

## 대기오염 측정방법에 따른 비교 고찰 (Open Path 와 Sampling Method 비교)

환경조사팀

이상훈 · 김길식 · 임귀철 · 이승천 · 신미영 · 고현욱 · 김광진

### Studies on the measurement of atmospheric pollutants method (Compared Open Path Method with Sampling Method)

*Environmental Research Team*

Sang Hoon Lee, Gil Sik Kim, Gui Cheol Lim, Seung Chon Lee

Mi Young Shin, Hyen Ug Ko, and Kwang Jin Kim

#### Abstract

A study had been performed on the characteristics of air pollutants in Open Path Method and Sampling Method for the period of June 19 to October 31 in 1999.

Open Path Method was installed on the rooftop of Banpo 2-dong office and Banpo-golfshop. Sampling method was located in the 4 floor of Banpo 2-dong office.

The results were as follows.

The variation of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> concentration was similar to Sampling method and Open Path system, but O<sub>3</sub> average concentration of Open Path was 24.0% higher than that of Sampling method, because O<sub>3</sub> minimum concentration of Sampling Method was less than that of Open Path Method.

The data above 90% of relative humidity were used to find the obstacle of Open Path Method. As result of investigation, even though dispersion of moisture particle reduced the intensity of light, Any meterological condition has not influenced the measurement of ambient air pollutants in heavy foggy and rainy days

#### 서 론

일반적으로 대기질 측정이란 넓은 의미에서 보면 정해진 목적에 따라 대기를 채취하여 분석하기 위해서 체계적으로 계획된 모든 과정을 포함한다. 대기질을

측정하는 목적은 지역 대기질의 대기환경기준 달성여부 평가, 대기질 예측모형의 타당성 평가 및 예측모형에 의한 배출원의 영향파악, 대기오염으로 인한 피해평가의 기초자료 제공, 배경농도 및 오염경향 파악을 위한 자료제공, 대기의 물리, 화학적 반응에 의한 물질의 변화특성 파악에 필요한 자료확보이다.

여러 가지 형태의 측정망은 오염물질의 지역배경농도를 측정하기 위한 지역배경농도 측정망, 오염물질의 국가배경농도와 장거리 이동현황을 파악하기 위한 국가배경농도 측정망등으로 분류되며, 도시 대기질 측정에 가장 중요한 것은 대기표본을 연속적으로 측정 분석하여 대기오염도를 산출하는 연속자동측정망이다. 측정망의 운영시 가장 중요한 것은 측정망이 지역대표성을 가질수 있도록 적절한 지점을 선정해야 한다는 것이다. 이것은 오염도 변화가 시공간적으로 매우 복잡한 도시지역에서 측정망을 운영할 경우에는 특히 중요하다.<sup>1)</sup>

과거 측정망의 목적이 대상도시의 평균 대기질 파악에 중점을 두었다면 현재 측정망의 목적은 대상도시의 대기오염물질 최고농도 파악에 중점을 두어 환경기준 위배 여부 판단 및 대기오염에 의한 인체 건강 피해를 예방하는데 초점을 맞추고 있다.<sup>2)</sup>

환경오염이 광역화되고 다양화되는 추세에 따라 대기오염 측정장비의 기술개발 속도 또한 빠르게 변화되고 있으며, 이에 발맞추어 서울시 대기오염 관제시스템의 종합적이고 효율적인 관리운영을 위하여 새로운 측정방법인 Open Path Method를 도입, 반포 측정소에 설치하여 Open Path Method에 의해 생성된 측정자료와 Sampling Method에 의해 생성된 측정 자료를 상호 비교하여 자료의 상관성을 파악함으로서 기존의 측정방법과 새로운 측정방법을 비교분석하고, 상호 보완하여 대기오염 측정망을 효율적으로 관리할 수 있는 기초자료를 제공하고자 한다.

## 조사방법

### 1. 조사기간

1999년 6월 19일 ~ 1999년 10월 31일

### 2. 측정항목

- 1) Sampling method : SO<sub>2</sub>의 15개 항목
- 2) Open Path method : SO<sub>2</sub>의 7개 항목

### 3. 측정기 교정

- 1) Sampling Method의 교정은 대기오염 측정망 운영지침에 준하여, 각 항목별로 Zero교정은 주 1회 하였으며, Span교정은 월 2회 실시하였다.

2) Open Path Method는 설치시 Span 교정(1년에 1회)을 하였고, Zero 교정은 1개월에 1회 실시하였다.

## 4. 측정 방법

### 1) Sampling method

대기환경보전법 제7조(대기오염공정시험법)를 참조하였다.

### 2) Open Path Method

일정한 거리의 평균 농도를 연속 측정 할 수 있는 장비로 LIDAR(Light Detection and Ranging), TDLAS(Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy), FTIR(Fourier Transform Infrared Radiation), UV-DOAS(Ultra-Violate Differential Optical Absorption)등이 있으며, 유럽은 1991년, 미국은 1995년에 공인하였고, 현재 Open Path System 측정기기의 이용이 늘어나고 있는 추세이다.<sup>3)</sup>

#### 가) DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy)

DOAS측정법은 70년대말 Platt와 Perner에 의해 개발된 방법으로 수백미터의 경로를 통과한 투사광원의 스펙트럼 흡수 패턴을 분석하여, 그 흡수패턴의 진폭으로 오염물질농도를 계산하는 방법이다.<sup>4)</sup> 개발회사의 모델을 따라 일명 OPSIS라고 부르기도 하는데, 투사광원은 고압의 Xenon램프를 사용하여 대기질을 측정한다. 대기질에서 측정 가능한 오염물질은 시스템의 컴퓨터에 내장시킨 분석 항목수에 따라서 측정항목이 달라지며, 대기질 측정용으로 이용될 경우에는 입자상 물질을 제외한 35개의 가스상 오염물질을 측정할수 있는데 아황산가스, 질소산화물, 오존등 주요 오염물질 뿐 아니라 벤젠, 톨루엔, 포름알데히드등 휘발성 유해화학물질도 측정 할 수 있다.

대부분의 오염물질은 30-60초 정도의 시간으로 측정이 가능하고 고도의 정확성으로 측정할수 있으며, 수광기와 송광기의 거리가 500M 정도 떨어져 있을 경우 측정 한계는 다음의 Table 1과 같다.

Table 1. OPSIS DOAS 시스템에 의한 대기질 측정 한계<sup>5)</sup>

오염물질	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	NO	톨루엔	벤젠	포름알데히드
ppb	< 0.5	< 0.5	< 1	< 1.5	< 2	< 2	< 1

측정원리는 Lambert-Beer's Law에 근거하여 측정대상 가스에 의한 흡수량이 파장에 따라 달라지는 원리를 이용한 것으로 약 200 - 2000nm의 파장범위에서 분자에 의한 빛의 흡수를 계측하여 대기질을 측정하는 것이다. 각 오염물질은 고유의 흡수파장을 갖는데 여러 가지 오염물질이 포함된 대기에 Xenon램프 광선을 조사하여 측정경로 내에 존재하는 각 오염물질에 대한 흡수 스펙트럼을 분석함으로써 해당물질의 농도를 알아낸다.<sup>6)</sup>

DOAS System은 200 - 2000nm의 광원이 나오는 Emitter와 이를 받아들이는 Receiver, 이 광원을 분석기로 전달하는 광섬유 케이블(fiber optic cable)과 각 파장범위에 따라 빛을 분산시키는 분광기(Analysis), 분광된 빛을 스펙트럼 곡선형태로 분석하는 컴퓨터 및 소프트웨어 등으로 구성되어 있으며, 하나의 투사선이 연결되어 있는 경우와 여러개의 투사선을 이용 방사구조를 형성하는 경우로 후자는 주변 오염도를 공간적으로 분석 할 수 있다. 이때 Emitter와 Receiver의 거리는 보통 300 - 800미터의 거리를 두고 설치한다. 분광기는 격자형 분광 장치로 이루어져 있는데 입사광은 가장 좋은 분광 범위내에서 좁은 슬릿(slit)으로 통과시킨다. 동시에 탐지기가 이들 자료를 해당 파장대의 스펙트럼 화면으로 나타내면, 이를 평가하고 미리 입력된 스펙트럼과 각 가스에 대한 흡광 곡선을 비교하여 가장 최적의 형태를 찾을 때까지 컴퓨터는 각 표준 스펙트럼 변수의 비율을 다양하게 변화시켜 가장 최적의 형태를 찾았을 때 개개의 오염물질의 종류와 농도가 결정된다.

이 기기의 가장 큰 장점은, 측정대상 가스의 고유 흡수 파장에 맞춰 한파장의 빛만을 조사하여 한가지 농도를 측정하는 일반 광투과 방식에 비하여 DOAS에 근거한 OPSIS방식은 여러 종류의 물질들의 빛의 흡수를 동시에 측정 분석하는 것이 가능한 점이다. 또한 대기질 측정시에는 하나의 측정기기로 투사광선을 여러곳에서 받으므로 (최대 12지점) 넓은 범위의 대기질을 측정 할 수 있는 점이다.

그러나 안개나 우천으로 인해 가시거리가 급격히 감소 할 경우 Emitter에서 투사되는 빛의 강도가 Receiver에 도달하기 어렵게 되므로 보통 Emitter와 Receiver의 거리를 측정지역의 시정장애 요인을 분석하여 가시거리의 약 75%이상으로 하여 측정 오차를

줄이며, 대기오염이 심한 지역에서는 간섭가스의 농도도 높으므로 측정시간을 길게 하여 표준 편차를 적게 하여야 한다.

## 결과 및 고찰

### 1. 측정소 주변상황 및 Open Path 설치

반포 대기오염 측정소는 반포2동사무소 3층 옥상에 위치하고 있으며, Open Path는 반포골프 빌딩 옥상에 Emitter를 설치(4층, 높이: 28.5m)하였으며, Emitter 광원으로는 150W 고압 Xenon Lamp를 사용하였고, Receiver의 위치는 반포2동 동사무소 옥상(4층, 높이: 11.5m)에 설치하였다. 두 지점사이의 간격은 614m이다. 측정소 주변상황은 동·서쪽에 대규모 아파트 단지(6000세대)가 위치하고 있으며 북쪽으로 아파트 및 상가가 존재하고 있으나 오염도 측정에는 영향을 미치는 특별한 요인은 없다. 또한 풍향, 풍속에 대한 영향도 미미할 것으로 보이며 아파트 단지 내에 위치하여 주거지역의 특성을 비교적 잘 나타내고 있다.<sup>(12)</sup> 반포측정소에서 남쪽으로 약 200m 앞에 신반포로(왕복 4차선)가 있고 남쪽으로 약 600m 지점에 사평로(왕복 6차선)가 위치하고 있으며, 북쪽으로 약 500m 지점에 올림픽대로가 위치하고 있다(Fig. 1).

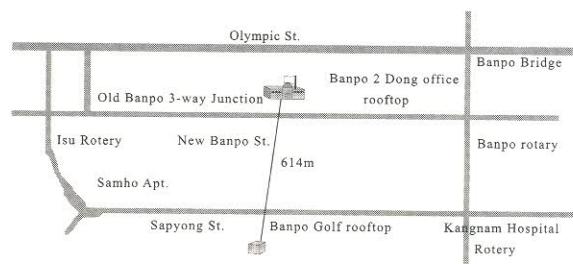


Fig. 1. Surrounding of Banpo station

### 2. 조사기간 중 일 농도변화 특성에 관한 고찰

조사기간(‘99. 6. 19- 10.31)중 Sampling Method와 Open Path Method에 의하여 측정된 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> 및 O<sub>3</sub>의 농도평균치를 Table 2에 나타내었다. Sampling Method는 MC라고하고 Open Path

**Table 2.** The Concentrations of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> measured by Sampling and Open Path Methods

(unit : ppb)

		SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>	
		MC <sup>1)</sup>	OP <sup>2)</sup>	MC <sup>1)</sup>	OP <sup>2)</sup>	MC <sup>1)</sup>	OP <sup>2)</sup>
Summer	Ave.	3±1	3±1	37±12	7±12	27±12	30±8
	Max.	6±2	6±3	61±22	65±23	66±28	61±20
	Min.	2±1	1±0	19±8	17±7	4±4	11±3
Fall	Ave.	4±1	4±2	44±14	53±18	13±8	21±7
	Max.	6±4	7±4	66±21	82±26	41±21	46±19
	Min.	2±1	2±1	27±11	31±17	1±2	10±1
Total	Ave.	4±1	3±2	41±13	45±18	19±12	25±9
	Max.	6±3	7±4	63±22	74±26	52±27	52±21
	Min.	2±1	1±1	23±11	24±15	3±3	10±3

1)Sampling Method

2)Open Path Method

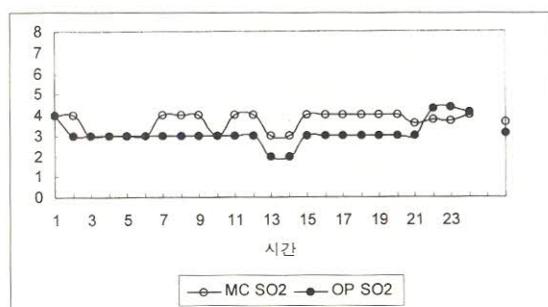
Method는 OP로 표시하였다. SO<sub>2</sub>의 경우 조사기간 중 전체평균은 (MC 4 ppb, OP 3ppb), 여름(MC 3ppb, OP 3ppb), 가을(MC 4ppb, OP 4ppb)로 비슷한 값을 보였다.

NO<sub>2</sub>의 경우 전체평균은 (MC 41 ppb, OP 45ppb), 여름(MC 37ppb, OP 37ppb), 가을(MC 44ppb, OP 53ppb)로 비슷한 값을 보이나 가을철에 OP평균농도가 16.09 % 높게 나타났다.

NO<sub>2</sub>의 경우 배출원이 주로 이동 배출원이며, 여름에는 기온과 풍속등 기상요인의 작용으로 빠르게 확산되나 가을의 경우 역전층의 영향으로 대기가 정체됨에 따라 OP 측정구역인 사평로와 신반포로의 자동차 배출가스가 대기중에 확산되지 않고 정체되는 영향으로 OP NO<sub>2</sub>의 평균농도가 높게 나타난 것으로 판단된다.

SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> 및 O<sub>3</sub>의 일 농도 변화 추세는 Fig. 2. 3. 4에 나타내었다. SO<sub>2</sub>의 경우 조사기간중 농도 변화추세는 매우 유사한 형태를 나타내고 변동폭 또한 매우 작았다. 조사기간이 6월~ 10월이고, SO<sub>2</sub>의 경우 난방이나 화석연료의 영향을 많이 받는데, 이 기간에는 화석연료의 사용이 없기 때문으로 판단된다. NO<sub>2</sub>의 경우 농도 변화추세는 매우 유사한 형태를 나타내며 시간대에 따른 변동 양상이 뚜렷하고 그 폭도 크며 오전 9시경에 증가하기 시작하여 12경에 Peak을 나타내고 감소하다가 다시 17시경부터 증가하기 시작하여 23시 ~ 1시경에 두 번째 Peak를 나타낸다.

MC NO<sub>2</sub>에 비해 OP NO<sub>2</sub>의 농도가 전반적으로 높게 나타나는데 이는 OpenPath Method의 측정구간인 신반포로와 사평로를 통과하는 이동배출원의 원인이라 생각된다. O<sub>3</sub>의 경우 바람이나 기타 기상조건에 경시 변화가 크며 광화학적 반응으로 생성되므로 일사량이 증가하는 13시 이후에 급격하게 상승하는 Peak를 나타낸다. 두 측정기의 일 농도 변화추세는 비슷한 양상을 가지나, MC O<sub>3</sub>의 경우 5시이후 농도가 낮아지며 일출후 9시 이후에 급격한 증가를 보이고 15시에 최고 Peak를 나타내며, OP O<sub>3</sub>의 경우에는 23시 ~ 9시까지는 15ppb정도의 비슷한 농도분포를 가지며, 10시 이후에 급격히 증가하여 17시에 최고 Peak를 나타낸다. 이 같은 Peak Time의 차이는 Open Path Method의 경우 Emitter와 Receive 사이(614m)가 완충역할을 하므로 O<sub>3</sub>농도의 최고Peak

**Fig 2.** Diurnal variation of SO<sub>2</sub> concentrations measured by MC and OP

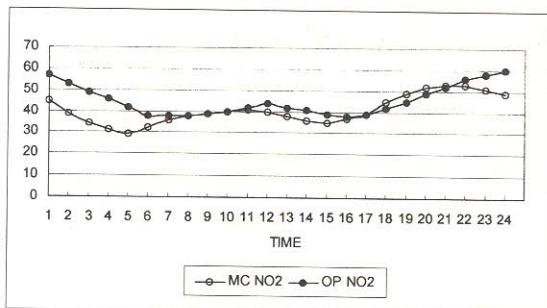


Fig 3. Diurnal variation of  $\text{NO}_2$  concentrations measured by MC and OP

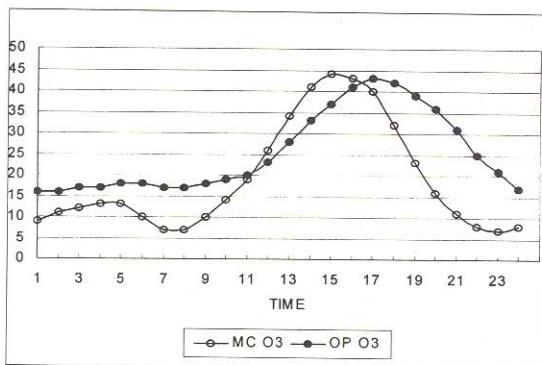


Fig 4. Diurnal variation of  $\text{O}_3$  concentrations measured by MC and OP

Time이 늦어진 것이라 판단되나, 이를 확인하기 위해서는 많은 연구가 필요할 것이라 생각된다.

측정항목의 상관계수를 Table 3에 나타내었다. 각각의 상관계수는  $\text{SO}_2$  0.64962,  $\text{NO}_2$  0.67277,  $\text{O}_3$  0.71061이었다. 전체측정기간을 T-TEST 한 결과 전 항목이  $P < 0.01$  수준에서 유의한 차이가 있었다.

### 3. Open Path Method 와 기상인자와의 관계

Open Path Method의 경우 Xenon Lamp로 빛을 조사하여 Emitter와 Receiver 사이의 대기오염물질 농도를 측정하는 System이므로 강우 및 안개등 기상인자가 빛의 산란 및 기타 방해요인으로 작용해 Open Path 의 Receiver 입광도를 떨어뜨릴 것으로 판단되어, 강우 및 안개의 영향을 알아보기 위해 반포 측정소에 설치되어 있는 산성우 측정기의 자료를 이용하여 강우일 자료를 비교하고자 했으나, 7월과 8월중 비가 내린 시기(7월 28~31일, 8월 1일~8월 3일)에 Open Path측정기의 기기 이상으로 자료를 생성하

Table 3. The correlation coefficients( $r$ ) and p-Value between measuring items

	$\text{MCSO}_2$	$\text{OPSO}_2$	$\text{MCNO}_2$	$\text{OPNO}_2$	$\text{MCO}_3$	$\text{OPO}_3$	HUM
$\text{MCSO}_2$							
$\text{OPSO}_2$	0.64962 0.0001						
$\text{MCNO}_2$	0.54088 0.0001	0.42408 0.0001					
$\text{OPNO}_2$	0.3851 0.0001	0.53624 0.0001	0.67177 0.0000				
$\text{MCO}_3$	-0.05173 0.0084	-0.17075 0.0001	-0.24824 0.0001	-0.3798 0.0001			
$\text{OPO}_3$	0.09381 0.0001	-0.10384 0.0001	0.00595 0.7645	-0.36939 0.0001	0.71061 0.0000		
HUM	0.03460 0.0835	0.13837 0.0001	0.12610 0.0001	0.20352 0.0001	-0.4260 0.0001	-0.33590 0.0001	1.0000

지 못함으로 MC 와 OP의 자료를 비교 할 수 없었다. 시정장애는 시간별로 비교습도 90%를 제외하기 전에는 오전 6 ~ 9시에 시정장애가 가장 많으며 <sup>9)</sup>, 계절별 시정변화의 특성은 모든 시간에서 가을이 유의하게 높다. 나머지 계절은 시간별로 약간의 차이를 나타내 오전 9시에는 겨울>봄>여름의 순으로, 오후 3시에는 봄>여름>겨울의 순으로 나타나며,<sup>10)</sup> 일반적으로 강우시 측정소의 상대습도는 대부분 90%이상이라는 것을 고려하여, 조사기간중 상대 습도 90%이상인 날을 선택하여 시간별 농도변화를 Fig. 5, 6, 7에 나타내고, 상관계수(Table 4)를 구해 보았다.  $\text{SO}_2$ 의 경우 MC  $\text{SO}_2$ 는 전형적인 대도시 양상을 보이는 반면에 OP  $\text{SO}_2$ 는 8시 ~ 10시에 Peak가 나타나고 18시 이후에 농도가 증가하는 등 변동폭이 크게 나타나는데 이는 비가 올 경우 저기압을 형성하므로 혼합고가 낮아지고 이에 의해 형성된 역전층의 영향으로 대기층이 안정되어 확산이 잘 일어나지 않고, 특히 퇴근차량의 운행증가 때문에 이와 같은 형태의 Curve가 나타나는 것으로 판단된다.  $\text{NO}_2$ 의 경우 러시아워 시간에 peak 가 상승하는 경향을 보이며 특히 일몰후 저기압 상태가 유지되고 대기가 안정되면서 오염물질이 축적되어 peak가 계속적으로 상승하는 양상을 보인다.  $\text{O}_3$ 의 경우 MC  $\text{O}_3$ 와 OP  $\text{O}_3$ 는 서로 다른 형태를 나타내는데

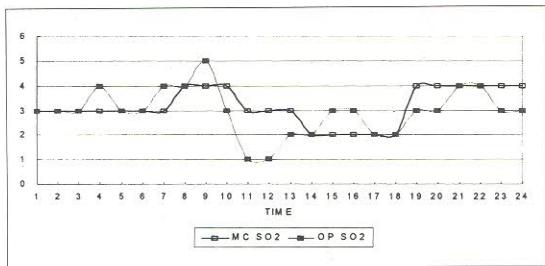


Fig. 5. Diurnal variation of  $\text{SO}_2$  concentrations measured at time of more than RH 90 %

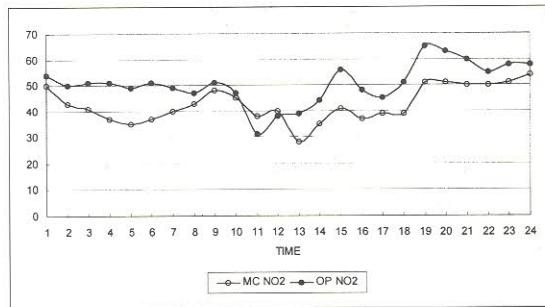


Fig. 6. Diurnal variation of  $\text{NO}_2$  concentrations at time of more than RH 90 %

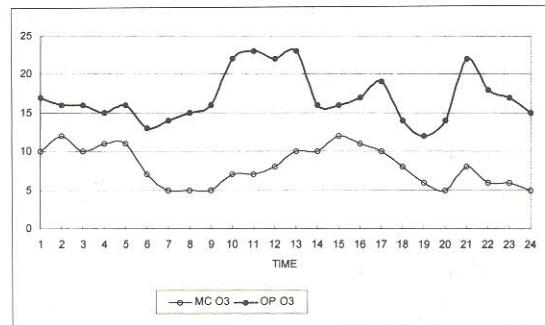


Fig. 7. Diurnal variation of  $\text{O}_3$  concentrations at time of more than RH 90 %

평균농도치는 MC  $\text{O}_3$  8 ppb OP  $\text{O}_3$  17 ppb로서 OP  $\text{O}_3$ 이 53% 높게 나타났다.

OP  $\text{O}_3$ 은 9시부터 증가하고 13시 이후에 감소한 후 21시에 농도가 다시 증가하는 형태를 보이는데, 대기 중에서 오존의 배경농도는 10-20 ppb으로 알려져 있으며,<sup>11)</sup> Open Path Method의 경우 측정방법상 방해요인이 없는 한 대기에 존재하는 그대로의 농도를 표시하게되나, Sampling Method의 경우에는 측정시 온도, Sampling Line, 측정방법등의 영향으로 최저농도가 낮게 측정되어 오존의 농도중 저농도값이 차지하는 비중이 커지므로 전체평균값이 낮게 나타난 것

Table 4. The correlation coefficients( $r$ ) and p-Value between measuring items at time of more than RH 90 %

	MCSO <sub>2</sub>	OPSO <sub>2</sub>	MCNO <sub>2</sub>	OPNO <sub>2</sub>	MCO <sub>3</sub>	OPO <sub>3</sub>	HUM
MCSO <sub>2</sub>							
OPSO <sub>2</sub>	0.65505 0.0001						
MCNO <sub>2</sub>	0.75584 0.0001	0.54570 0.0001					
OPNO <sub>2</sub>	0.58891 0.0001	0.67850 0.0001	0.69242 0.0001				
MCO <sub>3</sub>	-0.35476 0.0001	-0.29268 0.0001	-0.50908 0.0001	-0.50860 0.0001			
OPO <sub>3</sub>	-0.08531 0.0001	-0.05895 0.0001	-0.12823 0.7645	-0.41238 0.0001	0.53818 0.0000	1.0000	

으로 사료된다. Table 2에 나타난바와 같이 습도 90%이상에서 MC  $\text{O}_3$ 의 최소 값과 OP  $\text{O}_3$ 의 최소 값을 비교하면 MC  $\text{O}_3$ 의 농도는 3 ppb, OP  $\text{O}_3$ 의 농도는 10 ppb로 두 측정기기의 최소농도 값은 3.3배의 차 이를 보이며, Sampling Method 측정치에 저농도값이 차지하는 비중이 큰 것으로 나타났다. 상관계수는  $\text{SO}_2$  0.65505,  $\text{NO}_2$  0.69242로 일 평균농도의 상관계수( $\text{SO}_2$  0.64962,  $\text{NO}_2$  0.0.67177)보다 높게 나타났으며,  $\text{O}_3$ 의 경우에만 0.53818로 낮게 나타났다.

Open Path Method가 강우 또는 안개등으로 빛의 산란이나 측정시 방해요인으로 작용하는지를 파악하고자, 습도 90%이상을 A-Group이라 하고 습도 89% 이하를 B-Group이라 하여 각각의 Group내  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ 을 T-TEST하고 A, B Group간 같은 항목을 서로 T-TEST해본 결과는 Table 5와 같고, A, B Group 내의 각 항목을 T-TEST한 결과  $P < 0.01$  수준에서 유의한 차이가 있다는 것을 보여준다. Group A, Group B 집단간 동일 항목을 T-test 한 결과 OP  $\text{SO}_2$ 를 제외하고 모든 항목이  $P < 0.01$  수준에서 유의한 차이가 있다는 것을 보여준다. Open Path Method와 Sampling Method의 측정항목 모두가 습도의 영향을 받는 것으로 나타나므로, 안개등 기상 인자의 영향이라기보다는 WASH OUT에 의해 대기 오염물질의 농도가 희석되어 두 측정기기의 평균농도 값이 차이가 생긴 것으로 판단되며, 안개가 끼거나 강

한 우천시 빛이 수분입자에 의해 산란되어 강도가 미미한 수준으로 떨어지는 경우를 제외하고 OPSIS 시스템은 매우 잘 작동되었다. 상대습도 40 - 100% 사이에서 SO<sub>2</sub> 형광측정기 (Monitor Labs Co. Model 8850) 와 OPSIS 기기는 별 차이가 없었다. 따라서 시험기기는 습도에 대해 교차 민감도가 없다<sup>2)</sup>는 연구 보고서와 같은 결과가 나타났으며, Open Path Method는 측정시 시정거리의 75%이하의 거리를 측정거리로 하거나, 측정시간을 길게 하는 조작으로 강우나 안개 등 입광도를 방해하는 요인을 제거하여 안정된 측정자료를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

**Table 5.** The result of T-test in group A and group B

Condition	Item	Mean	S.D	T-VALUE	Prob> T
HUM 90% (Group A)	SO <sub>2</sub>	0.00328	0.00165	2.4231	0.0157
	NO <sub>2</sub>	0.04348	0.0174	-3.6095	0.0003
	O <sub>3</sub>	0.0146	0.01095	-8.0373	0.0000
HUM(89%) (Group B)	SO <sub>2</sub>	0.00371	0.00179	11.3149	0.0001
	NO <sub>2</sub>	0.0404	0.0184	-5.2518	0.0001
	O <sub>3</sub>	0.02062	0.0219	-9.5244	0.0001
Compare Group A. B	MC SO <sub>2</sub>	0.003717	0.001795	-4.2603	0.0000
	OP SO <sub>2</sub>	0.002993	0.002458	-0.7231	0.4697
	MC NO <sub>2</sub>	0.040408	0.018445	2.9252	0.0035
	OP NO <sub>2</sub>	0.043633	0.022632	4.2585	0.0000
	MC O <sub>3</sub>	0.008105	0.010416	-17.3083	0.0001
	OP O <sub>3</sub>	0.014600	0.010954	-16.8262	0.0001

## 결 론

Open Path Method와 Sampling Method 측정기기의 측정자료 중 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>의 측정데이터를 서로 비교하여 Open Path Method의 안정성 및 신뢰성을 파악코자 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 시간별 오염도 농도변화 추세는 매우 비슷한 형태를 가지며, 상관계수는 SO<sub>2</sub> 0.64962, NO<sub>2</sub> 0.67277, O<sub>3</sub> 0.71061이었다.
- 2) Open Path Method의 방해요인을 분석하기 위해 상대습도 90%이상인 자료를 이용하여 조

사한 결과 여름과 가을의 경우 SO<sub>2</sub> 및 NO<sub>2</sub>는 비슷한 추세를 나타내며, O<sub>3</sub>의 경우 농도변화 추세에 차이가 나타나는데 이는 Sampling Method 측정치에 저농도 측정값이 차지하는 비중이 많기 때문이다. Open Path Method의 측정값은 안개가 심하게 끼거나 강한 우천시 빛이 수분입자에 의해 방해받아 빛의 강도가 미미하게 떨어지거나, 측정에는 큰영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

1. 서울시정개발연구원 : 대기질 측정방법의 효율화 방안에 관한 연구 (1994)
2. 환경부 : 2000년대 대기오염 측정망 확충방안 환경부 (1997)
3. 이강웅 : 대기중 기준물질의 측정 및 분석 대기오염물질의 측정기술, 한국 대기환경학회 (1999)
4. Platt, U. et al : Measurement of Atmospheric Trace Gases by Long Path Differential UV/Visible Absorption Spectroscopy, Optical and Laser Remote Sensing, pp.97-105 (1983)
5. OPSIS : 기질 및 굴뚝가스 자동측정 시스템
6. OPSIS : 다항목 측정시스템 성능평가 보고서 Testing Institute : UMEG Gesellschaft fur umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH Karlsruhe, (March 1993.)
7. Rabinowitz, M. J.:The current status of air pollution monitoring in America (1992.)
8. 서울시정개발연구원 도시환경연구부 : 서울시 대기오염 자동측정망의 적정입지 및 관리운영 체계 (99. 1)
9. 서초구청:1997년 교통량 조사보고서
10. 어수미, 여인학, 이상칠, 윤중섭, 조석주, 김광진, 이규남 : 서울시 대기의 시정장애 원인과 대책연구 Ⅲ. 서울특별시 보건환경연구원보 (1996)
11. 어수미, 김광진, 이규남, 박성배:서울시 대기의 시정장애 원인과 대책연구Ⅱ. 서울특별시 보건환경연구원보, (1995)
12. 대기환경연구회: 대기오염개론, 동화기술
13. J. Notholt : Measurement of Atmospheric pollutants by a Differential Optical Absorption Spectrometer ( 1990)