

PS11 (SM36) 열차 내에서의 필요 환기량 추정

Estimation of Required Ventilation Rate in Train

김신도, 유성옥, 봉춘근, 이정주¹⁾

서울시립대학교 환경공학부, ¹⁾용인대학교 환경보건학과

1. 서론

전세계의 많은 대도시들은 인구의 과밀화, 차량의 증가로 인한 교통혼잡 등으로 인해 많은 어려움을 겪고 있으며, 우리 나라도 '교통대란'이라고 할만큼 심각한 상황에 처해 있다. 이에 따라 1974년 1호선 9개역을 시발로 전국적으로 약 1,000km에 달하는 지하철전철구간이 운행·건설 중이다. 지하철에 의한 수송분담율도 꾸준히 증가하여 현재 서울에서의 경우 34%정도에 이르고 있으며, 2000년 이후에는 45%이상을 차지할 것으로 예상하고 있다.

이용승객의 증가에 따라 지하철이 통과하는 터널뿐 만 아니라 승강장, 지하철 객차 내부 등의 환경적 요인에 대한 조사 및 평가와 아울러 보다 쾌적한 환경을 조성하기 위해 적극적인 노력을 기울여야 할 필요성이 증대되고 있다. 이에 따라 한국에서는 1998년 1월 26일부터 지하생활공간 환경의 효율적인 관리를 위해 지하생활공간 공기질 관리법을 시행하고 있다.

본 연구에서는 인간의 활동으로부터 직접 배출되는 CO₂농도를 사람의 수와 함께 정량적으로 측정함으로써 지하철 객차 내에서의 자연 환기에 따른 CO₂ 감소율, 실제 환기량 및 필요 환기량을 산정하여, 쾌적한 지하철 환경을 유지하기 위한 최적 환기조건을 제시하고자 하였다.

2. 연구 방법

본 연구는 인체에서 배출되는 CO₂를 이용하여 필요 환기량을 산출하는 것을 목적으로, 먼저 호흡에 의한 CO₂ 배출량을 정확히 알 필요가 있다. 따라서, 한국인의 표준체형에 맞는 남녀 각 5인을 선발하여 착석, 기립, 느린 보행, 빠른 보행, 주행 등의 5가지 운동상태에 따른 CO₂ 배출량을 측정하였다.

본 연구의 현장측정은 현재 서울에서 운행중인 8개의 지하철 노선 중, 지상에 6개 역사와 지하에 19개 역사를 합한 총 25개의 역사로 이루어진 1개 노선에 대해 수행되었다. 객차의 구조는 Fig. 1에 나타낸 바와 같으며, ①,②,③,④지점에 4인의 연구원을 배치하여 승하차 인원 및 이웃하는 객차로 이동하는 승객의 출입인원을 계수 하였다. CO₂농도의 측정은 Fig. 1에서 ⑤번 지점 좌석의 상부 1.8m 높이의 선반에 CO₂ 측정기(Model COX-2, SIBATA Scientific Technology LTD., Japan)를 설치하고 10초 간격으로 연속 측정하였다. ⑤번 지점에도 한 명의 연구원을 배치하여 열차의 단위 역간 운행시간 및 출입문의 개폐시간 및 측정기에 나타나는 CO₂농도를 기록하도록 하였다. 측정시간은 단위 역간 승객수의 변화가 뚜렷하고, 승객의 수가 가장 많을 것으로 생각되는 오전 출근 및 오후 퇴근시간으로 하였다. 또한 계절에 따른 상황을 파악하기 위해 봄, 여름, 가을, 겨울 계절별로 농도를 측정하였다.

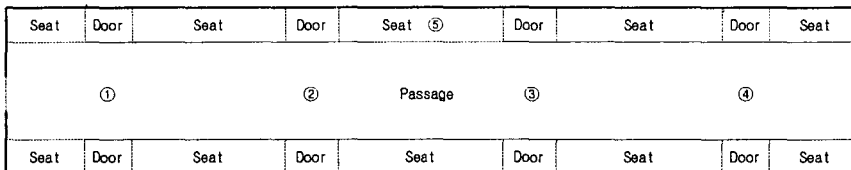


Fig. 1. Plan view of a passenger car.

열차의 운행에 따른 환기에 의한 CO₂ 감소율과 지하철 객차 내의 실제 환기량 및 필요 환기량은 식 (1)과 식 (2)을 이용하여 산출하였다.

$$CO_2 \text{ 감소율} = \frac{C_{ti} - C_{mi}}{C_{ti}} \times 100 (\%) \quad (1)$$

$$C = \frac{a \cdot n + C_0 \cdot Q}{Q} [1 - e^{-\frac{Q}{V_{nb}} \cdot t}] + C_1 \cdot e^{-\frac{Q}{V_{nb}} \cdot t} \quad (2)$$

3. 결과 및 고찰

인체로부터의 CO₂ 배출량을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 실험결과 남성이 여성보다 약 29% 정도 CO₂ 배출량이 더 많은 것으로 나타났으며, 운동상태에 따라서는 기립했을 때가 착석시보다 23% 정도 더 많이 배출되었다. Table 2는 열차 운행에 따른 CO₂ 감소율과 실제 환기량을 산출한 결과이다. 지하철 내부를 CO₂의 지하공기질 기준인 1,000ppm으로 유지하기 위한 이론적인 필요 환기량은 최대 9,180m³/hr가 되었으며, 계절에 따라 변동이 있는 것으로 나타났다. 이 필요 환기량은 실제 환기량에 비해 약 9 배 정도가 되어, 현 상태에서 객차 내의 환기량이 매우 부족함을 알 수 있다.

지하철 승객수와 객차 내의 CO₂ 농도에 대한 측정결과를 Fig. 2와 같이 표현해본 결과, 승객수에 따라 CO₂가 3,000~4000ppm까지 상승하며 서로 높은 상관성을 갖는 것으로 나타났다.

Table 1. CO₂ bioeffluent from human body with different body positions.

Sex	Male	Female	Male	Female
Body Position	Standing		Seat	
CO ₂ Bioeffluent (L/p · hr)	19.4	14.7	15.1	11.5
Average	17.1		13.3	

Table 2. CO₂ removal(%) and ventilation rate.

Seasons	Spring	Summer	Autumn	Winter	Average
CO ₂ removal(%)	22.58	24.78	22.20	20.56	22.53
Vetilation(m ³ /h)	1,247	1,309	1,215	1,081	1,213

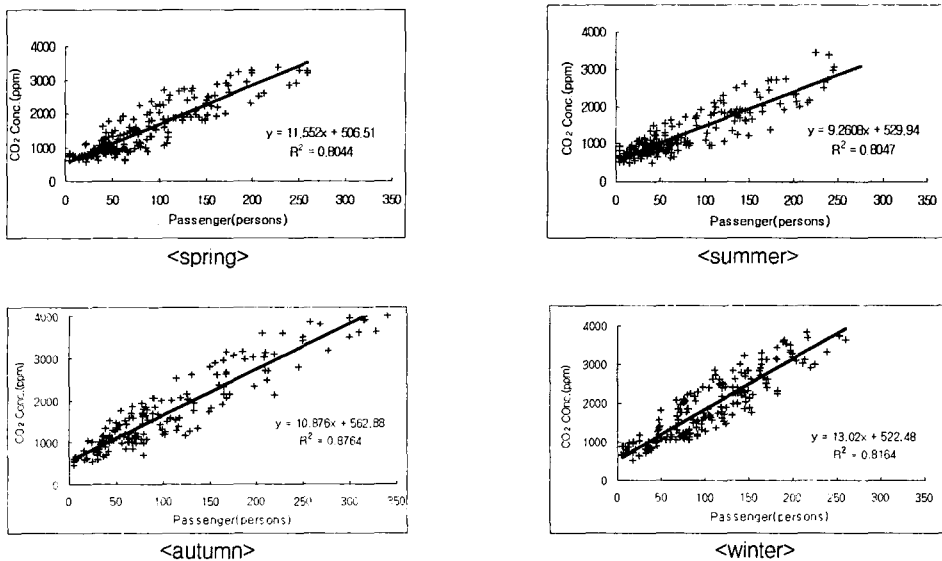


Fig. 2. CO₂ concentration vs. passenger number by seasons.