

## PF15) 서울시 지하철 객차내의 실내공기질 연구

### A Study on the Indoor Air Quality of Seoul Subway Passenger Cabin

박화미 · 이철민 · 노영만 · 김윤신 · 박동선<sup>1)</sup>

한양대학교 환경 및 산업의학연구소, <sup>1)</sup>(주)이플러스티

#### 1. 서 론

서울 지하철은 1974년 제 1호선 9개역을 시작으로 제2, 3, 4호선이 1985년 10월에 완전 개통되었으며, 현재 8호선까지 운행되고 있으며, 40% 이상의 높은 승승 분담율을 기록하고 있다. 그러나 지하철 지하 공간은 시민의 일상적 생활 공간의 일부분으로 정착될 만큼 지하 생활공간으로 인식되고 있음에도 불구하고, 지하공간은 외부 실외공간과 달리 공간적 폐쇄성으로 인하여 공기질 관리의 한계상황을 내포하게 된다. 특히 객차내 공간이 다른 시설에 비해 협소하며, 이에 반해 이용객의 수는 출퇴근시 매우 고밀도로 실내공기질의 악화가 빈번히 발생할 수 있는 실내공기질 취약 공간이라 할 수 있다.

현재 환경부에서는 국내 실내환경 분야를 통합하기 위하여 2004년 관련법을 개정하여 기존의 “지하생활공간공기질관리법”을 중심으로 하여 각 기관에서 별도로 관리되고 있던 대상을 포함하여 “다중이용시설등의실내공기질관리법”을 제정하여 건설교통부와 보건복지부의 실내오염 관리대상을 포함하였으나 아직도 대중교통수단, 특히 지하철 내 실내공기질 조사 및 이용객의 건강위해성평가 등의 연구 수행은 부족한 실정에 있다.

따라서 본 연구에서는 서울 지하철 객차 내에 분포하고 있는 먼지(PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>) 및 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 등의 농도분포를 조사하여 현황을 파악하고 지하생활공간 실내공기질 관리방안을 위한 기초자료를 제공하는 데 그 목적이 있다.

#### 2. 연구 방법

서울시에 위치한 지하철을 대상으로 노선별 객차 내 이산화탄소 및 실내공기오염물질의 본포특성을 파악하기 위해 1호선부터 8호선 전 노선을 대상으로 시발역 ~ 종착역까지 객차 내에서 각 오염물질(일산화탄소, 이산화탄소, 미세먼지, 부유세균)의 농도를 조사하였다. 조사시간은 2005년 10월 25일부터 2005년 12월 2일까지 측정하였다. 측정시간은 일일 출퇴근 시간대와 비교적 이용자가 적은 시간대를 고려하여 아침 07시부터 09시 및 18시부터 20시까지를 침두 시간으로, 11시부터 1시까지를 비침두 시간으로 구분하여 총 3개의 시간대로 나누어 이루어졌으며, 각 노선별로 3회 연속하여 조사가 이루어졌다.

미세먼지(PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)의 측정에는 광산란 방식의 휴대용장비(DustMate Turnkey Instruments Ltd)를 이용하여 지하철 운행시간동안 연속 측정 하였으며, 일산화탄소(CO)와 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)는 비분산적외선 분석법을 적용한 휴대용 측정장비(IAQ-CALC, TSI Incorporated)를 이용하여 미세먼지와 동일하게 지하철 운행시간 동안 연속 측정하였다. 총부유세균의 측정은 환경부 실내공기질 공정시험방법에서 제시하고 있는 충돌법(impactor법)에 의하여 이루어졌다. 사용된 부유세균 측정 장비(Bio air sampler)는 A.P. BUCK, INC.의 Bio-Culture 펌프였으며, 배지는 한천배지(Tryptic Soy Agar, (주)한일코메트)를 사용하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

표 1은 측정시간대별로 나타난 서울시 지하철 전 노선 객차내 실내공기오염물질 농도로 CO와 CO<sub>2</sub>의 경우 지하철을 이용하는 승객의 수가 증가하는 출·퇴근시간대인 오전(CO 3.5ppm, CO<sub>2</sub> 1930ppm)과 저녁(CO 3.1ppm, CO<sub>2</sub> 1569ppm)이 승객의 수가 감소되는 승객이 비교적 적은 시간대인 점심(CO 28ppm,

CO<sub>2</sub> 1422ppm)보다 더 높게 나왔으며, 이는 지하철 객차내의 승객의 수는 객차 내의 CO<sub>2</sub> 농도 변화에 크게 기여하고 있음을 시사하는 결과라 할 수 있다. 그 외의 물질 미세먼지(PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) 및 부유세균의 시간대별 농도 변화는 출근시간대인 오전(PM<sub>2.5</sub> 94.1 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, PM<sub>10</sub> 238.5 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 부유세균 232CFU/m<sup>3</sup>)이 점심(PM<sub>2.5</sub> 84.5 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, PM<sub>10</sub> 204 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 부유세균 190CFU/m<sup>3</sup>)과 저녁(PM<sub>2.5</sub> 80.9 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, PM<sub>10</sub> 198.3 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 부유세균 172CFU/m<sup>3</sup>)보다 더 높은 농도값을 보였다.

서울시 지하철 호선별 객차 내 PM<sub>10</sub> 및 PM<sub>2.5</sub>의 전체 평균농도는 각각 214.0  $\pm$  101.2  $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 86.6  $\pm$  39.0  $\mu$ g/m<sup>3</sup>로 PM<sub>10</sub>의 경우 환경부의 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'에서 정하고 있는 다중이용시설내의 PM<sub>10</sub>농도 기준인 150  $\mu$ g/m<sup>3</sup>을 초과하는 것으로 나타났으며, PM<sub>2.5</sub> 역시 미국 EPA에서 정하고 있는 기준인 65  $\mu$ g/m<sup>3</sup>을 초과하는 것으로 나타났으며, PM<sub>10</sub> 및 PM<sub>2.5</sub>의 전체 농도의 범위는 16.0 ~ 2113.1  $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 9.3 ~ 311.5  $\mu$ g/m<sup>3</sup>로 조사되었으며, 일산화탄소의 전체 평균농도는 3.1  $\pm$  1.2 ppm으로 환경부 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'에서 정하고 있는 다중이용시설내의 일산화탄소농도 기준인 10 ppm을 초과하지 않는 것으로 나타났으며, 전체 농도의 범위는 0.2 ~ 8.1 ppm으로 조사되었다.

서울시 지하철 호선별 객차 내 이산화탄소의 전체 평균 농도는 1646  $\pm$  712 ppm으로 환경부의 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'에서 정하고 있는 다중이용시설내의 이산화탄소 농도 기준인 1000 ppm을 초과하고 있는 것으로 조사되었으며, 부유세균의 농도분포를 나타낸 것으로 전체 평균농도는 198  $\pm$  95 CFU/m<sup>3</sup>로 환경부 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'에서 정하고 있는 다중이용시설내의 부유세균 기준인 800 CFU/m<sup>3</sup>을 초과하지 않는 것으로 나타났으며, 전체 농도의 범위는 33 ~ 596CFU/m<sup>3</sup>로 조사되었다.

Table 1. Concentration of pollutants in seoul subway passenger cabin

항목	시간	아침(07~09시)	점심(11~13시)	저녁(18~20시)	계	농도범위
		Mean $\pm$ S.D	Mean $\pm$ S.D.	Mean $\pm$ S.D.	Mean $\pm$ S.D	
PM <sub>2.5</sub> ( $\mu$ g/m <sup>3</sup> )		94.1 $\pm$ 42.6	84.5 $\pm$ 30.7	80.9 $\pm$ 41.0	86.6 $\pm$ 39.0	9.3~311.5
PM <sub>10</sub> ( $\mu$ g/m <sup>3</sup> )		238.5 $\pm$ 106.9	204.0 $\pm$ 84.2	198.3 $\pm$ 105.0	214.0 $\pm$ 101.2	16.0~2113.1
CO(ppm)		3.5 $\pm$ 1.3	2.8 $\pm$ 1.1	3.1 $\pm$ 1.1	3.1 $\pm$ 1.2	0.2~8.1
CO <sub>2</sub> (ppm)		1930 $\pm$ 871	1422 $\pm$ 460	1569 $\pm$ 628	1646 $\pm$ 712	469~5500
부유세균(CFU/m <sup>3</sup> )		232 $\pm$ 97	190 $\pm$ 89	172 $\pm$ 90	198 $\pm$ 95	33~596

### 참 고 문 헌

- 김윤신, 홍승철, 전준민 (1994) 서울시의 대중교통수단 내 실내공기질에 대한 연구, 한국환경위생학회지, 20(1), 28-38.
- 서울특별시 지하철공사 (2003) 지하공기오염 저감방안에 관한 연구.
- 조영민, 박덕신, 박병현, 박은영 (2005) 수도권 전철 과천선 지하역사의 실내공기질 연구, 한국대기환경학회춘계학술대회, 463-464.
- Chan, L.Y., Lau, W.L., Wang, X.M., Lee, S.C. and Chan, C.Y. (2002) Commuter exposure to particulate matter in public transportation modes in Hong Kong, Atmospheric Environment, 36, 3363-3373.
- Chan, L.Y., Lau, W.L., Zou, S.C., Cao, Z.X. and Lai, S.C. (2002) Exposure level of carbon monoxide and respirable suspended particulate in public transportation modes while commuting in urban area of Guangzhou, China, Atmospheric Environment, 36, 5831-5840.