

미세 먼지
FINE DUST
EMERGENCY REDUCTION MEASURES FOR FINE DUST

04 미세먼지로 인한
사회적, 보건학적, 경제적 피해

1. 미세먼지에 의한 사회적 영향

1) 사회적 영향의 인지

대기오염으로 인한 호흡기 재앙의 예로는 1952년 런던 그레이트스모그가 대표적인 사건으로 꼽히고 있으며, 이 환경성 질환에 대한 사건은 대기오염 관련 보건법의 형성에 기여하게 된다. 런던 그레이트스모그의 경우에는 공장의 매연에서 발생한 화학적 오염물질과 미세먼지가 안개에 뒤섞이면서 호흡기에 직접적인 영향을 끼치는 상황 때문에 그 피해가 더 직접적으로 나타나게 된 상황이었으나, 당시에 단기적으로 4,000명의 사망자를 내고 장기적으로도 약 8,000명 이상의 사망자가 발생하게 되었다. 이러한 대기오염물질이 지역적인 기상 현상과 맞물릴 경우 재앙에 가까운 피해를 주기 때문에 영국에서는 이 사건을 계기로 청정대기법 (Clean Air Act)라는 법을 제정하였으며, 그 후 다른 국가에서도 대기오염 관련법을 제정하는 계기가 되었다.

최근 들어서는 환경위해 (Environmental Risk)라는 개념이 도입되어, 환경오염으로 인해 발생하는 생태계 및 인간에 대한 유해성을 질병 측면, 재산상 손실, 생태계 자체의 변화 및 손상 형태로 구분하고 포괄적인 환경 유해성에 대한 미래의 불안감을 모두 포함하여 그 유해성에 대해서 정성적, 정량적으로 평가하게 되었다. 그리고 이러한 환경위해에 대해서 위해요소에 해당하는 각 분야별로 평가와 관리에 대한 필요성과 연구가 지속적으로 이루어지게 되었다. 이러한 개념의 도입 이후에 초기에는 과학적인 분석을 통해 국가적/지역적으로 실태를 조사하는 연구가 기본적으로 이루어졌으며, 최근에는 실태 조사 연구를 바탕으로 하여 환경문제 관련 정책결정에 반영이 되거나 중장기적인 해결 방안과 제도화 방안에 활용이 되기 시작하였다.

미세먼지에 있어서도 과거에는 공단 지역을 중심으로 하여 산업에서의 직접적인 분진 배출에 대한 규제와 규제를 주로 시행하였던 사회적 분위기에서 최근에는 미세먼지의 종류별로 사회적으로 미치는 영향이 규명됨에 따라 미세먼지에 대해서 크기별·유형별로 구분하여 관리하게 되었다. 또한 배출원에 있어서도 산업활동에 의해서 발생하는 대규모 배출원에 대해서만 관리와 규제가 이루어진 과거에서 배출원의 크기와 종류별로 세분화하여 제조 산업에서의 발생 뿐 아니라 농축산업에서 발생하는 간접적인 미세먼지 배출원의 관리와 도시 지역에서 개인 규모에서 활동하여 발생하는 미세먼지의 발생원에 대해서도 그 현황을 파악하고 관리하게 되었다.

다양한 배출원에 대해서 규제와 관리를 시행함에 따라서 사회 구성원이 가지게 되는 미세먼지에 대한 인식 또한 변화하게 되었다. 과거에는 환경오염에 대한 인식이 환경오염에 의해서 발생하는 피해에 대해서 인지를 강하게 했던 반면, 현재는 미세먼지를 포함한 전체적인 환경오염에 대해서 주체적으로 인지하고 개선에 대한 비용 지불에 대해서 보다 적극적으로 변화하게 되었다. 그러나 인식 주체에 대해서 사회적인 입장이나 지위에 따라서 수용 정도가 다르기 때문에 미세먼지의 사회적 영향에 있어서 개인별로의 인지 수준은 매우 다양하게 나타나게 된다. 따라서 사회 구성원의 미세먼지 문제에 대한 인지 수준의 다양성을 고려하여 미세먼지에 대한 사회적인 영향에 대해서 파악할 필요가 있다.

2) 미세먼지에 의한 국내의 사회적 영향

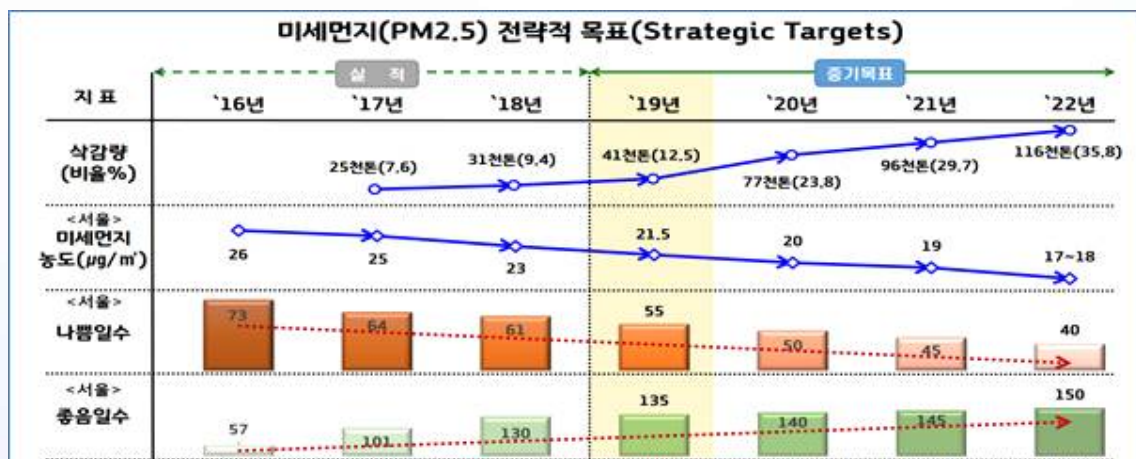
① 정책적 측면

과거 대기환경실태에 대해서 대기오염도에 대한 관심은 1960년대에는 이산화황(SO₂)의 농도와 부유분진농도에 대해 매우 높은 농도를 보여 이와 관련한 관심이 매우 높았으며 (김동술, 2013), 이 때문에 황화합물의 저감 및 분진발생원이 되는 연료의 사용규제 등을 통해 저감을

시행하였었다 (환경부, 1992). 1980년대 이전의 산업화 시기에는 ‘공해방지법’ 과 ‘환경보전법 (1977년 제정)’을 통해 대기오염예방과 방지 사업에 대해서 장기적으로 관리하는 법안을 마련 하였으나 미세먼지에 대해서는 측량의 한계 등으로 인해 부유분진 (TSP)에 의한 측정과 이를 관리하는 정도가 한계였다. 1990년대에 들어서 환경처가 환경부로 승격되고, ‘수도권 대기환경개선에 관한 특별법 (2003년 제정)’이 제정된 후로 수도권 대기환경관리에 대한 기본 계획 이 수립되면서 배출가스의 관리 뿐 아니라 먼지 저감을 위한 정책과 관리가 이루어지게 되어 미세먼지 문제점이 대두됨에 따라 대기환경의 전반적인 부분에서 미세먼지의 부분이 강조되며 법안이 제정되어 현재는 ‘미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법’으로 시행이 되어 미세먼지에 대해서 별도의 관리가 이루어지게 되었다.

미세먼지 관리정책의 수립을 함에 있어서 정책에 투자되는 예산에 대해서 고려하고자 할 때 국민들의 지불용의액에 대한 추정이 매우 중요하다. 대기오염물질 저감에 대해서 지불용의액 을 추정하는 연구는 여러 연구들이 존재하였으나, 국내 연구 결과는 Kim et al. (2018)을 통 해서 수행이 되었으며, 연평균 5,591원, 전체인구수로 환산할 경우 연 989억원의 지불용의액 이 있는 것으로 추정되었다. 추가로 황인창과 손원익 (2019)에서는 여기에 추가하여 미세먼지 에 한정해서 그 지불용의액을 추정하였는데, 최근들어 미세먼지의 중요성이 대두되면서 과거 여러 연구에서 나온 지불용의액에 비해 큰 연간 138,107원의 결과를 얻었다. 물론 이 결과는 서울시에 한정된 조사 결과이기는 하지만 이러한 지불용의액을 근거로 해서 미세먼지 관리정책 을 위한 예산 편익이 높게 나타날 수 있음을 알 수 있다. 그러나 현재까지 지자체를 중심으 로 하여 이루어진 저감정책의 경우 그 중점이 일부 오염원에만 한정되어 있어 효율적인 자원 배분이 이루어지지 않고 있으며, 비용효과성 분석이나 과거 경제성 연구 결과를 활용하여 정 책에 연계 반영하는 데에 한계가 있다는 지적 또한 있다 (황인창, 2018).

‘미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법’에 따라 2019년에 구성된 미세먼지특별위원회에서는 미세먼지 (PM2.5)에 대해서 중기적인 전략 목표를 수립하고 이에 대한 보완대책을 각 분야별 로 수립하는 것을 골자로 추진계획이 수립되었다. 이를 통해 정책 방향을 ‘국내 핵심 배출원 에 대한 집중관리’와 ‘한·중 협력강화’에 대해 2가지를 제시하여, 특히 국내 노력 뿐 아니라 국제적인 협력을 통해 미세먼지 저감 대책을 꾸리려는 방안을 모색하고자 하고 있다.



[17~18년도 미세먼지 종합대책 및 보완대책 기준 (2019. 제1차 미세먼지특별위원회)]

②기술적 측면



[그래픽=김영록 기자 yesok@joongang.co.kr]

[발전 연료의 전환 (LNG) (중앙일보, 2019)]

(출처:[팩트체크] LNG는 친환경? 석탄보다 낮지만 원전엔 한 수 아래
<https://news.joins.com/article/23403654>)

미세먼지의 문제점이 커짐에 따라 미세먼지의 주 발생원으로 알려져 있는 발전분야에서는 발전에 들어가는 연료에 대해서 발생비율을 조정하게 되었다. 특히 LNG 발전의 경우 석탄 발전과 달리 초미세먼지의 발생량도 매우 적을 뿐 아니라 2차 미세먼지 생성을 일으킬 수 있는 기타 대기화학 오염물질에 대해서도 석탄에 비해 매우 적기 때문에 미세먼지 배출량의 저감을 고려하는 현 상황에서 발전 비율이 조정되는 것이 이루어지고 있다. 미세먼지 저감 대책 시행에 따라 발전이나 연료 사용 분야에서는 기술적으로 변화를 시도하게 되는 상황에 놓이게 되었다. 또한 기술적으로 과거에는 가동연한을 연장해가면서 사용했던 노후 석탄발전소에 대해서도 미세먼지의 문제점이 커짐에 따라 노후발전소에 대한 폐지 노력이 강화되고 신규 발전소에 대해서는 배출오염에 대한 저감장비 (탈질설비, 탈황설비, 집진장치)를 설치하여 석탄발전에 대한 오염물질 배출 총량을 강하게 규제하고자 하고 있다. 특히 석탄발전에 대한 저감대책 기술은 석회석-석고법 탈황설비의 효율을 높이고, 촉매탑의 추가 설비를 통한 탈질 효율의 증대, 1차 미세먼지 배출의 효율성 강화를 위해 기존 전기집진장치에 추가적으로 습식 전기집진기 설치를 통해 1차 미세먼지 및 2차 미세먼지 원인 물질까지 감축을 하고자 하는 등의 기술 발전 행보를 이루고자 하고 있다 (백강수, 2017).

그러나 대기 중에 존재하는 초미세먼지는 신재생 에너지 생산에 대해서는 악영향을 줄 수 있다. 태양광 패널의 표면을 덮으면 발전량이 감소하게 되어 그 효율이 감소할 수 있으며, 패널 자체의 수명에도 영향을 줄 수 있다. 풍력 발전 측면에서 볼 경우에도 기어박스에 미세먼지가 흡착될 수 있어 효율이 저하된다. 이는 신재생 에너지 시설의 관리 비용을 증가시키거나 효율 감소에 의한 기술 개발의 위축을 유발할 수 있다.

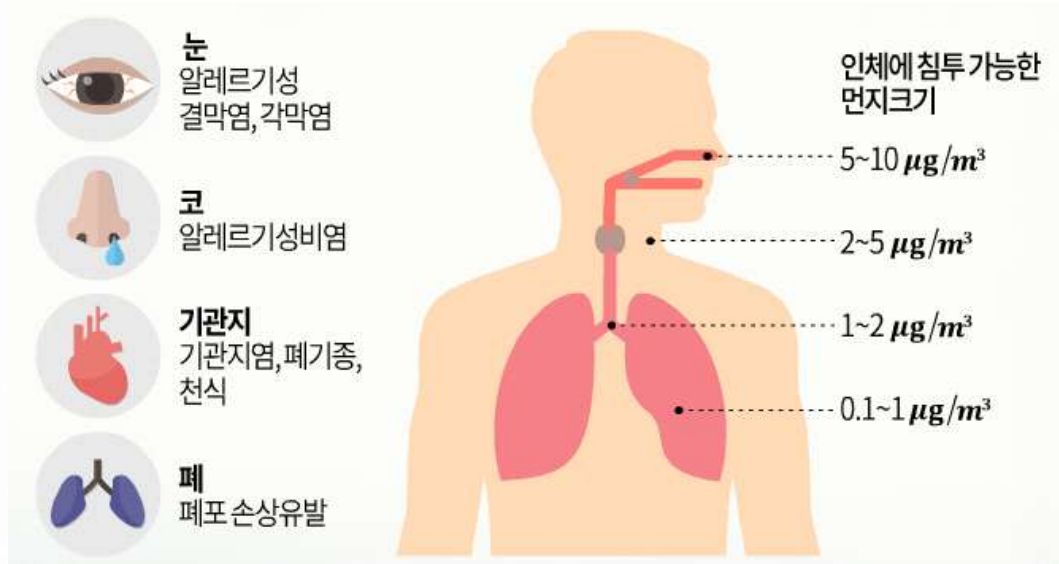
발전에 의한 기술 변화 뿐 아니라 자동차연료에 대해서도 그 영향이 나타나고 있다. 특히 최근의 디젤자동차의 증가와 이에 의한 문제점이 커지면서 이에 대한 영향력을 정량적으로 파악하기도 하였다. 특히 대기중 미세먼지 오염도 변화에 대해서 자동차연료 중 황성분 변화와 그 상관성이 높게 나타나 디젤자동차에서의 배출에 대해서 도심 지역에서의 영향이 크게 나타남을 확인한 바도 있다 (김경미, 2011). 이러한 연구 결과들을 바탕으로 하여 자동차 배출가스 및 미세먼지 발생원에 대해서 규제 및 자동차 연료에 대한 기술 전환에 대해서도 정책적으로 반영하는 움직임이 많아지고 있다.

또한 이러한 미세먼지의 발생 저감과 신속한 확산을 위해 도시 계획 과정에서 각 건물의 에너

지 효율의 개선을 추구하고, 도시 규모를 구성하여 에너지 효율을 높이면서 신속한 대기 확산을 위한 바람길의 제작 등을 위한 연구도 추진되고 있다.

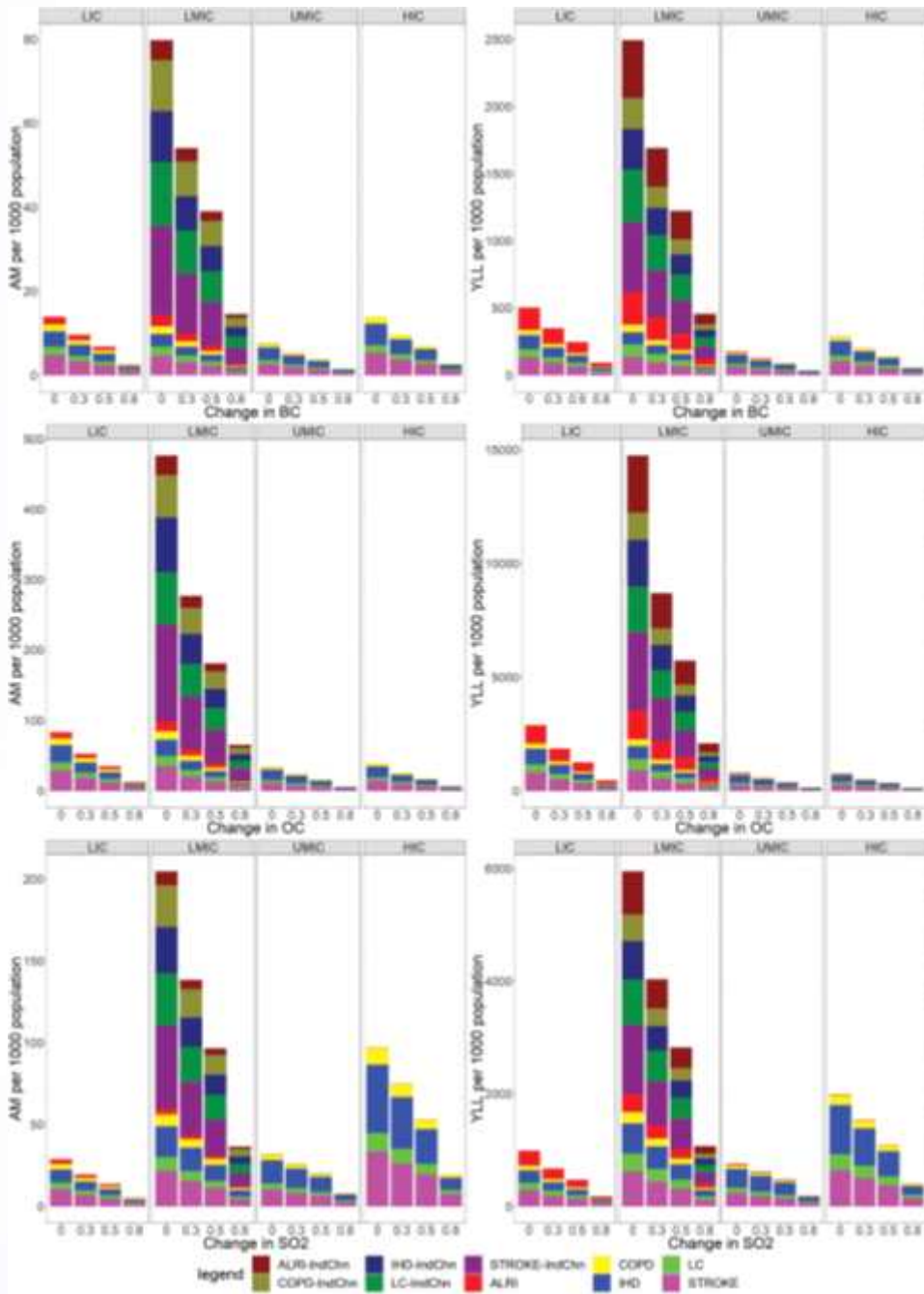
2. 미세먼지에 의한 보건학적 영향

1) 미세먼지 크기 및 종류에 의한 인체 영향



[미세먼지 크기에 따른 신체기관 침투 깊이 분류 (자료 출처: 환경부)]

기후변화 및 대기오염과 연관성이 있는 질환을 흔히 환경성 질환으로 분류하게 된다. 이 중, 대기오염과 연관성이 있다고 알려져 있는 바로는 천식, 만성폐쇄성폐질환과 같은 호흡기 계통의 질환과 고혈압 및 심장질환과 같은 순환기 계통의 질환 등에 연관성이 있음이 보고되고 있다. 특히 2013년 세계보건기구(WHO) 산하 IARC에서는 미세먼지가 암 발병률을 높일 수 있는 1군 발암물질로 지정하면서 보건학적 관심도가 더 높아졌다. 그 외에도 아토피나 결막염과 같이 피부 및 안구성 질환 등 직접적인 노출에 의한 질환도 연관성이 있음이 보고되고 있다. 미세먼지 피폭에 의해서 발생하는 영향으로 가장 널리 사용하는 인자는 장단기 피폭에 의해서 발생하게 되는 추가적인 인명피해 (초과사망자수)이다. 이러한 연구는 미세먼지의 시간별 농도 변화를 파악하여 개인의 총 생존기간동안 피폭되는 미세먼지 총량 농도 변화를 파악하고, 총량 농도 변화별로의 초과사망자의 민감도를 추정하여 전구 및 지역적인 미세먼지의 환경성 질환의 위험도를 정량적으로 파악하는 것을 목적으로 한다. 미세먼지에 피폭됨으로 인해서 발생하게 되는 추가적인 인명피해 (초과사망자수)에 대해서는 과거로부터 여러 연구들이 있으나 WHO에서는 2016년 기준으로 전세계에서 420만명에 달한다고 이야기하고 있다. 또한 미세먼지의 주 배출원의 변동에 따라 초과사망에 대한 민감도를 볼 경우, 미세먼지의 화학적 성분에 따라서 그 민감도가 다르게 나타나며, 동일 화학 성분이라 하더라도 국가별 경제수준에 따라서 그 영향력이 매우 다르게 나타난다는 연구 결과 또한 있다 (Seposo et al., 2019). 그 외에 미세먼지 자체의 농도 변화가 유사하다고 하더라도 피폭시의 주변 기타 대기오염기체(이산화질소, 이산화황 등) 농도의 변화에 따라서도 장단기 피폭에 의한 보건학적 민감도에 대해서 그 영향이 달라질 수 있다.



[미세먼지의 화학성분별 배출 변화에 따른 국가별 소득 수준별 추가 사망의 민감도 (Seposo et al., 2019)]

2) 미세먼지 노출에 의한 질환

① 호흡기관 질환

호흡기관의 경우, 미세먼지에 직접적으로 노출되기 때문에 고농도의 미세먼지의 경우 호흡기의 만성염증을 일으키게 하는데 이러한 만성염증이 기도 과민성을 증가시키게 한다. 기도 과민성은 결과적으로 천식을 일으키게 된다. 미세먼지 입자에는 보통 금속, 질산염, 황산염, 타이어 고무, 매연 등 입자상으로 분포할 수 있는 다양한 화학적 성분이 포함될 수 있다. 이들

은 기관지를 거쳐 폐에도 흡착되기 때문에 호흡기 질환을 일으킬 수 있다. 또한 미세먼지가 신체 안으로 유입되면서 면역력을 약화시킬 수 있으며, 일부 항체에 대해서 무력화시키기에 병원균에 의해서 각종 염증 질환을 유발하며, 호흡기에 이를 경우에는 폐렴을 유발할 수 있다. 그 외에 미세먼지로 인한 호흡 곤란으로, 또는 먼지가 체내에 유입되었을 때 두통과 현기증이 발생할 수 있다.

미세먼지에 의해서 호흡기 질환이 잘 일어날 수 있는 연령층은 노약자 계층으로 특히 15세 이하의 아이들의 경우에는 단기 피폭 뿐 아니라 장기간 피폭되면서 여러 만성 호흡기 질환으로의 영향이 발생할 수 있다. 단기적인 영향인 천식의 경우에는 고농도 미세먼지가 발생하고 3일 정도의 지연 효과로 발생하게 되며, 미세먼지 10mg/m³ 변화에 따라 환자의 발생빈도도 1.60% (4세 미만)와 1.05% (15세 이하) 증가하는 것으로 나타나 매우 유의미하게 단기적인 호흡기 질환 영향이 발생하는 것을 알 수 있다. (배현주 등, 2014). 그리고 미세먼지의 장기 노출로 인해서 폐활량의 감소가 일어날 수 있으며, 폐 기능 이상의 만성화로 인해 성장 후에도 여러 가지 호흡기 질환의 취약군으로 구분이 될 수 있다.

②피부 접촉성 질환

미세먼지는 기존 집진드기 등으로 일어나는 아토피성 질환의 하나의 원인으로 알려져 있다. 특히여드름, 발진, 그리고 각종 먼지 알러지를 일으킬 수 있으며, 초미세먼지의 경우에는 일부 집먼지보다도 입자가 작기 때문에 의복 내로 직접 들어와 옷을 입은 피부 부위에도 영향을 줄 수 있다. 이러한 이유로 고농도 미세먼지 기간에 외출을 할 경우에는 반드시 귀가 후 직접 노출된 부위 뿐 아니라 의복으로 덮은 부분까지도 씻는 것이 매우 중요하다.

③안구성 질환

미세먼지에 의한 노출은 안구 점막이나 눈 주변에도 영향을 미칠 수 있다. 유행성 결막염과 같은 경우에는 미세먼지 농도의 변화에 따라 그 발병률이 변화할 수 있으며, 농도가 높아질수록 발병의 가능성이 높아지는 것으로 알려져 있다. 또한 안구건조증 같은 경우에는 미세먼지 입자에 의해서 눈에 지속적인 자극을 주게 되면서 그 증상이 심화되기도 하고, 눈물이나 눈곱이 많이 나오게 되는 등 눈에 자극을 주게 된다. 이러한 안구성 질환에 대해서는 인공눈물이나 안약의 사용 등을 통해서 안구세척을 하게 될 경우에는 그 증상을 완화시킬 수 있다.

④순환기 계통 질환

미세먼지의 경우에는 그 입자가 매우 작기 때문에 신체 외부로부터 혈관으로 흡수가 되기도 한다.이렇게 혈관으로 흡수되면 뇌졸중, 심장질환 등을 일으키기도 한다. 또한 장기적으로는 지속적으로 염증을 증가시키기 때문에 혈액 내의 염증 관련 수치가 지속적으로 높게 나타나는 영향을 주기도 한다. 그리고 혈관에 녹은 초미세먼지 농도의 증가에 따라 두통을 일으키기도 한다. 그 외에 인지력과 기억력에도 영향을 주게 되면서 장기적인 지능 저하를 일으킬 수 있다. 이러한 인지 능력의 변화는 우울증 등과 같은 정신건강에도 영향을 일으키게 된다. 이러한 현상은 과거에 유연회발유 사용 당시의 대기오염에 의한 뇌 손상 문제가 일부 선진국에서 다수 보고되었던 것과 매우 유사한 상황이다. 인간 외의 동물의 경우 장기적으로 오염에 민감하고 청정지역에서만 살아야하는 양서류, 연중 활동량과 호흡량이 많은 조류는 물론이고 인간이 포함된 포유류도 당연히 오염에 의해 번식률이 떨어지거나 발달저하, 질병에 노출되어 개체수 감소가 일어날 수 있다. 게다가 곤충도 호흡을 하는 곳이 몸 곳곳의 미세한 구멍이기 때문에 영향을 받을 수 있다.

3. 미세먼지에 의한 경제학적 영향

1) 산업계 손실

고농도 미세먼지가 발생할 경우, 산업계에서 받게 되는 손실에 대해서는 직접적인 추정과 간접적인 추정으로 나눌 수 있다. 미세먼지가 인체에 악영향을 끼치는 부분만 강조되어 묻히고 있지만, 기업들이 입는 경제적인 피해도 상당히 크다. 예를 들자면 제작공정에 먼지가 들어가면 불량을 초래하는 반도체와 전자업체들은 미세먼지가 매우 치명적이므로 불량 방지와 제품 처리에 들어가는 비용이 미세먼지로 인해 직접적으로 올라가고 있다. 기사에 따르면 미세먼지 농도가 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이면 불량률이 높아질 수 있다. 이러한 이유로 고농도 미세먼지가 발생할 경우, 디스플레이 관련업체들에서는 공정 과정에서의 불량률을 낮추기 위해 각종 필터에 투자하는 비용이 증가하게 되었다.

미세먼지로 인해서 자동차업계나 조선업계에서도 일부 외부 도장작업 등의 마무리 작업에서 미세먼지가 영향을 줄 수 있으며, 근로자의 장기 노출이 있어 건강에 영향을 줄 수 있기 때문에 작업 과정에서 일정에 차질을 빚을 수 있는 것으로 알려져 있다. 또한 외부에서 장시간 일해야 하는 다른 업종들의 경우도 근로자들의 직접적인 건강 피해의 가능성이 있고, 이로 인한 산업재해 배상문제 등도 미래에 발생할 수 있는 점을 예상해 볼 수 있다.

또한 늦겨울이나 늦가을의 미세먼지는 시정에도 직접적으로 영향을 주게 되는데, 저시정일 경우에는 교통 인프라에서의 영향이 나타날 수 있으며, 특히 비행기 운항의 지연 등으로 인해 물류 수송에 지연이 발생할 수 있거나, 지상 운송에서도 시계 불량으로 인한 사고 증가 또는 일부 운송 지연 현상이 나타날 수 있다.

2) 소비 패턴에 대한 영향

미세먼지로 인해 사람들의 외출이 줄어들어 기본 소비 패턴이 직접적인 상호 방문을 통한 소비에서 온라인을 통해 소비 패턴으로 변화가 강화되게 된다. 특히 오프라인을 통한 소비 패턴의 위축은 여러 언론을 통해서도 보도되고 있으며, 이러한 직간접적인 피해를 통해 지역적인 경제 위축 효과는 매우 클 수 있다. 반면에 이러한 미세먼지 발생으로 인해 온라인 소비 패턴의 강화도 나타날 수 있어 점차 소비 패턴이 변화할 수 있을 것으로 보인다.

과거 호흡기 질환의 예방을 위해서 건조한 늦가을-겨울-봄철에 구매가 이루어진 가전은 주로 가습기가 있었다. 그리고 2000년대에는 황사에 대한 관심이 컸던 관계로 다용도 황사마스크를 통해 미세먼지와 이에 의한 호흡기 질환 예방을 동시에 추구하였다. 그러나 입자가 작은 미세먼지 (혹은 초미세먼지)의 경우에는 마스크에 의한 차단효과가 매우 작고 기존 황사마스크에 의해서 차단할 수 있는 입자 크기보다 작기 때문에 최근에는 초미세입자에 대해서도 차단 기능이 높은 1회용 의료마스크의 소비가 늘어나고 있으며, 미세먼지 피폭에 대비하기 위한 개인의 자발적인 구매에 대해서도 과거에는 그 지불이 공적인 영역에서 거시적으로 이루어지는 것을 중요하게 여겼던 반면에 최근에는 개인이 직접적으로 구매하게 되면서 미세먼지 대책에 대한 국민들의 지불이 매우 당연하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 가전의 구매에 대해서도 습도 유지를 위한 가습기 뿐만 아니라 실내의 공기청정기를 통해 실내에서 생활할 경우에 미세먼지의 노출을 최소화하고자 하는 소비 패턴을 보이게 된다. 이러한 이유로 가정에서 사용하는 대부분의 가전에 대해서 미세먼지농도에 대한 정보를 보여주는 가전이 늘어나고 있으며, 일부 초소형 미세먼지농도 측정기의 구매도 개별적으로 이루어지면서 국가나 지자체 단위의 측정 대응 뿐 아니라 개인 소비 패턴을 통해서도 미세먼지 대응을 하는 현상이 나타나고 있다.

3) 레저 활동에 대한 영향

과거 레저 활동에 대해서 날씨변화에 따라서 스포츠 및 레저 산업에 대해 매출감소에 의한 영향 및 옥외 이벤트 증가 등을 일으키는 등의 수요 변동을 일으킬 수 있다는 보고가 이루어진 바 있다 (삼성경제연구소, 2002). 날씨에 대한 수요 변동과 유사하게 미세먼지에 의한 대기오염의 발생 빈도 및 그 강도는 국민의 야외활동에도 영향을 줄 수 있다. 특히 레저 중 프로 스포츠에 대해서는 이섬균 (2018) 등에서 제시한 바에 의하면 고농도 미세먼지의 발생에 따라 프로스포츠 관람에 대해 특히 겨울 스포츠 관람에 영향을 주고 있으며, 고농도 미세먼지 발생이 증가하면서 실내스포츠인 겨울 프로스포츠에는 관중 증가의 효과가 나타난다는 연구가 보고된 바 있다. 따라서 상대적으로 미세먼지 발생이 일어날 경우 겨울철에는 기온이 낮은 날씨와 맞물려 야외활동이 위축되는 경향이 강하게 나타나는 것으로 생각할 수 있다.

특히 미세먼지 농도 권고 기준치를 초과하는 경우에 대해서는 옥외 여가활동 시간이 연평균 기준으로 5.3분 (12.7%), 일평균 기준 0.32분 (3.4%) 감소한다고 보고되었으며, $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가에 따라 여가활동 시간은 시군구별 연평균 기준의 경우와 시도별 일평균 기준의 경우 각각 총 옥외 여가활동 시간의 4.9%, 1.6%로 감소하는 것으로 나타났다 (장평린, 2018).