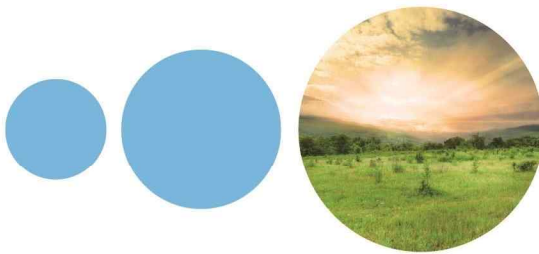


대기질 개선정책 활용 기술 세미나

기후변화대응연구센터



충청남도 서해안기후환경연구소



2018. 4. 25.

세부 프로그램

시 간	내 용	
09:20~09:30 (10')	접수 및 등록	
09:30~09:40 (10')	개회 및 소개	
09:40~10:05 (25')	① 수도권 도시기상관측망 현황과 응용	채정훈
10:05~10:30 (25')	② 미세먼지 문제해결을 위한 기상관측망 및 모델의 개발	박문수
10:30~10:45 (15')	질의·응답	정연앙
10:45~11:00 (15')	휴 식(Coffee Break)	
11:00~11:25 (25')	③ 충청남도 대기질 개선 정책 관련 연구과제 소개	이상신
11:25~11:40 (15')	종합토의	정연앙
11:40~11:50 (10')	폐회	

1

수도권 도시기상관측망
현황과 응용

채정훈 (한국외국어대학교)

서해안기후환경연구소 세미나

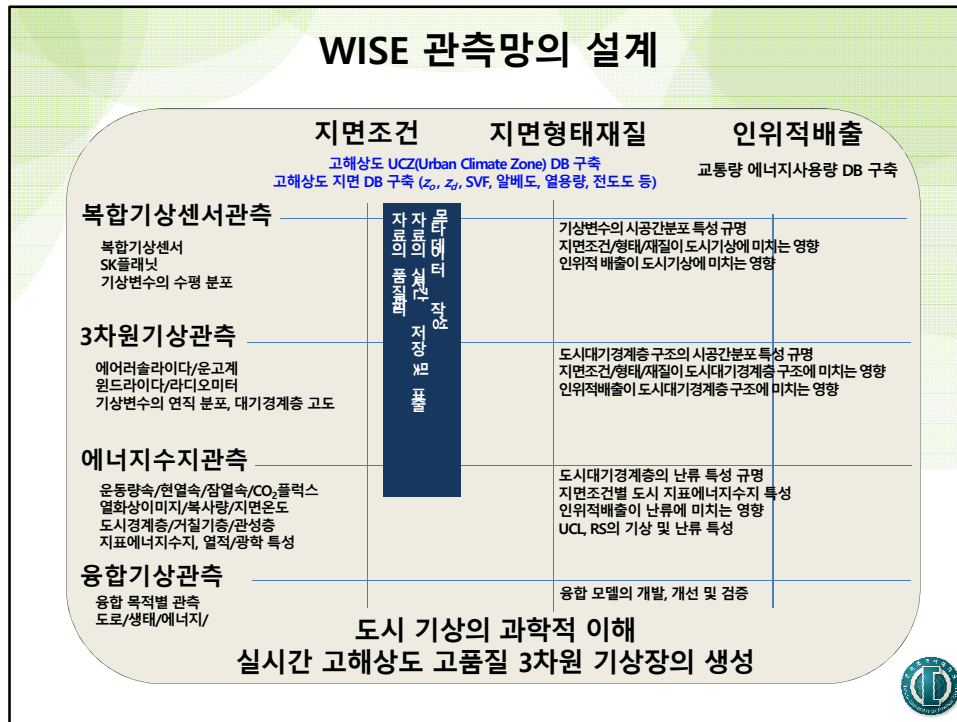
수도권 도시기상관측망 현황과 응용

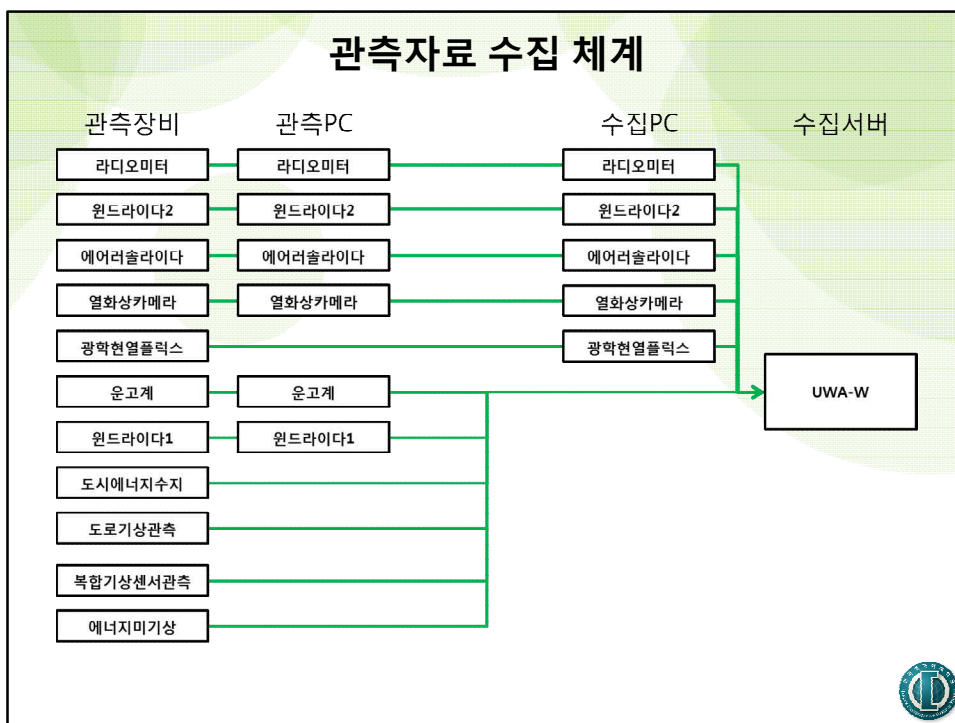
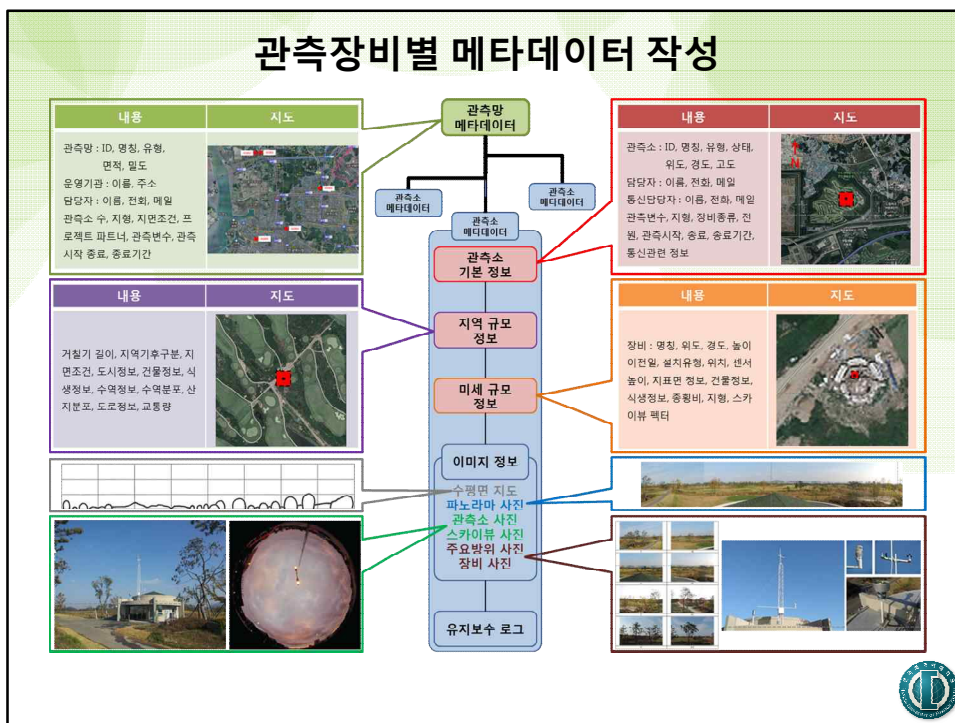
- ☐ 관측망 개요
- ☐ 관측장비 소개
- ☐ 장비 운영 및 활용

2018. 4. 25. (수)

발표자 : 채 정 훈 (한국외국어대학교)

관측망 개요





관측장비 소개

복합기상센서관측

- 목적: 복합한 도시에서 고해상도 기상 관측을 위한 테스트 관측
- 활용: 고해상도 기상정보 서비스 및 기상 모델 입력 자료
- 장소: 인천 5개소



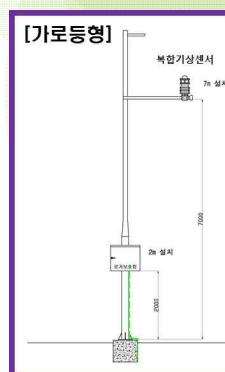
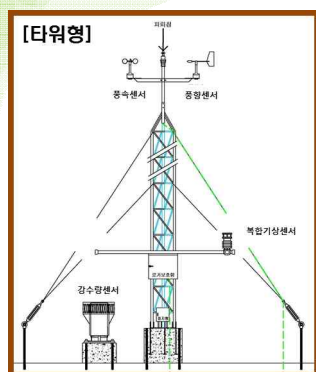
복합기상센서관측



번호	경기장 이름	설치 위치	장비 형태	관측 센서	관측 요소
1	드림파크 스포스장	본부건물 옥상	10m 타워	복합기상센서, 풍향계, 풍속계, 우량계	기온, 기압, 습도, 풍향, 풍속, 강수
2	드림파크 골프장	휴게소 옥상	7m 타워	복합기상센서, 풍향계, 풍속계, 우량계	기온, 기압, 습도, 풍향, 풍속, 강수
3	계양아시아드경기장	주차장	가로등	복합기상센서	기온, 기압, 습도, 풍향, 풍속, 강수
4	열우물테니스경기장	주차장	가로등	복합기상센서	기온, 기압, 습도, 풍향, 풍속, 강수
5	인천축구전용경기장	매표소 옥상	7m 타워	복합기상센서, 풍향계, 풍속계, 우량계	기온, 기압, 습도, 풍향, 풍속, 강수

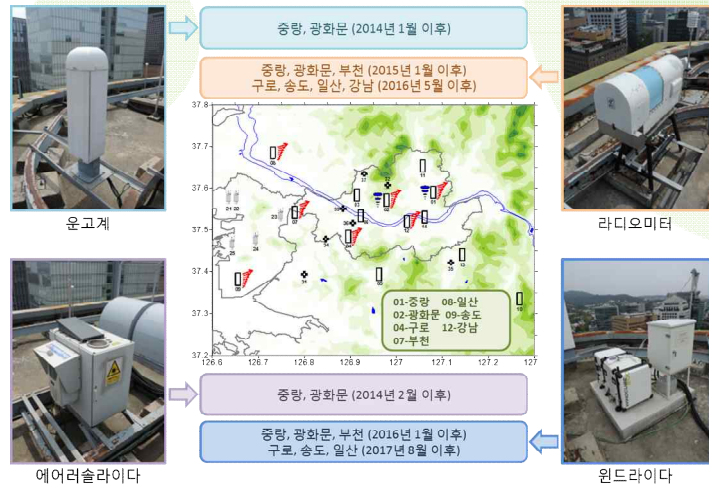


복합기상센서관측



3차원기상관측

- 목적: 대기경계층의 온/습도, 바람, 에어러솔 분포의 연직 프로파일 관측
- 활용: 대기경계층 고도 및 구조 이해를 통한 기상 및 대기오염 모델 개선
- 장소: 도시에너지수지 관측소 중 7개소



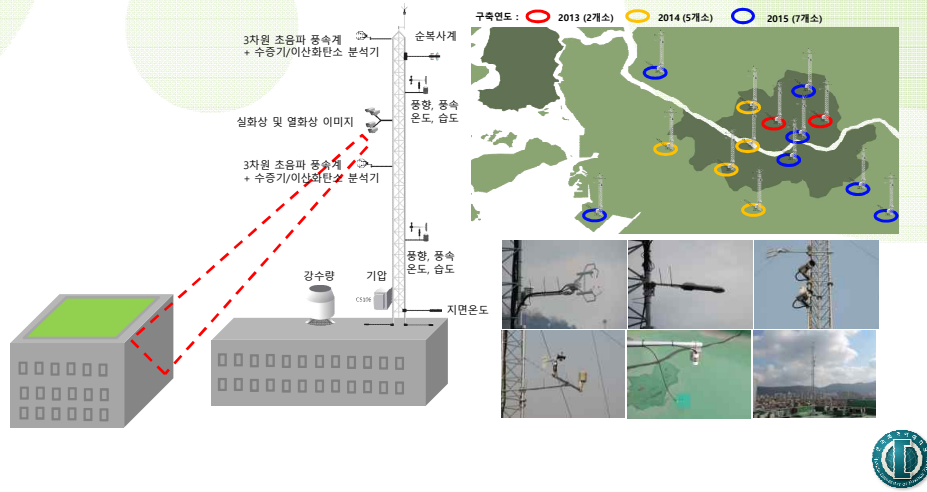
3차원기상관측

장비	관측 항목	특성
라디오미터	온도, 습도, 액체물량 연직 프로파일 14채널: 7(22-31 GHz 수증기)+7(51-58 GHz 온도)	관측최대고도: 10 km 시간해상도: 1분
윈드라이다	풍향과 풍속 SNR 연직 프로파일 (1532 nm)	관측최대고도: 6 km (대기경계층고도) 연직해상도: 50 m 이내 시간해상도: 10분
운고계	후방산란계수 연직 프로파일 구름최저고도 (3개층) (910 nm)	관측최대고도: 15 km 연직해상도: 10 m 시간해상도: 1분
에어러솔라이다	후방산란계수 연직 프로파일 (532 nm P/S Analog+Photon, 1064 nm Analog)	관측최대고도: 16 km 연직해상도: 3.75 m 시간해상도: 2분



에너지수지관측

- 목적: 플렉스, 알베도, 복사, 지면온도 등 에너지수지 및 일반기상변수 관측
- 활용: 지면조건별 기상 및 열에너지 정보 생산, 고해상도 기상 모델 개선
- 장소: 상업, 주거, 하천, 교외, 아파트 등 지면조건별 14개소



에너지수지관측

[증량] - 주거지역



[광화문] - 상업지역



[여의도] - 하천지역



[용인] - 교외

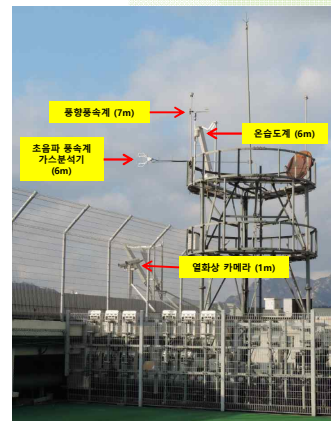


에너지수지관측

○ 중량



○ 광화문



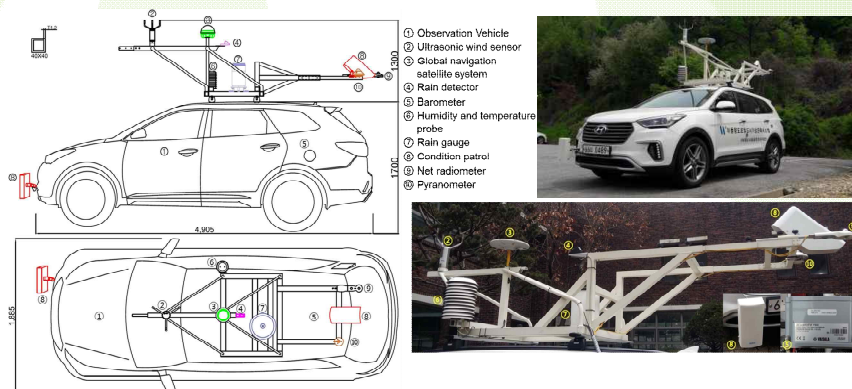
도로기상관측 (고정형)

- 목적: 도로 조건별 노면온도 및 상태, 복사에너지, 일반기상변수 관측
- 활용: 위험 기상 시 노면 상태 및 교통량 패턴 예측 모델
- 장소: 도로 조건에 따라 연차별 구축

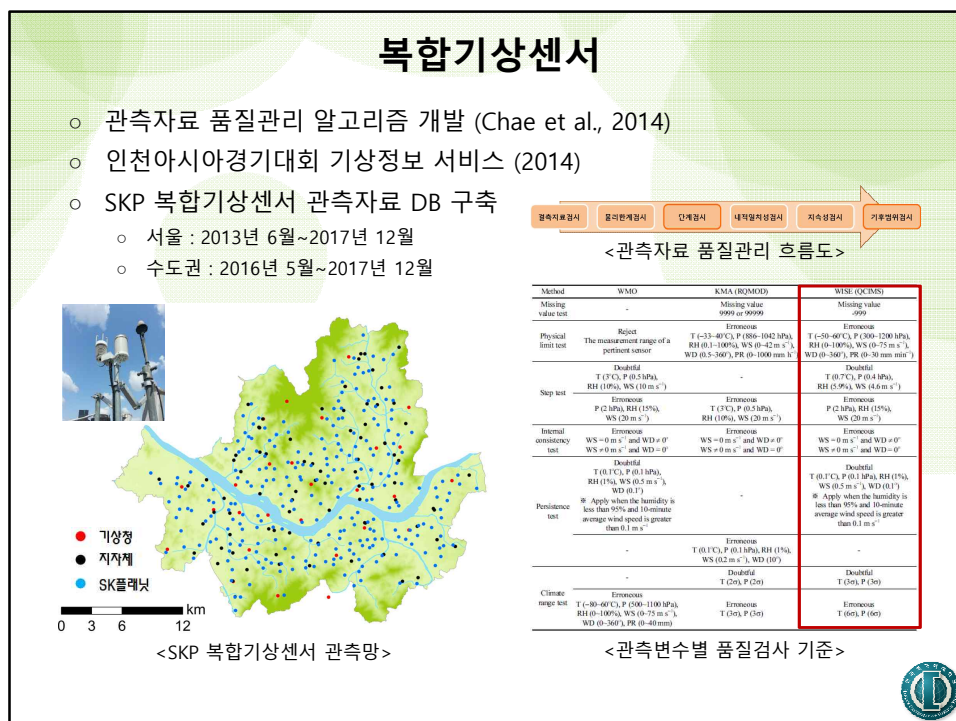
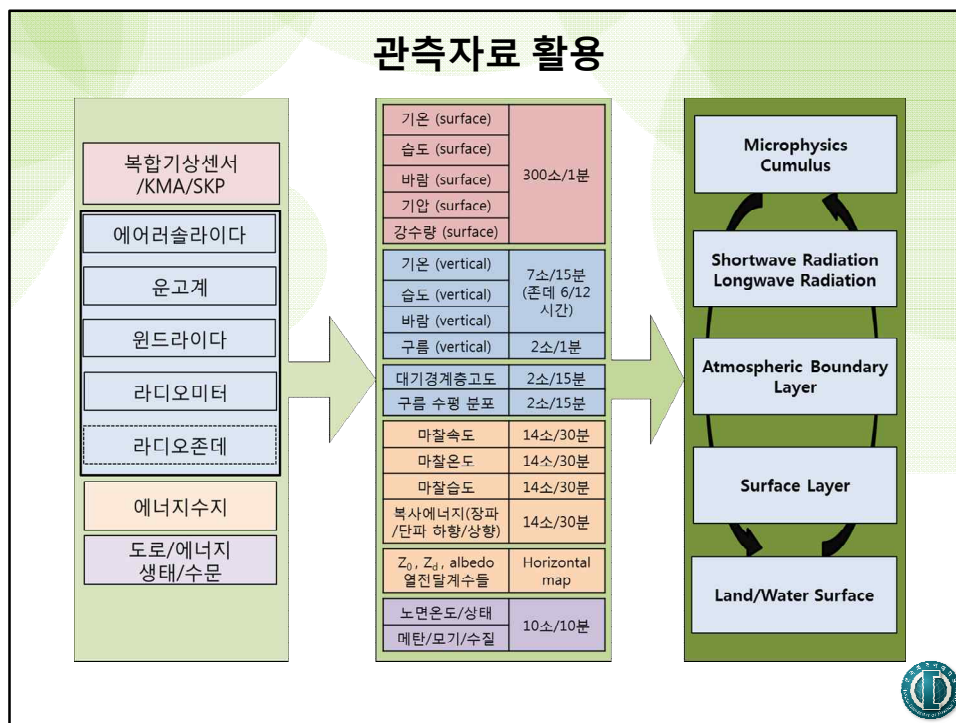


도로기상관측 (이동형)

- 목적: 도로 구간별 노면온도 및 상태, 복사에너지, 일반기상변수 관측
- 활용: 위험 기상 시 노면 상태 및 교통량 패턴 예측 모델
- 장소: 관측차량 운행이 가능한 도로

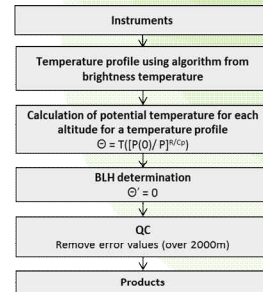
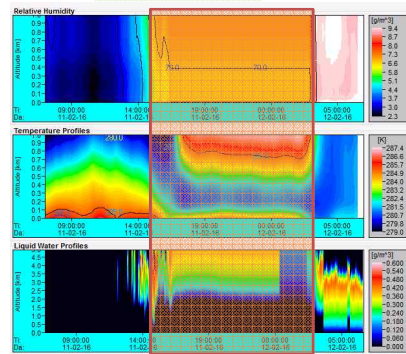


장비 운영 및 활용

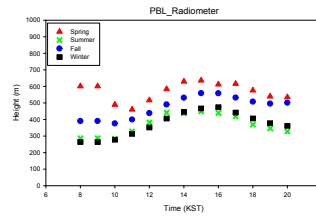


라디오미터

- 관측자료 품질관리 알고리즘 개발
- 대기경계층고도 산출



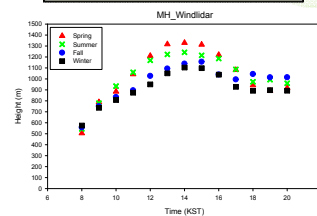
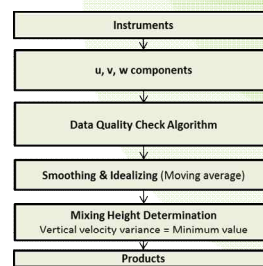
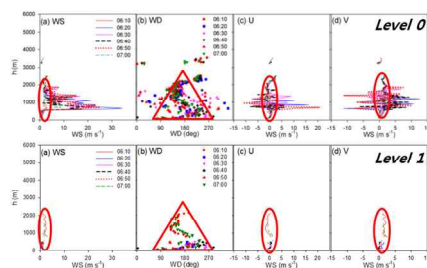
<도시대기경계층 산출 알고리즘>



윈드라이다

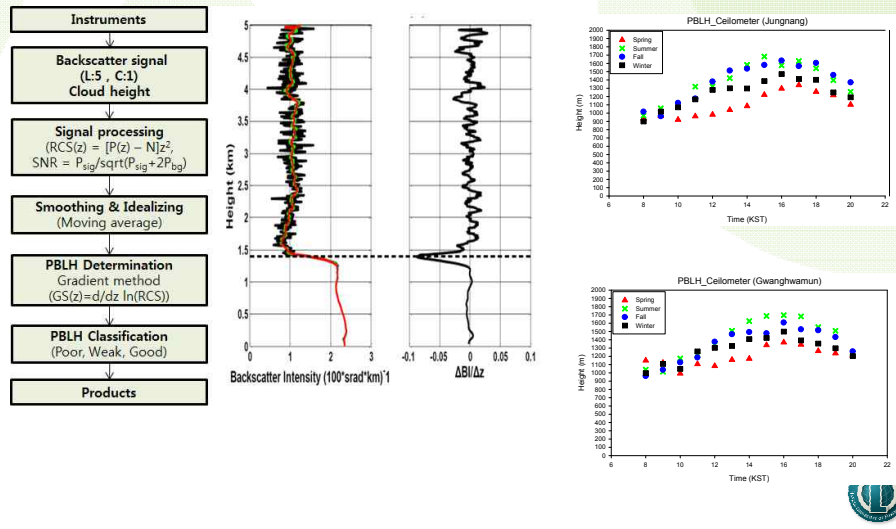
- 관측자료 품질관리 알고리즘 개발 (Park and Choi, 2016)
- 대기경계층고도 산출

- Level 0 : Raw data
- Level 1 : CNR > -29 dB
Data availability > 90%
 $|W| < 0.8$ m/s
 $dU/dz < -0.028 \sim +0.032$ m/s
Vertical spike remove
- Level 2 : Manual check



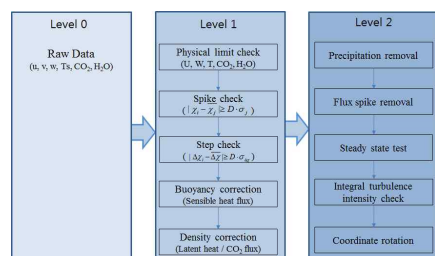
운고계 / 에어러솔라이다

- 관측자료 품질관리 알고리즘 개발
- 대기경계층고도 산출



에너지수지

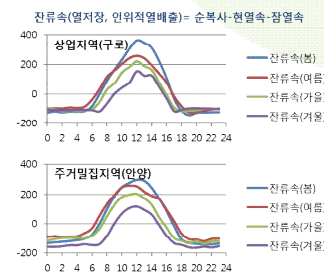
- 관측자료 품질관리 알고리즘 개발
- 지면조건별 지표특성변수 산출
(거칠기길이, 알베도, 방출률, 영면변위)
- 지면조건에 따른 에너지수지 특성 분석



<품질관리 알고리즘>

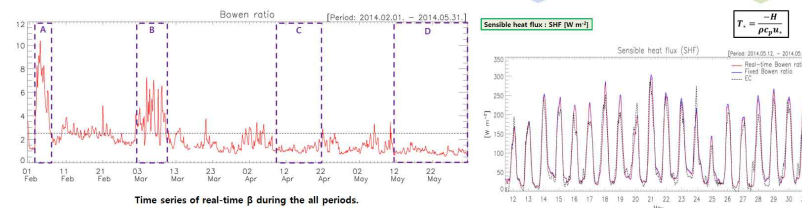
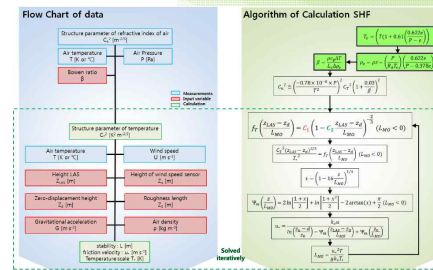
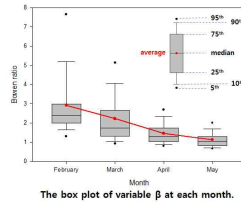
Station		Classification				
Name	ID	Auer (1978) ^a	Davenport et al. (2000) ^b	Oke (2004) ^c	Stewart and Oke (2009)	Stewart and Oke (2012) ^d
Jungnang	02201	R2	N7 E7 S7 W7	UCZ-2	Compact housing	LCZ-2E
Gwanghwamun	02202	C1	N8 E8 S8 W8	UCZ-1	Modern core	LCZ-1E
Myeonnok	02203	R2	N7 E7 S7 W7	UCZ-2	Compact housing	LCZ-2E
Gajwa	02205	R2	N7 E7 S7 W7	UCZ-3	Compact housing	LCZ-3E
Guro	02206	C1	N8 E8 S7 W6	UCZ-1	Modern core	LCZ-1E
Anyang	02207	K1	N7 E7 S7 W7	UCZ-3	Blocks	LCZ-4E
Yeouido	02208	A5	N1 E1 S7 W1	UCZ-6	Open ground	LCZ-4G
Bucheon	02209	A2	N3 E4 S3 W3	UCZ-7	Cropped fields	LCZ-9D
Ilseon	02210	A2	N5 E4 S4 W4	UCZ-7	Cropped fields	LCZ-9D
Songdo	02211	A1	N6 E6 S6 W6	UCZ-7	Modern core	LCZ-4E
Yongin	02212	A1	N7 E7 S7 W7	UCZ-6	Forest	LCZ-9A
Nowon	02213	R1	N5 E5 S5 W5	UCZ-3	Blocks	LCZ-4E
Gangnam	02214	R2	N7 E7 S8 W7	UCZ-3	Compact housing	LCZ-3E
Seongnam	02215	R2	N7 E7 S7 W7	UCZ-3	Compact housing	LCZ-3E
Gwangjin	02216	A5	N7 E1 S1 W1	UCZ-6	Open ground	LCZ-4G

<지표이용도에 따른 관측망 분류>



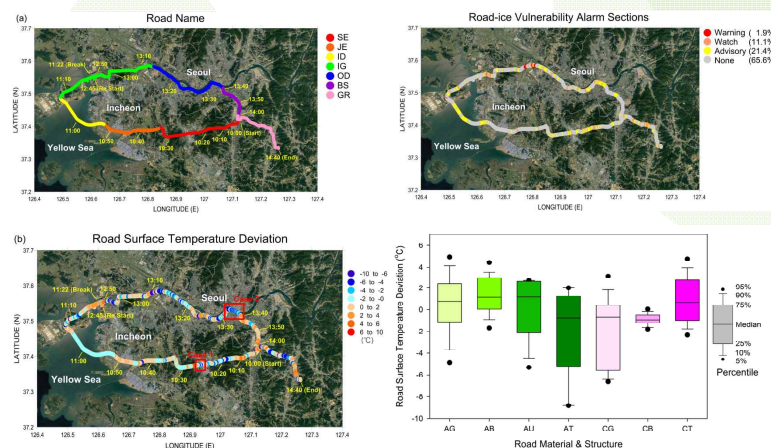
광학현열플럭스측정기

- 현열플럭스 산출 알고리즘 개선 (특허등록)
- 보웬비 연변화 특성 연구



도로기상 관측

- 이동형 도로기상 관측차량을 이용한 취약구간 분석
- 노면 재질과 노면 온도와의 상관성 분석



향후 활용 방안

○ 활용 방안

- 도시대기경계층고도에 대한 매개변수화
 - 에너지수지관측에서 측정되는 지표면 난류와 지표변수들을 이용하여
3차원 기상관측에서 산출되는 대기경계층고도에 대한 매개변수화 연구에 활용
- 도시와 외곽 지역의 대기경계층구조 특성 비교
 - 도시와 외곽 지역의 대기경계층구조 특성 비교를 통해 도시가 기상 및 기후,
대기경계층 구조에 미치는 영향 연구에 활용
- 기상 및 대기질 모델의 성능 또는 예측 성능 개선
 - 실시간 산출되는 대기경계층고도 자료를 수도권 미세먼지, 집중 호우 등의
예보 및 연구를 위한 참고 자료로 활용




감사합니다



2

미세먼지 문제해결을 위한
기상관측망 및 모델의 설계

박문수 (한국외국어대학교)



미세먼지 문제해결을 위한 기상관측망 및 모델의 설계




- ☐ 미세먼지와 대기질
- ☐ 대기질 모델 및 사례 연구
- ☐ 미세먼지 문제 해결을 위한 관측망 제안
- ☐ 요약 및 결론


박문수

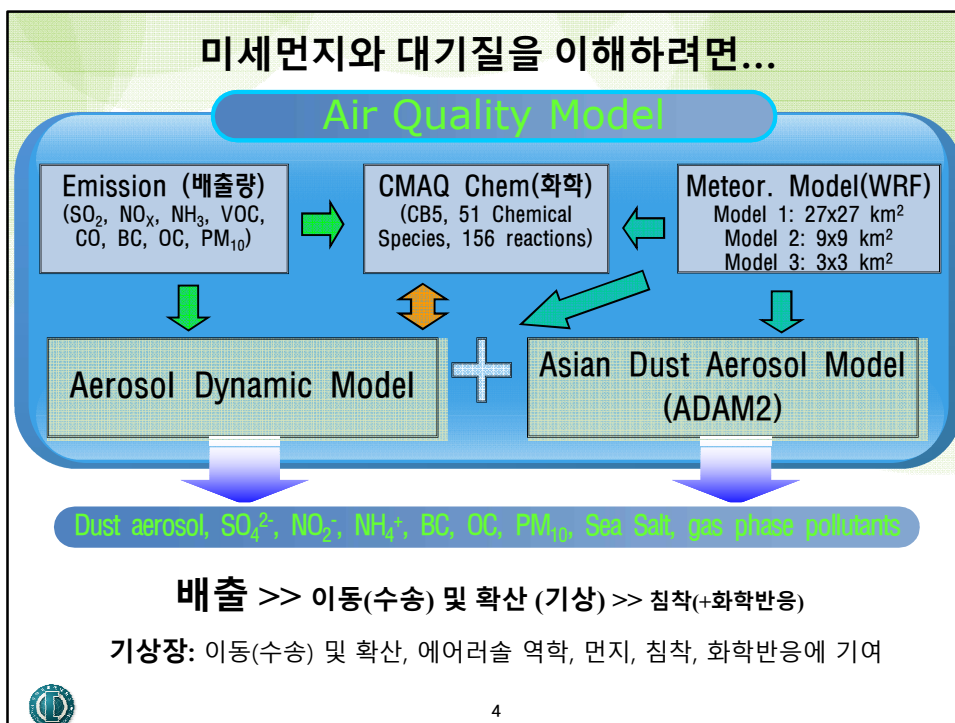
한국외국어대학교 대기환경연구센터
충청남도 서해안기후환경연구소, 2018년 4월 25일

미세먼지와 대기질

- ✓ 자연적인 에어러솔(황사)과 인위적인 에어러솔을 포함한 대기의 에어러솔은 강수, 안개, 연무와 박무(스모그), 먼지와 같은 다양한 기상 현상을 일으킴
- ✓ 스모그(연무와 박무)는 기체상 오염 물질이 화학변환된 입자에 의해 유발됨.
- ✓ **1952년 런던 스모그**
 - 1952년 12월
 - 4000명 사망, 10만명 질병
 - 값싼 석탄의 사용
 - 1956년 Clean Air Act 제정
- ✓ **1966년 맨하탄 스모그**
 - 1966년 11월 24일
 - 24-30일 사이 24명 사망
 - 1970년 Clean Air Act 제정
- ✓ **2013-17년 동아시아 스모그**
 - 2013년 1월 11-15일
 - 항공기 결항

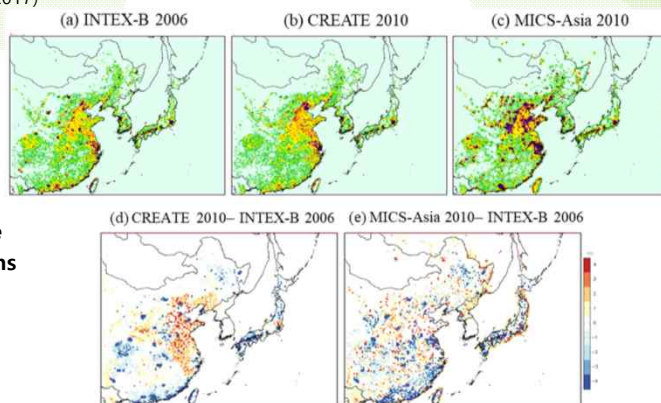

2



배출량

	INTEX-B 2006	CREATE 2010	MICS-Asia 2010
Type	Gridded ($0.5^\circ \times 0.5^\circ$)	Non-gridded	Gridded ($0.25^\circ \times 0.25^\circ$)
Temporal Scale	Annual	Monthly	Monthly
Inventory	Gaseous Species	CO_2 , CH_4 , N_2O , CO , NO_x	CO_2 , CO , NH_3
Species	Particulate Species	NMVOCS, NH_3 , SO_2	NMVOCS, NO_x , SO_2
Chinese NO_x Emissions (TPD)	$\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , EC, OC	OC, BC, PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, Hg	EC, OC, $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10}
	50,307	46,087	66,546
Chinese VOC Emissions (TPD)			
Industrial (TPD)	13,053	16,168	25,129
Power plants (TPD)	25,342	13,541	22,919
Transportation (TPD)	11,912	16,231	16,764
Chinese VOC Emissions (TPD)	48,700	42,123	48,712
Industrial (TPD)	28,681	33,720	32,335
Transportation (TPD)	17,367	8,091	8,015

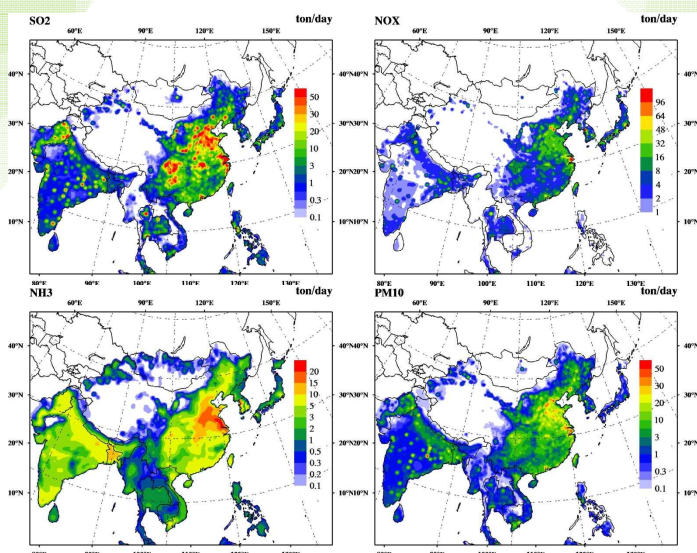
(Kim et al., 2017)



Daily average
NOx emissions
(May 2014)

5

✓ 배출량 (INTEX-B)

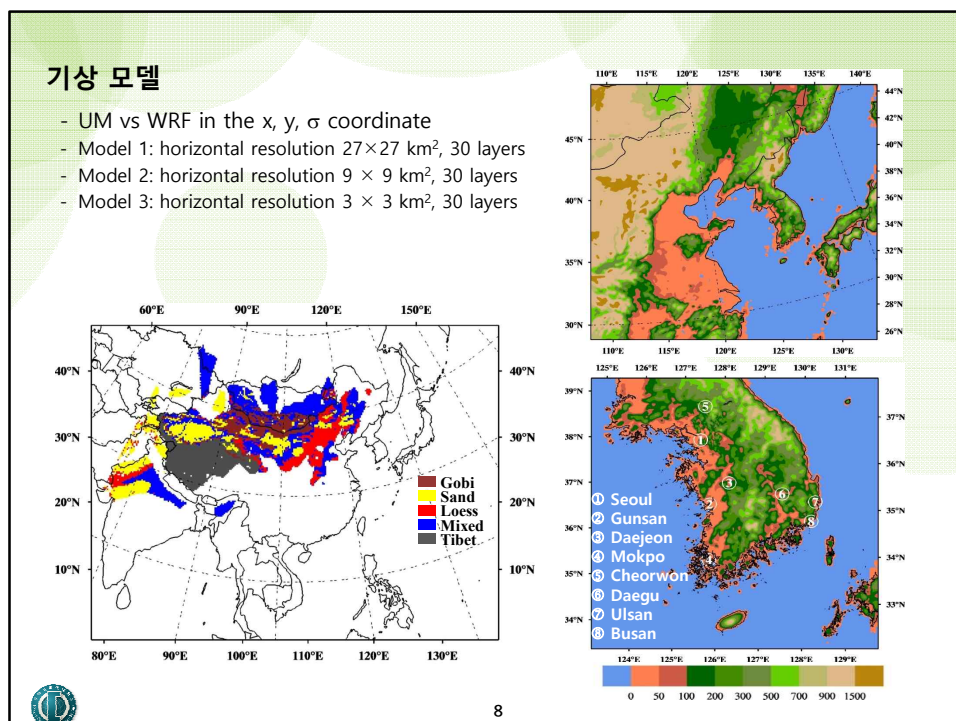
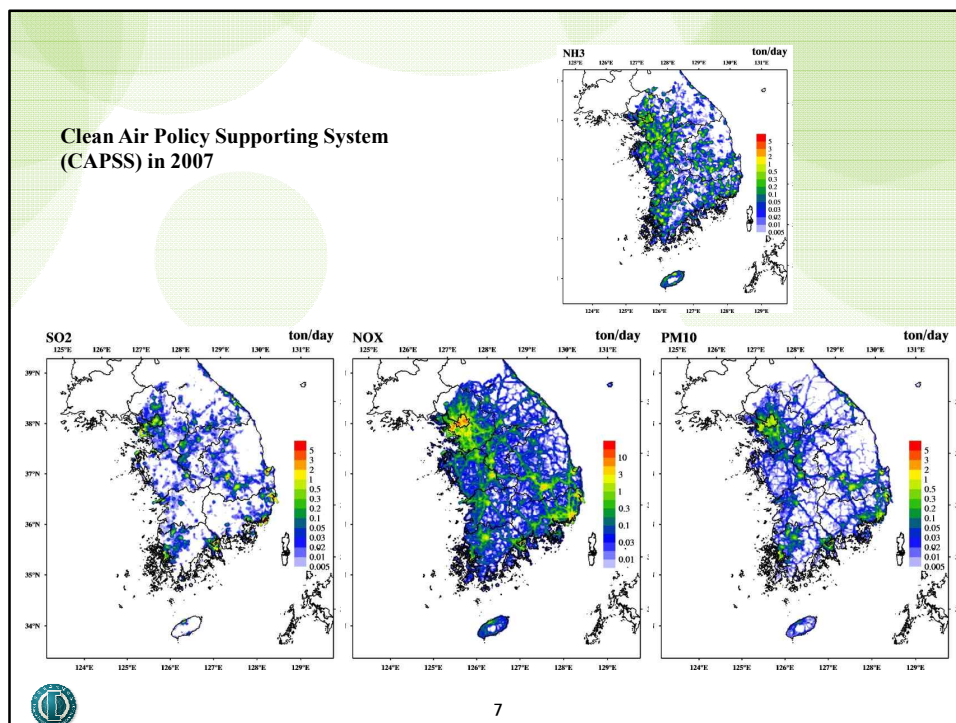


INTEX-B data and
ACE-ASIA emission
data are used to
make a model
emission data on
Model 1

INTEX-B Annual Emission

	Asia	China
SO_2	47.1 Tg	31.0 Tg
NO_x	54.6 Tg	23.2 Tg
PM_{10}	22.2 Tg	13.3 Tg
VOC	298.2 Tg	166.9 Tg

6



화학 모델 (CMAQ, CAMx)

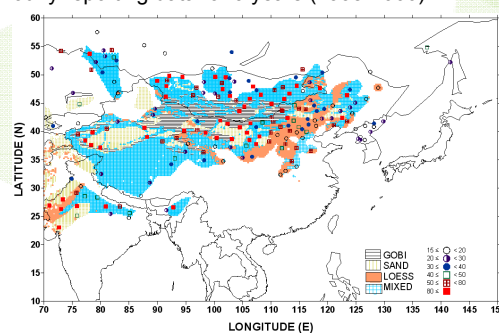
- 3-D Eulerian atmospheric chemistry and transport modeling system
- Photochemical model: basically CB5 with 51 chemical species and 156 chemical reactions and additionally several chlorine and benzene related species and reactions.
- Aerosol particle size distribution
 - Three lognormal distributions (3 modes)
 - Atiken mode: up to 0.1 μm in diameter
 - Accumulation mode: 0.1-2.5 μm in diameter
 - Coarse mode: 2.5-10.0 μm in diameter
 - 49 aerosol species including the size differences.
- Model includes the processes of coagulation, particle growth, new particle formation



9

먼지 모델 (ADAM2)

- Eulerian dust transport model with the specification of dust source region delineated by the WMO 3-hourly reporting data for 9 years (1998-2006)



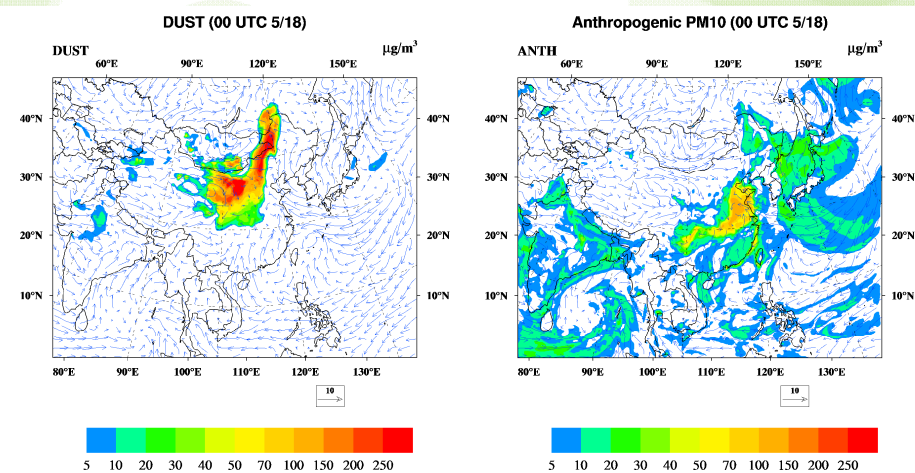
- ADAM2 model uses 11 dust size bins with near the same logarithmic interval for the particles of 0.1-37 μm in radius
 - It also uses time-dependent dust emission reduction factors due to vegetation parameterized with the use of the NDVI data for 9 years.
 - The suspended particle-size distribution parameterized by several log-normal distributions in the source regions based on the concept of minimally and fully dispersed particle-size distribution



10

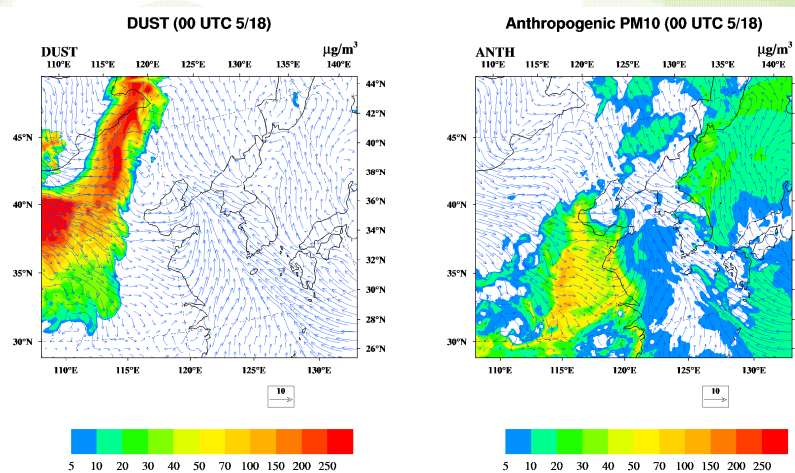
모델 결과

영역 (I): 2010년 5월 15-25일



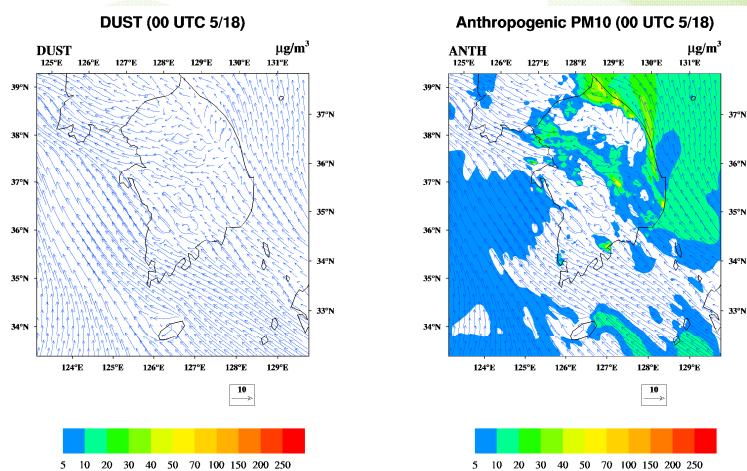
11

영역 (II)

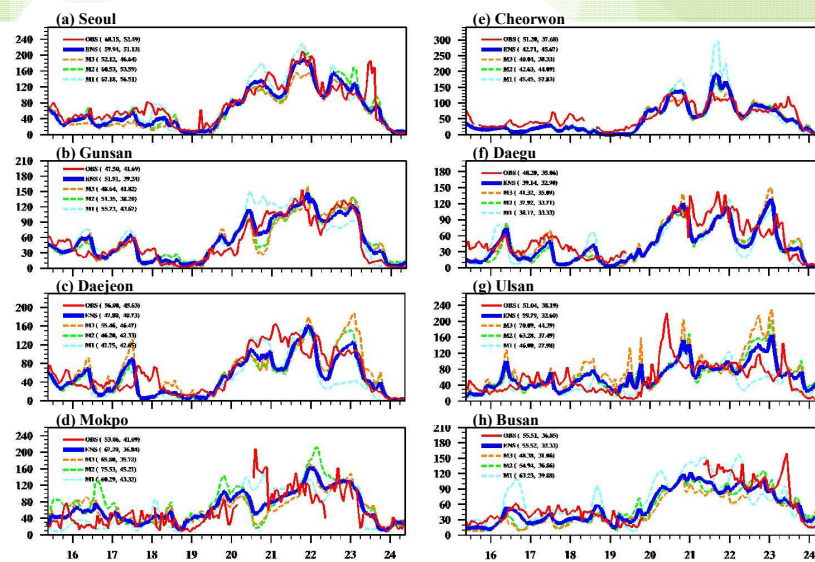


12

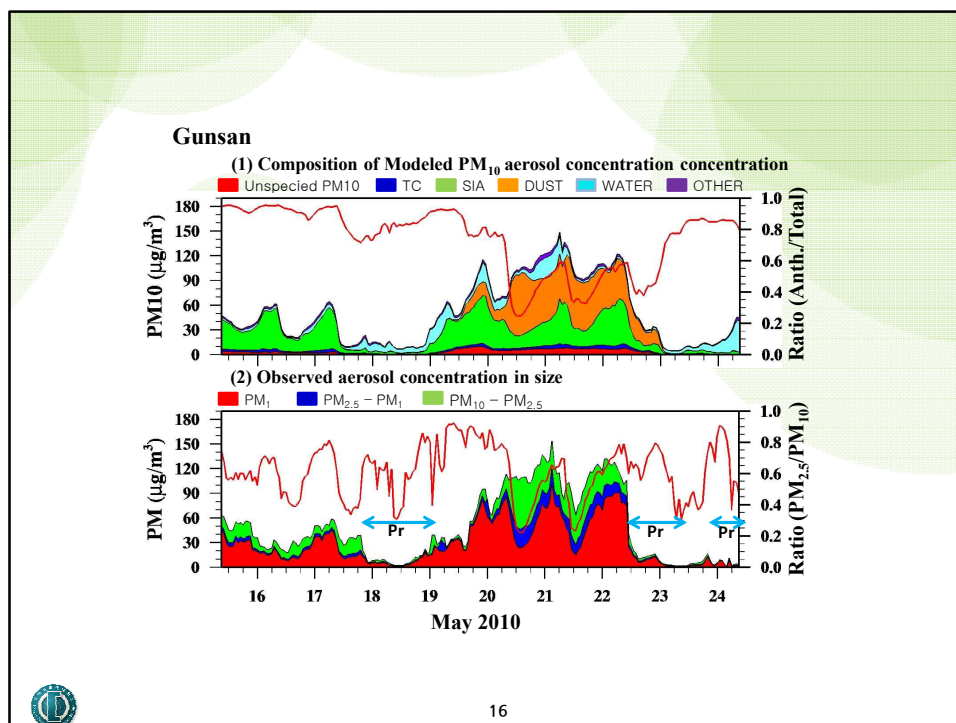
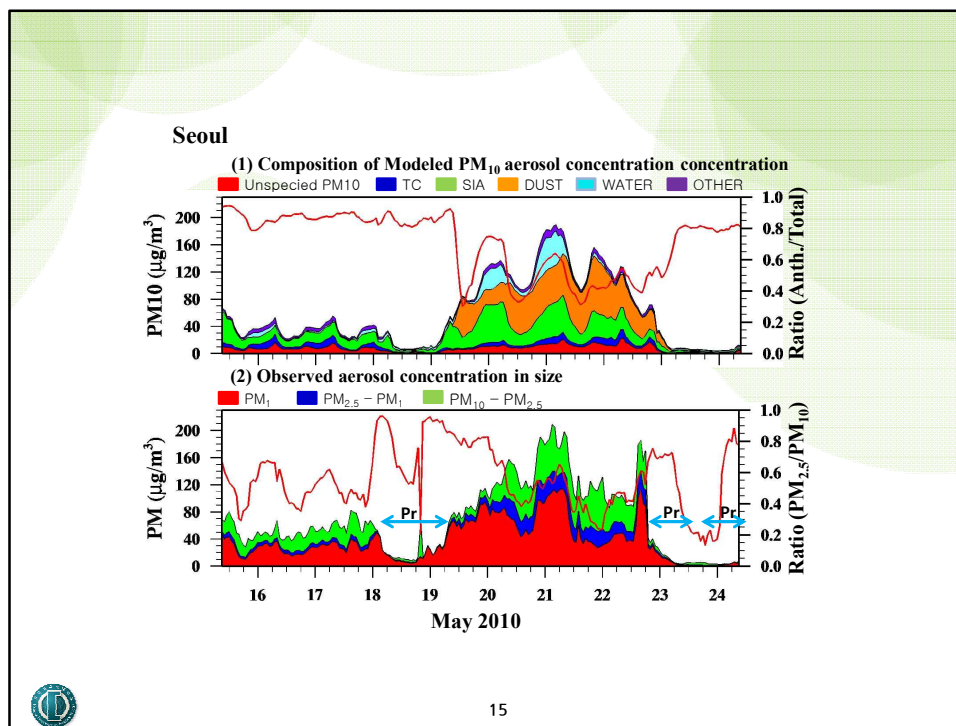
영역 (III)



13



14



미세먼지 문제 해결을 위한 관측망 제안

대기질 모델 개선을 위한 인자별 불확도 요소

일련번호	인자 설명	M/C/E/K	x^D	n^D
1	풍속의 강도 개선	M	a	2
2	상층 대기 혼합층 개선	M	b	2
3	야간 대기 경계층 개선	M	a	2
4	연직 확산 과정 (연직확산도) 개선	M	c	1
5	질산염 도의 과정	C	b	2
6	방향족 VOC 도의 과정	C	a	2
7	암모니아 가스 관련 과정	C	b	3
8	VOC배출량 개선	E	a	2
9	HONO 배출량 개선	E	c	2
10	비수도권점오염원 배출량 개선	E	b	3
11	암모니아 배출량	E	a	3
12	관측 요소(KORUS-AQ, 위성 등) 활용도 개선	K	a	1
13	예보관 숙련도 및 경험	K	b	3
14	기온 오차	M	b	3
15	상대습도 예측	M	b	2

국립환경과학원, 2017. 관측기반 대기질 모델 개선체계 구축(II)

M: 기상장 관련 인자
C: 대기화학과정 관련 인자
E: 배출량 관련 인자
K: 그 밖의 인자
x: 개선 중요도
 - a: 높음, b: 중간, c: 낮음
n: 개선 가능성
 - 1: 높음, 2: 중간, 3: 낮음



고농도 미세먼지 농도 예측의 실패 원인 중 다수가 모델에서 정확하지 않은 대기경계층고도 계산에 있는 것으로 연구됨



대기경계층고도의 중요성

기온, 바람, 수증기의 시간 변화 경향은 난류의 연직 프로파일에 의해 결정된다. 어느 고도에서의 난류값은 대기경계층고도와 기온, 바람, 수증기의 연직 경도에 의해 결정됨

$$\frac{D\bar{u}}{Dt} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x} + f\bar{v} + \nu \nabla^2 \bar{u} - \left(\frac{\partial \bar{u}'^2}{\partial x} + \frac{\partial \bar{u}'v'}{\partial y} + \frac{\partial \bar{u}'w'}{\partial z} \right)$$

$$\frac{D\bar{T}}{Dt} = \nu \nabla^2 \bar{T} + \bar{S}_H - \left(\frac{\partial \bar{u}'T'}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}'T'}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}'T'}{\partial z} \right)$$

$$\overline{u'w'} = -K_M \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} \quad \overline{T'w'} = -K_H \frac{\partial \bar{T}}{\partial z}$$

- ✓ K_M and K_H : h의 함수
- ✓ h: 대기경계층고도
- ✓ Concentration $C \propto \frac{1}{h}$

Free atmosphere

h: ABL top Entrainment

Atmospheric Boundary Layer Local/nonlocal Mixing

Surface layer Friction

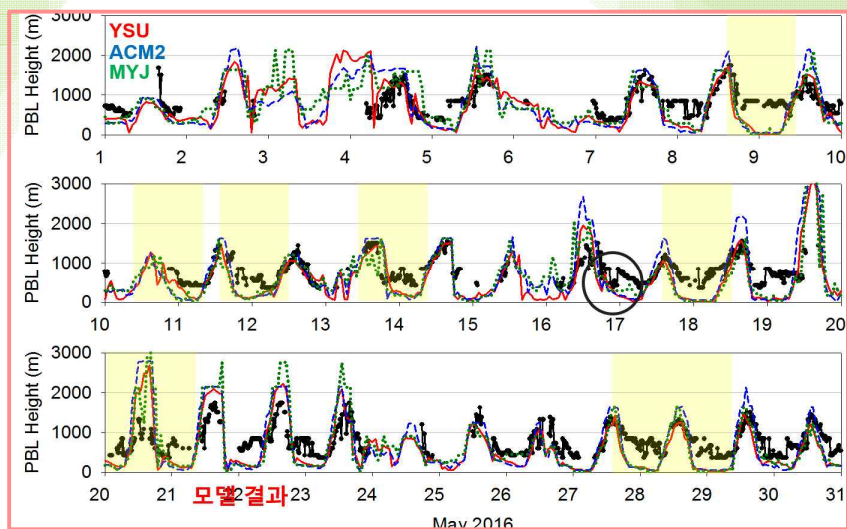
SHF LHF



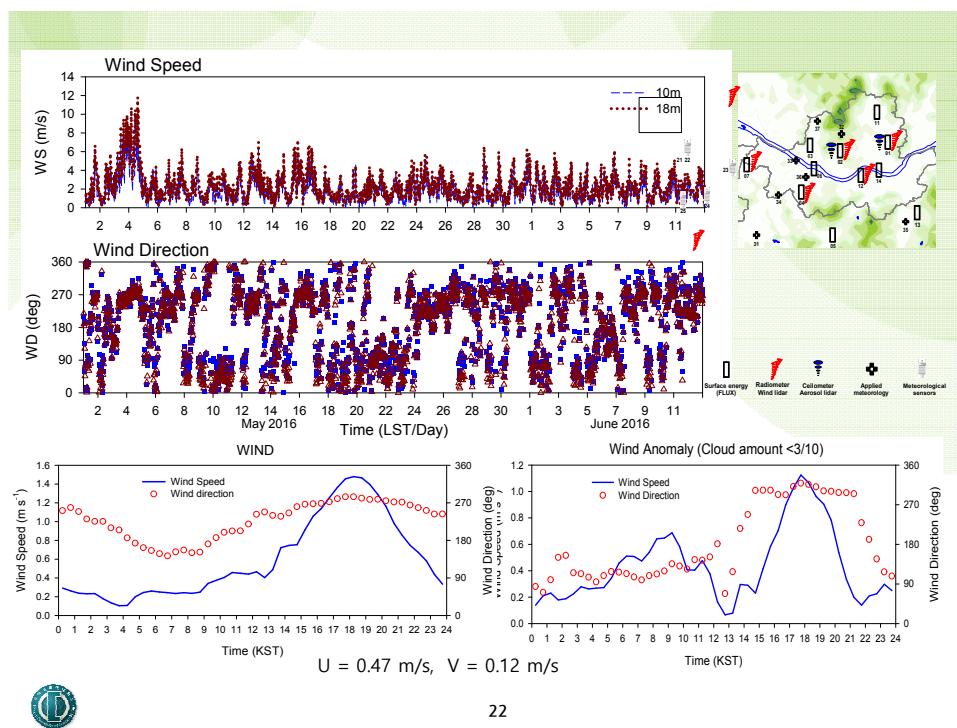
혼합층, 야간 잔류층, 안정층과 같은 대기경계층 구조는 미세먼지, 연무, 안개 등의 예보 개선에 직접적으로, 기상 모델이나 대기질 모델의 예측 성능 개선에 간접적으로 기여함

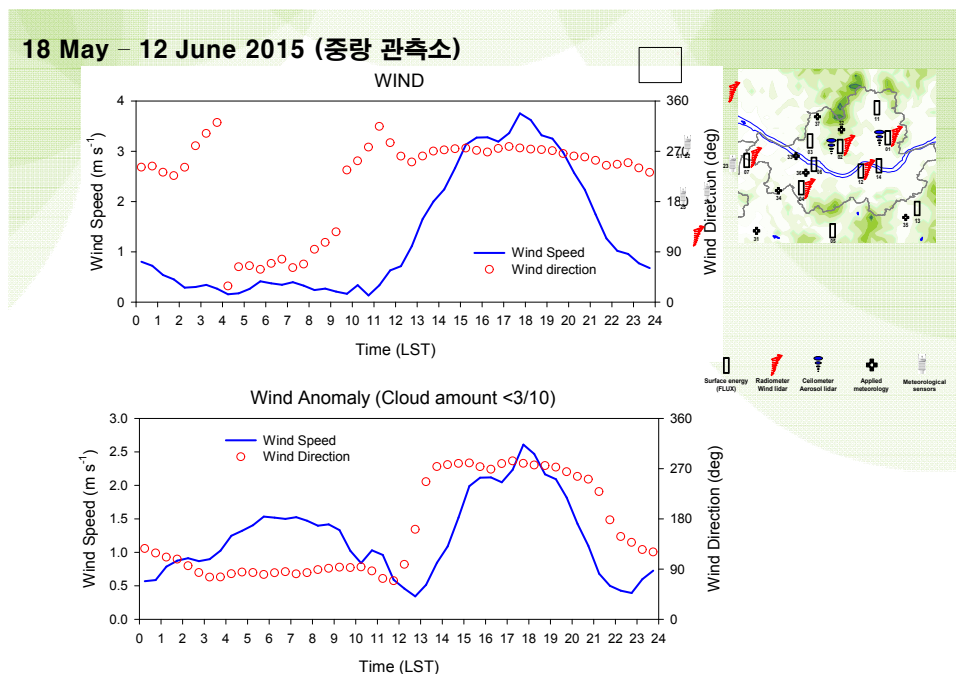


19

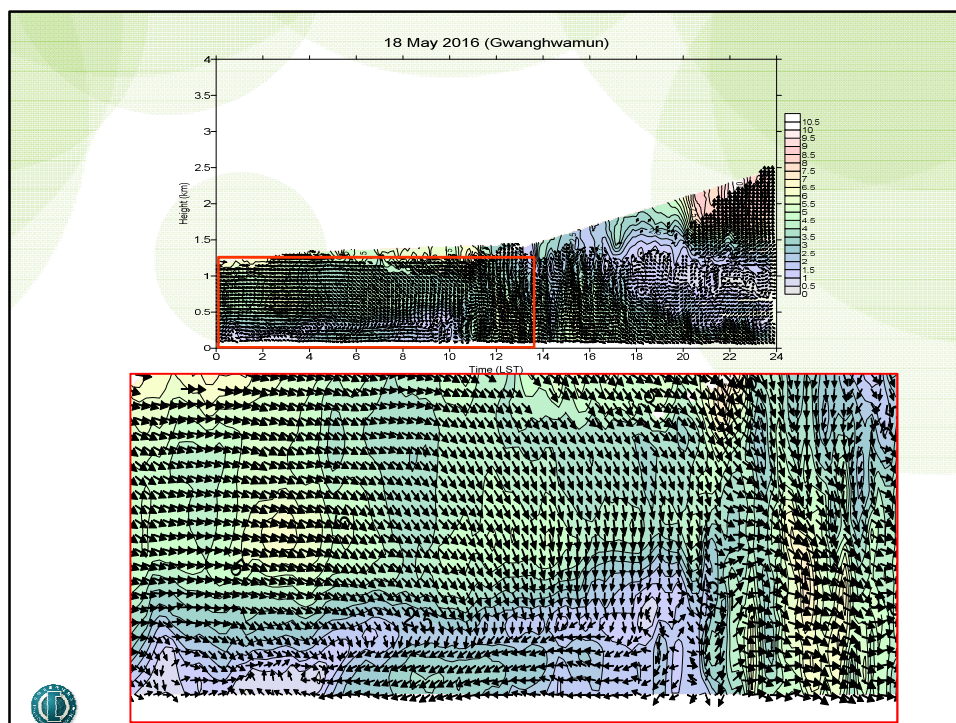


20





23



운고계 (CL51, Vaisala)

$$P(z) = P_0 \Delta t \frac{c}{2z^2} A \beta(z) \exp\left[-2 \int_0^z \sigma(z') dz'\right]$$

P_0 : the average power of the pulse [W]

Δt : pulse duration [s]

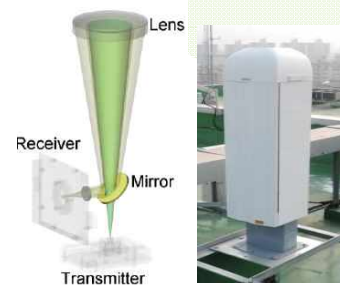
c : speed of light [m s^{-1}]

A : receiver area [m^2]

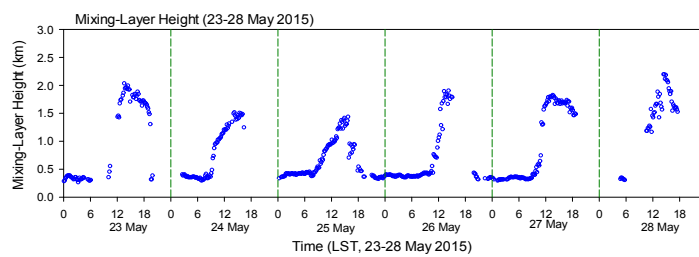
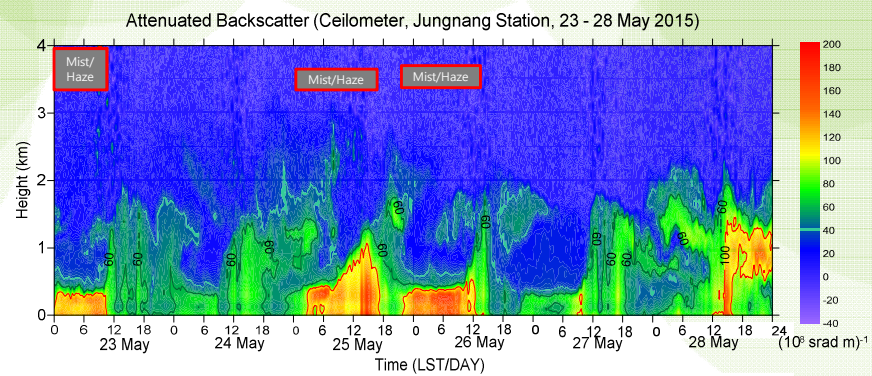
$\beta(z)$: volume backscatter coefficient at distance z' ($\text{srad}^{-1} \text{m}^{-1}$)

$\exp\left[-2 \int_0^z \sigma(z') dz'\right]$: transmittance

- ✓ Laser source: Indium Gallium Arsenide (InGaAs)
Diode Laser
- ✓ Wavelength: 910 ± 10 nm
- ✓ Repetition rate: 6.5 kHz
- ✓ Measurement: attenuated backscatter
 - measurement interval: 6 second
 - reporting interval: 60 second
 - vertical resolution: 10 m up to 13 km



25

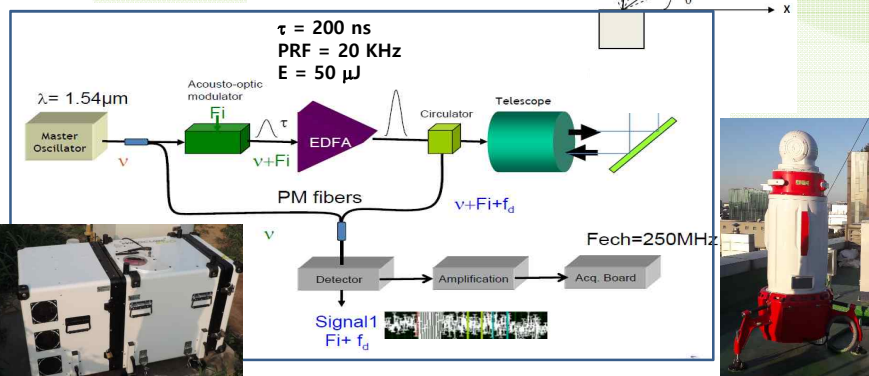


26

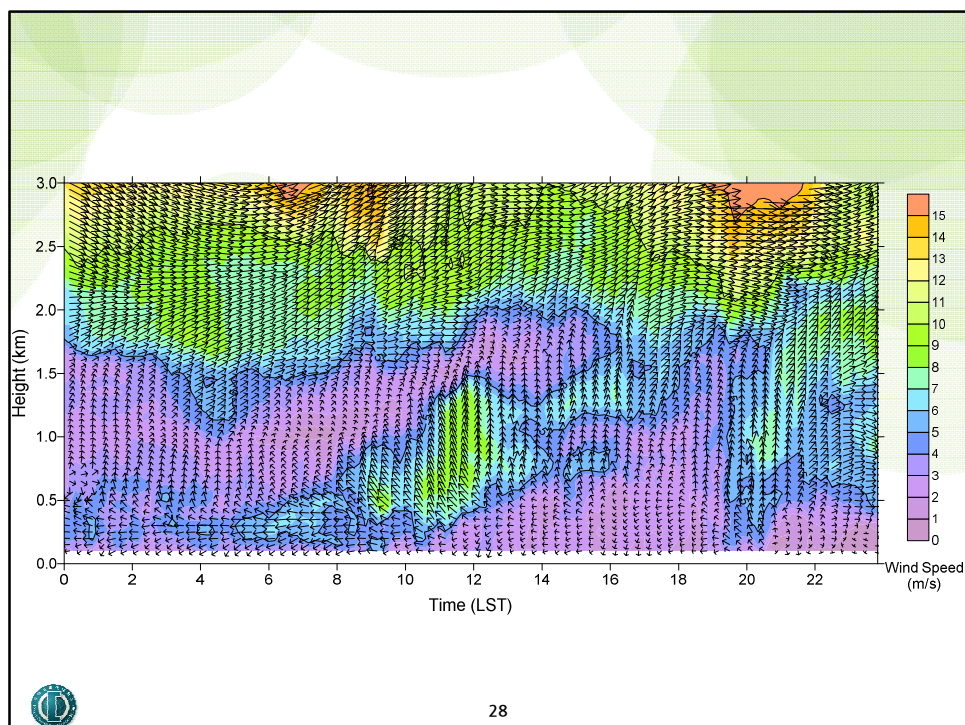
도플러 펄스 윈드라이더

공기중 입자(먼지, 물방울, 에어러솔)에 의해 후방산란신호의 도플러 변이 이용

E → S → W → N → E (21초 주기)



27



28

요약 및 결론

- ✓ 미세먼지 농도 예측 모델에는 기상 모델 뿐 아니라 배출량 모듈과 화학 모듈(에어러솔 역학 포함), 먼지(황사) 모듈을 포함해야 함.
- ✓ 현재 운영 중인 대기질 모델들은 대체로 미세먼지 농도 예측을 잘 하지만 특정 지점·특정 시각의 정확한 농도 예측에는 한계가 있음. 이를 개선하기 위한 노력이 국립환경과학원을 중심으로 진행 중임.
- ✓ 대부분의 대기질 모델에서 미세먼지 농도 예측의 부정확성은 해륙풍과 산곡풍과 같은 국지순환과 대기경계층고도의 부정확한 모의에 기인함.
- ✓ 국지순환과 대기경계층고도를 실측을 통하여 미세먼지 농도 예측의 정확도를 높이기 위해 대규모 오염물질 배출 지역에 **운고계**와 **윈드라이다**의 실시간 관측을 추천함.



29

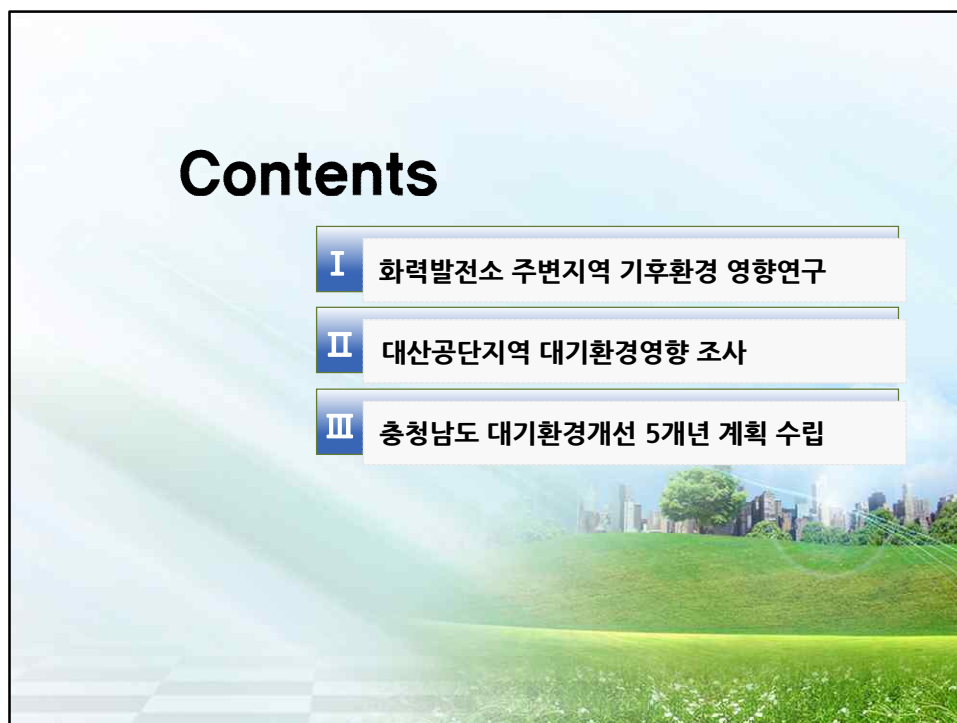
감사합니다!

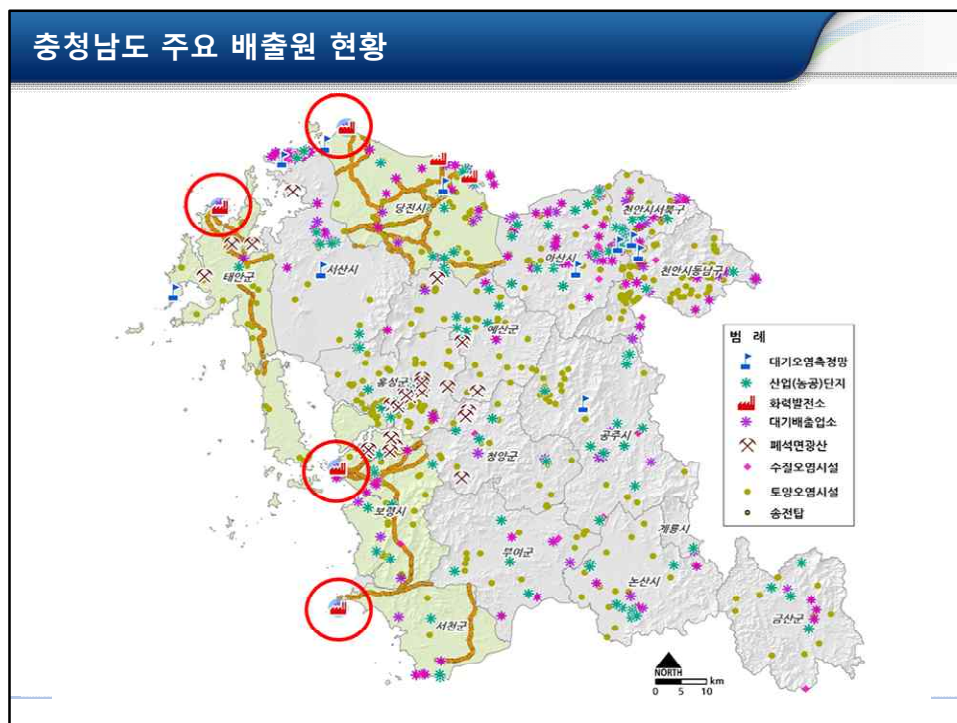
질의/응답

3

충청남도 대기질 개선정책
관련 연구과제 소개

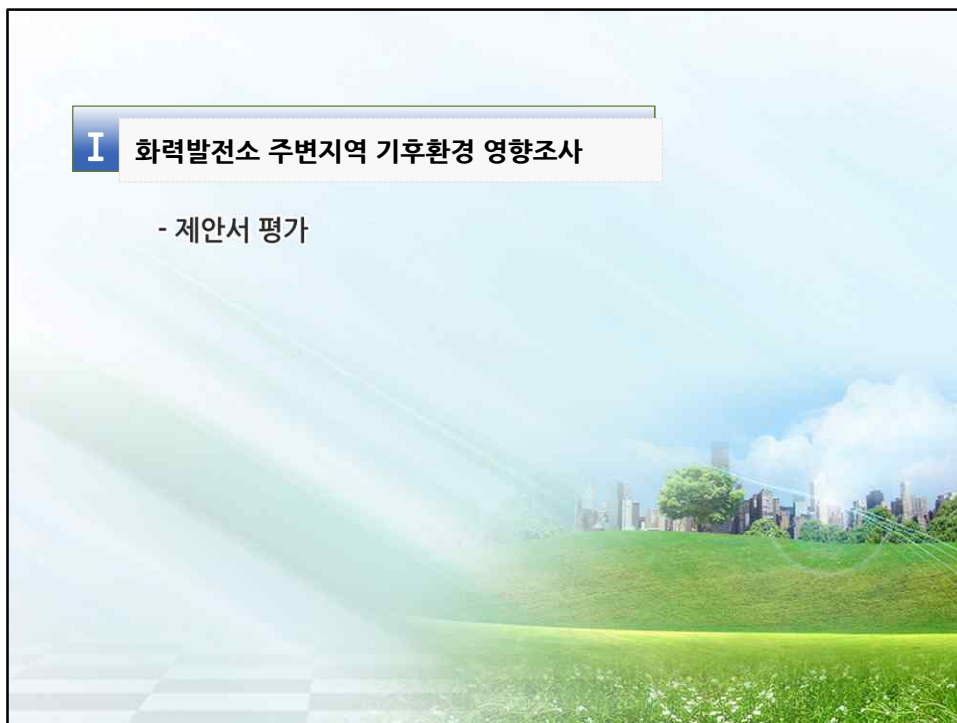
이상신 (서해안기후환경연구소)





I 화력발전소 주변지역 기후환경 영향조사

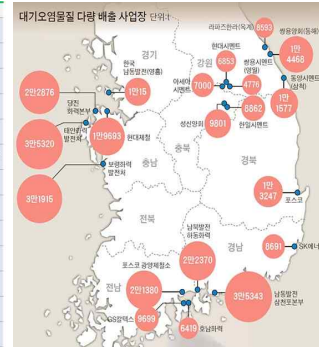
- 제안서 평가



1. 제안배경 및 필요성

- ▶ 충청남도 석탄에 의한 전력시설용량 전국 50.1% 담당(한국전력통계, 2016.6 기준)
- ▶ 석탄화력발전소에 의한 대기질, 기후변화 가속화 우려로 과학적 기반 기초자료 구축 필요

구분 (지역 및 발전소명)	설비용량	발전원	현재 설비용량	미래 설비용량	비고
당진 권역	한국동서발전 (1~3호기)	500 MW * 8기 = 4,000 MW	유연탄	1,136 MW (55.5% ▲)	
	한국동서발전 (9~10호기)	1,020 MW * 2기 = 2,040 MW	유연탄		
	현대그린파워 (1~3호기)	100 MW * 8기 = 800 MW	석탄소 부생가스		
	GS 당진발전소 (1~2호기)	538 MW + 550 MW = 1,088 MW	LNG		
	GS 당진발전소 (3호기)	415 MW	LNG		건설중(17년 6월 예정)
	GS 당진발전소 (4호기)	903 MW	석탄발전 바이오가스		신설예정
	GS 당진발전소 (5~6호기)	950 MW * 2기 = 1,900 MW	LNG		신설예정
태안 권역	한국서부발전 (1~3호기)	500 MW * 8기 = 4,000 MW	유연탄	6,446 MW	
	한국서부발전 (9~10호기)	1,050 MW * 2기 = 2,100 MW	유연탄		
	IGCC 플랜트	346 MW	석탄/바이오가스/IGCC		
보령 권역	한국동남발전 (1~3호기)	500 MW * 8기 = 4,000 MW	유연탄	5,350 MW	
	한국동남발전 (1~3호기)	1,350 MW	LNG		
	한국동남발전 (1~2호기)	1,000 MW * 2기 = 2,000 MW	유연탄		17년 준공 예정
서천 권역	한국환경보발전 (1~3호기)	200 MW * 2기 = 400 MW	유연탄	1,000 MW (150% ▲)	17년 9월 폐지
	한국환경보발전 (1~2호기)	1,000 MW	유연탄		19년 예정



중앙일보(2016.07.06.)

2. 목적 및 연구범위

화력발전소 주변지역 환경복지 구현을 위한
기후환경변화 과학적 실증자료 구축



- ▶ (시간적 범위) 2018~2021년(5년차 중 2~5차년도)
- ▶ (공간적 범위) 화력발전시설 및 그 주변지역을 중심으로 충청남도 전역고려

3. 기대효과 및 활용방안

2021 6차년도
대기 질꾸림과 생활권 확대와 후속연구 발굴

- 나고야 의정서 대비 충남지역 생활권지향 DAE 구축
- 연구결과에 기반한 국가 정책수급 계획 반영 요청

2020 5차년도
지역자원의 기후환경 정보시스템 서비스

- 지역 기후변화, 대기환경 분야 정책포털 서비스 개시
- 화력발전소 주변 지역 대기환경 정보 시장

2019 4차년도
화력발전소 주변지역 상세 현황 파악

- 화력발전소 사회적 비용 부담현황 및 문제점 도출
- 지역 오염물질 다배출 시설에 대한 배출량 기준 강화 방안 제안
- 화력발전소 영향 대응을 위한 거버넌스 구축 운영

2018 3차년도
피해비용에 대한 지역사회의 수요 확보 및 생태환경영향 연구영역 확장

- 대기오염 시스템 구축을 통한 주변지역 대기오염예측 기반 마련
- 화력발전소에 의한 충남지역 사회적 피해비용 제시
- 생태환경 모니터링 지원 선정, 기후변화 취약종 조사
- 오염물질 기원추적 등 대표연구성과 4년 도출

2017 2차년도
기후변화 지표중, 취약종 선정 등

- 충남지역 대기오염 발생원인, 지역규명

4차년도
지역 기후변화 적응력향상 확보와 생활권 대기오염 정책 개발 기반 마련

생활권 대기질 정보제공 고도화와 지역 대기오염물질 기원 및 기여도 추정

지역자원시설세 증세 시나리오 기반 피해비용 지원방안

화력발전소 주변지역 생물다양성 분포지도 작성

기대효과 및 연구의 활용 방안

- ☐ 주변지역 맞춤형 대기질 정보제공과 오염기원추적 및 정보제공 시스템 구축
- ☐ 피해비용에 근거한 지원사업 추가확보와 생태환경 분야 연구영역 확장
- ☐ 오염물질별 공간 농도분포 도출과 저탄장 중심의 실질적인 미세먼지 배출량 산정

4. 사업수행 방법 및 내용

(가) 화력발전소(남산) 주변지역 정보조사분석

- ▶ 화력발전소 영향권중심 기후환경 영향관련 일반현황 조사
- ▶ 도내 대기질측정소 등 관련 정보 수집분석

1.1 일반현황 조사

화력발전소 영향권중심 기후환경 영향관련 일반현황 조사

지형, 토지, 인구, 주거, 교통, 산업활동, 에너지 자료 조사

- ☐ 대기질 예보 및 평가를 위한 충남도 일반환경 현황 조사 실시
- ☐ 각종 통계연보와 활동 자료를 통한 자료 구축
- ☐ 충남도 통계연보(시,군,별), 기상청 통계연보, 에너지 통계연보 등
- ☐ 특히, 대기환경 모델링 수행에 필수적인 기상자료는 10년 자료 확보
- ☐ 월별, 계절별, 연간 등으로 구분하여 분석
- ☐ 국가 대기오염물질 배출량 CAPSS 최신 자료의 분석

도내 대기질측정소 등 관련 정보 수집분석

기상관측소 37, 대기질 측정소 23개소 등 조사

- ☐ 발전소, 제철소, 산업단지 등 민간측정망 운영자료 활용방안 검토

4. 사업수행 방법 및 내용

기후변화 시나리오 분석과 미기후모니터링

1.2 지역 기후변화 분석 및 고정측정망 운영

4년간 3기 고정측정망 구축 및 민간측정망과의 연계추진

기후변화 시나리오 분석과 미기후모니터링

미기후모니터링 최소 40개소로 확대 추진

계명	구분	위도	경도	고도	비고
보령	해안	26m	36.425, 126.495	89-C-03	○
	내륙	5km		89-C-05	
		10km		89-C-10	
대안	해안	26m	36.401, 126.517	89-C-03	○
	내륙	5km	36.413, 126.548	89-C-05	
		10km		89-C-10	
서산	해안	26m	37.037, 126.640	91-C-03	○
	내륙	5km	37.037, 126.570	91-C-05	
		10km		91-C-10	
서천	해안	26m	37.072, 126.531	91-C-03	○
	내륙	5km	37.072, 126.553	91-C-05	
		10km		91-C-10	
태안	해안	26m	36.903, 126.206	88-C-03	○
	내륙	5km		88-C-05	
		10km		88-C-10	
예산	해안	26m	36.850, 126.283	78-C-03	○
	내륙	5km	36.843, 126.284	78-C-05	
		10km		78-C-10	

민간측정망과의 연계추진

발전3사 상생발전 협력사업과의 연계

4. 사업수행 방법 및 내용

기후환경 정보 시스템 구축

2.1 대기오염자료 DB시스템 구축

기후환경 통합 DB 구축 제안

자료통합 DB 구축을 위한 연계방안

구분	내용
데이터베이스 기반 단위시스템	<ul style="list-style-type: none"> DB 연결모듈을 원격데이터시스템에 설치하여 DB에 직접 Access DB 연결모듈을 해당단위시스템에 설치하여 DB에 Remote Access
API 방식의 단위시스템	<ul style="list-style-type: none"> 원격데이터시스템이 제공하는 API를 이용하여 연계 모듈 개발 API 연결모듈을 원격데이터시스템에 설치하여 인터페이스 및 Application에 직접 Access API 연결모듈을 해당 시스템에 설치하여 인터페이스 및 Application에 Remote Access
파일 형식 사용하는 단위시스템	<ul style="list-style-type: none"> 송신 서버에서 전송할 파일 정보 생성 파일 연결모듈을 원격데이터시스템에 설치하여 DB에 직접 Access 파일 연결모듈을 해당 시스템에 설치하여 파일에 File에 Remote Access

모델링시스템 발전방향

4. 사업수행 방법 및 내용

(2) 화력발전소 주변지역 주민참여형 주민 연구체계 구축

- ▶ 1차년도 지역주민 맞춤형 대기질 정보 제공 실시
- ▶ 지역확대(90개 마을), 실시간 정보제공, 접근성 강화 등 고도화 추진

3.1 생활권 대기질 정보제공

생활권 대기질 정보제공

구분	지역명	PM10	PM2.5	O3	NO2	SO2	CO
충청남도	충청남도	11.2	3.2	45.1	18.5	0.5	0.8
	충청남도	11.2	3.2	45.1	18.5	0.5	0.8
	충청남도	11.2	3.2	45.1	18.5	0.5	0.8
	충청남도	11.2	3.2	45.1	18.5	0.5	0.8
충청남도	충청남도	11.2	3.2	45.1	18.5	0.5	0.8
	충청남도	11.2	3.2	45.1	18.5	0.5	0.8
	충청남도	11.2	3.2	45.1	18.5	0.5	0.8
	충청남도	11.2	3.2	45.1	18.5	0.5	0.8

주민참여 측정행사

충청남도, 4개면 61개 마을 대상 '지역주민이 참여하는 대기질 측정행사' 실시

충청남도 환경청 내 대기질 정보 제공을 위한 화력발전소 주변 지역 기후 환경 영향 연구의 일환으로, 27~28일 화력발전소가 위치한 보령 당진, 태안 서면 4개 면 61개 마을을 대상으로 지역 주민이 참여하는 대기질 측정 행사를 실시한다.

이번 행사는 대기질 측정 결과를 일방적으로 홍보 받아 온 주민에게 기회와 이해를 주고, 주민 생활권 내 대기질 정보 제공을 위한 화력발전소 주변 지역 기후 환경 영향 연구에 동참할 수 있도록 한다.

화력발전소 주변 지역 기후 환경 영향 연구는 대기 질 측정, 주민 생활 개선과 지역 발전을 위한 것으로, 연구를 진행 중인 서해안기후환경연구소는 연구가 지속되는 오는 2020년까지 모니터링을 확대해, 대기 질 개선에 대한 주민 맞춤형 대책을 대기질 정보를 제공하는 데는 계속될 예정이다.

신동원 도 기후환경정책지원단 "화력발전소"는 충청남도 서해안지역 환경청을 통해 주민 참여형 대기질 측정 행사를 실시한다.

4. 사업수행 방법 및 내용

(3) 화력발전소 주변지역 주민 참여형 주민 연구체계 구축

- ▶ 주변지역 거버넌스의 유기적 의결소통 창구 역할 지원
- ▶ 연구결과 환류를 위한 의견수렴, 설문조사 등을 통해 차년도 연구에 반영

3.2 거버넌스 및 환류체계 구축

주민설명회(1차년도)

□ (목적) 화력발전소 주변 지역주민을 대상으로 "연구용역 진행사항 등 정보를 제공하고 맞춤형 대기질 정보제공을 위한 의견수렴 실시를 통해 생활권 대기질 수준 정보제공을 위한 조사계획 및 참여 독려"



주민설명회를 통한 이슈도출

- 1차 주민 설명회
 - 1. 가동(강설량 감소)과 화력발전소 연관성 규명
 - 2. 해양환경(온배수) 영향연구 추가 요청
 - 3. 지역주민 신뢰성 확보방안 제고
 - 4. 지역민 눈높이에 맞는 정보생산 및 공개 요청
 - 5. 대기질 측정항목, 측정지점, 측정횟수 확대 요청
 - 6. 배출기준 설정위주의 관리보다 총량관리로 전환 필요
- 2차 주민 설명회
 - 1. 지역주민 신뢰성 확보방안 제고
 - 2. 대기질 측정항목, 측정지점, 측정횟수 확대 요청
 - 3. 지역민 눈높이에 맞는 정보생산 및 공개 요청
 - 4. 연구 진행, 결과 등에 대한 지속적인 주민설명회 개최 요구
 - 5. 생활권 대기질 수준 정보 제공

발전소 주변 연구(민관산학)의 종합 정보제공 필요성 대두

[충남도 추진 중인 화력발전소 주변지역 연구]

- 화력발전소 주변지역 기후환경 영향조사
- 화력발전소 주변지역 주민건강 영향조사
- 서해안 연안환경 측정망 모니터링 연구

4. 사업수행 방법 및 내용

(가) 환경취약성(취약성, 중점지역, 현황조사분석)

- ▶ 환경오염 취약지역 조사·분석 (민간, 공공으로 구분하여 분석)
- ▶ 대기오염방지지설 조사·분석 : 대형사업장 중심의 실태조사

환경오염 취약지역의 실태 및 환경개선 현황분석

지리적, 인구 및 주거특성, 산업, 에너지 등의 상세 분석

- 화력발전 주변지역의 일반환경 현황조사 실시
- 1차년도와 연계하여 최신자료로 업데이트
- 각종 통계연보와 활동 자료를 통한 자료 구축
- 에너지 사용 : 최신 에너지 통계연보에 의한 원료 및 부문별 에너지 소비 형태를 민간 및 공공으로 구분하여 상세분석
- 취약지역 주변 환경개선 현황 분석: 환경개선 활동 조사



2016 지리정보 통계연보

대기오염방지지설 조사·분석

대형사업장(화력발전소 포함) 대기오염방지지설 실태조사

- 오염물질 발생량으로 분류, 대기배출시설 인허가 서류 분석
- 대형사업장별 방지지설의 종류, 배출시설 증감 현황 파악
- 대기오염방지지설 처리효율 파악 및 운영실태 분석
- 유지보수, 충전물질 교체주기, 가동률, 효율, 자가측정 등
- 그 외 배출시설 파악 : 저탄장 운영 관련 현장조사

증감현황

배출량

유지보수

처리효율

시설종류

가동률

운영실태

저탄장의 면밀한
현장조사 !!




4. 사업수행 방법 및 내용

(나) 대기질 측정 및 배출량 분석

- ▶ 간이대기오염측정기(Passive Air Sampler)를 통한 환경취약지역 대기질의 **지속적 측정·보완 운영**
- ▶ 대기질 관리 종합시스템 구축을 위한 **대기오염측정소(도시, 화력발전소)의 운영상태 점검**

Passive Air Sampler를 이용한 대기오염 조사 유형별

1차년도에 환경취약지역의 대기질을 4개월 측정

- 환경취약지역의 상대적인 오염도 비교 가능하였음
- 종합 오염도 순위 : 당진 > 태안 > 보령 > 서천 순으로 확인됨



중부유먼지(TSP)



당진, 태안, 보령, 서천 : 31~35개 지점 * 4개월 평가

총 124~136회의 환경취약 지역의 대기오염도 조사 실시

- 화력발전소 연관 및 도시 대기오염측정소 다수 존재
- 당진권역 : 11개소, 태안권역 : 8개소, 보령권역 : 9개소 등 총 28개소 운영
- 서천권역 : 현재 新서천화력 공사 중 (배경농도 측정 3개소 운영)
- 발전소 내부 옥외 저탄장 중심의 평가를 추가 진행
- NO₂, O₃, SO₂, TSP, PM₁₀, 중금속(8종) 등을 집중적으로 조사

Passive Air Sampler



대기오염측정소의 기준물질들과 지속적인 DATA 비교 !!

화력발전 연관 및 도시대기오염측정소



➡ 3차년도 연계 방안 : 발생원 성분분석(화력, 황사, 제철 등)

4. 사업수행 방법 및 내용

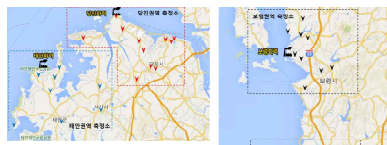
(6) 대기질 측정 및 배출량 분석

- 간이대기오염측정기(Passive Air Sampler)를 통한 환경취약지역 대기질의 **지속적 측정 · 보완 운영**
- 간이대기오염측정기의 정밀 정도 평가 진행 (**1차년도 상관성이 다소 낮게 나타난 PM10 중심으로**)

Passive Air Sampler 운영 계획

환경취약지역 측정소 중심의 간이대기오염측정기 운영

구분	국가(도시, 교외대기)	민간(화력발전소)	기타	계
영진면역	3	-	3	11
태안면역	4	1	-	8
보령면역	1	-	8	9
서천면역	-	2	1	3
계	8	3	10	21



환경취약지역 측정소 중심의 간이대기오염측정기 운영 계획

PM10 측정기의 정밀 정도 평가 추진

총 124~136회의 환경취약지역의 대기오염도 조사 실시

- PM10 간이대기오염측정기 VS. 자동측정기간의 평가
 - PM10의 1차년도 R = 0.484 → 상대적으로 낮은 상관성 확인
 - 간이대기오염측정기 5SET 이상, 대기오염측정기 3SET 이상
 - 2018년 상반기(4월~5월), 하반기(10월~11월) 2회 진행
 - PM10 간이대기오염 측정기의 신뢰성 향상



PM10 자동측정기 VS. 간이대기오염측정기(PM10)

4. 사업수행 방법 및 내용

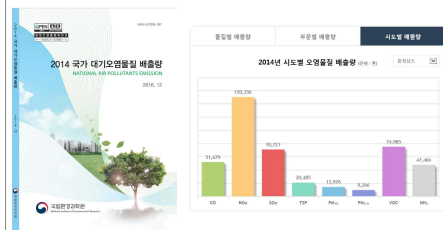
(6) 대기질 측정 및 배출량 분석

- 대기오염배출시설 조사 · 분석 (**CAPSS 최신자료의 연밀한 분석**)
- 화력발전소 내 저탄장(옥외) 중심의 실측 배출량 분석 → Eddy Covariance Method(에디 공분산)

2014년 최신 CAPSS 자료 분석 및 DB 구축

1차년도에 환경취약지역의 대기질을 4계절 측정

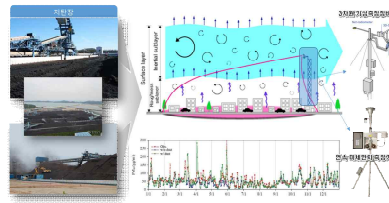
- 충남도 및 화력발전지역의 오염물질 배출량 분석
 - 기간 : 2010~2014년 (최근 5년간)
 - 오류 및 수정자료에 대한 업데이트 및 자료의 DB화
 - 우리나라 지역별, 충남도 시·군별로 비교 분석하여 정량적 분석
 - 당진시와 같은 배출량 오류 문제를 분석 → 문제시 수정보완 요청



저탄장 중심의 미세먼지 배출량 실측 평가

3개 발전사 → 옥외 저탄장 → 연속 15일 + 4계절 실측조사

- 화력발전소 연료 수입 특성 : 주 2~3회 석탄하역 작업 실시, 석탄 수입국가별 비산먼지 발생량 차이발생, 하역과정 및 저장과정에서의 비산먼지 발생특성 조사 필요
- 대상시설 : 당진, 태안, 보령화력발전소의 옥외 저탄장을 대상
- 평가방법 : Eddy Covariance Method를 이용한 연속 배출량 평가
- 3차원 기상장비 + 환경부형식승인 미세먼지 측정기
- 1개 지점당 연속 15일 운영 및 4계절 = 총 180일 평가



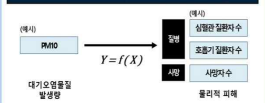
4. 사업수행 방법 및 내용

- ▶ 석탄화력발전 대기오염으로 인한 충남도 피해비용 분석 및 피해 지원 방안 마련
- ▶ 피해 영향 정량화에 기반한 비용평가로 피해비용 분석결과와 신뢰도 확보 및 충남도 특성 반영

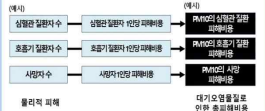
피해비용산정범위 설정

- 석탄화력발전 영향범주별 피해단위 정의 및 영향 정량화 가능성 검토에 따른 피해비용 산정범위 설정
- 피해비용 분석 틀 선정 및 분석을 위한 기술통계 수집, 추출, 가공
→ 대기오염 및 건강영향 관계 고려 시간-공간 범위 대표치 추출
→ 건강 영향 평가 위한 건강-보전 원시 데이터 수집 및 피해 지표 산출

대기오염영향평가 (영향정량접근법 3단계)



피해비용 회계가치화 (영향정량접근법 4단계)



- 예시 -

피해비용 산정범위 범주 선정

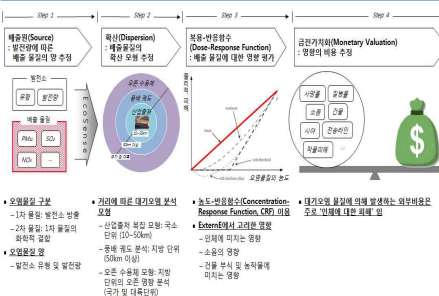
피해 유발 원인물질의 범주 (예: PM10, 오존)

피해 유형의 범주 (예: 사망, 질병, 건물피해)

회계가치화 방법론의 선정 (예: 전술선호, 편익이전)

건강영향평가를 위한 농도-반응 함수 사례 분석 및 선정

- 국내 및 지자체 대상 건강영향평가에 활용된 농도-반응 함수 수집
- 농도-반응 함수 데이터베이스 구축 및 충남도에 맞는 적정-농도 반응함수 선정
→ 분석시기, 지역, 인구집단, 대상오염물질, 통제변인, 건강영향, 모델 설계 등 고려하여 범주화 및 대표치 선정



4. 사업수행 방법 및 내용

(가) 생태환경 모니터링

- ▶ 생태환경모니터링 추진 계획 및 범위
- ▶ 부문별 조사 내용 및 방법
- ▶ 생물다양성조사 및 기후변화 취약종 생태모니터링

생태모니터링 위한 대상 분류군의 선정 및 추진 계획

- 화력발전소 주변의 기후변화 영향을 파악하기 위하여 그 지역에 지속적으로 생존하고 있는 다양한 생물군에 대한 장기간의 모니터링 필요
- 발전소 주변의 생물군에 대한 영향을 파악하기 위하여 지속적인 모니터링 선정 지점과 조사 방법을 개발할 필요성이 있음
- 미기후모니터링 시 구축한 DB 자료를 활용하여 기후영향을 분석

- 동물분야: 무척추동물(곤충), 척추동물(포유류, 어류)
- 식물분야: 초본류 및 목본류

□ 년차별 추진 계획

	2년차	3년차	4년차	5년차
사업 주제	기후변화 생태 모니터링			
사업 범위	부문별 생태 모니터링			
주요 추진 내용	생태모니터링 부문 선정 조사지 선정 조사지 현황 조사지 관리 조사지 관리 조사지 관리	부문별 모니터링 조사지 선정 조사지 현황 조사지 관리 조사지 관리 조사지 관리	부문별 모니터링 조사지 선정 조사지 현황 조사지 관리 조사지 관리 조사지 관리	부문별 모니터링 조사지 선정 조사지 현황 조사지 관리 조사지 관리 조사지 관리
최종 성과	화력발전소 생물군에 대한 영향 파악			

조사지 선정 방법

- 화력발전소 주변 생태 모니터링을 위한 조사지는 화력발전소 주변의 특성을 감안하여 생물상 조사가 모두 가능한 지역을 선정
- 화력발전소 주변을 대상으로 2.5km 5km, 10km, 20km의 범위를 조사 지역으로 선정하여 조사 예정
- 식물 분야의 경우, 선정된 조사지점을 중심으로 반경 2km 이내를 조사
- 조사지 선정은 조사대상 생물범위의 특성에 따라 조사 시작 전 조사지역을 선정할 필요성이 있으며, 향후 기후변화 영향 분석을 위하여 본 사업의 세부 분야인 지역 미기후 분석분야와 협의하여 조사지역을 선정할 계획



발전소명	주소
태안	태안군 원북면 발전로 457
당진	당진시 석문면 교로리 30
보령	보령시 오천면 오천해안로 89-37
서천	서천군 서면 서인로 235번길

1. 사업수행 방법 및 내용

(8) 생태환경 모니터링

- ▶ 생태환경모니터링 추진 계획 및 범위
- ▶ 부문별 조사 내용 및 방법
- ▶ 생물다양성조사 및 기후변화 취약종 생태모니터링

생물다양성조사 및 기후변화 취약종 생태모니터링

□ 2년차와 3년차에서 현장 조사 후 관련 문헌을 분석하여 화력발전소 주변의 기후변화 취약종을 선정하여 모니터링 함

동물(무척추) 분야

환경부에서 선정한 기후변화생물지표(2010)에 포함된 곤충 21종 중 조사대상지에 서식하는 종을 선발하여 종수 및 개체수의 변화 추이를 조사

동물(어류) 분야

일반적으로 우리나라 토속어종의 우리나라 토속어종의 수는 내성은 28~29°C이며 붕어 및 잉어 등 하류성 어종은 31~33°C 정도라고 알려져 있기(정 등, 2011; 강 등, 2013) 때문에 관련 분야의 문헌분석을 통하여 향후 취약종을 선정 할 예정임

식물분야

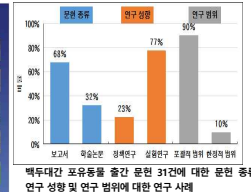
- 기후변화 취약종은 조사된 식물상 목록 중 한반도 기후변화적응 대상 식물 300(오병은 등, 2010)에 포함되는 종을 선발하며 조사
- 방형구를 설치한 후 주기적인 조사를 통해 변화추이를 조사할 예정임

분야별 기후변화 취약종 선정 및 변화추이 분석 조사

동물(포유류) 분야

- 국내·외 기후변화와 관련된 포유동물의 연구논문 조사 및 목록화 실시
- 목록화된 논문의 분석 및 주요점 요약정리
- 논문분석을 결과를 통한 연구대상종의 연구방법론 도출 및 정책 제언 자료 발굴
- 기후변화 포유동물 관련 출간 문헌 종류, 연구 성향 및 연구범위에 따른 분석

멸종위기 야생 동·식물 I급



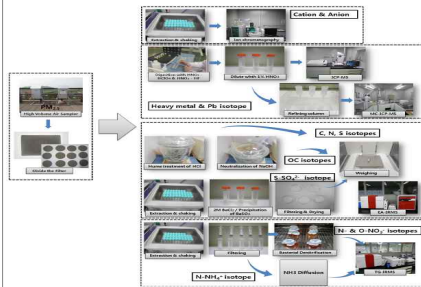
5. 대표성과를 도출 방법론 제시

(8) 안전동위원소 분석을 통한 오염물질 기원추적

- ▶ 대기 중 미세먼지의 탄소(C), 납(pb) 등 안전동위원소비 분석 실시
- ▶ 국내외 라이브러리와 비교·분석을 통한 화력발전소 주변지역 오염물질 기원추적

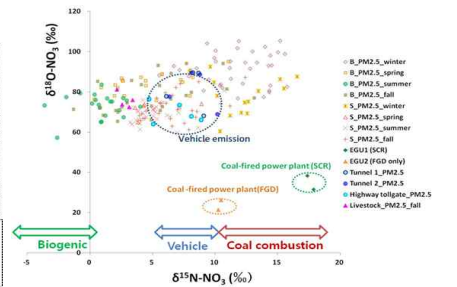
안전동위원소 분석 방법론

- 고용량 공기시료채취기법을 적용하여 대기 중 부유하고 있는 입자상 물질 포집
- 안전동위원소 질량분석기 또는 유도결합 플라즈마 질량분석기를 통한 특정 안전동위원소를 분석



안전동위원소비 활용 대기오염물질 기원추적

- 중국, 일본 등 주요 도시별 배출원에 대한 안전동위원소 연구 진행 중
- 국내 주요 배출원별 안전동위원소 라이브러리 구축 연구 활발
- 안전동위원소비와 모델링 결과를 활용하여 화력발전소 주변지역 오염원의 기여도, 기원 추정 가능



5. 대표성과를 도출 방법론 제시

환경취약지역의 지속적 오염도 파악 및 정보 공유

- 간이대기오염측정기를 이용한 충남도 환경오염 취약지역 대기오염 Map 구축
- 화력발전 내부 옥외 저탄장의 미세먼지 배출량 실측 조사

환경취약지역의 지속적 오염도 파악 및 정보 공유

- 농도확산에 의한 대기 중의 오염물질이 흡수/흡착되는 원리로 전원 및 측정공간의 제약이 없어, 누구나 사용이 가능한 Passive Air Sampler
- 대형사업장과 같은 환경취약 지역의 대기질을 주변주민 또는 도민의 힘으로 조사하고 결과를 공유하는 프로그램 제공 !!
(사업기간 : 용역사 수행, 사업완료 및 종료 후 : 도민 자발적 추진)

충남도민 참여 대기환경 모니터링

지역주민 참여 대기환경 모니터링

도민 참여 환경 조사
충남도민에게 정보를 공유하는 프로그램 제안 (5~4차년도 연계 사업)

충남도 대기오염지도 정보제공

Eddy covariance method 방법론 (에디 공분산법)

- 에디 공분산법은 배출량 평가의 최신 기술임
- 평가시설의 3차원 기상자료 수집과 오염도 조사를 통한 배출량 조사
- 대규모 면오염원인 발전소 저탄장의 배출량 평가 필요

난류 기상자료의 측정

3차원 기상측정장비

⇒ 3차원 기상자료와 미세먼지 측정기를 통한 비산먼지 배출량 조사

5. 대표성과를 도출 방법론 제시

환경취약지역의 지속적 오염도 파악 및 정보 공유

- 석탄화력발전 및 대기오염 정책기조를 반영한 대기오염 피해영향 평가 및 비용 평가 수행
- 충남 피해비용 최소화화를 위한 지역자원시설세 증세안 및 우선지원방안 마련

충남 석탄화력발전 피해비용 산정

- 피해 범주별 단위 비용 추정 선행 연구 조사 및 단위 비용 선정
- 석탄화력발전 대기오염 영향 평가 및 피해비용 산정
→ 농도-반응함수에 따른 석탄화력 대기오염의 초과 피해영향 평가
→ 피해영향 정량화 결과에 단위피해비용 적용하여 피해비용 산출

(질병비용 산정) COI 질병비용법(직접비용, 간접비용)과 기타 후생손실 등으로 산정 가능

(사망비용 산정) IPA를 적용한 비용, 오염물질별 비용, 메타분석 비용 등으로 산정 가능

피해비용 부담현황과 비교분석 및 지원방안 마련

- 에너지 관련 정책기조 반영하여 지역자원 시설세 등 화력발전 피해비용 부담 전망 및 피해비용 산출결과와 비교 분석
- 피해비용 간 차이에 따른 증세 방안 및 피해영향 우선지원 방안 마련
→ 지원원칙, 우선지원 대상 분석 및 사후 관리 방안 제시

1차년 | 화력발전 피해비용 현황분석

충남도 일반 현황 분석

- 사회경제 현황 및 전망 분석
- 대기오염 현황 및 전망 분석
- 화력발전 현황 및 전망 분석

화력발전 사회적비용 현황 분석

- 지역자원시설세 현황 분석
- 발전소 주변지역 지원사업
- 지역자원시설세 현황

전력산업 사회적비용 분석

- 전력산업의 외부비용 분석
- 화력발전의 외부비용 분석
- 충남 외부비용 산정사례 분석

→

2차년 | 피해비용 현황과 비교분석

충남도 피해비용 부담현황/전망

- (현황) 7차 전력수급계획 활용
- (전망) 8차 및 3020, 2030계획 등 반영
- (적용) 피해비용 산정결과와 비교분석

2차년 | 피해비용 우선 지원방안

충남 지역자원시설세 증세안

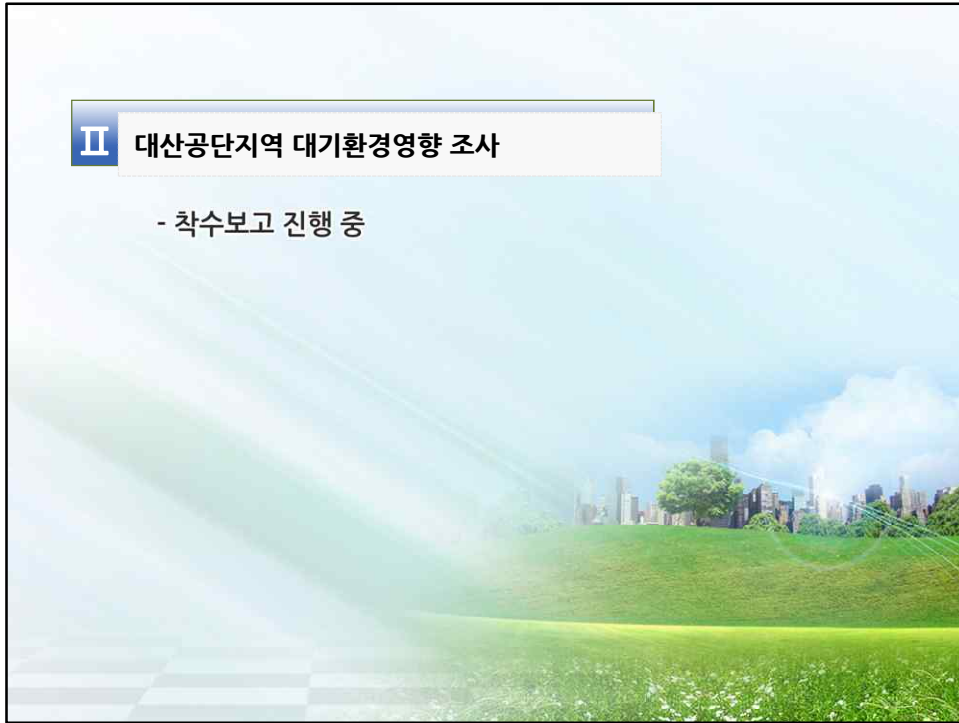
- 지역자원시설세 증세 시나리오

피해비용 우선 지원방안

- 지원원칙, 지원대상, 사후관리 방안

II 대산공단지역 대기환경영향 조사

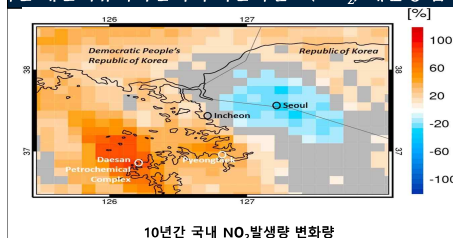
- 착수보고 진행 중



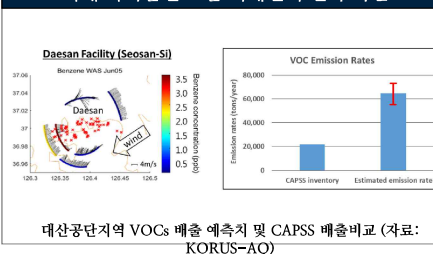
1. 추진배경 및 필요성

- 서해안 석유화학단지 지역의 대기오염물질 배출 급증
 - ✓ NASA 최근10년 이산화질소(NO_2) 모니터링 결과 발표
 - ✓ 인도의 잠나가르(Jamnagar)와 함께 서산지역 주목
 - ✓ 국내 언론 인용보도 증가 및 주민민원 폭발
- 국립환경과학원과 미국 항공우주국의 미세먼지 합동 조사결과 발표(2017.7.19.)
 - ✓ 대산 화학단지 상공에 벤젠과 1,3 부타디엔 농도 초과
 - ✓ 물질수지 접근법(수용모델)을 이용한 추정된 VOCs 양이 CAPSS 3배 초과
 - ✓ 항공기 관측을 통한 상층자료 임을 감안할때 지상관측소에서는 더 높을 것으로 추정

서산 대산석유화학단지의 이산화질소(NO_2) 배출량 급증



서해 화력발전소 및 미세먼지 전국 확산



1. 추진배경 및 필요성

- 시민, 환경단체, 시군 의회에서 환경영향조사 촉구
 - ✓ 대산지역은 메이저 석유화학공장 및 70여 개가 넘는 유사 중소기업이 가동중
 - ✓ 지역주민의 악취 및 대기오염물질 피해 민원이 지속됨
 - ✓ 1993년 이후로 종합적인 환경영향조사가 실시된 적이 없음
- 민관협의체 대산지역 환경협의회 구성/운영
 - ✓ 매년 2~4회, 석유화학단지 주변 환경문제 협의와 해결방안 모색
 - ✓ 대산지역 환경문제 근원적 해결을 위한 환경영향조사 실시 합의
 - ✓ 환경영향조사 소위원회 구성(17.2.) 운영

환경영향조사 촉구 성명



대산지역 환경협의회 운영



25

2. 과업목적 및 범위

연구목적

- ✓ 유해화학물질의 직·간접 피해에 대해 대기는 일차적인 매개체
- ✓ 축적된 자료를 토대로 토양·해양·수환경 등의 피해에 대해 순차적인 영향조사
- ✓ 조사결과를 토대로 환경피해 진단과 종합대책 기초자료를 마련하고 대기질 개선대책 및 갈등 해결 방안 모색

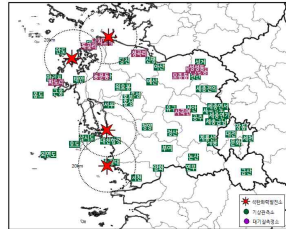
연구범위

- ✓ 과업기간 : 계약일로부터 24개월
- ✓ 과업예산 : 712백만원(부가세포함)
- ✓ 수행기관
 - 1) 발주기관 : 충남도, 대산공산협의회 26개사
 - 2) 수행기관 : (사)대기환경학회, (재)충남연구원
- ✓ 공간적 범위 : 대산석유화학단지 주변지역 및 반경 10km 이내
- ✓ 시간적 범위 : 2018~2019년
- ✓ 내용
 - 1) 대기일반 현황조사
 - 2) 대기오염물질 배출실태조사
 - 3) 대기환경영향예측
 - 4) 대기질 개선대책 수립

26

3. 대기일반 현황조사

- 고농도는 NO_2 는 가을(9,10,11월)에, SO_2 는 겨울(11,12,1월)과 봄(5,6월)에 나타남
- PM_{10} 은 겨울부터 봄철에 고농도를 보임.

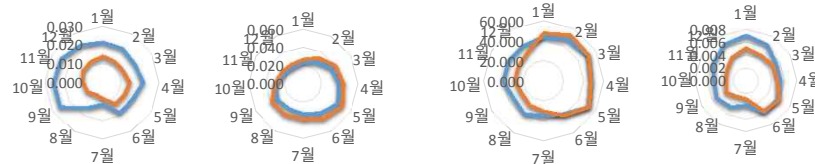


NO_2

O_3

PM_{10}

SO_2

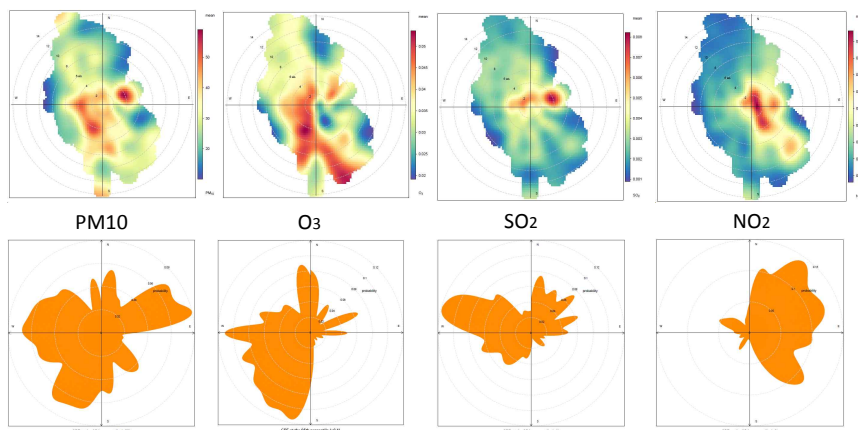


독곶리·난지도리 지점에서의 대기오염물질 농도의 월변화

27

3. 대기일반 현황조사

- NO_2, PM_{10}, SO_2 의 경우 $4 m/s$ 이하의 동풍일 경우에 고농도
- 95퍼센타일 농도의 출현 빈도가 NO_2 는 동풍일 경우, SO_2 는 서풍계열에서 높음



풍향에 따른 대기오염물질 농도분포 및 95퍼센타일 확률분포(CPF)

28

4. 대기오염물질 배출실태조사

- 점 및 면오염원에서의 배출원 현황조사
 - 사업장 공정별 원료, 연료사용량 및 생산량 조사
 - 배출원별 공정 특성 조사
- 주요 배출원별 대기오염물질 배출량 산정
- 이동배출원에서의 오염배출량 조사
 - 산단 인근지역의 주요 간선도로에서의 자동차 교통량 현황조사에 기초
 - 자동차이외의 이동배출원 조사
- 주변지역 대기오염물질 다량 배출시설 및 배출량 조사

과업지시서 내용

Action 01



대산공단지역
대기배출실태조사
& DB구축

Action 04

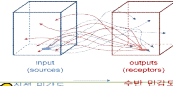
- 주변지역 대기오염물질 다량배출시설 조사
- 누적영향예측을 위한 조사 목적
 - 석탄화력발전소 및 제철/제강 등 배출원 조사
 - 기머울(도) 산정의 기초자료

Action 03

하항식 역모델 배출량 산정 / 평가

배출량 불확실성 제거

- 측정자료 활용하여 배출량을 검증/보완하는 작업
- 교통량 현황조사
- 수반민감도 분석을 통한 배출량 평가



Action 02

대기배출실태조사

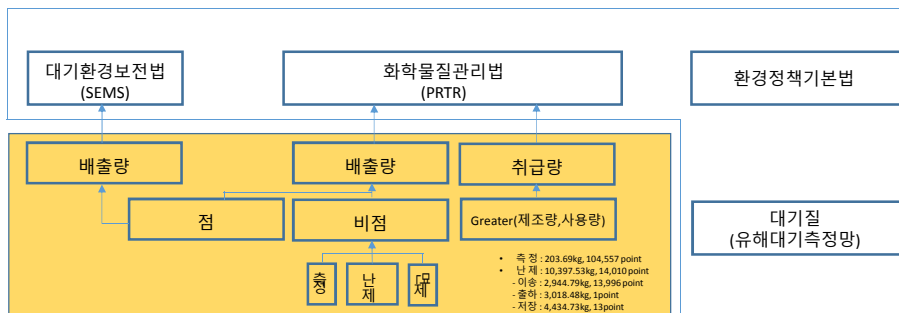
사업장, 이동오염원, 비도로이동 등 종합조사

- 공정별 원료, 연료사용량 및 생산량 조사
- 4-5종 미보고 사업장 배출 현황 조사
- 비도로이동오염원(선박, 항공) 배출량 조사
- 교통량 현황조사
- 기준성물질 및 대기유해물질배출량 산정



4. 대기오염물질 배출실태조사

- 국가대기오염물질 배출 통계는 화학물질 배출 이동정보 시스템(PRTR), 대기배출원 관리시스템(SEMS), 유해대기측정망으로 구성



- ※ SEMS (Stack Emission Management System)
- 보고대상물질 : 65종
 - 보고기준 : 1회/년(1~3종), 1회/4년(4~5종)
 - 보고대상업종 : 1~5종

- ※ PRTR (Pollutant Release and Transfer Registers)
- 보고대상물질 : 415종
 - 보고기준 : 1회/년
 - 보고대상업종 : 30인이상 사업장
 - 취급량 1톤, 10톤 이상
 - 농도 0.1%, 1% 이상

- ※ 유해대기측정망
- 설치수량 : 전국 32개소
 - 대산 1개소(국립환경과학원)
 - 측정항목 : 벤젠 등 31종
 - 측정주기 : 1회/월(수동측정)

5. 대기질 영향예측

과업지시서 내용

- 대기질 평가 모델을 이용한 환경영향 예측
 - 사업장 운영과 확장계획에 따른 대기질 영향을 예측하고 도면으로 표시
 - 대기질 평가 모델의 선정사유, 특성 제시
 - 유동특수현상 고려, 최대착지농도 발생지점 제시
- 대기오염 영향권역 분석
 - 지역현황을 종합한 등농도곡선 제시와 영향권역 파악
 - 대기질 영향과 위해성 평가
 - 반응성 물질은 광화학모델 이용 결과 제시
- 오염물질별/배출원별 기여율 및 침적량 평가
 - 누적평가 실시

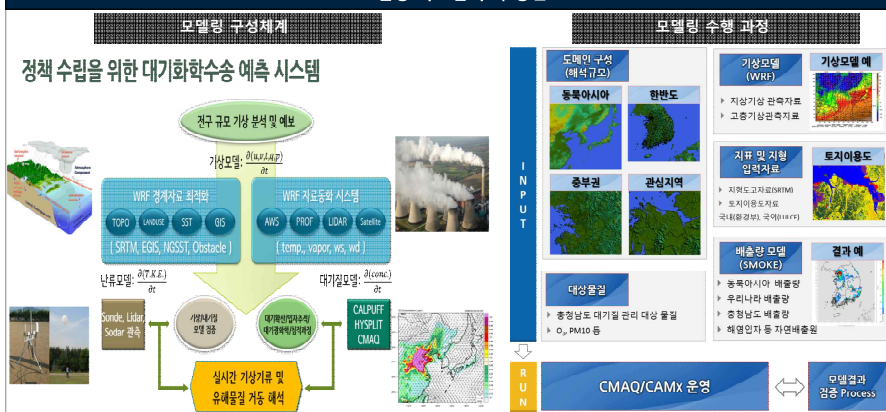
31

6

5. 대기질 영향예측

- ▶ CALPUFF/HYSPLIT/CMAQ/CAMx 모델을 이용한 오염물질 영향 예측
- ▶ 관련 모델을 이용한 영향범위 설정 및 배출원 기여도 평가

모델링 시스템 구축 방안



32

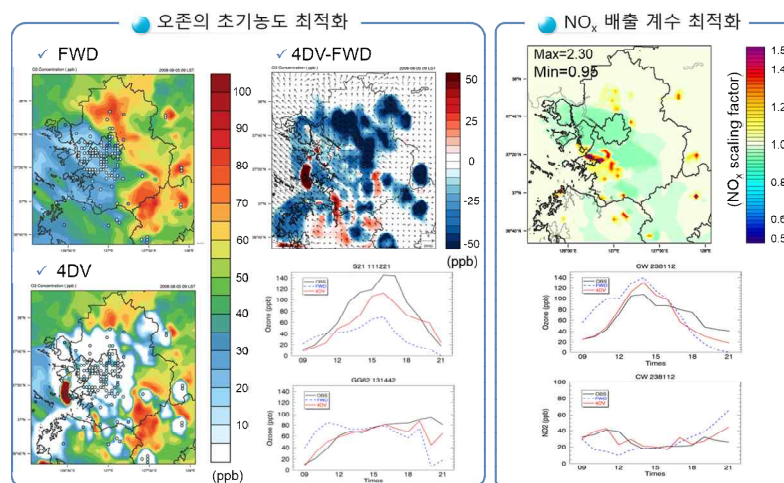
5. 대기질 영향예측 기상입력장 최적화



33

5. 대기질 영향예측

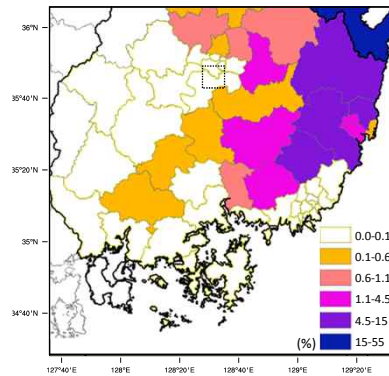
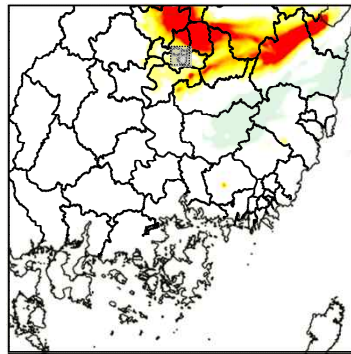
초기 및 배출량 최적화 예비결과



34

5. 대기질 영향예측

- 화학수송모델을 이용한 대기유해물질 화학수송 모델링 수행
- 설정한 수용지로 한 주변지역 배출원에 대한 기여도 평가 + 배출원별 기여도 평가 수행

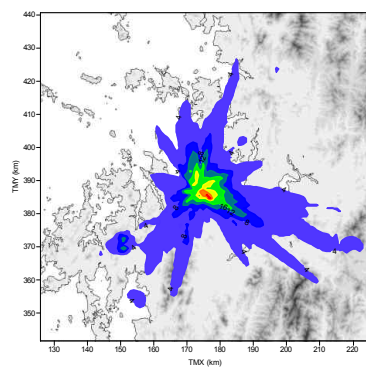


35

5. 대기질 영향예측

- 대기확산 모델링을 통한 계절별/배출원별 영향범위 및 기여농도 평가
- 주변지역 대기오염물질 다량배출 사업장에 대한 누적영향 평가

대기확산 모델링을 통한 영향범위 및 기여농도 평가



충남 서산-당진권역 미세먼지 기여농도 예시(CALPUFF 모델링 결과)

계절별/배출원별 대기확산 모델링 수행

- ▶ 비반응성물질에 대한 대기확산모델링 수행
- ▶ 반응성물질에 대한 대기화학수송모델링 수행

계절별 영향범위 및 기여농도 평가

- ▶ 오염물질별 등농도 곡선 제시
- ▶ 최고농도 100순위 제시
- ▶ 유동특수현상에 따른 고농도 발생지점 파악
- ▶ 수용모델과 민감도 분석을 통한 기원추정 및 기여도 평가

모델링 결과 활용 범위

- ▶ 역모델 및 민감도 분석을 통한 배출량 평가 및 정확도 제고
- ▶ 위해성평가 모델의 입력자료 제공
- ▶ 배출량 조절 시나리오에 따른 영향감소 재평가
- ▶ 주변지역 석탄화력발전소 등 누적평가와 기여율 산정

36

5. 대기질 영향예측(위해도 평가)

- 환경 위해성은 환경 중으로 배출된 유해화학물질에 장기간 노출되어 발생하는 영향 (만성 영향)

위해도 평가 단계



위해도 평가 방법

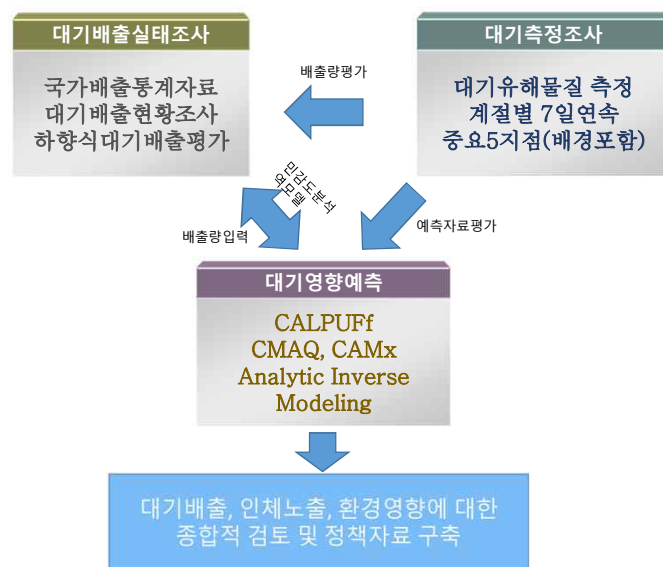
- 발암물질에 대한 기본적 정보 : 물질의 발암등급 및 용량-반응 평가자료, ISF, IUR가 필요 *ISF : inhalation slope factor, *IUR : inhalation unit risk
- 초과발암위해도 산출시, ISF가 없는 경우 IUR이용, 산출

$$\text{Inhalation SF (mg/kg/day)}^{-1} = \frac{\text{Inhalation UR (mg/m}^3)^{-1} \times 62 \text{ kg}}{13 \text{ m}^3/\text{day}} \times 1000 \text{ } \mu\text{g/mg}$$

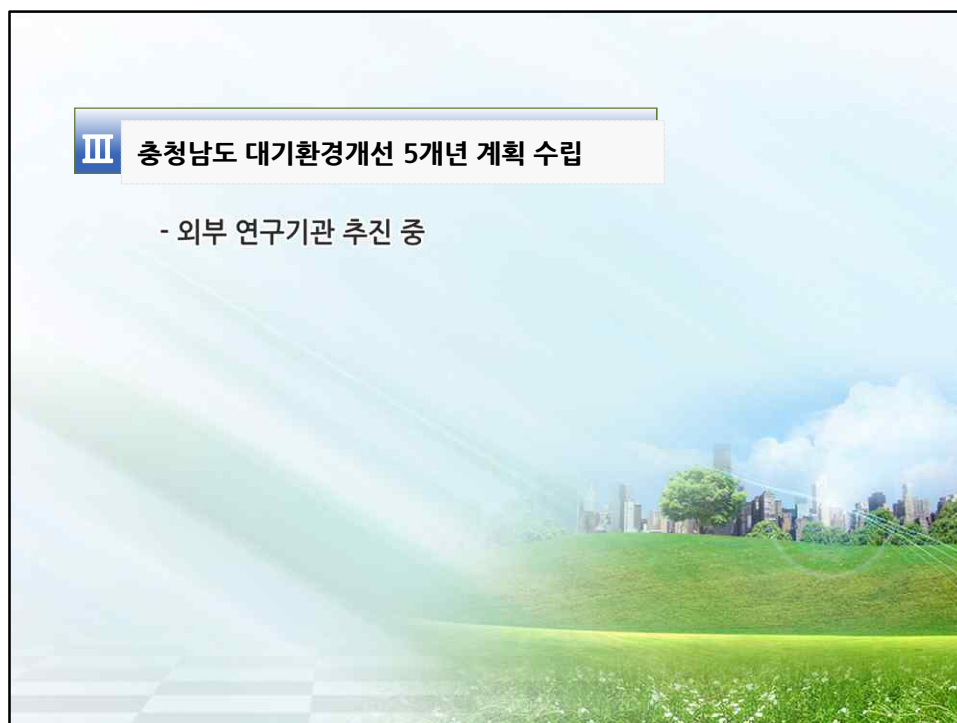
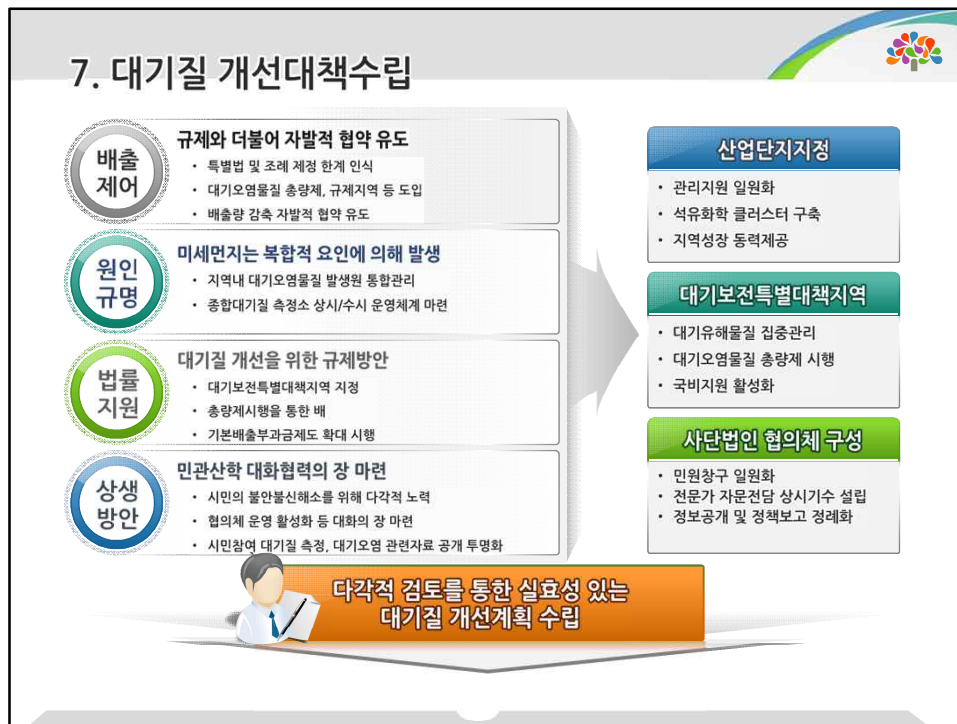
$$\text{Inhalation RfD (mg/kg/day)} = \frac{\text{RfC (mg/m}^3) \times 62 \text{ m}^3/\text{day}}{13 \text{ kg}}$$

- 비 발암물질에 대한 기본적 정보 : 물질의 발암등급 및 iRfD, iRfC 가 필요 *iRfD : inhalation reference dose, *RfC : inhalation reference concentration
- iRfD가 없는 경우 iRfC를 이용하여 산출

6. 대기질 영향예측



38



1. 계획 수립의 배경 및 목적

국내외 이슈

대기내 미세먼지, 중금속 등 건강 영향우려

- 기후변화에 이어 미세먼지 국내외 이슈로 급부상
- 대기오염물질 경제적 영향 관심 증대
- 미세먼지 위해성 부각으로 도민 건강 우려 증가

오염원

석탄화력발전소, 대규모 산단 입지

- 전국 석탄화력의 50% 내외 충남 입지
- 임해산업단지, 제철소 등 대규모 배출업소 밀집
- 주변지역 대기질 관련 갈등 상시 존재

환경 기준치

WHO 권고기준, 국내 기준 수시초과 지역 발생

- 대기질 수준 PM10 173위, PM2.5 174위/180개국(2016)
- 최근 대기환경기준 수시초과지역 다수 발생
- 당진시의 경우 PM10 연중 100일 이상 초과(2014년 기준)

전구 물질

KORUS-AQ 연구결과

- 국내 배출원에 의한 전구물질 반응으로 PM2.5, 오존 발생
- 충남 서해연안 2차 생성 미세먼지 농도 서울의 2배 이상 분포
- PM2.5 48% 국외 요인(겨울철 기여도 상향 예상)

국가 대책 수립

- 국가 대기환경 개선종합계획(2015)
- 석탄화력발전 미세먼지 대책
- 미세먼지 관리 특별대책 수립(2016)

지자체 맞춤형 대책수립

- 인천, 2020 미세먼지 저감 종합대책
- 충북, 충북 대기질 개선 기본계획
- 성남, 군포, 당진 등 기초지자체 수립

충청남도 대응

- 지역 대기환경기준 설정
- 미세먼지 예보 및 경보 조례 제정
- 화력발전소 배출허용기준 강화
- 청정 대기질 관리 추진 방안 수립

과학적 근거와 실효성 있는 대기질 개선계획 수립

41

2. 계획 범위 및 추진근거

과업명

▶ 충청남도 대기환경개선 5개년 종합계획 수립연구

과업기간

▶ 2017년 5월 ~ 2018년 3월 (10개월)

과업범위

- ▶ 공간적 범위 : 충청남도 전지역 (화력발전시설, 대규모 산업단지, 환경취약지역 포함)
- ▶ 시간적 범위 : 충청남도 전지역
 - 예측년도 : 2018년 ~ 2022년
 - 기준년도 : 2013년(국가 대기오염배출량 기준)

추진근거

- ▶ 대기환경보전법
- ▶ 대기환경규제지역 지정 및 실천계획 수립 등에 관한 규정
- ▶ 대기환경규제지역의 실천계획 작성지침

· 내용적 범위

- ✓ 대기환경에 영향을 미치는 일반환경 현황조사
- ✓ 국내외 대기환경개선 연구 및 정책동향 조사
- ✓ 대기오염물질 배출량 조사
- ✓ 대기오염도 현황 및 예측
- ✓ 분야별, 단계별 대기오염물질 자감목표 설정
- ✓ 대기질 개선방향 설정, 오염원별 주요 저감방안 마련
- ✓ 투자계획 및 경제성 평가
- ✓ 기타사항

▶ 내용적 범위

42

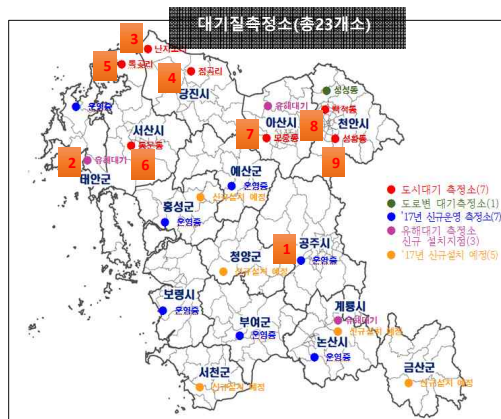
3. 과업 추진체계



43

4. 고정측정망 자료 수집 및 분석

- 도시대기 7개소, 도로변 1개소, 17년 신규운영 도시대기 7개소, 설치예정 8개소(유해대기 3개소, 도시대기 5개소)
총 23개소 측정망 구성 예정
- 측정자료 비교 : 도내 도시대기측정망(7개소), 교외대기(2개소), 국가배경농도(2개소) - 총 11개소 5년 비교, 분석
(2012년 -2016년)

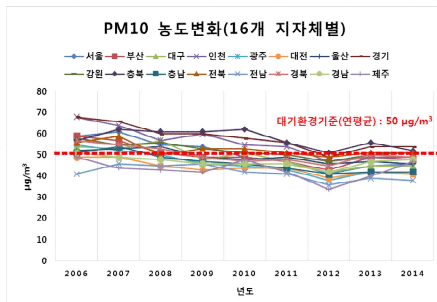
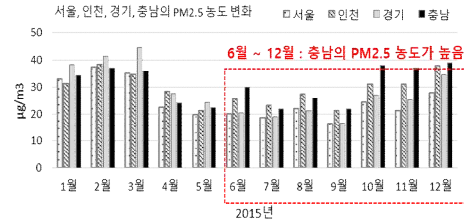


분류	측정소명	측정소 위치
교외대기 측정망	1) 사곡면	충남 공주시 사곡면 비국사로 293-106
	2) 파도리	충남 태안군 소원면 파도리 51-19
도시대기 측정망	3) 난지도리	충남 당진시 석문면 난지도리 533
	4) 정곡리	충남 당진시 송악면 정곡리 66-12
	5) 독굴리	충남 서산시 대산읍 별산1로 386
	6) 동문동	충남 서산시 동문동 918-3
	7) 모종동	충남 아산시 모종동 573-2
	8) 백석동	충남 천안시 백석동 555-57
	9) 성황동	충남 천안시 중남구 복자1길 24
국가배경농도 측정망	10) 백혈도	인천 옹진군 백령면 연화리 산 1025-1
	11) 고산리	제주 제주시 한경면 고산리 2768

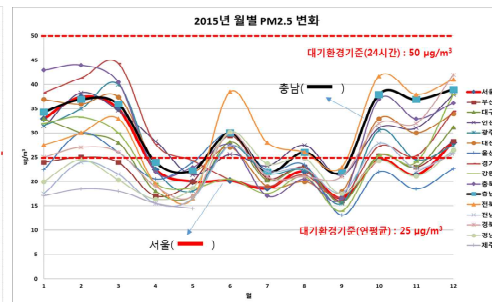
44

4. 고정측정망 자료 수집과 분석

- ▶ 대부분의 지자체는 환경기준을 초과하고 있으나 점차 감소추세
- ▶ 초미세먼지는 주로 봄과 겨울에 높으며 환경기준을 초과
- ▶ 서울 : 인천 : 경기 : 충남의 비교에서도 충남은 6월 ~ 12월에 초미세먼지의 농도가 상대적으로 높게 나타남



<16개 지자체별 PM10 농도변화>



<2015년도 16개 지자체의 월별 PM2.5 변화추이>

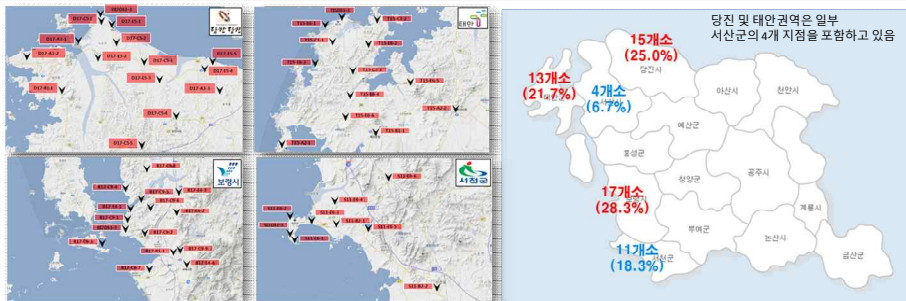
45

5. 대기오염도 조사

화력발전소 연구용역 - 간이대기오염 측정기 운영 현황

- 화력발전 주변 지역의 대기질 평가 : 60개 지점 * 4계절별 수행 중 (NO₂, SO₂, O₃, TSP, PM₁₀, CO₂, 중금속, VOCs)
- 충남도 대기환경개선 5개년 종합계획 수립을 위해 당진, 태안, 서산, 보령, 서천권역의 자료로 활용

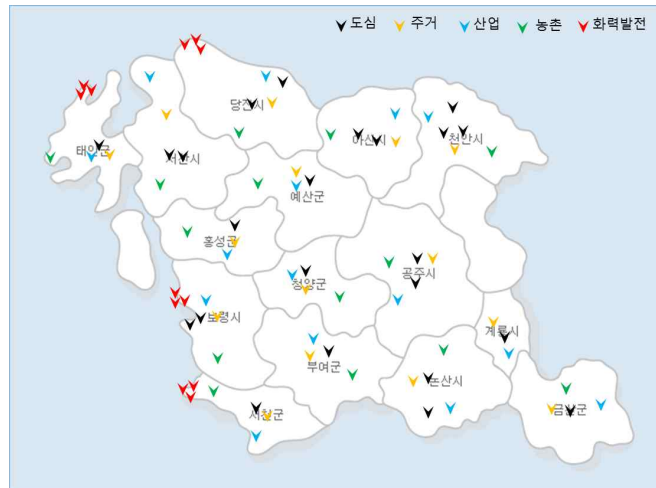
구분	기존 국가측정소 (도시, 교외)	신규 계획측정소	발전소 외부	화력발전 관련 측정소	발전소 내부	합계
당진권역	3	1	5	5	3	17(2개소 서산)
태안권역	2	1	6	3	3	15(2개소 서산)
보령권역	-	1	4	9	3	17
서천권역	-	2	6	-	3	11
소계	5	5	21	17	12	60



46

5. 대기오염도 조사

- 15개 시·군별 총 79개의 측정기 설치 (NO₂, SO₂, O₃, TSP)
- 측정지점 선정 방법 : 시(市)단위 5개소, 군(郡)단위 4개소 (단, 계룡시는 3개소로 축소)
- 지점별 사계절 측정(9월, 11월, 2월, 5월) 분석

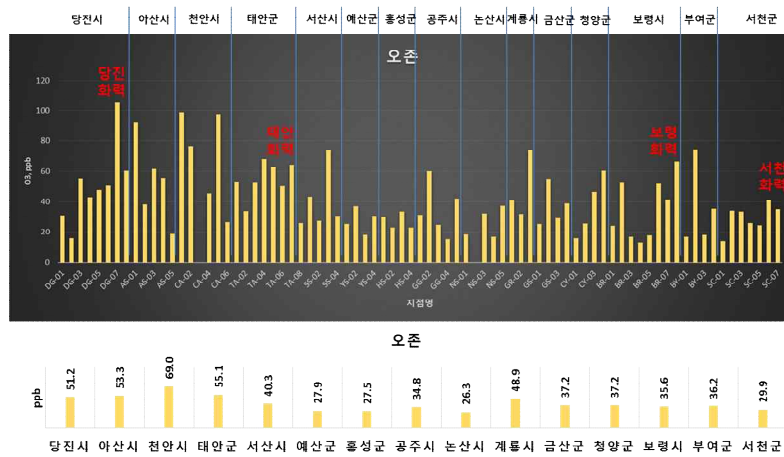


47

5. 대기오염도 조사

측정결과 - O₃

- 오존 농도범위 : 최소 (13.1 ppb) ~ 최대 (150.1 ppb), 평균 (41.4 ppb)
- 지역간 비교에 의하면 1)천안시 > 2)태안군 > 3)아산시 > 4)당진시 > 5)계룡시 > 15)논산시

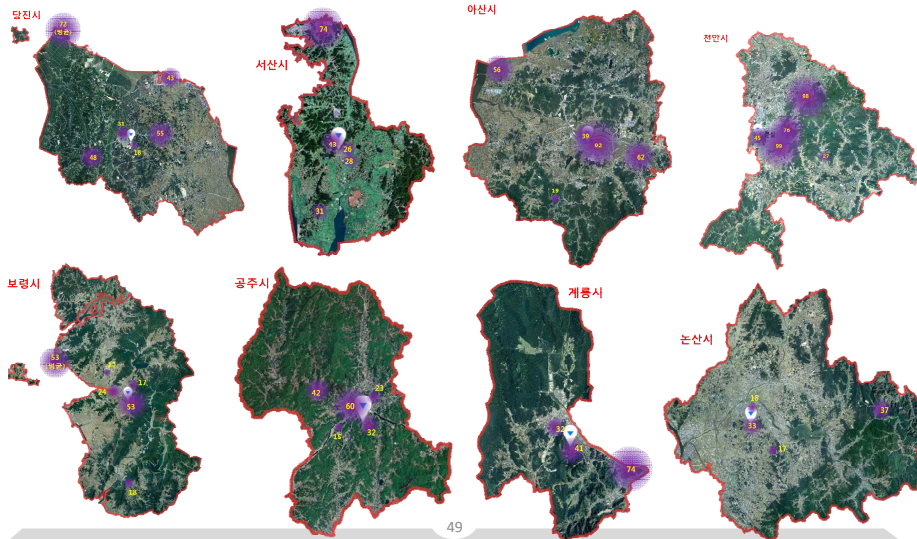


48

5. 대기오염도 조사



- 오존은 대체적으로 산업시설과 도심지역 그리고 해안가를 주변으로 높은 사항
- 도심성 오존과 해안성 오존의 분석이 필요

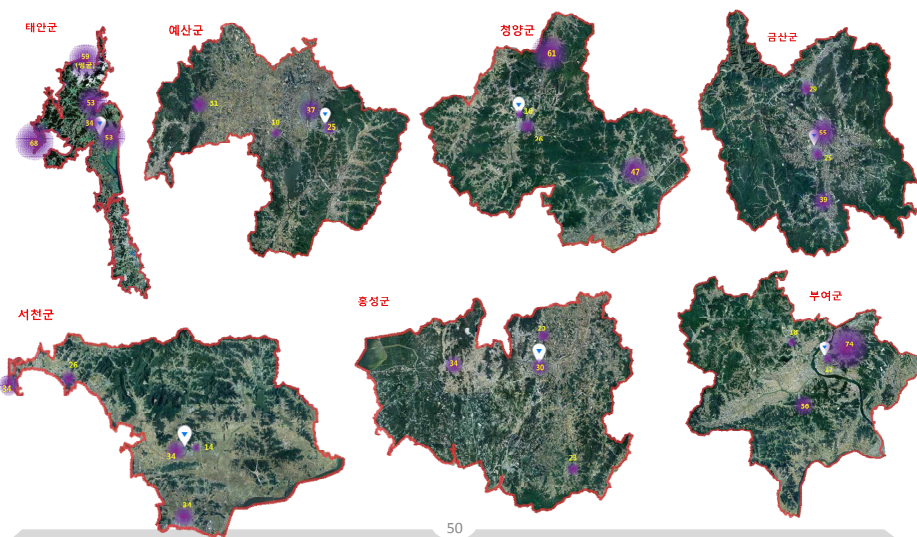


49

5. 대기오염도 조사



- 해안지역과 근접하고 있는 태안군의 오존 농도가 상대적으로 높음
- 태안군을 제외하고 평균적으로는 군(郡)이 시(市) 지역의 오존 농도보다 낮은 사항

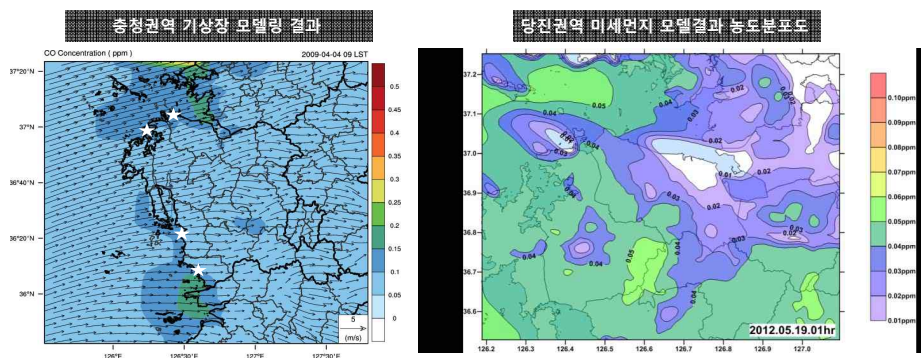


50

6. 장래 대기오염도 예측방안

장래 대기오염도 예측 방안

- 충남도에서 수행 중인 '화력발전소 주변지역 기후환경영향 연구' 연구팀 결과 연계 활용
- 충청권역 기상모델링 결과를 바탕으로 대기확산 및 대기광화학 모델링 수행
- 모델링 결과에 대한 통계적 수치(ex. R, IOA, RMSE, MBE 등)를 통해 정량적으로 평가



51

6. 장래 배출량 산정

“배출원별 장래 배출량 산출 인자”

대분류		장래예측 인자
에너지 산업연소		총 에너지 증가율
비산업연소	주거용 시설	주택 증감률
	상업 및 공공 기관시설	상업부문 도시계획 3차 산업 종사자 증감률
	농업/축산/수산업 시설	1차 산업 종사자 수
제조업 연소		제조업(산업부문) 에너지 증감률
생산공정		제조업(산업부문) 에너지 증감률
에너지 수송 및 저장		총 에너지 증가율
유기용제 사용		인구 증감률
		장래 통행량 예측
		등록대수 예측
도로이동 오염원		수송부문 에너지 증감률
		인구 증감률
		수송부문 에너지 증감률
비도로 이동오염원	철도	물동량 예측
		수송부문 에너지 증감률
	선박	운항 횟수 예측
		수송부문 에너지 증감률
	항공	도시계획 증감률
		1차 산업 종사자 수
건설기계	인구 증감률	
농기계	일정 또는 감소	
폐기물처리		1차 산업 종사자 수
기타 면오염원		
농업		

충청남도 장래배출량 전망

- 오염물질별 : CO, NO_x, PM₁₀, SO_x, VOC
- ton/yr 단위로 산출
- 계획기간 : 2018 ~ 2022년 (5년간)
- 기준년도 : 2013년
- 근거자료 : 도시기본계획, 통계연보, 에너지 기본계획, 산업/발전/환경시설 등의 증설 등 종합적으로 고려
- 통계자료와 전망치의 오차범위가 클 경우, 일률적인 증감률 등을 적용하여 추정

52

7. 대기오염 저감목표 설정

충청남도
배출량 및 오염도 전망

대책에 따른
목표농도 설정

대기질 목표 설정과
데이터 분석

저감 목표 설정의
과학적 근거 확보

분야별, 기간별 특성
고려, 실천 가능한
저감목표 설정

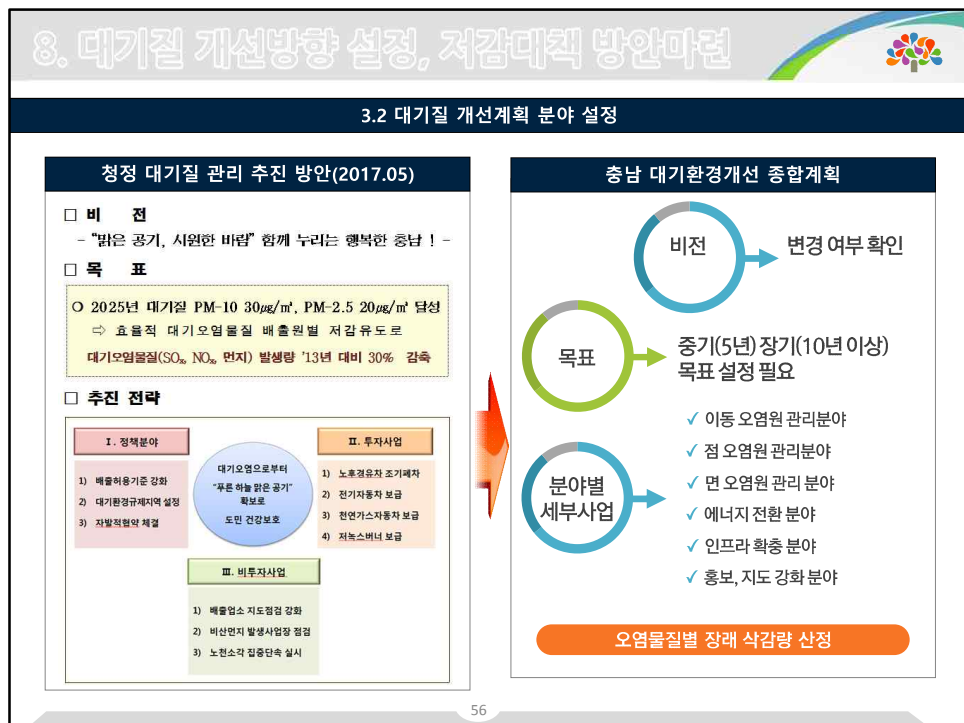
구분	대규경북 (대기환경 관리 중장기 발전계획, 2010년)	1차 수도권 대기환경관리 기본계획 (2013년)
실천사업	<ul style="list-style-type: none"> 자동차배출가스 저감관리(저공해 자동차, 매연저감장치, LPG 엔진개조, 노후차 조기폐차, 배출가스 단속 등) 연료전환 및 배출시설 저감관리(도시가스 보급, 사업장 배출원 저감 관리, 주유소 유증기 등) 환경저부하형 도로교통체계 구축(교통수요관리, 자전거 및 대중교통 이용 활성화) 친환경적 도시계획 및 관리(녹화사업, 원충녹지, 도심 실개천, 바람길 조성 등) 대기환경 관리체계 개선(자동측정망 확충, 대기정보관리 시스템 구축, 관리 협의체 구성, 대기오염 총량제 도입 등) 실내공기질 개선 및 시민참여 유도(승용차 요일제, 시민 모니터링 도입 운영, 교육 및 홍보 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 자동차 관리(제작자 배출허용기준 신규 도입 및 강화, 저공해 자동차 보급, 운행경유차 저공해화, 자동차 연료 유통량 기준 강화) 사업장 관리(대형사업장 총량관리제도 도입, 중소사업장 관리) 면오염원 관리(도로 유기용제 VOCs 함량 제한, 주유소 유증기 회수설비 설치 의무화, 컵백아스팔트 사용 제한, 가정용 저녹스 보일러 설치, 저황유 사용 확대) 비산먼지 관리(도로 비산먼지 제거장비 보급, 지역난방, 신재생 에너지 보급 및 녹지조성)
저감목표 삭감효과	<ul style="list-style-type: none"> PM₁₀ (년) [현재] 45~49μg/m³ → [2020] 40μg/m³ 오존 (8시간) 오존 저감 목표 없음 그 외 물질 NO₂ : [현재] 24~18ppb → [2020] 20ppb PM_{2.5} : [현재] ?? → [2020] 20μg/m³ 	<ul style="list-style-type: none"> PM₁₀ (년) [2004] 59μg/m³ → [2012] 41μg/m³ → [2014] 40μg/m³ 오존 오존 저감 효과 제시하지 않음 그 외 물질 NO₂ : 저감 목표 달성이 어려울 것으로 전망함 그러나, 인천 경기의 경우는 각각 28ppb → 27ppb, 32ppb → 28ppb로 개선되는 추세로 분석하고 있음

53

7. 대기오염 저감목표 설정

내 용	필요성	한계점	반영여부
PM2.5	<ul style="list-style-type: none"> 저감목표 물질 선정 요구도 높음 인체위해도 높음 전구물질(VOCs, NOX, SOX, NH3, 블랙카본 등)로 총합관리지표로서 활용성 높음 	<ul style="list-style-type: none"> 유의미한 실측자료 미흡 기술적, 과학적 적용의 한계성 존재 배출량 산정 난해(인증된 측정장비 부재) 국제적, 인접 지자체간의 유기적 협조필요 	■반영
PM10	<ul style="list-style-type: none"> 황사, 노천소각 등에 의한 지표로 미세먼지 관리 기반지표임 관리를 위한 실측자료 확보가 용이함 정책지표로서 활용 가능성 높음 	<ul style="list-style-type: none"> 황사 등 외부영향 큼 누락배출원 다수 존재 	관리물질 제안
SOX NOX	<ul style="list-style-type: none"> 충남의 특징적 오염물질(화력발전소 등)로 대기개선의 주요지표 PM2.5 전구물질로 중요 	<ul style="list-style-type: none"> 3, 4, 5종 누락배출원 정밀 조사 필요 선박 등 비도로 이동오염원 관리 어려움 	
VOCs	<ul style="list-style-type: none"> 충남의 특징적 오염물질(대산산단 등) NASA 조사 대응을 위한 계획 수립 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 자동측정이 불가하며, 측정비용 고가 화학반응으로 저감계획 수립 난해(추적의 어려움으로 배출원 위주 관리 한계 존재) 	
중금속 HAPs	<ul style="list-style-type: none"> 장기노출시 인체 위해도 높음 상대적으로 관리가 미흡 	<ul style="list-style-type: none"> 상대적으로 관리가 미흡하고, 기초자료 부족 특정 유해물질의 경우 측정지점, 자료 부재 배출실태 조사 미비 	■반영

54



9. 투자계획 및 경제성 평가

1

· 재정 여건분석

2

· 연차별 투자계획 수립

✓ 제2차 수도권 대기환경관리 기본계획(2014) 예

단위 : 억원, %

항목/년도	계	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
중계	4,558,109	540,475	559,755	578,373	598,574	592,223	355,364	331,718	332,483	334,507	334,637
교동수단 관리	3,701,896	461,109	470,979	482,654	482,104	488,745	266,741	262,391	262,391	262,391	262,391
배출시설 관리	361,071	38,100	38,304	38,516	38,737	38,966	32,205	32,453	32,711	32,960	33,000
생활오염원관리	422,944	33,766	44,272	51,203	71,734	48,511	49,418	29,874	30,381	31,637	32,148
과학적 관리기반 구축 및 홍보강화	72,200	7,500	6,200	6,000	6,000	16,000	6,000	6,000	6,000	6,500	6,000

3

· 삭감량당 투자비용 산정

4

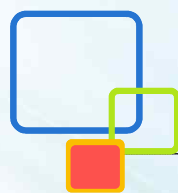
· 자원조달 방안 제시

기타

· 실천계획 이행사항 평가계획 수립

· 환경기준 이외의 대기오염물질에 대한 상시 측정 계획 수립(중금속, 악취 등)

57



Thank You!

“맑은 공기, 시원한 바람” 함께 누리는 행복한 충남

58