

3D4) 백령도 에어로졸의 구름핵화 특성

Cloud Nucleating Properties of the Atmospheric Aerosols Measured at Baeknyeong Island

염성수 · 김중환 · 심성보 · 김우재 · 김정수¹⁾ · 장임석¹⁾

연세대학교 대기과학과, ¹⁾국립환경과학원

1. 서 론

인위적으로 발생한 에어로졸이 ‘구름알베도 효과’에 의해 기후변화에 미치는 영향이 온실가스에 의한 지구온난화를 상당히 상쇄시킬 수 있다는 연구 결과가 발표됨에 따라(IPCC, 2007), 에어로졸이 기후변화에 직·간접적으로 미치는 영향에 대한 연구가 세계적으로 활발히 진행 중이다. 특히, 중국을 비롯한 동아시아 지역이 전세계 에어로졸의 주요 배출원으로 지목됨에 따라(Kaufman et al., 2002) 동아시아 에어로졸이 기후변화에 미치는 영향에 대한 연구가 절실히 요구된다.

이를 위해 본 연구에서는 중국 동쪽연안 산업 지대의 풍하측에 위치하며 인근에 오염원이 없는 백령도(북위 37° 52', 동경 124° 53')에서 에어로졸의 구름핵화 특성을 측정하였다. 백령도는 남한의 서쪽 끝에 위치하며 중국 산둥반도에서 200여 km 떨어져 있어 월경성 에어로졸을 측정하기에 적합한 지리적 위치를 점하고 있다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 TSI 사의 응결핵계수기(CPC3010)를 사용하여 직경 0.01 μ m 이상 에어로졸의 총수농도를 매초마다 측정하였고, DMT 사의 구름응결핵 계수기를 사용하여 과포화도 0.07~1.3% 범위에서 구름입자로 활성화되는 구름응결핵의 수농도를 역시 매초마다 측정하였다. 이 둘을 비교하여 전체 에어로졸 중 구름응결핵의 비율을 산출하였다.

자체 제작한 Humidified-tandem differential mobility analyzer(H-TDMA, 이승철 등, 2007)를 사용하여 온도 28~30 $^{\circ}$ C, 상대습도 88~92% 하에서 건조직경 0.05~0.25 μ m 에어로졸의 흡습성을 측정하였다. 흡습성을 정량적으로 나타내기 위해 건조직경 대비 습윤직경 값을 사용하였다.

또한 에어로졸의 구름활성화 임계과포화도(critical supersaturation)를 측정하기 위해 DMA로 건조직경 0.075 μ m와 0.1 μ m 단분산 에어로졸을 각각 추출하여 과포화도를 점차적으로 증가시키면서 전체 에어로졸 중 구름응결핵의 비율을 측정하였다(그림 1). 전체 에어로졸 중 절반 이상이 구름입자로 활성화 될 당시의 과포화도를 임계과포화도로 정의하였다. 전 과포화를 한번 스캔하는 데에는 75분이 소요되었다.

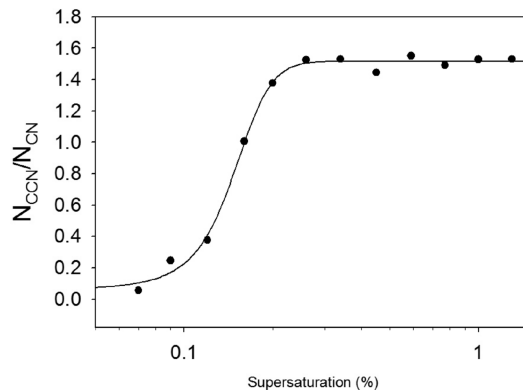


Fig. 1. 에어로졸의 구름활성화 임계과포화도 측정.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 일별 에어로졸 총수농도, 구름응결핵 수농도, 전체 에어로졸 중 구름응결핵 비율 그리고 임계 과포화도의 평균값을 나타낸 것이다. 에어로졸 총수농도의 일평균은 $2768 \pm 545 \text{cm}^{-3}$ 이상 $8626 \pm 6777 \text{cm}^{-3}$ 이하의 값을 나타내었고, 구름응결핵은 1571 ± 332 이상 $7492 \pm 2342 \text{cm}^{-3}$ 이하의 값을 나타냈다. 전체 에어로졸 중 대략 80%가 구름응결핵으로 작용하였으나 기상조건과 에어로졸 생성현상이 나타나는 경우에 따라서는 그 비율이 60% 이하로 낮아지기도 하였다. 한편, 건조직경 $0.075 \mu\text{m}$ 와 $0.1 \mu\text{m}$ 에어로졸의 평균 임계과포화도는 각각 0.20~0.50, 0.13~0.32의 범위를 갖는 것으로 나타났다. 순수한 황산암모늄이 해당 건조직경에서 임계과포화도(그림 2 상단에서 점선으로 표시됨)가 0.23%와 0.15%임을 감안하면, 8월 13일 이후 백령도 에어로졸의 임계과포화도가 황산암모늄과 매우 흡사하다는 것을 알 수 있다.

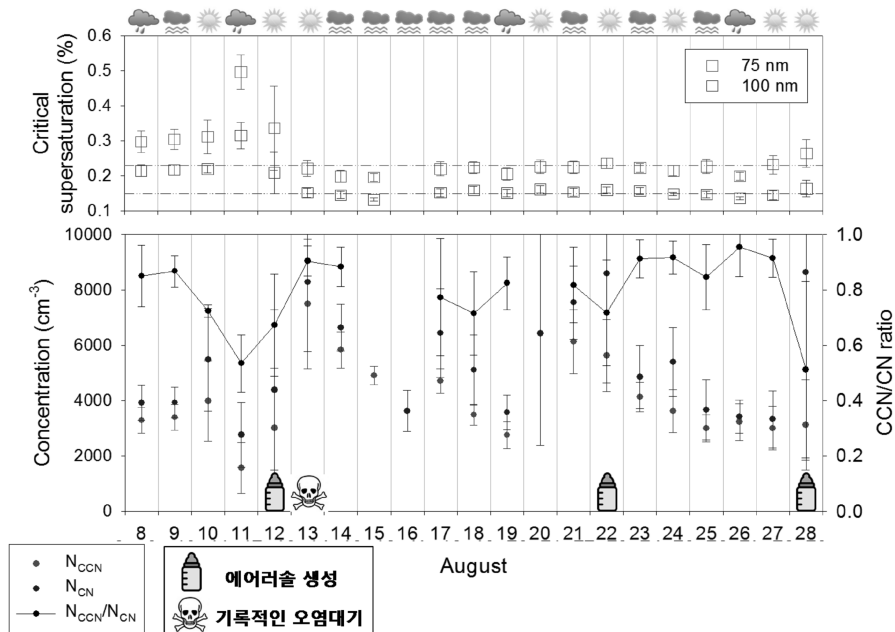


Fig. 2. 2009년 8월 8일부터 8월 28일까지 백령도 대기종합측정소에서 측정 한 (상) 건조직경 $0.075 \mu\text{m}$ 및 $0.1 \mu\text{m}$ 에어로졸 일평균 임계과포화도, (하) 일평균 과포화도 1% 구름응결핵 수농도(NCCN), 에어로졸 총수농도(NCN) 그리고 전체 에어로졸 중 구름응결핵 비율(NCCN/NCN).

이와 병행한 에어로졸 흡습성 측정 결과는 현재 분석 중이며 자세한 분석 결과를 학회에서 발표할 계획이다.

참고 문헌

- 이승철, 김종환, 염성수, 조천호, 안강호 (2007) H-TDMA를 이용한 대기 에어로졸의 흡습성 측정, Particle and Aerosol Research, 3, 95-103.
- IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental panel on Climate Change[Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, Ny, USA, 996pp.
- Kaufman, Tanre, and Boucher (2002) A satellite view of aerosols in the climate system, Nature, 419, 215-223.