

GA7) 제주 고산에서의 에어러솔 수직분포 및 유입경로 연구 Study on the Vertical Profiles and the Inflow Routes of Aerosols at Gosan, Jeju

김삼우 · 원재광 · 이병일 · 윤순창
서울대학교 지구환경과학부

1. 서 론

제주도의 서단에 위치한 고산 측정소는 한반도와 중국대륙에 인접하고 있어 대기오염물질의 장거리 이동을 연구하기에 최적의 장소이다. 대기 중 에어러솔은 미량독성 물질의 장거리 이동시 그 운반체의 역할을 하기 때문에 중요한 연구 대상이다.

본 연구는 제주 고산에서 2002년 11월 2주간의 집중 측정기간동안 측정된 라이다 자료를 분석함으로써 고산 지역에서의 에어러솔 수직분포 특성을 규명하고자 한다. 또한, 측정기간동안의 한반도와 고산지역의 기상특성을 고찰하였으며, 측정지점으로 유입되는 공기괴의 기원을 추적하기 위하여 역궤적분석을 수행하였다. 이와 병행하여 실제 이류에 의해 측정지점으로 유입되는 고도별 바람의 특성을 분석하였다.

2. 연구 방법

2.1 라이다 측정 및 분석

측정은 2001년 11월 12일부터 26일까지 제주 고산측정소(33.29 °N, 126.09 °E, 71.2m)에서 연속적으로 이루어졌다. 본 연구에 사용된 Micro Pulse Lidar(이하 MPL)는 미국 SES Inc.사에서 제작된 것으로 파장은 523.5nm이며, 연직 분해능은 30m이다(Sprnhirne, 1995; Yoon and Won, 1998). 2분마다 평균되어 저장된 MPL 측정결과로부터 Fernald (1985)와 Klett(1981)의 방법을 이용하여 에어러솔 소산계수의 계산하였으며, 이를 통해 에어러솔층의 두께와 이동 고도 그리고 연속적인 변화 특성을 분석하였다. 또한 MPL 측정결과로부터 에어러솔의 광학적 두께(AOT)와 대기혼합고를 추정하였다. 한편, 11월 가을철 집중측정시의 결과는 2001년 봄철 ACE-Asia 기간의 측정 결과와 비교 분석하여 계절 특성을 살펴보았다.

2.2 역궤적 분석

MPL 측정결과에서 나타나는 에어러솔층과 측정지점으로 유입되는 공기괴의 유입경로를 추적하기 위하여 등온위면에서 역궤적을 구하였다. 이때 필요로 하는 기상장은 KMA GDAPS 자료를 입력자료로 사용하여, PNU/NCAR MM5v2 통해 만들었다(분해능: 1시간, 108×108km). 또한, HYSPLIT(Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory, Ver.4) 모델을 이용한 역궤적 분석을 병행하였다.

2.3 고산 지역의 바람 특성 분석

유해오염물질의 지상 포집이나 MPL을 이용한 에어러솔의 수직분포 측정 결과를 해석하여 장거리 이동 특성을 분석하는데 있어 궤적분석과 병행하여 측정지점에서의 고도에 따른 풍향과 풍속의 특성을 고찰할 필요가 있다. 고산 측정소는 기상청 제주고층기상대와 인접하고 있어 기상 자료를 얻기에 용이하다. 본 연구에서는 제주고층기상대의 지상관측자료와 라디오존데(radiosonde)를 통한 상층관측자료를 이용하여 지표면(71.2m MSL), 1000hPa, 925hPa, 850hPa 그리고 700hPa 고도에서의 월별, 계절별 그리고 집중 측정기간의 바람 특성을 살펴보았다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 2001년 11월 19일부터 26일까지의 MPL 측정결과로, 에어러솔 소산계수의 값을 크기에 따라 색으로 구분하여 연속적으로 그린 것이다. 특히, 11월 19일~24일은 한반도에 정체한 고기압의 영향권에 들어 날씨가 맑고, 북~북동 계열의 기류가 지속적으로 유입되었으며, 고기압의 정체에 따른 대기의 전반적인 흐름이 느려져 풍속은 점차 감소하는 경향을 보였다. 이 기간 MPL 측정결과를 보면, 11월 19일부터 24일까지 그 정도의 차이는 있지만 주로 주간(10시~18시)에 0.5~3km 고도에 반복적으로 에

어러솔층이 나타나고 있다. 이러한 에어러솔층에 대하여 HYSPLIT 모델을 통해 후방궤적을 분석한 결과, 이 기간 1km 고도의 경우 대부분 한반도의 서해안을 따라 지속적으로 기류가 유입되는 것으로 나타났다. 이 기간은 정체된 고기압의 영향권 내에 측정지점이 위치했기 때문에 종관 기상패턴에 의한 주풍의 영향뿐만 아니라 국지적인 해륙풍이 발달하기 유리한 시기인 점도 고려해야한다.

그림 2는 5개 고도에서 각 방위별 풍향출현빈도를 방사 모양으로 그린 바람장미(windrose)로, 11월 평균에 해당하는 값이다. 지표면 부근에서는 북 또는 북동 계열의 기류 유입빈도가 증가하고 대륙성 고기압 영향으로 남동 계열의 기류 유입이 현저하게 감소하는 것이 특징이다. 하층과 달리, 상층으로 올라갈수록 북서~서풍 계열이 뚜렷해짐을 볼 수 있다. 이는 하층의 경우 한반도나 제주도의 국지적인 영향을 조금이라도 받을 가능성이 존재하고, 1.5km이상의 고도에서는 중국 대륙으로부터 장거리 이동하는 물질이 쉽게 이동해 올 수 있음을 암시한다.

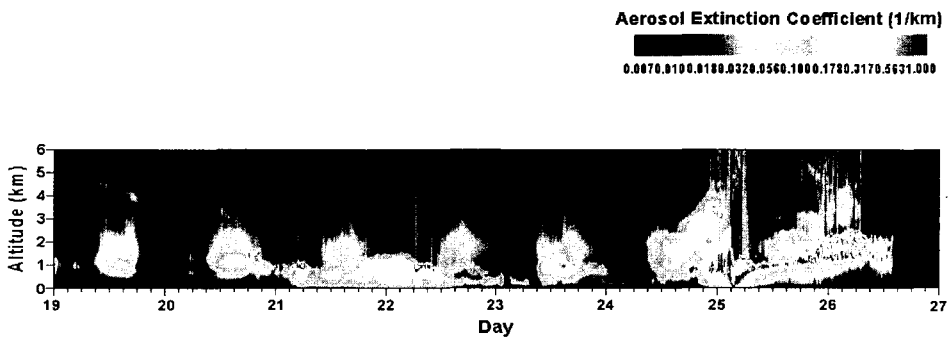


Fig. 1. Aerosol extinction coefficients obtained by MPL at Kosan during Intensive Observation Periods(November 19–26, 2001).

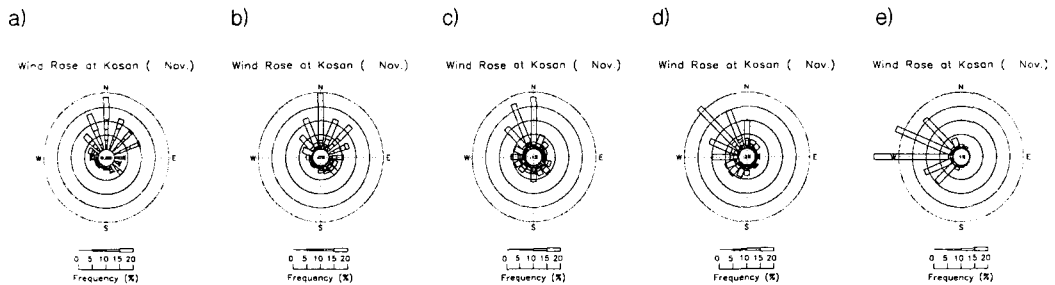


Fig 2. Windrose for November: a) surface, b) 1000hPa, c) 925hPa, d) 850hPa and e)700hPa.

감사의 글

본 연구는 환경부 차세대핵심환경기술개발사업인 "미량독성유해물질의 장거리 이동특성 분석과 영향 평가 기술" (과제번호 2001-44001-8) 지원으로 수행되었습니다. 자료를 제공해주신 기상청 관계자 여러분께도 감사 드립니다.

참 고 문 헌

Fernald, G.(1984) Analysis of atmospheric lidar observations: some comments, *Appl. Opt.*, 23, 652-654.
 Klett, D.(1981) Stable analytical inversion solution for processing lidar returns, *Appl. Opt.*, 20, 211-220.
 Spinherne, J. D.(1995) Compact eye safe lidar systems, *Rev. Laser Eng.*, 23, 112-118.
 Yoon, S.C. and J.G. Won(1998) Monitoring of atmospheric aerosols in Seoul using a micropulse lidar, *in 19th International Laser Radar Conference*, NASA/CP-1998-207671/PT1, PP.83-85.