

PS10(SM35) 서울시 일부 지하공간에서의 실내공기질에 관한 연구 A Study on IAQ(Indoor Air Quality) for Underground Environments in Seoul

정진원, 김윤신, 권성안, 홍승철, 박원석, 이상복, 이홍석
한양대학교 환경 및 산업의학연구소,

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 각 대상 지하생활공간을 선정하여, “지하생활공간 공기질 관리법”상의 14개 오염물질을 측정, 분석하여 지하환경에서의 실내공기질을 평가하고자 한다.

2. 연구방법

본 연구에서는 대표적인 지하생활공간이라 할 수 있는 지하상가와 지하주차장, 지하역사를 대상으로 실태조사를 실시하였다. 지하상가의 경우는 서울시내에 있는 3개 시설을 대상으로 각각, 2군데의 측정지점, 총 6개의 지점에서 시료를 채취하였으며, 지하주차장은 전용주차장과 빌딩내 일반 지하주차장을 선정하여 각각 2군데의 측정지점, 총 4개의 시료를 채취하였고, 지하역사의 경우에는 1 ~ 8호선(6호선 제외, 분당선 포함)의 각 호선별 승강장과 대합실을 대상으로 총 16개의 시료를 채취하였다.

조사 기간은 1999년 4월 ~ 8월까지 5개월간 걸쳐서 이루어졌으며, 조사 대상물질로는 “지하생활공간 관리법”상의 14개 오염물질(먼지, 황산화물, 일산화탄소, 이산화탄소, 질소산화물, 포름알데히드, 석면, 라돈, 카드뮴, 크롬, 비소, 구리, 납, 수은)을 채취하였다.

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 항은·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. 대기중의 아황산가스(SO_2)는 Handy Air Sampler(Kimoto Co.)를 사용하여 0.5 l/min의 유속으로 30분간 포집하였으며, 분석법으로는 파라로자닐린법(Pararosaniline Method)을 사용하였다.

이산화질소(NO_2)와 포름알데히드(HCHO)는 Handy Air Sampler(Kimoto Co.)를 사용하여 0.4 l/min의 유속으로 30분간 포집하였으며, 분석법으로는 이산화질소(NO_2)는 그리스 살츠만법을, 포름알데히드(HCHO)는 2,4-DNPH 유도체화 분석법을 사용하였다. 석면의 경우 Low-Volume Air Sampler를 이용한

위상차 현미경법으로 측정 및 분석하였으며, 라돈은 Radtrack™ Radon Gas Detector를 2달간 노출시킨 후, 분석실로 이동하여 용기내에 부착되어 있는 CR-39 필름을 최적부식조건(70°C, 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 중금속은 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 Pollutants in Underground Facilities

대상	항목	CO ^a (ppm)	CO ₂ ^a (ppm)	SO ₂ ^a (ppb)	NO _x ^a (ppb)	PM-10 ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cr ^b (ng/m ³)	Cd ^b (ng/m ³)	Cu ^b (ng/m ³)	As ^b (ng/m ³)	Hg ^b (ng/m ³)	Pb ^b (ng/m ³)	석면 ^b (개/cc)
규제치(권고치)		1,000	25	0.25	0.15	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.01
		ppm/hr	ppm/hr	ppm/hr	ppm/hr	/day	/day	/day	/day	/day	/day	/day	개/cc
	지하상가	3.63	435	12.5	56	79.2	0.67	0.27	8.66	N.A	N.A	9.94	0.005
지하역사	5호선 승강장	0	407	14	48.5	144.2	2.05	0.36	42.6	N.A	N.A	6.77	0.001
	대합실	0	417	17.5	53	130.5	6.4	0.88	33.7	N.A	N.A	51.6	0.001
지하역사	7호선 승강장	0	405	13.5	36	168.3	3.1	0.77	37.3	N.A	N.A	7.8	N.D
	대합실	0	380	14.5	47	170.5	1.73	0.28	30.96	N.A	N.A	3.16	0.004

^a : 지하생활공간 공기질 규제기준물질

^b : 지하생활공간 공기질 권고제한기준물질

가스상 물질의 농도분포는 지하상가와 지하역사가 비슷한 수준으로 나타났으며, CO₂와 NO₂의 경우 지하상가가 지하역사에 비해 다소 높게 조사되었다. SO₂는 지하역사에서 높은 농도를 나타냈다. 전반적으로 측정값들은 모두 지하생활공간질 관리법상의 규제치보다는 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다.

PM-10의 경우 지하상가보다 지하역사에서 높은 수치를 나타냈으며, 특히 7호선 지하역사의 PM-10 농도는 기준치인 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다도 높은 수치를 나타냈다. 이는 지하상가의 경우 저역시간에는 유동인구가 현저히 감소하였고, 이에 비해 지하역사는 상대적으로 지하상가보다 유동인구가 많아 이와 같은 결과를 나타낸 것으로 사료된다. 중금속의 경우는 지하역사가 지하상가보다 월등히 높은 값을 보였으며 특히 납(Pb)의 경우 5호선 대합실에서 매우 높은 농도를 나타냈다.

4. 감사

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