

## PA33) 황사층의 고도변화에 따른 광학적 특성 변화 분석

### Analysis of the optical property of the Asian dust with respect to the altitude change

이병일 · 원재광 · 윤순창

서울대학교 지구환경과학부

#### 1. 서 론

에어로졸은 자연활동으로 인하여 발생하는 것과 인위적인 산업 활동으로 인하여 발생하는 것 두 가지로 나누어진다. 황사는 바람에 의해 토양에서 대기 중으로 배출되어지는 대표적인 자연 발생적인 에어로졸이라고 할 수 있는데, 중국의 사막지역 및 몽고 내륙지역 등에서 발생한다고 알려져 있으며, 발생원인은 건조지대를 지나는 저기압의 후면에서 강한 상승기류에 의해서 토양 입자들이 대기 중으로 비산되며, 40~50m/s의 제트기류를 타고 한반도, 일본, 알류산 열도와 하와이까지 이동한다고 알려져 있다(Arao et al., 1986 ;Iwasaka, 1988). 특히, 아시아지역은 최근 급격한 산업 활동과 인구의 증가에 따라 다량의 인위적 에어로졸을 많이 배출하는 지역으로 알려져 있고, 1990년대 후반부터 아시아 대륙내의 타클라마칸, 고비사막, 황토고원들의 여러 사막 등에 의해서 봄철 대규모의 황사의 발생 빈도가 증가하고 있다(Husar et al., 2001).

#### 2. 분석 방법

MPL 자료의 분석은 Klett(1981)과 Fernald(1984)의 방법을 이용하였으며, 이를 이용하여 공기분자와 에어러솔의 소산계수를 구하였다. 기상청에서 발표한 황사일과 환경부의 측정망 자료 중에서  $PM_{10}$ 의 농도가 대기환경기준(일평균  $150\mu g/m^3$  이상)을 초과하는 날에 대해서 황사 사례로 나누었고, 2km이상의 고도에서 소산계수가 크게 나타나 층을 가지는 날에 대해서 Elevated 에어로졸 사례로 나누었으며, 전형적으로 맑았던 날을 선정하여 비교자료로 이용하였다. Sunphotometer 자료는 에어러솔 광학두께, 크기분포, Angstrom 파장 먹지수, 단산란알베도, 굴절지수 등의 광학적 변수를 분석하는데 이용하였다. 사례별 광학적 변수를 분석함으로써, 에어러솔이 존재하는 고도가 달라짐에 따라 광학적 특성은 어떻게 달라지는지에 대한 분석을 수행하였다.

#### 3. 분석 결과

##### 3. 1 MPL 자료분석 결과

1998년부터 2002년까지 5년 동안의 3월, 4월, 그리고 5월의 서울과 제주지역에서 관측자료를 분석하였다. 관측시간은 총 2959 시간이었으며, 관측 자료 분석시 안개가 심했던 경우나 구름이 많이 존재하여 에어러솔에 의한 소산계수를 분석하기 어려웠던 날을 제외하였고, 전체 관측시간의 33%만이 분석에 이용되었다. 황사사례(Fig. 1의 a)는 310시간으로 전체관측시간의 10.5%를 차지하고 있으며, 지상에서 1.5~3km고도까지 소산계수가 크게 나타나다가 그 이상의 고도에서는 소산계수가 급격히 감소하는 경향을 나타내고 있다. Elevated 에어로졸의 사례(Fig. 1의 b)는 522시간으로 전체 관측시간의 17.6%를 차지하고 있으며, 지상 부근에서는 소산계수가 황사사례 보다 작고 맑은 날 사례와 유사한 값을 가지고 있지만, 2~6km 사이의 고도에서 약 1~2km의 두께로 소산계수가 크게 나타나는 에어로졸 층이 분석되었다. 아주 맑은 날의 사례(Fig. 1의 c)는 134시간 관측되었으며, 전체 관측시간의 4.5%를 차지하고 있으며, 배경대기에서 에어로졸의 일변화를 잘 나타내고 있다.

##### 3. 2 Sunphotometer 자료 분석

MPL 자료 분석을 통하여 나누어진 각 사례에 대하여 Sunphotometer 자료를 이용하여 광학적 특성을 분석해본 결과이다. Fig. 2의 a, b, c는 각 사례별 에어러솔의 광학두께와 Angstrom 파장 먹지수를 나타내고 있다. 황사사례인 경우 에어러솔 광학두께는 크게, Angstrom 파장 먹지수는 작게 나타남을 볼

수 있다. Elevated 사례는 Angstrom 과장 먹지수가 뚜렷하게 두 부분으로 구분되는 것을 볼 수 있다. 맑은 날의 사례는 황사사례와는 대조적으로 에어러솔의 양이 아주 작고 입자의 크기도 작다는 것을 나타내고 있다.

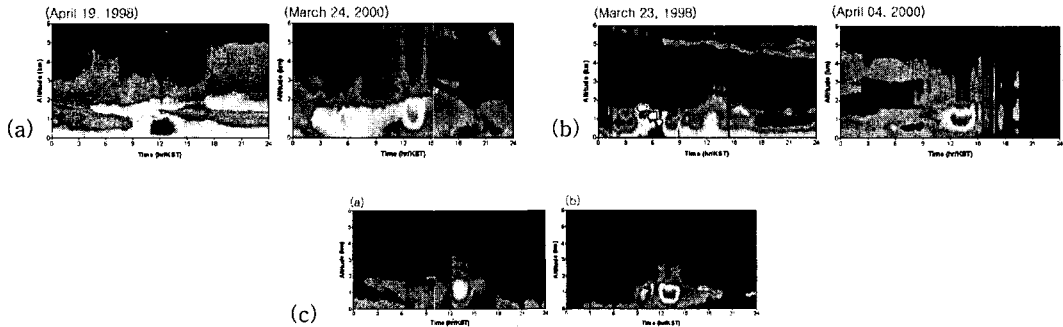


Fig. 1. Aerosol extinction coefficients : (a) Dust cases, (b) Elevated cases, (c) Clear sky cases

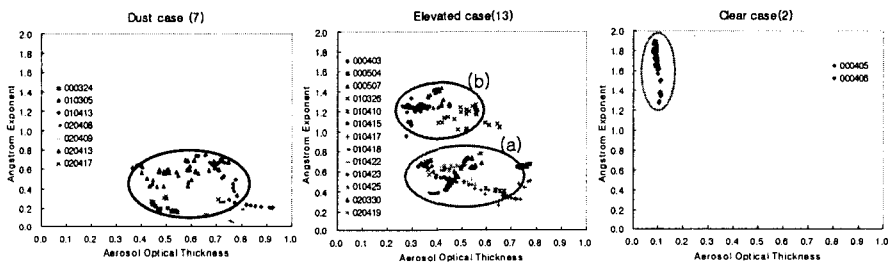


Fig. 2. Aerosol optical thickness vs angstrom exponent for each cases

#### 4. 요약 및 제언

MPL 관측 자료를 이용하여 에어로졸의 이동고도와 두께를 알 수 있었으며, 각 사례에 대하여 Sunphotometer 자료를 분석하여 에어러솔의 고도, 두께 그리고 오염원에 따라 광학적 특성이 달라진다는 것을 알 수 있었다. MPL과 선포터미터를 동시에 분석하는 것은 항공기관측 자료 등으로만 분석 되어질 수 있는 Elevated 에어로졸들에 대하여 황사먼지인지 아니면 다른 인위적 오염 물질인지, 오염원을 추정하는데 이용되어질 수 있을 것이라 사료되어진다.

#### 참고 문헌

- Arao, K. and Y. Ishizaka, 1986: Volume and mass of yellow sand dust in the air over Japan as estimated from atmospheric turbidity, *J. Atmos. Sci.*, 31, 674-701
- Iwasaka, Y., M. Yamato, R. Imasu and A. Ono, 1988: Transport of Asian dust(KOSA) particles; importance weak KOSA events on the geochemical cycle of soil particles, *Tellus*, 40B, 494-503
- Fernald, F. G., 1984: Analysis of Atmospheric Lidar Observations : Some comments, *Appl. Opt.*, 23(5), 652-654
- Husar, R. B. et al., 2001: Asian dust events of April 1998, *J. Geophys. Res.*, 106(D6), 18317-18330
- Klett, J. D., 1981: Stable analytical inversion solution for processing lidar returns, *Appl. Opt.*, 20(2), 211-220