

지하역사 공기질 측정망 운영

○ 지하역사 공기질 상시 측정으로 환기시설 개선 및 이용객들의 건강 보호

1. 조사개요

- 조사기간 : 2022년 1월 ~ 12월(연중상시)
- 조사대상 : 91개 역사 104개소(승강장 91개소, 대합실 13개소)
- 조사지점 : 1호선 32개소, 2호선 37개소, 3호선 13개소, 4호선 9개소, 대합실 13개소
- 조사항목 : PM-2.5, PM-10, CO₂, CO, NO₂, HCHO

2. 조사방법

- 측정방법 : (미세먼지(PM-10, PM-2.5)) 베타선흡수법, (이산화탄소, 일산화탄소) 비분산적외선법, (이산화질소) 화학발광법, (폼알데하이드) 액체크로마토그래프법
- 지하역사 실내공기질 기준

유지기준					권고기준
PM-2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	이산화탄소 (ppm)	일산화탄소 (ppm)	폼알데하이드 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	이산화질소 (ppm)
50 이하	100 이하	1,000 이하	국가 10 이하 부산시 7 이하	국가 100 이하 부산시 90 이하	0.1 이하

3. 조사결과

- 지하역사 공기질 현황 : 대부분 항목의 농도 저감으로 매년 공기질이 개선되고 있음
 - 전년대비 초미세먼지(PM-2.5) 농도 일반대기(16→16), 지하역사(18→16) 감소
 - 일반대기 대비 PM-2.5, PM-10 농도 같음, NO₂ 75% 높음
 - PM-2.5 유지기준(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)대비 32%, PM-10 유지기준(100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 대비 28%, CO₂ 유지기준(1,000 ppm) 대비 49%, NO₂ 권고기준(0.1 ppm) 대비 28% 수준임

표 1. 지하역사 공기질 측정망 평균 농도

구분	PM-2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	HCHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2019년	23	35	525	0.5	0.034	4.1
2020년	21	31	490	0.5	0.032	2.8
2021년	18	31	489	0.5	0.029	1.9
2022년	16	28	493	0.4	0.028	2.1
대기질* (2022년)	16	28	-	0.4	0.016	-
대기질* (2021년)	16	32	-	0.3	0.016	-

* 대기질 : 지하역사 주변 대기오염자동측정망 19개 측정소 평균농도

담당부서 : 미세먼지안전팀(☎051-309-2794)

팀장 : 정현철, 담당자 : 김정미

○ 월별 농도 특성

- PM-2.5 및 PM-10은 매월 대기질 농도 수준에 따라 실내농도가 변동되며, 대기질 농도가 다소 상승한 동절기(1 ~ 3월, 12월)에 높게 조사되었음
- CO₂는 2020년 이후 코로나-19의 영향에 따른 이용객 감소로 낮아졌다가 2022년 이용객이 다소 증가하면서 높아짐
- NO₂는 하절기에 비교적 낮은 농도이며, CO는 연중 큰 변화 없이 낮은 농도 유지
- HCHO는 매월 유지기준 대비 매우 낮은 농도로 조사되었으나 실내온도 상승에 따라 증발 배출량이 증가하는 하절기에 다소 높게 조사되었음

표 2. 월별 지하역사 공기질 현황

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
PM-2.5 (µg/m ³)	23	20	23	17	18	12	13	12	12	12	19	18	16
대기질 PM-2.5	22	20	21	16	18	11	13	11	10	11	20	18	16
PM-10 (µg/m ³)	33	31	36	32	33	23	23	21	23	26	32	32	28
대기질 PM-10	32	31	39	33	33	20	21	21	21	21	34	31	28
CO ₂ (ppm)	497	482	486	493	496	481	498	486	489	467	518	520	493
CO (ppm)	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4
NO ₂ (ppm)	0.035	0.030	0.031	0.030	0.033	0.023	0.024	0.022	0.021	0.025	0.034	0.032	0.028
HCHO (µg/m ³)	1.3	1.1	1.6	1.7	2.3	2.5	4.0	2.9	2.3	2.2	2.3	0.8	2.1

○ 호선별 PM-2.5 농도 특성

- 호선별 PM-2.5 연평균농도가 작년 대비 1 µg/m³ ~ 3 µg/m³ 저감되어 전체 저감율은 11%로 조사
- 호선별 연평균농도 1호선(19) > 2호선(16) = 3호선(16) > 4호선(14) 순임
- 반밀폐형 스크린도어, 본선터널 내 자갈도상, 섬식승강장 구조인 대티, 서대신, 중앙, 범내골역이 연평균농도가 22 µg/m³ ~ 35 µg/m³ 분포로 가장 높았음(중점적 관리 필요)
 - ※ 대티역은 2022년 8월 ~ 2023년 상반기까지 엘리베이터 설치공사로 지속적인 고농도 PM-2.5 발생
- 2호선은 환기시설이 미비하고 일부 구간이 자갈도상인 동원역(연평균농도 23 µg/m³) 외의 모든 역사 연평균농도가 20 µg/m³ 미만으로 낮은 수준
- 3호선 및 4호선은 심도가 깊은 배산역(연평균농도 24 µg/m³)을 제외하고 지점별 큰 차이없이 낮은 농도 유지
- 스크린도어 형태별 농도 수준은 반밀폐형 역사 대비 밀폐형 역사가 1호선에서 15%, 2호선에서 13% 더 낮은 농도를 보였음
- 궤도구조별 농도 수준은 자갈도상 역사 대비 콘크리트도상 역사가 1호선에서 5% 더 낮은 농도를 보였음
- 승강장 구조별 농도 수준은 섬식 승강장 대비 상대식 승강장이 1호선에서 33% 더 낮은 농도를 보였으나, 2·3·4호선은 큰 차이가 없는 것으로 조사

표 3. 지하역사 구조별 PM-2.5 평균 농도 (단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분		스크린도어 분류		궤도구조 분류		승강장구조 분류	
		밀폐형	반밀폐형	콘크리트	자갈	섬식	상대식
1호선	2021	18	25	20	23	32	21
	2022	17	20	18	19	27	18
2호선	2021	15	17	17	-	15	17
	2022	14	16	16	-	16	16
3호선	2021	18	-	18	-	17	18
	2022	16	-	16	-	16	16
4호선	2021	15	-	15	-	14	16
	2022	14	-	14	-	14	15

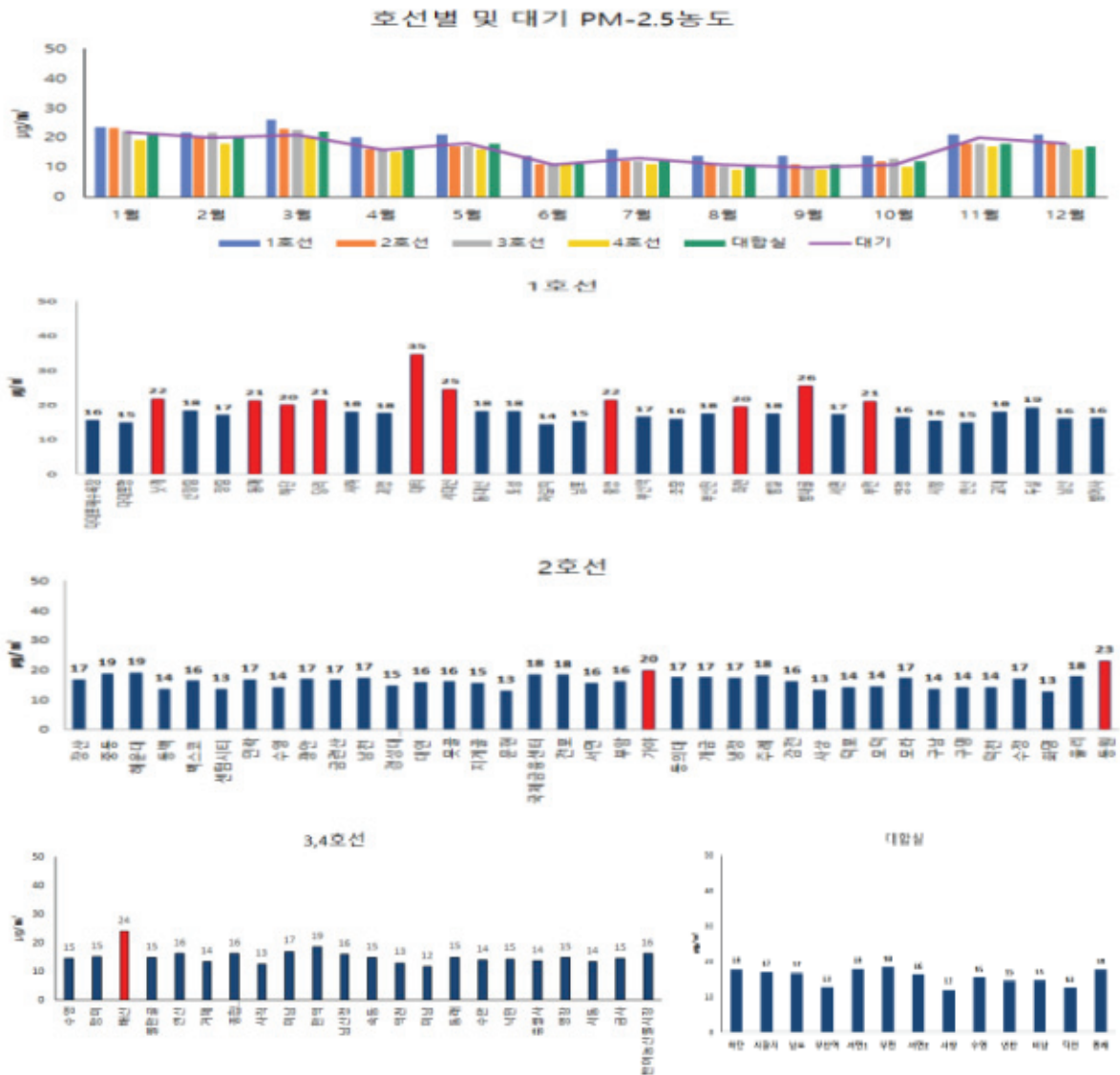


그림 1. 역사별 PM-2.5 농도분포

○ I/O ratio를 이용한 지하역사 실내공기질 관리 평가

- 1호선 I/O ratio 평균 1.2, 3호선 1.1, 2호선 1.0, 4호선 0.9로, 4호선을 제외한 역사 실내 공기질 관리 필요

표 4. 호선별 PM-2.5 및 I/O ratio 평균

1호선	1호선	2호선	3호선	4호선	대합실
실내	19	16	16	14	16
대기	16	16	15	15	16
I/O	1.2	1.0	1.1	0.9	1.0

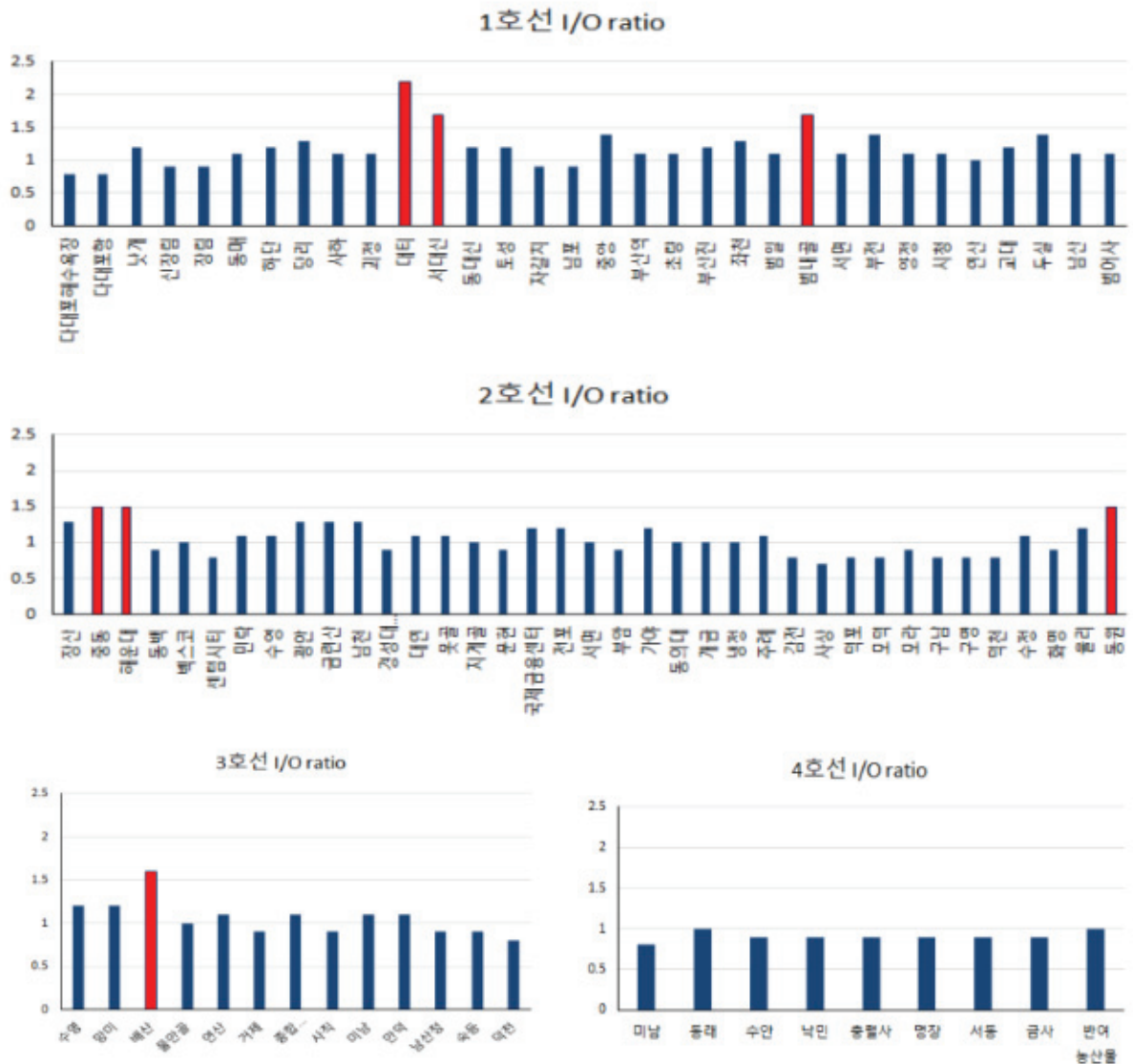


그림 2. 역사별 PM-2.5 I/O ratio

- 외기의 실내공기질 영향 판단기준인 I/O ratio는 공조시스템 필터 교체 및 급배기시설 개량으로 1.0에 가까워지고 있으나 1호선 중 섬식 승강장 구조인 대티, 서대신, 범내골역은 본선 터널이 승강장 양쪽으로 위치해 있어, 상대식 승강장에 비해 터널 내 오염물질이 열차풍에 의해 더 많이 유입되어 I/O ratio가 지속적으로 높았던 것으로 판단되며 대티역은 2022년 8월 ~ 2023년 상반기까지 엘리베이터 설치공사로 고농도 PM-2.5 발생하여 높은 I/O ratio에 기여
- 2호선 중 중동 및 해운대역은 PM-2.5 연평균농도가 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만으로 낮게 조사되었으나 대기 중 PM-2.5 연평균 농도가 다른 역사보다 낮아 상대적으로 높은 I/O ratio를 나타내었으며, 동원역의 높은 I/O ratio는 2호선 중 유일하게 환기시설이 미비하고 역사 일부구간이 자갈도상으로 열차풍에 의한 터널 내 오염물질 유입에 기인한 것으로 판단
- 3·4호선 및 대합실에서는 배산역을 제외한 전 역사에서 I/O ratio 1.5 미만으로 조사

○ 기준 초과 내역 : 유지기준($50\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{일}$ 이하) 초과횟수 PM-2.5 288회(초과율 0.8%)

- 1월 10일 PM-2.5 주의보(서부권역) 발령으로 85회 기준초과
- 2월 26일 PM-2.5 주의보 발령으로 64회 기준초과
- 3월 4일 PM-2.5 주의보(서부권역) 발령으로 기준초과 34회
- 8월 ~ 12월 1호선 대티역 엘리베이터 설치공사, 26회 기준초과
- 11월 2호선 울리역 공조기 교체에 따른 스프링클러 개량공사로 2회, 동원역 환경사 대기실 개선 위생공사로 1회 기준초과
- 12월 13일 ~ 14일 미세먼지(PM-10) 주의보 발령으로 1회 기준초과

표 5. 지하역사 노선별 PM-2.5 기준초과 현황

(단위 : 회)

구분	1호선	2호선	3호선	4호선	대합실	합계	초과율(%)
계	144	90	23	5	26	288	0.8
2022. 1월	56	54	14	5	18	147	4.6
2월	27	26	6	0	7	66	2.3
3월	26	6	2	0	0	34	1.1
4월	0	0	0	0	0	0	0.0
5월	7	1	0	0	1	9	0.3
6월	0	0	0	0	0	0	0.0
7월	0	0	0	0	0	0	0.0
8월	6	0	0	0	0	6	0.2
9월	4	0	0	0	0	4	0.1
10월	1	0	1	0	0	2	0.1
11월	1	3	0	0	0	4	0.1
12월	16	0	0	0	0	16	0.5
2021년	249	49	20	9	17	344	0.9

○ 6대 광역시 지하역사 PM-2.5 농도

- 6대 광역시 지하역사 1월 ~ 11월 초미세먼지(PM-2.5) 평균 농도는 $16\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 서울(35)이 가장 높고 부산(16)은 가장 낮은 값으로 조사

표 6. 6대 광역시 지하역사 PM-2.5 평균 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	부산	서울 (1-9호선)	인천	광주	대구	대전	평균
2022. 1월	23	46	32	21	26	24	29
2월	20	43	29	21	25	23	27
3월	23	38	24	20	25	21	25
4월	17	36	26	21	22	23	24
5월	18	35	24	23	22	24	24
6월	12	29	21	22	19	21	21
7월	13	28	23	21	20	23	21
8월	12	27	19	17	18	21	19
9월	12	32	23	20	18	24	22
10월	12	33	24	20	19	23	22
11월	19	39	28	22	24	27	27
평균	16	35	25	21	22	23	24

※ 자료출처 : 서울교통공사, 인천교통공사, 광주도시철도공사, 대구도시철도공사, 대전교통공사

4. 활용방안

- 환경부 「실내공기질 관리 종합정보망」과 연계하여 조사 결과 대국민 공개

5. 기대효과

- 실시간 정보 제공을 통한 고농도 미세먼지 발생시 신속 대응 가능
- 부산교통공사와 협업 PM-2.5 고농도 지하역사 환기방법 개선 유도