

## PG11) 배출 민감도 분석을 통한 대기오염물질의 장거리 이동 영향 추정

### Estimation of the Impact of Long-range Transboundary Air Pollutants using Emission Sensitivity Analysis

성경희 · 장임석 · 반수진 · 손정석 · 김정수 · 이석조  
 국립환경과학원 기후대기연구부 대기환경연구과

#### 1. 서 론

최근 세계적으로 대기오염에 대한 관심이 증대되고 있는 가운데, 특히 동아시아는 매우 급격하게 도시화가 진행됨으로 인해 대기오염도가 증가하는 추세이다(국립환경과학원, 2008). 이러한 대기오염에 대한 현황 파악 및 개선대책 마련을 위해 현재까지 한·중·일 3국 국제 공동연구로 LTP(Long-range Transboundary Air Pollutants in Northeast Asia) 사업을 진행하고 있다. 대기오염의 배출원은 크게 두 가지 요인에 의하여 결정되는데 그 중 하나는 지역 내의 대기오염물질 방출에 의한 것과 다른 하나는 인근지역에서의 배출원에 기인한 오염물질의 이동에 의한 것이다. 이에 따라 대기오염물질의 장거리 이동 측면에서 대기오염물질 수송에 관한 연구가 활발히 이루어졌다(Uno et al., 2005; Yamaji et al., 2006).

이에 본 연구에서는 중국에서 이동되어져 오는 장거리 이동 대기오염물질에 의한 국내 대기질 영향을 추정해 보았다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 3차원 대기질 모델인 Model-3/CMAQ을 사용하였으며 기상 모델은 MM5를 사용하였다. 모델링의 모사 대상 지역은 한국, 중국, 일본이 포함된 동북아시아 지역이며, 수평격자의 크기는 60 km, 연직층은 23개로 설정하였다. 기상장의 초기 자료는 1°×1°의 6시간 간격 자료인 전구 재분석 자료(NCEP/NCAR Reanalysis data)를 이용하였으며, 배출량은 2006년을 기반으로 하고 있는 INTEX-B 연구 과제를 통해 구축된 아시아 지역의 배출목록 자료를 사용하였다(Zhang et al., 2008).

우리나라에 대한 대기오염물질의 장거리 이동 영향을 살펴보기 위해 대상영역인 동북아시아 배출량 중 한반도 배출량을 제외시키는 EMEP(European Monitoring and Evaluation Program) method-2 Reverse method)를 이용하였다. 즉, 한반도 배출량을 제외한 경우의 농도를 우리나라에 대한 장거리이동 대기오염물질의 영향으로 고려하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 2009년 4월에 대해 장거리이동 대기오염물질의 영향으로 판단되는 한반도 배출량을 제외하였을 경우의 SO<sub>2</sub>와 PM<sub>10</sub> 지상 농도장 분포를 나타낸 것이다. SO<sub>2</sub>의 경우, 중국에서의 대기오염물질 장

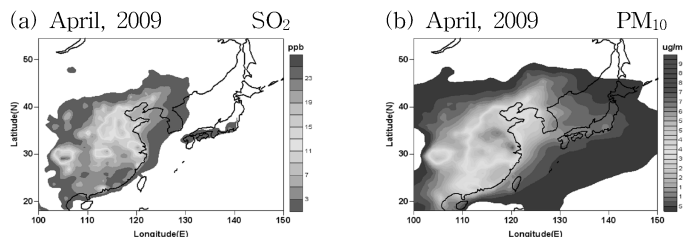


Fig. 1. Spatial distribution of monthly averaged concentration of SO<sub>2</sub>, and PM<sub>10</sub> in April, 2009(without Korea emission case).

거리 이동 영향으로 인해 우리나라에서 2~3 ppb의 농도수준을 나타내었으며, 장거리 이동에 의한 PM<sub>10</sub> 농도 수준은 11~20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다.

대기오염물질의 장거리 이동현상을 살펴보기 위해 우리나라 서해상을 중심으로(그림 2) 동서 방향의 고도별 O<sub>3</sub>, PM<sub>2.5</sub>의 농도장 분포를 분석하였다. 2009년 4월에 대한 고도 2 km ( $\sigma=0.75$ )까지 O<sub>3</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 경도별 연직 농도를 그림 3에 나타내었다. O<sub>3</sub>은 내륙에서보다 해양에서 농도가 더 높게 나타났는데 이는 내륙에서 NO<sub>x</sub>에 의한 titration 작용 때문인 것으로 판단된다. PM<sub>2.5</sub>는 중국 내륙에서 상층 1 km까지 고 농도 현상이 발생하여 PBL 내에서 한반도로 이동하여 영향을 준 것으로 보인다.

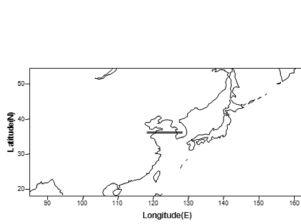


Fig. 2. The location map of cross-section.

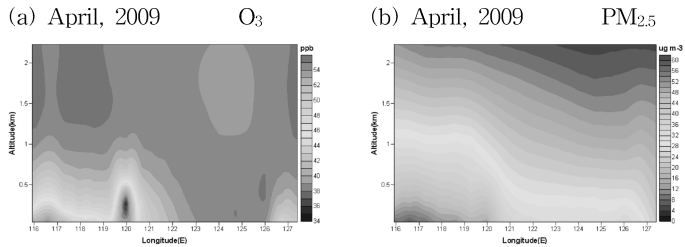


Fig. 3. Vertical distribution of simulated O<sub>3</sub> and PM<sub>2.5</sub> in April, 2009.

이러한 결과를 보다 자세히 분석하기 위해 고도 1 km에 대해 동북아 지역 배출량을 모두 고려한 경우와 한반도 배출량만을 제외한 경우의 농도를 비교하여 그림 4에 나타내었다. O<sub>3</sub>은 두 결과 사이에 거의 차이가 없었으며, PM<sub>2.5</sub>는 우리나라 내륙에 가까워지면서 약간의 농도 차이가 발생하는데 이러한 차이는 한반도 자체 배출원에 따른 영향이 매우 적다는 것을 나타낸다. 이는 한반도의 PM<sub>2.5</sub> 농도는 대부분 중국에서 장거리 이동되어 영향을 미친 것으로 사료된다.

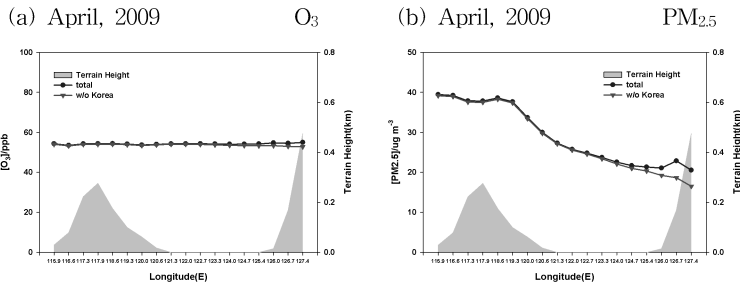


Fig. 4. Longitudinal distribution of simulated O<sub>3</sub> and PM<sub>2.5</sub> in April, 2009.

### 참고 문헌

국립환경과학원 (2008) 동북아대기오염 감시체계구축 및 환경보전협력사업(IX).

Uno, I., T. Ohara, S. Sugata, J. Kurokawa, N. Furuhashi, K. Yamaji, N. Tanimoto, K. Yumimoto, and M. Uematsu (2005) Development of RAMS/CMAQ Asian scale chemical transport modeling system. Journal of Japan Society for Atmospheric Environment, 40(4), 14-64.

Yamaji, K., T. Ohara, I. Uno, H. Yanimoto, J. Kurokawa, and H. Akimoto (2006) Analysis of the seasonal variation of ozone in the boundary layer in East Asia using Community Multi-scale Air Quality model: What controls surface ozone levels over Japan?. Atmospheric

Environment, 40, 1856-1868.

Zhang, Q., D.G. Streets, G.R. Carmichael, K. He, H. Huo, A. Kannari, Z. Kilmont, I.S. Park, S. Reddy, D. Chen, L. Duan, Y. Lei, L. Wang, and Z. Yao (2008) ASIAN EMISSIONS IN 2006 FOR THE NASA INTEX-B MISSION, Manuscript submitted to Atmospheric Chemistry and Physics Discussions.