

기상조건에 따른 대기오염물질의 침적량 추정에 관한 연구
- 건성 침적 모델 검토 -

A Study on the Estimation of the Atmospheric
Deposition Flux according to Weather Conditions ;
Part I. Review of the Dry Deposition Model

박종길, 정지영

인제대학교 환경학과

I. 서론

최근 급속한 산업화로 인하여 대기중에 방출된 오염물은 바람에 의해 이류·확산되기 때문에, 대기 오염물질 농도의 예측에는 이류확산식이 중심이 되며, 이는 오염물질이 지표면에서 완전히 반사된다는 가정을 기초로 두는 경우가 대부분이다. 그러나 대기오염물질에 의한 농작물의 피해 및 토양오염, 수질 오염원이 되는 대기로 부터의 오염물질 유입을 고려해야 하는 환경문제의 해석에 있어서는 지표면 또는 수표면에서의 침적에 관한 문제는 대단히 중요한 의미를 갖는다(Lee et al., 1989). 대기중의 가스상 물질들이 난류수송에 의해 지표로 침적되는 과정은 대기중에서 주요한 세정효과로 작용하며, 지표로 대기 중 화학물질을 수송하는 역할을 하고 있다(Wesely, 1989). 그러므로 침적과정은 대기중 오염물질의 체류 시간 및 수송거리를 제한하고 대기중의 오염물농도를 조절하게 되므로, 이에 대한 정확한 이해는 인위적인 오염물질에 의한 환경문제를 추정하는데 있어 필수적이라 할 수 있다(Park, 1995).

본 연구에서는 먼저 주요 건성침적모델인 NCAR Eulerian Regional Acid Deposition Model과 Sehmel(1980)과 Hicks(1982)가 제안한 건성침적의 모수화기작 및 Wesely(1989)가 제안한 변수화를 포함 시킨 CALGRID model을 비교·검토하고, 여름의 맑은 날을 대상으로 해서 기상조건 및 각 변수를 변화 시켜 SO₂와 O₃의 건성침적속도를 계산·비교하고, 이에 O₃농도를 이용하여 각 모델에 따른 침적량을 추정하고자 한다.

II. 건성 침적 모델

1. NCAR Eulerian Regional Acid Deposition Model

침적속도에 관한 관계식을 얻기 위해, turbulent layer와 laminar layer의 두 층으로 나누고 오염물의 플럭스가 층을 통해서 일정하다는 것과 trace gas에 대한 eddy 확산계수가 난류층을 통한 확산계수와 같다는 가정에 의해, Fick의 확산방정식을 이용해 풀이하면 아래와 같다.

$$F = \frac{C}{\left[\frac{\ln(Z/Z_0) - \psi_h}{ku_*} \right] + \left[\frac{\ln(Z_0/Z_\delta) + Z_\delta}{ku_*} + \frac{Z_\delta}{D_s} \right] + R_s}$$

여기서, ψ_h 는 L의 함수인 안정도 보정항이고, Z_δ 는 laminar층의 thickness, C_s 는 laminar층 top에서의 농도, k는 von Karman constant(약 0.4), Z_0 는 roughness length인데, 분모의 첫째항은 공기역학적 저항(R_a), 둘째항은 점성층저항(R_b), 셋째항은 지표층저항(R_s)을 나타낸다.

점성층저항은 다음의 근사로 계산한다(Pleim et al., 1984; Wesely and Hicks, 1977).

$$R_b = \frac{2}{k \cdot u_*} \left(\frac{\chi}{D_s} \right)^{2/3}$$

지표층저항은 5개의 land-use type에 대해 SO₂와 O₃의 지표층 저항값과 roughness length값을 나타낸 표를 이용했다.

2. CALGRID model

Yamartino et al.(1989)이 제시한 CALGRID model의 기본방정식은 다음과 같다. 침적속도는 다음 각 층에서의 저항값의 역수의 합과 같으므로,

$$V_d = (r_a + r_d + r_c)^{-1}$$

로 표현할 수 있다.

Atmospheric resistance(r_a)는 다음식을 사용했다(Wesely and Hicks, 1977).

$$r_a = \frac{1}{k \cdot u_*} \left[\ln\left(\frac{Z_s}{Z_0}\right) - \psi_c \right]$$

여기서, Z_s 는 지표위의 임의의 고도(m), Z_0 는 roughness length, k 는 von Karman constant(약 0.4), u_* 는 마찰속도를 나타낸다. 그리고 ψ_c 는 안정도 보정항을 나타낸다.

Deposition layer resistance(r_d)는 Schmidt number(S_c)의 함수로 나타낼 수 있다.

$$r_d = d_1 \cdot \frac{S_c^{d_2}}{k \cdot u_*}$$

여기서, d_1 , d_2 는 경험상수로서 각각 5와 0.66을 사용했다.

Canopy resistance(r_c)는 다음과 같이 표현된다(Wesely, 1989).

$$r_c = \left[\frac{LAI}{r_f} + \frac{LAI}{r_{cut}} + \frac{1}{r_g} \right]^{-1}$$

여기서, LAI는 leaf area index, r_f 는 internal foliage resistance, r_{cut} 는 cuticle resistance, r_g 는 ground surface resistance를 나타낸다.

III. 결과 및 고찰

침적속도는 두 모델 모두 지표면의 거칠기 길이와 마찰속도가 클수록 크게 나타났으며, 대기안정도와 같은 기상조건에 민감하였고, O_3 의 경우가 SO_2 의 경우보다 크게 나타났다. 또한 침적속도는 CALGRID model이 NCAR model보다 대체로 크게 나타났으며, land-use type과 고도에 따라 NCAR model의 경우 구별이 뚜렷하였으나, CALGRID model은 차이를 찾아 볼 수 없었다(Figs. 1~2).

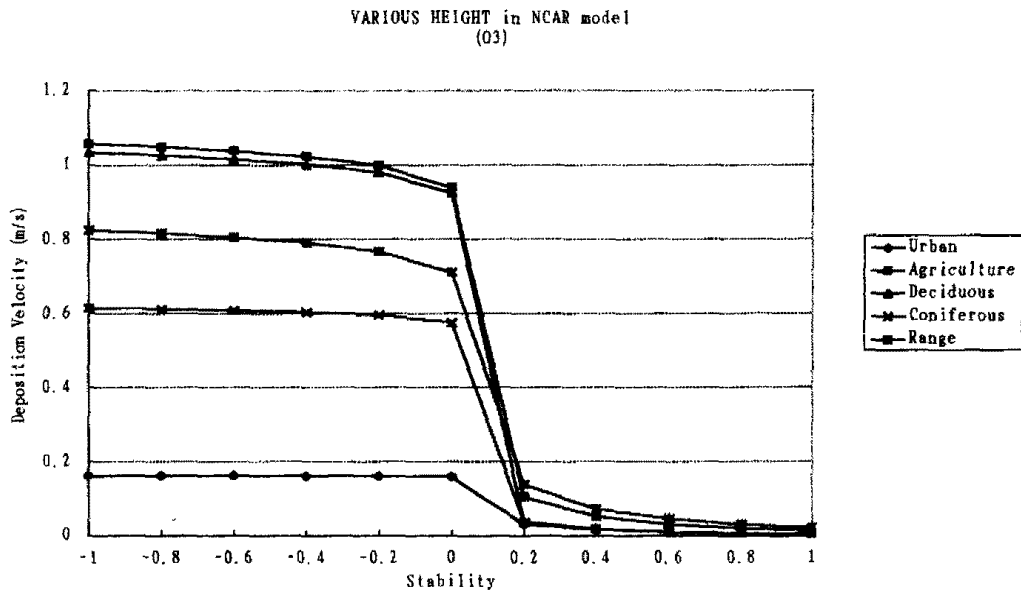


Figure 1. The comparison of deposition velocity of O_3 over 5 land-use types with height in NCAR model.

VARIOUS HEIGHT in CALGRID model
(O₃)

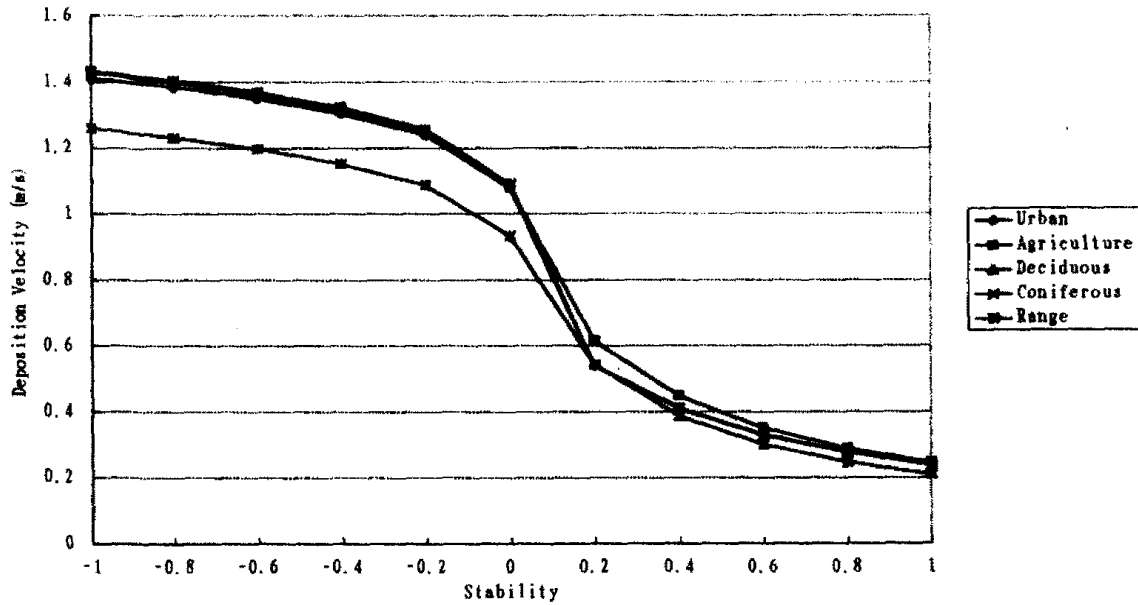


Figure 2. The comparison of deposition velocity of O₃ over 5 land-use types with height in CALGRID model.

참고문헌

Lee, H. W., J. K. Park, E. S. Jang and N. K. Moon, 1994, A Simulation for Dry Deposition Velocity of Air Pollutants over Various Surfaces, J. of Korean Environmental Sciences Society, 3(4), 367-371

The NCAR Eulerian Regional Acid Deposition Model, 1985, NCAR/TN, -256 +STR NCAR TECH -NICAL NOTE

Park, S. U., 1995, The effect of dry deposition on the ground-level concentration, J. of Korean Meteor. Soc., Vol. 31, No. 2. 97~115