

2000년도 부산시 지역별 대기질 평가 및 조사연구

환경조사과

안미정 · 김영태 · 유은철 · 이승민 · 김성림 · 박홍식

Analysis and Study of Air Quality in Busan, 2000

Environment Research Division

Mi-Jeong An, Young-Tae Kim, Eun-Chul Yoo,
Sung-Min Lee, Seong-Nim Kim and Heung-Sik Park

Abstract

In order to understand air quality in Busan and furnish basic data on air environmental policy, This study was performed using hourly average pollutant conc. of eleven monitoring sites in 2000, surveyed annual, monthly, hourly, seasonal average conc. and performed correlation analysis with pollutants of each monitoring sites and with pollutants and meteorological items.

The results showed that

- Annual average conc. : SO_2 · PM-10 conc. decreased since 1997, NO_2 conc. is higher and CO conc. lower than '99, O_3 conc. equal to '99.
- Monthly average conc. : CO, SO_2 were high in winter owing to using heating fuel and PM-10 was high in March and April owing to Yellow Sands.
- Hourly conc. : NO_2 , CO, SO_2 , were increased in heavy traffic hour owing to increasing amount of car exhausting gas. O_3 , particularly increased about 14 : 00~15 : 00 owing to high temperature and solar radiation.
- Excess of air environmental standard : Excess of 1 hour standard were 37 times (O_3), Excess of 8 hour standard were total 131 times(O_3), Excess of 24 hour

standard were 83 times(PM-10), Excess of ozone alarm standard were 2 times (Beomcheon & Deokchoendong monitoring site)

- Statistical analysis results : CO conc. were high under high SO₂ · NO₂ conc. and low temp. & humidity, NO₂ conc. were high under high SO₂ · CO conc. and light wind speed, O₃ conc. were high when solar radiation were high, SO₂ were high under high CO · NO₂ · PM-10 conc. and low temp. & humidity. And PM-10 conc. were high under high SO₂ conc. and solar radiation and low humidity.

Key words : CO, O₃, SO₂, NO₂, PM-10, yellow sands, air environmental standard

서 론

산업의 발달, 인구 및 자동차의 증가로 인하여 대기오염 현상이 날로 심각해지고 있어 부산시에서도 이에 대한 정확한 평가 및 대책이 더욱 요구되는 현실이다. 본 연구는 '98년 이후 연계적으로 주요 대기오염물질의 농도분포와 대기환경기준 초과현황 파악 및 기타 통계적 분석 등을 통한 대기질 평가를 목적으로 매년 실시하고 있다. 주요 대기오염물질 가운데 아황산가스(SO₂)는 자극적, 질식성 가스로 주로 연료의 연소과정에서 배출되며 기타 대기오염물질과 반응하여 이차오염물질을 생성하기도 하며, 대기 중 가시도를 떨어뜨리고 사람과 동식물 및 재산상 피해를 입히는 가스상 물질이다¹⁾. 일산화탄소(CO)는 무색, 무취의 가스상 물질로 대부분 자동차 배출가스에 의한 것으로 인체에는 산소를 고갈시켜 심한 경우 중추신경에 영향을 미친다²⁾. 오존(O₃)

은 광화학반응으로 생성되는 대표적인 2차 오염물질로 고농도에서는 사람 및 동식물에도 피해를 입힌다³⁾. 이산화질소(NO₂)는 질소산화물(NO_x)중 하나로 적갈색의 기체로서 광화학반응을 일으키는 주요 가스상 물질이다⁴⁾. 미세먼지 PM-10은 공기역학적 직경이 10 μ m 이하의 먼지로서 호흡기에 심각한 영향을 주어⁵⁾ 최근에는 PM-10 위주로 측정이 이루어지고 있다.

조사자료 및 방법

본 연구에서 사용한 자료는 2000. 1. 1~12. 31(1년) 동안 부산시내 소재 11개 대기오염자동측정소에서 측정된 SO₂, CO, O₃, NO₂, PM-10 총 5개 항목의 1시간 평균 측정자료와 부산지방기상청에서 측정된 부산지역 지상 기상자료이다. 부산지역의 대기질 평가를 위하여 연·월·시간·계절별

농도분포 및 대기환경기준 초과여부 검토를 실시하였고, 통계분석을 실시하여 각 항목 별로 11개 측정소간 상관성을 파악하였다. 그리고 부산지역 일평균 대기오염도와 기상기상과의 관계를 상관분석을 통하여 살펴 보았으며, 본 연구에서 모든 자료의 처리 및 통계분석은 SAS 6.12를 사용하였다. 지금까지 일부 측정소에서 측정하여 왔던 총부유먼지(TSP)가 1999년을 마지막으로 미세먼지(PM-10)로 모두 교체됨에 따라 2000년부터 전측정소에서 미세먼지를 측정하고 있으며, 11개 대기오염자동측정소의 위치는 Table 1과 같다.

결과 및 고찰

1. 농도분포

(1) 연도별

1997년 이후 11개 측정소의 총평균농도(연평균)를 살펴본 결과 SO_2 , PM-10의 농도는 지속적인 감소추세를 나타내었고, NO_2 의 농도는 '99년까지 지속적인 감소를 나타낸 이후 2000년에는 증가한 것으로 나타났다. CO 농도는 '99년에 소폭의 증가를 나타낸 후 2000년에 크게 감소하였으며, O_3 농도는 '99년까지 지속적인 증가추세를 보였으나 2000년에는 '99년과 동일한 농도로 나타났다. 1999년 대비 측정소별 평균농도를 살펴본 결과 CO · SO_2 · PM-10의 농도가

Table 1. Location of nine air monitoring sites

측 정 소	위 지	용도지역
대 연 동	남구 대연1동 사무소 옥상	주거지역
연 산 동	연제구 연산5동 연제초등학교 옥상	◊
덕 천 동	북구 덕천동 낙동강환경관리청	◊
동 삼 동	영도구 동삼동 해양대학내	◊
계 송 동	해운대구 계송1동사무소 옥상	◊
기 장 읍	기장군 기장읍 기장초등학교 옥상	◊
광 북 동	중구 광북동사무소 옥상	상업지역
범 천 동	진구 범천1동 진구보건소 옥상	◊
감 전 동	사상구 감전1동사무소 옥상	공업지역
신 평 동	사하구 신평동 대림정기 옥상	◊
대 저 동	강서구 대저2동 강서보건소 옥상	녹지지역

대부분의 측정소에서 감소한 것으로 나타났는데, 특히 광복동측정소의 CO 농도가 크게 감소하였다. NO₂는 갑천·대연·범천동측정소에서 비교적 크게 증가하였고, O₃은 광복동측정소에서 나머지 측정소에 비하여 농도감소가 크게 나타났다. 부산지역전체 및 측정소별 대기오염물질의 연평균

농도는 Table 2, Table 3, Fig. 1, Fig. 2와 같다.

(2) 지역별

대기오염자동측정소별 연평균농도를 살펴본 결과 CO는 신평동, NO₂는 대연동, O₃은 동삼동, SO₂는 범천동, PM-

Table 2. Annual average conc. of atmospheric pollutants(1997~2000)

연도 \ 항목	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	SO ₂ (ppm)	PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1997	1.0	0.028	0.019	0.018	69
1998	1.0	0.024	0.021	0.015	67
1999	1.1	0.019	0.022	0.014	64
2000	0.8	0.023	0.022	0.010	63

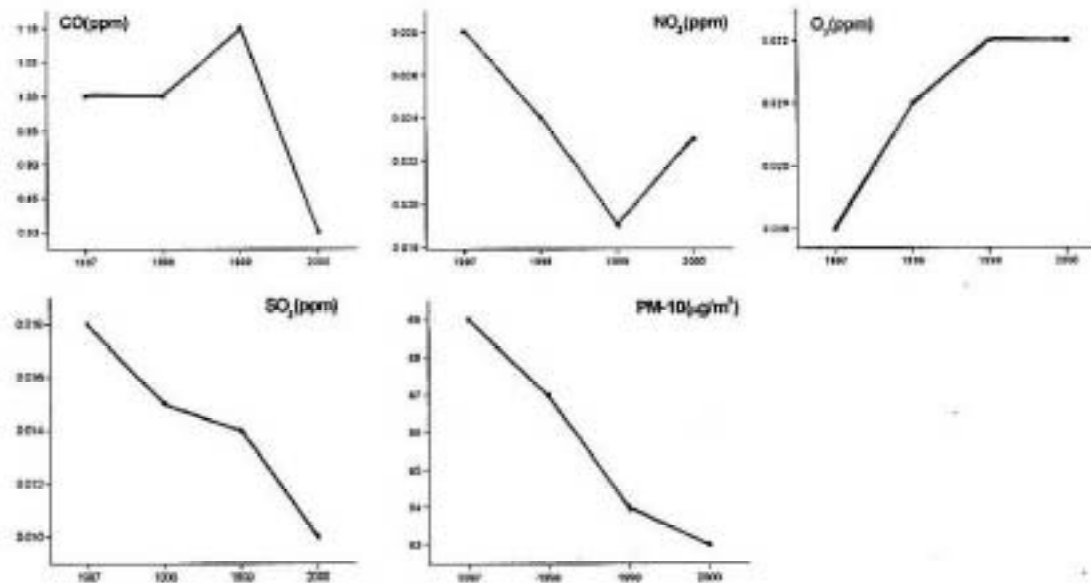
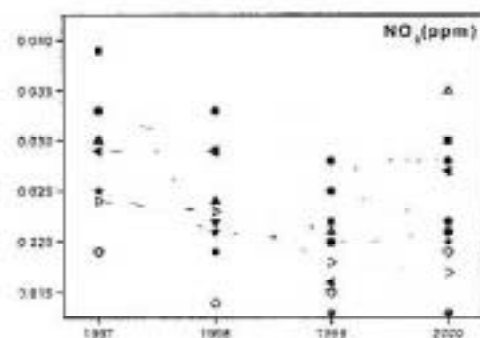
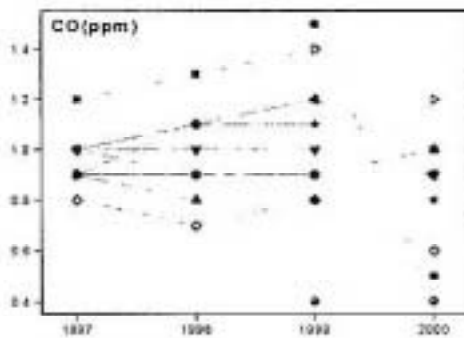


Fig. 1. Annual average conc. of atmospheric pollutants(1997~2000).

Table 3. Annual average conc. of each air monitoring site(1997~2000)

항목	년	측정소										
		감전	광복	대연	덕천	동삼	법천	신평	재송	연산	대저	기장
CO (ppm)	1997	1.2	1.0	0.9	1.0	0.8	1.0	0.9	0.9	0.9	-	-
	1998	1.3	0.9	0.8	1.0	0.7	1.1	1.1	0.9	1.1	-	-
	1999	1.4	1.5	1.2	1.0	0.8	1.2	1.4	0.9	1.1	0.8	0.4
	2000	0.9	0.4	1.0	0.9	0.6	0.9	1.2	1.0	0.8	0.5	0.4
NO ₂ (ppm)	1997	0.039	0.030	0.030	0.019	0.019	0.029	0.024	0.033	0.025	-	-
	1998	0.019	0.033	0.024	0.022	0.014	0.029	0.023	0.029	0.021	-	-
	1999	0.022	0.028	0.021	0.015	0.015	0.016	0.018	0.020	0.020	0.025	0.013
	2000	0.030	0.028	0.035	0.019	0.019	0.027	0.017	0.021	0.020	0.022	0.013
O ₃ (ppm)	1997	0.015	0.018	0.018	0.017	0.025	0.015	0.021	0.019	0.020	-	-
	1998	0.017	0.025	0.021	0.018	0.030	0.018	0.023	0.024	0.021	-	-
	1999	0.019	0.026	0.021	0.018	0.027	0.020	0.021	0.024	0.021	0.014	0.019
	2000	0.018	0.021	0.018	0.019	0.029	0.020	0.022	0.025	0.023	0.023	0.024
SO ₂ (ppm)	1997	0.033	0.018	0.015	0.013	0.012	0.018	0.021	0.018	0.015	-	-
	1998	0.022	0.016	0.011	0.013	0.013	0.015	0.020	0.013	0.012	-	-
	1999	0.019	0.016	0.012	0.008	0.012	0.019	0.016	0.012	0.012	0.014	0.004
	2000	0.012	0.011	0.009	0.006	0.009	0.013	0.011	0.010	0.010	0.010	0.005
PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1999	79	38	82	61	-	58	76	42	57	79	45
	2000	79	49	76	64	36	54	74	56	62	79	54



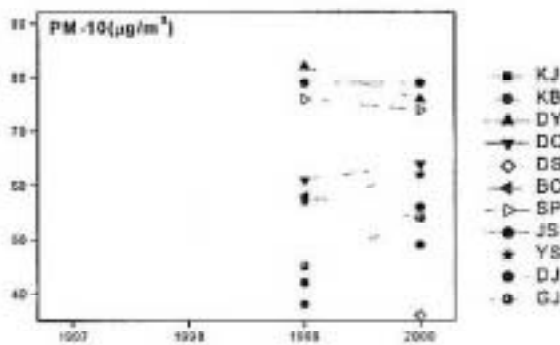
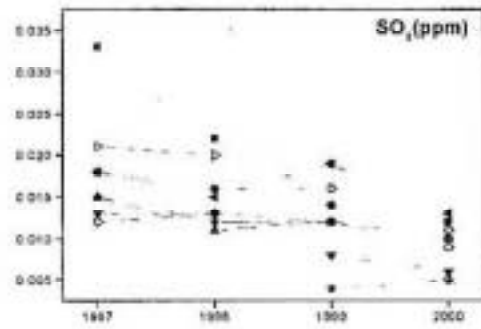
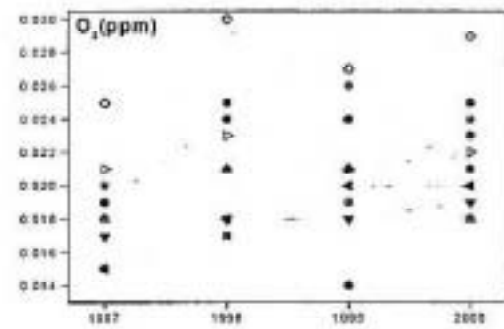


Fig. 2. Annual average conc. of each air monitoring site (1997~2000),
 (KJ:감전동, KB:광복동, DY:대연동, DC:덕천동, DS:동삼동, BC:범천동, SP:신평동, JS:재송동, YS:연산동, DJ:대저동, GJ:기장읍측정소)

10은 감전·대저동측정소에서 나머지 측정소에 비하여 높게 나타났다. 각 항목별로 고농도 3순위 내 해당되는 측정소를 살펴본 결과 감전동측정소는 CO, NO₂, SO₂, PM-10 4개 항목의 농도가 비교적 높게 나타나 전체적인 대기오염도가 높은 것으로 나타났으며, 신평·장림공단 내 위치한 신평동측정소에서는 CO, SO₂, PM-10의 농도가 높아 공장배출가스로 인한 영향을 받은 것으로 나타났다. 그리고 대연동 부산은행 사거리에 위치한 대연동측정소는 NO₂, CO의 농도가 높아 자동차 배출가스의 영향을 받은 것으로 사료되며, 주위 음식점이 밀집된 전구 보전소 옥상에 위치한 범천

동측정소는 연료사용으로 인한 영향을 받아 SO₂, CO의 농도가 높게 나타난 것으로 사료된다. 해안가에 위치한 동삼동측정소는 자연적인 원인에 의해 O₃의 농도가 매년 높게 나타나는 것으로 나타났다. 측정소별 대기오염물질의 연평균 농도는 Table 4, Fig. 3과 같다.

(3) 시간별

가. 월 평균농도

CO·SO₂는 겨울철 난방연료 사용과 관련 동절기 오염도가 높게 나타났고, PM-10은 황사현상이 일어난 3·4월중 농도가 높게 나타났으며 O₃은 광화학적 생성에 알맞은 기상조건 영향을 받아 5·9월중 농도가 높게

Table 4. Annual average conc. of each air monitoring site

측정소 \ 항목	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	SO ₂ (ppm)	PM-10 (μg/m ³)
광복동	0.4	0.028	0.022	0.011	49
동삼동	0.6	0.019	0.029	0.009	36
범천동	0.9	0.027	0.020	0.013	54
대연동	1.0	0.035	0.019	0.010	76
감전동	0.9	0.030	0.018	0.012	79
덕천동	0.9	0.019	0.019	0.006	64
계송동	0.8	0.020	0.023	0.010	56
신평동	1.2	0.017	0.023	0.011	74
연산동	1.0	0.021	0.025	0.010	62
대저동	0.5	0.022	0.023	0.010	79
기장읍	0.4	0.013	0.024	0.005	54

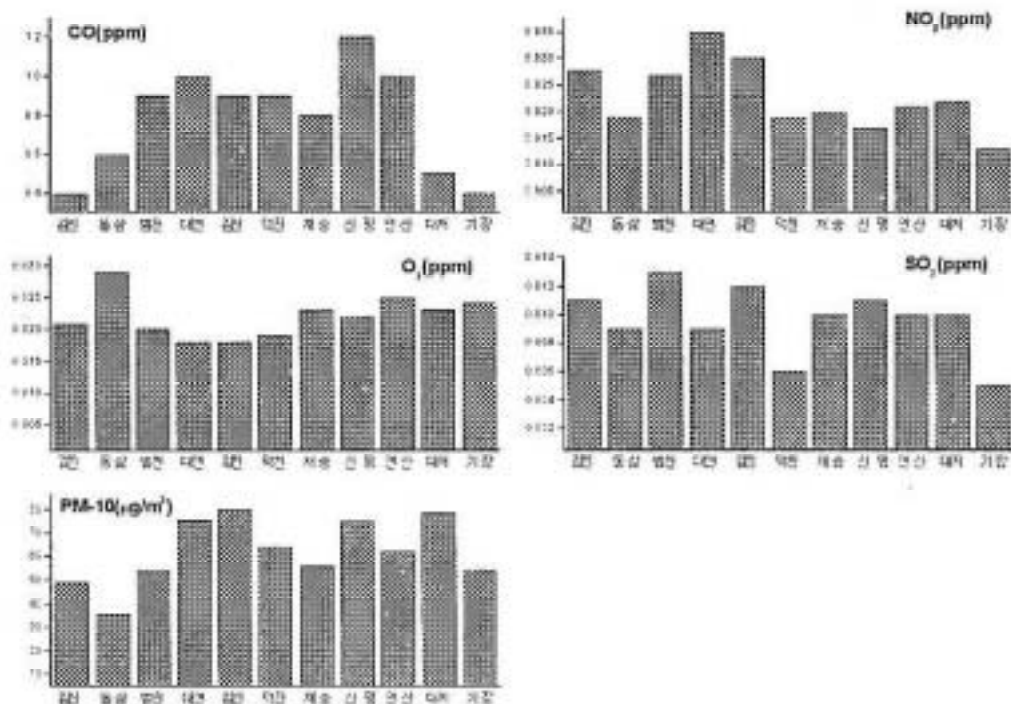


Fig. 3. Annual average conc. of each air monitoring site.

Table 5. Monthly average conc. of atmospheric pollutants

항목 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CO	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	0.9	1.0
NO ₂	0.021	0.019	0.022	0.021	0.023	0.022	0.017	0.020	0.020	0.028	0.029	0.031
O ₃	0.014	0.020	0.023	0.027	0.028	0.026	0.020	0.024	0.031	0.020	0.016	0.014
SO ₂	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.009	0.009	0.008	0.007	0.008	0.010	0.010
PM-10	58	57	90	82	74	67	54	44	46	55	57	64

나타났다.

CO는 1·2·12월, SO₂는 1~5월, NO₂는 12월, O₃은 9월, PM-10은 3월중 평균농도가 연중 가장 높게 나타났고, NO₂는 연간 농도변화 형태가 뚜렷히 나타나지 않았다. 항목별 월평균농도는 Table 5와 같다.

나. 시간대별 평균농도

CO는 오전 7~9시 및 오후 10시에 일최고 농도가 나타났고, SO₂는 오전 9시 일최고 농도를 보인 후 지속적으로 감소하여 오후 6시 이후 재증가 형태를 보였다.

NO₂는 오전 9시에 1차 peak를 보인 후 급격하게 감소하여 오후 2시부터 재증가한 후 오후 8~9시에 일최고농도를 나타내는 1일 2차 peak가 뚜렷하게 나타났다. O₃은 오전 8시부터 지속적으로 증가하여 오후 2~3시에 일일 최고농도를 보인 후 지속적으로 감소하여 새벽시간대 약한 농도증가를 보였고, PM-10은 오전 11시에 일최고농도가 나타났다. CO, SO₂, NO₂는 출퇴근 시간대 자동차 운행량 증가에 따른 오염물질 배출량

증가에 의해 농도가 증가하였고, O₃은 기온·일사량 등 오존의 형성에 알맞은 오후 시간대에 일일 최고농도가 나타난 것으로 사료된다. 항목별 시간평균농도는 Fig. 4와 같다.

다. 계절별 평균농도

대기오염물질 측정자료를 봄(3·4·5월), 여름(6·7·8월), 가을(9·10·11월), 겨울(1·2·12월)로 나누어 계절별 평균농도를 살펴보았다.

전체적으로 봄·겨울중 오염도가 높게 나타났는데 CO는 겨울, SO₂는 봄·겨울, O₃·PM-10은 봄, NO₂는 가을철에 평균농도가 연중 가장 높게 나타났다.

O₃은 기상에 의한 영향을 많이 받는 2차 오염물질이므로 오존의 생성에 적당하지 않은 낮은 기온 및 일사량을 보이는 겨울철의 농도가 가장 낮게 나타났다. 그리고 동절기 난방연료 사용증가에 의하여 겨울·봄철에 CO, SO₂, PM-10의 농도가 높게 나타났고, 자동차 배출가스가 주요 배출원인

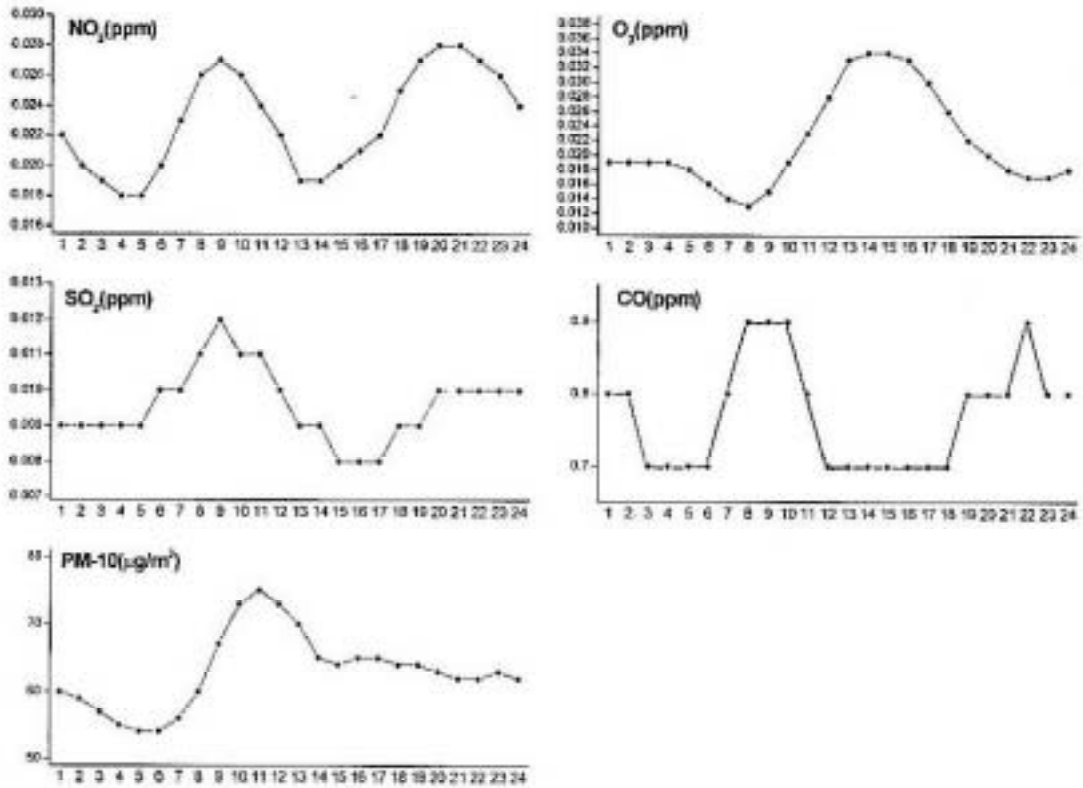
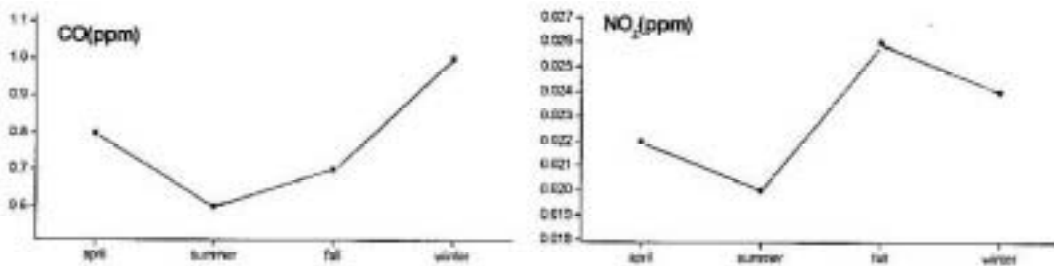


Fig. 4. Hourly average conc. trend of atmospheric pollutants.

Table 6. Seasonal average conc. of atmospheric pollutants

계절 \ 항목	CO(ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	SO ₂ (ppm)	PM-10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
봄	0.8	0.022	0.026	0.011	82
여름	0.6	0.020	0.023	0.009	56
가을	0.7	0.026	0.022	0.008	53
겨울	1.0	0.024	0.016	0.011	60



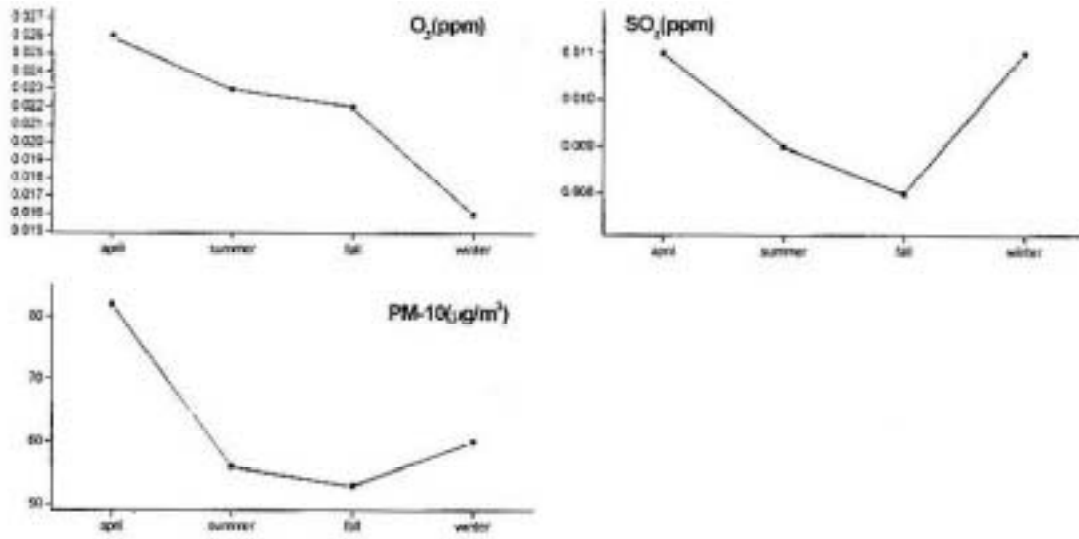


Fig. 5. Seasonal average conc. trend.

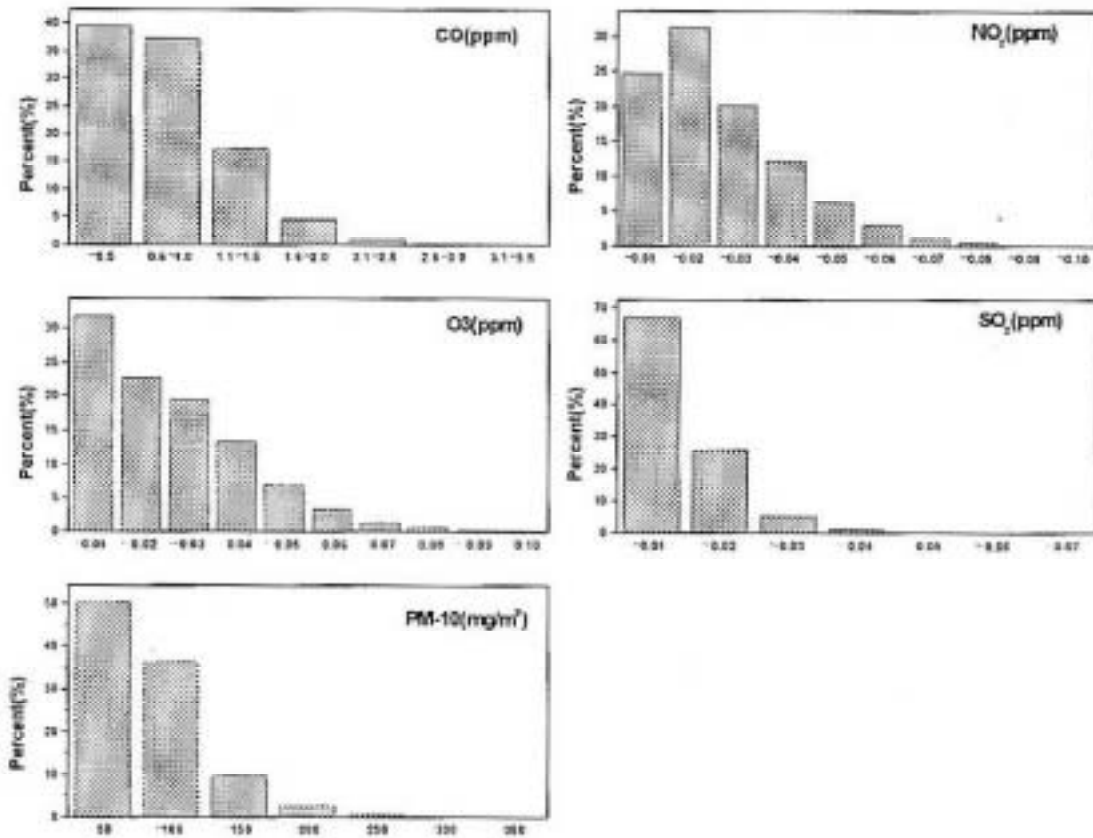


Fig. 6. Frequency of atmospheric pollutants conc.(total)

NO₂는 가을철의 농도가 높게 나타났으나 계절에 따른 농도변화가 뚜렷하게 나타나지 않았다. 계절별 평균농도는 Table 6 및 Fig. 5과 같다.

겨울·봄 > 여름 > 가을 : SO₂
 겨울 > 봄 > 가을 > 여름 : CO
 봄 > 겨울 > 여름 > 가을 : PM-10
 봄 > 여름 > 가을 > 겨울 : O₃
 가을 > 겨울 > 봄 > 여름 : NO₂

(4) 농도구간별 발생빈도

각 항목별 매시간 평균농도의 농도구간별 발생빈도를 살펴본 결과 CO~0.5ppm, NO₂ 0.011~0.020ppm, O₃·SO₂~0.010ppm, PM-10 50µg/m³ 이하의 농도구간에서 가장 많이 발생하였고, CO 1.5ppm 이하, NO₂·O₃ 0.05ppm 이하, SO₂ 0.020ppm 이하, PM-10 150µg/m³ 이하의 농도가 전체의 90% 이상을 차지하였다. 각 항목에 대한 농도구간별 발생빈도는 Fig. 6과 같다.

2. 기준초과현황

(1) 대기환경 기준초과

2000년 전체 대기환경기준 초과횟수는 2개 항목 총 251회로 O₃ 168회, PM-10 83회씩 발생하였는데 '99년 총 101회 (O₃ 57회) 보다 증가하였고 특히 O₃의 기준초과 횟수가 크게 증가하였다. 월별로는 9월 57회, 8월 48회, 4월 38회, 6월 37회, 5월 33회, 3월 31회, 10월 2회, 7월 3회, 12월 2회 순으로 발생하였고, 측정소별로는 동삼동 35회, 대

저동 32회, 신평동 28회, 감전동 24회, 덕천동 25회, 광복동·기장읍 각 22회, 대연동 17회, 재송동 12회, 범천동 7회 순으로 발생하였다.

1시간평균 대기환경기준초과 횟수는 O₃ 1개 항목 총 37회로 월별로는 8월중 총 16회로 가장 많이 발생하였다. 측정소별로는 신평동측정소를 제외한 나머지 10개 측정소에서 기준을 초과하였는데 이중 연산동측정소에서 총 8회로 기준초과횟수가 가장 많이 나타났다. 특히 연산·덕천·동삼·기장읍·범천·재송·대저동측정소는 단기 기준(1·24hr기준)을 연간 3회 이상 초과한 것으로 나타났다.

8시간평균 대기환경기준초과 횟수는 O₃ 1개 항목 총 131회로 월별로는 9월중 총 49회로 가장 많이 발생하였다. 측정소별로는 전 측정소에서 기준을 초과하였는데 동삼동측정소에서 총 29회로 기준초과횟수가 가장 많이 나타났다.

24시간평균 대기환경기준초과 횟수는 PM-10 1개 항목 총 83회로 월별로는 4월중 총 32회로 가장 많이 발생하였다. 측정소별로는 범천동측정소를 제외한 전 측정소에서 기준을 초과하였는데 신평동측정소에서 총 16회로 기준초과횟수가 가장 많이 나타났다.

대기환경기준 초과내역은 Table 7 및 Fig. 7과 같다.

(2) 오존주의보 기준초과

2000년도 오존경보계 운영기간(5.22~10.31) 동안 오존주의보 발령일은 총 2일로 범

Table 7. 2000 environmental standard excess frequency

기준	항목 (기준)	측정소 원	측정소											계
			감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	연산	재송	대저	기장	
1시간	O ₃	5			1						1	3	3	8
		6	1	1		2					1			5
		8				3	2	1		7	1		2	16
		9		1	1		3	2		1				8
		계	1	2	2	5	5	3		8	3	3	5	37
8시간	O ₃	4		3			2					1		6
		5			1				1	2	1	10	1	16
		6	6	1		5			4	3	1	3		23
		7				1				1			1	3
		8		3		5	8	2	1	7	1	1	4	32
		9	2	11	1		17	2	6	2	5		3	49
		10					2							2
계	8	18	2	11	29	4	12	15	8	15	9	131		
24시간	PM-10	3	5	1	4	3	1		7	2	1	4	3	31
		4	6	1	5	5			6	1		4	4	32
		5	1		1	1			2	1		2	1	9
		6	2		3							4		9
		12	1						1					2
		계	15	2	13	9	1	0	16	4	1	14	8	83

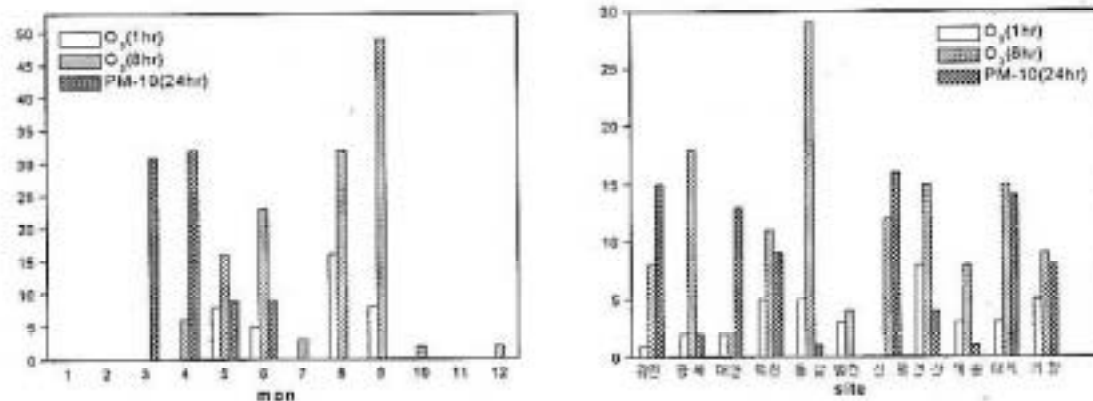


Fig. 7. Environmental standard excess frequency of each monitoring sites.

Table 8. 2000 ozone episode

발령번호	발령일자	권역(측정소)	발령농도 (ppm/hr)	해제농도 (ppm/hr)	발령 및 해제시간
제2000-1호	8. 12(토)	II(범천동)	0.125	0.081	13:00~14:00(1hr)
제2000-2호	8. 14(월)	IV(덕천동)	0.122	0.109	15:00~16:00(1hr)

※ 과년도 발령사항 : '98년 3회, '99년 2회

원동, 덕천동측정소에서 각 1회씩 발생하였으며 오존주의보 발령현황은 Table 8과 같다.

평가분석

1. 측정소간 상관성 분석

2000년 전체 1시간 평균농도를 사용하여 측정소간 상관분석을 대기오염물질별로 실시하였다. 상관분석은 Pearson 상관계수를 구하여 측정소간 상관성을 평가하였다.

(1) CO

측정소 간 상관분석 결과 연산동-신평동, 대저동-연산동측정소 간의 상관성이 상관계수 0.6이상으로 높게 나타났고, 저농도를 나타낸 기장읍측정소는 나머지 측정소와의 상관성이 전체적으로 낮게 나타났다. 측정소간 CO 상관분석 결과는 Table 9와 같다.

(2) NO₂

상관분석 결과 전체적으로 측정소간 상관성이 높게 나타났는데 특히 연산동-광복동 및 재송동-광복동, 재송동-연산동측정소

Table 9. Correlation coefficient between monitoring sites

CO	감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	연산	재송	대저	기장
감전	1.000										
광복	0.313	1.000									
대연	0.316	0.389	1.000								
덕천	0.356	0.236	0.413	1.000							
동삼	0.417	0.340	0.432	0.324	1.000						
범천	0.540	0.471	0.488	0.437	0.524	1.000					
신평	0.359	0.443	0.456	0.347	0.414	0.471	1.000				
연산	0.376	0.402	0.451	0.428	0.443	0.614	0.407	1.000			
재송	0.387	0.448	0.463	0.388	0.392	0.523	0.594	0.572	1.000		
대저	0.393	0.452	0.412	0.329	0.437	0.418	0.609	0.432	0.575	1.000	
기장	0.156	0.396	0.336	0.070	0.211	0.246	0.242	0.297	0.363	0.294	1.000

간의 상관성이 상관계수 0.8 이상으로 매우 높게 나타났고, 동삼동측정소의 NO₂ 농도와 나머지 측정소와의 상관성이 상대적으로 낮게 나타났다. 이는 해안가에 위치한 동삼동측정소의 위치적 특성에 의한 것으로 사료된다. 측정소간 NO₂ 상관분석 결과는 Table 10과 같다.

(3) O₃

상관분석 결과 전체적으로 측정소간 상관성이 높게 나타났는데 특히 연산동-범천동 및 연산동-대연동측정소간의 상관성이 상관계수 0.8 이상으로 매우 높게 나타났다. 측정소간 O₃ 상관분석 결과는 Table 11과 같다.

Table 10. Correlation coefficient between monitoring sites

NO ₂	감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	연산	재송	대저	기장
감전	1.000										
광복	0.750	1.000									
대연	0.610	0.777	1.000								
덕천	0.699	0.793	0.745	1.000							
동삼	0.516	0.689	0.610	0.576	1.000						
범천	0.657	0.775	0.706	0.731	0.480	1.000					
신평	0.697	0.756	0.676	0.720	0.556	0.697	1.000				
연산	0.702	0.836	0.774	0.795	0.601	0.772	0.720	1.000			
재송	0.680	0.828	0.740	0.762	0.594	0.708	0.719	0.812	1.000		
대저	0.748	0.787	0.702	0.761	0.550	0.734	0.710	0.807	0.725	1.000	
기장	0.650	0.800	0.766	0.767	0.576	0.719	0.688	0.782	0.755	0.724	1.000

Table 11. Correlation coefficient between monitoring sites

O ₃	감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	연산	재송	대저	기장
감전	1.000										
광복	0.526	1.000									
대연	0.732	0.591	1.000								
덕천	0.862	0.496	0.682	1.000							
동삼	0.584	0.578	0.711	0.564	1.000						
범천	0.696	0.659	0.738	0.647	0.694	1.000					
신평	0.693	0.570	0.641	0.657	0.689	0.738	1.000				
연산	0.743	0.628	0.724	0.784	0.682	0.802	0.728	1.000			
재송	0.722	0.631	0.764	0.701	0.707	0.782	0.679	0.781	1.000		
대저	0.773	0.573	0.688	0.776	0.655	0.681	0.737	0.805	0.728	1.000	
기장	0.708	0.533	0.722	0.701	0.553	0.606	0.557	0.687	0.681	0.663	1.000

(4) SO₂

상관분석 결과 전체적으로 측정소간 상관성이 낮게 나타났고, 연산동-재송동측정소간의 상관성이 상관계수 0.6 이상으로 가장 높게 나타났다. 측정소간 SO₂ 상관분석 결과는 Table 12와 같다.

(5) PM-10

상관분석을 실시한 결과 감전동-기장읍측정소간 상관성이 0.7 이상으로 가장 높게 나타났다. 측정소간 PM-10 상관분석 결과는 Table 13과 같다.

2. 기상 및 대기오염물질간 상관성 분석

부산지역 전체 일평균 CO, NO₂, O₃, SO₂, PM-10농도 및 부산지역 지상기상 자료를

Table 12. Correlation coefficient between monitoring sites

SO ₂	감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	연산	재송	대저	기장
감전	1.000										
광복	0.165	1.000									
대연	0.368	0.268	1.000								
덕천	0.473	0.211	0.254	1.000							
동삼	0.413	0.357	0.403	0.250	1.000						
범천	0.385	0.303	0.390	0.326	0.385	1.000					
신평	0.393	0.307	0.341	0.275	0.371	0.313	1.000				
연산	0.539	0.357	0.519	0.485	0.445	0.460	0.417	1.000			
재송	0.524	0.349	0.419	0.504	0.419	0.406	0.400	0.680	1.000		
대저	0.595	-0.031	0.246	0.345	0.274	0.198	0.173	0.338	0.417	1.000	
기장	0.071	0.329	0.366	0.148	0.220	0.230	0.182	0.354	0.212	-0.124	1.000

Table 13. Correlation coefficient between monitoring sites

PM-10	감전	광복	대연	덕천	범천	신평	연산	재송	대저	기장
감전	1.000									
광복	0.491	1.000								
대연	0.308	0.297	1.000							
덕천	0.613	0.411	0.546	1.000						
범천	0.456	0.132	0.533	0.465	1.000					
신평	0.618	0.553	0.430	0.492	0.414	1.000				
연산	0.432	0.047	0.596	0.558	0.630	0.322	1.000			
재송	0.259	-0.027	0.639	0.464	0.541	0.259	-0.665	1.000		
대저	0.321	0.428	0.634	0.457	0.273	0.484	0.295	0.293	1.000	
기장	0.710	0.479	0.370	0.556	0.380	0.441	0.367	0.282	0.257	1.000

사용하여 대기오염물질 및 기상과의 관계를 상관분석을 실시하여 살펴보았다. 지상 기상자료는 부산지방기상청에서 매시간 측정 한 온도, 일사량, 일조시간, 기압, 운량, 강수량, 습도, 풍향, 풍속자료를 사용하였고, 부산지역 전체 일평균 대기오염물질 농도는 11개 측정소의 전체 평균농도를 사용하였다.

(1) 일산화탄소(CO)

부산지역 전체 일평균 CO 농도는 일평균 SO₂ 및 NO₂ 농도와 양의 상관관계를 나타내었고, 지상기상 중 온도 및 습도와는 음의

상관, 기압과는 양의 상관관계를 나타내었다. 따라서 CO 농도는 SO₂ 및 NO₂의 농도가 높고, 온도 및 습도가 낮으며 기압이 높을수록 증가하는 것으로 나타나 겨울철 CO 농도가 증가하는 것과 같은 결과를 보였다. 부산지역 전체 일평균 CO 농도와 대기오염물질 및 지상기상간의 상관분석 결과는 Fig. 8과 같다.

(2) 이산화질소(NO₂)

부산지역 전체 일평균 NO₂ 농도는 일평균 SO₂ 및 CO 농도와 양의 상관관계를 나타내었고,

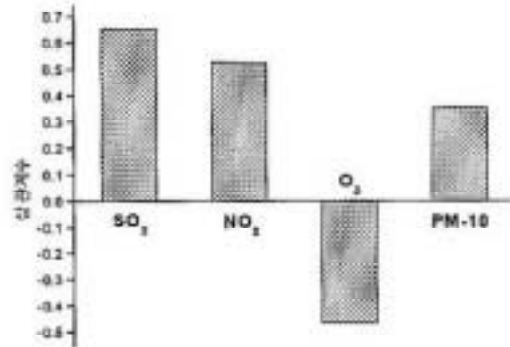
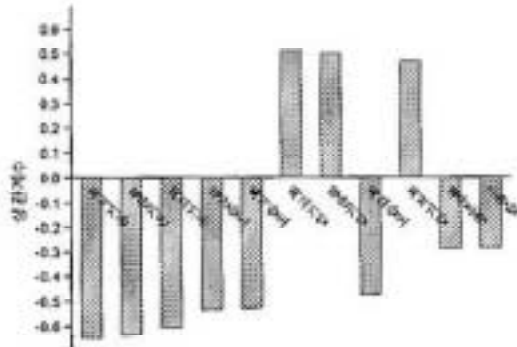


Fig. 8. Correlation coefficient between CO and surface meteorology.

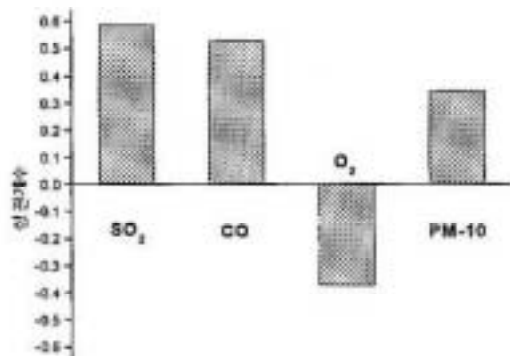
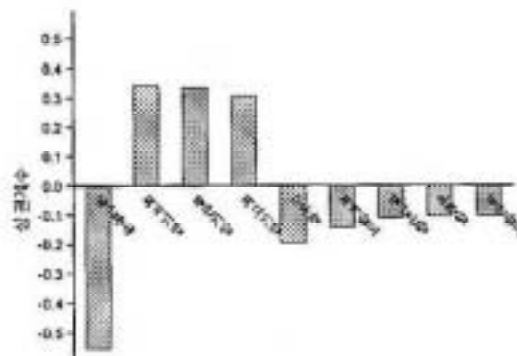


Fig. 9. Correlation coefficient between NO₂ and surface meteorology.

지상기상 중 일평균 풍속과 약한 음의 상관성을 나타내었으며 기타 기상인자와는 상관성이 낮게 나타났다. 따라서 NO₂ 농도는 SO₂ 및 CO의 농도가 높고, 일평균 풍속이 약할수록 증가하는 것으로 나타났는데 이는 NO₂의 주요 발생원이 자동차 배출가스이고 풍속에 의한 오염물질의 확산여부에 따라 농도변화가 발생하는 것임을 의미한다. 부산지역 전체 일평균 NO₂농도와 대기오염물질 및 지상기상간의 상관분석 결과는 Fig. 9와 같다.

(3) 오존(O₃)

부산지역 전체 일평균 O₃ 농도는 일평균 CO · NO₂ · SO₂ 와 약한 음의 상관성을 나타내었고, 지상기상 중 일사량과 약한 양의 상관, 기압과는 약한 음의 상관성을 나타내었다. 따라서 O₃ 농도는 CO, NO₂, SO₂의 농도가 낮고, 일사량이 강하고 기압이 낮을수록 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 O₃이 CO의 농도가 낮고 연중 일사량이 강한 계절(봄 · 여름 · 가을) 중 농도가 증가하는

것과 같은 결과를 보였다. 부산지역 전체 일평균 O₃ 농도와 대기오염물질 및 지상기상간의 상관분석 결과는 Fig. 10과 같다.

(4) 아황산가스(SO₂)

부산지역 전체 일평균 SO₂ 농도는 CO · NO₂ · PM-10과 양의 상관성을 나타내었고, 지상기상 중 습도 및 기온과 약한 음의 상관성을 나타내었다. 따라서 SO₂ 농도는 CO, NO₂, PM-10의 농도가 높고, 습도 및 기온이 낮을수록 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 SO₂의 주요 발생원이 기온 및 습도가 낮은 겨울철 난방연료 사용으로 인한 배출가스 증가와 관련이 있는 것과 같은 결과를 보였다. 부산지역 전체 일평균 SO₂ 농도와 대기오염물질 및 지상기상간의 상관분석 결과는 Fig. 11과 같다.

(5) 미세먼지(PM-10)

부산지역 전체 일평균 PM-10 농도는 SO₂ 과 양의 상관성을 나타내었고, 지상기상 중 일사량과 약한 양의 상관, 습도와는 약한

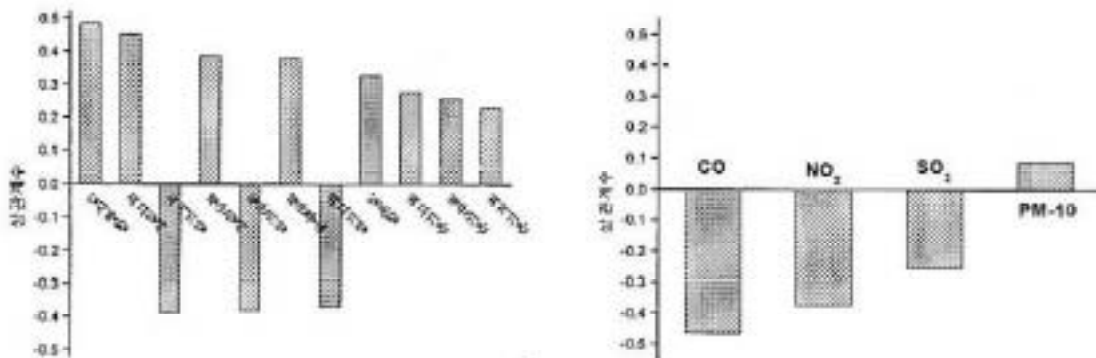


Fig. 10 Correlation coefficient between O₃ and surface meteorology

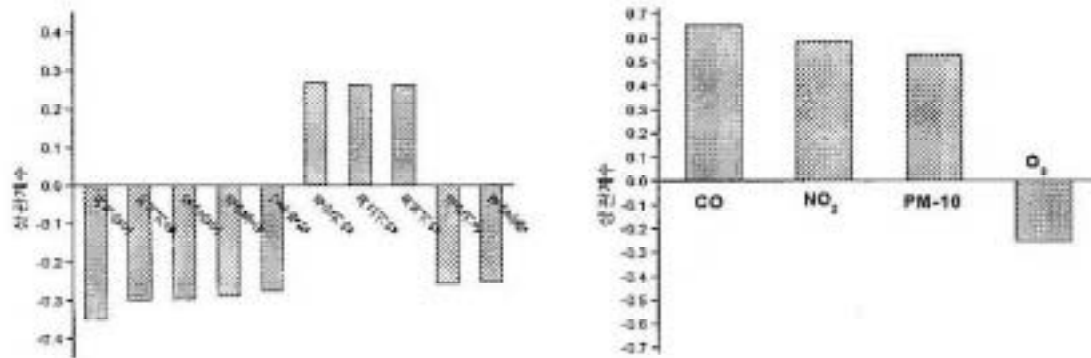


Fig. 11. Correlation coefficient between SO₂ and surface meteorology.

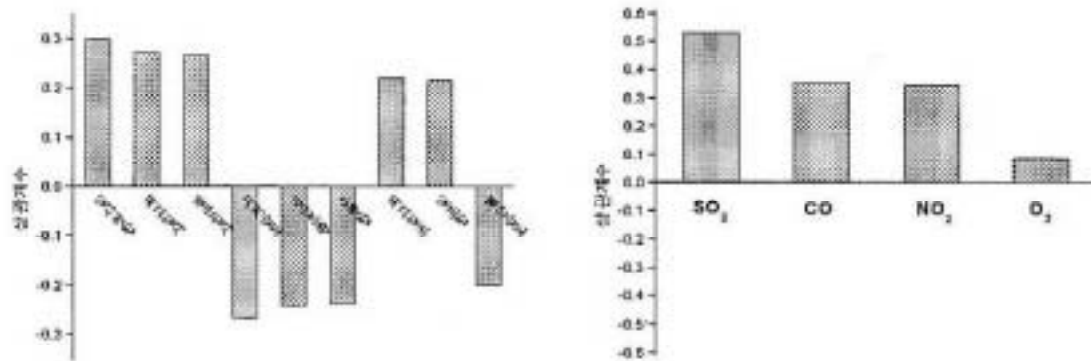


Fig. 12. Correlation coefficient between PM-10 and surface meteorology.

음의 상관성을 나타내었으나 전체적으로 기상과의 상관성은 낮게 나타났다. 따라서 PM-10 농도는 SO₂의 농도가 높고, 일사량이 강하고 습도가 낮을수록 증가하는 것으로 나타났다. 부산지역 전체 일평균 PM-10 농도와 대기오염물질 및 기상기상간의 상관 분석 결과는 Fig. 12와 같다.

결론

2000년 부산시 11개 대기오염자동측정소에서 측정된 대기오염물질의 1시간 평균농도 및 부산지역 기상기상자료를 사용하여 부산시의 대기질 평가를 실시한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 연평균농도는 '97년 이후 SO₂, PM-10의 농도는 지속적인 감소추세, NO₂의 농도는 '99년까지 지속적인 감소 이후 재증가, CO 농도는 '99년에 소폭의 증가를 나타낸

후 감소, O₃ 농도는 '99년까지 지속적인 증가추세를 보였으나 2000년에는 '99년과 동일하게 나타났다.

대기오염자중측정소별 연평균농도는 신평동 CO, 대연동 NO₂, 동삼동 O₃, 범천동 SO₂, 감전·대저동측정소 PM-10의 농도가 나머지측정소에 비하여 높게 나타났고 전체적으로 감전동측정소의 농도가 비교적 높게 나타났다.

2. 월평균농도는 CO·SO₂는 겨울철 난방연료 사용과 관련 동절기 오염도가 높게 나타났고, PM-10은 황사현상이 일어난 3·4월중 농도가 높게 나타났으며 O₃은 광화학적 생성에 알맞은 기상조건 영향을 받아 5·9월중 농도가 높게 나타났다.
3. 시간대별 평균농도는 출퇴근 시간대 자동차 운행량 증가에 따른 오염물질 배출량 증가로 인하여 CO, SO₂, NO₂의 농도가 오전 7~9시 및 오후 8~10시에 높게 나타났고, O₃은 기온·일사량 등 오존의 형성에 알맞은 오후 2~3시경에 일최고농도가 나타났다.
4. 계절별 평균농도는 전체적으로 봄·겨울중 오염도가 높게 나타났는데 CO는 겨울, SO₂는 봄·겨울, O₃·PM-10은 봄, NO₂는 가을철에 평균농도가 연중 가장 높게 나타났다. O₃은 오존의 생성에 적당하지 않은 낮은 기온 및 일사량을 보이는 겨울철의 농도가 가장 낮게 나타났다. 그리고 동절기 난방연료 사용증가에 의하여 겨울·봄철에 CO, SO₂, PM-10의 농도가 높게 나타났고, 자동차 배출가스가 주요 배출원인 NO₂는 계절에 따른 농도변화가 뚜렷하게 나타나지 않았다.
5. 한시간 평균농도의 농도구간별 발생빈도는 CO 0.5 ppm 이하, NO₂ 0.011~0.020 ppm, O₃·SO₂~0.010ppm, PM-10 50 µg/m³ 이하의 농도구간에서 가장 많이 발생하였고, CO 15ppm 이하, NO₂·O₃ 0.05ppm 이하, SO₂ 0.020ppm 이하, PM-10 150µg/m³ 이하의 농도가 전체의 90% 이상을 차지하였다.
6. 대기환경기준 초과횟수는 2개 항목 총 251회로 O₃ 168회, PM-10 83회씩 발생하였다. 월별로는 9월 57회, 측정소별로는 동삼동측정소에서 35회로 가장 많이 발생하였다. 항목별로는 O₃ 1시간평균 37회, 8시간평균 131회, PM-10 24시간평균 83회씩 기준초과하였고 특히 연산·덕천·동삼·기장읍·범천·재송·대저동측정소는 단기기준(1·24hr기준)을 연간 3회 이상 초과한 것으로 나타났다.
7. 2000년도 오존경보제 운영기간(5.22~10.31) 동안 오존주의보 발령일은 총 2일로 범천동, 덕천동측정소에서 각 1회씩 발생하였다.
8. 오염물질별로 측정소 간 상관분석을 실시한 결과 NO₂ 및 O₃ 농도는 측정소 간 상관성이 높게 나타나 전체적으로 농도가 유사하게 나타났고, SO₂ 농도는 측정소 간 상관성이 전체적으로 낮게 나타났다.
9. 부산지역 전체 일평균 대기오염물질과

지상기상자료를 사용하여 상관분석을 실시한 결과 일평균 CO 농도는 SO₂·NO₂의 농도가 높고 온도·습도가 낮으며 기압이 높을수록, NO₂는 SO₂·CO의 농도가 높고 풍속이 낮을수록, O₃은 일사량이 강할수록, SO₂는 CO·NO₂·PM-10의 농도가 높고 기온·습도가 낮을수록, PM-10은 SO₂의 농도가 높고 일사량이 강하고 습도가 낮을수록 농도가 증가하는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. J.D.BUTLER, 대기화학, 동화기술, 45~48, 1995.
2. J.D.BUTLER, 대기화학, 동화기술, 39-42, 1995.
3. J.D.BUTLER, 대기화학, 동화기술, 51, 1995.
4. J.D.BUTLER, 대기화학, 동화기술, 50, 1995.
5. 김희강, 김동술, 김신도, 김윤신, 나전균, 이종범, 정일래, 홍민선, 1993, 대기오염 개론, 동화기술, 76~77, 1993.
6. 환경관계법규 대기편, 1998.
7. 김기영, 문권순, 전명식, SAS 상관분석, 자유아카데미, 1996.
8. 김충현, SAS라는 통계상자, 데이터리서치, 1996.