

PS9(SM) 대구지역 지하철 열차내의 체감공기오염도 평가

Evaluation of Indoor Air Quality of Subway in Taegu Area

송희봉·김동길·도화석·한개희·임종기·백성욱¹⁾
대구광역시 보건환경연구원, ¹⁾영남대학교 환경공학과

1. 서론

실내공기오염물질은 외부공기의 오염물질이 그대로 실내 유입되거나 혹은 실내오염에 직·간접적으로 영향을 줄 수 있는 실내의 여러가지 요인(인간의 활동, 환기상태, 공기체적, 미세먼지후등)의 역할에 따라 오염이 더욱 가중된다고 알려져 있다. 이러한 관점에서 다수인이 이용하는 지하생활공간인 지하철의 경우에는 지상생활공간에 비해 외부공기와의 순환이 어렵고 또한 밀폐된 공간이라는 불리한 환경에 있기 때문에 오염은 한층 심각할 수밖에 없다는 문제점을 지니고 있다. 더욱이 현행 환경부의 지하생활공간 공기질관리법('96.12.30.제정)에는 지하역사의 경우 시료채취장소인 대합실, 승강장, 출입통로 및 환송통로 등의 시설에만 지하공기질 기준을 적용하여 규제하고 있지만('97.12.31.시행), 실제적으로 이용자들이 이러한 지하시설보다는 지하철 열차내에서 장시간 노출되어 머무르기 때문에 인체에 미치는 보건학적인 위해성을 감안할 때¹⁾ 열차내 또한 측정장소로서 추가하는 방안을 검토해 볼 필요성이 있다고 사료된다. 따라서 본 연구에서는 대구지역의 주요 대중교통수단중 하나인 지하철 1호선('98년 5월, 완전개통)열차내를 대상으로 실내공기질을 조사('99.1.17~1.29)하여 향후 보다 더 쾌적한 지하환경을 조성하는데 기초자료로 제공하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 측정항목 및 측정지점

측정항목은 현행 지하공기질 규제기준항목으로 설정되어 있는 6개항목(PM10, CO, CO₂, SO₂, NO₂, HCHO)과 이들의 공기질을 평가하기 위한 보조자료로서 미세먼지후인자 3개항목(온도, 상대습도, 기류) 및 실제이용승객수도 함께 조사하였다. 측정위치는 조사목적에 맞게 공기오염도를 대표할 수 있다고 판단되는 지점인 열차 중앙객실내 중앙부분을 선정하여 이용승객이 공기의 오염도를 체감하는 높이에서 측정하였다.

2.2 측정방법

분석용 시료는 열차가 시발역~종착역~시발역(동일열차)까지 총 49.8 km 운행되는 왕복소요시간인 약 2시간 동안을 기준으로 채취 및 분석하였다. 가스상오염물질(CO, CO₂, SO₂, NO₂, HCHO), 미세먼지후인자 및 이용승객수의 경우는 일일 출근시간대, 한가시간대 및 퇴근시간대를 고려하여 오전(07:00~09:00), 오후(12:00~14:00), 저녁(18:00~20:00)으로 총 3 회 구분하여 채취 및 측정하였으며 또한 입자상 오염물질인 PM10은 가스상오염물질의 동일 측정시간대에서 누적하여 약 6시간 동안 먼지를 연속채취하였다.

○ 미세먼지(PM10)

Mini Volume PM10 Air Sampler(Air Metrics, USA)를 사용하여 평균 분당 5ℓ의 일정 유량으로 채취한 Filter의 먼지를 중량법에 의해 질량농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 산정하였다. 한편, 시간대별로 PM10 농도를 결정하기 위해 광산란방식의 원리를 이용한 상대농도 측정기인 Digital 분진계를 사용하여 매 15분 간격으로 총 8 회 측정된 평균치를 대표치(cpm)로 간주하여 질량농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 환산하였다.

○ 일산화탄소(CO) 와 이산화탄소(CO₂)

열차가 왕복운행하는 동안에 가스채집기를 사용하여 20ℓ Tedlar air bag에 분당 300ml의 일정한 유량으로 약 1시간 동안 공기를 채집한 후 정전위전해법과 비분산적외선법의 원리를 이용한 CO/CO₂분석기로 자동분석하였다.

○ 이산화질소(NO₂) 와 아황산가스(SO₂)

시료채취는 CO/CO₂의 경우와 동일하며, 화학발광법과 자외선형광법의 원리를 이용한 NO₂분석기와 SO₂분석기로 자동분석하였다.

○ 포름알데히드(HCHO)

열차가 왕복운행하는 동안에 가스채집기를 사용하여 흡수용액(크로모트로핀산액)에 분당 1ℓ의 일정한 유량으로 1시간 동안 통과시킨 공기의 용액을 분석용 시료로 하여 UV/VIS Spectrophotometer를 이용한 흡광도를 측정해 농도를 산출하였다.

○ 온도, 상대습도, 기류

현장에서 매 15분 간격으로 총 8 회 측정한 평균치를 대표치로 간주하였다. 이때 온도와 상대습도는 Digital 온·습도계를 사용하였고, 기류는 Digital 미세풍속계를 이용하여 측정하였다.

○ 실제이용승객수

열차 중앙객실(1칸)내에서 Counter기를 사용하여 시발역~종착역~시발역까지 운행하는 약 2시간 동안 승차하는 이용객만을 대상으로 산정하였다.

3. 결과 및 고찰

지하철 열차내를 조사대상으로 연구한 결과는 다음과 같이 요약할 수 있었다.

1) 측정항목별로 나타난 전체평균농도는 PM10 126 μg/m³, CO 2.2ppm, CO₂ 945ppm, SO₂ 10ppb, NO₂ 64ppb, HCHO 19ppb로서 지하공기질 기준을 모두 하회하는 수준이었지만, 특히 CO₂의 경우는 기준치(1,000ppm이하)에 육박하는 수준으로 환기설비 확충 등 특별한 관리가 요망되었다(Table 1).

2) 측정요일별로 나타난 PM10의 평균농도는 이용승객의 이용률이 높았던 화, 수, 토요일(627, 565, 552명)이 각각 180, 181, 190 μg/m³으로, 이용승객의 이용률이 낮았던 목, 금, 일요일(480, 430, 394명)의 각각 62, 27, 78 μg/m³보다 평균 약 3배이상 높게 나타났다.

3) 측정시간대별로 나타난 평균농도는 한가시간대인 오후(PM10 162 μg/m³, CO₂ 1070ppm, NO₂ 61ppb, 이용승객수 283명등)가 출·퇴근시간대인 오전(PM10 130 μg/m³, CO₂ 820ppm, NO₂ 58ppb, 이용승객수 169명등)과 저녁(PM10 104 μg/m³, CO₂ 1020ppm, NO₂ 48ppb, 이용승객수 199명등)보다도 오히려 높게 나타났다. 이는 평소 지하철을 많이 이용하던 학생들이 겨울방학을 맞이하여 오전과 저녁시간대의 이용률이 자연 감소했던 시점에서 측정하였기 때문에 나타난 결과로 사료된다.

4) 실내 기준성오염물질간의 상관성은 대체적으로 양호한 정상관관계를 보여 공통적인 무리를 갖는 배출원의 영향으로 사료되었다. 그리고 실제이용승객수와 기준성오염물질(특히 PM10, CO₂, NO₂등)간의 상관성도 비교적 양호한 정상관관계를 보여 이용승객수에 따라 실내공기오염에 큰 영향을 미치는 요인으로 나타났다.

Table 1. Indoor and outdoor mean concentrations of criteria pollutants at subway.

Pollutants	Indoor(subway)					Outdoor(platform) ²⁾					I/O ratio
	N	Mean	S.D.	Min.	Max.	N	Mean	S.D.	Min.	Max.	
PM10(μg/m ³)	21	126	73	23	250	42	155	61	63	289	0.8
CO(ppm)	21	2.2	0.7	1.0	4.0	42	1.8	0.7	0.4	3.2	1.2
CO ₂ (ppm)	21	945	143	680	1140	42	486	56	350	610	1.9
SO ₂ (ppb)	21	10	3	5	20	42	7	7	2	45	1.4
NO ₂ (ppb)	21	64	31	25	136	42	19	8	5	48	3.4
HCHO(ppb)	21	19	4	13	26	42	10	4	4	19	1.9

참 고 문 헌

김윤신, 홍승철, 전준민 (1994) 서울시의 대중교통수단내 실내공기질에 대한 연구, 한국환경위생학회지, 20(1), 28-38.
 송희봉, 홍성희, 신동철, 백성우 (1998) 대구지역 지하철역사의 실내공기질 특성평가(I) - 기준성오염물질 -, 한국대기보전학회 추계학술대회 발표 논문집, 273-374.