

대기중금속 조사(측정망)

○ 대기 중 입자상 물질에 포함된 납, 카드뮴, 크롬 등 중금속 성분의 월별 현황파악을 통해 환경기준 평가 및 유해 중금속물질에 대한 관리대책을 마련하기 위함.

1. 조사개요

- 측정기간 : 2007년 1월~2007년 12월(매월 둘째 주 5일간 시료채취)
- 측정지점

측정소	용도지역	주 소	위 치	비고
전포동*	상 업	부산진구 전포동 561번지	경남공고 옥상	대기중금속 측 정 망
감전동	공 업	사상구 감전1동 920-1	감전1동사무소 옥상	
덕천동	주 거	북구 덕천동 365-1	낙동강유역환경청 부산출장소옥상	
연산동**	주 거	연제구 연산5동	연제초등학교 옥상	
광안동***	주 거	수영구 광안4동 1300	보건환경연구원 옥상	

* 2004. 12. 범천동(진구 범천1동 진구보건소)에서 현 전포동(진구 전포동 561 경남공고)으로 이전.
 ** 2006. 01. 연산동 추가.
 *** 2007. 04. 온천동 폐쇄, 광안동 신설.

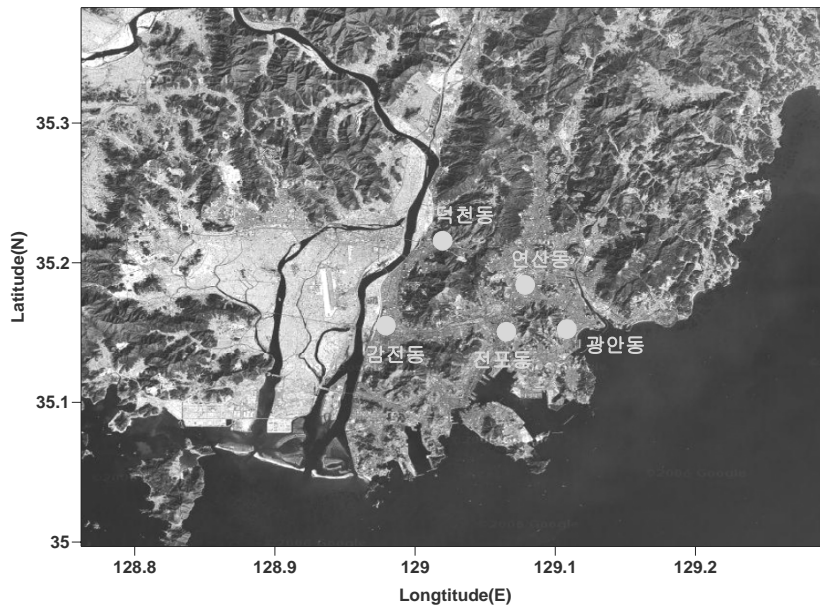


그림 1. 대기중금속 측정망 위치도.

- 조사항목 : 납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 망간(Mn), 철(Fe), 니켈(Ni) 등 7개 항목
- 측정방법
 - 시료채취 : High volume air sampler법(24시간 간격 5일간 채취)
 - 분석방법 : 원자 흡광 광도법
- 자료 산출 방법
 - 각 지점에서 조사된 1일 자료를 산술평균하여 지점별 월 평균, 도심 월평균 농도를 생성하고, 도심월평균농도를 산술평균하여 지점별·전체 연 평균농도 산출함.

2. 조사결과

- 연도별 중금속 농도 변화 추이
 - 대기환경기준 설정항목인 Pb(납)의 연평균 농도는 $0.0556 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 연 평균 환경기준 ($0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)의 11.1%수준이었으며, 월별 농도분포는 $0.0264\sim 0.0870 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 전 월에 걸쳐 환경기준 이하 값을 나타냈다.
 - 2000년대 이후 우리시의 연도별 중금속 농도 변화를 살펴보면, 납(Pb)의 경우 지속적인 감소경향을 나타내다 '05년을 기점으로 소폭 증가하였으며, 비교적 높은 농도 분포를 보이는 망간(Mn), 철(Fe)의 경우 황사의 영향이 뚜렷했던 '02년과 '06년에 농도 증가를 나타내어 토양유래성분의 영향을 반영했다.
 - 대기 중에 미량으로 존재하는 카드뮴(Cd)의 경우 연평균농도 범위는 $0.0017\sim 0.0030 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로, WHO 권고기준인 $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 값을 나타냈으며, 연도별 큰 변화를 나타내지 않았다.
 - 구리(Cu)의 경우 2002년을 기점으로 감소경향을 보였으며, 크롬(Cr)과 니켈(Ni)의 경우 '04년도에 크롬(Cr)이 특이치를 나타낸 것을 제외하고는 전반적으로 소폭 증가경향을 나타내고 있다.

표 1. 2000년대 이후 연도별 평균농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni
2007년	0.0556	0.0021	0.0121	0.0973	0.0702	1.4242	0.0121
2006년	0.0591	0.0020	0.0131	0.1278	0.0742	1.6423	0.0134
2005년	0.0464	0.0019	0.0131	0.1458	0.0515	1.0809	0.0122
2004년	0.0517	0.0017	0.0258	0.1258	0.0478	1.0218	0.0150
2003년	0.0512	0.0020	0.0137	0.1956	0.0396	0.8184	0.0105
2002년	0.0751	0.0025	0.0096	0.2491	0.0686	1.8372	0.0116
2001년	0.0698	0.0025	0.0116	0.2078	0.0648	1.4150	0.0105
2000년	0.1004	0.0030	0.0108	0.1916	0.0673	1.6925	0.0119
환경기준 (who권고기준)	0.5 연평균	(0.005) 연평균	-	-	(0.15) 연평균	-	-

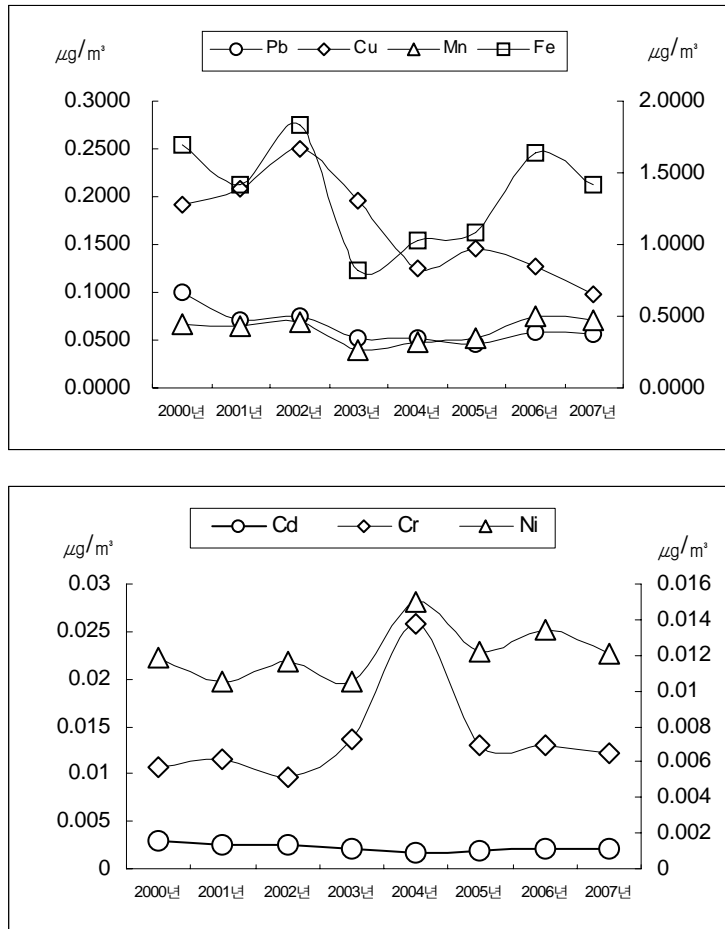
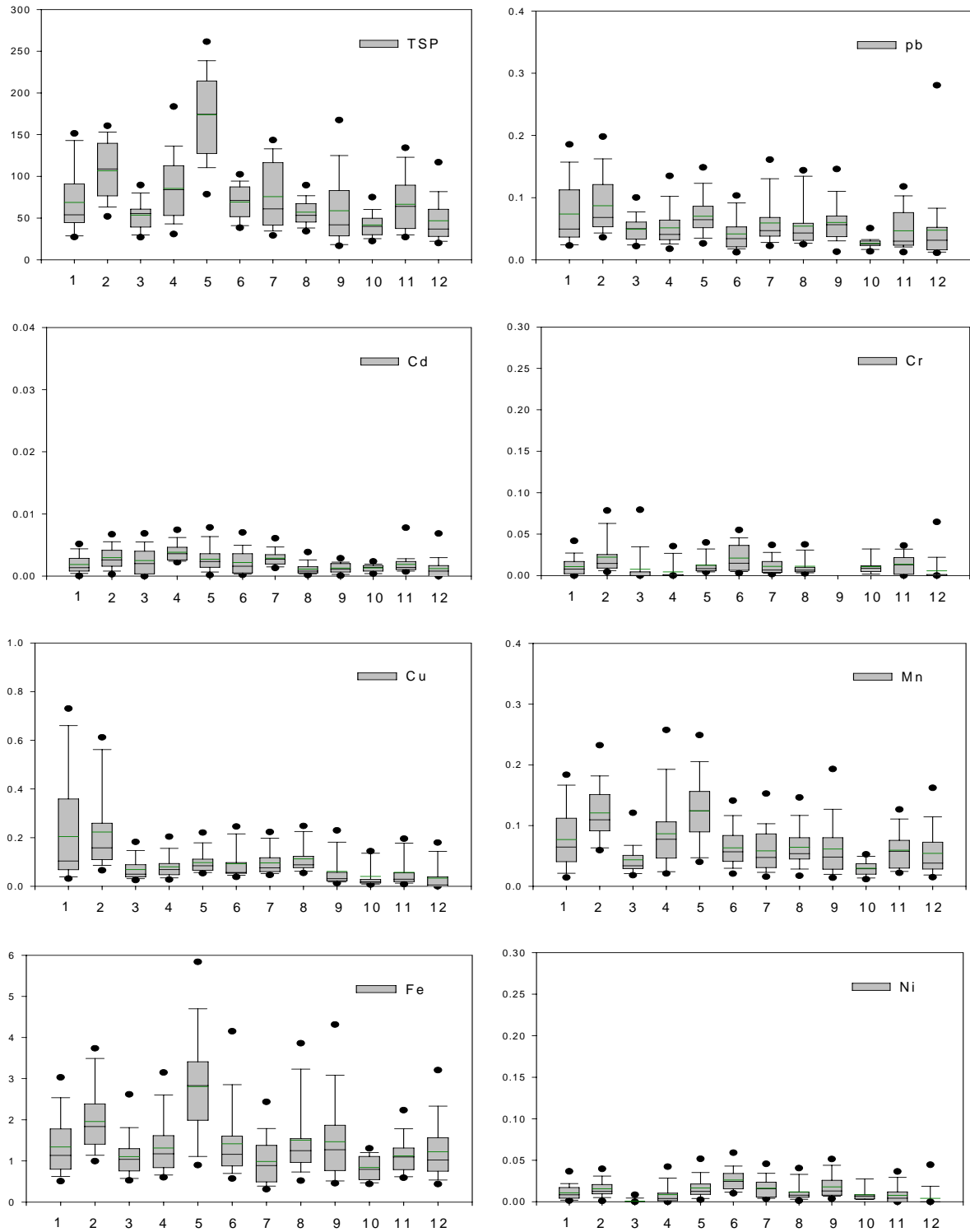


그림 2. 2000년대 이후 연도별 평균농도.

□ 월별 평균농도

- '07년 월별 농도 경향을 살펴보면, 시료채취기간 중의 미 강우에 의한 대기 건조 상태가 지속된 2, 5월이 타 월에 비해 총 먼지 및 일부 중금속 농도의 증가를 나타냈으며, 특히 채취기간 중 중부지방에 발생한 황사의 간접 영향을 받은 5월의 경우 망간(Mn), 철(Fe)이 타 월에 비해 현저히 증가하는 양상을 보였다. 반면에 강우 발생 빈도 및 강우량의 증가와 대기확산이 원활했던 10월은 타월 및 과년 동월보다 낮은 농도분포를 형성하였다.
- 세부 항목별로 보면 2월은 납(Pb), 카드뮴(Cd), 구리(Cu)가, 5월은 총 먼지(TSP), 망간(Mn), 철(Fe)이 타 월에 비해 높은 농도 분포를 나타냈으나, 크롬(Cr), 니켈(Ni)의 경우 6월에 높은 농도를 나타냄으로써 타 항목과는 다른 패턴을 나타냈다.
- 그 외 미량으로 존재하는 카드뮴은 월별 큰 변화를 나타내지 않았으며, 구리의 경우 지점 변경이전인 1월과 2월에 높은 농도 분포를 나타냈다.



* This plot type that displays the 10th, 25th, 50th, 75th, and 90th percentiles as lines on a bar centered about the mean, and the 5th and 95th percentiles as error bars.

그림 3. 항목별 농도분포 현황(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

표 2. 2007년 월별 평균농도

	TSP	PM-10	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	강우량 (mm)
1월	69	52	0.0735	0.0019	0.0108	0.2045	0.0769	1.3390	0.0108	4.2
2월	107	69	0.0870	0.0030	0.0222	0.2231	0.1207	1.9580	0.0157	115
3월	54	43	0.0490	0.0025	0.0076	0.0684	0.0435	1.1070	0.0009	75.5
4월	85	50	0.0514	0.0038	0.0044	0.0800	0.0867	1.3136	0.0086	65.5
5월	174	94	0.0699	0.0027	0.0126	0.0975	0.1244	2.8105	0.0168	116.6
6월	69	48	0.0418	0.0022	0.0231	0.0927	0.0634	1.4146	0.0262	94.5
7월	76	56	0.0592	0.0029	0.0114	0.0964	0.0584	0.9879	0.0163	301.5
8월	57	45	0.0542	0.0011	0.0112	0.1125	0.0642	1.5056	0.0119	128.1
9월	59	40	0.0601	0.0013	-	0.0611	0.0613	1.4670	0.0180	210.2
10월	42	43	0.0264	0.0013	0.0108	0.0405	0.0297	0.8407	0.0085	119.0
11월	67	62	0.0467	0.0019	0.0136	0.0575	0.0596	1.1211	0.0076	0
12월	47	52	0.0475	0.0012	0.0057	0.0337	0.0542	1.2247	0.0041	46.0
평 균	76	55	0.0556	0.0021	0.0121	0.0973	0.0702	1.4242	0.0121	
최 대	269	-	0.3610	0.0099	0.863	0.7332	0.2635	6.1581	0.0659	
최 소	17	-	0.0081	0	0	0	0.0114	0.2790	0	
자료수	291	-	291	291	257	291	291	291	282	

□ 월별 평균농도

- '07년 지점별 평균농도를 보면 전반적으로 공업지역인 감전동이 구리를 제외한 전 항목에서 최고농도를 나타내었고, 그 다음으로 연산>덕천>전포>온천, 광안동의 농도 순으로 나타났다.
- 지점별 정기 측정결과에서 보면 공업지역인 감전동이 납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 망간(Mn), 니켈(Ni) 항목에서 타 지점에 비해 높은 농도편차를 보였다. 이는 상기 항목들이 타 항목에 비해 인위적인 영향을 많이 받는 것을 알 수 있다.
- 세부항목별 연도별 변화 경향을 살펴보면 납(Pb)의 경우 전 지점에서 꾸준한 감소 경향을 보이다 '05년을 기점으로 일부지점에서 소폭 증가를 보였다. 카드뮴(Cd)의 경우 지점별 증감패턴은 달랐지만 미량의 농도로 그 변화폭이 매우 적게 나타났다.
크롬(Cr)은 '04년에 특이치를 보인 것을 제외하고 대부분의 지점에서 큰 변화는 없었으나, 공업지역인 감전동은 소폭 증가 경향을 나타내고 있다.
구리(Cu)의 경우 잦은 증감패턴을 보였지만 전반적으로 감소 경향을 나타냈다.
망간(Mn), 철(Fe)의 경우 전 지점에서 '02년과 '06년에 농도증가를 나타내어 인위적 오염 원 영향보다는 황사에 의한 외부 기상요인 영향이 더 크게 작용한 것으로 나타났다.
니켈(Ni)의 경우 크롬(Cr)과 마찬가지로 공업지역인 감전동이 타 지점에 비해 높은 농도편차를 보였으며, 금년에는 감소하였지만 소폭 증가 경향을 나타내고 있어 이 지점의 배출시설 등의 인위적 배출원의 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.

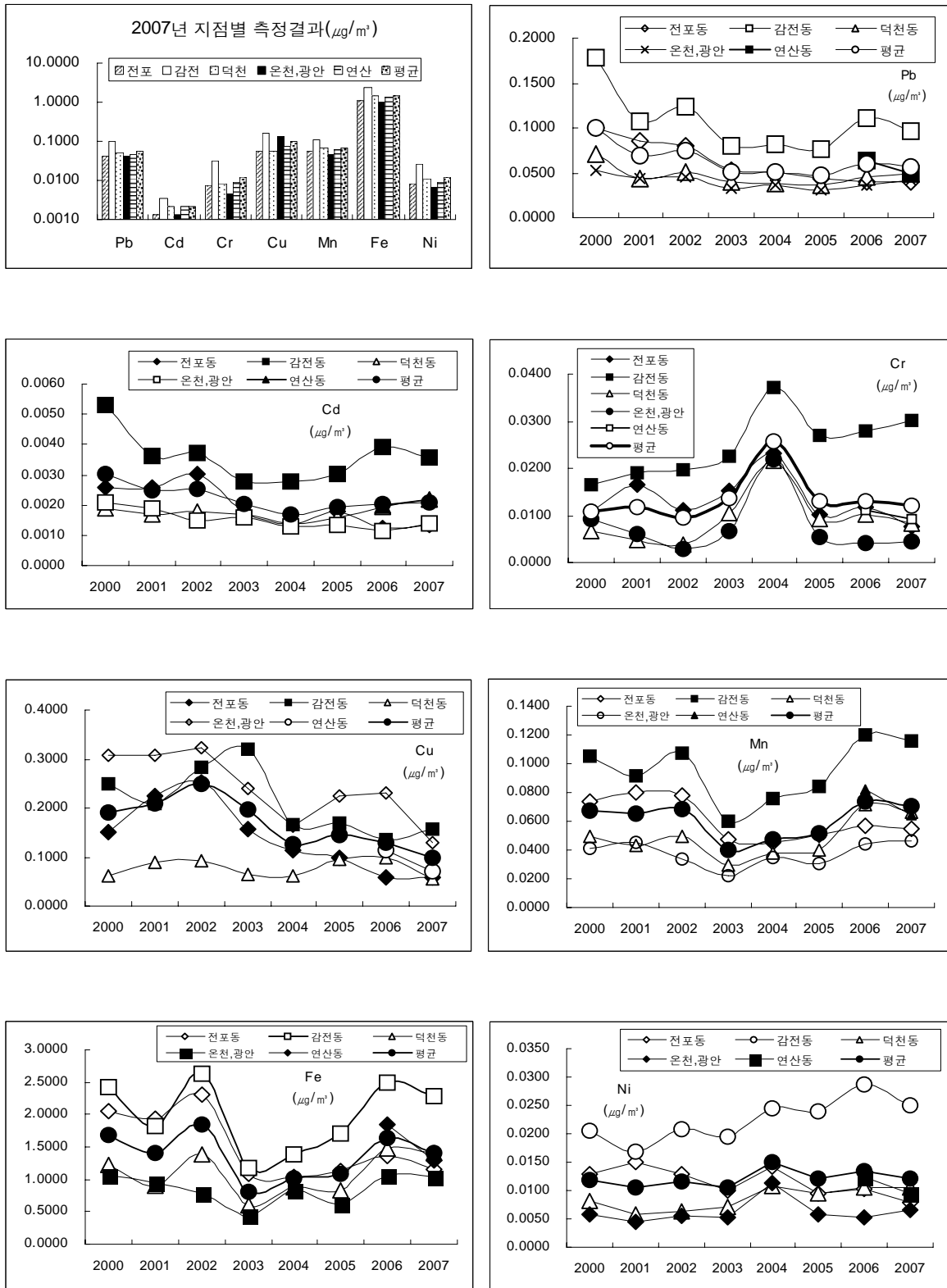


그림 4. 지점별 항목별 측정결과(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

□ 항목별 상관관계

○ 총 먼지와 기상자료간의 상관관계

- ▷ 대기 중금속 측정망의 총 먼지(TSP) 일 평균자료와 해당일의 미세먼지(PM-10) 농도 및 기상자료(기상청 AWS)간의 상관성을 통계 프로그램인 SPSS 11.0을 이용하여 요인분석 (Factor analysis)을 한 표 3의 결과 총 먼지와 미세먼지간 사이에는 높은 상관성을 보였으나 기상요소와는 뚜렷한 상관성은 없었다.
- ▷ 따라서 풍속 구간별로 나누어 총 먼지(TSP) 농도변화를 확인해 본 표 4 결과 풍속이 4 m/s 이상의 다소 강풍일 때 총 먼지 농도가 낮은 값을 나타내어 대기확산에 의한 영향을 간접적으로 시사했다.
- ▷ 또한 동일 풍속 구간에서 총 먼지와 기상요소와의 상관성을 살펴본 결과 풍속이 $0 < WS < 2$ 구간에서는 온도와의 음의 상관성을 $WS < 5$ 구간에서는 풍속과의 양의 상관을 보여 풍속이 일정 수준 이상일 때는 비산먼지의 영향이 크게 나타나는 것으로 판단되었지만 보다 신뢰성 확보를 위해서는 다량 자료를 이용한 분석이 요구되어 진다.
- ▷ 총 먼지 농도변화가 어떤 풍향과 연계되어 있는가의 여부 파악을 위해 시료채취일별 각 풍향 발생 빈도수와의 상관분석 표 5 결과, 전포동에서 북동풍 계열과 높은 상관성을 나타냈고, 그 외 지점은 상관계수(r)가 0.5이하로 특정 방향과의 상관성을 찾기가 어려웠다.

표 3. 총 먼지 및 기상요소(풍속, 온도, 습도)와의 상관관계

	미세먼지	풍속	온도	습도
총먼지	0.79**	-0.1	0.04	0.01
자료수	56	56	56	56

표 4. 풍속구간별 총 먼지 농도 현황 및 기상요소와의 상관관계

풍속구분	TSP 농도	PM-10농도	총 먼지와 기상과의 상관계수			자료수
			풍속	온도	습도	
$0 < WS < 2$	73	55	0.06	-0.58*	-0.09	8
$2 \leq WS < 3$	71	56	-0.10	-0.26	-0.12	19
$3 \leq WS < 4$	75	51	-0.11	0.34*	0.11	18
$4 \leq WS < 5$	53	46	0.45*	-0.20	-0.33	6
$WS < 5$	59	49	0.98*	0.25	0.60	4

○ 지점별 중금속 항목간의 상관관계

중금속 성분들에 대한 분포특성이 주로 어떤 배출원과 연계되어 있는가의 여부 파악을 위해 용도 지역별 입자상 물질 및 중금속과의 상관성을 통계 프로그램인 SPSS 11.0을 이용하여 요인분석 (Factor analysis)을 한 결과 표 6을 보면,

- ▷ 전포동은 Pb-Mn-Fe, Cr-Ni, Mn-Fe-TSP가, 감전동은 Pb-Cr-Fe-TSP, Cd-Mn-TSP, Cr-Ni, Cu-Ni, Mn-Fe-TSP가, 덕천동은 Pb-Cd-Cu-Mn-Fe-Ni-TSP, Cr-Ni이, 연산동은 Pb-Cd-Cu-Mn-Fe-TSP, Cr-Ni, Mn-Fe-TSP, 광안동은 Pb-Cd, Mn-Fe-TSP 사이에 높은 상관성을 나타냈다.

표 6. 계속

		Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	TSP
덕천	Pb	1							
	Cd	0.39**	1.00						
	Cr	0.53**	0.18	1.00					
	Cu	0.35**	0.06	0.39**	1.00				
	Mn	0.66**	0.57**	0.46**	0.43**	1.00			
	Fe	0.55**	0.33**	0.40**	0.48**	0.68**	1.00		
	Ni	0.37**	0.17	0.52**	0.61**	0.41**	0.39**	1.00	
	TSP	0.62**	0.53**	0.36**	0.35**	0.85**	0.61**	0.38**	1.00
	No.	60	60	55	60	60	60	60	60
연산	Pb	1.00							
	Cd	0.72**	1.00						
	Cr	0.32**	-0.02	1.00					
	Cu	0.68**	0.55**	0.38**	1.00				
	Mn	0.78**	0.54**	0.42**	0.73**	1.00			
	Fe	0.61**	0.42**	0.29**	0.56**	0.88**	1.00		
	Ni	0.58**	0.29**	0.86**	0.56**	0.61**	0.42**	1.00	
	TSP	0.74**	0.49**	0.36*	0.57**	0.88**	0.85**	0.52**	1.00
	No.	55	55	47	55	55	55	52	55
온천	Pb	1.00							
	Cd	0.57**	1.00						
	Cr	0.18	-0.02	1.00					
	Cu	0.63**	0.53**	0.23	1.00				
	Mn	0.76**	0.39**	0.28*	0.62**	1.00			
	Fe	0.56**	0.18	0.28*	0.40**	0.85**	1.00		
	Ni	0.16	-0.10	0.69**	0.16	0.28**	0.34**	1.00	
	TSP	0.59**	0.33	0.13	0.47**	0.81**	0.78**	0.19	1.00
	No.	59	59	52	59	59	59	57	59

*Correlation is significant at the 0.05 level(2-tailed).

**Correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed).

□ 주요광역시도 비교

○ 주요 광역시의 '07년 연평균은 환경기준 설정항목인 납(Pb)의 경우 0.0524~0.0940 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 주요도시 모두 환경기준 이하 값을 나타냈으며, 인천시 0.0940으로 타 시도 대비 높은 농도값을 보였으며, 우리시 납의 농도는 0.0556 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 주요도시 대비 유사하거나 낮은 농도 분포를 나타냈다.

○ 그 외 중금속 농도를 살펴보면 총 먼지(TSP), 카드뮴(Cd)은 인천시가, 구리(Cu)는 광주 시, 망간(Mn), 철(Fe)은 울산시가 높은 농도분포를 나타냈고, 우리시는 크롬(Cr), 니켈(Ni)이 타 시도 비교 높은 농도수준을 나타냈다.

표 4. 2007년 주요도시 농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	TSP	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni
부산	76	0.0556	0.0021	0.0121	0.0973	0.0702	1.4242	0.0121
서울	91	0.0524	0.0014	0.0050	0.1137	0.0393	1.5577	0.0043
대구	86	0.0578	0.0026	0.0062	0.1557	0.0614	1.3660	0.0071
인천	118	0.0940	0.0039	0.0097	0.1176	0.0793	1.1329	0.0108
광주	81	0.0567	0.0021	0.0020	0.1687	0.0479	0.8774	0.0032
대전	-	0.0592	0.0009	0.0028	0.0192	0.0388	0.7278	0.0029
울산	76	0.0699	0.0026	0.0049	0.1520	0.0807	1.5967	0.0066

※ NANIS 자료 참조.

3. 결론

- 대기환경 설정항목인 납(Pb)의 평균값은 $0.0556 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 대기환경기준(연평균 $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)의 11.1% 수준이었음
- 연도별 농도변화는 납은 지속적 감소경향을 보이다 '05년 기점 소폭 증가하였으며, 토양유래성 분인 망간, 철의 경우 황사영향이 컸던 '02년과 '06에 증가, 대기 중 미량으로 존재하는 카드뮴 큰 변화를 보이지 않음
구리의 경우 2002년을 기점으로 감소경향을 보였으며, 크롬과 니켈의 경우 소폭 증가 경향
- 금년 월별 농도변화는 미 강우에 의한 대기 건조를 보인 2, 5월 전반적으로 농도 증가를 보임 특히 5월 중부지방 황사 간접 영향으로 망간, 철의 농도 증가가 크게 나타남
- 지점별 농도분포는 전반적으로 감전>연산>덕천>전포>온천·광안동의 순으로 나타남
- 주요 광역시 측정농도 결과 환경기준 항목인 납(Pb)의 경우 주요도시 모두 환경기준값을 만족 하였으며, 그 외 중금속은 항목별 도시별 순위를 달리하였음