

OA4) 한반도 PBL 고도 최적화 방안에 따른 장거리 미세먼지 수송 사례 모델링 연구

문정혁 · 이화운¹⁾ · 전원배²⁾ · 유정우 · 이태진 · 이순환³⁾

부산대학교 지구환경시스템학부, ¹⁾부산대학교 대기환경과학과, ²⁾부산대학교 환경연구원,
³⁾부산대학교 지구과학교육과

1. 서론

미세먼지는 1급 발암물질로 인간의 건강에 심각한 영향을 미치는 것으로 알려져 있고, 이에 수치모델을 이용한 대기질 연구들이 진행되고 있다. 대기질 모의에 있어 기상장은 오염물질의 수송, 확산, 침적, 화학반응 등에 관여하고, 그 중 대기 경계층(Planetary Boundary Layer, PBL) 고도는 오염물질의 확산에 가장 큰 영향을 미치기 때문에 정확한 PBL 고도 모의는 대기질 연구에 있어 매우 중요하다. 한편, 한반도는 중국의 풍하 측에 위치하여 중국발 미세먼지로 인한 고농도 사례가 빈번히 발생하므로 장거리 수송 사례에 대한 연구가 진행되고 있으나, 한반도 PBL 고도에 따른 미세먼지 모델링에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 장거리 고농도 미세먼지 수송 사례를 대상으로 라디오 존데 자료를 이용한 관측 너징을 통해 한반도 PBL 고도의 오차를 줄이는 민감도 실험을 실시하였고, 최적화된 PBL 고도에 따른 지상 미세먼지 모의 경향 및 연직 미세먼지 분포를 분석하였다.

2. 자료 및 방법

본 연구는 서풍 계열을 통해 미세먼지가 중국 동부지역에서 한반도로 수송되어 고농도를 유발한 2015년 2월 13일 ~ 16일을 사례일로 선정하여 중규모 기상 수치모델인 WRF (Weather Research and Forecasting) 3.8.1 버전과 3차원 광화학수송모델인 CMAQ (Community Multiscale Air Quality) 5.0.2 버전을 이용하여 기상 및 대기질 모의를 실시하였다. 관측 자료로는 전국의 7개 라디오 존데 자료를 통해 관측 너징 및 PBL 고도 모의 정확도를 평가하고자 하였고, 278개의 대기질자동측정망(Air Quality Monitoring Stations, AQMS) 자료를 통해 모델의 미세먼지 분포를 분석하고자 하였다. 또한, 라디오 존데 원시 자료를 바탕으로 기계적 난류에 대한 열적 난류의 비를 이용한 벌크 리처드슨 방법을 통해 관측 PBL 고도를 결정하여 모델의 PBL 고도를 평가하였다. 모델 PBL 고도 최적화 방안으로 라디오 존데 자료를 이용한 관측 너징 기법을 이용하였다. 관측 너징은 모델의 각 격자점을 중심으로 영향 반경내에 있는 관측 지점들에 대해 가중치를 두어 모델의 오차를 줄이는 방법으로, 적절한 영향 반경과 동화 강도를 설정하는 것이 중요하다고 알려져 있다. 이에 동화 강도를 $3.0 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$, $6.0 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$, $9.0 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ 로 설정하였고, 영향 반경은 10 km, 50 km, 100 km 으로 설정하여 민감도 실험을 설계하였고, 너징을 실시하지 않은 실험(BASE 실험)과의 비교를 통해 PBL 고도 및 미세먼지 모의 양상을 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

동화 강도 및 영향 반경에 대한 민감도 실험 결과, 동화 강도는 $9.0 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$, 영향 반경은 50 km 인 관측 너징 설정을 통해 최적화된 PBL 고도를 산출하였다. 최적화된 실험을 통해 장거리 미세먼지 수송 사례의 연직 분포를 분석한 결과, 너징을 통해 PBL 고도가 낮아짐에 따라 지상으로 유입되는 미세먼지 양이 달라져 모의 정확도가 향상되었다. 따라서, 라디오 존데 관측 자료를 이용한 관측 너징을 통해 PBL 고도의 오차를 줄일 수 있었고, 이로 인해 연직적인 미세먼지 분포가 달라짐을 확인하였다. 향후 다양한 연직 기상 관측 자료를 이용한 관측 너징 민감도 실험 및 추가 사례에 대한 PBL 고도 최적화 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 환경부의 화학사고 대응 환경기술개발사업에서 지원받았습니다(No. 2015001950002).