

## PG3)

# 서울지역을 운행하는 지하철 전동차 객실의 라돈 농도 특성

## Indoor Radon Concentrations of Seoul Subway Train

전재식 · 이호찬 · 류인철 · 이진 · 한규문 · 김주형 · 김민영

서울특별시보건환경연구원

### 1. 서론

서울지역을 운행하는 지하철은 1974년 1호선의 첫 개통 이후, 현재 1호선부터 8호선까지 총 265개 역사(지상구간 23개 역사 포함)로 운영되고 있으며, 전동차가 운행하는 총연장 노선은 약 367km로 2008년 상반기 기준으로 일평균 약 460만 명이 이용하고 있는 서울의 대표적인 대중교통수단이다. 2009년 상반기에는 9호선 지하철의 1단계 구간인 김포공항에서 고속터미널까지 25.5km가 개통될 예정이며 이에 따라 교통수송 분담률은 지금보다 증가될 것으로 예상된다. 반면, 지하철 운행구간은 공간적 밀폐성과 환기부족으로 실내공기질 문제가 끊임없이 대두되어 왔다. 지하철이 운행하고 있는 지하공간의 대표적인 대기오염물질은 외부로부터 유입되어 축적된 미세먼지와 지하터널, 지하수 등에서 자연적으로 발생하는 라돈이 사회적인 관심사로 부각되고 있다. 흡연 다음으로 폐암유발 사망률이 높은 자연방사능 라돈은 공기보다 매우 무거운 비활성기체로 한 해 동안 인간에게 노출되는 평균 방사선량은 2.8mSv이며 이 중 43%인 1.2mSv가 라돈에 의한 것으로 밝혀져 라돈으로 인한 위해 예방의 중요성이 강조되고 있다. 본 연구에서는 서울지역을 운행하는 지하철 전동차 객실에 분포하는 라돈농도 조사를 실시하였으며 2006년에 평가를 완료한 서울지하철역의 라돈농도 측정결과를 토대로, 지하철역과 전동차 객실 라돈농도의 상관관계를 분석하고 2010까지 전체 역사에 완공 예정인 스크린도어 설치 이후의 전동차 객실의 라돈농도를 추정하여 라돈에 의한 위해로부터 승객을 보호하기 위한 저감방안을 제시하고자 하였다.

### 2. 연구 방법

2008년 3월 26일부터 6월 18일까지 서울지하철 2호선~8호선을 대상으로 각 호선별 전동차 객실에서 라돈농도를 측정하였다. 라돈측정은 07:30부터 09:00까지 수행하였으며 열차가 출발역에서부터 종착역까지 운행에 소요되는 시간 동안을 기준으로 구간 평균 라돈농도를 반복 생산할 수 있도록 프로그램을 입력하였다. 2호선은 순환선으로 86분, 3호선은 수서역에서 구파발역까지 55분, 4호선은 범계역에서 상계역까지 56분, 5호선은 상일역에서 방화역까지 87분, 6호선은 봉화산역 순환선으로 127분, 7호선은 온수역에서 장암역까지 86분, 8호선은 모란역에서 암사역까지 30분간 소요되었으며 각 운행시간을 1개의 사이클로 설정하였다. 역사의 라돈농도는 2001년부터 2004년까지 전체 지하철역에서 측정된 장기 라돈농도 자료를 이용하였다. 객실별 라돈농도의 시간적 변화 분석을 위한 라돈측정은 연속식 측정기인 미국 Durrige사의 RAD-7을 사용하였으며 라돈 시료채취 도입부는 전동차 객실 바닥으로부터 약 1.5~2.0m 높이의 위치에 설치하였다.

### 3. 결과 및 고찰

표 1은 서울지역을 운행하는 지하철 전동차 객실의 라돈농도 분포를 나타낸 것이다. 조사기간 동안의 전체 평균 라돈농도는  $23.1 \pm 21.2 \text{Bq/m}^3$ 이었으며 운행 구간의 최대농도는  $145.8 \text{Bq/m}^3$ , 최소농도는  $3.7 \text{Bq/m}^3$ 을 나타내었다. 각 호선별 객실의 평균 라돈농도는 5호선에서  $45.9 \pm 38.1 \text{Bq/m}^3$ 으로 가장 높게 나타났으며 2호선에서  $12.2 \pm 3.9 \text{Bq/m}^3$ 으로 가장 낮은 농도를 나타내었다.

Table 1. Indoor radon concentrations of Seoul subway train in different subway lines. (unit : Bq/m<sup>3</sup>)

Line	2	3	4	5	6	7	8
Mean±SD	12.2±3.9	25.5±13.7	28.6±9.8	45.9±38.1	15.8±5.6	18.1±9.8	13.0±8.0
Max.	21.8	60.3	51.1	145.8	28.5	36.3	27.8
Min.	5.6	3.7	12.6	16.3	5.6	5.9	3.7

그림 1에는 전동차 객실의 평균 라돈농도와 6호선이 완전 개통된 2001년부터 2004년까지 4년간 측정된 지하철역 승강장의 평균 라돈농도를 호선별로 비교하여 나타내었으며, 그림 2에는 5월 26일에서 6월 1일까지 5호선 객실에서 모니터링한 운행시간대별 라돈농도 변화를 나타내었다. 조사 기간 동안 이례적인 황사 출현으로 외기의 일평균 PM<sub>10</sub>농도가 338ug/m<sup>3</sup>으로 관측된 5월 30일에 매우 높은 라돈농도가 전동차 객실에서 측정되었다. 그림 3에는 황사 출현일의 5호선 전동차 라돈 data를 제외한 객실과 역사 승강장의 라돈농도 비율을 호선별로 나타내었다. 전체 호선의 객실/승강장의 라돈농도 비율은 약 31%이었으며 가장 높게 나타난 호선은 5호선으로 38%를 나타내었다. 전동차 객실 라돈농도와 역사 승강장 라돈농도의 상관관계를 분석한 결과 R<sup>2</sup>=0.5377이었으며 대합실 라돈농도의 경우는 R<sup>2</sup>=0.3308로 상관관계가 낮게 나타났다.

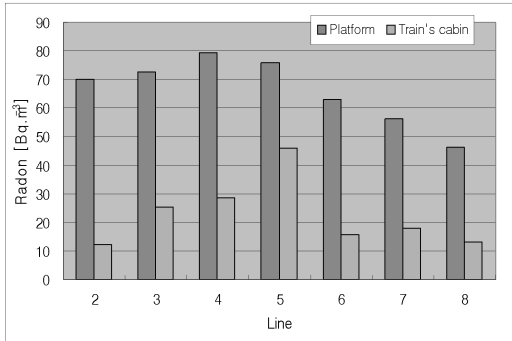


Fig. 1. Radon concentrations of train's cabin and platform in different subway lines.

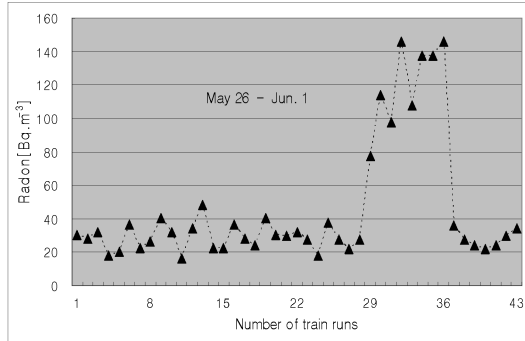


Fig. 2. Variation of radon concentrations at train's cabin of subway line 5.

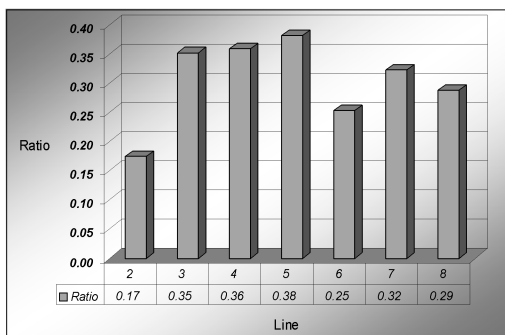


Fig. 3. Ratio of radon concentrations of train's cabin and platform in different subway lines.

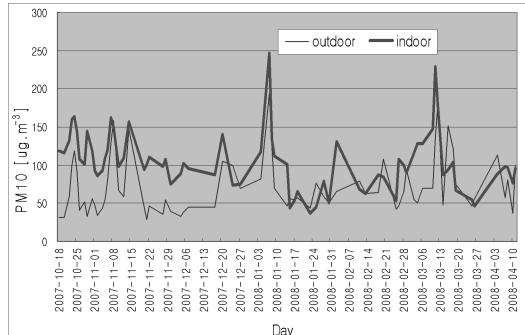


Fig. 4. Daily Variations of PM<sub>10</sub> concentrations in indoor of Y subway station and outdoor.

황사가 출현한 2008년 5월 30일에 외기에서 라돈농도를 측정된 결과 8.5Bq/m<sup>3</sup>으로 평상시 외기의 평균 라돈농도 수준을 벗어나지 않았으며, 2007년 10월 18일부터 2008년 4월 11일까지 양재역 승강장에서 측정된 PM<sub>10</sub>과 동

일 기간 동안 인근 대기측정망에서 관측된  $PM_{10}$  농도를 비교한 결과(그림 4), 외기/승강장의 평균  $PM_{10}$  비율이 0.73이었으나 황사가 발생했던 2008년 3월 16일과 4월 4일의  $PM_{10}$  농도 비율은 각각 1.61, 1.28로 외기의 미세먼지 농도가 높게 나타난 바, 황사 출현 시 지하철 진동차 내부의 라돈농도가 상승된 현상과 대조를 보였다.

#### 참 고 문 헌

- 전재식, 김택찬 (2006) 서울지역 지하철역의 라돈농도 분포 특성, 대한환경공학회지.
- UNSCEAR (United Nation's Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) (2000) Sources and effects of ionizing radiation, Report to the general assembly with scientific annexes, UNSCEAR United Nations.