

# 해외 대기오염 저감사례 및 우리나라 미세먼지 해결방법

한국기계연구원

송영훈 환경시스템연구본부장





# Contents

해외 대기오염 저감사례 및  
우리나라 미세먼지 해결방법

- 01 \_ 미세먼지 정의 및 발생
- 02 \_ 중국의 영향, 어떤 것인가?
- 03 \_ 해외사례 및 저감기술
- 04 \_ 우리는 어떻게 대처할 것인가?



해외 대기오염 저감사례 및  
우리나라 미세먼지 해결방법

# 01\_ 미세먼지 발생의 원인

# 미세먼지의 발생



울산 공업탑

## ▶ 울산도약 선언문

4천년 빈곤의 역사를 씻고 민족 숙원의 부귀를  
마련하기 위하여 우리는 이곳 울산을 찾아  
여기를 신(新)공업도시로 건설하기로 했습니다.

.....(중략).....

산업 생산의 검은 연기가 대기 속에 뿔어나가는  
그날엔 국가 민족의 희망과 발전이 이에 도래하였음을  
알 수 있을 것입니다.

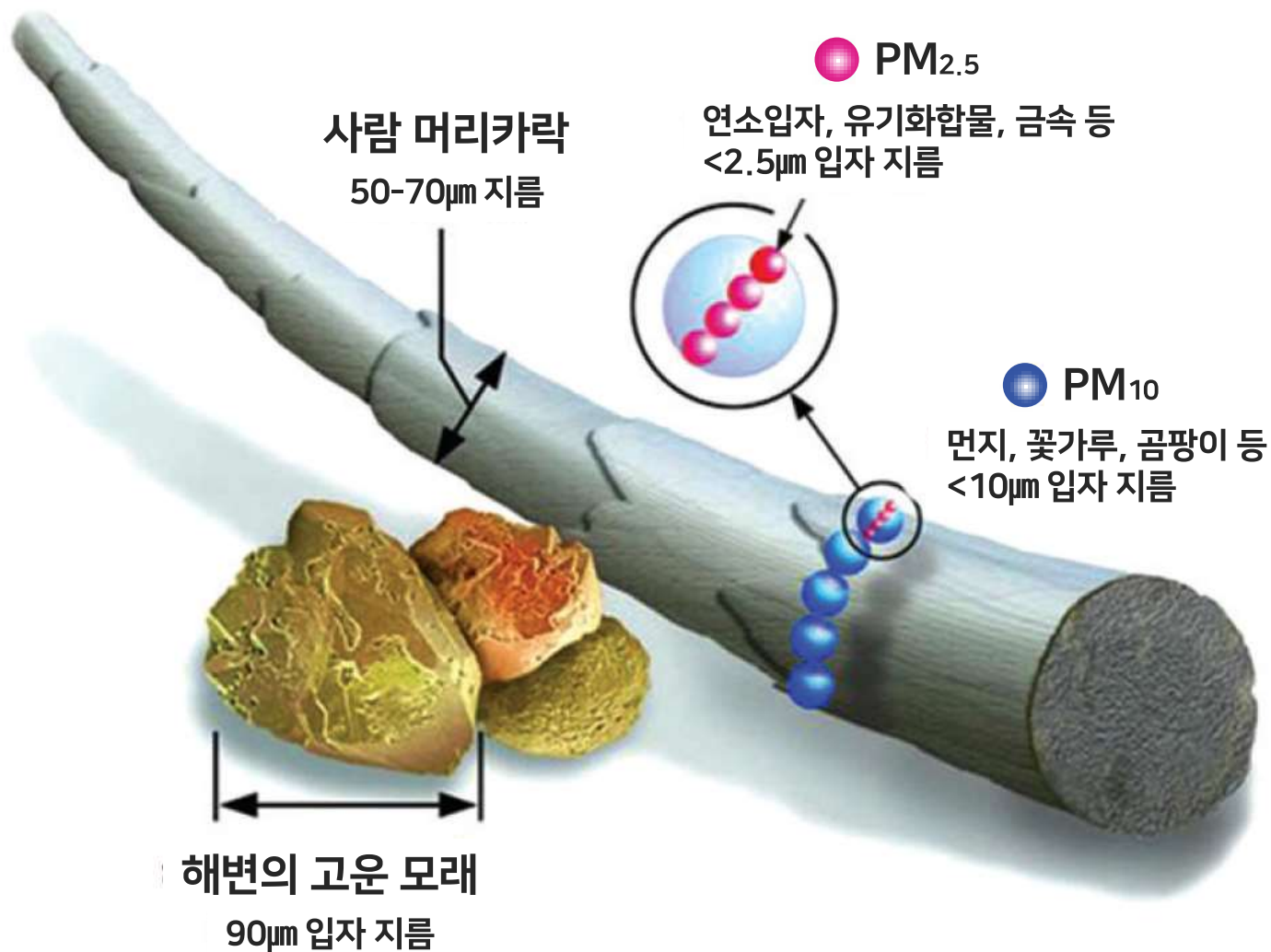
빈곤에 허덕이는 겨레 여러분..... (이하 생략)

---- 1967 년 ----

미세먼지는 산업화의 부산물

# 미세먼지의 발생

※  $1\mu\text{m} = 1/1000\text{mm}$



\* 출처: 환경부 e-book

# 미세먼지의 발생

## 과 거

### ☑ 대기오염

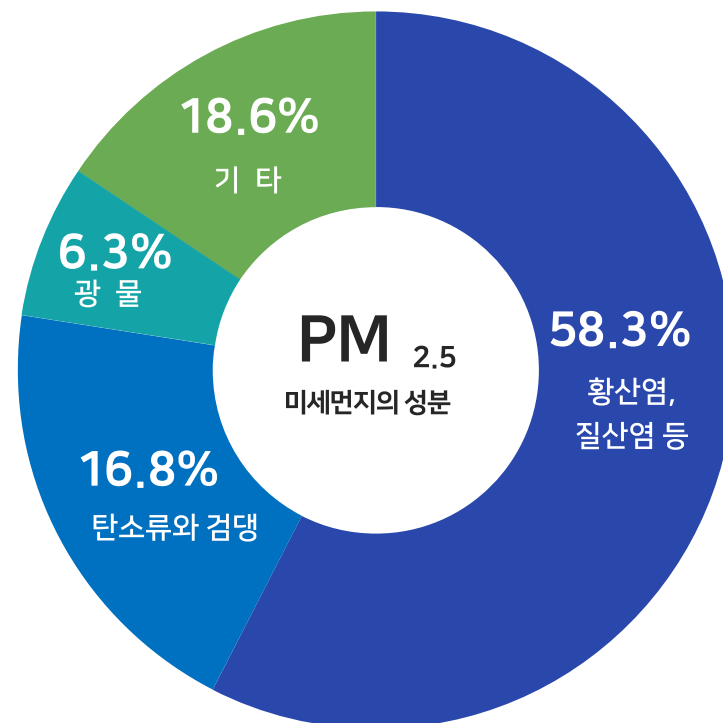
- 아황산가스 (SOx)
- 질소산화물 (NOx)
- 미연탄화수소 (Hydrocarbon)
- 일산화탄소 (CO)
- 분진
- 오존 (O3)
- 휘발성 유기화합물
- 중금속



## 현 재

### ☑ 미세먼지

- PM10
- PM2.5

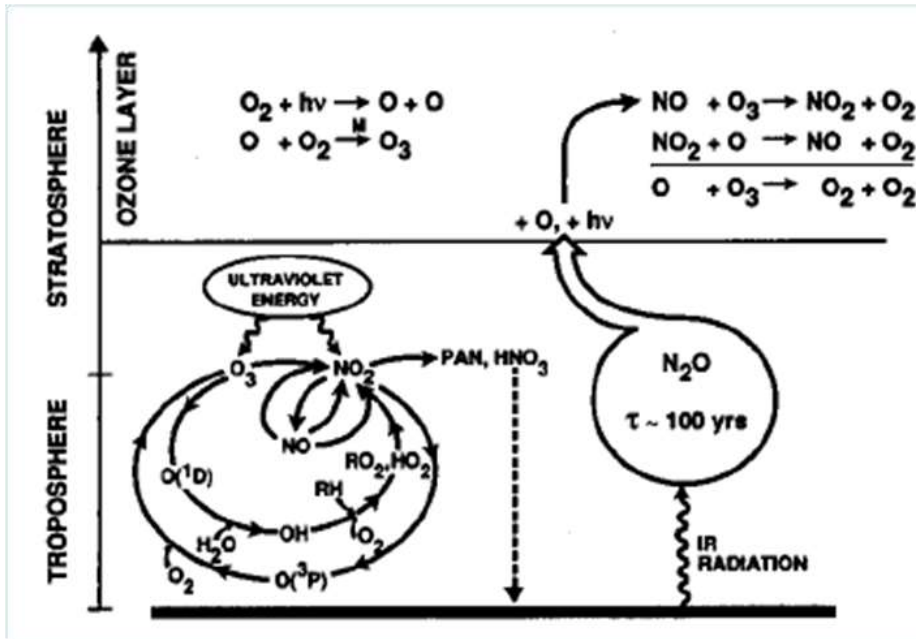


\* 환경부 e-book



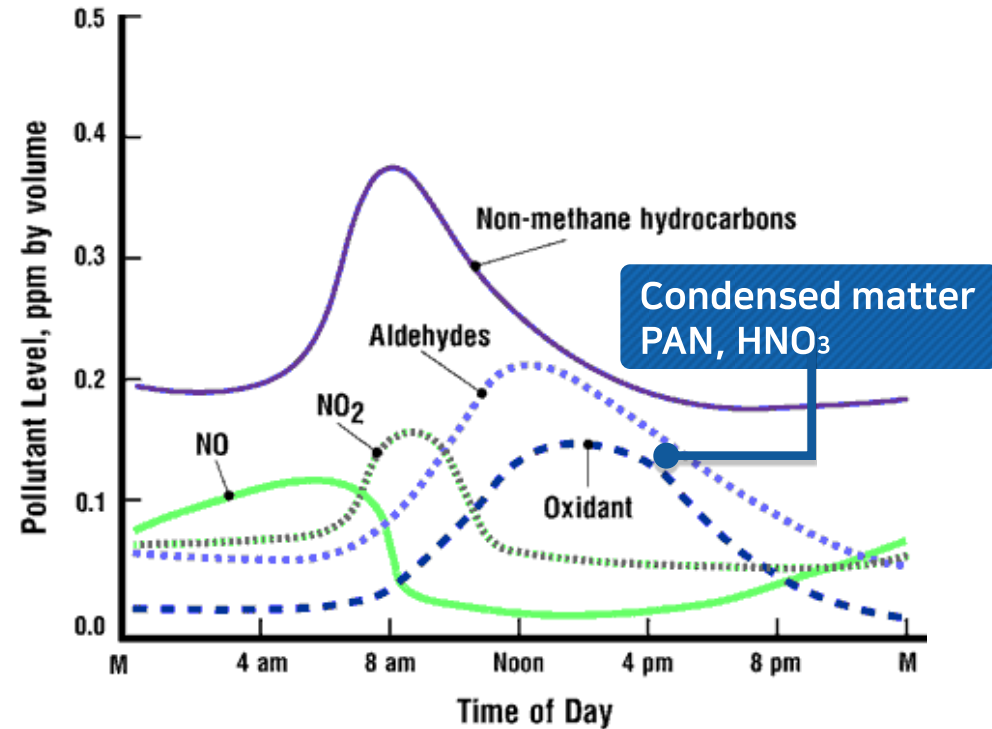
# 미세먼지의 발생

## 연소 배기가스에서 배출된 질소산화물의 일생



24th symposium (international) on Combustion, 1992/pp. 859-878

PAN : Peroxyacyl nitrates, toxic & irritating



공기 (N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>) + 고온 연소 → NO, NO<sub>2</sub> (질소산화물)

# 미세먼지의 발생

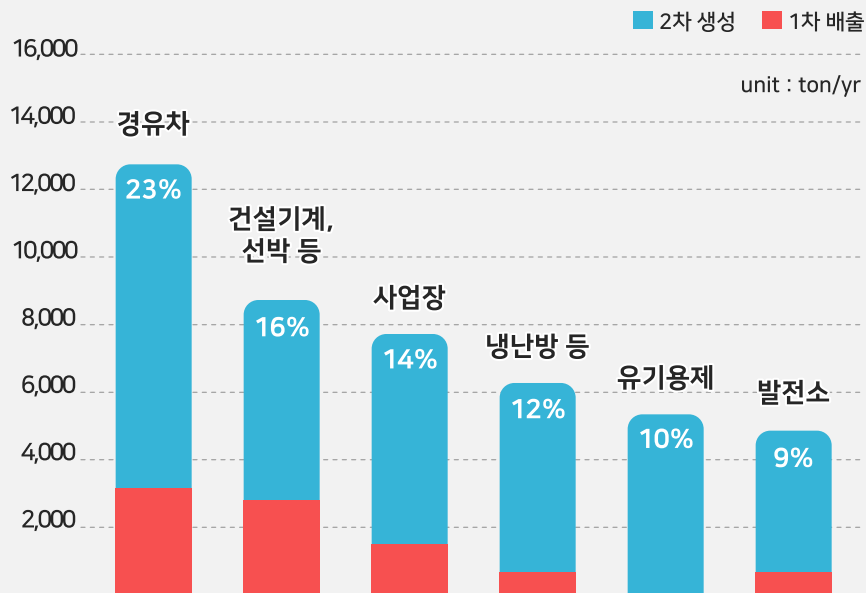




# 미세먼지의 발생

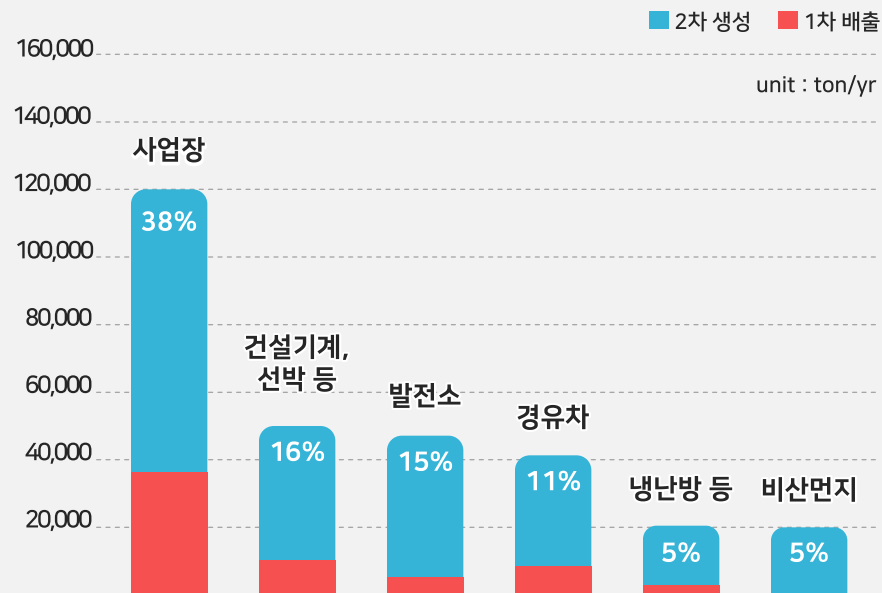
## ▶ 미세먼지의 발생 요인

### 수도권



수도권 기타 배출원 : 비산먼지 8%, 생물성연소 4%, 휘발유차등 4%

### 전국



전국 기타 배출원 : 생물성연소 5%, 유기용제 사용 4%, 휘발유차등 1%

\* 관계부처 합동 미세먼지 관리대책 발표자료 2017.09.26

# 미세먼지의 발생

## ▶ 미세먼지 발생의 국내·외 요인

(국외영향)국외영향의 비율은 계절, 기상조건에 따라 상이

- (정부) 평상시 중국, 북한 등을 포함한 국외 영향은 연평균 30~50%, 고농도시('15~'16년 연간 18~29일)에는 60 ~ 80%로 추정
- 美 항공우주국(NASA)과의 공동연구 결과('17.7월, 중간 발표)도 중국 등 국외영향 48%, 국내배출 52%로 분석(측정시점 : '16.5~6월)

미세먼지 관리종합대책(관계부처합동) 2017.09.26

### 문 제 점

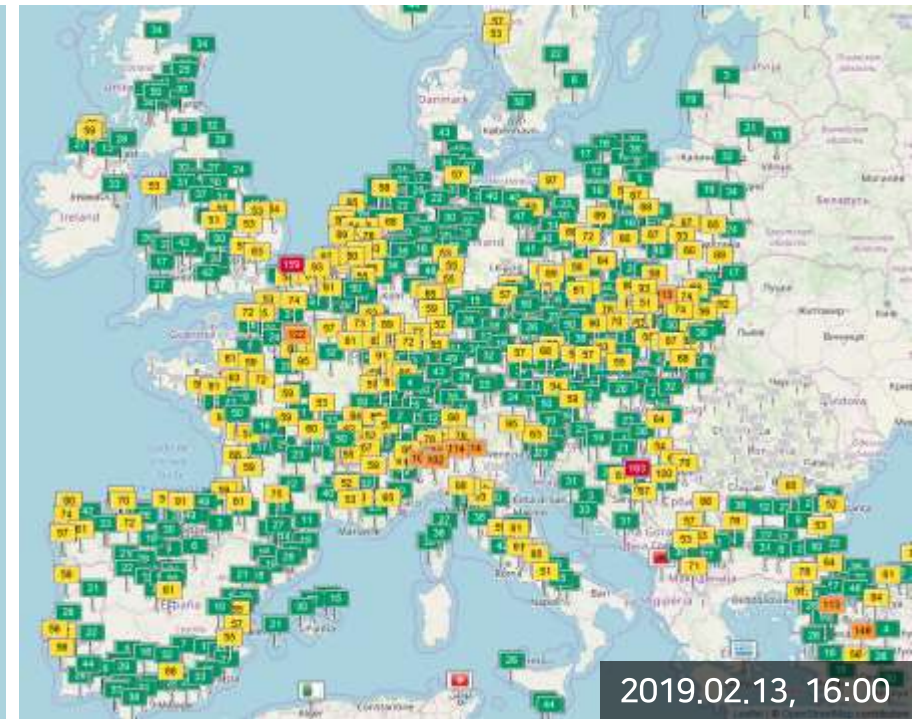
- 우리나라에서 할 수 있는 저감대책은 없는가?
- 최근 중국은 미세먼지가 줄고 있는데?

해외 대기오염 저감사례 및  
우리나라 미세먼지 해결방법

## 02\_ 중국의 영향, 어떤 것인가?



# Air quality in North America & Europe(aqicn.org)



Air Pollution Level

0-50	51-100	101-150	151-200	201-300	300+
Good	Moderate	Unhealthy For Sensitive Groups	Unhealthy	Very Unhealthy	Hazardous



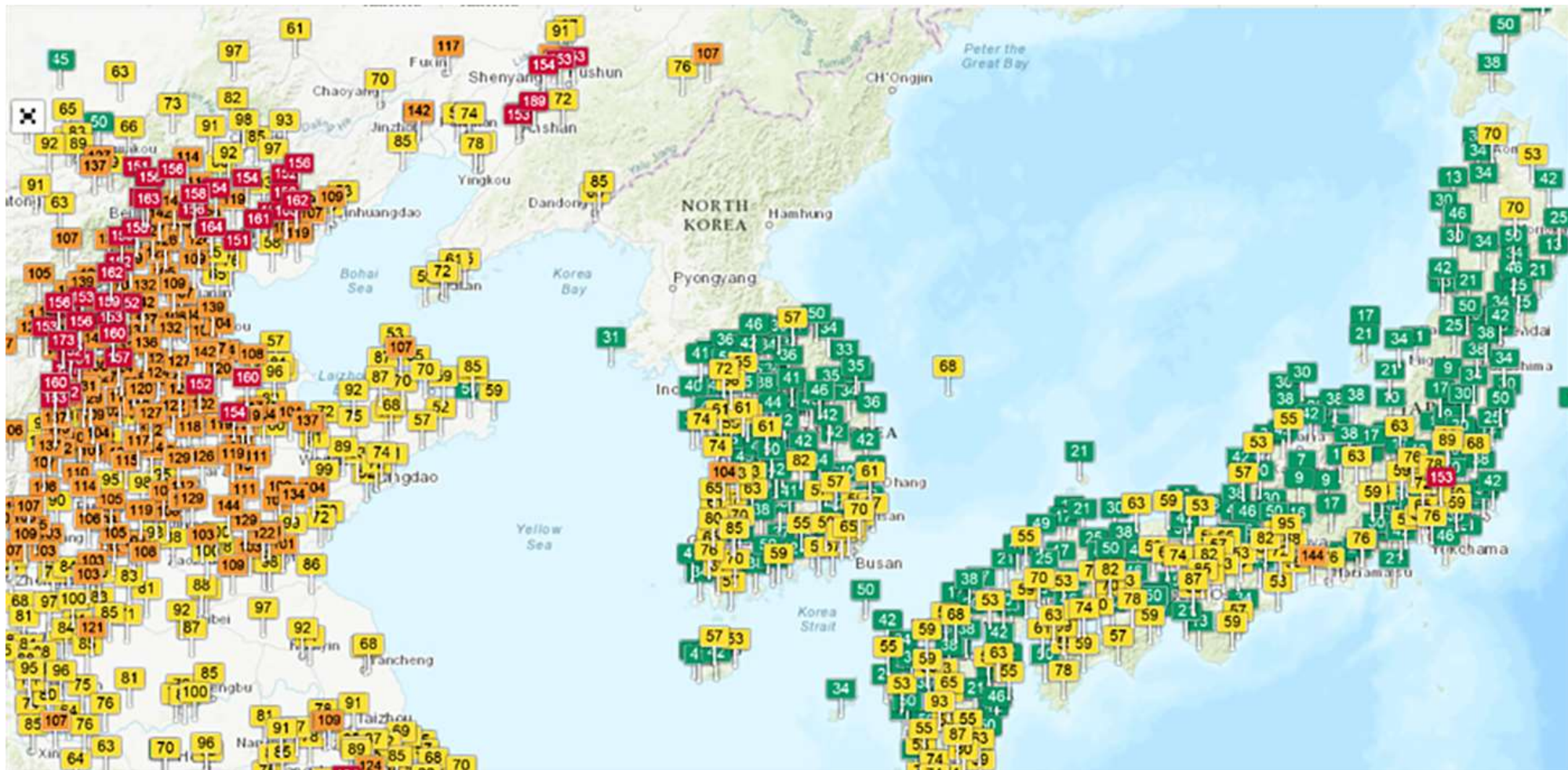
# Air quality in Asia



Air Pollution Level

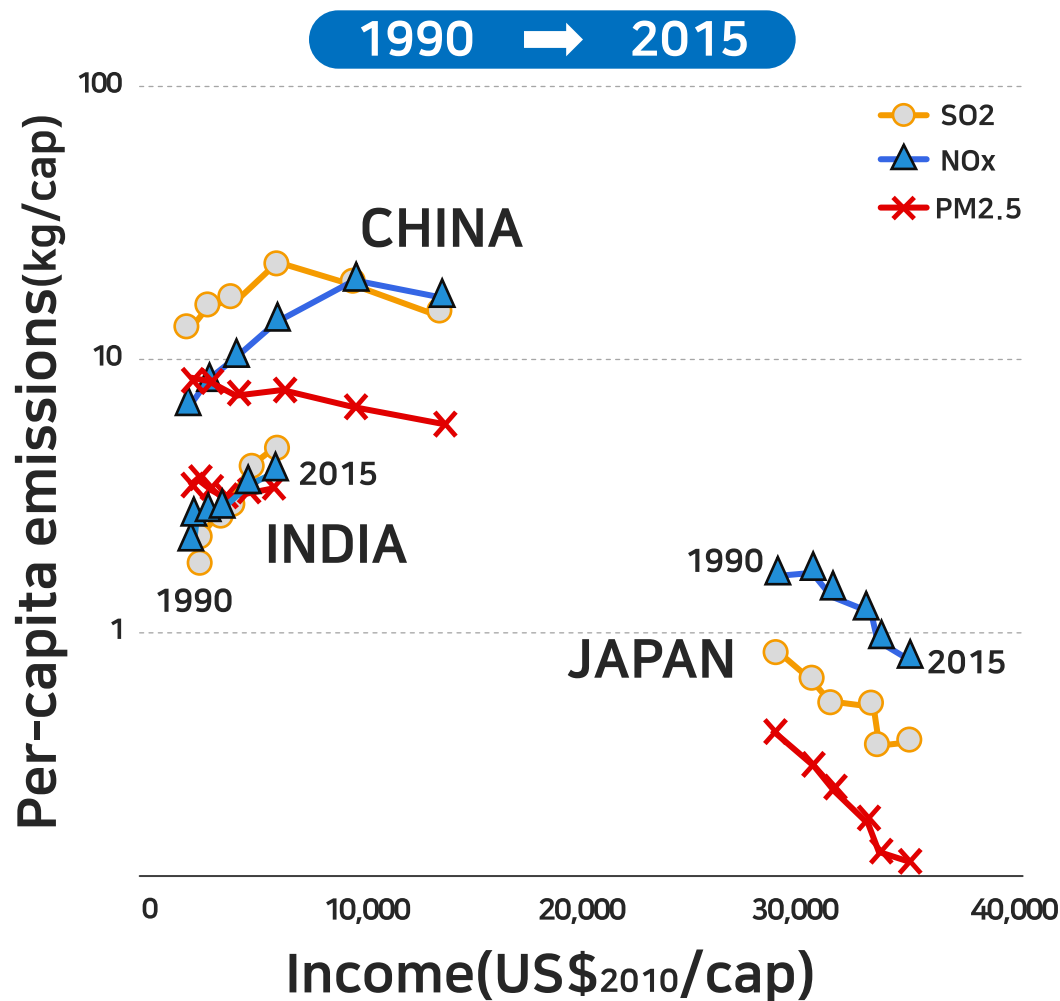
0-50	51-100	101-150	151-200	201-300	300+
Good	Moderate	Unhealthy For Sensitive Groups	Unhealthy	Very Unhealthy	Hazardous

2019.06.11, 15:15 대기질



중국의 영향은 크지만 그 영향력은 기후에 따라 크게 좌우된다

# 중국, 인도, 일본에서의 미세먼지 배출 변화



\* Energies 2018, 11, 1299

## 중국발 미세먼지 발생량은 줄어드는 추세



## 중국의 영향



중국의 미세먼지 발생량은  
최근 급격하게  
줄어들고 있는 추세

중국의 영향을 받고 있으나,  
기후에 따라 크게 다르다  
(봄, 겨울 고농도 미세먼지, 삼한사미)

국내발 미세먼지를  
줄이는 것이 가장  
빠르고 효과적이 대책



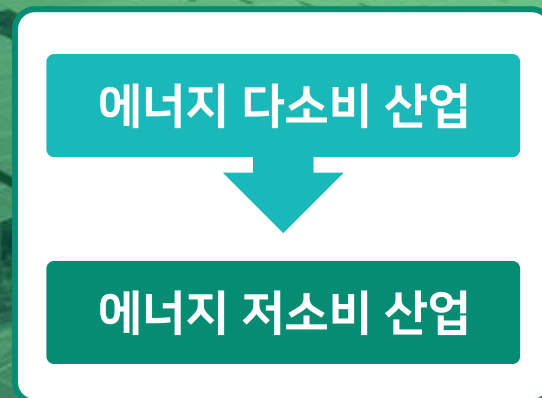
# 대기오염 발생과 저감



발생



저감

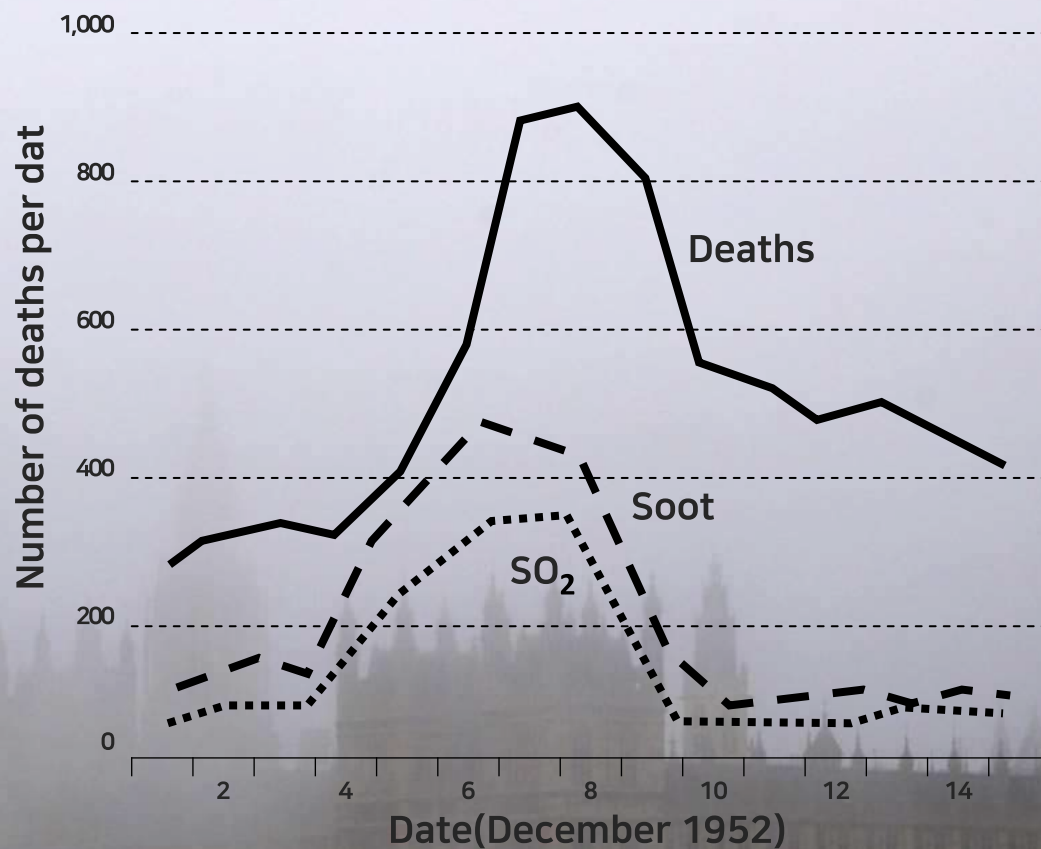


해외 대기오염 저감사례 및  
우리나라 미세먼지 해결방법

## 03\_ 해외사례 및 저감기술



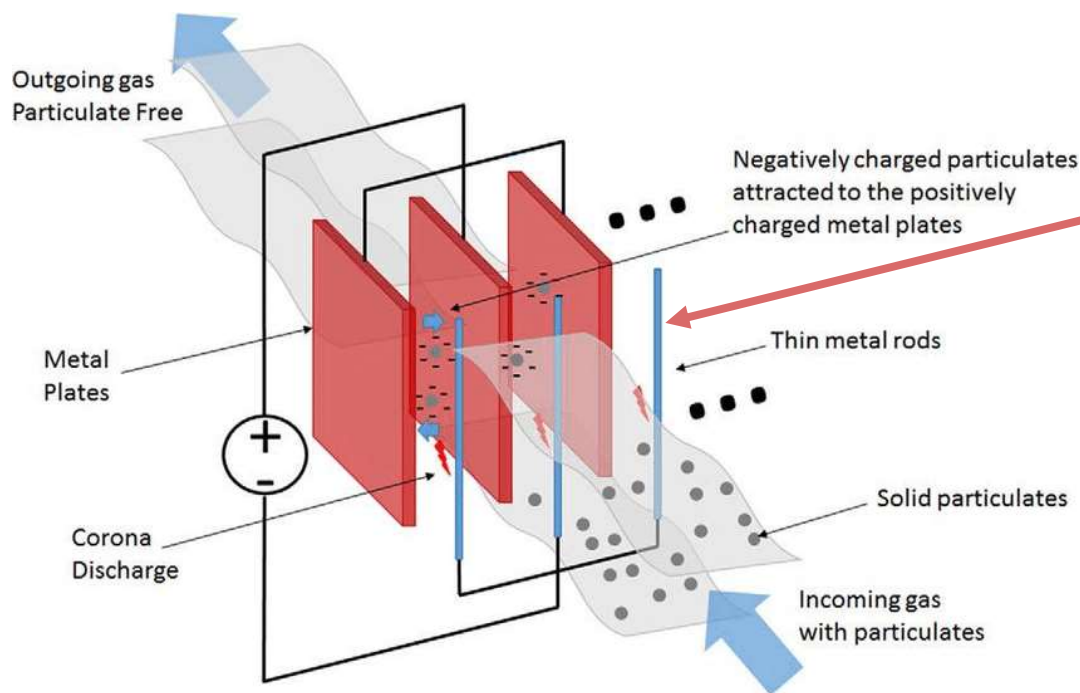
# Great smog in London, 1952



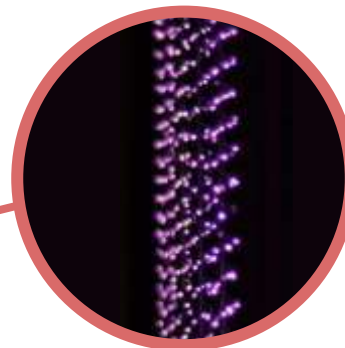
J.Fenger/Atmospheric Environment 43(2009) 13-22

# 저감기술

## ▶ 전기 집진기



[개발시기 : 19세기 후반]



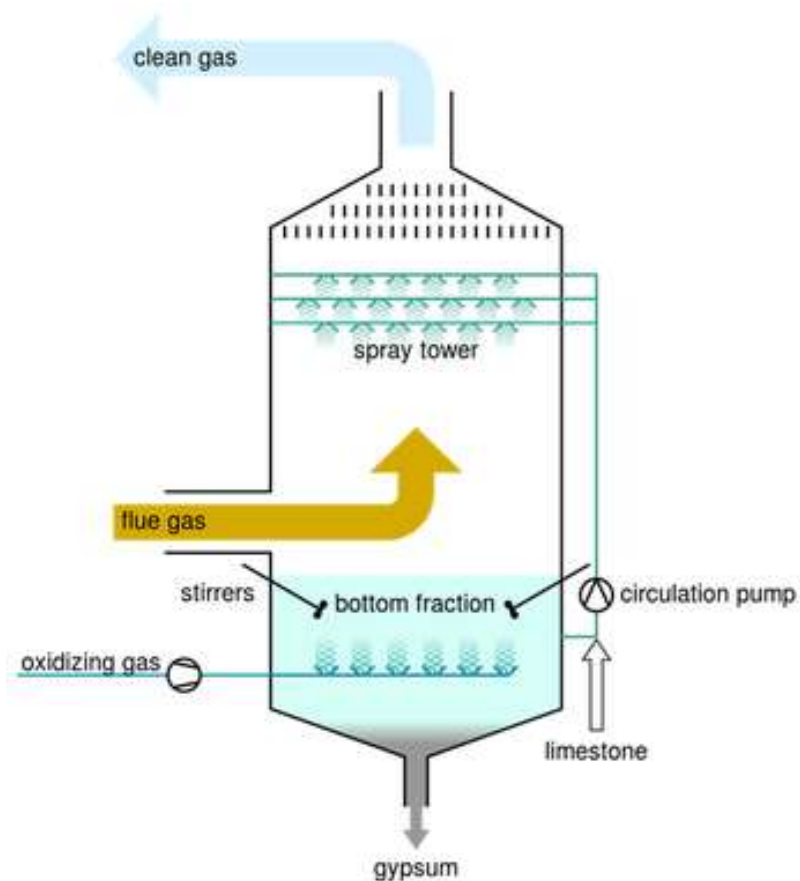
Electrical discharge  
Onset voltage : 30 kV/cm





# 저감기술

## ▶ Wet scrubber(습식 탈황설비)



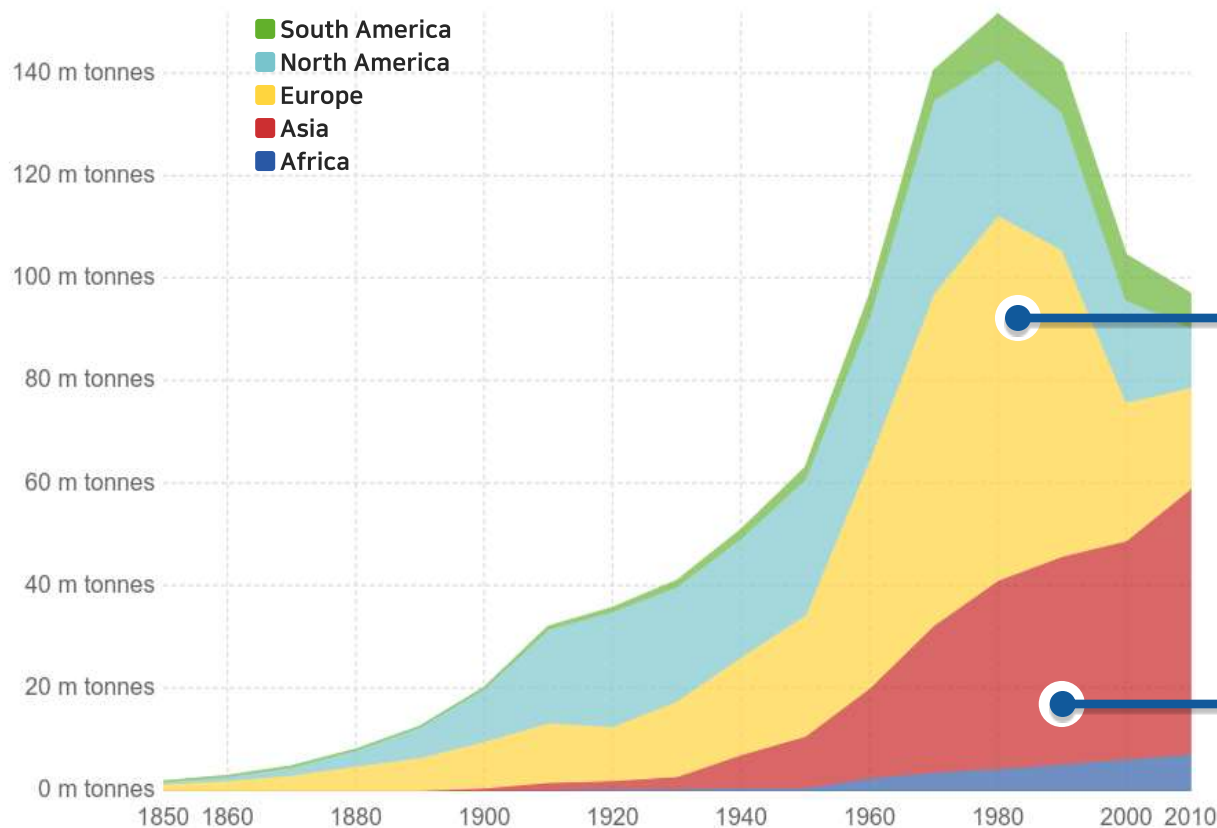
보령화력 1호기 탈황설비

# 대륙별 SO<sub>2</sub> 배출량

## SO<sub>2</sub> emissions, by world region (in million tonnes)

Annual sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) emissions in million tonnes

Our World  
in Data



### 유럽

- 규제강화 → 습식탈황설비 보급
- 석탄에서 천연가스 대체
- 에너지 효율 향상, 산업구조 변화

### 아시아

- 경제성장 시작  
(일본 → 한국 → 중국 → 인도...)

Source: Clio Infra; Klimont, et al (2013)

OurWorldInData.org/air-pollution/ • CC BY-SA

Note: Data from 1850-2000 based on Clio Infra datasets. Data extended to 2010 using data from Klimont et al. (2013) publication: "The last decade of global anthropogenic sulfur dioxide: 2000-2011 emissions", which applies the same methodology for emissions estimation.

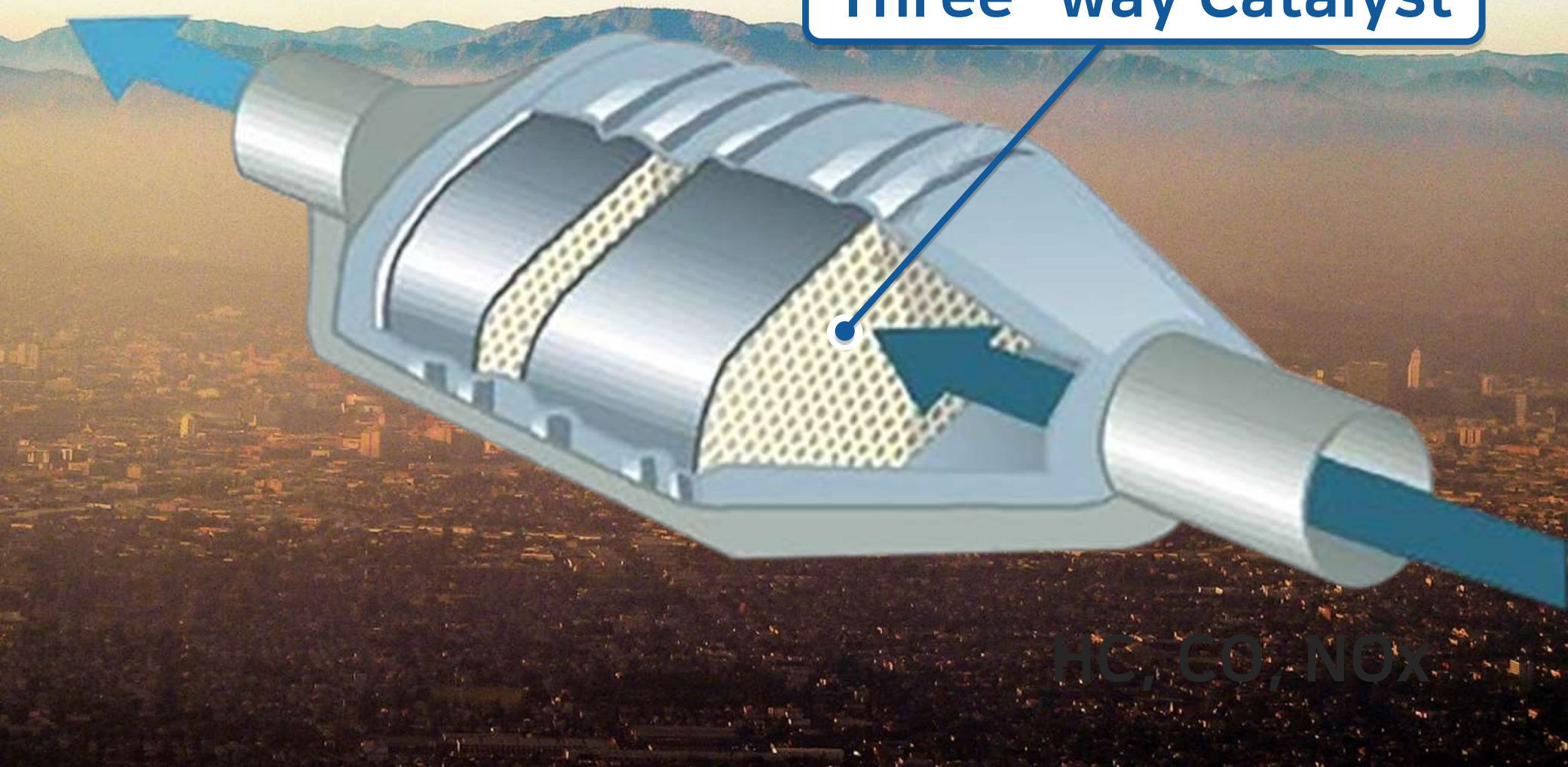


## Photo Smog & Three Way Catalyst

$\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$

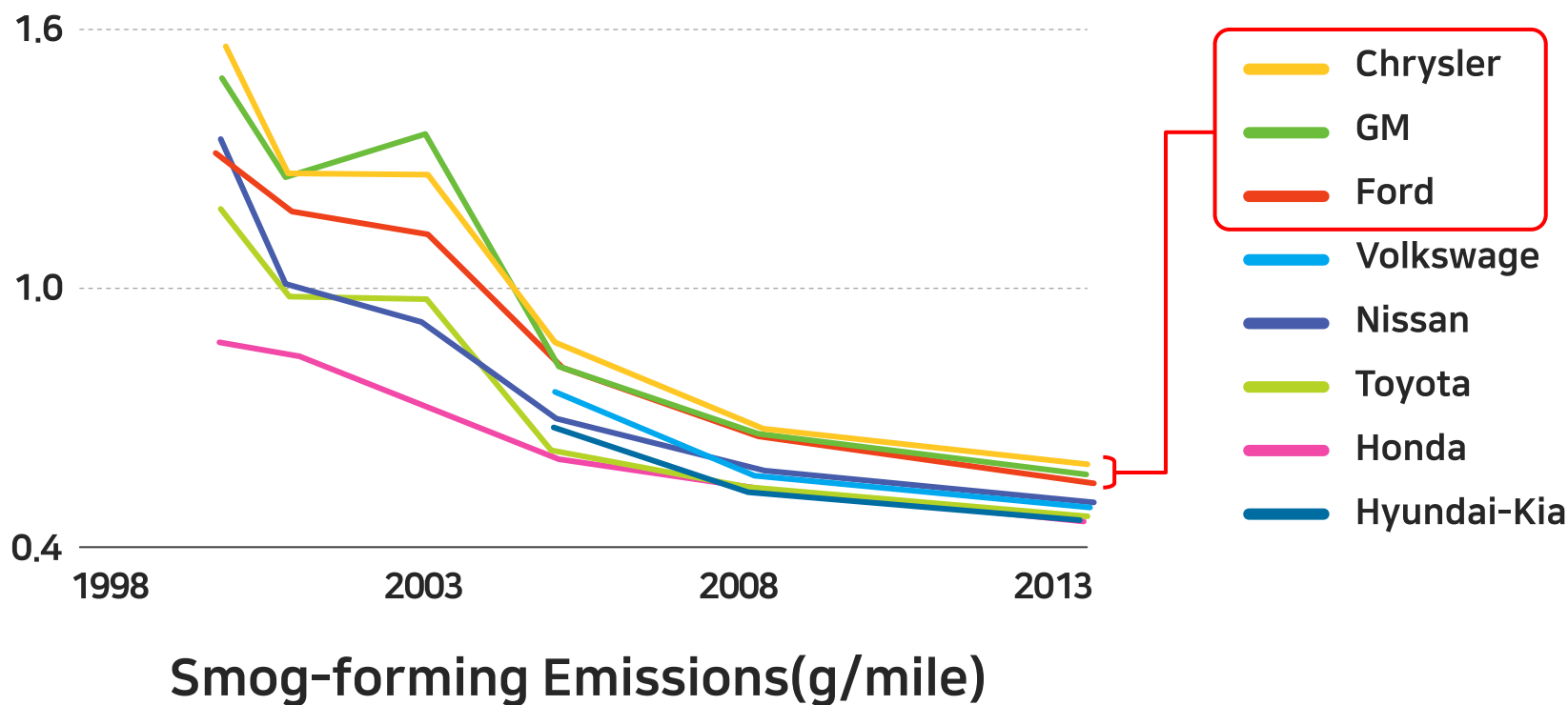
Three- way Catalyst

$\text{HC}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$



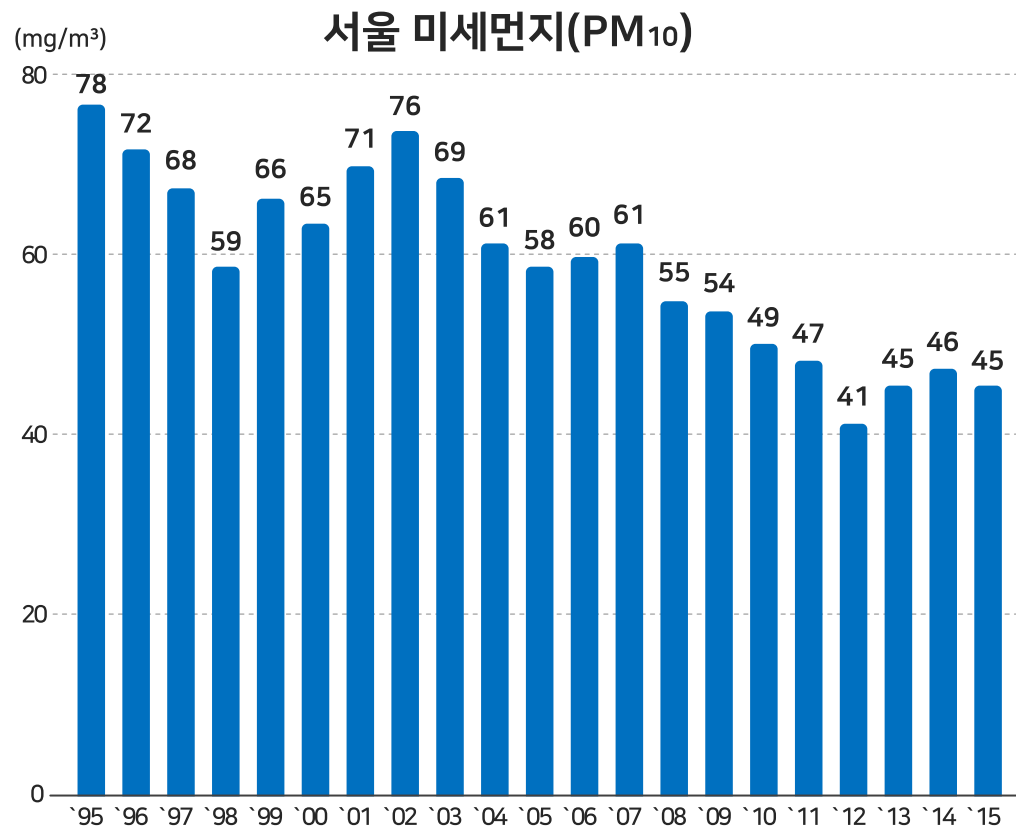
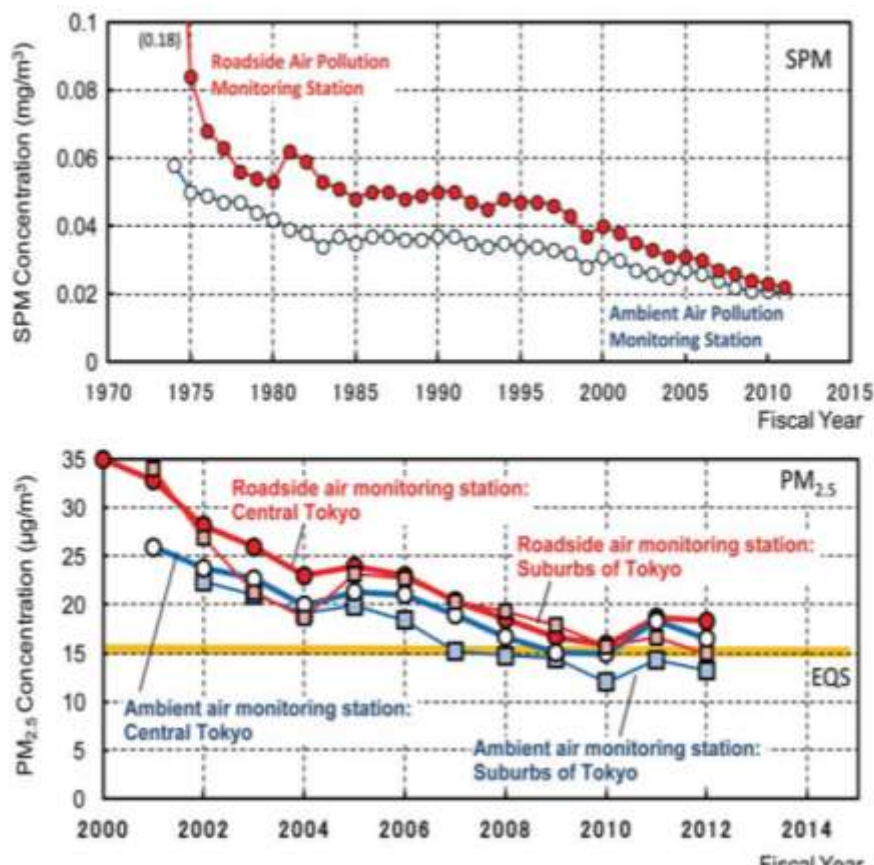
# 상위 8대 자동차 제조기업 LDV 평균 배출량

Average Emissions from Light-Duty Vehicles  
Sold by the Top Eight Automakers, 1998-2013





# 일본의 대기오염 극복사례

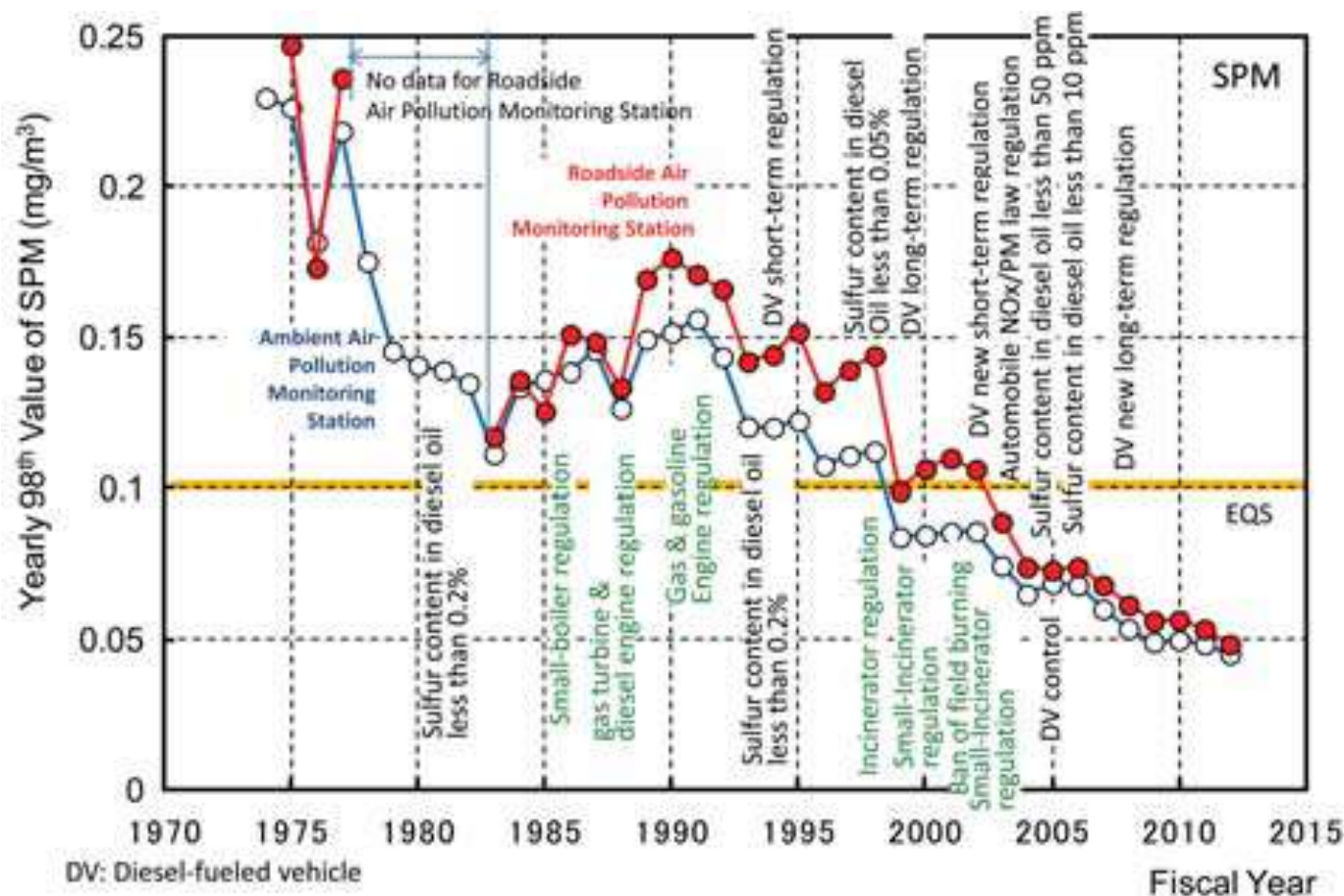


Asian Journal of Atmospheric Environment  
Vol. 7-4, pp.177-190, December 2013

중국발 미세먼지 발생량은 줄어드는 추세

# 일본의 대기오염 극복사례

Asian Journal of Atmospheric Environment  
Vol. 7-4, pp.177-190, December 2013

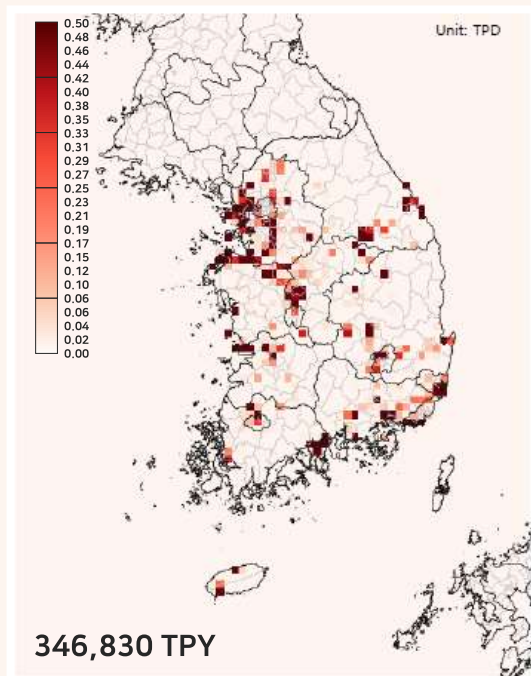


자동차 배기규제와 미세먼지 농도감소  
동조화(synchronized)현상

# 점 - 선 - 면 오염원

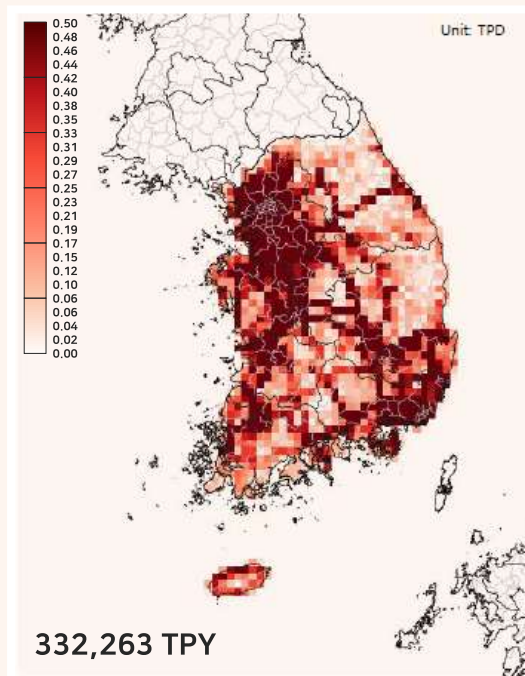
## ▶ 전국 Nox 배출량

한국환경정책·평가연구원 문난경 박사



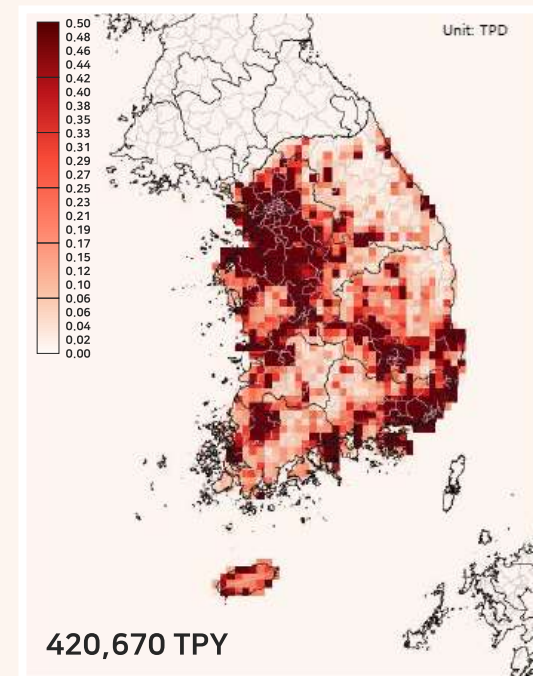
### 점 오염원

발전소, 대규모 사업장



### 선 오염원

자동차



### 면 오염원

소규모 사업장(주유소, 세탁소 등)



해외 대기오염 저감사례 및  
우리나라 미세먼지 해결방법

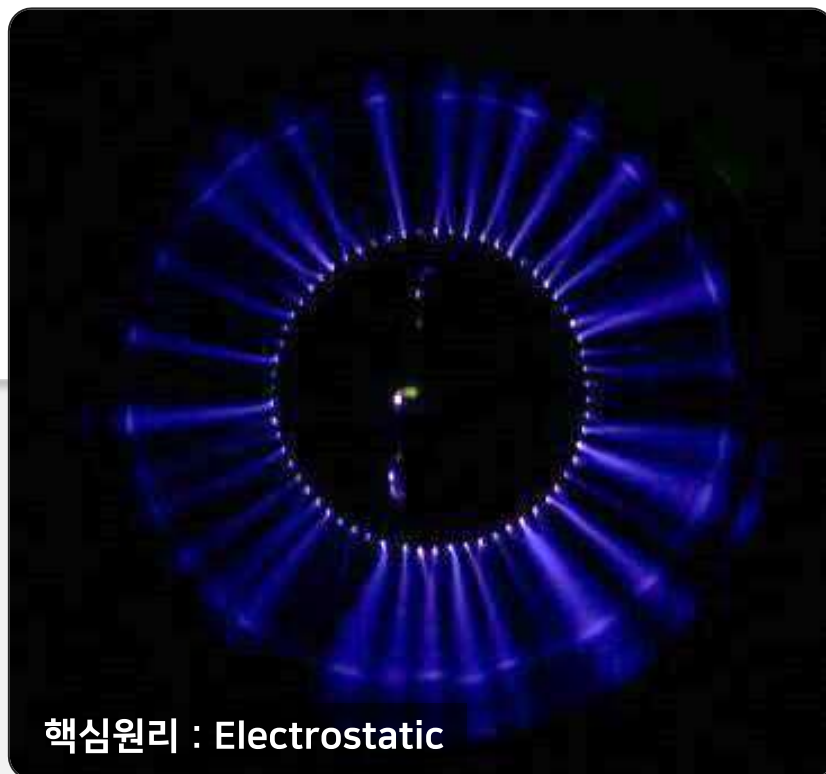
## 04\_ 우리는 어떻게 대처할 것 인가?



# 화력발전소 미세먼지 저감기술

## ▶ 화력발전소 국내외 규격 및 KIMM 목표

구 분	미국(신규)	국내(신규)	기계연(목표)
먼지(PM), mg/m <sup>3</sup>	12	5	1
질소산화물(NOx), ppm	46	15	8
황산화물(SOx), ppm	48	25	8



# Rotating arc plasma



Rotating arc plasma



Fuel reforming & 2<sup>nd</sup>  
syngas combustion

## 군용 트럭 매연저감사례

### ▶ DPF + plasma burner



지난 1년간 총 18회 매연측정 결과  
95%이상의 제거 성능



# Plasma burner 활용 대기정화 기술

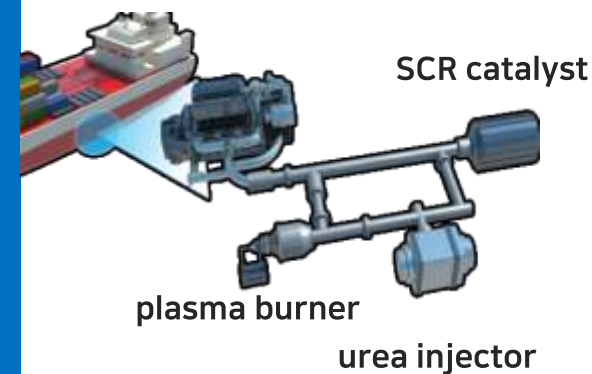


## 군 특수차량

'19년도 추경예산 활용  
군부대 실증

## 중대형 선박

선박엔진 및 조선기자재 업체  
기술이전 및 제품개발 중



## 발전소, 중화학 공장

일산 복합 실증 종료  
여수 소재 발전소 설치 추진

## 반도체/ 디스플레이 공정

기술이전 및 제품개발 중  
중국 반도체 공장에 적용



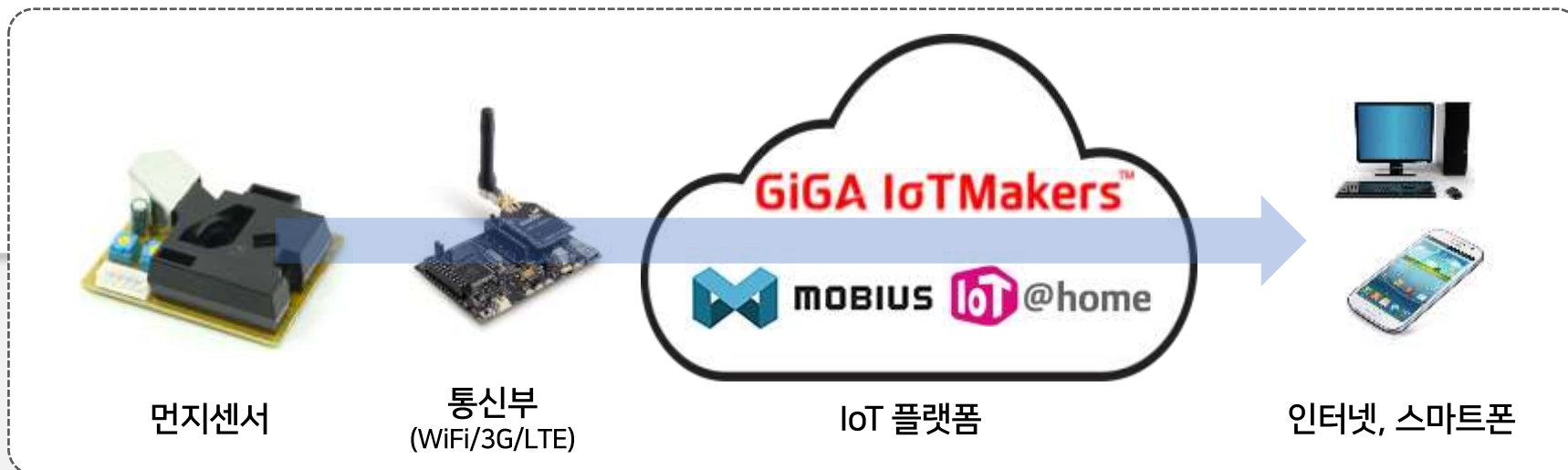


# 미세먼지 노출저감 기술

## ▶ 공기청정기 성능평가 및 인증



## ▶ 미세먼지 센서 및 예보 시스템 구축



# 미세먼지 어떻게 줄일까?

## ▶ 요약

- ✓ 미세먼지는 산업화 과정에서 불가피하게 발생
- ✓ 선진국의 경우 1) 산업설비 고도화, 2) 저감기술 보급, 3) 산업구조 개편 등을 통해 미세먼지 문제를 해결
- ✓ 특히, 점 -> 선 -> 면으로 규제 및 관리 대상을 확대하고, 동시에 해외발생 미세먼지 및 원인물질을 공동으로 저감하는 노력이 필요
  - 국제 공통의 오염원 규제 및 정책, 저감 기술의 공유 및 지원
- ✓ 매우 강력한 미세먼지 저감기술개발 및 보급이 진행중  
예) Plasma 기술을 활용한 저감기술 : 발전소, 자동차, 선박 등
- ✓ 미세먼지는 우리가 피해자이면서 동시에 발생원이기도 하다



# 감사합니다