

## PF3) 동북아 지역 대기오염물질의 장거리 이동에 대한 계절별 특성 분석

### Analysis of Seasonal Characteristics of Long-range Transboundary Air Pollutants in Northeast Asia

홍성철 · 문경정 · 이재범 · 송창근 · 김승연 · 김상균

국립환경과학원 지구환경연구소

#### 1. 서 론

환경문제는 지역적이거나 한 국가적인 문제를 떠나 이미 지구적인 수준으로 이슈화되었고 특히 국경을 초월하는 장거리 이동 대기오염문제는 국가간의 피해 분쟁을 야기시킬 수 있는 중요한 문제로 부각되고 있다. 동북아시아 지역은 그동안 급속한 산업 발달로 인해 대기오염물질 배출량이 증가하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 자국 내에서 발생하는 대기오염물질 규제뿐만 아니라, 장거리 이동하는 대기오염물질에 대한 규제를 위한 국가간 협력이 필요하다. 또한, 대기오염에 대한 국제적인 기여도와 장거리 이동에 의한 기여도의 정량적 평가가 요구되어지며, 장거리 이동 과정에 대한 이해를 필요로 한다.

본 연구에서는 동북아 주요 기상패턴을 도출하고 도출된 대표 기상장을 이용한 대기질 모형의 수치모의를 통해 동북아 지역의 대기오염물질의 장거리 이동 현상을 이해하고 한·중·일 3국간 기여도 도출에 목적을 두고 있다.

#### 2. 연구 방법

대기오염물질 모델링을 위해서 CADM(Comprehensive Acid Deposition Model: Park et al., 2005)과 YU-SADM(Yonsei Univ. Sulfuric Acid Deposition Model : Lee and Lee, 2004)이 사용되었다. 모델링 영역은 90(동서)×60(남북)×28(연직)개의 격자를 포함하며 수평격자의 크기는 60km이다. SO<sub>2</sub>와 NO<sub>x</sub>, VOC, NH<sub>3</sub> 배출량 자료는 LTP 전문가 회의에서 합의하에 3국에서 도출된 한·중·일의 배출량 자료를 사용하였고 CO 배출량 자료는 Carmichael 연구팀의 2000년 기준 배출량 자료를 사용하였다. 오존의 경우는 초기농도와 경계농도로 40ppb의 농도를 처방하였다. CADM과 YU-SADM의 기상장 도출을 위하여 CSU RAMS(Pielke et al., 1992) 중규모 기상모형이 이용되었다. 격자계는 Arakawa-C grid를 사용하였으며, 좌표계는 Polar stereographic 좌표계와 Sigma-z(terrain following) 좌표계를 사용하고 있다.

본 연구에서는 대표기상장 도출을 위하여 최근 5년(2002~2006) NCEP reanalysis data에 대하여 클러스터 통계기법을 이용하여 주요 기상패턴을 도출하였다. 기상장 자료 중 6개의 변수를 z-score로 표준화하여 군집분석을 수행하였으며, 그 결과 계절별 빈도가 높은 군집을 선택하여 5일씩 대표기상장을 도출하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 도출된 대표기상장을 이용하여 4개 사례를 대상으로 YU-SADM과 CADM을 수행하여 장거리이동 대기오염물질의 계절별 지표 및 상층에서의 농도장을 분석하였다. CADM을 수행한 결과 타 계절의 SO<sub>2</sub> 지표 농도에 비해 봄철의 농도가 3~5배 이상 높게 나타났다. 이는 중국에서 발생한 이동성 고·저기압을 따라 오염물질이 우리나라로 장거리 이동하는 사례를 잘 반영한 것이라 할 수 있다.

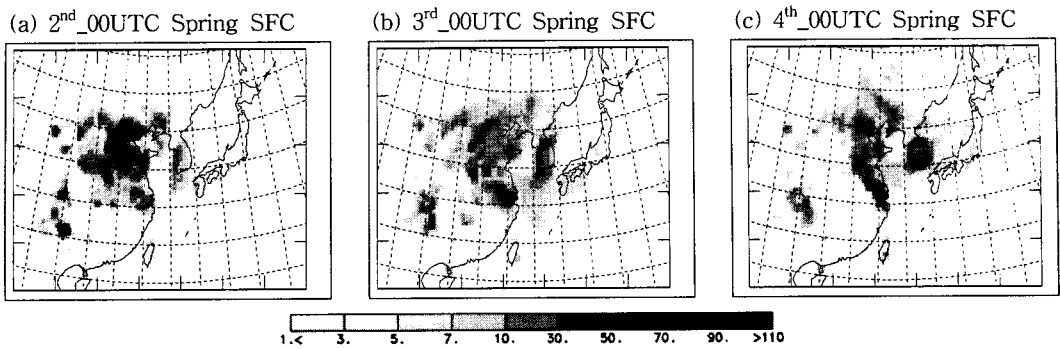


Fig. 1. Simulated SO<sub>2</sub> surface concentration in spring using CADM.

각 계절별 SO<sub>2</sub>에 대한 YU-SADM의 유·출입량 결과, 봄과 겨울철에 유·출입량이 많은 것으로 나타났다. 특히 겨울철은 풍속이 강한 북서기류에 의해 오염물질의 이동이 많았으며 이 때 유입량이 6,934 ton/day로 타 계절에 비해 3~11배 많았으며, 유출량은 10,168ton/day로 타 계절에 비해 2~3배 많은 경향을 보였다. 그림 2는 계절별 주요 패턴에 따른 IV권역(한국)의 배출원-수용지 관계를 나타낸 것이다. 건성침적의 경우 자체 기여율이 가장 크게 나타나고 있으며 여름철의 경우 중국의 중부와 남부(Ⅱ, Ⅲ권역)에서, 겨울철의 경우 중국 북부와 중부(Ⅰ, Ⅱ권역)의 영향을 받는 것을 알 수 있다. 즉, 이런 영향은 기압골의 배치와 풍향 및 풍속 그리고 강수에 의해서 계절별 대기오염물질의 장거리 이동에 각각 영향을 주는 것으로 나타났다.

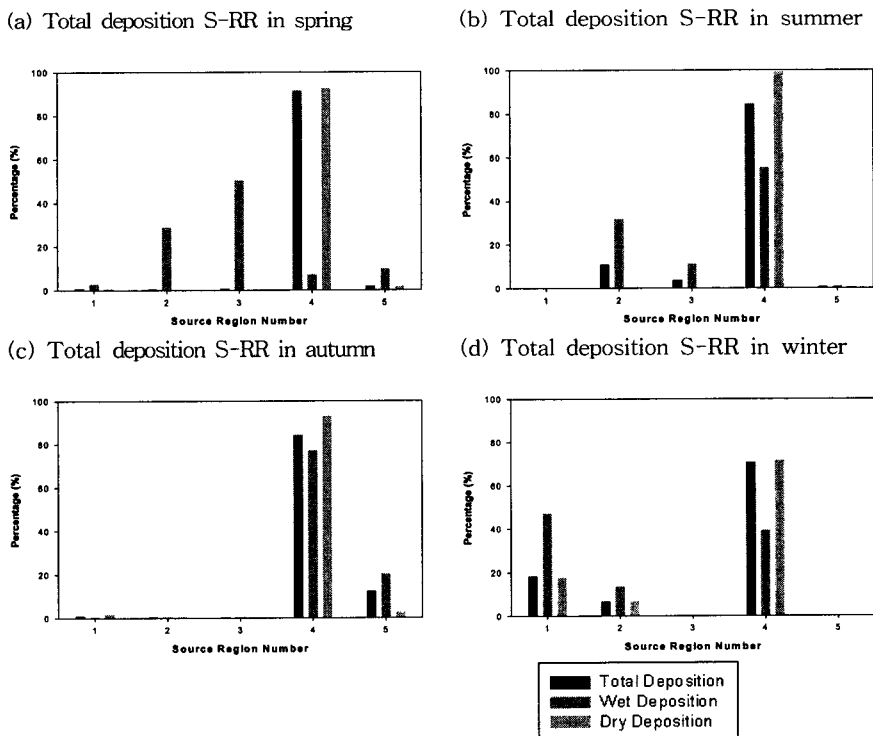


Fig. 2. Source-Receptor Relationship(S-RR) at region IV.

### 참 고 문 헌

- Chang, J.S., R.A. Brost, I.S.A. Isaksen, S. Madronich, P. Middleton, W.R. Stockwell, and C.J. Walcek (1987) A three-dimensional Eulerian acid deposition model: Physical concepts and formulation, *J. Geophys. Res.*, 92(D12), 14681-14700.
- Lee, J.B. and T.Y. Lee (2004) Impacts of Horizontal spatial resolution on the derivation of source-receptor relationship-An extratropical cyclone case, *Tellus*, 56B, 413-425.
- Park, I.S., W.J. Choi, T.Y. Lee, S.J. Han, and C.H. Kim (2005) Simulation of Long-range Transport Air Pollutants over Northeast Asia using a Comprehensive Acid Deposition Model. *Atmospheric Environment*, 39, 4075-4085.
- Pielke, R.A., W.R. Cotton, R.L. Walko, C.J. Tremback, M.E. Nicholls, M.D. Moran, D.A. Wesley, T.J. Lee and J.H. Copeland (1992) A comprehensive meteorological modeling system-RAMS, *Meteorol. Atmos. Phys.*, 49, 69-91.