

## 2C2) 2005년 항공기 관측 사례 기간의 배출원-수용지 관계 분석

### Source-Receptor Relationship during the Periods of Aircraft Measurement in 2005

김상균 · 이재벌 · 박일수 · 최원준 · 이용희 · 차준석 · 이동원 · 최진수 · 최철우 · 이미선  
 국립환경과학원 지구환경연구소

#### 1. 서 론

월경성 장거리 이동 대기오염문제는 한 국가만의 노력으로는 해결될 수 없는 문제로 국제적인 긴밀한 협력을 필요로 한다. 특히 동북아시아 지역은 산업 발달과 인구 증가로 인하여 대기오염물질의 배출량이 급속하게 증가하고 있다. 한·중·일 3국은 이 지역에 대한 월경성 장거리 대기오염 문제를 해결하고자 2000년부터 LTP(Long-range Transboundary Air Pollutants in Northeast Asia) 사업의 일환으로 공동 연구를 수행해 오고 있다. 중국의 풍하측에 위치한 한국과 일본은 자국의 대기질을 관리하기 위해서는 자국 내에서 발생하는 대기오염물질의 관리 뿐 아니라 중국으로부터 장거리 수송되는 대기오염물질의 이동 및 침적에 대한 정확하고도 정량적인 자료의 확보가 필수적이다. 이를 위해서 장기간의 모니터링과 모델링을 통하여 장거리 수송되는 대기오염물질의 이동 특성 및 유출·입량 등에 대한 자료를 축적해 나가야한다.

본 연구는 동북아시아 지역의 장거리 이동 대기오염물질의 이동 특성 파악과 중국으로부터 한반도 대기질에 미치는 영향을 평가하는데 목적을 두고 있다. 이를 위하여 2005년 항공관측 사례를 대상으로 대기오염물질 모델링을 수행하여 황(S)에 대한 한·중·일 3국의 상호영향(배출원-수용지 관계, 이하 S-R 관계)을 분석하였다.

#### 2. 연구 방법

본 연구는 2005년 국립환경과학원에서 수행된 항공기 관측 사례 기간(1차: 4월 15~21일, 2차: 10월 15일~23일)에 대해 모델링을 수행하였다.

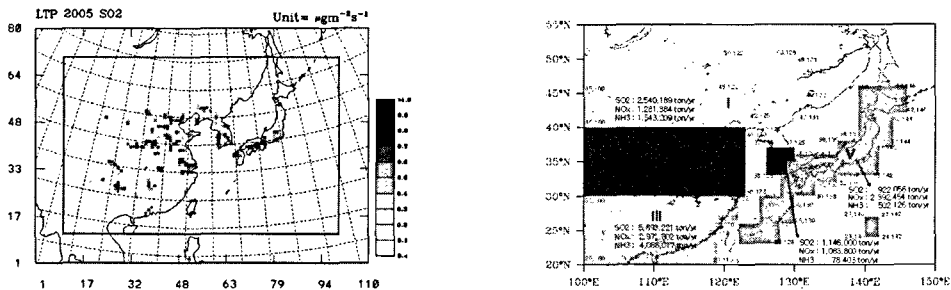


Fig. 1. SO<sub>2</sub> emission rate & modeling area(left) and total emission amounts of SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and NH<sub>3</sub> for each source-receptor region(right).

사용된 대기질 모형은 YU-SADM(Yonsei Univ. Simplified Acid Deposition Model, Lee and Lee, 2004)이며 입력되는 기상변수 도출을 위해 RAMS 4.4(Regional Atmospheric Modeling System, Pielke et al., 1992)를 이용하였다. 기상장 초기자료는 수평해상도  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ , 6시간 간격의 전지구 재분석 자료인 NCEP 083.2를 사용하였다. 모형의 수평격자 크기는 60km이며, 동서로 90, 남북으로 60, 연직으로 28개의 격자를 가진다. 배출량은 2004년 LTP(NIER, 2004) 사업에서 도출된 한·중·일 통합 배출량을 사용하였다(그림 1). S-R 관계 분석을 위하여 대상 지역을 5개(중국 3, 한국 1, 일본 1) 권역으로 구분하였다.

이는 중국 북부를 1권역, 중부 지역을 2권역, 남부지역을 3권역, 남한 지역을 4권역, 일본 열도를 5권역으로 나뉘었으며(그림 1), S-R 관계 도출식은 다음과 같다.

$$R_{ij} = \frac{H_{ij}}{\sum_{i=1}^n H_{ij}} \times 100 (\%)$$

$R_{ij}$ 는  $i$ 번 권역 배출원의  $j$ 번째 권역 수용원의 기여율,  $H_{ij}$ 는  $i$ 번 권역 배출원만 고려했을 경우  $j$ 번째 수용지 권역에서의 침적량을 의미한다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 1차 항공기 측정 기간의 YU-SADM의 결과와 항공기 관측 결과값의 비교를 나타낸 것이다. 모형 결과가 관측값에 비해 낮은 수준을 보였으나 농도 변화 추이를 나타내는  $r$ 값이 0.76으로 비교적 높은 상관관계를 보였다. S-R 관계를 살펴보면 남한 총침적량에 대한 중국의 기여율은 약 31%로 이중 중국 남부 지역에 의한 기여율이 17%인 것으로 분석되었다(그림 3). 습성 침적량의 경우 중국의 기여율은 약 86%로 습성 침적량의 대부분이 중국에서 기인한 것으로 나타났다(중부 12%, 남부 74%). 건성 침적 중국의 기여율이 약 17%(중부 14%)로 습성에 비해 작았으며 우리나라 자체 기여율이 82%이었다. 2차 항공기 측정 기간 동안은 남한 지역 총 침적량의 27%가 중국으로부터의 영향이었으며(그림 3), 습성 침적량의 93%, 건성 침적량의 19%가 중국의 영향인 것으로 분석되었다.

Comparison Aircraft Obs. Data and YUSADM Results April 2005 Case

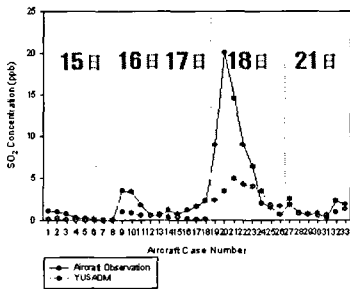


Fig. 2. Comparison YU-SADM results with aircraft observed results.

Total Deposition Source-Receptor Relationship in Region IV during Apr. 15 00KST 2005 to 22 00KST & Oct. 15 00KST to 24 00KST

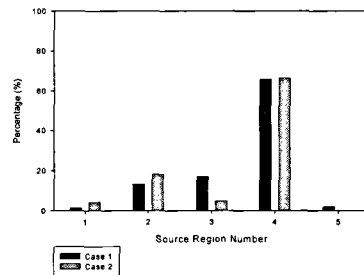


Fig. 3. Total deposition source-receptor relationship during case1 and case2 in region VI.

본 연구에서 수행된 S-R 관계 도출에서 중국에서 장거리 이동되는 황(S)은 대체적으로 습성침적의 형태로 우리나라에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이는 저기압 수렴에 의하여 상층으로 수송된 대기오염물질이 편서풍을 타고 우리나라 상공으로 이동한 후 강수에 의해 침적됨에 따른 것으로 보인다.

### 참고 문헌

국립환경과학원 (2005) 동북아 대기오염 감시체계 구축 및 환경보전협력사업(VI).  
 Lee, J.B., Lee T.Y. (2004) Impact of horizontal spatial resolution on the derivation of the source-receptor relationship-an extra-tropical cyclone case, *Tellus*, 56B, 413-425.  
 NIER (2004) The 7th Expert Meeting for the Long-range Transboundary Air Pollutants in Northeast Asia. Proceeding.  
 Pielke, R.A., Cotton W.R., Walko R.L., Tremback C.J., Nicholls M.E., Moran M.D., Wesley D.A., Lee T.J., and Copeland J.H. (1992) A comprehensive meteorological modeling system - RAMS. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 49, 69-91.