

동아시아 단기체류 기후변화 유발물질의 장거리 이동 특성 분석

백승희¹, 박민준¹, 박현제², 김철희^{2,3}, 조현영³, 이효정^{2,3}

¹부산대학교 지구환경시스템학부 대기과학전공

²부산대학교 대기환경과학과

³부산대학교 환경연구원

편서풍이 우세하게 나타나는 동아시아 지역에서의 대기오염물질 월경성 수송 현상에 대해서는 과학적 관심과 정책적 우려가 높은 수준이다. 장거리 이동 대기오염물질 거동과 관련된 선행연구들은 일산화탄소(CO)와 같은 반응성이 낮은 물질이 장거리 이동됨으로써 풍하 지역 농도 증감에 미치는 영향 뿐 아니라, 풍상 지역의 1차 오염물질이 장거리 이동 중 화학 반응을 겪으면서 풍하지역의 오존(O₃), 미세먼지(Particulate Matter, PM) 같은 2차 생성 대기오염물질 농도에 미치는 영향을 보고한 바 있다. 이러한 일산화탄소, 오존, 미세먼지 등의 주요 오염물질은 대기 중 화학적 수명이 상대적으로 짧은 단기체류 기후변화 유발물질(Short-Lived Climate Pollutants, SLCPs)로 분류되며, 복사강제력을 변화시켜 지역 기후에 직/간접적으로 영향을 줄 수 있으며, 지속적인 모니터링이 필요하다. 본 연구에서는 장기간 측정된 위성 및 재분석 자료와 화학 수송 모델 결과를 사용하여 동아시아 지역의 SLCPs 변화 추세를 분석하였다. 2010년대 중반 이후 동아시아 전역에서 에어로졸 광학 두께(Aerosol Optical Depth, AOD)가 급격히 감소하였으며, 이러한 변화는 대류권 이산화질소(NO₂)의 추세와 유사하게 나타났다. 반면 포름알데히드(HCHO)와 O₃ 농도는 각각 미세한 증가와 지속적인 증가가 나타나는 것을 확인하였고, 이는 기후 변동성과 더불어 배출 규제 정책 시행의 복합적인 영향이 함께 나타난 것으로 추론되었다. 또한, 본 연구에서 분석한 대부분의 SLCPs는 봄, 겨울철에 중국 동부-황해-한반도 지역에서 높은 농도로 관측되었으며, 특히, 대기 중 반응성이 높은 NO₂와 HCHO 농도도 유사한 추세가 나타나 장거리 수송의 가능성을 보여주었다. NO₂와 HCHO는 대기 중 O₃과 PM_{2.5}와 같은 2차 생성 대기오염물질 형성에 관여하는 전구 기체로, 장거리 수송 경로 및 풍하지역에서 대기오염물질들을 2차 생성시킬 수 있다. 이러한 수송 및 화학적 변환 과정은 에어로졸의 직/간접 효과를 통해 지역 기후 강제력에 영향을 미칠 수 있으며, 동아시아 지역의 대기 중 반응성이 높은 SLCPs가 기후-대기질 관계에 미치는 영향을 함께 고려한 연구가 필요함을 시사한다.

Key words: SLCPs, AOD, WRF-Chem, Radiative Forcing, Long-Range Transport

※ 이 연구는 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 램프(LAMP) 사업(No. RS-2023-00301938)과 한국연구재단 중견지원사업 (NRF-2022R1A2C1008132)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.