

AB9) 태안에서의 대기오염물질의 장거리 이동과 에어로졸 입자의 특성에 관한 연구

Chemical Properties and Long-Range Transport Characteristics of PM_{2.5} Particles at Taean

홍천상 · 김영준 · 前田高尚¹⁾

광주과학기술원 환경공학과, ¹⁾일본 통상성 공업기술원 자원환경기술종합연구소

1. 서 론

중국대륙에서부터 유입되는 대기오염물질은 우리나라에서 수백킬로미터가 떨어져 있음에도 불구하고, 적게는 우리나라 서해안 일대에서부터 멀리는 일본에까지 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 특히 대기 중 입자상 이온성 물질 중 질산염과 황산염의 경우 대부분이 인간 활동의 결과로 유입되는 NO_x(NO+NO₂)와 대기중의 SO₂가 대기 중에서 화학적 반응에 의해 형성된 2차 오염물질이다. 자동차, 공장의 가동 등으로 인하여 발생하는 이들 오염물질들은 국지적으로 기상조건에 따라 이동되고 있는 것으로 알려져 있고, 각 지역에서 측정을 비롯한 많은 연구가 이루어지고 있다. 동아시아에서의 대기오염 물질은 발생원으로부터 해양을 거쳐 이동하는 과정에서 일부는 해양입자와 함께 변화하여 그 농도가 발생원 근처의 국소적인 규모보다는 대륙적인 규모의 영향을 미치는 특징을 가지리라 생각된다. 따라서, 본 연구에서는 중국의 천진항과 북경시와 접해 있는 태안반도 환경부 배경대기 관측소에서 장거리 이동되는 이온성분의 농도변화와 총량을 관측하고, 이들 자료를 바탕으로 대기오염물질의 운송된 경로를 대륙적인 규모에서의 확인하기 위하여 동아시아지역을 대상으로 NCEP/NCAR Reanalysis Data를 이용하여 PSU/NCAR Mesoscale Model 5에 적용하도록 함을 목적으로 한다.

2. 연구 방법

태안반도에 위치한 환경부 배경대기 관측소에서 1998년 2월과 3월에 6일 간격으로 관측을 실시하였다. 측정시에는 URG Sampler를 이용하여 수용성 입자성분 중 양이온(Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺)과 음이온(SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻)을 Teflon Filter(Gelman, P5PJ047)에 PM_{2.5} 입자상 물질을 포집하였다. 그리고, 이들 수용성 이온성분 물질을 분석하기 위하여 IC(Ion Chromatography)를 이용하였다. 모델의 계산에는 오일러형 운송모델을 사용하였다. 계산의 대상지역은 Figure 1에 나타난 것과 같이 동아시아지역 중에 유황산화물의 배출량이 많은 지역을 대부분 포함하여 경위도 1도 간격으로 나누었다. 연직방향으로는 $\rho = p/p_s$ (p 는 고도의 기압, p_s 는 지표면 기압)으로 정의되는 시그마 좌표계를 적용하였다. 동아시아 지역을 대상으로 유로선 해석의 결과에 의하면 대륙의 대부분 도시지역으로부터 배출되는 기괴는 이류에 의하여 운송되는 경로의 연직위치는 지표로부터 $p=600\text{hPa}$ 부근에 분포되고 있다. 이 결과를 바탕으로 $\rho=0.6$ 으로하여 Table 1에 나타난 것과 같이 10층으로 나누었다.

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -u \frac{\partial C_i}{\partial x} - v \frac{\partial C_i}{\partial y} + \frac{1}{a^2 \cos^2 \varphi} \frac{\partial}{\partial \lambda} \left(K_x \frac{\partial C_i}{\partial \lambda} \right) + \frac{1}{a^2 \cos \varphi} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(K_y \cos \varphi \frac{\partial C_i}{\partial \varphi} \right) + \frac{g}{p_s} \cdot \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(K_z \frac{\partial C_i}{\partial \sigma} \right) + R_i - D_i + E_i$$

풍속, 강수강도는 PSU/NCAR Mesoscale Model 5 version 2에 NCAR/Reanalysis Data를 적용하여 계산하였다. 유황산화물의 배출량분포는 GEIA(Global Emissions Inventory Activity)의 전구Data 중 동아시아 부분을 이용하였다. 중국에 있어서의 석탄소모량은 중국통계연감의 자료를 이용하였고, 화산의 배출량은 GEIA의 "A Time-Averaged Inventory of Subaerial Volcanic Sulfur Emission"에 의한 각 화산으로부터 연속적으로 배출되는 이산화유황양의 Data를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

태안반도의 환경부 배경대기 관측소에서 1998년 2월과 3월의 관측기간 중 PM_{2.5}의 무게농도의 평균값은 $28.5 \pm 3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고, 입자성분의 상관관계에 있어서 NH_4^+ 와 SO_4^{2-} 는 0.951, NH_4^+ 와 NO_3^- 는 0.734이었다. 이들 결과로 미루어 관측기간 중 발생한 NH_4^+ 는 국소적인 NH_3 의 환원과정보다는 장기간 장거리 이동 후의 물질이라고 유추할 수 있으며, NH_4^+ 와 Cl^- 의 상관관계가 0.854로, 이것은 바다의 거칠기와 해풍의 영향으로 인한 것으로 생각된다. 또한 NH_4^+ 와 SO_4^{2-} 의 상관관계가 0.951임을 볼 때 일반적인 화학적 성상은 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 로 생각할 수 있다. 그러나, $\text{nss-SO}_4^{2-}/\text{SO}_4^{2-}$ 의 비는 96.3%로 나타났다. 관측 기간인 1998년 3월을 대상으로 한 모델링 결과를 Figure 2에 나타내었다. 모델링 결과와 현장 관측 결과를 비교해 보면 지표 부근의 SO_2 와 SO_4^{2-} 의 농도를 비교해 보면 유사한 경향을 나타내었다. 차후 이들 결과를 바탕으로 1998년과 1999년을 계산 대상 기간으로 하여 동일한 모델에 적용할 예정이며, Hybrid Single-Particle Lagrangian Trajectory(Hysplit) Model에을 사용한 결과와도 비교 검토할 예정이다.

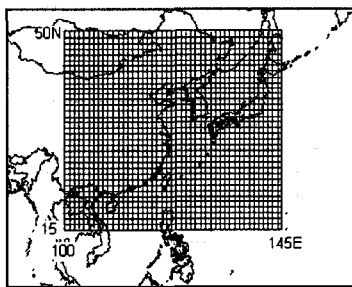


Figure 1. 계산의 대상지역

Layer	σ-topping boundary	Pressure level at the σ(10)hPa	Altitude (m above sea surface)
10	0.600	608	4104
9	0.680	698	3138
8	0.750	760	2364
7	0.810	821	1745
6	0.860	871	1256
5	0.900	912	861
4	0.930	942	609
3	0.955	967	387
2	0.975	988	213
1	0.990	1003	85

Table 1. 연직 구분 분포

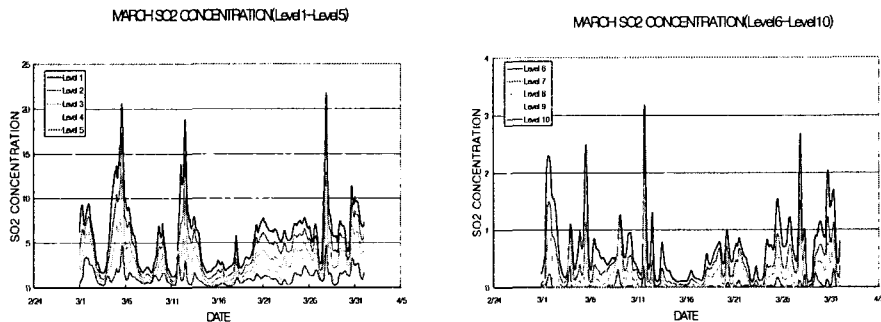


Figure 2. 모델링 결과

감사

본 연구는 광주과학기술원 환경모니터링 신기술 연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 및 2000년도 두뇌한국21 사업에 의하여 지원되었습니다.

참고 문헌

- K.J.Moon et al. 1998, Study on the Long-Range Transport of Air Pollutants in Northeastern Asia(3), National Institute of Environmental Research Report.
- T.Maeda, S.Taguchi, M.Hayashi, 1994, Advection of Virtual Air Parcels in East Asia, Resources and Environment 3, 297-311.