

돈사의 환경계측에 관한 연구[†]

최규홍 · 손재룡 · 이강진 · 최동수 · 최용삼* · 남상일*

농촌진흥청 농업기계화연구소

Measuring the Environment of Pig Houses[†]

Choi K. H., Son J. R., Lee K. J., Choi D. S., Choi Y. S.* and Nam S. I.*

National Agricultural Mechanization Research Institute

Summary

Environmental factors such as NH₃, H₂S, CO₂, dust, temperature, and humidity in the animal house are a potential health hazard to humans and animals. Until now, most of measurement methods can only provide periodic results with low accuracy.

A data acquisition system which can measure continuously and simultaneously NH₃, H₂S, CO₂, temperature, and humidity was developed and installed in two pig houses. Daily changes of environment for the pig-houses were investigated by the data acquisition system. In order to evaluate NH₃ sensor, gas samples were obtained and NH₃ concentrations were measured at nine positions; combinations of three positions(inlet, middle, and outlet) and three heights(0 cm, 40 cm, 150 cm). Ammonia concentration of 14.0~37.1 ppm for slurry pig-house is higher than that of 8.4~29.7 ppm for scraper pig-house, and there were no statistical differences among the positions. However, the concentration of NH₃ at 150 cm was higher than that of 0 cm and 40 cm.

(Key words : Environment, Pig house, Ammonia, Odor, Air pollution)

서 론

축사로부터 유발되는 주요 유해가스로는 호흡과 대사생리에 의해 생성되는 탄산가스(CO₂), 분뇨로부터 확산되는 암모니아가스(NH₃), 분뇨의 산화과정에서 생성되는 황화수소(H₂S) 및 메탄가스(CH₄) 등이 대표적이다. 이들 유해가스의 농도가 일정치를 넘게 되면 가축의 생산성이 떨어지고, 식욕부진, 호흡장애, 경련 등 질병을 초래하는 것으로

보고되고 있다(김과 김, 1999; 양, 1999).

암모니아는 동물의 신진대사가 만들어내는 냄새나는 가스중의 하나이다. 분비물에 들어 있는 질소는 주로 암모니아와 유기질소의 형태로 존재하고 유기물은 박테리아에 의해 질산암모니아로 감성되어 변화된다. 암모니아 이온(NH₄⁺)과 암모니아(NH₃)는 pH에 의존하고 pH가 10.8이상이면 용액내에서 질산암모니아는 NH₄⁺ 이온으로부터 NH₃ 가스로 변화한다. 그러므로 동물이 배설한 질소의 거의

[†] 이 연구는 농림부 농림기술개발사업 연구비지원으로 수행되었음.

* 동양물산(주)중앙기술연구소(Tongyang Moolsan Co., Ltd.)

대부분은 암모니아 가스로 휘발하고, 휘발된 암모니아는 공기중에서 다양한 산화체에 의해 산화되며, 산성비의 주범으로 널리 알려진 질소 산화물을 만든다. 오늘날 세계 도처에서 암모니아 방출을 엄격하게 제한하고 있는 것도 이러한 문제점들 때문이다.

연구결과에 따라 다소 차이를 보이지만, 축사내 암모니아가스 허용한계는 20~25ppm 정도로 사람이 냄새를 겨우 느낄 수 있는 정도이다. 다시 말해 축사에서 사람이 냄새를 느낄 수 있다면, 이는 가축에 스트레스를 주고 있다는 것을 의미한다. 이 등(1996)은 밀 폐식 분만 이유자돈사내의 암모니아 가스농도는 20ppm 이하를 나타내 안정한 반면에, 양 등(1998)의 연구결과에 의하면, 관행 돈사의 4~9월중 암모니아 가스농도가 18~34 ppm 수준으로 허용한계치 20~25ppm을 훨씬 초과하는 것으로 나타나 적절한 조치가 필요한 것으로 나타났다.

황화수소 및 메틸메르캡탄 등을 포함한 휘발성 황화물계 가스들은 극소량으로도 악취를 느끼게 하며, 독성을 발하는 유독 가스이다. 일례로, 축사에서 발생하는 가스에서, 악취 감도 하한값이 가장 낮은 10가지 화합물 중 6가지 화합물은 황을 포함하고 있다 (O'neil과 Phillips, 1992). 이중 황화수소는 가축의 뇨에서 발생하는 가스로, 독성이 매우 강하고, 악취가 심한 가스로 알려져 있다 (Tchobanolous와 Burton, 1991).

이러한 암모니아와 황화수소의 방출량을 측정하는 방법으로 현재까지 몇 가지 방법이 개발된 바 있다. 관능검사법은 인간의 후각을 이용하여 5명의 사람이 직접 냄새를 맡고 이를 6단계의 취기 강도로 표시한 후 이를 평균하여 측정하는 방법이다. 인간의 후각은 다른 어떤 기계로도 측정할 수 없는 농도의 화합물까지 감지할 수 있기 때문에 악취를 정량화하기 위한 정확한 접근 방법이 될 수 있다(Pomeroy, 1976). 그러나, 인간의 후각은

쉽게 피로해지므로, 감각이 무디어 지거나 변화할 수 있기 때문에, 이 방법은 객관적인 정량화 수단으로는 적절하지 못하다.

GC(Gas Chromatography)나 질량분석기는 기체내의 가스 성분을 정성적, 정량적으로 분석할 수 있는 방법이나, 구입비용과 운전비용이 많이 들고, 휴대가 불가능하고, 포집백을 이용하여 가스를 채집 후 일정시간 내에 분석해야 하는 등 많은 제약이 뒤따르게 된다. Schiffman 등(1996)은 가스포집법(Gas trapping method)이 비교적 저렴한 비용으로 가스의 양을 측정할 수 있으나, 측정하려는 가스가 불완전하게 흡착할 여지가 있고, 암모니아와 황화수소를 별도로 샘플링해야 하며, 무엇보다도, 전문지식을 갖춘 인력이 많은 시간과 노력을 들여 실험실에서 실시해야 한다는 단점이 있다고 지적하였다.

Jacobon 등(1996)과 Zhang 등(1996)은 황화수소, 암모니아 등을 가스검지관을 이용하여 측정하였다. 가스 검지관은 휴대용 펌프를 이용해 가스 농도에 따라 색상이 변하는 검지관에 가스를 주입하여 농도를 측정하는 방법이다. 이 방법은 휴대성은 우수하나, 검지관이 일회용이어서 측정비용이 많이 소요되며, 측정오차가 상대적으로 크고 연속적인 측정이 불가능하다는 치명적인 단점을 갖는다. 그동안 국내에서 수행된 축사내부 가스 측정은 대부분 가스검지관에 의존하여 왔고, 출입문이나 측창의 개폐여부, 낮과 밤의 변화 등 일일 환경변화를 감안한 연속적인 측정이 이루어지지 못하여 왔다.

따라서 이 연구에서는 돈사 내부환경을 연속적으로 측정할 수 있는 계측시스템을 개발하고, 이를 슬러리 돈사와 스크레퍼 돈사에 설치하여 내부환경을 실시간으로 측정하였다. 그리고 돼지 사양과정에서 가장 큰 문제가 되고 있는 암모니아 가스농도를 공정시험법에 의해 정량적으로 측정함으로써 휴대형 암모니아 가스센서 개발에 필요한 기초자료

를 도출하였다.

재료 및 방법

1. 계측시스템 구성 및 평가

가. 시스템 구성

본 계측시스템은 온도, 습도, 이산화탄소, 암모니아를 연속적·실시간 측정이 가능하도록 구성하였고, Table 1은 시스템을 구성하고 있는 주요사양을 나타낸 것이다. Fig. 1과 Fig. 2는 각각 시스템 구성도 및 시스템 내부를 보여주고 있다.

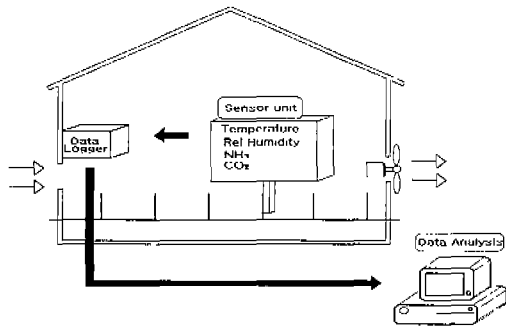


Fig. 1. Schematic diagram of the measurement system.

예비실험에서 계측시스템의 암모니아 센서 전기화학식 센서로 산화반응 후 계속 누적되는 특성 때문에 연속적인 측정이 불가능하였다. 따라서 암모니아 센서를 일정 시간동안

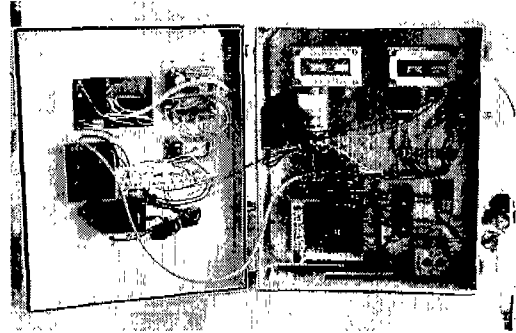


Fig. 2. Internal view of the measurement system.

산화반응시켜 암모니아 농도를 측정 한 후, 외부로부터 신선한 공기를 강제로 센서부에 불어 넣어 환원반응을 일으킬 수 있도록 가스/공기 자동흡인장치를 설계 제작하였다 (Fig. 3).

이 장치는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 두 개의 타이머(timer)에 의해 작동되는데, Timer 1과 Timer 2를 각각 돈사 내부가스 흡인측 솔레노이드 밸브(solenoid valve)와 돈사 외부의 신선한 공기를 유입하는 솔레노이드 밸브에 부착하여 돈사 내부가스와 외부공기의 유입과 차단을 교대로 작동하도록 구성하였다. 본 실험에서는 Timer 1을 5분 동안 ON시켜 돈사 내부가스를 흡인한 후 OFF와 동시에 Timer 2를 15분 동안 ON시켜 외부 공기만을 흡인하여 암모니아 센서부를 환원반응시켜 측정하였다. 즉 20분 간격으로 환경인자를 연속적으로 측정하였다.

Table 1. Specifications of the measurement system components

Item	Model/Maker	Specifications
Temp./Humidity	HMW60Y/Vaisala(Finland)	Temperature : -5 ~ 55°C Humidity: 0 ~ 95%
CO ₂	GMW22/Vaisala(Finland)	0 ~ 5000ppm, ±20ppm
NH ₃	TS-3000TX/Hwasung(Korea)	0 ~ 150ppm, ±3%FS
Data Logger	HSDL-08S/Hans(Korea)	8 Channel
Dust	Digital 3411/Kanomix(Japan)	0 ~ 9999cpm, ±10%FS

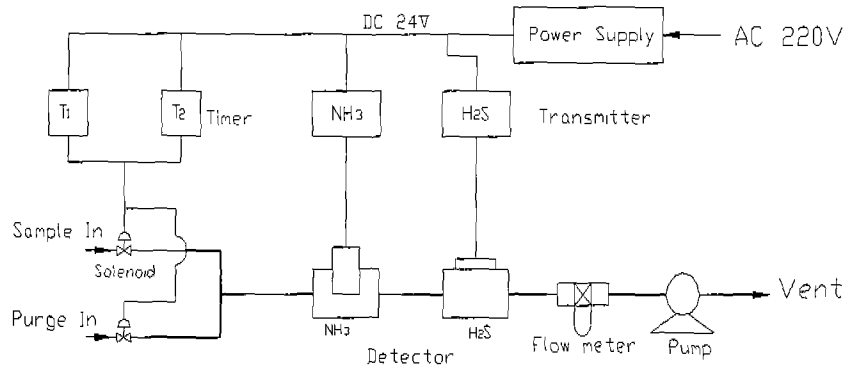


Fig. 3. Schematic diagram of the automatic air and gas suction system.

나. 시스템 평가

계측시스템에 대한 평가는 주로 암모니아 센서부에 대하여 실시하였고, 이는 실험실에서 표준가스(NH₃/N₂ 농도 30.2ppm±3%)를 포집백을 이용하여 5분간 센서로 흡입시킨 후 이를 차단하고, 신선한 공기를 15분간 흡입하는 동작을 주기적으로 실시하였다. 이 결과 암모니아 가스를 흡입시킨 후 2분후에 최대치를 나타냈고 27~29ppm으로, 표준농도와 1~3ppm의 차이를 보였다.

한편 센서의 선택성을 조사하기 위해 돈사에 설치하여 암모니아 농도를 측정하고, 동시에 가스를 포집하여 정량분석법의 결과와 비교한 결과에서도 동일한 결과를 보여 암모니아의 연속측정 시험이 가능한 시스템으로 판정되었다.

2. 시험돈사

경기도 화성군 정남면에 위치한 요셉농장의 슬러리 돈사와 스크레퍼 돈사에 계측시스템을 설치하여 2001. 2. 14~4. 20 동안에 비육돈사의 내부환경을 연속적으로 측정하였다. 계측시스템은 돈사 출구로부터 거리 3m, 높이 1m되는 지점에 설치하여 측정하였다. 공시로 사용한 슬러리 돈사의 크기는 16.5 ×

8.7m², 14방, 120수이었고, 스크레퍼 돈사는 40.0×9.6m², 26방, 350수이었고, 별도의 난방 시설을 갖추고 있지 않았다.

공시로 사용한 스크레퍼 돈사는 농장의 가장 남쪽에, 슬러리 돈사는 북쪽에, 그리고 각 돈사는 남북으로 길게 위치하였다. 여기서는 관리인 숙소와 가까운 쪽(북쪽)의 문을 입구로 정의하였고, 시험기간 중 바람은 돈사의 출구에서 입구로 향하고 있었다.

3. 암모니아 가스 정량분석시험

돈사내부의 암모니아 가스 포집을 위해 Fig. 4와 같은 가스포집장치를 제작하였고, 11:00~13:00 사이에 각 돈사의 위치별(입구, 중간, 출구) × 높이별(바닥면 0cm, 돼지코 높이 40cm, 사람코 높이 140cm)로 1회에 총

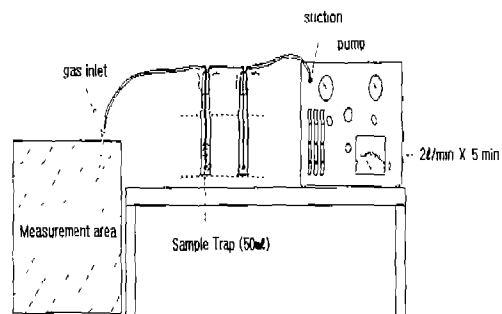


Fig. 4. Ammonia-gas trapping device.

9개 지점에서 포집하였다. 진공펌프(Vapor Concentrator; Shimadzu Co., VPC-10)를 이용하여 2 l/min 유량으로 5분 동안 총 10 l를 포집하였고, 정확한 양의 가스 포집을 위해 유량계(Dry Test Gas Meter; Shinagawa, DC-1; 1 l/Rev)를 이용하여 총 흡인량을 확인하면서 포집하였다.

포집된 암모니아 가스는 농촌진흥청 농업과학기술원 농약 안전성과 분석실에서 대기 오염공정시험법(환경부, 1999)중 인도 페놀법에 따라 분석하였다.

4. 분진농도 측정

돈사 내부의 분진농도를 측정하기 위해 광산란식 Digital 분진계(Kanomax사)를 이용하여 암모니아 가스를 포집하는 동일한 9개 지점에서 측정하였다.

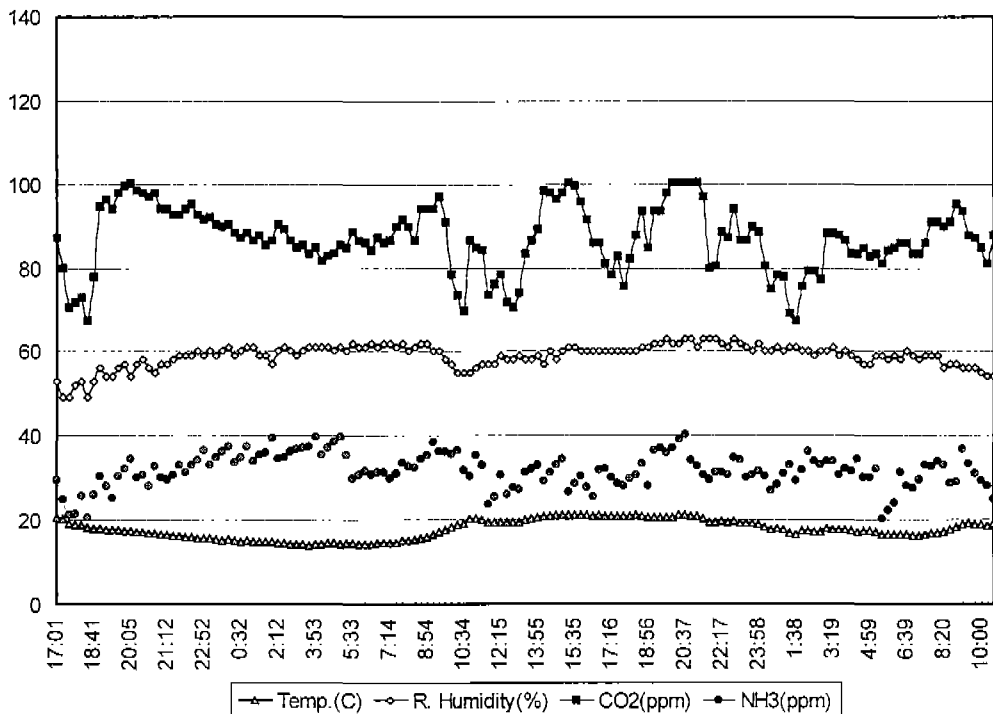
결과 및 고찰

1. 돈사내부의 1일 환경변화

Fig. 5과 Fig. 6은 본 연구에서 개발한 축사 환경계측시스템을 이용하여 2001년 3~4월에 슬러리 돈사와 스크래퍼 돈사의 1일 환경변화를 측정된 결과이고, 각 요인별 변화 패턴은 다음과 같다.

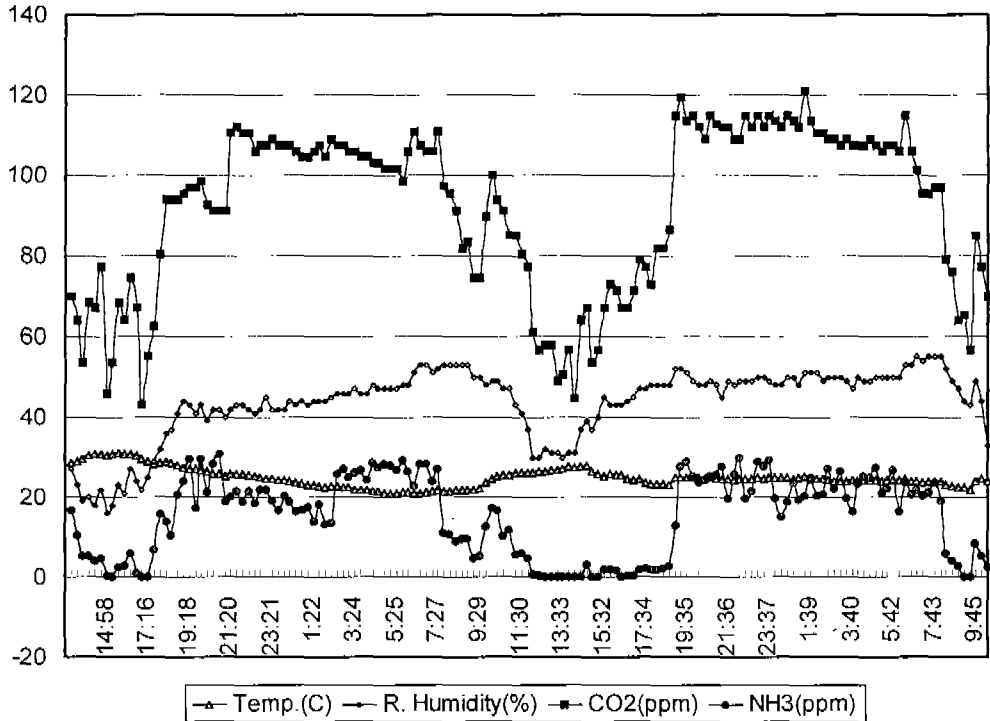
가. 암모니아

슬러리 돈사의 경우 21~39ppm으로 매우 높은 가스농도를 나타냈고, 양쪽 출입문을 열어놓는 낮에도 크게 떨어지지 않았다. 이러한 현상은 분뇨가 돈사 하부에 계속 저장되어 있고 돈사내부 온도가 20℃ 정도를 유지하여 암모니아 농도가 높게 나타났다. 또



Scale : CO₂ × 20

Fig. 5. Daily changes of the environment of the slurry pig-housing. (March 13, 2001)



Scale : CO₂ × 20

Fig. 6. Daily changes of the environment of the scraper pig-housing. (April 19, 2001)

한 공시로 사용된 슬러리 돈사가 안쪽에 위치하고 있어 주간에는 출입문을 열어도 스크레퍼 돈사에 비해 상대적으로 외부 바람에 의한 환기효과가 덜 받고 있기 때문인 것으로 판단된다.

한편, 스크레퍼 돈사의 농도는 야간(19:00~08:00)에 20~29ppm까지 높게 올라갔지만, 문을 열어놓는 08:00 이후 급격히 떨어지고, 10:00~18:00에는 10ppm 이하를 나타냈다. 스크레퍼 돈사의 경우, 돈사 하부의 분뇨를 1~2일 간격으로 제거하므로 훨씬 낮은 가스 농도를 유지하고 있었다. 더욱이 측정돈사의 위치가 제일 가장자리에 위치하고 있어 외부로부터 바람에 의한 영향을 크게 받고, 구조적으로도 분뇨 배출구를 통해 돈사 바닥으로부터 유입된 바람이 돈사내부의 공기유동 및 가스 환기에 큰 역할을 한 것으로 판단된다.

따라서 스크레퍼 돈사의 암모니아 가스 농도가 슬러리 돈사에 비해 훨씬 낮아 쾌적한 상태를 유지하였다.

나. 이산화탄소

슬러리 돈사의 경우 1,400ppm에서 공시센서의 최대치인 2,010ppm까지 큰 폭으로 변화하였다. 슬러리 돈사 측정시 CO₂ 센서의 측정 한계인 0~2,000ppm을 벗어나 스크레퍼 돈사에서는 측정범위가 0~5,000ppm인 센서로 교환하여 측정하였다. 스크레퍼 돈사에서는 8:00~18:00 주간에는 1,000~1,800ppm인 반면에, 야간 19:00~08:00에서는 2,000ppm 이상으로 높게 나타났다. 이산화탄소의 농도는 암모니아와 습도와 함께 열어 놓는 주간에는 매우 큰 폭으로 감소하는 경향을 보였다.

다. 온·습도

슬러리 돈사의 온도는 21:00~08:00에서 14~17℃로 돼지 사육의 적정온도인 17℃ 보다 낮았고, 그 이외의 시간대에는 18~21℃로 주간 온도차는 3℃ 정도로 편차가 작았다. 스크레퍼 돈사의 온도는 새벽 04:00~09:00에도 적정 사육온도보다 높은 21~22℃를 나타냈고, 주간에는 최고 30℃까지 상승하여 주간 온도차가 슬러리 돈사에 비해 크게 나타났다.

슬러리 돈사의 상대습도는 주간에 50~56%RH, 야간에 57~63%RH인 반면에, 스크레퍼 돈사의 경우 각각 31~50%RH와 40~55%RH로 슬러리 돈사가 스크레퍼 돈사보다

높게 나타났다. 하지만 주야간 편차는 슬러리 돈사가 7~13%RH로 스크레퍼 돈사 9~24%RH 보다 낮게 나타났다. 특히 스크레퍼 돈사에서는 12:00~14:00에 31~32%RH로 가장 낮았고, 새벽 6:00~7:00에 55%RH 정도로 가장 높게 나타나 주야간의 편차가 매우 크게 나타났다.

2. 공정분석법에 의한 암모니아 가스농도

암모니아 가스는 양돈시설에서 발생하는 악취중에서 가장 큰 비중을 차지할 뿐만 아니라 분진과 함께 돈사 내부 공기의 질을 결정하는 주요성분이다. 지금까지 국내에서 조사된 결과는 주로 가스검지관에 의한 것으로

Table 2. Ammonia concentration with position and height in slurry pig-housing

Unit : ppm

Position	Height	Date			
		2001. 3. 7	3. 9	3. 13	3. 15
Inlet	0cm	34.2	19.7	30.7	36.1
	40cm	21.2	23.3	31.5	29.1
	140cm	23.6	30.9	39.1	36.9
Middle	0cm	23.0	27.4	35.3	19.9
	40cm	22.8	33.1	36.3	35.2
	140cm	26.0	37.2	39.9	35.6
Outlet	0cm	9.0	34.2	25.6	7.5
	40cm	22.8	33.7	32.4	12.1
	140cm	24.0	35.3	34.9	27.6

Table 3. Effect of position and height on ammonia concentration in slurry pig-housing

Unit : ppm

Factors	Treatments	Date			
		2001. 3. 7	3. 9	3. 13	3. 15
Position	Inlet	26.3a	24.6b	33.7b	34.0a
	Middle	23.9a	32.5a	37.1a	30.2a
	Outlet	18.5a	34.4a	30.9c	14.0b
Height	0cm	22.0a	27.0b	30.5c	21.1b
	40cm	22.2a	30.0b	33.4b	25.4ab
	150cm	24.5a	34.4a	37.9a	31.6a

Average followed by the same letter are not significantly different at 95% confidence level using Duncan's Multiple Range Test.

측정오차가 크다는 단점이 있다. 이 연구에서는 돈사용 암모니아 센서 개발에 필요한 측정범위, 선택성 등 기초데이터를 얻고자 돈사 형식별, 돈사 내부의 위치 및 높이별 암모니아 가스농도를 포집하여 대기오염공정 분석방법으로 정밀 측정하였다.

Table 2와 Table 4는 각각 슬러리 돈사와 스크래퍼 돈사에서 측정된 가스농도를 나타낸 것이고, Table 3과 Table 5는 각 돈사별 위치 및 높이에 따른 유의성검정 결과를 나타낸 것이다.

Table 3과 Table 5에서 보는 바와 같이 슬러리 돈사와 스크래퍼 돈사 모두에서 암모니아 농도는 돈사의 중앙이나 출·입구, 즉 돈사의 위치에는 뚜렷한 경향을 나타내지 않았으나, 돈사 바닥보다는 사람코의 위치에서

높은 농도를 보였다. 외부로 공기 유입이 원활하지 않은 슬러리 돈사에서는 위치별 암모니아 가스 농도차이가 측정일 마다 다른 경향을 보인 반면에, 스크래퍼 돈사의 경우 출구의 암모니아 가스농도가 입구보다 다소 높게 나타났는데, 이는 바람의 방향이 출구에서 입구로의 흐름에 의한 영향인 것으로 판단된다. 특히, 슬러리 돈사의 경우 암모니아 가스 농도가 허용한계치인 25ppm 이상을 나타내 이를 감소시키기 위한 별도의 대책이 필요한 것으로 나타났다.

3. 분진농도

돈사내 분진은 주로 사료가 급이될 때, 돈사바닥에서 분뇨가 건조되는 과정에서, 돼지

Table 4. Ammonia concentration with position and height in scraper pig-housing

Unit : ppm

Position	Height	Date				
		2001. 3. 27	3. 29	4. 9	4. 11	4. 20
Inlet	0cm	29.1	25.0	14.3	16.2	11.1
	40cm	32.0	22.9	14.5	12.3	12.1
	140cm	28.0	24.9	22.3	17.0	13.0
Middle	0cm	21.1	26.1	19.5	10.5	12.7
	40cm	20.0	16.8	15.7	9.8	10.5
	140cm	17.9	15.1	20.1	13.5	18.9
Outlet	0cm	15.8	16.6	13.4	7.2	7.5
	40cm	15.1	12.9	14.5	7.6	9.8
	140cm	20.0	16.1	27.3	10.3	14.2

Table 5. Effect of position and height on ammonia concentration in scraper pig-housing

Unit : ppm

Factors	Treatments	Date				
		2001. 3. 27	3. 29	4. 9	4. 11	4. 20
Position	Inlet	29.7a	24.3a	17.1a	15.2a	12.1ab
	Middle	19.7b	19.4b	18.8a	11.3b	14.0a
	Outlet	17.0b	15.2c	18.4a	8.4c	10.5b
Height	0cm	22.0a	22.6a	15.7b	11.3b	10.5b
	40cm	22.4a	17.6b	14.9b	9.9c	10.8b
	140cm	22.0a	18.7b	23.6a	13.6a	15.4a

Average followed by the same letter are not significantly different at 95% confidence level using Duncan's Multiple Range Test.

Table 6. Dust concentration of position and height for slurry and scraper pig-housing
Unit : cpm

Factors		Slurry				Scraper				
Position	Height	3. 7	3. 9	3. 13	3. 15	3. 27	3. 29	4. 9	4. 11	4. 20
Inlet	0cm	22	17	34	26	17	24	24	33	20
	40cm	22	19	35	32	20	25	18	32	17
	140cm	23	23	31	31	23	26	20	42	19
Middle	0cm	25	22	40	32	25	35	20	30	32
	40cm	26	29	34	36	22	29	21	29	20
	140cm	26	30	32	33	29	30	26	35	21
Outlet	0cm	19	23	31	21	26	24	19	28	21
	40cm	25	29	32	22	22	34	18	27	20
	140cm	28	31	34	28	29	31	20	28	22

가 피부를 벽에 묻지를 때 및 건축자재로부터 발생된다. 표 6은 슬러리 돈사와 스크레퍼 돈사의 위치별, 높이별 분진농도를 나타낸 것으로, 위치 및 높이별 차이를 나타내지는 않고, 17~42cpm로 나타났다.

적 요

이 연구는 돈사내부의 환경을 연속적으로 계측하고, 동시에 양돈시설의 환경에서 발생하는 악취중 가장 큰 비중을 차지하는 암모니아 가스를 정량분석하여 암모니아 가스센서 개발을 위한 기초 데이터를 얻고자 수행되었다.

1. 돈사내부의 온도, 습도, 이산화탄소, 암모니아 등 환경변화를 연속적·실시간 측정이 가능한 환경계측시스템을 개발하여 슬러리 돈사와 스크레퍼 돈사에 설치하여 시험하였다.

2. 암모니아 가스농도는 슬러리 돈사의 경우 21~39ppm으로 매우 높은 가스농도를 나타냈고, 출입문을 열어놓는 낮에도 크게 떨어지지 않았다. 그러나 스크레퍼 돈사에서는 야간(19:00~08:00)에 20~29ppm까지 높게 올라갔지만, 문을 열어놓는 08:00이후 급격히 떨어지고, 10:00~18:00에는 10ppm 이하를 나

타냈다.

3. 온도는 슬러리 돈사의 경우 야간에 14~17℃로 돼지 사육 적정온도인 17℃ 이하이었고, 그 이외의 시간대에는 18~21℃를 유지하였다. 스크레퍼 돈사의 온도는 04:00~09:00에 21~22℃, 주간에는 돈사 내부의 온도가 최고 30℃까지 상승하였다.

4. 상대습도는 슬러리 돈사에서 주간에 50~56%RH, 야간에 57~63%RH인 반면에, 스크레퍼 돈사의 경우 각각 31~50%RH와 40~55%RH로, 슬러리 돈사가 스크레퍼 돈사보다 높게 나타났다.

5. 대기오염공정시험법(인도페놀법)에 의해 분석된 암모니아 가스 농도는 공시로 사용된 슬러리 돈사와 스크레퍼 돈사 모두에서 돈사의 중앙이나 출·입구, 즉 돈사의 위치에는 뚜렷한 경향을 나타내지 않았으나, 돈사 바닥보다는 사람의 코 높이(140cm)에서 높게 나타났다.

6. 분진농도는 17~42cpm이었고, 돈사의 형식, 위치 및 높이에 유의차를 보이지 않았다.

인 용 문 헌

1. 김두환, 김인배. 1999. 양돈시설내부의 악

- 취조절에 관한 기술 및 연구동향. 축산시설환경학회지 5(3):203-216.
2. 대기오염공정시험방법. 1999. 환경부고시 99-93호.
 3. 양승주, 현재석, 양창범, 고석민. 1998. 육성비육돈에 대한 생균제의 첨가 급여가 분악취 및 파리유충발생에 미치는 영향. 축산시설환경학회지 4(1):9-20.
 4. 양창범. 1999. 축산 악취발생과 저감대책. '99 한국국제축산박람회세미나 (21세기 양돈산업과 환경친화적 가축분뇨처리)자료 pp. 77-103.
 5. 이진우 외 6인. 1996. 밀폐형 분만, 자돈사의 환기체계별 환경변화 비교연구. 축산기술연구소 시험연구보고서 pp. 643-651.
 6. Jacobon, L. D., Janni, K. A. and Johnson, V. J. 1996. Toxic gas and dust concentrations inside Minnesota pig facilities. In Conf. Proc. Intn'l. Conference on air Pollution from Agricultural Operation, 7-9 February 1996, Westin Crown Center, Kansas City, Missouri. Ames, Iowa: Midwest Plan Service.
 7. O'Neill, D. H. and Phillips, V. R. 1992. A review of the control of odor nuisance from livestock buildings. 3. Properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them. J. Agric. Engng. Res. 53(1): 23-50.
 8. Pomeroy, R. D. 1976. The problem of hydrogen sulfide in sewers. London. England: Clay Pipe Debelopment Assoc. Ltd.
 9. Schiffman, S. S., Classen, J. J., Kermani, B. G. and Nagle, H. T. 1996. Application of an electronic nose to differentiate odors from exhaust fans and lagoons. In Conf. Pro. Intn'l. Conf. on Air Pollution from Agricultural Operation, 7-9 February 1996, Westin Crown Center, Kansas City, Missouri. Ames, Iowa: Midwest Plan Service.
 10. Tchobanolous, G. and Burton, F. L. 1991. 3rd Ed. Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse. McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering. New York, N. K.: Metcalf & Eddy, Inc.
 11. Zhang, R., Dugba, P. N., Rashid, N. and Bundy. D. S. 1996. Surface aeration of anaerobic lagoons for odor control of swine manure. In Conf. Pro. Int'l. Conf. on Air Pollution from Agricultural Operation, 7-9 February 1996, Westin Crown Center, Kansas City, Missouri. Ames, Iowa: Midwest Plan Service.