

대기중금속 조사

○ 미세먼지(PM-10) 중 중금속 모니터링을 통한 자료 축적 및 결과 분석으로 대기중금속 저감대책 수립을 위한 정책자료 제공

1. 조사개요

- 조사기간 : 2024년 1월~12월(매월 둘째주 5일간)
- 조사대상 : (공업)학장, (상업)연산, (주거)덕천, 광안, 부곡



지점명	용도지역		위치
학장동	공업	사상구	학장초등학교 옥상
연산동	상업	연제구	시청 등대광장
덕천동	주거	북구	부산하수관로 운영사무소 옥상
광안동	주거	수영구	한바다중학교 옥상
부곡동	주거	금정구	부곡2동 주민센터 옥상

- 조사항목 : 총 12항목 [납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 망간(Mn), 철(Fe), 니켈(Ni), 비소(As), 베릴륨(Be), 알루미늄(Al), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg)]

2. 조사방법

- 시료채취 : 고용량 공기포집법(High volume air sampler)
- 분석방법 : 유도결합플라즈마 원자발광분광법(ICP-OES)

3. 조사결과

- 연평균 농도
 - 2024년 PM-10 중 대기중금속 연평균 농도는 전년 대비 Pb, Cd, As는 증가하였고 그 외 전체 중금속 농도는 감소한 것으로 나타남. 지각유래금속의 감소폭이 상대적으로 큼
 - 전년보다 감소한 측정기간 대기정체일수와 전체 측정일의 약 33% 해당하는 강수일수에 의해 확산 및 세정 효과로 5년 내 최저 PM-10 농도가 나타났으며(표 1), 대기중금속 연평균 농도 감소의 주요 원인으로 사료됨

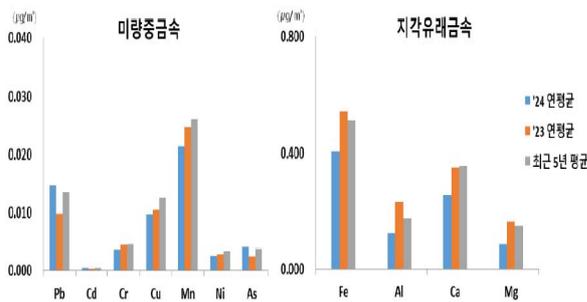


그림 1. 중금속 농도 변화 추이(전년, 최근5년 평균)



그림 2. 강수일수 및 대기정체일수(진단평가시스템 기준)

- (환경기준) Pb 연평균 농도는 0.01469 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 대기환경기준(연평균 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)의 2.9% 수준이며 Cd, Mn의 농도는 WHO 권고기준의 7.9%, 14.3% 수준임

표 1. 대기중금속 연평균 농도 (단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

항목	PM10	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be	Al	Ca	Mg
대기환경기준	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WHO 권고기준	-	0.005	-	-	-	0.15	-	-	-	-	-	-	-
2024년	28	0.01469	0.00039	0.00374	0.00959	0.02141	0.40759	0.00257	0.00404	0.00000	0.12442	0.25698	0.08635
2023년	31	0.00969	0.00030	0.00440	0.01044	0.02476	0.54147	0.00285	0.00247	0.00001	0.23308	0.35074	0.16471
2022년	30	0.0145	0.0005	0.0054	0.0141	0.0322	0.5724	0.0047	0.0052	0.0000	0.1708	0.3809	0.1710
2021년	30	0.0144	0.0005	0.0045	0.0136	0.0249	0.5018	0.0037	0.0044	0.0000	0.1653	0.4018	0.1766
2020년	35	0.0146	0.0005	0.0046	0.0152	0.0278	0.5394	0.0035	0.0030	0.0000	0.1896	0.3790	0.1487

○ 월별 농도 특성

- 3월, 12월은 국외 유입에 의해 지각유래금속(Fe, Al, Ca, Mg)이 높은 농도를 나타내었으며, 8월에는 Pb, Cd, As가 높은 농도를 나타냄
- 대기중금속은 PM-10 농도와 유사한 경향으로 나타났으며 5월~9월 동안 원활한 대기확산 및 강수로 대부분 의 금속 농도가 연중 최저치를 나타내었고 양호한 대기질 상태를 유지하였음

표 2. 2024년 월별 PM-10 및 대기중금속 농도 (단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

항목	PM10	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be	Al	Ca	Mg
대기환경기준	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WHO 권고기준	-	0.005	-	-	-	0.15	-	-	-	-	-	-	-
1월	34	0.01529	0.00029	0.00492	0.01804	0.03826	0.60223	0.00458	0.00236	0.00001	0.16225	0.34098	0.12383
2월	24	0.01070	0.00053	0.00263	0.00912	0.01523	0.30014	0.00236	0.00226	0.00000	0.06494	0.15974	0.05539
3월	38	0.00761	0.00015	0.00526	0.01145	0.03871	0.64714	0.00494	0.00162	0.00001	0.29825	0.49159	0.15102
4월	36	0.00978	0.00094	0.00270	0.00895	0.02078	0.41516	0.00300	0.00257	0.00000	0.16938	0.41182	0.18471
5월	26	0.00627	0.00000	0.00256	0.00684	0.01923	0.39373	0.00251	0.00115	0.00000	0.12981	0.25724	0.07340
6월	43	0.00651	0.00002	0.00277	0.00805	0.02159	0.43096	0.00353	0.00050	0.00000	0.10656	0.25832	0.03120
7월	21	0.00613	0.00052	0.00084	0.00221	0.01038	0.07601	0.00081	0.00203	0.00004	0.00000	0.03610	0.00418
8월	24	0.03607	0.00101	0.00077	0.00934	0.00777	0.20445	0.00059	0.01222	0.00000	0.01070	0.09844	0.00241
9월	17	0.02035	0.00054	0.00119	0.00764	0.00676	0.18645	0.00059	0.00651	0.00000	0.05598	0.11026	0.00298
10월	23	0.02061	0.00047	0.01103	0.01108	0.02035	0.41391	0.00227	0.00568	0.00000	0.07544	0.23585	0.17430
11월	27	0.02544	0.00026	0.00369	0.01092	0.01772	0.44308	0.00130	0.00623	0.00000	0.11219	0.22821	0.10580
12월	26	0.01152	0.00000	0.00650	0.01142	0.04013	0.77783	0.00434	0.00538	0.00000	0.30751	0.45522	0.12699

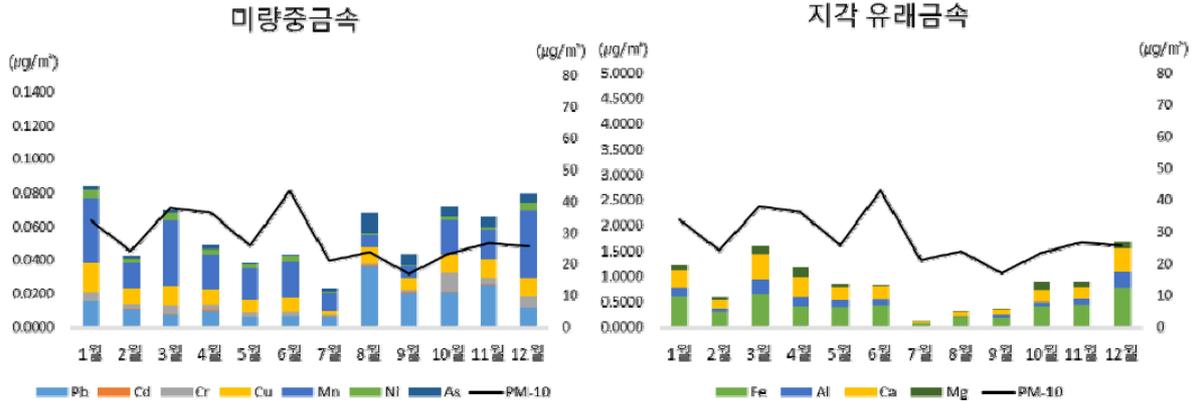


그림 3. 월별 PM-10 농도 변화에 따른 중금속 분포

○ 지점별 농도 변화

- 지점별 Pb의 연평균 농도는 공업지역인 학장동에서 0.02023 µg/m³(대기환경기준의 4.0% 수준)으로 최고치를 주거지역인 덕천동에서 0.01143 µg/m³(대기환경기준의 2.3% 수준)로 최저치를 나타냄
- 금속농도는 공업(학장) > 상업(연산) > 주거(부곡, 광안, 덕천) 순이나 상업지역과 주거지역이 유사하게 조사됨. 학장(공업)에서 대부분의 항목이 최고농도를, 덕천(주거)에서 대부분의 항목이 최저농도를 나타냄
- 공업지역(학장) 주요 5개 중금속(Ni, Cr, Mn, Fe, Cu)의 평균농도는 상업 및 주거지역 대비 각각 2.8배, 3.8배 높게 조사되었는데 이는 공업지역의 기타 중금속(Pb, Cd, As, Al, Ca, Mg)의 평균농도(상업지역 대비 1.1배, 주거지역 대비 1.3배)와 비교하여 상대적으로 높은 것으로 인근 사업장 배출원에서 기인한 것으로 판단됨
- 공업지역의 5개 중금속 기여율은 Ni(65%), Cr(54%), Mn(57%), Fe(46%), Cu(41%)로 조사되어 그 외 중금속에 대한 기여율(평균 24%) 대비 높은 것으로 나타남

표 3. 지점별 중금속 농도

(단위: µg/m³)

항목	PM10	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be	Al	Ca	Mg
대기 환경기준	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WHO 권고기준	-	0.005	-	-	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-
학장(공업)	35	0.02023	0.00041	0.01011	0.01983	0.06099	0.94043	0.00833	0.00490	0.00000	0.15252	0.29909	0.09507
연산(상업)	26	0.01436	0.00047	0.00378	0.00835	0.01334	0.34110	0.00137	0.00428	0.00002	0.15183	0.30336	0.09496
부곡(주거)	24	0.01448	0.00039	0.00099	0.00723	0.01118	0.26779	0.00079	0.00434	0.00000	0.09752	0.23565	0.07863
광안(주거)	28	0.01339	0.00040	0.00205	0.00652	0.01006	0.24801	0.00100	0.00358	0.00000	0.11505	0.23094	0.09452
덕천(주거)	30	0.01143	0.00035	0.00176	0.00608	0.01152	0.24098	0.00135	0.00331	0.00000	0.10517	0.21651	0.06858

○ 황사 시 특성

- 2024년 황사(3월 29일, 4월 17~19일) 시 PM-10(평균농도 244µg/m³) 중 중금속 농도는 16.03486 µg/m³이며 지각유래금속이 전체의 98.7%, 미량 중금속 1.3 %를 차지함
- 평상시 PM-10(평균농도 28µg/m³) 중 중금속 농도는 0.93178µg/m³이며 지각유래금속이 전체의 93.9%, 미량 중금속이 6.1%를 차지함
- 황사 시 지각유래금속, 미량 중금속 비율이 각각 18.1 배, 3.6 배 증가한 것으로 나타남

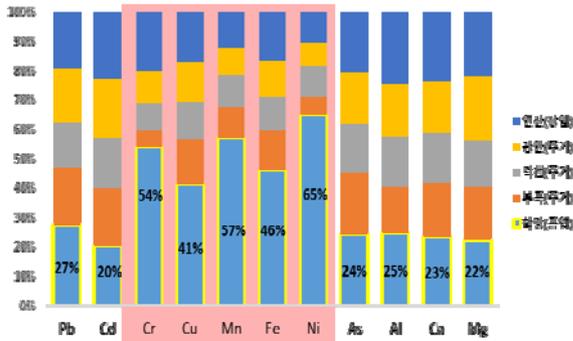


그림 4. 측정소별 중금속 농도 기여율

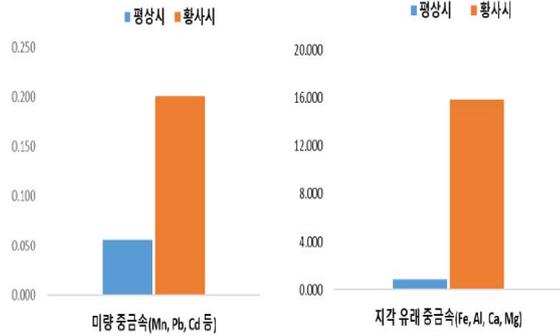


그림 5. 평상 시, 황사 시 중금속 농도 발생 특성

○ 건강위해도 평가

- 건강위해도 평가는 대기 중 호흡으로 인해 발암 또는 비발암(독성)을 일으킬 수 있는 중금속을 대상으로 용도지역별로 수행
- 발암위해도는 공업지역 5.5E-6으로, 상업지역 4.2E-6, 주거지역 2.5E-6으로 위해 없는 수준 E-6(백만명당 1명 초과발암확률)을 넘겼으나, 위해 있는 수준(1.0E-4) 보다는 훨씬 낮은 허용 가능한 수준으로 나타남
- 전년 대비 당해연도 및 전제연도(2014.~2024.) 발암위해도는 증가(5.1E-6 → 5.8E-6)하였으며, 용도지역별로는 당해연도 기준은 전 지역 증가하였고, 전제연도 기준은 공업지역이 많이 증가(5.1E-6 → 5.8E-6)하였으나 상업 및 주거지역은 동일하거나 감소하였음
- 비발암(독성)위해도¹⁾는 공업지역 2.5E-4, 주거지역 7.1E-4, 상업지역 7.1E-4로 각 용도지역별 위해도지수(HI)가 1 이하로 위해영향 발생 가능성이 낮음으로 나타남

4. 활용방안

- 지속적인 모니터링을 통한 미세먼지(PM-10) 내 대기중금속 오염도 경향 파악
- 장기간 축적된 데이터를 시민 건강영향 관련 건강위해도 평가 자료로 활용

5. 기대효과

- 대기중금속 오염현황 파악 및 부산지역에 적합한 대기질 관리 대책수립의 기초자료 제공
- 유해 미세먼지저감 등 대기환경개선으로 시민건강증진에 기여

1) 일정용량 이상으로 노출될 시 유해한 영향(독성)을 일으키는 물질을 대상(As, Cd, Mn)으로 하며, 위해도는 위해도 지수(HI)로 나타내며, HI가 1을 초과할 시 위해영향 발생 가능성이 있고, 1 이하인 경우 위해영향 발생 가능성 낮음으로 나타냄