

'99 부산시 지역별 대기질 평가 및 조사연구

안미정 · 김영태 · 유은철 · 이승민 · 정재원 · 김성립

환 경 조 사 과

'99 부산광역시 지역별 대기질 평가 및 조사연구

환경 조사 과

안미정 · 김영태 · 유은철 · 이승민 · 정재원 · 김성립

Analysis and Study of Air Quality in Pusan, 1999

Environment Research Division

M. J. An, Y. T. Kim, E. C. Yoo, S. M. Lee, J. Y. Jeng, S. L. Kim

Abstract

In order to understand air quality in Pusan and furnish basic data on air environmental policy, This study was performed using hourly average pollutant conc. in 1999 from eleven monitoring sites, surveied annual, monthly, hourly, seasonal average conc. and performd statistical analysis.(correlation, cluster analysis, respectively)

The results showed that

- Annual average conc. : CO · O₃ increased, SO₂ · NO₂ · PM-10 · TSP decreased since 1997
- Monthly average conc. : CO, SO₂, PM-10, TSP were high in Jan. Feb. owing to using heating fuel and O₃ was high in May owing to meteorological condition.
- Hourly conc. : NO_x, CO, SO₂ were increased about 9 : 00~10 : 00 am in heavy traffic hour owing to increasing amount of car exhausting gas. O₃ particularly increased about 2 : 00~3 : 00 pm owing to high temperature and solar radiation.
- Seasonal average conc. : Usually low in summer, high in winter. In summer, pollutant conc. was low owing to high humidity. In winter, CO · SO₂ · PM-10 · TSP were high owing to increasing use of heating fuel. NO_x had no pattern over season.
- Seasonal hourly conc. : NO_x were high in heavy traffic hour regardless of season and O₃ at dawn were high in spring and CO, SO₂ at night were high in winter, TSP has no pattern except winter.
- Excess of air environmental standard : Excess of short term standard were total 23 times(O₃), Particulary, at Daeyen & Dongsam & Kamgen monitoring site exceeded over 3 times in a year. Excess of 8 hour standard were total 34 times(O₃), Excess of 24 hour standard were 39(PM-10), 5 times(TSP).
- Statistical analysis results : Generally, correlation between monitoring sites was high. CO, SO₂ conc. at Dechen monitoring sites and NO_x, TSP conc. at Dongsam monitoring site differ from the others.

Key words : annual, monthly, hourly, seasonal average conc., air environmental standard

I. 서 론

산업의 발달, 인구 및 자동차의 급속한 증가로 인하여 대기오염 현상이 날로 심각해지고 있어 부산시에서도 이에 대한 정확한 평가 및 대책이 더욱 요구되는 현실이다. 본 연구는 '99 부산지역의 대기질현황 파악은 물론 대기환경시책의 기초자료 제공 및 축적을 목적으로 '98년 이후 매년 연계적으로 주요 대기오염물질의 농도 분포와 대기환경기준 초과현황 파악 및 기타 통계적 분석 등을 통한 대기질 평가를 실시하고 있다.

주요 대기오염물질 가운데 아황산가스(SO_2)는 자극적, 질식성 가스로 주로 연료의 연소과정에서 배출되며 기타 대기오염물질과 반응하여 이차오염물질을 생성하기도 하며, 대기중 가시도를 떨어뜨리고 사람과 동식물 및 재산상 피해를 입히는 가스상 물질이다.¹⁾ 일산화탄소(CO)는 무색, 무취의 가스상 물질로 대부분 자동차 배출가스에 의한 것으로 인체에 산소를 고갈시켜 심한 경우 중추신경에 영향을 미친다.²⁾ 오존(O_3)은 광화학반응으로 생성되는 대표적인 2차 오염물질로 고농도에서는 사람 및 동식물에도 피해를 입힌다.³⁾ 이산화질소(NO_2)는 질소산화물(NO_x)중 하나로 적갈색의 기체로서 광화학반응을 일으키는 주요 가스상 물질이다.⁴⁾ 총부유먼지(TSP)는 거대입자와 미세입자량의 합으로 입자의 크기보다는 중량 위주의 개념이며, 미세먼지 PM-10은 공기역학적 직경이 10nm 이하의 먼지로서 호흡기에 심각한 영향을 주어⁵⁾ 최근에는 PM-10 위주로 축정이 이루어지고 있다.

II. 조사자료 및 방법

본 연구의 조사자료는 1999. 1. 1 ~ 12. 31 (1년) 동안 부산시내 소재 11개 대기오염자동측정소에서 측정된 1시간 평균 측정자료로서 SO_2 , CO , O_3 , NO_2 , TSP, PM-10 등 총 6개 항목이며, 부산지역의 대기질 평가를 위하여 연, 월, 시간, 계절별 농도분포 및 대기환경기준 초과여부 검토와 각 항목별로 11개 측정소에 대하여 상관, 군집분석 등의 통계분석을 실시하였으며 대상지역 11개 대기오염자동측정소는 Table 1 과 같다.

Table 1. Location of nine air monitoring sites

측 정 소	위	치	용도지역	비 고
대 연 동	남구 대연5동	대연초등학교 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 계송1동	사무소 옥상	◁	
기 장 읍	기장군 기장읍	기장초등학교 옥상	◁	'99. 12 추가
광 복 동	중구 광복동	사무소 옥상	상업지역	
범 천 동	진구 범천1동	진구보건소 옥상	◁	
감 전 동	사상구 감전1동	사무소 옥상	공업지역	
신 평 동	사하구 신평동	대립정기 옥상	◁	
대 저 동	강서구 대저2동	강서보건소 옥상	녹지지역	'99. 12 추가

III. 결과 및 고찰

1. 공간적 특성

11개 측정소의 총평균농도(연평균)는 1997년 이후 NO₂, SO₂, TSP, PM-10의 농도는 지속적인 감소 추세를 나타내었고, CO, O₃은 증가추세를 보였는데, O₃은 지속적인 증가추세를 보였다. 측정소별로 CO·NO₂는 광복동, O₃는 동삼동, SO₂는 범천동·감전동, PM-10은 대연동, TSP는 감전동측정소에서 가장 높게 나타났다. 해안가에 위치한 동삼동측정소의 O₃농도는 자연적인 원인에 의한 것이라고 볼 때, 부산지역 측정소 중 광복동·감전동측정소의 대기오염도가 전체적으로 높게 나타났다. 전체 측정소 및 측정소별 대기오염물질의 연평균농도는 Table 2, 3과 같다.

Table 2. Annual average conc. of atmospheric pollutants

연도 \ 항목	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	SO ₂ (ppm)	TSP (μg/m ³)	PM-10 (μg/m ³)
1997	1.0	0.028	0.019	0.018	81	69
1998	1.0	0.024	0.021	0.015	74	67
1999	1.1	0.019	0.022	0.014	53	64

Table 3. 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)	TSP (μg/m ³)
광복동	1.5	0.028	0.026	0.016	38	81
동삼동	0.8	0.015	0.027	0.012		45
범천동	1.2	0.016	0.020	0.019	59	
대연동	1.2	0.021	0.021	0.012	82	130
감전동	1.4	0.022	0.019	0.019	79	143
덕천동	1.0	0.015	0.018	0.008	61	
개송동	0.9	0.020	0.024	0.012	44	70
신평동	1.4	0.018	0.022	0.016	77	
연산동	1.1	0.020	0.021	0.012	57	75
기장읍	0.4	0.013	0.019	0.004	45	
대저동	0.8	0.025	0.014	0.014	79	

2. 시간적 특성

1) 월별

CO, PM-10, TSP는 1월, SO₂는 2월, O₃, NO₂는 5월에 연중 가장 높은 농도를 보였다. CO, SO₂, PM-10, TSP의 1·2월중 높은 농도는 겨울철 난방연료 사용에 의한 영향을

받은것으로 사료되고, O₃의 5월 중 높은 농도는 O₃의 광화학적 생성에 알맞은 기상환경에 의한영향을 받은 것으로 사료된다. NO₂는 연간 농도변화 패턴이 뚜렷히 나타나지 않았다. 항목별월평균농도는 Table 4 및 Figure 1과 같다.

Table 4. Monthly average conc. of atmospheric pollutants

항목 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CO	1.9	1.7	1.3	1.1	0.8	0.8	0.7	0.7	0.9	1.2	1.3	1.2
NO ₂	0.019	0.017	0.020	0.017	0.023	0.022	0.014	0.015	0.016	0.022	0.022	0.021
O ₃	0.017	0.022	0.023	0.031	0.033	0.028	0.021	0.017	0.021	0.019	0.015	0.013
SO ₂	0.018	0.020	0.018	0.016	0.014	0.012	0.009	0.010	0.011	0.012	0.014	0.013
PM-10	81	70	75	62	70	71	46	41	50	70	66	68
TSP	91	57	63	53	34	34	28	29	33	36	35	144

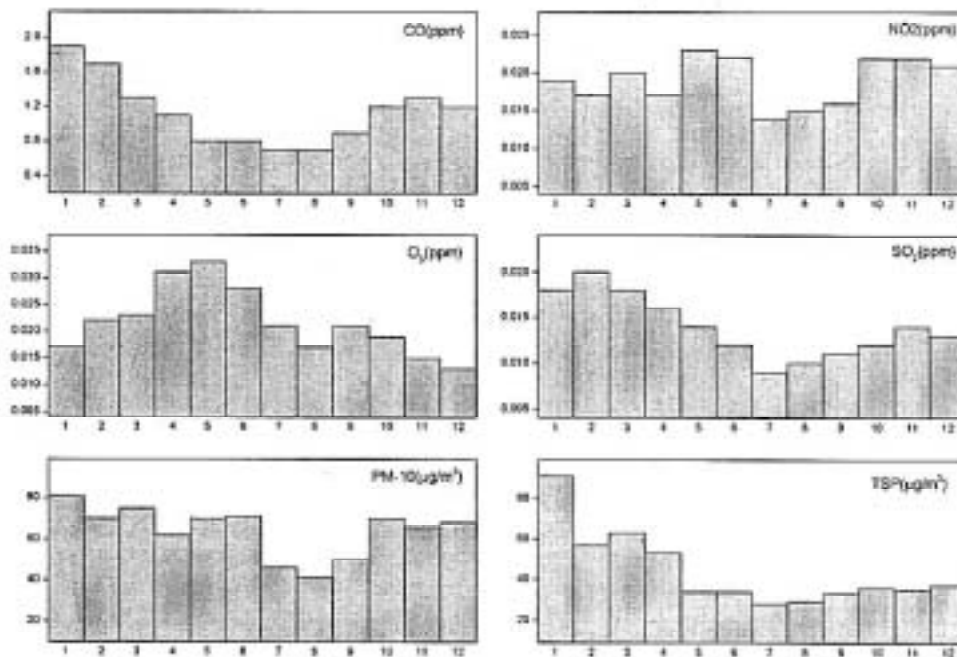


Figure 1. Monthly average conc. trend of atmospheric pollutants

2) 일별 시간대별

CO, SO₂는 오전 9-10시에 일최고농도를 보인 후 지속적으로 감소하여 오후 5시 이후 재증가 형태를 보였고 NO₂는 오전 9-10시에 1차 peak를 보인 후 급격하게 감소한 후 오후 3시 이후 급격하게 재증가하여 오후 7~9시에 일일 최고농도인 2차 peak가 뚜렷하게 나타났다. O₃은 오전 8시부터 지속적으로 증가하여 오후 2~3시에 일일 최고농도를 보인 후 지속적으로 감소하여 새벽시간대 약한 농도증가를 보였고, PM-10, TSP는 오전 11시에 일최고농도가 나타났다. CO, SO₂, NO₂의 농도는 출퇴근 시간대 자동차 운행증가에 따른 오염물질 배출량 증가로 인한 것으로 사료되며, O₃은 기온·일사량 등 오존의 형성에 알맞은 오후 2~3시경에 일일 최고농도가 나타난 것으로 사료된다. 항목별 시간평균농도는 Table 5 및 Figure 2와 같다.

Table 5. Hourly average conc. of atmospheric pollutants

시	항목	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	SO ₂ (ppm)	PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1		1.2	0.018	0.019	0.014	58	54
2		1.1	0.017	0.019	0.013	57	53
3		1.1	0.016	0.019	0.013	55	51
4		1.1	0.016	0.019	0.013	54	52
5		1.1	0.016	0.018	0.014	54	53
6		1.1	0.017	0.016	0.014	55	53
7		1.2	0.019	0.014	0.015	58	51
8		1.2	0.021	0.013	0.016	64	55
9		1.3	0.022	0.015	0.017	73	60
10		1.3	0.022	0.018	0.017	81	66
11		1.2	0.020	0.022	0.015	82	69
12		1.1	0.018	0.026	0.014	77	66
13		1.0	0.016	0.031	0.013	73	64
14		1.0	0.016	0.033	0.012	66	58
15		1.0	0.016	0.033	0.012	66	58

시 \ 항목	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	SO ₂ (ppm)	PM-10 (μg/m ³)	TSP (μg/m ³)
16	1.0	0.017	0.032	0.012	66	57
17	1.0	0.018	0.030	0.012	65	56
18	1.1	0.020	0.026	0.013	66	52
19	1.1	0.022	0.022	0.013	66	56
20	1.2	0.023	0.020	0.014	63	56
21	1.2	0.023	0.018	0.014	62	55
22	1.2	0.022	0.017	0.014	62	56
23	1.2	0.021	0.017	0.014	60	55
24	1.2	0.020	0.017	0.014	60	55

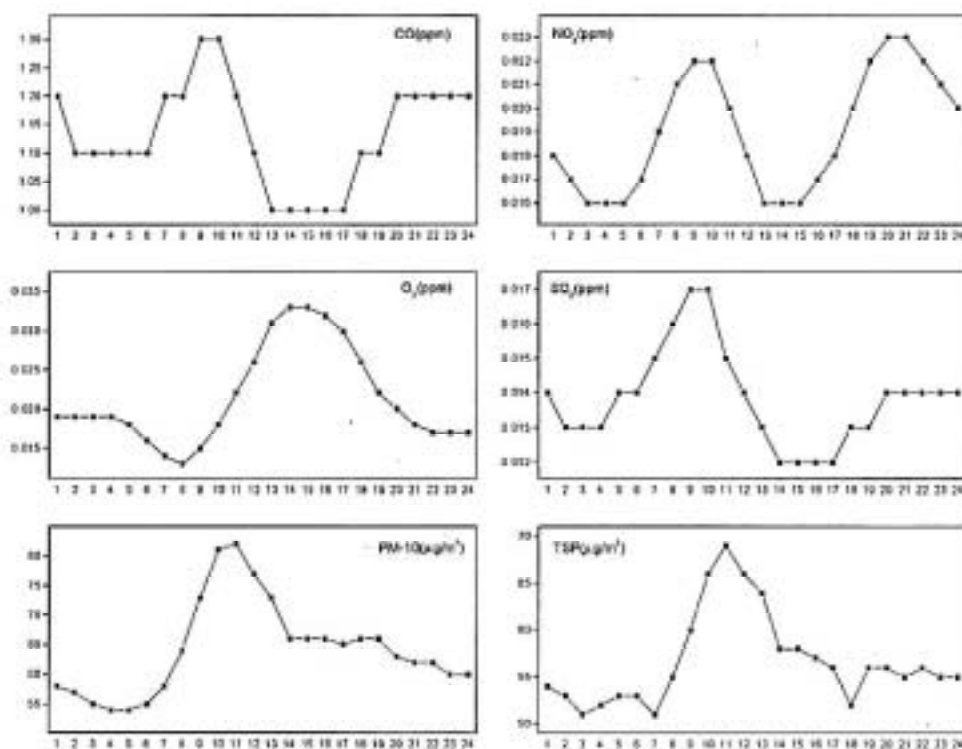


Figure 2. Hourly average conc. trend of atmospheric pollutants

3) 계절별

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

(1) 계절평균 농도

전체적으로 하절기 농도감소 및 동절기 농도증가 형태를 보였다. 일반적으로 장마철이 포함된 습도가 높은 여름철에 대기오염물질의 농도가 낮는데 CO, NO₂, SO₂, PM-10, TSP의 농도는 여름에 연중 가장 낮은 농도를 보였다. 반면 O₃은 기상에 의한 영향을 많이 받는 2차오염물질이므로 오존의 생성에 유리한 기온, 일사, 기압등의 조건을 지닌 봄, 여름, 가을 순으로 높게 나타났고 겨울철의 농도가 가장 낮게 나타났다. 동절기 난방연료 사용 증가에 의하여 겨울철에 CO, SO₂, PM-10, TSP의 농도가 높게 나타났고, 자동차 배출가스가 주요 배출원인 NO₂는 계절에 따른 농도변화 추세가 뚜렷하게 나타나지 않았다. 계절별 평균농도는 Table 6 및 Figure 3와 같다.

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

Table 6. Seasonal average conc, of atmospheric pollutants

계절 \ 항목	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	SO ₂ (ppm)	PM-10 (µg/m ³)	TSP (µg/m ³)
봄	1.1	0.020	0.016	0.029	69	54
여름	0.7	0.017	0.010	0.022	53	30
가을	1.1	0.020	0.012	0.018	63	35
겨울	1.6	0.019	0.017	0.017	71	91

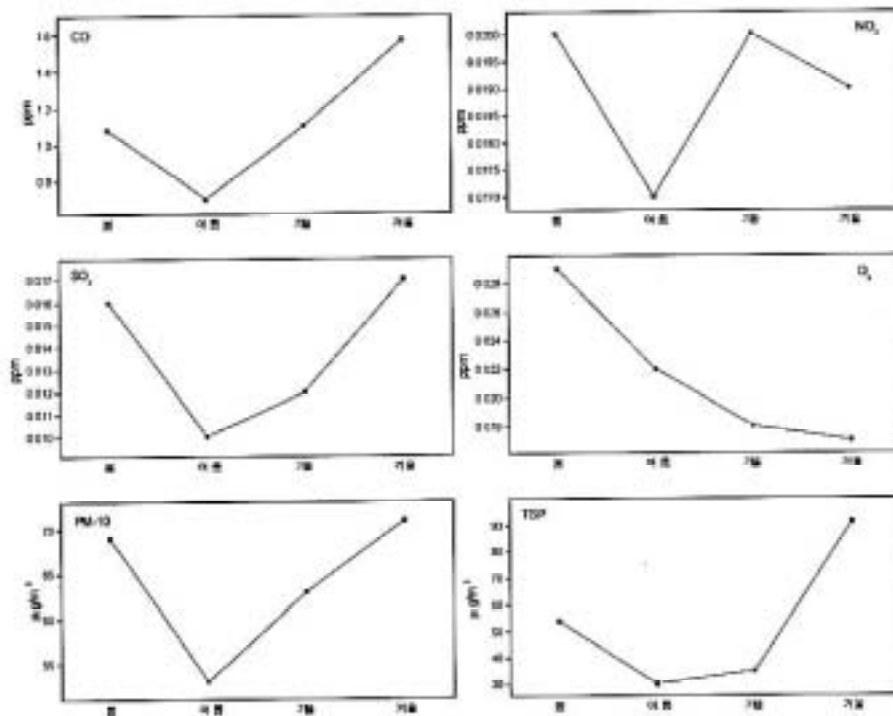


Figure 3. Seasonal average conc. trend

(2) 계절별 시간대별 평균 농도

NO₂는 계절 구분 없이 오전 9시에 고농도를 보인 후 낮 동안 감소하다가 오후 8~9시 사이에 고농도가 다시 나타나는 경향을 보였는데, NO₂의 주요 배출원이 자동차이므로 출퇴근시간대 자동차 운행량 증가에 의한 영향을 받은 것으로 사료된다. O₃은 기온 및 일사량이 강한 오후 두시에 일 최고농도를 보인 후 오후동안 감소하다가 이른 새벽시간대에 약한 농도증가 경향을 보였고, 새벽시간대 농도증가는 봄철에 크게 나타났다. SO₂는 출퇴근 시간대에 맞추어 오전 9시경 일최고농도를 보인 후 낮 동안 감소하다가 오후 6시 이후 재증가하는 경향을 보였고, 밤 시간 농도증가는 난방연료 사용량이 많은 겨울철에 가장 두드러지게 나타났다. CO도 오전 9시경 일최고농도를 보인 후 낮시간 동안 감소한 후 5시부터 재증가하는 경향을 보였고, 밤시간대 농도증가는 가을·겨울에 뚜렷하게 나타났다. PM-10은 오전 10~11시 일최고농도를 보였고, TSP는 겨울철 낮시간대 농도증가를 제외하면 일 중 변화패턴이

뚜렷하게 나타나지 않았다. 계절별 시간평균농도 추세는 Figure 4와 같다.

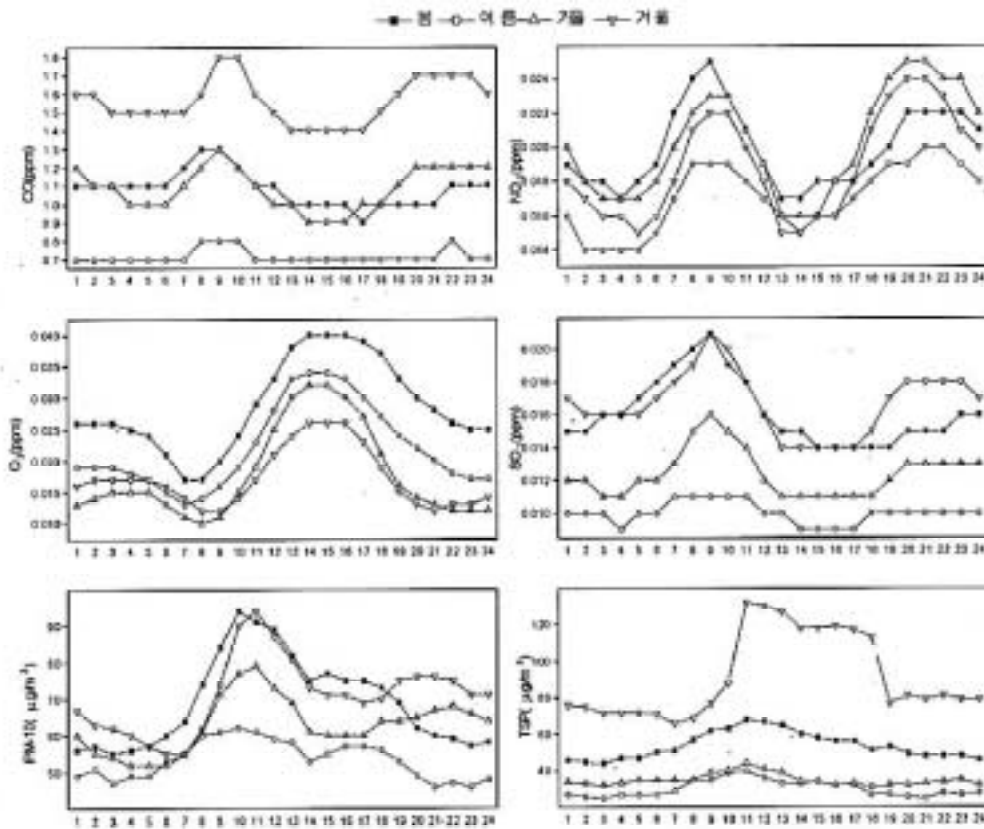


Figure 4. Seasonal, hourly average conc. trend

3. 농도구간별 발생빈도

6개 대기오염물질의 한시간 평균농도의 농도구간별 발생빈도를 살펴본 결과 CO 0.5~0.9ppm, NO₂ 0.01~0.019ppm, O₃ · SO₂ ~0.009ppm, PM-10 · TSP 50µg/m³미만의 농도구간에서 가장 많이 발생하였고, CO 2.0ppm 미만, NO₂ · O₃ 0.040ppm 미만, SO₂ 0.030ppm 미만, PM-10 150µg/m³미만, TSP 50µg/m³미만의 농도가 전체의 90% 이상을 차지하였다. 각 항목에 대한 농도구간별 발생빈도는 Figure 5와 같다.

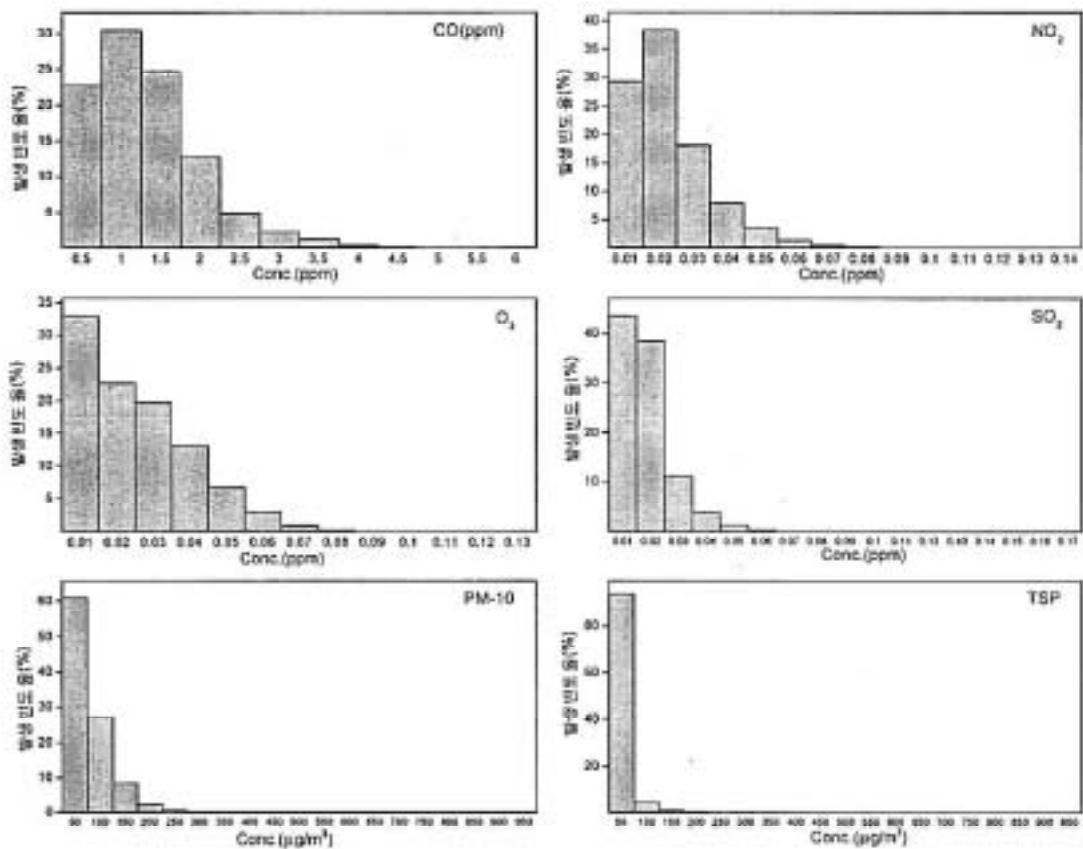


Figure 5. frequency of atmospheric pollutants conc.(total)

4. 기준초과 현황

1) 대기환경 기준초과

'99년 전체 대기환경기준 초과현황은 3개 항목 총 101회로 O₃ 57회, PM-10 39회, TSP 5회 발생하였고 월별로는 6월 중 총 26회로 가장 많이 발생하였다. 측정소별로는 감전동 24 회, 대연동 18회, 동삼동 16회, 광복동 13회, 신평동 12회, 덕천·재송동 각 5회, 범천·연산동 측정소에서 각각 4회씩 발생하였음.

단기기준은 O₃ 1개 항목에 대하여 총 23회 초과하였는데, 6월 12회, 7월 8회, 8월 3회씩 발생하였고, 측정소별로는 대연동 10회, 감전·동삼 각 5회, 덕천·범천·연산

동측정소에서 각1회씩 대기환경기준을 초과하였고, 특히 대연·감전·동삼동측정소는 연간 대기환경기준을 연 3회 이상 초과하였다.

8시간기준은 O₃ 1개 항목에 대하여 총 34회 발생되었는데, 3월 1회, 4월 15회, 5·6월각 9회씩 초과하였고, 측정소별로는 광복동 12회, 동삼동 11회, 대연·재송동 각 4회, 연산동 3회씩 대기환경기준을 초과하였다.

24시간 기준초과는 PM-10 및 TSP 2개 항목으로 각각 연간 39회, 5회씩 초과하였는데 PM-10은 1월 10회, 3월 9회, 6월 5회, 2월 4회, 7·10·11월 각 3회, 8·9월 각 1회씩 초과하였고, 측정소별로는 감전동 16회, 신평동 12회, 덕천동 4회, 대연·범천동 각 3회, 재송동측정소에서 1회씩 대기환경기준을 초과하였다. TSP는 1월 중에만 총5회 발생하였고, 측정소별로는 감전동 3회, 광복·대연동 측정소에서 각 1회씩 대기환경기준을 초과하였다. '99 대기환경기준 초과는 Table 7, 월별 대기환경기준초과는 Figure 6, 측정소별 대기환경기준 초과는 Figure 7과 같고, 대기환경기준은 Table 8과 같다.

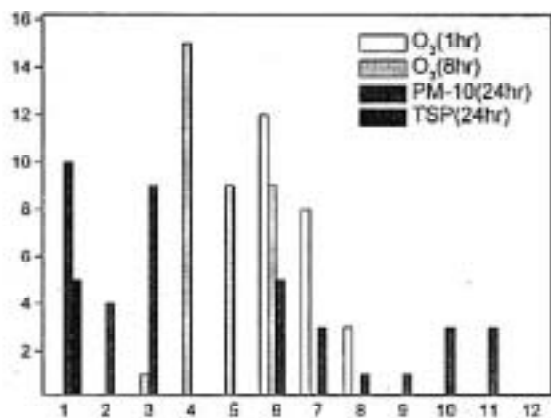


Figure 6. Environmental standard excess frequency of each months

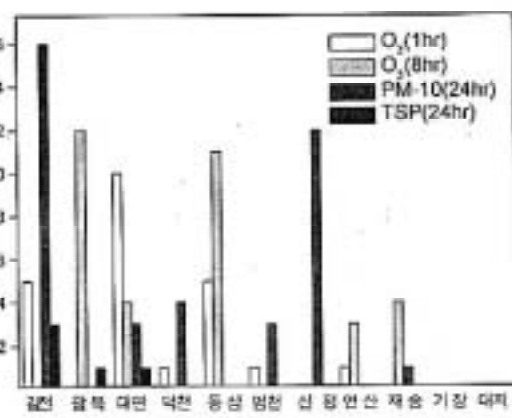


Figure 7. Environmental standard excess frequency of each monitoring sites

Table 7. '99 environmental standard excess frequency

기 준	측 정 소 항목(기준) 원	감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	연산	재송	계	
1시간	O ₃	6			7		5				12	
		7	3		3			1		1	8	
		8	2			1					3	
		계	5		10	1	5	1		1	23	
8시간	O ₃	3		1							1	
		4		11			1			3	15	
		5			1		6			1	1	9
		6			3		4			2		9
		계		12	4		11			3	4	34
24시간	PM-10	1				3		1	6			10
		2	2						2			4
		3	4		1				4			9
		6	3		1			1				5
		7	1		1			1				3
		8				1						1
		9									1	1
		10	3									3
		11	3									3
		계	16		3	4		3	12		1	39
24시간	TSP	1	3	1	1						5	
		계	3	1	1						5	

Table 8. Environmental Standard(Korea)⁹⁾

항 목	기 준	
	기	준
아황산가스(SO ₂)	연간평균	0.03 ppm 이하
	24시간평균	0.14 ppm 이하
	1시간평균	0.25 ppm 이하
일산화탄소(CO)	8시간평균	9 ppm 이하
	1시간평균	25 ppm 이하
이산화질소(NO ₂)	연간평균	0.05 ppm 이하
	24시간평균	0.08 ppm 이하
	1시간평균	0.15 ppm 이하
오 존(O ₃)	8시간평균	0.06 ppm 이하
	1시간평균	0.10 ppm 이하
총먼지(TSP)	연간평균	150 μg/m ³ 이하
	24시간평균	300 μg/m ³ 이하
미세먼지(PM-10)	연간평균	80 μg/m ³ 이하
	24시간평균	150 μg/m ³ 이하

※ 1시간평균·24시간평균은 연3회 이상 초과하여서는 안됨.

2) 오존주의보 기준초과

'99년도 오존경보제 운영기간(5.17~9.17) 동안 오존주의보 발령일은 총 2일로 대연동, 감전동 측정소에서 각 1회씩 발생하였으며 오존주의보 발령현황은 Table 9 과 같다.

Table 9. '99 ozone episode

발령번호	발령일자	권역(측정소)	발령농도 (ppm/hr)	해제농도 (ppm/hr)	발령 및 해제시간
제99-1호	7. 18(일)	III (대연동)	0.121	0.107	13 : 00~14 : 00
제99-2호	◇	IV (감전동)	0.123	0.114	15 : 00~16 : 00

IV. 평 가 분 석

'99년 전체 1시간 평균농도를 사용하여 측정소간 상관분석, 군집분석을 대기오염물질 별로 실시하였다. 상관분석은 Pearson 상관계수를 구하여 측정소간 상관성을 평가하는데 사용되었고, 비슷한 농도경향을 갖는 측정소들을 알아보기 위하여 실시한 군집분석 결과는 수상도(dendrogram)를 그려 나타내었으며, 통계분석에는 SAS 6.12 S/W를 사용하였다.

1) CO

전체적으로 측정소 간 상관성이 높게 나타났는데 특히 광복-동삼, 광복-신평, 광복-감전동측정소 간의 상관성이 매우 높게 나타났고, 덕천동·기장읍측정소는 나머지 측정소와의 상관성이 낮게 나타났다. 군집분석 결과 크게 세 개의 유사군집으로 나뉘어졌는데 감전-광복-동삼-범천-신평동 1개 그룹, 대연-제송-연산동측정소 1개 그룹, 덕천동측정소 1개 그룹으로 유사그룹을 이루었다. 분석결과 덕천동 측정소의 CO 농도가 기타 측정소와 차이를 보였고 기장읍, 대저동측정소에 대한 군집분석 및 기장읍-광복동, 대저동-광복동 간의 상관분석은 측정자료 부족으로 분석이 이루어지지 않았다.

Table 10. Correlation coefficient between monitoring sites

CO	감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	제송	연산	기장	대저
감전	1.000										
광복	0.810	1.000									
대연	0.633	0.323	1.000								
덕천	0.390	0.060	0.345	1.000							
동삼	0.522	0.831	0.343	0.334	1.000						
범천	0.508	0.634	0.521	0.469	0.554	1.000					
신평	0.774	0.831	0.420	0.402	0.623	0.501	1.000				

CO	감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	재송	연산	기장	대저
재송	0.710	0.466	0.599	0.228	0.352	0.362	0.576	1.000			
연산	0.689	0.465	0.724	0.379	0.385	0.547	0.560	0.789	1.000		
기장	0.201		0.280	0.286	0.345	0.266	0.271	0.234	0.373	1.000	
대저	0.415		0.406	0.380	0.350	0.577	0.557	0.381	0.713	0.404	1.000

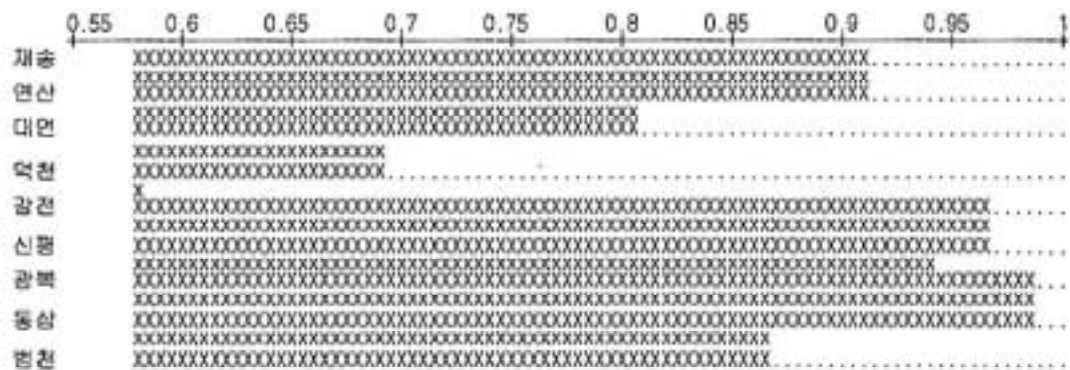


Figure 8. Cluster analysis result dendrogram(CO)

2) NO₂

전체적으로 측정소간 상관성이 높게 나타났는데 특히 연산-재송동측정소간의 상관성이 매우 높게 나타났고, 광복동·동삼동측정소의 농도는 나머지 측정소와의 상관성이 전체적으로 낮게 나타났다. 군집분석 결과 크게 네개의 유사군집으로 나뉘어졌는데, 감전-덕천-신평-대저동 1개 그룹, 광복-대연-범천-기장읍측정소 1개 그룹, 재송-연산동측정소 1개 그룹, 동삼동측정소 1개 그룹으로 유사그룹을 나타냄. 분석결과 동삼동측정소의 NO₂농도가 기타 측정소와 차이를 보였는데, 해안가에 위치한 동삼동측정소의 위치적 특성에 의한 것으로 사료된다.

Table 11. Correlation coefficient between monitoring sites

NO ₂	감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	재송	연산	기장	대저
감전	1.000										
광복	0.340	1.000									
대연	0.786	0.369	1.000								
덕천	0.276	0.339	0.420	1.000							
동삼	0.527	0.362	0.444	0.217	1.000						
범천	0.512	0.367	0.609	0.406	0.356	1.000					
신평	0.487	0.434	0.540	0.554	0.398	0.596	1.000				
재송	0.447	0.179	0.689	0.522	0.206	0.470	0.463	1.000			
연산	0.462	0.234	0.682	0.543	0.225	0.483	0.471	0.869	1.000		
기장	0.682	0.655	0.750	0.624	0.540	0.693	0.650	0.645	0.529	1.000	
대저	0.744	0.527	0.594	0.703	0.415	0.558	0.623	0.565	0.505	0.553	1.000

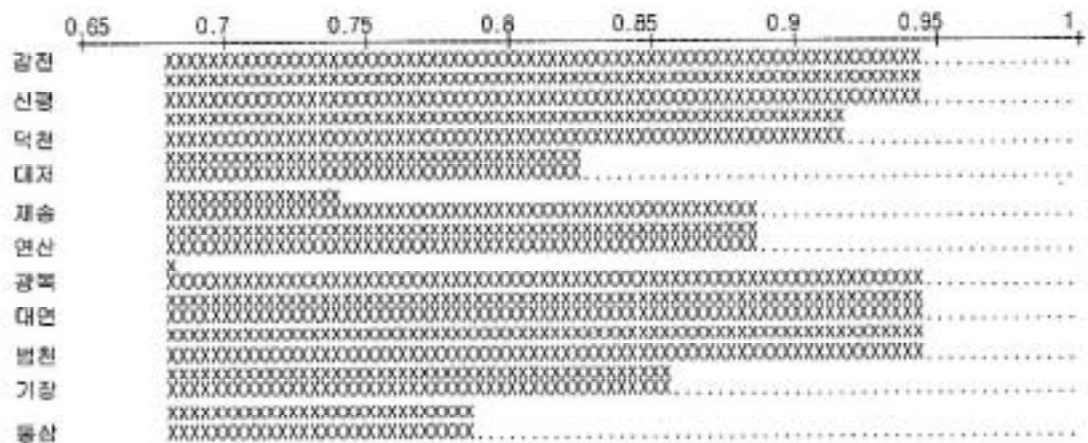


Figure 9. Cluster analysis result dendrogram(NO₂)

3) O₃

상관분석 결과 광복동측정소와 나머지측정소 간 및 동삼동-기장읍, 동삼동-대저동측정소 간의 상관성이 낮게 나타났고, 이를 제외한 나머지 측정소 간의 상관성은 높게 나타났다. 군집분석 결과 감전-덕천동측정소 1개 군집, 대연-동삼-범천-신평-재송-연산동측정소 1개 군집, 광복동측정소 1개 군집으로 유사그룹을 이루었고, 특히 광복동측정소는 나머지 측정소와의 유사성이 가장 낮게 나타났다. '99년 장비교체로 인한 광복동측정소의 측정자료 부족으로 인해 기타 측정소와의 유사성 및 상관성이 떨어진 것으로 사료된다. 기장읍 및 대저동측정소의 측정자료 부족으로 군집분석 및 광복동측정소와의 상관분석이 이루어지지 못하였다.

Table 12. Correlation coefficient between monitoring sites

O ₃	감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	재송	연산	기장	대저
감전	1.000										
광복	-0.078	1.000									
대연	0.923	-0.091	1.000								
덕천	0.725	-0.075	0.703	1.000							
동삼	0.679	-0.154	0.752	0.520	1.000						
범천	0.790	-0.094	0.826	0.645	0.703	1.000					
신평	0.766	-0.101	0.787	0.722	0.709	0.734	1.000				
재송	0.875	-0.088	0.932	0.705	0.737	0.821	0.755	1.000			
연산	0.895	-0.098	0.930	0.746	0.740	0.829	0.779	0.929	1.000		
기장	0.646	.	0.665	0.679	0.184	0.621	0.577	0.670	0.725	1.000	
대저	0.834	.	0.734	0.826	0.343	0.752	0.719	0.741	0.804	0.637	1.000

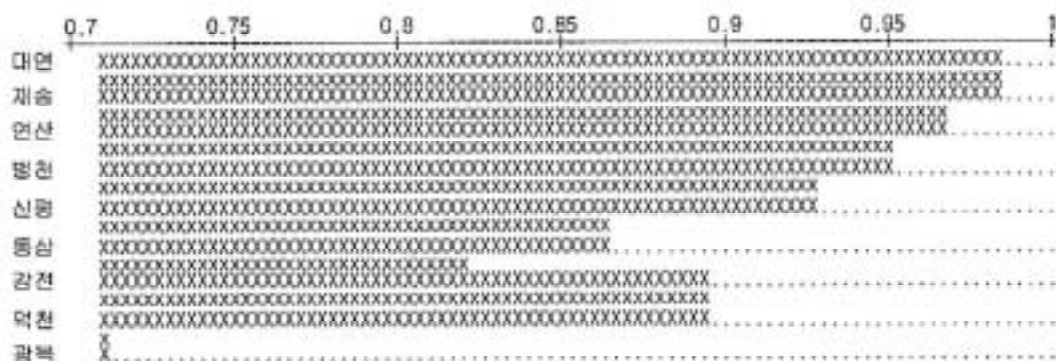


Figure 10. Cluster analysis result dendrogram(O₂)

4) SO₂

상관분석 결과 재송-연산, 대연-재송, 대연-연산동측정소간 상관성이 매우 높게 나타났고, 덕천동측정소는 나머지측정소와의 상관성이 모두 낮게 나타났다. 군집분석 결과 광복-동삼-범천동, 덕천-신평동, 감전-재송-연산-대연-기장-대저동측정소 3개 유사그룹으로 나뉘어졌다.

Table 13. Correlation coefficient between monitoring sites

SO ₂	감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	재송	연산	기장	대저
감전	1.000										
광복	0.474	1.000									
대연	0.668	0.562	1.000								
덕천	0.369	0.363	0.267	1.000							
동삼	0.506	0.537	0.469	0.183	1.000						
범천	0.578	0.398	0.617	0.197	0.398	1.000					
신평	0.526	0.449	0.482	0.233	0.424	0.437	1.000				
재송	0.736	0.576	0.802	0.337	0.511	0.494	0.554	1.000			
연산	0.702	0.551	0.800	0.339	0.531	0.474	0.483	0.872	1.000		
기장	0.350	0.171	0.458	0.347	0.102	0.151	0.347	0.496	0.502	1.000	
대저	0.620	0.144	0.452	0.256	0.253	0.288	0.355	0.514	0.558	0.292	1.000

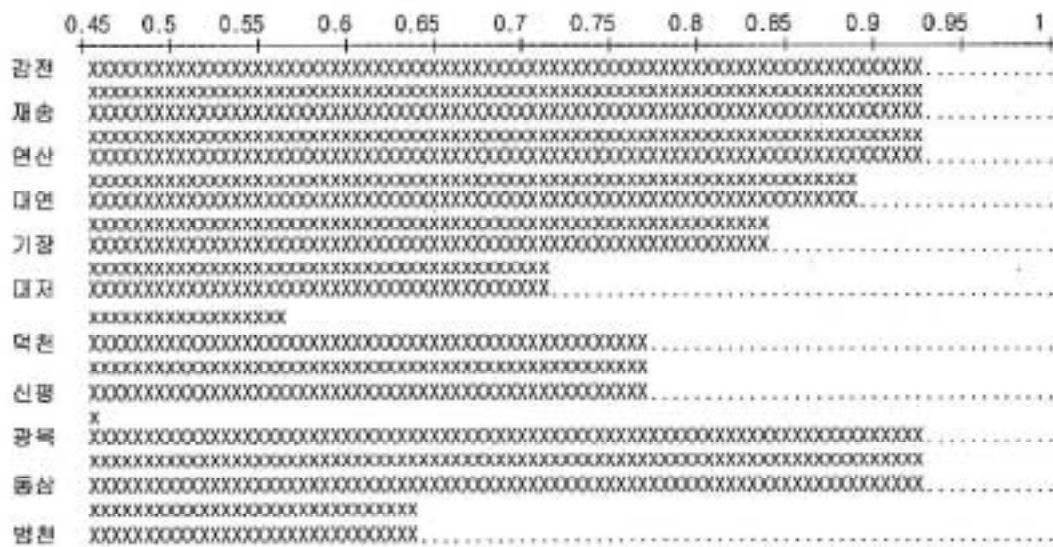


Figure 11. Cluster analysis result dendrogram(SO₂)

5) PM-10

'99. 2월(대연·감전·재송·연산동), '99.10월(광복동)에 TSP에서 PM-10으로 측정항목이 바뀌었고, '99.12월에 추가된 기장읍·대저동측정소를 포함하여 총 10개 측정소에서 PM-10을 측정 중에 있다. '99년중 총 10개 해당 측정소에 대하여 상관분석을 실시한 결과 전체적으로 측정소 간 상관성이 높게 나타났고, 특히 연산-재송동측정소간 상관성이 매우 높게 나타났다. 군집분석 결과 감전-대저-덕천동, 신평-연산동, 대연-기장-재송-광복-범천동측정소가 유사한 그룹으로 나타났다.

Table 14. Correlation coefficient between monitoring sites

PM-10	감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	재송	연산	기장	대저
감전	1.000										
광복	0.596	1.000									
대연	0.955	-0.009	1.000								
덕천	-0.048	0.540	-0.043	1.000							

PM-10	감전	광복	대연	덕천	동삼	범천	신평	제송	연산	기장	대저
범천	0.020	0.707	0.023	0.608	1.000						
신평	-0.180	0.552	-0.154	0.562	0.640	1.000					
제송	0.982	0.602	0.938	-0.048	0.016	-0.193	1.000				
연산	0.983	0.655	0.938	-0.047	0.018	-0.189	1.000	1.000			
기장	0.553	0.746	0.750	0.574	0.619	0.570	0.727	0.630	1.000		
대저	0.783	0.554	0.578	0.640	0.670	0.629	0.614	0.652	0.576	1.000	

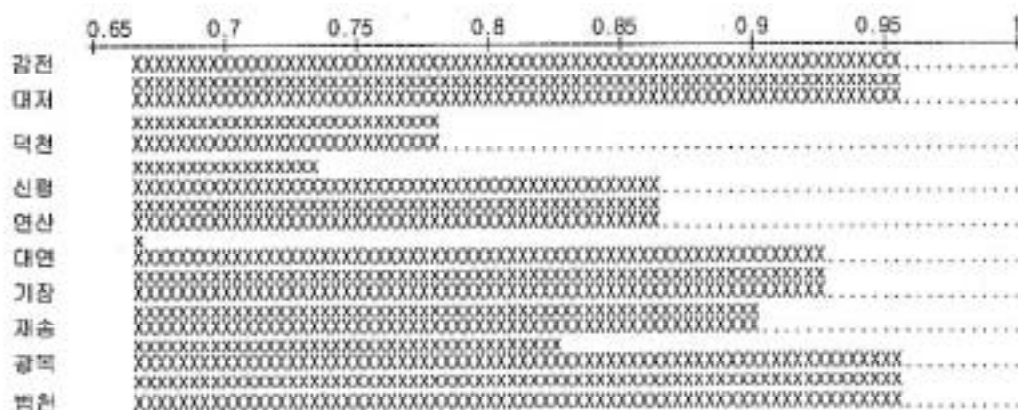


Figure 12. Cluster analysis result dendrogram(PM-10)

6) TSP

총 6개 해당 측정소에 대하여 상관분석을 실시한 결과 전체적으로 측정소 간 상관성이 높게 나타났고, 감전-동삼동, 연산-동삼동측정소 간 상관성은 낮게 나타났다. 군집분석 결과 평균농도가 동삼동측정소의 농도가 나머지측정소와의 유사성이 매우 낮게 나타나 동삼동 측정소의 위치가 바닷가에 인접해있어 자동차배기가스나 난방연료등과 같은 원인과 연관성이 낮기 때문인 것으로 사료된다.

Table 15. Correlation coefficient between monitoring sites

	감전	광복	대연	동삼	재송	연산
감전	1.000					
광복	0.809	1.000				
대연	0.841	0.959	1.000			
동삼	0.372	0.520	0.591	1.000		
재송	0.815	0.898	0.959	0.547	1.000	
연산	0.857	0.933	0.961	0.491	0.942	1.000

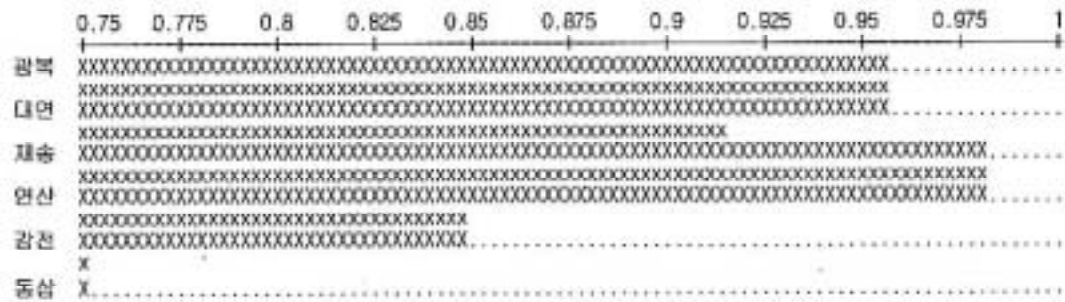


Figure 13. Cluster analysis result dendrogram(TSP)

V. 결 론

1999년 부산시 11개 대기오염자동측정소에서 측정된 대기오염물질의 1시간 평균농도를 사용하여 부산시의 대기질 평가를 실시한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

- 연평균농도는 1997년 이후 NO_x, SO₂, TSP, PM-10의 농도는 지속적인 감소 추세를 나타내었고, CO, O₃은 증가추세를 보였는데, O₃은 지속적인 증가추세를 보였다. 측정소별로는 광복동·감전동측정소의 대기오염도가 전체적으로 높게 나타났다.

2. 월평균농도는 1·2월중에 겨울철 난방연료 사용과 관련 CO, SO₂, PM-10, TSP의 농도가 높게 나타났고, O₃은 오존생성에 알맞은 5월에 높게 나타났으며, NO_x는 연간 농도변화 패턴이 뚜렷히 나타나지 않았다.
3. 시간대별 평균 농도는 출퇴근 시간대 자동차 운행증가에 따른 오염물질 배출량 증가로 인하여 CO, SO₂, NO₂의 농도가 오전 9~10시 사이에 높게 나타났고, O₃은 기온·일사량 등 오존의 형성에 알맞은 오후 2~3시경에 일일최고농도가 나타났다.
4. 계절평균농도는 전체적으로 습도가 높은 여름철에 대기오염물질의 농도가 가장 낮게 나타났고, 오존은 오존생성에 가장 부적합한 기상적 특성을 갖는 겨울철에 가장 낮게 나타났다. 동절기 난방연료 사용증가에 의하여 겨울철 CO, SO₂, PM-10, TSP의 농도가 높게 나타났고, 자동차 배출가스가 주요 발생원인 NO_x는 계절에 따른 농도변화 추세가 뚜렷히 나타나지 않았다.
계절별 시간평균농도는 NO₂는 계절구분 없이 출퇴근 시간대에 높게 나타났고, O₃의 새벽 시간대 농도증가는 봄철에 크게 나타났음. CO·SO₂의 밤시간대 농도증가는 겨울철에 두드러지게 나타났고, TSP는 겨울철을 제외하면 일 변화패턴이 뚜렷하게 나타나지 않았다.
5. 농도발생 빈도는 한시간 평균농도 CO 2.0ppm 미만, NO_x·O₃ 0.040ppm 미만, SO₂ 0.030 ppm 미만, PM-10 150 μ g/m³ 미만, TSP 50 μ g/m³ 미만의 농도가 전체의 90% 이상을 차지하여 발생하였다.
6. '99년 전체 대기환경기준 초과현황은 3개 항목 총 101회로 O₃ 57회, PM-10 39회, TSP 5회 발생하였고 월별로는 6월 중 총 26회로 가장 많이 발생하였다. 단기기준은 O₃ 1개 항목에 대하여 총 23회 초과하였는데 특히 대연·감전·동삼동측정소는 연간 대기환경기준을 연 3회이상 초과하였다. 8시간기준은 O₃ 1개 항목에 대하여 총 34회 초과하였고, 24시간 기준은 PM-10 및 TSP 2개 항목으로 각각 연간 39회, 5회씩 초과하였다. 오존경보제 운영기간(5.17~9.17) 동안 오존주의보 발령일은 총 2일로 대연동, 감전동 측정소에서 각 1회씩 발령되었다.

7. 대기오염물질별로 측정소간 상관성 평가 및 유사한 농도경향을 나타내는 측정소 그룹을 알아보기 위하여 상관분석 및 군집분석을 실시하였다. 분석결과 전 항목에 걸쳐 측정소간 상관성이 전체적으로 높게 나타났고, 덕원동측정소의 CO, SO₂ 농도와 동삼동측정소의 NO_x, TSP 농도가 나머지 측정소와 유사하지 않게 나타났다.

IV. 참 고 문 헌

- 1) J.D.BUTLER, 1995, 대기화학, 동화기술, 45-48
- 2) , 39 : 42
- 3) , 51
- 4) , 50
- 5) 김희강, 김동술, 김신도, 김운신, 나진균, 이종범, 정일래, 홍민선, 1993, 대기오염개론, 동화기술, 76-77
- 6) 환경관계법규 대기편, 1998
- 7) 김기영, 문권순, 전명식, 1996, SAS 상관분석, 자유아카데미
- 8) 김충현, 1996, SAS라는 통계상자, 데이타리서치