

1A2) 한반도 청정지역의 대기 복사특성 연구 Atmospheric Aerosol Optical Properties in Korean Peninsular

방소영 · 이명주¹⁾ · 남재철 · 오성남¹⁾

기상연구소 응용기상연구소실, ¹⁾기상연구소 원격탐사연구소실

1. 서 론

직달일사량의 감소로부터 관측하여 구해지는 에어러솔 광학 깊이(aerosol optical depth)와 입자크기 분포, 그리고 에어러솔 광학깊이와 스카이라디오메타를 이용하여 관측한 태양방위각별 일사자료(solar almucantar sky radiance data)를 결합하여 만든 단일산란알베도(single scattering albedo, SSA)등의 에어러솔 광학요소는 대기의 광학상태를 결정하고, 복사강제력을 결정하는 데 중요하게 활용되어진다. 에어러솔은 복사과정에서 중요한 역할을 하지만(Miller and Tegen 1998), 에어러솔 연구의 오랜 역사에도 불구하고 에어러솔 광학특성에 대한 우리의 지식은 충분치 못하다(Sokolik and Toon 1999). 우리나라의 경우, 1999년 이후로 서울, 안면도, 제주도 고산에 학계와 연구소에서 skyradiometer, sunphotometer, 대기입자계수기 등의 기기를 설치하여 관측되어지는 자료로 에어러솔의 광학특성을 연구하고 있다(S. N. Oh 등, 2004). 그러나 대부분의 연구가 안면도와 고산, 두 지점에 많은 양의 에어러솔이 중국으로부터 장거리 수송되어오는 황사기간을 포함한 봄철에 집중되어 있어 장기간의 비교분석이 부족한 실정이다. 이 연구에서는 인면도와 제주고산 상공의 에어러솔 광학 특성을 분석하고 일별, 계절적 특성을 조사하고 광학두께와 비습사이의 관계를 정립하고, 입자 크기분포와 단일산란알베도와와의 역학적인 관계를 조사하고자 한다.

2. 연구방법

한반도의 청정지역으로 대표되는 두 관측사이트 중 하나인 안면도(36.°40'N, 126°10'E, 43.5m s.l.)는 1999년 10월에 AERONET site로 등록되면서, 나머지 하나인 제주도 고산(33.°17'N, 126°10'E, 73m s.l.)은 ACE-Aisa 집중관측이 시작되는 해인 2001년부터 skyradiometer(model: POM-01L, Pred INC.)를 설치 운영하였다. 그리고 관측자료를 Nakajima(1996) 고안한 SKYRDA.pack 코드에 적용하여 에어러솔광학두께 및 옹스크롬지수, 단일산란알베도를 복원하고 두 지역의 단위질량당 수증기량을 나타내는 비습을 산출하여 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

일반적으로 에어러솔 광학 성질을 분석 하는 요소로써 에어러솔 광학두께 $\tau_a(500 \text{ nm})$ 와 옹스트롬지수 α 의 두개 요소를 이용하여 특성을 기술하였다. Fig. 1은 제주고산과 안면도에서 산출한 월평균 에어러솔 광학요소의 변화경향을 보였다. 제주고산의 경우는 전체 관측기간인 2001년도 1월~2003년 8월까지 기록된 총 18544개의 자료를 통계하여 나타낸 것으로 2001년 6월~11월사이의 자료 결측으로 인하여 분석하기 어려우나 2002년의 기간을 통하여 경향을 유추 하였다. 안면도는 전체 관측기간인 1999년도 10월~2002년 3월까지 기록된 총 864개의 자료를 통계하여 나타낸 것으로 2000년 3월과 5~8월사이의 자료 결측으로 인하여 분석하기 어려워 2001년 자료를 중심으로 분석하였다. 뚜렷한 계절적 변화를 보이는 고산의 경우와 달리 안면도의 월평균 $\tau_a(500 \text{ nm})$ 경우는 계절에 따른 뚜렷한 변화를 보이지 않으나, 2002년 1~3월을 제외하면 3월~6월에 증가하고 봄철 기간 중 3월과 4월은 거의 유사하게 나타나고 있다. 또한 6월~10월까지의 감소하였으며 최소를 나타낸 2001년 10월은 약 0.16으로 한반도의 중관기상특성으로 인하여 영향을 받았을 것으로 사료된다. 고산의 경우 3월~6월 증가하고 6월~10월까지의 감소하였으며 최소를 보이는 2002년 8월은 장마와 폭우로 인한 중관기상 특성이 영향을 많이 미

쳤다고 사료 되며 이에 대한 연구가 필요하다. 그리고 일반적으로 10월의 에어러솔 광학두께가 약 0.27로 작게 나타났다. 전반적으로 고산보다 안면도의 에어러솔 광학두께가 평균적으로 약 45%정도 작게 나타나고 있다.

안면도에서의 용스트롬지수 α 의 월평균은 중국으로부터 유입되는 황사로 인하여 한반도 대기가 혼탁해 지는 3~5월 사이에 감소하고 있으며 여름철 잦은 비와 호우 및 가을철 기단의 영향으로 6월~9월 사이 증가하고 있다. 최대치는 2002년 8월에 1.54로 나타나며 전체 월평균은 1.12로 0.98~1.54 범위에서 관측되었다. 고산의 경우 역시 3~5월 사이의 α 가 현저하게 감소하고 최소치는 2002년 4월에 0.461이었으며 6월~9월 사이 증가하고 있다. α 의 전체 월평균 0.89로써 0.46~1.4 범위에서 변화하고 있으며 이 결과를 안면도와 비교하면 최소값의 경우는 2배 이상의 차이를 보이고 최대치는 약 10% 정도의 감소를 보여 두 지역의 입자의 크기분포에 있어 차이가 있음을 알 수 있다. 비습은 계절변화가 뚜렷이 보이거나 안면도가 월별 최대최소의 변화폭이 더 크게 나타나고 있다.

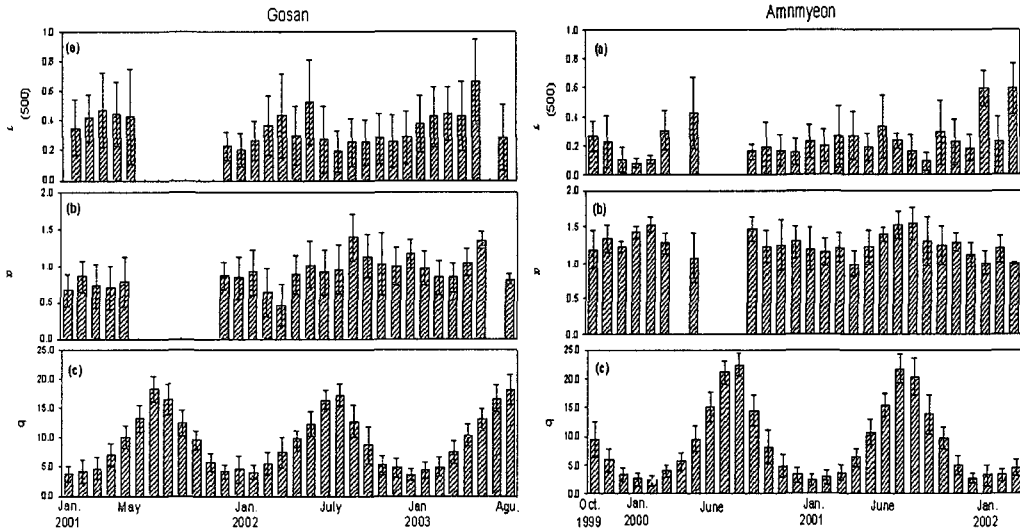


Fig. 1. Mean monthly values (a) aerosol optical depth at 500 nm, (b) Angstrom exponent, and (c) specific humidity(the bars indicated $\pm 1\sigma$) for the whole period of measurement in Gosan and Anmyeon.

사 사

이 연구는 과학기술부에서 시행하는 국가지정연구실 사업의 하나인 한반도 기후변화 감시 기술개발 연구과제(과제번호 : M1-0204-00-0153-03-J00-120-00)와 기상연구소의 “도시기상특성 예측 및 응용기술 개발”의 일부지원으로 수행된 내용입니다.

참 고 문 헌

- Miller, R. L., and I. Tegen(1998), Climate response to soil dust aerosols. *J. Climate.*,11, 3247-3267.
- Nakajima, T., T. Hayasaka, A. Higurashi, G. Hashida, N. Moharram-Nejad, Y. Najafi, and H. Valavi(1996), Aerosol optical properties in the Iranian region obtained by ground-based solar measurements in the summer of 1991. *J. Appl. Meteor.*,35, 1265-1278.
- Sokolik, I. N., and O. B. Toon (1999), Incorporation of mineralogical composition into models of

- the radiative properties of mineral aerosol from UV to IR wavelengths. *J. Geophys. Res.*,104, 9423-9444.
- Oh, S. N., B.-J. Sohn and S.-S. Lee (2004) Aerosol optical and radiative properties observed at Anmyeon and Jeju, Korea in the spring of 2000 and 2001. *Environmental Monitoring and Assessment* 92, 95-115.