

## 4A3) 제주 고산 에어러솔의 흡습성과 구름응결핵 수농도 측정 Aerosol Hygroscopicity and Cloud Condensation Nuclei Measurement at Gosan, Jeju

김중환 · 이승철 · 염성수 · 안강호<sup>1)</sup> · James G. Hudson<sup>2)</sup>  
연세대학교 대기과학과, <sup>1)</sup>한양대학교 기계공학부,  
<sup>2)</sup>Desert Research Institute, Reno, Nevada, USA

### 1. 서 론

제주도 서쪽 해안에 위치한 고산(33N17', 126E10')은 아시아 대륙에서 태평양으로 빠져 나가는 길목에 위치하고 있어 아시아 대륙에서 불어 나가는 기단(Asia continental outflow)에 대해 관측하기에 좋은 입지 조건을 갖추고 있다. 본 연구에서는 에어러솔 흡습성과 에어러솔 중 구름입자로서의 핵화 능력을 갖추고 있는 구름응결핵(cloud condensation nuclei, CCN)의 수농도 측정결과를 분석하였다.

### 2. 연구 방법

에어러솔 흡습성 측정을 위하여 H-TDMA 시스템을 구성하였다. H-TDMA는 표본 에어러솔을 건조시킨 뒤, 일정한 직경의 단분산 에어러솔만을 추출해내어 이를 일정한 습도에 노출시킨 뒤, 그 직경을 측정함으로써 해당 습도 하에서 에어러솔의 직경이 얼마만큼 성장하는지를 측정하는 방법이다. 본 연구에서는 습도 85±3 % 환경에서 직경 50, 100, 150 그리고 200 nm인 에어러솔의 흡습성을 하루에 두 차례씩 3시간동안 측정하였다.

구름응결핵 측정을 위하여 Droplet Measurement Technologies(DMT) 사의 CCN Counter를 사용하였다. 본 장비는 수증기의 확산이 열의 확산보다 빠르다는 물리적 사실에 기반을 두어, 온도가 상승하는 관을 따라 표본을 흘려보냄으로써 표본습도가 100.2 %~101 %가 되도록 만든다. 이러한 과포화 상태에서 흡습성이 강한 일부 에어러솔은 단시간 내에 직경이 약 10 배 이상 증가하게 되는데 이처럼 구름 응결핵이 활성화(activated)되어 만들어진 구름입자의 수농도를 광학입자계수기(Optical Particle Counter, OPC)로 측정한다. 이를 이용해 매 25분마다 0.2 %, 0.4 %, 0.6 %, 0.8 % 그리고 1.0 % 과포화 상태에서 활성화되는 구름응결핵 수농도를 측정하였다. 한편, 본 장비의 검증용 위해 미국 Desert Research Institute (DRI) Dr. Hudson의 instantaneous CCN spectrometer 두 대를 사용하여 본 장비와 비교하였다. 한반도 지역에서의 구름응결핵 측정은 2004년도 봄철에 Yum et al. (2005)가 안면도에서 관측한 것에 이어 본 연구가 두 번째이다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 에어러솔 흡습성 측정의 한 예를 나타낸 것이다. 직경 100 nm인 에어러솔들만을 추출해내어 습도 85 % 인 환경에 노출시키자 직경이 157 nm로 성장한 것을 나타내고 있다. 이 경우 에어러솔 흡습성을 나타내는 인자인 성장률(growth factor)은  $\frac{157}{100} = 1.57$ 이 된다. 직경이 50, 100, 150 그리고 200 nm인 에어러솔의 평균 흡습성을 구해본 결과 각각 1.37, 1.56, 1.61 그리고 1.64인 것으로 나타났다. 이는 본 연구진이 작년에 안면도와 서울에서 시범적으로 측정한 100 nm 에어러솔의 성장률 1.93과 1.75 보다 낮은 것이다. 안면도와 서울의 측정결과가 외국 선행연구 값들을 웃돌았다는 점을 감안하면, 본 연구에 사용한 H-TDMA 장비의 성능이 좋아진 것이라고도 볼 수 있다.

그림 2는 8월 25일 하루동안 DMT CCN Counter(DMT CCN)와 DRI instantaneous CCN spectrometer(DRI CCN) 두 장비로 측정한 과포화도 1 %에서의 구름응결핵 수농도를 나타낸 것이다. 본 연구에서 사용한 DMT CCN의 경우, 측정시간이 연속적이지 못하고 또 같은 측정기간(5분) 동안 수

농도가 안정적이지 못하다는 단점이 발견되었다. 그러나 두 장비의 측정원리가 상이함에도 불구하고 둘 다 동일한 구름응결핵 수농도의 시간 변화 양상을 보인 점에서 구름응결핵 수농도 관측이 신뢰성을 가진다는 것을 확인할 수 있었다. 한편, NOAA HYSPLIT4 모형으로 기단의 72시간 역궤적을 분석한 결과 해양성 기단인 것으로 판명된 8월 25일 하루 동안 DMT CCN와 DRI CCN 장비로 측정된 구름응결핵

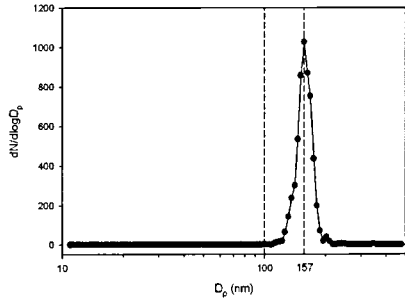


Fig. 1. 직경 100 nm 에어러솔의 흡습성 측정.

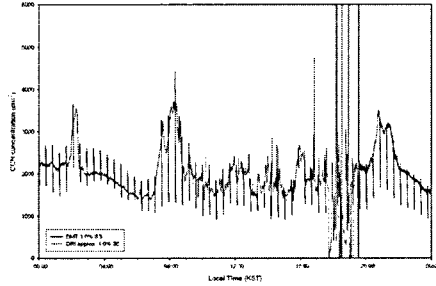


Fig. 2. DMT와 DRI 장비의 1 % 과포화도 구름응결핵 측정결과 비교.

평균 수농도는 각각  $2233 \text{ cm}^{-3}$ 과  $1972 \text{ cm}^{-3}$ 이었다. 이는 2003년 안면도에서 같은 DRI CCN으로 측정했던 Yum et al. (2005)이 제시한 해양성 기단 구름응결핵 평균 수농도인  $2406 \pm 556 \text{ cm}^{-3}$  보다 낮은 값으로, 제주 고산이 상대적으로 청정하다는 것을 확인할 수가 있었다. 그러나 동시에 이 값은 대서양 (ASTEX)과 인도양(INDOEX) 해상에서 구름응결핵을 해양성 기단에서 측정한  $163 \text{ cm}^{-3}$ ,  $1023 \text{ cm}^{-3}$  보다는 월등히 높았는데, 이는 고산 지역 또한 인근 지역 오염 배출원의 영향권 안에 있다는 것을 보여준다.

## 사 사

본 연구는 환경부의 "차세대핵심환경기술개발사업(Eco-technopia 21 project)"으로 지원받은 과제입니다.

## 참 고 문 헌

Yum et al. (2005) Sprinttime cloud condensation nuclei concentration on the west coast of Korea, *Geophysical Research Letters*, Vol. 32, L09814.