

서울시 공중이용시설의 실내공기질 특성 연구

실내환경팀

최인석 · 한규문 · 최금숙 · 김창모 · 김두래 · 윤종철
전명진 · 원문관 · 박영만 · 김교봉 · 엄석원

Characteristics of Indoor Air Quality in Various Types of Public Facilities in Seoul

Indoor Environment Team

**In-seok Choi, Kyoo-moon Han, Geum-sook Choi, Chang-mo Kim,
Doo-rae Kim, Jong-cheol Yoon, Myoung-jin Jeon, Moon-kwan Weon,
Young-man Park, Gyeo-bung Kim and Seok-won Eom**

Abstract

In order to supplement the indoor air quality management at public facilities, this study was conducted to evaluate the distribution of indoor air pollutants, such as PM₁₀, carbon dioxide(CO₂), formaldehyde(HCHO), total airborne bacteria(TAB), carbon monoxide(CO), nitrogen dioxide(NO₂), radon(Rn), total volatile organic compound(TVOC), ozone(O₃) and asbestos in public facilities in Seoul. This study was performed from May to August, 2010 and included 40 public facilities, such as theaters, complex buildings, gymnasiums, offices, academies and wedding halls. The results of this study showed that the average concentrations of the indoor air pollutants were less than the indoor air quality standards. However, the standard excess rates of indoor air pollutants in public facilities were as follows 2.5, 22.5, 7.5, 2.5 and 27.5% for PM₁₀, CO₂, HCHO, NO₂ and TVOC respectively. Also, the standard excess rates of each type in public facilities were as follows 20, 40, 80, 66.7, 60 and 50% for offices, complex buildings, academies, theaters, wedding halls and gymnasiums respectively. No relationship was observed between the indoor air pollutants and the type of public facilities. Correlation analyses of the indoor air pollutants, temperature and humidity in public facilities showed that TAB and CO₂, CO and NO₂, HCHO and TVOC, PM₁₀ and CO, asbestos and CO₂, and TAB and humidity had positive relationships, while asbestos and temperature, humidity and CO had negative relationships. It is especially necessary to manage the indoor air quality at academies, theaters and wedding halls, which exceeded the recommended limits by relatively high levels.

Key words : indoor air pollution, public facilities, indoor air quality(IAQ)

서 론

공중이용시설은 다수인이 이용함으로써 이용자의 건강 및 공중위생에 영향을 미칠 수 있는 건축물 또는 시설(1)으로써, 특성상 짧은 시간에 많은 사람들이 공동으로 활용하는 공간이기 때문에 실내 환경이 쾌적하게 유지되지 못하면 실내오염물질은 지속적으로 증가하여 재실자 및 이용자의 건강을 위협하게 된다. 1970년대 석유과동 이후 에너지 보존을 위한 공간 밀폐와 건축 단열재 및 다양한 생활용품의 사용량 증가로 인해 각종 오염물질이 실내공간으로 방출됨에 따라 일명 빌딩증후군(sick building syndrome : SBS) 문제가 대두되기도 하였다(2).

환경부는 다중이용시설을 이용하는 국민의 건강을 증진하고 쾌적한 실내공기질을 확보하기 위해 2003년 5월 29일 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'을 제정·공포하였고, 2004년 5월 30일부터 PM₁₀, CO₂, CO, HCHO, 총부유세균(이하 TAB) 등 유지기준 5개 항목과 TVOC, NO₂, 라돈(Rn), O₃, 석면(asbestos) 등 권고기준 5개 항목을 지하역사, 지하도상가, 터미널, 도서관, 의료기관, 실내주차장, 보육시설 등 17개 시설 군에 적용하고 있다(3). 보건복지가족부는 1999년 2월 8일 '공중위생법'을 폐지하고 '공중위생관리법'을 제정·공포하여 PM₁₀, CO₂, CO, HCHO 등 4개 항목을 학원, 업무시설, 공연장, 혼인예식장, 실내체육시설, 복합건축물 등 6개 공중이용시설 군에 적용하고 있다. 그러나 공중이용시설의 오염허용기준 항목 미비와 측정방법 등이 완전하게 정립되어 있지 못하고, 공중이용시설의 실내공기질 자가측정 의무화 부재 등 관련 제도의 미비로 인하여 효과적인 시설 관리가 이루어지고 있지 못하고 있는 실정이다.

이 연구에서는 공중이용시설 대상시설별로 환경부의 '다중이용시설등의 실내공기질관리법' 대상항목을 '실내공기질공정시험기준(4)'에 준하여 측정 분석함으로써 공중이용시설의 실내 환경관리 수준을 평가하고, 관련 인자의 영향정도를 파악하여 공중이용시설의 쾌적한 생활환경 조성 및 시민건강 보호를 위한 정책 수립의 기초자료를 확보하고자 한다.

실험방법

1. 연구대상 시설 및 오염물질

2010년 5월부터 8월까지 서울지역에 위치한 공중이용시설 중 상주 이용객이 많아 오염된 실내공기질로 인해 위생상의 피해가 우려되는 시설인 학원, 업무시설, 복합건축물과 일시에 이용객이 모여 오염도가 초과될 우려가 있는 시설인 공연장, 혼인예식장, 실내체육시설을 연구대상 시설로 선정하였으며, 연구대상 물질은 '공중위생관리법' 대상 항목인 PM₁₀, CO₂, CO, HCHO와 '다중이용시설등의 실내공기질관리법' 관련 항목인 TVOC, TAB, NO₂, Rn, O₃, Asbestos 등 10개 항목을 대상으로 각 대상 시설의 대표성을 갖는 지점에서 조사하였다. 총 대상시설은 40개소이고 각 시설별로 2개의 장소에서 시료를 채취하였으며, 대상시설을 '공중위생관리법'의 공중이용시설 오염허용기준과 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'의 실내공기질 유지 및 권고기준을 구분 적용하여 비교 검토하였다.

2. 시료채취 및 분석방법

환경부의 '실내공기질공정시험기준(4)'상의 주 시험방법을 이용하여 본 연구를 수행하였다. 시료채취는 환기시설의 위치, 시설 이용자의 다수 여부, 오염물질 발생원의 분포, 실내기류 분포, 공기질의 대표성 등을 고려하여 대상 시설의 내벽 및 천정에서 1m 이상 떨어지고, 바닥면으로부터 1.2~1.5m 범위에서 해당시설의 실제 운영조건과 동일하게 유지되고 있는 일반환경 상태에서 수행하였다. 특히 시료채취 지점은 대상 시설을 이용하는 사람이 많고, 대상시설의 오염도를 대표할 수 있는 로비나 휴게실과 사무실, 업소 내, 예식장, 학원교실 등 2개의 지점을 원칙으로 선정하였고, 공중이용시설의 이용 특성상 시설별 이용자가 많은 시간을 선택하여 측정하였으며, 공연장 및 예식장은 행사가 있는 주말에, 학원은 수업진행 중에 측정하였다.

항목별 시료채취 및 분석에서 PM₁₀은 소용량공기포집법인 Mini volume air sampler(PAS201,

Airmetrics, USA)를 이용하여 질량농도를 산출하였으며, 총부유세균(TAB)은 충돌법을 이용한 Biocontaminate sampling pump(Buck-VSS-1, A.P.Buck, USA)에 TSA 배지(Tryptic soy agar)를 장착하여 측정하였으며, 배양 후 집락을 계산하여 정량적으로 평가하였다. Formaldehyde는 개인공기포집기(SIBATA Σ100, Japan)를 이용하여 주 시험방법인 2,4-DNPH 유도체화 방법으로 포집한 후 HPLC(Surveyor, Finnigan, USA)를 이용하여 분석하였으며, TVOC는 고체흡착법으로 Tenax 튜브를 이용하여 개인공기포집기(SIBATA Σ30, Japan)를 사용하여 포집하였고, 분석은 ATD(DANI STD1000, Italy) 열탈착기와 GC/MS(GC-2010, MS-QP2010, Shimadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다. 실내공기 중의

라돈 측정은 섬광 셀(Scintillation cell)방식의 라돈측정기(RAD-7, Durridge, USA)를 사용하였다. CO₂의 경우는 비분산적외선분석법(ECOTECH, EC9820, Austria)을 이용하여 측정하였고, CO의 측정은 비분산적외선법이 적용된 CO analyzer(ECOTECH, EC9830, Austria)를 이용하여 측정하였으며, NO₂의 측정은 화학발광법을 이용한 NOx analyzer(ECOTECH, EC9841, Austria)를 이용하여 측정하였다. O₃의 측정은 Ozone analyzer(ECOTECH, EC9810, Austria)를 이용하여 측정하였고, 석면은 위상차 현미경 (Nikon, Eclipse 50i, Japan)을 이용하여 측정하였다.

측정결과와 상관성 분석은 SPSS 프로그램을 이용하여 수행하였고, 본 연구에서 사용된 분석방법과 분석기기를 표 1에 요약하여 나타내었다(5).

Table 1. Sampling methods and equipments

Pollutants	Method	Sampling method	Equipment
HCHO	HPLC (2,4-DNPH-C ₁₈ Cartridge)	Sampling rate 1 L/min Sampling time 30 min, 2 times	Sampling : MP-Σ100, Sibata, Japan Analysis : Surveyor, Finnigan, USA
PM ₁₀	Mini volume Air Sampling Method	Sampling rate 5 L/min Sampling time 6 hr	Sampling : Minivolume Air Sampler Airmetrics, USA
CO CO ₂	NDIR ¹⁾	Sampling time 1 hr	Sampling : EC9830, ECOTECH, Austria EC9820, ECOTECH, Austria
NO ₂	Chemical Luminescence	Sampling time 1 hr	Sampling : EC9841, ECOTECH, Austria
O ₃	Ultraviolet Photometer	Sampling time 1 hr	Sampling : EC9810, ECOTECH, Austria
TVOC	GC/MS Thermal desorption	Sampling rate 100 mL/min Sampling time 30 min, 2 times	Sampling : MPΣ30, Sibata, Japan Tenax tube(Perkin Elmer) Desorption : STD 1000(DANI, Italy) Analysis : GC-2010, Shimadzu, Japan MS-QP2010, Shimadzu, Japan
Radon	Continuous Radon Monitors	Sampling time 8 hr	Analysis : RAD-7, Durridge, USA
TAB ²⁾	Impaction Method	Sampling rate 100 L/min, Sampling time 5 min, 2 times	Sampling : Buck-VSS-1, A. P. Buck, USA
Asbestos	Phase Contrast Microscope Method	Sampling rate 10 L/min Sampling time 2 hr	Sampling : AIP-100, Sibata, Japan Analysis : Eclipse 50i, Nikon, Japan

¹⁾ NDIR(Non Dispersive Infrared method).

²⁾ TAB(Total airborne bacteria).

결과 및 고찰

1. 실내공기오염물질 농도 특성

표 2에 '공중위생관리법'과 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'상의 오염물질별 조사 결과를 제시하였다. PM₁₀ 평균농도는 56.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었으며, CO₂ 812.2 ppm, CO 0.8 ppm, HCHO 47.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, TAB 129.1 CFU/m³, O₃ 0.022 ppm, NO₂ 0.032 ppm, TVOC 403.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Rn 0.4 pCi/L, 석면은 0.006 f/cc로 각각 조사되었다. 공중이용시설의 항목별 실내공기질 농도 특성에서 평균값은 모두 기준 이내인 것으로 조사되었으나, 조사대상시설별로는 PM₁₀은 1개 시설에서, CO₂는 9개 시설에서, HCHO는 2개 시설에서 공중이용시설의 오염허용기준을 초과하였다. 반면에 서울시의 실내공기질 유지 및 권고기준을 적용하면 PM₁₀은 1개 시설에서, CO₂는 9개 시설에서, HCHO는 3개 시설에서 기준을 초과하였고, 또한 TVOC는 11개 시설에서, NO₂는 1개 시설에서 기준을 초과하였다. 여기서 서울시 실내공기질 유지 및 권고 기준은 공중이용시설 오염허용기준의 대상시설과 시설 특성이 유사한 지하역사, 지하도상가, 도서관, 대규모점포, 짬짬방 등의 기준을 적용하였다.

CO₂는 평균값이 812.2 ppm으로 기준치의 81.2%

를 나타내었고, 총 9개 시설인 22.5%에서 기준초과를 나타내었으며, 최대 1,909.6 ppm으로 조사되었다. 또한 TVOC는 평균값이 403.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 기준치의 80.6%를 나타내었고, 총 11개 시설인 27.5%에서 기준초과를 나타내었으며, 최대 1,564.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되어 이들 항목이 다른 항목에 비해 높은 오염도를 보여 적절한 관리대책이 필요하다고 판단한다.

2. 대상시설에 따른 실내공기질 특성

'공중위생관리법'의 대상시설에 따른 실내공기오염물질의 분포특성과 유의성을 표 3에 나타내었다.

PM₁₀의 경우에는 학원이 평균 74.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 전체 평균인 56.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높게 나타났고, 공중이용시설의 오염허용기준과 서울시의 실내공기질 유지 및 권고기준을 적용하면 학원이 10개 대상시설 중 1개 시설에서 기준 초과를 나타내어 10%의 기준 초과율을 보였다.

CO₂의 경우에는 혼인예식장이 966.0 ppm, 학원이 950.3 ppm, 공연장이 879.7 ppm으로 조사되어 전체 평균인 812.2 ppm보다 높게 나타났으며, 기준치 1,000 ppm의 88~96.6%에 상응하는 것으로 조사되었다. 실내공기질 기준을 적용하면 각각 복합건축물이 15개 대상시설 중 1개 시설에

Table 2. Concentration of indoor air pollutants in public facilities

Pollutants	N	Mean	±	SD	GM	Min	Max	Std1 ¹⁾	Std2 ²⁾
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40	56.6	±	32.7	48.8	15.3	189.3	150	140
CO ₂ (ppm)	40	812.2	±	263.3	778.5	500.2	1,909.6	1,000	1,000
CO(ppm)	40	0.8	±	0.6	0.7	0.3	4.2	25	9
HCHO($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40	47.8	±	37.4	35.9	7.4	179.0	120	100
TAB(CFU/m ³)	40	129.1	±	118.8	83.8	5.0	493.7	-	800
O ₃ (ppm)	40	0.022	±	0.012	0.019	0.005	0.053	-	0.06
NO ₂ (ppm)	40	0.032	±	0.011	0.030	0.015	0.066	-	0.05
TVOC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40	403.0	±	284.0	326.6	48.3	1,564.5	-	500
Rn(pCi/L)	40	0.4	±	0.2	0.4	0.1	1.0	-	4
Asbestos(f/cc)	40	0.006	±	0.002	0.006	0.002	0.009	-	0.01

¹⁾ Std1(Standard of Public used facilities).

²⁾ Std2(Standard of Indoor Air Quality in Seoul).

Table 3. Concentration of indoor air pollutants in each type of public facilities

Pollutants		Theaters (n=3)	Complex ¹⁾ (n=15)	Gymnasiums (n=2)	Offices (n=5)	Academies (n=10)	Wedding ²⁾ (n=5)	p-value
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mean \pm SD	57.0 \pm 16.9	43.5 \pm 24.2	63.6 \pm 31.7	56.1 \pm 7.1	74.0 \pm 50.1	58.4 \pm 29.3	0.388
	GM	55.2	37.9	59.5	55.7	59.3	53.5	
CO ₂ (ppm)	Mean \pm SD	879.7 \pm 296.3	683.7 \pm 152.0	806.2 \pm 92.2	729.8 \pm 114.1	950.3 \pm 397.3	966.0 \pm 173.6	0.111
	GM	848.7	668.8	803.5	721.8	889.1	951.5	
CO (ppm)	Mean \pm SD	0.7 \pm 0.2	0.6 \pm 0.4	0.6 \pm 0.1	0.9 \pm 0.5	0.7 \pm 0.3	1.3 \pm 1.6	0.415
	GM	0.7	0.6	0.6	0.8	0.6	0.9	
HCHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mean \pm SD	75.2 \pm 45.4	40.7 \pm 27.2	9.1 \pm 0.1	38.6 \pm 31.7	60.1 \pm 52.7	52.7 \pm 27.1	0.339
	GM	65.0	33.3	9.1	28.6	42.9	47.9	
TAB (CFU/m ³)	Mean \pm SD	229.7 \pm 231.6	108.1 \pm 92.9	102.7 \pm 119.7	40.5 \pm 31.1	178.9 \pm 144.0	131.2 \pm 60.3	0.198
	GM	159.3	77.8	58.1	26.6	125.8	115.2	
O ₃ (ppm)	Mean \pm SD	0.022 \pm 0.013	0.022 \pm 0.013	0.023 \pm 0.018	0.021 \pm 0.011	0.024 \pm 0.014	0.023 \pm 0.013	0.999
	GM	0.019	0.018	0.019	0.019	0.020	0.020	
NO ₂ (ppm)	Mean \pm SD	0.025 \pm 0.004	0.033 \pm 0.013	0.041 \pm 0.010	0.034 \pm 0.009	0.029 \pm 0.009	0.031 \pm 0.013	0.607
	GM	0.025	0.031	0.040	0.033	0.028	0.028	
TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mean \pm SD	392.2 \pm 206.6	390.7 \pm 182.3	409.2 \pm 254.9	285.8 \pm 256.1	531.9 \pm 465.6	302.9 \pm 85.7	0.638
	GM	360.5	343.6	367.4	181.7	405.4	294.2	
Rn (pCi/L)	Mean \pm SD	0.5 \pm 0.1	0.4 \pm 0.2	0.5 \pm 0.4	0.3 \pm 0.1	0.4 \pm 0.2	0.5 \pm 0.3	0.737
	GM	0.5	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	
Asbestos (f/cc)	Mean \pm SD	0.006 \pm 0.002	0.006 \pm 0.002	0.006 \pm 0	0.007 \pm 0.001	0.007 \pm 0.002	0.004 \pm 0.002	0.400
	GM	0.005	0.006	0.006	0.007	0.006	0.004	

¹⁾ Complex(Complex buildings).

²⁾ Wedding(Wedding halls).

서, 학원이 10개 대상시설 중 4개 시설에서, 공연장이 3개 시설 중 1개 시설에서, 혼인예식장이 5개 대상시설 중 3개 시설에서 기준 초과를 나타내어 기준 초과율이 복합건축물 6.7%, 학원 40%, 공연장 33.3%, 혼인예식장 60%를 보였다.

CO의 경우에는 혼인예식장이 1.3 ppm으로 전체 평균인 0.8 ppm보다 상대적으로 높게 나타났고, HCHO의 경우에는 공연장이 75.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되어 전체 평균인 47.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높게 나타났으며, 측정 평균값이 서울시 실내공기질 유지 및 권고기준치인 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 75.2%에 상응하는 것으로 조사되었다. HCHO는 학원이 10개 시설 중

공중이용시설의 오염허용기준은 1개 시설이, 서울시의 실내공기질 유지 및 권고기준은 2개 시설에서 기준초과를 나타내었고, 공연장은 3개 시설 중 1개 시설이 기준 초과를 나타내었다.

총부유세균은 공연장이 229.7 CFU/m³, 학원이 178.9 CFU/m³으로 조사되어 전체 평균인 129.1 CFU/m³보다 상대적으로 높게 조사되었고, NO₂의 경우에는 실내체육시설이 0.041 ppm으로 전체 평균인 0.032 ppm보다 높게 조사되었으며, 서울시 실내공기질 유지 및 권고기준치인 0.05 ppm의 82%에 상응하는 것으로 조사되었다. NO₂는 복합건축물이 15개 대상시설 중 1개 시설이 기준 초과

를 나타내었다.

TVOC는 학원이 531.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 전체 평균인 403.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높게 조사되어 서울시 실내공기질 유지 및 권고기준치인 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 106.4%에 상응하는 것으로 조사되었다. 기준 초과율은 업무시설이 5개 대상시설 중 1개 시설이, 복합건축물은 15개 대상시설 중 5개 시설이, 학원은 10개 대상시설 중 3개 시설이, 공연장은 3개 대상시설 중 1개 시설이, 실내체육시설은 2개 대상시설 중 1개 시설이 기준 초과를 나타내어 기준 초과율이 업무시설 20%, 복합건축물 33.3%, 학원 30%, 공연장 33.3%, 실내체육시설 50%를 보였다. 이 결과는 홍성철 등(6)의 연구결과와 유사하다.

대상시설에 따른 항목별 농도 차이는 10개 항목 모두 통계적으로 유의한 차이($p \geq 0.05$)를 나타내지 않았음을 알 수 있었다.

공중이용시설의 대상시설에 '공중위생관리법'의 공중이용시설 오염허용기준을 적용하면 복합건축물은 1개 시설(6.7%)이, 학원은 6개 시설(60%)이, 공연장은 2개 시설(66.7%)이, 혼인예식장은 3개 시설(60%)이 기준치를 초과하여 총 12개 시설인 30%의 기준 초과율을 나타내었으며, 특히 학원, 공연장, 혼인예식장은 측정 대상시설의 60% 이상이 기준치를 초과한 것으로 조사되었다. '다중이용시설등의 실내공기질관리법'인 서울시의 실내공기질 유지 및 권고기준을 적용하면 업무시설은 1개 시설(20%)이, 복합건축물은 6개 시설(40%)이, 학원은 8개 시설(80%)이, 공연장은 2개 시설(66.7%)이, 혼인예식장은 3개 시설(60%)이, 실내체육시설은 1개 시설(50%)이 기준치를 초과하여 총 21개 시설인 52.5%의 기준 초과율을 나타내었으며, 학원의 경우에는 측정 대상시설의 80%가 기준치를 초과한 것으로 조사되었다. 조사결과 학원, 공연장, 혼인예식장의 항목별 오염도가 높은 것은 공중이용시설의 이용 특성을 고려하여 공연장 및 혼인예식장은 행사가 있는 주말에, 학원은 수업진행 중에 측정하는 등 시설별 이용자가 많은 시간을 선택하여 시료채취를 하였고, 이는 한정된 공간에 일시에 많은 사람들이 이용하여 나타난 결과로 판단되며, 이들 대상시설은 수업이나 행사가 진행되는 시간에 중점적인 시설 관리가 필

요한 것으로 생각한다. 이와 더불어 공중이용시설에 대한 실내공기질 관리방법의 교육과 홍보를 강화하고 실내공기질 관련 공무원의 지속적인 교육과 전문성 확보가 필요하며, 공중이용시설 오염허용기준의 대상항목 확대와 더불어 공중이용시설의 실내공기질 측정방법 정립과 자가측정 의무화 등 체계적이고 제도적인 장치를 마련해야 할 것으로 판단한다. 또한 짧은 시간에 많은 인원이 밀집하는 대상시설은 청소 및 환기, 시설관리자의 집중적인 실내공기질 관리방법 등의 교육이 필요하리라 하겠다.

3. 실내공기 오염물질과 온도, 습도의 상관성

표 4에 실내공기 오염물질과 온도, 습도의 상관성 분석결과를 나타내었다. 상관성이 높은($p < 0.01$) 물질은 TAB와 CO_2 , CO와 NO_2 , HCHO와 TVOC, 석면과 온도, 습도이고, 상관성이 약간 높은($0.01 \leq p < 0.05$) 물질은 PM_{10} 과 CO, 석면과 CO_2 , CO, 그리고 TAB와 습도이다. CO와 NO_2 , PM_{10} 과 CO의 상관성이 높은 것은 자동차, 난방 등 연료의 연소생성물이 공통적인 배출원으로 존재하기 때문이며, HCHO와 TVOC의 상관성이 높은 것은 실내건축자재, 가구, 페인트 등 휘발성 유기화합물의 공통적인 배출원이 존재하기 때문인 것으로 판단한다. 또한 TAB와 CO_2 의 상관성이 높은 것은 실내공기의 환기 불량 때문인 것으로 판단하며, 석면과 다른 측정항목과의 상관성은 추가적인 조사가 필요한 것으로 생각한다.

결 론

본 연구는 서울지역에 위치하는 학원, 업무시설, 복합건축물, 공연장, 혼인예식장, 실내체육시설 등 총 40개소의 공중이용시설 대상시설별로 '실내공기질공정시험기준'에 준하여 PM_{10} , CO_2 , CO, HCHO, 총부유세균, TVOC, NO_2 , 라돈(Rn), O_3 , 석면(asbestos) 등 10개 항목을 측정 분석하여 공중이용시설의 실내 환경관리 수준을 평가하고, 관련인자의 영향정도를 파악하고자 수행하였으므로 다음과 같은 결과를 얻었다.

Table 4. Correlation analysis of indoor air pollutants, temperature and humidity in public facilities

	PM ₁₀	CO ₂	CO	HCHO	TAB	NO ₂	Rn	TVOC	Asbestos	O ₃	Temp.	Humd.
PM ₁₀	1											
CO ₂	.082	1										
CO	.350*	.063	1									
HCHO	-.086	.180	-.140	1								
TAB	.075	.439**	.156	-.049	1							
NO ₂	.276	-.169	.456**	-.088	.074	1						
Rn	.209	.302	-.024	.249	.130	-.205	1					
TVOC	-.181	.207	-.057	.412**	.067	.050	.158	1				
Asbestos	-.047	.370*	-.313*	-.014	-.194	-.200	-.047	.006	1			
O ₃	.162	.115	-.134	.244	-.010	.158	.096	.130	.045	1		
Temp.	.237	-.039	.117	.282	.207	.308	.242	.059	-.428**	.175	1	
Humd.	-.152	-.169	.140	-.111	.321*	-.119	.017	.035	-.428**	-.311	-.120	1

* Correlation is significant at 0.05 level.

** Correlation is significant at 0.01 level.

1. '공중위생관리법'의 기준치 초과는 총 12개 시설로 30%의 기준 초과율을 나타내었고, 특히 학원, 공연장, 혼인예식장은 측정 대상시설 중 60% 이상의 높은 기준 초과율을 나타내었다.
2. 실내공기오염물질의 평균값은 CO₂와 TVOC가 각각 실내공기질 기준의 81.2%, 80.6%로 다른 항목에 비해 높게 나타났으며, 대상시설에 따른 항목별 평균값은 미세먼지는 학원이, CO₂는 학원과 혼인예식장이, TVOC는 학원이 가장 높게 나타났다.
3. '다중이용시설등의 실내공기질관리법'의 기준치 초과는 총 21개 시설로 52.5%의 기준 초과율을 나타내었다.
4. 학원, 공연장, 혼인예식장의 항목별 오염도가 높은 것은 공중이용시설의 이용 특성상 한정된 공간에 일시에 많은 사람들이 이용하여 나타난 결과로 판단하며, 이들 대상시설은 수업이나 행사가 진행되는 시간에 중점적인 시설관리가 필요한 것으로 평가되었다.
5. 공중이용시설의 대상시설에 따른 실내공기오염물질의 농도 차이는 10개 항목에서 모두 통계적으로 유의할 만한 차이($p \geq 0.05$)를 보이지 않았다.
6. 실내공기오염물질과 온도, 습도와 상관성 분석에서 상관성이 높은($p < 0.01$) 물질은 TAB와 CO₂, CO와 NO₂, HCHO와 TVOC, 석면과 온도, 습도이고, 상관성이 약간 높은($0.01 \leq p < 0.05$) 물질은 PM₁₀과 CO, 석면과 CO₂, CO, 그리고 TAB와 습도이다.

참고문헌

1. 보건복지가족부 : 공중위생관리법, 1999.
2. 백성옥, 황윤정, 김영민, 황승만, 박상근, 송희봉 : 대구지역 공중이용시설의 실내 공기질 특성에 관한 연구. 대한환경공학회지, 21(5): 869~885, 1999.
3. 환경부 : 다중이용시설등의 실내공기질관리법, p36~38, 2004.

4. 환경부 : 실내공기질공정시험기준. 환경부고시 제2010-24호, 2010.
5. 류인철, 조현석, 최인석, 박영만, 오광록, 최금숙, 전재식, 김주형, 김민영 : 서울시 소규모 보육시설의 실내공기질 특성. 서울특별시보건환경연구원보, 45:124~130, 2009.
6. 홍성철, 조혜미, 조태진, 이치원, 정용택, 손부순 : 충남지역 미적용 다중이용시설의 실내 공기질에 관한 연구. 환경위생공학회지, 23(2) :35~45, 2008.
7. 서병량, 정만호, 전준민 : 호남지역의 다중이용시설별 실내공기질 실태 조사. 한국환경보건학회지, 32(5):387~397, 2006.
8. 박정균, 윤재웅 : 다중 공중이용시설의 실내환경 관리수준과 영향요인의 분석. 환경관리학회지, 9(1):49~56, 2003.