

## 5A2) 객차의 공기질 현황 및 쾌적성 연구 Study on Air Quality and Amenity of Railroad Cabin

조영민·박덕신

한국철도기술연구원 철도환경연구그룹

### 1. 서론

철도는 안전성, 정확성, 쾌적성의 측면에서 다른 교통수단보다 매우 우수하고, 대량 수송이 가능하여 경제성 측면에서도 에너지 효율이 높으므로 그 효율성이 날로 증대되고 있다. 그러나, 객실은 승객의 안전과 냉·난방의 효율성을 위해 밀폐된 공간적 특징을 가진 실내 공간이기 때문에, 내부에서 발생하거나 외부에서 유입된 각종 유해물질이 있을 경우 인간의 건강을 위협할 수 있다. 특히, 부적합한 공조시스템이나 부적절한 실내공기질 관리는 심각한 실내공기오염 문제를 야기할 수도 있다. 국내에서는 지하철역사와 지하상가 및 일반 실내공간에 대한 연구가 진행되어 왔다. 하지만 열차와 같은 대중 교통수단의 실내공기질에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 경부선 열차의 일반 객실을 대상으로 객차의 공기오염도와 쾌적성 등을 측정 및 분석하였다. 그 결과를 토대로 객실의 전반적인 공기질 현황을 파악하며, 향후 집중적으로 연구되어야 할 항목을 결정하고자 하였다. 아울러 본 결과는 객실 환기를 예측하는데 적합한 실내공기질 모델 개발과 쾌적성 평가 지표 선정 등의 차후 연구를 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

### 2. 연구 방법

객실의 실내공기질 측정은 2차에 걸쳐서 이루어졌다. 1차 측정은 2004년 1월 12일~1월 15일까지 4일 동안 수행하였다. 측정 대상 열차는 현재 경부선을 운행 중인 새마을호와 구형 무궁화호, 신형 무궁화호의 객차를 선정하여 서울과 부산 왕복 구간에 대하여 측정하였다. 2차 측정은 2004년 2월 4일부터 2월 6일까지 3일 동안 수행하였다. 측정 대상 열차는 현재 경부선을 운행 중인 새마을호와 구형 무궁화호, 신형 무궁화호의 객차를 선정하였으며 서울과 대전 편도 구간에서 측정하였다. 2차 측정에서는 측정 전에 닥트와 실내 공간을 소제하여 실내 공간을 더 청결히 한 상태로 측정하였다. 측정기기의 위치는 승객들에게 불편을 주지 않으며, 운행 중 발생할 수 있는 급정거 및 흔들림에 대한 기기의 안전성을 고려하였다. 측정기기는 승객용 좌석 중앙에 위치시켰으며, 바닥으로부터 약 0.5~1 m 되는 곳에 설치하였다. 표 1에 측정항목과 기기를 제시하였다.

Table 1. Measured items and their measuring tools.

Measure item	Measuring tool
PM10	- Dust spectrometer (model:1108), Grimm (Germany)
CO, CO <sub>2</sub>	- IAQ monitor (model: IQ410), Wolfence (United States)
Temperature·Humidity	- IAQ monitor (model: IQ410), Wolfence (United States)

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 1차 측정

표 2에 객실별 공기질 1차 측정결과를 나타내었다. 온도의 경우 새마을호 객실의 평균 온도가 29.2℃로 겨울철 주간의 열적인 편안함 조건인 20~24℃를 5℃ 이상 초과한 것으로 조사된 반면에 무궁화호 객실은 온도 조건이 적절한 수준인 것으로 나타났다. 습도의 경우 측정된 계절이 겨울이고, 객차 내부에 난방이 이루어졌기 때문에 습도가 19.4~26.3 %로 매우 건조한 상태인 것으로 나타났다. PM10은 새

을호 객실에서 평균 93.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로서 대상 차량 중 가장 높았고, 신형 무공화호 객실에서 62.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 낮았다. 시간대 별 PM10 농도는 현재 우리나라의 실내공기질 유지기준인 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (24시간 평균) 이하로 측정되었으나, 일부 시간대에서 기준치를 초과하는 것으로 조사되었다. CO의 농도는 대체로 3~6 ppm 정도의 낮은 농도로 실내공기질 유지기준인 10 ppm 이하로 낮았다. CO<sub>2</sub>의 경우, 모든 객실에서 기준치인 1,000 ppm을 초과하여 심각한 수준인 것으로 나타나, 적절한 환기 조건을 설정하고 적절한 실내공기질 모델을 개발할 필요가 있다.

Table 2. Air quality of railroad cabin (1st measurement)

Passenger car type		PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM1.0 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	Humid. (%)	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)
Saemaoul-ho	max	259.1	158.8	147.9	31.3	31.1	4.6	3,075
	min	43.6	25.4	17.6	26.3	22.3	1.8	1,453
	avg.	93.5	53.0	41.9	29.2	26.3	3.4	2,310
Mugunghwa-ho (old type)	max	287.3	125.4	113.4	28.1	34.3	14.0	3,350
	min	39.7	15.0	7.4	24.6	16.3	3.5	1,516
	avg.	83.8	36.3	25.7	26.5	24.3	5.7	2,658
Mugunghwa-ho (new type)	max	643.9	158.5	51.8	28.4	24.4	19.0	2,559
	min	15.8	6.8	5.5	16.8	2.4	1.3	1,134
	avg.	62.6	30.8	22.0	24.5	19.4	6.1	1,560

### 3. 2 2차 측정

표 3에 객실별 공기질 2차 측정결과를 나타내었다. 온도의 경우 22.9~25.1 $^{\circ}\text{C}$ 로 대체로 쾌적한 수준이었다. 그러나, 습도는 20~30%로 1차 측정 시와 마찬가지로 매우 건조한 것으로 나타나 겨울철에는 별도의 습도 유지 대책이 필요한 것으로 나타났다. PM10은 구형 무공화호 객실이 평균 83.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높은 농도를 나타냈으며, 새마을호 객실이 69.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 낮은 농도를 나타냈다. 무공화호 객실의 경우에는 일부 시간대에서 PM10이 실내공기질 유지기준 (100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 초과하기는 했지만 대부분의 경우에는 기준치 이하인 것으로 조사되었다. 평균 CO는 1차 측정 때와 마찬가지로 매우 낮은 농도로 존재하는 것으로 나타났다. 평균 CO<sub>2</sub> 농도는 구형 무공화호 객실에서 1,768 ppm으로 가장 높았고, 새마을호 객실에서 1,672 ppm으로 가장 낮았다. 1차 측정과 비교해 볼 때 PM의 경우 오염도가 많이 낮아졌으며, CO<sub>2</sub>도 농도가 많이 낮아졌지만 여전히 기준치인 1,000 ppm을 초과하는 것으로 나타났다. 2차 측정에서는 1차 측정 때와 달리 측정 전에 바닥, 좌석, 닥트 내부를 소제하고, 운행 중에는 의기 유입량을 늘렸기 때문에 실내공기질이 상당히 개선된 것으로 보인다.

Table 3. Air quality of railroad cabin (2nd measurement)

Passenger car type		PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM1.0 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	Humid. (%)	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)
Saemaoul-ho	max	147.6	43.0	31.1	25.9	34.3	7.7	2365.0
	min	42.3	28.2	23.8	17.4	21.3	3.4	1036.0
	avg.	69.1	34.1	27.0	22.9	25.1	5.0	1672.0
Mugunghwa-ho (old type)	max	175.8	151.6	140.4	25.0	24.8	6.7	2145.0
	min	48.3	22.1	16.2	21.1	18.7	3.4	925.0
	avg.	83.8	47.8	39.3	23.2	22.4	4.9	1768.0
Mugunghwa-ho (new type)	max	245.2	61.1	35.9	26.6	25.1	4.5	2069.0
	min	35.5	18.8	14.1	18.8	20.4	2.6	808.0
	avg.	70.4	32.8	22.7	25.1	23.1	3.7	1723.0

### 참 고 문 헌

한국철도기술연구원 (2002) 「실내쾌적성 향상기술 개발」.

한국철도기술연구원 (2003) 「철도 신공간 창출 기반기술 개발」.

환경부 (2002) 「실내공간 실내공기오염 특성 및 관리방법 연구」.