

# 대기중금속 조사

- 대기 중 입자상 물질에 포함된 중금속 성분의 월별 현황파악
- 환경기준 평가 및 유해 중금속물질에 대한 관리대책을 마련하기 위함

## 1. 조사개요

- 조사기간 : 2008년 1월 ~ 12월(매월 둘째 주 5일간 시료채취)
- 조사대상

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 연산동	연제초등학교 옥상	
광안동	주 거	수영구 광안4동 1276-1	보건환경연구원 옥상	

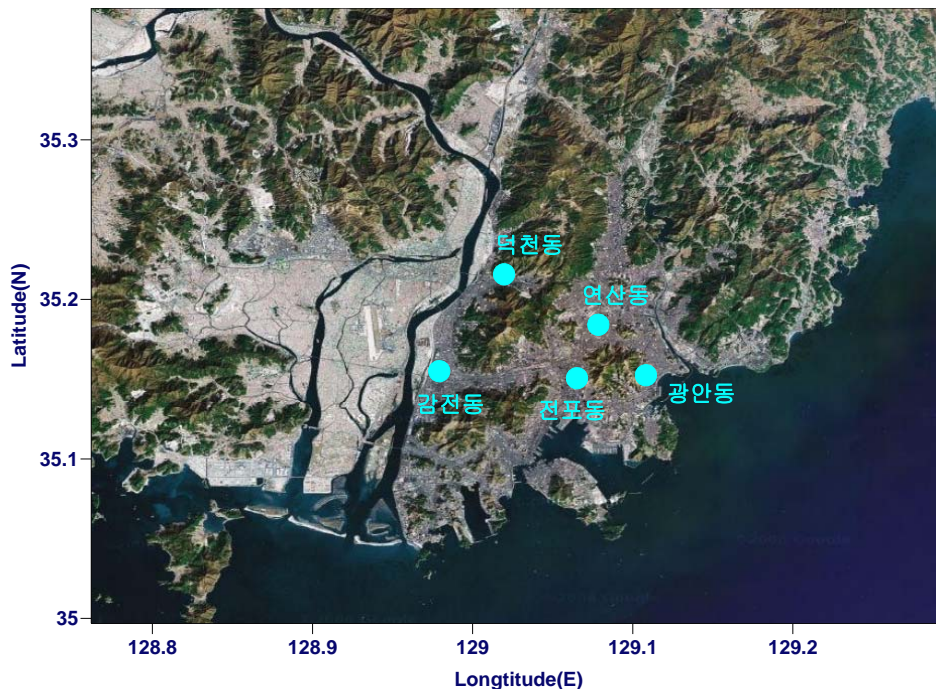
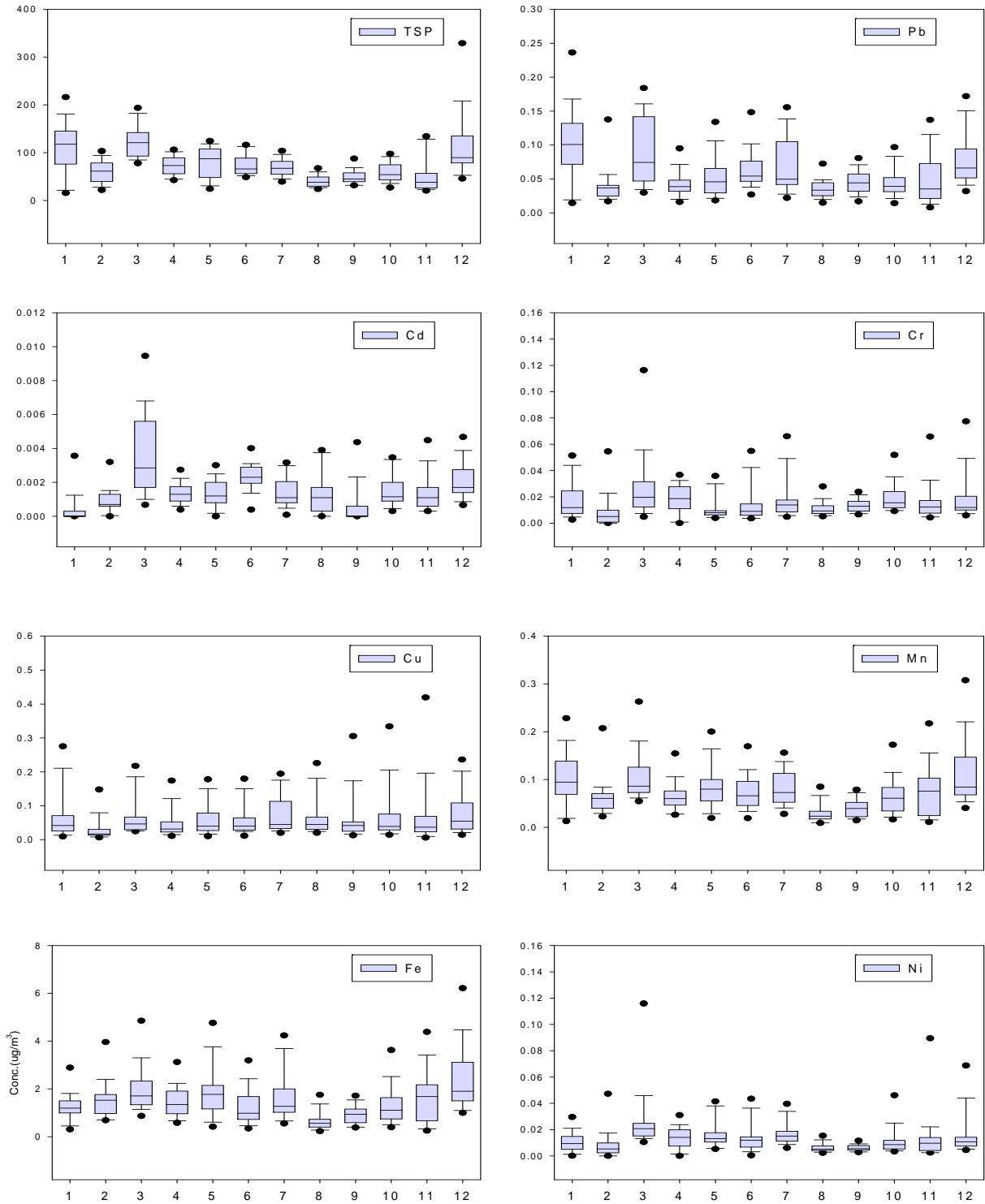


그림 1. 대기중금속 측정망 위치도

담당부서 : 대기보전과(☎888-6816)  
과장 : 조정구, 담당자 : 서윤하





\* 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 2. 항목별 농도분포 현황

○ 계절별 특성

- ▷ 부산 기상청에서 측정된 2008년 1월부터 12월까지의 일평균 기상자료를 이용하여 일별 평균 강우 누적량, 강우빈도수, 상대습도, 온도를 계절별로 나타내었다. 봄은 3월 ~ 5월, 여름은 6월 ~ 8월, 가을은 9월 ~ 11월, 겨울은 1월 ~ 2월, 12월로 구분하였다.
- ▷ 계절적 특성상 여름철은 강우량 220 mm, 강우빈도 10회, 상대습도 78.0%, 온도 23.4℃로 가장 높은 값을 나타냈으며, 겨울철은 강우량 21 mm, 강우빈도 4회, 상대습도 40.4%, 온도 6℃로 가장 낮았다. 봄과 가을은 상대습도가 유사한 것으로 나타났고, 강우량, 강우빈도, 온도는 가을철이 더 낮은 것으로 나타났다.
- ▷ 봄철은 겨우 내 얼었던 중국 사막이 해빙되어 대규모 황토먼지를 가진 황사가 발생하는 시기로, TSP의 농도가 겨울철과 비슷한 수준이며, 상대습도가 비교적 낮아 대기 중금속의 농도에 영향을 미친 것으로 판단되었다.

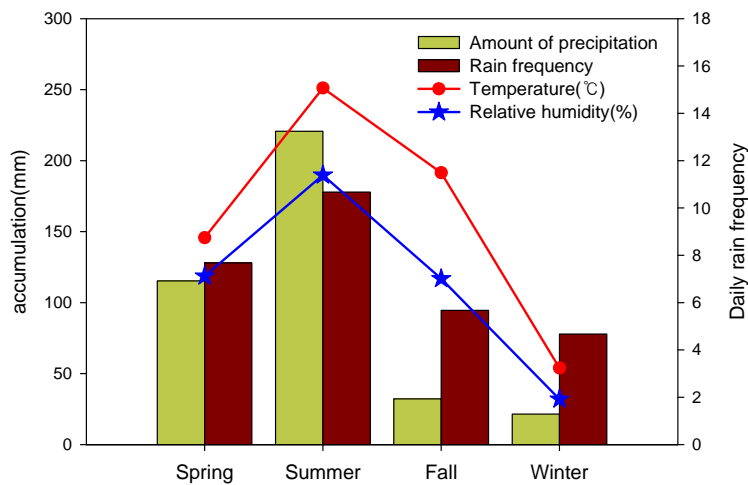


그림 3. 기상 조건의 계절별 변화

- ▷ 대기중금속의 계절별 분포 특성을 살펴보면, 봄철은 카드뮴(Cd) 0.0021  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 크롬(Cr) 0.0186  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 철(Fe) 1.7655  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 니켈(Ni) 0.0188  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최고 농도를 나타냈으며, 겨울철은 납(Pb) 0.0743  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 망간(Mn) 0.0931  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 총먼지 농도(TSP)가 95  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 농도를 나타냈다. 반면 여름철은 납(Pb)과 구리(Cu)를 제외한 모든 중금속의 농도가 가장 낮은 값을 보였다.
- ▷ 대기중금속의 누적 총농도는 봄 > 겨울 > 가을 > 여름의 순으로 나타났으며, 총 먼지 농도의 경우 겨울 > 봄 > 여름 > 가을의 순으로 나타났다.

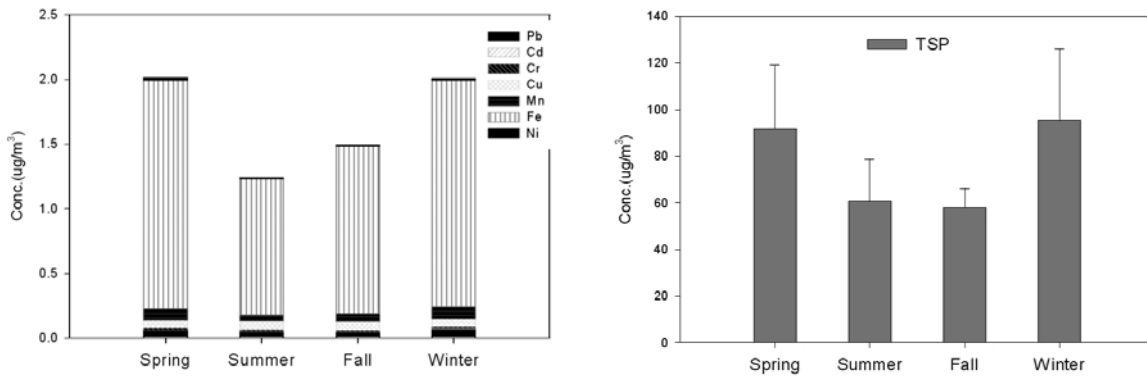


그림 4. 중금속과 TSP의 계절별 변화

○ 연도별 특성

- ▷ 대기환경기준 설정항목인 Pb(납)의 연평균 농도는 0.0597  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 연 평균 환경기준 (0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)의 11.9%수준이었으며, 월별 농도분포는 0.0353 ~ 0.1029  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 전 월에 걸쳐 환경기준 이하 값을 나타냈다.
- ▷ 우리시의 연도별 중금속 농도 변화를 살펴보면, 납(Pb)의 경우 '05년 (연도 축약 교정) 0.464  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 일시적인 감소 경향을 나타냈으나, 이후 다시 증가하여 '06년부터 0.556 ~ 0.597  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도 분포를 나타냈다. '06년과 '08년은 시료채취 기간 중 황사의 영향을 받은 해로 망간(Mn), 철(Fe)의 농도가 높은 분포를 나타냈다.
- ▷ 대기 중에 미량으로 존재하는 카드뮴(Cd)의 경우 연평균농도 범위는 0.0015 ~ 0.0021  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로, WHO 권고기준인 0.005  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 값을 나타냈으며, 연도별 큰 변화를 나타내지 않았다.
- ▷ 크롬(Cr)의 경우 '04년 (연도 축약 교정) 최고치를 나타낸 후 '05년부터 '07년까지 감소하였으나 '08년 다시 소폭 증가하였다. 구리(Cu)의 경우 '05년을 기점으로 꾸준한 감소경향을 보이고 있다.

표 2. 최근 5년간 연도별 평균농도

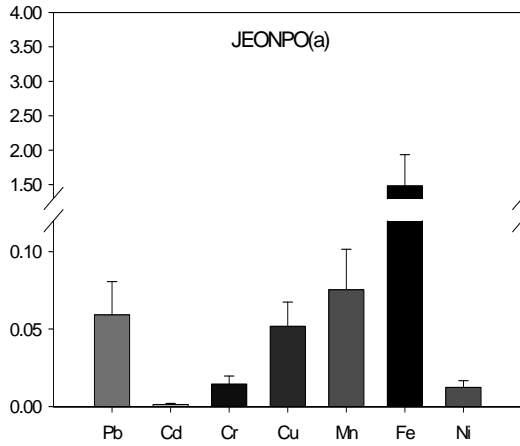
(단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni
2008년	0.0597	0.0015	0.0161	0.0636	0.0751	1.4924	0.0134
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
환경기준 (WHO권고기준)	0.5 연평균	(0.005) 연평균	-	-	(0.15) 연평균	-	-

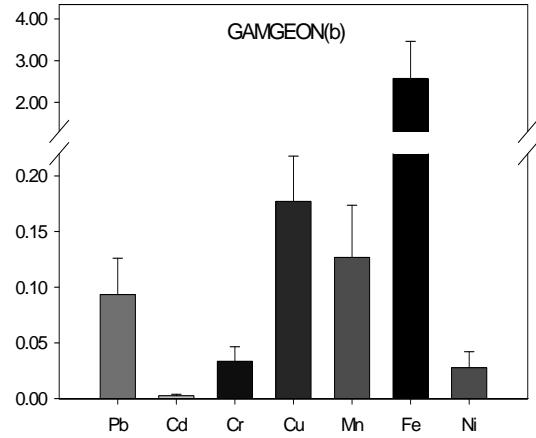
## ○ 지점별 특성

### ▷ 지점별 중금속 농도 분포

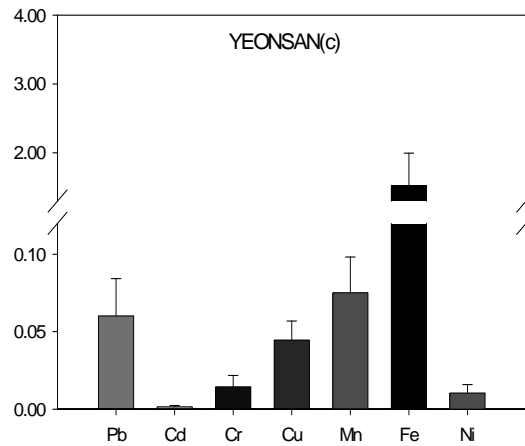
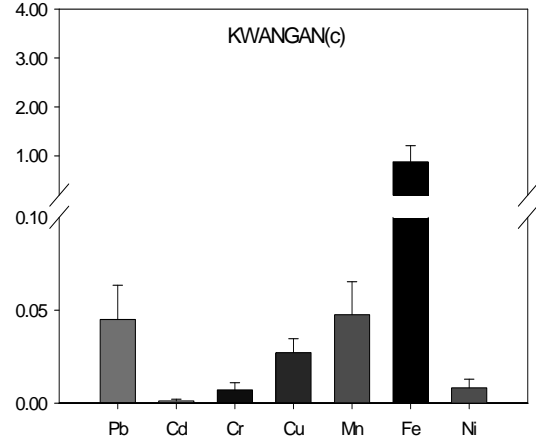
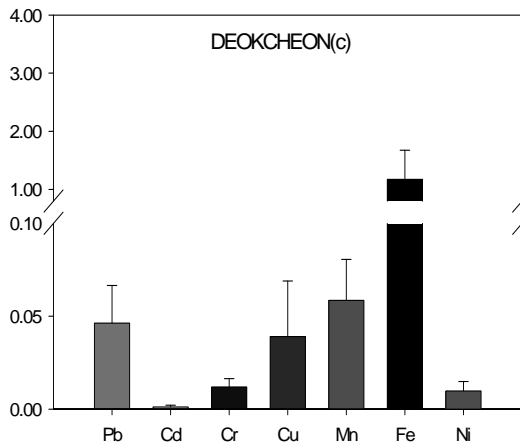
- '08년 지점별 평균농도를 보면 전반적으로 공업지역인 감전동이 전 항목에서 최고농도를 나타냈고 해안에 인접한 주거지역인 광안동이 최저농도를 나타내었다. 항목별로 보면 납(Pb), 카드뮴(Cd), 철(Fe)의 경우 감전 > 연산 > 전포 > 덕천 > 광안의 순서로 나타났고, 구리(Cu), 크롬(Cr), 망간(Mn), 니켈(Ni)의 경우 감전 > 전포 > 연산 > 덕천 > 광안의 순서로 나타났다.
- 전포동은 상업지역으로 주변 고층건물이 측정소를 둘러싸고 있고, 자동차 통행량이 많은 큰 도로가 인접해 있어 건물의 난방을 위한 연소 및 도로변 자동차에 의한 영향을 받는 지점으로 판단된다. 항목별로는 철(Fe)이 가장 높은 농도를 나타냈고, 망간(Mn), 납(Pb), 구리(Cu), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 카드뮴(Cd)의 농도 순서를 나타냈다.
- 공업지역에 위치한 감전동은 측정소 주변 크고 작은 제련 및 비철금속 공장들이 난립해 있다. '08년 전 측정소 평균과 비교 시 중금속 농도는 1.6 ~ 2.7배가량 높게 나타났다. 중금속의 농도분포는 철(Fe), 구리(Cu), 망간(Mn), 납(Pb), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 카드뮴(Cd)의 순서로 나타났는데, 이는 타 측정소의 농도 분포와 다른 경향으로 인위적인 영향이 큰 것으로 판단되며 주변 배출원의 중점관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 주거지역은 규모가 큰 인위적 배출원이 존재하지 않는 지점이나 연산동 측정소의 경우 주변 빌라 및 주택이 밀집되어 있으며, 측정소 주변 큰 도로가 인접하여 있어 광안동과 덕천동 보다 높은 중금속 농도분포를 보이고 있다. 해안가에 위치한 광안동과 주변 주택의 수가 조밀하지 않은 덕천동 측정소의 경우 전 항목 농도가 '08년 평균보다 모두 낮은 것으로 나타났으며, 철(Fe), 망간(Mn), 납(Pb), 구리(Cu), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 카드뮴(Cd)의 농도 순서를 나타냈다.



(a) Commercial area



(b) Industrial area



(C) Resident area

그림 5. 지점별 정기측정 결과(단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

▷ 지점별 중금속 항목간의 상관관계

표 3. 2008년 지점별 항목별 요인분석

		Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	TSP	Rotated Factor Matrix	
										Component1	Component2
전포	Pb	1.00								0.0343	0.796
	Cd	0.48**	1.00							-0.074	0.784
	Cr	0.12	-0.06	1.00						0.770	-0.291
	Cu	0.54**	0.30*	0.15	1.00					0.545	0.501
	Mn	0.67**	0.20	0.41*	0.58**	1.00				0.800	0.466
	Fe	0.41**	0.29*	0.31*	0.55**	0.84**	1.00			0.725	0.439
	Ni	0.44**	0.25	0.39**	0.63**	0.62**	0.57**	1.00		0.739	0.292
	TSP	0.79**	0.43**	0.17	0.44**	0.76**	0.70**	0.43**	1.00	0.468	0.743
	No.	60	60	60	60	60	60	60	60		
감전	Pb	1								0.836	
	Cd	0.61**	1							0.763	
	Cr	0.60**	0.70**	1						0.873	
	Cu	0.30*	0.17	0.34*	1					0.395	
	Mn	0.86**	0.59**	0.75**	0.33*	1				0.947	
	Fe	0.69**	0.58**	0.70**	0.30*	0.89**	1			0.886	
	Ni	0.47**	0.68**	0.90**	0.24	0.72**	0.73**	1		0.831	
	TSP	0.73**	0.47**	0.52**	0.25	0.78**	0.65**	0.44**	1	0.768	
	No.	54	54	54	54	54	54	54	54		
덕천	Pb	1								0.859	-0.134
	Cd	0.49**	1							0.557	0.226
	Cr	-0.11	0.20	1						-0.021	0.926
	Cu	0.51**	0.36**	0.18	1					0.671	0.236
	Mn	0.66**	0.36**	0.21	0.67**	1				0.882	0.284
	Fe	0.43**	0.30*	0.16	0.53**	0.87**	1			0.780	0.270
	Ni	0.31*	0.43**	0.59**	0.44**	0.66**	0.58**	1		0.503	0.766
	TSP	0.77**	0.49**	0.091	0.39**	0.75**	0.69**	0.51**	1	0.884	0.059
	No.	60	60	60	60	60	60	60	60		
광안	Pb	1								0.634	0.516
	Cd	0.48**	1							0.030	0.862
	Cr	0.43**	0.51**	1						0.200	0.770
	Cu	0.47**	0.53**	0.45**	1					0.259	0.723
	Mn	0.61**	0.12	0.32*	0.39**	1				0.953	0.129
	Fe	0.52**	0.13	0.28*	0.35**	0.90**	1			0.923	0.078
	Ni	0.55**	0.39**	0.61**	0.51**	0.66**	0.53**	1		0.607	0.560
	TSP	0.74**	0.39**	0.31*	0.31**	0.75**	0.73**	0.60**	1	0.837	0.287
	No.	59	59	59	59	59	59	59	59		
연산	Pb	1								0.798	0.000
	Cd	0.40**	1							0.564	0.204
	Cr	0.14	0.17	1						0.050	0.923
	Cu	0.59**	0.38**	0.22	1					0.696	0.166
	Mn	0.59**	0.37**	0.26*	0.56**	1				0.879	0.262
	Fe	0.37**	0.37**	0.21	0.51**	0.87**	1			0.784	0.231
	Ni	0.28*	0.38**	0.65**	0.36**	0.54**	0.44**	1		0.364	0.836
	TSP	0.72**	0.49**	0.20	0.42**	0.84**	0.70**	0.44**	1	0.886	0.148
	No.	60	60	60	60	60	60	60	60		

상관계수의 양쪽 유의수준(\*\* 0.01, \*0.05)



중금속 성분들에 대한 분포특성이 주로 어떤 배출원과 연계되어 있는가의 여부 파악을 위해 용도지역별 입자상 물질 및 중금속과의 상관성을 통계 프로그램인 SPSS 11.0을 이용하여 요인분석(Factor analysis)을 한 결과 표 3을 보면,

- 전포동은 제1요인으로 도금 및 비철금속업에서 주로 배출되는 Cr, Cu, Mn, Fe, Ni이 추출되었고, 제2요인으로는 자동차 배출가스에 기인한 것으로 추정되는 Pb, Cd, TSP가 추출되었다. 공업지역의 감전동은 1개의 주성분만이 추출되었는데 이는 Cu를 제외한 Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni, TSP가 동일한 거동을 하며 유사한 오염원에서 배출되는 것을 의미한다. 주거지역의 덕천동과 연산동은 Pb, Cd, Cu, Mn, Fe, TSP가 제 1요인으로 추출되었으며, 크롬도금공정에서 배출되는 Cr, Ni이 제2요인으로 추출되었다. 광안동은 Pb, Mn, Fe, Ni, TSP가 제1요인으로 추출되었고, 화석연료 연소시설에서 주로 배출되는 Cd, Cr, Cu가 제2요인으로 추출되었다.

○ 주요 광역시도 비교

- ▷ 주요 광역시의 '08년 연평균은 환경기준 설정항목인 납(Pb)의 경우 0.0237~0.0823  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 모두 환경기준 이하 값을 나타냈으며, 인천시가 0.0813으로 타 시도 대비 높은 농도 값을 보였으며, 우리시 납의 농도는 0.0597  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 주요도시 대비 중간 농도 분포를 나타냈다.
- ▷ 그 외 중금속 농도를 살펴보면 인천과 경남에서 전반적으로 높은 분포를 나타냈는데, 납(Pb), 카드뮴(Cd), 구리(Cu), 망간(Mn)은 인천시가 크롬(Cr), 철(Fe), 니켈(Ni)은 경남이 최고 농도 분포를 나타냈다. 우리시의 경우 크롬(Cr), 니켈을 제외한 중금속은 타 시도와 비교시 유사하거나 낮은 농도수준을 나타냈으나, 크롬(Cr), 니켈(Ni)은 경남에 이어 두 번째로 높은 농도 분포를 나타냈다.

표 4. 2008년 주요도시 농도(NAMIS 자료 참조)

(단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

구분	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni
부 산	0.0597	0.0015	0.0161	0.0636	0.0751	1.4924	0.0134
서 울	0.0390	0.0012	0.0045	0.0513	0.0399	1.5138	0.0076
인 천	0.0813	0.0030	0.0118	0.1623	0.2349	1.7041	0.0112
대 전	0.0660	0.0010	0.0042	0.0228	0.0403	0.8897	0.0044
전 남	0.0237	0.0009	0.0006	0.0919	0.0360	0.6036	0.0022
대 구	0.0378	0.0017	0.0053	0.1261	0.0548	1.3573	0.0067
경 남	0.0624	0.0000	0.0191	0.0509	0.1803	2.4399	0.0187

\* 서울 : 10월까지의 평균 농도, 경남 : 11월~12월의 평균 농도(11월부터 중금속 측정망 운영)

### 3. 결론

- 대기환경 설정항목인 납(pb)의 평균값은  $0.0597 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 대기환경 기준(연평균  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  이하)의 11.9%수준이었음.
- 월별 농도변화는 시료채취기간 중 대기 건조, 박무, 연무, 황사가 나타난 1월, 3월, 12월이 전반적으로 농도 증가를 보임. 특히 12월 황사 직접 영향으로 구리, 망간, 철의 농도 증가가 크게 나타남.
- 연도별 농도변화는 납은 '08년 소폭 증가하였으며, '06년과 '08년은 황사의 영향으로 망간, 철이 높은 농도 분포를 나타냈고, 구리의 경우 꾸준한 감소 경향을 보임.
- 지점별 농도분포는 전반적으로 감전>연산·전포>덕천>광안동의 순으로 나타났으며, 항목별 농도 분포는 공업지역(감전동) 철>망간>구리>납>크롬>니켈>카드뮴의 순으로, 타 지역(전포, 덕천, 광안, 연산)은 철>망간>납>구리>크롬>니켈>카드뮴의 순으로 나타남.
- 주요 광역시 측정농도 결과 환경기준 항목인 납(Pb)의 경우 주요도시 모두 환경기준값을 만족하였으며, 그 외 중금속은 항목별 도시별 순위를 달리하였음.