

미세먼지 관리를 위한 산·학·연 공동 대응 세미나

I

추진배경

- 대기오염물질은 수질, 토양과 같은 환경문제와 다르게 개방된 공간에서 기상, 지형, 배출원 등 다양한 원인에 의해 배출·희석·확산되거나 반대로 농축되어 고농도 피해를 야기할 수 있음
- 대기환경 개선을 위해서는 정확한 측정과 예측, 진단, 기술 적용 등 다양한 요인으로 발생하는 현안에 대해 전방위적인 이해와 대응이 요구됨
- 충청남도는 석탄화력발전소, 제철소, 석유화학단지 등 대형 배출원에서 배출되는 1차 배출원 뿐만아니라 지역 내 풍부한 NH_3 와의 반응을 통해 생성되는 2차 오염물질까지 다양한 요인에 의해 오염물질이 발생하고 있음
- 충청남도에서 나타나고 있는 대기오염 문제의 현안 파악과 원인 분석, 개선 방안 마련을 위해서는 다양한 분야에 대한 이해와 정보수집이 요구됨

II

추진목적

- 다양한 대기환경분야에 대한 이해 및 정보 수집
- 산학연 전문가 토론을 통한 충남지역 대기질 개선 방안 모색

III

기대효과

- 다양한 분야의 전문가들과의 인적 네트워크 구축
- 연구원 내 부족한 대기모델링과 방지시설 분야의 최신 정보 수집

IV 행사개요

- 미세먼지 관리를 위한 산·학·연 공동 대응 세미나(CNI세미나 2024-03)
- 일 시 : 2024년 2월 21일 (수) 15:00~18:00
- 참 석 : 충남연구원, 충남녹색환경지원센터, 대림대, 선일이앤씨, (주)동해종합기술공사, 대양 E&I, E-Tech, (주)시원기업
- 주 관 : 충남연구원, 충남녹색환경지원센터
- 장 소 : 인덕원 IT밸리 D동 1층 회의실
- 참석인원 : 김종범 책임연구원 외 11명

V 세부일정

소 요 시 간		내 용	비고
15:00~15:05	5분	참석자 소개	김종범 책임연구원 (충남연구원)
15:05~15:10	5분	세미나 취지 소개	김종범 책임연구원 (충남연구원)
15:10~15:40	30분	대기질 모델링을 활용한 배출원 기여도 평가방법 및 활용사례	김수향 부장 (선일이앤씨)
15:40~16:10	30분	미세먼지 배출허용기준 적용을 위한 경제성 평가 분석 예시	노수진 교수 (대림대)
16:10~16:40	30분	충청남도 소규모방지시설 지원사업 추진 경과 및 개선방안 제안	김종범 책임연구원 (충남연구원)
16:40~17:50	70분	종합토의	김영준 팀장 (충남녹색환경지원센터)
17:50~18:00	10분	마무리	

【별첨 1】

참석자 명단 (12명)

	소 속	직 위	이 름	
1	충남연구원 (4)	책임연구원	김종범	발제 3
2		책임연구원	박세찬	
3		연구원	황규철	
4	충남녹색환경지원센터 (3)	팀장	김영준	
5		팀장	강민주	
6		연구원	오세권	
7	대림대	교수	노수진	발제 2
8	(주)시원기업	부장	유순석	
9	대양 E&I	과장	임혜미	
10	(주)동해종합기술공사	차장	윤현배	
11	E-Tech	대표이사	서영민	
12	(주)선일이앤씨	부장	김수향	발제 1

대기질 모델링을 활용한 배출원 기여도 평가방법 및 활용사례

2024.02.21

발표자 : (주)선일이앤씨 김 수 향

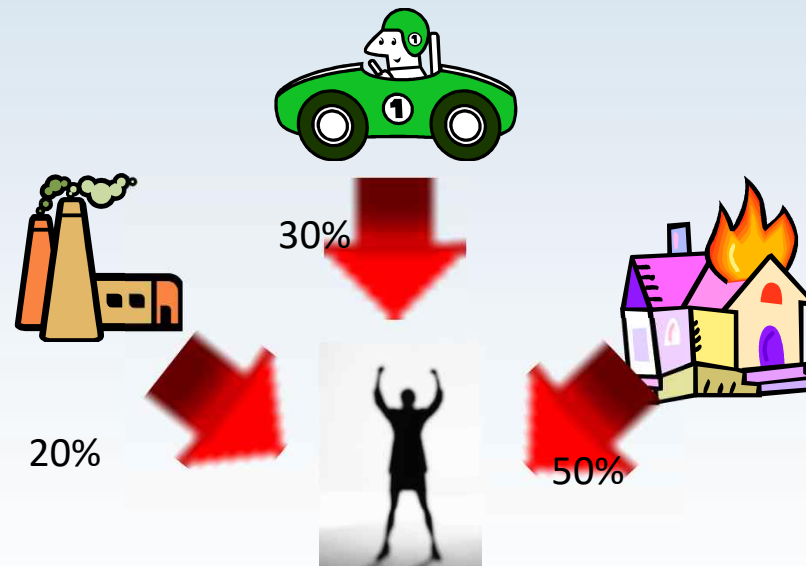
Dispersion vs. Receptor Models

Dispersion model



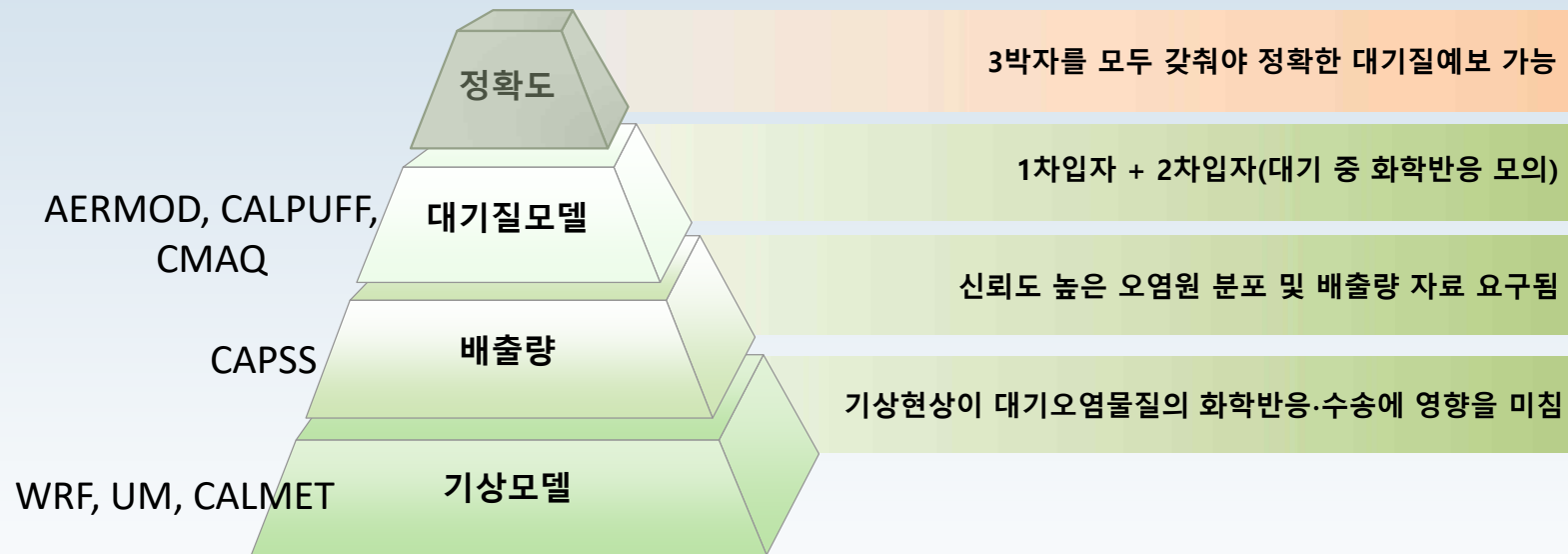
종류 : CALPUFF, CMAQ, AERMOD

Receptor model



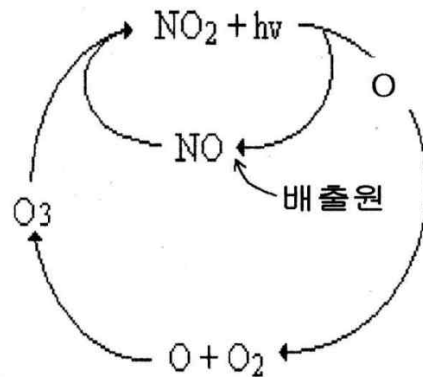
종류 : CMB, PMF

대기질 모델 기본 구조

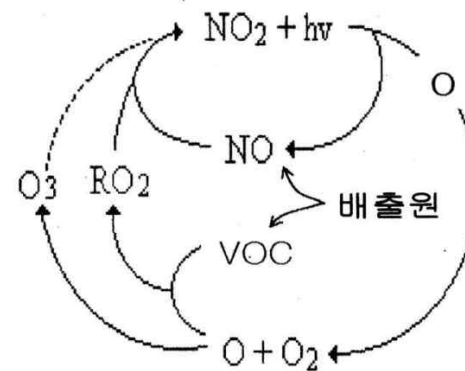


출처 : 국민건강보호를 위한 초미세먼지 피해저감 연구

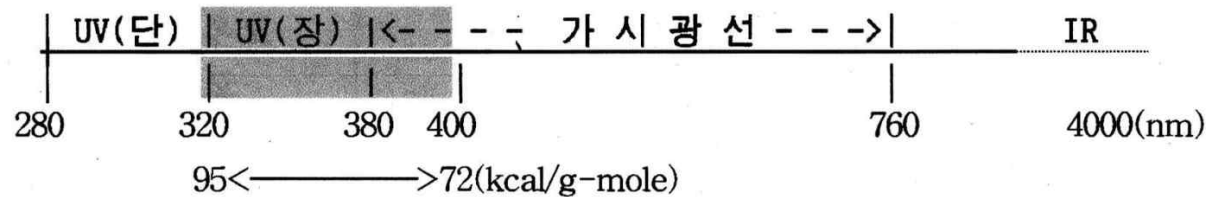
지표면 오존(O_3) 생성 기작



(a) 휘발성유기화합물 없을 때의
일정 오존농도 유지 반응

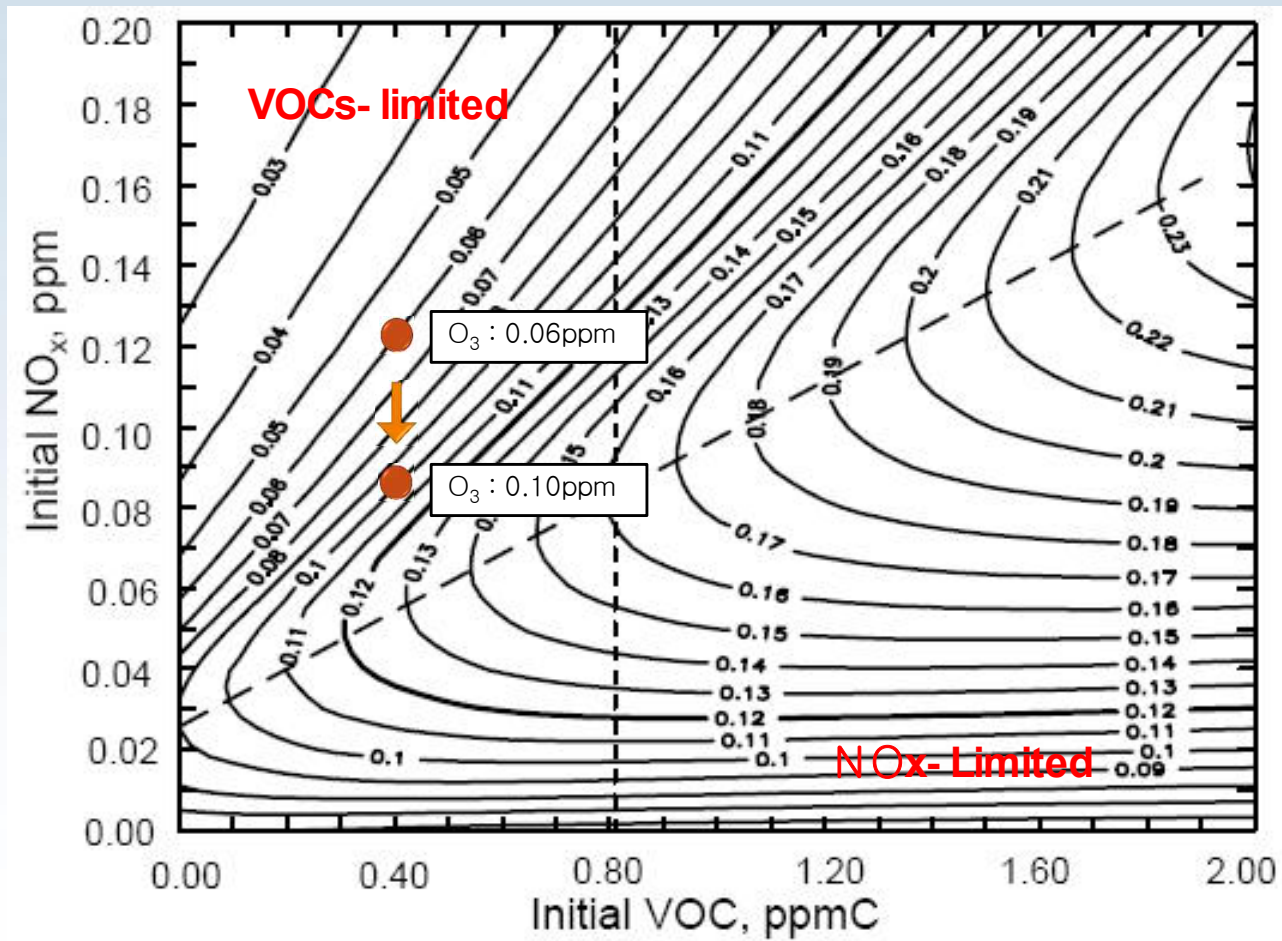


(b) 휘발성유기화합물이 있을 때의
오존농도 증가 반응

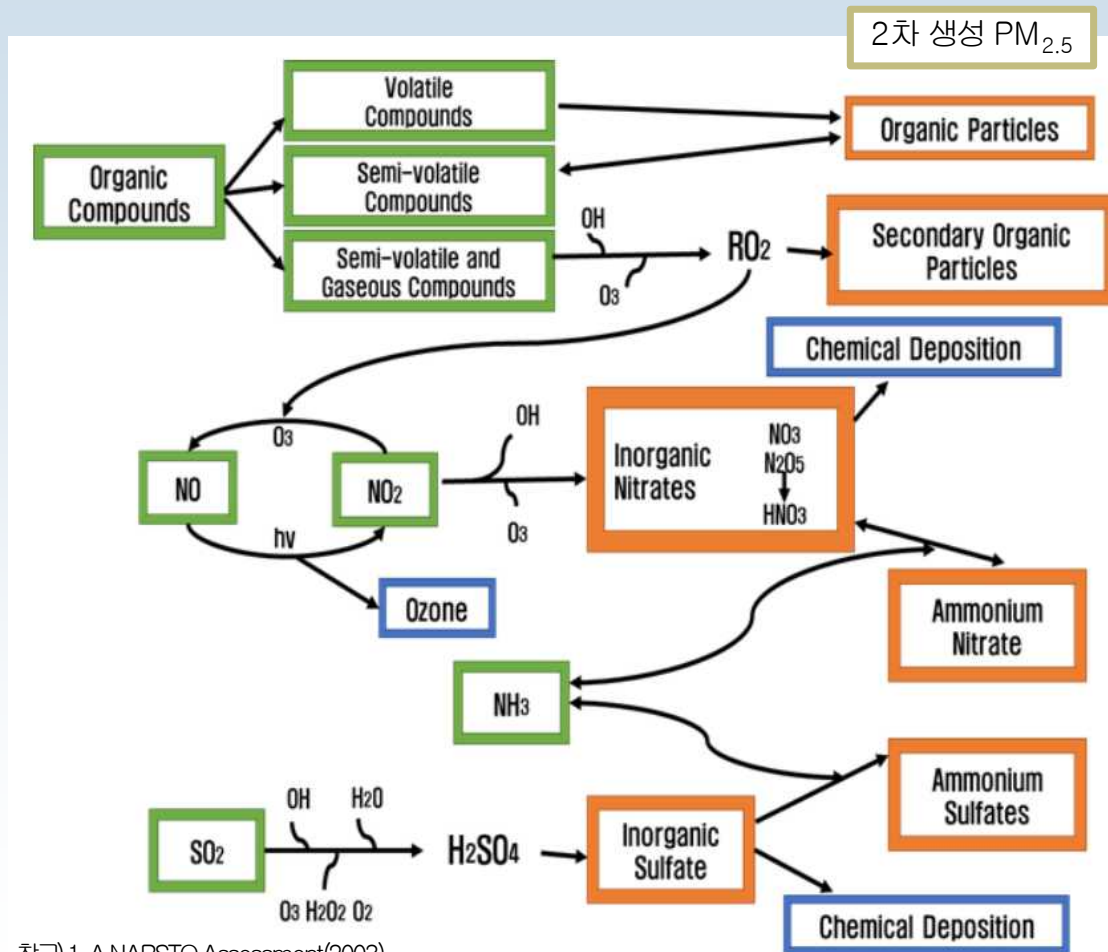


※UV(장)파와 가시광선 중의 단파의 빛이 NO_2 를 광분해시키는 주 에너지(90%) 원으로
72 kcal/g-mole 이상의 에너지량이면 분해 가능함

O₃-NO_x-VOCs 관계



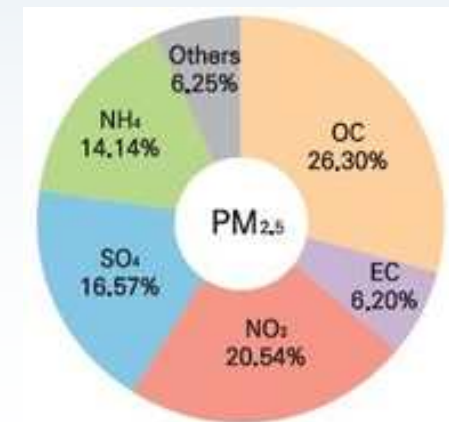
2차 PM_{2.5} 생성 기작



- 오염원에서 배출된 가스상 NO_x, SO₂, NH₃, 유기화합물 (1차)이 대기 중 광화학반응을 통해 2차 미세입자로 생성
- 1차 ↔ 2차 생성 반응으로 배출량과 농도는 비선형 관계임

<서울 PM_{2.5} 구성성분>

2015~2017년



참고) 1. A NARSTO Assessment(2003)

2. 2015~2017년 서울특별시의 초미세먼지(PM-2.5) 구성성분 비율, 뉴시스, 2020.07.13

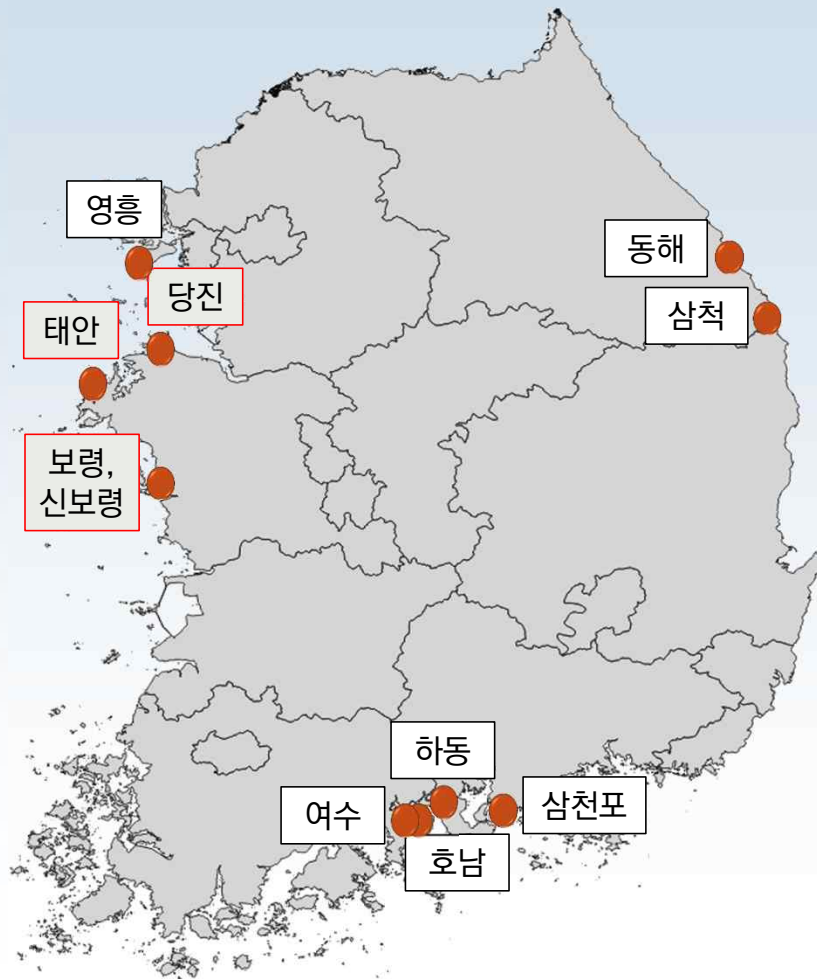
CMAQ을 활용한 충남지역 석탄화력
발전소 PM_{2.5} 농도 기여도 및 지역별
영향범위 산정연구

I. 연구 개요

- 발전소 주변 지역 주민들의 건강 및 주변지역 농작물 영향권 설정을 위해 발전소에서 배출되는 대기오염물질에 의한 영향 분석 필요 대두됨
- 가스상 전구 대기오염물질의 $PM_{2.5}$ 로의 전환율은 이동 경로상의 대기 조건에 따라 달라져 배출량-농도 간의 비선형성 고려 및 저감대책 효과를 분석하기 위한 방안으로 3차원 광화학 모델 이용됨
- 대기질 모델링을 활용하여 최신 배출량 기준 발전소 주변 지역에 대한 영향권과 영향 농도를 설정하여 체계적인 관리대책 마련을 위한 기초자료로 활용할 필요가 있음
- 본 연구에서는 대기질모델(WRF-SMOKE-CMAQ)을 이용하여 당진, 태안, 신보령, 보령 발전소 운영에 따른 주변 대기질 영향 범위를 파악 및 충남내 발전소별 기여도 분석을 수행함

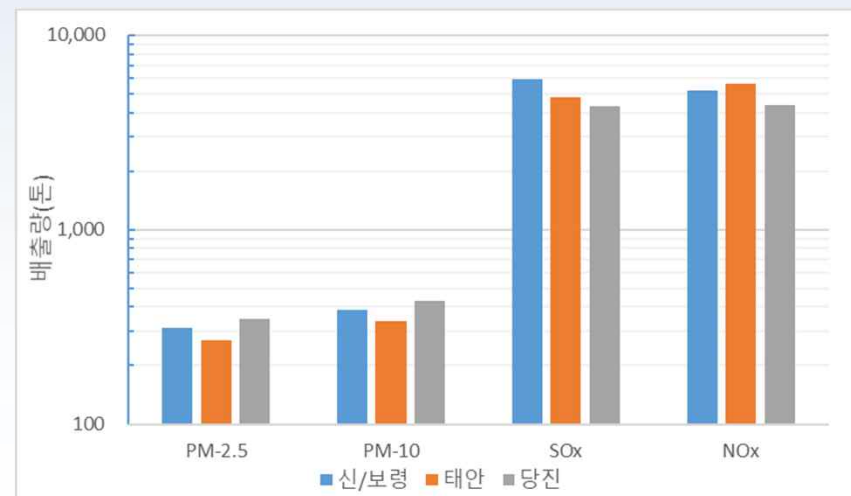
II. 연구내용 및 방법

● 석탄화력발전소 현황



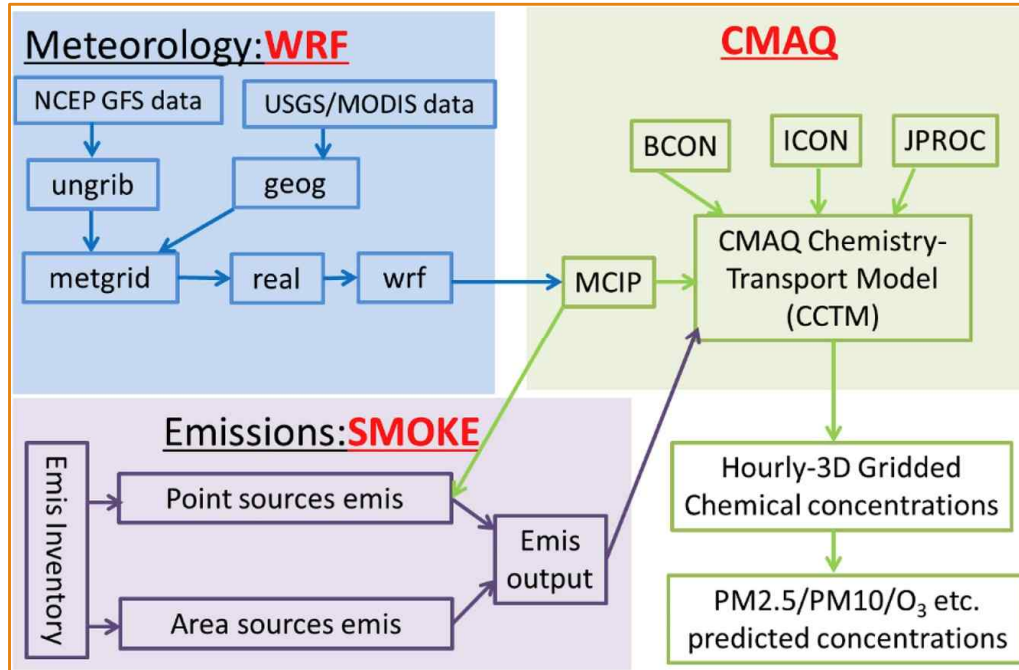
충남 대기오염물질 배출량 (2019년)

구분	PM _{2.5}	PM ₁₀	NO _x	SO _x
배출량 (톤)	15,314	31,823	96,950	62,332
석탄화력발전소	928	1,152	15,237	15,069
발전소/충남(%)	6.1	3.6	15.7	24.2



II. 연구내용 및 방법

● 대기질 모델링 수행방법



✓ WRF (Weather Research and Forecasting)

- 3차원 기상장 및 난류장 생성
- 중규모 기상 예측 모델
- 다양한 물리적 과정을 선택적으로 모사 가능

✓ SMOKE (Sparse Matrix Operator Kernel Emission)

- 격자별(gridded), 시간별(hourly), 화학종분화된 (speciated) 배출량 생성
- 다양한 화학 반응 메커니즘의 화학종으로 구분 가능

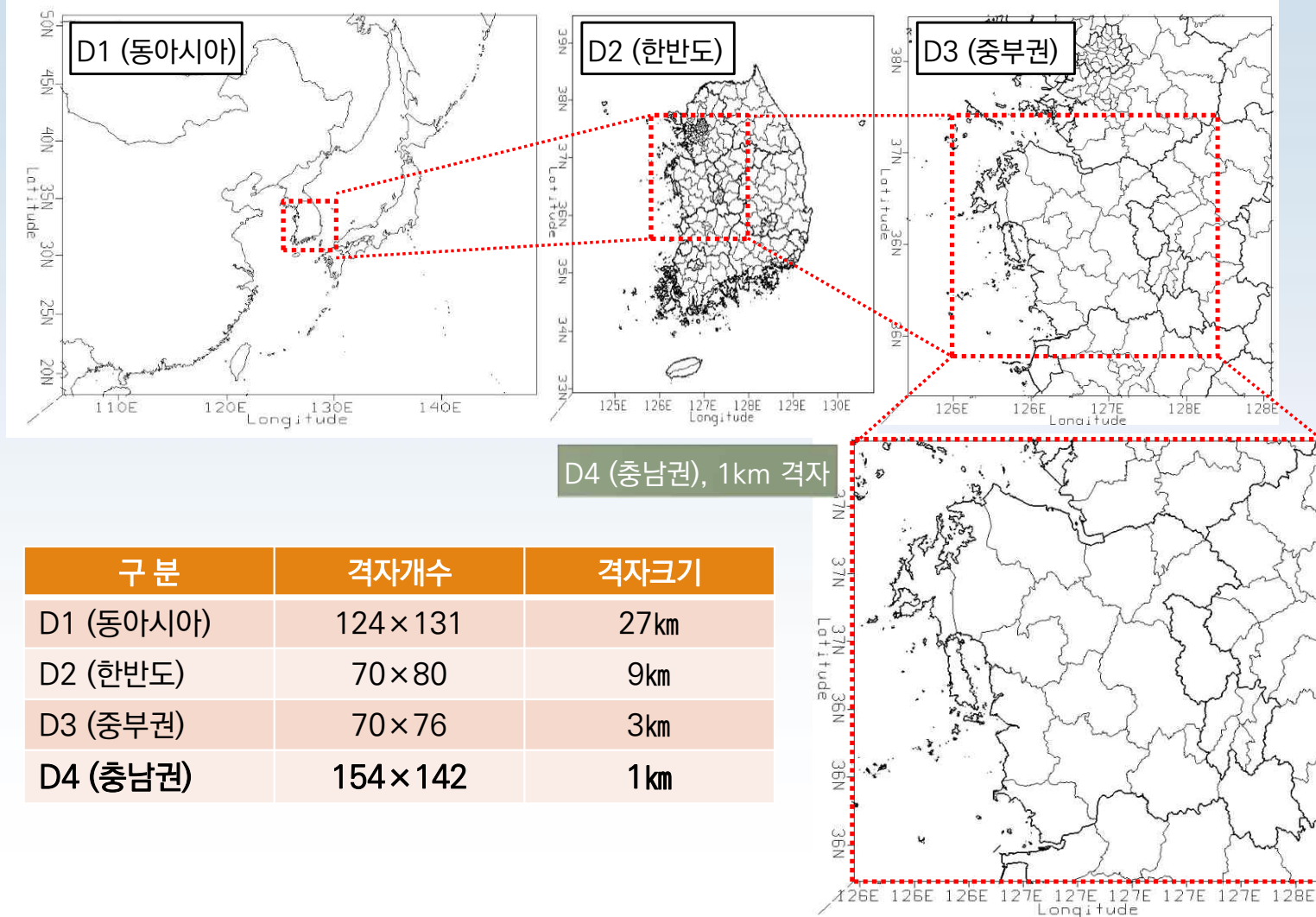
✓ CMAQ(Community Multiscale Air Quality)

- 전처리 모델(MCIP, SMOKE)과 주모델(CCTM*)로 나누어짐
- 3차원 이류 확산방정식을 수치적으로 풀어 농도 산정

(CCTM* : CMAQ Chemical Transport Model)

표. 연구내용 및 방법

● 기상 및 대기질 모델링 도메인 설정



구 분	격자개수	격자크기
D1 (동아시아)	124×131	27km
D2 (한반도)	70×80	9km
D3 (중부권)	70×76	3km
D4 (충남권)	154×142	1km

II. 연구내용 및 방법

● 대기질 모델링 입력자료

■ 대기오염물질 배출량

- 국외 인위적 배출량 : 동아시아 배출목록(INTEX-B)
- 국내 인위적 배출량 : CAPSS 2019년
- 자연배출량 : BEIS을 활용한 식생 배출량 추정

■ 기상입력자료

- 기상모델 : WRF v3.9.1
- 기상 초기 입력장 : NECP FNL $0.25 \times 0.25^\circ$ 자료
- 수직층 : 35개층
- 수행 옵션 : WSM3(9km 격자해상도)/WSM6(3km 격자해상도) Micro physics, RRTMG Short wave radiation, ACM2 PBL scheme, Real-Time Global Sea Surface Temperature(RTG SST) 적용
- 수평해상도 : 동아시아 27km, 국내 9km, 중부권 3km, 충남 1km

II. 연구내용 및 방법

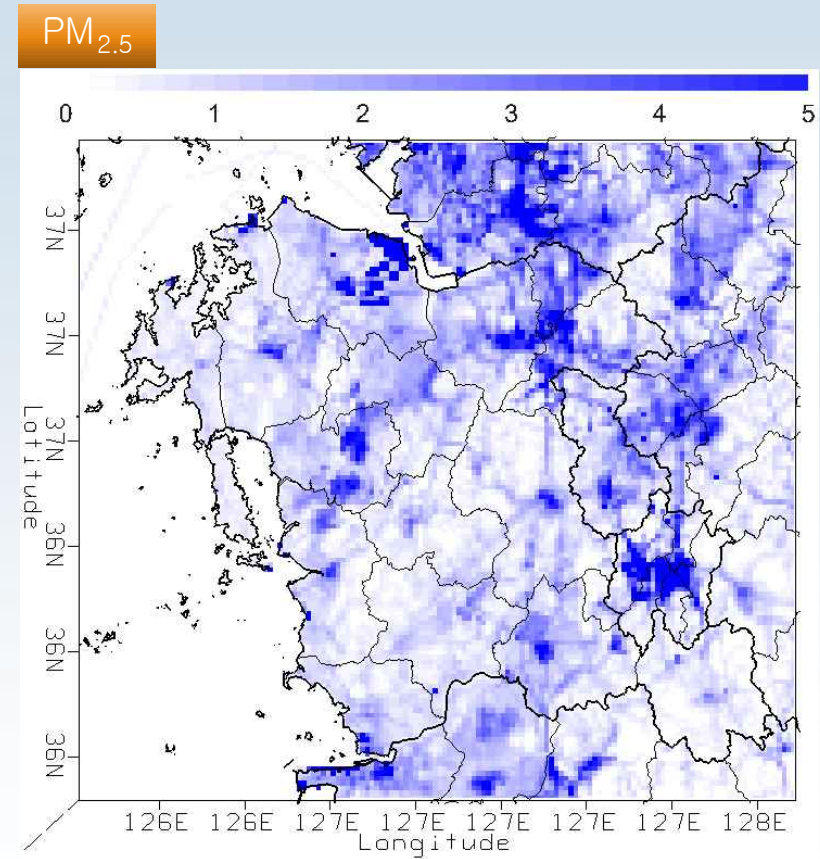
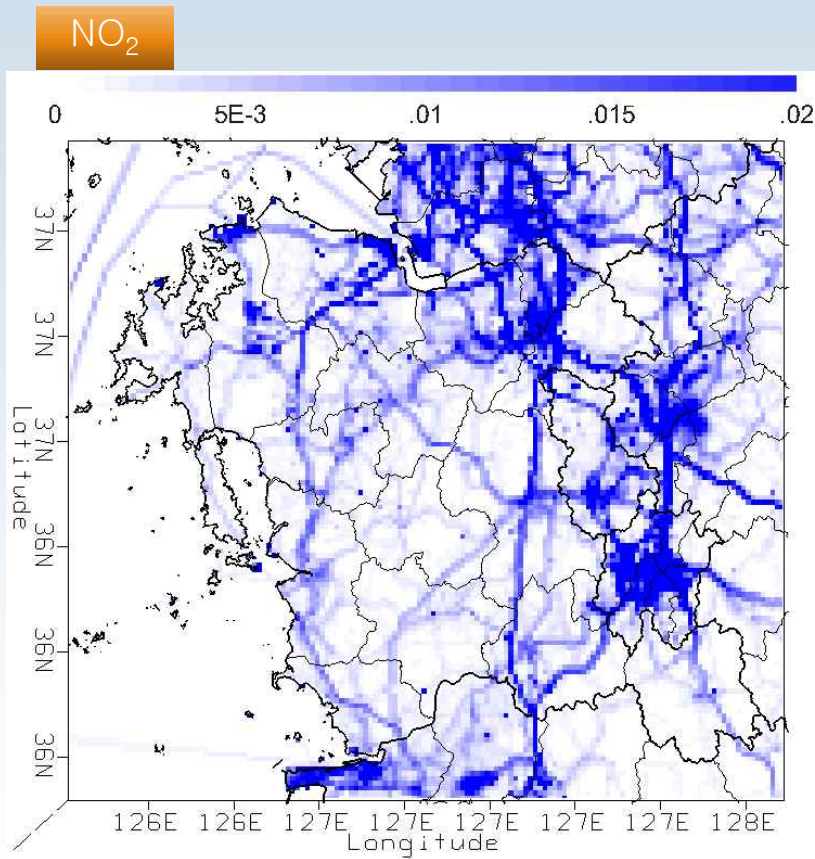
- 대기질 분석 모델링
 - CMAQ v.4.7.1 활용
 - 수직층 : 15층
 - 수행옵션 : EBI chemistry solver with SAPRC99, ACM2 vertical diffusion, YAMO advection scheme, AERO5 aerosol module

● 대기질 모델링 분석 시나리오

- 대상 발전소 : 당진, 태안, 보령, 신보령 (4개소)
- 대상 발전소별 및 통합 대기질 기여농도 분석
 - 분석오염물질 : $PM_{2.5}$, SO_2 , NO_2
 - 공간적 범위 : 충남권역, 지역별(시군구)
 - 시간적 범위 : 연간 (배출량 : 2019년, 기상 2021년)

II. 연구내용 및 방법

● 대기오염물질 배출량 처리결과 (SMOKE 결과)



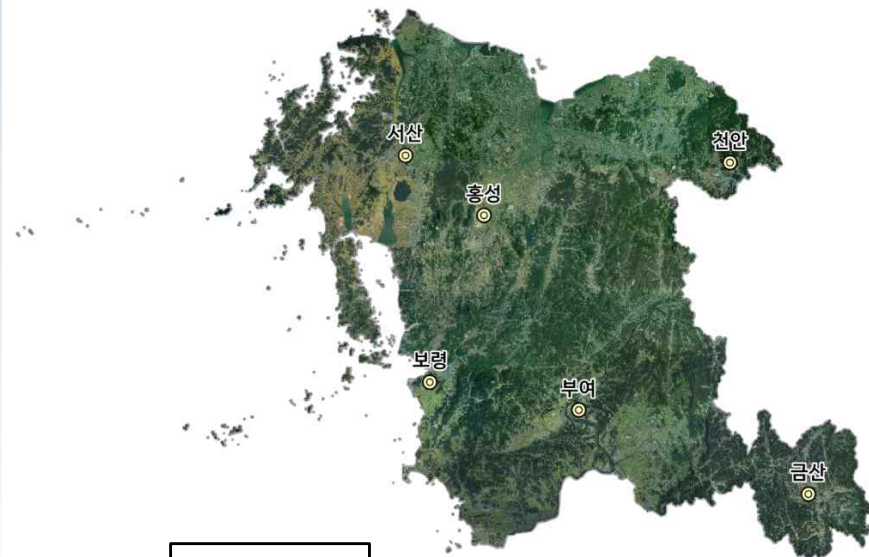
✓ CAPSS 2019년 배출량 자료를 시공간 분배처리하여 1km 격자 입력자료로 생성

II. 연구내용 및 방법

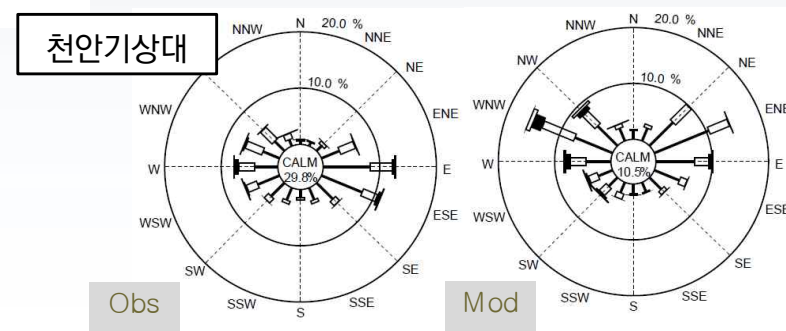
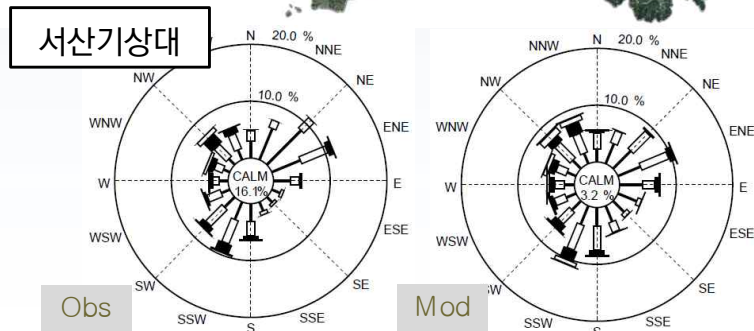
● 기상 및 대기질 모델 결과 정합도 분석 방법

기상 모델링 결과 검증 방법

✓ WRF 모델 결과와 기상대의 통계적 검증 실시



구분	기온			풍속			풍향	
	상관계수 (r)	Bias(K)	Gross Error(K)	상관계수 (r)	Bias(m/s)	RMSE (m/s)	Bias(deg)	Gross Error(deg)
서산	0.98	0.04	1.73	0.71	0.67	1.10	1.02	34.7
홍성	0.98	-0.02	1.56	0.65	0.77	1.10	3.28	43.5
천안	0.98	0.12	1.68	0.65	0.48	0.91	-0.06	42.4
보령	0.98	-0.18	1.64	0.45	1.11	1.49	5.57	35.9
부여	0.98	0.52	1.74	0.67	0.71	0.96	2.66	43.7
금산	0.97	0.22	1.84	0.73	0.62	0.90	-12.26	50.0
기준 ¹⁾	-	$\leq \pm 0.5$	≤ 2	-	$\leq \pm 0.5$	≤ 2	$\leq \pm 10$	≤ 30

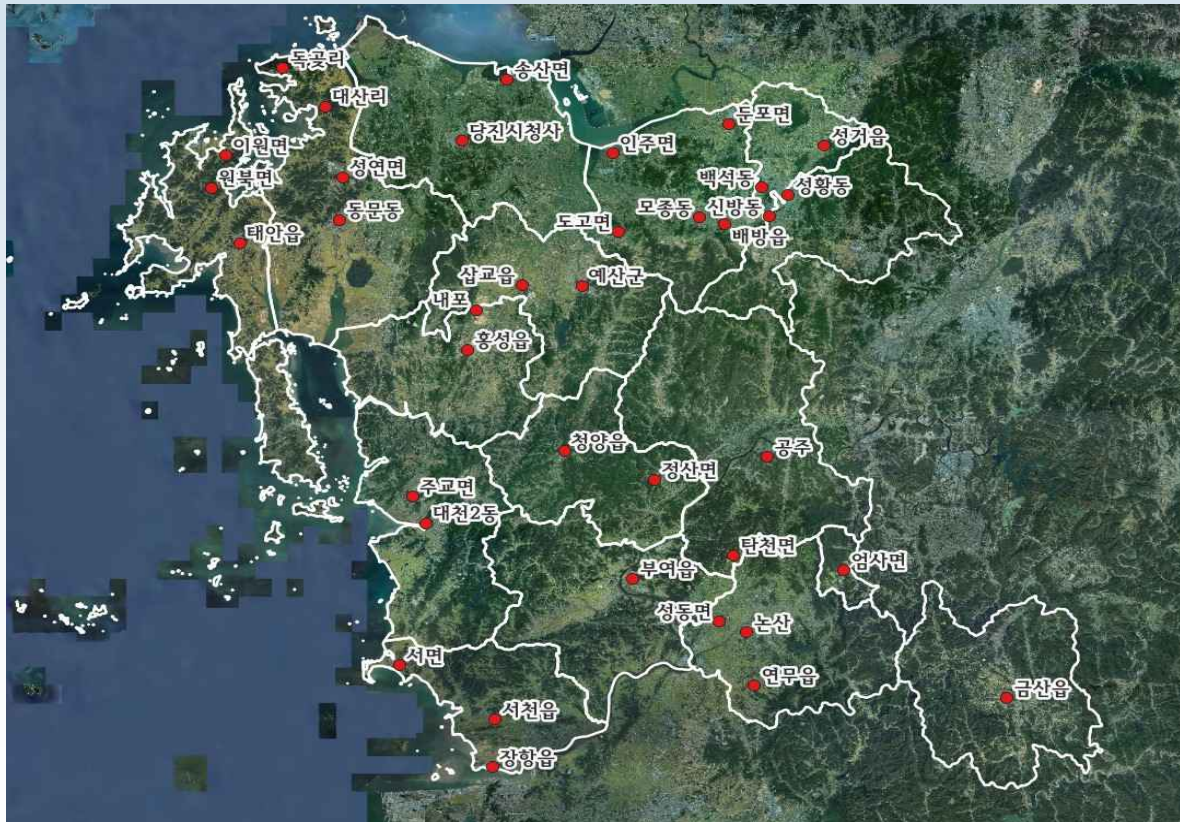


자료: Emery, C. et al., 2001, Enhanced Meteorological Modeling and Performance Evaluation for Two Texas Ozone Episodes, 7-31.

II. 연구내용 및 방법

대기질 모델링 결과 검증 방법

✓ 대기질 예측결과의 신뢰성을 확인하기 위해 도시대기측정망 자료를 이용하여 비교 분석 (PM_{2.5} 일평균)



〈2021년 기준 도시대기측정망 위치〉

측정소	r	IOA	NMB(%)
백석동	0.750	0.85	-12.09
탄천면	0.698	0.82	-21.23
태안읍	0.672	0.79	-24.47
정산면	0.739	0.85	-5.55
주교면	0.754	0.84	-19.10
부여읍	0.632	0.77	-16.11
동문동	0.702	0.82	-19.63
당진시청사	0.635	0.79	3.11
모종동	0.702	0.82	-9.25
성연면	0.676	0.80	-19.25
서천읍	0.681	0.82	-5.93
공주	0.670	0.80	-10.19
신방동	0.737	0.85	-8.90
예산군	0.726	0.83	-14.69
염사면	0.740	0.85	-0.15
홍성읍	0.686	0.82	-9.20
적정 평가범위	>0.4	>0.5	±30%

(출처 : Willmott et al.(1985), Hurley et al.(2001), Emery et al.(2016).)

II. 연구내용 및 방법

● 발전소에 의한 대기질 기여도 분석방법

Brute-Force Method (BFM)

- 배출원, 물질별 기여도 평가방법
- 분석방법

$$S_i = \frac{C_i - C_x}{e_i}$$

S_i : 발전소 i의 배출량 변화에 따른 농도변화

C_i : 기본 모의 결과 (모든 배출원 포함)

C_x : 발전소 i 삭감시 모의농도

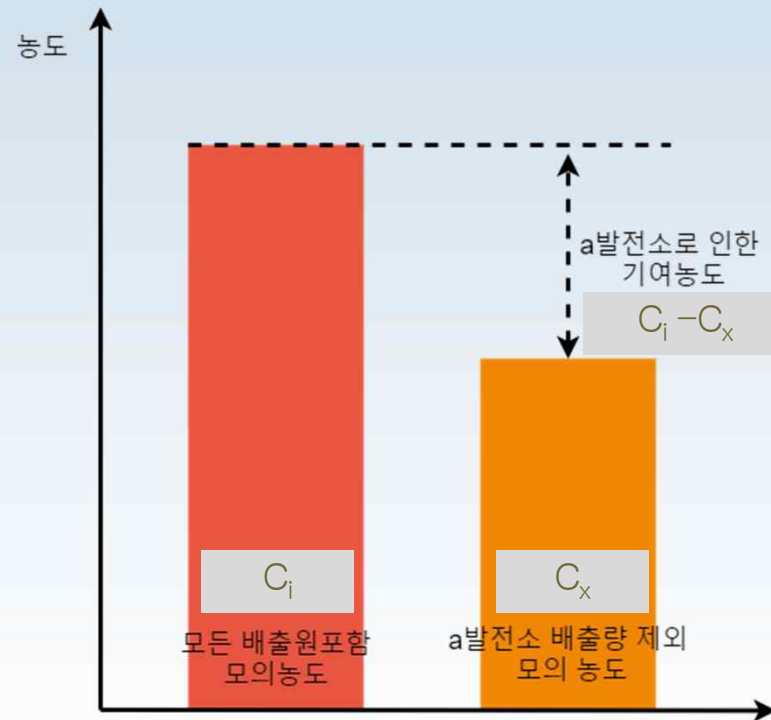
e_i : 발전소 i에 의한 삭감폭 (예 100% = 1)

장점

- 적용 쉬움
- 여러 모델에 적용가능
- 대기질 정책효과 평가에 널리 이용되고 있음

단점

- 평가 대상이 많을수록 모델링 시간 늘어남
- 민감도 문제



II. 연구내용 및 방법

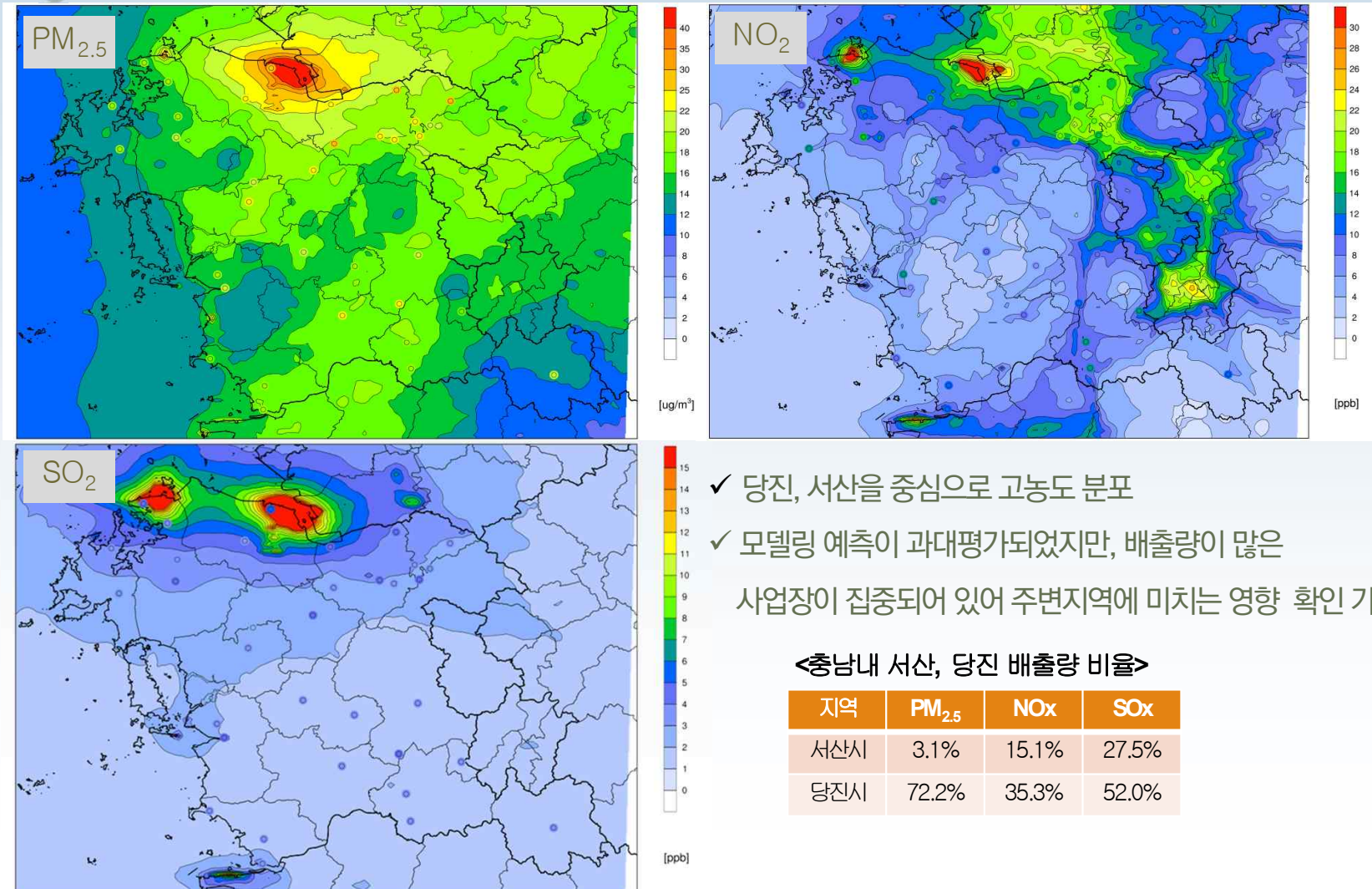
● 발전소 영향범위 추정방법

- 물질별 Significant Impact Levels (SIL) 적용
 - EPA 40 CFR 51, 165(b)
 - 대기질 모델링 결과 배출원에서의 영향농도가 SIL 이상이면 영향이 있다고 판단
- BFM으로 각 발전소 및 통합기여도 분석 후 SIL 기준을 적용하여 발전소의 영향범위 산정

물 질	구 분	미국 대기환경기준 (ug/m ³)	SIL(ug/m ³)
CO	1hour	40,000	2,000
	8hour	10,000	500
NO ₂	1hour	188	7.5
	Annual	100	1 (0.487ppb)
SO ₂	1hour	196	7.8
	24hour	365	5
	Annual	185	1 (0.35ppb)
PM ₁₀	24hour	150	5
PM _{2.5}	24hour	35	1.2
	Annual	12	0.2
O ₃	8hour	70 ppb	1ppb

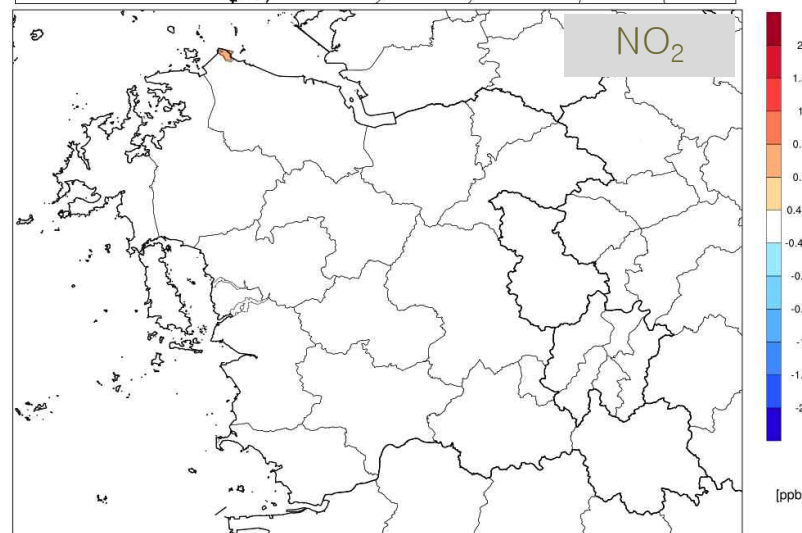
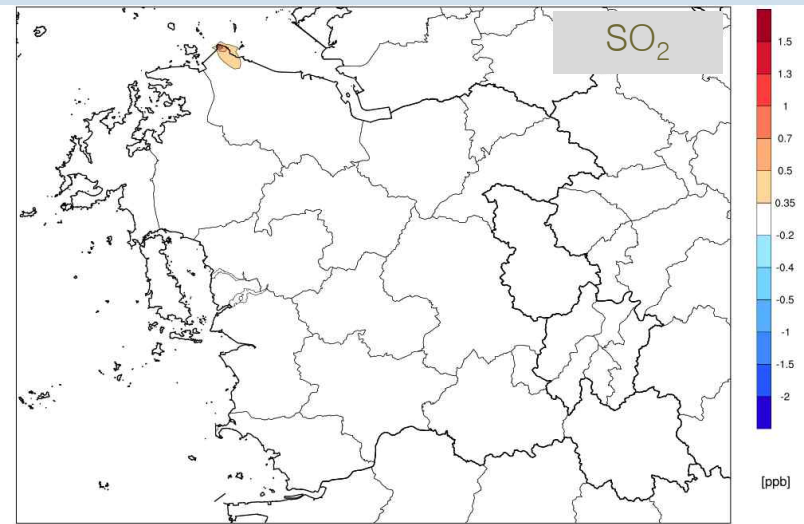
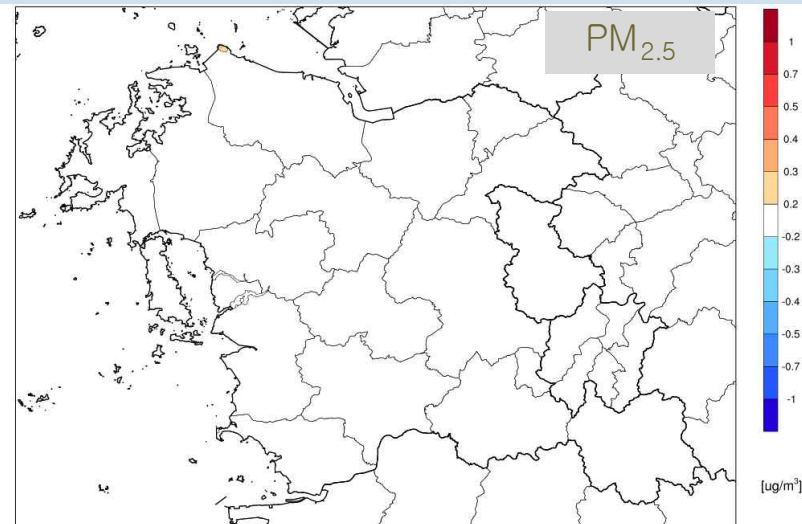
Ⅲ. 연구 결과

● 충청남도 연평균 농도 분포 (모델링 예측 및 측정소)



Ⅲ. 연구 결과

● 당진발전소 기여농도 분석 (연간)



✓ SIL 적용

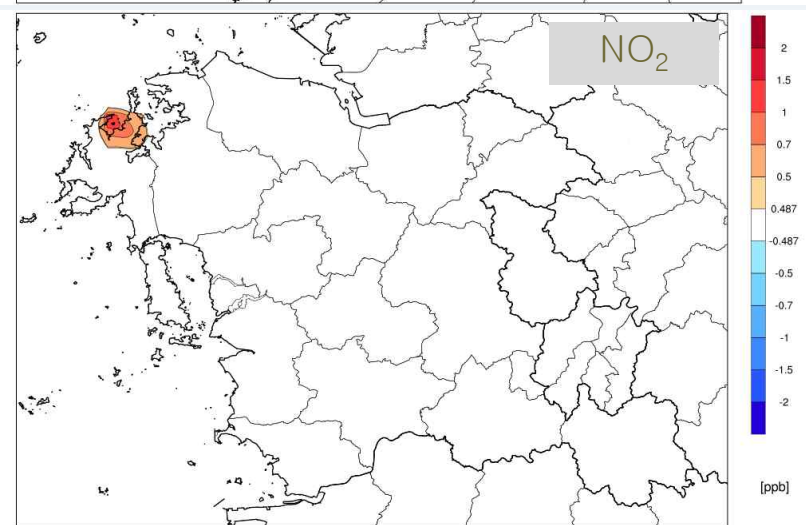
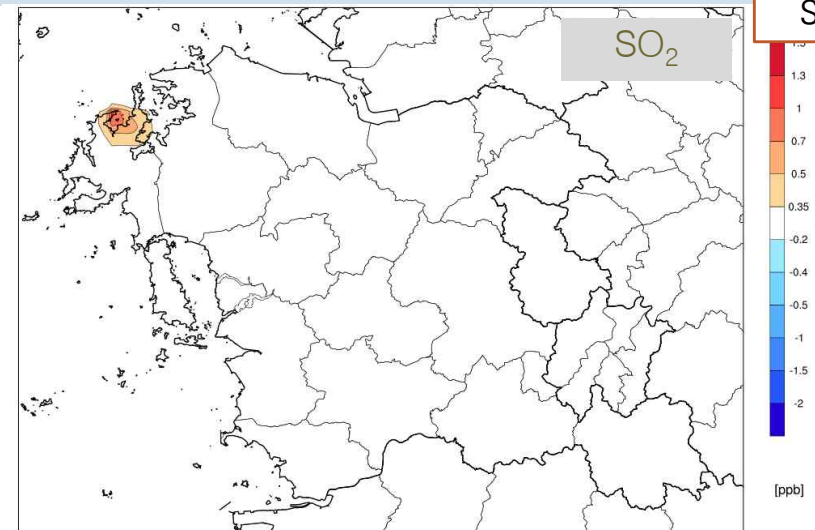
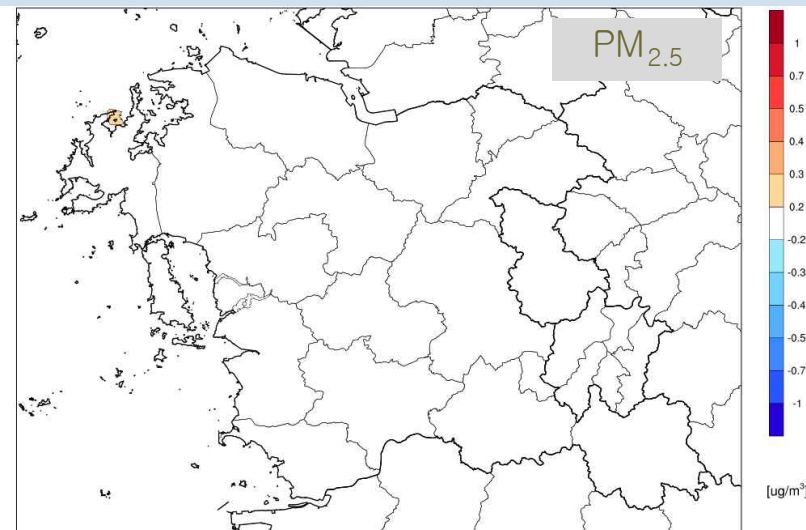
$PM_{2.5}$ $0.2\mu g/m^3$ 이상

NO_2 0.487ppb 이상

SO_2 0.35ppb 이상

Ⅲ. 연구 결과

● 태안발전소 기여농도 분석 (연간)

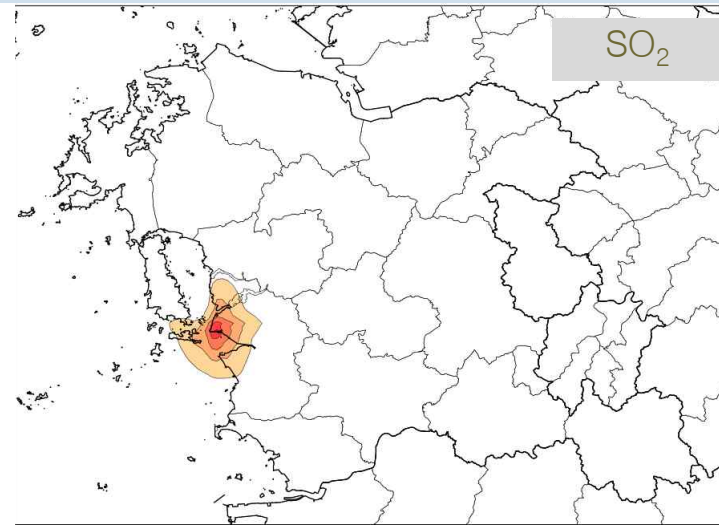
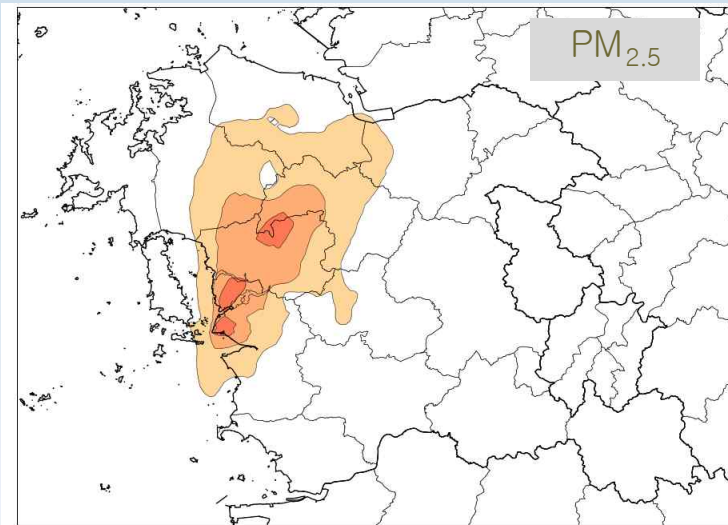


✓ SIL 적용
 $PM_{2.5}$ $0.2\mu g/m^3$ 이상
 NO_2 0.487ppb 이상
 SO_2 0.35ppb 이상

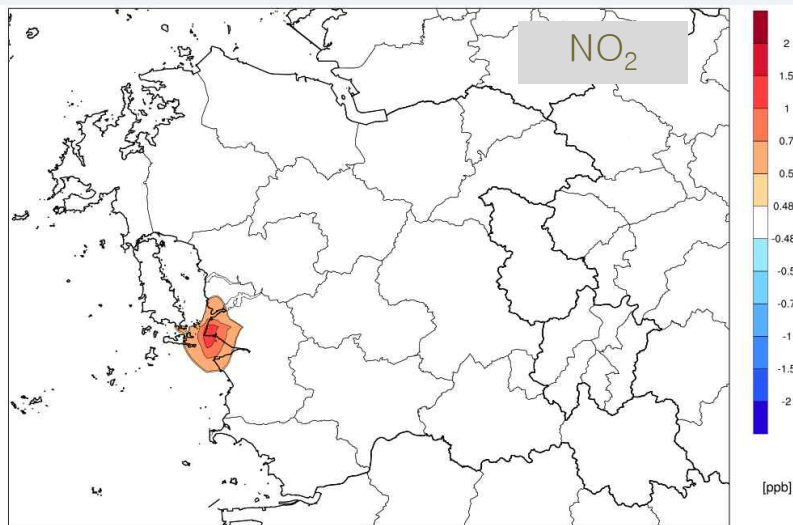
✓ SIL 적용
 $PM_{2.5}$ $0.2\mu g/m^3$ 이상
 NO_2 0.487ppb 이상
 SO_2 0.35ppb 이상

Ⅲ. 연구 결과

● 신보령, 보령발전소 기여농도 분석 (연간)



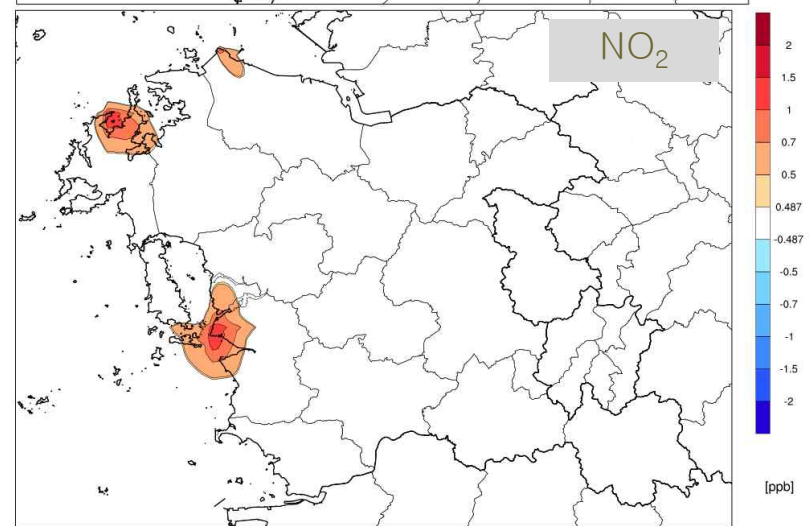
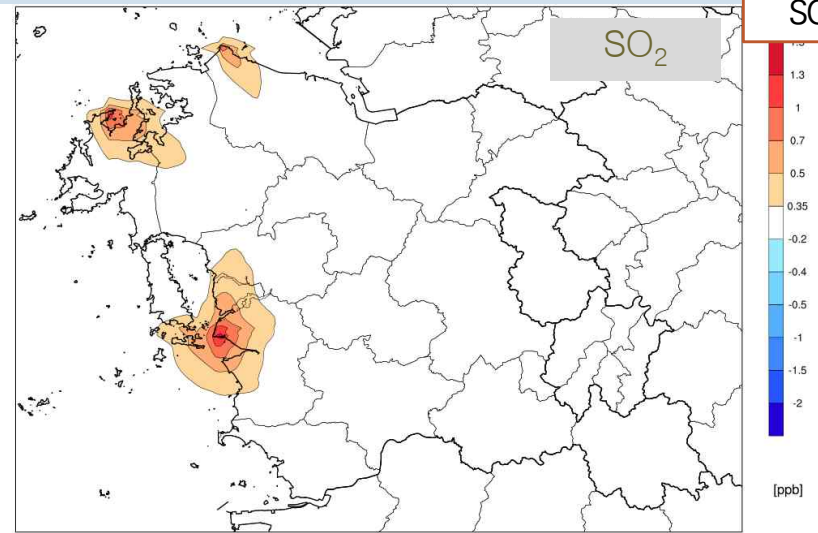
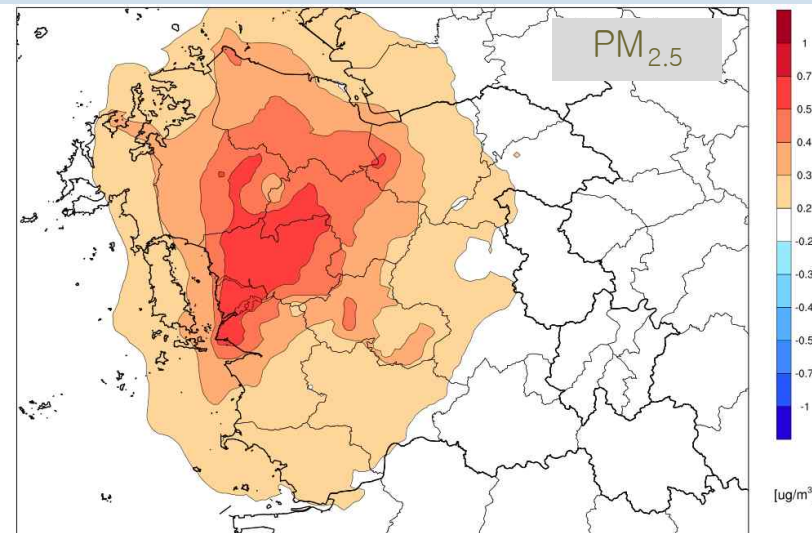
✓ SIL 적용
PM_{2.5} 0.2 μ g/m³ 이상
NO₂ 0.487ppb 이상
SO₂ 0.35ppb 이상



✓ SIL 적용
PM_{2.5} 0.2 μ g/m³ 이상
NO₂ 0.487ppb 이상
SO₂ 0.35ppb 이상

Ⅲ. 연구 결과

● 당진, 태안, (신)보령기여농도 분석 (연간)

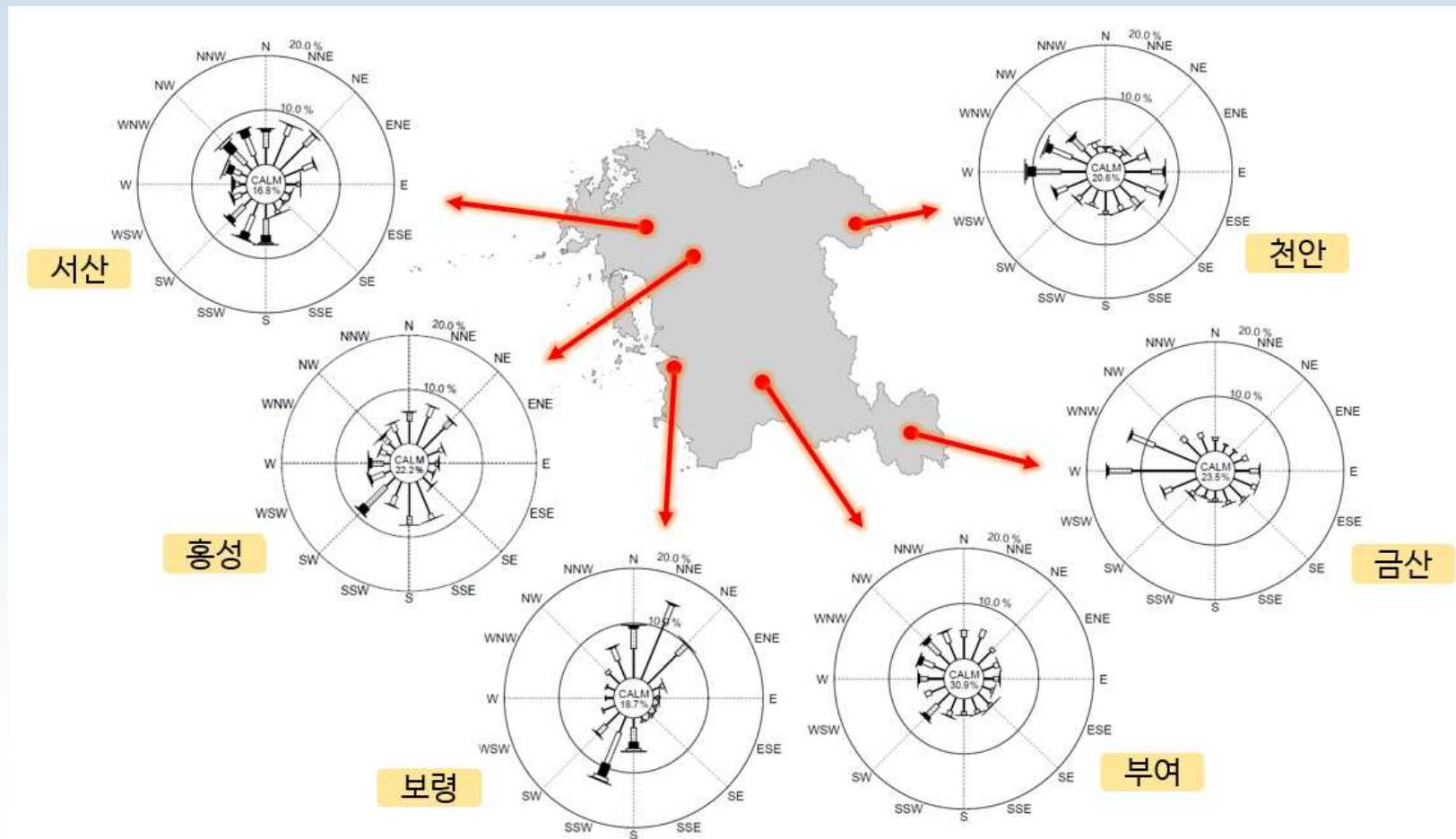


✓ SIL 적용
 PM_{2.5} 0.2 μ g/m³ 이상
 NO₂ 0.487ppb 이상
 SO₂ 0.35ppb 이상



Ⅲ. 연구 결과

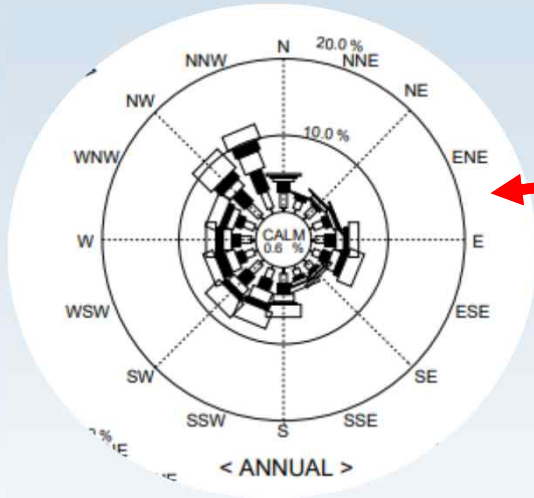
● 바람장미도 분석 - 기상대 (2021년)



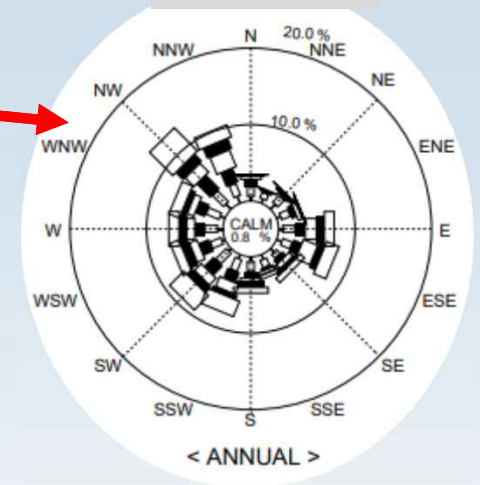
Ⅲ. 연구 결과

● 바람장미도 분석 - 각 발전소 (WRF 결과)

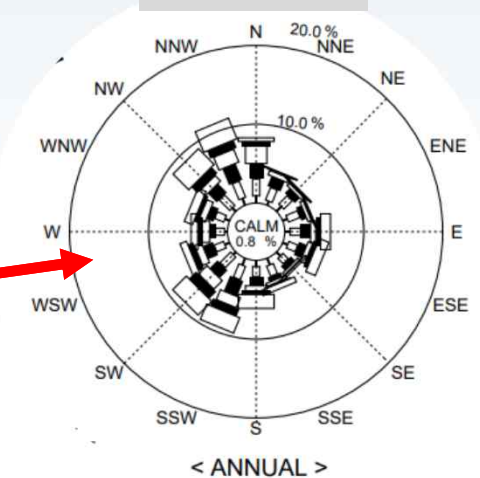
태안발전소



당진발전소

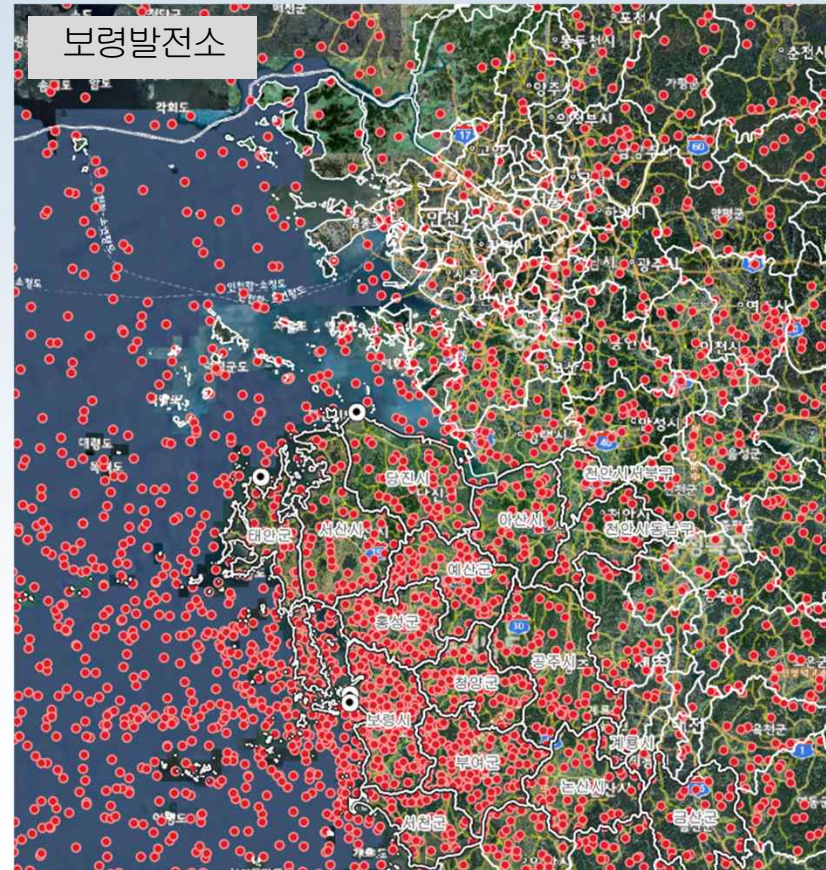
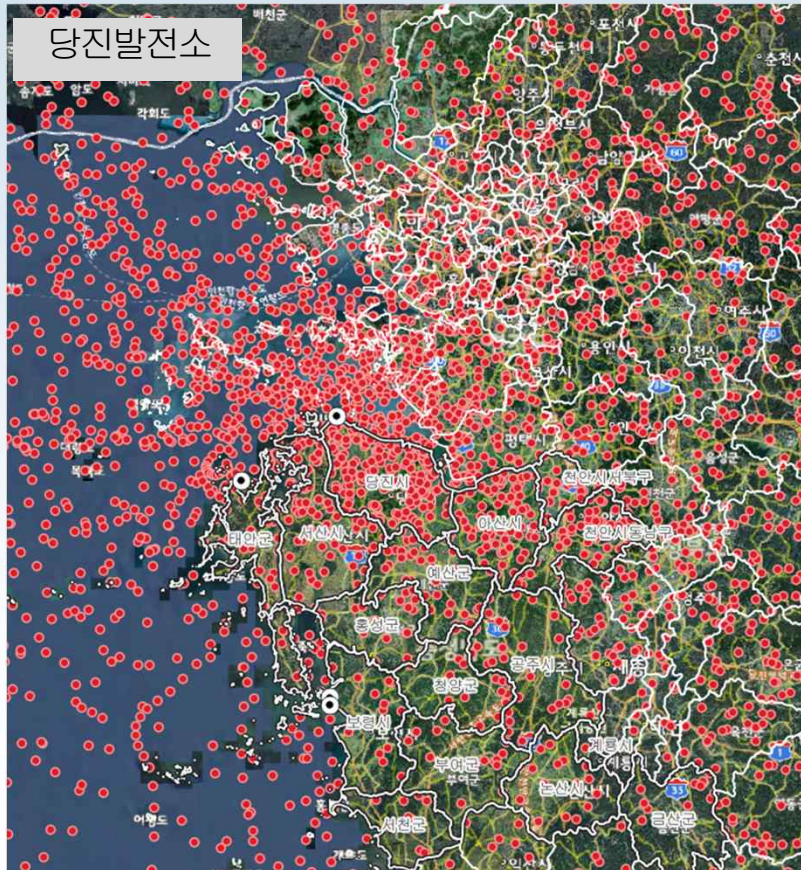


보령발전소



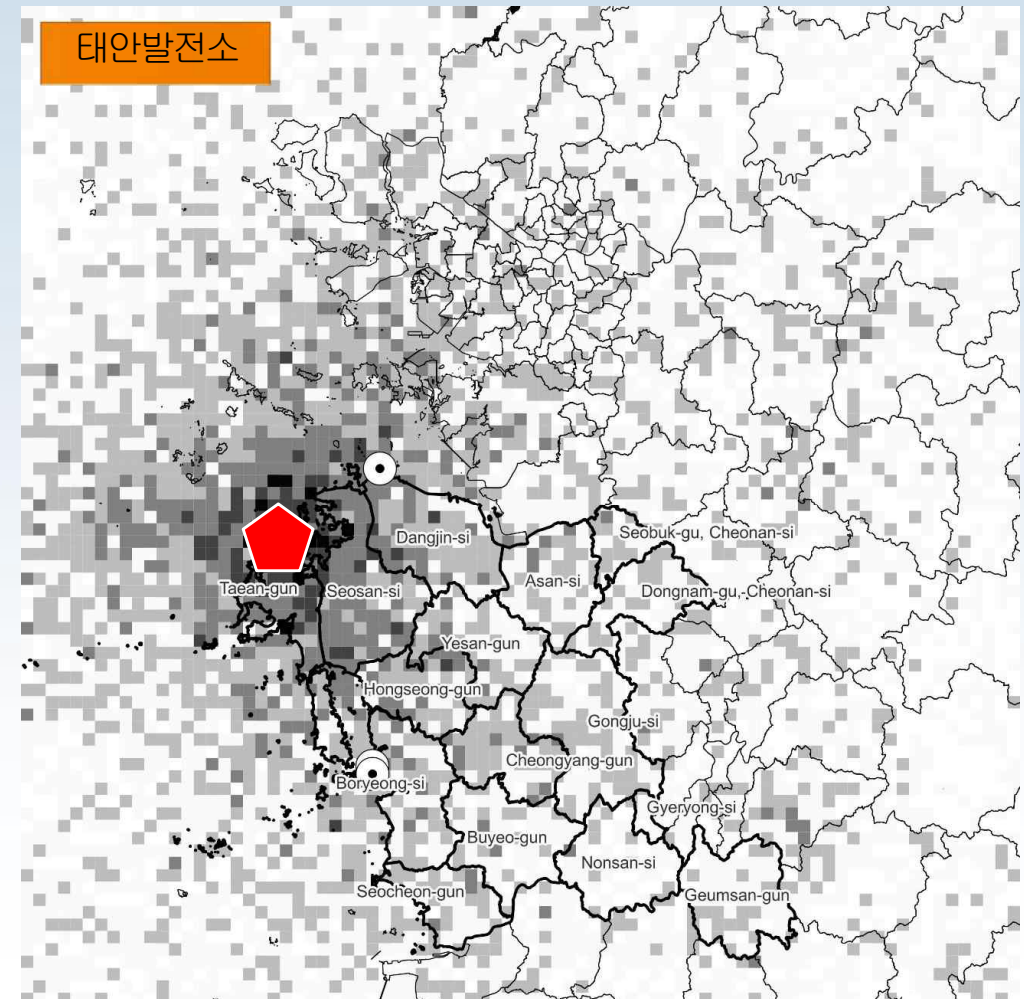
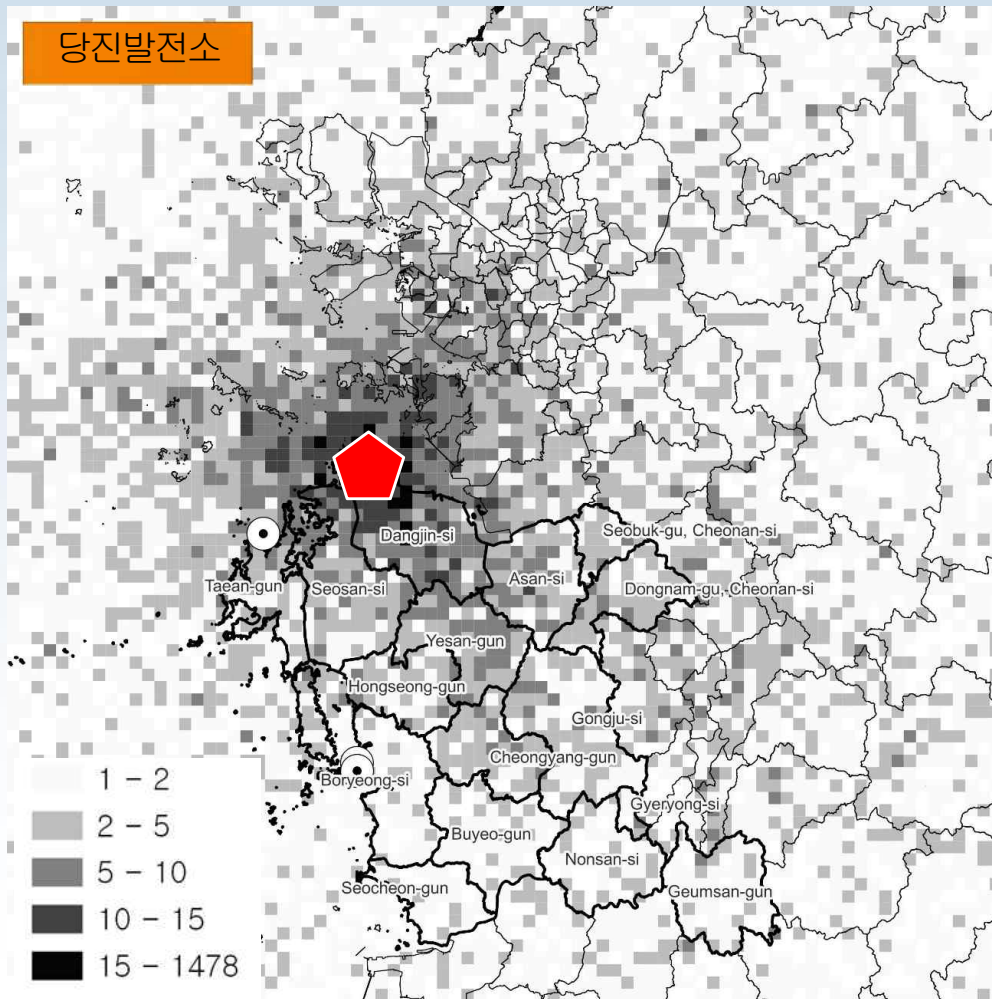
Ⅲ. 연구 결과

- **Hysplit 분석**
 - ✓ Forward 분석
 - ✓ 기상자료 : NCEP/NCAR Reanalysis
 - ✓ 시작높이 : 500m, 시작지점 : 각 발전소
 - ✓ 예측기간 : 6시간



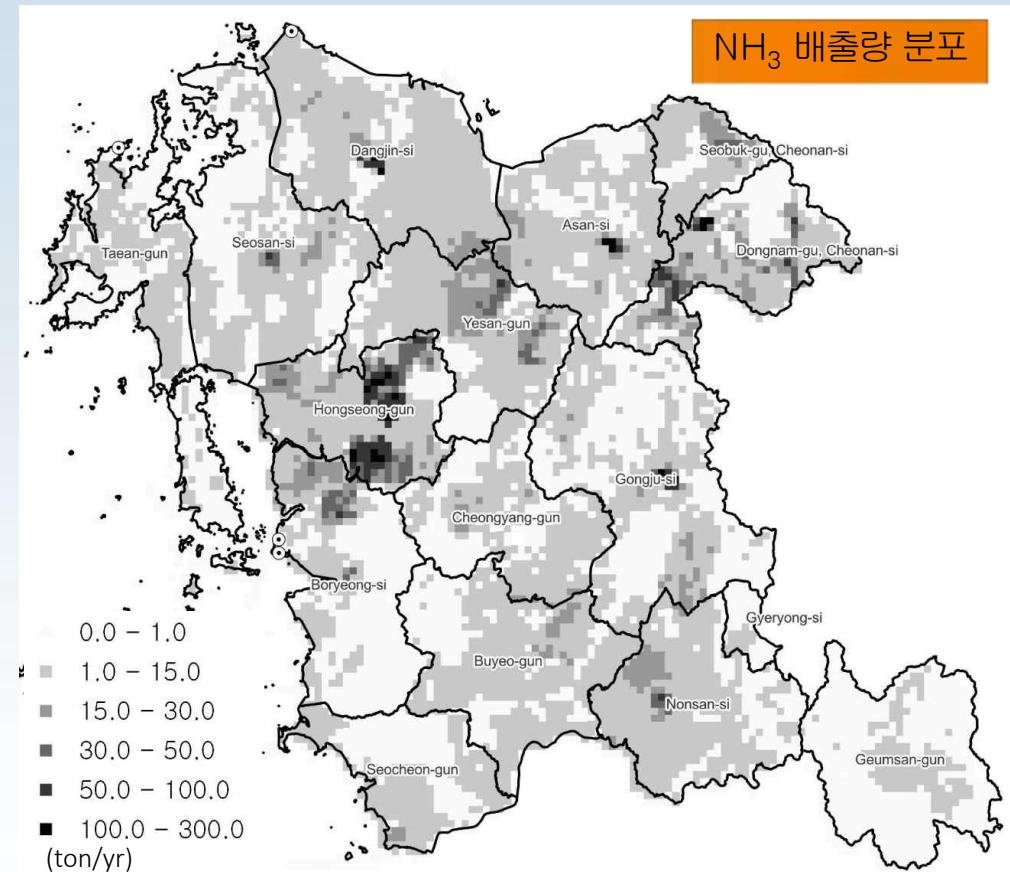
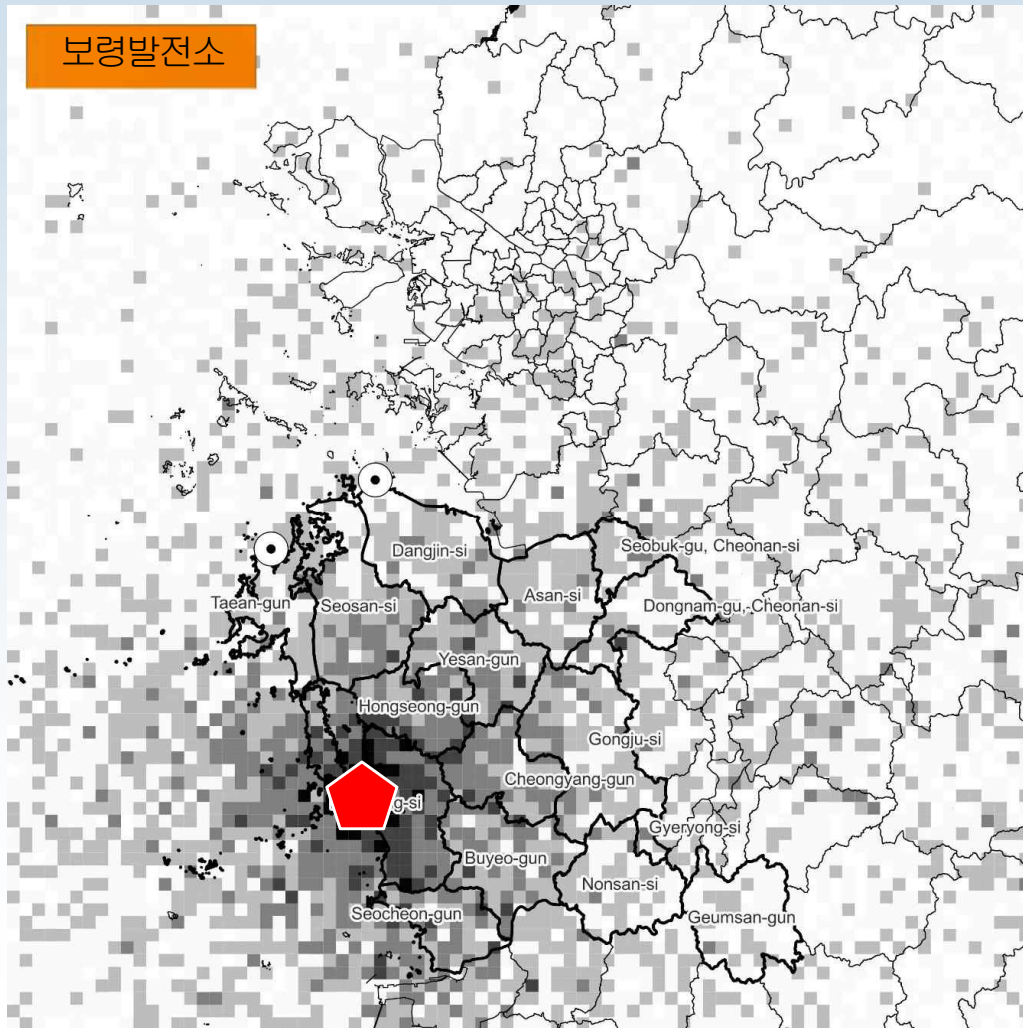
Ⅲ. 연구 결과

● Hysplit 분석 ✓ 3km 격자내 포함 개수 분석



Ⅲ. 연구 결과

● Hysplit 분석 ✓ 3km 격자내 포함 개수 분석



✓ 공기흐름 및 암모니아 배출량 분포로 인해
홍성군에서 2차 PM_{2.5} 생성

Ⅲ. 연구 결과

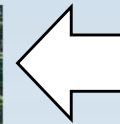
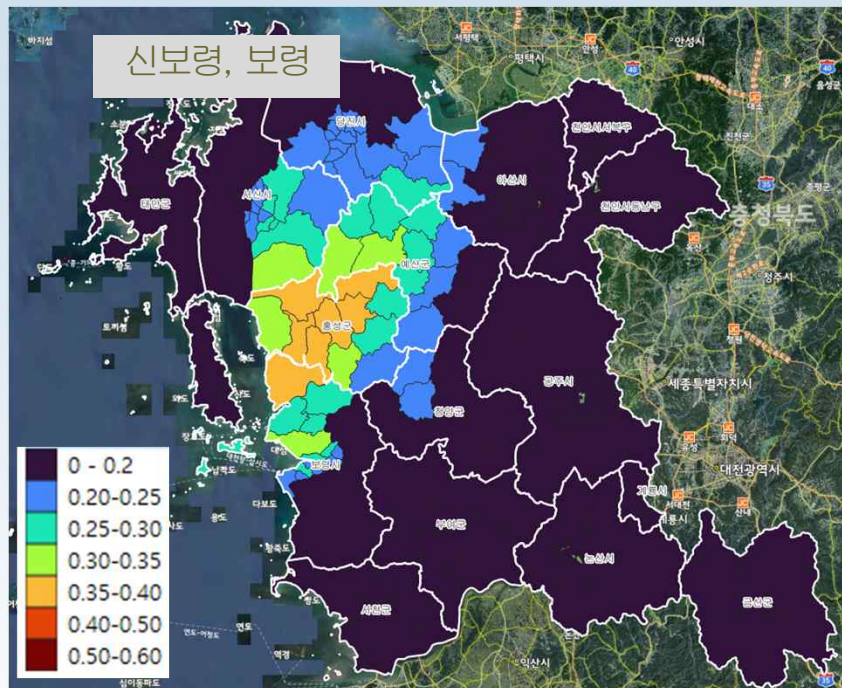
● 충남 화력발전소 지역별 연간 PM_{2.5} 기여농도

단위: ug/m³

(신)보령		태안		당진		(신)보령, 태안, 당진	
지역	평균농도	지역	평균농도	지역	평균농도	지역	평균농도
홍성군	0.330	서산시	0.117	당진시	0.092	홍성군	0.519
예산군	0.238	홍성군	0.115	예산군	0.076	예산군	0.418
보령시	0.223	태안군	0.109	홍성군	0.071	당진시	0.390
서산시	0.195	예산군	0.102	서산시	0.060	서산시	0.377
당진시	0.192	당진시	0.098	아산시	0.059	보령시	0.340
청양군	0.162	청양군	0.092	청양군	0.055	청양군	0.312
아산시	0.145	아산시	0.080	공주시	0.049	아산시	0.287
서천군	0.130	공주시	0.070	천안시 동남구	0.047	태안군	0.248
부여군	0.115	보령시	0.069	부여군	0.043	부여군	0.230
태안군	0.102	부여군	0.067	보령시	0.042	서천군	0.226

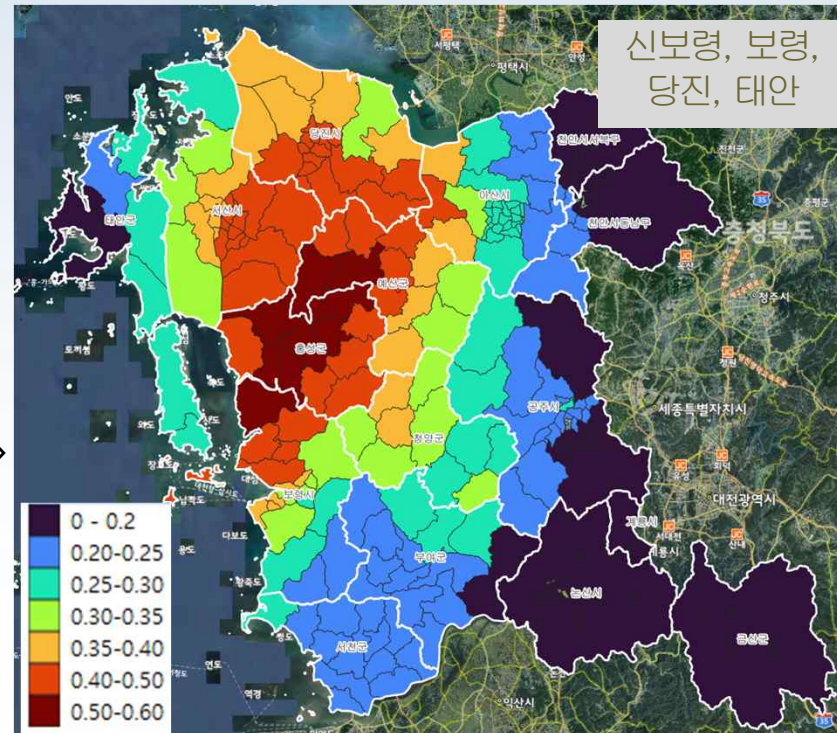
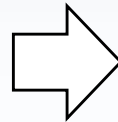
Ⅲ. 연구 결과

● 충남 화력발전소 지역별 연간 $PM_{2.5}$ 기여농도



✓ (신)보령의 경우 최대지점은 발전소 인근이지만 북동으로 확산되어 홍성군, 예산군에서 높은 기여도 분석됨

✓ 충남 남북으로 위치한 차령산맥으로 인해 동쪽으로의 확산 억제되어 홍성, 예산지역에서 정체로 인한 발전소 영향을 크게 받고 있는 것으로 판단



IV. 요약 및 결론

- CAPSS 2019년 배출량을 이용하여 WRF-SMOKE-CMAQ 시스템으로 당진, 태안, 신보령, 보령 화력발전소가 충남내 대기 농도 기여도 분석 수행
- 당진, 태안발전소보다 (신)보령발전소가 충남내륙에 미치는 영향이 큼
 - 당진, 태안 발전소와 (신)보령발전소의 공기 흐름 차이 확인
 - (신)보령화력의 경우 내륙으로 이동하면서 홍성군지역에서 2차 입자 생성
- 공기흐름 및 암모니아 배출량 분포로 인해 홍성군에서 2차 $PM_{2.5}$ 생성 확인
- 충남지역내 $PM_{2.5}$ 농도 관리 측면에서 (신)보령화력 발전소의 우선 관리 필요
- 2차 $PM_{2.5}$ 생성 억제를 위한 홍성군 암모니아 배출량 관리 필요

개별 점오염원의 기여도 분석을 통한
PM_{2.5} 및 NO_x 피해 최소화를 위한
우선순위 관리 배출원 도출기법 개발

1. 연구의 배경 및 필요성

I. 서론

■ 효과적인 대기질 개선정책 수립을 위해 대기질 모사를 통한 기여도 분석 필요

- BFM, PSA, PA, Source-Tagging 등은 전문기술 및 하드웨어 필요

■ 모사 규모(**Global, Regional, Local, Micro scale**), 화학반응 고려유무 등의 수행목적에 맞게 적정 모델 선정

■ 지형학적, 대기 확산특성에 따라 배출량은 낮지만 민감지역에 큰 영향을 미치는 개별 사업장 분석 필요

- 지형특성 반영 위해서는 상세규모 모델링 필요

■ 대기권역법, 미세먼지 특별법 등의 사업장 저감대책은 주로 발전소나 대형배출시설에 초점

- 전국 60,754개소 사업장 (2019년 기준)
- 모든 사업장에 대한 관리 필요하나, 자원의 부족으로 **선택과 집중** 필요

2. 연구의 목적

I. 서론

■ 최종 목표

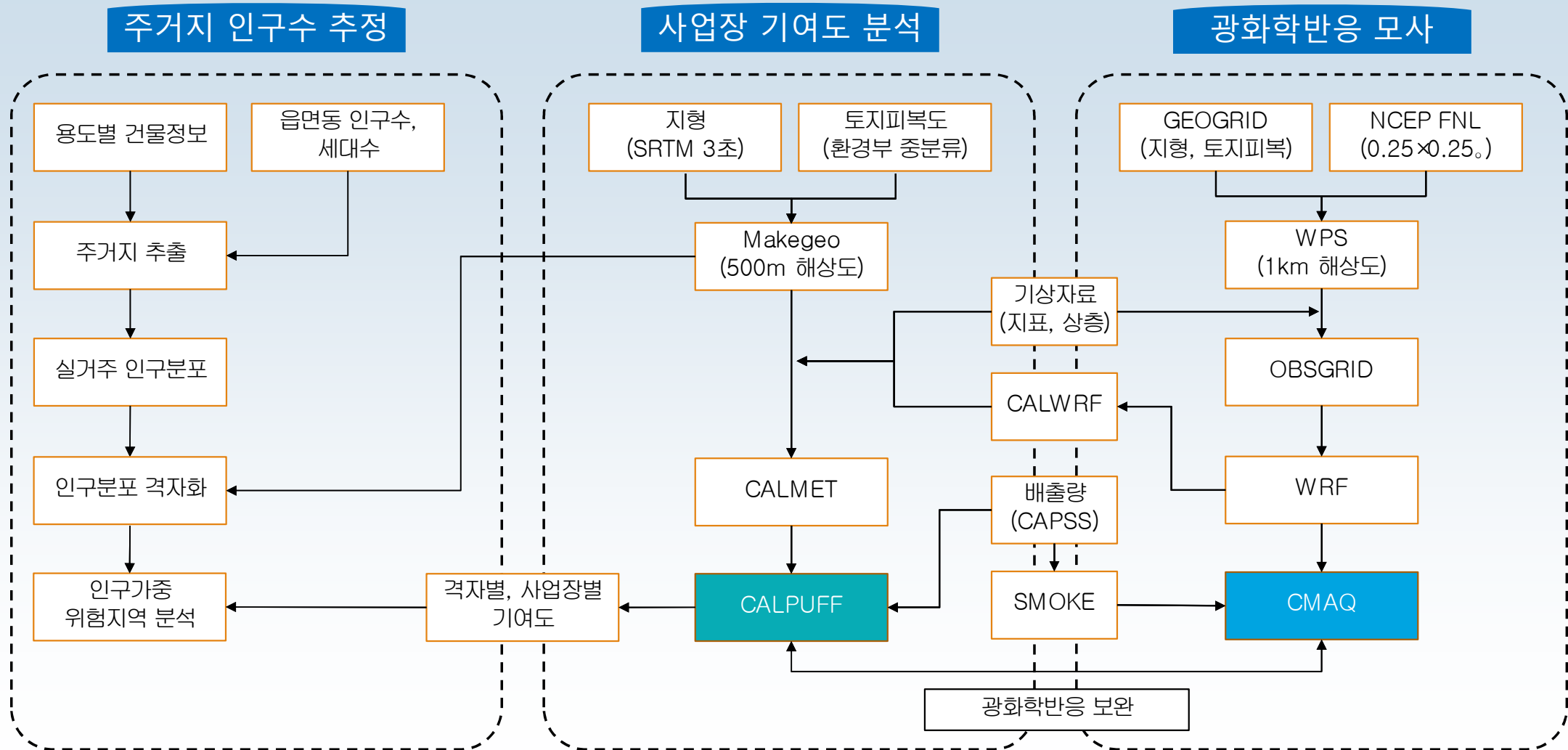
- 지역내 개별 대기배출사업장에 의한 오염물질 농도 기여도 분석방법 제안
- 상세 해상도의 농도 기여도, 노출인구 고려한 위험지역 선정
- 해당 지역에 영향을 미치는 사업장, 기여도 분석, 관리방안 도출

3. 기존 연구와의 차별성

- 기존 **1km** 격자보다 상세한 **500m** 해상도 지역 분석
- 격자마다 영향을 미치는 사업장 특정, 개별 기여농도 분석 가능
- 실 주거지역에 따른 인구 가중 농도 분석
- 우선순위 저감지역, 사업장 평가 가능
- 민감지역(미세먼지 집중관리지역 등) 상세 영향 분석, 위험지역 선정

1. 연구 수행 체계

II. 연구방법



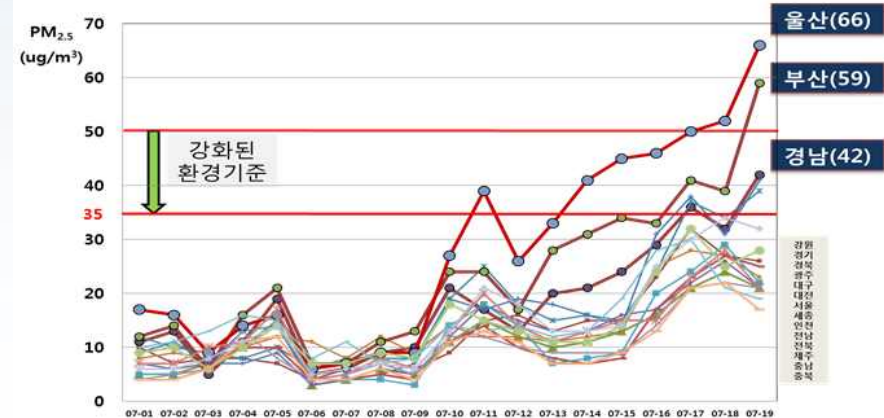
1. 연구 수행 체계

울산 현황



- 우리나라 대표 공업지역(석유화학단지)
- 해륙풍 및 산지로 오염물질 축적
- 화학공단(VOCs), 대도시(NO_x), 중공업(SO_x)
+ 여름철 광화학반응+ 해륙풍 재순환
→ 여름철 고농도

< 전국 시도별 미세먼지 $\text{PM}_{2.5}$ 일평균 농도 변화 : 7.1~19일 >

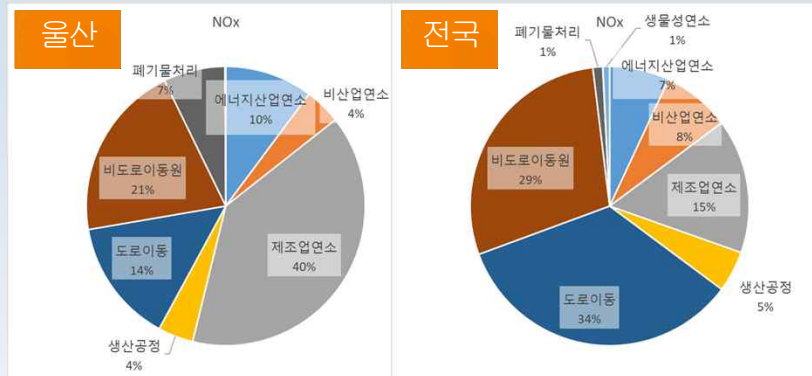


1. 연구 수행 체계

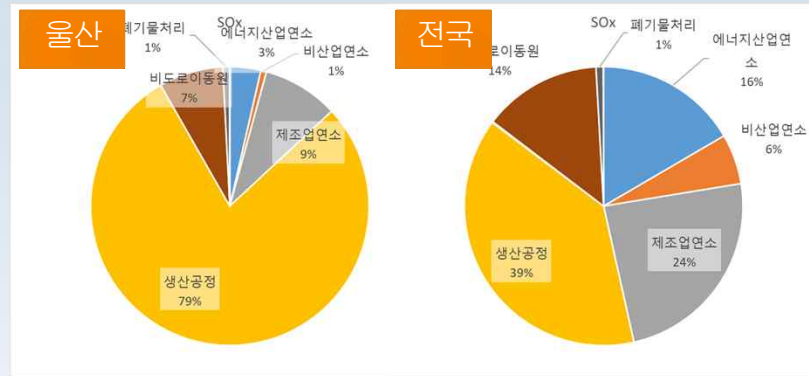
II. 연구방법

울산 vs. 전국 대분류별 기여율비교(2019)

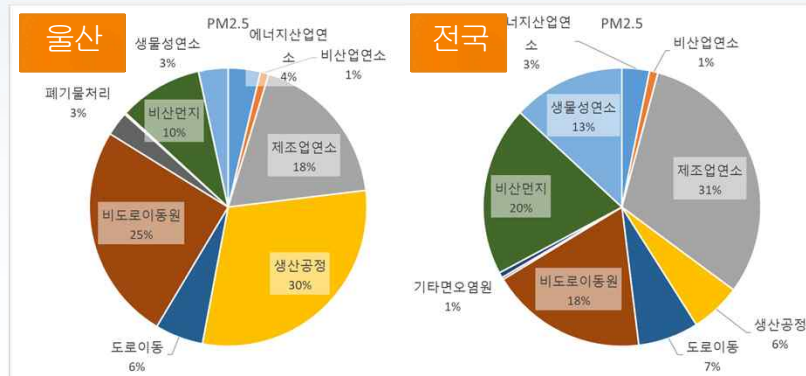
NO_x



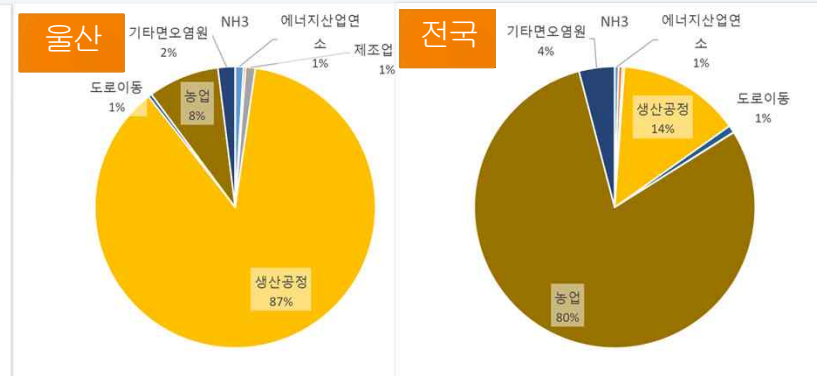
SO_x



PM_{2.5}



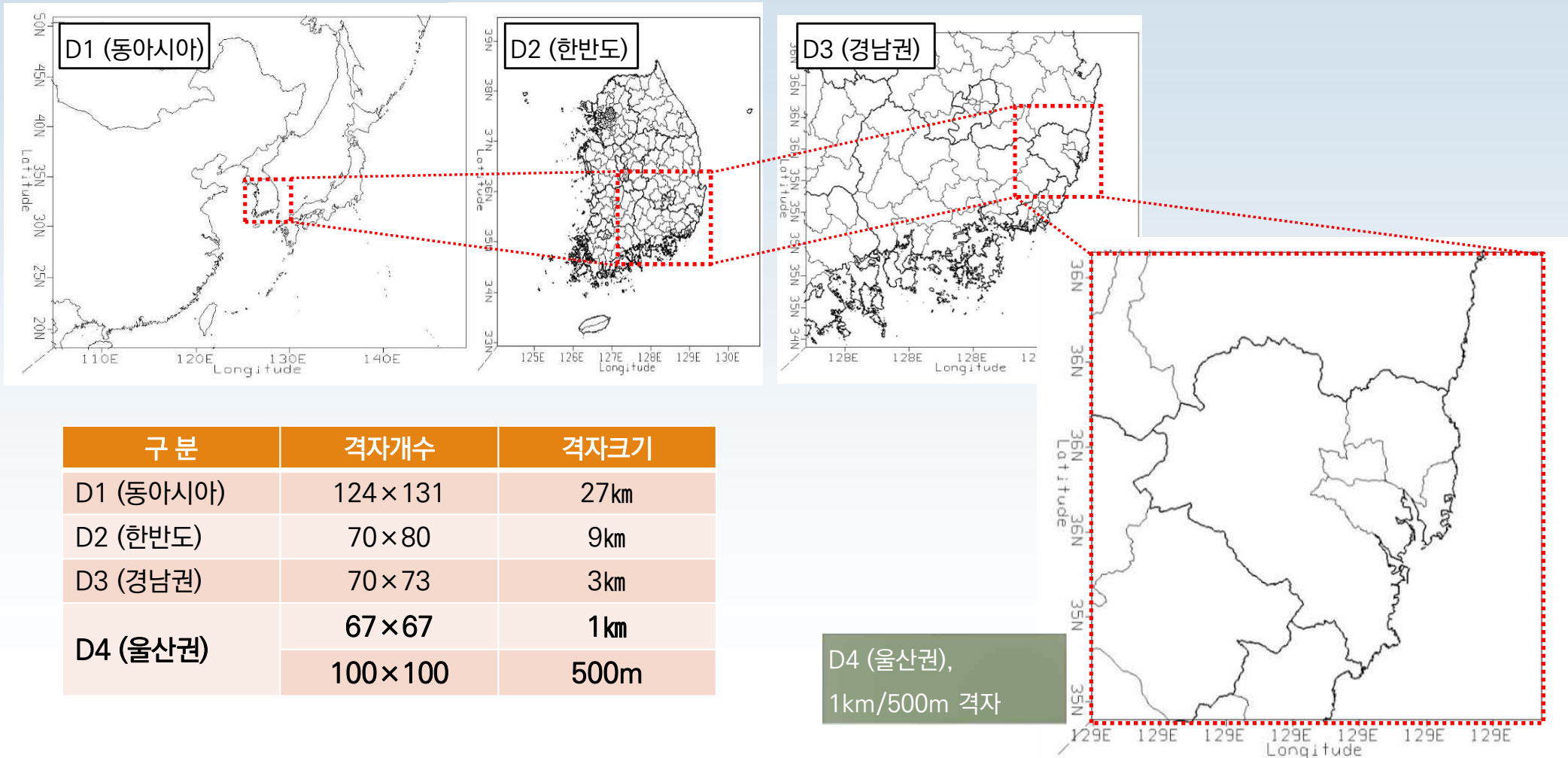
NH₃



2. 모델링 수행방법

II. 연구방법

기상 및 대기질 모델링 도메인 설정



2. 모델링 수행방법

II. 연구방법

■ 기상, 대기질 모델링(CMAQ) 입력자료

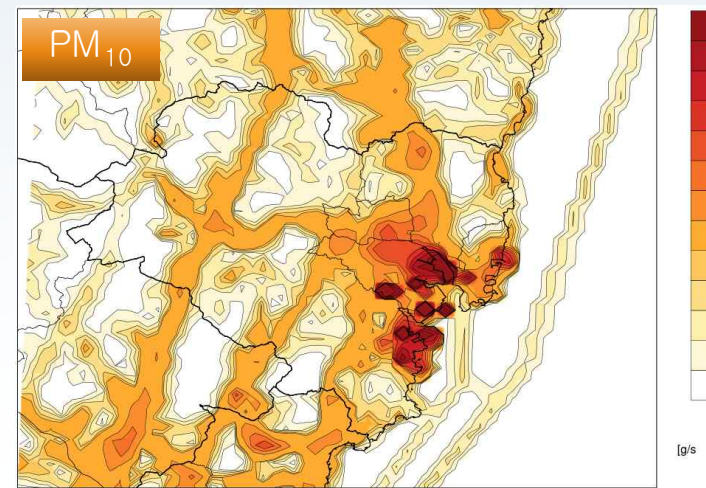
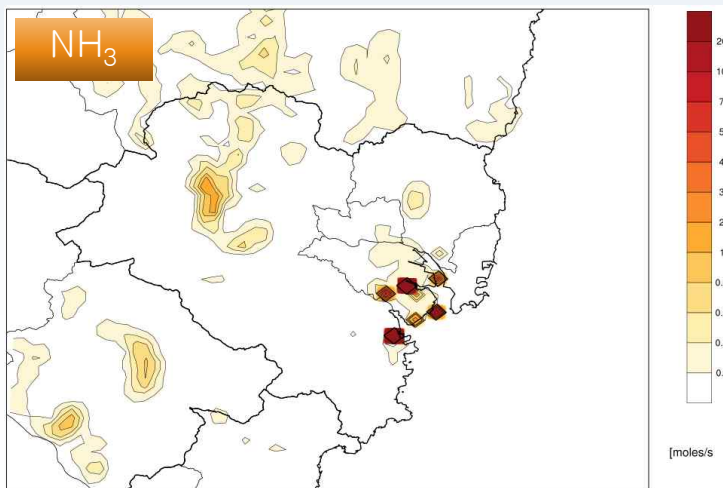
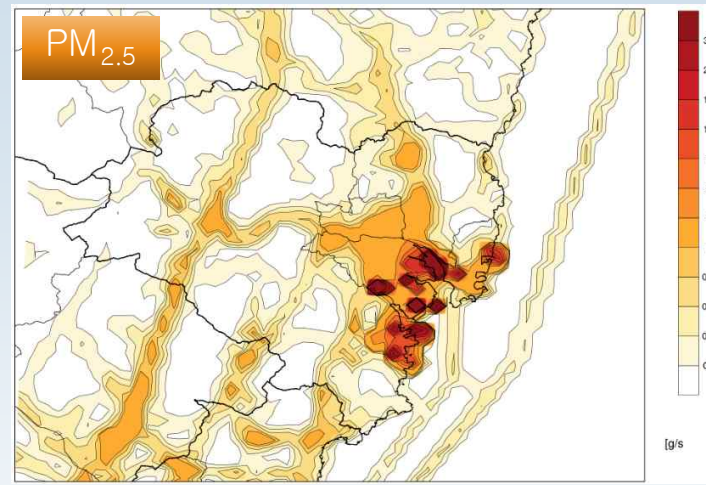
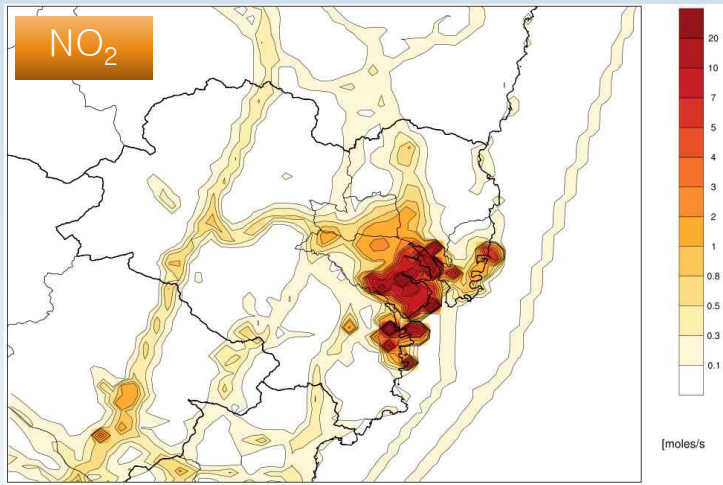
- 대기오염물질 배출량
 - 국외 인위적 배출량 : 동아시아 배출목록(INTEX-B)
 - 국내 인위적 배출량 : CAPSS 2019년
 - 자연배출량 : BEIS을 활용한 식생 배출량 추정
- 기상입력자료
 - 기상모델 : WRF v3.9.1
 - 기상 초기 입력장 : NECP FNL $0.25 \times 0.25^\circ$ 자료
 - 수직층 : 35개층
 - 수행 옵션 : WSM3(9km 격자해상도)/WSM6(3km 격자해상도) Micro physics, RRTMG Short wave radiation, ACM2 PBL scheme, Real-Time Global Sea Surface Temperature(RTG SST) 적용
 - 수평해상도 : 동아시아 27km, 국내 9km, 동남권 3km (울산 광역시 1km)
- 대기질 분석 모델링
 - CMAQ v.4.7.1 활용
 - 수직층 : 15층
 - 수행옵션 : EBI chemistry solver with SAPRC99, ACM2 vertical diffusion, YAMO advection scheme, AERO5 aerosol module

2. 모델링 수행방법

II. 연구방법

배출량 처리결과 (SMOKE 결과)

(2021년1월1일기상기준)



- ✓ CAPSS 2019년 배출량 자료를 시공간 분배처리하여 1km 격자 입력자료로 생성

2. 모델링 수행방법

II. 연구방법

■ 대기확산모델 - CALPUFF

-시간 및 공간에 따른 오염물질의 이동, 변화, 제거를 예측하는 multi-layer, multi-species non-steady-state Lagrangian puff dispersion model

-3차원 바람장 고려

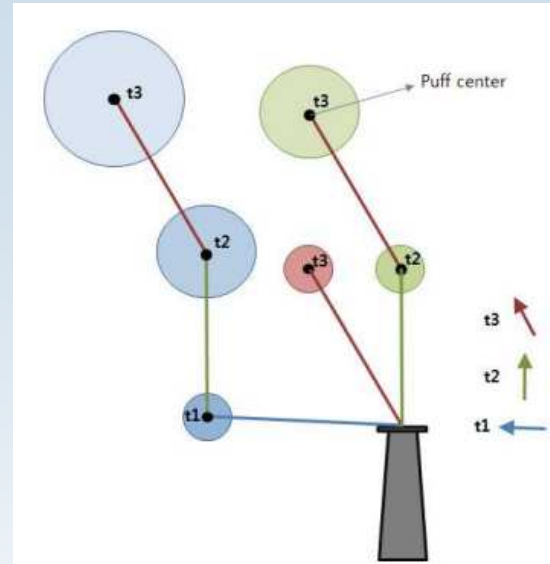
- CALMET, WRF 등 기상모형의 입력자료 필요

-해안가에서의 Fumigation 현상 등을 고려 (TIBL module)

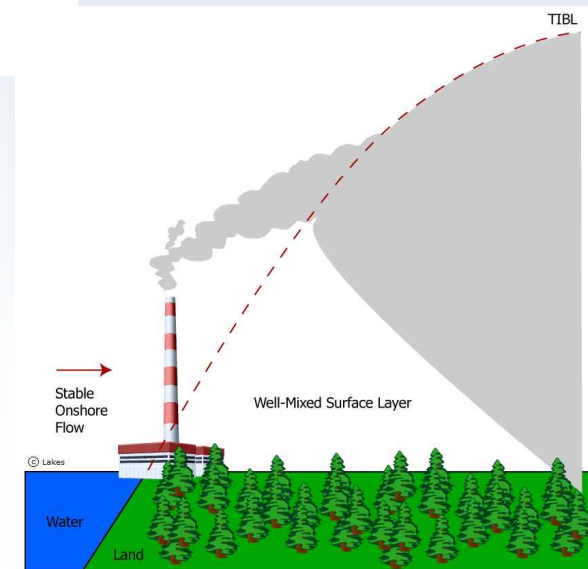
- 우리나라 대형 배출원은 주로 해안가에 위치하여 CALPUFF 적용 적합

-2005년 EPA는 ISC를 대신하여 CALPUFF를 추천모델로 채택

- 현재 대안모델임



[시간변화에 따른 퍼프 이동 및 확산 모식도]



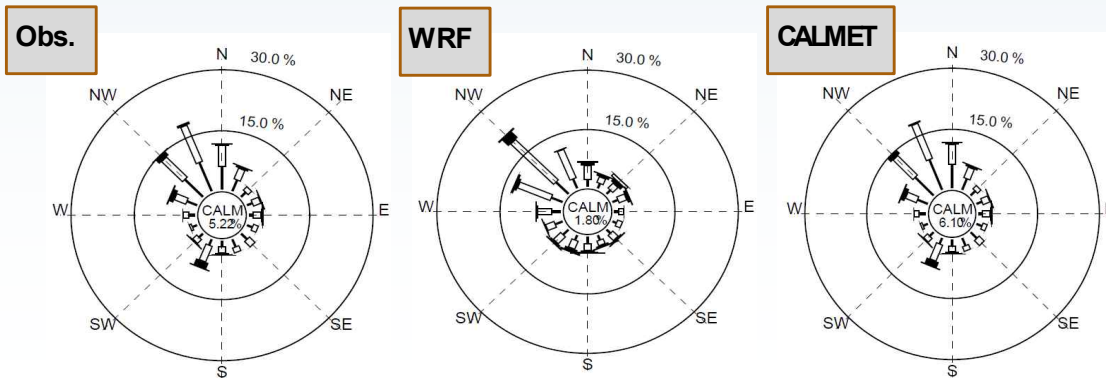
[해안가 Fumigation 모식도]

2. 모델링 수행방법

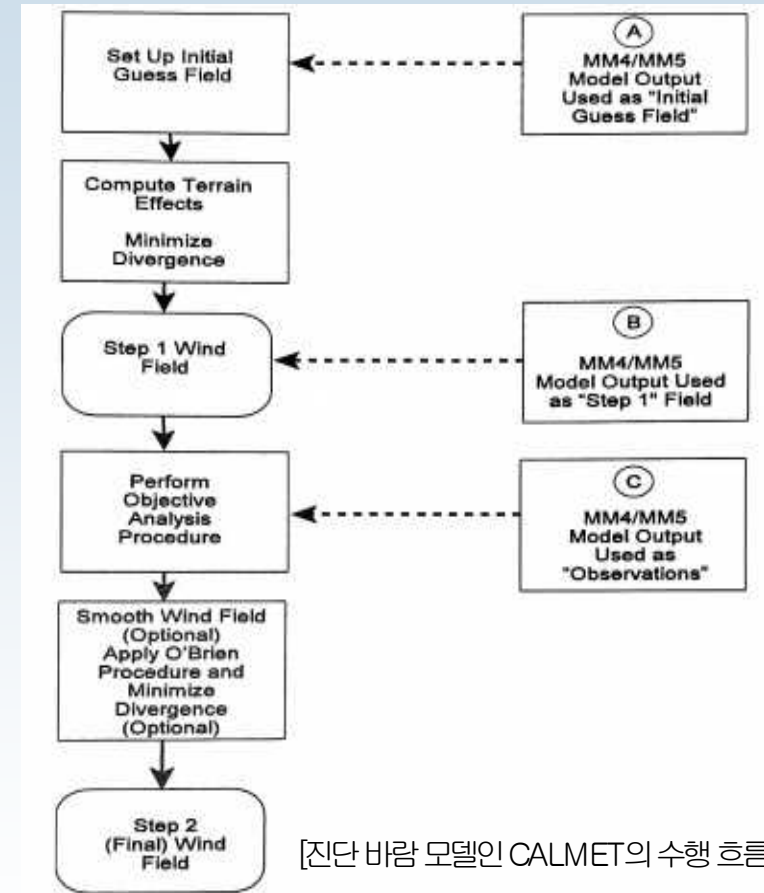
II. 연구방법

CALMET 모델 특성

- 진단기상모델로 3차원 격자모델링 영역에서 시간별 바람장 및 온도장 생성.
지표면 및 지형 효과를 고려하는 복합 지형 알고리즘 사용
- 유동적 진단모델로 중규모의 예단적 바람장 모델인 WRF를 초기기상장으로 적용함
으로 기상모델 정합도 향상
 - ✓ 복잡지형에서 대기경계층 하부 상세바람장 모사능력 향상
- 바람장 예측방법
 - ✓ Step 1, 관측자료 또는 예단적 기상모델결과(WRF)를 초기바람장으로 적용하고 지형의 운동학적 효과 및 차단효과, 경사흐름 등을 조절하여 1 단계 바람장 생성
 - ✓ Step 2, 1 단계 바람장에 관측 데이터를 내삽하는 자료동화과정인 각 격자점으로 거리에 가중치를 둔 객관분석 수행



[울산기상대 바람장미도]



[진단 바람 모델인 CALMET의 수행 흐름도]

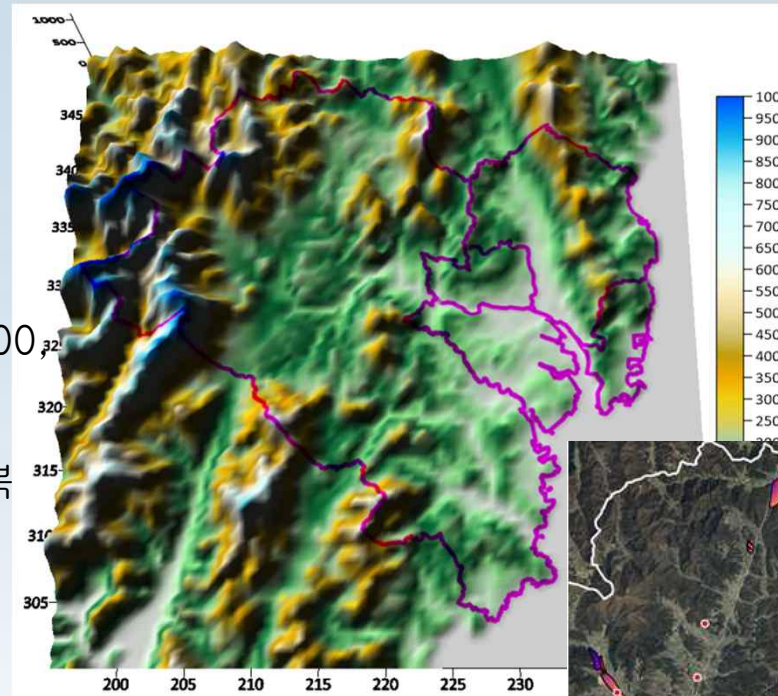
2. 모델링 수행방법

CALPUFF 도메인 설정

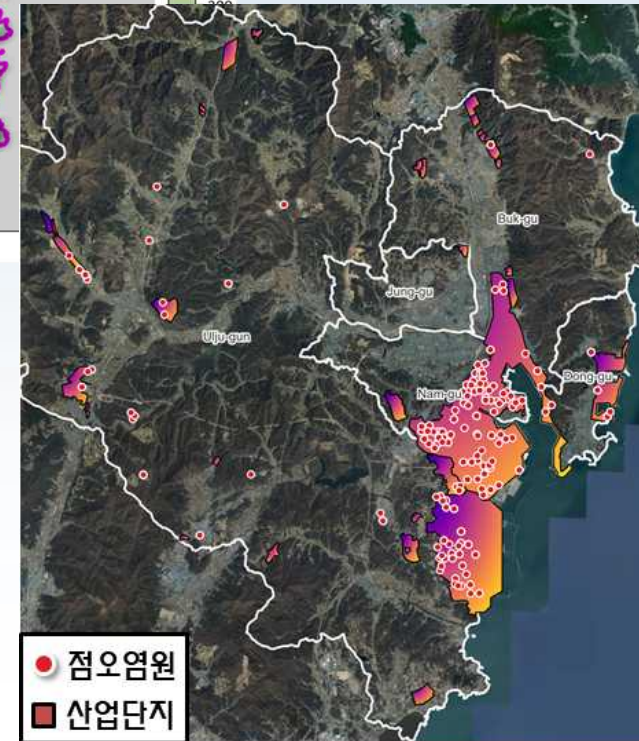
- 500m 해상도 100x100 도메인 설정(50km)
- 수직층 : 12층
(20,40,60,80,100,160,300,600,1000,1500,3000,4000m)
- SRTM 3s (약30m 해상도), 환경부 중분류 토지피복

배출량 및 CALPUFF 수행 방법

- CAPSS 2019년 점오염원 적용
- 155개 사업장, 885개 굴뚝 운영 (사업장내 1~42개 굴뚝 운영)
- 각 사업장별로 155번 CALPUFF 수행하여 격자별 기여농도 구축



[CALPUFF 입력 지형]

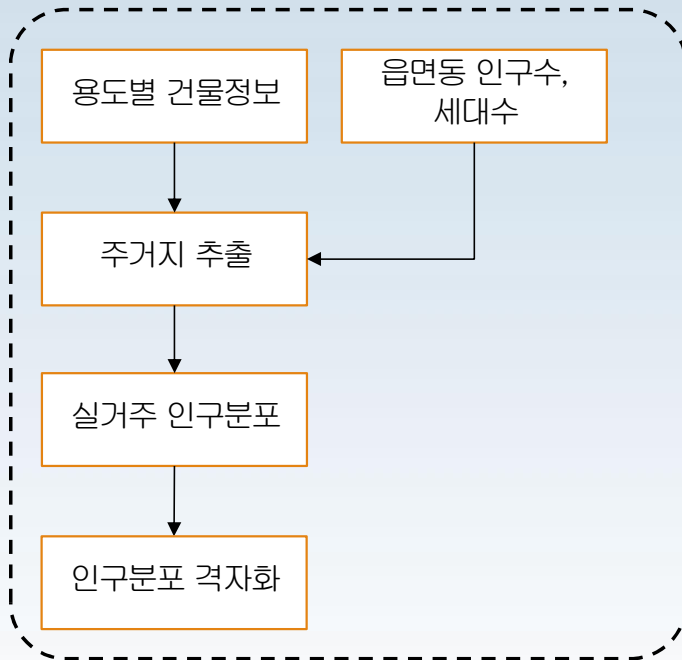


[점오염원 위치]

3. 상세격자 인구 산정방법

II. 연구방법

주거지 인구수 추정



동별 세대당 인구수 산정

- 울산시 읍면동별 세대 및 인구 (2020년)
- 지역별 세대당 인구수 : 2.35~2.64명/세대

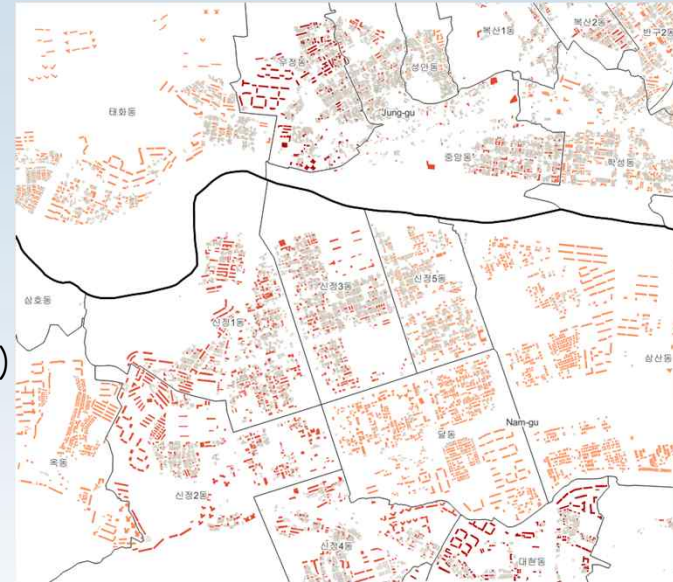
주거용 건물 추출

- 용도별 건물정보(국토교통부, 2023.1월 기준)
- 주거용만 선택 (단독주택, 공동주택)

각 건물에 세대수 배분

- 단독주택 : 1개당 1세대
- 공동주택 : (총 세대수 - 단독주택 세대수) / 공동주택 건물개수

[건물당 세대수 배분 결과]



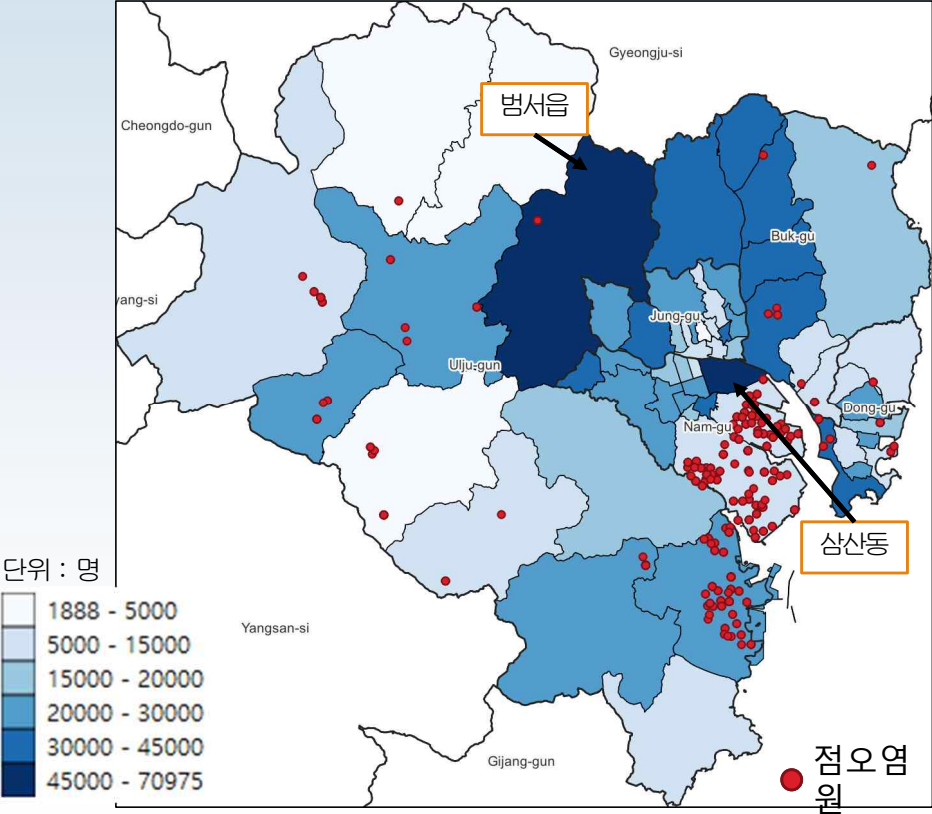
인구분포 격자화

- 500m 격자와 교차분석하여 각 건물에 격자 ID 할당
- 건물이 2개이상의 격자에 걸쳐있을 경우 면적비율로 세대수 배분
- 지역별 세대당 인구수 곱하여 건물당 인구수 산출
- 격자 ID별 인구수 합계

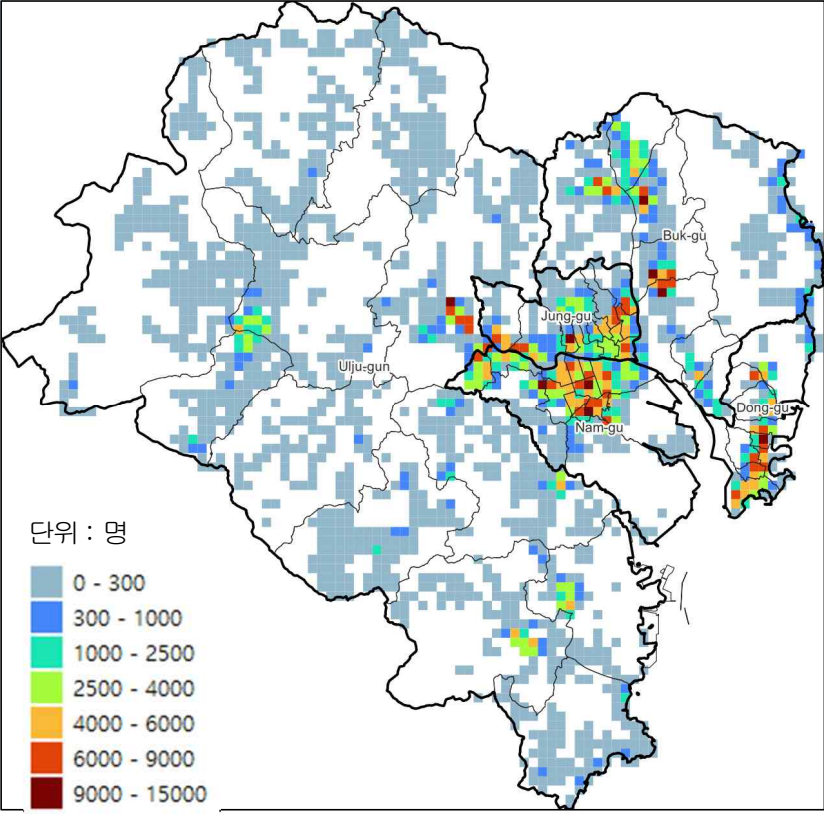
2. 상세 격자 인구 분포

울산시 인구 분포 특성 (2020년 기준)

[동별 인구 분포]



[500m 격자 인구 분포]



3. 점오염원의 NOx, PM_{2.5} 기여도 분석 (CALPUFF)

분석 대상 물질 선정

구분	NOx	PM _{2.5}	SOx	NH ₃
배출량	<div>• 점오염원 32.6%</div> <div>• 면오염원인 도로/비도로 38.4% 차지</div> <div>• 그외 32.6%가 면오염원 산업공정</div>	<div>• 점오염원 38.4%</div> <div>• 면오염원인 도로/비도로 30.9%, 비산먼지 9.7%, 생물성연소 3.4%</div> <div>• 그외 17.6%가 면오염원 산업공정</div>	<div>• 점오염원 87%</div>	<div>• 점오염원 88%</div>
선정 근거	<div>• 기본계획 관리물질</div> <div>• 산업연소 대표물질</div>	<div>• 기본계획 관리물질</div>	<div>• 2021년 울산시 SO₂ 연평균 농도 0.003ppm(대기환경기준인 0.02ppm의 15% 수준)</div>	<div>• 대기측정자료 미흡, 대기환경기준 설정 이전</div>
선정	O	O	X	X

점오염원 배출량

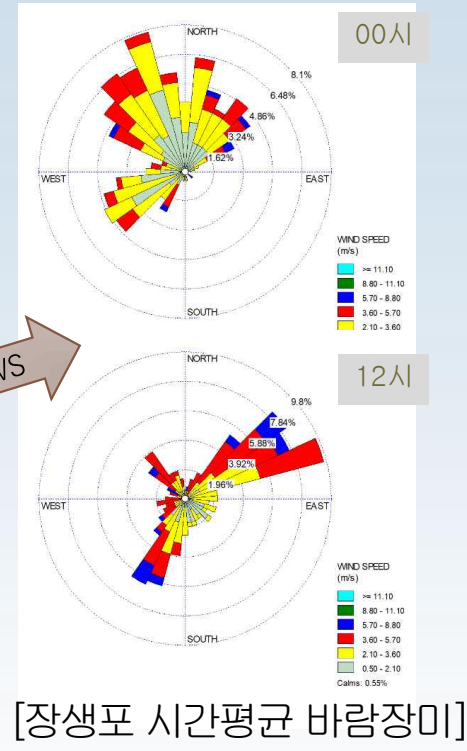
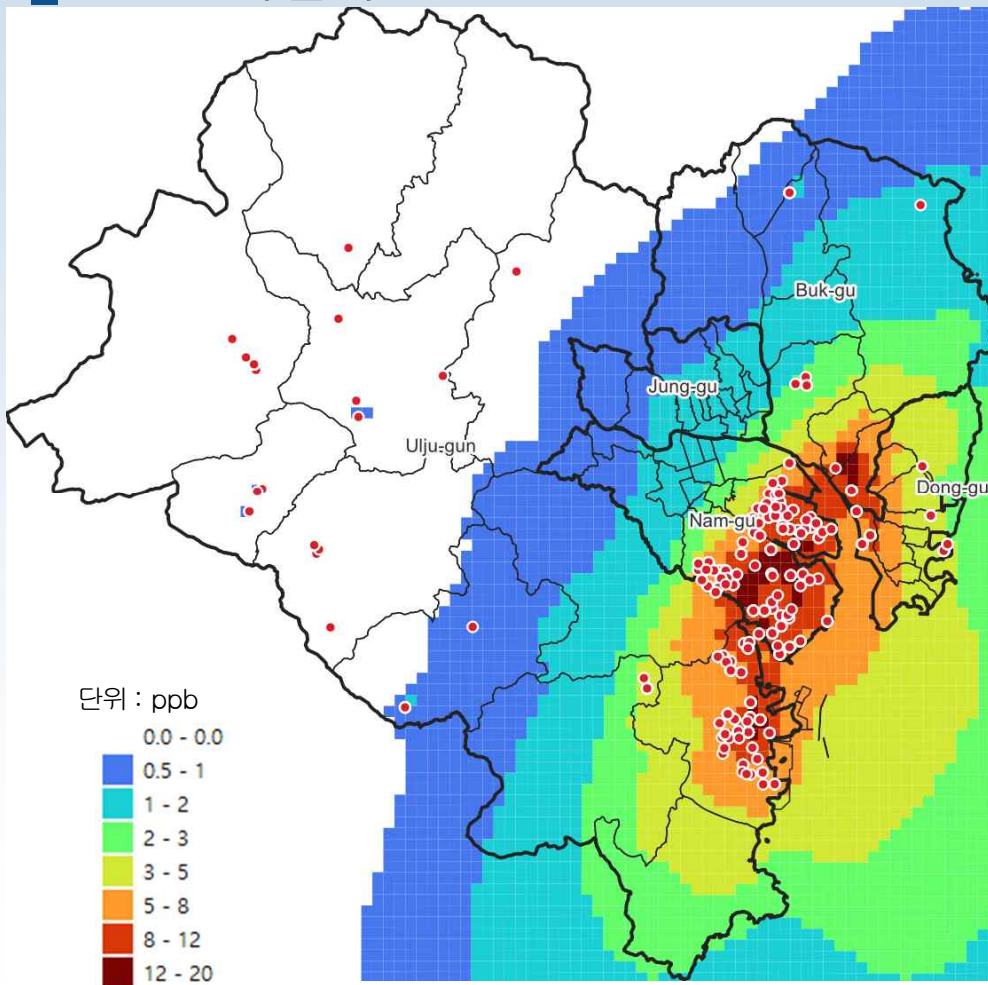
*()안은 울산시 배출량 대비 비율

	울산시	중구	남구	동구	북구	울주군
업체수	155개	0개				
굴뚝개수	855개	0개	442개	57개	31개	325개
NOx(ton)	16,502.3 (33%)	-	11,735.3	42.2	562.3	4,162.6
PM _{2.5} (ton)	838.3 (38%)	-	775.3	0.7	0.7	61.7
SOx(ton)	35,239.4 (87%)	-	22,841.3	0.6	0.2	12,397.4
NH ₃ (ton)	12,856.2 (88%)	-	7,095.9	0.3	7.8	5,752.1

3. 점오염원의 NO_x, PM_{2.5} 기여도 분석 (CALPUFF)

Ⅲ. 결과 및 고찰

NO_x 분석결과



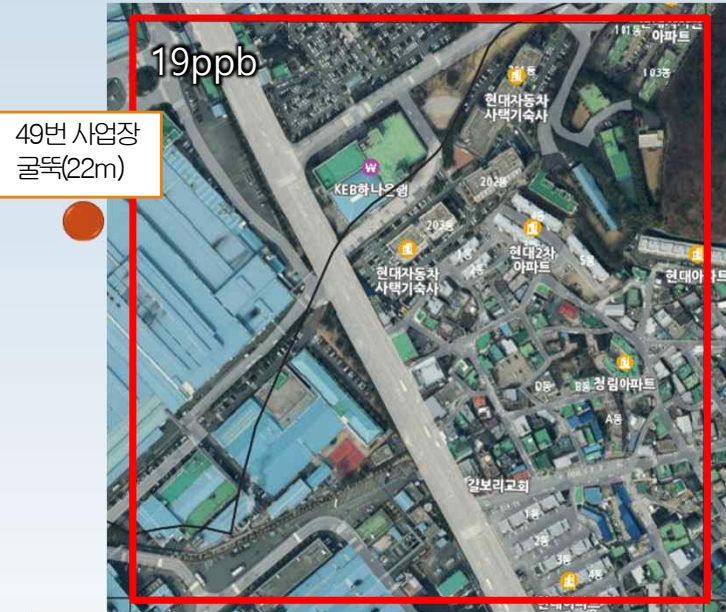
- 울산산단 중심 고농도. 편서풍 및 해륙풍 영향
- 북구 염포동 8.71ppb, 남구 선암동 8.27ppb, 남구 야음장생포동 7.80ppb,
- 산단과 인접 주거지에서의 높은 위해도 우려
- 인구분포와 비교시 공업지역과 인접 주거지에서의 높은 위해도 우려

3. 점오염원의 NOx, PM_{2.5} 기여도 분석 (CALPUFF)

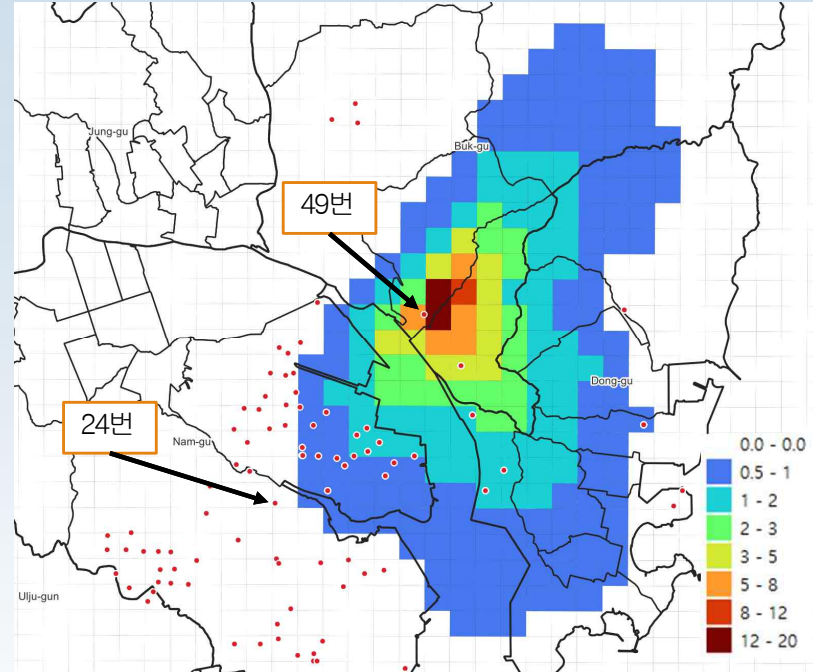
Ⅲ. 결과 및 고찰

NOx 농도가 가장 높은 격자 분석

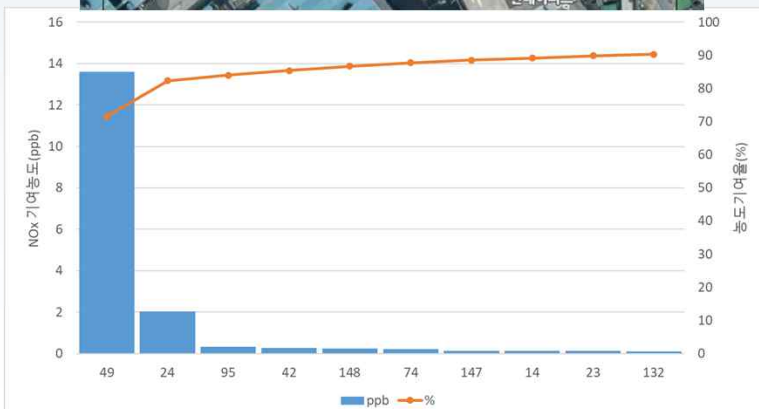
[49번 사업장 분석]



- 공장, 단독주택, 아파트 혼재 지역
- 상위 2개 사업장의 기여율 : 82.3%
(49번 : 71.6%, 24번 : 10.7%)



- 제조업연소-공정로-기타, LNG 사용
- NOx 배출량 : 530.9톤/년, 전체 사업장 중 5번째로 높음
- 22m 굴뚝 1개소
- 굴뚝 높이 낮아 대기 확산력 작아 좁은 지역에 고농도 영향
- 단일 사업장 기여율 70%로 집중적 저감대책 수립 필요

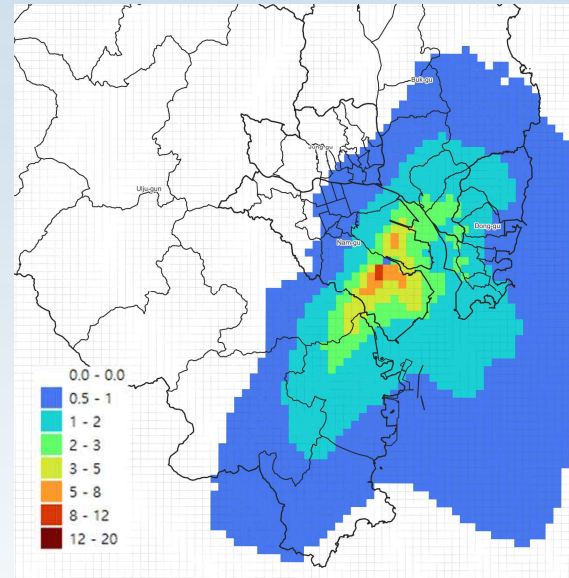


[해당격자에 영향을 미치는 배출원 및 기여농도]

3. 점오염원의 NOx, PM_{2.5} 기여도 분석 (CALPUFF)

Ⅲ. 결과 및 고찰

NOx 배출량이 가장 많은 사업장 분석



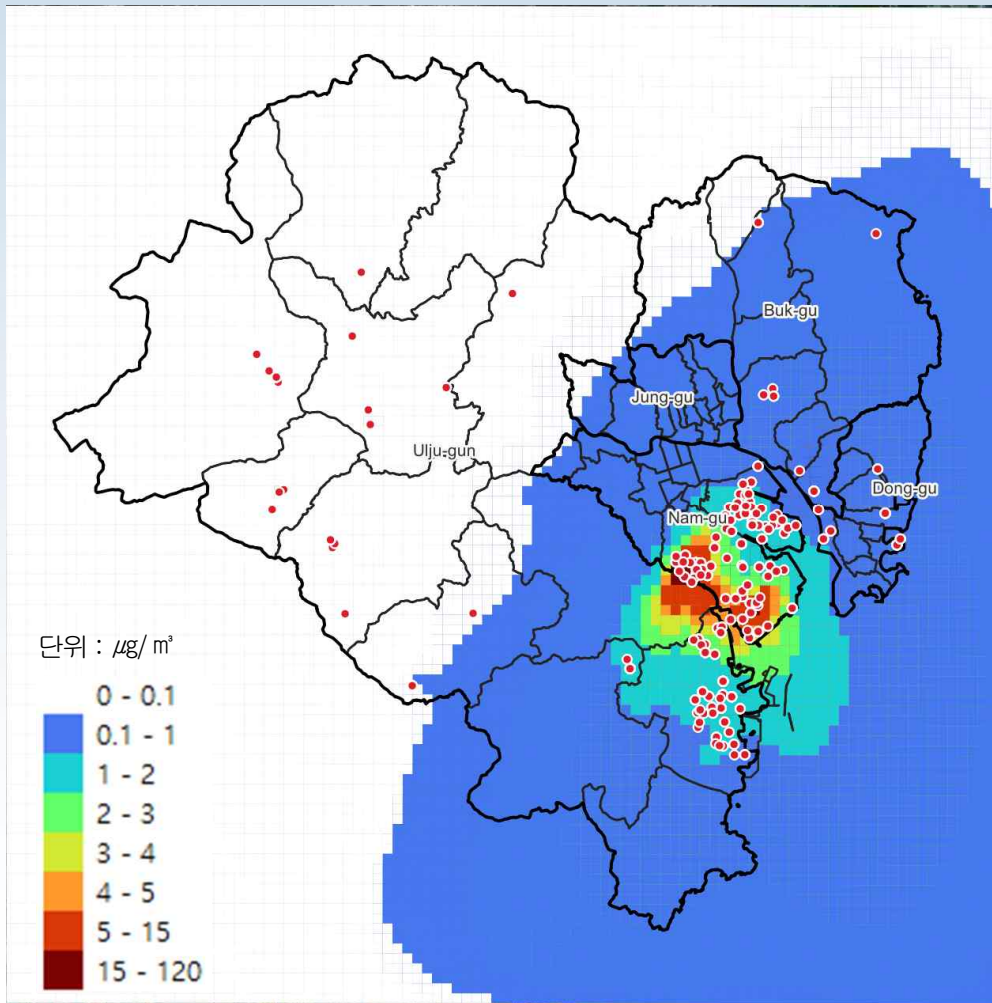
- 총 NOx 배출량 : 5,258.9ton/yr (울산 점 배출량의 32%)
- 평균 굴뚝높이 약 80m
- 대기확산 용이. 넓은 지역에 걸쳐 영향

SOC	대분류-중분류	CO	NOx	SOx	TSP	PM ₁₀	VOC	NH ₃	PM _{2.5}
1030100	에너지산업연소-석유정제시설	339.7	1,138.1	977.4	22.9	14.4	58.3	25.6	6.7
1030600		288.9	167.4	53.7	0.0	0.0	38.7	11.0	0.0
4010100	생산공정-석유제품산업	3,320.1	1,172.7	3,320.1	25.8	7.5	6,446.8	6,432.7	1.6
4010200		0.0	0.0	16,864.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4010300		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8,964.2	0.0	0.0
4050201	생산공정-유기화학제품제조업-프로필렌	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	156.6	0.0	0.0
4080202	생산공정-암모니아소화-SNCR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.6	0.0
5010100	에너지수송및저장-휘발유공급	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1,989.4	0.0	0.0
9010203	폐기물처리-폐기물소각	60.6	2,780.7	146.5	60.5	43.8 ⁵⁰	2,593.4	0.0	39.4

3. 점오염원의 NO_x, PM_{2.5} 기여도 분석 (CALPUFF)

Ⅲ. 결과 및 고찰

CALPUFF 1차 PM_{2.5} 기여농도

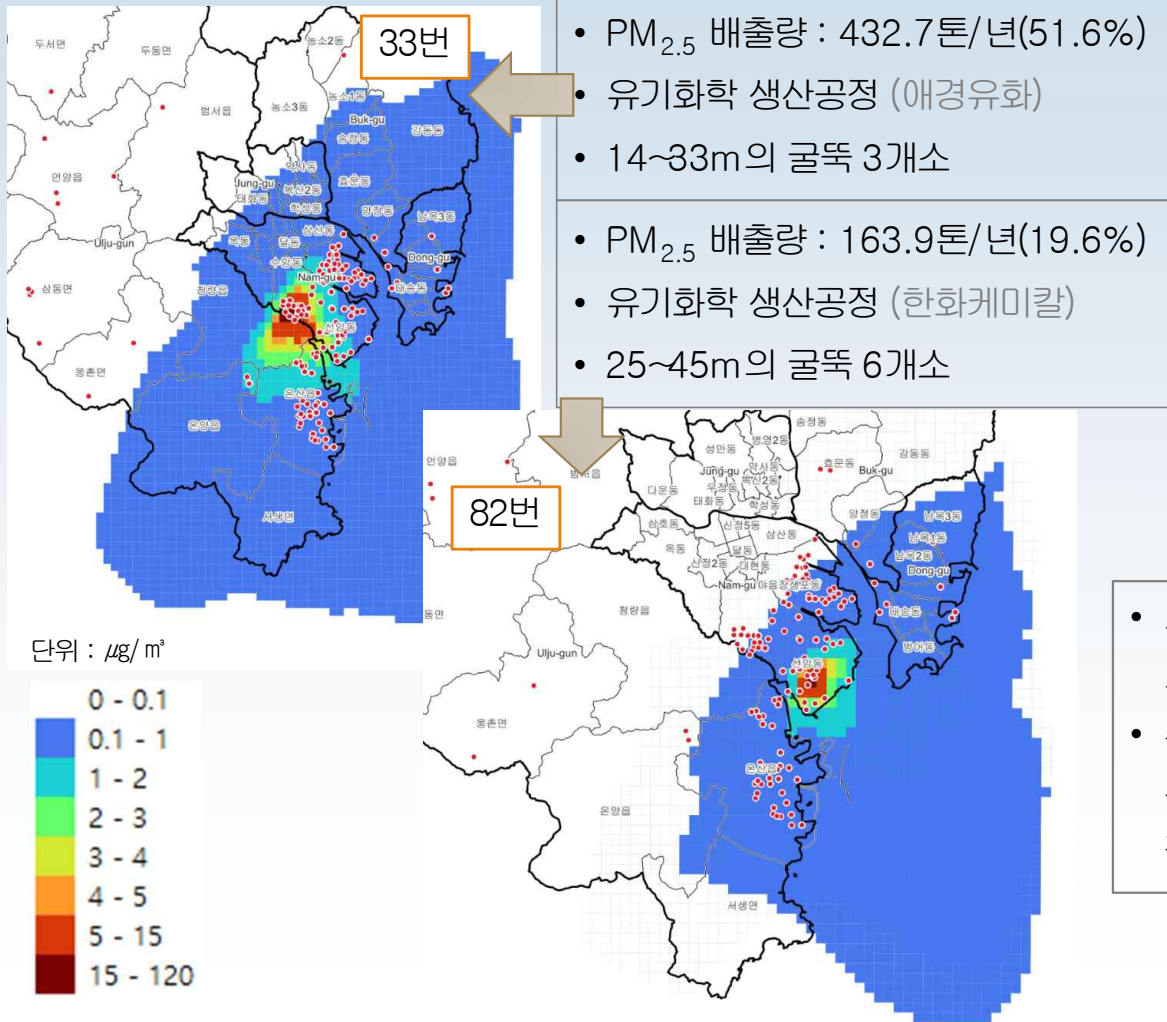


- 울산산단 중심 고농도 특징
- NO_x보다 공업지역에서 고농도 집중
- 남구 선암동 $5.43\mu\text{g}/\text{m}^3$, 울주군 온산읍 $1.50\mu\text{g}/\text{m}^3$,
울주군 청량읍 $1.22\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 격자 최고농도 : 남구 선암동 $116.2\mu\text{g}/\text{m}^3$
(여천동, 화산리 대기측정소 연평균 : $17\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- 배출량 과대평가 가능성 (강윤희 외, 2021)

3. 점오염원의 NOx, PM_{2.5} 기여도 분석 (CALPUFF)

표. 결과 및 고찰

최다 배출량 사업장별 분석



배출량 과대산정 원인

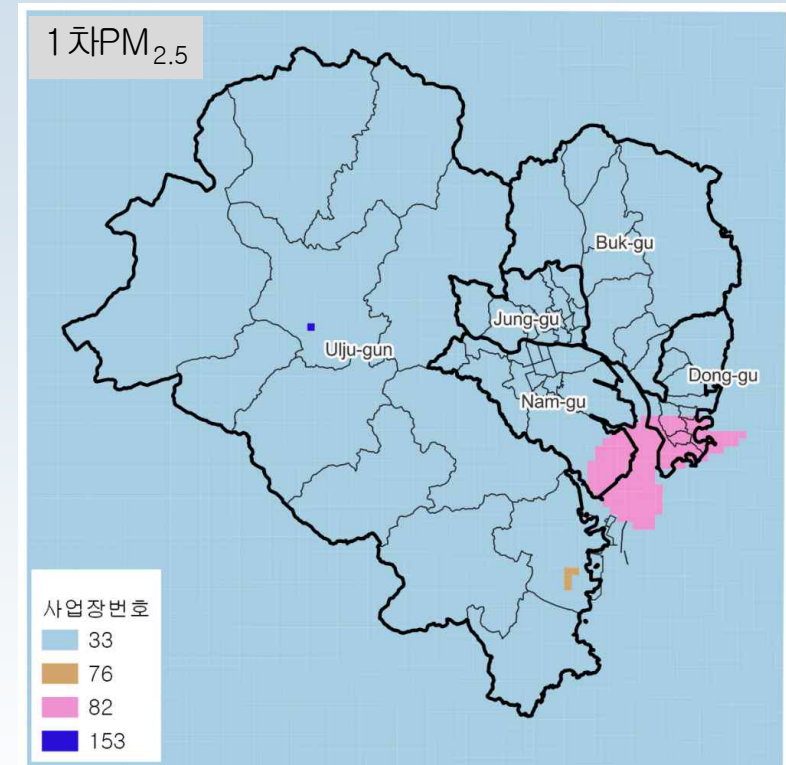
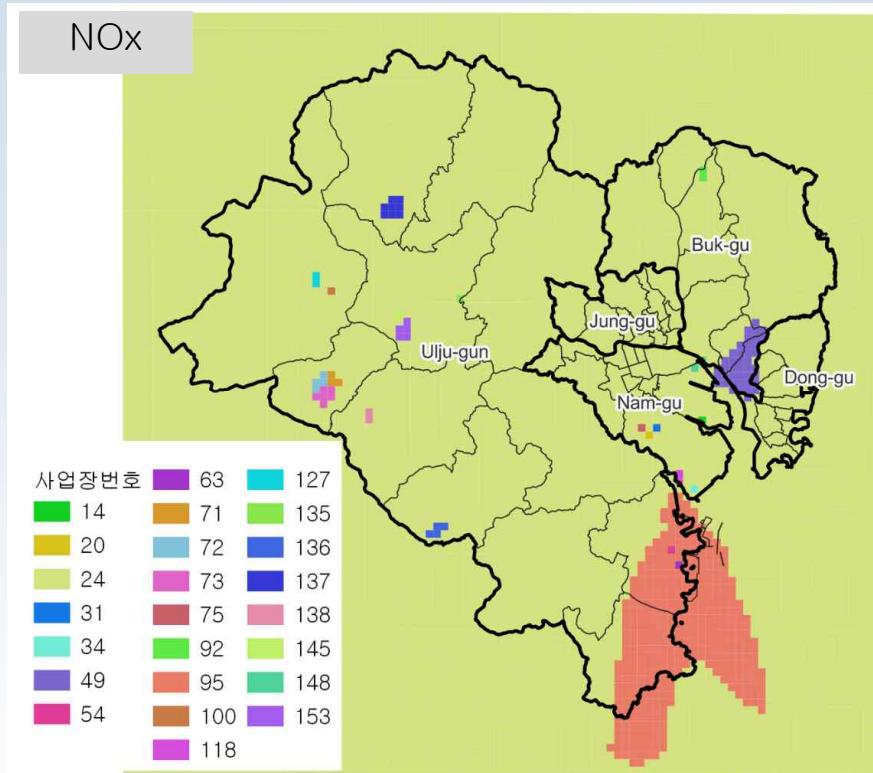
- 배출계수 과대평가
 - 굴뚝원격감시체계(TMS) 측정 배출량 데이터 우선 적용.
 - 그외 연료사용량, 배출계수, 저감효율 등 적용시 부정확성
- PM_{2.5} 전환계수 부정확성
 - TMS는 총부유먼지(TSP) 측정후 TSP:PM₁₀:PM_{2.5} 비율 적용
 - TSP 대 PM_{2.5}의 비율 과대 적용 가능성

- 사업장의 배출량과 굴뚝제원이 정확하다면 대기확산이 어려워 사업장내 고농도가 발생. 근로자의 건강위해도 문제 우려
- 추가 집진설비 설치 등의 저감대책을 수립하여 배출량을 감소시키거나 유효굴뚝높이 상향 위해 배출속도 및 배출온도 증가를 사업장에 요구 필요

3. 점오염원의 NOx, PM_{2.5} 기여도 분석 (CALPUFF)

Ⅲ. 결과 및 고찰

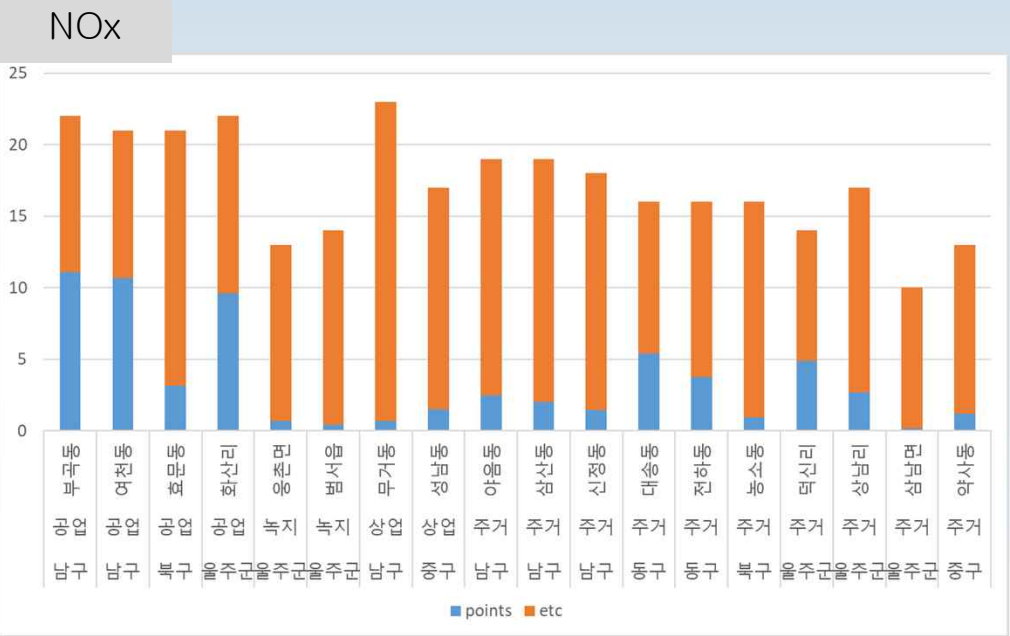
최대 기여농도 사업장 분석



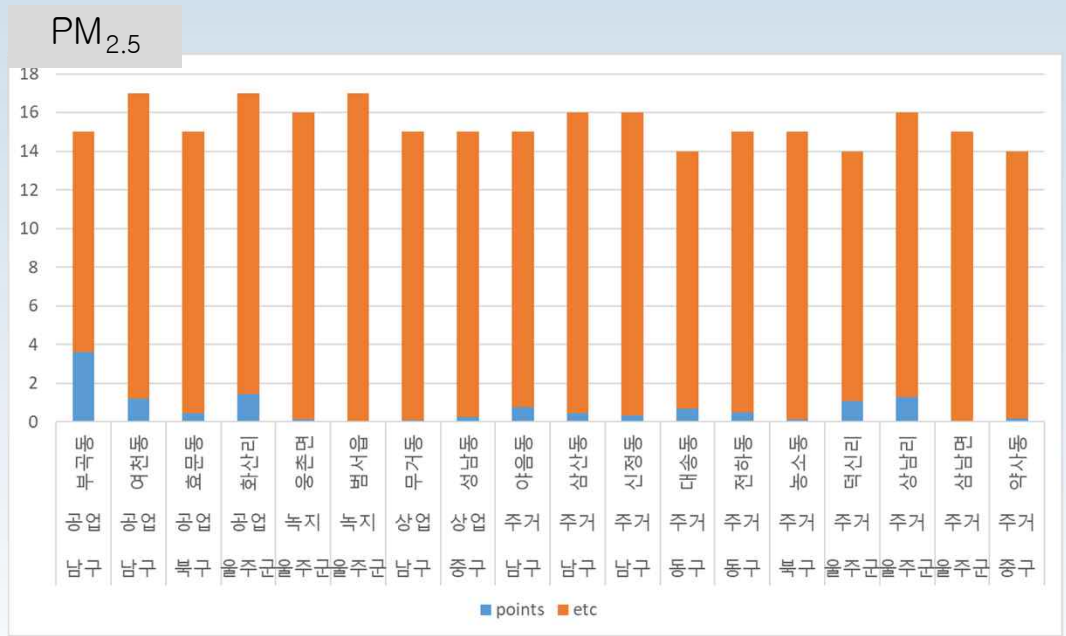
- 155개의 사업장 중 최대 기여도 사업장은 NOx 24개, 1차 PM_{2.5} 4개로 나타남
- 특정 사업장에 대한 기여도가 높은 것으로 분석되어 사업장별 배출저감이 필요

3. 점오염원의 NOx, PM_{2.5} 기여도 분석 (CALPUFF)

■ 대기 측정소에 미치는 기여농도



- 점오염원 기여농도는 공업지역인 부곡동 11.1ppb로 연평균 농도 50.5% 기여, 여천동 10.7ppb로 연평균 농도 51.0% 기여
- 녹지지역인 용춘면, 범서읍, 삼남면에서 가장 작음
- 삼남면측정소 연평균은 10ppb로 가장 낮고 점오염원 기여율도 1.9%로 가장 낮음. 이 측정소는 주거지에 설치되어 있고 녹지(봉화산)이 인접하여 산업시설 영향 작고, 서울산 IC와 약 1km 이격되어 있어 도로 배출량에 대한 영향이 더 큼.



- 점오염원의 기여농도는 공업지역인 부곡동 11.38µg/m³로 연평균 농도 24.1% 기여
- NOx 보다는 PM_{2.5}의 기여율이 작게 나타나 제조업, 생산공정 등의 영향보다 울산시 외부 영향 또는 도로/비도로 오염원, 비산먼지 등의 영향을 더 크게 받고 있음

3. 점오염원의 NOx, PM_{2.5} 기여도 분석 (CALPUFF)

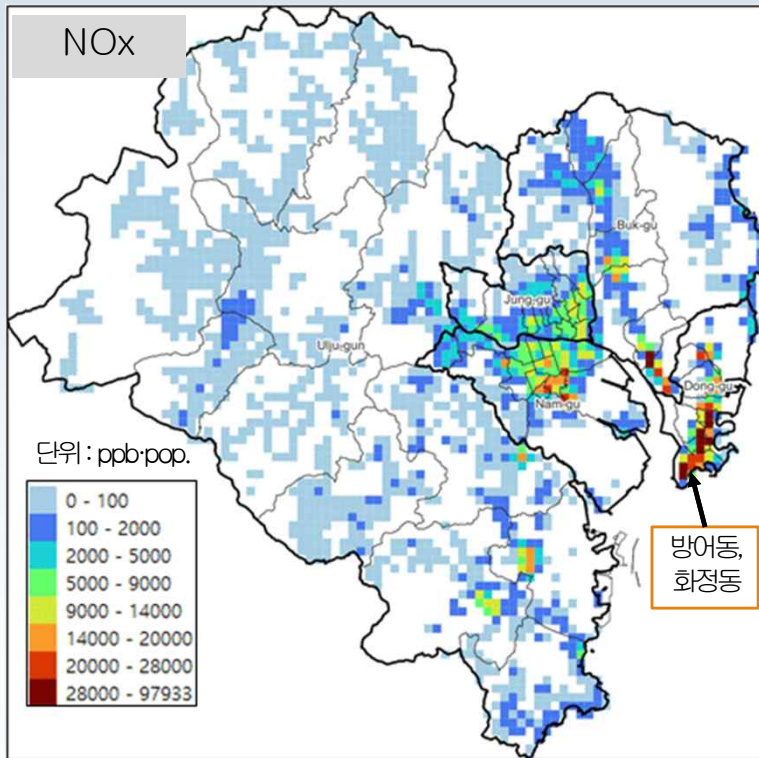
Ⅲ. 결과 및 고찰

인구가중 기여농도 (Population Exposure, PE)

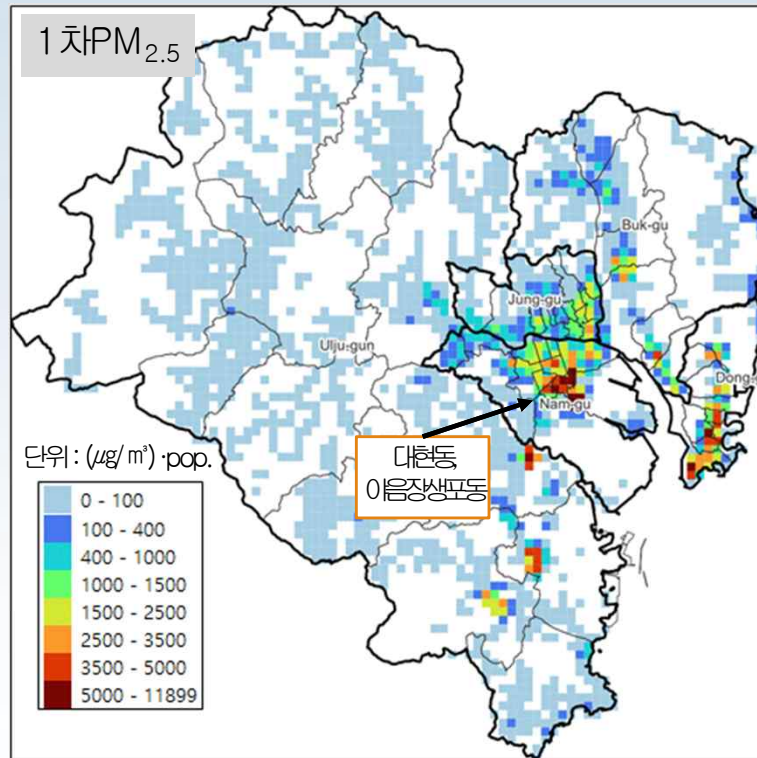
$$\text{Population Exposure(PE)}_i = C_i \times P_i$$

C_i : i번째 격자 기여농도

P_i : i번째 격자 인구수



- PE 30순위 사업장 : 24번(26회), 49번(4회)
- 해당 사업장 25.6~73.5% 기여율



- PE 30순위 사업장 : 33번(22회), 82번(8회)
- 해당 사업장 40.8~94.1% 기여율

- 특별관리 대상 사업장 지정 필요
- 물질별 높은 위해도, 사업장이 다르게 나타나 오염물질별, 사업장별 맞춤 저감대책이 필요
- 동구 방어동, 화정동, 남구 대현동, 아음장생포동 특별관리대책 지정 필요

3. 점오염원의 NOx, PM_{2.5} 기여도 분석 (CALPUFF)

Ⅲ. 결과 및 고찰

미세먼지 집중관리지역 분석

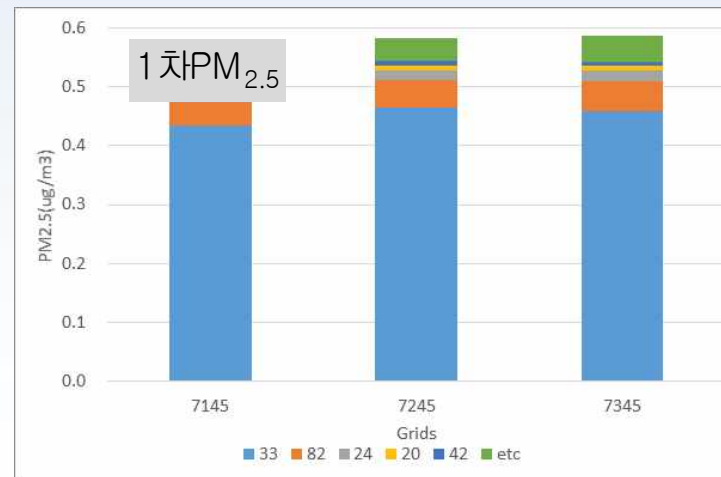
미세먼지 집중관리지역 선정

(미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법, 22조)

미세먼지 오염이 심각하다고 인정되는 지역 중 어린이, 노인 등이 이용하는 시설이 집중된 지역을 미세먼지 집중관리구역으로 지정할 수 있음



격자번호	7345	
사업장	농도(ppb)	기여율(%)
24	0.945	34.6
95	0.228	8.4
42	0.130	4.8
74	0.128	4.7
49	0.118	4.3
그외	1.181	43.3
합계	2.730	100

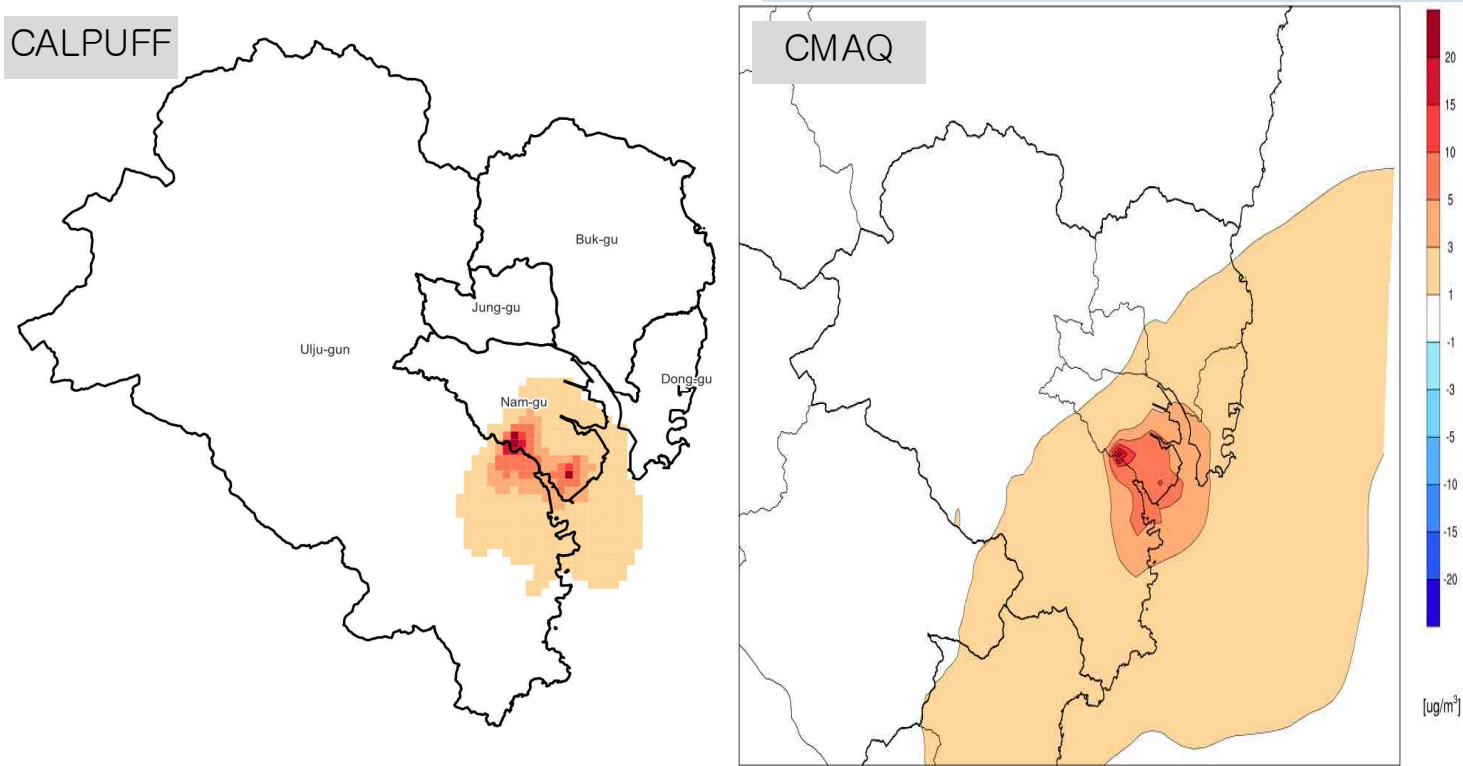


격자번호	7345	
사업장	농도(ug/m ³)	기여율(%)
33	0.459	78.3
82	0.050	8.5
24	0.018	3.0
20	0.009	1.5
42	0.007	1.2
etc	0.044	7.4
합계	0.586	100.0

4. 2차 생성 고려한 기여도 분석 (CMAQ)

Ⅲ. 결과 및 고찰

CALPUFF, CMAQ 농도 확산 비교 (PM_{2.5})



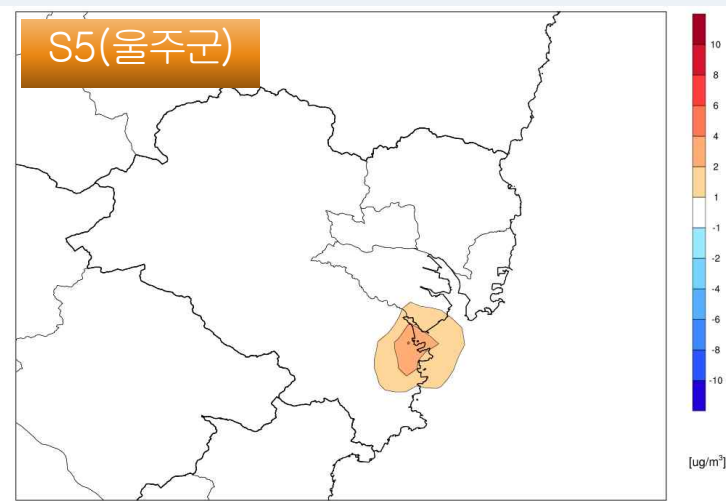
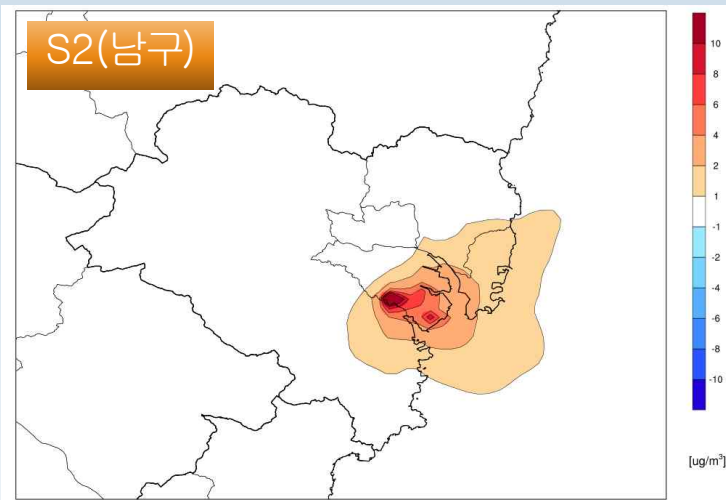
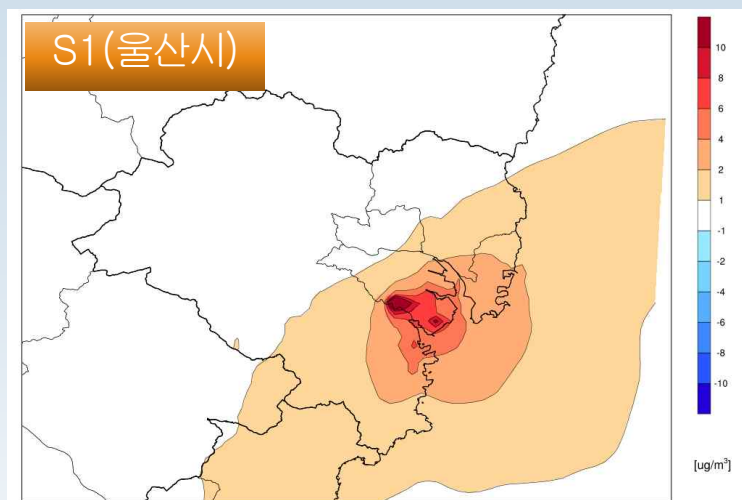
- 울산의 PM_{2.5} 전환율 강윤희 외(2021)
 - $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$: $0.030 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{kton}/\text{yr}$
 - $\text{NO}_x \rightarrow \text{NO}_3^-$: $0.009 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{kton}/\text{yr}$
 - $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+$: $0.134 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{kton}/\text{yr}$
 - $\text{PM}_{2.5} \rightarrow \text{PPM}_{2.5}$: $1.103 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{kton}/\text{yr}$
- CALPUFF의 배출원에서 직접 배출된 1차 NO_x, PM_{2.5}의 확산, 이동 분석하여 저감대책 수립에 기초 자료로서 활용 가능
- 2차 반응으로 인한 고농도 피해는 주로 장거리이동에서 발생되어 지역내(local) 평가에서 CALPUFF 수행의 타당성
- 상세 격자해상도, 개별 사업장별 분석 장점

✓ 동일 점오염원 배출량의 농도 모사 비교

✓ CMAQ의 농도범위가 더 넓은 것은 WRF 모델의 풍속 과대 평가 영향 및 2차 생성 물질인 것으로 판단됨

4. 2차 생성 고려한 기여도 분석 (CMAQ)

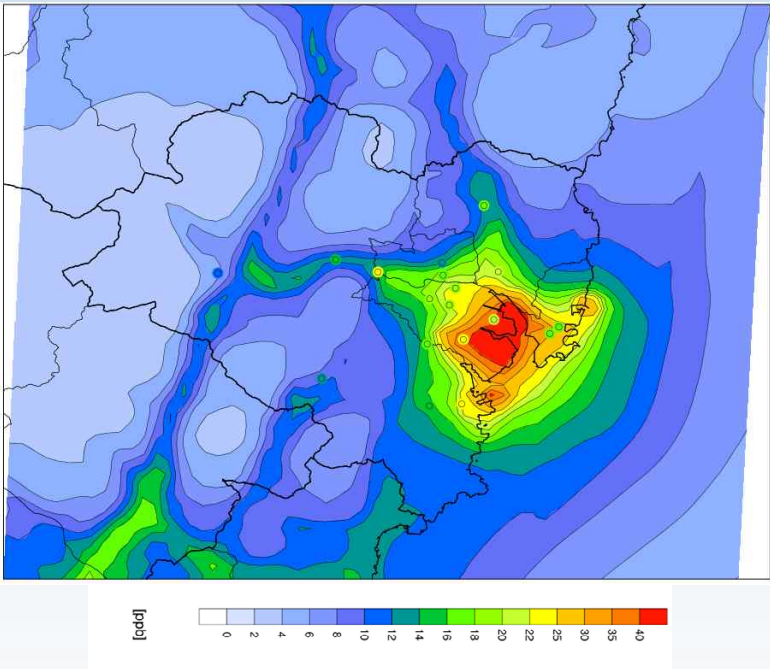
구별 점오염원 PM_{2.5} 기여도 분석 (CMAQ 분석)



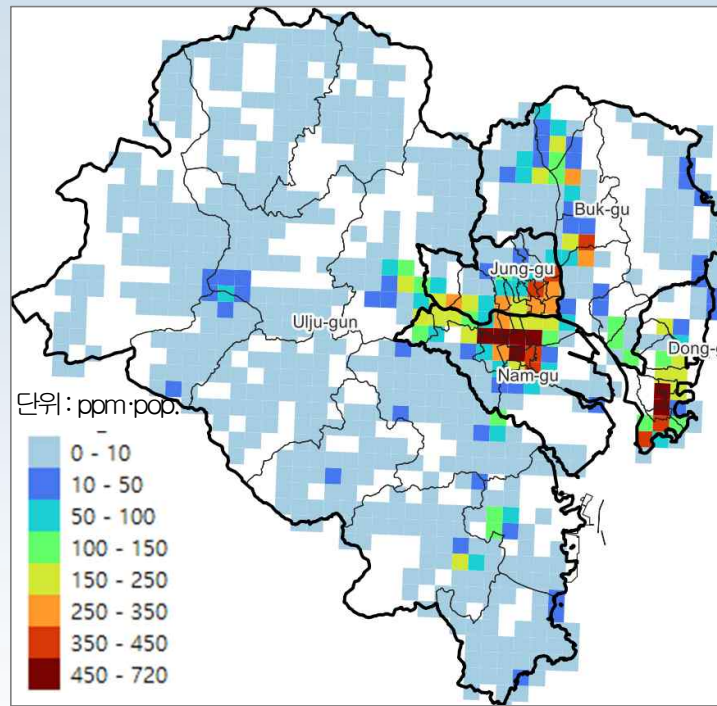
- 고농도 기여 분포의 위치, 농도는 전체 점오염원과 남구의 특성 동일
- 동구, 북구의 기여농도 $\pm 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
- 동구는 CALPUFF 분석에서 고농도 위험지역으로 산정되었지만, 자체 배출량에 의한 기여도는 낮고 남구 사업장에 의한 영향으로 나타남
- 울산의 오염물질 확산 특성상 동구에는 대규모 주거시설의 개발 지양 필요

5. 울산시 NO₂, PM_{2.5} 농도 특성 분석

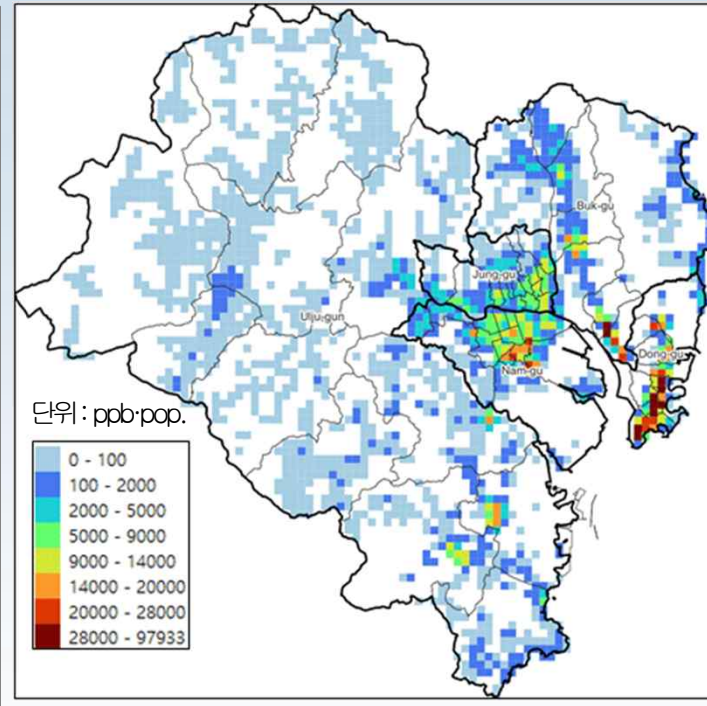
■ NO₂ 농도, PE 분석



[CMAQ NO₂]



[CMAQ NO₂ PE]



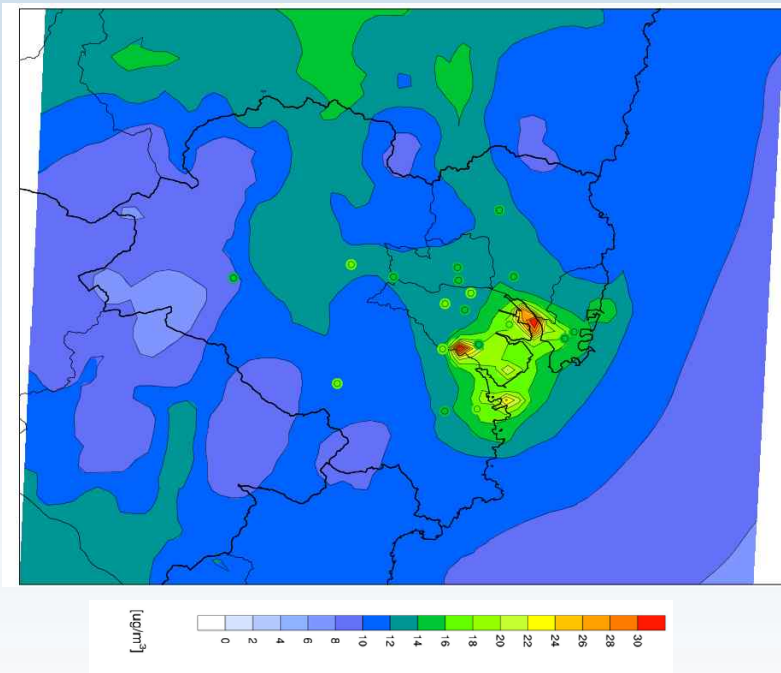
[CALPUFF 점오염원 NO₂ PE]

- 공업단지에서 모델 과대평가, 인구밀집지역은 유사 모사
- 해안가 공업단지 및 도로를 따라 농도 분포
- CMAQ 모사 NO₂의 PE 분석결과 동구 높은 PE 분포 유사, 남구 주거지로 높은 PE 분포
- 도로배출량 영향

5. 울산시 NO₂, PM_{2.5} 농도 특성 분석

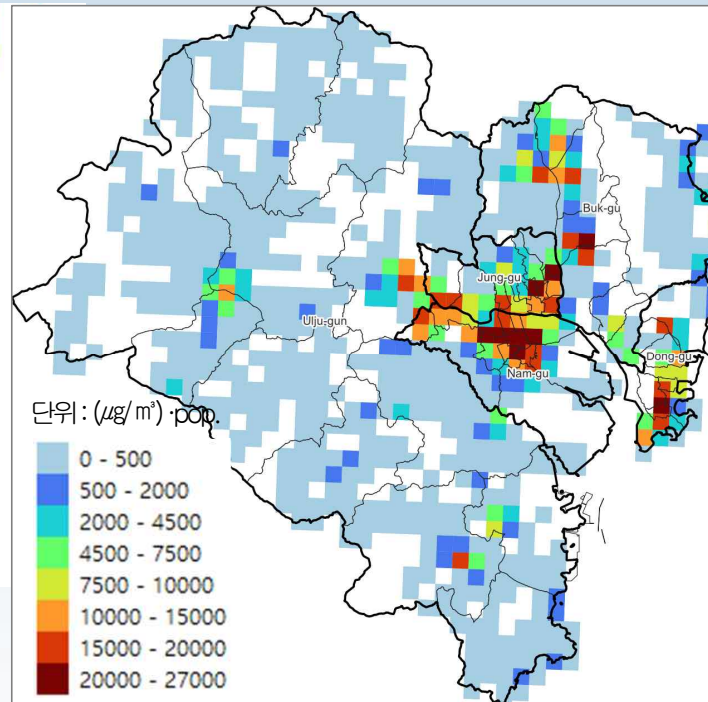
Ⅲ. 결과 및 고찰

PM_{2.5} 농도, PE 분석

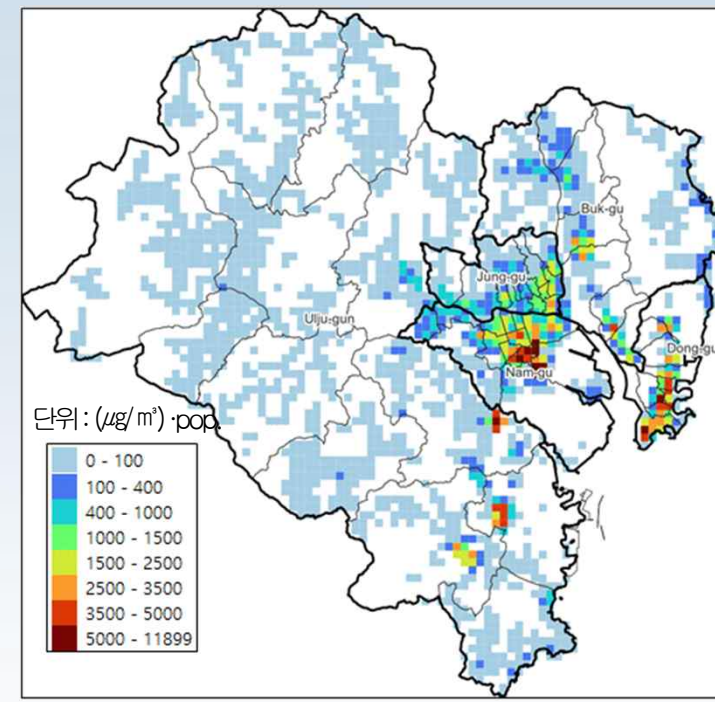


[CMAQ PM_{2.5}]

- 공업단지 일부 과대평가, 대체적으로 과소 모사 모사
- 점오염원의 PE보다 범위 확대



[CMAQ NO₂ PE]



[CALPUFF 점오염원 1차 PM_{2.5} PE]

1. 결론 및 제언

연구 요약

- 사업장별 기여도 분석결과, 특정사업장의 기여농도가 크게 나타나 사업장의 추가 저감대책 필요.
사업장내 고농도 발생으로 근로자의 건강위해도 문제 우려
- 추가 집진설비 설치 등의 저감대책 수립하여 배출량을 감소시키거나
유효굴뚝높이 상향 위해 배출속도 및 배출온도 증가를 사업장에 요구 필요
- 인구가중농도 평가 결과, NO_x는 동구 지역, 1차 PM_{2.5}는 산업단지와 인접한 남구와 동구지역이 위해도 높은 지역으로 나타남.
물질별 위해도 및 사업장이 달라 오염물질별, 사업장별 맞춤형 저감대책이 필요
- 고농도 피해 방지 위해 동구 방어동, 화정동, 일산동, 전하2동에 미세먼지 집중관리구역 추가 지정 필요
- 울산의 오염물질 확산 특성상 동구에는 대규모 주거시설의 개발 지양 필요
- CALPUFF, CMAQ 비교결과, 고농도는 동일 지역에서 나타났지만 낮은 농도는 CMAQ의 농도범위가 더 넓게 나타남.
이는 2차 PM_{2.5} 생성 및 WRF 풍속의 과대모사 원인으로 판단
- 지역크기(local scale)에서 2차 생성 농도의 기여도는 낮아 지역내 자체 기여도분석에 CALPUFF 모델링 수행 적합.
상세격자 해상도, 개별 사업장 분석 수행 장점이 있어 사업장 맞춤형 대책을 수립하는데 필요한 기초자료로서 활용 가능

1. 결론 및 제언

■ 한계점 및 향후연구 제언

- 울산은 우리나라 동남쪽에 위치하여 중국의 국외 영향 작고, 지역내 배출량이 많아 자체 기여농도가 높아 배출량 저감대책 필요
- 기업체의 자발적 협약으로 대기오염개선이 기대되나 본 연구결과에 따라 위험지역에 영향을 미치는 사업장에 추가적인 저감대책 요구
- 용도별 건물정보를 이용하여 세대수 분배시 높이(층) 가중이 없어 낮은 층수의 아파트에 과도하게 세대수 배분 문제
- 배출목록 한계로 4~5종 소규모 사업장에 대한 평가 제외됨. IoT 기술을 접목한 소규모 사업장에 배출량 정보가 자동 전산화시키려는 시스템이 구축중으로 향후 모든 사업장에 대해 상세격자별 사업장별 기여도 분석 가능
- SEMS에 등록된 자가측정결과 중 유해대기오염물질을 대상으로 평가한다면 사업장별 건강위해도 평가 가능 기대

감사합니다

미세먼지 배출허용기준 적용을 위한 경제성 평가 분석 예시



대림대학교 노수진

24. 2. 21.

목 차

- 1 배출허용기준 적용 순위 설정**
- 2 배출허용기준 적용 순위 결과**
- 3 적용대상 배출시설 및 배출허용기준 제시(안) 마련**

1. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위설정

- 업종별 비교 분석 ; 현행 저감장치 개선비용 대비 PM_{2.5} 배출 저감량에 의한 편익 규모 분석
- B/C 가 높은 업종을 1순위 적용, B/C 가 1 미만인 업종은 저감장치 개선비용 절감가능성 검토 후 적용 고려

비용 조사의 목적

규제 기준 준수를 위해 업체들이 지출 비용부담 규모 파악

기준 준수를 위해 도입하는 기술 비용 증가규모 파악

기업체의 규제 순응 가능성 및 기업체의 부담 정도 등 예측

배출기준 준수를 위한 시설설치비용 등
준수비용 산출

편익 산출의 목적

대기오염물질로 인한 인체 및 구조물에 미치는 피해규모 파악

대기오염물질 감소로 인해 저감되는 각종 피해 비용 파악

대기오염물질 배출로 발생하는 피해 규모를 편익으로 환산

배출량 감소 부분에 대한 건강피해비용 등
피해비용저감에 따른 편익 산출

분석기법	판 단	장 점	단 점
편익/비용 비율(B/C)	B/C ≥ 1	· 이해용이, 사업규모 고려가능 · 비용편익 발생시간의 고려	· 편익과 비용의 명확한 구분 곤란 · 상호배타적 대안선택의 오류발생가능

1. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위설정

– Baghouse
개선 비용

석유정제업					비고
배출량 (m³/hr)	20,000	60,000	120,000	180,000	pulse jet
필요여과면적 (m²)	333	1,000	2,000	3,000	ACR 1.0 기준
필요개수 (개)	230	465	816	1,152	3m/4.5m/5m/6m
단가 (원)	32,000	42,000	45,000	54,000	GL-TER-790
가격 (원)	7,360,000	19,530,000	36,720,000	62,208,000	
ID FAN 가격 (원)	33,283,000	62,224,000	102,200,000	186,672,000	ACR 1.0 기준, 500mmAq기준
합계 (원)	40,643,000	81,754,000	138,920,000	248,880,000	
폐기물 처리업(소각)					비고
배출량 (m³/hr)	30,000	70,000	105,000	140,000	pulse jet
필요여과면적 (m²)	500	1,167	1,750	2,333	ACR 1.0 기준
필요개수 (개)	240	532	720	810	4.5m/4.5m/5m/6m
단가 (원)	42,000	42,000	45,000	54,000	GL-TER-790
가격 (원)	10,080,000	22,344,000	32,400,000	43,740,000	
ID FAN 가격 (원)	40,230,000	77,828,000	92,200,000	108,800,000	ACR 1.0 기준 500mmAq기준
합계 (원)	50,310,000	100,172,000	124,600,000	152,540,000	

자료 : A사 견적 (17년 2월)

1. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위설정

– Baghouse
개선 비용

제철제강제조업					비고
배출량 (m³/hr)	50,000	500,000	750,000	1,000,000	reverse
필요여과면적 (m²)	833	8,333	12,500	16,667	ACR 0.8 기준
필요개수 (개)	96	792	1,140	1,524	10m/12m/12m/12m
단가 (원)	172,000	195,000	195,000	195,000	GL-TER-500
가격 (원)	16,512,000	154,440,000	222,300,000	297,180,000	
ID FAN 가격 (원)	56,142,000	300,300,000	419,300,000	529,300,000	ACR 0.8 기준, 500mmAq기준
합계 (원)	72,654,000	454,740,000	641,600,000	826,480,000	
시멘트 제조업					비고
배출량 (m³/hr)	90,000	125,000	190,000	250,000	pulse jet
필요여과면적 (m²)	1,500	2,083	3,167	4,167	ACR 1.0 기준
필요개수 (개)	615	720	1,080	1,425	5m/6m/6m/6m
단가 (원)	45,000	54,000	54,000	54,000	GL-TER-790
가격 (원)	27,675,000	38,880,000	58,320,000	76,950,000	
ID FAN 가격 (원)	83,400,000	102,200,000	153,100,000	173,000,000	ACR 1.0 기준, 500mmAq기준
합계 (원)	111,075,000	141,080,000	211,420,000	249,950,000	

자료 : A사 견적 (17년 2월)

1. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위설정

- ESP
개선 비용

석유정제업						
No	유량 (m³/hr)	ESP 수량	필요 집진판 면적 (m²)	필요한 MPS 수량 (Q'ty)	MPS 금액 (원)	ESP수량 x MPS 금액 (원)
1	2,500 ~ 162,500	33	2,292	0.61	49,000,000	1,613,000,000
2	162,500 ~ 322,500	28	6,736	1.80	144,000,000	4,024,000,000
3	322,500 ~ 482,500	6	11,181	2.98	239,000,000	1,431,000,000
4	482,500 ~ 642,500	2	15,625	4.17	333,000,000	667,000,000
5	642,500 ~ 802,500	2	20,069	5.35	428,000,000	856,000,000
합계		71	55,903	15.00	1,193,000,000	8,591,000,000

폐기물 처리업(소각)						
No	유량 (m³/hr)	ESP 수량	필요 집진판 면적 (m²)	필요한 MPS 수량 (Q'ty)	MPS 금액 (원)	ESP수량 x MPS 금액 (원)
1	35,000 ~ 55,000	3	1,250	0.33	27,000,000	80,000,000
2	55,000 ~ 75,000	6	1,806	0.48	39,000,000	231,000,000
3	75,000 ~ 95,000	4	2,361	0.63	50,000,000	201,000,000
4	95,000 ~ 115,000	1	2,917	0.78	62,000,000	62,000,000
합계		14	8,333	2.00	178,000,000	575,000,000

자료 : A사 견적 (17년 2월)

1. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위설정

- ESP
개선 비용

제철제강제조업						
No	유량 (m³/hr)	수량	필요 집진판 면적 (m²)	필요한 MPS 수량 (Q'ty)	MPS 금액 (원)	ESP수량 x MPS 금액 (원)
1	5,000 ~ 605,000	79	8,472	2.26	181,000,000	14,279,000,000
2	605,000 ~ 1,205,000	27	25,139	6.70	536,000,000	14,480,000,000
3	1,205,000 ~ 1,805,000	3	41,806	11.15	892,000,000	2,676,000,000
4	1,805,000 ~ 2,405,000	2	58,472	15.59	1,247,000,000	2,495,000,000
5	2,405,000 ~ 3,005,000	3	75,139	20.04	1,603,000,000	4,809,000,000
합계		114	209,028	56.00	4,459,000,000	38,738,000,000

발전업						
No	유량 (m³/hr)	수량	필요 집진판 면적 (m²)	필요한 MPS 수량 (Q'ty)	MPS 금액 (원)	ESP수량 x MPS 금액 (원)
1	1,000 ~ 1,001,000	88	13,917	3.71	297,000,000	26,126,000,000
2	1,001,000 ~ 2,001,000	20	41,694	11.12	889,000,000	17,790,000,000
3	2,001,000 ~ 3,001,000	30	69,472	18.53	1,482,000,000	44,462,000,000
4	3,001,000 ~ 4,001,000	3	97,250	25.93	2,075,000,000	6,224,000,000
5	4,001,000 ~ 5,001,000	4	125,028	33.34	2,667,000,000	10,669,000,000
합계		145	347,361	93.00	7,410,000,000	105,271,000,000

자료 : A사 견적 (17년 2월)

1. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위설정

- ESP
개선 비용

시멘트 제조업						
No	유량 (m³/hr)	수량	필요 집진판 면적 (m²)	필요한 MPS 수량 (Q'ty)	MPS 금액 (원)	ESP수량 x MPS 금액 (원)
1	2,000 ~ 302,000	24	4,222	1.13	90,000,000	2,162,000,000
2	302,000 ~ 602,000	14	12,556	3.35	268,000,000	3,750,000,000
3	602,000 ~ 902,000	9	20,889	5.57	446,000,000	4,011,000,000
4	902,000 ~ 1,202,000	3	29,222	7.79	623,000,000	1,870,000,000
5	1,202,000 ~ 1,502,000	1	37,556	10.01	801,000,000	801,000,000
합계		51	104,444	28.00	2,228,000,000	12,594,000,000

자료 : A사 견적 (17년 2월)

1. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위설정

- CAFÉ(Clean Air for Europe) PM_{2.5} 편익비용 (단위 : €/ton)

- VSL : Valuation of mortality using the value of statistical life, 통계수명가치
- VOLY : Value of a life year, 연간생명가치

PM mortality O ₃ mortality Health core? Health sensitivity? Crops O ₃ /health metric	VOLY - median VOLY - median Yes No Yes SOMO 35	VSL - median VOLY - median Yes No Yes SOMO 35	VOLY - mean VOLY - mean Yes Yes Yes SOMO 0	VSL - mean VOLY - meanYes Yes Yes SOMO 0
Italy	34,000	52,000	66,000	97,000

1. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위설정

- 업종별 분류에 따른 종별 PM 배출량

분류	업종명(1차)	업종명(2차)	업종명(3차)	배출량(tg/year)			
				1종	2종	3종	계
석유 정제	제조업	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	석유 정제품 제조업	699,541 (99.87%)	661 (0.09%)	248 (0.04%)	700,449 (100%)
폐기물 소각	하수, 폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업	폐기물 처리업	225,262 (93.96%)	7,159 (2.99%)	7,332 (3.06%)	239,754 (100%)
제철 제강	제조업	1차 금속 제조업	1차 철강 제조업	6,331,518 (98.88%)	47,089 (0.74%)	24,920 (0.39%)	6,403,527 (100%)
발전	전기, 가스, 증기 및 수도사업	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	전기업	5,846,174 (100.00%)	-	25 (0.00%)	5,846,199 (100%)
			증기, 냉온수 및 공기조절 공급업	266,559 (99.55%)	1,208 (0.45%)	-	267,767 (100%)
시멘트	제조업	비금속 광물제품 제조업	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	1,878,693 (94.42%)	55,098 (2.77%)	55,980 (2.81%)	1,989,772 (100%)

1. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위설정

- 업종별 집진장치에 따른 처리용량 및 PM 배출량

업종		집진장치	처리용량(m³/hr)	PM	
				배출량(kg/yr)	분율(%)
석유정제		Baghouse	1,327,886	28,934	4.1
		ESP	10,860,620	647,172	92.4
		Other	1,971,869	24,343	3.5
		Total	14,160,376	700,449	100.0
폐기물		Baghouse	11,106,501	139,062	50.0
		ESP	854,714	13,889	5.0
		Other	10,366,270	125,402	45.0
		Total	22,327,485	278,353	100.0
철강제조		Baghouse	191,667,879	3,302,056	51.6
		ESP	45,144,370	1,814,160	28.3
		Other	105,281,165	1,287,311	20.1
		Total	342,093,414	6,403,527	100.0
발전	전기업	Baghouse	-	-	-
		ESP	147,064,693	3,580,179	61.2
		Other	76,495,983	2,266,020	38.8
		Total	223,560,676	5,846,199	100.0
	증기냉온수	Baghouse	-	-	-
		ESP	7,368,994	187,072	69.9
		Other	4,543,381	80,695	30.1
		Total	11,912,375	267,767	100.0
시멘트		Baghouse	41,918,163	791,078	39.8
		ESP	14,501,418	906,659	45.5
		Other	21,747,461	292,036	14.7
		Total	78,167,041	1,989,772	100.0

1. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위설정

- 업종별 PM, PM_{2.5} 배출량에 따른 저감량

업종	PM 배출량 (kg/yr)	PM _{2.5} 배출량 (kg/yr)	PM _{2.5} 저감량 (kg)			사례1	사례2
			50% 저감시	40% 저감시	30% 저감시	개선비용 100% 적용	개선비용 80% 적용
석유정제	672,595	206,082	103,041	82,433	61,824	8,911,413,712	7,129,130,970
폐기물	152,951	93,557	46,779	37,423	28,067	18,242,856,353	14,594,285,082
제철제강	5,116,216	2,500,644	1,250,322	1,000,258	750,193	199,546,626,766	159,637,301,413
발전	3,767,251	2,708,610	1,354,305	1,083,444	812,583	91,516,258,963	73,213,007,170
시멘트	1,593,083	507,691	253,846	203,077	152,307	80,439,181,529	64,351,345,223

1. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위설정

- 업종별 Baghouse와 ESP 개선을 통한 사회적 편익 규모 분포(건강피해비용)

① 연간생명가치(VOLY) 중간값 34,000 €/ton 적용

업종	사회적 편익(원) (연간수명가치 중간값 34,000유로/톤 적용)		
	50% 저감시	40% 저감시	30% 저감시
석유정제	4,291,193,243	3,432,954,594	2,574,715,946
폐기물	1,948,118,002	1,558,494,401	1,168,870,801
제철제강	52,070,383,091	41,656,306,473	31,242,229,855
발전	56,400,807,133	45,120,645,706	33,840,484,280
시멘트	10,571,549,551	8,457,239,641	6,342,929,730

② 통계수명가치(VSL) 중간값 52,000 €/ton 적용

업종	사회적 편익(원) (통계생명가치 중간값 52,000유로/톤 적용)		
	50% 저감시	40% 저감시	30% 저감시
석유정제	6,563,001,430	5,250,401,144	3,937,800,858
폐기물	2,979,474,591	2,383,579,673	1,787,684,755
제철제강	79,637,056,492	63,709,645,194	47,782,233,895
발전	86,260,057,968	69,008,046,375	51,756,034,781
시멘트	16,168,252,254	12,934,601,803	9,700,951,352

1. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위설정

- 업종별 Baghouse와 ESP 개선을 통한 사회적 편익 규모 분포(건강피해비용)

① 연간생명가치(VOLY) 평균값 66,000 €/ton 적용

업종	사회적 편익(원) (연간수명가치 평균값 66,000유로/톤 적용)		
	50% 저감시	40% 저감시	30% 저감시
석유정제	8,329,963,354	6,663,970,683	4,997,978,012
폐기물	3,781,640,827	3,025,312,662	2,268,984,496
제철제강	101,077,802,471	80,862,241,977	60,646,681,482
발전	109,483,919,729	87,587,135,783	65,690,351,837
시멘트	20,521,243,245	16,416,994,596	12,312,745,947

② 통계수명가치(VSL) 평균값 97,000 €/ton 적용

업종	사회적 편익(원) (통계생명가치 평균값 97,000유로/톤 적용)		
	50% 저감시	40% 저감시	30% 저감시
석유정제	12,242,521,899	9,794,017,519	7,345,513,140
폐기물	5,557,866,064	4,446,292,851	3,334,719,638
제철제강	148,553,739,995	118,842,991,996	89,132,243,997
발전	160,908,185,056	128,726,548,045	96,544,911,034
시멘트	30,160,009,012	24,128,007,210	18,096,005,407

1. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위설정

- 업종별 Baghouse와 ESP 성능개선에 따른 비용편익비 분포

① 연간생명가치(VOLY) 중간값 34,000 €/ton 적용

업종	비용편익비(개선비용 100%적용)			비용편익비(개선비용 80% 적용)		
	50% 저감시	40% 저감시	30% 저감시	50% 저감시	40% 저감시	30% 저감시
석유정제	2.28	1.82	1.37	2.85	2.28	1.71
폐기물	0.51	0.40	0.30	0.63	0.51	0.38
제철제강	1.24	0.99	0.74	1.54	1.24	0.93
발전	2.92	2.34	1.75	3.65	2.92	2.19
시멘트	0.62	0.50	0.37	0.78	0.62	0.47

② 통계수명가치(VSL) 중간값 52,000 €/ton 적용

업종	비용편익비(개선비용 100%적용)			비용편익비(개선비용 80% 적용)		
	50% 저감시	40% 저감시	30% 저감시	50% 저감시	40% 저감시	30% 저감시
석유정제	3.49	2.79	2.09	4.36	3.49	2.62
폐기물	0.77	0.62	0.46	0.97	0.77	0.58
제철제강	1.89	1.51	1.13	2.36	1.89	1.42
발전	4.46	3.57	2.68	5.58	4.46	3.35
시멘트	0.95	0.76	0.57	1.19	0.95	0.71

1. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위설정

- - 업종별 Baghouse와 ESP 성능개선에 따른 비용편익비 분포

① 연간생명가치(VOLY) 평균값 66,000 €/ton 적용

업종	비용편익비(개선비용 100%적용)			비용편익비(개선비용 80% 적용)		
	50% 저감시	40% 저감시	30% 저감시	50% 저감시	40% 저감시	30% 저감시
석유정제	4.43	3.54	2.66	5.53	4.43	3.32
폐기물	0.98	0.79	0.59	1.23	0.98	0.74
제철제강	2.40	1.92	1.44	3.00	2.40	1.80
발전	5.67	4.53	3.40	7.08	5.67	4.25
시멘트	1.21	0.97	0.72	1.51	1.21	0.91

② 통계수명가치(VSL) 평균값 97,000 €/ton 적용

업종	비용편익비(개선비용 100%적용)			비용편익비(개선비용 80% 적용)		
	50% 저감시	40% 저감시	30% 저감시	50% 저감시	40% 저감시	30% 저감시
석유정제	6.51	5.21	3.90	8.13	6.51	4.88
폐기물	1.44	1.15	0.87	1.80	1.44	1.08
제철제강	3.53	2.82	2.12	4.41	3.53	2.64
발전	8.33	6.66	5.00	10.41	8.33	6.25
시멘트	1.78	1.42	1.07	2.22	1.78	1.33

2. 경제성 평가에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위 결과

(1) 경제성 평가 결과에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위 설정 결과 1

가. B/C 최대	나. 순위분포	다. 순위 설정	라. 향후 적용 검토
<ul style="list-style-type: none"> - 비용 최소 규모 적용: 현행 저감장치 비용의 100% 추가 발생 적용 - 저감장치 성능 개선 효율 최저 적용: 배출량 30% 저감 적용 - 사회적 편익 최소 규모 적용: 통계 수명가치 평균값 97,000유로/톤 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - 발전업 : 8.33 - 석유정제업: 6.51 - 제철제강제조업: 3.53 - 시멘트제조업: 1.78 - 폐기물처리업: 1.44 	<ul style="list-style-type: none"> - 1순위: 발전업 - 2순위: 석유정제업 - 3순위: 제철제강제조업 	<ul style="list-style-type: none"> - 시멘트제조업, 폐기물처리업의 경우 비용 및 저감 배출량 모니터링 후 적용 검토 - 2종 이하 관리대상종별 사업장, 타 업종 등은 추가 연구 후 확대 적용 대상 검토

(2) 경제성 평가 결과에 따른 미세먼지 배출허용기준 적용 순위 설정 결과 2

가. B/C 최대	나. 순위분포	다. 순위 설정	라. 향후 적용 검토
<ul style="list-style-type: none"> - 비용 최소 규모 적용: 현행 저감장치 비용의 80% 추가 발생 적용 - 저감장치 성능 개선 효율 최저 적용: 배출량 50% 저감 적용 - 사회적 편익 최소 규모 적용: 통계 수명가치 평균값 97,000유로/톤 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - 발전업 : 10.41 - 석유정제업: 8.13 - 제철제강제조업: 4.41 - 시멘트제조업: 2.22 - 폐기물처리업: 1.80 	<ul style="list-style-type: none"> - 1순위: 발전업, 석유정제업, 제철제강제조업 - 2순위: 시멘트제조업, 폐기물처리업 - 3순위: 2종 이하 관리대상종별 사업장, 타 업종 	<ul style="list-style-type: none"> - 저감장치 개선 비용과 배출 저감량 모니터링과 추가 연구 후 확대 적용 대상 검토

3. 적용대상 배출시설 및 배출허용기준 제시(안) 마련

(1) 미세먼지 배출허용기준 연도별 적용 대상 업종

가. 적용 기준

- 비용편익 분석 결과의 순위에 따른 연도별 적용
- 비용편익 분석의 최저치 적용
- 저감장치 성능개선 비용 및 배출저감량 모니터링 검토 기간 1년 적용

나. 연도별 적용 대상 업종

- 2018년 적용 : 발전업, 석유정제업, 제철제강제조업
- 2019년 적용 : 시멘트제조업, 폐기물처리업(2018년 적용대상 사업장의 비용 및 저감 배출량 모니터링 후 검토)
- 2020년 적용 : 사업장 관리대상 2종 이하 사업장 적용(2018~2019년 2종 이하 사업장 실태 분석 연구 후 검토)

(2) 미세먼지 배출허용기준 적용 물질 검토

가. 적용 물질 선별 기준

- 현행 모니터링 실태 고려(PM에 의한 모니터링)
- PM₁₀, PM_{2.5} 측정 모니터링 기술 수준 검토
- PM₁₀, PM_{2.5} 측정기술의 사업장 도입 비용 검토

나. 연도별 모니터링 물질 적용 방안

- 초기 단계(2018~2019) : PM에 의한 배출허용기준 적용 → PM중 미세먼지 분율 적용으로 모니터링
- 2020년 이후: PM₁₀, PM_{2.5} 측정 기술 도입 적용
- * 2018년~2019년에 PM₁₀, PM_{2.5} 측정 모니터링 기술 개발 및 사업장 도입 타당성 시범 사업

3. 적용대상 배출시설 및 배출허용기준 제시(안) 마련

(3) 미세먼지 배출허용기준 연도별 적용 대상 업종

- ① 미세먼지 배출허용기준 1차 적용 사업장에 대한 모니터링
 - 1차 적용 사업장을 대상으로 모니터링 실시
 - 저감장치 성능개선 비용 모니터링
 - 저감장치 성능개선 저감 배출량 모니터링
- ② 미세먼지 배출허용기준 2차 적용 사업장에 대한 타당성 분석
 - 1차 적용 사업장을 대상으로 한 비용 및 저감배출량 모니터링 결과에 근거한 확대 적용사업장 예비시험 분석 (비용 및 저감배출량 등)
- ③ 저감장치 기술 개발 현황 모니터링
 - 저감장치 성능 기술 개발 현황에 대한 정기적 모니터링
 - Baghouse, ESP 및 그 외 기타 저감장치 기술개발 모니터링 포함
- ④ 미세먼지 모니터링 물질 측정 기술 현황 및 사업장 도입 타당성 연구
 - PM₁₀, PM_{2.5}의 연속자동측정장치(굴뚝 TMS)기술 개발 연구
 - PM₁₀, PM_{2.5} 연속자동측정장치의 사업장 도입 방안 연구
- ⑤ 미세먼지 배출허용기준 제도 개선을 위한 연구
 - 미세먼지 배출허용기준 적용 대상 사업장 확대 및 규제순응도 향상 방안 등

감 사 합 니 다

미세먼지 관리를 위한 산·학·연 공동 대응 세미나

충청남도 소규모방지시설 지원사업 추진 경과 및 개선방안 제안

충남연구원 기후변화대응연구센터

김종범 책임연구원

목차

I

충남 사업장 현황

II

소규모 배출사업장
지원사업

III

충청남도의
지원사업 추진 현황

IV

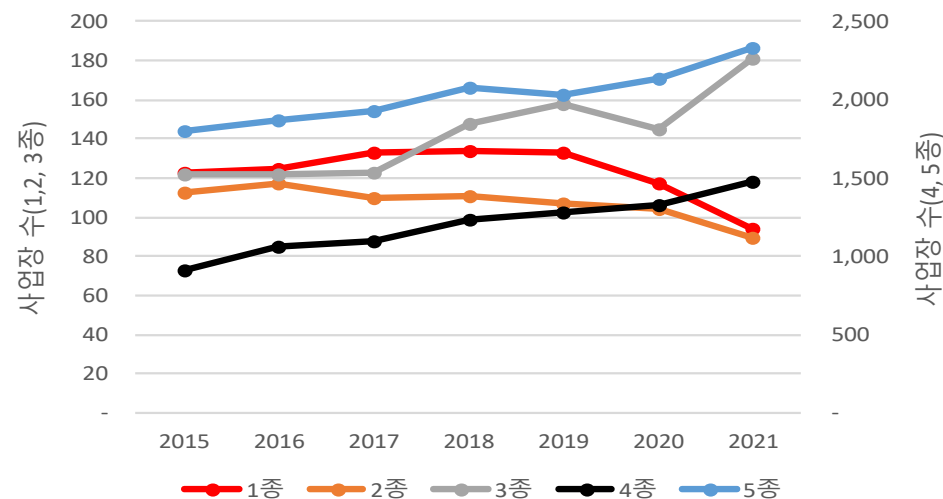
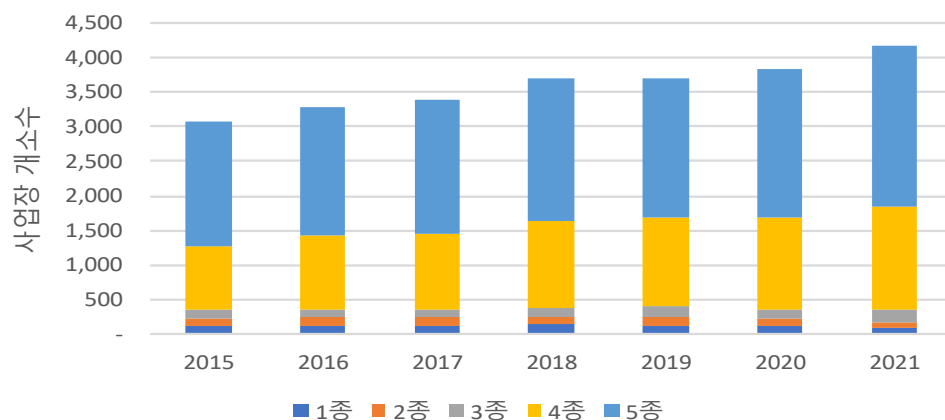
지원사업 추진 현황
및 문제점 검토

V

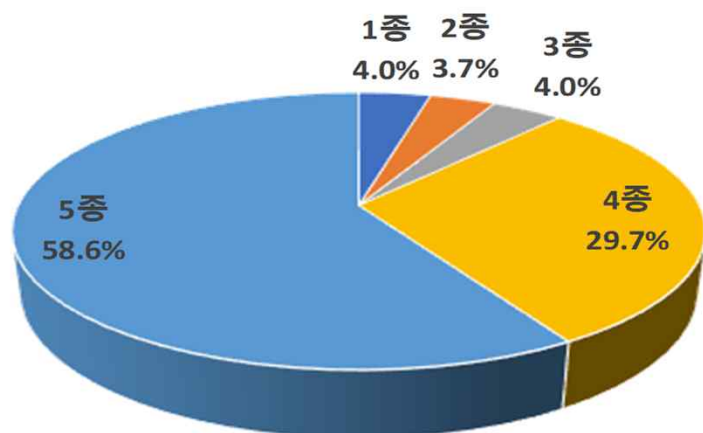
소규모 사업장
지원방안 제언

- 2015년부터 총 사업장 개소 수 꾸준히 증가 중 → 총량관리 및 통합환경관리로 대형 사업장 관리권한 이관(금강유역청)
- 지역 내 소형대기배출사업장(4, 5종)은 2015년 대비 2021년 각각 61.1%와 29.3% 증가 → **소형배출사업장 관리 중요**

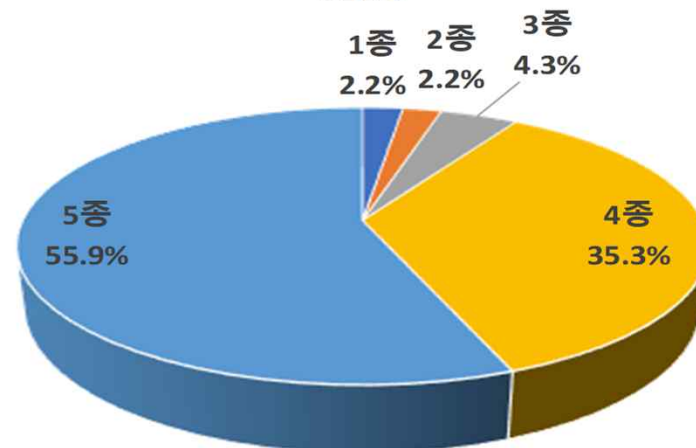
충청남도 대기배출사업장



2015



2021



- ④ 소규모 사업장 방지시설 설치지원 사업 : 대기환경보전법 제81조(재정·기술적 지원) → **대기방지시설 + 사물인터넷(IoT)**
- ④ 환경부 → 지자체 위탁 → 각 지방 녹색환경지원센터 위임 (2020년부터 수행 중)
- ④ 사업방식 : 자치단체 자본 보조 : 국비 50%, 지방비 40, 자부담 10%

2024년도 소규모 사업장 방지시설 설치 지원사업 국고보조금 업무처리지침

2024. 1.

환경부 대기관리과

제1장 개요

가. 목 적

「대기환경보전법」 제81조의 규정에 따라 ‘미세먼지’ 등 대기환경개선을 위하여 추진하는 소규모 사업장 방지시설 설치지원 및 사물인터넷(IoT) 측정기기 부착지원, 중소사업장 대기배출사업장 연료전환 지원사업에 필요한 보조금의 효율적인 사용과 관리를 위한 사항을 규정

나. 근 거

□ 「대기환경보전법」 제81조(재정·기술적 지원)

◇ (제1항) 국가 또는 지방자치단체는 대기환경개선을 위하여 다음 각 호의 사업을 추진하는 지방자치단체나 사업자 등에게 필요한 재정적·기술적 지원을 할 수 있다.

1. 제32조제1항 및 제4항에 따른 측정기기 부착 및 운영·관리
2. 그 밖에 대기환경을 개선하기 위하여 환경부장관이 필요하다고 인정하는 사업

□ 「보조금 관리에 관한 법률」

□ 환경부 국고보조금 운영관리지침(환경부훈령 제1524호, 2021.12.20.)
(이하 “보조금지급규정”이라 한다)

다. 2024년 사업계획

□ 사업비 : 98,400백만원

○ 국비 49,200백만원, 지방비 39,360백만원, 자부담 9,840백만원

□ 사업방식 : 자치단체 자본보조

□ 예산부담 : 국비 50%, 지방비 40%, 자부담 10%

제6장 「사물인터넷(IoT) 측정기기」 보조금 지급절차 및 방식

□ (지원대상) 「중소기업기본법」 시행령 제3조제1항에 따른 중·소기업으로
① 「대기환경보전법 시행규칙」 제37조의3(별표9의2) 규정에 따른 사물인터넷(IoT) 측정기기 부착대상 시설, ② 보조금을 받아 설치한 방지시설 및 ③ 방지시설 설치면적 및 자가측정 면적에 관련하여 사물인터넷(IoT) 측정기기 부착지원을 신청한 사업장의 습식 배출시설

○ 배출시설 가동 시 방지시설 적정 운영을 확인하기 위한 사물인터넷(IoT) 측정기기 부착 및 사물인터넷 게이트웨이 설치

○ 사물인터넷(IoT) 측정기기만을 부착 지원받는 방지시설 및 습식시설에 대해서는 제3장 나목에 따른 사물인터넷(IoT) 측정기기 설치비 및 보조금 한도를 동일하게 적용하며, ① 방지시설 면적신청 습식시설, ② 신규 시설 중 4종, ③ 신규 시설 중 5종, ④ 기존 시설 순으로 우선지원

※ 「부가가치세법」 제2조제3호에 따른 사업자에 해당되지 않으나 배출시설(보일러, 냉온수기, 건조시설 등)을 운영하는 자, 「중소기업협동조합법」 제3조에 따른 조합(이하 “조합”이라 한다)으로서 조합원이 생산하는 제품에 필요한 원·부자재 등을 제공하기 위해 설치한 배출시설을 운영하는 자

□ (지원제외) 공공기관 및 공공시설에 설치하는 사물인터넷(IoT) 측정기기

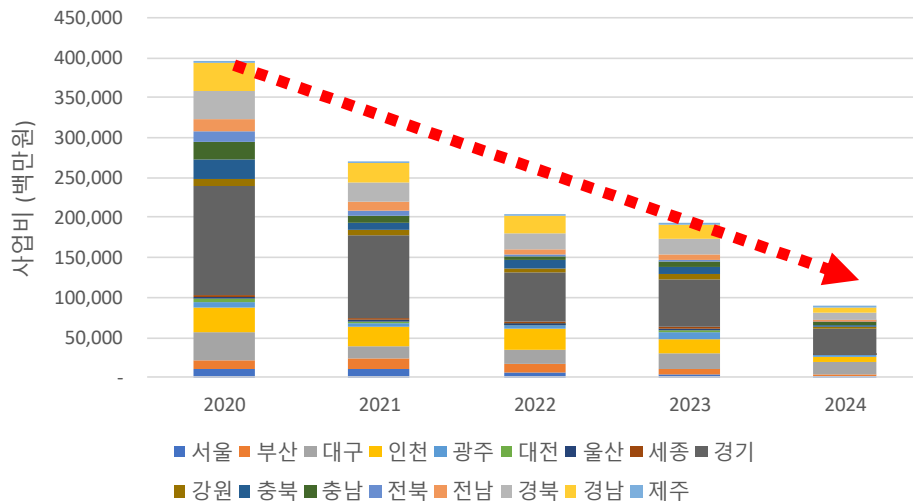
< 사물인터넷(IoT) 측정기기 구성 >

구분	장치의 기능	비고
측정기기	배출 및 방지시설 적정 가동 여부를 확인하기 위한 측정 장치	
IoT 게이트웨이	측정기기에서 측정된 측정 자료를 수집 및 유·무선 방식으로 관리시스템으로 전송하는 장치	
가상사설망(VPN)	인터넷망을 전용선처럼 사용할 수 있도록 보안 통신채널과 암호화 기법을 제공하는 통신장비 - 측정기기(IoT 게이트웨이) 또는 통신장치(통신모뎀)에서 SSL(Secure Socket Layer) VPN 통신 채널을 제공하여야 함 - 장비 호환성·상호 운용성 검증을 위해 반드시 한국환 경공단과 사전 협의 필요	
IoT 관리시스템	배출 및 방지시설 측정 자료를 실시간 전송 받아 모니터링 하는 관리시스템 (www.greenlink.or.kr), 운영기관 : 한국환경공단 ※ 문의사항 연락처 : 1533-3301	

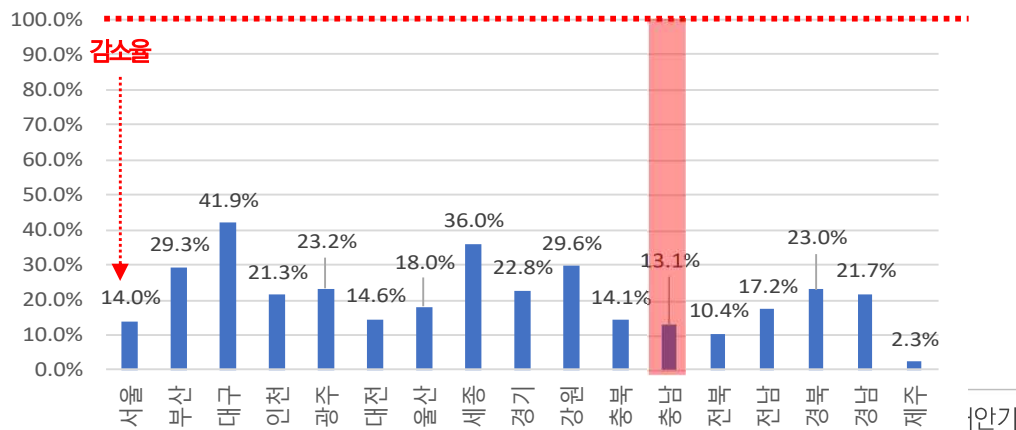
※ 사물인터넷(IoT) 측정기기의 측정자료는 IoT 관리시스템(www.greenlink.or.kr)으로 전송되어야 하며, 측정기기 규격, 사양, 부착 절차, 유지·관리 등은 “사물인터넷 측정기기 설치·운영 가이드라인”(2023.6.) 참조

□ (절차시기) 사물인터넷(IoT) 측정기기는 방지시설 설치사업과 동시에 완료(진행)

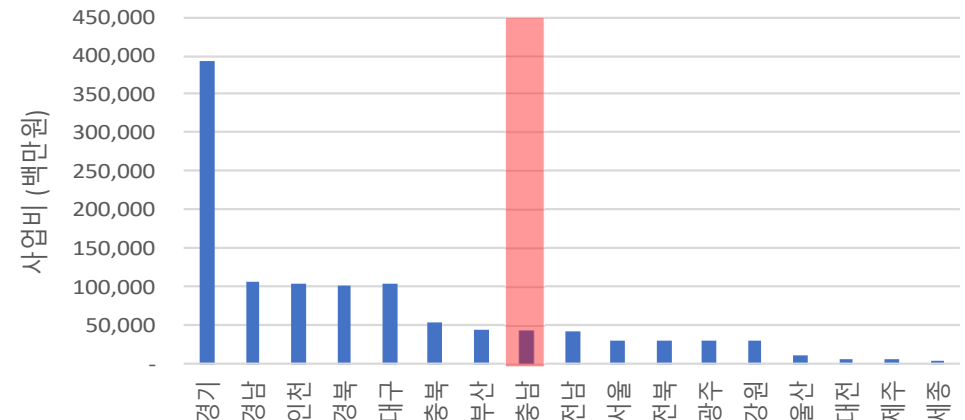
- ☑️ 사업비 : 440,000백만원('20) / 299,300백만원('21) / 225,200백만원('22) / 212,000백만원('23) / 98,400백만원('24)
- ☑️ 소형(4,5종)사업장 개소 수 : 경기(21,993) > 경남(5,333) > 충북(4,775) > 경북(4,491) > 인천(4,224)
- ☑️ 사업비 지원액 누계 순위('20~'24년, 백만원) : 경기(393,372) > 경남(106,718) > 인천(104,814) > 대구(103,383)



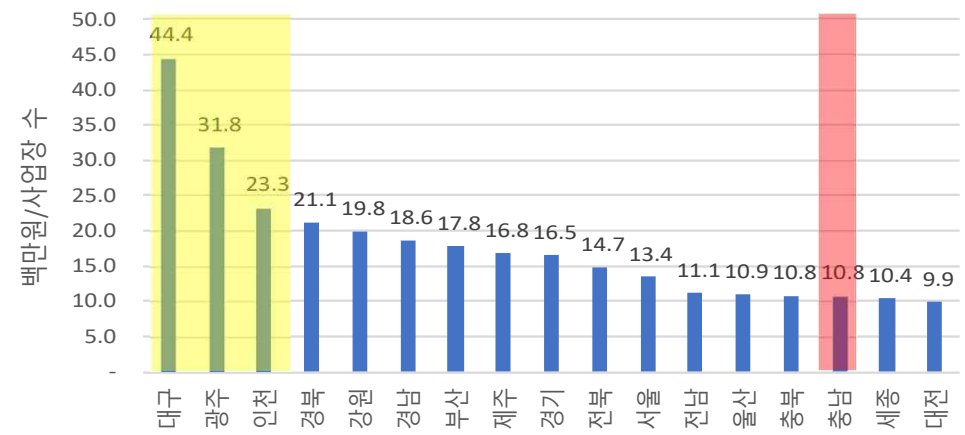
2020년 대비 2024년도 지방비 비율



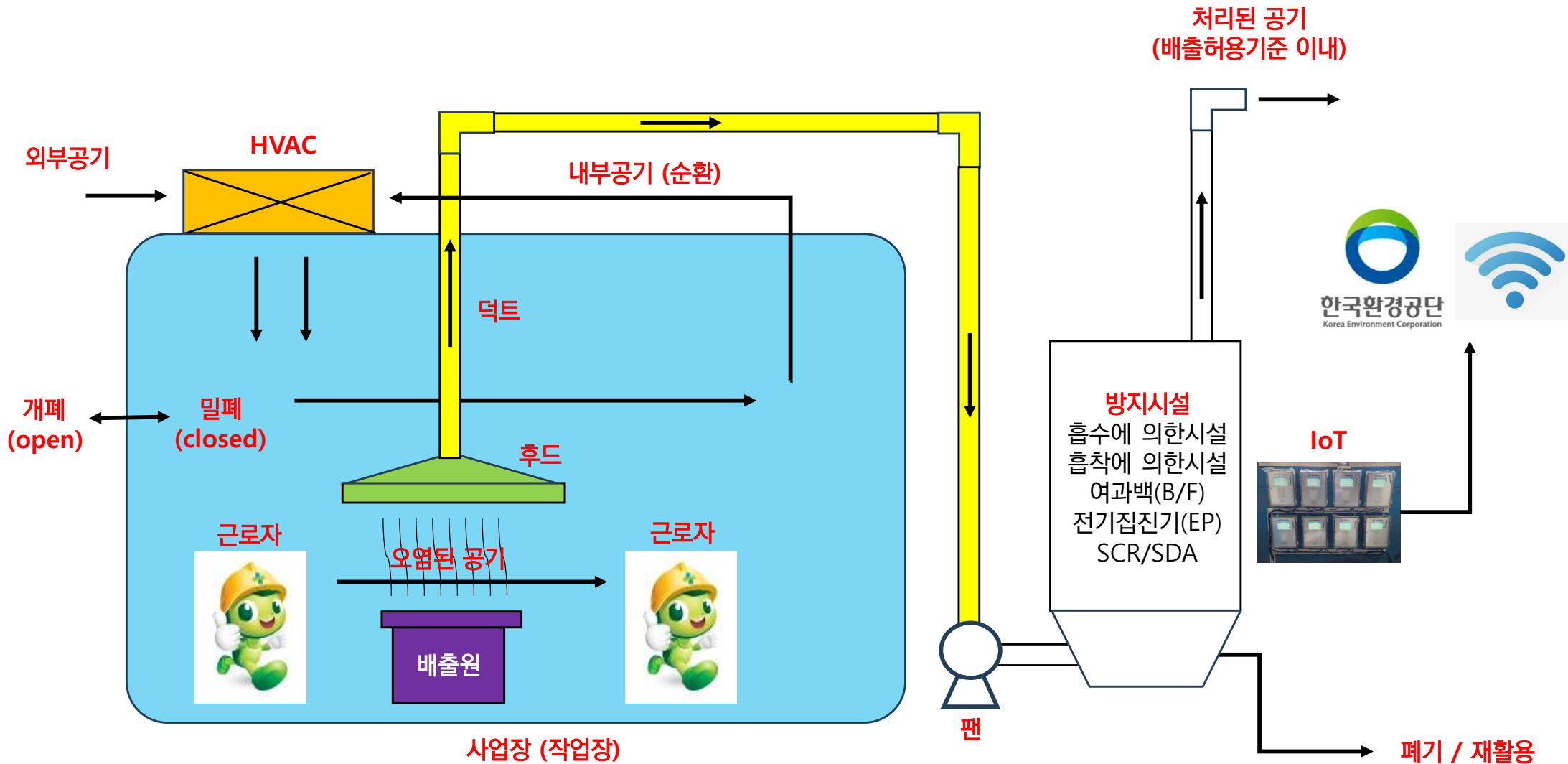
소규모사업장 지원사업비 총 누계



소형사업장/사업비



소규모 사업장 배출시설 공정도



✓ 사업장 (작업장)

관리사항 : 사업장 내 개폐구(출입문, 창문 등) 관리, 외부공기 유입부 밀폐 여부, 환기(전체환기, 국소배기) 등

✓ 근로자

관리사항 : 개인보호구 착용 여부(필요성 검토), 개인 위생, 건강 상태, 근로 형태, 근로 시간, 호흡영역 보호 여부 등

✓ 배출원

관리사항 : 유해가스 배출여부, 독성, 공정 밀폐여부, 오염물질 작업장 내 비산 상태 등

✓ 후드

관리사항 : 후드 형태, 배출원과의 거리, 배출원 완전 포집 여부, 포착속도, 설치 위치, 작업자 동선 및 운동반경 등

✓ 덕트

관리사항 : 제어속도, 청소구 여부, 처리가스와의 반응성, 재질, 막힘 상태, 부식 또는 마모 상태, 이음새 체결 상태 등

✓ 공조설비

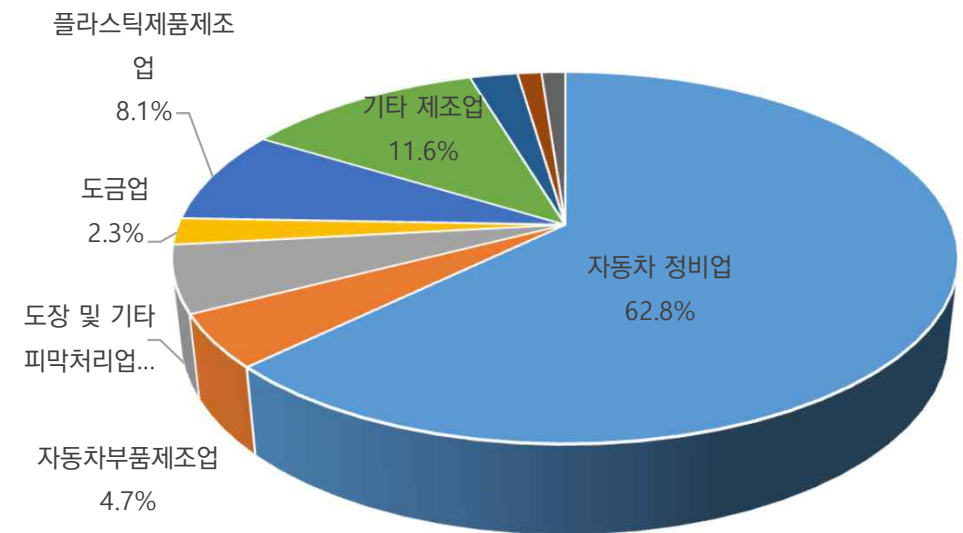
관리사항 : 청정공기 유입구 막힘 여부, 소요 풍량, 오염된 공기의 순환 여부, 작업장 내 기류속도, 소모품 교체주기 등

✓ 방지시설 (팬 포함)

관리사항 : 소요 풍량, 처리속도, 처리효율(배출허용기준 이내), 차압, pH, 소모품 교체주기, 마모, 파손, IoT 장치 등

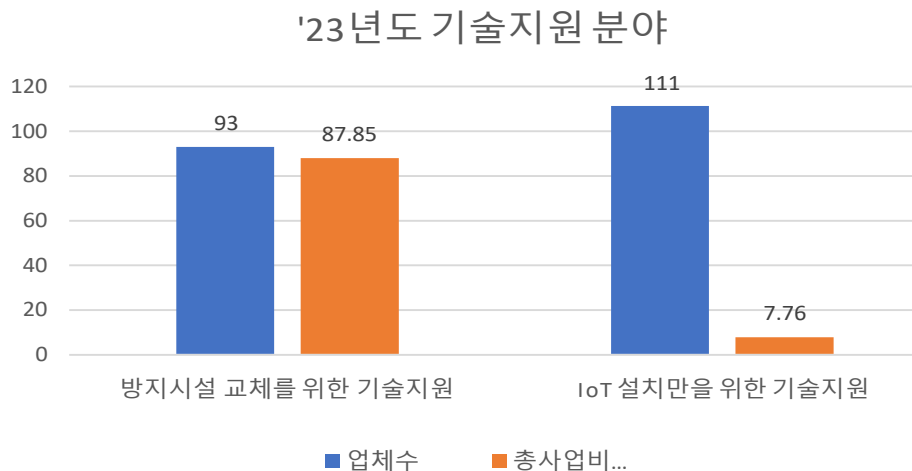
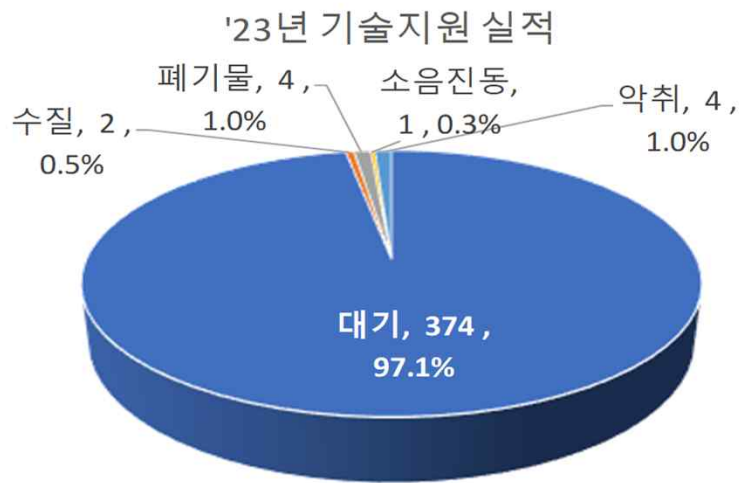
- ④ 소형사업장 지원사업 추진 현황 ('21년도)
- ④ 자동차 정비업(62.8%) > 기타 제조업(11.6%) > 플라스틱 제조업(8.1%)
- ④ **자동차관련 사업장(도장시설)**에 대한 지원이 압도적으로 많음(**73.3%**)

업종	지원개수(개소)	비율(%)
자동차 정비업	54	62.8
자동차 부품제조업	4	4.7
도장 및 기타 피막처리업	5	5.8
도금업	2	2.3
플라스틱 제품 제조업	7	8.1
기타 제조업	10	11.6
알루미늄 합금 제조업	2	2.3
산업고무 로라제품	1	1.2
폐기물 활용 퇴비생산	1	1.2
	86	100



※ 본 자료는 2021년도 지원사업 대상사업장에 대한 통계치임

- ☑️ 충남지역 기업환경 기술지원 실적 : 총 385개소 (대부분 **대기배출시설 : 97.1%**, 374개소)
- ☑️ 그 외 : 악취 4건, 폐기물 4건, 수질 2건, 소음진동 1건 등
- ☑️ 방지시설 개선사업 실적 : 방지시설 교체 93개소, **IoT 설치지원 111개소** → IoT 설치완료 기한 임박에 따른 효과



붙임 2 사물인터넷(IoT) 측정기기 및 관리시스템 개요

□ 사물인터넷(IoT) 측정기기

○ 배출시설 및 방지시설 상태확인을 위한 4개 종류 측정기기 (전류·압력·pH·온도)를 시설 특성에 따라 부착

측정기	전류계	차압계	pH계	온도계
부착 시설	배출시설 방지시설	여과집진 흡착시설	출수시설	여과집진 흡착시설
주요 기능	배출시설, 방지시설 가동여부 확인	방지시설 가동, 상태정보(여과제 상태, 흡착제 충전 등) 확인 • 차압계(여과집진, 흡착), pH계(출수), 온도계(연소, 반응)		
실물 형태	 직경 4~10cm	 10~20cm	 10~20cm	 직경 8~10cm

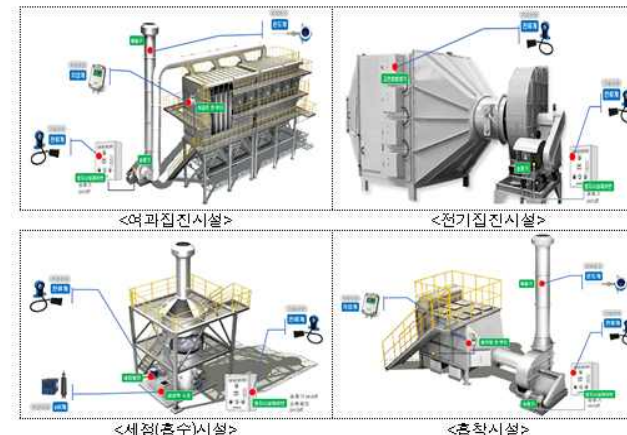
☑️ 법령 적용 기간

공표 후 신규 :

- 23.06.30 (4종) → 만료
- **24.06.30 (5종)** → 도래

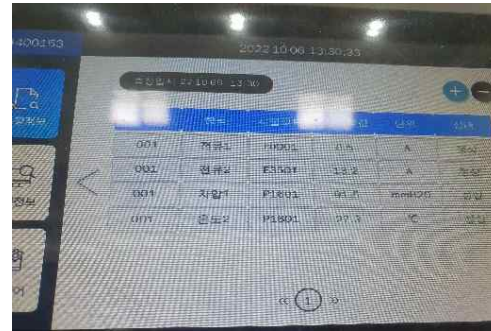
기존 사업장 :

- 25.06.30(4/5종)



IV | 지원사업 추진 현황 및 문제점 검토

- ☑️ 소규모 사업장 지원 사업 : **방지시설(IoT 설비) 설치 지원 + 민원사업장 현장지원 + 지원 사업장 사후관리**
- ☑️ 방지시설(IoT 설비) 설치 지원 : 서류검토 및 보완 요청, 현장방문, 준공 검토, 방지시설 운영관련 정보 제공
- ☑️ 지원 사업장 사후 관리 : 준공 이후 3년간 사후관리 시행 (방지시설 적정 운영 여부, 인허가 및 자가측정서류 검토 등)

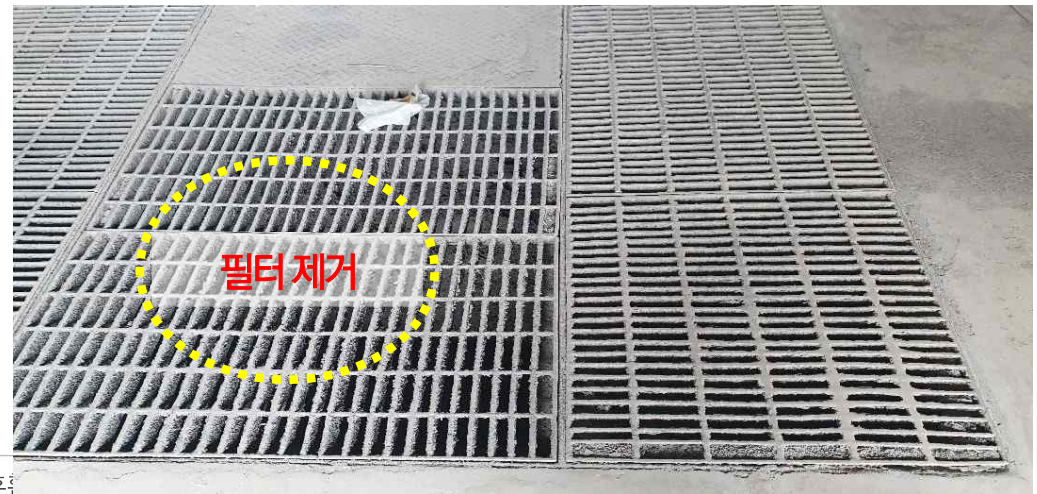


IV | 지원사업 추진 현황 및 문제점 검토

- ☑ 사례 1 : 방지시설이 아닌 사업장 관리 부실로 인한 방지시설 지원 사업의 효율 감소
- ☑ 사례 : 국소배기 장치 설계 오류, 유기용제 배출시설 후드 미설치, 화학반응에 의한 관 찌그러짐, 도장시설 출입구 부식 등
- ☑ 대책 : 설비에 대한 공정개선 → 단순 방지시설 교체로는 개선효과 낮음, 전반적인 공정 개선과 사업주 개선 의지 필요



- ☑ 사례 2 : 방지시설 방치 및 운영 불량으로 인한 기능 저하
- ☑ 사례 : 방지시설 소모품 미교체, 누수로 인한 압력 강하, 청정공기 공급장치 막힘, 도장시설 필터(활성탄) 제거 후 사용 등
- ☑ 대책 : 그린링크 정보 전달 효율 증대와 소모품 교체 리스트 관리 철저, 방지시설 설치 전 사업주 재교육 및 의식 제고



- ☑ 사례 3 : 환경관리인의 지식 부족으로 인한 비정상가동 장비의 방지
- ☑ 사례 : 방지시설 설계유량 대비 너무 낮은 자가측정 유량(80% 미만), 필터 층 개폐 불량으로 인한 외부공기 유입 등
- ☑ 대책 : 그린링크에 해당 사업장의 적정 운전조건을 설정하고, 운전 범위를 이탈할 경우 알람 등을 사업장에 보내어 조치



(별지 제21호 서식) (H-22-05-2502)

대 기 측 정 기 록 부

① 사업장명	덕산테크노스 주식회사			② 시설명	반응, 건조, 정제시설		
③ 소재지(주소)	충청남도 천안시 서북구 안성면 북곡길 21-32 (덕산하이메탈주식회사)			④ 종류별	5종		
대표자(의뢰인)	대표이사			주 생산품	OLED재료		
환경기술인	순병기 대리						
측정용도	자가측정용(원료측정)						
대상의 명칭 (측정지점)	흡착제에의한시설 - 600m³/min			공해종별	5종		
의뢰형태	만지, THC						
⑤ 시료 채취	현장가상	기상	기온	습도	기압	풍향	풍속
		관측	25 °C	43 %	759 mmHg	서	2 m/s
	배출가스	배출가스유량	실측산소농도	표준산소농도	유속	수분량	가스온도
		265.46 Sm³/min		7.71 m/s	1.06 %	26 °C	
	채취자 의견	정상가동					
채취일시	2022년 05월 25일			시료채취자	홍승표 (사) 김현호 (사)		
⑥ 측정 분석 결과	측정항목	단위	관련기준	측정분석법	측정분석법(기기명)		
	먼지	mg/Sm³	30	N.D.	반자동식측정법 (G600)		
	총탄화수소	ppm	200	120.4	불꽃이온화검출법(TVA2020)		
	- 이하 해당 사항 없음 -						

지 제21호제시]

제1호제시
(23070704)

대기 측정기록부

① 사업장명	백스텍공업사		② 시설명	도장시설(본인시설동)			
③ 소재지(주소)	충청남도 천안시 서북구 안성면 안성로 824		④ 종류별	5종			
대표자(의뢰인)	김재호		주 생산품	자동차수건			
환경기술인	김재호						
측정 용도	자가측정용						
대상의 명칭 (측정지점)	대고 및 흡착제 의환시설 (총용량: 300.00m³/min)						
의뢰 형태	만지 외 1 항목						
⑤ 시료 채취	현상가상	기온	기압	습도	기압	풍향	풍속
		현상	24 °C	70 %	747 mmHg	동	0.3 m/s
	배출가스	배출가스 유량	산소농도	수분량	유 속	배출가스온도	
		164.52 Sm³/min	21.0 %	1.6 %	8.28 m/sec	33.5 °C	
채취자 의견	정상 가동						
채취일시	2023 - 07 - 07		시료채취자	김영환	김동환	비고	
측정항목	관련 기준	측정분석법	측정시간	측정분석법			
먼지 (mg/Sm³)	30 이하	3.3	(기기명)	반자동식측정법			
THC (ppm)	110 이하	25.5	배출허용기준에	불꽃이온화검출법			
	이 하 이 박						
분석기간	07/08 - 07/14		분석책임자	이지수	기술 책임자	이해	

⑥ 종합 의견

배출허용기준 이내

위와 같이 측정분석결과를 사실대로 기록합니다.

2023년 07월 14일

상 호 : 천정아환경
 소재지 : 대전광역시 유성구 행거로24번길 15 (노은동)

연 락 처 : 042-822-1635

대표자 성명: 오 세 영

(사) 천정아환경

※ 본 성적서는 선전, 소송 및 기타 법적요건으로는 사용할 수 없음

210mm x 297mm (일반용)

☑ 사례 4 : **관련 서류 미비**

- ☑ 사례 : 방지시설과 인허가서류의 불일치, 그린링크 및 방지시설 관련 매뉴얼 등 미보유, 운영일지 책임자 서명 미비 등
- ☑ 대책 : 사후관리시 관련 서류 구비여부 확인 및 미보유 서류에 대해서는 추후 요청하여 보관하도록 권고, 추후 확인 필요

☑ 사례 5: **방지시설 및 IoT관련 사업장의 A/S 요청 불응**

- ☑ 사례 : 방지시설에 대한 A/S 요청시 대부분 관외지역이라서 즉각 대응 어려움, IoT 설비는 설치 후 폐쇄업체 다수 발생
- ☑ 대책 : 지역 내 환경관련 사업장 유치 및 기술력 증대를 위한 지원사업 추진, IoT 업체 선정시 기술력 및 연속성 항목 추가

☑ 사례 6 : **방지시설 지원 전후 개선효과 미비**

- ☑ 사례 : 방지시설 지원사업 전후의 개선효과 유사(자가측정의 문제인지 방지시설 지원시설의 선택 문제인지 확인 필요)
- ☑ 대책 : 자가측정 업체에 대한 에코랩 가입 및 자료관리 강화, 소형사업장 통합관리시스템 구축을 통한 지원사업 추진

☑ 사례 7 : **신규 환경사업 및 향후 일정에 대한 정보 공유 부족**

- ☑ 사례 : IoT, 그린링크에 대한 사업주(환경관리인)의 인식 부족, 환경관련 신규시책에 대한 정보 전달 부족 등
- ☑ 대책 : 안내 포스터 제작 및 현장 부착 의무화, 정보전달 시스템 구축 및 환경관리인(사업주) 교육(온라인) 의무화

소규모 사업장 현장 지원 방안

현장지원 및 개선

- ✓ 신청 사업주에 대한 단위 집체교육 : 현장상황을 고려하여 ON/OFF 라인 고려 → 시·군 담당자와 녹색환경지원센터
- ✓ 방지시설 운영에 필요한 서류 List-up 및 준공시 관련 서류 구비여부 확인 → 녹색환경지원센터
- ✓ IoT 및 그린링크 관련 교육 및 정보 확인 → 납품 업체 > 녹색환경지원센터 > 시·군 담당자 순으로 확인
- ✓ 방지시설 운영관련 교육 프로그램(브로셔) 개발 및 배포 → 녹색환경지원센터 제작, 시·군 배포
- ✓ **방지시설 운영관련 실무자 가이드라인 / 일일 체크리스트 제작 및 배포** → 녹색환경지원센터 제작, 시·군 배포
- ✓ 작업장 내 공정 개선 → 사업주
- ✓ 공정 내 비품관리 및 소모품에 대한 적정주기 교체 → 관리자(사업주)

정책 및 기술개발

- ✓ 영세 사업장에 대한 소모품 지원 / 사후관리 프로그램 제언(개발) → 금강유역환경청 또는 충청남도(시·군 담당자)
- ✓ 사업장과 전문가 매칭 프로그램 개발 및 운영 → 녹색환경지원센터(충청남도 또는 금강유역환경청)
- ✓ 방지시설 및 IoT 납품업체에 대한 사후 평가 체계 구축 및 가산점 프로그램 운영 → 녹색환경지원센터와 시·군담당자
- ✓ 전문가를 활용한 작업공정 진단 프로그램 운영 → 녹색환경지원센터
- ✓ IoT 권역 관제센터 신설 및 운영 → 금강유역환경청 인가 및 프로그램 개발, 녹색환경지원센터 운영

미세먼지 관리를 위한 산·학·연 공동 대응 세미나

감사합니다