이 우선 퇴비화 장치에서 발생하는 악취가스의 포집을 위한 가스 포집시설, 수용성 악취물질의 전처리 및 분진의 여과를 위한 전처리조, 미생물과 악취가스의 생물화학적 반응에 의한 탈취를 유도하는 미생물 탈취조, 전처리조 및 미생물 탈취조내에 살수를 위한 급수시설로 구성하였다. 최종적으로 퇴비공장내에 설치된 바이오필터를 그림 4에 나타내었다.

바이오필터 시스템은 가스 포집시설을 통해 약 100m<sup>3</sup>/min의 악취가스가 유입되어 전처리조에서 수세(water scrubbing)과정을 거쳐 미생물 탈취

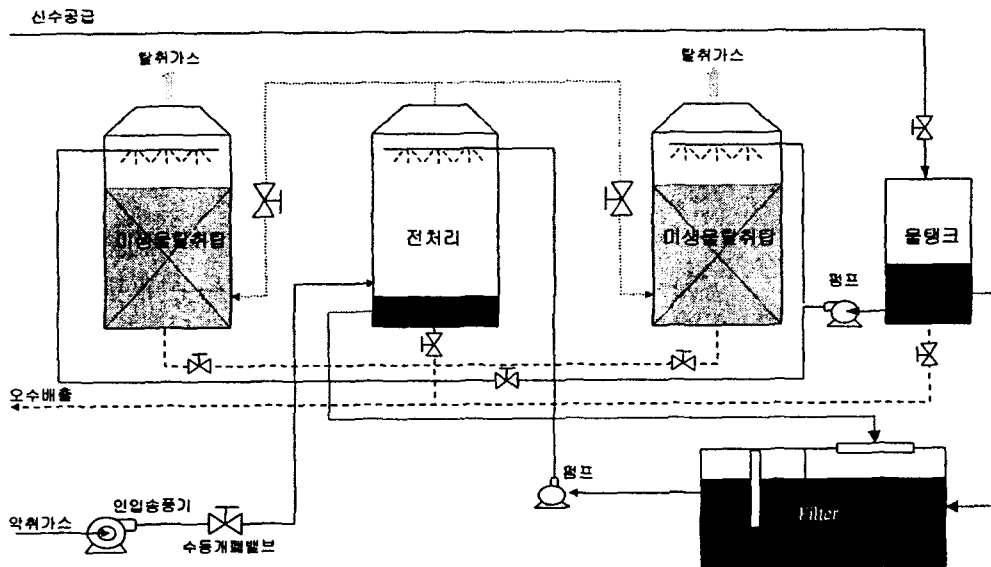


Fig. 3. Flow chart of biofilter system.

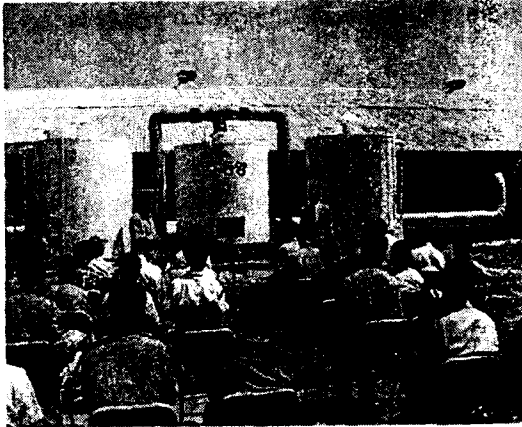


Fig. 4. Photograph of TYM biofilter in a compost factory.

조로 이송되도록 하였다. 미생물 탈취조에는 강도가 높고, 흡수율 및 기공율이 높은, 자체 개발한 다공성 세라믹 담체를 1.2m로 충전하여 공간속도 (SV:space velocity)를 약  $500\text{h}^{-1}$ 으로 일정하게 유지하였다. 또한 악취가스를 제거하기 위해 이용된 미생물원으로는 자체적으로 선별, 생장시킨 농축활성슬러지를 이용하였으며, 탈취조내 담체의 표면에 균일하게 담지하였다.

## 2.2 바이오필터의 탈취능 분석

퇴비공장의 악취발생조건에 큰 영향을 미칠 것으로 판단되는 몇 가지 변수를 설정하여 바이오필터의 탈취능에 미치는 영향을 조사하였다. 그 변수 들로는 i) 퇴비장의 상태, ii) 일기변화, iii) 퇴비 교반 장치의 가동 유무 등이다. 또한 탈취조에 직접적으로 악취가스를 주입하는 것과 전처리조를 거쳐 주입하는 두 가지 경로의 탈취능을 조사하여 전처리조의 효과에 대해서 조사하였다. 마지막으로 바이오필터의 현장 적응성 및 탈취 안정성의 유지 경향 등을 파악하기 위해 현장에서 약 100일 간의 지속적으로 가동하여 퇴비장에서 발생하는 대표적

인 악취가스인 암모니아 및 황화수소에 대한 탈취능 변화에 대해 조사하였다.

미생물의 순치기간은 장기간의 탈취 안정화과정에서 미생물들이 악취가스에 대한 안정적인 탈취효과를 나타내는 기간이라 할 수 있다. 본 연구에서는 악취가스 원취농도에 관계없이 일정한 농도 이하의 탈취가스 농도를 나타내는 기간을 조사하였으며, 그 원인을 분석하였다. 그리고 안정적인 탈취가 이루어지기 시작하는 시점을 바이오필터 미생물의 순치기간으로 설정하였다.

## 2.3 바이오필터의 에너지 효율

바이오필터는 다른 탈취기술에 비해 유지 및 운영비가 매우 저렴하다는 것이 장점중 하나이다. 특히 운영비는 동력비가 전부이므로 가스흡입을 위한 송풍기와 주기적인 살수를 위해 이용되는 펌프의 동력비에 대한 에너지 소비율을 조사하였다

## 2.4 실험 설계 및 자료 처리

악취제거에 관해 본 연구에서는 표 2과 같이 두 가지 방법을 이용하여 탈취능의 변화에 대해 조사하였다.

우선 악취가스 발생에 영향을 미치는 실험 변수로 선정된 날씨, 퇴비상태 및 교반기의 가동상태 등의 영향에 대해 조사하기 위해 다음과 같은 방법을 이용하여 데이터 및 그래프화하였다.

날씨에 의한 바이오필터의 탈취능을 조사하기 위해 암모니아 측정치는 변화는 맑은 날(상대습도 60%이하)과 흐리거나 우천시(상대습도 60%이상)에 퇴비장에서 발생하는 악취가스를 1시간 간격으로 하루에 3회 측정하여 평균값을 취하였으며, 10일 동안 각 평균값들의 상한값과 하한값을 제외한 나머지 값들을 데이터로 취하였다. 퇴비상태에 관한 영향에 대해서도 퇴비의 함수율이 70%이상일 경우 습한 상태의 퇴비로, 70%이하일 경우 건조한

**Table 2. Measurement methods of gas concentration for measuring deodorization efficiency by biofiltration**

Method	Measuring point	Gas
Test-tube	· source gas ; compost factory and inlet of fan	Hydrogen sulfide, Ammonia, Methyl mercaptan, Acetaldehyde
Odor concentration meter	· filtered gas ; outlet of biofilter chamber	

상태의 퇴비로 정의하고, 날씨의 영향에서와 동일한 방법으로 그 값의 분포범위를 나타내었다. 교반기의 가동유무에서는 퇴비교반기가 가동중인 상태와 정지 후 3시간이 지난 상태에서 측정하였으며, 날씨의 영향에 대한 데이터 및 그래프화 작업과 동일한 방법으로 나타내었다.

또한 전처리조의 효과를 알아보기 위한 실험에서, 발효장에서 발생된 원취가스, 전처리조의 수세과정을 통과한 후 미생물 탈취조의 탈취과정을 통과한 여과가스, 전처리조의 수세과정을 통과하지 않고 미생물 탈취조로 직접 탈취과정을 통과한 여과가스를 각각 10회 측정하여 평균값을 취하였다. 조사 방법은 하루에 3회씩 실시했으며, 퇴비장의 취기가 가장 많이 발생하는 퇴비교반장치 가동시간에 맞추어 오후 2~3시 사이를 기준으로 측정하였다.

이와 같은 취기 농도를 측정하기 위해 악취가스 검지관(Gas-tech사)과 악취가스농도측정기(Odor concentration meter, KARUMOA社, KALMOR-Σ)를 이용하였다.

## 2.5 다공성 세라믹 담체

본 연구에서 이용된 자체 다공성 세라믹 담체는 기공율과 흡수율이 높으며, 미생물들이 부착하기에 적합한 5~20 $\mu$ m범위의 미세기공들과 배수성에 필요한 0.2~3mm범위의 거대기공들이 균일하게 분포되어 있는 매우 효과적인 담체다. 소재는 플라이에

쉬와 규조토 등을 발포제 및 기타 첨가제들을 혼합하여 발포법으로 제조하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 현장 취기 특성 및 바이오필터의 설치

#### 3.1.1 현장 취기 특성

거창 북부 농협 퇴비화 공장에서 발생하는 악취 성분들에 관해 검지관을 이용하여 측정한 결과 아래 표 3과 같이 주로 암모니아 및 아민류의 질소화합물이 20~80ppm범위로 전체취기의 상당부분을 차지하였다. 따라서 바이오필터의 설계에 있어서 수용성이 많은 질소화합물들의 제거를 위해 바이오필터의 탈취에 앞서 전처리조를 설치함으로써 암모니아 등의 질소화합물을 제거하는 것이 바이오필터의 전체적인 탈취능을 향상시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

**Table 3. Characteristics of malodorous gas generated in a compost factory.**

Generated gases	Concentration
Hydrogen sulfide(H <sub>2</sub> S)	1~5 ppm
Methyl mercaptan(CH <sub>3</sub> SH)	0~2 ppm
Ammonia(NH <sub>3</sub> )	20~80 ppm
Amin(R · NH <sub>2</sub> )	5~10 ppm
etc	—

3.2 바이오필터의 탈취능

3.2.1 퇴비장 환경 변화에 따른 바이오필터의 탈취능

(1) 날씨의 영향

날씨의 변화는 퇴비장의 악취가스의 배출량에 큰 영향을 미치며, 그 결과는 그림 5와 같다. 상대 습도 60%이하의 맑은 날에 측정된 암모니아 가스의 발생량은 약 40~80ppm범위에서 큰 폭이 분포 변화를 나타내었으나, 장마철의 흐린 날씨(상대 습도 80%이상)에서는 35~60ppm으로 약 25~30% 감소하였으며, 그 변화폭도 좁게 나타났다. 이는 퇴비장에서 발생된 암모니아가스가 증발시 대기중의 수분에 용해되어 씻겨 내려감으로써, 상대적으로 암모니아의 발생량이 줄어드는 것과 같은 효과를 나타내기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 날씨나 발생하는 악취가스의 농도에 관계없이 바이오필터에 의한 탈취가스의 암모니아 농도는 대체로 10ppm에서 일정하게 유지되었다.

(2) 퇴비상태의 영향

퇴비 상태는 날씨와 마찬가지로 악취가스의 배

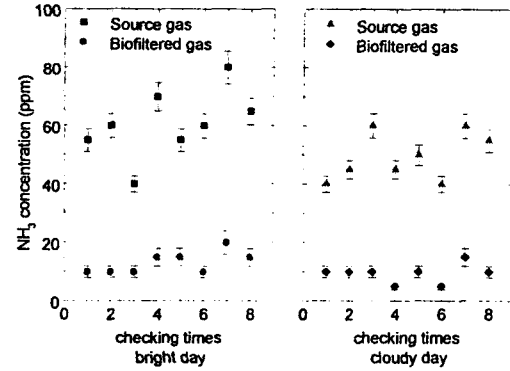
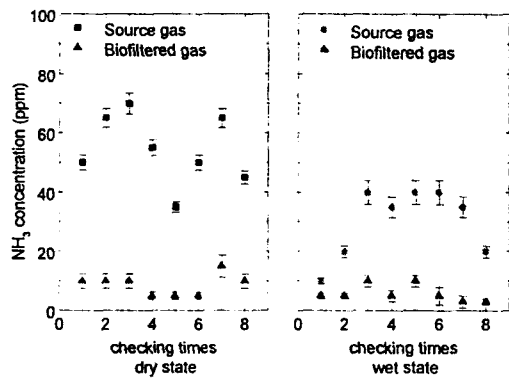
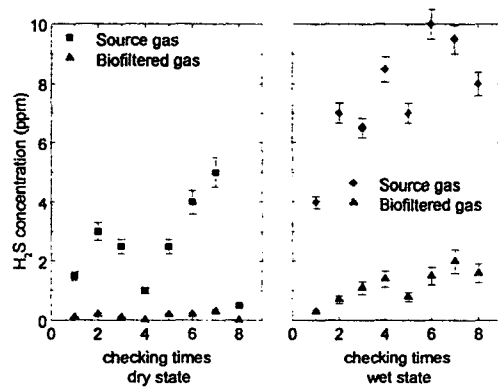


Fig. 5. Change of NH<sub>3</sub> concentration between source gas and biofiltered gas as a function the weather. bright day : RH(relative humidity) >60%, SV=500.

출량에 큰 영향을 미치며, 그 결과는 그림 6과 같다. 건조한 상태(함수율 70%미만)의 퇴비에서의 암모니아 발생량은 그림 6 (a)와 같이 40~80ppm이었으나, 젖은 상태(함수율 75%이상)에서는 암모니아의 배출량이 10~40ppm으로 급격히 감소하였



(a) NH<sub>3</sub>



(b) H<sub>2</sub>S

Fig. 6. Changes of NH<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>S concentration between source gas and biofiltered gas on compost state(humidity). wet state : water absorption rate = <70%, SV=500

다. 이는 수용성 취기가스인 암모니아가 젖은 퇴비에 흡착, 용해되어 외부로 쉽게 배출되지 못하기 때문으로 사료된다. 또한 퇴비상태가 젖어있을 경우 그림 6 (b)와 같이 황화수소의 발생량이 2~5 ppm에서 5~10 ppm로 2배 이상 증가하였는데, 이는 발효장 내에서 국부적으로 혐기성 발효가 아닌 혐기성 발효가 유도되었기 때문이다.

바이오필터에 의해 제거된 암모니아는 대체로 5~10ppm의 일정한 농도분포를 나타내고 있기 때문에 원취변화에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 바이오필터에 의한 황화수소의 농도는 그림 6의 (b)에서와 같이 원취의 변화와 유사한 경향을 보이고 있으며, 약 80~90%의 제거율을 나타내고 있다.

### (3) 퇴비장 교반장치 가동의 영향

퇴비 교반 장치의 가동 상태에 따라 퇴비장의 악취가스의 배출량이 크게 달라지는데, 맑은 날 마른 퇴비상태에서 교반기가 가동될 경우 암모니아의 발생량은 그림 7과 같이 교반기가 가동되지 않을 때보다 2배 증가한 80~100ppm으로 나타났다. 이는 퇴비장에 쌓여 있는 퇴비의 하단부에서 발효에 의

해 발생되는 암모니아들이 교반에 의해 외부로 다량 노출되기 때문에 암모니아의 농도가 급격히 증가하기 때문이다. 또한 원취 변화에 따른 바이오필터의 탈취능은 대체로 10~15ppm에서 유지되고 있으며, 원취변화에 따라 조금씩 변화경향을 같이 하고 있다. 이는 교반기의 교반에 의해 암모니아의 농도가 급격히 증가하게 되며, 이로 인해 순간적으로 탈취조 내 미생물들의 활성이 감소되어 미생물들에 의한 탈취효율이 감소하기 때문으로 사료된다. 그러나 시간이 경과함에 따라 미생물들의 원취 변화에 따른 순응에 의해 점차 탈취효율이 회복되었다.

황화수소의 경우 교반장치의 가동으로 그림 7 (b)와 같이 약 5~10 ppm이 검출되었으며, 이는 국부적으로 혐기성 발효에 의해 퇴비에 축적되어 있던 황화수소가스들이 교반에 의해 외부로 방출되기 때문으로 사료된다.

### 3.2.2 전처리조의 가동 유무에 따른 바이오필터의 탈취능 변화

전처리조의 가동상태에 따라 바이오필터의 탈취

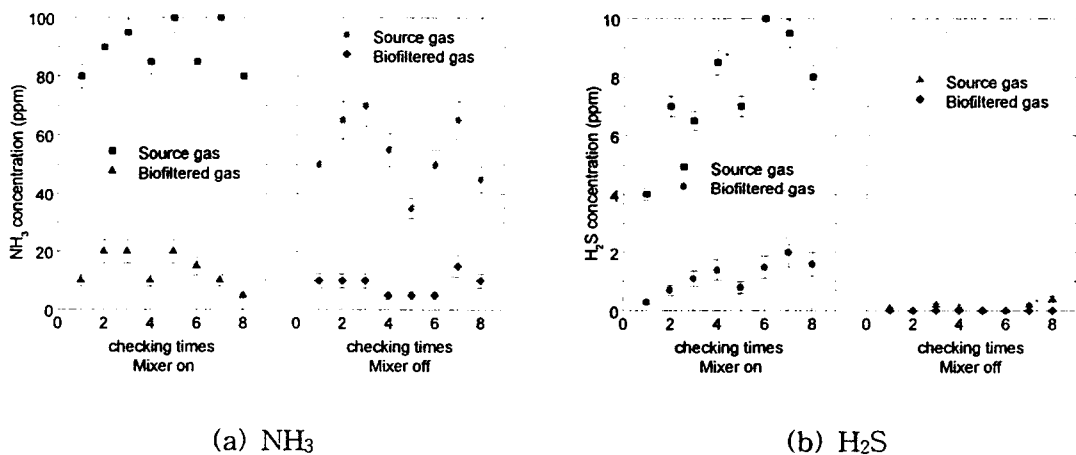


Fig. 7. Change of NH<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>S concentration between source gas and biofiltered gas on working condition of compost mixer.(SV=500)



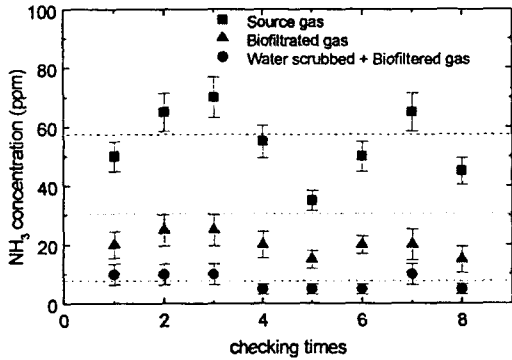


Fig. 8. Difference of NH<sub>3</sub> concentration of source, biofiltered and water scrubbed +biofiltered gas.(SV=500)

농 변화는 그림 8과 같이 나타났다. 맑은 날 건조한 퇴비에서 발생된 40~70ppm의 암모니아 가스는 직접 탈취조로 송풍되어 미생물 탈취를 거친 탈취가스의 경우 미생물과의 산화 분해반응에 의해 20~25ppm로 감소하게 되며, 약 60~70%의 탈취효과를 얻을 수 있었다. 또한 탈취조의 미생물 탈취에 앞서 전처리조의 수세과정을 거치게 될 경우 10ppm내외로 더욱 효과적인 농도감소를 유도할 수 있었다. 이는 수용성을 띤 암모니아가스들이 전처리조의 수세과정을 거치면서 일부분의 암모니아 가스들이 물에 의해 용해 및 흡착되어 제거되었기 때문이며, 이를 통해 미생물 탈취조의 미생물에 대한 악취가스의 부하를 저감시켜, 탈취효율을 향상시킬 수 있었다.

### 3.2.3 장기간에 걸친 바이오필터의 탈취효과 안정성

이상에서 약 100일간 가동된 바이오필터의 실험 결과를 통해 바이오필터의 암모니아에 대한 순치기간은 30일정도로 판단되었다. 황화수소의 검지는 퇴비 상태에 따라 영향을 받았으나, 전반적으로 호

기성 발효상태를 유지함으로써 암모니아에 비해서는 상대적으로 그 변화가 크지 않았다.

바이오필터 가동 후 약 30일이 경과한 후 일시적으로 습한 퇴비원료 투입과 우천으로 인한 퇴비장내 습도가 증가하여 암모니아의 배출량이 급격히 감소하였으나, 30일 이후 큰 변화 없이 바이오필터의 탈취능이 안정화되었다. 바이오필터의 암모니아에 대한 장기간의 안정성 실험 결과를 그림 9에, 황화수소에 대한 실험결과를 그림 10에 나타내었다.

그림 9에서 초기 25일까지는 원취와 유사한 변화경향을 나타내었으며, 서서히 안정화가 진행되는 것을 알 수 있었다. 30일 이후 바이오필터의 안정화가 이루어져 원취에 상관없이 암모니아에 대한 탈취능은 거의 95%이상 유지되었다.

그림 10에서 초기 15일내에서는 원취에 대해 상당히 불규칙적인 탈취효과를 나타내었으나, 약 30일 이후에는 황화수소의 제거능이 약 97%이상에서 유지되는 것을 알 수 있었다. 일반적인 바이오필터의 황화수소에 대한 미생물 순치기간이 10일 내외인 것으로 보고되었으나<sup>22)</sup>, 본 연구에서는 현장의 상황에 대해 원취의 변화폭이 매우 크며,

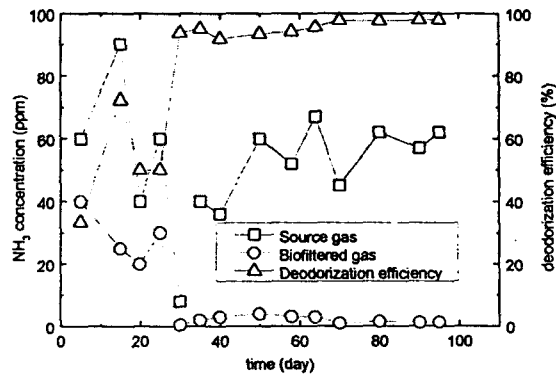


Fig. 9. Change of deodorization efficiency of ammonia by biofilter system for long-time.(SV = 500)

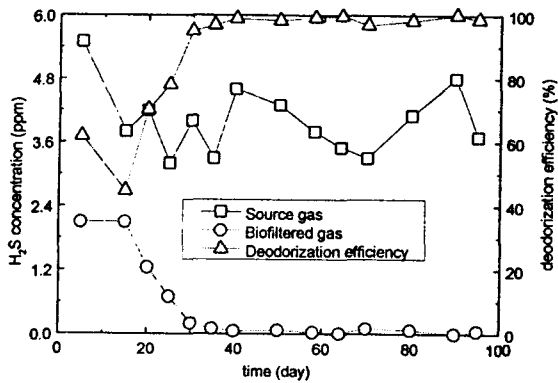


Fig. 10. Change of deodorization efficiency of hydrogen sulfide by biofilter system for long-time.(SV = 500)

암모니아에 의한 미생물 탈취조의 환경이 상당한 영향을 받기 때문에 황화수소를 제거하기 위한 미생물들의 서식이 지연되었을 것으로 사료된다.

### 3.3 바이오필터의 에너지 효율

#### 3.3.1 전력소비량

100m<sup>3</sup>/min의 악취가스를 처리하는 바이오필터에서 전기적으로 가동되는 설비로는 포집시설에서 탈취시설로 송풍해주기 위한 흡입 송풍기와 전처리조 및 탈취조의 살수용 펌프가 전부이다. 흡입송풍기의 경우 현장 업무시간(오전 9시~오후 6시)동안 가동하게 될 경우 80kWh/일의 전력을 소모하게 되며, 산업용으로 소비되는 전력비는 50원/kWh이므

로 하루에 소비되는 전력비는 약 10,000원/일로 나타나 경제성 측면에서 매우 효과적으로 것으로 판단되었다.

#### 3.3.2 소비 용수량

본 바이오필터 시스템은 지속적으로 가동되는 전처리조의 살수시스템을 재활용함으로써 소비 용수를 최소화하였으며, 그 결과 표 4와 같이 하루에 소비되는 물량을 약 90 l로 줄일 수 있었다. 바이오필터 시스템의 가동시 fan의 가동에 의해 100m<sup>3</sup>/min의 풍량을 처리하게 되며, 이 과정에서 전처리조의 살수되는 물은 증발 및 탈취조로의 흡입으로 하루에 약 40 l의 물을 소비하였다. 탈취조에서 살수에 의한 소비량은 약 50 l이다. 따라서 전체적으로 약 80~100 l/일의 용수량을 사용하게 되며, 이차적으로 배출되는 폐수의 양을 최소화시킴으로써, 배출수에 의한 토양오염의 근원을 최소화하는 효과를 동시에 얻을 수 있었다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 담체 충전형 미생물 탈취법을 이용하여 퇴비장에 발생하는 악취가스를 제거하는 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 미생물들이 담지된 다공성 세라믹 담체로 충전한 탈취탑으로 구성된 바이오필터는 퇴비장에서 발생하는 암모니아 등의 악취가스를

Table 4. Water consumption of the biofilter used for removing malodorous gas generated in a compost factory.

Spray	Supplied water quantity	Drained water quantity
In pretreatment chamber	40 l	0 l
In deodorization chamber	50 l	80 l
Total	90 l	-10 l (evaporation in system)

제거하는데 매우 효과적이었다.

- (2) 퇴비장에서 발생하는 악취가스는 현장 상황에 따라 많은 영향을 받게 된다. 맑은 날의 암모니아 가스배출량은 습한 날보다 20~30% 증가하였으며, 습한상태의 퇴비에서는 수용성인 질소계 화합물의 배출이 감소한 반면, 국부적인 혐기성 발효로 인해 유황계 취기가 증가하였다. 퇴비 교반 장치의 가동으로 인해 암모니아의 발생량이 정지한 상태보다 2배 많은 악취가 배출되었으며, 황화수소의 경우 약 10ppm까지 발생하였다. 수용성 악취가스의 일부 여과효과를 얻기 위해 설치한 전처리조의 가동으로 암모니아의 제거율이 60%에서 85%이상으로 향상되었다.
- (3) 본 연구에서 퇴비장에 발생하는 취기를 제거하기 위한 바이오필터의 미생물 순치기간은 환경 변화에 따른 큰 원취 변화폭과 암모니아에 의한 미생물 탈취조의 환경 변화로 인해 약 30일로 나타났으며, 이후 안정한 탈취경향을 나타내었다.
- (4) 장기간의 탈취 안정성 실험에서 일정한 풍량 조건(SV=500)하에서 미생물순치가 완료된 이후 암모니아는 30~70ppm에서 0~3ppm 내외로 감소되어, 원취제거율은 95%이상 유지되었으며, 황화수소는 3~5ppm에서 약 0.5ppm미만으로 감소되어, 원취제거율은 97%이상 유지되었다.
- (5) 바이오필터의 전기소비량은 약 80kWh/일이었으며, 물소비량은 80~100 l/일으로 나타나 처리량(100m<sup>3</sup>/min)에 비해 에너지 소모량은 매우 경제적인 것으로 판단되었다.
- (6) 이상의 결과에서 안정화된 이후의 바이오필터는 우수한 탈취능과 경제성을 바탕으로 퇴비공장에 적용될 경우 매우 효과적인 것으로 판단되었다.

## 참 고 문 헌

- 1) 환경처, (1991), 환경법령집 대기환경보전법 제2조 7항
- 2) 환경부, 환경통계연감, 제11호(1998)
- 3) Le Cloirec P., Fnalo J. L., Degorce-Dumas J. R., *Odeurs et D sorisation Industrielles*, Innovation 128 et CPE Eds, Paris(1992)
- 4) Martin G., Laffort P., *Odeurs et D sodorisation dans l' Environnement*, Tech & Doc, Lavoisier, Paris(1992)
- 5) 金川 貴博.(1991), 廢水處理施設への微生物脱臭法の適用. 水處理技術. 32(12) 1-8
- 6) 朴商珍. (1993), 環境惡臭의 除去方法 및 今後의 動向. 尖端環境技術, 1993년 11월호, 15-25
- 7) 西田耕之助, (1991), 消脱臭技術の進歩と實務
- 8) Bouscaren R., "Les odeurs et la d sodorisation", *Tech Sci. Mun.*, 6, 313-320(1984)
- 9) Le Cloirec P., Lemasle M., Martin G.. "Les odeurs, analyses et concentrations dans diverses situations", *Pollut. am*, 119, 284-288(1988)
- 10) 임연택 외, (1993), 폐하수 처리에서 발생하는 악취의 생물학적 처리 기술 개발 (I), 국립환경연구원보고서, 제15권, 211-221
- 11) 福山丈二, (1991), 生物脱臭の現況, 大氣汚染學會誌, 26(6), 359-370
- 12) 趙敬淑 等, (1992), ビートバイオフィルターから單離した硫黃酸化微生物の特性及び生物脱臭への應用( I ), 脱臭の研究, 23(5). 215-221.
- 13) 長谷川進, (1992), 公共下水處理場の經濟的, 效果的脱臭技術, 産業と環境, 98-102
- 14) Pomeroy R. D., "Biological treatment of odorous air", *J. Wat. Pollut.. Control Fed.*, 54, 1541-1545(1982)

- 15) Martin G., Le Cloirec P., Lemasle M., Cabon J., "Retention de Produits odorants sur tourbe", *Proceeding 8th World Air Clean Congress*, The Hague, The Netherlands, 4, 373-378(1989)
- 16) Kowal S., Fanlo J. L., Degorce-Dumas J.R., Le Cloirec P., "Removal of H<sub>2</sub>S by a biofilter with dry activated sludge, and approach of mechanism", *Proceeding Intern. Symposium Environmental Biotechnology*, Ostende, Elogique, 135-138(1991)
- 17) Diks R. M., Ottengraf S.P., "Process Engineering aspects of Biological waste gas purification", *Proceeding Intern. Symposium Environmental Biotechnology*, Ostende, Belgique, 353-367 (1991)
- 18) Jol A., Dragt a.J., "Biological elimination of ammoniac in ventilation air from livestock production", *Proceeding 8th World Air Clean Congress*, The Hague, The Netherlands, 2, 275-280 (1989)
- 19) 桶谷 智, 品部和宏, 充填式生物脱臭システム概要と適用事例, PPM-1995/3, 24-32
- 20) 金刺博康, 岡田和夫, 微生物処理による脱臭方法, 悪臭の研究, 제9권 44호, pp.28-38(1980)
- 21) 石黒辰吉, 生物脱臭の基礎と應用, (社)臭氣對策研究協會, p.128-213(1994)
- 22) 張亮 외, 下水處理場の硫黄系臭氣に對するビートバイオフィルター長期運轉, 臭氣の研究, 제21권, 1호, p.1-9(1990)