G-1

전 입자크기영역에서의 브라운 응집에 대한 대수정규분포이론에 관한 연구

The Log-Normal Size Distribution Theory of Brownian Coagulation for the Entire Particle Size Range

*박성훈, *이규원, **E. Otto, **H. Fissan

*광주과학기술원 환경공학과

**Gerhard-Mercator-University-GH Duisburg, Germany

I. 서론

브라운 운동에 의한 에어로졸 입자의 응집현상은 입자의 크기분포 변화를 일으키는 주된 메카니즘의 하나로서 대기과학, 연소, 화공, 의약, 핵발전소 안전해석 등 여러 응용 및 기초 연구에 필수적으로 쓰인다. 그러나 그 지배방정식이 매우 비선형적이어서 응집문제를 풀 때 수치해석적인 방법을 사용하는 것이 일반적이다. 응집 방정식에 대한 해석해는 입자들이 제한된 특정 크기영역에 있다는 가정 하에서만 구해져 왔다 (Lee, 1983; Lee et al., 1990; Lee et al., 1997).

본 연구에서는 조화평균계수 계산법(harmonic mean coefficient: Pratsinis, 1988)을 사용하여 전 입자영역에 적용할 수 있는 단일한 해석해를 구하였다.

II. 결과

조화평균계수를 이용한 브라운 응집문제에 대한 해석해는 다음과 같다.

$$t' = K_{co}N_o t = \frac{3}{p}\left[\frac{1}{3}\left\{\left(\frac{N}{N_o}\right)^{-1} - 1\right\} - \left(\frac{q}{2p}\right)\left\{\left(\frac{N}{N_o}\right)^{-2/3} - 1\right\} + \left(\frac{q}{p}\right)^2\left\{\left(\frac{N}{N_o}\right)^{-1/3} - 1\right\} - \left(\frac{q}{p}\right)^3 \ln\left\{\frac{1+(q/p)(N/N_o)^{1/3}}{\{1+(q/p)\}(N/N_o)^{1/3}}\right\}\right] + \frac{6s}{5v_{go}^{1/6}H}\left[\left\{\left(\frac{N}{N_o}\right)^{-5/6} - 1\right]$$

$$Z = \ln^2\sigma = \frac{1}{9}\ln\left[2d + \left(\frac{N}{N_o}\right)\{\exp(9Z_o) - 2d\}\right]$$

$$\frac{v_g}{v_{go}} = \frac{(N/N_o)^{-1}\cdot\exp(9Z_o/2)}{[2d+(N/N_o)\{\exp(9Z_o)-2d\}]^{1/2}}$$

여기서

t' ($=K_{co}N_o t$) : 무차원 시간

K_{co}($=2kT/3\mu$) : 연속체영역(continuum regime)에서의 충돌계수

k : 볼쯔만 상수

T : 절대온도

μ : 기체 점성도

p = $1+\exp(Z_o)$

Z_o = $\ln^2\sigma_o$

q = $A\mathrm{Kn}_o\{\exp(Z_o/2)+\exp(5Z_o/2)\}$

A = 1.591

Kn_o $(=\lambda/r_{go})$: 크누센 수

λ : 기체분자의 평균자유행정

$s = K_{co}/(b_o K_{fm})$

$b_o = 1 + 1.2\exp(-2\sigma_o) - 0.646\exp(-0.35\sigma_o^2)$

$K_{fm}(=(3/4\pi)^{1/6}(6kT/\rho)^{1/2})$: 자유분자영역(free-molecule regime)에서의 충돌계수

ρ : 입자의 밀도

$H = \exp(25Z_o/8) + 2\exp(5Z_o/8) + \exp(Z_o/8)$

$$d=\frac{\left[\dfrac{1}{(p+q(N/N_o)^{1/3})}+\dfrac{s\cdot(N/N_o)^{1/6}}{(v_{go}^{1/6}\cdot H)}\right]}{\left[\dfrac{1}{\{p+q\exp(-3Z_\infty)(N/N_o)^{1/3}\}}+\dfrac{s\cdot(N/N_o)^{1/6}}{\{v_{go}^{1/6}\cdot H\exp(3Z_o/2)\}}\right]}$$

$Z_\infty = \ln^2\sigma_\infty$

σ_∞ (=1.320) : 연속체 영역(continuum regime)에서의 σ의 점근값(asymptotic value)

N_o, σ_o, v_{go}, r_{go} : 각각 N(총 입자 수농도), σ(입자반경의 기하표준편차),

$v_g(=4\pi r_g^3/3)$, r_g(입자반경의 기하평균)의 초기값

그림 1은 시간에 따른 입자크기의 기하표준편차(σ)의 변화를 나타낸 것이다.

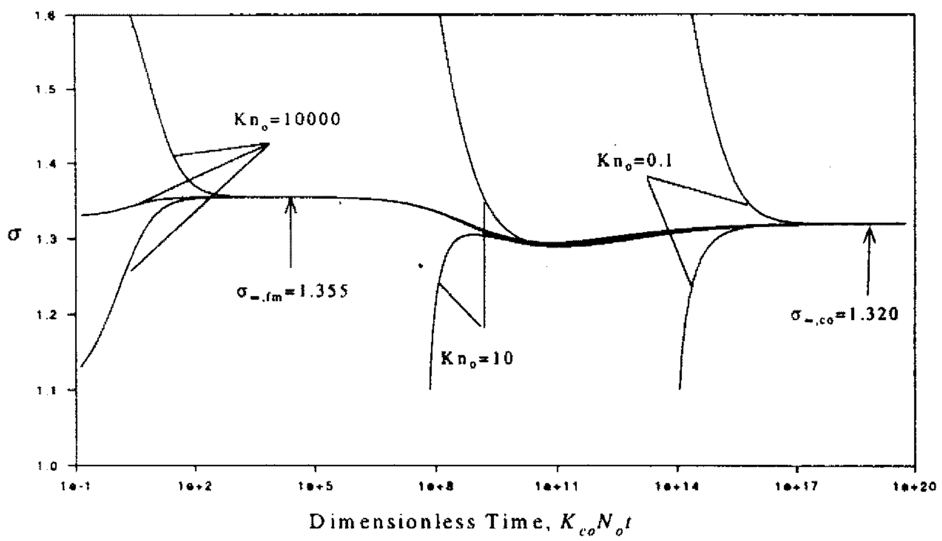

그림 1. 시간에 따른 에어로졸 입자반경의 기하표준편차(σ)의 변화

III. 감사

본 연구는 한국과학재단 및 Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)의 국제공동연구과제(KOSEF 975-1000-003-2)의 일환으로 수행되었음을 밝히며 이에 감사드린다.

IV. 참고문헌

Lee, K. W. (1983) *J. Colloid Interface Sci.*, **92**, 315-325

Lee, K. W., Curtis, L. A. and Chen, H. (1990) *Aerosol Sci. Technol.*, **12**, 457-462

Lee, K. W., Lee, Y. J. and Han, D. S. (1997) *J. Colloid Interface Sci.*, **188**, 486-492

Pratsinis, S. E. (1988) *J. Colloid Interface Sci.*, **124**, 416-427