

## 제주도 고산 측정소에서의 대기오염 배경농도 측정 및 분석

### Analysis of Air Pollution Concentrations at Cheju Baseline Measurement Station

박 경 윤 · 이 호 근 · 서 명 석  
장 광 미 · 강 창 희\* · 허 철 구\* · 김 영 준\*\*

한국과학기술연구원/시스템공학연구소

\*제주대학교

\*\*미국해양기상청

( 원고접수 : 1994. 6. 29 )

Kyoung Yoon Park, Ho Geun Lee, Myoung Seok Suh,  
Kwang Mi Jang, Chang-Hee Kang\*, Chul-Goo Hu\*, Young Jun Kim\*\*

Korea Institute of Science and Technology/Systems Engineering Research Institute

\*Cheju National University

\*\*National Oceanic and Atmospheric Administration/Air Resources Laboratory

( Received 29 June 1994 )

#### Abstract

A ground station has been established at Kosan, Cheju Island, since January of 1992 for the monitoring of background air pollutant levels in Korea. Anthropogenic pollutant sources and meteorological conditions of Kosan were surveyed. Concentrations of SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub>, and O<sub>3</sub> were measured and analyzed for the period of February through December, 1992. The annual means of NO and SO<sub>2</sub> levels were very low in comparison to other urban's levels and similar to other country's background levels. The annual mean of O<sub>3</sub> level was higher than urban's but comparable to other coastal region's. The NO concentration showed a distinct seasonal and diurnal variations. Summer peak was detected in the monthly means of NO and smooth peak around noon was found in the annual means of hourly data. Diurnal variation of the SO<sub>2</sub> concentration was barely detected but a slight increase in winter was detected. The O<sub>3</sub> concentration data, however, showed seasonal and diurnal variations similar to the urban's.

#### 1. 서 론

지구 대기환경을 보전하기 위해서는 주로 인간의 산업활동에 의하여 진행되고 있는 대기환경의 변화 추이와 그 원인에 대해서 정확히 규명할 필요가 있다. 인간의 산업활동에 의하여 발생하는 오염물질의

종류는 1차 오염물에서 2, 3차 오염물에 이르기까지 그 수가 수백 종에 이르고 있으나 이 중에서 온실효과나 인체에 유해한 7-8개의 오염물질을 중점 관리대상으로 하고 있다. 이를 위해서 미국을 비롯한 선진국에서는 청정공기법(Clean Air Act)을 제정하여 자국 및 지구 대기보전을 위하여 노력하고

있으며 우리나라도 1983년에 주요 오염물질에 대한 기준치를 선정하였다(윤순창, 1992). 또한 각국은 청정공기법 제정과 더불어 인간의 산업활동에 의하여 최소한으로 오염된 대기(청정대기)중에 포함된 주요 오염물질의 농도(배경농도)를 장기간에 걸쳐 지속적으로 측정 및 분석을 하고 있다.

미국 해양기상청(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)에서는 1957년 이후 남극에서 배경농도 측정을 위한 측정소를 운영하고 있으며 여기서 측정되는 대기오염성분은 온실효과 기체 즉, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CFC11-12, N<sub>2</sub>O 및 대기 입자상 물질(aerosol)이다. 또한 1958년부터 하와이의 Mauna Loa에서 CO<sub>2</sub> 농도를 측정해오고 있는데 그 결과에 의하면 CO<sub>2</sub>의 농도가 매년 약 1.0ppm 이상씩 증가하고 있음을 보이고 있다(Robinson et al, 1988).

최근에는 국내에서도 대기오염 물질들의 배경농도에 관심이 증가되고 있다. 정용승과 이근준(1992)은 태안 반도에서 1990년 11월-1992년 8월 사이에 측정된 CH<sub>4</sub> 및 CO<sub>2</sub>의 배경농도가 각각 1765-1857ppbv 및 353-368ppm 임을 발표하였고, 기상청(1992)에서는 제주도 고산 지역에서 1990년 8월30일 이후 CO<sub>2</sub>를 측정하여 왔다. 그 결과 CO<sub>2</sub> 평균농도 값은 359ppm이었고, 이는 하와이의 Mauna Loa 보다 약 2ppm 정도 높은 값이다.

한반도의 대기오염 실태가 1988년 이후 Liquefied Natural Gas(LNG) 등 청정 연료의 사용과 탈황시설에 의한 저유황 연료의 사용으로 양호해지고는 있으나 외국의 환경기준 특히, 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에 비해 크게 완화되어 있어 대기보전 측면에서 건전하고 유지가 가능한 개발을 추구하기 위한 대기 환경기준 설정이 필요하다(김인환, 1992). 대기 환경기준 설정을 위해서는 외국의 환경기준 자료와 더불어 국내 청정 지역에서 장기간에 걸쳐 측정된 정확한 대기 배경농도 자료를 참조해야 할 것이다. 또한, 중국 동쪽 해안지역의 급속한 산업화와 더불어 산업시설의 증가로 대기오염 배출량이 크게 증가하고 있으므로 향후 예상되는 한·중·일간의 환경문제의 해결책을 위한 기초자료가 요구되고 있는 실정이다(KATO N., 1992).

본 연구에서는 한반도에서 대기오염 물질의 배경농도를 분석하기 위하여 제주도 고산에 설치한 측정소에서 1992년 2월부터 12월까지 측정된 주요 대기 오염물질(SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>)의 특성에 대하여 분석하였다.

## 2. 측정 및 분석방법

### 2.1 측정소 환경

한반도 주변의 대기오염 배경농도 측정을 위한 측정소의 위치를 제주도 북제주군 한경면 고산리(제주도 서쪽끝)로 선정하였다. 지리적 위치는 북위 33.17°, 동경 126.10°이고, 해발고도는 약 71m이며 고산 고층레이다 기상대에서 서쪽 방향으로 70m 떨어져 있는 곳이다. 이곳을 대기오염 배경농도 측정소로 선정할 기준은 다음과 같다. 첫째는 국내의 지역중에서 세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO)의 배경농도 측정소 설치조건(사방 100km 이내에 적어도 50년 동안 토지 사용에 변화가 없는 곳, 대규모 오염원(대도시, 공업지대, 고속도로 등)으로부터 멀리 떨어진 지역(섬, 산악지역), 자연적인 오염현상(화산폭발, 산불 등)의 발생이 자주 일어나지 않는 곳에 어느 정도 부합된 점이다(Koning and Köhler, 1978). 둘째는 미국항공우주국(National Aeronautics and Space Administration, NASA)/지구대류권실험(Global Tropospheric Experiments, GTE)의 일부인 서태평양탐사계획(Pacific Exploratory Mission-West, PEM-West)의 항공기 측정지역과 가까운 곳이기 때문이다. PEM-West의 항공기 측정 지역은 일본-제주남단-대만-홍콩 등이다.

주요 인위적 오염원을 조사한 결과 제주도의 대기오염부하량(SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC, CO, TSP 방출량의 합)은 24ton/kmyear(서울:1460ton/kmyear, 부산:641ton/kmyear)으로 대도시 지역에 비해 적은양의 대기오염 부하량을 배출하고 있다. 그리고, 고산 지역을 중심으로 점 오염원은 반경 3km 이내에 4, 5종이 각각 1개씩 있으며 면 오염원은 반경 1km 이내에 1개(957가구)가 있고, 이동 오염원은 약 2km 떨어진 곳에 12번 국도가 있어 하루에 약 3000여대의 자동차가 통과하는 것으로 나타났다(박경운 등, 1993). 이들 오염원 자료로 볼 때 고산은 배경농도 측정소의 위치로 어느정도 부합된다고 판단되나 이동 오염원인 자동차로부터 배출되는 NO와 NO<sub>x</sub>의 측정 및 분석시에는 세심한 주의가 필요할 것으로 보인다.

### 2.2 기상자료 조사

기상 자료는 고산측정소와 인접한 고산 고층레이다 기상대에서 관측한 기상청 자료를 이용하였으며, 기온, 풍향, 풍속, 강수량 및 해면기압 등의 기상요소에 대해 조사했다. 고산의 과거 5년간(1988-1992년) 연평균의 기온은 15.6°C이고, 상대습도는

77%로 다른 제주 지역에 비해 5~10% 더 습하지만 강수량은 1118.3mm로 적게 나타났다. 또한 바람의 경우 겨울철에는 풍속은 강하고 풍향은 북서풍 계열이나 여름철에는 풍속은 약하고 풍향은 남동계열로 계절별 변동폭이 크다. 그림 1은 측정 기간중 연평균 바람 장미로써 북동 및 남동 바람의 빈도가 다른 방향에 비해 높고 바람이 세게 불어옴을 알 수 있다. 측정 기간중(1992년)의 고산 고층 레이다 기상대에서 관측한 기상 요소의 월별 평균은 표 1과 같다. 기온과 상대습도는 예년평균과 같이 여름에 높고 겨울에 낮게 나타났으나 강수량은 7, 10월의 적은 강수량 때문에 예년 평균보다 약 60mm 정도 적게 내렸으며 3, 4월에는 비교적 많은 강수현상이 있었음을 알 수 있다.

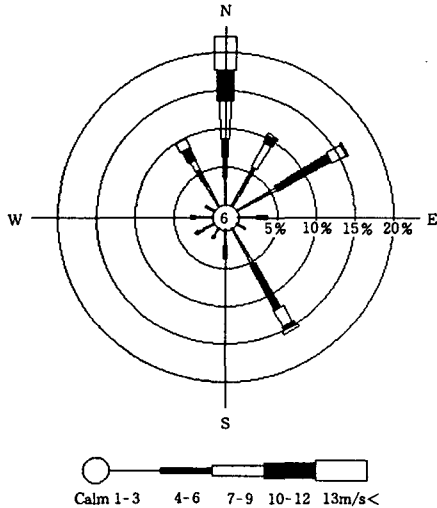


Fig. 1. The Windrose of 1992 Surface Winds at Kosan Site.

2.3 측정기기 및 측정 기간

본 연구기간 동안에 측정된 대기 오염 배경농도 측정 성분은 오존(O<sub>3</sub>), 일산화질소가스(NO), 총질소가스(NOy: NO+NO<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>O+PAN+HNO<sub>3</sub>+NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+Organic Nitrates+...) 및 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 등이다. 측정된 대기오염 성분별 측정 기기 및 방법에 관한 요약은 표 2와 같으며 측정 기기는 미국 NOAA/ERL(Environment Research Laboratory)로부터 1년간 무상으로 대여받은 것이다. 이들 NOAA 측정기기들은 NASA/GTE 에서 극저농도 상태의 대기오염 조건에서 기기 동작 시험을 통과한 것이다.

측정장비들을 운영하기 위한 측정소는 4평 규모의 컨테이너를 사용하였으며 측정소 내부의 구조

Table 1. The Monthly Mean of Meteorological Elements at Kosan Station.

Year/ Month	WS <sup>1)</sup> (m/sec)	Temp. (°C)	RH <sup>2)</sup> (%)	Rainfall <sup>3)</sup> (mm)	Press. (hPa)	IR <sup>4)</sup> (MJ/mi)
'92/2	7.1	6.6	67.1	14.6	1021	8.3
3	4.6	10.1	77.9	131.9	1019	9.5
4	5.2	13.6	78.2	115.2	1021	14.2
5	4.3	16.4	79.4	81.3	1011	14.3
6	3.6	19.6	82.8	76.2	1008	13.9
7	3.5	24.6	91.2	62.7	1009	9.8
8	3.7	25.7	84.2	326.6	1004	13.7
9	6.8	23.1	78.8	133.6	1019	12.6
10	6.2	17.4	74.3	4.0	1019	11.2
11	6.9	12.6	71.3	56.6	1023	7.9
12	9.2	9.8	72.7	33.9	1024	5.6
avg.	5.6	16.4	78.1	1036.6	1017	11.0

1) : Wind Speed, 2) : Relative Humidity, 3) : Summation, 4) : Irradiance

Table 2. Instruments and Measurement Parameters.

Parameters	Instruments	Range(ppbv)
NO/NOy	Chemiluminescence Analyzer *TECO Model 42	0- 50
SO <sub>2</sub>	Pulsed Fluorescence Analyzer *TECO Model 43S	0- 100
O <sub>3</sub>	U.V. Photometric Analyzer *TECO Model 49	0-1000

\*TECO : Thermo Environmental Instruments Inc.

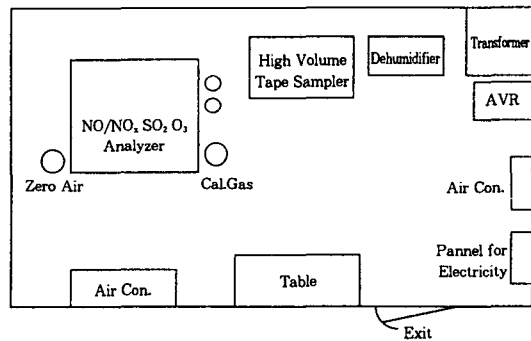


Fig. 2. Layout of Instruments in the Container.

및 배치도는 그림 2와 같다. 또한 컨테이너는 남서 방향을 향하도록 하였으며 시료 공기 흡입구는 직경 50mm의 Polyvinyl Chloride(PVC)관을 사용하여

지상 10m에 위치하게 했다.

고산에 측정소를 설치하고 각 측정 장비의 성능을 시험한 후 1992년 2월부터 대기오염 성분의 측정을 시작하여 1992년 12월까지 기기 고장이나 정전 등과 같은 외부적 요인에 의하여 측정이 중단된 경우를 제외하고는 연속적으로 측정하였다. 표 3은

각 월별 총 측정 시간중에서 유효한 자료를 측정한 비율을 나타낸 것이다. 외부적 요인 및 측정장비의 운영기술 미숙으로 인하여 연속적 측정을 하지는 못했으나 일부 몇 달을 제외하고는 각 월의 대표농도치로 가능한 수준의 측정은 충분히 이루어졌다고 볼 수 있다.

Table 3. Monthly and Total Measurement Rate (%) of each Air Pollutant.

Month Parameters	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Avg.
NO/NOy	83	81	56	81	47	43	99	32	47	100	61	66
SO <sub>2</sub>	84	31	27	82	22	70	99	87	93	100	60	69
O <sub>3</sub>	90	82	56	86	23	70	99	87	99	100	61	77

2.4 분석 방법

본 연구에서 사용된 측정기기는 주변 환경에 매우 민감하기 때문에 정밀한 보정을 위하여 수시로 측정기기를 보정(calibration)해 주어야 한다. 측정기기의 보정은 수동과 자동 방법을 동시에 이용하였다. 자동보정은 매 23시간마다 실시되는데 먼저 청정기체(zero air)가 주입되고 곧 이어 보정기체(calibration gas)가 주입되면 자체적으로 보정을 실시한다. 그러나, 자동보정은 1점 보정(one-point calibration) 방식인데 기기의 상태와 조건에 따라 달라질 수 있으므로 1주일에 1회는 기기 상태의 점검과 수동보정을 실시하였다. 수동보정은 사용자가 일정한 양의 알고 있는 표준기체를 여러번(3-4회) 주입해 보정하는 방식 즉, 다점보정(multi-point calibration)이다.

사용된 청정기체는 NO, NOy, SO<sub>2</sub> 성분을 제거시킨 압축공기를 사용하였다. 1992년 2월 25일까지는 미제를 사용했으나 국내조달의 어려움 때문에 그 이후는 국산(대원특수종합가스)을 사용하였다. 자동 및 수동 보정에 필요한 보정기체의 표준 성분 농도는 [NO]=0.893ppm, [NOy]=0.927ppm 및 [SO<sub>2</sub>]=0.735ppm이다. 또 NO/NOy 분석기의 경우 2개월에 한번씩 몰리브덴 환원기(molybdenum converter)의 효율을 높이기 위한 High NO calibration을 실시하였다.

측정기기들은 개인용 컴퓨터와 연결되어 있어 이들 기기로부터 얻어지는 측정자료는 연결된 컴퓨터 하드 디스크에 자동적으로 저장(back up)되도록 되었다. 측정기기에서 최종적으로 나오는 자료는 측정성분의 양에 따른 상대적 크기의 전압(voltage)을 이용하여 실제농도를 계산하였다(박경운 등, 1993).

3. 측정 결과 및 고찰

측정된 대기오염물질의 농도 특성을 알아보기 위해 각 성분에 대한 농도별 빈도분포를 계산하여 그림 3에 나타내었다. NO의 농도 발생 빈도는 대체로 1.0ppbv 이하의 매우 좁은 범위에 분포하고, NOy 및 SO<sub>2</sub>는 10ppbv 이내에 분포되어 있다. 즉, NO, NOy 및 SO<sub>2</sub>의 농도 분포는 저농도에서 빈도가 편중된 비대칭형을 이루고 있으나, O<sub>3</sub> 농도는 40-50ppbv 사이의 농도 값을 기준으로 대칭형을 보이고 있다. 이러한 농도별 빈도수 분포는 오존을 제외하고는 대도시의 분포와 비슷한 양상을 보이고 있지만 절대 농도값은 크게 차이를 알 수 있다(신찬기 등, 1992). NO, NOy 및 SO<sub>2</sub>의 농도값이 절대적으로 작은 것과 오존의 상대적으로 높은 농도값은 측정소 주변에 1차 오염물의 배출원이 거의 없음을 제시한다고 볼 수 있다.

측정된 오염 성분별 월평균 농도의 변동경향을 그림 4에 나타내었다. 그림 4에서 보는 바와 같이 O<sub>3</sub>을 제외하고는 오염농도의 절대값은 매우 작지만 최저값에 비해 4-9배까지 변화함을 알 수 있다. O<sub>3</sub>의 경우 봄철인 4-5월경에 최대치를 보이고 여름철인 7-8월에 최소치를 보이고 있는데 이는 제주도를 지배하는 기단의 발원지와 관련이 있는 것으로 보인다. 즉 전중갑(1991)이 동아시아 상층바람장의 분석에서 밝힌 바와 같이 봄철의 경우 북풍 또는 북서풍에 의하여 한반도 또는 중국대륙에서 오염된 공기가 제주도로 유입이 되지만 여름철에는 남풍 또는 남동풍에 의하여 저위도 해양의 청정한 공기가 유입되기 때문이다. 바람장의 계절별 변화를 나타내진 않았지만 겨울과 봄철에는 북풍계열이, 여름철에는 남풍계열이 탁월하였다(그림 1 참조). 이러한 현상은 일본 청정지역의 오존농도의 계절변화

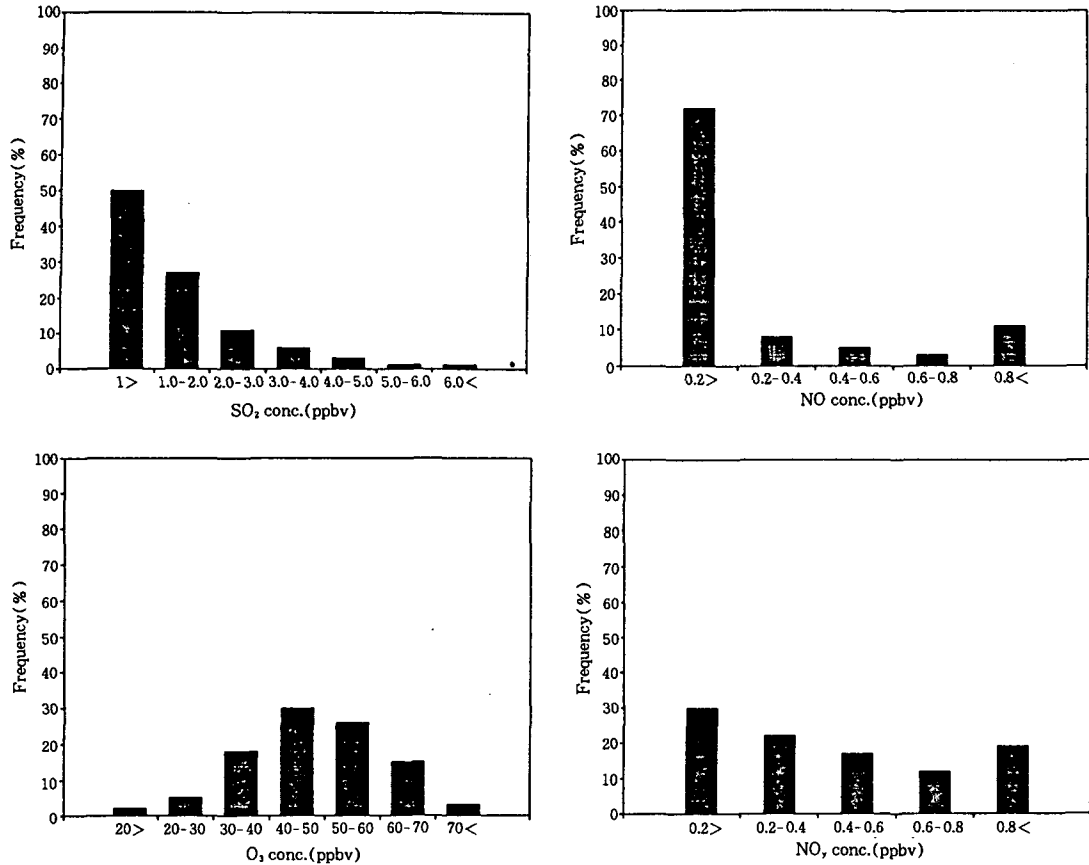


Fig. 3. Frequency Distributions of NO, NO<sub>y</sub>, SO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> Concentrations at Kosan.

에서도 잘 나타나고 있다(SunWoo et al., 1994). 또한 봄철(4-5월)에 지상의 오존농도가 높게 나타난 원인으로 Wakamatsu et al.,(1985)이 밝힌 바와 같이 대류권계면의 잦은 folding에 의한 성층권의 오존이 대류권으로 유입을 들 수가 있는데 이에 대해서는 3차원적 기상자료 분석을 통한 보다 정밀한 연구가 필요하다. 일반적으로 대도시의 NO는 겨울철에 최고치가 나타나고 여름철에 최소치가 나타나는데 고산의 경우에는 대도시와는 달리 여름철(8월)에 증가현상이 있으며 농도값이 매우 작음을 볼 수가 있다. 이는 앞에서 설명한 바와 같이 측정소 주변에 인위적 오염원(자동차 등)이 거의 없는 것을 입증하는 것이며, 여름철에 농도가 증가하는 것은 측정소 주변 해상에서의 어선증가, 풍속의 약화(표 1) 및 계절적 특수현상, 즉 관광철 관계로 근처 12번 국도에서의 차량 증가와 관련된 것으로 추정되나 이 부분에 대해서는 현지 조사가 필요한 것으로 보인다. SO<sub>2</sub>와 NO<sub>y</sub>의 계절적 변동이 뚜렷하

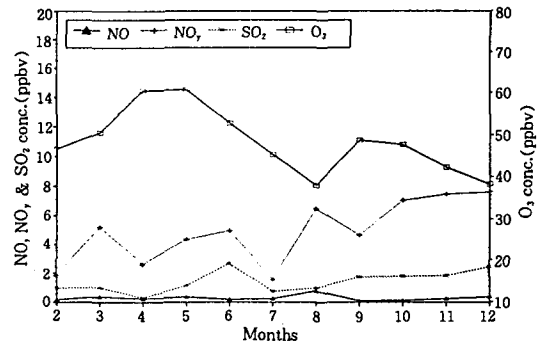


Fig. 4. Monthly Variations of NO, NO<sub>y</sub>, SO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> Concentrations at Kosan.

게 나타나지는 않았으나 겨울철의 농도가 다른 계절에 비해 높게 나타나고 있음을 볼 수가 있다. 이것은 측정소 주위 민가의 영향과 한반도 및 중국대륙으로부터의 장거리 이동에 의한 것으로 판단된다.

SO<sub>2</sub>가 6월의 높은 농도는 측정기기의 고장으로 인한 짧은 측정 시간과 자연적인 원인, 즉 바다의 미생물에 의한 Dimethyl Sulfide(DMS)의 생성증가로 인한 SO<sub>2</sub> 증가와 관련이 있는 것으로 보인다(Sievering et al., 1992).

주요 대기오염 성분별 일변화의 연평균 값은 그림 5와 같다. 그림 5에 보는 바와 같이 오염 성분 중 O<sub>3</sub>를 제외하고는 오염성분 농도의 일별 변화량이 매우 작음을 알 수 있으며 특히 NO와 SO<sub>2</sub>의 경우 일별 변동경향이 거의 나타나지 않고 있다. 다만 NO의 농도가 낮에 약간 상승하는 것은 근처의 12번 국도에 교통량의 증가나 기온상승에 따른 질소 생성 미생물의 활동 증가에 따른 오염질소 오염물 증가 및 광화학 작용과 관련이 있는 것으로 보인다(Peter W., 1988). SO<sub>2</sub> 농도의 일변화가 없다는 것은 고산 주변에 있는 민가가 오염원으로 크게 영향을 주지 않음을 제시해 준다고 할 수 있다. O<sub>3</sub>의 일변화는 대도시에서의 일변화처럼 아침 7시경에 최소가 나타나고 오후 3시경에 최고치가 나타나 아주 유사한 변화 형태를 보였으나 변동폭에 있어서 고산은 약 7ppbv로 20ppbv 이상 나타나는 대도시보다 매우 작았다(윤순창, 1992). 대도시에 비하여 고산의 연평균 O<sub>3</sub>농도는 높지만 일변화폭이 작은 것은 O<sub>3</sub>농도의 일변화에 영향을 주는 주요 요인(NO, NO<sub>2</sub>농도 및 일사량)중 대도시에 비해서 상대적으로 낮은 NO농도와 관련이 있는 것으로 보이나 이에 대한 정확한 분석을 위해서는 NO<sub>2</sub>의 측정이 병행되어야 될 것으로 판단된다.

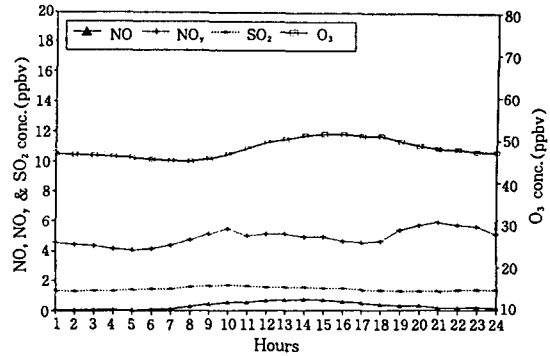


Fig. 5. Diurnal Variations of Average Hourly Concentrations of NO, NOy, SO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> at Kosan.

1992년 2월부터 1992년 12월까지 고산에서 측정된 대기오염성분의 배경농도와 다른 청정지역의 측정값 및 한반도 주요도시에서의 측정값들을 발췌하여 표 4에 수록 했다. O<sub>3</sub>를 제외하고는 고산에서의 측정값들은 서울(잠실)에서의 측정값보다 매우 낮았다. 특히 SO<sub>2</sub>의 연평균 농도는 서울지역 연평균 농도의 약 1/30 정도로 작지만 다른 청정지역에서 측정된 값보다는 대체적으로 높게 나타나고 있다. 이는 홍민선 등(1992)이 지적한 바와 같이 고산 지역이 중국대륙 및 한반도로부터 대기오염 물질의 장거리 이동에 의한 영향을 다소 받고 있음을 시사한다고 할 수 있다.

Table 4. Background Air Pollutant Concentrations at Kosan and other Stations.

Station	Components	NO	NOy	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	Periods	Remarks
		(ppbv)	(ppbv)	(ppbv)	(ppbv)		
Domestic	Kosan/Cheju	0.31	4.91	1.42	47.99	Feb- Dec, 1992	This study
	Jamsil/Seoul			44.0	9.0	Avg. in 1991	Yoon(1992)
Abroad	South Pole				27	Mar., 1982	Mizoguchi(1985)
	Bermuda			0.06	22	26- 28 Jul. '88	Sievering(1991)
	Hirosima/Japan	0.5		2.1	26.9	1- 16 Jul. 1982	Mizoguchi(1985)
	Oki Island/Japan		0.25 - 2.40	0.15	59 (30-62)	29 Sep.-7 Oct. 1991	'91 IGAC/APARE/ PEACAMPOT and PEM- West Campaign
	Tsushima/Japan			0.92	40 (10-50)	4- 11 Oct. 1991	
	Linan/China		2.0- 12.0*		(20-68)	20 Aug.-6 Nov. 1991	

\*NO<sub>x</sub> concentration

4. 결 론

한반도내 청정지역에서 대기오염성분의 배경농도

를 측정하기 위하여 제주도 북제주군 한경면 고산리(서쪽 끝)에 배경농도 측정소를 설치하여 1992년 2월부터 12월까지 측정된 주요 대기 오염성분의

측정자료를 분석한 결과는 다음과 같다.

- 측정소가 위치한 지역의 오염원 현황을 조사한 결과 제주도의 대기오염 부하량은 24ton/km<sup>2</sup>year (서울: 1460ton/km<sup>2</sup>year, 부산: 641ton/km<sup>2</sup>year)이고, 이동오염원은 측정소에서 약 2km 떨어진 곳에 12번 국도가 있어 하루에 약 3000 여대의 자동차가 운행하는 것으로 나타났으나, WMO에서 권장하는 대기오염 배경농도 측정지로서 어느 정도 부합된다고 할 수 있다.
  - 주요 오염 성분인 NO, NO<sub>y</sub>, SO<sub>2</sub> 및 O<sub>3</sub>의 연평균 농도는 각각 0.31±0.21, 4.91±4.28, 1.42±1.27 및 47.99±9.91ppbv이며, O<sub>3</sub>의 농도 분포는 40-50ppbv를 중심으로 대칭을 이루고 있지만 NO, NO<sub>y</sub> 및 SO<sub>2</sub>는 저농도에 편중된 비대칭형을 이루고 있다. 농도치는 국내의 주요 도시에서 측정된 값들보다는 매우 낮고, 타국의 청정 지역에서 측정된 값들과는 유사하게 나타났다.
  - NO의 농도 변화는 여름철인 8월에 약간 상승하였고, 일별 변동에서는 정오경에 최고치가 나타났으며, NO<sub>y</sub>는 계절적으로는 겨울철에, 일중에는 야간(20-24시)에 약간 증가하였다. SO<sub>2</sub>도 NO<sub>y</sub>와 같이 겨울철에 조금 상승하였으나, 일변화는 거의 없었다. O<sub>3</sub>의 경우에는 대도시에서와 마찬가지로 일별/월별 농도변화를 나타내어 일중에는 오후 3시경에 최고치가 나타났고 월중에는 3-5월경인 봄철에 최고치가 나타났다. 하지만 O<sub>3</sub>의 일별 변동폭은 대도시의 약 1/3 정도로 작았다.
- 한반도에서 대기오염물질의 장기적인 배경농도자료의 축적 및 장거리 이동에 의한 영향을 정확히 파악하기 위해서는 지속적인 자료 측정과 모델연구를 병행한 계속적인 연구가 필요하다고 본다.

#### 감사의 글

본 측정소가 원만히 운영될 수 있도록 많은 협조를 해주신 한국전력 제주지부 직원과 측정소 운영에 많은 협조를 해주신 아주대학교 홍민선 교수, 제주대학교 박관석, 박용이 학생들에게 감사드린다. 또한 고가의 측정장비를 무상으로 임대 및 교육을 해주신 NOAA/ERL의 Dr. Boatman을 비롯한 담당자분들께도 감사드린다. 본 연구는 과기처 지원 "지구 대기환경 조사 및 장기변화 예측" 특정연구과제의 일부로 수행된 것이다.

#### 참 고 문 헌

- 기상청(1992) 한반도 기후변화감시 및 이상기상에 관한 연구(Ⅲ), 기상청 기상연구소 연구보고서.
- 김인환(1992) 대기오염 저감을 위한 주요과제와 대책, 국립환경연구원.
- 박경운 외 다수(1991; 1992; 1993) 지구대기환경 조사 및 장기변화예측(Ⅰ), (Ⅱ), (Ⅲ), 한국과학기술연구원, 과학기술처 연구보고서.
- 신은상, 김희강(1992) 서울시에서의 대기부유먼지에 대한 황사의 영향, 한국대기보전학회지, 8(1), 52-57.
- 신찬기, 한진석, 김윤식(1992) 대기오염농도와 기상인자의 관련성 연구-서울광화문 지점을 중심으로-, 한국대기보전학회지, 8(4), 213-220.
- 윤순창(1992) 한반도의 대기오염 분석 결과, 한반도 국지기상 특징과 대기환경 Workshop 자료집, 서울대학교 자연과학대학 대기환경연구소.
- 전종갑(1991) 대기오염물질 수송과 관련된 동부 아시아 상층대기의 순환특성에 관한 연구, 한국기상학회지, 27(2), 180-196.
- 정용승(1992) 북동아시아의 대기환경 변화 추세, 한국대기보전학회 요지집, 1-4.
- 정용승, 이근준(1992) 한국의 태안반도에서 관측된 CH<sub>4</sub>의 지역적 배경농도에 관한 연구, 한국환경과학회지, 1(2), 33-48.
- 최만식, 조성록, 이동수(1989) 서해안 분진의 화학 조성 및 기원에 대한 연구(1), 한국대기보전학회지, 5(2), 72-83.
- 홍민선, 이상훈, 이동섭, 강창희, 박경운(1992) 제주도 고산에서의 대기오염물질 측정 및 분석에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 8(4), 257-261.
- de Koning, H. W. and A. Köhler (1978) Monitoring Global Air Pollution, *Environmental Science & Technology*, 12(8), 884-889.
- Kato, N. and H. Akimoto(1992) Anthropogenic Emissions of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> in Asia: Emission Inventories, *Atmospheric Environment*, Vol. 26A, NO. 16, 2997-3017.
- Kuo-Nan Liou(1980) An Introduction to Atmospheric Radiation, *Academic Press*, Inc.51.
- Mizoguchi, T. M. Kunugi and M. Nishikawa(1985) Background Air Pollution Measurements and Selection of Background Sites in Japan, *Res. Rep. Natl. Inst. Environ. Stud.*, Jpn., No.79, 9-19.

기상청(1992) 한반도 기후변화감시 및 이상기상에

- Robinson, E., B.A. Bodhaine, W.D. Komhyr, S.J. Oltmans, L.P. Steele, P. Tans, and T.M. Thomson(1988) Long-Term Air Quality Monitoring at the South Pole by the NOAA Program Geophysical Monitoring for Climate Change, *Reviews of Geophysics*, 26(1), 63-80.
- Peter, W.(1988) Chemistry of the Natural Atmosphere, *Academic Press*, Inc.
- Sievering, H., J. Boatman, E. Gorman, Y. Kim, L. Anderson, G. Ennis, M. Luria and S. Pandis (1992) Removal of Sulfur from Marine Boundary Layer by Ozone Oxidation in Sea Salt Aerosols, *NATURE*, 360(10), 571-573.
- Sunwoo, Y., G. R. Carmichael and H. Ueda(1994) Characteristics of Background Surface Ozone in Japan, *Atmospheric Environment*, 28(1), 25-37.