

전동차의 실내 공기청정도 측정 평가

The Measurement of the Indoor Air Quality in Subway

소진섭* 유성연** 윤차중 김완중 강성해*** 박덕신 조영민 권순탁 박은영****
So, Jin-Sub Yoo, Seong-Yeon Yun, Cha-Jung Kim, Wan-Jong Kang, Sung-Hae
Park, Duk-Sin Cho, Young-Min Kwon, Soon-Bark Park, Eun-Young

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 makes the improvement of air quality difficult. The HVAC(Heating, Ventilating and Air-Conditioning) system is important facility to provide comfortable environment passenger service. The Ministry of Environment is established "Indoor Air Quality Management guidelines in Public Facilities" in December 2006. Hereupon, the train and the subway are included. In this research air quality in the Subway compartment has been measured. As a result, the concentrations of PM10 and CO₂ were reached to 93% and 61% of the regulation values, respectively. Thus, the indoor air qualities of subway have been proved that they satisfy the recommended guidelines by the Ministry of Environment.

1. 서 론

쾌적한 실내공기청정도 유지를 통한 철도이용 고객만족서비스 제공은 가정에서와 같이 대중교통수단 실내에 대해서도 이제는 그 필요성이 강조되고 있다.

환경부는 '06년 12월에 기존의 철도역사의 대합실(연면적 2,000m²이상)에 추가하여 열차와 도시철도차량(전동차)에 「대중교통수단실내공기질관리 가이드라인」을 표 1,2와 같이 마련하였다. 관리항목은 이산화탄소(CO₂)와 미세먼지(PM10)가 Level 1(정상시), Level 2(혼잡시)로 제시되어 있다. 이 가이드라인은 법적인 규제 대상은 아니지만, 향후 더욱 강화될 것으로 보인다.

따라서 철도를 이용하는 고객에게 보다 쾌적한 실내공기를 제공하기 위한 지속적인 노력과 함께 향후 새롭게 제작되는 차량은 설계단계에서부터 적극 반영이 필요하다.

그동안은 환경부 규제대상에서 제외되어있던 대중교통수단 실내 공기청정도는 다중이용시설에 적용되던 실내공기질 유지·권고기준치로 특수교통수단인 열차, 지하철의 실내공기청정도가 측정되곤 하였다.

그래서 공사 자체의 측정과 데이터 관리를 통한 철도차량의 특수적인 환경을 환경부와 환경단체가 이해하고, 가이드라인 설정에 있어서도 공사의 입장을 대변할 수 있는 자료가 절실하게 필요하게 되었다.

이에 1호선 전동차(수원→청량리운행)를 대상으로 퇴근시간(18:00-20:20)에 한국철도기술연구원과 공동으로 수행하였고, 자체 데이터관리를 위한 자료로 활용하고자 한다.

* 한국철도공사, 철도연구개발센터, 정희원
E-mail : sojin71@hanmail.net
TEL : (042)609-3959 FAX : (042)472-4920
** 충남대학교 대학원, 기계설계공학과 교수
*** 한국철도공사
**** 한국철도기술연구원

2. 측정대상 및 방법

측정항목과 기기는 표 3과 같이 이산화탄소와 미세먼지를 측정하였고, 1호선 전동차 측정시각 및 승차인원은 표 4와 같다.

측정지점은 5호 객차 중간지점에 12월12일은 의자에 앉아서, 12월13일은 서서 측정하였다. 인원수 체크는 3명이 출입문을 사이에 두고 각각 전동차 출입문이 닫히면 인원수를 체크하였다.

3. 결 론

전동차 객실 공기청정도 측정결과는 표 5와 같다. 또한 환경부 가이드라인 기준치와 비교 결과는 표 6과 같다.

전동차 실내 승차수를 기준으로 미세먼지(PM10)와 이산화탄소(CO₂) 상관관계가 어느 정도인지 분석을 하였으며, 그 결과는 그림 1,2,3,4와 같다.

미세먼지 최고치는 12월 12일에 평균 187 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 측정되었다. 승차인원은 최고 134명으로 환경부 「대중교통수단실내공기질관리가이드라인」 Level 1을 적용하였다.

Level 1의 기준치 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (노선 1회 운행시 평균값 기준)에 93%수준으로 측정되었다. 이는 승객수보다는 정차역 실내공기와 승객이동으로 인한 영향이 매우 밀접함을 보였다.

이산화탄소 최고치는 12월 13일에 평균 2,153ppm으로 측정되었다. 승차인원은 최고 201명으로 환경부 가이드라인 Level 2를 적용하였다.

Level 2의 기준치 3,500ppm(노선 1회 운행시 평균값 기준)에 61%수준으로 측정되었다. 이는 승차수에 비례하여 증가하고, 정차역에서 문이 열려있는 상태가 2분이상시에는 매우 낮은 수치를 기록하여 환기에 의한 영향이 크게 나타남을 알 수 있다.

본 측정 결과는 12월12일과 13일 퇴근시간대를 달리하여 측정치로 다소 측정 횟수가 적었지만, 그동안의 대중교통수단 실내공기질 연구논문 결과와 유사함을 알 수 있다.

앞으로 쾌적한 공기청정도 관리를 위해 측정을 지속적으로 수행하고, 공기조화시스템 선정에 있어서도 철도차량 운영환경조건을 충분히 고려한 사양결정이 아울러 동반되어야 할 것으로 사료된다.

표 1. 환경부 「대중교통수단 실내공기질관리 가이드라인」

항 목	구 분	Level 1(정상시)	Level 2(혼잡시)
이산화탄소 (CO ₂)	도시철도	2,500ppm 이하	3,500ppm 이하
	열 차	2,000ppm 이하	3,000ppm 이하
미세먼지 (PM10)	도시철도	200$\mu\text{g}/\text{m}^3$이하	250$\mu\text{g}/\text{m}^3$이하
	열 차	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하

※ 열차는 입석이 정원의 50%이상 운영시 도시철도에 적용 기준을 따름.
노선 1회 운행시 평균값 기준, 현재 도시철도 100% 설계인원 = 160명.

표 2. 환경부 가이드라인의 차량의 설계·제작시 고려사항

항 목		고 려 사 항
이산화탄소(CO ₂)	도시철도	시간당 외부공기 유입량 = 설계정원수 × 12m ³
	열 차	시간당 외부공기 유입량 = 설계정원수 × 20m ³
차량의 내부 마감재		휘발성유기화합물이나 포름알데히드의 함량 또는 방출량이 최소화된 자재를 사용

표 3. 측정항목 및 측정기기

측 정 항 목	측 정 기 기
미세먼지(PM10)	Dust monitor (model : 1108), Grimm (독일)
이산화탄소(CO ₂)	IAQ monitor (model : IQ410), Wolfsence (미국)

표 4 . 1호선 전동차 측정시각 및 승차인원

정 차 역		2006.12.12(화)		2006.12.13(수)		비 고
		도착시간	승차 인원	도착시간	승차 인원	
지상 구간	수원역 도착	19:02	92	18:09	134	측정시작
	화서	19:05	94	18:13	142	
	성균관대	19:08	97	18:16	144	
	의왕	19:13	100	18:20	168	
	군포	19:16	106	18:23	181	
	금정	19:18	131	18:26	157	
	명학	19:21	134	18:28	162	
	안양	19:24	123	18:31	163	
	관악	19:26	114	18:34	170	
	석수	19:29	131	18:37	157	
	시흥	19:32	128	18:40	171	
	독산	19:34	123	18:43	184	
	가산디지털단지	19:36	128	18:45	201	12월13일 대기 정차, 문 열림(2분)
	구로	19:41	87	18:51	167	
	신도림	19:44	72	18:55	99	
	영등포	19:46	48	18:58	71	
	신길	19:48	41	19:00	59	
	대방	19:50	40	19:02	62	
	노량진	19:52	34	19:04	60	
용산	19:55	29	19:07	52		
남영	19:57	29	19:09	52		
지하 구간	서울역	20:00	28	19:17	54	
	시청	20:02	37	19:20	60	
	종각	20:05	46	19:22	73	
	종로3가	20:07	46	19:24	52	
	종로5가	20:08	47	19:26	50	
	동대문	20:10	40	19:28	49	
	동묘앞	20:11	35	19:30	47	
	신설동	20:13	35	19:31	48	
	제기동	20:14	30	19:33	35	
청량리역 도착	20:16	-	19:35	-	측정완료	

표 5. 1호선 전동차 실내공기청정도 측정결과

구 분		PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO2(ppm)
'06.12.12(맑음)	최 대	275.2	1644
	최 소	140.4	1220
	평 균	186.6	1474.8
'06.12.13(맑음)	최 대	266	3608
	최 소	78.3	587
	평 균	149.5	2153.8

표 6 . 환경부 가이드라인과 전동차 측정결과 비교

구 분	가이드라인		측 정 결 과(평균)	
	Level 1	Level 2	12월12일 상행	12월13일 상행
미세먼지 (PM10)	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하	187	150
이산화탄소 (CO2)	2,500ppm 이하	3,500ppm 이하	1,801	2,153

※ 노선 1회 운행시 평균값 기준, 평상시에는 Level 1 기준 이내로 관리하고, 혼잡시에도 Level 2 기준을 초과하지 않도록 관리할 것을 권장

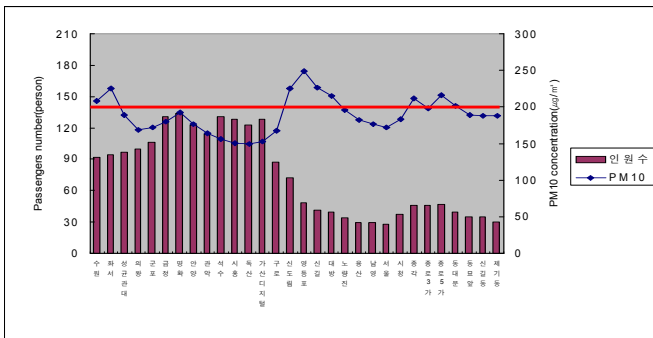


그림 1. 전동차실내 승객수와 미세먼지 농도변화(12/12)

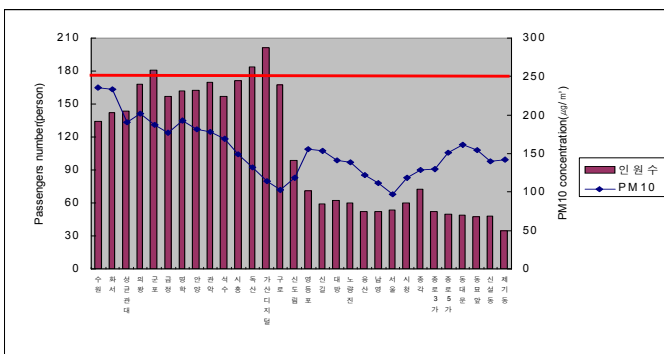


그림 2. 전동차실내 승객수와 미세먼지 농도변화(12/13)

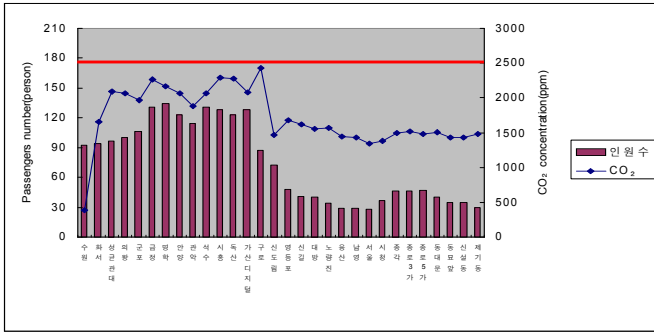


그림 3. 전동차실내 승객수와 이산화탄소 농도변화(12/12)

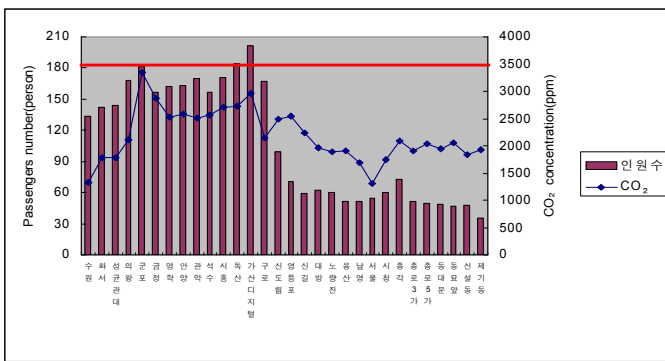


그림 4. 전동차실내 승객수와 이산화탄소 농도변화(12/13)

4. 향후계획

열차(KTX, 새마을호, 무궁화호)와 전동차를 대상으로 환경부 「대중교통수단실내공기질관리가이드라인」에 근거하여 승객이 가장 많은 출·퇴근 시간대에 계절별로 측정하고자 한다. 또한 열차 실내 쾌적한 실내공기평가지표 제안을 위한 연구를 계획하고 있다.

현재 국내 실내환경 쾌적성 평가 연구는 일반건물과 사무실 공간에서의 재실자를 중심으로 대부분 진행되고 있으며, 교통수단으로 자동차 실내 운전자에 대해 일부 수행되고 있을 뿐이다. 반면에 일본은 승객의 승차 형태별, 열차운행조건, 객실 부대설비 등을 적용한 시뮬레이터를 개발하고, 객실 쾌적성 평가를 수행하여 열차 설비 개조와 새로운 차량설계에 반영하고 있다.

참고문헌

1. 소진섭(2006), “철도차량 객실내 실내공기환경(IAQ)의 효율적 관리방안”, 한국철도기술, 1-2월호, pp.40-43
2. 소진섭,강성해(2006), “열차 객실 공기질 향상 방안 연구”, 한국철도학회
3. 소진섭,이성욱,박덕신,유성연(2006), “KTX 객실내 공기청정도 측정”, 한국철도학회
4. 환경부(2006), “지하철 등 대중운송수단의 실내공기질 실태조사 및 관리방안”, 가톨릭대 예방의학교실, 대한산업보건협회
5. 환경부(2007), “대중교통수단 실내공기질 관리 가이드라인”, 생활공해과
6. Hiroaki SUXUKI, Hiroaki SHIROTO, Chixuru NAKAGAWA, Ayano SAITO, Hisato OHNO(2006), “Experiments by Ride Comfort Simulator and the Summation of Results”, RTRI REPORT, Vol. 20. No. 3