

CA8) Particle에 대한 건성침적속도 수치모의 Numerical Simulation for Dry Deposition Velocity of Particles

이화운 · 문난경 · 반수진
 부산대학교 대기과학과

1. 서론

대기 중의 오염물질들은 지표면 환경과 식생, 농작물, 수면 등의 침적 대상 표면 그리고 생물 활동에 직접적인 피해를 줄 수 있고 토양오염과 수질오염원이 되는 오염물질 유입을 고려해야 하는 환경 문제에 있어서 오염물질 농도 예측에 아주 중요한 역할을 한다. 입자상 물질의 건성침적은 습성 침적과 더불어 중금속이나 SO_4^{2-} , NO_3^- 및 NH_4^+ 와 같은 화합물을 생태계로 전달하여 생태계를 산성화시키거나 부영양화시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있음에도 불구하고, 이러한 입자상 물질에 대한 건성 침적은 관측 결과들이 submicron particle들에 대한 침적 속도가 아주 작음을 보여주고 또한 particle들의 침적 과정의 복잡성 때문에 가스상 물질에 대한 건성침적보다 관심을 덜 받고 있다.

그러나 이러한 particle들은 대기 오염 물질 장거리 수송등의 대기 오염 현상을 다루는데 있어서 상당히 중요하다. 그러므로 이러한 particle들의 제거과정의 일부인 침적과정을 살펴보는 것은 중요한 의미를 가진다.

따라서 본 연구에서는 여름철 맑은 날을 대상으로 particle 종류별 그리고 지표 특성별에 대한 건성 침적 속도 등 particle 건성 침적에 대한 전반적인 특징을 수치 모의하였다.

2. 연구 방법

particle들에 대한 침적 속도를 계산하는 모델에는 일반적으로 브라운 확산, 충돌, 차단과 같은 제거 과정에 기초하여 particle 크기의 함수로 계산하는 Process Oriented Model과 가스상 물질에 대한 건성 침적과 유사하게 간단한 저항 scheme으로 계산하는 Bulk Resistance Model이 있다. 이러한 모델링의 목적이 산성 에어로졸들에 대한 중요 제거과정을 살펴보기 위한 것이기 때문에 후자인 Process Oriented Model을 사용하였다. 본 연구에서는 Slinn(1982)의 연구에 기초한 다음과 같은 모수화식을 사용하였다.

$$V_d = V_g + \frac{1}{(R_a + R_s)}$$

$$R_a = \frac{\ln(z_R/z_o) - \Psi_H}{\kappa u_*}$$

$$R_s = \frac{1}{\epsilon_o u_* (E_B + E_{IM} + E_{IN}) R_1}$$

여기에서 E_B , E_{IM} , E_{IN} 는 각각 브라운 확산, 충돌 및 차단에 의한 collection efficiency이며 R_1 은 큰 입자들이 지표에 부딪힌후 rebound되는 것을 나타내기 위한 보정 factor이고, ϵ_o 는 경험상수이다.

$$E_B = S_c^{-1}$$

$$E_{IM} = \left(\frac{St}{\alpha + St} \right)^\beta$$

$$E_{IN} = \frac{1}{2} \left(\frac{d_p}{A} \right)^2$$

$$R_1 = \exp(-St^{\frac{1}{2}})$$

여기서 $S_c (= \nu/D)$ 는 Schmidt 수, $St (= \frac{v_g u_*^2}{\nu})$ 는 Stokes 수, A 는 characteristic 반경이다. 그리고

α , β , γ 는 경험상수이며, β 와 γ 는 지표 특성에 따라 달라지는 값이다.

이러한 모수화 식을 이용하여 particle의 크기와 종류 그리고 지표 형태에 따른 침적 속도를 수치모의하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 산정한 각 물질별 침적 속도 일변화를 수치모의한 결과, 그림 1에서 알 수 있듯이 SO₄에 대해서는 대략 0.0136~0.0425cm/sec를 Ca에 대해서는 대략 4.0061~4.0276cm/sec의 침적속도값을 가졌다. 여기서 입자의 직경이 클수록 침적속도도 커짐을 알 수 있었다. 그리고 particle 종류 SO₄에 대해서, 지표 형태에 따른 침적 속도를 살펴본 결과 잎이 무성한 활엽수림(LUC2)에 대해서는 0.126~0.236cm/s, 농작물(LUC7)에 대해서는 0.077~0.143cm/s의 값을 그리고 늪지(LUC11)에 대해서는 0.06~0.112cm/s의 값을 가짐을 알 수 있었다(그림 2). 지표 특성별에 따른 particle 침적 속도는 가스상 물질에서처럼 그렇게 큰 영향을 받지 않음을 알 수 있었고 particle들에 대한 침적 속도는 지표 영향등의 다른 요소보다는 그 자체의 크기에 큰 영향을 받음을 알 수 있었다.

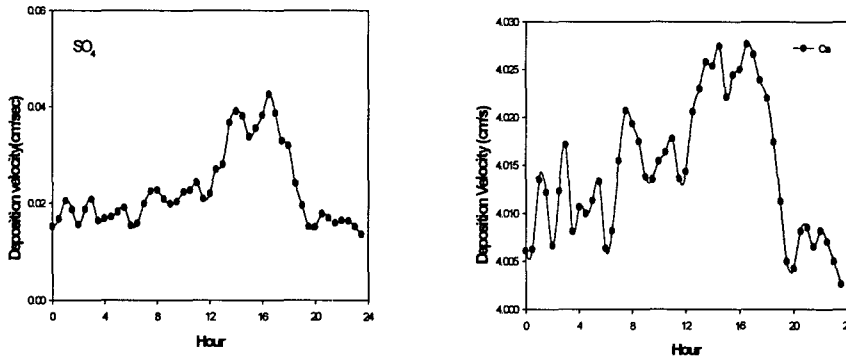


Fig. 1. Diurnal variations of the dry deposition velocity of SO₄ and dust over deciduous forest.

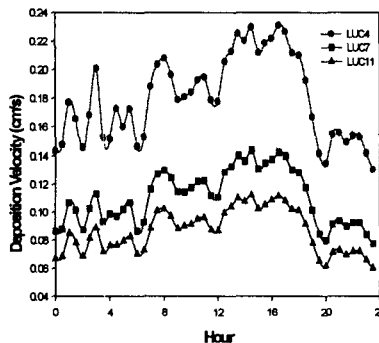


Fig. 2. Diurnal variations of the dry deposition velocity depending on the Land Use Categories.

이러한 침적 속도를 사용하여 침적 플럭스를 산정할 수 있으며 이에 따라 식생이나 농작물, 수면등에 대한 대기오염물질의 피해를 예측하는 것이 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Jan Willem Erisman, Greert Draaijers, Jan Duyzer, Peter Hofschreuder, Niek Van Leeuwen, Ferdinadn Romer, Walter Ruijgrok and Paul Wyers, (1997) The aerosol project : Introduction and some background information, *Atmos. Environ.*, 31(3), 315-317
- J. D. Watterson and K. W. Nicholson (1996) Dry deposition and interception of 4-22 μ m diameter particles to a lettuce crop, *J. Aerosol Sci.* 27(5), 759-767
- Leeuwen, Ferdinadn Romer, Walter Ruijgrok and Paul Wyers and Martin Gallagher (1997) Particle deposition to forests - summary of results and application, *Atmos. Environ.*, 31(3), 321-332
- Leiming Zhang, Sunling Gong, Jacob Padro and Len Barrie (2000) A size-segregated particle dry deposition scheme for an atmospheric aerosol module, in contribution
- M. A. AL-RAJHI, S. M. AL-SHAYEB, M. R. D. Seaward and H. G. M. Edwards (1996) Particle size effect for metal pollution analysis of atmospherically deposited dust, *Atmos. Environ.*, 30(1), 145-153
- Walter Ruijgrok, Hans Tieben and Peter Eisinga (1997) The dry deposition of particles to a forest canopy : A comparison of model and experimental results, *Atmos. Environ.*, 31(3), 399-415
- Walter Ruijgrok, Cliff I. Davidson and Ken W. Nicholsonm (1995) Dry deposition of particles, *Tellus*, 47B, 587-601
- W. G. N. Slinn (1982) Predictions for particle deposition to vegetation canopies, *Atmos. Environ.*, 16(7), 1785-1794.