

### 3D2) 차등 흡수 분광법을 이용한 이태리 밀란 지역의 HCHO, HONO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> 측정 Measurements of HCHO, NONO, NO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> using LP-DOAS at Milan, Italy

이철규·이정순·김규수·김은영·홍상범·김영준·이재훈  
광주과학기술원 환경공학과 환경모니터링 신기술 연구센터

#### 1. 서론

포름알데하이드는 오염된 혹은 깨끗한 대기 환경에서 편재하는 오염물질이다. 일반적으로 깨끗한 대기 환경에서 수 ppt의 농도로 존재하지만 오염도가 높은 도시지역에서 여름철 심한 스모그 현상이 일어난다면 수십 ppb의 농도를 보이기도 한다. 포름알데하이드는 1차 혹은 2차 대기오염물질이고, 탄화수소의 광화학 반응의 중간 생성물로서 포름알데하이드는 도시지역에서의 광화학 반응의 오염물질의 형성에 기여하며, 발암물질로서 인체에 유해한 것으로 알려져 있다. 차등흡수분광법(Differential Optical Absorption Spectroscopy, DOAS)은 대기 중 오염물질을 모니터링하는데 유용하다. 광주과학기술원에서는 DOAS 기술을 이용하여 NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, HONO, HCHO를 측정하였으며 다른 실지 모니터링 기술과의 측정결과와 비교에서 높은 상관관계를 보였다. 유럽연합(European Union)의 프로젝트인 FORMAT (Formaldehyde as a tracer of oxidation in the troposphere) 캠페인이 2002년 7월 22일부터 8월 20일까지 이태리 밀란에서 실시되었다. FORMAT 캠페인은 유럽연합(European Union)에 의해 지원되는 대기화학 프로젝트로서 2001년 11월 1일 시작되어 3년 동안 진행된다. 캠페인에서는 다양한 측정 기술을 이용되고, 지구 대류권 중의 포름알데하이드 분포 및 농도에 대한 더 나은 지식을 얻고 ERS-2 위성의 GOME, ENVISAT-1 위성의 SCHIAMACHY 등의 환경 센서로부터 포름알데하이드의 측정 데이터를 검증하고 포름알데하이드의 실측결과와 대기화학 모델링 결과의 상호 비교를 위한 통한 검증을 실시한다. 이를 위하여 Long-Path DOAS, MAX-DOAS, AMAX-DOAS, FTIR 등의 광학적 측정장비 및 Hantzsch, DNPH 등의 실지 모니터링 시스템이 이용되고 포름알데하이드 외에 NO<sub>y</sub>, VOC, 기상, 대기광학조건들이 측정되었다.

#### 2. 연구 방법

2002년 FORMAT 캠페인은 캠페인이 2002년 7월 22일부터 8월 20일까지 밀란 48km 북부에 위치한 알자데, 밀란의 부레소, 밀란의 40km 남쪽에 위치한 파비아에서 실시되었다. 7월 22일부터 7월 30일까지 기기의 상호비교(Intercomparison)를 알자데에서 실시하였으며 8월 1일부터 8월 20일까지 3개의 측정 장소에서 측정을 실시하였다. 캠페인에 광주과학기술원에서 개발된 KJIST-DOAS 시스템과 HCHO 실지 모니터링을 위한 Hantzsch 시스템이 사용되었으며 도시지역인 밀란의 부레소에 설치되었다. DOAS의 주 시스템은 지상의 콘테이너에 설치되었고 역반사경은 편도 1.9km 떨어진 지상 25m의 높이의 철탑에 설치되었다. KJIST-DOAS는 역반사경을 이용하는 송수광부 일체형으로 크게 네 부분으로 구성되어 있다. 광원으로 150W Xenon arc lamp(Hamamatsu L2274)가 사용되며, 광원부로부터의 광을 전달하고 7개의 coner-cube 프리즘으로 구성된 역반사경으로부터의 광을 수신하기 위한 망원경, 망원경으로부터 수신된 광의 검출을 위해 사용되는 검출부, 기기의 조작과 데이터의 처리를 위한 부분으로 구성되어 있다. 본 논문에서는 부레소 측정 기간동안 K-JIST DOAS에 의해 측정된 HCHO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, HONO의 측정결과가 제시되며 HCHO의 농도는 Hantzsch 기술에 의한 측정자료와 비교되었다.

#### 3. 결과 및 고찰

FORMAT 캠페인에서 측정된 HCHO의 농도는 3ppb - 10ppb, NO<sub>2</sub>의 농도는 2ppb - 35ppb, HONO는 0ppb - 4ppb, O<sub>3</sub>은 10ppb-70ppb의 농도 범위를 보였다. DOAS 자료와 Hantzsch 자료의 상관분석 결과 R

값이 0.75로 매우 좋은 상관관계를 보였으나 일차 회귀분석결과  $[HCHO]_{\text{Hantzsch}}/[HCHO]_{\text{DOAS}}=0.88$ 를 나타내었다. 포름알데하이드와 오존은 대기광화학 반응의 생성물로 광화학반응 조건이 유리한 낮시간 (오후 2-5시)에 최고치의 농도를 보였다. HONO는 측정결과 분명히 밤시간에 최고치를 보이고 있으며  $NO_2$  높은 상관성을 보이는데 이는 HONO의 형성 메커니즘과 깊은 관련이 있는 것으로 사료된다.

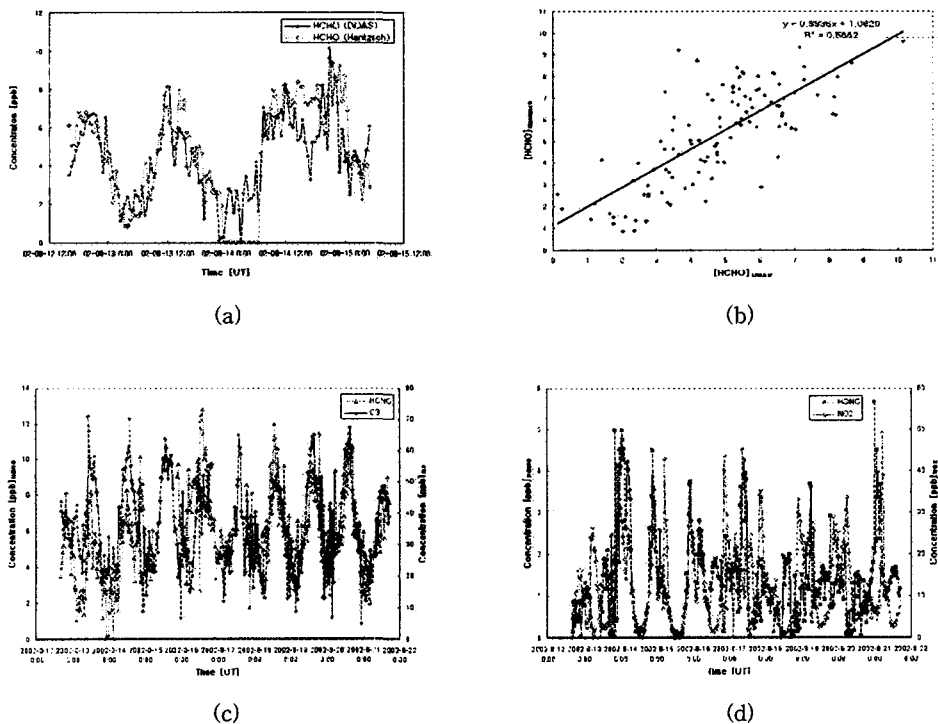


Fig. 1. (a) HCHO concentrations measured by LP-DOAS and Hantzsch system, (b) Scatter plot of HCHO concentrations of LP-DOAS vs. Hantzsch, (c) HCHO and  $O_3$  concentrations and (d) HONO and  $NO_2$  concentrations measured by LP-DOAS

## 사 사

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

## 참 고 문 헌

- M. Andres-Hernandes et al (1996), A DOAS study of the origin of nitrous acid at urban and non-urban sites, Atmospheric Environment, Vol., 30, pp. 175-180
- K. Riedel et al (1999), Variability of formaldehyde in the Antarctic troposphere, Phys. Chem. Chem. Phys., Vol. 1, 5523-5527