

PS14(IA10) 서울시 일부 지하공간에서의 실내공기질 평가에 관한 연구

A Study on Assessment of IAQ(Indoor Air Quality) for Underground Environments in Seoul

절진원, 김윤신, 윤동원¹⁾, 권성안

한양대학교 환경 및 산업의학연구소, ¹⁾경원대학교 건축설비학과

1. 서론

오늘날 경제적 생활 환경의 개선으로 인하여 현대인의 생활에 많은 변화를 가져오고 있다. 제한된 공간에서 인간 활동은 지하생활공간이라는 새로운 활동영역을 창출하였고, 이에 따라 실내에서의 거주 시간은 더욱 증가하고 있다. 지하생활공간이라는 용어가 일반인들에게는 다소 생소하게 받아들여질 수 있지만 여기서 말하는 지하생활공간이라 함은 불특정 다수인이 이용하는 지하철, 지하상가, 지하주차장, 지하 보·차도, 지하터널 등을 말하며 개인의 생활 양식에 따라 단시간 이용하거나 또는 생활터전으로 장시간 거주할 수 있는 공간이라고 할 수 있다.

일반적으로 도시인의 경우 하루 24 시간 중 85% 이상을 실내에서 생활하는 것으로 보고되고 있으며, 1980년대 이후 지하생활공간의 이용 확대로 인하여 더욱 증가되었다. 국내에서 수행된 지하생활공간 공기질에 대한 조사연구로는 1989년 “지하공간의 공기오염 및 공기 중 미량 오염물질에 관한 조사연구” 사업(백남원 등, 1989)이 수행된바 있으며, 지하생활공간에 대한 국내관리현황을 보면 1996년도에는 “지하생활공간 관리법”을 입법화하여 1998년부터 시행하고 있다. 그러나, 지하환경오염에 대한 직접적인 사회문제로의 대두는 1998년 5월 서울시 지하철 7호선 지하역사에서의 고농도의 라돈가스 검출로 인해서 사회적 관심이 증가하게 되었다. 이처럼 불특정 다수인이 사용하는 건물의 지하 환경의 오염문제가 심화되었으나, 아직까지 이에 대한 연구조사는 미비한 실정에 있다.

따라서 본 연구에서는 사람들이 많이 이용하는 지하상가와 지하역사를 대상으로 하여 지하생활공간 내의 오염물질을 측정, 분석하였으며, 또한 환기량 산정을 통한 지하생활공간내 실내공기질을 평가하고자 한다.

2. 연구방법

본 연구에서는 대표적인 지하생활공간이라 할 수 있는 지하상가와 지하역사를 대상으로 공기질 조사 및 환기량을 산정하였다. 지하상가의 경우는 서울시내에 있는 2개 시설을 대상으로 시료의 채취 및 환기량을 산정하였으며, 지하역사의 경우에는 5호선과 분당선을 대상으로 하여 조사를 실시하였다.

조사 기간은 1999년 4월~8월까지 5개월간 걸쳐서 이루어졌으며, 조사 대상물질로는 먼지(PM10), 일산화탄소, 이산화탄소, 라돈, 카드뮴, 크롬, 비소, 구리, 납, 수은등을 채취하였다. 환기량 평가를 위해서는 외부공기와 공조기의 출구, 배기동 각 부분의 온도와 기류, 분진의 농도를 측정하였으며, 또한 실내공기질의 문제점 및 원인 파악과 환기량을 평가하기 위해서는 온도 상대습도, 기류 속도, 부유분진, 일산화탄소, 이산화탄소와 SF6 가스의 농도를 측정하였다.

각 대상오염물질의 측정 및 분석 방법은 다음과 같다. 먼지의 경우, 입경 10 μm 이하의 미세먼지를 포집하기 위해서 Mini Volume Air Sampler(미국 FIRMETRICS Co.)를 사용하여 24시간 측정하였으며, 여지는 PTFE Membrane Filter(Gelman Sciences co. pore size 0.2 μm , 직경 47 mm)를 사용하였다. 먼지의 농도를 측정하기 위해서는 측정 전·후에 여지를 항온·항습 상태인 데시케이터 내에 24시간 이상씩 보관하여 항량한 후 감도 0.01 mg의 화학저울로 칭량하였다. 대기중 먼지의 농도는 포집 전·후의 여지의 무게 차이를 총 포집 유량으로 나눠 산출하였다. 석면의 경우 Low-Volume Air Sampler를 이용한 위상차 현미경법으로 측정 및 분석하였으며, 라돈은 Radtrack™ Radon Gas Detector를 2달간 노출시

킨 후, 분석실로 이동하여 용기내에 부착되어 있는 CR-39 필름을 최적부식조건(70℃, 6.2 KOH, 4.5 hrs)에서 Etching시킨 다음 흐르는 물에 3시간 이상 세척하고 다시 증류수로 세척하여 광학 현미경을 사용하여 단위시간 및 단위면적당 비적감소량을 산출한 후 전환계수를 이용하여 라돈농도로 환산하였다. 대기중 CO 및 CO₂는 비분산적외선법을 적용한 CO/CO₂ Meter(B & G Instrument Co., Model : COX-2)를 사용하여 측정하였다. 마지막으로 증급속은 Mini-volume Air Sampler에서 포집한 시료에서 모두 이루어졌으며, 화학원소의 농도를 측정하기 위해서 Standard Method(for examination of water and wastewater, 18th edition 1992)를 참조로 하였다. 전처리는 Microwave(Questron Co. Q45 Enviroprep.)를 사용하였으며, 전 처리후 ICP-Mass(Perkin-Elmer Co., Model Sciex Elan 5000)으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

각 측정지점별 오염물질의 농도 분포를 살펴보면 아래 표 1과 같다.

<Table 1> Concentration of Indoor Air Pollutants

장소	항목	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Cr (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	As (ng/m ³)	Hg (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	석면 (개/cc)	라돈 (pCi/l)
B상가	중앙	0.00	530	85.78	NA	1.67	27.46	5.31	0.00	36.95	0.002	0.5
	출입구	0.00	510	43.26	NA	0.20	62.41	2.37	0.00	4.00	0.003	
C상가	중앙	1.20	600	97.36	6.19	1.14	59.19	NA	0.00	13.98	0.009	0.6
	출입구	2.10	560	86.96	16.35	0.68	91.61	1.52	0.00	25.97	0.010	
5호선	승강장	0.00	407	144.2	2.05	0.36	33.7	0.00	0.00	51.6	0.001	6.6
	대합실	0.00	417	130.5	6.4	0.88	33.7	0.00	0.00	51.6	0.001	3.4
분당선	승강장	0.00	408	97.22	13.88	0.76	420.12	1.98	0.00	21.22	N.D	0.9
	대합실	0.00	408	69.44	18.13	0.89	312.34	3.74	0.00	86.98	0.002	0.5
Mean		0.41	480	94.34	10.50	0.82	130.07	2.13	0.00	36.54	0.00	2.08
Max		2.10	600	144.20	18.13	1.67	420.12	5.31	0.00	86.98	0.01	6.60
Min		0.00	407	43.26	2.05	0.20	27.46	0.00	0.00	4.00	0.00	0.50
STD		0.80	79	32.00	6.49	0.46	150.02	1.92	0.00	26.49	0.00	2.48

PM-10의 경우 지하상가보다 지하역사에서 높은 수치를 나타냈으며, 이는 지하상가의 경우 저녁시간에는 유동인구가 현저히 감소하였고, 이에 비해 지하역사는 상대적으로 지하상가보다 유동인구가 많아 이와 같은 결과를 나타낸 것으로 사료된다. 증급속 역시 지하역사가 지하상가보다 월등히 높은 값을 보였으며 특히 납(Pb)의 경우 5호선 대합실에서 매우 높은 농도를 나타냈다. 반면에 석면의 경우에는 지하역사에 비해 지하상가에서 더 높은 수치를 나타내 발생원 조사에 대한 연구가 진행될 필요가 있는 것으로 사료되며, 근래 들어 문제시되고 있는 라돈의 경우에는 지하역사에서 역시 높게 측정된 것으로 나타났다.

<Table 2> Ventilation of B underground arcade

측정점	항목	환기량(m ³ /h)	환기횟수(h)	평균	
				환기량(m ³ /h)	환기횟수(h)
측정점 1		2901.3	2.1	3098.1	2.3
측정점 2		2719.5	2		
측정점 3		3466.7	2.5		
측정점 4		3238.5	2.4		
측정점 5		3313.6	2.4		
측정점 6		2948.7	2.2		

<Table 3> Ventilation of C underground arcade

측정점	항목	환기량(m ³ /h)	환기횟수(h)	평균	
				환기량(m ³ /h)	환기횟수(h)
측정점 1		1518.3	0.7	1457.3	0.7
측정점 2		1517.2	0.7		
측정점 3		1421.6	0.7		
측정점 4		1557.7	0.7		
측정점 5		1338	0.6		
측정점 6		1390.8	0.6		

상기의 표 2와 표 3은 각각 B 지하상가와 C 지하상가의 환기량을 보여주고 있다. 각 상가에 있어서 측정점은 6개로 나누어 측정되었으며, B 상가에 있어서 평균 환기량은 3098.1 m³/hr, 평균 환기횟수는 2.3회/hr로, C 상가에 있어서는 각각 1457.3 m³/hr, 0.7회/hr로 나타났다. B 지하상가에서의 평균 환기량

은 상가내 거주 인원수를 파악하여 산정된 필요환기량 1620 m³/hr에 대해 약 1.9배에 해당하는 양으로서 실제 환기량이 과도 산정된 것을 알 수 있다. 반면에, C 지하상가에서의 필요환기량은 2227 m³/hr로 계산되어 실제 환기량이 65% 수준에 머무르고 있음을 보여주고 있다. 따라서 필요환기량을 만족시키기 위해서는 769.7 m³/hr의 환기량이 더 필요함을 알 수 있다.

<Table 4> Ventilation of 5th Subway Station

항목	환기량(m ³)	환기횟수(h)	평균 환기량(m ³ /h)	평균 환기횟수(h)
측정점 1	12141.16	3.4	11863.4	3.3
측정점 2	8868.74	2.5		
측정점 3	12325.63	3.4		
측정점 4	13560.28	3.8		
측정점 5	13608	3.78		
측정점 6	10677.09	2.96		

<Table 5> Ventilation of Pundang Subway Station

항목	환기량(m ³ /h)	환기횟수(h)	평균 환기량(m ³ /h)	평균 환기횟수(h)
측정점 1	644.9	2.7	696.7	2.9
측정점 2	864.7	3.7		
측정점 3	793.6	3.3		
측정점 4	595.8	2.5		
측정점 5	680	2.8		
측정점 6	601.3	2.5		

상기의 표 4와 표 5는 각각 지하철 5호선과 분당선에서 환기량을 산정한 값을 보여준다. 6개의 측정점으로 나누어 측정한 결과 5호선에서 평균 환기량은 11863.4 m³/hr, 평균 환기횟수는 3.3 회/hr로, 분당선에서는 각각 696.7 m³/hr, 2.9 회/hr로 나타났다. 지하역사의 환기량 측정은 열차운행에 따른 열차풍으로 인한 환기량을 정확히 평가한다는 것이 어려운 것으로 판단되며, 트레이서에 의한 농도 감쇄법과 다른 연구방법을 개발해 비교할 필요가 있는 것으로 나타났다.

4. 감사

본 연구는 한국건설기술연구원의 연구비 지원(연구과제번호 : 980007)으로 수행되었으며, 연구 수행에 도움을 주신 모든 분들께 감사를 드립니다.