

## 4D1) 선박을 이용한 동중국해상의 에어러솔 측정

### Submicron Aerosol Measurement over East China Sea Surface

김종환 · 한동훈 · 염성수 · 김동호<sup>1)</sup> · 김경보<sup>1)</sup>

연세대학교 대기과학과/구름물리연구실, <sup>1)</sup>제주지방기상청

#### 1. 서 론

다른 기후 변화 인자에 비해서 에어러솔은 불확실성이 크다고 알려져 있는데 그 이유는 에어러솔이 기후에 영향을 미치는 기체가 다양하기 때문이다. 특히 직경  $1 \mu\text{m}$  미만의 에어러솔이 지구 냉각화에 기여한다는 간접적 에어러솔 효과에 대한 불확실성이 가장 크다(IPCC, 1995). 간접적 에어러솔 효과는 에어러솔의 물리적 성질인 직경과 수농도 그리고 화학적 성질인 흡습성에 많이 좌우된다(Twomey, 1977). 이 세 가지 속성은 모두 시간과 공간에 따라 크게 변하므로 전지구적인 지속적인 데이터가 필수적이다. 이에 본 연구는, 중국의 급속한 산업화의 영향을 확인할 수 있는 동중국해 상에서 에어러솔의 물리적 특성을 측정하였다.

#### 2. 측정 요소 및 방법

미 TSI사의 SMPS 3936을 사용하여 직경  $10 \sim 300 \text{ nm}$ 의 에어러솔을 95 개의 크기구간을 이용해 매 2분 30초마다 크기분포를 측정하였으며, 같은 회사의 CPC 3010을 별도로 사용하여 1분마다 총수농도(이하  $N_c$ )를 측정하였다. 두 장비는, 2005년 9월 8일 제주항을 출발해 9일 상해에 입항한 뒤(첫 번째 항해), 13일 다시 상해항을 출발해 15일 제주항으로 귀환(두 번째 항해)하는 제주대학교 어업실습선 아라호 조타실에 장착되었다. 표본공기는 해면에서 약 7 m 정도 올라온 조타실 창문을 통해 펌프로 끌어들었다.

#### 3. 결과 및 고찰

##### 3.1 에어러솔의 수농도 변화 양상

우선, 서로 다른 방법으로 수농도를 구한 CPC와 SMPS가 두 번에 걸친 항해에 있어서 지속적으로 좋은 일치를 보여주었는데, 이는 측정의 신뢰도를 높여준다고 볼 수 있다.

첫 번째와 두 번째 항해 모두 수농도가 출항한 뒤 대체적으로 감소하다가 목적 항구에 가까워지면서 다시 증가하는 시간 변화 경향을 보여주었다. 그러나 첫 번째 항해 때에는 제주항과 상해항의 수농도가 비슷했던 반면에 두 번째 항해 때에는 상해항의 수농도가 제주항보다 3배 가까이 높았다. 이에 대해서는 뒤에서 다시 언급한다.

첫 번째 항해 동안 수농도 시간 변화 경향을 나타낸 그림 1에서 수농도가 가장 낮은 9월 9일 0시는 제주도와 중국 양쪽 해안에서 모두 멀리 떨어진 중간 지점이다. 이로부터 동중국해상 에어러솔 수농도는 해안 지대의 직접적인 영향을 받는다고 볼 수 있다.

##### 3.2 2차 생성 에어러솔의 정후

에어러솔 크기분포를 나타내는 통계량인 기하평균직경(이하  $D_g$ )의 경우, 첫 번째 항해 동안에는 큰 변화를 크게 보이지 않았다(표 1). 그러나 상해에서 제주로 귀환하는 동안에는 제주에 가까워짐에 따라 직경이 커지는 경향이 뚜렷하였다.

3.1에서 언급한 제주항과 상해항 간의 수농도가 차이 나는 정도와 함께  $D_g$ 의 변화 양상이 두 항해에서 서로 차이가 나는 것은, 두 번째 항해 전날 출항지인 상해 일대를 거쳐 간 제15호 태풍 카눈(KHANUN)의 영향일 수 있다. 기상청에 따르면 중국 인근 동중국해는 12일 저녁까지 태풍의 직접 영향권 아래에 있었으므로 태풍에 의해 해상 에어러솔이 씻겨 제거되었을 것이다.

항권 아래에 있었으므로 태풍에 의해 해상 에어러솔이 씻겨 제거되었을 것이다.

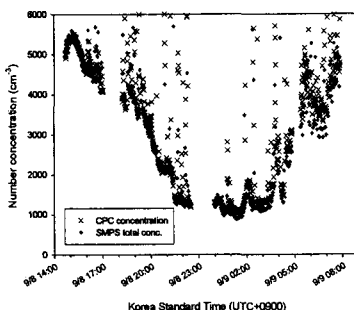


Fig. 1. Time variation of the aerosol number concentration during the cruise from Jeju to Shanghai

Table 1. 1-hour averaged  $D_g$  and  $N_c$  from the first and second cruise

Location	$D_{g\_1st}$ (nm)	$N_{c\_1st}$ (cm <sup>-3</sup> )	$D_{g\_2nd}$ (nm)	$N_{c\_2nd}$ (cm <sup>-3</sup> )
near Jeju*	95.1 ± 14.6	5270 ± 194	91.4 ± 2.0	3649 ± 189
far out sea	89.2 ± 6.8	1321 ± 305	(A) 78.6 ± 8.1 (B) 60.2 ± 3.7	1873 ± 383 3737 ± 276
near Shanghai**	75.9 ± 12.5	5348 ± 1623	59.6 ± 4.2	10605 ± 577

\*, \*\*not exactly same location for two tables but has similar longitude and latitude.

\*\*\*(A) is closer to Jeju while (B) is closer to Shanghai

McNaughton et al.(2004)에 따르면 중국 동쪽 연안 산업지역에서 배출된 SO<sub>2</sub>와 NH<sub>3</sub> 기체가 해상에서 ternary nucleation 반응을 거쳐 2차 에어러솔을 생성하는데, 일반적으로 2차 에어러솔 생성은 기존에 존재하는 에어러솔이 적을수록 촉진된다. 태풍에 의해 이러한 환경이 갖춰지면서 2차 생성된 에어러솔의 영향으로 두 번째 항해에서는 중국 쪽 에어러솔의  $D_g$ 가 작을 수 있다. 상해항의 수농도가 제주항보다 3배 가까이 높은 것도 마찬가지로 설명할 수 있다.

### 사 사

본 연구는 환경부의 "차세대핵심환경기술개발사업(Eco-technopia 21 project)"으로 지원받은 과제입니다. 선박 측정에 협조해주신 제주기상청, 제주대학교, 아라호 승무원들에게 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- IPCC, 1995: Climate Change 1995: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios. J. T. Houghton et al., Eds., Cambridge University Press, 339 pp.
- McNaughton et al., 2004: Spatial distribution and size evolution of particles in Asian outflow: Significance of primary and secondary aerosols during ACE-Asia and TRACE-P. *J. Geophys. Res.*, 109, D19S06
- Twomey, S., 1977: The influence of pollution on the shortwave albedo of clouds. *J. Atmos. Sci.*, 34, 1149-1152