

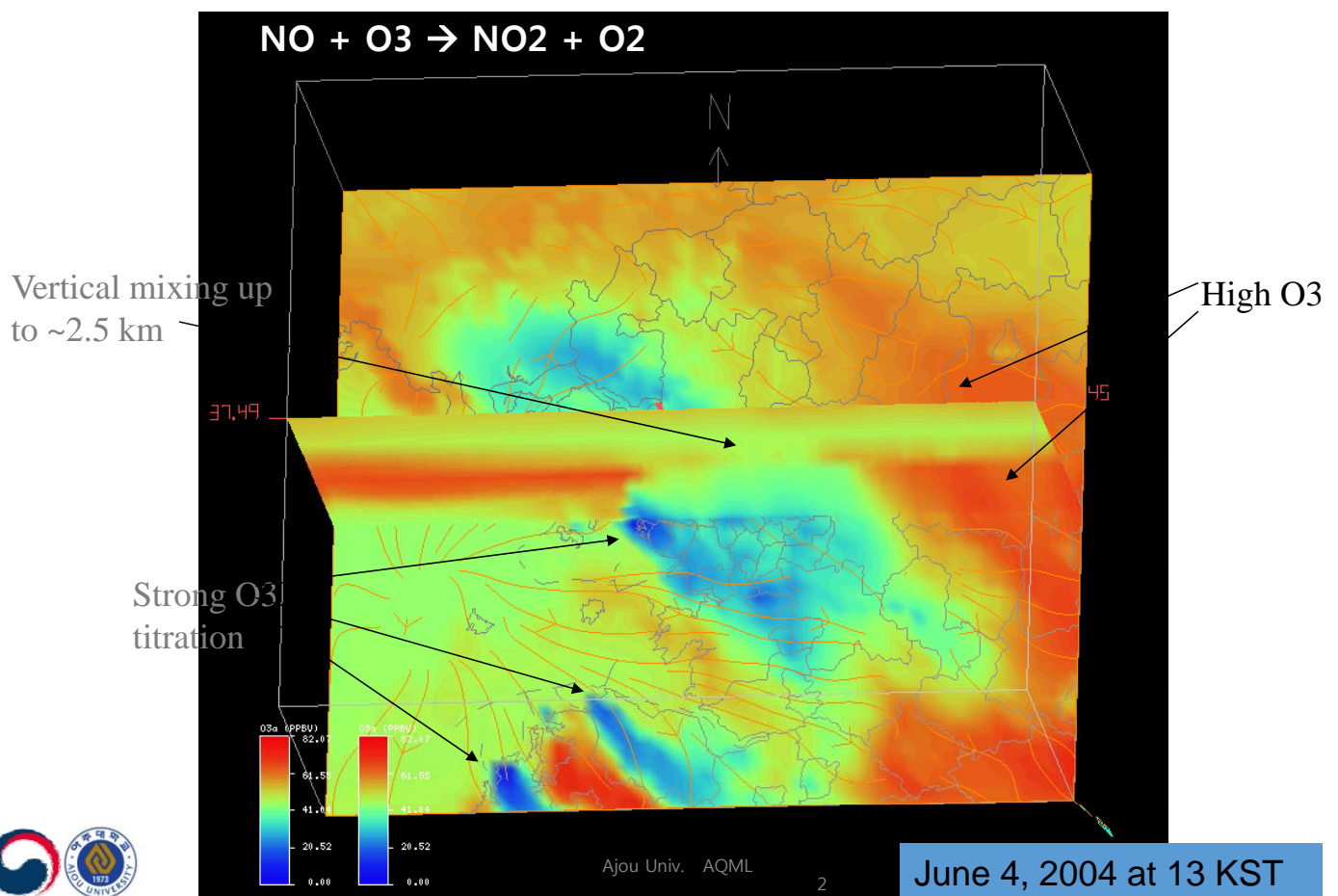
# 충남지역 대규모 점오염원의 초미세먼지 기여도 분석

김순태

아주대학교 환경안전공학과

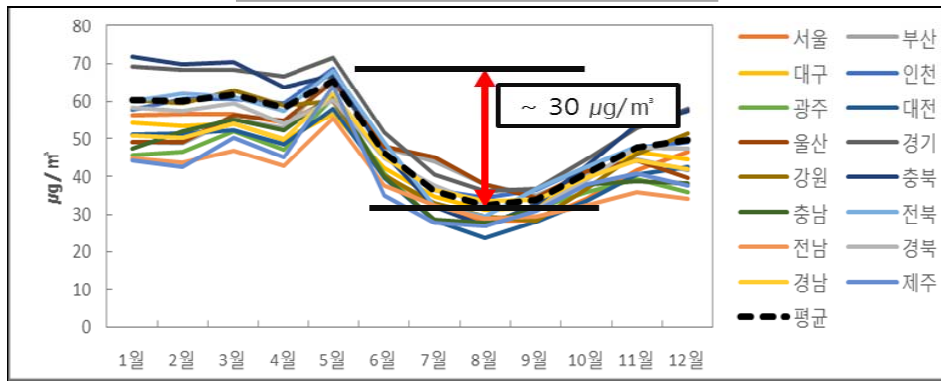
## Simulated O3 Concentrations over Seoul & CN

2



# PM<sub>10</sub> 농도 변화

2011~2014 평균



4년 평균 농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

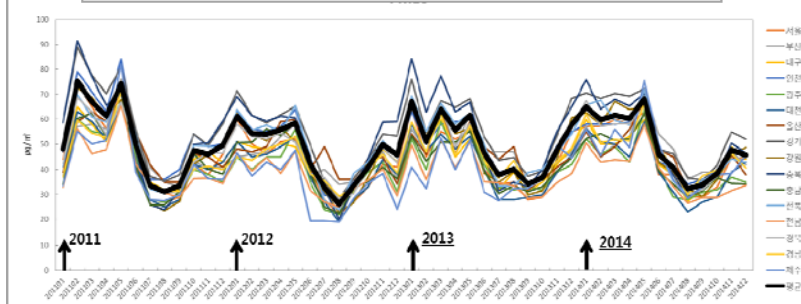
지역	4년 평균 농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
경기	55.4
충북	52.9
인천	50.0
전북	49.5
경북	47.5
강원	47.2
울산	47.1
부산	47.0
경남	45.1
대구	44.9
서울	44.6
충남	42.7
대전	41.5
광주	40.9
제주	40.3
전남	38.7
평균	46.0

~ 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

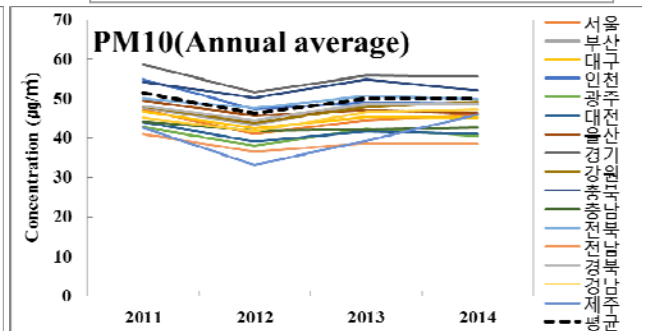
평균

~ 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PM<sub>10</sub> 월평균 농도 변화 (2011 ~ 2014)



최근 4년 연평균 PM<sub>10</sub> 농도 변화

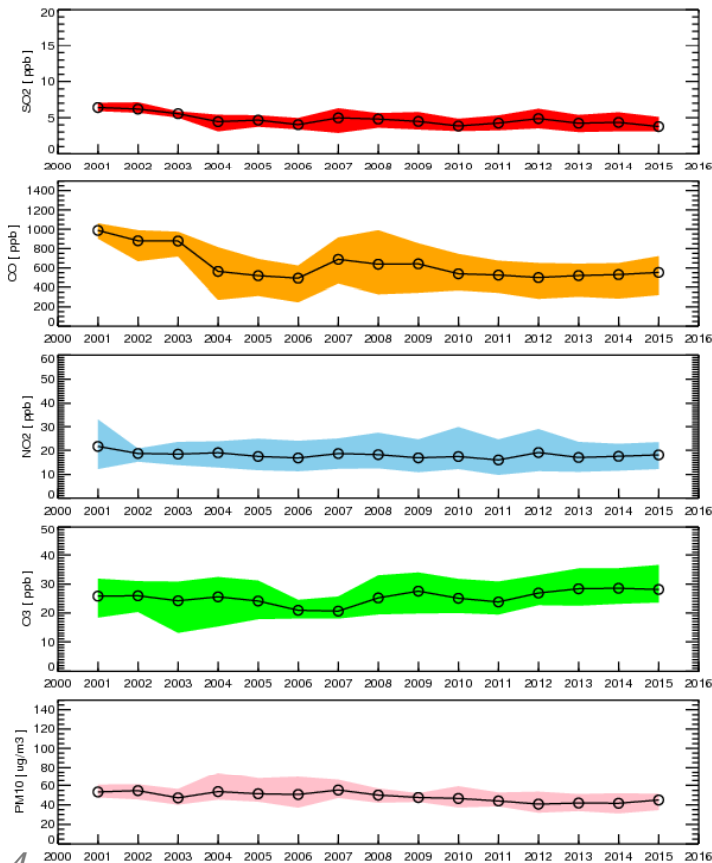


ref : 대기환경연보

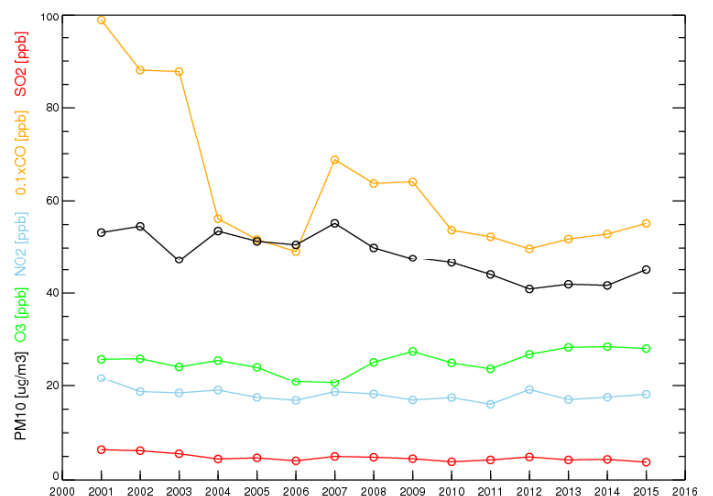
## 2001년~2015년 충남 기준성 대기오염물질 변화



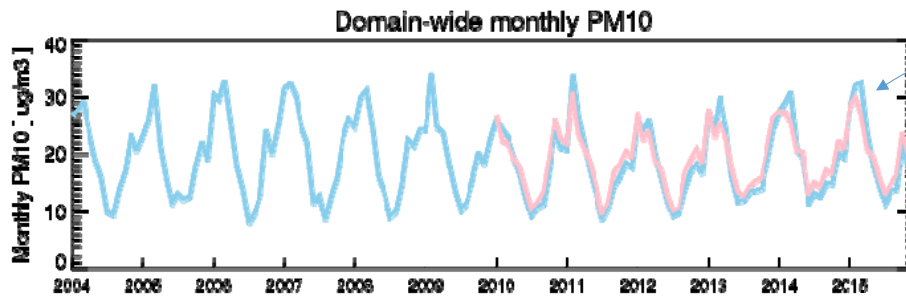
Observed Annual Mean Concentrations over Choongnam



Observed Annual Mean Concentrations over Choongnam

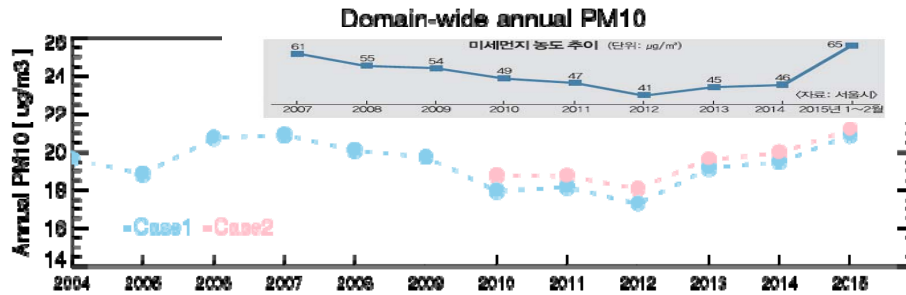


# 2004-2015년 남한지역 PM10 모사농도 변화



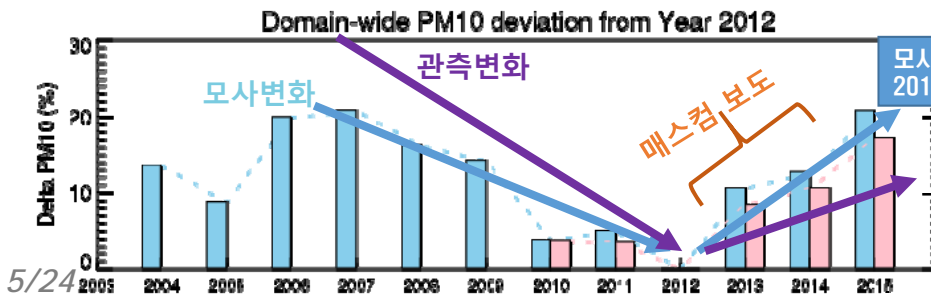
2개의 배출 시나리오  
농도는 차이를 보이나, 변화패턴은 유사

컴퓨터 시뮬레이션 시 배출량 고정  
기상 요소만 변화



서울시 2007년 대비 2012년 -50% 감소

하강세, 증가세 차이 정도에 대한 원인 및  
영향 분석 필요:  
기상, 저감대책, 국외영향, 배출량 민감도



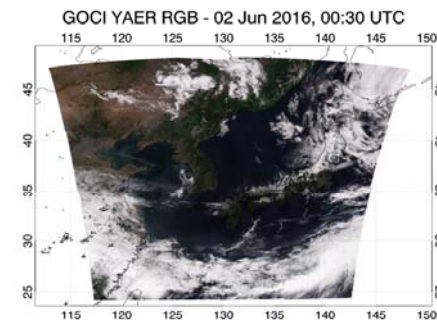
모사: 남한지역 2007년 대비 2012년 -20% 감소  
2012년 이후 서울시에 비해 가파른 증가세

## 대기오염물질의 장거리 수송

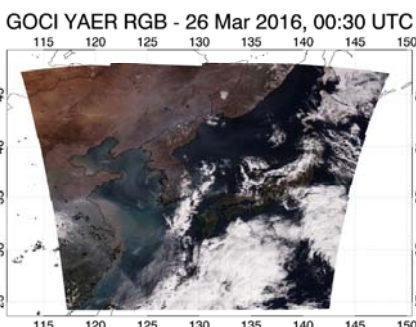


### MAIDS (True color)

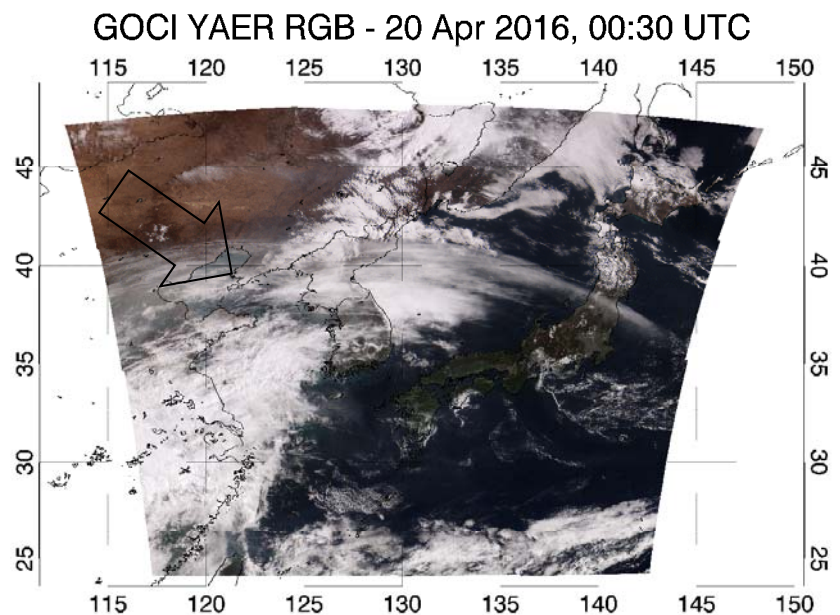
#### 비 이동 사례(맑은 날)



#### 이동 사례

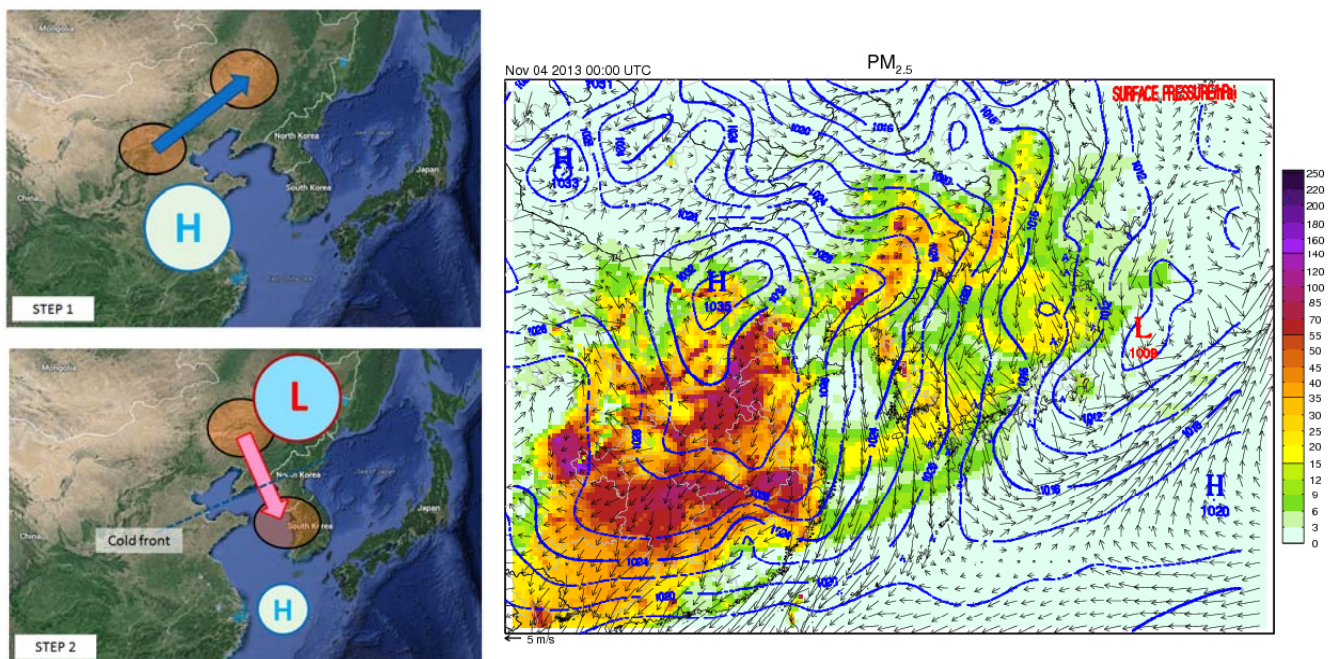


### 이동 사례(애니메이션)





# 대기오염물질 장거리 이동



Synoptic perspectives of pollutant transport patterns observed from satellites over East Asia, Kim et al., 2014, CMAS conference

Air Resources Laboratory

7

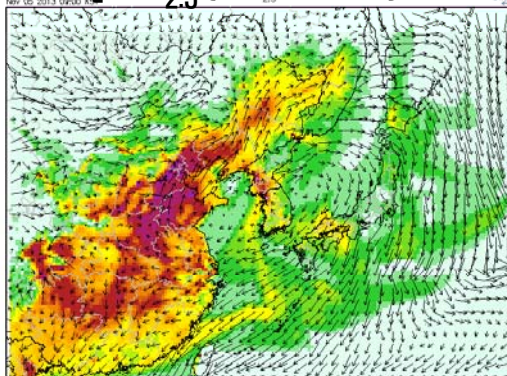
CMAQ: 시뮬레이션  
MODIS, COME-2: 위성

## CMAQ 및 AOD 비교

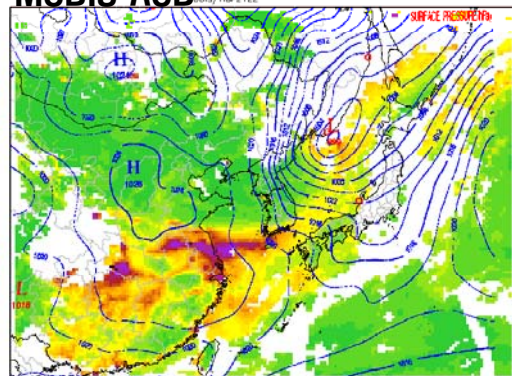


AOD: Aerosol Optical Depth

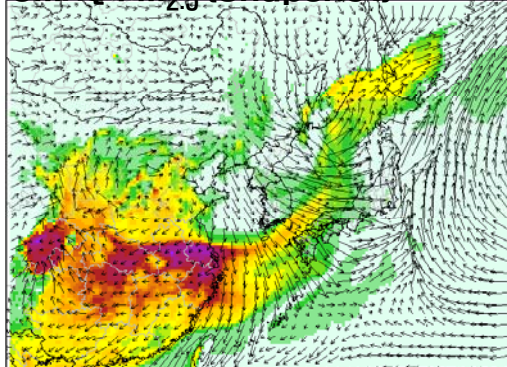
CMAQ PM<sub>2.5</sub> (Animation)



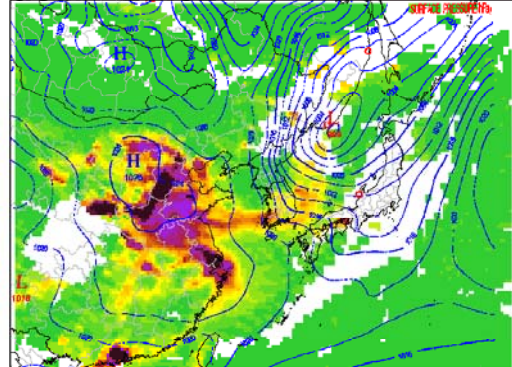
MODIS AOD



CMAQ PM<sub>2.5</sub> (Snapshot)



GOME-2 NO<sub>2</sub>



## 2차 생성 미세먼지

홈 > 뉴스 > In-Depth > Point of View

[심층분석] "미세먼지 2차 생성물질 규명 어렵다"

방향 잃은 미세먼지 대책

\*출처: <http://www.thescoop.co.kr/news/articleView.html?idxno=20364>

[194호] 2016년 06월 06일 (월) 09:52:39

고준영 기자 shamandn2@thescoop.co.kr



환경부가 미세먼지 저감 대책으로 '경유 값 인상안'을 내놓자 여론의 질타가 쏟아지고 있다. 특히 전문가들의 비판이 날카롭다. 미세먼지를 줄이는 게 쉬운 일이 아니라는 이유에서다. 박기홍 광주 과학기술원 교수는 "2차 생성물질을 규명하는 것도 쉽지 않다."고 꼬집었다. 정부는 지금 무엇을 하고 있는 걸까.

▲ 미세먼지 불안감은 커져가는데 정부는 대책은커녕 발생원인조차 규명하지 못하고 있다.[사진=뉴스1]

미세먼지, 제대로 된 통계가 없다

f t 8+

환경부서 발간한 책자엔  
전체 미세먼지양에 육박하는  
비산 미세먼지는 집계 안해  
3일 대책 근거로 내세운 통계는  
초미세먼지 제조업 비중 낮아지고  
발전소·경유차 비중은 높아져  
해외 연구기관 조사와도 상이  
미세먼지 2차 생성물 집계도  
정확성 논란... 추가 연구 필요

\*출처: <http://www.hankookilbo.com/v/59c44539a4094d47958a5c2241a8a8dc>

### '배기가스가 미세먼지로...' 2차 생성도 문제

입력 2016.05.31 (06:40) | 수정 2016.05.31 (08:29) | 712

뉴스광장 1부

### [탐사플러스] "2차 오염물질 상당" 결과 나오기 전 대책 내놓은 정부

[JTBC] 입력 2016-06-06 21:51 | 수정 2016-06-08 00:13

공저: 뉴스를 보는 새로운 방식, JTBC 카드뉴스를 선보입니다!

URL 열리기

\*출처: [http://news.jtbc.joins.com/article/article.aspx?news\\_id=N811247744](http://news.jtbc.joins.com/article/article.aspx?news_id=N811247744)

\*출처: <http://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=3287714&ref=A>

9/26

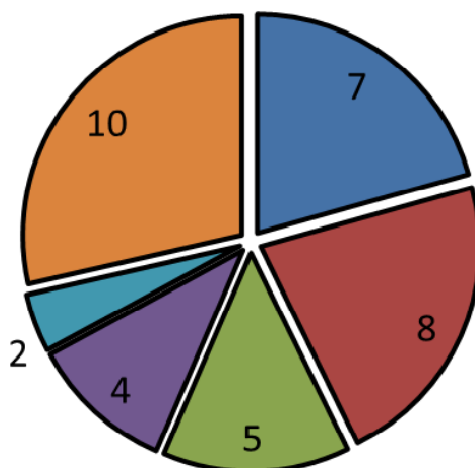
Ajou University  
Environmental Engineering

## PM2.5 관측농도



PM2.5 연평균 성분 농도(2014, 불광동), unit:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

연평균 :  $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$



SO42-  
NO3-  
NH4+  
OC  
EC  
Unknown

가스상 오염물질

SO2

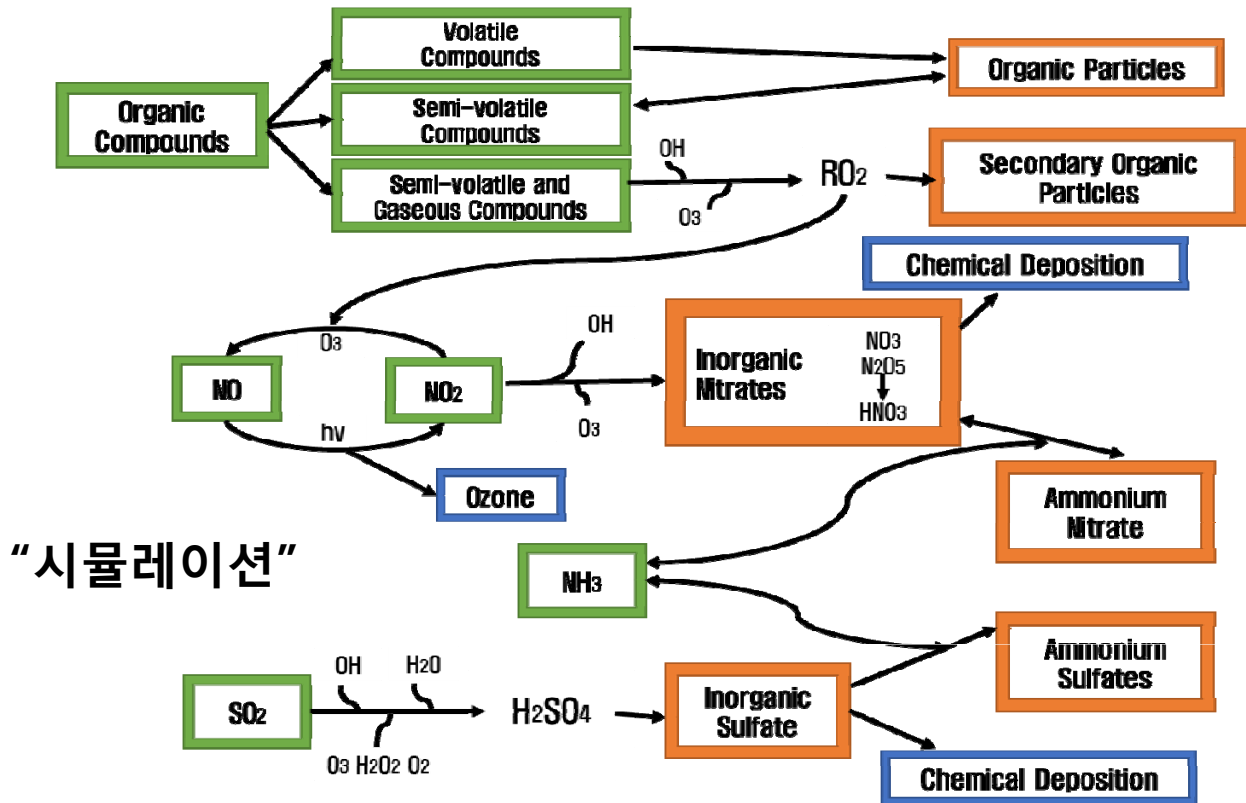
NOx

NH3

10/24

Ajou University  
Environmental Engineering

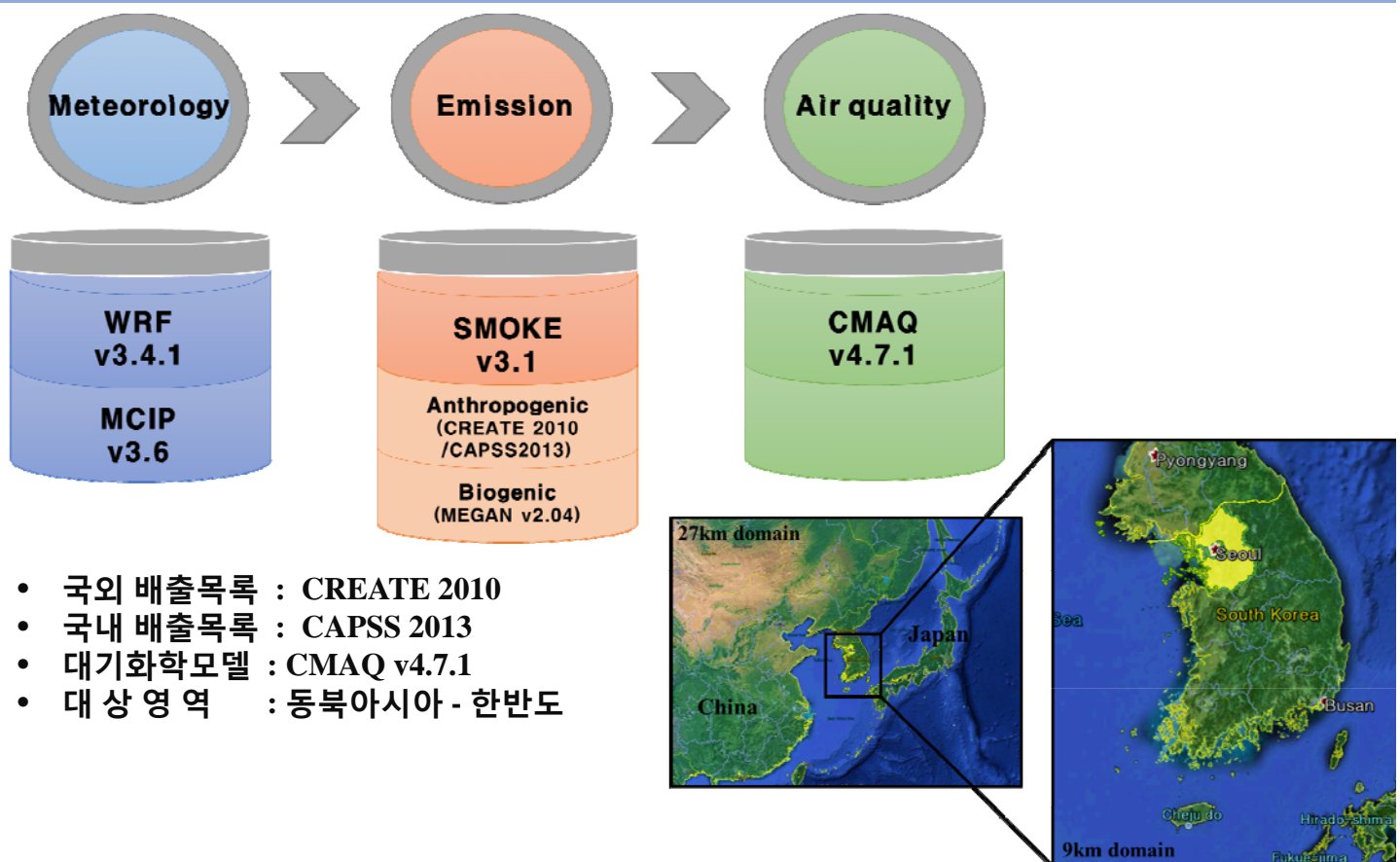




11/24

Ajou University  
Environmental Engineering

## 대기질 모델링: 배출량 중심 기여도 분석 방법



## ◆충남지역 화력발전



### ◆ 모사영역

한반도를 포함한 9km 격자 domain

### ◆ 모사기간

2010년 1, 4, 7, 10월(각 계절의 대표 월)

### ◆ 모사대상

수도권과 인접한 충남지역에 위치한 화력발전 및 대형점오염원

### ◆ 모사수행

WRF(기상)-SMOKE(배출량)-CMAQ(대기질 모사)

# Model Configuration

- WRF (Weather Research and Forecast)
- SMOKE (Sparse Matrix Operator Kernel Emissions)
- CMAQ (Community Multi-scale Air Quality)

## CMAQ

Version	Version 4.7.1
Chemical Mechanism	SAPRC 99
Aerosol Module	AERO5
Boundary Condition	Default profile for the 27km domain
Advection Scheme	YAMO
Horizontal Diffusion	Multiscale
Vertical Diffusion	Eddy
Cloud Scheme	RADM

## WRF

Version	Version 3.4.1
Micro Physics	WSM6(Hong and Lim, 2006)
Cumulus Scheme	Kaio-Fritsch(Kain 2004)
Long wave radiation	RRTM(Mlawer et al, 1997)
Short wave	Dudhia Scheme
PBL Scheme	YSU(Hong et al, 2006)
LSM Scheme	NOAH(Chen and Dudhia 2001)

< CMAQ and WRF configurations used in this study >

- 본 연구에서는 WRF – SMOKE – CMAQ framework를 이용하여 모사를 진행함

## ◆기여도 분석 방법 : BFM(Brute Force Method)

\* BFM : 분석하고자 하는 하나의 변수를 선택하고 그것을 제외한 나머지 변수 및 조건은 동일하여 선택한 변수를 수정하거나 반대로 나머지 변수 및 조건을 수정하여 그 영향을 알아보는 방법

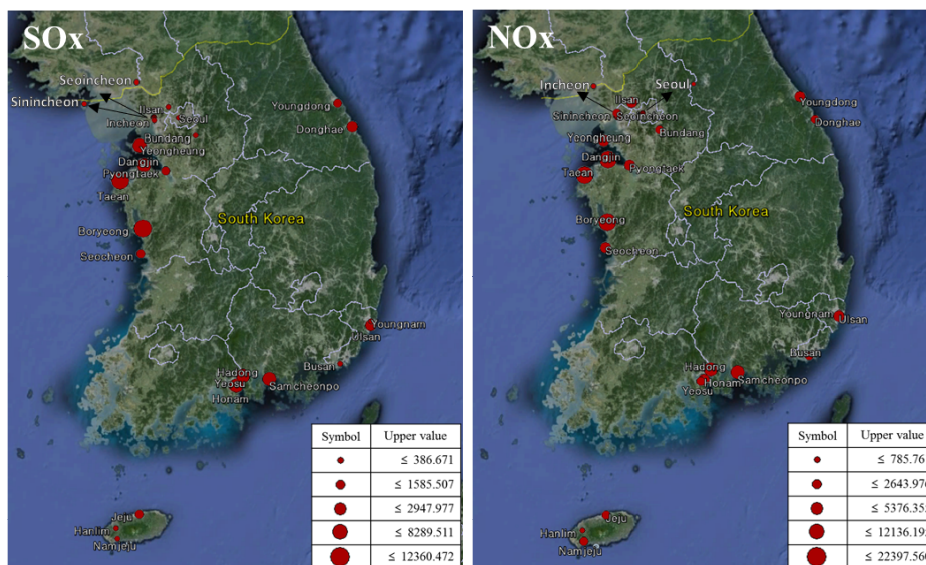


- I. 기본모사 수행
- II. 20% 삭감모사 수행  
→ 대상이 되는 화력발전 배출량을 20% 삭감하여 수행
- III. (기본모사 - 20%삭감모사) X 5 = 화력발전소의 영향

## 기여도분석 - 기존화력

### ◆배출량

- 배출량은 CAPSS 2010 배출목록을 기반으로 산정하였기 때문에 2010년 이후에 설립된 발전시설의 경우 대상에서 제외됨
- 주로 해안가에 위치하였으며 충남 및 경남지역에 주로 규모가 큰 발전시설이 있음

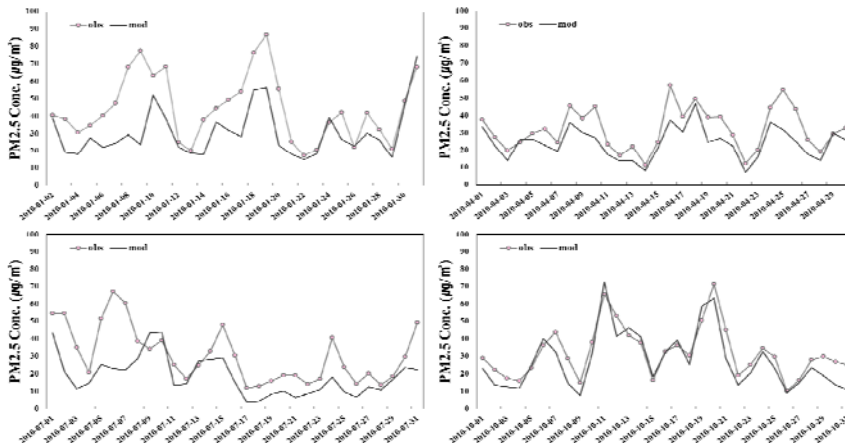




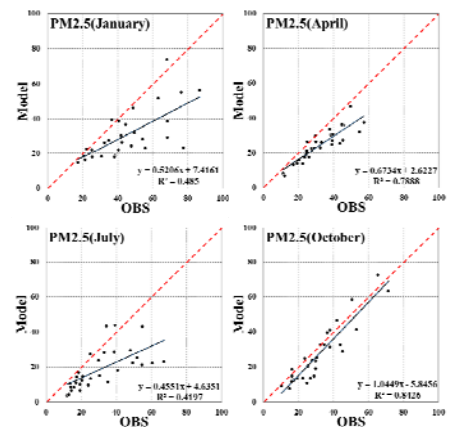
## ◆ Model Performance Evaluation



- 수도권 지역에 위치한 8개 측정소의 관측값을 사용하여 비교함
- 상관계수는 10월에 0.8426으로 가장 크게 나타났으며 7월에 0.4197으로 가장 낮게 나타남
- 전반적으로 과소모사하는 경향을 보임



Ajou University, AQRL

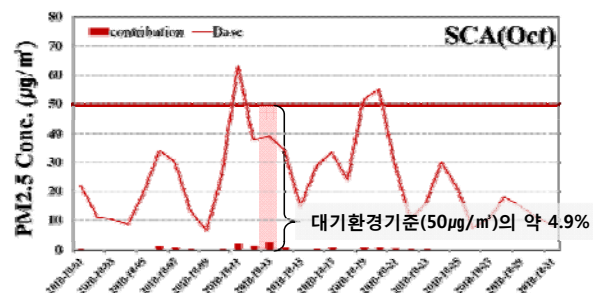
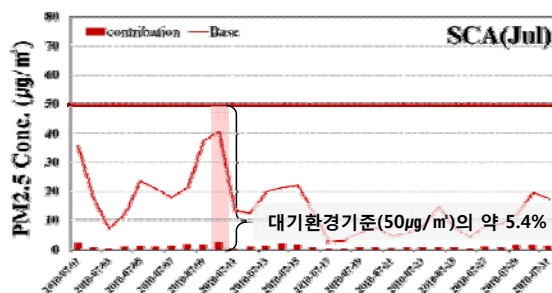
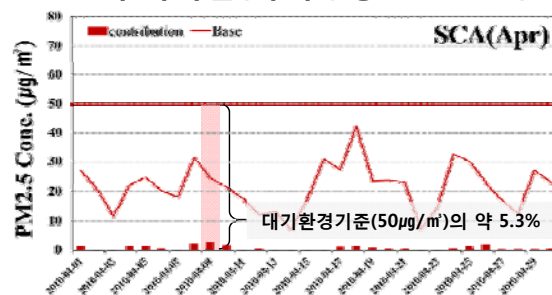
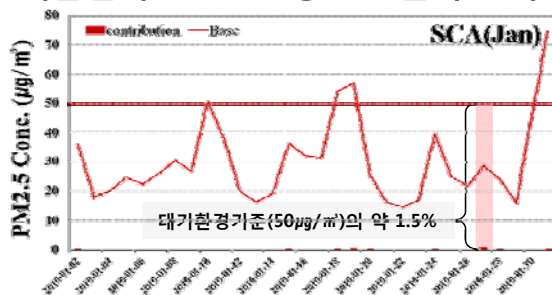


17

# 기여도분석 - 기존화력

## ◆ 일평균 기여농도

- 화력발전이 수도권지역의 일평균 PM2.5농도에 미치는 영향을 나타냄
- 여름철인 7월에 일평균 대기환경기준인  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 최대 5.4%까지 차지함
- 겨울철에는 PM2.5농도는 높지만 기여도는 낮게 나타남(국외영향으로 판단)

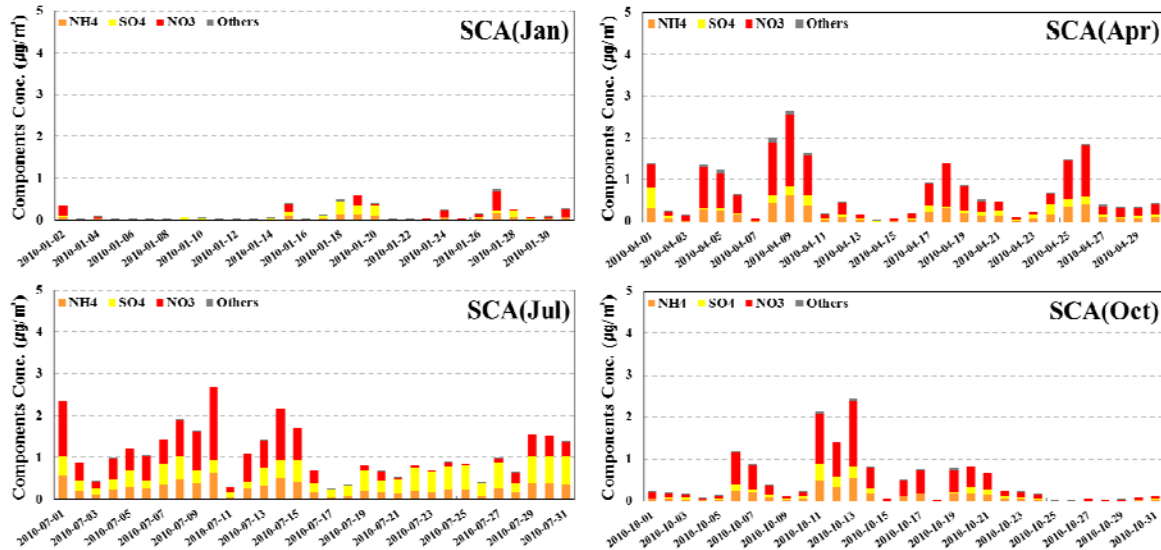


Ajou University, AQRL

18

## ◆PM2.5 성분 기여도 분석

- PM2.5 의 주요 성분인 Nitrate, Sulfate 및 Ammonium을 나타냄
- 전반적으로 Nitrate가 상대적으로 큰 비율을 차지하는 것으로 나타났으며 Sulfate의 경우에는 여름철에 비율이 크게 증가하는 것으로 나타남



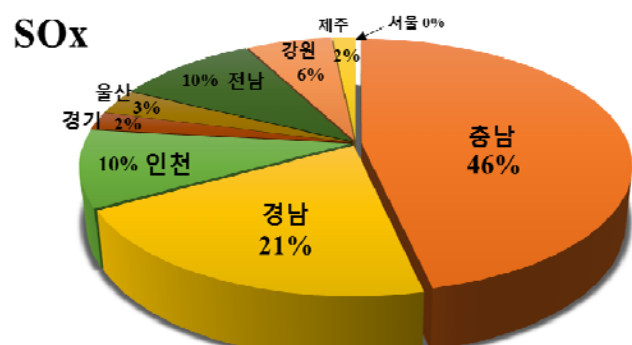
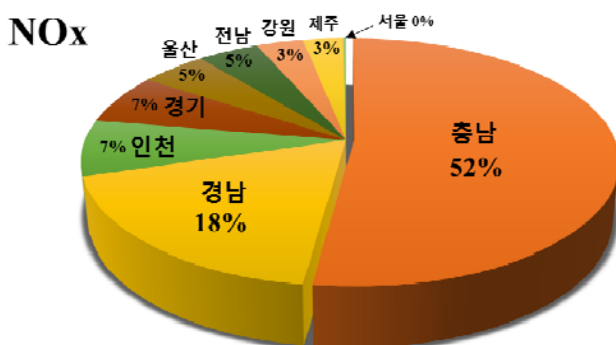
Ajou University, AQRL

19

# 기여도분석

## ◆충남영향 분석 이유

- 기존화력에서 충남지역은 NOx 52%, SOx 46%로 절반 정도를 차지함
- 우리나라는 편서풍의 영향을 받기 때문에 충남 해안에 위치한 발전시설이 인구밀도가 높은 수도권지역에까지 영향을 미칠 수 있기 때문에 모사대상으로 설정함
- 충남지역에 위치한 대형 점 오염원의 배출량을 수정하여 그 영향을 분석함



# 기여도 분석 - 충남지역



## ◆ 격자별 월평균 기여농도



PM <sub>2.5</sub>	1월	4월	7월	10월
기본모사	33.4	23.7	17.5	27.2
기여농도	0.4	1.2	1.7	1.5

unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## ◆ 격자별 월평균 최대기여농도

PM <sub>2.5</sub>	1월	4월	7월	10월
기본모사	42.4	30.4	26.2	35.5
최대기여농도	1	3.9	6.8	2.7
기여도	2%	13%	26%	8%

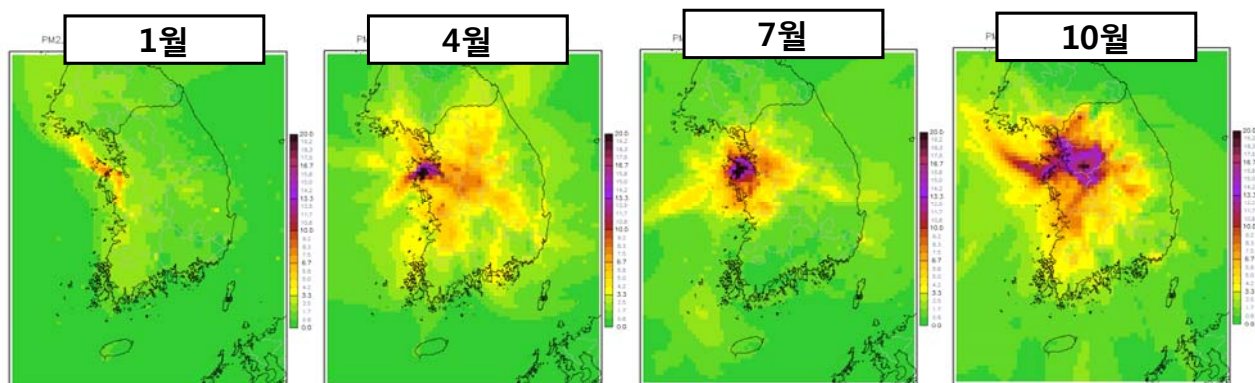
unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- 대상지역의 격자별 월평균 기여농도는 최대  $1.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 까지 나타났으며 4개월의 평균을 연평균으로 보았을 때,  $1.18\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 연평균 대기환경기준인  $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 4.7% 값으로 나타남

# 기여도 분석 - 충남지역



## ◆ 격자별 일평균 최대기여농도



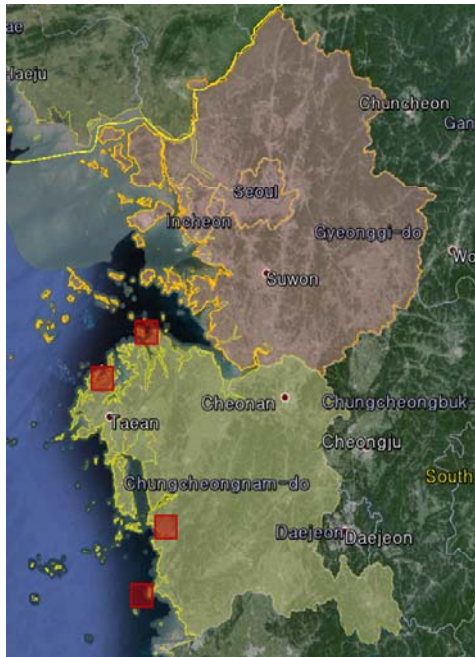
PM <sub>2.5</sub>	1월	4월	7월	10월
기본모사	93.4	63.6	61.9	101.4
최대기여농도	3.5	17.0	17.5	20.9
기여도	4%	27%	28%	21%

unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

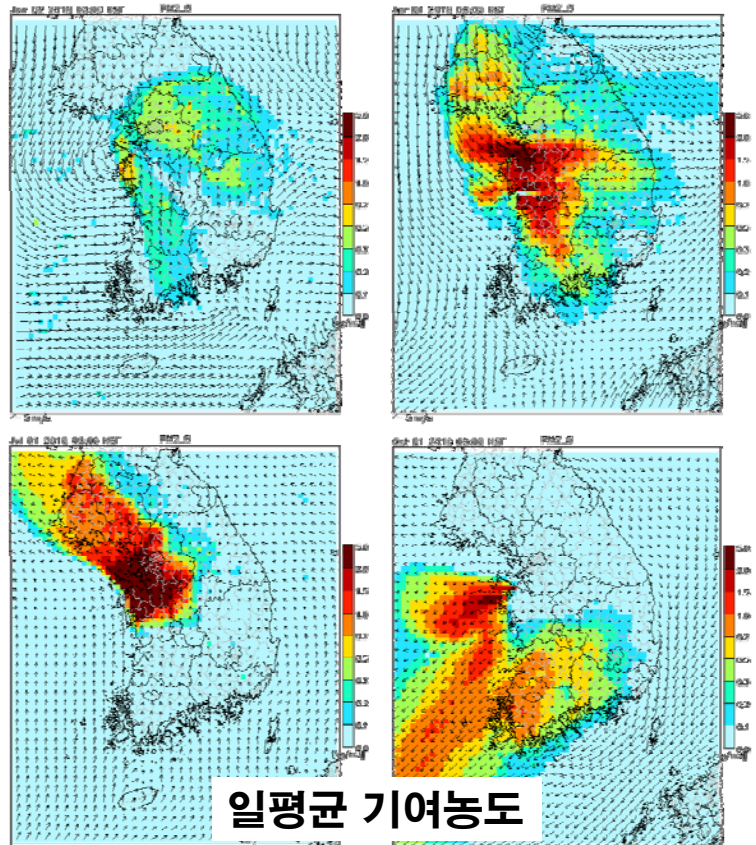
- 최대 기여농도는 여름철에  $17.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 PM<sub>2.5</sub> 일평균 대기환경기준인  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 35%의 값을 보임



## 충남지역 화력발전 및 대형 점오염원

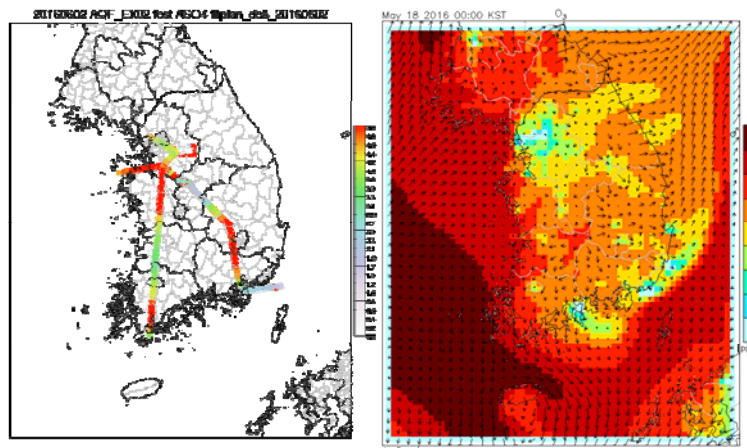
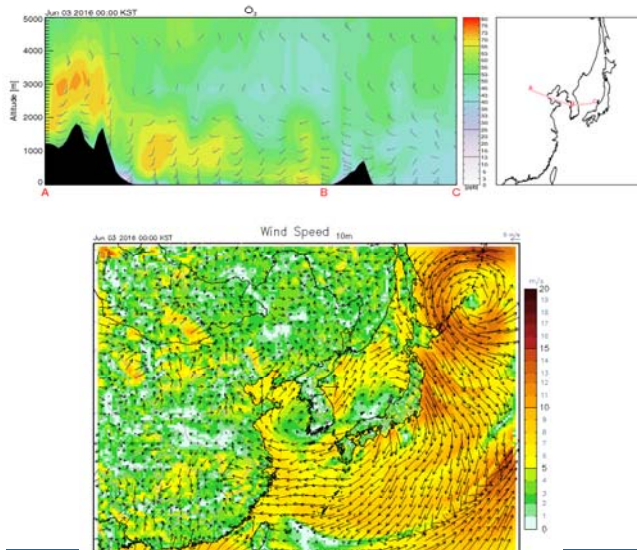


■ 화력발전시설



일평균 기여농도

## 한미 공동 대기질 측정 실험



"모르는 배출량, 고농도 원인 규명 필요"



## [단독] 미세먼지 농도 '고농도구역' 첫 확인

본문듣기 | 설정

기사입력 2016-06-14 21:38 기사월문 144> 112



미세먼지 농도가 위험수준이 아닌 '보통'으로 예보되더라도, 도심에서는 안심해서는 안 되겠습니다.

대도시 일부 지역에선 측정소의 공식 수치보다 오염도가 훨씬 높은 '고농도 구역'이 존재하고, 여기서 카드뮴 같은 치명적인 중금속도 검출되는 걸로 KBS 취재 결과 확인했습니다.

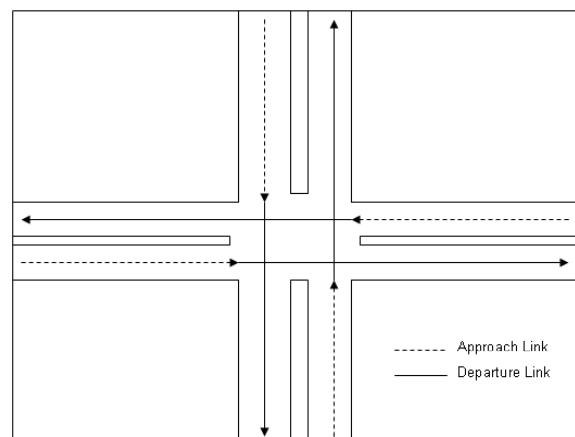
25/26

Ajou University  
Environmental Engineering

## Transportation Conformity Guidance



### Transportation Conformity Guidance for Quantitative Hot-spot Analyses in $PM_{2.5}$ and $PM_{10}$ Nonattainment and Maintenance Areas



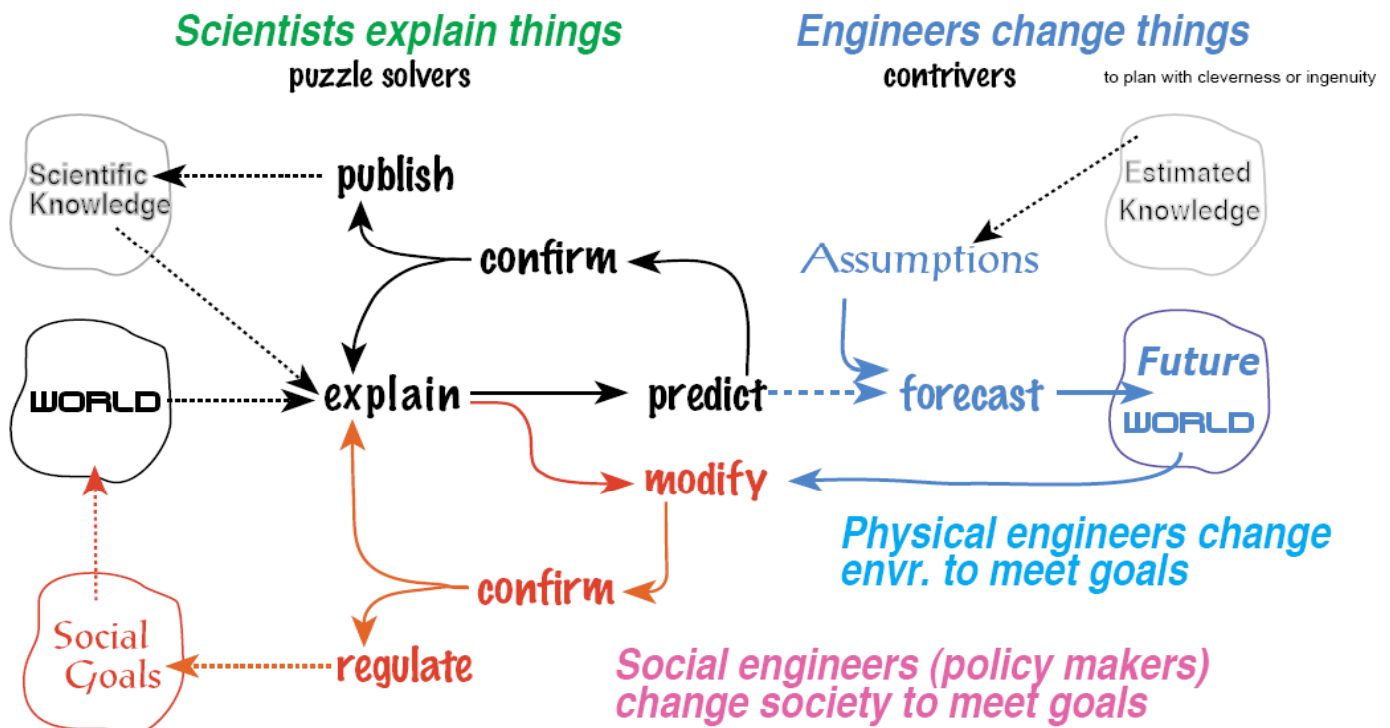
<Example of Approach and Departure Links for a Simple Intersection>

26/26

<https://www3.epa.gov/otaq/stateresources/transconf/documents/420b15084-appendices.pdf>

Ajou University  
Environmental Engineering





## Geophysical Research Letters

AN AGU JOURNAL

[Explore this journal >](#)

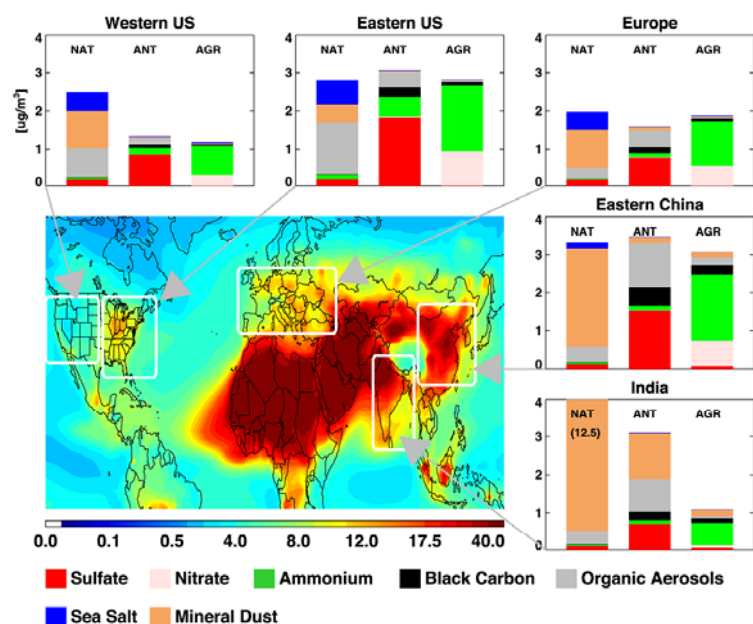
Research Letter

### Significant atmospheric aerosol pollution caused by world food cultivation

Susanne E Bauer , Kostas Tsigaridis, Ron Miller

First published: 16 May 2016 [Full publication history](#)

DOI: 10.1002/2016GL068354 [View/save citation](#)



Annual mean total  $PM_{2.5}$  concentrations in  $\mu g/m^3$ . The individual bar charts show the chemical composition (colors), for the various sources (NAT = natural, ANT = anthropogenic without agricultural, AGR = agricultural sources) over the five populous regions marked in the map.



감사합니다.

