

# 수도권 지하철 지하역사의 실내공기질 연구

## Study on the Air Quality of Metropolitan Subway Stations

조영민\*                      박덕신\*                      박병현\*\*                      박은영\*\*  
Cho, Young-Min              Park, Duckshin              Park, Byung-Hyun              Park, Eun-Young

---

### ABSTRACT

Recently, people's rising interests toward a "well-being" lifestyle together with research contributions are accelerating the concerns regarding indoor air pollution making indoor air quality management an emerging environmental challenge of the era. The Ministry of Environment began to regulate the air quality of railway stations last year. The newly established "Indoor Air Quality Act" covers 17 facilities whereas only underground subway stations and underground markets were regulated by previous "Underground Air Quality Management Act" of 1996. In this study, we carried out the measurement of temperature, relative humidity, CO(carbon monooxide), CO<sub>2</sub>(carbon dioxide), HCHO(formaldehyde), PM-10(particulate matters), and VOCs(volatile organic compounds) in underground subway stations. Based on the obtained results, we will suggest a way to improve the indoor air quality of the subway stations.

---

## 1. 서론

최근의 급격한 산업 발달과 도시화, 그리고 현대인들의 사회·경제문화생활의 변화로 실내공간에서의 활동시간이 더욱 증가하고 있다. 따라서 하루의 대부분을 각종 실내공간에서 머무르는 현대인들에게 있어서 삶의 질, 그리고 인체 위해성 측면에서의 실내환경은 매우 중요하다고 할 수 있다. 실내공기는 실내 자체의 오염원과 실외 오염물질의 유입으로 오염도가 증가되고 있으며, 특히 밀폐되어 있다는 공간적 특성으로 인하여 오염물질의 축적도 빈번히 발생하고 있다. 이에 따라 쾌적한 실내 활동이 저해되고, 심지어는 건강까지도 위협받고 있다.

미국은 90년대부터 실내공기오염을 가장 시급히 처리해야 할 5대 환경문제 중의 하나로 보고 실내공기질에 대한 연구의 권장과 지원을 시작하였으며, 국내에서도 생활수준의 향상과 더불어 건강 및 환경문제에 대한 인식이 고취됨에 따라 지하역사 및 지하상가의 실내공기질을 대상으로 한 "지하 생활공간 공기질 관리법"을 여객터미널·도서관·의료기관 등 다중이용시설과 신축되는 공동주택으로 관리 대상을 확대한 "다중이용시설 등의 실내공기질 관리법"을 개정 및 공포하여 다중이용시설의 실내공기질을 알맞게 유지하여 국민의 건강을 보호하고자 하고 있으며, 철도역사의

---

\* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

\*\* 한국철도기술연구원 연구원

대합실과 지하역사의 출입통로, 대합실, 승강장, 환승통로 등이 규제를 받고 있다.(환경부, 2003)

도표 1. 철도역사의 실내공기질 유지 및 권고기준

유지기준 항목	PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO <sub>2</sub> (ppm)	HCHO( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	총부유세균(CFU/ $\text{m}^3$ )	CO(ppm)
유지기준	150이하	1,000이하	120이하	-	10이하
권고기준 항목	NO <sub>2</sub> (ppm)	Rn(pCi/l)	TVOC( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	석면(개/cc)	오존(ppm)
권고기준	0.05이하	4이하	500이하	0.01이하	0.06이하

이에 본 연구에서는 수도권 전철의 지하역사를 대상으로 승강장, 대합실 등의 실내공기에 대하여 미세먼지(PM-10), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 포름알데히드(HCHO), 휘발성유기화합물(VOC) 등의 오염현황을 파악하고 실내공기질을 개선할 수 있는 방안을 모색해 보고자 하였다.

## 2. 측정방법

본 연구에서는 수도권 전철 A선의 지하역사를 대상으로 온도, 습도, 일산화탄소(CO) 농도, 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 농도, 미세먼지(PM-10, PM-2.5, PM-1.0) 농도, 포름알데하이드(HCHO) 농도 등을 측정하였으며, 항목별 측정기기를 도표 2에 나타내었다. 측정은 2004년 10월(1차측정)과 2005년 2월(2차측정)의 두 차례에 걸쳐서 수행되었으며, 각 역사별로 오전(9:00~12:00), 오후(13:30~16:30), 저녁(18:00~21:00)의 3회에 걸쳐 측정을 수행하였다. 각 역의 측정 위치는 승강장(플랫폼 중앙부분), 대합실(개표기), 외기(출구 부근)로 하였다.

도표 2. 측정 항목 및 측정기기

항목	측정/포집 장비
온도, 습도	IAQ monitor (model: IQ410, Wolfence)
CO, CO <sub>2</sub>	
VOCs	Canister can (SILONITE coated 6l, Entech)
HCHO	HCHO 분석기 (model: FP-30, Sibata)
미세먼지	Dustspectrometer (model:1108, Grimm)

## 3. 공기질 측정 결과

### 3.1 온도, 습도, CO, CO<sub>2</sub>, HCHO 측정 결과

측정 역사 중 일부 역사의 온도, 습도, CO, CO<sub>2</sub>, HCHO 농도 측정결과를 도표 3과 도표 4에 나타내었다.

표 3. B역에서의 공기질 측정결과

항목	온도 (°C)			습도 (RH%)			CO (ppm)			CO <sub>2</sub> (ppm)			HCHO (ppm)		
	오전	오후	야간	오전	오후	야간	오전	오후	야간	오전	오후	야간	오전	오후	야간
1차측정															
위기	17.0	21.2	17.6	57.5	55.2	45.7	0.07	0	0	525	529	562	<0.01	<0.01	<0.01
대합실	20.8	23.2	20.8	49.7	48.6	46.3	0.81	0	0.66	643	625	613	<0.01	<0.01	<0.01
승강장	21.1	23.0	21.8	50.6	46.3	43.0	0.82	0	0.12	709	678	607	<0.01	<0.01	0.02
2차측정															
위기	0	4.5	1.6	42.0	22.1	29.32	0	0	0	301.7	314.8	285.1	<0.01	<0.01	<0.01
대합실	9.1	11.9	10.4	37.8	21.6	28.7	0.03	0	0	434.2	501.6	457.6	0.51	0.03	0.05
승강장	10.2	11.8	11.6	32.3	26.7	28.1	0	0	0	461.4	481.4	495.7	0.05	<0.01	0.02

표 3은 B역에서의 공기질 측정결과를 나타낸다. 여기서 1차 측정은 가을철에 측정된 결과이고, 2차 측정은 겨울철에 측정된 결과이다. 온도는 1차 측정의 승강장(야간)에서 최대값 21.8°C를 나타냈으며, 2차 측정의 위기(오전)에서 최소값 0°C를 나타냈다. 습도는 1차 측정 위기(오전)에서 최대값 57.5 RH%, 2차측정 위기(오후)에서 최소값 22.1 RH%를 나타냈다. CO는 1차 측정에서는 0.07~0.82ppm의 결과를 나타냈으나, 2차 측정에서는 대합실(오전)에서 0.03ppm이 검출되었을 뿐 다른 위치에서는 검출되지 않은 것으로 나타났다. CO<sub>2</sub>는 1차 측정에서 최고 709ppm이 검출되었으나, 2차 측정에서는 대부분 500ppm 이하의 낮은 농도로 측정되었다. 포름알데하이드(HCHO)는 1차 측정 시 거의 검출되지 않았으나, 2차 측정 시 특별히 대합실(오전)에서 0.51ppm이 검출되기도 하여 기준치인 0.1ppm을 초과하여 적절한 조치가 필요한 것으로 사료된다.

표 4. C역에서의 공기질 측정결과

항목	온도 (°C)			습도 (RH%)			CO (ppm)			CO <sub>2</sub> (ppm)			HCHO (ppm)		
	오전	오후	야간	오전	오후	야간	오전	오후	야간	오전	오후	야간	오전	오후	야간
1차측정															
위기	18.2	20.2	17.2	56.2	54.3	52.8	0	0	2.20	495	503	570	<0.01	<0.01	<0.01
대합실	18.0	21.1	17.8	55.3	54.9	52.3	0	0	0.84	548	542	545	<0.01	<0.01	<0.01
승강장	19.8	20.3	19.1	53.6	53.3	52.0	0	0	1.07	565	580	595	<0.01	<0.01	<0.01
2차측정															
위기	1.4	5.4	0.7	28.0	18.4	24.9	0	0	0	314	340	304	<0.01	<0.01	<0.01
대합실	4.6	5.8	5.1	30.1	27.7	26.0	0	0	0	401	355	365	<0.01	<0.01	<0.01
승강장	10.4	9.4	10.7	39.3	30.4	28.0	0	0	0	466	417	484	0.04	0.02	<0.01

표 4는 C역에서의 공기질 측정결과를 나타낸다. 온도는 1차 측정의 승강장(오전)에서 최대값 19.8°C를 나타냈으며, 2차 측정의 위기(야간)에서 최소값 0.7°C를 나타냈다. 습도는 1차 측정 위기(오전)에서 최대값 56.2 RH%, 2차 측정 위기(오후)에서 최소값 18.4 RH%를 나타냈다. CO는 1차 측정 시 야간에만 각 위치별로 0.84~2.20ppm의 비교적 높은 결과를 나타냈으나 2차 측정 시에는 각 위치별로 전혀 검출되지 않은 것으로 나타났다. CO<sub>2</sub>는 1차 측정 시 최고 595ppm이 검출되었으나, 겨울에 실시한 2차 측정 시에는 대부분 500ppm 이하의 낮은 농도로 측정되었다. 포름알데하이드(HCHO)는 2차 측정 시 승강장에서 최고 0.04ppm 정도가 검출되었고 1차, 2차

측정 시 거의 검출되지 않았다. 온도의 경우 쾌적성을 느낄 수 있는 실내온도보다 비교적 낮게 나타나 난방이 적절히 이루어지지 않는 것으로 나타났다. 그러나, CO와 CO<sub>2</sub>, HCHO의 경우에는 기준치보다 훨씬 낮은 농도로 나타나 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

### 3.2 미세먼지(PM) 측정 결과

측정 역사 중 일부 역사의 미세먼지(PM) 측정 결과를 도표 5와 도표 6에 나타내었다.

도표 5. B역에서의 미세먼지(PM) 측정결과

항목	PM-10( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			PM-2.5( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			PM-1.0( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	오전	오후	야간	오전	오후	야간	오전	오후	야간
1차측정									
외기	76.44	78.06	85.56	23.64	49.1	44.27	18.15	41.76	36.92
대합실	129.02	78.51	127.84	40.37	35.09	47.46	26	24.11	35.59
승강장	154.81	95.82	137.01	62.11	43.18	56.16	37	27.46	38.8
2차측정									
외기	48.66	37.17	32.86	22.57	16.83	15.44	18.69	13.08	12.45
대합실	155.06	73.97	87.81	60.99	31.55	33.72	38.53	21.81	21.70
승강장	131.45	73.01	81.32	63.09	39.57	33.71	42.73	26.12	22.53

도표 5는 B역에서의 미세먼지 측정결과이다. 1차 측정 시, PM-10은 76.44~154.81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM-2.5는 23.64~62.11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM-1.0은 18.15~41.76  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 범위를 보였으며, 2차 측정 시에는 PM-10은 32.86~155.06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM-2.5는 15.44~63.06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM-1.0은 12.45~42.73  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 범위를 나타냈다. 도표 1에서 제시한 공기질 기준과 비교했을 때, 1차 측정 시의 승강장(오전)과 2차 측정 시의 대합실(오전)을 제외하고는 기준치보다 낮은 것으로 나타났다.

도표 6. C역에서의 미세먼지(PM) 측정결과

항목	PM-10( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			PM-2.5( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			PM-1.0( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	오전	오후	야간	오전	오후	야간	오전	오후	야간
1차측정									
외기	43.84	44.8	107.12	17.11	26.26	61.2	13.22	20.68	50.46
대합실	41.68	41.89	99.51	17.52	22.8	51.18	12.87	18.54	41.81
승강장	77.37	74.94	78	34.67	35.46	37.62	21.74	23.67	27.4
2차측정									
외기	62.19	30.40	33.71	21.66	14.29	14.45	17.59	11.67	11.85
대합실	62.45	50.76	38.57	34.39	20.31	20.43	26.27	15.61	15.95
승강장	136.18	66.12	79.73	79.24	37.65	42.33	52.09	26.09	27.89

도표 6은 C역에서의 미세먼지 측정결과이다. 1차 측정 시, PM-10은 41.68~107.12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM-2.5는 17.11~61.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM-1.0은 12.87~50.46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 범위를 보였으며, 2차 측정 시에는 PM-10은 30.40~136.18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM-2.5는 14.29~79.24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM-1.0은 11.67~52.09  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 범위를 나타냈다. 실내공기질 기준과 비교했을 때, 측정대상 위치 모두 PM-10 기준치인 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  보다 낮은 미세먼지 농도를 보임을 알 수 있다.



측정 결과, 모든 역에서 vinylidene chloride, dichloromethane, 1,2-dichloroethane, methylchloroform, benzene, carbontetrachloride, trichloroethylene, toluene, tetrachloroethylene, ethylbenzene, xylene, 1,3,5-trimethylbenzene 등의 농도가 특히 높은 것으로 나타났다. 물질별로는 toluene의 농도가 거의 모든 역사에서 가장 높았고, 그 외에는 dichloromethane과 Freon 등의 농도가 비교적 높은 것으로 나타났다. 대부분 대합실의 VOCs 농도가 승강장보다 높은 것으로 나타나 대합실의 VOCs 관리가 중요한 것으로 나타났다. 특징적인 것은 VOCs 농도가 역사 주변 도로교통량과 정비례 관계를 보이지 않는다는 것이다. 위 표에 나타내지 않은 D역과 E역 등은 교통량이 매우 적은 곳임에도 불구하고, 역 주변의 도로교통량이 훨씬 많은 B역과 C역보다 더 높은 VOCs 농도를 나타냈다. 이로 미루어, 도로 교통수단 외에 다른 VOCs 발생원이 있는 것으로 추정되나, 정확한 발생원을 파악할 수는 없었다.

#### 4. 결론

지하역사는 가을철과 겨울철에 적절한 난방이 이루어지지 않으며, 습도도 낮아 매우 건조한 것으로 나타났다. 그러나, CO<sub>2</sub>는 적절한 환기가 이루어지지 않더라도 기준치인 1000 ppm을 초과하지 않아 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. 다만, 열차 내부에서는 제한된 공간에 많은 사람이 있게 되고, 또한 급기가 아닌 출입문 개폐에 의한 자연 환기만 이루어지므로, 순간적으로 고농도의 CO<sub>2</sub> 농도를 나타냈으며, 출입문의 개폐 시에 열차에서 나온 CO<sub>2</sub>에 의하여 순간적으로 승강장의 CO<sub>2</sub> 농도가 약간 증가하기도 하였으나, 기준치인 1000 ppm의 절반에도 못 미치는 500 ppm 이하의 낮은 농도를 나타냈다. 포름알데하이드의 경우 일부 역사에서 기준치인 0.1 ppm (120 µg/m<sup>3</sup>)을 넘는 것으로 나타났으나, 재측정에서는 검출되지 않는 곳도 있어서, 포름알데하이드의 농도가 시간에 따라 비교적 민감하게 변화하는 것으로 나타났다. 미세먼지의 경우 이용 승객이 많은 역에서 아침 시간에 승강장의 미세먼지 농도가 기준치인 150 µg/m<sup>3</sup>을 초과하는 경우가 많아서 적절한 미세먼지에 대한 대책이 필요한 것으로 나타났다. 휘발성 유기화합물의 경우에는 모든 역사에서 대체로 높게 나타났는데, 주변 도로교통량과 역사 내 농도와는 큰 상관관계가 없는 것으로 나타났으며, 역사별로 개별적인 관리가 필요한 것으로 나타났다.

#### 5. 감사의 글

본 연구는 환경부 차세대핵심환경기술개발사업의 '지하역사 공기질 정확용 접촉면적증대 촉매 시스템 개발' 지원으로 이루어졌습니다.

#### 참고문헌

1. 건설교통부 보고서 (2002), "지하전철구간의 환경관리방안 및 오염도 저감에 관한 연구".
2. 김진석(2001), "지하철도의 공기질 향상을 위한 방안연구", 서울산업대학원 학위논문.
3. 서울특별시 지하철공사 보고서(2003), "지하공기오염 저감방안에 관한 연구".
4. 손장열(2002), "실내공기환경개론".
5. 한국철도기술연구원(2002), "실내쾌적성 향상기술개발" 1차년도 최종보고서.
6. 한국철도기술연구원(2002), "철도환경기술개발".
7. 환경부(2003), "지하생활공간 공기질 관리법 개정법률 (다중이용시설 등의 실내공기질 관리법)".