

다중이용시설의 실내공기질 조사

많은 시민들이 이용하는 다중이용시설에 대한 공기질을 측정·분석하여 시민의 건강 보호를 위한 실내환경 정책수립에 필요한 자료 제공

1. 조사개요

- 조사근거
 - ▷ 다중이용시설 등의 실내공기질관리법 제 13조 보고 및 검사
 - ▷ 환경보전과-3695(2005.03.03.)호
- 조사기간 : 2005년 4월~12월
- 조사시설(60개소) : 구청에서 의뢰한 17개시설군 중 8개시설군
 - ▷ 지하철역(9)
 - 1호선(5) : 두실역, 자갈치역, 시청역, 교대역, 부산역
 - 2호선(4) : 냉정역, 시립미술관역, 남천역, 해운대역
 - ▷ 지하도상가(2) : 롯데건설(주)부산지하상가, 서면지하상가
 - ▷ 공항시설 중 여객터미널(2) : 임시국제선여객청사, 국내선여객청사
 - ▷ 미술관(1) : 시립미술관
 - ▷ 의료기관(12) : 부산의료원, 침례병원, 보훈병원, 백병원(2), 동아대병원, 봉생병원, 기장병원, 동래봉생병원, 새해동병원, 하나병원, 참여성병원
 - ▷ 실내주차장(14) : 국제신문사, 침례병원, 롯데백화점, 메가마트남천점, 현대백화점, 시립미술관, 그랜드호텔, 파라다이스호텔(신관, 본관), 메가마트, 동래점, 알리안츠(생), 신세계이마트부산점, 나텔레콤부암사옥, 허심청
 - ▷ 대규모점포(12) : 밀리오레, 메가마트남천점, 파라다이스호텔, 맘모스프라자, 메가마트 동래점, 신세화백화점괴정점, 지오플레이스, 마트월드, 롯데마트 롯데백화점, 신세계이마트금정점, 농협하나로클럽
 - ▷ 찜질방(8) : 센추리스포츠, 목림레포츠, 승진스포텍, 주디스테화, 한웅레포츠, 대림 24시, 중앙레포츠, 허심청
- 조사항목 (5개 항목) : PM10, CO, CO₂, HCHO, 총부유세균(의료시설만 해당)
- 조사방법
 - ▷ 시료채취지점은 8개시설군에 대한 시료채취위치는 표 1과 같고 대상시설 1개 소에 있어서 시료채취지점수는 2개소, 시료채취위치는 측정점의 바닥으로부터 1.2~1.5m 높이에서 측정하였음
 - ▷ 조사항목에 대한 시료채취시간은 표 2와 같고 시료채취는 주간시간대(오전 8시부터 오후 7시까지)에 항목에 따라 30분에서 8시간까지 측정하였고 단, 지하철역 및 지하도상가의 PM10은 24시간 측정하였음
 - ▷ 조사항목에 대한 측정장비 및 분석장비를 표 3에 나타내었음

Table 1. Measurement site of eight public Facility groups

대상시설	채취지점수	채취지점	비고
지하역사	2개소	승강장 및 대합실의 중앙점	채취위치는 바닥으로부터 1.2~1.5m
지하도 상가	2개소	주 보행공간의 중앙점 및 주요 상점의 내부 중앙점	
공항시설중 여객터미널	2개소	대합실 및 승강장 중앙점	
미술관	2개소	주 관람 및 전시실 중앙점	
의료기관	2개소	대기실 및 주요 병실 중앙점	
실내주차장	2개소	층별 주차공간의 중앙점	
대규모 점포	2개소	층별 대상시설의 주요 활용공간 중앙점	
찜질방	2개소	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/min으로 8시간 측정 지하역사 및 지하상가는 24시간측정
CO, CO ₂	주간시간대에 1시간 측정
총부유세균	주간시간대 총 포집량 200~1,000 L으로 1회 측정

Table 3. Measurement equipment and method of indoor air quality

측정항목	측정장비명	측정방법	비고
PM10	PAS 201	미니볼륨에어샘플러법	마이크로밸란스를 이용하여 중량법으로 분석
CO ₂	BE-PM4	비분산적외선법	
HCHO	Σ 100	2,4-DNPH 유도체화 분석법	HPLC로 분석
	FP-30	현장측정법(광전광도법)	
CO	ML 9830	비분산적외선법	
총부유세균	MAS-100	충돌법	배양후 세균집락수 산출

2. 조사결과

○ 지하역사 공기질

9개 지하역사에 대한 공기질 측정결과를 표 4와 그림 1에서 살펴보면 PM10의 경우 평균농도가 84.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 1호선이 104.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 2호선의 59.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 1.8배 높은 것으로 조사되었고 지점별로는 부산역 승강장이 161.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타났음. 한편, 승강장과 대합실을 비교하면 1, 2호선 대부분의 경우 승강장이 대합실에 비해 높은 것으로 나타났음

Table 4. Measurement result of indoor air quality at the Subway station

구분		PM10		CO ₂		HCHO		CO	
		150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{일}$		1000ppm/1시간		120 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{시간}$		10ppm/1시간	
		대합실	승강장	대합실	승강장	대합실	승강장	대합실	승강장
1호선	부실역	80.6	93.0	516	529	9.4	12.5	1.2	1.0
	자갈치역	81.4	58.8	662	523	9.4	25.0	1.7	2.0
	시청역	93.1	117.0	508	453	N.D	N.D	1.5	1.2
	교대역	118.9	132.2	487	510	N.D	N.D	1.7	2.4
	부산역	103.9	161.8	521	531	N.D	N.D	1.4	1.2
2호선	냉정역	78.5	85.7	471	477	18.6	1.0	0.7	2.0
	시립미술관역	34.8	40.8	461	466	N.D	N.D	0.9	0.8
	남천역	42.5	65.9	453	458	N.D	N.D	1.3	1.0
	해운대역	58.5	65.0	607	594	N.D	N.D	1.9	1.6
평균	전체	76.9	91.1	521	505	4.2	4.3	1.4	1.5
	1호선	95.6	112.6	539	509	3.8	7.5	1.5	1.6
	2호선	53.6	64.4	498	499	4.7	0.3	1.2	1.4
	최대	118.9	161.8	662	594	18.6	25.0	1.9	2.4
	최소	34.8	40.8	453	453	N.D	N.D	0.7	0.8

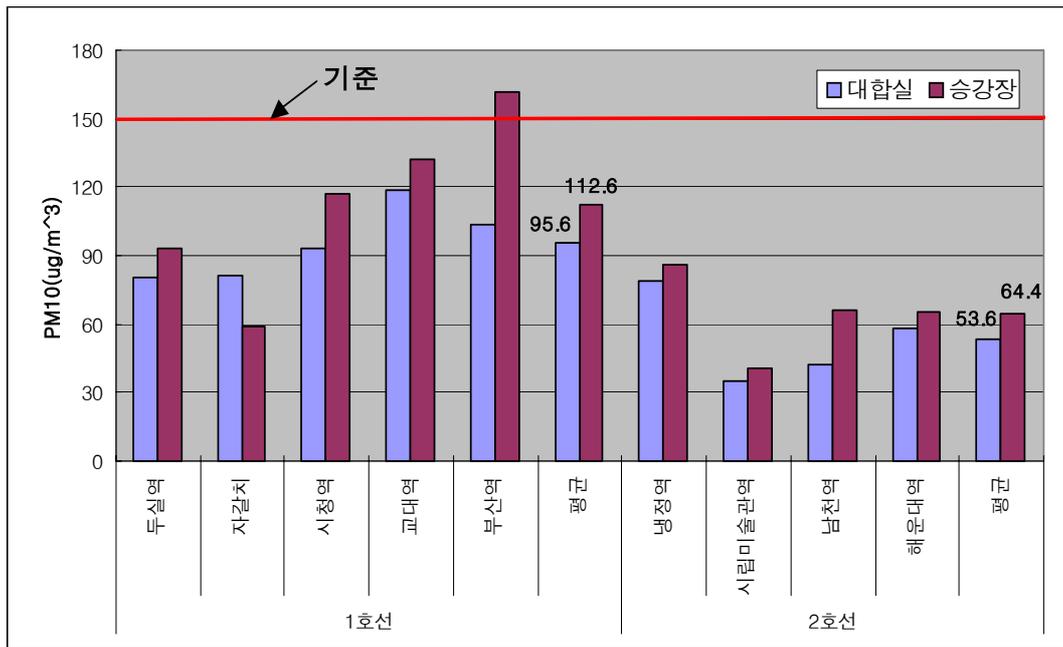


Fig. 1. Measurement result of indoor air quality at the Subway station.

○ 지하도상가 공기질

2개 지하상가에 대한 공기질 측정결과를 표 5에서 살펴보면 전항목이 실내공기질 기준 이하로 나타났고 상가의 리모델링의 영향으로 서면지하상가의 HCHO가 51.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 높게 검출되었음

Table 5. Measurement result of indoor air quality at the underground shop-ping area

지 점	항 목	PM10	CO ₂	HCHO	CO
	기 준	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{일}$	1000ppm/1시간	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{시간}$	10ppm/1시간
롯데건설(주)부산지하상가		47.5	527	N.D	1.5
서면지하상가		34.3	761	51.5	0.9
평 균		40.9	644	25.8	1.2

○ 공항시설 중 여객터미널 공기질

2개 공항시설 중 여객터미널에 대한 공기질 측정결과를 표 6에서 항목별로 살펴보면 전항목이 기준치 이하로 조사되었으나 조사시점이 동절기로 난방 등을 위한 출입문의 통제로 원활한 환기가 이루어지지 않아 PM10와 CO₂의 농도가 비교적 높게 나타났음

Table 6. Measurement result of indoor air quality at the airport Facilities

지 점	항 목	PM10	CO ₂	HCHO	CO
	기 준	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot 8\text{시간}$	1000ppm/1시간	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{시간}$	10ppm/1시간
임시국제선여객청사		62.3	720	21.8	0.9
국내선여객청사		80.5	606	N.D	0.8
평 균		71.4	663	10.9	0.9

○ 미술관 공기질

시립 미술관의 경우에는 표 7에서 보는 바와 같이 모든 항목이 기준치 이하로 나타났으나 미술품 등 전시품의 영향으로 HCHO의 농도가 37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 8개 시설군 중 가장 높은것으로 나타났음

Table 7. Measurement result of indoor air quality at the art Museum

지 점	항 목	PM10	CO ₂	HCHO	CO
	기 준	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot 8\text{시간}$	1000ppm/1시간	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{시간}$	10ppm/1시간
시립미술관	평 균	31.4	458	37.5	0.4

○ 의료기관 공기질

12개 의료기관에 대한 공기질 조사결과를 표 8에서 대기실 및 주요병실로 살펴보면 오염물질 전항목에 있어서 대기실이 주요병실에 비해 높게 검출되었음. 항목별로 살펴보면 PM10의 경우 봉생병원 대기실이 115.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높았고, 백병원 대기실이 포름알데히드농도가 35.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, CO₂농도가 1328 ppm, CO농도가 1.8 ppm, 총부유세균의 농도는 1920 CFU/m³으로 조사지점 중에서 가장 높게 나타났음.

Table 8. Measurement result of indoor air quality at the medical institute

구 분	PM10		CO ₂		HCHO		CO		총부유세균	
	100 µg/m ³ · 일		1000 ppm/1시간		120 µg/m ³ · 시간		10 ppm/1시간		800CFU/m ³	
	대기실	주요 병실	대기실	주요 병실	대기실	주요 병실	대기실	주요 병실	대기실	주요 병실
부산의료원	55.9	38.9	664	586	17.1	15.7	0.4	0.3	266	274
침례병원	27.8	31.4	648	576	10.2	8.3	0.4	0.4	288	316
보훈병원	57.8	52.1	854	612	14.9	13.8	1.2	0.5	512	640
백병원	87.1	66.7	1,328	581	35.6	17.6	1.8	1.4	1,920	656
백병원(개선후)	40.3	38.5	1,057	680	25.0	ND	0.9	0.7	792	366
기장병원	37.0	39.8	768	565	5.8	ND	0.5	0.5	408	180
봉생병원	115.6	79.0	521	794	3.5	2.6	0.5	0.6	928	304
기장병원	26.1	26.6	510	487	ND	ND	1.3	1.0	592	176
동래봉생병원	78.7	30.5	484	477	ND	ND	0.8	0.7	573	522
새해동병원	66.8	44.0	583	635	ND	ND	1.8	1.6	586	641
하나병원	46.0	42.9	628	547	31.2	21.8	1.1	0.8	646	538
참여성병원	39.3	66.0	539	516	21.8	34.3	0.7	0.5	197	278
평균	56.5	46.4	716	588	13.8	9.6	1.0	0.8	642	408
최대	115.6	79.0	1,328	794	35.6	34.3	1.8	1.6	1,920	656
최소	26.1	26.6	484	477	ND	ND	0.4	0.3	197	176

○ 실내주차장 공기질

12개 실내주차장에 대한 공기질 조사결과를 표 9에서 살펴보면 전지점에서 실내공기기준이하로 나타났으며 차량의 영향으로 다른시설군에 비해 CO의 평균 농도가 4.0 ppm으로 높게 검출되었고 특히 국제신문사와 롯데백화점의 지하주차장의 경우 CO의 평균값이 8.1 ppm으로 높게 검출되었다. 이농도 수준은 문헌상 20분이상 지속될때 신경계 반사작용 변화를 일으키는 수준인 5 ppm을 넘어선 것으로 이곳에서 장시간 근무자에 대한 적절한 조치가 필요할 것으로 사료됨.

Table 9. Measurement result of indoor air quality at the indoor parking lot

측정지점	구 분	PM10	CO ₂	HCHO	CO	총부유세균
	기 준	200 µg/m ³ · 8시간	1000 ppm/1시간	120 µg/m ³ · 시간	25 ppm/1시간	-
국제신문사		86.9	635	24.2	8.1	56
침례병원		49.6	458	6.6	1.6	-
롯데백화점		68.9	608	9.7	8.1	110
남천메가마트		43.5	587	6.0	3.0	-
현대백화점		67.1	719	3.1	6.8	-
시립미술관		47.2	471	ND	1.4	-
그랜드호텔		59.0	507	ND	5.2	-
파라다이스호텔신관		60.3	596	11.0	3.9	-
파라다이스호텔구관		58.2	546	ND	4.0	-
메가마트동래점		70.5	462	ND	2.8	-
알리안츠(생)		33.1	642	ND	3.9	-
신세계이마트서부산점		83.0	553	25.0	3.1	-
sk텔레콤부암사옥		29.4	483	ND	2.7	-
허심청		72.3	576	ND	1.8	-
평균		59.2	560	6.1	4.0	83
최대		86.9	719	25.0	8.1	110
최소		29.4	458	ND	1.4	56

○ 대규모점포 공기질

12개 대규모점포에 대한 공기질 조사결과를 표 10에서 살펴보면 전지점에서 실내공기질 유지기준을 만족하고 있으며 오염물질별로 살펴 보면 PM10과 CO₂의 농도는 이용인구가 가장 많은 경우 동래메가마트가 68.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 906 ppm으로 가장 높았고 HCHO의 경우는 남천동 메가마트가 77.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최고치로 나타났음

Table 10. Measurement result of indoor air quality at the large scale store

측정지점	구 분	PM10	CO ₂	HCHO	CO	총부유세균
	기 준	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ·8시간	1000ppm/1시간	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ·시간	25ppm/1시간	-
밀리오레		51.6	645	25.4	1.4	142
남천메가마트		37.5	608	77.9	1.3	-
파라다이스명품관		17.7	521	34.4	0.5	-
맘모스프라자		26.1	678	15.7	1.9	-
메가마트동래점		68.7	906	12.5	1.0	-
신세화백화점		52.2	501	29.7	0.7	-
지오플레이스		32.6	535	23.4	1.5	-
마트월드		49.4	677	43.7	1.6	-
롯데마트		49.4	521	18.8	1.5	-
롯데백화점		36.4	552	15.6	1.3	-
신세계이마트금정점		27.2	482	29.7	0.6	-
농협하나로클럽		36.4	456	34.4	0.5	-
평균		40.4	590	30.1	1.2	142
최대		68.7	906	77.9	1.9	-
최소		17.7	456	12.5	0.5	-

○ 찜질방 공기질

8개 찜질방에 있어서 휴식공간과 찜질실에 대한 공기질 측정결과를 표 11에서 살펴보면 찜질실이 휴식공간에 비해 CO를 제외하고는 PM10 등 4개항목이 높게 검출되었는데 이는 찜질실내에는 온도가 높아 미생물이 성장하기 좋은 조건을 갖추고 있고 기계적인 환기시스템도 거의 설치되어 있지 않아 이들 물질이 높게 나타난 반면 CO의 경우는 휴식공간내 설치된 음식점 등에서 조리시 연료사용으로 인한 CO의 증가로 찜질실에 비해 높게 검출된 것으로 사료되며 현재 찜질방에 대해서는 총부유세균의 실내기준은 설정되어 있지는 않지만 4개소 중 2개소가 의료기관 등 총부유세균 실내공기질기준 (800 CFU/m³)을 초과하여 찜질방에 대한 기준설정 등 관리가 필요할 것으로 사료된다. 허심청의 경우 PM10과 CO₂의 농도가 각각 97.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 820 ppm으로 가장 높게 검출되었으며 CO의 경우 센츄리스포독스가 3.3 ppm으로 가장 높게 나타났는데 이는 지하2층에 위치하고 있는 지하3층 주차장의 차량의 배출가스의 영향으로 사료됨 휴식공간과 찜질실을 비교하면

Table 11. Measurement result of indoor air quality at the Jimjilbang

구 분	PM10		CO ₂		HCHO		CO		총부유세균	
	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{일}$		1000ppm/1시간		120 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{시간}$		10ppm/1시간		-	
	휴식 공간	찜질실	휴식 공간	찜질실	휴식 공간	찜질실	휴식 공간	찜질실	휴식 공간	찜질실
센츄리스포녹스	39.3	-	573	-	37.3	-	3.3	-	1048	-
목림레포츠	71.1	121.1	531	594	20.0	12.1	0.5	0.3	350	1280
승진스포텍	76.1	59.3	550	719	33.9	10.2	0.4	0.4	380	518
유디스테화	56.5	64.8	740	818	39.2	20.3	1.6	1.8	532	700
한웅레포츠	34.7	40.1	539	708	1.0	26.8	0.6	0.6	-	-
대림24시	88.0	98.7	550	505	N.D	40.6	0.5	0.6	-	-
중앙레포츠	29.2	39.3	484	659	21.9	25.0	0.4	0.5	-	-
허심청	92.3	103.2	742	898	N.D	49.9	0.7	0.9	-	-
평균	64.0	75.2	591	700	16.6	26.4	1.0	0.7	578	833
최대	92.3	121.1	742	898	39.2	49.9	3.3	1.8	1048	1280
최소	29.2	39.3	484	505	N.D	10.2	0.4	0.3	350	518

※ -찜질실은 고온찜질방(80℃이상)만 설치되어 있어 측정기기의 손상이 예상되어 측정불가

○ 시설군별 오염물질 조사결과

8개시설군에 대한 5개 항목에 대한 오염물질 조사결과는 그림 2과 그림 3에 나타내었다. PM10농도는 지하역사>공항시설>찜질방 순으로 높게 나타났으며, CO₂는 공항시설>의료기관>지하도상가>찜질방 순으로 높게 조사되었으나 큰차이를 나타내지는 않았음
총부유세균을 측정한 4개시설군 중에서 찜질방>의료기관>대규모점포>실내주차장 순이었고, CO의 경우는 실내주차장이 4.0 ppm으로 가장 높았으며 그 다음으로는 지하역사>지하도상가 순이었고, 또 HCHO의 경우는 미술관>대규모점포>지하도상가 순이었고, 지하역사(4.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)나 실내주차장(6.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)의 경우는 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만으로 거의 검출되지 않았음

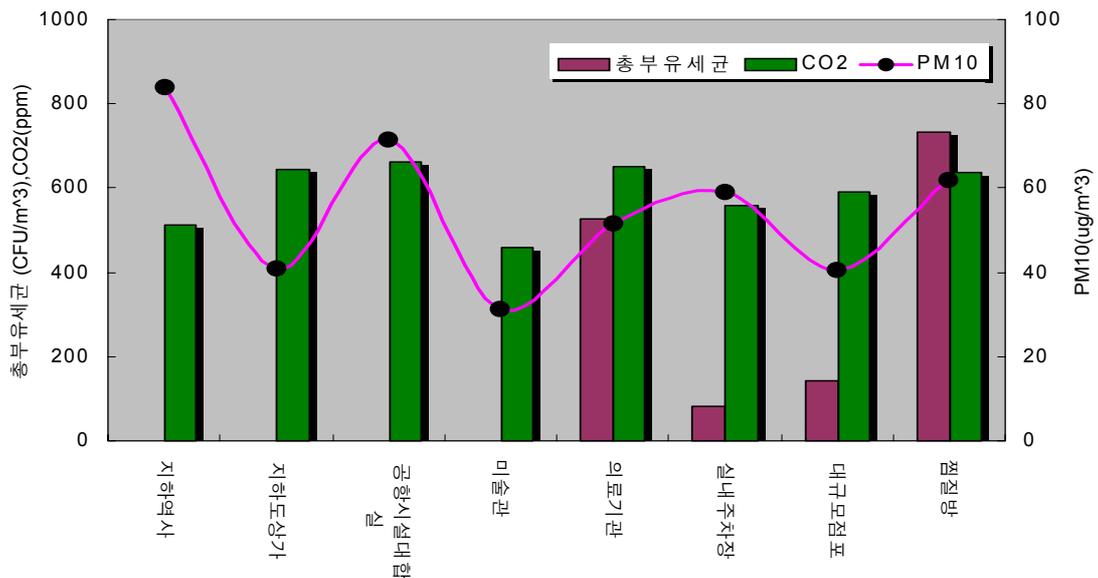
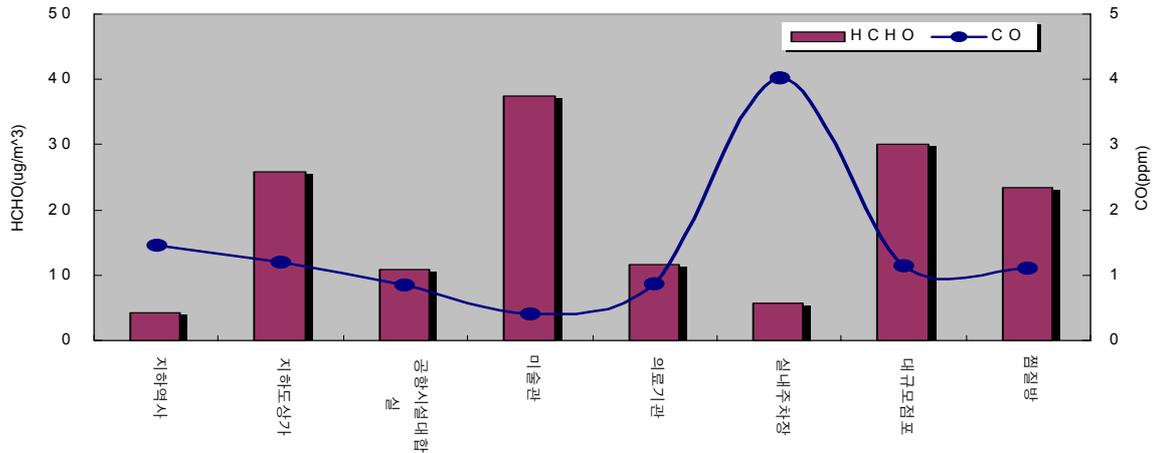


Fig. 2. Average concentration of total airborne bacteria and CO₂, PM10 of eight public Facility groups.

Fig. 3. Average concentration of HCHO and CO of eight public Facility groups.



○ 오염물질별 빈도분포 특성

8개시설군에 대한 오염물질별 빈도분포를 그림 4에서 살펴보면 PM10의 경우 전체범위 중에서 31 ~ 60 µg/m³ 사이가 약 42%로 가장 많았고 150 µg/m³를 초과하는 경우도 1번 있었음.

CO₂의 경우에는 450 ~ 550 ppm 사이가 약 47%를 차지해 가장 많았으며 실내공기질기준인 1000 ppm을 초과하는 경우도 2회로 나타났음.

한편, HCHO의 경우는 불검출이 전체의 36%를 차지하는 것으로 나타났고, CO의 경우에는 1 ~ 2 ppm 사이가 34%로 가장 높았으며, 10 ppm을 초과하는 경우도 3회 있었음.

총부유세균의 경우는 500 ~ 600 ppm 사이가 8회로 전체의 22%를 차지해 가장 많았으며, 의료기관 등 실내공기질기준인 800 CFU/µg/m³를 초과한 경우도 5회로 나타났음

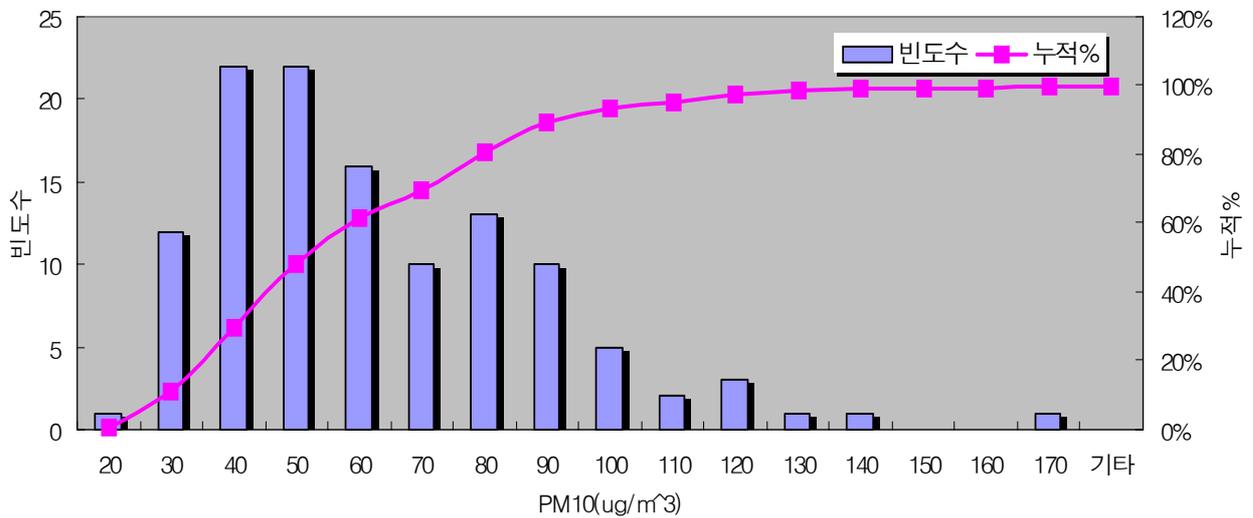


Fig. 4. Frequency distribution and accumulation value of eight public Facility groups.

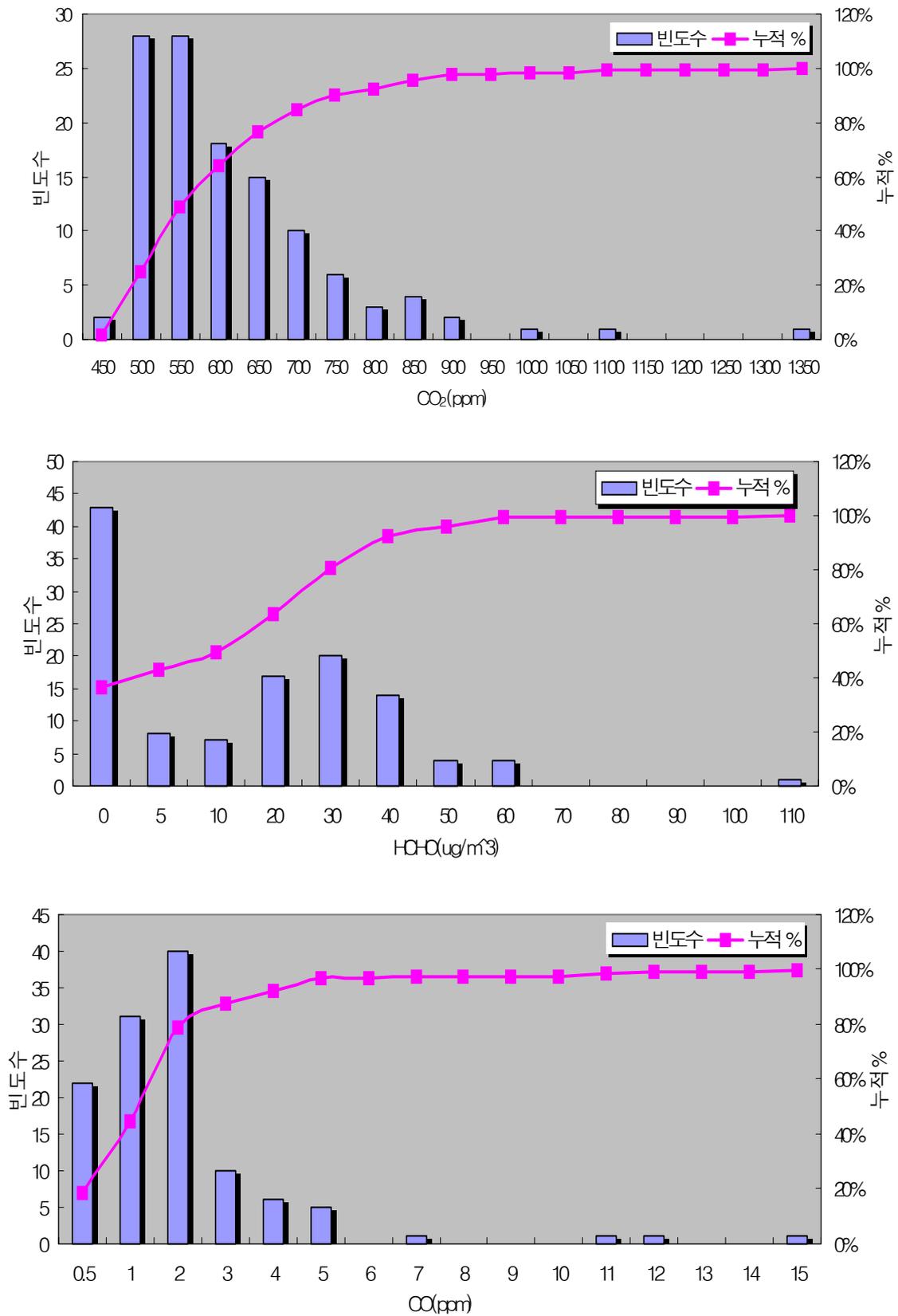


Fig. 4. Frequency distribution and accumulation value of eight public Facility groups.

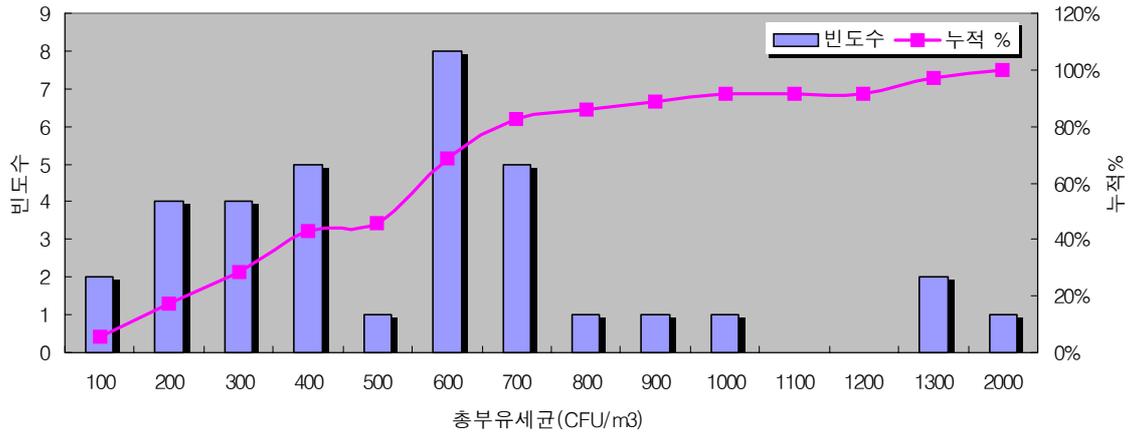


Fig. 4. Frequency distribution and accumulation value of eight public Facility groups.

3. 결론 및 대책

의료기관등 8개시설군 60개소 120개 지점에 대한 PM10 등 유지기준 조사결과

- 지하역사 공기질 측정결과 PM10이 1호선이 2호선의 1.8배 높은 것으로 조사되었고 열차 풍의 영향 등으로 1, 2호선 모두 승강장이 대합실에 비해 높은 것으로 조사되었음
- 총 60개소 중 의료기관 1개소를 제외하고는 실내공기질 유지기준을 만족하였음
- PM10농도는 지하역사 > 공항시설 > 찜질방 순이며, CO₂는 공항시설 > 의료기관 > 지하도상가 순이며, CO의 경우는 실내주차장 > 지하역사 > 지하도상가 순이며, HCHO는 미술관 > 대규모점포 > 지하도상가 순으로 높게 조사되었음
- 의료기관의 경우 대기실이 주요병실보다 전향목이 높게 검출되었음
- 찜질방의 경우 조사지점 4개소 중 2개소의 총부유세균의 농도가 의료기관 등의 실내공기질 기준(800 CFU/m³)을 초과한 것으로 나타났음
- 지점별 빈도분포 조사결과 PM10농도 150 μg/m³을 초과한 경우가 1회, CO농도 10 ppm을 초과한 경우는 3회, CO₂ 농도 1000 ppm을 초과한 경우도 2회로 나타났음
- 찜질방에 대한 총부유세균 기준 설정 등 관리가 필요함
- 지하역사의 경우 PM10 등 오염물질의 농도를 낮추기 위해 급기구의 높이 및 위치의 재조정과 공기질 상시측정시스템의 도입 및 이와 연계된 자동환기시스템 확보가 필요