

PF12) 서울지역 지하역사의 라돈농도 분포 특성 평가

A Study on Assessment of Distribution Characteristics of ²²²Rn Concentration in Seoul Subway Stations

전재식 · 김덕찬¹⁾ · 이호찬 · 이지영 · 홍대화 · 이연수 · 신정식
 서울시보건환경연구원, ¹⁾서울시립대학교 화학공학과

1. 서 론

서울지역을 운행하는 지하철은 1974년 개통 이후 2005년 현재 일 평균 560만명 이상이 이용하여 37% 이상의 수송 분담율을 나타내고 있다. 지하철역사는 총 238개 역사로 중요한 시민의 생활공간으로서 역사내의 실내공기질에 대한 관심은 매우 크다고 할 수 있다. 지하철역사에서 발생하는 오염물질은 미세먼지, 라돈, 석면, 휘발성유기화합물질 등이 있다. 이들의 대부분은 인위적으로 생성되지만, 라돈은 자연적으로 발생한다는 이유로 그동안 생활환경에서 소홀히 취급되어 왔다. 최근 제정된 실내공기질관리법에서 자연방사능 라돈에 대한 관리기준을 설정한 것은 공중 보건 차원의 매우 적절한 조치라 할 수 있다.

토양가스, 건축자재 및 지하수 등에서 주로 발생하는 라돈은 공기보다 매우 무거운 기체로 ²²²Rn, ²²⁰Rn, ²¹⁹Rn의 3개의 동위원소가 존재한다. 이들은 각각 ²³⁸U, ²³⁵U, ²³²Th로 시작하는 자연방사능 붕괴산물로 ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb, ²⁰⁸Pb 형태로써 연쇄적인 붕괴가 종결된다. 특히 ²²²Rn는 붕괴과정 동안 생성되는 ²¹⁸Po, ²¹⁴Bi, ²¹⁴Pb, ²¹⁴Po와 같은 입자상의 방사성 핵종으로부터 방출된 α-입자에 의해 폐암을 유발시키는 것으로 알려져 있다(USEPA, 1992). 이러한 라돈의 위해성에도 불구하고 다수인이 이용하고 있는 지하철역사내 라돈에 대한 생활 환경적 관점에서의 평가 및 저감을 위한 연구는 매우 부족한 실정이다.

본 연구는 서울지역의 230개 지하철역을 대상으로 1998년부터 2004년까지 조사한 라돈농도의 요인별 특성을 평가하고, 승강장내 고농도 라돈분포를 나타내고 있는 일부 역사를 대상으로 라돈의 주 발생원인 및 경로를 추적하여 라돈농도 저감방안을 제시하기 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 측정대상 역사에 대하여 각 지점별로 약 3개월간 알파비적검출기(α-track detector)를 사용하여 시료채취 후 역사내 실내공기 중 라돈농도를 분석하였다. 대상 역사는 1, 2기의 각 호선별 243개 역사로 구분하였으며, 환승통로를 포함한 연도별 지하철역사내 라돈농도 측정지점 수는 표 1과 같다.

Table 1. Numbers of each sampling sites in Seoul subway stations during 1998~2004

Line	Annual Number of station	Year							
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
1	9	6	11	26	25	24	25	23	
2	37	12	28	91	90	87	88	87	
3	29	12	25	65	65	63	65	66	
4	21	6	16	49	49	48	49	49	
5	50	22	46	108	108	106	106	106	
6	41	-	-	90	90	86	90	87	
7	39	4	14	84	85	85	84	85	
8	17	6	12	35	35	35	35	35	

지하역사내 라돈분포에 영향을 미치는 주요 인자를 평가하기 위하여 GIS(지리정보시스템)을 이용하였다. 역사내 라돈농도와 기반암석과의 상관성을 파악하기 위하여 ArcView 3.3를 이용하여 수치지질도(Digital Geologic Map)에 TM좌표를 나타냈으며, 이를 바탕으로 서울시 라돈분포 지도를 작성하였다. 모든 통계분석은 SPSS(Ver. 12.0)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

서울시 전체 지하역사에 대하여 1998년부터 2004년까지 측정된 라돈농도 결과를 표 2에 나타냈었고, 역사의 각 측정지점별 평균 라돈농도 분포를 표 3에 나타냈다. 측정지점별 라돈의 평균 농도는 환승통로 > 승강장 > 매표소의 순으로 나타났다. 집단 간 분산 분석결과 평균의 차이에는 유의성($p < 0.05$)이 있었으며, 사후 분석결과 환승과 승강장사이에는 유의성($p > 0.05$)이 없었고, 매표소와 승강장, 환승과는 유의성($p < 0.05$)이 있었다. 또한 그림 1에는 측정결과를 히스토그램으로 나타냈다. 그림에서와 같이 라돈농도는 대수정규분포에 근사하며, 전체에 대한 산술평균은 1.64 ± 1.01 이고 기하평균은 1.41 ± 1.90 로 나타났다.

Table 2. Summary of mean radon concentrations in Seoul subway stations during 1998~2004

Annual Type of mean	Radon concentration(pCi/L)						
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
AM	1.17±0.61	1.48±1.07	1.75±1.16	1.76±0.93	1.38±1.04	1.78±0.93	1.67±1.00
GM	1.02±1.70	1.16±2.14	1.43±2.02	1.56±1.71	1.16±2.03	1.58±1.69	1.52±1.89

AM : Arithmetic Mean. GM : Geometric Mean.

Table 3. Distributions of indoor radon concentrations(pCi/L) of Seoul subway stations

Site	Arithmetic Mean	Geometric Mean	Range	N
Platform	1.82 ± 1.11	1.56 ± 1.92	ND ~ 8.27	1,325
Concourse	1.41 ± 0.84	1.23 ± 1.85	ND ~ 5.91	1,326
Transform	1.92 ± 1.01	1.65 ± 1.82	0.22 ~ 6.45	278

N : Numbers of each sampling sites category.

GIS를 이용한 서울 지하역사의 라돈분포도를 그림 2에 나타냈다. 화강암계열(Jgr, Pgr)의 기반암을 갖는 역사와 비화강암계열(Qa, PCbngn, PCms)의 기반암을 갖는 역사들의 라돈농도에 대한 통계분석 결과 화강암을 기반암석으로 하고 있는 역사의 평균 라돈농도가 뚜렷하게 높게 나타났다($p < 0.05$).

지하역사의 라돈농도와 지하수량 간의 상관분석 결과 약한 양의 상관성(상관계수 0.269)을 나타내고 있

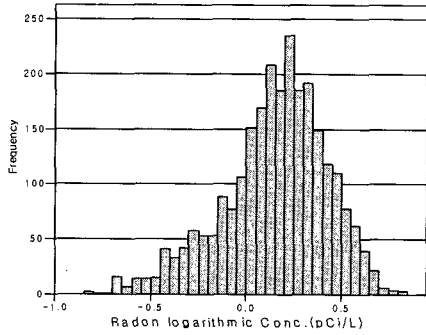


Fig. 1. Histogram of ^{222}Rn concentration in Seoul subway stations during 1998~2004.

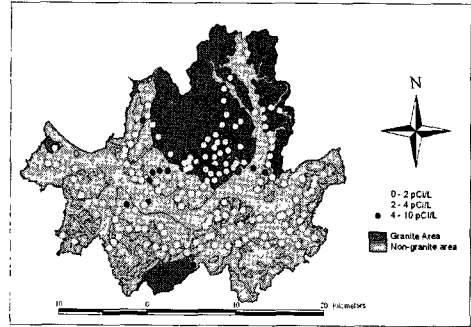


Fig. 2. Distribution map of ^{222}Rn concentration in Seoul subway platform.

으며, 지하수량이 $1000\text{m}^3/\text{일}$ 이상인 역사의 라돈농도(기하평균; 1.83 ± 1.81)가 $1000\text{m}^3/\text{일}$ 이하인 역사의 라돈농도(기하평균; 1.36 ± 1.87)보다 통계적으로 높은 유의성($p < 0.05$)을 보이고 있다.

참 고 문 헌

USEPA (1992) A Citizen's Guide To Radon; ANR-464, 4022-K-92-001.