

## PE4) 자외선 영역의 에어로졸 광학 깊이의 계절 분포 및 불확실도의 계산

### Seasonal Variation and Measurement Uncertainty of UV Aerosol Optical Depth Measured at Gwangju, Korea

김 정 은 · 김 영 준

광주과학기술원 환경공학과, 환경모니터링신기술연구센터

#### 1. 서 론

자외선 영역의 에어로졸 광학 깊이(UV Aerosol optical depth, UV-AOD)를 측정할 수 있는 장비는 CIMEL Sunphotometer (340, 380 nm), Brewer spectrometer (290-363nm), 그리고 UV-MFRSR (Ultraviolet multifilter rotating shadow-band radiometer, 299.4, 304.4, 310.9, 317.3, 324.5, 331.3 and 367.4 nm)가 있다. 단파장 복사의 측정과 보정 및 정확한 오존 전량 측정의 어려움 등 때문에 자외선 영역에서의 에어로졸 광학 깊이에 대한 연구는 가시광선이나 근적외선 영역에서보다 상대적으로 어렵다고 알려져 있어 선행연구가 적은 편이다. UV-AOD의 파장의존도는 지역 및 관측 기간마다 다르게 보고되고 있으나 그 원인이나 불확실도에 대해서는 언급되지 않은 경우가 대부분이다. Wenny et al. (2001), Kirchhoff et al.(2002), Jaroslowski et al.(2003) 등은 자외선 영역에서 파장이 커질수록 AOD도 증가한다고 보고하였고 Cheymol and De Backer (2003)는 UV-AOD와 파장의 상관성이 없음을 보였다. 이러한 불일치는 에어로졸의 종류와 크기 분포, 그리고 지역과 시간에 따라 다르기 때문일 것이다. 본 연구에서는 2002년 4월~2004년 7월의 기간에 광주지역에서 UV-MFR로 관측한 UV-AOD의 계절변화 특성과 파장 의존도를 파악하고 UV-AOD 계산에 있어서의 불확실도를 계산하고자 한다.

#### 2. 연구 방법

UV-MFRSR을 이용하여 관측한 304.4, 310.9, 317.3, 324.5, 331.3, and 367.4 nm 파장의 직달 일사량으로 총대기광학깊이를 계산하여 오존 흡수 및 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>에 의한 흡수와 공기 분자의 산란을 제거하여 에어로졸 광학 깊이를 구하였다. TOMS 오존 전량 자료와 Molina and Molina (1986)의 226K에서의 오존 흡수 cross section을 이용하여 오존 흡수량을 파장별로 계산하였다. 관측 기간 동안 광주 지역의 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>의 평균 농도(대기환경측정망 자료, 국립환경과학원)에 기반하여 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> 전량을 각각 0.5 DU와 2.0 DU로 가정하여 계산에 포함하였다. 불확실도는 랑리회귀법에서 기인한 대기압 일사량 결정시의 오차, TOMS 오존 전량 오차, 대류권 오존량에 의한 오차, 유효 오존 온도 오차, 파장 반응 함수의 오차 등을 고려하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

총대기광학깊이에 대한 각 성분의 기여도를 계산하였다. 가장 짧은 파장에서는 오존이 긴 파장에서는 에어로졸이 총대기광학깊이의 가장 많은 부분을 차지하였다. NO<sub>2</sub>나 SO<sub>2</sub>의 흡수에 의한 광학 깊이는 모든 파장에서 크지 않았다. 관측 기간 동안 UV-AOD는 367 nm에서 봄, 여름, 가을, 겨울 각각  $0.68 \pm 0.29$ ,  $0.89 \pm 0.48$ ,  $0.48 \pm 0.22$  and  $0.42 \pm 0.21$ 의 값을 보여 여름이 가장 높았다. 그림 1에 나타난 것처럼 월별 평균으로부터 367nm에서 6월에 최고( $0.95 \pm 0.43$ ) 2월에 최소값( $0.31 \pm 0.14$ )을 보였다. AOD 계산은 구름이 없는 맑은 날에만 한정된 것으로 이러한 계절 변화가 대표성을 가진다고 확인하기 위해서는 좀 더 오랜 기간의 자료가 축적되어야 할 것이다. 이 기간 동안 여름이 최고값을 보인 이유는 특히 6월의 경우 남서 계절의 주풍 때문에 중국 남동부의 오염물질 및 biomass burning 에어로졸이 대량 이동하는 현상이 자주 관측되었다. 이는 MODIS의 fire spot 정보 (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov>)와 역

계적 분석(<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>)으로 확인하였다. 이러한 장거리 이동한 연무나 연기들로 인해 평소보다 2-3배 높은 AOD값이 관측되었다. 그림 1과 같이 UV 전영역과 UV-A 영역에서 구한 Angstrom 지수는 각각  $3.35 \pm 1.06$ 와  $2.03 \pm 0.75$ 였다. UV-AOD를 계산하는 데 있어 가장 큰 불확실도를 야기하는 것은 TOMS 오존 전량이었다. 불확실도는  $\pm 0.144 \sim \pm 0.068$ 로 짧은 파장일수록 큰 값을 가졌다. UV-AOD는 310.6 nm을 기준으로 더 짧은 파장과 긴 파장 영역에서 다른 파장의존도(그림 2)를 보였고 310.6nm와 304.4nm의 AOD 차이(0.35)는 304.4nm 에서의 불확실도 (0.144)보다 크므로 310.6nm 이하에서의 파장 의존도는 신뢰할만하다고 본다.

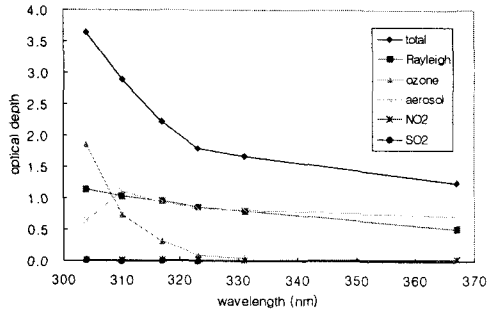


Fig. 1. Wavelength dependence of total, Rayleigh, ozone absorption, aerosol, NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> optical depths

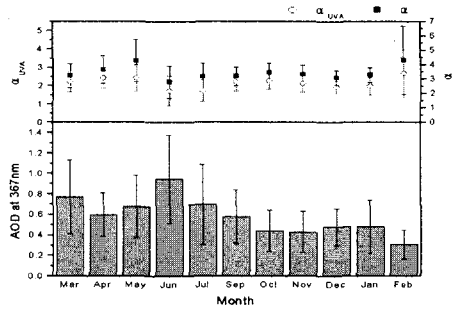


Fig. 2. Monthly variation of AOD at 367 nm and Angstrom exponents in UV and UV-A ranges.

## 사 사

본 연구는 두뇌한국 21 사업 및 광주과학기술원 환경모니터링 신기술 연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터에 의하여 지원되었습니다

## 참 고 문 헌

- Cheyamol, A. and De Backer, H. (2003) Retrieval of the aerosol optical depth in the UV-B at Uccle from Brewer ozone measurements over a long time period 1984 - 2002, *Journal of Geophysical Research*, 108 (D24), doi:10.1029/2003JD003758.
- Jaroslawski, J., Krzyscin, J.W., Puchalski, S., Sobolewski, P., (2003) 2003. On the optical thickness in the UV range: Analysis of the ground-based data taken at Belsk, Poland, *Journal of Geophysical Research*, 108(D23), doi:10.1029/2003JD003571.
- Kirchhoff, V. W. J. H., Silva, A., Pinheiro, D. K (2002) Wavelength dependence of aerosol optical thickness in the UV-B band, *Geophysical Research Letter*, 29(12), doi:10.1029/2001gl014141.
- Molina, L.T., Molina, M.J (1986) Absolute Absorption Cross Sections of Ozone in the 185- to 350-nm, wavelength Region, *Journal of Geophysical Research*, 91, 14501-14508.
- Wenny, B.N., Saxena, V.K., and Frederick, J.E.(2001) Aerosol optical depth measurements and their impact on surface levels of ultraviolet-B radiation, *Journal of Geophysical Research*, 106(D15), 17311-17319.