

중국 NH₃ 배출량의 불확실성에 따른 동아시아 지역 PM_{2.5} 수치 모의 농도 변화 분석

최현식¹, 전원배², 문정혁¹, 김동진¹, 김우진²

¹부산대학교 지구환경시스템학부 대기과학전공

²부산대학교 대기환경과학과

초미세먼지(PM_{2.5})는 인간의 호흡기 및 심혈관계 질환의 발병률을 증가시킬 수 있는 유해한 대기오염물질이다. PM_{2.5}는 대기 중에 직접 배출된 1차 오염물질과 가스상 물질이 대기 중에서 반응하여 생성된 2차 오염물질로 구성되며, PM_{2.5}의 주요 구성 성분인 질산염(NO₃⁻), 황산염(SO₄²⁻), 암모늄 이온(NH₄⁺)은 전체 PM_{2.5}의 약 70%를 차지하는 것으로 알려져 있다. 따라서 전구물질인 질소산화물(NO_x), 황산화물(SO_x), 암모니아(NH₃)의 배출량을 산정하는 것은 정확한 PM_{2.5} 농도 예측을 위해 필수적이다. 그러나 NH₃ 배출량은 주로 농업 활동에서 발생해 넓은 면적에서 배출이 발생하며, 특히 동아시아 지역에서는 영세 농의 비율이 높아 배출량의 불확실성이 높은 상황이다. 이에 따라, 본 연구에서는 NH₃ 배출량의 불확실성이 동아시아 지역의 PM_{2.5} 농도에 미치는 영향을 평가하기 위해 Community Multiscale Air Quality Model (CMAQv5.3.2)을 활용한 수치 모의 실험을 수행하였다. Base Case에서는 Emissions Database for Global Atmospheric Research Hemispheric Transport of Air Pollution v3(EDGAR HTAP_v3) 배출량을 사용하였고, High Case에서는 Liu et al. (2022)의 연구에서 추정한 배출량을 적용하였다. 수치 모의기간은 NH₃ 배출량이 연중 가장 많이 배출되는 여름철을 선정하였으며, 2019년 6월의 모델 결과를 이용하여 NH₃ 배출량이 PM_{2.5} 농도에 미치는 영향을 평가하였다. 모의 결과, NH₃ 배출량은 High Case에서 연간 75.7% 더 많았고, 이로 인해 동아시아 전체에서 PM_{2.5} 농도가 증가하는 경향을 보였다. PM_{2.5} 평균 농도는 주로 해양에서 뚜렷하게 증가하였으며, 중국 내에서도 NH₃ 배출원이 위치한 내륙 지방이 아닌 발해만과 산둥반도 주변의 해역에서 PM_{2.5} 농도가 뚜렷하게 상승하는 것으로 나타났다. 이는 중국의 NH₃ 배출량에 의한 PM_{2.5} 농도의 변화가 배출량의 분포뿐 아니라 다른 요소들의 영향을 받을 수 있음을 시사한다. 중국에서의 NH₃ 배출은 2차 대기오염물질 생성 과정에서 NO_x, SO_x 등의 다른 물질의 농도 비율에 따라 PM_{2.5} 생성에 기여율이 달라질 수 있다. 따라서 NH₃ 배출량의 불확실성에 따른 영향을 분석하기 위해서는 대기에서의 화학적 균형에 대한 연구가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

Key words: 대기질 모델링, CMAQ, NH₃ 배출량, PM_{2.5}

※ 이 연구는 2024년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2023R1A2C1002608)