가축 사육시설 설치제한 범위 및 조건에 관한 연구

2012. 7.

주관연구기관 : 경남과학기술대학교

농림수산식품부·(사)대한한돈협회

제 출 문

농림수산식품부·(사)대한한돈협회 귀중

본 보고서를 축산자조금 용역연구사업 “가축사육시설 제한범위 및 조건에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2012. 7.

연구진

연구책임자	김 두 환(경남과학기술대학교)
연 구 원	이 인 복(서울대학교)
연 구 원	최 동 윤(국립축산과학원)
연 구 원	곽 정 훈(국립축산과학원)
연 구 원	송 준 익(국립축산과학원)

< 목　　차 >

< 요 약 문> ····· 1

Ⅰ. 서　론 ····· 13
1. 연구배경 및 목적 ····· 13
2. 연구내용 및 방법 ····· 14
가. 방문조사 ····· 14
나. 악취측정 ····· 17
다. 확산추정 ····· 17

Ⅱ. 축종별 조사 결과 ····· 21
1. 축종별 조사농장 실태 ····· 21
2. 축종별 조사결과 ····· 32

Ⅲ. 악취 확산 추정 ····· 41
1. 악취 확산추정 모델링 ····· 41
2. 악취 확산거리 예측 ····· 58

Ⅳ. 축산악취저감 기술 분석 ····· 71
1. 축사내부 악취저감 방안 ····· 72
2. 축사내부 악취제어 기술 ····· 75
3. 축사외부 악취제거 기술 ····· 83

Ⅴ. 가축사육시설 설치제한 범위 및 조건 ····· 95
1. 도축장 등 주요 축산시설 보호를 위한 축사 설치제한 범위 ····· 95
2. 하천 및 주민 공공시설 주변에 대한 기본적 제한 범위 ····· 95
3. 축종별 적정 축사 설치제한 범위 ····· 105

<참고문헌> ····· 107
<부　　록> ····· 111

<요 약 문>

Ⅰ. 제 목

가축 사육시설 설치제한 범위 및 조건에 관한 연구

Ⅱ. 연구 필요성 및 목적

축산업 허가제를 시행함에 있어 위치기준으로 적용될 '가축사육시설 설치제한 범위 및 조건' 제시

소, 돼지, 닭 및 오리농장을 방문하여 농장 실태를 확인 및 설문조사하고 농장 부지경계선에서 직접관능법으로 악취를 측정하고 이를 활용하여 악취 확산 추정

Ⅲ. 연구 내용 및 방법

1. 연구내용

○ 농장 방문조사
○ 악취 측정
○ 확산추정
○ 축산악취저감기술 분석
○ 가축사육시설 설치제한 범위 제시

가. 농장 방문조사

소 18(한우 9, 젖소 9), 돼지 19, 가금 11(닭 5, 오리 6), 총 48개소의 농장 방문

농장경영 일반사항, 사육제한 조례 관련 의견, 민원현황, 축사시설, 분뇨처리 및 악취저감에 관한 사항 등을 확인 및 조사

나. 악취측정

직접관능법에 의한 악취 평가와 부지경계선에서 암모니아 농도 측정

다. 확산추정

가우시안 확산 이론에 근거한 가우시안 플룸 모델 사용

Ⅳ. 축종별 조사결과

1. 축종별 조사농장 실태

가. 한우 및 낙농

○ 한우의 경우, 축산경력은 5년에서 25년 사이, 사육규모는 33두에서 280두, 대부분 일관사육 형태. 낙농의 경우, 축산경력은 15년에서 34년 사이, 사육규모는 70두에서 210두, 대부분 가족경영 형태를 나타냄.

○ 한우와 낙농의 경우 농장과 가장 가까운 마을과의 거리는 짧게는 10m에서 길게는 1km를 넘고 100m, 300m 등 다양한 분포를 나타냄.

○ 지자체의 가축사육시설 제한 지역 설정 조례에 대해서는 일부 한우농가를 제외하고는 대부분 반대 의견을 나타냄. 제한 거리를 둔다면 100m 이내가 적당하다는 의견이 대부분이고 일부 50m 이내, 500m 이내라는 의견도 제시

○ 우사시설은 대부분 개방형, 콘크리트 바닥 형태이며 분뇨처리는 대부분 자가처리(자원화 및 자체 활용) 형태, 톱밥 또는 왕겨 비용의 일부를 퇴비 판매 수익으로 충당하는 정도

○ 모든 농장에서 환경개선제 사용, 전체 조사농가 중 1개 농장을 제외하고는 최근 2년간 민원이 없었음. 악취저감을 위하여 상당한 경비를 지출하고 있는 것으로 나타났고 농장 주변환경 정리, 청결유지 등의 노력을 기울이고 있는 것으로 조사

나. 양돈

○ 양돈경력은 14년에서 40년 사이, 현위치 경력은 5년에서 35년 사이이며 사육규모는 1,500두에서 11,000두, 대부분 일관사육을 하고 있으며 2곳은 번식-자돈생산 형태

○ 농장과 가장 가까운 마을과의 거리는 짧게는 20m에서 길게는 2km를 넘고 150m, 300m, 800m 등 다양한 분포를 보임. 농장은 대부분 일반지역에 위치해 있으며 상수원보호구역 1곳, 수변구역 1곳으로 조사

○ 지자체의 가축사육시설 제한 지역 설정 조례에 대해서는 잘 알고 있다와 조금 알고 있다가 비슷하였으며 축종별로 보면 가장 관심이 많았고 조사대상농가 전체가 반대 의견 제시, 제한 거리는 200m 이내가 가장 많았고 100m 이내, 50m 이내라는 의견도 제시

○ 돈사시설은 대부분 무창, 슬러리 돈사였고 바닥은 콘크리트 슬랏이 다수였으며 일부는 플라스 배드 형태였음. 분뇨처리는 대부분 자원화처리(액비화) 였으나 일부 정화처리도 있었고 톤당 분뇨처리 비용은 7천원에서 2만 2천원까지 다양

○ 모든 농장에서 환경개선제를 사용하고 있었고, 전체 조사대상농가 중 60%에 해당하는 농장이 최근 2년간 민원이 발생하여 악취저감을 위하여 상당한 경비를 지출하고 있는 것으로 나타났고 농장 주변 환경 정리, 청결유지 등의 노력을 기울이고 있는 것으로 조사

다. 닭 및 오리

○ 닭(양계, 육계)의 경우, 경력은 3년에서 29년 사이, 오리는 2년에서 17년 사이, 규모는 1만수에서 40만수, 닭은 대부분 일관, 오리는 일부 위탁사육 형태를 나타냄.

○ 닭과 오리농장의 마을과의 가장 가까운 거리는 짧게는 200m에서 길게는 2km를 넘고 500m, 700m 등 다양한 분포를 나타냄. 오리농장은 인접하여 3개 이상의 농장이 위치한 곳 있음.

○ 지자체의 가축사육시설 제한 지역 설정 조례에 대해서는 대부분 상당한 인지 정도를 보이고 조사대상농가 전부 반대 의견을 제시. 제한 거리를 둔다면 200m 이내가 적당하다는 의견이 다수였으며 500m 이내, 1km 이내라는 의견도 제시

○ 계사시설은 무창, 개방형이 혼재하고, 오리사는 대부분 하우스 형태, 일부는 온실을 개조하여 사용. 닭은 대부분 콘크리트 바닥이었으나 오리는 흙바닥에 왕겨, 톱밥 깔짚 사용. 분뇨처리는 규모가 큰 양계장은 자가처리(자원화) 형태, 오리농장은 대부분 퇴비업체에 위탁처리

○ 모든 농장에서 환경개선제 사용, 최근 2년간 민원 발생 없었으나 대규모 양계장 1곳에서 구두 민원 발생. 악취저감을 위하여 상당한 경비를 지출하고 있는 것으로 나타났고 농장 주변환경 정리, 청결유지 등의 노력을 기울이고 있는 것으로 조사

2. 축종별 조사결과

가. 소(한우 및 낙농)

○ 농장의 부지경계선과 축사간 이격거리는 짧게는 2m에서 길게는 30m로 다양하고 상당히 짧은 것으로 나타났다.

○ 조사 당일 기상상태는 낙농과 한우농장 모두 비교적 맑은 상태에

서 진행되었으며, 조사시점에 따라 약간의 기온차가 있었다. 풍향은 일정한 방향이 정해지지 않고 농장의 입지 여건에 따라 다양하게 나타났다.

○ 악취확산에 크게 영향을 미치는 풍속은 0.5m/s에서 2.9m/s의 범위로 조사되었으며 평균 풍속은 낙농 1.54m/s, 한우 0.87m/s로 나타났다.

○ 농장의 부지경계선에서의 직접관능법에 의한 악취 농도는 낙농의 경우 평균 1.67로 평가되었고 한우는 1.11로 나타나 낙농 보다는 한우농장의 악취농도가 낮은 것으로 조사되었다.

○ 검지관을 이용한 부지경계선에서의 암모니아 농도측정 결과는 낙농 평균 2.56ppm, 한우 평균 2.78ppm으로 거의 차이가 없었다.

나. 돼지

○ 농장의 부지경계선과 돈사간 이격거리는 짧게는 3m, 길게는 72m로 나타나 농장의 여건에 따라 다양하고 전체 19개 농장 중 13개 농장이 10m 이내인 것으로 조사되었다.

○ 조사 당일 기상상태는 전체적으로 비교적 맑은 상태에서 진행되었으며, 조사시점에 따라 약간의 기온차가 있었다. 풍향은 일정한 방향이 정해지지 않고 농장의 입지 여건에 따라 다양하게 나타났다.

○ 악취확산에 크게 영향을 미치는 풍속은 0.3m/s에서 2.8m/s의 범위로 조사되었으며 평균 풍속은 1.06m/s로 나타났다.

○ 농장의 부지경계선에서의 직접관능법에 의한 악취 농도는 낮게는 0.4, 높게는 3.6으로 평가되었고 평균 1.91로 나타났다.

○ 검지관을 이용한 부지경계선에서의 암모니아 농도측정 결과는 평균 2.89ppm으로 나타나 3ppm을 초과하지는 않는 것으로 조사되었다.

다. 가금(닭 및 오리)

○ 농장의 부지경계선과 계사간 이격거리는 짧게는 4m에서 길게는 14m를 나타내었다.

○ 조사 당일 기상상태는 한곳을 제외하고는 비교적 맑은 상태에서 진행되었으며, 조사시점에 따라 약간의 기온차가 있었다. 풍향은 일정한 방향이 정해지지 않고 농장의 입지 여건에 따라 다양하게 나타났다.

○ 악취확산에 크게 영향을 미치는 풍속은 전혀 풍속이 잡히지 않는 두 농장과 최고 3.1m/s로 조사되었으며 평균 풍속은 1.62m/s로 나타났다.

○ 농장의 부지경계선에서의 직접관능법에 의한 악취 농도는 1.0에서 2.6사이였으며 닭은 평균 1.8, 오리는 1.33으로 평가되었다.

○ 검지관을 이용한 부지경계선에서의 암모니아 농도측정 결과는 닭은 평균 2.4ppm으로 나타났고 오리는 평균 2.33ppm으로 거의 차이가 없는 것으로 조사되었다.

Ⅴ. 악취 확산 추정

가. 악취 확산 추정 모델링

○ 가우시안 플륨 모델을 이용한 확산거리 예측

▪ 난류는 random 운동이고 난류에 의한 확산도 random 하게 되고 농도는 정규 분포한다는 가우시안 확산 가정 적용

▪ 지속적으로 배출되며 배출량의 변화나 기상조건의 변화가 없는 정상 상태로 가정

○ 가우시안 플륨의 세부 가정

▪ 풍하방향을 x 축으로 할 경우, v=0, w=0

▪ x 축 방향 이류가 확산보다 현저히 크므로 확산 무시 kx=0

- 정상상태이므로, $\partial C / \partial t = 0$
- 소 마리당 27 OU $m^3/s/ton$의 악취발생(한우 500kg, 젖소 700kg) 가정
- 돼지와 닭의 마리당 악취발생량이 각각 6 OU와 0.2 OU로 가정

※ Odor Methodology Guideline. 2002. Department of Environmental Protection Perth, Western Australia, ISBN 0 7307 6672 1

나. 조사농장의 악취 확산 거리 예측

○ 가우시안 플룸 모델에 적용한 기준

- 악취감지농도 3OU 적용
- 악취저감을 위한 환경개선제 사용
- 악취 발생저감을 위한 실제적 관리 적용
- 대기안정도 높은 조건 적용
- 풍속 0.5m/s 적용

Ⅵ. 가축사육시설 설치제한 범위 및 조건

가. 도축장 등 주요 축사시설 보호를 위한 축사 설치제한 범위

○ 일정거리 이내 축사시설 신규설치 제한

- 지방도 이상의 도로 20m
- 하천 30m
- 도축장, 사료공장, 종축장 등 축산관련시설 500m

※ 준용 - ('11. 5. 6, 농식품부) 가축질병 방역체계 개선 및 축산업 선진화 세부방안
- 구제역 매몰지 살처분 행동요령(SOP)

나. 하천 및 주민 공공시설 주변에 대한 기본적 제한 범위

○ 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률에 규정하는 가축사육 제한구역

▪ 가축사육 제한구역은 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 제8조(가축사육의 제한 등) 1항 1절에 의거 주거밀집지역의 설정이 우선되어야 함.

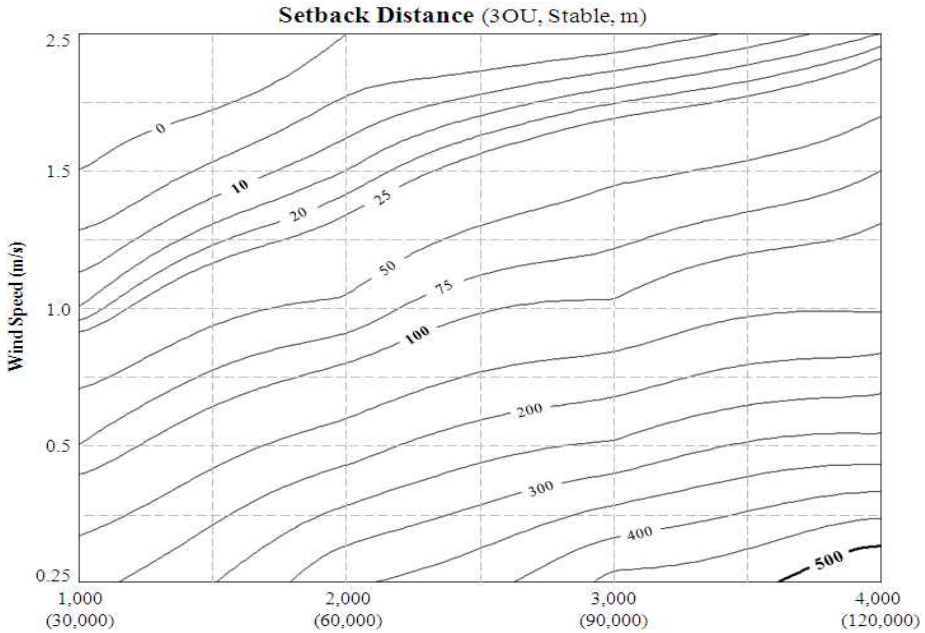
○ 가축사육 제한구역으로 지정해야 하는 지역

▪ 상수원보호구역

▪ 환경보전을 위한 특별대책지역

다. 축종별 적정 축사 설치제한 범위

○ 가우시안 플럼 모델을 각 축종별, 사육규모별, 대기안정도별, 풍속별 요인 등을 복합적으로 고려 상관곡선표



○ 축종별 적정 축사설치 제한범위
(주거밀집지역과 최소 제한거리)

축 종	규 모		
	50두 이하	100두	200두 이상
한 우	50m	70m	100m

축 종	규 모		
	50두 이하	100두	200두 이상
젖 소	50m	100m	150m

축 종	규 모		
	2000두 이하	3000두	4000두 이상
돼 지	180m	250m	320m

축 종	규 모		
	6만수 이하	9만수	12만수 이상
가 금	180m	250m	320m

Ⅰ. 서 론

Ⅰ. 서 론

1. 연구배경 및 목적

우리나라 축산업은 1980년대 이후 국민경제의 발전과 식생활의 변화 및 세계적인 추세에 따라 빠른 속도로 성장을 지속하여 왔으며, 2010년 기준으로 전체 농업생산액 중 40.2%를 차지하기에 이르러 농촌사회와 농업 소득을 주도하는 위치로 발전하였다.

1970년대 이전까지는 소규모, 부업형태의 축산업이 주류를 이루었으나 2000년대에 들어 전업화와 대규모 축산경영체가 늘어나면서 대규모 악성 전염병 등 질병과 수질, 토양, 대기를 오염시킬 수 있다는 가능성 때문에 축산경영환경이 날로 악화되고 있는 추세이다.

국민들의 환경에 대한 관심이 높아지게 되면서 환경관리를 고려한 축산업, 환경과 조화를 이루는 축산업 및 가축사육으로 인한 악취 및 수질오염을 방지하기 위한 정책적, 제도적 장치들이 강화되어 왔으며, 다수의 지자체에서 가축사육제한구역을 설정하고 주민 생활환경 개선과 수계별 수질환경기준을 준수하여 국민 건강과 삶의 질을 제고하기 위한 움직임이 갈수록 활발해지고 있다.

가축사육 제한구역은「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」제8조 (가축사육의 제한 등)에 따라 시장· 군수·구청장이 지역주민의 생활환경보전 또는 상수원의 수질보전을 위하여 주거밀집지역, 상수원보호구역, 특별대책지역, 수질환경보전지역과 같이 가축사육을 제한할 필요가 있다고 인정되는 지역에 대하여는 당해 지방자치단체의 조례가 정하는 바에 따라 일정한 구역을 지정하여 가축의 사육을 제한하는 것을 말한다.

2012년 6월 현재, 환경부가 “가축사육 제한구역 지정기준 권고안”을 전국의 지자체에 시달한 이후, 전국의 230개 지자체 중 약 200여개 지자체가 가축사육을 제한하는 조례를 제정하여 운영하고 있다. 또한 일반적인 사육제한 규정 이외에 환경보전 등을 위해 필요한 경우 특정 지역에서는 수도법, 4대강 수계법, 환경정책기본법 등으로 가축사육을 제한할 수 있도록 하고 있다.

환경부가 2011년 10월 발표한 가축사육 제한구역 지정기준 권고안을 보면 주거밀집지역(5~10가구)으로부터 축종별 가축사육 거리 제한은 한우 100m, 젖소 250m,

돼지·닭·오리 500m로 되어 있는데, 이 권고안을 기준으로 각 지자체에서는 가축사육 제한구역을 강화하는 분위기를 나타내고 있다. 가축사육 제한지역을 설정하는 지방조례 제정, 운용 중인 지자체는 2010년 현재, 192개로 전체의 83.5%에 해당된다.

한편 농림수산식품부는 2012년부터 축산업 허가제를 도입하고 이에 따른 세부 축산법 시행령・시행규칙을 2012년 상반기에 마련하고자 허가제에 포함될 '가축 사육시설 설치제한 범위 및 조건'을 축산업과 환경, 국민에 미칠 영향 등을 고려하여 충분한 검토를 거치는 과정을 추진 중에 있다.

축산업 허가제는 축산업을 보호하고 보다 경쟁력 있고 지속가능한 산업으로 육성하기 위한 제도로 2012년 2월 축산업 허가제 도입이 포함된 축산법 일부개정 법률안이 공포 되었고 이에 따라 축산업 허가제는 공포 1년 후 시행되게 된다.

환경부 권고안이 현실에 맞지 않는다는 의견이 강하게 제기되었으며 축산업 허가기준에 위치기준(가축사육 제한구역)을 축산법 시행령에 정하도록 되어 있어 과학적이고 합리적인 가축사육 제한구역 설정이 필요하다는 요구가 강하다.

본 연구는 축산업 허가제를 시행함에 있어 위치기준으로 적용될 '가축사육시설 설치제한 범위 및 조건'을 제시하기 위하여 양돈장 19개소, 소 농장(한우, 젖소) 18개소, 가금(닭, 오리) 11개소, 총 48개소의 농장을 방문하여 농장 현황을 설문 및 확인 조사하고 농장 부지경계선에서 직접관능법으로 악취를 측정하고 이를 활용하여 악취 확산 추정을 하여 가축사육시설 설치제한 범위를 제시하고자 하였다.

2. 연구내용 및 방법

본 연구는 ① 방문조사, ② 악취측정, ③ 확산추정, ④ 축산악취저감기술 분석 등을 실시하였으며, 각 세부항목의 구체적인 조사내용 및 방법은 다음과 같다.

가. 방문조사

설문지를 작성하여 사전 배포하고 농장을 방문하여 대화와 확인을 통하여 농장 현황을 조사하였다.

방문조사 Check-list

(2012년 월 일 시)

□ 일반사항

1. 성 명 : (남,여 세)
2. 농장소재지 : 3. 연락처 :
4. 축 종 :
5. 가축사육 경력 : 년(현위치에서 영업 년)
6. 경영형태 :
7. 2012년 5월 1일 기준 사육두수 : 마리
8. 인력구성 : - 후계인력 확보 여부
9. 농장과 가장 가까운 마을(5호 이상)과의 거리는? (m)
10. 농장과 가장 가까운 축산농가와의 거리는? 축종( ),(m)
11. 농장위치 : □ 상수원보호지역 □ 일반지역 □ 주거지역 □ 기타
12. 농장 입지여건(주위지형 등) :

□ 사육제한 조례

1. 환경부의 가축사육 제한구역 지정기준 권고안에 따른 지자체의 가축사육 제한지역을 설정하는 지방조례 제정, 운용에 대한 인지 여부?
   ① 잘 알고 있다 ② 조금 알고 있다 ③ 잘 모른다 ④ 관심 없다
2. 가축사육 제한지역 설정 지방조례에 대한 생각은?
   ① 찬성 ② 반대 ③ 관심 없다
3. 가축사육 제한지역 조례에 반대하는 이유는?
   ( )
4. 가축사육시설 설치제한을 한다면, 거리는 얼마가 적당하다고 생각하십니까 ?
   ① 50m 이내 ② 100m 이내 ③ 200m 이내
   ④ 500m 이내 ⑤ 1km이내 ⑥ 1km 이상
5. 향후 농장 규모 조정 계획은 ?

6. 농장과 가장 가까운 마을과의 협조체제는 구체적으로 어떻게?

□ 민원현황

1. 최근 2년간 민원발생 여부 : □ 없음 □ 있음
2. 민원 발생 원인 : □ 축사 □ 분뇨처리 □ 주변환경 □ 기타
3. 민원이 발생한 경우 횟수 : □ 구두(건) □ 행정조치(건)
4. 민원발생의 가장 큰 이유는 무엇이라 생각하십니까?
   ① 상시 발생 악취 ② 액비살포시 ③ 분뇨(퇴비장)가동시
5. 만약 민원이 발생하였다면 어떤 조치를 하였는지 ?
   ① 환경개선제 살포 ② 청소 ③ 악취방지장치 설치 ④ 무시
6. 민원 신고자 : □ 이웃주민 □ 관련부서 □ 기타( )
7. 민원이 있었다면 민원인과 농장과의 거리는?(m)

8. 민원처리 결과 : □ 상호 원만한 협의 □ 벌금 □ 구속 □ 기타( )

□ **축사시설**

1. 축사형태 :
2. 축사면적, 동수 :
3. 바닥형태 :
4. 환기방식 :
5. 시설현대화 계획은?

□ **분뇨처리**

1. 분뇨처리 방법 :
3. 분뇨처리비용 : 원/톤
4. 향후 분뇨처리 계획

□ **악취저감**

1. 농장에서 발생되는 악취물질에 대한 정기 점검 여부 :
2. 악취저감을 위한 월평균 경비 :
3. 환경개선제 사용 여부 :
4. 환경개선제의 종류, 사용량 :
5. 환경개선제 비용 :
6. 악취를 줄이기 위한 노력 여부
   □ 환경개선제 사용(급여, 살포) □ 축사내부 공기배출시 바이오필터 사용
   □ 주변환경 정리 □ 기타
7. 악취를 줄이기 위한 시설 개선계획 여부 : □ 있음 □ 없음

□ **부지경계선 악취평가**

1. 기상상태
   - 날씨 : - 기온 : ℃ - 풍향 :
   - 풍속 : m/s - RH : % - 기타 :
2. 직접관능법에 의한 평가
   □ 0 (None) : 무취
   □ 1 (Threshold) : 간신히 느낄 수 있는 냄새
   □ 2 (Moderate) : 무슨 냄새인지 알 수 있는 약한 냄새
   □ 3 (Strong) : 쉽게 느낄 수 있는 냄새
   □ 4 (Very strong) : 강한 냄새
   □ 5 (Over strong) : 강렬한 냄새
3. 부지경계선과 축사와의 최단 거리 : m
4. 휴대용 장비 측정 결과

나. 악취측정

악취물질을 측정하는 공인된 방법으로 공기희석관능법과 직접관능법 및 기기분석법이 있는데, 본 연구에서는 농장의 부지경계선에서 직접관능법으로 악취 정도를 측정하였다.

1) 직접관능법

- 6단계 악취 세기법
- 악취의 세기를 사람의 후각으로 느낀 바를 세기별로 표현하는 방법으로 주로 배출원이 아닌 환경 중 악취를 평가하는 데 이용되며 많은 나라에서 사용되고 있다.
- 우리나라에서는 5명이 측정 대상의 사업장 부지경계선에서 6단계 냄새 세기 수준에 따라 악취를 평가하여 평가자의 평균을 적용한다.

<표 1-1> 6단계 악취 세기 표시법

악취 세기(도)	기준 냄새 정도
0 (None)	무취
1 (Threshold)	간신히 감지할 수 있는 냄새
2 (Moderate)	무슨 냄새인지 알 수 있는 냄새
3 (Strong)	쉽게 느낄 수 있는 냄새
4 (Very strong)	강한 냄새
5 (Over strong)	강렬한 냄새

다. 확산추정

축산악취의 확산 현상은 축산농가 특성 뿐 아니라 지형적 특성, 실시간의 기상현황 등 여러 환경 인자들에 영향을 받으며, 이러한 환경 인자들은 예측이 불가능하고 끊임없이 변화하기 때문에 악취의 피해지역에 대한 원인 분석 및 이의 확산 정도의 정량적 평가가 어려운 실정이다.

본 연구에서는 전 세계적으로 대기 중 확산을 모의하기 위하여 가장 활발하게 사용되고 있는 가우시안의 확산 모형에 기반을 둔 가우시안 모델들을 사용하여 축산농장의 악취 확산을 추정하였다.

Ⅱ. 축종별 조사 결과

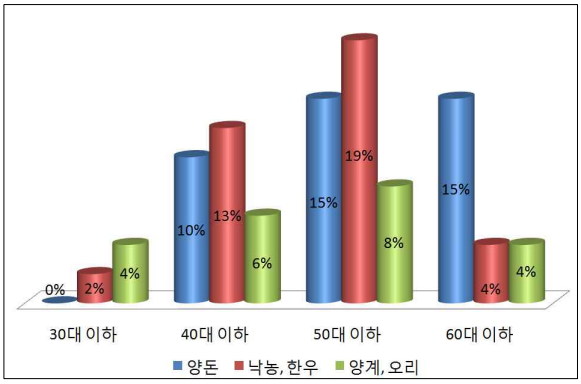
Ⅱ. 축종별 조사 결과

1. 축종별 조사농장 실태

소(한우, 젖소) 18개소, 돼지 19개소, 가금(닭, 오리) 11개소 총 48개소의 농장을 방문조사한 결과는 다음과 같다.

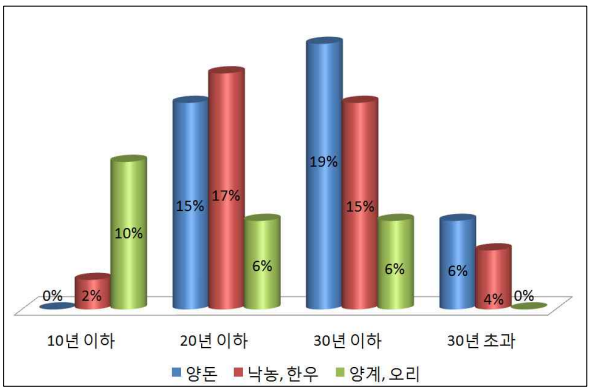
□ 귀하의 연령은?

응답 내용	응답수(명)	비율(%)
30대 이하	3	6
40대 이하	14	29
50대 이하	20	42
60대 이하	11	23
합계	48	100



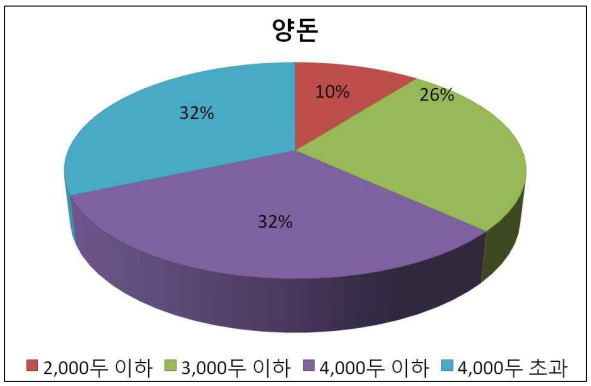
□ 현 장소에서 축산업을 시작하신지는 몇 년 되었습니까?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
10년 이하	6	12
20년 이하	18	38
30년 이하	19	40
30년 초과	5	10
합계	48	100

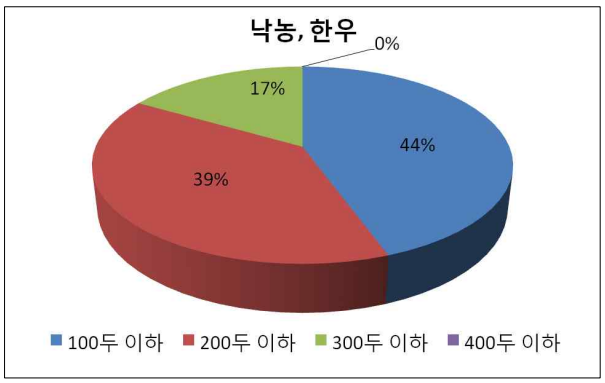


□ 귀하가 현재 경영 중인 축산농장의 상시 사육두수는?

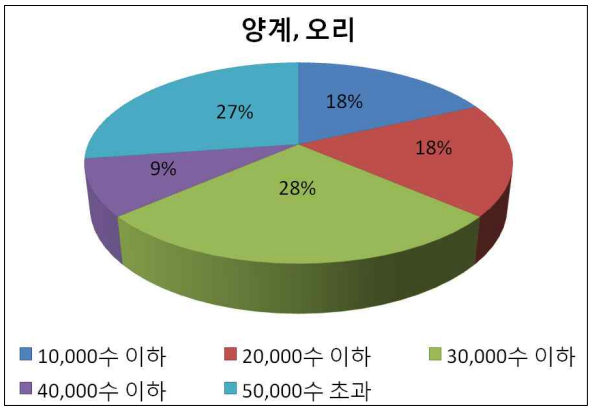
양돈		
응답내용	응답수(명)	비율(%)
1,000두 이하	0	0
2,000두 이하	2	10
3,000두 이하	5	26
4,000두 이하	6	32
4,000두 초과	6	32
합계	19	100



낙농, 한우		
응답내용	응답수(명)	비율(%)
100두 이하	8	44
200두 이하	7	39
300두 이하	3	17
400두 이하	0	0
400두 초과	0	0
합계	18	100

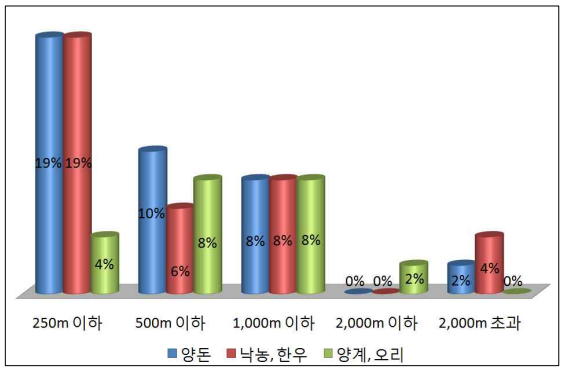


양계, 오리		
응답내용	응답수(명)	비율(%)
10,000수 이하	2	18
20,000수 이하	2	18
30,000수 이하	3	28
40,000수 이하	1	9
50,000수 초과	3	27
합계	11	100



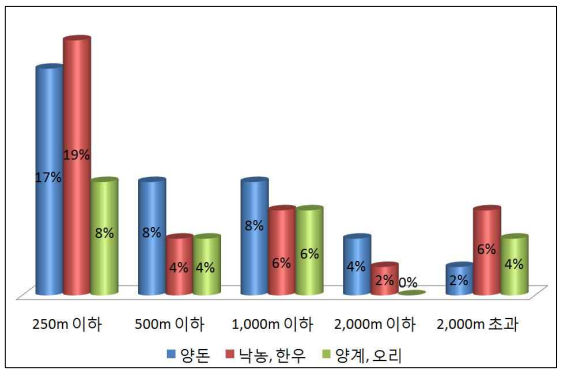
□ 귀하의 농장과 가장 가까운 마을(5호 이상)과의 거리는?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
250m 이하	20	42
500m 이하	12	25
1,000m 이하	12	25
2,000m 이하	1	2
2,000m 초과	3	6
합계	48	100



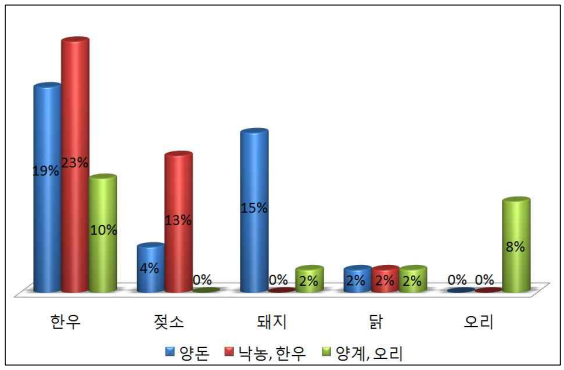
□ 귀하의 농장과 가장 가까운 축산농장과의 거리는?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
250m 이하	21	43.8
500m 이하	8	16.7
1,000m 이하	10	20.8
2,000m 이하	3	6.2
2,000m 초과	6	12.5
합계	48	100



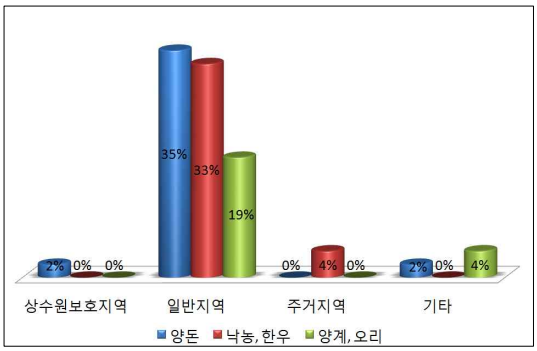
□ 귀하의 농장과 가장 가까운 축산농장의 축종은 무엇입니까?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
한우	25	52
젖소	8	17
돼지	8	17
닭	3	6
오리	4	8
합계	48	100



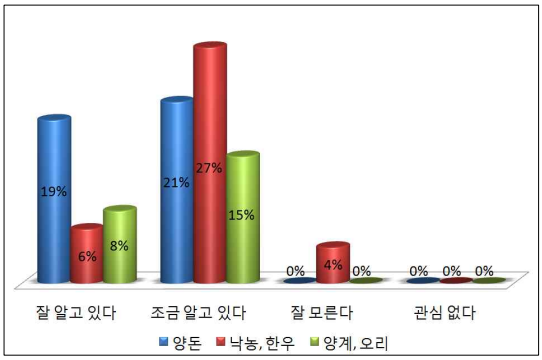
□ 귀하의 농장은 어느 지역에 위치하고 있습니까?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
상수원보호지역	1	2
일반지역	42	88
주거지역	2	4
기타	3	6
합계	48	100



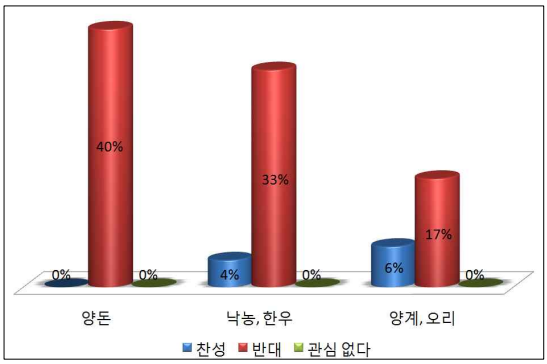
□ 지자체의 가축사육 제한지역을 설정하는 지방조례 제정, 운용에 대한 인지 여부?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
잘 알고 있다	16	33
조금 알고 있다	30	63
잘 모른다	2	4
관심 없다	0	0
합계	48	100



□ 가축사육 제한지역 설정 지방조례에 대한 생각은?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
찬성	5	10
반대	43	90
관심 없다	0	0
합계	48	100



□ **가축사육 제한지역 조례에 반대하는 이유는?**

<양돈>

○ 축산위축, 영업권 제한, 규제강화, 경쟁력 약화

○ 무조건적 제한지역 규정은 양돈업의 발전 및 현상유지에도 심각한 저해 요소

○ 지역여권을 고려하지 않는 일방적인 규제

○ 농림지역에는 농축산업이 우선시 되어야 함

○ 축산말살정책, 법의 형평 위배

○ 방지법 기준에 근거해야지 법 위배 불문하고 지역을 제한하는 것은 모순

○ 기존시설에 대한 기득권과 사업의 형평성문제

○ 시기상조다. 냄새부분은 현실적으로 판별판단이 어렵고 대안 없어

○ 자본주의 국가에서 직종에 따른 규제, 좁은 국토여건 고려, 시골의 소규모 농가 밀집지역이 많으므로 이와 같은 조치는 축산업발전에 큰 저해요인

<낙농, 한우>

○ 가축사육현장에 대한 고려 없이 행정편의적인 조례

○ 현실 무시, 중복규제, 굴러온 돌이 박힌 돌 빼낸다는 생각

○ 가축시설 혐오시설 인정! 직업에 자유를 침해함, 우유시장에 대한 모욕

○ 현실성이 없고 타당성 없다

○ 지켜질 수 있는 조례를 만들어야 한다

○ 가축사육 제한지역 조례를 만든 이유도 모르겠고 축산인들의 납득 어려움, 마치 축산이 환경오염에 주범인양 몰고 가는 이런 조례 반대

○ 규제, 위축-농가에 책임전가, 일정규모-규제

<양계, 오리>

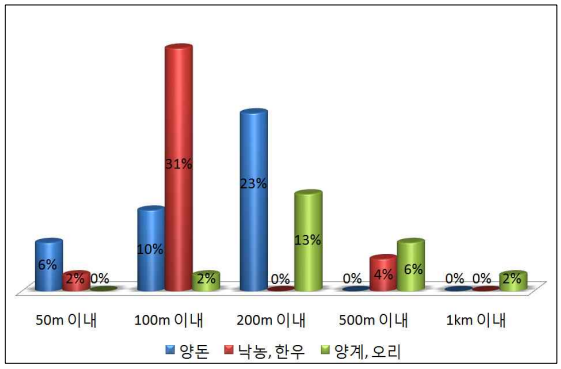
○ 규제

○ 축산업경쟁력 저하

○ 교육 등, 대안 필요, 규제위주는 곤란

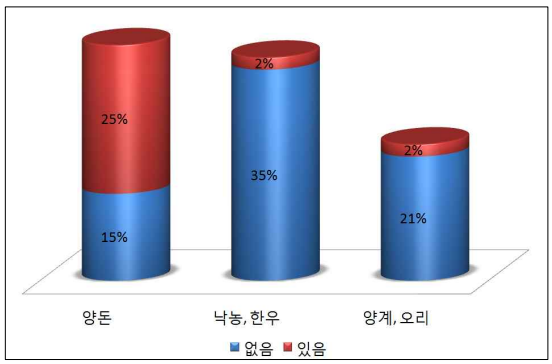
□ 가축사육시설 설치제한을 한다면, 거리는 얼마가 적당하다고 생각하십니까?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
50m 이내	4	8
100m 이내	21	44
200m 이내	17	36
500m 이내	5	10
1km 이내	1	2
합계	48	100



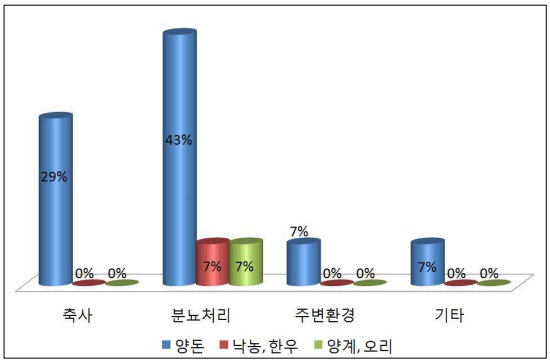
□ 최근 2년간 민원발생 여부?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
없음	34	71
있음	14	29
합계	48	100



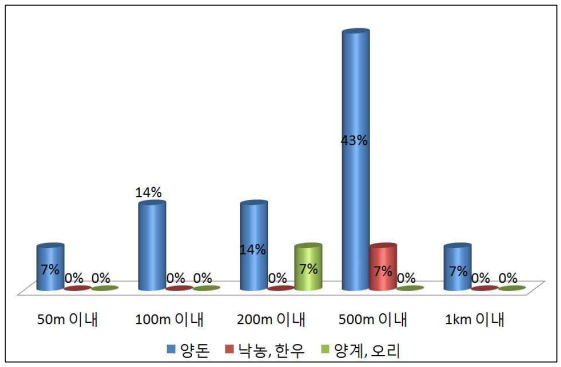
□ 민원 발생의 원인은 무엇입니까?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
축사	4	29
분뇨처리	8	57
주변환경	1	7
기타	1	7
합계	14	100



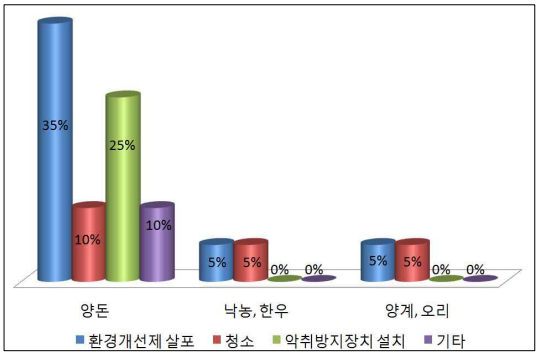
□ 민원인과 농장과의 거리는?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
50m 이내	1	7
100m 이내	2	15
200m 이내	3	21
500m 이내	7	50
1km 이내	1	7
합계	14	100



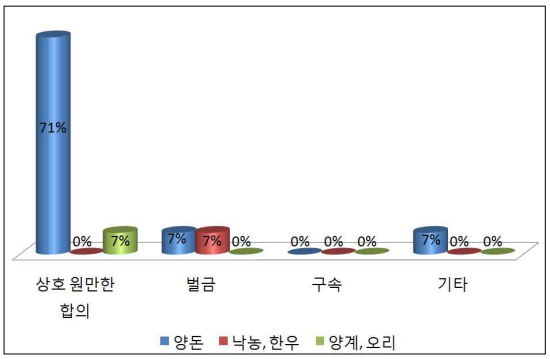
□ 민원발생 후 어떤 조치를 하였습니까?(중복 선택)

응답내용	응답수(명)	비율(%)
환경개선제 살포	9	45
청소	4	20
악취방지장치 설치	5	25
기타	2	10
합계	20	100



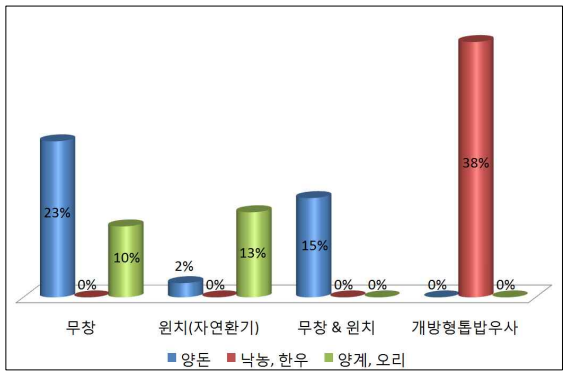
□ 민원 처리는 어떻게 하였습니까?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
상호 원만한 합의	11	79
벌금	2	14
구속	0	0
기타	1	7
합계	14	100



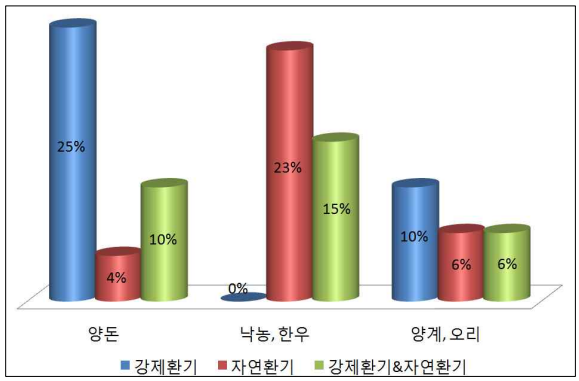
□ 귀하의 축사형태는?

응답내용	응답수	비율(%)
무창	16	32
윈치(자연환기)	7	15
무창 & 윈치	7	15
개방형톱밥우사	18	38
합계	48	100



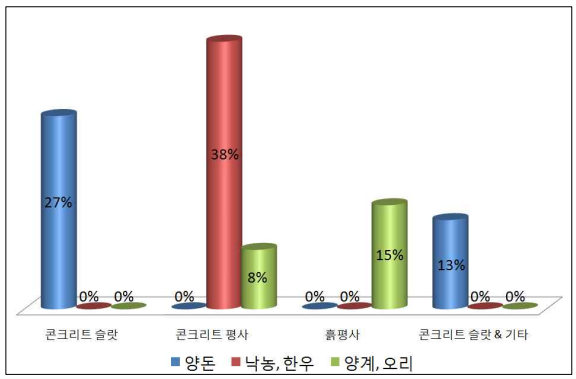
□ 귀하의 축사 환기방식은?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
강제환기	17	35
자연환기	16	33
강제환기 & 자연환기	15	32
합계	48	100



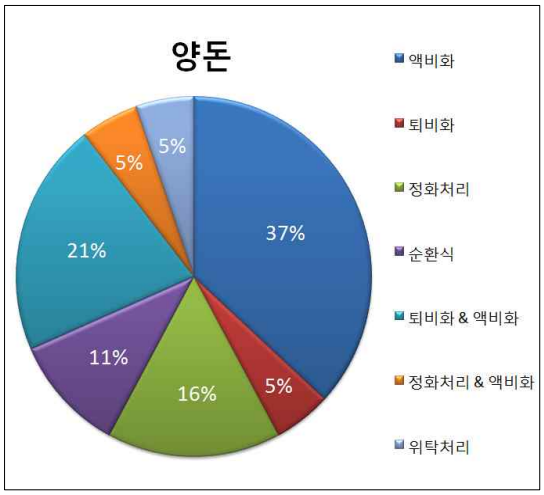
□ 귀하의 축사 바닥형태는?

응답내용	응답수	비율(%)
콘크리트 슬랏	16	32
콘크리트 평사	7	15
흙 평사	7	15
콘크리트 슬랏 & 기타	18	38
합계	48	100

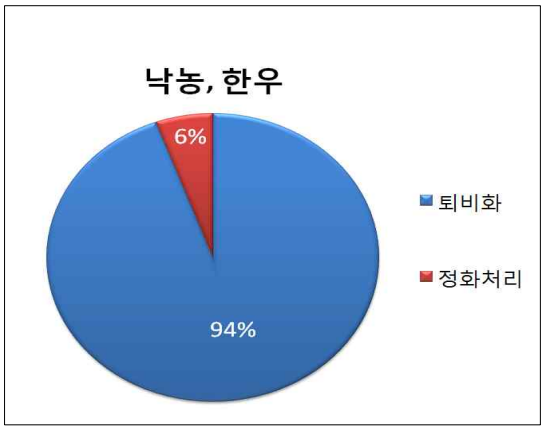


□ 귀하가 현재 경영 중인 축산농장의 분뇨처리 방법은?

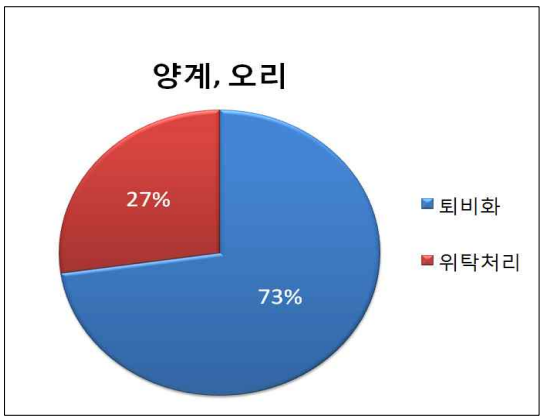
양돈		
응답내용	응답수(명)	비율(%)
액비화	7	37
퇴비화	1	5
정화처리	3	16
순환식	2	11
퇴비화 & 액비화	4	21
정화처리 & 액비화	1	5
위탁처리	1	5
합계	19	100



낙농, 한우		
응답내용	응답수(명)	비율(%)
퇴비화	17	94
정화처리	1	6
합계	18	100

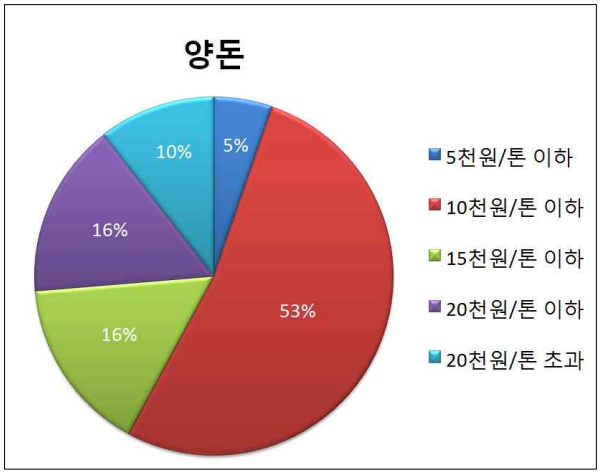


양계, 오리		
응답내용	응답수(명)	비율(%)
퇴비화	8	73
위탁처리	3	27
합계	11	100



□ 분뇨처리 비용은?

양돈		
응답내용	응답수(명)	비율(%)
5천원/톤 이하	1	5
10천원/톤 이하	10	53
15천원/톤 이하	3	16
20천원/톤 이하	3	16
20천원/톤 초과	2	10
합계	19	100



□ 향후 분뇨처리 계획은?

<양돈>

○ 액비화

○ 위탁처리

○ 정화방류와 공공처리장 위탁

○ 정화시설 설치

○ 현 상태 유지

<낙농, 한우>

○ 축협 퇴비화 산업 이용 계획

○ 발효 후 목장 운동장에서 사용

<양계, 오리>

○ 퇴비화 후 판매

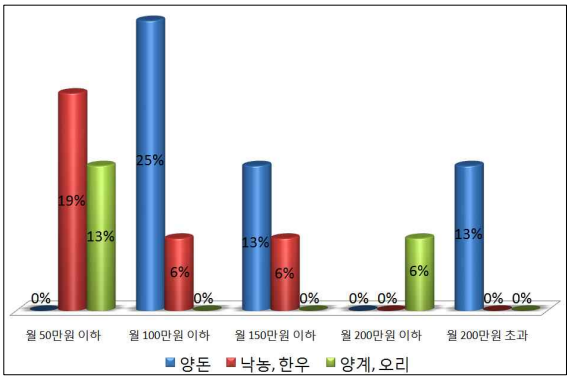
○ 외부에 의뢰

□ 농장에서 발생되는 악취물질에 대한 정기 점검 여부?

○ 거의 대부분의 농장에서 액비탱크, 사료, 퇴비장 등 정기적인 점검과 청소를 병행하고 있음

□ 악취저감을 위한 월평균 경비?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
월 50만원 이하	5	31
월 100만원 이하	5	31
월 150만원 이하	3	19
월 200만원 이하	1	6
월 200만원 초과	2	13
합계	16	100

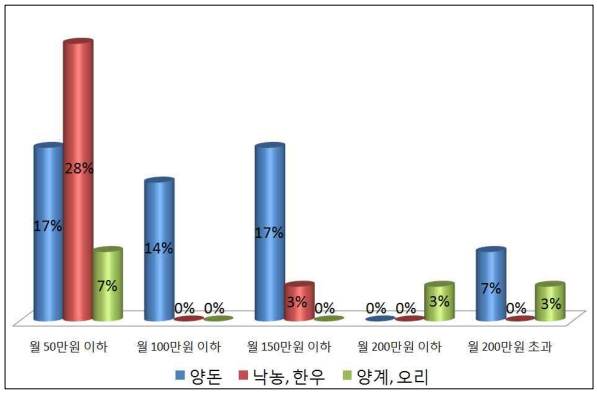


□ 환경개선제의 사용 여부와 종류, 사용량은?

○ 모든 농장에서 미생물제, EM, 사료첨가제, 생균제 및 유기산제제 등 사용, 종류 및 사용량은 다양

□ 환경개선제 비용은?

응답내용	응답수(명)	비율(%)
월 50만원 이하	15	52
월 100만원 이하	4	14
월 150만원 이하	6	21
월 200만원 이하	1	3
월 200만원 초과	3	10
합계	29	100



□ 악취를 줄이기 위한 시설 개선계획

○ 양돈농가 40% 정도가 시설 개선계획 있다고 밝혔으며, 악취저감장치 설치 및 미생물 활용 등

○ 낙농과 한우농가는 35% 정도가 시설 개선계획이 있으며, 나무심기, 축분처리장 및 급여시설 확충 등

○ 닭, 오리농가 대부분 시설개선 계획 보다는 현상유지, 환경개선제 투입 의사

2. 축종별 조사결과

소(한우, 젖소) 18개소, 돼지 19개소, 가금(닭, 오리) 11개소 총 48개소의 농장의 악취측정 결과는 다음과 같으며, 각 농장별 상세 조사내용은 부록에 수록하였다.

가. 소

연번	구분	규모(두)	부지경계선과 축사간 최단거리(m)	조사시간	측정시 기상 상태					측정결과	
					날씨	기온(℃)	풍향	풍속(m/s)	상대습도(%)	직접관능법	암모니아(ppm)
1	낙농	33	7	09:30	흐림	19.5	북	1.0	65.0	2.2	2
2	낙농	210	6	12:00	맑음	23.2	서	2.9	56.0	0.8	3
3	낙농	24	5	15:20	흐림	23.6	남	1.0	54.0	1.0	3
4	낙농	70	3	11:40	맑음	23.7	북서	1.5	32.0	1.4	2
5	낙농	86	5	18:00	맑음	28.8	남	1.0	29.0	2.2	3
6	낙농	100	5	15:00	맑음	32.2	남동	1.3	60.0	2.4	5
7	낙농	72	4	15:30	맑음	35.2	북서	1.9	62.0	2.2	2
8	낙농	70	3	10:30	맑음	28.0	남	1.8	60.0	1.8	2
9	낙농	120	2	11:30	맑음	29.7	남동	1.5	70.0	1.0	1
10	한우	280	20	15:00	맑음	27.4	북북동	1.1	50.4	1.4	3
11	한우	150	30	16:00	맑음	25.8	북	1.0	45.0	0.4	3
12	한우	200	12	14:00	맑음	32.1	북동	0.9	37.1	1.0	3
13	한우	220	10	16:00	맑음	28.4	동남동	1.2	51.9	1.4	3
14	한우	130	7	16:00	맑음	27.4	서북서	1.1	53.2	1.2	3
15	한우	105	5	10:00	맑음	25.1	북북동	1.0	56.6	1.8	2
16	한우	170	25	11:30	맑음	28.4	남서	0.4	50.1	0.6	3
17	한우	130	6	17:00	맑음	30.7	북동	0.6	45.6	1.4	3
18	한우	33	15	16:00	맑음	32.0	북동	0.5	43.7	0.8	2

18개소의 조사농장 중 낙농 9개 농장, 한우 9개 농장을 조사하였다.

낙농의 경우, 규모는 33두에서 210두 사이였으며, 농장의 부지경계선과 축사간 이격거리는 짧게는 2m에서 길게는 7m를 나타내어 상당히 짧은 것으로 나타났다.

한우의 사육규모가 적게는 33두에서 많게는 280두 규모였으며 한우농장의 부지경계선과 축사간 이격거리는 짧게는 5m, 길게는 30m로 조사되어 젖소보다는 양호한 것으로 나타났다.

조사 당일 기상상태는 낙농과 한우농장 모두 전체적으로 비교적 맑은 상태에서 진행되었으며, 조사시점에 따라 약간의 기온차가 있었다. 풍향은 일정한 방향이 정해지지 않고 농장의 입지 여건에 따라 다양하게 나타났다.

악취확산에 크게 영향을 미치는 풍속은 0.5m/s에서 2.9m/s의 범위로 조사되었으며 평균 풍속은 낙농 1.54m/s, 한우 0.87m/s로 나타나 큰 의미는 없지만 한우농장의 풍속이 더 낮게 조사되었다.

농장의 부지경계선에서 5인의 평가자가 직접 냄새를 맡아서 평가하는 직접관능법에 의한 악취 농도는 낙농의 경우 평균 1.67로 평가되었고 한우는 1.11로 나타나 낙농 보다는 한우농장의 악취농도가 낮은 것으로 조사되었다.

검지관을 이용한 부지경계선에서의 암모니아 농도측정 결과는 낙농의 경우, 평균 2.56ppm으로 나타났고 한우는 평균 2.78ppm으로 거의 차이가 없는 것으로 조사되었다.

나. 돼지

연번	구분	규모(두)	부지경계선과 축사간 최단거리(m)	조사시간	측정시 기상 상태					측정결과	
					날씨	기온(℃)	풍향	풍속(m/s)	상대습도(%)	직접관능법	암모니아(ppm)
1	양돈	3,500	15	13:00	맑음	25.0	동남	0.3	55.0	2.4	3
2	양돈	4,900	8	12:00	맑음	30.5	북동	0.8	38.5	1.4	3
3	양돈	11,000	27	13:00	맑음	29.6	북북동	1.4	38.3	1.0	2
4	양돈	2,800	16	15:00	맑음	30.2	북동	0.8	47.8	3.0	5
5	양돈	4,000	5	16:00	맑음	30.9	북	0.7	43.6	2.0	3
6	양돈	3,000	5	17:00	맑음	27.0	서	0.6	51.4	2.6	5
7	양돈	1,500	7	14:00	맑음	30.3	북서	1.3	40.5	1.8	4
8	양돈	4,000	7	12:00	맑음	28.6	북서	0.8	54.5	0.4	1
9	양돈	4,500	72	15:00	맑음	29.9	남	0.7	48.2	0.8	1
10	양돈	4,000	19	17:00	맑음	23.9	북동	0.9	57.9	1.8	2
11	양돈	5,500	3	10:30	맑음	22.3	북	1.0	53.4	2.2	5
12	양돈	2,750	5	16:40	흐림	17.5	남	1.0	81.0	1.0	4
13	양돈	2,900	14	18:30	흐림	17.9	동	1.2	83.0	2.4	2
14	양돈	1,800	5	08:20	흐림	17.8	북서	1.4	90.0	1.0	1
15	양돈	4,500	3	14:00	맑음	25.3	북	1.0	35.0	2.4	3
16	양돈	3,000	4	17:30	맑음	32.2	북	0.8	69.0	2.6	4
17	양돈	3,400	8	09:30	맑음	27.4	동	1.5	56.0	3.6	3
18	양돈	6,300	4	16:00	맑음	25.4	남동	2.8	68.0	1.4	1
19	양돈	4,000	10	11:00	맑음	29.7	서	1.1	37.4	2.4	4

양돈농장은 19개소를 조사하였으며 규모는 1,500두에서 11,000두에 이르는 다양한 분포를 나타내었다.

농장의 부지경계선과 돈사간 이격거리는 짧게는 3m, 길게는 72m로 나타나 농장의 여건에 따라 다양하고 전체 19개 농장 중 13개 농장이 10m 이내인 것으로 조사되었다.

조사 당일 기상상태는 조사 농장 모두 전체적으로 비교적 맑은 상태에서 진행되었으며, 조사시점에 따라 약간의 기온차가 있었다. 풍향은 일정한 방향이 정해지지 않고 농장의 입지 여건에 따라 다양하게 나타났다.

악취확산에 크게 영향을 미치는 풍속은 0.3m/s에서 2.8m/s의 범위로 조사되었으며 평균 풍속은 1.06m/s로 나타났다.

농장의 부지경계선에서 5인의 평가자가 직접 냄새를 맡아서 평가하는 직접관능법에 의한 악취 농도는 낮게는 0.4, 높게는 3.6으로 평가되었고 평균 1.91로 나타나 2를 넘지 않았다. 직접관능법에 의한 평균적인 악취농도는 “무슨 냄새인지 알 수 있는 정도(moderate)" 인 것으로 종합할 수 있을 것이다.

검지관을 이용한 부지경계선에서의 암모니아 농도측정 결과는 평균 2.89ppm으로 나타나 3ppm을 초과하지는 않는 것으로 조사되었다.

다. 가금

연번	구분	규모(수)	부지경계선과 축사간 최단거리(m)	조사시간	측정시 기상 상태					측정결과	
					날씨	기온(℃)	풍향	풍속(m/s)	상대습도(%)	직접관능법	암모니아(ppm)
1	육계	60,000	4	14:40	맑음	26.2	북동	2.2	55.1	1.6	3
2	육계	60,000	8	14:00	맑음	30.6	북서	0.8	42.6	2.6	4
3	산란	400,000	12	11:00	맑음	28.6	북서	1.2	50.1	2.0	1
4	산란	30,000	14	12:15	맑음	23.3	무	0.0	48.0	1.4	2
5	육계	80,000	5	17:00	흐림	24.9	북	2.9	72.0	1.4	2
6	오리	35,000	13	12:00	비	23.1	북북동	1.0	73.2	1.4	2
7	오리	26,000	4	13:30	흐림	23.5	서	1.8	68.2	1.6	2
8	오리	30,000	18	15:00	흐림	22.4	북서	2.6	74.8	1.4	2
9	오리	10,000	12	16:00	맑음	26.1	남	2.2	22.0	1.2	3
10	오리	23,300	18	17:00	맑음	26.6	무	0.0	26.0	1.0	4
11	오리	10,000	5	16:20	맑음	28.3	서	3.1	32.0	1.4	1

가금 11개소의 조사농장 중 닭 5개 농장, 오리 6개 농장을 조사하였다.

닭의 경우, 규모는 3만수에서 40만수 사이였으며, 농장의 부지경계선과 계사간 이격거리는 짧게는 4m에서 길게는 14m를 나타내었다.

오리의 사육규모는 1만수에서 3만 5천수 사이였으며, 부지경계선과 오리사간 이격거리는 짧게는 4m, 길게는 18m로 조사되어 상당히 짧은 것으로 나타났다.

조사 당일 기상상태는 한곳을 제외하고는 비교적 맑은 상태에서 진행되었으며, 조사시점에 따라 약간의 기온차가 있었다. 풍향은 일정한 방향이 정해지지 않고 농장의 입지 여건에 따라 다양하게 나타났다.

악취확산에 크게 영향을 미치는 풍속은 전혀 풍속이 잡히지 않는 두 곳의 농장과 최고 3.1m/s로 조사되었으며 평균 풍속은 1.62m/s로 나타났다.

농장의 부지경계선에서 5인의 평가자가 직접 냄새를 맡아서 평가하는 직접관능법에 의한 악취 농도는 닭과 오리 전체적으로 1.0에서 2.6사이였으며 닭은 평균 1.8로 평가되었고 오리는 1.33으로 나타나 닭 보다는 오리농장의 악취농도가 약간 낮은 것으로 조사되었다.

검지관을 이용한 부지경계선에서의 암모니아 농도측정 결과는 닭은 평균 2.4ppm으로 나타났고 오리는 평균 2.33ppm으로 거의 차이가 없는 것으로 조사되었다.

Ⅲ. 악취 확산 추정

Ⅲ. 악취 확산 추정

1. 악취 확산추정 모델링

가. 제한 거리(separation distance)에 대한 국가별 지침서 비교

축산 농가와 인근 지역주민 간의 악취에 대한 민원과 갈등을 줄이는 방법 중의 하나는 축산 농가와 인근 주거 지역 사이에 일정한 거리를 두는 방법이다. 이 거리를 제한 거리(separation distance)라 하며, 이 거리를 어느 정도로 산정하느냐에 따라 두 집단의 이해관계가 달라질 수 있기 때문에, 정확하게 산정할 필요가 있다.

유럽의 국가들의 경우 이러한 제한 거리에 대한 지침을 마련해 두고 있으며, 대부분 거의 유사하다. 먼저 가축의 수나 기타 여러 인자들을 고려하여 악취의 양을 정량화하고, 이를 근거로 제한 거리를 산정한다. 마지막으로 토지 이용 상태나 기타 다른 요인들을 고려하여 제한 거리를 수정하여 적용하게 된다.

1) 오스트리아

오스트리아의 지침서의 경우, 가축의 수, 사육 방식, 환기구의 구조, 외기의 풍속 및 분뇨의 처리방식 등을 고려하여 악취 발생량을 산정하고, 0.5를 지수로 하는 지수 함수로 제한 거리를 산정한다. 다음 그 지역의 풍향 분포와 주변 지역의 법적인 제한 등을 고려하여 제한 거리를 수정하여 적용한다.

2) 독일

독일의 경우는 돼지, 소, 가금류별로 다른 지침을 사용한다. 먼저 악취의 발생량을 산정하는데, 이때는 OU㎥/s/500kg-LWT의 단위로 산정을 한다. 또한 분뇨의 처리방식, 환기 시스템, 주변의 지형 등을 평가하여 축산 시설의 상태를 점수화 하여 SC로 나타낸다. SC가 100일 경우는 악취의 발생가능성이 적은 매우 우수한 상태이며, SC가 25일 경우는 악취의 발생가능성이 높은 상태를 나타낸다. 앞서 산정한 발생량을 E라고 하면, 제한 거리 S(m)는 다음과 같은 지수 함수로 산정이 된다.

for a SC score of 100 : S = 50.2 E0.32 (1)

for a SC score of 25 : S = 86.3 E0.32 (2)

Krause(1992)는 위 식에서 지수와 계수를 2계 다항식의 형태로 산정하기도 하였다.

$$S = a(SC)\ Eb(SC) \quad (3)$$

$$\text{with } a(SC) = a0 + a1SC + a2SC2 \quad (4)$$

$$\text{with } b(SC) = b0 + b1SC + b2SC2 \quad (5)$$

여기서 각 계수들은 다음 표와 같이 산정된다.

<표 3-1> a(SC)와 b(SC)의 계수값

Polynomial coefficients	Pig (VDI 4371, 1986)	Poultry (VDI 4372, 1986)
a_0	103.027	134.3505
a_1	-0.6963	-1.3979
a_2	0.00153	0.006847
b_0	0.307	0.26353
b_1	0.0051	0.001821
b_2	-0.000002	-0.000013

(Krause, 1992)

3) 스위스

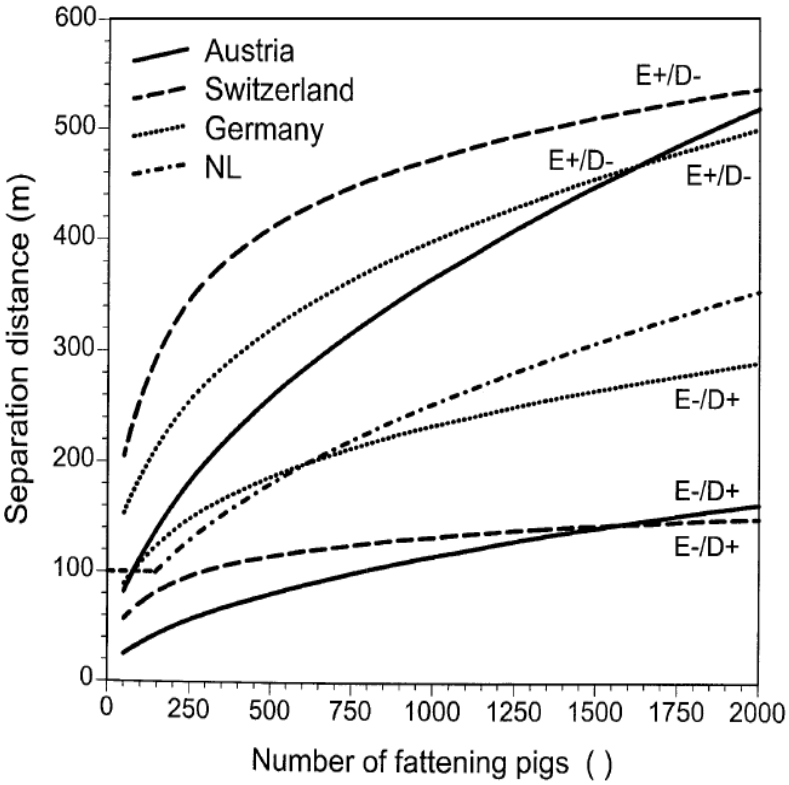
스위스의 경우는 앞선 방법들과 절차는 거의 유사하지만, 제한거리를 산정하는 식이 로그 함수로 표현되고, 이를 지형 모양, 해수면 고도, 분뇨 처리 시스템, 분뇨의 특성, 농장의 청결도, 사료, 환기 시스템 등을 표현하는 9가지 요소로 제한 거리를 수정하여 적용한다. 이때, 로그 함수로 산정된 거리를 일정 범위 내에서는 0.33을 지수로 하는 지수함수와도 거의 유사한 결과를 보인다.

4) 네덜란드

네덜란드의 경우는 제한 거리를 돈사의 사육 규모를 이용하여 계산하는데, 이때 0.5를 지수로 하는 지수함수를 사용하여 계산한다.

이렇게 유럽의 네 나라에서 지침으로 하고 있는 제한 거리는 절차는 유사하지만 약간씩 차이는 있는데, 동일한 시설에 대하여 이들의 결과를 비교하면 다음의 그림 1과

같이 비교된다. 여기서 (E+)는 발생원의 악취가 높을 때, (E-)는 발생원의 악취도가 낮은 경우이며, (D+)는 악취의 희석이 잘되는 환경을, (D-)는 악취의 희석이 잘되지 않는 환경을 의미한다. 오스트리아와 네덜란드의 경우는 독일과 스위스의 지침보다 가축의 수가 많아질수록 제한 거리가 크게 증가하는 것으로 나타났으며, 악취의 희석 정도에 따라서는 스위스의 지침이 가장 큰 변화를 보였다. 오스트리아의 지침은 다른 국가들의 지침보다 전체적으로 좀 더 적은 제한 거리를 산정하였다.



<그림 3-1> 유럽 4개국의 제한 거리 지침 비교
(Piringer와 Schauberger, 1999),
NL : Netherlands

악취의 제한 거리를 산정하는 과정에서 중요한 요소 중의 하나는 어느 정도의 악취까지를 경계로 할 것인가이다. 현재 유럽에서는 악취의 농도와 그 농도를 초과할 확률이라는 두 가지 요소로 거리를 산정하고 있으며, 두 요소에 대한 기준은 각 국가 별로 다음 <표 3-2>와 같이 규정되어 있다.

<표 3-2> 국가 별 악취 거리 산정 기준

Country	T(OUm^{-3})	P_T (%)	Land use category	Comment	Label
Germany					
	1	3	pure residential areas and residential areas		G-PURE
	1	5	residential and structured areas		G_MIX
	1	8	restricted business areas and village-area with mixed utilization	the higher separation distance of the two criteria has to be used	
	3	3			
	1	10	Village-areas with predominantly agricultural utilization	the higher separation distance of the two criteria has to be used	G_AGR
	3	5			
Austria					
	1	8		threshold for reasonable odour sensation for medical purpose the higher separation distance of the two criteria has to be used	AUT
	3	3			
Australia					
	5	0.5	rural and urban area		AUS1
	2	0.5	residential area	New South Wales	AUS2
	10	0.5	residential areas	Victoria	AUS3
Netherlands					
	1	2	residential areas	Existing units	NL
	1	0.5	residential areas	New installations	NL
	1	5	residential areas outside of villages and business areas		NL
Denmark					
	5-10	0.1		Plants	DEN1
	0.6-20	1		Surrounding	DEN2
MA,USA					
	5	0.5		Plant boundary	USA

(Schauberger et al., 2001; Schauberger et al., 2002)
T : Odor concentration threshold
P_T : Probability of threshold exceedance for the odor concentration threshold

나. 악취확산 조사방법

악취방지법 시행으로 인해 악취의 규제가 강화되고 있어 축산시설과 주거지역간의 마찰과 민원을 줄이기 위한 노력이 시급하다. 이를 위하여 몇몇 국가들에서는 축산 시설과 인근 주거지역 간의 제한 거리를 규정하는 방법을 사용하였고, 이러한 대부분의 지표들은 경험적으로 계산되는 경우가 대부분이었다. 그러나 악취의 확산 현상은 각 축산 농가의 특성 뿐 아니라 지형적 특성, 실시간의 기상현황 등 여러 환경 인자들에 영향을 받으며, 이러한 환경 인자들은 예측이 불가능하고 끊임없이 변화하기 때문에 악취의 피해지역에 대한 원인 분석 및 이의 확산정도의 정량적 평가가 어려운 실정이다.

악취의 확산을 연구하기 위한 방법으로는 현장 측정 방법과 수치모델을 활용한 시뮬레이션 방법이 있으며, 현장 측정 방법에는 직접 또는 간접 관능시험법과 가스 센서를 이용하는 방법 등이 있다(구 등, 2003; 최와 안, 2005). 이 중 가스 센서를 이용하는 방법은 가장 정량적으로 데이터를 확보할 수 있다는 장점이 있지만, 센서의 가격이 고가이고 가스의 종류에 따라 다른 센서를 사용하여야 하기 때문에 복합 악취의 경우 측정이 힘든 단점이 있다. 특히 축산 악취는 약 321가지의 물질이 포함되어 있는 복합물로 대부분의 물질이 저 농도로 분포하기 때문에 측정 상에 어려움이 있다(Schiffman 등, 2001).

관능시험법은 사람의 후각을 이용하여 악취의 정도를 측정하므로, 잘 훈련된 판정원만 있으면 악취 물질의 종류에 상관없이 판정이 가능하며, 실제적으로 사람이 인지하는 악취 정도를 측정할 수 있다는 장점이 있으나, 사람의 주관성이 개입될 수 있는 단점이 있다. 이러한 현장 측정 방법들의 한계를 보완하기 위하여 최근에는 수치모델을 활용한 연구가 진행되고 있다(Bjerg 등, 2004). 현장 측정 방법이 자연적인 환경 변화에 큰 영향을 받고 점측정에 의존하여 확산 경향을 파악하는데 반하여, 시뮬레이션을 통한 연구는 다양한 기상 및 환경조건을 임의로 설정할 수 있으며 모든 위치에서의 확산 현상을 세밀하게 분석할 수 있다. 그러나 악취를 구성하는 가스의 성분들이 불명확하고 이들의 상호 작용에 따른 영향 및 확산 메커니즘 등을 명확히 표현하는데는 한계가 있다. 또한, 시뮬레이션의 결과가 실제의 악취 확산 현상을 완전히 구현할 수는 없으므로 검증의 과정이 필요하며 현장 측정 방법과 병행하여 연구하는 것이 중요하다.

축산 악취의 현황을 파악하고 확산을 예측하기 위한 시도는 국외에서는 오래 전부

터 이루어져 왔으나, 국내에서는 구 등(2006), 김(2006) 등의 연구 이외에는 거의 없는 실정이다.

유럽의 국가들에서는 오래 전부터 축산 농가와 인근 주민 간의 민원 및 갈등을 줄이기 위하여 제한 거리를 산정하고자 하였다(Schauberger 등, 1997). 특히 독일은 돼지(VDI 3471, 1986), 소(VDI 3473, 1994), 가금류(VDI 3472, 1986) 별로 다른 지침을 사용하기도 하며, Piringer와 Schauberger(1999)는 이러한 국가 별 제한 거리를 비교한 바 있다. 그러나 이러한 지침들은 경험적인 판단에 의해 산정된 경우가 많기 때문에 보다 다양한 지형적, 기상적, 발생 특성적 영향 인자들을 고려하기 위하여 연구가 진행되어 왔다. 이에 Guo 등(2003)은 확산 현상에 영향을 미치는 주요 기상 인자인 대기안정도와 풍속에 따라 축산 악취의 발생 빈도를 조사하였으며, 대기의 안정도가 안정할수록 또한 풍속이 낮을수록 악취의 발생 빈도가 높아진다는 결과를 보인 바 있다.

대기 중에서 입자나 기타 물질들의 대기 확산에 대한 연구는 주로 시뮬레이션을 통한 연구 접근으로 수행되어져 온 것이 사실이다. 박스 모델(box model)은 이러한 대기 중 확산을 예측하기 위한 가장 간단하면서도 초기에 사용되어져 온 모델로서, 물질의 질량 보전 법칙에 근거하여 이동을 모의하는 방법이다(McQuaid, 1984).

이후에는 가우시안의 확산 모형에 기반을 둔 가우시안 모델들이 대기 중 확산을 모의하기 위하여 활발히 사용되어져 왔다. 가우시안의 확산 모형은 물질의 확산은 난류에 의해 주로 이루어지는데, 난류의 움직임이 무작위적이므로 이에 따른 확산 결과는 정규분포+를 따른다고 가정하고 있다. 이에 따라 물질 분포의 중심의 이동과 중심으로부터의 확산 폭으로 전체적인 확산을 모의한다. 보다 다양한 인자들을 고려하기 위하여 시뮬레이션 모델을 도입한 연구도 진행되어 왔으며, 악취의 확산 현상을 모의하기 위하여 사용되어온 모델로는 가우시안 플륨 모델, 가우시안 퍼프 모델 등(Arya, 1999)의 가우시안의 확산 이론에 근거를 둔 모델들이 많다. 이들은 확산 현상을 가우시안 분포에 따른 농도 분포로 고려하기 때문에 실제의 공기의 유동과 복잡한 기류의 움직임을 충분히 반영하지 못하고 있다. 이에 최근 전산유체역학을 이용한 확산 모델링 연구가 진행되고 있으며, 다양한 지형과 비정상적인 환경 조건에 따른 공기의 유동 및 악취의 확산을 예측하고자 하는 시도가 이루어지고 있다(Li와 Guo, 2006, 2008). 그러나 외국과 달리 산지가 산재되어 있는 국내의 복잡한 지형에 적용하기 위하여 더 많은 연구가 필요할 것이다.

하지만 이러한 모델들은 현대의 복잡하고 정교한 결과를 원하는 문제들과 맞물려

만족할만한 결과를 제시하지 못하고 있는데, 이에 따라 최근에는 광범위한 공학 분야의 유동 문제에 주로 사용되고 있는 전산유체역학 기법의 활용이 시도되고 있는 추세이다(Holmes and Morawska, 2006). 과거에는 가우시안 모델들이 가장 실용적인 결과를 얻을 수 있다고 알려져 왔지만, 현재에는 전산유체역학 시뮬레이션을 활용한 연구들도 정확한 결과를 도출해내는 추세이며, 무엇보다 전산유체역학 시뮬레이션은 현대의 문제들이 요구하는 보다 정밀하고 효과적인 문제를 해결할 수 있는 가능성을 가지고 있다. 물론 이를 위한 계산 시간과 계산 비용은 경제적인 효율성의 관점에서 감당하고 해결해야 할 문제이다.

근래에 오면서 대기 확산 연구에 전산유체역학을 사용한 연구들이 수행되고 있는데, 대부분은 전산유체역학으로 확산 현상을 모의하는 과정에서 편평한 영역을 대상으로 하거나 매우 작은 영역을 대상으로 하는 경우가 많았다(Riddle등, 2004, Li와 Guo, 2006, Lin등, 2007, Diego등, 2009). 그러나 국내를 대상으로 이러한 연구를 진행할 경우에는 지형에 대한 고려가 매우 중요한데, 이는 한국은 국토의 약 70% 정도가 산지로 이루어졌기 때문이다. 대기 확산에 의한 문제는 주로 사람이 감지하고 문제를 느끼는 대기 저층에서 발생하므로, 지형의 영향을 많이 받는 대기 저층을 대상으로 하기 위해서는 지형의 영향을 고려해야 한다. 그러므로 지형을 정밀하게 모사하는 과정은 대기 확산 시뮬레이션의 기본 요소라 할 수 있다.

비교적 소규모의 영역에 대해서는, Lin et al.(2007)이 악취 확산을 저감하기 위한 방풍벽의 효과를 예측하기 위한 연구에서 SST(shear stress transport) k-ω 모델을 사용하여 연구를 진행한 바 있으며, Diego et al.(2009)는 분뇨 등을 쌓아둔 더미에서 바람에 의해 날아가는 먼지를 추적하기 위하여 k-ε 모델을 사용한바 있다. 비교적 넓은 지역에 대하여 모의한 연구에 대해서는, Beyers 와 Waechter (2008)이 복잡한 건물 주위의 바람장과 이에 따른 눈의 퇴적, 이동을 k-ε 모델을 사용하여 모의하였으며 현장 측정과 비교하여 정성적으로 상당히 유사한 결과를 얻은바 있다. 그러나 비교적 큰 시간 간격으로 난류 모델을 해석할 경우에는 건물 뒤에 발생해야하는 비정상상태의 난류 후류를 예측하는데 한계를 보인바 있다.

Hussein과 El-Shishiny (2009)는 몇 가지 k-ε 모델을 사용하여 1.66 km × 1.66 km 크기의 고대 유적지와 주변 영역에 대하여 풍식 가능성을 연구한 바 있으며, 이를 통하여 예측된 위험 부위는 실제로도 풍식이 빈번히 발생하는 지역과 일치하는 결과를 얻었다. Li 와 Guo (2008)는 LES 모델을 사용하여 반경 5 km 영역에서의 악취의 확산

을 비정상 상태로 예측하는 연구를 수행하였다. 그들은 LES 모델을 이러한 대기 경계층 내의 난류와 물질 확산에 관련된 연구에 가장 적절한 난류 예측 방법으로 결론지은바 있다. 하지만 이러한 대규모 영역에서의 전산유체역학 시뮬레이션 연구들은 최근에 많이 시도되고 있기는 하지만, 아직 모델의 검증과정에서는 한계를 가지고 있다. 대규모 영역을 대상으로 하므로, 현장의 실증적인 데이터를 얻는데 한계가 있기 때문에, 검증 과정을 생략하거나 검증을 수행하더라도 정성적인 결과에 의존하는 경우가 많았다. 또한 대규모 영역을 대상으로 연구할 때, 결과는 격자의 크기나 시간간격의 크기에 큰 영향을 받음에도 불구하고, 대부분 제한된 연산 시스템으로 인하여 충분히 정밀한 계산을 수행하지 못하는 것도 한계점이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 사항들을 개선하고, 대규모 영역의 시뮬레이션에서도 충분한 정확도를 확보하고자 연구를 진행하였다.

대기 경계층 내의 기상 인자들의 연직 프로파일을 설계하는 과정 또한 대기 확산 모델의 매우 중요한 요소 중의 하나이다. 일반적으로 종래에 사용되어온 가우시안 기반의 대기 확산 모델들은 대부분의 기상 조건들이 모델 내에 완성된 형태의 모듈로 지원되는 것이 사실이다. 따라서 이미 설정되어 있는 기상 조건들을 그대로 사용할 수 있는 장점이 있다. 반면 전산유체역학을 활용한 대기 확산 모델들은 이러한 환경조건들을 연구자가 직접 설계 및 구성하여 모델에 접목해야 하는 어려움이 있다. 이러한 이유로 인하여, 많은 관련 연구자들은 전산유체역학 기법으로 연구를 진행할 경우, 대기 확산에 큰 영향을 미치는 대기의 안정도를 중립으로 가정하여 연구를 진행하는 경우가 많았다(Riddle et al., 2004). 이는 대기 안정도를 수식적으로 설계하기가 쉽지 않았기 때문이다. 하지만 최근에는 이러한 대기 안정도를 구현하고자 하는 노력들이 진행되어 왔으며, Li 와 Guo (2008)은 MPRM 프로그램을 만들어 이를 시도하였다. 또한 Lin et al. (2007)은 풍속과 난류의 연직 프로파일을 설계하여 이를 구현하고자 시도하였다. 이러한 과정에서 Yang et al. (2009)은 또한 경계조건에서 설계된 대기 물리량들의 연직 프로파일들이 경계면 뿐만 아니라 영역의 가운데 및 유출부 까지 유지될 수 있도록 연직 프로파일을 설계하는 것이 필요함을 역설한바 있다. 따라서 이러한 대기 환경 구성을 위한 연직 프로파일 설계에 대한 개선이 필요할 것이다.

다. 악취 확산 모델링 연구

발생원이나 계획시설에서 풍하측으로 발생하는 악취 화합물의 지상 농도는 복잡한

확산 모델을 사용하여 예측할 수 있다. 이러한 모델은 공기 오염물질의 조절에 의하여 개발되어 왔으며, 악취를 포함하는 어떤 가스상 화합물에도 잠재적으로 사용될 수 있다. 기상학적 지형적, 발생원의 확산 변수 등이 이러한 모델에 사용될 수 있다.

악취 모델링은 적어도 세 가지 주요 측면에서 고전적인 확산 모델링과는 다르다. 즉 (1) 발생원의 기원 (2) 수송 (3) 타겟(인간의 코) 등이다. 악취 평가를 위한 방법론이 종종 다른 요인을 고려하지 않은 단일 요인에 대하여 고려될 수 있다. 이는 특별한 상황에서의 물리적 현상을 개략으로 볼 수 있도록 해 준다.

대기 확산모델의 최종 목적은 발생원 풍하측의 농도를 모든 대기 조건에 대하여 예측하는 것이다. 악취 평가를 위한 적절한 확산 모델의 선택은 발생원의 형태와 배출 시나리오에 따라서 결정될 수 있다. 연속적인 악취 발생원은 민사상 불평의 가장 큰 책임이 있다. 분뇨처리 중 폭기나 토양 적용 등과 같은 즉각적인 발생원은 문제를 만들 수 있지만 대부분의 이웃들은 짧은 시간의 사건에 대하여 대체로 묵인해 주는 편이다.

악취의 확산 현상을 모의하기 위하여 많은 모델들이 개발되어 왔으며, 대부분은 가우시안의 확산에 근거를 두고 있다. 이 중 Gaussian plume model은 대기 오염 분야에 있어 가장 많이 사용되고 있으며, 이는 정상상태의 대기 조건에서 점 발생원으로부터 연속적으로 악취 물질이 배출되는 현상을 모의하고 있다.

Gaussian plume model의 기본식은 다음과 같다(Arya, 1999).

$$C = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z U} exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right)\left\{\exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right)+\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right\} \quad (6)$$

Q : 오염물질 발생량 (g/s)

C : (x,y,z) 위치에서 측정된 오염물질의 농도

U : 수평 방향의 평균 풍속 (m/s)

H : 발생원의 유효 높이 (m)

σ_y, σ_z : plume 농도의 수평방향, 수직방향으로의 표준편차 (m)

위의 식은 다양한 형태로 변형되어 사용될 수 있다. 이후 Puff model이 연구되면서,

순간적으로 방출되는 오염물질의 구름을 추적하면서 확산을 예측하는 기법이 사용되었으며, 이 모델의 일반적인 식은 다음과 같이 표현된다.

$$C = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z} exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma_x^2} - \frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right]\left\{\exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right]\right\} \quad (7)$$

여기서 확산 계수의 결정이 확산 현상의 결과에 큰 영향을 미치게 되는데, 별도의 실험이나 현장 검증을 통하여 결정하거나 관련 이론을 사용하여 결정하게 된다. 아래의 <표 3-3>은 돈사에서의 악취 확산을 예측한 한 사례에서 적용된 확산 계수를 나타내고 있으며, 대기 안정도에 따라 다른 확산 계수를 도입하였다.

악취 확산의 모델링 결과를 현장에서의 실험 결과와 비교하기 위해서는 악취의 농도에 대한 판단도 중요하지만, 악취의 강도로 판단될 경우 보다 쉽게 비교할 수 있는 경우가 많다. 일반적으로 사람이 느끼는 악취의 강도를 0에서 5까지 6단계로 구분할 때, 이러한 강도와 악취의 농도는 로그 관계에 있다고 알려져 있으며, 이는 Weber-Fechner 식으로 나타낼 수 있다.

<표 3-3> σ_y와 σ_z의 값 계산

Stability category	a	b	c	d	e	Valid for
A	0.527	0.865	0.006008	1.5548	6.2686	100m<x<400m
B	0.371	0.866	0.0371	1.153	3.1914	100m<x<1000m
C	0.209	0.897	0.0992	0.9289	0.2444	100m<x<1000m
D	0.128	0.905	0.2066	0.7338	-1.3659	100m<x<1000m
E	0.098	0.902	0.1975	0.6865	-1.1644	100m<x<1000m
F	0.065	0.902	0.09842	0.7210	-0.3231	100m<x<1000m

(Stork, 1977), 여기서 $\sigma_y = ax^b$, $\sigma_z = cx^d + e$

$$I = K_{w1}(\log_{10} C) + K_{W2} \quad (8)$$

I : 악취의 강도 (odor scale number of intensity)
C : 악취의 농도
K_{w1}, K_{w2} : 상수

<표 3-4>는 다양한 악취원에 따른 K_{w1}, K_{w2} 상수를 나타낸 표로, 현재 Gue 등(2001)이 연구한 상수가 돈사와 축사에서 발생하는 악취를 가장 잘 설명하고 있는 것으로 알려져 있다.

<표 3-4> Weber-Fechner 식의 상수들

Odor source	K_{w1}	K_{w2}	odor scale	Reference
Pig slurries	1.61	0.45	0-6	Misselbrook et al., 1993
Broiler house	2.35	0.30	0-6	Misselbrook et al., 1993
Swine building	1.57	-0.424	0-5	Nicolar et al., 2000
Swine manure storage	1.61	-0.519	0-5	Nicolar et al., 2000
Swine farms	0.82	0.36	0-8	Zhang et al., 2003
Swine farms and manure storages	1.43	0.78	0-8	Feddes et al., 2005
Swine farms and manure storages	1.245	-0.046	0-8	Zhang et al., 2005
Swine buildings and manure storage facilities	0.928	-1.97	0-5	Guo et al., 2001
Dairy and beef farms	0.928	-2.068	0-5	Guo et al., 2001

(Guo et al., 2006)

1) Plume Models

농업 악취와 같은 연속적인 배출은 일반적으로 플룸으로 모델링된다. 악취 모델링에 있어서 플룸-퍼프 모델과 가우시안 모델이 빈번하게 사용된다.

2) Fluctuating Plume-Puff Model

변동 플룸-퍼프 모델은 발생원을 연속적인 퍼프의 배출로 보는 병합형 모델이다. 이 모델은 다양한 대기 조건에서 퍼프의 움직임을 예측하고 특정 풍하측 위치에서 퍼프

의 농도를 예측한다.

하나의 문제는 퍼프의 확산을 예측하기 위하여 필요한 파라메터로 결정될 수 있는 데이터가 적다는 것이다. 다른 문제는 즉각적 플룸에서의 변동이 고려되지 않는다는 점이다.

3) Gaussian Plume Model

플룸이 풍하 측으로 움직이면서 확산된다. 플룸 안의 악취 물질은 중심선을 기준으로 가장 높은 농도를 가지고 멀어질수록 점진적으로 농도가 감소하는 가우시안 분포를 가지고 있다. 가우시안 플룸 모델은 농업 발생원에서의 악취 확산 모델에 주로 사용되어 왔으며 이는 평균 풍하측 농도를 예측할 수 있기 때문이다. 모델의 수학적 계산이 똑바르게 이루어지는 반면 특정 입력 데이터를 다루는 것이 필요하다. 퍼프 모델과 유사하게 가우시안 모델은 플룸에서의 평균 분포를 가정하며 발생원에서 수용원으로 플룸이 이동함에 있어서 일정한 기상학적 조건을 가정한다. 그러므로 가우시안 모델은 공식의 위치 특성적인 본질로 인한 장점을 가지고 있어 다양한 발생원의 고려가 가능하다. 악취 평가에 사용될 모델의 선정은 발생원의 특성화와 위치의 이해가 선행되어야 한다.

4) Puff Models

짧은 기간의 배출은 puff 배출의 개념을 볼 수 있다. 이 모델을 통하여 발생원에서의 배출은 대기 중으로의 일련의 연속적 퍼프로 다루어 질 수 있다. 주어진 시간 간격에서는 바람과 대기 안정도가 일정하다고 가정하였으며 대부분의 퍼프 모델에서 퍼프 내부의 농도 차이는 무시하며, 플룸 내부의 표준 농도 분포를 가정한다. 이러한 가정은 농업 악취 생성에 대한 퍼프 모델의 사용을 제한한다.

CALPUFF 모델은 U.S. Environmental Protection Agency에서 추천하는 라그랑지안 퍼프 모델로서 현재 악취 확산 연구에 많이 사용되는 모델이다.

5) Dispersion Modeling - Practical Application

확산 모델은 공기 질의 영향을 예측할 수 있다는 점에서 매우 유용하다. 이들 모델을 통하여 우리는 확산되기 이전에 오염물질의 이동 거리를 결정할 수 있다. 따라서 시설 관리자는 비용효율적인 적절한 조절 전략을 수립할 수 있다. 표준 확산 모델의

사용에 따른 큰 장점은 대부분이 부분적으로 검증되고, 리뷰되고, 규제가 승인되었다는 점이다. 따라서 대부분의 확산 모델링은 일반적으로 악취가 아닌 오염 가스에 대하여 이루어져 왔다.

불행히도 복잡한 수리학적 공식과 컴퓨터 전문기술을 포함하는 확산 모델은 일반사람이 다루기 어렵다. 이러한 모델은 악취공기의 포집과 가스 크로마토그래피 검사 등을 요구한다. 다른 문제는 모델링 시 실제 악취의 발생이 빠르게 진행되어 악취 평가를 위하여 포집된 공기 샘플의 동일한 농도에서 실제로는 소송이나 불평이 이루어지지 않을 수 있다는 점이다.

현재의 악취 확산 모델이 악취 농도를 평가할 수 있다고 해도 적용은 제한적이다. 표준 모델은 복잡한 지형, 사물, 식물이 있는 지형으로의 악취 확산을 시뮬레이션 할 수 없다. 발생원에서부터 거리에 따른 악취 강도를 예측할 수 있는 농업용 공기 확산 모델의 개발이 필요하다. 몇몇 결과가 제시되고는 있으나 기능적으로 사용되기 전에 검증단계가 여전히 필요하다.

확산 모델의 사용은 최근 분명히 악취 규제에 큰 역할을 하고 있다. 확산 모델링을 통하여 악취 확산 데이터와 결합되어 제공되는 정보는 악취 발생원의 허용거리를 결정하는데 사용될 수 있다. 다른 나라에서는 동물 배설물에서 기인하는 악취의 이동과 확산을 예측하기 위하여 모델을 사용하고 있으며, 이를 사용하여 허용 거리를 결정하는데 활용되고 있다.

6) 전산유체역학(CFD) 모델링

가우시안 확산에 근거한 모델링 외에도 최근에는 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics:CFD)를 이용한 확산 모델링 연구가 진행되는 추세이다. 기존의 모델링들은 악취의 확산을 가우시안 분포에 따라 확산시키기 때문에 공기의 유동과 복잡한 기류의 움직임을 충분히 반영하지 못하는 한계를 가지고 있으며, 입력 조건으로 사용되는 기상 변화나 지형의 세밀함을 충분히 고려하지 못하는 한계가 있었다. 이를 보완하기 위하여 전산유체역학 기법을 이용한 연구가 진행되어 비정상적인 환경 조건을 적용할 수 있는 예측 모델을 개발하기 위한 시도가 이루어졌다.

국내에서 이루어진 대표적인 CFD 모델링을 통한 확산거리 예측은 서울대학교 지역시스템공학 이인복교수 연구팀이 2007 ~ 2009년 3년간 농촌진흥청 축산과학원과 함께 축산악취 확산의 정성적 및 정량적 예측을 위한 공기유동학적 모델(전산유체역학,

Computational Fluid Dynamics)을 개발한 것이다. 추후에 시간과 예산이 주어진다면, 이 신뢰도가 충분히 높은 개발 모델을 이용하여 충분히 실시간 기상, 대기경계층 및 대기안정도, 지형, 농장특성 등이 고려된 악취확산 정도를 정량적으로 평가하고, 또한 농장의 저감노력 요인들도 추가로 고려되어서 실제 축산시설의 제한거리 결정 시에 적극적으로 이용할 필요가 있다.

가) 현장실험

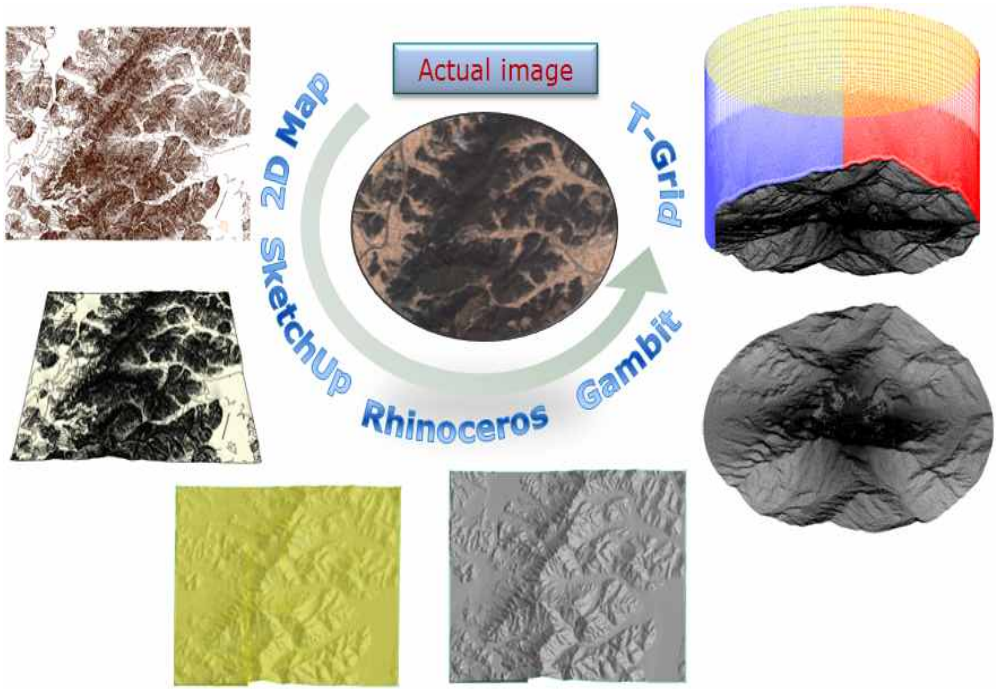
이 연구를 이용하여 여러 양돈장에서 현장실험을 수행하여 실제 악취 확산 정도를 조사하였고 또 이의 영향 요인을 규명하고자 노력하였다. 1년간의 현장실험에서는 실험동안 기상조건 및 대기 안정도를 측정하는 동시에, 다수의 풍하측 측정지점에서 악취 공기를 동시에 포집하였다. 포집된 악취 공기 시료는 실내에서 관능시험을 통하여 정량화하였다.

<그림 3-2> 지역2의 포집 지점 및 기상 측정 위치

나) CFD 모델링

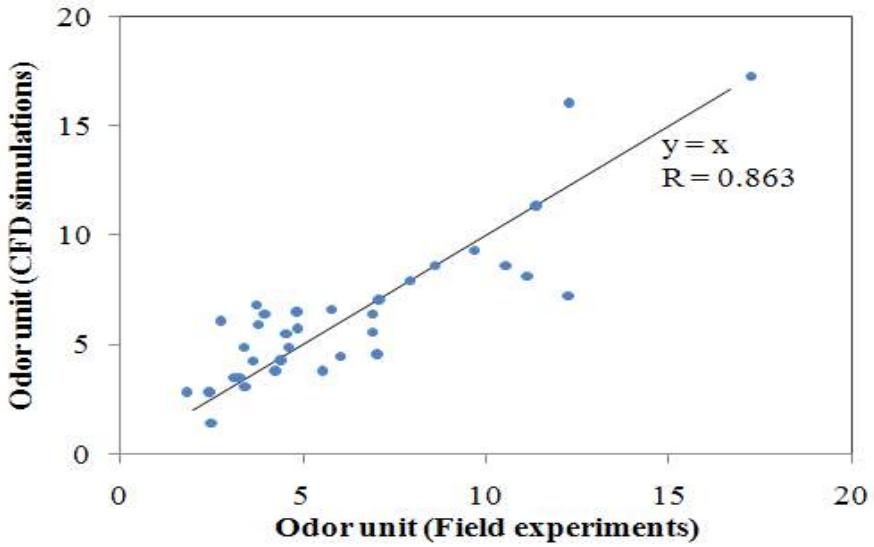
시뮬레이션 모델에서 구현된 악취도의 분포와 현장 실험에서 관능시험으로 측정된 악취도의 분포의 정량적인 상관성을 분석하기 위하여, <그림 3-4>와 같이 두 자료의

상관계수를 계산하였다. 두 자료에 대하여 'y=x'를 추세선으로 하여 상관성을 계산하였으며, 상관계수는 약 0.863으로 만족할 만한 수준으로 나타났다.

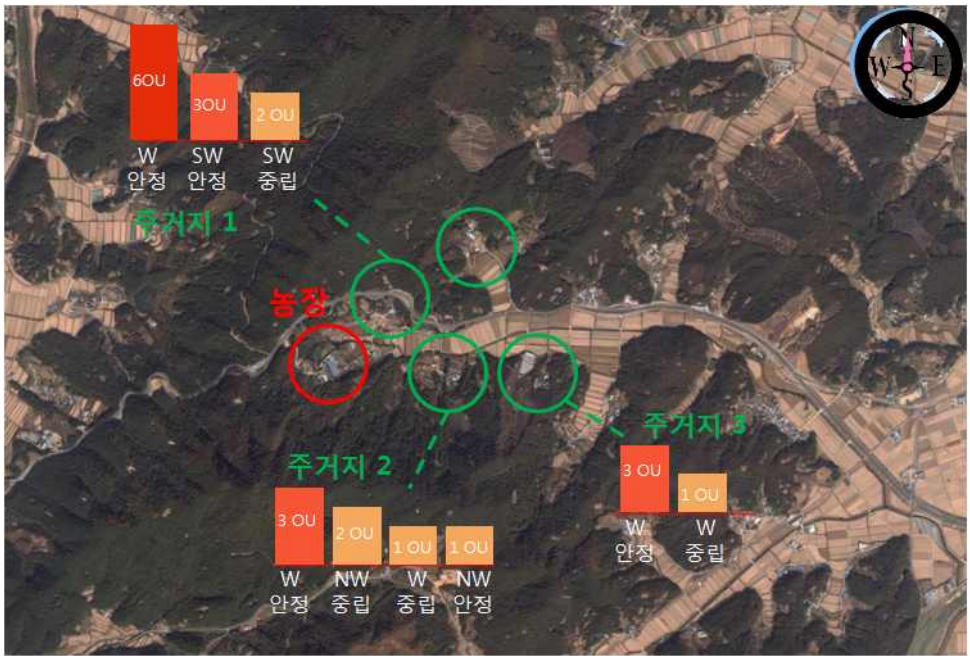


<그림 3-3> 복잡한 지형의 3차원 격자망 모델링 과정 예시

한 예로서 <그림 3-5>는 이러한 비정상 상태의 풍환경에서 악취가 확산되어 나가는 경향을 실시간으로 보여주고 있는 예이다. 풍향과 풍속은 그림에 따라 지속적으로 변화하고 있으며, 각 시간대 T1, T2, T3, T4, T5에서의 악취의 분포 형태를 보여주고 있다. 풍속은 0 ~ 1.2 ms-1 의 범위 내에서 지속적으로 변동하였으며, 풍향은 서풍에서 남서풍과 북서풍으로 지속적으로 변화하는 풍환경이다. 처음에 풍향은 거의 서풍 계열이었으며, 이에 따라 악취 또한 동쪽에서 서쪽의 계곡을 따라 이동하였다. 풍향의 주기적인 변동에 의하여 측방향으로의 확산도 매우 활발하게 이루어졌다. T2 시간 이후 부터는 풍향이 거의 남서풍에 가깝게 형성이 되었고, 농장에서 배출되는 악취 뿐만 아니라 이미 배출되어 확산되고 있던 악취까지 모두 북동쪽으로 확산되는 결과를 보였다. 또한 마지막에는 북서풍에 의하여 악취들이 남동쪽으로 확산되기도 하였다. 이러한 변동에 의하여 악취는 풍하측 전체에 걸쳐 넓게 확산되어 분포되는 결과를 보였다.

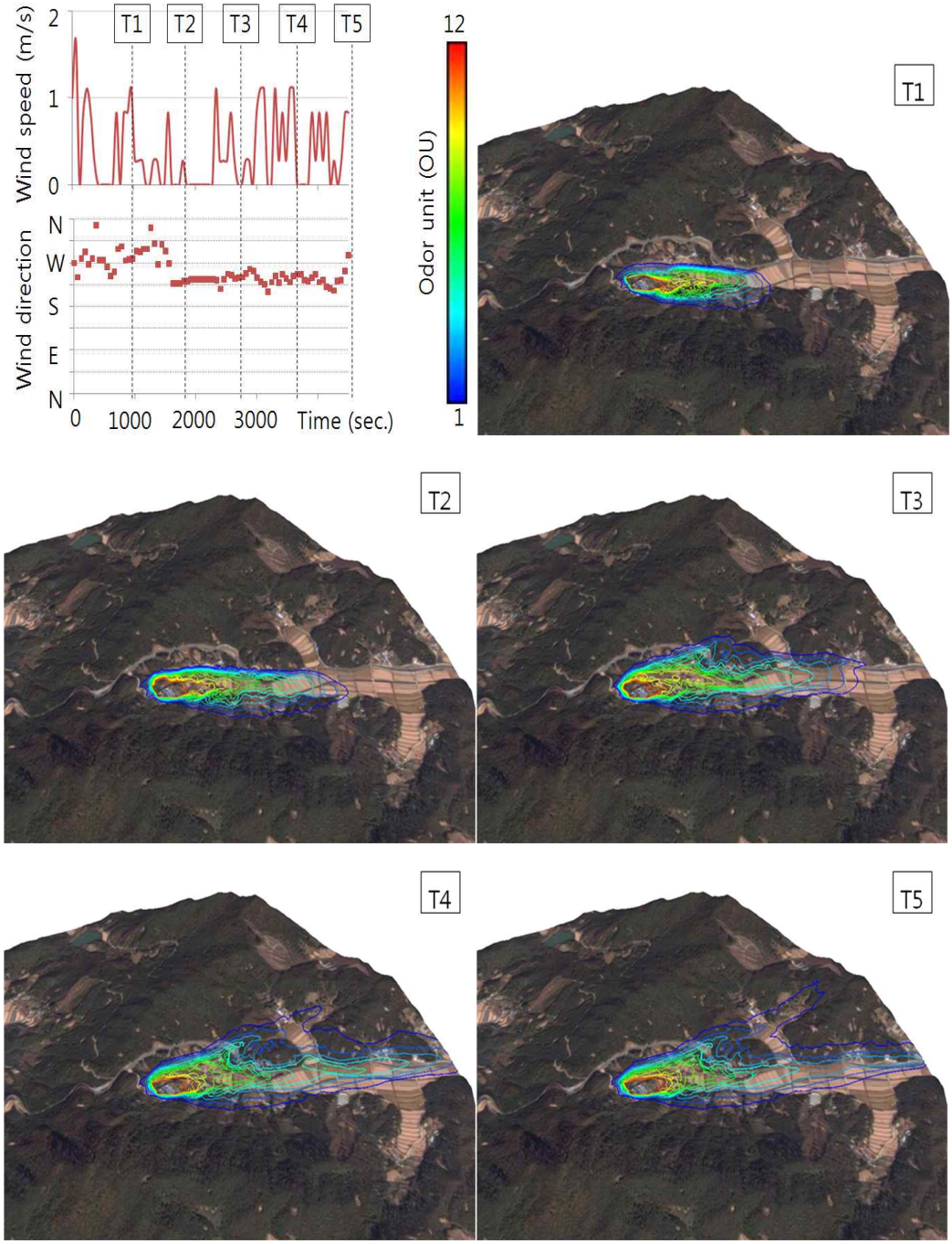


<그림 3-4> 시뮬레이션으로 예측된 악취도와 현장 실험에서 측정된 악취도의 상관성



<그림 3-5> 악취 노출 지역 평가 (풍속 1 m/s)

이 연구를 통하여 축산농장의 특성, 풍환경, 대기안정도, 그리고 주위 지형이 악취확산에 매우 중요한 요인들임을 알 수 있었다.



<그림 3-6> 비정상 상태 풍환경 내에서 시간에 따른 악취 확산 분포의 변화

악취 노출의 가능성이 있는 지역에 대한 기상 환경의 평가는 축산 농장 주위의 악

취 영향도를 쉽게 평가할 수 있는 자료를 제공하며, 농장 측에서는 인근 주거지에서 제기 가능한 악취 민원을 사전에 예상하고 예방하기 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 뿐 아니라 새로운 농장을 건설하는 단계에서 악취 민원을 고려하여 적절한 부지를 선정하는데 활용할 수 있다. 인근 주민 측에서는 각 주거지에서 발생 가능한 악취에 대한 정보를 통하여 사전에 악취를 대비할 수 있는 방안을 제시할 수 있으며, 악취 영향 예경보 시스템으로 확장시켜 보다 체계적인 악취 방지를 실현할 수 있을 것으로 판단된다.

다) 국내에서 이루어진 CFD 모델링 결과의 시사점

농업선진국에서 이미 발표되어 시행되고 있는 축산농장 제한거리 관련 법령들은 다양한 주요 인자들을 고려하여 오랜 조사기간 및 분석을 통하여 이루어진 것이다.

여기에서 간과하지 말아야 할 사항은 이들은 충분히 본인들의 지역에 기상, 농장특성들을 최대한 반영하고자 모델링, 이론분석, 현장조사 등을 충분히 오랫동안 수행하였다는 것이다. 예를 들면, 유럽 등 다른 농업선진국은 축산농장들이 주로 평지에 위치하고 있는 반면 우리나라는 대부분의 축산농장이 방역, 민원 등의 문제로 산속이나 산의 경계에 위치하고 있다. 또한 기상조건도 매우 다른 것을 알아야 한다. 이러한 지역적 및 국지적 특성들을 고려하지 않은 상태에서 성급한 축산시설 설치제한은 문제가 있다는 지적이다. 또한 축산농장에서 악취저감을 위한 노력을 충분히 시도할 수 있는 시간과 함께 적절한 지도와 방향 제시가 이루어져야 한다.

2. 악취 확산거리 예측

가. 가우시안 플룸(Gaussian Plume) 모델의 기본 설계조건

이번 연구에서는 제한된 시간과 예산으로 수행한 관계로, 가우시안 모델 설계시 고려되어야 할 많은 요인들이 충분히 반영된 것은 아니지만, 최대한 실제에 가깝게 만들고자 노력하였다.

기본적인 설계 요인은 다음과 같다.

1) 난류는 random 운동이므로 난류에 의한 확산도 random하게 되므로 농도는 정규분포하게 된다. (Gaussian 확산 가정)

2) 어떤 굴뚝에서 연기가 지속적으로 배출되며, 배출량의 변화나 기상조건의 변화가 없는 정상상태 (steady state)로 가정 (Gaussian plume 가정)

3) 가우시안 플룸의 세부 가정으로는

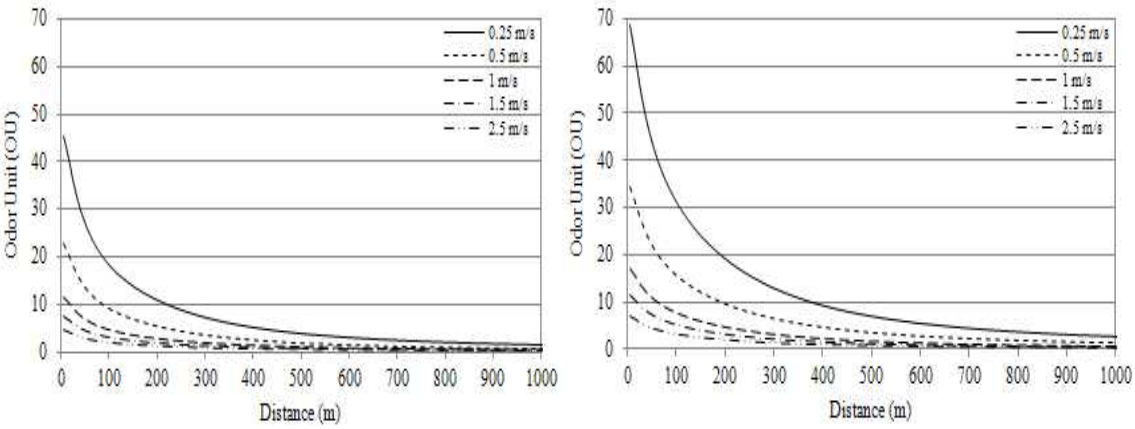
- 풍하방향을 x 축으로 할 경우, v=0, w=0
- x 축방향으로, 이류가 확산보다 현저히 크므로, 확산을 무시하여 kx=0
- 정상상태이므로, ∂C / ∂t =0
- 소 마리당 27 OU m^3/s/ton의 악취발생(한우 500kg, 젖소 700kg) 가정
- 돼지와 닭의 경우 마리당 악취발생량이 각각 6 OU와 0.2 OU로 가정 (DEPP. 2002. Odor Methodology Guideline. Department of Environmental Protection Perth, Western Australia, ISBN 0 7307 6672 1

나. 가우시안 플룸(Gaussian Plume) 모델을 이용한 확산거리 예측

가우시안 플럼 모델을 이용한 돼지와 가금의 규모별 악취 확산 거리를 예측한 결과는 <그림 3-7> 및 <그림 3-8>과 같다.

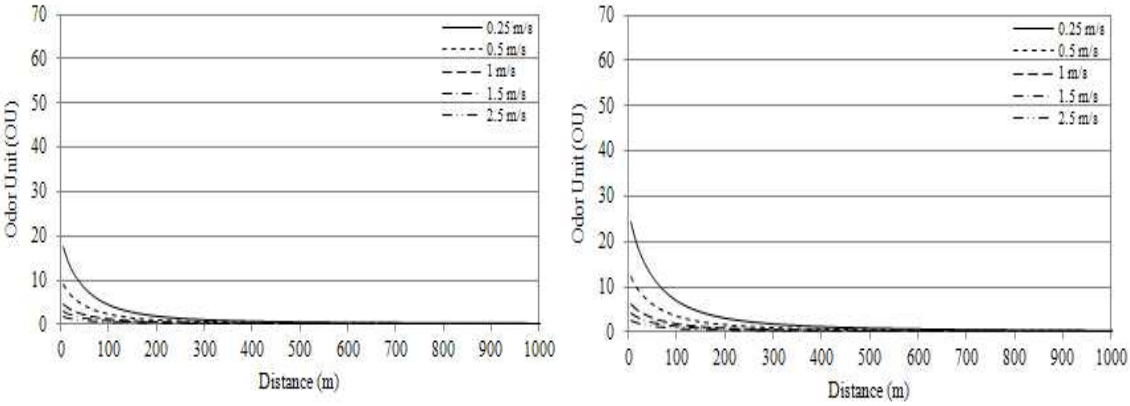
대기안정도가 높은 경우에는 낮은 경우에 비하여 악취 확산 거리가 훨씬 긴 것으로 나타났다. 실제로도 대기안정도가 높은 오전 일찍이나 늦은 오후에 주로 민원이 많이 발생하는 현상과도 일치하는 결과이다.

a) 2,000두(60,000수) 규모 b) 4,000두(120,000수) 이상 규모



<그림 3-7> 대기안정도 높을 때, 돼지와 가금의 규모별 및 풍속별 악취확산 예측거리

a) 2,000두(60,000수) 규모 b) 4,000두(120,000수) 이상 규모

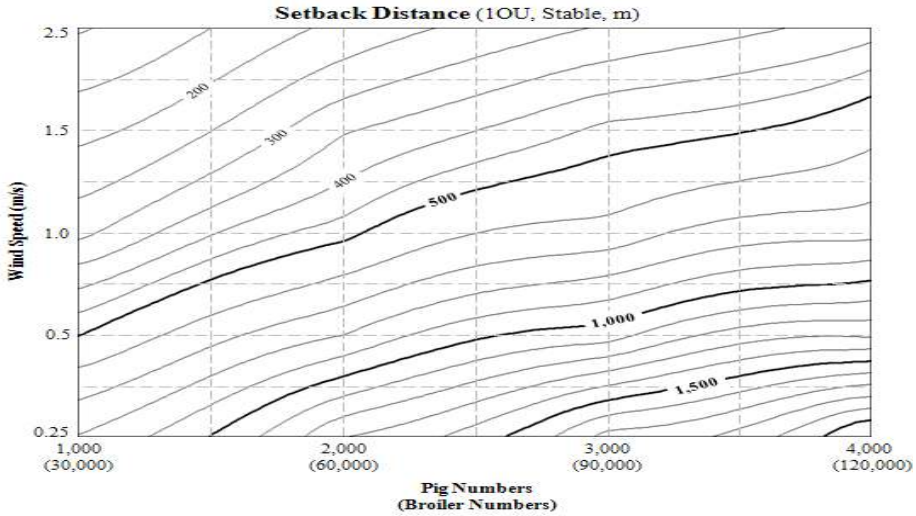


<그림 3-8> 대기안정도 낮을 때, 돼지와 가금의 규모별 및 풍속별 악취확산 예측거리

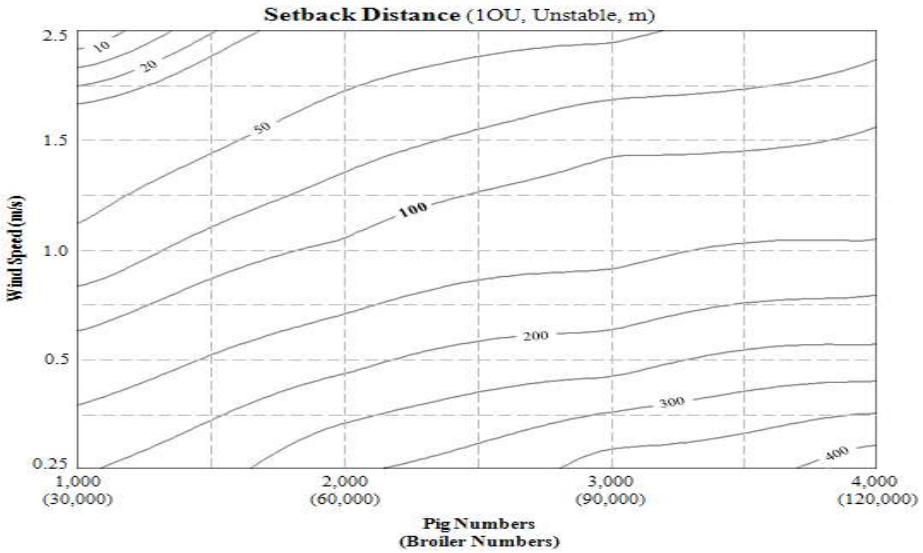
사육규모가 커질수록 발생하는 악취 농도도 증가하여 확산거리 증가에도 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 또한 풍속이 높은 경우보다는 낮은 경우에 확산 거리가 훨씬 더 긴 것을 알 수 있으며, 풍속이 높아질수록 좌우 상하 확산효과가 증가하여 지표면을 따라서 확산되는 거리는 줄어드는 것으로 판단된다.

가우시안 플럼 모델을 돼지와 가금의 규모별, 대기안정도별 및 풍속별 요인들을 복합적으로 고려한 케이스들을 계산하여 이 결과들을 이용하여 작성한 상관곡선표는 <그림 3-9 및 <그림 3-10>과 같다.

a) 대기안정도가 높을 때

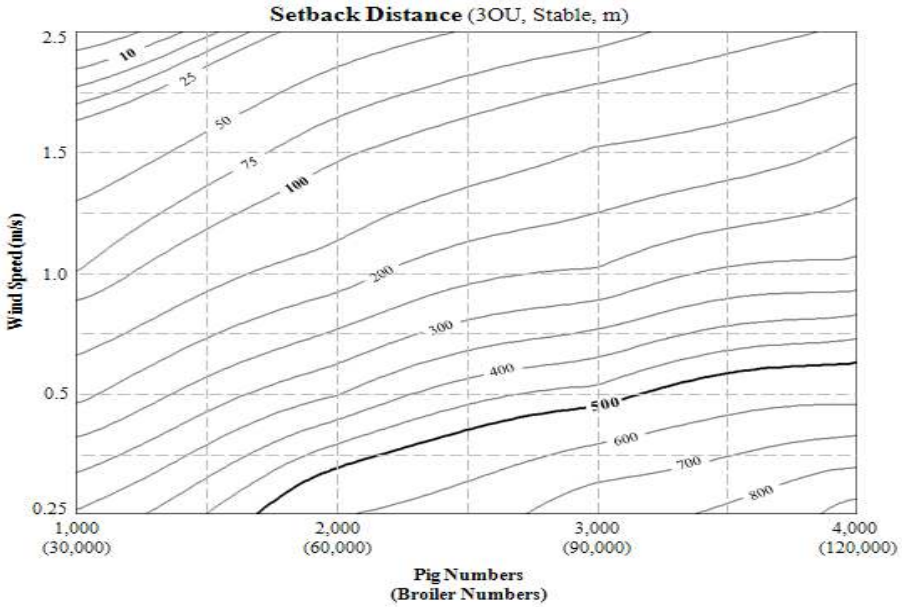


b) 대기안정도가 낮을 때

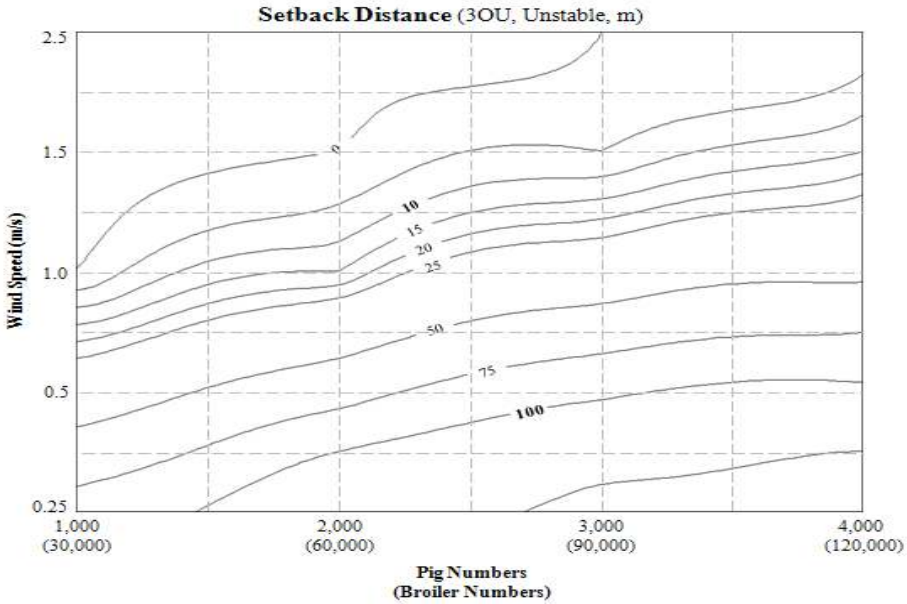


<그림 3-9> 악취감지기준 1OU 적용, 대기안정도, 축종 및 풍속별 확산거리

a) 대기안정도가 높을 때

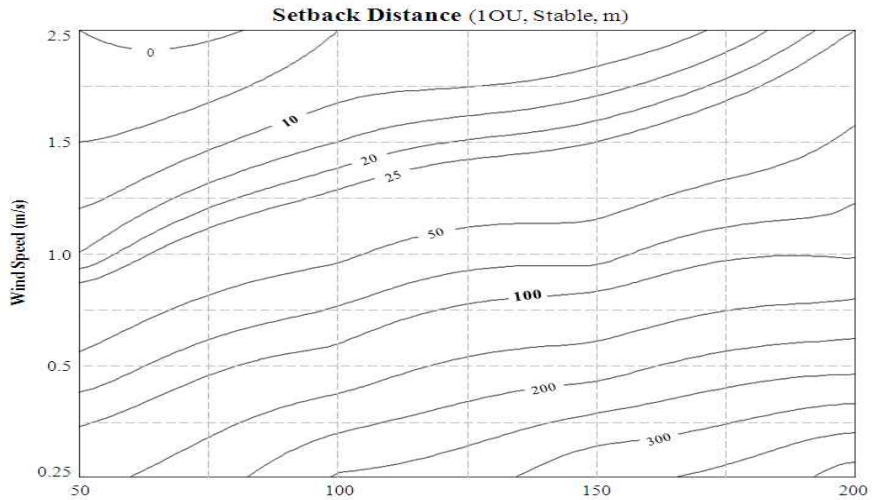


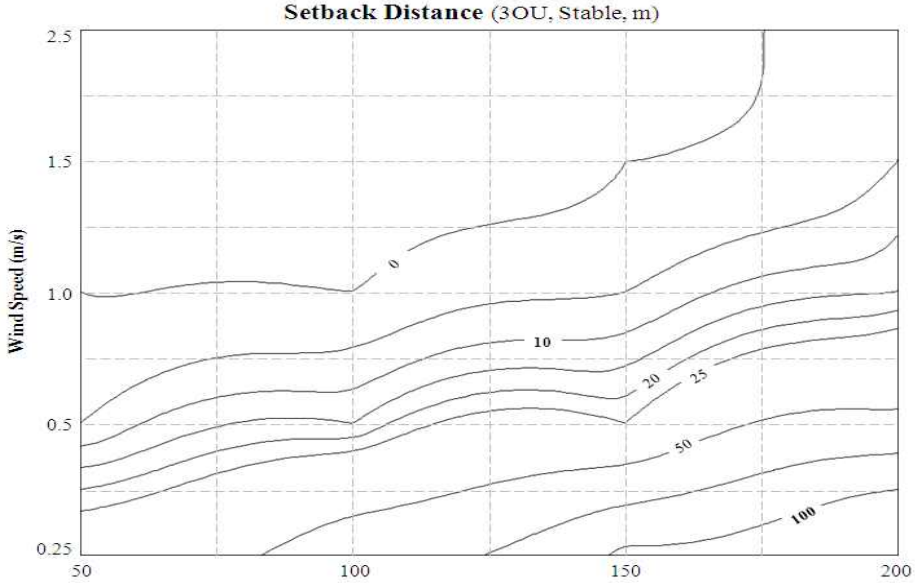
b) 대기안정도가 낮을 때



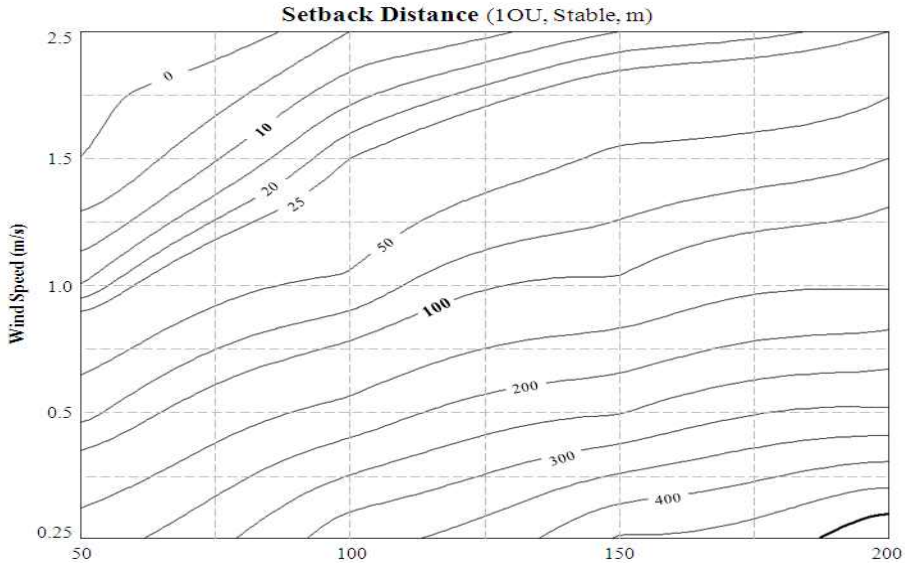
<그림 3-10> 악취감지기준 3OU 적용, 대기안정도, 축종 및 풍속별 확산거리

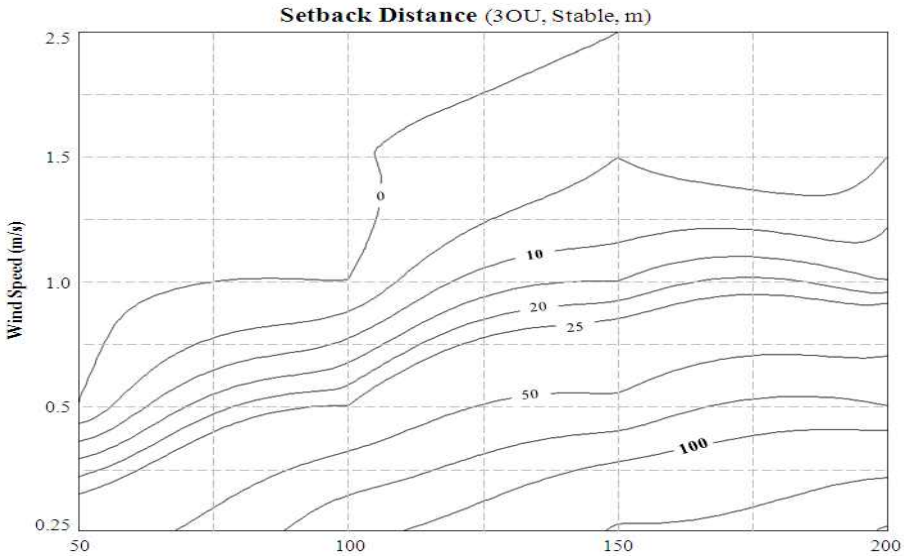
가우시안 플럼 모델을 이용한 소(한우 및 젖소)의 규모별 악취 확산 거리를 예측한 결과는 <그림 3-11> 및 <그림 3-12>와 같다.





<그림 3-11> 대기안정도 높을 때, 한우의 규모와 악취감지기준에 따른 확산거리





<그림 3-12> 대기안정도 높을 때, 젖소의 규모와 악취감지기준에 따른 확산거리

상기와 같은 확산 예측거리는 축산악취 저감에 영향을 미치는 중요한 요인들이 고려되지 않은 상태이며, 대표적인 요인들은 아래와 같다.

1) 농장 방문조사 결과 대부분의 축산농장은 주로 산 속이나 산 경계에 위치하고 있다. 이는 평지에서와 비교하여 상하 좌우로 비산시키는 역할을 하기 때문에 지표면에서의 악취 확산거리를 크게 줄일 수 있는 중요한 요인이다. 위에서 설계한 가우시안 모델은 이러한 지형조건을 고려하지 않고 단지 평지를 가정하여 계산된 것이다.

2) 농장 방문조사 결과 모든 농장들이 악취저감을 위한 환경개선제(미생물, 사료첨가제, 분무, 분말 및 액상)를 활발하게 사용하고 있었다. 이로 인한 악취발생 저감효과는 전혀 고려되지 않았다.

3) 모든 농장들이 농장 환경개선 및 악취(분진) 발생 저감을 위해 일상적이고 정기적인 청결유지, 물청소 등 환경개선 노력을 다양하게 수행하고 있었으나 상기 모델링에서는 이 부분도 고려되지 않았다.

4) 강제환기식 축사 중에 많은 농장들이 측벽 배기가 아닌 지붕 배기를 통하여 수직으로 배기되는 공기를 쏘아 올리는 형태로 인근으로의 악취 확산을 저감하고자 노력하였다. 이 모델에서는 이 또한 고려되지 않았다.

5) 몇몇 농장들은 배기구에서 탈취 장치를 이용하여 배출되는 공기로부터 악취 농도를 저감하고자 노력하였으며, 추후에 이에 대한 노력들이 반영되어야 할 것이다.

다. 악취 확산거리 예측

소(한우, 젖소) 18개소, 돼지 19개소, 가금(닭, 오리) 11개소 총 48개소의 농장의 부지경계선에서 직접관능법에 의한 악취 평가, 암모니아 농도 측정 및 방문조사를 실시하였고 그 결과를 확산거리 예측 모델설계에 반영하였다.

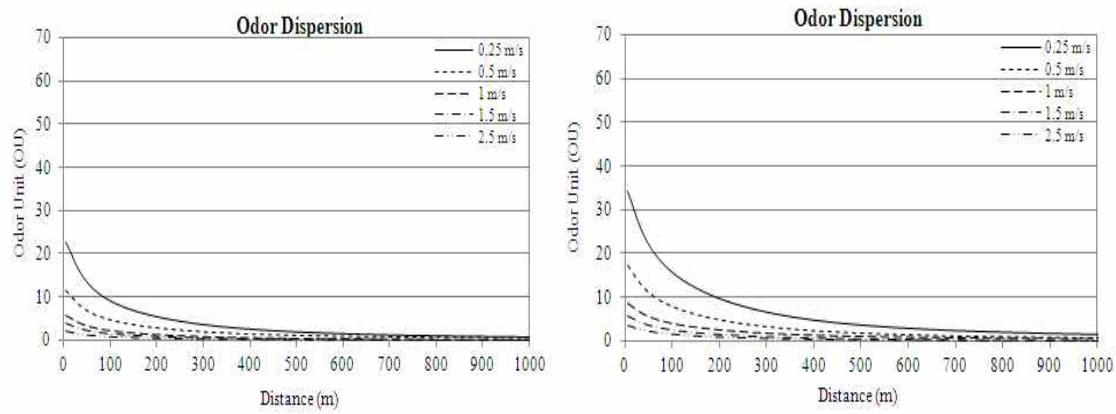
본 연구에서 모델링 작업에 필요한 시간을 충분히 확보하지 못한 짧은 기간이지만 축종별 농장 현장방문을 하여 조사한 결과를 종합하여 다음과 같은 조건을 확산거리 예측 모델에 적용하였다.

1) 악취감지농도 3OU 적용
2) 악취저감을 위한 환경개선제 사용
3) 악취 발생저감을 위한 실제적 관리 적용
4) 대기안정도 높은 조건 적용
5) 풍속 0.5m/s 적용

기본적으로 위와 같은 조건을 적용하였으나 현장조사 결과와 현장여건을 감안하여 연구팀의 판단에 의하여 일정 범위 내에서는 예측모델에 적용하는 조건을 가감하기도 하였다.

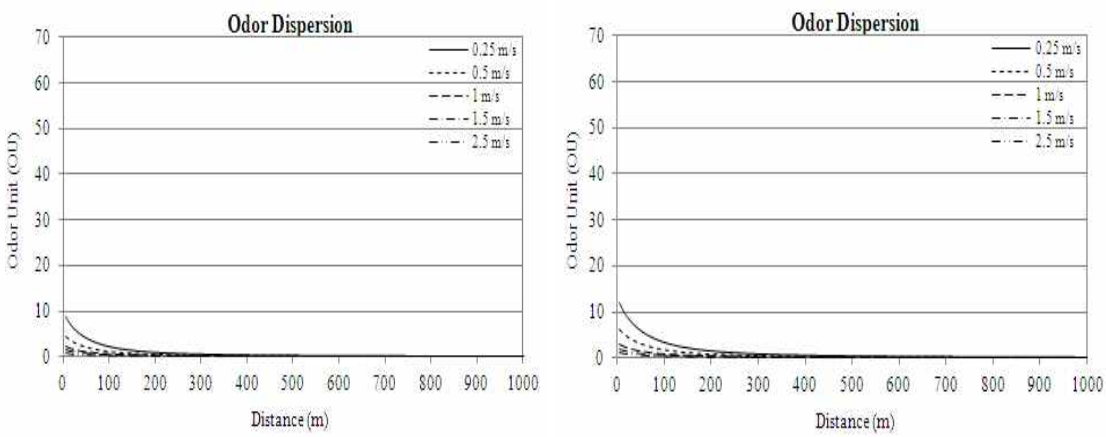
소, 돼지 및 가금 농장 48개소의 현장조사 결과를 바탕으로 가우시안 플럼 모델을 이용한 돼지와 가금의 규모별 및 풍속별 보정된 악취확산 거리를 예측한 결과는 <그림 3-13> 및 <그림 3-14>와 같다.

a) 2,000두 규모 b) 4,000두 이상 규모



<그림 3-13> 대기안정도 높을 때, 돼지와 가금의 규모별 및 풍속별 보정된 악취확산 예측거리

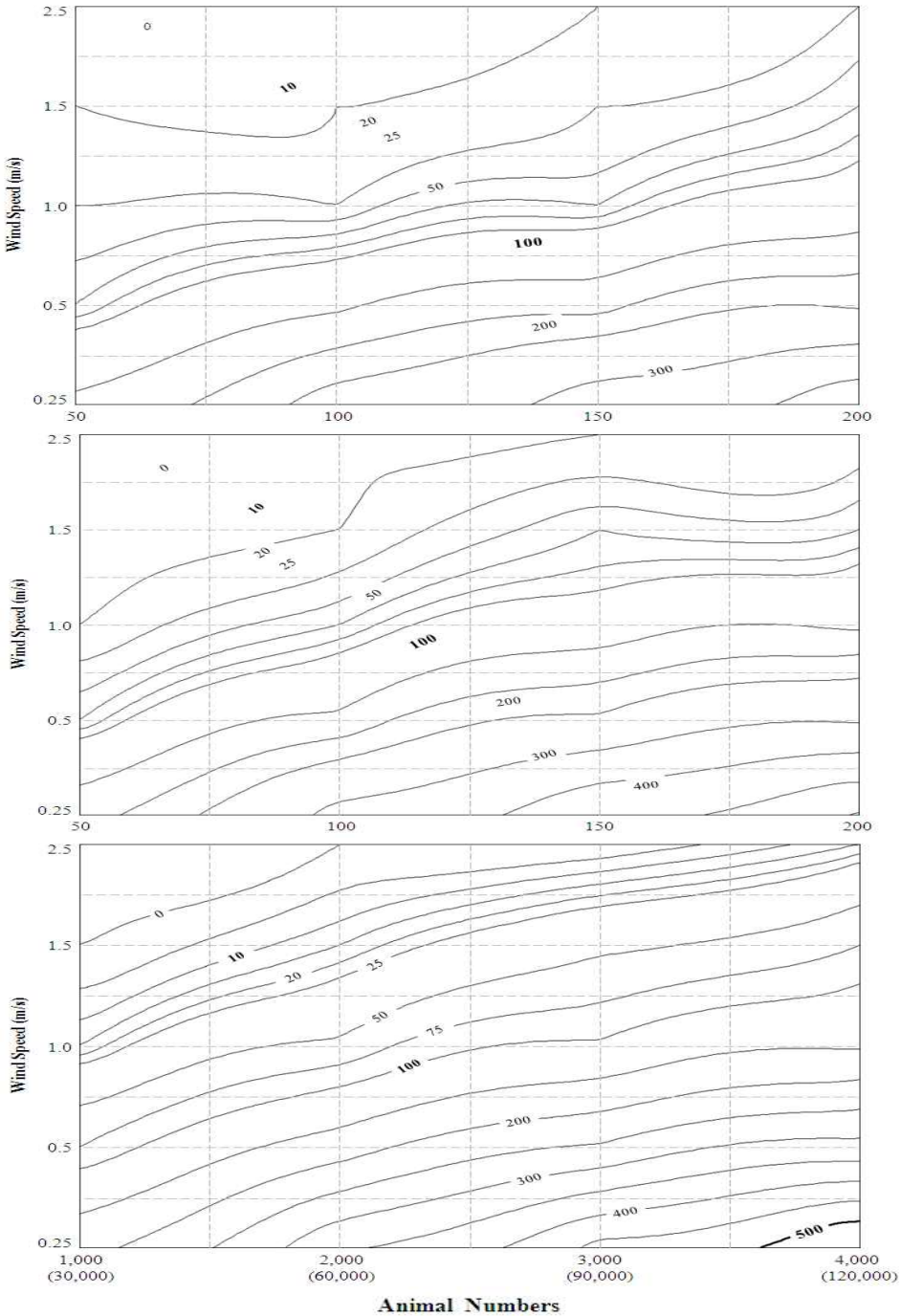
a) 2,000두 규모 b) 4,000두 이상 규모



<그림 3-14> 대기안정도 낮을 때, 돼지와 가금의 규모별 및 풍속별 보정된 악취확산 예측거리

축종별, 풍속별 및 농장 규모별로 다양한 환경조건 하에서 보정된 확산 경향을 계산한 다음에 만든 상관관계표는 <그림 3-15>와 같다.

이들 그래프를 각 축종별, 농장의 특성에 맞게 적용한다면 각 케이스별로 예측이 가능하리라 생각된다. 추후에 연구에서는 가능한 한 가정들을 줄이고 현장의 특성들이 반영되도록 보완하여 신뢰도를 한층 높인 모델을 만들고 데이터를 확보하는 것이 매우 중요한 것으로 사료된다.



<그림 3-15> 축종별, 풍속별 악취 확산거리 추정
(위로부터 한우, 젖소 및 돼지와 가금)

Ⅳ. 축산악취저감 기술 분석

Ⅳ. 축산악취저감 기술 분석

사람들의 주거지역 악취의 관리체계가 지역적이면서 악취 배출원을 없애는 방향으로 이루어지고 있기 때문에 악취와 밀접한 관계가 있는 축산은 직접적인 관리대상 내에 있다. 더욱이 환경문제 해결에 대한 요구와 관심이 주변 및 사회 전반에서 증대되고 있으며 과거에는 축산농장과 멀리 떨어져 있던 주거지가 이제는 도시화, 아파트 단지화로 축사와 인접하게 되고 축사에서 발생되는 악취문제로 일반인들의 불평과 불쾌감 표시 민원은 날로 증가하고 있는 실정이다. 이에 따라 축산농장 특히 양돈장의 악취문제는 또 하나의 환경문제로 해결을 해야 되는 주요 사안으로 자리 잡고 있다.

한편 이제는 농촌마을 주민이라 하더라도 축산농장에서 발생되는 악취를 인내하지 않는 경향 때문에 향후 관련 민원은 더욱 증가할 것이라고 예상된다. 그러나 축산업이 우리사회에 미치는 공익적 기능과 사회적인 기여도까지 무시되어서는 안 되며, 축산 악취문제는 어느 특정그룹만의 문제가 아닌 우리 전체의 문제로 받아들이고 문제해결을 위한 대책을 강구해야 한다.

더불어 세계는 하나라는 취지아래 환경지표의 설정을 통한 환경수준을 국제무역과 연계시키려는 세계적인 흐름 속에서 국내 축산업이 경쟁력이 있는 산업으로 그 기틀을 마련하기 위해서도 친환경 축산업으로의 방향전환은 필연적이라 할 것이다. 이와 같은 방향전환만이 축산업의 장기적인 성장 및 영속성을 보장 받을 수 있다.

축산에서 발생하는 악취발생의 주된 장소는 축사, 분뇨처리시설 등으로 축사에서는 악취가스 농도는 낮지만 가스발생량은 많고, 포집하기 어려운 특징이 있고 분뇨처리시설에서는 반대로 악취가스 농도는 높지만 가스발생량은 적은 특징을 가지고 있다. 따라서 악취발생 장소에 따라 악취방지 대책은 크게 달라져야 하지만, 주로 분뇨처리시설 대응으로서 확립되어 왔기 때문에 축사악취 대책기술의 확립은 늦어지고 있는 실정이다.

이에 악취의 특성상 주로 하절기를 중심으로 강한 취기의 냄새가 발생되면서 지역 주민들의 괴로움을 유발하여 이것이 민원의 형태로 표출되게 된다. 그런데 악취는 바람의 방향과 속도에 따라 피해를 주는 지역과 범위가 달라지므로 불규칙적인 형태로 시민의 불쾌감을 유발하게 되는 특징이 있다.

따라서 축산악취저감 방안으로 사료배합과 연계된 냄새조절 전략, 환경개선제 이용 냄새저감 방안, 돈사시설 개선에 의한 냄새저감 가능성 검토, 돈분뇨처리 및 관리개선에 의한 냄새저감, 돈분뇨 액비저장조 및 액비 시용 시 냄새저감 방안 등 연구결과에 대한 자료 정리보고와, 악취방지법의 법적, 제도적 개선사항에 대하여 종합하였다.

1. 축사내부 악취저감 방안

축사의 악취저감 대책으로는 축사에서 악취발생 방지대책의 기본은 혐기성미생물의 활동을 억제를 위하여 ① 건강한 가축의 적절한 관리와 청소 ② 신선한 분뇨의 조기분리와 축사 밖으로 신속한 반출 ③ 깔짚에 의한 수분 및 악취성분의 흡착 ④ 환기에 의한 악취발생의 억제 등이 필요한데 위의 기본적인 내용을 정확하게 실시한 뒤에 악취방지시설 등을 이용하여야 한다.

가. 화학첨가제 및 미생물 제제

1) 종류 및 탈취 원리

축사에서 발생하는 악취를 단시간 내에 임시적으로 관리할 수 있는 방법은 탈취효과가 있는 미생물 제제와 화학첨가제를 사용하는 것이다. 이러한 악취 제거용 제제는 탈취 원리에 따라 크게 4가지로 마스킹제, 중화제, 생물 혹은 화학적 탈취제 및 흡착제로 구분할 수 있으며, 생물제제 및 화학제제로 대별되기도 한다.

<표 4-1> 분뇨 내 악취 발생 저감방안

기술명	기술의 간단한 설명
기능성 사료 사용	가축이 사료의 영양성분 흡수를 촉진시킬 수 있도록 효소제를 첨가한 사료를 먹이는 방법
사료에 기름 첨가	사료에 기름을 첨가하여 악취 원인물질인 먼지의 발생을 억제하는 방법
분뇨 첨가제	화학 제제나 미생물 제제를 분뇨에 첨가

생물제제에 의한 탈취는 미생물(세균, 곰팡이, 효모 등)에 의한 분해 작용으로 악

취발생 물질의 분해를 촉진시켜 발생하는 악취 분의 양과 질을 변환시키는 작용을 이용하는 것으로 소화효소 및 미생물 배양액들이 상용화되고 있다.

2) 첨가제에 의한 저감

1970년대 이후부터 농촌의 노동력 부족과 화학비료의 사용으로 가축분뇨는 농가가 처리해야 할 폐기물로 전환하게 되었고, 또한 소규모 부업형 축산에서 대규모 전업형으로 집단화됨에 따라 대량의 가축분뇨가 집중적으로 대량 발생하게 되어 축산분뇨의 환경오염문제가 심화되었다. 연구 결과 퇴비화 촉진, 가축의 생산성 향상 등과 같은 효과를 얻었다는 결과에 힘입어 전국적으로 축산환경 개선사업이 확대되게 되었다. 더불어 환경개선 제제를 제조 및 판매하는 회사도 기하급수적으로 증가하게 되었고, 그 만큼 제품의 종류도 매우 다양화되어 소비자의 선택에 있어서 혼란이 가중되고 있는 실정이다.

"축산 환경개선제"란 가축분뇨의 악취 제거 및 파리 발생억제, 액비 및 퇴비화 촉진 등과 같은 다양한 기능을 가진 제품으로 정의하지만, 축산 환경개선제의 기능 중에서 가장 큰 이슈가 되는 것은 악취저감 효과이다.

나. 악취저감제의 분류 및 특징

1) 성상에 따른 분류

▷ 액상형

액상형 제제는 일반적으로 유용 미생물의 배양액 또는 식물 추출물을 제품화한 것으로 사용방법은 음수투여 및 적용대상에 직접 분사 혹은 뿌려서 사용하고 있다.

▷ 분말형

분말형은 액상형의 보관상의 단점을 보강하기 위하여 만들어진 형태로, 사료에 일정비율로 혼합하여 가축에 투여한다.

2) 구성성분에 따른 분류

▷ 유용 미생물(Probiotic)

미생물을 이용한 제품에는 2가지 부류가 있다. 첫째, 분뇨의 악취성분을 대사과정의 일부분으로 이용하여 증식하는 미생물만을 사용하여 만든 제품으로써 가축의 생활환경을 개선함으로써 부가적으로 농가의 수익성을 증대시키는 특징이 있다. 가장

대표적인 미생물로는 광합성 세균(Photosynthetic bacteria)이다.

둘째로는 가축 장내 미생물 균총을 안정화시켜 소화촉진과 사료효율 향상으로 생산성을 증대시키고, 완전히 소화된 분변이 배출되어 악취감소 효과를 얻을 수 있는 미생물을 가지고 만든 제품이다. 가장 대표적인 미생물로는 Lactobacillaceae와 Streptococcaceae, Bacillus coagulans 등이 있다.

▷ 규산염

규산염은 미 국방성에서 야전군 수통의 물이 상하지 않고 몸에 더 좋은 상태로 보존될 수 있는 방법을 연구하다가 실용화된 광물질이다. 현재 규산염은 무공해 청정제로서 반도체 산업과 같은 최첨단 산업에서 식품용기에 이르기까지 널리 사용되는 신소재로서 미국 FDA(미연방 식품의약국)에서 식품 첨가제로 그 무해성을 인정하고 있다. 가장 널리 사용되고 있는 것이 제오라이트(Zeolite) 이다.

▷ 유익 미생물 성장촉진인자(Prebiotic)

가축의 소화관에서 Lactobacillus 및 Bifidobacteria 등과 같은 유익 미생물의 생육인자로 작용하여 장내균총의 균형을 이루게 하여 유해가스 생성을 억제하는 것으로써 플락토올리고당, 키토올리고당 등이 알려져 있다.

▷ 기타

그 외 악취제거용 환경개선제로서 식물추출물 및 효소 등이 있다.

3) 작용기작에 따른 분류

▷ 소취(消臭)작용 기작

소취작용이란 공간 내의 악취분자를 분해 흡착에 의해 무취물질로 변화시켜 제거하는 작용을 말한다. 소취작용에는 작용 매체에 따라 생물학적 소취(生物學的 消臭) 및 물리적 소취(物理的 消臭), 방향 소취(芳香 消臭), 탈취(欬臭) 등으로 나누어진다.

○ 생물학적 소취

소화 및 분변 발효과정에서 발생된 암모니아 및 황화수소, 저급 휘발성지방산, 메틸메르캅탄 등의 악취성분을 광합성 세균 및 식물성 유산균 등과 같은 유용 미생물이 직접 분해시키는 기전을 말한다.

○ 물리적, 방향 소취

제오라이트와 같은 규산염에 흡착시켜 악취를 감소시키는 작용을 물리적 소취, 유카 추출물 및 목초추출물과 같이 악취보다 더 강한 향을 발산하게 함으로써 악취를

희석시키는 작용을 방향 소취라고 한다.

○ 탈취 : 악취성분과 결합하여 공기 중으로 신속히 휘발시키는 작용을 한다.

▷ 소화 작용 기작

소화 작용 기작이란 사료의 소화율 및 장내 균총을 안정화시켜 악취성분의 발생을 감소시키는 기작으로 장내균총을 안정화시키는 미생물, prebiotic, 효소 등이 포함된다고 할 수가 있다.

2. 축사내부 악취제어 기술

축사의 악취를 저감시키는 방법으로 미생물 제제와 화학첨가제 사용 이외에 적절한 환기 시스템의 운영과 오존 또는 이산화염소 처리법이나 먼지제거(포집) 장치 등에 의한 방법들이 적용 가능하다.

가. 환기(ventilation)

축사는 악취가 심해지지 않도록 악취가스, 습도, 열과 먼지 등이 축적되지 않도록 적당한 환기를 유지하여야 한다. 환기시설의 설계와 관리가 잘 된다면 환기시스템만으로도 축사의 내외부의 악취를 현저하게 저감할 수 있다. 그러나 환기만을 잘 한다고 해서 악취문제가 해결되는 것은 아니고, bedding material이나 축사 벽과 바닥표면의 청결과 건조상태의 유지가 필요하다. 축사의 환기 시스템은 강제배기와 자연배기를 사용할 수 있다.

1) 냄새저감을 위한 환기시스템 개선

양돈장 돈사내부에서 발생하는 냄새를 밖으로 배출하는 것은 환기시스템과 밀접한 관계가 있다. 돈사에서 발생하는 냄새를 줄이기 위해서는 돈사의 환기시스템을 개선하여 한다. 따라서 현재 개방식 돈사는 무창돈사로 가능한 개조를 해야 한다.

공기속도의 흐름에 의하여 돈사 내 오염된 공기를 빠르게 돈사외부로 배출시켜주는 덕트입기-측벽배기 시스템이 다른 시스템에 비하여 1/3 정도 적게 측정되었다. 그러므로 환기시스템에 의한 암모니아 가스배출은 공기 입기구에 의하여 좌우됨을 알 수 있다<그림 4-1 참조>.

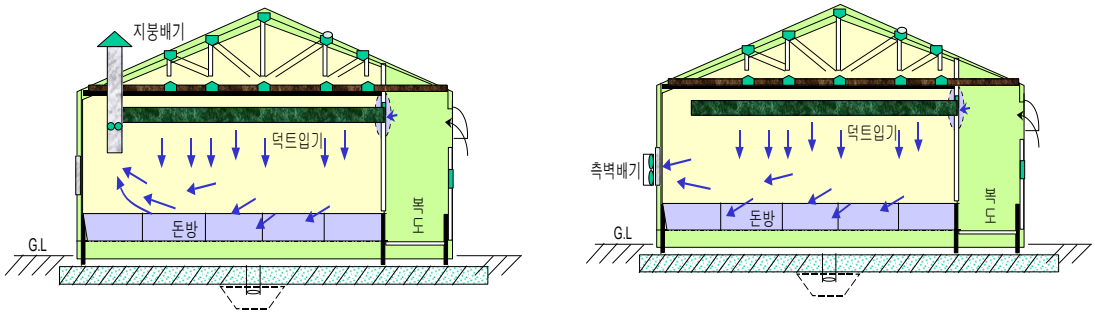
따라서 무창돈사 환기시스템은 그림 3-3에서 보는 것처럼 측벽 덕트입기 측벽배기로 설치하는 것이 냄새 배출과 배출된 냄새를 저감 하는 시설을 설치하기에 매우 효율적이다.

<표 4-2> 환기시스템별 돈사내부 환기형태별 NH_3 농도(분만·자돈사)

(단위 : ppm)

환기방식		조 사 지 점			평 균
입 기	배 기	前	中	後	
측 벽	지 붕	15	14	16	15
천 정	지 붕	17	15	18	17
덕 트	지 붕	12	13	12	12
덕 트	측 벽	10	8	9	9

* 측정 하(下)지점 : 바닥으로부터 30㎝ 상부지점



<그림 4-1> (측벽덕트입기 → 지붕배기) → (측벽덕트입기 → 측벽배기)

가) 환기시스템 적용 방법

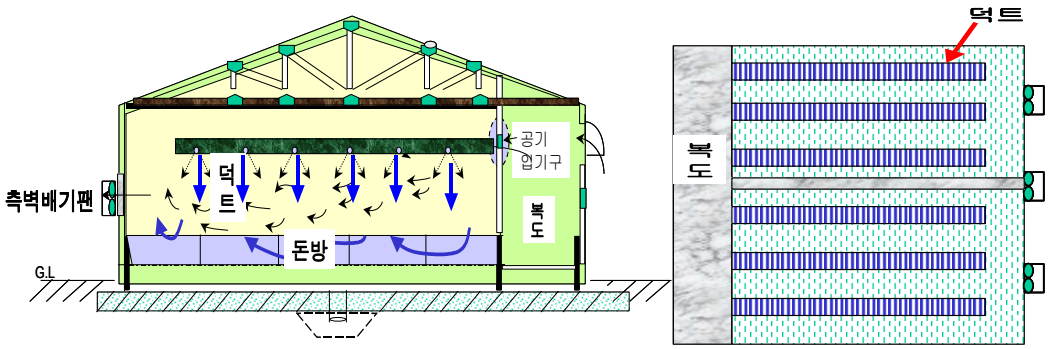
우리나라 대부분의 무창분만·자돈사는 복도를 가지고 있고 폭은 대략 4.6~5.4 m의 폭과 길이는 보통 10~12 m 내외가 대부분이다. 따라서 측벽 덕트입기 → 측벽배기 환기시스템이 정착된다면 돈사내부의 냄새는 30~50% 정도의 저감 시킬 수가 있음을 알 수 있으므로 환기시스템의 적용 방법을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 입기시스템 설치방법

돈사 폭이 대략 4.6~5.4m의 폭과 길이는 보통 10~12m인 돈방 1동의 환기시스템은 출입문 측벽 좌우 상단과 출입문 상단 복도에서의 덕트를 통한 입기를 실시하

고, 돈방 길이가 10m 이내인 경우에는 음압방식 적용이 가능하나 돈사길이가 12m인 경우에 여름철에는 입기되는 공기의 압력유지를 위한 출입문 복도 상단에 속도조절이 되는 입기팬을 설치하여 측벽 배기팬의 부압을 떨어뜨려 줄 수 있는 양압의 입기가 필요하다.

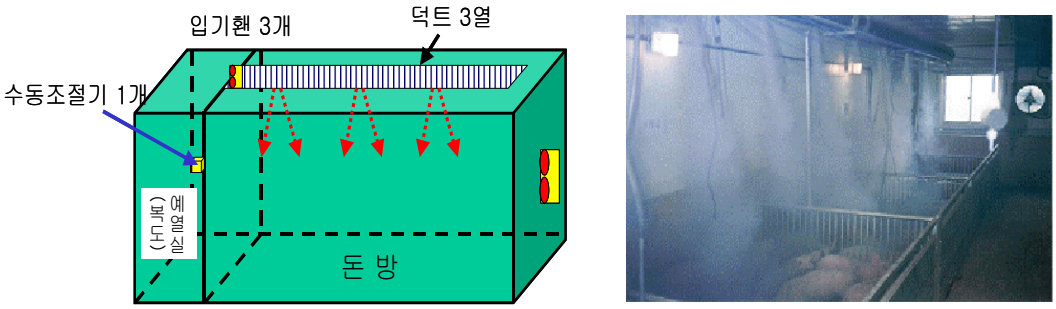
그러나 이러한 시스템의 경우 배기는 자동으로 설정할 수 있으나, 입기는 자동(수동)조절기를 부착하여 현장에 맞게 입기량을 조절하여 주어야 한다. 왜냐하면 겨울철은 거의 음압에 가까운 입기가 되어야 하지만, 여름철은 입기속도를 사육단계별로 조절 강제입기를 실시해주어야 하기 때문이다. 환기시스템의 설치에 있어서 덕트의 설치는 먼저 천장 아래에 플라스틱 주름관 덕트를 설치하는데 이때 덕트 입기 크기는 300mm, 설치높이는 돈방바닥 기준 약 2.2-2.5m 전후에 설치한다. 따라서 덕트입기 3개를 설치할 경우 사계절 모두 사용가능하다. 환기시스템 설치 후 환기 예상 흐름도는 그림 2 에서 보는바와 같다.



<그림 4-2> 예상되는 공기흐름도 및 덕트설치 단면도

(2) 배기시스템 설치방법

환기팬의 용량은 일반적으로 돈사 폭이 대략 4.6~5.4 m의 폭과 길이는 보통 10~12 m인 경우에는 자돈 100두 정도와 분만돈 10두 이내가 사육되므로 환기량(자돈 : 35 cfm/두, 분만돈<이유자돈 포함> : 500 cfm/두)으로 보더라도 5,000 cfm 이므로 배기팬 600 mm의 경우 배기팬 1대가 필요하다. 따라서 돈사 폭의 가운데 배기팬 1대를 측벽의 1/3 하단에 설치하여 준다. 배기팬을 1/3 하단에 설치하여 주는 이유는 돈사내부의 온도 변화를 가장 적게 주는 높이임과 동시에 돈사내부의 먼지를 가장 효율 좋게 배출할 수 있는 높이이기 때문이다.



<그림 4-3> 덕트 설치 위치

2) 먼지제어를 통한 냄새저감

돈사 내 먼지 발생을 저감시키는 것은 작업자의 건강과 돼지의 건강을 좋게 한다. 동시에 배출되는 냄새물질은 먼지에 흡착 멀리 이동한다는 연구보고가 발표되고 있어 먼지제거 노력을 더 한다면 냄새를 멀리까지 이동을 줄이는 하나의 방법일 것이다. 이는 양돈장의 이웃에 사는 일반인들로부터 민원에 대한 압박도 줄일 수 있을 것이다.

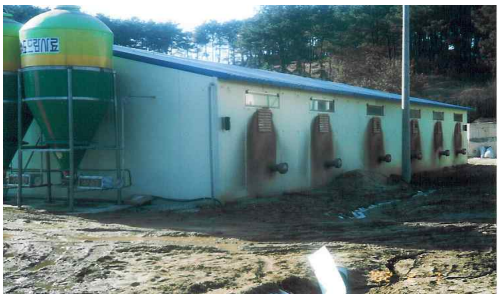
악취화합물이 먼지입자와 부착되어 있기 때문에 먼지수준을 감소시키면 악취수준을 감소시킬 수 있음을 우선 이해해야 한다. 실제 산업공정에서는 입자를 공기 중에 분사시켜 화학물질과 흡착하도록 하여 먼지를 제거하면 화학물질도 제거되는 dry scrubbing방법을 사용한다. 대부분의 돈사에는 공기 중 먼지가 많기 때문에 고농도 악취를 흡착하는 능력도 클 것이다. 그러나 공기 중 고농도의 먼지입단은 여과기능을 방해하며, 세립먼지는 원심기로 포획하기 힘들기 때문에 먼지를 제거하는 일이 쉽지 않다.

먼지의 대부분은 돈사에서 배출되고 주변 환경에 분산된다. 1년에 걸쳐 1,000두 비육돈사의 방출 공기에 있는 2mg/㎥의 평균 먼지 농도와 1시간당 200㎥/LU(LU=가축단위는 500kg 무게와 동일하다)의 평균 환기 속도를 추정하면 1년당 총 먼지 배출량은 500kg 정도이다. 돼지로부터 나오는 호흡 가능한 먼지의 배출량 속도는 한 시간당 60mg/LU 정도이다. 현재 이런 미세한 입자들이 축사주변의 환경에서 얼마나 멀리 분산되는지는 아직 알려져 있지 않다(Hartung, 1998).

먼지발생 및 배출을 최소화하기 위하여 현재 대부분의 양돈장에서는 습식 급이기를 주로 설치하여 돼지에게 사료를 급여하고 있다. 건식 급이를 하는 농가는 습식

급이를 설치함으로써 돼지가 사료를 먹는 동안 발생하는 먼지를 줄일 수 있을 것이다.

<그림 4-4> 돈사 내 쌓인 먼지



<그림 4-5> 환기에 의해 배출되는 먼지

돈사내부에 사용할 수 있는 편리한 공기 여과장치들이 국내에 유통되고 있지만, 너무 많은 먼지들로 인해 통로가 너무 자주 막히므로 양돈장 건물에서는 제대로 실효를 거두지 못하고 있다. 잦은 수리로 인해 여과 효능에 영향이 있고, 경제적인 면에서도 고려해야 된다. 그림에서 보는 것처럼 먼지포집 제거기 등을 설치하면 더욱 효과적일 것이다.

<그림 4-6> 자돈사내 먼지제거기 설치 전경

나. 오존 처리법

오존은 천연원소 중 불소 다음으로 강한 산화력을 갖고 있기 때문에 음료수의 살균정화, 색도의 탈색, 식품 가공에서의 악취제거, 냉장고내의 김치, 된장, 간장, 치즈, 달걀 썩는 냄새 등의 악취를 제거하는데 이용되어 왔다. 특히 최근에는 각종 폐수처리장에서 오존을 이용하는 난 분해성 무기질 및 유기화합물들을 분해시키는데 이용되고 있다. 폐수처리장에서 산성 영역에 용해된 오존분해 속도가 알칼리 영역에서의 오존분해 속도보다 느리기 때문에 잔류 오존이 존재하게 되어 환경 문제를 야기시킬 수 있으며, 오존을 활성탄과 함께 폐수처리에 사용될 때 잔류 오존의 영

향으로 활성탄을 산화 상태로 갖도록 하여 활성탄의 폐수 정화능력을 저하시키는 경우가 있다. 특히 오존은 산화력과 소독효과가 뛰어나고 총 트리할로메탄(THMs) 생성이 없는 등 대단히 좋은 소독제이나 고가이고 잔류소독효과가 빠른 시간에 소모되고 수온이 높아질수록 소비량이 증가하게 된다.

그렇지만 자극성 가스인 오존은 최근 돈사 내부와 외부 분뇨 저장조에서 발생되는 악취조절 가능성과 양돈시설 내부 환경의 개선으로 양돈생산성 및 건강상태를 향상시킬 수 있다는 가능성이 제시되어 관심이 높아지고 있다.

오존은 공기정화를 위하여 150년 이상 사용되어 온 기술이며, 음용수의 소독이나, 살균을 위한 용도로 사용되어 왔으나, 경비가 비싸다는 단점이 있어 돈사시설에 대한 접근은 최근에 이루어졌고 이에 대한 연구결과는 아직 제한된 몇 편에 지나지 않고 있다.

오존을 양돈분뇨의 악취제거용으로 사용한 연구결과를 보면, 16개월 동안 암모니아 농도가 겨울철 환기상태에서는 37ppm과 17ppm으로 나타나 최고 50%까지 감소되었으나, 여름에는 14ppm과 12ppm으로 차이가 거의 없었다고 하여 환기와 오존의 효과가 밀접한 관계가 있음을 밝혔다.

돼지의 건강상태에 대하여 오존을 처리하거나 처리하지 않는 37두의 돼지의 호흡기를 조사하였는데, 시험기간 중 최고 오존 농도가 0.2ppm까지 도달하였지만 두그룹 간에 호흡기관의 조직에는 차이가 없었다고 하였다. 사양시험에서는 오존을 처리한 돈사의 돼지가 사료효율은 약간좋았으나 일당 증체에는 차이가 없었다고 하였다. 또 다른 흥미있는 결과는 오존 처리한 돈사의 돼지들이 더 조용하더라는 사실과 오존 처리한 돈사내 장비들에 대한 부식효과가 더 뚜렷하게 나타나지 않았다는 것이다.

미국에서 발표된 결과에서는 양돈시설에서 발생되는 악취조절을 목적으로 개발, 적용되고 있는 오존 처리 장치의 현장조건에서의 검정을 위하여 터널 환기방식의 비육돈사에서 오존을 0, 0.10 및 0.15ppm 수준으로 처리하고 바닥으로부터 1.8m높이에서 암모니아와 먼지 농도를 조사하였는데, 오존 처리는 암모니아 농도를 58% 감소시켰으며, 먼지는 60% 수준까지 줄어들었음을 확인하였다.

양돈잡지 National Hog Farmer에 소개된 미국의 양돈현장에 적용되어 있는 몇몇 오존처리장치는 양돈시설 내부의 공기를 깨끗하게 하고 먼지를 줄이며, 악취를 현저하게 줄일 수 있다고 하였다. 오존처리 돈사 내에서의 돼지의 성장에 관한 조사

에서도 처음에는 아주 좋다고 생각되었으나 마지막에 가서는 대조구도 비슷하게 좋은 성적을 나타내었기 때문에 차이를 찾을 수 없었으나, 오존처리가 성장에 부정적이지는 않다고 하며, 폐사에 대해서는 오존 처리한 돈사에서 약간 개선되는 것으로 보였는데, 오존처리 돈사에서는 출하시까지 한 마리의 폐사도 없었다고 하였다.

미시간 대학의 연구에서는 양돈분뇨처리 과정의 오존처리는 분뇨를 저장하는 동안에 페놀, 인돌 및 기타 대사산물의 분해를 촉진시켜 결과적으로 악취 저감으로 이어진다고 하였으며, 호기성균, 혐기성균 및 E.coli 같은 병원성 물질이 줄어 오존은 가축분뇨를 처리하는 방법 중에서 악취를 줄이기 위한 다른 화학적 방법보다 훨씬 환경친화적이며 안전하다는 견해를 밝혔다. 그러나 오존처리는 매우 경비가 많이 드는 시스템이다. 경비가 오존처리기술의 적용에 대한 장애물임에는 틀림없다. 경비를 줄이기 위한 방법으로 양돈분뇨의 고형물을 분리하고 액상만 처리한다면 보다 경비를 줄일 수 있을 것이라 하였다.

<그림 4-7> 오존발생기 및 설치 예 (미국 Missouri주)

오존처리로 분명한 가축의 건강상태와 생산능력 개선효과 및 악취저감 효과가 인정된다면 아마도 생산자들은 이 기술을 도입할 것이다. 따라서 저비용으로 오존처리 시스템을 이용할 수 있는 기술에 대한 연구가 있어야 할 것이다.

다. 이산화염소 처리법

이산화염소는 산소계 살균·소독제로서 오존에 이어 가장 강력한 살균력과 탈취. 표백력을 갖고 있는 가스가 용액에 녹아있는 수용성 산화제이다. 수용성이 매우 낮고 경시변화가 심해 보관이 용이치 못하나 부산물로 인한 발암물질 등의 생성이 없고 빛에 의해 쉽게 분해되는 환경친화적 특성 때문에 염소계 소독제의 대체약품으로 활용도가 급속히 확대되고 있는 물질이다.

돈사 내부 및 외부에서의 악취저감 결과를 분석한 결과 Table 1과 같다. 무창 자

돈사내부에서의 암모니아 가스는 이산화염소 가스를 분무하기 전에는 9ppm 전후로 측정되었으나, 이산화염소 가스 분무 후 돈사 내 암모니아 농도는 3ppm 이하로 나타나 70% 이상 저감되었으며 황화수소는 검출이 거의 되지 않았다.

돈사 내 먼지 측정 결과 여름철이라서 그런지 환기에 의한 공기순환이 원활한 것으로 나타났다. 미국의 NIOSH(2010)는 먼지 허용기준 호흡기준 5㎎/ℓ, 총 노출먼지 10㎎/ℓ으로 인간과 동물에 있어서 2.5㎎/ℓ이상을 초과하지 않았다(송 등, 2011). 또한 무창육성비육돈사의 환기시스템에 의한 유해가스(암모니아)의 농도를 분석한 결과로써, 돈사내부는 26㎎/ℓ로 유지되어 따라서 허용농도인 20㎎/ℓ (MWPS-8, 1990)으로 나타나 (Donham 등, 1997)보다 높게 나타났는데 비하여 돈사 외부로 배출된 가스는 이산화염소 가스와 혼합되어 11ppm으로 감소되었으며 바이오커텐 외부에서의 측정 결과 1ppm 이하로 측정되어 암모니아 가스가 거의 측정되지 않았다.

<그림 4-8> 이산화염소 가스분무 장치 및 돈사 내부

그렇지만 우리나라에 건축되어 있는 농장의 대부분은 건물의 폭과 길이 및 환기시스템의 조화가 되어 있지 않아 가스농도는 대부분 10㎎/ℓ을 상회하고 있으며 또한 가축의 생산성에 많은 영향을 미치고 심지어는 폐사에 이르게 하는데, 특히 유해가스(암모니아)의 농도는 미국의 NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health)에 의하면 암모니아 농도의 허용기준을 25㎎/ℓ까지라고 하였다. 따라서 돈사 내부 암모니아 농도를 줄일 수 있는 것으로 판단되었다.

그리고 산화제인 동시에 살균제인 고순도의 이산화염(ClO_2)를 제조하는 "이산화염소발생기"는 염소, 오존, 염화브롬, 클로라민, 과망간산염 등 기존의 산화·살균제에 비해 각종 Virus, 원생동물 등을 완전 제거하는 강한 살균력과 발암성 원인물질 등 유해한 소독부산물을 생성하지 않는 많은 장점으로 인하여 정수장, 중수도, 오·폐

수 및 하수처리장, 양식장, 각종 산업체 공용용수 분야 등으로 이산화염소를 사용하는 응용분야가 점차 전산업 분야를 상대로 확대되고 있다.

3. 축사외부 악취제거 기술

가. 시설 및 환기 관리

○ 개방식 축사보다 무창식 축사가 배출되는 악취를 제어하기가 쉽다.

○ 축사 내에서 발생되는 먼지는 환기 과정 중 축사 밖으로 배출된다.

- 축사 배기휀으로부터의 악취포집 유리

<표 4-3> 악취 배출 제어기술 종류 및 특성

처리기술명	기술의 간단한 설명
바이오필터	• 악취가스를 필터에 통과시켜 미생물에 의해 악취물질들을 산화하여 제거하는 방법 • 유지관리비 저렴 • 복합 악취에 대해 처리 성능 우수
활성탄 흡착법	• 활성탄에 악취물질을 흡착하여 악취를 제거하는 방법 • 악취물질 농도가 수 ppm으로 낮은 경우 설치비 등이 저렴하고 장치 간단 • 고농도의 경우 교체 비용 및 유지관리비 매우 높음
생물적 화학적 습식 스크러버	• 악취가스를 충전탑에 통과시켜 물이나 화학물질을 살포하여 화학반응이나 생물반응이 용이하도록 하여 악취 제거 • 설치비 및 폐액 처리비용 고가 • 산성 및 염기성 악취물질 동시 존재시 처리 성능 저하
플라즈마	• 악취가스를 플라즈마를 통과시켜 산화하여 제거 • 장치비용 고가, 고농도에서 효율 저하
오 존	• 오존을 악취를 산화할 수 있도록 통풍 공기에 주입 • 위험성 문제 때문에 고농도 오존 사용이 어려움 → 고농도 악취에 적용 불가능
이산화염소	• 이산화염소의 장점은 유기물을 산화시키지 않는다. • 산소계 살균소독제로 염소계(락스류)보다 산화력이 약 2.5배 강함 • 바이러스 및 녹조류 제거에 넓은 pH 영역(2~10)에서 살균력 발휘

나. 배기가스 악취 처리 기술

악취와 같은 오염물질을 함유한 배기가스의 오염물질들을 처리하기 위해 사용할 수 있는 기술들은 습식세정기(wet scrubber), 흡착법, 소각법, 바이오필터, plasma 등의 다양한 방법들을 사용할 수 있다. 소각법은 고농도의 오염물질을 함유한 폐가스를 소각시키는 방법으로 오염공기를 효율적으로 처리할 수 있는 방법 중 하나이나 운전비와 시설비가 많이 소요되고 운전이 용이하지 않기 때문에 양돈시설에는 부적합하다. 또한 활성탄 또는 제올라이트와 같은 흡착제가 충전된 충전탑에 악취가스를 통과시켜 악취물질을 제거하는 흡착법의 경우, 흡착제의 재생 또는 교체 비용 등이 많이 소요되기 때문에 양돈시설에 적용하는 것은 부적합하다. 따라서 경제성과 효율성, 조업의 편리성 등을 고려할 때 축사, 분뇨저장 시설, 폐수처리 시설 등과 같은 양돈시설들에서 배출되는 악취 처리에 적용 가능한 기술은 습식세정법이나 바이오필터법으로 평가되고 있다. 현재 배출 악취가스를 처리함에 있어 가장 효율적이고 경제적인 방법은 바이오필터이며, 선진국에서 가장 많이 이용되는 방법이다.

<표 4-4> 축사에서 배출되는 악취가스 처리방법 비교

기 술	특 징	장 점	단 점	비 용
바이오 필터	• 악취가스를 퇴비, 우드칩, 세라믹 등과 같은 담체에 통과시키면서 생물작용에 의해 악취물질이 분해됨	• 악취저감 효율 매우 우수	• 압력손실로 인해 특수 fan 설치가 요구되는 경우가 있음	0.5-0.8 $/pig
습식 스크러버	• 악취가스를 담체에 통과시키고, 물 혹은 약품을 반응기 상단에 스프레이, 생물 혹은 화학적 작용에 의해 악취물질이 분해됨	• 악취저감 효율 우수	• 시설비와 운전비(약품비)가 고가, 폐수처리 필요	-

1) 습식 세정기

배기가스 중의 악취저감을 위해 사용할 수 있는 습식세정법인 스크러버나 바이오스크러버(bioscrubber) 등이다. 스크러버는 축사 배기악취 공기를 세정기에서 악취물질을 흡수, 중화, 또는 산화 분해할 수 있는 화학 세정액들과 접촉시켜 처리하는 방법이다. 약액 세정기는 수용성, 산알카리 반응성 가스의 처리에 유리하고 중간 규모

의 시설에 적합하다. 설치비가 다소 저렴하긴 하지만 약품 사용에 따른 2차 환경오염 문제의 유발과 운전비가 많이 소요되며, 휘발성 유기화합물들의 처리에는 효과적이지 못한 단점이 있다. 따라서 약액 세정기는 대규모 양돈시설에 적용하기는 부적합한 것으로 사료된다.

스크러버는 돈사 배기악취 공기를 세정기에서 악취물질을 흡수, 중화, 또는 산화분해할 수 있는 화학 세정액들과 접촉시켜 처리하는 방법이다. 약액 세정기는 수용성, 산알카리 반응성 가스의 처리에 유리하고 중간 규모의 시설에 적합하다. 설치비가 다소 저렴하긴 하지만 약품 사용에 따른 2차 환경오염 문제의 유발과 운전비가 많이 소요되며, 휘발성 유기화합물들의 처리에는 효과적이지 못한 단점이 있다. 따라서 약액 세정기는 대규모 양돈시설에 적용하기는 부적합한 것으로 사료된다.

바이오스크러버는 악취물질을 분해할 수 있는 탈취 미생물 배양액을 악취를 함유한 배기가스와 접촉시켜 악취물질을 살수액에 용해시켜 탈취 미생물들이 이들 물질을 분해하는 방법이다. 이 방법은 복합 악취물질의 처리에 적합한 것으로 평가되고 있으나, 양돈시설에 적용한 예는 아직은 없는 것으로 보인다.

이들 습식 세정기들은 약 90% 이상의 탈취율이 있는 것으로 평가되고 있다. 세정기는 이산화탄소, 분진, 세균과 곰팡이 포자의 제거에도 효과적이다. 선진외국에서도 양돈시설에 습식 세정기를 광범위하게 사용되지는 않고 있으며, 돈사 악취제거용의 공기 세정기를 현재 개발 중에 있다.

습식가스 세정시스템(Wet scrubber system)이 계속적으로 환기가 되고 있는 돈사에서 냄새를 제거하는 효과가 있음을 보여주고 있다. 습식가스 세정시스템이 작동되는 동안에는 물이 뿌려지면서 먼지 입자들을 제거시키는 휀이 계속해서 움직이게 된다. 특별한 수분제거 시스템이 수분뿐만 아니라 먼지도 함께 제거되도록 하게 해준다. 이러한 방법은 휀의 에너지 효율과 공기흐름을 줄어들게 하지 않으면서 효과를 볼 수 있다.

<그림 4-9>에서 보는 것처럼 배출되는 먼지를 제거하기 위하여 배기팬에 습식 스크러버를 부착 사용하는 방법으로 팬의 공기유속을 23% 이하로 감소시키나 먼지제거, 수용성인 암모니아 저감율은 약 30～52% 정도이었다고 미국 일리노이대학교에서 보고 하였다. 그러나 발생하는 악취 대하여 확실한 효과, 공기유속 감소 문제 등 가동비용 등 좀더 해결하면 가능성이 있는 것으로 보고 있다.

<그림 4-9> 측벽 배기팬에 부착 먼지와 악취제거 예

또 다른 연구에서 돈사의 환기공기를 대기로 배출하기 전에 먼지를 제거하기 위하여 습식 scrubbers를 개발하였다. 실제로 이 시스템은 공기유동을 방해하지 않으며, 물로 세척하면 다시 사용할 수 있는 장점이 있다. 일리노이대학에서 개발한 이 시스템은 팬효율은 1.5% 밖에 감소시키지 않으나 공기 중 먼지는 질량기준으로 80%까지 감소시킨다. 물은 공기 중의 수용화합물을 흡착하므로 습식 scrubber는 공기와 물의 접촉시간, 물 사용량 등에 따라 공기 중의 전휘발 유기화합물의 1/3~2/3을 제거할 수 있음을 보고하였다.

이들 습식 세정기들은 초기에는 약 90% 이상의 탈취율이 있지만 시간이 경과할수록 물만으로는 악취를 제어하는 능력이 부족하므로 반드시 추가적으로 화학적인 약품에 의한 시설이 필요하다.

2) 바이오필터

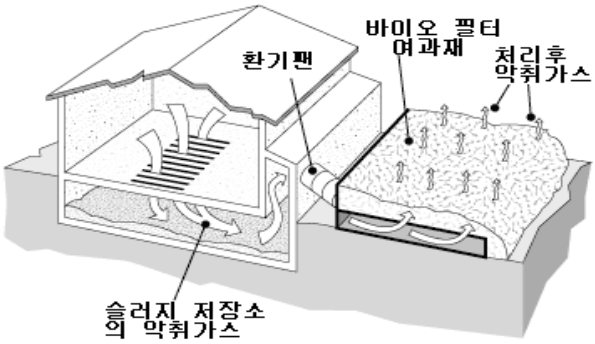
악취저감을 위해 현재 사용 가능한 방법으로 무창축사 내 설치하는 생물여과방법과 무창축사 시설 중 피트 내 슬러리 저장조에 연계 또는 측벽 배기휀에 적용하고 있는 환기시설에 생물여과장치를 부착하는 방식이다. 현재 농가에 적용 중인 시설의 환기용량은 대부분의 경우 생물여과에 필요한 환기량에 미치지 못하고 있어 생물여과 적용 시에는 추가적인 설비가 필요하다. 그리고 시설 내의 부유먼지가 생물여과장치의 환기팬에 부착하여 결과적으로 환기량 감소로 인해 제거효율이 감소할 수 있어 먼지제거 과정이 추가적으로 필요할 수 있다.

배출되는 악취를 처리함에 있어 가장 효율적이고 경제적인 방법은 바이오필터이며, 선진국에서 가장 많이 이용되는 방법으로. 돈사에서 발생한 악취를 탈취하기 위한 생물학적 여과(일명 : 바이오필터) 기술은 악취를 미생물, 산소, 수분 및 영양물

질 등이 충족되어 있는 충전물질에 통과시켜 물과 CO_2 등 무해성분으로 전환시키는 공정으로써 1960년대 후반에 독일의 축사에서 최초로 이용되었고, 1984년에 스웨덴에서 사용되었다(Bohn, 1996).

생물학적 여과장치인 바이오필터 시스템은 필터의 재질로 이용되는 톱밥, 우드칩, 왕겨 등이 대기 중으로 개방이 되어 있으면 개방형 바이오필터라 하고 이들이 밀폐되어 있으면 밀폐형 바이오필터로 불리어진다.

생물여과단 <그림 4-10>과 같이 밀폐형 사육시설 중 슬러리 피트에 적용하고 있는 환기시설에 생물여과장치를 부착하는 방식으로 암모니아 및 황화수소를 처리할 수 있는 저감방법이다. 여과물질은 다공성이 있어야 되며 혼합배양토, 목편, 부피성 톱밥, 퇴비 등을 이용하며 두께는 25～50 cm 정도로 <그림 10>과 같이 설치한다.



<그림 4-10> 생물여과장치 악취처리 방식

생물여과의 설치규모는 환기량 0.4885m^3/s당 생물여과 면적이 4.6～8.0m^2가 일반적으로 요구된다. 그러나 현재 농가에 적용중인 시설의 환기용량은 대부분의 경우 생물여과에 필요한 환기량에 미치지 못하고 있어 생물여과 적용 시에는 추가적인 설비가 필요하다.

시설 내의 부유먼지가 생물여과장치 환기팬에 부착팬 결과적으로 환기량의 감소로 인해 제거효율이 감소할 수 있어 먼지제거 과정이 추가적으로 필요할 수 있다. 악취감소는 50～90% 라고 보고 되고 있다.

국립축산과학원에서의 연구결과 겨울철 밀폐환기 적용 시 최대 악취물질 95%의 저감효과가 있는 것으로 조사되었다. 여름철의 경우는 내부 온도 상승에 따라 환기량을 늘리는 방식을 적용하고 있었다. 또한 생물여과 장치는 덮개시설을 적용한 퇴비 저장조에도 적용할 수 있다.

가) 개방형 바이오필터 설치방법

국내 무창돈사 측벽 배기휀에 부착된 개방형 바이오필터는 <그림 4-11>과 같다. 이 때 개방형 바이오필터의 충진(充塡)물질을 통과하는 악취가스는 밀폐형 바이오필터와 마찬가지로 확산, 흡착 그리고 생물학적 분해 단계를 거치게 된다.

주요구성은 공기저류부, 메인부(바이오필터), 배출부로 되어 있다. 개방형 바이오필터에 이용되는 필터에 여재는 왕겨, 볏짚, 톱밥 및 우드칩을 사용한다.

<그림 4-11> 개방형 바이오필터 시스템

나) 개방형 바이오필터 설치효과

바이오필터에 부자재를 충진하여 한 여름철 최대 배기 시 바이오필터 외부로 배출되는 공기 속도 측정은 외기의 영향을 받지 않도록 필터상의 높이가 60cm 인데 비하여 충전된 필터여재는 최대 30cm이었으므로, 필터 상부 10cm 지점에서 측정하였다. 조사한 결과는 <표 5>와 같으며 볏짚(.0.72 ㎧), 우드칩(0.64 ㎧), 왕겨(0.48 ㎧), 톱밥(0.17 ㎧)순으로 측정되었다. 바이오필터 외부 공기속도는 아래와 같게 나타났다.

<표 4-5> 바이오필터 여재 종류별 공기투과 속도 (unit : ㎧)

구분	공기 속도
왕 겨	0.48
볏 짚	0.72
톱 밥	0.17
우드칩	0.64

* 측정돈사 : 고상식돈사

실험기간 동안 초기 5일째 부자재에 따른 가스 및 먼지의 변화는 <표 4-5>에 나타나 있다. 가스검지기(GV-100)에 의한 간이 측정시 암모니아(NH_3) 농도는 볏짚(7

㎎/ℓ), 왕겨(4 ㎎/ℓ), 톱밥(3 ㎎/ℓ) 및 우드칩(3 ㎎/ℓ)로 측정되어 부자재 사이의 공극율이 높은 볏짚이 높게 나타났다. 황화수소(H_2S) 측정결과 암모니아와 동일하게 공극율이 높은 볏짚이 1 ㎎/ℓ로 검출되었으나 나머지 부자재는 검출되지 않았다.

<표 4-6> 바이오필터 통과 후 악취가스 농도

구분	NH_3, ㎎/ℓ	H_2S, ㎎/ℓ	Dust, ㎎/m^3	CO_2, ㎎/ℓ
돈사내부	13	4	93	780
왕 겨	4	N.D.	53	510
볏 짚	7	1	99	550
톱 밥	3	N.D.	38	380
우드칩	3	N.D.	41	470

* Measured by gas chromatography , 측정돈사 : 고상식돈사

부자재에 따른 필터외부에서의 먼지측정 결과 볏짚(99 ㎎/m3), 왕겨(53 ㎎/m3), 톱밥(38 ㎎/m3) 및 우드칩(41 ㎎/m3)으로 측정되어 볏짚은 여재 특성상 함유하고 있는 자체 먼지가 볏짚간의 넓은 공극에서 발생하는 먼지 및 돈사내부의 먼지가 혼합되어 필터 외부로 배출되어 돈사내부보다 높게 측정되었다.

바이오필터는 양돈 시설에서 발생되는 악취물질과 휘발성 유기화합물들을 미생물의 분해작용에 의해 무취한 이산화탄소나 물로 분해시키는 방법으로 저농도 악취제거에 효과적이다. 바이오필터 충전제로는 목편, 퇴비, peat, 세라믹, 다공성 고분자물질 등 다양한 재료들을 충전제로 사용할 수 있다. 바이오필터의 수명은 약 10년 이상인 것으로 평가되었고, 탈취효율은 80~95%의 우수한 탈취효율을 제공하는 것으로 평가되고 있지만 여름철 최대환기 시 부하를 받는 단점이 있다.

3) 악취 확산의 방지

악취를 전달하는 물질은 먼지이므로 무엇보다도 악취 확산을 방지하기 위해서는 농장에서 발생하는 먼지제거를 위한 시설을 필요로 한다. 제거 장치로는 먼지제거 장치 또는 방풍림이나 방풍벽을 설치를 한다.

○ 방풍림(shelterbelts)이나 방풍벽(windbreak walls)을 설치하거나 악취원들이 일정한 이격거리를 유지하도록 하는 것들이 악취의 확산과 희석 기술들이다.

○ 가장 효과적인 방법은 일정한 이격거리를 유지하는 것이다.

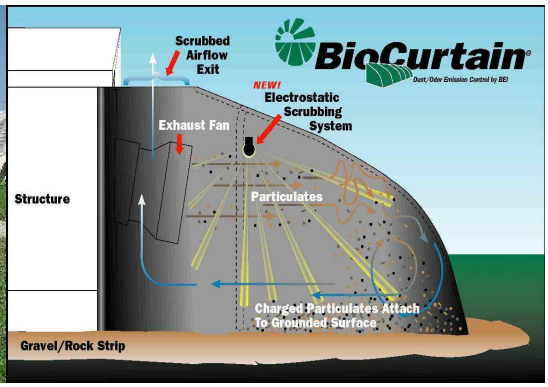
○ 방풍림의 설치는 방풍림에 의해 난류가 증가되어 악취공기를 희석시켜 주는 효과의 향상과 나뭇잎에 의한 악취가스 흡착에 의한 악취저감 효과이다.

○ 방풍벽이든 먼지제거 장치이든 반드시 축사의 환기에 영향을 주지 않게 설계를 하여야 한다.

가) 바이오 커튼과 방풍댐 이용 악취저감

○ 설치 방법

미국에서 농장에 설치하여 활용하고 있는 것으로 측벽배기를 하는 무창돈사에 반쪽하우스 형태의 파이프 구조에 차광막처럼 된 커버를 씌워 돈사내에서 배출되는 먼지와 악취를 줄이도록 하는 방법이다.



<그림 4-12> 바이오 커버와 방풍댐 이용 먼지와 악취확산 방지

○ 설치효과

암모니아 농도는 바이오커튼, 방풍댐과 미설치(대조구)에서 뚜렷한 유의적 경향이 없으나 일일에는 약간의 변화를 가능성을 보였으며, 바이오커튼과 방풍벽에서 나타난 측정수치는 아마도 암모니아나 악취를 낮추지 못하나, 바람으로 악취를 대기로 상승시키게 하는 경향으로 악취가 이웃에 도착 전에 더욱더 효과적으로 희석된다고 추정하고 있다. 즉 사람이 지면에서 낮은 악취 농도를 검지하므로 바이오커튼이나 방풍벽에서 가스가 없는 경우로 비유되고 있다.

이 한정된 평가를 기초로, 방풍벽과 혹은 바이오커튼이 임신돈사와 분만돈사로부터 배출되는 악취에 긍정적인 영향이 있다고 결론내리는 것은 불가능 하나, 먼지 측정은 실험 처리별로 방풍벽과 바이오커튼에 남아있는 먼지입자 크기에서 다양한 효과를 보였다고 보고하고 있다.

이 방법은 현재 국내에는 설치되어 있지 않으나 앞으로 검토 후 국내 실정에 맞게 변형해서 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

나) 방풍림 이용 악취 확산의 방지

방풍림(shelterbelts)을 설치 방풍림에 의해 난류가 증가되어 악취공기를 희석시켜 주는 효과의 향상과 악취를 먼 거리 까지 이동 시키는 것의 감소효과, 방풍림 나뭇잎에 의한 악취가스 흡착에 의한 악취저감 효과 등을 볼 수가 있다.

아직 국내에서 검증은 안 되었으나 농장 주변에 방풍림 등을 적절하게 심어 조경하면 돈사로부터 나오는 먼지나 악취물질의 장벽을 만들어 악취를 분산 시킬 가능

성이 있어서 악취에 대한 불쾌감을 줄일 수 있다 하고 있다. 단 나무의 성장기간이 필요하다. 적어도 2열의 나무가 필요하고, 3열이 좋다고 추천되고 있다.

추천되는 나무들은 회양목, 노송나무, 산호주, 사철나무, 무궁화나무, 진달래과 나무 등이 악취저감 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

<그림 4-13> 3열 방풍림 설치 예

<그림 4-14> 방풍림으로 사용가능한 수목

Ⅴ. 가축사육시설 설치제한 범위 및 조건

Ⅴ. 가축사육시설 설치제한 범위 및 조건

1. 도축장 등 주요 축산시설 보호를 위한 축사 설치제한 범위

지방도 이상의 도로(20m), 하천(30m), 도축장·사료공장·종축장 등 축산관련시설(500m) 로부터 일정거리 이내 신규설치 제한

(준용 - 가축질병 방역체계 개선 및 축산업 선진화 세부방안, '11. 5. 6, 농식품부)

- OIE 살처분 반경 기준

2. 하천 및 주민 공공시설 주변에 대한 기본적 제한 범위

가.「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에 규정하는 가축사육 제한구역

가축사육 제한구역은 가축의 사육을 전면 금지하는 구역으로 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 제8조(가축사육의 제한 등) 1항 1절에 의거 주거밀집지역의 설정을 우선적으로 하여야 한다. 또한 2절「수도법」제7조 규정에 따른 상수원보호구역,「환경정책기본법」제22조의 규정에 따른 특별대책지역 및 그 밖에 이에 준하는 수질환경보전이 필요한 지역, 3절의 「환경정책기본법」제10조의 규정에 따른 환경기준을 초과한 지역에 대해 각 지방자치단체장은 가축사육 제한구역으로 지정할 수 있다. 따라서 가장 우선적으로 가축사육제한구역을 지정하는데 있어 법률적으로 명확하게 가축사육의 제한을 명시하고 있는 지역에 대해 지정하여야 하며,「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」법령에 따라 가축사육 제한구역으로 지정해야 하는 지역은 다음과 같다.

① 상수원보호구역 : 상수원보호구역은「수도법」제7조(상수원보호구역 지정 등)에 의해 가축분뇨를 사용하거나 버리는 행위가 금지되는 곳이므로 가축사육 제한구역으로 설정하여야 한다.「수도법」제7조 에서의 상수원보호구역은 다음과 같다.

<상수원보호구역>

제7조(상수원보호구역 지정 등) ① 환경부장관은 상수원의 확보와 수질 보전을 위하여 필요하다고 인정되는 지역을 상수원 보호를 위한 구역(이하 "상수원보호구역"이라 한다)으로 지정하거나

변경할 수 있다.
②환경부장관은 제1항에 따라 상수원보호구역을 지정하거나 변경하면 지체 없이 공고하여야 한다.
③제1항과 제2항에 따라 지정·공고된 상수원보호구역에서는 다음 각 호의 행위를 할 수 없다. <개정 2007.5.17, 2011.7.28, 2011.11.14>
1. 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제2조제7호 및 제8호에 따른 수질오염물질·특정수질유해물질, 「유해화학물질 관리법」 제2조제8호에 따른 유해화학물질, 「농약관리법」 제2조제1호에 따른 농약, 「폐기물관리법」 제2조제1호에 따른 폐기물, 「하수도법」 제2조제1호·제2호에 따른 오수·분뇨 또는 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 제2조제2호에 따른 가축분뇨를 사용하거나 버리는 행위
2. 그 밖에 상수원을 오염시킬 명백한 위험이 있는 행위로서 대통령령으로 정하는 금지행위
④제1항과 제2항에 따라 지정·공고된 상수원보호구역에서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하려는 자는 관할 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장의 허가를 받아야 한다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 행위인 경우에는 신고하여야 한다. <개정 2010.5.25, 2011.7.28, 2011.11.14>
1. 건축물, 그 밖의 공작물의 신축·증축·개축·재축(再築)·이전·용도변경 또는 제거
2. 입목(立木) 및 대나무의 재배 또는 벌채
3. 토지의 굴착·성토(盛土), 그 밖에 토지의 형질변경
⑤제1항부터 제4항까지의 규정에 따른 상수원보호구역의 지정절차, 허가의 기준에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. <개정 2007.12.27>
[시행일 : 2012.7.1] 제7조제4항

위 상수원보호구역 ⑤항에서의 대통령령에서는 상수원보호구역에서의 금지행위를 명시하고 있으며, 그중 제12조(상수원보호구역에서의 금지행위)를 통해 가축을 놓아기르는 행위를 제한하고 있다 따라서 상수원보호구역은 가축사육 제한구역으로 설정하여야 한다.

② 환경보전을 위한 특별대책지역 :「환경정책기본법」제22조 (특별종합대책의 수립)을 통해 특별대책지역으로 지정 고시된 지역은 가축사육이 제한되는 지역으로 가축사육 제한구역으로 지정하여야 하며 특별대책지역내 설치가 가능한 시설은 다음과 같다.

<특별대책지역내 설치제한시설>

「환경정책기본법 시행령」 제25조(환경보전협회의 회원) 1. 환경오염물질 및 폐기물의 처리 또는 처리를 위한 시설의 설계·제작·시공을 업으로 하는 자 2. 환경오염방지에 관련한 기기류·약품류의 제조 및 판매를 업으로 하는 자 3. 기타 환경보전에 적극 참여하고자 하는 자

나. 타 법률상 지역·지국 등의 선택적 적용

타 법률상 가축사육 제한구역은 법률상으로 가축의 사육을 정확하게 명시하여 제한하고 있지는 않지만 지방자치단체별 특성에 따라 환경오염과 주거생활에 피해가 없도록 지방자치단체장이 조례를 통해 가축사육 제한구역으로 지정할 수 있는 지역으로「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」제8조 제1항에 따른 생활환경의 보호가 필요한 지역, 수질환경보전이 필요한 지역과 환경기준을 초과한 지역으로 구분할 수 있다. 이러한 지역에 대해 각 지방자치단체의 환경적, 경제적인 특성에 따라 선택적으로 가축사육 제한구역으로 지정할 수 있도록 하여야 한다.

1) 생활환경의 보호가 필요한 지역

① 용도지역 지정 :「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」제36조(용도지역의 지정)에 의해 용도지역으로 구분하여 지정하는 곳

<용도지역 중 도시지역>

「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제36조(용도지역의 지정) ① 국토해양부장관, 시·도지사 또는 대도시 시장은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 용도지역의 지정 또는 변경을 도시·군관리계획으로 결정한다. <개정 2011.4.14> 1. 도시지역: 다음 각 목의 어느 하나로 구분하여 지정한다. 가. 주거지역: 거주의 안녕과 건전한 생활환경의 보호를 위하여 필요한 지역 나. 상업지역: 상업이나 그 밖의 업무의 편익을 증진하기 위하여 필요한 지역 다. 공업지역: 공업의 편익을 증진하기 위하여 필요한 지역 라. 녹지지역: 자연환경·농지 및 산림의 보호, 보건위생, 보안과 도시의 무질서한 확산을 방지하기 위하여 녹지의 보전이 필요한 지역 2. 관리지역: 다음 각 목의 어느 하나로 구분하여 지정한다. 가. 보전관리지역: 자연환경 보호, 산림 보호, 수질오염 방지, 녹지공간 확보 및 생태계 보전 등을 위하여 보전이 필요하나, 주변 용도지역과의 관계 등을 고려

할 때 자연환경보전지역으로 지정하여 관리하기가 곤란한 지역 나. 생산관리지역: 농업·임업·어업 생산 등을 위하여 관리가 필요하나, 주변 용도지역과의 관계 등을 고려할 때 농림지역으로 지정하여 관리하기가 곤란한 지역 다. 계획관리지역: 도시지역으로의 편입이 예상되는 지역이나 자연환경을 고려하여 제한적인 이용·개발을 하려는 지역으로서 계획적·체계적인 관리가 필요한 지역 3. 농림지역 4. 자연환경보전지역 ② 국토해양부장관, 시·도지사 또는 대도시 시장은 대통령령으로 정하는 바에 따라 제1항 각 호 및 같은 항 각 호 각 목의 용도지역을 도시·군관리계획결정으로 다시 세분하여 지정하거나 변경할 수 있다. <개정 2011.4.14> [전문개정 2009.2.6]

위의 도시지역중 녹지지역의 경우 다시 보전녹지지역, 생산녹지지역, 자연녹지지역으로 세분되며 생산녹지지역의 경우 “주로 농업적 생산을 위하여 개발을 유보할 필요가 있는 지역”으로 규정하고 있다. 따라서 생산녹지지역은 주거생활이 가능한 곳이므로 도시지역 중 녹지지역이라도 주거밀집지역의 형성되어있는 곳은 주거밀집지역의 구성단위와 그 거리제한을 따른다.

② 관광지 및 관광특구 지정지역 :「관광진흥법」제52조(관광지의 지정 등) 1항에서 정의하는 관광지 및 관광단지와 70조(관광특구의 지정) 1항에서 지정하는 관광특구지역은 문화생활에 피해가 가지 않도록 지방자치단체의 상황에 맞게 가축사육 제한구역으로 지정할 수 있다.

<관광지 및 관광단지, 관광특구의 지정>

제52조(관광지의 지정 등) ① 관광지 및 관광단지(이하 "관광지등"이라 한다)는 문화체육관광부령으로 정하는 바에 따라 시장·군수·구청장의 신청에 의하여 시·도지사가 지정한다. 다만, 특별자치도의 경우에는 특별자치도지사가 지정한다. <개정 2008.2.29, 2008.6.5, 2009.3.25> 제70조(관광특구의 지정) ① 관광특구는 다음 각 호의 요건을 모두 갖춘 지역 중에서 시장·군수·구청장의 신청(특별자치도의 경우는 제외한다)에 따라 시·도지사가 지정한다. <개정

2007.7.19, 2008.2.29, 2008.6.5>
1. 외국인 관광객 수가 대통령령으로 정하는 기준 이상일 것
2. 문화체육관광부령으로 정하는 바에 따라 관광안내시설, 공공편익시설 및 숙박시설 등이 갖추어져 외국인 관광객의 관광수요를 충족시킬 수 있는 지역일 것
3. 임야·농지·공업용지 또는 택지 등 관광활동과 직접적인 관련성이 없는 토지의 비율이 대통령령으로 정하는 기준을 초과하지 아니할 것
4. 제1호부터 제3호까지의 요건을 갖춘 지역이 서로 분리되어 있지 아니할 것
②관광특구의 지정·취소·면적변경 및 고시에 관하여는 제52조제2항부터 제4항까지의 규정을 준용한다.

③ 학교환경위생 정화구역 :「학교보건법」제5조(학교환경위생 정화구역의 설정)에 의거 학교의 보건·위생 및 학습환경을 보호하기 위하여 교육감은 대통령령으로 정하는 바에 따라 학교환경위생 정화구역을 설정·고시하여야 한다. 이 경우 학교환경위생 정화구역은 학교 경계선이나 학교설립예정지 경계선으로부터 200미터를 넘을 수 없다.

<대통령령으로 정하는 학교환경위생정화구역>

제3조(학교환경위생 정화구역)
① 법 제5조제1항에 따라 교육감이 학교환경위생 정화구역(이하 "정화구역"이라 한다)을 설정할 때에는 절대정화구역과 상대정화구역으로 구분하여 설정하되, 절대정화구역은 학교출입문(학교설립예정지의 경우에는 설립될 학교의 출입문 설치 예정 위치를 말한다)으로부터 직선거리로 50미터까지인 지역으로 하고, 상대정화구역은 학교경계선 또는 학교설립예정지경계선으로부터 직선거리로 200미터까지인 지역 중 절대정화구역을 제외한 지역으로 한다.
② 교육감은 제1항에 따라 정화구역을 설정하였을 때에는 그에 관한 사항을 시장(행정시의 시장을 포함한다)·군수 또는 구청장(자치구의 구청장을 말한다)에게 알리고, 그 설정일자 및 설정구역을 고시하여야 한다.
③ 교육감은 제2항에 따라 정화구역을 고시할 때에는 다음 사항을 포함하여야 하고, 게시판 또는 인터넷 등을 이용하여 그 내용을 국민에게 공개하여야 한다.
1. 정화구역의 위치 및 면적
2. 정화구역이 표시된 지적도면

④ 개발제한구역 :「개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법」제3조(개발제한구역의 지정 등) 1항에 의거 도시의 무질서한 확산을 방지하고 도시 주변의 자

연환경을 보전하여 도시민의 건전한 생활환경을 확보하기 위하여 도시의 개발을 제한할 필요가 있거나 국방부장관의 요청으로 보안상 도시의 개발을 제한할 필요가 있다고 인정되면 개발제한구역의 지정 및 해제를 도시·군관리계획으로 결정되는 지역으로 개발제한구역내 설치 가능한 시설은 다음과 같다.

<개발제한구역내 설치 가능한 시설>

「개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법 시행령」[별표 1] 1. 개발제한구역의 보전 및 관리에 도움이 될 수 있는 시설 가. 공공공지 및 녹지 나. 하천 및 운하 다. 등산로, 산책로, 어린이놀이터, 간이휴게소 및 철봉, 평행봉, 그 밖에 이와 비슷한 체력단련시설 라. 실외체육시설 마. 시장·군수·구청장이 설치하는 소규모 생활체육시설 바. 실내체육관 사. 골프장 아. 휴양림 및 수목원 자. 청소년수련시설 차. 자연공원 카. 도시공원 타. 잔디광장 및 피크닉장 파. 탑 도는 기념비 하. 개발제한구역 관리·전시·홍보관련시설 거. 수목장림

개발제한구역내에 설치할 수 있는 건축물상 가축사육시설은 포함되어 있지 않으므로 개발제한구역은 가축사육 제한구역으로 지정하여야 한다. 하지만 실외체육시설로서의 승마장의 경우 실내마장, 마사 등의 시설을 2,000제곱미터 이하의 규모로 설치가 가능하다.

⑤ 다중이용업소 : 다중이용업은「다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법」제2조(정의)의 의거 불특정 다수인이 이용하는 영업 중 화재 등 재난발생시 생명·신체·재산상의 피해가 발생할 우려가 높은 것으로서 대통령령이 정하는 영업을 말한다.

<다중이용업소의 종류>

「다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법」(이하 "법"이라 한다) 제2조제1항제1호에 따른 "대통령령이 정하는 영업"이라 함은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 영업을 말한다. <개정 2008.12.24, 2009.7.1, 2009.8.6, 2010.8.11, 2012.1.31>

1.「식품위생법 시행령」 제21조제8호에 따른 식품접객업 중 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것

가. 휴게음식점영업·제과점영업 또는 일반음식점영업으로서 영업장으로 사용하는 바닥면적(「건축법 시행령」제119조제1항제3호에 따라 산정한 면적을 말한다)의 합계가 100제곱미터(영업장이 지하층에 설치된 경우에는 그 영업장의 바닥면적 합계가 66제곱미터) 이상인 것. 다만, 영업장(내부계단으로 연결된 복층구조의 영업장을 제외한다)이 지상 1층 또는 지상과 직접 접하는 층에 설치되고 그 영업장의 주된 출입구가 건축물 외부의 지면과 직접 연결되는 곳에서 하는 영업을 제외한다.

나. 단란주점영업과 유흥주점영업

2.「영화 및 비디오물의 진흥에 관한 법률」 제2조제10호, 같은 조제16호가목 및 나목에 따른 영화상영관·비디오물감상실업·비디오물소극장업

3.「학원의 설립·운영 및 과외교습에 관한 법률」 제2조제1호에 따른 학원(이하 "학원"이라 한다)으로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것

가. 「소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 별표 3에 따라 산정된 수용인원(이하 "수용인원"이라 한다)이 300인 이상인 것

나. 수용인원 100명 이상 300명 미만으로서 다음의 어느 하나에 해당하는 것. 다만, 학원으로 사용하는 부분과 다른 용도로 사용하는 부분(학원의 운영권자를 달리하는 학원과 학원을 포함한다)이「건축법 시행령」제46조에 따른 방화구획으로 나누어진 경우는 제외한다.

(1) 하나의 건축물에 학원과 기숙사가 함께 있는 학원

(2) 하나의 건축물에 학원이 둘 이상 있는 경우로서 학원의 수용인원이 300명 이상인 학원

(3) 하나의 건축물에 제1호·제2호 및 제4호부터 제12호까지에 규정된 다중이용업 중 어느 하나 이상의 다중이용업과 학원이 함께 있는 경우

4. 목욕장업으로서 다음 각 목에 해당하는 것

가. 하나의 영업장에서「공중위생관리법」제2조제1항제3호가목에 따른 목욕장업 중 맥반석이나 대리석 등 돌을 가열하여 발생하는 열기나 원적외선 등을 이용하여 땀을 배출하게 할 수 있는 시설을 갖춘 것으로서 수용인원(물로 목욕을 할 수 있는 시설부분의 수용인원은 제외한다)이 100명 이상인 것

나.「공중위생관리법」제2조제1항제3호나목의 시설을 갖춘 목욕장업

5.「게임산업진흥에 관한 법률」제2조제6호·제6호의2·제7호 및 제8호의 게임제공업·인터넷컴퓨터게임시설제공업 및 복합유통게임제공업. 다만, 게임제공업 및 인터넷컴퓨터게임시설제공업의 경우에는 영업장(내부계단으로 연결된 복층구조의 영업장은 제외한다)이 지상 1층 또는 지상과 직접 접하는 층에 설치되고 그 영업장의 주된 출입구가 건축물 외부의 지면과 직접 연결된 구조에 해당하는 경우는 제외한다. 6.「음악산업진흥에 관한 법률」제2조제13호에 따른 노래연습장업 7.「모자보건법」제2조제12호에 따른 산후조리업 7의2. 고시원업[구획된 실(室) 안에 학습자가 공부할 수 있는 시설을 갖추고 숙박 또는 숙식을 제공하는 형태의 영업] 7의3.「사격 및 사격장 안전관리에 관한 법률 시행령」제2조제1항 및 별표 1에 따른 권총사격장(실내사격장에 한정하며, 같은 조 제1항에 따른 종합사격장에 설치된 경우를 포함한다) 7의4.「체육시설의 설치·이용에 관한 법률」제10조제1항제2호에 따른 골프 연습장업(실내의 구획된 실에 스크린과 영사기 등의 시설을 갖추고 골프를 연습할 수 있도록 공중의 이용에 제공하는 영업에 한정한다) 7의5.「의료법」제82조제4항에 따른 안마시술소 8. 법 제15조제2항에 따른 화재위험평가결과 위험유발지수가 제11조제1항에 해당하거나 화재발생시 인명피해가 발생할 우려가 높은 불특정다수인이 출입하는 영업으로서 소방방재청장이 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 행정안전부령으로 정하는 영업

⑥ 자연공원 : 자연공원은「자연공원법」제4조(자연공원의 지정 등)에 의해 국립공원, 도립공원, 군립공원으로 나뉘며 국립공원은 환경부장관이 지정·관리하고 도립공원은 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사 또는 특별자치도지사가 지정 관리하고 군립공원은 시장·군수 또는 자치구의 구청장이 관리하는 지역을 말하며, 동일법 제23조(행위허가)를 통하여 공원사업을 위한 시설외 건축물이나 그 밖의 공작물을 신축·증축·개축·재축 또는 이축하는 행위자체를 제한하는 지역이므로 가축사육 제한구역으로 지정할 수 있다.

나) 수질환경보전이 필요한 지역

① 수변지역 : 수변지역은「금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」제4조,「낙동강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」제4조,「영산강 섬진강수계 물

관리 및 주민지원 등에 관한 법률」제4조,「한강수계 상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률」제4조에 의거 금강수계, 낙동강수계, 영산강·섬진강수계 및 한강수계의 수질을 보전하기 위하여 상수원으로 이용되는 댐(계획홍수위선 기준)과 그 상류지역 중 일정지역에 대하여 환경부장관이 지정·고시한 구역이다.

<수변구역의 정의>

① 금강수계 - 상수원으로 이용되는 댐과 특별대책지역의 금강 본류(本流)인 경우에는 해당 댐과 하천의 경계로부터 1킬로미터 이내의 지역 - 제1호 외의 지역으로서 금강 본류인 경우에는 해당 하천의 경계로부터 500미터 이내의 지역 - 금강 본류에 직접 유입되는 하천인 경우에는 그 하천의 경계로부터 300미터 이내의 지역 ② 낙동강수계 : 해당 댐으로부터 하천·호소 또는 이에 준하는 수역의 중심선을 따라 물이 흘러오는 방향으로 잰 거리(유하거리)가 다음의 거리 이내에 있는 지역으로서 댐 및 그 댐으로 유입되는 하천[해당 하천으로 유입되는 지천(支川)은 제외한다]의 경계로부터 500미터 이내의 지역 - 저수를 광역상수원으로 이용하는 댐의 경우 : 댐으로부터 20km - 저수를 지방상수로 이용하는 댐의 경우 : 댐으로부터 10km ③ 영산강·섬진강수계 1. 주암호·동복호·상사호·수어호 및 환경부령으로 정하는 상수원으로 이용되는 댐[계획홍수위선(計劃洪水位線)을 기준으로 한다]의 경계로부터 500미터 이내의 지역으로서 필요하다고 인정하는 지역 2. 제1호의 상류지역 중 해당 댐으로 유입되는 하천의 경계로부터 500미터 이내의 지역으로서 필요하다고 인정하는 지역 3. 제2호의 하천에 직접 유입되는 지류의 경계로부터 500미터 이내의 지역으로서 필요하다고 인정하는 지역 ④ 한강수계 : 팔당호, 한강(팔당댐부터 충주 조정지댐까지의 구간으로 한정), 북한강(팔당댐부터 의암댐까지의 구간으로 한정) 및 경안천(하천구역으로 한정)의 양안 중 다음 각 호에 해당되는 지역 1. 특별대책지역 : 하천·호소의 경계로부터 1킬로미터 이내의 지역 2. 특별대책지역 외의 지역 : 하천·호소의 경계로부터 500미터 이내의 지역

② 지하수보전구역 : 지하수보전구역은 지방자치단체장이 지하수의 보전 관리를 위하여 필요하다고 인정되는 경우 지정하는 구역으로 수질오염을 막기 위해 가축사

육 제한구역으로 지정할 수 있다.

<지하수 보전구역 안에서의 행위 제한>

① 지하수보전구역에서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하려는 자는 시장·군수·구청장의 허가를 받아야 한다. 다만, 관계 법률에 따라 승인을 받거나 허가를 받아 제2호의 시설을 설치한 경우에는 허가를 받은 것으로 본다. 1. 제8조제1항제5호에 따라 신고하도록 되어 있는 규모의 범위에서 대통령령으로 정하는 규모 이상의 지하수를 개발·이용하는 행위 2. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 물질을 배출·제조 또는 저장하는 시설로서 대통령령으로 정하는 시설의 설치 가.「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」제2조제8호 특정수질유해물질 나.「폐기물관리법」제2조제1호에 따른 폐기물 다.「하수도법」제2조제1호·제2호에 따른 오수·분뇨 및「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」제2조제2호에 따른 가축분뇨 라.「유해화학물질 관리법」제2조제8호에 따른 유해화학물질 마.「토양환경보전법」제2조제2호에 따른 토양오염물질 3. 지하수의 수위저하·수질오염 또는 지반침하 등 명백한 위험을 가져오는 행위로서 대통령령으로 정하는 행위 ② 시장·군수·구청장은 대통령령으로 정하는 바에 따라 지하수보전구역에서 새로운 지하수의 개발·이용을 금지할 수 있다. ③ 제1항에 따른 허가에 관하여는 제7조·제9조 및 제10조를 준용한다. [전문개정 2011.5.30]

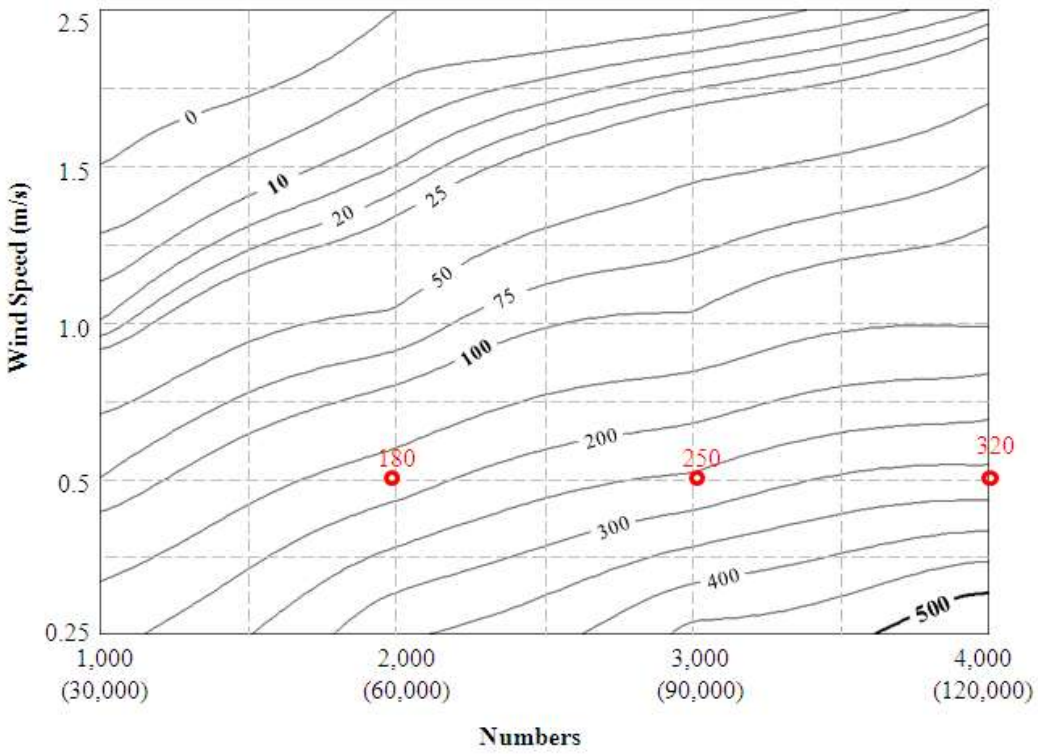
③ 습지보호지역 및 습지주변관리지역 : 환경부장관·국토해양부장관 또는 시·도지사가 지정하는 특별히 보전할 가치가 있는 지역으로「습지보전법」제13조(행위제한)을 통해 건축물 또는 공작물의 신축·증축(증축으로 인하여 당해 건출물 기타 공작물의 연면적이 기존 연면적의 2배 이상이 되는 경우에 한한다) 자체가 제한되는 지역이므로 가축사육 제한구역으로 지정할 수 있다.

3. 축종별 적정 축사설치 제한 범위

가. 축종별 농장 방문조사 결과를 종합하여 확산거리 예측 모델링 적용기준

- 악취감지농도 3OU 적용
- 악취저감을 위한 환경개선제 사용
- 악취 발생저감을 위한 실제적 관리 적용
- 대기안정도 높은 조건 적용
- 풍속 0.5m/s 적용

나. 상기 조건들을 적용하였을 때 돼지와 가금의 풍속 및 규모별 확산 경향을 계산한 상관관계표



다. 축종별 적정 축사설치 제한범위(주거밀집지역과 최소 제한거리)

축 종	규 모		
	50두 이하	100두	200두 이상
한 우	50m	70m	100m

축 종	규 모		
	50두 이하	100두	200두 이상
젖 소	50m	100m	150m

축 종	규 모		
	2000두 이하	3000두	4000두 이상
돼 지	180m	250m	320m

축 종	규 모		
	6만수 이하	9만수	12만수 이상
가금	180m	250m	320m

참 고 문 헌

1. 김두환 외. 2006. 양돈장 냄새 실태조사 및 냄새 저감방안 연구. 대한양돈협회.

2. 최성우, 안상영. 2005. 악취오염개론. 동화기술. 서울.

3. 홍세운. 2012. 복잡 지형 내 대기 확산 해석을 위한 동적 경계 조건 자동 조정. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

4. Arya, S. 1999. Air pollution meteorology and dispersion. Oxford University Press. New York.

5. Beyers, M. and B. Waechter. 2008. Modeling transient snowdrift development around complex three-dimensional structures. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 96(2008): 1603-1615.

6. Diego, I., A. Pelegry, S. Torno, J. Torano, and M. Menendez. 2009. Simultaneous CFD evaluation of wind flow and dust emission in open storage piles. Applied Mathematical Modelling, 33(7): 3197-3207.

7. Guo, H., L. D. Jacobson, D. R. Schmidt, and R. E. Nicolai. 2003. Evaluation of the influence of atmospheric conditions on odor dirpersion from animal production sites. Transactions of ASAE. 46(2). pp.461-466.

8. Holmes, N. S. and L. Morawska. 2006. A review of dispersion modelling and its application to the dispersion of particles: An overview of different dispersion models available. Atmospheric Environment, 40(2006): 5902-5928.

9. Hussein, A. S. and H. El-Shishiny. 2009. Influences of wind flow over heritage sites: A case study of the wind environment over the Giza Plateau in Egypt. Environmental Modelling & Software, 24(2009): 389-410.

10. Krause, K.H., 1992. Gegenüberstellung unterschiedlicher Immissionsprogno severfahren. In: Geruchs- und Schadgasemissionen aus der Tierhaltung, Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL). Arbeitspapier 174.

11. Li, Y. and H. Guo. 2006. Comparison of odor dispersion predictions between CFD and CALPUFF models. Transactions of the ASABE. 49(6). pp.1915-1926.

12. Li, Y. and H. Guo. 2008. Evaluating the effect of computational time steps on livestock odor dispersion using a computation fluid dynamics model. Transactions of the ASABE. 50(6). pp.2199-2204.

13. McQuaid, J. 1984. The box model of heavy gas dispersion: A useful and practical tool. Journal of Occupational Accidents, 6(1984): 253-261.

14. Piringer, M. and G. Schauberger. 1999. Comparison of a Gaussian diffusion model with guidelines for calculating the separation distance between livestock farming and residential areas to avoid odour annoyance. Atmospheric Environment. 33(1999). pp.2219-2228.

15. Riddle, A., D. Carruthers, A. Sharpe, and C. McHugh. 2004. Comparisons between FLUENT and ADMS for atmospheric dispersion modelling. Atmospheric Environment, 38(2004): 1029-1038.

16. Schauberger, G., M. Piringer, and E. Petz. 2001. Separation distance to avoid odour nuisance due to livestock calculated by the Austrian odour dispersion model(AODM). Agriculture, Ecosystems and Environment. 87(2001). pp.13-28.

17. Schauberger, G., M. Piringer, and E. Petz. 2002. Calculating direction-dependent separation distance by a dispersion model to avoid llivestock odour annoyance. Biosystems Engineering. 82(1). pp.25-37.

18. Schiffman, S. S., J. L. Bennett, and J. H. Raymer. 2001. Quantification of odors and odorants from swine operations in North Carolina. Agric. Forest Meteor. 108(3). pp.213－240.

19. VDI 3471, 1986. Emissionsminderung Tierhaltung-Hühner, Beuth, Berlin.

20. VDI 3472, 1986. Emissionsminderung Tierhaltung-Schwein, Beuth, Berlin: Beuth.

21. VDI 3473, 1994. Emissionsminderung Tierhaltung-Rinder, Berlin: Beuth.

22. Yang, Y., M. Gu, S. Chen, and X. Jin. 2009. New inflow boundary conditions for modelling the neutral equilibrium atmospheric boundary layer in computational wind engineering. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 97(2): 88-95.

부 록

- 부 록 -

<조사농장 악취측정 결과>

<table>
<tr><th colspan="8">일 반 사 항</th></tr>
<tr><td>축 종</td><td colspan="2">양돈</td><td>소재지</td><td colspan="4">경남 진주시 대곡면</td></tr>
<tr><td>조사시간</td><td colspan="2">13:00</td><td>규모</td><td colspan="4">3,500두</td></tr>
<tr><th colspan="8">악 취 측 정</th></tr>
<tr><th colspan="5">기 상 상 태</th><th colspan="3" rowspan="2">부지경계선
-축사간 거리(m)</th></tr>
<tr><th>온도
(℃)</th><th>상대습도
(%)</th><th>풍향</th><th>풍속
(m/s)</th><th>날씨</th></tr>
<tr><td>25</td><td>55</td><td>동남</td><td>0.3</td><td>맑음</td><td colspan="3">15</td></tr>
<tr><th colspan="7">직접관능법에 의한 평가(0~5)</th><th>암모니아
(ppm)</th></tr>
<tr><td>평가자</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>평균</td><td rowspan="2">3</td></tr>
<tr><td>평점</td><td>3</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>2.40</td></tr>
<tr><th colspan="5">측정지점</th><th colspan="3">농장위치</th></tr>
<tr><td colspan="5" rowspan="3">
</td><td colspan="3"> </td></tr>
<tr><th colspan="3">농장 전경</th></tr>
<tr><td colspan="3"> </td></tr>
<tr><td colspan="8">**비고 :** 야산과 전답 경계선에 위치, 양돈, 한우 농장 인접, 후계자 확보</td></tr>
</table>

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	경남 창녕군 계성면
조사시간	12:00	규모	4,900두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
30.5	38.5	북동	0.3	맑음	8

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	1	2	1	1	2	1.40	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 농장을 중심으로 주위 전답 소유, 한우 농장 인접, 후계자 확보, 4인 고용

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	경남 창녕군 장마면
조사시간	13:00	규모	11,000두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
29.6	38.3	북북동	1.4	맑음	27

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	2
평점	1	0	2	1	1	1.00	

측정지점	농장위치
	농장 전경

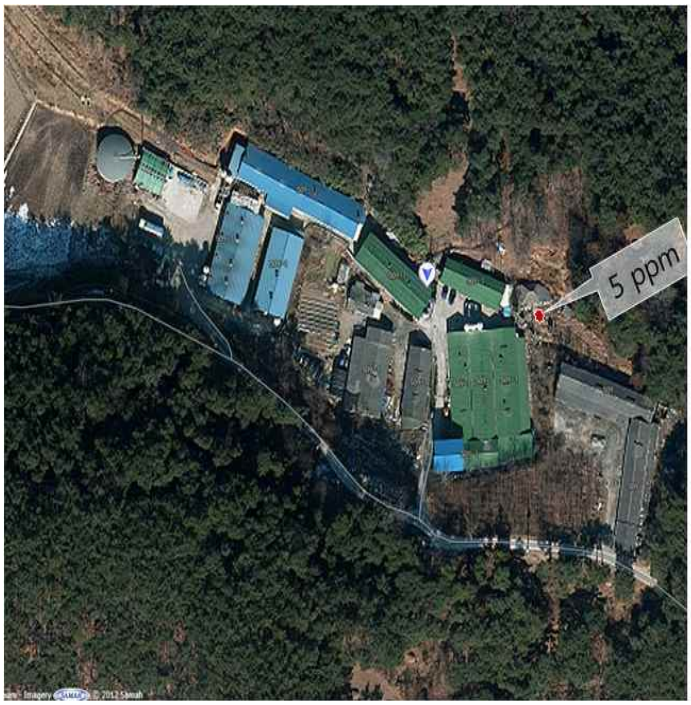
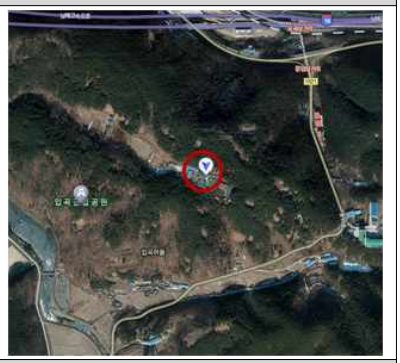
비고 : 야산 중심부에 위치, 1.5km 밖에 양돈 농장 위치, 11명 고용

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	경남 함안군 산인면
조사시간	15:00	규모	2,800두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
30.2	47.8	북동	0.8	맑음	16

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	5
평점	3	3	2	3	4	3.00	

측정지점	농장위치
	
	농장 전경

비고 : 공원구역에 위치, 인접한 농장 없음, 5인 운영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	경남 함안군 함안면
조사시간	16:00	규모	4,000두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
30.9	43.6	북	0.7	맑음	5

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	3	3	2	3	4	3.00	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 국도 옆에 위치, 한우 농장 인접, 6인 고용

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	경남 사천시 사남면
조사시간	17:00	규모	3,000두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
27	51.4	서	0.6	맑음	5

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	5
평점	3	2	3	3	2	2.60	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 마을 근처에 위치, 한우 농장 인접, 4인 고용

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	경남 진주시 수곡면
조사시간	14:00	규모	1,500두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
30.3	40.5	북서	1.3	맑음	7

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	4
평점	1	3	2	1	2	1.80	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 수변구역, 1.5km 밖 양돈농장 위치, 2명 운영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	전북 순창군 인계면
조사시간	12:00	규모	4,000두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
28.6	54.5	북서	0.8	맑음	7

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	1
평점	0	0	1	0	1	0.40	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 번식농장(자돈생산), 순환시스템 운영, 8명 고용

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	전북 고창군 공음면
조사시간	15:00	규모	4,500두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
29.9	48.2	남	0.7	맑음	72

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	1
평점	1	0	1	1	1	0.80	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 농장을 중심으로 800m이내 6개 마을 산재, 종돈장, 한우농장 인접

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	경남 거창군 신원면
조사시간	17:00	규모	4,000두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
23.9	57.9	북동	0.9	맑음	19

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	2
평점	2	2	1	2	2	1.80	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 고산지역, 한우 농장 인접, 2명 운영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	경기 김포시 월곳면
조사시간	10:30	규모	5,500두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
22.3	53.4	북	1	맑음	3

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	5
평점	2	2	3	2	2	2.20	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 야산 중심부 위치, 2011년 구제역 피함, 5인 고용

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	경기 연천시 국군남면
조사시간	16:40	규모	2,750두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
17.5	81	남	1	흐림	5

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	4
평점	1	1	1	1	1	1.00	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 모돈-자돈 사육, 한우 농가 인접, 3인 운영, 후계자 확보

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	경기 포천시 영중면
조사시간	18:40	규모	2,900두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
17.9	83	동	1.2	흐림	14

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	2
평점	2	3	3	2	2	2.40	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 야산 끝자락에 위치, 양돈 농장 인접, 총 4인 운영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	경기 포천시 영북면
조사시간	08:20	규모	1,800두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
17.8	90	북서	1.4	흐림	5

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	1
평점	1	1	1	1	1	1.00	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 낙농 농장 인접, 일괄사육

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	경기 여주군 가남면
조사시간	14:00	규모	4,500두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
25.3	35	북	1	맑음	3

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	2	3	3	2	2	2.40	

측정지점	농장위치
	농장 전경

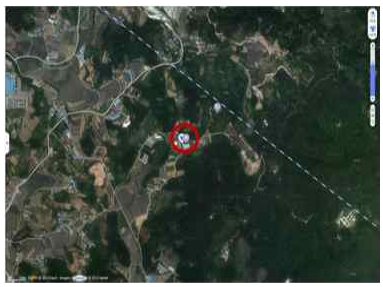
비고 : 구릉지/평야에 위치, 전문경영, 한우 농가 인접, 3명의 인력구성

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	충남 연기군 전동면
조사시간	17:30	규모	3,000두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
32.2	69	북	0.8	맑음	4

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	4
평점	3	3	3	2	2	2.60	

측정지점	농장위치
	
	농장 전경

비고 : 상수원보호지역, 산으로 둘러싸임, 양돈 농가 인접, 부부 및 2명고용

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	경기 화성시 우정읍
조사시간	09:30	규모	3,400두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
27.4	56	동	1.5	맑음	8

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	4	4	4	3	3	3.60	

측정지점	농장위치
	농장 전경

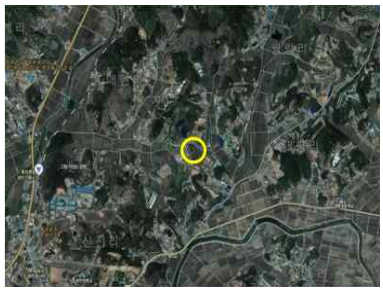
비고 : 낮은 야산에 위치, 한우 농장 인접, 부부 및 3명 고용

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	충남 홍성군 광천읍
조사시간	16:00	규모	6,300두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
25.4	68	남동	2.8	맑음	4

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	1
평점	1	2	1	2	1	1.40	

측정지점	농장위치
	
	농장 전경

비고 : 평지에 위치, 양돈 농장 인접, 7명 운영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	양돈	소재지	경남 밀양시 청도면
조사시간	11:00	규모	4,000두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
29.7	37.4	서	1.1	맑음	10

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	4
평점	2	2	3	2	3	2.40	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 좌우로 야산을 끼고 위치, 700m 밖 한우 농장 위치, 5명 고용

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	낙농	소재지	경기 김포시 월곶면
조사시간	09:24	규모	33두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
19.5	65	북	1	흐림	7

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	2
평점	2	2	3	2	2	2.20	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 주거지역, 가족 경영, 낙농 농가 인접, 후계자 확보

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	낙농	소재지	경기 양주시 삼숭동
조사시간	12:00	규모	210두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
23.2	56	서	2.9	맑음	6

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	1	1	1	0	1	0.80	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 대규모 아파트 단지 사이에 위치, 낙농 농장 인접, 가족경영, 후계자 확보

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	낙농	소재지	경기 파주시 적성면
조사시간	15:20	규모	24두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
23.6	54	남	1	흐림	5

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	1	1	1	1	1	1.00	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 동남방향 야산 위치, 낙농 농가 인접, 가족경영, 후계자 확보

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	낙농	소재지	경기 남양주시 화도읍
조사시간	11:50	규모	70두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
23.7	32	북서	1.5	맑음	3

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	2
평점	1	2	2	1	1	1.40	

측정지점	농장위치
	농장 전경

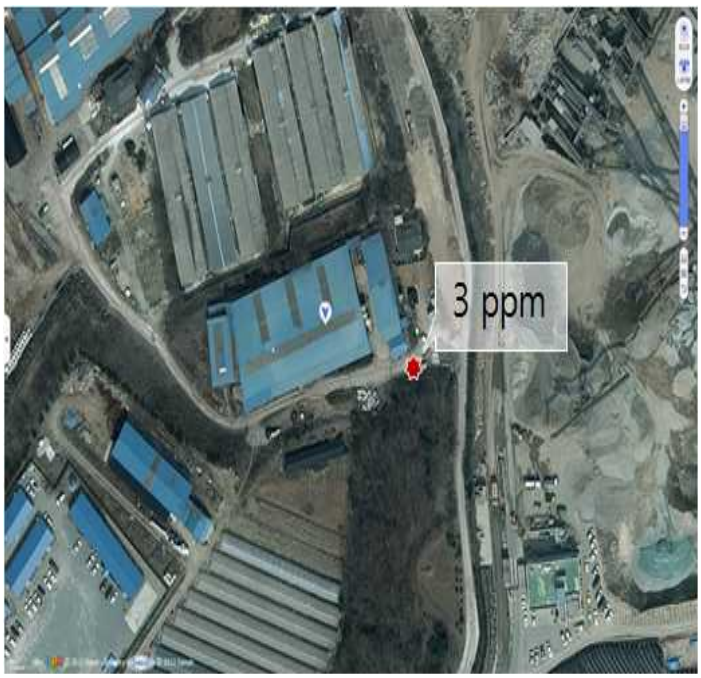
비고 : 직원 2명 고용

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	낙농	소재지	경기 이천시 대월면
조사시간	18:00	규모	86두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
28.8	29	남	1	맑음	5

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	2	3	2	2	2	2.20	

측정지점	농장위치
	
	농장 전경

비고 : 북쪽 양계장 및 동쪽 건설폐기물 업체 위치, 가족경영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	낙농	소재지	경기 안성시 공도읍
조사시간	15:00	규모	100두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
32.2	60	남동	1.3	맑음	5

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	5
평점	2	3	3	2	2	2.40	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 마을 주변에 위치, 한우 농가 인접, 부부 경영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	낙농	소재지	경기 안성시 공도읍
조사시간	15:30	규모	72두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
35.2	62	북서	1.9	맑음	4

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	2
평점	2	2	3	2	2	2.20	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 평야 지대 위치, 2km 이내 축산 농가 없음, 부부 경영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	낙농	소재지	경기 화성시 비봉면
조사시간	10:30	규모	70두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
28	60	남	1.8	맑음	3

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	2
평점	2	2	2	1	2	1.80	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 개괄지, 한우 농가 인접, 가족경영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	낙농	소재지	경기 시흥시 산현동
조사시간	11:30	규모	120두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
29.7	70	남동	1.5	맑음	2

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	1
평점	1	1	1	1	1	1.00	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 한우 농장 인접, 가족경영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	한우	소재지	경남 진주시 이반성면
조사시간	15:00	규모	280두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
27.4	50.4	북북동	1.1	맑음	20

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	2	1	2	1	1	1.40	

측정지점	농장위치
	농장 전경

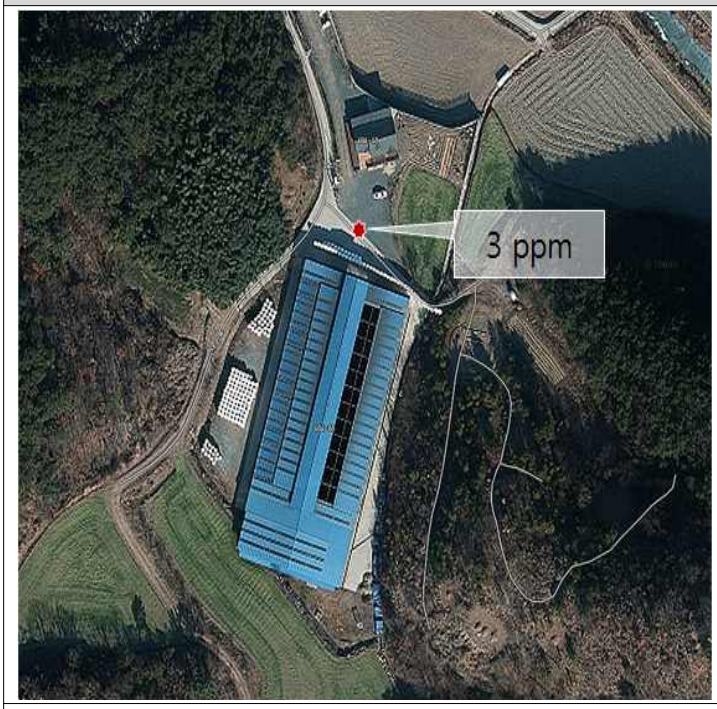
비고 : 야산 중턱에 위치, 부부경영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	한우	소재지	경남 진주시 사봉면
조사시간	16:00	규모	150두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
25.8	45	북	1.0	맑음	30

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	0	0	1	0	1	0.40	

측정지점	농장위치
	
	농장 전경

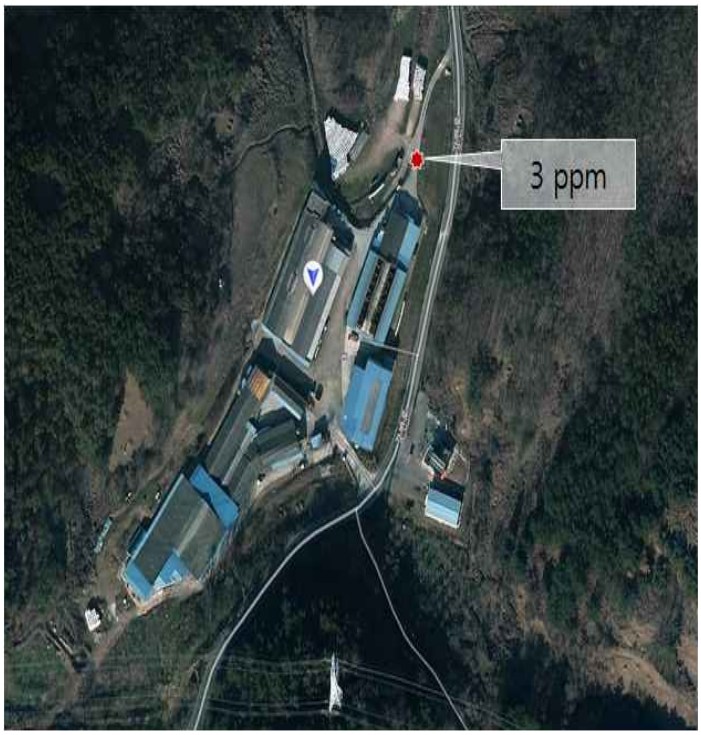
비고 : 북쪽을 제외한 야산으로 둘러싸여 있음, 1km 지점 한우 농장 위치, 부부경영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	한우	소재지	경남 의령군 지정면
조사시간	14:00	규모	200두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
32.1	37.1	북동	0.9	맑음	12

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	1	1	1	1	1	1.00	

측정지점	농장위치
	
	농장 전경

비고 : 국도변에 위치, 친인척 낙농 함께 경영, 3인 가족, 후계자 확보

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	한우	소재지	경남 고성군 마암면
조사시간	16:00	규모	220두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
28.4	51.9	동남동	1.2	맑음	10

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	1	1	2	1	2	1.40	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 평야 지대 위치, 부부 경영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	한우	소재지	경남 고성군 마암면
조사시간	16:30	규모	130두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
27.4	53.2	서북서	1.1	맑음	7

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	1	1	2	1	1	1.20	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 하천 옆에 위치, 부부 경영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	한우	소재지	경남 의령군 대의면
조사시간	10:00	규모	105두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
25.1	56.6	북북동	1.0	맑음	5

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	2
평점	1	2	2	2	2	1.80	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 국도변 위치, 한우 농장 인접, 부부 경영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	한우	소재지	경남 산청군 단성면
조사시간	11:30	규모	170두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
28.4	50.1	남서	0.4	맑음	25

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	0	1	1	0	1	0.60	

측정지점	농장위치
	농장 전경

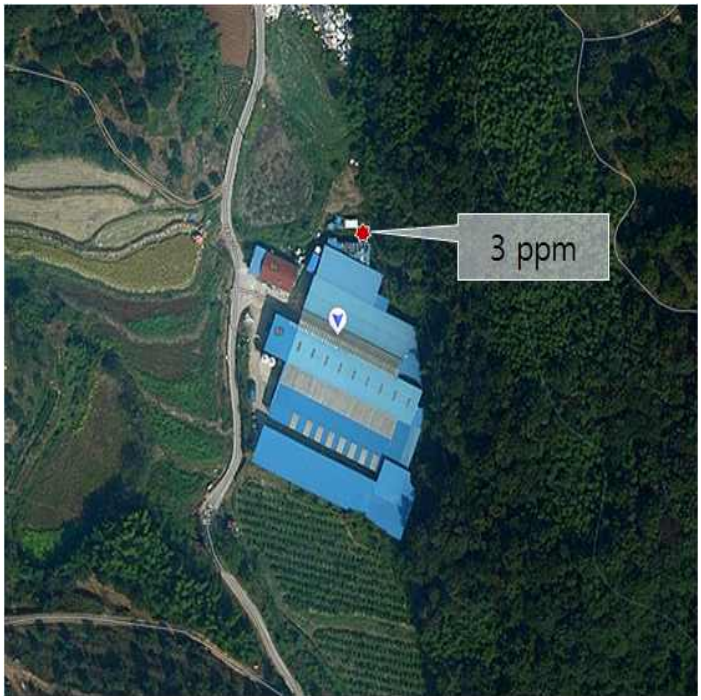
비고 : 산간지대 위치, 부부 경영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	한우	소재지	경남 하동군 북천면
조사시간	17:00	규모	130두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
30.7	45.6	북동	0.6	맑음	6

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	1	2	2	1	1	1.40	

측정지점	농장위치
	
	농장 전경

비고 : 외부와 철저히 차단된 산중 위치, 1인 운영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	한우	소재지	경남 하동군 고전면
조사시간	16:00	규모	33두

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
32	43.7	북동	0.5	맑음	13

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	2
평점	1	1	1	0	1	0.80	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 번식 농장, 마을과 가까운 곳에 위치, 1인 운영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	육계	소재지	경남 진주시 일반성면
조사시간	14:40	규모	6만수

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
26.2	55.1	북동	2.2	맑음	4

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	2	1	1	2	2	1.60	

측정지점	농장위치
	농장 전경

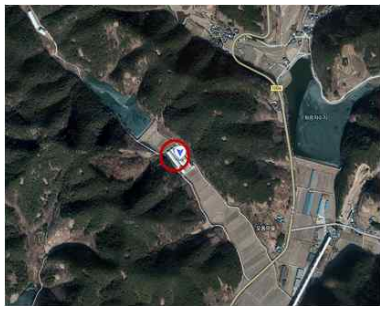
비고 : 산으로 둘러 쌓임, 양계 농장 인접

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	육계	소재지	경남 진주시 사봉면
조사시간	14:00	규모	6만수

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
30.6	42.6	북서	0.8	맑음	8

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	4
평점	3	2	3	3	2	2.60	

측정지점	농장위치
	
	농장 전경

비고 : 저수지 아래 위치, 신규 농장(3년 경과)

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	산란계	소재지	경남 산청군 신안면
조사시간	11:00	규모	40만수

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
28.6	50.1	북서	1.2	맑음	12

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	1
평점	2	2	2	2	2	2.00	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 환경친화축산농장 지정 농장, 산간지 위치, 대규모 농장(40만수), 주변 환경미화 활동 우수, 40명 고용, 장미축제, 조경수 식재 등 공원화

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	산란계	소재지	경기 이천시 신둔면
조사시간	12:10	규모	3만수

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
23.3	48	무	0	맑음	14

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	2
평점	1	2	2	1	1	1.40	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 들판에 위치, 양돈 농장 인접, 3인 구성

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	육계	소재지	충남 당진시 고대면
조사시간	17:00	규모	8만수

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
24.9	72	북	2.9	흐림	5

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	2
평점	1	2	1	2	1	1.40	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 구릉지/평야 지대 위치, 한우 농장 인접, 가족경영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	오리	소재지	전남 해남군 현산면
조사시간	12:00	규모	3만5천수

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
23.1	73.2	북북동	1.0	비	13

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	2
평점	1	2	1	1	2	1.40	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 산자락에 위치, 위탁 사육, 2명 운영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	오리	소재지	전남 영암군 신북면
조사시간	13:30	규모	2만6천수

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
23.5	68.2	서	1.8	흐림	4

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	2
평점	2	1	2	2	1	1.60	

측정지점	농장위치
	농장 전경

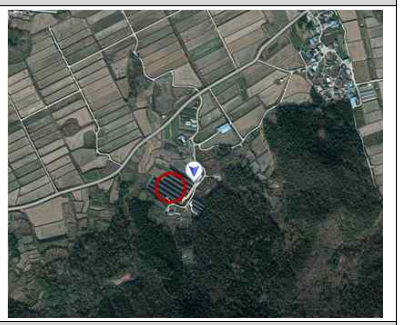
비고 : 평야 지대 위치, 오리 농가 인접, 후계자 확보

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	오리	소재지	전남 강진군 군동면
조사시간	15:00	규모	3만수

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
22.4	74.8	북서	2.6	흐림	18

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	2
평점	1	2	2	1	1	1.40	

측정지점	농장위치
	
	농장 전경

비고 : 평야와 야산과의 경계 지점 위치, 위탁/부부 경영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	오리	소재지	충북 음성군 맹동면
조사시간	16:00	규모	1만수

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
26.1	22	남	2.2	맑음	12

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	3
평점	2	1	1	1	1	1.20	

측정지점	농장위치
	농장 전경

비고 : 국도변에 위치, 한우 농장 인접, 가족 경영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	오리	소재지	충북 진천군 덕산면
조사시간	17:00	규모	2만3천수

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
26.6	26	무	0	맑음	18

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	4
평점	1	1	1	1	1	1.00	

측정지점	농장위치
	농장 전경

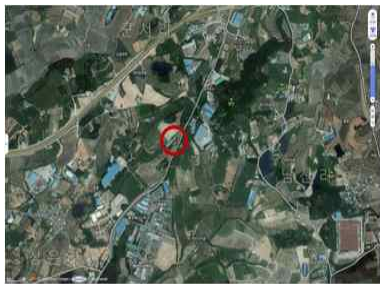
비고 : 구릉지/평야지대 위치, 오리 농장 인접, 2명 운영

<조사농장 악취측정 결과>

일 반 사 항			
축 종	오리	소재지	충남 천안시 직산읍
조사시간	16:20	규모	1만수

악 취 측 정					
기 상 상 태					부지경계선 -축사간 거리(m)
온도 (℃)	상대습도 (%)	풍향	풍속 (m/s)	날씨	
28.3	32	서	3.1	맑음	5

직접관능법에 의한 평가(0~5)							암모니아 (ppm)
평가자	1	2	3	4	5	평균	1
평점	1	1	2	1	2	1.40	

측정지점	농장위치
	
	농장 전경

비고 : 한우 농장 인접, 단독 운영