

## EA4) AERONET 자료를 이용한 전지구적 S-ratio 분포 데이터 베이스 구축 Making Global S-ratio distribution database using AERONET data

원재광 · 윤순창

서울대학교 지구환경과학부

### 1. 서 론

라이다를 이용한 지구환경 감시 기술이 발전하고 대기 중 에어러솔에 대한 전지구적인 관측자료의 필요성이 증가하고 있다. 이와 동시에 관측결과의 신뢰성을 높이는데 필수적인 에어러솔에 대한 기본 정보, 특히 S-ratio(extinction to backscattering ratio)에 대한 데이터 베이스가 요구되고 있다. 특히, 2004년 발사 예정인 위성탑재 라이다 ESSP3(Earth System Science Pathfinder 3)와 같이 전 지구를 관측대상으로 하는 경우에는 전지구적인 S-ratio 자료가 특별히 요구된다.

이를 위해 AERONET(AERosol RObotic NETwork)으로부터(Holben et al., 2001) 전 세계 200개 이상의 지점에서 관측된 에어러솔의 정보를 얻고, 이를 사용하여 관측에 필요한 파장대에서의 S-ratio를 계산해보았다. 또한 에어러솔의 특성에 따른 S-ratio의 차이도 고찰해보았다.

### 2. 연구 방법

AERONET는 NASA GSFC에서 운영하고 있는 관측 네트워크로, 지구상에 200개 이상의 지점에서 동일한 기기(Sun-sky radiometer, 프랑스 Cimel 사 제작)를 사용하여 관측을 하고 동일한 방법(Dubovik and King, 2000)을 사용하여 분석을 하여 동질성을 보장하는 현존 최대의 지상관측 에어러솔 데이터 베이스라고 하겠다. (인터넷 홈페이지 <http://aeronet.gsfc.nasa.gov> 참고)

S-ratio 데이터 베이스를 구축하기 위해서는 AERONET에서 제공하는 에어러솔 크기분포 및 굴절률 자료를 사용하여 Mie 이론에 근거한 계산방법을 적용하게 된다. AERONET는 Dubovik의 알고리즘에 의해  $0.05\mu\text{m} \sim 15\mu\text{m}$ 의 구간영역에서 22개의 에어러솔 크기에 대한 부피 값을 제공하고, 동시에 440nm, 670nm, 870nm, 1020nm의 4 파장에서의 실수부 및 허수부 굴절률을 제공하고 있다.

Sun-sky radiometer 측정시의 가장 큰 오차는 구름에 의한 태양복사의 변형이라 할 수 있기 때문에, 분석에 사용된 자료들로부터 적절한 cloud screening 방법을 통해 보다 신뢰성이 높은 자료를 선택할 필요가 있다. 이를 위해 NASA GSFC에서 직달일사 측정자료 분석에 사용하는 통계적인 방법(Smirnov et al., 2000)을 적용하였고, 자료의 특성을 고려하여 크기분포 복원을 위해 사용되는 almucantar 자료의 대칭성을 분석하는 방법을 고안하여 적용하였다.

ESSP3는 Nd:YAG 다이오드 레이저를 사용하여 532nm와 1064nm에서의 관측을 하도록 설계되어 있는데, AERONET 자료로부터는 532nm의 S-ratio를 직접 얻을 수 없다. 이를 위해 Angstrom의 turbidity equation을 이용하는 1차 fitting 방법과 이를 응용한 2차 fitting 방법을 고안하였고, 보다 물리적으로 타당성이 있다고 할 수 있을 2차 fitting 방법을 사용하였다. 그림 1은 몇 가지 사례에 대하여 적용시켜본 에어러솔 소산계수의 2차 fitting 곡선의 예이다.

한편 방대한 AERONET 자료를 사용하여 에어러솔의 특성에 따른 구분을 시도해 보았다. 에어러솔의 크기분포 및 굴절률 등의 자료를 사용하여 군집분석을 수행하여, 사막지역의 먼지나 도시지역의 에어러솔, 또한 biomass burning등에 의한 에어러솔의 특징들을 추론해 보았다. 이 결과로부터 각 측정지역의 전체적인 S-ratio의 계절변화 뿐만 아니라 특징적인 에어러솔에 의한 S-ratio의 값들을 살펴보았다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 안면도와 GSFC의 AERONET 측정지점에서 관측된 자료로부터 계산된 S-ratio의 월별 변화이다. cloud screening후 측정자료의 수는 안면도는 867개, GSFC는 2745개로, 안면도의 통계적 신뢰성이

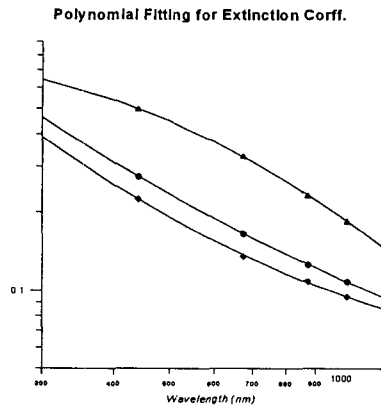


Fig 1. An example of 2nd polynomial fitting for aerosol extinction coefficient

GSFC에 비해서는 부족한 게 사실이지만, 이와 같은 그림으로부터 지역에 따라서 S-ratio의 값을 변경 시켜서 라이다 측정자료 분석을 수행해야 한다는 당위성은 제시할 수 있다.

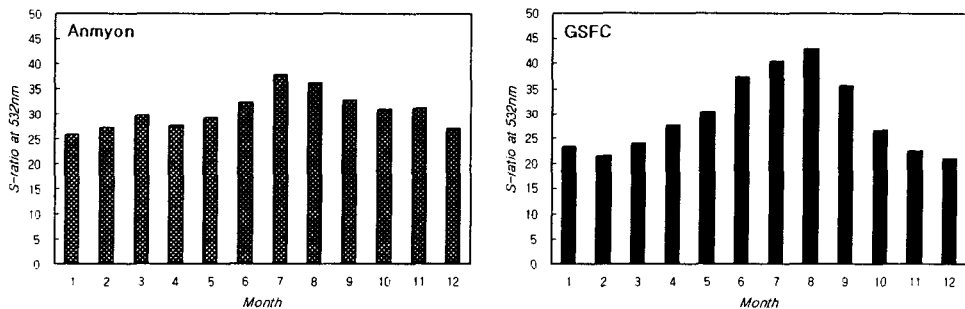


Fig 2. Monthly variation of S-ratio at 532nm, the left figure is of Anmyon and the right figure is of GSFC

한편 안면도 자료의 경우 전체 S-ratio의 평균값은 29.6인데 비해, 사막 먼지(봄철의 황사로 추정)의 경우는 23.5, 도시지역 에어러솔의 경우 33.0으로 나타나, 측정사례에 따른 적절한 S-ratio 값의 사용이 필요함을 알 수 있었다.

향후 보다 많은 측정지점에 대한 분석 및 더 많은 자료를 고려한 계산이 수행되어야 할 것이고, 에어러솔의 특성구분의 경우는 타 측정방법과의 비교연구도 수행되어야 할 것으로 사료된다.

### 참고 문헌

- Dubovik, Oleg and Michael D. King, (2000) A flexible inversion algorithm for retrieval of aerosol Optical properties from Sun and sky radiance measurements, JGR, Vol 105, pp 20673-20696
- Smirnov et al. (2000) Cloud screening and quality control algorithm for the AERONET database, Remote Sens. Environ., Vol 73, pp 337-349
- Holben et al. (2001) An emerging ground-based aerosol climatology : aerosol optical depth from AERONET, JGR, Vol. 106, pp 12067-12097