

PF5) 전구 대기화학수송모형에서 입자상 물질의 입자 크기별 건식 침적 속도 모수화 연구

김은연 · 오성남 · 방소영 · 이명주

웅용기상연구소 (국가지정), 기상청, 기상연구소,

서울시 동작구 신대방동 460-18, eynhokim@metri.re.kr

1. 서 론

대기 중 입자상 물질의 건식 침적 속도는 그 과정의 복잡성으로 인해 모형을 이용한 연구 시 종종 일정한 값으로 간주되어 왔다. 그러나 입자상 물질의 전체 침적 속(flux)에서 건식 침적 속(flux)이 차지하는 부분은 무시할 수 없는 양이며, 따라서 입자상 물질의 기후 및 환경에 대한 영향을 평가하기 위해서는 이 과정의 정량적인 추정이 필요하다.

본 연구는 프랑스 기상청(Meteo-France)의 대기화학수송모형(CTM)인 MOCAGE에 에어로졸 모듈을 개발하는 일환으로 지표 특성 및 지표 가까이의 미기상학적 조건 등을 고려하여 입자 크기 별 입자상 물질의 건식 침적 속도를 모수화 하였다.

2. 연구 방법

이 연구의 주요 골격은 Slinn and Slinn's (1980) 방식을 채택하였다. 즉, 일정 기준 고도 이하의 대기를 두층으로 생각하여 위층에서는 입자의 수송이 난류(亂流)현상에 의해 이루어진다고 가정하는 반면 아래층에서는 브라운운동에 의한 확산현상과 관성에 의한 충돌현상이 입자의 수송을 지배한다고 가정하였다. 여기에 중력에 의한 입자의 침강 작용이 이 두층에 걸쳐 작용한다고 가정하였다. 이 연구에서는 중력에 의한 입자의 침강 속도는 Stokes법칙에 의해 계산하였으며 대기 밀도 감소 시 발생할 수 있는 유체의 비연속효과를 고려하였다. 또한 난류 현상에 의한 입자의 수송은 대기의 안정도, 지표의 거칠기 및 풍속 등을 고려하여 추정하였으며, 입자의 확산 현상과 충돌 현상은 각각 Schmidt number 및 Stokes number에 의거하여 모수화 하였다 (Louis, 1979). 격자의 지표 거칠기 길이는 지표 피복상태 및 격자 내 지표의 굴곡상태를 고려하여 계산하였다 (Giard and Bazile, 2000).

이 모형의 공간적인 해상도는 전구에 걸쳐 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 이며, 침적 속도 계산에 필요한 기상장과 지표 특성 등은 Meteo-France의 기상수치예보모형, ARPEGE가 생산한 자료를 사용하였으며, 매3시간 마다 업데이트하였다. 입자들은 모두 구형으로 간주하였으며 습기의 흡수에 따른 입자 크기 증가는 고려하지 않았다.

3. 결과 및 고찰

그림1은 본 모형에서 계산한 밀도가 1000 kg/m^3 인 입자들의 입자 크기별 및 지표 특성별 2000년 연간 전구 평균 건식 침적 속도이다. 이 결과는 다른 모사 연구 결과와 매우 근접하며, 비슷한 기상 및 환경 하에서 측정된 측정치와도 비교할만하다 (Duan et al., 1988 Allen et al., 1991Ruijgrok et al., 1995, Ruijgrok et al., 1997). 이 그림에서 보는 바와 같이 $0.01\mu\text{m}$, $0.1\mu\text{m}$, $1\mu\text{m}$ 입자들의 건식 침적 속도는 각각 10^{-1} cm/s , 10^{-2} cm/s , 및 1cm/s 수준으로, 건식 침적 속도가 입자 크기에 의해 크게 좌우되는 것을 알 수 있으며, 지표면이 해양 표면에 비해 모든 입자 크기 범위에서 입자들의 포획에 효율적인 것을 알 수 있다. 또한 지리적으로는 중위도 지방이 적도 지방이나 극지방에 비해 입자들의 건식 침적 속도가 큰 것으로 나타났으며, 시간적으로는, 현지 시간으로 12-15시에 일중 최고치를 보였으며, 해양에서는 육지에 비해 이러한 일일변화가 매우 작은 것으로 나타났다.

따라서, 본 저자들은 모형을 이용한 연구 시 적어도 육지/해양 간, 더 나아가서는 위도별로 차등화 된 건식 침적 속도를 적용할 것을 제안한다.

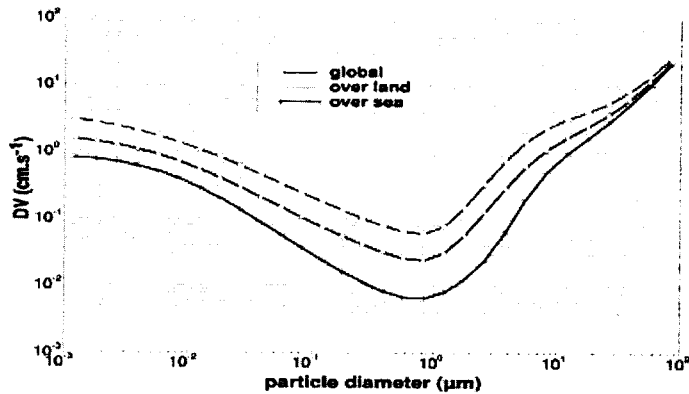


Fig. 1. 2000 annual mean particle deposition velocities by particle size and by surface type for particle density of $1000\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

사 사

이 연구는 과학기술부의 국가지장연구실 사업의 하나인 “한반도 기후변화 감시 기술개발” 연구과제의 일부 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- Allen A. G., R. M. Harrison and K. W. Nicholson (1991) Dry deposition of fine aerosol to a short grass surface. *Atmospheric Environment* 25A, 2671-2676.
- Duan B., C. W. Fairall and D. W. Thomson (1988) Eddy correlation measurements of the dry deposition of particles in wintertime. *J. Applied Meteorology* 27, 642-652
- Giard D. et E. Bazile (2000) Implementation of a new assimilation scheme for soil and surface variables in a global NWP model. *Mon. Weather Rev.*, 128, 997-1015.
- Louis J. F. (1979) A parametric model of vertical eddy fluxes in the atmosphere. *Bound. Layer Meteor.*, 17, 182-202.
- Ruijgrok W., C. I. Davidson, and K. W. Nicholson (1995) Dry deposition of particles. *Tellus* 47B, 587-601.
- Ruijgrok W., H. Tieben and P. Eisinga (1997) The dry deposition of particles to a forest canopy: A comparison of model and experimental results. *Atmospheric Environment* 31, 399-415.
- Slinn S. A. et W. G. N.Slinn (1980) Predictions for particle deposition on natural waters. *Atmospheric Environment*, 14, 1013-1016.