

KTX 객실의 IAQ 관리 기초 인자 분석

Analysis of basic IAQ management factors in KTX passenger cabin

조영민*

Cho, Young-Min Park, Duckshin Park, Byunghyun Park, Eunyoung

박덕신*

박병현**

박은영**

ABSTRACT

The passenger cabin of train is generally insulated from exterior environment to ensure the safety of passengers and to enhance the heating and cooling efficiency. Therefore, the IAQ management of passenger cabin is very important in aspect of amenity and health of passengers. In this study, we measured some IAQ factors influencing on the indoor air quality of passenger cabin. The measurement was carried out to investigate the PM-10, PM-2.5, PM-1.0, temperature, relative humidity, carbon monoxide, carbon dioxide levels of KTX. The results showed that the air quality of the cabin was largely satisfactory, but carbon dioxide level was relatively higher. The control of carbon dioxide levels need the extensive research in the future.

1. 서 론

현대인들은 사회·경제·문화생활의 변화로 하루 중 80~90% 이상을 실내공간에서 활동하기 때문에, 실내공간이 더더욱 중요하게 생각되고 있다. 특히, 온난한 기후보다는 한랭한 기후에 거주하는 인간들은 실내활동의 거의 대부분을 차지하고 있다. 이에 따라, 특히 북유럽의 선진국들에서는 실내환경에 대한 관심이 매우 높으며, 실내환경에 관련된 연구가 활발하다. 이처럼 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 체적한 실내 활동이 저해되고, 심지어는 건강까지도 위협받고 있다.

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 있다 (표 1과 2). 이에 따라 철도역사의 대합실과 지하역사의 출입통로, 대합실, 승강장, 환승통로 등이 규제를 받고 있다.(환경부, 2003)

* 한국철도기술연구원 연구원, 정회원

** 한국철도기술연구원 연구원

도표 1. 우리나라의 실내공기질 유지기준

오염물질 항목 다중이용시설	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO_2 (ppm)	HCHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	총부유세균 (CFU/ m^3)	CO (ppm)
지하역사, 지하도상가, 여객자동차터미널의 대합실, 공항시설 중 여객터미널, 항만시설 중 대합실, 철도역사의 대합실, 도서관, 박물관, 미술관, 업무시설, 2 이상용도 건축물, 공연장, 대규모점포, 상점가, 혼인예식장, 실내체육시설, 장례식장, 짐질방, 고시원	150이하	1,000이하	120이하	-	10이하
의료기관, 보육시설, 산후조리원, 노인복지시설, 학원	100이하			800이하	10이하
실내주차장	200이하			-	25이하

표 2. 우리나라의 실내공기질 권고기준

오염물질 항목 다중이용시설	NO_2 (ppm)	Rn (pCi/l)	TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	석면 (개/cc)	오존 (ppm)
지하역사, 지하도상가, 여객자동차터미널의 대합실, 공항시설 중 여객터미널, 항만시설 중 대합실, 철도역사의 대합실, 도서관, 박물관, 미술관, 업무시설, 2 이상용도 건축물, 공연장, 대규모점포, 상점가, 혼인예식장, 실내체육시설, 장례식장, 짐질방, 고시원	0.05이하	4이하	500이하	0.01이하	0.06이하
의료기관, 보육시설, 산후조리원, 노인복지시설, 학원	0.05이하		400이하		0.06이하
실내주차장	0.30이하		1,000이하		0.08이하

그럼에도 불구하고, 승강장이나 대합실보다 승객들이 훨씬 더 많은 시간을 보내는 열차의 내부는 다중이용시설 중 규제 대상에서 제외되어 현재로서는 아무런 규제를 받고 있지 않는 실정이다. 그러나, 열차 내의 실내공기질 관리에 대한 정부와 국민의 관심이 급격히 증대되고 있어, 이에 대한 규제가 향후 3년 안에 이루어질 것으로 보인다. 현재 KTX 객실 내부는 승객의 안전과 냉·난방의 효율성을 위해 밀폐되어 있고 기계적인 환기에 의하여 환기가 이루어지기 때문에, 객차의 실내공기질 관리는 승객의 쾌적성과 건강을 위한 매우 중요한 인자이다. 이에 본 연구에서는 KTX를 대상으로 객차 내부의 실내공기질을 조사하여 현황을 파악하여 실내공기질 관리의 기초자료로 사용하며, 향후 지하철의 실내쾌적성 연구에 응용하고자 하였다. 이에 본 연구에서는 KTX 객차 내부 실내공기에 대하여 온도, 습도, 미세먼지(PM-10), 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO_2), 포름알데하이드(HCHO) 등의 오염현황을 파악하고 실내공기질 개선 방안을 모색해보고자 하였다.

2. 측정방법

본 연구에서는 KTX 경부선을 대상으로 온도, 습도, 일산화탄소 (CO) 농도, 이산화탄소 (CO_2) 농도, 미세먼지 (PM-10, PM-2.5, PM-1.0) 농도, 포름알데하이드 (HCHO) 농도 등을 측정하였다. 측정은 2004년 여름에 이루어졌으며, 하절기인 관계로 열차에는 냉방기가 가동되고 있는 조건에서 이루어졌다. 표 3에는 측정항목별 측정기기를 나타내었고, 표 4에는 측정일시 및 측정구간을 나타내었다.

도표 3. 측정 항목 및 측정기기

항목	측정/포집 장비
온도, 습도	IAQ monitor (model: IQ410, Wolfson)
CO, CO_2	
HCHO	HCHO 분석기 (model: FP-30, Sibata)
미세먼지	Dustspectrometer (model: 1108, Grimm)

도표 4. 측정일시 및 측정구간

항 목	내 용	
측정일	2004년 7월 27일 (하절기)	
측정구간 및 시간	하행 (오전)	서울역 (10:00) - 부산역 (12:16)
	상행 (오후)	부산역 (14:00) - 서울역 (16:33)
측정위치	KTX의 중앙 동반석 (가족석) 테이블	

3. 공기질 측정 결과

3.1 온도 및 습도 측정 결과

그림 1과 그림 2는 상행과 하행 KTX의 객실내의 온도 및 습도 측정 결과를 나타낸 것이다.

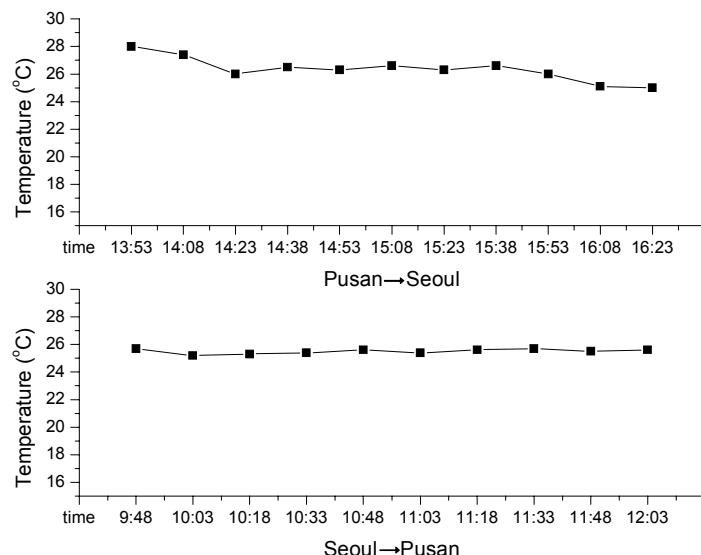


그림 1. KTX 객차의 온도 변화 (하행 및 상행)

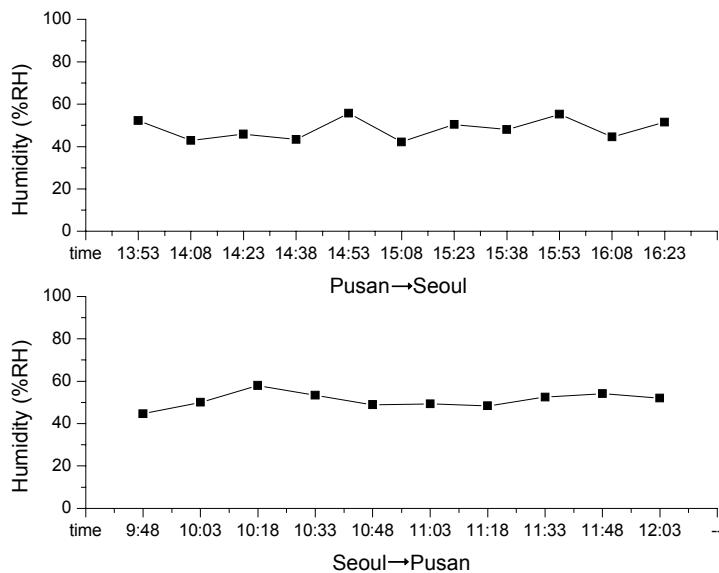


그림 2. KTX 객차의 상대습도 변화 (하행 및 상행)

측정결과 온도의 경우 하행선의 경우 최대 25.7 °C, 평균 25.5 °C를 나타냈으며, 상행선의 경우 최대 28.0 °C, 평균 26.3 °C를 나타내었다. 상대습도의 경우는 하행선이 최대 58.0 %, 평균 51.1 %를 나타냈으며, 상행선이 최대 55.7 %, 평균 48.4 %를 나타내었다. 보건복지부에서는 공중 위생기준에서 적정 온도를 17~28 °C, 적정 습도를 40~70 %로 규정하고 있는데, 상행선과 하행선 모두 보건복지부의 공중 위생기준에 적절한 수준을 유지하고 있는 것으로 조사되었다.

3.2 CO 및 CO₂ 측정 결과

그림 3은 KTX 객실 내에서의 이산화탄소 측정결과를 나타낸다. 일반적으로 탄산가스로 일컬어지는 CO₂는 대기 중의 정상 성분으로서 일반적인 대기 중의 CO₂ 농도는 약 350 ppm 정도이며, 이 농도에서는 인체에 거의 영향을 미치지 않는다. 그러나, 밀폐된 실내공간에서 CO₂ 농도가 높으면 두통, 권태, 현기증, 구토, 불쾌감 등의 증상을 초래할 수 있으므로 CO₂는 CO와 함께 중요한 실내오염물질 중의 하나이다. CO₂는 인간이나 동물의 호흡과 연료의 연소 과정에서 발생하지만, 반대로 식물이 광합성에 CO₂를 이용하기 때문에 대기 중의 CO₂ 농도는 일정한 수준을 유지하게 된다. 그러나, 환기가 잘 되지 않는 밀폐된 실내 공간에 많은 사람이 모여 있을 경우에는 호흡에 의해 CO₂의 농도가 지속적으로 증가하게 된다.

측정결과 서울에서 부산으로 가는 하행선의 경우, CO₂의 최대 농도는 2385ppm, 평균 농도는 1991ppm 이었으며, 부산에서 서울로 향하는 상행선의 경우 최대 CO₂ 농도는 2145ppm, 평균 CO₂ 농도는 1544ppm 이었다. CO의 기준치는 10ppm이고 CO₂의 기준치는 1000ppm이다. CO의 경우 검출되지 않았으므로 승객의 위해성 차원에서 매우 좋은 것으로 판단되지만, CO₂의 경우 기준치인 1000ppm을 초과하여 심각한 수준인 것으로 판단되며 적절한 환기조건을 설정하고 객실 내 환기를 예측하는데 적합한 실내공기질 모델을 개발할 필요가 있다고 사료된다. 아울러, 본 실험에서는 일산화탄소(CO) 역시 동시에 측정하였으나 검출되지 않았다.

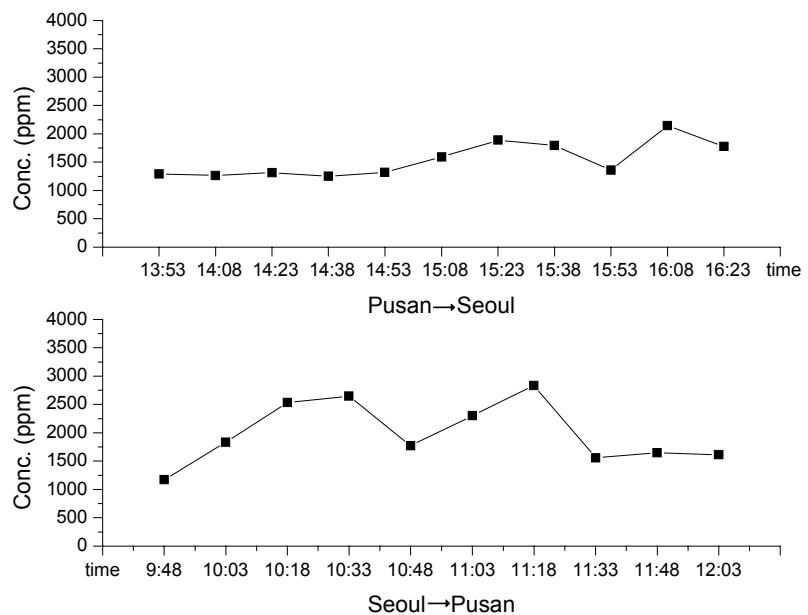


그림 3. KTX 객차의 이산화탄소 농도 변화 (하행 및 상행)

3.3 미세먼지 측정 결과

표 5와 그림 4는 KTX 객실 내에서의 PM 10 측정결과를 나타낸다. 측정결과 KTX 객실 내에서의 PM10은 하행선의 경우, 최대 농도는 $122.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 평균 농도는 $44.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 였고, 상행선의 경우, 최대농도는 $68.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 평균농도는 $29.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 나타났다. 현재 우리나라의 실내공기질 유지 기준이 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24시간 평균)에 대해 전 구간에서 기준치 이하의 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다. 실내공간의 미세먼지 농도변화는 외부와 연결된 창문 및 출입구를 통한 유입, 내부 발생 원 그리고 기류의 변화 및 인간활동에 의한 재비산등을 생각해 볼 수 있다. 실내공간의 미세먼지 농도변화는 정차시 출입구 개방 및 탑승객에 의한 미세먼지의 유입과 이용승객들의 이동으로 인한 미세먼지의 재비산 등에 의해 미세먼지의 농도가 변화한 것으로 보인다.

도표 5. KTX 객실 내에서의 PM 10 측정결과

측정구간	PM 10	평균	최대	최소
하행선	서울→대전 (10:00~10:50)	50.5	112.2	27.2
	대전→동대구 (10:50~11:35)	35.5	66.5	15.1
	동대구→부산 (11:35~12:16)	46.0	74.1	28.0
	전구간 (10:00~12:16)	44.4	112.2	15.1
상행선	부산→동대구 (14:00~15:00)	34.2	52.4	17.9
	대전→동대구 (15:00~15:45)	32.0	68.7	18.3
	동대구→부산 (15:45~16:33)	19.7	62.3	7.0
	전구간 (14:00~16:33)	29.1	68.7	7

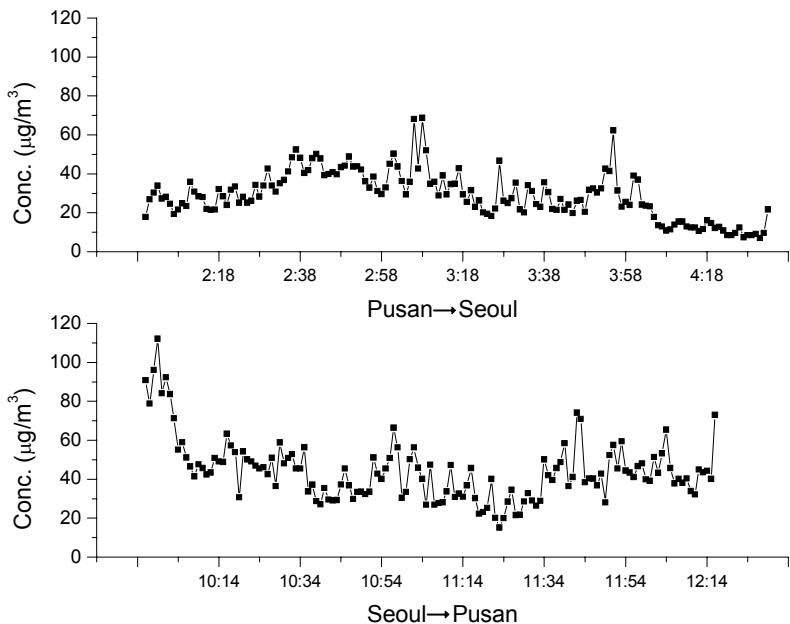


그림 4. KTX 객실 내에서의 PM10 측정결과

3.4 포름알데하이드 (HCH) 측정 결과

KTX 객실 내에서의 포름알데하이드 방출량을 측정하였으며. <표 2-3>에 측정결과를 나타내었다. 포름알데하이드는 눈을 자극하고, 두통과 현기증, 만성피로, 불면증, 천식 등을 유발하는 대표적인 물질로 알려져 있다. 측정결과 서울에서 부산으로 향하는 하행선의 경우 평균 $30.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이 방출되었으며, 부산에서 서울로 향하는 상행선의 경우 평균 $20.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 포름알데하이드가 방출되었음을 알 수 있다.

도표 6. KTX 객실의 HCHO 측정결과 (단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구간	HCHO		1차측정	2차측정	평균
	하행선	서울→부산 (10:00~12:16)	27.4	33.1	30.25
상행선	부산→서울 (14:00~16:33)	19.6	21	20.3	

4. 결론

본 연구에서는 KTX 객실 내부에서 승객의 쾌적성에 영향을 미치는 요인들과 건강상 위해성과 관련된 공기질 오염 항목 (미세먼지, 온도, 습도, 일산화탄소, 이산화탄소, 포름알데하이드 등)에 대한 측정을 수행하였다. 이는 현재 운행 중인 KTX의 등에 대한 각 열차별 현황과 문제점을 파악하고 쾌적한 실내공간을 유지하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 실시하였으며, 측정결과 측정된 항목들은 대체로 실내공기질 기준을 만족시키는 것으로 나타났으나, 이산화탄소의 농도가 비교적 높아 이 부분에 대한 연구가 더 필요한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원 (2004) 「차세대 객차용 청정시스템 개발」, 1차년도 최종보고서
2. 환경부 (2003) 「다중이용시설 등의 실내공기질 관리법」