

# PA1) LIDAR 시스템을 이용한 황사의 광학적 특성 연구

## Optical Properties of Asian Dust with LIDAR System

최성철 · 차형기<sup>1)</sup> · 김덕현<sup>1)</sup> · 김영상

고려대학교 화학과, <sup>1)</sup>한국원자력연구소 양자광학기술개발팀

### 1. 서 론

황사는 몽골이나 중국 북부의 황토지대에서 강한 바람에 의하여 고공으로 올라간 많은 미세한 모래 먼지가 대기 중에 넓게 퍼져 하늘 전체를 덮고 떠다니다가 상층의 편서풍에 의해서 운반되어 서서히 하강하는 현상 또는 하강하는 모래먼지로 알려져 있다. 최근 몇몇 연구가들에 의해 황사기간중 대류권 내에서 편광소멸도를 측정하고 있다(Sakai 2000, Kobayashi 1985). 이들은 황사기간중 편광소멸도는 0.2 이상으로 높게 나타난다고 하였다. 본 연구에서는 시간변화에 따른 에어로졸의 산란특성과 편광소멸도를 측정하여 황사기간중 시간적 공간적 변화를 관측하였다. 또한 비황사기간과 황사기간에서의 에어로졸 산란특성과 편광소멸도의 변화를 비교 분석하고자 한다.

### 2 연구 방법

본 연구에서 사용된 장비는 대전시 유성구에 위치한 원자력 연구소 (127.2 °E, 36.25 °N)에서 설치된 라이다 장비를 이용하여, 2001 년 3 월부터 5월까지 측정된 결과이다. 관측일은 기상청에서 발표한 결과를 토대로 하여 황사기간인 3 월 20 - 22 일, 4 월 10 - 12 일, 5 월 16 - 17 일과 황사가 발생하지 않는 날에 측정을 수행하였다. 측정에 사용된 라이다 시스템은 원자력 연구소에서 개발된 차량 탑재형 라이다 시스템에서 황사 측정을 위해 특별한 광학 장비를 설치하여 수행하였다. 사용된 시스템은 그림 1 에 나타내었고, 전체 사양은 표 1 에 나타내었다. 레이저 원으로 펄스 반복율이 30 Hz, 펄스에너지가 350 mJ인 Nd:YAG 2 차 조화파를 사용하였다. 출력단에 Wave plate( $\lambda/2$  polarizer)를 설치하여 선형 편광된 레이저 빔을 대기중으로 조사하였다. 이때 레이저 빔 발산각은 0.5 mrad 이하였다. 대기중으로 조사된 빔은 에어로졸의 편광특성에 따라 편광소멸도값의 변화를 유발한다. 에어로졸의 비구형성과 에어로졸 내부의 특성 및 굴절률에 따라 편광소멸도는 서로 다른 값을 가지게 된다. 또한, 에어로졸의 소산계수나 후방산란계수 값을 통해 대기 중에 존재하는 에어로졸의 양을 예측할 수 있다.

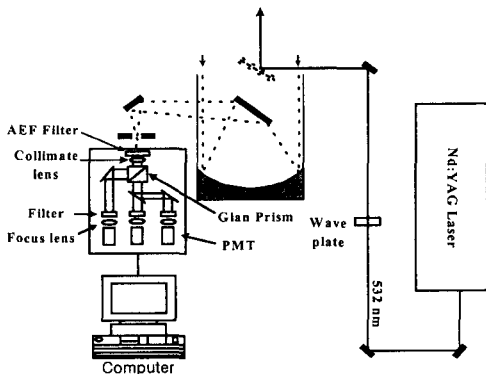


Fig. 1. Schematic of LIDAR System

<b>Transmittance</b>	
Laser type	Nd:YAG
Wavelength (nm)	355, 532
Energy/Pulse (mJ)	120, 120
Repetition rate (Hz)	30
Beam divergence (mrad)	<0.5
<b>Receiver</b>	
Telescope type	Newtonian
Diameter (m)	0.3
Field of view (mrad)	2
Detector	PMT
Signal detector	ADC
Range resolution	5
<b>Detection wavelength (nm) and species</b>	
386.7 Raman Nitrogen 407.5 Raman Water Vapor 532 P/S, Mie/Rayleigh, Polarization	

Table. 1. LIDAR System of Specifications

대기중 에어로졸에 의해 후방산란된 신호는 직경이 30 cm이고, 시계가 2 mrad인 Newtonian 형태의

망원경을 통해 수신하게 된다. 수신된 신호는 Gran 프리즘을 통해 편광이 나누어지고 2 채널 아날로그 모드의 PMT에 검출되고, 신호는 12-bit 30 MHz 인 ADC를 통해 신호 해석된다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2 는 황사가 발생한 날인 2001년 3월 21 일 결과를 나타낸 것이다. 그림 a)는 수직 고도 분해능은 10 m이고 3000 펄스를 평균하여 신호를 획득하였다. 그림에서 고도 1000 - 3500 m 사이에 폭넓은 에어로졸 층이 형성되어 있는 것을 볼 수 있다. 이를 토대로 그림 b)는 Klett 이론을 통한 에어로졸의 소산계수값을 계산한 결과이다. 이 결과 고도 1000 - 3500 m 사이에  $0.1 \text{ km}^{-1}$  이상의 값을 지니는 에어로졸 층이 형성되어 있는 것을 볼 수 있다. 하지만 이것만으로 이 층이 황사에 의한 결과인지는 알 수 없다. 이를 확인하기 위해 에어로졸의 편광소멸도를 측정하였고, 이를 c)에 나타내었다. 그림에서 1000 - 3500 m 사이에 편광소멸도가 0.2 이상을 나타내는 결과를 볼 수 있다. Sakai 등은 중국 북부에서 토양 입자로 형성된 황사의 편광소멸도는 전형적으로 0.2 - 0.3 사이의 값을 지닌다고 발표하였다. 그러므로 본 연구 결과에서 이 층이 황사에 의해 형성된 층일 것으로 예상하였고, 실제 그림 d)에서 보여 주는 것과 같이 TERRA 위성 사진을 통해 황사층임을 확인하였다. 그림 3 은 황사가 없는 날과 황사 발생한 날의 광학적 특성을 비교하였다. 그림에서 고도 차이는 있지만 소산계수 값은 유사한 값을 갖는다. 하지만 편광소멸도를 통해 에어로졸의 형태학적 특성이 확연히 차이남을 측정할 수 있었다. 이와 같이 황사가 발생한 날과 그렇지 않는 날에서의 편광소멸도는 확연한 차이를 보이고 있으며, 이를 통해 황사의 출현 유무를 확인 할 수 있다.

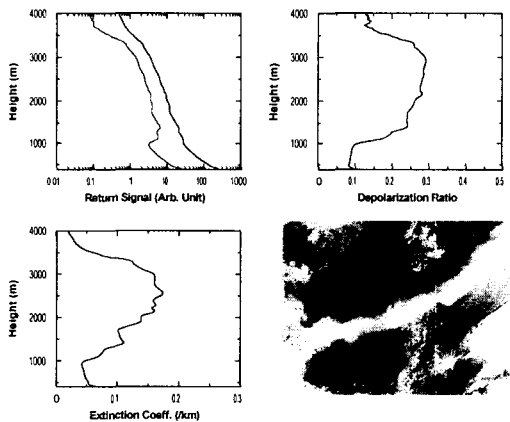


Fig. 2. Optical Property of Asian Dust measured on 21 Mar. 2001

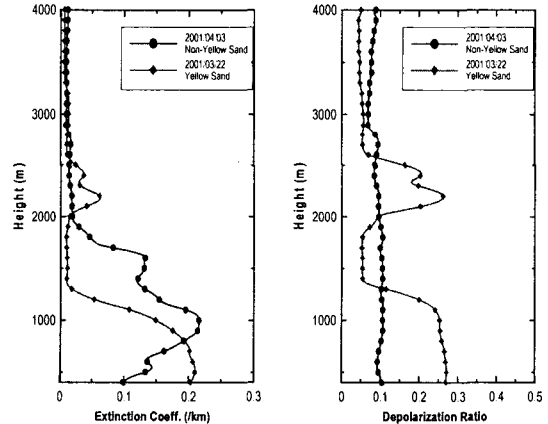


Fig. 3. Comparison Between Asian Dust and Non-Asian Dust days

### 참 고 문 헌

- Sakai, T., Takashi Shibata, Soung-An Kwon, Yoon-Suk Kim, Koichi Tamura, Yasunobu Iwasaka (2000) Free troposphere aerosol backscatter, depolarization ratio, and relative humidity measured with the Raman lidar at Nagoya in 1994-1997: contributions of aerosols from the Asian Continent and the Pacific Ocean. *Atmospheric Environment* 34, 431-442
- Kobayashi, A., S. Hayashida, S. Okada and Y. Iwasaka (1985) Measurements of the depolarization properties of KOSA(Asian dust-storm) particles by a laser radar in spring 1983. *J. Met. Soc. Japan*, 63, 144-149