

CDI 세미나 2015-21

2015년 제2차 지방주도 환경정책포럼

충남 청정지역의 악취 관리방안

2015. 4. 3

충남발전연구원 · 한국냄새환경학회

충남 청정지역의 악취 관리방안

1. 개최 배경 및 목적

- 충남 서북부지역은 에너지 다소비 및 중화학공업 위주의 기업이 다수 위치해 있음
- 이로 인해 온실가스를 비롯한 대기오염물질 배출량이 전국 배출량의 대부분을 차지하고 있음
- 또한, 충남은 전국적으로 축사를 가장 많이 보유하고 있으며, 이에 따른 악취 피해사례 및 민원발생이 지속적으로 증가 추세임
- 이에 토론회를 통해 충남 서북부지역(화력발전소, 대산석유화학단지, 당진철강단지)의 대기오염과 충남 전반의 축사악취에 대한 정책대응 현황 및 선진사례 등을 살펴보고, 대책 및 민·관·학 협력방안을 모색하고자 함

2. 토론회 개요

- 주 제 : 충남 청정지역의 악취 관리방안
- 일 시 : 2015년 4월 3일(금) 오후 2:00~4:30
- 장 소 : 충남발전연구원 1층 대회의실
- 내 용
 - 충청남도 서북부지역 대기오염 현황 및 대책
 - 충청남도 전반에 걸친 축사악취 현황 및 대책
 - 대기오염 및 축사 관리방안 선진사례
 - 향후 대기오염 및 악취 관리를 위한 민·관·학 협력방안 등 대책 모색
- 주관·주최 : (재)충남발전연구원, (사)한국냄새환경학회
- 참석자 : 약 70명(충청남도, 시·군, 충남발전연구원, 학계, NGO등)

시간	내용	담당
14:00~14:10 (10분)	참석자 및 토론회 일정 소개	오혜정 부장 (충남발전연구원)
14:10~14:30 (20분)	주제발표 (악취 저감을 위한 축사 관리방안)	송준익 (천안연암대학)
14:30~14:50 (20분)	주제발표 (축산시설에서의 암모니아의 배출 특성)	사재환 (세종대학교)
14:50~15:00 (10분)	휴식	전체
15:00~15:20 (20분)	주제발표 (축산악취의 저감대책)	이은영 교수 (수원대학교)
15:20~15:40 (20분)	주제발표 (산업단지의 악취 관리 방안 사례연구)	김선태 교수 (대전대학교)
15:40~16:30 (50분)	지정토론 및 종합토론 <ul style="list-style-type: none"> · 장현섭(성균관대학교) · 이재중(충청남도 물관리정책과장) · 이평주(푸른충남21) · 오제범(한국환경공단) · 정종관(충남발전연구원) 종합토론 <ul style="list-style-type: none"> · 참가자 전원 	좌장
16:30	종합정리 및 폐회	오혜정 부장 (충남발전연구원)

주제발표 1

제2차 지방주도 환경정책포럼

충청남도 청정지역의 악취 관리방안

악취 저감을 위한 축사 관리방안

천안연암대학

송준익 교수

악취 저감을 위한 축사관리 방안

천안연암대학

송 준 익

발 표 순 서

- I 축산업 현황
- II 축사 내부 악취관리 방법
- III 축사 외부 악취관리 방법
- IV 결 론

I

축산 현황

표. 연도별 가구[호]당 사육두수 변화 추이

단위 : 두/가구[호]

연도별	한(육)우	젖소	돼지	닭
1980	1.4	8.0	3.5	58.0
1990	2.6	15.3	34.0	462.5
2000	5.5	41.8	338.5	509.4
2010	17.0	71.7	1,411.6	41,444.4

* 2011농림수산식품주요통계

■ 축산업 생산액 : ('00) 8.1조원 → ('05) 11.8 → ('09) 16.5 → ('12) 16.0

■ 1인당 육류소비량 : ('00) 32.0kg → ('05) 31.9 → ('09) 36.8 → ('12) 40.3

가축 사육두수 및 분뇨 발생량 (' 13) : 47,235천톤

(단위 : 천마리, 천톤)



사육두수 2,998 (124.2천호)

분뇨발생량 14,991 (31.7%)



421 (5.8천호)

5,795 (12.3%)



10,097 (5.6천호)

18,373 (38.9%)

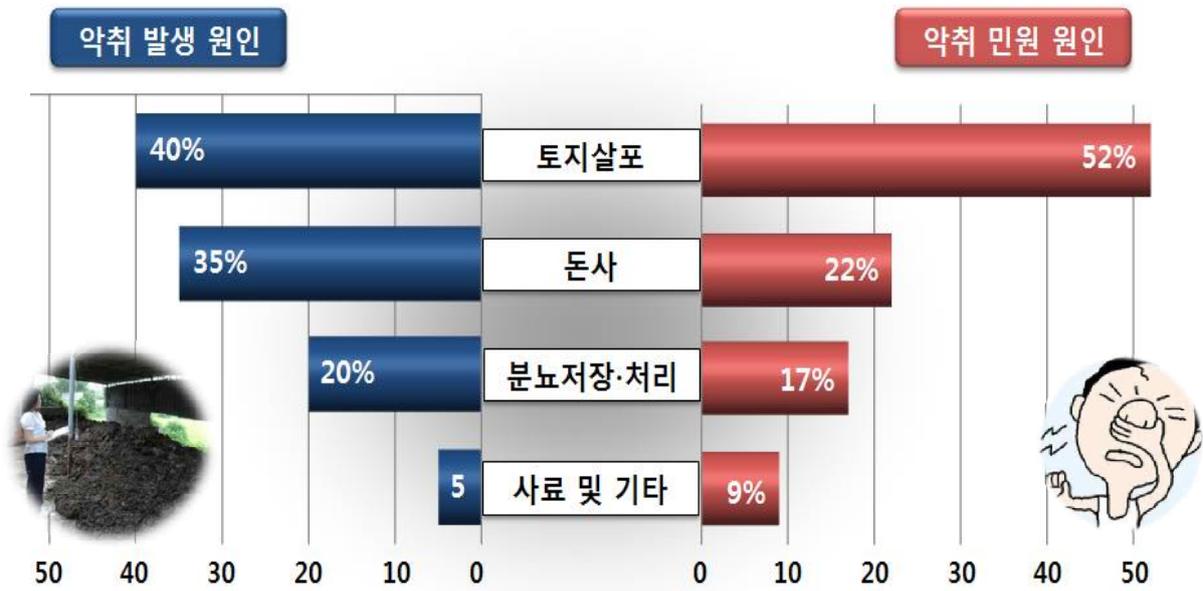


148,883 (3.1천호)

6,521 (13.8%)

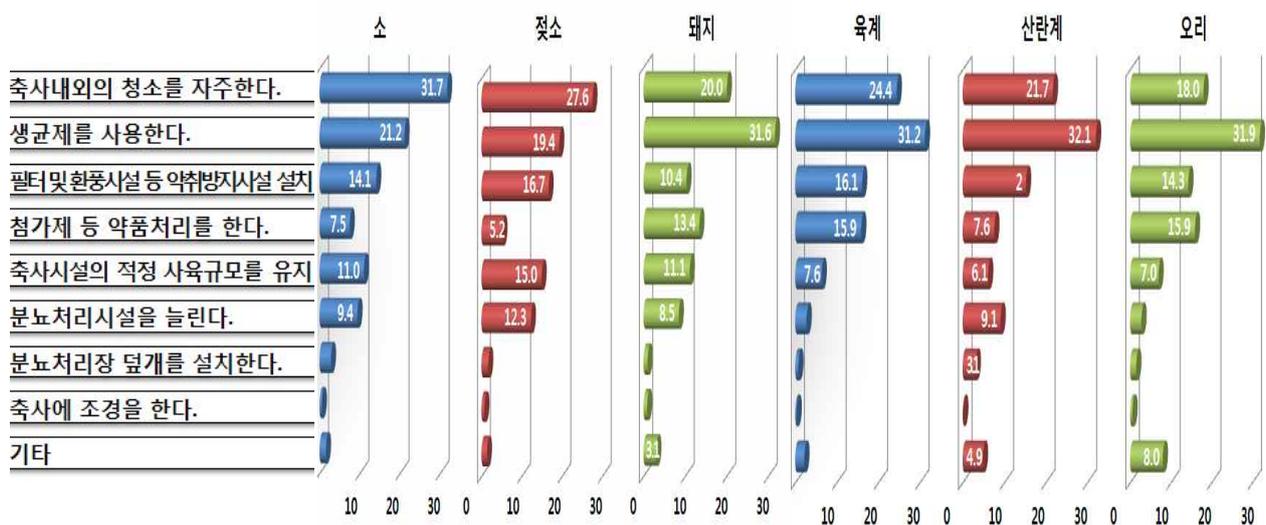
* 자료 : 농식품부('13)

양돈장의 악취발생 원인 및 악취민원 원인



* 자료 : Chapin 등('08), 농업기술실용화재단('12)

악취방지를 위한 가장 효과적인 방법



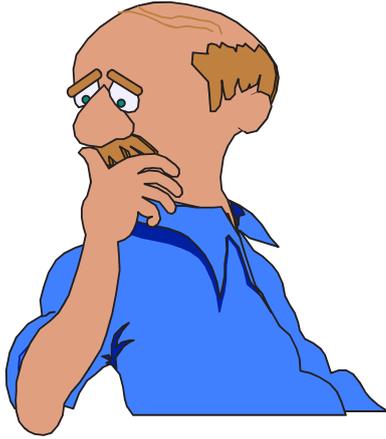
- 한육우, 젖소 : ① 축사내외의 청소■ 자주한다. ② 생균제■ 사용한다.
- 돼지, 육계, 산란계, 오리 : ① 생균제■ 사용한다. ② 축사내외의 청소■ 자주한다.

* 자료 : 한국농촌경제연구원, 2011

악취 발생 및 전달



• 가스
• 먼지

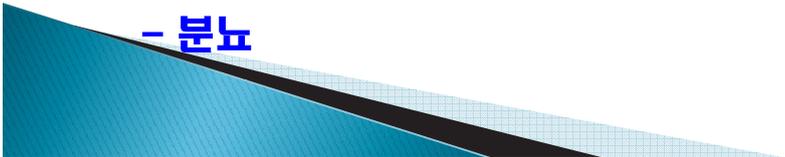


악취 발생 원인

- 사료
- 돼지
- 분뇨

악취 전달 물질

- 먼지
- 바람



축산업에서 발생하는 대표적인 악취성분 (대기환경보전법 규제 성분)



축산 악취저감 방법 효과

- 생물학적 방법 : 20%

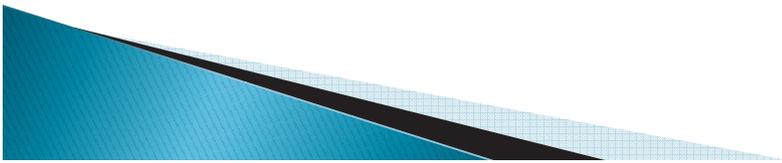
미생물, 생균제, 효소제 등

- 물리적 방법 : 30%

방풍벽, 바이오필터, 축사 리모델링, 환기

- 화학적 방법 : 50%

오존, 이산화염소 등

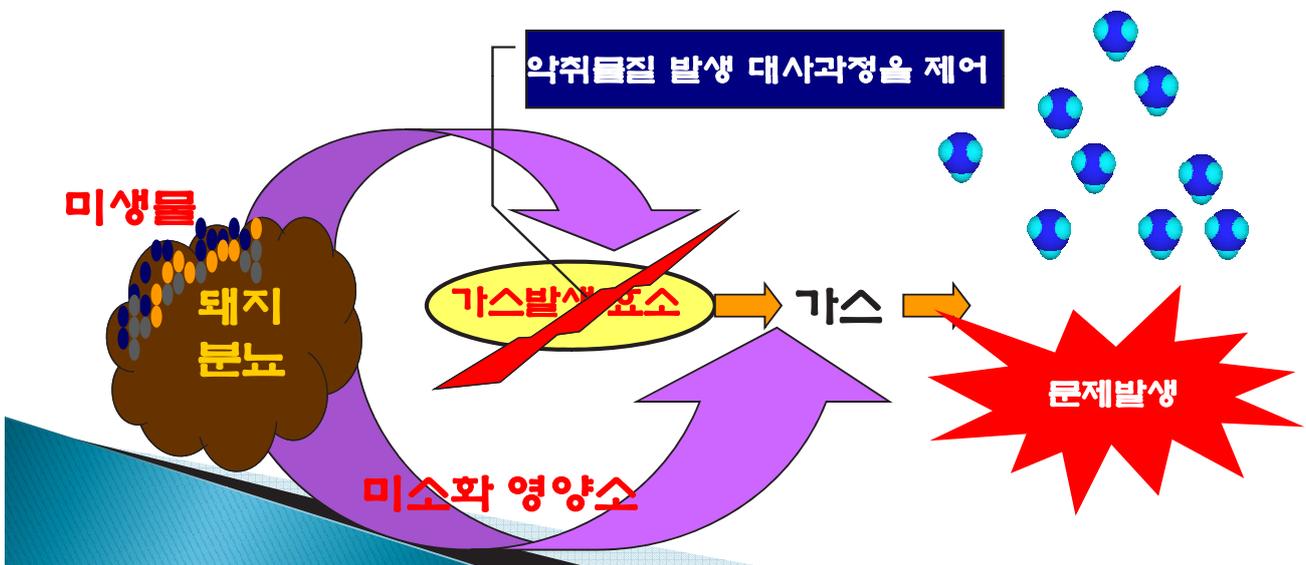


II

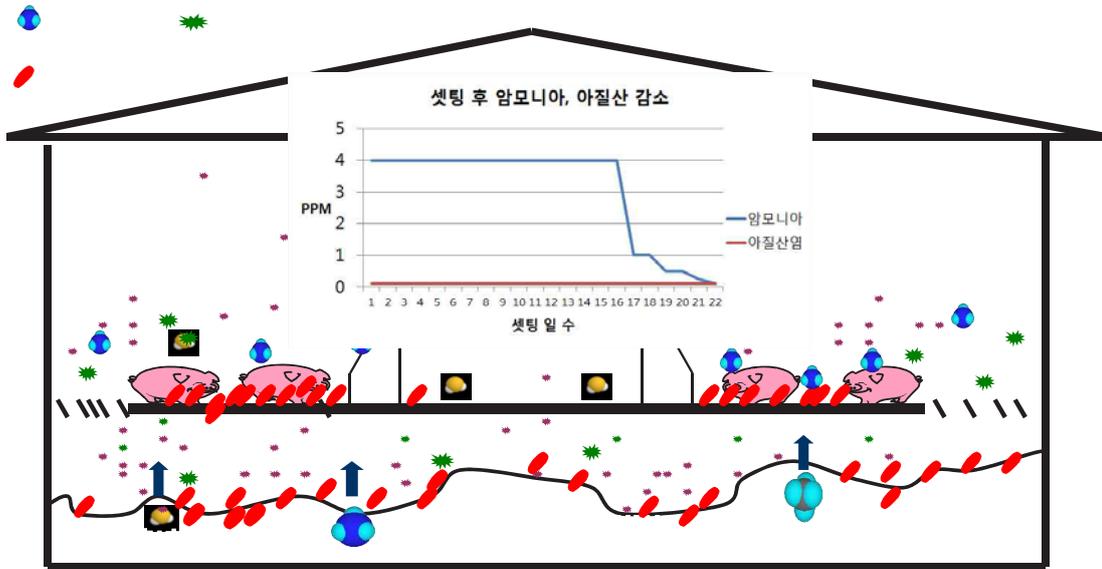
축사내부 악취관리 방법

- 물리적(30%) + 생물학적(70%) 방법

사료첨가(미생물제)



미생물적 방법



- 저농도 약취에 효과
- 약취발생량이 미생물 투입량보다 월등히 많음

물리적(청소 및 환기) 방법



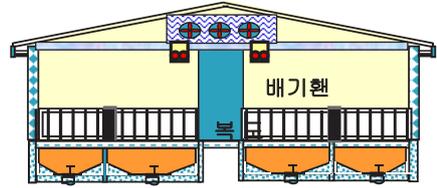
<개선전>



<개선 후>

- 축사 청소
- 환기개선 : 먼지를 배출(약취개선 효과가 가장 높음)

환기 + 약취배출



- 황산 등 화학물질 이용후 후처리 필요
- 돈사의 용마루가 높아야 함(돈사폭 최소 16m 이상)

축사 액비 재순환



- 효과 : 미생물 효과 유사
- 문제점 : 재순환되는 액비의 농도가 균일하지 않음
- 순환 주기 : 3일마다 순환(미생물 분해 시간)

축사 내부 악취관리

- 미생물제 사용
- 분뇨를 빠르게 배출(돈사 액비 재순환)
- 환기를 통한 공기 배출
- 물리적(30%) + 생물학적(70%) 방법

Ⅲ

축사외부 악취관리 방법

- 물리적(30%) + 생물학적(40%) 화학적(30%) 방법
- 밀폐(무창)화
- 방풍벽
- 바이오필터, 커튼
- 오존, 이산화탄소 등



축사 먼지 현황

- 미세먼지 : 40% 이상



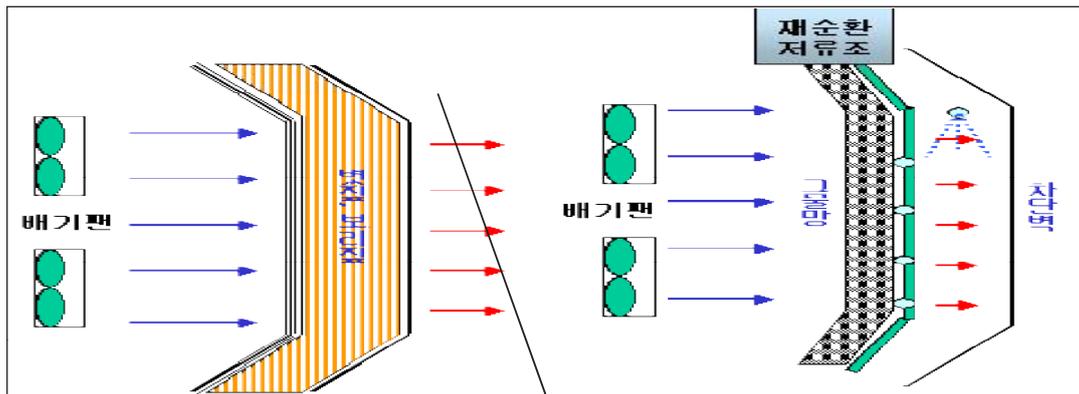
축사 내부



축사 외부

<축사 내외부 먼지 현황>

방풍벽 원리



<약취확산 방지벽 모식도>



- 배출되는 약취성분이 차단벽에 부딪쳐 확산이 약화되는 원리
- 배기팬으로 부력 4~6m 떨어진 곳에 설치(약취와 먼지 확산방지)

방풍벽+화학약품



<화학물질 분사장치>



<약취확산 방지벽>



방풍벽



<축사 외부 방풍벽 설치 현황>

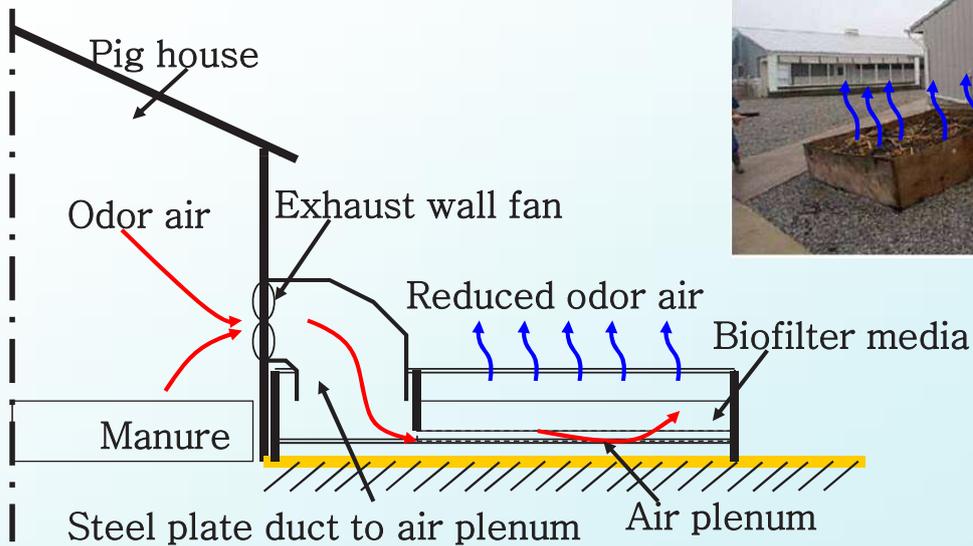


먼지제거 방법



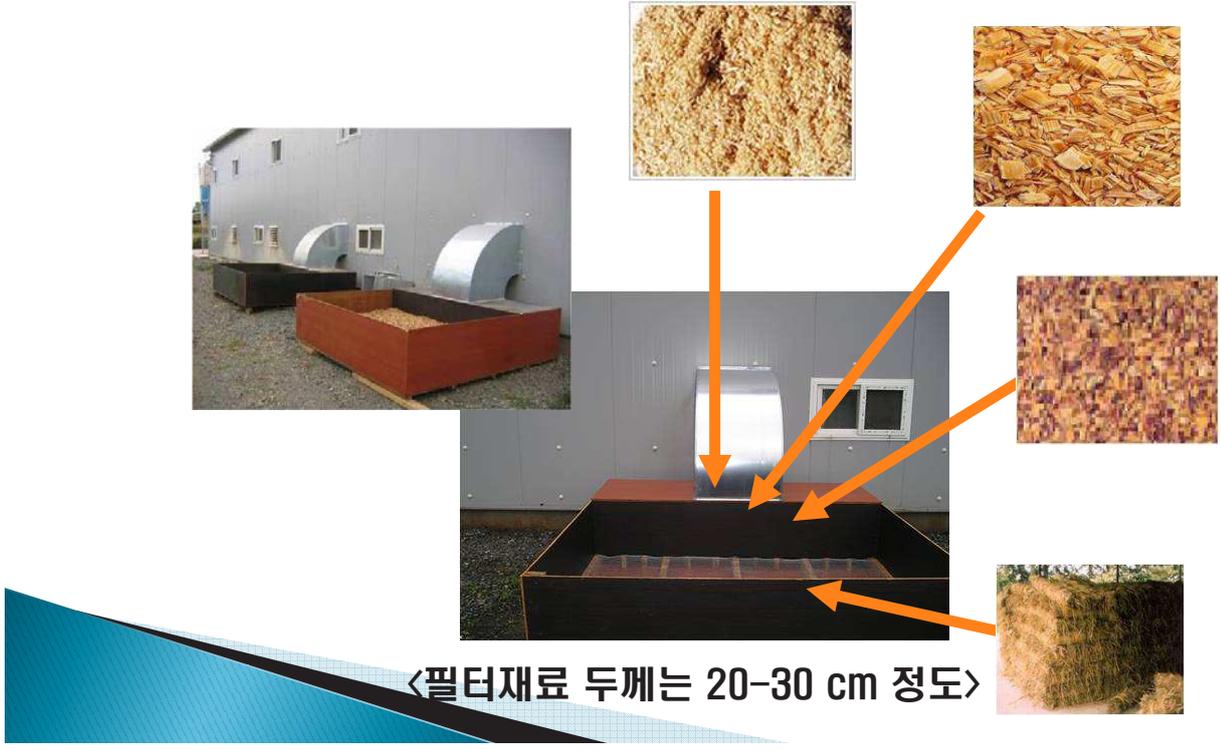
<방풍벽 및 분무노즐 설치>

바이오필터



바이오필터 재료

- 공기가 잘 통하는 재료가 좋음



<필터재료 두께는 20-30 cm 정도>

바이오필터(배기팬 부착)



- 바이오필터의 설치대수 과다(환기팬)
- 여름철 최대배기량 확보(130% 이상)

악취저감 장치

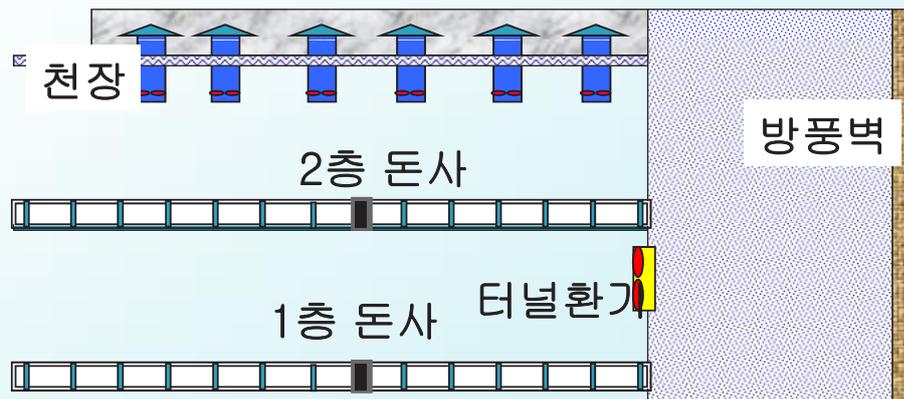


개별형 (단독형)

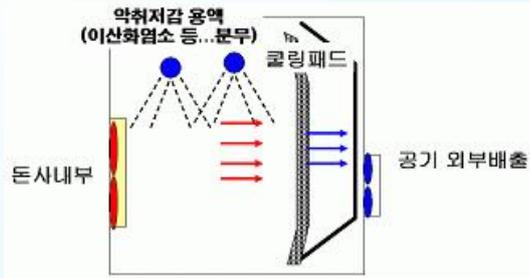
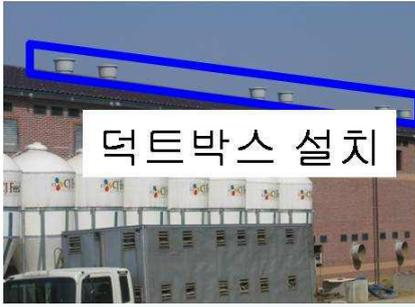


집합형(3~5대)

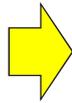
덕트를 이용한 포집



덕트 + 방풍벽



환기 문제 발생



- 여름철 최대배기량(역압)을 감안한 설계 필요
- 축사 길이 50m 일 경우 차단벽 10m 이상 필요
- 차단벽체는 공기가 통하는 재료가 적합

무창축사(터널환기)



<Magix-P란?>

돈사에서 배기된 공기 내에 있는 먼지, 암모니아, 악취 등을 3단계에 걸쳐 감소

<1단계>

필터에 노즐 스프레이를 통해 물을 뿌려줌으로써 먼지를 제거

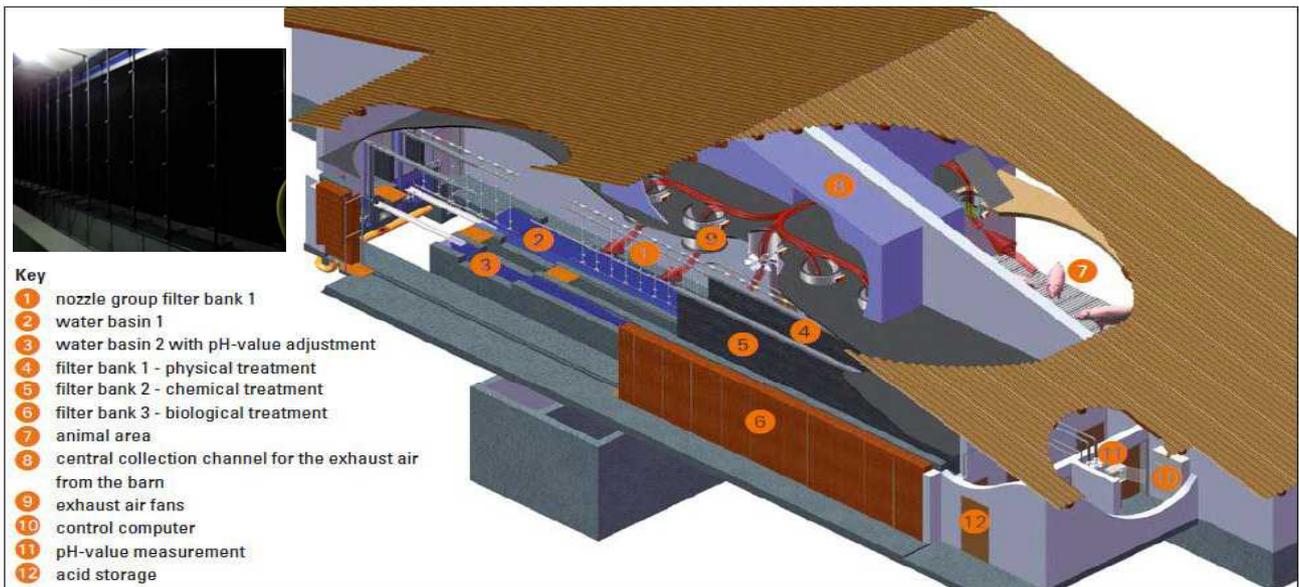
<그림2>

필터의 원활한 흐름을 검사할 수 있는 통로는 필터 1과 2 사이

<그림3>

황산을 통한 암모니아 감소, 마지막 **우드칩의 미생물** 활동을 통한 악취의 감소

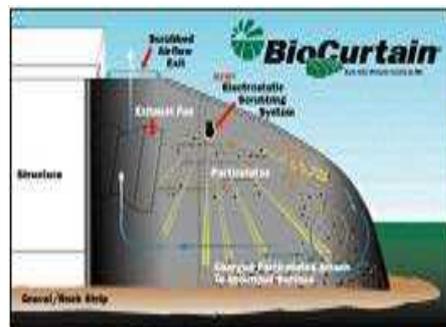
공기역압 발생



문제점

- 여름철 역압(환기) 문제 발생
- 화학적 물질(황산)의 처리 어려움
- 물의 먼지 및 악취 포화시간(48시간) 짧음

바이오 커튼



- 먼지 및 악취확산 방지
- 물분무는 교환주기가 필요(48시간 후 교체)
- 필터의 두께 선정 중요

바이오 커텐 이용방법

- 물리적(커텐) + 물, 또는 화학적 약품 이용



잘못된 이용 방법

○ 물 이용 먼지포집 및 약취저감



○ 물분무 약취저감 효과

- 축사내부 **18ppm** -> 커텐 내부 **15ppm** -> 커튼 외부 **7ppm**

- 단점 : 물 소요량 과다, 가스 포화 수준 초과시 약취발생

○ 악취취산저감을 위한 화학적 장치

- 오존, 플라즈마, 이산화염소 등



○ 악취저감 효과

- 축사내부 **18ppm** -> 커튼 내부 **8ppm** -> 커튼 외부 **2 ppm**

- **3m** 떨어진 거리에서는 감지 안됨

바이오 커버 외부 전경



- 물리적(바이오커튼) + 화학적(오존, 이산화염소 등)

측사 외부 악취관리

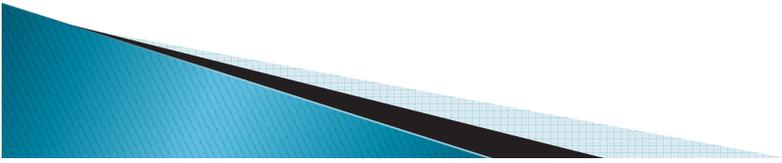
- 바이오필터
- 바이오커텐
- 물, 화학물질(오존, 이산화염소 등)
- 물리적(30%) + 생물학적(40%) + 화학적(30%)



결론

- 악취물질을 전부 없애는 것은 현실적으로 불가능 함.
- 시설은 밀폐가 우선 되어야 하며 환기효율에 영향이 적어야 함
단, 공기가 통하는 재료
- 측사내부 : 물리적(30%) + 생물학적(70%)
- 측사외부 : 물리적(30%) + 생물학적(40%) + 화학적(30%)

감사합니다.



주제발표2

제2차 지방주도 환경정책포럼

충청남도 청정지역의 악취 관리방안

축산시설에서의 암모니아의 배출 특성

세종대학교

사재환 교수

축산시설에서의 암모니아 배출 특성

소, 돼지 사육시설을 중심으로

2015. 4. 3

세종대학교 사재환
(goodmrsa@gmail.com)

축산시설에서 악취측정의 중요성

- 축산시설 악취 배출량 산정
- 주변지역 영향조사(모델링) 자료로 활용
- 악취관리방안 수립 시 기초자료 활용
- 악취방지시설 저감효과 평가

축산시설의 주요 악취물질

- 암모니아
- 황화합물(황화수소 등)

본 연구의 목적

- 가축크기별, 시간별, 계절별 암모니아 배출 특성
- 돈사, 우사의 암모니아 배출계수 산정
배출계수 : 가축 한마리당 1년 배출량

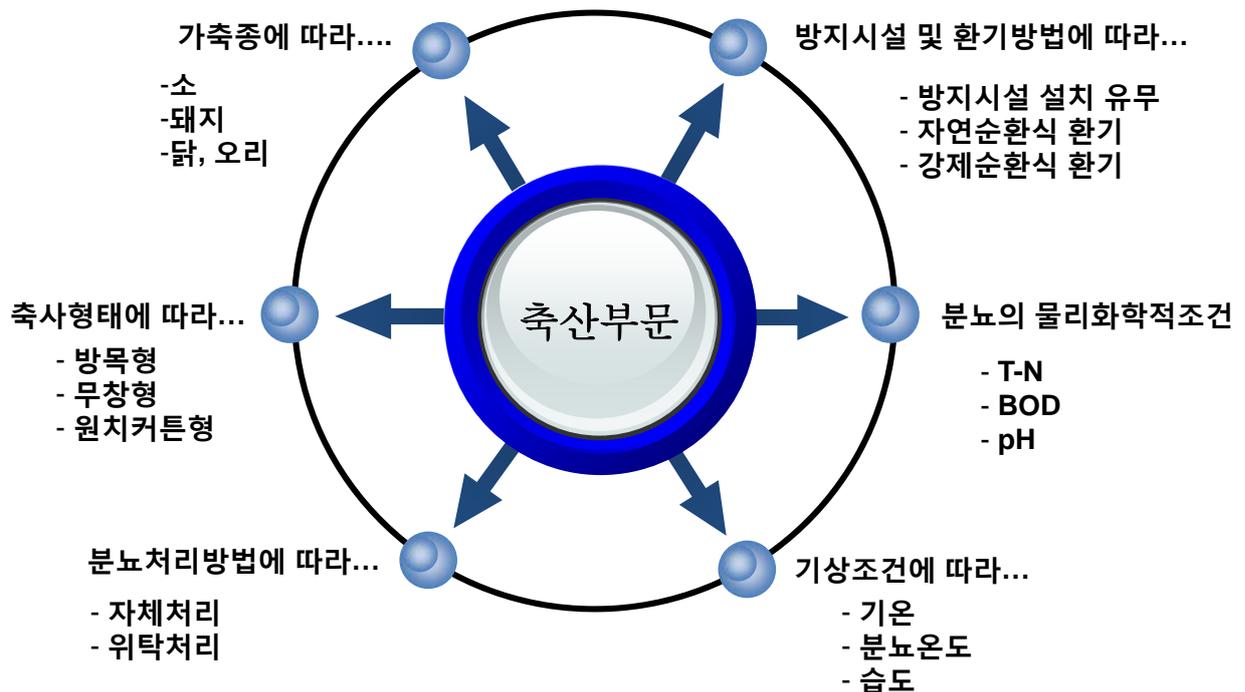
암모니아(NH₃)

- 자극성이 강한 무색의 부식성이며, 알칼리성 기체
- 저농도에서는 미약한 피부 발작작용, 고농도에서는 격렬한 피부반응
- 우리나라 암모니아 총 발생량 중 축산시설에서 약 60 % 차지

농도 (ppm)	약취도	감지 정도	비 고
0.15	1	겨우 느낄 수 있는 수준	최소감지농도
0.6	2	무슨 냄새인지 구분할 수 있는 약한 냄새	
2	3	쉽게 알 수 있는 냄새	배출허용기준
10	4	강한 냄새	
40	5	강렬한 냄새	

축산시설에서의 암모니아 배출 특성

축산시설의 암모니아 발생 특성



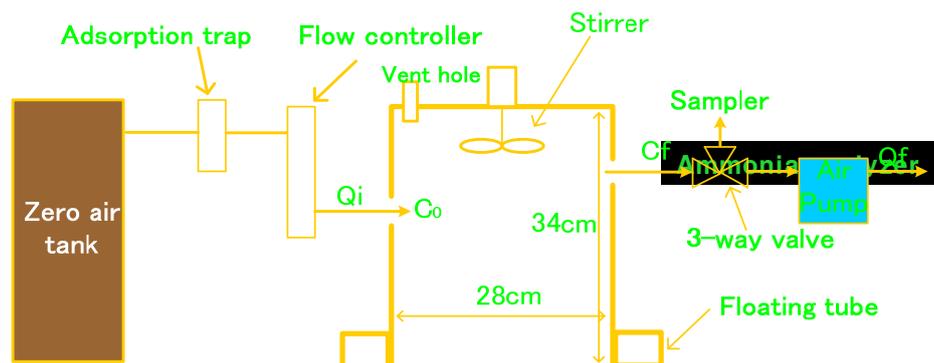
축산시설의 암모니아 측정 방법

- 축산시설의 악취배출 특성을 고려하여야 함.
- 악취측정결과에 목적에 따라 측정 방법이 달라짐.



축산시설에서의 암모니아 배출 특성

암모니아 플럭스 측정 방법



암모니아 플럭스 측정을 위한 Dynamic Flux Chamber

- 암모니아 플럭스 : 단위 시간당, 단위 면적당 배출되는 암모니아 질량

암모니아 측정 방법

- 원치시설 : 바닥면, 분뇨처리장과 같이 면오염원은 열린챔버법
- 무창시설 : 배기팬에서 직접 측정



축산시설에서의 암모니아 배출 특성

축산시설의 측정지점 및 시간 구분

돈 사

무창돈사
유창돈사
총 10개 시설

자돈사
육성(비육)돈사
모돈(임신)사

액비저장조
퇴비발효장

배수로
바닥면
배기팬

뇨 저장시설
뇨 포기시설

- 계절별 측정 : 여름철, 겨울철
- 시간별 측정 : 오전, 오후, 야간 또는 24시간 연속측정
- 측정지점 수 : 각 측정지점별로 2 - 4개

우 사

깔집우사
스크레파우사
총 5개 시설

1년 미만
1년 이상

바닥면
액비저장조
퇴비발효장

- 계절별 측정 : 여름철, 가을철, 겨울철
- 시간별 측정 : 오전, 오후, 야간
 깔집우사는 깔집교체시기 동안 측정
- 측정지점 수 : 각 측정지점별로 2 - 7개

축산시설에서의 암모니아 배출 특성

측정대상 돈사

주 소	돈사형태	돈분처리
충남 금산군	슬러리	위탁처리
충남 금산군	스크레파+인력수거	퇴비발효
충남 금산군	깔집(톱밥)	퇴비발효
전남 나주시	슬러리(일부인력수거)	고액불리후 퇴비발효, 액은 포기후 위탁처리
경기도 양평군	슬러리+인력수거	위탁처리, 해양투기
경기도 이천시	슬러리+인력수거	위탁처리(소량 자체처리)
경기도 이천시	슬러리+인력수거	퇴비화 및 액비
강원도 철원군	슬러리+인력수거	퇴비화 및 액비
경기도 여주군	슬러리	퇴비화
경기도 여주군	슬러리+스크레파	슬러리저장 및 액비(포기실시)

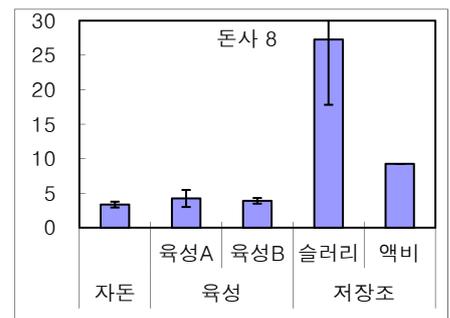
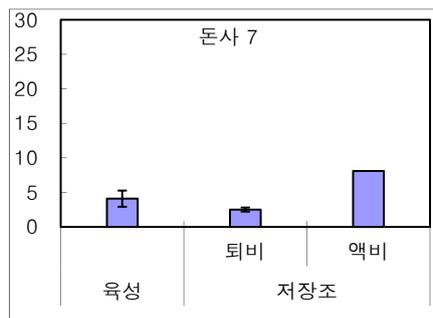
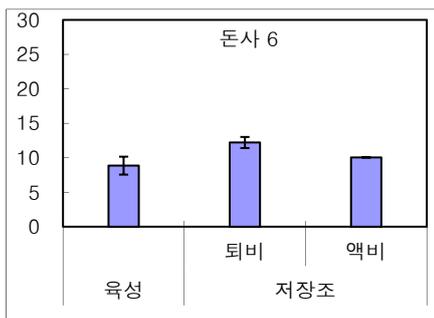
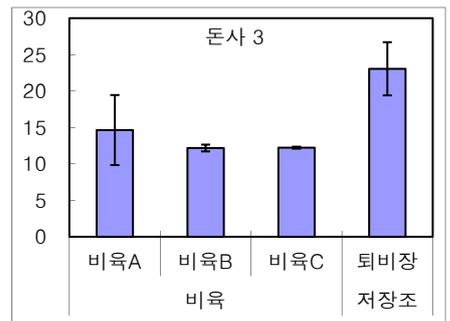
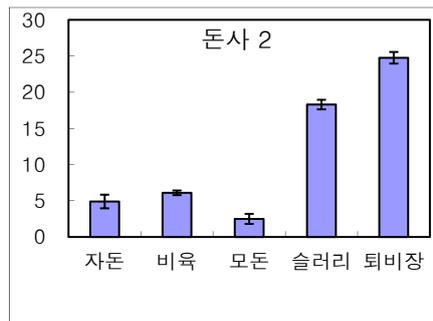
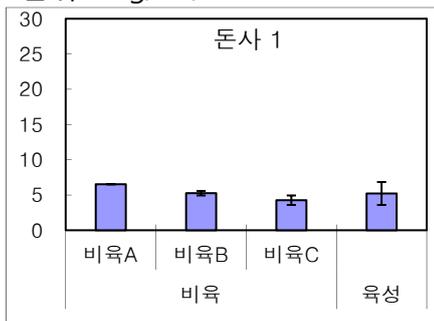
측정대상 우사

	우사 1(한우)	우사 2(한우)	우사 3(한우)	우사 4(한우+젖소)
사육 형태	깔집우사	깔집우사	깔집우사	스크레파 + 일부 깔집
측정 지점	바닥면 : 8개 셀 퇴비장 : 1개소	바닥면 : 8개 셀 퇴비장 : 1개소	바닥면 : 8개 셀 퇴비장 : 1개소	바닥면 : 7개 셀

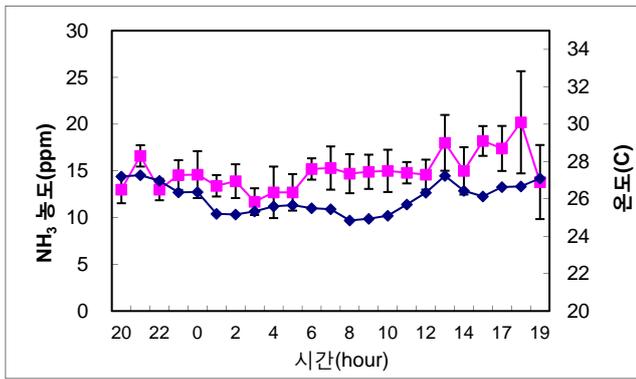
축산시설에서의 암모니아 배출 특성

돈사의 여름철 암모니아 배출 특성

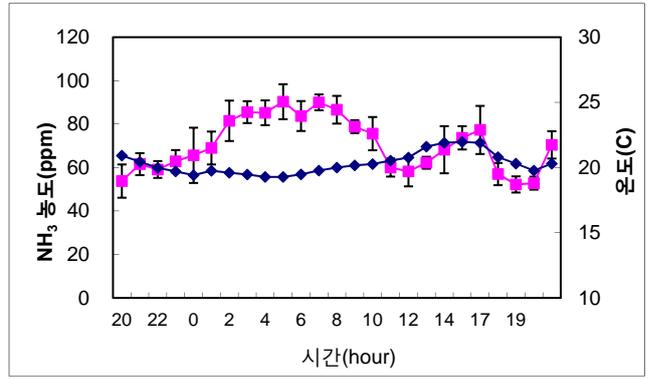
단위 : mg/m²/min



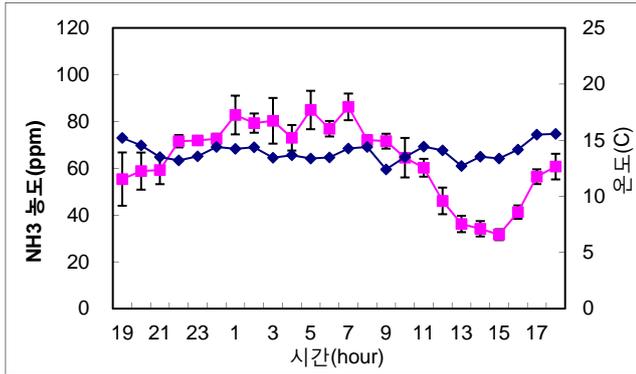
돈사의 겨울철 무창돈사 암모니아 배출 특성



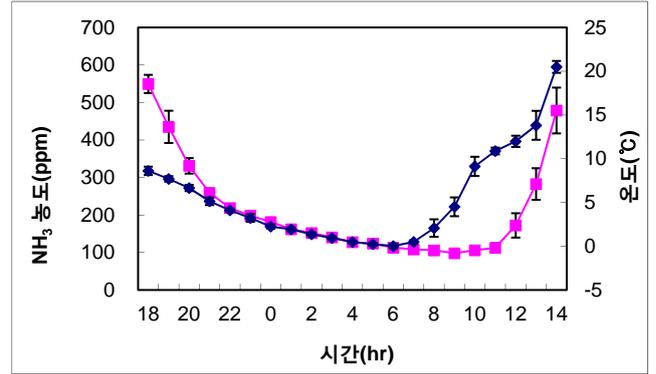
자돈사(겨울철)



비육돈사 1(겨울철)



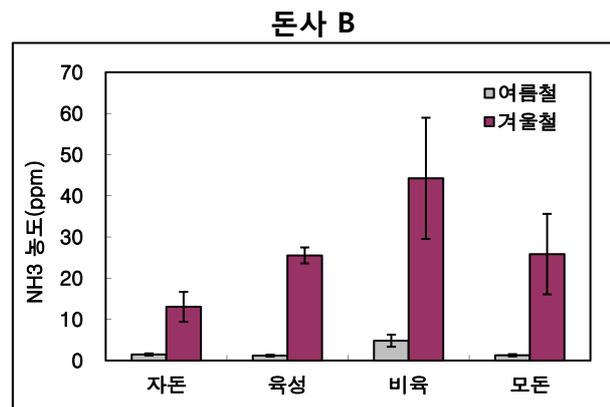
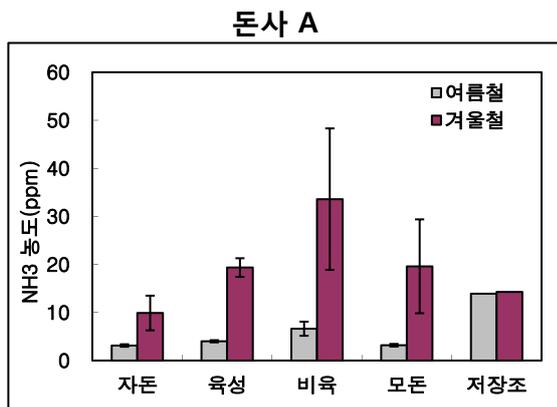
비육돈사 2(겨울철)



분뇨저장조(겨울철)

축산시설에서의 암모니아 배출 특성

돈사의 여름철과 겨울철 암모니아 배출 특성 비교



겨울철이 여름철에 비해 농도가 높은 이유

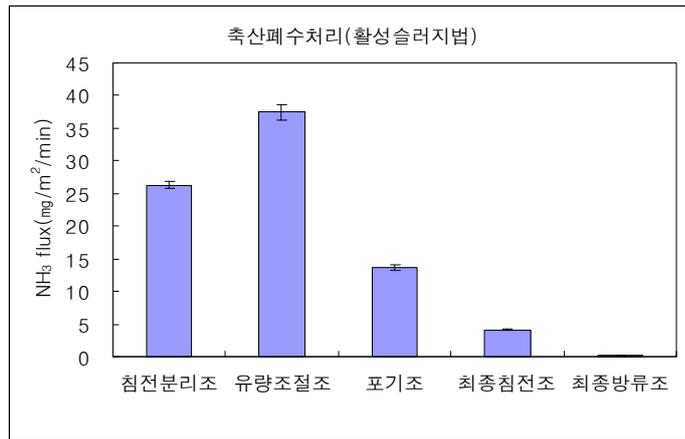
- 여름철은 배기팬을 최대 가동하지만, 겨울철에는 최소로 가동하기 때문에 돈사 내부의 농도는 겨울철이 높음.

겨울철에 농도는 높지만 배기풍량 즉, 악취배출량이 여름철에 비해 낮기 때문에 주변지역에 미치는 영향은 적음.

농도 (ppm)	악취도	감지정도	비고
2	3	쉽게 알 수 있는 냄새	배출허용기준
10	4	강한 냄새	
40	5	강렬한 냄새	

축산시설에서의 암모니아 배출 특성

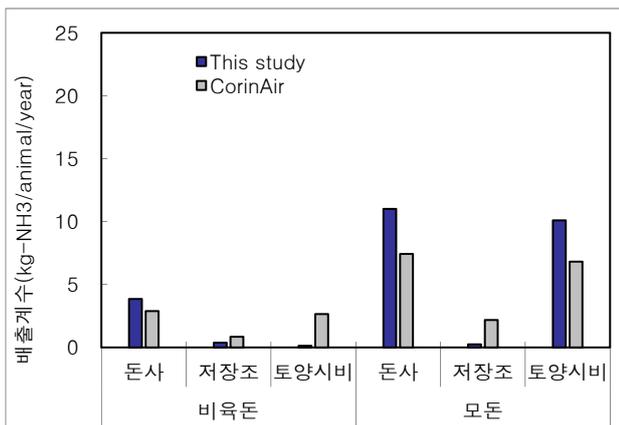
축산분뇨처리시설 암모니아 배출 특성



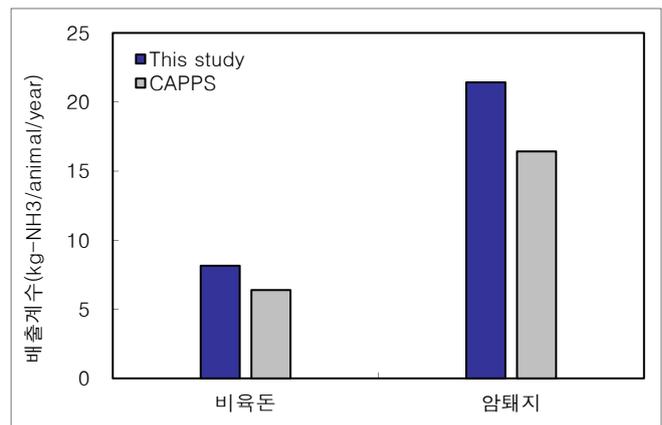
- 유량조절조가 가장 높으며, 다음으로는 침전분리조, 포기조, 최종침전조 순임.

축산시설에서의 암모니아 배출 특성

돈사 암모니아 배출계수 비교



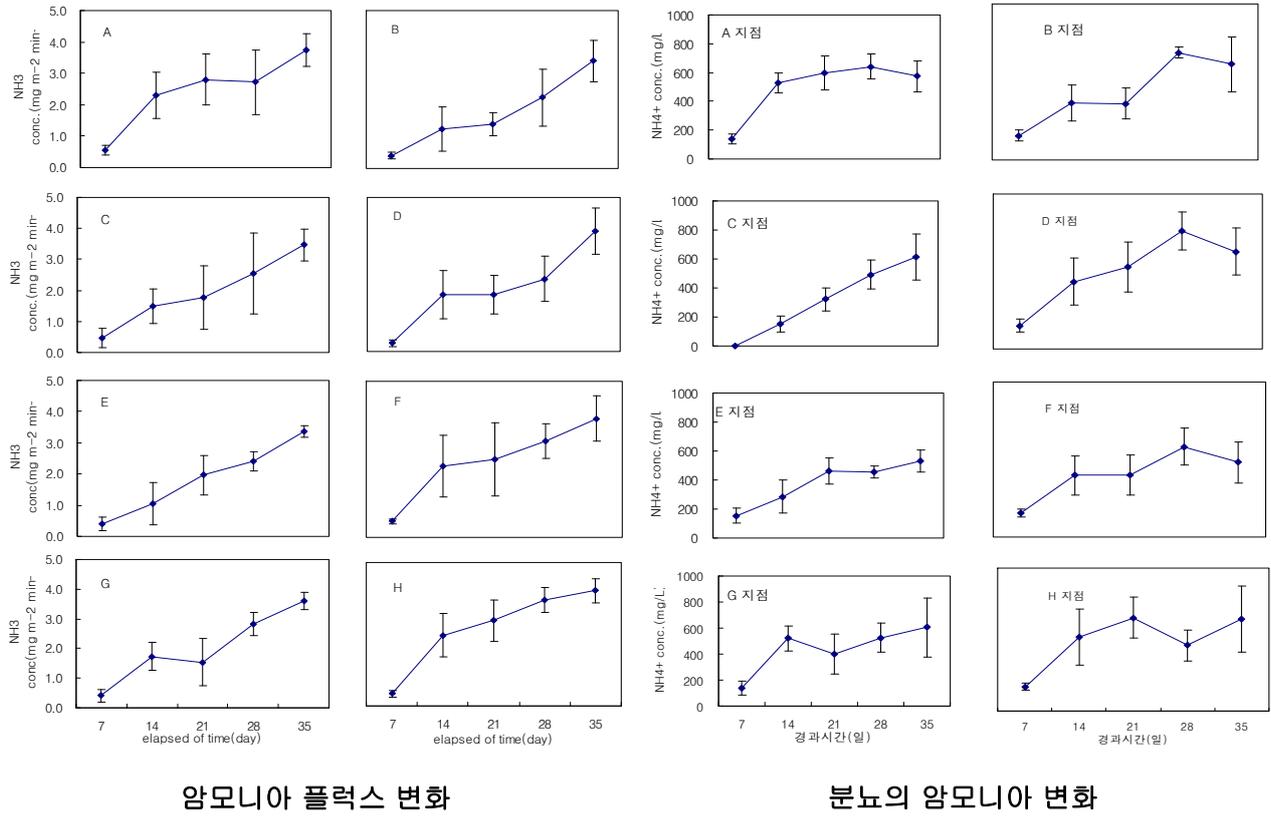
- 돈사 : 자돈사, 비육돈사 평균



- 비육돈 : 자돈사, 비육돈사 평균
- 암돼지 : 모돈
- 저장조 및 토양시비에서 발생하는 배출계수를 비육돈, 암돼지에 적용함.

축산시설에서의 암모니아 배출 특성

우사 1의 여름철 깔짚경과에 따른 암모니아

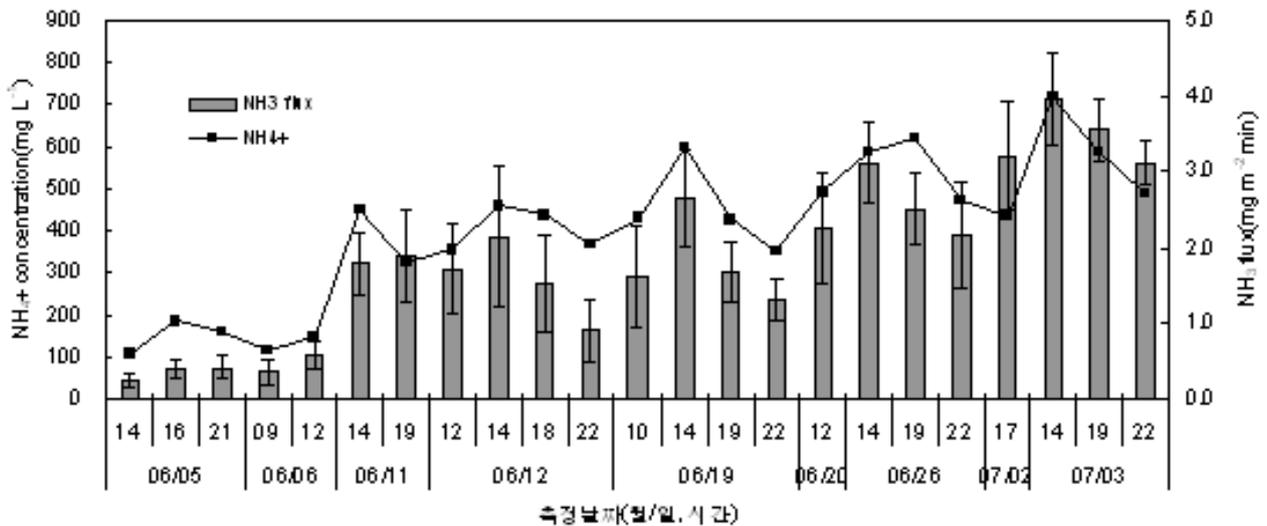


암모니아 플럭스 변화

분뇨의 암모니아 변화

대기중 암모니아 배출량 산정 및 인벤토리 구축 II

우사 1의 여름철 암모니아 플럭스와 깔짚 암모니아이온



대기중 암모니아 배출량 산정 및 인벤토리 구축 II

우사 1의 계절별 깔짚경과별 암모니아 플럭스 특성

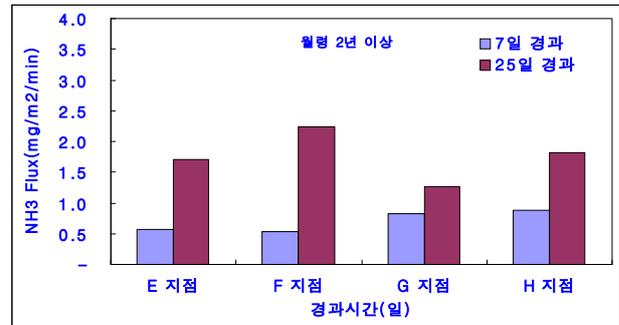
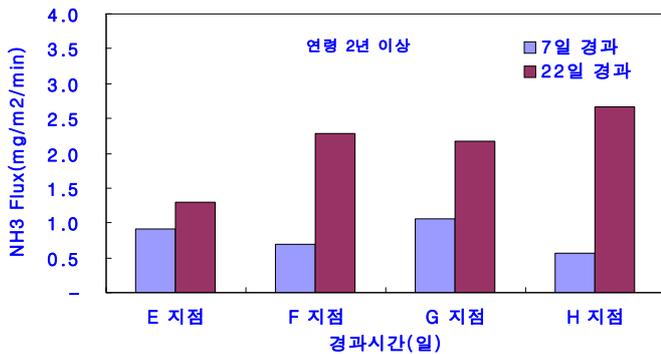
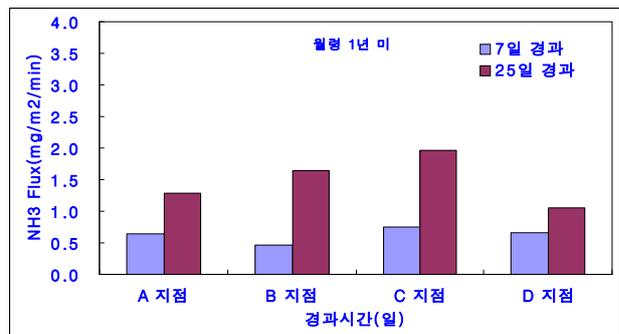
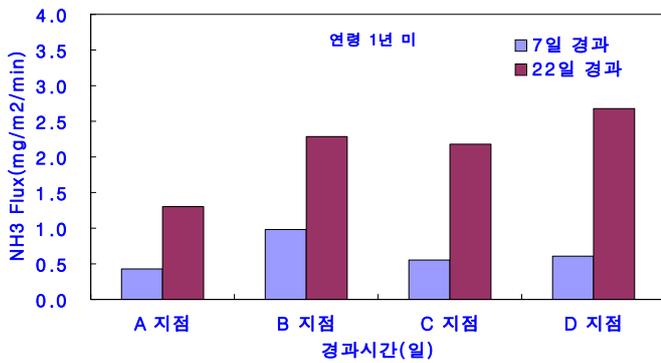
여름철	경과시간(일)	NH ₃ flux(mg/m ² /min)	
		Average	SD
	7	0.406	0.158
	14	1.664	0.66
	21	1.944	0.71
	28	2.558	0.687
	35	3.458	0.476
	Average	2.006	

가을철	경과시간(일)	연령 1 ~ 2세		연령 1세 미만	
		Average	SD	Average	SD
	10	0.711	0.369	0.965	0.291
	30	2.262	0.534	2.029	0.677
	Average	1.487		1.497	

겨울철	경과시간(일)	연령 1 ~ 2세		연령 1세 미만	
		average	SD	average	SD
	7	0.772	0.245	0.729	0.247
	24	1.576	0.395	1.735	0.551
	average	1.174		1.232	

대기중 암모니아 배출량 산정 및 인벤토리 구축 II

우사 2의 가을, 겨울철 깔짚 경과에 따른 암모니아 배출 특성

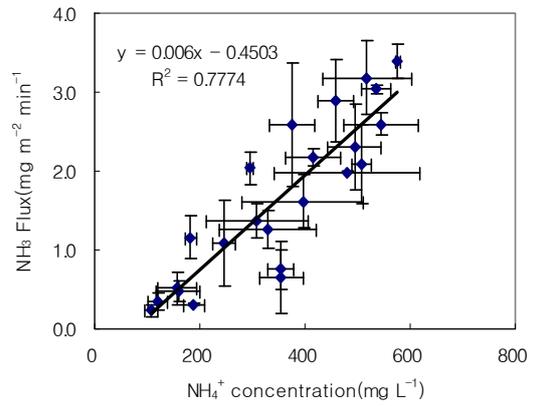
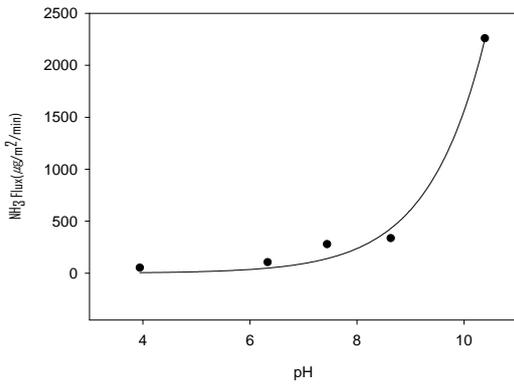
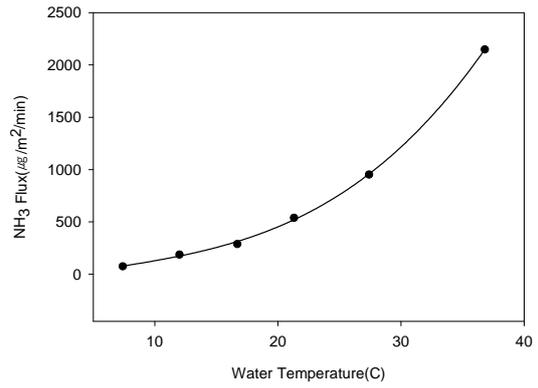
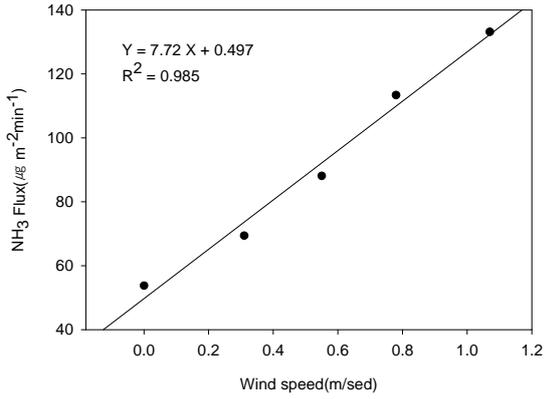


가을철

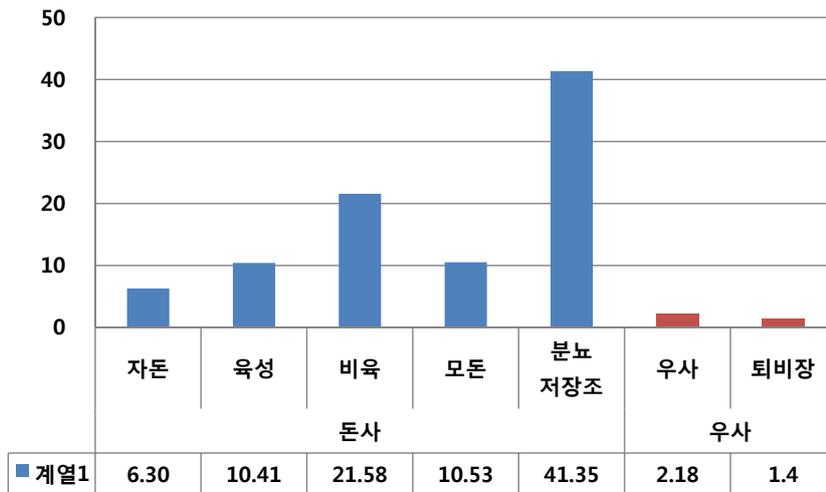
겨울철

대기중 암모니아 배출량 산정 및 인벤토리 구축 II

암모니아 배출의 영향인자와의 상관성



돈사와 우사의 암모니아 플럭스 비교



주제발표3

제2차 지방주도 환경정책포럼

충청남도 청정지역의 악취 관리방안

축산악취의 저감대책

수원대학교

이은영 교수

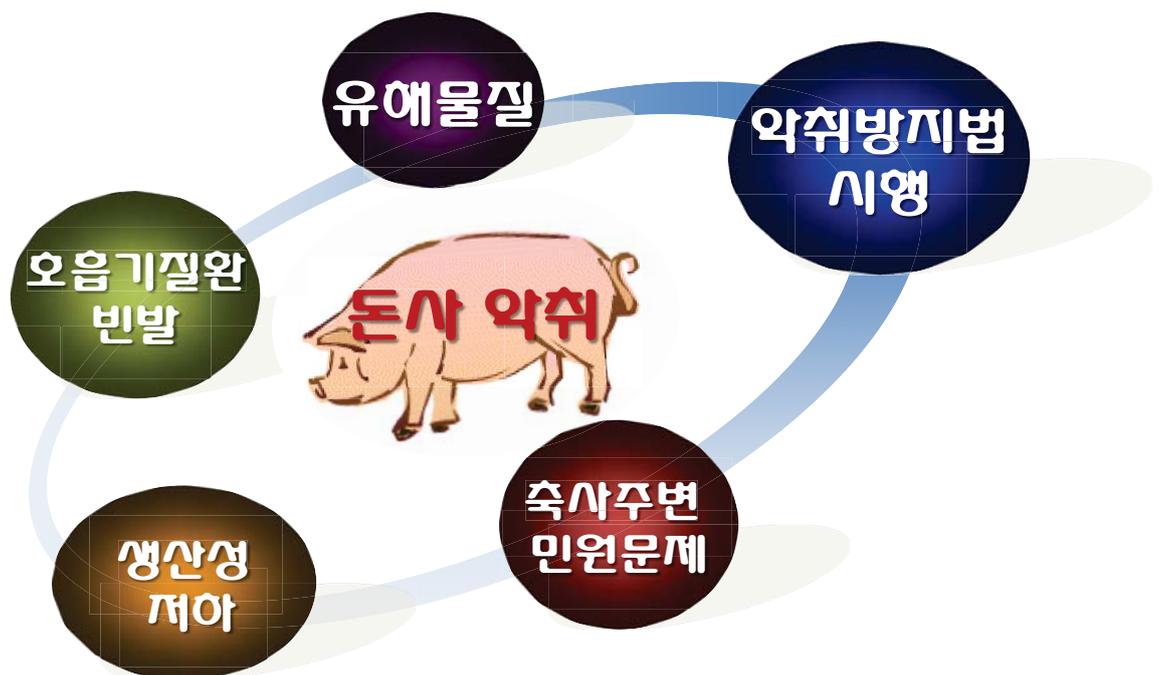
축산 약취 저감 대책

2015. 4. 3

수원대학교 이은영

1

1. Introduction



- 축산약취 저감의 중요성 증가

2

악취 민원



3

1. Introduction

양돈 악취 저감 노력 필요

1. 악취 민원 : 동일 건에 대한 반복적 민원

- 양돈장 신축 및 증축 시 주민 동의서 요구하는 지자체
- 농촌지역 지자체 민원 중 악취민원 가장 많음
- 2013 축산악취 민원: 2,604건 (전체 악취민원의 29%) : 생활 및 원인불명 제외 시 가장 많음

4

2. 악취 농가의 낮은 생산성

- 악취심각농가
 - : 평균 출아일령 190일
 - : 평균 MSY(모든 연간 출아 두수)- 16.5 두
- 2014년 일반 농가
 - : 평균 MSY(모든 연간 출아 두수)- 20.2 두

2014년 양돈농가 경영실태조사 보고서

3. 일부 악취 심각농가(10 ~20%)로 전체 농가 어려움

- 전체 양돈농가 이미지 하락

5

악취발생원

시설 (공정)	발생원	발생원인
돈사	슬러리 피트	장기간 보관
저장시설	저장소	
퇴비시설	운반, 온압, 발효, 우숙, 포장, 저장	질소함유량 과다 (탄소원부족) 고암수율, 저공극율 압밀, 부적절한 송풍
액비시설	폭기, 교반, 분사, 침전	위발생 악취물질 위산
정화시설		
퇴·액비 시비	시비 지역	

6

악취 방법



물리적 처리

- Adsorption
- Absorbance
- Condensing



화학적 처리

- Incineration
- Catalytic Incineration
- Ozone oxidation
- Plasma oxidation



생물학적 처리

- Biofiltration
- Biological additives



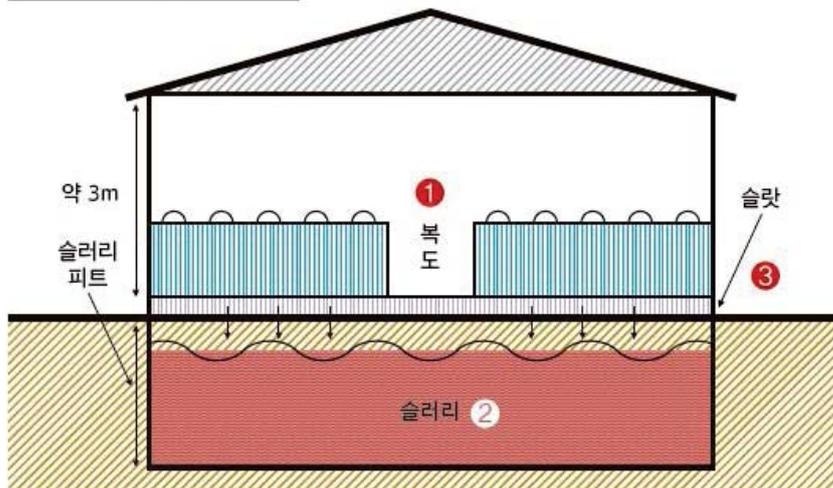
기타

- Spraying deodorants
- Masking agent

4. 악취 심각 농가의 공통적 특징

- 악취 관리를 위한 노력 부족

축사 악취관리 포인트



돈사 내부의 악취 제거 방안



9

청소



조명



슬랏



바닥 슬랏 면적이 30% 이상

10

슬러리 바닥의 악취 저감 방안

1. 슬러리 깊이 50~60cm 이하 유지

2. 슬러리 배출 시기 유지

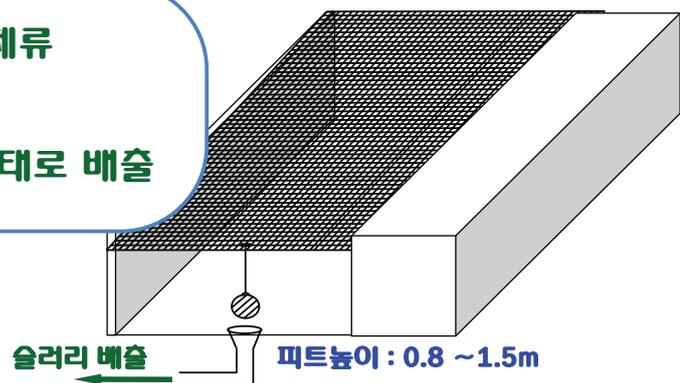
3. 슬러리 피트 청소

쾌적한 돈사 환경 유지

11

슬러리

- ◆ 슬러리 돈사 내 1~6 개월 체류
- ◆ 악취 및 유에가스 다발
- ◆ 분뇨는 온습되어 슬러리 형태로 배출



- 호기성 미생물의 서식 : 최대 50cm
⇒ 따라서, 낮은 피트 높이 유지 필요
- 분뇨 생성 후 1~2일 후 부터 혐기적 환경에서 부패 진행
- 악취가 심한 농가의 경우 일년에 한번도 슬러리 피트 청소를 하지 않음

12

축사 외부의 악취 저감 방안

1. 배출구에 악취 저감 시설 설치

원시축사 : 차광막과 안개분무

무상축사 : 배출구에 배수시설과 안개분무

쾌적한 환경 유지

13

원시 축사 차광막 설치 시 온도 저하



29 °C ⇒ 25 °C



돈사 지붕 차광시설 설치 시
55°C ⇒ 41 °C

14

무상 축사



- 입기팬 및 배기팬 용량이나 가동시간으로 환기량 조절

15

안개분무시설



분무액 : 목초액, 탈취제, 환경개선제 (미생물제) 등 첨가암
여름철의 경우 온도저하 효과도 있음

16

환경개선제

종류	원리
미생물계제	미생물이 악취물질을 흡수, 흡착, 분해
중화제	악취물질과 화학적으로 반응하여 중화
마스킹제	방향성물질로 악취를 덮음
소취제	악취원인 미생물의 역제를 위한 항균작용, 이미 발생한 악취물질 분해 및 중화

17

고액분리 시 악취 저감 방안

1. 고액분리기 밀폐

2. 고액분리 후 저장

3. 고액분리 처리 주기 단축

4. 악취 없는 고속데칸타

쾌적한 환경 유지

18

- **악취민원 다발 시기 : 고액분리 시**

- 고액분리기 : 퇴비장 내부 위치하거나 밀폐하여 순간적 악취 위산을 억제



밀폐된 고액분리기



퇴비장 내부에 설치된 고액분리기

19

위탁처리 농가

- 발생원수를 집수조에 단순 저장하였다가 고액분리 후 반출함
 - ⇒ **먼저 고액분리 후 저장**할 경우 부패와 슬러지 침전도 억제되며 악취도 적다.
- 민원 때문에 고액분리 최소안으로 함
 - ⇒ 오래 보관하지 않고 **빠른 기간** 내 고액분리함
- 고액분리장치 : 진동스크린, 경사스크린 등 이용
 - ⇒ **고속데칸타**는 비용이 비싸지만 빠르게 처리하여 악취 발생 억제함

20

진동스크린 타입



고속데칸타 타입



퇴비와 시 약취 제거 방안

1. 교반기 사용 자제

2. 충분한 수분조절제 사용

3. 교반기 사용시간 조정

쾌적한 환경 유지

- 개방된 퇴비상에서 부패한 분뇨를 반입 후 바로 교반 시 많은 악취 발생
 - 교반기 사용 : 수분 증발 효과로 퇴비화에 유리하나 악취 발생
 - 교반기 사용 안할 때 : 고영분을 저장하고 하루 1~2회 스키드로더로 뒤집기이며, 나머지 시간 동안 비닐 덮개 등으로 악취 위산 차단함
- 악취 발생 다발 농가 : 수분조절제 비용을 매우 아껴 안 넣거나 추가 사용을 안함
 - 충분한 사용 : 통기성 확보하여 고온 발효조건아래 악취 발생 저감됨
- 교반기 사용시간 조절
 - 대기가 안정된 아침, 저녁, 저기압 시 자제
 - 날씨가 맑은 날 낮시간에만 사용

23

연구 결과

1. 연장규모 염/오기 퇴비화 발효상 및 발효폐액 정화처리시설 설치



염/오기 퇴비화 발효상

정화처리시설

12

연구 결과

2. 수분조절재로 생산퇴비 재사용 검토

고영물, 톱밥, 재사용퇴비의 일일 평균 사용량

	양목	사용량 (kg/day)	합계 (kg/day)
1. 고영물 + 톱밥	고영물 평균 사용량	1,394.2	1,981.8
	톱밥 평균 사용량	587.5	
2. 고영물 + 재사용 퇴비	고영물 평균 사용량	1,394.2	2,609.3
	재사용 퇴비 평균 사용량	988.1	
	톱밥 평균 사용량	227.0	

가축분 퇴비기준 및 실업 퇴비 성장분석 (별첨 참조 : 농업기술실용화재단 분석결과)

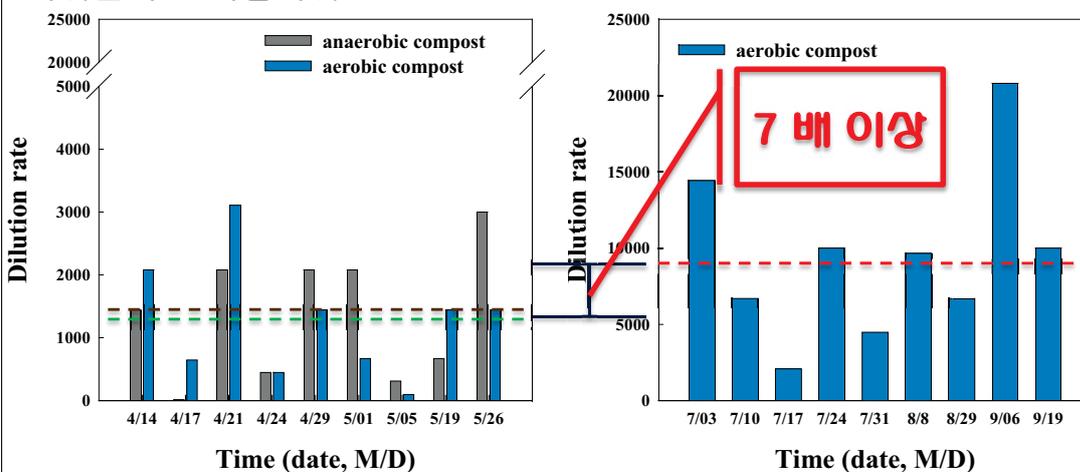
분석양목	퇴비 기준	분석 값	
		수분조절재 혼합	
		톱밥	생산퇴비 재사용
염산불용애물	25% 이하	2.03%	1.98%
유기물 대 질소의 비	45 이하	23.31	18.43
유기물 함량	30% 이상	28.29%	36.50%
수분 함량	55% 이하	59.38%	44.78%
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료
<i>E. coli</i> O157:H7	불검출	불검출	불검출
<i>Samonella spp.</i>	불검출	불검출	불검출

13

연구 결과

3. 퇴비상 및 전처리 혐기발효조 효능 검토

약취분석 - 복합약취



병영 발효조 - 혐기 퇴비사 : 1,347 배, 호기 퇴비사 : 1,264 배
 단독 호기 발효조 : 9425 배

14

액비와시 악취 저감 방안

1. 공공처리장 위탁시 폭기 자체

2. 액비와 시 정기적 폭기

쾌적한 환경 유지

27

소규모 악취 심각농가 : 위탁처리

- 공공처리장 유입기준 맞추기 위해 농가에서 폭기 하여 악취가 발생된다
 - 공공처리장 유입기준 : SS, BOD (\leq 25,000 ~ 28,000mg/L) 기준 이하만 유입 허용
- 기준 맞추기 위하여 고액분리기 1회 이상 반복하는 것이 좋다



개방형 폭기 시 악취 발생

28

소규모 악취 심각농가

- 대부분 가축분뇨를 저장조에 보관하다 액비로 이용하기 직전 일정 기간 폭기시켜 이용함
- ⇒ 분뇨 발생 후 바로 고액분리 후 BOD 20,000mg/L 이하로 맞춰 액비화하면 악취 저감

효율적인 액비화 : 공기량, 체류시간, F/M비, C/N 맞춰야

29

기타 악취 저감 방안

1. 돈사 외부 청소 철저

2. 돈사 외부 포장

3. 주변으로의 악취위산 방지 시설물

30

기타 악취 저감 방안

4. 퇴비사 · 액비저장조 밀폐와

5. 분뇨 이송시 관 밀폐

6. 미부숙 퇴 · 액비 인근농경지 살포 자제

7. 인근 주민과 원만한 관계 유지

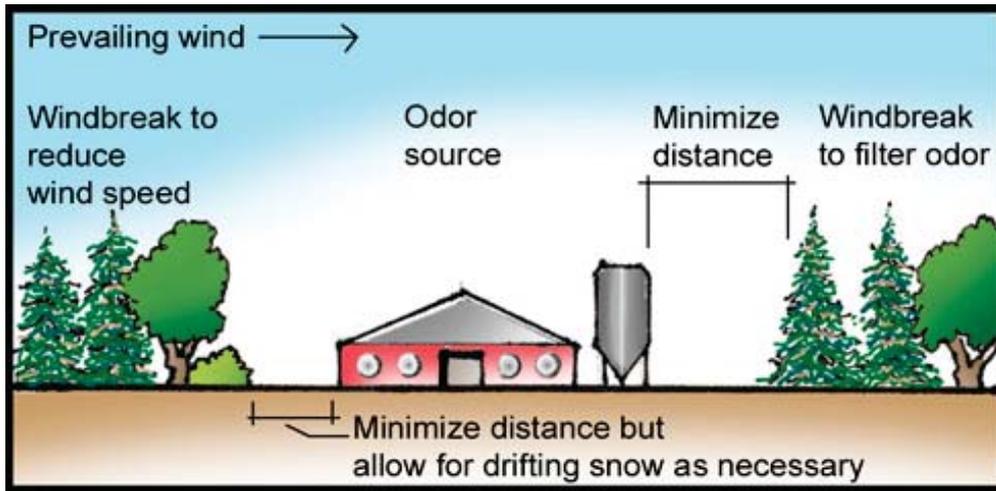
31

돈사 외부 비포장 시 이동과정에서 분뇨로 오염되고
악취발생되기 쉽다



32

Wind break forest



33

개방된 분뇨저장소 및 액비소로 부터 악취 발생



34

미부숙 퇴·액비 살포 시 악취 발생



35

축산악취 개선방향

효율적인 악취제어 미생물 개발 및 보급



축산악취 개선방향

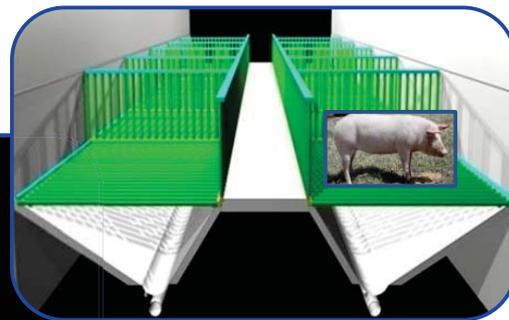
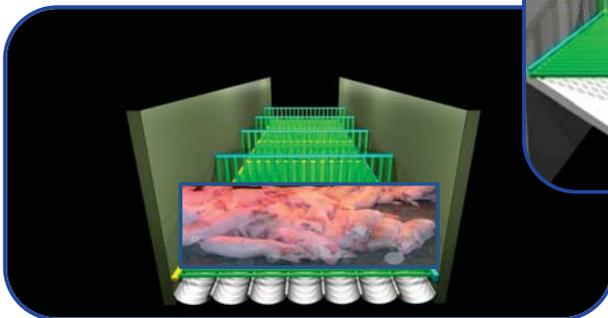
효율적인 악취제어 미생물 사용법 숙지

- 문제점 : 미생물제제 사용 방법 미숙지로 인한 악취저감 효과 저하
- 미생물제제 및 소독제의 혼용으로 인한 미생물사멸로 악취저감 효과 저하
 - 미생물제제 사료 첨가량 및 축사 내 살포량이 불규칙적으로 투입
 - 여러 종류의 미생물제제 사용으로 인하여 미생물이 안정화되지 못하여 악취저감 효과 감소
 - 사료첨가제 및 환경개선제에 사용량이 적어 악취저감 효과 저하

- 개선안 : 미생물 배양 및 안정화로 악취 저감 효과 증대
- 미생물제제를 자체 배양하여 의식 후 축사 내 살포 (액비저장조,슬러리피트,분만사 및 비육돈사 등)

축산악취 개선방향

돈사구조 개선

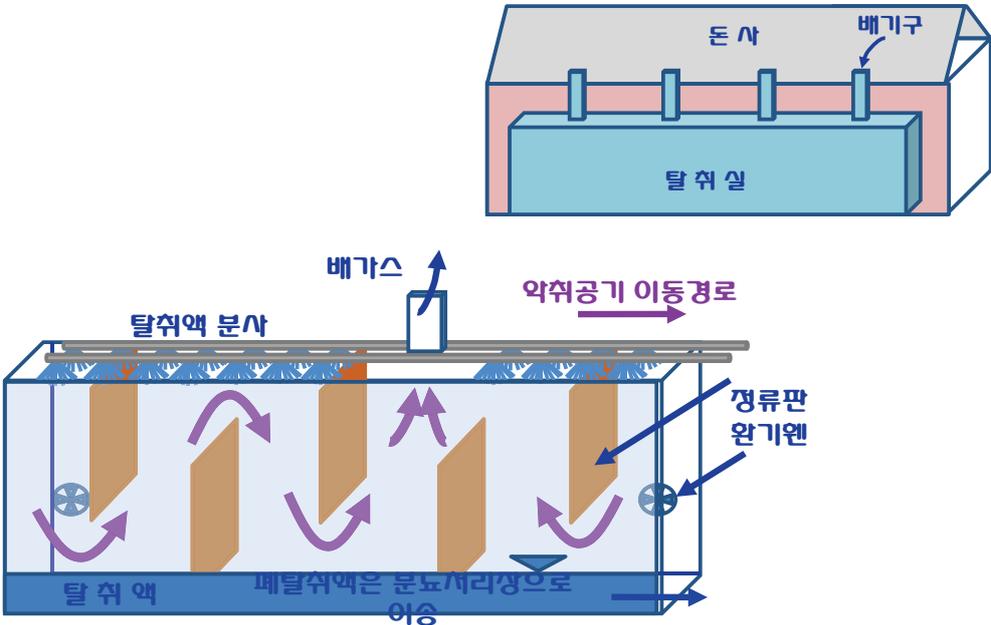


수세식 돈사

- 돈분뇨를 자주, 깨끗하게 돈사 밖으로 배출 할 수 있는 구조
- 물청소(수세)가 용이한 구조
- 청소수가 다량 유입되더라도 처리에 문제가 없는 돈분뇨처리 시설 연구, 보급

축산악취 개선방향

돈사 및 돈분뇨처리장 탈취시설 구비



축산악취 개선방향

축산분뇨 에너지화



돈분 고형연료화



우분 고형연료화



염기생소화

경청에 주셔서 감사합니다.

주제발표4

제2차 지방주도 환경정책포럼

충청남도 청정지역의 악취 관리방안

산업단지의 악취 관리 방안 사례연구

대전대학교

김선태 교수

환경정책포럼(충남 청정지역의 악취관리 방안)

- 산업단지 악취관리방안 사례 연구 -

2015. 04.03

대전대학교 환경공학과 교수

김 선 태

CONTENTS

1 서론 및 배경

- 1) 산업단지의 환경문제
- 2) 산업단지 대기오염관리 정책
- 3) 산업단지 악취관리 정책
- 4) 산업단지 대기오염 관리의 현황과 문제점
- 5) 일본의 악취관리 체계
- 6) 일본의 사업장 악취관리 규제 방식



산업단지의 환경문제

①
산업단지
개발

- 각종 오염물질을 배출하는 업체를 일정공간에 고밀도로 입지
- 산업단지 이외 지역의 환경피해 최소화
- 공간적, 기능적 집중에 의한 산업경쟁력 제고
- 일종의 Black-spot policy

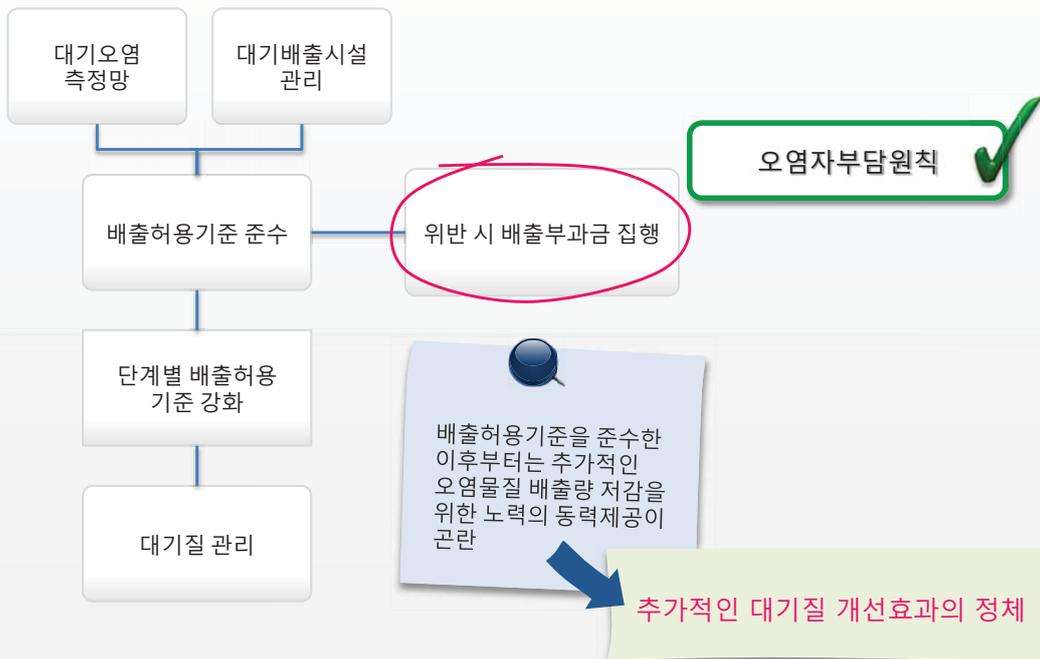
②
산업단지
환경문제

- 고농도 유해 대기오염물질에 의한 지역 원주민들의 피해
 - 울산, 온산산단 및 여천, 광양산단의 공해 피해로 주민 이주 실시
- 공업용지와 배후도시의 공간적 연계로 인해 주변 배후시설 이용자 및 거주민에 대한 부정적인 환경피해 영향
- 시화지역 악취 문제 및 구미, 청주, 화성 등에서의 유해화학물질 누출사고
- 당진제철, 당진화력, 서산 대산석유화학단지 주변 주민들의 민원 증가
 - 충남 서해안 청정지역으로 오염물질 유입 가능성 제기

③
사회문제

- 산업경쟁력 약화와 지역공동체 분열
- 기업과 주민사회와의 상호신뢰성 하락

산업단지 대기오염관리 정책



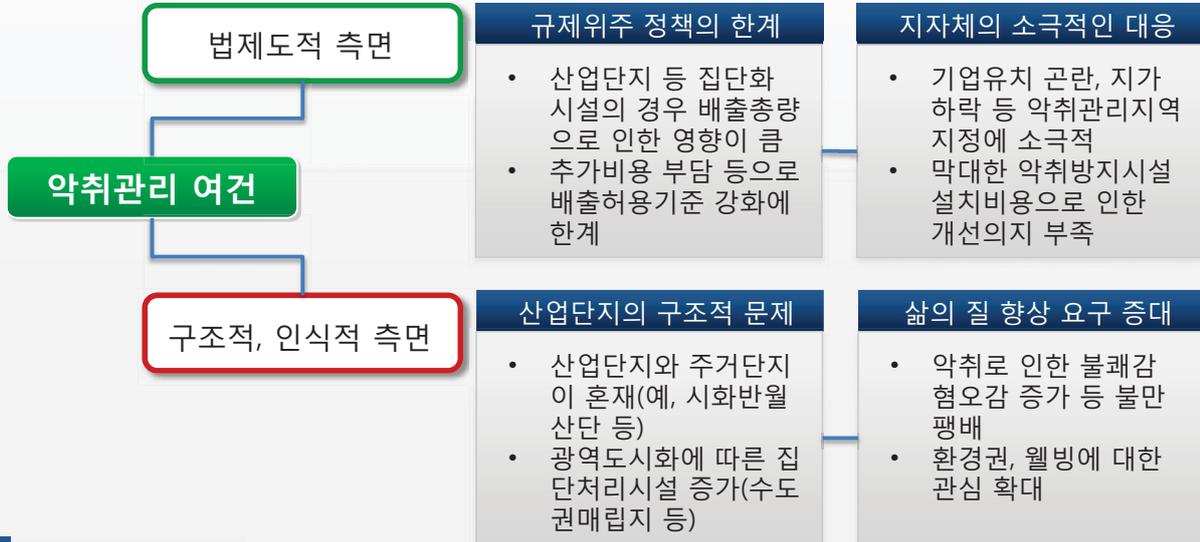
산업단지 악취관리 정책

▶ 악취관리 제도정비

- 악취방지법 재,개정
- 악취방지종합시책('09~'18) 수립 및 개선

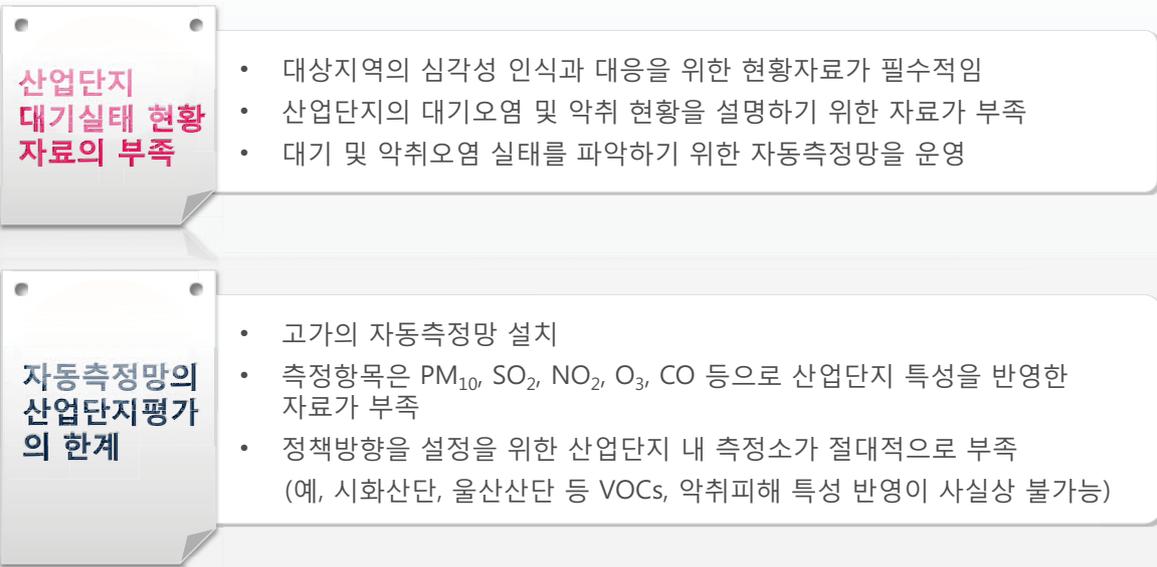
▶ 사업장 악취관리

- 악취실태 조사
- 맞춤형 기술지원 강화
- 기술지원 사업장 사후관리



산업단지 대기오염관리의 현황과 문제점

▶ 산업단지의 대기환경실태를 설명할 측정체계의 부족



일본의 악취관리 체계



일본의 사업장 악취관리 규제 방식



1호 기준 「부지경계선상 규제기준」

- 제2호 및 제3호 기준의 기초가 되는 기준.
- 22개 특정악취물질의 농도(mg/L) 규제.
- 취기지수 10 ~ 21 범위에서 지자체장(도도부현 지사) 등이 설정.

2호 기준 「기체배출구 규제기준」

- 1호 기준을 기초로 확산계산에 의해 필요시 산출.
- 배출구 높이별 일부 물질의 배출량 규제.
- $H_0 > 15m$: 악취배출강도 = 악취강도 X 배기가스량.
- $H_0 < 15m$: 악취 지수.

3호 기준 「배출수의 취기지수 규제기준」

- 3호 기준치 = 1호 기준치 + 16 (상수).
- 일부 물질의 배출수 농도(mg/L) 규제.
- 배출수의 취기지수 규제. (3점 비교식 플라스크법)

CONTENTS

2 대전 대덕산업단지의 사례

- 1) 대전 대덕산업단지의 현황
- 2) 악취관련 지역 환경문제의 변화
- 3) 악취배출사업장별 기존시설 악취개선 효과 분석
- 4) 대덕산업단지 환경개선 효과(민원발생 저감)
- 5) 대덕산업단지 악취개선 성과 요인

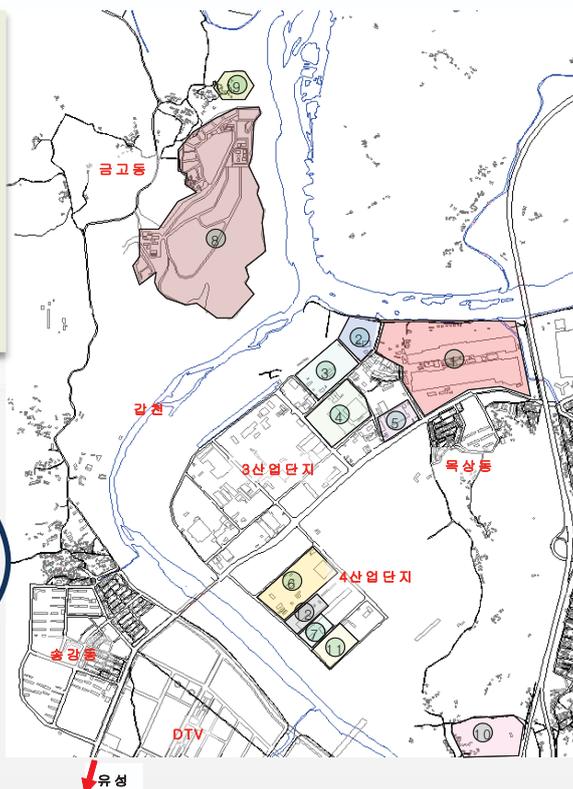


2 대전 대덕산업단지 사례

대전 대덕산업단지 현황

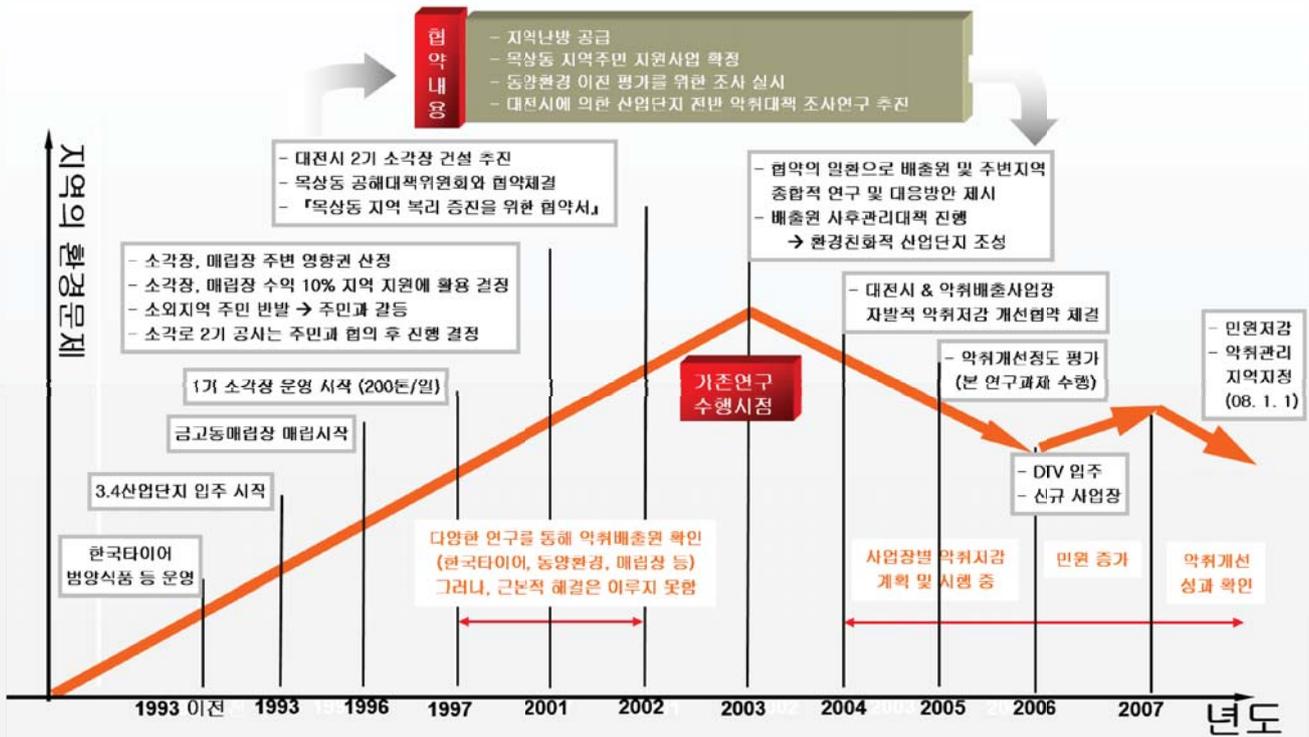
- 대덕산업단지의 가장 중요한 환경현안은 악취문제
- 주로 타이어, 제지, 폐기물처리업, 식품업종 등의 악취배출원이 다양하게 존재

주변 주거지역에 까지 악취 및 VOCs 문제에 따른 민원 발생



- ① 한국타이어
- ② 동양환경
- ③ 산업폐수처리장
- ④ 롯데제과
- ⑤ 범양식품
- ⑥ 한솔제지
- ⑦ 대전시소각장
- ⑧ 금고동매립장
- ⑨ 유성구퇴비화시설
- ⑩ 상서동매립장
- ⑪ 신호제지
- ⑫ 열병합발전소

대덕산업단지 악취관련 지역 환경문제의 변화

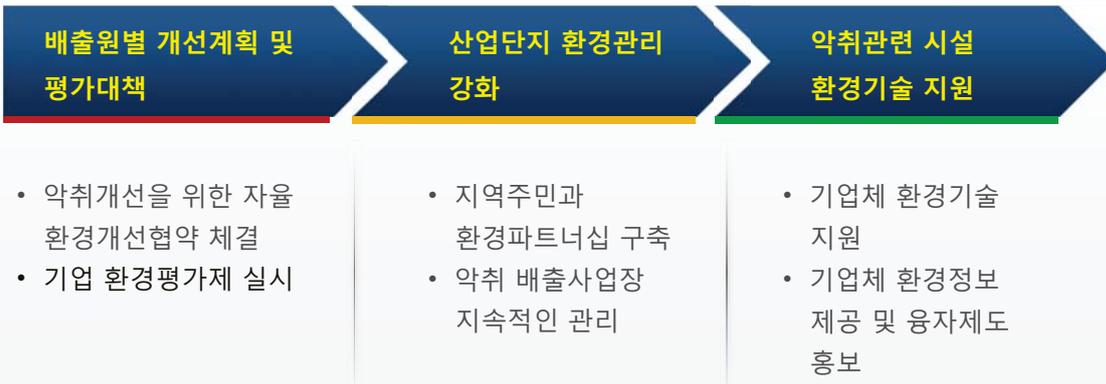


악취배출사업장별 기존시설 악취개선 효과 분석

	2003년도 대비 악취배출총량 증감	악취배출총량 증감		
		2003년도	2005년도	2007년도
동양환경	약 89.8% 감소	100,799 OU/sec	10,457 OU/sec	10,236 OU/sec
산업폐수처리장	약 68.7% 감소	124,469 OU/sec	23,449 OU/sec	38,974 OU/sec
한솔제지	약 73.7% 감소	867,915 OU/sec	245,324 OU/sec	228,467 OU/sec
신호제지	약 91.6% 증가	5,218 OU/sec	30,000 OU/sec	10,000 OU/sec
금고동 환경자원사업소	약 58.1% 감소	867,726 OU/sec	252,530 OU/sec	364,000 OU/sec
상서동 환경자원사업소	약 93.2% 감소	5,421 OU/sec	798 OU/sec	367 OU/sec
롯데제과	약 88.3% 감소	28,935 OU/sec	4,550 OU/sec	3,383 OU/sec
대전시 환경에너지사업소	약 40.2% 증가	5,327 OU/sec	2,401 OU/sec	7,470 OU/sec
한일제관	약 25.7% 증가	1,352 OU/sec	1,127 OU/sec	1,699 OU/sec
한국타이어	약 49.6% 감소	190,535 OU/sec	124,457 OU/sec	96,085 OU/sec
합계 (10개 사업장)	약 65.4% 감소	2,097,697 OU/sec	695,093 OU/sec	760,681 OU/sec

붉은색 : 2003년 대비 악취배출총량 감소 업체 푸른색 : 2003년 대비 악취배출총량 증가 업체

대덕산업단지 환경개선 효과



악취관련 민원발생 감소

구분	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
대전산업단지 지역	-	54	16	35	33	2	2
대덕산업단지지역	목상동	39	37	27	5	2	1
	송강동	16	11	4	2	2	0
	소 계	55	48	31	7	4	1
테크노밸리 지역	162	92	119	48	18	8	8
계	217	194	166	90	55	14	12

대덕산업단지 악취개선 성과 요인

- 단체장의 확고한 의지 및 일관성
- 지방자치단체 담당 공무원의 책임성
- 단속보다는 자율 환경개선 협약 유도
- 이해 당사자와의 지속적인 소통구조에 의한 상호 인내 및 노력
- 배출원에서의 관능 영향 측면의 악취 배출량 저감이라는 하나의 잣대로 평가
- 자율과 평가 구조의 선순환 체계
- 최종적으로 모두가 만족하는 성과 목표

CONTENTS

3

시화반월 산업단지 사례

- 1) 시화반월 산업단지 현황
- 2) 악취 대책 수립과 이행 경위
- 3) 시화지역 지속가능발전 협의회
- 4) 시화지역 배출업소 전수조사
- 5) 시흥시 악취모니터링 시스템
- 6) 시화지역 대기개선 로드맵

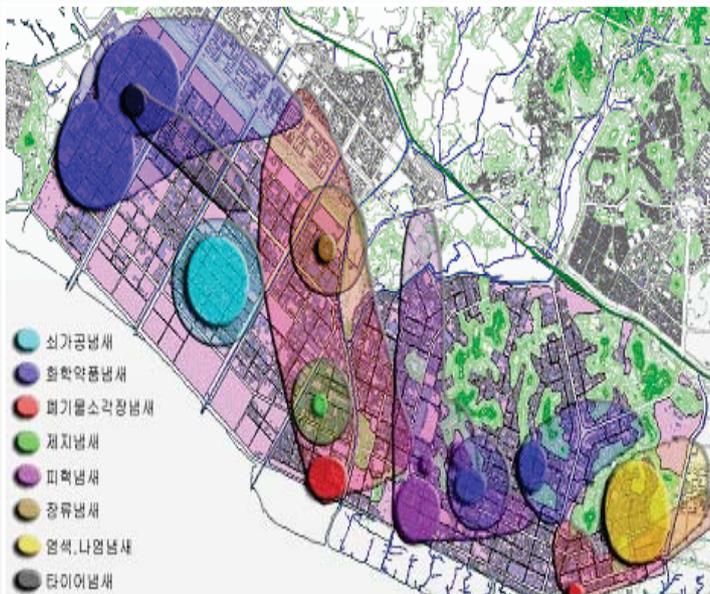


3

시화반월 산업단지 사례

시화반월 산업단지

시화반월공단 감지악취 종류



시화반월공단 청사진



시화반월 산업단지 현황

1 시화산업단지 현황

공 단	조성면적	조성기간	조성목적	사업시행처/관리처
반월국가 산업단지	15,374천㎡	1978~1987	수도권내 산재되어 있는 이전대상업체 유치 및 지역내 신,증설공장을 수용하여 지역개발활성화	한국수자원공사/ 한국산업단지공단
시화국가 산업단지	16,443천㎡	1986~2002	수도권내 이전대상 공장 이전용지 제공, 중소기업전문단지 조성 및 서해안 공업벨트 형성 촉진	한국수자원공사/ 한국산업단지공단

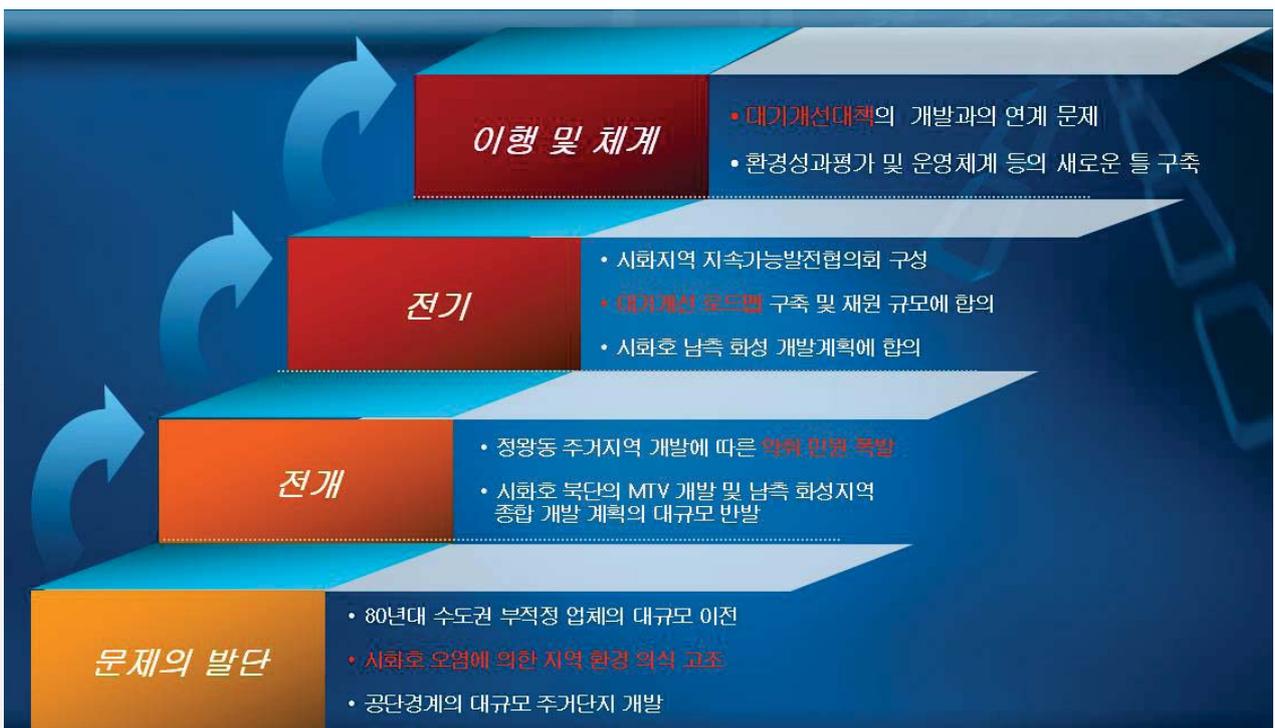
2 가동업체 현황

(2005.1월말 기준, 출처: 한국산업단지공단)

공단	총계	음식료	섬유 의복	목재 종이	섬유 화학	비금속	철강	기계	전기 전자	운송 장비	기타
계	7,049	88	370	280	709	138	397	3,047	1,048	490	482
반월	2,519	47	259	115	256	102	106	848	496	164	126
시화	4,530	41	111	165	453	36	291	2,199	552	326	356

- 다수의 소규모 대기배출업소와 악취배출 사업장이 입주
- 최근 악취를 중심으로 한 환경문제가 집중 발생

시화반월 산업단지 악취 대책 수립과 이행 경위



시화지역 지속가능 발전 협의회

구성배경



민관 협의기구 필요성 공감

- 시민사회단체에서 정부에 강력 요구
- 정부 주관부서인 건교부에서 전격 수용

시화지역 지속가능발전협의회 구성

시화지역 지속가능 발전 협의회

협의회 구성

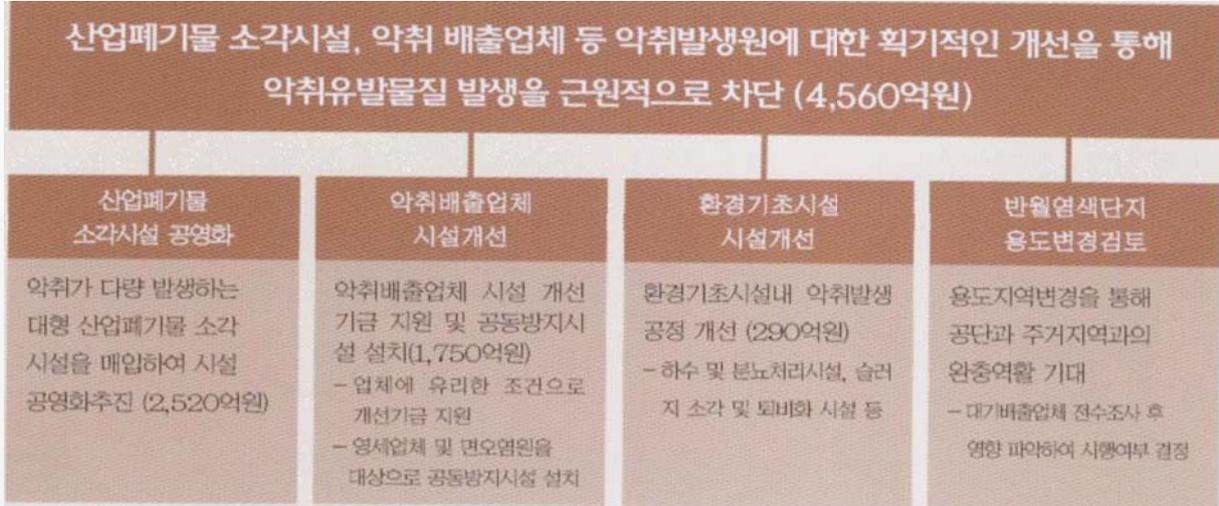
진 석 제 진

- | | |
|------------------|---|
| ①
열린협의회 | <ul style="list-style-type: none"> 모든 정보의 공개, 합의에 의한 의사결정 시민단체 추천 전문가 참여를 통한 객관성 확보 |
| ②
반대인사
참여 | <ul style="list-style-type: none"> 반대측 참여 없이는 갈등 해소 불가
[시화호 연대회의에서 대표자 구성] |
| ③
지역중심 | <ul style="list-style-type: none"> 지역단체, 지역인사 중심으로 구성 중앙정부의 역할은 합의 결과의 이행 보증 |
| ③
전제 없는
논의 | <ul style="list-style-type: none"> 기존 행정과정을 원점에서 논의 |



시화지역 대기개선 로드맵

근원적 악취 저감 대책



대전 대덕산단 및 시화산단의 비교



CONTENTS

4

충청 서북부권 산업단지 및 청정지역의 사례

- 1) 서산 대산석유화학단지, 당진 제철단지, 청정지역에서 측정
- 2) 배경농도 파악의 중요성
- 3) 배경농도 파악을 위한 passive sampler의 활용
- 4) 청정공기 및 향기수목의 활용



4

충청 서북부권 산업단지 청정지역의 사례

석유화학단지, 제철단지 SO₂, VOC, 중금속 측정 결과



> VOC 1차조사 공간분포 (ppb)

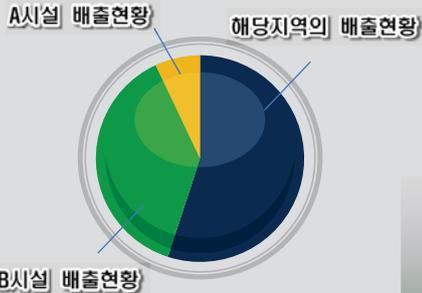


청정지역의 비교 측정지점(VOC 농도)

배경농도 파악의 중요성

내부 오염도 파악

- 실측자료
- 대기오염측정망 자료
- 사업장 대기배출현황 파악
- 사업장 측정망 자료분석



외부 오염도 파악

- 서산, 아산, 당진 측정망 자료 분석
- 국가 배경농도 측정망 자료 비교
- 기상자료 분석을 연계한 비교평가

시간, 계절별, 오염원별 유입량 파악!!!
모델링과 연계한 발생원 분석!!!

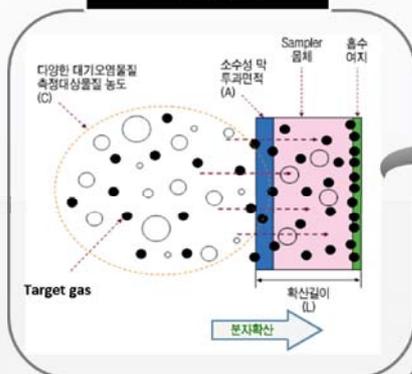


실질적인 대기질 배경농도 파악 !!

배경농도 파악을 위한 passive sampler의 활용

- 농도확산에 의한 대기 중의 오염물질이 흡수여지에 흡수/흡착되는 원리.
- 현장의 장비 및 기술, 전원이 불필요.
- 시간과 공간의 제약이 없어 광범위한 지역에서 동시에 대기오염물질을 측정, 공간농도분포 특성을 고찰할 수 있음.

Basic principles



Fick's Law,

$$J = - D_{ab} \frac{d_c}{d_z}$$

J : the flux of gas (a) through gas (b) across unit area in the z direction ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}$)

c : the concentration of gas (a) in gas (b) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

z : the length of the diffusion path (m)

D_{ab} : the molecular diffusion coefficient of gas (a) in gas (b) (m^2/sec)



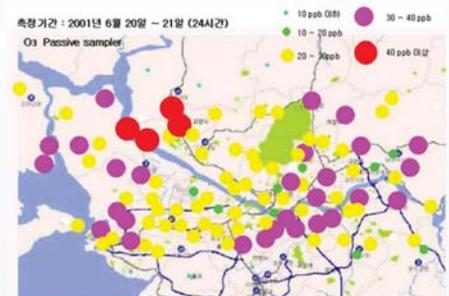
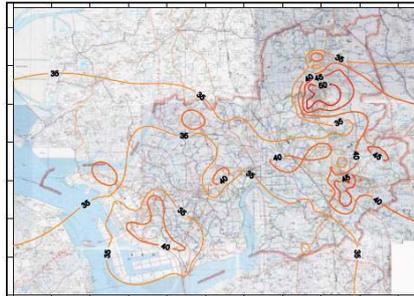
Passive Air sampler !!



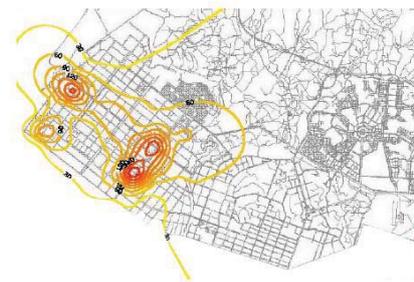
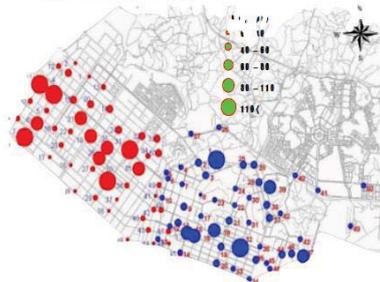
배경농도 파악을 위한 passive sampler의 활용

- passive sampler를 활용한 대기질 공간분포특성 및 모델링 사례

NO₂ passive sampler



NH₃ passive sampler



청정공기 및 향기수목의 활용

해안가의 청정공기 및 향기수목의 활용

- 청정지역의 인지도 향상
- 해당지역의 비오톱과의 연계로 청정지역의 홍보효과 극대화
- 청정공기 및 향기수목의 상품화로 지역 산업의 이미지 전환

일본의 향기수목



'녹색 향기나는 마을 만들기 기획 콘테스트'

▶ 개요

- 향기가 나는 수목, 초화를 사용하여 마을 만들기 기획.
- 우수한 기획 마을에는 수목을 제공.

▶ 모집주체

- 주최 : 일본 환경성.
- 공동주최 : (공사)냄새·향기환경협회.
(공사)일본아로마환경협회.
(일사)일본식목협회.

▶ 대상기획

- 향기가 나는 수목, 초화 등을 원칙으로 30개 이상을 사용한 기획으로써, 향후 실시를 계획하고 있고 또한 지배장소를 확보한 공모.

CONTENTS

5

불산 등 유해물질 감시 사례



5

불산 등 유해물질 감시 사례

불산 누출사고 개요

- 공기 중으로 배출된 불산은 불화가스로 기화되어 주변 지역을 오염시켜 인체 및 동식물에 피해를 줄 수 있음
- 1987년 미국 텍사스 불산 누출사고로 0.8km 이내 3천명의 주민 대피, 939명 병원 치료
- 2012년 구미 ○공장에서 다량의 불산 누출사고 5명 사망, 1,243명 병원 치료
- 불산 누출 시 19.5°C 이상에서 불화수소로 기화하여 공기 중으로 급속하게 확산됨
- 대기 중에서 수증기에 흡수되어 불산 형태로 지표면으로 낙하
- 불소는 식물체에 축적되거나 식물 상부에 먼지형태로 침적됨

불산에 노출된 식물잎 내 불소량 분석

불산에 노출된 식물잎



대조 식물잎



• 분석된 식물잎의 불소농도

Sample	식물 잎 불소농도 (mg F/g dry wt.)
1	5.64
2	4.12
3	6.48
4	1.03
5	0.55
6	0.62

식물잎 불소량 분석을 통한 불소누출 감시(모니터링)

- 사업장에서의 유해물질 누출을 감시
- 누출사고 발생 당시의 대기 중 유해물질 농도 추적

CONTENTS

6 공동체 지도 활용(Community Mapping)

- 1) 시민모니터링 체계의 구축의 의의
- 2) 시민들에 의한 대기오염 지도 작성
- 3) 시민들과 함께 만드는 악취 지도



시민모니터링 체계의 구축의 의의

- 1 상대적으로 부족한 **대기질 현황 평가자료의 보완**
- 2 자동측정망 자료와 함께 평가할 경우 측정결과의 **공간적 해상도** 제고
- 3 도로변, 주거지, 산업단지, 녹지 등 다양한 조건에서의 정기측정을 통한 **시민 체감오염도** 반영
- 4 환경영향평가 시 **모델 결과의 검증** 및 대기질 평가자료의 일관성 유지
- 5 국지(실내공간 포함) 규모에서의 정기측정을 통한 **유해물질 노출 사전 예방**
- 6 목적성분의 공간분포 현황평가를 통한 주요 **배출원조사 및 방지대책 효과분석**
- 7 국가간 동시 측정을 통한 **국경을 초월한 오염물질의 공간 거동 평가**

시민들에 의한 대기오염 지도 작성

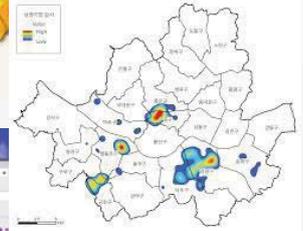
500여 대전시민이 참여하는 대전시 대기오염모니터링 !!

시민들과 함께 만드는 약취지도

시민이 함께 만드는 약취(사업장, 골목길, 하수, 공공시설, 근린시설) 지도 !!



시민이 직접 측정하고 정보를 입력



CONTENTS

7 산업단지 대기환경관리의 새로운 패러다임

- 1) 산단 대기오염 모니터링 체계의 혁신
- 2) 대기질개선시민운동협의회(가칭)를 통한 시민운동의 활성화
- 3) 환경성평가의 틀 구축
- 4) 사례연구의 교훈



산단 대기오염 모니터링 체계의 혁신

3차원의 대기오염 모니터링

- 사업장에 대한 TMS 모니터링 강화
- 일반 대기측정망의 지속적 확충
- 주민의 체감오염도를 반영할 수 있는 모니터링 체계의 보완
(시화지역 전수조사 등의 사례와 passive sampler 등의 활용)

산단의 특성을 반영한 악취나 VOC에 대한 모니터링

- 악취나 VOC의 산단별, 사업장별 특성을 대표할 물질의 모니터링
- 악취 추적이나 예보제 등의 모델 개발 및 적용
- 부지경계 모니터링과 이를 위한 저렴하고 정확한 측정기술의 발전
- 지역특성에 맞는 지표종의 선택 및 예보 및 경보시스템, 악취추적시스템 등

공단환경개선협의체의 Governance 운영

협의체의 구성

- 지속가능한 공동체 회복을 위한 governance 체계의 사회적 시도
- 지역주민을 중심으로 한 시민단체, 전문가, 행정기관, 사업체 등이 어우러진 협의체를 구성하고, 이러한 단위에서 산업단지 관리의 기본 틀을 다양하게 만들어가는 노력이 필요
- 환경부의 『주민참여 환경감시 프로그램』의 확대 적용

대기질개선시민운동협의회(가칭)를 통한 시민운동의 활성화(쓰시협 사례)

- 순환형사회 구축을 위한 대기환경관리의 역할

환경성평가의 틀 구축

환경성과 평가

- 사업장의 환경개선 의지와 그 노력을 Governance 차원에서 평가
- 다양한 지표의 개발과 모니터링 체계의 구축이 필요
- 성과 평가를 통한 우수한 사업장에 대해서는 기술개선기금의 지원 등의 인센티브와 연계

사례 연구의 교훈

