

### 3D3) 대기 중 HCHO, NO<sub>2</sub>, BrO 측정을 위한 Multi Axis 차등흡수분광법 Multi Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy (MAX-DOAS) for the Measurement of Atmospheric HCHO, NO<sub>2</sub> and BrO

이철규 · 정진상 · 이한림 · 박정은 · 김영준

광주과학기술원 환경공학과 환경모니터링 신기술 연구센터

#### 1. 서 론

차등흡수분광법(Differential Optical Absorption Spectroscopy, DOAS)은 대기 중 여러 종류의 미량 기체물질들의 검출에 광범위하게 사용되는 기술이며, 기본적으로 빛이 어떤 매질을 통과할 때 파장(주로 가시광선 및 근자외선 영역)에 의존하여 흡수가 일어나는 원리를 이용한다. 이런 DOAS 기술은 광원에 따라 인위적 광원(예, 제논램프)을 사용하는 능동형 시스템과 자연광(예, 태양산란광, 달빛)을 사용하는 수동형 시스템으로 크게 구분될 수 있다. 본 연구에서 소개되는 MAX-DOAS는 수동형 시스템으로 광원으로 태양산란광을 이용하며, 이전의 성층권의 미량기체측정에 주로 이용되었던 Zenith-scattered sunlight DOAS의 진보된 형태로 새로운 측정기술이다. MAX-DOAS는 여러 기기고도각으로부터 받은 태양산란광을 분석하고, 이로부터 얻은 정보를 이용하여 미량기체들의 공간적분포를 유추할 수 있다. 지상형 MAX-DOAS 시스템은 성층권뿐만 아니라 대류권내의 미량기체에 대한 Sensitivity가 높으며 복사 전달모델(Radiative transfer model)을 이용하여 수직분포에 대한 정보를 얻을 수 있다 (Hoenninger et al., 2003). 본 연구에서는 대기 중 미량기체 측정을 위한 MAX-DOAS 원리, 측정기술, 측정결과를 소개한다.

#### 2. 연구 방법

MAX-DOAS 시스템에서 빛을 받는 광학계는 기존의 표준 Optical bench parts로 구성되어 있으며, 태양의 직사광선이 quartz 렌즈 위의 작은 particles에 의해 광섬유로 스캐터링 되어 들어가는 것을 막기 위하여 검은색의 Shield가 Telescope에 부착되었다. Telescope의 고도각은 컴퓨터에 의해 조종되는 스테핑 모터로 조종된다. 본 연구에 사용된 MAX-DOAS 스펙트럼은 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90°의 고도각에서 기록되었다. Telescope에 의해 받은 태양산란광 스펙트럼의 기록을 위하여 OceanOptics의 USB2000 스펙트로미터(1/f=2.2, 2400gr/mm grating, 2048 pixel CCD detector, 0.7nm 분해능(FWHM), 파장범위 290-440nm)가 사용되었다. 검출기는 열적으로 활동하는 Offset 시그널과 Dark current로 불리는 시그널을 생성한다. Dark current와 Offset 시그널은 DOAS 해석 절차 과정에 고려되고 수정된다. CCD의 dark current를 줄이고 optical bench를 안정화 시키기 위하여 Peltier elements를 사용하여 전체의 USB2000 장치를 0°C 근처의 온도까지 냉각되었다. CCD로부터 정보를 읽어내는 동안 Charges는 Buffer로 이동하게 되고 Electronic offset을 거친 후에 시그널은 ADC(12 bit, operating at 1MHz)로 이동하게 된다. 이런 신호는 USB cable을 통하여 컴퓨터에 디지털로 전달된다. 본 연구에 제시되는 MAX-DOAS 스펙트럼은 2003년 9월 이태리 밀란 근교에서 진행된 유럽연합의 FORMAT 캠페인 기간동안에 기록되었다. MAX-DOAS 스펙트럼은 해석은 기본적으로 DOAS 데이터분석 알고리즘에 따라 행해졌으며, 벨기에 IASB (Belgium Institute of Space Aeronomy)에서 개발된 WinDOAS2.10 소프트웨어가 사용되었다.

#### 3. 결과 및 고찰

DOAS 알고리즘 해석절차에 따른 MAX-DOAS 스펙트럼 분석은 HCHO와 BrO의 분석의 경우에는 337-358nm 영역에서 NO<sub>2</sub>의 경우에는 405-420nm 영역에서 이루어 졌다. HCHO와 BrO의 분석을 위하여

HCHO와 BrO의 흡수스펙트럼은 물론 O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub>, Ring, NO<sub>2</sub>의 흡수스펙트럼이 동시에 피팅되었으며, NO<sub>2</sub>의 경우에는 O<sub>3</sub>와 Ring 흡수스펙트럼과 동시에 피팅되었다. 그 결과는 Slant Column Density (SCD)로 나타내어졌다. 그림 1은 MAX-DOAS 스펙트럼 분석 결과 예를 보여준다. 대류권 내 미량기체들의 SCD는 differential Slant Column Density (dSCD)로 구해질 수 있으며 식 1과 같이 표현될 수 있다.

$$\Delta SCD(t) \equiv dSCD(\alpha, t) - dSCD(\alpha = 90^\circ, t) \quad (1)$$

dSCD(90)를 빼주는 것은 total SCD의 성층권과 absorber이 존재하는 대류권부분의 위쪽에 해당하는 것을 제거하는 것이다. 계산과정에서 제거되는 Zenith-sky column에 포함된 적은 양의 대류권내 SCD는 SCD가 농도로 전환될 때 수정될 수 있다.

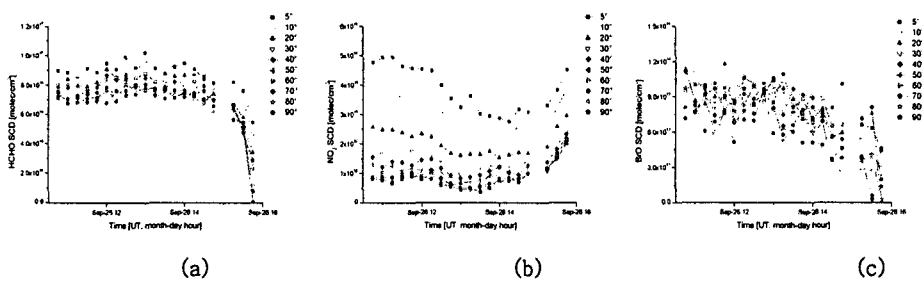


Fig. 1. Slant column densities of HCHO (a), NO<sub>2</sub> (b) and BrO (c) obtained through the analysis of the MAX-DOAS spectra which taken in 26 September during the 2004 FORMAT campaign held in Milan, Italy

## 사 사

본 연구는 광주과학기술원 환경모니터링 신기술 연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원과 두뇌한국 21을 통한 교육부 지원에 의한 것입니다.

## 참 고 문 헌

- Hoenninger et al. (2003), Atmos. Chem. Phys. Discuss. 3, 5595-5658  
 Bobrowski et al. (2003), Nature 423, 273-275  
 Platt et al. (1979), J. Geophys. Res. 1979, 6329-6335