

국내외 미세먼지 관리 정책

○ 김경환¹ 한국과학기술연구원,
미세먼지 국가전략프로젝트 사업단
연구팀장
E-mail : khkim@kist.re.kr

1. 서론

1990년대 정부의 “강력한 대기질 관리정책”에 이어 2003년에 제정된 “수도권 대기환경 개선에 관한 특별법” 추진의 효과로 서울시의 연평균 총먼지(TSP), 부유먼지(PM10) 및 미세먼지(PM2.5) 농도 추이는 꾸준히 감소하는 추세를 나타내다가, 중국에서 극심한 스모그가 발생한 2013년부터 더 이상 감소하지 않고 부유먼지가 약 45~48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준에서 정체되는 경향을 나타내었다^{1, 2)}. 이에 따라 미세먼지에 대한 국민적 관심이 증가되고, 현재 국가적 관심사로 대두되고 있다. 또한 OECD(2016)보고서³⁾에 따르면 한국의 노령화 진행과 현재 대기오염 수준을 고려해 볼 때, 대기오염으로 인한 조기사망자가 2060년 한 해 인구 100만 명당 1,109명이 될 것이라고 경고하였으며, 이는 2010년 기준 대비 약 3.1배 급증하는 것이며, 미국 환경성과지수(Environmental Performance Index; EPI)에 따르면 우리나라의 공기질 순위가 180개국 중 173위라고 경고한 바 있다⁴⁾. 이러한 미세먼지 및 대기오염에 관한 국내외 관심 증가로 현재 미세먼지 관리정책은 매우 중요한 국가적 현안으로 자리매김하고 있으며, 중요한 기로에 위치해 있다. 증가된 국민적 관심을 반영하듯, 빅데이터 분석결과(2008. 1. 1. ~ 2017. 5. 31.), 미세

먼지 이슈는 최근 10년 동안 급격히 증가하여 세계적 이슈로 부상하였으며, 2017년도 상반기에는 미세먼지 문제를 정부 주도로 선결해야 할 정책 사안이자 아시아 지역의 공통 의제로 인식이 확대되었음을 확인시켜주었다²⁾.

과거에는 경제발전과 국민소득 향상을 전제로 환경보다는 경제를 우선적으로 내세우며, 대기관리 정책이 “선택과 집중”의 1차 배출원 관리 및 평균농도 관리로 이루어졌으나, 현재는 국민소득의 향상에 따른 환경에 대한 기대수준이 높아졌고 이에 따라 “선택과 집중”이 아닌 “균형” (1차 배출과 2차 생성 통합관리와 고농도 관리)의 대기관리 정책을 통해 지역균형발전 및 동반성장을 이루어 나아가 갈 때이다. 이는 기존 “정책·규제 우선” 접근방식, “1차 배출원 저감 중심” 관리방법 및 “정책 구현의 수단”으로써 기술제공의 미세먼지 관리 체계를 과학기술기반의 선진형 미세먼지 관리체제로 패러다임을 전환함으로써 가능할 것이다⁵⁾.

이에 본 고에서는 국내외 미세먼지 관련 기준, 대기오염 및 관리의 특성, 대기오염 현황, 대기오염 및 미세먼지 관리 정책에 대해 소개하고, 향후 나아가야 할 미세먼지 관리 정책에 대해 논의하고자 한다.

표 1. 미세먼지 용어 및 주요 용어

〈미세먼지 용어〉

구 분	정 의
총먼지(TSP)	• 공기 중에는 다양한 형태의 먼지가 부유하는데, 부유하는 총 먼지를 의미
부유먼지(PM10)	• 총먼지 중에서 크기(지름)가 10 μm 보다 작은 것을 의미
미세먼지(PM2.5)	• 총먼지 중에서 크기(지름)가 2.5 μm 보다 작은 것을 의미

〈주요 용어〉

용 어	정 의
PM	• 입자상 물질(Particle Matter·PM·피엠)
1 μm	• 마이크로미터(μm) \rightarrow 1 μm 는 100만분의 1m
1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	• 마이크로그램(μg) \rightarrow 1 μg 는 100만분의 1g • 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 는 단위부피 당(m^3) 1마이크로그램의 먼지 질량

2. 국내외 미세먼지 관련 기준

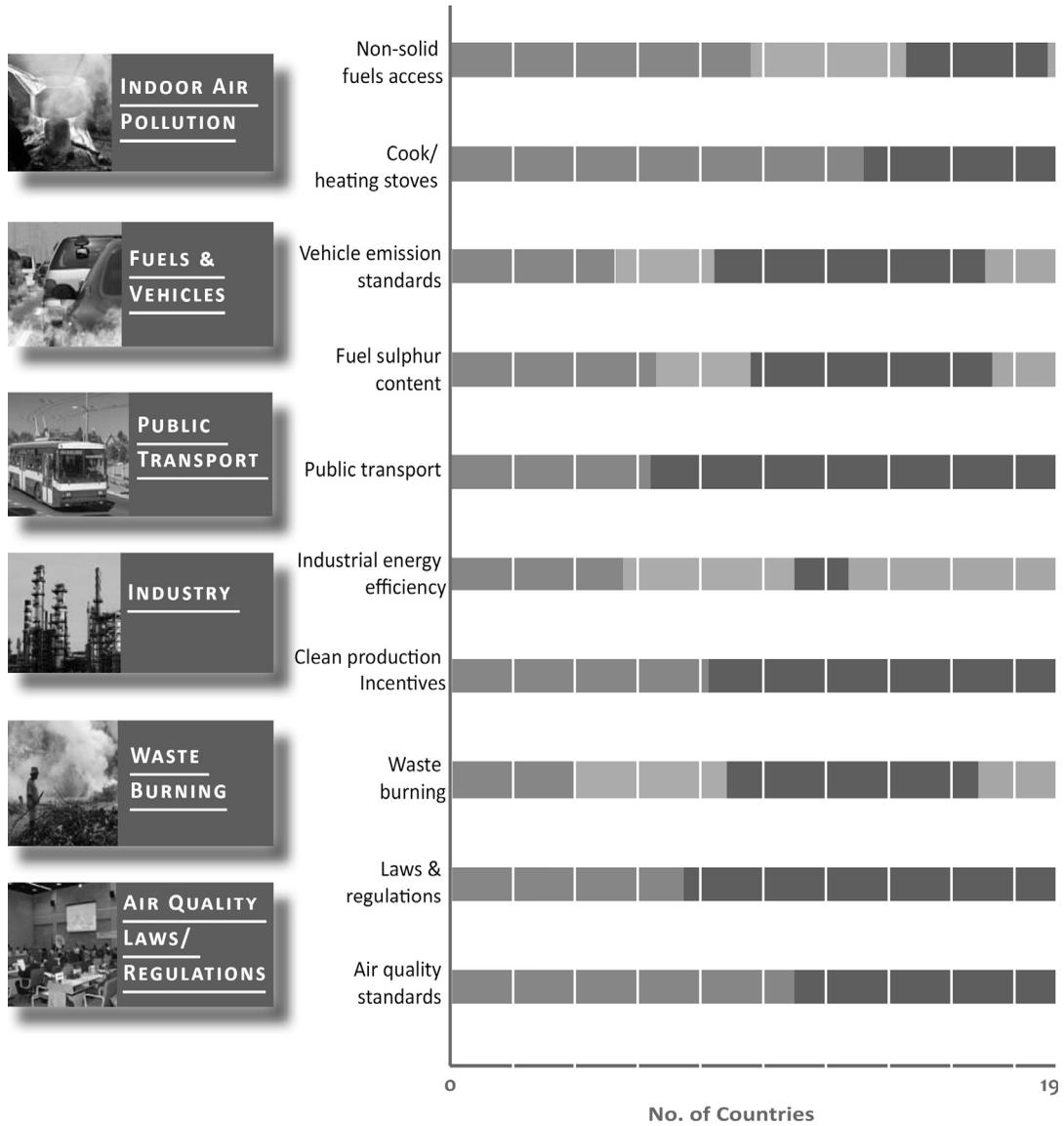
2.1 국내외 대기질 관리 현황

2012년 세계보건기구(World Health Organization, WHO)는 매년 대기질로 인한 조기 사망자가 약 700 - 800 만 명에 이른다고 추정하였으며, 이는 곧 세계적으로 조기사망에 대한 주요 환경요인이 대기 오염이라는 것을 반영한 결과이다. 실내 및 실외 공기오염에 대한 노출은 뇌졸중 및 심장 질환뿐만 아니라 암 및 호흡기 질환과 같은 심혈관 질환의 발생 빈도와 밀접하게 관련되어 있다. 이러한 배경으로 조사된 UNEP(The United Nations Environment Programme)의 2016년 보고에 따르면 대기질을 관리하는 국가¹⁾는 전체 조사대상 국가(193개국) 중 약 56%에 지나지 않으며, 몇몇 국가는 대기질 기준(Ambient Air Quality Standards, AAQS)의 실행을 위한 법이나 제도가 뒤따르지 않으며, 전체 조사대상 국가 중 약 38%만 대기질 관련 정책 혹은 제도를 가지고 있다고 보고했다⁶⁾.

우리나라는 1964년 공해방지법을 시작으로 1973년부터 환경담당 부서를 설치하고, 1980년 환경청을 발족하여, 1990년 대기환경보전법 제정(1990.8.1.)을 시작으로 이후 실내외 공기질 개선을 위한 관리를 지속해오고 있다.

2.2 국내외 미세먼지 관리 기준

WHO에서는 건강 위해성을 고려한 4단계의 미세먼지 환경기준을 제시하고 있으며, 이 기준은 오랜 기간에 걸친 증거들을 기반으로 하고 있지만, PM2.5의 배경지역 농도에 해당하는 3-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 대기 중 농도 부근에서도 건강 위해성 결과가 미국과 유럽의 국가들에서 보고되었다는 내용도 포함하고 있다⁸⁾. WHO의 미세먼지 환경기준은 장기노출(Long-term exposures)과 단기노출(Short-term exposures)의 관점에 따라 각각 연평균과 24시간 평균 대기질 가이드라인(Air quality guidelines, AQGs)으로 나뉜다. 이 AQGs에 근거하여, 우리나라에서는 현재 “잠정목표 2(Interim target-2 (IT-2))”의 환경



10가지 주요 대기관련 정책별 관리정책 및 실질적 규제 실시(녹색),
관리정책 및 규제 도입 진행중(오렌지색), 관리정책 및 규제 부재(빨간색)

- 1) 10가지 정책이 포함된 6가지 카테고리 : 1) 실내 공기오염, 2) 자동차 배기가스, 3) 공공 및 비 자동차 운송, 4) 산업 배출, 5) 폐기물의 개방 연소, 6) 국가 대기질 표준 및 규정

그림 1. 세계 각국의 대기질 개선 관리 및 규제 현황⁶⁾

SO ₂ (ppm)	0.05/년 0.15/일	1978 신설	0.03/년 0.14/일 0.25/시간	1993 신설	0.02/년 0.05/일 0.15/시간	2001 신설
CO (ppm)	8/월 20/8시간	1983 신설	9/8시간 25/시간	1993 신설		
NO ₂ (ppm)	0.05/년 0.15/시간	1983 신설	0.05/년 0.08/일 0.15/시간	1993 신설	0.03/년 0.06/일 0.1/시간	2007 신설
TSP (μg/m ³)	150/년 300/일	1983 신설				
PM ₁₀ (μg/m ³)			80/년 150/일	1993 신설	70/년 150/일	2001 신설
PM _{2.5} (μg/m ³)					50/년 100/일	2007 신설
					25/년 50/일	2012 신설

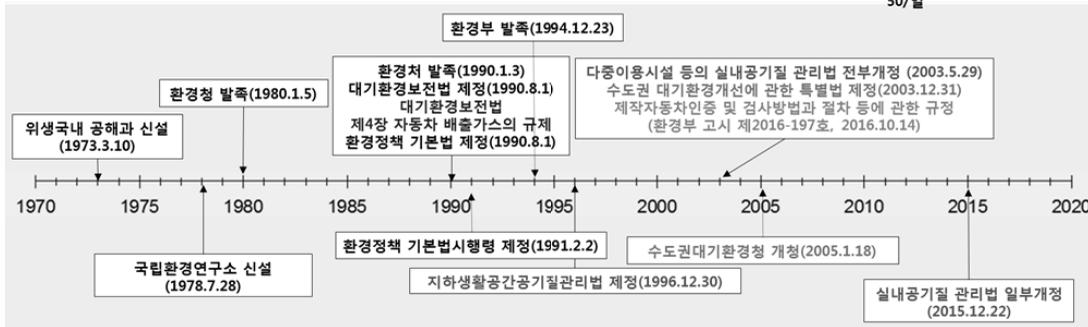


그림 2. 한국의 대기오염관리 역사⁷⁾

기준을 채택하고 있으나, 향후 강화될 것으로 예상된다. 하지만, 현재의 상황에서 다른 특별한 대책없이 기준만 강화할 경우 미세먼지 나쁨 일수의 현저한 증가로 국민불안이 오히려 증가할 수도 있다는 견해도 있으나, 장기적으로 강화된 기준을 충족시키기 위한 미세먼지 관리 정책 및 관련 R&D 역량 강화로 이어질 수 있다는 긍정적인 견해도 있다. 우리나라 PM_{2.5}의 연평균 기준은 25 μg/m³으로 영국 및 EU국가들과 동일한 수준이다. 하지만 일본과 미국은 각각 15, 12 μg/m³으로 WHO 잠정목표 3에 해당하며, 캐나다와 호주는 WHO의 가이드라인 혹은 그 이하로 기준을 설정하고 있다. 반면, 중국과 인도는 WHO 잠정목표 1에 해당 혹은 미달하는 수준인 35, 40 μg/m³으로 기준을 정하여 관리하고 있는 실정이다. 이와 같이 세계 각국은 각 나라의 실정에 맞는 WHO 가이드라인을 기

준으로 설정하여 기준을 충족시키기 위한 관리정책을 실행하고 있다.

3. 대기오염 관리의 특성

과거 1960년대에는 공장의 검은 연기가 경제발전의 한 가지 지표로 여겨졌다. 이를 뒷받침하는 내용은 울산공업센터의 기공식 치사문에 잘 나타나 있다(울산공업센터 기공식 치사문; 1962.2.3). 대기오염의 관점에서 그 동안 국내의 주요 대기오염 현상을 본다면, 1970년대에는 초기오염현상으로 주로 산업시설 설치에 따른 주변 지역 피해로 나타났으며, 고유황 화석연료의 소비 증가로 도시지역의 이산화황과 일산화탄소 문제가 대두되었다. 이러한 대기오염이 1980년대에 들어서

표 2. WHO 연평균 미세먼지 관리 가이드라인⁸⁾

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	PM10	PM2.5	Basis for the selected level
Interim target-1 (IT-1)	70	35	These levels are associated with about a 15% higher long-term mortality risk relative to the AQG leve.
Interim target-2 (IT-2)	50	25	In addition to other health benefits, these levels lower the risk of premature mortality by approximately 6% [2-11%] relative to the IT-1 level.
Interim target-3 (IT-3)	30	15	In addition to other health benefits, these levels reduce the mortality risk by approximately 6% [2-11%] relative to the -IT-2 level.
Air quality guideline(AQG)	20	10	These are the lowest levels at which total, cardiopul-monary and lung cancer mortality have been shown to increase with more than 95% confidence in response to ling-term exposure to PM2.5.

표 3. WHO 일평균 미세먼지 관리 가이드라인⁸⁾

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	PM10	PM2.5	Basis for the selected level
Interim target-1 (IT-1)	150	75	Based on published risk coefficients from multi-centre studies and meta-analyses (about 5% increase of short-term mortality over the AQG value).
Interim target-2 (IT-2)	100	50	Based on published risk coefficients from multi-centre studies and meta-analyses (about 2.5% increase of short-term mortality over the AQG value).
Interim target-3 (IT-3)	75	37.5	Based on published risk coefficients from multi-centre studies and meta-analyses (about 1.2% increase of short-term mortality over the AQG value).
Air quality guideline(AQG)	50	25	Based on relationship between 24-hour and annual PM levels.

표 4. 세계 주요 국가들의 미세먼지 관리 가이드라인⁹⁻¹²⁾

항목	기준시간	한국	영국	EU	중국	인도	칠레	멕시코
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24시간	100	50	50	150	100	150	120
	1년	50	40	40	70	60	50	50
PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24시간	50	-	-	75	60	50	65
	1년	25	25	25	35	40	20	15

항목	기준시간	페루	브라질	일본	미국	캐나다	호주	WHO
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24시간	150	150	100	150	25	50	50
	1년	50	50	-	-	-	-	20
PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24시간	-	-	35	35	28	25	25
	1년	50	-	15	12	10	8	10

경제규모 확대에 따른 각종 산업시설의 배출량 증가 및 에너지 사용량 증가에 따른 대기오염이 심화되었으며, 1990년대에는 자동차 증가 및 관련 산업, 석유화학, 소각시설 등의 문제가 대두되면서 이차 오염 현상으로 인한 도시 대기질의 악화 현상으로 나타났다. 2000년대에는 자동차 폭증 등에 의한 광화학 스모그 현상이 심화되었으며, 이로 인한 미세먼지 증가 및 시정악화가 지속되었다¹³⁾.

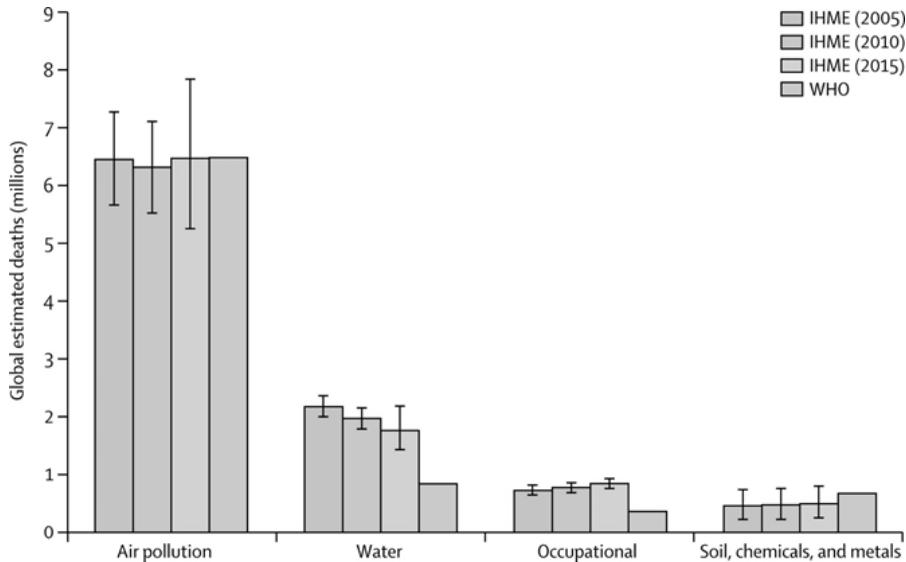
대기오염은 수질오염과 달리 오염원에서 배출된 오염물질을 배출구에서 관리하지 않으면, 배출구 이후 관리가 매우 곤란한 특성이 있으며, 한번 배출된 오염물질의 이동경로 파악이 매우 어렵다.

이러한 대기오염의 특성에 따라 대기오염물질은 배출구에서 철저히 관리해야 효과적이다. 국내에서는 1978년에 이산화황의 기준을 제정한 이후로 일산화탄소, 이산화질소, 총먼지에 대한 기준을 1983년에 신설하였으며, 총먼지는 1993년에 PM10 규제로 대체하여 관리를 강화해오다가 2012년에 PM2.5

기준을 WHO 잠정목표2로 추가하여 관리해오고 있다. 대기기준과는 별도로 자동차 배출가스 규제 및 실내공기질 관리법 등으로 배출가스와 실내공간 또한 관리하고 있다⁷⁾.

4. 국가별 대기오염 현황

대기오염은 고혈압, 식습관, 흡연 다음으로 4번째로 인류 건강을 위협하는 요인으로 알려졌으며, 2012년 한해 대기오염으로 인한 조기사망자가 약 6백만명에 이를 정도로 그 문제의 심각성이 제기되고 있고, 전 세계 도시지역 인구의 80%가 WHO 기준농도 이상의 오염된 공기에 노출되어 있다고 WHO는 보고하고 있다¹⁴⁾. 이러한 대기오염의 건강학적인 위해성과 경제적 결과에 대응하여, 세계 각국에서는 다양한 규제와 관리정책을 수립·추진하고 있다.



*Using data from the GBD study⁴² and WHO.99 IHME=Institute for Health Metrics and Evaluation.

그림 3. 2005-2015년까지 추산된 각 오염 위험요인에 따른 전 세계 사망자수(백만); Global estimated deaths (백만) by pollution risk factor¹⁵⁾

(미국) 1960년대부터 청정대기법(Clean Air Act) 정책지원으로 대기오염 저감을 위해 노력한 결과 인구 및 에너지 소비 증가에도 불구하고 6대 주요 오염물(일산화탄소, 납, 질소산화물, 이산화황, 오존, 미세먼지)의 배출량이 1970년 대비 70% 감소하는 성과를 나타냈으며, 2017년 기준으로 크게 발전 부문(화력발전소 배출 감축)과 이동오염원 부문(자동차 배출량 규제 강화)으로 대기오염 배출량을 추가로 감축할 예정이다¹⁶⁾.

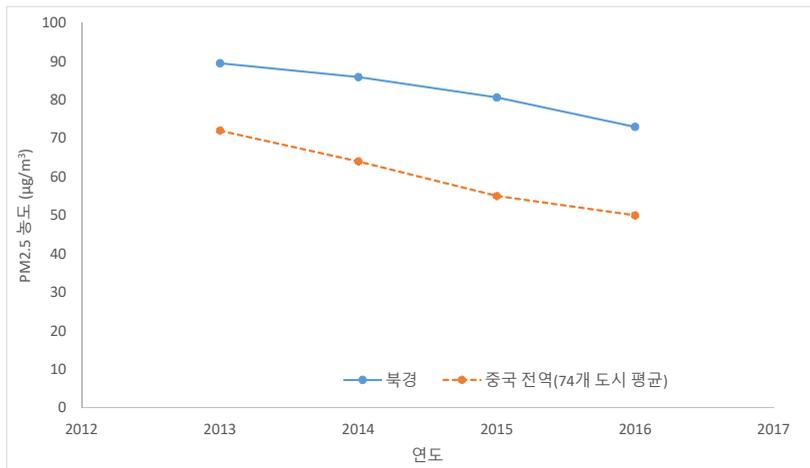
(일본) 2001~2009년까지 환경성에서 일반 측정국(일반국), 자동차 배출 측정국(자배국), 비도시부의 미세먼지 측정 결과 등에 근거한 관리정책으로 미세먼지의 연평균 농도는 지속적인 감소 추세이지만, 2016년 기준으로 환경기준 달성률은 낮아져 30~40% 정도이다¹⁷⁾. 또한 우리나라와 마찬가지로 중국의 미세먼지 영향을 크기 받기 때문에, 일본의 각 지역을 6개 권역으로 나누어 한반도와 중국에 의한 각 지역의 기여율을 산출하여 관리하고 있다¹⁸⁾. 또한 지방자치단체와 연계강화 및 정보공유를 도모

하면서 모니터링 체계를 정비하고 있으며, SPM(Suspended particulate matter) 및 PM2.5를 포함한 대기오염물질을 측정하는 측정소는 2010년 말 148개소의 측정국수가 2015년 기준으로 1,884개소(일반국: 1,471, 자배국: 413)에 이르며 그 중 192개의 측정소에서는 PM2.5의 기본 화학성분분석을 실시하고 있으며, 163개소에서는 사계절 지속적으로 질량농도, 탄소성분 및 이온성분들을 분석하고 있다¹⁹⁾.

또한, 국가 측정지점 정비에 노력하고 있어 과학적 증거에 기반한 미세먼지 관리 및 정책을 실현하고 있다.

(유럽연합) 유럽연합은 1990년부터 대기환경 개선을 위한 정책을 지속해서 추진하여 대기환경이 크게 개선된 것으로 평가되고 있으며, 1990년부터 2013년간 배출 감축량은 황산화물 90%, 질소산화물 50%, 미세먼지 20%에 달하는 것으로 추산되고 있다²⁰⁾.

(중국) 중국은 2015년 기준 세계 최대의 에너지 소비 국가이며, 특히 과도한 석탄의존도(64%)로 대



*중국 자료 출처: 중국 환경보호성, 북경시 공표 데이터

그림 4. 2013-2016년 중국의 PM2.5농도 변화 추이^{19), 23)}

기오염이 매우 심각한 것으로 평가되고 있다. IEA에 따르면 2015년 중국 에너지 부문에서 발생하는 대기 오염 물질 중 질소산화물 배출량(22.6Mt)과 이산화황(21.6Mt) 배출이 가장 높게 나타났으며 그중 질소산화물 배출량의 대부분은 산업과 수송에서, 이산화황 배출 대부분은 산업(전환부문 포함)부에서 발생하는 것으로 나타났다. 이로 인해 2015년 기준으로 대기오염에 의한 조기사망자 수가 약 220만 명에 달하는 것으로 추정되며, 열악한 대기오염 상황으로 인하

여 평균 기대수명이 25개월 정도 감축되고 있는 것으로 분석되고 있다^{16), 21)}. 다행히도 2013년 이후로 중국의 PM2.5 평균 농도는 감소 추세에 있다.

(인도) 대기오염물질의 배출문제가 심각하고, 대부분의 도시에서 미세먼지 배출 기준(PM10: 60 μ g/m³)을 상회하는 것으로 보고되었으며²¹⁾, 이로 인해 159만 명의 조기사망자와 23개월의 평균수명 단축이 야기된다고 보고된다¹⁶⁾.

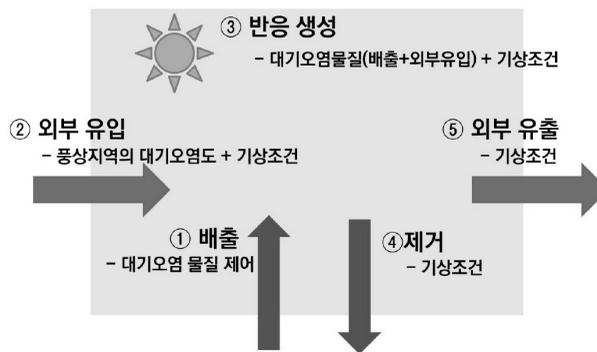


그림 5. 대기 미세먼지 농도를 결정하는 과정들²²⁾

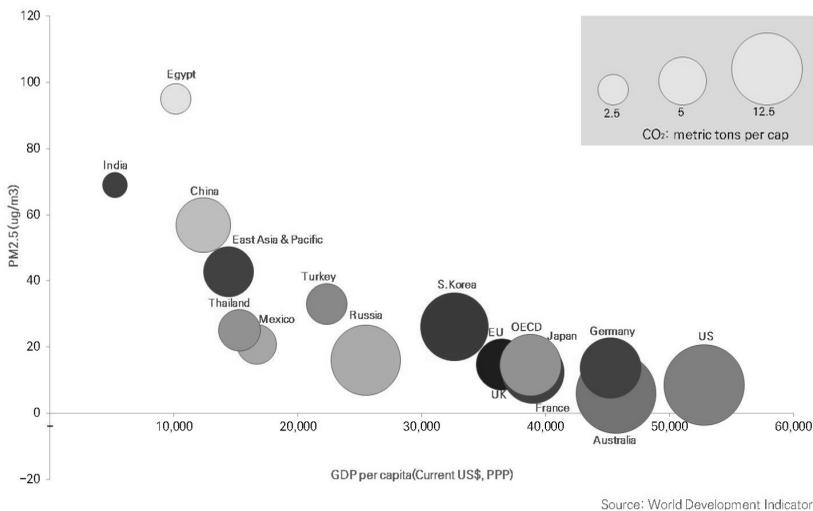


그림 6. 국가별 잘못된 계산식별 초미세먼지(PM2.5) 농도 및 일인당 이산화탄소(CO₂) 배출량과 일인당 국내총생산(GDP)의 상관관계²²⁾

(한국) 경제협력개발기구(OECD) 회원국 가운데 우리나라는 부유먼지와 미세먼지 농도가 높은 국가에 해당하며, 특히 미세먼지 농도는 선진국 여러 나라에 비해 평균 2배 정도 높고, 농도가 낮은 일부 국가와 비교하면 4배 이상 높다. WHO가 발표한 2012년 한국의 대기 미세먼지로 인한 조기사망자는 11,500여명이다. 미국 건강영향연구소에서 발표한 2015년 우리나라 미세먼지 조기사망자는 18,200 여명에 이른다. 건강영향연구소에 의하면 인구 10 만 명당 조기 사망자 수가 한국은 26명으로 일본 13명, 프랑스 12명, 미국의 8명 보다 2~3배 큰 것으로 나타났다²²⁾.

최근 발간된 자료에 따르면, 한국의 고농도 미세먼지 원인을 아래와 같이 설명하고 있다.

- (1) 우리나라 미세먼지에는 여러 변수들이 영향을 미치는 복잡한 과정에 의해 결정된다.
- (2) 우리나라는 경제 수준이 높아지면 미세먼지 농도가 낮아지는 일반적인 추이와 다른 경로를 보이고 있다.
- (3) 중국 경제성장에 따른 에너지 사용증가는 우리나라 미세먼지 농도에 큰 영향을 미칠 수 있다.
- (4) 북한은 수도권 미세먼지 농도에 영향을 미치고 있다.

이와 같이 국내 미세먼지 농도에는 여러 가지 변수들이 존재하며, 이를 해결하기 위해서는 이들 과정에 대한 과학적이고 정량적인 이해가 요구된다. 과학적인 이해에 바탕을 두지 않은 단편적인 배출원 관리만으로는 미세먼지 농도를 줄이기 힘들며, 줄이더라도 비효율적일 수밖에 없다²²⁾.

5. 미세먼지 관리정책 동향

오염은 오늘날 세계에서 질병 및 조기 사망의 가장 큰 환경 원인이다. 오염에 의한 질병으로 인해 2015년 한 해 전 세계 사망자 중 16 %에 해당하는

9백만명의 조기사망자가 발생하였고, 이는 에이즈, 결핵 및 말라리아에 의한 사망자 수를 합친 것보다 3배 더 많은 사망자가 발생하였다는 것을 의미하며, 모든 전쟁 및 다른 형태의 폭력에 의한 사망자 수보다 15배 가량 많다는 것을 의미한다. 가장 심하게 영향을 받은 국가들의 경우, 오염 관련 질환에 의한 사망자는 4명 중 1명 이상으로 보고되었다¹⁵⁾. 이러한 이유로 오염방지, 특히 전체 오염에 의한 사망자 중 절반 이상을 차지하는 대기오염의 방지를 국가적으로나 국제적으로 최우선 순위로 삼아, 국가 및 지자체 오염 관리정책 계획을 수립해야 한다.

5.1 국외 미세먼지 관리정책 동향

국외의 경우 현재 미세먼지와 관련한 대기환경 정책을 위해성 중심으로 옮겨 관련 규제 기준을 강화하고 있으며, 이는 기존 PM10 규제기준에서 PM2.5 규제기준 신설 및 기준강화 혹은 차량 배출 미세먼지 규제기준을 기존 질량농도에서 수농도 규제로 전환하는 내용 등을 포함한다. 또한, 과학적인 근거에 기반한 배출원 관리 및 대기환경에서의 대기반응 및 기상을 고려한 대기농도의 변화 예측, 이에 따른 인체노출 및 환경영향 등을 종합적으로 고려하여 대기환경 목표를 수립하고, 사회적 요소와 과학적 지식을 고려한 이해 당사자들 간의 “합의”를 도출하여, 합리적인 환경관리 정책 및 규제 방안을 수립하고 있다.

기존의 정책이 지역적 특성을 고려하지 않은 채 수립된 획일적 정책이었다면, 선진국에서는 국가의 권역별 특성을 파악하여 권역별 관리 가이드라인을 제시하고 있다(미국과 일본 등). 이 밖에도 도시의 특성을 고려한 친환경교통 이용 활성화 장려 정책과 자동차(특히, 경유차량) 배출가스 규제강화 및 타이어, 브레이크 마모, 아스팔트/비산먼지에 의한 미세먼지 문제를 종합적으로 고려하고 있다.

선진국에서는 공통적으로 미세먼지 저감을 위한 단기 및 중장기 정책과 R&D를 수립하여 시행하고

표 5. 주요국의 미세먼지 대응 정책·법·규제 동향²⁵⁾

국가	주요 내용	
	관련 법·규제	저감 정책 동향
	<ul style="list-style-type: none"> • 대기오염방지 행동계획 • 대기오염방지법 • 전기차 육성 정책 	<ul style="list-style-type: none"> • '12년 대비 PM₁₀ 10% 이상 감축, PM_{2.5} 최대 25% 감축 • 자동차 관리 및 석탄연료 감축을 통한 대기오염 개선 강화 • 전기차 500만대 보급(~'20) 및 1만개 전기차 충전소 보급 목표(~'17)
	<ul style="list-style-type: none"> • 청정대기법 • Multi-State ZEV Action Plan 	<ul style="list-style-type: none"> • 오염원에 대한 포괄적인 규제권한을 환경청에 부여하는 근거로, 승용차, 소형트럭, 석탄화력발전소 온실가스 배출기준 등 규제·관리 • 전기차 세액 공제 및 330만대 무공해 자동차 보급 발표(~'25)
	<ul style="list-style-type: none"> • 대기오염방지법 • 특정특수 자동차배출가스 규제법 	<ul style="list-style-type: none"> • 고정(시설 등)과 이동(차 등) 오염원으로 구분, 지속적 규정 개정 • 노후 경유차 수도권 운행제한(LEZ, Low Emission Zone) 시행('08년~)
	<ul style="list-style-type: none"> • 저탄소 산업 전략 • 공해차량 운전제한지역(LEZ) 	<ul style="list-style-type: none"> • 탄소배출량 저감 '20년까지 26%, '50년까지 80% 감축 • ULEZ 시행 발표('08년부터 시행된 LEZ를 강화한 규제)
	<ul style="list-style-type: none"> • 수도권 대기환경 관리 기본법 • 대기환경보전법 	<ul style="list-style-type: none"> • 배출허용기준 및 친환경·저공해 자동차관리 및 규제 • 장거리 이동 대기오염물질(황사, 먼지 등)을 규정, 이에 대한 피해 방지종합대책 수립, 위원회 및 국제협력 추진 등

있다. 하나의 예로, 일본은 “매연 및 질소산화물 배출규제 강화” 및 “차량 배출가스 대책” 등의 단기적 과제와 더불어 “PM2.5 및 광화학 옥시던트 생성 관련 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds; VOC)의 해명과 대책 검토”, “발생원 정보 검토, 모델링 시뮬레이션 고도화”, “기여율이 높은 발생원의 추정” 등과 같이 종합적인 대책을 수립/실행하는데 기초가 되는 현상해명 및 관련정보 구축 등을 중장기적 과제로 진행하며, 진척상황에 따라 추가적인 대책을 검토하기도 한다.

발생원(고정/이동 발생원) 종류별 분류체계를 확립하고, 이에 따른 1차 배출 및 이차 생성 원인물질을 대상으로 배출억제 대책이 실시되고 있는 발생원과 그렇지 않은 발생원을 구분하여, 보다 효과적인 미세먼지 배출량 감축 정책을 수립하고 있다²⁴⁾. 또한, 지속적 대기오염물질의 모니터링과 미세먼지 구성성분 등을 사계절 모니터링하고, 건강 영향에 관한 과학적 지식을 수집하기 위한 역학조사 등의 연구와 미세먼지 예보 및 예측 정밀도 개선을 위한 연구, 미세먼지의 장거리 이동규명 및 영향을 위한 연구 지원 등도 현재 국외 미세먼지 관리 정책 동향에 포함된다.

5.2 국내 미세먼지 관리정책 동향

국내의 미세먼지 관리정책 동향은 아래와 같이 요약되어진다²⁵⁻²⁷⁾.

- 1) 제2차 수도권 대기환경관리 기본계획('15-'24) 수립(환경부, '13.12)
 - PM2.5, O₃을 관리 대상오염물질에 신설, 정책 방향을 인체 위해성 중심으로 전환
 - 1차 관리 대상 물질(PM10, NO_x, SO_x, VOCS) 중 PM10, NO₂의 대기개선 목표 강화
 - ※ 대기개선 목표도 : PM10 40 → 30 μ m³, NO₂ 22 → 21 ppb
- 2) 미세먼지 국가전략프로젝트 선정(과기부, '16.09)
 - 「과학기술기반 미세먼지 대응전략」 발표 및

- 범부처 단일사업단을 구축하여 구체적인 세부 이행계획 수립('17년 ~ '23년)
 - 미세먼지 대응 중점기술 개발, 기술사업화 및 글로벌 협력, 정부 R&D 중장기 투자전략의 3대 부문으로 구성
- 3) '18년도 정부연구개발 9대 중점투자방향 발표(과기부, '17.02)
 - 미세먼지, 탄소자원화 분야 등을 포함하여 과학기술을 기반으로 기존 기술의 패키지와 공백기술 확보 및 기술실증 등 가시적 성과 창출을 위한 전략적 지원
 - 미세먼지 생성 원인 규명과 핵심 대응기술 조기 확보 등 국민 삶의 질 향상을 위해 중점 지원
 - 4) 새정부 미세먼지 저감 대책 발표('17.06)
 - 석탄화력발전소 섯다운(일시 가동 중지), 노후 석탄발전소 폐쇄 및 신규 석탄발전소 건설 중단 등을 발표, 별도의 미세먼지 대책기구 설치 지시
 - 5) 미세먼지 관리 종합대책 발표('17.09)
 - 대규모 배출원 집중 저감을 통한 감축목표 달성
 - 주변국과의 환경협력 강화로 동북아 대기질 개선
 - 민감계층 집중보호로 국민 건강피해 예방
 - 과학적인 연구기반 강화로 미세먼지 대응역량 제고
 - ※ 국내 배출량 30% 감축 ('22년)
 - 나쁨 이상 일수(전국평균) : '16년 15.3일 → '22년 4.6일
 - PM2.5 오염도(서울) : '16년 26 μ g/m³ → '22년 18 μ g/m³

위와 같이 지난 2013년 수립된 “수도권 대기환경관리 기본계획”과 기존 미세먼지 관리정책이 큰 실효성을 거두지 못하고, 지속적인 미세먼지 이슈의 대두와 국민적 관심 증가로 인해 지난 2016년 과학기술기반 미세먼지 대응전략에 따른 단일사업단 구축과 세부이행계획이 수립되었고, 그 이후 1년 남짓한 짧은 기간에 3가지의 미세먼지 관리정책

이 발표되었다. 하지만 위 정책들은 기존 “정책·규제 우선” 중심의 접근방식으로 미세먼지 배출원 저감 또한 1차 배출원 저감에 초점이 맞추어져 있다. 앞서 서술한 선진형 미세먼지 관리체제로 전환하기 위해서는 과학기술기반의 연구결과를 근거로 한 미세먼지 관리 정책의 변화가 필요하다. 또한 기존 정책 및 규제 중 고정오염원 관리에서 드러난 관리 허점(예: 배출구 응축성 미세먼지 관리 실패, 중소규모 사업장 배출원 관리 등)들과 이동오염원(예: 디젤 게이트로 대표되는 차량 배출가스 규제기준 문제 등)의 관리 실패를 재점검할 필요도 있다.

6. 결론

미세먼지 문제는 오늘날 우리 사회에서 가장 큰 현안으로 자리 잡고 있으며, 하나의 큰 사회적 현상으로 대표되고 있다. 이를 해결하기 위해서는 더 이상 기존 대기관리정책을 고수해서는 안 될 것이다. 미세먼지 관리에 효과적인 정책을 수립하기 위해서는 과학에 근거한 논리적인 현상 이해가 필요하며, 이러한 과학적 이해를 위해서는 보다 근본적인 문제를 풀어 나아갈 수 있는 정부 차원의 R&D 전략과 지속적인 지원이 필요하다. 또한, 과제 혹은 전략의 설계/기획이 매우 중요한데, 현재 미세먼지 관련 연구 과제 및 전략 단계에서는 이러한 부분들이 매우 취약한 실정이다. 당면한 국가 미세먼지 문제의 근본적인 해결을 위해 필요한 부분들을 아래와 같이 정리하여 보았다.

- 미세먼지의 대기 중 농도는 오염원에서 배출되는 배출량 이외에 기상과 대기반응에 의해 좌우되며, 특히 우리나라의 경우, 중국 등 국외유입의 영향이 크므로, 기존 정책의 틀에서 벗어나지 못한 배출량 삭감만으로 미세먼지의 대기 중 농도 목표 달성을 판단하기 매우 어려우므로, 중국의 에너지-대기 관리 정책 등을 반영한 미세먼지 농도 예측 시나리오가 필요하다.

- 과학기술적, 정책적, 비용 대비 효과 측면에서 미세먼지 정책의 방향을 검토하기 위해서는 각 부문(발전, 산업, 수송, 생활)에서 정책에 의한 실제 감축 효과를 시나리오별 시뮬레이션으로 예측해야 할 것이며, 비용 대비 효과 측면 또한 이를 기반으로 예측이 필요하다. 이러한 예측을 위해서는 과학기술에 근거한 기반연구가 지속적으로 수행되어야 할 것이다.
- 수립된 정책적 전략은 과학적 근거 기반의 연구 성과를 활용하여, 국가 정책적 전략의 효율성 제고를 위한 재검토가 필요하며, 이를 바탕으로 전략적 투자 강화 및 문제해결 기여를 고려하여 우선순위의 검토가 필요하다.
- 이밖에도 미세먼지 예보, 국민 생활보호제품 개발, 실제 실내 환경의 미세먼지 통합관리기술 개발, 취약계층 인체건강영향 평가, 건강영향 지도 구축 등 국민서비스 및 생활보호 측면의 R&D 및 관리정책이 진행되어야 하며, 또한 고정 배출원의 효율적인 관리를 위해서 사업장 최적가용기법(BAT; Best Available Techniques economically achievable) 기술 확보 연구 등으로 과학적 정책을 기술로 뒷받침할 수 있는 지원이 필요하며, 국민생활보호와 미세먼지 대응을 위한 과학적 근거 및 수단 확보를 제시해야 할 것이다.
- 국가적 목표 달성을 위해서는 미세먼지 배출과 대기 중 농도 관리의 관계를 과학적으로 규명하여 목표달성 가능성을 미리 검토하여 효과적인 방안의 제시가 필요하다.
- 대기환경은 국가 간 경계가 없고 지속적으로 월경성 대기오염문제가 대두되고 있으므로, 동북아 생활권 영향에서 대기질 개선을 위한 국제협력 및 국제공동관측의 중장기적인 지원이 필요하며, 개발도상국 등에 대한 선진기술 지원으로 중장기적인 외부유입 미세먼지의 관리가 필요하다.
- 현재 미세먼지와 관련한 민감계층 대응 등 개인노출 관리는 여러 부처로 나뉘어져 관리에 어려움이 있는 부분으로 일원화된 컨트롤타워를 중심

으로 일괄 맞춤형 대책이 필요하며, 미세먼지 저감 전략 및 대책에 따른 예상 시나리오별 건강영향 및 건강부담 등의 건강편익 산출을 근거로 보다 효과적인 국민보호 대응 차원의 정책 수립을 지원할 수 있는 연구들이 지속적으로 지원되어야 할 것이다.

- 참고문헌 -

1. 바른 과학기술사회 실현을 위한 국민연합(2017), 과실연 제110차 오픈포럼.
2. 한국정보화진흥원, (2017), 미세먼지 이슈와 빅데이터 활용 방안, 한국정보화진흥원, NEAR & Future INSIGHT Vol. 02.
3. OECD, (2016), The Economics Consequence of Outdoor Air Pollution, OECD.
4. 환경성과지수(EPI) (2016), EPI <http://epi.yale.edu/>
5. 관계부처합동, (2016), 과학기술기반 미세먼지 대응 전략(안).
6. UNEP, (2016), Actions on Air Quality, Policies & Programmes for Improving Air Quality Around the World(<https://europa.eu/capacity4dev/unep/documents/actions-air-quality-policies-programmes-improving-air-quality-around-world>)
7. 미세먼지 국가전략프로젝트 사업단, (2018), 미세먼지 파수꾼 7강 교육자료 “정부의 대기오염관리 역사”.
8. WHO, (2005), WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005, Summary of risk assessment.
9. News & information for chemical engineers, (2017), Vol. 35, No. 5.
10. Giannadaki et al. (2016), Environmental Health, 15:88.
11. Green J, and Sánchez S. (2012), Air Quality In Latin America: An Overview. Washington D.C: The Clean Air Institute.
12. India National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) at website. <http://cpcb.nic.in/air-pollution/>
13. 국립환경연구원, (2003), 대기관리 정책변천과 대기오염도 추이.
14. WHO, (2014), Burden of Disease from Household Air Pollution for 2012, Summary of Results.
15. Landrigan et al., (2017), The Lancet Commission on Pollution and Health, The Lancet, Vol. 391, No. 10119.
16. 세계 에너지시장 인사이트, (2016), 제16-27호.
17. 이수철, (2016), 일본의 미세먼지 대책과 한중일 협력과제, 전국경제인 연합회 심포지엄 발표자료, 메이조대학교 경제학부.
18. 일본 환경성 대기환경 정책과, (2015) 「大氣環境對策に關する國際協力について」.
19. 일본 환경성, (2015), 「平成27年度 大氣汚染狀況について(一般環境大氣測定局, 自動車排出ガス測定局の測定結果報告)」. Web: <http://www.env.go.jp/press/103858.html>
20. EEA, (2015), European Union Emissions Inventory Report 1990-2013 under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, Technical Report number 8/2015, EEA, Copenhagen.
21. IEA, (2016), Energy and Air Pollution, OECD.
22. 한국공학한림원 · 한국과학기술한림원 · 대한민국 의학한림원 공동집필, (2016), 석학 정책제안 이슈페이퍼, “미세먼지 문제의 본질과 해결 방안: 미세먼지, 무엇이 문제인가?”.
23. 일본 환경성, (2015), 平成27年度 大氣汚染の狀況 (중국 자료출처: 중국 환경보호성, 북경시 공표 데이터).
24. 일본 환경성, (2014), 「日本國內におけるPM2.5發生源情報の整備のための取組」.
25. 정미진, (2017), 미세먼지 정책 및 R&D 투자 분석, 융합연구정책센터, 2017 JULY vol.79.
26. 환경부(2013), 2차 수도권 대기환경관리 기본계획.
27. 관계부처합동(2017), 미세먼지 관리 종합대책.