환경성 폐질환연구회 심포지움

미세먼지 현황과 정책 과제

2019. 3

수원대학교 장영기

목 차

1 서 론

2 대기질 변화와 배출원

3 대기관리 정책 방향

4 대기위해성 평가

5 요약과 제언

1. 서 론

사회 키워드 순위 자료: 다음소프트 분석

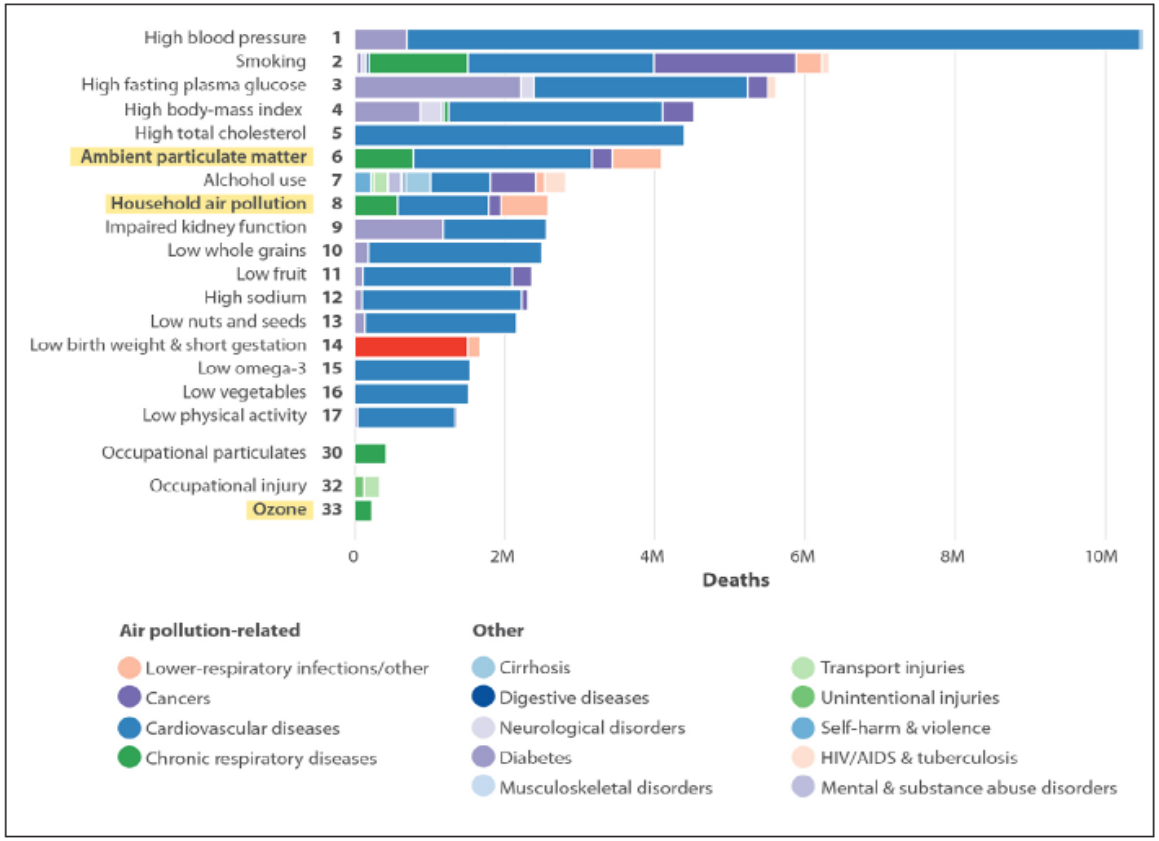
	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
1위	교육	교육	교육	교육	교육
2위	결혼	결혼	결혼	결혼	결혼
3위	교통	교통	교통	교통	교통
4위	취업	세월호	메르스	노후	노후
5위	출산	취업	취업	스펙	취업
6위	어린이집	출산	어린이집	취업	미세먼지
⋮					
10위	부동산	부동산	스펙	미세먼지	어린이집
⋮					
14위	노후	미세먼지	미세먼지	물가	물가
⋮					
19위	미세먼지				

27일 오후 서울 중구 프레스센터에서 열린 미세먼지센터 창립식에서 송길영 다음소프트 부사장은 '미세먼지에서 살아남기'라는 주제 발표를 통해 '미세먼지' 이슈에 대한 빅데이터 분석 결과를 발표했다. 송 부사장의 발표문을 보면, 미세먼지는 결혼, 취업에 이어 육아나 출산보다 우선순위가 높은 한국의 주요 현안으로 부상했다. 2013~2017년까지 사회 관심 키워드의 상위권 순위는

한겨레, 2018년 2월 28일자

1. 서 론

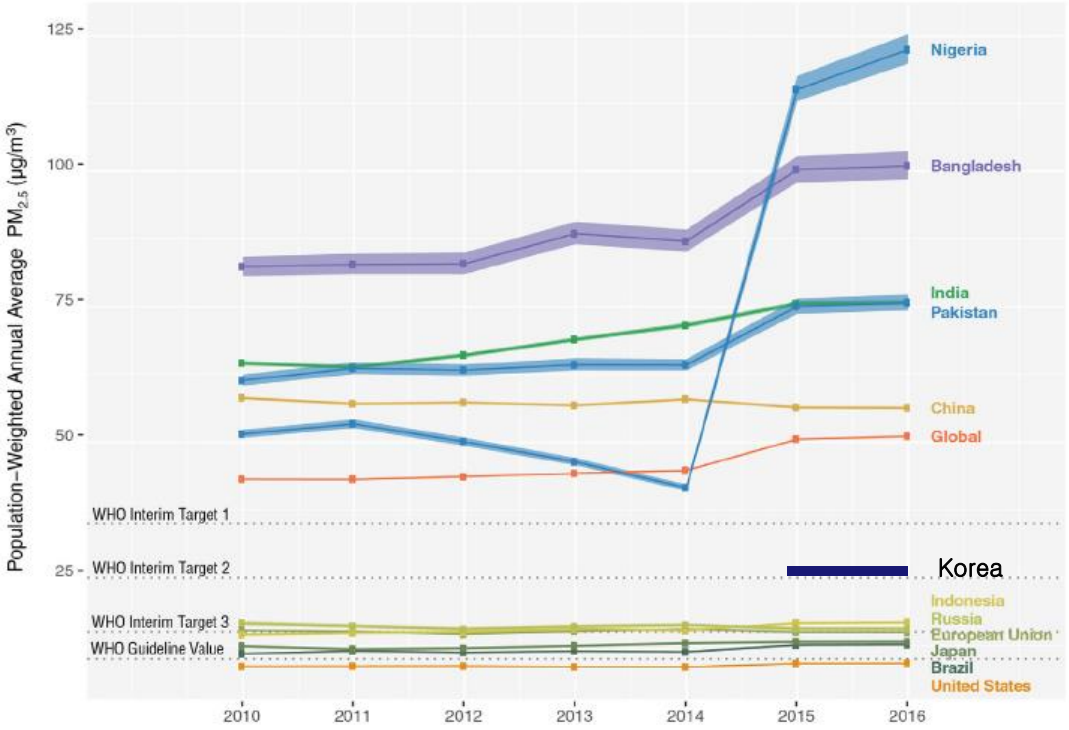
Figure 1. Global ranking of risk factors by total number of deaths from all causes for all ages and both sexes in 2016.



사망위험 순위 : 1.고혈압>2.흡연>3.당뇨 >6.실외 미세먼지>8.실내 대기오염

1. 서 론

Figure 3. Trends in population-weighted annual average $PM_{2.5}$ concentrations in the 10 most populous countries plus the European Union, 2010–2016.



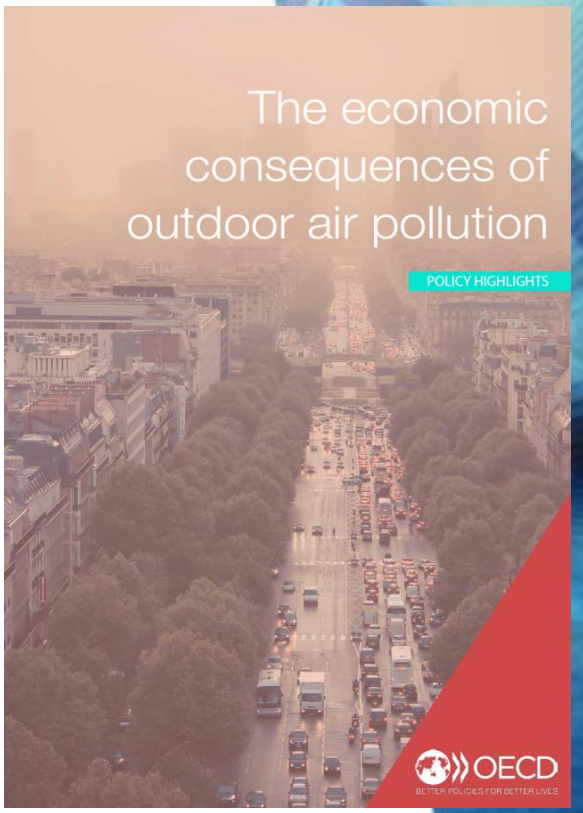
PM2.5 최근 농도 : 미국<일본<한국<중국<방글라데시

1. 서 론

OECD- 대기오염에 따른 경제적 영향, 2016

- The market impacts of outdoor air pollution, which include impacts on labour productivity, health expenditures and agricultural crop yields, are projected to lead to global economic costs that gradually increase to 1% of global GDP by 2060.

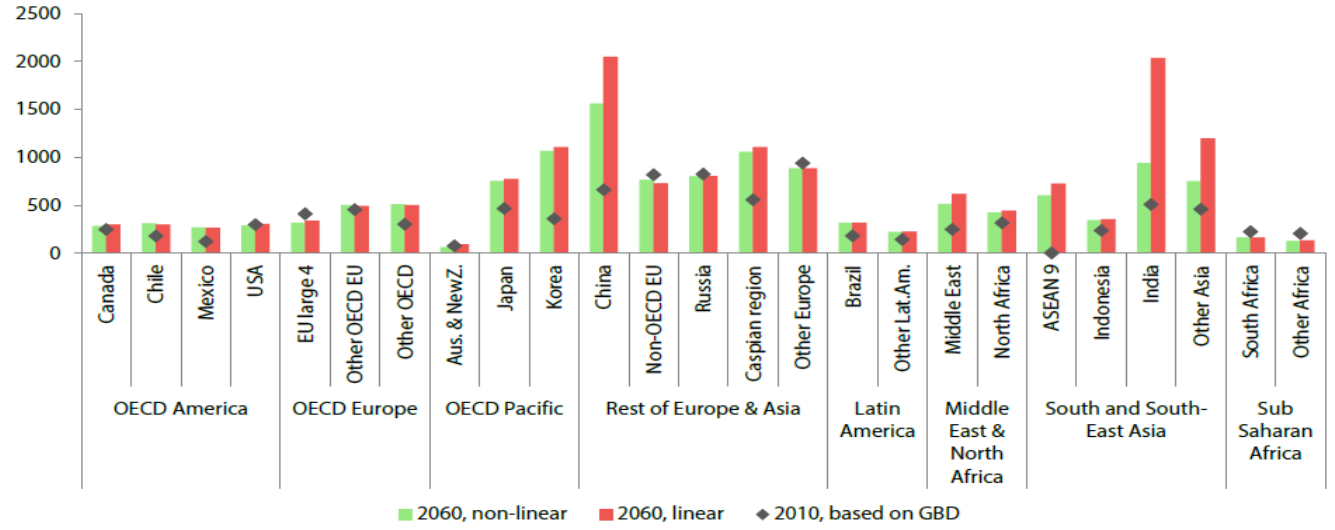
- The most dangerous consequences from outdoor air pollution are related to the number of premature deaths. This report projects an increase in the number of premature deaths due to outdoor air pollution from approximately 3 million people in 2010, in line with the latest Global Burden of Disease estimates, to 6-9 million annually in 2060. A large number of deaths occur in densely populated regions with high concentrations of $PM_{2.5}$ and ozone, especially China and India, and in regions with aging populations, such as China and Eastern Europe.



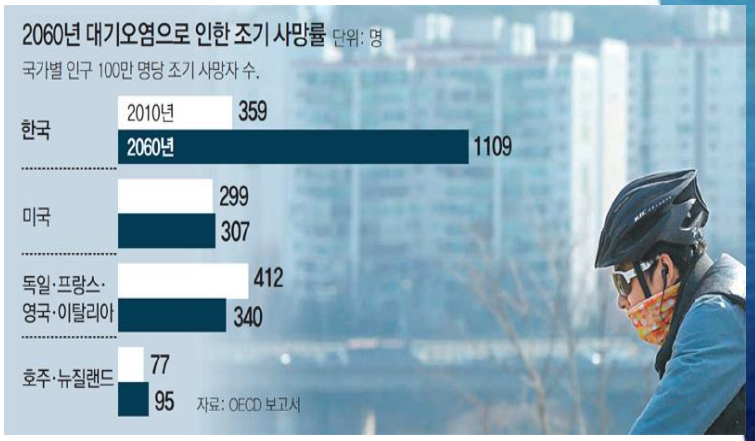
보고서는 세계적으로 실외 대기오염으로 인한 조기사망자가 2010년 연간 약 300만 명에서 2060년 약 600- 900만 명에 달할 것으로 예측하였다. 특히 조기사망자는 PM2.5와 오존 농도가 높은 인구 밀집 지역인 중국과 인도 그리고 노령인구 지역에서 발생할 것으로 예측 하였다.

1. 서 론

Figure 5. **Premature deaths from exposure to particulate matter and ozone**
Projected number of deaths caused by outdoor air pollution per year per million people

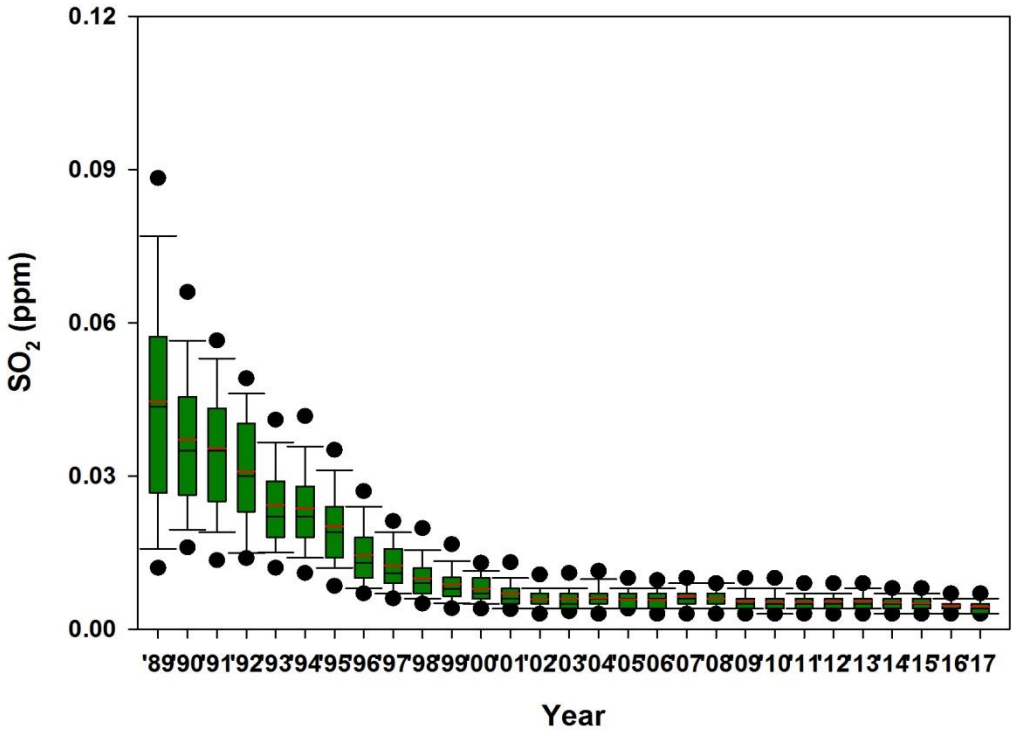


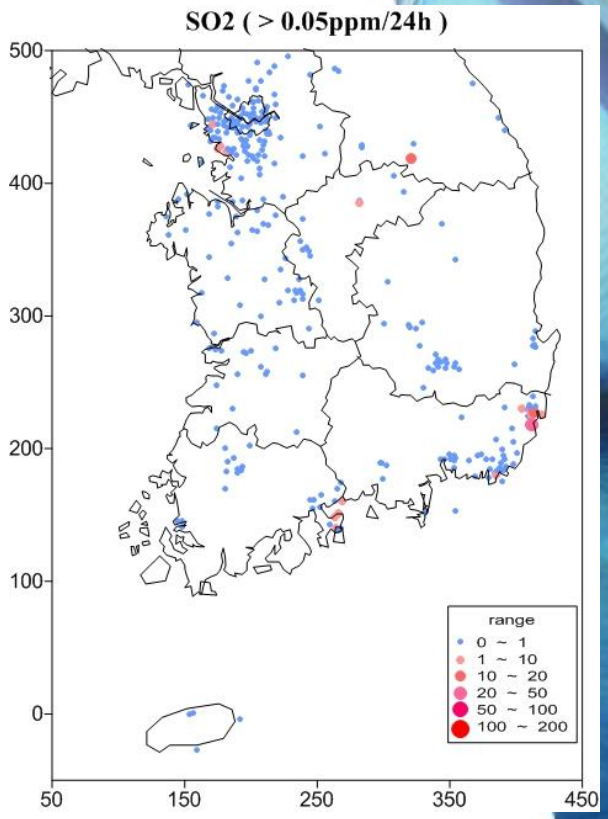
한국은 PM2.5와 오존으로 인하여 2010년 약 18,000명이 조기 사망 하였으며, 2060년에는 약 55,000명의 조기사망이 발생할 것으로 예측하였다.



2. 대기질 변화와 배출원

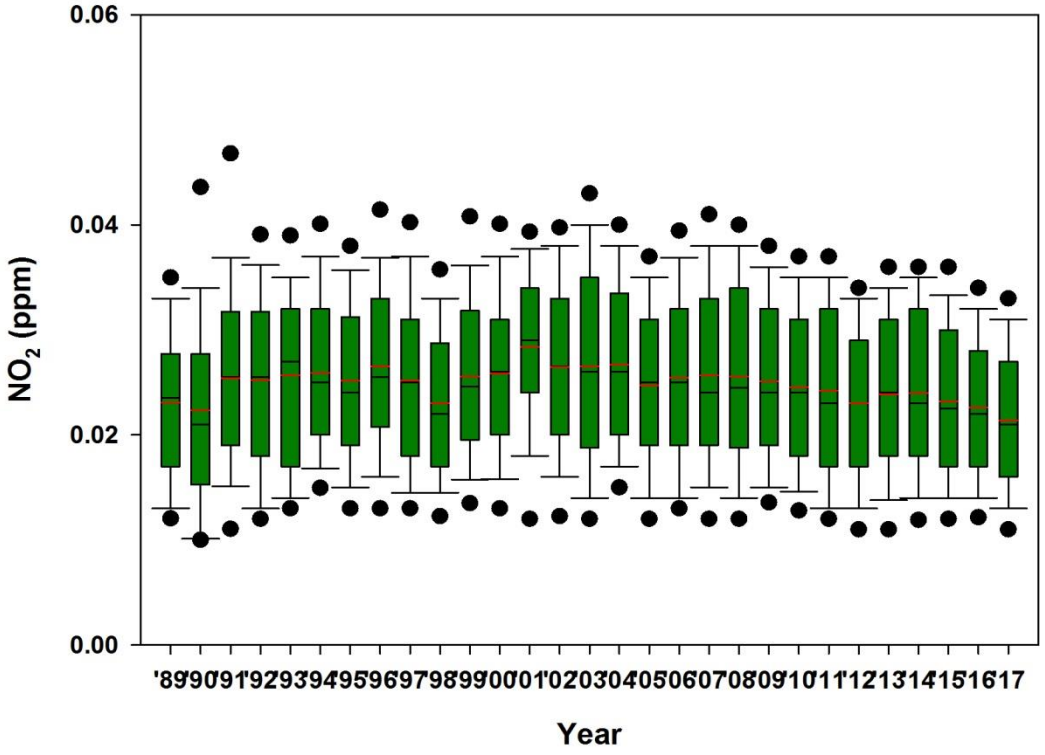
SO2 농도 변화와 환경기준 초과현황(2017)

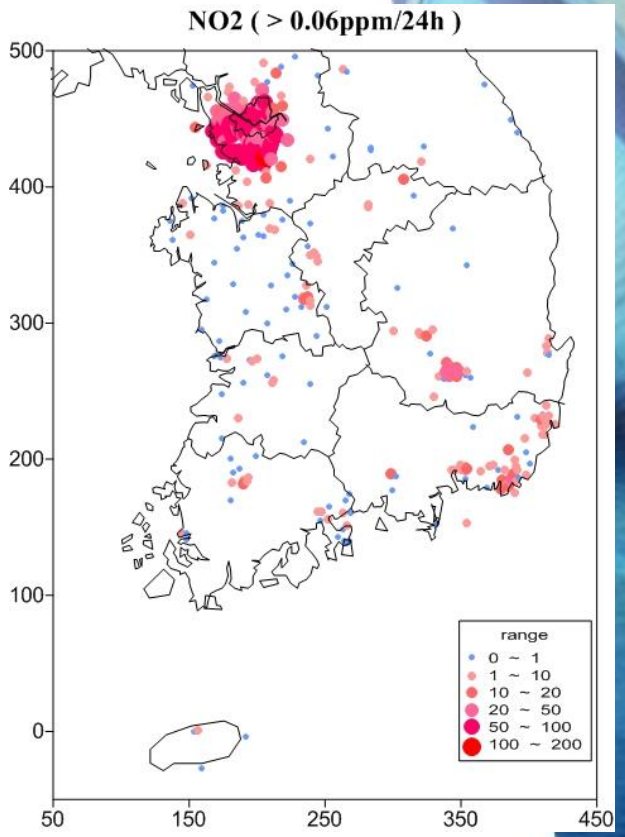




2. 대기질 변화와 배출원

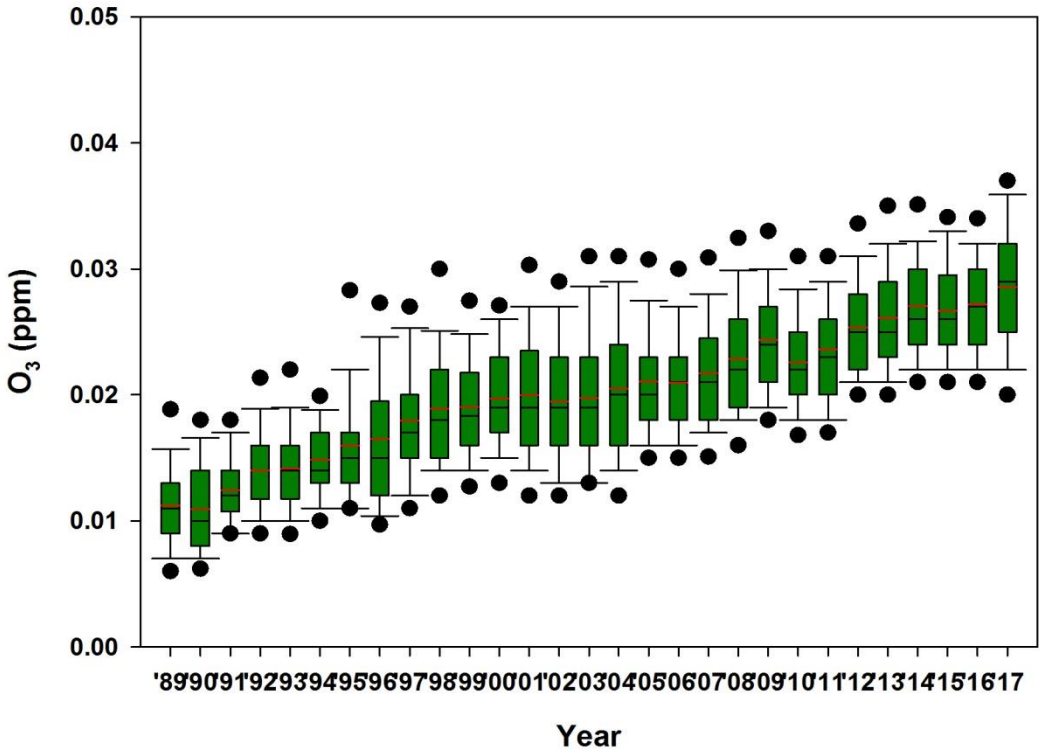
NO2 농도 변화와 환경기준 초과현황(2017)

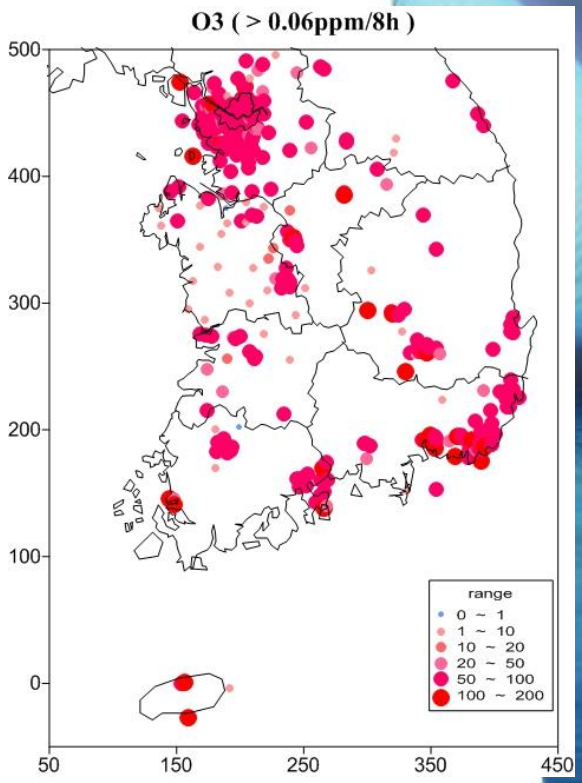




2. 대기질 변화와 배출원

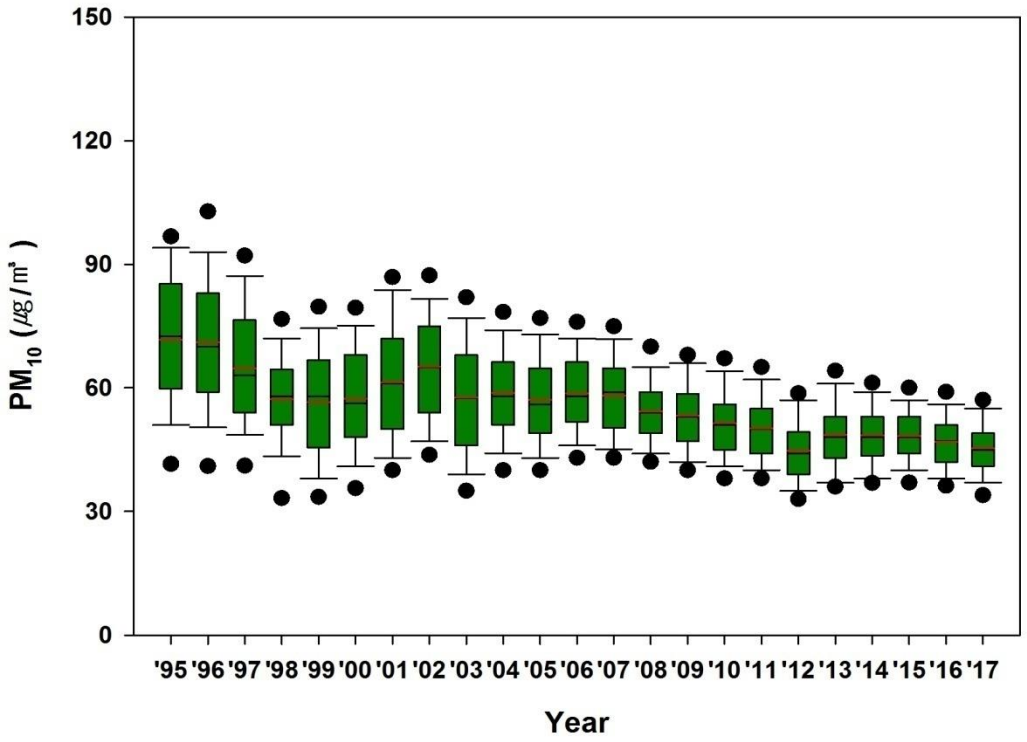
O3 농도 변화와 환경기준 초과현황(2017)

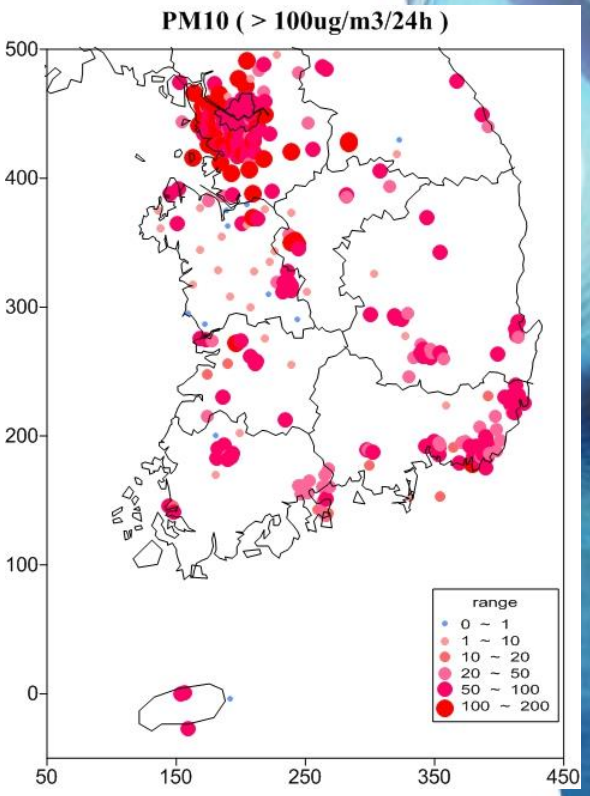




2. 대기질 변화와 배출원

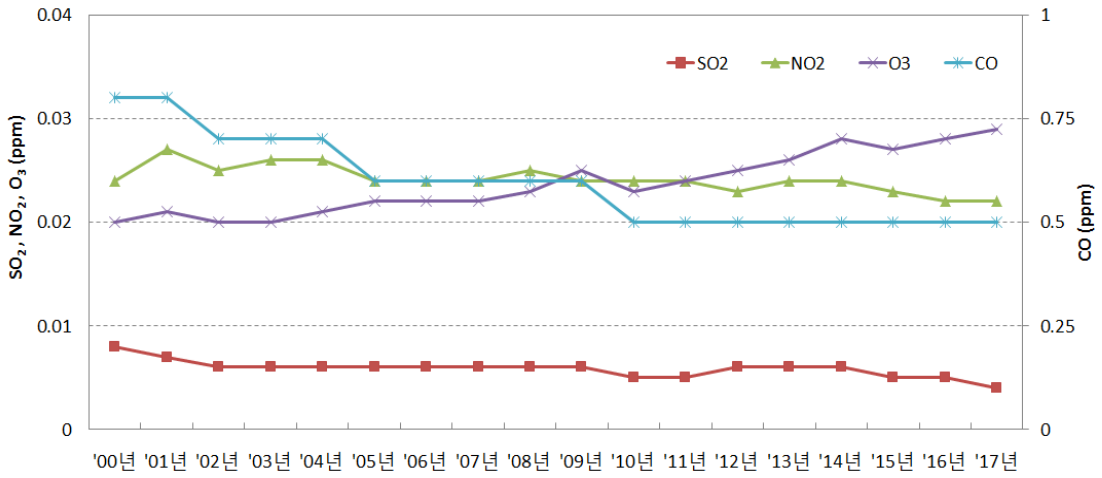
PM10 농도 변화와 환경기준 초과현황(2017)

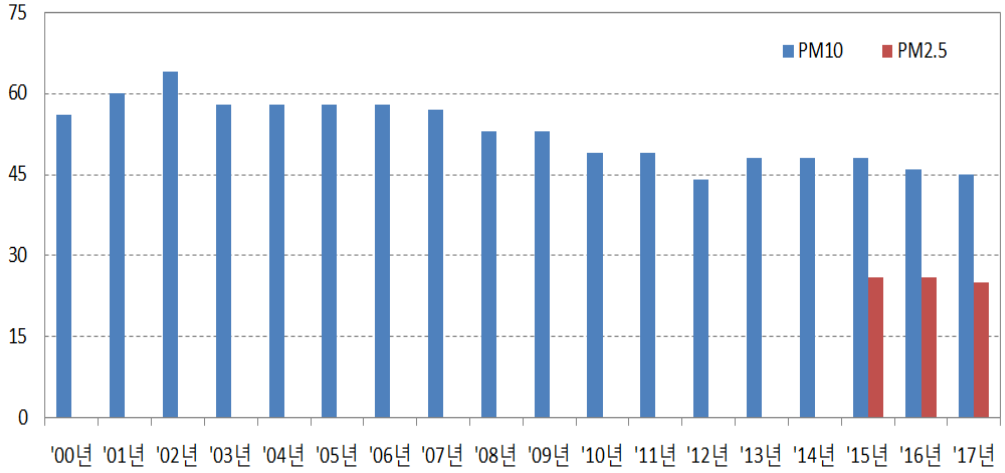




2. 대기질 변화와 배출원

대기오염 추이측정소의 연평균 농도 변화(2000-2017)



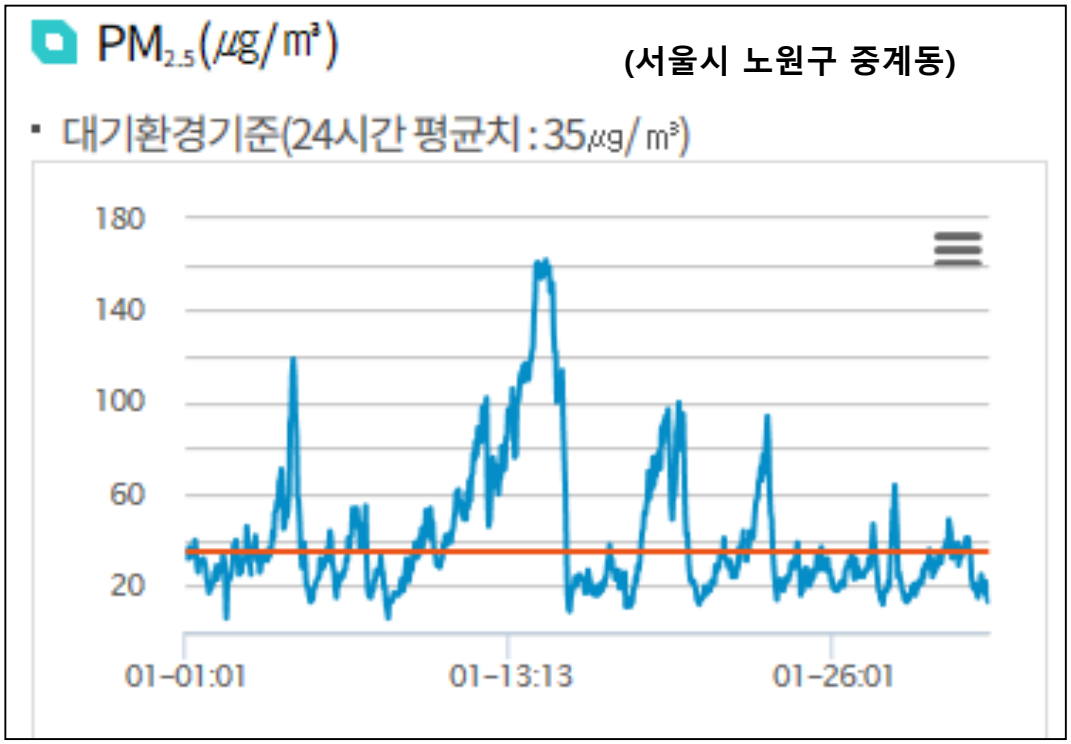


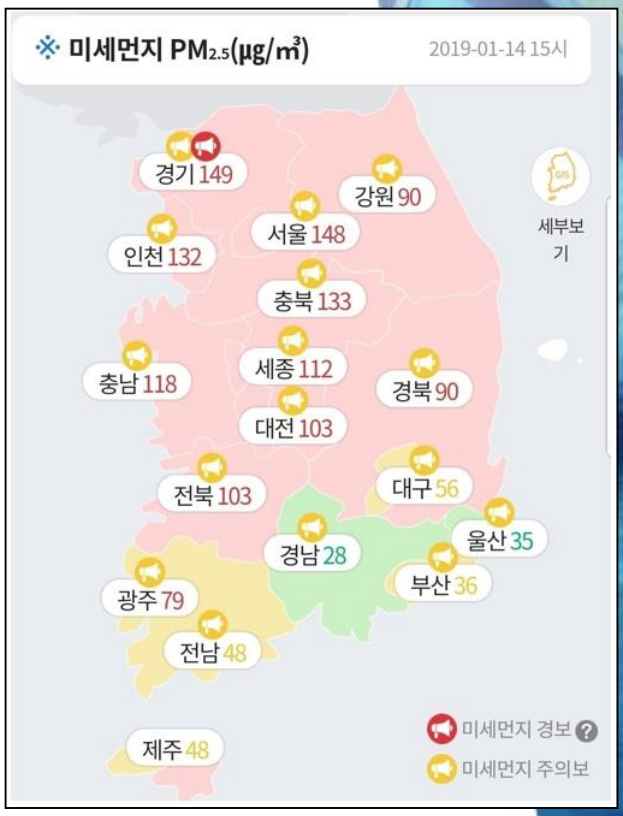
대기오염 추이측정소

전국의 도시대기측정소 중 52개의 측정소를 지정하여 위치변경을 제한하고, 장기 추세와 정책 효과 분석에 활용

2. 대기질 변화와 배출원

미세먼지 단기 고농도 발생 (2019년 1월)

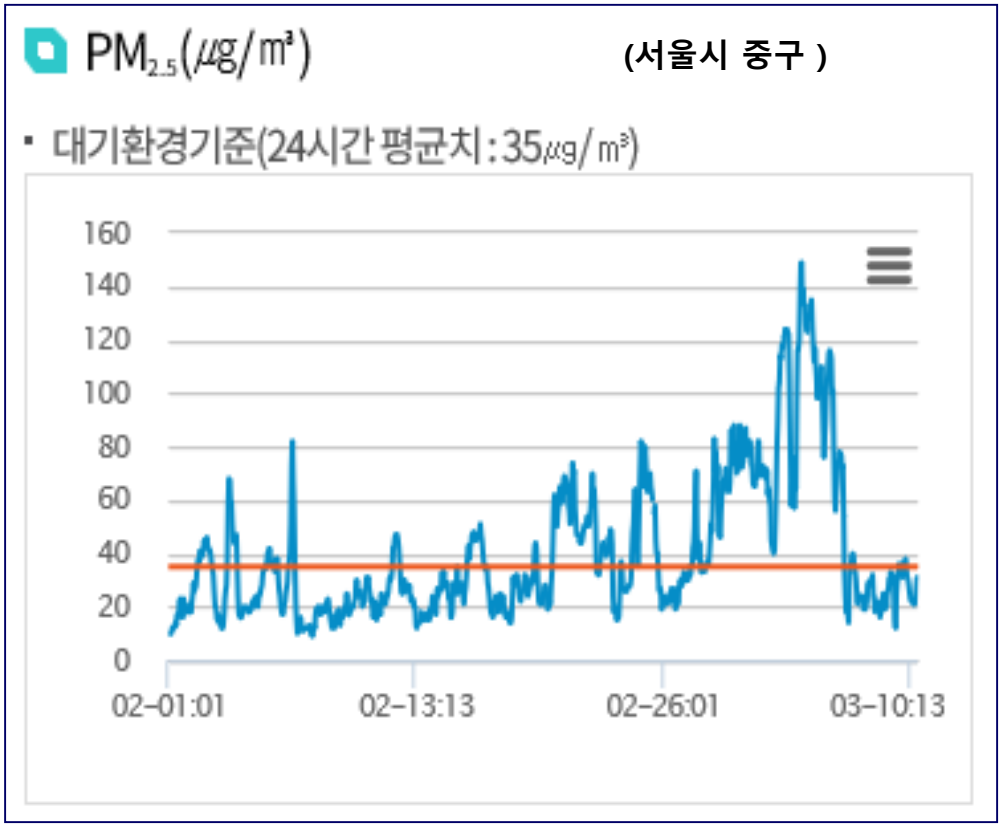




초미세먼지 주의보 발령 (2019년 1월, 서울시)
-주의보 수준 8일 (시간평균 75 ug/m3, 2시간 지속)
경보 수준 2일 (시간평균 150 ug/m3, 2시간 지속)

2. 대기질 변화와 배출원

미세먼지 단기 고농도 발생 (2019년 2월-3월10일)



PM2.5 주의보 발령(서울)

2019년	주의보	경보
1월 -	8일	2일
2월 –	6일	
3월 –	(7일)	(2일)

• 2018년 주의보 18일

2. 대기질 변화와 배출원

배출원별 대기오염 배출량 (2014)

(단위 : ton/yr)

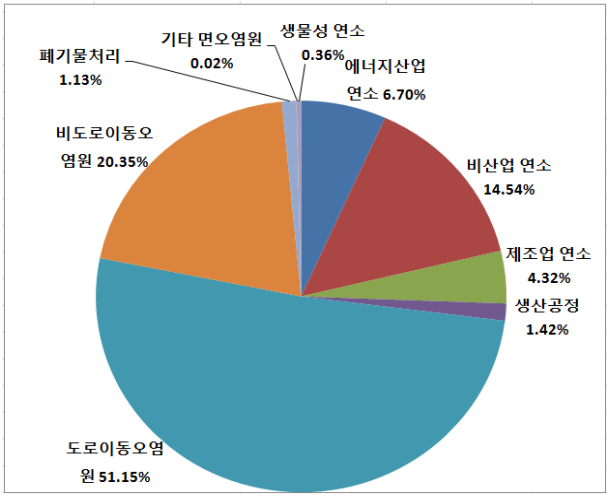
대분류	수도권		전국	
	NOx	PM2.5	NOx	PM2.5
에너지산업 연소	18,111	613	162,818	3,679
비산업 연소	39,299	362	81,143	1,045
제조업 연소	11,682	954	173,660	30,322
생산공정	3,839	221	53,311	4,903
도로이동오염원	138,235	2,991	361,230	9,218
비도로이동오염원	54,988	2,555	291,171	13,671
폐기물처리	3,049	61	12,257	204
기타 면오염원	61	96	153	245
비산먼지	-	4,660	-	16,101
생물성 연소	968	1,914	8,765	12,073
합계	270,231	14,427	1,144,508	91,460

출처 : 환경부, 대기오염물질 배출량(2014),2017

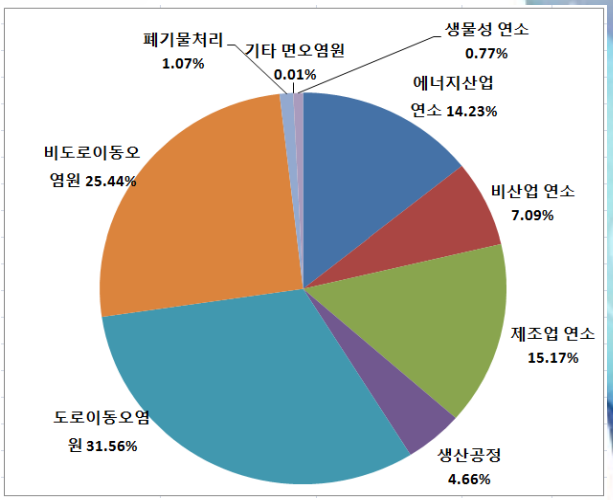
2. 대기질 변화와 배출원

배출원별 대기오염 배출 (2014)

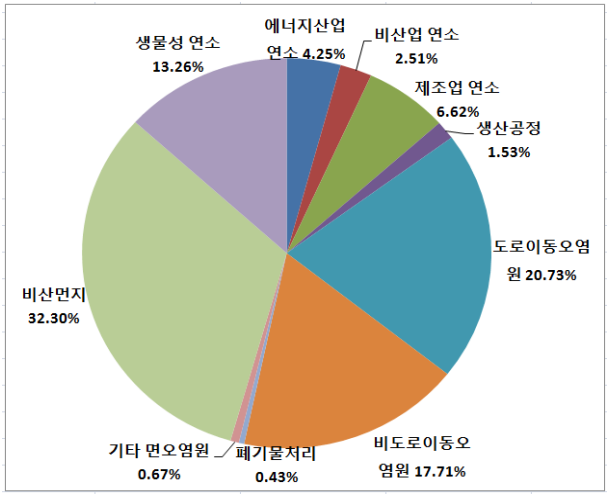
수도권 Nox 배출비율



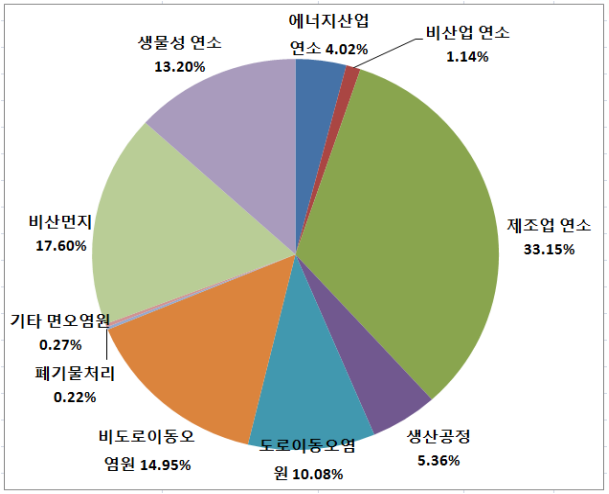
전국 Nox 배출비율



수도권 PM2.5 배출비율



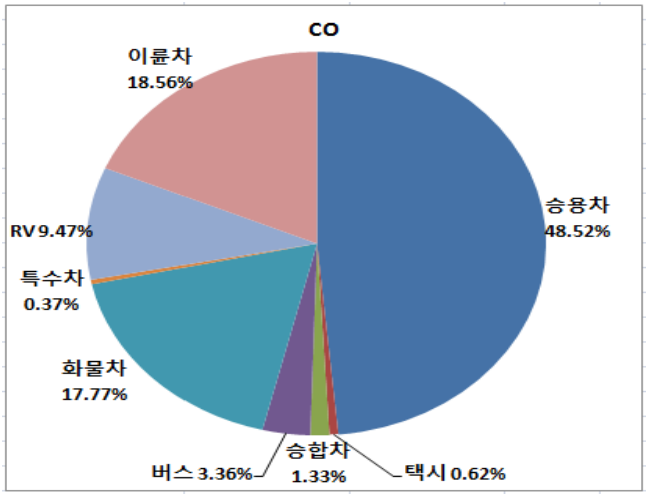
전국 PM2.5 배출비율

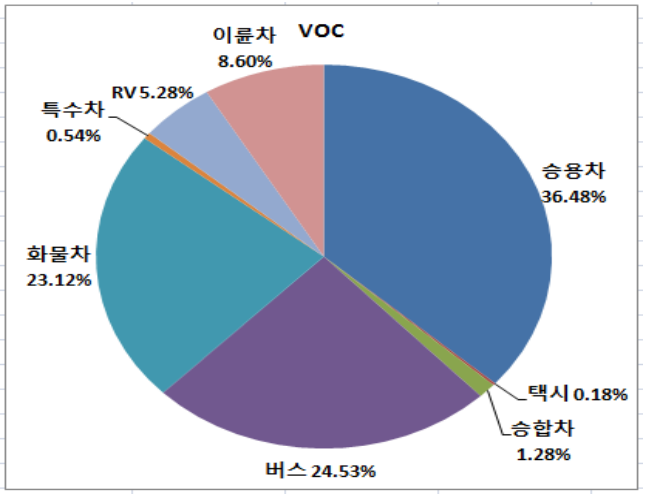


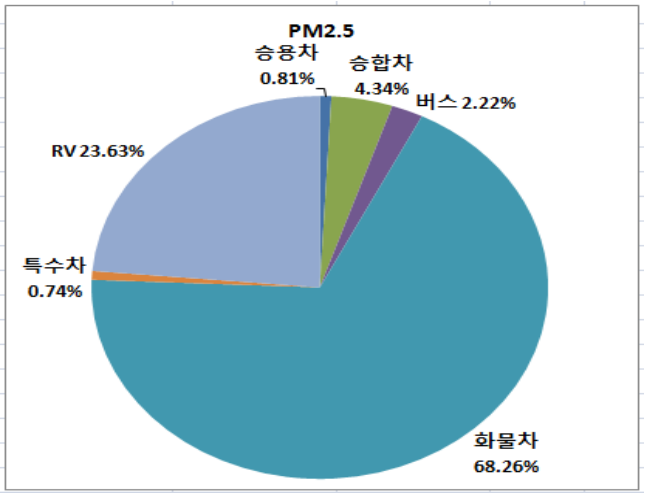
출처 : 환경부, 대기오염물질 배출량(2014), 2017

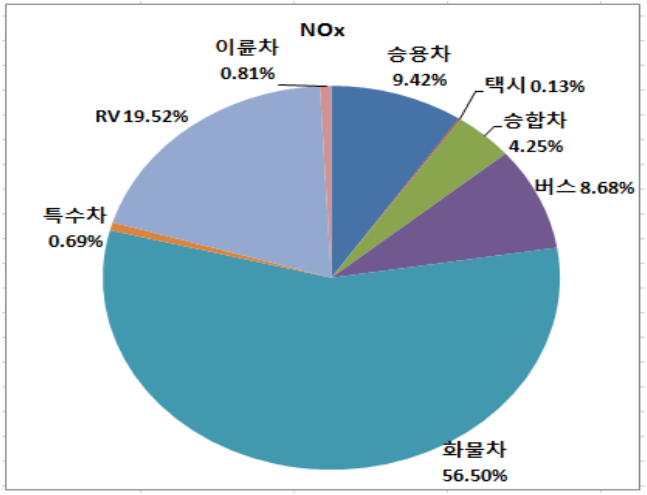
2. 대기질 변화와 배출원

자동차 차종별 대기오염 배출 (2014)



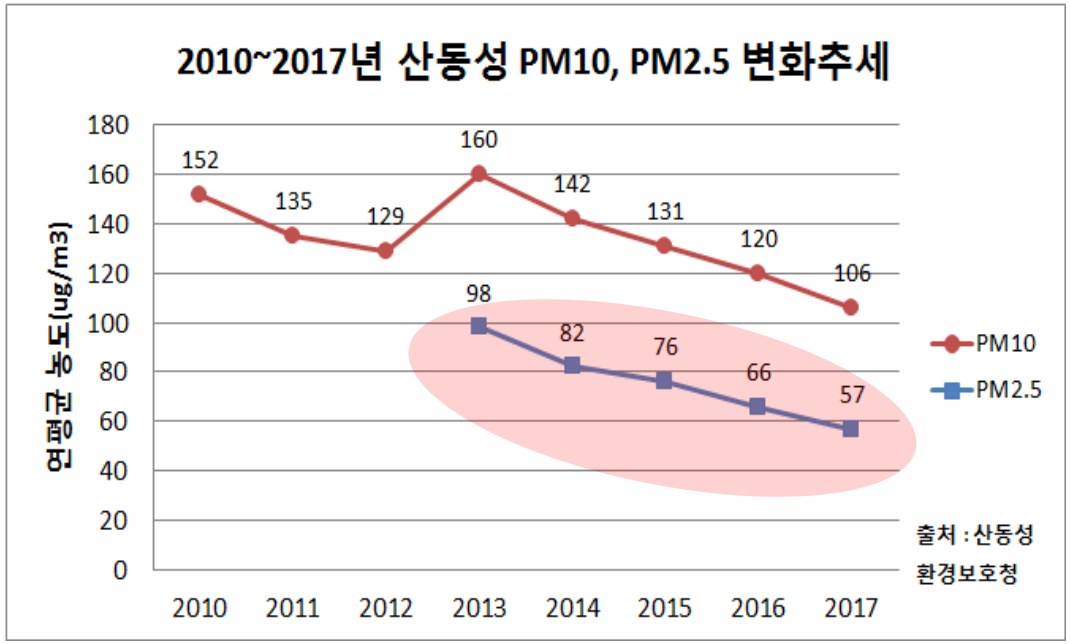






2. 대기질 변화와 배출원

최근 4년간 중국 주요도시 평균 PM2.5 농도가 32% 감소

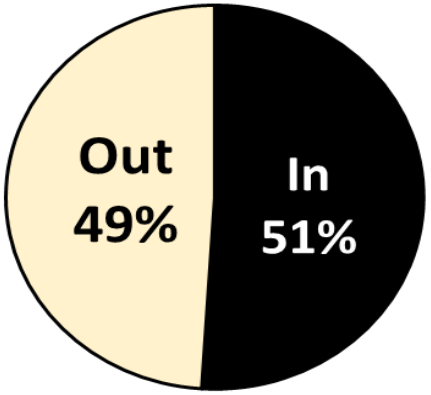


연간 8 μg/m^{3}씩 감소 ≒ 우리정부 5년간 감축 목표

중국 급격한 속도로 미세먼지 감축 중

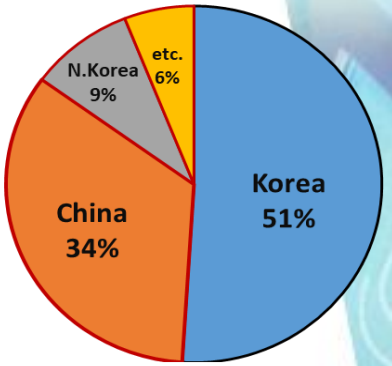
(자료: 장임석, "한, 중 미세먼지 최근 추세, 환경재단토론회, 2018.4)

2. 대기질 변화와 배출원

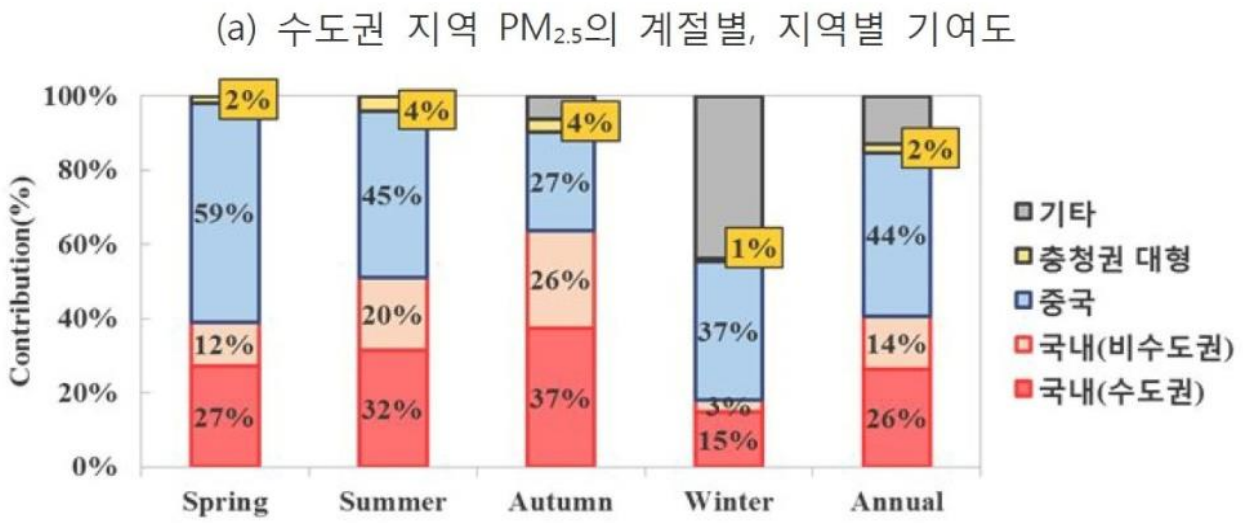


Seoul Metro
KORUS AQ, DC-8 flights

Local vs. Transboundary Contribution (2016 5.1 – 6.10)



(자료: 우정헌, "중국의 미세먼지 정책과 오염도 개선 추세, 서울환경포럼 2018 춘계세미나, 2018.4)



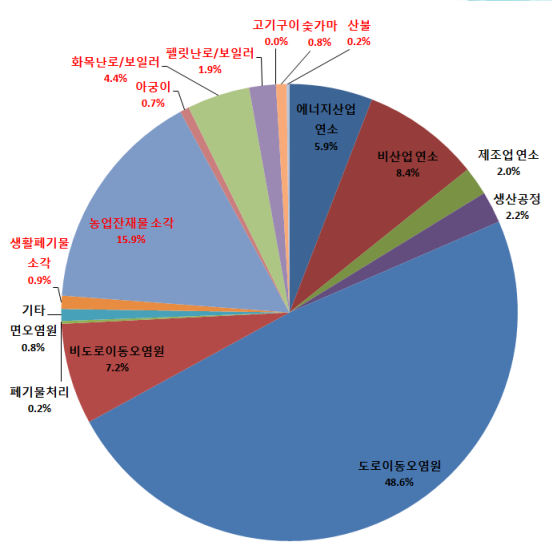
2014년 기준 수도권 PM2.5 기여도
(자료: 김순태, "수도권 대기 개선대책 효과분석", 중앙일보 2017.05.19)

3. 대기관리 정책 방향

1) 비관리 연소의 관리강화

관리되는 배출시설만 관리하는 것은 대기관리로 매우 부족하다.

-비관리연소 (불법소각, 화목난로, 농업잔재물 소각, 직화구이 등)는 연소되는 양에 비하여 많은 대기오염물질과 HAP을 배출시킨다.



생물성 연소 -기존 CO 배출량의 약 25 %

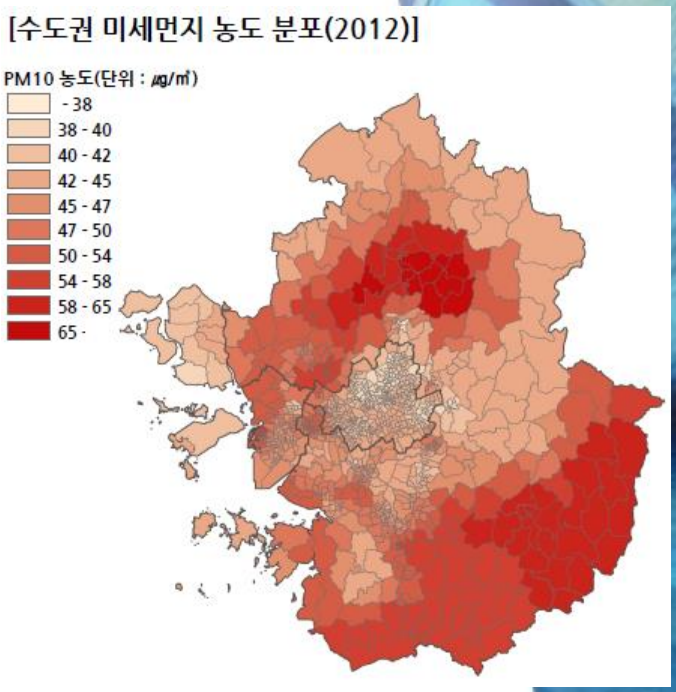
3. 대기관리 정책 방향

지역별 연평균농도 순위(2015)

순위	시도	NO_2	시도	PM-10	시도	PM-2.5
1	서울	0.032	경기	53(49)	전북	35(35)
2	경기	0.029	인천	53(48)	충북	30(30)
3	인천	0.026	충북	51(48)	충남	29(29)
4	울산	0.022	강원	50(47)	인천	29(28)
5	대구	0.021	전북	50(47)	대전	28(28)
6	부산	0.020	부산	46(45)	경북	28(28)
7	충북	0.020	대구	46(45)	대구	26(26)
8	광주	0.019	울산	46(45)	광주	26(26)
9	대전	0.019	경남	46(45)	강원	26(26)
10	경남	0.019	대전	46(44)	부산	26(25)
11	강원	0.018	충남	46(43)	경기	26(25)
12	충남	0.018	경북	45(44)	울산	25(25)
13	경북	0.018	서울	45(41)	전남	25(25)
14	전북	0.016	제주	44(42)	경남	25(25)
15	전남	0.016	광주	43(40)	제주	24(24)
16	제주	0.011	전남	38(37)	서울	23(23)

출처 : 환경부, 대기환경연보, 2016

연평균 대기환경기준



2015년서울의 NO2농도는 전국에서 가장 높았으나 미세먼지 농도는 다른 지역이 더 높았음

-> 수도권만 대기오염 특별대책이 시급한 것이 아니다.

-> 고농도 발생지역의 지역 특성을 고려한 저감대책이 필요하다.

3. 대기관리 정책 방향

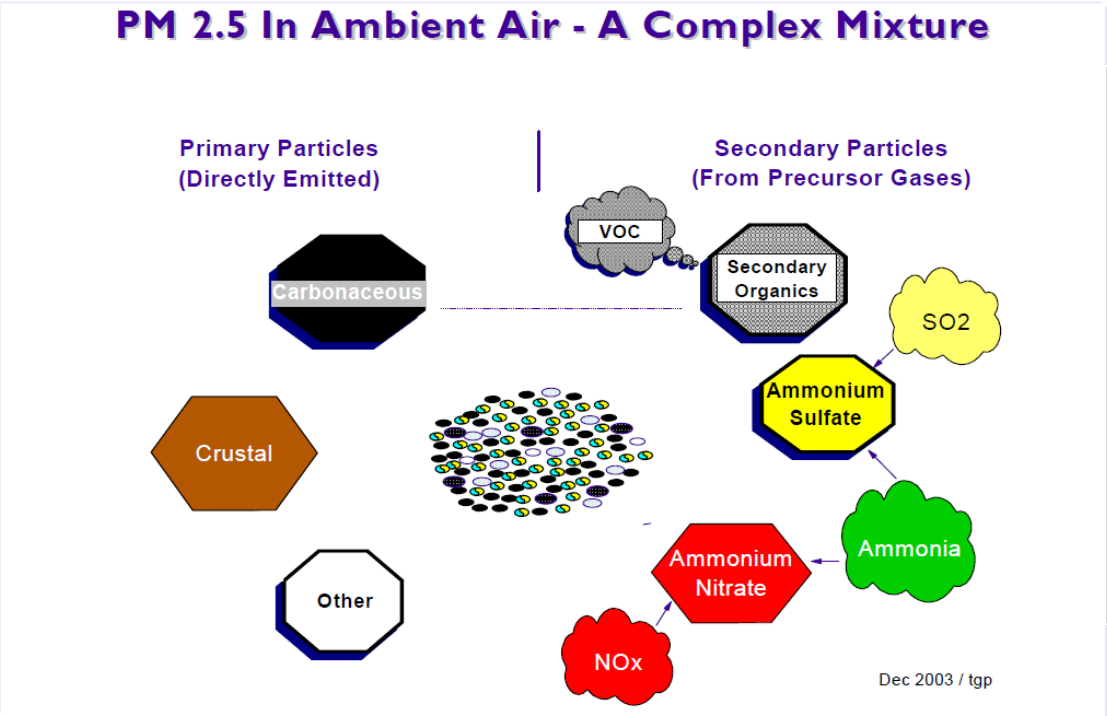
2) 배출자료의 신뢰도 향상과 정책의 효율적 집행

신기술이 없어서 미세먼지 개선이 안 되는 것이 아니라 기본적인 대기관리정책의 효율적인 집행이 부족하기 때문이다.

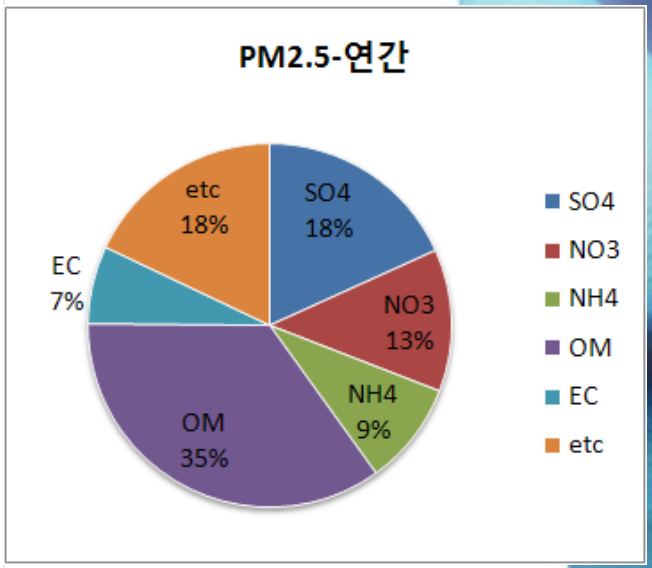
1. 대기오염 측정망의 정비와 확충
 - 2차 오염물질(PM2.5, O3)은 생성 특성과 배출원을 파악하기 위해서 관련 물질의 화학성분 분석자료의 축적이 필수적
2. 비관리 배출원 파악과 배출자료의 신뢰성 향상
 - 소규모, 무허가 배출시설의 배출실태 파악과 배출관리 강화
 - 배출자료는 대기관리의 수립과 평가의 기초자료이다.
3. 신기술 개발보다 기존 오염배출 저감정책의 효율성 제고와 이행 평가가 중요
 - 저감사업의 경제성과 효과성 검토 필요
 (인공강우에 의한 미세먼지 제거?
 도심에 대형 집진기 설치로 미세먼지 개선?)

3. 대기관리 정책 방향

클린 디젤(?)의 확대



< 용인 측정망의 2009 PM2.5 성분비 >



2차생성 무기성 이온물질 (Sulfate(SO_4^{2-}), Nitrate(NO_3^-), Ammonium(NH_4^+): 40%

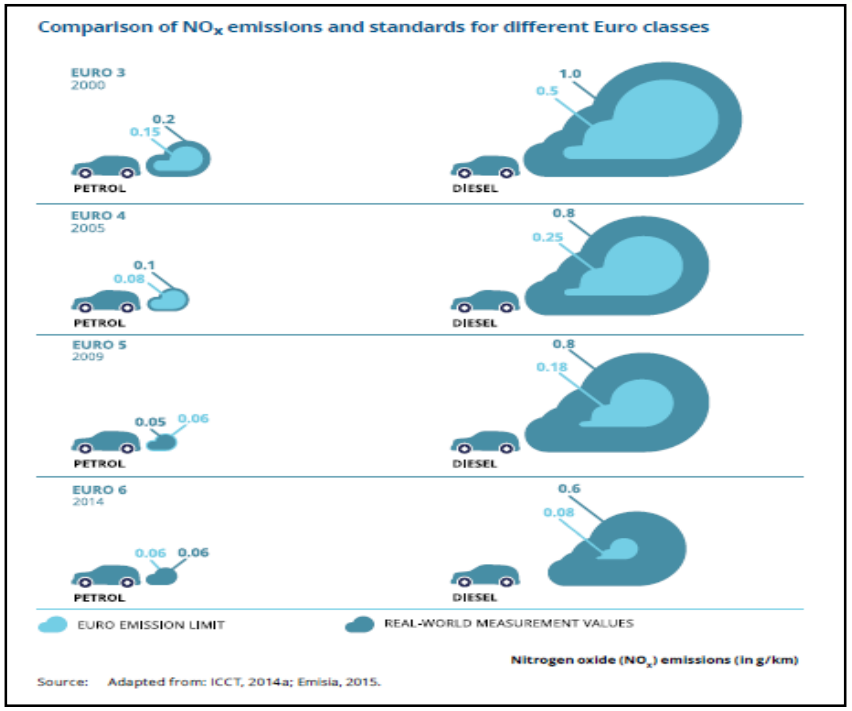
DPF를 장착한 경유차는 미세먼지 배출이 적어 클린하다?

→

경유차에서 많이 배출되는 NOx는 NH3와 반응하여 2차 PM을 증가 시킨다.

3. 대기관리 정책 방향

클린 디젤(?)의 확대



경유차의 NOx emission

디젤차의 Nox 배출은 신규 규제연식(Euro6)으로 갈수록 배출허용기준치와 실도로조건 측정치(PEMS)의 차이가 커진다.

디젤게이트(폭스바겐 사태)

-> 실도로 조건에서 NOx 배출을 줄일 수 없으니 검증 과정에서 속이는 상황 발생

3. 대기관리 정책 방향

온실가스 이외에 블랙카본(black carbon)도 지구온난화에 상당 부분 기여

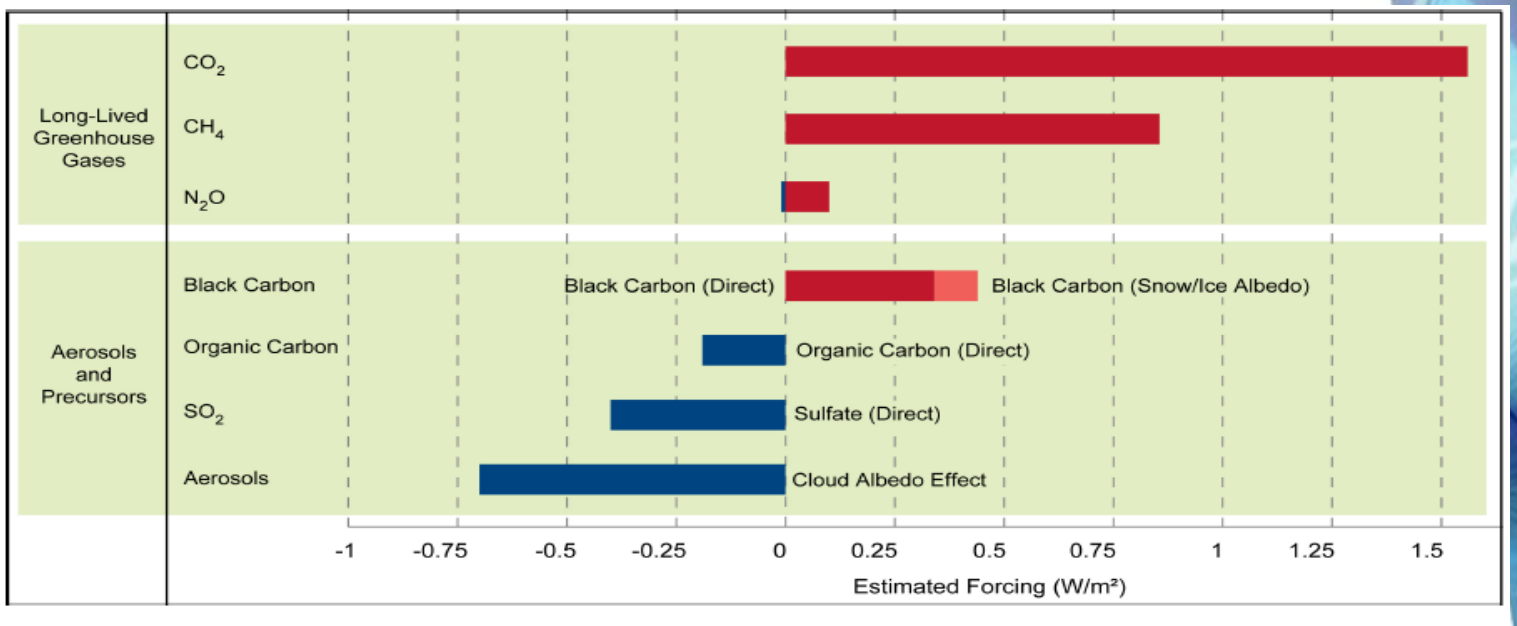


Figure 2-10. Components of Global Average Radiative Forcing for Emissions of Principal Gases, Aerosols, and Aerosol Precursors, based on IPCC estimates. Values represent global average radiative forcing in 2005 due to emissions and changes since 1750. Total radiative forcing for CH_4 includes the effects of historical CH_4 emissions on levels of tropospheric O_3 and stratospheric H_2O, and the CO_2 oxidation product of CH_4 from fossil sources. Similarly, total radiative forcing for N_2O includes the effect of historical N_2O emissions on levels of stratospheric O_3. The IPCC does not report an overall uncertainty for the net contribution to forcing of individual GHG emissions. However, based on the uncertainties provided for the individual components of these contributions, the uncertainty in forcing from CO_2 and N_2O emissions is extrapolated as being approximately 10% and approximately 20% from CH_4 emissions. Uncertainty in direct forcing is ±0.25 W m^{-2} for BC and ±0.20 W m^{-2} for both OC and SO_2. The range of forcing for the cloud albedo effect is -1.8 to -0.3 W m^{-2}. (Adapted from Figure 2.21 of Forster et al., 2007)

3. 대기관리 정책 방향

국가별 Black carbon 배출 실태(2000)

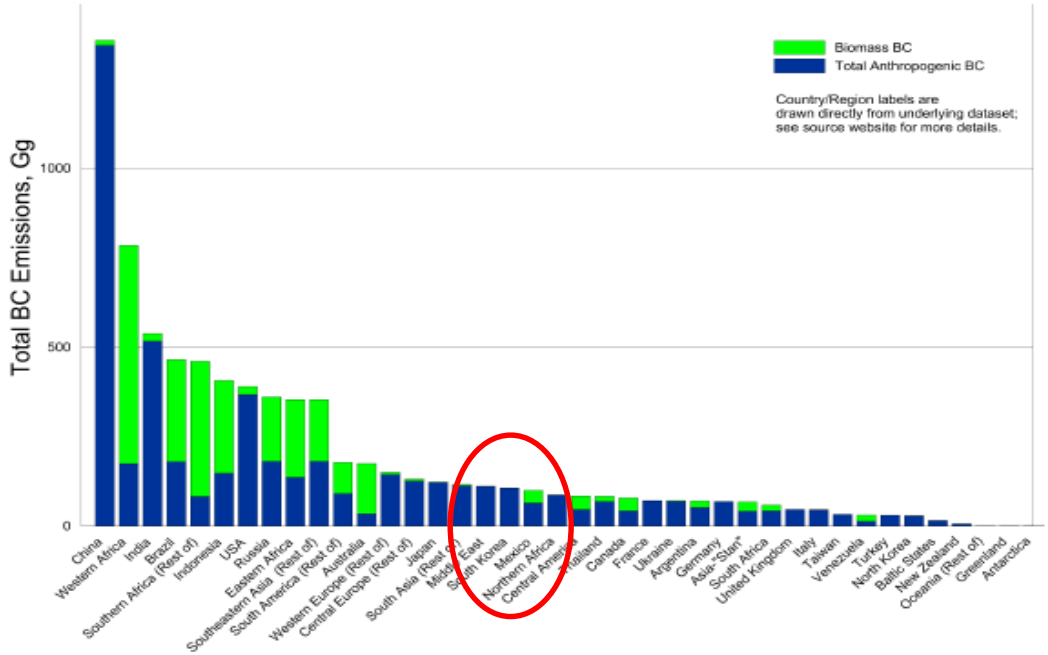
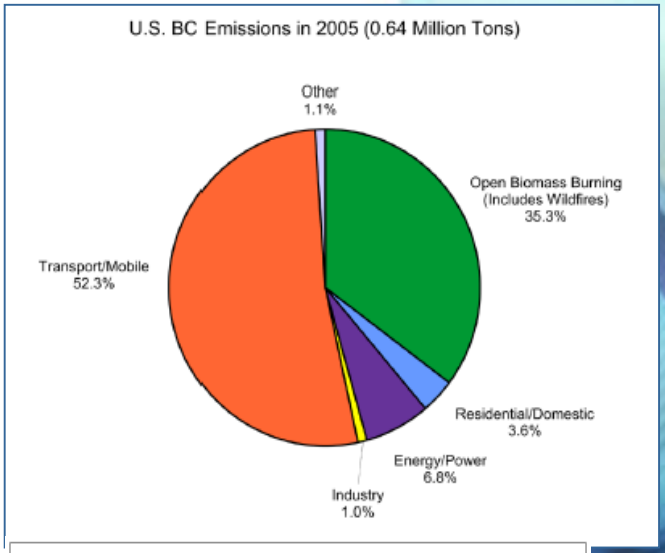
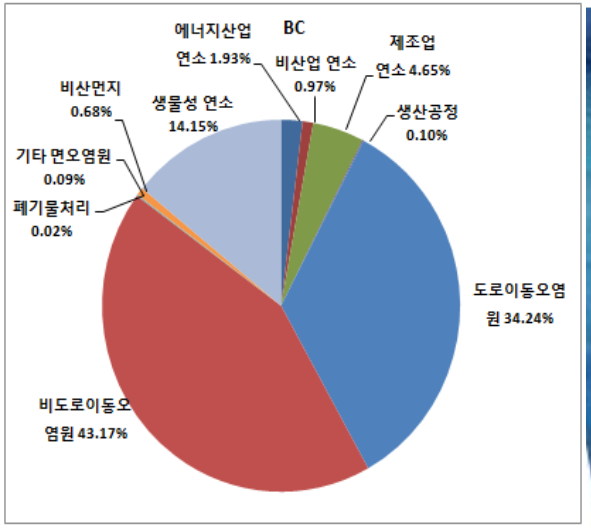


Figure 4-11. BC Emissions by World Region, 2000 (Gg). (Source: Lamarque et al., 2010, based on data from http://acd.ucar.edu/~lamar/ipcc_ar5/bc.tar.gz)





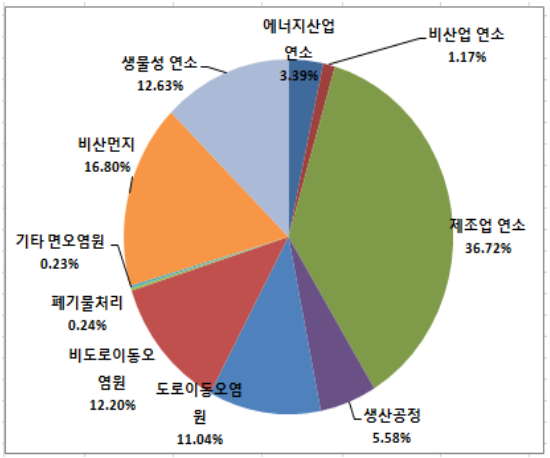
2015년 CAPSS 배출자료

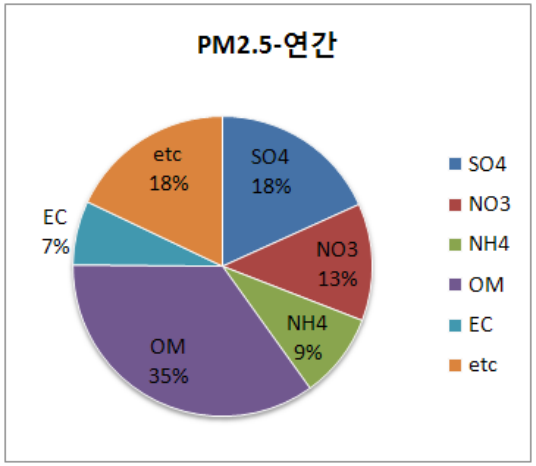
디젤PM 저감 = PM2.5, 인체위해도, 기후변화 저감에 모두 기여

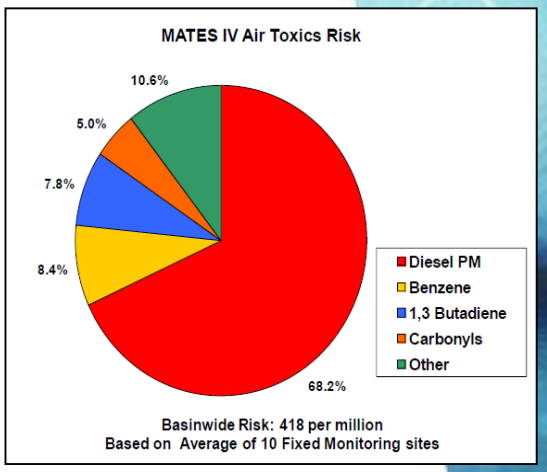
3. 대기관리 정책 방향

3) 기여도 단계에 따른 대기관리

1) 배출기여도 (톤/년) => 2) 농도기여도 (ug/m3) => 3) 위해성기여도 (발암가능성)







배출원 중심 (배출량)
- 지역의 주요 배출원 파악
-배출량의 크기
-배출관리의 기초자료

지점 중심 (농도)
- 확산모델, 수용모델 해석
- 장거리 이동 고려
- 2차 생성 고려
- 농도측정+ 화학성분 분석

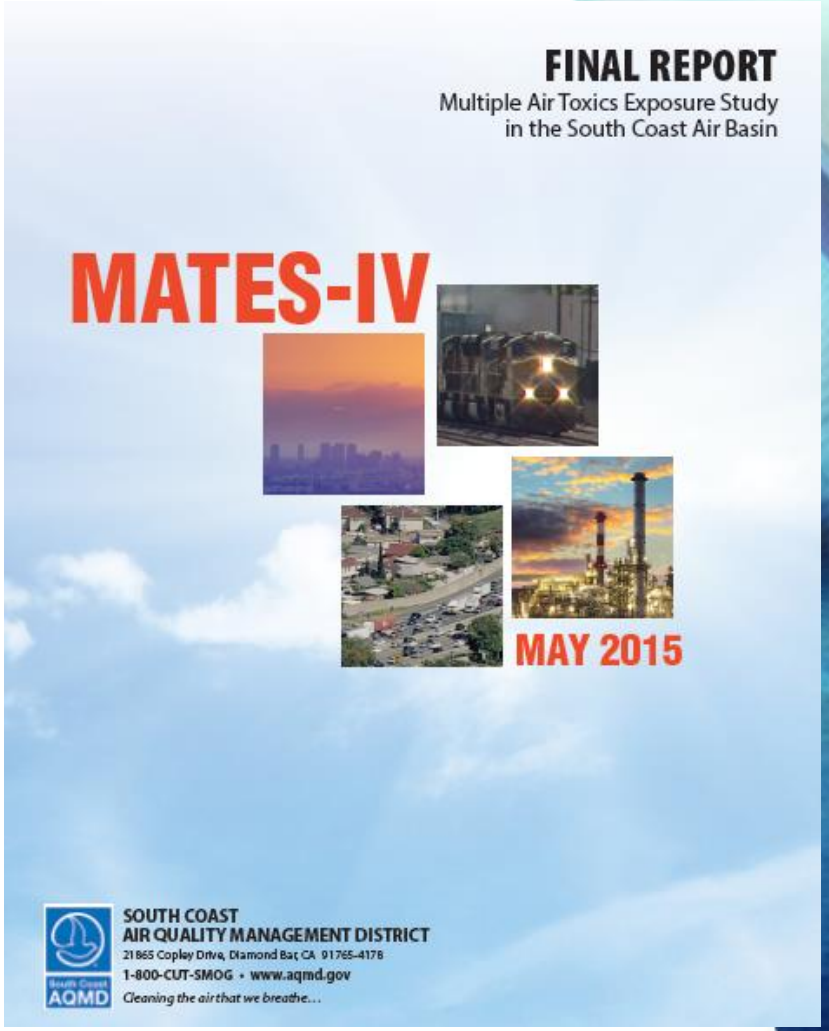
인체 중심 (위해도)
- HAP 물질별 농도측정
- 물질별 위해도 가중치
- 인체 노출 해석

(인용된 그래프는 단계별 과정을 표현하는 것이지 숫자는 아무 의미 없음)

4. 대기위해성 평가

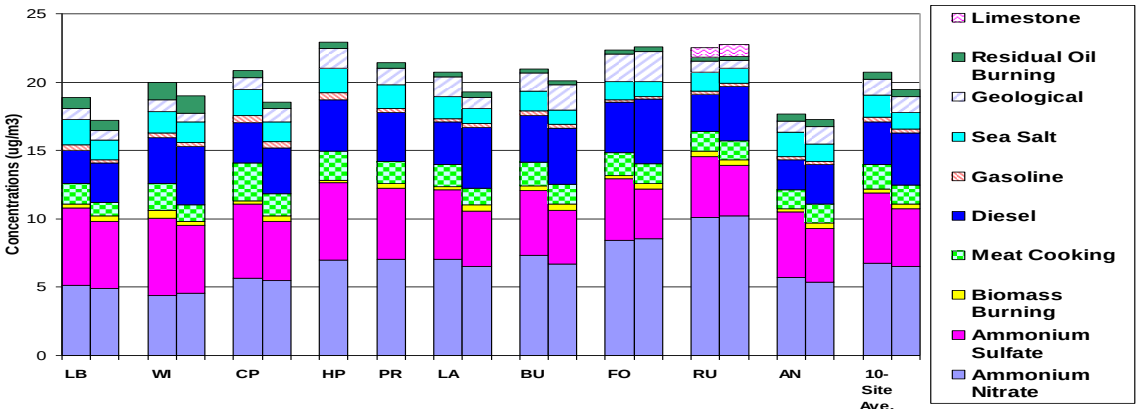
Multiple Air Toxics Exposure Study
-미국 South Coast AQMD

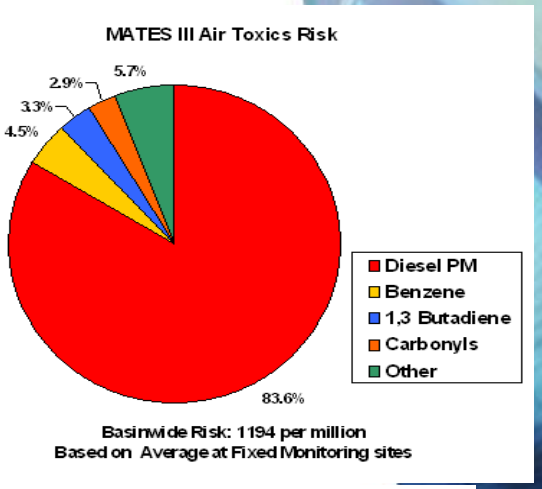
MATES-I : 1987
MATES-II : 1998-1999
MATES-III : 2004-2006
MATES-IV : 2012-2013

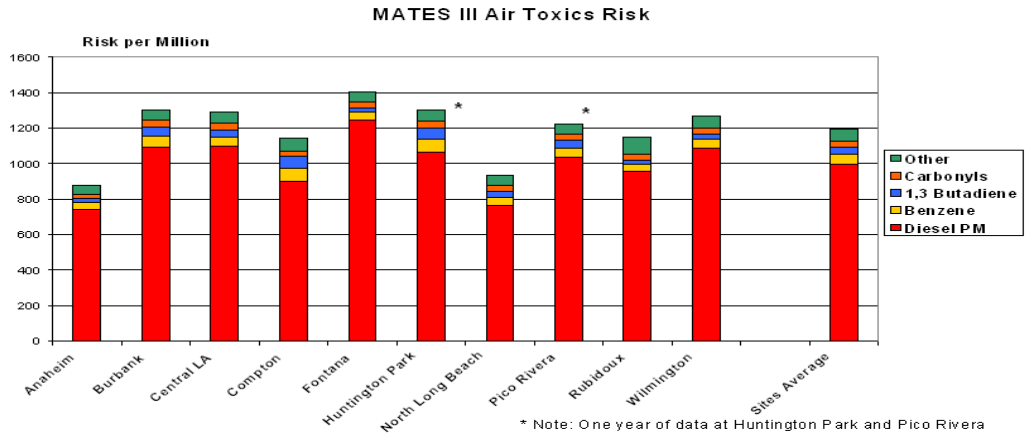


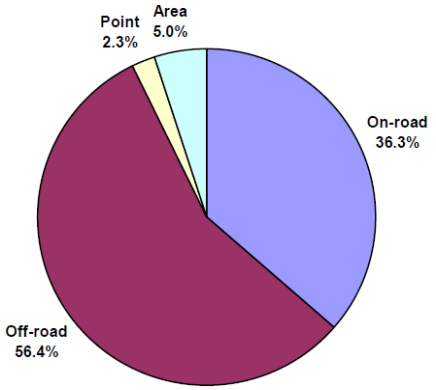
4. 대기위해성 평가

MATES-3(Multiple Air Toxics Exposure Study)





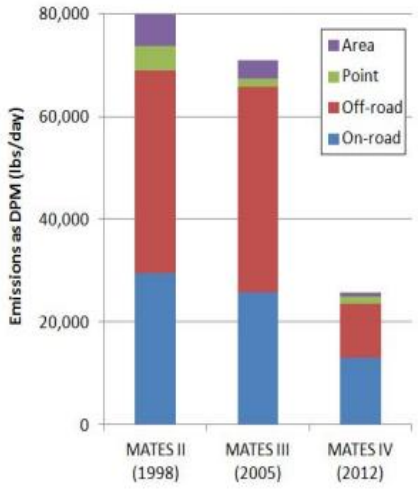




LA의 사례 : 디젤PM의 대기중 PM2.5 농도 기여도는 약 15%이나 발암위해성 기여도는 약 84% 기여

Cancer Potency Weighted Source Apportionment for 2005 Emissions.

4. 대기위해성 평가



Category	Change from MATES III (%)	Change from MATES II (%)
Area	-77.5	-87.0
Point	-20.8	-72.8
Off-road	-73.5	-73.2
On-road	-49.4	-55.7

Figure 3-3. Cancer Potency Weighted Emission Comparison of MATES II, MATES III and MATES IV.

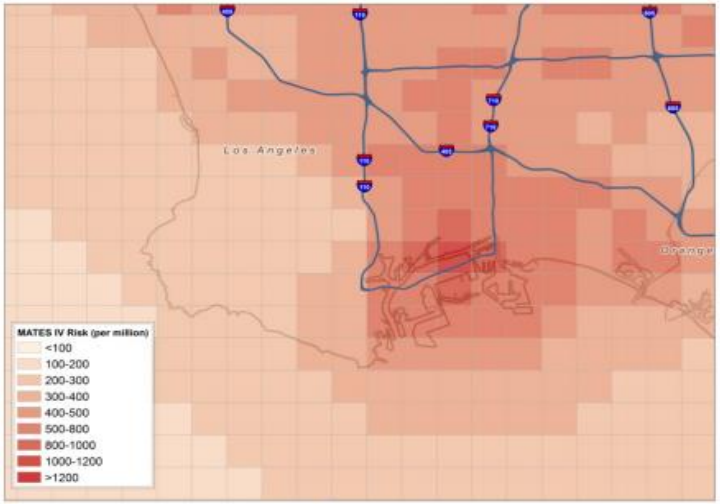
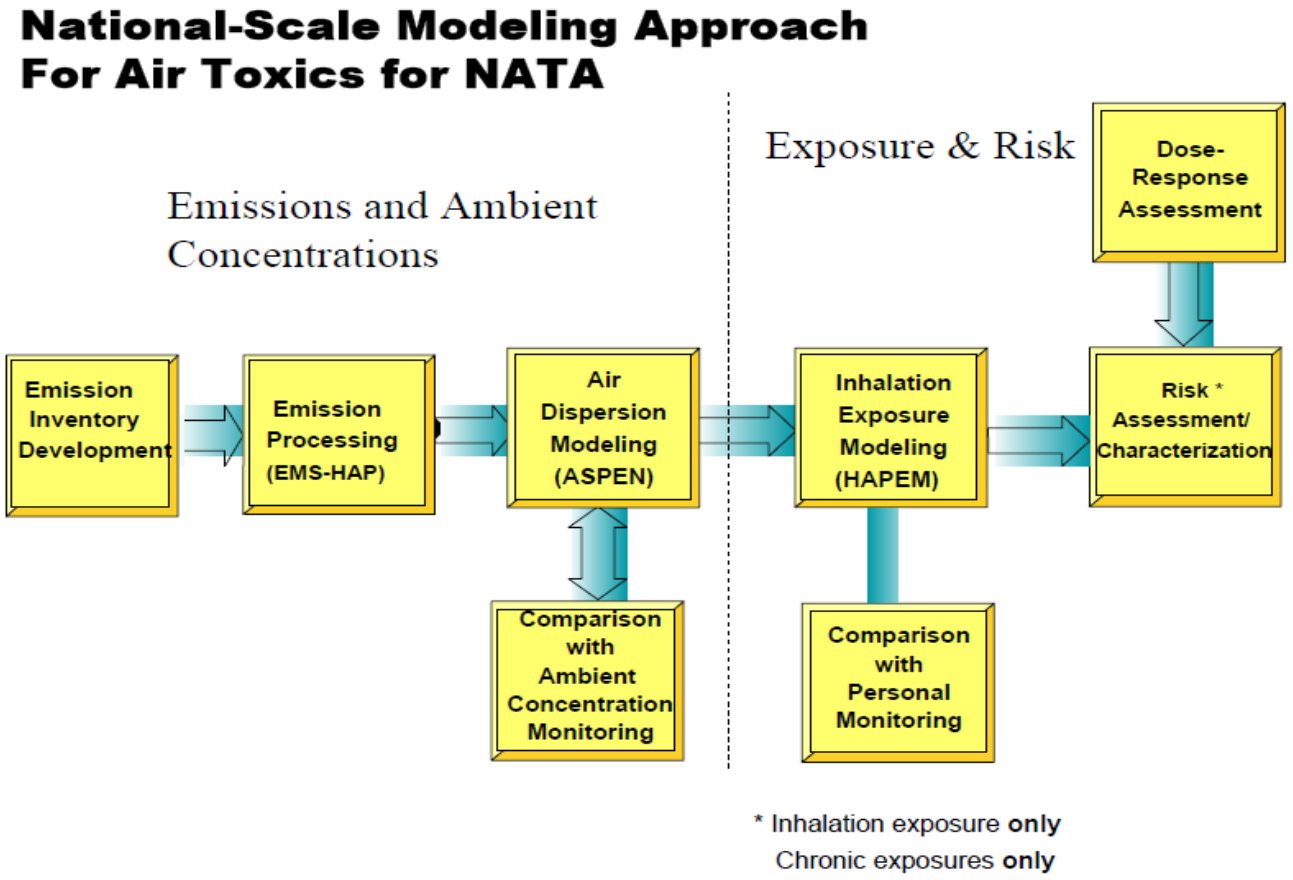


Figure 4-10
2012 Ports Area MATES IV Simulated Air Toxic Cancer Risk

Table 4-4
Basin and Port Area Population-Weighted Cancer Risk

Region	MATES IV		MATES III		Average Percentage Change in Risk
	2012 Population	Average Risk (Per Million)	2005 Population	Average Risk (Per Million)	
Basin	15,991,150	367	15,662,620	853	-57
Ports Area	998,745	480	959,761	1,415	-66
Basin Excluding Ports Area	14,992,806	359	14,702,859	816	-56

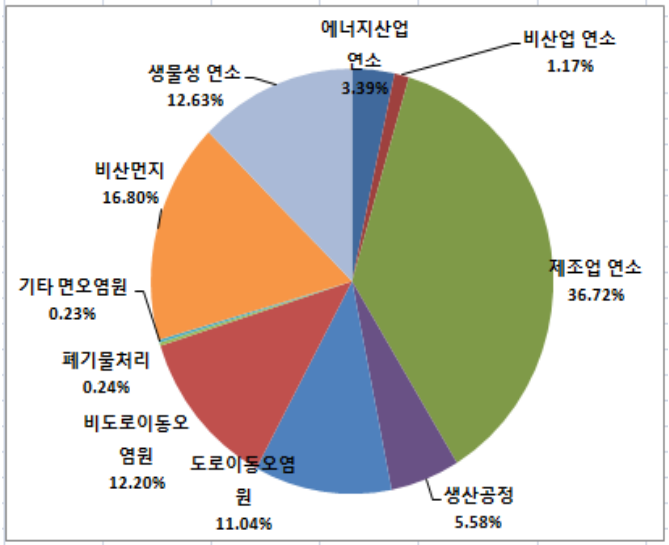
4. 대기위해성 평가



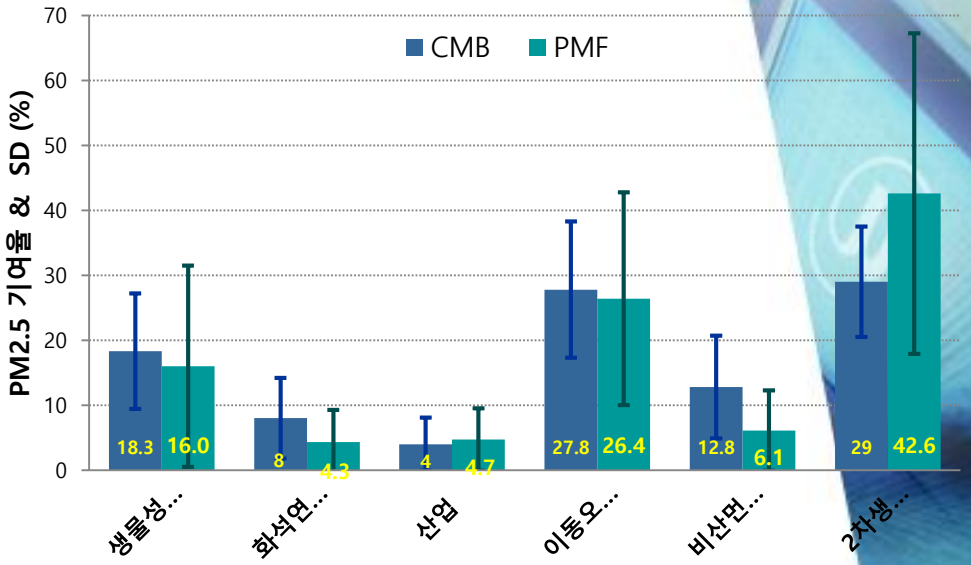
국가 대기위해성평가를 위해서 HAP 배출 인벤토리의 작성, 대기 중 HAP 농도 측정을 체계적으로 준비하여야 한다.

4. 대기위해성 평가

1) 배출기여도 (PM2.5, 톤/년)



2) 농도기여도 (PM2.5)

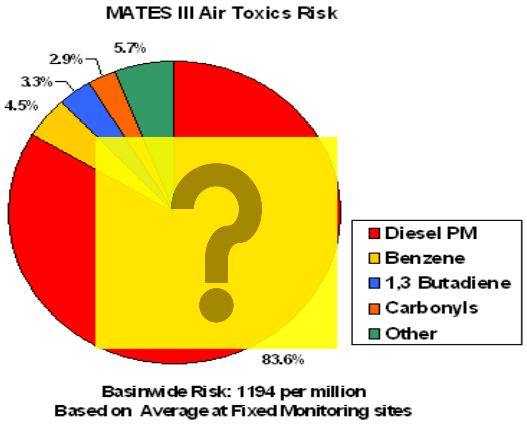


3) 위해성 기여도 => ???

(수송부문 연료 사용량)

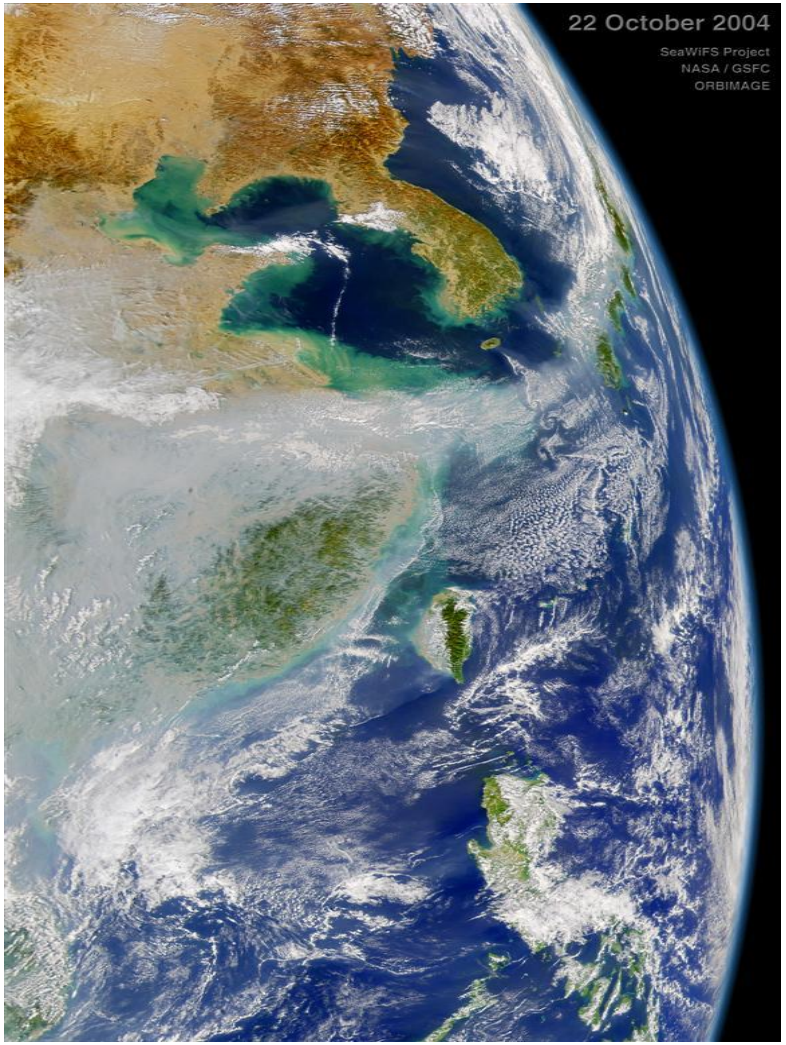
휘발유 : 경유 = 3 : 1 (미국)

= 3 : 5 (한국)



5. 요약과 제언

1) 현재 우리의 대기오염(PM2.5, O3)은 심각한 수준이며 많은 조기사망이 우려되는 환경문제이다.
2) 관리의 사각에 있는 소형 사업장과 비관리 연소(노천소각, 화목난로, 직화구이 등)에 대한 배출실태조사를 통한 배출자료의 보완과 배출원 관리가 필요하다.
3) 미세먼지 관리는 신기술 개발보다 기존 대책의 이행과 대기오염 방지 시설의 유지관리와 감시체계 강화가 우선되어야 한다.
4) 디젤 PM은 PM2.5와 발암위해도에 대한 기여율이 높을 것으로 추정되므로 노후 경유차와 화물차, 건설기계 등에 대해 우선적인 배출저감 대책이 필요하다.
5) 대기관리 정책은 배출기여도에서 농도기여도 관리로 발전하고, 향후 대기위해성 평가와 관리를 준비하여야 한다.



감 사 합 니 다