

지하생활공간 공기질 관리 정책방향 - 지하역사 관리를 중심으로 -

이영기 | 환경부 생활환경과
과장
E-mail : yklee9480@korea.kr

1. 서론

좁은 국토에 많은 인구가 살고 있다는 것은 공간 이용의 효율성을 높여야 한다는 것을 의미하며, 이런 측면에서 우리나라에서 지하공간의 활용이 꾸준히 늘고 있는 것은 어찌 보면 우리의 제반 현실을 고스란히 반영하는 현상이라 하겠다. 현재 우리가 이용하고 있는 지하공간의 대표적인 사례는 그물망처럼 연결되어 있는 지하철과 지하역사, 대규모 지하상가, 지하주차장 등이다. 현재 건설 중에 있거나 검토 중에 있는 지하공간의 이용방안은 좀더 계획적이고 광역적이다. 지상공간이 복잡하고 무질서하게 혼잡한 지역에 대해 지하공간을 대규모로 개발함으로써 유동인구의 분산효과와 지상공간의 정비를 도모하는 방안도 있고, 도심지역의 원활한 차량이동을 위해 현실적으로 불가능한 지상 도로의 확충보다는 대도심 도로를 지하공간에 건설함으로써 차량의 이동시간을 줄여나간다는 계획도 있다.

지하공간의 이용이 늘어나고 유동인구가 많아질수록 반드시 짚고 넘어가야 할 문제가 있다. 바로 공간특성상 폐쇄적일 수밖에 없는 지하공간의 공기질을 어떻게 담보해 나갈 것인가의 문제이다. 지하공간의 공기는 외기와의 교환이 극히 제한되기 때문에 쾌적하고 건강한 공기질의 확보를 위해서는 반드시 관련 정책이 수반되어야만 한다.

지하공간의 실내공기질 관리 정책은 1989년 당시 환경처에서 지하상가, 지하주차장 등에 대한 ‘환경기준 권고치’를 설정하고 시·도에서 지도감독 등 관리를 해나가도록 한 것이 시초라 하겠다. 당시 환경기준 권고치는 아황산가스, 먼지, 납 등 지하공간의 공기질에 영향을 미칠 수 있는 14개 오염물질에 대해 설정되었다. 권고제도가 계속 유지되어 오다가 1996년에 이르러서는 다중이 이용하는 지하역사, 지하상가를 규제대상으로 하는 ‘지하생활공간 공기질관리법’이 제정되었는데 동법을 통해 PM10, 이산화탄소, 일산화탄소, HCHO, 이산화질소, 이산화황, 납 등 7개 오염물질을 규제하게 되었다.

‘지하생활공간공기질관리법’은 2003년도에 이르러 ‘다중이용시설등의실내공기질관리법’으로 확대 개편되었다. 이 법을 통해 다중이 이용하는 시설의 실내공기질 유지기준 및 권고기준의 설정, 실내공기질에 영향을 미치는 오염물질 방출 건축자재의 사용제한, 신축공동주택의 실내공기질 관리를 위한 시공자의 측정·공고의무 등이 새롭게 도입되었다. 특히 2006년도에는 다중이용시설의 범위에 독립된 지하상가 이외에 지상건물에 딸린 지하도상가가 포함됨으로써 모든 지하도상가를 체계적으로 관리하는 법체계가 마련되어 현재에 이르고 있다. 그러나 다중이용시설의 실내공기질 관리법이 실내 공기질에 많은 비중을 두고 있기 때문에 지하공간에

특화된 제도는 다소 미흡한 것이 사실이다. 현재 동법에서는 지하역사, 지하도상가(2천제곱미터 이상) 및 지하주차장 등이 지하공간의 공기질을 다루는 주요 대상이다. 본 고에서는 이용객이 가장 많아 국민생활과 직결되는 지하역사의 공기질 관리를 중점 점검해 보고자 한다.

2. 지하역사 공기질 관리대책

2.1 추진배경

지하철은 일평균 650만명이 이용하는 대표적인 대중교통 수단으로 지하철 이용공간의 실내공기 오염은 시민건강과 직결된다. 서민이 주로 이용하는 공간으로서 국민이 만족하는 쾌적한 지하철 환경을 조성할 필요성이 있고 따라서 국가재원의 투자우선순위에서도 가장 앞서는 분야이다. 현재 전국 508개의 역사 중에서 지하역사가 470개(92%)를 차지하고 있다. 지하역사는 자연환기가 어렵고, 밀폐된 좁은 공간에 다수의 이용객이 밀집되어 있기 때문에 공기의 질이 악화될 가능성이 높다. 특히 '70~'80년대 개통된 1기 지하철(서울1~4호선, 부산1호선) 일부역사에서는 '석면뿜칠', '라돈 검출' 등의 보도가 잇따르고 있어 국민의 불안이 높아지고 있는 것도 현실이다.

2.2 지하역사 공기질 및 관리 현황

지하역사 공기질에 영향을 미치는 오염인자는 크게 미세먼지, 이산화탄소, 휘발성유기화합물, 석면, 라돈 등으로 분류할 수 있다.

미세먼지는 이용객의 활동과 열차운행에 따른

날림먼지 등에 의해 발생한다. 환기를 위해 역사내로 유입되는 외부공기 속에도 미세먼지가 포함될 수 있다. 지하역사 미세먼지 오염도는 평균 $78.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ ('08년 기준)로서 기준($150\mu\text{g}/\text{m}^3$) 이하로 평가되고 있으나 다른 다중이용시설 평균($60.6\mu\text{g}/\text{m}^3$)에 비해서는 높은 수준으로 알려져 있다. 지하철과 관련된 시설의 오염도는 터널 > 승강장 > 대합실 > 외기 순으로 높은 실정이다. 참고로 서울 등 7대 주요도시의 대기 중 미세먼지 농도는 $49\sim 67\mu\text{g}/\text{m}^3$ ('06년 기준)이다.

석면은 자연계에서 채광되는 섬유상 규산염 광물의 총칭으로 백석면, 갈석면, 청석면 등 총 6개의 종류로 구분된다. 내화성, 단열성 등이 높아 시멘트 내화재, 직물 방화재, 가스켓 단열재, 브레이크 라이닝 등 약 3천여 제품에 걸쳐 폭넓게 사용되어 왔다. 특히 70년대부터는 전체 사용량의 70% 이상이 건축자재로 사용되어 왔다. 조사결과 70~80년대 건설된 지하철 중 서울 1~4호선은 96개, 부산 1호선은 28개 역사에서 석면이 사용된 것으로 파악되고 있다. 역사의 경우 평상시에는 대기중 농도가 기준치($0.01\text{개}/\text{cc}$) 이하로 낮게 검출되고 있으나 석면 함유자재의 노후화 및 관리 소홀 등에 따라 비산 가능성도 배제할 수 없는 상황이다. 석면은 흡입시 중피종, 석면폐암, 석면폐증 등을 유발하는 원인물질로 알려져 있다.

라돈은 토양, 화강암 등 암석 중에 자연적으로 존재하는 우라늄(^{238}U)이 여러 차례 방사성 붕괴를 거듭한 후 생성되는 무색 무취의 가스상 물질이다. 세계 보건기구(WHO), 미국 환경성(EPA) 등에서는 흡연 다음으로 사람에게 폐암을 유발하는 주요 원인물질로 규정하고 있다. 지하역사는 지표아래에 위치하여 심도 토양과 밀접되어 있는 구조적 특성

표 1. 국내 지하철 역사 현황

구 분	계	서울·경기	부산	대구	인천	광주	대전
노선수(개)	19	11	3	2	1	1	1
역사수(개소)	508	298	90	56	23	19	22
이용객수(천명/일)	6,532	5,180	640	309	296	30	77

표 2. 대중교통수단 실내공기질 실태조사 ('07.8~'08.1)

교통수단	오염물질 농도			
	미세먼지(PM10) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	이산화탄소 (ppm)	폼알데하이드 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	총휘발성유기화합물 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
지하철	147.3	1,624.9	10.5	836.3
열차	72.2	1,198.6	6.8	640.7
버스	66.6	1,652.9	15.1	416.2

상 라돈에 취약한 측면이 있다. 다행히 국내 역사는 토양과의 밀폐성 강화로 평상시 라돈농도는 0.4~0.7pCi/L('05~'06년) 수준이다. 기준치가 4pCi/L(8시간측정) 임을 감안할 때 크게 높은 수준은 아니지만 일부 지역에서는 기준치를 초과하여 보강공사를 시행한 바도 있다.

지하역사 만큼이나 지하철 차량의 내부공기질도 관심을 가져야 한다. 2006년도에 환경부에서 설정한 '대중교통수단 실내공기질 관리 가이드라인' 권고기준과 비교해 볼 때 지하철 차량의 미세먼지 농도는 열차버스의 약 2배, 총휘발성유기화합물과 폼알데하이드도 지하철 차량이 높게 조사되었으나, 이산화탄소의 경우에는 고속버스가 더 높게 나타났다.

지하공간의 실내공기질 관리는 환경부를 중심으로 노동부, 국토부, 보건복지부 등에서 소관법령에 따라 대책을 수립·추진중에 있다. 우선, 환경부는 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'에 따라 지하역사의 실내공기질에 대해 유지기준(미세먼지 등 4개 물질) 및 권고기준(라돈·석면 등 5개 물질)을 설정·관리하고 있다. 연 1회 공기질의 측정과 신규시설의 환기설비 설치를 의무화하고 있고 유지기준 위반 시 1천만원 이하의 과태료 부과 및 개선명령을 내리고 있다. 라돈은 현재 권고기준으로 사업자가 2년에 1회 이상 농도를 측정하여 권고기준의 준수여부를 확인토록 하고 있다.

석면의 관리는 현재 노동부의 산업안전보건법에 따라 근로자의 건강보호를 중심으로 추진중이다. 동법에 따라 청석면·갈석면('97.5), 건축용 석면시멘트제품 및 자동차용 석면마찰제품('07.1), 석면방직제품 등 기타('08.1), 석면가스켓·석면마찰제품

등을 포함한 모든 석면의 사용금지('09.1) 조치가 취해졌다. 또한 석면을 포함하고 있는 시설물의 해체·제거 공사에 지방노동청에 신고를 하도록 하는 석면 해체·제거 허가제가 도입('03.7)되어 운영중에 있다.

2.3 지하역사 공기질 관리 대책

현재 정부가 추진중인 지하역사 공기질 관리대책은 2008년 9월 관계부처 합동으로 수립된 '지하역사 공기질 개선 5개년 대책'이 핵심이라 하겠다. 동 대책은 국민이 만족하는 수준으로 지하 공기질을 개선하고 대중교통 이용을 활성화하기 위한 기반을 조성하기 위한 것으로 2012년까지 아래의 4개 항목에 대한 목표치를 설정하고 있다.

- * 미세먼지 : 평균오염도 20% 저감(100 → 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- * 석면 : 이용객·종사자의 석면노출 근절
- * 라돈 : 전 역사를 권고기준(4pCi/L) 이하로 관리
- * 지하철차량 : 미세먼지·이산화탄소 권고기준 준수

2.3.1 미세먼지 관리 대책

① 미세먼지 발생의 원전적 차단

- 자갈도상 콘크리트 개량(지하철공사)
 - '70~'80년대 건설된 자갈도상 전 구간(총 253.3km)을 단계적으로 콘크리트로 개량('08~ '27

표 3. 자갈도상 설치 현황

자갈도상 연장	서울메트로	철도공사	부산	대전
253.3km	185km	16.93km	36.3km	17.4km

년)하되, '12년까지 40km이상 개량완료

- 환기구 고효율 필터설치(지하철공사)
 - 기존 지하역사 흡기구(2,085개) 중 필터가 미설치된 환기구(871개)에 고효율 필터설치. 단, 자연식환기구는 필터 개발 시까지 유보
 - 구조상 필터설치가 어려운 시설은 냉방화공사와 병행·설치

총 흡기구수	기설치 필터 (단위 : 개)	미설치 필터(개)		
		계	기계식	자연식
2,085개	1,214개	871개	402개	469개

- 환기구 높이인상
 - 기존 흡기환기구(2,085개) 중 높이가 1m 미만인 1,495개 환기구 높이를 1.5m 이상으로 인상 및 조형화(지하철공사)
 - 기관별 실정에 적합한 환기구 인상계획을 수립·추진하되 민원발생 등으로 설치가 어려운 시설은 별도의 오염 저감대책 수립
 - 신설 역사의 환기구는 1.5m 이상으로 하고 녹지구간 등에 설치토록 '도시철도 설계기준'에 반영(자치단체·지하철공사; 국토해양부 협조)

② 발생 오염물질 저감

- 스크린도어 설치확대(지하철공사)
 - 열차풍에 의한 미세먼지 차단효과가 큰 스크린도어를 모든 지하역사에 확대설치(429개 → 470개)
 - 서울지역은 '10년까지 전 역사(265개)에 스크린도어 설치완료
 - ※ 스크린도어 광고유치 등 기관별 실정에 적합한 설치비 절감계획 수립
 - 고압 물청소차량 도입(환경부, 지하철공사)
 - 전국 19개 노선별로 고압 물청소차량을 도입

· 운영('09~'11년)하되, 미세먼지 침적도가 높은 자갈도상 노선(서울메트로 1~4호선)은 대형 물탱크차 적용방안 검토

- 차량 구입비의 일부(30~40%)는 국고지원 추진
 - 환기설비 개량 및 관리시스템 개선(환경부, 지하철공사)
 - 장비 노후화로 환기기능이 저하된 41개 역사 환기설비를 '12년까지 단계적으로 개량(냉방화공사 병행) 추진
 - 시설 노후화, 오염도 현황, 이용객수 등을 감안하여 우선순위 선정
 - 석면뿜칠 사용역사 중 시설개선이 필요한 역사(10개)를 우선적으로 시행('09~'11년)하되, 소요예산 일부(30~40%)는 국고지원 추진
 - 환기비용 저감을 위한 '지능형·에너지 절약형 공기질 제어 및 관리시스템' 등 신기술 도입방안 검토
 - ※ 외기 상태에 따른 자동 환기시스템 가동으로 공기질 개선 및 에너지 절감
 - 환기덕트 등 청소강화
 - 환기필터 교체, 덕트·역사의 청소주기, 환기설비 가동기준 등에 대한 가이드라인 마련
 - 가이드라인 제정 시까지 기관별 자체기준 마련·시행
 - 공기정화기 설치 등(환경부, 지하철공사)
 - 지방역사 대합실 및 승강장에 공기정화기를 우선설치(10대/역사 이상, '09~'11년)하고, 구입비용 일부(30~40%)는 국고지원
 - 지하역사에 적합한 '공기정화용 녹화시스템' 개발('09, 환경부)
 - ※ 도입수준, 자동관·배수 등 식재모델 개발 ('07.4~'09.3, 차세대핵심환기기술)

③ 모니터링 및 평가시스템 구축

- 실내공기질 합동 실태조사(환경부, 지하철공사)
 - 매년 환경부, 자치단체, 지하철공사 합동으로 지하역사 오염도 실태조사 실시('09~, 환경부)
 - 자동측정기기 설치 및 상시 모니터링(환경부,

지하철공사)

- 특별관리역사('08.4 현재 60개), 환승역사, 이용객이 많은 역사 등에 상시 모니터링을 위한 자동 측정기기 설치(3대/역사)

■ 측정기기 구입비용의 일부(30~40%)는 국고지원 추진

- 측정 자료의 통합관리·활용을 위한 관리시스템 구축(환경부)

○ 오염도 공개 및 오염도저감 성과평가

- 실내공기질 측정결과, 상시 모니터링 결과는 정기적으로 환경부 홈페이지 등을 통한 대국민 공개 추진('09~, 환경부)

- 오염저감 성과 평가 및 국고 차등지원 등 경쟁시스템 도입

2.3.2 석면관리 체계화

① 지하역사 석면함유 실태조사(지하철공사)

○ '70~'80년대 건설된 1기 지하철 역사는 단계적으로 전수조사 실시 및 석면지도 작성

- 석면소재 사용여부, 위치, 손상여부, 비산가능성 등 전수조사

○ 서울 2기, 광주·대전 지하철은 표본조사 후 의심소재 발견 시 성분분석 추가실시

○ 부산 2~3호선, 인천·대구·한국철도공사는 자재이력 및 성분조사 완료

② 단계적 석면철거(지하철공사)

○ 석면뿜칠 18개 역사 중 노후화 등으로 비산가능성이 높은 10개 역사는 냉방화공사와 병행하여 우선철거 실시

○ 뿜칠 외 승강장, 대합실, 역무실 등에 사용된 석면소재는 자체 철거계획을 수립하고 '12년까지 철거완료

③ 석면폐기물의 적정처리(환경부, 지하철공사)

○ 석면해체 작업 시 발생한 폐기물 및 비닐시트·방진마스크·작업복 등은 '폐기물적법처리시스템'

템'에 따라 적정처리

- 해체작업 전 추정 발생량 신고(지하철공사), 지정폐기물 수집·운반 및 매립까지 적법처리시스템에 의한 관리감독 철저(환경부)

- 폐기물 발생량, 처리결과 등은 정기적으로 보고 및 공개(지하철공사)

④ 공기질 모니터링 및 비산방지 조치(지하철공사)

○ 매월 석면뿜칠역사(대합실, 승강장)의 공기 중 석면농도를 측정하고 기준을 초과할 경우 비산방지조치 시행

○ 냉방화공사 등 석면취급 대형공사의 경우, 공사 시행 전, 공사 중, 공사완료 후 공기 중 석면농도 측정

⑤ 석면관리 인프라 확충(환경부, 지하철공사)

○ 지하철공사별 석면관리 전담인력 및 전담부서 운영

- 석면조사계획 수립, 석면누출 모니터링, 석면철거계획 수립 및 적정성 검토, 철거현장 안전관리 등 수행

○ 선진외국 사례조사, 국내 지하역사 석면사용 실태조사 결과 등을 토대로 '지하역사 석면관리 매뉴얼' 개발·보급

- 다중이용시설 석면 실태조사 실시('08~'09, 환경부)

○ '석면관리연구회' 및 전담팀(T/F) 구성

- 환경부·노동부 등 관계부처, 자치단체, 시민단체 등이 참여하는 '석면관리T/F' 및 학계·전문가를 중심으로 '석면관리연구회' 결성

2.3.3 라돈관리

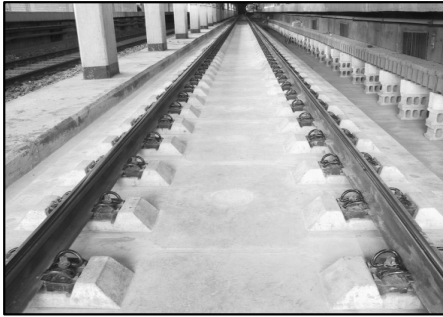
① 지하역사 라돈농도 실태조사(환경부)

○ 전 지하역사(470개)를 대상으로 대합실, 승강장, 터널의 공기 중 라돈농도에 대한 계절별 장기평가 및 라돈지도 작성

○ 터널 내 지하수 유입량 및 라돈 함유량 등 조사

- 지하수 유출, 노후화 등으로 라돈누출 위험

특집 : 지하생활공간의 공기질 관리



< 콘크리트 도상 >



< 환기구 높이인상 · 조형화 >



< 공기정화장치 >



< 스크린도어 >



< 고압물청소차량 >



< 공기질 자동측정장비 >

그림 1. 지하역사 오염물질 차단 및 저감 장치

이 높은 시설에 대한 라돈 차폐시공 등 관리지침 개발·보급

- 신축 건물에 대한 라돈저감 시공지침 개발·보급

② 역사 내 라돈유입 방지(지하철공사)

○ 고농도(4pci/L 이상) 라돈이 검출된 역사는 '라돈 중점관리 역사'로 지정하고 저감조치 시행

- 라돈농도 측정, 지하수 사용금지, 밀폐작업 강화(배수로 및 중앙맨홀 덮개설치), 환기량 증대 등 추진

- 자가측정 결과 기준초과 역사도 '라돈 중점

관리 역사'에 준하여 관리시행

'12년, 지하철공사)

③ 라돈측정방법 및 관리기준 개선(환경부)

- 측정결과의 신뢰성 제고 및 선진화를 위한 장기측정(3월 이상) 방법 도입방안 검토
- 권고기준(4pci/L) 초과 시 개선의무 부과근거 마련
- ※ 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」 개정 추진

2.3.4 지하철차량 공기질 관리

① 차량내 공기질 모니터링

- 매년 차량 내 미세먼지, 이산화탄소 등에 대한 실태조사 실시
 - 대중교통수단의 폼알데하이드, 총휘발성유기화합물, 총부유세균에 대한 오염원을 규명하고 필요시 권고기준 설정
 - 실태조사 결과는 환경부 홈페이지 등을 통한 대국민 공개추진
- 지하철공사 자체적으로 2회/년 이상 차량 내 실내공기질을 측정(미세먼지, 이산화탄소)하고 권고기준 초과 시 저감계획 수립

② '대중교통수단 실내공기질 관리 가이드라인' 이행 및 점검

- 전동차 청소강화, 냉방장치 및 환기장치 정비·점검 등 차량 운행 시 고려사항 이행철저
- 장기적으로 신조차량의 환기량 증대(최소 1,500m³/h 이상), 이산화탄소 연동형 환기시스템 구축 등 추진

③ 가이드라인 보급 및 홍보강화

- 차량제작자, 대중교통사업자, 이용시민 대상으로 '가이드라인' 내용, 실태조사 결과 등 적극 홍보
 - 홍보자료 제작·배포('08~'12년, 환경부)
 - 시민대상 홍보 및 자체 홍보계획 수립('08~

3. 결 어

WHO 조사에 따르면 현대인은 하루일과의 80% 이상을 실내공간에서 생활한다고 한다. 먹고, 자고, 일하는 많은 생활이 실내공간에서 이뤄지고 있는 것이다. 그동안 실내공간의 개념은 주로 지상 건축물 등의 내부공간을 의미하였는데 지하공간이 빠른 속도로 많은 비중을 차지해 가고 있다.

공기질에 영향을 미치는 인자와 그 인자를 통제하는 정책수단에 있어 실외공기와 실내공기(특히 지하 공기)는 많은 차이가 있다. 오염원이 다르기 때문에 오염물질도 차이가 있다. 아직까지는 환경부와 지방자치단체의 많은 정책들이 실외 대기질 개선에 치중해 온 것이 사실이나 앞으로는 정책의 우선순위가 바뀌어 갈 것이라는 전문가의 의견도 많다. 공기질을 다루는 정책이 대기질>실내공기질>지하공간공기질의 순으로 관심분야가 바뀌어 갈 것이라는 판단이다. 환경부도 이러한 전망과 추세에 시의 적절히 대응해 나가고자 관련정책을 착실히 준비 중에 있다. 본고에서 언급한 '지하역사 공기질 개선 5개년 대책'이 그 첫걸음이라 한다면 앞으로는 지하생활공간의 개발사업이 가속화될수록 그에 걸 맞는 환경정책이 수립될 수 있도록 단계별로 준비해 나갈 예정이다. 내년 경에는 지하생활공간 전반에 걸친 가시적인 정책이 수립되지 않을까 전망한다.

- 참고문헌 -

1. 환경부, "지하역사 공기질 개선 5개년 대책", 2008.
2. 환경부, 실내공기질 중장기 발전방향 연구, 2007.
3. 한국행정학회, 환경규제의 역사적 흐름 고찰 및 합리적 개선방안 연구, 2009.
4. 환경부, 대중운송수단의 실내공기질 실태조사, 2008.