

다중 이용시설의 실내 공기질 특성 연구

-지하역사 등 8개 시설군 중심으로-

곽 진* · 빈재훈 · 최홍식

산업환경과

Study on Characteristics of Indoor Air Quality in Public Facilities

- Focusing at Eight Public Facility groups -

Jin Kwak †, Jea-Hun Bin and Hong-Sik Cheigh

Industrial Environment Division

Abstract

The Seven indoor air pollutants including PM10 were measured at eight public facility groups during two years(2004, 2005) in this Study.

The concentration of PM10 was highest value at subway station, CO₂ was at the underground Shopping Area, CO was at the Indoor parking lot, HCHO was at the Art museum, and total airborne bacteria was at Jimjilbang.

The Concentration of PM10 was negatively strongly correlated with HCHO(-0.833).

Total airborne bacteria exceeded the standard for Indoor Air Quality(800 CFU/m³) in only one site(medical institute). The concentrations of PM 10 and NO₂ were 1.4 times and 1.9 times higher at the Subway Line I than Subway Line II.

Key Words: Public Facilities , Indoor Air Quality, PM10, HCHO, Total airbome bacteria

서 론

실내 공기질에 대한 문제는 1970년대 이후 각종 산업분야에서 에너지 절감 및 효율을 높이기 위한 노력의 일환으로 건물의 열 효율을 위한 밀폐화와 에너지 절감장치를 설치하는 건물의 증가로 인하여 이들 건물의 실내공기질이 악화되면서 발생되었다. 또한, 다양한 산업기술의 산물인 새로운 건축자재에서의 의외의 오염물질이 방출되고, 경제수준의 향상으로 인한 다양한 생활용품 사용의 증가로 새로운 오염물질이 방출되면서 실내공기질이 오염되었고, 이는 건물내 거주자들이 두통, 현기증, 눈의자극 등 일시적 또는 만성적인 건강과 관련된 증상을 보이 시작되었다. 그럼에도 불구하고, 산업화와 경제화에 초점을 맞춘 국가정책에 따라 실내환경의 중요성은 인식되지 못하였고, 1970년대초 선진 각국에서 빌딩증후군(SBS-Sick Building Syndrome)이라 하는 새로운 증상이 보고되면서부터 본격적으로 건강위해성과 관련하여 관심을 갖게 되면서부터 쾌적하고 건강한 실내공기오염의 중요성이 인식되기 시작되었다.

일반적으로 도시인들은 실내에서 생활하는 시간이 하루 중 85%이상을 차지하고 있으며 실내공기질은 실외와는 달리 실내의 오염원과 실외 오염물질의 유입에 의해 오염될 경우 쉽게 정화되지 않을 뿐만 아니라 재실자들의 건강까지도 위협하고

있다. 이러한 점을 감안할 때 다중이용시설에 대한 실내공기질 실태 및 특성파악이 무엇보다 중요하다고 하겠다.

한편 정부에서는 생활수준의 향상과 더불어 건강 및 환경문제에 대한 인식이 고취됨에 따라 지하역사 및 지하상가의 실내 공기질을 대상으로 한 지하생활공간공기질관리법을 여객터미널, 의료기관등 다중이용시설의 관리 대상을 확대한 다중이용시설 등의 실내공기질관리법을 개정 및 공포하여 다중이용시설의 실내공기질을 알맞게 유지하여 국민의 건강을 보호하고자 하고 있다.

이에 본 연구에서는 다중이용시설 17개군 중에서 대부분을 차지하고 있는 의료기관, 실내주차장, 지하역사 등 8개 시설군에 대하여 미세먼지, 일산화탄소, 이산화탄소, 포름알데히드 등의 오염현황 및 특성을 파악하고 이들 물질간의 상호관련성을 규명하여 다중이용시설의 실내공기질 개선 및 대책수립에 기여하고자 한다.

연구내용 및 방법

시료채취지점 및 측정항목

본 조사대상시설은 2004년도에는 지하역사(22개) 및 지하도상가(3개)로서 2개시설군을 대상으로 6개항목(유지기준항목 중 PM10, CO, CO₂과 권고기준항목 중 NO₂, 석면, 라돈)

† Corresponding author. E-Mail: jinkwak1@hanmail.net
Phone: 051-757-6937, Fax: 051-757-2879

Table 1. Measurement site of eight public Facility groups

대상시설	지점수	채취지점	비고
지하역사		승강장 및 대합실의 중앙점	
지하도 상가		주보행 공간 및 주요 상점의 내부 중앙점	
공항시설중터미널		대합실 및 승강장 중앙점	
미술관	2개소	주 관람 및 전시실 중앙점	채취위 치는 바닥
의료기관		대기실 및 주요 병실 중앙점	으로부터 1.2~1.5 m
실내주차장		층별 주차공간의 중앙점	
대규모 점포		층별 대상시설의 주요 활용공간 중앙점	
찜질방		주요 휴식공간 및 찜질실 중앙점	

Table 2. Measurement time and method of indoor air quality in Public Facilities

측정항목	시료채취 방법 및 시간
HCHO	주간시간대 유속 500 mL/min로 30분간 2회 측정 또는 현장측정기로 30분간 2회 측정
PM10	주간시간대에 5 L/min으로 8시간 측정 지하역사 및 지하상가는 24시간측정
CO,CO ₂ ,석면,NO ₂	주간시간대에 1시간 측정
총부유세균	주간시간대 총 포집량 200~1,000 L으로 1회 측정
Rn	주간시간대에 8시간 측정

Table 3. Measurement equipment and method of indoor air quality

측정항목	측정장비명	측정방법	비고
PM10	PAS 201	미니블룸에어샘플러법	마이크로밸런스를 이용하여 중량법으로 분석
CO ₂	BE-PM4	비분산적외선법	
HCHO	Σ100	2,4-DNPH 유도체화 분석법	HPLC로 분석
	FP-30	현장측정법(광전광도법)	
CO	ML 9830	비분산적외선법	
총부유세균	MAS-100	충돌법	배양후 세균집락수 산출
NO ₂	ML 9841	화학발광법	
석면	SIP 32L	위상차현미경법	서울대 보건대학원에서 분석
Rn	RAD7	연속모니터측정법	



Fig. 1. Measurement figure of indoor air quality in Public Facilities.

에 대하여 조사하였고 2005년도에는 8개시설군(지하역사(9), 지하도상가(2개), 공항시설(2), 미술관(1), 의료기관(12), 실내주차장(14), 대규모점포(12), 찜질방(8))60개소를 대상으로 5개항목(PM10, CO, CO₂, HCHO, 총부유세균(의료기관등 일부시설))에 대하여 조사하였다.

시료채취 및 측정방법

다중이용시설 8개 시설군에 대한 시료채취지점은 표 1에 표시하였고 시료채취방법 및 채취시간은 표 2와 같이 오염물질별로 주간시간대(오전8시~오후7시)에 30분에서 8시간 시료를 채취하였고 단, 지하역사와 지하도상가에 있어서 PM10의 경우는 24시간 시료를 채취하였다.

결과 및 고찰

시설군별 공기질 특성 및 상관관계

지하역사 등 8개시설군에 대한 공기질 측정결과와 상관관계를 표 4와 표 5에 나타내었다.

8개시설군에 대한 PM10 등 오염물질별 상관관계를 살펴보면 PM10과 HCHO가 -0.838로 음의 상관관계를 나타내었는데 이는 PM10은 보통 낡고 오래된 건물에서 높게 나타나는 반면 HCHO는 신축건물이나 리모델링시 건축자재의 접착제등에 많이 사용 하는 것과 관련이 있는 것으로 사료된다.

Table 4. Measurement result indoor air quality of eight public Facility groups

구분	PM10	CO ₂	HCHO	CO	총부유세균
지하역사	73.0	547	4.2	0.9	-
지하도상가	55.8	690	25.8	1.6	-
공항시설	71.4	663	10.9	0.9	-
미술관	31.4	458	37.5	0.4	-
의료기관	51.5	652	11.7	0.9	525
실내주차장	59.2	560	6.1	4.0	83
대규모점포	40.4	590	30.1	1.2	142
찜질방	68.1	644	22.8	0.9	705

Table 5. Correlation coefficient of indoor air quality of eight public Facility groups

구분	PM10	CO ₂	HCHO	CO
PM10	1.000			
CO ₂	0.139	1.000		
HCHO	-0.838	-0.218	1.000	
CO	0.245	-0.083	-0.532	1.000

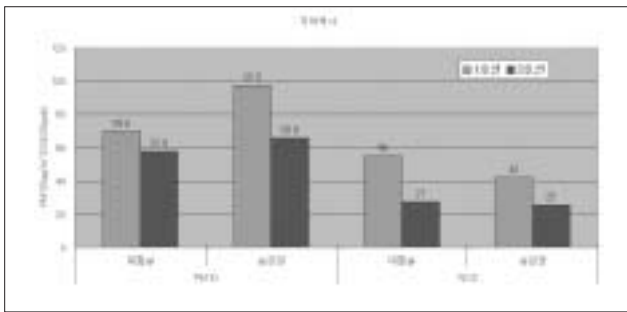


Fig. 2. Measurement result of PM10 and NO₂ at the Subway station.

지하역사 공기질

지하역사 31개소(1호선 16개소, 2호선 15개소) 62개지점에 대한 공기질 측정결과를 그림 2와 표 6에서 보면 PM10 농도는 1호선이 83.6 µg/m³으로 2호선의 61.8 µg/m³에 비해 약 1.4

배, NO₂의 농도는 1호선이 49 ppb로 2호선의 26 ppb에 비해 약 1.9배 높게 검출되었는데 이에 대한 원인으로서는 1호선이 2호선에 비해 환기시설의 용량의 부족, 급기부의 높이가 낮아 자동차 배출가스등의 직접적인 영향을 많이 받는데 기인한 것으로 사료되며 대합실과 승강장에 있어서 PM10의 농도는 1호선이 2호선에 비해 대합실의 경우는 1.2배, 승강장의 경우는 1.5배 높은 것으로 나타났는데 이는 1호선은 철로가 자갈바닥으로서 2호선의 콘크리트 바닥에 비해 먼지가 많이 발생하는 데 주요인이 있는 것으로 사료된다.

또 1,2호선 모두 대합실에 비해 승강장의 PM10이 높은 이유는 외부먼지의 유입외에 전동차의 진입시 열차풍에 의한 먼지의 비산과 바퀴의 마모, 마찰시 스파크에 의한 미세먼지의 발생으로 판단된다.

한편 지하역사에 대한 상관관계를 그림 3에서 살펴보면 승강장과 대합실의 PM10의 경우 상관계수 r=0.734, CO₂, CO는 상관계수는 각각 r=0.802와 r=0.824로 높은 양의 상관관계를 나타내어 대합실과 승강장에 있어서 이들의 농도는 어떤 공통적인 요인에 의해 증가 또는 감소하는 상호 밀접한 관련성을 보여 주고 있다.

또한 1호선 및 2호선별 상관관계를 표 7에서 살펴보면, 1호선에 있어서는 NO₂와 CO가 0.559의 양의 상관관계를 나타내고 있어 이들 오염물질은 자동차와 관련이 있는 것으로 추정되

Table 6. Average concentration of indoor air quality at the Subway station

항목	기준	구분	평균			최대	최소
			전체	1호선	2호선		
PM10(µg/m ³)	150 µg/m ³ · 일	대합실	63.8	69.6	57.6	118.9	24.4
		승강장	82.2	97.5	65.9	161.8	31.8
CO ₂ (ppm)	1000 ppm /1시간	대합실	550	560	541	684	453
		승강장	544	549	539	680	453
CO(ppm)	10 ppm /1시간	대합실	0.9	1.0	0.9	2.0	0.2
		승강장	0.9	0.9	0.9	2.4	0.3
HCHO(µg/m ³)	120 µg/m ³ · 시간	대합실	4.2	3.8	4.7	18.6	0.0
		승강장	4.3	7.5	0.3	25.0	0.0
NO ₂ (ppm)	0.05 ppm /1시간	대합실	0.041	0.055	0.027	0.086	0.017
		승강장	0.034	0.042	0.025	0.080	0.015
Rn(pCi/L)	4 pCi/8시간	대합실	0.09	0.12	0.06	0.21	0.02
		승강장	0.35	0.35	0.35	0.61	0.20
석면(개/cc)	0.01 개/cc	대합실	0.004	0.004	0.004	0.012	0.001
		승강장	0.004	0.005	0.003	0.011	0.001

며, 2호선의 경우는 PM10과 CO₂의 상관계수 r의 값이 0.672로 나타나 유동인구 및 환기시설과 이들이 밀접한 관련성이 있는 것으로 사료된다.

지하도상가 공기질

지하상가 5개소에 대한 공기질 측정결과를 표 8에서 살펴보면 전항목이 실내공기질 기준 이하로 나타났고 이 중 최근 리모델링한 지하상가의 경우 HCHO가 51.5 µg/m³로 높게 검출되었다.

한편 오염물질별 상관관계는 표 9에서 보는바와 같이 CO와 CO₂의 r값이 0.665로 가장 높게 나타났다.

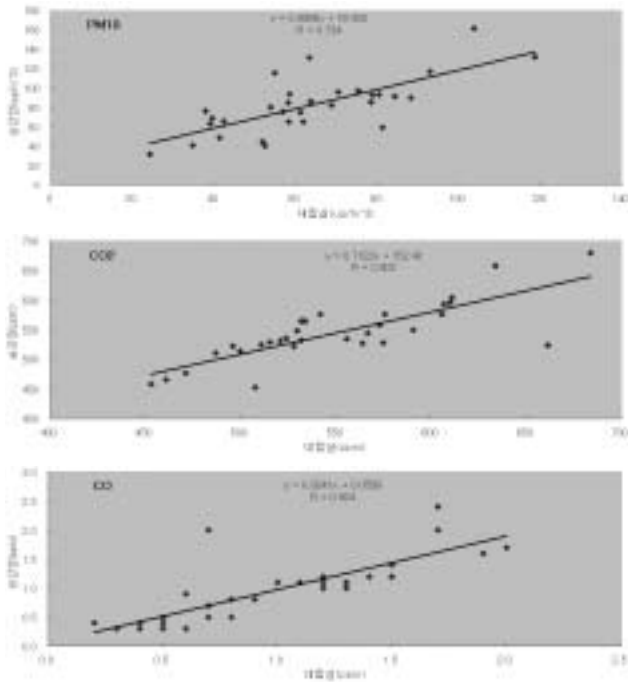


Fig. 3. Correlation coefficient of PM10 and CO₂, CO at the waiting room and platform.

Table 7. Correlation coefficient of indoor air quality At the Subway Line No. I, II

구분	1호선						2호선					
	PM10	CO ₂	CO	NO ₂	Rn	석면	PM10	CO ₂	CO	NO ₂	Rn	석면
PM10	1.000						1.000					
CO ₂	0.214	1.000					0.672	1.000				
CO	0.194	0.550	1.000				0.370	0.518	1.000			
NO ₂	0.017	-0.127	0.559	1.000			0.071	0.134	-0.305	1.000		
Rn	-0.364	-0.365	-0.135	0.086	1.000		-0.263	-0.290	0.460	-0.307	1.000	
석면	-0.436	0.436	0.380	-0.076	-0.308	1.000	-0.036	0.463	0.448	-0.319	0.083	1.000

Table 8. Measurement result of indoor air quality at the underground shop-ping area

구분	항목	PM10	CO ₂	CO	HCHO	NO ₂	라돈	석면
	기준	150 µg/m ³ · 8시간	1000 ppm /1시간	10 ppm /1시간	120 µg/m ³ · 시간	0.05 ppm /1시간	4 pCi /8시간	0.01 개/cc
평균		55.8	690	1.6	25.8	0.020	0.15	0.005
최대		96.8	899	3.6	51.5	0.029	0.16	0.008
최소		34.3	527	0.9	0.0	0.016	0.15	0.003

Table 9 . Correlation coefficient of indoor air quality at the underground shop-ping area

구분	PM10	CO ₂	CO
PM10	1.000		
CO ₂	-0.119	1.000	
CO	-0.235	0.665	1.000

공항시설 중 여객터미널 공기질

공항시설 중 여객터미널 2개소에 대한 공기질 측정결과를 표 10에서 살펴보면 전체오염물질농도가 실내공기질기준 이하로 조사되었으나 조사시점이 12월초로 난방 등의 목적으로 일부 출입문의 사용을 제한하여 환기율이 떨어져 PM10 및 CO₂의 농도가 비교적 높게 나타났다.

Table 10. Measurement result of indoor air quality at the airport Facilities

구분	항목	PM10	CO ₂	CO	HCHO
	기준	150 µg/m ³ · 8시간	1000 ppm /1시간	10 ppm /1시간	120 µg/m ³ · 시간
평균		71.4	663	0.9	10.9
최대		80.5	720	0.9	21.8
최소		62.3	606	0.8	0.0

미술관 공기질

표 11에서 나타낸것과 같이 미술관의 경우에는 HCHO를 제외한 공기질의 수준이 8개시설군 중 가장 낮은 것으로 나타났고 미술품등 전시품의 영향으로 HCHO의 농도는 37.5 µg/m³로 비교적 높게 검출되었다.

Table 11. Measurement result of indoor air quality at the art Museum

구분	항목	PM10	CO ₂	CO	HCHO
	기준	150 µg/m ³ · 8시간	1000 ppm /1시간	10 ppm /1시간	120 µg/m ³ · 시간
평균		31.4	458	0.4	37.5

Table 12. Measurement result of indoor air quality at the medical institute

항 목	PM10		CO ₂		HCHO		CO		총부유세균	
기 준	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot 8\text{시간}$		1000 ppm/1시간		120 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{시간}$		10 ppm/1시간		800 CFU/m ³	
구 분	대기실	주요병실	대기실	주요병실	대기실	주요병실	대기실	주요병실	대기실	주요병실
평균	56.5	46.4	716	588	13.8	9.6	1.0	0.8	642	408
최대	115.6	79.0	1328	794	35.6	34.3	1.8	1.0	1920	656
최소	26.1	26.6	484	477	0.0	0.0	0.4	0.3	197	176

Table 13. Correlation coefficient of indoor air quality at the medical institute

구 분	대기실					주요병실				
항 목	PM10	CO ₂	HCHO	CO	총부유세균	PM10	CO ₂	HCHO	CO	총부유세균
PM10	1.000					1.000				
CO ₂	0.087	1.000				0.556	1.000			
HCHO	-0.058	0.681	1.000			0.435	-0.255	1.000		
CO	0.156	0.393	0.185	1.000		0.088	0.003	-0.199	1.000	
총부유세균	0.564	0.709	0.433	0.591	1.000	0.197	0.063	0.128	0.558	1.000

Table 14. Correlation coefficient of indoor air quality at the waiting room and sickroom

구 분	대기실					
	PM10	CO ₂	HCHO	CO	총부유세균	
주요병실	PM10	0.661				
	CO ₂	0.549	0.189			
	HCHO	-0.108	0.091	0.678		
	CO	0.261	0.266	0.019	0.912	
	총부유세균	0.422	0.381	0.304	0.699	0.480

의료기관 공기질

12개 의료기관에 대한 공기질 측정결과를 살펴보면 건축연도가 오래된 의료기관에서는 PM10농도가 높게 나타난 반면 HCHO의 경우는 거의 검출되지 않았다.

한편, 모 의료기관의 대기실의 경우 건물은 낡고 이용인구는 많은 반면 환기시설 등의 용량이 부족하여 대기실의 경우 총부유세균의 농도가 1920 CFU/m³로서 기준치인 800 CFU/m³를 2.4배 초과하였고 CO₂도 1328 ppm으로 기준치인 1000 ppm를 초과하였다.

대기실과 주요병실에 대해 오염물질 항목별로 표 12에서 살펴보면 대기실이 주요병실에 비해 전체 측정 항목에서 모두 높게 검출되었다.

대기실과 주요병실의 상관관계를 표 13에서 살펴보면 대기실의 경우에는 총부유세균과 CO₂의 상관계수 r=0.709로 가장 높게 나타나 이들물질은 이용객수와 관련성이 있는 것으로 추정되며, 병실의 경우에는 총부유세균과 CO의 상관계수 r=0.558로 가장 높은 것으로 나타났다.

한편 대기실 및 주요병실에 있어서 동일항목에 대하여 상관관계를 표 14에서 살펴보면 대기실과 주요병실의 PM10 항목간의 상관계수는 0.661, HCHO간의 상관계수는 0.678로 나타났다. 또한 CO의 경우 상관계수 r=0.912로 높게 나타나 차량 등 외부 대기질의 요인에 의한 영향이 클 것으로 추정 할 수 있다.

한편 이용객수와 환기의 적정여부를 판단할 수 있는 CO₂의 상관계수 r=0.189로 매우 낮게 나타났다.

실내주차장 공기질

실내주차장 12개소에 대한 공기질 측정결과를 표 15에서 살

Table 16. Correlation coefficient of indoor air quality at the indoor parking lot

구 분	PM10	CO ₂	HCHO	CO
PM10	1.000			
CO ₂	0.263	1.000		
HCHO	0.634	0.280	1.000	
CO	0.445	0.665	0.392	1.000

Table 15. Measurement result of Indoor Air Quality at the indoor parking lot

구 분	항목	PM10	CO ₂	HCHO	CO	총부유세균
	기 준	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot 8\text{시간}$	1000 ppm/1시간	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot 1\text{시간}$	25 ppm/1시간	-
평균		59.2	560	6.1	4.0	83
최대		86.9	719	25.0	8.1	110
최소		29.4	458	0.0	1.4	56

Table 17. Measurement result of indoor air quality at the large scale store

구 분	항목	PM10	CO ₂	HCHO	CO	총부유세균
	기 준	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot 8\text{시간}$	1000 ppm/1시간	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot 1\text{시간}$	10 ppm/1시간	-
평균		40.4	590	30.1	1.2	142
최대		68.7	906	77.9	1.9	180
최소		17.7	456	12.5	0.5	104

퍼보면 전 지점에서 실내환경기준을 만족하고 있으나 차량의 영향으로 다른 시설군에 비해 CO 농도의 평균값이 4.0 ppm으로 높게 검출되었고 실내주차장 중에서 2개소는 문현상 20분이상 지속될때 신경계 반사작용 변화를 일으키는 수준인 5ppm을 넘어선 8.1 ppm이 검출되어 이곳에서 장시간 근무자에 대한 적절한 조치가 필요할 것으로 사료된다.

한편, 오염물질별 상관관계를 표 16에서 보면 CO와 CO₂의 상관계수 r=0.665로 나타나 이들물질의 증감은 차량과 관련이 있는 것으로 사료된다.

대규모점포 공기질

대규모점포 12개소에 대한 공기질 측정결과를 표 17에서 살펴보면 전항목이 실내공기질 기준을 만족하고 있으며 CO₂의 경우 대규모점포 중 이용인구가 많은 마트에서 가장 높게 나타났다.

오염물질간의 상관관계를 표 18에서 살펴보면 PM10과 CO₂

Table 18. Correlation coefficient of indoor air quality at the large scale store

구 분	PM10	CO ₂	HCHO	CO
PM10	1.000			
CO ₂	0.590	1.000		
HCHO	-0.169	-0.171	1.000	
CO	0.142	0.394	-0.105	1.000

의 상관계수 r= 0.590으로 나타난 것으로 추정해 볼 때 이들 물질의 증가는 이용객의 증가와 다소 관련이 있는 것으로 추정된다.

찜질방 공기질

8개 찜질방에 대한 공기질 측정결과를 표 19에서 살펴보면 휴식공간과 찜질실에 있어서 오염물질 중 CO를 제외한 4개 항목에서 찜질실이 높게 나타났는데 이는 찜질실내에는 온도가 높아 미생물이 성장하기 좋은 조건을 갖추고 있고 기계적인 환기시스템도 거의 설치되어 있지 않아 이들물질이 높게 나타난 반면 CO의 경우는 휴식공간내 설치된 음식점 등에서 조리 시 연료사용으로 인한 CO의 증가로 찜질실에 비해 높게 검출된 것으로 사료된다. 현재 찜질방에 대해서는 총부유세균의 실내기준은 설정되어 있지는 않지만 이번 조사결과에서는 4개소 중 2개소가 의료기관 등 총부유세균 실내공기질기준(800 CFU)을 초과하여 찜질방에 대한 기준설정 등 관리가 필요할 것으로 사료된다.

휴식공간 및 찜질실에 있어서 오염물질별 상관관계를 표 20에서 살펴보면 휴식공간에서는 CO와 HCHO의 상관계수 r=0.546, 찜질실에서는 CO₂와 CO의 상관계수 r=0.578로서 가장 높게 나타났다.

한편, 그림 4에서 보는바와 같이 동일항목간의 상관계수는 PM10간의 상관계수 r=0.795, CO₂간의 상관계수 r=0.783, CO는 0.972로 나타나 양의 상관관계를 나타내었으나, HCHO간의 상관계수 r=-.0769로 음의상관관계를 보였다.

Table 19. Measurement result of indoor air quality at the Jimjilbang

항 목	PM10		CO ₂		HCHO		CO		총부유세균	
	휴식공간	찜질실	휴식공간	찜질실	휴식공간	찜질실	휴식공간	찜질실	휴식공간	찜질실
기 준	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot 8\text{시간}$		1000 ppm/1시간		120 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot 1\text{시간}$		10 ppm/1시간		-	
평균	60.9	75.2	589	700	19.2	26.4	1.0	0.7	578	833
최대	92.3	121.1	742	898	39.2	49.9	1.6	1.8	1048	1280
최소	29.2	39.3	484	505	0.0	10.2	0.4	0.3	350	518

Table 20. Correlation coefficient of indoor air quality at the Jimjilbang

구 분	휴식공간				찜질실			
	PM10	CO ₂	HCHO	CO	PM10	CO ₂	HCHO	CO
PM10	1.000				1.000			
CO ₂	0.409	1.000			-0.165	1.000		
HCHO	-0.335	0.047	1.000		0.245	0.213	1.000	
CO	-0.346	0.237	0.546	1.000	-0.112	0.578	0.167	1.000

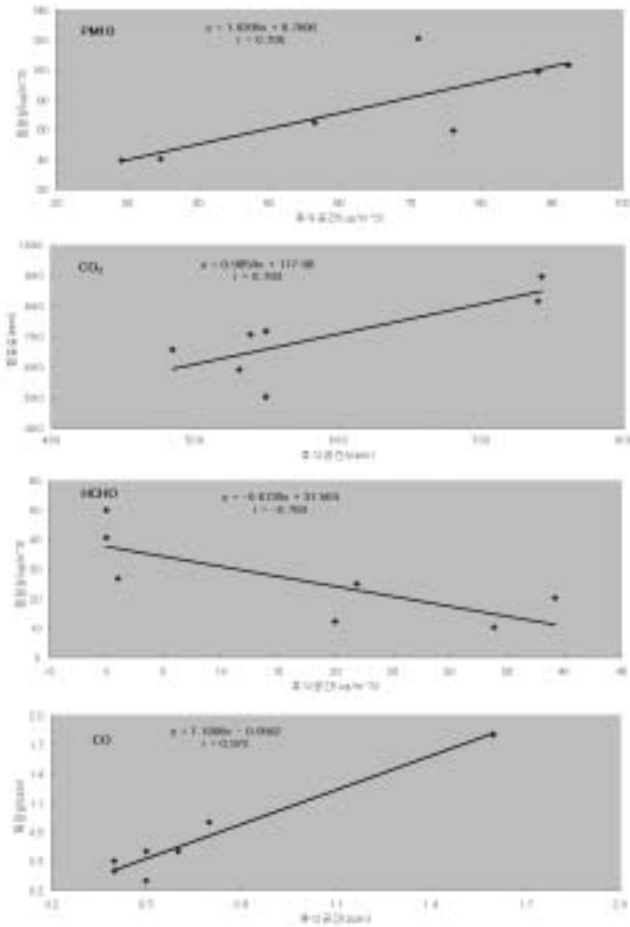


Fig. 4. Correlation coefficient of indoor air quality at the waiting room and Jimjilsil.

설군별 오염물질 측정결과

PM10

8개 시설군에 대한 PM10 농도 측정결과를 그림 5에서 살펴보면 지하역사의 평균값이 73.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높게 나타났고 다음으로는 공항시설, 찜질방 순이었으며 미술관의 평균값이 31.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 낮게 검출되었다.

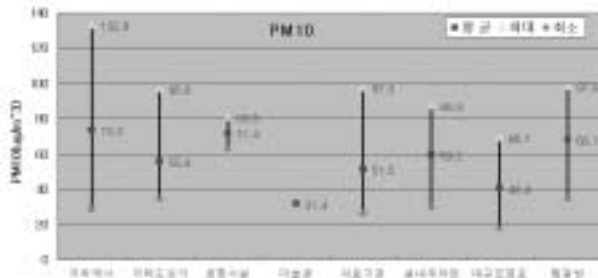


Fig. 5. Measurement result of PM10 of eight public Facility groups.

CO₂

8개 시설군에 대한 CO₂ 농도의 측정결과를 Fig. 6에서 살펴

보면 지하도상가>공항시설>의로기관>찜질방 순으로 조사 되었으나 이들 시설간의 농도 차이는 미미한 것으로 나타났고, 미술관의 CO₂ 농도가 가장 낮은것으로 조사되었다.

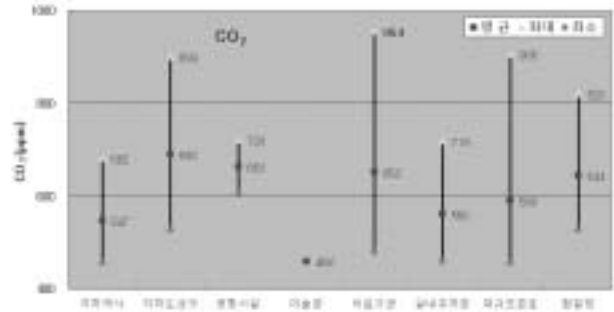


Fig. 6. Measurement result of CO₂ of eight public Facility groups.

CO

8개 시설군에 대한 CO농도 측정결과를 Fig. 7에서 살펴보면 실내주차장이 차량의 영향으로 4.0 ppm으로 다른시설군에 비해 매우 높게 나타났으나 실내주차장 실내공기질 기준인 25 ppm에는 못 미치는 것으로 나타났고 다음으로 지하도상가, 대규모점포 순으로 조사되었음

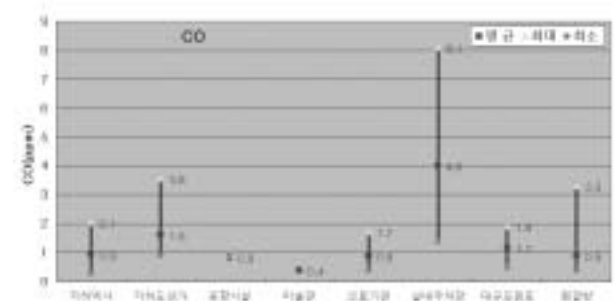


Fig. 7. Measurement result of CO of eight public Facility groups.

HCHO

8개 시설군에 대한 HCHO농도 측정결과를 그림 8에서 살펴보면 전시된 미술작품 등의 영향으로 미술관의 HCHO농도가 37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높은 것으로 조사되었으며 다음으로는

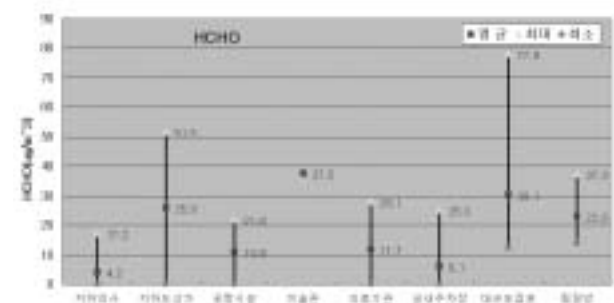


Fig. 8. Measurement result of HCHO of eight public Facility groups.

의류제품 등의 영향을 많이 받은 대규모점포, 지하도상가가 높은 것으로 나타났으며 지하역사(4.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 및 실내주차장(6.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)은 10 ppb 미만으로 매우 낮은 것으로 조사되었다.

총부유세균

4개시설군에 대한 총부유세균 농도 측정결과를 그림 9에서 살펴보면 현재 총부유세균의 기준은 800 CFU/ m^3 으로 대상시설이 의료기관, 국공립보육시설 등으로 한정되어 있지만 실내온도가 높아 미생물의 성장조건이 좋은 찜질방의 평균값이 705 CFU/ m^3 로 의료기관의 525 CFU/ m^3 보다 높게 나타나 향후 찜질방에 대한 기준설정 등 관리가 필요할 것으로 사료된다.

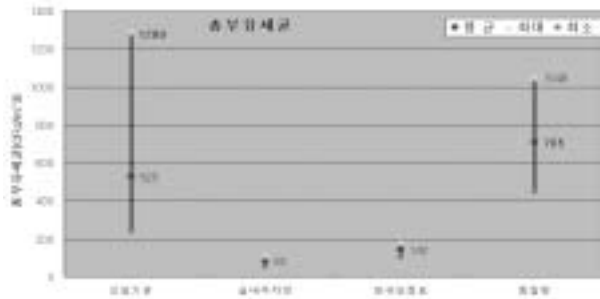


Fig. 9. Measurement result of total airborne bacteria of eight public Facility groups.

항목별 빈도분포

총 85개의 측정값을 대상으로 시설군에 따른 오염물질별로 표준편차와 평균값을 표 21에 나타내었다.

전체시설군에 대한 8개 항목별 빈도분포는 그림 10에 나타내었다. PM10의 경우는 평균 및 표준편차는 $61 \pm 23.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, CO₂의 경우에는 $589 \pm 105.7 \text{ ppm}$ 이고, CO의 경우는 1.5 ± 1.54 로 나타났다. 오염물질별 빈도분포를 살펴보면 PM10의 경우 전체범위 중에서 40 ~ 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 대가 약 44%로 가장 많았고 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하는 경우도 2번 나타났다. CO₂의 경우에는 550 ppm 전후대가 가장 많았으며 HCHO의 경우는 불검출이 전체의 30%를 차지하는 것으로 나타났으며, 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하는 경우도 1회 있었다.

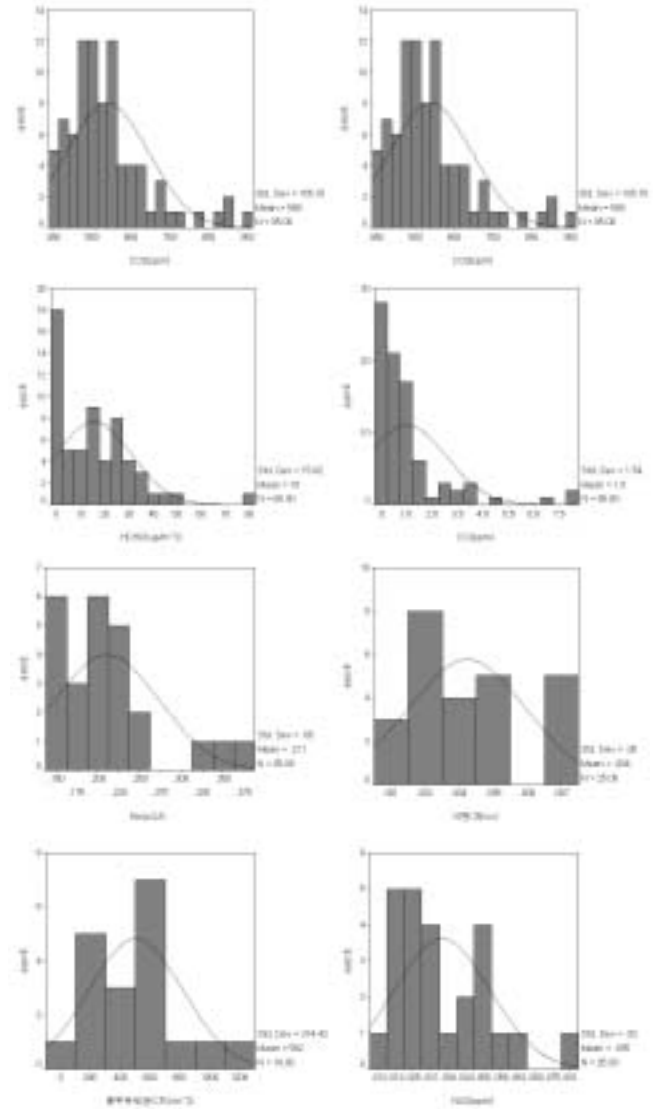


Fig. 9. Measurement result of total airborne bacteria of eight public Facility groups.

CO의 경우 1.0 ppm 이하가 전체의 47%를 나타내었으나 6 ppm 이상의 고농도도 3차례나 있었다. 라돈의 경우는 약 90%가 0.3 pCi로 실내공기질 기준인 4 pCi/l 에는 크게 못미치는 것으로 조사되었다.

Table 21. Average value and standard deviation of eight public Facility groups (mean \pm S.D)

구 분	PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO ₂ (ppm)	HCHO($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO(ppm)	총부유세균(CFU/ m^3)
지하역 사(N=31)	73.0 \pm 23.44	547.4 \pm 50.67	4.2 \pm 6.64	0.95 \pm 0.53	-
지하도 상가(N=5)	55.8 \pm 24.20	690.3 \pm 153.60	25.8 \pm 36.42	1.61 \pm 1.11	-
공항시 설(N=2)	71.4 \pm 12.87	663.0 \pm 80.61	10.9 \pm 15.41	0.85 \pm 0.07	-
미술관 (N=1)	-	-	-	-	-
의료기 관(N=12)	51.5 \pm 19.71	651.8 \pm 141.96	11.7 \pm 10.90	0.88 \pm 0.44	525.0 \pm 282.70
실내주 차장(N=14)	59.2 \pm 17.19	560.3 \pm 77.95	6.1 \pm 8.73	4.0 \pm 2.24	83.0 \pm 38.18
대규모 점포(N=12)	40.4 \pm 14.22	590.2 \pm 124.40	30.1 \pm 17.66	1.15 \pm 0.48	-
찜질방 (N=8)	65.8 \pm 27.35	636.4 \pm 106.68	23.5 \pm 7.48	1.1 \pm 1.01	732.0 \pm 258.39

한편, 총부유세균의 경우는 의료기관 등 실내공기질기준인 800 CFU/ug/m³를 초과한 경우가 16%로 나타났으며 NO₂의 경우는 6개가 NO₂ 권고기준인 0.5 ppm을 초과해 전체의 24%를 차지했다.

결 론

본 연구는 2004년과 2005년 지하역사 등 다중이용시설 8개시설군 85개소 170개 지점에 대하여 다중이용시설별 실내공기질의 특성 및 오염물질간의 상호관련성을 규명하기 위하여 오염물질별 농도분포 및 빈도특성, 상관관계를 구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 오염물질별 측정결과 PM10은 지하역사, CO₂는 지하도상가, CO는 실내주차장, HCHO는 미술관이, 총부유세균은 찜질방이 가장 높은 것으로 조사되었다.

2. 8개 시설군에 대한 오염물질별 상관분석결과 PM10과 HCHO의 상관계수 $r=-0.838$ 로 음의 상관관계를 나타내었는데 PM10은 보통 낡고 오래된 건물에서 높게 나타나는 반면 HCHO는 신축건물이나 리모델링시 건축자재의 접착제 등에 많이 사용하는 것과 연관이 있는 것으로 사료된다

3. 총 25개소 중 지하역사 6개소가 NO₂ 권고기준(0.05 ppm/hr)을 초과하였다.

4. 총 85개소 중 의료기관 1개소가 총부유세균 유지기준(800 CFU/m³)을 초과 하였고 의료기관의 경우 대기실이 주요 병실보다 오염물질항목 모두 높게 검출되었음. 한편 모 의료기관의 대기실의 경우 이용인구는 많은 반면 공간이 협소하고 환기시설 등의 용량의 부족으로 총부유세균의 농도와 CO₂ 농도가 실내공기질 기준보다 약 2.4배, 약 1.3배 높게 나타 났다.

5. 지하역사의 경우 PM10 농도는 1호선이 2호선의 약 1.4배(승강장의 경우는 약 1.5배), NO₂의 농도는 약 1.9배 높게 조사되었는데 이에 대한 원인으로는 1호선이 2호선에 비해 급기부의 높이가 낮아 자동차 배출가스의 직접적인 영향을 많이 받음과 동시에 1호선의 철로는 자갈바닥으로서 2호선의 콘크리트 바닥에 비해 먼지가 많이 발생하는데 주요인이 있는 것으로 사료된다.

6. 찜질방의 경우 이용인구가 많고 실내온도가 높아 미생물이 성장하기 좋은 조건을 갖추고 있어 조사지점 4개소 중 2개소의 총부유세균의 농도가 의료기관등의 실내공기질 유지기준(800 CFU/m³)을 초과한 것으로 나타나 찜질방에 대한 총부유세균의 기준설정이 필요한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) 지하역사의 공기질 실태 분석 연구, 조영민외, 2005, 한국 실내환경학회 연차학술대회 논문집
- 2) 실내공기질 관리대책연구, 2004, 환경부
- 3) 실내공기질 업무편람, 2004, 환경부
- 4) 실내공기질 공정시험방법, 2004, 환경부
- 5) 실내공기중 미세먼지 실태 및 관측기술, 김민영, 2004, 실내공기질 정책 및 관측기술 세미나
- 6) 서울시 일부 실내환경 중 미세먼지와 라돈 농도분포에 관한 연구, 김현탁외, 2000, 추계대기보전학술대회요지집
- 7) 실내공간 실내공기오염 특성 및 관리방법연구, 2002, 환경부
- 8) 서울지역 지하역사내 공기질 조사, 전재식외, 2000, 추계대기보전학술대회요지집
- 9) 실내공기질 관리방안에 관한연구, 1999, 환경부
- 10) 서울지역 지하철역에서 실내공기 중 오염인자의 노선별 분포특성, 김민영외, 1998, 춘계대기보전학술대회요지집