한국대기환경학회 2004 추계학술대회 논문집
Proceeding of the 38th Meeting of KOSAE(2004)
Korean Society for Atmospheric Environment

PE15) 확산과 관성충돌에 의한 다분산 에어로졸의 습식 세정

Wet Scrubbing of Polydisperse Aerosols by Diffusion and Inertial Impaction

박 성 훈 · 이 규 원
광주과학기술원 환경공학과

1. 서 론

습식 세정은 대기중 입자상 오염물질이 단시간 내에 제거되는 대표적인 메커니즘이다. 또한 수용성 기체상 오염물질을 함께 제거할 수 있기 때문에 산업적인 대기오염 제어기술로도 널리 사용되고 있다. 본 연구에서는 브라운 확산과 관성충돌이 영향을 미치는 입자 크기 범위에서의 다분산 에어로졸의 습식 세정으로 인한 크기분포 변화에 대한 해석해를 구하였다.

2. 연구 방법

물방울과 미세입자간의 충돌 효율로는 Jung and Lee (1998)와 Kim et al. (2001)의 연구결과를 사용하였으며, 0.05 μm ≤ d_p ≤ 5 μm 범위의 입자들을 대상으로 하였다. 미세입자의 크기분포는 대수정규분포로 나타낼 수 있다고 가정하였다. 크기가 작은 입자들에 있어서는 브라운 확산이 주요한 제거 메커니즘으로 작용하며, 이 경우 입자크기분포의 변화는 Jung et al. (2002)에 의해 유도된 바 있다. 크기가 큰 입자들에 있어서는 관성충돌이 중요한 제거 메커니즘으로 작용하며, 약 0.3 μm 정도 크기의 입자들은 브라운 확산과 관성충돌의 영향이 모두 약하여 입자제거율이 가장 낮은 것으로 나타났다. 본 연구에서는 관성충돌 영역과 중간 크기 영역에 대한 해석해를 구하였다.

3. 결과 및 고찰

표 1은 본 연구에서 유도한 해석해를 정리한 것이다. 여기서 N, d_g, σ_g는 각각 입자 개수 농도, 기하평균 입자직경, 입자직경의 기하표준편차를 의미하며, t는 시간, ρ_p는 입자 밀도, μ는 공기의 점도, D_d는 물방울의 직경, c_1과 c_2는 물방울의 낙하 속도 계산을 위한 계수이다 ($u = c_1 D_d^{c_2}$).

확산 영역이나 관성충돌 영역에서는 유도된 해석해들이 입자크기분포의 변화를 잘 예측하는 것으로 나타났다. 그림 1은 중간 크기 영역에서 구해진 해석해를 엄밀해와 비교한 결과를 보여주고 있다. 구해진 해석해에 의해 입자의 평균 크기(그림 1c)나 크기분포의 너비(그림 1b)는 비교적 잘 예측되고 있으나, 입자 제거율은 과소평가되고 있음을 볼 수 있다 (그림 1a). 이는 확산 영역과 관성충돌 영역의 해를 결합하여 중간 크기 영역의 해석해를 도출하는 과정에서 사용된 추가적인 가정이 불러일으키는 오차이다. 또한 그림 1a로부터 단분산을 가정하여 구한 입자 제거율도 다분산도의 무시로 인하여 입자 제거를 과소평가함을 알 수 있다. 반면 표 1에 나타나 있는 다분산도를 고려한 해가 엄밀해와 가장 비슷한 예측을 보여주고 있다. 따라서 중간 크기 영역에서는 본 연구에서 구한 d_g, σ_g에 대한 해와 함께 다분산 모델로 구한 N의 해를 사용하는 것을 권장한다.

참 고 문 헌

Jung, C.H. and K.W. Lee (1998) Filtration of Fine Particles by Multiple Liquid Droplets and Gas Bubble Systems, Aerosol Sci. Technol. 29:389-401.

Jung, C.H., Y.P. Kim and K.W. Lee (2002) Analytical Solution for Polydispersed Aerosol Dynamics by a Wet Removal Process, J. Aerosol Sci. 33:753-767.

Kim, H.T., C.H. Jung, S.N. Oh and K.W. Kim (2001) Particle Removal Efficiency of Gravitational

Wet Scrubber Considering Diffusion, Interception, and Impaction, Environ. Eng. Sci 18:125-136.

Table 1. Analytical solutions for wet scrubbing of polydisperse aerosols in different size regimes.

Impaction-dominant Regime	Intermediate Size Range
$\frac{N}{N_0} = exp\left\{\frac{1-\sqrt{2\xi d_{g0}^{18/5} y_0 (y_0^2-1)t+1}}{y_0^2-1}\right\}$	$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{N}{N_0}\right)_{diff} \cdot \left(\frac{N}{N_0}\right)_{imp}$
$\frac{y^2-1}{y_0^2-1} = \{2\xi d_{g0}^{18/5} y_0 (y_0^2-1)t+1\}^{-1/2}$	$\frac{d_g}{d_{g0}} = \left(\frac{d_g}{d_{g0}}\right)_{diff} \cdot \left(\frac{d_g}{d_{g0}}\right)_{imp}$
$\frac{d_g}{d_{g0}} = \left\{\frac{y_0(y^2-1)}{y(y_0^2-1)}\right\}^{5/18}$	$\frac{exp(ln^2\sigma_g)}{exp(ln^2\sigma_{g0})} = \left\{\frac{exp(ln^2\sigma_g)}{exp(ln^2\sigma_{g0})}\right\}_{diff} \cdot \left\{\frac{exp(ln^2\sigma_g)}{exp(ln^2\sigma_{g0})}\right\}_{imp}$
$y = exp\left(\frac{162}{25} ln^2\sigma_g\right)$	$\left(\frac{N}{N_0}\right)_{polydisperse} = exp\{-\theta_{monodisperse} PDF(\sigma_g)t\}$
$\xi = \int_0^\infty \frac{3.4\pi c_1^{14/5}}{4}\left(\frac{\rho_p}{18\mu}\right)^{9/5} D_d^{(1+14c_2)/5} n_{d1}(D_d)dD_d$	$PDF(\sigma_g) = \frac{\zeta d_g^{-1} exp(ln^2\sigma_g/2) + \xi d_g^{18/5} y}{\zeta d_g^{-1} + \xi d_g^{18/5}}$

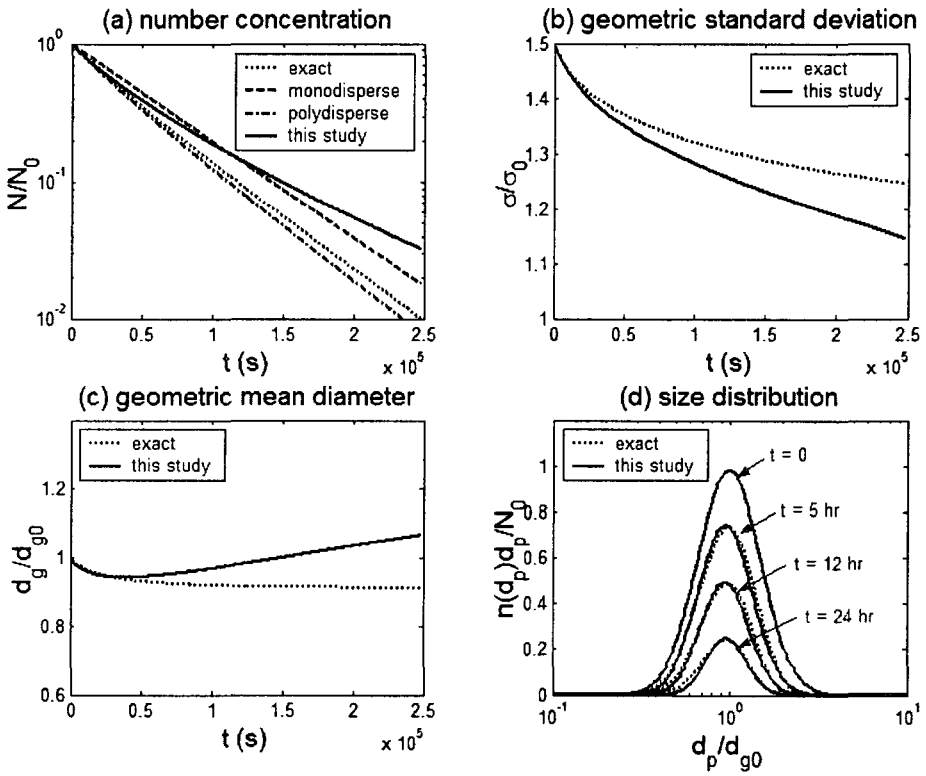

Fig. 1. Comparison of change in particle size distribution in the intermediate size range; $d_{g0} = 0.3\mu m$, $\sigma_{g0} = 1.5$, $D_d = 1mm$, and drop mass concentration is $50 g/m^3$. Size distribution presented in (d) is prepared using the polydisperse model for N.