

MA12) 에어로졸 입자의 중력응집에 관한 실험 및 수치적 연구 Experimental and Numerical Study of Aerosol Coagulation by Gravitation

권순박·이규원

광주과학기술원 환경공학과 분진공학연구소

1. 서론

응집은 입자들간의 상대운동에 의하여 두 입자가 충돌하여 하나의 입자가 되는 것을 말하는데, 상대운동을 유발하는 원인에 따라 중력응집(gravitational coagulation)을 비롯하여 브라운응집(Brownian coagulation), 난류응집(turbulent coagulation)등으로 나뉜다. 브라운응집 및 난류응집에 비하여 상대적으로 중력응집은 해석적으로 풀기가 어렵고 실험에 대한 연구가 국내외는 물론 외국에서도 전무한 실정이다. 이렇게 중력응집에 대한 실험적 연구가 전무한 이유는 중력에 의해 침강하고 있는 입자들을 시간에 따라 연속적으로 측정하기가 매우 곤란하기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 새로운 개념을 도입하여 입자분포의 특성변화를 시간에 따라 연속적으로 측정하고자 한다. 한편 모멘트 방법을 사용한 수치해석적 연구를 병행하여 실험결과와 해석에 이용하고, 최종적으로 응집관내에서 입자분포의 특성변화를 유발하는 주 메커니즘이 중력응집임을 밝히고자 한다.

2. 중력응집 실험

중력응집 실험의 특성상 상대적으로 큰 직경을 가지는 입자를 사용할 경우 침강속도가 빨라져 유효한 측정시간이 짧아져서 실험상 어려운 점들이 발생하고, 상대적으로 작은 직경을 가지는 입자를 사용할 경우 유효측정시간은 길어지지만, 중력응집과 브라운응집의 효과가 동시에 나타나기 때문에 입자의 크기 선택이 중요한 요소이다. 본 실험에서는 측정하기에 적절한 입자의 크기를 $1\sim 2\mu\text{m}$ 으로 보고 이때 동시에 작용하게 될 브라운응집의 효과를 고려할 수 있는 장치를 개발하였다. 개발된 장치는 크게 응집관과 응집관을 수직 또는 수평상태로 조절할 수 있는 지지대로 구성되어 있다. 응집관을 수직상태로 하여 입자를 주입한 뒤 시간에 따른 분포특성변화를 측정하고, 같은 초기조건에서 수평으로 하여 같은 실험을 반복한다. 이렇게 하면 두 실험결과와 차이가 바로 입자의 중력응집에 의한 효과라고 볼 수 있게되는데, 이는 브라운응집이 응집관의 방향과는 상관없이 일어나는 메커니즘이기 때문이다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 실험적 연구가 거의 전무했던 중력응집에 대하여, 새로운 개념을 도입함으로써, 최초로 중력응집에 의해 시간에 따라 변화하는 입자분포의 특성을 실험으로 검증하였다. 실험결과 기하평균직경이 $1\sim 2\mu\text{m}$ 인 에어로졸 입자들은 수직상태의 응집관내에서 시간이 경과하면서 개수가 감소하고, 크기가 증가하는 경향을 나타내었다. 또 입자들의 분포는 시간이 지나도 대체로 대수정규분포를 유지하는 것을 확인 할 수 있었다. 그림 1은 수직상태의 응집관내에서 시간에 따른 입자분포의 특성변화를 수치해석 결과와 함께 보여주고 있다.

실험결과를 보다 정확하게 해석하기 위하여 수치해석이 병행되었다. 수치해석에서는 입자의 분포가 대수정규분포임을 가정하여 적용한 모멘트 방법에 의하여 중력응집은 물론 브라운 응집과 중력침강에 의한 손실, 벽으로의 확산에 의한 손실 등도 함께 고려되었다. 그 결과 응집관내에서 입자들은 초기에는 브라운응집에 의해 그리고 시간이 경과하면서 중력응집에 의하여 분포특성이 변화하는 것으로 해석되었다. 또 중력응집과 브라운응집이 함께 고려된 합 커널의 경우 실험결과와 더 큰 오차를 보여주었다. 따라서 중력응집과 브라운응집을 함께 고려할 경우 합 커널은 적당하지 못했다. 입자가 상대적으로 작은 경우 브라운응집이, 입자가 큰 경우 중력응집이 입자의 응집 메커니즘을 주도한다면 그 중간영역 즉, 전이영역에서의 응집커널에 대한 연구가 더 필요할 것으로 고려된다.

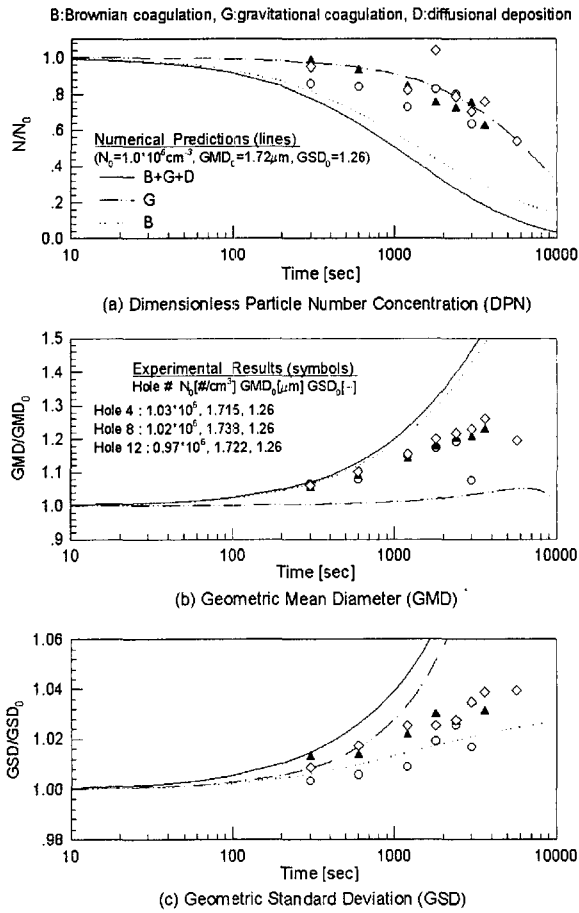


Fig. 1. Comparison of Experimental Results and Numerical Predictions of High Concentration Aerosols in Vertically Standing Coagulation Tube

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 핵심연구과제(KOSEF 971-1107-051)의 일환으로 수행되었으며, 도움을 주신 분들께 감사드립니다.

참고 문헌

- 진형아 · 정창훈 · 이규원(1998) 중력침가에 의한 입자 응집의 해석적 연구, 한국대기보전학회지, 14, 303-311
- Reed, L. D., K. W. Lee and J. A. Gieseke (1980) The behavior of contaminated radioactive suspensions, Nuclear Sci. Eng., 75, 167-180.