

# 오존 정화시스템을 이용한 축사내 공기정화 효과

원승호\*, 김영권\*\*

\*건양대학교 기계공학과 교수, 공학박사(shwon@konyang.ac.kr),  
\*\*건양대학교 임상병리학과 교수, 보건학박사(ykkim3245@konyang.ac.kr)

## Germicidal Effect of Ozone Cleaning System for Piggens Air

Won, Seung-Ho\* Kim, Young-Kwon\*\*

\* Dept. of Mechanical Engineering, Konyang University(shwon@konyang.ac.kr),  
\*\* Dept. of Biomedical Lab. Science, Konyang University(ykkim3245@konyang.ac.kr)

### Abstract

This research investigated the exhaust gas purification system of gaseous ozone for piggens. This system is applied to exhaust the gas outside after purification with ozone. This is very effective for purification and simple. And because this is not set in the piggens, this system is not influence of pollution gas. This is effected to extend the life time of this system and this system is applied for non-window piggens which does not need the ventilation.

Keywords : 오존가스(Ozone gas), 배출가스(Ventilation gas), 무창(Non-window), 반응기(Effector)

### 1. 서 론

최근 시행된 악취방지법에 의하면 일정규모이상의 시설에 대하여 지정 악취 물질의 배출에 대한 규제가 실시되어, 축사 등에서 외부로 배출하는 공기에 대하여 이러한 악취방지법을 만족하면서 배출하기 위해 악취물질을 처리하는 시스템이 절실히 필요하다.

축사 등에서 외부로 배출하는 공기의 악취를 제거하는 방법에는 크게 세 가지가 있을

수 있다. 첫째는 내부 공기를 정화하여 배출하는 방법이고, 둘째는 배출공기를 정화하여 배출하는 방법이며, 세 번째는 앞의 두 가지를 병행하는 방법이다.

내부공기를 정화하여 배출하는 첫 번째 방법으로, 기존의 축사 내에 오존을 사용하는 시스템이 공급되다가 보급이 부진한 실정에 있다. 이는 오염된 공기를 처리하기 위해 실내에 공급된 고농도의 오존이 잔류되어 내부에서 작업하는 사람과 가축에게 악영향을

미쳐 피해를 입히게 되었고, 이에 따라 오염된 공기를 처리하기 위해 필요 오존농도보다 낮은 저농도의 오존을 사용하게 되고 살균, 탈취의 효과가 나타나지 않았기 때문이다.

배출하고자 하는 공기를 정화하는, 두 번째 방법은, 본 연구에서 사용하고자 하는 방법으로써, 기존의 축사 등의 내부 구조를 크게 바꾸지 않고도 직접적으로 축사 등에서 적용이 가능하기 때문이다.

오존을 농축산물에 적용한 연구는 많이 있으나 대부분이 발생장치<sup>1)</sup> 저장과 생육<sup>2)3)</sup>에 관한 연구로, 배출가스 정화에 대한 것은 거의 없다.

본 연구에서 사용하는 오존발생장치는 관형 플라즈마 방식으로, 수명이 길고 사용 중 간극의 변화가 없어, 일정한 고농도의 오존을 발생시킬 수 있으며, 공기를 정화하고 남은 잔류 오존은 환원하여 허용치 이하의 농도로 배출하는 시스템을 사용하고자 한다.<sup>4)</sup>

본 연구의 최종 목표는 축사 등에서 발생되는 악취가 외부로 배출되는 것을 방지하는 환기 시스템 개발에 있다. 공기의 탈취를 위해 오존을 이용한 악취처리 반응을 개발하여 배출시의 공기를 정화시키고, 최종 말단에는 오존을 환원시키는 필터를 설치하여 정화된 공기에 오존이 허용치 이하가 되도록 하였다.

- 1) 문승일의 “돈사 적용용 DC전압을 이용한 오존발생장치 개발에 관한 연구”, 한국태양에너지학회지, 19권, 1호, 77-84, 2003
- 2) Maher Bou Jaoude, et. al. "Analysis of the ozone effect on soybean in the Mediterranean region II. The consequences on growth, yield and water use efficiency", European Journal of Agronomy Vol.28, 4, 519-525, 2008
- 3) Stanislaw Popiel, et. al. "Sulfur mustard destruction using ozone, UV, hydrogen peroxide and their combination", Journal of Hazardous Materials 153, 37-43, 2008
- 4) Zhk Fang, et. al. "Experimental study on discharge characteristics and ozone generation of dielectric barrier discharge in a cylinder-cylinder reactor and a wire-cylinder reactor", Journal of Electrostatics 66, 421-426, 2008

## 2. 연구 방법

### 2.1 오존발생기와 실험

본 과제 of 개발 내용은 직접 악취물질을 제거하는 플라즈마 발생기를 이용한 오존발생기를 사용한 반응기를 개발하고, 개발된 시스템의 실험은 축사에서 예비 실험과 본 실험을 수행하였다.

### 2.2 오존발생 시스템 제작

#### (1) 오존발생부 제작

본 연구에서 사용하는 플라즈마 발생기는 교류 고전압(40kV, 38kHz)의 코로나 방전부로 산소를 통과시켜 오존 발생시키는 시스템으로 스프링 형태의 스테인레스 와이어 전극과 알루미늄 접지를 다공성 유리관을 사이에 두고 방전시키는 시스템이다.

오존은 일반적으로 무성방전을 사용하여 발생하고 오존발생의 에너지 효율은 대략 200g/kWh 정도이다. 오존발생기의 에너지 효율은 이론 에너지효율의 1/5정도이다. 그리고 오존은 고온이나 고농도에서 잘 분해된다.

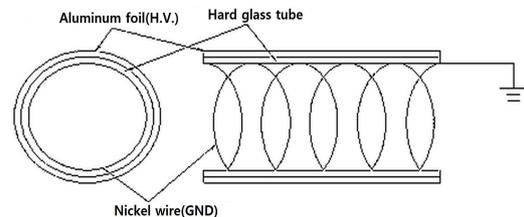


그림 1. 오존발생기

방전부의 형태는 그림 1에 나타나 있으며 제작된 유리관의 외부직경은 6.25mm, 내부 직경은 5.0mm이다. 내부 스프링은 스테인레스 강을 사용하였고, 직경 0.5mm이며 유리관 내부와 잘 밀착되도록 스프링을 내부보다 약간 크도록 스프링을 제작하여 삽입하였다. 내부직경보다 0.3mm 정도 크게 제작하여 관 내부에 완전 밀착하도록 삽입하였다.

(2) 전원장치(power supply)

전원은 크기가 77×66×40mm이며, 전압 40kV, 주파수 38kHz 이다. 그림 2는 제작된 오존 발생기이다.

2.3 오존발생기 실험

제작된 오존발생기에 산소발생기(OXCON 산소탱크)를 연결하여 오존발생량을 측정하였다. 산소발생기를 사용하는 경우에는 90% 이상의 고농도의 산소를 얻을 수 있다.



그림 2. 오존발생기

실험은 산소주입량을 2L/min과 3L/min의 두 종류에 전원의 주파수는 일정하게 유지하고 주파수 비율을 30%, 60%, 100%로 조정하면서 오존량을 측정하였다. 오존측정기는 일본 OKITROTEC사의 UV Ozone Monitor OZM-7000GN을 사용하였다.

표 1은 제작된 오존발생기를 가지고 발생된 오존량을 측정한 것으로 주파수 비율을 높임에 따라 오존발생량은 증가하고, 투입되는 산소량에 따라서는 발생된 오존이 산소에 희석되어 줄어드는 것을 알 수 있었다.

2.4 반응기 개발

반응기에 관한 개발연구는 3차에 걸쳐 실시하였다. 1차는 반응조로 일반 강관 (직경 150mm)를 사용하였다. 송풍기에 강관을 연결하고 강관 입구에 오존 주입관을 사용하여 오존을 강관의 중앙에 주입하였다.

표 1. 오존발생기의 오존발생량 실험

산소 투입량	주파수 비율	발생 오존량(g/m <sup>3</sup> )	비고
2 L/min	30%	6.3	
	60%	8.7	
	100%	11.2	
3 L/min	30%	3.9	
	60%	5.4	
	100%	7.1	

2차 반응기는 그림 3에서 보는 바와 같이 반응조인 관 내부에 스테인레스 스크롤을 설치하였다.



그림 3. 2차 반응기



그림 4. 3차반응기 혼합 베인이 설치된 소켓

3차 반응기는 내부직경이 150mm이고 두께가 10mm인 pp(poly-propylene)로 제작하

였고, 반응기 내부에는 같은 재질의 혼합 베인을 제작 설치하였다. 가장 오존에 강한 재질이고 경제적인 pp를 주 재료로 사용하였다.

### 2.5 반응기 개발결과

1차반응기를 실험한 결과는, 오존가스가 오염된 공기와 잘 섞이지 않아서, 오염된 공기와 잘 반응하지 않았고, 잔류오존 농도가 매우 높았다. 오존 가스의 분자량이 산소의 1.5배이기 때문에 무거워서 관 하부쪽으로 가라앉은 것으로 분석되었다.

2차 반응기는 이러한 오존가스와 오염공기가 분리되는 것을 막기 위하여 내부에 스테인레스 스크롤을 설치한 것이다. 2차 반



그림 5. 3차 반응기

응기를 실험한 결과 오염된 공기와 잘 반응한다는 것을 알 수 있었다. 그리고 잔류 오존농도도 0.1ppm 이하를 나타내었다. 그런데 내부 스테인레스 스크롤이 매우 무겁고, 오존에 대한 산화성이 높아서 반응조의 재질로는 다소 문제가 있었다.

3차 반응기는 2차 반응조의 문제점을 해

결하기 위하여 오존 가스에 강한 재질인 pp를 사용한 반응관과 혼합 베인을 설치하였다. 실험 결과, 투입된 오존과 오염물질이 잘 반응된다는 것을 알 수 있었다.

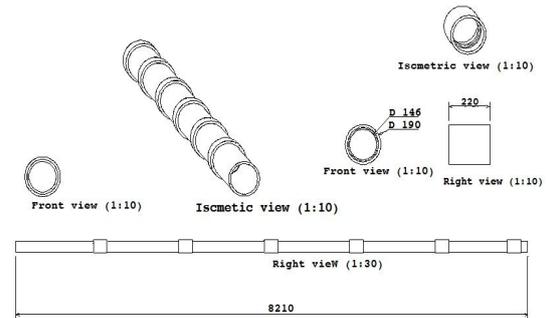


그림 6. 반응기 도면

그리고 잔존 오존 환원은 활성탄 필터(일 ITS사, ACH20LE, 90×90×10mm)를 사용하였다.

### 2.6 악취 제거기 적용실험

악취 제거의 적용실험은 예비 실험과 본 실험을 실시하였다. 예비 실험에는 부여소재 1월 오후 1시~5시 사이에 실제 돈사 내에서, 공기를 이용한 오존발생기를 사용하였으나 겨울철 축사내부의 산소 농도가 상대적으로 낮아 오존발생량이 산소발생기를 사용한 경우의 25%정도 밖에 발생하지 않았다. 그래서 거의 악취제거 효과를 얻을 수 없었다. 본 실험에서는 부여소재, 5월 낮 1~5시 사이, 실제 돈사 밖의 공기를 이용한 산소발생기를 사용하여 오존을 발생시켜, 돈사내의 오염된 공기를 정화하도록 하였다. (지상 60cm, 5개 지점 공기채취)

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 오존처리 전, 후의 오염물 농도

공기청정 장치를 가동하기 전 돈사 내 대기오염 농도를 측정된 결과 오존 0 ppm,

암모니아 15 ppm, 황화수소 0.6 ppm이었다.

암모니아 농도와 황화수소 농도는 GASTEC 사 (3L-암모니아 측정범위 0.5~78ppm, 4LB-황화수소 측정범위 0.5~12ppm 및 4LT-황화수소 측정범위 0.1m~4.0 ppm)의 검지관을 사용하였다.

내에 15~16ppm이었던 것이 6, 6, 0ppm으로 각각 60%, 62%, 100% 감소한 것을 알 수 있었고 황화수소 가스는 초기 0.6ppm에서 0ppm으로 완전히 제거되었다. 잔류오존은 환원필터를 통과한 경우에 모두 허용치 이내인 0.05ppm 이하였다.

표 2. 오존처리 전·후의 오염가스 농도 변화

FAN 공급전압	공급 산소	공급 오존	처리전 NH <sub>3</sub>	처리후 NH <sub>3</sub>	처리전 H <sub>2</sub> S	처리후 H <sub>2</sub> S	잔류 오존	활성필터 처리후 오존	비고
Voltage	O <sub>2</sub> (L/min)	O <sub>3</sub> (g/m <sup>3</sup> )	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
100V	2	6.3	15	6	0.6	0	0.98	0.03	
		8.7	16	6	0.6	0	1.35	0.03	
		11.2	15	0	0.6	0	1.7	0.04	
	3	3.9	16	11	0.6	0	1.07	0.03	
		5.4	16	10	0.6	0	1.47	0.04	
		7.1	15	8	0.6	0	1.99	0.04	
120V	2	6.3	15	14	0.6	0	0.64	0.03	
		8.7	15	10	0.6	0	0.85	0.03	
		11.2	16	7	0.6	0	1.08	0.04	
	3	3.9	15	10	0.6	0	0.69	0.03	
		5.4	16	9	0.6	0	1.0	0.03	
		7.1	15	6	0.6	0	1.28	0.05	

전압 100V에서 산소 2 L/min, 오존 주파수 비율 30%(6.3 g/m<sup>3</sup>)로 설정하여 악취제거 장치를 가동했을 때 잔류 오존은 0.98ppm(환원 필터 통과 후 0.03ppm), 암모니아는 6 ppm, 황화수소는 0ppm으로 측정되었고 동일조건에서, 오존 주파수비율 60%(8.7 g/m<sup>3</sup>)로 설정하여 악취제거 장치를 가동했을 때 잔류 오존은 1.35 ppm(환원필터 통과 후 0.03ppm), 암모니아는 6ppm, 황화수소는 0ppm으로 측정되었으며, 오존 주파수 비율 100%(11.2 g/m<sup>3</sup>)로 설정하여 악취제거 장치를 가동했을 때 잔류 오존은 1.70ppm(환원 필터 통과 후 0.04ppm), 암모니아는 0ppm, 황화수소는 0ppm으로 측정되었다.

이 실험 결과에서 암모니아 가스는 돈사

그리고 같은 조건에서 오존발생기에 공급하는 산소의 양을 2 L/min에서 3 L/min으로 증가시켰을 때는 암모니아 가스는 16ppm에서 11, 10, 6ppm으로 각각 31%, 37%, 62% 감소하였고 황화수소 가스는 산소의 양이 2 L/min이었을 때와 마찬가지로 완전히 제거된 것을 알 수 있었다.

송풍기의 전압을 100V에서 120V로 높이면 처리해야 하는 오염기체의 양이 늘어나게 된다. 이 경우에도 처리해야 하는 오염공기의 양이 늘어나서 처리비율이 감소된다는 것을 알 수 있었다.

투입되는 오존량이 많을수록 암모니아 등 오염가스의 처리 후 농도가 낮아지며 잔류 오존은 늘어난다는 것을 알 수 있었다. 그

리고 오염 공기의 양을 증가시키면(FAN 전압을 100V 에서 120V로 승압시키면) 암모니아의 잔류량은 늘어난다는 것을 알 수 있었다. 또한 오존발생기로 주입하는 산소의 양을 증가시키면 절대 오존량은 증가할지라도 오존 농도는 줄어드는 것을 알 수 있었다. 활성 필터를 처리한 후의 잔류오존량은 잔류오존 허용치인 0.05ppm 이하인 것을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

오염된 공기를 정화하기 위한 악취 제거 장치를 개발한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 오존과 오염기체의 반응을 촉진시켜, 악취제거 효율은 높이면서, 잔류 오존량은 획기적으로 감소시킬 수 있는 반응기를 개발하였다.
- (2) 고농도의 오존을 발생시킬 수 있는, 플라즈마를 이용한 경제적인 오존 발생시스템을 개발하였다.
- (3) 활성 필터를 적용하면, 오염공기를 정화하여 배출시키지 않고 다시 축사 내부로 재순환하는 무창 축사에 적용할 수 있음을 알 수 있었다.

#### 후 기

본 논문은 2009학년도 건양대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 것임

#### 참고문헌

1. Martga E. Alcantara-Gardurio, et. al. "Experimental and mathematical evaluation of trichloroethylene removal from saturated soil using acetic acid with saturated ozone", Separation and Purification Technology,

- Vol.60, No.3, pp.299-307, 2008
2. Maher Bou Jaoude, et. al. "Analysis of the ozone effect on soybean in the Mediterranean region II. The consequences on growth, yield and water use efficiency", European Journal of Agronomy, Vol.28, No.4, pp.519-525, 2008
3. Stanislaw Popiel, et. al. " Sulfur mustard destruction using ozone, UV, hydrogen peroxide and their combination", J. of Hazardous Materials Vol.153, pp.37-43. 2008
4. Lidia C. Yoshida, et. al. "Differences in above- and below-ground responses to pzone between two populations of a perennial grass", Pant and Soil 233, pp.203-211, 2001
5. Jae-Seung Jung, et. al. "Corona discharge and ozone generation characteristics of a wire-plate discharge system with a glass-fiber layer", J. of Electrostatics Vol.66, pp.335-341, 2008
6. 오인환외 "무창 비육돈사에서 습식공기 정화기의 여름철 공기정화효율 분석", 축산 시설환경, 12(3) 133~140, 2006