



사단
법인 대한한돈협회

평가기법(축산냄새) 현실화 방안 연구 용역 완결보고서

2019. 12.

/

()한국축산환경학회



()한국축산환경학회

제 출 문

사단법인 대한한돈협회 회장 귀하

보고서를 “ 평가기법(축산냄새) 현실화 방안 연구 용역” (사업기간 2019년 10월 16일 ~ 2019년 12월 31일)의 완결보고서로 제출합니다.

2019년 12월 31일

연구기관명 : (사)한국축산환경학회

연구책임자 : 이명규

연구위원 : 이인복, 안희권, 조성백, 송준익

연구원 : 김수량, 홍성하

요 약

제1장 서론

- 본 연구에서는 최근 양돈농가의 악취문제가 법률적 문제로 상정되면서 중앙환경분쟁조정위원회에서 논의 되는 악취문제 즉, ①악취의 평가기법이 악취피해와 피해 배상액의 산정의 적절성, ②축산냄새 유래 피해액의 산정을 줄이기 위한 국내외 국가들의 도입 방안, ③ 우리나라가 앞으로 축산냄새 평가에 대하여 기법을 개선하기 위하여 어떠한 방법이 필요한가에 대하여 검토하였음. 향후 우리나라의 양돈산업 구조 및 사육환경을 선진화 하기 위하여 국내외 축산환경 및 악취관리, 분뇨 악취평가법 및 악취민원의 대응방법에 관하여 조사함으로써 우리나라 양돈 악취환경문제 대응에 참고하고자 하였음.

제2장 국내 양돈농가 축산냄새 현황

- 국내 축산냄새 관련 법률 및 제도 현황, 국내 양돈농가 냄새 발생 현황, 국내 양돈농가 냄새저감기술 적용 현황에 대하여 조사하였음. 국내 축산환경문제가 양돈농가를 중심으로 빈번하게 세간에 등장하면서 정부는 광역악취개선사업단지 구축 등 종합적인 악취관리 시범단지를 구축하고 있음. 축산환경문제가 악취환경 악화뿐만 아니라 축산활동 및 퇴·액비에서 발생하는 암모니아 및 미세먼지 생성, 온실가스의 기여요인으로 보고되고 있음. 축산농가의 경우 개별 농가 단위에서 악취관리 및 분뇨의 관리상 효율적인 처리를 위하여 공동처리시설을 확충하여야 하나 악취 등 지역 주민의 반발로 공동관리시설 확충에도 어려움이 있음. 개별 농가의 경우 냄새를 줄이고자 하나 악취물질의 감축방안 및 시설비의 과다로 아직 대책이 불충분한 상황임. 향후 축산농가 특히 양돈농가에 있어서 법률적 규제와 처벌보다는 농가가 냄새를 줄일 수 있는 적극적 정책수단이 필요함.

제3장 국내 악취평가법(중앙환경분쟁조정위원회)의 검토

- 양돈농가를 대상으로 악취의 환경문제에 대하여 악취피해조사방법 및 배상액의 산정에 대한 연구용역을 추진 한 바 있는 국내 연구진의 자료를 근거로 하여 악취의 피해 범위를 산정하는 방법 또는 피해 배상액을 산정하는데 있어 개선 할 사항에 대하여 검토하였음. (중앙환경분쟁조정위원회(2008) 「배출원을 기준으로 한 악취피해조사 및 발생액 추정방안에 관한 연구」(울산대학교 산학협력단 연구용역 보고서) 및 중앙환경분쟁조정위원회(2009) 「배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정연구」(울산대학교 산학협력단 연구용역 보고서)). 해당 연구용역 자료를 중심으로 검토하여 본 결과 본 자료의 대부분의 내용이 일본에서 적용하는 냄새관련 제도를 인용하고 있으며, 이에 아직 국내에 적용하기에는 상당부분 세부 인용자료의 근거가 불충분함을 인지하였음. 주요 검토 내용은 악취세기에 따른 피해산정 기준, 거리별 악취영향권 간이 예측기법 이용, 악취모델링, 분재지역 풍향빈도 산정, 악취 희석배수와 악취세기의 관계 등이며, 추가적으로 “전북 정읍시 축사 악취로 인한 정신적 피해 분쟁사건(중앙환조 17-3-224호) 사례”를 세부적으로 검토하였음.

제4장 국내외 축산냄새 확산 모델의 연구 및 적용 사례 비교

- 국외 주요국(미국, 유럽, 일본)의 축산냄새평가 기법 및 사례, 축산냄새 확산방식 모델 연구사례, 국내 돈사 및 분뇨처리장 냄새배출량 및 확산량 연구사례(현행 환경분쟁조정위원회 평가기법과 비교)를 중심으로 조사하였음. 국내 돈사 및 분뇨처리장 냄새배출량 및 확산량 연구사례의 경우 무창비육돈사의 계절별 환기량 변화, 전실(前室)이 있는 무창육성돈사의 계절별 환기량 변화, 환기량 및 악취성분 실시간 측정을 통한 악취배출량 산정 중심의 연구사례 조사를 통해 “악취배출량 산정 시 외기 온 변화에 따른 계절별 돈사 환기량 차이 및 특성을 반영하지 않고 환기량을 일률적으로 적용하는 것의 문제” 및 “악취배출량 산정 시 계절별 돈사의 환기시스템 유형별 특성 반영 필요성” 등을 제시하였음.

제5장 종합결론

- 국내외 축산냄새평가 사례와 비교 및 현행 평가기법에 대한 개선 가능성 검토한 결과, 한국의 표준화 된 악취측정법 및 손해배상액 산정기준이 필요한 것으로 판단됨. 양돈의 경우 축사의 특성상 돈사 악취배출량 계산 방법 시 다양한 축사의 환경과 냄새배출지점의 결정 등을 우리나라 여건에 맞게 악취의 배출량과 배상액을 산정하여야 할 필요가 있다고 사료됨. 향후 한국형 악취민원에 대비한 악취측정법 및 손해배상액 산정기준 개발을 위한 고려사항으로 (1)축산 악취의 시료채취방법, (2)축산악취 배출구 선정 방법, (3)축산악취의 시료채취 및 배출농도 측정을 위한 경계설정 방법, (4)축산 악취강도 설정하기 위한 악취모델링 방법, (5)축산 악취의 관능법에 의한 희석배수 산정 방법 및 표준화 방법, (6)축산 악취농도 측정을 위한 악취분석방법의 표준화, (7)우리나라에 맞는 축산분야의 악취세기 설정, (8)축산악취로 인한 환경분쟁시 법률적 피해 산정액기준 설정 방법, (9)피해 산정액이 동시에 여러 농가 또는 발생지와 중복될 경우 피해 발생액 분리 산정방식 설정, (10)기타 축산 악취로 인한 제반 법률적,기술적, 행정적 사회적 접근에 대한 논의가 본격적으로 구축되어야 함.

목 차

제1장 서론	1
1. 연구 필요성	1
2. 연구 목적	5
제2장 국내 양돈농가 축산냄새 현황	6
1. 국내 축산냄새 관련 법률 및 제도 현황	6
2. 국내 양돈농가 냄새 발생 현황	17
3. 국내 양돈농가 냄새 저감기술 적용 현황	23
제3장 국내 악취평가법(중앙환경분쟁조정위원회)의 검토	42
1. 중앙환경분쟁조정위원회(2008) 「배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정 연구」 및 중앙환경분쟁조정위원회(2009) 「배출원을 기준으로 한 악취피해조사 및 발생액 추정방안에 관한 연구」 검토	43
2. 축산(양돈장)냄새 관련 분쟁 사례(정읍시) 검토	59
제4장 국내외 축산냄새 확산 모델의 연구 및 적용 사례 비교	64
1. 국외 주요국(미국, 유럽, 일본)의 축산냄새평가 기법 및 사례	64
2. 축산냄새 확산방식 모델 연구사례	89
3. 국내 돈사 및 분뇨처리장 냄새배출량 및 확산량 연구사례	96
제5장 종합결론	101
참고문헌	115

표 목 차

[표 1]축산환경개선 정부정책 가축분뇨처리지원사업	4
[표 2]EU 및 국내 양돈농가의 생산성	4
[표 3]광역축산악취개선사업 대상농가의 주요 악취 저감 기술 및 효율	7
[표 4]악취 배출시설의 분류기준	14
[표 5]배출허용기준 및 엄격한 배출허용기준의 설정	15
[표 6]돈사 냄새저감 시설 기술 적용시 효과	24
[표 7]돈사 내부 악취 저감 방법	26
[표 8]돈사시설에서 일반적인 오존수(+바이오커튼) 가동 시간	27
[표 9]돈사 외부 악취 저감 (물리적 + 화학적)	28
[표10]돈사시설에서 바이오커튼 + 오존수 분무시스템 악취저감 효과	29
[표11]계절별 바이오커튼 관리요령	33
[표12]'배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정 연구'에서 제시한 악취 피해배상액 산정기준 안 I	46
[표13]'배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정 연구'에서 제시한 악취 피해배상액 산정기준 안 II	47
[표14]'배출원을 기준으로 한 악취피해조사 및 배상액 추정방안에 관한 연구'에서 제시한 악취배출량에 따른 거리별 예상 악취세기 자료	49
[표15]검토대상 보고서에서 제시한 악취세기와 희석배수와의 관계 자료 ..	52
[표16]축사시설의 여러 지점에서 복합악취 희석배수 분석결과	53
[표17]비육돈 분뇨의 휘발성 지방산 농도에 미치는 계절의 효과	54
[표18]슬러리의 휘발성 유기물 농도에 미치는 계절의 효과	55
[표19]돼지분뇨의 냄새 물질 농도에 미치는 분뇨저장 기간의 효과	57
[표20]사육단계별 돼지 권장 환기량	57
[표21]1,000두 규모 양돈 농가 현장 모니터링 결과	58
[표22]축산악취 평가 시 Iowa State에서 적용한 악취 수준	65
[표23]Iowa State 축산악취 측정 시 악취기준 초과 비율	69

[표24]N-butanol을 기준으로 한 악취강도 구분	70
[표25]Idaho 젓소 사육시설의 악취 평가 결과	71
[표26]덴마크의 악취 규제 기준	78
[표27](일본)취기강도와 취기지수의 관계	85
[표28]가우시안모델과 3차원 수치해석모델의 특징	95
[표29]무창비육돈사의 외기온에 따른 여름과 가을철의 환기량 변화	97
[표30]전실(前室)이 있는 무창비육성돈사의 가을과 초겨울의 환기량 변화	98
[표31]액비재순환시스템이 적용된 무창비육돈사의 암모니아, 황화수소 배출량 저감효과	100

그림 목 차

[그림 1]축산 냄새민원 발생현황	3
[그림 2]축산냄새 물질의 생산과정	18
[그림 3]축산냄새 물질의 생산요인	18
[그림 4]비육돈의 사료섭취량 변화와 체단백질 축적량과의 관계	19
[그림 5]비육돈의 체중별 분뇨의 냄새 물질(페놀류) 농도 변화	20
[그림 6]돈사피트 분뇨의 저장 기간별 냄새 물질(인돌류) 농도 변화	21
[그림 7]돈사냄새 확산 사례	22
[그림 8]퇴비사 냄새 생성 및 확산 유형	22
[그림 9]돈사내부 수세전경	25
[그림10]환기개선 전후 돈사 내부 먼지변화	25
[그림11]돈사시설에서 분진 저감 장치 설치사례	27
[그림12]돈사시설에서 바이오필터 설치사례	27
[그림13]돈사시설에서 바이오커튼 설치사례	27
[그림14]양돈장 복합악취 측정 결과(냄새저감시설 설치 전·후 비교)	29
[그림15]바이오커튼 활용 냄새저감 원리	30
[그림16]돈사시설 바이오커튼 적용을 위한 측면 배기휀 설치	32
[그림17]돈사시설 바이오커튼 설치 과정	32
[그림18]돈사시설 바이오커튼 내외부 모습	33
[그림19]퇴비사 냄새저감 ICT 장치 예	36
[그림20]Nasal Ranger(좌), Barneby Sutcliffe Scentometers(우)	66
[그림21]가축 사육시설의 악취측정 지점	67
[그림22]가축분뇨를 살포한 농경지의 악취측정 지점	67
[그림23]공공시설(학교,종교시설, 주거지, 상업단지 등) 악취측정 지점	68
[그림24]Idaho State에서 이용한 축사 악취 측정방법	70
[그림25]악취성분 배출계수 산정 및 표준 측정법 매뉴얼 개발을 위한 연구 대상지	72

[그림26]미국 EPA의 배출계수 산정 표준 매뉴얼 개발 Timeline	73
[그림27]양돈장 배출계수 설정 및 표준 측정 매뉴얼 개발을 위한 시스템 구축 사례	73
[그림28]양돈장 배출계수 설정 및 표준 측정 매뉴얼 개발을 위한 시스템 구축 사진	74
[그림29]미국의 유해물질(암모니아, 황화수소 등) 발생량 신고제도	75
[그림30]미국의 돼지 사육단계 및 분뇨 수거 방식에 따른 NH ₃ , H ₂ S 배출계수	75
[그림31]덴마크의 악취 확산 모델 (OML dispersion model)	78
[그림32]가우시안 모델의 오염물질 확산 분포	90
[그림33]시공간적 변화에 따른 가우시안 퍼프 모델과 플룸 모델의 차이점	91
[그림34]오일러리안 모델과 라그랑지안 모델의 좌표계 차이	94
[그림35]오일러리안-라그랑지안 모델을 적용한 축산시설로부터 악취확산 모의 예시	95
[그림36]여름과 가을철 환기량 및 악취배출량 측정대상 무창비육돈사	96
[그림37]계절별 환기량 및 악취배출량 측정대상 무창육성돈사	98

1. 연구 필요성

- 1990년대 농촌은 농축산물의 생산기지 또는 전원 공간의 휴식처로 인식되었음. 그런데 지금은 지방자치단체가 귀농·귀촌 및 지역의 자연환경과 문화유산을 활용한 지역경제 활성화의 공간으로 인식하고 있음. 이런 변화 속에서 전체 민원의 30%를 차지하는 축산냄새 민원을 해결하기 위하여 정부는 매년 1,500억 이상을 투자하고 있음[그림1].
- 축산 냄새는 감각·주관적인 오염물질로 축산시설의 밀집화, 귀농인구의 증가, 신도시 개발에 따른 축산시설과 주거지간 이격거리 감소 등으로 인하여 축산악취에 대한 지역주민의 민원이 급증하고 있음.
- 우리나라의 축산 사육규모가 국민의 식생활의 고도화와 함께 규모화되면서 농업부문의 생산액 비율도 매우 높아져 가고 있으며, 동시에 연간 발생하는 분뇨의 발생량도 6,000만 톤을 상회할 정도로 증가하고 있는

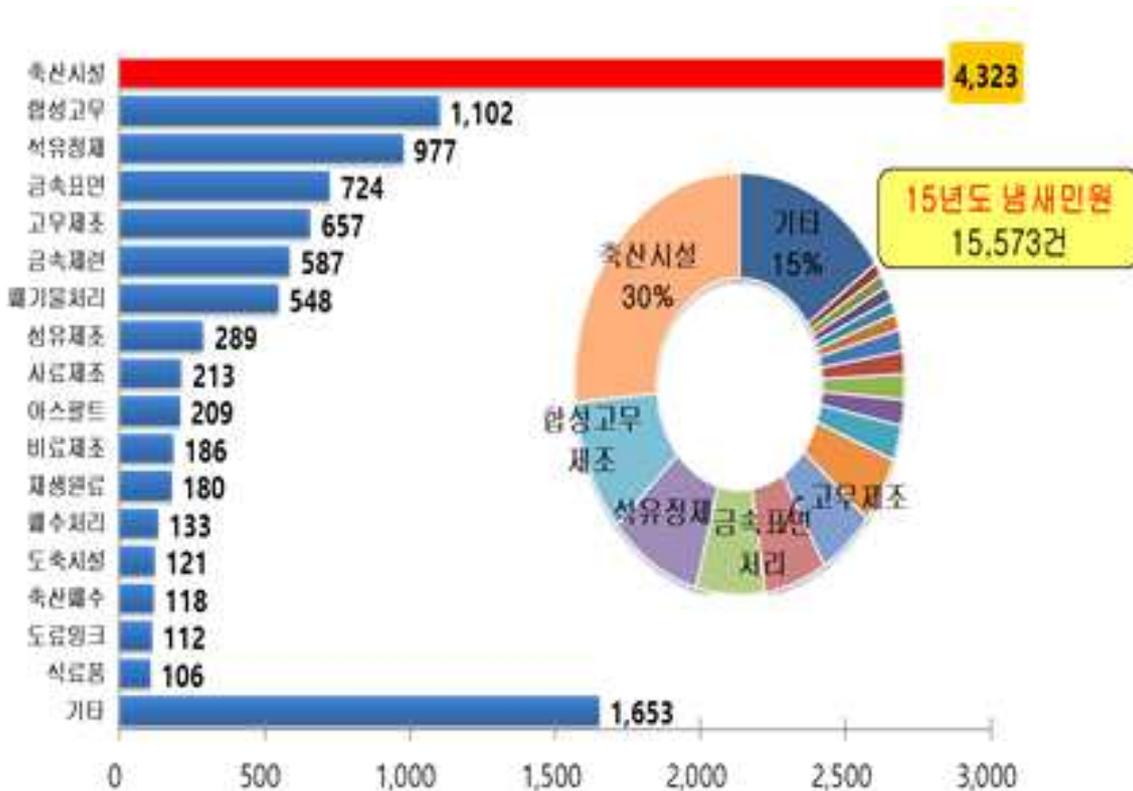
상황임. 특히 양돈 산업 부문에서 환경문제가 주로 발생, 주로 악취로 인한 분쟁이 전국적으로 발생되고 있어 이에 대한 대책이 시급함.

- 정부에서는 2005년 악취방지법의 시행과 더불어 악취관련 민원 발생에 적극 대처하고 있으며 악취관리지역에 축산 시설을 포함시키는 등 축산 시설에 의한 민원 발생에 적극 대처하고 있음. 관계법령에 따라 축사시설 중 50m² 이상의 돈사가 악취배출시설로 선정되어 2006년 1월부터 적용되어 법적 제제를 받고 있음.
- 실제로 악취 민원은 해마다 증가하고 있으며 2001년 기준으로 2,760건이던 악취민원이 2015년 기준으로 15,573건으로 약 560% 증가하였음. 또한 전체 악취 민원 중에서 축산업 관련 악취 민원은 약 35%라고 보고되고 있음.
- 악취방지법이 시행된 이후 악취의 관리체계가 지역적이면서 악취 배출원을 없애는 방향으로 이루어지고 있기 때문에 악취와 밀접한 관계가 있는 축산은 이 법의 직접적인 영향권 내에 있으며 더욱이 환경문제 해결에 대한 요구와 관심이 주변 및 사회 전반에서 증대되고 있음. 또한 과거에는 돈사와 멀리 떨어져 있던 주거지가 이제는 도시화, 아파트 단지화로 돈사와 인접하게 되고 돈사에서 발생하는 악취문제로 일반인들의 불평과 불쾌감 표시 민원은 날로 증가하고 있는 실정임.
- 이에 따라 양돈장에서 악취문제는 또 하나의 환경문제로 해결을 해야 되는 주요 사안으로 자리 잡고 있음. 한편 이제는 농촌마을 주민이라 하더라도 양돈장에서 발생하는 악취를 인내하지 않는 경향 때문에 향후 관련 민원은 더욱 증가할 것이라고 예상됨. 그러나 양돈 산업이 우리사회에 미치는 공익적 기능과 사회적인 기여도까지 무시되어서는 안되며, 축산

악취문제는 어느 특정 그룹만의 문제가 아닌 우리 전체의 문제로 받아들이고 문제 해결을 위한 대책을 강구해야 함.

- 냄새 발생이 심한 양돈농가의 경우 비육돈의 출하 일령이 190일 이상이며, MSY(모돈두당 연간 비육돈 판매두수)는 16.5두로 돼지 생산성이 매우 낮은 것으로 조사되었음(대한한돈협회, 2017). 또한 우리나라 양돈농장 중에서 생산성이 하위 30% 수준 농가의 경우 이유 후 폐사율이 21.6%으로 조사되고 있음[표1]. 외국에서도 돈사내부의 공기질을 개선하였을 때 돼지의 폐사율이 47% 감소되었고, 일당 증체량이 6.1% 증가 되었다고 보고하고 있음(미국 농업연구청, 2008).

[그림1] 축산 냄새민원 발생현황



*자료: 한국환경공단(2016)

[표1] 축산환경개선 정부정책 가축분뇨처리지원사업 (축산냄새 개선)

(단위: 백만원)

구분	2014	2016	2018
합계	153,368	206,406	179,602
국고	45,417	49,760	47,900
용자	51,521	70,030	70,958
지방비	45,660	56,234	40,202
자부담	10,770	30,382	20,542

*자료: 농림축산식품부(2018)

[표2] EU 및 국내 양돈농가의 생산성

생산성 지수	EU 평균	한국		
		상위 30%	평균	하위 30%
MSY*	25.1	20.6	18.1	15.5
이유후 폐사율(**)	5.3	8.5	14.1	21.6

*모든 200두 기준, 하위 30% 수준 농가 이유 후 폐사 두수는 연간 860두(3두/일) → 폐사축 냄새 심각

*자료: 국립축산과학원(2014), 국립축산과학원(2016)

- 앞으로 양돈 산업이 지속적으로 성장하기 위해서는 돼지의 생산성 증대뿐만 아니라 국가적, 사회적으로 문제가 되고 있는 냄새 민원 문제를 해결하기 위하여 많은 노력이 필요한 시기임. 특히 양돈 농가의 경우 양돈장 내부에서 냄새가 많은 장소를 파악하고, 냄새 발생의 주요 원인이 무엇인지 확인한 다음 냄새 해결방안을 강구하여야 함.

2. 연구 목적

- 양돈분뇨 악취는 환경문제뿐만 아니라 사회적, 법률적 문제로 전개되면서 환경관리기술 문제, 지역 안에서의 커뮤니티 문제, 지역주민 간의 법률적 문제로 비화, 우리 사회 내부의 커다란 갈등의 요소로 전개되고 있는 매우 심각한 상황임.

- 축산 악취에 대한 민원과 분쟁들을 해결하기 위하여 축산 악취의 확산 범위를 예측하고 악취에 의한 영향을 정량적으로 평가하고자 하는 연구가 진행되고 있지만 광범위한 현장을 대상으로 한다는 점에서 많은 문제를 가지고 있음.

- 인근 지역으로의 악취 확산을 분석하기 위해서는 각 축산 농가의 규모, 배치, 분뇨처리 등 농가의 특성뿐만 아니라 농가의 배치, 지형적 특성, 지역적 실시간 기상 등 여러 환경 인자들을 함께 고려하여 분석하여야 할 필요가 있음.

- 본 연구에서는 최근 양돈 농가의 악취문제가 법률적 문제로 상정되면서 중앙환경분쟁조정위원회(이하, 환경분쟁조정위)에서 논의되는 악취문제 즉, ① 악취 평가기법이 악취피해와 피해 배상액의 산정에서의 적절성 여부, ② 악취 유래 피해액의 산정을 줄이기 위한 국외 주요국의 도입 방법의 조사, ③ 향후 우리나라의 축산냄새 평가에 대한 기법 개선 노력에 대한 연구 필요성이 있음.
 - 향후 우리나라의 양돈산업 구조 및 사육환경을 선진화 하기 위하여 국내외 축산환경 및 악취관리, 분뇨 악취평가법 및 악취민원의 대응방법에 관하여 조사함으로써 우리나라 양돈 악취환경문제 대응에 참고하고자 하였음.

1. 국내 축산냄새 관련 법률 및 제도 현황

1-1 축산냄새의 정부 정책제도 방향

- 국내 축산환경문제가 양돈농가를 중심으로 빈번하게 세간에 등장하면서 정부는 광역악취개선사업단지 구축 등 종합적인 악취관리 시범단지를 구축하고 있음.
 - 축산환경문제가 악취환경 악화뿐만 아니라 축산활동 및 퇴·액비에서 발생하는 암모니아 및 미세먼지 생성, 온실가스의 기여요인으로 보고되고 있음.

- 축산농가의 경우 개별 농가 단위에서 악취관리 및 분뇨의 관리상 효율적인 처리를 위하여 공동처리시설을 확충하여야 하나 악취 등 지역 주민의 반발로 공동관리시설 확충에도 어려움이 있음. 개별 농가의 경우 냄새를

줄이고자 하나 악취물질의 감축방안 및 시설비의 과다로 아직 대책이 불충분한 상황임

- 향후 축산농가 특히 양돈농가에 있어서 법률적 규제와 처벌보다는 농가가 냄새를 줄일 수 있는 적극적 정책수단이 필요한 상황임. 양돈농가를 중심으로 현재 가축분뇨처리지원 사업 및 시설유지관리, 컨설팅 사업을 확대하여 악취관리사업을 추진하고 있음. 양돈농가에서의 주요 악취처리 기술로는 다음과 같음

[표3] 광역축산악취개선사업 대상농가의 주요 악취 저감 기술 및 효율

항목	개소(N)	시설설치 전 평균 암모니아(NH ₃)	시설설치 후 평균 암모니아(NH ₃)	저감비율 (%)
바이오커튼	31	11.5	5.3	53.9
안개분무시설	20	10.9	7.1	34.9
액비순환시스템	20	13.9	2.8	79.9
퇴비사밀폐	14	14.1	4.4	68.8
액비저장조 밀폐	2	37.5	2.5	93.3
탈취탑	7	10.0	6.0	40.0
평균		16.3	4.7	71.3

*자료: 광역축산악취개선사업 대상농가 39개소 조사 자료(축산환경관리원, '18.8월)

1-2 현실적인 미허가 축사의 축산환경 문제

- 축산농가 가운데 미허가 축사 적법화 지원을 위해 축산단체와 지자체 등 현장의 의견을 수렴해 관계부처 합동으로 37개 과제에 대한 제도개선방안을 마련, 미허가 축사 적법화를 지원, 이행계획서를 제출한 농가 중 90% 이상이 적법화를 추진할 것으로 예상됨에 따라 법의 사각지대에 있는 미허가 축사로부터의 악취문제에 접근 가능하도록 함이 중요함.
- 2019. 9월 27일까지 적법화를 완료하지 못한 농가 중 적법화 진행단계

에 있는 농가에 대해서는 그 노력과 진행상황을 평가해 실제 완료에 필요한 추가 이행기간을 부여하고 관계기관과 협조해 적법화를 완료할 때까지 적극 지원할 예정

- 가축분뇨법 등 관련 법률에 따라 입지제한구역 내에서는 축사의 입지가 제한되는 만큼 축사를 이전하거나 개별 법령에 따른 축사입지조건을 충족하는 농가에 대해서는 가능한 범위 내에서 적법화를 할 수 있도록 제도개선 등 조치를 취함.
- 환경부에서는 입지제한구역 내 미허가 축사에 대해 현장 확인과 청문 절차를 거쳐 이전기간 동안 행정처분을 유예할 방침, 이전 희망 농가에 대해서는 관계부처·지자체와 협력해 축사시설 현대화사업과 가축분뇨처리사업 등을 통해 지원할 계획임.
- 개발제한구역 내 축사는 허용면적과는 별도로 퇴비사는 300㎡이하까지 설치가 가능하며, 미허가 축사는 허용면적을 초과하는 부분만 철거하면 적법화가 가능하도록 제도개선

1-3 지속가능형 축산농가에서의 악취문제

- 축종별 환경문제 해결을 위해 축사시설 및 관리기준 보완, 가축분뇨와 축산냄새 관리 강화 등이 필요함.
- 2020년 3월 25일로 예정된 퇴비 부숙도 기준 시행과 관련, 축산현장에서 지도에 대한 이해 부족과 퇴비사 및 교반장비 부족, 부숙도 검사기관 부족 등에 대한 우려가 발생함. 농식품부는 퇴비 부숙도 기준 시행과 관련해 현장 애로사항과 문제점을 파악하기 위해 8월부터 퇴비 부숙도 실태 조사를 실시하고 있으며, 실태조사 결과를 바탕으로 환경부 등 관계부처

와 협력해 현장 애로 해소 및 퇴비 부숙도 기준의 원활한 시행에 필요한 방안을 강구 할 예정임.

- 농축산 중심의 지역에서는 가축분뇨의 발생량은 증가, 고품질 퇴·액비는 부족한 상황이므로 양돈농가의 축산냄새 배출특성 분석, 관리 매뉴얼 작성을 포함하는 기술, 행정, 제도 및 새로운 환경산업으로 발전할 수 있도록 복합적 대응이 필요함.

○ 국내 지자체에서는 축산악취발생 원인을 농장 내 사양관리단계, 축사 내 사육단계, 가축분뇨 처리 등 3단계로 분석하여 단계별로 악취저감 지원 정책 추진이 필요함.

- 1단계 농장 내 사양관리단계: 축사 및 주변 특유의 냄새 발생억제를 위한 미생물제재를 살포, 자체 청소 확산
- 2단계 냄새발생 억제 사육단계: 축사내부에 악취저감제 및 축사외부로 확산하는 악취를 밀폐하여 처리하는 저감 장치 등을 지원
- 3단계 가축분뇨 처리단계: 고액분리시설 및 퇴·액비장을 밀폐하여 저감제 살포하는 시설 지원 등으로 악취발생 근원지를 차단 계획

○ 자체 악취검사를 강화해 배출허용 기준을 지속적으로 초과하는 농가는 ‘악취배출시설 신고대상 시설’로 지정, 저감시설을 설치토록 조치함.

1-4 가축분뇨관리 및 이용에 관한 법률의 악취문제 정책

○ 농림축산식품부의 양돈농장에 대한 악취관리 관련해서는 “가축분뇨관리 및 이용에 관한 법률” 가운데 제9조 환경친화축산농장의지정부분에 나타나고 있듯 축산농가의 규제와 단속보다는 농장의 환경을 개선하고 지원하고 계도하는 의미로 접근하고 있음을 알 수 있음.

제9조(환경친화축산농장의 지정)

- ① 농림축산식품부장관은 축사를 친환경적으로 관리하고 가축분뇨의 적절한 관리 및 이용에 기여하는 축산농가를 환경친화 축산농장으로 지정할 수 있다.
- ② 농림축산식품부장관은 환경친화축산농장을 지정하려는 때에는 다음 각 호의 조건을 붙일 수 있다.
 1. 가축사육의 밀도를 「축산법」 제26조의 준수사항에 따라 유지하고 생활환경을 개선할 것
 2. 가축분뇨를 자원화하여 전량 농지에 환원할 것
 3. 조경수를 심는 등 자연친화형 축사를 조성할 것
 4. 악취저감시설을 설치·가동하여 주변의 생활환경을 저해하지 아니할 것
 5. 그 밖에 농림축산식품부령으로 정하는 기준을 지킬 것
- ③ 농림축산식품부장관 또는 환경부장관은 환경친화축산농장으로 지정된 축산농가에 대하여 다음 각 호의 지원을 할 수 있다.
 1. 축사 및 가축분뇨의 관리에 필요한 재정적 지원
 2. 제41조에 따른 보고·검사의 면제
 3. 그 밖에 농림축산식품부령으로 정하는 사항
- ④ 농림축산식품부장관은 환경친화축산농장의 지정을 받은 자가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 지정을 취소할 수 있다. 다만, 제1호에 해당하는 경우에는 지정을 취소하여야 한다.
 1. 거짓, 그 밖의 부정한 방법으로 지정을 받은 경우
 2. 제2항에 따라 붙인 조건을 이행하지 아니한 경우
 3. 제6항에 따른 지정기준에 적합하지 아니하게 된 경우
 4. 이 법 또는 「축산법」을 위반하여 행정처분을 받거나 형벌 또는 과태료의 처분을 받은 경우로서 환경친화축산농장으로 부적합하다고 판단되는 경우
- ⑤ 농림축산식품부장관, 환경부장관, 시·도지사, 시장·군수·구청장 및 생산자단체는 환경친화축산농장의 운영사례를 교육 또는 홍보에 적극 활용하여야 한다.

⑥ 환경친화축산농장의 지정기준 및 신청절차 등에 필요한 사항은 농림축산식품부령으로 정한다.

1-5 악취방지법에 의한 악취관련 정책

- 양돈농가의 악취 관련하여 환경부 악취방지법에서 이에 관련한 법률적 규제를 정하고 있음.

제2조(정의) 에서는 악취의 종류와 지정물질을 정하고 있으며, 악취배출시설에 한 정의를 두고 있음.

제3조(국가·지방자치단체 및 국민의 책무) 에는 동물사육을 포함하는 국민의 사업 활동에 타인의 생활에 피해를 주지 않도록 노력하여야 함을 밝히고 있음.

제4조(악취실태조사) 에는 악취관리지역에 있어서 지자체장은 악취발생 상태를 주기적으로 환경부장관에게 보고하여야 함을 지시하고 있음.

제6조(악취관리지역의 지정) 에는 악취와 관련된 민원이 1년 이상 지속되고, 악취 배출시설을 운영하는 사업장이 둘 이상 인접(隣接)하여 모여 있는 지역으로서 악취가 제7조에 따른 배출허용기준을 초과하는 지역을 환경부장관이 악취관리 지역으로 지정하는 범위를 제시하고 있음.

제7조(배출허용기준), 제8조(악취관리지역의 악취배출시설 설치신고 등)

제8조의2(악취관리지역 외의 지역에서의 악취배출시설 신고 등)

제8조의3(악취방지시설의 공동 설치 등)

제9조(권리·의무의 승계)

제10조(개선명령)

제11조(조업정지명령)

제12조(과징금처분)

제13조(위법시설에 대한 폐쇄명령 등)

제14조(개선 권고 등)

제16조의2(기술진단 등)

제16조의3(기술진단전문기관의 등록)

제16조의4(기술진단전문기관 등의 준수사항)

제16조의5(기술진단전문기관 등록의 결격사유)

제16조의6(기술진단전문기관의 등록취소 등)

제16조의7(생활약취 관리)

제17조(보고·검사 등)

제18조(약취검사기관)

제19조(지정취소 등)

제20조(관계 기관의 협조)

제21조(약취저감기술 지원)

제22조(청문)

제23조(수수료)

제24조(권한·업무의 위임과 위탁)

제25조(벌칙 적용 시의 공무원 의제)

제26조(벌칙)

제27조(벌칙)

제28조(벌칙)

제29조(양벌규정)

제30조(과태료)

- 약취방지법에서 제시한 법률적 내용에 대하여 세부적으로 시행규칙에 내용을 적시하고 있음.

제2조(지정약취물질)에는 지정약취물질을 제시하고 있음. 총 22종으로 구성

제3조(약취배출시설)에는 약취배출시설을 제시하고 있으며 2006년 1월부터 축산 시설이 적용 되었으며, 관련 사육시설 면적(m²)은 축종별로 돼지 50, 소, 말100, 닭 150, 사슴 500, 개 60 이상인 시설 등 임

제4조(약취실태조사)

제5조(약취민원 및 조치 결과 보고)

제5조의2(약취관리지역의 지정기준)

제6조(이해관계인의 의견 수렴)

제8조(배출허용기준)에는 약취의 배출허용기준과 약취의 엄격한 배출허용기준의

설정 범위를 제시하고 있음

1. 복합악취: 공업지역 500-1000, 기타지역 300-500 희석배수

2. 지정악취물질 암모니아 1-2 ppm

제9조(악취배출시설의 설치·운영 신고)

제10조(악취배출시설의 변경신고)

제11조(악취방지계획)

제11조의2(악취공공처리시설의 설치·운영)

제11조의4(개선계획서의 제출 등)

제11조의5(개선명령 등의 이행통지)

제12조(과징금의 금액 등)

제13조의2(기술진단)

제13조의3(기술진단전문기관의 등록신청)

제13조의4(기술진단전문기관의 변경등록)

제13조의5(기술진단전문기관 등의 실적보고)

제14조(보고·자료제출 명령 등)

제15조(악취검사기관의 지정신청 등)

제16조(악취검사기관의 지정사항 변경보고)

제17조(악취검사기관의 준수사항)

제18조(검사수수료)

제19조(행정처분기준)

제19조의2(악취저감기술 지원 절차 등)

제20조(수수료)

제21조(위임 및 위탁업무의 보고)

제21조의2(규제의 재검토)

○ 축사시설은 「악취방지법」 제3조에 의거하여 축종별 시설규모를 기준으로 악취배출시설로 분류하며<표 2-5>, 동법 제8조에 의해 복합악취 및 지정 악취물질에 대해 배출허용기준과 해당 기준의 범위<표 2-6>를 명시하고 있음.

- 악취방지법에서는 22개 물질을 기준으로 설정되어 있지만 해당 기준은

공업지역을 포함한 광범위한 악취물질에 대한 기준이므로 가축분뇨 공동 자원화시설에서 발생하는 특정 악취물질에 대한 분류선별이 필요하다는 의견들도 전문가들로부터 제시되고 있음. 특히, 축산농장의 축종, 사료, 축사형태, 분뇨처리 방법 등 상황별 악취발생 특성에 따른 악취물질 분류가 필요한 실정임¹⁾.

[표4] 악취 배출시설의 분류기준(악취방지법 시행규칙. 별표2)

시설 종류	시설 규모의 기준
가. 축산시설	사육시설 면적이 돼지 50㎡, 소·말 100㎡, 닭·오리·양 150㎡, 사슴 500㎡, 개 60㎡, 그 밖의 가축은 500㎡ 이상인 시설
터. 비료 및 질소화합물 제조 시설	1) 「대기환경보전법 시행규칙」 별표 3에 따른 대기오염 물질 배출시설 중 화학비료 및 질소화합물 제조시설을 포함하는 시설 2) 「비료관리법 시행령」 별표 2에 따른 비료생산업의 공동시설 및 생산시설
구. 하수·축산폐수 처리시설	1) 「하수도법」에 따른 공공하수처리시설, 개인하수처리 시설 중 오수처리시설, 분뇨처리시설 2) 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에 따른 처리 시설 및 공공처리시설

1) (사)한국축산환경학회. 2019. 축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안. 한국농촌경제연구원 연구보고서.

[표5] 배출허용기준 및 엄격한 배출허용기준의 설정(악취방지법 시행규칙.

별표3)

<복합악취> 구분	배출허용기준 (회석배수)		엄격한 배출허용기준의 범위 (회석배수)	
	공업지역	기타 지역	공업지역	기타 지역
배출구	1000 이하	500 이하	500 ~ 1000	300 ~ 500
부지경계선	20 이하	15 이하	15 ~ 20	10 ~ 15

<지정악취> 구분	배출허용기준 (ppm)		엄격한 배출허용 기준의 범위(ppm)	적용시기
	공업지역	기타 지역	공업지역	
암모니아	2 이하	1 이하	1 ~ 2	2005년 2월 10일부터
메틸메르캅탄	0.004 이하	0.002 이하	0.002 ~ 0.004	
황화수소	0.06 이하	0.02 이하	0.02 ~ 0.06	
다이메틸설파이드	0.05 이하	0.01 이하	0.01 ~ 0.05	
다이메틸다이설파이드	0.03 이하	0.009 이하	0.009 ~ 0.03	
트라이메틸아민	0.02 이하	0.005 이하	0.005 ~ 0.02	
아세트알데하이드	0.1 이하	0.05 이하	0.05 ~ 0.1	
스타이렌	0.8 이하	0.4 이하	0.4 ~ 0.8	
프로피온알데하이드	0.1 이하	0.05 이하	0.05 ~ 0.1	
뷰틸알데하이드	0.1 이하	0.029 이하	0.029 ~ 0.1	
n-발레르알데하이드	0.02 이하	0.009 이하	0.009 ~ 0.02	
i-발레르알데하이드	0.006 이하	0.003 이하	0.003 ~ 0.006	
톨루엔	30 이하	10 이하	10 ~ 30	2008년 1월 1일부터
자일렌	2 이하	1 이하	1 ~ 2	
메틸에틸케톤	35 이하	13 이하	13 ~ 35	
메틸아이스뷰틸케톤	3 이하	1 이하	1 ~ 3	
뷰틸아세테이트	4 이하	1 이하	1 ~ 4	2010년 1월 1일부터
프로피온산	0.07 이하	0.03 이하	0.03 ~ 0.07	
n-뷰틸산	0.002 이하	0.001 이하	0.001 ~ 0.002	
n-발레르산	0.002 이하	0.0009 이하	0.0009 ~ 0.002	
i-발레르산	0.004 이하	0.001 이하	0.001 ~ 0.004	
i-뷰틸알코올	4.0 이하	0.9 이하	0.9 ~ 4.0	

□ (참고) 국외 주요국의 축산악취관리

- 미국, 유럽 및 일본 등 국외의 악취 관리는 표준으로 정한 악취측정법에 따라 지역에 맞는 수용체 중심의 허용농도와 배출원에서 허용농도를 지정하고 있는 추세에 있으며, 축산시설로부터의 악취를 가축 생산성, 인체 유해성 및 주민 민원과 연계하고 사료조절, 축사의 발효환경 개선 등 악취저감 기술 연구와 병행하고 있는 것이 특징임(친환경자연순환농업협회, 2017²⁾). 몇몇 국외 국가와 관련된 축사시설의 악취에 관련된 규제는 다음과 같음.
 - 독일은 악취평가지침(GIRL, GOAA)에 따라 악취빈도에 따른 허용기준을 제시하고 있으며, 지방정부에서는 이를 실질적인 악취관리 규정으로 적용하고 있음. 신규 사업장이 설치 시 예상되는 추가오염도와 기존 악취 오염도의 합이 총 악취허용기준을 초과하지 않을 경우 인·허가를 해주는 형태임. 가중악취 농도가 0.02를 넘지 않는다면 총 악취노출도가 한계노출도를 초과해도 등록을 허가하며, 0.02 수치 초과 시에는 기존 악취노출도가 한계노출도의 50% 이내에서 악취노출도 평가를 면제받고, 50% 이상이라면, 악취노출도 평가를 실시함. 한편, 산출된 총 악취노출도가 한계노출도보다 높으면, 최상가용기법(BAT)을 통해 예상 가중악취 노출도를 저감 후 인·허가를 받을 수 있음(우장명, 2018³⁾.
 - 일본은 “악취방지법”에 의해 부지 경계선 상에서 측정한 암모니아 농도가 5ppm 이하가 되도록 악취물질(암모니아 등)의 배출을 규제하고 있으며 이는 돈사 50m² 이상, 우사 200m² 이상, 마사 500m² 이상의 사업장에 해당함. 일본은 22종 악취물질의 배출규정을 통한 관리를 실시하고 있으며 우리나라와 관리 항목과 농도 기준 범위가 비교적 유사함. 한편 일본의 연구자료에 의하면 돼지에서 발생하는 악취만 230종이 있는 것으로 분석되고 있음(문난경 외, 2018⁴⁾, 우장명, 2018⁵⁾.

2) 친환경자연순환농업협회. 2017. 통합형 가축분뇨 자원화 혁신모델 사업단 최종보고서.
3) 우장명. 2018. 국내외 가축분뇨 처리·이용 및 악취저감 실천기술 적용과제. 충북연구원.
4) 문난경 외, 2013. 악취영향을 고려한 악취 관리 가이드라인 마련, 한국환경정책·평가연구원
5) 우장명, 2018. 국내외 가축분뇨 처리·이용 및 악취저감 실천기술 적용과제. 충북연구원

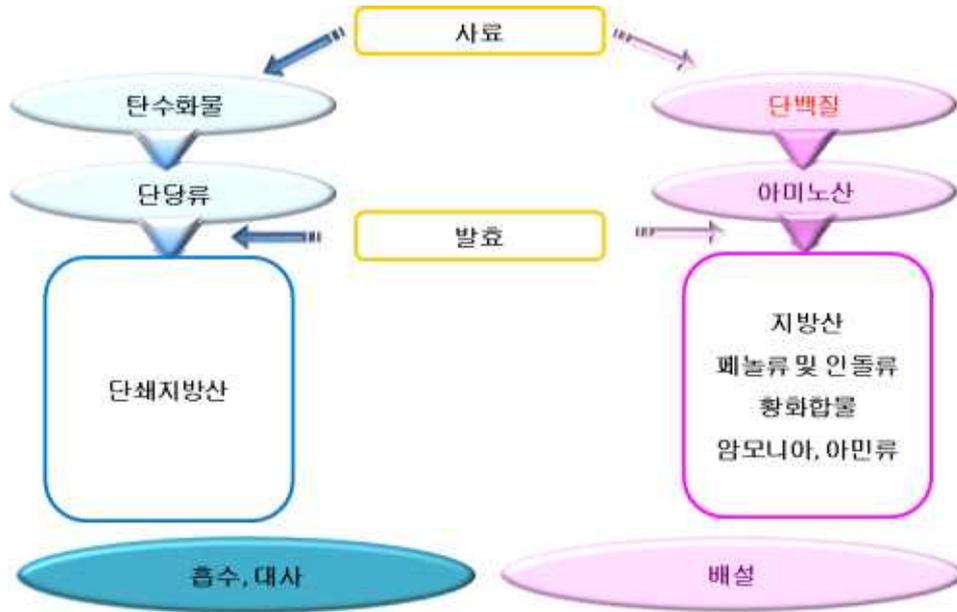
2. 국내 양돈농가 냄새 발생 현황

2-1 양돈농가에서의 냄새발생 원인

- 우리나라 돼지 사육농가들은 분뇨처리를 쉽게 하기 위해 1980년대부터 슬러리 돈사를 많이 이용하였음. 이로 인하여 분뇨가 돈사 안에 많이 보관됨에 따라 다른 가축을 사육하는 농장보다 양돈장에서 냄새가 많이 발생되고 있음.
 - 가축분뇨에서 발생하는 냄새에는 많은 물질들이 혼합되어 있는데, 양돈장의 주요 냄새 물질은 황화합물류, 휘발성 지방산류, 페놀류, 인돌류, 암모니아 등이라고 알려져 있음. 이들 물질은 분뇨의 혐기소화 과정에 의해 생성되는데, 사료의 종류, 돈사구조, 온도, 분뇨저장 기간 등에 따라 발생량이 다양함.

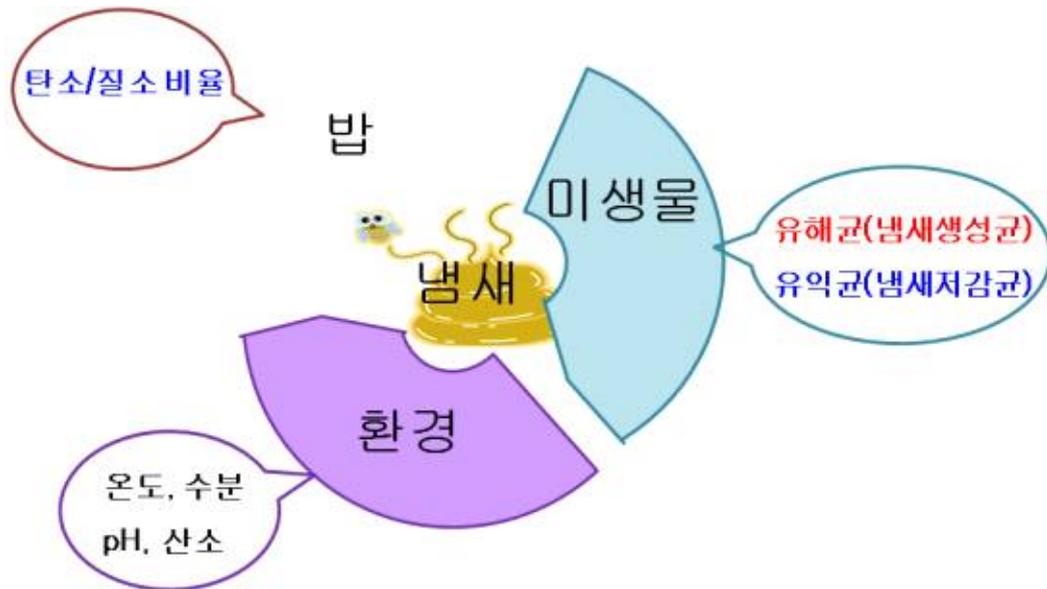
- 돈사와 가축의 분뇨를 처리하는 시설에서 발생하는 냄새는 탄수화물과 단백질이 미생물에 의해 분해되어 발효될 때 발생된다고 할 수 있음[그림].
 - 쉽게 말하면 미생물이 살아가는데 필요한 환경이 제공되어도 가축의 분뇨에서 미생물이 살아가는데 알맞은 C/N 비율이 맞지 않아 미생물 균총의 불균형으로 냄새가 발생된다고 할 수 있음[그림3]. 이런 현상이 심한 곳은 분뇨처리장과 돈사 중에서 특히 비육돈사라고 할 수 있음.

[그림2] 축산냄새 물질의 생산과정



*자료: Jensen and Jorgensen (1994)

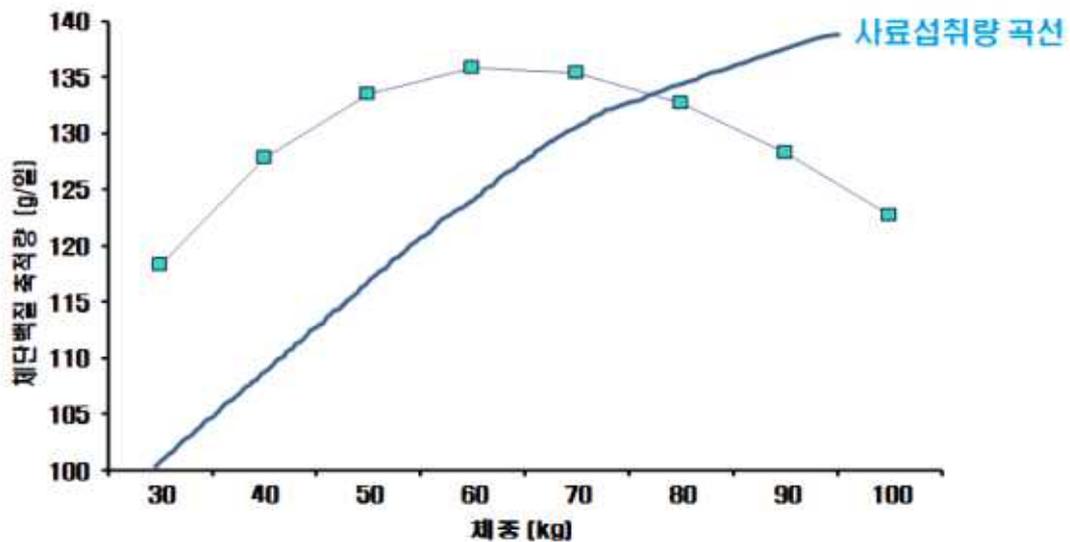
[그림3] 축산냄새 물질의 생산요인



2-2 급여사료와 냄새 발생과의 관계

- 비육돈의 경우 체중이 50kg 이하에서는 1일 사료섭취량이 증가되면서 돼지의 몸에 축적되는 1일 단백질 축적량도 증가됨. 체중이 70~80kg을 넘어서게 되면 1일 사료섭취량이 지속적으로 증가되는 반면 돼지의 몸에 축적되는 1일 단백질량은 감소하게 됨[그림4]. 돼지의 1일 단백질 축적량이 감소됨에 불구하고 돼지의 사료섭취량이 증가됨에 따라 성장단계에 맞는 사료를 급여하여야 함.

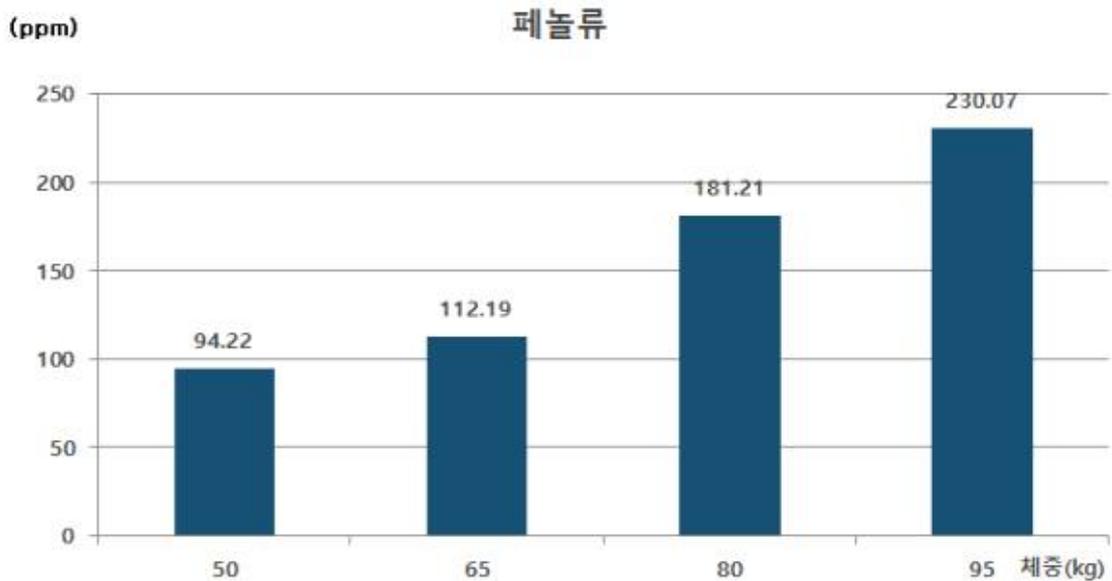
[그림4] 비육돈의 사료섭취량 변화와 체단백질 축적량과의 관계



*자료: 한국가축사양표준 돼지(2012)

- 그러나 우리나라 양돈 농가의 경우 비육돈에게 육성돈사료를 급여하는 사례가 많음. 이런 경우 섭취한 질소가 몸에 축적되지 않고 분뇨로 배설되기 때문에 비육돈사에서 냄새 물질의 농도가 증가되는 사례가 많음 [그림5].

[그림5] 비육돈의 체중별 분뇨의 냄새 물질(페놀류) 농도 변화



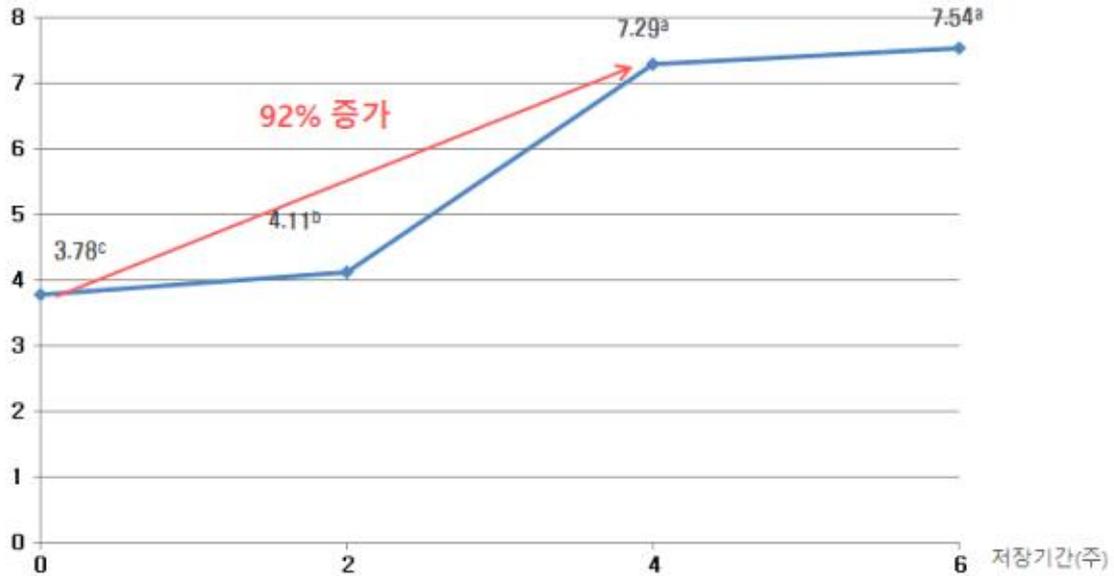
※ 페놀류=페놀+p-크레졸

*자료: 국립축산과학원(2012)

2-3 돈사피트에 축적된 분뇨의 저장 기간과 냄새농도와의 관계

○ 돈사피트에 저장된 분뇨에서는 저장 2주부터 냄새 발생이 급격히 증가됨 [그림6]. 이런 이유는 돈사피트에 분뇨가 축적되면 돼지분뇨에서 살고 있던 미생물들이 에너지원인 당류들을 대부분 소모하게 됨. 그리고 부족한 에너지원으로 단백질을 이용하는 과정에서 단백질 유래의 냄새 물질들이 발생함. 단백질이 발효되면서 암모니아, 황화합물류, 인돌류, 페놀류 등이 많이 발생됨.

[그림6] 돈사피트 분뇨의 저장 기간별 냄새 물질(인돌류) 농도 변화



※ 인돌류=인돌+스카톨

*자료: 국립축산과학원(2012)

2-4 돈사 및 분뇨처리시설에서의 냄새 확산

○ 냄새 물질은 먼지 입자에 부착되어 원거리를 이동함. 돈사내부에서는 사료, 돼지 접촉, 건조한 돈사바닥 등 여러 가지 요인에 의해 많은 먼지가 발생됨. 이들 먼지가 냄새 물질을 동반하여 환기 과정에서 돈사외부로 배출되므로 돈사외부에는 냄새 확산을 차단하는 시설 및 장치가 설치되어야 함.

- 그런데 신축한 지 오래된 돈사뿐만 아니라 최근 신축 및 개축한 돈사의 경우에도 냄새 확산을 방지하는 시설을 갖추지 않는 경우가 많음. [그림 7]에서 보는 것처럼 돈사외부에 냄새 확산을 차단하는 시설이 없으면 신축돈사, 오래된 돈사 구분 없이 냄새 민원이 발생할 여지가 많다고 할 수 있음.

- 양돈 농가의 사육 규모가 증가함에 따라 양돈장의 분뇨를 위탁 처리하는 경우도 많지만, 농가 스스로 자가 처리하는 경우도 많음. 돼지분뇨를 자가 처리 또는 단순저장 후 위탁 처리한다고 하여도 양돈장 내부에 저장된 분뇨를 잘 관리하여야 함.
- [그림8]처럼 퇴비사를 개방하거나 고형물의 분에서 침출수가 발생하면 냄새 발생이 심하며, 특히 고형물을 반출하기 위해 작업과정에서 심한 냄새가 발생되어 인근 주민들로부터 민원이 발생되고 있음.

[그림7] 돈사냄새 확산 사례



<개방식돈사>



<무창돈사>

[그림8] 퇴비사 냄새 생성 및 확산 유형



<개방>



<수분 흡착제 부족>

3. 국내 양돈농가 냄새 저감기술 적용 현황

3-1 돈사 시설 냄새 관리

○ 우선 돈사에서 발생하는 냄새는 돈사내부 냄새와 돈사외부로 배출되는 냄새로 나눌 수 있음.

- 돈사내부 냄새 관리 방안으로는 사료부터 돈사에서 냄새가 배출되는 시점까지 관리방법을 말하는 것으로 단백질 수준을 낮춘 사료 및 환경개선제(생물학적 위주)를 이용하는 방법과 돈사내부에 살포 및 돈방을 세척하는 것으로 나눌 수 있음.

- 돈사외부로 배출되는 냄새는 돈사외부로 배출되는 공기를 포집하여 냄새를 저감하는 방법으로 가장 널리 알려진 바이오필터, 바이오커텐 등을 이용한 냄새저감 관리방법이 있음. 그러나 돈사내부에서 발생하는 냄새보다 돈사외부로 배출되는 냄새의 강도는 적게는 3배에서 많게는 5배 정도 차이가 발생하므로 냄새저감 장치의 이용 방법은 달라져야 함.

- 따라서 돈사내부의 냄새 저감방법과 돈사 외부로 배출되는 냄새를 저감하기 위한 방법 가운데 가장 효과가 있는 시설의 평가여부를 포함하여 무엇보다도 돈사에 맞는 냄새저감 시설의 설치 및 관리가 가장 중요함.

○ 생물학적 처리법

- 돈사 ⇒ 고액분리기 ⇒ 폭기조 ⇒ 돈사 순환 및 액비저장조

- 돈사 슬러리를 실시간 배출, 호기성폭기를 이용한 유기성 및 암모니아성 질소 제거 효과 탁월 ⇒ 약취 70% 제거

○ 물리적 처리법

- 돈사 배출구에 물리적(바이오커텐 등)으로 차단하여 돈사내 먼지 제거로 약취확산 차단에 효율적

○ 화학적 처리법

- 이미 발생한 악취물질을 화학적 물질(오존수, 이산화염소수 등)을 이용하여 분해(물리적 처리방법과 혼용하면 악취제거 90% 효과)

[표6] 돈사 냄새저감 시설 기술 적용시 효과

구 분	축 사		자원화시설		특징	
	내 부	외 부	퇴비화	액비화		
생물학적	미생물 급여	○	-	-		
	미생물 살포	○	▽	▽	△	
	공기 주입 (폭기)	-	-	△	△	- 악취가 발생 미생물제와 혼합시 효과 높음
	돈사재순환	○	-	-	-	
물 리 적	수세 (슬러리 배출)	○	△	-	-	
	먼지 청소	○	△	-	-	- 외부(바이오커텐 외부)
	시설 밀폐화 (환기)	○	-	○	○	- 포집후 악취 처리
	바이오필터	-	○	△	○	포집 후 처리 필요
	바이오커텐	-	○	△	○	
화 학 적	이산화염소	-	○	○	○	- 고가임
	오존, 플라즈마	△	○	○	△	
	기타 방향제	△	○	-	-	

※ 축사 내부외 축사 외부 등 자원화시설 악취저감 효과는 화학적 방법과 혼합시 높음

※ ○ : 효과 높음, △ : 효과 중간, ▽ : 효과 낮음

3-2 돈사 내·외부 냄새관리 방안

- 돈사내부 냄새 관리 방안으로는 사료부터 돈사에서 냄새가 배출되는 시점까지 관리방법을 말하는 것으로 단백질 저수준, 환기시스템 개선, 먼지제어, 오존처리, 세척, 환경개선제(사료, 분뇨용 첨가제), 기타 냄새중화제 살포 또는 분무 등 여러 가지 방법들이 제시되고 있음. 따라서 이러한 여러 가지 방법들 중 자기농장의 여건에 맞는 방법을 택해야 함.

1) 돈사 내부 악취 저감 방안

- ① 먼지 청소 및 수세 등
 - 사육단계별 올인 올라웃시 반드시 시행
 - 수세 사용량 확인
 - 생균제 사용량 확인 : 사용량 또는 구입량 전표 확인
 - 돈사재순환 시스템 운전 수시 확인
 - 분뇨 올라웃시 배출

[그림9] 돈사내부 수세전경



- ② 축사 환기방식 개조
 - 환기방식 개조에 의한 악취 축사외부로 배출

[그림10] 환기개선 전후 돈사 내부 먼지변화



[표기] 돈사 내부 악취 저감 방법

구 분	돈 사 (설치)	비 고
안개분무	▲	저농도 오존, 미산성수 등 포함
먼지청소	●	사육단계별 올라웃시 (출하 후)
수세	●	액비 재순환 포함
생균제 등	▲	급여 권장
환기 개선	●	먼지 배출 효과 큼
전기이온	▲	효과 약함
오존, 미산성수	▲	습도 상승
안개분무	▲	습도 상승

* ▲ : 중간 권장, ● : 적극권장

2) 축사 외부 악취 저감 방안

① 바이오필터 및 분진 저감 장치

○ 부식이 되지 않는 재질로 설치

- PP판넬 등

○ 환기용량에 맞는 장치 크기 설정

○ 수시적으로 먼지 제거 및 청소 (1주일 이내)

- 물 또는 오존수 사용 (재순환 모터에 먼지 유입 방지 필요)

② 오존수 + 바이오커튼 장치

○ 오존수를 이용한 바이오커튼

○ 오존수를 균일하게 생산할 수 있는 시스템 설치

- 반드시 물을 필터링 할 수 있는 필터여과장치가 있는 시설일 것

○ 1Ton 분무 (1,500만원), 2Ton 분무 (2,000만원) 가운데 선정

○ 바이오커튼내 먼지 주기적 청소

[표8] 돈사시설에서 일반적인 오존수(+바이오커튼) 가동 시간

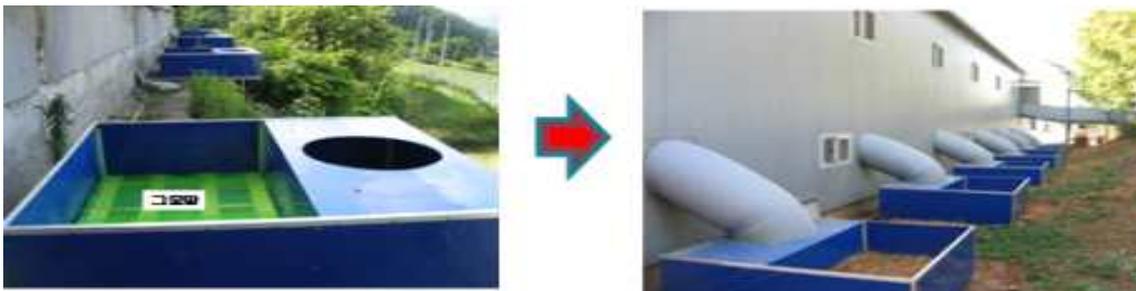
구 분	봄, 가을	여 름	겨 울
분무 (오존수 등)	2분 on / 10분 off	2분 on / 5분 off	2분 on / 15분 off
먼지 수세	1회 / 3개월	1회 / 월	청소안함

* 분무기 압력에 따라 분무량 상이

[그림11] 돈사시설에서 분진 저감 장치 설치사례



[그림12] 돈사시설에서 바이오필터 설치사례



[그림13] 돈사시설에서 바이오커튼 설치사례



[표9] 돈사 외부 악취 저감 (물리적 + 화학적)

구 분	돈 사 (설치)	비 고
바이오필터	▲	배기팬 용량 (20% 상향 필요)
바이오커튼	●	분무노즐 (0.1mmm 이하 권장)
분진저감장치	▲	수시 청소 필수
방풍림	▲	
방풍벽	▲	
기타 포집장치	▲	

* ▲ : 중간 권장, ● : 적극권장, 단, 측벽배기일 때

3-3 돈사 냄새저감 시설(바이오커튼 및 오존수 분무) 운영 사례

① 시설현황

○ 공법 : 바이오커튼 및 화학(오존수 분무) 처리

○ 시설내역

- 바이오커튼(2단구조) : 1단 1.5m, 2단 1m, 상부 폴리카보네이트
- 화학적 처리를 위한 오존수 제조장치

② 냄새저감시설(바이오커튼 + 오존수 분무시스템)

○ 특징

- 돈사 및 분뇨처리장 발생 악취물질과 먼지를 커튼으로 1차 차단
- 오존 및 활성라디칼이 발생하는 악취와 혼합되어 분해 후 정화된 공기가 커튼 밖으로 배출
- 단시간 내 설치하여 외부로 확산되는 악취차단 능력 탁월
- 단, 돈사 내부에서 외부로 배출되는 악취를 처리함

○ 바이오커튼 및 오존수 분무시스템 설치

○ 바이오커튼 + 오존수 분무시스템 복합악취저감 효과

- 저감율(%): 돈사내부(0%), 배출구(97%), 부지경계(98.8%)

[표10] 돈사시설에서 바이오커튼 + 오존수 분무시스템 악취저감 효과

악취물질		일반농장	바이오커튼+오존수 악취물질 평균농도		
			돈사내부	배출구 (커튼외부)	부지경계
희석배수	배	880.7	1116.4 (+26.8%)	20 (97.0%)	11 (98.8%)
암모니아	ppm	16.5	17.28 (+4.7%)	2.69 (86.7%)	0.17 (99.0%)
황화수소	ppm	0.8	0.04 (95%)	0.01 (98.8%)	0.01 (98.8%)
메틸메르캡탄	ppm	0.013	0.01 (23.1%)	0 (100%)	0.004 (69.2%)
i-발레르산	ppm	0.041	0.053 (+29.3%)	0 (100%)	0 (100%)
n-발레르산	ppm	0.029	0.039 (+34.5%)	0 (100%)	0.00003 (99.9%)
프로피온산	ppm	0.274	0.33 (+20.4%)	0.001 (99.6%)	0.001 (99.6%)
n-뷰틸산	ppm	0.21	0.27 (28.6%)	0.008 (96.2%)	0.0005 (99.8%)
VOC	ppm	1.46	1.53 (+4.8%)	0.30 (79.5%)	0.30 (79.5%)

※ 이 시스템은 돈사내부 악취저감 시스템은 아니며 환풍량 증가 필요, 배출구(커튼외부) 암모니아 기준 83.7% 저감 및 부지경계 99.0%저감

* 자료: 대한한돈협회 (2017) 양돈장 악취저감 시설 검증결과

[그림14] 양돈장 복합악취 측정 결과(냄새저감시설 설치 전·후 비교)



[그림15] 바이오커튼 활용 냄새저감 원리



④ 냄새저감시설 운영관리 메뉴얼

○ 바이오커튼 구성 부품

	<p>○ 이온수제조기 및 분무모터</p> <ul style="list-style-type: none"> - 활성 라디칼(O_3, OH^-, H, H_2O_2), 특히 오존은 생성 되는 농도가 일정하고, 또한, 생성 오존은 20 ~ 30분 후 용존산소로 자연 치환되어 안전함. - 물에 녹아있는 오존의 농도는 0.2ppm 이하가 안전함. - 전원은 220V를 사용하고 시간당 1톤 이온수 생산
	<p>○ 바이오커튼</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기본적으로 2단으로 설치를 권장 - 2단 구조 폭 2.5m (1단 폭 1.5m, 2단 폭 1m)
	<p>○ 분사모터</p> <ul style="list-style-type: none"> - 생성된 이온수를 바이오커튼 내부로 살수하는데 사용 - 권장압력은 40bar 내외
	<p>○ 분사노즐 및 연결부품</p> <ul style="list-style-type: none"> - 노즐의 분사굵기가 가장 중요 - 분사 물입자 굵기는 20μm(0.02mm)권장 - 겨울철 동파방지를 위한 보온재 등 설치
	<p>○ 이온수 필터</p> <ul style="list-style-type: none"> - 주기적인 점검 후 6개월에 1회 이상 교체
	<p>○ 분사관로</p> <ul style="list-style-type: none"> - 누수여부를 주기적으로 확인하고 파손시는 즉시 교체

○ 냄새저감시설(바이오 커튼) 설치조건

- 돈사: 무창돈사를 기본으로 설치
- 환기시설: 입기창과 환기휀은 130% 확보
- 돈사간격: 바이오커튼 2단 설치를 위해 최소 3m 이상 확보
- 액비순환시스템 운영: 바이오커튼은 돈사내부 냄새저감에는 효과가 없으므로 돈사내부 가스발생 저감을 위해 액비순환시스템 공동 운영시 효과 증가

[그림16] 돈사시설 바이오커튼 적용을 위한 측면 배기휀 설치



○ 냄새저감시설(바이오커튼) 설치방법

- 바이오커튼 설치장소 콘크리트 포장: 오존수 살수에 따른 2차 오염방지
- 바이오커튼 간격: 2.5m이상 (1단 : 1.5m 이상, 2단 : 1m 이상)
- 바이오커튼 지지대: 내구성을 고려하여 스텐인레스 재질 사용
- 에어컨 설치

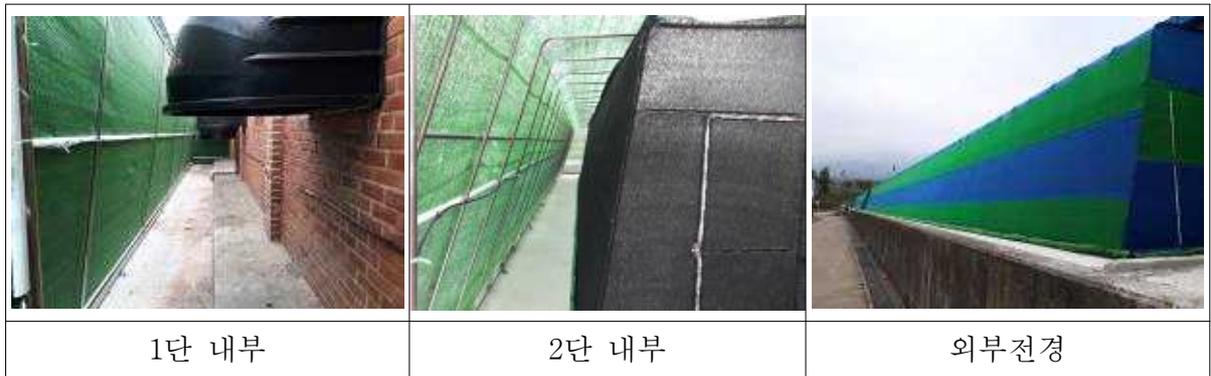
[그림17] 돈사시설 바이오커튼 설치 과정



○ 냄새저감시설(바이오커튼) 세부구성

- 바이오커튼 안에는 총 3개소에 분사관이 있음(커튼 2단으로 구성)
- 1단 내부: ① 돈사 벽 쪽으로 1개 노즐, ② 1단 커튼쪽으로 2개 노즐
- 2단 내부: ③ 2단 커튼쪽으로 1개 노즐 ⇒ 연중 운영

[그림18] 돈사시설 바이오커튼 내외부 모습



○ 냄새저감시설(바이오커튼) 관리요령

- ① 바이오커튼 내 분사관(노즐) 운영 요령
- 분사모터(기계실) 적정 압력 : 40bar, 여름철 압력 : 50 ~ 60bar
 - 분사관(노즐) 작동시간 셋팅 : 40초 가동, 20초 정지

[표11] 계절별 바이오커튼 관리요령

구 분	봄 · 가을	여 름	겨 울
ON	1단 내부 커튼노즐, 2단 노즐 개방	전체 노즐 개방	1단 내부 돈사 벽쪽, 2단 노즐 개방
OFF	1단 내부 돈사 벽쪽	-	1단 내부 커튼노즐

② 바이오커튼 청소요령

- 바이오커튼 1단 내부 먼지제거(양수기 분무기를 이용)
- 봄·가을: 월 1회, 여름 : 월 2회, 겨울: 2달에 1번

③ 동파방지

- 돈사내 돼지가 없는 경우는 분사관 및 노즐 동파 우려
- 관내부 물 완전제거(노즐을 풀어 물배출), 노출된 관은 보온재설치
- 기계실 모터, 이온수 제조기 동파 방지 장치 설치
- 히터 또는 보온 등

□ (참고) 냄새저감시설 안전관리 요령

○ 정전시 관리요령 : ① ⇒ ② ⇒ ③

- ① 모든 돈사 출입문 개방 ⇒ 돈사내 가스 유무 및 돼지 상태 확인
- ② 시설담당자 및 전기시설 유지보수 업체 연락
- ③ 한전측 정전인 경우 한전 고객센터 민원 접수 처리(☎ 123)

○ 태풍 및 폭설로 인한 시설물 파손시 관리요령

- ① 시설물 사전점검 : 바이오커텐 부착상태 및 파손유무 확인
- ② 시설물 파손시 인명사고 예방을 위한 접근 최소화
 - 환풍기 정상 작동 여부 확인 후 미가동시는 정전시 관리요령과 동일하게 관리

○ 이온수제조기(플라시아) 및 분무기 등 관리요령

- 이온수제조기 : 냄새 발생정도에 따라 1단, 2단으로 조절
- 1단(기본) : 작동 20분, 정지 30분
- 2단(냄새발생이 심한 경우) : 작동 25분, 정지 10분

※ 고장시 조치방법

⇒ 에러 발생시 err메세지에 숫자 1~6번까지 번호가 표시<업체연락>

○ 분무펌프 관리 : 주기적으로 오일 교환(3개월 마다)

- 오일의 색이 검정일 경우 즉시 교환
- 오일색이 흰색인 경우는 펌프내로 물유입 의심 ⇒ 수리 후 교환

☞ 사용가능 오일 : 디젤차량용 엔진오일(빨간줄 표시선까지 채움)

○ 체크밸브 및 고무패킹 관리

- 패킹밸브 교환 주기 : 800 ~ 1,200시간(평균 6개월 마다 교환)
- 체크밸브 교환 주기 : 1,500시간(평균 9개월 마다 교환)

- 세라믹 교환 주기 : 평균 1년에 한번 교환
- 분무시간 조절용 콘트롤 박스 작동 요령
 - 작동 스위치는 자동과 수동으로 구성.
 - ☞ 자동조절(정상시) 셋팅 방법
 - ON 모니터 : "40"초, OFF 모니터 : "20"초
 - 수동전환시 펌프가 계속 작동하므로 이상유무 확인시에만 작동시킬 것
 - 압력조절은 정상시 모니터에 "40" kgf/cm²로 맞추어 작동
- 모터관리 : 비정상 작동시 수리업체 문의

3-4 냄새저감을 위한 ICT 기술 적용

- 돈사외부로 배출되는 먼지발생 및 배출을 최소화하기 위하여 현재 대부분의 양돈장에서는 습식 급이기를 주로 설치하여 돼지에게 사료를 급여하고 있음. 건식 급이를 하는 농가는 습식 급이를 설치함으로써 돼지가 사료를 먹는 동안 발생하는 먼지를 줄일 수 있음.
- 돈사외부 냄새 저감 장치는 ICT 기술을 접목하여 운전할 수 있는데 원리는 첫째, 축사 측벽에 설치된 기계환기팬에서 배출되는 냄새를 포집하기 위한 바이오필터는 재료에 따라 다르나 일반적으로 측벽으로 배기되는 돈사 측벽에 설치를 하고, 둘째, 설치된 바이오커텐 내부에 오존수등을 분무할 수 있는 노즐을 설치하고, 셋째, 약품을 연속적으로 할 것인지, 간헐적으로 할 것인지 셋팅한 후 사용함. 넷째, 축사에서 배출되는 먼지가 발생하므로 주기적으로 2-3개월 전후에 바이오커텐 내부를 세척기로 세척함.
- 이때 냄새제거장치는 돈사내부에서 배출되는 냄새농도에 따라 24시간 가동될 수 있으나, 냄새가 심하게 발생하는 새벽, 초저녁, 또는 비가오거나 흐린 날 등에만 24시간 가동을 하고 나머지 맑은 날에는 on/off 식으

- 로 ICT 기술을 접목한 프로그램에 의하여 냄새를 관리할 수가 있음.
- 따라서 우선 돈사에서 발생하는 냄새는 우선적으로 외부로 배출되는 배기팬을 밀폐(바이오커튼 등 설치)하여야 하며, 추가적으로 ICT를 이용한 냄새저감 물질을 분무 또는 간헐적(on/off식, 새벽이나 오전(흐린날 등)에 집중 분무)으로 운전할 필요가 있음.

[그림19] 퇴비사 냄새저감 ICT 장치 예



□ (참고) 양돈장 냄새저감 방안

○ 돈사내부 냄새저감 (물리적+생물학적)

구분	물리적	생물학적	비고
먼지청소	●		사육단계별 올라웃시(출하 후)
수세	●		올 아웃시 수세
돈사 재순환	▲	●	액비재순환 규정 준수
생균제 등		▲	급여 권장
전기이온		▲	효과 약함
오존, 미산성수		▲	효과 약함
안개분무	▲		저농도 오존, 미산성수 등 포함
기타 먼지포집	▲		환기팬 수시 청소, 배기압력 주의

* ▲ : 중간 권장, ● : 적극권장

○ **돈사외부 냄새저감 (물리적+화학적)**

구 분	물리적	화학적	비고
바이오필터	▲	-	배기팬 용량(20% 상향 필요)
바이오커튼	●	●	차광율 400%, 분무노즐(0.1mmm 이하 권장)
분진저감장치	▲	●	풍량에 맞는 크기, 수시청소 필수
방풍림	▲	-	3중 방풍림
방풍벽	▲	▲	반드시 방풍벽내 그늘막 등으로 먼지 포집
기타 포집장치	▲	●	경제성 검토

* ▲ : 중간 권장, ● : 적극권장

* 단, 측벽배기일 때

○ **분뇨처리장 냄새저감**

구 분	물리적	화학적	비고
퇴비사 밀폐	●	-	퇴비사는 밀폐화 조건
이산화염소 가스 분무	●	●	퇴비사 기계 교반시는 완전 분무 나머지(On/Off)
오존수 등 2차 분무	●	▲	기계교반시 외 수시 분무(On/Off)
미생물제	●	×	권장하지 않음, 효과 낮음
바이오필터 등	▲	-	흡입력 낮음

* ▲ : 중간 권장, ● : 적극권장

* 단, 밀폐화할 것

○ **냄새저감시설 비교**

구 분	탈취효과	운전비용	문제점	적용대상
미생물 급여	▲	●	미생물 비용	축사 내부
미생물 살포	▲	●	비용 과다	축사 내부
바이오 필터	●	-	넓은 면적 차지 환기팬역압 발생	축사 외부
공기 주입(폭기)	●	▲	악취 과다 발생	퇴비, 액비장
수세 (슬러리 배출)	●	▲	폐수 처리	축사 내부
먼지 청소	▲	▲	실행의 어려움	축사내부
밀폐화(환기)	▲(내부)	●	비용과다	환기시설
바이오커튼	▲(일시적)	●	단독 악취저감 미비	축사 외부
이산화염소 등	●	●	약품비용 과다	퇴비, 액비장
오존, 플라즈마	●	●	악취저감 농도가 고농도임	축사외부,퇴비, 액비장

○ 냄새저감시설 비교

구 분		측사		자원화시설	
		내부	외부	퇴비화	액비화
생물학적	미생물 급여	●	▲	-	▲
	미생물 살포	●	-	-	-
	바이오필터	-	●	-	●
	공기 주입(폭기)	-	-	●	●
물리적	수세(슬러리 배출)	●	▲	-	-
	먼지 청소	●	▲	-	-
	시설 밀폐화(환기)	●	-	●	●
	바이오커텐, 물수세	●	●	-	-
화학적	이산화염소	-	●	▲	●
	오존, 플라즈마	-	●	●	▲
	기타 방향제	-	●	-	-

* 냄새 효과 : 강(●), 중(▲)

□ (참고) 축산냄새 관련 정책 제언(축산시설에서 발생하는 냄새의 조절)

- 각 지자체별 축산과, 환경과, 건축과 심의위원회 구성
- 정의
 - 축산시설 : 가축을 사육하는 사업장
 - 조절기술 : 축산시설에서 발생하는 악취를 효과적으로 저감시키기 위하여 설치된 경제적으로 채택 가능한 조절장치
 - 기존 시설 : 201 년 월 일까지 존재하는 시설
 - 개축 시설 : 201 년 월 일 이후 설치된 시설, 생체중의 꾸준한 증가에 따라 새롭게 고쳐진 시설
 - 신축 시설 : 201 년 월 일 이후 만들어진 시설
 - 악취 : 대기 중에 있는 불쾌한 냄새, 사람의 건강과 복지에 위해를 주거나 손상시킬 수 있는 단독 혹은 복합체 형태의 냄새
- 목적

이 법의 목적은 축산시설의 경계선을 넘는 악취를 조절하는 것이다.

- 적용
이 법은 모든 축산시설에 적용된다.
- 의무사항
모든 축산시설은 악취조절을 위하여 다음의 내용을 의무 적용하여야 한다.
 - 가축분뇨의 살포에 의하여 발생된 폐기물은 농장의 경계선을 넘어 유출되지 못하게 적절한 조치를 취하여야 한다.
 - 가축분뇨의 살포시스템 흡입구는 분뇨저장 라군의 액상 표면과 인접하여야 한다.
 - 환기휀은 제작사의 규정대로 유지되어야 한다.
 - 사료저장 시설은 잘 덮는다.
- 기존 돈사시설에 대한 악취관리계획을 갖추어야 한다. 양돈장에서는 현재 악취 조절은 어떻게 하고 있으며, 향후 어떻게 조절해 나가겠다는 계획을 제시하여야 한다. 악취조절계획은 농장에서 단 1회 제출하는 것으로 한다.
- 민원
축산시설에서 민원이 발생되면 감독관은 다음과 같은 대응을 한다.
 - 민원의 내용을 실제 가능한 범위까지 조사한다.
 - 민원은 악취조절 기술의 실패나 관리계획의 실패를 판단하는데 사용한다.
 - 감독관은 30일 이내에 회신하여야 한다.
 - 민원에 대한 감독관의 평가를 서면으로 회신하여야 한다.
 - 민원에 대한 조사는 농장에서 이루어진 방법론, 활동 및 민원이 제기될 당시의 다른 여건을 고려하여 가능한 명확하게 작성되어야 한다.
- 악취 판정
축산시설에서 악취를 유발하거나 악취발생에 기여한다고 판단되면 감독관은 다음 중 하나 이상을 점검하여야 한다.
 - 축산시설에서 발생하는 악취의 특성, 강도, 빈도, 확산도 및 지속시간

- 축산시설에서 발생하는 악취에 관하여 접수된 민원
- 악취를 유발하는 것으로 알려진 암모니아, 휘발성 유기물, 황화수소 및 황화합물과 같은 악취물질의 축산시설에서의 발생 수준
- 주 건강관리센터에서 제공되는 어떤 형태의 것이든 축산시설에서 발생한 악취로 인한 건강 문제에 관한 자료
- 축산시설에서 악취가 발생된다는 인근 주민들의 기록이나 어떤 형태든 관련 증빙자료

○ 축산시설 유래의 악취조절을 위한 최선의 관리계획

악취 감독관이 만약 기존시설에서 악취유발을 확인하였다면, 경영주나 관리자에게 다음의 사항을 강제할 수 있다.

- 법에 의거 90일 이내에 가능한 한 실질적인 계획의 제출
- 실천계획을 감독관이 승인한 후 30일 이내에 이행 확인

○ 실천계획의 변경

실천계획을 변경하고자 할 경우에는 실천계획 승인 후 60일 이내에 변경 가능

- 60일 이내, 가능한 빠른 시일 내 수정된 계획서 제출
- 수정된 실천계획을 감독관 승인 후 30일 이내 이행 확인

○ 실천계획의 실패

실천계획의 실패는 다음의 조건들로 인하여 나타날 수 있다.

- 최초의 실천계획이 법인 정한 90일 이내에 제출되지 못한 경우
- 수정된 실천계획이 60일 이내에 제출되지 못한 경우
- 제출된 실천계획의 결함을 30일 이내에 교정하지 못한 경우
- 실천계획이 승인된 후 적용되지 못한 경우
- 감독관에 의하여 적발된 경우

○ 조절기술

실천계획이 실패하게 되면, 감독관은 경영주나 관리자에게 축산시설 유래의 악취를 조절하기 위한 기술을 강제 적용하게 할 수 있다. 감독관에 의하여 실천 계획이 실패하였다는 서면 통보를 받은 후 90일 이내에 경

영주나 관리자는 조절기술과 설치 일정을 제출하여야 한다. 만약 경영주나 관리자가 감독관에게 90일 이내에 적용 불가능하다는 허가를 받으면 90일을 추가로 연장할 수 있다.

- 조절기술

경영주나 관리자는 악취조절 기술을 확인하고 사람의 건강, 에너지, 환경 및 경제성을 검토하여 가장 악취저감 효과가 좋은 기술을 채택하며, 그 이유를 설명한다. 감독관은 가장 효과가 좋은 기술로 선정되면 이를 승인하고 적용하도록 한다.

- 설치 일정

조절기술의 적용 일정에는 다음의 과정들이 포함된다.

- .악취조절 기술을 적용하기 위한 부품 구입, 계약 등에 소요되는 일자
- .현장에 건설을 시작하는 일자
- .현장에 건설을 마치는 일자
- .최종 적용 일자

조절기술은 가능한 한 실질적으로 이루어져야 하며 조절기술의 인가로부 터 12개월을 넘길 수 없다.

○ 축산시설의 신축 혹은 개축

특히 양돈시설의 신축 혹은 개축은 이 법에 준한다.

- 최근 양돈농가를 대상으로 악취의 환경문제에 대하여 악취피해조사방법 및 배상액의 산정에 대한 연구용역을 추진 한 바 있는 국내 연구진의 자료를 입수, 악취의 피해 범위를 산정하는 방법 또는 피해 배상액을 산정하는데 있어 개선 할 사항이 무엇이 있는가에 대하여 검토하였음.

- 구체 연구용역 자료는 아래와 같음.
 - 중앙환경분쟁조정위원회(2008) 「배출원을 기준으로 한 악취피해조사 및 발생액 추정방안에 관한 연구」(울산대학교 산학협력단 연구용역 보고서)
 - 중앙환경분쟁조정위원회(2009) 「배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정연구」(울산대학교 산학협력단 연구용역 보고서)

- 해당 연구용역 자료를 중심으로 검토하여 본 결과 본 자료의 대부분의 내용이 일본에서 적용하는 냄새관련 제도를 인용하고 있으며, 이에 아직 국내에 적용하기에는 상당부분 세부 인용자료의 근거가 불충분함을 인지하였음.

1. 중앙환경분쟁조정위원회(2008) 「배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정 연구」 및 중앙환경분쟁조정위원회(2009) 「배출원을 기준으로 한 악취피해조사 및 발생액 추정방안에 관한 연구」 검토

- 악취 배출원에서 배출된 악취의 영향범위를 간이적으로 예측하고 이로부터 피해주민의 피해배상금을 산정하기 위한 방법을 제시함.
- 전체적으로 악취에 대하여 1995년부터 적용하는 일본의 “취기지수규제” 제도를 인용하여 사용하고 있어 특정악취물질을 대상으로 규제를 시행하고 있는 우리나라에 본 자료를 적용할 수 있는가에 대한 의문이 있음. 즉, 우리나라에서는 22종의 “지정악취물질”을 제시하고 있으므로 일본에서 준용하고 있는 취기지수에 의한 악취규제로 법률적 규제가 가능한가에 대한 문제가 제기될 수 있음.
- 악취강도(악취세기) 2.5도에 해당하는 악취성분을 기준으로 설명하고 있으나 이는 일본의 자료를 기초로 인용하고 있어 이러한 악취강도를 우리나라에 적용할 경우 후각에 의한 관능적인 취기의 “회석배수법”에 의한 법률적 합리성에 문제 제기 우려가 있음 .
- 특히 악취배출원이 많이 모여 있는 산업단지에서 배출된 악취로 인한 피해지역 범위에 대한 예측과 주민의 악취피해에 대한 배출원의 기여 및 이로부터 각 배출원의 배상금액에 대한 산정법을 중심으로 다룸.
- 축산시설에서의 악취 배출에 초점 맞추어 작성된 보고서가 아니라 산업단지에서의 악취 배출에 초점 맞추어 작성된 보고서임.

- 축산시설에서의 악취 배출은 보고서에서 제시한 5 가지의 악취 배출시설의 유형 중 1 가지의 예시로 제시하고 있음 (4.1.3 ‘악취 배출시설이 하나 뿐인 경우 ‘의 예시로 제시).

1-1 악취세기에 따른 피해산정 기준⁶⁾

- 악취 피해배상액 산정기준은 일본의 자료로 판단되어짐. 해당 자료가 우리나라 축산농가에 있어서 법률적 효력을 가지고 있는 것인지 유권해석이 필요함. 우리나라에 적용 시 산정기준에 대한 이에 대한 근거를 제시하여야 함. 국가 간에 환율의 문제, 악취민원의 성격, 사전 조율에 따른 금전적 배상에 대한 인식이 달라 동일하게 해석하기에는 어려움이 있음.
- 악취 피해배상액 산정 기준 제시 시 소음이나 진동 피해배상액 기준을 참고하여 2가지 안을 제시함.
 - 첫 번째 안의 경우, 소음이나 진동에 대한 피해배상액의 최소 금액 (5만원)을 기준으로 기간에 따라 비례하여 피해배상액을 결정하였으며, 피해 기간이 2년일 경우 1년 피해배상액의 1.5배, 3년일 경우 1년 피해배상액의 1.75배로 결정함.
 - 소음이나 진동에 의한 피해 주민보다 악취에 의한 피해 주민이 일반적으로 많고, 악취 피해는 대체로 장기화되는 사례가 많은 점을 고려하면 첫 번째 안이 사업장 측 입장에서 부담이 가중되어다는 전문가 의견을 수렴하여 두 번째 안을 제시함.
 - 두 번째 안의 경우, 전문가의 의견을 따라 소음이나 진동에 대한 피해배상액의 1.2배로 결정함.
 - 하지만 해당 전문가에 대한 정보뿐만 아니라, 1.2배라는 수치를 결정한 기준이나 근거가 제시되어 있지 않음.

6) 환경분쟁조정위원회 (2009) 배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정연구. p42-45

- 악취 피해배상액 산정 기준에서 피해기간의 최소단위를 2주로 결정하였는데 이에 대한 근거가 명확하지 않음.
- 소음이나 진동 피해배상액 기준을 참고하여 악취 피해배상액을 결정하였는데, 소음이나 진동에 의한 피해와 악취에 의한 피해 간의 피해 정도에 대한 정량적인 분석 자료가 제시되어 있지 않음.
- 악취 피해 배상 산정 기준액의 계산에 있어서 악취세기는 실제 측정 또는 예측치를 동일하게 적용하며, 최대 악취세기를 기준으로 함. 그러나 실제 지형을 고려할 경우 악취강도는 줄어들 수 있음. 또한 최대 악취세기는 기상과도 관계가 있는 것이며 하루 동안 최대 악취세기가 지속되는 것도 아님.
- 보고서에 따르면 악취 피해배상액 산정기준은 ‘08년 현재 중앙 환경 분쟁조정 위원회’에서 적용되고 있는 소음 피해배상액과 먼지 피해배상액을 참고하고, 소음, 먼지, 악취의 특성 차이, 인체에 미치는 영향 기타 국외의 악취피해배상 사례 등을 고려하여 정하였으나, 향후 비용경제적인 측면에서 보다 면밀한 추가 연구검토가 필요하다고 언급⁷⁾함.
- 자연환기식 시설의 악취의 경우에는 피해정도를 산정하기 위해서 풍속에 대한 고려가 필요함. 그러나 악취배출시설의 가장 가까운 기상대의 피해기간 동안의 평균 풍속으로 대처하는 것은 지형적 조건에 영향을 많이 받는 우리나라의 특성상 적합하지는 않는 방법이라고 판단됨.

7) 환경분쟁조정위원회 (2008) 배출원을 기준으로 한 악취피해조사 및 배상액 추정방안에 관한 연구. p4

**[표12] '배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정 연구'에서 제시한 악취
피해배상액 산정기준 안 I (단위 : 천원)⁸⁾⁹⁾**

악취세기(도) 피해기간	2.5도 이상~3.0 미만 (희석배수 10-30)	3.0 이상~3.0 미만 (희석배수 30-100)	3.0 이상 (희석배수 100 이상)
2주 이내	50	100	200
1개월 이내	100	200	400
3개월 이내	300	600	1,200
6개월 이내	600	1,200	2,400
9개월 이내	900	1,800	3,600
1년 이내	1,200	2,400	4,800
1년 6개월 이내	1,500	3,000	6,000
2년 이내	1,800	3,600	7,200
3년 이내	2,100	4,200	8,400

1) 위 기준 표는 1인당 피해 배상액임
 2) 악취세기는 실제 측정 또는 예측치를 동일하게 적용하며, 최대 악취세기를 기준으로 함
 3) 악취 배출원에서 배출되는 악취의 배출량으로부터 피해지점에서의 악취희석배수를 추정하는 경우 최대 악취희석배수를 산정기준으로 한다.
 4) 피해기간은 악취 발생원이 있는 기간과 배출원에서 피해지점으로 부는 바람의 빈도를 고려하여 정한다.
 5) 악취, 소음·진동, 먼지 등 둘 이상의 피해원인이 복합된 경우에는 주된 피해원인에 의한 배상액 기준으로 10~50% 범위 내에서 가산할 수 있다.

8) 환경분쟁조정위원회 (2009) 배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정연구. p43

9) 환경분쟁조정위원회 (2008) 배출원을 기준으로 한 악취피해조사 및 배상액 추정방안에 관한 연구. p92

**[표13] '배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정 연구'에서 제시한 악취
피해배상액 산정기준 안 표 (단위 : 천원)¹⁰⁾**

악취세기(도) 피해기간	2.5도 이상 ~3.0도 미만 (희석배수 10-30)	3.0도 이상 ~3.0도 미만 (희석배수 30-100)	3.0도 이상 (희석배수 100 이상)
2주 이내	160	400	680
1개월 이내	200	520	860
3개월 이내	360	760	1,150
6개월 이내	480	890	1,280
9개월 이내	550	960	1,360
1년 이내	610	1,010	1,420
1년 6개월 이내	680	1,080	1,490
2년 이내	730	1,140	1,540
3년 이내	820	1,210	1,610

1-2 거리별 악취영향권 간이 예측기법 이용¹¹⁾

- 해당 보고서에서는 악취 피해를 가장 간략히 예측한 방법으로써 간이 예측기법을 제시하였음.
- 모델링이나 기상예측과 같은 계산에 의한 예측에 근거를 두지 않고 과거 악취배출량에 따른 악취 도달거리에 대한 경험치를 근거로 악취 영향권 범위를 예측함.
- 하지만 간이 예측기법의 기준값을 제시하기 위해 참고한 자료가 일본 자료일 것으로 추측될 뿐 출처 근거가 제시되어 있지 않음.
- 보고서에서 제시한 간이 예측기법은 간편하게 활용할 수 있다는 장점이

10) 환경분쟁조정위원회 (2009) 배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정연구. p45

11) 환경분쟁조정위원회 (2009) 배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정연구. p58, p120

있지만 배출원의 높이, 배출원 인근 건물, 지형 등을 고려하지 못한 방법임을 언급하고 있음.

- 보고서에 제시한 간이 예측기법과 현장 실측과의 결과를 비교 결과를 제시하고 있지만, 간이 예측기법과 현장 실측과의 결과가 어느 정도 차이가 나는지 정략적인 분석은 수행하지 않음.
 - 간이 예측기법과 현장 실측 결과 값만 제시하고 정량적 분석없이 ‘잘 맞는다’고 평가함.

- 해당 자료로 악취의 세기를 결정할 수 있는지 세부적인 검토가 필요함. 특히 풍향의 세기, 풍향의 방향, 바람의 흐름 시간 지속도 등 농가의 위치에 따라 시시각각으로 달라지는 현상에 대한 우려 없이 일방적인 거리에 따른 악취세기 산정은 현장의 상황을 오도할 우려가 있음.
 - 즉 「악취 피해보상액 산정기준」에 대한 구체적인 이유를 제시할 필요가 있음(해당 기준의 근거를 밝혀야 함). 대부분 일본자료를 우리나라에 그대로 원용하고 있는 것이 아닌지 확인이 필요함.

- 특히 대부분 측정방법에 있어서 일본의 예를 들고 있으면서, 실제로 일본에서는 5m이하의 배출구에서는 유량을 계산하지 않고 취기지수측정만으로 하고 있으므로, 해당 보고서에서 제시하고 있는 돈사 배출구로부터의 유량은 과도한 악취 피해액의 산정에 연계되므로 유량 적용 여부에 대하여 재확인 필요함.

- 즉, 축산농가의 경우 본 연구에서 설명하는 굴뚝을 통해 배출되는 산업시설과는 다르므로 단순히 배출농도와 배출량 및 민원인과의 거리만으로 악취 피해금액을 산정하는 방법은 매우 불합리함.

- 발생원 주변에 악취 휘산에 영향을 미치는 시설물과 자연지형물이 있을 경우 악취 영향권의 범위는 큰 차이를 보일 수 있음. 악취 발생지역 주변의 시설물과 자연지형물의 영향을 고려하지 않은 상태에서 악취 영향권 범위를 예측한 것은 문제가 있음. 양돈장 인근의 지리적 특성을 고려하지 않고 일률적으로 악취 영향권 범위를 설정할 경우 분쟁조정 시 양돈농가가 피해를 입을 수 있으므로 개선이 필요함.

[표14] '배출원을 기준으로 한 악취피해조사 및 배상액 추정방안에 관한 연구'에서 제시한 악취배출량에 따른 거리별 예상 악취세기 자료¹²⁾

악취배출량 (m ³ /분)	배출원으로부터 거리별 최대 예상 악취세기					
	100m 이내	300m 이내	1km 이내	2km 이내	3km 이내	5km 이내
1×10 ⁵ ~ 1×10 ⁶ 미만	3.0~2.5 (10~30배)	피해없음				
1×10 ⁶ ~ 1×10 ⁷ 미만	3.5~3.0 (10~30배)	3.0~2.5 (10~30배)	피해없음			
1×10 ⁷ ~ 1×10 ⁸ 미만	3.5 이상 (100배 이상)	3.5~3.0 (10~30배)	3.0~2.5 (10~30배)	피해없음		
1×10 ⁸ ~ 1×10 ⁹ 미만	3.5 이상 (100배 이상)	3.5~3.0 (10~30배)	3.0~2.5 (10~30배)		피해없음	
1×10 ⁹ ~ 1×10 ¹⁰ 미만	3.5 이상 (100배 이상)		3.5~3.0 (10~30배)	3.0~2.5 (10~30배)		피해없음

12) 환경분쟁조정위원회 (2009) 배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정연구. p58

1-3 악취모델링¹³⁾

- 악취확산 모델링에 활용되는 모델들에 대한 일반적인 소개하고 있을 뿐 설계 모델, 설계 방법, 경계조건 등에 대한 구체적인 가이드라인은 제시하고 있지 않음.
- 축사를 대상으로 악취 확산 모델링을 수행한 자료가 포함되어 있지 않으며, 보고서에서 활용한 모델링 방법이나 모델링의 경계조건 등에 대한 정보가 미흡함.
- 가우시안 모델의 경우에는 오염물질이 지면에 도달하는 순간 화학적 반응이나 지면 흡착 등을 고려하지 않고 그대로 반사된다고 가정하기 때문에 산정되는 악취에 대한 농도가 과대평가 될 수 있음.

1-4 분재지역 풍향빈도 산정

- 분재지역의 풍향빈도를 바탕으로 피해 인정기간을 산정하고 있으나 농장에서 직접 측정한 풍향 자료가 아닌 인근 기상대의 기상관측자료를 활용하는 것은 바람직하지 않음.
- 양돈장의 지리적 특성(계곡, 산, 고도, 인근지역 건물 및 자연지형물 등)에 따라 지역 기상대의 기상관측자료와 상이한 풍향빈도를 보이므로 기상대의 기상관측자료를 바탕으로 산정한 풍향빈도가 양돈장의 풍향빈도를 반영한다고 볼 수 없음.

13) 환경분쟁조정위원회 (2009) 배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정연구. p205-241

1-5 악취 희석배수와 악취세기의 관계¹⁴⁾

- 악취세기와 희석배수의 상관관계 계산에 대한 의구심 (악취세기= $a+k\log$ (희석배수))이며, 이때, a 는 특정 악취가 갖는 상수이며, k 는 비례상수임. a 와 k 에 대한 값에 대한 불분명하여 본 자료에 대한 출처가 제시되어야 할 것으로 판단됨.
- 해당 보고서에서 “현재 거의 대부분의 나라에서 악취세기만으로 악취의 규제기준으로 제정하고 있는 나라는 없는 듯하다. 이보다 더 객관적이라 할 수 있는 악취원인 물질의 농도 혹은 희석배수로서 악취 규제기준을 마련하고 있는 것이다” 라고 언급¹⁵⁾함. 현재 발생한 피해에 대해 악취세기로 피해 보상을 평가하는 것은 문제가 있다고 판단됨.

14) 환경분쟁조정위원회 (2008) 배출원을 기준으로 한 악취피해조사 및 배상액 추정방안에 관한 연구. p27 -32

15) 환경분쟁조정위원회 (2008) 배출원을 기준으로 한 악취피해조사 및 배상액 추정방안에 관한 연구. p27

[표15] 검토대상 보고서에서 제시한 악취세기와 희석배수와의 관계 자료¹⁶⁾¹⁷⁾

업종 (악취)	악취세기(Y)와 희석배수(X)와의 관계	각 악취세기에 대응하는 희석 배수 (악취농도)						
		1.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0
양돈장	$\log Y = 0.8X - 0.9$	1	5	13 (11.0)	32 (15.0)	79	200	1,300
생선가공처리장 (건조로 출구)	$\log Y = 0.8X - 0.8$	1	6	16 (12.0)	40 (16.0)	100 (20.0)	250	1,600
생선가공처리장 (Cooker부분)	$\log Y = 0.4X - 0.1$	(2)	5	8 (9.0)	13 (11.0)	20 (13.0)	32	80
동물 처리장	$\log Y = 0.7X - 0.9$	1	3	7 (8.5)	16 (12.0)	36 (15.5)	79	400
커피 제조공장	$\log Y = 1.1X - 1.7$		3	11 (10.5)	40 (16.0)	140 (21.5)	500	6,300
FRP 제조공장	$\log Y = 0.6X - 0.6$	1	4	8 (9.0)	16 (12.0)	32 (15.0)	63	250
합성향료 제조공장	$\log Y = 0.8X - 1.0$		4	10 (10.0)	25 (14.0)	63 (18.0)	160	1,000
웁셋 인쇄	$\log Y = 0.8X - 0.6$	(2)	10	25 (14.0)	63 (18.0)	160 (22.0)	400	2,500
그라비아인쇄	$\log Y = 0.8x - 0.2$	(3)	10	20 (13.0)	40 (16.0)	79 (19.0)	150	630
도장공장	$\log Y = 0.6X - 0.5$	1	5	10 (10.0)	20 (13.0)	40 (16.0)	79	320
주물제조공장	$\log Y = 0.6X - 0.9$	1	8	22 (13.5)	63 (18.0)	180 (22.5)	500	4,000
폐기물처리장	$\log Y = 0.9X - 1.3$		3	9 (9.5)	25 (14.0)	71 (18.5)	200	1,600
하수처리장	$\log Y = 0.7X - 0.7$	1	5	11 (10.5)	25 (14.0)	56 (17.5)	130	630
분뇨처리장	$\log Y = 0.5X - 0.5$	1	3	6 (8.0)	10 (10.0)	18 (12.5)	32	100
()안은, 악취지수 악취지수 = $10 \times \log(\text{희석배수})$		평균치		11 (10.6)	26 (14.2)	62 (17.9)		
		표준편차		(1.8)	(2.4)	(3.0)		
		변동계수		17.0	16.9	16.8		

16) 환경분쟁조정위원회 (2008) 배출원을 기준으로 한 악취피해조사 및 배상액 추정방안에 관한 연구. p29

17) 환경분쟁조정위원회 (2009) 배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정연구. p14

1-5 그 외 현행 악취평가기법 평가 시 고려사항

- 상기에는 국내 악취평가법(환경분쟁조정위) 중 핵심적으로 검토가 필요한 부분에 대하여 기술하였음. 다음은 축산냄새 평가 시 고려해야 할 부분(또는 근거자료)을 국내외 자료 및 연구보고를 중심으로 기술함.

1) 복합악취 측정 시기별 희석배수 차이

- [표16]은 축사시설 주변의 여러 부지경계 지점에서 복합악취 희석배수 측정결과를 나타낸 것임.
 - 복합악취 배출허용 기준(일반지역 희석배수 15)을 적용할 경우 B 지점의 경우 1차 측정 시에는 배출허용 기준에 미달하였으나, 2차 측정 시에는 초과하는 것으로 조사되었음.
 - 또한, D지점의 경우 1차 측정 시에는 배출허용 기준에 크게 미달하였으나, 2차 측정 시에는 희석배수 14로 배출허용기준의 93% 수준으로 검출되었음. 특히, 동일지점에서 1차 측정결과의 평균값은 6.2이고, 2차 측정결과의 평균값은 12.8로 조사되어 측정 시기별 복합악취 희석배수는 큰 차이를 보였음.

[표16] 축사시설의 여러 지점에서 복합악취 희석배수 분석결과

측정 장소	1차 측정	2차 측정
A	3	10
B	4	20
C	7	10
D	3	14
E	14	10
평균	6.20	12.80

* 자료: 전북녹색환경지원센터 (2014)

2) 슬러리에 함유된 휘발성 지방산의 계절별 농도 차이

- 비육돈사의 슬러리에 함유된 단쇄지방산의 농도를 계절별로 비교한 결과는 [표17]과 같음.
- 총 단쇄지방산의 농도는 봄, 여름 및 가을에 각각 10,233, 6,911 및 5,089ppm으로 봄철에 가장 높았음.
 - 아세트산 농도는 봄, 여름 및 가을에 각각 5,618, 4,773 및 3,250ppm으로 봄에 가장 높았고, 가을에 가장 낮았음.
 - 프로피온산 농도는 봄, 여름 및 가을에 각각 1,836, 1,380 및 1,502ppm으로 계절에 의한 차이가 없었음.
 - 부티르산 농도는 봄, 여름 및 가을에 각각 2,779, 759 및 337ppm으로 봄철에 특히 높았음.
 - 단쇄지방산의 경우 프로피온산을 제외하면 아세트산과 부티르산의 농도가 봄철에 높았음.
 - 총 휘발성 지방산 중에서 아세트산과 프로피온산의 비율이 각각 49~61, 16~29%로 이들 두 물질의 합이 65~90%의 범위를 차지하였으며, 휘발성 지방산의 계절별 농도 변화를 보면 봄철에 높고, 가을철에 낮은 경향을 보임.

[표17] 비육돈 분뇨의 휘발성 지방산 농도에 미치는 계절의 효과

(단위: ppm)

구분	계절		
	봄	여름	가을
아세트산	5,618	4,773	3,250
프로피온산	1,836	1,380	1,502
부티르산	2,779	759	337
단쇄지방산 ¹⁾	10,233	6,911	5,089

1) 단쇄지방산 = 아세트산 + 프로피온산 + 부티르산

* 자료: 조 등 (2014)

3) 슬러리에 함유된 페놀류 및 인돌류의 계절별 농도 차이

○ 계절별 비육돈사의 슬러리에 함유된 페놀류와 인돌류 농도는 [표18]과 같음.

- 페놀류 농도는 봄, 여름 및 가을에 각각 155.9, 122.9 및 125.1 ppm으로 계절간에 차이가 없었음. 인돌류 농도는 봄, 여름 및 가을에 각각 14.3, 5.4 및 7.6 ppm으로 여름과 가을은 차이가 없었으나 봄에는 높았음.
- 돈사 외부의 온도가 1℃ 증가할 때마다 악취 발생량이 1% 증가되며, 돈사 내부 온도가 20℃에서 30℃로 10℃ 증가될 때 암모니아와 악취의 휘산량이 각각 46%와 37% 증가됨(Smits et al., 1995). 봄과 가을철보다 여름철 온도가 높기 때문에 환기량 증가로 인하여 여름철 슬러리의 냄새 물질 농도가 높지 않을 가능성이 있음.

[표18] 슬러리의 휘발성 유기물 농도에 미치는 계절의 효과

(단위: ppm)

냄새 물질	계절		
	봄	여름	가을
페놀	30.6	7.8	3.3
p-크레졸	125.3	115.1	121.8
페놀류 ¹⁾	155.9	122.9	125.1
인돌	6.3	0.7	1.2
스카톨	8.1	4.8	6.5
인돌류 ²⁾	14.3	5.4	7.6

1) 페놀류 = 페놀 + p-크레졸

2) 인돌류 = 인돌 + 스카톨

* 자료: 조 등 (2014)

4) 돼지분뇨의 저장 기간별 냄새 물질 농도 차이

- 분뇨를 6주간 저장한 후 시료를 채취하여 냄새 물질의 농도 변화를 분석한 결과는 [표19]와 같음.
 - 단쇄지방산의 농도는 0, 2, 4, 6주에 각각 4,159, 1,925, 844, 483ppm으로 저장 기간이 경과할수록 크게 감소하였음. 아세트산과 프로피온산은 저장 기간 2주 단위로 농도 차이가 분명하였으며, 부티르산은 저장 기간 초기 또는 후기에 농도 변화가 없었고, 2주와 4주간에는 뚜렷하게 감소되었음. 휘발성 지방산의 구성을 살펴보면 아세트산의 비율이 가장 높으며, 다음으로 프로피온산, 부티르산 순으로 낮았는데, 이것은 다른 연구자의 시험결과와 비슷하였음 (Wu 등, 1999). 인돌류 농도는 0, 2, 4, 6주에 각각 3.50, 2.55, 5.56, 7.07 ppm으로 저장 2주 동안에는 큰 변화가 없었으나, 4주째부터는 크게 증가하였음. 인돌과 스카톨의 농도비를 살펴보면 저장 기간 0, 2, 4, 6주에 각각 71:29, 42:58, 28:72, 36:64로 스카톨의 농도비가 초기에는 낮았으나 저장 기간이 지남에 따라 증가하는 경향을 보였음.

- 본시험의 결과는 양돈 슬러리를 100일 동안 저장하였을 때 휘발성 지방산의 농도가 저장 전의 농도 대비 5% 이하로 급속히 감소하였다는 연구결과와 일치함 (Hobbs 등, 1999). 또한 돈사피트에서 분뇨가 저장되는 동안 미생물에 의해 분뇨가 분해되면서 냄새 물질이 증가하였다는 연구결과와도 일치함 (Welsh 등, 1977; Wu 등, 1999).
 - 이상의 결과를 정리하면 분뇨저장 초기에는 탄수화물에서 발효된 휘발성 지방산 농도가 높았고, 후반기에는 분중의 탄수화물 함량이 감소하였다고 할 수 있음. 탄수화물 발효를 대체하여 단백질 발효가 증가하면서 인돌류 농도가 증가한 것으로 추정할 수 있음.

[표19] 돼지분뇨의 냄새 물질 농도에 미치는 분뇨저장 기간의 효과

(단위: ppm)

냄새물질	돼지분뇨 저장 기간(주)			
	0	2	4	6
아세트산	3,389	1,602	678	378
프로피온산	467	222	120	64
부티르산	303	101	46	42
단쇄지방산 ¹⁾	4,159	1,925	844	483
인돌	2.49	1.07	1.54	2.54
스카톨	1.01	1.48	4.01	4.53
인돌류 ²⁾	3.50	2.55	5.56	7.07

1) 단쇄지방산 = 아세트산 + 프로피온산 + 부티르산

2) 인돌류 = 인돌 + 스카톨

*자료: 이 등 (2012)

5) 돼지의 생리 상태별 돈사내부 환경변화 차이 (돈사환기)

○ 환기는 돈사내부의 분진, 암모니아, 황화수소 등과 같은 오염 물질을 제거하고 가축에게 신선한 공기를 공급하기 위한 필수 요소임. 돈사 내 환기가 불충분할 경우 호흡기 질환을 유발할 수 있는 병원균이 증식할 수 있으므로 적절한 환기 대책을 마련하는 것은 매우 중요함. [표20]은 돼지사육단계별 권장 환기량 값임.

[표20] 사육단계별 돼지 권장 환기량(단위: CMM/두)

사육단계	체중 (kg)	저온기	적온기	고온기
모돈 +포유자돈	182.0	0.57	2.26	14.2
이유자돈	5.4~13.6	0.06	0.28	0.71
자돈	13.6~34.0	0.08	0.43	0.99
육성돈	34.0~68.0	0.20	0.68	2.12
비육돈	68.0~100.0	0.28	0.99	3.60
임신돈	147	0.34	1.13	4.25
수태지	182	0.40	1.42	8.49

*자료: 농촌진흥청 표준 영농교본 (1999) (2000)

○ 돼지 1,000두 규모 양돈 농가에서 돼지의 생리 상태별 사육환경을 봄(4월)에 조사한 결과를 [표21]에 나타냄.

- 온도는 24.6~30℃, 습도는 28.4~51.5%, 풍속은 0~3.9m/s 임. 양돈장에서는 돼지의 생리 상태별 온도, 습도, 환기를 조절하기 위하여 환기팬을 가동시키고 있음. 즉 사육하고 있는 돼지의 체중 및 생리 상태에 따라 돈사내부 풍속을 다양하게 적용하고 있으므로 냄새평가 시 이를 반드시 고려하여야 함.

[표21] 1,000두 규모 양돈 농가 현장 모니터링 결과(4월)

측정 위치	내외부 환경 상태		
	온도 (℃)	습도 (%)	풍속 (m/s)
임신사	30	28.4	3.9
분만사	30	40.8	0.6
자돈사	27.4	51.5	1.4
육성사	24.6	38.2	2.4
비육사	29.0	39.4	0

*자료: 농림축산식품부 (2017)

2. 축산(양돈장)냄새 관련 분쟁 사례(정읍시) 검토¹⁸⁾

- 전북 정읍시 축사 악취로 인한 정신적 피해 분쟁사건(중앙환조 17-3-224호) 사례

1) 평가 기준 자료의 출처

- 악취에 의한 피해 여부 및 강도를 정량적으로 평가하기 위해 ‘환경분쟁사건 배상액 산정기준’ 자료를 이용함.
 - 하지만 악취배출량, 피해배상액 산정 기준들에 대한 근거들이 명확하게 언급되어 있지 않아 본 송달서에서 이용한 ‘환경분쟁사건 배상액 산정기준’에 대한 검토가 필요함.

2) 돈사 내 악취배출량 산정시 활용된 보정계수

- 돈사에서 배출되는 악취의 희석배수 산정 후 보정계수 1.8을 곱하여 최종 악취 배출량을 산정함.
 - 보정계수 1.8을 이용했는지에 대한 근거가 불분명하고 보정계수 1.8을 곱함으로써 과다 평가되었을 가능성이 있음.

3) 돈사의 내부 희석배수 1000배 (1000 OU)의 타당성

- 법적 기준으로 시설물 내부의 농도 기준이 500 OU 임. 과대평가된 가능성 있음.

4) 자연환기 시설(퇴비화시설 등)에서 산정하는 방법론에 대한 타당성

- 면적, 풍속, 보정계수를 고려함에 따라서 과대평가 가능성 존재함.
 - 돈사 내부에서보다 액비화, 퇴비화시설에서 더 크게 산정되었음.

18) 중앙환경분쟁조정위원회 (2018) 중앙환경분쟁조정위원회 송달서 중앙환조 17-3-224호

5) 가산 금액에 대한 가중치에 대한 기준 부족

- 악취, 소음, 진동, 먼지 등 둘 이상의 피해원인이 복합된 경우에는 주된 피해원인에 의한 배상액 기준으로 10~50% 범위 내에 가산할 수 있다고 명시되어있음.

- 축산시설에서 배출되는 악취에 대한 저감을 위한 노력 미이행으로 50%를 적용하였다고 하였으나, 실질적으로 바이오액 등에 대한 저감 노력은 꾸준히 이루어졌던 것으로 판단되므로 50% 가산 적용은 부당한 것으로 판단됨.

- 피해배상액 산정 기준이 ‘배출원 기준으로 한 악취피해조사 및 배상액 추정방안에 관한 연구 (2008)’ 혹은 ‘배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정 연구 (2009)’ 의 자료에서 적용된 것이 아니라 더 큰 피해 배상 기준액이 적용된 것으로 판단됨.
 - 따라서 송달서에서 적용한 피해 배상 기준의 자료 확보 및 검토가 필요함.

6) 퇴비화시설, 액비화시설에 대해서는 운영 스케줄에 대한 고려한 필요

- 현장조사시 액비 저장량이 거의 없거나 퇴비화 작업이 이루어지지 않은 상태이면 악취배출량이 줄어들 것으로 사료됨.
 - 실질적으로 액비저장시에도 폭기시에 크게 문제가 발생함
 - 퇴비화 및 액비화시설이 가동될 시, 악취 농도 값이 가동하지 않을 때 측정된 값의 3배가량 증가할 것으로 예상함. 하지만 이에 대한 근거가 제시되지 않음.

- 특히 퇴비사의 경우, 퇴비사 내부에서 측정된 희석배수에 퇴비장의 면적

(m²)과 퇴비사를 지나는 바람의 평균 풍속(m/s)을 곱해 퇴비사의 악취배출량을 추정하고 있으나 이와 같은 방법으로 퇴비사의 악취배출량을 추정하면 실제 발생하는 악취에 비해 과대평가될 가능성이 매우 높음.

◎ 송풍기가 없는 배출원

악취시료의 회석배수 X 1.8(보정계수) X 악취배출원 면적(m²) X 평균풍속(m³/min)

* 자료: 중앙환경분쟁조정위원회 (2018) 중앙환경분쟁조정위원회 송달서 중앙환조 17-3-224호

○ 퇴비사를 완전 개방식으로 운영하고 있는 농가에는 적용이 가능할 수도 있으나 양돈장 악취관리 및 경관개선 차원에서 퇴비사를 완전 밀폐하거나 일부만 개방하는 농가가 대부분임. 그러므로 이와 같은 방법을 이용해 퇴비사의 악취배출량을 추정하는 것은 퇴비사에서 실제 배출되는 것에 비해 과대평가될 우려가 있으므로 주의할 필요가 있음.

7) 풍환경의 정확한 고려

- 풍속 및 대기안정도에 따라 악취의 확산거리가 달라짐. (본 송달서에는 풍속 및 대기안정도를 고려하지 않고 풍향만을 고려하여 악취 수인한도의 초과일수를 산정함.)
- 농장의 기상관측자료를 사용하지 않고 정읍 기상대의 자료를 활용하여 실제 풍환경과 다를수 있음을 고려하지 못함.
- 주변의 지형이나 건물들을 고려할 경우 분쟁지역 주변의 풍환경이 달라질 것으로 판단됨.
- 풍향 빈도결과는 피해정도를 산정할 때 가중치로 적용됨 (피해액에 풍향빈도 곱). 실제로 풍향빈도를 계산할 때는 무풍 (0.5m/s 이하)에 대해서는 정온으로 취급하여 빈도에서는 제외해야함에도 무풍을 고려하지않고 8방에 대한 풍빈도를 100%로 가정하여 계산하였음.

8) 배기팬의 용량(악취배출량 산정)

- 돈사 내부 또는 배기팬에서 측정한 희석배수에 배기팬의 용량(Ex. $500\text{m}^3/\text{min}$, $300\text{m}^3/\text{min}$)을 일률적으로 곱해 악취 배출량을 측정하는 것은 바람직하지 않음.

◎ 송풍기가 있는 배출원
악취시료의 희석배수 X 1.8(보정계수) X 배기가스 풍량(m^3/min)

*자료: 중앙환경분쟁조정위원회 (2018) 중앙환경분쟁조정위원회 송달서 중앙환조 17-3-224호

- 돼지의 사육단계별 권장 환기량은 외기온에 따라 큰 차이를 보임. 농촌진흥청 표준영농교본(농진청, 2000)에 의하면 여름철 고온기의 환기량은 겨울철 저온기에 비해 약 10배 이상 높음. 돈사의 환기량은 계절뿐만 아니라 밤낮의 일교차에 의해서도 차이를 보이므로 악취배출량 산정 시 배기팬(배출구)에서 측정한 희석배수에 배기팬의 용량을 일률적으로 곱해 줄 경우 돈사의 악취배출량이 과대평가될 가능성이 매우 높음.
- 악취발생 수준이 일정한 공장 등에는 배기팬의 용량을 일률적으로 적용해 악취배출량을 산정하는 것이 가능해 보임. 그러나 계절 및 밤낮의 일교차에 의해 배기량이 큰 차이를 보이는 양돈장에는 적용하는 것이 바람직하지 않음.
- 즉, 악취 배출량을 계산(현행)함에 있어서 돈사에 적용되고 있는 배기팬은 항상 100% 최대 출력상태로 가정하여 계산을 하고 있으나 실제적으로는 팬의 출력상태는 실제 측사에 적용할 경우 부하 조건 등으로 제조사에서 제공하는 성능과는 차이점을 보임.
- 또한, 풍빈도 결과로부터 피해일수를 계산하였는데 계절별로 배기팬의 성능이 가변적으로 변화됨을 고려하지 못하고 있음.
- 배기팬의 송풍량은 시설의 부하 조건, 노후화, 가동율에 따라 달라짐.

특히 농장에서 오랜시간 사용된 배기팬의 경우 송풍량이 낮아졌을 것을 예상할 수 있음.

- 일반적인 돈사는 밤과 낮, 계절 등에 따라 배기팬의 가동율을 다르게 운영하며, 지속적으로 배기팬을 최대로 가동하지 않음 (동절기의 경우 최소환기 운영)

1. 국외 주요국(미국, 유럽, 일본)의 축산냄새평가 기법 및 사례

1-1 미국

1) Iowa State의 축산냄새 평가 사례

- Iowa State의 DNR(Department of Natural Resources)은 가축 사육시설, 가축분뇨를 살포한 농경지, 주거지 및 공공시설 소재지 등을 대상으로 2003년에서 2005년 사이에 축산악취를 집중적으로 측정 한 바 있음(Iowa DNR, 2006¹⁹⁾).
- 축산악취와 관련된 새로운 주정부 법이 제정되면서 Iowa 주지사의 요구에 따라 약 3년 동안 가축 사육시설 1066개소, 가축분뇨를 살포한 농경지 338곳, 공공시설(학교, 종교시설, 주거지, 상업단지 등) 소재지 304

19) Iowa DNR (2006) Results of the Iowa DNR animal feeding operations odor study. Iowa DNR Ambient Air Monitoring Group

- 곳 등 전체 1708 곳을 대상으로 축산악취를 평가함.
- 축산악취 평가는 Iowa 주정부의 의뢰를 받은 St. Croix Sensory 회사 (Minnesota 소재)의 환경 전문가들에 의해 수행되었음.
- [그림20](Iowa DNR, 2006)과 같은 Scentometer를 이용해 현장에서 악취를 측정하는 방법을 사용함. Nasal Ranger와 Barneby Sutcliffe Scentometer와 같은 휴대용 희석관능 악취 측정 장비를 사용함. 악취를 측정하는 패널이 현장에서 시료를 무취가스로 고(高) 희석배수에서 저(低) 희석배수로 순차적으로 희석하면서 악취를 인식하게 되면 그때의 희석배수로 악취의 수준을 표시함.
- 2003년도에 악취를 측정할 때는 악취의 수준을 전체 4단계로 구분하였으며 악취 초과지역은 희석배수 7 이상으로 설정함.
 - 2004년도부터는 희석배수 15 이상을 추가해 악취 수준을 전체 5단계로 구분해 측정하였음[표22].

[표22] 축산악취 평가 시 Iowa State에서 적용한 악취 수준(Scentometer를 이용한 측정)

Level	2003년	2004년~2005년
4	-	Greater than 15
3	Greater than 7	7~15
2	Detectable, but less than 7	Detectable, but less than 7
1	Not detectable	Not detectable
0	No reading taken	No reading taken

[그림20] Nasal Ranger(좌), Barneby Sutcliffe Scentometers(우)



○ 악취 측정의 정확도를 높이고 일관성 있는 측정을 위해서는 적절한 악취 측정 지점을 선정하는 것이 무엇보다 중요함. 악취 측정 대상에 적합한 악취 측정 위치 선정 및 측정 방법은 다음과 같음.

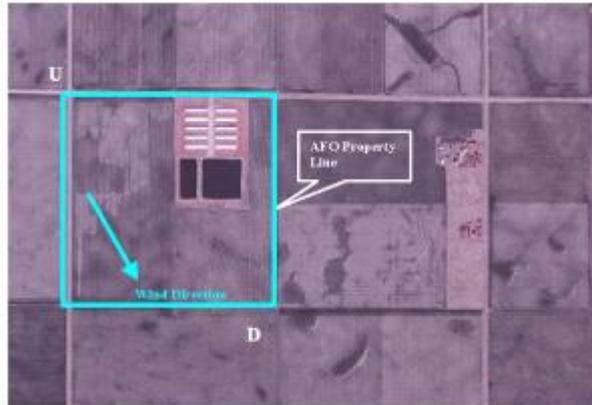
- 축사 등 가축 사육시설의 악취측정 방법: 농장의 부지경계선 중 풍하(Downwind) 지점에서 측정한 악취 희석배수가 7 이상이면 농장의 부지경계선 중 풍상(Upwind) 지점에서 Scentometer를 이용해 희석배수를 1차 측정한 후 최소 15분 경과한 시점에 2차 측정을 함[그림21]. 폐널은 농장의 부지경계선 중 풍하(Downwind) 지점에서 악취를 1차 측정한 후 60분이 경과되기 전에 2차로 악취를 측정해서 풍하 지점에서 1, 2차 모두 희석배수가 7 이상이면 악취 초과지역으로 구분함.

- 가축분뇨를 살포한 농경지의 악취측정 방법: 가축분뇨를 살포한 농경지 경계선 중 풍하(Downwind) 지점과 풍상(Upwind) 지점에서 각각 2회씩 측정함[그림22]. 만약, 풍상(Upwind) 지점에서 악취가 측정되었다면 풍하(Downwind) 지점의 측정 결과에서 풍상(Upwind) 지점의 측정값을 감해줌. 풍하(Downwind) 지점의 1, 2차 희석배수가 모두 7 이상이면 악취 초

과지역으로 구분함.

- 공공시설(학교, 종교시설, 주거지, 상업단지 등) 소재지의 악취측정 방법: 공공시설의 경우 공공시설로부터 반경 100m 이내의 지점에서 축사나 가축분뇨를 살포한 농경지에서 발생하는 악취를 풍향을 고려해 측정함 [그림23]. Scentometer를 이용해 2회 측정해 2회 모두 희석배수가 모두 7 이상을 보이게 되면 악취 초과지역으로 구분함(Iowa DNR, 2006).

[그림21] 가축 사육시설의 악취측정 지점(U:upwind, D:downwind)



[그림22] 가축분뇨를 살포한 농경지의 악취측정 지점(U:upwind, D:downwind)



[그림23] 공공시설(학교,종교시설, 주거지, 상업단지 등) 악취측정 지점



- 약 3년 동안 가축 사육시설 1066개소, 가축분뇨를 살포한 농경지 338곳, 공공시설(학교, 종교시설, 주거지, 상업단지 등) 소재지 304곳 등 전체 1708 곳을 대상으로 축산악취를 평가한 결과 7%에 해당되는 118곳이 희석배수 7를 초과해 악취가 문제가 되는 것으로 조사됨[표23].
 - 가축 사육시설의 경우 전체 1066개소 중 7%에 해당되는 71 곳이 악취가 문제되는 것으로 조사됨. 악취가 문제되는 가축 사육시설 71 곳 중 약 79%에 해당되는 56 곳은 7월과 11월 사이에 악취 기준을 초과하는 것으로 나타남.
 - 가축분뇨를 살포한 농경지의 경우 전체 338 곳 중 11%에 해당되는 36 곳이 악취가 문제되는 것으로 조사됨. 악취가 문제되는 가축분뇨를 살포한 농경지 36 곳 중 약 67%에 해당되는 24 곳은 10월과 11월 사이에 악취 기준을 초과하는 것으로 나타남.
 - 공공시설(학교, 종교시설, 주거지, 상업단지 등) 소재지 304곳 중 4%에 해당되는 11 곳이 악취가 문제되는 것으로 조사됨. 악취가 문제되는 공공시설 11 곳 중 약 82%에 해당되는 9 곳은 9월과 10월 사이에 악취 기준을 초과하는 것으로 나타남.

[표23] Iowa State 축산악취 측정 시 악취기준 초과 비율

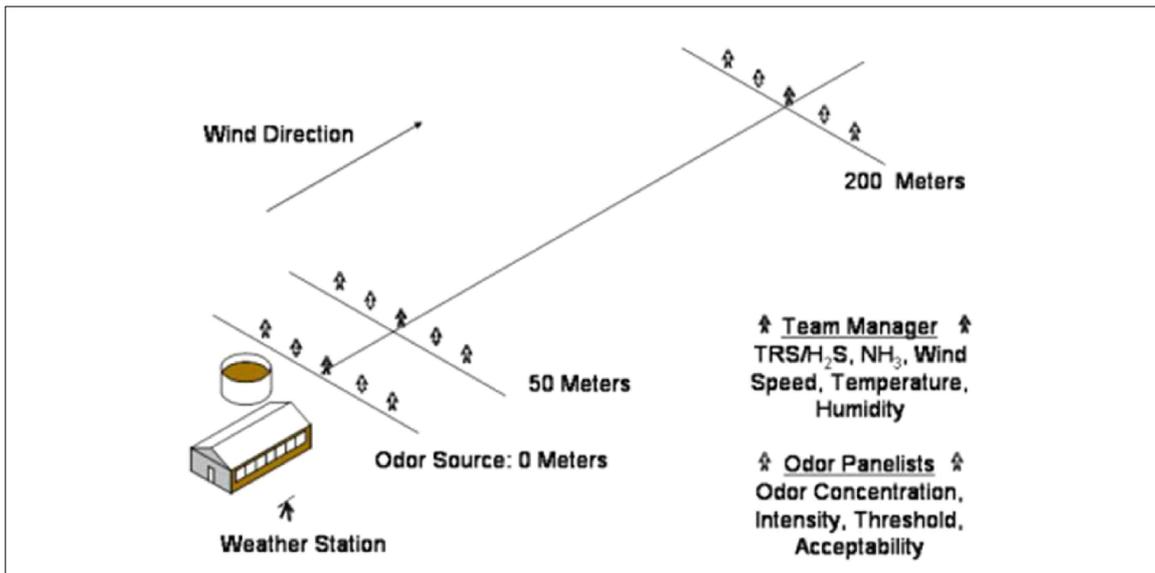
Level	악취측정 개소 수	악취기준 초과 개소 수	악취기준 초과 비율
가축 사육시설	1066	71	7%
가축분뇨를 살포한 농경지	338	36	11%
공공시설 (학교, 종교시설, 주거지, 상업단지 등)	304	11	4%
계	1708	118	7%

2) Idaho State의 축산냄새 평가 사례

- Idaho State는 2003년 8월에서 2004년 4월까지 약 9개월 간 젖소 사육시설 38개소, 육우 사육시설 15개소를 대상으로 악취를 평가함(Idaho Agricultural Experiment Station, 2004²⁰)).
 - 전체 53개소 농장의 악취는 계절별 1회 씩 측정함.
 - 악취는 악취 발생 인접지점(Odor source 0m), 발생원으로부터 50m, 200m 떨어진 거리에서 측정함[그림24].
 - 악취 측정과 관련된 교육을 이수한 페넬 4명이 각 지점에서 Nasal Ranger([그림20] 참고)를 이용한 희석배수와 악취강도(Odor intensity)를 측정함.
 - 암모니아, 황화수소 등의 가스는 악취측정 교육 과정을 이수한 악취 측정원이 각 지점에서 측정함.
 - 각 지점에서 악취 측정 시 풍속, 풍향, 온도, 상대습도 등을 측정하고 기록함.

20) Idaho Agricultural Experiment Station (2004) Odor Assessments of Idaho Livestock Farms and Manure Application Practices

[그림24] Idaho State에서 이용한 축사 악취 측정방법



- 악취 측정을 담당한 패널들은 엄격한 심사과정을 거쳐 선정함. 전체 55명의 지원자들 중 N-butanol 테스트 등을 이용해 최종적으로 11명의 패널을 선정한 후 Idaho 대학에서 Nasal Ranger 사용법 및 악취강도 측정법을 교육함.
- 악취강도는 N-butanol을 이용해 전체 7개 구간으로 구분함[표24].

[표24] N-butanol을 기준으로 한 악취강도 구분

Scale	N-butanol 농도(ppm)
0	0
1	500
2	1000
3	2000
4	4000
5	8000
6	16000

- 암모니아, 황화수소, 풍속, 풍향, 상대습도, 온도 등의 측정을 전담하는 측정담당자를 4명 선정해 별도의 교육과정을 이수하도록 함.
- Nasal Ranger를 이용해 측정한 희석배수는 식(1)을 이용해 기하평균값으로 전환하였음.

$$DT_{geo} = 10^{\frac{\log D/T_n + \log D/T_{(n+1)}}{2}} \text{-----식(1)}$$

- 젖소 사육시설을 대상으로 악취를 평가한 결과 Freestall을 이용한 낙농장의 경우 50m 떨어진 거리의 희석배수가 12~13 수분을 보임(악취 초과로 구분 가능).
- 젖소 사육시설의 악취 평가 결과를 요약한 내용은 아래의 [표25]와 같음.

[표25] Idaho 젖소 사육시설의 악취 평가 결과

Location Range-units	Distance meters	Detection Threshold (1.4-60)	Odor Intensity (0-6)	H ₂ S/TRS ppm	NH ₃ ppm
Openlot Dairies <1,000 hd	Source	11.4	2.8	0.063	0.410
	50 meters	8.4	2.7	0.038	0.420
	200 meters	3.1	1.5	0.020	0.290
Openlot Dairies >1,000 hd	Source	17.0	3.7	0.078	0.360
	50 meters	4.8	1.8	0.042	0.270
	200 meters	4.5	1.9	0.024	0.270
Scraped Freestall Dairies	Source	29.0	4.4	0.223	0.530
	50 meters	13.4	3.3	0.161	0.430
	200 meters	6.3	2.5	0.078	0.260
Scraped Freestall Dairies	Source	22.2	4.2	0.379	0.660
	50 meters	12.4	3.3	0.173	0.430
	200 meters	8.5	2.8	0.117	0.300

3) 미국의 악취물질 배출계수 설정 및 표준 측정 매뉴얼 개발

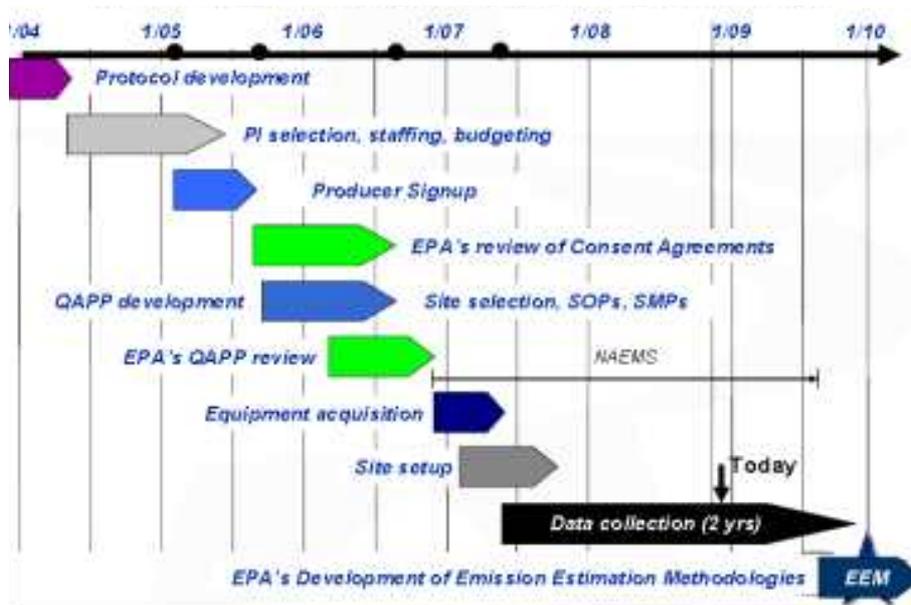
- 축산악취로 인한 분쟁 발생 시 공정한 평가를 위해 악취성분 배출계수 산정 및 표준 측정법 매뉴얼 개발을 위한 연구를 2004년부터 수행함.
 - 연구명: National Air Emissions Monitoring Study(NAEMS)
 - 표준 매뉴얼 대상 물질: 악취물질(암모니아, 황화수소, VOC 등), 미세먼지(PM10, PM2.5), 이산화탄소 등
 - 측정방법: 실시간 측정장비를 이용해 24개월 동안 측정
 - NAEMS 연구대상 축종 및 지역

[그림25] 악취성분 배출계수 산정 및 표준 측정법 매뉴얼 개발을 위한 연구 대상지



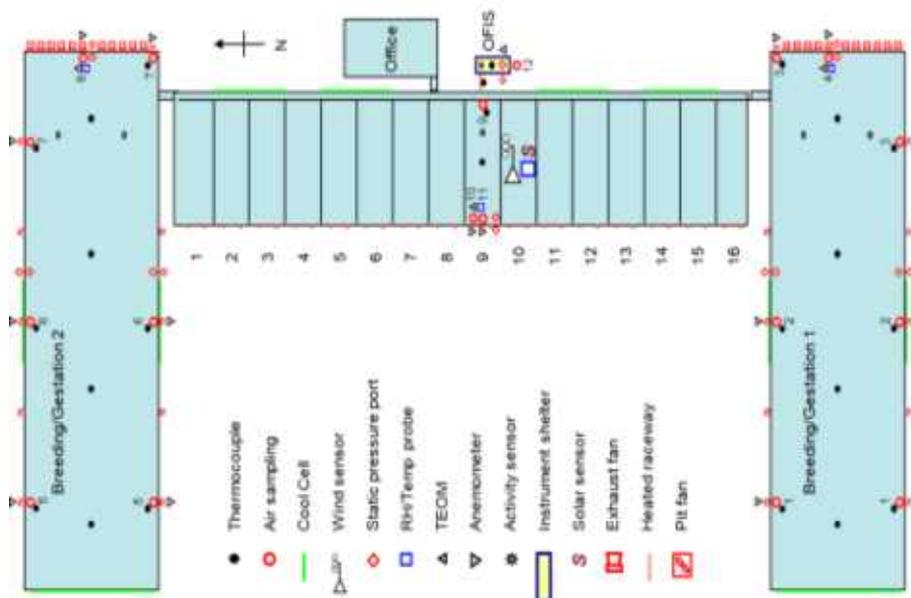
- NAEMS 연구결과를 활용해 미국 EPA는 배출계수 산정 표준 매뉴얼을 [그림26]과 같이 개발함.

[그림26] 미국 EPA의 배출계수 산정 표준 매뉴얼 개발 Timeline

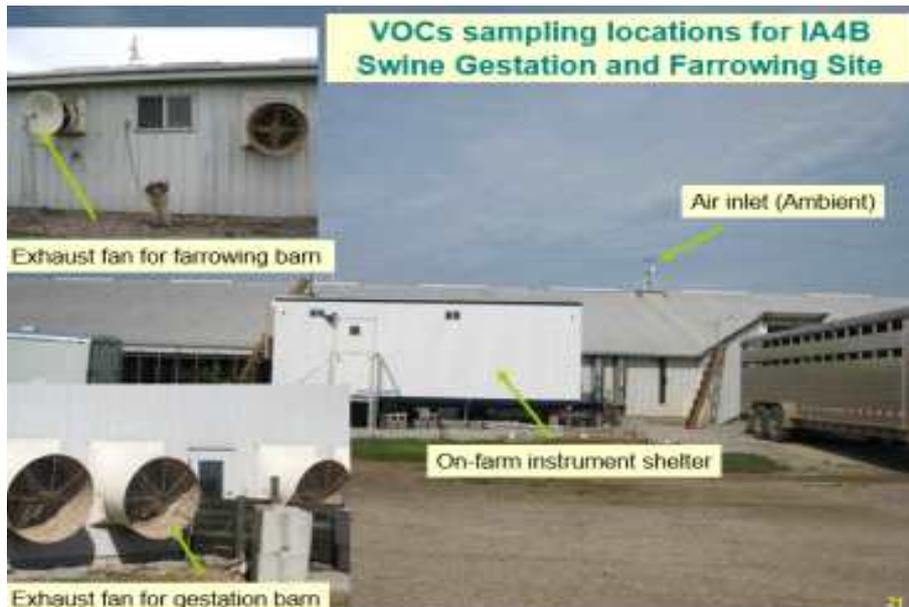


- 돼지 사육시설의 배출계수 산정을 위해 미국 Iowa 주립대학교 연구팀에서 구축한 실시간 자동측정 시스템은 아래의 [그림27][그림28]과 같음.

[그림27] 양돈장 배출계수 설정 및 표준 측정 매뉴얼 개발을 위한 시스템 구축 사례



[그림28] 양돈장 배출계수 설정 및 표준 측정 매뉴얼 개발을 위한 시스템 구축 사진



4) 미국의 악취물질 배출계수를 활용한 제도

- 미국은 종합환경대응 배상 책임법(Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act; CERCLA)과 비상계획 및 공동체 알권리법(Emergency Planning and Community Right-To-Know Act; EPCRA)에 따라 농장 당 1일 암모니아, 황화수소 발생량이 45.4kg 이상일 경우 신고하도록 함[그림29].
- CERCLA와 EPCRA에 따라 농가는 자신의 농장에서 1일 암모니아, 황화수소 발생량이 45.4kg 이상인지 여부를 평가할 필요가 있음. 축종, 사육단계, 사육시설 유형 등에 따라 설정된 배출계수를 활용해 농장별 발생량을 평가하고 기준치를 초과할 경우 신고를 해야 함. 미국에서 활용되고 있는 암모니아와 황화수소 배출계수는 [그림30]과 같음.

[그림29] 미국의 유해물질(암모니아, 황화수소 등) 발생량 신고제도



[그림30] 미국의 돼지 사육단계 및 분뇨 수거 방식에 따른 NH₃, H₂S 배출계수

AMMONIA (NH₃) EMISSIONS ESTIMATE

Enter your head count and multiply times the appropriate Emission Rate (from Table 1) to equal the emission estimate for the facility.

AMMONIA (NH ₃) EMISSIONS ESTIMATE		
Lowest Head Count	Lower Bound NH ₃ Emission Rate (pounds/hd/day)	NH ₃ Lower Bound (pounds/day)
NH ₃ Lower Bound =	X	=
Permitted Head Count	Upper Bound NH ₃ Emission Rate (pounds/hd/day)	NH ₃ Upper Bound (pounds/day)
NH ₃ Upper Bound =	X	=

Hydrogen Sulfide (H₂S) EMISSIONS ESTIMATE

Enter your head count and multiply times the Emission Rate (from Table 1) to equal the emission estimate.

Hydrogen Sulfide (H ₂ S) EMISSIONS ESTIMATE		
Lowest Head Count	H ₂ S Emission Rate (pounds/hd/day)	H ₂ S Lower Bound (pounds/day)
H ₂ S Lower Bound =	X	=
Permitted Head Count	H ₂ S Emission Rate (pounds/hd/day)	H ₂ S Upper Bound (pounds/day)
H ₂ S Upper Bound =	X	=

Table 1. Swine facility per-animal emission constants. Liquid Manure Systems. Housing and manure storage estimates are combined.

Management group	Pull-plug, scrape, flush, shallow pit		Deep Pit	
	Upper bound	Lower bound	Upper bound	Lower bound
Breeding & gestation	NH ₃ 0.098 H ₂ S 0.016	NH ₃ 0.0098 H ₂ S 0.0016	NH ₃ 0.052 H ₂ S 0.0085	NH ₃ 0.0052 H ₂ S 0.00085
Farrowing	NH ₃ 0.16 H ₂ S 0.030	NH ₃ 0.016 H ₂ S 0.0030	NH ₃ 0.022 H ₂ S 0.0028	NH ₃ 0.0022 H ₂ S 0.00028
Nursery	NH ₃ 0.019 H ₂ S 0.0043	NH ₃ 0.0019 H ₂ S 0.00043	NH ₃ 0.0046 H ₂ S 0.0020	NH ₃ 0.00046 H ₂ S 0.00020
Grow-finishing	NH ₃ 0.055 H ₂ S 0.0104	NH ₃ 0.0055 H ₂ S 0.00104	NH ₃ 0.037 H ₂ S 0.0080	NH ₃ 0.0037 H ₂ S 0.00080

1-2 유럽

1) Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production (VERA)²¹⁾

- 독일, 네덜란드, 덴마크의 8개의 연구기관이 참여하여 VERA (Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production) Protocol을 개발하고 제공함.
- 총 6개의 분야에 대한 Test protocol을 제시하고 있으며 그 중 ‘VERA TEST PROTOCOL for Livestock Housing and Management System’에 축사에서 발생하는 악취의 평가 방법 및 기준에 대해 제시하고 있음.
- 축산 악취의 측정 목적에 따라 2가지 전략 (Multi-farm approach, Case-control approach)을 제시하고 있음.
 - Multi-farm approach 방법은 농장의 연간 배출량 (배출계수)을 계산하는 것을 목적으로 함
 - Case-control approach 방법은 어떤 처리에 따른 배출 저감효과를 분석하는 것을 목적으로 하며 배출 패턴을 고려한 데이터 처리 계산 방법을 제시함
- 악취 시료의 채취 및 보관방법, 시료 분석 방법, 측정된 악취 배출량 데이터의 처리 방법 등을 제시하고 있음.
- 측정전략에 따라 배출량 데이터 처리 방법을 제시하고 있으며 악취 배출

21) VERA (2018) VERA TEST PROTOCOL for Livestock Housing and Management Systems.

계수 산정을 위해서 ‘시간적 평균 데이터’ → ‘하루평균 데이터’ → ‘연간 배출계수 산정’ 순서로 계산식을 제시함.

2) 덴마크²²⁾

- 덴마크의 경우, VERA TEST Protocol을 따라 축사에서 배출되는 악취를 측정하고 농도를 산정함.
- 축사에서 발생하는 악취 배출량의 규제기준은 이격거리가 아닌 악취농도 값으로 규제기준을 제시함.
- 덴마크는 농장에서 확산되는 악취농도 계산을 위해 FMK 접근법과 OML 모델을 개발하여 사용함.
- 각 모델에 따라 사용하는 단위가 다르며 FMK 접근법은 E_m , OML 모델은 OU/m^3 를 사용함.
- FMK 접근법은 배출계수를 단순하게 적용하여 산정하는 간단한 모델로서의 장점을 지니지만 정확도가 떨어지는 반면에 OML 모델은 가우시안 모델을 기반으로 한 확산 모델로 시간단위로 측정된 데이터를 확산 모델링을 하는데 사용한다는 장점이 있음.
- 덴마크에서는 2007년 이전엔 FMK 모델을 사용했었지만 이후 축산법을 개정하면서 OML 모델을 사용하게 됨.

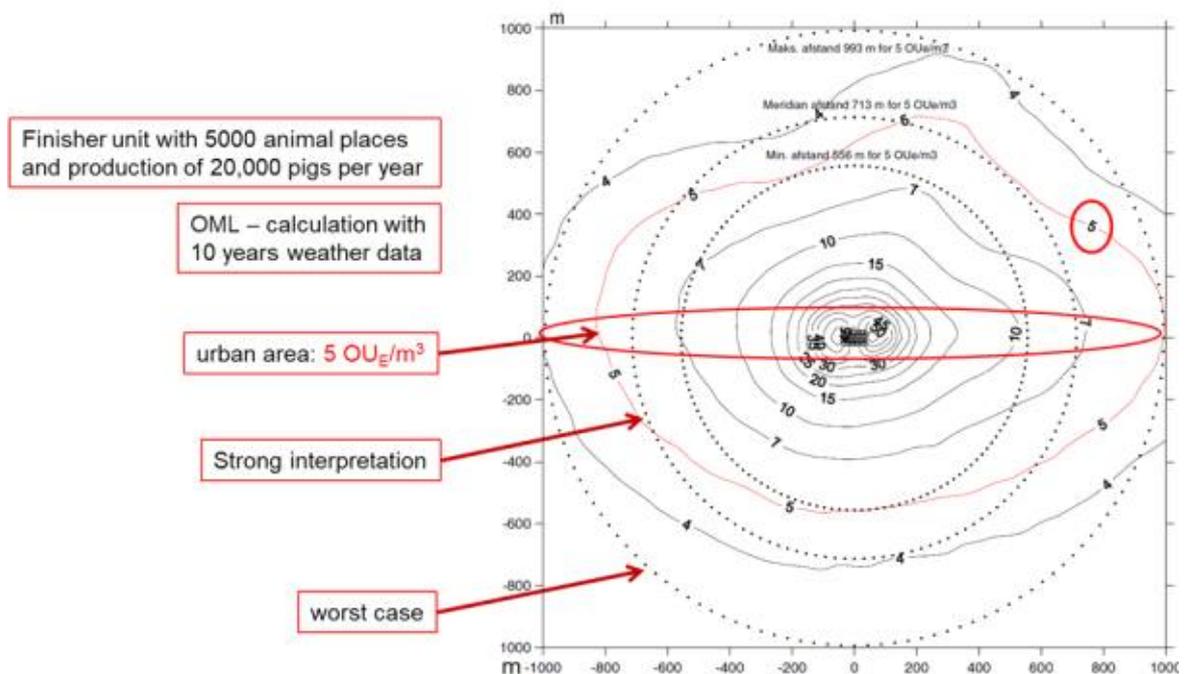
22) 덴마크 법령 홈페이지 <https://www.retsinformation.dk/>

- 덴마크에서 축산시설의 확장 또는 설립 등을 위해서는 OML과 FMK 두 개의 모델을 다 적용하여서 악취 확산에 대한 평가를 수행해야하고 더 큰 값에 대해서 축산시설의 설립 및 확장에 반영함.

[표26] 덴마크의 악취 규제 기준

분류		악취 규제	
1	1. 기존 및 시 계획에 따른 미래 도시구역 2. 기존 및 시 계획에 따른 미래 전원주택 지역 (일반 도시)	5 OU_E/m^3	1 LE/m^3
2	1. 혼합 주택 및 상업 목적의 주택, 기관, 휴양목적으로 공공적이게 사용되는 토지 2. 주거용 건물이 개발되고 있는 토지	7 OU_E/m^3	3 LE/m^3
3	1. 가축 농부가 소유하지 않은 비농업 재산 주거용 건물 (마을 외부지역과 개발구역이 아닌 시골 지역)	15 OU_E/m^3	10 LE/m^3

[그림31] 덴마크의 악취 확산 모델 (OML dispersion model)



3) 네덜란드(MIWMN)²³⁾

- 네덜란드의 경우 1970년대부터 축산업의 강화와 집중에 따라 축사에서 배출되는 악취를 억제하는 규제를 제정함.
- 2007년 1월1일부터 네덜란드의 모든 지역에 악취와 축산법 (Rgv)이 적용됨.
- 축사에서 배출되는 악취의 확산을 모의하기 위해 가우시안 플럼 모델을 기반으로 한 V-stack 모델을 개발하여 이용하고 있음.
 - 축종, 축사 시설의 구조, 분뇨처리 방법 등에 따라 제시되어 있는 악취 배출계수를 V-stacks 모델에 적용하여 악취 확산을 계산함.
- 네덜란드의 경우, 악취 배출량 산정을 위한 프로토콜을 별도로 제시하고 있음²⁴⁾.
- 악취 배출량 산정 프로토콜에서 악취의 측정 목적에 따라 측정 전략을 Multi-farm, Case-control 방법을 제시하고 있으며, 축종별 악취 배출 패턴을 고려하여 측정빈도 및 시기를 제시하고 있음.
 - 악취 시료의 채취 및 보관방법, 시료 분석 방법, 측정된 악취 배출량 데이터의 처리 방법 등을 제시하고 있음.
- 2013년 개정되어 현재까지 유효한 축산 악취에 관한 법령을 제시하고 있음.

23) Ministry of Infrastructure and Water Management of the Netherlands (MIWMN) 홈페이지

24) Wageningen UR Livestock Research, 2011, Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010

1-3 일본²⁵⁾²⁶⁾

1) 일본 축산분뇨 악취 대책

- 일본에서 축산 양돈분야에서의 주요 악취 발생원으로 지목되고 있는 부분은 분뇨 원료의 반입·저류조·퇴비화 발효시설을 지목하고 있음.
 - 이에 대한 대책으로 건물의 벽·천장의 밀폐화, 원료냄새가 통로, 건물 외부로 새어 나가지 않도록 반밀폐, 미세감압 방식, 암모니아(공기보다 가벼움)를 가급적 건물 외부로 배출 함, 탈취할 경우, 집진 등 전처리 및 후처리를 고려하도록 하고 있음
 - 구체적 대책으로는 다음과 같은 방법을 제시하고 있음.
 - 축사 건물의 틈새를 밀폐
 - 퇴비장 등 분뇨처리시설의 자동문을 투명 시트로 설치
 - 퇴비장의 경우 고효율 흡인식 배기장치 설치
 - 취기종류에 따라 적절한 탈취방법을 강구
 - 축사의 경우 악취의 회석을 고려하여 건물상부로부터 배기 가능토록 함
 - 축산분뇨의 탈취는 약세정(황산)이 유효 함.
 - 돈사, 퇴비사에서 암모니아의 농도가 저-중농도인 경우 생물탈취, 오존 탈취
- 이외에 악취발생원으로 축산 전반 시설, 사망가축의 화제장, 사망가축 취급장 등이 있으며, 관련 법령으로는 악취방지법 이외에 수질오탁방지법, 화제장등에 관한 법률, 가축전염예방법을 적용하고 있음

25) 일본 농림수산업성 생산국 축산부 축산기획과. 축산환경 현황과 과제.

26) 일본 악취·향기환경협회. 2017. 축산취기대책에 대하여. 일본축산환경심포지엄.

2) 악취의 냄새 특성

- 환경성 악취대책 행정 가이드북(2012 4)에서 제시하는 냄새의 감각특성: 웨버휘피나의 법칙을 보면 냄새의 강도는 물질의 농도와 비례하지 않는 특성을 가지고 있음을 설명하고 있음

$$I = k \log C + a$$

※ I: 냄새의 강도, C:냄새물질의 농도, k, a: 정수

- 즉, 암모니아를 예로 들면 악취강도 4 (강한 냄새) 에 느껴지는 암모니아량이 10ppm 정도인데 이를 50%(5ppm) 제거하였다 하더라도 취기강도는 3.5로 감각적으로는 그다지 낮아지지 않음. 즉 규제기준 하한인 취기강도 2.5 (1ppm) 까지 감소하려면 90%의 제거가 필요함. 취기강도 1 까지 가기 위해서는 99% 제거가 즉 0.1ppm까지 제거가 필요하다는 의미임

3) 일본 정부의 축산 악취 대책

- 2015년 기준 전 업종의 악취 민원 12,959호 임. 이중 2016년 축산업의 악취민원 1,532건으로 약 12% 정도임
 - 일본의 경우 축산경영으로부터 악취가 발생할 경우 2006년부터 악취지수규제가 도입되었음
 - 가장 적절한 냄새대책은 깨끗한 축사청소와 빠르고 확실한 분뇨처리임
- 이에 악취민원 대책으로 “축산관계악취대책 매뉴얼” 을 작성하였음
 - 축산악취의 경우 부지경계선의 악취허용한계농도를 암모니아 기준 1ppm 이라 하더라도 제한 없는 대책을 요구하는 경우가 있음. 즉 민원이 법의

농도를 넘어야만 발생하는 것이 아님. 실제 악취발생 시 악취농도를 조사해 보면 규제물질이 악취방지법에 위반한 경우는 거의 없음

- 다만 부지경계선에서의 허용농도농도, 지도기준치는 사회적으로 제시한 것이므로 반드시 지켜야하는 기준임. 다만 축산의 경우 일반 공장 등에서 배출되는 악취보다는 낮은 수치이므로 충분히 대응할 수 있을 것으로 예상하고 있음
 - 양돈농가 부지경계선에서의 악취농도는 암모니아 1ppm, 황화수소 0.02 ppm 정도를 규제 허용농도로 보고 있음

- 악취대책의 본질: 양돈농가에 있어서 악취대책이 곤란하다고 하는 이유는 대책 기술이 미개발 되거나 미확립 된 것이 아니라 축산경영에 있어서 기본적인 환경정비 대책이 미흡하거나 단지 악취만이 문제라는 잘못된 생각 또는 악취대책의 목표를 무취화 또는 민원의 완전 무결점화 등 무리한 생각에 있음.

- 양돈경영에 있어서 독립된 악취문제는 없으며 모든 것이 분뇨처리 등 환경보존문제나 가축의 보건위생문제와 함께하는 문제 임. 그러한 의미에서 지역과의 조화나 가축의 건강관리에 대한 축산경영에 목표를 두는 것이 최적의 악취대책이라 제시함

4) 일본 환경성의 악취방지법에 대하여

- 일본 환경성은 악취관리 관련하여 악취방지법을 제정 운영하고 있음. 악취의 범위는 부지경계선상을 중심으로 규제범위(6단계 취기강도 표시법)로 제시하고 있음

- 0: 무취
- 1: 약간 냄새
- 2: 약한 냄새
- 2.5: 2-3 사이 냄새
- 3: 쉽게 느끼는 냄새
- 3.5: 3-4 사이
- 4: 강한 냄새
- 5: 강렬한 냄새

- 악취방지법에서 악취는 1971년 특정악취물질로 22가지 지정, “물질농도 규제”로 수행하였으며, 1995년 “취기지수” 규제(10 - 21 범위)로 전환하였음
 - 2019년 현재 특정악취물질의 규제기준 방식은 사업장 공장(부지 전체), 도장공장 연돌(굴뚝), 화제장 하수구 기화, 증산하는 경우 특정악취물질 22종을 기준으로 규제하고 있으며, 취기지수의 규제기준 방식은 후각검사방식을 통해 희석배수로 계산하는 방식으로 양돈장, 양계장 등 축산농가에 적용하고 있음. 취기지수방식은 아래와 같이 적용하고 있음

$$\text{취기지수} = 10 \times \log (\text{취기농도 즉 희석배수})$$

- 부지경계상 취기지수기준을 적용할 경우 「주거지역」은 취기지수 10, 「사업지역」은 취기지수 12, 「공업지역」은 취기지수 13을 적용하고 있음
- 악취발생시 악취농도를 조사, 권고정수, 현장입회검사, 악취의 측정을 하고 있으나 이를 행사할 경우, 특정악취물질의 농도 측정은 환경계량사가 진행하며, 취기지수의 측정은 취기판정사(취기측정종사자)에 위탁가

능함.

- 단, 취기측정업무종사자 (취기판정사) 란 후각측정법에 있어서, 패널의 선정, 시료의 채취, 시험의 실시, 결과의 정리 등 일련의 작업을 관리·총괄하는 책임자를 의미함. 또한 법에 기초하여 필요한 악취의 측정 가운데 취기지수 및 취기 배출강도에 관한 측정을 시정촌으로 부터 위탁하는 것이 가능함

- 축산 악취의 경우, 악취의 행정조치로는 개선권고, 개선명령은 시정촌 및 특별구장이 발동 가능하며, 명령 위반 시에는 벌칙이 부과됨
- 특히 축산의 경우 기체배출구가 일반 산업시설과 다르게 5 m미만인 경우이므로 기체 배출구 낮은 경우 정밀도 면에서 볼 때 유량을 측정하지 않고 간단한 측정방법으로 허용되며, 이러한 소규모시설에는 “유량 측정” 하는 것은 실제 곤란하므로 유량측정 없이 취기지수측정 만으로 규제하는 방식을 채택하고 있음

5) 취기지수 산정 악취의 측정 방법

- 악취방지법에 기초한 악취의 측정 방법에는 아래 두 가지 방법이 있음.
 - ① 특정악취물질(22물질)의 측정방법
 - 특정악취물질(22물질)의 측정방법은 물질군의 종류에 따라 포집방법이나 분석 장치 등이 다름
 - ② 후각측정법에 따른 취기지수의 측정방법
 - 「후각측정법」이란, 사람의 후각 (코) 을 이용하여 악취를 측정하는 방법임. 일본에서 채택하고 있는 악취측정법은 취기지수의 측정에는 「3점 비교식 냄새방지법」과 「3점비교식 프라스코법」이 사용되고 있음.
 - 「3점비교식 냄새방지법」은 6인 이상의 패널(후각을 가지고 냄새 유무

를 판정 하는 사람)이 준비된 3개의 봉지에 냄새를 맡아, 냄새가 들어있는 1개의 봉지를 알아맞히는 사람으로 무취공기에 서서히 희석해 가면서 냄새가 들어있는 봉지를 알아 맞출 때까지의 희석배수에 냄새의 농도를 표시함.

- 이 방법으로 얻은 수치는 취기농도임. 악취방지법에서는 이 수치의 대수를 10배한 치수를 「취기지수」라 하고 규제기준으로 사용함. 이것은 「취기지수」가 소음·진동에 있어서 데시벨과 같이 인간의 감각량에 대응한 척도로 되어 있음.

[표27] (일본)취기강도와 취기지수의 관계

취기강도	2.5	3.0	3.5
취기지수	10-15	12-18	14-21

※업종에 따라 다를 수 있음

○ 취기지수규제 도입의 추진 특징은 다음과 같음

- 악취가 복합적임
- 악취농도규제의 물질분석의 고가를 피할 수 있음
- 미규제 물질에 대한 대응성이 있음
- 주변 주민과의 감각을 일치성이 있음
- 복합악취에 대한 대응이 필요함
- 취기지수가 인간의 감각에 가깝게 나타냄
- 미국의 센토메타법, ASTM주사기법, 프랑스, 네델란드의 올팩토메터법에 서도 후각을 사용하고 있어 후각법이 세계적 주류임

6) 악취민원의 처리 방식

- 일본 환경성에서는 악취민원이 발생할 경우 다음과 같은 민원인 대응 프로그램을 가지고 있음
 - 민원 처리 방식의 흐름은 악취민원 발생→악취의 측정→행정지도→개선권고→개선명령→벌칙 순임
 - 구체적으로는 민원접수, 현지조사, 행정지도, 기준판정(취기지수 측정 또는 특정악취물질 측정), 개선권고, 개선명령, 고발조치 순으로 진행하고 있음

- 축산악취에 대한 현지의 지도 및 지도 방법에 있어서도 다음과 같은 대응방법을 취하고 있음
 - ① 악취민원에 대한 지도체제
 - 악취방지대책은 악취방지법에 의거해 시정촌이 소관하고 있음
 - 축산환경대책의 관점에서 현이 지도하고 있음
 - 시정촌에서는 농림수산사무소 농정과, 농업개량보급과, 가축보건위생소 등이 구성되어 지도, 처리를 하고 있음

 - ② 민원신청자에 대한 대응
 - 민원이 발생할 경우 민원인이 불편하지 않게 주의하여야 함
 - 감정적인 대응 자제, 민원이 신분이 명확하게 할 것, 법규제 현황에 대한 설명을 통해 대화 해법을 제시, 민원인의 처리경과를 적절하게 연락하는 등 처리

 - ③ 현지조사 실시
 - 민원 접수 후 신속하게 지도반의 현지 조사

- 주요 조사항목(민원인 및 주민으로부터 피해상황 청취)
- 사업장의 개요(경영상황 등)
- 악취발생원인(구체적인 발생장소 특정)
- 악취방지대책(발생원등에 대한 구체적인 대책 검토)
- 환경청 취기발생결정표(발생원, 요인, 개선 포함 기초적 방법 제시)
- 예시) <돈사구조, 돈방구조, 분뇨저장조 구조, 돈사의 청소방법, 분뇨 반출방법> 순으로 구조 등 냄새강도를 체크하고 장소와 원인을 특정하며 각각의 개선책을 명기하고 있음. 또한 감정문제가 포함되어 있는 경우 식수, 부지내 포장 등에 의한 미화 간담회 등에 따른 융화대책에 대해서도 언급되어 현장 수준에서의 검토에 적합하게 기술되어 있음

④ 축산농가에 대한 대응

- 가해자의식이 없는 농가에 대하여 법규제 설명, 부근주민에 대한 피해를 주는 것에 대한 인식을 주입함

7) 축산농가 악취분쟁처리제도의 개요

- 축산농가가 악취대책에 노력하여 “악취방지법에 저촉하지 않았음에 불구하고” 민원이 발생할 경우 법률(공해분쟁처리법)에 기초하여 해결을 모색함
- 일반적으로 각 현에서는 <공해심사회>를 구성하여 공정, 독립적 입장에서 알선, 조정, 중재를 하도록 변호사 및 학식 경험자로 구성하고 있음
 - 알선: 위원이 분쟁 당사자 사이에 들어가 원활한 교섭 되도록 중개하는 역할
 - 조정: 조정위원회가 분쟁의 당사자를 중개하여 쌍방의 양해를 얻어 합

- 의에 기초하여 해결을 모색하는 것임
- 중재: 분쟁의 당사자 쌍방이 중재위원회에 해결을 위탁하여 판단에 따르도록 약속하고 해결을 모색하는 것임
- 심사위가 취급하는 분쟁이란 민사상의 인적, 지역적 확산의 위험성이 있는 공해를 의미함
- 조정이 비교적 가장 많이 이용되는 방법으로서 주로 수속은 비공개로 하며 당사자 쌍방이 출석하여 조정위원회에 의견을 설명함. 위원회는 의견 및 현지조사 등을 통해 상호 양보를 하도록 조정하며 조정안을 제시함. 합의가 되면 화해계약을 작성함. 합의가 안 될 경우 조정위원회를 중단함
- 조정의 신청수수료는 손해배상청구액에 따라 산정되어짐. 가격의 산정이 불가능할 경우 가격은 500만 엔으로 함. 이때 수수료는 3,800엔으로 함 (아이찌현 경우)

2. 축산냄새 확산방식 모델 연구사례

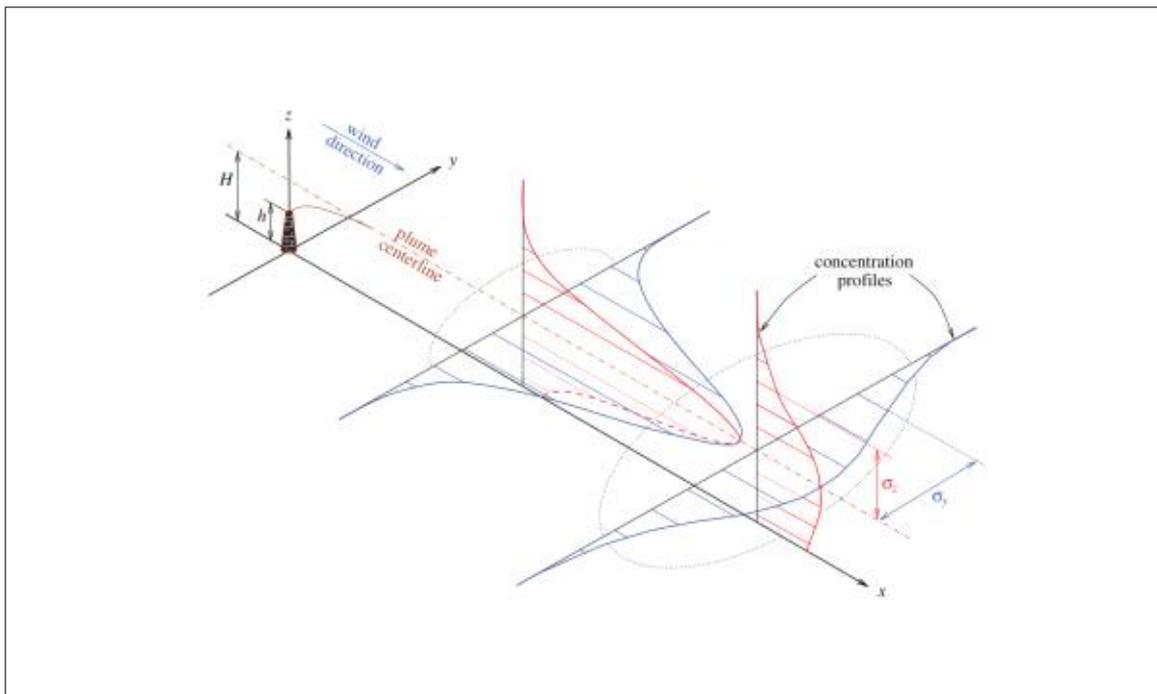
2-1 가우시안 모델

- 가우시안의 확산이론에 근거하고 있으며 확산 형태에 따라 가우시안 플룸, 가우시안 퍼프 모델로 구분됨.
- 플룸모델은 연기가 배출구에서부터 착지점까지 연속되는 것으로 계산하고 퍼프모델은 단위시간에 배출된 연기를 커다란 하나의 연기 덩어리로 발생하는 것으로 가정하여 시간에 따른 풍향 변화와 대기안정도에 따른 확산계수에 따라 농도를 계산함.
- 가우시안 플룸모델은 식 1로 풀이되며, 오염물질의 수평 및 수직방향으로의 분산은 주위 공기의 상대적인 안정도에 따라 달라지고 대기안정도와 풍하측 거리의 함수로부터 구하는 Pasquill-Gifford 방법으로 산정됨.
- 가우시안 플룸모델은 <그림 4-2>와 같이 2차원에서의 분산이 가우시안 분포형태를 갖고, 플룸 중심에서 오염물질의 최대 농도가 발생한다고 가정하여 임의의 지점에 대한 오염물질의 농도를 계산하는데 사용됨.
 - 가우시안 분포 곡선의 퍼짐 정도를 적용함으로써 다양한 분포를 나타내며 다양한 상황에 대한 대기확산식을 전개할 수 있음 (식 1).

$$x,y,z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma \sigma_z} \times \exp \frac{-y^2}{2\sigma_y^2} \times \left[\exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (\text{Eq. 1})$$

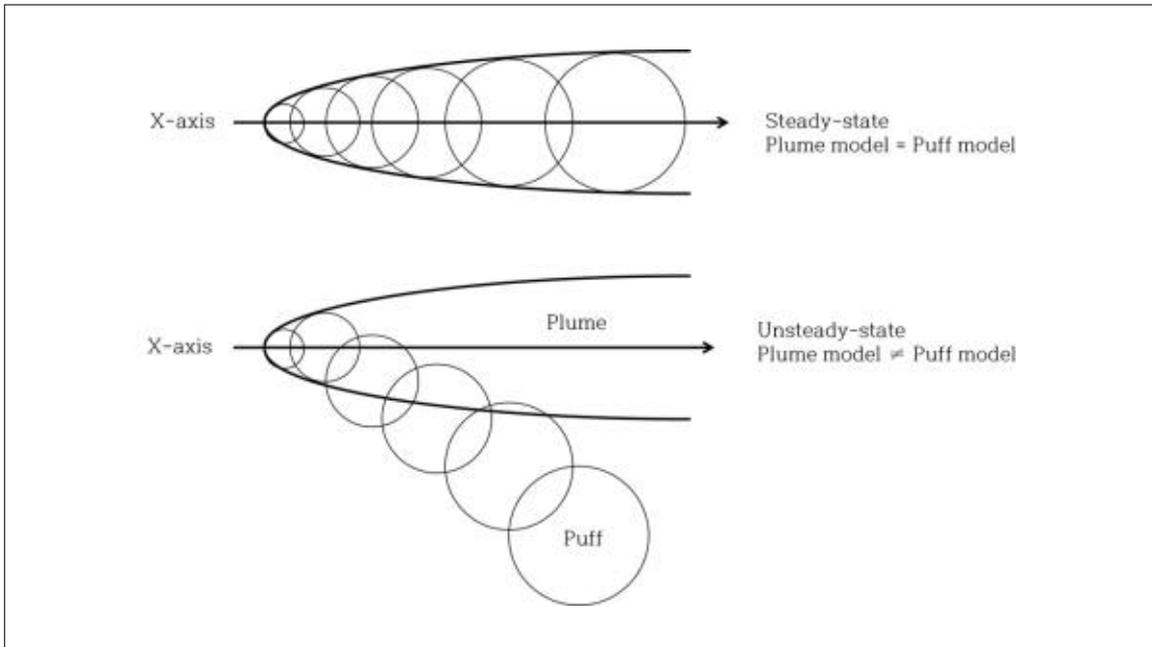
- 여기서, C 는 x, y, z 좌표를 갖는 지점에서의 오염물질의 농도 (OU m^{-3}), u 는 풍속(m s^{-1}), h 는 지표면으로부터 소스원의 높이 (m), Q 는 오염물질 배출속도 (OU s^{-1}), σ_x, σ_z 는 수평 및 수직 방향에 대한 플룸의 표준편차.
- 하지만, 가우시안 플룸모델은 바람 조건이 시공간적으로 균일하고 정상 상태에서 오염물질의 농도가 정규분포를 나타낸다고 가정함[그림32].
- 따라서 오염물질의 발생량과 바람조건이 시간적 변화를 고려할 수 없는 단점을 보완하기 위하여 비정상상태의 바람조건과 물질농도를 예측할 수 있는 가우시안 퍼프모델이 개발되었음[그림33].

[그림32] 가우시안 모델의 오염물질 확산 분포 (Stockie, 2011²⁷⁾)



27) Stockie, J. M., (2011). The Mathematics of Atmospheric Dispersion Modeling. SIAM Review, 53, 349-372.

[그림33] 시공간적 변화에 따른 가우시안 퍼프 모델과 플룸 모델의 차이점



- 가우시안 퍼프모델은 오염물질 배출원으로부터 연속적으로 배출되는 공기를 작게 잘라서 각각의 공기 덩어리 (Puff)를 이동 확산시켜서 농도를 계산한 후 모든 연기 덩어리의 농도를 종합하여 대상 지역의 농도분포와 시간변화를 계산하는 모델.
- 퍼프모델은 시간에 따른 풍향, 풍속의 변화와 풍향, 풍속의 지역적 차이를 고려할 수 있으며 시간에 따른 퍼프의 배출량 변화도 고려할 수 있음.
- 다음 식 2는 화학적 반응과 침착이 없는 조건에서의 가우시안 퍼프 모델의 기본 방정식을 나타내며, 지표면으로부터의 축방향 확산이 발생할 경우, 식 3과 같이 변형되어 활용됨 (Gronwald and Chang, 2018²⁸⁾).

28) Gronwald and Chang, 2018, Evaluation of the Precision and Accuracy of Multiple Air Dispersion Models. Journal of Atmospheric Pollution, 6(1), 1-11.

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \times \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_x^2} - \frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{z^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$C(x, y, z, t) = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \times \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma_x^2} - \frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \left(\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2} + \frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right] \quad (\text{Eq. 3})$$

- 이러한 가우시안 모델은 입자의 침전, 화학반응, 지형조건을 고려하지 않고 저해상도로 1시간 이상의 큰 시간간격으로 넓은 지역에 대해서 오염물질의 확산을 추정하기 때문에 연산 속도가 수치해석모델과 비교하여 상대적으로 빠르다는 장점이 있음.
- 또한, 예측의 정확도 측면에서 한계가 있기는 하나 비교적 정확하고 사용이 간편한 이점을 가지고 있음.

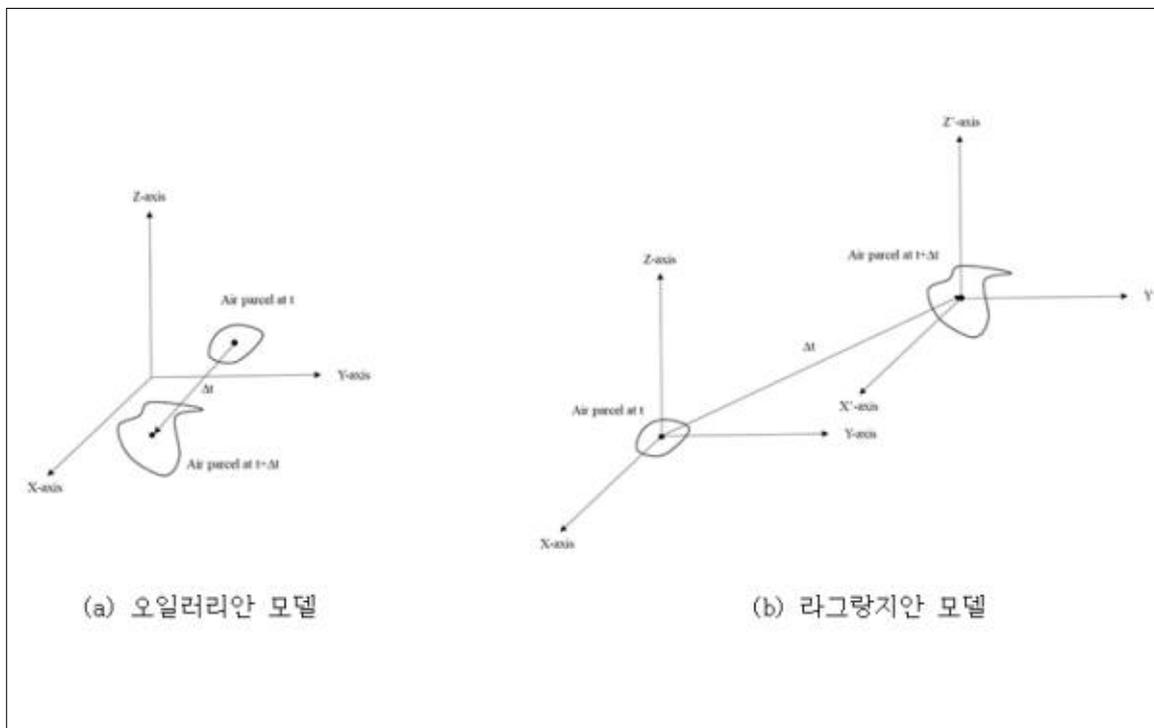
2-2 3차원 수치해석모델

- 오일러리안 모델 (Eulerian model)은 하나의 공간을 수평, 수직방향으로 여러 개의 작은 공간으로 나누고 작은 공간 사이에서의 오염물질 확산에 의한 풍향, 풍속, 시간 변화에 따라 계산하는 방법.
- 오염물질의 확산 및 화학변화에 관련된 현상을 정확하게 고려해야하기 때문에 전문적인 지식이 필요함.
- 오일러리안 모델은 오염물질의 측정치와 비교할 수 있고 모델 범위 내의 알려진 모든 오염물질의 배출원을 고려할 수 있음.

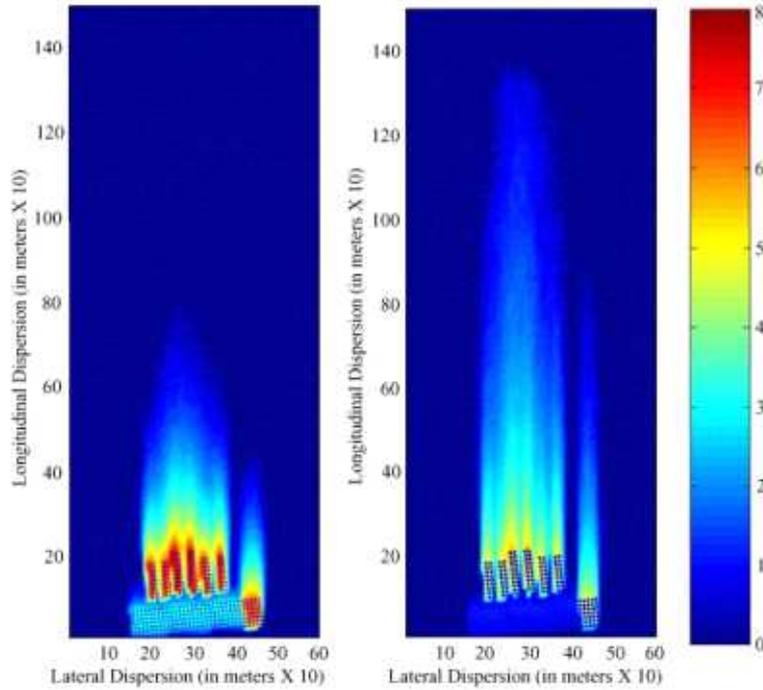
- 또한, 구름의 영향, 화학반응, 제거 과정을 고려가 가능하여 모델 범위 내의 오염물질의 배출원과 수용체 사이의 관계를 파악할 수 있음.
- 가우시안 확산모델은 계산상 간단하다는 장점이 있으나 많은 가정을 포함하고 정상상태의 오염물질 농도 분포 예측에 사용되지만, 오일러리안 모델은 배출원, 기상변수, 초기 경계조건에서 시간에 따라 변하는 오염물질 농도 분포를 예측 등에도 적용됨.
- 가우시안 확산 모델은 화학적 반응성이 없는 오염물질의 영향을 주로 평가하는데 사용되는 반면 오일러리안 모델은 대상 가스의 화학적 반응성을 고려할 필요가 있는 도시 및 산업지역에서의 가스 농도 예측을 위한 모델로 적용됨.
- 라그랑지안 모델 (Lagrangian model)은 라그랑지안 좌표계의 개념을 적용하여 좌표계의 원점을 기류가 변화함에 따라 이동시키면서 오염물질의 농도를 계산하는 모델[그림34].
- 라그랑지안 모델은 기류의 이동에 따라 변화되는 위치를 따라가면서 오염물질의 확산을 계산하는 방법이며, 오일러리안 모델과 동일하게 가우시안 확산모델의 한계점이었던 침전, 화학적 반응 등에 대한 수치적 계산이 가능함.
- 라그랑지안 모델의 경우 공기의 이동을 추적하도록 설계되어있어 개별 공기의 이동을 추적할 수 있지만, 이동과정 중 오염물질의 화학반응 분석에는 제한이 있음.

- 따라서, 공기의 이동에 따른 오염물질 농도 변화를 효과적으로 분석하기 위해 오일러리안 모델과 라그랑지안 모델을 병행 활용할 수 있음[그림 35].
- 각 확산모델들의 특징은 다음 [표28]과 같음.

[그림34] 오일러리안 모델과 라그랑지안 모델의 좌표계 차이



[그림35] 오일러리안-라그랑지안 모델을 적용한 축산시설로부터 악취확산 모의
예시 (Schiffman et al., 2005²⁹⁾)



[표28] 가우시안모델과 3차원 수치해석모델의 특징

	Gaussian model	3D numerical analysis method	
		Eulerian model	Lagrangian model
Calculation speed	Fast	Slow	Slow
Time change	Steady-state	Unsteady-state	Unsteady-state
Deposition	×	○	○
Chemical reaction	×	○	○
Complex terrain	×	○	○
Models	AERMOD, ADMS, CALPUFF, OML, PLUME, Etc.	CALGRID, EUROS, METPHOMOD, TCAM, Etc.	AUSTAL2000, FLXPART, VADIS, Etc.

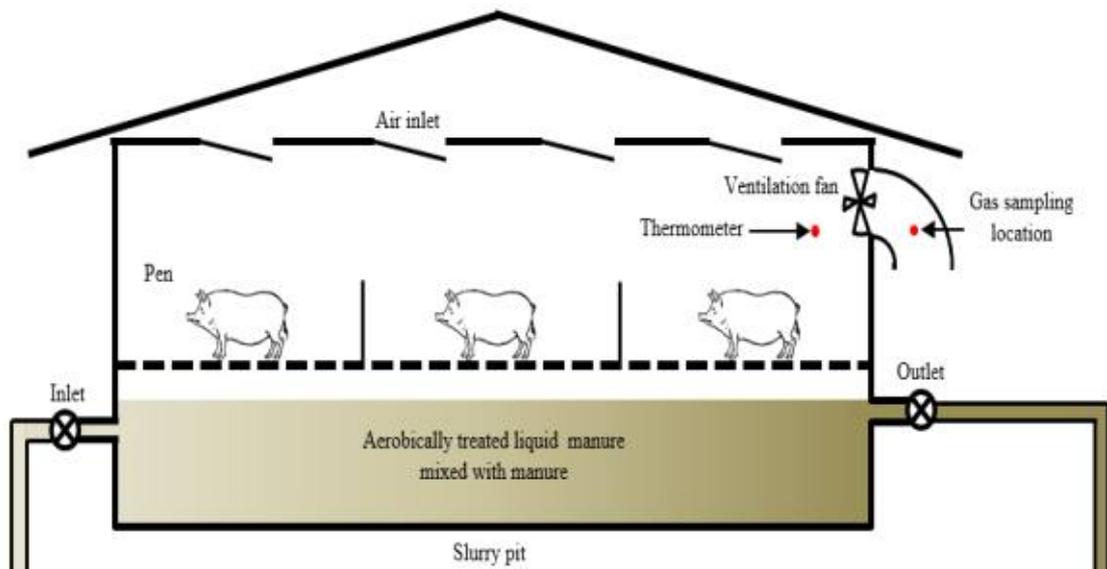
29) Schiffman, S. S., B. McLaughlin, G. Katul, and H. T. Nagle, (2005). Eulerian-Lagrangian model for predicting odor dispersion using instrumental and human measurements. Sensors and Actuators B: Chemical, 106(1), 122-127.

3. 국내 돈사 및 분뇨처리장 냄새배출량 및 확산량 연구사례(현행 환경분쟁조정위원회 평가기법과 비교)

3-1 무창비육돈사의 계절별 환기량 변화

- 아래의 그림과 같은 무창비육돈사의 경우 평균 외기온 $17.6 \pm 2.6^\circ\text{C}$ 인 가을철의 환기량은 $47 \pm 9.0 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ head}^{-1}$ 로 평균 외기온 $27.9 \pm 1.1^\circ\text{C}$ 인 여름철 환기량($123.9 \pm 3.8 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ head}^{-1}$)에 비해 약 1/3 수준에 불과함(충남대, 2019 830))
- 외기온의 변화에 따라 돈사의 계절별 환기량은 큰 차이를 보이므로 악취배출량 산정 시 계절적 특성을 반영하지 않고 환기량을 일률적으로 적용하는 것은 문제가 있음.

[그림36] 여름과 가을철 환기량 및 악취배출량 측정대상 무창비육돈사



30) 충남대 (2019) 축산농가 악취발생 정밀 실태조사 및 주요 악취물질 배출량 평가. 농림식품기술기획평가원 농생명산업기술개발사업.

[표29] 무창비육돈사의 외기온에 따른 여름과 가을철의 환기량 변화

구분	여름	가을
n(14일)	14	13
외기온(°C)	27.9 ± 1.1 ^a	17.6 ± 2.6 ^b
돈사 내부온도(°C)	30.2 ± 0.9 ^a	25.1 ± 0.6 ^b
환기량(m ³ h ⁻¹ head ⁻¹)	123.9 ± 3.8 ^a	47.0 ± 9.0 ^b

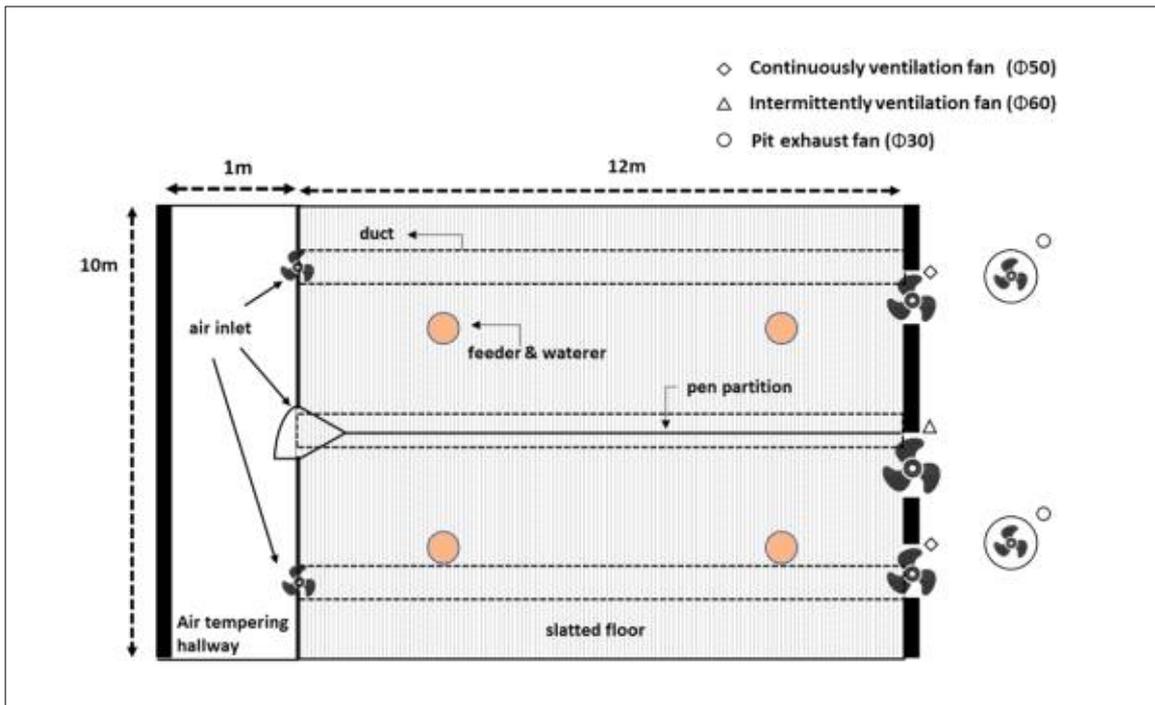
^{a,b} Different superscripts in the same row meaning each group are significantly different. (p < 0.05)

3-2 전실(前室; Air tempering hallway)이 있는 무창육성돈사의 계절별 환기량 변화

- 아래의 그림과 같은 무창육성돈사의 경우 평균 외기온 4.0±4.3°C인 초겨울의 환기량은 52.1±6.1m³h⁻¹head⁻¹로 평균 외기온 10.0±1.8°C인 가을철 환기량(60.5±3.7 m³h⁻¹head⁻¹)의 약 86% 수준을 보임(충남대, 2019831))
- 전실(前室)을 통해 외기의 찬공기가 데워진 상태로 돈사로 유입되거나, 외기의 더운공기가 전실(前室)을 통해 온도를 떨어뜨린 상태로 돈사로 유입될 경우 돈사의 환기량은 전실(前室)이 없는 돈사에 비해 계절별 환기량의 차이가 크지 않음.
- 이와 같이 돈사의 환기시스템 유형에 따라 계절별 환기량은 차이를 보이므로 악취배출량 산정 시 돈사의 환기시스템 특성을 반드시 반영해야 함.

31) 충남대 (2019) 축산농가 악취발생 정밀 실태조사 및 주요 악취물질 배출량 평가. 농림식품기술기획평가원 농생명산업기술개발사업.

[그림37] 계절별 환기량 및 악취배출량 측정대상 무창육성돈사(전실;前室 구비)



[표30] 전실(前室)이 있는 무창비육성돈사의 가을과 초겨울의 환기량 변화

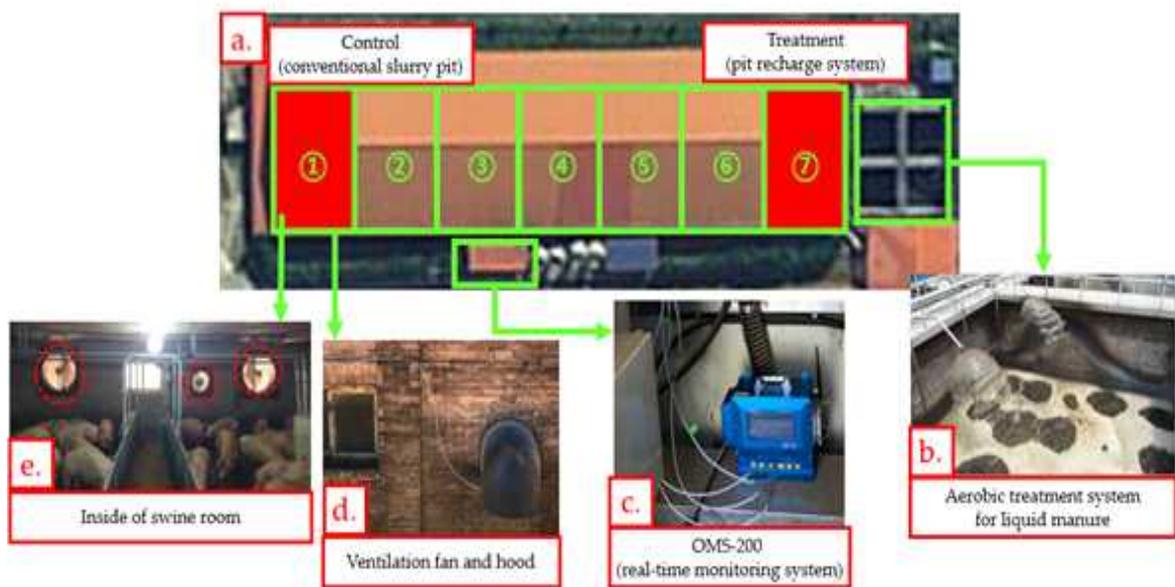
구분	가을	초겨울
n(25일)		
외기온(°C)	10.0 ± 1.8	4.0 ± 4.3
전실(前室) 온도(°C)	13.9 ± 2.4	11.5 ± 1.9
돈사 내부온도(°C)	26.2 ± 0.6	24.9 ± 1.0
환기량(m ³ h ⁻¹ head ⁻¹)	60.5 ± 3.7 ^a	52.1 ± 6.1 ^b

^{a,b} Different superscripts in the same row meaning each group are significantly different. (p < 0.05)

3-3 환기량 및 악취성분 실시간 측정을 통한 악취배출량 산정

- 축산악취로 인한 분쟁 발생 시 공정한 평가를 위해 악취성분 배출계수 산정 및 표준 측정법 매뉴얼 개발을 위한 목적으로 미국에서 수행된 연구(National Air Emissions Monitoring Study; NAEMS)에서 사용한 방법을 이용해 무창비육돈사로부터 발생하는 암모니아와 황화수소의 배출량을 평가함.
- 돈사의 환기량과 암모니아, 황화수소의 농도를 실시간으로 측정해 액비재순환시스템의 암모니아와 황화수소 배출량 저감효율을 평가함(Wi et al., 2019³²⁾).

[그림38] 암모니아, 황화수소 배출량을 평가한 무창육성비육돈사
(액비재순환시스템 구비)



32) Wi et al.,(2019) Evaluation of semi-continuous pit manure recharge system performance on mitigaion of ammonia and hydrogen sulfide emissions from a swine finishing barn. Atmosphere, 10, 170.

- 액비재순환시스템을 가동할 경우 액비재순환없이 돈사 슬러리피트를 관리하는 것에 비해 암모니아 배출량은 53.3%, 황화수소 배출량은 83.7% 저감됨

[표31] 액비재순환시스템이 적용된 무창비육돈사의 암모니아, 황화수소 배출량 저감효과

	Control	Treatment	<i>p</i> -value	Reduction rate (%)
n	14	13	-	
Gas concentration				
NH ₃ (ppmv)	14.9 ± 5.0	10.3 ± 3.8	-	32.6 ± 5.3
H ₂ S (ppbv)	1,122 ± 137	239 ± 75	-	78.3 ± 6.8
Gas emission rate				
NH ₃ (g d ⁻¹ head ⁻¹)	13.8 ± 4.5 ^a	6.6 ± 2.4 ^b	0.0000	53.3 ± 6.6
H ₂ S (mg d ⁻¹ head ⁻¹)	2,146 ± 311 ^a	338 ± 92 ^b	0.0000	83.7 ± 6.8

^{a,b} Different superscripts in the same row meaning each group are significantly different. (*p* < 0.05)

- 축산악취는 환경문제뿐만 아니라 사회적, 법률적 문제로 전개되면서 환경 관리기술 문제, 지역 안에서의 커뮤니티 문제, 지역주민 간의 법률적 문제로 비화, 우리 사회 내부의 커다란 갈등의 요소로 전개되고 있는 매우 심각한 상황임
 - 본 연구에서는 최근 양돈농가의 악취문제가 법률적 문제로 상정되면서 중앙환경분쟁조정위원회에서 논의 되는 악취문제 즉, ①악취의 평가기법이 악취피해와 피해 배상액의 산정의 적절성, ②축산냄새 유래 피해액의 산정을 줄이기 위한 국내외 국가들의 도입 방안, ③ 우리나라가 앞으로 축산냄새 평가에 대하여 기법을 개선하기 위하여 어떠한 방법이 필요한가에 대하여 검토하였음.

- 향후 우리나라의 양돈산업 구조 및 사육환경을 선진화 하기 위하여 국내외 축산환경 및 악취관리, 분뇨 악취평가법 및 악취민원의 대응방법에 관하여 조사함으로써 우리나라 양돈 악취환경문제 대응에 참고하고자 하였음.

- 최근 양돈농가를 대상으로 악취의 환경문제에 대하여 악취피해조사방법 및 배상액의 산정에 대한 연구용역을 추진 한 바 있는 국내 연구진의 자료를 입수, 악취의 피해 범위를 산정하는 방법 또는 피해 배상액을 산정하는데 있어 개선 할 사항이 무엇이 있는가에 대하여 검토하여 보았음.
- 구체적인 검토대상 연구용역자료는 중앙환경분쟁조정위원회(2008) 「배출원을 기준으로 한 악취피해조사 및 발생액 추정방안에 관한 연구」와 중앙환경분쟁조정위원회(2009) 「배출원 밀집지역의 악취피해 배상액 산정 연구」임.
- 상기 연구용역 자료는 배출원을 기준으로 한 악취피해 조사 및 배상액을 산정할 때 악취 시료의 채취법에 대하여 소개한 것으로 악취배출 사업장의 악취 원인이 될만한 성분을 제시한 것으로 우선적으로 검토되어야 할 측정 항목에 대하여 제안을 하였음.
- 그러나 산업장의 악취와 축산에서의 악취 성분은 완전히 다른 것으로 해당 성분의 확인이 필수적이라 할 수 있음. 그러나 이러한 성분을 분석할 수 있는 기법으로는 단순하게 악취의 악취세기, 희석배수와 판정 기준에 준한 것으로 얼마든지 인위적인 힘이 작용할 수밖에 없음. 따라서 신뢰도에서 상당히 떨어진다고 할 수 있음.
- 더구나 피해배상을 위한 산정기준을 단순하게 풍향빈도를 곱한 결과로 산정하므로 전문가도 국외의 악취피해 사례 검토가 필요하다고 제안하고 있는 실정이므로 충분한 고려 및 검토가 필요한 부분임. 특히 산업체에서는 송풍기가 있는 곳과 송풍기가 없는 배출원의 배출량에 따른 거리별 악취세기는 단순 표를 가지고 분석하는 기법임.

○ 또한 해당 연구용역 자료에서는 악취 배출원에서 배출된 악취의 영향 범위를 간이적으로 예측하고 이로부터 피해주민의 피해보상금을 산정하기 위하여 배상금액 산정법에 대해서도 제시하였음.

- 악취배출원으로부터 악취의 영향범위를 예측한 것으로 주로 풍향에 따른 결과를 나타낸 것임. 그러나 주변의 영향 및 건물, 지형, 고도 등이 영향을 미칠 수 있으나, 거것에 대한 고려보다는 프로그램(바람장미)에 의한 풍속만을 가지고 단순하게 계산한 것이므로 악취란 멀리까지 갈 수 있는 성분도 있겠지만, 축산에서의 악취 개념은 다를 수 있음.
- 즉, 축산의 악취 물질에 명확한 성분 분석이 아직까지 잘 모르는 상황에서 단순하게 풍속의 영향을 악취확산 범위로 생각하기에는 한계가 있을 수 밖에 없음.

○ 위에 언급한 내용을 포함하여 해당 연구용역 자료를 중심으로 검토한 결과 본 자료의 대부분의 내용이 일본에서 적용하는 냄새관련 제도를 인용하고 있으며, 이에 아직 국내에 적용하기에는 상당부분 세부 인용자료의 근거가 불충분함을 인지하였음.

○ 따라서 검토대상 연구용역 자료로부터 공통적으로 문제점을 제기할 필요가 있음. 즉, 양돈의 경우 축사의 특성상 돈사 악취배출량 계산 방법 시 다양한 축사의 환경과 냄새배출지점의 결정 등을 우리나라 여건에 맞게 악취의 배출량과 배상액을 산정하여야 할 필요가 있다고 사료됨. 이를 요약하면 다음과 같음.

① 다양한 축사의 배출원 악취배출구 지점의 결정

- 양돈농가의 악취 배출원을 돈사로 볼 경우 돈사의 구조, 사육단계, 사육두수 등 년 중 운용 형태가 달라지는데 이에 대한 년 중 편차치를 계

산하지 않고 어느 일정 기간에 있어서의 배출량으로 년 중으로 일원화하여 계산하는 것은 합리적이지 않음.

- 돈사 배출원에 따른 편차치를 년 중 일원화하여 계산하는 방법을 개발할 필요가 있음.

② 송풍기 대수 및 운전 방식

- 송풍기의 가동은 계절마다 돈사 사육단계마다 서로 다른 상황인데 이에 대한 기초 운영자료 없이 일괄적으로 송풍기 대수와 운전방식을 동일하게 대입하는 것은 가축의 사육방식과 공장의 처리 방식을 동일시하는 우를 범할 수 있음.
- 송풍기의 운영 방식에 따른 일원화 된 송풍 운전방식에 대한 자료를 개발할 필요가 있음.

③ 송풍량

- 송풍기의 가동은 계절마다 돈사마다 서로 다른 상황인데 이에 대한 기초 운영자료 없이 일괄적으로 송풍기 대수와 송풍량을 대입하는 것은 가축의 사육방식을 무시하는 우를 범할 수 있음.
- 돈사 내 환기가 불충분할 경우 호흡기 질환이 발생할 수 있으므로 적절한 환기 대책을 마련하고 있음. 양돈 농가는 돼지의 사육단계 및 생리상태별 권장 환기량을 준수하기 위하여 노력하고 있음. 이런 환기량을 지키기 위해서는 계절에 따른 환기량도 다양하게 하고 있음.
- 그런데 환경분쟁조정위원회에서는 송풍 팬의 최대 환기량을 적용하여 악취배출량을 산출하기 때문에 실제보다 과다하게 악취배출량이 계산된다고 할 수 있음.
- 송풍기의 운영 방식에 따른 일원화 된 송풍량에 대한 자료를 개발할 필요가 있음.

④ 측사면적 산정

- 측사의 면적은 가축사육밀도의 단순 공간의 의미를 가지고 있으나 악취의 의미에서는 가스 배출량과 악취농도에 의미가 강하므로 측사면적은 농도와는 상관성이 약함.
- 측사 내부의 냄새 농도 및 정량적 량의 의미는 있으나 배출되는 악취농도와는 상관성이 약함.

⑤ 평균 풍속 및 풍량의 측정 대입

- 악취의 배출량과 악취의 확산량은 풍속에 영향을 가지고 있으나 돈사의 경우 소규모이며 배출구가 낮으므로 풍속에 큰 영향을 가지고 있지 않음. 특히 송풍의 기준이 5m 이하의 낮은 높이의 경우 높은 굴뚝의 높이와 다름.
- 악취의 확산이 대규모 공장형 악취와 소규모 농가형 악취 사이에 규제방식이 달라야 함을 인식하여야 함.

⑥ 풍향의 가중치

- 악취배출원에서부터 악취의 영향범위를 예측한 것으로 주로 풍향에 따른 결과를 나타낸 것임. 그러나 주변의 영향 및 건물, 지형, 고도 등이 영향을 미칠 수 있으나, 이에 대한 고려보다는 프로그램(바람장미)에 의한 풍속만을 가지고 단순하게 계산하였음.
- 축산의 악취 물질에 명확한 성분 분석 없이 단순하게 풍속의 영향을 악취확산 범위로 생각하기에는 한계가 있을 수 밖에 없음.
- 농가 주위의 악취의 방향에 대하여 계절별 대기방향, 대기습도 등 영향요소가 다르므로 이에 대한 년 중 관련 자료가 필요함.
- 양돈사별 악취발생 기전에 대한 자료화가 필요함.

□ (개선방향) 분쟁지역 풍향빈도 산정방법 개선방향

- 분쟁지역의 풍향빈도를 바탕으로 피해 인정기간을 산정하고 있으나 농장에서 직접 측정한 풍향 자료가 아닌 인근 기상대의 기상관측자료를 활용하는 것은 바람직하지 않음.
- 양돈장의 지리적 특성(계곡, 산, 고도, 인근지역 건물 및 자연지형물 등)에 따라 지역 기상대의 기상관측자료와 상이한 풍향빈도를 보이므로 기상대의 기상관측자료를 바탕으로 산정한 풍향빈도가 양돈장의 풍향빈도를 반영한다고 볼 수 없음.
- 분쟁지역의 경우 풍향계를 설치해 지역 기상대의 기상관측자료가 분쟁지역의 풍향빈도를 제대로 반영하는지 여부를 확인할 필요가 있음.

⑦ 운전 시간

- 돈사의 경우 계절마다 밀폐식, 개방식 등 배출장치의 운전기간이 다름. 이에 대한 배출산정기준이 적용 되어야 함.
- 운전시간에 대한 일원화된 계산방식의 개발이 필요함.

⑧ 악취경계지역 설정

- 돈사의 악취경계지역은 계절별, 풍향별 다르므로 사전에 양돈장의 악취 경계지역은 설정할 필요가 있음. 이에 따른 완충지대의 구성도 필요함.
- 악취경계지역 설정 연구 필요함.

□ (개선방향) 분쟁지역의 악취 영향권 범위 설정

- 모델링이나 기상예측과 같은 계산에 의한 예측에 근거를 두지 않고 과거 악취배출량에 따른 악취 도달거리에 대한 경험치를 근거로 악취 영향권 범위를 예측함.
- 발생원 주변에 악취 휘산에 영향을 미치는 시설물과 자연지형물이 있을 경우 악취 영향권의 범위는 큰 차이를 보일 수 있음. 악취 발생지역 주변의 시설물과 자연지형물의 영향을 고려하지 않은 상태에서 악취 영향권 범위를 예측한 것은 문제가 있음. 양돈장 인근의 지리적 특성을 고려하지 않고 일률적으로 악취 영향권 범위를 설정할 경우 분쟁조정 시 양돈농가가 피해를 입을 수 있으므로 개선이 필요함.
- 분쟁지역의 경우, 미국의 Iowa State와 Idaho State에서 사용한 방법 등을 이용해 악취 영향권을 규명하는 단계를 거칠 필요가 있음.

⑨ 악취발생기간 및 악취분석 기간설정

- 악취 발생은 시간별, 작업별, 계절별 다르므로 이를 고려되어야 함.
- 계절별 악취발생 특성에 대한 요소 검토가 필요함.

⑩ 악취배출량

- 송풍기가 있는 경우 「배출구 악취시료 희석배수 × 배출가스 풍량」으로 계산하고 있으나 배출가스 풍량은 년 중 배출량이 다름. 특히 돈사 내 분뇨 작업 상황에 따라 다름.
- 산업장의 악취와 축산에서의 악취 성분은 완전히 다른 것으로 해당 성분의 확인이 필수적이라 할 수 있음. 그러나 이러한 성분을 분석할 수

있는 기법으로는 단순히 악취의 악취세기, 회석배수와 판정기준에 준한 것으로 얼마든지 인위적인 힘이 작용할 수 밖에 없음. 따라서 신뢰도에서 상당히 떨어진다고 할 수 있음.

- 연중 양돈사의 악취배출량에 대한 연구 필요함.

□ (개선방향) 돈사의 악취배출량 산정방법

○ 돈사 내부 또는 배기팬에서 측정한 회석배수에 배기팬의 용량(Ex. 500m³/min, 300m³/min)을 일률적으로 곱해 악취 배출량을 측정하는 현행 평가기법은 수정이 필요함.

- 현행

◎ 송풍기가 있는 배출원
악취시료의 회석배수 X 1.8(보정계수) X 배기가스 풍량(m³/min)

* 자료: 중앙환경분쟁조정위원회 (2018) 중앙환경분쟁조정위원회 송달서 중앙환조 17-3-224호

- 개선 시 (* 계절 및 돈사 특성을 반영한 환기량 적용)

◎ 송풍기가 있는 배출원
악취시료의 회석배수 X 1.8(보정계수) X 배기가스 풍량(m³/min)*

○ 악취배출량 평가대상 농가의 계절별 환기량 변화를 반영해 배기가스의 풍량을 산정해야 함.

○ 전실(前室)을 구비한 돈사의 경우 여름철 최대환기량이 일반적인 돈사에 비해 적으므로 이러한 특성이 반영되어야 함.

□ (개선방향) 퇴비사의 악취배출량 산정방법

- 퇴비사 내부에서 측정한 희석배수에 퇴비장의 면적(m²)과 퇴비사를 지나는 바람의 평균 풍속(m/s)을 곱해 퇴비사의 악취배출량을 추정하고 있으나 이와 같은 방법으로 퇴비사의 악취배출량을 추정하면 실제 발생하는 악취에 비해 과대평가될 가능성이 매우 높음.

- 현행

◎ 송풍기가 없는 배출원

악취시료의 희석배수 X 1.8(보정계수) X 악취배출원 면적(m²) X 평균풍속(m³/min)

* 자료: 중앙환경분쟁조정위원회 (2018) 중앙환경분쟁조정위원회 송달서 중앙환조 17-3-224호

- 개선 시(* 퇴비화시설의 평면 면적 보다는 환기가 이루어지는 측단면의 면적을 기준으로 함)

◎ 송풍기가 없는 배출원

악취시료의 희석배수 X 1.8(보정계수) X 악취배출원 면적(m²)* X 평균풍속(m³/min)

- 퇴비화 시설은 최소한 비가림시설을 구비해야 하므로 측벽이 없이 완전 개방된 시설의 경우 퇴비화시설 평면 면적 보다는 환기가 이루어지는 측단면의 면적(바닥에서 처마 밑의 개방된 면적)을 적용하는 것이 바람직함.
- 지붕이 있고 측벽의 일부가 개방된 시설의 경우 개방된 측면의 면적을 기준으로 배출량을 산정하는 것이 바람직함.

□ (개선방향) 계절별 돈사 슬러리에 함유된 냄새 물질의 농도 차이

- 슬러리에 함유된 휘발성 지방산과 인돌류 같은 냄새 물질의 농도가 봄철에 가장 높음. 이런 이유는 여름철 높은 기온으로 돈사의 환기량을 증대함으로써 슬러리의 냄새 물질이 많이 확산한 것으로 평가됨. 축산냄새 민원은 통상적으로 여름철에 많이 발생함. 이 시기에는 연중 냄새 배출량이 가장 많은 시기임.
- 따라서 여름철 냄새 배출량을 기준으로 총 냄새 발생량을 환산하는 것은 한계가 있으므로 이를 고려하여야 함.

□ (개선방향) 돼지분뇨의 저장 기간별 냄새 물질 농도 차이

- 가축분뇨를 분뇨처리 시설에 저장하면 초기에는 탄수화물 발효 때문에 휘발성 지방산 농도가 증가하지만, 후반기에는 단백질 발효 산물이 증가하기 때문에 분뇨에서 심한 냄새가 발생하는 것이 일반적임.
- 환경분쟁조정위원회에서는 현장조사 시 냄새가 심한 상태에서 측정된 냄새 수준에 분뇨저장공간에 분뇨가 없는 경우 최대 분뇨저장용량을 환산하여 최대 악취배출량을 산출하기 때문에 분뇨저장시설에서 평가한 악취배출량은 과다 계산되었다고 할 수 있음.
- 특히 분뇨를 외부로 조기 반출한 경우에는 조기 반출한 분뇨에서 발생하는 냄새가 양돈장에서 발생하지 않기 때문에 그에 상응하는 냄새 발생량을 양돈장 발생량에서 제외하는 것이 바람직하다고 사료됨.

⑪ 총 악취배출강도(TOER: 총 악취배출강도)

- 취기농도에 1분당 배가스 유량을 곱한 수치는 악취배출강도를 계산³³⁾하고 있으나 년 중 악취농도와 배출량이 다르므로 일원화 산출식은 양돈돈사운영과 전혀 일치하지 않음.

33) 일본냄새환경협회 (2013) 총취기배출강도와 취기의 영향범위 (이와자키):, 취기의 후각측정법.p 32-35

⑫ 악취 회석배수와 악취세기의 관계

- 악취세기와 회석배수의 상관관계 계산(악취세기= $a+k\log(\text{회석배수})$)의 경우 a 는 특정 악취가 갖는 상수이며, k 는 비례상수임. a 와 k 에 대한 값에 대한 불분명하여 본 자료에 대한 출처가 제시되어야 할 것으로 판단됨.
- 해당 검토 보고서에서 “현재 거의 대부분의 나라에서 악취세기 만으로 악취의 규제기준으로 제정하고 있는 나라는 없는 듯하다. 이보다 더 객관적이라 할 수 있는 악취원인 물질의 농도 혹은 회석배수로서 악취 규제기준을 마련하고 있는 것이다” 라고 언급함. 현재 발생한 피해에 대해 악취세기로 피해 보상을 평가하는 것은 문제가 있다고 판단되며 이에 대한 구체적인 검토가 필요함.

□ (개선방향) 복합악취 측정 시기별 회석배수 차이

- 측사시설 주변의 부지경계 지점에서 복합악취 회석배수를 측정했을 때 기상, 풍향 등에 따라 많은 변이가 발생할 수 있음. 관련 연구결과에 따르면 5개 지점에서 2회에 걸쳐 측정한 복합악취 회석배수는 1차 측정결과의 평균값은 6.2이고, 2차 측정결과의 평균값은 12.8로 조사되어 측정 시기별로 큰 차이를 보였음.
- 환경분쟁조정위원회에서는 냄새 민원이 발생하였을 때 냄새 발생량을 평가하는 데 평가횟수를 증대하여야 할 것으로 사료됨.

⑬ 악취세기에 따른 피해산정 기준

- 악취 피해배상액 산정 기준에서 피해기간의 최소단위를 2주로 결정하였는데 이에 대한 근거가 명확하지 않음.
- 소음이나 진동 피해배상액 기준을 참고하여 악취 피해배상액을 결정하

였는데, 소음이나 진동에 의한 피해와 악취에 의한 피해 간의 피해 정도에 대한 정량적인 분석 자료가 제시되어 있지 않음.

- 악취 피해 배상 산정 기준액의 계산에 있어서 악취세기는 실제 측정 또는 예측치를 동일하게 적용하며, 최대 악취세기를 기준으로 함. 그러나 실제 지형을 고려할 경우 악취강도는 줄어들 수 있음. 또한 최대 악취세기는 기상과도 관계가 있는 것이며 하루 동안 최대 악취세기가 지속되는 것도 아님.
- 자연환기식 시설의 악취의 경우에는 피해정도를 산정하기 위해서 풍속에 대한 고려가 필요함. 그러나 악취배출시설의 가장 가까운 기상대의 피해 기간 동안의 평균 풍속으로 대처하는 것은 지형적 조건에 영향을 많이 받는 우리나라의 특성과 적합하지 않으므로 이를 고려한 대안이 마련될 필요성이 있음.

⑭ 거리별 악취영향권 간이 예측기법

- 해당 보고서에서 제시한 간이 예측기법은 간편하게 활용할 수 있다는 장점이 있지만 배출원의 높이, 배출원 인근 건물, 지형 등을 고려하지 못한 방법임을 언급하고 있음.
- 간이 예측기법과 현장 실측과의 결과를 비교 결과를 제시하고 있지만, 간이 예측기법과 현장 실측과의 결과가 어느 정도 차이가 나는지 정략적인 분석은 수행하지 않음.
- 따라서 해당 자료로 악취의 세기를 결정할 수 있는지 세부적인 검토가 필요함. 특히 풍향의 세기, 풍향의 방향, 바람의 흐름 시간 지속도 등 농가의 위치에 따라 시시각각으로 달라지는 현상에 대한 우려 없이 일방적인 거리에 따른 악취세기 산정은 현장의 상황을 오도할 우려가 있음.

⑮ 악취모델링

- 악취확산 모델링에 활용되는 모델들에 대한 일반적인 소개하고 있을 뿐 설계 모델, 설계 방법, 경계조건 등에 대한 구체적인 가이드라인은 제시하고 있지 않음.
- 축사를 대상으로 악취 확산 모델링을 수행한 자료가 포함되어 있지 않으며, 보고서에서 활용한 모델링 방법이나 모델링의 경계조건 등에 대한 정보가 미흡함.
- 가우시안 모델의 경우에는 오염물질이 지면에 도달하는 순간 화학적 반응이나 지면 흡착 등을 고려하지 않고 그대로 반사된다고 가정하기 때문에 산정되는 악취에 대한 농도가 과대평가 될 수 있음.

○ 국내외 축산냄새평가 사례와 비교 및 현행 평가기법에 대한 개선 가능성 검토한 결과, 한국의 표준화 된 악취측정법 및 손해배상액 산정기준이 필요한 것으로 판단됨.

○ 향후 한국형 악취민원에 대비한 악취측정법 및 손해배상액 산정기준 개발을 위한 고려사항으로

1. 축산 악취의 시료채취방법
2. 축산악취 배출구 선정 방법
3. 축산악취의 시료채취 및 배출농도 측정을 위한 경계설정 방법
4. 축산 악취강도 설정하기 위한 악취모델링 방법
5. 축산 악취의 관능법에 의한 희석배수 산정 방법 및 표준화 방법
6. 축산 악취농도 측정을 위한 악취분석방법의 표준화
7. 우리나라에 맞는 축산분야의 악취세기 설정
8. 축산악취로 인한 환경분쟁시 법률적 피해산정액기준 설정 방법
9. 피해 산정액이 동시에 여러 농가 또는 발생지와 중복될 경우 피해 받

생액 분리 산정방식 설정

10. 기타 축산 악취로 인한 제반 법률적, 기술적, 행정적 사회적 접근에 대한 논의가 본격적으로 구축되어야 함

- 프로그램 및 풍속에 의한 악취피해의 평가방법도 물론 중요하지만, 물리적 또는 생물, 화학적 냄새저감 시설물의 설치에 의한 결과를 점수로 환산하여 악취의 발생에 대한 가이드라인을 제시하는 등 농가중심의 냄새 대책(사전대책)에도 힘써야 함.



농진청, 2000, 표준영농교본

농촌진흥청 국립축산과학원. 2012. 한국가축사양표준 돼지.

농촌진흥청. 1999. 표준영농교본.

농촌진흥청. 2000. 표준영농교본.

대한한돈협회. 2017. 약취저감제품 및 시설 효과 검정결과.

미국 농업연구청. 2008. 돈사 공기질 개선이 생산성과 건강 증진에 미치는 효과.

아이치현 농림수산부축산과. 약취민원대책 매뉴얼에 대하여.

안즈노시 농림부 농정과. 2016. 일본 안즈노시에 있어서 약취대책의 추진.

울산대학교 산학협력단. 2008. 배출원을 기준으로 한 약취피해조사 및 배
상액 추정방안에 관한 연구. 중앙환경분쟁조정위원회 연구보고서

울산대학교 산학협력단. 2009. 배출원 밀집지역의 약취피해 배상액 산정

연구. 중앙환경분쟁조정위원회 연구보고서

이강훈, 조성백, 박규현, 양승학, 이준엽, 오상집, 기인호, 최동윤, 유용희, 황옥화. 2012. 모형 슬러리 돈사 활용한 분뇨의 저장기간별 악취물질 농도 조사, 축산시설환경학회. 18(특별호) 29-34.

일본 농림수산업성 생산국 축산부 축산기획과. 축산환경 현황과 과제.

일본 악취·향기환경협회. 2017. 축산취기대책에 대하여. 일본축산환경심포지엄.

(재)일본축산환경정비기구. 2015. 덴마크에 있어서 악취대책. 축산환경정보 제58호.

(재)일본축산환경정비기구. 축산경영에 있어서 악취대책.

전북녹색환경지원센터. 2014. 완주지역 축산 및 환경기초시설의 악취 배출 실태조사 및 영향권 분석 보고서.

조성백, 양승학, 이경태, 박성권, 한덕우, 최동윤, 황옥화. 2014. 초지환원용 비육돈 슬러리의 계절에 따른 휘발성유기물과 휘발성지방산 농도 분석연구. 한국초지사료학회. 34(2): 125~128.

중앙환경분쟁조정위원회 송달서(중앙환조 17-3-224). 2018. 사건; 전북 정읍시 축사 악취로 인한 정신적 피해 분쟁사건.

충남대학교. 2019. 축산농가 악취발생 정밀 실태조사 및 주요 악취물질 배출량 평가. 농림식품기술기획평가원 농생명산업기술개발사업.

친환경자연순환농업협회. 2017. 통합형 가축분뇨 자원화 혁신모델 사업단 최종보고서.

(사)한국축산환경학회. 2019. 축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한

- 정책 개선 방안. 한국농촌경제연구원 연구보고서.
- Gronwald, F., and S. Y. Chang, 2018. Evaluation of the Precision and Accuracy of Multiple Air Dispersion Models. *Journal of Atmospheric Pollution*, 6(1), 1-11.
- Hobbs, P. J., Misselbrook, T. H. and Cumby, T. R. 1999. Production and emission of odors and gases from ageing pig waste. *J. Agric. Engng. Res.* 72:291- 298.
- Idaho Agricultural Experiment Station, 2004, Odor Assessments of Idaho Livestock Farms and Manure Application Practices
- Iowa DNR, 2006, Results of the Iowa DNR animal feeding operations odor study. Iowa DNR Ambient Air Monitoring Group
- Schiffman, S. S., B. McLaughlin, G. Katul, and H. T. Nagle, 2005. Eulerian-Lagrangian model for predicting odor dispersion using instrumental and
- Smits, M.C.J., Valk, H., Elzing, A. and Keen, A. 1995. Effect of protein nutrition on ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle. *Livestock Production Science.* 44:147-156.
- Stockie, J. M., 2011. The Mathematics of Atmospheric Dispersion Modeling. *SIAM Review*, 53, 349-372.
- VERA. 2018. VERA TEST PROTOCOL for Livestock Housing and Management Systems.
- Wageningen UR Livestock Research, 2011, Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010

Welsh, F. W., Schulte, D. D., Kroeker, E. J. and Lapp, H. M. 1977.
The effect of anaerobic digestion upon swine manure odors. Can. Agr.
Eng. 19:122-126.

Wi Jisoo, Seunghun Lee, Eunjong Kim, Myeongseong Lee, Jacke A.
Koziel, Heekwon Ahn, 2019, Evaluation of semi-continuous pit manure
recharge system performance on mitigation of ammonia and hydrogen
sulfide emissions from a swine finishing barn. Atmosphere, 10, 170.

Wu, J. J., Park, S. H., Hengemuehle, S. M., Yokoyama, M, T., Person,
H. L., Gerrish, J. B. and Masten, S. J. 1999. The use of ozone to
reduce the concentration of malodorous metabolites in swine manure
slurry. J. Agric. Engng. Res. 72: 317-327.

덴마크 법령 홈페이지 <https://www.retsinformation.dk/>

Ministry of Infrastructure and Water Management of the Netherlands
(MIWMN) 홈페이지 (네덜란드)

연구 담당

이명규 | 상지대학교 | 연구책임

이인복 | 서울대학교 | 연구위원

안희권 | 충남대학교 | 연구위원

송준익 | 연암대학교 | 연구위원

조성백 | (유)축산냄새연구소 | 연구위원

홍성하 | 상지대학교 | 연구원

김수량 | 상지대학교 | 연구원