지하역사 실내공기질 자동측정망 운영

❍ 유동인구가 많은 지하역사 내 실내공기질을 적정하게 유지하기 위해 상시 모니터링하고, 과학적이고 효율적인 실내공기 관리로 시민의 건강보호 및 환경상 위해 예방

1. 조사개요

❍ 조사기간 : 2018. 1. ~ 2018. 12.

❍ 조사대상 : 조사지점(9개역사 11개지점)

- 수영역, 연산역, 미남역, 덕천역, 서면역(1,2호선 대합실 및 승강장), 동래역, 남포역, 사상역

❍ 조사항목 : PM-10, PM-2.5, CO, CO_2, NO_2, HCHO

표 1. 실내공기질 자동측정망 현황

지 점		설치년도	최초 설치기관	측정항목
수영역 3호선 대합실		2006. 1. 1.	부산교통공사	PM-10, CO, CO_2, NO_2
연산역 3호선 대합실				
미남역 3호선 대합실				
덕천역 2호선 대합실				
남포역 1호선 대합실		2011. 9. 1.	보건환경연구원	PM-10, CO, CO_2, NO_2, PM-2.5, HCHO
사상역 2호선 대합실		2011. 9. 1.	보건환경연구원	PM-10, CO, CO_2, NO_2, PM-2.5, HCHO
동래역 4호선 대합실		2014. 7. 1.	보건환경연구원	PM-10, CO, CO_2, NO_2, PM-2.5
서면역	1호선 대합실	2003. 12. 9.	부산교통공사	PM-10, CO, CO_2, NO_2, PM-2.5
		2010. 10. 1.	보건환경연구원	
	1호선 승강장	2003. 12. 9.	부산교통공사	PM-10, CO, CO_2, NO_2, PM-2.5
		2010. 10. 1.	보건환경연구원	
서면역	2호선 대합실	2005. 7. 8.	부산교통공사	PM-10, CO, CO_2, NO_2, PM-2.5, HCHO
		2013. 8. 1.	보건환경연구원	
	2호선 승강장	2005. 7. 8.	부산교통공사	PM-10, CO, CO_2, NO_2, PM-2.5
		2013. 8. 1.	보건환경연구원	

※ 자료생성 주기는 '다중이용시설 실내공기질 자동측정망 설치 및 운영 매뉴얼'에 따름

담당부서 : 대기진단평가팀(☎051-309-2763)
팀 장 : 유은철, 담당자 : 정현철

2. 조사방법

표 2. 항목별 측정방법

측정항목	측정방법
PM-10, PM-2.5	베타선흡수법 (β-Ray Absorption Method)
CO	비분산적외선법 (Non-Dispersive Infrared Method)
CO_2	비분산적외선법 (Non-Dispersive Infrared Method)
NO_2	화학발광법 (Chemiluminescent Method)
HCHO	고성능액체크로마토그래프법 (High Performance Liquid Chromatography)

3. 조사결과

❍ 지점별 연평균 농도

연평균 PM-10과 PM-2.5는 남포역에서 각각 46 ㎍/㎥, 28 ㎍/㎥ 로 가장 높게 조사 되었으며, CO는 연산, 미남역에서 0.7 ppm으로 가장 높게 나타났고, CO_2는 유동인구가 많은 서면역을 중심으로 전반적으로 농도가 높았으며, 서면역 1호선 대합실에서 629 ppm으로 가장 높았고, NO_2는 서면역(1·2호선) 승강장에서 0.047 ppm으로 가장 높게 나타났고, HCHO는 사상역에서 8.0 ㎍/㎥로 높게 조사되었음

표 3. 측정지점별 연평균 농도

역사명 \ 항목 (기준)		PM-10 (㎍/㎥) 150 이하	PM-2.5 (㎍/㎥) -	CO (ppm) 10 이하	CO_2 (ppm) 1,000 이하	NO_2 (ppm) 0.05 이하	HCHO (㎍/㎥) 100 이하
수영역	2018년	31		0.6	540	0.035	
	2017년	32		0.7	562	0.040	
연산역	2018년	26		0.7	536	0.041	
	2017년	28		0.7	525	0.038	
미남역	2018년	33		0.7	500	0.039	
	2017년	31		0.6	505	0.048	
덕천역	2018년	43		0.5	527	0.031	
	2017년	37		0.5	517	0.033	
남포역	2018년	46	28	0.5	553	0.037	7.4
	2017년	43	26	0.5	570	0.041	8.7
사상역	2018년	31	20	0.4	530	0.039	8.0
	2017년	33	14	0.4	547	0.050	8.1
동래역	2018년	34	21	0.5	505	0.043	
	2017년	36	20	0.5	502	0.047	
서면역 1호선 대합실	2018년	44	26	0.6	629	0.040	
	2017년	47	29	0.6	647	0.044	
서면역 1호선 승강장	2018년	40	22	0.5	536	0.047	
	2017년	46	25	0.4	557	0.046	
서면역 2호선 대합실	2018년	40	23	0.4	603	0.042	3.2
	2017년	42	24	0.4	644	0.046	6.8
서면역 2호선 승강장	2018년	34	23	0.5	565	0.047	
	2017년	38	25	0.5	555	0.049	
서면역 평 균	2018년	40	24	0.5	583	0.044	
	2017년	43	26	0.5	601	0.046	
평 균	2018년	36	23	0.5	548	0.040	6.2
	2017년	38	23	0.5	557	0.044	7.9

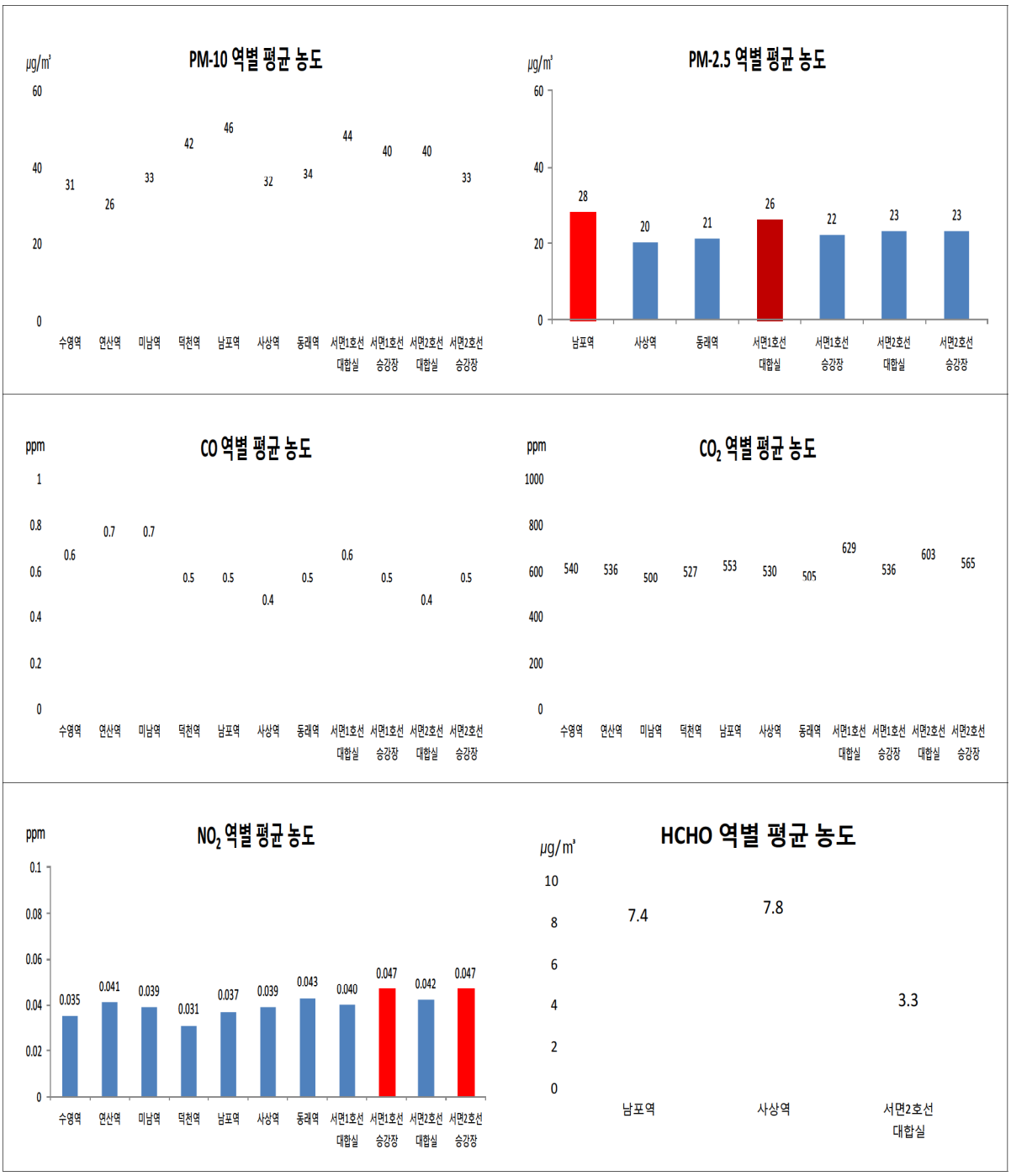

그림 1. 지하철역에서의 측정항목별 연평균 농도

○ 항목별 월평균 농도

PM-10의 월별 농도변화는 2월에 44 μg/m³으로 가장 높았으며, 그 다음으로 4월로 43 μg/m³ 이었으며, PM-2.5의 월별 농도변화는 6월에 28 μg/m³으로 가장 높았으며, 그 다음으로 2월로 27 μg/m³ 이었다. CO 농도는 외부 기온저하로 난방기 사용이 많은 겨울철(10월~1월)에 가장 높게 나타났으

며, CO_2 농도는 6월과 1월에 높게 나타났으며 NO_2농도는 2월~4월에 0.045 ppm으로 가장 높았으며, HCHO 농도는 8월에 10.3 μg/m³으로 가장 높게 나타났다.

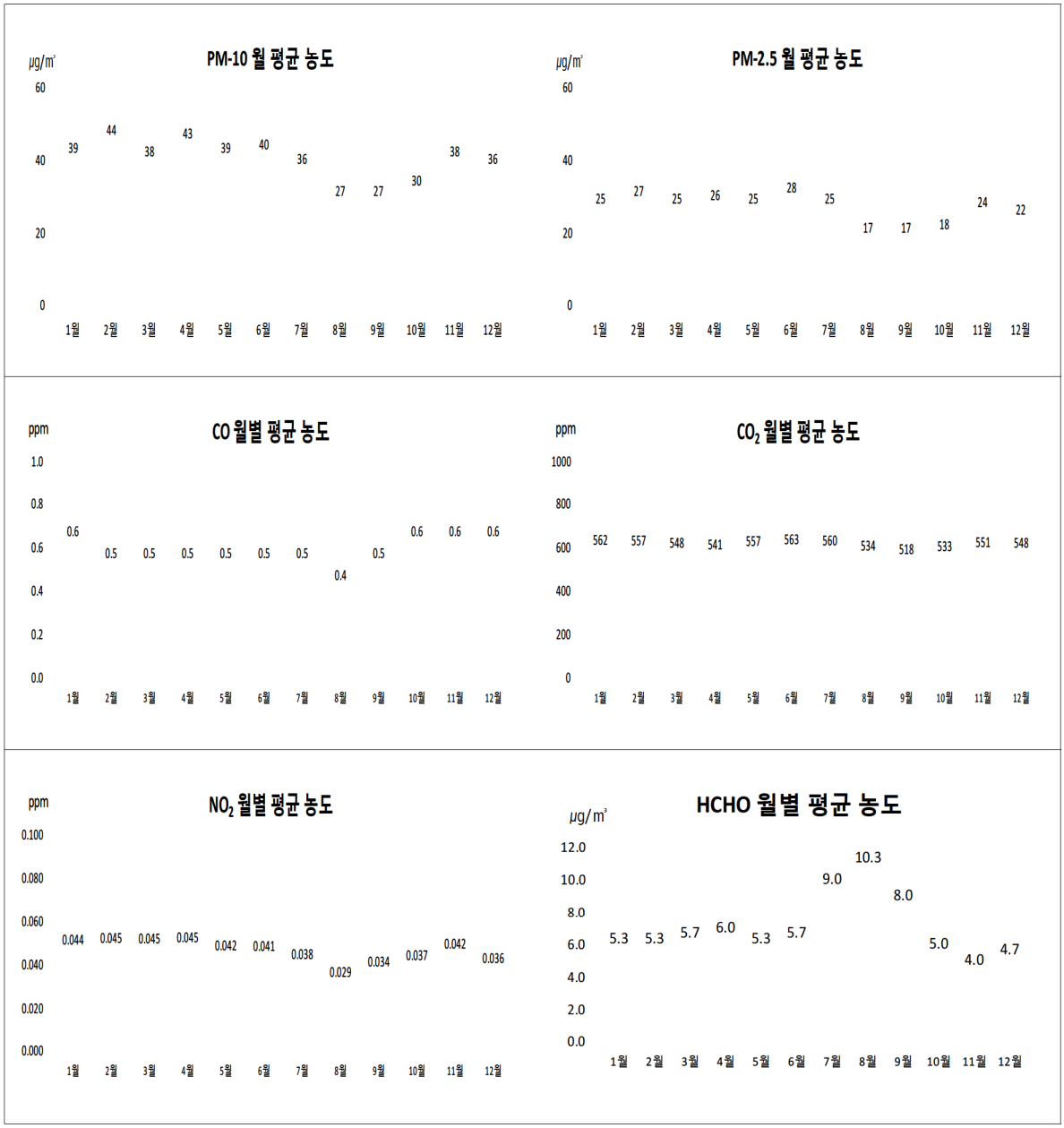

그림 2. 측정항목의 월별 평균 농도

○ 시간대별 평균 농도

시간대별 농도변화는 대부분 지점에서 PM-10 농도가 퇴근시간대에 가장 높게 측정되었고 새벽 5시~6시 시간대에 가장 낮은 농도로 측정되었으며, 승객이 이용하지 않는 심야시간대인 1시~5시는 지하철 운행 정지되어 측정에서 배제하였다.

인적이 드문 5시~6시 시간대는 29 ㎍/㎥ 수준을 보였으며 퇴근시간대인 19시에는 43 ㎍/㎥으로 최고농도를 나타내어 이용객 증가 및 차량 등에 의한 영향으로 14 ㎍/㎥ 정도가 증가한 것으로 약 48 % 정도 미세먼지가 증가하였다. 이는 이용객이 많은 시간대에 지하역사 공기질 개선을 위하여 환기시설 가동 강화 등 적극적인 노력이 필요한 것으로 판단되었다. NO_2와 HCHO 모두 퇴근시간대인 19시에 최고를 나타내었다.

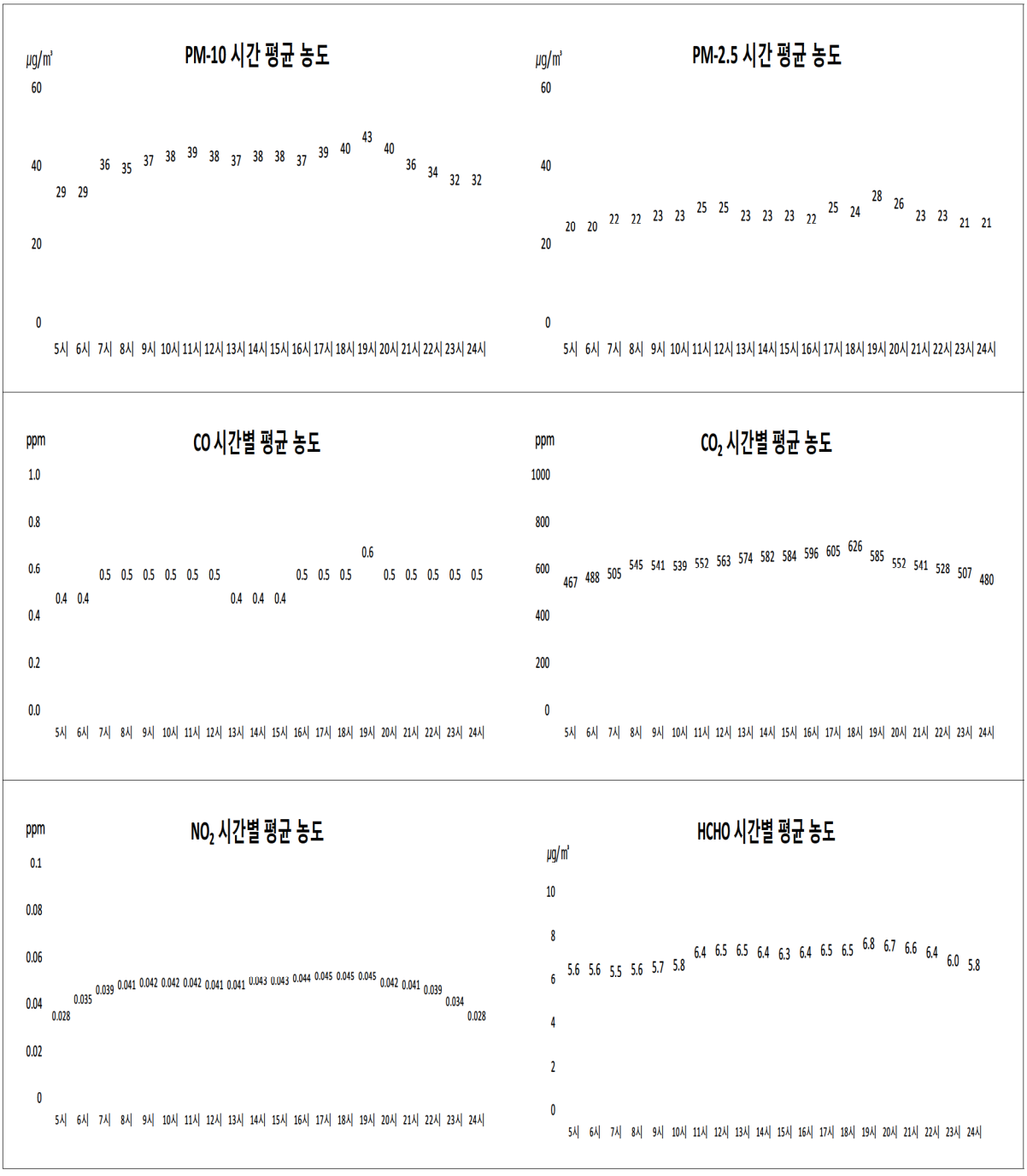

그림 3. 측정항목의 시간대별 평균 농도

❍ 실내공기질 유지(권고)기준 초과 현황

지하철 운행정지시간(1시~5시)을 제외한 하루 20시간 기준으로 PM-10은 6시간 평균농도를 측정한 결과, 남포역에서 4월15일 오후시간대 5회 초과하였으며(전년도 남포역 2회 기준초과), 흡기구 및 공조시설의 닥트, 송풍기 등의 주기적인 청소가 필요하였다.

CO_2는 61회(0.08%) 초과하여 전년 130회(0.17%)대비 대폭 감소하였으며 남포역 40회, 시면역 2호선 승강장 14회, 서면역 2호선 대합실 7회 기준을 초과하였고, 주로 유동인구가 많은 휴일 오후에 나타났다. 요일별로는 일요일 또는 휴일이 25회, 토요일 14회, 금요일 9회, 목요일 6회, 수요일 4회, 월요일 3회로 나타나 휴일 공조시설 운영에 철저를 기해야할 것으로 나타났다. 시간대별로는 18시(15회), 17시(11회), 16시(9회), 14시와 15시(8회), 19시(6회), 13시(2회), 8시와 20시(1회)로 14시부터 19시까지 실내 공기질 관리에 중점을 두어야 할 것이다.

NO_2는 16,530회(22.2%) 초과하여 전년 23,986회(30.6%) 대비 감소하였으며 지점별 NO_2 초과횟수는 서면역 2호선 승강장에서 2,714회로 가장 많았으며 덕천역에서 405회로 가장 적었으며, NO_2는 지하역사내에서의 오염원은 거의 없으나 교통이 혼잡한 교차로 등 도로에 위치한 급기시설이나 출입구를 통해 주오염원인 자동차 배출가스가 유입되어 증가한 것이다.

표 4. 지하역사 실내공기질 유지(권고)기준 초과 현황

구분		PM-10 (㎍/㎥)	CO_2 (ppm)	NO_2 (ppm)
유지기준		150 이하 (6시간평균)	1,000 이하 (1시간평균)	-
권고기준		-	-	0.05 이하 (1시간평균)
초과횟수	2018년	5회(0.009%)	61회(0.08%)	16,530회(22.2%)
	2017년	2회(0.01%)	130회(0.17%)	23,986회(30.6%)

❍ 미세먼지주의보 발령일 실내공기질 농도분포

2018년도 지하역사의 PM-10, PM-2.5 연평균 농도가 각각 36 ㎍/㎥, 23 ㎍/㎥으로 일반대기 중 연평균 농도 대비 PM-10은 87.8% 수준이며, PM-2.5는 일반대기와 같은 수준을 보였다.

그런데 미세먼지주의보 발령일의 일반대기 중 PM-10, PM-2.5 평균농도는 각각 98 ㎍/㎥, 48 ㎍/㎥으로 일반대기 연평균에 비해 각각 2.4배, 2.1배 증가하였으며, 미세먼지주의보 발령일의 지하역사 PM-10, PM-2.5 평균농도는 각각 63 ㎍/㎥, 38 ㎍/㎥으로 지하역사의 PM-10, PM-2.5 연평균 농도에 비해 각각 1.8배, 1.7배 증가하여 실내공기질은 일반대기질의 직접적인 영향을 받고 있는 것으로 추정된다.

미세먼지주의보 발령일의 지하역사 PM-10과 PM-2.5 농도는 각각 일빈대기 PM-10과 PM-2.5 농도의 64.3%, 79.2%로 지하역사의 외부공기 공조시설에서 PM-10과 PM-2.5 일부가 제거되는 것으로 나타났다.

표 5. 미세먼지주의보 발령일의 지하역사 공기질과 일반대기질 비교

(일평균; 단위 ㎍/㎥)

발령일자	항목	지하역사 공기		일반대기	
		PM-10	PM-2.5	PM-10	PM-2.5
1월 16일	PM-2.5(시부)	51	33	50	33
1월 19일	PM-2.5(전역)	64	41	88	56
3월 25일	PM-2.5(서부, 중부)	64	46	88	61
4월 6일	PM-10(전역)	40	18	74	24
4월 15일	PM-10(전역)	66	24	169	33
7월 19일	PM-2.5(서부)	70	52	77	59
11월 28일	PM-10(전역)	57	30	114	43
11월 30일	PM-10(전역)	66	35	135	50
12월 20일	PM-2.5(서부, 남부)	82	56	108	70
12월 21일	PM-10(서부)	72	47	79	49
	평균	63	38	98	48
2018. 연평균		**36**	**23**	**41**	**23**

4. 향후대책 및 기대효과

❍ PM10, PM2.5 저감

급기설비를 통한 미세먼지 유입 방지를 위해 고효율필터 설치와 적절한 급기 및 배기 조작으로 청정한 실내공기질를 유지하며, 지하역사 청소, 각종 공사작업 시 미세먼지가 역내로 비산되지 않도록 철저한 방진작업 이행

❍ CO_2 저감

지하역사내 CO_2 농도는 주로 이용객에 의한 발생이 대부분이므로 이용객이 증가하는 퇴근시간대와 휴일 오후시간대에 적극적인 환기시설 가동이 필요하며 환기설비 가동시간 등 관리 지침 마련

❍ NO_2 저감

지하역사내 NO_2 농도는 차량 동행량이 많은 퇴근시간대에 농도가 증가하므로 도로변에 접해있는 급기구를 통하여 자동차 배출가스 등이 적게 유입되도록 급기구 높이를 높이거나 위치 조정

5. 조치사항

❍ 부산시 지하역사 관리를 위한 기초자료로 활용