

OA5) 2013년 1월 서울에서 관측된 지속성 연무사례일의 기상과 대기질 분석 및 수치모의

한승범 · 송상근 · 조성빈 · 강윤희¹⁾

제주대학교 지구해양학과, ¹⁾부산대학교 환경연구원

1. 서론

동아시아 지역은 지속적인 경제성장, 산업화 및 도시화, 인구 및 에너지 소비 증가 등으로 인해 지역적 환경오염 문제가 더욱 부각되고 있으며, 또한 대기오염물질의 주요 배출원도 점차 증가하고 있는 실정이다. 우리나라는 지리적 특성상 중국을 포함한 동북아시아의 풍하측에 위치하여, 황사 발원지로부터 자연적 오염물질의 영향 이외에도 중국 등 풍상측에서 주로 발생하는 인위적 오염물질(SO₂, NO_x, 미세먼지 등)의 영향을 직·간접적으로 받고 있다. 최근 중국 대도시나 공업지대에서는 매연 및 자동차 배기가스 등에 의해 발생하는 연무현상이 심각하고, 인공위성 자료에 의하면 중국 동부지역은 짙은 연무현상이 자주 발생하고 있으며 장거리 수송의 징후 또한 빈번히 지적되고 있다. 이에 본 연구에서는 2013년 1월 장기간 지속된 연무발생일을 포함한 사례(1월9일-1월18일)를 대상으로 미세먼지(PM₁₀ 또는 PM_{2.5}) 농도 및 기상 특성을 분석하였으며, 기상-대기질 모델의 수치모의를 통해 연무사례 동안 시·공간적 분포를 살펴보았다.

2. 자료 및 방법

본 연구에서는 최근 몇 년 동안의 여러 연무발생일 중에서 약 6일(1월12일-1월17일) 지속된(황사, 강수 제외) 2013년 1월 사례를 대상으로 서울 및 인근지역의 ASOS 지점에서 관측된 기상 자료와 도시 대기질 측정망의 대기오염물질(예, PM₁₀) 농도 자료를 분석하였다. 또한 사례일의 (종관)기상 조건을 상세히 살펴보기 위해 지상과 고층기압 또는 지오폠펜설 고도 자료를 사용하였다. 연무사례일의 수치모의를 위해 이용된 모델은 기상모델(Weather Research & Forecasting, WRF ver. 3.6)과 광화학수송모델(Community Multi-scale Air Quality, CMAQ ver. 5.0.2)이다. 이외에도, 동아시아 지역의 인위적 배출량은 Model Inter-Comparison Study for Asia (MICS-Asia) 자료를 이용하였고, 자연적 배출량은 모델영역의 WRF 결과를 입력 자료로 이용하여 Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature (MEGAN) 모델을 수행함으로써 생성하였다. 또한 우리나라 남한지역의 인위적 배출량은 국립환경과학원에서 제공하는 Clean Air Policy Support System (CAPSS)와 함께 SMOKE를 수행하여 산정하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 2013년 1월에 서울에서 관측된 장기간 연무사례일의 기상 및 대기질 특성을 분석하고, 수치모의를 통한 대기오염물질(예, PM₁₀)의 시·공간 분포를 살펴보았다. 사례일 동안의 종관기상 특성을 보면, 중국 대도시 및 공단지역 주변에서 안정한 고기압권 하에 대기확산이 원만하지 못하고 장기간 머무르는 느린 기압패턴이었으며, 서서히 북서풍/서풍 계열의 바람이 우리나라로 유입되기 시작하면서 연무발생 당일부터 약 6일 동안 상당히 높은 미세먼지(PM₁₀) 농도가 관측되었다. 아울러 일본의 동쪽 및 남동쪽 해역 주변에서 저기압 및 고기압의 매우 느린 기압배치로 인해 서쪽에서 동쪽으로 기류의 움직임을 방해하는 저지(blocking) 현상으로 인해 장기간의 연무현상 및 고농도 미세먼지가 나타난 것으로 사료된다. 배출량의 공간 분포를 보면, 중국 대도시(상하이 주변)와 공업단지에서 매우 높은 인위적 배출량(미세먼지)과 중국 화남지방 주변에 높은 자연배출량(isoprene)이 확인되었다. 또한 수치모의를 통해 연무사례일 중 서울과 중국의 PM₁₀ 농도를 비교해보니, 서울에서 고농도 연무가 나타나기 약 1-2일 전에 중국에서 고농도가 나타나 이러한 고농도가 서울의 연무현상에 영향을 미친 것으로 추정된다. 따라서 본 연구의 연무사례일은 중국으로부터의 장거리 수송 및 기압배치(blocking 등) 등의 기상조건과 국지적 오염물질의 배출이 복합적으로 영향을 미친 것으로 사료된다.