

## 대기중금속 조사

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

### 1. 조사개요

- 조사기간 : 2010년 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
학장동	공 업	사상구 학장동 242-1	학장초등학교 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

※ 2010.06. 감전동(사상구 감전1동사무소)에서 현 학장동(사상구 학장초등학교)로 이전



그림 1. 대기중금속 측정망 위치도

- 조사항목 : 납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 철(Fe), 망간(Mn), 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

## 2. 조사결과

- 연도별 농도 변화 추이
  - ▷ 대기환경기준 설정항목인 Pb(납)의 연평균 농도는 0.0463  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 연 평균 환경기준(0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)의 9.3 % 수준 값을 나타냈음.

표 1. 최근 5년간 연평균농도

(단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

구 분	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	TSP
환경기준 (WHO권고기준)	0.5 연평균	(0.005) 연평균			(0.15) 연평균			
2010년	0.0463	0.0014	0.0140	0.0439	0.0665	1.6045	0.0103	62
2009년	0.0504	0.0017	0.0168	0.0561	0.0665	1.3571	0.0107	69
2008년	0.0597	0.0015	0.0161	0.0636	0.0751	1.4924	0.0134	76
2007년	0.0556	0.0021	0.0121	0.0973	0.0702	1.4142	0.0121	76
2006년	0.0591	0.0020	0.0131	0.1278	0.0742	1.6423	0.0134	91

- 우리시의 연도별 중금속 농도 변화를 살펴보면, 납(Pb)의 경우 연평균 0.0463~0.0597  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  범위로써, 2008년 0.0597  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이후 점차 감소경향을 보이고 있음.
- 대기 중에 미량으로 존재하는 카드뮴(Cd)은 WHO 권고기준 0.005  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하인 0.0014~0.0020  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  범위로 연평균 값을 보였으며, 연도별 큰 변화 나타내지 않음.
- 구리(Cu) 및 총먼지(TSP)의 경우 꾸준한 감소경향을 보이고 있으며, 망간(Mn) 및 니켈(Ni)은 2008년 이후 감소경향을 나타내고 있으며, 크롬(Cr), 철(Fe)은 연도별로 증감을 반복하고 있음.

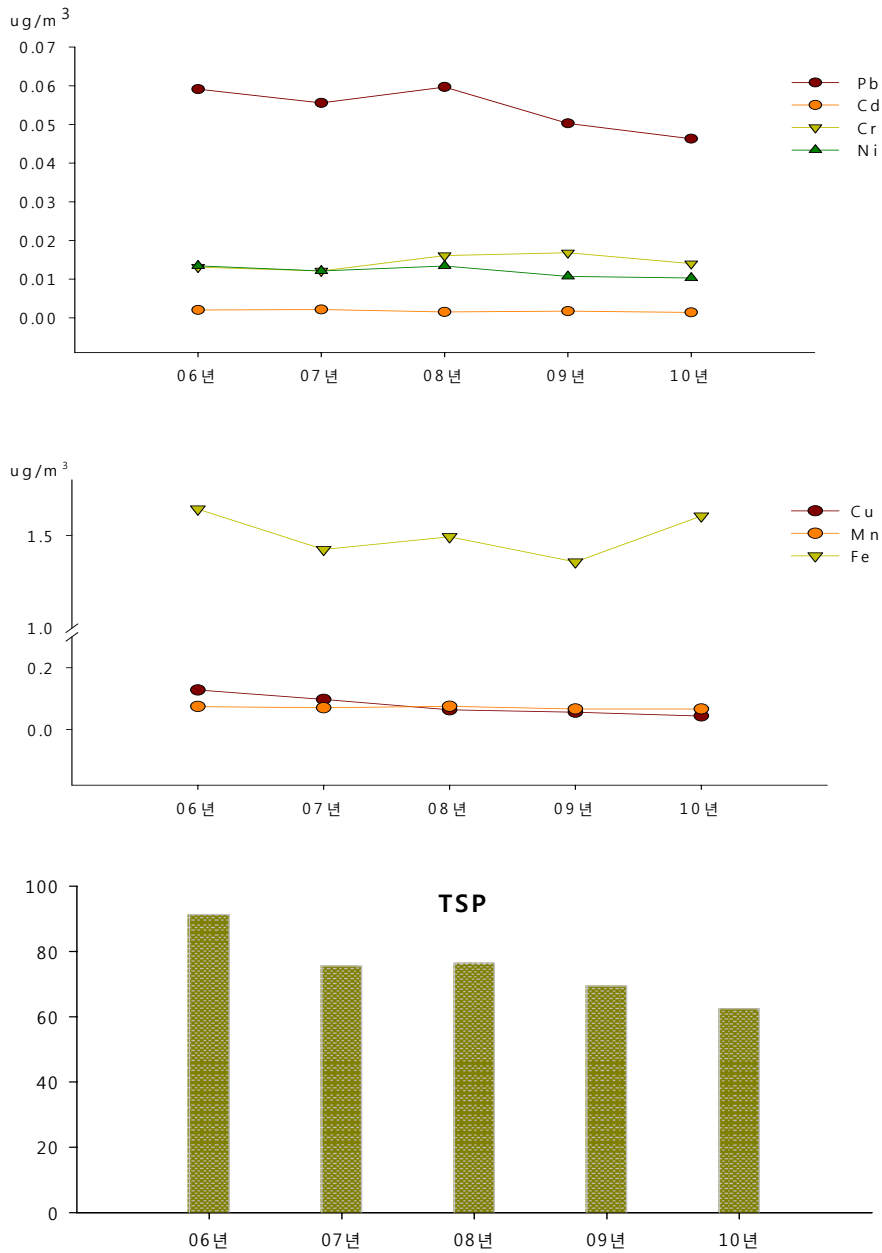


그림 2. 연도별 평균농도

○ 지점별 중금속 농도

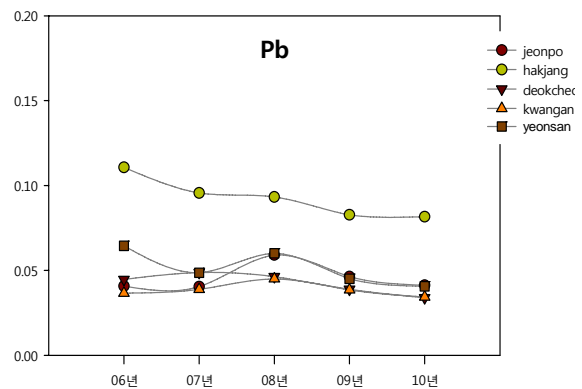
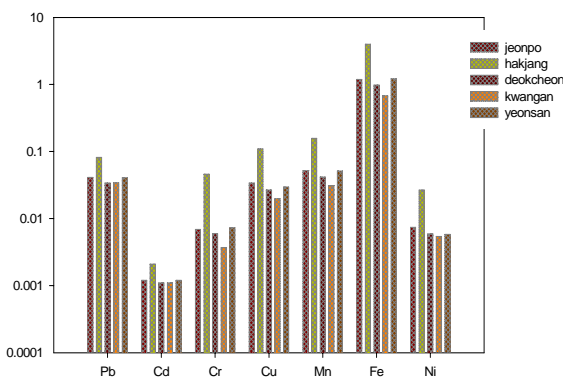
- ▷ '10년 지점별 평균농도를 보면 납의 연평균은 0.0339~0.0816  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 연간 대기환경기준인 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 6.8~16.3% 수준으로 모든 지점에서 대기환경기준을 달성하였음. 카드뮴의 연평균은 0.0011~0.0021  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 WHO의 권고기준인 0.005  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 모든 측정소에서 만족하였음.
- ▷ 크롬의 연평균은 0.0198~0.1094  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 구리의 지점별 연평균은 0.0198~0.1094  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 학장동측정소가 가장 높은 수준을 나타냈음.

- ▷ 땅간의 연평균은 0.0311~0.1568  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 땅간의 WHO권고기준인 0.15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 공단 지역인 학장동에서만 권고기준을 초과하였으며, 다른 측정소는 모두 만족하였음. 철의 연평균은 0.6771~3.9624  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 니켈의 연평균은 0.0054~0.0267  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 총먼지의 연평균은 43~84  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 였음.
- ▷ 공업지역인 학장동에서 측정 전 항목의 연평균이 가장 높은 수준을 나타냈고, 주거지역인 광안동이 가장 낮은 수준을 나타냈음.
- ▷ 측정소별 연 변화 경향은 상업, 주거지역인 전포, 덕천, 광안, 연산동의 경우 '08년 이후 대부분의 중금속 농도수준이 점차 감소하는 경향으로 나타났음.
- ▷ '10년 6월 공업지역의 중금속 측정소를 감전동에서 학장동으로 이전한 이후 전년 대비 크롬, 망간, 철, 니켈농도 수준 증가. 이는 측정소 주변에 철강·주물·금속가공 사업장 등과 페인트·화학 관련 사업장도 산재되어 있어 주변 고정오염원 영향을 많이 받은 것으로 판단됨.

표 2. 2010년 지점별 평균농도

(단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

구 분	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	TSP
전포	0.0412	0.0012	0.0069	0.034	0.0519	1.1886	0.0074	61
학장	0.0816	0.0021	0.0460	0.1094	0.1568	3.9624	0.0267	84
덕천	0.0339	0.0011	0.0060	0.0267	0.0416	0.9777	0.0059	55
광안	0.0343	0.0011	0.0037	0.0198	0.0311	0.6771	0.0054	43
연산	0.0406	0.0012	0.0073	0.0295	0.0511	1.2167	0.0058	69



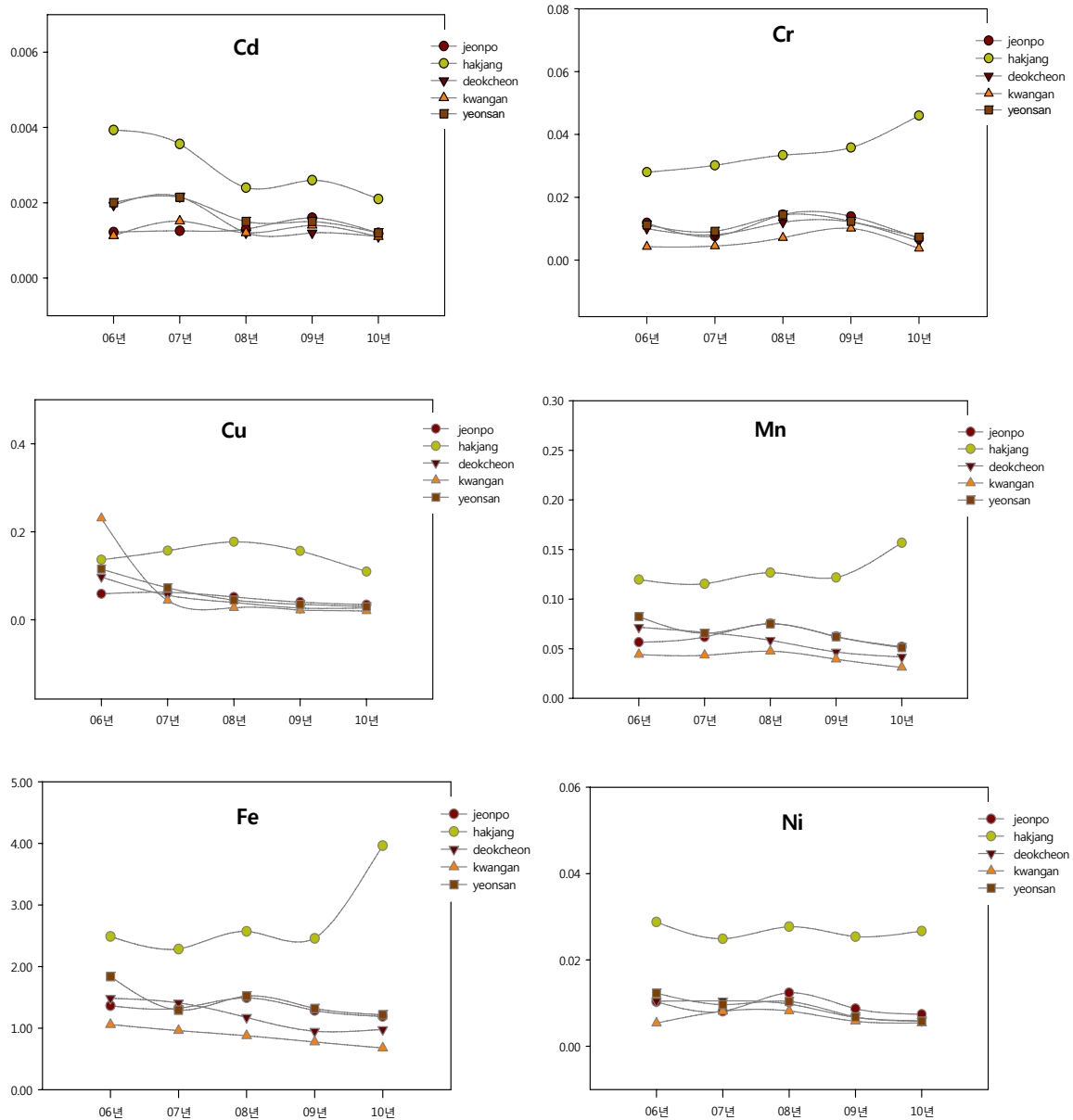


그림 3. 지점별 농도비교 결과

○ 월별 평균중금속 오염도

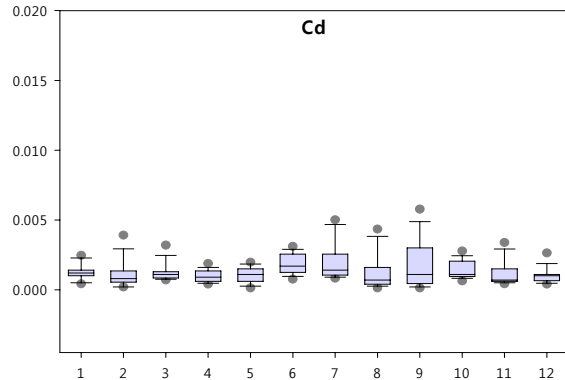
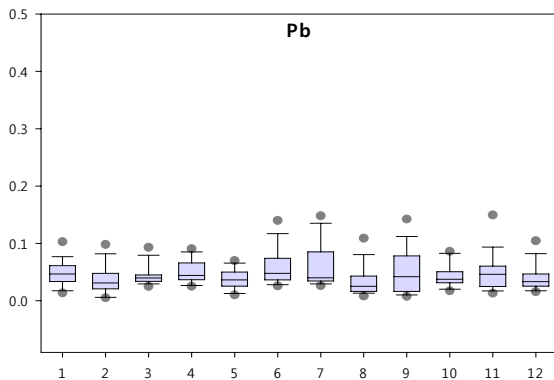
- ▷ 2010년 월별 농도 경향을 살펴보면, 평년(1971~2000년 30년간 평균치) 11월 강수량 60.1 mm 대비 적은 강우로 대기 건조 상태가 심하고, 기상청 황사 농도 관측 이래 봄철이 아닌 계절에 발생한 가장 짙은 황사현상이 나타난 11월에 크롬(Cr)  $0.0313 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 망간(Mn)  $0.1201 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 철(Fe)  $3.4777 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 니켈(Ni)  $0.0145 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최고농도 나타냈음.
- ▷ 금년 2월은 우리나라 남쪽해상에 형성된 정체 전선에서 발달한 저기압의 영향으로 온난 다습한 기류가 유입되어, 평년 2월 강수량 44.9 mm, 강우빈도 4회 대비 2배가량 많

은 강수량 91.1 mm와 강우빈도 10회 기록. 크롬(Cr) 0.0069  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 망간(Mn) 0.0395, 철(Fe) 0.8582, 니켈(Ni) 0.0049  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최저농도 나타냄.

- ▷ 납(Pb)은 6월에 0.0589  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최고농도를, 8월에 0.0335  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  으로 최저농도 나타냄.
- ▷ 카드뮴(Cd)은 7월에 0.0020  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최고농도를, 4월에 0.0010  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최저농도 나타냄.
- ▷ 구리(Cu)은 12월에 0.0622  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최고농도를, 5월에 0.0268  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최저농도 나타냄.
- ▷ 총 먼지(TSP)는 5월에 86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 최고농도를 8월에 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최저농도 나타냄.

표 3. 2010년 월별 평균중금속 농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )									
구분	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	TSP	강수량(mm)
1월	0.0479	0.0012	0.0109	0.0382	0.0510	1.0296	0.0054	57	37.6
2월	0.0363	0.0012	0.0069	0.0365	0.0395	0.8582	0.0049	53	91.1
3월	0.0443	0.0013	0.0273	0.0377	0.0805	1.8025	0.0114	77	132.9
4월	0.0503	0.0010	0.0095	0.0444	0.0572	1.4397	0.0090	67	146.3
5월	0.0379	0.0011	0.0076	0.0268	0.0475	1.3212	0.0075	86	186.8
6월	0.0589	0.0019	0.0100	0.0486	0.0433	1.1954	0.0076	55	94.4
7월	0.0606	0.0020	0.0118	0.0509	0.0616	1.4052	0.0120	70	291.9
8월	0.0335	0.0013	0.0086	0.0381	0.0483	1.2002	0.0135	45	165.3
9월	0.0518	0.0018	0.0113	0.0430	0.0648	1.4032	0.0106	46	182.5
10월	0.0436	0.0014	0.0151	0.0471	0.0813	2.2641	0.0126	62	72.6
11월	0.0493	0.0012	0.0313	0.0530	0.1201	3.4777	0.0145	74	2
12월	0.0416	0.0011	0.0172	0.0622	0.1028	1.8569	0.0143	58	38.5



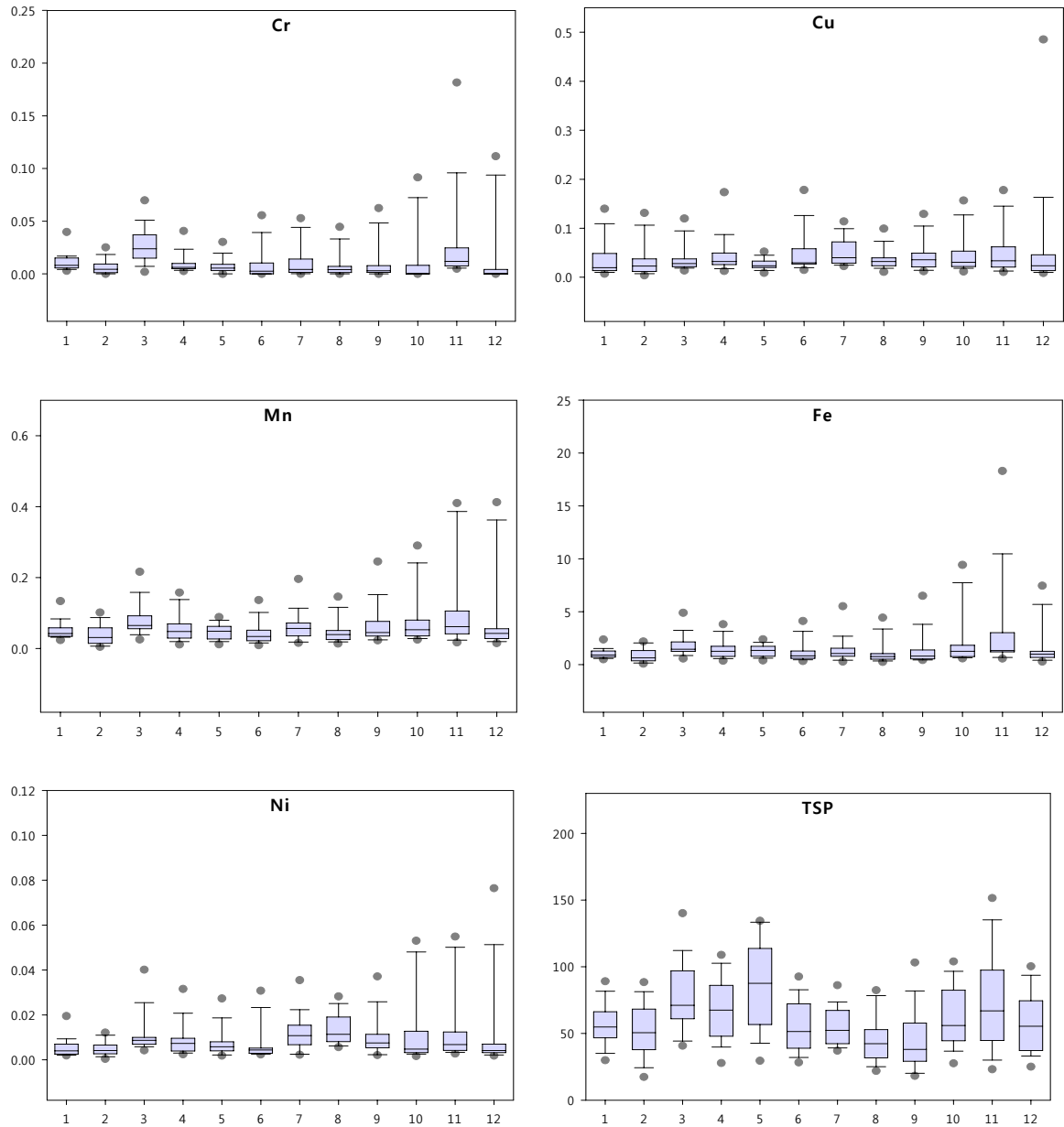


그림 4. 월별 중금속 농도 분포

※ 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 2010년 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 구분하였음.

▷ 여름철 평균 강수량 184 mm, 평균상대습도 77.1 %, 평균온도 25.0 °C로 가장 높은 값

을 나타냈으며, 강우빈도는 과년과 달리 '10년 봄철에 잦은 강우를 기록하여 여름철보다 많은 횟수를 나타냈음. 겨울철 평균 강수량 56 mm, 평균상대습도 48.1 %, 온도 4.7 °C로 가장 낮았음. 강우빈도는 가을철이 가장 적음.

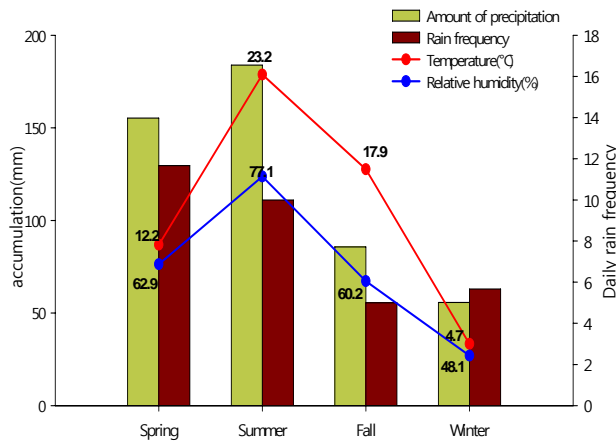


그림 5. 기상 조건의 계절별 변화

- 봄철은 겨우 내 일었던 중국 사막이 해빙되어 대규모 황토먼지를 가진 황사가 발생되는 시기로, TSP의 농도가 가장 높았음.
- 대기중금속의 계절별 분포 특성을 살펴보면, 가을철에 크롬(Cr) 0.0192  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 구리(Cu) 0.0477  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 망간(Mn) 0.0887  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 철(Fe) 2.3817  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 니켈(Ni) 0.0126  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높은 농도 수준을 나타냈음.
- 카드뮴(Cd) 0.0011  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 구리(Cu) 0.0363  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 봄철에 낮은 농도를, 크롬(Cr), 망간(Mn)은 0.0101  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 0.0511  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 여름철에 가장 낮은 농도 수준을 나타냈음.

표 4. 2010년 계절별 평균농도

	(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )							
	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	TSP
Spring	0.0442	0.0011	0.0148	0.0363	0.0617	1.5211	0.0093	77
Summer	0.0510	0.0017	0.0101	0.0459	0.0511	1.2669	0.0110	57
Fall	0.0482	0.0015	0.0192	0.0477	0.0887	2.3817	0.0126	61
Winter	0.0419	0.0012	0.0117	0.0456	0.0644	1.2482	0.0082	56



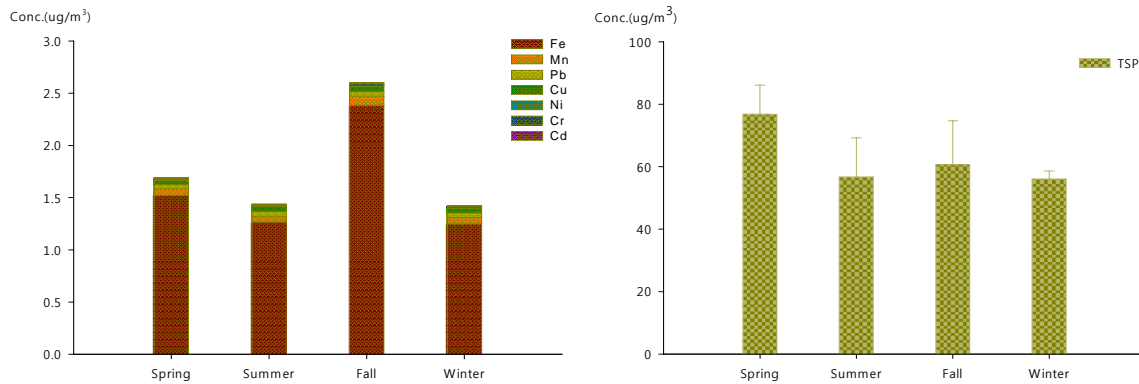


그림 6. 중금속과 TSP의 계절별 변화

○ 다른 도시 평균비교

- ▷ 다른 도시의 '10 연평균은 환경기준 설정항목인 납(Pb)의 경우 0.0223~ 0.0666  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  으로 모두 환경기준을 달성하였음.
- ▷ 우리시 납 농도는 0.0463  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로, 인천의 0.0666  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 울산의 0.0651  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  다음 농도 수준을 나타냈음.
- ▷ 그 외 중금속 농도를 살펴보면 카드뮴(Cd)은 울산, 크롬(Cr)과 니켈(Ni)은 부산, 구리(Cu)는 대구, 망간(Mn) 및 철(Fe)은 경북(포항)에서 최고 농도 수준을 나타냈음.

표 5. 2010년 다른 도시 평균농도

(단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni
부산	0.0463	0.0014	0.0140	0.0439	0.0665	1.6045	0.0103
서울	0.0280	0.0010	0.0042	0.0304	0.0305	1.0987	0.0036
인천	0.0666	0.0021	0.0093	0.0696	0.0705	1.4898	0.0090
울산	0.0651	0.0025	0.0039	0.0481	0.0624	1.3308	0.0075
대전	0.0352	0.0009	0.0056	0.0189	0.0368	0.9630	0.0046
광주	0.0223	0.0007	0.0030	0.0863	0.0278	0.7963	0.0011
대구	0.0364	0.0013	0.0058	0.1174	0.0512	1.2405	0.0050
포항	0.0411	0.0011	0.0085	0.0301	0.2525	1.6610	0.0077
창원	0.0341	0.0009	0.0078	0.0309	0.1014	1.4135	0.0102

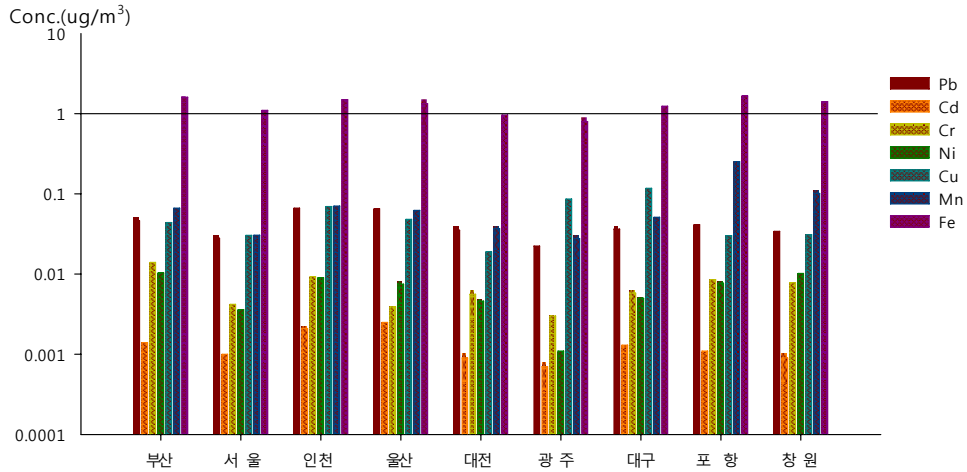


그림 7. 2010년 다른 도시 연평균농도(NAMIS 자료 참조)

### 3. 결론

- 대기환경 설정항목인 납(Pb)의 평균값은 0.0463  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 대기 환경기준(연평균 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)의 9.3 %수준이었음.
- 연도별 평균농도는 '08년 이후 납, 크롬, 구리, 망간, 니켈, 총 먼지는 감소경향을 나타냈으며, 철은 '10년 소폭 증가하였음.
- 공업지역인 학장동의 연평균이 5개 측정소중 가장 높은 농도 수준을 보였음. 전포·덕천·광안·연산동 측정소의 중금속농도는 대부분 감소 추세이나, 감전동에서 학장동으로 측정소를 이전한 공업지역은 크롬, 철, 망간, 니켈 농도 소폭 증가하였음.
- 월별 농도변화는 대기 건조와 황사가 나타난 11월에 크롬, 망간, 철, 니켈이 최고 농도를, 대기흐름이 원활했던 2월에 크롬, 망간, 철, 니켈 최저 농도수준 나타냄.
- 봄철은 TSP의 농도가 가장 높고, 크롬, 구리, 망간, 철, 니켈등 중금속 농도는 가을철에 높은 수준을 보였음.
- 납(Pb)의 경우 비교 시도 모두 환경기준을 달성하였으며, 인천 0.0666, 울산 0.0651 다음 수준임.
- 공업지역인 학장동은 망간의 WHO 권고기준인 연평균 0.15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하였으며, 납, 크롬, 철 및 니켈의 농도수준도 다른 지역 대비 높으므로, 향후 주변지역 모니터링 강화.