

2A1) 2002년 여름 이태리 밀란 지역 FORMAT 캠페인 기간 대기 중 포름알데하이드 측정결과 비교

Intercomparison of Atmospheric Formaldehyde Measurement Results during the 2002 FORMAT Summer Campaign at Milan, Italy

이철규 · 이정순 · 홍상범 · 김영준 · 이재훈 · Claudia Hak¹⁾ · Sebastian Trick¹⁾
광주과학기술원 환경공학과 환경모니터링 신기술 연구센터

¹⁾Institute for Environmental Physics, Univ. of Heidelberg, Germany

1. 서 론

포름알데하이드는 오염된 혹은 깨끗한 대기 환경에서 편재하는 오염물질이다. 일반적으로 깨끗한 대기 환경에서 수 ppt의 농도로 존재하지만 오염도가 높은 도시지역에서 여름철 심한 스모그 현상이 일어나면 수십 ppb의 농도를 보이기도 한다. 포름알데하이드는 1차 혹은 2차 대기오염물질이고, 탄화수소의 광화학 반응의 중간 생성물로서 포름알데하이드는 도시지역에서의 광화학 반응의 오염물질의 형성에 기여한다. 따라서 포름알데하이드의 측정은 CO의 지구적 수지(budget)와 다양한 대기 반응 물질 사이의 수지와 회전(cycling)을 이해하고 대류권의 광화학모형을 증명하는데 중요하다. 유럽연합 (European Union)의 프로젝트인 FORMAT (Formaldehyde as a tracer of oxidation in the trophosphere) 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 낮은 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, DOAS-White, MAX-DOAS, AMAX-DOAS, FTIR 시스템 등의 광학적 측정장비 및 Hantzsch, DNPH 등의 실지 모니터링 시스템이 이용되고 포름알데하이드 외에 NO_y, VOC, 기상, 대기광학조건들이 측정되었다. 차등흡수분광법 (Differential Optical Absorption Spectroscopy, DOAS)은 대기 중 오염물질을 모니터링하는데 유용하다. 광주과학기술원에서는 DOAS 기술을 이용하여 NO₂, O₃, HONO, HCHO를 측정하였다. DOAS 기술에 의한 포름알데하이드 측정결과를 중심으로 2002년 여름 FORMAT 캠페인 포름알데하이드 측정결과를 제시한다.

2. 연구 방법

2002년 FORMAT 캠페인은 캠페인이 2002년 7월 22일부터 8월 20일까지 밀란 48km 북부에 위치한 알자테, 밀란의 부레소, 밀란의 40km 남쪽에 위치한 파비아에서 실시되었다. 7월 22일부터 7월 30일까지 LP-DOAS, MAX-DOAS, Hantzsch, DNPH 등의 방법에 의한 측정기기의 상호비교(Intercomparison)를 알자테에서 실시하였으며 8월 1일부터 8월 20까지 3개의 측정 장소에서 측정을 실시하였다. 광주과학기술원의 LP-DOAS와 Hantzsch 시스템은 독일 하이델베르크대학의 MAX-DOAS와 White-cell DOAS의 광학적 측정장비와 EC JRC(European Commission Joint Research Centre)의 DNPH system, 노르웨이 NILU (Norwegian Institute for Air Research)의 DNPH system, 독일 IFU(Institute for Environmental Research)의 Hantzsch 시스템의 실지모니터링 장비와 함께 이태리 밀란의 부레소 지역에 설치되어 포름알데하이드를 측정하였다. 광주과학기술원의 LP-DOAS의 주 시스템은 지상의 콘테이너에 설치되었고 7개의 corner-cube 프리즘으로 구성된 역반사경은 편도 1.9km 떨어진 지상 25m의 높이의 철탑에 설치되었다. 광원으로 150W Xenon arc lamp(Hamamatsu L2274)가 사용되었다. 스펙트로미터는 Czerny-turner type(JovinYvon Triax 320)으로 1200gr/mm 그레이팅과 1024 채널의 Photo Diode Array(PDA)

검출기를 채용하였다. DOAS-White system 역시 Czerny-Tuner type 스펙트로미터와 1024 채널의 PDA 검출기를 사용하였으며 White 시스템의 기본 길이는 15m 이며, 흡수 광경로는 2.2km 이다. 태양 산란광을 광원으로 하는 MAX-DOAS는 산란광을 받기위한 망원경과 스펙트로미터로 광을 전달하기 위한 광섬유로 구성되어있으며 스펙트로미터는 Czerny-Turner type으로 CCD검출기(1024*256채널)를 채용하였다. 고도각 3°, 10°, 90°에서 평균 3분 간격으로 05시부터 19시까지 측정 분석하였다.

Table 1. Detection limit and time resolution of FORMAT campaign Instruments

Instrument type	Detection limit [ppb]	Time resolution [min.]	Ground	Airborne	Point=P Path=LP Column=C
Long-Path DOAS	0.3	10	●		LP
DNPH-LC-MS	0.02-0.03	120	●		P
White cell DOAS	0.5	10	●		P
MAX-DOAS	1	2	●		C
AMAX-DOAS	0.5-1	0.2		●	C
Hantzsch	0.05	1.5	●		P

3. 결과 및 고찰

FORMAT 캠페인에서 측정된 포름알데하이드의 농도는 광주과학기술원 LP-DOAS에 의해 3-10ppb, 하이델베르그대학의 DOAS White 시스템에 의해 0-8ppb, MAX-DOAS에 의해 $0-1.7 \cdot 10^{17} \text{ molec/cm}^2$ (slant column density), JRC의 DNPH 방법에 의해 0-2ppb, IFU Hantzsch 방법에 의해서 1-4ppb의 범위를 보였다. 광주과학기술원 LP-DOAS에 의해 측정된 NO₂의 농도는 2-35ppb, HONO는 0-4ppb, O₃은 10-70ppb의 농도 범위를 보였다. 포름알데하이드와 오존은 대기광화학 반응의 생성물로 광화학반응 조건이 유리한 낮시간 (오후 2-5시)에 최고치의 농도를 보였다.

사 사

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

참 고 문 헌

- S. Friedfeld et al. (2002), Statistical analysis of primary and secondary atmospheric formaldehyde, Atmospheric Environment, Vol. 36, 4767-4775
- G. Hoenninger et al. (2002), Observation of BrO and its vertical distribution during surface ozone depletion at Alert, Atmospheric Environment Vol. 36, 2481-2489
- 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, 175-180
- K. Riedel et al (1999), Variability of formaldehyde in the Antarctic troposphere, Phys. Chem. Chem. Phys., Vol. 1, 5523-5527