

열차 객실 공기질 향상 방안 연구

A Study for improvement on the passenger room Indoor Air Quality in the Train

소진섭* 강성해**
So, Jin-sub, Kang, Sung-hae

ABSTRACT

Indoor air quality is an important determinant of human health and comfort. However, the complexity of pollution sources and the multitude of parties responsible for creating indoor exposures make the improvement of indoor air quality difficult.

It analyzed the passenger room IAQ(Indoor Air Quality) research present condition of the domestic in the Train.

The Korail development of evaluate the amenity of indoor air is required. This research to be advanced next year.

1. 서론

대중교통수단인 철도를 이용하는 국민들은 열차의 속도향상은 물론, 정확한 시간에 편안하고 안전하게 쾌적한 객실내 여행을 최우선으로 생각하고 있으며, 현대인의 건강을 생각하는 웰빙문화가 가정에서 출발하여 교통수단으로 확산되고 있다.

국내 건축물에 대한 공조시스템과 실내배기열원에 대한 에너지절감, 그리고 쾌적한 온열환경평가에 대한 연구와 기술력은 매우 향상된 반면 철도차량에 있어서는 단순히 냉난방을 위한 설비에 국한 되어 있는 아주 미흡한 수준에 머물고 있다.

철도고객의 민원으로는 공조장치 본체로부터 객실 내부로 냉난방 공기가 필터의 통해 실내송풍시 악취와 KTX차량의 덕트를 통해 오염물질(먼지, 송화가루 등)이 객실내로 유입되는 경우가 발생하는 사례가 있으며, 환경부는 기존의 '지하생활공간공기질관리법'을 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'으로 변경하여 2004년 5월30일부터 시행을 하고 있으며, '실내공기질 관리 기본계획 수립·확정('04.12.8 환경부)'하였다. 이를 위해 범정부적 실내공기질 관리 중장기('04~'08) 로드맵 작성을 하였고, 지하철, KTX, 고속버스 실내오염기준치가 넘는 것으로 조사('05.9.12 중앙일보)하였으며, 향후 특수실내환경관리 대상으로 버스, 지하철 등을 확대 적용할 예정으로 되어 있다.

서울특별시 '서울특별시 지하생활공간 공기질기준조례'를 폐지하고, 국가기준보다 강화한 '서울특별시 다중이용시설의 실내공기질 유지기준에 관한 조례'를 제정('05.12.29)하였다.

국내 철도차량의 실내공기질 연구동향 분석결과, 실내공기오염물질 중에 이산화탄소(CO₂, 기준치 1,000ppm 이하) 와 미세먼지(PM10, 기준치 150 μ g/m³이하)에 대해서는 국가 다중이용시설에 설정한 유지기준 기준치 보다 높게 나타났다.

현재 국내의 철도차량의 객실내 실내공기환경(IAQ: Indoor Air Quality)의 기준은 별도로 관리하지 않고 실내공기의 일부로 포함시켜 관리하고 있지만, 향후 '다중이용시설등의 실내공기질관리법' 확대 방안 에 대한 철도운영기관으로서의 준비와 대책이 강구되어야 한다고 본다.

* 한국철도공사 철도연구개발센터, 비회원

** 한국철도공사 수송안전실, 비회원

열차를 이용하는 고객의 입장에서 보면, 이 조사된 수치는 국가에서 정한 다중이용시설의 유지기준에 몇몇 장소와 열차에서 높게 조사되지만, 평균치는 낮게 나타나고 있었다. 향후 환경부의 실내공기질 관리 확대 정책에 대응하고, 운영기관으로서의 한국철도가 쾌적한 열차 객실내 공기질향상을 위해서는 열차내 실내온열환경지표 개발을 기반으로 공조시스템을 개선하고, 신조차량개발에 적극 반영이 무엇보다 필요하다고 본다.

이에 본고에서는 KTX를 대상으로 공기질측정 및 객실내 승객이 느끼는 쾌적지수는 어느정도인지 철도차량 객차내 실내온열환경지표 개발을 하기위한 기초자료로서, 보다 더 쾌적한 공기질 제공과 향후 차량의 공기조화장치의 기술적 접목에 크게 기여하고자, 1992년부터 현재까지 건설교통부, 대한설비공학회, 한국철도기술연구원, 국내 석·박사논문을 대상으로 열차내 실내공기질을 조사한 논문을 선정하여 고찰하였다.

2. 본문

국내 건축물에 대한 공조시스템과 실내배기열원에 대한 에너지절감, 그리고 쾌적한 온열환경평가에 대한 연구와 기술력은 매우 향상된 반면 철도차량에 있어서는 단순히 냉난방을 위한 설비에 국한 되어 있는 아주 미흡한 수준에 머물고 있다.

2.1 열차 객실 공기질 연구현황

1996년 공기질 1차측정에서는 일반세균(CFU/m³) 농도는 184-1231CFU/m³으로, 2차측정에서는 일반세균의 농도는 731-1269CFU/m³으로, 미생물을 제외한 기타 오염물질 측정결과 가스상 오염물질인 SO₂, NO₂, CO는 권고치에 훨씬 못미치지만, 호흡성 분진인 PM-10는 권고치를 초과(권고치 150 μg/m³)한 것으로 보고하였다. 미생물의 농도는 승객의 수와 이동여부, 흡·배기시설의 형태와 청결 농도, 노후화 정도 등의 영향을 받는다고 하였다.[1]

1997년 국내외의 객실에 대한 공조관련 실측결과 일반적으로 실내 전체공간의 냉난방 용량은 만족하지만 환기능력이 부족한 것으로 나타나고 있고, 유동분포가 고르지 못하여 최적의 공조상태는 만족하지 않는 것으로, 에어컨트에 대해 현차 설치후 측정결과 객실과 복도의 공기유동의 출입조건을 상당히 개선시키는 효과가 있다고 보고하였다.[2]

2004년 미세먼지의 농도는 모든 객실에서 실내 대기환경기준인 150μg/m³보다 낮아 양호한 것으로, CO(환경부, 1시간기준 25ppm이하 규정)는 모든 객실에서 약 3~6ppm 정도의 낮은 농도, 온도(보건복지부 17~28℃로 규정)는 28℃를 초과, 습도(보건복지부 40~70% 로 규정)는 모든 객실에서 20~30% 정도로 기준치 보다 낮은 분포를 보여 특히 겨울철에는 난방뿐만 아니라 습도를 적정수준으로 유지할 수 있는 대책이 요구된다고 하였다.[3]

2005년 수도권 지하철 내부의 IAQ 관리 기초인자 분석을 위한 측정결과에서 대체로 다중이용시설의 기준을 만족시키는 것으로 나타났으나, 이산화탄소 농도가 높게 조사되었고 이는 객차 내의 승객수와 거의 비례하는 것으로 나타나 이에 대한 대책이 필요하다고 하였고,[4] KTX 객실의 IAQ 관리 기초인자 분석을 위한 측정결과에서는 대체로 실내공기질 기준을 만족시키는 것으로 나타났으나, 이산화탄소 농도가 높아 이 부분에 대한 연구가 더 필요하다고 하였다.[5]

철도공사가 운영하는 차량 이외의 연구로는, 2001년 대구지역에서 운행중인 지하철의 열차내 실내공기질측정 및 설문조사를 1999년 동절기와 하절기에 걸쳐 병행하였다.[6]

2.2 열차 객실 공기질 측정현황

1) 새마을호 열차 대상

서울-부산 운행구간을 대상으로 조사, 일반세균과 진균은 RCS Air Sampler를 사용, SO₂, NO₂은 Handy Air Sampler 이용, CO는 Tedlar Air Bag에 포집후 Gas Analyzer로 분석, PM10은 Mini-Vol Air Sampler로 여지포집, Pb와 Cd은 PM-10용 필터를 전처리후 AA로 분석한 조사결과 PM10은 일부 장소에서 기준치 보다 높게 나타났다.

서울-부산 운행구간을 대상으로 조사, PM10, PM2.5, PM1.0은 Mini-volume portable air sampler 와 Dust monitor를 사용, CO,CO₂,온도,습도를 IAQ monitor 사용, PM10과 CO₂가 일부 장소에서 기준치 보다 높게 나타났다.

2)무궁화호 열차 대상

일반세균(기준치 800CFU/m³이하)만이 의료기관등에 적용되는 기준에 높게 나타났다. 1차조사를 서울-대전운행구간을 대상으로 온도,습도,객실 배기유속을 VELOCICALC Plus으로 조사, 2차조사를 수원-대구운행구간을 대상으로 온도,습도,객실배기유속을 VELOCICALC Plus으로 조사, CO,CO₂를 IAQ monitor 사용하여 조사한 결과 CO₂만이 일부 장소에서 기준치 보다 높게 나타났고, PM10과 CO₂가 일부 장소에서 기준치 보다 높게 나타났다.

3)신형 무궁화호 열차 대상

PM10과 CO₂가 일부 장소에서 기준치 보다 높게 나타났다.

4)전동차 대상

1호선(청량리-용산), 2호선(시청-시청), 3호선(양재-구파발), 4호선(상계-사당) 운행구간을 대상으로 온도,습도는 Digital Hygrometer-Thermometer사용, PM10은 Piezo balance을 사용, CO는 CO 검지 경보기를 사용,CO₂는 직독식 가스검지판과 pump를 이용하여 측정한 결과, CO₂만이 일부 장소에서 기준치 보다 높게 나타났다.

서울지하철 A선을 대상으로 CO₂에 대해 CO₂ Meter를 이용하여 측정한 결과, 승객1인당 CO₂농도가 12.26ppm 기여한다고 하였다.

수도권 지하철 A선,B선,C선을 대상으로 온도,습도,CO,CO₂를 IAQ monitor를 이용하여 조사, PM10,PM2.5,PM1.0에 대해 Dustspectrometer를 이용하여 측정한 결과, CO₂만이 일부 장소에서 기준치 보다 높게 나타났다.

5)KTX 대상

KTX 서울-부산운행을 대상으로 온도,습도,CO,CO₂를 IAQ monitor를 이용하여 조사, PM10에 대해 Dustspectrometer를 이용, 포름알데히드(HCHO)는 HCHO분석기를 이용하여 측정한 결과, CO₂만이 일부 장소에서 기준치 보다 높게 나타났다.

2.3 열차 객실 열유동 해석 현황

STAR-CD 프로그램을 이용한 연구는 전동차내의 열유동해석(3D)로 해석하였고, FLUENT 프로그램을 이용한 연구로는 신형 무궁화호 하부식 공조장치에 대해 열유동해석(3D)를 수행, 새마을호,무궁화호,신형 무궁화호,전동차를 대상으로 객실내 공기질 향상을 위한 기초자료를 조사(3D), 무궁화호를 대상으로 편의실(객실 복도)와 객실출입문을 대상으로 오염물질 전달특성을 파악(2D), 신형 무궁화호를 대상으로 객차내의 열유동 해석(3D)를 수행, 전동차를 대상으로 공조기 덕트내 유동특성을 분석(3D)을 수행하였다.

국내 철도차량의 실내공기질 연구동향 분석결과, 실내공기오염물질 중에 이산화탄소(CO₂, 기준치 1,000ppm 이하) 와 미세먼지(PM10, 기준치 150 μ g/m³이하)에 대해서는 국가 다중이용시설에 설정한 유지기준 기준치 보다 높게 나타났다. 향후 환경부의 실내공기질 관리 확대정책에 대응하고, 쾌적한 열차 객실내 공기질향상을 위한 공조시스템 개선, 차세대 신조차량개발에 있어서 쾌적온열환경지표 개발의 필요성이 있다고 사료된다.

2.4 국내 다중이용시설의 실내공기질 관련 기준

환경부는 기존의 '지하생활공간공기질관리법'을 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'으로 변경하여 2004년 5월30일부터 시행을 하고 있으며, 이와 관련하여 서울특별시 '서울특별시 지하생활공간 공기질기준조례'를 폐지하고, 국가기준보다 강화한 '서울특별시 다중이용시설의 실내공기질 유지기준에 관한 조례'를 제정하였다.

Table 1. Maintenance standard of indoor air quality in Korea

항목	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO2 (ppm)	HCHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	총부유세균 (CFU/ m^3)	CO (ppm)
다중이용시설					
철도역사의 대합실	150이하	1,000이하	120이하	-	10이하

Table 2. Advice standard of indoor air quality in Korea

항목	NO2 (ppm)	Rn (pCi/ ℓ)	TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	석면 (개/cc)	오존 (ppm)
다중이용시설					
철도역사의 대합실	0.05이하	4이하	500이하	0.01이하	0.06이하

Table 3. Seoul criteria of indoor air quality

오염물질 항목	미세먼지 (PM10, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	이산화탄소 (CO ₂ , ppm)	포름알데히드 (HCHO, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	총부유세균 (CFU/ m^3)	일산화탄소 (CO, ppm)
다중이용시설					
지하역사 지하도상가	140 이하	1,000 이하	100 이하	-	9 이하
여객자동차터미널의 대합실 철도역사의 대합실 등	140 이하	1,000 이하	120 이하	-	9 이하
의료기관 등	100 이하	900 이하	100 이하	800이하	9 이하

3. 결론

환경부는 기존의 ‘지하생활공간공기질관리법’을 ‘다중이용시설등의 실내공기질관리법’으로 변경하여 2004년 5월30일부터 시행을 하고 있으며, ‘실내공기질 관리 기본계획 수립·확정(‘04.12.8환경부 보도자료)’하였다. 이를 위해 범정부적 실내공기질 관리 중장기(‘04~‘08) 로드맵 작성을 하고, 여기에는 버스와 지하철이 특수실내환경관리 대상으로 포함되어 있으므로, 한국철도공사의 주기적인 조사 및 측정을 통한 향후 ‘다중이용시설등의 실내공기질관리법’ 확대 방안에 대한 철도운영기관으로서의 준비와 대책이 강구되어야 한다.

열차 객실 공기질 향상은 철도의 안전성 및 신속성과 더불어 철도 수송의 특성을 평가에 중요한 요인이 되고 있다. 본고에서는 KTX대상으로한 공기질측정 및 객실내 승객이 느끼는 쾌적지수는 어느 정도인지 철도차량 객차내 실내온열환경지표 개발을 하기위한 기초자료를 위해 수행하였으며, 보다 더 쾌적한 공기질 제공과 향후 차량의 공기조화장치의 기술적 접목에 크게 기여하고자 한다.

참고자료:

- 0) 철도청, 현장지원과제(KNR-96), 객차내 실내공기 오염도 조사, 1996.12.
- 0) 철도청, 무공화호 객차 공기조화 및 환기개선 방안 연구(현장지원사업), 최종보고서, 1997.8.
- 0) 건설교통부, 국가교통핵심기술개발사업, 차세대 청정·경량 객차 개발(1차년도 연차보고서) 2004.4.
- 0) 조영민 외4, 수도권 지하철 내부의 IAQ 관리 기초인자 분석, 한국철도학회, 2005년도 추계학술대회 논문집, 2005.
- 0) 조영민 외3, 수도권 지하철 내부의 IAQ 관리 기초 인자 분석, 한국철도학회, 2005년도 추계학술대회 논문집, 2005.
- 0) 송희봉 외7, 대구지하철 열차내의 공기질과 이용시민의 체감오염도 평가, 대한환경공학회지, Vol. 23. No.2, pp.337~348. 2001.