

## 1A2) MAX-DOAS를 이용한 안면도 지구대기감시관측소에서의 대류권 ClO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> 원격 측정

### Remote Measurement of Tropospheric ClO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> at Anmyeon KGAWO Station using Multi Axis DOAS (MAX-DOAS)

이철규 · 이한림 · 정진상 · 이영곤<sup>1)</sup> · 최병철<sup>1)</sup> · 김영준

광주과학기술원 환경공학과 환경모니터링 신기술 연구센터,

<sup>1)</sup>기상연구소 지구대기감시관측소

#### 1. 서 론

차등흡수분광법(Differential Optical Absorption Spectroscopy, DOAS)은 대기 중 여러 종류의 미량 기체 물질들의 검출에 광범위하게 사용되는 기술이며, 기본적으로 빛이 어떤 매질을 통과할 때 파장(주로 근자외선 및 가시광선 영역)에 의존하여 흡수가 일어나는 원리를 이용 한다 (Platt, 1994; Lee et al., 2005). 이런 DOAS 기술은 광원에 따라 인위적 광원(예, 제논램프)을 사용하는 능동형 시스템과 자연광(예, 태양산란광, 달빛)을 사용하는 수동형 시스템으로 구분될 수 있다. 본 연구에서 소개되는 MAX-DOAS(Multi AXis DOAS)는 수동형 시스템으로 광원으로 주로 태양산란광을 이용하는 수동형 시스템이다. MAX-DOAS 시스템은 이런 COSPEC (CORrelation SPECtrometer), Zenith-scattered sunlight DOAS의 진보된 형태로서, 여러 기기 고도각으로부터 받은 태양산란광을 분석하고, 이로부터 얻은 정보를 이용하여 미량기체들의 공간적분포를 유추할 수 있다. 지상형 MAX-DOAS 시스템은 성층권뿐만 아니라 대류권 내의 미량기체에 대한 민감도(Sensitivity)가 높다. 게다가 MAX-DOAS O<sub>4</sub> 측정 자료를 이용하여 대기미량기체의 수직분포 및 대류권 내의 에어로솔에 대한 정보를 얻을 수 있다 (Honninger et al., 2004; Wagner et al., 2004). 본 연구에서는 MAX-DOAS의 측정원리 및 기술을 소개하고, 측정결과를 제시한다.

#### 2. 연구 방법

본 연구는 충남 태안 안면도에 위치한 KGAWO(Korea Global Atmosphere Watch Observatory)에 2005년 5월 26일부터 6월 9일까지 수행되었다. 이동용의 간편한 MAX-DOAS 시스템이 대류권내의 미량기체(ClO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>)를 측정하기 위해 이용되었다. MAX-DOAS 시스템은 스펙트로그래프와 망원경을 포함하고 있는 몸체와 스테퍼모터, 몸체를 지지하기 위한 삼발이로 구성되어 있다. 내장된 소형의 스펙트로그래프(OceanOptics USB2000, cross Czerny-Turner type, 1/f=2.2, 2400gr/mm grating, 2048 pixel CCD detector, 0.7nm FWHM 분해능)는 289 - 431nm 파장범위의 빛을 기록한다. 검출기로부터 기록된 신호는 12-bit ADC를 통하여 컴퓨터에 저장되었다. MAX-DOAS 몸체는 스테핑 모터와 연결되었고 스테핑모터는 망원경이 0°와 90° 사이의 여러 고도각을 향하도록 하는데 이용되었다. CCD의 dark current를 줄이고 Optical bench를 안정화 시키기 위하여 Peltier elements를 사용하여 전체의 USB2000 스펙트로그래프를 10°C로 유지하였다. MAX-DOAS 시스템은 안면도 지구대기감시관측소 옥상에 설치되었으며, 태양산란광 스펙트럼은 기본적으로 3°, 6°, 10°, 20°, 90°의 기기 고도각에서 기록되었으며, 일련의 1회 측정에 5-15분 소요되었다. 이런 태양산란광 신호의 기록은 하루 중 SZA(Solar Zenith Angle)이 93보다 작을 때에 이루어졌고, SZA이 93도 보다 클 때에는 Offset 신호와 Dark current 신호가 기록되었다. 태양산란광 신호는 DOAS 해석 과정에서 Dark current와 Offset 신호에 대해서 보정되었다.

MAX-DOAS 스펙트럼은 해석은 기본적으로 DOAS 데이터분석 알고리즘에 따라 행해졌으며, MAX-DOAS 스펙트럼 분석결과는 SCD(Slant column density)로 나타어진다. 태양산란광은 태양 Fraunhofer lines에 의하여 구조화 되어있다. 따라서 Fraunhofer line들에 의한 영향을 제거하기 위하여 Fraunhofer Reference Spectrum (FRS)이 분석 과정에서 기준 스펙트럼으로 사용되었다. 2005년 6월 5일 현지시간

으로 정오에 Zenith 방향(기기 고도각 90°)에서 측정된 태양산란광 스펙트럼을 FRS으로 사용하였다. Ring effect에 의한 영향을 고려해주기 위하여 앞에 언급한 FRS로부터 계산된 Ring 스펙트럼이 계산되었다. Ring 스펙트럼은 기준흡수스펙트럼, 파장에 따라 느리게 변하는 부분 (예, 산란)을 제거하기 위한 2차의 식과 함께 파 함께 SCD 산출을 위한 비선형최소자승법의 피팅(fitting)과정에 포함되었다 (Stutz and Platt, 1996).

### 3. 결과 및 고찰

MAX-DOAS 스펙트럼 분석결과는 Slant Column Density(SCD) 형태로 나타내어진다. 계산된 SCD에서 대류권내에서만 흡수만을 산정하기 위하여 성층권에 존재하는 물질들에 의한 흡수를 제거하여야 한다. 이는 각각의 기기 고도각(3°, 6°, 10°, 20°)에서 측정된 SCD를 기기 고도각 90°에서 측정된 SCD를 빼줌으로써 구할 수 있다. 이렇게 계산된 값은 differential SCD(dSCD)로 표현된다. 최종으로 구해진 dSCD의 분포는 그림 1과 같다. 그림 1에서와 같이 ClO는 이른 아침과 늦은 저녁에 최고치를 보이고 정오에 최저치를 보이는 일변화를 보였다. NO<sub>2</sub>와 SO<sub>2</sub>는 5월 27-29일과 6월 4-6일에 또한 높은 측정결과를 보였다.

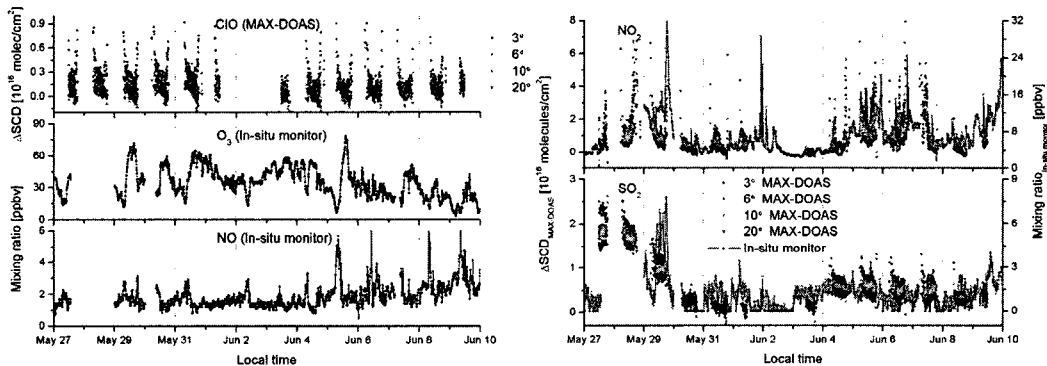


Fig. 1. (left) ClO dSCDs and O<sub>3</sub> and NO mixing ratios and (right) NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> dSCDs and mixing ratios determined by the MAX-DOAS system and in-situ monitors from 27 May to 9 June 2005.

### 사 사

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

### 참 고 문 헌

Hoeningner and Platt. (2002) Observations of BrO and its vertical distribution during surface ozone depletion at Alert, Atmos. Environ. 36, 2481-2489.

Wagner et al. (2004) MAX-DOAS O<sub>4</sub> measurements: A new technique to derive information on atmospheric aerosols-Principles and information content, J. Geophys. Res. 109, D22205.

Lee, C. et al. (2005) High ClO and ozone depletion observed in the plume in Sakurajima volcano, Japan, Geophys. Res. Lett. 32, doi:10.1029/2005GL023785.

Platt, U. (1994) in Monitoring by Spectroscopic Techniques(ed. Sigrist, M.) 27-84 (Wiley & Sons, New York).

Stutz, J. & Platt, U. (1996) Numerical analysis and error estimation of differential optical absorption spectroscopy measurements least-squares methods. Appl. Optics 35, 6041-6053.