

돈사 내 및 부지경계에서 악취물질 발생 조사 연구

유용희 · 김태일 · 정종원 · 곽정훈 · 최희철 · 송준익 · 양창범 · 장영기* · 김호정* · 송기봉*
축산연구소

A Field Survey on Concentration of Odor Compounds in Pig Buildings and Boundary Areas

Yoo Yong-Hee, Kim Tae-Il, Jeong Jong-Won, Choi Hee-Chul, Song Jun-Ik,
Yang Chang Bum, Jang Young-Kee*, Kim Ho-Jung* and Song Ki-Pong*

National Livestock Research Institute, R.D.A

Summary

A field survey was conducted to determine the concentration of odor compounds from pig buildings and that were 20 meters within the boundary area. The odor compounds were measured from large, medium and small farms with enclosed and open housing systems and slurry and sawdust manure fermentation treatment methods. Among the odor compounds investigated, ammonia (NH₃) had the highest concentration at 0.9 ~ 21.0 ppm followed by Hydrogen Sulfide(H₂S) with a wide variation concentration of 51.9 ~ 6,712.4 ppb, Methylmercaptan(CH₃SH) with non-detectable (N. D.) ~ 12.9 ppb, Dimethylsulphide((CH₃)₂S), with N. D. ~ 5.2 ppb and Dimethyldisulphide((CH₃)₂S₂) with N. D. ~ 2.6 ppb. Considering the prevailing wind direction and air velocity ranging from 0.23 to 0.73 m/s within the boundary area, the odorous matters; NH₃, H₂S, CH₃SH, (CH₃)₂S₂ and (CH₃)₂S were 0.2 ~ 4.5 ppm, 0.01 ~ 0.06 ppb, N. D. ~ 0.009 ppb, N. D. ~ 0.002 ppb and N. D. for (CH₃)₂S respectively. These findings suggested that the Odor compounds (CH₃)₂S₂ had the lower detection in the boundary area whilst (CH₃)₂S had no detection level within a 20-meter distance only. However, with these results odor compounds from pig buildings has to be further investigated under more controlled environmental factors.

(Key words : Odor compounds, Ammonia, Hydrogen Sulfide, Dimethylsulphide, Dimethyldisulphide, Pig building)

서론

오늘날 양돈업은 대규모 사육에 따른 여러 가지 환경적인 문제에 직면하고 있다. 국내에

서도 최근에는 돈사로부터 발생하는 악취문제로 일반인들의 불평과 불쾌감의 표시는 날로 그 민원이 증가하고 있는 실정이며, 양돈장에서 악취문제는 경영상 주요 사안으로 이슈화되고

* 수원대학교(The University of Suwon)

Corresponding Author : Yoo, Yong Hee, National Livestock Research Institute, RDA, Suwon, 441-706, Korea.
E-mail : yooyh@rda.go.kr

있다. 더욱이 환경부¹³⁾에서는 2005년 2월 10일부터 악취방지법을 시행 악취물질로 암모니아, 황화수소, 메틸머캅탄 등 22가지를 지정하였고, 악취란 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새를 말한다 하고 있다. 이러한 악취물질들에 대하여 돈사에서 발생하는 악취 원인물질은 약 80~200여 종이 라고 보고되고 있다. 돈사내의 주요악취 발생원에 대해서 Van't klooster and Voermans⁸⁾은 유럽의 축사시설에서 총 악취 배출은 축사 내에서 50% 이상, 분뇨 저장조에서 25%, 분뇨 수송과 살포 중 25% 정도라고 평가보고와(류회욱 등)¹²⁾은 분뇨의 토양주입 과정 및 축사와 분뇨저장시설이며, 악취발생에 관련 요인은 사료의 질, 분뇨의 저장형태 및 경과일수, 돈사구조, 청소상태 등과 기온, 습도, 풍향, 풍속 등 자연환경이라 보고하였다. 한편 악취물질 발생에 대해 김기연과 최홍림¹¹⁾은 한강 유역 내 축분 퇴비공장에서 악취물질 발생을 조사 하였고, 돈사 내 암모니아 발생에 대해서 Aarnink 등¹⁾은 돈방 바닥 형태에서, Demmers 등⁴⁾은 기계적 강제 환기로 배출시 암모니아를 조사 하였다. Ni 등⁶⁾은 돈사 내 돼지 사육과 비 사육, 피트 깊이의 차이 등에 따라 암모니아, 황화수소 발생량 농도 및 배출을 조사와, Groot Koerkamp 등⁵⁾은 깔짚 바닥과 슬랏 바닥에서 모돈사, 자돈사, 비육돈사에 대한 시물레이션에 의한 환기율과 암모니아 배출율과 관계조사를, Zhu 등⁹⁾은 모돈사, 분만돈사, 자돈사, 비육돈사에서 기계적 강제 환기를 하는 경우와 비육돈사에서 피트배기와 자연환기를 실시하는 경우 암모니아, 황화수소 발생농도 및 동물단위로 환산 1일 배출을 조사와, Osada 등⁷⁾은 비육돈사에서 돈방 바닥내 분뇨 저장과 분뇨를 매주 제거하는 경우 동물 단위 별 1일간, 또는 연간 암모니아 배출을 관계를 비교 조사 연구를 하였다. 또한 Burton and Beauchamp³⁾은 외기온도와 돈사 환기율과의

암모니아 발생 농도 및 배출을 관계를 조사하였다. 따라서 본 연구는 국내의 여름철 돈사에서 발생하는 악취물질 농도를 조사하기 위하여 대규모, 중규모, 소규모 양돈장을 선정 각 성장단계별 돈사 내 및 부지경계선에서 악취물질 농도에 대하여 1차적인 기초 자료를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 조사농장 및 조사 시기

돈사 내에서 발생하는 악취물질을 조사하기 위해 경기도에 소재한 돈사로 사육규모를 고려하여 대규모 1개 농장, 중규모 2개 농장, 소규모 1개 농장 총 4개 농장을 선정 하였다. 대규모(5,000두 이상) 농장은 구릉지 산의 매우 낮은 계곡에 위치하고 있으며, 주변에 공장 및 벼 재배지인 답이 분포되어 있는 농장이었다. 중규모(1,000 이상~3,000두 이내) 농장으로(M-1) 산 중턱에 소재하고 있으며, 마을로부터 약 500 m 떨어져 있는 농장이며 주변에 육계 사육농장 및 다른 양돈장이 분포되어 있는 농장이었다. 또 다른 중규모 농장인(M-2) 농장은 동산 계곡 아래 평탄지역에 있으며 주변의 마을과는 약 1 km 정도 격리되어 있는 농장이었다. 소규모(1,000두 이내) 농장은 북서쪽 주변에 구릉지 산이며 남쪽 및 동쪽으로 전답 및 분포되어 있으며, 서해안 바닷가에 소재한 돈사로 마을로부터 약 100 m 정도 격리되어 있는 농장이었다. 조사 당시 농장의 돈사형태, 분뇨처리, 환기방식, 돈사크기는 표 1에서 보는바와 같다. 선정된 돈사 내 악취물질 포집 시기는 8월 26일부터 9월 2일까지 이었다.

2. 측정방법 및 조사항목

돈사 내 악취물질 포집은 성장단계별에 따라

Table 1. General state of the surveyed pig farm

Farm size*	Building type	Manure treat	Ventilation type	Pig house size(m)	
				L	W
L	Gestation & breeding	Slurry	Mechanical	32	20
	Farrowing			4	10
	Nursery			4	10
	Growing · finishing			42	20
M-1	Gestation & breeding	Slurry	Natural	9	43
	Farrowing			9	43
	Nursery			10	17
	Growing · finishing			9	43
M-2	Gestation & breeding	Slurry	Natural	14	45
	Farrowing		Natural	4	10
	Nursery		Natural	4	10
	Growing · finishing		Natural	14	36
S	Gestation & breeding	Slurry	Natural	7.5	28.5
	Farrowing		Mechanical	2.4	9.7
	Nursery		Mechanical	2.7	9.7
	Growing · finishing	Sawdust**	Natural	10	29

* Large farm(L), Medium-1 farm(M-1), Medium-2 farm(M-2), Small farm(S),

** Sawdust fermentation.

모돈사, 분만돈사, 자돈사, 육성·비육돈사로 구분하여 돈사 내 중앙에서 실시하였다. 육성·비육돈사에서는 분뇨처리 형태가 슬러리처리 방식과 톱밥 깔개 방식이 있어 처리방식에 따라 나누어 악취물질을 포집하였다. 부지경계의 악취물질 농도를 조사하기 위하여 처마 끝으로부터 풍하방향 20 m 후방이 부지경계라는 가정 하에 악취물질을 포집하였다. 그리고 타 가축 및 양돈장에서 발생하는 악취로 인하여 포집 당시 영향을 받을 우려가 있어 중규모(M-1) 1개 농장을 제외 한 나머지 3개 농장에서 포집하였다. 돈사 내에서 악취물질 포집은 돈사 내 적정 돼지 사육밀도, 돈사 내 면적기준 중앙 부위 등을 고려하였으며, 포집위치는 돈사 내 복도 중앙지점의 바닥에 포집장치를 설치 포집하였다. 조사 점수는 각 돈사별로 1점씩 모돈사:4점, 분만사:4점, 자돈사:4점, 육성비

육돈사:5점을 조사하였다. 부지경계에서는 3개 농장에서 각 1점씩 총 3점을 포집 하였다. 악취물질 측정 및 분석은 다음과 같다.

가. 암모니아 포집 및 분석

암모니아 시료의 포집은 <그림 1>과 같이 저유량 air sampler 를 이용하여 포집하였다. 흡수액은 붕산용액(0.5%) 25 ml 씩 각각 흡수병에 넣고, 흡입속도는 흡수액의 overflow가 안 일어나는 1.5 l/min로 유지하였으며 포집시간은 10분간 실시하였다. 본 연구에서 암모니아 분석은 돈사 시설내 고농도로 인하여 대기공정시험법의 악취 편 암모니아 분석의 검출한계 내에 들지 못하여 대기 편 배출허용기준 시험 방법의 암모니아 분석법인 인도페놀법을 사용하여 분석하였다.

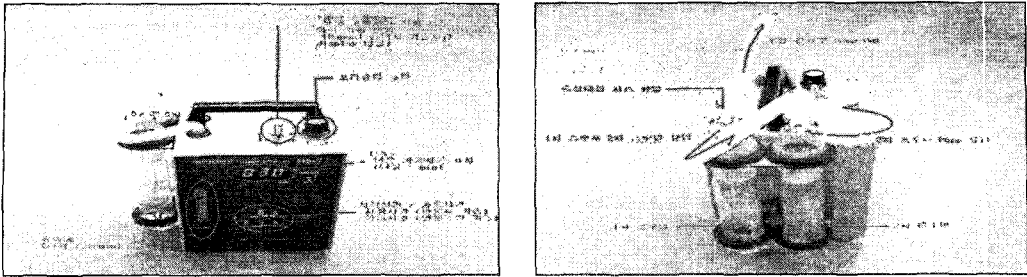


Fig. 1. Air sampler.

Table 2. Specifications and conditions of the GC analyzer

Item	Specifications
Carrier gas	He
Inlet temperature	150 °C (Split ratio 10:1)
Column	HP-1 (30 m × 0.32 mm × 4 μm)
Column flow	2.4 ml / min.
Oven temperature	40 °C (2 min) - 10 °C / min - 160 °C (5 min)
Detector	SCD (Temp. : 800 °C, H ₂ : 100 ml / min. Air : 40 ml / min.)

Table 3. Environmental conditions in pig house during odor matter collection

Item*	Building type	Air velocity (m/s)	Inside Temperature (°C)	Relative-Humidity (%)	Weather
L	Gestation & breeding	0.20	25.0	84	Rain
	Farrowing	0.18	26.0	77	
	Nursery	0.09	27.0	84	
	Growing · finishing	0.24	25.0	83	
M-1	Gestation & breeding	0.22	22.0	75	Rain
	Farrowing	0.09	21.3	75	
	Nursery	0.13	25.2	82	
	Growing-finishing	1.11	21.3	81	
M-2	Gestation & breeding	0.15	-	-	Clear after rain
	Farrowing	0.33	28.6	71	
	Nursery	0.19	-	-	
	Growing-finishing(sawdust)	0.15	30.0	84	
	Growing · finishing(slurry)	0.33	29.0	82	
S	Gestation & breeding	0.10	25.0	74	Clear
	Farrowing	0.70	26.0	73	
	Nursery	0.23	25.0	82	
	Growing · finishing(sawdust)	0.30	25.0	76	

* See : Table 1.

나. 황계열(황화수소, 메틸머캅탄, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드)

포집은 시료채취용 백을 이용하여 포집하였다. 시료채취용 백은 폴리플루오르화비닐 필름제 또는 이것과 동등 이상의 보존성능을 갖는 합성수지 필름제로 내부부피가 5~10ℓ 정도의 것을 사용하였으며 시료 채취용 백은 감압 할 수 있도록 밀폐상자를 사용하였다. 포집시간은 10분간 실시하였다. 황 계열 분석을 위하여 사용된 전처리 장비는 ENTECH/7100 Preconcentrator 이었으며, 분석에 사용된 장비는 Agilent/6890 GC와 검출기로: Ionics IBG/Sulfur Chemiluminescence Detector 355 이용하였다. 시료의 농축은: Entech사의 7100 Preconcentrator를 이용하여 포집된 시료 중 일정 양을 액체 질소로 -150℃ 이하로 냉각된 농축관에 포집시켰다. 이와 같은 3단계의 모듈을 거쳐 농축 된 시료를 GC/SCD에 도입 분석하였다. 이때 GC 분석 조건은 다음 표와 같다.

3. 측정당시 돈사 일반 환경조건 현황

악취물질 포집 당시의 돈사 내 환경 상태인 공기유속, 온도, 습도 상태는 표 3에서 보는 바와 같다. 대규모 농장에서는 공기유속은 모돈사 0.20, 분만돈사 0.18 자돈사 0.09, 육성비육돈사 0.24 m/s 이었다. 돈사 내 성장단계별로 돼지에게 제공하는 적온은 다르나 25~27℃ 범위에 있었다. 악취물질 포집 당시 외부 날씨는 비가 내리는 상태로 성장단계별 돈사 내 습도는 77~83% 이었다. 중규모 농장(M-1)에서 공기유속은 모돈사 0.22, 분만돈사 0.09 자돈사 0.13, 육성비육돈사 1.11 m/s이며, 온도는 21~25℃ 범위에 있었다. 악취물질 포집당시 외부 날씨는 비가 내리는 상태로 돈사 내 습도는 75~82% 범위에 있었다. 중규모 농장(M-2)에서

공기유속은 모돈사 0.15, 분만돈사 0.33 자돈사 0.19, 육성비육돈사(톱밥발효) 0.15 m/s 육성비육돈사(슬러리) 0.33 m/s 이었다. 온도는 28~30℃ 범위에 있었다. 악취물질 포집당시 외부 날씨는 맑은 날씨였으나 육성비육돈사내에서 포집시 약간의 비가 내리기 시작하였다. 성장단계별 돈사 내 습도는 71~84% 범위에 있었다. 소규모 농장에서 공기유속은 모돈사 0.10, 분만돈사 0.70, 자돈사 0.23, 육성비육돈사(톱밥발효) 0.30 m/s 이며 온도는 25~26℃ 범위에 있었다. 악취물질 포집당시 외부 날씨는 맑은 날씨였으며. 성장단계별 돈사 내 습도는 73~82% 범위에 있었다. 온도, 습도, 풍속은 열선 풍속계(모델명: TSI 8360-M-GB)를 이용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 성장단계별 돈사 내 악취물질

성장단계별 돈사 내에 악취물질 발생 농도를 조사한 결과 표 4~7에서 보는바와 같다.

가. 모돈사 악취물질 농도

모돈사 악취물질 농도는 표 4 에서 보는바와 같다. 암모니아는 평균 4.2 ppm(2.1~6.7 ppm), 황화수소는 평균 1,872.2 ppb,(51.9~6,712.4 ppb), 메틸머캅탄은 평균 10.2 ppb(N. D.~11.1 ppb), 다이메틸설파이드는 평균 2.8 ppb(2.4~3.0 ppb), 다이메틸다이설파이드는 평균 2.2 ppb(2.2~2.3 ppb)가 측정되었다.

나. 분만돈사 악취물질 농도

표 5에서 보는 것처럼 분만돈사의 경우 암모니아는 평균 3.5 ppm(1.7~6.1 ppm), 황화수소는 평균 598.6 ppb(42.3~2,182.9 ppb), 메틸머

컵탄은 평균 9.8 ppb(9.7~9.9ppb) 다이메틸설파이드는 평균 2.1 ppb(N. D.~3.0 ppb), 다이메틸다이설파이드는 평균 2.2 ppb(2.1~2.3 ppb)가 측정되었다.

다. 자돈사 악취물질 농도

자돈사의 경우 표 6에서 보는바와 같이 암모니아는 평균 8.8 ppm(0.9~21 ppm), 황화수소는 190.5 ppb(29.3~596.2ppb), 메틸머컵탄은 11.5 ppb(9.8~12.9 ppb), 다이메틸설파이드는 4.1 ppb(3.1~5.1 ppb), 다이메틸다이설파이드는 2.3 ppb(2.1~2.6 ppb)가 측정되었다.

라. 육성비육돈사 악취물질 농도

육성비육돈사의 경우 표 7에서 보는 것처럼 암모니아는 평균 6.2 ppm(1.5~11.3), 황화수소는 1,020.9 ppb(42.3~2,903.2 ppb), 메틸머컵탄은 10.3 ppb(9.6~11.2 ppb), 다이메틸설파이드는 3.0 ppb(N.D~5.2ppb), 다이메틸다이설파이드는 1.3 ppb(N.D~2.2ppb)가 측정되었다. 분뇨처리별 비교한 결과 슬러리 처리에서 암모니아는 평균 5.6 ppm, 황화수소는 323.6 ppb, 메틸머컵탄은 10.2 ppb, 다이메틸설파이드는 2.9 ppb, 다이메틸다이설파이드는 1.4 ppb가 측정되었으며, 톱밥 깔개 처리에서 암모니아는 평균 7.0 ppm, 황화

Table 4. Concentration of odor compounds in gestation & breeding building

Item	Manure treat	NH ₃	H ₂ S	CH ₃ SH	(CH ₃) ₂ S	(CH ₃) ₂ S ₂
Unit		ppm	ppb			
L	Slurry	5.0	191.0	9.8	3.0	2.2
M-1	Slurry	3.1	533.5	N. D.	2.4	2.2
M-2	Slurry	6.7	6,712.4	11.1	3.0	2.3
S	Slurry	2.1	51.9	9.8	2.8	2.2
Range		2.1~6.7	51.9~6,712.4	N. D.~11.1	2.4~3.0	2.2~2.3
Arithmetic mean		4.2	1,872.2	10.2	2.8	2.2
Median		4.0	362.3	9.9	2.9	2.3

* See : Table 1, N. D. : Not detect.

Table 5. Concentration of odor compounds in farrowing building

Item*	Manure treat	NH ₃	H ₂ S	CH ₃ SH	(CH ₃) ₂ S	(CH ₃) ₂ S ₂
Unit		ppm	ppb			
L	Slurry	2.4	125.6	9.8	2.4	2.3
M-1	Slurry	3.8	2,182.9	9.9	N. D.	2.2
M-2	Slurry	6.1	43.7	9.8	2.8	2.1
S	Slurry	1.7	42.3	9.7	3.0	2.3
Range		1.7~6.1	42.3~2,182.9	9.7~9.9	N.D~3.0	2.1~2.3
Arithmetic mean		3.5	598.6	9.8	2.1	2.2
Median		3.1	84.7	9.8	2.6	2.2

* See : Table 1, N. D. : Not detect.

표 6. Concentration of odor compounds in nursery building

Item*	Manure treat	NH ₃	H ₂ S	CH ₃ SH	(CH ₃) ₂ S	(CH ₃) ₂ S ₂
Unit		ppm	ppb			
L	Slurry	4.9	77.1	11.7	5.1	2.6
M-1	Slurry	21.0	596.2	11.5	3.3	2.1
M-2	Slurry	8.3	29.3	12.9	4.8	2.4
S	Slurry	0.9	59.3	9.8	3.1	2.2
Range		0.9~21.0	29.3~596.2	9.8~12.9	3.1~5.1	2.1~2.6
Arithmetic mean		8.8	190.5	11.5	4.1	2.3
Median		6.6	68.2	11.6	4.1	2.3

* See : Table 1.

Table 7. Concentration of odor compounds in growing · finishing building

Item*	Manure treat	NH ₃	H ₂ S	CH ₃ SH	(CH ₃) ₂ S	(CH ₃) ₂ S ₂
Unit		ppm	ppb			
L	Slurry	8.7	70.9	10.2	5.2	2.2
M-1	"	6.6	857.7	10.9	3.4	2.1
M-2	Sawdust**	11.3	1,230.2	11.2	3.8	2.2
M-2	Slurry	1.5	42.3	9.6	N. D.	N. D.
S	Sawdust**	2.7	2,903.2	9.8	2.5	N. D.
Range		1.5~11.3	42.3~2,903.2	9.6~11.2	N. D.~5.2	N. D.~2.2
Arithmetic mean		6.2	1,020.9	10.3	3.0	1.3
Median		6.2	857.7	10.2	3.4	2.1

* See : Table 16, ** Sawdust fermentation, N. D. : Not detect.

수소는 2,066.7 ppb, 메틸머캅탄은 10.5 ppb, 다이메틸설파이드는 3.2 ppb, 다이메틸다이설파이드는 1.1 ppb가 측정되었다.

이상의 결과를 종합해보면 암모니아는 산술평균 발생 농도 기준 자돈사가 8.8 ppm으로 가장 높은 것으로 나타났고, 그 다음 육성비육돈사, 모돈사, 분만돈사 순으로 나타났다. 발생 농도 범위는 0.9~21.0 ppm 이었다. 황화수소는 산술평균 발생 농도 기준 1,872 ppb로 모돈사에서 가장 높은 농도를 보였고, 그 다음 육성비육돈사, 분만돈사, 자돈사 순으로 나타났다. 발생농도 범위는 51.9~6,712.4 ppb 까지 검출되었

다. 메틸머캅탄은 산술평균 발생 농도 기준 자돈사에서 11.5 ppb로 다른 성장단계별 돈사와 비교시 약간 높았고, 모돈사, 분만돈사, 육성비육돈사에서는 비슷한 경향을 나타냈다. 발생 농도 범위는 N. D.~12.9 ppb 까지 발생되고 있었다. 다이메틸설파이드는 산술평균 발생 농도 기준 자돈사에서 4.1 ppb로 다른 성장단계별 돈사에서 보다 높았으며, 육성비육돈사, 모돈사, 분만돈사 순으로 발생되었다. 발생 농도 범위 N. D.~5.2 ppb 이었다. 다이메틸다이설파이드는 산술평균 발생 농도 기준 자돈사가 2.3 ppb로 다른 성장단계별 돈사와 비교시 약간 높았으나

돈사 간 비슷한 경향을 보였다. 발생 농도 범위는 N. D.~2.6 ppb 이었다. 이러한 결과는 암모니아 발생농도 대하여 Aarnink 등¹⁾은 자돈사 보다 비육돈사에서 높다는 보고와 Zhu 등⁹⁾은 기계적 강제 환기를 하는 돈사에서 조사한 결과 자돈사, 분만사, 비육돈사에서 보다 모돈사에서 높다는 결과와는 다르나, 본 조사에서는 자돈사에서 가장 높게 발생되었다. 황화수소의 돈사 내 발생에 대해 Zhu 등⁹⁾은 기계적 강제 환기를 하는 돈사에서 조사한 결과 모돈사, 분만사, 비육돈사에서 보다 자돈사에서 높다고 보고 하였으나 본 연구에서는 모돈사가 가장 높게 발생 되었다. 이러한 결과는 조사 시기, 돈사 내 분뇨처리방법, 급여사료의 단백질 함량, 사육밀도, 환기방식, Burton and Beauchamp³⁾과 Groot Koerkamp 등⁵⁾의 돈사 내 환기량에 따라 암모니아 농도가 다르다는 보고 등 여러 요인들의 영향을 받는 것으로 사료된다. 따라서 돈사 내 악취물질 농도에 대해서 금후 좀더 많은 조사 연구가 필요 한 것으로 판단된다.

2. 부지경계 악취물질

농장의 부지경계가 20 m 정도라고 가정한 후 시료채취 당일 풍하 방향 부지경계에서

사육규모별 악취물질 발생 농도를 측정한 결과 다음 표 8과 같다. 암모니아는 0.2~4.5 ppm 검출되었다. 황화수소는 0.01~0.06 ppb, 메틸머캅탄은 N. D.~0.009 ppb 다이메틸설파이드는 검출되지 않았으며 다이메틸다이설파이드는 N. D.~0.002 ppb 검출되었다. 부지경계에서 측정한 악취물질 발생농도가 적은 순으로 본다면 다이메틸설파이드가 가장 낮게 검출되었으며, 그 다음 다이메틸다이설파이드, 메틸머캅탄, 황화수소, 암모니아 순으로 검출 되었다. 이는 국내 악취 배출허용기준에서 어느 하나의 방법에 의하여 기준을 초과하는 때에는 배출허용 기준을 초과한 것으로 본다는 법규정에 비추어 볼 때 허용기준을 초과하는 것으로 상화에 따라서는 나타날 수 있다 보겠다.

3. 돈사 및 부지경계

표 9에서 보는 것처럼 조사된 돈사 내 전체 기준 악취물질을 보면 암모니아가 5,679.8 ppb 로 발생이 가장 많았으며 그 다음 황화수소, 메틸머캅탄, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드 순으로 발생이 낮았다. 이는 돈사 내 악취물질 중 암모니아 발생이 가장 높다고 보고한 김두환과 김인배⁹⁾와 Battye et al(1994)은

Table 8. Concentration of odor compounds in boundary area

(Unit : ppm)

Item*	L	M-2	S	Range	Average	Permissible standard**
NH ₃	2.8	4.5	0.2	0.2 ~4.5	2.5	< 1
H ₂ S	0.06	0.03	0.01	0.01~0.06	0.03	< 0.02
CH ₃ SH	0.009	N. D.	0.009	N. D.~0.009	0.006	< 0.002
(CH ₃) ₂ S	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	< 0.01
(CH ₃) ₂ S ₂	0.002	N. D.	0.002	N. D.~0.002	0.001	< 0.009
Air velocity (m / s)	0.23	0.30	0.73	-	-	
Wind direction	South	South	East	-	-	

* See : Table 1, ** Other areas within boundary line as identified by Korean regulation act, N. D. : Not detect.

Table 9. Comparative average concentration of odor compounds in the pig house and boundary area (Unit : ppb)

Item	NH ₃	H ₂ S	CH ₃ SH	(CH ₃) ₂ S	(CH ₃) ₂ S ₂
Pig house(A)	5,679.8	926.4	10.4	3.0	2.0
Boundary area(B)	2,505.0	38.1	6.5	0.0	1.4
Reduction rate(%)	55.9	95.9	37.5	100	30.0

측사에서 암모니아 배출율이 매우 높다는 보고와 비슷한 경향이였다. 악취물질별로 돈사 내 및 부지경계 기준 비교한 결과 암모니아는 약 55.9%, 황화수소는 약 95.9%, 메틸머캅탄 37.5%, 다이메틸설파이드 100%, 다이메틸다이설파이드는 30.0% 정도 감소되는 것으로 나타났다.

생농도는 다이메틸설파이드 가장 낮게 검출되었으며 그 다음 황화수소, 암모니아, 메틸머캅탄, 다이메틸다이설파이드 순으로 검출 되었다. 금후 돈사 내 악취물질 발생 및 그 원인에 대하여는 돈사 내·외 환경 여건 변화에 따라 다양하므로 좀더 많은 연구가 필요한 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 대규모, 중규모, 소규모 양돈장을 선정 각 성장단계별 돈사내 및 부지경계선에서 악취물질 발생 농도에 대한 1차적인 기초 자료를 얻고자 수행하였다. 조사한 돈사의 형태는 무창돈사, 개방돈사이며 분뇨처리는 슬러리, 톱밥돈사 등으로 구성되어 있었다. 돈사 내에서 악취물질 발생 농도를 조사한 결과 성장단계, 사육규모에 관계없이 암모니아: 0.9~21.0 ppm으로 가장 높았고, 그 다음 황화수소: 51.9~6,712.4 ppb, 메틸머캅탄: N. D.~12.9 ppb, 다이메틸설파이드: N. D.~5.2 ppb, 다이메틸다이설파이드: N. D.~2.6 ppb 순으로 악취물질 발생 농도가 낮은 것으로 나타났다. 부지경계의 악취물질 농도는 돈사시설에서 풍하 방향을 고려하여 20 m 외곽에서 실시하였다. 조사 당시 풍속은 0.23~0.73 m/s 이었다. 악취물질 발생 농도 범위는 암모니아 0.2~4.5 ppm, 황화수소 0.01~0.06 ppb, 메틸머캅탄 N. D.~0.009 ppb, 다이메틸다이설파이드 N. D.~0.002 ppb가 측정되었다. 악취물질별로 돈사 내 및 부지경계 기준 악취물질 발생농도를 비교한 결과 악취물질 발

인 용 문 헌

1. Aarnink, A. J. A., Keen, A., Metz, J. H. M., Speelman, L. and Verstegen, M. W. A. 1995. Ammonia emission patterns during the growing Periods of pigs housed on partially slatted floors. *J. Agric. Engng. Res*, 62:105-116.
2. Batty, R., Batty, W., Overcash, C. and Fudge, S. 1994. Development and selection of ammonia emission factors. U. S. Environmental Protection Agency office of Research and Development.
3. Burton, D. L. and Beauchamp, E. G. 1986. Nitrogen losses from swine housings. *Agricultural Wastes*, 15:59-74.
4. Demmers, T. R. M., Burgess, L. R., Short, J. L., Phillips, V. R., Clark, J. A. and Wathes, C. M. 1999. Ammonia emissions from two mechanically ventilated UK livestock buildings. *Atmospheric Environment*. 33:217-227.
5. Groot. Koerkamp., P W G., Metz, J. H. M., Uenk, G. H., Phillips, V. R., Holden, M. R., Sneath, R. W., Short, J. L., White, R. P., Hartung, J., Seedorf, J., Schroeder, M., Linkert,

- K. H., Pedersen, S., Takai, H., Johnsen, J. O. and Wathes. C. M. 1998. Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe. *J. Agric. Engng Res.* 70:79-95.
6. Ni-J, Q., Heber, A. J., Diehl, C. A. and Lim, T. L. 2000. Ammonia, hydrogen sulfide and carbon dioxide release from pig manure in under-floor deep pits. *J agric. Engng Res.* 77(1):53-66.
 7. Osada, T., Rom, H. B. and Dahl, P. 1998. Continuous measurement of nitrous oxide and methane emission in pig units by infrared photoacoustic detection. *Transactions of the ASAE*, 41(4):1109-1114.
 8. Van't klooster, C. E. and Voermans, J. M. 1993. European perspectives-how are they solving their problems? In Symposium: Meeting the environmental challenge, The National Pork Producers Council, Minneapolis, MN, USA.
 9. Zhu, J., Jacobson, L., Schmidt, D. and Nicolai, R. 2000. Daily variations in odor and gas emissions from animal facilities. *app Eng in Agric*, 16(2):153-158.
 10. 김두환, 김인배. 1999. 양돈시설 내부의 악취조절에 관한 기술 및 연구동향. *한국축산시설환경학회지* 5(3)203-216.
 11. 김기연, 최홍림. 2001. 한강유역내 축분퇴비 공장 악취발생에 대한 현장평가. *동물자원과학회지* 43(6)1005-1018.
 12. 류희욱, 조경숙, 이태호, 허 목. 2003. 양돈시설 악취관리: I. 국내 양돈 산업 현황 및 악취 특성. *한국냄새환경학회지* vol. 2, No. 2, 69-77.
 13. 환경부. 2005. 악취방지법.