

3A3) **항공기를 이용한 한반도에서의 에어러솔과 구름응결핵 연직분포관측**

Aircraft Measurement of the Vertical Distributions of Aerosols and Cloud Condensation Nuclei in the Korean Peninsula

김우재 · 김종환 · 심성보 · 염성수 · 김영철¹⁾ · 장임석²⁾

연세대학교 대기과학과 구름물리연구실, ¹⁾한서대학교 항공운항학과,

²⁾국립환경과학원

1. 서 론

대기 중의 에어러솔 가운데 일부는 구름응결핵으로 작용하여 구름입자의 생성뿐만 아니라 구름미세물리 과정에 영향을 주어 에어러솔의 간접적 효과를 준다. 구름 생성에 관여하는 에어러솔과 구름응결핵은 지역적인 영향을 받으므로 한반도에서 이들을 정량적으로 파악하는 것이 중요하다. 또한 에어러솔의 간접적인 효과를 일으키는 구름은 행성경계층 상부와 그 보다 높은 자유대기에서 생성되므로 에어러솔과 구름응결핵 수농도의 연직적인 관측은 필요하다. 하지만 국내에서는 에어러솔 총 수농도와 구름응결핵 수농도의 측정은 주로 지상에서 이루어져 왔다.

본 연구에서는 King Air를 사용하여 에어러솔과 구름응결핵 연직분포를 국내 최초로 제시하였다.

2. 실험설계

2009년 9월 28일부터 10월 18일까지 한서대학교 태안비행장에서 King Air를 이용하여 1번의 예비비행과 10번의 연구비행을 포함하여 총 11회 항공관측을 시행하였다. 비행경로는 태안비행장에서 서쪽으로 100 km를 이동한 후 제주도 인근까지 남하하여 태안비행장으로 돌아오는 황해상 비행과 태안비행장에서 울릉도 남쪽을 거쳐 울릉도 북쪽 인근까지 북상하여 태안비행장으로 돌아오는 동해상 비행을 실시하였다. 비행 최저 고도는 약 150 m 이었으며, 최고 고도는 약 3 km 이었다.

본 연구에서는 TSI CPC 3010을 사용하여 에어러솔의 총 수농도를 측정하였고, 구름응결핵 측정을 위해 DMT CCN counter를 사용하였다. 표본 채집을 위해서 조종석 우측 창문으로 1 m 정도의 튜브를 내어 비행 속도에 따라 유입되는 공기 중 필요한 유량만큼 펌프를 사용하여 별도로 흡입하였으며, 구름 속을 비행할 때 튜브로 액체가 들어오는 것을 방지하기 위해 워터트랩을 설치하였다.

구름응결핵 계수기의 경우, 내부 과포화도가 기압변화에 민감하게 반응하기 때문에 장비 내부 압력을 운항 최고 고도 때의 압력보다 낮은 수준인 650 mb로 일정하게 유지할 수 있도록 DMT CCN Inlet Pressure Controller를 갖추었다. 본 연구에서는 2009년 10월 5일, 6일, 11일, 12일, 15일, 18일 자료가 사용되었다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 2009년 10월 5일부터 10월 18일까지 6번의 비행으로 측정된 구름응결핵 수농도와 에어러솔 총 수농도 연직분포를 나타낸 것으로 흑산도, 제주도, 속초에서 측정된 단일선도를 참고하여 구름응결핵 수농도로 추정된 행성경계층의 상한고도를 파선으로 함께 나타내었다. 모든 에어러솔 총 수농도와 구름응결핵 수농도는 해면기압을 기준으로 나타내었다.

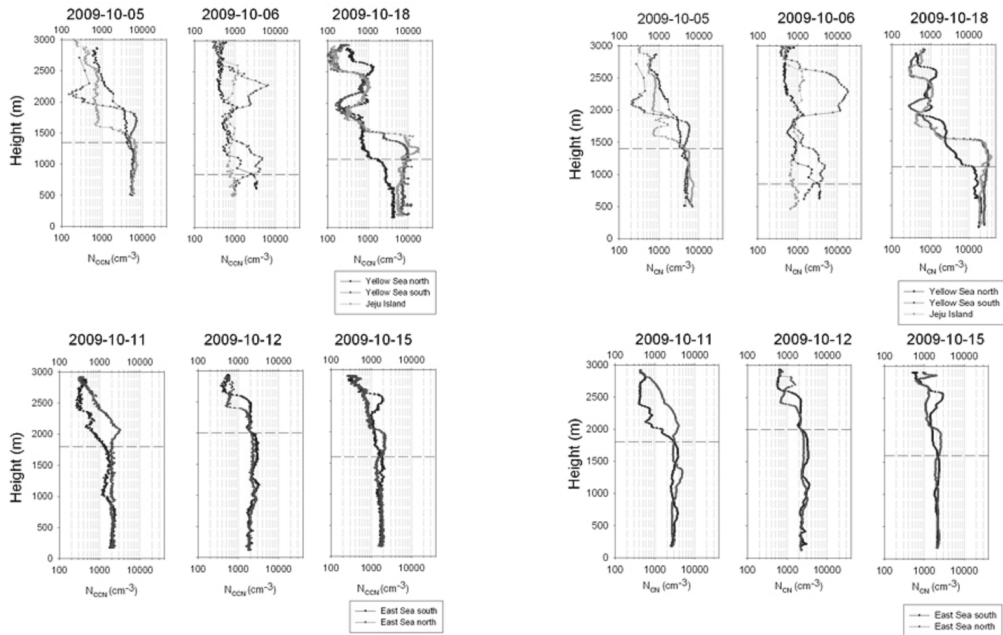


Fig. 1. 구름응결핵 수농도의 연직분포(좌), 에어러솔 총 수농도 연직분포(우).

표 1을 보면, 행성경계층 위와 아래가 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 전반적으로 행성경계층 아래에서는 황해상의 에어러솔 총 수농도와 구름응결핵 수농도가 동해상보다 높았다. 또한 황해상 북부에서 제주도인근으로 내려올수록 에어러솔 총 수농도와 구름응결핵 수농도가 증가했으며, 동해상의 경우 큰 차이를 보이지 않았다. 행성경계층 위에서는 황해상과 동해상의 차이가 거의 없는 것으로 보였다. 황해상 남부의 경우, 지역적인 영향 받아 구름응결핵과 에어러솔이 높은 것으로 나타났다.

Table 1. 행성경계층 위와 아래 구름응결핵 수농도와 에어러솔 총 수농도의 평균과 표준편차.

		황해상 북부	황해상 남부	제주도 인근	동해상 남부	동해상 북부
위	$N_{CCN}(cm^{-3})$	1074±634	1378±1073	927±435	1191±560	1165±499
	$N_{CN}(cm^{-3})$	1464±474	2461±1303	1311±420	1517±487	1551±510
아래	$N_{CCN}(cm^{-3})$	4128±920	5574±2668	6337±1756	1925±204	1910±291
	$N_{CN}(cm^{-3})$	7716±6437	10788±10870	15150±9921	2477±418	2426±450

선행 연구에서는 선박을 이용해 2005년 봄철 황해에서 에어러솔 총 수농도를 측정 한 Kim et al.(2009)의 경우, 평균 에어러솔 총 수농도는 $5568 \pm 2736 \text{ cm}^{-3}$ 이었다고 보고한 바 있다. 또한 이 연구에서의 48 시간 역계적 분석에 따르면 한국, 일본, 중국의 산업지대를 통과한 에어러솔이 측정되었다고 보고했다. 향후 역계적 분석 등을 통해 이러한 결과가 본 연구에도 적용되는지 파악할 계획이다.

참 고 문 헌

Kim, J.H., S.S. Yum, Y.-G. Lee, and B.-C. Choi (2009) Ship measurements of submicron aerosol size distributions over the Yellow Sea and the East China Sea, Atmospheric Research, 93, 700-714.