

## 환경기초시설에서 발생하는 악취가스 제거에 관한 연구

이병관 · 이상훈 · 탁성제<sup>†</sup> · 이병기

청해ENV(주)

### The Study on the Removal of Odor Emitting Environmental Fundamental Facility

Lee, Byung-Kwan, Lee, Sang-Hun, Tak, Sung-Je<sup>†</sup> and Lee, Byung-Ki

ChungHaeENV, Inc

#### ABSTRACT

The objective of the research project is to develop the hybrid deodorizer for the removal of residual harmful gases generating during pretreatment process of biogas. This hybrid deodorizer is capable of treating harmful gases that contains hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S), ammonia (NH<sub>3</sub>) and other odor substances. This hybrid deodorizer reduced the hydrogen sulfide content from approximately 150~200 ppm to less than 16 ppm. These residual harmful gases were effectively removed in the effluent, achieving up to 97% removal of H<sub>2</sub>S and 94% removal of NH<sub>3</sub> after treatment using hybrid deodorizer.

**Key words:** Biogas, Harmful Gas, Hydrogen Sulfide, Ammonia, Hybrid Deodorizer

## 1. 서 론

유기성 폐기물의 처리과정에서 다량의 바이오가스가 발생하는데, 바이오가스 중에는 온실가스인 이산화탄소, 메탄이 다량 포함되어 있어 유럽 등 선진국을 중심으로 온실가스 저감 및 고질연료화를 위해 메탄가스를 회수하는 바이오가스 정제에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있고, 정제플랜트 시장규모도 급팽창하고 있는 실정이다. 바이오가스 정제를 위해서는 전처리를 통해 유해가스인 황화수소, 암모니아의 제거가 필수적인데, 이중 황화수소는 인간의 후각을 자극하여 쾌적한 생활과 건강 생활에 피해를 주는 악취의 주된 오염물질이다. 이외에도 메틸메르캡탄, 아민류 및 저급 지방산 등의 악취물질이 함께 함유되어 악취강도를 상승시키게 된다. 이들 악취물질은 이온화되어 있는 가스나 휘발성 물질이기 때문에 대기오염물질의 제거를 위한 원리와 기술을 이용하게 된다(Ryu, 2007).

환경기초시설(하수처리장, 축산분뇨처리장 등)의 바이오가스 정제시 탈황 및 탈암모니아 기술로는 건식스크리버, 습식

스크리버 등이 이용되고 있는데, 건식스크리버의 경우 처리 후 잔류 황화수소 농도가 50~150 ppm에 달하는 경우가 많다. 따라서 악취 제거를 위해 활성탄 흡착법, 희석법 등의 물리적 방법이나, 산·알칼리 세정법, 약액 세정법, 중화법, 촉매산화법 등의 화학적 방법, 바이오필터법, 토양탈취법 등과 같은 생물학적 방법 등과 같은 탈취기술의 추가 적용이 필요로 한 상황이다(Kim, 2012).

본 연구의 목적은 음식물쓰레기와 가축분뇨 혼합처리장의 혐기성 소화조로부터 발생하는 바이오가스 내의 메탄가스를 회수하기 위한 정제플랜트의 정제과정에서 발생하는 잔류 황화수소와 암모니아를 제거대상으로 하는 복합탈취장치의 제거성능을 평가하기 위한 것이다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

본 연구에서 사용된 실험장치(Fig. 1)는 이온화되어 있는 악취물질의 기본 특성에 기초하여 이온발생장치를 통해 악취

<sup>†</sup> Corresponding author: [tsj75@naver.com](mailto:tsj75@naver.com)

Received October 19, 2016 / Revised November 18, 2016 1st, February 3, 2017 2nd / Accepted March 13, 2017

를 전기화학적으로 중화시키는 이온 중화와 다공성 금속실리카를 코팅한 활성탄 흡착을 적용한 복합탈취장치로서, 이온나 이저 1단, 2단과 흡착탑 1단, 2단으로 구성되어 있고, 설계 유량은 최대 3 m<sup>3</sup>/min이다.

이온나 이저의 제원은 전압 12 kV, 전력 30 W, 주파수 21 kHz이며, 흡착탑의 제원은 150(W) × 300(L) × 400(H)이다. 흡착탑에는 코어-셸 구조의 다공성 금속 실리카입자를 활성



The view of full-scale pilot  
( P City facility management corporation )



Hybrid deodorization system



Ionizer



Coated active carbon

Fig. 1. Hybrid deodorization system.

Table 1. The specification of hybrid deodorization

Factor	Hybrid deodorization			
	Stage-1	Stage-2	Stage-3	Stage-4
Voltage	12 kV	Porous	15 kV	Porous
Electric power	30 W	active carbon	30 W	active carbon
Frequency	21 kHz		28 kHz	

탄의 표면에 코팅시킨 다공성 나노활성탄이 충전되어 있다.

### 2.2 실험방법 및 분석

복합탈취장치의 잔류 악취가스(황화수소, 암모니아)의 제거 실험은 바이오가스 정제를 위한 Test-bed가 설치된 경기도 소재 P 환경순환센터 내 음식물쓰레기 및 축분 혼합처리장에서 수행되었다. 음이온 발생장치인 이온나 이저의 주된 제거대상은 양이온 악취가스인 암모니아이며, 활성탄 흡착탑의 주된 제거대상은 분자상 악취가스인 황화수소이다. 실험은 처리장 소화조로부터 직접 유입되는 악취가스의 유량 및 유입농도를 대상으로 하였고(Table 2), 처리된 악취가스의 분석은 (주)센서로닉사의 바이오가스측정기(Model: GSR-400P)를 이용하였다.

### 2.3 복합탈취장치의 악취가스 제거 메카니즘

#### 2.3.1 이온중화

모든 악취원인 가스들은 이온화 되어 있는 본래 그 상태에 서만 독특한 악취 특성을 발현하고 있는 바, 공기 중에 존재 하는 물 분자를 이용하여 한정된 공간 내에 전기/화학적 방법 으로 양이온, 음이온들을 다량 생성시켜 과잉으로 존재하는 환경을 조성한 후 악취물질을 통과시키면, 이온중화 반응에 의해 악취 발현이 불가능한 새로운 전기적 중성물질 가스상 으로 변화되어 탈취되게 된다.

이온발생장치의 탈취메카니즘을 보면, 양전극에서 플라즈마 방전에 의해 H<sup>+</sup>이 발생하고, 음극으로 이동하여 전자와 만

Table 2. Experimental condition

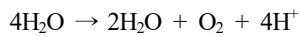
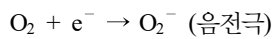
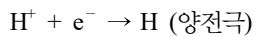
Run	Flow rate (m <sup>3</sup> /min)	Input H <sub>2</sub> S Con. (ppm)	Input NH <sub>3</sub> Con. (ppm)
Run-1	1.5	102~202	14~51
Run-2	2.7	100~199	18~44

Table 3. Specification of GSR-400P

Item	Range	Resolution	Accuracy	Method
CO <sub>2</sub>	0~50 %vol	0.10	2%FS	NDIR
CH <sub>4</sub>	0~100 %vol	0.10	2%FS	NDIR
H <sub>2</sub> S	0~1,000/2,000/ 9,999 ppm	0.01	3%FS	EC
O <sub>2</sub>	0~25 %vol	0.01	2%FS	EC
NH <sub>3</sub>	0~100/1,000 ppm	0.10	2%FS	EC
전원	DC12V liteum-ion			
습도	0~95 %RH			
온도	-5~45℃			



나서 중성의 활성수소가 생성되며, 음전극에서는 전자를 방출하여 공기 중의 산소를 산소이온으로 대전시키게 된다. 이렇게 이온발생장치에서 발생된 활성수소와 산소이온은 방출되면서 악취물질과 반응하게 된다.



### 2.3.2 흡착

복합 다공성 세라믹 탈취소재와 대표적인 흡착소재인 활성탄을 복합하여 만들어진 다공성 나노복합입자 합성 촉매담체를 흡착탑에 충전하여 잔류 악취가스를 흡착/제거하게 된다. 나노 복합탈취소재의 특성 및 합성제조는 Table 4, Fig. 2와 같다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 탈취장치별 제거특성

Table 4. The nature of the composite deodorization material

구분	내용
Component ratio (W,%)	- Metal/silica particle : 1~50 - Active carbon : 50~99 - Binder material : 0.5~20
Specific surface area	- 300 m <sup>2</sup> /g
Metal	- Iron, nickel, cobalt, copper
Binders	- Inorganic : colloidal silica - Organic : polyvinyl alcohol

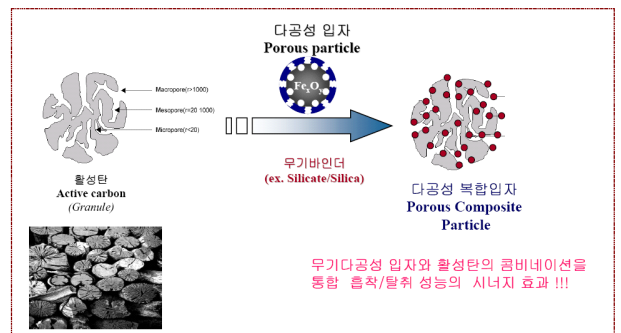
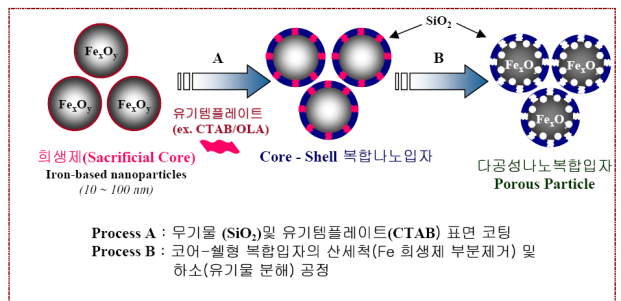


Fig. 2. The synthesis of porous nano-composite particle.

#### 3.1.1 이온나이지어의 제거특성

이온나이지어의 탈취실험 결과, 황화수소의 제거율은 0.0~7.9%로 거의 처리되지 않는 것으로 보아, 분자 구조로 이루어진 악취가스의 제거는 어려운 것으로 나타났다. 그러나 양이온인 암모니아의 제거율은 50.0~64.5%로 나타나고 있어 양이온 악취가스의 제거에 적용이 가능한 것이 확인되었다.

#### 3.1.2 흡착탑의 제거특성

흡착탑의 탈취실험 결과, 황화수소의 제거효율은 92.7~

Table 5. Removal rate of H<sub>2</sub>S (ionizer)

Flow rate (m <sup>3</sup> /min)	Input H <sub>2</sub> S con. (ppm)	Output H <sub>2</sub> S con. (ppm)	Removal rate (%)
1.5	110~151	108~139	0~7.9

Table 6. Removal rate of NH<sub>3</sub> (ionizer)

Flow rate (m <sup>3</sup> /min)	Input NH <sub>3</sub> con. (ppm)	Output NH <sub>3</sub> con. (ppm)	Removal rate (%)
1.5	22~31	9~21	50.0~64.5

Table 7. Removal rate of H<sub>2</sub>S (adsorption tower)

Flow rate (m <sup>3</sup> /min)	Input H <sub>2</sub> S con. (ppm)	Output H <sub>2</sub> S con. (ppm)	Removal rate (%)
1.5	105~125	5.9~7.7	92.7~95.4

Table 8. Removal rate of NH<sub>3</sub> (adsorption tower)

Flow rate (m <sup>3</sup> /min)	Input NH <sub>3</sub> con. (ppm)	Output NH <sub>3</sub> con. (ppm)	Removal rate (%)
1.5	25~29	11~16	40.7~62.1

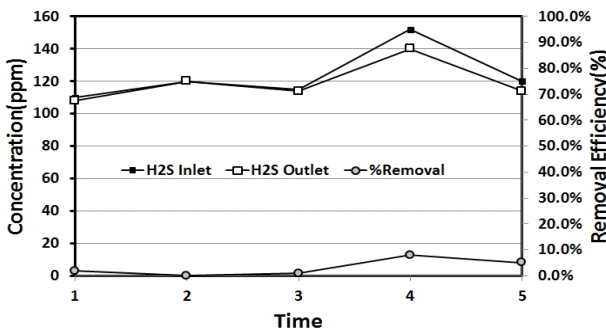


Fig. 3. Removal rate of H<sub>2</sub>S (ionizer).

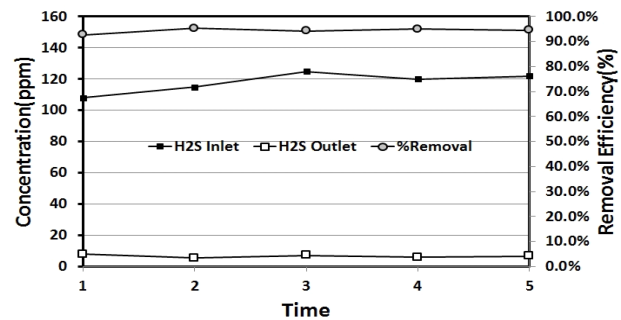


Fig. 5. Removal rate of H<sub>2</sub>S (adsorption tower).

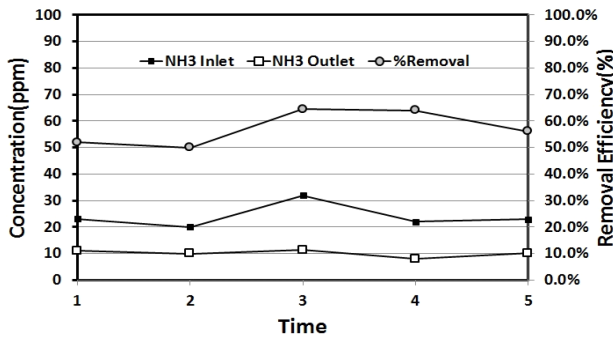


Fig. 4. Removal rate of NH<sub>3</sub> (ionizer).

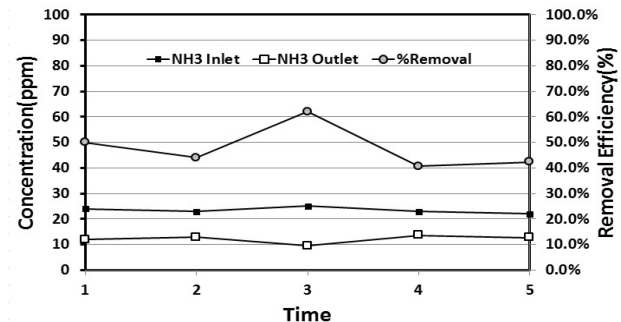


Fig. 6. Removal rate of NH<sub>3</sub> (adsorption tower).

95.4%로 높은 제거효과를 보이고 있고, 암모니아 또한 40.7~62.1%의 제거율을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 촉매의 무기 다공성 입자와 활성탄의 콤비네이션 효과에 기인한 것으로 판단된다.

### 3.2 복합탈취장치의 제거특성

가스 유입유량을 각각 2.7 m<sup>3</sup>/min와 1.5 m<sup>3</sup>/min로 달리하여 수행한 결과, 복합탈취장치의 황화수소 제거율은 각각 평

균 94%, 95%의 우수한 처리결과를 보이는 것으로 나타났으나, 유입농도가 165 ppm 이상에서는 제거율이 다소 낮아지는 경향을 보이고 있어 복합탈취장치의 안정적인 처리를 위해서는 가스 유입농도 165 ppm 이하의 현장에 적용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 한편, 복합탈취장치의 암모니아 제거율은 각각 평균 74%, 85%로써 황화수소에 비해 상대적으로 낮은 처리결과를 보이는 것으로 나타났는데, 이는 장치의 개별 성능평가로부터 이온중화의 낮은 암모니아 분해능 때문인 것으로 판단된다.

Table 9. Removal rate of H<sub>2</sub>S (hybrid deodorization)

Flow rate (m <sup>3</sup> /min)	Input H <sub>2</sub> S con. (ppm)	Output H <sub>2</sub> S con. (ppm)	Removal rate (%)
1.5	102~165	4.4~7.7	95
	175~202	11~15.8	
2.7	105~160	3.2~9.1	94
	165~199	10.9~14.1	

Table 10. Removal rate of NH<sub>3</sub> (hybrid deodorization)

Flow rate (m <sup>3</sup> /min)	Input NH <sub>3</sub> con. (ppm)	Output NH <sub>3</sub> con. (ppm)	Removal rate (%)
1.5	14~32	1~6	84
	37~51	11~15	
2.7	18~35	2~8	74
	40~44	11~14	

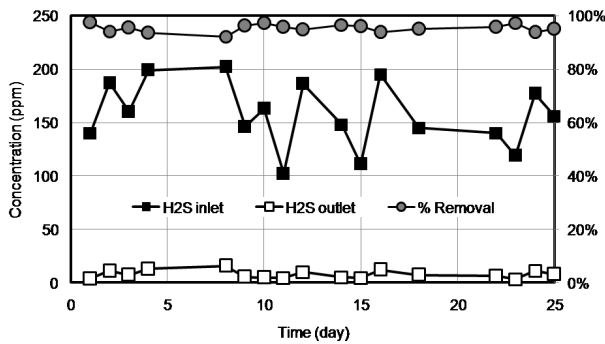


Fig. 7. Removal rate of H<sub>2</sub>S (hybrid) (flow rate 1.5 m<sup>3</sup>/min).

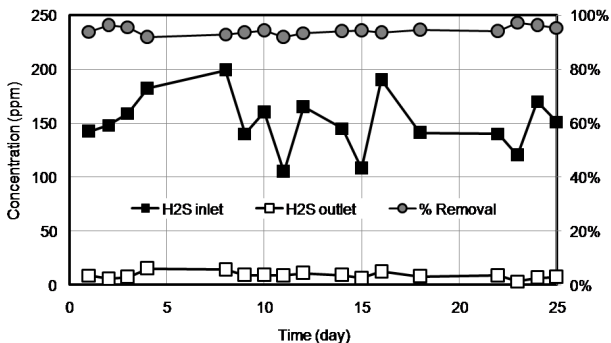


Fig. 8. Removal rate of H<sub>2</sub>S (hybrid) (Flow rate 2.7 m<sup>3</sup>/min).

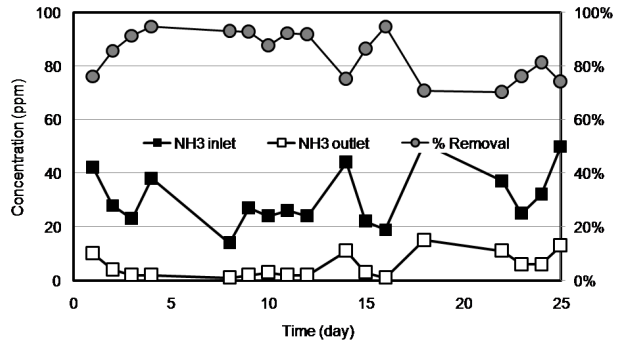


Fig. 9. Removal rate of NH<sub>3</sub> (hybrid) (flow rate 1.5 m<sup>3</sup>/min).

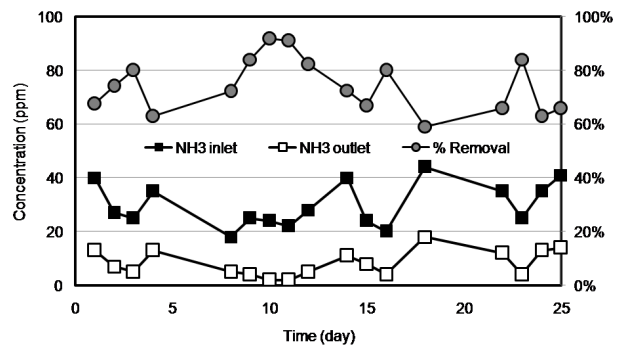


Fig. 10. Removal rate of NH<sub>3</sub> (hybrid) (flow rate 2.7 m<sup>3</sup>/min).

#### 4. 결 론

본 연구는 음식물쓰레기와 축산분뇨 혼합처리장으로부터 발생하는 주요 악취물질인 황화수소와 암모니아를 대상으로 하여 복합탈취장치의 악취제거 특성을 평가하고자 하였다. 그 결과, 황화수소의 제거율은 약 95%의 우수한 처리결과를 보이는 것으로 나타났으나, 암모니아의 경우는 제거율이 상대적으로 낮은 74~84%를 보이는 것으로 나타났다. 이는 장치의 개별 성능평가로부터 이온중화의 낮은 암모니아 분해능 때문인 것으로 판단된다. 또한 복합탈취장치는 유입농도가 일정농도(황화수소 165 ppm, 암모니아 35 ppm)이상인 경우, 제거율이 다소 낮아지는 경향을 보이고 있기 때문에, 현장 적용시 이 점을 충분히 고려해야만 할 것으로 판단된다.

#### 사 사

본 연구는 환경부 글로벌환경기술개발사업 Non-CO<sub>2</sub> 온실가스저감기술개발사업단 연구과제(과제번호 : GT-11-E-02-

001-3)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## REFERENCES

- Ryu KH. 2007. Study on non-thermal plasma reactor for generation of negative ions. Inha University.
- Cho BR. 2008. Characterization of dorous elements from emission sources in Chungju. Korean Society of Environmental Engineering.
- Oh IH. 2008. Measurement of complex odor from industries and regulated odorous substance in public complaint areas of Changwon industrial complex, and its reduction countermeasure. The Korean Environmental Sciences Society.
- Park HK. 2008. Study on reduction of odor from food waste treatment facilities. Gangwon University.
- Ha NK. 2011. Removal characteristics of activated carbons with metal catalyst additives for hydrogen sulfide and methyl mercaptan. Ulsan University.
- Kim JY. 2012. A study on the thermal adsorption and desorption characteristics of industrial odorants using activated carbon. The Korean Institute of Chemical Engineers.
- Galera. 2007. Melvin maaliw, effects of pollutant concentration ratio on the simultaneous removal of NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S and toluene gases using rock wool-compost biofilter. Elsevier.