

동아시아 지역의 배출량 감소가 월경성 대기오염물질에 미치는 영향 연구: SIJAQ 2022 vs. KORUS-AQ 2016

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

¹부산대학교 지구환경시스템학부 대기과학전공

²부산대학교 대기환경과학과

³부산대학교 환경연구원

동북아시아 지역의 고농도 미세먼지(Particulate Matter, PM) 문제가 대두됨에 따라, 한국, 중국, 일본은 배출 저감 정책을 적극적으로 시행해오고 있다. 본 연구에서는 각각 2016년과 2022년 5~6월 봄철에 대해 수행된 Korea - United States Air Quality (KORUS-AQ) 캠페인과 2022년 Satellite Integrated Joint Monitoring of Air Quality (SIJAQ) 캠페인 기간을 대상으로 지상 및 항공 측정자료, Bottom-up 배출량 자료, WRF-Chem 모의 결과를 활용하여 최근 배출 저감에 따른 동아시아 미세먼지 거동과 대기 중 화학반응의 변화를 정량적으로 살펴보았다. 2016년~2022년 대기오염물질 농도의 지상 측정 자료 분석 결과, 풍상지역인 중국 베이징-톈진-허베이(BTH) 지역과 황해, 한국 황해안, 서울을 포함한 풍하지역에서 PM_{2.5}와 SO₂ 농도의 명확한 감소 추세를 확인할 수 있으며, 감소 폭은 BTH 지역에서 SO₂ 73.9%, PM_{2.5} 47.2%, 서울에서는 각각 41.4%, 30.0% 수준으로 나타났다. 또한, 2016년과 2022년 두 캠페인 기간 5월 - 6월에 수행된 항공기 측정 자료와 WRF-Chem 모델 결과를 비교 분석하여, BTH, 한국의 주요 배출 지역에서의 SO₂와 NO₂ 배출량 감소에 따라 서해와 한반도 지역의 하층(0-1km 고도) 미세먼지 농도가 감소되었음을 확인하였다. 특히, WRF-Chem 결과로 계산된 Gas-to-Particle ratio의 분포에서는, 2016년 황해 상공에서 높은 수준을 보였으나 2022년에는 한반도 황해안에서 높은 수준이 나타나 황해에서 한반도 서해안으로 동쪽으로 약간 이동한 것으로 나타났다. 이러한 결과는, 풍상지역의 인위적 배출량 저감은 황해상에서 대기오염물질의 이동 및 2차 생성되는 미세먼지 농도의 전반적인 감소로 이어져, 궁극적으로 한반도 대기질 개선에 기여한 것으로 확인되었다. 또한 배출량 변화뿐 아니라 기상/기후 변화의 기여 요인에 대한 비교 분석도 본 연구에서 함께 논의하였으며, 기상학 요인 변화에 의한 미세먼지 감소 보다는 배출 저감에 따른 대기오염물질 농도 감소 효과가 상대적으로 더 크게 나타난 것을 확인하였다.

Key words: Chemical Transformation, Long Range Transport (LRT), Emission Reduction, WRF-Chem, SIJAQ campaign

※ 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.