

환경정책포럼(충남 청정지역의 악취관리 방안)

- 산업단지 악취관리방안 사례 연구 -

2015. 04.03

대전대학교 환경공학과 교수

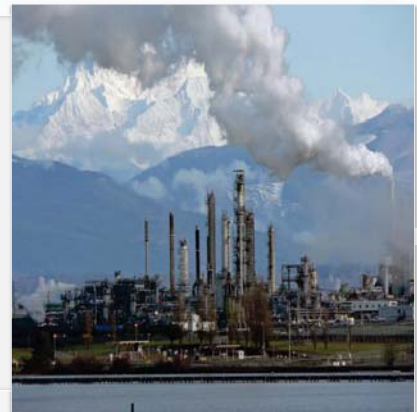
김 선 태

CONTENTS

1

서론 및 배경

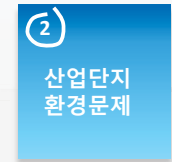
- 1) 산업단지의 환경문제
- 2) 산업단지 대기오염관리 정책
- 3) 산업단지 악취관리 정책
- 4) 산업단지 대기오염 관리의 현황과 문제점
- 5) 일본의 악취관리 체계
- 6) 일본의 사업장 악취관리 규제 방식



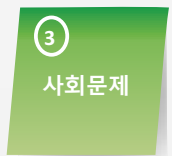
산업단지의 환경문제



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

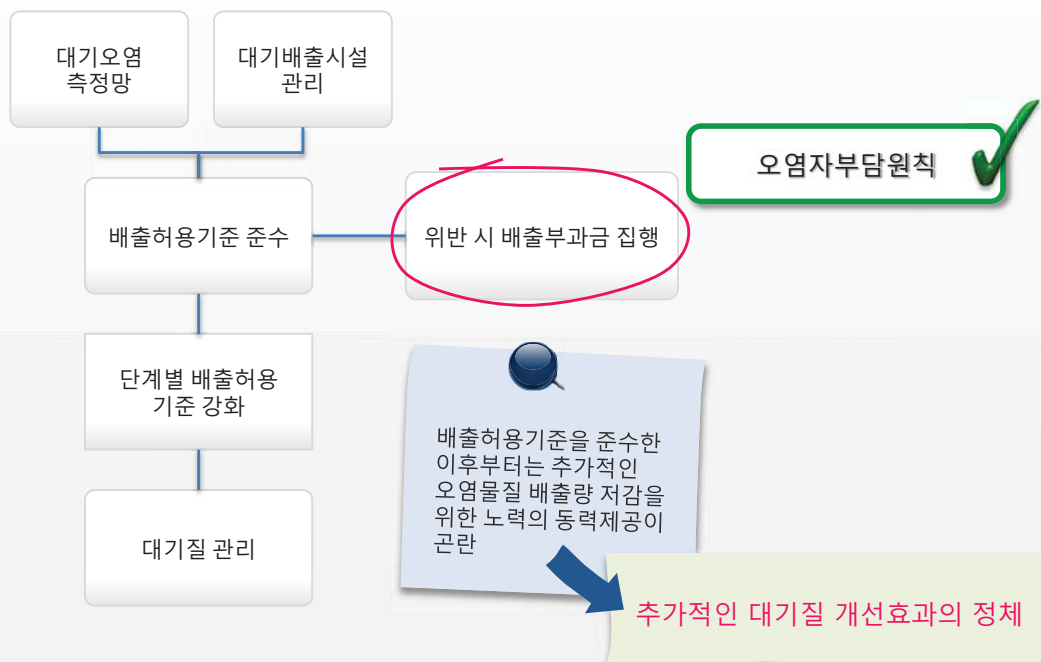


- 고농도 유해 대기오염물질에 의한 지역 원주민들의 피해
 - 울산, 온산산단 및 여천, 광양산단의 공해 피해로 주민 이주 실시
- 공업용지와 배후도시의 공간적 연계로 인해 주변 배후시설 이용자 및 거주민에 대한 부정적인 환경피해 영향
- 시화지역 악취 문제 및 구미, 청주, 화성 등에서의 유해화학물질 누출사고
- 당진제철, 당진화력, 서산 대산석유화학단지 주변 주민들의 민원 증가
 - 충남 서해안 청정지역으로 오염물질 유입 가능성 제기



- 산업경쟁력 약화와 지역공동체 분열
- 기업과 주민사회와의 상호신뢰성 하락

산업단지 대기오염관리 정책



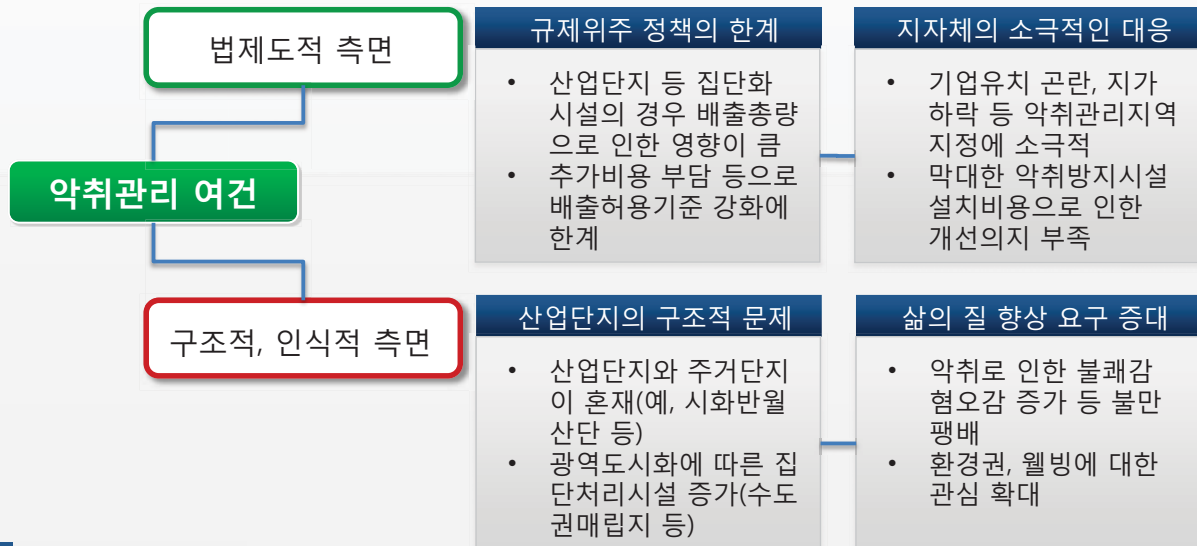
산업단지 악취관리 정책

▶ 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

산업단지 대기실태 현황 자료의 부족

- 대상지역의 심각성 인식과 대응을 위한 현황자료가 필수적임
- 산업단지의 대기오염 및 악취 현황을 설명하기 위한 자료가 부족
- 대기 및 악취오염 실태를 파악하기 위한 자동측정망을 운영

자동측정망의 산업단지평가의 한계

- 고가의 자동측정망 설치
- 측정항목은 PM₁₀, SO₂, NO₂, O₃, CO 등으로 산업단지 특성을 반영한 자료가 부족
- 정책방향을 설정을 위한 산업단지 내 측정소가 절대적으로 부족 (예, 시화산단, 울산산단 등 VOCs, 악취피해 특성 반영이 사실상 불가능)

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

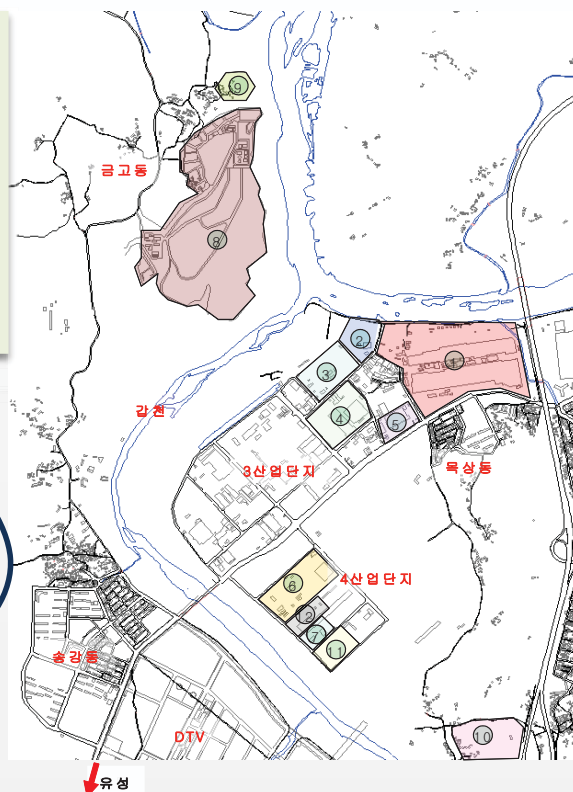


2 대전 대덕산업단지 사례

대전 대덕산업단지 현황

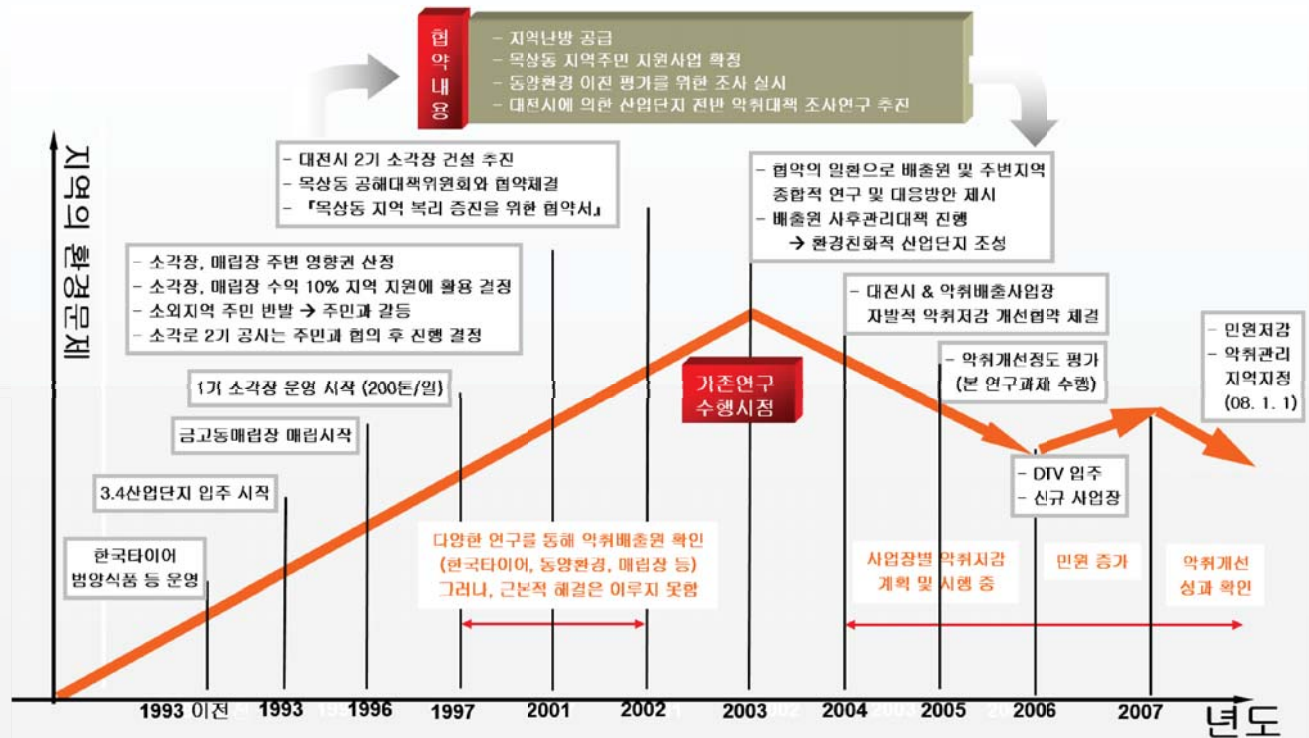
- 대덕산업단지의 가장 중요한 환경현안은 악취문제
- 주로 타이어, 제지, 폐기물처리업, 식품업종의 악취배출원이 다양하게 존재

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	2003년도	악취배출총량 증감 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
합 계 (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

배출원별 개선계획 및 평가대책

- 악취개선을 위한 자율
환경개선협약 체결
- 기업 환경평가제 실시

산업단지 환경관리 강화

- 지역주민과
환경파트너십 구축
- 악취 배출사업장
지속적인 관리

악취관련 시설 환경기술 지원

- 기업체 환경기술
지원
- 기업체 환경정보
제공 및 용자제도
홍보



악취관련 민원발생 감소

구 분		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
대전산업단지 지역		-	54	16	35	33	2	2
대덕산업 단지지역	목상동	39	37	27	5	2	2	1
	송강동	16	11	4	2	2	0	0
	소 계	55	48	31	7	4	2	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



15

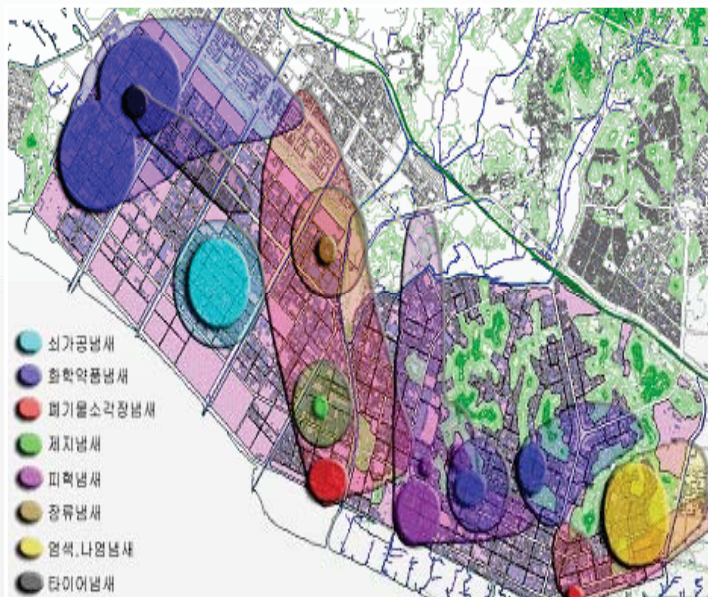
대전대학교 환경공학과

3

시화반월 산업단지 사례

시화반월 산업단지

시화반월공단 감지악취 종류



시화반월공단 청사진



16

대전대학교 환경공학과

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

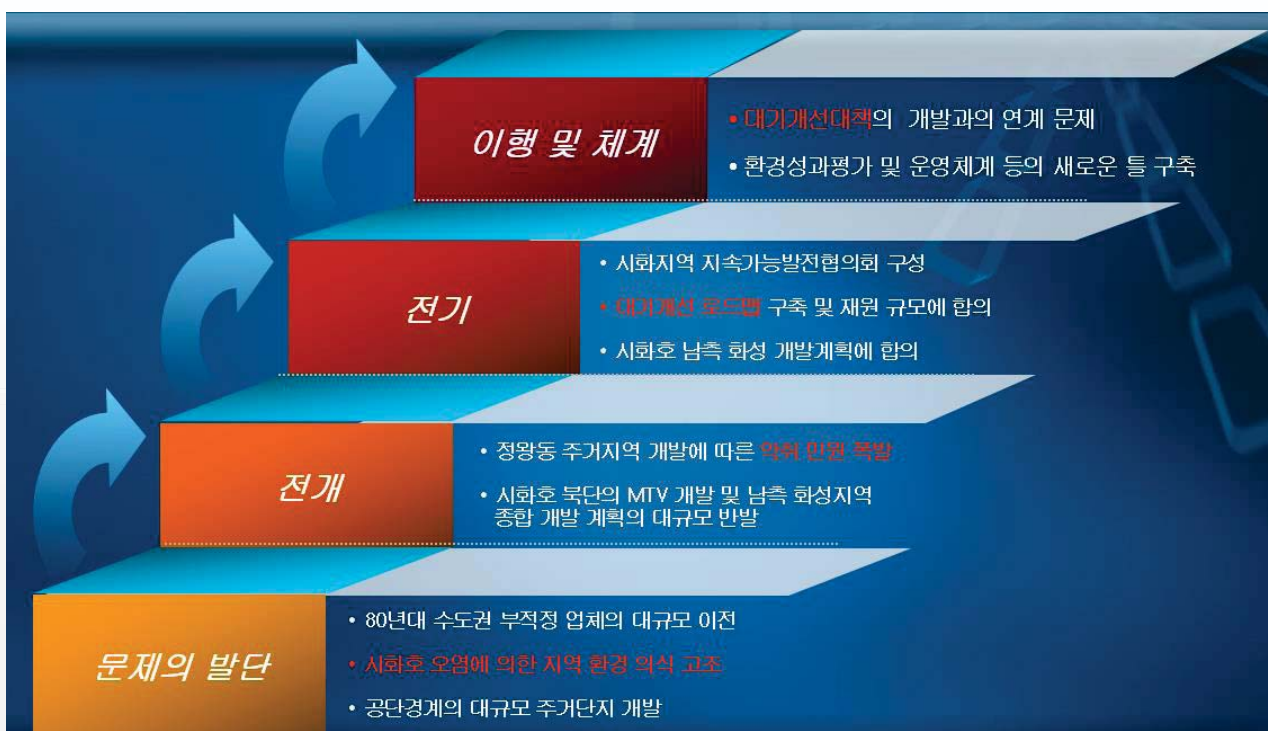
2 가동업체 현황

(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

시민사회단체

- 지역 환경개선 우선추진
- 기존 정부계획 전면 재검토
- 지역주민 의견 반영

정부(한국수자원공사)

- 일방적 추진의 한계
- 지역사회 합의 중요성 인식

민관 협의기구 필요성 공감

- 시민사회단체에서 정부에 강력 요구
- 정부 주관부서인 건교부에서 전격 수용

시화지역 지속가능발전협의회 구성

시화지역 지속가능 발전 협의회

협의회 구성

①

열린협의회

- 모든 정보의 공개, 합의에 의한 의사결정
- 시민단체 추천 전문가 참여를 통한 객관성 확보

②

반대인사 참여

- 반대측 참여 없이는 갈등 해소 불가
[시화호 연대회의에서 대표자 구성]

③

지역중심

- 지역단체, 지역인사 중심으로 구성
- 중앙정부의 역할은 합의 결과의 이행 보증

③

전제 없는 논의

- 기존 행정과정을 원점에서 논의

진
석
제
진

시화지역 배출업소 전수조사

99년 부터, 주민이 참여하는 시화지역 배출업소 전수조사 (1.5억 : 국비 30%, 시비 70%)



21 대전대학교 환경공학과

시흥시 악취모니터링 시스템

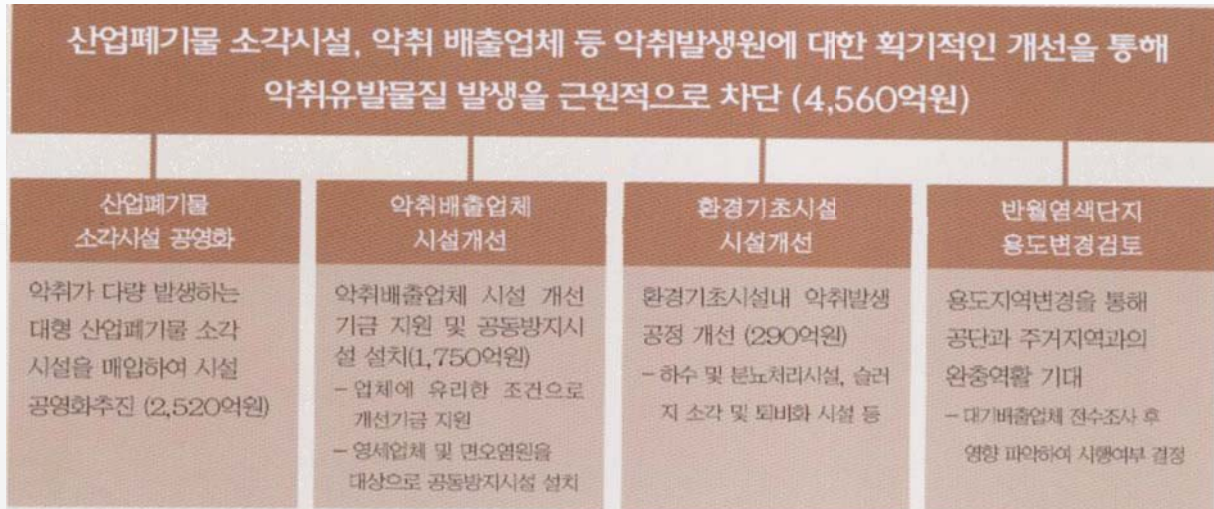
지역 주민이 스마트 폰 및 컴퓨터로 직접 참여하는 '시흥시 악취민원 접수 시스템'



22 대전대학교 환경공학과

시화지역 대기개선 로드맵

근원적 악취 저감 대책



대전 대덕산단 및 시화산단의 비교



CONTENTS

4

충청 서북부권 산업단지 및 청정지역의 사례

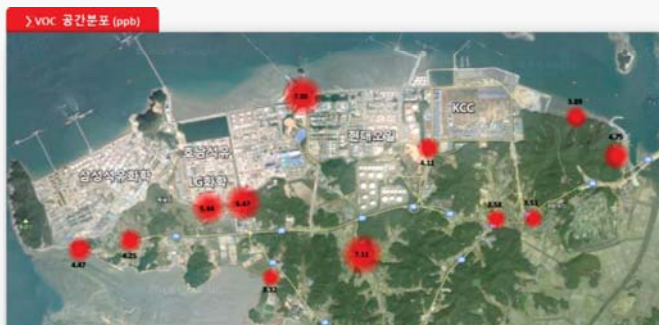
- 1) 서산 대산석유화학단지, 당진 제철단지, 청정지역에서 측정
- 2) 배경농도 파악의 중요성
- 3) 배경농도 파악을 위한 passive sampler의 활용
- 4) 청정공기 및 향기수목의 활용



4

충청 서북부권 산업단지 청정지역의 사례

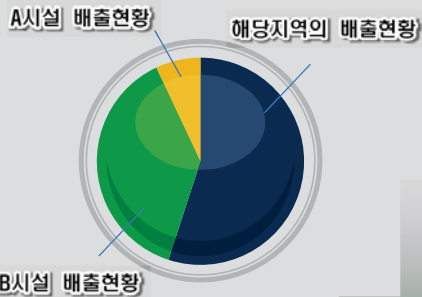
석유화학단지, 제철단지 SO₂, VOC, 중금속 측정 결과



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!!!

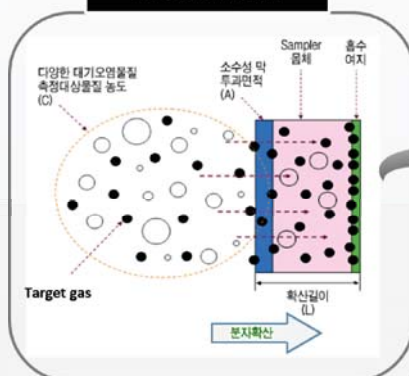


실질적인 대기질 배경농도 파악 !!

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



Passive Air sampler !!

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)



CO, NO₂, VOCs, NH₃



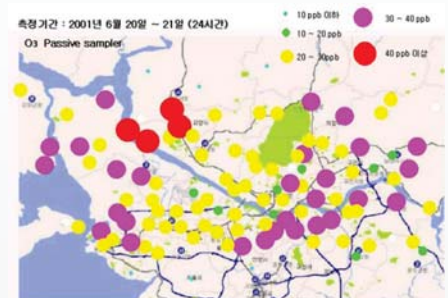
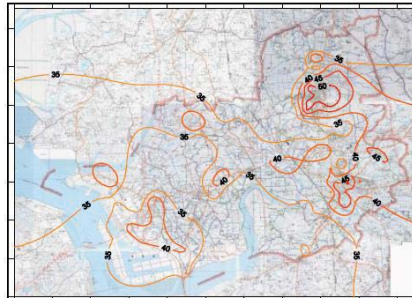
ORGANIC VAPOR MONITOR 3500 ETHYLENE OXIDE MONITOR 3550 FORMALDEHYDE MONITOR 3720 ORGANIC VAPOR MONITOR 3520 WITH BACK-UP SECTION



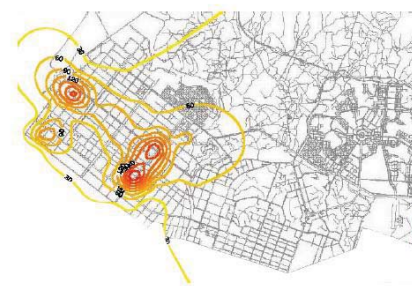
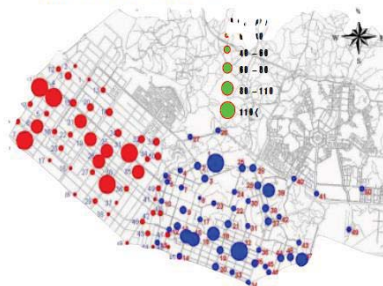
배경농도 파악을 위한 passive sampler의 활용

- 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 비오름과의 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



31

대전대학교 환경공학과

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

32

대전대학교 환경공학과

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 측정결과와 **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 !!

2013 BLUE SKY 프로젝트 (since 2005)

대전시민대기오염모니터링 조사자 모집

BLUE SKY 프로젝트 (since 2005)

**제9회
2013 대전시민대기오염
모니터링결과보고서**

한국가스공사
www.blueskykorea.org

2012 대전의 대기오염 지도

구분
 40ppb이상
 30ppb이상~40ppb미만
 20ppb이상~30ppb미만
 10ppb이상~20ppb미만
 10ppb미만

시민들과 함께 만드는 악취지도

시민이 함께 만드는 악취(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 교환



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

