

대기중금속 조사

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

1. 조사개요

- 조사기간 : 2012년 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 영남지역본부 옥상
광안동	주 거	수영구 광안4동 1276-1	구, 보건환경연구원 옥상
연산동	주 거	연제구 연산5동 1300	연제초등학교 옥상

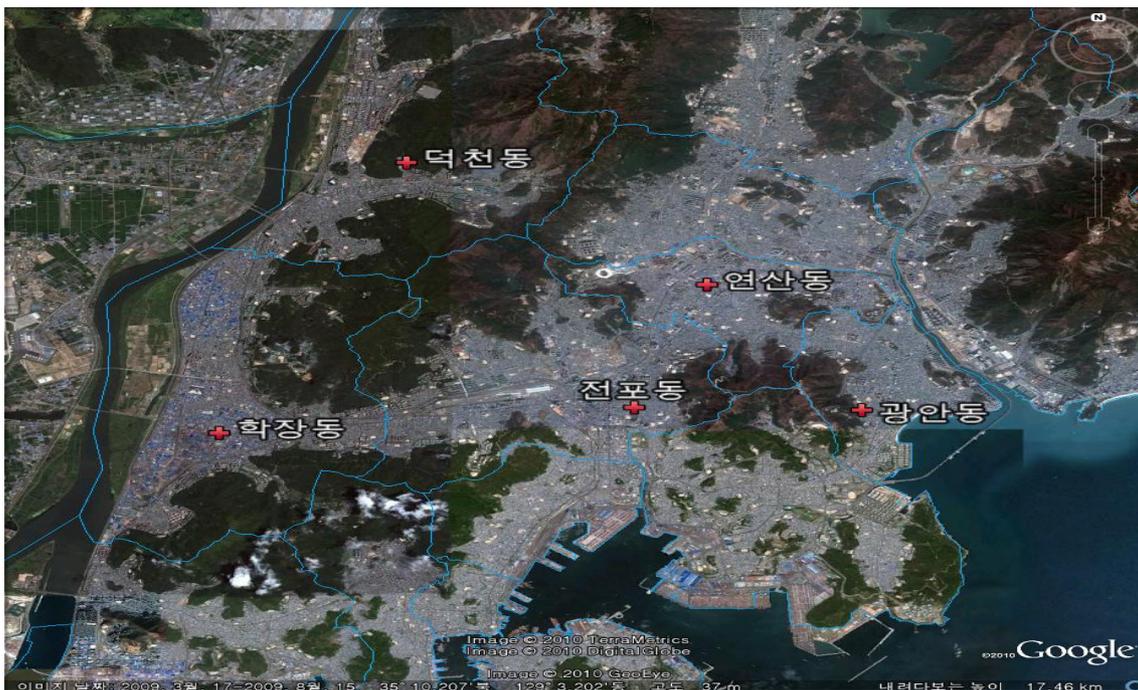


그림 1. 대기중금속 측정망 위치도

2. 조사항목

- 조사항목 : 납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 철(Fe), 망간(Mn), 니켈(Ni), 비소(As), 베릴륨(Be)
- 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, 유도결합플라즈마 원자발광분광법으로 분석
- 자료정리
 - ▷ 각 지점에서 조사된 1일 자료를 산술평균하여 지점별 월평균, 도심 월평균, 도심 연평균 농도 산출

3. 조사결과

- 연도별 농도 변화 추이
 - ▷ 납(Pb)의 연평균 농도는 $0.0582 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 대기환경기준 ($0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하) 11.6 % 수준을 나타냈음.
 - ▷ 최근 5년간 대기중금속 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 보이다가 2012년 증가하였음.
 - ▷ 대기 중 미량으로 존재하는 카드뮴(Cd)은 WHO 권고기준 $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하인 $0.0011\sim 0.0017 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 연평균 값을 보였음. 연도별 큰 변화를 나타내지 않으며 전년 대비 소폭 증가하였음.
 - ▷ 구리(Cu)는 꾸준한 감소경향을 보이다가 2011년부터 일정 수준을 유지하고 있으며, 망간(Mn), 니켈(Ni), 총먼지(TSP)는 2008년 이후 감소경향을 나타내다가 2011년 증가, 2012년 감소 내지는 일정 수준을 유지하고 하였음.
 - ▷ 철(Fe)은 2009년부터 2011년까지 증가경향을 보이다가 2012년 감소하였으며, 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 (WHO 권고기준)	0.5 연평균	(0.005) 연평균			(0.15) 연평균			
2012년	0.0582	0.0013	0.0152	0.0391	0.0857	1.7359	0.0126	63
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

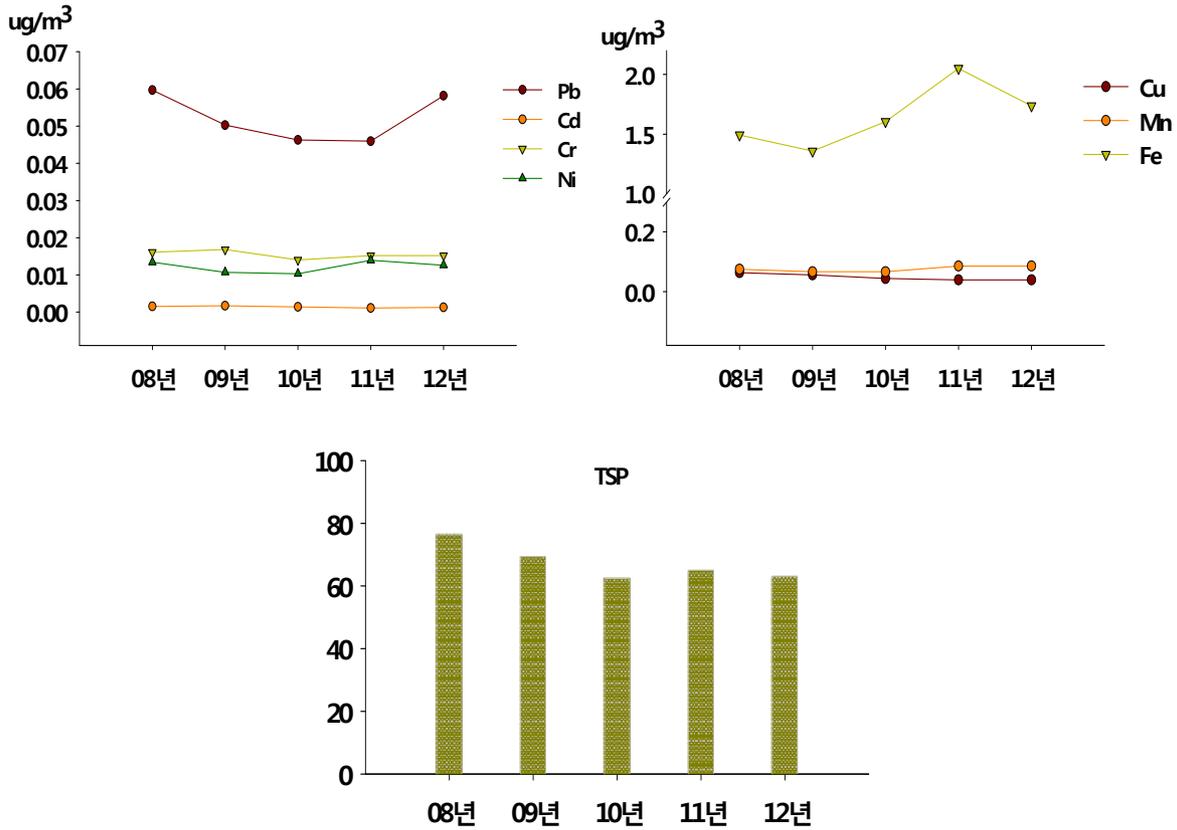


그림 2. 최근 5년간 대기중금속 연평균 농도 추이

○ 지점별 대기중금속 농도

- ▷ 2012년 지점별 대기중금속 연평균 농도(표 2)를 살펴보면 납(Pb)은 0.0438~0.0950 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 나타내었으며, 대기환경기준인 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 8.8~19.0 % 수준으로 모든 지점에서 기준 만족하였음.
- ▷ 카드뮴(Cd)의 연평균은 0.0010~0.0019 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 WHO의 권고기준인 0.005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 모든 측정소에서 만족하였음.
- ▷ 망간(Mn)의 연평균은 0.0385~0.2238 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 WHO 권고기준인 0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 기준으로 공업지역인 학장동에서만 초과하였으며, 다른 측정소는 모두 만족하였음.
- ▷ 망간(Mn)은 금속형태로 주로 사용되며, 약 90%가 제강시 사용되는 것으로 알려져 있음. 용접봉 제조, 페로망간 제조, 기타 비철금속 주조, 열간 압연 및 압출제품 제조, 화약 및 불꽃제품 제조, 자동차 피막제 제조 공정에 주로 사용되며, 학장동에서는 철강·주물금속 가공과 같은 공장이 위치하고 있어 망간(Mn)의 농도가 높게 나타나고 있는 것으로 판단됨. 2012년 학장동의 망간(Mn)은 0.2238 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 2011년 0.2383 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 대비 다소 낮아지긴 하였으나, WHO 권고기준을 초과하는 수준인 만큼 지속적인 모니터링이 필요함.

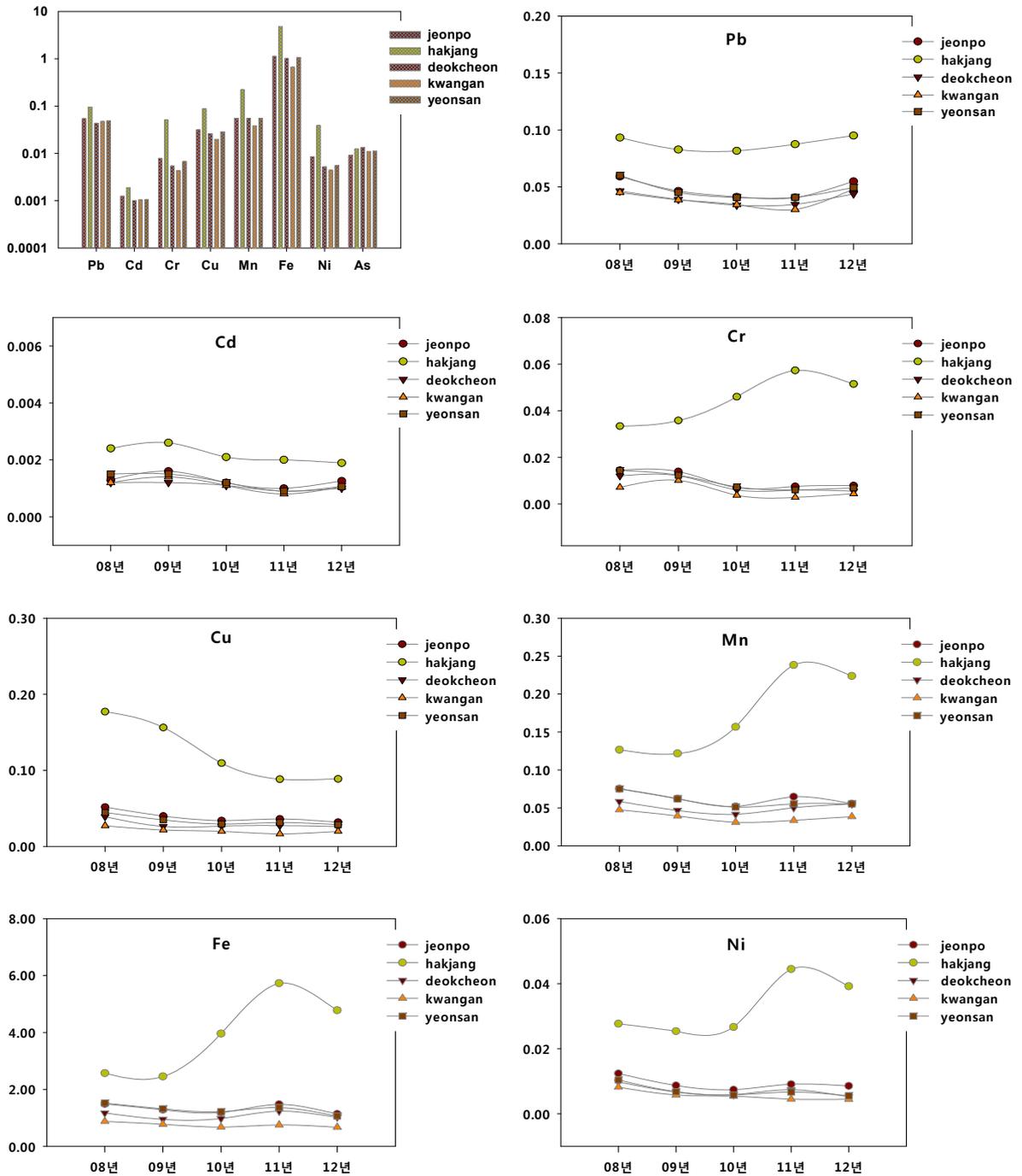


그림 3. 지점별 연평균 대기중금속 농도 추이

▷ 크롬(Cr)은 0.0043~0.0515 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 구리(Cu)는 0.0198~0.0887 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 철(Fe)은 0.6728~4.7792 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 니켈(Ni)은 0.0045~0.0392 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 총먼지(TSP)는 45~88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났음.

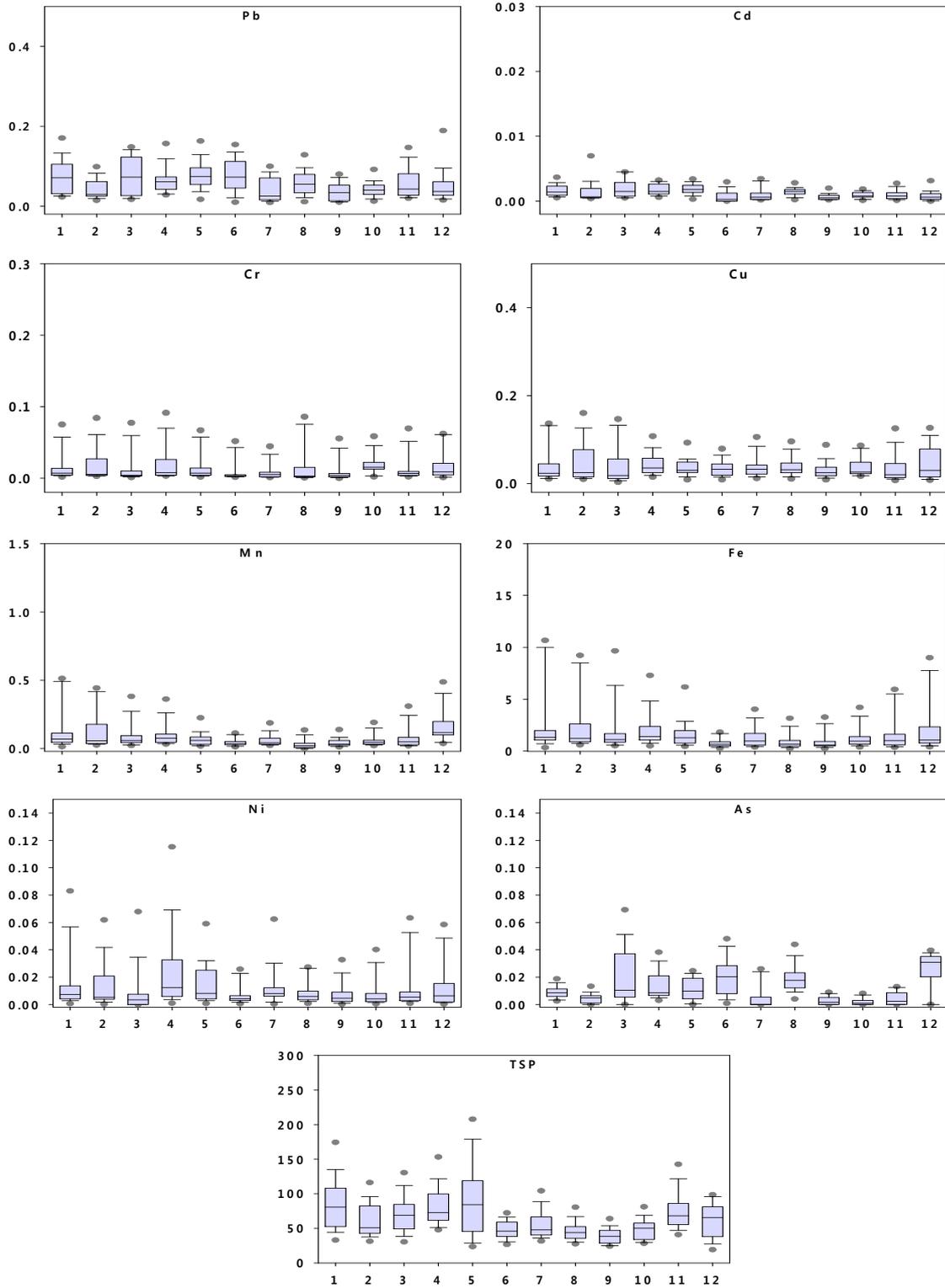
- ▷ 공업지역인 학장동에서 전 항목이 가장 높은 수준을 유지하였고, 주거지역인 광안동이 가장 낮은 수준을 나타냈음.

표 2. 2012년 대기중금속 지점별 연평균농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구 분	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be	TSP
전포동	0.0548	0.0013	0.0079	0.0319	0.0556	1.1387	0.0086	0.0092	0.0000	59
학장동	0.0950	0.0019	0.0515	0.0887	0.2238	4.7792	0.0392	0.0125	0.0000	88
덕천동	0.0438	0.0010	0.0055	0.0261	0.0552	1.0233	0.0053	0.0134	0.0000	60
광안동	0.0479	0.0010	0.0043	0.0198	0.0385	0.6728	0.0045	0.0110	0.0000	45
연산동	0.0494	0.0011	0.0068	0.0287	0.0554	1.0656	0.0056	0.0112	0.0000	63

- ▷ 측정소별 연평균 농도 변화(그림 3)를 살펴보면 상업 또는 주거지역인 전포, 덕천, 광안, 연산동의 경우 크롬(Cr)은 '08년 이후 감소 추세 가운데 소폭 변동을 나타내고 있었음. 망간(Mn), 철(Fe), 니켈(Ni)은 '08년부터 '10년까지 감소 추세를 나타내다가 '11년 증가, '12년 다시 감소하였음. 납(Pb)농도는 '08년부터 '11년까지 감소 추세를 나타내다가 '12년부터 다시 증가하였음.
 - ▷ 학장동 측정소에서는 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe), 니켈(Ni)농도가 '09년부터 '11년까지 증가 추세를 나타내었다가 '12년 다시 감소하였음. 납(Pb)농도는 '08년부터 '10년까지 감소 추세를 나타내다가 '11년부터 다시 증가 추세를 나타내고 있었음.
- 월평균 대기중금속 농도
- ▷ 2012년 월평균 대기중금속 농도를 살펴보면(그림 4, 표 3) 4, 5월 및 1, 12월에 농도가 다소 높게 나타나, 봄과 겨울철 대기중금속 농도가 다소 높게 나타나는 것으로 나타났음. 5월 시료채취기간 중 연무 및 박무가 발생하여 미세먼지 주의보가 발령되었으며, 따라서 총부유먼지(TSP), 납(Pb), 카드뮴(Cd)의 농도가 증가하였음.
 - ▷ 2012년 황사는 11월 29일 1회 열은 황사가 관측되었으며, 대기중금속 시료채취기간 중에는 황사가 발생하지 않아 금년 대기중금속측정망은 황사의 영향은 받지 않았음.
 - ▷ 강수가 빈번하였던 7, 8월에 대기중금속 농도가 전반적으로 낮게 나타났음.
 - ▷ 항목별로 살펴보면 납(Pb) 항목은 5월에, 크롬(Cr), 니켈(Ni) 항목은 4월에 최고농도를 나타내었고, 철(Fe)은 1월에, 구리(Cu) 항목은 2월에, 망간(Mn), 비소(As)는 12월에 최고농도를 나타내었음.
 - ▷ 또한 납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu) 9월에 최저농도를 나타내었으며, 망간(Mn)은 8월에, 철(Fe)과 니켈(Ni)은 6월에, 비소(As)는 10월에 최저농도 나타내었음.



※ 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 4. 2012년 대기중금속 월평균농도 분포

표 3. 2012년 대기중금속 월평균 농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be	TSP	강수량 (mm)
1월	0.0740	0.0016	0.0164	0.0444	0.1431	2.9121	0.0161	0.0089	0.0000	84	19.5
2월	0.0418	0.0014	0.0180	0.0468	0.1285	2.6145	0.0137	0.0044	0.0000	61	22.1
3월	0.0738	0.0019	0.0146	0.0402	0.0918	2.0355	0.0094	0.0207	0.0000	70	173.9
4월	0.0667	0.0017	0.0202	0.0430	0.0990	2.0559	0.0248	0.0138	0.0000	81	213.8
5월	0.0776	0.0019	0.0150	0.0368	0.0683	1.6445	0.0151	0.0116	0.0000	91	36.1
6월	0.0767	0.0007	0.0105	0.0347	0.0446	0.8015	0.0071	0.0198	0.0000	48	97.8
7월	0.0397	0.0010	0.0104	0.0367	0.0606	1.3026	0.0126	0.0049	0.0000	55	502
8월	0.0601	0.0014	0.0161	0.0389	0.0319	0.9762	0.0090	0.0190	0.0000	46	169.4
9월	0.0373	0.0007	0.0098	0.0293	0.0429	0.9863	0.0080	0.0029	0.0000	39	356
10월	0.0420	0.0009	0.0194	0.0366	0.0632	1.3949	0.0090	0.0019	0.0000	49	146.5
11월	0.0580	0.0010	0.0149	0.0345	0.0796	1.5619	0.0128	0.0044	0.0000	74	83.5
12월	0.0506	0.0008	0.0171	0.0466	0.1747	2.5450	0.0137	0.0253	0.0000	60	130.7

○ 계절별 특성

- ▷ 부산지방기상청에서 측정된 2012년 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 769.2 mm, 평균 상대습도 73.9 %, 평균온도 24.9 °C, 강우빈도는 39회로 가장 높은 값을 나타냈었음. 반면 겨울철 누적 강수량 78.1 mm, 평균상대습도 43.1 %, 온도 2.8 °C, 강우빈도 16회로 가장 낮았음.
- ▷ 2012년 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.
- ▷ 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), 니켈(Ni), 비소(As), 총부유먼지(TSP)는 봄철에 가장 높은 수준을 나타내었고, 크롬(Cr), 구리(Cu), 망간(Mn), 철(Fe)은 겨울철에 가장 높은 수준을 나타냈음.

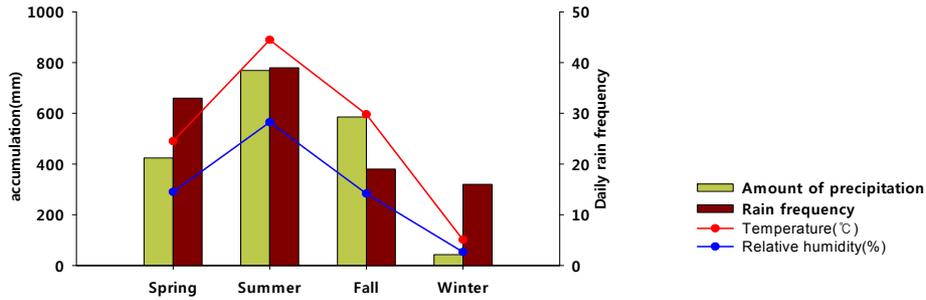


그림 5. 2012년 계절별 기상 특징

표 4. 2012년 대기중금속 계절별 평균 농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be	TSP
Spring	0.0727	0.0018	0.0166	0.0400	0.0864	1.9120	0.0165	0.0154	0.0000	80
Summer	0.0588	0.0010	0.0123	0.0368	0.0457	1.0268	0.0096	0.0146	0.0000	50
Fall	0.0458	0.0009	0.0147	0.0335	0.0619	1.3144	0.0099	0.0031	0.0000	54
Winter	0.0555	0.0013	0.0172	0.0460	0.1488	2.6905	0.0145	0.0129	0.0000	68

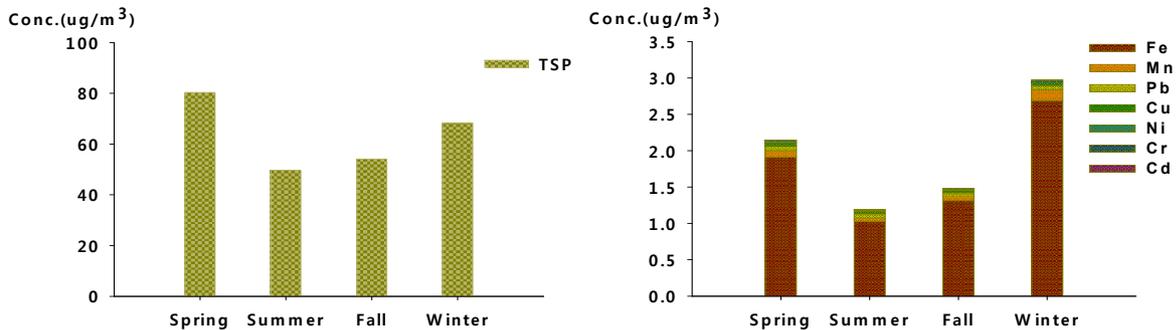


그림 6. 2012년 대기중금속 농도와 총부유먼지의 계절별 변화

○ 타 도시 대기중금속 농도 비교 (NAMIS 자료 참조)

- ▷ 국가대기오염정보관리시스템(NAMIS)을 이용하여 2013.1.4.일 기준으로 등록된 자료를 이용하여 타 시도 대기중금속 연평균 농도를 비교하였음. 타도시 '12년 대기중금속 중 환경기준 설정항목인 납(Pb)의 연평균 농도는 0.027~0.078 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 모두 환경기준을 달성하였음.
- ▷ 7대 광역도시 대기중금속 연평균 농도를 비교한 결과, 우리시는 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe), 니켈(Ni)에서 가장 높은 수준을 나타내고 있었으며, 이는 공업지역인 확장동 측정소의 다소 높은 농도에 의한 것으로 판단됨.
- ▷ 우리시 납 농도는 0.058 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로, 인천 0.078 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 울산의 0.060 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 다음 농도 수준을 나타냈음.

표 5. 2012년 7대 광역도시 대기중금속 연평균농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be
부 산	0.058	0.001	0.015	0.039	0.086	1.736	0.013	0.011	0.000
서 울	0.039	0.002	0.005	0.030	0.035	1.046	0.004	0.005	0.000
인 천	0.078	0.002	0.008	0.051	0.074	1.474	0.010	0.005	0.000
울 산	0.060	0.002	0.008	0.041	0.081	1.386	0.009	0.012	0.000
대 전	0.045	0.001	0.006	0.021	0.039	1.334	0.004	0.004	0.000
광 주	0.027	0.001	0.003	0.015	0.025	0.564	0.004	0.004	0.000
대 구	0.042	0.001	0.005	0.052	0.039	1.009	0.003	0.003	0.000
포 향	0.041	0.002	0.008	0.035	0.231	1.991	0.010	0.001	0.000
창 원	0.051	0.001	0.016	0.035	0.138	2.231	0.012	0.005	0.000

- ▷ 표 6은 2012년 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 철강·주물·금속가공과 같은 고정오염원에 의한 영향인 것으로 판단됨.
- ▷ 또한 표 7은 2012년 공업지역을 제외한 도시지역 대기중금속 연평균 농도를 비교한 결과이며, 이에 따르면 크롬(Cr), 철(Fe), 니켈(Ni)에서 높은 수준을 나타내지 않고 있는 것으로 나타났음. 따라서 부산지역에서 다소 높게 나타나고 있는 크롬(Cr), 철(Fe), 니켈(Ni)은 학장동 측정소에 의한 것으로 판단됨.

표 6. 2012년 공업지역 대기중금속 연평균농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be
부산 학장동	0.095	0.002	0.052	0.089	0.223	4.779	0.039	0.013	0.000
서울 구로구	0.043	0.002	0.007	0.033	0.037	1.006	0.005	0.005	0.000
인천 고잔동	0.118	0.003	0.016	0.068	0.105	1.907	0.015	0.006	0.000
울산 덕신리	0.092	0.003	0.005	0.051	0.050	0.916	0.007	0.019	0.000
울산 여천동	0.059	0.002	0.014	0.044	0.203	3.040	0.017	0.010	0.000
대전 읍내동	0.075	0.002	0.018	0.041	0.077	2.677	0.009	0.005	0.000
포항 3공단	0.050	0.001	0.008	0.057	0.177	2.136	0.010	0.001	0.000
포항 장흥동	0.059	0.002	0.019	0.049	0.792	5.066	0.015	0.000	0.000
마산 봉암동	0.041	0.001	0.022	0.032	0.104	1.685	0.011	0.008	0.000
원주 문막공단	0.034	0.001	0.005	0.013	0.072	1.191	0.002	0.003	0.000
원주 우산동	0.048	0.001	0.077	0.109	0.349	2.038	0.011	0.005	0.000
안산 원시동	0.131	0.002	0.006	0.117	0.059	0.838	0.009	0.004	0.000
서산 독곶리	0.033	0.001	0.002	0.009	0.042	0.876	0.005	0.004	0.000

표 7. 2012년 도시지역(공업지역 제외) 대기중금속 연평균농도

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be
부 산	0.049	0.001	0.006	0.027	0.051	0.975	0.006	0.011	0.000
서 울	0.038	0.002	0.005	0.029	0.034	1.056	0.004	0.005	0.000
인 천	0.067	0.002	0.006	0.047	0.066	1.366	0.009	0.005	0.000
울 산	0.045	0.002	0.006	0.035	0.036	0.794	0.006	0.009	0.000
대 전	0.035	0.001	0.002	0.015	0.026	0.886	0.003	0.004	0.000
광 주	0.027	0.001	0.003	0.015	0.025	0.564	0.004	0.004	0.000
대 구	0.042	0.001	0.005	0.052	0.039	1.009	0.003	0.003	0.000
경 북	0.031	0.000	0.003	0.012	0.036	0.586	0.003	0.000	0.000
경 남	0.045	0.001	0.012	0.024	0.086	1.204	0.007	0.006	0.000
경 기	0.034	0.001	0.003	0.027	0.023	0.463	0.001	0.002	0.000
강 원	0.035	0.001	0.003	0.114	0.031	0.996	0.002	0.005	0.000
전 남	0.027	0.000	0.003	0.014	0.037	1.180	0.006	0.004	0.000
전 북	0.082	0.002	0.005	0.023	0.046	0.837	0.004	0.006	0.000
충 남	0.042	0.001	0.003	0.022	0.036	0.913	0.005	0.003	0.000

4. 결 론

- 대기환경기준 설정항목인 납(Pb)의 평균값은 $0.0582 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 대기환경기준(연평균 $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)의 11.6 %수준이었음.
- 연도별 연평균농도는 납(Pb)은 2008년 이후 감소 경향을 나타내다가 2012년 다시 증가하였음. 구리(Cu)는 2008년 이후 감소 경향을 나타냈으며, 카드뮴(Cd)은 연도별 큰 변화하지 않았으며 전년대비 소폭 증가하였음. 망간(Mn), 니켈(Ni), 총먼지(TSP)는 2008년 이후 감소 경향을 나타내다가 2011년 증가, 2012년 감소 내지 일정한 수준 유지하였음. 철(Fe)은 2010년부터 증가경향을 보이다가 2012년 감소하였으며, 크롬(Cr)은 연도별로 증감을 반복하고 있음.
- 측정소별 월평균 농도를 WHO 권고기준과 비교한 결과, 카드뮴(Cd)은 모든 측정소에서 만족하였음. 망간(Mn)의 연평균은 $0.0385\sim 0.2238 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.
- 4, 5월과 1, 12월에 전반적으로 대기중금속 농도가 높아진 것으로 나타나 봄과 겨울철에 대기중금속 농도가 다소 높게 나타났으며, 여름철에는 낮은 수준을 보였음.
- 납(Pb)의 경우 비교 타시도 모두 환경기준을 달성하였으며, 7대 광역시 중 인천, 울산 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.