

대기중금속 측정망 운영

- 우리시 주거, 상업, 공업지역에서 중금속에 의한 대기오염도 실태 파악
- 장기 오염변화추이를 분석하여 대기질 개선 대책 수립에 필요한 자료 확보

1. 조사개요

- 조사기간 : 2011년 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	보건환경연구원 옥상
연산동	주 거	연제구 연산5동 1300	연제초등학교 옥상

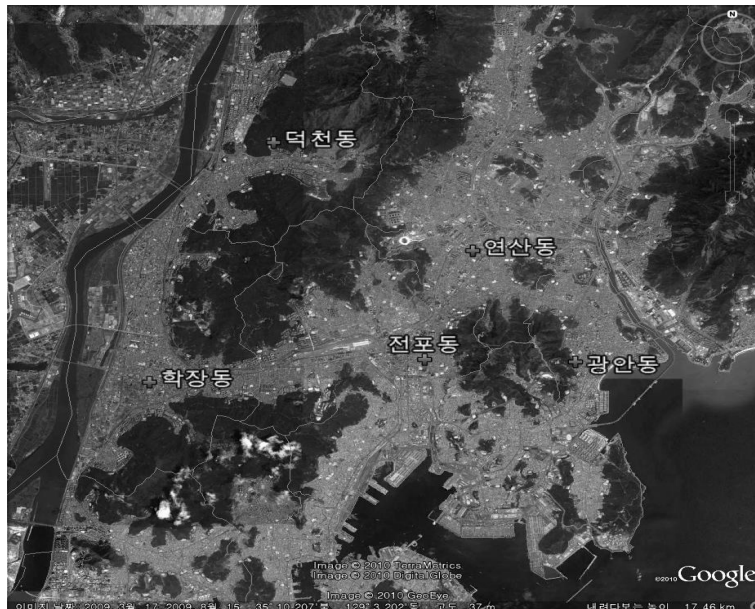


그림 1. 대기중금속 측정망 위치도

- 조사항목 : 납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 철(Fe), 망간(Mn), 니켈(Ni), 비소(As), 베릴륨(Be)

담당부서: 대기보전과 (☎888-6816)
과 장: 김광수, 담당자: 곽진

- 조사방법
 - ▷ 시료채취 : High volume air sampler법(24시간 간격 5일간 채취)
 - ▷ QM-A Quartz Filter(8×10 inch, Whatman사) 이용
 - ▷ 중금속성분 추출을 위해 대기오염공정시험기준에 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 월평균, 도심 월평균, 도심 연평균 농도 산출

2. 조사결과

- 연도별 농도 변화 추이
 - ▷ 납(Pb)의 연평균 농도는 $0.0460 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 대기환경기준 ($0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하) 9.2 % 수준을 나타냈음.
 - ▷ 최근 5년간 중금속 연평균 농도(표 1)를 살펴보면, 납(Pb) 항목은 연평균 $0.0460 \sim 0.0597 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 범위를 나타내었고, 2008년 이후 점차 감소경향을 보이고 있음.
 - ▷ 대기 중 미량으로 존재하는 카드뮴(Cd)은 WHO 권고기준 $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하인 $0.0011 \sim 0.0021 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 연평균 값을 보였음. 연도별 큰 변화를 나타내지 않으며 전년대비 소폭 감소경향을 나타냄.
 - ▷ 구리(Cu)는 꾸준한 감소경향을 보이고 있으며, 망간(Mn), 니켈(Ni), 총먼지(TSP)는 2008년 이후 감소경향을 나타내다가 2011년 소폭 증가하였음.
 - ▷ 철(Fe)은 2010년부터 증가경향을 보이고 있으며, 크롬(Cr)은 연도별로 증감을 반복하고 있음.

표 1. 최근 5년간 대기중금속 연평균 농도

(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			
2011년	0.0460	0.0011	0.0152	0.0391	0.0859	2.0505	0.0139	65
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

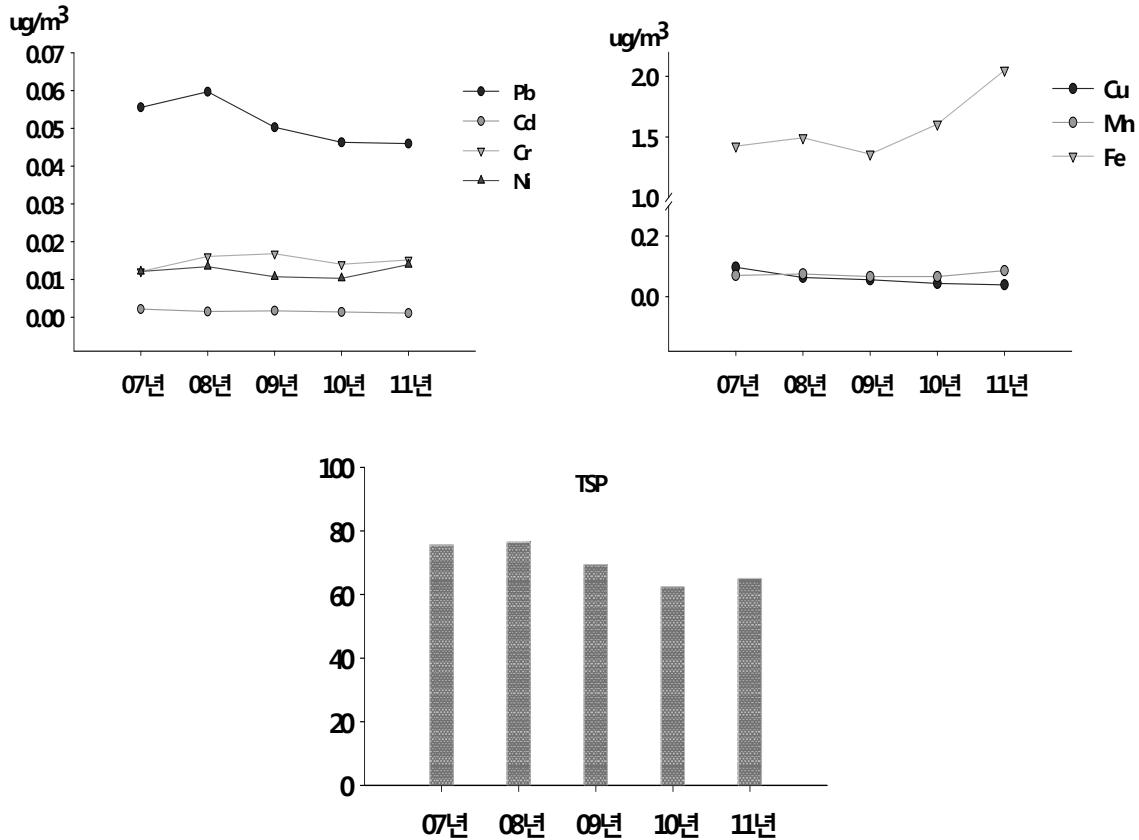


그림 2. 연도별 대기중금속 농도 추이

○ 지점별 대기중금속 농도

- ▷ '11년 지점별 대기중금속 연평균 농도(표 2)를 살펴보면 납(Pb)은 0.0301~0.0874 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 나타냄. 따라서 대기환경기준인 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 6.0~17.5% 수준으로 모든 지점에서 기준 만족하였음.
- ▷ 카드뮴(Cd)의 연평균은 0.0008~0.0020 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 WHO의 권고기준인 0.005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 모든 측정소에서 만족하였음.

표 2. 2011년 지점별 연평균농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be	TSP
전포	0.0405	0.0010	0.0075	0.0361	0.0647	1.4759	0.0091	0.0061	0.0000	67
학장	0.0874	0.0020	0.0573	0.0884	0.2383	5.7292	0.0445	0.0091	0.0000	96
덕천	0.0346	0.0009	0.0059	0.0274	0.0502	1.2372	0.0074	0.0048	0.0000	60
광안	0.0301	0.0008	0.0028	0.0165	0.0336	0.7528	0.0045	0.0055	0.0000	43
연산	0.0407	0.0009	0.0060	0.0314	0.0554	1.3640	0.0067	0.0053	0.0000	62

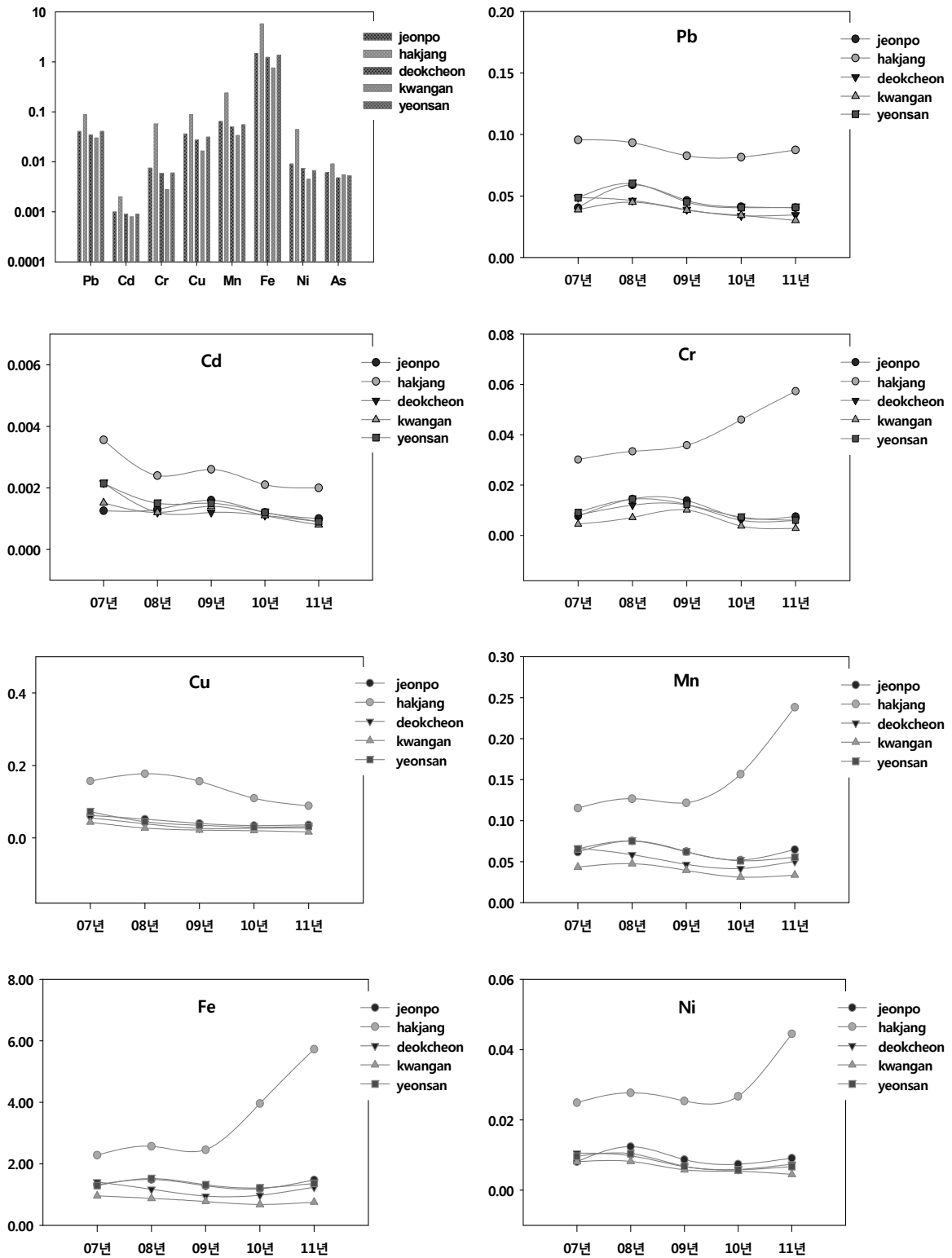


그림 3. 지점별 연평균 대기중금속 농도 추이

- ▷ 망간(Mn)의 연평균은 0.0336~0.2383 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 WHO 권고기준인 0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하였으며, 다른 측정소는 모두 만족하였음.
- ▷ 망간(Mn)은 금속형태로 주로 사용되며, 약 90%가 제강시 사용되는 것으로 알려져 있음. 용접작업에 사용되기도 하며, 화학 산업에서 촉매제로 사용되기도 함. 학장동에서는 철강·주물·금속가공 공장이 위치하고 있어 망간(Mn)의 농도가 높게 나타나고 있는 것으로 판단됨. WHO 권고기준을 초과하는 수준인 만큼 지속적인 모니터링이 필요함.
- ▷ 크롬(Cr)은 0.0028~0.0573 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 구리(Cu)는 0.0165~0.0884 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 철(Fe)은 0.7528~5.7292 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 니켈(Ni)은 0.0045~0.0445 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 총먼지(TSP)는 43~96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났음.
- ▷ 공업지역인 학장동에서 전 항목의 연평균이 가장 높은 수준을 나타냈고, 주거지역인 광안동이 가장 낮은 수준을 나타냈음.
- ▷ 측정소별 연평균 농도 변화(그림 3)를 살펴보면 상업 또는 주거지역인 전포, 덕천, 광안, 연산동의 경우 '08년 이후 대부분의 중금속 농도수준이 점차 감소하는 경향 가운데 소폭 변동이 나타나고 있었음.
- ▷ 학장동 측정소에서는 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe), 니켈(Ni)농도 '10년부터 증가 추세를 나타내었음. '10년 6월 공업지역의 중금속 측정소를 감전동에서 학장동으로 이전하였으며, 이에 따른 영향인 것으로 판단됨. 학장동 측정소 주변에는 철강·주물·금속가공과 같은 고정오염원의 수가 감전동 측정소보다 많이 위치해 있음.

○ 월평균 대기중금속 농도

- ▷ 2011년 월평균 대기중금속 농도를 살펴보면(표 3) 3월과 10월에 전반적으로 대기중금속 농도가 높아진 것으로 나타났음. 3월과 10월 시료채취기간 이전 10일간 강수량이 5 mm 이내로 대기가 건조한 상태였으며, 이로 인하여 대기중금속 농도가 높아진 것으로 판단됨.

표 3. 2011년 대기중금속 월평균 농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be	TSP	강수량(mm)
1월	0.0362	0.0007	0.0087	0.0189	0.0441	1.1440	0.0026	0.0022	0.0000	61	0.0
2월	0.0571	0.0011	0.0182	0.0431	0.0916	1.8373	0.0130	0.0040	0.0000	66	70.9
3월	0.0484	0.0017	0.0141	0.0387	0.1427	3.5931	0.0114	0.0046	0.0001	91	31.2
4월	0.0585	0.0016	0.0135	0.0492	0.1191	2.8192	0.0140	0.0077	0.0001	97	100.0
5월	0.0579	0.0014	0.0139	0.0433	0.0715	2.0417	0.0137	0.0060	0.0000	83	170.0
6월	0.0442	0.0008	0.0135	0.0401	0.0723	1.5167	0.0168	0.0064	0.0000	80	243.2
7월	0.0317	0.0005	0.0160	0.0356	0.0643	1.6363	0.0171	0.0034	0.0000	52	418.1
8월	0.0317	0.0005	0.0168	0.0326	0.0762	1.4593	0.0184	0.0017	0.0000	44	110.0
9월	0.0331	0.0007	0.0129	0.0350	0.0626	1.7709	0.0144	0.0068	0.0000	45	56.8
10월	0.0574	0.0013	0.0227	0.0497	0.1091	2.7629	0.0193	0.0085	0.0000	82	142.5
11월	0.0482	0.0015	0.0134	0.0337	0.0489	1.1261	0.0098	0.0137	0.0000	34	128.7
12월	0.0451	0.0011	0.0172	0.0458	0.1198	2.7171	0.0143	0.0069	0.0000	61	7.2

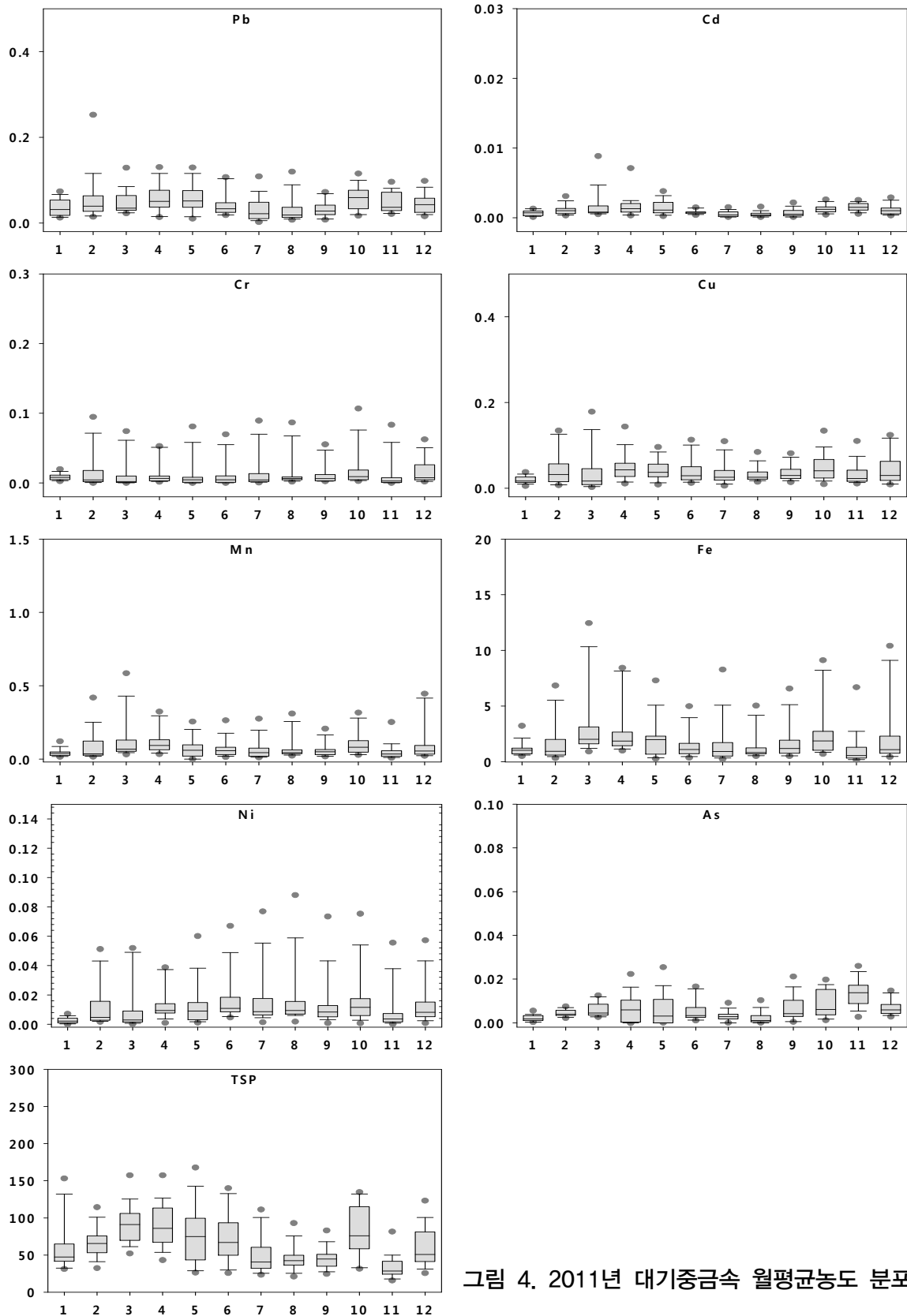


그림 4. 2011년 대기중금속 월평균농도 분포

- ▷ 2011년, 5월 1일~3일까지 황사가 발생하였으며, 황사 종료 3일 후에 대기 중금속 시료 채취가 이루어졌으나, 황사 발생에 따른 대기중금속의 뚜렷한 농도 상승은 나타나지 않았음.
- ▷ 반면, 강수가 빈번하였던 8월에 대기중금속 농도가 전반적으로 낮게 나타났음.
- ▷ 1월 대기중금속 농도가 전반적으로 낮은 수준을 나타내었으며, 이는 1월 학장동측정소 방수공사로 인하여 시료채취가 불가하였으며, 이러한 영향으로 농도가 낮은 수준을 나타내었던 것으로 판단됨.
- ▷ 항목별로 살펴보면 납(Pb), 크롬(Cr), 구리(Cu), 니켈(Ni) 항목은 10월에 최고농도를 나타내었고, 카드뮴(Cd), 망간(Mn), 철(Fe)은 3월에, 비소(As)는 11월에 최고농도를 나타내었음.
- ▷ 납(Pb), 카드뮴(Cd), 비소(As)는 8월에 최저농도를 나타내었고, 크롬(Cr), 구리(Cu), 망간(Mn), 니켈(Ni)은 1월에, 철(Fe)은 11월에 최저농도 나타내었음.

○ 계절별 특성

- ▷ 부산지방기상청에서 측정된 2011년 1월부터 12월까지의 일평균 기상자료를 이용하여 그림 5와 같이 일별 평균 강우 누적량, 강우빈도수, 상대습도, 온도를 계절별로 나타내었음. 이때 봄은 3월~5월, 여름은 6월~8월, 가을은 9월~11월, 겨울은 12월~2월로 구분하였음.
- ▷ 여름철 누적 강수량 771.3 mm, 평균 상대습도 78.5 %, 평균온도 24.1 ℃, 강우빈도는 47회로 가장 높은 값을 나타냈었음. 반면 겨울철 누적 강수량 78.1 mm, 평균상대습도 43.7 %, 온도 3.2 ℃, 강우빈도 15회로 가장 낮았음.

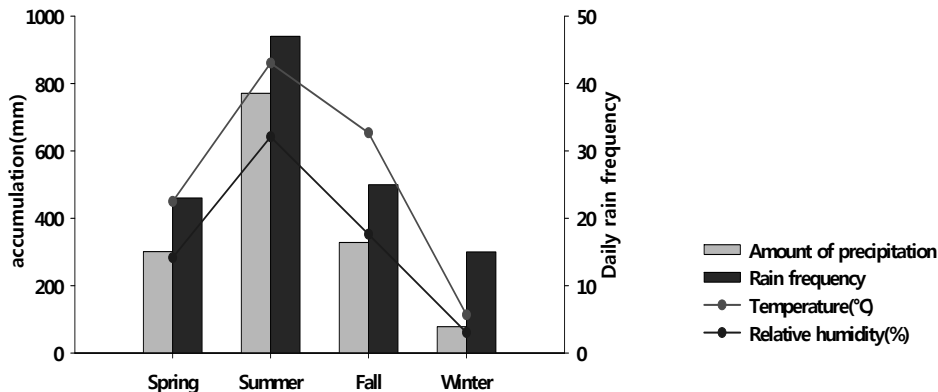


그림 5. 2011년 계절별 기상 특징

- ▷ 2011년 대기중금속 계절별 평균 농도를 분석한 결과 표 4와 같이 봄철에 전반적으로 가장 높은 수준을 나타내고 있었음. 대기중금속의 계절적 특성은 대부분 봄철과 겨울철에

다소 높은 수준을 여름철에 낮은 수준을 나타내는 것으로 알려져 있음. 2011년에도 이와 같은 분포를 보이며, 다만 1월에 학장동측정소 채취불가로 인한 낮은 수준의 1월 대기중 금속 수준으로 인해 겨울철 대기중금속 농도 수준이 다소 낮게 나타난 것으로 판단됨.

- ▷ 또한 여름철에 전반적으로 가장 낮은 대기중금속 농도 분포를 보이고 있음. 이는 잦은 강수로 유발된 대기의 세정 효과에 의해 대기중금속 농도가 낮아진 것으로 판단됨.
- ▷ 항목별로 살펴보면 납(Pb), 카드뮴(Cd), 구리(Cu), 망간(Mn), 베릴륨(Be), 총부유먼지(TSP)는 봄철에 가장 높은 수준을 나타내었고, 크롬(Cr), 비소(As)는 가을철에, 니켈(Ni)은 여름철에 가장 높은 수준을 나타냈음.

표 4. 2011년 대기중금속 계절별 평균 농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be	TSP
Spring	0.0549	0.0016	0.0139	0.0437	0.1111	2.8180	0.0129	0.0063	0.0001	87
Summer	0.0359	0.0006	0.0154	0.0361	0.0710	1.5374	0.0176	0.0037	0.0000	57
Fall	0.0463	0.0012	0.0163	0.0395	0.0735	1.8866	0.0145	0.0097	0.0000	54
Winter	0.0468	0.0010	0.0151	0.0372	0.0881	1.9534	0.0105	0.0046	0.0000	63

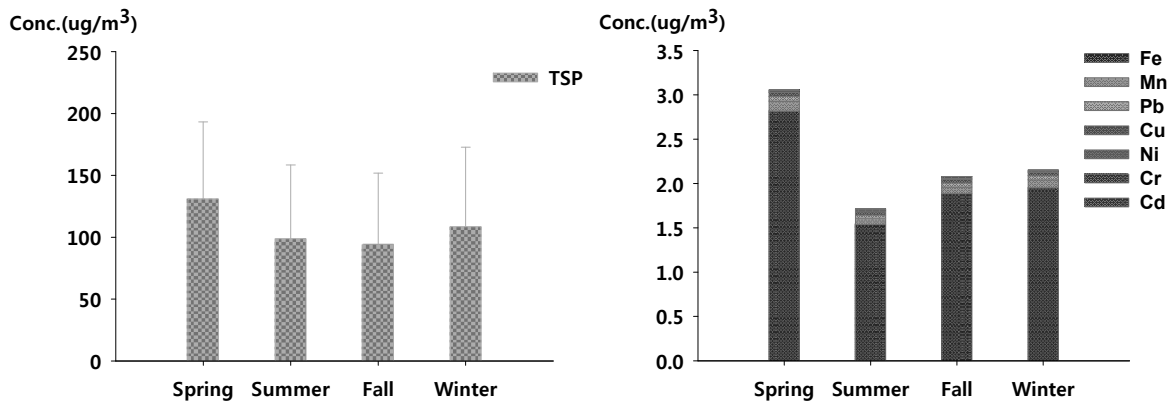


그림 6. 중금속과 TSP의 계절별 변화

○ 타 도시 대기중금속 농도 비교 (NAMIS 자료 참조)

- ▷ 국가대기오염정보관리시스템(NAMIS)에서 2011.12.31일 기준으로 등록된 자료를 이용하여 타시도 대기중금속 연평균 농도를 비교하였음. 타도시 '11년 대기중금속 중 환경기준 설정항목인 납(Pb)의 연평균 농도는 0.038~0.078 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 모두 환경기준을 달성하였음.
- ▷ 타 도시 대기중금속 연평균 농도를 비교한 결과, 우리시는 크롬(Cr), 철(Fe), 니켈(Ni)에서 다소 높은 수준을 나타내고 있었으며, 이는 공업지역인 학장동 측정소의 다소 높은 농

도에 의한 것으로 판단됨.

- ▷ 우리시 납 농도는 $0.046 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로, 인천 $0.078 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 울산의 $0.059 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 창원 $0.051 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 다음으로 높은 농도 수준을 나타냈음.

표 5. 2011년 타도시 대기중금속 연평균농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be
부산	0.046	0.001	0.015	0.039	0.086	2.050	0.014	0.006	0.000
서울	0.038	0.001	0.005	0.032	0.039	1.166	0.004	0.004	0.000
인천	0.078	0.002	0.008	0.061	0.072	1.502	0.012	0.007	0.000
울산	0.059	0.001	0.005	0.036	0.095	1.929	0.011	0.010	0.000
대전	0.042	0.001	0.007	0.022	0.043	1.409	0.005	0.003	0.009
광주	0.034	0.001	0.003	0.025	0.035	0.765	0.002	0.007	0.000
대구	0.038	0.001	0.005	0.079	0.048	1.297	0.004	0.003	0.000
포항	0.041	0.002	0.008	0.035	0.231	1.991	0.010	0.001	0.000
창원	0.051	0.001	0.016	0.035	0.138	2.231	0.012	0.005	0.000

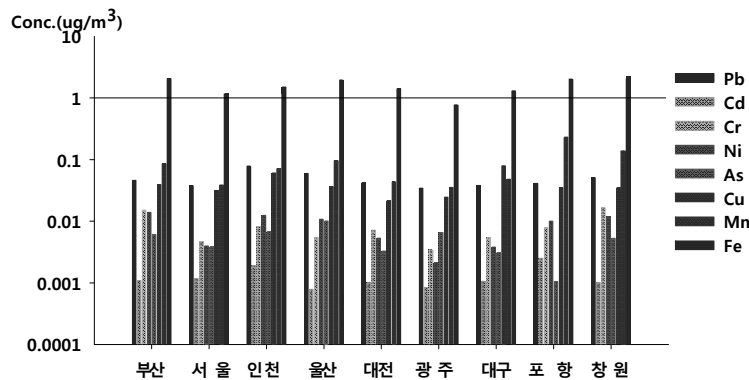


그림 7. 2011년 타도시 대기중금속 연평균 농도 비교(NAMIS 자료 참조)

- ▷ 표 6과 그림 8은 2011년 타도시 공업지역 대기중금속 연평균 농도를 비교한 결과임. 학장동의 대기중금속은 타도시 공업지역보다 다소 높은 수준을 나타내고 있었음. 크롬(Cr), 철(Fe), 니켈(Ni)에서 높은 수준을 나타내고 있었으며, 이는 학장동에 위치한 철강주물금속가공과 같은 고정오염원에 의한 영향인 것으로 판단됨.
- ▷ 또한 표 7과 그림 9는 2011년 타 도시지역 대기중금속 연평균 농도를 비교한 결과이며, 이에 따르면 크롬(Cr), 철(Fe), 니켈(Ni)에서 높게 나타나지 않았음. 따라서 부산지역에서 다소 높게 나타나고 있는 크롬(Cr), 철(Fe), 니켈(Ni)은 학장동 측정소에 의한 것으로 판단됨.

표 6. 2011년 타지역 공업지역 대기중금속 연평균농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be
부산 학장동	0.087	0.002	0.057	0.088	0.238	5.729	0.045	0.009	0.000
서울 구로구	0.047	0.002	0.005	0.034	0.040	1.087	0.005	0.005	0.000
인천 고잔동	0.120	0.004	0.016	0.096	0.094	1.884	0.016	0.008	0.000
울산 덕신리	0.071	0.001	0.002	0.039	0.055	1.073	0.004	0.012	0.000
울산 여천동	0.079	0.001	0.016	0.058	0.240	4.760	0.030	0.013	0.000
대전 읍내동	0.088	0.002	0.020	0.041	0.081	2.549	0.012	0.003	0.000
포항 3공단	0.045	0.001	0.006	0.045	0.193	2.071	0.013	0.001	0.000
포항 장흥동	0.060	0.006	0.021	0.057	0.629	4.614	0.022	0.001	0.000
창원 봉암동	0.050	0.001	0.026	0.041	0.155	2.719	0.014	0.005	0.000
강원 문막공단	0.036	0.001	0.005	0.017	0.072	1.020	0.002	0.006	0.000
강원 우산동	0.051	0.001	0.046	0.123	0.222	1.658	0.006	0.005	0.000
경기 원시동	0.147	0.005	0.004	0.133	0.043	0.366	0.004	0.003	0.000
전남 삼일동	0.038	0.001	0.025	0.022	0.049	1.765	0.005	0.009	0.000
충남 독곶리	0.030	0.001	0.002	0.007	0.033	0.789	0.004	0.004	0.000
충남 송정동	0.042	0.001	0.005	0.034	0.050	1.039	0.009	0.006	0.000

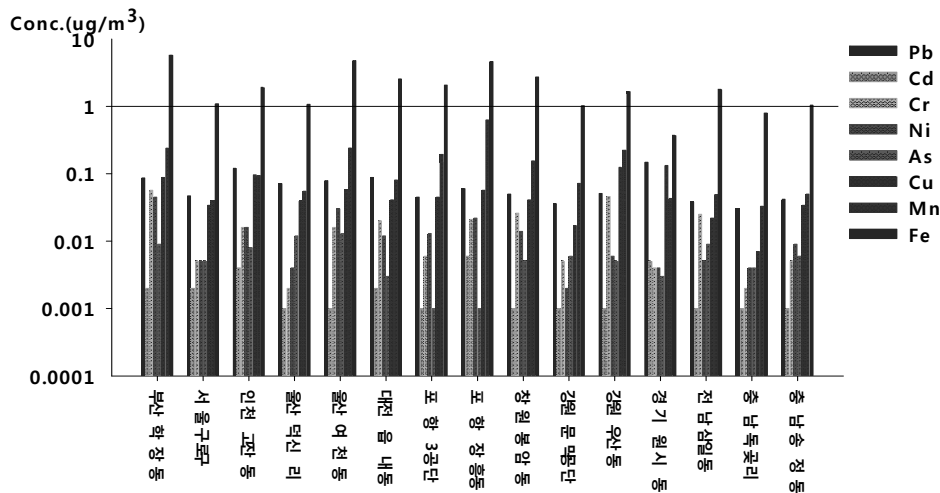


그림 8. 2011년 타도시 공업지역 대기중금속 연평균 농도 비교(NAMIS 자료 참조)

표 7. 2011년 도시지역 대기중금속 연평균농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be
부산	0.036	0.001	0.006	0.028	0.051	1.207	0.007	0.005	0.000
서울	0.035	0.001	0.005	0.031	0.039	1.185	0.004	0.004	0.000
인천	0.063	0.001	0.006	0.049	0.065	1.375	0.011	0.006	0.000
울산	0.044	0.001	0.002	0.024	0.043	0.941	0.005	0.008	0.000
대전	0.027	0.001	0.003	0.015	0.031	1.029	0.003	0.003	0.012
광주	0.034	0.001	0.003	0.025	0.035	0.765	0.002	0.007	0.000
대구	0.038	0.001	0.005	0.079	0.048	1.297	0.004	0.003	0.000
경북	0.029	0.001	0.002	0.019	0.052	0.640	0.003	0.001	0.000
경남	0.051	0.001	0.007	0.029	0.120	1.742	0.010	0.005	0.000
경기	0.033	0.001	0.001	0.026	0.024	0.255	0.001	0.002	0.000
강원	0.033	0.001	0.003	0.144	0.035	1.136	0.003	0.005	0.000
전남	0.018	0.001	0.007	0.096	0.031	1.159	0.003	0.003	0.000
전북	0.052	0.002	0.002	0.020	0.045	0.775	0.001	0.005	0.000
충남	0.029	0.001	0.003	0.017	0.036	1.275	0.005	0.005	0.000

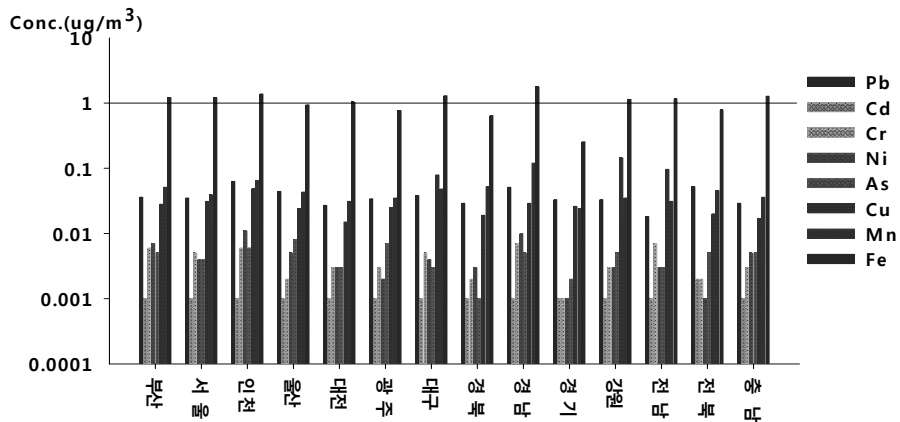


그림 9. 2011년 도시지역 대기중금속 연평균 농도 비교(NAMIS 자료 참조)

3. 결론

- 대기환경 설정항목인 납(Pb)의 평균값은 $0.0460 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 대기 환경기준(연평균 $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)의 9.2 %수준이었음.
- 연도별 연평균농도는 납(Pb), 구리(Cu)는 '08년 이후 감소 경향을 나타냈으며, 카드뮴(Cd)은 연도별 큰 변화하지 않으며 전년대비 소폭 감소하였음. 망간(Mn), 니켈(Ni), 총먼지(TSP)는 2008년 이후 감소 경향을 나타내다가 2011년 소폭 증가하였음. 철(Fe)은 2010년부터 증가 경향을 보이고 있으며, 크롬(Cr)은 연도별로 증감을 반복하고 있음.
- 측정소별 월평균 농도를 WHO 권고기준과 비교한 결과, 카드뮴(Cd)은 모든 측정소에서 만족하였음. 망간(Mn)의 연평균은 $0.0336\sim 0.2383 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 WHO 권고기준인 $0.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 기준으로 공업지역인 학장동에서만 초과하였음. 이는 학장동에서는 철강주물금속가공과 같은 공장이 위치하고 있어 망간(Mn)의 농도가 높게 나타나고 있는 것으로 판단됨.
- 상업 또는 주거지역인 전포, 덕천, 광안, 연산동의 경우 '08년 이후 대부분의 중금속 농도 수준이 점차 감소하는 경향 가운데 소폭 변동이 나타나고 있었음. 반면 학장동 측정소에서는 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe), 니켈(Ni)농도 '10년 부터 증가 추세를 나타내었음. 이는 '10년 6월 공업지역의 중금속 측정소를 감전동에서 학장동으로 이전하였으며, 이에 따른 영향인 것으로 판단됨.
- 3월과 10월에 전반적으로 대기중금속 농도가 높아진 것으로 나타났음. 3월과 10월 시료채취 기간 이전 10일간 강수량이 5 mm 이내로 대기가 건조한 상태였으며, 이로 인하여 대기중금속 농도가 높아진 것으로 판단됨. 반면, 강수가 빈번하였던 8월에 대기중금속 농도가 전반적으로 낮게 나타났음.
- 봄철에 대기중금속 농도가 전반적으로 높고 여름철에 낮은 수준을 보였음.
- 납(Pb)의 경우 비교 타시도 모두 환경기준을 달성하였으며, 인천, 울산, 창원 다음 수준임.
- 대기중금속 항목 중 우리시는 타도시에 비해 크롬(Cr), 철(Fe), 니켈(Ni)이 다소 높은 수준으로 나타났으며, 이는 학장동에 위치한 철강주물금속가공과 같은 고정오염원에 의한 영향인 것으로 판단됨.