

부산의 대기오염도 조사*

인제대학 의학부 예방의학교실 및 산업의학연구소

김용완 · 김준연 · 이채언 · 전진호 · 문덕환
신해림 · 이종태 · 이명철 · 김성천 · 배기택

= Abstract =

Survey on Ambient Air Quality in Pusan Areas

Y.W. Kim, J.Y. Kim, C.U. Lee, J.H. Jun, D.H. Moon
H.R. Shin, J.T. Lee, M.C. Lee, S.C. Kim and K.T. Pae

Department of Preventive Medicine and Institute of Industrial Medicine, Inje College

In order to assess the degree of atmospheric pollution and to contribute the health improvement of residents in Pusan, the authors measured CO, SO₂, NO₂ and TSP level at 3 places by season and time from July, 1985 to April, 1986.

The places were Somyŏn, Sasang and Daeshin-dong, which were known as the commercial, industrial and residential area in Pusan, respectively.

The obtained results were as follows:

- 1) The average concentration of CO was highest with $2.19 \pm 0.52(3.5 - 1.0)$ ppm at Sasang area, and lowest with $1.32 \pm 0.55(3.0 - 0.5)$ ppm at Daeshin-dong areas.
- 2) The average concentration of SO₂ was highest with $0.092 \pm 0.073(0.378 - 0.028)$ ppm at Sasang, and lowest with $0.041 \pm 0.014(0.083 - 0.019)$ ppm at Daeshin-dong.
- 3) The average concentration of NO₂ was highest with $0.069 \pm 0.012(0.090 - 0.050)$ ppm at Somyŏn, and lowest with $0.043 \pm 0.010(0.061 - 0.032)$ ppm at Daeshin-dong.
- 4) The average concentration of TSP was highest with $300 \pm 130(780 - 130)$ μg/m³ at Sasang, and lowest with $160 \pm 80(390 - 70)$ μg/m³ at Daeshin-dong.
- 5) The level of CO and TSP were highest in summer at Somyŏn and Daeshin-dong, and in winter at Sasang, respectively. The level of SO₂ and NO₂ were highest in winter and spring at all areas.
- 6) The level of all air pollutants were higher in the afternoon or night than in the morning.

I. 서 론

국가산업의 발달과 인구의 도시 집중화 현상은 도시지역의 인구, 자동차, 공장, 주택, 빌딩 등의 증가와 도시민의 생활수준을 향상시킨 반면 대기오염 문

제를 수반하게 되었다.

즉 Cook(1971)이 지적한 바와 같이 인간의 생활수준 향상 또는 GNP의 상승은 각종 에너지의 소비를 증대시킴으로써 결국에는 상당량의 오염물질을 대기중으로 배출하는 결과를 초래하였다. 대기오염은 인간이나 동식물 그리고 인간의 자산에 영향을 미쳐 보건학적, 경제적으로 막대한 손실을 가할 뿐아니라 최근에는 도시지역의 소위 "열섬"(heat island)현상으로

*본 논문은 1986년도 인제 연구 장학재단의 연구비 보조로 이루어졌음.

대기의 기상이 변동되어 지표면과 대기간의 열평형에 변화를 일으킨다는 견해마저 있다(Work Warner, 1981; Perkins, 1974; Lave, Seskin, 1977; Purdom, 1980).

대기오염의 주요인은 인간 생활에 필수적인 각종 연료의 연소과정이므로 대기오염은 인간의 일상 생활 영위과정에서 언제든지 문제시 될 소지가 있기 때문에 대기오염 방지를 위한 조치가 사전에 이루어져야 하나 실제로는 용이한 것이 아니므로 계속 우리들의 관심사항이 되고 있는 것이다.

부산은 그 면적이 전 국토의 0.4%에 불과하나 인구밀도는 Km²당 8,051명으로 전국의 약 20배나 되어 인구의 도시 집중화 현상이 극심한 지역이며 이외에도 자동차의 수와 제조업 산업장의 수 그리고 각종 연료의 소비량 등도 비교적 월등하기 때문에(Table 1, 2참조) 부산지역의 대기오염은 관계기관은 물론 시민 모두에게 중요한 문제가 아닐 수 없다.

인간은 경작업시 1일 1인당 섭취 식품량의 무려 30배에 해당하는 약 45 kg의 공기를 필요로 하므로 부산 시민 전체가 하루에 필요로 하는 공기의 양은 대략 1억 6천만 kg이나 될 뿐아니라 자동차의 연료 연소용으

로도 1일 약 90만 kg(약 0.88×약 10만대×10 L/일/대)의 공기가 공급되어야(Perkins, 1974)하는 등 시민의 실제 기본활동이 공기의 공급에 크게 의존되므로 대기오염은 가능한 한 조절되어야 한다.

이에 연자들은 부산의 대기오염 실태를 파악할 뿐 아니라 대기오염 저감 대책 수립의 자료를 마련함으로써 부산시민의 건강증진에 기여하고자 본 조사를 실시하였다.

II. 조 사 방 법

1. 조사시기와 조사지역

계절별 대기오염을 파악하기 위하여 측정시기를 1985년 7월(하계), 10월(추계), 1986년 1월(동계), 4월(춘계)로 정하였으며 측정시간은 08~09시(오전), 18~19시(오후), 22~23시(야간)로 정하여 1일중 오염수준의 정도를 인지하고자 하였다(단, 이산화질소는 화~금까지 연속측정).

한편 조사지역은 부산의 주 간선도로변 3개지역(서면, 사상, 대신등)으로 각 지역의 측성을 고려하여 지역별로 3개 장소에서 측정하였다.

본 조사 지역중 서면은 교통량이 비교적 많은 상업지역으로, 사상은 공단이 위치하고 있어 공업지역으로, 대신동은 주거지역으로 각각 잘 알려져 있다.

2. 조사항목

일산화탄소(CO), 아황산가스(SO₂), 이산화질소(NO₂) 및 부유분진(TSP)을 본조사의 대상항목으로 정하였다.

3. 조사방법

CO, SO₂, TSP등은 각 측정장소에 대하여 측정시기별로 주중의 3일간에 걸쳐 각 항목당 측정시간별로 3회 측정하였으며 NO₂만은 각 측정장소에 대하여 측정시기별로 4일간(화~금요일) 1회의 평균농도를 산정하였다.

한편 CO는 CO analyzer(Miran 101, U.S.A.)를 이용하였으며 SO₂는 Dasgupta등의 법으로(Dasgupta 등, 1980) NO₂는 Palmes법(Palmes 등, 1976)으로, 그리고 TSP는 Alpha air sampler(Dupont, U.S.A.)

Table 1. No. of population, industry and motor vehicle of whole country and Pusan city

Item	Whole Country	Pusan(by Country)
Population (1984)	40,578,000	3,516,768 (about 9%)
Population Density (1984)	409/Km ²	8,051/Km ² (about 20 times)
Manufacturing (1983)	39,243	4,633 (about 12%)
Motor Vehicles (1984)	948,319	93,783 (about 10%)

(Booil Yearbook, 1986)

Table 2. Fuel consumption of whole country and Pusan city

Fuel	Whole Country	Pusan(by country)
Oil	30,932,000 kl	743,181 kl(2.4%)
Coal	24,154,000 ton	2,007,383 ton(8.3%)

(Korea, Pusan statistical yearbook, 1985)

와 MCE filter(37mm, 0.8 μ , Millipore, U.S.A.)를 사용하여 중량법으로 각각 측정하였다.

III. 성 적

1. 연중 지역별 평균 대기오염도 (Table 3, Fig. 1 참조)

CO의 평균농도는 사상(2.19 ppm), 서면(2.09 ppm), 대신동(1.32 ppm)의 순으로 우리나라 대기환경 기준치(1개월 평균 8 ppm이하) (보건사회부, 1983)의 각 27.4%, 26.1%, 16.5%이었으며 CO농도의 범위는 3.5~0.5 ppm으로 허용기준에 훨씬 미달하였다.

SO₂의 평균농도는 사상(0.092 ppm), 서면(0.088 ppm), 대신동(0.041 ppm)의 순으로 대기환경 기준치(연평균 0.05 ppm이하) (보건사회부, 1983)의 각 184%, 176%, 82%이었으며 SO₂농도의 범위는 0.

378~0.019 ppm을 나타내었다.

NO₂의 평균농도는 서면(0.069 ppm), 사상(0.056 ppm), 대신동(0.043 ppm)의 순으로 대기환경 기준치(연평균 0.05 ppm이하) (보건사회부, 1983)의 각 138%, 112%, 86%이었으며 NO₂농도의 범위는 0.09~0.03 ppm을 나타내었다.

TSP의 평균농도는 사상(300 μ g/m³), 서면(230 μ g/m³), 대신동(160 μ g/m³)의 순으로 대기환경 기준치(연평균 150 μ g/m³이하)의 각 200%, 153.3%, 106.7%이었으며 TSP농도의 범위는 780~70 μ g/m³를 나타내었다.

이상을 요약하면 공업지역(사상)과 상업지역(서면)의 오염도가 비교적 심하여 CO를 제외한 모든 조사항목에서 허용치를 초과하였으며 주거지역(대신동)은 TSP외에는 모두 허용기준에 미달되는 비교적 청정한 지역이었다.

Table 3. Average concentration of air pollutants in Pusan

Pollutants	Somyon	Sasang	Daeshin-dong	Range
CO (ppm)	2.09 \pm 0.54 (3.5~1.2)	2.19 \pm 0.52 (3.5~1.0)	1.32 \pm 0.55 (3.0~0.5)	3.5~0.5
SO ₂ (ppm)	0.088 \pm 0.068 (0.318~0.026)	0.092 \pm 0.073 (0.378~0.028)	0.041 \pm 0.014 (0.083~0.019)	0.378~0.019
NO ₂ (ppm)	0.069 \pm 0.012 (0.090~0.050)	0.056 \pm 0.015 (0.080~0.039)	0.043 \pm 0.010 (0.061~0.032)	0.090~0.032
TSP (μ g/m ³)	230 \pm 90 (500~120)	300 \pm 130 (780~130)	160 \pm 80 (390~70)	780~70

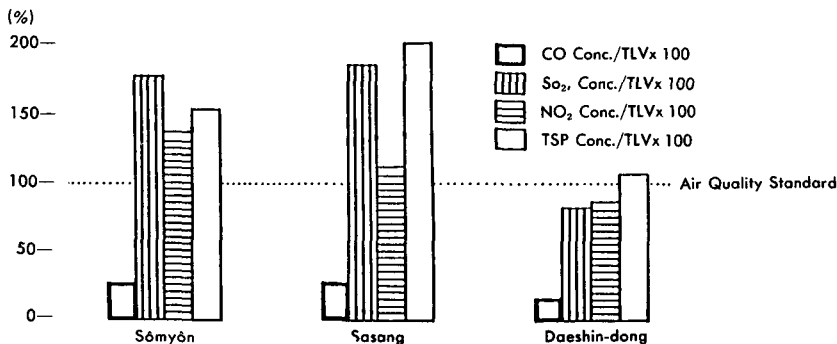


Fig. 1. The status of ambient air quality in Pusan.

Table 4. The level of air pollutants by season and time at sōmyōn areas

Season	Time	CO (ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	TSP (μg/m ³)
Spring	08~09	1.35±0.15	0.048±0.008		130±10
	18~19	1.85±0.18	0.066±0.019		200±10
	22~23	1.75±0.15	0.052±0.002		220±20
	Total	1.65±0.27 (2.0~1.2)	0.055±0.014 (0.090~0.039)	0.086±0.002 (0.090~0.085)	180±40 (250~190)
Summer	08~09	1.85±0.12	0.052±0.008		300±10
	18~09	3.00±0.41	0.064±0.001		370±20
	22~23	2.50±0.41	0.064±0.001		450±50
	Total	2.45±0.58 (3.5~1.7)	0.049±0.014 (0.065~0.026)	0.062±0.002 (0.064~0.059)	370±70 (500~290)
Autumn	08~09	1.90±0.19	0.035±0.002		200±10
	18~19	2.85±0.34	0.060±0.004		170±10
	22~23	2.00±0.52	0.049±0.007		250±50
	Total	2.25±0.55 (3.1~1.5)	0.048±0.011 (0.064~0.032)	0.057±0.006 (0.067~0.050)	200±40 (300~150)
Winter	08~09	1.75±0.25	0.152±0.052		160±30
	18~19	2.42±0.34	0.164±0.026		190±50
	22~23	2.41±0.34	0.229±0.079		310±110
	Total	2.19±0.45 (3.0~1.5)	0.182±0.061 (0.318~0.120)	0.070±0.001 (0.072~0.069)	220±100 (430~120)
Average	08~09	1.69±0.30	0.075±0.052		180±60
	18~19	2.46±0.52	0.116±0.113		210±70
	22~23	2.12±0.48	0.099±0.093		280±100
	Total	2.09±0.54 (3.5~1.2)	0.088±0.068 (0.318~0.026)	0.069±0.012 (0.090~0.050)	230±90 (500~120)

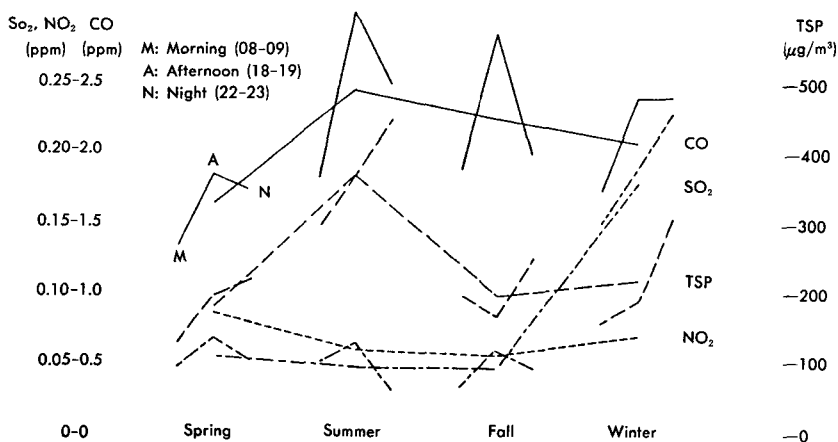


Fig. 2. Distribution of air pollutants by season and time at sōmyōn areas.

Table 5. The level of air pollutants by season and time at sasang areas

Season	Time	CO(ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	TSP($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Spring	08~09	1.73±0.18	0.057±0.011		160±20
	18~19	2.00±0.12	0.074±0.009		230±20
	22~23	2.27±0.44	0.097±0.020		280±30
	Total	2.00±0.36 (3.0~1.5)	0.076±0.022 (0.119~0.045)	0.078±0.001 (0.080~0.077)	220±50 (320~130)
Summer	08~09	2.00±0.71	0.037±0.007		300±20
	18~09	2.25±0.54	0.049±0.006		360±90
	22~23	2.01±0.71	0.048±0.004		330±50
	Total	2.08±0.67 (2.8~1.0)	0.044±0.008 (0.056~0.028)	0.045±0.004 (0.049~0.040)	330±70 (480~260)
Autumn	08~09	1.90±0.10	0.043±0.003		240±20
	18~19	2.75±0.22	0.078±0.008		210±10
	22~23	2.15±0.48	0.059±0.004		400±50
	Total	2.27±0.47 (3.0~1.5)	0.060±0.015 (0.088~0.040)	0.040±0.001 (0.041~0.039)	290±90 (460~220)
Winter	08~09	1.83±0.24	0.122±0.060		300±30
	18~19	2.25±0.25	0.121±0.016		350±130
	22~23	3.00±0.29	0.227±0.147		510±240
	Total	2.36±0.55 (3.5~1.5)	0.163±0.101 (0.378~0.078)	0.061±0.002 (0.066~0.059)	390±190 (780~210)
Average	08~09	1.85±0.33	0.074±0.050		240±60
	18~19	2.32±0.40	0.085±0.027		280±100
	22~23	2.40±0.60	0.116±0.107		390±160
	Total	2.19±0.52 (3.5~1.0)	0.092±0.073 (0.378~0.028)	0.056±0.015 (0.080~0.039)	300±130 (780~130)

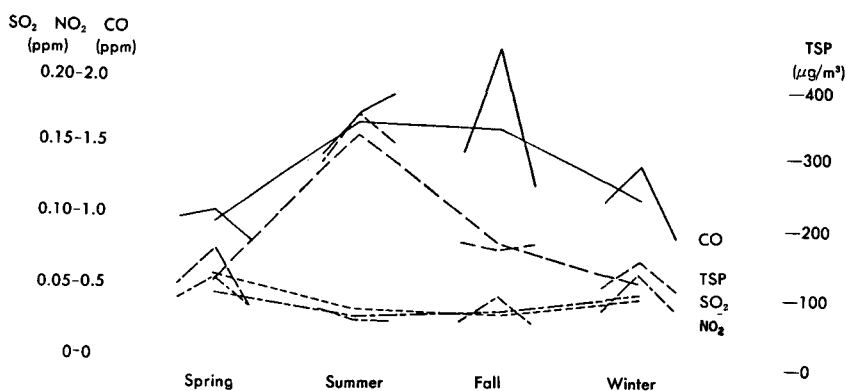


Fig. 3. Distribution of air pollutants by season and time at sasang areas.

Table 6. The level of air pollutants by season and time at daeshin-dong areas.

Season	Time	CO (ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	TSP (μg/m ³)
Spring	08~09	0.97±0.14	0.041±0.018		100±10
	18~19	1.03±0.07	0.057±0.002		150±10
	22~23	0.82±0.17	0.035±0.001		80±10
	Total	0.94±0.16 (1.2~0.5)	0.045±0.010 (0.060~0.038)	0.059±0.002 (0.061~0.056)	110±30 (160~70)
Summer	08~09	1.40±0.45	0.035±0.005		290±80
	18~19	1.75±0.58	0.030±0.004		350±20
	22~23	1.90±0.83	0.028±0.001		310±30
	Total	1.68±0.67 (3.1~0.9)	0.031±0.005 (0.042~0.025)	0.036±0.003 (0.040~0.032)	320±60 (390~190)
Autumn	08~09	1.50±0.50	0.030±0.001		170±20
	18~19	2.25±0.25	0.047±0.002		160±20
	22~23	1.27±0.46	0.028±0.001		170±20
	Total	1.67±0.59 (2.5~0.7)	0.035±0.009 (0.050~0.027)	0.033±0.001 (0.034~0.033)	170±20 (190~130)
Winter	08~09	1.17±0.24	0.040±0.021		110±30
	18~19	1.42±0.34	0.066±0.016		150±30
	22~23	0.92±0.19	0.041±0.002		110±10
	Total	1.17±0.33 (2.0~0.5)	0.049±0.019 (0.083~0.019)	0.043±0.002 (0.045~0.040)	120±90 (190~70)
Average	08~09	1.24±0.41	0.037±0.012		150±70
	18~19	1.59±0.57	0.053±0.015		180±70
	22~23	1.13±0.55	0.034±0.006		150±80
	Total	1.32±0.55 (3.0~0.5)	0.041±0.014 (0.083~0.019)	0.043±0.010 (0.061~0.032)	160±80 (390~70)

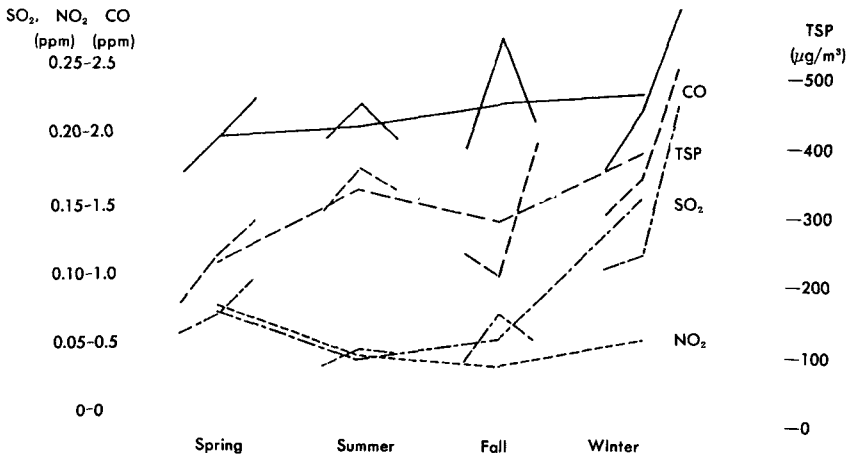


Fig. 4. Distribution of air pollutants by season and time at daeshin-dong areas.

2. 지역, 계절 및 일중 대기오염도

1) 서면 (Table 4, Fig. 2 참조) : CO의 농도는 하계가 2.45 ± 0.58 ppm으로 가장 높았으나 춘계를 제외하고는 계절별 차이는 뚜렷하지 아니하였으며 일중변동은 계절별로 공히 심한 편이었고, 모든 계절에서 오후에 가장 높은 농도를 시현하였다.

SO₂의 농도는 동계가 0.182 ± 0.061 ppm으로 가장 높았으나 동계를 제외한 계절별 차이는 뚜렷하지 아니하였으며 일중변동은 동계에 가장 심하였고, 동계는 야간에, 그리고 그의 계절은 오후에 각각 가장 높은 농도를 시현하였다.

NO₂의 농도는 춘계가 0.086 ± 0.002 ppm으로 가장 높았고 추계가 가장 낮았으나 모든 계절에서 공히 허용치를 초과하였다.

TSP의 농도는 하계가 370 ± 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높았고 계절별로는 하계를 제외하고는 큰 차이가 없었으며 일중변동은 하계와 동계에 비교적 심한 편이었고, 모든 계절에서 공히 야간에 가장 높은 농도를 시현하였다.

2) 사삼 (Table 5, Fig. 3 참조) : CO의 농도는 동계가 2.36 ± 0.55 ppm으로 가장 높았으나 계절별 차이는 뚜렷하지 아니하였으며 일중변동은 동계에 가장 심하였고, 춘계와 동계는 야간에, 그리고 하계와 춘계에는 오후에 각각 가장 높은 농도를 시현하였다.

SO₂의 농도는 동계가 0.163 ± 0.101 ppm으로 가장 높았고 계절별 차이는 비교적 심하였으되 일중변동은 동계에 가장 심하였고 춘계와 동계에는 야간에, 그리고 하계와 추계에는 오후에 가장 높은 농도를 시현하였다.

NO₂의 농도는 춘계가 0.078 ± 0.001 ppm으로 가장 높았고 추계가 0.040 ± 0.001 ppm으로 가장 낮았으며 춘계와 동계에 허용기준을 초과하였다.

TSP의 농도는 동계가 390 ± 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높았고 계절별 차이는 비교적 뚜렷하였으며 일중변동은 추계와 동계에 비교적 심한 편이었고, 하계를 제외하고는 모든 계절에서 공히 야간에 가장 높은 농도를 시현하였다.

3) 대신동 (Table 6, Fig. 4 참조) : CO의 농도는 하계와 추계가 각각 1.68 ± 0.67 ppm과 1.67 ± 0.59 ppm으로 비교적 높았으며 춘계가 0.94 ± 0.16 ppm으로 가

장 낮았으며 일중변동은 추계를 제외하고는 비교적 작은 편이었고, 하계를 제외하고는 모든 계절에서 공히 오후에 가장 높은 농도를 시현하였다. SO₂의 농도는 동계가 0.049 ± 0.019 ppm으로 가장 높았고 하계가 0.031 ± 0.005 ppm으로 가장 낮았으나 계절별 차이는 뚜렷하지 아니하였으며 일중변동은 하계를 제외하고는 모든 계절에서 공히 오후에 가장 높은 농도를 시현하였다.

NO₂의 농도는 춘계가 0.059 ± 0.002 ppm으로 가장 높았고 추계가 0.033 ± 0.001 ppm으로 가장 낮았으나 춘계를 제외한 모든 계절에서 공히 허용농도에 미달하였다.

TSP의 농도는 하계가 320 ± 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높았고 계절별로는 하계를 제외하고는 뚜렷한 차이가 없었으며, 일중변동은 추계를 제외한 모든 계절에서 비교적 심한 편이었고, 추계를 제외하고는 모든 계절에서 공히 오후에 가장 높은 농도를 시현하였다.

IV. 고 안

도시의 대기오염원으로 중요한 것은 교통기관을 비롯하여 산업장, 발전소, 주택, 빌딩 등을 들 수 있으며 각종 대기오염 물질은 이러한 오염원이 필요로 하는 에너지의 생산에 사용되는 연료의 연소, 상품의 제조 및 폐기물의 처리과정을 통하여 주로 대기중으로 배출되어 기상학적 및 지형학적 요인들과 연계되어 결국 대기오염이 초래하게 된다.

이중에서도 각종 연료의 연소과정이 대기오염 발생의 주요인으로 연료가 완전연소되면 열, 빛, 탄산가스, 수증기 등의 비오염물질들이 생성되나 실제로는 완전연소반응이란 불가능하므로 거의 모든 연료의 연소시에서는 항상 일산화탄소, 유황산화물, 질소산화물, 비산화, 비연소탄화수소 등의 각종 오염물질과 연료중에 혼합되어 있는 화학물질에 따라 여러가지의 유해물질들이 발생되어 대기중으로 배출되기 마련이다.

CO는 자연발생원을 통하여 연간 $30 \times 10^6 \sim 80 \times 10^6$ 톤이, 그리고 인공적으로는 304×10^6 톤이 각각 전세계적으로 배출된다고 추정되며 (Perkins, 1974), 인공적 배출추정량중 약 1/3이 미국(1977년)에서 배출되고 이중 약 85%가 교통기관의 배기가스에서 배출되었다고 (Wark, Warner, 1981) 할 만큼 CO발생은 자동차 연

료의 연소과정과 관련이 높다.

그러나 우리나라의 경우 선진국과 달리 주택난방이나 취사용 연탄연료의 연소를 통한 CO의 발생도 상당할 것으로 사료된다.

CO의 인체영향에 대해서는 이미 알려진 바와 같이 혈색소와의 친화성이 매우 강하여 고농도의 COHb를 형성, 조직의 저산소증을 일으키는 것으로서 중추신경계 장애 소견이 대표적이다. 즉 10~15 ppm의 CO 농도에 8시간이상 폭로시 혈중 COHb치가 약 2.5%, CO농도 40 ppm에 2시간 폭로시는 COHb치가 2%에 이른다고 하며 100 ppm하에서 건강한 남자가 작업하는 약 5%의 COHb농도가 된다고 하는 바, 이와같은 혈중 COHb농도 2~5%에서는 시간 간격판단(time-interval discrimination)장애, 시력변화, 휘도판단(brightness discrimination)장애 등의 중추신경계 장애 소견이 나타나며 또한 사망율의 증가와도 관련이 있다고 한다(Wark, Warner, 1981; NAPCA, 1970).

교통량이 많고 인구가 조밀한 도시지역에서는 실제 대기중 CO농도가 10~15 ppm 수준에 이를 수 있기 때문에 도심지 CO농도의 영향에 대하여 과소평가 해서는 곤란하며 빈혈이나 심폐질환 등의 질환자나 CO에 민감한 사람들은 특히 관심을 가져야 할 것이다.

본조사의 경우 부산의 CO농도는 3.5~0.5 ppm으로 우리나라 대기환경기준치에 훨씬 미달하였으며 이는 김등(1983)의 1980년도(3.62~0 ppm)와 1981년도(3.9~0.9 ppm)의 부산의 CO농도와 부일연감(1985년도)(1986)에 수록되어있는 1.5 ppm 및 정등(1986)의 1983~1984년도 서울시 성적(4.3~1.4 ppm)등에 근접하였다.

지역별 CO농도는 사상, 서면, 대신동의 순이었으나 사상과 서면은 거의 차이가 없었으며 대신동에 비하여 약 1.7배 높은 성적을 나타내었다. 사상과 서면지역의 CO농도가 비교적 높고 대신동이 낮은 것은 아시다시피 사상은 공장지역이고 서면은 사람과 차량의 왕래가 극심한 부산의 교통, 상업의 중심지이고 대신동 지역은 부산의 전통적인 주거지역에 해당하기 때문으로 사료된다.

한편 계절별 CO농도는 사상지역은 동계에, 그리고 서면과 대신동지역은 하계에 각각 최고이었으나 그 차이는 뚜렷하지 아니하였다.

SO₂는 불연성의 비폭발성 무색가스로서 공기중에

0.3~1.0 ppm 존재하면 맛을 느낄 수 있으며 약 0.5 ppm의 존재로 색깔이 인지되고 3.0 ppm이상의 농도에서는 코를 찌르는 듯한 자극적인 냄새를 지니고 있다(Wark, Warner, 1981; Perkins, 1974).

SO₂는 대기중에서 광화학적으로 또는 촉매반응에 의하여 SO₃, 황산 및 황산염으로 전환되어 여러 장애를 유발하므로 실제 SO₂ 단독에 의한 장애를 분리하여 논하기란 힘들다.

SO₂는 인공배출원에 의하여 연간 약 100×10⁶톤~146×10⁶톤이 전세계적으로 배출되고 이중 70%는 유허을 함유하는 석탄의 연소시에 그리고 16%는 석유의 연소에 기인한다고 하며(Perkins, 1974), 주대기 오염원으로는 이들을 주연료로 사용하는 발전소를 대표적으로 들 수 있다. 미국(1986년도)에서도 연간 총 SO₂배출추정량의 약 50%가 발전소와 관련이 있다고 한다(NAPCA, 1970).

SO₂의 인체영향에 관해서는 특히 공기중에 입상물질과 습기가 공존시에 더욱 심하다고 하며 호흡기질환의 빈도가 높아지고 사망율이 증가하는 것을 대표적으로 들 수 있다. 또한 SO₂는 대기중의 입상물질, 질소산화물, 탄화수소 등과 광화학적 반응을 일으켜 haze를 생성함으로써 시정감소를 초래하며 식물과 여러가지 material에 대해서도 비교적 심한 손상을 끼친다고 한다. 이외에도 SO₂는 질소산화물과 더불어 산성비(acid rain)생성에 관여하여 토양과 자연수원을 산성화함으로써 농작물의 수확과 어족의 생존에 치명적인 결과를 초래하기도 한다(Wark, Warner, 1981; Perkins, 1974).

본조사의 경우 부산의 SO₂농도는 0.378~0.019 ppm으로 김등(1981년도)(1983)의 0.193~0.012 ppm과 부일연감(1985년도)(1986)에 수록되어 있는 0.049 ppm과 정등(1983~1984년도)(1986)의 서울시 성적(0.0775~0.0171 ppm)보다 다소 높은 경향인것 같으나 조사시기와 조사지역이 다르고 SO₂농도의 측정 및 평가방법이 서로 차이가 있기 때문에 서로간의 성적을 완전히 비교분석하기란 힘들것 같다.

지역별 SO₂농도는 전자의 CO경우 처럼 공업지역(사상)과 상업지역(서면)이 주거지역(대신동)에 비하여 약 2배가량 높았으며 사상과 서면지역간에는 뚜렷한 차이가 없었다.

계절별로는 3개지역 공히 동계에 가장 높아 권등

(1968)과 김등(1983)의 보고와 일치하였으며 이는 동계에 연료의 소비량이 다른 계절에 비하여 비교적 많은 것에 연유하였다고 사료된다.

질소산화물중에는 안정형의 NO, NO₂, N₂O, N₂O₃, N₂O₅의 불안정형의 NO_x등이 있으나 인간의 건강과 관련이 높은 것은 NO₂이다(Wark, Warner, 1981).

NO₂는 가시광선을 흡수하는 성질이 있어 0.25 ppm의 농도에서는 시정의 감소를 초래하며 대기중에 1 ppm 이상 존재시에는 적갈색의 가스를 육안으로 관찰할 수 있다(Wark, Warner, 1981; Perkins, 1974). NO₂의 인공배출원에 의한 배출량은 전세계적으로 연간 약 53×10⁶톤으로 추정하며 이중 약 절반이 석탄의 연소에 기인되고(Perkins, 1974), 자연원에 의한 배출량은 인공원의 (Robinson, Robbins, 1970) 7~15(Robinson과 Moser, 1970)배에 달한다고 한다.

NO₂는 교통기관과 발전소, 공장, 주택등의 각종 동력용 연료의 연소과정에서 주로 발생한다. 즉 NO₂는 공기중의 질소 혹은 연료자체의 질소성분(연료질소)과 산소와의 화학적 반응을 통하여 발생된 것으로 CO와 탄화수소와는 반대로 연료와 공기혼합비(air fuel ratio)에서 과연료(rich fuel)상태에서, 그리고 비교적 온 하에서 많이 발생되며 연료의 종류별(발전소용)로는 열가 10⁹Btu당 석탄 834lb, 석유 694lb, 천연가스 390lb의 NO_x가 각각 발생된다고 한다(Wark, Warner, 1981; Perkins, 1974). 미국의 경우 총 NO_x 배출 추정량(1977년)중 약 56%가 발전소를 비롯한 동력용 연료의 연소에, 그리고 약 40%가 교통기관의 배기가스에 기인하였다고 할만큼 교통기관과 발전소가 NO₂의 주발생원이다(Wark, Warner, 1981).

한편 미국의 대기오염방지국(Air Pollution Control Office)(1971)은 Shy 등(1980)의 연구에 근거하여 0.06 ppm 이상의 NO₂농도로서 건강장해가 초래되며 도시지역의 연평균 NO₂농도는 도시 인구의 크기와 관련이 높다고 하였다. 도시지역의 대기중 NO₂농도는 심한 자극성을 나타내며 만성 폐섬유화와 관련이 높고, 더우기 0.01 ppm 이하의 농도에서도 2~3세 소아들의 기관지염이 증가된다고 한다. 또한 NO₂는 식물의 성장을 억제하고 광화학 스모그를 생성함으로써 2차적 피해를 초래하기도 하며 대기중의 수분과 반응하여 질산을 형성, 금속면을 부식하기도 한다(Wark, Warner, 1981).

본조사에서 부산의 NO₂농도는 0.090~0.032 ppm으로 김등(1981년도)(1983)의 0.112~0.026 ppm(평균 0.067 ppm)과 유사하였으며 부일연감(1985년도)(1986)에 수록되어 있는 0.037 ppm과 정등(1983~1984년도)(1986)의 서울시 성적(0.0418~0.0155 ppm) 보다는 다소 높은 경향을 나타내었다. 지역별 NO₂농도 역시 전술한 CO와 SO₂경우처럼 서면과 사상지역이 대신동 지역에 비하여 약 1.3~1.6배 가량 높았으며 계절별로는 춘계에 다소 높은 성적을 정하였으나 그 이유는 확실히 알 수 없어 향후 이점에 관하여 더욱 연구되어야 할 것으로 생각된다.

대기중의 분진은 철강업, 시멘트제조업, 곡물가공 및 저장업, 아스팔트제조업, 펄프 및 제지업, 토사석 채취업 등의 산업장을 비롯하여 석탄이나 석유류를 동력용으로 사용하는 공장, 주택, 발전소, 그리고 교통기관에서 주로 발생되며 이외에도 산불, 화산, 풍식작용(wind erosion), 식물의 가루와 씨앗, 도로등의 자연원에서도 발생된다(Wark, Warner, 1981). 대기오염 물질 가운데 분진의 발생량은 전자의 CO, SO₂, NO₂등에 비하여 비록 적지만 이로 인한 여러가지 장해는 간과할 수 없는 편이다. 즉 분진의 농도, 입자의 크기 및 분진의 구성성분과 성질에 따라서, 진폐와 암종 발생 등의 인체장해, 시정장소, 환경온도 및 식물성장 속도의 변화, 생활용구의 오탁 그리고 눈, 비, 구름 따위의 기상의 변동등을 초래한다(Wark, Warner, 1981; Perkins, 1974). 일반적으로 대기오염도 조사와 관련되어 포집된 부유분진은 대개 직경이 0~30 μm의 범위에 해당되는 것들이며 이 가운데 인체의 폐장에 도달될 수 있는 0~1 μm의 직경을 가진 입자는 양적으로 3%에 불과하나 숫적으로는 다른 크기의 입자에 비하여 훨씬 많다고 한다(Wark, Warner, 1981).

그러므로 보건학적 측면에서 도시지역의 대기중 분진에 대한 대책은 비교적 적은 mass이나 많은 수의 작은 크기의 분진을 감소시키는 방향으로 진행되어져야 한다. 분진의 농도가 150 μg/m³이고 습도가 70% 미만인 경우에는 시정이 5마일로 감소되고 분진의 농도가 100~150 μg/m³에서는 직사광선의 양이 1/3로 감소되며, 분진의 농도가 100~130 μg/m³이고 SO₂의 농도가 120 μg/m³(0.046 ppm)이상인 경우에는 소아 호흡기질환의 발병률이 증가하며, 분진의 농도가 200 μ

g/m³이고 24시간 평균 SO₂농도가 250 μg/m³ (0.095 ppm) 이상에서는 산업장 근로자들이 질병으로 인한 결근율이 높아진다고 한다(NAPCA, 1969). 미국(1969년)에서는 401개 도시를 표본 조사한 결과 75%가 80 μg/m³ 이상의 평균분진농도를 시현하였다고 하며 또한 입자의 농도와 도시인구의 크기간에는 상관성이 있었다고 한다(NAPCA, 1969).

본조사에서 부산의 TSP농도의 780~70 μg/m³로 임등(1981년도)(1983)의 연평균 381.16 μg/m³보다는 낮은 편이고 정등(1983~1984년도)(1986)의 서울시 평균(422.3~57.3 μg/m³)과는 대개 유사하였다. 지역별 TSP농도 역시 전술한 CO, SO₂ 및 NO₂경우처럼 공업지역(사상)과 상업지역(서면)이 주거지역(대신동)보다 1.4~2.0배가량 높았으며 계절별로는 사상의 동계를 제외하고는 3지역에서 공히 하계에 가장 높았으나 그 이유에 대해서는 향후 더욱 검토되어야 할 것으로 사료된다.

V. 요 약

부산의 대기오염도를 파악하여 대기오염 저감 대책 수립의 자료로 삼아 시민들의 건강증진에 기여하고자 부산의 주 간선도로변 3개지역(서면, 사상, 대신동)에 대하여 1985년 7월부터 1986년 4월까지 10개월간 계절별 및 일중 일산화탄소, 아황산가스, 이산화질소 및 부유분진의 농도를 측정하여 다음과 같은 성적을 얻었다.

- 1) 일산화탄소의 연중 평균농도는 사상이 2.19±0.52(3.5~1.0) ppm으로 최고이었고 대신동이 1.32±0.55(3.0~0.5) ppm으로 최저이었다.
- 2) 아황산가스의 연중 평균농도는 사상이 0.092±0.073(0.378~0.028) ppm으로 최고이었고 대신동이 0.040±0.014(0.083~0.019) ppm으로 최저이었다.
- 3) 이산화질소의 연중 평균농도는 서면이 0.069±0.012(0.090~0.050) ppm으로 최고이었고 대신동이 0.043±0.010(0.061~0.032) ppm으로 최저이었다.
- 4) 부유분진의 연중 평균농도는 사상이 300±130(780~130) μg/m³로 최고이었고 대신동이 160±80(390~70) μg/m³로 최저이었다.
- 5) 일산화탄소와 부유분진의 경우 서면과 대신동에서는 하계에 그리고 사상에서는 동계에 최고이었으며,

아황산가스와 이산화질소는 3지역 공히 동계와 춘계에 최고이었다.

6) 각 오염물질의 일중 평균농도는 오전에 비하여 오후 혹은 야간에 높은 경향을 나타내었다.

참 고 문 헌

- 권숙표 등. 부산시 대기오염도와 소음도에 관한 조사. *최신의학* 1968; 11(3):57-62
- 보건사회부. 환경보전법 시행규칙 제7조. 보건사회부령 제733호. 1983
- 부산일보사. 부일연감. 부산, 부산일보사 1986
- 정용 등. 오염물질기준지수(Pollutant Standard Index)를 이용한 대기질의 평가—서울특별시 대기오염도에 대하여—. *예방의학회지* 1986; 19(1):65-75
- Air Pollution Control office. *Air quality criteria for nitrogen oxides*, Publication AP-84, 1971
- Cook E. *The flow of energy in an industrial society*. *Scientific American* 1971; 225:135-144
- Dasgupta PK, DeCesare K, Ullrey JC. *Determination of atmospheric sulfur dioxide without tetrachloromercurate(II) and the mechanism of the schiff reaction*. *J Annal Chem* 1980; 52:1912-1922
- Kim JC, Lim GT, Yun I, Kang SW, Hong SS, Choi MH. *Study on the atmosphere NOx pollution in Busan city*. *J Env Studies* 1983; 1:109-118
- Kim JC, Lim Yun I, Shim YB, Hong SS, Lee TY. *Semi-automatic atmospheric sulfur dioxide analysis*. *J Env Studies*. 1983; 1:25-34
- Kim JC, Lim GT, Yun I Yoon UC, Sim JH, Kim YT. *Study on the level of CO in Busan atmospheric environment*. *J Env Studies* 1983; 1:75-84
- Lave LB, Seskin EP. *Air pollution and human health*. *Baltimore and London, The Johns Hopkins University Press*. 1977
- Lim GT, Yun I, Kim JC, Sim JH, Kwak YK. *Survey of suspended particulate and Lead in the ambient air*. *J Env Studies* 1983; 1:67-74
- NAPCA. *Air quality criteria for carbon monoxide*, AP-62. *Washington DC, HEW*, 1970
- NAPCA. *Air quality criteria for particulate matter*, AP-49. *Washington DC, HEW*, 1969
- NAPCA. *Nationwide inventory of air pollutant emissions*, AP-73, *Washington DC, HEW*, 1970
- Palmes ED, Gunnison AF, Dimattio J, Tomczrk C. *Personal sampler for nitorgen dioxide*. *Am Ind Hyg Assoc J* 1976; 37:570-577

- Perkins HC. *Air pollution*. McGraw-Hill, Inc., 1974
- Purdum PW. *Environmental Health*. 2nd ed. New York, Academic Press, 1980
- Robinson E, Moser CE. *Global gaseous pollutant emission and removal mechanisms*, Proc Second Intl Clean Air Congress Washington DC, 1970
- Robinson E, Robbins RC. *Gaseous nitrogen compound pollutants from urban & natural sources*. J Air Pollut Contr Assoc 1970; 20:303-306
- Shy CM, et al. *The chattanooga school children study. Effect of community exposure to nitrogen dioxide*. J Air Pollut Contr Assoc, 1980:20
- Wark K, Warner CF. *Air pollution-Its origin and control*. 2nd ed. New York, Harper & Row, Publishers, 1981
-