

환경 및 응용기상 분과 [P-205]

베이징과 서울의 대기오염물질 장기 추세, 계절 변동성 및 AQI 기반 건강영향평가 : 극한 사례 중심 비교 분석

나하나, 정우식

인제대학교 대기환경정보공학과, 태풍사전방재선도연구센터, 대기환경정보연구센터

동아시아 대도시는 급격한 산업화와 도시화 과정에서 대기질 개선 정책을 추진해 왔으나, 최근에도 기상 조건과 배출원의 복합적 작용에 의해 극한 대기오염일이 반복 발생하고 있다. 본 연구는 2014-2023년 동안 베이징과 서울에서 관측된 주요 대기오염물질 (PM2.5, PM10, SO2, NO2, CO, O3)의 일평균 자료를 이용하여 장기 추세와 계절 변동성을 정량 분석하고, 미국 EPA의 대기질 지수(AQI)를 산출하여 건강영향을 평가하였다.

분석결과, 두 도시 모두 PM2.5와 PM10 농도는 유의한 감소 경향을 보였으나, O3는 점진적으로 증가하는 양상을 나타냈다. 계절 분석에서는 베이징의 경우 겨울철 석탄 연소와 불리한 기상 조건으로 PM2.5·CO 농도가 크게 상승하였고, 여름철에는 광화학 반응으로 인한 O3 고농도 사례가 빈번하였다. 반면, 서울은 평균 농도가 낮은 편이지만, 봄철 황사와 여름철 고온·강한 일사 조건에서 PM10·O3의 급등 현상이 나타나 지역적 기상 요인의 영향을 뚜렷하게 확인할 수 있었다. AQI 분석에 따르면, 베이징의 상위 5% 고농도일 중 다수는 AQI 200 이상(“나쁨”)에 해당하였으며, PM2.5가 약 55%의 지배적 기여 오염물질로 나타났다. 서울은 고농도일이 주로 AQI 100-150 범위(“민감군에 나쁨”)에 분포하였으며, 90% 이상이 PM2.5에 의해 결정되었다. 건강영향 평가에서 베이징은 극한일의 총 초과위험(ER_total)이 평균 6.5%에 달해 매월 15-25일 이상 취약 집단이 위험에 노출되는 것으로 나타났으며, 이는 서울(극한일 ER_total 평균 3.8%)보다 훨씬 장기간의 부담을 야기하였다.

이러한 결과는 단순 평균 농도의 개선만으로는 도시 대기질의 공중보건적 위험을 설명하기에 부족하며, 기상 조건에 따른 계절적 변동과 극한일 분석, 그리고 AQI 기반 건강영향 평가를 통합적으로 수행할 필요성을 시사한다. 특히 서울은 황사·광화학 O3 관리 전략이, 베이징은 난방 연료 전환 및 겨울철 기상 조건 모니터링이 시급한 과제로 제안된다. 본 연구는 대기질 개선 정책의 효과를 평가하고, 도시 맞춤형 대응 전략을 설계하는 데 기초 자료로 활용될 수 있다.

Keywords: 대기오염, AQI, 건강영향, 장기 추세, 계절 변동, 극한 사례, 베이징, 서울

※ 이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No.RS-2023-00212688).