

## 대기중금속 조사

- 주거지역 또는 공단인근 지역에서의 중금속에 의한 오염실태 파악
- 장기 오염변화추이를 분석하여 대기질 개선 대책수립에 필요한 자료 확보

### 1. 조사개요

- 조사기간 : 2009년 1월~12월(매월 둘째 주 5일간 시료채취, 우천 시 순연)
- 조사지점

측정소	용도지역	주 소	위 치
전포동	상 업	부산진구 전포1동 561번지	경남공업고등학교 옥상
감전동	공 업	사상구 서전2길 49	감전동 주민자치센터 옥상
덕천동	주 거	북구 덕천1동 365-1	한국환경공단 낙동강유역본부 옥상
광안동	주 거	수영구 광안동 범바위 6길 53	부산시 보건환경연구원 옥상
연산동	주 거	연제구 연산5동 1300	연제초등학교 옥상

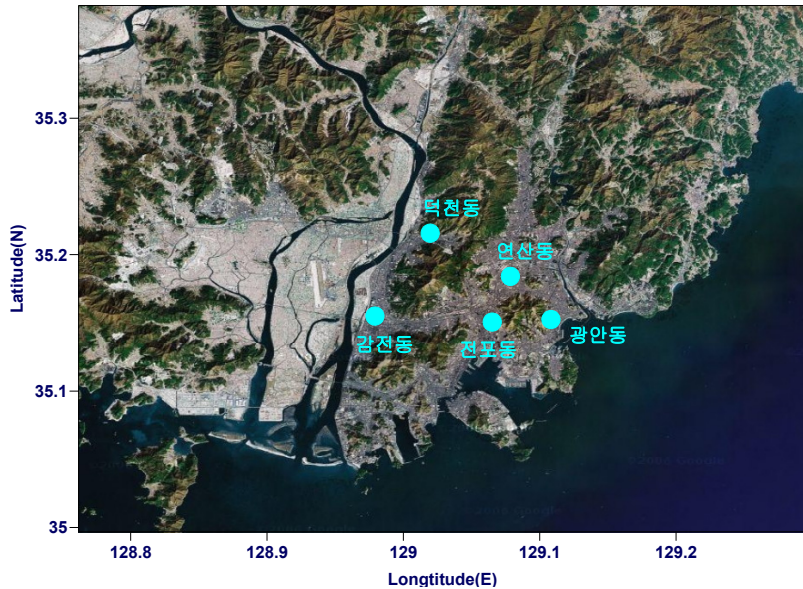


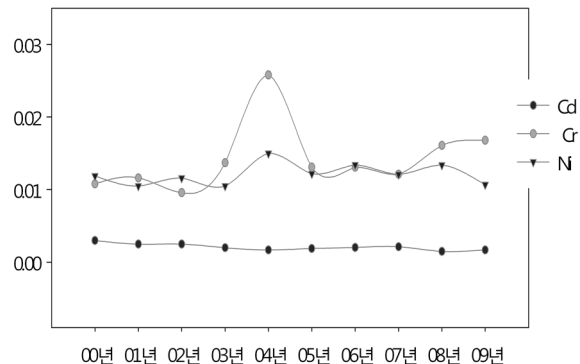
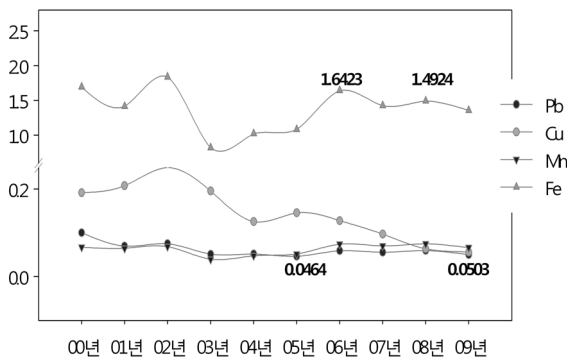
그림 1. 대기중금속 측정망 위치도

## 2. 조사방법

- 조사항목 : 납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 망간(Mn), 철(Fe), 니켈(Ni)
- 조사방법
  - ▷ 시료채취 : High volume air sampler법(24시간 간격 5일간 채취)
  - ▷ QM-A Quartz Filter(8×10 inch, Whatman사) 이용
  - ▷ 중금속성분 추출을 위해 대기오염공정시험법에 준하여 시료를 1.03 M 질산과 2.23 M 염산 1:1 혼합액으로 초음파추출하고, 유도결합플라스마 원자발광분광법으로 분석
- 자료정리
  - ▷ 각 지점에서 조사된 1일 자료를 산술평균하여 지점별 월 평균, 도심 월평균 농도를 생성하고, 도심월평균농도를 산술평균하여 연 평균농도 산출함

## 3. 조사결과

- 연도별 농도 변화 추이
  - ▷ 대기환경기준 설정항목인 Pb(납)의 연평균 농도는 0.0503  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 연 평균 환경기준(0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)의 10.1% 수준이었으며, 월별 농도 분포는 0.0019~0.2207  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 환경기준 이하 값을 나타냈다.
  - ▷ 우리시의 연도별 중금속 농도 변화를 살펴보면, 납(Pb)의 경우 2005년 0.0464  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 일시적인 감소 경향을 나타냈으나, 이후 다시 증가하여 '06년부터 0.0503~0.0597  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도 분포를 나타냈다.
  - ▷ 대기 중에 미량으로 존재하는 카드뮴(Cd)의 경우 연평균농도 범위는 0.0015~0.0030  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로, WHO 권고기준인 0.005  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하 값을 나타냈으며, '04년 이후 연도별 큰 변화를 나타내지 않았다.
  - ▷ 크롬(Cr)의 경우 '04년 최고치를 나타낸 후 '05년부터 '07년까지 감소하였으나 '08년부터 다시 소폭 증가하였다. 구리(Cu)의 경우 '05년을 기점으로 꾸준한 감소경향을 보이고 있다.
  - ▷ '02년과 '06년, '08년은 인위적 오염원 영향보다 황사에 의한 외부기상요인 영향으로 총먼지(TSP), 망간(Mn), 철(Fe)의 농도가 높은 분포를 나타냈다.





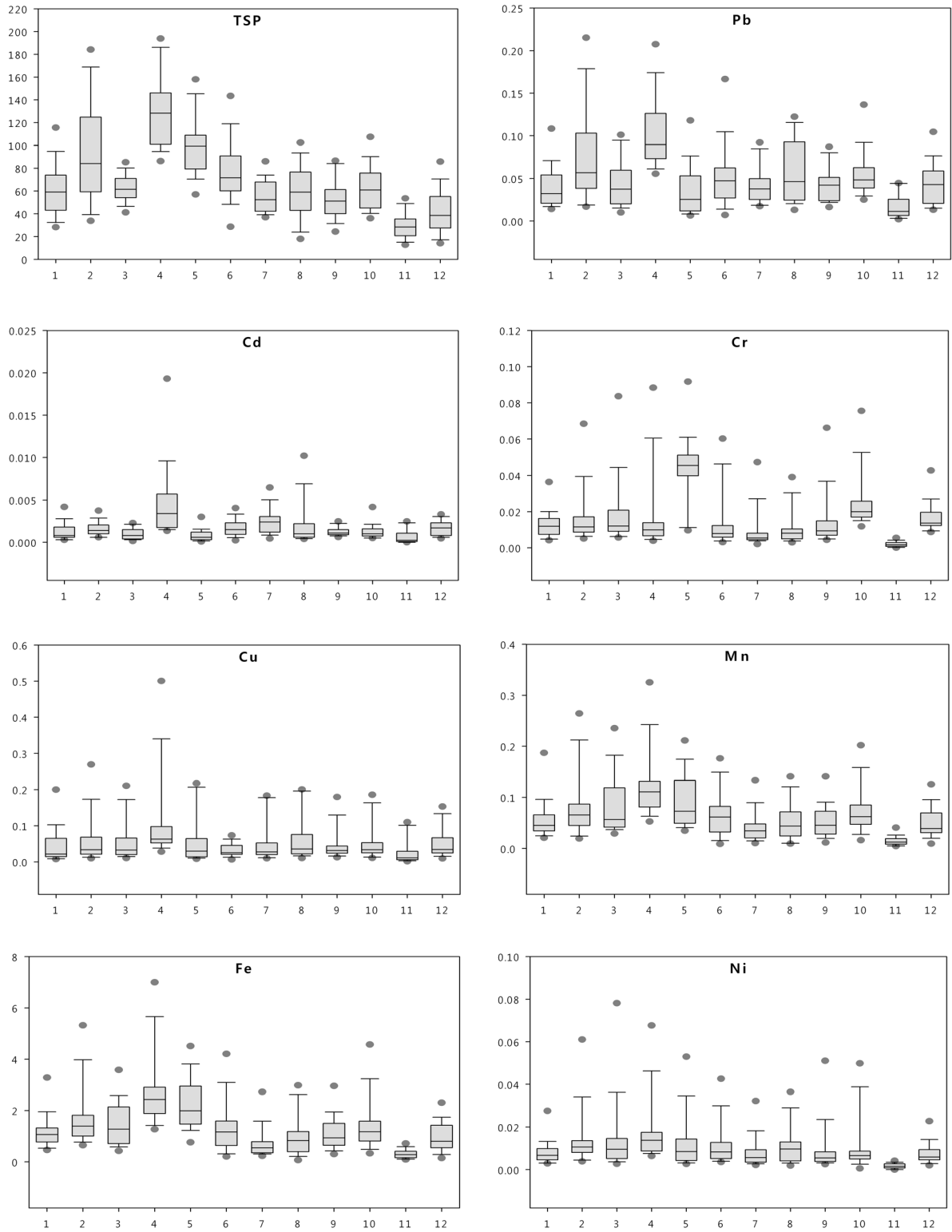


그림 3. 월별 농도분포 현황

※ 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.

○ 계절별 특성

- ▷ 부산 기상청에서 측정된 2009년 1월부터 12월까지의 일평균 기상자료를 이용하여 일별 평균 강우 누적량, 강우빈도수, 상대습도, 온도를 계절별로 나타내었다. 봄은 3월~5월, 여름은 6월~8월, 가을은 9월~11월, 겨울은 12월~2월로 구분하였다.
- ▷ 계절적 특성상 여름철은 강수량 386 mm, 강우빈도 14회, 상대습도 77.2%, 온도 23.2℃로 가장 높은 값을 나타냈으며, 겨울철은 강수량 36 mm, 강우빈도 6회, 상대습도 49.2%, 온도 5.7℃로 가장 낮았다. 봄과 가을은 상대습도가 유사한 것으로 나타났고, 강수량, 강우빈도는 가을철이 더 낮은 것으로 나타났다.

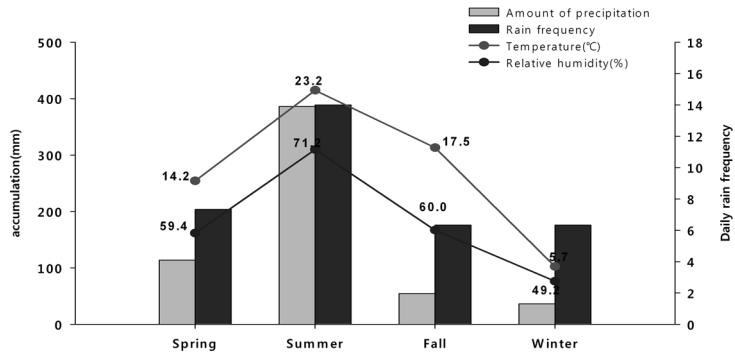


그림 4. 기상 조건의 계절별 변화

- ▷ 봄철은 겨우 내 얼었던 중국 사막이 해빙되어 대규모 황토먼지를 가진 황사가 발생하는 시기로, TSP의 농도가 가장 높았으며, 대기 중금속의 총 누적 농도 또한 가장 높았다.
- ▷ 대기중금속의 계절별 분포 특성을 살펴보면, 봄철에 총먼지 농도(TSP) 97  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 농도를 나타내며, 납(Pb) 0.0614, 카드뮴(Cd) 0.0021, 크롬(Cr) 0.0266, 구리(Cu) 0.0777, 망간(Mn) 0.1015, 철(Fe) 2.1270, 니켈(Ni) 0.0151  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최고 농도를 나타냈다. 반면 여름철은 크롬(Cr)이, 가을철은 총먼지 농도가 가장 낮은 값을 보였다.

표 2. 2009년 계절별 평균농도

(단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	TSP
Spring	0.0614	0.0021	0.0266	0.0777	0.1015	2.1270	0.0151	97
Summer	0.0497	0.0021	0.0113	0.0506	0.0533	1.0219	0.0102	64
Fall	0.0377	0.0011	0.0141	0.0442	0.0479	0.9723	0.0075	48
Winter	0.0525	0.0015	0.0154	0.0519	0.0630	1.3072	0.0101	66

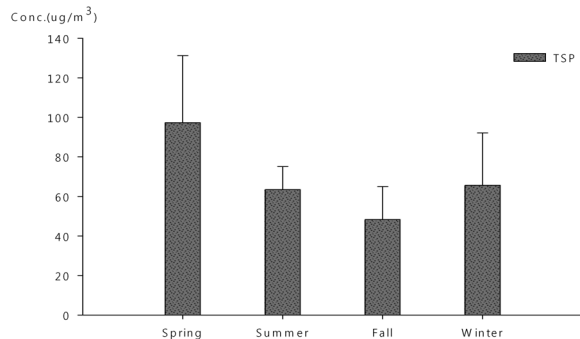
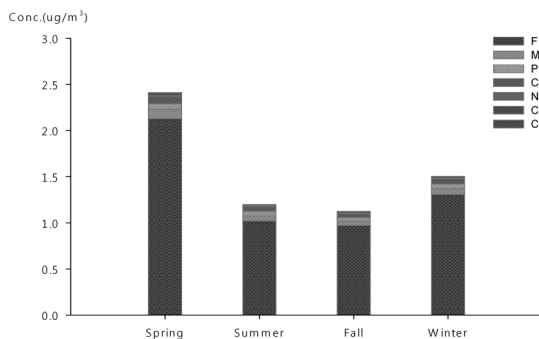
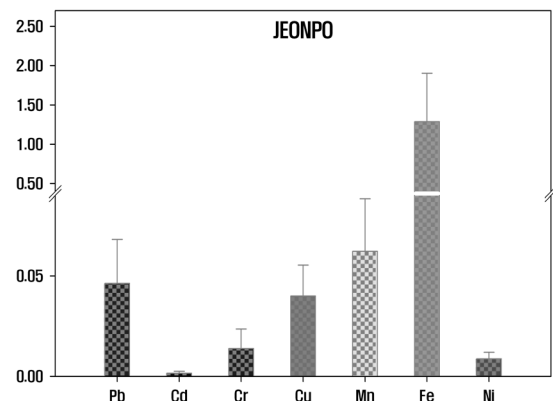
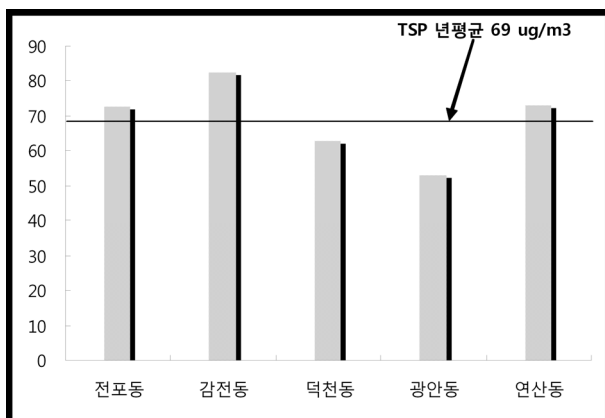


그림 5. 중금속과 TSP의 계절별 변화

○ 지점별 중금속 농도

- ▷ '09년 지점별 평균농도를 보면 전반적으로 공업지역인 감전동이 전 항목 최고농도를 나타냈고, 해안에 인접한 주거지역인 광안동이 최저농도를 나타내었다. 항목별로 보면 납(Pb), 크롬(Cr), 구리(Cu), 망간(Mn), 니켈(Ni)의 경우는 감전, 전포, 연산, 덕천, 광안 순으로 나타났고, 카드뮴(Cd)은 감전, 전포, 연산, 광안, 덕천의 순으로, 철(Fe)의 경우는 감전, 연산, 전포, 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. 총 먼지(TSP)는 '09년 평균 보다 높은 수준을 보이고 있으며, 대부분의 중금속이 년 평균 보다 낮은 수준이고, 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. '09년 평균과 비교 시 중금속 농도는 1.5~2.8배가량 높게 나타났으며, 총 먼지(TSP) 농도도 약 1.2배 높은 수준을 보이고 있다. 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 주변 인위적 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 농도분포와 '09년 평균보다 높은 수준의 총 먼지농도를 보이고 있다. 해안가에 위치한 광안동과 주변 주택 수가 조밀하지 않은 덕천동 측정소의 경우 전 항목 농도가 '09년 평균보다 모두 낮은 것으로 나타났으며, 철(Fe), 망간(Mn), 납(Pb), 구리(Cu), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 카드뮴(Cd)의 농도 순서를 나타냈다.



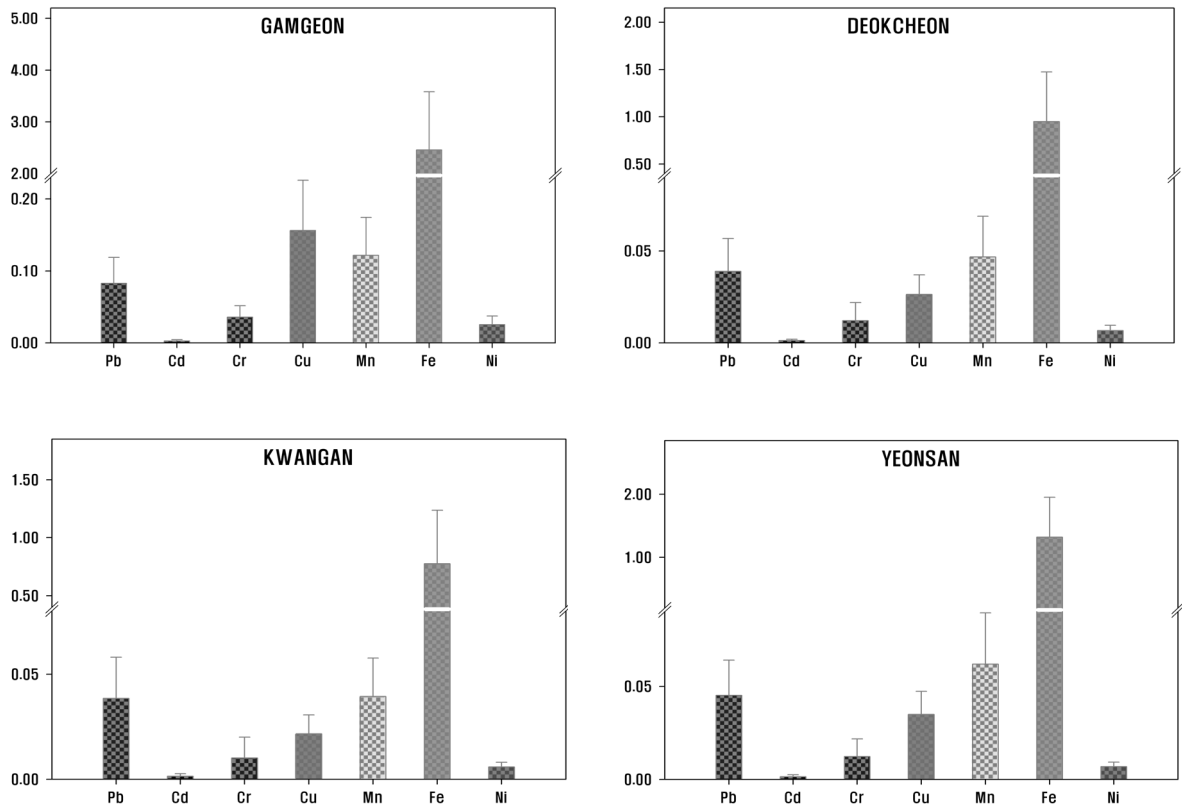


그림 6. 지점별 측정 결과

○ 지점별 중금속 항목간의 상관관계

- ▷ 중금속 성분들에 대한 분포특성이 주로 어떤 배출원과 연계되어 있는가의 여부 파악을 위해 용도지역별 입자상 물질 및 중금속과의 상관성을 통계 프로그램인 SPSS 12.0을 이용하여 요인분석(Factor analysis)을 한 결과 표 2를 보면,
- ▷ 전포동은 제 1요인으로 자동차 배출가스와 화석연료 연소, 도금 및 비철금속업에서 주로 배출되는 Pb, Cu, Mn, Fe, Ni, TSP가 추출되었고, 제 2요인으로는 페인트 및 플라스틱도료에서 주로 배출되는 Cd, Cr이 추출되었다. 공업지역인 감전동은 제1요인으로 인쇄공업, 도금 및 제련, 유류 연소 잔재 등에서 주로 배출되는 Pb, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, TSP가 주성분으로 추출되었고, 제 2요인으로 도금 및 합금에서 주로 배출되는 Cd이 추출되었다. 이는 Cd을 제외한 성분이 동일한 거동을 하며 유사 오염원에서 배출되는 것을 의미한다. 주거지역인 덕천·광안·연산동은 Cu, Mn, Fe, Ni, TSP가 제 1요인으로 추출되었으며, 자동차배출가스와 페인트 안료에서 배출되는 Pb, Cd이 제 2요인으로 추출되었다.
- ▷ 상기 결과에서 보면, Pb-Cd이 주거지역에서 높은 상관성을 나타내며 같은 요인으로 추출되어, 광안동과 덕천동, 연산동의 대기에 영향을 미치는 배출원이 동일한 것으로 나타났다. Cd, Cr 항목의 전년대비 소폭 증가추세를 볼 때 선행연구에서 두 중금속 배출량이 많은 업종으로 알려진 냉각압연 및 압출제품제조업(크롬도금공정), 기타 제1차 비철금속산업(표면코팅공정), 페인트 및 플라스틱도료 관련 제품 제조업 중점관리가 요구된다.

표 2. 2009년 지점별 항목별 요인분석

		Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	TSP	Rotated Factor Matrix	
										Component1	Component2
전포	Pb	1								0.828	-0.479
	Cd	0.766**	1							0.245	-0.762
	Cr	-0.060	-0.213	1						0.451	0.751
	Cu	0.825**	0.531**	0.107	1					0.832	0.417
	Mn	0.607**	0.198	0.400**	0.788**	1				0.963	-0.029
	Fe	0.601**	0.164	0.442**	0.760**	0.946**	1			0.966	-0.070
	Ni	0.576**	0.203	0.143	0.777**	0.839**	0.790**	1		0.866	-0.110
	TSP	0.684**	0.322*	0.220	0.676**	0.753**	0.799**	0.723**	1	0.849	0.174
	No.	59	59	59	59	59	59	59	59		
감천	Pb	1								0.866	0.259
	Cd	0.546**	1							-0.045	0.717
	Cr	0.490**	0.148	1						0.942	0.086
	Cu	0.608**	0.369**	0.424**	1					0.715	0.170
	Mn	0.808**	0.353**	0.783**	0.617**	1				0.836	-0.143
	Fe	0.819**	0.424**	0.771**	0.621**	0.959**	1			0.791	-0.059
	Ni	0.609**	0.235**	0.905**	0.514**	0.833**	0.790**	1		0.923	0.199
	TSP	0.773**	0.565**	0.521**	0.583**	0.778**	0.832**	0.545**	1	0.855	0.285
	No.	60	60	60	60	60	60	60	60		
덕천	Pb	1								0.459	0.854
	Cd	0.709**	1							0.227	0.847
	Cr	-0.003	-0.168*	1						0.542	-0.613
	Cu	0.820**	0.574**	0.095	1					0.729	0.537
	Mn	0.718**	0.294**	0.362**	0.753**	1				0.952	0.138
	Fe	0.622**	0.206**	0.450**	0.694**	0.949**	1			0.961	0.010
	Ni	0.647**	0.240**	0.231**	0.733**	0.843**	0.770**	1		0.858	0.178
	TSP	0.654**	0.367**	0.278**	0.590**	0.776**	0.816**	0.710**	1	0.840	0.189
	No.	60	60	60	60	60	60	60	60		
광안	Pb	1								0.336	0.892
	Cd	0.836**	1							0.030	0.915
	Cr	-0.186**	-0.204**	1						0.515	-0.492
	Cu	0.873**	0.801**	-0.113	1					0.432	0.847
	Mn	0.486**	0.171**	0.242**	0.596**	1				0.927	0.226
	Fe	0.428**	0.141*	0.365**	0.477**	0.896**	1			0.942	0.119
	Ni	0.538**	0.269**	0.005	0.581**	0.777**	0.698**	1		0.756	0.379
	TSP	0.565**	0.325**	0.143*	0.466**	0.664**	0.764**	0.676**	1	0.792	0.260
	No.	60	60	60	60	60	60	60	60		
연산	Pb	1								0.576	0.745
	Cd	0.758**	1							0.213	0.853
	Cr	-0.081	-0.196**	1						0.513	-0.624
	Cu	0.778**	0.533**	0.070	1					0.755	0.506
	Mn	0.590**	0.264**	0.328**	0.750**	1				0.956	0.105
	Fe	0.564**	0.226**	0.393**	0.711**	0.960**	1			0.954	0.042
	Ni	0.575**	0.242**	0.153**	0.657**	0.780**	0.719**	1		0.815	0.195
	TSP	0.658**	0.361**	0.263**	0.592**	0.804**	0.838**	0.737**	1	0.878	0.043
	No.	58	58	58	58	58	58	58	58		

※ 상관계수의 양쪽 유의수준(\*\* 0.01, \*0.05)



○ 타 시도 대비

- ▷ 다른 시도의 '09년 연평균은 환경기준 설정항목인 납(Pb)의 경우 0.0296~0.0709  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 모두 환경기준 이하 값을 나타냈으며, 경기도 0.0709, 인천 0.0690  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 타 시도 대비 높은 농도 수준을 나타냈으며, 우리시 납의 농도는 0.0503  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 주요시도 대비 중간 농도 수준을 나타냈다.
- ▷ 그 외 중금속 농도를 살펴보면 카드뮴(Cd)은 울산, 크롬(Cr)과 니켈(Ni)은 경남, 구리(Cu)는 광주, 망간(Mn) 및 철(Fe)은 경북(포항)에서 최고 농도 수준을 나타냈다. 우리시의 경우 크롬(Cr), 니켈(Ni)을 제외한 중금속은 타 시도와 비교시 유사하거나 낮은 농도수준을 나타냈으나, 크롬(Cr), 니켈(Ni)은 경남에 이어 두 번째로 높은 농도 분포를 나타냈다.

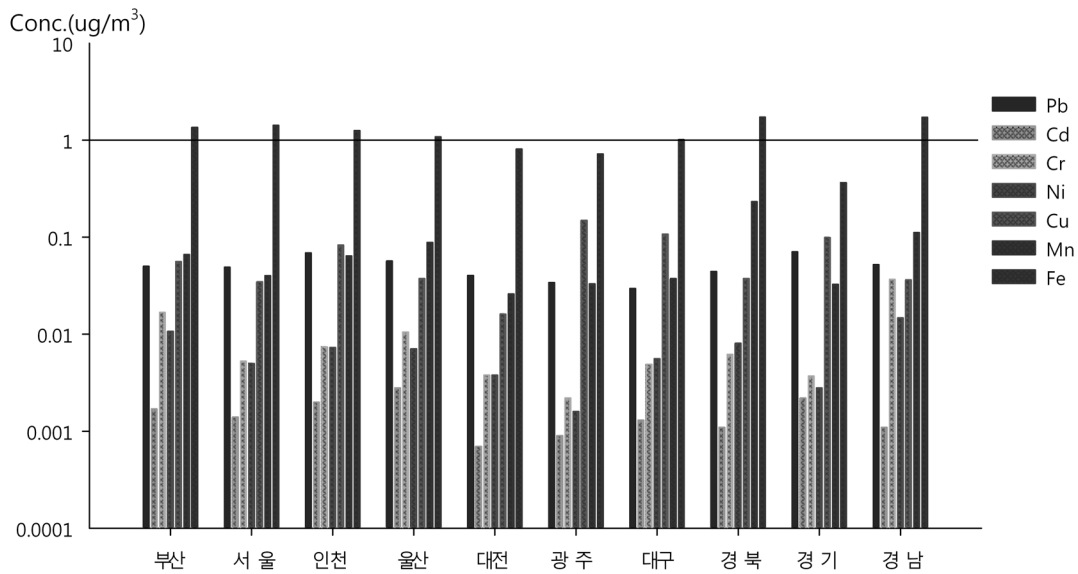


그림 7. 2009년 다른 시도 농도(NAMIS 자료 참조)

\* 서울 : 9월까지의 평균 농도

4. 결 론

- 대기환경 설정항목인 납(pb)의 평균값은 0.0503  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 대기환경 기준(연평균 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하)의 10.1% 수준이었음
- 연도별 농도변화는 납은 '08년 소폭 증가하였으며, '02년, '06년과 '08년은 황사의 영향으로 총 먼지, 망간, 철이 높은 농도 분포를 나타냈고, 구리의 경우 꾸준한 감소 경향을 보임
- 월별 농도변화는 시료채취기간 중 대기 건조, 박무, 연무, 황사가 나타난 2월, 4월이 전반적인 농도 증가를 보임. 반면에 11월은 원활한 대기확산으로 과년 동월대비 현저히 낮은 수준을 나타냄
- 지점별 농도분포는 전반적으로 감전, 전포, 연산, 덕천, 광안동의 순으로 나타났으며, 항목별 평균농도 비교결과 공업지역(감전동)은 철>망간>구리>납>크롬>니켈>카드뮴의 순으로, 타 지역(전포, 덕천, 광안, 연산)은 철>망간>납>구리>크롬>니켈>카드뮴의 순으로 나타남
- 납(Pb)의 경우 비교 시도 모두 환경기준값을 만족하였으며, 비교 결과 우리시는 Cr 및 Ni를 제외한 그 외 중금속은 중간정도 수준임