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.

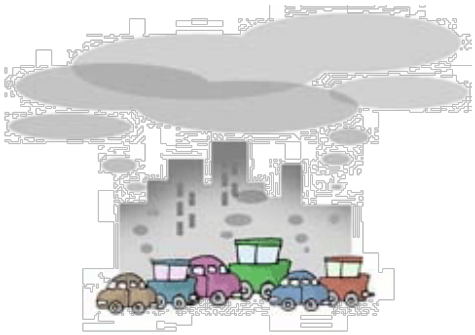
하루 평균 소비량 (성인 기준)

- 음식: 1.2 kg
- 물: 2 kg
- 공기: 13.5 kg

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.

런던형 스모그



로스앤젤레스형 스모그

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.

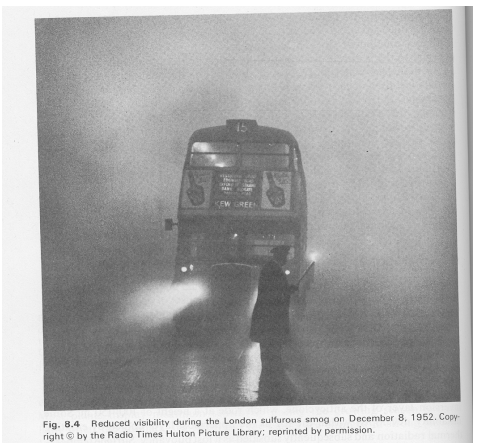
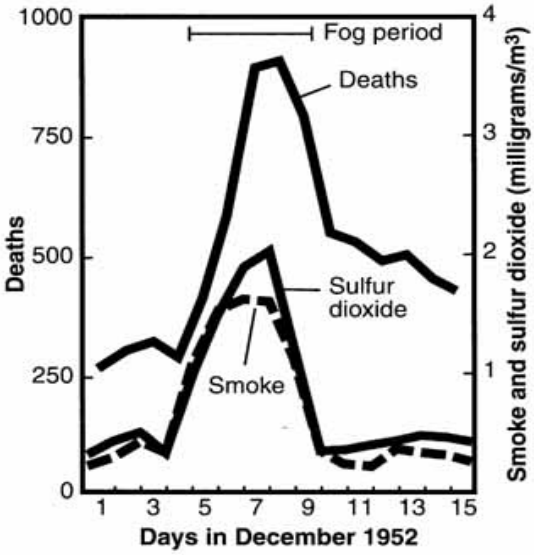


Fig. 8.4 Reduced visibility during the London sulfurous smog on December 8, 1952. Copyright © by the Radio Times Hulton Picture Library; reprinted by permission.

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 **역전층**이 발생.

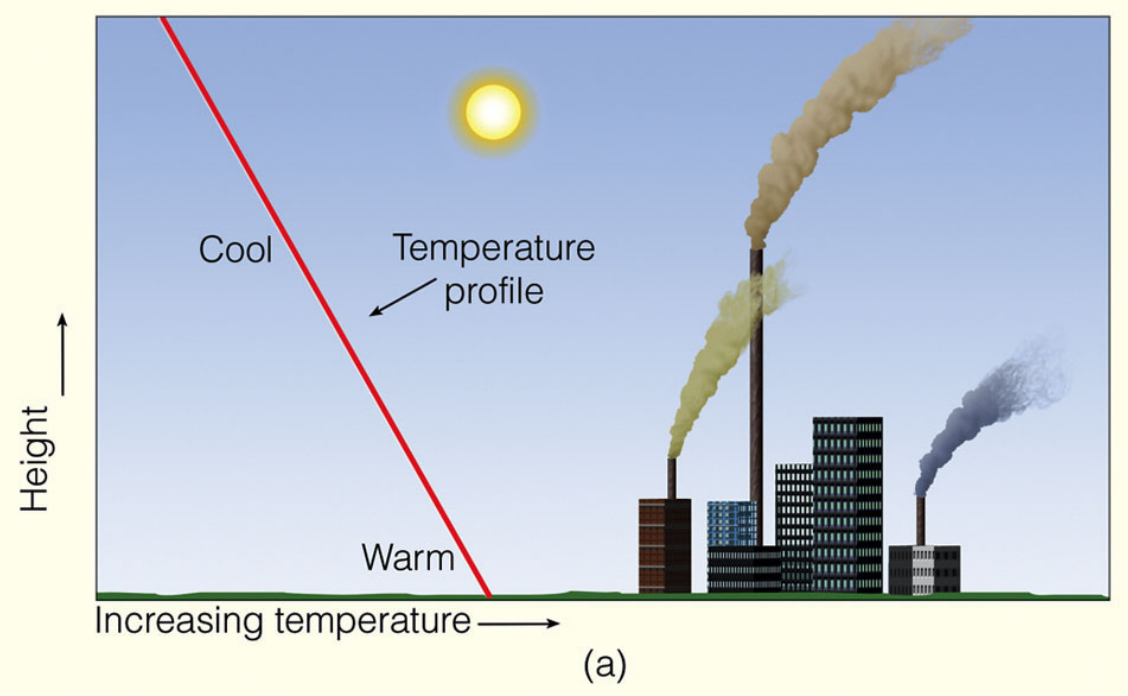
- 공장굴뚝에서 배출된 매연과, 아황산가스는 평상시의 ~4-5배까지 상승하였고, 안개와 섞여 황산미스트 발생을 가속



www.st-andrews.ac.uk

역전층이란

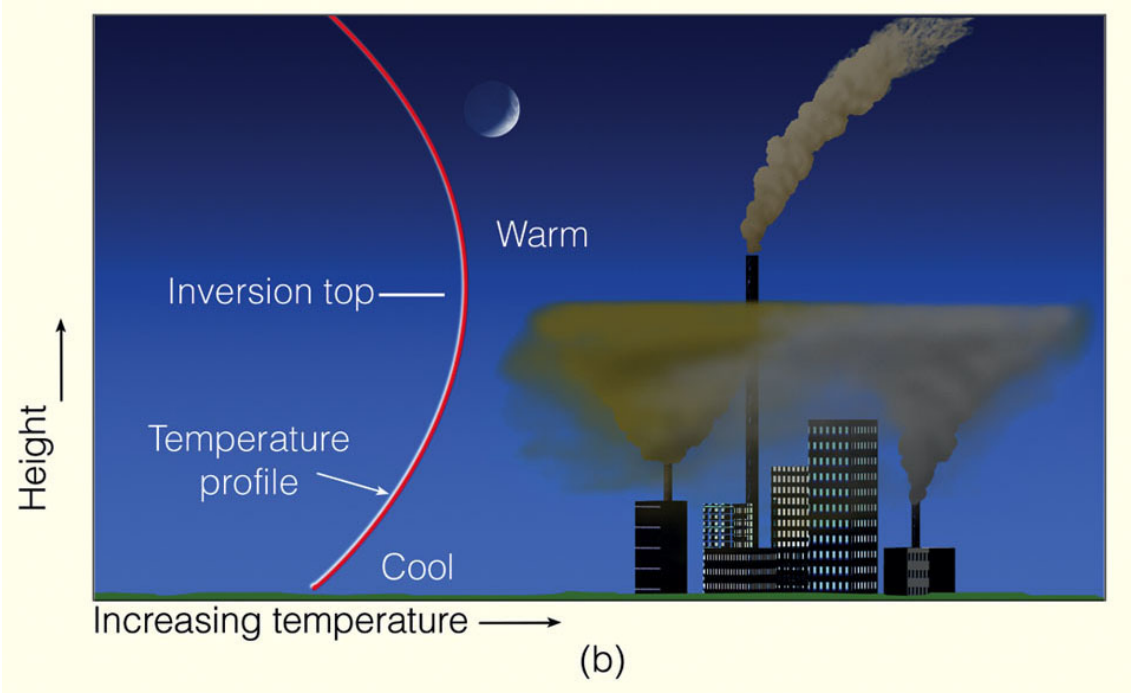
일반적인 대기 상태



Brooks/Cole Cengage Learning

역전층이란

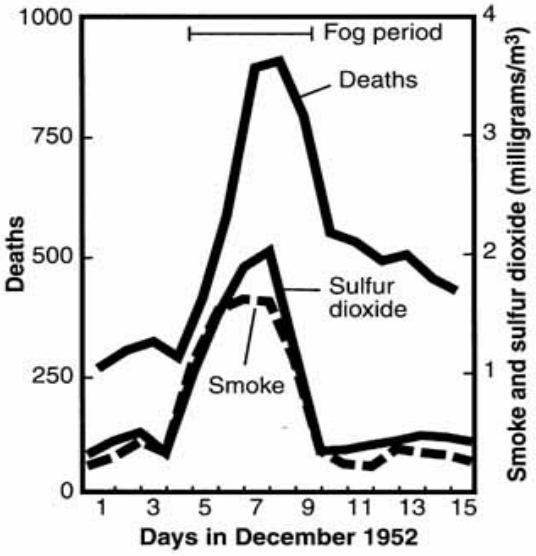
역전층 (inversion layer) 형성



Brooks/Cole Cengage Learning

런던 스모그의 영향

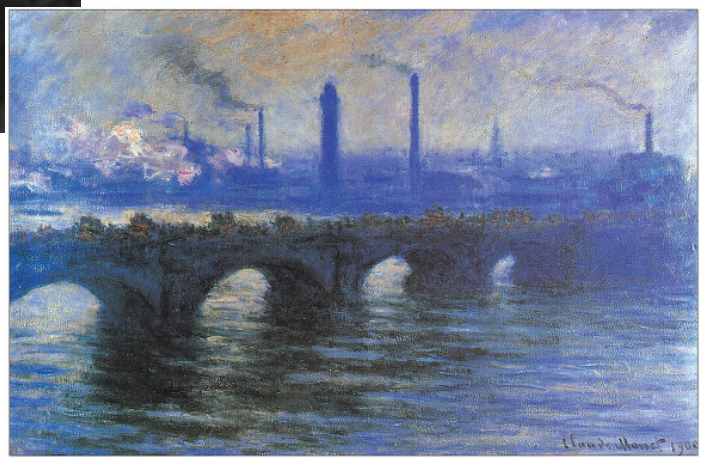
- 스모그 기간동안 **4000 명 이상의 추가 사망자**가 발생
- 영국 정부는 이 사건을 계기로 1956년에 특정지역에의 석탄사용을 금지시킨 인류 최초의 **청정공기법을 제정 시행**

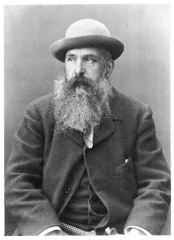


www.st-andrews.ac.uk

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

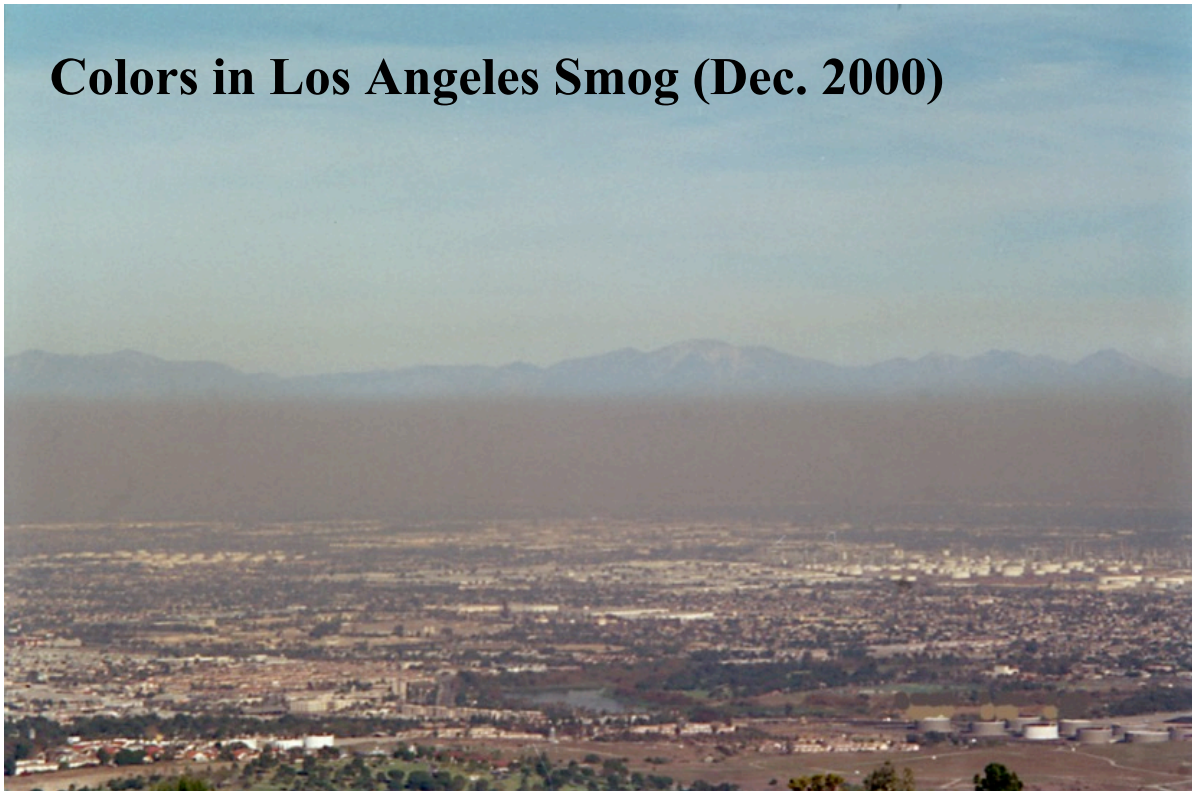
1949년

1953년

1964년

로스엔젤레스

로스엔젤레스



Mark Z. Jacobson

Polluted Skies

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

서울

서울

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 (㎍/㎥)	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 (㎍/㎥)		-	1.5/3months	S	0.5/year	S	S
Benzene (㎍/㎥)		-	-	-	-	5/year('10)	S
Total hydrocarbon (ppm)		3/year 10/hr	S	-	-	-	-

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 (㎍/㎥)	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)
					S	S	S
					0.5/year	S	S
					-	5/year('10)	S
					-	-	-

대기오염물질별 중요 기준

대기오염물질의 영향

= 오염 농도 x 노출시간

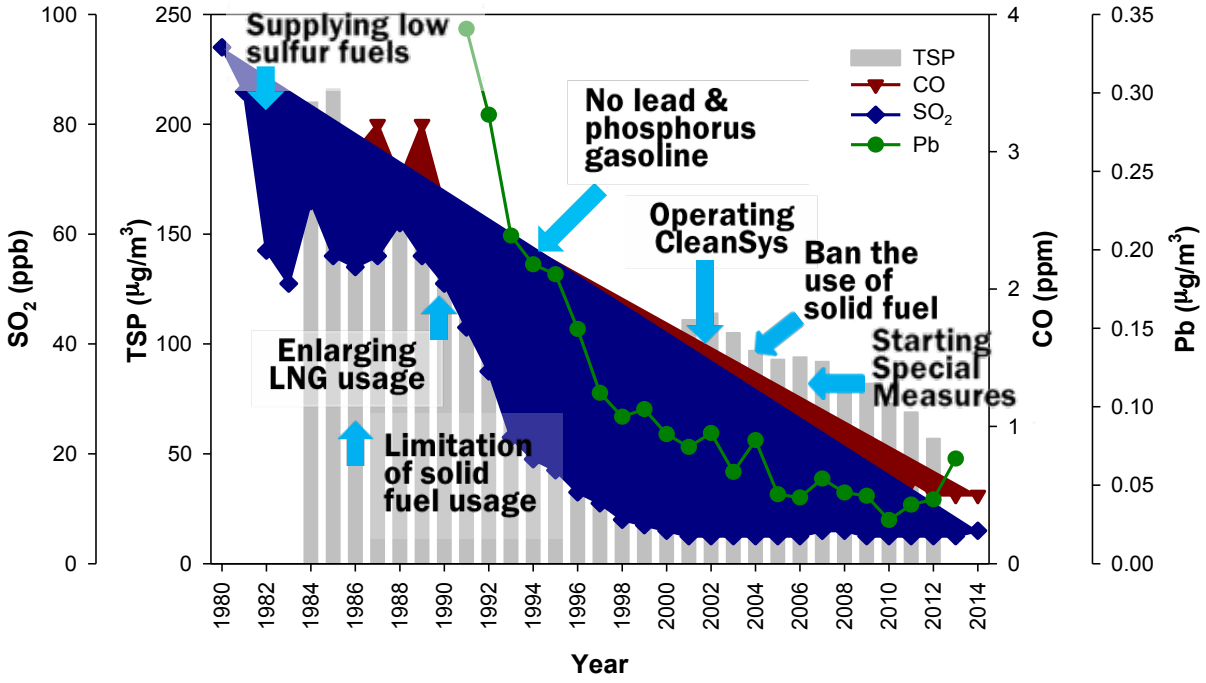
우리나라 대기환경 개선 정책

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

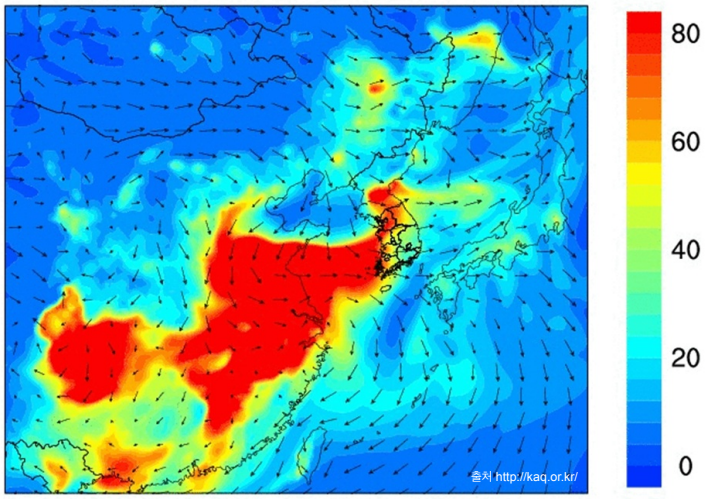
그러나, 한국의 대기질은 아직 충분히 좋아지질 않고...

서울지역의 1차 대기오염물질 농도변화



미세먼지

초미세먼지 (**PM2.5; μg m^{-3}**) 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)

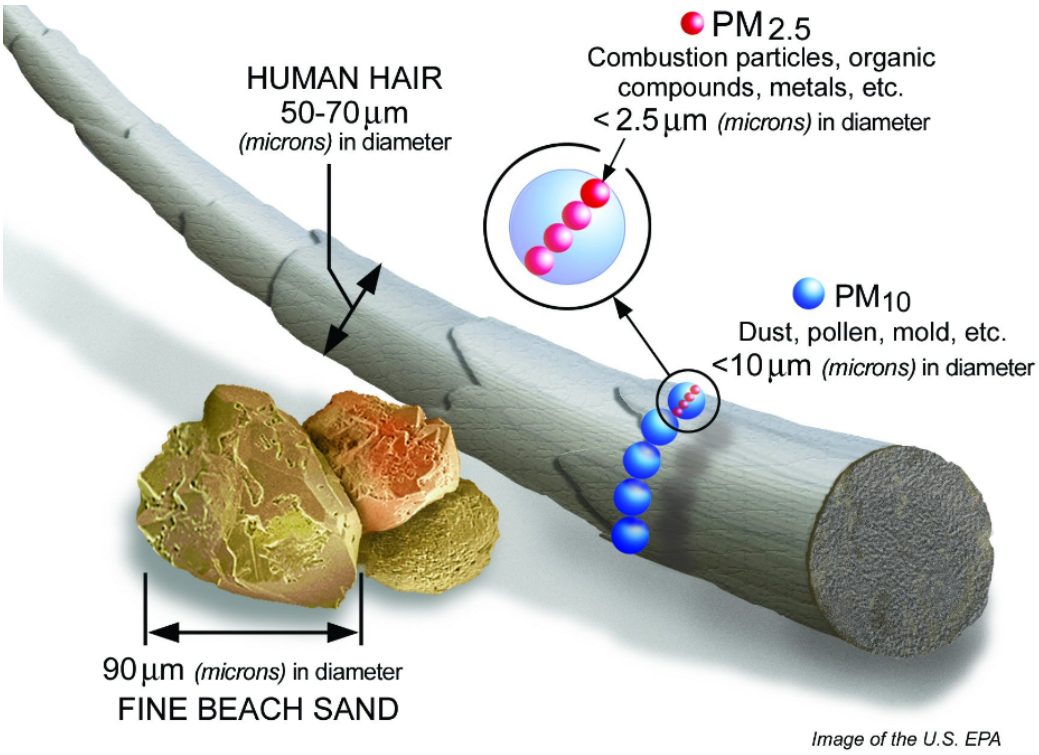
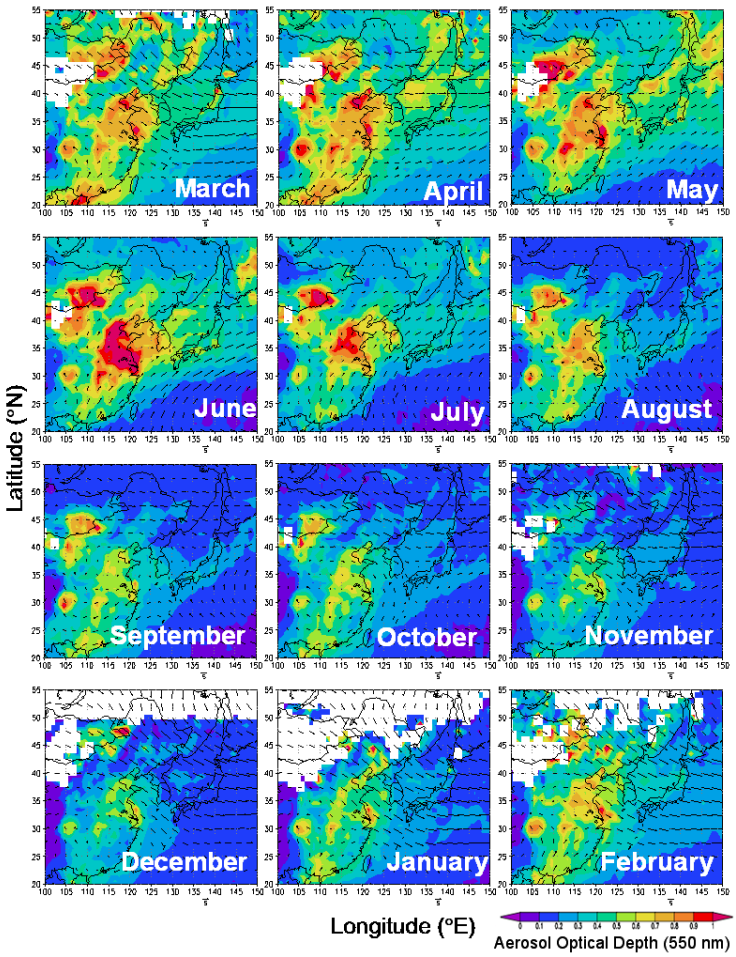


Image of the U.S. EPA

인공위성으로 관측한 계절별 미세먼지 농도

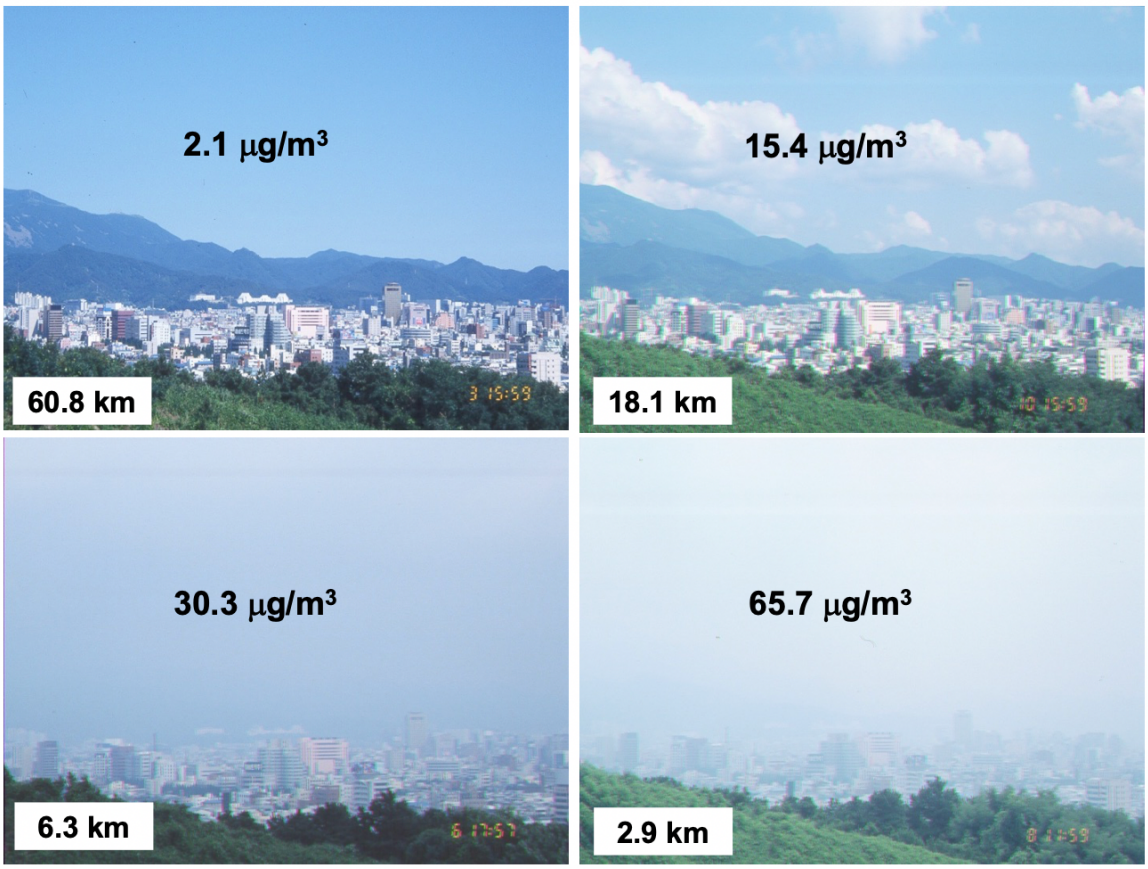


MODIS Aerosol Optical Depth Over East Asia

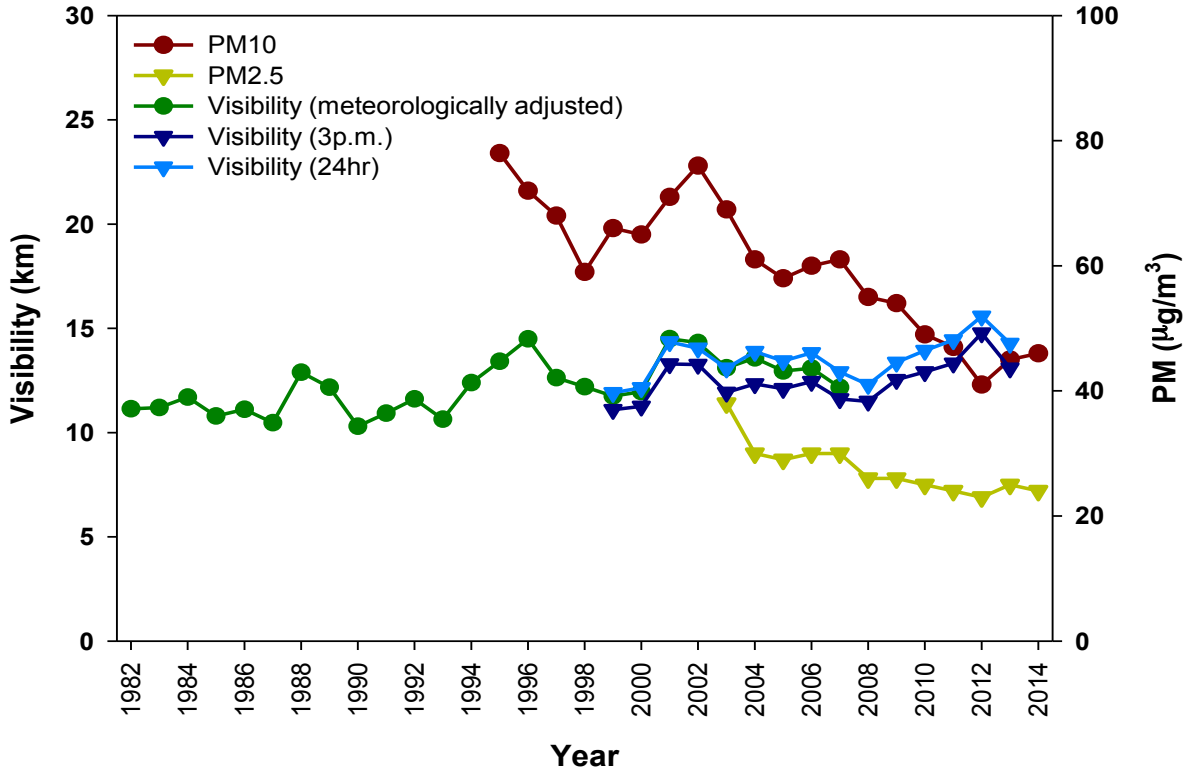
미세먼지

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/

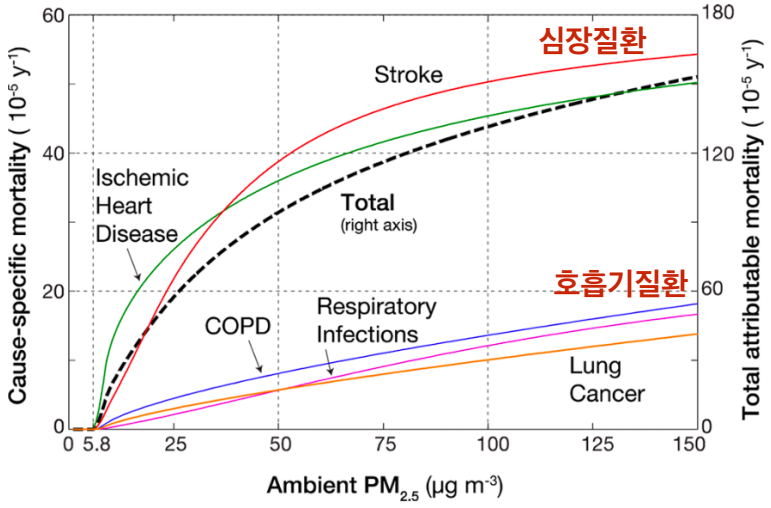
서울지역의 미세먼지 및 시정거리



서울지역의 미세먼지 및 시정거리



초미세먼지의 유해성



Apte et al. (2015)

미세먼지 PM2.5 환경기준 (2018년 3월 부터 적용, 출처: 환경부) (단위 : ㎍/㎥)

구 분	한 국		주요 선진국		기 타		
	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