

G-3 NH₃/SO₂/H₂O/Air 가스계의 α선조사에 의한 미립자 생성 Nanometer-Sized Particles Formation by α-ray radiolysis in the NH₃/SO₂/H₂O/Air mixtures

김 태오, 키쿠오 오쿠야마
일본 히로시마대학교 화학공학과

I. 서론

α선과 β선등의 전리방사선을 SO₂ 및 NH₃ 등의 불순물을 함유한 가스에 조사하면 이온과 라디칼이 발생한다. 이러한 활성종의 반응에 의해 생성된 저증기압 물질이 미립자로 전환된다. 이 현상은 전자빔을 이용한 폐가스의 처리장치와 크린룸환경에서, 종래의 공기 청정기술로는 제어 할 수 없는 오염의 원인일 뿐만 아니라 대기중의 가스-입자 전환기구의 해석적 측면에서 중요시 되고 있다.

본 연구에서는 α선조사에 의한 미립자 생성기작을 미량 오염가스를 사용해서 실험적으로 검토하였다. 구체적으로는 발생된 입자의 개수농도 및 이온핵생성의 비율(입자의 대전율)을 측정해서 NH₃가스가 SO₂/H₂O/Air 가스계의 α선조사에 의해 발생하는 미립자 생성에 어떠한 영향을 미치는가를 실험적으로 평가하였다.

II. 실험장치 및 방법

실험장치를 그림1에 나타냈다. 실험장치는 가스 공급부, 입자발생부, 측정부로 구성되어 있다. 가스 공급부에서는 오염가스로써 주입되는 SO₂와 NH₃를 MFC로 조절하고, H₂O농도는 노점계(PANAMETRIC SYSTEM3A), 건조 칼럼, 가습기와 MFC등으로 조정한다. 이온나이저(Ionizer)내에서는 방사선 동위원소인 ²⁴¹Am에서 방사되는 α선에 의해 가스분자가 이온화되며, 이 이온화된 가스분자가 이온핵생성 및 라디칼 반응에 의해 입자로 전환되는 반응이 일어난다. 발생 입자의 이온 핵생성의 비율을 측정하기 위해서 이온나이저의 상하는 전압이 통할 수 있는 스텐레스제로 되어 있다. 발생된 입자와 이온은 개량된 Cluster-Differential Mobility Analyzer로 분류된후, Faraday Cup Electrometer(FCE:TSI Model 3068)에서 검출되어 전기 이동도 분포로 나타난다. 또한, 입자개수농도와 대전율은 Ultrafine Aerosol Condensation Nucleus Counter(UCNC:TSI Model 3025)를 이용해서 측정하였다.

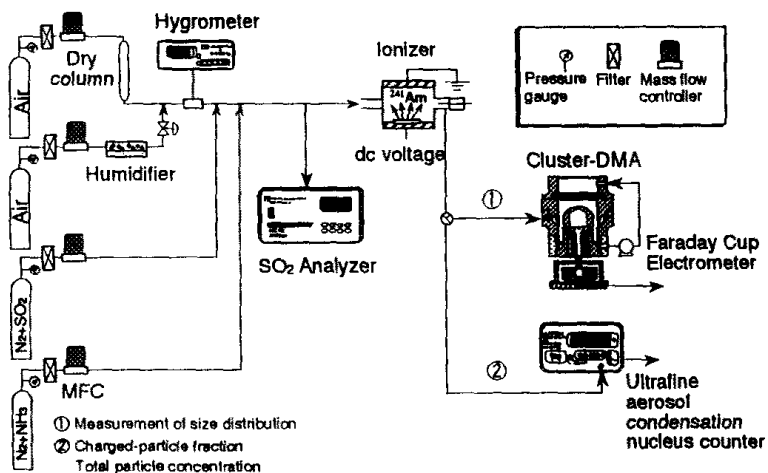


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental system.

III. 실험결과

그림1은 입자개수 농도에 대한 NH₃가스의 영향을 나타낸다. 유량은 1.5 l/m이며 이온나이저내의 체

류시간은 1.7초이다. SO₂/H₂O/Air 가스계에서 입자개수농도는 SO₂농도가 증가할 수록 선형적으로 증가한다. NH₃가스를 첨가했을때 각 SO₂농도에 대한 입자개수농도는 증가하나 NH₃농도에 따른 변화는 보이지 않는다. 이러한 결과는 SO₂/H₂O/Air 가스계에서 생성되는 H₂SO₄보다 더 낮은 증기압물질이 생성됨을 의미한다. 만일 NH₃가스가 액상의 H₂SO₄, H₂SO₄/H₂O와 반응하면 입자개수농도의 증가는 일어나지 않으며, 또한 이온이 지내에서도 방사선원이 존재하지 않으면 어떠한 입자도 생성되지 않는다. 이것은 실온에서는 NH₃가스와 SO₂가스가 직접 반응하지 않음을 나타낸다. NH₃농도를 0.71 부터 3.6ppm까지 변화시켰을때의 입자개수농도는 NH₃가스가 존재하지 않았을때 보다 2-4배 정도 증가하였다. 그러나 NH₃가스가 폭발적인 입자발생의 원인이 되진 않았다.

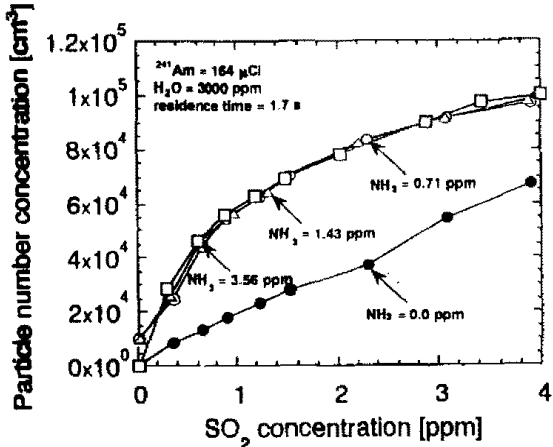


Fig. 2 Number concentration of particles generated at various SO₂ and NH₃ concentrations.

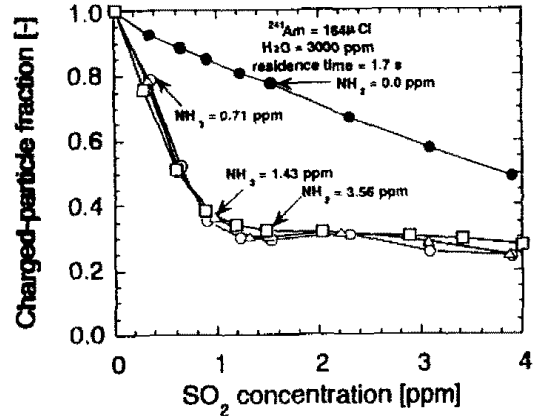


Fig. 3 Charged-particle fraction of particles generated at various SO₂ and NH₃ concentration.

그림3은 NH₃농도와 H₂O농도, 유량을 일정하게 유지하고 SO₂농도를 변화시켰을때의 대전율 측정결과이다. NH₃농도 0ppm에서의 대전율은 SO₂농도에 따라 1.0에서 0.5로 선형적으로 감소한다. 또한 NH₃농도가 0.71, 1.43, 3.56ppm일때, SO₂농도가 0에서 1ppm까지 증가하면, 대전율은 1.0에서 0.3으로 급격히 감소한다. 그러나 SO₂농도가 1ppm이상에서는 대전율은 0.3을 일정하게 유지하고 있으며, 이때는 NH₃농도가 0.71, 1.43, 3.56ppm일 경우에도 대전율은 거의 일정치를 나타내고 있다. 이러한 급격한 감소는 주로 동질핵생성에 의해 중성입자가 생성됨을 의미한다. 또한 방사선 조사에 따른 생성물농도는 OH라디칼의 연쇄반응을 토대로 한 반응상수를 이용해서 계산하였다. 실험과 계산결과로 부터 NH₃/SO₂/H₂O/Air 가스계에서는 생성되는 미립자가 주로 NH₃SO₃ 분자임을 알 수 있었다.

IV. 참고문헌

- (1) Adachi, M., Okuyama, K., Kim, T. O., Kadano, H., and Cho, S. J. (1996) Experimental Evaluation of Ion-induced Nucleation in Nanometer-Aerosol Formation by α -ray Radiolysis of SO₂/H₂O/N₂ Mixtures, Colloid and Surfaces, 109:39-48.
- (2) Kim, T. O., Adachi, M., Okuyama, K., and Seinfeld, J. H. (1997) Experimental Measurement of competitive Ion-induced Nucleation and Binary Homogeneous Nucleation in SO₂/H₂O/N₂ Mixtures, Aerosol Sci. Technol. 26:527-543
- (3) Kim, T. O., Ishida, T., Adachi, M., Okuyama, K., and Seinfeld, J. H. (1997) Nanometer-Sized Particle Formation from NH₃/SO₂/H₂O/Air Mixtures by Ionizing irradiation, Aerosol Sci, Technol.(투고중)
- (4) Diamond, G. L., Iribarne, J. V. and Corr, D. J. (1985) Ion-induced nucleation from Sulfur Dioxide, J. Aerosol Sci. 16(1):43-55.
- (5) Christensen, P. S. (1994) The Formation of Aerosols from SO₂ and NH₃ in Humid Air, Ph. D Thesis, Department of Engineering, Technical University of Denmark.