

# 대기오염 (우리가 숨쉬는 공기)

환경기후과학

(from greenkorea.tistory.com)



\* 이 수업자료는 많은 부분이 서울대학교 김상우 교수님이 제공해주신 정보로 구성되었습니다. 양질의 수업을 위해 자료를 제공해주신 김상우 교수님께 감사를 드립니다.

# 공기의 중요성

## 인간의 공기 의존도

- 음식을 안 먹으면, ~50일이면
- 물을 안 마시면, ~5일이면
- 공기를 안 들이마시면, ~5분이면.

## 하루 평균 소비량 (성인 기준)

- 음식: 1.2 kg
- 물: 2 kg
- 공기: ? kg

# 공기의 중요성

## 인간의 공기 의존도

- 음식을 안 먹으면, ~50일이면
- 물을 안 마시면, ~5일이면
- 공기를 안 들이마시면, ~5분이면.

## 하루 평균 소비량 (성인 기준)

- 음식: 1.2 kg
- 물: 2 kg
- 공기: 13.5 kg

# 북경의 천안문 광장



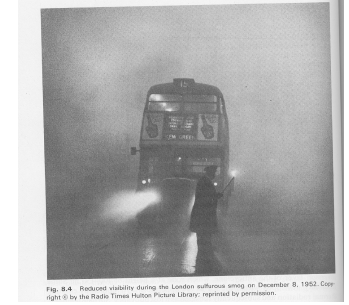
## 스모그 (Smog)

- Smoke와 Fog의 합성어
- 석탄을 난방용 연료로 사용하고 있었던 런던 스모그는 석탄의 연기와 안개가 섞인 것으로, 자주 <검은 스모그>로 불리움.
- 미국의 로스앤젤레스에서는 자동차의 배기가스에 의해 대기오염의 농도가 높아져 이것이 태양광선의 자외선에 의해 광화학 변화를 일으켜 광화학스모그가 되는 현상이 일어났다. <흰 스모그>라고 불리움.



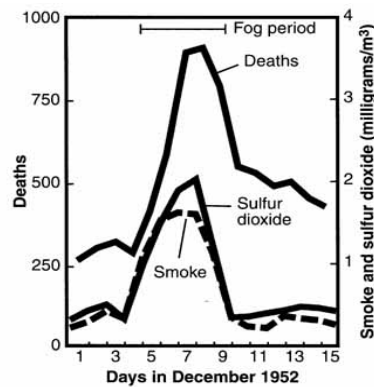
## 스모그 (Smog)

- Smoke와 Fog의 합성어
- 석탄을 난방용 연료로 사용하고 있었던 런던 스모그는 석탄의 연기와 안개가 섞인 것으로, 자주 <검은 스모그>로 불리움.
- 미국의 로스앤젤레스에서는 자동차의 배기가스에 의해 대기오염의 농도가 높아져 이것이 태양광선의 자외선에 의해 광화학 변화를 일으켜 광화학스모그가 되는 현상이 일어났다. <흰 스모그>라고 불리움.



## 런던 스모그의 영향

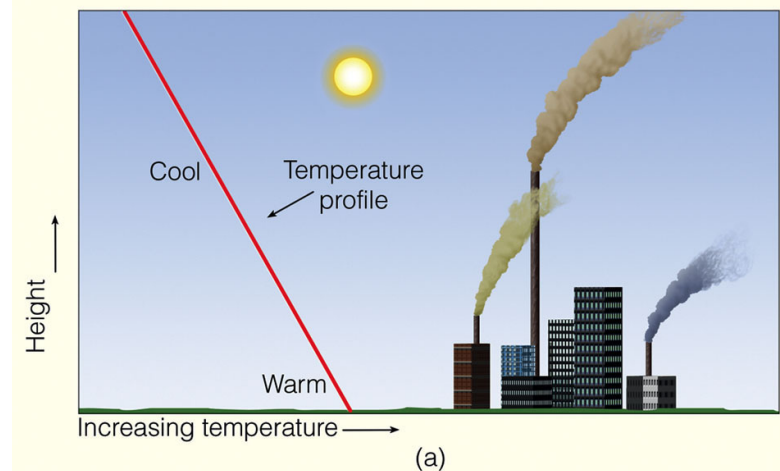
- 산업혁명에 의하여 유럽에서 가장 공업이 발달한 런던은 인구가 템즈강 유역에는 발전소, 제철소 및 각종공장들이 활발히 가동.
- 1952.12.5~12.9 까지 고기압이 정체하여 안정된 대기가 영국상공을 덮고, 템즈강 유역에 무풍상태 및 복사 역전층이 발생.
- 공장굴뚝에서 배출된 매연과, 아황산가스는 평상시의 ~4-5배까지 상승하였고, 안개와 섞여 황산미스트 발생을 가속



[www.st-andrews.ac.uk](http://www.st-andrews.ac.uk)

## 역전층이란

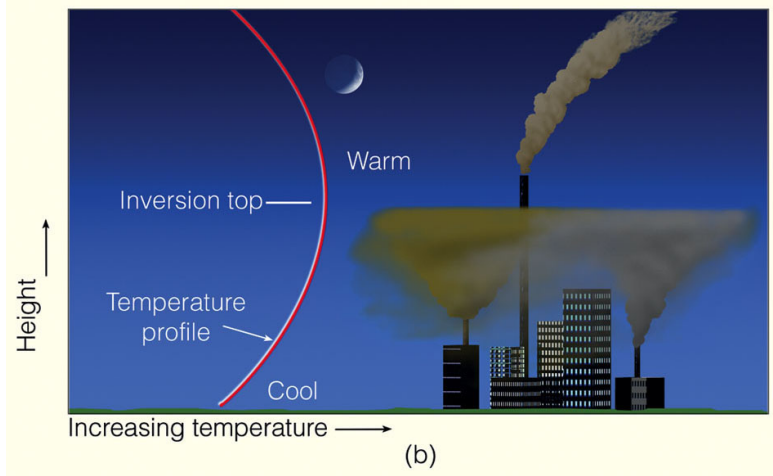
일반적인 대기 상태



Brooks/Cole Cengage Learning

## 역전층이란

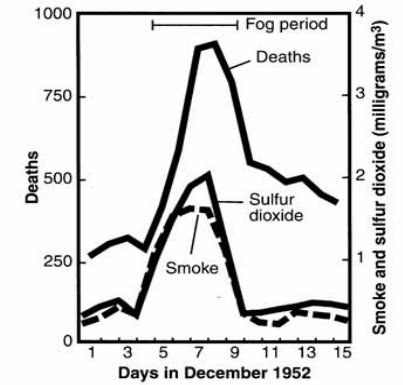
역전층 (inversion layer) 형성



Brooks/Cole Cengage Learning

## 런던 스모그의 영향

- 스모그 기간동안 **4000 명 이상의 추가 사망자가 발생**
- 영국 정부는 이 사건을 계기로 1956년에 특정지역에의 석탄사용을 금지시킨 인류 최초의 **청정공기법을 제정 시행**

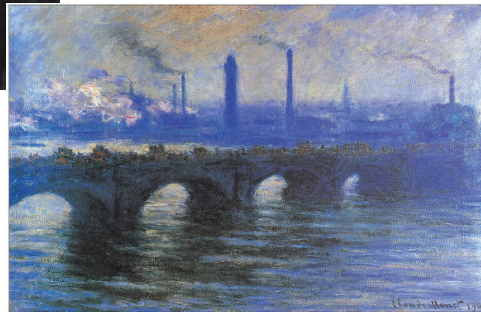


[www.st-andrews.ac.uk](http://www.st-andrews.ac.uk)

## 런던 스모그의 영향 (과거의 런던)



“Waterloo Bridge, Cloudy Weather”



Claude Monet  
(1840 – 1926)



## 런던 스모그의 영향 (현재의 런던)



출처: google image 를 통한 여러가지 웹사이트

# 로스엔젤레스



Los Angeles, California (December 3, 1909)

# 로스엔젤레스

1949년



1953년



1964년



# 로스엔젤레스

1980년



1984년



# 로스엔젤레스

**Colors in Los Angeles Smog (Dec. 2000)**



Mark Z. Jacobson

### Polluted Skies



1966: Before the creation of the EPA, New York was one of America's most polluted cities.

### 서울



1960년대 서울

Copyright 2003 Nejl Mishalov

### 서울

1980년대 서울



2000년대 미세먼지 경보 발령 시



### 한국의 대기환경기준 변화

Year		1983	1991	1993	2001	2007	2010
Sulfur Dioxide (ppm)		0.05/year('78) 0.15/day('78)	S	0.03/year('95) 0.14/day('95) 0.25/hr('95)	0.02/year 0.05/day 0.15/hr	S	S
	Carbon Monoxide (ppm)	8/month 20/8hrs	S	9/8hours 25/hr	S	S	S
Nitrogen Dioxide (ppm)		0.05/year 0.15/hr	S	0.05/year 0.08/day 0.15/hour	S	0.03/year 0.06/day 0.1/hr	S
	Particulate Matters (µg/m³)	TSP 150/year 300/day	S	S	-	-	-
	PM10	-	-	80/year('95) 150/day('95)	70/year 150/day	50/year 100/day	S
	PM2.5	-	-	-	-	-	25/year('15) 50/day('15)
Ozone (ppm)		0.02/year 0.1/hr	S	0.06/8hrs 0.1/hr	S	S	S
Lead (µg/m³)		-	1.5/3months	S	0.5/year	S	S
Benzene (µg/m³)		-	-	-	-	5/year('10)	S
Total hydrocarbon (ppm)		3/year 10/hr	S	-	-	-	-

## 한국의 대기환경기준 변화

Year	1983	1991	1993	2001	2007	2010	
<b>Sulfur Dioxide (ppm)</b>	0.05/year('78) 0.15/day('78)	S	0.03/year('95) 0.14/day('95) 0.25/hr('95)	0.02/year 0.05/day	S	S	
<b>Carbon Monoxide (ppm)</b>	8/month 20/8hrs	S	9/8hours 25/hr	S	S	S	
<b>Nitrogen Dioxide (ppm)</b>	0.05/year 0.15/hr	S	0.05/year 0.08/day 0.15/hour	S	0.03/year 0.06/day 0.1/hr	S	
<b>Particulate Matters (μg/m³)</b>	TSP	150/year 300/day	S	S	-	-	
	PM10	-	-	80/year('95) 150/day('95)	70/year 150/day	50/year 100/day	S
	PM2.5	-	-	-	-	-	25/year('15) 50/day('15)

대기오염물질별 중요 기준  
 대기오염물질의 영향  
 = 오염 농도 x 노출시간

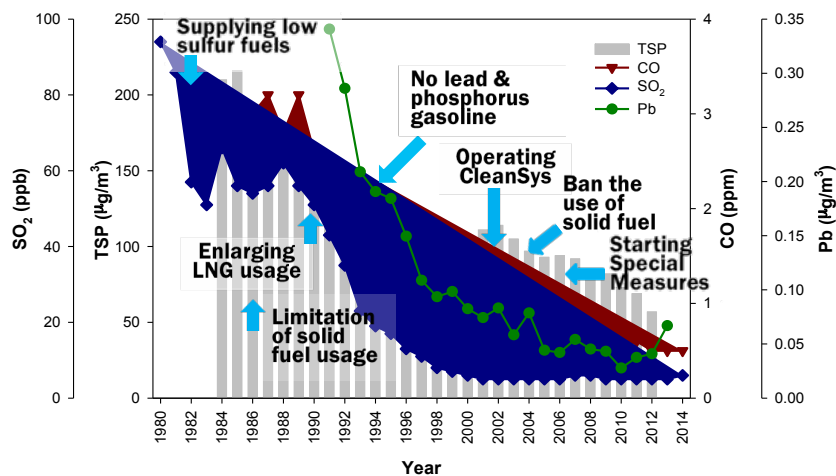
S	S	S
0.5/year	S	S
-	5/year('10)	S
-	-	-

## 우리나라 대기환경 개선 정책

서울/수도권, 환경부

- 1981년부터 석유에 포함된 황 규제
  - 고체 연료의 사용을 1985년부터 저감해오다 2003년부터 전면 금지
  - 서울과 수도권 지역 화력 발전과 대형 빌딩의 경우 LNG와 LPG 같은 상대적 청정연료 사용을 1988년과 1991년 각각 의무화
  - 1993년부터 무연휘발유만 판매 허가
  - 서울/수도권의 경우 1997년부터 대기질 특별 개선 정책 실시
  - 2003년 12월 수도권 대기질 개선에 관한 특별법을 시행
  - 2019년 2월 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법 시행
- 그러나, 한국의 대기질은 아직 충분히 좋아지질 않고...

## 서울지역의 1차 대기오염물질 농도변화



## 미세먼지

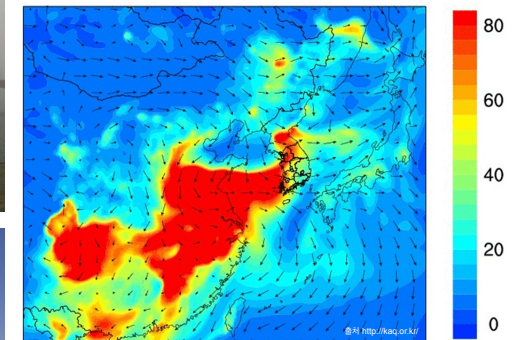
2013년 12월 5일 오후 4시



2013년 12월 6일 오후 4시

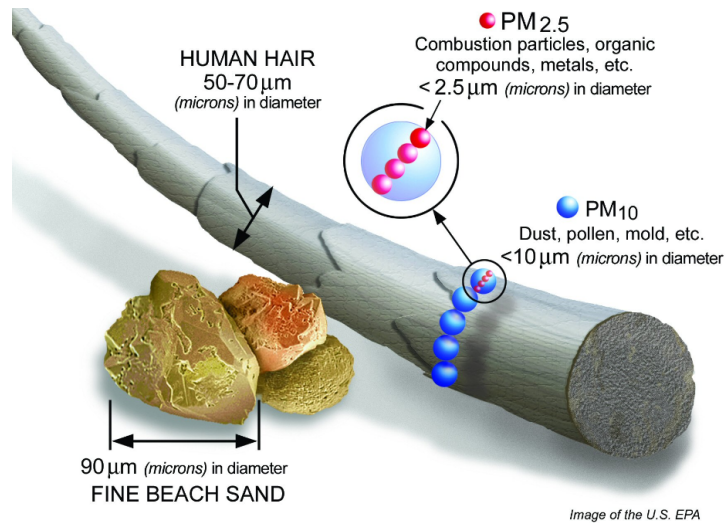


초미세먼지 (PM<sub>2.5</sub>; μg m<sup>-3</sup>) 농도 모의

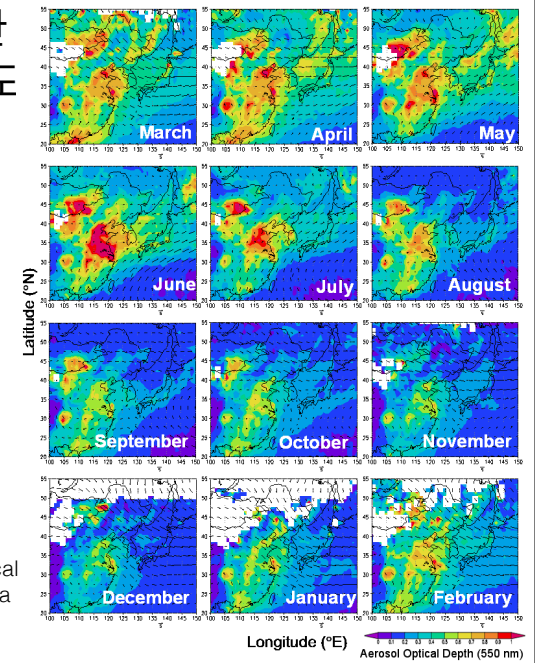


- 중국발 대기갈색연무(스모그)가 한반도로 지속적으로 유입되면서, 한반도 대기질 및 기후변화에 심각한 영향을 끼치고 있음.
- 한반도 국지 발생에 의한 기여

# 미세먼지 (Particulate Matter, PM)



# 인공위성으로 관측한 계절별 미세먼지 농도

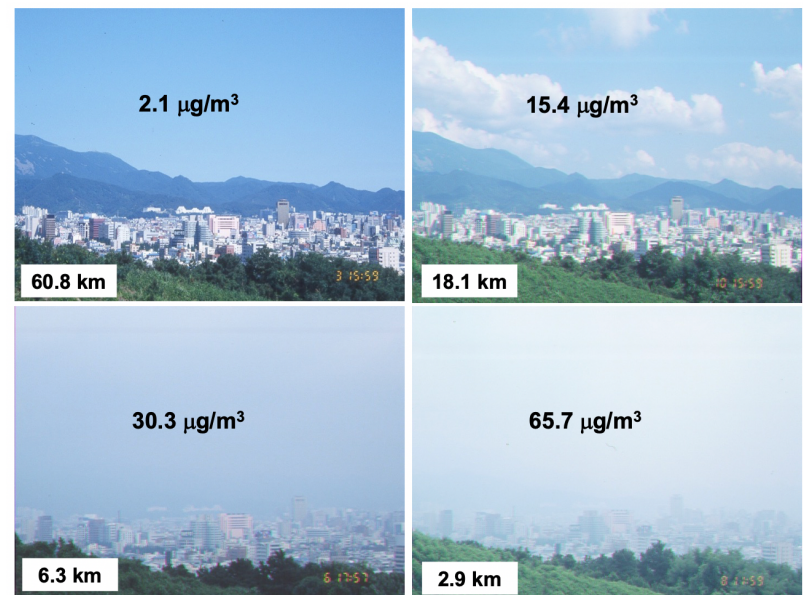


# 미세먼지

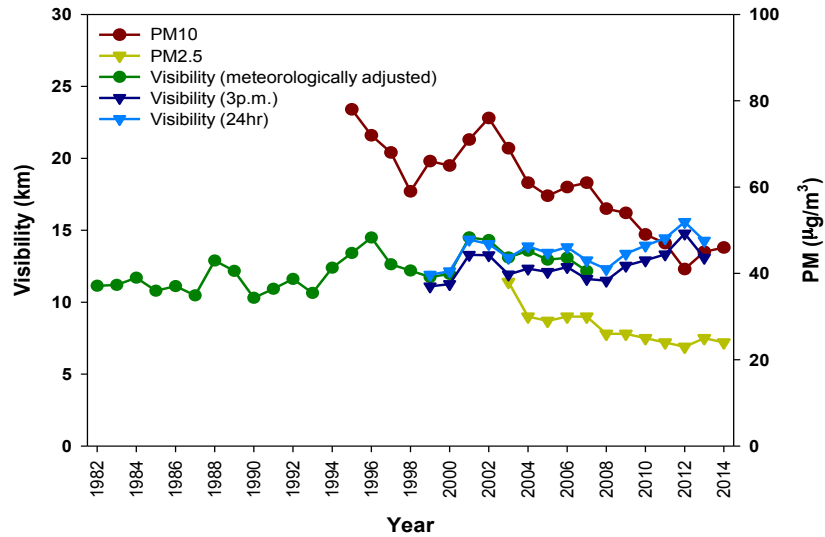


<http://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=3179692>  
<http://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=2969023>  
<https://www.airkorea.or.kr/>  
<https://aqicn.org/map/world>  
<http://kaq.or.kr/>

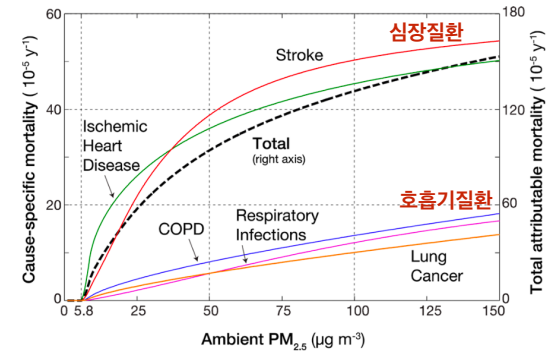
# 서울지역의 미세먼지 및 시정거리



## 서울지역의 미세먼지 및 시정거리



## 초미세먼지의 유해성



Apte et al. (2015)

미세먼지 PM2.5 환경기준 (2018년 3월 부터 적용, 출처: 환경부) (단위:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

구분	한국		주요 선진국		기타		
	현행	개정	미국	일본	WHO	EU	중국
연평균	25	15	15	15	10	25	35
일평균	50	35	35	35	25	(없음)	75

## 대기 오염, 전 세계 어디서나...



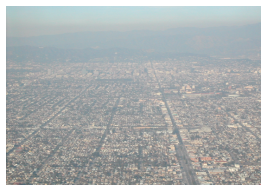
Himalayan Foothills, Dec. 2002



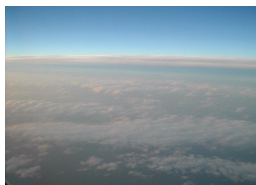
Arabian Sea, Mar. 1999



Alps, 2003



Los Angeles, Dec. 2002



S. China Sea, Dec. 2002



Brazil, 2003

## 대기 오염 (air pollution)

- 대기오염은 인간활동으로 인한 지구 대기상의 환경오염을 의미
- 인간 건강에 미치는 영향에 초점을 두고 대기환경문제는 초기에 대두되기 시작
- 최근 들어, “대기환경 = 대기오염 + 기후 변화” 로 확장

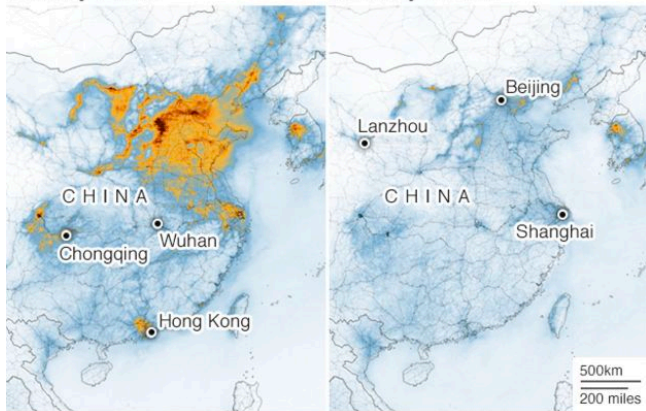


## Satellite images show pollution clear amid slowdown

Nitrogen dioxide levels in the lower atmosphere

January 1 to 20

February 10 to 25

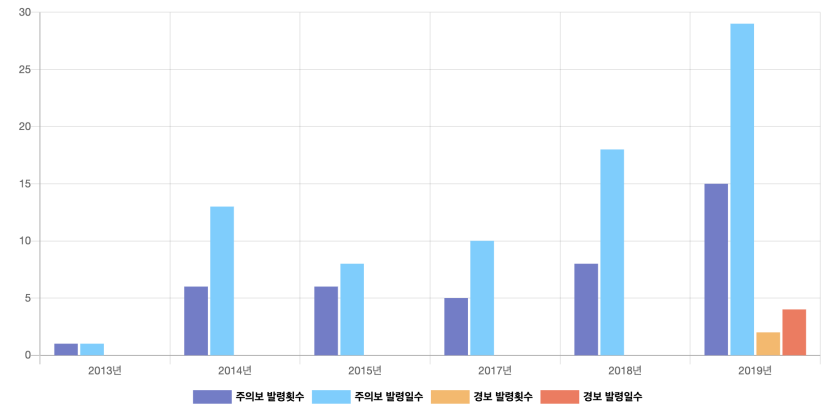


Density of Nitrogen dioxide  
Low High

Source: Nasa, ESA/Copernicus

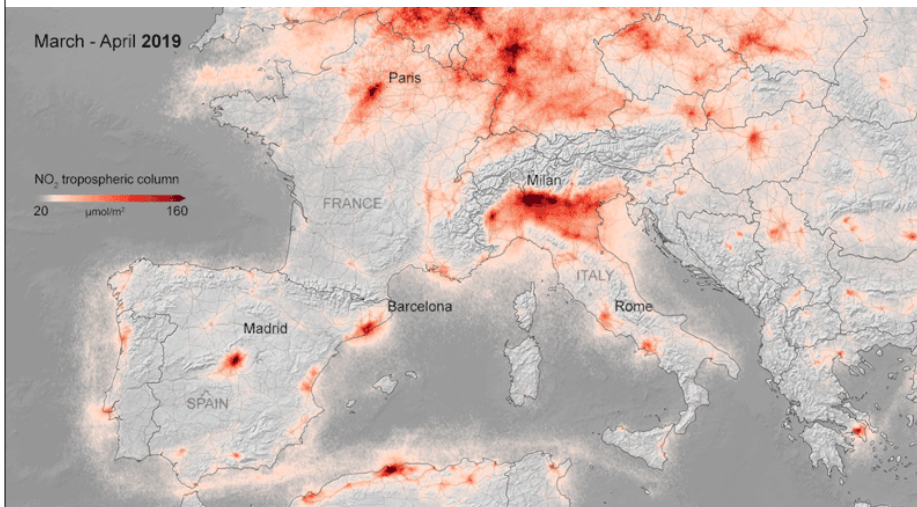
BBC

## 미세먼지 주의보, 경보 (서울시)



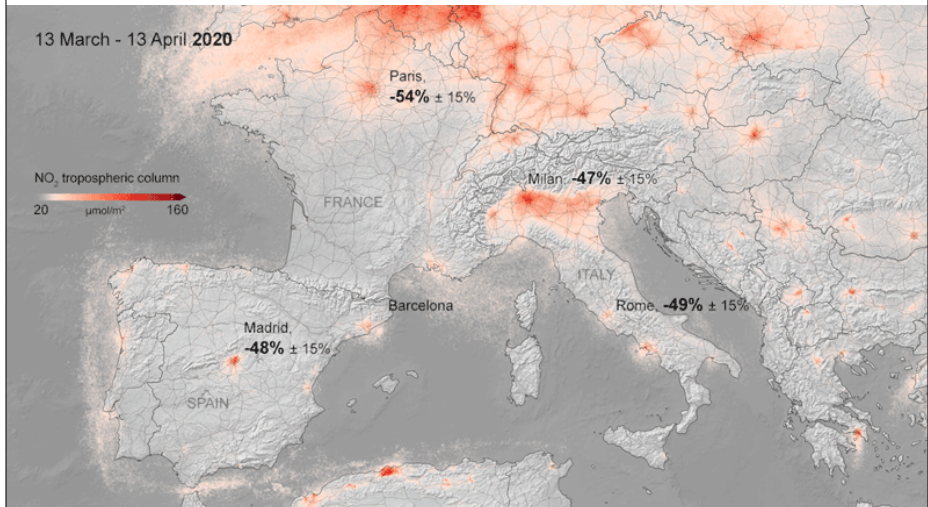
## NO<sub>2</sub> over Europe

March - April 2019



## NO<sub>2</sub> over Europe

13 March - 13 April 2020



- Transportation shutdown due to coronavirus