

II. 서울시 지하공기질 관리대상시설 및 오염현황

1. 지하공기질 기준의 국가기준과 서울시 기준 비교

서울시 지하공기질관리의 법적근거는 “지하생활공간공기질관리법” 및 “서울시 지하생활공간공기질기준조례”(지하생활공간공기질관리법 제5조 <국가보다 엄격한 기준설정>)와 “실내공기중 라돈 측정지침”(환경부예규 제202호) 등이다.

모든 지하역사와 연면적 2천제곱미터 이상의 지하도상가 등 지하생활 공간의 공기질을 적정하게 관리함으로써 시민들의 건강을 보호하고 환경상의 위해를 예방하기위해서 1996년 12월30일 제정된 지하공간공기질관리법은 1998년 1월부터 시행이 되었다. 지하생활공간의 쾌적한 공기질을 유지하기 위한 지하공기질기준은 <표1>과 같다.¹⁾

또한 이러한 법적기준 준수를 위해서 지하시설을 관리하는 자는 중앙관리방식의 환기설비와 공기정화설비(법 제6조)를 갖추어야하는데 다음 각호의 요건을 갖추어야한다.

① 공기의 흡입구 및 배출구는 빗물 또는 먼지 등이 들어올 수 있는 것을 막을 수 있는 구조일 것

② 공기의 흡입구 및 배출구에 설치하는 송풍기는 외부의 기류로 인하여 송풍능력이 낮아지지 아니하는 구조일 것

③ 풍도는 공기를 오염시키지 아니하는 재료일 것

1) 지하생활공간 공기질 기준과 관련된 법령은 크게 환경부의 환경정책기본법에 의한 대기환경기준, 환경부의 지하생활공간공기질관리법 시행규칙제7조, 노동부의 산업안전보건법 및 산업보건기준에관한규칙, 보건복지부의 공중위생법 시행규칙 제45조, 건설교통부의 건축물의설비기준등에관한규칙 제12조에 의거 각각의 건축물의 성격에 따라 규제기준을 달리하고 있다.

<표1> 지하생활공간 공기질 기준비교

항목		1)대기환경 기준	2)지하공기질 기준	3)유해물질허용 농도	4)실내공기질기준	5)공기조화설비기준
먼지	TSP	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{일}$ 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{일}$		10 $\text{mg}/\text{m}^3/8\text{h}$	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	PM ₁₀	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{일}$ 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{일}$	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{일}$	-	-	-
CO ₂		-	1000ppm/h	5000ppm/8h	1000ppm/h	1000ppm/h
CO		9ppm/8h 25ppm/h	25ppm/h	50ppm/8h	10ppm/h	10ppm/h
SO ₂		0.03ppm/년 0.14ppm/일 0.25ppm/h	0.25ppm/h	2ppm/8h	-	-
NO ₂		0.05ppm/년 0.14ppm/일 0.15ppm/h	0.15ppm/h	3ppm/8h	-	-
HCHO		-	0.11ppm/h	1ppm/8h	-	-
석면		-		0.2~2개/cc	-	-
Pb		1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3/3\text{월}$	3 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{일}$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$	-	-
Cu		-	-	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$	-	-
Hg		-	-	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$	-	-
Cd		-	-	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$	-	-
Cr		-	-	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$	-	-
As		-	-	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$	-	-
Rn		-	-	-	-	-
온도		-	-	30~32.2	17~28	-
습도		-	-	-	40~70%	40~70%
기류		-	-	-	0.5m/s	0.5m/s
조명		-	-	75~750Lux	100Lux이상	-

1)환경부, 환경정책기본법

2)환경부, 지하생활공간공기질관리법 시행규칙 제7조

3)노동부, 산업안전보건법 및 산업보건기준에 관한규칙

4)보건복지부, 공중위생법시행규칙 제45조

5)건설교통부, 건축물의설비기준등에 관한규칙 제12조

④ 설비용량은 평상시와 비상시에 효과적으로 운영할 수 있는 용량이
여야 하며 공장·정비시에 대비할 수 있을 것

⑤ 공기의 흡입구 및 배출구의 위치 및 구조는 지하시설안에 들어오는
공기의 분포를 균등하게 하여 기류가 부분적으로 일어나지 아니하도록 할
것

⑥ 공기의 흡입구 및 배출구는 배출되는 공기가 직접 흡입되지 아니하
도록 분리할 것

⑧ 지하시설에 중앙공조설비 외의 냉·난방기를 설치하는 경우에는 방열기의 더운 공기나 연소기기의 배출가스가 지상으로 방출되도록 설치하여야하며 이웃상가 등에 소음, 매연 등으로 인한 피해가 없도록 하여야한다.

지방환경청장은 기준치를 초과하는 지하시설관리자에게 6개월의 기간을 주어 개선명령을 내릴 수 있으며 개선명령을 받은 자는 공기질기준의 초과사유와 그 대책, 설비를 개선하여야하는 경우 그 명세, 개선완료시기 등을 담은 개선계획서를 제출하여야하며 개선명령을 미이행하거나 환기설비를 설치하지 않았을 때에는 1년 이하의 징역 또는 1천만원이하의 벌금에 처할 수 있도록 규정하고 있다(법 제10조)

한편 서울시는 동법 제5조 3항2)에 의거 2000.5.20 “서울특별시지하생활공간공기질기준조례”를 제정하였고 시행은 2001.1.1부터 했는데 국가기준보다 엄격하게 제정시행하고 있다.

<표2> 서울시 지하생활공간 공기질기준과 국가기준과의 비교

항 목	적용시기	국가기준	적용기간 및 기준	
			2001.1.1~2001.12.31	2002.1.1 이후
아황산가스(SO ₂)		1시간평균치 0.25ppm이하	1시간평균치 0.12ppm이하	1시간평균치 0.10ppm이하
일산화탄소(CO)		1시간평균치 25ppm이하	1시간평균치 10ppm이하	1시간평균치 10ppm이하
이산화질소(NO ₂)		1시간평균치 0.15ppm이하	1시간평균치 0.14ppm이하	1시간평균치 0.14ppm이하
미세먼지(PM-10)		24시간평균치 2000~2001 200 μ g/m ³ 2002.1 이후 150 μ g/m ³ 이하	24시간평균치 200 μ g/m ³ 이하	24시간평균치 140 μ g/m ³ 이하
이산화탄소(CO ₂)		1시간평균치 1000ppm이하	1시간평균치 1000ppm이하	1시간평균치 1000ppm이하
포름알데히드(HCHO)		24시간평균치 0.1ppm이하	24시간평균치 0.1ppm이하	24시간평균치 0.05ppm이하
납(Pb)		24시간 평균치 3 μ g/m ³ 이하	24시간 평균치 1 μ g/m ³ 이하	24시간 평균치 1 μ g/m ³ 이하

- 2) 지하공기질관리법 제5조3항에 특별시,광역시 또는 도는 지역환경의 특수성을 고려하여 필요하다고 인정하는 때에는 당해 조례로 법적기준보다 엄격한 기준을 정할 수 있도록 되어있다.

이상의 표와 같이 서울시가 2002년1월부터 적용하는 지하공간공기질 기준은 납과 이산화탄소를 제외하고는 국가기준보다 2배이상 강화된 기준을 자체기준으로 설정하고 있음을 알 수 있다. 규제기준 설정항목은 미세먼지 등 8개항목이고, 규제기준 미설정항목은 석면, 라돈, 카드뮴, 크롬, 비소, 구리, 수은 등 7개항목이다.

한편, 현행 지하생활공간공기질관리법은 지하역사와 지하도상가만을 적용대상으로 하고 있어 여객터미널 등 다중 이용시설의 실내공기질에 대한 관심이 증대됨에 따라 인체에 해로운 오염물질을 방출하는 건축자재 규제필요성이 제기됨에 따라 “지하생활공간공기질관리법”을 “다중이용시설등의실내공기질관리법”으로 제명을 변경하고 적용대상의 확대, 인체에 해로운 오염물질방출자재 사용제한 등 현행제도 운영상 나타난 일부 문제점을 개선·보완하려고 법률을 새로 제정, 2004년6월부터 시행에 들어간다.

주요개정내용을 보면, 적용대상을 종전의 지하역사, 지하도상가에서 일정규모이상의 여객터미널, 도서관 등 다중이용시설과 신축공동주택으로 확대하였고, 현재는 국가사무인 공기질관리사무를 법개정과 동시에 지방으로 이양되며, 쾌적한 공기질을 유지하기 위해서 유지기준과 권고기준을 정하며, 신축공동주택 시공자는 입주 1주전 오염물질을 측정하고 공고하도록 의무화했으며, 포름알데히드, 휘발성유기화합물 등 오염물질 방출자재 고시 등을 할 예정이다. 법개정시에 서울시는 기존의 지하역사 239개아 지하도상가 21개소 외에 여객터미널(3), 도서관(16), 종합병원(66), 실내주차장(46), 공동주택(180) 등 총 326개소가 늘어나게 된다. 행위주체별 실내공기질관리 권한은 다음과 같다.

<표3> 다중이용시설 등의 실내공기질관리법상 행위주체별 권한

기 관 별	권 한 내 용	비 고
환경부장관	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실내공기질 공정시험방법 => 환경부고시 ○ 공기질 유지.권고기준 설정 => 환경부령 ○ 오염물질방출 건축자재 => 환경부고시 ○ 실내공기질 측정대상 오염물질, 측정횟수 설정 => 환경부령 	
시.도지사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 엄격한 공기질 유지기준 설정 => 시조례 ○ 공기질 유지기준 설정.변경시 환경부장관 보고 ○ 개선명령 권한 <ul style="list-style-type: none"> - 공기질 기준에 맞지 아니하게 관리되는 경우 - 공기정화설비 및 환기설비가 설치되지 아니 하거나 그 구조 및 설치기준에 맞지 아니하게 설치된 경우 ○ 자료제출명령, 오염물질 채취 관계서류.시설장비 검사 <ul style="list-style-type: none"> - 다중이용시설 소유자 등 - 신축되는 공동주택 시공자 ○ 오염물질 채취시 오염도 검사의뢰 ○ 과태료 부과징수 <ul style="list-style-type: none"> - 공기질 유지기준 미준수 - 오염물질 방출건축자재 사용 등 	
시장 군수 구청장	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공동주택 입주전 공기질 측정결과 제출처 ○ 자료제출명령, 오염물질 채취 관계서류.시설 장비 검사 <ul style="list-style-type: none"> - 다중이용시설 소유자 등 - 신축되는 공동주택 시공자 ○ 오염물질 채취시 오염도 검사의뢰 ○ 과태료 부과징수 <ul style="list-style-type: none"> -공기질 유지기준 미준수 - 오염물질 방출건축자재 사용 등 	

2. 실내오염물질의 발생원 및 농도에 따른 오염물질의 인체 위해도

최근 건물의 사무소에서 일하는 직장인들 가운데 각종 건강장애와 관련된 증상을 호소하는 사람들이 늘어나고 있으며, 두통, 안질, 졸음, 집중력 저하, 후두염, 알레르기성 질환, 어지러움 등의 현상 외에도 뒷목이 뻐근해지는 등 근무자를 짜증나게 하거나 무기력하게 만드는 증상이 심하게 나타나 근무자로 하여금 업무의 비능률, 장기병가, 시간낭비, 창의성 저하 등부작용을 초래하고 있다.

이러한 각종 증세는 실내공기 오염에 의한 것으로 밝혀지고 있으며 이러한 현상을 일명 빌딩증후군(SICK BUILDING SYNDROME)이라 한다.

이같은 현상은 에너지 문제와 관련하여 1970년대 영국, 미국등을 비롯한 선진 각국에서 새로운 사회적 공해 문제로 다루어지고 있으며 미국환경청(EPA)의 보고서와 미국 알레르기 학회 보고서에 의하면 모든 질병의 상당수가 오염된 실내공기에 의해 발병되고 있음을 밝히고 있다.

새로운 환경분야인 실내 환경문제는 인간이 주체가 된 생활속에서 다양하게 나타날 수 있으며, 인간 활동에 의해 발생하는 각종 오염물질들이 실내에 방출되어 실내공기의 질을 오염시키는 현상을 실내오염(INDOOR POLLUTION)이라 정의할 수 있다.

실내오염물질의 주요발생원과 인체에 미치는 영향 및 대기오염물질의 각각의 농도에 따른 인체위해도는 아래 <표3>³⁾, <표4>와 같다.

3) “실내공간 실내공기오염특성 및 관리방법 연구”, 2002.2.8, 환경부

<표4> 실내오염물질의 발생원 및 영향

오염물질	주요 발생원	인체영향
먼지, 중금속	대기 중 먼지가 실내로 유입, 실내 바닥의 먼지, 생활 활동 등	규폐증, 진폐증, 탄폐증, 석면폐증 등
석면	단열재, 절연재, 석면타일, 석면브레이크, 방열재 등	피부질환, 호흡기질환, 석면증, 폐암, 중피증, 편평상피 등
담배연기(각종가스, HC, PAHs, 먼지 등)	담배연기, 질련, 파이프 담배 등	두통, 피로감, 기관지염, 폐렴, 기관지천식, 폐암 등
연소가스(CO, NO ₂ , SO ₂ 등)	각종 난로, 연료연소, 가스렌지 등	만성 폐질환, 기도저항 증가, 중추신경 영향 등
라돈	흙, 바위, 지하수, 화강암, 콘크리트 등	폐암 등
포름알데히드	각종 합판, 보드, 가구, 단열재, 소취제, 담배연기, 화장품, 옷감 등	눈, 코, 목 자극증상, 기침, 설사, 어지러움, 구토, 피부질환, 비염, 정서불안증, 기억력 상실 등
미생물성물질(곰팡이, 박테리아, 바이러스, 꽃가루 등)	가습기, 냉방장치, 냉장고, 애완동물	알레르기성 질환, 호흡기질환 등
휘발성유기화합물(벤젠, 톨루엔, 스티렌, 알데히드, 케톤 등)	페인트, 접착제, 스프레이, 연소과정, 세탁소, 의복, 방향제, 건축자재, 왁스 등	피로감, 정신착란, 두통, 구토, 현기증, 중추신경 억제 작용 등
악취	외부 악취가 실내로 유입, 체취, 음식물의 부패 등	식욕감퇴, 구토, 불면, 알레르기증, 정신신경증 등
오존	복사기기, 생활용품, 연소기기	기침, 두통, 천식, 알레르기성 질환

<표5> 대기오염물질의 인체위해도

o 아황산가스

농도(ppm)	인 체 영 향
0.03	· 만성기관지염 환자증가
0.10	· 찬 공기 마실 때는 천식증세 나타남
0.25	· 운동시 천식증세 나타남
0.4~0.5	· 심한 기침을 하면서 천식증세 나타남
1.00	· 지역 주민의 약 1%정도 천식증세 발생

○ 이산화질소

농도(ppm)	폭로시간	인 체 영 향
0.08~0.10	7~8년	· 아동의 급성 호흡기질환 발생을 증가
0.11	1시간	· 기도과민성 증가(기관지천식 환자)
0.5~0.1	매일 부정기간	· 기도 감염을 증가(소아)
1.00	-	· 폐기능 검사상 폐환기 기능장애
1.60~2.00	15분	· 기도저항 증가(정상인 및 만성기관지염 환자)
5.00	10분	· 기도저항 증가
100~150	40분	· 사 망

○ 일산화탄소

1시간(ppm)	8시간(ppm)	인 체 효 과
-	10~15	· 시간에 대한 판단력 약화
-	30	· 시력 장애, 신체반응 둔화
70~85	15~18	· 관상동맥 환자에서 운동능력 감소
85	18	· 말초혈과 동맥경화증이 있는 사람에게서는 운동 시 다리에 통증 느낌
85~207	18~45	· 경계 요하는 직종에서 작업능력 저하

○ 오 존

농도(ppm)	폭로시간	인체효과
0.05~1.0	즉시	· 불쾌한 냄새
0.05~0.3	1/2~6시간	· 운동신경 기능저하, 학습능력 감소 및 학습효과 떨어짐
0.08~0.4	3~4시간	· 호흡기감염에 잘 걸림
0.1~0.3	1시간	· 호흡기 자극증상 증가, 기침, 눈자극, 숨찬 증상, 기존 호흡기질환 증상 악화
0.1~1.0	1시간	· 기도저항 증가
0.1~1.0	1주일	· 냄새 느끼고 두통, 숨가쁘게 느낌, 시력장애
0.25~0.75	2시간	· 운동 중 폐기능 감소
0.6~0.8	2주일	· 흉통, 기침, 기도자극
0.94	11/2시간	· 기침, 숨참

○ 먼지

농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	폭로시간	건 강 위 해
100	1년	· 만성기관지염 유발을 증가
150	24시간	· 병약자, 노인의 사망 증가
300이상	-	· 기관지염 환자의 급성 악화

(1) 미세먼지(PM10)

먼지는 대략 $0.005 \sim 500 \mu\text{m}$ 의 크기를 가지고 있으며, 먼지는 입자의 동역학적 직경으로 직경이 $2.5 \mu\text{m}$ 미만의 미세입자(Fine particle)와 $2.5 \mu\text{m}$ 이상의 거대입자(Coarse particle)로 분류한다. 거대입자와 미세입자의 총합을 총부유분진 (TSP: Total Suspended Particulate)이라고 한다.

미세입자는 심폐질환으로 인한 수명단축과 시정(visibility)감소의 원인으로 작용하여 건강에 직·간접적인 피해를 주고 있다. 이에 따라 인체건강에 관련된 미세입자에 대한 과학적인 연구가 진행되고 있고 이를 토대로 대기환경기준 및 배출규제기준의 강화가 미국 및 유럽에서 계획되고 있는 추세이다.

미세입자는 대기중에 오랫동안 떠다니면서 기도를 통해 체내에 들어와 폐 깊숙이 안착하여 각종 호흡기 질환을 일으키는 원인이 된다. 미세입자가 유발하는 질환으로는 천식이 대표적이며 천식은 만성 호흡기 질환으로 기침, 호흡곤란, 흉부 압박감 등의 증상을 초래한다. 천식은 환경변화에 민감하게 반응하여 대기오염으로 인한 건강피해를 논하는 데 있어 일반적으로 환경보건의 건강지표로 사용되고 있다. 미세입자는 중금속의 농축과 관련하여 중요하게 다루어진다. 같은 질량의 거대 및 미세입자가 있을 경우, 입자의 크기가 작아짐에 따라 표면적이 급속히 증가하기 때문에, 입자가 유해 중금속 성분을 함유하고 있을 때, 그 중금속의 농축 정도는 급격히 증가하게 된다.

(2) 중금속(Heavy Metal)

부유분진에는 실내 대기중의 중금속 입자가 흡착·농축되어 고농도의 중금속을 함유하고 있다. 또한, 부유분진 중 입자크기가 작아짐에 따라 표면적이 급속히 증가하기 때문에 중금속의 흡착이 쉽게 일어나며, 분진의

공기역학적 직경이 $10\mu\text{m}$ 이하의 입자는 호흡에 의해 폐 속 깊이 침투가 가능하여 인체에 많은 영향을 주기 때문에 중요성이 더욱 크게 부각되고 있다. 일반적으로 실내의 미세입자 중 중금속의 종류와 양은 실외 대기와 뚜렷이 구분되며, 중금속은 실내에 일반적 발생원이 뚜렷하지 않아서 주로 실외의 영향을 크게 받는 것으로 알려져 있다.

납은 가공이 용이하고 내식성이 강한 특성으로 수 천년 동안 인간생활에 사용된 주요 금속원소 중의 하나이다. 먼지 중의 납은 호흡을 통해 인체로 흡입되면 골 조직에 침착하여 혈액 중에서 유리되어 독성을 나타내며, 무기력, 체중감소, 권태감을 느끼고 유연증, 메스꺼움, 구토, 복통 등을 유발한다. 급성 중독시에는 사지의 마비, 안면 창백, 구토, 설사, 혈변 등을 일으키며 사망할 가능성도 있다. 만성 폭로시에는 피로감, 두통, 경련, 배뇨장애, 현기증, 우울증 등의 중추신경계통의 이상증세를 나타내는 독성 물질로 알려져 있지만 납의 인체에 대한 발암성은 아직 확실하게 밝혀지지 않고 있다. 대기 중의 납의 오염원으로 과거에는 유연휘발유에 기인하였으며, 자동차 통행량의 증가는 대기 중 납의 농도를 증가시키는 가장 큰 요인으로 작용하였다. 비행기나 자동차에 사용되는 연료(휘발유)에 옥탄가를 높이기 위하여 첨가한 4-에틸납은 1920년 이래 대기 중 납 농도의 90% 이상을 차지하고 있으나 최근에는 무연휘발유의 사용정책에 따라 35%로 저감되었다. 또한, 납은 주로 건전지, 축전지, 인쇄, 크레용, 그림물감, 안료, 에나멜, 페인트, 고무가공 도가니공업에서 사용된다. 현재, 납은 대기환경기준(연평균 $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$)과 지하공기질기준(24시간 $3\mu\text{g}/\text{m}^3$)에 명시되어 있으며 관리되고 있다.

카드뮴은 은백색의 무취성 물질로서 아연 제련시 부산물로 생성되거나, 쓰레기 소각시 대기중으로 배출된다. 노출경로는 주로 흡입(750%)과 섭취(주로 비직업성 : 3~7%) 등에 의해 이루어지며, 영양결핍상태에서는 20%까지 흡수된다. 카드뮴 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 이상의 농도에 노출시 호흡기에 급성 독성영향을 보이며, 20년 동안 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 산업 노출시 만성적인 호흡계의

영향이 나타난다. 장기간 저농도 노출시에는 신장기능 장애를 보이며, 신장피질의 농도가 200mg/kg 흡습 농도일 때 신장 기능 이상을 보인다. 소변중 임계농도는 10 μ g/g-크레아티닌이지만 안전한 수준은 5 μ g/g-크레아티닌이다. 카드뮴은 또한 생체내 중성자 활성화(neutron activation)에 의해 간과 신장에서 결정될 수 있으며, 간에서의 농도와 세뇨관의 단백뇨 사이에는 용량-반응 관계가 있다. 산업장 노출은 신장에 대한 간의 카드뮴의 비율이 저농도로 일생동안 노출된 것보다 더 높다. 만일 신장의 카드뮴이 저농도로 유지된다면 기형발생과 같은 다른 영향은 막을 수 있다. 비록 카드뮴이 기형에 직접적인 영향을 미친다는 증거가 없고, 태반이 카드뮴에 대한 효과적인 장벽이 되므로, 신생아에게 실제로 카드뮴이 발견되지는 않는다. 그러나 신체내 카드뮴의 증가는 태아의 아연대사 작용시 아연 결핍같은 영향을 가져올 수 있다.

자연적으로 발생하는 구리 중 65%는 풍화작용에 의한 것이 대부분이고 인위적으로는 구리 광산이나 제련과정에서 혹은 담배와 석탄을 원료로 하는 공장에서 분진 및 산화물의 형태로 배출된다. 인위적으로 발생하는 구리는 자연적으로 배출되는 양의 3배 이상의 농도를 지닌다. 구리는 호흡과 경피접촉을 통해 인체에 침투하며, 구강을 통해 위장기관에 30% 흡수되고 단백질과 결합하여 알부민, 셀룰로폴라즈민, 적혈구에 분포한다. 또한, 간에 저장되어 셀룰로폴라즈민을 합성하고 4%가 소변으로 배설되고 담즙과 대변을 통해 약 80%가 배설된다. 고농도 구리를 섭취시 우연중, 구토, 위염, 뇌출혈, 설사등 위에 자극을 일으킨다.

철은 분진형태로 호흡성 위해도를 일으키며, 분진 30mg/m³의 계속적인 노출은 만성기관지염을 일으킨다. 먼지나 흙의 형태로써 철이나 철 산화물은 물리적 자극으로 인해 눈과 호흡기관에 자극을 유발시킨다. 일반적으로 호흡기를 통한 철의 체내 흡수는 매우 저조하지만 만약, 혈관계로 철이 흡수된다면 심한 급성 독성을 유발시킬 수 있다. 이러한 흡수는 호흡기계 부전, 식욕저하로 인한 소변량의 감소, 설사, 체중 감소, 피자극성,

위축, 복통, 구토, 가면상태, 간질발작, 대사성산성증과 혼수를 야기시킨다. 철의 흡입으로 야기되는 만성독성으로는 폐에서의 철의 축적과 X-선 촬영시 나타나는 특징적인 반점이 있다. 이러한 상태를 철혈증(Siderosis : 철분을 흡입함으로써 일어나는 진폐증의 한 형태)이라 일컬으며, 이것의 특징은 폐기능에 간섭을 일으키지만 다른 질병의 원인은 되지 않는다.

망간은 철광석과 석탄, 원유에 함유되어 있고 철합금 생산과정과 다른 공업과정에서 대기중으로 방출되며, 원광을 녹이는 과정과 화석원료의 연소시 배출된다. 대기중 측정된 총 망간의 50%이하 가량은 미세분진내에 존재하고 작업환경에 의한 고농도 분포지역은 망간광산, 원석을 가공하는 공장, 건전지 공장 등이며, 채굴과정 중에 망간의 농도가 때때로 $250\text{mg}/\text{m}^3$ 에 달하기도 한다. 호흡기 증상은 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 이하의 망간 노출에서도 나타나며, 최저 관찰 영향수준은 $7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다. 또한, $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준에서 급성기관지염 발생율이 증가한다는 보고도 있다. 동물실험 결과 망간은 소장을 통해 주로 흡수되며, 간, 신장, 내분비선, 소장, 대장 등에서 최고농도를 보인다. 인체에 미치는 영향으로는 피부염, 머리카락의 착색 및 성장저하, 저콜레스테롤 혈증, 신경장해가 나타나며 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 이상의 망간에 노출되면 폐렴의 발생율이 증가하기도 한다.

석면은 자연계에서 산출되는 길고(long), 가늘고(thin), 강한(strong) 섬유상 물질로서 내열성, 불활성, 절연성의 성질을 갖고 있어 불연소성, 내전도성, 화학적 불활성이 요구되는 곳에 사용할 수 있는 섬유상 규산염 광물로 기본구조는 SiO_4 이다. 석면은 마그네슘과 규소를 포함하고 있는 광물질로서 솜과 같이 부드러운 섬유로 되어 있어, 내화성이 강하고 마찰에 잘 견딜 수 있으며, 화학약품에 대한 저항성이 강하고 전기에 대한 절연성이 있으므로 여러 분야에서 많이 사용되고 있다.

석면제품의 종류는 매우 다양하며, 주로 석면 시멘트판, 석면 슬레이트, 바닥용 타일, 마찰재, 파이프 등의 보온재, 건물에 사용되는 방화용 물질, 방화용 피폭재, 전기제품의 절연, 자동차의 브레이크에 사용되며, 대기

중이나 실내에 다양한 형태의 섬유들이 발생한다. 또한, 석면은 사람에게 암을 유발시키는 무서운 물질로 알려져 있으며, 공기 중의 석면은 육안으로 식별이 불가능하여 주로 위상차 현미경을 통해서 관찰한다

석면은 호흡 및 섭취에 의해 노출되며 직경 $3\mu\text{m}$ 이하의 섬유는 기도를 거쳐 폐에 침착되고, 석면폐, 폐암 및 중피종을 발생시키는 유해성이 큰 물질로 알려져 있어 선진국에서는 이미 규제대상이거나 사용금지 물질로 정하고 있다. 일단, 석면에 한 번 노출되면 그 후 노출되는 일이 없어도 질병은 계속 진행되고 또한 새로운 증상도 나타나 약 20년 후에는 치명적인 암으로 발전한다.

석면에 의한 폐암은 흡연과 밀접한 관계가 있어서 담배를 피우는 사람에게서는 석면에 의한 폐암 발생이 더욱 증가되어 담배를 피우지 않는 사람에 비하여 약 100배나 높다고 한다. 따라서 석면 작업장에 근무하는 근로자는 반드시 금연하도록 권고한다. 석면은 종류에 따라 유해성에도 차이가 있는 것으로 발견되었는데 백석면보다는 황석면이 강하고 황석면보다는 청석면이 더 강하며, 청석면과 황석면은 백석면보다 날카롭고 또한 폐에 들어가서도 백석면은 어느 정도 용해한다고 알려져 있으나 청석면은 폐에서 용해하는데 100년 이상 걸리며, 모든 종류의 석면이 암을 유발하는 것으로 알려져 있다.

(3) 일산화탄소(CO)

일산화탄소는 물질의 연소시 산소가 부족하거나 연소온도가 낮은 상태에서 완전연소가 일어나지 못하여 불완전연소 생성물로 생성된다. 또한, 연탄의 연소가스나 자동차의 배기가스 중에 많이 포함되어 있으며, 큰 산불이 일어날 때도 주위에 산소가 부족하여 많은 양의 일산화탄소가 발생되기도 한다. 일산화탄소는 체내에 산소를 운반하는 역할을 하는 혈액중의 헤모글로빈(Hb)과 결합하여 일산화탄소-헤모글로빈(CO₂Hb)을 만들어

혈액의 산소운반능력을 저하시켜 그 농도에 따라 사망에 이를 수 있다. 혈액 중 또는 근육중의 일산화탄소의 대부분이 도시의 대기오염에 기인하는 것만은 아니며, 일정량의 일산화탄소는 본래 생체의 신진대사 산물로써 존재하고, 헤모글로빈의 생리적 신진대사 결과로서 혈액중에 약간 존재(0.3~0.8%)한다. 그러나 체내 혈액중의 일산화탄소-헤모글로빈량의 증가는 흡입공기중의 일산화탄소농도에 비례한다. 일산화탄소 20ppm을 함유한 공기를 4시간 동안 흡입하면 체내혈액중의 일산화탄소-헤모글로빈은 1.64%증가한다. 실제 도시 대기중의 일산화탄소 농도는 자동차 통행량, 도로조건 등에 의해 다르지만 자동차의 정체가 심한 도로변에서는 일산화탄소 농도가 높으며, 이때 일산화탄소-헤모글로빈의 혈중농도는 13~18%까지 상승하는 것으로 알려져 있다. 도심에서 자동차 운전시 30ppm의 일산화탄소를 함유한 공기를 2시간 흡입할 때 혈중 일산화탄소-헤모글로빈은 5% 상승하며 60ppm에서는 10% 상승한다고 한다. 혈중에 일산화탄소-헤모글로빈의 농도가 2~5%이면 시간 간격을 모르게 되고, 시력이 감소하며, 5% 이상이면 심장과 폐의 기능 변화가 생긴다. 일산화탄소의 급성 중독은 뇌조직과 신경계통에 가장 많은 피해를 가져오며 증상은 시야감소, 정신적 영향(불쾌, 피로촉진), 생리적 영향, 중독 피해, 심폐환자의 병세악화 등이며, 만성적인 영향으로는 성장장애, 만성 호흡기질환 발생(폐렴, 기관지염, 천식, 폐기종), 직업병 악화 등의 영향을 미치게 된다.

(4) 이산화탄소(CO₂)

이산화탄소는 무색, 무미, 무취의 기체로 일반적으로 대기 중에 0.04% 정도 포함되어 있으며, 최근 지구온난화 가스로 주목받고 있으나 대기오염물질로 분류되지는 않고 있다.

이산화탄소는 주로 실내공기질 또는 환기상태의 척도로 사용되고 있으며, 실내공간에서 농도가 증가하면 호흡에 필요한 산소의 양이 부족하게 되어 일산화탄소와 함께 중요한 실내오염물질 중의 하나로 취급되고 있

다. 이산화탄소는 사람의 호흡에 의해 주로 배출되고 연료의 연소시 발생되는 물질로서 미국의 경우는 실내 환기조건을 CO_2 를 기준으로 2,000ppm을 권장하고 있으나 우리나라와 일본의 경우는 1,000ppm을 기준으로 하고 있다.

위생적인 허용기준은 0.1%로 이산화탄소가 증가하면 호흡운동을 증대하여 폐포내 환기를 증대하며, 폐포내의 이산화탄소량을 일정하게 유지한다. 호흡중의 이산화탄소가 3%가 되면 호흡이 커지며 4%가 되면 폐포내의 이산화탄소가 증가하기 시작하고 호흡곤란, 두통 등의 증상을 일으킨다. 단시간이면 5%까지 인내가 가능하나 그 이상이면 호흡곤란이 초래된다.

(5) 이산화질소(NO_2)

대기중의 질소산화물은 자연적인 상태에서 토양중의 세균에 의해 주로 생성되고, 대기중에서 자연적 원인에 의한 농도는 아주 저 농도로 문제가 되지 않는다. NO_2 는 알칼리 및 클로로포름에 용해되는 자극성 냄새의 적갈색 기체이다. 실내에서의 질소산화물은 취사용 시설이나 난방, 흡연 등에서 발생하며 외부에서 유입하는 양도 상당량 존재한다. 화석연료의 연소에 의해 발생하는 질소산화물은 인체에 유해한 영향을 끼치며, 실내에서 발생하는 이산화질소의 발생원은 취사용 프로판가스 기구의 사용, 흡연, 난방 연료(나무, 석탄, 기름 등)의 연소에서 발생된다. NO 는 공기 중에서 서서히 산화되어 NO_2 가 되는데, 실제로 건강에 장해를 주는 것은 NO_2 로서 호흡할 때에 체내로 침입해서 폐포까지 깊이 도달하여 헤모글로빈의 산소 운반능력을 저하시키고, 수 시간내에 호흡곤란을 수반한 폐수종 염증을 일으키는 독성이 강한 물질이다. 또한, 점막자극이 강하고 메트헤모글로빈을 형성하여 호흡기와 폐에 장해를 초래한다. 이산화질소는 일산화질소의 5~10배의 독성을 가지고 있다.

(6) 아황산가스(SO_2)

가스상 오염물질 중에서 매우 중요한 것으로 알려진 아황산가스(SO_2)는 물에 대단히 잘 녹는 무색의 자극성이 있는 불연성 가스로써 황산화물(SO_x) 중에서 가장 많은 부분을 차지하고 있으며, 대기중에서 산화된 후 수분과 결합하여 황산(H_2SO_4)이 된다. 자연적 생성은 화산가스, 광천 등이며, 인위적으로는 황 성분이 함유된 물질의 연소, 금속의 용융·제련, 황산제조, 석유정제 및 화학비료제조 과정 등에서 발생되고, 유황함유 연료의 연소시 배출가스중 95% 정도는 SO_2 , 나머지는 SO_3 와 황산염의 형태로 존재한다. 대기 중에서 수분과의 반응을 통해 강산성으로 변하여 인체의 호흡기 등에 유해한 영향을 미치며, 건축물 및 문화재 등을 부식시킴으로써 막대한 경제적 손실을 일으킨다.

아황산가스는 런던 스모그와 같은 대기오염 사건을 일으키는 유해한 가스상오염물질 중의 하나이다. 인체영향으로 아황산가스와 SO_3 를 같이 호흡하면 기도에 염증을 일으켜 기관지염, 천식, 폐기종, 폐쇄성 질환 등을 일으키며 단독 흡입보다 먼지나 액적 등과 동시에 흡입되면, 황산미스트가 되어 아황산가스보다 독성이 약 10배나 강하며 오염이 심한 곳에 반복 노출되거나장기간 폭로되면 상기도, 소화기 장애와 압박감, 자극감을 느낀다. 또한, 아황산가스에 의한 피해로는 급성피해와 만성피해가 야기되는데 급성피해로는 불쾌한 자극성 냄새, 시정감소, 생리적 장애, 압박감, 기도저항 증가 현상이 나타나고, 만성피해로는 폐렴, 기관지염, 천식, 폐기종, 폐쇄성 질환 등이 나타난다.

(7) 오존(O_3)

오존(O_3)은 무색, 무미의 기체로서 냄새를 유발하며 3개의 산소원자로 구성되어 있다. 원래 오존은 자연적으로 생성되는데 자연적으로 생성될 수 있는 오존의 농도는 대략 10~20 ppb정도인 것으로 알려져 있으며, 반

용성이 높아 불안정하여 생성된지 오래되지 않아 즉시 분해된다. 오존이 가지고 있는 강한 산화력은 살균과 악취제거 등에 사용되고, 성층권에서는 오존층을 형성하여 지구대기의 보호막 역할을 하기도 하지만, 지표면에서 생성되는 고농도 오존은 인체와 재산상에 영향을 주어 대기오염물질로 규정하고 있다.

전체 오존의 약 90%는 지상 10~50km 사이에 있는 성층권에 밀집되어 있으며, 이 때문에 성층권(Stratosphere)을 오존층(Ozone layer)이라고도 부른다. 오존층에 존재하는 오존은 태양광선 중 생명체에 해로운 자외선(UV-B 등)을 95~99%정도 흡수하여 지구상의 인간과 동식물의 생명을 보호하는 역할을 하고 있다.

실내의 오존은 사무실 등에서 사용하는 복사기, 레이저프린터, FAX 등 높은 전압의 전기를 사용하는 사무용 기구에서 많이 발생하며, 환기의 부족시 재실자는 고농도의 오존에 폭로되게 된다. 사무기기 등에서 배출되는 오존은 기기에 부착되어 있는 오존필터에 의해 제거되도록 되어 있으나 기기의 사용과 수명이 오래됨에 따라 필터가 제 성능을 충분히 발휘할 수 없게 되므로 오존의 배출이 많아지게 된다. 실내의 오존 농도가 높아지면 눈과 목 등이 따가움을 느끼고 기도가 수축되어 호흡이 힘들어지며 두통, 기침 등의 증세가 나타날 수 있다. 오존에 반복 노출시에는 폐에 피해를 입을 수 있으며, 가슴의 통증, 기침, 메스꺼움을 느끼고 기관지염, 심장질환, 폐기종 및 천식을 악화시키고 폐활량을 감소시킬 수 있다. 특히, 기관지 천식 환자나 호흡기 환자, 어린이, 노약자 등에게는 많은 영향을 주기 때문에 주의해야할 필요가 있다. 고농도 오존에 노출되었을 때에 생기는 기침이나 숨참 등과 같은 증상은 호흡기의 기능 이상 때문이 아니라, 기도와 폐포에 존재하는 신경 수용체가 자극을 받아 이들을 감싸고 있는 평활근들이 수축되어 기도가 좁아져 공기저항이 증가하기 때문이다.

(8) 포름알데히드(HCHO)

포름알데히드(HCHO)는 자극성 냄새(냄새역치 : 0.8 ppm)를 갖는 가연성 무색 기체로 인화점이 낮아 폭발의 위험성이 있으며, 살균 방부제로 이용되고 물에 잘 녹아 40% 수용액을 포르말린이라고 한다. 또한, 화학적으로는 반응성이 매우 센 환원제이며, 많은 물질들(젤라틴, 아교 등과 같은 단백질)과 쉽게 결합하여 쉽게 중합체를 형성하고 피혁제조나 폭약, 요소계, 멜라민계 합성수지를 만드는 공정 등에 사용된다. 포름알데히드는 자연적으로도 발생되는데 대기중의 탄화수소가 산화되어 생성되는 것으로 죽은 수목이 분해되거나 관엽식물에서 방출되는 화학물질의 변환으로 생성된다.

실내에서 포름알데히드 농도는 온도와 습도, 건축물의 수명, 실내 환기율에 따라 크게 좌우된다. 특히, 지하생활환경에서 발생하는 실내공기중의 포름알데히드는 건축자재, 상가, 포목점 등에서 많이 방출되어 효과적인 환기시설의 운영이 요구된다. 또한, 포름알데히드는 실내공기오염의 주요 원인물질로 일반주택 및 공공건물에 많이 사용되는 단열재인 우레아수지 폼(Urea Formaldehyde Foam Insulation : UFFI)과 실내가구의 칠, 가스 난로 등의 연소과정, 접착제, 흡연, 생활용품, 의약품, 접착제 등에 의해 발생된다.

1981년 Schenke 등의 보고서에 따르면 우레아폼을 단열재로 사용한 주택에 살고 있는 주민을 조사한 결과, 오랫동안 포름알데히드에 폭로되었을 경우 정서적 불안정, 기억력 상실, 정신집중의 곤란 등을 유발하고 동물실험에서는 폐수종, 비염의 증상이 있는 것으로 나타났다. 포름알데히드에 반복하여 노출될 경우 눈, 코 및 호흡기도에 만성 자극을 일으키며 눈꺼풀에 염증을 유발시키는 것으로 알려지고 있다.

포름알데히드의 인체에 미치는 영향은 독성 정도에 따라 흡입, 흡수, 피부를 통한 경로로 침투되고, 이 중에서 흡입에 의한 독성이 가장 강하게 나타나는 것으로 알려져 있다. 포름알데히드는 그 농도가 1ppm 또는 그 이하에서 눈, 코, 목의 자극 증상을 보이며, 동물 실험에서는 발암성(비암)

이 있는 것으로 나타났다.

(9) 라돈(Radon)

라돈은 토양이나 암석 등 자연계의 물질중에 함유된 우라늄(또는 토륨)이 연속 붕괴하면서 생성되는 라듐이 붕괴할 때 생성되는 원소로서 불활성 기체 형태의 무색, 무미, 무취의 방사성 가스이다.

실내에서 라돈은 건물 지반이나 주변 토양, 광석, 상수도 및 건축자재, 그리고 요리나 난방 목적으로 사용되는 천연가스 등에서 발생된다. 라돈이 토양에서 대기 중으로 이동하는 경우 토양의 투과성, 기공성, 수분 함량, 온도 및 토양과 건축물 사이의 압력차와 같은 인자에 영향을 받으며, 이와 같은 확산은 기본적으로 분자 확산과 대류 이동에 의해 발생하게 된다. 건축자재 역시 실내 라돈의 중요한 오염원 중의 하나이다. 이러한 건축자재로부터 발생하는 라돈은 건축 구조물에 사용된 자재량과 자재의 라돈 발생률에 따라 달라진다.

라돈 및 라돈의 부산 물질(자핵종)이 건강에 미치는 영향은 호흡기계 질환발생으로, 이것은 개인이 들이마시는 공기의 물리적 특성, 양, 폐의 생물학적 특성에 따라 달라질 수 있다. 특히, 라돈은 호흡기 질환 중 폐암을 유발시키는 것으로 나타나 그 중요성이 새롭게 인식되고 있다. 라돈의 알파(α)-붕괴에 의하여 라듐의 낭핵종이 생성되는데 이 낭핵종은 기체가 아닌 미세한 입자로 흡입시 폐에 흡입되어 폐포나 기관지에 부착되어 알파선을 방출하기 때문에 폐암이 발생하는 것으로 알려져 있다.

라돈과 라돈 붕괴자손은 기관지 세포에 악영향을 미칠 수 있는 강력한 방사성 입자를 방출시키기 때문에, 미량일지라도 인체에 영향을 미칠 수 있으며, 발암성 물질로 알려져 있다. 라돈은 거의 대부분이 호흡시 함께 배출되므로 라돈 자체로서는 인체에 피해가 거의 없으나 붕괴자손인 Po-218과 Po-214은 전기적으로 대전되어 있으며, 이들 종은 인체에 직접

적으로, 혹은 분진에 부착되어 간접적으로 호흡에 의해 몸속으로 흡입되고 폐 속에 침착 되어 궁극적으로 암을 발생시킬 수 있다. 라돈과 라돈 붕괴자손은 분진에 부착되거나 부착되지 않은 형태 모두 인간의 호흡기 계통의 민감한 세포조직에서 발견될 수 있다.

3. 서울시 지하공기질 관리대상시설 및 관리자 현황⁴⁾

서울시 지하공기질 관리대상 시설 및 관리자 현황을 보면 먼저 지하역사의 경우 서울지하철공사에서 관리하는 역사가 95역, 도시철도공사가 관리하는 역사가 144역 등 총 239개 역사이다. 이는 물론 출입통로, 대합실, 승강장 및 환승통로를 포함한다. 또 연면적 2,000m² 이상이 법적관리대상인 지하도 상가는 21개소가 있는데 서울시 건설행정과(시설관리공단관리)에서 관리한다.

특히 서울시는 도시철도공사가 관리하는 지하철 5~8호선은 건설당시부터 전 역사에 공기정화설비인 공기여과장치 및 냉방설비를 완료하여 공기질 오염과 관련된 민원이 발생하지 않고 있으며 1997.12.31 지하생활공기질관리법 시행령제정 이후 동법 시행령에 의거 행정처분을 받은 사실이 없다.

또 공기질 개선을 위해서 건설 당시부터 터널내 도상을 자갈도상보다 먼지발생량이 적은 콘크리트로 시공하고, 급기탑을 지상 1.2~1.5m 이상의 높이로 설치하여 신선한 공기가 자연스럽게 유입되도록 하였고, 역사내로 유입되는 공기는 2중으로 설치된 자동재생공기여과장치(필터)로 분진을 제거하고 있다.

지하철역사 공기질 관리는 역사내 물청소, 환기시설, 공기여과장치의 개량·청소 등으로 관리하고 있으며 전 지하역사가 년 1회이상 공기질을 측정하고 있으며 지도점검은 환경부 경인지방환경청에서 수행하고 있다.

4) “서울시 지하공기질관리 종합계획”, 2003.1, 서울시 환경국 대기과

4. 지하역사 지하공기질 오염도 현황 및 분석- 미세먼지중심으로5)

(1) 2002년도 서울시 지하철 공기질 측정결과 오염현황

서울지하철공사 및 도시철도공사 등 양 공사가 자체측정한 전 지하철사의 공기질 오염도 현황을 보면, 2001년까지는 매년 1회 공기질 측정결과 전항목이 당시의 법적기준치 이내(1998년 $250\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1999년 $250\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2000년 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2001년 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 였으나 2002년부터는 강화된 미세먼지 기준($140\mu\text{g}/\text{m}^3$)으로 인해 서울지하철공사 냉방화공사역 일부 구간에서 미세먼지 기준이 초과된 것으로 조사되었다.

초과역사는 2호선 동대문운동장 환승통로(140.4)와 사당역 매표소(147.4)이다. 서울시 지하철사는 또 지하공기질 규제기준 7개항목중 미세먼지가 기준치 $140\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하여 7개역이 행정처분을 받았다. 구체적으로 지난 2002년 월드컵대회가 개최되는 시기에 맞춰 서울 지하철 공기질관리를 위하여 환경부 주관으로 지하철 1~4호선 19개 역에 대하여 경인지방환경청·국립환경연구원·서울시 보건환경연구원 합동으로 2002년 2월~6월까지 연 56회 미세먼지 농도를 측정한 결과 시청역, 종각역 등 7개 역에서 서울시 미세먼지기준 $140\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하여 행정처분을 받았다.

대부분 승강장에서 초과되었고 을지로입구역·명동역에서 각각 146이나왔고, 신촌역은 무려 $201\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이라는 수치가 나와 36.4% 초과율을 보였다.

또한 서울시 보건환경연구원에서는 공기질이 기준초과를 하거나 초과우려가 있는 곳, 유동인구가 많으면서 오염우려가 큰 지하철사 35개소를

5) 자료: 2003년도 서울시의회 환경수자원위원회 환경국 행정사무감사자료 제출자료

특별관리역사로 지정하여 관리하고 있는데 지하생활공간 공기질관리법에 규제기준이 있는 법정항목 7개항목을 매분기 1회 동일지점반복측정을 하여 오염도를 분기별, 년도별로 비교.분석을 실시하고 있으며 측정지점은 승강장, 매표소, 환승통로 등 3곳이고 지하공기질공정시험방법에 의거 실시하고 있다.

<표6> 서울시 보건환경연구원 특별관리역사현황

구 분	역 사 명	비 고
1호선	시청, 동대문, 서울역, 청량리, 종로5가	지하철공사 19개역
2호선	삼성, 왕십리, 을지로3가, 이대입구, 강남	
3호선	종로3가, 경복궁, 충무로, 고속터미널	
4호선	동대문운동장, 성신여대, 신용산, 사당, 명동	
5호선	광화문, 강동, 방이, 김포공항, 공덕	도시철도공사 16개역
6호선	약수, 신당, 합정, 월드컵경기장	
7호선	군자, 면목, 강남구청, 태릉입구	
8호선	잠실, 가락시장, 강동구청	

시 보건환경연구원이 측정한 결과를 보면, 분기 1회 공기질 측정결과 전 지하역사가 당시기준이내였으나 2002년에는 미세먼지기준강화로 유동 인구가 많은 도심환승역 등에서 기준이 초과되었다. 초과원인은 기준치가 2002년부터 기존의 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 $140\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 강화되면서 준비가 소홀한 측면이 있지만 지하철환기부 주변의 보·차도에서의 자동차매연과 배기가 스가 유입되고, 외부 먼지가 유입된 것으로 조사되었다.

서울시 보건환경연구원이 분석한 지하역사 오염도 분석결과를 보면, 먼저 ▲분기별 미세먼지 오염도를 보면 2분기>4분기>1분기>3분기 순으로 높으며 서울지하철공사는 117(2002.1분기)~154(2001.1분기), 도시철도는 102(2002.3분기)~132(2001.2분기)범위내에 분포하는 것으로 조사되었다. 계절별로는 이용승객이 적은 하계휴가 및 우기가 겹쳐있는 3분기에 미세먼

지오염도가 낮으며 황사 등의 영향으로 2분기의 오염도가 높은 것으로 나타났다.

지하역사 측정지점별 오염도를 보면, 초과지점은 주로 승강장에서 발생하고 있으나 일부역은 매표소에서도 발생하며, 지점별 평균은 서울지하철 매표소 118, 승강장 141, 도시철도매표소 93, 승강장 111로 양공사 모두 승강장이 매표소에 비하여 약 19% 오염도가 높은 것으로 나타났다. 노선별 오염도를 보면, 가장 먼저 건설되어 노후된 서울지하철 1호선이 가장 높으며 도시철도 8호선이 가장 낮다. 최근 개통한 6, 7호선에서도 기준초과역이 발생하는 추세인데 이후 유동인구 증가에 따라서 추가로 기준초과역이 발생할 우려가 크다.

기준초과반복지점은 시청역, 서울역, 광화문역 승강장 등이 미세먼지 기준초과 빈도가 높으며 1호선은 시설이 노후하고 터널내 환기시설이 미비하여 전 역사가 기준이 초과될 우려가 높다.

(2) 2002년도 서울시 지하철역사 공기질 측정결과 오염현황

2003년도 서울시 양공사가 지하공기질 자체측정결과를 보면 미세먼지를 제외한 나머지 6개 항목은 전 지하철역사에서 모두 기준치 140이하를 기록했다. 미세먼지의 경우 지하철건설기간이 30년이 넘어 시설이 노후한 1호선의 동대문($140.8\mu\text{g}/\text{m}^3$)과 신설동($143.5\mu\text{g}/\text{m}^3$), 냉방화공사중인 2호선 을지로4가($161.8\mu\text{g}/\text{m}^3$), 삼성역($154.5\mu\text{g}/\text{m}^3$), 3호선 신사역($177.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)에서 기준치를 초과한 것으로 나타났다.

년 1회 자체측정하여 경인지방환경관리청장에게 보고하는 자체측정은 측정주체는 양공사이고 측정은 지하공기질관리법 시행규칙 제 9조에 의거 환경부장관이 지하공기질검사기관으로 인정받은 기관에게 위탁하여 측정

하는데 측정장소는 전 지하역사의 승강장, 매표소 및 환승통로이다. 물론 보고의 주체는 양 공사이다.

<표7> 서울시 각 호선별 지하철역사 공기질 측정결과(2003년)

구 분		PM-10	CO ₂	NO ₂	HCHO
기 준 치		140 μ g/m ³ .일	1000ppm/hr	0.14ppm/hr	0.05ppm/일
서울 지하철	1호선	131	550	0.026	0.0065
	2호선	118	565	0.024	0.0045
	3호선	118	538	0.025	0.0036
	4호선	113	532	0.025	0.0028
도시 철도	5호선	107	422	0.0350	0.0032
	6호선	103	427	0.0311	0.0051
	7호선	107	425	0.0306	0.0037
	8호선	106	425	0.0296	0.0041

위 <표7>에서 보는 바와 같이 서울지하철은 개통한지 30년 가까이 되는 1호선이 미세먼지, 이산화질소, 포름알데히드, 이산화탄소 등이 타 호선에 비해서 높음을 알 수 있다.

<표8> 2001~2003년의 지하철역사 공기질 오염도 현황

구분	2001		2002		2003	
	서울 지하철	도시철도	서울 지하철	도시철도	서울 지하철	도시철도
미세먼지	126	111	117	108	119	106
납	0.13	0.146	-	-	-	-
포름알데히드	0.010	0.004	0.004	0.006	0.004	0.004
아황산가스	0.015	0.011	-	-	-	-
이산화질소	0.028	0.035	0.029	0.033	0.025	0.032
일산화탄소	3.0	3.0	-	-	-	-
이산화탄소	543	442	548	581	533	424

환경부 생공67307-283호('02.4.18)에 의거 기준치보다 훨씬 낮은 농도의 아황산가스, 납, 일산화탄소는 측정에서 제외되었다.

한편 서울시 보건환경연구원에서 검사한 특별관리역사 공기질측정결과를 보면 미세먼지 항목을 제외한 나머지 항목의 평균 오염도는 모두 기준 이내이다. 또 매분기마다 6~11개 지하역사에서 미세먼지 기준을 초과하고 2002년도와 같이 1호선의 경우 지하철이 건설된지 오래된 노선의 경우 시설이 노후하여 기준을 초과한 역사가 많음을 알 수 있다.

<표9>와 같이 최근 3년간 특별관리역사 기준초과역사현황을 보면 2001년은 공기질항목이 모두 기준치 이내였으나 2002년부터 미세먼지항목만 기준치가 초과되었다. 이는 2002년부터 미세먼지 기준이 $200 \rightarrow 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (서울시 140)으로 강화됨에 따라 2001년까지는 기준치 이내였으나 2002년부터는 일부역에서 기준치를 초과하고 있는 것이다.(미세먼지 연차별 기준강화: $250 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{일} \rightarrow 200(2001\text{년}) \rightarrow 150(2002\text{년:서울시 } 140)$)

<표9>서울시 특별관리역사 지하공기오염도 현황(2003년)

항목			SO ₂	NO ₂	CO ₂	CO	HCHO	PM-10	Pb
분기			0.10 ppm/hr	0.14 ppm/hr	1000 ppm/hr	10 ppm/hr	0.05 ppm/hr	140 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{일}$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{일}$
2003년	1분기	평균	0.004	0.05	569	2.4	0.015	118	0.093
		최소	0.002 (김포공항 5)	0.033 (김포공항 5)	446 (방이5)	1.6 (김포공항 5)	0.008 (방이5)	58 (월드컵 경기장6)	0.071 (월드컵 경기장6)
		최대	0.006 (고속터미널3)	0.065 (군자7)	736 (강남2)	3.6 (강남구청 7)	0.023 (동대문운동장4)	171 (종로5가1)	0.116 (동대문운동장4)
	2분기	평균	0.004	0.053	556	2.6	0.013	116	0.093
		최소	0.002 (월드컵경기장6)	0.037 (방이5)	461 (월드컵 경기장6)	1.4 (방이5)	0.007 (월드컵 경기장6)	52 (김포공항5)	0.071 (김포공항5)
		최대	0.006 (고속터미널3)	0.066 (종로5가1)	759 (강남2)	3.8 (종로5가1)	0.022 (고속터미널3)	178 (시청1)	0.110 (동대문운동장4)

<표10> 2001년~2003년 2/4분기 서울시 미세먼지 기준초과역사 현황

- ◆ 2002년 1/4분기(8개역) : 2002. 2. 2 ~ 3.19
종로5가(177), 시청(157), 광화문(156), 신당(152), 종로3가(147),
가락시장(144), 삼성(144), 면목(141)
- ◆ 2002년 2/4분기(11개역) : 2002. 5. 13 ~ 6. 7
종로5가(173), 시청(169), 서울역(160), 삼성(153), 동대문(152), 신당
(151),
강남구청(148), 왕십리(143), 가락시장(143), 공덕(142), 동대문운동장
(141)
- ◆ 2002년 3/4분기(6개역) : 2002. 8.20 ~ 9.13
종로5가(178), 동대문(169), 시청(163), 서울역(152), 신당(146), 청량리
(141)
- ◆ 2002년 4/4분기(9개역) : 2002.11.14 ~ 12.10
종로5가(182), 시청(174), 서울역(163), 광화문(154), 동대문(151)
합정(149), 을지로3가(148), 신당(147), 사당(143)
- ◆ 2003년 1/4분기(8개역) : 2003. 2.12 ~ 3.12
시청(161), 서울역(155), 동대문(146), 고속터미널(148), 종로5가(171)
합정(143), 강남구청(153), 가락시장(143)
- ◆ 2003년 2/4분기(11개역) : 2003. 5. 6 ~ 6.2
시청(178), 서울역(157), 동대문(151), 청량리(143), 종로5가(160), 강남
(143), 고속터미널(151), 동대문운동장(142), 사당(145), 군자(147), 강남
구청(144)

5. 서울시 지하철역사오염 악화추세 원인분석 및 문제점

현재 서울시는 지하철 연장운행, 적시성, 승차요금 할인을 적용확대, 인근상가와 지하철역사와의 통로연결 등의 정책시행으로 지하철이 상대적으로 편리하다는 인식의 확산으로 지하철역사의 유동인구가 계속 증가할 전망이며, 유동인구의 증가는 전동차 배차시간 단축, 역사내 혼잡도·미세먼지 등 오염물질 배출 증가를 유발하여 기준초과역이 추가로 발생하고 있고, 발생할 우려가 크다.

실제 <표9>에서 보는 바와같이 1호선 뿐만 아니라 개통된지 몇 년 안 되는 도시철도공사역사에서 기준초과역사가 늘어나고 있다.

무엇보다도 지하철역사 미세먼지 오염의 주된 원인은 서울시 대기중 자동차로 인한 미세먼지 오염의 증가를 첫째 이유로 꼽을 수 있겠다. <표10>과같이 서울시 대기중 미세먼지 오염도를 보면 1995년 이후 꾸준히 감소추세를 보이다가 IMF이후 경제여건이 호전됨에 따라서 급격한 자동차등록대수의 증가, 공사장 등 건축공사의 증가로 오염도가 증가추세이며 특히 2002년에는 봄철 황사가 심하여 오염도가 높은 수준으로 증가하였다. 이처럼 바깥공기에 미세먼지가 많으니 바깥공기가 바로 실내로 유입되어서 실내공기가 오염되는 것이 가장 주된 이유이다. 비록 서울시가 역사내로 유입되는 공기는 2중으로 설치된 자동재생공기여과장치(필터)로 분진을 제거한다하지만 유동인구가 워낙 많고, 필터교체주기가 길거나 환기시설이 노후하고 계절적으로 황사오염의 우려가 큰 시기에는 기준을 초과하는 사례가 많다.

<표11> 서울 대도시중 미세먼지 오염도 추이

(단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구 분	국 가 환경기준	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003.10
미세먼지 (PM-10)	70 (서울시60)	68	59	66	65	71	76	70

<표11>에서 보는 바와같이 서울의 일반대기중 미세먼지 주요배출원을 보면 도로에서 자동차 배출과 관련한 자동차연료연소 등에서 주로 많이 발생하여 78.2%를 차지하고 건설공사장에서 15.4%, 생활주변 나대지 등에서 6.4%발생하고 있다. 따라서 지하역사의 오염의 주원인은 서울의 대기오염 그 중에서도 자동차 배기가스로 인한 오염을 근본적으로 해결하지 않고서는 아무리 청소를 잘하고 성능 좋은 필터를 장착하고 교체한다고 해도 한계가 있음을 알 수 있다.

<표12> 서울시 미세먼지 배출량(2002년도)

(단위: 톤/년)

구 분	계	도 로				공사 장	고정오염 (사업장)	나대지 등 기타	황사
		소 계	도 로 차량운행	타이어 마모	자동차 연료				
배출량 (비율)	32,622 (100)	25,508 (78.2)	19,233 (59.0)	2,195 (6.7)	4,080 (12.5)	5,029 (15.4)	2,011 (6.2)	74 (0.2)	-
오염도 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	76	51.6	38.9	4.4	8.3	10.2	4.1	0.1	10

지하역사 공기질 오염의 추세와 제도적인 문제점을 분석해 보면 다음과 같다.

(1) 미세먼지 기준초과역이 증가하고 있다.

○ 지하철 연장운행, 적시성, 승차요금 할인을 적용확대, 인근상가와 지하철역사와의 통로연결 등의 정책시행, 유동인구 증가 등 지하철사 오

염물질 발생원의 대폭 증가

- 기존 공기질 관리방식으로는 미세먼지 저감에 기술적 한계
- 전동차 진입시 열차풍에 의한 미세먼지 재비산
- 체계화된 공기질 자료 미비로 미세먼지 저감대책 추진 곤란

(2) 서울시 양 공사자체가 역사내 공기질을 측정·분석을 할 수 있는 능력이 결여되어 있다.

- 법규상 년 1회 의뢰 측정으로 정확한 공기질 현황 파악 곤란
- 측정업체에 의존성이 높아 발주·계약·측정에 시간 과다소요
- 자가 측정·분석능력 결여로 역사내 오염시 원인분석 등 대처 곤란

(3) 공기질 관리인력이나 장비도 부족하다.

- 공기질 기준강화 및 역사내 환경변화에 따른 관리·인력 수요 증가
- 관리·인력 부족으로 역사내 공기질 자가 측정·분석·대책 시행의 어려움
- 공기질 자동측정 장비 승강장 미설치, 데이터 체계적 관리·활용 미흡 등으로 분석되었다.