

요약

고농도 미세먼지·오존, 시민건강 위협요인 통합관리 전략 세워 ‘숨쉬는 서울’ 만들기

대기환경정책 패러다임, 환경기준 달성에서 건강피해 예방으로 전환

최근 해외언론에서 공기(air)와 종말(apocalypse)의 합성어 ‘대기재앙(airpocalypse)’이라는 표현으로 심각한 대기오염에 경종을 울리고 있다. 세계보건기구(WHO)는 전 세계적으로 도시 지역 인구의 80% 이상이 한계치를 초과하는 대기오염에 노출된 것으로 평가하고 있다. 이처럼 대기오염의 인체건강 위해성이 핵심 이슈로 등장하고 있다.

주된 대기환경 정책 흐름은 대기오염물질의 환경기준 달성에서 대기오염의 건강피해 예방으로 전환되고 있다. ‘사전 진단과 처방 원칙’을 바탕으로 비용 효율적인 개선, 환경복지의 최대화를 모색하는 추세와 연동되어 있다. 이는 21세기 글로벌 경쟁사회에서 기후환경 가치의 중요성이 부각됨에 따라 국가 및 도시에서 환경경쟁력 브랜드 가치를 높이기 위한 대기환경의 최적화 전략 마련에 관심을 집중하는 배경이다.

특히 기후환경 변화에 따라 차별적으로 나타나는 미세먼지, 오존 대기질의 시민건강 영향에 유의하고, 적절한 해법을 찾는 과정은 도시의 환경복지 향상과 시민의 삶의 질 개선이라는 ‘숨쉬는 도시’ 만들기 발상 전환으로 연계되고 있다.¹⁾

서울시 고농도 미세먼지·오존 발생 증가로 시민건강 직간접 위협

서울시 초미세먼지(PM2.5)는 2011년부터 대기환경기준 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 유지되어 지속적으로 개선 경향을 보였다. 그러나 고농도 출현이 많았던 2016년에 $26\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2017년에 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로

1) 김운수(2016), “미세먼지 해외사례 분석”, 「도시문제」, 제51권 제575호, 대한지방행정공제회, pp.20-23

나타나 시민의 기대에 다소 못 미치고 있다. WHO의 초미세먼지 권고기준($\leq 25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 일)을 충족시키는 일수가 2013년 223일, 2014년 233일, 2015년 242일로 증가하다 2016년 189일로 크게 감소하였으나, 2017년 218일로 증가하였다. 즉, 고농도 초미세먼지 발생 빈도의 증감 경향을 고려하면 고농도 초미세먼지는 시민 건강 영향 위협요인으로 지적되고 있다.

그리고 서울의 연간 평균 오존(O_3) 농도는 1990년 0.011ppm 이후 완만히 증가하다가 2000년 0.017ppm을 정점으로 2004년까지 감소추세를 보인 바 있다. 그러나 도시 기후환경 변화의 주요 특성인 기온 상승에 따라 2005년부터 다시 증가하여 2017년에는 0.022ppm으로 전반적인 상승 경향을 보여 시민 건강보호의 또 다른 위협요인으로 인식되고 있다.

워싱턴대 건강측정평가연구소(IMHE)에서 발표한 자료를 바탕으로 미세먼지와 오존에 의한 건강 영향을 다른 나라와 비교하면, 우리나라의 $\text{PM}_{2.5}$ 영향 사망자는 1990년 15,100명에서 2015년 18,200명으로 21% 증가한 반면 OECD 국가의 $\text{PM}_{2.5}$ 로 인한 총사망자는 9% 감소한 것으로 추정되었다. 또한 우리나라의 오존 영향 사망자는 1990년 350명에서 2015년 810명으로 130% 증가한 반면, OECD 국가의 오존으로 인한 사망자는 48% 증가하였다.²⁾ 2017년 전국 $\text{PM}_{2.5}$, O_3 평균 농도는 각각 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 년, 0.029ppm/년으로, 서울시 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 일, 0.025ppm/년과 비교하면 서울 시민의 건강영향을 간접적으로 추정할 수 있다.

미세먼지·오존 생성 메커니즘 이해하고 통합관리 전략 마련 필요

미세먼지와 오존은 대기 중의 질소산화물(NO_x)과 휘발성유기화합물(VOCs)이 햇빛과 반응하여 생성되는 2차 생성물질이다. 특히 환경부, 서울시, 한미 협력 국내 대기질 공동 조사(KORUS-AQ) 연구결과 등을 종합하면, 초미세먼지의 2차 생성은 직접배출 $\text{PM}_{2.5}$ 배출량 수준을 상회하는 것으로 추정되고 있다.

이처럼 국내외 연구 성과물에서 보듯이 시민 건강 보호와 목표농도 달성을 위해 미세먼지와 오존을 개별 관리하는 현행 관리 방식으로는 대기환경 개선에 있어 한계에 직면하게 된다. 향후 2차 오염물질을 생성하는 원인물질을 함께 관리하는 통합관리 전략 마련이 필요하다.

²⁾ 송윤아, “대기오염의 건강위험과 보험”, 『KiRi 리포트』, 보험연구원, 2017.6.12

미세먼지·오존 통합관리의 유의점은 서울시 실증 사례분석에서 확인되고 있다. 초미세먼지의 2차 생성 메커니즘에 따라 배출원의 NO_x 배출량을 저감하면 PM_{2.5} 농도는 저감될 수 있는 반면, O₃ 농도는 VOCs와 NO_x 간 광화학반응에 따라 감소될 수 있다. 하지만 VOCs/NO_x 농도비에 따라 오히려 O₃ 농도가 증가될 가능성도 있다. 이처럼 광화학 2차 생성과정에 중요한 역할을 하고 있는 NO_x(NO+NO₂), VOCs, O₃ 간 복합영향 등을 실증 분석하게 되면 서울시 초미세먼지, 오존 통합관리 전략 방향을 수립할 수 있다.

세계 대도시, 미세먼지·오존 등 대기오염물질 통합관리정책 시행

해외 도시들에서는 대기오염으로 인한 시민의 건강 위해 가능성을 비용 효율적으로 개선하고, 지역 단위의 환경복지를 최대화하기 위해 대기오염물질 통합관리 정책을 추진하고 있다. 특히 미세먼지·오존의 개별 배출량/농도 저감 정책 추진을 지양하고, 대신 통합관리 전략을 새롭게 추진하고 있다. 또한 통합관리 추진과정에서 개념모델에 기반하여 단계별 적정화를 시도하고 있다.

실제 해외 도시들은 미세먼지와 오존 통합관리의 사전 단계로서 배출원/배출량 기초정보를 확인하고, 이를 바탕으로 관리전략을 수립하고 있다. 과학적 기반 구축은 제도나 정책과 달라 단기간에 이를 수 없기 때문에 1차와 2차 오염물질 간 상호작용을 분석하고 예측하기 위한 신뢰성 있는 모델링 시스템을 우선적으로 고려하고 있다.

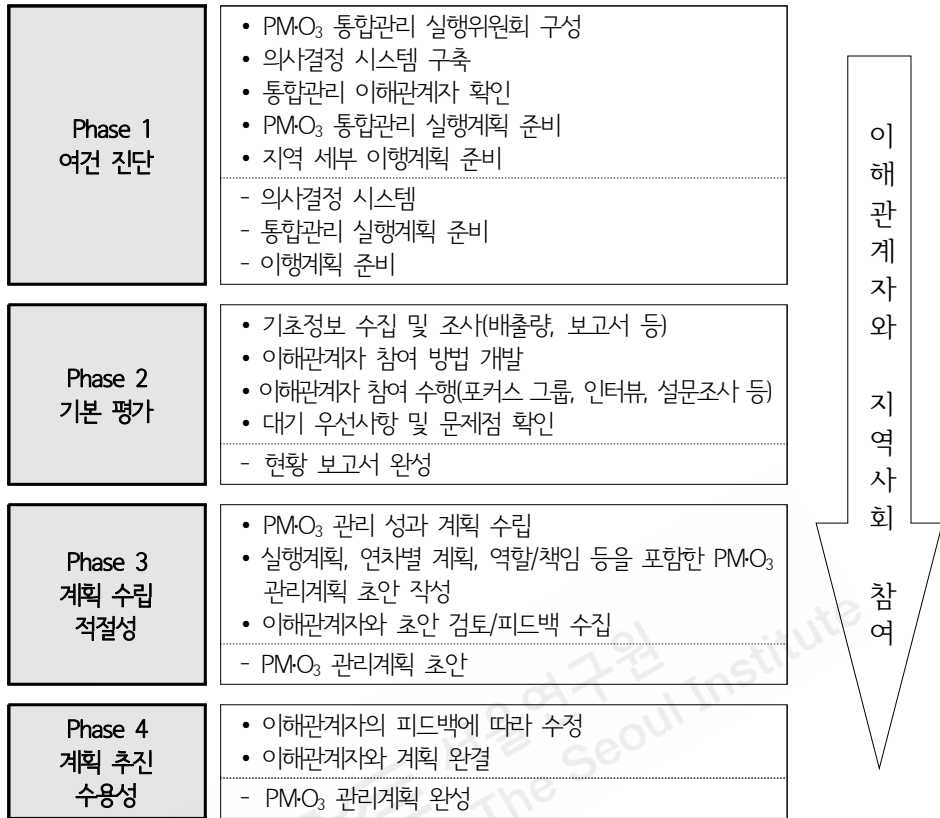
이와 함께 초미세먼지, 오존 통합관리를 위해 1차 PM_{2.5}(filterable + condensable), 2차 생성의 주요 물질인 NO_x, VOCs 관리방안을 함께 수립시행하고 있다. 유의할 사항은 이동오염원이나 에너지연소(가정, 산업, 상업 시설 등) 등 1차 배출원에 대한 일부 관리정책은 저감 대책별 차이를 확인하고 추진하고 있다는 점이다. 즉, 저감 대책 추진과정에서 미세먼지뿐만 아니라 NO_x, CO, VOCs, SO_x 등 미세먼지·오존의 2차 생성 전구물질(前驅物質)인 기체상 물질의 저감을 동시에 고려하고 있다.

개념모델 기반 미세먼지·오존 간 맞춤 대응요소별 통합관리 필수

초미세먼지·오존의 효과적인 통합관리와 관련된 대기화학/수송 반응, 대기 중 농도 특성, 주요 배출원, 성분별/지역별 기여도 등 다양한 요소들의 복합 영향과 인과 관계를 파악하여 효율적 전략적인 정책적 시사점을 도출하기 위해서는 개념모델 적용이 바람직하다.

개념모델의 기본단계인 ‘여건진단→기본평가→계획수립의 적절성→계획추진 수용성’에 따라 미세먼지·오존 통합관리 정책방향을 설정할 수 있다. 서울시는 향후 초미세먼지·오존 통합관리 전략을 수립하기 위해 개념모델 기본조건인 배출원 확인 및 인벤토리 구축, 측정 모니터링, 확산모델링, 인체건강 위해성 조사, 저감 대책 수립 등 상호 연관관계를 보다 체계적으로 확인하여야 한다.

또한 미세먼지·오존 통합관리 계획/정책의 적절성과 수용성 확보를 위해 유기물질과 질소 성분이 미세먼지의 절반 정도를 차지한다는 것을 고려하여야 한다. 나아가 VOCs와 NOx 관리 전략을 통해 지역 내의 2차 생성 미세먼지 오염을 줄일 수 있는 가능성에 유의하여야 한다. 그리고 두 가지 전구물질은 오존 오염 관리에도 매우 중요하며, 이는 통합관리 전략 마련에 시사점을 제시하고 있다.



[그림 1] 개념모델(Conceptual Model) 적용 미세먼지·오존 통합관리 정책방향

시민의 삶의 질 개선정책 추진과정에서 숨 쉬는 도시 실현을 위한 개념모델 기반 미세먼지와 오존의 맞춤 대응요소별 통합관리 전략을 정리하면 다음과 같다.

[표 1] 서울시 초미세먼지·오존 통합관리 방안

미세먼지·오존 모니터링 및 배출량 자료 정확성 및 신뢰성 향상	<ul style="list-style-type: none"> 미세먼지·오존 통합 측정망 설치·운영 서울형 배출원 인벤토리(Seoul_CAPSS) 구축
배출원 특성·기상학적 조건을 반영한 통합관리 전략	<ul style="list-style-type: none"> 초미세먼지·오존 통합관리 기본계획 준비 초미세먼지·오존 통합관리 지역별 맞춤전략 수립 서울형 초미세먼지·오존 비상저감조치 통합관리제도 마련
거버넌스 체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> 대기환경 통합 개선 협치 협의회 구성·운영

우선 대기환경 통합관리의 실효성을 확보하기 위해서는 일차적으로 배출원의 분포, 대기오염의 확산·유입과정 및 오염수준 파악 등의 자료체계 확보가 선행되어야 한다. 구체적이며 실질적인 대기환경 관리 정책을 위해서는 정책 수립의 기초정보인 대기오염 모니터링, 배출량 자료 등이 필요하다. 이러한 기초정보가 ‘대기오염 오염수준 파악-저감 대책 처방’이라는 일련의 효율적인 선순환 과정의 출발점이 되기 때문이다.

그리고 공간특성 또는 지역 여건을 고려해 초미세먼지, 오존 통합관리 계획의 탄력성을 유지한다. 특히 2차 오염물질 관리방법의 차이를 확인하고 이에 대응할 수 있도록 지역 특성(오염물질 배출 특성, 기상학적 특성 등)을 반영한 통합관리 전략을 수립한다.

대기환경 통합관리 대책을 수립하는 주체는 중앙 또는 지방정부지만 대책이 실현되는 곳의 주체는 시민들이므로, 기존의 명령통제 방식의 규제만으로는 대기환경 문제를 해결하기 어렵다. 이에 대기환경 통합관리와 관련된 이해관계자를 적극적으로 포함시키는 협력적 민간 거버넌스 구축이 무엇보다 중요하다.

