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 : 2017. 1. ~ 2017. 12.

❍ 조사대상 : 조사지점(8개역사 11개지점)

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

❍ 조사항목 : PM10, PM2.5, CO, CO_2, NO_2, HCHO

표 1. 실내공기질 자동측정망 현황

지 점		설치년도	최초설치	측정항목
수영역 3호선 대합실		2006. 01. 01.	부산교통공사	PM10, CO, CO_2, NOx,
연산역 3호선 대합실		〃	〃	PM10, CO, CO_2, NOx,
미남역 3호선 대합실		〃	〃	PM10, CO, CO_2, NOx,
덕천역 3호선 대합실		〃	〃	PM10, CO, CO_2, NOx,
남포역 1호선 대합실		2011. 09. 01.	보건환경연구원	PM10, CO, CO_2, NOx, PM2.5, HCHO
		2014. 07. 01.	〃	
사상역 2호선 대합실		2011. 09. 01.	보건환경연구원	PM10, CO, CO_2, NOx, PM2.5, HCHO
		2014. 07. 01.	〃	
서면역	1호선 대합실	2003. 12. 09.	부산교통공사	PM10, CO, CO_2, NOx, PM2.5
		2010. 10. 01.	보건환경연구원	
	1호선 승강장	2003. 12. 09.	부산교통공사	PM10, CO, CO_2, NOx, PM2.5
		2010. 10. 01.	보건환경연구원	
	2호선 대합실	2005. 07. 08.	부산교통공사	PM10, CO, CO_2, NOx, PM2.5, HCHO
		2013. 08. 01.	보건환경연구원	
	2호선 승강장	2005. 07. 08.	부산교통공사	PM10, CO, CO_2, NOx, PM2.5
		2013. 08. 01.	보건환경연구원	
동래역 4호선 대합실		2014. 07. 01.	보건환경연구원	PM10, CO, CO_2, NOx, PM2.5

※ 자료생성 주기는 대기오염측정망 설치운영지침에 따름.

담당부서 : 대기질통합분석센터(☎051-309-2762)
팀 장 : 유은철, 담당자 : 유숙진

2. 조사방법

표 2. 항목별 측정방법

측정항목	측정방법
PM10, PM2.5	베타선흡수법 (β –Ray Absorption Method)
CO	비분산적외선법 (Non–Dispersive Infrared Method)
CO_2	비분산적외선법 (Non–Dispersive Infrared Method)
NO_2	화학발광법 (Chemiluminescent Method)
HCHO	고성능액체크로마토그래피법 (HPLC)

3. 조사결과

○ 지점별 연평균 농도

연평균 PM10과 PM2.5는 서면역 1호선 대합실에서 47 ㎍/㎥, 29 ㎍/㎥ 로 가장 높게 조사 되었으며, NO_2는 사상역에서 0.050 ppm으로 권고 기준(0.050 ppm)과 동일한 수준임. CO_2는 유동인구가 많은 서면역을 중심으로 전반적으로 농도가 높았으며, 서면역 1호선 대합실에서 647 ppm으로 가장 높았으며 CO는 수영, 연산역에서 0.7 ppm으로 높게 나타났고 HCHO는 남포역에서 8.7 ㎍/㎥로 높게 조사되었음.

표 3. 측정지점별 연평균 농도

역사명 \ 항목		PM10 (㎍/㎥)	PM2.5 (㎍/㎥)	CO (ppm)	CO_2 (ppm)	NO_2 (ppm)	HCHO (㎍/㎥)
수영역	2017년	32		0.7	562	0.040	–
	2016년	38		0.7	530	0.033	–
연산역	2017년	28		0.7	525	0.038	
	2016년	39		0.7	528	0.035	
미남역	2017년	31		0.6	505	0.048	
	2016년	38		0.7	509	0.031	
덕천역	2017년	37		0.5	517	0.033	
	2016년	50		0.6	508	0.048	
남포역	2017년	43	26	0.5	570	0.041	8.7
	2016년	45	24	0.4	561	0.045	18.1
사상역	2017년	33	14	0.4	547	0.050	8.1
	2016년	32	16	0.5	536	0.042	7.1
동래역	2017년	36	20	0.5	502	0.047	
	2016년	36	20	0.5	505	0.046	

역사명	항목		PM10 (㎍/㎥)	PM2.5 (㎍/㎥)	CO (ppm)	CO_2 (ppm)	NO_2 (ppm)	HCHO (㎍/㎥)
서면역	1호선 대합실	2017년	47	29	0.6	647	0.044	
		2016년	49	28	0.6	674	0.040	
	1호선 승강장	2017년	46	25	0.4	557	0.046	
		2016년	54	31	0.5	571	0.043	
	2호선 대합실	2017년	42	24	0.4	644	0.046	6.8
		2016년	47	28	0.5	645	0.044	5.8
	2호선 승강장	2017년	41	25	0.5	555	0.049	
		2016년	41	30	0.5	560	0.051	
	서면역 평 균	2017년	43	26	0.5	601	0.046	
		2016년	48	29	0.5	613	0.045	
평 균		2017년	38	23	0.5	557	0.044	7.9
		2016년	43	25	0.6	557	0.041	10.3
유지(권고)기준			150 이하 (6시간평균)	–	10 이하 (1시간평균)	1,000 이하 (1시간평균)	0.05 이하 (1시간평균)	100 이하 (1시간평균)

○ 항목별 농도(미세먼지(PM10))

서면역 1호선 대합실에서 47 ㎍/㎥로 가장 높으며, 연산역에서 28 ㎍/㎥으로 낮게 조사되었음.

월별 농도변화는 5월(45 ㎍/㎥) 최고, 8월(28 ㎍/㎥)이 최저이며, 5월 미세먼지(PM10) 주의보 발령(11회)에 의한 영향으로 판단됨. 지하철 운행정지(오전1시~4시)시 30~33 ㎍/㎥수준의 기저 배경먼지농도를 유지하고, 운행시간대(5시~24시)는 29~43 ㎍/㎥ 수준을 보였으며 퇴근시간대(18~19시)에 최고농도(43 ㎍/㎥)를 나타내어 이용객 증가 및 차량 등에 의한 영향이 10 ㎍/㎥ 정도로 조사되어 이용객이 많은 시간대에 지하역사 내부의 공기질 개선을 위하여 환기시간 증대, 환기시설 가동 강화 등 보다 적극적인 노력이 필요한 것으로 판단 됨.

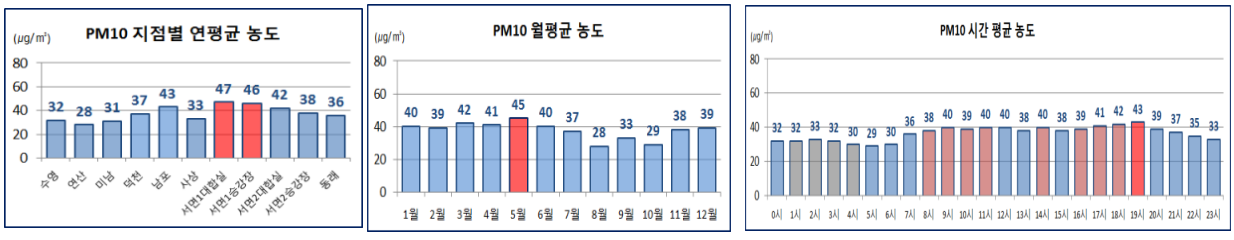

그림 1. 실내공기질 지점별, 월별, 시간별 PM10 평균농도

○ 항목별 농도(초미세먼지(PM2.5))

서면역 1호선 대합실(29 ㎍/㎥)에서 가장 높고, 사상역(14 ㎍/㎥)이 가장 낮았음. 월별 농도

변화는 3월(30 ㎍/㎥)에 최고, 8월(14 ㎍/㎥)에 가장 낮았으며, 1월 미세먼지(PM2.5) 주의보발령(3회)이 가장 많았음. 지하철 운행정지 시간대(1시~4시)는 21~22 ㎍/㎥ 농도 수준으로 나타났고 퇴근시간대에 다소 높은 농도를 보였으며 전반적으로 PM10과 유사한 농도변화 경향을 나타내었음.

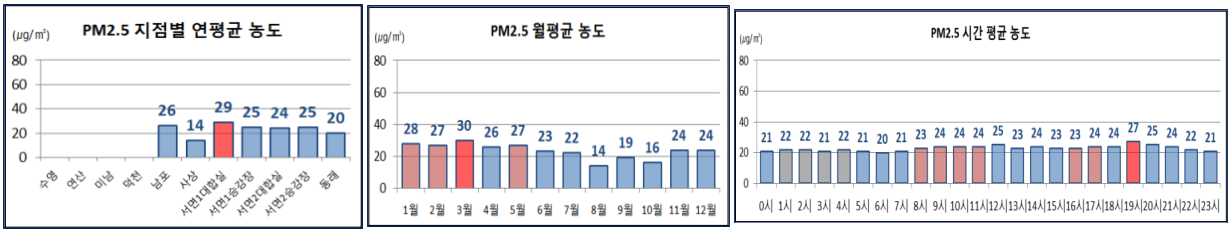

그림 2. 실내공기질 지점별, 월별, 시간별 PM2.5 평균농도

❍ 항목별 농도(일산화탄소(CO))

환승역으로 이용객이 많은 수영, 연산역에서 0.7 ppm으로 타 측정소 대비 높게 나타났으며, 월별 CO농도는 년 중 비슷한 농도 수준을 나타내었으며 퇴근시간대인 19시에 다소 높은 농도(0.6 ppm)를 나타내었음.

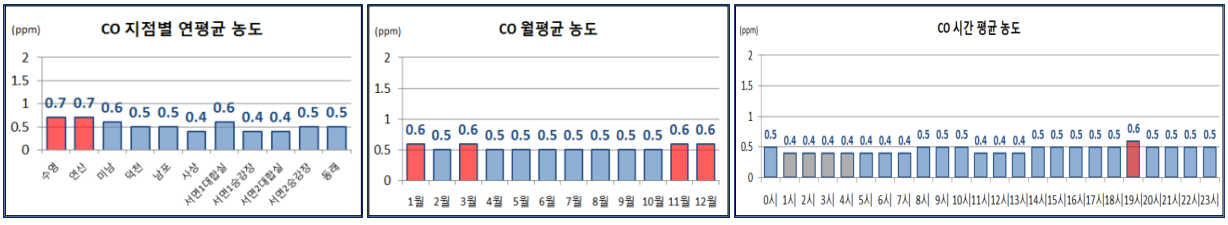

그림 3. 실내공기질 지점별, 월별, 시간별 CO 평균농도

❍ 항목별 농도(이산화탄소(CO_2))

환승역인 서면역에서 높은 농도로 조사 내었으며 서면역 1호선 대합실에서 647 ppm으로 최고농도를 나타냄. 월별농도는 동절기인 2월에 높게 측정되어 이 시기에 보다 적극적인 환기시설 가동이 필요함. 시간대별 CO_2 농도는 유동 인구가 많은 오후 시간대에 높은 농도를 나타 내었으며 특히 퇴근시간대인 18시에 최고 농도를 나타내었음.

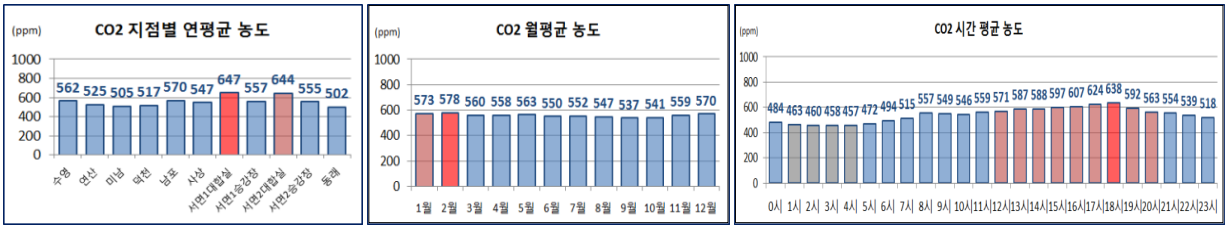

그림 4. 실내공기질 지점별, 월별, 시간별 CO_2 평균농도

❍ 항목별 농도(이산화질소(NO_2))

사상역 대합실(0.050 ppm)에서 가장 높았으며, 5월에 0.050 ppm으로 가장 높은 농도로 조사되었으며 시간별로는 차량 통행량이 늘어나는 출근시간을 지나면서 농도가 점차적으로 증가하여, 차량정체가 많은 퇴근시간대인 18~19시에 최고 수준을 보이고 이후 감소되는 추세를 보였음.

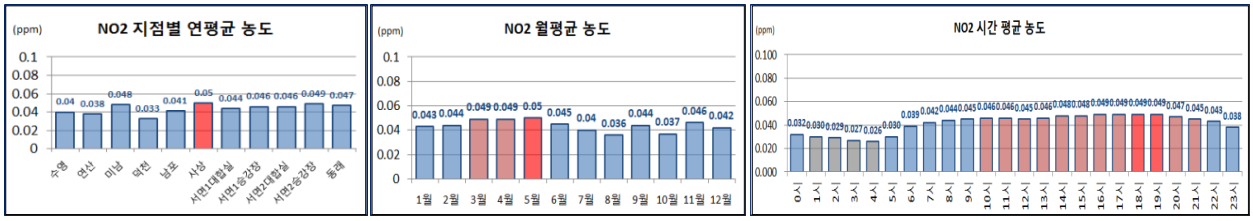

그림 5. 실내공기질 지점별, 월별, 시간별 NO_2 평균농도

❍ 항목별 농도(포름알데하이드(HCHO))

HCHO는 3개 측정지점 중 남포역이 8.7 ㎍/㎥으로 사상역과 서면역 2호선 대합실에 비해 연평균 농도가 높은 것으로 조사되었음. 월별로는 8월(12.8 ㎍/㎥)에 최고농도를 나타 내었으며 특히 여름에 고농도로 조사되었고 그 이후 감소 추세를 보임.

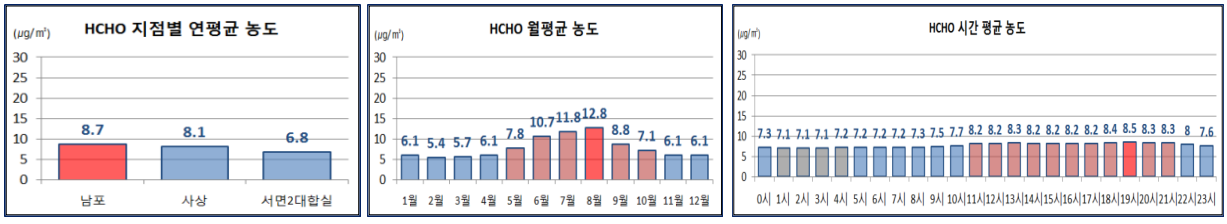

그림 7. 실내공기질 지점별, 월별, 시간별 HCHO 평균농도

❍ 미세먼지주의보 발령일 실내공기질 농도분포

미세먼지 주의보 발령일에 PM10, PM2.5 농도 분포가 높은 경향을 나타내어 실내공기질이 외 부공기 영향을 많이 받는 것으로 판단 됨. 미세먼지 및 초미세먼지 주의보 발령일의 실내공기 질 농도는 PM10과 PM2.5가 각각 대기 농도의 62.9 %(평상시 86.4%), 76.6 %(평상시 88.5%)로 평상시에는 비슷한 제거율을 보이고 있으나 주의보 발령일에는 PM10과 PM2.5의 제거율의 차이가 10% 이상으로 높아 흡입구를 통한 외부공기 유입 시 PM2.5의 유입이 더 높은 것으로 조사되어 PM2.5의 제거 효율을 높일 수 있는 고효율 필터 설치가 필요함.

표 4 미세먼지주의보 발령일 실내 및 대기질 농도

(단위 ㎍/㎥)

발령일자	항목	실내공기질 농도		대기질농도	
		PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
1월 5일	PM2.5	44	29	44	31
1월 19일	PM10, PM2.5	79	63	98	78
1월 20일	PM2.5	56	42	68	50
5월 6일	PM10	52	22	132	32
5월 7일	PM10	56	22	133	32
5월 8일	PM10	55	28	124	44
12월 30일	PM2.5	80	51	98	70
12월 31일	PM2.5	68	30	78	39
평균		61	36	97	47

❍ 실내공기질 유기(권고)기준 초과현황

지하철 운행정지시간(1시 ~ 4시)을 제외한 하루 20시간을 기준으로 PM10은 6시간 평균농도를 조사한 결과, 2회 초과하여 전년(9회)보다 낮은 초과율을 나타내었음. CO_2는 130회(0.17%) 초과, 전년 285회(0.37%)대비 대폭 감소하였으며 승객이 집중되는 퇴근시간대나 주말오후 시 간대에 주로 기준을 초과하였음. 지점별 CO_2 초과횟수는 서면역 2호선 대합실이 51회로 가장 많았으며 서면역 1호선 대합실이 38회로 조사되어 환승역으로 유동인구가 많은 서면역 에서 초과율이 높은 것으로 나타남. NO_2는 23,986회(30.6%) 초과, 전년 19,348회(24.9%) 대비 증 가 하였으며 지점별 NO_2 초과횟수는 서면역 2호선 승강장에서 3,092회로 가장 많이 초과 되었으며 다음으로 덕천역에서 773회 초과되었으며, 다른 역에서도 높은 초과율을 나타 내었음. NO_2는 지하역사내에서의 오염원은 거의 없으나 교통이 혼잡한 교차로 등 도로에 위치 한 급기시설이나 출입구를 통해 주오염원인 자동차 배출가스가 유입되어 증가하게 됨.

표 5. 유지(권고)기준 초과현황(다중이용시설 등의 실내공기질관리법)

구분		PM10(㎍/㎥)	CO_2(ppm)	NO_2(ppm)
유지기준		150 이하(6시간평균)	1,000 이하(1시간평균)	-
권고기준		-	-	0.05 이하(1시간평균)
초과횟수	2017년	2회(0.01%)	130회(0.17%)	23,986회(30.6%)
	2016년	9회(0.02%)	285회(0.37%)	19,348회(24.9%)

4. 향후대책 및 기대효과

❍ PM10, PM2.5 저감

급기설비를 통한 미세먼지유입 방지를 위해 고효율필터 설치 및 환기시설 가동 강화. 지하역사 청소, 각종 공사작업 시 미세먼지가 역내로 비산되지 않도록 철저한 방진작업이 필요하며 미세먼지 청소차량 등 미세먼지 제거설비 도입 필요.

❍ CO_2 저감

지하역사내 CO_2 농도는 주로 이용객에 의한 발생이 대부분이므로 이용객이 증가하는 퇴근시간대와 주말 오후시간대에 적극적인 환기시설 가동이 필요하며 환기설비 가동시간 등 관리 가이드라인 마련 필요.

❍ NO_2 저감

지하역사 급배기설비 높이 상향조정이 필요하며 외국 기준 등을 고려한 기준재설정 필요.

표 6. 국내 · 외 NO_2 기준 비교

구 분	국내		WHO		캐나다	
	실내	대기환경	실내	대기환경	실내	대기환경
NO_2 (ppm, 1시간 평균)	0.05	0.1	0.1		0.25	0.2

※ 환경부 『실내공기질관리 기본계획(2015 ~ 2019)』에서 권고기준 완화 추진

5. 조치사항

❍ 부산시 지하역사 관리를 위한 기초자료로 활용