

## 돈사내 암모니아가스 계측시스템 개발<sup>+</sup>

### Development of a Measurement System for Ammonia Gas in Swine Housing

방 승 훈\*

장 동 일\*

장 흥 희\*

임 영 일\*

S. H. Bahng

D. I. Chang

H. H. Chang

Y. I. Lim

#### ABSTRACT

A PC based measurement system was developed and it consisted of ammonia sensor(TS-1000), AMP & MUX Board, A/D Converter, and personal computer.

The results obtained from the study are summarized as follows:

1. The relationship of outputs(V) of ammonia sensor(AS) and concentrations(ppm) of ammonia gas was analyzed by the linear regression analysis and the output values were very accurate when compared with standard ammonia gas.
2. The test results showed that the performance of ammonia gas sensor was not affected by temperatures and humidities
3. The developed ammonia gas measurement system was proved to be practically useful for measuring concentrations of ammonia gas in pig housing.

**주요용어(Key Words):** 계측시스템(Measurement system), 돈사(Swine Housing), 암모니아가스(Ammonia gas), 센서(Sensor)

#### 1. 서 론

1997년 7월 1일부터 돼지고기의 수입이 완전히 개방됨에 따라 우리 나라의 양돈업은 무한 경쟁의 시대를 맞이하게 되었다. 그러나 돼지고기, 닭고기, 계란 등을 국제 경쟁력이라는 지표에 의해서 검토하면 여타의 농·축산물에 비해 비교적 우위에 있으므로 조금만 더 노력을 기울이면 오히려 외국으로의 수출이 가능할 수도 있다.

양돈의 생산비중에서 사료비와 노임이 가장 많은 부분을 차지하고 있다. 이중 임금의 절감을 위해 양돈의 생력화에 관한 여러 가지 연구가 진행 중이다. 또한 점차로 줄어드는 농업 인구를 고려해 볼 때 매우 중요한 문제이기도 하다.

이를 위하여 우리 나라도 외국의 경우처럼 양돈의 생력화를 위하여 많은 연구가 진행중이다. 이중 생산성의 향상을 위하여 돈사 내의 환경제어에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는 중이나 대부분의 환경연구가 온도와 습도의 제어에 국한되어 있는 것이 우리의 현실이다.

돈사의 피트(Pit)에서 혐기성 발효로 돈분이 분해되면서 생성되는 암모니아가스는 돈사의 대표적인 유해가스중 하나이며, 암모니아가스의 유해성에 관한 연구는 이미 국내와 외국에서 활발히 진행되어 왔다.

Curtis 등 (1974), Doig 등 (1971)은 대기중 암모니아 가스의 농도가 100ppm을 넘어서면 돼지의 사료소비와 1일 체중 증가량이 감소된다고 보고 하였고, 어린

<sup>+</sup> 본 연구는 '95년도 농림부특정연구개발사업 연구비 지원으로 수행되었다.

\* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

돼지의 경우에는 대기중 암모니아가스 농도가 50ppm 일 때도 1일 체중 증가량의 감소를 보고하였다.

또한 Hellickson 등 (1983)은 어린 돼지의 경우 대기중 암모니아가스 농도가 50~75ppm 일 때 폐박테리아를 제거하는 능력이 감소되어 폐렴에 걸리기 쉬워진다고 보고하였다.

51ppm~71ppm의 암모니아가 존재하는 곳에서는 약 4%의 열 발생이 감소하여 이는 환경 온도 20℃에서의 활동 저하의 요인이 된다.

암모니아가스는 먼지와 혼합되어 있을 때 식욕을 현저히 감소시킨다. 또한 우영제(1995)는 암모니아 가스는 돼지의 성적 성숙에도 영향을 미치는 것으로 보고하였다.

그리고 암모니아가스는 관리자의 건강에도 큰 영향을 미치게 되는데 우영제(1995)는 물과 친화성이 높은 암모니아가스는 비강의 습한 표면에 닿게 되면 자극을 준다고 보고하였다. 기체 상태가 아닌 암모니아는 먼지 입자에 흡착되어 폐의 심부까지 도달하게 된다. 고농도 수준의 암모니아가스는 두통, 구토, 식욕저하 등의 증상이 있고 고농도의 암모니아가스를 장기간 흡입하게 되면 상부 기도에 있는 점액이나 이물질을 제거하는 선모에 손상을 주게 된다고 보고하였다.

겨울철에도 최소 환기량을 유지시킬 수 있는 외국의 경우 습도의 제어에 의한 암모니아가스의 제어를 제시하였으나 겨울철 기온이 매우 낮은 우리나라의 현실에서는 겨울철 일부 돈사에 들어갈 때 눈이 시름하여 눈을 뜰 수 없을 정도로 관리자의 작업환경을 악화시키며 어린 자돈의 경우 가스에 질식되어 죽는 등 우리나라의 겨울철 돈사내 암모니아가스의 문제는 매우 심각하다.

이러한 현실임에도 불구하고 우리나라의 돈사내 유해 가스에 관한 연구는 초보적 단계일 뿐만 아니라 암모니아가스에 관한 연구는 거의 전무한 실정이다.

이에 본 연구에서는 돈사 내에서의 암모니아가스의 계측 및 적정 농도 유지를 위한 제어 시스템 개발을 위하여 수행되었으며 그 구체적인 목적은 다음과 같다.

1) 돈사 내에서의 암모니아 가스의 농도를 계측할 수 있도록 암모니아가스 센서와 퍼스널 컴퓨터를 이

용하여 시스템을 구성한다.

2) 암모니아가스 센서로부터의 신호를 컴퓨터와 연결 가능케 하는 프로그램을 개발한다.

3) 퍼스널 컴퓨터를 이용하여 암모니아가스 센서로부터의 출력값을 화면상으로 연속 출력시키고 기준값 이상일 경우 경보 신호 처리한다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 암모니아가스 계측시스템의 설계 요건

Ross 등 (1994)은 돈사 내에 센서를 설치하여 컴퓨터로 이를 계측하고자 할 때, 센서 선발의 고려 사항을 다음과 같이 설정하였다.

- 1) 컴퓨터와의 연결 가능 여부
- 2) 정확성
- 3) 돈사내 환경에서의 내구성
- 4) 신뢰도
- 5) 적당한 반응 속도
- 6) 설치 위치 및 개수
- 7) 측도 설정 및 유지
- 8) 가격 및 이익 수준

한편, 돈사내 암모니아가스의 농도를 계측하고 이를 제어하기 위해서는 컴퓨터 및 제어용 송풍기와 연결이 가능하여야 하므로 측정량에 관한 신호는 전기적 신호로 이루어져야 한다.

돈사내 암모니아 가스의 계측을 위하여 다음의 3 단계로 본 시스템이 이루어졌다.

#### 1) 계측 단계(Sensor 단계)

암모니아가스 센서는 위에서 언급한 바와 같이 크게 2~3개의 종류가 있으며, 본 연구에서는 이들 중 전기화학적 형태인 TS-1000 ((주)한스시스템 제작)이 사용되었으며, 이 센서의 규격은 Table 1과 같다.

특히 TS-1000센서는 돈사내의 환경에서도 내구성을 지니도록 알루미늄 커버로 싸여져 있는데, 센서 부로의 가스 유입량이 500ml/min이어야 한다.

#### 2) 신호 조절 단계

본 연구에서의 신호조절 단계 기기로는 증폭기 (Amplifier)와 Multiplexer board로 PCL-789D와 A/D변

환기로는 PCL-818H가 사용되었다. 암모니아가스 센서로부터 나온 전기적 신호는 증폭기(Amplifier)와 Multiplexer board를 거쳐 A/D 변환기로 입력된 후 디지털신호화되어 컴퓨터에 입력되었다.

암모니아가스 센서로부터의 출력값은 전류값(mA)이었으나 이를 신호 조절단계에서 이용가능하게 하기 위하여 250Ω의 저항을 연결하여 전압값(mV)로 변환시켰다.

### 3) 최종 판독단계

본 연구에서는 암모니아가스 계측 값을 퍼스널컴퓨터의 모니터로 출력하는 방법을 채택하였다.

최종 판독 장치로는 펜티엄-133 퍼스널컴퓨터가

Table 1 Specification of the ammonia gas sensor

Item	TS-1000
Type	Electrochemical type
Response time (90%)	About 30 seconds
Measuring range	0~150ppm
Operating temperature range	- 10~+45℃
Operating relative humidity range	20~95%
Analog outputs	DC 4~20mA

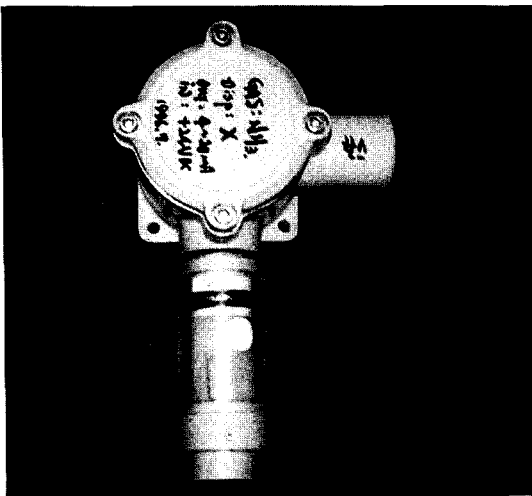


Fig. 1 Ammonia gas sensor TS-1000.

사용되었다.

본 연구에서는 프로그램을 이용하여 연속적인 암모니아가스의 변화량을 읽기 쉽게 화면 처리하였고 돈사내 허용 한계 이상의 암모니아가스가 감지되었을 시에는 경보 장치가 작동되도록 C언어로 프로그램 되었다.

지금까지 설명한 계측 과정을 그림으로 나타내면 다음과 같다.

### 나. 암모니아가스 센서의 성능시험 장치

암모니아가스 센서의 온도별, 습도별 출력값 변화를 알기 위하여 그림3과 같은 실험장치를 고안하였다. 이 실험 장치의 크기는 200mm(W) × 300mm(L) × 290mm(H) 이며, 이 장치의 내부에 암모니아가스 센서, 온도센서(HMP233L), 습도센서(HMP233L)를 설치하였다.

Table 2는 HMP233L의 성능에 관한 표이다.

습도조절을 위해서는 외부의 급수장치와 내부의 송풍기로 수분을 증발시켜 습도를 증가시켰으며, 온도조절을 위해서는 외부의 전열기를 통해 온도를 상승시켰다.

암모니아가스 센서의 주입부 쪽에 송풍기를 설치하여 500ml/min의 공기가 주입되도록 하였는데, 이를 위해서 센서의 주입부에서의 공기속도가 0.1m/s 가 되어야 한다. 송풍기로는 컴퓨터의 12V 냉각팬이 사용되었고 냉각팬으로부터 25cm 떨어진 지점에서 풍속이 0.106m/sec로 측정되었다.

풍속 측정기기로는 Cole-Parmer사의 Model 37000

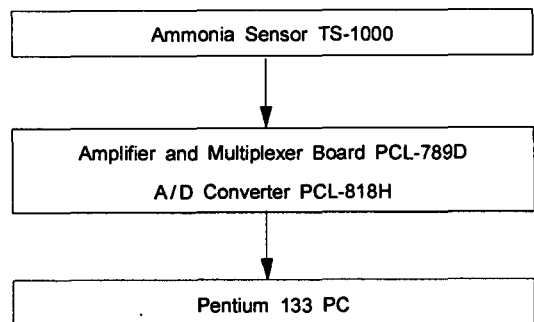


Fig. 2 Flow chart for measurement of ammonia gas.

Table 2 Performance of HMP233L measuring instrument

Item	HMP233L	
	Temperature	Relative humidity
Accuracy	± 0.1℃ (at +20℃)	± 1% RH (0~90% RH)
Response time (90%)	About 15 seconds (at +20℃)	About 15 seconds (at +20℃)
Measuring range	-40℃ ~ +60℃	0~100% RH
Operating temperature range	-40℃ ~ +60℃	-40℃ ~ +60℃
Analogue outputs	DC 4~20mV and DC 0~5V	DC 4~20mV and DC 0~5V

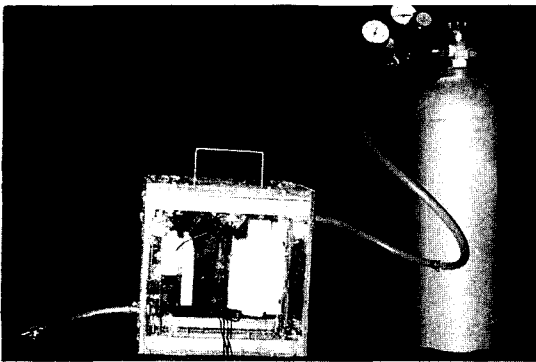


Fig. 3 Test of ammonia sensor in environmental chamber.

-60 풍속센서가 사용되었다.

그리고 웬과 암모니아가스 센서의 가스 주입구와의 거리는 25cm를 유지하였다.

암모니아가스의 농도를 측정할 때 정적평형상태에 도달할 때까지 소요되는 평균시간은 45초 이었다.

#### 다. 모형돈사에서 암모니아가스 계측시스템 구성

본 연구에서는 성능평가를 마친 암모니아가스 센서를 모형돈사의 환경에서 적용시켜 봄으로써 실제 돈사에서 활용 가능성을 검증해 보았다.

이를 위하여 실험용 돈사환경을 인위적으로 실제 돈사와 비슷하게 만든 후 암모니아가스를 흘려 보낸

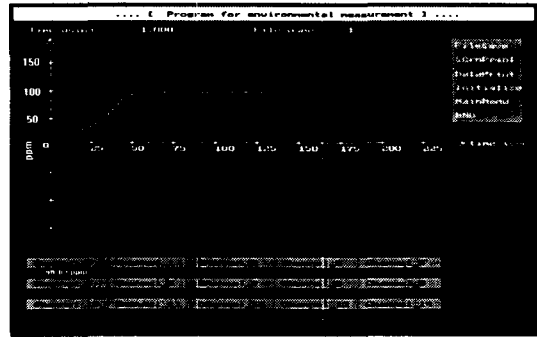


Fig. 4 Display of ammonia measurement program.

으로써 암모니아가스 계측시스템의 작동여부 및 그 성능을 테스트했다.

본 실험에서 이용된 모형돈사는 농림수산부 특정연구 과제용으로 제작된 실험용 무창돈사에서 실시되었으며, 돈사의 환기구조는 피트덕(Pit duct) 환기시스템으로 처마 쪽의 입기구로부터 들어온 공기가 바닥의 피트덕을 통해 환기팬으로 배출되는 구조이다.

이 모형돈사의 크기는 길이 590cm에 너비 190cm 이었으며 천정까지의 높이는 260cm 이다.

모형 돈사내의 암모니아가스 센서의 설치위치는 돼지가 센서를 훼손시킬 수 없는 최저높이인 85cm로 정하였고, 송풍기는 가스 주입구로의 공기 주입량을 계산하여 암모니아가스 센서의 가스 주입구로부터 25cm 아래에 설치하였다.

기존의 양돈현장에서 암모니아가스 계측에 가장 널리 이용되는 가스검지관의 계측값과의 비교를 통해 본 암모니아가스 계측시스템의 현장활용 가능성을 타진해 보았다. 실험용 돈사내에 1000ppm의 암모니아가스를 조금씩 흘려 보내어 농도가 200ppm 이하로 유지되도록 한 후에 돈사내의 암모니아가스 농도를 암모니아가스 센서에 의한 출력값을 확인하고 이와 동시에 가스검지기를 이용하여 돈사의 암모니아가스 농도를 계측한 후 비교하였다.

이 때 가스검지관은 3La를 사용하였으며 3La의 측정범위는 5~200ppm 이었다.

암모니아가스 계측 프로그램은 C언어로 짜여졌고 1초마다 센서로부터 들어오는 신호를 처리하여 화면에 숫자와 그래프로 나타내도록 프로그래밍 되었다. Fig. 4은 프로그램을 실행시킨 화면이다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 암모니아가스 센서의 성능

Table 3 Output of concentrations of NH<sub>3</sub> gas from ammonia sensor

Concentrations of NH <sub>3</sub> gas (ppm)	28.3	40.0	75.8	77	90	107
Output (mV)	1,635	1,865	2,500	2,900	3,390	4,000

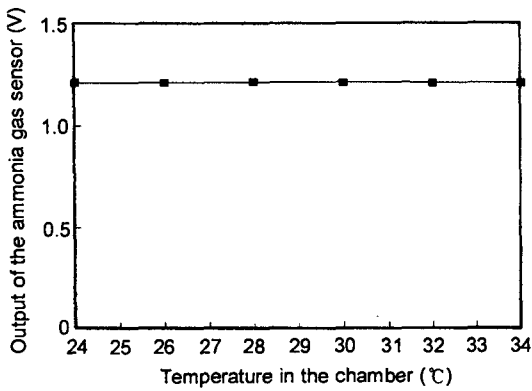


Fig. 5 Effects of temperatures on the performance of ammonia gas sensor TS-1000.

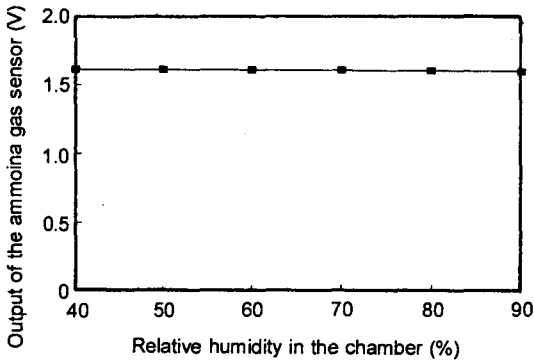


Fig. 6 Effects of relative humidities on the performance of ammonia gas sensor TS-1000.

암모니아 표준가스(한국표준과학연구원 제조)를 이용하여 실린더에서 암모니아가스 센서의 출력값을 측정 한 결과는 Table 3와 같다.

이 데이터를 이용하여 회귀분석한 식은 다음과 같다.

$$Y = -62.41879 + 5.522603 \times 10^{-2} \times V \dots (3)$$

여기서,

Y = 암모니아의 농도 (ppm)

V = 센서의 출력값(mV)

이 식의 R<sup>2</sup> 값은 0.9996였고 표준편차는 0.5184로 매우 정확한 것으로 나타났다.

온도별 출력값을 알아보기 위하여, 40.0ppm의 표준가스로 상대습도 60%의 환경에서 실험하였고 온도값은 연속 측정하였다. 온도가 높아짐에 따라 출력값의 약간의 변화가 있었으나 그 차는 무시할 수 있었다(Fig. 5).

출력값의 최대 차인 28°C와 34°C의 차가 7mV였으며 이는 약 0.386ppm의 차이를 뜻한다.

그리고, 습도별 출력값을 알아보기 위하여, 75.8 ppm의 표준가스로 온도 25.5°C의 환경에서 실험하였고 습도값은 연속 측정하였다. 습도가 높아짐에 따라 출력값이 약간 내려갔으나 그 차는 무시할 수 있었다(Fig. 6).

출력값의 최대차인 40%와 90%의 차가 14mV였으며 이는 약 0.828ppm의 차이를 뜻한다.

이상의 결과에서, 본 연구에서 사용된 TS-1000은 돈사 내 암모니아가스 계측에 적합한 성능을 가진 것으로 나타났다.

#### 나. 모형 돈사에서 암모니아가스 계측시스템의 성능

1000ppm의 암모니아가스를 서서히 돈사에 흘려보낸 후 암모니아가스 센서로부터의 출력값과 암모니아가스 검지관에 의해 표시된 값을 서로 비교 분석한 결과는 다음 Table 4와 같았다.

이 실험은 3회 반복 실시하였고 한 번의 실험이 끝난 후 돈사내의 공기를 완전 배출시켜 암모니아가

스의 농도가 5ppm 이하로 떨어졌을 때 다시 실험을 실시하였다.

본 실험결과를 SAS(1994) 통계 package GLM을 이용하여 유의수준 5%의 범위에서 Student T-test를 한 결과, 두 센서의 출력값 간에 유의차가 없었다.

이상의 결과에서, 본 연구에서 개발된 암모니아가스 계측시스템은 현재 돈사 내 암모니아가스 계측시스템에 대체하여 자동화 돈사의 환경제어 시스템에 활용할 수 있는 것으로 나타났다.

**Table 4 Results of the ammonia gas concentration in the pilot pig-housing by two measuring methods**

unit(ppm)					
Test 1		Test 2		Test 3	
TS -1000	Probation	TS -1000	Probation	TS -1000	Probation
15	12	16	14	20	15
25	27	30	32	27	32
40	44	40	35	45	40
60	50	70	66	75	67

**5. 결 론**

본 연구는 돈사내에서의 암모니아가스를 계측 제어할 수 있는 시스템을 개발하고자 수행하였으며, 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 암모니아가스의 농도와 센서의 출력값 간에는 선형적 관계를 나타냈으며, 표준 가스농도와 비교할 때 계측 값이 매우 정확하였다.
- 2) 온도와 습도는 본 실험에서 사용한 암모니아가스 센서의 성능에 별 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.
- 3) 본 연구에서 개발된 암모니아가스 계측시스템은 돈사의 환경제어 시스템에 활용할 수 있는 우수

한 성능을 가진 것으로 나타났다.

**참 고 문 헌**

1. 박경규, 서상용외 6인. 1996. 축산기계 및 시설. 문운당.
2. 방승훈, 장동일, 장홍희. 1997. 돈사의 암모니아 계측센서 선발을 위한 문헌 연구. 1997년 동계학술대회 논문집 Vol 2 (1) pp. 301-306.
3. 우영제. 1995. 돈사시설핸드북. 양돈연구.
4. 최홍립. 1989. 농업시설물의 환기. 대광문화사.
5. Berckmans, D., J. Q. Ni, J. Roggen, and G. Huyberechts. 1993. Technique to measure the continuous ammonia emission from livestock buildings. Livestock Environment IV. Proceeding of a Conference held in Coventry, UK, 6-9 July 1993 : 1192-1200.
6. Berckmans, D., J. Q. Ni, J. Roggen, and G. Huyberechts. 1992. Testing an ammonia-sensor for livestock buildings. ASAE Paper No 92-4522.
7. Chang, D. I., H. H. Chang and S. H. Bahng. 1997. Selection of the sensors for the environmental control system of pig-housing in temperate zone. ASAE paper No 974123.
8. Cutis, S. E., A. H. Jense, J. Smion, and D. L. Day. 1974. Effects of aerial ammonia, hydrogen sulfide and swine house dust, alone and combined, on swine health and performance. Livestock Environment II, ASAE, St. Joseph, MI49085. pp. 209-210.
9. Doig, P. A. and R. A. Willoughby. 1971. Response of swine to atmospheric ammonia on the pig. J. Anim. Sci. 28:844-847.
10. Hellickson, M. A. and J. N. Walker. 1983. Ventilation of agricultural structures. ASAE.
11. Ross, C. C. and N. Davis. 1994. Sensors in poultry housing. Poultry International 29(2):26-30.
12. SAS. 1994. SAS user's guide statistics SAS. Inst. Inc. Cary. NC.