

건강을 위협하는 미세먼지, 원인과 대책

- 작성 김동영 / 환경연구실장
(kimdy@gri.kr, 031-250-3233)

목 차

쟁점과 대안

- I. 겨울철 시작과 함께 고농도 미세먼지 발생 빈번
- II. 미세먼지의 건강영향
- III. 미세먼지 발생 원인과 대책
- IV. 경기도 시사점

- 「이슈 & 진단」은 특정분야의 정책제안이나 정책아이디어를 시의성있게 제시하여 정책의 방향설정과 실현에 도움을 주고자 작성된 자료입니다.
- 「이슈 & 진단」에 게재된 내용은 경기개발연구원의 공식견해와 다를 수 있음을 밝힙니다.

대기권 먼지의 근원지는 대부분 자연이지만 인간도 카이로, 북경, 멕시코시티 같은 메갈로폴리스에서 많은 먼지를 일으킨다. 반면에 지난 수십년 동안 공기 속 먼지 함유량은 계속해서 감소했다. 현명한 환경정책의 성과이다. 그렇지만 다시 새로운 형태의 먼지가 생겨났고, 그에 따라 건강에 대한 새로운 위험도 생겨났다. 미세먼지가 그것이다.

인간에 의해 만들어진 미세먼지에 대해서는 다른 조치가 취해져야 한다. 특히 가정용과 소규모 상업용 연소행위에서는 에너지 절약과 연소물질 전환 같은 1차적 조치로 쉽게 줄일 수 있다. 또한 전세계 사람들에게 공기와 더불어 온갖 입자를 마시고 있다는 것을 잊게 해서는 안된다.

- 옌스 쾨트겐 · 크누트 쾨츠케 -

『우주먼지에서 집먼지까지 :

먼지 보고서(2012)』

쟁점과 대안

겨울이 시작되면서 중국발 스모그와 함께 공기 중의 미세먼지 농도가 치솟고 있다. 미세먼지는 지름이 $10\mu\text{m}$ ($1\mu\text{m}=1/100\text{만 m}$) 이하의 입자를 말한다. 공기 중의 미세먼지가 문제가 되는 이유는 심장마비, 천식, 기관지염, 폐렴, 폐암 등 심각한 질병을 초래하기 때문이다. 미세먼지 농도가 올라가면 심혈관계, 호흡기계 환자 수가 기하급수적으로 늘어나고 사망률도 높아진다. 한 연구에 의하면 수도권에서만 미세먼지로 인해 연간 2만 여명의 조기사망과 80만 여명의 폐 관련 질환이 발생한다고 한다. 이를 사회적 비용으로 환산하면 무려 12조 3천억원으로 추정된다.

공기 중의 미세먼지는 자연적으로 발생하는 것도 있지만 인위적인 오염에 의해 배출되는 것도 있다. 우리가 마시는 미세먼지의 평균 30~50%는 중국에서 기원한다. 계절적으로는 봄철 황사와 겨울철 스모그가 발생할 때 중국의 영향이 더욱 크다. 최근 들어 한·중·일 환경협력이 강화되고 있지만, 공동관측과 예측 등 과학 분야에 머무르고 있어 보다 적극적인 노력이 필요하다. 현재로서는 미세먼지 발생 패턴을 예측하고, 고농도 발생이 우려되는 시기에 인위적 배출을 줄이고 실외 활동을 피하는 것이 최선의 방법이다. 중국으로부터의 영향을 우리가 직접 줄일 수 있는 방법은 없지만 우리 스스로 배출하는 미세먼지는 줄일 수 있다. 인위적 배출은 산업시설의 굴뚝과 자동차 배기가스, 생활 주변의 연소행위에서 대부분 발생한다.

지금까지 수도권에서는 미세먼지를 줄이기 위해 약 4조 1천억원을 투자하는 '수도권 대기환경개선 특별대책'을 추진하여 큰 성과를 보고 있다. 2003년 서울지역의 미세먼지 농도가 $69\mu\text{g}/\text{m}^3$ 였는데 2012년에는 $41\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 기록했다. 같은 기간 경기도는 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 $49\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 개선되었다. 그러나 이 정도는 선진국 대도시권에 비하면 여전히 매우 나쁜 수준이다. 같은 기간에 워싱턴은 $12\mu\text{g}/\text{m}^3$, 동경은 $21\mu\text{g}/\text{m}^3$, 파리는 $27\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다고 하니, 아직까지 거의 두 배나 더 나쁜 공기 속에서 살고 있는 셈이다. 앞으로 수도권에서는 건강위해성 저감을 목표로 2024년까지 4조 8천억원을 더 투자할 예정으로 있다.

경기도에서는 수도권이 공동으로 추진하는 대책 외에, 특히 교외지역을 중심으로 중·소사업장 배출원, 생물성연소(농업잔재물 소각, 생활폐기물 소각, 화목난로 등), 농지나 도로에서 발생하는 비산먼지 관리에 추가적인 노력이 필요하다.

I. 겨울철 시작과 함께 고농도 미세먼지 발생 빈번

겨울이 시작되면서 중국발 스모그와 함께 고농도 미세먼지 발생

□ 중국의 겨울 난방과 함께 최악의 대도시 스모그 발생, 우리나라에도 영향

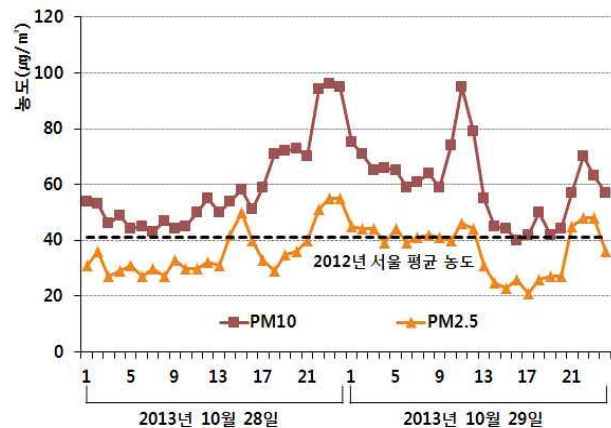
- 겨울철이 시작되면 기후적인 영향으로 연무에 의한 미세먼지 발생이 증가하고, 여기에 중국으로부터의 스모그 영향이 겹쳐 우리나라의 미세먼지 농도가 치솟는 경우가 빈번하게 발생

<서울 상공을 뒤덮은 중국발 스모그>



자료 : “수도권 미세먼지 농도 상승 ‘민감군 영향’ 수준… 중국발 스모그 영향”, 뉴스핌(2013.11.02).

<중국발 스모그에 의한 서울지역 시간별 미세먼지 농도 변화(2013.10.28 ~ 29)>



자료 : 서울특별시 대기환경정보(<http://cleanair.seoul.go.kr>). (서울시 영등포구 측정소).

□ 중국으로부터의 장거리 이동 영향은 연평균 30~50% 수준

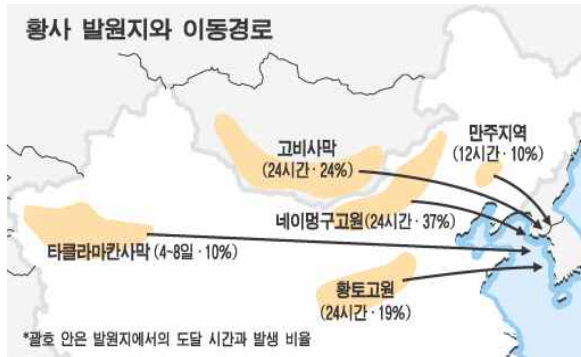
- 겨울에는 중국발 스모그, 봄에는 황사 영향으로 미세먼지 농도는 더욱 증가
- 수도권에서 미세먼지 농도가 일일 환경기준치($100\mu\text{g}/\text{m}^3$)를 초과한 상태에서 12시간 이상 지속된 사례가 지난해 3차례에서 올해에는 10월까지 19차례 관측¹⁾

1) “중국발 검은 재앙…올겨울이 걱정된다”, 중앙일보(2013.11.06).

- 황사는 80%가 고비사막과 내몽골에서 발원되는데 2002년~2012년 황사는 총 93회 관측되었고, 이중 주의보급 황사 22회, 경보급 15회²⁾

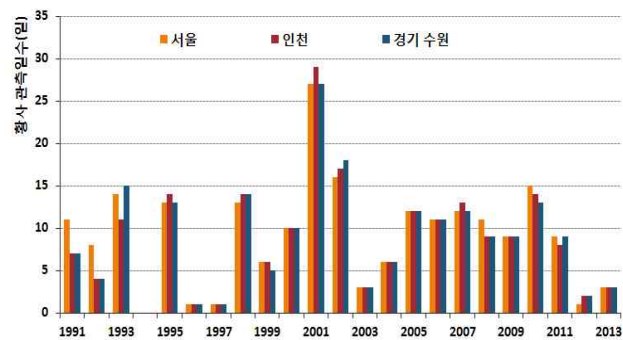
- '역대 최악의 황사'는 $2,712\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 최고치를 기록한 2010년 3월 흑산도 황사

<황사 발원지와 이동경로(2010)>



자료 : “몽골고원 눈녹기 시작…4~5월 황사 잦을 듯”, 매일경제(2010.03.21).

<수도권 황사 관측일수(1990~2013)>



자료 : 기상청(<http://www.kma.go.kr>).

□ 자연현상인 황사와 달리 겨울철 스모그에는 유해물질 포함 가능성 높아

- 2013년 초겨울 중국발 스모그의 영향으로 수도권지역 평균 미세먼지 농도가 '민감군 영향'($81\sim 120\mu\text{g}/\text{m}^3$)에서 지역에 따라 '나쁨 수준'($121\sim 200\mu\text{g}/\text{m}^3$)까지 기록하였고, 초미세먼지는 전체 먼지의 60~70% 차지하는 것으로 분석³⁾

- 중국발 스모그는 중국 가정에서 겨울 난방용으로 사용하는 무연탄(석탄의존도 70%)과 자동차 배기가스가 주원인으로 1952년 4,000명의 인명을 앗아간 런던형 스모그와 유사⁴⁾

- 황사보다 초미세먼지 농도가 3배 이상 높고 다량의 유독성 화합물과 중금속이 포함⁵⁾

- 2013년 10월 29일 발생한 중국발 스모그에는 신경계 독성물질인 납이 평소 공기 중 농도의 8배, 비소와 니켈은 4배 수준, 크롬도 5.8ng 검출

2) “우리나라 뒤흔친 ‘역대 최악의 황사’는 언제?”, 머니투데이(2013.01.15).

3) “비 온 뒤 중국발 스모그 공습…‘노약자 매우 조심’”, SBS뉴스(2013.10.28).

4) “황사보다 무서운 중국발 스모그”, 중앙일보(2013.11.09).

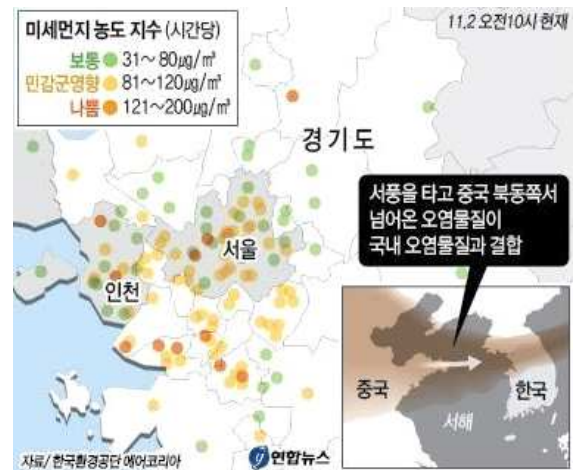
5) “‘침묵의 살인자’ 중국발 스모그 그대로 마셨다간…”, 문화일보(2013.11.05).

<황사와 스모그의 차이>

구분	황사	스모그
입자 크기	지름 4~10 μ m의 미세먼지(PM10)	지름 2.5 μ m 이하 초미세먼지(PM2.5)
주 발생계절	봄	가을, 겨울
주 오염물질	칼슘, 철분, 알루미늄, 마그네슘 등 토양 성분	인위적인 오염물질 (질산염, 황산염, 암모늄염 등 2차 오염물질)
건강 영향	호흡기 질환에 국한하는 경우가 대부분	천식, 기관지염, COPD 등 호흡기 질환은 물론 동맥경화, 협심증, 심근경색 등 혈관 질환 유발 가능

자료 : “황사보다 무서운 중국발 스모그”, 중앙일보(2013.11.09).

<중국발 스모그 영향 수도권 미세먼지 현황>



자료 : “중국발 스모그 영향 수도권 미세먼지 현황”, 연합뉴스(2013.11.02).

- 중국은 서울에 나타난 스모그의 발생 원인이 높은 인구 밀도와 디젤자동차, 분진 등 때문으로 중국과는 무관하다고 주장하고 있으나 인공위성을 통해 한국을 지나는 기류가 중국에서부터 불어오는 것이 관측, 미세먼지 성분도 중국과 동일⁶⁾

<중국 언론, 한·일 “중국발 스모그 탓” 보도에 불만>



한국과 일본 언론들이 자국의 대기질 악화의 원인으로 '중국발 스모그'를 집중적으로 지목하고 있는 데 대해 중국 언론들이 불만을 터트렸다. 인민일보 자매지인 환구시보(環球時報)는 4일 '한국과 일본, '중국 스모그의 침입을 당했다'고 원망하다'라는 직설적인 제목의 기사에서 한일 언론들이 '침입', '습격' 등의 용어를 사용해 '중국발 스모그'를 자극적으로 보도했다고 비판했다.

이 신문은 구체적으로 한국의 한 매체가 지난 3일 "중국에서 발생한 스모그는 '인류 역사상 가장 엄중한 대기오염'이라고 말할 수 있다. 이 오염물질이 한반도에 지속적인 영향을 주고 있다"고 거론한 내용 등을 소개했다.

환구시보는 또 "서울의 대기질이 좋아진 것은 10여 년 전의 일이다. 지난 1990년대 초 서울의 대기오염은 심각해 세계 10대 오염도시 중 하나라는 평가를 받았다"며 "산업이 개선되고 대중 환경의식이 높아지면서 서울 대기질이 근본적으로 변했다"고 설명했다. 일본 언론에 대해서도 "일본이 겨울이 다가옴에 따라 중국의 대기오염이 갑자기 심각해질 것에 대비해 경계수준을 높였다"는 방송보도 내용 등을 사실상 중국 측에 '원망'을 표시한 사례로 거론했다.

신화통신도 최근 서울지역 스모그 관련 기사에서 "서울에 간혹 나타나는 이른바 '스모그'의 발생 원인은 분지지형, 인구밀도, 대량의 디젤자동차, 대량의 분진, 차량 증가에 원인이 있다"며 "몇몇 연구기관은 중국 등 주변국에서 발생하는 스모그 영향을 배제하지 않고 있다"고 전했다.

자료 : “中언론, 韓日 “중국발 스모그 탓” 보도에 불만”, 연합뉴스(2013.11.04).

6) “요즘 스모그, 국내먼지와 달리 납·비소 함유…中서 유입 확실”, 동아닷컴(2013.11.07).

- 중국은 미세먼지가 해마다 악화되고 있고, 베이징의 올해 1월 초미세먼지 농도는 $993\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 기록, 이는 세계보건기구(WHO) 권고기준인 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 40배
- 중국에서 겨울철 난방이 본격적으로 시작되고, 겨울철에는 편서풍이 더 강해지기 때문에 미세먼지 농도가 높아질 가능성 상존

<52년 만에 최악 기록한 중국 스모그(2013)>

4.7일	올 1~10월 전국 평균 스모그 발생일수	1961년 이후 최다, 예년 같은 기간 2.4일
10~20일	10월까지 베이징·톈진 등 중동부 지역 발생일수	예년보다 5~10일 증가
993 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	올 1월 베이징 초미세먼지 농도	세계보건기구(WHO) 권고기준($25\mu\text{g}$)의 약 40배
40%	북동부 공업지역 대기오염지수(API) 전년 대비 증가율	

자료: 중국 기상국

자료 : “중국발 검은 재앙…올겨울이 걱정된다”, 중앙일보(2013.11.06.).

<중국 동북부 랴오닝성 셴양시 스모그 발생 비교>



주 : 맑은날(2013.10.11, 왼쪽)과 스모그가 발생한 날(2013.10.21., 오른쪽).

자료 : “황사보다 무서운 중국발 스모그”, 중앙일보(2013.11.09).

머리카락보다 훨씬 작은 미세먼지($10\mu\text{m}$ 이하), 작을수록 건강에 해로워

□ 미세먼지(PM10)는 직경이 $10\mu\text{m}$ 이하의 입자상 물질을 통칭, 직경이 $2.5\mu\text{m}$ 이하의 입자는 초미세먼지(PM2.5)로 다시 구분

- 미세먼지의 크기가 중요한 이유는 크기에 따라 건강에 미치는 영향이 다르기 때문인데, $1\sim 10\mu\text{m}$ 크기 입자는 폐에 직접 영향을 미쳐 가장 유해
- 먼지는 오염원에서 대기로 직접 배출되는 1차 먼지와 배출된 오염물질이 공기 중의 산소, 오존, 수증기 등과 다양한 화학반응을 통해 형성되는 2차 먼지로 구분⁷⁾
 - PM10보다 건강에 더 유해한 PM2.5는 공기 중에서 생성되는 2차 먼지 비중이 높고 장거리 이동 더욱 크지는 경향이 있으며, 유해성분 비율도 더 많이 포함

7) 공성용 외(2012). 『초미세먼지(PM2.5)의 건강영향 평가 및 관리정책 연구(Ⅰ)』, 한국환경정책·평가연구원.



자료 : U.S. EPA(<http://www.epa.gov>).



자료 : 인천광역시 보건환경연구원(<http://incheon.go.kr>).

우리나라의 미세먼지 농도는 개선되고 있지만 여전히 선진국 대도시의 2배

□ 최근 10여 년 동안 미세먼지 농도는 최대 40%까지 감소

- 2005년부터 시행된 「수도권 대기환경개선 특별대책」의 영향으로 2003년 대비 2012년 서울시, 인천시, 경기도의 미세먼지 농도는 각각 40.6%, 23.0%, 27.9% 감소
- 친환경 자동차 보급과 함께 국가환경기준 50μg/m³를 만족하는 수준으로 개선

<국가 대기환경 기준 현황>

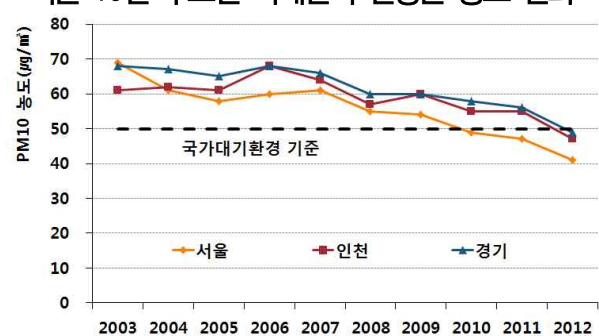
(단위 : PM10 · PM2.5 · Pb · Benzene(μg/m³))

구분	농도	구분	농도
SO ₂ (ppm)	연평균 0.02	O ₃ (ppm)	8시간평균 0.06
	24시간평균 0.05		1시간평균 0.10
	1시간평균 0.15	PM10	연평균 50
NO ₂ (ppm)	연평균 0.03		24시간평균 100
	24시간평균 0.06	PM2.5	연평균 25
	1시간평균 0.10		24시간평균 50
CO (ppm)	8시간평균 9	Pb	연평균 0.5
	1시간평균 25	Benzene	연평균 5

주 : PM2.5는 2015년부터 전국적으로 시행 예정.

자료 : 환경부(2012). 『대기환경연보』.

<최근 10년 수도권 미세먼지 연평균 농도 변화>



자료 : 환경부(2012). 『대기환경연보』.

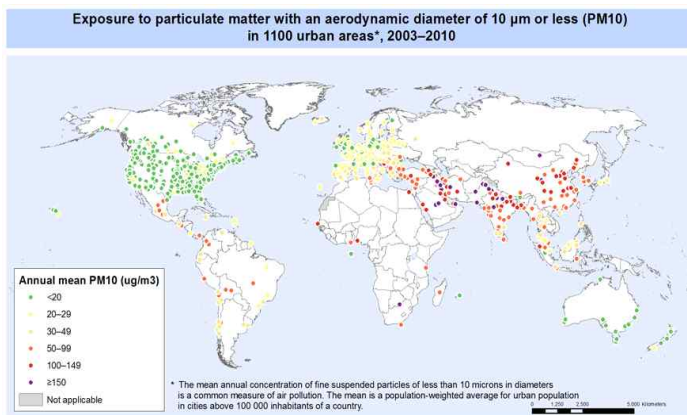
□ 워싱턴, 런던, 동경 등 주요 선진국 대도시에는 비해서는 여전히 매우 높은 편

- 2012년 서울시 41μg/m³, 인천시 47μg/m³, 경기도 49μg/m³로 대기오염도를 관측한 이래 가장 낮은 값을 기록하였으나, 워싱턴 12μg/m³, 동경 21μg/m³, 파리 27μg/m³, 런던 31μg/m³ 등의 선진국에 비하면 여전히 매우 높은 수준⁸⁾

○ 초미세먼지(PM2.5)는 2012년 전국 11개 측정소 가운데 6곳에서 연평균 기준 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 넘었고, 이는 뉴욕 $13.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 2배

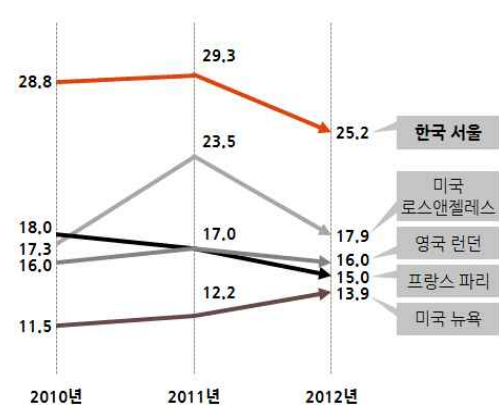
- 2012년 초미세먼지는 경기도 $32.0\mu\text{g}/\text{m}^3$, 인천시 $29.4\mu\text{g}/\text{m}^3$, 서울시 $25.2\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2011년에는 서울시의 일평균 농도가 $125\mu\text{g}/\text{m}^3$ 까지 상승

<2003~2010 전 세계 1,100개 도시의 미세먼지 오염 지도>



자료 : 세계보건기구(WHO).

<세계 주요도시 PM2.5 연평균 농도>



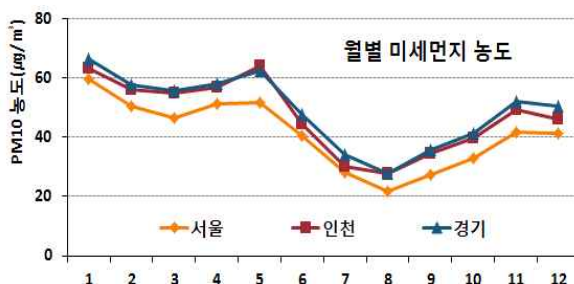
자료 : “숨쉬기 겁나는 한국...서울 ‘죽음의 초미세먼지’ 뉴욕의 2배”, 동아사이언스(2013.05.10).

□ 미세먼지는 겨울과 봄에 특히 높고, 낮보다 아침과 늦은 저녁에 높아

○ 미세먼지는 황사가 있는 봄과 난방연료를 많이 사용하는 겨울철에 특히 높은 농도를 보이고, 여름에는 비에 의해 씻기는 rainwash 효과와 높은 습도로 낮아

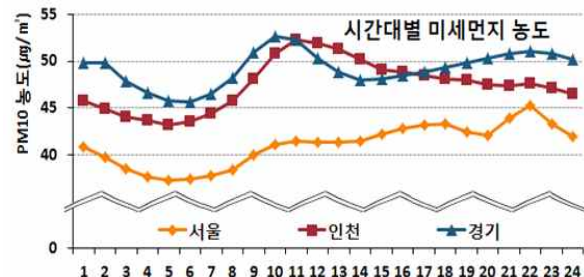
○ 하루 중에는 통상 10시~12시에 가장 높고, 이후 감소하다가 저녁에 다시 상승하는데, 서울은 17시 이후 점차 증가하다가 21시~23시에 고농도 발생

<2012년 월별 수도권 미세먼지 농도>



자료 : 환경부(2012). 『대기환경연보』.

<2012년 시간대별 수도권 미세먼지 농도>



8) “대기오염 농도 개선...선진국보단 4배 이상 높아”, 뉴스한국(2012.11.29).

Ⅱ. 미세먼지의 건강영향

수도권에서 미세먼지로 인해 발생하는 사회적 비용은 연간 12조 3천억

□ 미세먼지는 건강을 위협하는 최대 환경요소의 하나

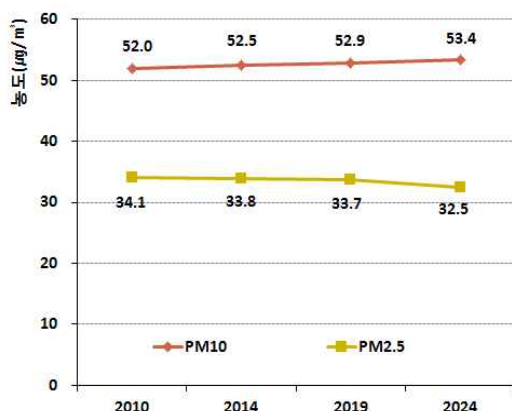
○ 수도권에서 미세먼지에 의해 발생하는 사회적 비용은 12.3조원 정도로 추정⁹⁾

- 지금과 같은 미세먼지 오염도가 지속될 경우 수도권에서 매년 초과사망자 2만 여명, 호흡기질환자 1만 여명, 기관지염 환자 80만 여명 발생, 건강을 위협하는 가장 큰 영향 요소로 부각

○ WHO에 의하면 우리나라는 인구 10만명 당 대기오염으로 인한 사망자수가 21명('04)에서 24명('08)으로 증가

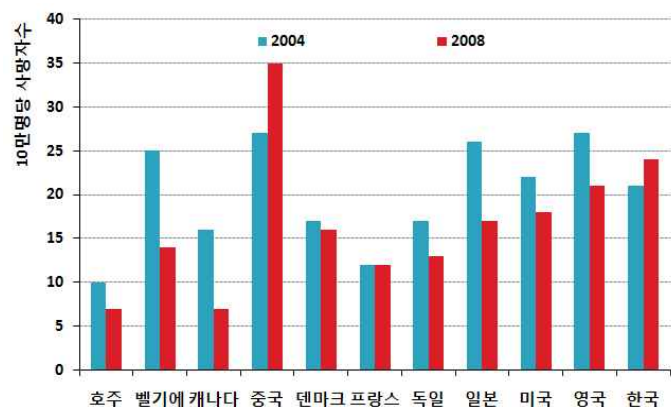
- 우리나라보다 높은 사망자수를 나타낸 나라는 대부분의 후진국과 최근 경제성장이 급속하게 이루어지고 있는 중국뿐

<수도권 배출량 증가에 따른 오염도 전망>



자료 : 환경부(2013). 『제2차 수도권 대기환경관리 기본계획』.

<인구 10만명 중 대기오염으로 인한 사망자수>



자료 : 수도권대기환경청(2013). 『제2차 수도권 대기환경관리 기본계획 수립』.

9) 환경부(2013). 『제2차 수도권 대기환경관리 기본계획』. Holland & Watkiss(2002)의 사회적 비용 추정 방식을 이용. 해당 오염물질이 인체 건강에 미치는 단기적 영향과 장기적 영향을 함께 고려하고, PM10과 PM2.5의 사회적 피해 비용은 동일하다고 가정.

□ WHO 권고기준을 만족할 경우 건강피해 영향을 약 70% 이상 저감

- WHO 권고기준에 따라 연평균 농도를 PM2.5 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM10 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준으로 달성하면 초과사망자수 2만명에서 5천명으로 75.2% 감소 가능
- 호흡기질환 입원 초과건수 및 만성기관지염 진단 초과건수도 각각 73.0%, 73.4% 감소 가능, 급성기관지염 진단 초과건수 52.8% 감소

<WHO 권고기준에 따른 수도권 특별대책 시행시 2024년 인체피해 저감 효과 추정>

구 분		수도권 특별대책 시행 여부		시행 효과
		미시행	시행	
초과사망자수	PM2.5, 30세 이상	19,958명	4,963명	75.2% 감소
호흡기질환 입원 초과건수	PM10, 전연령	4,714~11,447건	1,276~3,098건	73.0% 감소
만성기관지염 진단 초과건수	PM10, 전연령	6,743건	1,799건	73.4% 감소
급성기관지염 진단 초과건수	PM10, 18세 이하	804,373건	387,751건	52.8% 감소

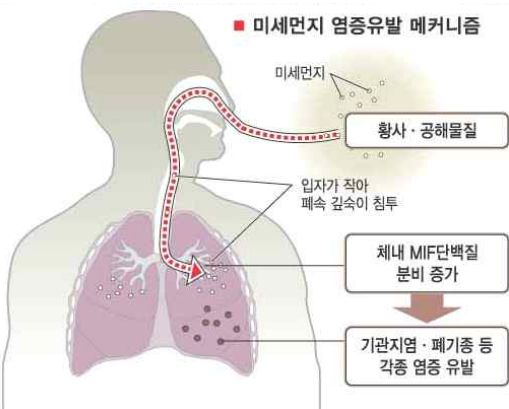
자료 : 경기도(2013). 『경기도 생활환경복지 지표 개발 연구』.

□ 국제암연구소(IARC)는 PM2.5를 석면, 흡연과 같은 등급의 발암물질로 지정

- PM10은 코나 기도에서 많이 걸러지지만 PM2.5는 폐포 끝까지 이동해 산소와 이산화탄소가 교환되는 순간 모세혈관으로 이동하여 기관지염, 폐렴 같은 호흡기 계통 질환, 협심증, 심근경색증 같은 심혈관 질환 유발¹⁰⁾

<미세먼지 염증유발 메커니즘>

<황사가 인체에 미치는 영향>



신체 부위	발병 종류
눈	- 알레르기성 결막염, 안구건조증·출혈·가려움증 유발
코	- 알레르기성 비염 유발·증세 악화
폐·기관지	- 호흡기 질환 발생 평소보다 21% 증가, 입원 9% 증가 - 노약자·어린이·여성 호흡기 질환 남성 상인보다 2배 증가 - 천식 환자 입원 13% 증가, 야간 천식 발작 증가 - 천식 환자 사망률 일반인에 비해 2.4배 증가
심장	- 황사 다음 날 심혈관질환자 외래 진료·입원 5% 상승
피부	- 피부 건조증 유발, 피부염 증세 악화

자료 : “미세먼지 호흡기질환 유발 메커니즘 첫 규명”, 서울신문(2007.01.23).

자료 : “천식·심장병 만성질환자 황사철 야외활동 자제를”, 조선일보 (2009.03.17).

10) “‘침묵의 살인자’ 중국發 스모그 그대로 마셨다간...”, 문화일보(2013.11.05).

□ 산업국가 질병의 25~33% 정도가 환경위해 요인에 의해 발생¹¹⁾

- 유럽에서는 오염된 공기로 연간 약 31만명이 조기사망 추정, 유럽 어린이 7명 중 1명이 천식 우려, 영국에서만 연간 치료비 39억 유로가 소요
- 미국 암학회는 초미세먼지가 m³당 10 μ g 증가할 경우 전체 사망률은 7%, 심혈관 호흡기계 원인에 따른 사망률은 12% 증가한다는 연구 결과 발표¹²⁾
- 특히 환경오염에 따른 건강피해는 생물학적 약자인 어린이들에게 집중되는 경향
 - 국민건강영양조사에 의하면 어린이의 최근 10년동안 천식은 1.2%(‘98)에서 3.3%(‘09)로 약 3배, 알레르기비염은 1.2%(‘98)에서 11.9%(‘09)로 증가
 - 2010년 천식, 아토피피부염, 알레르기비염 등 주요환경성질환자는 약 909만명 이고, 9세 미만 아동은 전체 질환의 약 30% 차지
- 만 65세 이상 노년층도 미세먼지에 의해 천식·뇌졸중에 걸릴 가능성이 47배¹³⁾

<초미세먼지로 인해 8세 여아 폐암 발병>

중국 장쑤(江蘇) 성에 사는 8세 여아가 폐암에 걸렸는데 발암 원인이 대기오염의 원인인 초미세먼지(PM2.5)와 관련이 깊은 것으로 밝혀졌다. 아이를 진단한 의사는 여아의 집이 도로 주변에 있어 자동차 배기가스 등 유해물질을 장기간 들이마신 것이 발암 원인이고, 특히 초미세먼지는 폐암을 일으킬 수 있는 가장 위험한 인자라고 지적했다. 이 여아는 동부 양쯔(揚子)강 하류부의 삼각주를 중심으로 하는 화둥(華東) 지역의 최연소 폐암환자로 기록됐다.

장쑤성 등 경제가 급속하게 발전한 중국 동북지역에서는 자동차 배기가스 외에도 공장 매연으로 인해 PM2.5 같은 유해물질을 포함한 스모그가 자주 관측되는 등 대기오염이 심각해지고 있다. 독(毒) 스모그로 인해 베이징의 폐암 사망자 수가 2001년부터 2010년 사이 56% 증가했다는 조사결과도 발표됐다.

홍콩 사우스차이나모닝포스트(SCMP)는 베이징 보건당국 발표를 인용해 “전체 암 환자 가운데 5분의 1이 폐암 환자”라고 전했다. 남성 암 환자 가운데 폐암이 가장 많고 여성은 유방암 다음으로 폐암이 많았다. 중국발 미세먼지가 서풍을 타고 한반도로 유입되고 있으므로 주의를 당부했다.



자료 : “미세먼지 탓에... 8세 여아 폐암 발병에 대륙 ‘멘붕’”, 동아닷컴(2013.11.06).

11) 경기도(2013). 『경기도 생활환경복지 지표 개발 연구』.

12) “‘침묵의 살인자’ 중국發 스모그 그대로 마셨다간...”, 문화일보(2013.11.05).

13) “미세먼지 증가 땀 천식·뇌졸중 위험”, 세계일보(2007.05.28).

미세먼지로 인한 건강영향을 줄이려면 고농도 발생시 실외활동을 줄여야

□ 금년 11월부터 미세먼지 예보제 시행

- 미세먼지 농도를 사전에 예측하고, 고농도 발생시 국민들에게 경계토록 알려주며, 오염수준별 국민행동요령 및 조치로 피해를 예방하기 위해 미세먼지 예보제 실시

<대기오염 예보제 단계별 기준 농도>

구 분	미세먼지(PM10)	초미세먼지(PM2.5)	오존	황사
주의보	미세먼지 농도가 시간당 평균 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이 2시간 지속되는 때	초미세먼지 농도가 시간당 평균 $85\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이 2시간 지속되는 때	0.12ppm/시 이상	황사로 인해 1시간 평균 미세먼지 농도 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상, 2시간 지속
경보	미세먼지 농도가 시간당 평균 $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이 2시간 지속되는 때	초미세먼지 농도가 시간당 평균 $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이 2시간 지속되는 때	0.3ppm/시 이상	황사로 인해 1시간 평균 미세먼지 농도 $800\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상, 2시간 지속
중대경보	-	-	0.5ppm/시 이상	-

주 : 미세먼지 및 초미세먼지는 2015년부터 전국적으로 시행.
자료 : 환경부(2012). 『대기환경연보』.

- 수도권 및 일부 지역에서는 대기오염 전광판을 설치하여 실시간 대기질 농도 및 예보제를 시행 중이고, 기상청 및 에어코리아에서 확인 가능¹⁴⁾
 - 지자체별 미세먼지 예보는 수도권에서만 시범적으로 실시, 오늘과 내일의 미세먼지 예상 농도 확인 가능
- 수도권 지역에서는 휴대전화 SMS를 통해 미세먼지 농도가 일정기준 이상 높게 나타났을 때 경보를 전달하는 서비스도 시행
 - 서울시는 2013년 10월 1일부터 초미세먼지에 대해서도 경보제를 실시하여 SMS, 버스·도로전광판, 트위터 등을 통해 초미세먼지 경보 발령

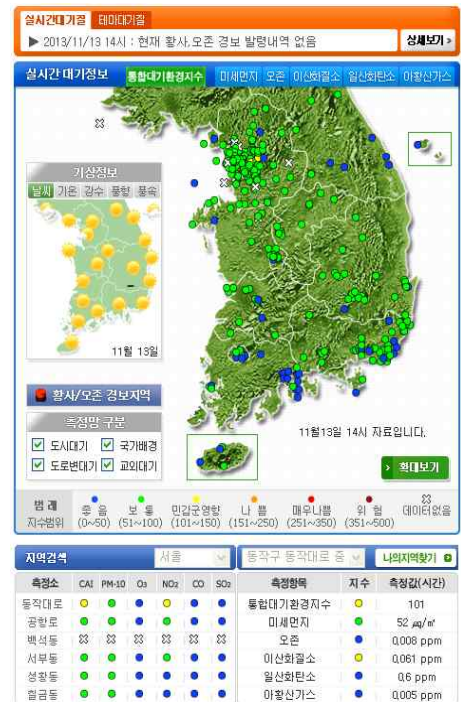
14) 기상청 : www.kma.go.kr, 에어코리아 : www.airkorea.go.kr.

<미세먼지 예보에 따른 시민행동요령>

구 분	농도구간 ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{일}$)	시민행동요령
좋음	0~30	- 외출 등 실외활동 가능
보통	31~80	
민감군 영향	81~120	- 호흡기·심혈관질환자 장시간의 야외활동 자제
나쁨	121~200	- 노인·어린이, 호흡기·심혈관질환자의 장시간 또는 무리한 야외 활동 자제 - 유치원·초등학교의 야외수업 자제 - 차량운행 자제
매우 나쁨	201~300	- 노인·어린이, 호흡기·심혈관질환자의 야외 활동 제한 - 유치원·초등학교의 야외수업 금지 - 중·고등학교의 야외수업 자제 - 일반주민의 장시간 또는 무리한 야외활동 자제 - 차량운행 자제, 미세먼지 배출업소 조업시간 조정
위험	301~600	- 호흡기질환자·심혈관질환자의 외출 금지 - 유치원·초등학교의 수업단축 또는 휴교 - 중·고등학교의 야외수업 금지 - 모든 사람의 야외활동 제한 - 차량운행 제한, 미세먼지 배출업소의 조업중지

자료 : 경기도대기오염정보센터(<http://air.gg.go.kr>).

<실시간 대기정보 공개>



자료 : AIRKOREA(<http://www.airkorea.or.kr>).

□ 고농도 발생시 특히 아침과 늦은 저녁에는 실외활동을 자제하고 황사마스크 착용

○ 고농도 발생시에는 개인적인 회피 수단이 중요

- 난방, 교통량 증가 등에 의해 미세먼지 농도가 높아지는 아침과 늦은 저녁에 실외활동 자제
- 건조한 가을·겨울철 날씨에는 눈이 PM2.5에 더 심한 자극을 받을 수 있으므로 미세먼지가 높을 때는 손으로 눈을 만지지 말고 콘택트렌즈 대신 안경 착용

○ 황사마스크는 식품의약품안전처의 기준 통과 제품¹⁵⁾만 미세먼지를 80% 이상 걸러내는 효과 발휘

- 일반적인 마스크는 미세먼지를 걸러내는 효과가 거의 없고, 세탁시에는 효과가 떨어지므로 한번만 사용¹⁶⁾

15) “초미세먼지 습격…마스크 선택 혼란”, KBS News(2013.11.10).

16) 서울특별시(2013). “황사마스크 효과 및 시민행동요령”.

<황사마스크 착용방법>



자료 : 서울특별시(2013). “황사마스크 효과 및 시민행동요령”.

<스모그 관련 상품 매출 증가율>



자료 : “중국발 스모그에…봄철도 아닌데 황사용 위생용품 불티”, 동아닷컴(2013.11.04).

건강을 위해 실내공기질 관리도 중요

□ 가정, 사무실, 교통시설 등 실내에서의 맑은 공기질 유지도 건강에 중요

○ 현대인들은 실내생활 비중이 높지만 환기가 부족하고 화학물질 사용 확대 등으로 인해 실내오염 증가

- WHO는 공기오염에 의한 사망자는 연간 최대 300만명, 특히 실내공기 오염에 의한 사망자는 280만명 추정

- 실내오염 물질이 실외오염 물질보다 인체의 폐에 전달될 확률은 1,000배 높고, 실내오염 20% 저감시 급성기관지 사망률 4~8% 감소 예상¹⁷⁾

○ 실내공기가 깨끗하려면 먼저 외부 공기가 깨끗해야 하고, 그 다음으로 실내에서 발생하는 오염의 차단이 중요

- 대기오염이 심각한 대도시는 오염된 대기가 실내로 유입되어 실내오염을 가중시킨다는 점에서 대기와 실내공기의 병행관리 필요

- 친환경 건축자재 사용, 새집에는 이사하기 전에 충분한 건조와 환기 등이 중요. 흡연, 조리, 난방, 사무기기 등에서의 오염물질은 환기를 통해, 카펫이나 커튼 등에 존재하는 진드기, 곰팡이 등은 주기적인 청소를 통해 청결 유지

17) WHO 관보(2000.09).

Ⅲ. 미세먼지 발생 원인과 대책

□ 미세먼지는 사업장과 자동차, 무분별한 생활주변 연소에서 주로 기원

○ 미세먼지의 주요 배출원은 발전소, 제조시설 등과 같은 연료 연소 사업장, 노후 자동차나 그 이외 장비 사용에 의한 매연, 생활폐기물과 농업잔재물 노천소각 등 무분별한 연소에 의해 미세먼지 발생

- 특히 수도권은 국토의 12%에 불과한 면적에 인구와 자동차의 47%가 집중되어 있어 특별한 관리 필요¹⁸⁾

<미세먼지의 주요 배출원>



발전소 등 산업시설 굴뚝



경유자동차 매연



생활폐기물 등 소각

자료 : 환경일보(<http://www.hkbs.co.kr>).

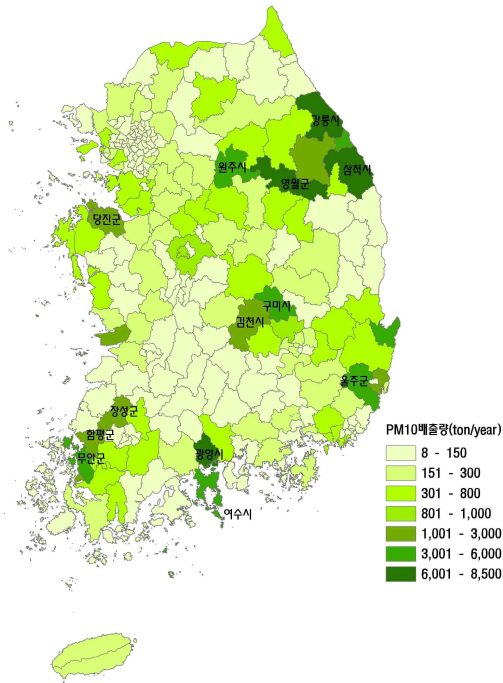
○ 국립환경과학원의 미세먼지 배출량 통계(국가대기인벤토리, CAPSS)에 따르면 2010년 기준 전국에서 미세먼지가 총 116,808톤 배출되었는데, 이 중 수도권에서는 12,338톤(10.6%)을 배출¹⁹⁾

- 지역별로는 서울특별시 1,958톤, 인천광역시 2,424톤, 경기도 7,955톤 발생

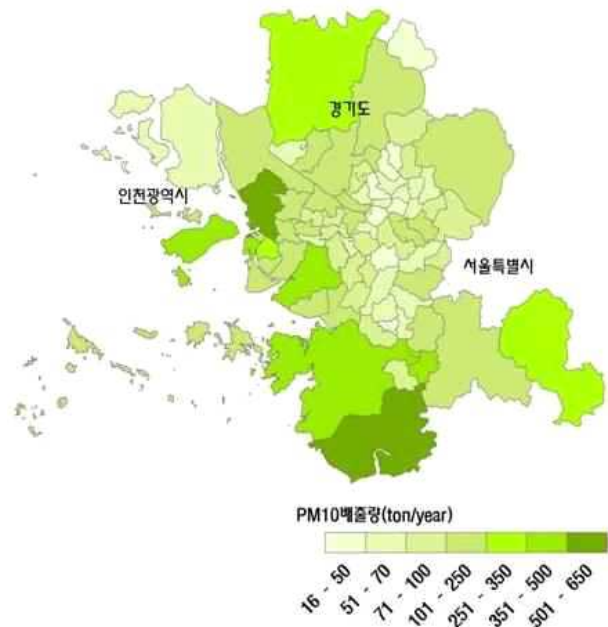
18) 환경부(2006). 『환경백서』.

19) 국립환경과학원(2013). 2010년 CAPSS 배출자료.

<2010년 전국 PM10 배출 현황>



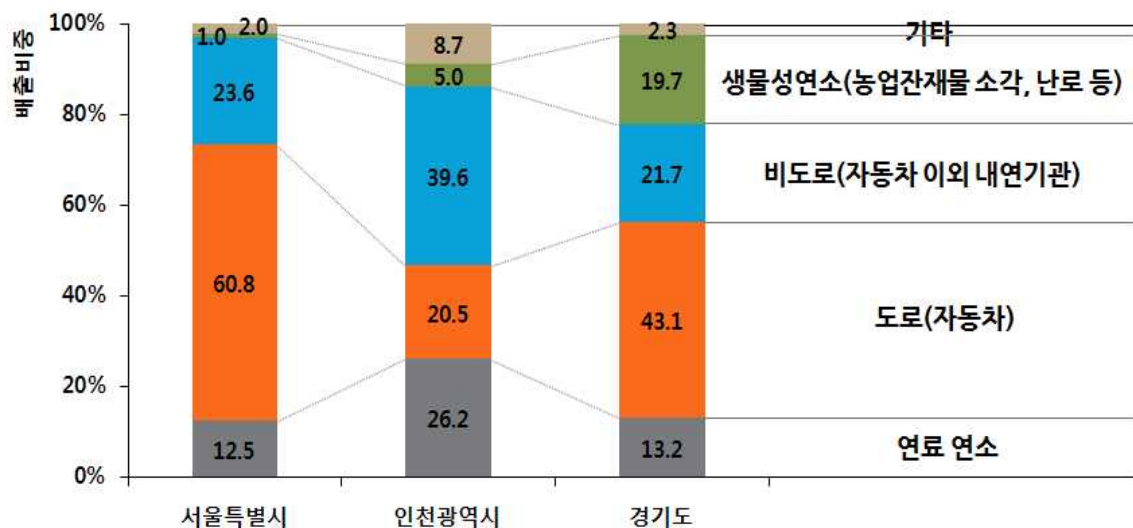
<2010년 수도권 규제지역 PM10 배출 현황>



자료 : 국립환경과학원(2012). 『대기오염물질 배출량 2010』.

- 미세먼지 배출 비중이 가장 높은 배출원은 서울시와 경기도는 자동차로 각각 60.8%, 43.1%이며, 인천광역시는 건설기계나 선박같은 비도로오염원이 39.6% 차지
- 경기도는 도로(자동차), 비도로(자동차 이외의 내연기관) 외에 특히 생물성연소 (농업잔재물 소각, 화목난로 등)로부터의 배출 비중이 19.7%를 차지

<2010년 수도권의 배출원별 PM10 배출 비중>



□ 2014년까지 수도권에서 사업장 총량관리제, 자동차 저공해화 등에 4.1조 투자

○ 수도권에서는 ‘대기환경 개선 특별대책’을 시행. 2005년부터 2014년까지 10년 계획으로 약 4조원의 공공재정을 투자²⁰⁾

- ‘맑은 날 남산에서 인천 앞바다를 볼 수 있을 정도의 시정’ 확보를 목표로 미세먼지와 질소산화물에 대해 환경기준보다 높은 목표농도 설정
- 수도권 특별대책 지역은 서울시, 인천시(옹진군 제외) 및 경기도 24개 시·군 포함

<수도권 대기특별법의 관리권역>

구분	지역범위
서울특별시	전지역
인천광역시	옹진군(옹진군 영흥면은 제외)을 제외한 전 지역
경기도	김포시, 고양시, 의정부시, 남양주시, 구리시, 하남시, 성남시, 의왕시, 군포시, 과천시, 안양시, 광명시, 시흥시, 부천시, 안산시, 수원시, 용인시, 화성시, 오산시, 평택시, 파주시, 동두천시, 양주시, 이천시



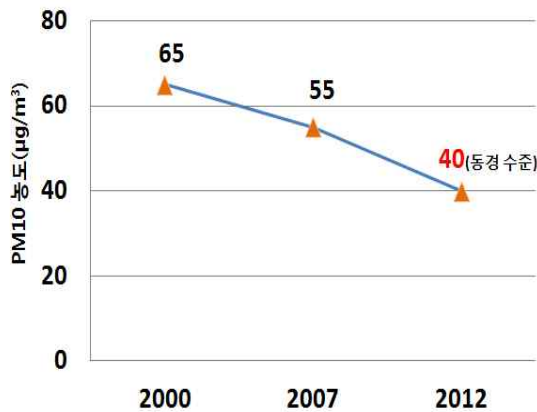
자료 : 환경부(2005.11). 『수도권 대기환경관리 기본계획』.

○ 수도권 특별대책은 사업장, 자동차 배기가스, 비산먼지 관리 등에 초점

- 수도권 특별대책의 추진 성과는 사업장 총량관리제, 배출허용기준 강화 등 주요 사업장에 대해 관리 강화, DPF 부착 등 운행 경유차 배출가스 저감, 저공해자동차 보급 등 자동차 부문 관리로 PM10 농도 상당 수준 개선

20) 한국환경정책·평가연구원(2010). 『대기질 개선 경험 및 성과 평가』.

<수도권 PM10 개선 목표>



자료 : 환경부(2005.11). 『수도권 대기환경관리 기본계획』.

<수도권 PM10 배출량 추이>



자료 : 환경부(2013). 『제2차 수도권 대기환경관리 기본계획 수립』.

○ 운행 중인 경유자동차 배출가스 저감사업은 큰 효과를 보았지만, 비산먼지나 비도로오염원 관리 대책은 여전히 한계

- 비도로(건설기계, 농기계, 선박) 배출원에 대해서는 배출규제기준 강화, SCR²¹⁾ 및 DPF²²⁾ 장착 등을 통해 관리

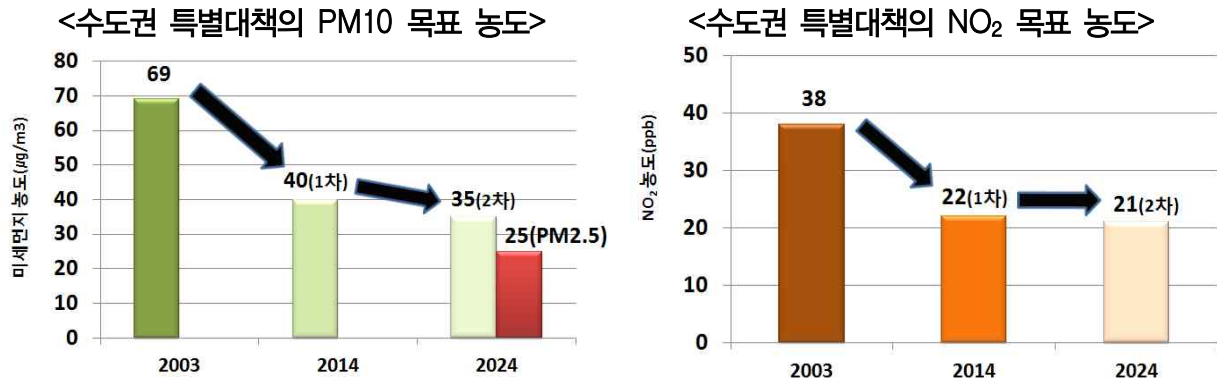
□ 더욱 건강하고 맑은 공기를 위하여 2024년까지 수도권에는 산업시설관리, 저공해 자동차보급, 교통수요관리 등에 4.8조를 추가 투자할 예정

○ 제2차 수도권 대기환경개선 특별대책 추진, 선진국 수준의 맑은 공기 기대

- 2차 특별대책은 '맑은 공기로 건강한 100세 시대 준비'를 비전으로 초과 사망자(2만명), 기관지염 환자(80만명) 50% 감축을 목표로 설정
- 목표 물질과 농도 수준은 PM10 30µg/m³, PM2.5 20µg/m³, NO₂ 21ppb, O₃ 60/15ppb로 더욱 확대 강화

21) SCR(Selective Catalytic Reduction) : 선택적 촉매 환원.

22) DPF(Diesel Particulate Filter) : 디젤 매연 저감장치.



주 : PM2.5, O₃ : 제 2차 수도권 특별대책 관리 대상 오염물질 추가.
 자료 : 환경부(2013). “2차 수도권 대기환경관리 기본계획(안)”.

- 주요 대책은 인체위해성 관리, 대기오염물질 발생이 최소화 되는 산업 기반 강화, 생활주변 오염원 관리, 과학적 기반 강화 등

<1, 2차 수도권 대기환경개선 특별대책의 특징>

구분	1차 특별대책(2005-2014)	2차 특별대책(2015-2024)
목표	- PM10 40μg/m ³ - NO ₂ 22ppb	- (강화) PM10 35μg/m ³ , NO ₂ 21ppb - (신설) PM2.5 25μg/m ³ , O ₃ 60/15ppb
관리대상 오염물질	- PM10, NO _x , SO _x , VOCs	- PM10, PM2.5, NO _x , SO _x , VOC
관리권역	- 서울시, 인천시, 경기도 24개 시	- 수도권 전역(경기 7개 시·군 추가)
분야별 추진대책	사업장	- 사업장 총량관리제 실효성 강화
	자동차	- 경유차 중심에서 휘발유차, 가스차로 확대 - 건설기계 등 비도로 저감대책 확대 - 전기차 등 친환경자동차 대중화 - 교통수요관리(VKT 감축) 강화
	생활(면) 오염원	- 숯가마시설, 직화구이 음식점 방지시설 설치 - 도로재비산먼지 체계적 관리강화 - 비산먼지 발생사업장 관리강화 - 생활 배출원(세탁소, 인쇄소 등) 관리 강화 - 생활소비재 VOCs 관리강화

자료 : 환경부(2013). “2차 수도권 대기환경관리 기본계획(안)”.

중국으로부터의 영향에 대응하기 위해 공동연구, 식목사업 등 국제협력 강화 필요

□ 한·중·일은 매년 환경장관 회의를 통해 환경현안 및 협력방안 논의

- 미세먼지(PM10, PM2.5)와 오존 등에 대한 실시간 자료 공유, 대기질 공동예보 시스템 개발 운영 제안. 대기 관련 정책 경험을 공유하고 공동사업 논의
- 현재까지 공동 관측망 설치, 자료 협력 등의 성과 창출

<국제 공동 황사관측망>



중국 나이먼(42.47° N, 126.36° E)

몽골 예르덴(44.27° N, 111.05° E)

몽골 농곤(42.84° N, 105.13° E)

중국 및 몽골사막 관측소

자료 : 기상연구소(2013).



발원지 황사 공동관측망

□ 기업, 민간단체를 중심으로 황사와 사막화 방지를 위한 식목사업도 활발

○ 사막화 확대 및 황사 방지를 위해 우리나라 기업과 민간단체를 중심으로 ‘한중 우호림 식목행사’ 등 협력사업을 연례적으로 개최

- 그러나 황사가 발생하는 사막지역의 분포가 다양하고 면적도 너무 넓어 효과는 미지수

<한·중 우호림 조성사업>



자료 : 재북경한국인회(<http://blog.naver.com/koreansobj>).

IV. 경기도 시사점

□ 경기도 지역은 생활주변의 연소, 비산먼지, 중·소 산업시설 관리가 특히 중요

- 경기도 지역의 미세먼지 농도가 서울시 지역보다 높은 이유는 도심보다 교외지역의 농도가 높기 때문인데, 권역별로 특성에 맞는 관리가 중요
 - 도심지역은 자동차 배기가스, 산업시설 중심으로 관리하고, 교외지역은 무분별한 생활주변의 연소행위, 비산먼지, 사각지대에 있는 중소 배출시설 관리가 중요²³⁾
- 생활 주변의 연소에는 생활폐기물 소각, 농업잔재물 노천소각, 화목난로 사용 등이 해당되며 전문적으로는 '생물성연소(biomass burning)'로 분류
 - 생물성연소로부터 수도권 전체 미세먼지의 13.9%, 경기도 미세먼지의 19.7%가 배출될 정도로 중요한데, 소각대상 물질들이 노천에서 소각되지 못하도록 적절하게 처리할 수 있는 시스템 구축이 절실
 - 생활폐기물은 수거 서비스를 확대하여 불법소각을 방지하고, 농업잔재물은 수거 후 퇴비화하거나 펠릿 형태로 가공하여 안정된 연소기기에서 연소하는 방안 추진

<생물성연소 사례>



자료 : 경기개발연구원 내부자료.

23) 경기개발연구원(2012), 『경기도 교외지역의 미세먼지 특성 분석 및 관리 방안』.

○ 교외지역에서는 농지나 나대지 등에서의 비산먼지, 산업시설 관리도 중요

- 농업활동에 따른 비산먼지 저감은 경운작업을 최소화하거나 토양 수분 함량이 높을 때 경운작업을 실시하는 방법, 풍속이 클 경우 작업 제한, 농경지에 바람막이를 설치 등 필요
- 나대지 비산먼지 저감은 먼지억제제를 살포하거나 표면덮개를 설치하여 비산먼지 발생 저감
- 교외지역으로 갈수록 중·소형 산업시설에서의 배출시설 관리가 느슨해지는 경향이 있어 관리 강화 필요

□ 사업장, 자동차, 중·소배출원 등에 대한 2차 수도권 특별대책의 지속적 추진

○ 총량관리제 대상 사업장 확대, 배출허용기준 강화를 통해 사업장 관리 강화

- 총량관리 대상 사업장을 1~2종(312개)에서 1~3종(414개)으로 확대하고 배출허용총량의 무상할당에서 유상할당으로 전환, 배출허용기준의 단계적 강화 및 신규 배출시설 관리대상 확대, 소형 소각시설 관리 강화 등 필요

○ 자동차, 비도로 이동오염원(건설기계, 농기계, 선박 등), 교통수요관리 추진

- 친환경 자동차 보급, 제작차 배출허용기준 및 사후관리 강화, 운행차 배출가스 관리 강화, 비도로 이동오염원 관리 강화
- 환경지역(LEZ, Low Emission Zone)제도 도입 및 교통수요관리 강화

○ 숯가마, 직화구이음식점 등 생물성연소 관리, 도로 비산먼지 관리 강화

- 숯가마 시설 관리기준 마련 및 방지시설 지원, 직화구이 음식점 방지시설 설치 지원
- 도로 재비산먼지 관리를 위한 측정 및 청소 차량 확대 운영, 비산먼지 발생사업장 관리 강화 등

【 수도권 대기환경개선 특별대책의 주요 사업과 PM10 삭감효과 】

구 분			경기도 배출량 저감효과(톤/년)			
			2011년	2012년	2013년	2014년
사업장 관리	총량 관리 미대상	소각시설 관리 강화	0.40	0.70	1.10	1.00
		사업장 저황유 사용량 확대	0.00	0.00	0.20	0.20
		자율환경관리 및 기타 지원대책	0.00	0.00	0.00	618.00
	소계		0.40	0.70	1.30	619.20
제작 자동차 관리	제작차 배출허용기준 강화		960.00	960.00	960.00	960.00
	저공해 자동차 보급	저공해경유차 보급	11.30	14.90	18.60	22.20
		CNG 시내버스 보급	13.50	13.50	13.50	13.50
		CNG 청소차 보급	0.60	0.90	1.80	2.70
		클린디젤	0.00	0.04	0.10	0.46
	소계		985.40	989.34	994.00	998.86
운행 자동차 관리	자동차 종합검사		194.80	192.40	176.20	165.20
	특정 경유 자동차	DPF(+SCR) 보급	0.00	0.80	1.50	2.30
		DPF 보급	213.10	235.00	540.00	550.00
		LPG엔진 개조	112.20	112.30	172.00	180.00
		노후차 조기폐차	127.40	174.20	510.00	520.00
		자연폐차	938.20	875.00	0.00	0.00
	운행차 공회전제한지역 지정		13.30	13.30	1.00	1.00
	연료 품질 개선		0.00	0.00	28.00	29.00
	소계		1,599.00	1,603.00	1,428.70	1,447.50
교통 수요 관리	기업체 교통수요관리		0.00	0.00	1.00	1.00
	저공해 미이행 경유차 운행제한		0.00	0.00	2.00	2.00
	녹색 대중교통체계 구축		0.00	0.00	13.00	15.00
	생활형 자전거도로 확충		0.00	0.00	4.00	6.00
	소계		0.00	0.00	20.00	24.00
비도로 이동 배출원	건설 기계	건설기계 배출허용기준 강화	0.00	0.00	170.00	359.00
		운행 중인 건설기계 저공해 조치	2.10	2.90	7.90	12.80
		운행차 배출가스 정기검사 및 정비	0.00	0.00	60.00	70.00
	선박	선박 배출허용기준 강화	16.10	19.30	22.50	25.70
		선박 황 함유량 규제	0.00	0.00	160.00	299.50
	소계		18.20	22.20	420.40	767.00
에너지 · 기후 변화 대책 및 도시 관리	건물에너지 효율등급 확대		10.00	11.00	12.00	13.00
	산업부문 에너지목표관리제		0.80	1.00	0.00	0.00
	건물에너지 합리화		0.00	0.00	1.20	1.30
	태양광, 태양열, 지열		0.40	0.50	0.57	0.60
	조력발전		0.00	5.50	5.50	5.50
	연료전지발전소		0.00	1.20	4.70	4.70
	지역냉난방 공급 확대		0.00	0.00	9.00	10.00
	소각열 에너지 보급		0.00	0.00	15.00	18.00
	냉난방 조절규범		0.00	0.00	3.00	4.00
	도시녹지 관리		0.00	0.00	50.00	50.00
	소계		11.20	19.20	100.97	107.10
총계			2,614.20	2,634.44	2,965.37	3,963.66

자료 : 경기도(2013). “수도권 대기환경관리 기본계획 변경계획 추진을 위한 경기도 시행계획 변경계획”.