

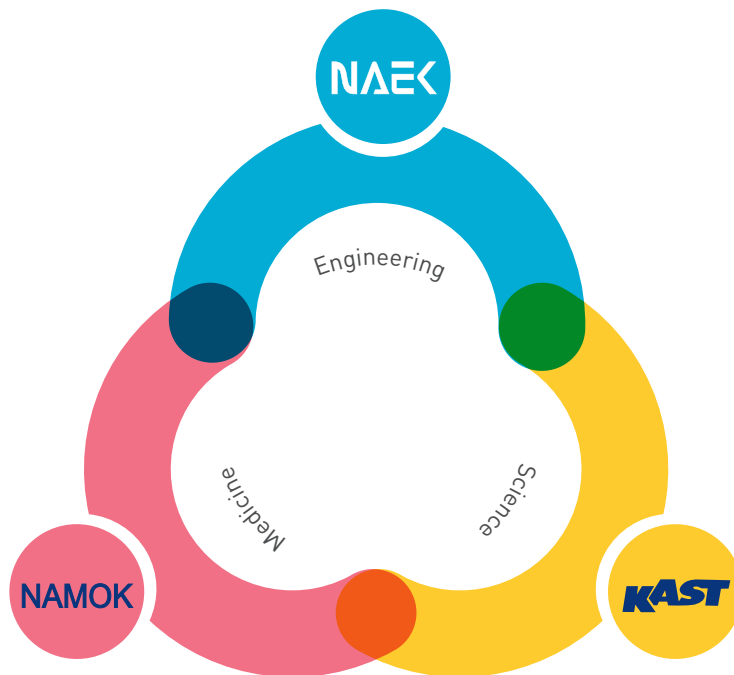
한국공학한림원 · 한국과학기술한림원 · 대한민국의학한림원

석학 정책제안

미세먼지 문제의 본질과 해결 방안

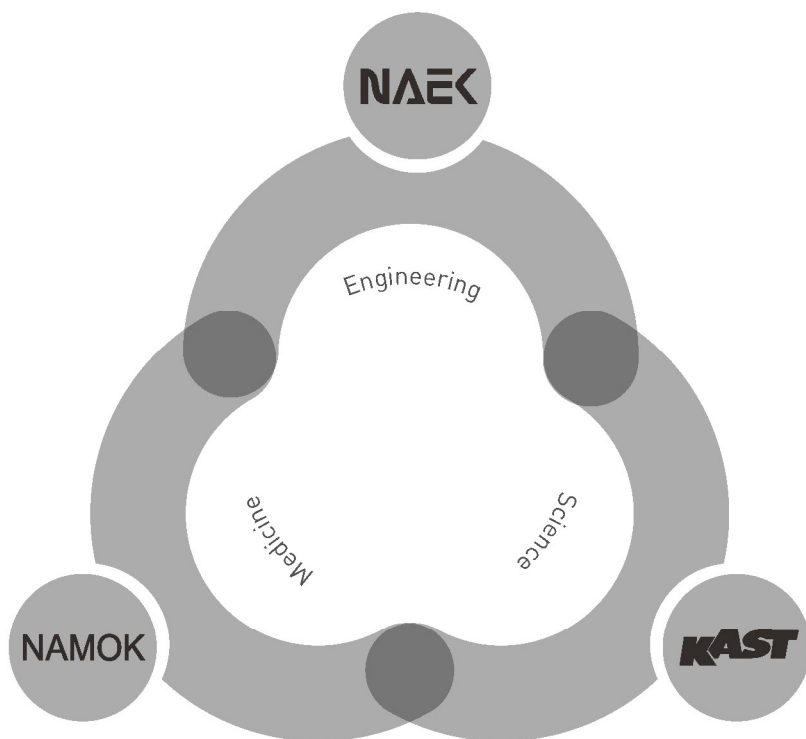
② 미세먼지, 어떻게 해결할 것인가?

2018. 1.



미세먼지 문제의 본질과 해결 방안

② 미세먼지, 어떻게 해결할 것인가?



연구진

문길주, 김용표
권호장, 배귀남
안영인, 이관영
이종민, 채여라
홍성유, 홍윤철

본 연구는 과학기술정보통신부의 과학기술종합조정지원사업 예산 지원을 받아 진행되었습니다.

미세먼지 문제의 본질과 해결 방안

② 미세먼지, 어떻게 해결할 것인가?



CONTENTS

요 약	1
I. 미세먼지 문제 해결의 목표는?	2
II. 우리나라 대기관리 성공 사례와 제한점	3
III. 미세먼지 문제 해결의 전제	7
1. 미세먼지는 에너지, 사회구조와 밀접하게 연관되어 있다.	7
2. 미세먼지로 인한 불안 문제는 현대 사회의 특성을 이해해야만 해결할 수 있다.	10
3. 미세먼지 문제에 있어 우리가 가해자이고 피해자이다.	12
4. 한 가지 대책으로 미세먼지 문제를 모두 해결할 수는 없다.	12
IV. 미세먼지 문제 해결 방안	13
1. 이해당사자의 적극적인 참여로 국민의 불안을 줄여야 한다.	13
2. 과학기술에 기반을 둔 설명 가능한 정책이 필요하다.	14
V. 미세먼지 문제를 해결하기 위한 제안	18
1. 단기 대책	18
2. 장기 대책	23
VI. 결론	29

요 약

▶▶ 요 약

미세먼지 문제는 미세먼지의 농도 저감뿐만 아니라 미세먼지로 인한 영향 저감에 초점을 맞추어 해결해야 한다. 궁극적으로는 국민의 불안을 해소하는데 목표를 두어야 한다. 이를 위해서는 우리나라의 대기관리 정책의 성공 사례와 제한점들을 면밀히 검토하고, 현대 사회의 특성을 명확히 이해하여야 한다.

미세먼지 문제를 해결하기 위해서는 이해당사자들의 적극적인 참여가 필요하다. 또한 국민에게 설명할 수 있도록 과학기술에 기반을 둔 정책을 수립하고 시행해야 한다.

단기적 대책으로 ① 미세먼지 위기관리체계 수립, ② 실내 미세먼지 관리, ③ 취약계층 노출 저감 대책 시행, ④ 과학적 기반을 구축할 수 있는 체계 정비 등의 정책을 제안한다.

장기적 대책으로는 ① 통합적인 미세먼지 관리체계 구성, ② 지역 특성과 균형을 고려한 미세먼지 대책 수립, ③ 중국과 북한을 포함한 동북아 호흡공동체 구성 등을 제안한다.

미세먼지 문제의 본질과 해결 방안

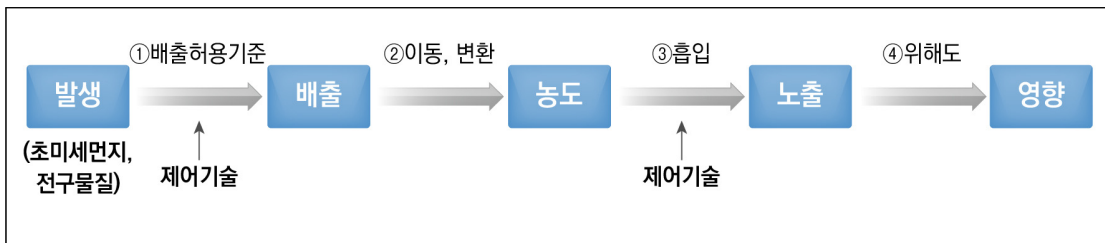
② 미세먼지, 어떻게 해결할 것인가?

I | 미세먼지 문제 해결의 목표는?

우리는 지금까지 주어진 문제를 푸는 데 익숙해 있다. 현재 당면한 미세먼지는 아쉽게도 문제가 제대로 설정되지 않은 상태에서 많은 사람들이 답을 작성하느라 고생하고 있다. 합리적인 답을 제시하기 위해서는 문제를 제대로 만들어야 한다.

미세먼지 문제를 해결하기 위해서는 미세먼지 농도 저감과 함께 미세먼지가 국민에게 미치는 영향을 저감하는 것이 목표가 되어야 한다. [그림 1]에서 보듯이 농도 관리에서 영향 관리로 정책 목표를 변경하면 미세먼지로 인한 영향을 실질적으로 저감할 수 있을 뿐만 아니라 정책 수단도 다양화될 수 있다.¹⁾ 자연적인 영향과 인간의 활동으로 미세먼지 농도를 0으로 낮추는 것은 불가능하며, 사람에게 안전한 미세먼지 농도에 역치가 없는 것을 고려하면, 노출 저감은 안전하고 쾌적한 생활을 위해 필수적이다.

1) 2017년 9월 발표된 정부의 미세먼지 관리 종합대책에서도 일반 대기오염물질 중심의 관리에서 인체위해성 저감 중심의 관리로 미세먼지 관리 패러다임을 전환하겠다는 내용이 발표되었다.

[그림 1] 미세먼지 저감 정책의 목표²⁾

기존의 미세먼지 대책은 대기의 미세먼지 농도를 저감하는 것이었다. 그러나 이는 서울시의 미세먼지 농도 추이에서도 보았듯이, 농도가 저감되는 것만으로는 국민의 미세먼지에 대한 불안이 해소되지 않는다.³⁾ 따라서 미세먼지 문제를 해결하기 위해서는 미세먼지로 인한 국민의 불안을 해소하는 것 또한 목표가 되어야 한다.

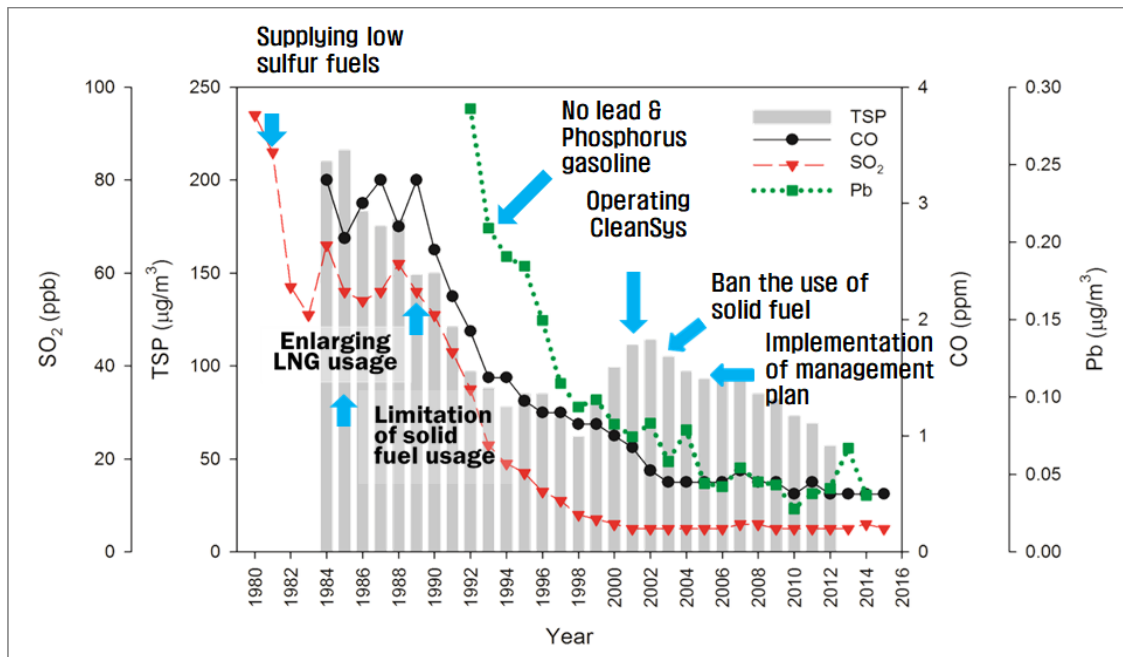
II | 우리나라 대기관리 성공 사례와 제한점

미세먼지 문제를 해결하기 위해서는 왜 현재의 대기관리 정책이 미세먼지 문제 해결에 그다지 성공적이지 않았는지를 평가하는 것이 필요하다.

우리나라의 대기관리 정책은 1980년대의 연료전환과 배출허용기준 강화 정책으로 시작되었다. 석탄과 중유에서 경유와 가스연료로의 전환, 사업장과 자동차의 대기오염물질 배출허용기준 강화는 오염원에서 직접 배출되는 대기오염물질(1차 대기오염물질) 농도를 [그림 2]의 서울 사례에서 보듯이 획기적으로 저감하였다. 그러나 2000년대 초부터는 1차 대기오염물질 농도가 큰 변화를 보이지 않았다. 이는 개개 오염원의 배출량은 저감되었으나, 오염원의 수가 증가(예: 자동차 대수 증가)하였기 때문이다.

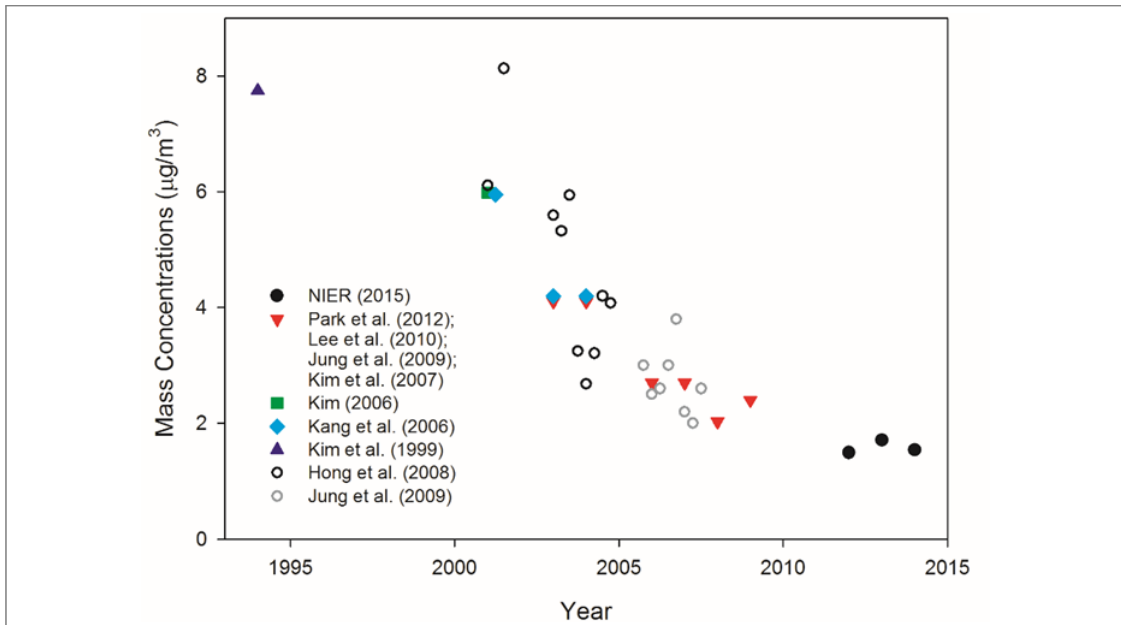
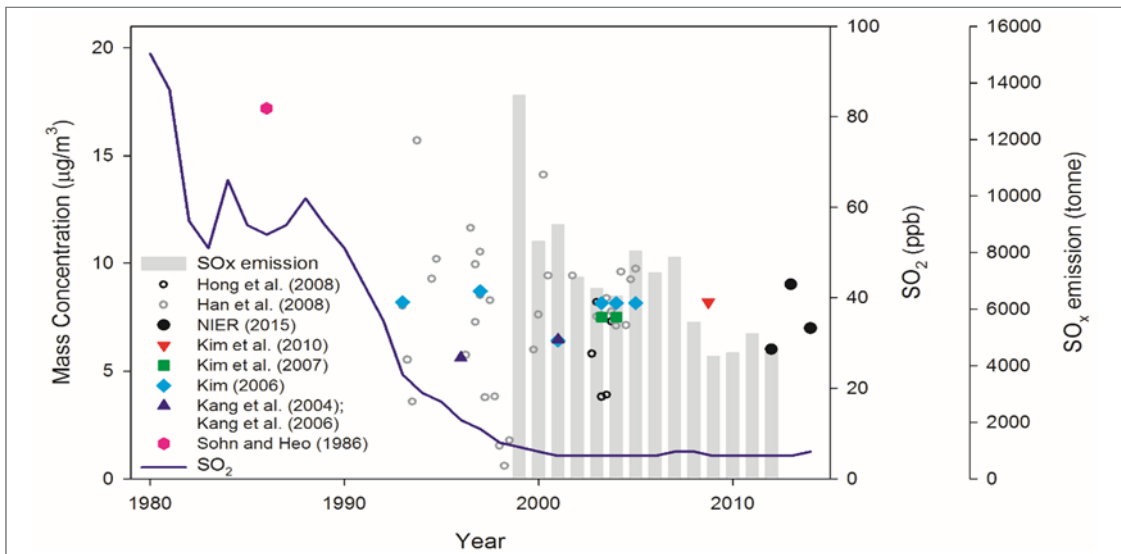
2) 기존의 농도 관리에서 인체에 대한 영향 관리로 정책의 목표를 변경하는 것이 보다 효과적이고 국민이 체감할 수 있는 정책 목표이다(김용표, 2017 그림 재구성).

3) 이슈페이퍼(1) “미세먼지 무엇이 문제인가?” 참고.

[그림 2] 서울의 1차 오염물질 농도 추이⁴⁾

이러한 한계점을 극복하기 위해 2003년 수도권 대기환경개선에 관한 특별법을 제정하고 2005년부터 수도권 대기환경관리 기본계획을 시행하고 있다. 이 계획의 특징은 농도 규제가 아닌 배출총량을 규제하는 것이고, 주요한 수단은 경유자동차에서의 미세먼지 배출 저감이었다. 그 결과 경유자동차에서 주로 배출되는 원소상 탄소(검댕)의 농도는 [그림 3]에서 보듯 줄어들었다. 그러나 이산화황의 배출량은 저감하였으나 이로부터 생성되는 미세먼지 성분인 황산염 농도는 큰 변화가 없다 ([그림 4]).

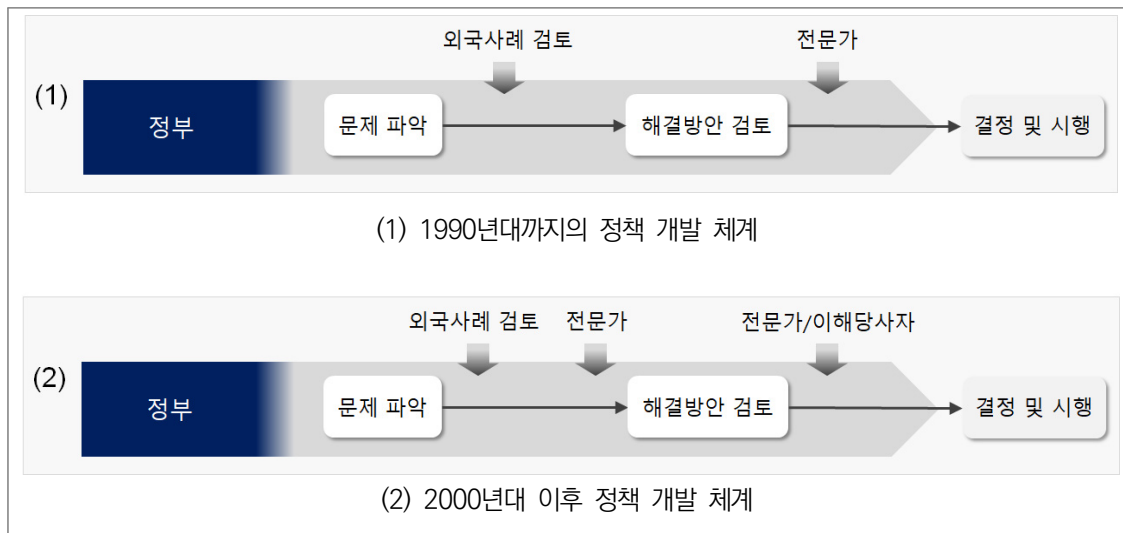
4) 배출원으로부터 직접 배출되는 대기오염물질은 1980년대와 1990년대에 획기적으로 저감되었으나, 2000년대 이후에는 큰 변화가 없다(환경부와 서울시 자료 재구성).

[그림 3] 서울 대기의 초미세먼지 원소상탄소(검댕) 농도 추이⁵⁾[그림 4] 서울 대기의 초미세먼지 황산염 농도와 이산화황 농도와 배출량 추이⁶⁾

- 5) 경유자동차의 미세먼지 배출 저감에 중점을 둔 정책 시행으로 검댕의 농도는 확실하게 감소하였다(한상희와 김용표, 2015 자료 수정).
- 6) 배출량이 줄어들고 있음에도 불구하고 이산화황과 황산염 농도는 변하지 않고 있다. 이는 외부로부터의 영향이 크기 때문으로 보인다(한상희와 김용표, 2015 자료 수정).

1990년대의 대기관리 정책은 [그림 5]의 (1)처럼 외국에서 성공한 정책을 도입하는 것이었고, 이는 상대적으로 손쉬운 방법으로 개개 오염원의 대기오염물질 배출저감은 성공적이었으나 오염원의 증가에는 효과적으로 대처하지 못하였다. 2000년대 들어 [그림 5]의 (2)처럼 외국의 사례를 바탕으로 전문가와 이해당사자의 의견을 반영하여 총량관리 제도, 경유자동차 관리 등을 도입하였으나, 외국 같은 과학적인 이해와 현상 이해에 기반을 둔 정책 수립과정은 도입하지 못하였다. 특히 문제 파악 단계에 전문가의 참여가 미흡하여, 수도권 대기환경관리 기본계획에서 목표와 방법이 불일치하는 문제를 야기하였다. 그 결과 2013년부터의 미세먼지 농도 증가에 대해 과학적인 설명을 하지 못하고 효과적으로 대처하지 못하여, 국민의 불안을 야기하였다.

[그림 5] 우리나라의 대기관리 정책의 방법론 변화



Ⅲ | 미세먼지 문제 해결의 전제

1. 미세먼지는 에너지, 사회구조와 밀접하게 연관되어 있다.

미세먼지 문제는 복합적인 문제이다. 미세먼지와 미세먼지를 생성하는 전구물질은 다양한 인간의 활동에 의해 발생하고, 자연적으로도 발생하기도 한다. 미세먼지는 다양한 산업 활동과 인간의 활동에서 발생한다. 전구물질 가운데 황산화물은 석탄 화력발전소와 같은 석탄을 사용하는 과정에서 주로 발생하며, 질소산화물은 고온에서의 유기물 연소과정에서 주로 발생한다. 휘발성유기화합물은 연소과정에서도 발생하지만 다양한 용매 사용, 음식 조리, 산업 공정, 화장품 등 다양한 분야에서 배출된다. 자연적으로는 나무나 풀에서도 배출된다. 암모니아는 자연적으로 생명체에서 나오기도 하고, 비료 사용이나 연소과정에서 나오기도 한다. 이렇게 배출된 전구물질은 열의 순환, 즉 대기 순환을 통해 확산된다. 또한 에너지 소비의 형태는 기후 변화에 따라 장기적으로 달라질 수 있다.

다음 <표 1>과 같이 대기오염이 극심했던 대표적인 외국 대도시 사례와 그 원인을 살펴보면 에너지 생산과 소비에 해당하는 에너지 구조가 미세먼지 발생에 직접적인 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

〈표 1〉 런던, 로스앤젤레스, 베이징의 스모그 사례 구분)

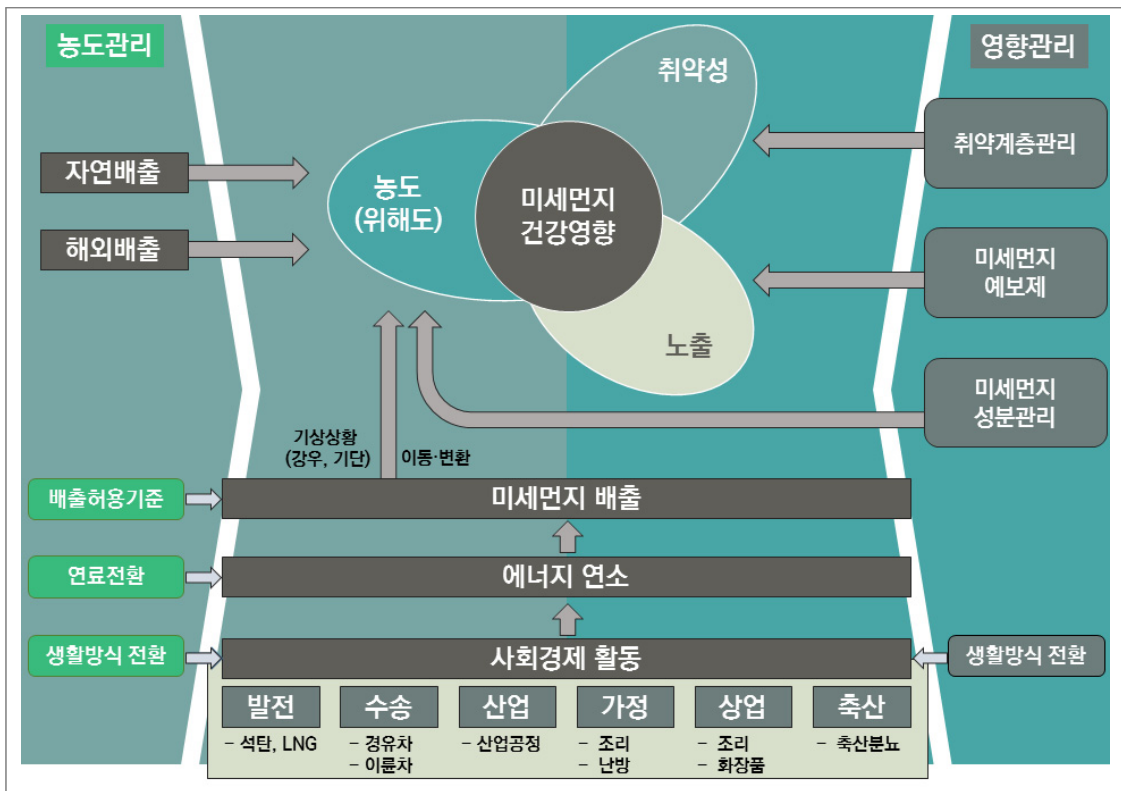
	런던	로스앤젤레스	베이징
스모그 형태	sulfurous	photochemical	photochemical
발생 시기	1800s to 1950s	1940s to present	1990s to present
기상 조건	strong inversion layer, low winds, cloudy, cold, winter	sunny, warm, dry, inversion layer, summertime	low winds typically from the south, year-round
원인 물질	SO ₂ , soot, and PM	NO _x , VOCs, ozone, and PM	NO _x , VOCs, SO ₂ , and PM
원인 물질의 주요 배출원	coal burning from house heating and power generation	vehicles	vehicles and industrial sources

과거의 대표적인 대기오염 사례에서 알 수 있듯이 한 지역의 에너지 생산과 소비 과정에서 발생하는 오염물질이 해당 지역의 대기환경에 직접적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 따라서 대기환경 개선을 위해서는 에너지 생산과정에서 청정에너지 의존율을 높여야 하고 에너지 소비과정에서는 배출물질 규제 강화에 힘써야 한다. 최근 기후변화대응과 관련하여 유럽 및 중국의 내연기관 종식선언은 에너지 소비 과정에 국한된 것으로 청정에너지 생산과의 연계성이 충분히 고려되어야 한다. 즉, 석탄 화력발전에 의한 전력으로 전기차를 충전하는 것과 같은 모순이 없어야 하겠다.

따라서 미세먼지 농도 저감이라는 정책목표를 달성하기 위해 배출을 저감하기 위해서는 에너지 사용, 농업, 축산업 등의 여러 산업 활동과 교통 및 도시계획 등 여러 분야의 정책이 동일한 목표를 달성하기 위해 연계되어야 한다. 또한, 미세먼지 고농도 현상이 오염물질의 배출 유무 혹은 과다와의 일대일의 단순한 상관관계를 벗어나 대기 중의 여러 기상현상과 연관된 복잡한 문제임을 명확히 인식하여야 한다.*

7) Zhang et al., Formation of Urban Fine Particulate Matter, *Chem. Rev.*, 2015.

[그림 6] 미세먼지 관리를 위한 사회, 경제적인 활동을 고려한 미세먼지 관리체계



* 기후변화대응계획의 일환으로 유럽 몇몇 국가에서 선언한 석탄화력발전소 폐쇄 및 내연기관 퇴출은 이제 중국을 포함하여 전 세계적인 움직임으로 번져가고 있다. 이와 같은 거대한 변화의 시발점에는 유럽 각국의 2050년 CO₂ 배출 Zero화라는 명제가 있다. 즉, 시기에 따른 목표를 설정하고 이를 달성하기 위한 대기환경 목표치를 현재까지 역으로 산출하여 에너지 생산방식과 소비방식에 대한 변화를 외치게 된 것이다. 우리나라도 이와 같은 글로벌 변화에 맞추어, 현재 일부 석탄화력발전소를 LNG화력발전소로 전환하고 노후 경유차의 운행제한과 폐차를 도모하는 정책이 수립 또는 추진되고 있다. 단기적 대책이 아닌 궁극적으로 청정한 에너지 생산방식과 소비방식, 즉 청정한 에너지 구조를 갖추기 위한 중장기 정책 마련이 시급한 시점이다.

예를 들어 에너지 소비방식의 하나이며 오랫동안 대기환경 악화의 주범으로 낙인찍힌 경유차의 존재 필요성에 대해 생각해보자. 경유자동차는 미세먼지와, 전구물질인 질소산화물이 발생된다. 최근 판매 경유자동차의 배출허용기준인 Euro6는 먼지는 5 mg/km, 질소산화물 + 탄화수소

(휘발성유기화합물)는 170 mg/km의 배출기준이다. 이를 더 강화할 계획을 세울 경우, 먼저 ‘경유 자동차의 먼지와 질소산화물이 그 지역 미세먼지 농도와 위해도에 얼마나 영향을 주는가’가 보다 명확해져야 한다. 만일 현재 규제치에 해당하는 배출량이 미세먼지 농도와 위해도에 미치는 영향이 미비하다면, 미세먼지와 관련된 경유차에 대한 정책은 완전히 달라져야 한다. 이러한 경우 더 이상 경유차의 문제가 아니라 규제치 준수를 보다 완벽하게 하기 위한 관리가 보다 시급한 해결책이 될 수 있을 것이다. 또한 CO₂ 배출량과 대기오염물 배출량은 상호 Trade-off 관계에 있다. 따라서 대기오염물을 지금보다 현격히 감소시킬 수 있는 차량 후처리기술이 개발되고 차량에 장착 된다면, CO₂ 배출량이 상대적으로 적은 경유차는 전기차가 대중화되기 전까지는 기후변화대응에 중요한 운송용 에너지 소비수단이 될 수도 있다는 점을 강조하고 싶다.

또한, 에너지 소비는 에너지 생산이 전제가 되므로 청정에너지를 친환경 소비방식으로 사용하는 정상적인 에너지 구조가 완성되기 이전에는 혼란의 시기가 있을 수 있다. 즉, 생산과정의 청정성과 소비과정의 청정성에 있어 균형이 맞아야 효과가 있을 뿐만 아니라, 산업 전반에 걸쳐 불이익을 받는 계층 없이 사회적 공감대를 얻을 수 있다. 모두가 차세대 청정 자동차로 생각하는 전기자동차의 경우, 전기를 완전히 청정에너지로부터 얻을 수 없다면 전기를 만들 때 발생하는 배출가스에서 비롯되는 미세먼지 또한 종합적으로 고려해야 한다. 즉, 에너지 생산에서 에너지 소비 전 과정에 걸친 Well-to-Wheel 분석⁸⁾ 및 대책이 필요하다고 할 수 있다. 이러한 종합적 요소들을 고려한 과학기술적 분석이 선행되고, 이를 기반으로 한 대응책 강구와 순차적 적용 등의 전략수립이 중장기 정책 마련을 고심하는 현 시점에서 절실하다고 할 수 있다.

2. 미세먼지로 인한 불안 문제는 현대 사회의 특성을 이해해야만 해결할 수 있다.

현대사회는 위험사회이다. 현대사회에서는 과학적 지식의 발달로 인해 위험의 근원에 대한 이해가 증가하면서 예전에는 모르던 위험들을 인식하게 되었다. 1980년 대에 대기환경기준의 하나가 총탄화수소(기체상 유기화합물)였으나, 현재는 벤젠을 포함한 50여 종의 기체상 유기화합물을 일상적으로 분석하고 각각의 성분에 의한

8) Well-to-Wheel : 연료를 땅속에서 시추하여 차량 연료탱크까지 운송하고 이후 차량에서 연료를 소비 (전기차의 경우, 시추된 연료를 발전소로 운송하여 발전하고, 발생된 전력이 차량 배터리로 충전, 이후 차량에서 전력을 소비)하며 운행하는 전 과정에 걸친 에너지 효율 및 대기오염물 배출량 분석.

영향을 평가하고 있는 것이 한 예이다. 또한 이러한 위험들은 개인의 결정과 선택과는 무관하게 일상생활을 지배하는 문제로 변화되었다. 이와 함께 생활수준의 향상과 민주주의의 발전으로, 안전하고 쾌적한 생활에 대한 욕구가 증가하고 개인이 선택하지 않은 결정에 의해 위험이 닥치는 것을 거부한다.

현대 사회는 또한 복잡 사회이다. 문제 자체가 복잡해졌다. 미세먼지 문제는 에너지, 산업, 의학, 교통, 주택, 도시계획, 기후 등 여러 분야의 지식과 정보가 융합되어야 이해할 수 있고, 해결할 수 있는 복합적인 문제이다. 또 어떤 문제에 대한 이해당사자가 예전에 비해 많아지고 서로의 관계가 복잡해졌다. 일반인, 전문가, 규제기관, 위험발생자의 주장이 복합적으로 섞여 여론을 형성하며, 여론을 전달하는 언론도 이해당사자가 되는 경우가 많아졌다. 이 가운데 전문가는 과거에는 객관적인 사실을 제공하는 집단으로 높은 신뢰를 받았었다. 그러나 현재는 많은 경우 복합적인 문제를 해결하고, 이에 대한 해결책을 이해하고 제시하는 데에는 일반인과 전문가의 능력 차이가 크지 않으며, 전문가의 권위가 이전에 비해 떨어지게 되었다. 정부 조직도 복합적인 문제를 해결하는 데에는 그다지 효과적이지 않다. 부처별 담당 업무가 특정되어 있어 여러 부처의 업무가 겹치는 복합적인 문제를 해결하기 위해서는 기존의 주무 부처 개념만으로는 효과적인 대처가 힘들다. 또한 새로운 위험이 발생하였을 때 이를 효과적으로 저감하고 국민들을 안심시키는 위험 대처 및 소통 능력이 상대적으로 취약하다.

미세먼지 문제는 현대사회의 특성이 표출된 전형적인 사례이다. 공간적으로는 선진국에 비해서 미세먼지 농도가 높지만, 시간적으로는 과거 우리나라의 미세먼지 농도보다는 낮다. 그러나 국민의 의식 수준 변화와, 사회 시스템의 대응 능력 부족으로 미세먼지에 대한 국민 불안은 크게 증폭되었다 이러한 현상은 미세먼지 문제만이 아니라 다른 위험 요인에 대해서도 마찬가지이다.⁹⁾ 현대사회에서 계속 발생할

9) 최근 발생한 여러 사회 위험 현상들(가습기 살균제, 대형 화재 참사 등)에서도 같은 문제가 제기되고 있다.

위험 문제를 해결하기 위해서는 그 문제를 해결하는 것도 중요하지만, 국민의 불안을 줄이는 것도 마찬가지로 중요하다. 이를 위해서는 위험 사회의 특성을 잘 이해하고, 미세먼지 문제를 복합적인 관점에서 접근할 수 있는 사회 체계를 수립하여야 할 것이다.

3. 미세먼지 문제에 있어 우리가 가해자이고 피해자이다.

본인은 인식하지 못하겠지만 본인이 사용한 에너지(전기나 자동차 연료 등)가 미세먼지 농도 증가에 영향을 미치고 있다. 또한 미세먼지는 대상을 가리지 않고 주로 호흡을 통해 인체에 위해를 끼치고 있다. 따라서 미세먼지에 관해서는 우리는 가해자이자 피해자이다. 미세먼지 문제를 해결하기 위해서는 우리의 생활, 사회 시스템에 대한 과학적인 검토와 이해가 필요하며, 이에 따른 전반적인 사회 체제 변화가 필요하다.

4. 한 가지 대책으로 미세먼지 문제를 모두 해결할 수는 없다.

미세먼지와 미세먼지를 생성하는 전구물질은 다양한 배출원에서 배출된다. 미세먼지와 전구물질을 많이 배출하는 것으로 알려진 충청남도의 노후 석탄화력발전소를 가동 중지하였을 때 수도권 미세먼지 농도에 미치는 영향이 그다지 크지 않았다.¹⁰⁾ 또한 우리나라 미세먼지의 농도는 중국 등의 외부로부터 유입되는 장거리 수송에 의해 크게 좌우되므로 이를 해결하는 것은 국내의 대기오염물질 저감과는 다른 외교적인 문제이다.¹¹⁾ 따라서 한 가지 대책으로 단기간에 미세먼지 농도를 줄일 수는 없다.

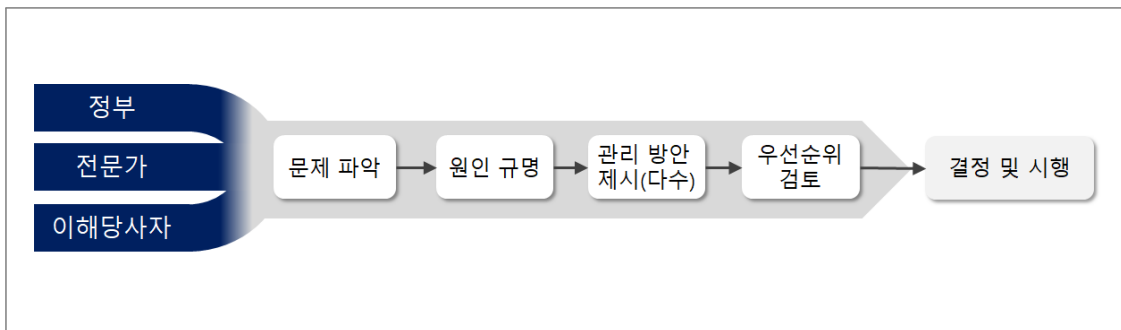
10) 2017년 6월 환경부는 충남 및 경남과 강원 지역의 노후 화력발전소 8기의 가동을 약 한 달간 중지한 후 미세먼지 농도의 저감효과를 측정 및 모델링을 통해 분석하였다. 그 결과 배출량 자체는 약 15% 정도로 높은 저감효과를 보였지만, 2017년 6월 평균 미세먼지 농도의 저감효과는 2015-2016년 대비 1-2%의 수준의 저감으로 상대적으로 낮은 효과를 보였다. 모델링 분석 결과는 이러한 저감효과가 1차 배출량 저감효과보다는 2차 미세먼지 생성의 저감효과가 더 크다는 점을 제시하였다. 그러나 환경부의 보도 이후 언론에서는 보도에서 제시한 측정 방법 등에 대한 신뢰성이 낮기 때문에 저감효과에 대한 불확실성의 문제점을 제기하기도 하였다.

IV | 미세먼지 문제 해결 방안

1. 이해당사자의 적극적인 참여로 국민의 불안을 줄여야 한다.

미세먼지 문제를 파악하는 처음 단계부터 정책 수립 단계까지 이해당사자의 참여가 필요하다. 이를 통해 정책에 대한 신뢰도가 높아져 정책 성공 가능성이 높아질 수 있다. 단, 이를 위해서는 정보의 공유, 참여자들의 공동 인식 등의 전제조건이 필요하다.^{12)*}

[그림 7] 미세먼지 문제 해결을 위한 바람직한 정책 수립 모식도



11) 서울특별시의 연구결과에 의하면 2015년 서울의 초미세먼지 농도에 중국이 미치는 영향이 38%, 북한이 미치는 영향이 7%로 보고되었다(서울특별시, 2016).

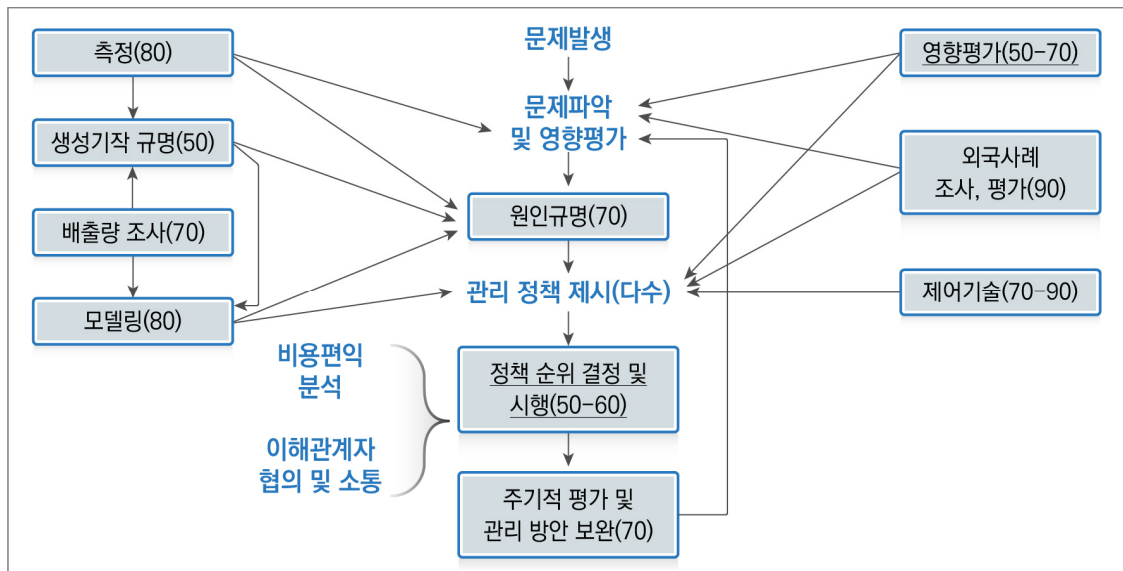
12) 이해당사자와 공중이 환경 문제 공론화에 참여하여 정책 수립과 시행에 성공하기 위해서는 여러 가지 전제 조건들에 대해 미국 한림원 보고서에서 자세히 논의하였다(Dietz and Stern, Ed., Public Participation in Environmental Assessment and Decision Making, National Research Council, USA, 2008).

* 정부와 이해당사자의 공동 참여 사례

대기오염에 의한 건강 피해와 환경오염 문제를 해결하기 위해 1970년대 미국은 어떤 선택을 했을까? 가솔린 자동차가 배출하는 오염물질과 이를 해결하기 위해 도입되기 시작한 촉매변환기(catalytic converter)의 건강 영향에 대한 몇 번의 논쟁을 거치면서 1980년 미국 환경보호청(EPA: Environmental Protection Agency)과 자동차 회사들은 50 대 50의 비율로 출자하여 “수준 높고, 공정하며, 적절한 과학(high-quality, impartial, and relevant science)”을 제공하기 위한 목적으로 “Health Effects Institute(HEI)”를 설립하여, 자동차가 배출하는 오염물질의 건강 영향에 대한 연구에 자금을 지원하고 연구 결과를 출간하였다(Keating, 2001). HEI는 정부, 산업, 학계의 사이에 존재하는 “경계조직(boundary organization)”이었다. 경계조직은 정치와 과학의 경계에 존재하면서 그 둘로부터 독립적이면서 자율적인 결정을 할 수 있는 조직을 뜻한다. 그럼으로써 경계조직은 과학과 정치의 경계가 임시적이고 애매함을 드러내게 된다(Guston, 2001; Guston, 2000). 첫 십 년은 순탄치 않았다. 그러나 차츰 HEI는 대기오염 관련 과학에서 믿을만한 정보를 제공하는 기관으로 자리 잡았다. 미국 환경보호청이 담당할 재정 중 50%가 대기오염 규제를 맡은 부서에서, 나머지 50%가 환경 연구를 맡은 부서에서 지원되고 있으며, 이는 정책과 과학기술 연구가 밀접한 연관이 있다는 것을 의미한다.

2. 과학기술에 기반을 둔 설명 가능한 정책이 필요하다.

과거와는 달리 국민들은 일방적인 정책이 아니라 이해할 수 있는 정책을 요구하고 있다. 정부는 국민에게 현재 미세먼지 오염 현황, 주요 배출원과 외부 영향의 정도, 그리고 우리가 과학적으로 이해하고 있는 상황에 대해 명확하게 인과관계를 설명할 수 있어야 한다. 또한 정부가 제안한 정책이 여러 불확실성에도 불구하고 효과가 있을 것이라는 것을 과학기술에 기반을 두어 명확하게 설명할 수 있어야만 정책이 국민의 신뢰를 얻고 성공적으로 시행될 수 있을 것이다. 현재 우리나라 미세먼지 관리체계에서 가장 부족한 분야가 미세먼지 생성기작 규명과 정책 순위 결정 및 시행으로 제시되어 있다. 즉 과학적인 이해와 이에 바탕을 둔 정책 결정 및 시행이 미세먼지 문제 해결의 핵심이다.

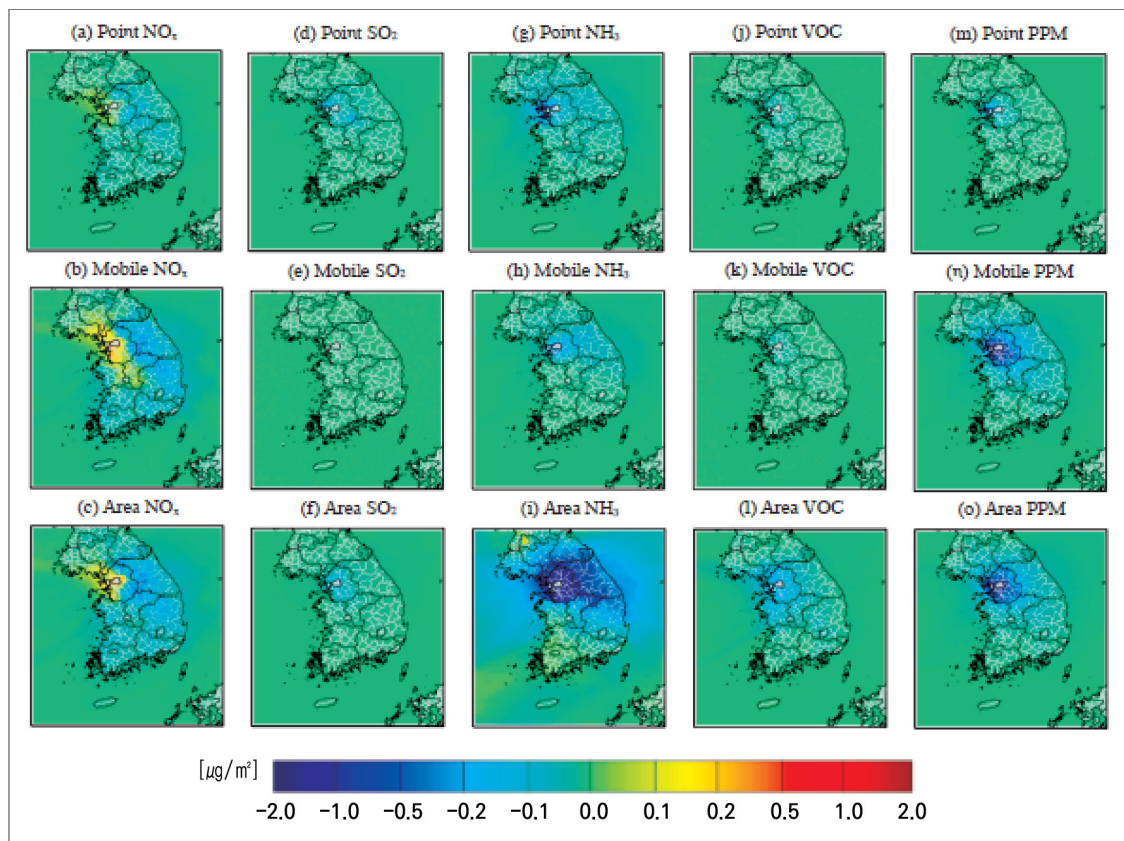
[그림 8] 우리나라 미세먼지 관리체계 각 단계에서 선진국과의 기술 수준 격차 분석¹³⁾

2017년 9월, 환경부 등 12개 관계 부처 합동으로 미세먼지 관리 종합대책을 확정하고 발표하였다. 이번 종합대책은 지금까지의 대책에 비해 여러 면에서 개선되었다. 예를 들어 대기관리의 틀을 수도권 위주의 관리에서 지역 특성을 고려한 관리로, 농도 관리에서 위해성을 고려한 관리로, 관리 정책도 과학기술에 기반을 둔 통합적인 관리 정책으로 변경하는 내용을 담고 있다. 그러나 이러한 내용들이 선언적인 발표에 끝나지 않기 위해서는 보다 과학적인 근거에 바탕을 둔 대책 수립과 시행이 필요하다. 예를 들어 휘발성유기화합물(VOCs)은 산업체의 VOCs 배출원 점검, 생활부문에서의 관리 강화가 제시되기는 하였으나, 다른 미세먼지 생성 전구물질에 비해 그 대책의 강도가 강하지 않다. 질소산화물과 VOC의 반응에 의해 미세먼지의 일부와 오존이 생성된다. KORUS-AQ를 포함한 기존 국내외 연구에서 수도권은 질소산화물이 과다하게 배출되어, 질소산화물 배출만을 줄일 경우 미세먼지와 오존 농도가 올라갈 가능성이 높은 것으로 나타나 있다. 질소산화물 배출 저감은 매우 강력하게 추진하고 있으나, VOCs 배출 저감 대책은 상대적으로 구체성이 떨어지는 것은 문제가 있는

13) 선진국을 100으로 하였을 때의 기준 수준. 측정이나 모델링은 선진국 대비 80% 정도의 수준이나, 초미세먼지 생성기작 규명이나 정책 순위 결정 및 시행은 50% 수준으로 평가되었음(김용표, 2017).

것으로 보인다. 암모니아는 황산화물과 질소산화물과 반응하여 초미세먼지를 생성하는 중요한 대기오염물질이다. [그림 9]에서 보듯이 암모니아 배출을 저감하면 초미세먼지 생성이 크게 억제되는 것으로 관측¹⁴⁾이나 모델 연구에서 나타났다. 이러한 과학적 증거에도 불구하고 이번 종합대책에서는 암모니아 관리가 잘 제시되지 않았다. 현재 암모니아의 주요 배출원인 가축 분뇨는 수질과 생활환경보전(악취)에 중점을 두어 관리되고 있으며 대기관리 측면에서는 관리가 되고 있지 않다.

[그림 9] 수도권에서 대기오염물질을 50% 감축하였을 때 우리나라의 2014년 연평균 초미세먼지 농도 변화 정도 예측 결과¹⁵⁾



14) KORUS-AQ 예비보고서 참조.

15) 질소산화물의 배출만을 저감할 경우 수도권 초미세먼지는 오히려 증가한다. 초미세먼지 농도 저감 효과가 가장 큰 것은 암모니아 배출 저감인 것으로 예측되었다(김순태 등, 2017).

현재 미세먼지 대책 수립이나 예보에는 미세먼지와 그 전구물질 배출량 자료가 사용된다. 정책의 신뢰성, 설명 가능성과 모델 정확도는 대기오염물질 배출량 자료의 정확도에 결정적으로 좌우된다. 그러나 배출량 자료에는 무등록 사업장에서의 배출, 생체소각, 불법 노천소각 등이 고려되지 않고, 고려된 배출원에서의 배출량도 과소 평가되는 경우가 많다.¹⁶⁾ 그러나 이러한 배출량 자료 신뢰도 개선에 대한 정부의 노력은 매우 미흡하다. 2012-2017년 정부의 미세먼지 관련 연구개발예산을 검토하면, 대기질 모델링에는 528.2억 원이 투자되었고, 그 가운데에서 미세먼지 관련 모델링 연구에는 428.4억 원이 투자되었으나, 배출량 조사에는 51.3억 원이 투자되었으며, 이마저 2016년 이후에는 급격하게 감소하였다.¹⁷⁾

반면, 미국은 대기의 미세먼지에 대한 정책 수립 시 과학기술에 기반을 둔 자료의 필요성을 인식하고 학술원 공동으로 ‘Research Priorities for Airborne Particulate Matter’라는 제목으로 1998년부터 2004년까지 4권의 보고서를 발간하여 미세먼지 문제를 해결하기 위한 과학적 이해가 필요한 분야와 이에 대한 연구 방향을 제시하였다. 이를 바탕으로 미국 환경보호청이 미국 여러 지역에 super site를 구축하여, 권역별 미세먼지 생성특성을 과학적으로 규명하고, 이를 저감하기 위한 정책적 자료를 생산하여 권역별 대기관리 정책 수립에 기여하고 있다.

16) 김동영 등, 2016; KORUS-AQ 예비종합보고서, 2017.

17) 녹색기술센터, 2018.

V | 미세먼지 문제를 해결하기 위한 제안

[그림 10] 미세먼지 문제를 해결하기 위한 정책제안



1. 단기 대책

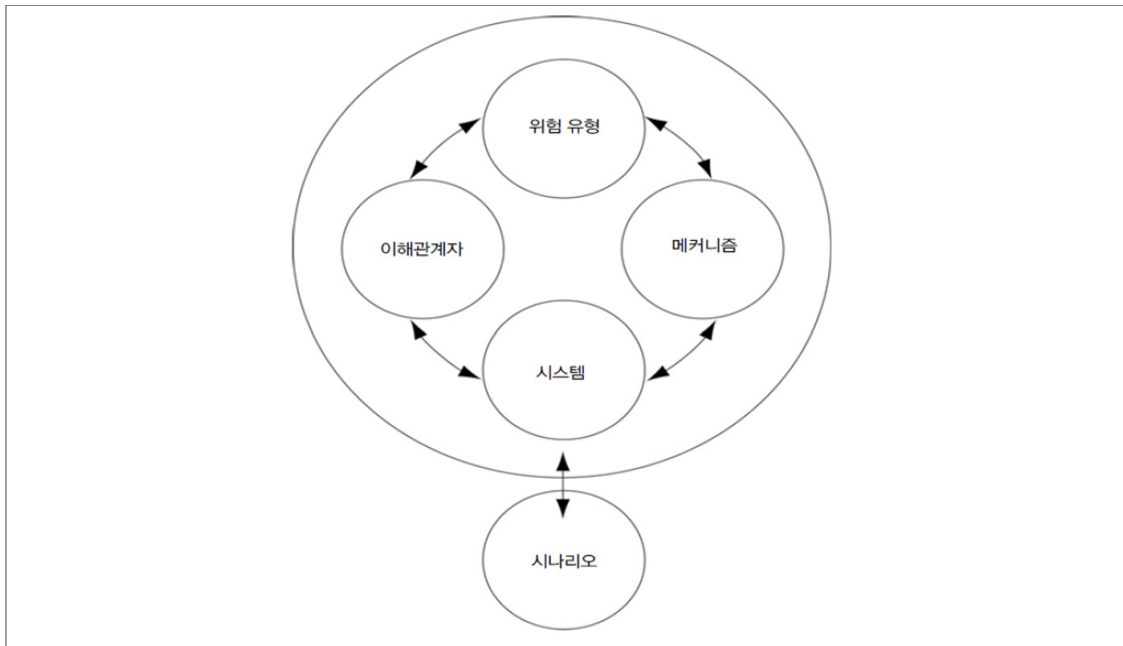
단기 대책은 국민의 불안을 해소하는 것과, 민감 계층에 대한 노출 저감을 통해 영향을 저감하는 것에 중점을 두어야 한다.

(1) 미세먼지 위기관리체계를 구축해야 한다.

- 미세먼지에 대한 국민들의 불안을 저감하기 위해서는 국가의 대응과 소통 체계의 대폭적인 개선이 필요하다. 즉 위기관리의 개념에서 체계적인 시나리오별 분석을 통한 이해당사자와의 소통과 대처를 통해 미세먼지 문제를

관리하는 시스템을 즉각 구축하여야 한다¹⁸⁾. [그림 11]은 위기관리 관점에서 미세먼지 문제를 관리하는 시스템의 한 개념도이다.

[그림 11] 미세먼지 국가 위기관리 시스템 제안도(김영욱 등, 2017)



(2) 실내 미세먼지도 관리가 필요하다.

- 우리나라 국민은 대부분 실내에서 생활하여, 민감 계층은 그 정도가 더하다.¹⁹⁾ 따라서 인체 영향 측면에서 보면 실내 공기질이 일반 대기질보다 더

18) 위기관리란 위기에 대한 이해, 국가 조직 시스템에 대한 이해, 전반적인 공중의 반응에 대한 이해를 기본으로, 위기관리를 위한 고려 사항을 통합적으로 담은 위기시나리오를 작성하고 실제 능력을 높이기 위해 교육 훈련하는 행위를 의미한다. 따라서 미세먼지 국가 위기관리는 미세먼지 위험커뮤니케이션이 잘 이루어지도록 하기 위해 국가 단위 기반을 형성하고 전반적인 시스템을 갖추는 과정으로 예방, 대국민 소통, 대응, 정부평판관리 등 위험과 관련한 전반적인 국가 시스템을 갖추는 행위를 의미한다(김영욱 등, 2017).

19) 우리 국민들은 평일기준으로 자신의 집에서 14.23시간(5.39%), 기타 실내(직장, 학교, 기타 실내 환경) 공간에서 6.80시간(28.3%), 이동하면서 1.75시간(7.3%), 실외에서는 1.26시간(5.2%)을 보내는

중요할 수 있다.²⁰⁾ 실내공기질은 실내공기질 관리법에서 미세먼지(PM10)를 유지기준 물질로 정해 관리하고 있으나 측정주기나 기준값에 대한 검토가 필요하다.²¹⁾ 또한 초미세먼지(PM2.5)기준도 설정해야 한다.²²⁾

(3) 국민이 체감할 수 있는 대책을 시행하여야 한다.

- 단기적으로는 미세먼지 배출 저감을 통한 영향 저감보다는 국지적인 노출 저감에 노력하여야 한다. 학교 시설에 공기정화기 설치 등이 가능하며, 그 가운데 통학차량 교체는 대표적인 사례라 할 수 있다.

것으로 나타났다(양원호 등, 2009). 즉 평균적으로 하루 24시간 중 21시간가량을 실내공간에서 보내고 있는데 민감 계층이라고 할 수 있는 영유아, 노인, 만성질환자들은 사실상 전적으로 실내에서 생활한다고 할 수 있을 것이다.

- 20) 대기오염물질 중에 오존이나 아황산가스는 대기 중 오염물질이 건물 벽에 대부분 흡수되기 때문에 실내로 들어오는 비율이 높지 않다. 반면에 미세먼지는 실외 공기에 있는 미세먼지가 쉽게 실내로 침투하여 대기 농도가 실내 농도에도 직접적으로 영향을 미친다. 세계보건기구 보고서에 따르면 미세먼지의 경우 입자 크기가 작은 PM2.5는 전체 노출에서 실외에서 배출된 미세먼지가 차지하는 비율이 40~70% 가량 된다고 한다(WHO, 2013). 다중이용시설의 실내외 미세먼지 농도를 비교한 국내 연구에서는 보육시설의 실내 미세먼지(PM2.5) 가운데 대기 중 PM2.5에 의한 것이 56% 가량 되는 것으로 보고하기도 했다(이병규 등, 2015). 이러한 연구들은 미세먼지로부터 건강을 보호하기 위해서는 대기 농도뿐 아니라 실내 농도에도 관심을 가져야 한다.
- 21) 실내공간의 성격에 따라 의료기관이나 어린이집 등에서는 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 지하역사나 지하상가에서는 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 실내주차장은 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 유지기준이 설정되어 있다. 기본적으로는 미세먼지 24시간 대기환경기준치 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 준용하여 취약인구 집단이 이용하는 실내 환경의 기준을 정하고 많은 사람이 이용하거나 실내 오염원이 있는 시설의 기준은 완화하여 농도기준을 정한 것이다. 세계보건기구에서는 미세먼지는 실내와 실외의 오염원에 따라 독성이 달라진다는 증거들이 있는 것이 아니기 때문에 실내기준을 실외기준과 동일하게 유지하면 된다는 입장을 가지고 있다(WHO, 2010). 현재의 우리나라 미세먼지 실내기준은 기준이 설정되었다는 점에서는 의미가 있지만 건강보호의 측면에서는 턱없이 부족하다. 미세먼지(PM10) 대기기준은 일 년 365일 중 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 넘는 날이 세 번까지만 허용된다. 사실상 항상 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 유지하여야 한다는 의미이다. 반면 현재의 실내기준은 일 년에 단 한 번 측정해서 그 값이 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하면 기준을 충족시키는 것이기 때문에 나머지 364일에 대해서는 보장을 못 해주는 것이다. 단, 대기환경기준은 초과하여도 이에 대한 제재가 없으나, 유지기준은 초과할 경우 법적 제재를 받는 기준으로 측정횟수에 따라 기준 변경이 필요할 수 있다.
- 22) 한국환경공단에서는 지하역사 등 여러 다중이용시설에서 실내공기질을 연속측정 모니터링하여 실시간으로 공개하는 시범사업을 실시하고 있는데 사업 대상을 지속적으로 확대하는 것이 필요하다. 또한 2018년부터는 초미세먼지를 권고기준에 추가하여 시행하고 있다.

- 어린이는 성인에 비해 대기오염물질에 취약하기 때문에 어린이와 같은 취약 계층에 대한 대책 마련은 시급하다. 어린이는 통행특성상 통학차량에 의존하게 되므로, 미세먼지의 배출원 중 기여도가 높은 노후 경유 통학차량의 관리가 필요하나, 통학차량의 배출관리는 그간 대기환경 정책으로서 간과되어 왔다. 미국이 대통령 13045 행정명령(EO)을 근거로 어린이 환경건강 보호를 위한 정책을 우선적으로 추진한 것과 달리, 우리나라의 통학차량 배출관리 제도는 전무한 것이다. 따라서 통학차량 배출관리를 위해 친환경적인 통학차량으로의 전환 촉진이 필요하며 배출관리를 단순히 규제로만 접근하였기 때문이다. 해당 실생활권 내 교통수단은 생계형 교통수단이므로, 억제 정책보다는 인센티브 제공과 같은 포지티브 정책을 통해 정책수용성을 제고하는 방향이 바람직할 것이다.²³⁾ 현재 통학차량이 대부분 경유자동차인 것을 고려하여 소형 LPG차량과 중형 CNG차량으로의 교체가 추진되고 있다. 이는 바른 방향이나, 기존 경유차량의 높은 출력을 선호하는 경향을 어떻게 극복하느냐가 문제 해결의 관건으로 보인다.

(4) 과학적 기반을 이해하기 위한 대기환경 연구 기관이 필요하다.

- 미세먼지 문제 해결을 위해서는 자연적, 인위적 배출에서부터 대기에서 일어나는 많은 물리/화학적 현상을 고려하고 이해할 수 있는 관점에서 접근해야 하며 이를 포괄하는 다학제적 통합적 연구를 수행할 수 있는 컨트롤 타워 역할의 종합연구소 설립이 반드시 필요하다. 미세먼지 현상을 통합적으로 연구할 수 있는 컨트롤타워가 존재하지 않는 상황에서는 반쪽짜리 연구 결과와 이에 기초한 졸속정책이 만들어질 수밖에 없는 상황이다. 이런 문제를 해결하는 방안의 하나는 전담 출연연구소 설립이다. 환경 정책과 평가 분야는 한국환경정책·평가연구원이라는 출연연구소가 설립되어, 연구와 환경부에 대한 정책제안을 지속적으로 하고 있다. 과학기술 분야에도 출연연구소를 설립하여 지속적인 연구 수행을 통한 과학적 연구를 수행하는

23) 환경친화적 통학차량 전환을 위한 제도마련 연구, 2017년 연구보고서, 서울특별시.

것이 바람직하다. 기후변화, 동아시아 기상변화를 고려한 미세먼지의 예측 및 저감 대책이 수립되어야 하며, 이를 뒷받침하기 위한 통합적 기초연구가 수반되어야 할 것이다.²⁴⁾

- 환경부는 미세먼지의 원인 규명과 예보 정확도 제고를 위해 국정과제의 일환으로 미세먼지 배출정보 관리시스템을 구축하고 미세먼지 종합정보센터(가칭)를 지정 또는 수립할 계획 중이다. 온실가스 관리를 위해 수립된 온실가스 종합정보센터와 같이 미세먼지 관련 정보를 취합 운영해 정책결정에 필요한 정보를 제공하는 기관으로 운영할 계획이다. 현재 미세먼지 관련 정부 업무는 국립환경과학원(미세먼지 예측), 기상청(황사 예측)으로 분리되어 있다. 미세먼지에 관련한 연구는 다음과 같이 여러 부처에서 독립적으로 진행되고 있다. 미세먼지와 온실가스의 주요 배출 원인은 화석연료 사용으로 온실가스 종합정보센터 외에 추가적인 미세먼지 종합센터의 운영이 필요한지에 대한 신중한 검토가 필요하다.

(5) 기존 연구 결과 집중 검토를 통한 정책 및 연구 방향을 제시해야 한다.

- 정확한 현상이해를 통한 효과적인 정책제안을 위해서는 현재 우리가 알고 있는 것과 모르고 있는 것, 그리고 어느 정도 알고 있는 것을 명확하게 구분하여야 한다. 이를 위해 현재까지의 정책과 연구 결과를 재검토하는 작업이 필요하다. 이에는 국내외의 집중관측을 통한 기존 연구 결과 확인 및 검증도 포함될 수 있다.

24) 일본에서는 국립환경연구소(NIES, 우리나라 국립환경과학원이 설립될 때 벤치마킹을 한 기관임)가 2001년 국립 기관에서 독립법인(우리나라 출연연구소와 비슷한 개념임)으로 변화하면서 보다 다양한 연구 분야에서 연구를 수행하고 있다.

2. 장기 대책

장기 대책은 배출을 저감하여 농도와 영향을 줄이는 것과, 이러한 환경위험에 효과적으로 대처할 수 있는 체계 구축에 중점을 두어야 한다.

(1) 우리 사회가 바뀌어야 한다.

- 한국이 중진국에서 선진국으로 도약하기 위해서는 추격자에서 선도자로 탈바꿈하여야 한다는 주장이 지속적으로 제기되고 있다. 미세먼지 오염은 에너지 소비와 밀접한 관계가 있고, 미세먼지에 대한 국민의 인식은 미세먼지 농도뿐만 아니라 국민소득, 기대수명 등 사회경제적 여건과 연계되어 있다. 2013년 1월 중국 전역에서 극심한 스모그 현상이 발생되어 동북아 지역의 미세먼지 오염의 심각성에 대해 명백하게 경고하였지만, 정부에서 단편적으로 대응하다가 2016년에 이르러 국가적 재난으로 인식하는 늦장 대응은 우리사회가 거시적 변화에 대한 예측은 물론이고 대응 능력이 매우 부족하다는 것을 보여주는 대표적 사례이다.
- 신생아의 급격한 저하로 인한 학생 감소, 학교 및 교사 수요 조정 등에 대한 부적절한 정부의 대응이 사회적으로 노출되고 있다. 또한 고령화 사회의 진입에 따른 국민연금, 의료보험 재정 등 사회적 이슈에 대한 정부의 설득력 있는 대응 능력의 부재는 우리나라가 미래예측에 대한 심각한 구조적 문제에 직면해 있다는 증거이다. 미래예측은 우리가 선진국으로 진입하는 데 필수적으로 요구되는 능력이다. 미세먼지에 대한 예측 능력을 갖추었다면 지금처럼 미세먼지에 사회 전체가 허둥대지는 않았을 것이다. 이제 미세먼지 문제를 해결하기 위해서는 사회가 변화하여야 한다.

(2) 통합적인 정부 체계가 이루어져야 한다.

- 국가적인 컨트롤타워를 중심으로 미세먼지 문제를 설정하고, 장기적이고 체계적인 실천방안을 제시하는 것이 현재 가장 시급한 정부의 책무이다.

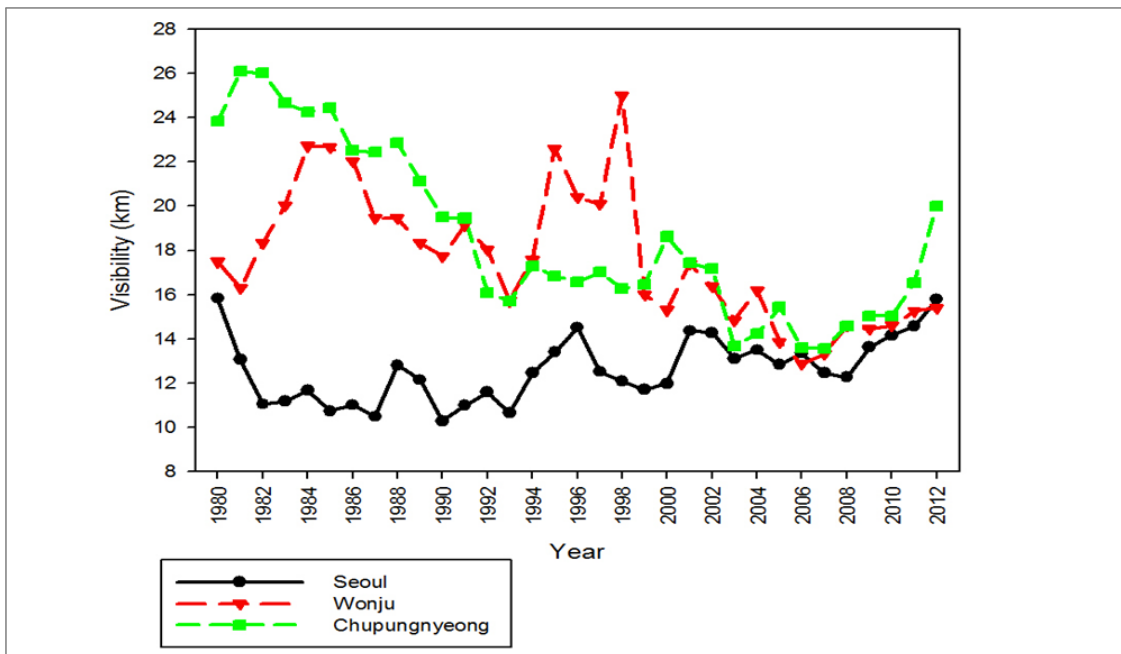
- 2016년 범부처적으로 미세먼지 관리 특별대책을 발표하고, 이의 실효성을 확보하기 위해 국가전략프로젝트의 하나로 ‘과학기술기반 (초)미세먼지 솔루션 개발 사업’을 진행·기획하고 있다. 그러나 현재 정부 조직상 각 부처마다 다른 목표를 가지고 미세먼지 문제에 접근하고 있어 정책의 효율성을 제고할 여지가 충분히 있다.
- 한 예로서, 미세먼지로 인한 건강 피해는 ‘대기환경보전법’에 따라 환경부에서 관련 연구와 정책을 수립·시행하고 있다. 그러나 건강 피해 관련 각종 자료는 보건복지부에서 관리하고 있으며, 일반적인 건강 영향에 대한 연구와 정책은 보건복지부에서 수행하고 있다. 따라서 환경부에서 수행하는 연구와 정책 결정과정에서 보건복지부 관할의 자료와 정책 자료가 적절히 활용되고 있는지는 의문이다. 또 다른 예로 석탄화력발전소의 대기오염물질 배출허용기준은 환경부가 관할하고 있으나, 발전소의 운영, 제어장치 운용은 산업부에서 관할하고 있어, 기존 시설의 배출허용기준 강화 등의 조치가 적절한 시기에 이루어지는 데 어려움이 있다. 마지막으로, 국민 실생활에 피부로 체감하는 예측도는 기대수준에 미치지 못하고 있는데, 이를 해결하기 위해서는 기존의 느슨한 형태의 범부처 대책이 아닌, 협의와 조정 권한을 가진 정부 체계가 필요하다. 현재 제안된 미세먼지 특위가 그러한 권한을 가진다면 한 방법이 될 수 있을 것이다.
- 또한 미세먼지 생성에 중요한 분야이나 관리가 미비한 분야의 관리를 위해서도 통합적인 정부 체계가 필요하다. 예를 들어 미세먼지 생성에 중요한 암모니아가 주로 배출되는 농업 분야, 가축 분뇨는 수질과 악취 문제로만 관리된 비전통적인 대기오염원이다. 또한 미세먼지 생성에 중요한 불법소각의 문제를 해결하기 위해서는 폐기물 관리체계 검토가 필요하다.

(3) 미세먼지 문제를 사회적 형평성과 민감 계층 보호 관점을 고려하여야 한다.

- 미세먼지 문제를 해결하는 데 있어 사회적 형평성을 고려한 정책 우선순위가 필요하다. 수도권을 제외한 지역은 수도권에 비해 상대적으로 미세먼지

문제를 포함한 환경 정책에서 소홀히 취급되어 왔다. [그림 12]에서 보듯 가시거리는 서울은 1980년대부터 감소하지 않고 있으나, 다른 지역은 감소하였다. 이는 전국적인 개발과 연관이 있기는 하나, 서울의 가시거리 추이와는 다른 추이이다. 또한 지방자치단체별로도 전라북도는 미세먼지와 초미세먼지 기준 초과율이 전국에서 가장 높은 지역으로 나타났으나,²⁵⁾ 상대적으로 이에 대한 정책적 대응은 미흡하다. 권역별 대기관리체계의 모범 사례로 알려진 미국 남캘리포니아지역 대기관리국(AQMD)을 참고로 행정적, 재정적 권한을 갖고 있는 권역별 대기관리체계 수립이 필요하다.*

[그림 12] 서울, 원주, 추풍령의 가시거리 추이²⁶⁾

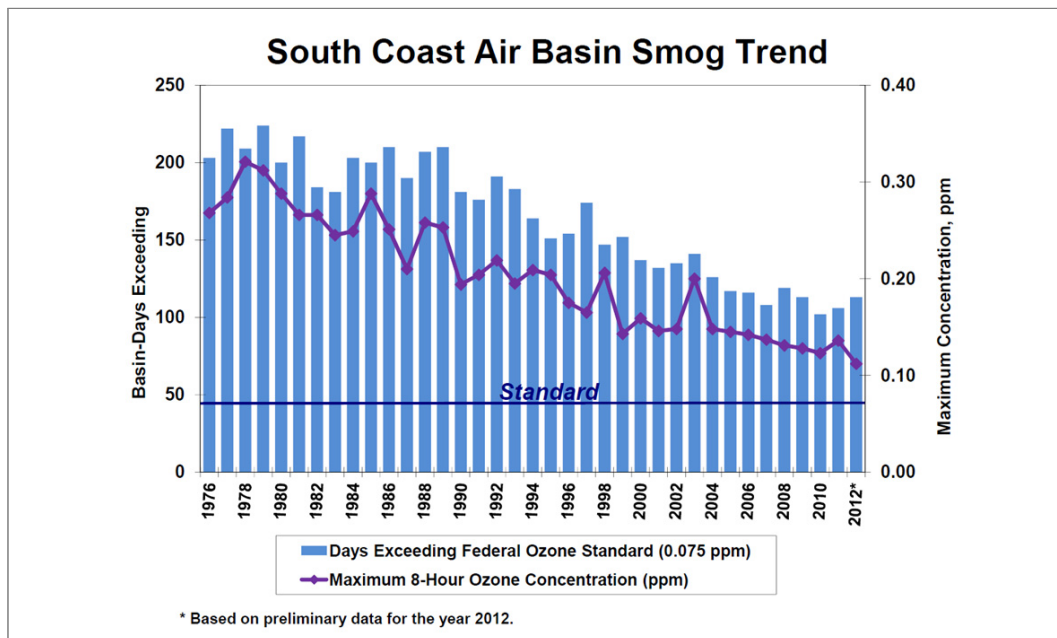


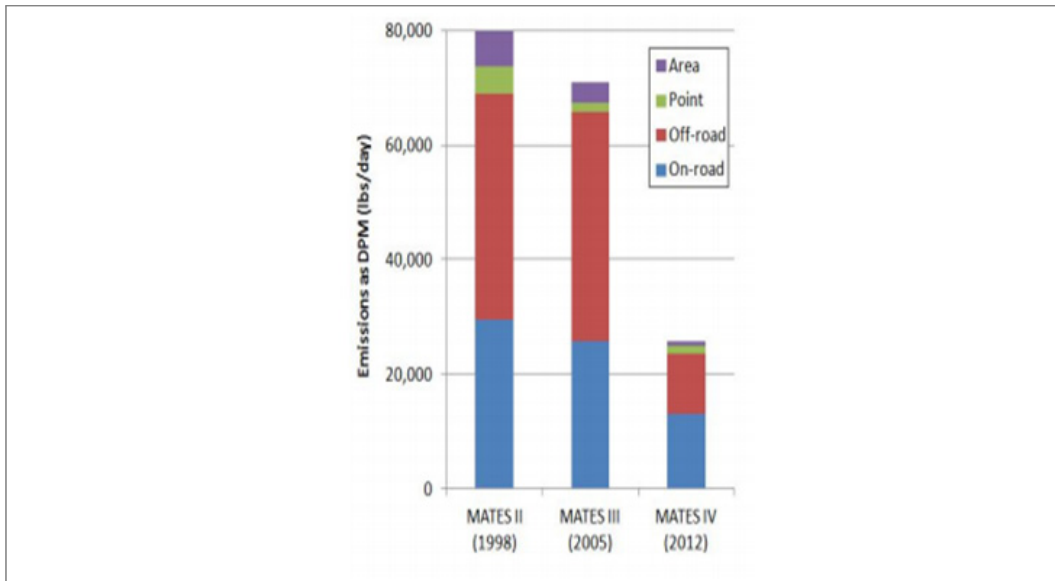
25) 전라북도는 2016년 미세먼지 24시간, 초미세먼지 연평균과 24시간 기준을 모든 측정소에서 초과하였고, 미세먼지 연평균기준을 14개 측정소 가운데 6개 측정소에서 초과하였다(국립환경과학원, 대기환경연보, 2017).

26) 원주와 추풍령은 1980년대 서울에 비해 2배 정도의 가시거리였으나, 점점 감소하여 2000년대 초에는 서울의 가시거리와 거의 같아졌다. 또한 2000년대 후반부터는 세 지점 모두 가시거리가 증가하였다(가시거리 자료: 기상청).

* 미국 로스앤젤레스 지역은 소위 로스앤젤레스 스모그 현상으로 악명이 높았다. 이는 자동차 등에서 배출되는 오염물질이 높은 일사량을 방다 광화학반응을 통해 오존과 미세먼지를 생성하는 현상이다. 그러나 남캘리포니아 대기관리국(AQMD: South Coast Air Quality Management District)을 설립하여 강력한 법적 권한과 예산권을 부여하여 대기질 관리를 시행한 결과 아래 그림들에서 보듯이 오존으로 대표되는 광화학반응과 발암위해도로 환산한 대기오염물질 배출을 획기적으로 저감하였다. 이는 이 지역의 미세먼지와 오존 생성의 과학적 이해와, 이에 바탕을 둔 강력한 정책 시행으로 인한 것이다. 이 결과에서 또 하나 알 수 있는 것은 이러한 과학적 이해와 강력한 정책 시행에도 불구하고 오존 농도를 저감하는 데 30년 이상, 대기오염물질로 인한 발암위해도를 70% 줄이는 데 15년이 걸렸다.

[그림 13] 미국 로스앤젤레스 지역의 오존 농도 추이(보라색 선)와
오존 대기환경기준을 초과한 날수 추이(SQ AQMD)



[그림 14] 미국 로스앤젤레스 지역 발암위해도 환산 배출량의 변화추이²⁷⁾

(4) 전향적인 동북아시아 호흡공동체 구축이 필요하다.

- 현재 미세먼지 오염으로 사회 전체가 허둥대고 있는 국가적 재난에 직면하고 있는데, 이러한 잘못을 되풀이하지 않기 위해서는 동북아시아 지역의 환경변화에 대한 미래 예측 능력을 조속히 확보하고, 국제협력을 통해 미세먼지 재난을 미리 예방할 수 있는 호흡공동체 생태계를 구축하는 노력이 다각적으로 이루어져야 한다.
- 약 74억 명의 세계인 중 21% 정도가 한국, 중국, 일본, 몽골, 북한, 러시아, 대만을 포함하는 동북아시아 지역에서 살고 있으며, 북미, 유럽과 함께 이 지역이 정치, 경제적으로 세계 3대 핵심 지역으로 대두되었다. 환경적으로도 세계적 중심 지역으로 자리매김하기 위해서는 국가 단위의 이해관계를

27) 15년 사이에 발암위해도 환산 배출량이 70% 이상 저감되었으며, 이는 주로 비도로 이동오염원과 도로 이동오염원에서의 배출 저감에 의한 것이다(SC AQMD).

벗어나 이 지역에 거주하는 사람들이 환경오염에 대해 걱정하지 않고 살아가갈 수 있는 호흡공동체 관점에서 국제협력이 추진되어야 한다. 국가 간 경제적·환경적 현재의 차이를 인정하고, 삶의 터전인 이 지역에 거주하는 사람들의 건강을 보호하기 위하여 경제적·기술적 지원을 포함하여 대기 오염·기상 정보의 공유 등 다양한 형태의 국제협력이 필요하다.

- 미세먼지 오염은 에너지 소비와 밀접한 관계가 있고, 미세먼지에 대한 사람들의 인식은 미세먼지 농도뿐만 아니라 국민소득, 기대수명 등 사회경제적 여건과 연계되어 있다. 중국의 경제가 한창 성장하는 시기라 2013년 1월에 장기간 중국 전역에서 극심한 스모그 현상이 발생되어 동북아시아 지역의 미세먼지 오염이 심각하다는 것을 전 세계에 알리는 계기가 되었다. 현재 중국이 동북아시아 지역의 미세먼지 오염에 가장 크게 영향을 미치고 있는데, 경제수준에 맞는 깨끗한 대기에 대한 중국인들의 요구에 따라 중국 정부의 강력한 대기환경 정책의 실시로 중국의 미세먼지 오염은 점차 개선될 것으로 예상된다. 이에 따라 편서풍 지대에 위치한 한국과 일본이 늦가을부터 봄 사이에 주로 받는 중국으로부터 미세먼지 오염의 영향도 차츰 줄어들 것이다. 그러나 몽골, 북한, 러시아 등의 경제가 성장함에 따라 이 지역에서 가까운 장래에 또 다른 미세먼지 오염 문제가 발생할 것이다. 특히 북한의 에너지와 환경 전반에 있어 시스템의 붕괴로 인한 문제가 심각하다.
- 동북아시아 지역에서 황사, 산성비, 장거리 대기오염물질 등의 국가 간 이동에 대해 국제적으로 논의하기 위해 NEASPEC(North East Asian Subregional Programme of Environmental Cooperation), TEMM(Tripartite Environment Minister Meeting) 등 국가 차원의 협력이 이루어지고 있으며, 최근에는 서울과 베이징 등 도시 간 협력도 일부 추진되고 있다. 그러나 국가 간의 이해관계, 정치적 긴장 등의 이유로 문제 해결을 위한 협력이 원활하게 추진되고 있지 못한 실정이다.
- 또한 북한의 환경과 에너지 문제를 해결하기 위한 남북환경협력 체계를 구축하고 시행하여야 할 것이다. <표 2>에 동북아 호흡공동체에서 수행할 대표적인 내용을 제시하였다.

〈표 2〉 동북아 호흡공동체 추진 업무 제안

- 관측자료 공유를 통한 미세먼지 예보 정확도 제고
- 공동연구를 통한 미세먼지 생성원인 규명 및 건강영향 파악
- 미세먼지 백서 발간을 통한 과학적 대응
- 미래예측을 통해 몽골, 북한 등 잠재적 위험요인에 대한 공동 대처
- 국제기구 창설을 통한 실효성 있는 호흡공동체 추진

VI | 결론

앞의 우리나라 대기환경 개선 사례나 외국의 대기환경 개선 성공 사례를 보면, 미세먼지 농도를 저감하고 국민의 불안을 최소화하는 목표는 충분히 달성할 수 있다. 단, 이를 위해서는 정책의 단기, 장기적인 우선순위를 과학기술기반에 의해 파악하여, 국민의 참여를 통해 시행하는 것이 필요하다.



미세먼지정책위원회

위원장	문길주	과학기술연합대학원대학교 총장
부위원장	김용표	이화여자대학교 환경공학과 교수
위원	권호장	단국대학교 의과대학 교수
	배귀남	미세먼지사업단 단장
	안영인	SBS 부장
	이관영	고려대학교 연구부총장
	이종민	과학기술연합대학원대학교 교수
	채여라	한국환경정책평가연구원 기후융합연구실장
	홍성유	한국형수치예보모델개발사업단 단장
	홍윤철	서울대학교 의과대학 교수
간사	윤관영	한국공학한림원 선임연구원

미세먼지 문제의 본질과 해결 방안

② 미세먼지, 어떻게 해결할 것인가?

발행일 2018년 1월

발행처 한국공학한림원·한국과학기술한림원·대한민국의학한림원

발행인 권오경, 이명철, 정남식

전화 • 02-6009-4011

팩스 • 02-6009-4010

홈페이지 • www.naek.or.kr

SNS • www.facebook.com/naek1995

E-Mail • naek@naek.or.kr

편 집 경성문화사

인 쇄 경성문화사

※ 이 책의 저작권은 한국공학한림원, 한국과학기술한림원, 대한민국의학한림원에 있습니다.

본 연구는 과학기술정보통신부의 과학기술종합조정지원사업 예산 지원을 받아 진행되었습니다.



본 연구는 과학기술정보통신부의 과학기술종합조정지원사업 예산 지원을 받아 진행되었습니다.