충청남도 대기질 개선방안 마련을 위한 세미나

일시 : 2024년 9월 11일(수) 15:00

장소 : 충청남도청 문예회관 세미나실 106호

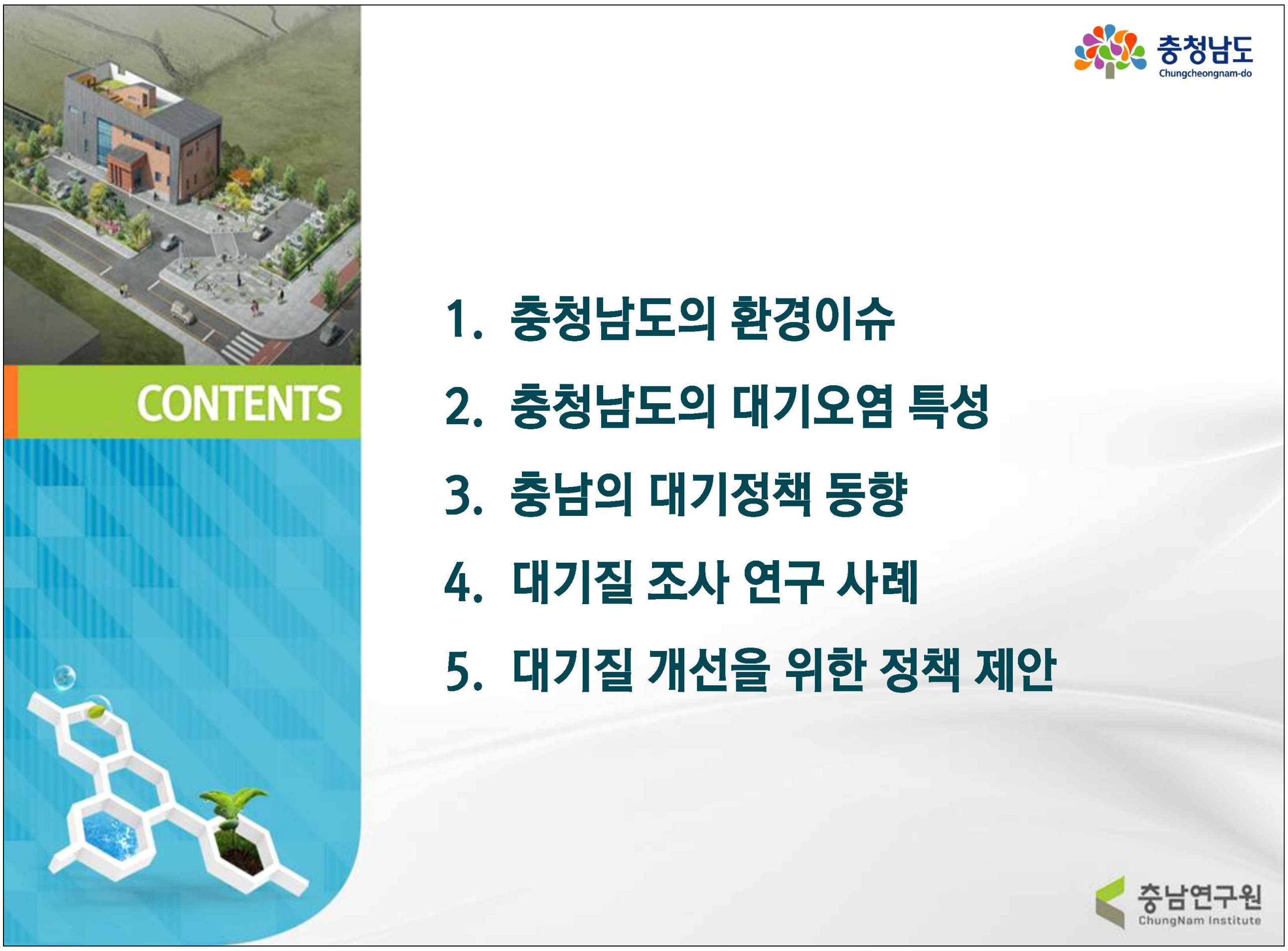
충청남도 Chungcheongnam-do
충남연구원 ChungNam Institute
환경부지정 충남녹색환경지원센터 Chung Nam Green Environment Center
한국대기환경학회 Korean Society for Atmospheric Environment

01.

충청남도의 대기질 개선 노력과 현실, 그리고 미래

김종범 책임연구원(충남연구원 기후변화대응연구센터)


충청남도
서해안 기후환경연구소
Seohaean Research Institute
충남연구원
ChungNam Institute
충청남도 대기질 개선방안 마련을 위한 세미나 / 충청남도청 문화예술회관 106호 / 2024. 09. 11(수)
충청남도의 대기질 개선 노력과 현실, 그리고 미래
김 종 범 책임연구원
〈충남연구원 서해안기후환경연구소〉


충청남도
Chungcheongnam-do
CONTENTS
1. 충청남도의 환경이슈
2. 충청남도의 대기오염 특성
3. 충남의 대기정책 동향
4. 대기질 조사 연구 사례
5. 대기질 개선을 위한 정책 제안
충남연구원
ChungNam Institute

1. 충청남도의 환경이슈

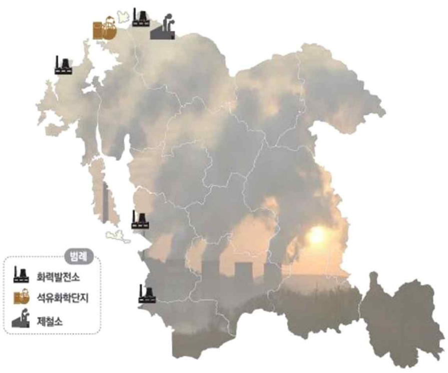
1. 충청남도의 환경이슈

충청남도

충청남도의 환경 이슈 : 편서풍 지대에 위치한 중국의 영향, 쉴 틈 없는 오염벨트 지역

□ 지리적 여건 : 중국발 미세먼지는 대륙고기압 중심이 남쪽으로 이동하거나 북서풍이 강할 때 국내 유입됨

□ 환경적 여건 : 석탄화력발전소(당진, 보령, 태안, 서천), 대산 석유화학단지, 현대제철소 등 다수의 대형배출시설 위치



1 지리적 영향 ➡ 편서풍 지대
장거리 이동 대기오염물질
중국발 황사의 영향

2 환경적 영향 ➡ 전국 석탄화력발전소의 ½ 위치
전국 3대 석유화학단지 위치
쉴 틈 없는 오염벨트(자체+외부영향)

3 끊임없는 사건사고와 보도자료 ➡ 산업단지 유증기 누출 등 지속적 화학사고
대기오염물질 배출급증(KORUS-AQ)
주민들의 우려와 정부에 대한 불신 증가

복합적인 환경문제 발생 ➡ 주민 건강 보호와 대기환경 개선을 위한 대기 관리 대책 마련이 시급

4/32

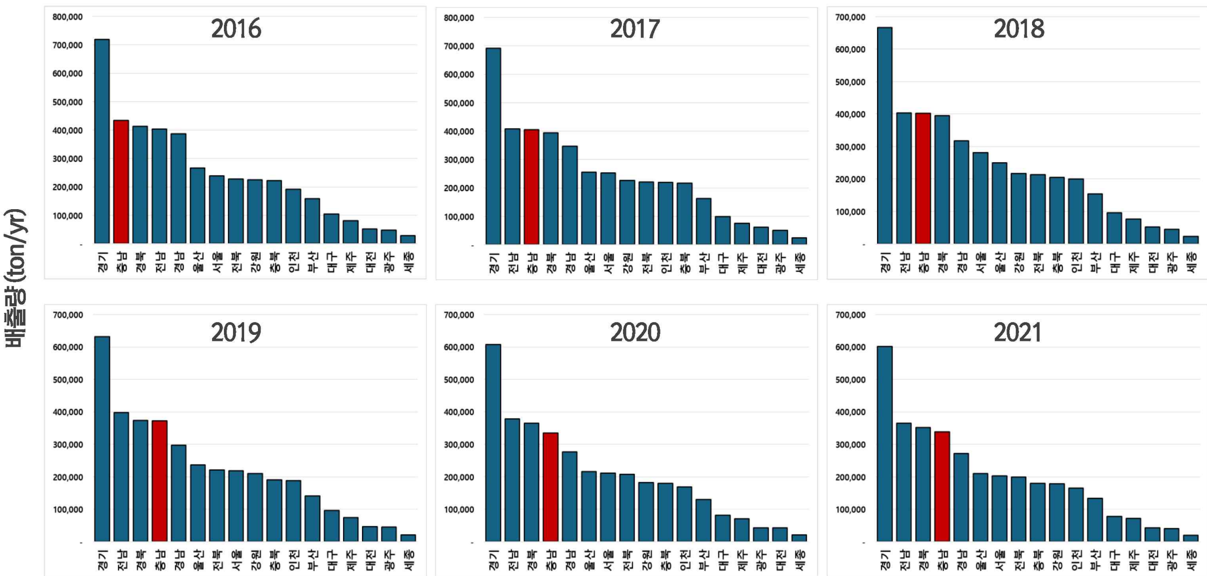
2. 충청남도의 대기오염 특성

2. 충청남도의 대기오염 특성

충청남도 Chungcheongnam-do

전국 대비 충청남도의 배출량 변화 추이

- □ 충청남도 배출량 순위 : 2위(2016년) → 3위(2017년) → 4위(2020년) / 2020년 이후 4위를 유지
- □ 전체배출량 변화 : 2016년 434,028톤 → 2021년 338,082톤 / 6년간 약 22.0% 감축

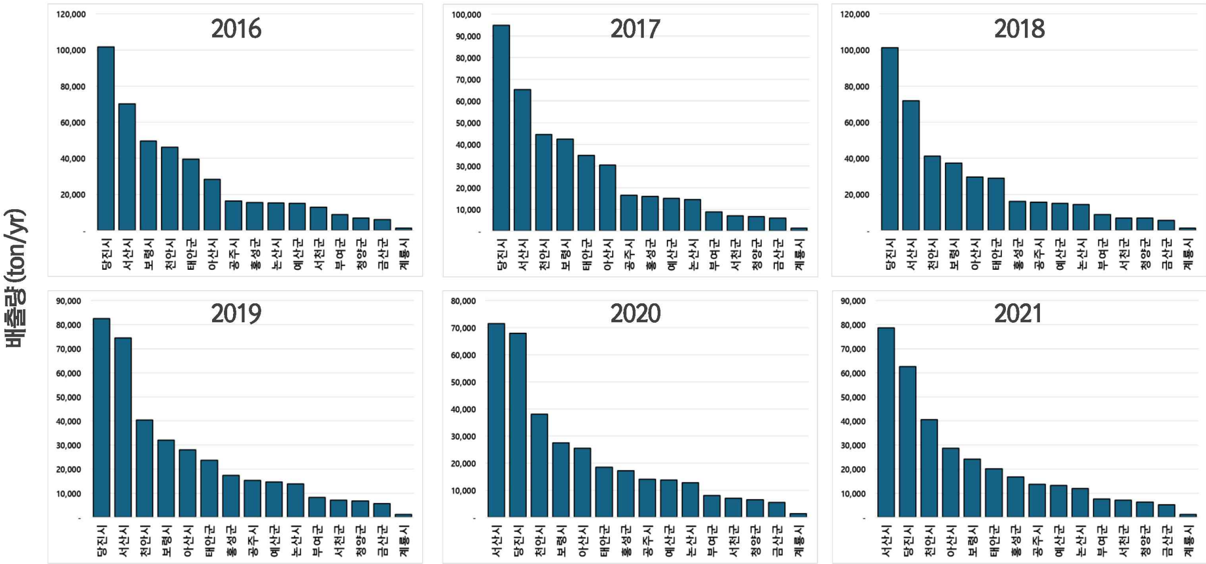


2. 충청남도의 대기오염 특성

충청남도 Chungcheongnam-do

시·군별 대기오염물질 배출량 변화 추이

☐ CAPSS 산정방법 변경 이후 당진시의 배출량 감소(원료사용에 대한 배출량 산정 제외)
☐ 지역내 배출량은 배출량 산정방식 이후 당진 → 서산으로 변경 / 2021년 기준 충남 서북부 4개 시가 배출량 1~4위
☐ 고려사항 : 서천군의 신서천 포함 전 자료, 시행계획에서 제외된 금산군의 경우 계룡보다 높음 배출량을 나타냄



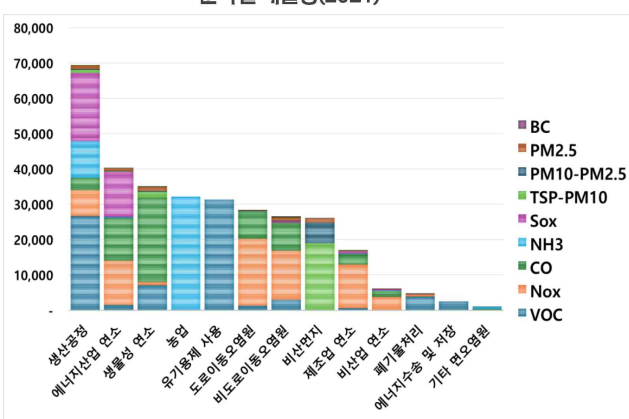
2. 충청남도의 대기오염 특성

충청남도 Chungcheongnam-do

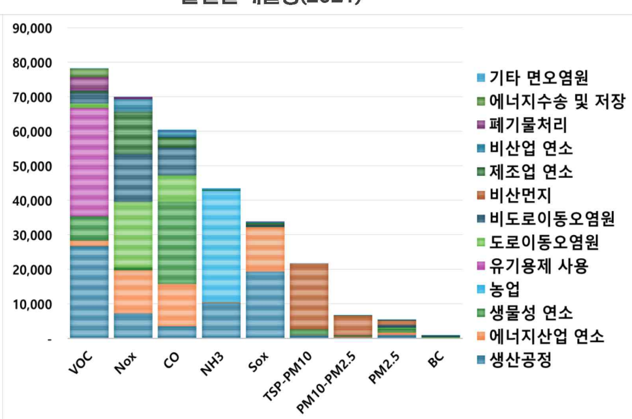
충청남도의 부문별, 오염물질별 배출특성 (CAPSS, 2021)

☐ 분야별 기여도 : 생산공정(21.6%) 〉 에너지산업연소(12.6%) 〉 생물성연소(11.0%) 〉 농업(10.1%) 〉 유기용제사용(9.8%)
☐ 에너지, 생산공정 + 농촌지역 + 도심지역 특성이 혼합되어 나타남
☐ 오염물질별 기여도 : VOCs(24.4%) 〉 NOx(21.8%) 〉 CO(18.9%) 〉 NH_3(13.6%) 〉 SOx(10.6%) 〉 TSP(10.5%)
☐ VOCs 중심의 연소분야 배출(VOCs, NOx, CO)과 화석연료 연소(SOx, CO), 농촌(NH_3, TSP) 관련 배출이 혼재

분야별 배출량(2021)



물질별 배출량(2021)



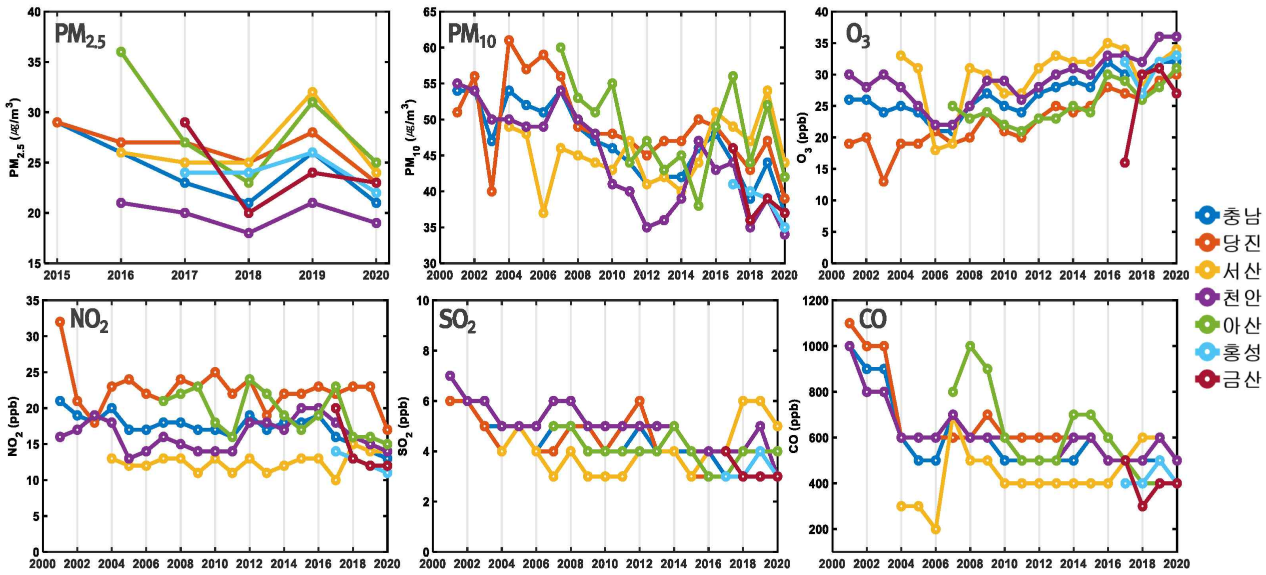
2. 충청남도의 대기오염 특성

충청남도

충청남도 대기오염물질 농도변화 추이

(자료 : 대기환경연보, 2023)

□ 대기환경기준 4종에 대하여 대부분 꾸준한 감소 추세 : PM_{10}, SO_2, CO, NO_2
□ $PM_{2.5}$ 소폭 감소, O_3은 전반적으로 증가추세
□ $PM_{2.5}$: 충청남도 평균농도 기준 천안시만 평균 이하, 서산〉아산〉당진 순으로 나타남, 대기관리권역법 외 지역인 금산 평균 이상

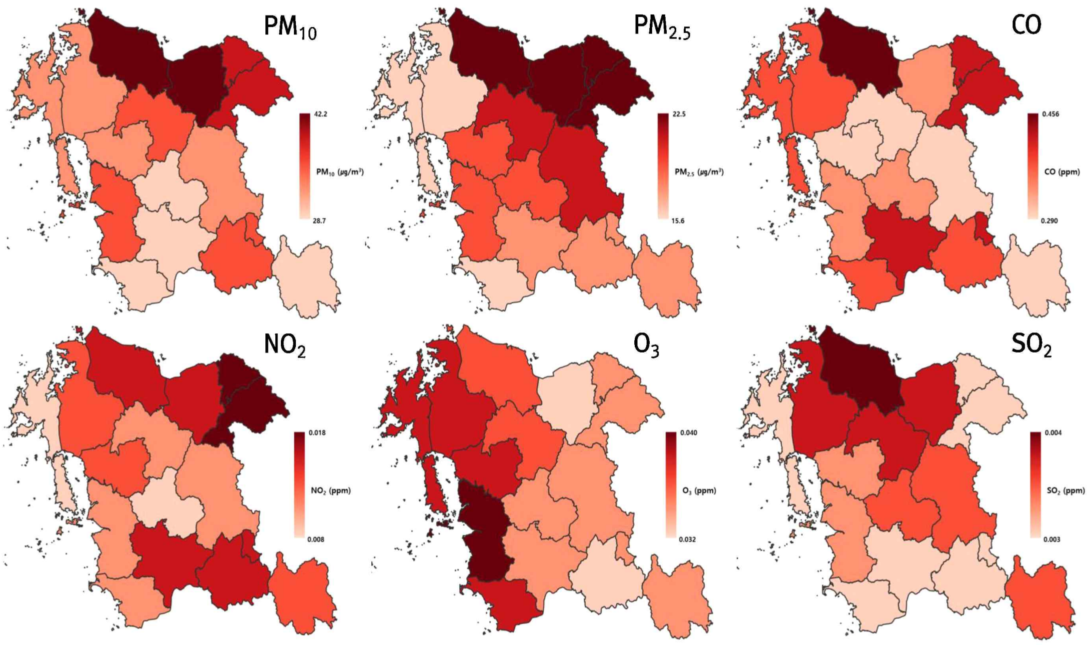


2. 충청남도의 대기오염 특성

충청남도

시·군별 대기오염물질 농도 특성 분석(2018~2021년 누적)

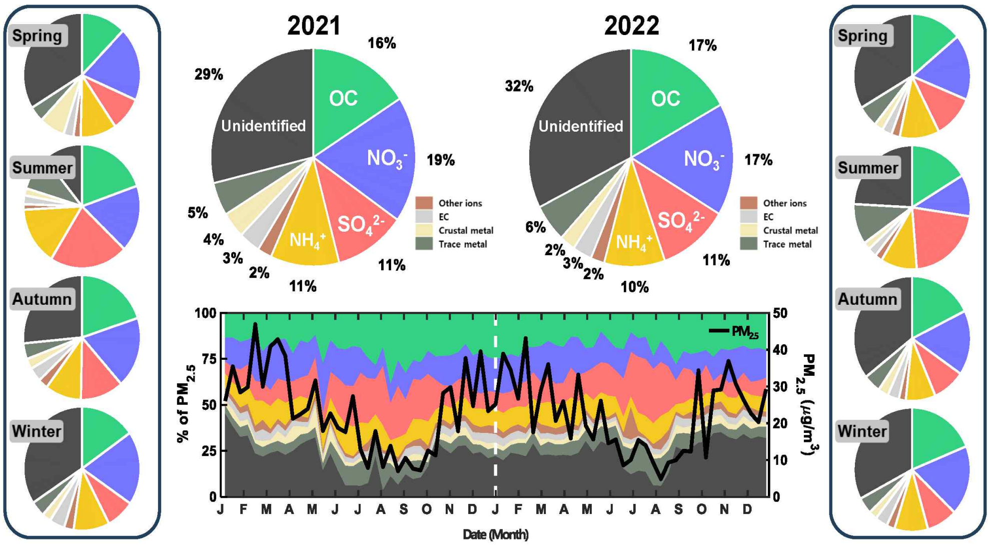
□ 기간 : 2018~2022년 (확정자료 중 최근 5년 자료) / 각 연도별 시·군의 모든 측정소의 평균값으로 표시
□ PM_{10} 및 $PM_{2.5}$: 당진, 아산, 천안의 농도 높음 / NO_2 : 천안 〉아산, 당진, 계룡, 부여, 논산 / O_3 : 보령 〉 태안, 당진, 홍성, 서천



2. 충청남도의 대기오염 특성

충남지역 $PM_{2.5}$의 농도 및 화학적 특성(충청권 대기환경연구소)

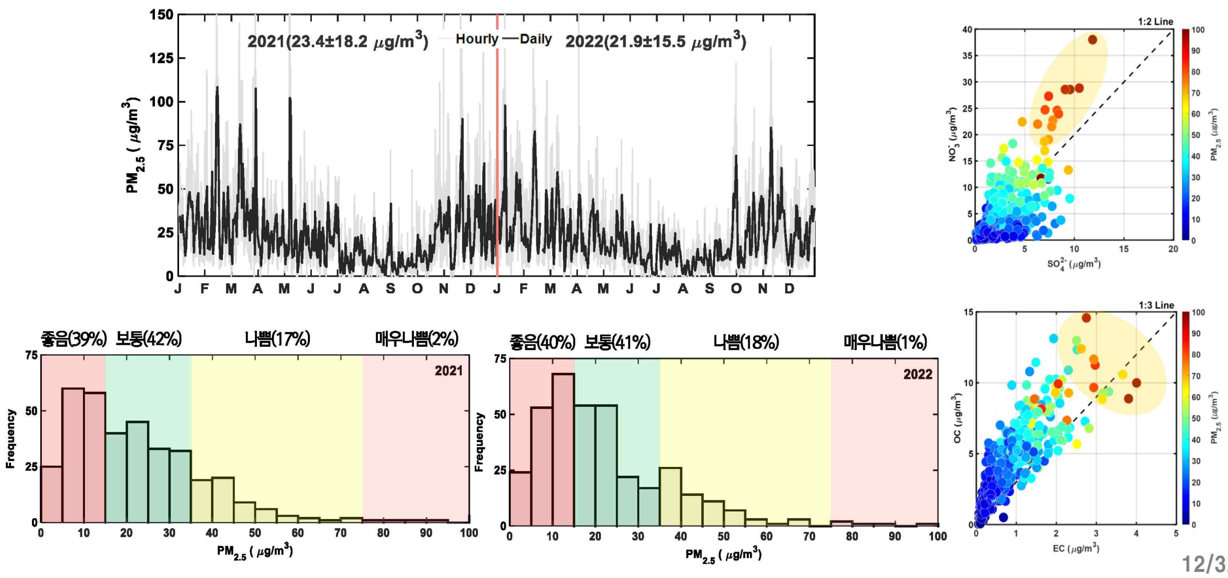
- □ 충청권 $PM_{2.5}$ 연평균 농도 : 23.4±22.3 ㎍/㎥로 서울보다 높고(21.8±17.7 ㎍/㎥), 경기보다는 낮음(26.4±22.7 ㎍/㎥)
- □ 전체 8,760시간 중 $PM_{2.5}$ 주의보 기준인 75 ㎍/㎥이상의 고농도 사례는 278시간(3.2%), 최대농도는 231 ㎍/㎥
- □ $PM_{2.5}$/PM_{10} 비율은 53.2% / OC 3.83 ㎍/㎥, EC 0.81 ㎍/㎥
- □ 성분별로는 질산염이 18.8%로 가장 높은 비율을 차지하였고, OC 16.0%, 황산염 11.2%, 암모늄 이온이 10.8%로 나타남



2. 충청남도의 대기오염 특성

충남지역 $PM_{2.5}$의 농도 및 화학적 특성(충청권 대기환경연구소)

- □ NO_3^-는 평상시 SO_4^{2-} 보다 2배 이상 존재하며, 고농도 $PM_{2.5}$(75㎍/㎥) 발생시 NO_3^-의 기여도가 더 커지는 것으로 나타남
- □ 충청권의 농업 및 축산활동의 영향으로 OC는 EC 보다 3배 이상 존재하며, 고농도 $PM_{2.5}$발생시 뚜렷한 차이가 나타나지 않음
- □ 일 평균 농도 75 ㎍/ ㎥ 이상인 고농도 사례는 봄철과 겨울철에 집중 발생
- □ 2년 동안 초미세먼지 대기환경기준의 비율(좋음, 보통, 나쁨, 매우나쁨)은 유사하게 나타남

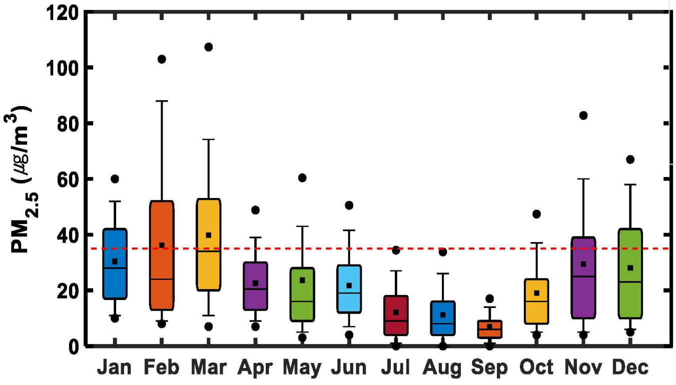


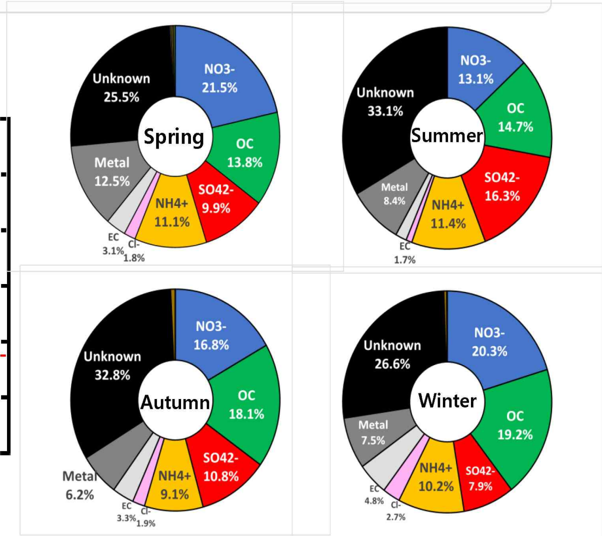
2. 충청남도의 대기오염 특성

충청남도

충남지역 $PM_{2.5}$의 농도 및 화학적 특성(충청권 대기환경연구소)

- ☐ 계절별로 1월부터 3월까지 증가, 4월~9월까지 감소 후 10월부터 다시 증가추세를 보임
- ☐ 대기환경기준을 초과하는 달은 2월과 3월
- ☐ 계절관리제가 10월부터 시작되야 하는 타당성의 근거자료
- ☐ 여름철을 제외하고 질산염이 가장 높은 비율을 보이고, 암모늄 이온과 황산염, OC가 계절별로 상이한 순위를 보임
- ☐ 타 지역 대비 Unknown의 비율이 높음 : 중국 등 장거리이동오염원에 의한 외부영향(해염입자 등)이 큰 것으로 판단됨





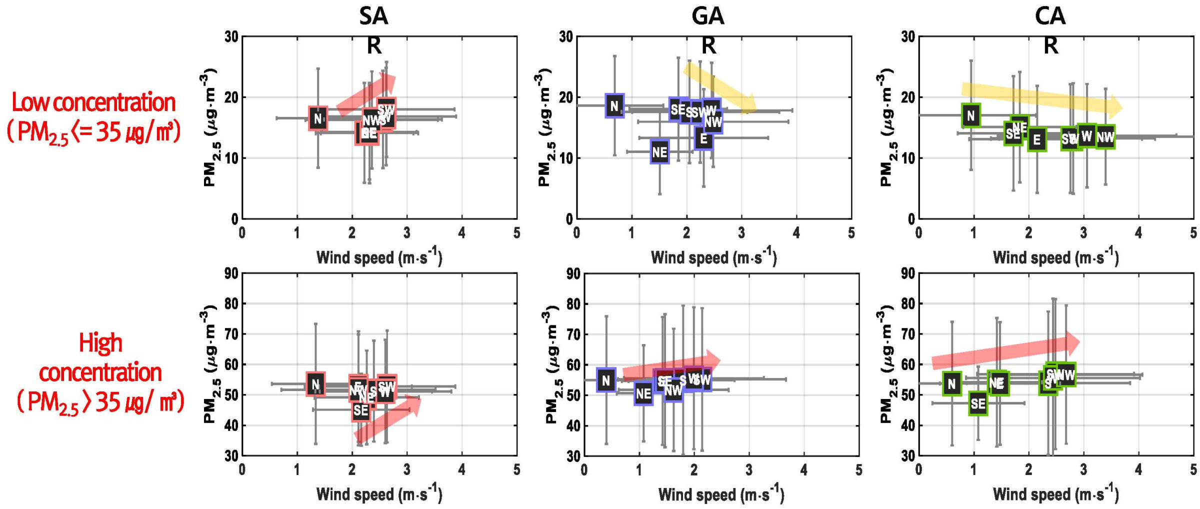
2. 충청남도의 대기오염 특성

충청남도

풍속에 따른 $PM_{2.5}$의 농도변화 특성 (서울, 경기, 충청권 자료 비교)

SA:수도권대기환경연구소
GA:경기권대기환경연구소
CA:충청권대기환경연구소

- ☐ 저농도일 경우 속도가 빨라질수록 $PM_{2.5}$ 농도 감소, 고농도일 경우 유속이 빠를수록 농도 증가 (전국 유사)
  - → 저농도 경우 오염물질을 주변으로 확산·희석시켜 농도를 감소시키는 역할을, 고농도시 오염물질(plume)을 주변으로 이동시켜 영향을 전가하는 역할을 함
- ☐ 혼잡도(밀집도)가 낮은 충청권에서 경기권, 수도권으로 가면서 유속의 범위가 더 넓게 나타남 → 고농도시 일정 규모 이하의 바람은 농도 희석효과가 낮고, 전파 역할

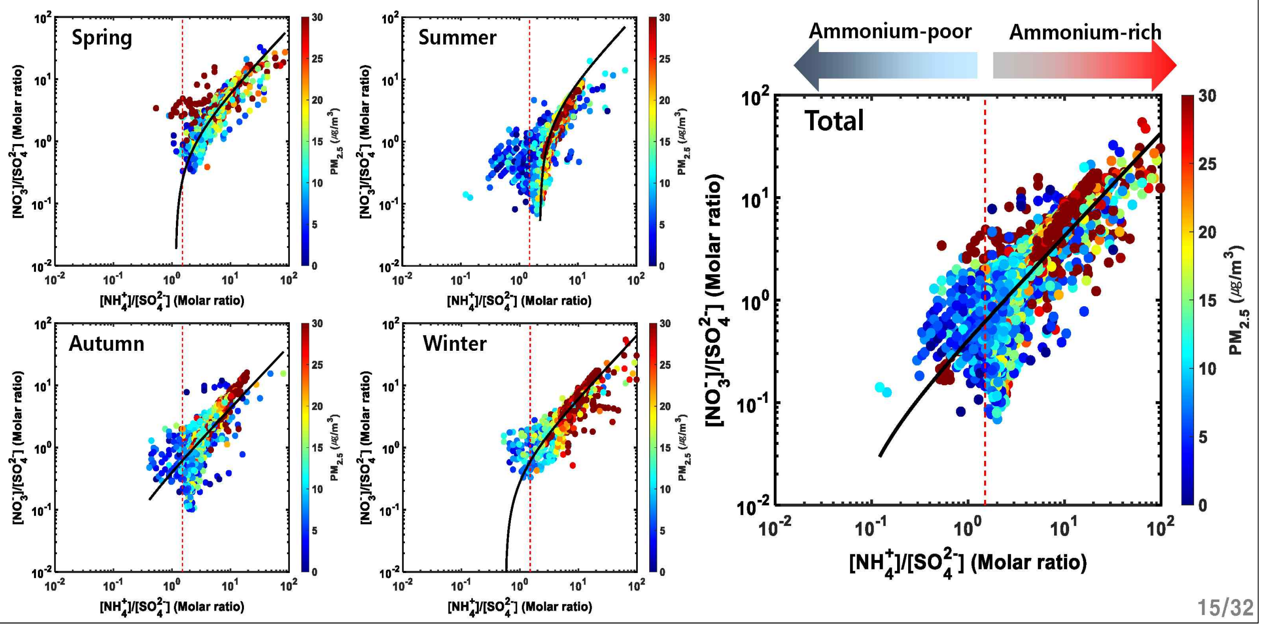


2. 충청남도의 대기오염 특성

충청남도 Chungcheongnam-do

계절별 NH_4^+, SO_4^{2-}, NO_3^- 평형에 따른 2차 미세먼지 생성 원인

- □ 충청권 암모니아 부유 조건 : 겨울철에 대한 영향이 크며, 여름철은 부족상태 (강수량 증가에 따른 암모니아 반응 기인)
- □ 암모니아가 황산과 먼저 반응 후 질산과 반응 : 겨울철 $PM_{2.5}$에 대한 영향 크게 나타남
- □ 풍부한 배출원(논밭, 산업단지) → 타 지역(서울, 경기) 대비 영향이 크게 나타남



15/32

3. 충남의 대기정책 동향

3. 충남의 대기정책 동향

충청남도 Chungcheongnam-do

대기관리권역법에 따른 중부권 내 편입

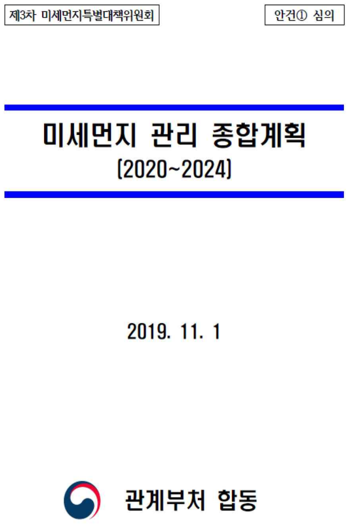
- □ 2016년 이후 고농도 미세먼지 발생 사례 증가 → 국민적 관심과 우려 증가 → 국가차원의 종합계획 수립
- □ 미세먼지 관리 종합계획(2020~2024) : 미세먼지특별법(2019) 및 대기관리권역법(2020) 수립
- □ 대기관리권역법 : 전국에 대해 권역을 수립하여 권역별 대기질 관리 기준 마련, 수도권 중심에서 **전국으로 관리권역 확대**

자료 : 에코타임즈(18.11.08)

자료 : 브릿지경제(18.05.02)

자료 : 뉴시스(18.06.18)

자료 : YTN사이언스(18.06.12)



제3차 미세먼지특별대책위원회

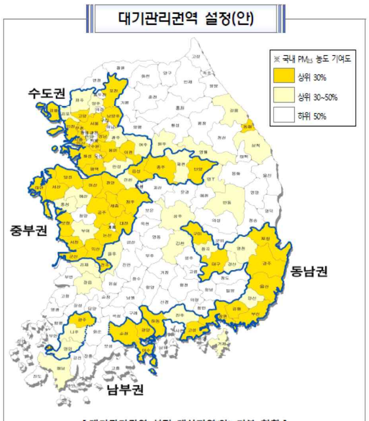
안건① 심의

미세먼지 관리 종합계획

(2020~2024)

2019. 11. 1

관계부처 합동



【 대기관리권역 설정 대상지역(안) 기본 현황 】

(%는 전국 대비)

	행정구역 (시·군 단위)	농도 기여율[1] (모델링 결과)	총량사업장 ('19년 기초조사)	특정경유차[2] ('19.10월 기준)	인구 ('18년)	국토 ('18년)
권역 전체	77개	82%	1,094개	85%	88%	38%
수도권	30개	21%	407개	44%	49%	9%
중부권	25개	31%	256개	14%	13%	14%
남부권	7개	10%	92개	5%	5%	4%
동남권	15개	20%	339개	22%	21%	11%

1) 초미세먼지 생성물질의 배출량, 기상 여건 등을 종합하여 국내 초미세먼지 농도에 미치는 영향 모델링

2) 권역 내 저공해 조치 대상이 되는 2005.12.31. 이전에 제작된 노후 경유자동차

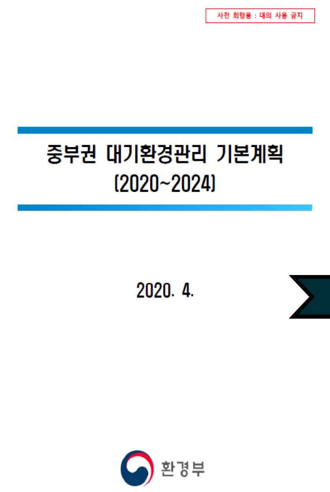
17/32

3. 충남의 대기정책 동향

충청남도 Chungcheongnam-do

충청남도 대기환경관리 시행계획(2020~2024) 수립 및 추진

- □ 미세먼지특별법(2020년), 대기관리권역법(2021년) 수립 → 지역별 맞춤형 정책 수립 제안(환경부)
- □ 충청남도 : 충청남도 대기환경관리 시행계획 수립 후 추진 중 (2020~2024) / 연단위 이행평가 수행
- □ 2단계 중부권 기본계획 목표 달성을 위한 "제2차 충청남도 대기환경관리 시행계획(2025~2029)" 수립 중



사전 회람용 : 대외 사용 금지

중부권 대기환경관리 기본계획

(2020~2024)

2020. 4.

환경부

발간등록번호

74-6440000-000424-01

충청남도 대기환경관리 시행계획

충청남도

제 2차 충청남도

대기환경관리 시행계획

18/32

3. 충남의 대기정책 동향

제1차 충청남도 대기환경관리 시행 계획(2020~2024)

(자료 : 충남 대기환경관리 시행계획(2020~2024), 2020)

☐ 비 전 : 깨끗한 공기, 푸른 하늘 더 행복한 충남!
☐ 목 표 : $PM_{2.5}$ 16 ㎍/㎥ (종합계획에 따라 강력한 계획 수립) / PM_{10} 34 ㎍/㎥ / NO_2 0.014 ppm / O_3 0.06 ppm
☐ 5대 전략, 14개 부문, 60개 과제 선정

제5장 충청남도 대기환경관리 시행계획 | 79

제 5장 충청남도 대기환경관리 시행계획

제 1 절 시행계획 수립에 따른 비전 및 목표 설정

충청남도 대기환경관리 시행계획

비전	깨끗한 공기, 푸른 하늘 더 행복한 충남 !
목표	$PM_{2.5}$ 16 ㎍/㎥, PM_{10} 34 ㎍/㎥, NO_2 0.014 ppm, O_3 0.06 ppm
5대 전략	14개 부문 60개 과제

1. 배출시설	1.1	발전소 시설관리	1.1.1 노후 석탄화력발전소 조기 폐쇄 1.1.2 노후 석탄화력발전소 가동중지 및 상한제약 1.1.3 석탄화력발전소 저탄장 및 회처리장 옥내화
	1.2	사업장 시설관리	1.2.1 사업장 총량관리제 권역 확대 (충청남도 내 145개 사업장) 1.2.2 사업장 배출허용기준 강화 및 NOx 배출관리 강화 1.2.3 대형배출시설 공공 주차시설 및 친환경 순환시스템 운영
	1.3	배출시설 모니터링 강화	1.3.1 TMS 대상시설 증대와 부착의무화 1.3.2 이동측정차량, OGI, 드론 등을 활용한 첨단관리시스템 구축
2. 도로이동 오염원	2.1	자동차 배출 관리감독 강화	2.1.1 제작차 배출허용기준 강화 2.1.2 노후경유차 조기 폐차 2.1.3 중대형 화물차 조기 폐차 확대 2.1.4 이륜차 배출허용기준 강화 2.1.5 노후 경유차 운행 제한 2.1.6 LPG 차량 규제 완화 2.1.7 제작차 배출허용기준 추가 강화 2.1.8 도로 살수시스템(클린로드) 구축 2.1.9 타이어 마모등급제 시행
	2.2	저공해 자동차 전환	2.2.1 어린이 통학차량 LPG차 전환 2.2.2 전기 이륜차 보급 확대 2.2.3 친환경차량 인프라 구축 2.2.4 1톤 화물차 LPG 교체 지원 2.2.5 친환경자동차 보급 확대 2.2.6 공공기관 친환경차 의무구매 비율 상향
	2.3	친환경 대중교통 인프라 구축	2.3.1 대도시권 노선버스 CNG버스 교체 2.3.2 공공자전거 및 자전거 전용도로 확보 2.3.3 수소, 전기버스, 전기트럭 보급 확대 2.3.4 자동차 배기가스 규제지역(LEZ) 시행

80 | 충청남도 미세먼지 · 대기환경관리 시행계획 수립

3. 비도로 이동오염원	3.1	노후 기계관리	3.1.1 노후 건설기계 PM, NOx 동시저감장치 부착 3.1.2 노후 건설기계 DPF 부착 3.1.3 노후 건설기계 엔진 교체 3.1.4 농기계 조기 폐차 3.1.5 농기계 매연저감장치(DPF) 부착지원
	3.2	선박(항만) 관리	3.2.1 선박 연료유 황함유량 기준 강화 3.2.2 황산화물 배출규제지역 지정 3.2.3 선박 육상전원 공급장치 확충
4. 생활오염원	4.1	생활권 환경개선	4.1.1 생활주변 저NOx 보일러 설치지원 및 관리 확대 4.1.2 옥상녹지화 지원 4.1.3 도료 VOCs 함량 제한 및 수성도료 사용 확대 4.1.4 나대지 정비사업 4.1.5 주유소 유증기 관리 4.1.6 도시생태숲 및 바람길 조성
	4.2	생활권 도로 및 사업장 관리	4.2.1 도로청소차량 보급 확대 4.2.2 4,5종 사업장 배출 DB 구축 및 환경관리자 교육 의무화 4.2.3 4,5종 사업장 배출저감시설 설치 지원 4.2.4 도로설계기준 및 집중관리도로 설정 4.2.5 도심 악취시설에 대한 방지시설 설치 의무화 4.2.6 축산시설 밀폐화 및 악취저감시설 지원
	4.3	생활권 비산먼지 관리	4.3.1 건설현장 비산먼지 배출 저감 4.3.2 비산먼지 발생사업장 관리대상 확대 4.3.3 노천소각 방지 및 지도점검
5. 정책기반 강화 및 국민소통 · 참여 확대	5.1	주민 눈높이 정보제공/생산	5.1.1 찾아가는 환경교육 활성화 5.1.2 대형배출시설 연계 현장방문형 환경교육 개발 5.1.3 환경지킴이 육성 및 현장지원 조례 제안
	5.2	주민 참여유도	5.2.1 충청남도 미세먼지 대토론회 개최 5.2.2 도민참여 미세먼지 제거방안 콘테스트 5.2.3 지역 민감감시단 역량 강화 5.2.4 대형시설 맞춤형 대기측정소 운영조례 개발 및 시범운영
	5.3	유관기관 협력체계 구축	5.3.1 국가주도 R&D 사업 유치 및 활동 5.3.2 대기환경 전문학술대회 유치 5.3.3 지역 거점 미세먼지 연구추진단 운영

연단위 이행평가 수행 중

19/32

3. 충남의 대기정책 동향

제1차 중부권 기본계획 추진 실적

(자료 : 금강유역환경청, 2023)

☐ 시행계획에 대한 이행평가 결과 : VOC(97~99%)를 제외한 4개 물질 목표 초과 달성
☐ 2022년 기준 $PM_{2.5}$ 농도 19 ㎍/㎥로 대전(17 ㎍/㎥), 세종 (18 ㎍/㎥)에 전북과 함께 공동3위, 충북 20 ㎍/㎥
☐ 도로/배출시설관리 분야 추진 실적 우수, 비도로와 생활오염원 관리에서 목표 달성 실패 → 미비 분야 추가삭감 노력 필요

충청남도	2020	2021	2022
$PM_{2.5}$	116%	112%	116%
PM_{10}	127%	119%	127%
Nox	182%	149%	131%
Sox	202%	163%	126%
VOCs	97%	99%	99%

20/32

3. 충남의 대기정책 동향

충청남도
Chungcheongnam-do

제1차 중부권 기본계획 추진 실적

□ 2020년 → 2022년으로 갈수록 달성율이 낮아짐 : 사업초기 초과달성율 높음
□ 달성율 : 배출시설 〉 도로 〉 비도로 〉 생활 → 대형배출시설의 감축 노력 높음, TMS 기준 최근 6년간 50% 수준 감축
□ 부문별 미달성 원인 (이행평가 보고서)
- 배출시설 : 노후 석탄화력발전소 가동중지 및 상한제약 대책의 실적 부진
- 도로 : 제작차 및 이륜차 배출허용기준 강화 대책의 실적 부진
- 비도로 : 노후건설기계 엔진교체, 노후 농기계 조기폐차 대책 등의 실적 부진
- 생활 : 비산먼지 발생사업 관리대상 확대, 가정용 Nox보일러 보급사업 및 주유소 유증기 관리대책 실적 부진

→ 계획수립시 현실성 있는 사업물량 산정 및 수요에 따른 물량 조정 필요

배출시설	PM_{10}	$PM_{2.5}$	Nox	Sox	VOCs
2020	119%	128%	193%	209%	100%
2021	111%	114%	157%	168%	101%
2022	115%	122%	140%%	127%	100%

도로	PM_{10}	$PM_{2.5}$	Nox	Sox	VOCs
2020	194%	132%	49%	100%	122%
2021	359%	361%	81%	200%	267%
2022	442%	444%	66%	400%	289%

비도로	PM_{10}	$PM_{2.5}$	Nox	Sox	VOCs
2020	150%	150%	209%	101%	92%
2021	105%	106%	131%	100%	102%
2022	82%	81%	113%	101%	85%

생활	PM_{10}	$PM_{2.5}$	Nox	Sox	VOCs
2020	99%	100%	129%	-	93%
2021	98%	99%	88%	-	89%
2022	99%	100%	76%	-	92%

21/32

4. 대기질 조사 연구 사례

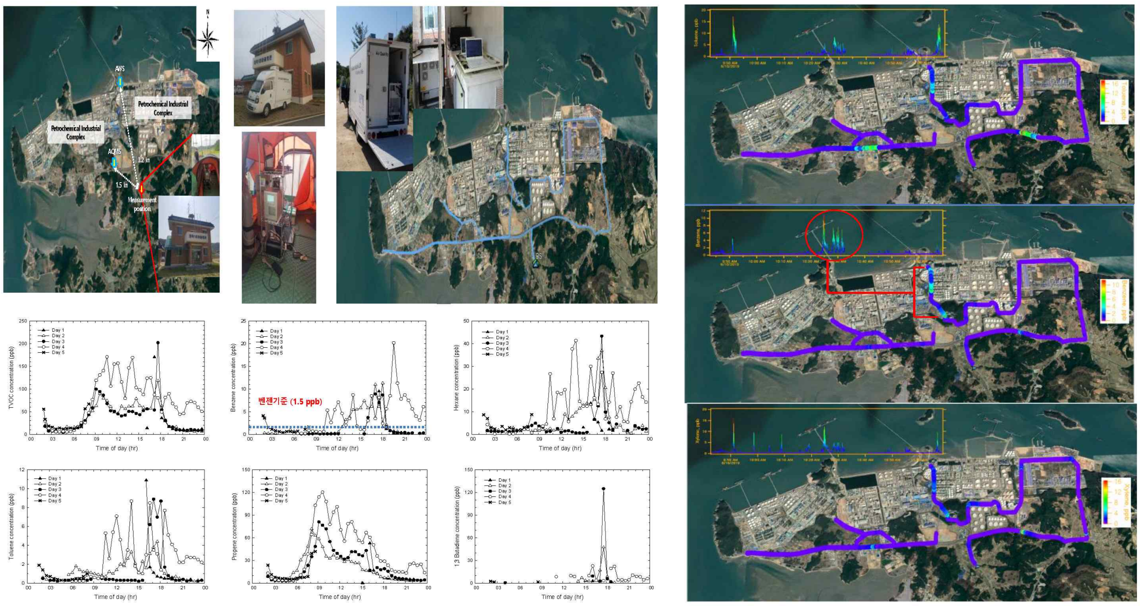
4. 대기질 조사 연구 사례

충청남도 Chungcheongnam-do

석유화학단지 모니터링 및 우심지역(Hot-spot) 선정

자료 : 김종범 등 (2021) KOSAE 37(5), 812-828

- □ 이동측정차량에 실시간 측정장비를 장착하여 이동관측 수행
- □ 측정대상 : 대산석유화학단지 / 측정항목 : PM, BC, VOCs, 풍향, 풍속 (24시간 연속측정)
- □ 측정결과 3개 지역에서 우심지역 선정, 수년간 2개 지역에서 지속적인 고농도 관측 → **고농도지역 배출공정조사 및 개선필요**



23/32

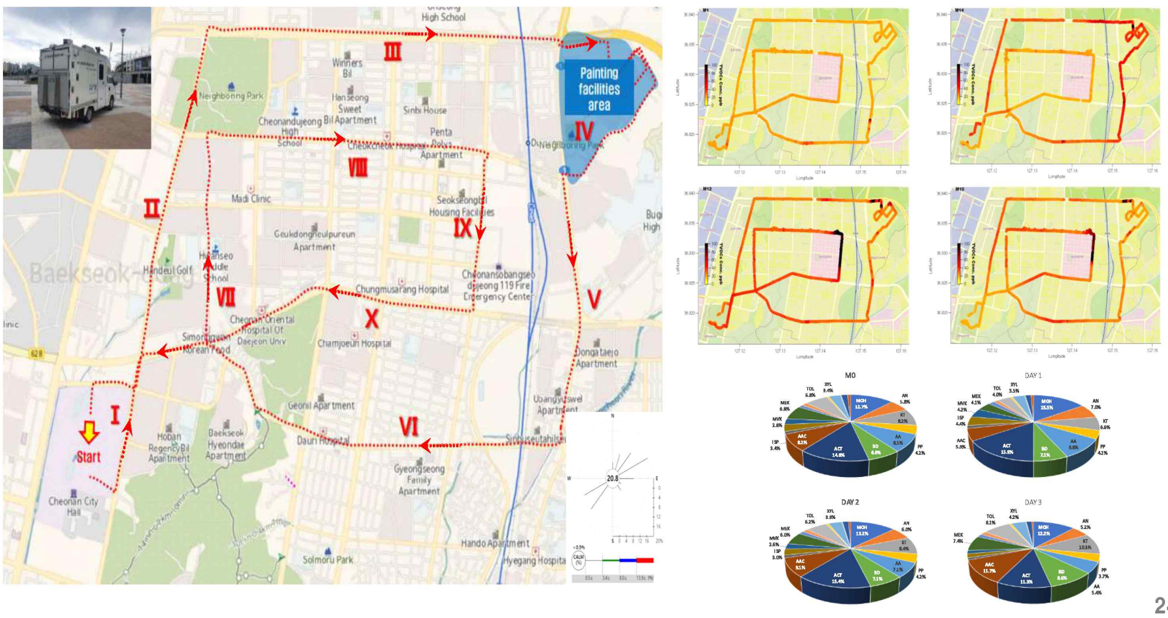
4. 대기질 조사 연구 사례

충청남도 Chungcheongnam-do

도장시설 밀집지역 오염도 조사

자료 : 이가혜 등 (2021) KOSAE 38(5), 687-701

- □ 도장시설 밀집지역과 주변지역에 대한 영향 조사
- □ 측정대상 : 천안시 두정동 인근 / 측정항목 : VOCs (18종)
- □ 측정결과 도장시설보다 주변 교통 밀집지역에 대한 VOCs 농도 높음 → **도로변 교통량 분산 및 배출된 오염물질 희석방안 필요**



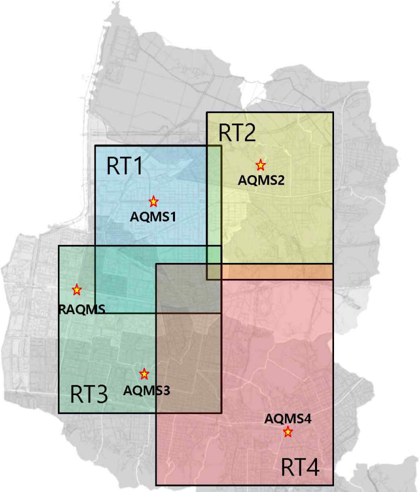
24/32

4. 대기질 조사 연구 사례

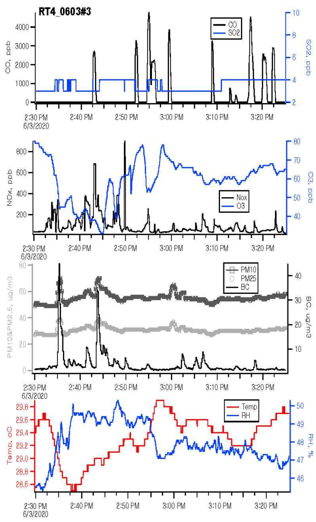
도로변 오염도 분석을 통한 우심지역 선정 및 도로 교통량 분석정책 지원

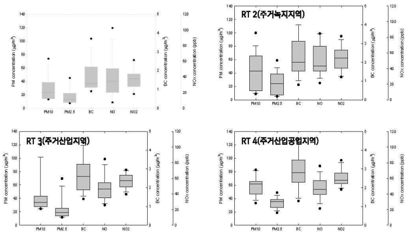
자료 : 김종범 등 (2021) PAR 17(1), 9-20

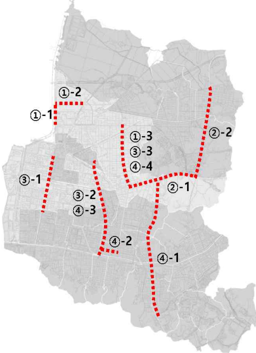
☐ 도심지역을 4개 권역으로 할당 / 구역별로 이동측정차량을 활용하여 도로변 오염도 조사
☐ 대상지역 : 부천이 주요 도로 / 측정항목 : PM, NOx, BC, CO
☐ 4개 권역에 대해 고농도 오염도로를 선정 → **주요도로에 대한 교통량 분석 및 친환경버스 우선교체 요청**

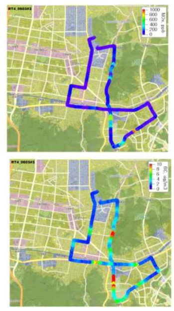


- AQMS 1 : Nae-dong (ND)
- AQMS 2 : Ojeing-dong (OJ)
- AQMS 3 : jung2-dong (J2)
- AQMS 4 : Sosabon-dong (SS)
- RAQMS : Sonnae-daero (SN)









4. 대기질 조사 연구 사례

소형선박의 대기오염물질 배출특성 조사

자료 : 김민수 등 (2022) KOSAE 38(2), 258-268

☐ 전국 등록선박이 95% 이상이 100톤 이하 소형 선박이나 대기오염물질 배출 규제 없음 : 100톤 이상 130 kw 이상이 대상
☐ 측정대상 : 10톤 이하 소형선박(어선) / 측정항목 : CO, CO_2, O_2, NOx, SOx, PM, VOCs, NH_3, 수분 등
☐ CAPSS 비교 배출량 22배 높음 / 운전조건에 따라 최대/최저 배출간 10배 차이 → **실측기반 모니터링과 배출관리 필요**

rpm (engine loading)	650 (35%)	950 (50%)	1200 (63%)	1400 (75%)	1500 (80%)	1700 (90%)	1900 (100%)	Break time	1900 (100%)	1700 (90%)	1500 (80%)	1400 (75%)	1200 (62%)	950 (50%)	650 (35%)
Speed (knot)	5	7	9	12	12	15	17		17	15	13	12	10	7	4
Fuel consumption (L/hr)	2.5	4	8	9.5	11.5	16	22.5		20	16	12	9.5	7.5	3.5	3

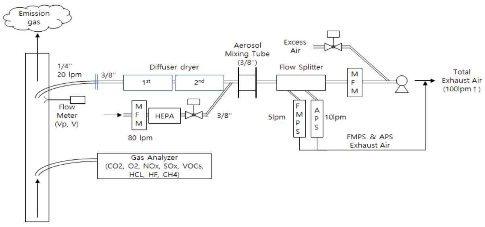


Table 3. Estimated NOx emission factor suggested in this study.

	650 rpm	950 rpm	1,200 rpm	1,400 rpm	1,500 rpm	1,700 rpm	1,900 rpm
Fuel consumption (kg/year)	86.7	118.3	244.4	299.6	370.5	504.6	670.14
NOx emission (kg/year)	14,747	15,178	15,496	15,757	7,924	9,865	10,765
EF (kg/ton)	170.0	182.3	63.4	52.6	21.4	19.6	16.1

Table 4. Summary of NOx estimated by non-road mobile source in ChungNam. (unit: ton/year)

Source	Non-road mobile source (CAPSS, 2019)	Ship (CAPSS, 2019)	Small ship (CAPSS, 2019)	Small ship (this study)
Emission	15,716	6,509	192	4,238

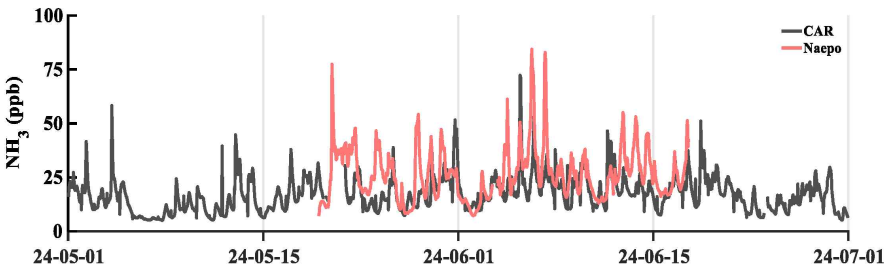
4. 대기질 조사 연구 사례

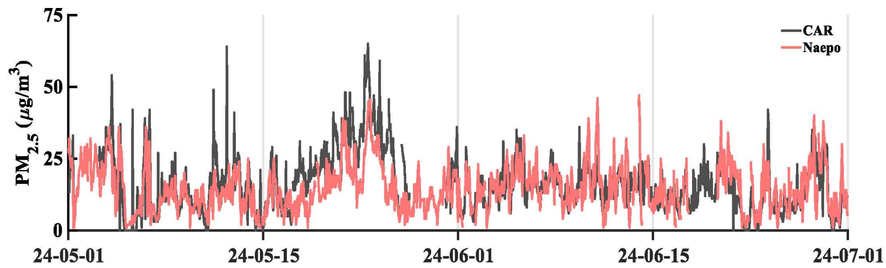
충청남도 Chungcheongnam-do

교외지역 NH_3 모니터링

자료 : 저자 작성 (추가 분석 진행중)

□ NH_3 현황 파악을 위해 내포신도시 지역 집중 측정 실시/ 측정기간 동안 서산 충청권 대기환경연구소(CAR) 자료와 비교
□ NH_3 평균 농도: **26.6±12.3 ppb(내포), 19.5±8.1 ppb(서산)**, $PM_{2.5}$ 평균 농도: **14.6±8.2(내포), 16.2±10.1 ppb(서산)**
□ $PM_{2.5}$ 농도는 비슷하나 NH_3 농도가 내포에 서 약 1.4배 높음 → **내포지역 $PM_{2.5}$의 생성은 2차 생성에 영향 多**





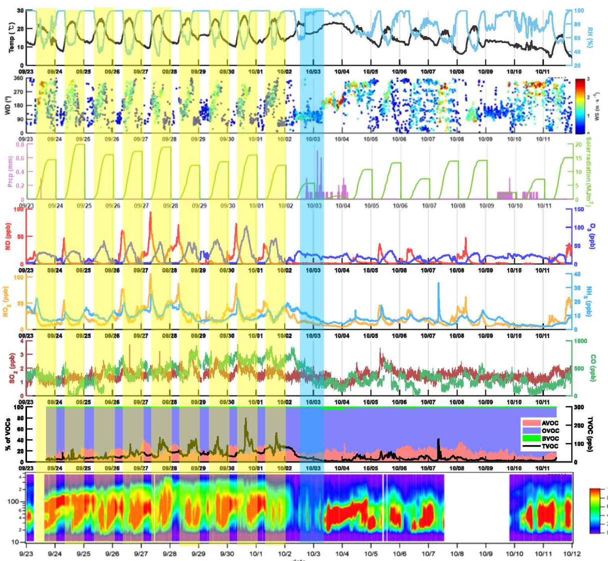
4. 대기질 조사 연구 사례

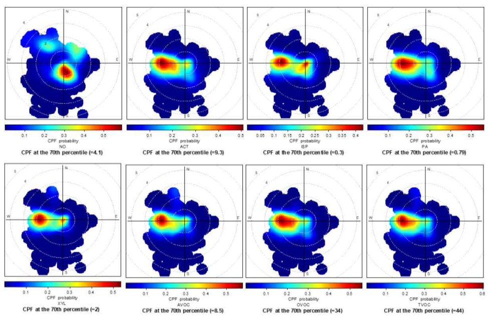
충청남도 Chungcheongnam-do

O_3 전구물질에 대한 생성과 반응특성 조사

자료 : 신수현 등 (2024) JEAHT 27(1), 14-28

□ 최근 지속적으로 증가 중인 O_3에 대해 O_3 및 그 전구물질 반응특성 조사
□ 측정대상 : 경기도 내 VOCs 배출량 2위인 시화·안산 산업단지 / 측정항목 : O_3, NOx, VOCs, WD, RH, SR 등
□ 생성과정에서 전무물질에 대한 반응 확인 / 양의 상관성 : 기온, XYL, ACT, ISP, PA / 음의 상관성 : 습도, TMB, NO
□ 국외에서 개발된 오존생성지수의 국내 적용 어려움 → **국내 O_3 생성과 전구물질간 반응특성 분석 및 맞춤형 정책 수립 필요**





5. 대기질 개선을 위한 정책 제안

5. 대기질 개선을 위한 정책 제안

충청남도
Chungcheongnam-do

□ VOCs에 대한 배출량 관리 및 개선정책 수립 필요
- 지역별 : 서산(36.0%) 〉 천안(16.5%) 〉 아산(13.9%) 〉 당진(11.9%)
- 부문별 : 유기용제사용(40.2%) 〉 생산공정(34.3%) 〉 생물성연소(9.1%)
→ 서북부 4개시에 대한 산업부문 관리와 생활권 배출원(세탁, 도로포장, 인쇄) 관리 필요

□ 대도시(천안, 아산)에 대한 도로 배출원 관리와 교통량 분산정책 추진 필요
- VOCs 농도 : 도장시설 밀집지역 《 도로변 오염도
→ 교통혼잡지역에 대한 도로오염도 조사 및 교통량 분석, 친환경교통 우선 교체 등 필요

□ 고농도 오염지역에 대한 집중관리구역 선정 및 세부지원 사업 발굴
- 환경취약계층(어린이, 노약자) 밀집 지역에 대한 집중관리구역 선정 필요
- 시범사업(천안,아산) 추진, But 세부지원사업 미비로 효율성 낮음 **→ 신규산업 발굴 필요**

□ 지역 맞춤형 비상저감조치와 계절관리제 개발 및 추진
- 대도시 위주로 수립된 정책에 따라 충남도에 대한 개선효과 미비 및 지역주민 불편 발생
→ 지역현황파악 및 효과적인 저감대책 수립 후 추진 필요

30/32

5. 대기질 개선을 위한 정책 제안

충청남도

□ $PM_{2.5}$에 대한 2차 생성영향 조사 및 개선노력 필요
- 발전소 및 산업시설 등 대형배출시설의 장기적인 개선노력 : BACT 적용, 공정개선 등
- $PM_{2.5}$ 농도 감소 추세, 그러나 최근 몇년간 정체 : 1차 배출원에 대한 감소효과 최대
- 개선효과 증대를 위해 2차 생성물질에 대한 관리정책 필요

→ 2차 생성 전구물질에 대한 조사(NOx, SOx, NH_3) 및 분석을 통한 관리정책 수립 필요

□ 2차 생성 오염물질에 대한 관리로 대기질 개선정책 전환
- 특히 최근 지속적인 증가를 보이고 있는 O_3에 대한 관리 필요
- 국외에서 개발된 POCP 등은 국내 적용시 실효성 낮음

→ O_3 전구물질(NOx, VOCs, hv)에 대한 조사와 반응 특성 조사 추진 필요

□ 누락 배출원에 대한 관심과 관리방안 마련 필요
- 소형선박(국내 등록선박의 95%)에 대한 관리 정책 부재
- 활동도 기반 산정방법에서 실측 및 모니터링을 통한 배출량 산정 및 방지기술 적용 필요

→ 환경부, 해수부 등 유관기관 건의를 통한 배출량 산정방법 개정과 방지시설 지원사업 추진

31/32

충청남도
서해안 기후환경연구소
Seohaean Research Institute

감사합니다

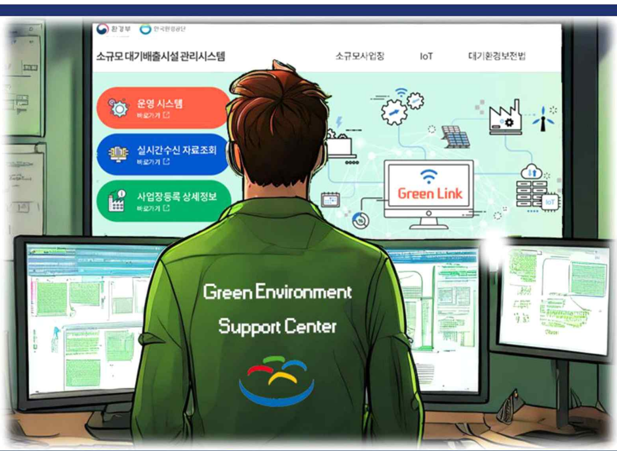
Chungnam Institute

충남연구원
ChungNam Institute

02.

충청남도 소규모사업장 배출오염물질 관리 현황 및 향후 방향

김영준 기업지원팀장(충남녹색환경지원센터)



충청남도 소규모사업장 배출오염물질 관리 현황 및 향후 방향

충남녹색환경지원센터
김영준

발표순서

1. 충청남도 배출사업장 현황 및 보조금 지원사업
2. 소규모 사업장 배출오염물질 관리 사례
3. 충청남도 소규모사업장 관리방향

충남녹색환경지원센터 소개

23년 사업실적

연구 사업

- 사업비/사업건수 : 총 4건(고유사업(2), 수탁(2))
- 기초조사 1건, 정책 3건

목표대비 200% 달성 — 목표달성

환경 교육

- 사업비/사업건수 : 0.62억 / 특별교육 1회, 전문교육 23회, 시민교육 11회 총 35건
- 홍보(13건), 협약(3건), **교육수료자 : 4,311명**
- 수상경력 : 환경보전 유공자 충청남도 교육감 표창 ('23. 6. 9, 교육팀장)

목표대비 304% 달성 — 목표달성

기업 지원

- 사업비/사업건수 : 2.37억 / 총364개 업체
- 소규모사업장 컨설팅(방지시설 설치지원 및 사후관리, 민원사업장 환경 컨설팅, 관련기관 협력사업 등)
- 수상경력 : 환경부 장관 표창('23. 12. 7, 기업지원팀장)

목표대비 149% 달성 — 목표달성

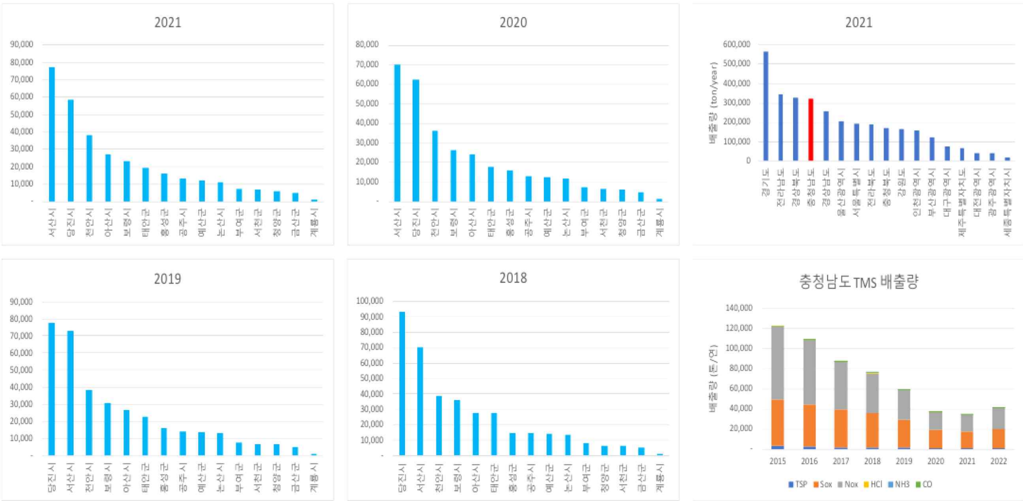
3

1. 충청남도 산업시설 현황

충청남도 산업시설 현황

배출량 현황

- 충청남도의 연도별 · 시군별 대기오염물질 배출량 변화 추이
- 2016년 전국 2위 → 2020년 **전국 4위로 단계 하락, 2021년도 4위 유지**
- 배출량 감소 추세 : 2016년 대비 2021년 34.6%로 **전국 최대 배출량 저감 지역** (2위 경남 30.6%, 3위 경북 30.5%)
- 지속적인 감축 노력과 제조업 부문 배출량 산정방법 변경으로 당진 배출량 감축, **서산이 1위**로 위치 변경



5

충청남도 산업시설 현황

충청남도 산업시설 현황

지자체명	1종	2종	3종	4종	5종	합계
계룡시	2	1		9	15	27
공주시	4	17	10	54	125	210
금산군	13	4	8	72	190	287
논산시	12	13	24	165	548	762
당진시	79	49	34	184	344	690
보령시	13	14	9	73	96	205
부여군	8	6	10	37	104	165
서산시	119	22	19	76	113	349
서천군	13	13	7	30	125	188
아산시	63	56	35	267	429	850
예산군	9	8	14	88	121	240
천안시	54	72	41	424	757	1,348
청양군	11	15	2	20	27	75
태안군	5	1	2	17	33	58
홍성군	6	7	8	50	62	133
총합계	411	298	223	**1,566**	**3,089**	5,587

공공데이터포털(2021년 기준자료)

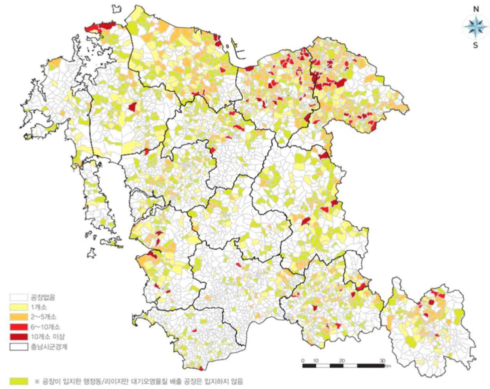
➢ **전체 사업장 대비 4~5종 사업장 비율 83%**

6

충청남도 산업시설 현황

충청남도 산업시설 현황

- 시 : 8개
- 군 : 7개
- 읍 : 25개
- 면 : 46개
- 동(행정) : 46개
- 면적 : 8,245.54㎢



- 충남 전체 대기오염물질 배출 공장이 입지한 행정동/리는 4,417 개소 중 985개소(22.3%)이며 해당 지역에 전체인구의 49.6%가 거주함
- 특히 천안시(69.8%), 보령시(64.4%), 당진시(63.6%)는 인구의 과반수 이상이 대기오염물질 배출 공장이 입지한 행정동/리에 거주

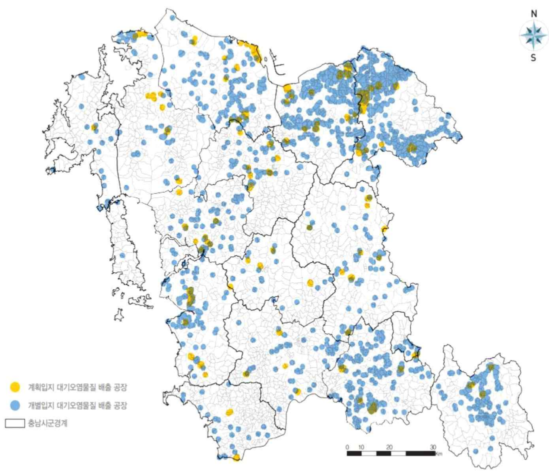
전체사업장 비율의 83% 차지

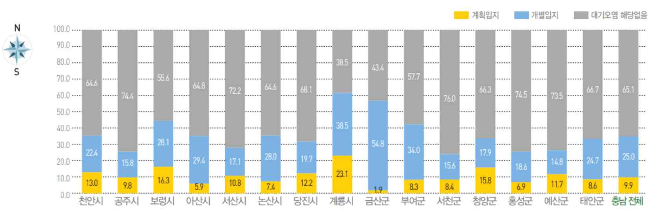
- 충청남도 주요 VOCs 배출사업장(도장, 자동차공업사, 세탁)은 601개소
- 다수의 소형 배출사업장은 주거지역 주변에 위치

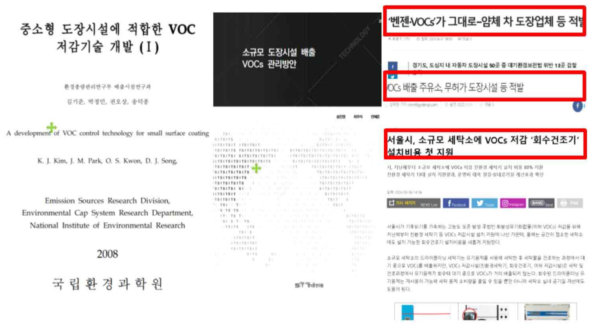
7

충청남도 산업시설 현황

충청남도 산업시설 현황







전체사업장 비율의 83% 차지

- 충남 전체 제조업공장 8,029개소 중 대기오염물질 배출공장 34.9% (계획입지 9.9%, 개별입지 25.0%)
- 충청남도 주요 VOCs 배출사업장(도장 및 피막처리업, 자동차공업사, 세탁업)은 604개소
- 대형배출사업장과 다르게 다수의 소형 배출사업장은 주거지역 주변에 위치

8

충청남도 산업시설 현황

산업시설 적발사업장 현황

지자체명	대상사업장	위반건수	적발률
대구광역시	2,107	485	23%
인천광역시	3,149	504	16%
광주광역시	1,022	183	18%
대구광역시	806	97	12%
울산광역시	969	167	17%
세종특별자치시	270	47	17%
경기도	15,954	3,430	21%
강원특별자치도	1,513	311	21%
충청북도	2,998	387	13%
충청남도	2,214	663	30%
전북특별자치도	2,155	431	20%
전라남도	2,217	365	16%
경상북도	3,554	782	22%
경상남도	4,695	713	15%
제주특별자치도	498	81	16%

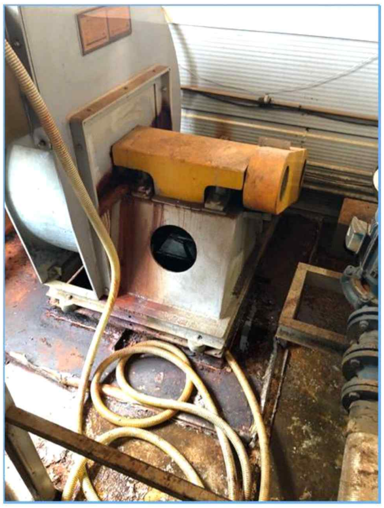
참고 : 환경부 내부자료(2023)

- 전국 오염물질 배출사업장 **적발률 1위**
- 특히 소규모 사업장 환경관리 미흡

9

충청남도 산업시설 현황

산업시설 적발사업장 현황



10

충청남도 산입시설 현황

필더 미장착 관리상태 부실

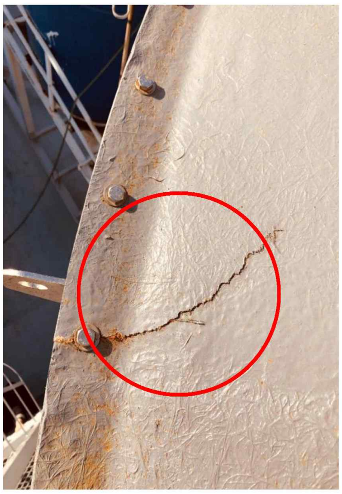




11

충청남도 산입시설 현황

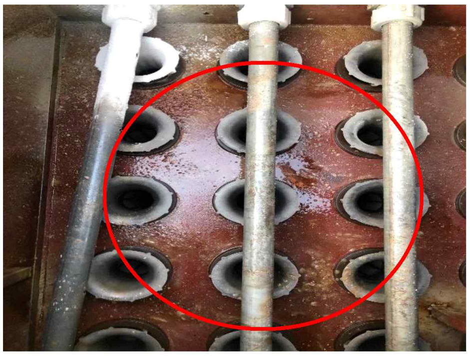
부분파손



12

충청남도 산업시설 현황

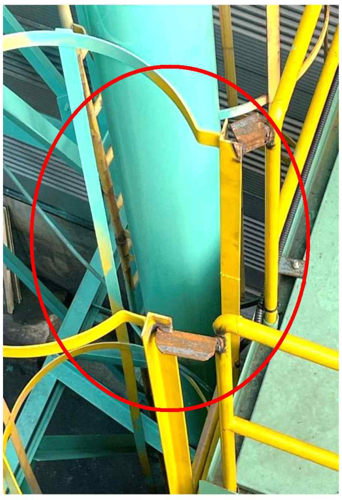
시설 유격 여과필터 막힘



13

충청남도 산업시설 현황

시설고정 불량



14

충청남도 산업시설 현황

측정공






15

충청남도 산업시설 현황

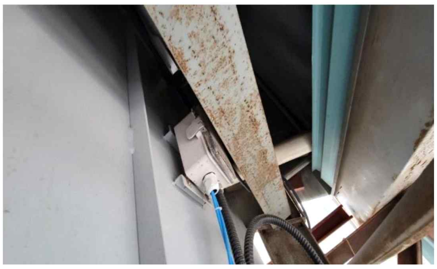
이음부 실링

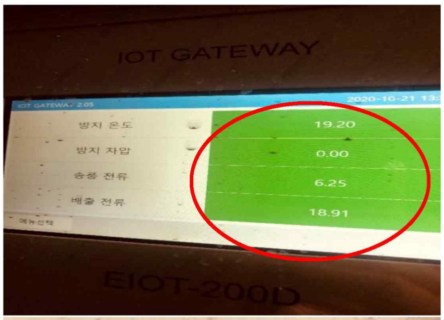


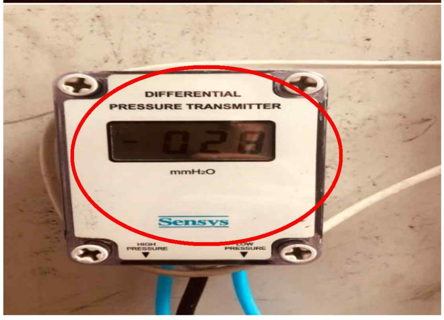
16

충청남도 산업시설 현황

IOT 설비 부착위치 및 가동



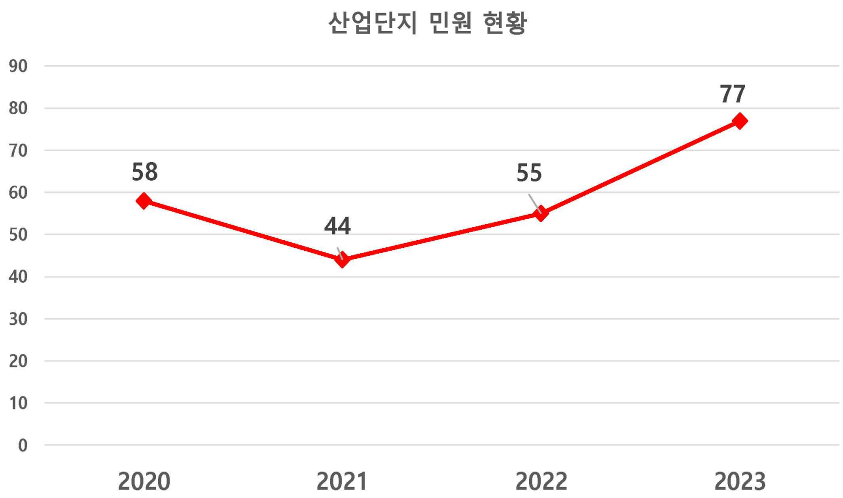




17

1. 사업장 관리 현황(민원)

산업악취 민원현황



- 1~2종 사업장 대상(충청남도 관할)
- 3~5종 사업장 제외

18

2. 소규모 사업장 배출오염물질 관리사례

소규모 사업장 배출오염물질 관리사례

보조금지원사업 개요

➢ 목 적 : 「대기환경보전법」(이하 “대기법”이라 한다) 제81조의 규정에 따라 ‘미세먼지’ 등 대기환경개선을 위하여 추진하는「소규모 사업장 방지시설 설치지원」사업 추진에 필요한 보조금의 효율적인 사용과 관리를 위한 사항을 규정

➢ ’24년 소규모 사업장 방지시설 설치 지원 사업계획 (전체)

- 사 업 비 : 980,400백만원
- 사업방식 : 지자체 자본보조
- 예산부담 : 국비 50%, 지방비 40%, 자부담 10%

➢ 보조사업 수행기관

- 환경부 : 사업 추진방향 설정, 사업관리 및 예산편성 등
- 유역·지방환경관서 : 보조금 교부, 집행사항 관리 및 정산 등
- 지자체 : 수요조사, 예산 및 보조금 신청, 예산집행, 사업 추진사항 관리, 정산자료 제출 등

※ 지자체장은 전문기관(지역 녹색환경지원센터 등)에 기술자문 가능

20

소규모 사업장 배출오염물질 관리사례

지원대상 및 지원조건

➢ 지원대상 :「중소기업기본법」시행령 제3조제1항에 따른 중·소기업

- 「대기환경보전법」시행령 제13조에 따른 4·5종 사업장(예산 여건에 따라 1~3종 중 중소기업 지원 가능)
- 지역단위 악취개선 시범사업의 지역 내「 악취방지법 시행규칙 」별표2에 따른 악취배출시설

➢ 우선(사업장당 1개 배출구에 연결된 방지시설 설치 지원을 원칙으로 하며 사업 예산이 충분한 경우 추가 지원 가능)

➢ 지원 미세먼지 발생 및 원인물질(먼지, SOx, NOx), 특정대기유해물질 배출 사업장

- 10년 이상 노후 방지시설 운영 사업장
- 주거지 등 인근에 위치한 민원 유발 사업장
- 「대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법」에 따른 대기관리권역에 위치한 사업장
- 산업단지 등 사업장 밀집지역에 소재한 사업장
- 공동 방지시설을 설치하는 사업장
- 2020년 배출허용기준 강화에 따라 방지시설 개선이 필요한 사업장
- 「환경오염시설의 통합관리에 관한 법률에 따라 강화된 허가배출기준을 적용 받아, 이를 준수하기 위해 방지시설 개선이 필요한 사업장 등

21

소규모 사업장 배출오염물질 관리사례

지원 제외대상 및 지원조건

➢ 지원제외 대상

- 공공기관 및 공공시설에 설치하는 방지시설
- 3년 이내 설치한 방지시설과 5년 이내에 정부(중앙, 지방)로부터 지원 받은 방지시설

  * 지원 받은 방지시설에 한해 중복 지원 불가
- 배출시설의 증가 또는 신규배출시설 설치에 따른 방지시설 설치

➢ 보조금 지원조건

- 보조금을 지원받은 사업자는 해당 방지시설을 3년 이상 운영하여야 함
- 보조금을 지원받은 방지시설에 사물인터넷(IoT)을 부착하여야 하여 한국환경공단 소규모 대기배출시설 관리시스템(www.greenlink.or.kr, 이하 “IoT 관리시스템”이라 한다)으로 자료를 전송하여야 함

22

소규모 사업장 배출오염물질 관리사례

보조금 사업 수행방법

소규모 사업장 방지시설 개선사업

전체위탁	부분위탁	전문가 의뢰
▪ 전체 위탁이 가능한 공공기관 또는 산하 기관에 사업체 모집부터 선정평가위원회까지 사업 전체를 위탁 (EX. 경북녹색환경지원센터, 대구녹색환경지원센터 등) ▪ 예산집행 적정성 ▪ 절차확인	▪ 녹색환경지원센터 등 기술지원 및 현장점검이 가능한 기업지원 전문기관에 부분적으로 위탁하여 사업 수행 ▪ 행정적인 절차는 지자체에서 수행하며 기술적인 부분은 센터에서 수행 ▪ 절차확인	▪ 지자체에서 직접 전문가를 섭외하여 서류검토와 현장점검, 준공 등을 전문가에게 개별적으로 의뢰 ▪ 설계검토의 적정성 등 확인

23

소규모 사업장 배출오염물질 관리사례

충청남도 산업시설 현황

지역	예산	공고일
천안시	4.8억	1월 ~ 3월
아산시	8억	2월
공주시	2.7억	2월
보령시	1억	2월
서산시	1.5억	2월
당진시	3억	2월
금산군	2.93억	3월
청양군	0.72억	3월
홍성군	4억	2월
예산군	3억	2월
서천군	1.4억	2월
논산시	1.9억	2월
부여군	0.99억	2월
태안군	1.35억	2월

24

소규모 사업장 배출오염물질 관리사례

설치비 및 보조금 지원한도

- 입자상물질 및 가스상물질 방지시설 설치비 한도는 최대 3억원, 보조금 한도는 최대 2.7억원
  - RTO, RCO, SCR, 전기집진시설 설치비 한도 최대 6.2억원, 보조금 한도는 최대 5.6억원
- 조합 및 공동방지시설 설치비 한도는 최대 4억원, 보조금 한도는 최대 3.6억원
  - 필요 시 설치비 4억원, 보조금 3.6억원 범위 내에서 추가 인정

구 분	시설용량	방지시설 설치비 (만원)	
		2021.12.31이전 승인	2022.1.1이후 승인
여과집진시설	300㎥/분	6,028	6,300
흡수에 의한 시설	300㎥/분	5,929	6,700
흡착에 의한 시설	300㎥/분	3,544	3,500
RTO	500㎥/분	25,320	31,600

* 보조금 지원금액은 부가가치세를 제외한 금액이며 상기 금액을 초과할 수 없음
* 기타시설은 단가표에 제시된 방지시설 외 중력집진시설, 산화환원에 의한 시설 등 대기환경보전법 별표 4에 규정된 시설임
* 방지시설 단가는 단가표에 제시된 금액 이하로 하되, 미세먼지 저감(원인물질 포함) 신기술 적용, 시설 사양, 현장 여건 등으로 단가가 상승하는 경우, 선정심사위원회 심사를 통해 30% 범위 내에서 조정 가능
* 방지시설 종류 및 시설용량별 방지시설 설치비, 보조금이 산정되지 않은 사항은 평균값 등을 사용하여 보조금 지원

25

소규모 사업장 배출오염물질 관리사례

IOT 설치지원

- 대기환경보전법 시행규칙 개정 주요내용 (별표 9의2)
  - 사물인터넷 (IoT) 측정기기를 부착해야하는 대상시설 등 세부사항 규정

  * 6개 종류의 방지시설 설치 사업장에 사물인터넷 측정기기 4종 중 부착 (전류계, 차압계, 온도계, pH계)을 방지시설 특성에 따라 부착

방지시설명	부착대상 사물인터넷 측정기기	
	배출시설	방지시설
원심력집진시설	전류계	전류계
세정집진시설	전류계	전류계
여과집진시설	전류계	전류계, 차압계, 온도계
전기집진시설	전류계	전류계
흡수에 의한 시설	전류계	전류계, pH계
흡착에 의한 시설	전류계	전류계, 차압계, 온도계

※ 온도계, pH계는 시설의 특성에 따라 환경부장관 또는 시, 도지사가 부착이 필요하지 않다고 인정하는 경우에는 부착하지 않을 수 있음

26

소규모 사업장 배출오염물질 관리사례

시설 지원

단위 : 개

개신후 시설	2021	2022	2023
여과 및 흡착에 의한시설	34	9	6
흡착에의한시설	7	1	3
흡수에의한시설	5	4	1

투입 예산

단위 : 원

2021	2022	2023
1,926,710,100	846,760,500	765,305,000

오염물질 저감량

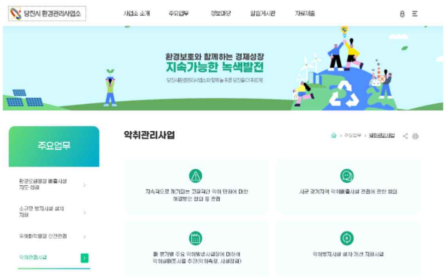
먼지(kg/yr)	THC(kg/yr)	사회직비용(원/yr)
8,166	93,040	1,768,611,460

27

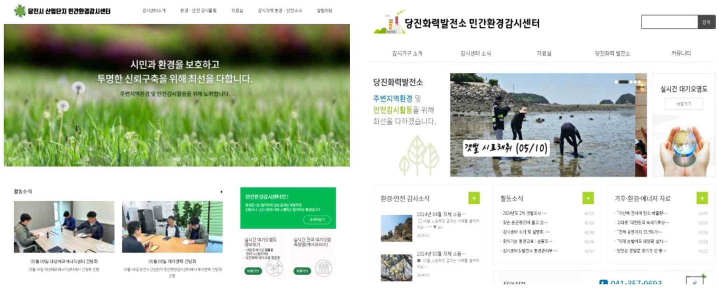
3. 충청남도 소규모사업장 관리방안

충청남도 소규모사업장 관리방안

주요 사례 : 당진시



< 환경관리사업소 신설 >



< 민간 감시센터 운영 >

- ➢ `22년 환경관리사업소 신설(배출시설관리, 지도단속, 민원 등 행정처리 전담)
- ➢ 화력발전소 및 산업단지 대상 민간 감시체계 구축(위탁운영)
- ➢ 충남녹색환경지원센터 협조체계 구축 → 주요 민원사업장 협조요청

29

충청남도 소규모사업장 관리방안

지도점검 적발유형

위반내용	개수
대기배출시설 및 방지시설의 행정행위 미이행 (가동개시, 운영기록부, 변경신고, 자가측정, 환경기술인 교육 등)	5,620 (65%)
방지시설의 미가동 또는 비정상 가동	346 (4%)
방지시설의 훼손 및 방치	1,297 (15%)
심각한 위반 행위 (미신고 시설, 가지배출관, 희석 배출)	1,038 (12%)
배출허용기준 초과	259 (3%)
환경기술인 관련 문제 (자격기준, 미선임, 준수사항 위반)	86 (1%)
기타사항 (공기조절장치 등)	-
합계	8,646(100%)

포집이 안 되는 후드 | 부식이 심각한 덕트 | 훼손・마모된 송풍기

- ▪ 지도점검에 대한 한계점
  - 적정포집 여부(자가측정 결과 이상 없음)
  - 전국기준 56,584 배출사업장 대상 지도점검 인력 387명
  - `24년 충청남도 지도점검 대상 대기배출 사업장(641개소)
- ▪ 사물인터넷 설치의 의무화(`25년 6월)
  - 소규모사업장(4종~5종) 대상 IOT설치 의무화
  - 그린링크(Green link)를 통해 실시간 감시가능
  - 보급이후 관리체계가 마련될 경우 각 지자체 업무효율 ↑

30

충청남도 소규모사업장 관리방안

그린링크 시스템(Green link System)

소규모 대기배출시설 관리시스템 | 소규모사업장 | IoT | 대기환경보전법 | 그린링크 운영관리

운영 시스템
바로가기

실시간수신 자료조회
바로가기

사업장등록 상세정보
바로가기

로그인

실시간자료
- 수신자료 조회
- (30분)수신자료 조회
- 배출구별 수신자료 조회
- (30분)배출구별 수신자료 조회
- 기간별 수신현황(Type1)
- 기간별수신현황(Type2)
- 사업장별 수신현황(Type3)(!)
- 배출구별 수신현황(Type3)(!)

시설운영유지관리
- 운영기록부
- 운영기록부 통계
- 시설소모품 유지관리
- 유지보수 업체관리

행정자료
- 지도점검 관리
- 운영현황 관리
- 자체개선계획
- 보조금현황

통계 및 분석

사업장가동현황
- 사업장 가동현황-일별
- 사업장 가동현황-월별
- 배출구 일별 가동현황
- 배출구 월별 가동현황
- 기간별 시설가동현황-일
- 기간별 시설가동현황-월
- 사업장시설 평균가동현황
- 사업장 가동현황(년도합산)
- 가동시간/가동률 현황
- 송풍시설 가동현황(!)

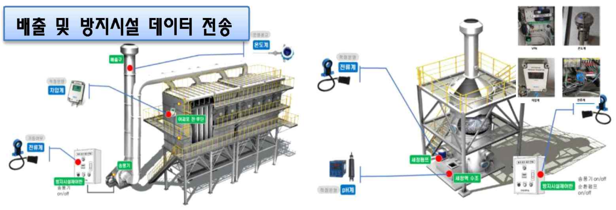
사업장 운영분석
- 시도별 비정상 사업장 현황
- 시군구별 비정상 사업장 현황
- 여과포 상태 분석
- 시도별 비정상 사업장(v4)(!)

31

1. 충청남도 악취관리 방안

악취 통합관리 방안

배출 및 방지시설 데이터 전송



데이터 수집

데이터 분석을 통한 시설운영상태 확인

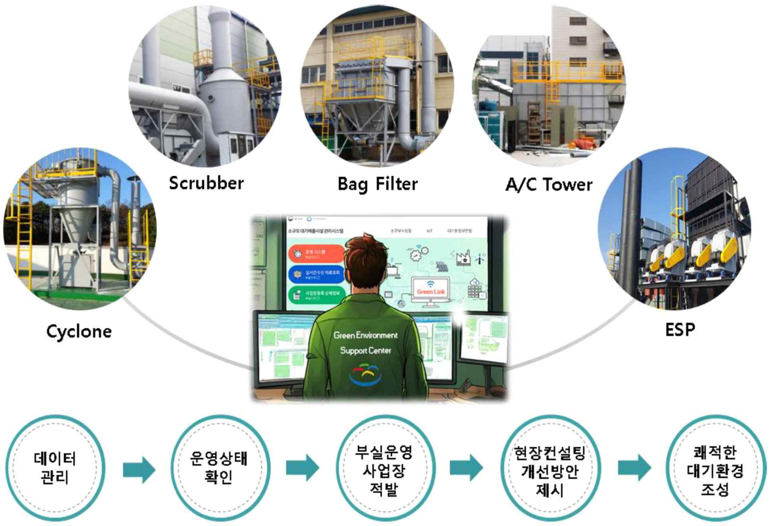
시설별 관리방법 제안

데이터 수집 → 데이터 검토 → 운영상태 확인 → 점검방안 제시(안) → 필요 데이터 제안

32

1. 주요 문제점

통합 환경관리센터 운영방안



- **사물인터넷(IOT) 모니터링**
  - 부실운영 사업장 적발
  - 부실운영 사업장 방지시설 성능 검토 및 컨설팅
  - 보조금 사업 지원 검토
  - 최적기반해법 도출 및 기술지원
  - 종산정 현실화(인허가)

1. 주요 문제점

주요 진단 항목

항 목		기준	평가	비 고
후드	형식	-	육 안	
	포집속도	이론 속도	실 측	
	풍량	이론 풍량	실 측	
덕트	형식	-	-	
	총 풍량	이론 풍량	자가측정기록부 및 실측	
	정압	이론 정압	송풍기 전·후단 실측	
송풍기	회전수	허가서 또는 명판	실 측	필요시
	소음		실 측	필요시
	전류		실 측	
방지시설	내부 현황	-	육 안	
	정압	설계서	실 측	
	출구농도	배출허용기준	자가측정기록부	오염물질별
	소모품교체주기	이론치 또는 설계서	운영일지	
시설운영	적산전력계	-	운영일지 기재여부 및 적정성	
	행정처분	-	행정처분 여부	
	민원	-	민원발생 여부	

후드 평가방법	덕트 평가방법	송풍기 평가방법
		
오염물질 특성 조사 및 후드 흡인유량, 후드정압, 스모크 테스트 등	덕트 내 구멍(훼손) 및 꼬이거나 구부러짐 여부, 최소 반송속도 확인 등	적정 송풍량 확인, 송풍기 정압 및 회전수 측정 등

자료 : 경기도(2021). "'21년 사업장 대기방지시설 유지관리 지원사업 추진계획" 참고

[그림 3-7] 대기방지시설 성능검사 주요 측정 장비

자료 : 경기도(2020). 『2020년 사업장 대기방지시설 성능검사』.

감사합니다

03.

서울시 VOCs 관리정책 추진 사례와 방향

송민영 연구위원(서울연구원 도시환경연구실)

서울연구원
The Seoul Institute

충청남도 대기질 개선방안 마련 세미나

서울시 VOCs 관리정책 추진 사례와 방향

2024.09.11
서울연구원 송민영

1

목차

Ⅰ VOCs 관리의 필요성
Ⅱ VOCs 관리 제도
Ⅲ 서울의 VOCs 관리 대책
Ⅳ VOCs 관리를 위한 향후과제

2

서울연구원
The Seoul Institute

휘발성유기화합물(VOCs) 관리의 필요성

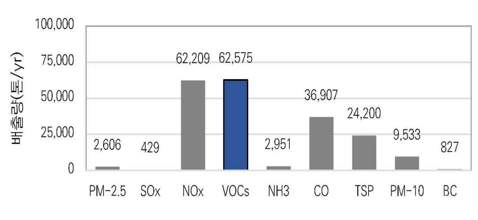
3

1. 서울의 VOCs 배출량

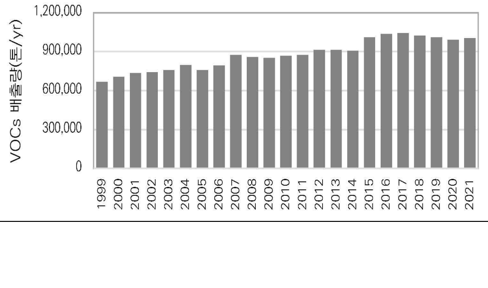
서울의 VOCs 배출량 및 배출원별 배출 비중

- 2021년 CAPSS 기준, 서울시 VOCs 배출량 62,575톤으로 전국의 6.2%를 차지
- VOCs 배출량은 1999년 부터 꾸준히 증가하다가 2018년 소폭 감소, 2021년부터 다시 증가
- 서울의 VOCs 사용 배출원은 유기용제 사용 〉〉 도로이동오염원 〉 비도로이동오염원 〉 에너지 수송 및 저장 〉 폐기물처리…순
- 유기용제 사용 부문에서 가정 및 상업용 유기용제 사용 〉〉 도장시설 〉 인쇄업 〉 세탁시설 〉 세정시설…순

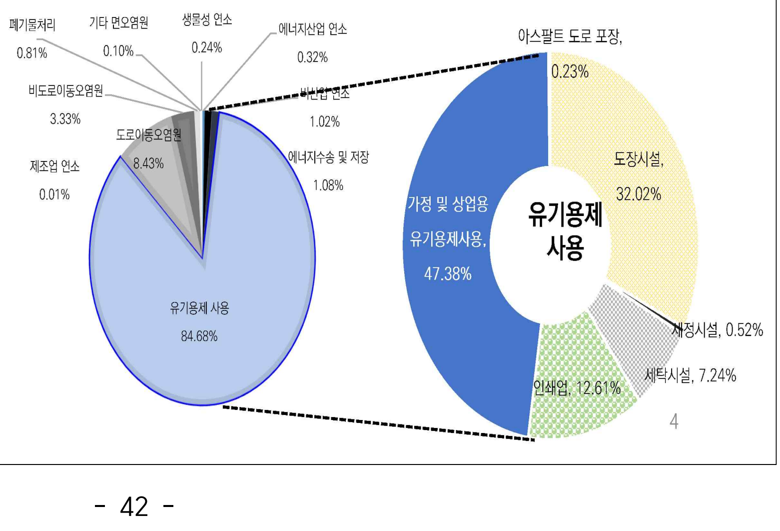
서울의 오염물질별 배출량



연도별 VOCs 배출량



서울시 VOCs 배출원별 배출 비중



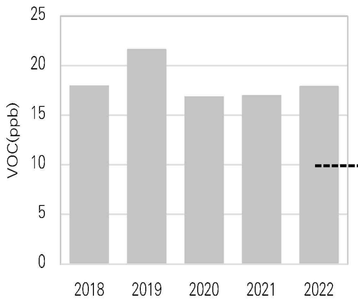
4

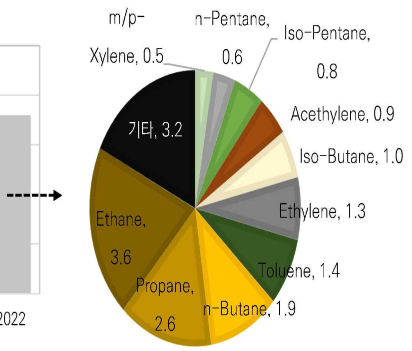
2. 서울의 VOCs 농도

서울의 VOCs 농도와 특성

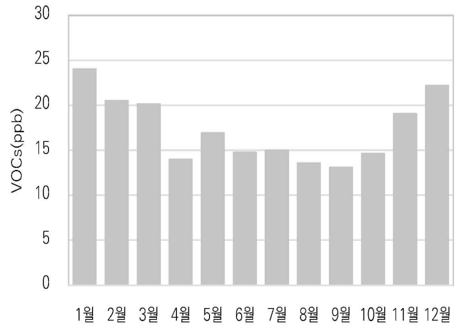
- 서울의 VOCs 농도 은평구 측정소 광화학대기오염물질 56종(Alkanes (29종), Alkenes (10종), Alkynes (1종), Aromatics (16종)) 농도의 합으로 산정(과소 평가 가능성 존재)
- 최근 5년간 2019년 VOCs 농도 최고 기록, 2020년부터 VOCs 농도 증가 추세
- 물질별 농도를 비교해보면, Ethane, Propane, n-Butane, Toluene, Ethylene 등이 높은 농도 상위 10개 물질의 농도는 전체의 80% 수준
- 겨울철 12월~2월 VOCs 농도가 높고, 여름철 6~9월 VOCs 농도가 낮음

연도별 VOCs 농도





월별 VOCs 농도



5

3. 휘발성유기화합물(VOCs) 관리의 필요성

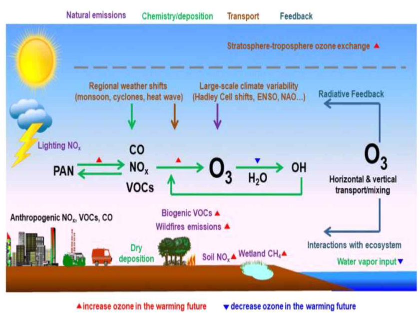
VOCs 배출관리의 필요성

- 겨울철 VOCs는 대기의 산화력에 영향을 미쳐 질산염 등 2차 미세먼지 생성을 강화, 2차 생성 유기물질의 전구물질로 작용해 미세먼지 농도 증가에 기여
- 여름철 VOCs는 NOx와 함께 오존생성 전구물질로 VOCs와 NOx는 대기중 광화학반응을 통해 2차 오염물질인 오존이 생성
- 서울에서 문제가 되는 겨울철 초미세먼지와 여름철 오존 개선을 위해서는 VOCs 배출관리 필요

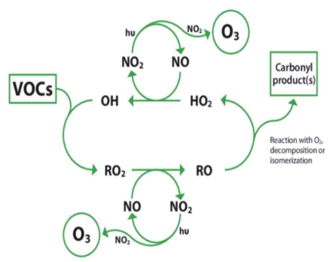
VOCs의 특징

- VOCs는 단일 성분이 아니며 상온, 상압에서 기체 상태로 존재하는 유기성 물질을 총칭하므로 그 성분과 배출원도 다양함
- 일부 VOCs 성분 및 배출원은 물질에 따라 온도의 영향으로 계절별 배출 수준이 다를수 있어 겨울의 미세먼지, 여름의 오존 개선을 위해서는 계절별 VOCs 배출원 파악이 우선되어야 함

[VOCs로 인한 오존의 생성 과정]



Lu, X., Zhang, L., & Shen, L. (2019). Current Pollution Reports, 5(4), 238-260.



Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution, Amann, M. (2008)

6

서울연구원
The Seoul Institute

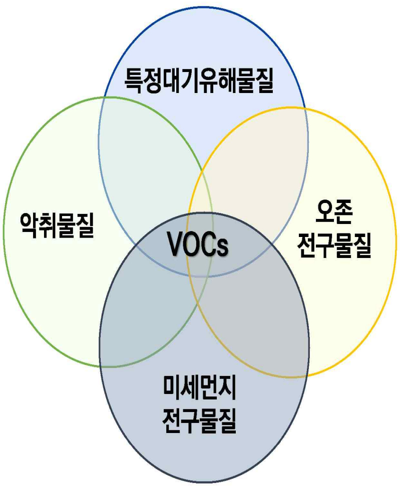
VOCs 관리 제도

7

1. VOCs 대기오염물질과 배출허용기준(1)

휘발성유기화합물(VOCs) 개념

- VOCs란 상온, 상압에서 대기 중으로 가스형태로 배출되는 탄소(C)와 수소(H)로 이루어진 물질
- 국내에서 관리되고 있는 VOCs는 총 37종으로 주요 VOCs 종류는 지정 되어있으나, 물질별 배출허용에 대해서는 기준이 제시되어 있지 않음
- 상당수 특정대기유해물질(HAPs)*로 지정돼 별도 규제되고, 일부 톨루엔, 아세트알데히드, 메틸에틸케톤 등 VOCs 물질은 악취 물질**로도 관리



연번	휘발성유기화합물 규제제품 및 물질명	연번	휘발성유기화합물 규제제품 및 물질명
1	아세트알데히드*	20	메탄올
2	아세틸렌**	21	메틸에틸케톤
3	아세틸렌 디클로라이드	22	메틸렌클로라이드
4	아크롤레인	23	엠티비이(MTBE)
5	아크릴로니트릴*	24	프로필렌**
6	벤젠*,**	25	프로펠린옥사이드*
7	1,3-부타디엔*	26	1,1,1-트리클로로에탄
8	부탄**	27	트리클로로에틸렌*
9	1-부탄, 2-부텐**	28	휘발유
10	사염화탄소*	29	납사
11	클로로포름*	30	원유
12	사이클로헥산**	31	아세트산(초산)
13	1,2-디클로로에탄*	32	에틸벤젠*,**
14	디에틸아민	33	니트로벤젠
15	디메틸아민	34	톨루엔**
16	에틸렌**	35	테트라클로로에틸렌*
17	포름알데히드*	36	자일렌(o-,m-,p 포함)**
18	n-헥산	37	스틸렌*
19	이소프로필 알코올		

8

2. VOCs 대기오염물질과 배출허용기준(2)

특정대기유해물질 적용기준

물질명	기준농도
염소 및 염화수소	0.4ppm
불소화물	0.05 ppm
시안화수소	0.05 ppm
염화비닐	0.1 ppm
페놀 및 그 화합물	0.2 ppm
벤젠	0.1 ppm
사염화탄소	0.1 ppm
클로로포름	0.1 ppm
포름알데히드	0.08 ppm
아세트알데히드	0.01 ppm
1,3-부타디엔	0.03 ppm
에틸렌옥사이드	0.05 ppm
디클로로메탄	0.5 ppm
트리클로로에틸렌	0.3 ppm
히드라진	0.45 ppm
카드뮴 및 그 화합물	0.01 mg/㎥
납 및 그 화합물	0.05 mg/㎥
크롬 및 그 화합물	0.1 mg/㎥
비소 및 그 화합물	0.03 ppm
수은 및 그 화합물	0.0005 mg/㎥
니켈 및 그 화합물	0.01 mg/㎥
베릴륨 및 그 화합물	0.05 mg/㎥
폴리염화비페닐	1 pg/㎥
다이옥신	0.001 ng-TEQ/㎥
다환 방향족 탄화수소류	10 ng/㎥
이황화메틸	0.1 ppb
총 VOCs (아닐린, 스틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1,2-디클로로에탄, 에틸벤젠, 아크릴로니트릴)	0.4 mg/㎥

악취물질 배출허용기준

악취물질	배출허용기준		엄격한 배출허용 기준의 범위
	공업지역	기타지역	공업지역
암모니아	2이하	1이하	1~2
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
자일렌	2 이하	1 이하	1 ~ 2
메틸에틸케톤	35 이하	13 이하	13 ~ 35
메틸아이소뷰틸케톤	3 이하	1 이하	1 ~ 3
뷰틸아세테이트	4 이하	1 이하	1 ~ 4
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

3. VOCs 배출 사업장 시설 및 허용 기준

대기오염배출시설 기준

인쇄 및 각종 기록 매체 제조 (복제)시설	나) 인쇄 및 각종 기록매체 제조 (복제)시설 연료사용량이 시간당 30킬로그램 이상이거나 합계용적이 1세제곱미터 이상인 인쇄·건조시설(유기용제류를 사용하는 그라비아 인쇄시설과 이 시설과 연계되어 유기용제류를 사용하는 코팅시설만 해당한다)
도장시설	용적이 5세제곱미터 이상이거나 동력이 2.25kW 이상인 도장시설(분무·분체·침지도장시설, 건조시설을 포함한다)

- 국내에서 VOCs를 규제하고 있는 지역은 특별대책 지역과 대기 환경규제지역으로 구분
- 대기환경보전법의 시행에 맞추어 수도권지역을 중심으로 하는 대기환경규제지역 내에서 규제 대상으로 하고 있는 석유정제 및 석유화학제품제조업, 유기용제 및 페인트 제조업, 선박 대형 철구조물제조업, 자동차 제조업 및 기타 제조업의 5개 제조업과 저유소, 주유소, 세탁시설, 폐기물 보관. 처리시설 및 자동차 정비업의 5개 비제조업을 포함한 10개 VOCs 발생업종에 대한 세부 관리기준을 설정

대기오염물질의 배출허용기준

대기오염물질	배출시설	배출허용기준	
		2019.12.31 까지	2020.01.01 부터
탄화수소 (THC)	1. 연속식 도장시설(건조시설과 분무, 분체, 침지도장시설을 포함)	40 이하	40 이하
	2. 비연속식 도장시설(건조시설과 분무, 분체, 침지도장시설을 포함	200 이하	110 이하
	3. 인쇄 및 각종 기록매체 제조(복제) 시설	200 이하	110 이하
	4. 시멘트 제조시설 중 소성시설(예열시설을 포함하며, 폐기물을 연료로 사용하는 시설만 해당	60(13) 이하	60(13) 이하
	5. 세정시설(탈지시설, 산알칼리처리시설, 화성처리시설을 포함), 건조시설, 저장시설(내부부상 지붕형 또는 외부부상 지붕형 저장시설은 제외)		200 이하

4. VOCs 배출 사업장 시설 및 허용 기준(서울시 조례)

대기오염배출시설 설치기준

업종	배출시설	설치기준
자동차 정비 시설	가. 용적 5㎥이상 또는 3마력 이상의 도장시설 (건조시설 포함)	1. 방지시설은 다음과 같은 시설을 설치한다. ① 활성탄 등에 의한 흡착시설 단, 흡착제의 휘발성유기화합물 흡착성능이 한계에 도달하면 흡착된 고농도의 휘발성유기화합물 탈착회수하여 처리하는 흡착제 재생시설을 설치하여야 한다. ② 생물학적 처리시설 ③ 열 또는 촉매 산화반응시설 ④ 저온응축 또는 흡수시설 ⑤ 제①호 제④호와 동등하거나 그 이상의 방지효율을 가진 시설 2. 방지시설의 제거효율은 다음과 같다. - 처리효율(VOCs 제거율) 배출가스량 10,000㎥/시간 이상 : 70% 이상 배출가스량 10,000㎥/시간 미만 : 85% 이상

- VOCs 규제대상 배출시설 규모는 특별대책지역과 대기환경 규제지역이 상이하며 특별대책지역이 대기환경 규제지역보다 더 강화된 기준을 적용 가능
- 특별대책지역은 현저한 환경오염의 우려가 있는 대규모 산단지역에 대한 특별한 배출 허용기준이나 시설설치 제한 등의 정책수단을 통해 규제를 시행
- 대기환경규제지역은 환경기준의 초과 등이 우려되는 주로 수도권 지역의 점, 선, 이동오염원등의 배출원에 대해 대기오염물질 저감 정책과 지역실정에 맞는 정책개발을 수단으로 지방자치단체에 의해 대책이 수립되고 시행

대기오염물질의 배출허용기준

대기오염물질	배출시설	배출허용기준 (2003.06.30부터 2008.5.29.이전)	배출허용기준 (2008.05.29부터 현행 조례)
탄화수소 (THC)	가. 도장시설 (건조시설 포함)		
	(1) 배출가스량이 10,000㎥/시간 이상인 시설	50 ppm 이하	
	(2) 배출가스량이 10,000㎥/시간 미만인 시설	100 ppm 이하	
	가. 도장시설(건조시설 포함)		
	(1) 연속식		40 ppm 이하
	(2) 비연속식		100 ppm 이하

- 2008년 5월 29일을 기준으로 도장시설에 대한 구분을 배출가스량 10,000㎥/시간 이상, 미만에서 방지시설 제거효율을 추가 ➔ 엄격한 관리기준 설정
- 2008년 5월 29일 이후 변경한 도장시설 분류 기준은 대기환경보전법에서 제시하는 분류와 동일

11

서울연구원
The Seoul Institute

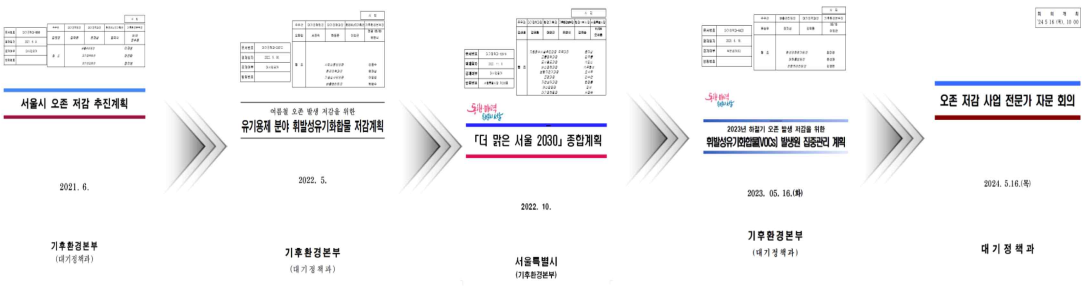
서울의 VOCs 관리 대책

12

1. 서울의 VOCs 관리 추진배경

추진 배경 및 근거

- 추진배경: 2021년 서울시 오존 저감 추진계획 발표
  - 하절기 고농도 발생이 잦은 오존(O_3)으로부터 시민건강을 보호하고자 서울시 오존 저감을 위한 기본계획을 추진
- 추진근거
  - 대기환경전법 제 44조(휘발성유기화합물의 규제)
  - 환경오염물질 배출시설 등에 관한 통합지도·점검규정(환경부훈령 제 1637호)
  - 더 맑은 서울 2030 종합계획(서울특별시장 제203호 발췌)



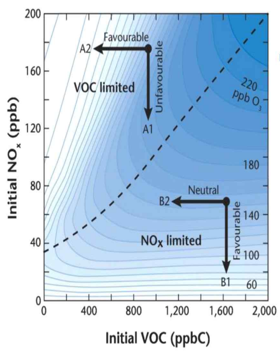
2. 추진의 필요성

추진 필요성

- 서울시 대기 중 오존 농도 및 주의보 발령 빈도 증가 추세
  - (연평균) '12년 0.021ppm → '20년 0.025ppm → '23년 0.031ppm
  - '16년 이후 오존주의보 발령일수·횟수 급격히 증가(40일/96회→87일/253회)
- 전구물질 중 휘발성유기화합물(VOCs)이 오존생성의 주요인자로 작용
  - VOCs 농도 증가 시 오존 농도 증가(VOCs-limited 환경)
- NO와 오존이 반응할 경우($NO+O_3 \rightarrow NO_2+O_2$) 오존농도 감소 관찰
  - NOx 저감만으로는 오존 농도가 증가할 수 있으며, VOCs 동시저감 필요
- 오존은 농도 상승에 영향을 주는 오염·배출원이 다양하며, 전구물질(NOx, VOCs)과 비선형적 관계*에 있어 신중한 대책 마련 필요

* 전구물질 농도 감소가 무조건적인 오존 농도 감소로 이어지지 않음

[NOx와 VOC의 비선형적 관계]

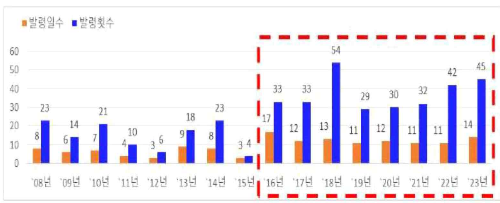


- VOCs 및 NOx limited 환경
  - VOCs limited 환경: VOCs 감소, O_3 감소
    → VOCs/NOx 비가 4보다 작음
  - NOx limited 환경: NOx 감소, O_3 감소
    → VOCs/NOx 비가 15 보다 큼

Oke TR, Mills G, Christen A, Voogt JA. Air Pollution. In: Urban Climates. Cambridge University Press; 2017:294–331.

[서울의 오존 연평균 농도]

[서울의 오존 발령 일수 및 횟수]



3. 2024년 VOCs 관리추진방향 및 체계

추진 방향

- 공공분야 친환경도료, 친환경잉크 사용 확대 지속 추진
  - 관급공사 발주, 간행물 제작시 친환경도료, 친환경잉크 우선 사용 하도록 담당 직원 인식개선 추진
- 휘발성유기화합물 배출원별 저감 사업 내실화
  - (도장시설) 도료 사용자 교육, 유성도료 불법 유통 합동단속, 친환경 인증 등
  - (세탁소) 세탁소 전수 조사, 친환경 세탁기· 회수건조기 확대 보급 추진
  - (주유소) 유증기 회수설비 기술지원 사업 참여 주유소 확대
- 생활 속 오존 발생 저감을 위한 시민 행동요령 제작·홍보 및 제도개선
  - 생활 속 오존 저감 행동요령 제작·교육·홍보
  - 생활소비재 VOCs 함량 기준 설정 건의

서울시 사업장 현황

- 시설현황('24 .4월 기준 * '21년 통계청 사업체수)

구 분		계	휘발성유기화합물 배출시설			대기오염물질 배출시설		
			소계	주유소	세탁소	소계	도장시설	인쇄소
전 체(개소)*		14,564	6,750	464	6,286	7,814	1,013	6,801
규제대상	사업장수	1,069	477	450(97%)	27(0.43%)	592	591	1(0.01%)
	신고규모	-	-	저장용량 20㎥ 이상	처리용량 30kg 이상	-	용적 5㎥ 이상	합계용적 1㎥ 이상

추진 체계

정책과제	세부사업
VOCs 유기용제 사용 확대	✓ 자동차 도장 VOCs 수성도료 전환 ✓ 공사장 VOCs 도료 사용 확대 ✓ 공공 간행물 친환경 잉크 사용 확대
VOCs 배출사업장 지원 및 관리 강화	✓ 소규모 세탁소 VOCs 저감시설 설치 지원 ✓ 주유소 유증기 회수설비 기술지원 ✓ VOCs 발생사업장 및 자동차 배출가스 특별점검
제도개선 및 홍보	✓ 생활소비재 VOCs 함량기준 마련 ✓ VOCs 발생사업장 친환경관리 교육·홍보 추진

15

4. 세부 추진계획(1)

자동차 도장 수성도료 전환

- 자발적 수성도료 전환 사업장 친환경 도장시설 인증 시범사업 추진
- 수도권대기환경청, 민생사법경찰단 등과 합동, 유성도료 단속
  - 도료의 휘발성유기화합물 함유기준, 도료 용기 표시사항 준수 여부 등
- 함유기준 위반 원료(희석제) 유통·사용 차단을 위한 법령개정 건의
  - (현행) 공급이나 판매하는자 ➔ (개정) 자동차 보수를 도료로 사용하는자

인쇄소 친환경 잉크 사용 확대

- 공공간행물 친환경 잉크 사용 확대
- 인쇄소의 VOCs 관리 대상 확대를 위한 규제대상 확대 개정 건의
  - (현행) 연료사용 시간당 30킬로그램 이상, 합계동력이 1세제곱미터 이상인 그라비아 인쇄 ➔ (개정) 그라비아·옵셋 ·마스터인쇄 ·건조시설…

공사장 환경표지 인증 도료 사용 확대

- 공공 발주 관급 공사장 환경표지인증 도료 사용 확대 및 이행여부 점검
- 대규모 민간 공사장(연면적 10만 m^2이상) 친환경 도료 사용 확대 시행
  - 市 환경영향평가 조례 제29조 관련 "건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준" 중 대기질 항목에 친환경도료 사용 포함
- 건축공사표준시방서에 관급공사장 친환경 도료 의무 사용 개정 건의
  - (현행) 친환경도료를 우선 사용 ➔ (개정) 관급공사의 경우에는 친환경도료를 의무 사용

소규모 세탁소 VOCs 저감시설 설치 지원

- 소규모 세탁소 VOCs 저감 친환경 세탁기 지원사업 추진
  - 유기용제를 90% 이상 회수하는 친환경세탁기
- 소규모 세탁소의 VOCs 관리 대상 편입을 위한 규제 변경 건의 검토
  - (현행) 처리용량 30kg 이상➔ (개정) 처리용량 23kg* 이상(* 일본)

16

5. 세부 추진계획(2)

주유소 유증기 회수설비 기술지원 확대

- 유증기 회수설비 설치 주유소 기술지원 확대
  - 회수설비 정기검사 부적합 원인 진단 및 조치 방법 안내
- 주유소 실무자를 대상으로 시설 적정 운영방법 등 현장교육 병행 실시

VOCs 규제사업장 및 자동차 배출가스 특별점검

- VOCs 발생사업장 및 도장시설 등 집중 점검
- 무허가 도장시설 집중 단속
- 운행차 배출가스 단속

생활소비재 VOCs 관리 강화

- 생활소비재 VOCs 함량기준(안) 및 배출관리를 위한 제도개선 제안
  - CAPSS VOCs 산정부문에서 "가정 및 상업용 유기용제 사용" 세분류 설정 건의
  - 우선관리 대상 6종에 대한 VOCs 함유기준 설정, 친환경인증 방안 건의
- 시민 대상 생활소비재 VOCs 사용시 노출저감 위한 행동요령 제작배포

VOCs 발생사업장 친환경관리 교육 홍보 추진

- VOCs 발생사업장 간단하고 접근성 높은 가이드라인
  - 업종별 VOCs 저감 운영관리기준 및 자체 진단표 등 마련
- 고농도 오존 발생시 시민행동요령 실행력 제고 방안 마련

6. 세부 추진계획 수립 관련 연구(1-1)

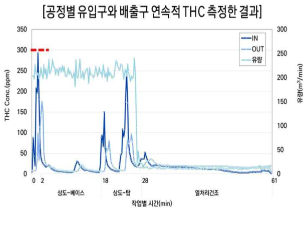
소규모 도장시설 배출 VOCs 관리방안

- (연구배경) PM2.5 및 O_3 저감을 위해 VOCs 대형 배출시설에 대한 관리는 일부 하고 있으나, 도심 내 생활주변의 소규모 배출시설 관리는 미흡
- (연구목적) VOCs의 도심 내 대표 배출원인 도장시설의 배출특성 및 운영현황 파악하여 소규모 도장시설 배출 VOCs 관리 방안 마련
- (주요 연구결과)

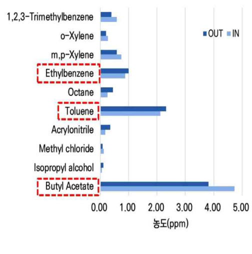
① 도장시설 배출 VOCs 특성

용도 구분		혼합비율	사용량	공정시간	
중도 (프라서페)	도료	-	131 g	2분	61분
상도-basecoat	도료	8	243.2 g	16분	
	희석제	2	60.8 g		
상도-topcoat	도료	3	408 g	10분	
	경화제	1	136 g		
건조 공정	-	-		33분	

[공정별 유입구와 배출구 연속적 THC 측정한 결과]



[VOCs 성분별 분석 결과]



② 방지시설 제거효율 측정 및 검토

업체	설계 인자			연구진 측정결과					
	풍량 (㎥/㎥)	활성탄두께 (mm)	활성탄충진량 (kg)	풍량 (㎥/㎥)	작업 내용: 도료 사용량(g)	작업 내용: 도색+건조 시간(min)	VOCs발생량 (g-CTHC/kg-혼합도료)	방지시설제거효율(%, THC 기준): 도색 공정	방지시설제거효율(%, THC 기준): 전공정 (도색+건조)
AA	380	50	120	225	979	61	63	29.0%	27.1%
BB	380	90	340	212	523	56	304	42.2%	41.0%
CC	400	100	510	45	1007	54	30	41.5%	40.5%

- 본 연구에서 측정한 기존 및 신규 방지시설 설치 업체의 방지시설 제거효율과 주요 설계인자
  - 기존 방지시설 설치 업체와 신규 방지시설 설치 업체 전반적으로 설계 풍량이 실측 풍량의 11~60%로 크게 차이남
  - 도색공정과 도색공정에 건조공정까지 포함한 경우의 방지시설 제거효율 측정 결과 도색공정과 전공정의 제거효율이 크게 차이가 없음

  ➔ 실제 현장에 설치된 방지시설 제거 효율 검토를 위해 도색공정 기간만을 측정 대상으로 선정 제안
  - 기존 방지시설 설치 업체 AA 사업장 : 방지효율 27.1%
  - 신규 방지시설 설계 업체 : BB 사업장 41%, CC 사업장 40.5% 제거효율 나타남

  ➔ CC 설계 인자 비해 실측 풍량이 낮아 도장부스 외부로 비산 배출되거나 도장부스 내부에 잔여물질 많을 것으로 예상

7. 세부 추진계획 수립 관련 연구(1-2)

③ 도장시설 현장 운영 및 문제점

1 방지시설의 운영 및 유지 관리

- 방지시설 운영 시간 평균 4~6시간 가동
- 활성탄: 평균 2회/년 교체
- 1대당 평균 100~200만원/회 수준(최근 가격 상승)
- 필터: 바닥필터(평균 12회/년 교체) 천장필터(평균 2.5회/년 교체)

2 자동차 도장 도료의 전환(유성➔수성)

- 도료의 VOCs 기준 강화로 유성페인트➔수성페인트 전환
- 수성페인트 사용 특성을 고려하지 않은 작업 여건
- 온·습도유지, 장기간 보관불가 등으로 페인트 도색을 보관실에서 실시
- 유성페인트와 수성페인트의 작업 조건, 건조 여건, 배출물질 등의 차이로 기존 시설 동시 사용 어려움

3 자가 측정의 대행

- 측정대행 비용의 상승(기존 대비 최근 약 2~3배 상승)
- 방지시설 용량 대비 배출가스 유량 70% 정도 수준 측정
- 사업장에서는 측정항목별 관련 기준 충족만 단순 확인
- 흡입팬(환기) 사용, 방지시설의 덕트 및 후드 폐색

4 분리시설의 운영 현황

- 도장부스 내 도장 작업 시행 해야함
- 실외 공간에서 일부 도장 작업 시행

④ 자동차 도장시설 배출 VOCs 처리 문제점 분석

1 설계치에 적용한 대표 VOCs 선정의 문제점

- 실제 현장에서 사용되는 도료에 함유된 VOCs 종류는 최소 50여종 이상으로 모든 성분의 구성비와 농도를 반영하여 방지시설 설계는 어려움
- 설계에 반영되는 대표 VOCs 성분으로 2-뷰톡시에탄올 ($C_4H_9O_2$)과 트리에틸아민 ($N(CH_2CH_3)_3$) [방지시설 설계실무편람 (대구지방환경청, 1999.7)].

2 열풍 건조시 열탈착에 의한 배출

- 자동차 보수 도장시설은 동일한 공간(도장부스)에서 도장공정과 건조공정이 비연속적으로 교대로 진행되는 시설
- 도장공장 실온(25℃), 건조공정 고온(60℃)에서 진행, 온도변화(실온→60℃)에서 방지시설인 흡착탑의 성능 일정하게 유지 어려움
- 이론적으로도 실온 도장작업에서 흡착되었던 VOCs가 고온, 고유량 조건에서 열탈착되어 오히려 배출가스에 오염물질의 농도가 더 높게 배출

3 흡착제 흡착능을 고려하지 않은 획일적 반영 문제

- 활성탄 재생 시 고온 및 고압증기 이용으로 마찰에 의한 부스러짐 및 기공 조직의 변화가 발생하여 흡착능이 낮아진 불량 활성탄 유통
- 활성탄 흡착성능, 흡착력 평가 없이 유통되어 사용
- 흡착능 과잉 산정의 문제점으로 교체주기(6개월) 이전에도 오염물질 배출 특성에 따라 농도가 높게 배출될 수 있음

[입상 활성탄 공업규격(KSM 1421)]

구분	1급	2급	3급
건조감량(%)	5.0이하	5.0이하	5.0이하
경도(%)	90이상	90이상	90이상
충전밀도(g/mℓ)	0.48이하	0.52이하	0.56이하
요오드흡착력(mg/g)	1,100이상	1,000이상	900이상
벤젠평형흡착성능(%)	35이상	33이상	30이상
입도(%)	95이상	90이상	90이상

- 입상활성탄 규격은 KSM 1421(1987년), 분말 활성탄 규격은 KSM 1413(1998년) 등급별로 규정

➔ 「한국활성탄소공업협동조합은 활성탄소의 용도, 사용목적, 사용조건, 요구품질이 다양화되어 단일한 탈색력이나 물성분석으로 활성탄소 우열(優劣)을 총괄적으로 규정하는 일이 불합리하기 때문에 폐지 요청」

➔ 2008년 10월 13일 폐지

주요 제안

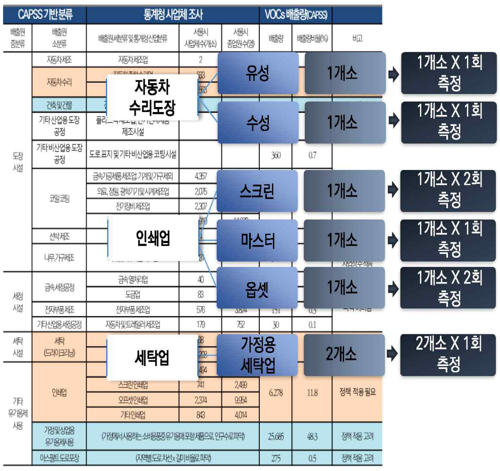
- ✓ 수성도료 사용을 통한 배출 저감
- ✓ 도료 보관 및 관리 방법 개선을 통한 저감
- ✓ 방지시설의 활성탄 교체 비용 지원 제안

8. 세부 추진계획 수립 관련 연구(2-1)

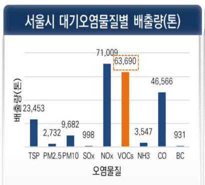
서울시 오존생성 VOCs 배출시설의 특성 및 오존저감방안

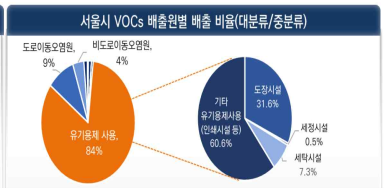
- (연구배경) 최근 서울시 오존(O_3) 농도 및 주의보 발생 증가 등 오존 오염 심각하고, 인체에 유해한 영향을 미치는 물질임에도 불구하고 심각성 부족, 지표 부근에서 NOx와 VOCs의 광화학 반응 생성하며 서울시 오존생성의 경우 VOCs가 오존 생성 주요인자로 작용
- (연구목적) 서울시 주요 오존생성 VOCs 배출시설의 대기오염 특성을 파악하여 VOCs 관리를 통한 오존 저감 방안 및 대책 마련
- (주요 연구결과)

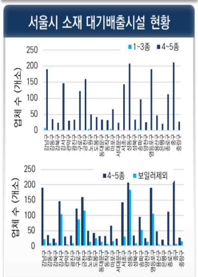
① 서울시 유기용제 사용 시설 현황 및 측정대상

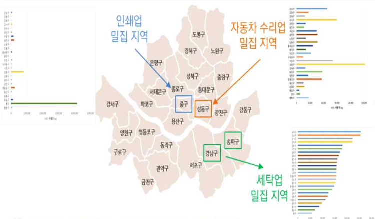


② 서울시 VOCs 배출량 및 주요발생원







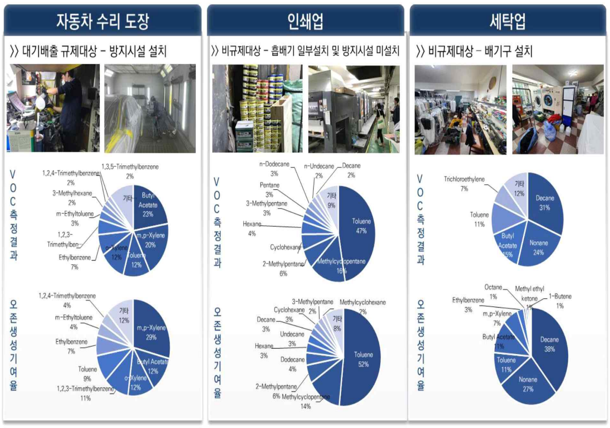


- 서울시 소재 대기배출시설은 98%이상 4~5종 사업장
- 인쇄시설, 세탁시설 등 대기배출시설로 분류되지 않음(방지시설 설치 비대상)
- 자치구별 대기배출 사업장 분류: 중구 / 성동구 / 강남구, 송파구/ 강서구, 구로구, 금천구, 영등포구

20

9. 세부 추진계획 수립 관련 연구(2-2)

③ VOCs 발생원 배출 성분



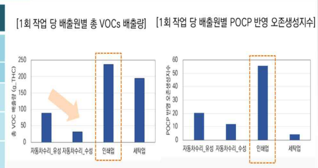
》 서울시 VOCs 주요 배출 사업장 현장 측정 결과, 배출원별로 VOCs 화학종의 배출특성 및 반응성 차이 존재

(자동차 수리 도장) m,p-xylene 〉Butyl Acetate 〉o-xylene 순으로 오존생성기여율 높음
(인쇄시설) Toluene 〉Methylcyclopentane 순으로 Toluene 배출 비율 현저히 높음
(세탁시설) Decane 〉Nonane 〉Toluene 순으로 오존생성기여율 높음

④ 오존생성 VOCs 배출량 추정

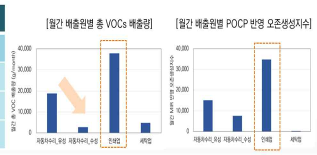
반응성을 고려한 VOCs 배출량(1회 작업 기준)

	자동차 수리 (상도-싱글)	자동차 수리 (상도-수성)	인쇄업	세탁업
1회 작업 공정 시간	3 min	8 min	60 min 연속	40 min
유량	380 m^3/min	442 m^3/min	21.9 m^3/min	1.8 m^3/min
총VOC 배출량 (THC 기준)	88.2 g	30.8 g	237 g	195 g
POCP 반영 오존생성 지수	20.2	2.8	55.7	4.4
MIR 반영 오존생성지수	174.5	19.8	217.1	6.9



작업량을 고려한 월간 업종별 VOCs 배출량 추정치

	자동차 수리 (상도-싱글)	자동차 수리 (상도-수성)	인쇄업	세탁업
월간 작업량 추정	87 회/월	87 회/월	8 hr/일 X 20 일/월	1 회/일 X 24 일/월
총VOC 배출량 추정(THC 기준)	18.8 kg/월	2.7 kg/월	37.9 kg/월	4.7 kg/월
POCP 반영 오존생성 지수	1,749	244	8,918	106
MIR 반영 오존생성지수	15,092	1,711	34,741	166



》 업종별 월간 VOCs 배출량 및 POCP 추정치 : 인쇄업 〉자동차 수리 도장 〉세탁업

》 자동차 수리 도장시설의 도료 사용 배출량 비교 : 유성도료 〉수성도료

〉〉POCP (Photochemical Ozone Creation Potential) – 개별 화합물이 광화학스모그를 유발시키는 정도
〉〉MIR(Maximum Incremental Reactivity) – 개별 화합물이 1시간에 생성할 수 있는 최대 오존량

주요 제안

✓ 세탁업 처리용량 국외 기준 비교 및 제안
✓ 인쇄업 VOCs 배출 우선 저감 제안
✓ 오존 농도 개선을 위한 로드맵 수립 제안

[서울시 소재 VOCs 배출 소규모 사업장]

구 분		소계	세탁소	인쇄소	도장시설	주유소
전 체(개소)		12,906	6,276	5,452	677	501
규제 대상	사업장수	1,213	33	2	677	501
	신고규모	-	처리용량 30kg 이상	용적 1㎥ 이상	용적 5㎥ 이상	저장용량 20㎥ 이상

- 대기오염물질 배출시설 규정 ≠ VOCs 배출량
- 규제 미대상 사업장 지원 및 관리

21

10. 세부 추진계획 수립 관련 연구(3-1)

생활소비재 VOCs 관리 방안

- (연구배경) 더 맑은 서울 2030 종합계획(시장방침 제203호)" 생활소비재 제품별(방향제, 섬유유연제 등) VOCs 함량기준 신설 계획을 발표, 제도개선 및 관리시행의 과학적 근거 마련 시급
- (연구목적) 생활소비재 주요 품목에 대한 VOCs 관리방안을 마련하여 오존 오염 관리에 기여
- (주요 연구결과)

① 서울시 생활소비재 VOCs 배출량 산정

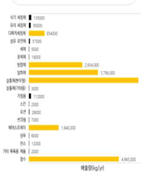
주요품목 대상 생활소비재 배출량 조사 결과, 다목적 세정제, 방향제, 탈취제, 살충제(분무형), 헤어스프레이, 향수 순으로 나타남

설문결과 / 함유율 / 배출률

품목	서울시 인구 (2020)	제품 사용비율	1인당 연간 사용량	함유율(%)	배출률(%)	배출량(ton/yr)
식기 세정제	9,668,465	65.20%	0.01319	5.68%	1.87%	135
유리 세정제		41.35%	0.00057	1.72%	100.00%	95
다목적세정제		75.80%	0.00247	8.60%	41.56%	854
섬유 유연제		68.20%	0.01149	5.13%	1.00%	57
세제		69.65%	0.01267	0.41%	1.00%	5
표백제		39.80%	0.00319	5.70%	1.00%	18
방향제		13.70%	0.00116	16.67%	100.00%	2,934
탈취제		45.00%	0.00123	31.92%	100.00%	3,796
살충제(분무형)		53.45%	0.00150	41.50%	100.00%	6,019
살출제(기타용)		30.90%	0.00044	0.06%	100.00%	3
가정용		54.30%	0.00008	14.51%	100.00%	112
스킨		49.25%	0.00206	0.01%	100.00%	2
로션		55.10%	0.00179	0.15%	100.00%	26
썬크림		48.40%	0.00117	0.06%	100.00%	7
헤어스프레이		23.60%	0.00050	33.93%	100.00%	1,640
샴푸		62.55%	0.00360	0.35%	5.00%	6
린스		40.20%	0.00121	2.06%	5.00%	12
기타 목욕용 제품		57.85%	0.00323	0.14%	5.00%	2
향수		37.85%	0.00060	85.25%	100.00%	4,945

우선관리 대상 품목

① 다목적 세정제
② 방향제
③ 탈취제
④ 살충제(분무형)
⑤ 헤어스프레이
⑥ 향수



〉〉생활소비재 실제 사용량, 제품의 VOCs 함유율과 배출률이 반영된 배출량 산정 결과 우선관리 대상 6개 품목 도출

② 국외 생활소비재 VOCs 관리사례

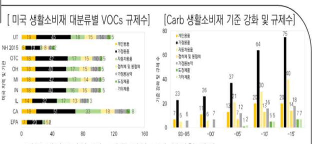
미국 연방정부는 각 주와 생활소비재 VOCs 함량 기준 및 규제 설정을 위해 노력을 하고 있으며, 최근 캘리포니아, 뉴욕, 오하이오 등 일부 주에서 기존 함량 기준 제한 상향

미국의 생활소비재 VOCs 함량기준

[미국 연방정부 및 각 주별 생활소비재 VOCs 함량기준 일부]

Product Category	EPA	CA	IL	IN	MI	OH	OTC	NH	UT
개인용품 all									
헤어케어 제품류 (all Hair Care Products) [단위(wt%)]									
Hair Mousses	16	6	6	6	6	6	6		6
Hairshines		55	55	55	55	55	55		55
Hairsprays	80	55	55	55	55	55	55		55
Hair Styling Gels	6	6	6	6	6	6	6		6
Aerosols		6		6	6	6	62	6	6
Pump Spray		6		6	6	6	62	6	6
all Other Forms		2		2	2	2	22	2	2
Temporary Hair Color (Aerosol)		55						55	55

… 이하생략



- 미국 캘리포니아 주는 다른 지역 보다 엄격한 관리

1. 사용, 소비, 저장, 폐기, 파괴 또는 분해로 인해 VOC가 방출될 수 있는 가정·기관 제품 또는 개인제품을 대상으로 생활소비재 VOC 함유기준 규제
2. 규제 대상 제품 제조, 수입하는 자는 제품 제조에 사용된 구성 성분 양에 대한 기록을 기반으로 VOCs 함량을 계산하여 기준 충족 여부 입증여부 존재
3. 연도별 단계적 규제 제정 확대 및 기준 강화, 규제 항목을 늘리고, VOCs 함유기준 초과 시 판매 금지

〉〉미국 EPA와 지역기관들은 VOCs를 줄이기 위해 생활소비재 제품의 규제 범위를 넓히고 기준을 강화
〉〉최근 일부 주에서 기존 함량 제한 상향 및 신규제품을 범주에 포함하는 등 보다 엄격한 기준 적용

22

11. 세부 추진계획 수립 관련 연구(3-2)

③ 생활소비재 VOCs 사전 관리방안

국내 현실을 반영한 생활소비재 제품 VOCs 함유율 감안하여 단계적/순차적 배출관리, 함량관리, 대상관리 방안을 제안

	1단계	2단계	3단계
배출관리	(인증) 생활소비재의 친환경 제품 라벨링 등 인증제도	(보상) 친환경 제품(저VOCs)의 마일리지 도입 등 보상제도	(규제) VOCs 함유기준 표준 및 규제제도 제정
	• 현재 시행중인 환경부의 친환경 환경표지 인증제도 활용 • 인증기준 중 VOCs 기준 보완 • 인증기준 대상 품목 확대 • 친환경 제품 지속 홍보 필요	• 시민 친환경제품 사용 확대유도 • 친환경 제품을 제조하는 업체 간접적 이익 부여 친환경 제품 개발 유도	• 생활소비재 VOCs 함유기준 설정, 위반 제품 국내에서 생산 및 판매 시 규제 • 도료 VOCs 함유기준과 동일한 방식으로 운영
함량관리	EPA 함유기준 도입	EPA&CARB 함유기준 도입	CARB 함유기준 도입
	• EPA 함유기준 준용	• EPA 및 CARB 함유기준 혼용 • CARB 함유기준에 맞춰 대상 품목 및 사용 형태 세분화	• 순차적으로 CARB 함유기준 적용
대상관리	EPA 대상 VOCs 물질 면제물질추가	EPA 대상 VOCs 물질	CARB 대상 VOCs 물질
	• EPA 관리대상 VOCs 물질 및 국내 상황을 반영한 면제 물질 추가(부탄 등) * 국내 적용 시 적절한 면제 기준 마련 필요	• carbon monoxide, carbon dioxide, carbonic acid, metallic carbides or carbonates, ammonium carbonate 제외, 광화학 반응에 참여하는 모든 탄소 화합물 • EPA 면제 대상 기준보다 CARB 면제 대상 기준이 세부적으로 제시	

주요 제안

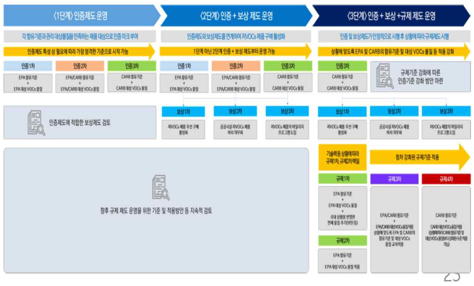
- ✓ 서울시 우선관리 대상품목 도출
- ✓ 생활소비재 함량기준 국외사례와 비교 및 검토(개정건의)
- ✓ 인증+보상+규제 제도 운영 방안 제안

④ 생활소비재 VOCs 사후 관리방안

생활소비재 VOCs 관리를 위해 VOCs 배출량 저감의 효과성, 정책의 실행 가능성, 시민·산업계·서울시 협력과 참여를 고려한 관리 방향 수립

정책 분야 및 주요내용

정책 분야 및 이슈		주요내용
생활소비재 VOCs 배출	배출 관리	◦ 가정용 VOCs 배출정보 확인·정보 관리 시스템 구축 고려 ◦ 생활소비재 VOCs 배출원 확인 및 활동도 정보가 구축 여부 ◦ 생활소비재 VOCs 배출량 산정과정의 과학적 분석과 대안 ◦ 휘발성유기화합물질 관리를 위한 로드맵 수립·적용
환경·유해 물질 관리	환경 관리	◦ 가정용 VOCs 배출 제품의 시민 건강영향 정보가 구축 ◦ 가정용 VOCs 배출 제품의 유해성 관리와 연계성 ◦ 생활소비재 VOCs 배출 및 노출 저감 정책 추진 합리성 ◦ 생활소비재의 유해물질 성분 확인 및 함량 기준 변화 적정성
VOCs 배출 맞춤 정책	맞춤 관리	◦ 생활소비재 VOCs 배출 친환경 맞춤 관리할 자치법규 마련 ◦ 생활소비재 VOCs 배출·노출과 관련한 시민 소통 ◦ 우선관리 가정용 VOCs 제품 선정 및 관리지침(안) 마련



서울연구원
The Seoul Institute

VOCs 관리를 위한 향후과제

1. VOCs 관리를 위한 향후 과제

VOCs 화학종 세부 측정, 라디컬 측정 등 배출원 생성 자료 및 분석 자료 보완

- AVOC, BVOC, OVOC 등 VOCs 화학종에 대한 기초자료 구축
- 배출원별 VOCs 연속 측정을 통한 자료
- VOCs로 인한 2차 생성물질(미세먼지, 오존) 메커니즘 해석을 통한 원인규명

VOCs의 유해성에 대한 시민인식 부족

- VOCs 유해성에 대한 심각성 부족으로 시민공감대 형성의 어려움

공공부문뿐만 아니라 민간부분에서의 VOCs 저감 방안 모색

- 사업장 관리부터 생활소비재까지 지원 또는 관리 방안에 대한 검토
- VOCs 배출 저감에 대한 시민 홍보 방안 필요

법적규제와 자발적 감축의 적정 운영과 공존

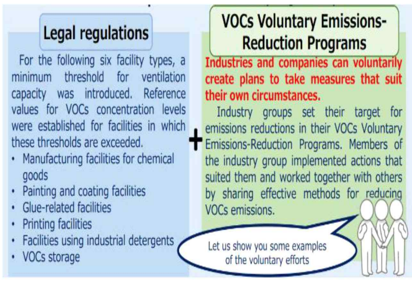
- 일본의 경우 VOCs 감축 위해 '법적규제'와 '사업체 자발적 감축 프로그램' 동시 운영
- VOC 대책 가이드라인, 저 VOCs 함량 제품 사용유도 및 홍보, 환경컨설팅, 보조금 지원 등

〈국외 VOCs 저함유 인증 및 규제 현황〉

이름	마크	시행국가	제품	생활소비재 규제 여부
Regulation on VOC emissions		Belgium	Construction products	-
Regulation on VOC emissions		French	Construction products	-
VOC tax		Swiss	Products	Tax for all consumer products
Regulations on VOC in consumer products		California, USA	Consumer Products	Regulation on part of all consumer products

…이하생략

〈일본 베스트 믹스 정책〉



2. VOCs 관리를 위한 제안

사전 관리

제품 관리

원료로부터의 개선 관리

제품의 VOCs 함량 기준

- 제품 생산 단계에서 부터 VOCs 함유율을 설정하여 관리
- 미국 EPA를 중심으로 세계 주요국(유럽, 홍콩 등)에서 시행

저 VOCs 사용 제품 친환경제품 인증

- 현재 시행중인 환경부의 친환경 환경표지 인증제도 활용
- 인증기준 중 VOCs 기준 보완

고 VOCs 함유 대상물질 관리

- VOCs 고 함유물질에 대한 대상물질 관리
- EPA 관리대상 VOCs 물질 및 국내 상황을 반영한 면제 물질 추가

사후 관리

배출 관리

배출 이후 저감 관리

VOCs 배출관리 정보시스템 구축

- 배출원별 배출량 상제 정보 DB 구축
- VOCs 배출의 누락배출원 탐색과 배출정보 불확실성 제거

지역맞춤형 VOCs 저감 중장지 전략 로드맵 수립

- 지역 맞춤 VOCs 배출 산정 및 배출체계 정비
- VOCs 관리 및 대응을 위한 정책 및 제도 개선 등

VOCs 관리와 생활화학제품 간 안전관리 통합

- VOCs 배출관리와 생활화학제품 안전관리 연계 검토
- 'VOCs 배출' ↔ 생활화학제품 '안전관리' 협력 체계 구축

26

감사합니다.

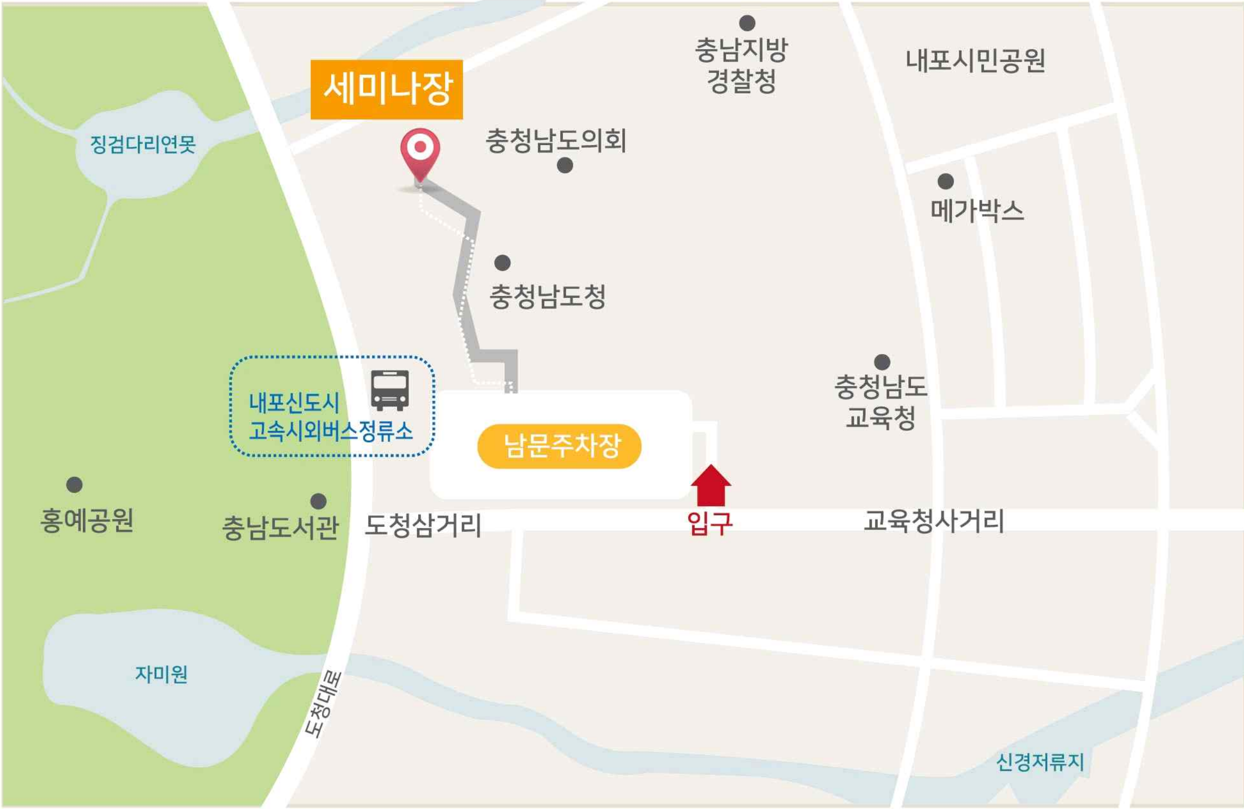
발표자: 송민영 연구위원
소속: 서울연구원
이메일: mysong@si.re.kr
연락처: 02-2144-2930

memo

memo

memo

오시는 길



장 소 충청남도청 문화예술회관 106호 (충남 예산군 삽교읍 도청대로 600)

차량 이동 충청남도 남문 주차장에 주차 후 이동 (도보로 4분, 272m)

대중 교통 (서울에서 오실 경우)

버스 이용 시
경부버스터미널에서 내포신도시행 버스 탑승 → 내포 시외고속버스정류장 하차 후 이동 (도보로 8분, 513m)

철도 이용 시
용산역 또는 영등포역에서 장항선 탑승 후 삽교역 하차 (택시로 16분, 10.2km)