

미세먼지(PM2.5)성분 조사

- 미세먼지(PM10)보다 인체위해성이 상대적으로 큰 미세먼지(PM2.5)의 구성성분 조사 필요
- 미세먼지 저감대책 수립을 위한 미세먼지(PM2.5)의 구성성분 파악 필요

1. 조사개요

- 조사기간 : 2017. 1. ~ 12.(3일간격 1회)
- 조사지점 : 기장(동부), 광복(남부), 연산(중부), 학장(서부)
- 조사항목 : 중량농도, 이온성분(Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}), 탄소성분(OC, EC), 금속성분(Al, As, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sr, Ti, Tl, V, Zn)
- 조사지점

지점	측정소	용도지역	구군	위치
S1	광복동	상업	중구	광복동 주민센터
S2	기장읍	주거	기장군	기장초등학교
S3	연산동	주거	연제구	시청광장 (17. 9. 연제초등학교에서 이전)
S4	학장동	공업	사상구	학장초등학교

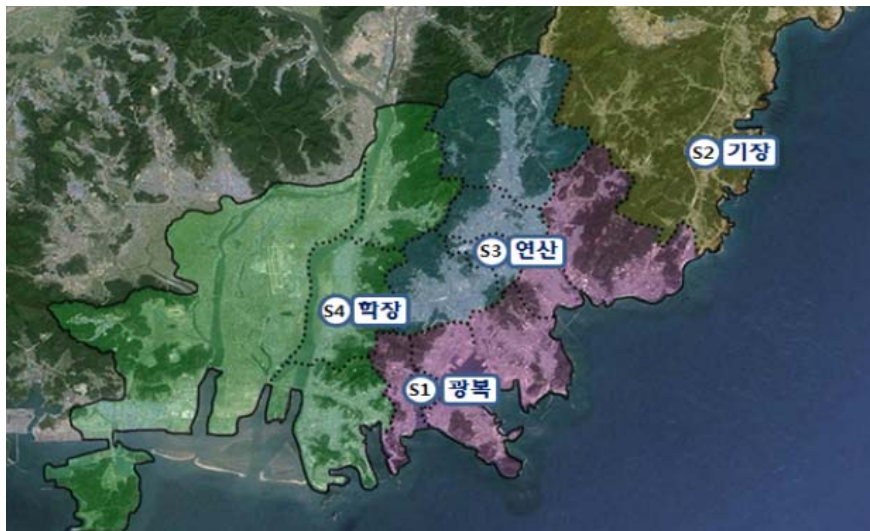


그림 1. 시료채취지점

2. 조사방법

- 시료채취: 로우볼륨 에어샘플러법(Low volume air sampler)
- 중량농도: 중량농도법(정밀저울)
- 이온성분: 이온크로마토그래피법(IC)
- 탄소성분: 불꽃이온화검출법(Carbon analyzer)
- 금속성분: 유도결합플라즈마-질량분석법, 광학발광분광법(ICP-MS, OES)

3. 조사결과

- PM2.5 중량농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : 평균 22.4, 학장 25.5, 광복 23.2, 연산 22.7, 기장 19.0
- PM2.5 성분농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : 이온 10.2, 탄소 4.5, 금속 1.0, 기타 5.9
- PM2.5 성분 구성비(%) : 이온 47.4, 탄소 20.9, 금속 4.6, 기타 27.1
- 이온성분농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : SO_4^{2-} 4.72, NO_3^- 2.53, NH_4^+ 2.33, Na^+ 0.18, Cl^- 0.17, K^+ 0.12, Ca^{2+} 0.11, Mg^{2+} 0.06
- 탄소성분농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : OC 3.81, EC 0.74
- 금속성분농도(ng/m^3) : Ca 343.1, Fe 230.8, Si 105.2, Al 43.0, Cu 67.8, Mn 25.5, Pb 14.0, Ni 6.4, Cr 5.8, As 1.5
- PM2.5 구성성분별 분석
 - ▷ 이온성분 : PM2.5 중 가장 많은 구성비 차지(43.1~51.2%)
 - 기장 51.2% > 광복 49.1% > 연산 46.8% > 학장 43.1%
 - 기체상(SO_2 , NO_x , NH_3)에서 입자상으로 전환된 2차 생성물질이 50%이상 차지하였음.
 - ▷ 탄소성분 : 이온성분 다음으로 많은 구성비 차지(19.2~24.1%)
 - 연산 24.1% > 학장 21.3% > 광복 19.7% > 기장 19.2%
 - 유기탄소가 무기탄소 대비 5배 정도 높은 수준으로 나타나 2차생성 유기입자의 비율이 높음.
 - ▷ 금속성분 : PM2.5 중 가장 적은 구성비 차지(3.4~6.7%)
 - 학장 6.7% > 연산 4.2% > 기장 3.7% > 광복 3.4%
 - 토양 및 지각성분(Ca, Si, Fe, Al)이 상대적으로 높은 농도 차지, 학장지점은 주물 등 철강 관련 산업의 영향으로 미량 금속(Cu, Mn, Ni, Cr 등)이 가장 높은 농도분포를 나타내었음.

표 2. 2017년 지점별 결과

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

지점	중량농도	이온성분	탄소성분	금속성분	기타성분
		농도(구성비%)	농도(구성비%)	농도(구성비%)	농도(구성비%)
광복	23.2	10.75(49.1)	4.45(20.9)	0.80(4.6)	3.99(25.4)
기장	19.0	10.11(51.2)	3.60(19.2)	0.67(3.4)	4.37(26.2)
연산	22.7	8.53(46.9)	4.79(24.1)	0.90(4.2)	3.27(24.8)
학장	25.5	11.48(43.1)	5.32(21.3)	1.67(6.7)	5.96(28.9)

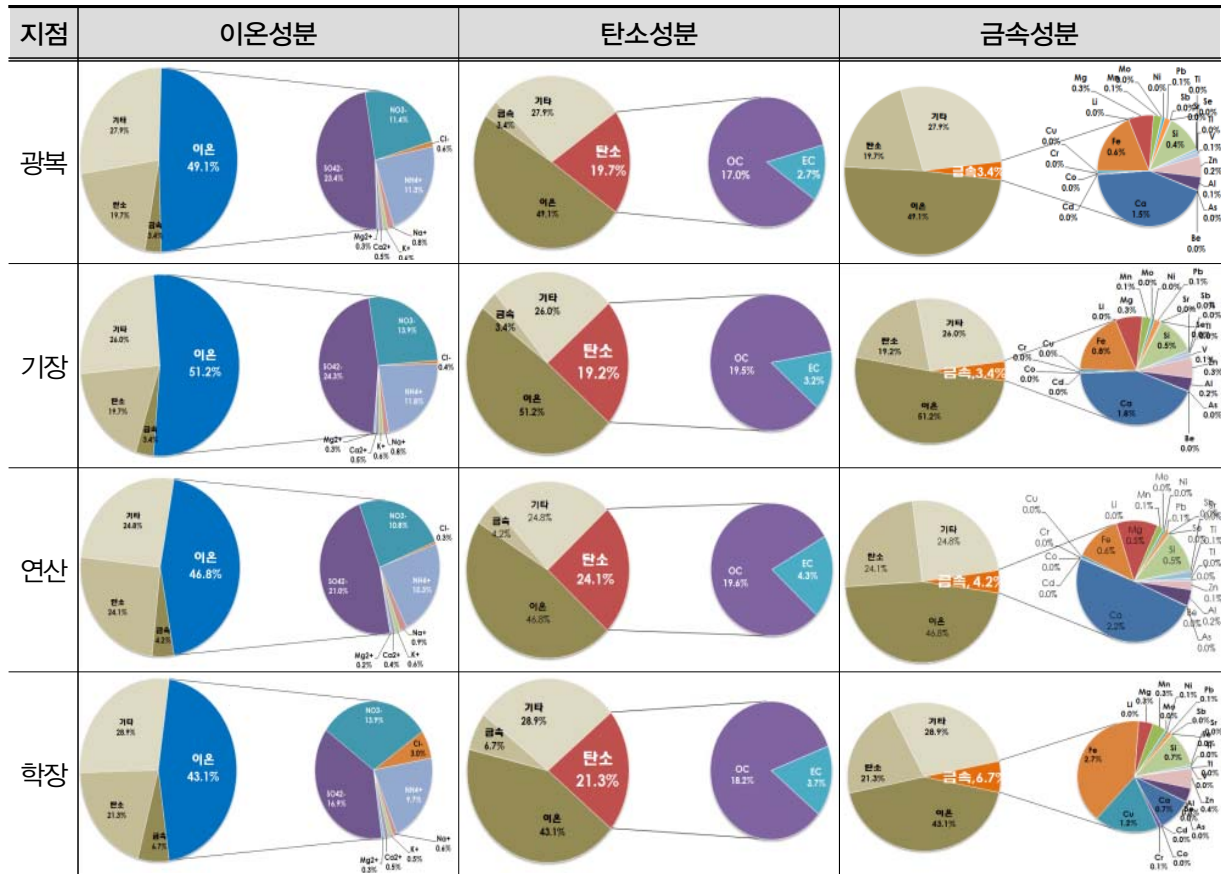


그림 1. 미세먼지(PM2.5) 구성비

표 3. 지점별 PM2.5 구성성분 평균농도 (단위 : 이온성분, 탄소성분, 기타성분 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 금속성분 ng/m^3)

지점	중량 농도	이온성분									탄소성분		
		Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	계	OC	EC	계
광복	23.2	0.15	2.48	5.23	2.48	0.19	0.13	0.13	0.07	10.75	3.83	0.63	4.45
기장	19.0	0.09	2.68	4.68	2.28	0.15	0.12	0.10	0.06	10.11	3.00	0.60	3.60
연산	22.7	0.05	2.10	4.03	1.98	0.17	0.11	0.08	0.05	8.53	3.82	0.97	4.79
학장	25.5	0.48	3.60	4.38	2.51	0.15	0.14	0.13	0.09	11.48	4.50	0.89	5.32

지점	금속성분												
	Al	As	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Mo
광복	31.9	1.5	0.0	343.5	0.6	0.1	2.7	6.4	147.4	0.3	62.3	20.8	1.5
기장	30.6	1.8	0.0	337.3	0.5	0.1	2.4	6.4	89.5	0.3	65.1	10.1	0.6
연산	39.4	1.3	0.0	442.9	0.3	0.1	2.4	6.3	116.1	0.2	104.2	15.5	1.1
학장	67.9	1.7	0.0	162.5	0.4	0.3	16.9	303.2	663.7	0.23	68.15	64.76	2.78

지점	금속성분											기타성분
	Ni	Pb	Sb	Se	Si	Sr	Ti	Tl	V	Zn	계	
광복	6.7	14.3	2.1	0.6	90.4	2.1	5.9	0.1	11.5	47.6	800.3	3.99
기장	3.0	12.1	6.5	0.7	70.2	2.3	4.5	0.1	4.6	26.9	670.6	4.37
연산	6.0	11.1	2.9	0.5	100.7	3.8	15.9	0.1	5.9	21.3	897.9	3.27
학장	12.4	19.8	1.5	0.5	172.9	1.3	9.8	0.7	4.8	95.9	1,669.8	5.96

- 지점별 PM2.5 발생원 기여율 추정 결과(수용모델 활용: 미국환경보호청 EPA PMF5.0이용)
 - ▷ 전 지점에서 공통적으로 황산염계 2차생성 및 질산염계 2차생성 부분이 높은 기여율을 나타냄
 - 기체상 물질(SO₂, NO_x, NH₃)이 초미세먼지로 전환된 SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ 등 2차입자와 휘발성 유기화합물질(VOCs)의 배출과 연소로 생성된 탄소성분이 PM2.5의 주요물질로 판단됨.
 - ▷ 광복지점은 총 4개 발생원으로 추정되었으며, 발생원별 기여율은 해염+생물성연소+중금속 39.4%, 황산염계 2차생성+중유연소+자동차배출 27.1%, 질산염계 2차생성 23.9%, 도로먼지 9.6%이었음.
 - ▷ 기장지점은 총 5개 발생원으로 추정되었으며, 발생원별 기여율은 자동차배출 28.4%, 황산염계 2차생성+중유연소+해염 28.1%, 연화물계 17.3%, 질산염계 2차생성 16.5%, 도로먼지 9.6%이었음.
 - ▷ 연산지점은 총 3개 발생원으로 추정되었으며, 발생원별 기여율은 황산염계 2차생성+질산염계 2차생성+해염 48.8%, 자동차배출+도로먼지 37.9%, 중유연소+중금속 13.2%이었음.
 - ▷ 학장지점은 총 5개 발생원으로 추정되었으며, 발생원별 기여율은 질산염계 2차생성 33.1%, 황산염계 2차생성+중유연소 30.1%, 해염 17.2%, 자동차배출 13.8%, 중금속+도로먼지 5.8%이었음.

4. 활용방안

- 미세먼지(PM2.5) 발생원 추정, 미세먼지(PM2.5) 관리 대책 마련

5. 기대효과

- 미세먼지(PM2.5) 구성성분 파악을 통한 발생원 추정 및 관리 대책 수립으로 부산시 대기질 개선