

PF13) Micro Pulse LIDAR(MPL)를 이용한 에어러솔 연직 분포 특성 분석

Characteristics of Aerosol Vertical Distribution Using Micro Pulse LIDAR(MPL)

홍기만 · 구태영 · 이광우 · 박정규
기상청 기후변화감시센터

1. 서 론

빛은 대기 중의 분자, 입자(먼지 포함)와 구름입자(수적 또는 빙정)에 의해 산란 또는 흡수되는 특징을 가지고 있다. 이러한 빛의 특성을 이용하여 대기 중의 에어러솔을 관측하고 연구하기 위해 사용되는 원격탐지장비가 라이다(LIDAR: Light Detection And Ranging)이다. 라이다 기술은 연직적으로 분포하고 있는 다양한 구름의 구조 및 에어러솔의 분포를 관측할 수 있는 효율적인 기술이다. 짧은 파장의 레이저를 대기 중에 조사하여 후방산란되어 오는 신호를 받아 입자의 특성과 거리를 계산하므로 연직적인 에어러솔의 대기 분포를 파악할 수 있으며 기존 지상 장비의 단점인 에어러솔 연직 분포의 오차를 획기적으로 감소시키고 보다 정확한 에어러솔의 분포와 변화를 산출할 수 있는 장점을 가지고 있다. 한편 봄철뿐만 아니라 겨울철에 중국대륙에서 발생하여 이동되어 온 황사는 한국, 일본 및 태평양 넘어 미국 대륙에까지 영향을 미친다. 이러한 황사현상은 구름 물리 및 대기의 복사과정에도 중요한 역할을 한다. 최근에 수많은 과학자들은 황사의 물리·화학적 특성을 다양한 실험을 통해 규명하고 있으며, 장거리 수송 모형을 통한 황사의 이동에 대한 연구를 하고 있다(구태영 등, 2008; 노영민 등, 2005). 따라서 본 연구에서는 최근 안면도에서 관측한 에어러솔라이다(이하 MPL)의 관측 자료를 이용하여 다양한 기상조건에 따른 에어러솔의 연직 분포 특성을 분석하고자 한다.

2. 자료 및 방법

본 연구에서 사용된 MPL 레이저는 가시광선 영역의 523.5nm 파장(녹색광)대로 눈에 해롭지 않으며, 펄스 반복률은 2500Hz를 사용하고 있다. 최대 측정 고도는 60km(유효고도 10km)이다. 연직 분해능은 30, 75, 150, 300m까지 설정이 가능하며 본 연구에서 사용된 자료의 연직 분해능은 75m이다. 관측 자료는 1분 간격으로 생산되며 분석 자료는 10분 평균 자료를 사용하였다. MPL에서 생산되는 원시자료는 발사된 레이저가 에어러솔에 의해 후방 산란되어 감지된 양자 에너지이다. 이 원시자료는 아래의 식(1)에 의해 후방 산란 신호로 계산되고, 산출된 후방 산란 신호를 이용하여 대기 중 에어러솔의 연직 분포와 농도를 분석하였다(기상청, 2008).

$$NRB = \{(Raw\ signal - Background\ signal - After\ pulse) \times 고도^2\} / \{Energy\} \quad (1)$$

식(1)에서 *Raw signal*은 대기 중 에어러솔에 의해 후방 산란되어 수감부에 감지된 원시 자료를 의미하고, *Energy*와 *Background signal*은 관측 시 MPL에서 생산되는 값이며, *After pulse*는 상수로 주어진 값이다. 후방 산란 신호는 에어러솔의 밀도가 높을수록 그 값이 커지는 특징을 가지고 있으며 일반적으로 구름이나 안개와 같이 수적으로 구성된 에어러솔의 경우 비구면 입자상 에어러솔에 비하여 상대적으로 큰 값을 가진다. 본 연구에서는 2007년과 2008년 발생한 황사, 해무 및 청명일에 대한 에어러솔의 연직 분포를 사례별로 정리하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 4월 1일 안면도에서 MPL을 통해 관측된 황사 발생 시 에어러솔의 연직 분포를 나타내고 있으며, 지상부터 약 1.5km 고도까지 에어러솔 층의 존재가 0200 LST부터 뚜렷하게 관측되었다. 특히

에어러솔 층은 시간이 지남에 따라 하강하면서 1000~1400 LST까지 에어러솔 층의 농도가 높아지는 것이 관측되었다. 그리고 1100 LST부터 또 다른 에어러솔 층의 유입이 관측 되었다. 그림 2(a)와 2(b)는 4월 1일 PM₁₀ 질량 농도 변화와 40m 타워에서 관측된 풍향 및 풍속 변화를 각각 보여준다. 그림 2(a)의 붉은 파선과 실선으로 각각 표시된 400 $\mu\text{g m}^{-3}$ 과 800 $\mu\text{g m}^{-3}$ 은 기상청 황사 강도 예보의 기준이 되는 지표로서 황사로 인해 1시간 평균 미세먼지 농도가 400 $\mu\text{g m}^{-3}$ 미만에 대해서는 약한 황사, 400~800 $\mu\text{g m}^{-3}$ 에 대해서는 강한 황사, 800 $\mu\text{g m}^{-3}$ 이상에 대해서는 매우 강한 황사로 구분하고 있다. 색칠된 영역이 PM₁₀ 질량 농도를 나타내며, 그림에서 쉽게 알 수 있듯이 4월 1일 황사 사례는 1330 LST에 최고 농도가 1193 $\mu\text{g m}^{-3}$ 에 달할 정도로 매우 강한 황사였다. 최고 농도를 보인 이후에는 질량 농도의 급격한 하락을 보인 것이 이 사례의 특징이다. 그림 2(b)의 풍향·풍속 변화를 보면, 북서풍이 지배적이었으며, 풍속은 점점 약해졌고 0900 LST를 기준으로 다시 점차 강해지는 경향을 보였다.

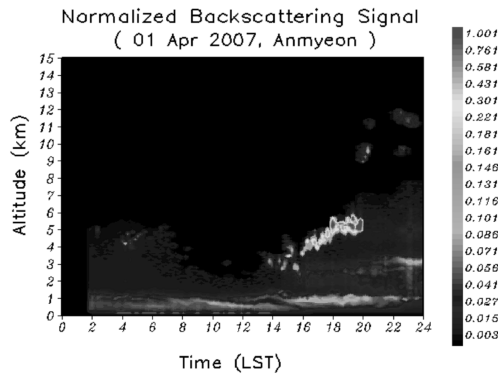


Fig. 1. 2007년 4월 1일 황사에 대하여 MPL에서 관측된 에어러솔 연직분포 일변화.

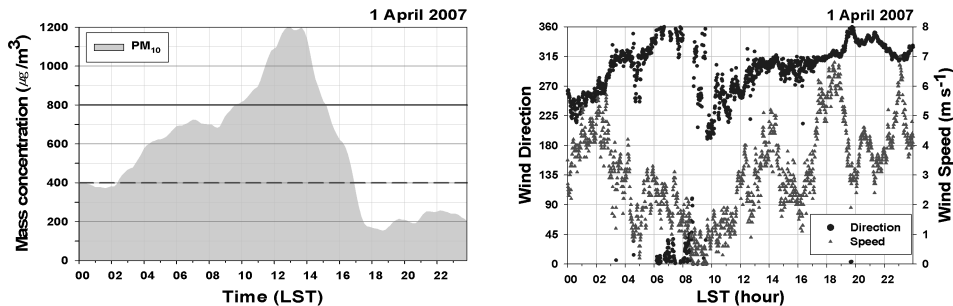


Fig. 2. 2007년 4월 1일의 (a) PM₁₀ 질량 농도와 (b) 풍향·풍속의 시간 변화.

사 사

이 연구는 기상청/기후국/기후변화감시센터의 기본연구사업비로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

기상청 (2008) 지구대기감시보고서 2007, p. 140.
 노영민, 김영민, 최병철, 김영준 (2005) GIST/ADEMRC 다과장 라만 라이더 시스템을 이용한 안면도 지역에서의 라이더 비의 연구, 한국대기환경학회 추계 학술대회 논문집.
 구태영, 홍기만, 김상백, 공종웅, 김명수 (2008) 2006년도 4월 안면도에서 발생한, 황사, 안개, 청명, 구름 사례에 대한 에어러솔 특성 분석, 한국대기환경학회지, 18(2), 97-109.