

학원교실의 냉방시 실내공기질 실태와 영향요인 분석*

Analysis on Influencing Factors and Actual State of Indoor Air Quality by Cooling in Private Institute Classrooms

최윤정** · 이혜진 · 이지연

충북대학교 생활과학대학 주거환경·소비자학과

Choi, Yoon Jung · Lee, Hye Jin · Lee, Ji Youn

Dept. of Housing, Interior Design & Consumer Studies, Chungbuk National University

Abstract

The purpose of this study were to make clear the actual state of indoor air quality by cooling in private institute classrooms and to analyze influencing factors on indoor air quality. The measurements of physical elements and observations of architectural characteristics and living conditions were carried out in each 1 classroom of 5 private institutes. Measuring elements were indoor temperature, relative humidity, PM₁₀, HCHO, CO, and CO₂ concentration. As results, the averages of indoor temperature each classroom were 21.7~28.1°C. 3 classrooms were lower than the Maintenance standard(26~28°C) of School Health Law. The means of relative humidity were 48~63%, all classrooms were ranged within the standard(30~80%). The means of PM₁₀ concentration were 2.1~17 µg/m³, all classrooms were kept within the standard(100 µg/m³). The means of HCHO concentration were 0.02~0.16 ppm, 2 classrooms were exceed the standard(0.1 ppm). The means of CO concentration were 1.4~3.6 ppm, all classrooms were kept within the standard(10ppm). The means of CO₂ concentration were 1,593~3,819 ppm, all classrooms were exceed the standard(1,000ppm). The results of analysis on influencing factors of the physical elements are as follow; the air conditioner set of temperature, personal necessities like hair spray, teacher's smoking in corridor, windows and doors opening time, the number of students, and volume of classroom.

Key Words : Indoor air quality, Actual State, Influencing factor, Private institute classroom, Cooling

I. 서론

우리나라의 학원은 그 기능면에서 학교와 유사한 성격을 가지며 제 2의 학습공간 역할을 하고 있는 실정이다. 또한 맞벌이 가정의 증가와 높은 사교육열로 인해 방과 후 대부분의 시간을 학원에서 보내는 청소년이 점차 증가하고 있다. 그러므로 학원은 학생들의 학습공간이자 생활 공간으로서, 실내환경을 쾌적하고 건강하게 만들어야 하며 이를 위한 유지·관리가 중요하다. 미취학 아동에서부터 초·중·고등학생들을 대상으로 하는 학원의 경우 학

생들이 실내에서 생활하는 시간이 길고, 또한 이들은 성인에 비해 호흡량이 많으며 면역력이 약해 오염물질의 영향을 받을 가능성이 높으므로 적절한 조치가 필요하다. 그런데 요즈음의 학원건물은 일반적으로 별도 건물이 아닌 대규모 건물의 일부를 사용하는 곳이 많고 환기의 경우 창이 없거나 공조에 의하거나, 여름철에는 창호 개폐에 의한 통풍보다 냉방에 의존하는 곳이 많으므로 실내공기의 오염 가능성이 있다.

학교교실은 「학교보건법」에서 유치원부터 대학교까지의 모든 학교교사의 실내환경에 대해 정기점검 등을 의무화하고 있으나, 「공중위생관리법」의 적용대상이 되는 학

* 이 논문은 2008년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

** Corresponding author: Choi, Yoon Jung

Tel: 043) 261-2714, Fax: 043) 276-7166

E-mail: ychoi@cbnu.ac.kr

원은 연면적 2,000m²이상만 해당되며 그 이하의 소규모 학원들은 적용대상이 아니다.

지금까지 학원의 실내공기질 측정이 포함된 조사보고서(환경부, 2006; 서울시, 2007)에 의하면 측정대상 중 많은 수가 오염도가 높은 수준이었다.

이렇듯 학원은 청소년 대상 시설로서 실내공기질이 중요함에도 현재까지 조사된 실내공기질은 양호한 수준이 아닌 것으로 보고되고 있다. 그러나 이들 조사는 실태파악이 주 목적으로서, 구체적인 영향요인에 대한 분석은 충분하지 않다. 따라서 청소년 학습공간으로서의 학원 실내공기질의 개선을 위한 노력이 필요하고, 이를 위해서는 실태 및 원인파악이 요구된다. 실내공기질 개선을 위한 실태파악에는 실내공기의 오염도 측정과 함께 실내공기질에 영향을 미치는 건축적·설비적 요인, 재실자의 생활요인을 조사하여 실내공기오염의 원인 분석이 필요하다.

따라서 본 연구는 학원교실의 실내공기질 향상을 위한 실태조사연구로서, 여름철 냉방시 실내공기질의 실태를 측정하고, 이에 영향을 미치는 건축적·생활적 요인을 분석하는 것을 목적으로 하였다.

II. 문현고찰

1. 선행연구

본 연구의 선행연구로 학원의 실내공기질에 대한 연구를 찾아보았으나 건축, 주거 분야에서 그러한 선행연구는 전무하였고, 학원이 조사대상에 포함되어 있는 조사보고를 살펴보면 다음과 같다.

환경부는 2005년 3월부터 2006년 2월까지 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」의 적용 대상이 아닌 미적용 다중이용시설인 학원을 비롯한 8개 시설군 424개 시설을 대상으로 실내공기 오염물질 10개 항목의 오염도를 평가하였다. 그 중 학원은 300m² 이상의 규모인 70곳을 조사한 결과, 이산화탄소의 오염도가 평균 888ppm으로 다중이용시설기준(1000ppm)의 기준초과율 30.0%였으며 TVOC는 기준치 500μg/m³의 기준초과율 25.7%, HCHO(포름알데히드)는 기준치 120μg/m³의 기준초과율 20%로 오염도가 높은 수준인 것으로 측정되었다. 오염의 요인으로는 수업 시 밀폐에 따른 이산화탄소 발생 가능성 증가와 책상, 의자 등에서 포름알데히드, 휘발성유기화합물 방출이 원인으로 평가되었다(환경부, 2006).

서울시는 2007년 4월부터 6월까지 학원을 비롯한 공중이용시설 323개 시설을 대상으로 실내공기질 측정을 실시

하였다. 측정항목으로는 미세먼지, 일산화탄소, 이산화탄소, 포름알데히드 총 4개 항목이며, 측정결과 평균 22%의 부적합률을 보였다. 그 중 학원은 시설 수 24개 중 54.2%인 13개 시설이 기준치를 초과하였으며 부적합 오염물질로는 CO₂ 4개 학원, 포름알데히드 8개 학원, CO₂+포름알데히드 1개 학원이었다(서울시, 2007).

즉, 학원의 실내공기질 측정사례는 환경부와 서울시의 조사결과가 있을 뿐으로서, 이들 조사는 다수의 시설을 대상으로 하여 각 측정대상에서는 1회성 조사로, 측정치의 시간변동이나 재실자의 생활요인 등의 영향요인에 대한 분석은 포함되지 않은 것으로 고찰되었다.

2. 관련법규

본 연구의 주제인 학원교실과 관련된 법규를 살펴본 결과(그림 1), 학원의 시설 관련법규로는 「학원의 설립·운영 및 과외교습에 관한 법률」(일부개정 2006.9.22)이 있었으며, 학원의 실내공기질과 관련된 법규로는 「공중위생 관리법」(일부개정 2007.5.25)이 있었다. 그러나, 이에 포함되는 학원시설은 「학원의 설립·운영 및 과외교습에 관한 법률」에 의한 연면적 2,000m²이상의 학원을 말한다. 즉, 소규모 학원은 공중위생관리법의 적용시설에 해당하지 않는다.

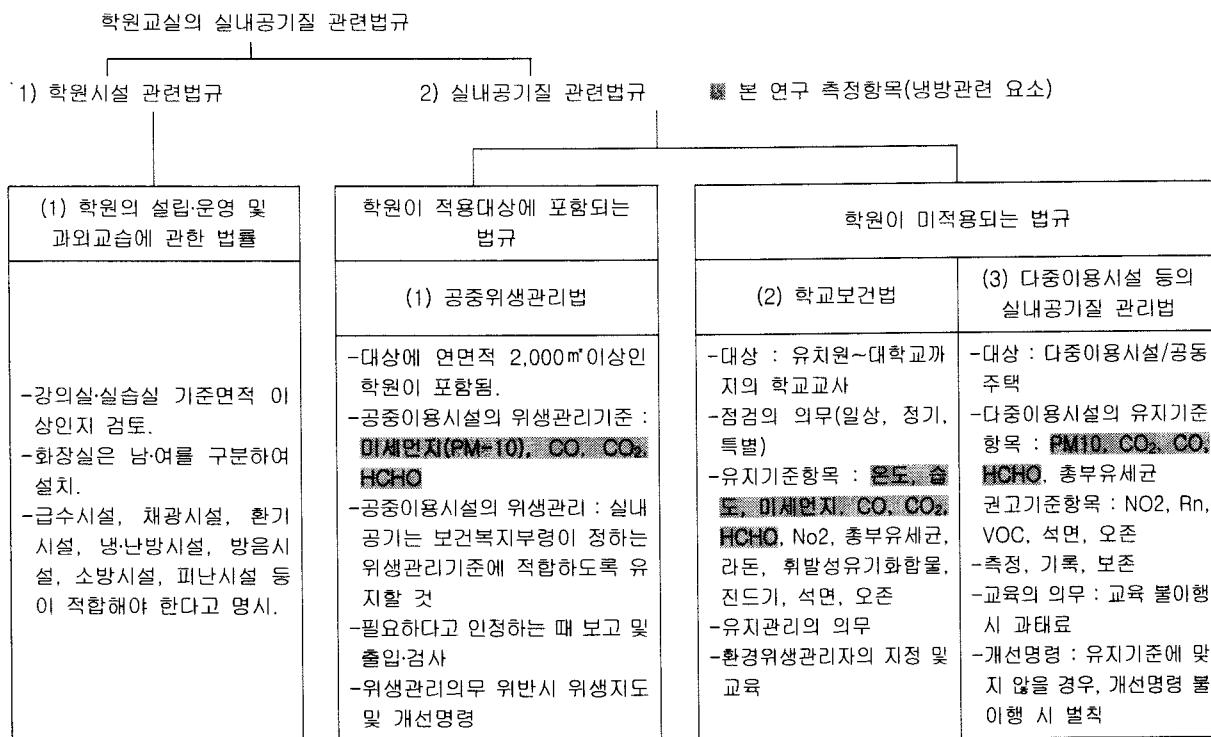
이 외, 학원이 적용대상은 아니지만, 다중이용시설의 실내공기오염에 대해 구체적으로 규정하고 있는 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」(일부개정 2006.12.30)과 학원을 청소년 학습공간으로 볼 경우에 해당하는 「학교보건법」(일부개정 2007.4.11)을 살펴보았다.

III. 연구방법

1. 측정대상

조사대상은 청주교육청 홈페이지의 2007년 6월30일자 「청주시 학원현황」자료를 참고로, 냉방시설비이 없어, 본 연구의 대상으로 적합하지 않은 학원을 제외하고 측정대상의 목록을 작성하였다.

측정대상이 되는 학원에 전화 및 방문 설명한 결과, 협조의사가 있는 학원 5곳의 각 1개 교실을 대상으로 하였다. 즉, 측정대상의 선정은 초·중·고등학생 대상으로 하는 냉방가동 학원이라는 것 이외의 다른 요인은 고려하지 않았다. 측정기간은 2007년 7월 26일~8월 29일이었다.



[그림 1] 학원교실의 실내공기질 관련법규

2. 측정내용 및 방법

본 연구는 학원을 적용대상으로 하는 「공중위생관리법」에서 규정하고 있는 오염물질(미세먼지, HCHO, CO, CO₂)을 측정항목으로 하고, 냉방환경의 배경요소로 실내온도와 상대습도를 포함하였다. 측정방법은 「학교 환경위생 및 식품위생 점검기준」의 정기점검 방법을 기준으로 하였다. 각 측정대상교실에서 측정일에 수업이 시작하는 시간부터 종료시간까지 학생들의 자연스러운 생활을 그대로 수용한 상

태에서 측정을 진행하였으며, 실내환경에 영향을 미치는 요인들을 자세히 관찰·기록하였다. 기기는 현장적독식으로서 사전점검과 측정치의 오차보정을 거쳐 사용하였다. 측정내용 및 방법은 <표 1>과 같다.

그 외 학원의 건축적 요인과 학원교실의 특성은 관찰 및 실측, 사진촬영과 함께 학원 교사(또는 원장 등)를 대상으로 한 면접을 병행하였다.

<표 1> 측정내용 및 방법

측정항목		측정기기	측정시간	측정위치
배경항목	실내온·습도	디지털 온습도계(TR-72S)		
외부환경	온·습도	24시간 동안 1시간 간격의 기상청 자료		
실내공기 오염물질	미세먼지 농도	디지털 분진계(현장측정이 가능한 광산란식 분진계) Digital Aerosol Monitor KANOMAX-3411*	수업시간(학원별 평일 수업시간을 포함한 시간대)에 10분 간격으로 측정	벽으로부터 1m 이상 떨어진 위치에서 바닥면으로부터 1.2m~1.5m 범위
	CO농도 CO ₂ 농도	CO, CO ₂ 농도 측정기 (비분산 적외선분석법이 적용된 현장적독식 측정기) IAQ Monitor KANOMAX 2331**		
	HCHO농도	PPM Formaldemeter™ 400		

* 측정입자크기는 10 μm 이하이며, 1분간 평균농도를 측정함.

** CO₂의 측정범위는 0~5,500ppm, 그 이상의 농도는 over로 표시되며(5,500ppm으로 간주), 순간치를 측정함.

3. 분석방법

현장측정자료는 각 교실별, 측정요소별로 측정치의 시간변동과 함께 생활요인(에어컨 설정온도, 학생활동, 창문·교실문 상태, 재실자수)을 그래프로 작성하여 (예시; 그림 9~10, 그림 12~13) 분석하고, 평균 등의 단순통계를 구하여 사용하였다.

를 사용하고 있는 D학원을 제외한 4개학원이 교실별 에어컨을 사용하고 있었으며, 환기장치 또한 D학원 이외에는 모든 측정교실이 없었다. 총 37개 교실 중 환기가 가능한 외창이 없는 경우는 16개였고, 2개 학원은 학원설립 공사시 외창을 폐쇄한 상태였다. 5개 측정교실 중 2개 교실이 외창이 없었다. 모든 학원의 복도역시 외부와 연결되지 않았다.

측정대상은 초·중등학생 중심의 보충학습, 입시단과, 외국어 등 강의학습 중심학원이었다. 총 37개 교실의 최대수용인원은 5~20명이며, 측정시 교실의 재실자수는 4~17명이었다. 측정시 학원교실의 환기실태를 살펴보면 A, B, E학원의 측정교실은 외창이 없거나 있어도 전혀 환기하지 않았고, C학원은 점심시간에 창 개방을 했으며, D학원은 공조가동 중이었다.

IV. 측정결과 및 해석

1. 측정대상의 특성

측정학원의 개요는 <표 2>, 측정교실의 특성과 모습은 <표 3>과 같다.

측정대상학원의 건축적 특성을 조사한 결과, 조사대상 학원 모두 별도 건물이 아닌 건물의 일부를 사용하고 있었다(3~7층 건물의 1~2개 층 또는 그 일부 사용). 각 학원의 연면적은 80~480m², 교실 수는 3~14개, 교실면적은 11.6~30.4m², 교실체적은 27.84~82.08m³이었으며, 측정교실의 체적은 35.16~68.69m³이었다. 냉방설비는 공조설비

2. 측정결과 및 해석

현장측정결과는 <표 4>와 같다. [그림 9~10, 그림 12~13]과 같이 측정교실별로 측정요소와 생활요인의 변동 그래프를 분석한 후, 측정요소별로 정리하였다.

<표 2> 측정학원의 개요

학원명		A학원	B학원	C학원	D학원	E학원
건물 개요	주변 환경	전면 2차선 도로	도로	2차선 도로	8차선 도로	2차선 도로
	후면	주택	아파트단지	주택	주택, 상가	주택
	양측	주택, 아파트	아파트단지	아파트단지, 대지	상가, 도로	상가, 도로
	건축구조	철근콘크리트조	철근콘크리트조	철근콘크리트조	철근콘크리트조	철근콘크리트조
	완공일시	2003.04.22	1994.11.09	1991.04.16	1991.11.18	1991.07.09
	층수	지하1층, 지상5층	지하1층, 지상3층	지하1층, 지상3층	지하1층, 지상7층	지하1층, 지상4층
	창의유형	페어글래스 PVC단 일창	페어글래스 AL단일 창	페어글래스 AL단일 창	페어글래스 AL단일 창	페어글래스 PVC, AL 이중창
	사용규모	5층 건물 내 3, 4층사용	3층 건물 내 3층 일부 사용	3층 건물 내 2, 3층사용	7층 건물 내 6층사용	3층 건물 내 2층사용
	리모델링여부	2003년 신축	2002년 리모델링	2005년 페인트보수	2000년 리모델링	2003년 리모델링
	공조설비	없음	없음	없음	중앙공조	없음
학원 개요	냉방설비	교실별 에어컨	교실별 에어컨	교실별 에어컨	중앙공조	교실별 에어컨
	난방설비	가스보일러 바닥난방	가스보일러 바닥난방	교실별 온풍기설치	중앙공조	가스보일러 바닥난방
	환기설비	없음	없음	없음	중앙공조	없음
	교실수	3층 5개, 4층 9개	3개	9개	7개	4개
	교사실수	원장실, 교무실	원장실 겸 상담실	교사실 2개	없음	원장실 겸 상담실
	교실별 최대수용인원	5~16명	10~16명	5~20명	10~20명	10~12명
	학원계열	입시단과	보충학습	보충학습	외국어, 입시	보충학습

<표 3> 측정학원교실의 특성

학원 교실명		A학원 3층 303호	B학원 3층 302호	C학원 2층 202호	D학원 6층 603호	E학원 2층 203호
건축적 요인	방위	동향	북향	북향	서향	남향
	층	3층/5층	3층/3층	2층/3층	6층/7층	2층/3층
	교실크기 (체적)	3,500 × 4,200 × 2,400 (mm) (35.28 m ³)	2,930 × 5,000 × 2,400 (mm) (35.16 m ³)	4,000 × 5,300 × 2,650 (mm) (56.18 m ³)	4,800 × 5,300 × 2,700 (mm) (68.69 m ³)	3,000 × 5,700 × 2,400 (mm) (41.04 m ³)
	최대수용인원	12명	10명	20명	20명	12명
	일조방해요인	없음	없음	없음	없음	없음
	일조조절장치	없음	블라인드	없음	없음	없음
	창의 형태 및 재료	없음(학원설립시 폐쇄) 복도측	페어글래스 AL 단일창(동측)	페어글래스 AL 단일창(북, 서측)	없음(학원설립시 폐쇄)	페어글래스 PVC, AL 이중창(남측)
	교실문형태	여닫이문	여닫이문	여닫이문	여닫이문	여닫이문
	출입문의 외기 연결 가능성	불가능	불가능	불가능	불가능	불가능
	마감재	천장 벽 바닥	석고보드 흡음텍스 모르타르/페인트 MDF/시트지마감 PVC접착식 데코타일	석고보드 흡음텍스 모르타르/페인트 마감 PVC접착식 데코장판	석고보드 페인트 모르타르/페인트 MDF/페인트마감 PVC접착식 데코타일	석고보드 흡음텍스 모르타르/페인트 MDF/페인트마감 PVC접착식 데코타일
	환경설비	없음	없음	없음	중앙공조	없음
	에어컨 종류 및 개수	개별 냉방 벽걸이형 1대	개별 냉방 창문형 1대	개별 냉방 벽걸이형 1대	중앙공조	개별 냉방 벽걸이형 1대
	에어컨 설정온도 (°C)	최저 최고 평균 조절자	18 28 24 교사	25 25 25 교사	24 26 25.6 교사	중앙공조 설정 중앙공조 설정 중앙공조 설정 교사
	선풍기가동 상태 및 개수	없음	가동1대 (벽걸이형)	가동1대 (천장 종양형)	없음	없음
측정 시 생활 요인	학생수(재실자수는 학생수+측정자2인)	초등학생 3~5명	중학생 2~3명	초·중학생 10~15명	고등학생 3~4명	초·중학생 2~6명
	착의량(clo) ¹⁾	0.37~0.49 (평균 0.44)	0.44~0.46 (평균 0.45)	0.44~0.54 (평균 0.45)	0.44~0.50 (평균 0.48)	0.44~0.50 (평균 0.47)
	착화상태	실외화	실내화	실외화	실외화	실외화
	환기여부	없음	없음	창문개방 환기	중앙공조	없음
	측정일시	2007. 07. 26	2007. 08. 10	2007. 08. 14	2007. 08. 28	2007. 08. 29
	측정시간	10:20~15:30 (5시간 10분간)	9:30~11:40 (2시간 10분간)	10:00~18:00 (6시간)	18:00~21:00 (3시간)	18:00~22:30 (4시간 30분간)
모습						

1) 착의량은 학생이 착의한 각 항목의 열저항값을 ASHRAE Handbook(1993) 제시한 표에서 읽어 계산식 $I_d = 0.835 \sum i_i I_{du,i} + 0.161$ 에 의해 산출하였다. ($I_{du,i}$ = 의복 i 의 유효 열저항치(clo), I_d = 의복 조합의 총 열저항치)

<표 4> 현장측정결과

■ : 허용·유지기준을 벗어남

측정요소		측정학원					허용·유지기준		
		A학원	B학원	C학원	D학원	E학원	공중위생관리법 (2006)	학교보건법 (2007)	다중이용시설 등의 실내공기질관리법 (2007)
실내온도 (°C)	최저	22.7	27.1	26.5	21.1	22.3	-	냉방 26~28	-
	최고	27.2	28.7	29.2	23.1	25.1			
	평균	25.0	27.8	28.1	21.7	23.9			
외기온도* (°C)	최저	28.5	29.9	26.3	26.7	20.3	-	-	-
	최고	31.0	30.5	30.0	27.9	21.8			
	평균	29.9	30.2	27.7	27.3	20.8			
외기온도 - 실내온도 (°C)	최저	2.7	2.0	-2.1	4.3	-4	-	30~80	-
	최고	6.6	3.3	1.5	5.7	-1.8			
	평균	5.0	2.7	-0.3	5.1	-3.3			
상대습도 (%)	최저	41	44	56	40	41	-	30~80	-
	최고	67	65	80	60	71			
	평균	55	61	63	48	55			
외기습도* (%)	최저	58	65	63	76	94	-	-	-
	최고	64	67	92	83	96			
	평균	61.2	66	81.3	79.3	95.2			
미세먼지 농도 (μg/m³)	최저	10	0	0	0	0	150이하 (24시간 평균)	100	150 이하
	최고	30	20	30	20	20			
	평균	14	6.4	17	7.9	2.1			
CO 농도 (ppm)	최저	1.4	0.0	2.2	2.5	3.2	250이하 (1시간평균)	10	10 이하
	최고	2.8	5.3	4.7	4.2	4.0			
	평균	2.2	1.4	3.2	3.1	3.6			
외부CO****농도(ppm)	2.0~5.8 (평균 4.2)	2.2~4.1 (평균 3.4)	3.0~4.2 (평균 3.5)	3.5~4.6 (평균 3.7)	3.2~4.1 (평균 3.6)				
CO ₂ 농도 (ppm)	최저	872	1061	688	937	1123	10000이하 (1시간평균)	1000	1000 이하
	최고	5500초과**	2232	5500초과**	2451	4087			
	평균	3819	1741	2903	1593	2611			
외부CO ₂ ****농도 (ppm)	375~451 (평균 395)	325~510 (평균 386)	360~436 (평균 384)	305~379 (평균 355)	314~356 (평균 334)				
HCHO (ppm)	최저	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	120μg/m³ (0.1ppm***) 이하 (1시간평균)	100μg/m³(0 .08ppm***) 이하	120μg/m³ (0.1ppm***) 이하
	최고	0.25	0.09	0.34	0.08	0.17			
	평균	0.13	0.02	0.16	0.04	0.06			
날씨상황	맑음	맑음, 소나기	구름, 소나기	맑은 뒤 구름, 소나기	구름, 비				

* 외기온·습도는 청주 기상청 자료를 이용하였으며, 실내온열환경의 측정시간대의 값임.

** 측정기기의 측정가능범위(0~5500)를 초과. 5500 ppm으로 간주함.

*** HCHO측정기기의 값이 ppm으로 측정되어, μg/m³ 단위인 기준치의 ppm 환산치(심현숙, 2008, pp. 31-32)100μg/m³=0.08ppm, 120μg/m³=0.1ppm을 적용함.**** 외부 CO₂, CO 농도는 기초항목으로서 1시간 동안의 측정값임.

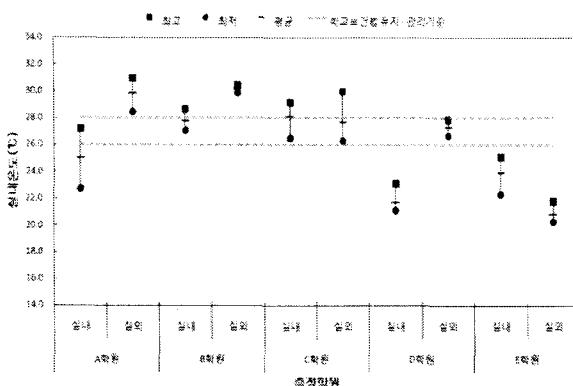
1) 실내온도

냉방중인 학원교실에서 학생들의 생활을 그대로 수용한 상태의 실내온도는 [그림 2]와 같이, 학원교실별 평균 21.7~28.1°C 이었다.

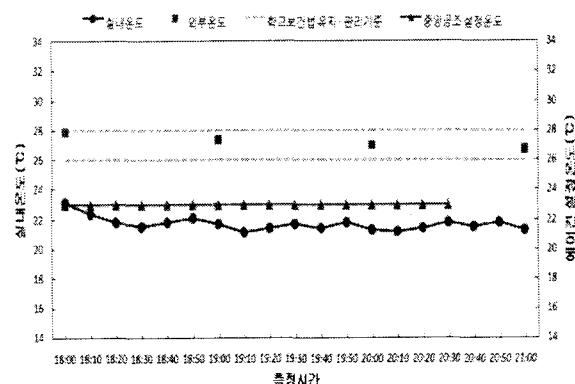
학원을 적용대상으로 하는 「공중위생관리법」에는 실내온도 기준이 없으므로, 「학교보건법 시행규칙」의 실내온

도 유지·관리기준(냉방:26~28°C)과 측정치를 비교해볼 때, 5개의 학원교실 중 A학원(평균 25.0°C), D학원(평균 21.7°C), E학원(평균 23.9°C) 교실의 실내온도는 기준치 하 한선 이하의 낮은 상태임을 알 수 있으며, B학원교실(평균 27.8°C)과 C학원교실(평균 28.1°C)은 기준치의 상한선에 근접해 있었다.

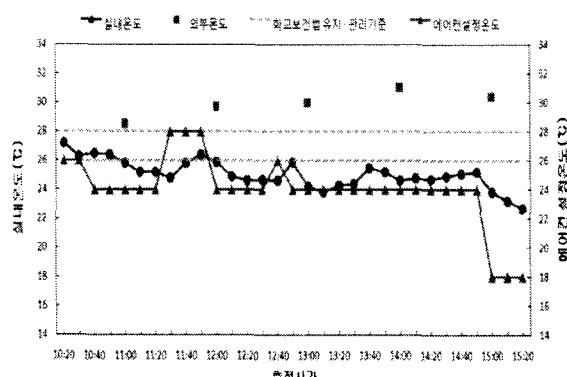
측정시간의 대부분이 냉방기동 중이었으며, 냉방조절은



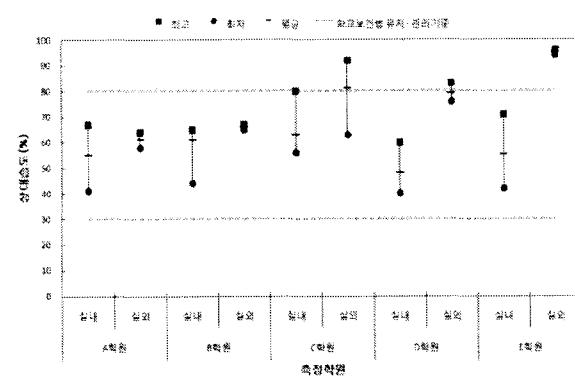
[그림 2] 실내온도 측정결과 종합



[그림 4] D학원교실의 실내온도 측정결과



[그림 3] A학원교실의 실내온도 측정결과



[그림 5] 상대습도 측정결과 종합

D학원만 중앙공조이고 나머지 4개 학원은 모두 교사가 조절하고 있었다. 측정시간동안 실내온도의 변동폭은 교실별로 1.6~4.5°C를 나타냈으며, 교실별로 분석한 내용을 종합해보면 5개 학원교실 모두 실내온도는 에어컨의 설정온도에 따라 변동하였다.

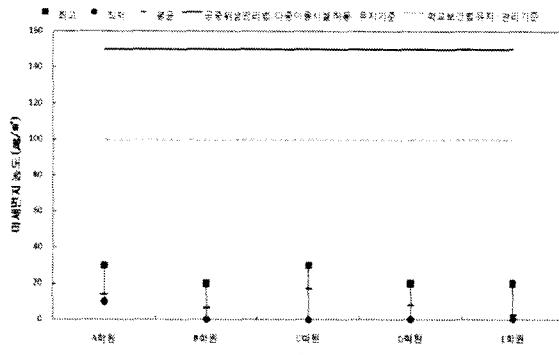
A, D학원(실내외온도차 평균 A학원 5.0°C, D학원 5.1°C)은 [그림 3], [그림 4]에서 보는 바와 같이, 실내외온도가 5°C 이상 차이가 나 냉방증후군¹⁾을 유발할 수 있는 온도차를 보였다. 선행연구(최윤정 등, 2007)에서 냉방기 중·고등학교 학생의 평균 착의량(교복)이 0.58clo이었으며, 학생들이 냉방기동을 조절하는 상태는 평균 24.7~26.6°C이었다. A, D학원의 평균 착의량은 0.44~0.48clo 이었으므로 선행연구와 비교할 때 착의량이 낮은데도 실내온도가 더 낮게 유지되고 있어 과다냉방 상태로 보여진다.

2) 상대습도

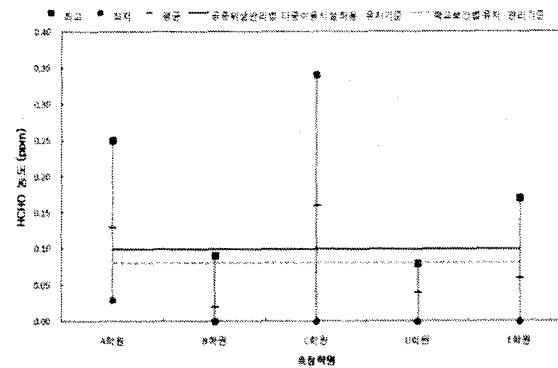
학원교실의 냉방시 상대습도는 [그림 5]와 같이, 학원교실별 평균 48~63%로 측정되었다. 「학교보건법 시행규칙」의 상대습도 유지·관리기준(30~80%)과 비교할 때 5개의 학원교실 모두 유지·관리 기준에 포함되었다.

측정시간동안의 변동폭은 20~30%이었으며, 교실별로 분석한 내용을 종합해보면 5개 학원교실 모두 에어컨의 가동여부에 의해 상대습도가 변동하였으며 이는 에어컨의 제습기능에 의한 것으로 생각된다. 이는 선행연구(최윤정 등, 2007)에서도 냉방시 상대습도가 평균 51.3~72%(변동폭 15~37%)로 나타나 제습기능에 의한 것으로 해석한 바 있다.

1) 냉방증후군은 주로 냉방으로 인한 실내의 온도차가 5~8°C 이상인 곳에서 오랜 시간 머물게 되면 나타나는 증상으로서, 뇌혈류량의 감소로 두통과 함께 어지럼거나 출리기도 하고 장운동의 변화에 의한 다양한 위장증상이 나타날 수 있다. 그 밖에 요통이나 여성의 경우 호르몬 이상에 의한 생리불순도 올 수 있다. 그 외의 냉방증후군의 원인으로는 레지오넬라는 세균이 냉각탑에 서식하다가 냉방 시에 인체의 호흡기에 들어와 호흡기 질환을 일으킬 수 있으며, 특히 냉방 중에 환기를 잘하지 않기 때문에 실내 세균의 농도가 높아지고, 그 외에도 실내 먼지나 알레르기를 일으키는 물질의 농도가 함께 올라가 호흡기 질환이나, 알레르기 질환에 잘 걸리게 된다(조영규, 2006).



[그림 6] 미세먼지 농도 측정결과 종합



[그림 7] HCHO 농도 측정결과 종합

3) 미세먼지 농도

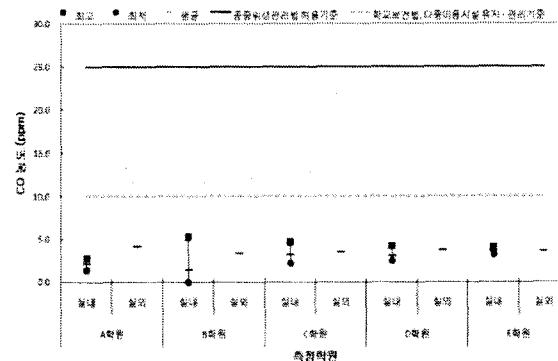
학원교실의 냉방시 미세먼지 농도는 [그림 6]과 같이 학원교실별 평균 $2.1\sim17\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다. 이를 「공중위생관리법」의 허용기준($150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하), 「학교보건법 시행규칙」의 유지·관리기준($100\mu\text{g}/\text{m}^3$)과 비교해 보면, 5개의 학원교실이 모두 기준 이하인 것으로 나타났다.

측정시간동안 미세먼지의 변동폭은 $20\sim30\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 거의 일정하였으며, 이렇게 미세먼지농도가 낮은 것은 에어컨의 필터기능에 의한 것으로 해석된다. 이는 최윤정 등(2007)의 연구에서도 학교교실의 냉방시 미세먼지농도가 평균 $3.5\sim23.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 매우 낮게 나타났다. 그 외 최한영의 연구(2003)에서 비냉방시($121.4\mu\text{g}/\text{m}^3$) 보다 냉방시($98.4\mu\text{g}/\text{m}^3$) 미세먼지의 농도가 낮게 나타났고, 전정우 등(2006)의 연구에서 냉방을 가동하지 않는 기간에 미세먼지 농도가 평균 $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났으며, 손부순 등(2006)의 연구에서 역시 냉방기간이 아닌 2004년 10월에 일반교실에서의 농도가 평균 $95.83\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타나 냉방 가동 시 측정한 본 연구에 비해 훨씬 높은 수치를 나타냈다.

4) HCHO(포름알데히드) 농도

학원교실의 냉방시 HCHO 농도는 [그림 7]과 같이 학원교실별 평균 $0.02\sim0.16\text{ ppm}$ 으로 「공중위생관리법」의 허용기준(0.1ppm 이하), 「학교보건법 시행규칙」의 유지·관리기준(0.08ppm)과 비교해 보면 5개의 학원 중 A학원(평균 0.13ppm)과 C학원(평균 0.16ppm)이 기준치 이상으로 측정되었다.

이론(한상수, 1999)에 의하면 포름알데히드의 발생원은 접착제, 의류, 가구, 방부·살균제, 흡연 등으로 다양하다. 교실별로 HCHO농도가 상승한 경우에 대해, 측정시 관찰 결과에 의한 분석결과, A, B, E학원은 교실 외부, C, D학원은 교실 내부에 원인이 있는 것으로 분석되었다. 교실



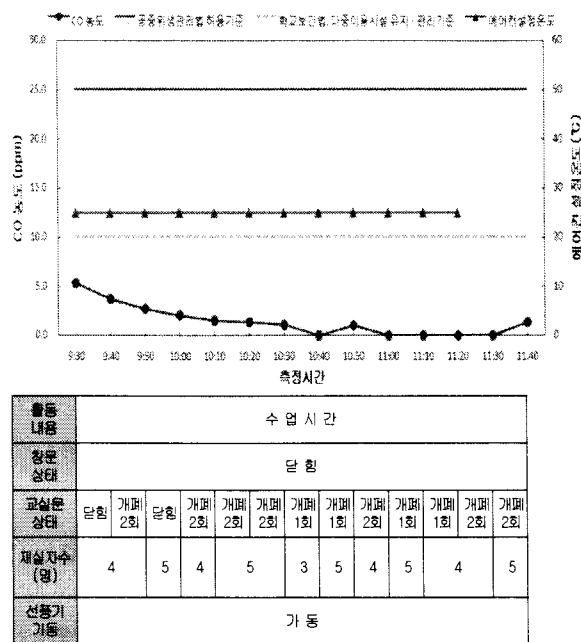
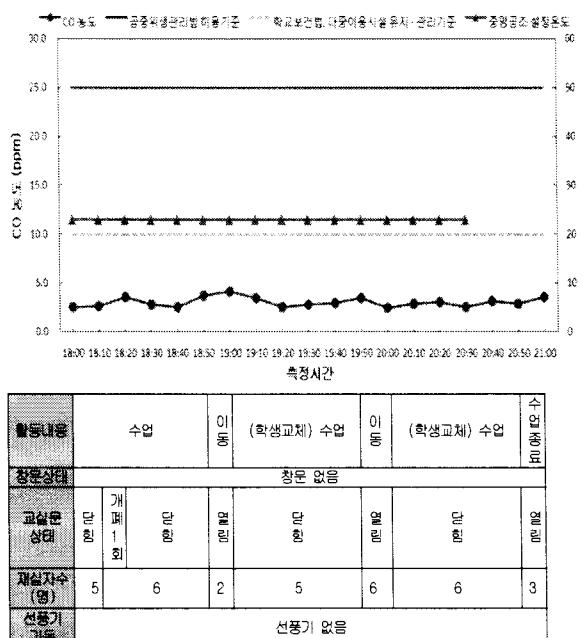
[그림 8] CO 농도 측정결과 종합

외부의 원인은 흡연, 화장실 청소세제 사용 등이며 내부의 원인은 재실자의 헤어펌, 헤어제품 사용 등으로 판단된다.

5) CO 농도

학원교실의 냉방시 CO 농도는 [그림 8]과 같이 학원교실별 평균 $1.4\sim3.6\text{ ppm}$ 으로 「공중위생관리법」의 허용기준(25ppm 이하), 「학교보건법 시행규칙」의 유지·관리기준(10ppm)이하 인 것으로 나타났다.

기초항목으로 조사한 측정당시 외부 CO 농도는 평균 $3.4\sim4.2\text{ppm}$ 으로, 오염도가 높지 않은 일반적인 경우라 할 수 있다. 측정시간동안 CO 농도의 변동폭은 $0.8\sim5.3\text{ppm}$ 으로 나타났으며, 교실별 분석시 문이 열렸을 때보다 오히려 환기가 이루어 지지 않았을 때 농도가 감소하여 실내오염원은 없었던 것으로 보인다. B학원교실(그림 9)은 측정시간중 교실 문이 열린 직후인 측정시작시에 CO농도가 가장 높았다가 수업중 감소한 경우가 있었고, D학원교실(그림 10)은 교실 문이 열렸을 때 실내 CO 농도가 높아지는 경우가 있었는데, 그 원인은 생활요인 관

[그림 9] B학원교실의 CO₂농도 측정결과[그림 10] D학원교실의 CO₂농도 측정결과

찰기록자료에 의하면, 계단실 및 비상구에서의 교사의 흡연에 의한 오염물질이 복도를 통해 교실로 유입된 것으로

판단된다.

6) CO₂ 농도

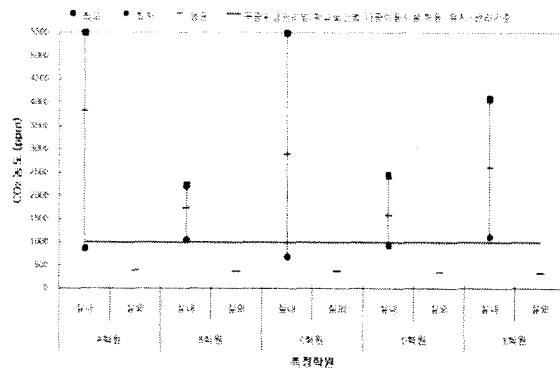
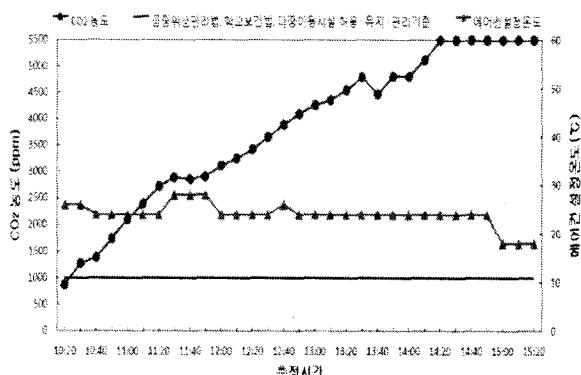
학원교실의 냉방시 CO₂ 농도는 [그림 11]과 같이 학원교실별 평균 1,741~3819ppm을 나타냈으며, 측정치의 대부분이 「공중위생관리법」의 허용기준(1,000ppm이하), 「학교보건법 시행규칙」의 유지·관리기준(1,000ppm)을 초과하였다. 현장측정시간이 짧은(2시간 10분) B학원교실과 중앙공조가 가동되고 있었던 D학원교실을 제외하면 CO₂ 농도는 학원교실별 평균 2,500ppm이상이었으며, 이는 매우 불량한 상태에 해당된다²⁾. 특히 A학원교실(그림 12)과 C학원교실(그림 13) 두 곳은 5,500ppm over의 측정치가 연속적으로 나타났는데, 측정기기의 측정범위가 5,500ppm 이상이었다면 더 높은 농도로 측정되었을 것이며, 매우 심각한 상태였을 것으로 생각된다.

측정시간동안 CO₂의 변동폭을 살펴보면 A학원은 4,628ppm, B학원은 1,171ppm, C학원은 4812ppm, D학원은 1,514ppm, E학원은 2,964ppm으로 나타났다. 이론상의 필요환기량³⁾을 감안하면, 5개 교실은 의도적이고 지속적인 환기가 이루어지지 않는 한 모두 재실자(교실별 4~17명)에 비해 체적(교실별 35.16~68.69 m³)이 매우 적다고 할 수 있다.

그러나, 전체 학원교실의 CO₂ 변동모습을 보면, 대부분 출입문 및 외부 창을 개방하지 않아 수업하는 동안 농도가 상승하는 것을 알 수 있었다. A, D학원의 경우 학원설립시 건물의 외창을 가리는 리모델링을 하여 외창이 없었고, 복도와 면하는 교실출입문이 개방되어도 외기가 통하는 현관은 닫혀있어 개구부를 개방하여도 환기효과가 거의 없었다. B학원의 경우에는 교실출입문이 외부통로와 가까운 곳에 면하고 있었지만 교실문의 개방이 아주 짧은 시간이라 역시 환기효과를 얻지 못했다. C학원교실은 점심시간에 외부 창과 교실 문을 25분간 모두 개방하여 환기효과를 얻었으며, D학원교실은 중앙공조로 인해 비교적 낮은 농도를 유지하였다. 또한 E학원교실은 교실문이 개방된 경우가 많았지만 재실자수가 많은 것이 영향을 준 것으로 보인다. 모든 교실이 환기설비가 없었고 D학원만 공조가동 중이었다. 즉, CO₂ 농도는 외부로 면한 창이 있는지, 창을 개방하였는지, 교실문이 외부공기와 연결되는지, 공조시스템 가동, 수업의 지속시간, 재실자의 수 등의 요인으로 인해 변동하는 것으로 해석된다.

2) 윤정숙(1995). p.182. CO₂농도의 허용·량과 인체영향을 보면, 2,000~5,000 ppm은 매우 불량하다고 인정되는 양, 5,000 ppm 이상은 아주 심한 불량상태에 해당된다.

3) 윤정숙(1995). p196. CO₂농도의 허용치(1000 ppm)를 기준으로 하면 1인당 약 20~30m³/h 정도의 신선한 공기가 필요하다.

[그림 11] CO₂ 농도 측정결과 종합[그림 12] A학원교실의 CO₂ 농도 측정결과

활동 내용	수업		이동		수업		이동		수업	
	수업	이동								
청론 대회										
교실온도	개방 1회	개방 1회	개방 2회	개방 1회						
체습장온도	1회	1회	2회	1회						
체습장기온	3회	5	4	2	5	2회	4회	5회	6	7
선풍기 없음										

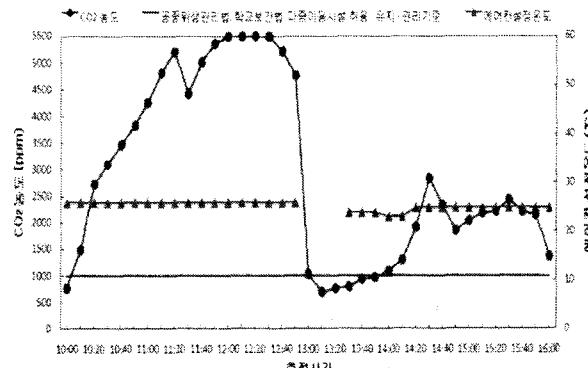
3. 개선안 제언

조사대상의 특성과 측정결과 및 해석을 바탕으로, 관련 자료 검토를 통한, 학원교실의 실내공기질 개선을 위한 제언은 다음과 같다.

1) 교사 및 학생을 대상으로 한 교육 및 홍보

실내온도 측정결과 과다냉방의 경우가 많았고 공조가 동전물을 제외하면 에어컨 조절자가 교사였으므로 학원교사를 대상으로 한 실내환경에 대한 교육 및 홍보가 필요하다.

HCHO(포름알데히드) 측정결과 학원교실의 HCHO의

[그림 13] C학원교실의 CO₂ 농도 측정결과

(■ : 쉬는시간 5분)

발생원은 학생과 학원의 생활요인(헤어펌, 스프레이, 세제, 흡연 등)으로 해석되었으므로, 재실자 스스로가 오염원이 될 수 있다는 사실과 환기가 필요하다는 내용을 학생과 교사 등을 대상으로 원인 및 인체에 미치는 영향과 개선 방안에 대해 홍보가 필요하다.

간단한 방법으로는 「학교교사내 환경위생 및 식품위생 관리매뉴얼」(2006, 교육인적자원부), 「새학교증후군 예방 매뉴얼」(2007, 서울특별시 학교보건진흥원)과 「유치원 환경 위생관리 매뉴얼」(2007, 서울특별시 학교보건진흥원) 등 공교육기관을 대상으로 한 홍보자료가 제작되어 있으므로 이러한 자료를 학원에도 배부하는 방법이 있다.

2) 건물관리자 또는 학원운영자의 건물환경관리 방안 수립

공조건물인 경우 과다냉방 상태였으므로 관리자가 교실내의 실내온도를 파악할 수 있는 시스템이 필요하다.

측정결과 CO 농도가 일부 학원교실에서 특정시간에 상승하는 경우가 있었는데, 이는 계단실 및 비상구에서의 흡연에 의한 오염물질이 복도를 통해 교실로 유입된 것으로 생각되므로, 청소년 학습환경 유지를 위해 학원시설의 금연건물지정이 필요하다. 이를 위해서는 건물 소유자 또는 학원운영자의 인식 및 실천이 필요하다.

<표 5> 조사결과 요약 및 개선안

■ : 개선필요

측정요소	측정결과	영향요인	제언
실내온도	교실별 평균이 2개 교실만 기준에 포함되고 3개 교실은 기준보다 낮음	에어컨 설정온도 (공조건물을 제외하면 교사조절)	1) 교사 및 학생을 대상으로 한 교육 및 홍보 2) 건물관리자 또는 학원운영자의 건물 환경관리 방안 수립 3) 건물의 실내환경을 고려한 설계 및 리모델링
상대습도	교실별 평균이 기준에 포함	에어컨 가동에 의한 제습효과	
미세먼지	모든 교실의 평균이 기준치 이하	에어컨의 필터기능	
HCHO	일부 교실이 기준치 이상	학생들의 생활요인(헤어펌, 헤어제품 사용 등)과 학원 내 생활요인(화장실 세제, 흡연 등)	
CO	모든 교실의 평균이 기준치 이하이나, 일부 측정치 상승	교사의 흡연에 의한 것으로 추정	- 국민건강증진법의 금연건물에 포함. - 공중위생관리법에 소규모학원 포함. - 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법 적용대상시설로 포함. - 학원설립시 창문 또는 환기설비 설치 대상 건물로 포함.
CO ₂	중앙공조 1개학원을 제외한 모든 교실의 평균이 기준치 이상	교실 체적과 재실자수에 비해 환기량 부족이 원인 (창이 없거나 환기하지 않음)	

3) 건물의 실내환경을 고려한 설계 및 리모델링

측정결과 CO₂ 농도가 심각하게 나타났으므로 학원 설립·리모델링 시 실내공기를 고려한 계획이 절실히 요구되며 교실에 환기 가능한 외측창 설치, 환기설비 계획 등이 반드시 필요하다. 학원교실은 일반적인 학교교실과는 달리, 벌딩의 일부를 사용하여 기존의 외창이 있는 건물을 학원설립시 리모델링으로 창이 폐쇄되는 경우가 있었다. 이러한 창문 또는 환기설비 설치에 대한 내용을 리모델링 종사자가 고려해야 할 필요가 있다.

4) 학원의 실내환경 관련법규 검토

① 「국민건강증진법」 검토

연구결과 학원건물의 금연건물지정이 필요한 것으로 나타났으며 학원은 모두 「국민건강증진법」⁴⁾ 상의 금연지정 해당 건물로 포함시킬 필요가 있다.

② 「공중위생관리법」 검토

현행 「공중위생관리법」에 해당되는 건물은 학원의 연면적 2,000m² 이상이다. 그러나 본연구의 조사대상은 연면적이 그보다 작은 소규모 학원들이었으며 이것이 일반적인 현황이다.

측정결과 「공중위생관리법」의 허용기준을 벗어난 경우가 많았으므로 청소년의 건강을 위해서는 소규모학원도 법의 대상으로 포함시킬 필요가 있다.

③ 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」 검토

「공중위생관리법」은 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」에 비해 측정방법이 구체적이지 못하며 시설소유자의 의무에 측정·보고의무규정과 구체적인 검사지침이 없다. 반면 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」은 고시에 측정시간과 지점 횟수 등이 규정되어 있고 오염물질방출 건축자재의 사용제한과 시설소유자가 자가측정 후 관할구청에 결과를 보고하도록 하고 있다. 따라서 청소년 생활 및 학습공간의 일종인 학원의 실내공기질의 체계적인 적정관리방안을 위해 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」에 포함하여야 한다.

5) 학원건물의 환기 등을 위한 관련법규 검토

학원건물의 환기 계획을 위해서는 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」⁵⁾에서 적용대상은 「건축법」 제39조 제2항에 따라 단독주택 및 공동주택의 거실, 교육연구시설 중 학교의 교실, 의료시설의 병실 또는 숙

4) 「국민건강증진법 시행규칙」 제6조 공중이 이용하는 시설의 내용을 살펴보면 법 제9조4항의 규정에 따라 소유자·점유자 또는 관리자가 당해시설의 전체를 금연구역으로 지정하거나 당해 시설을 금연구역과 흡연구역으로 구분하여 지정하여야하는 공중이 이용하는 시설 중 학원은 연면적 1,000m² 이상의 학원만이 해당된다. 「국민건강증진법 시행규칙」[별표3] 금연구역과 흡연구역의 표시 및 흡연구역의 시설기준을 보면, 흡연구역은 독립된 공간으로 하여야 하며, 이 경우 공동으로 이용하는 시설인 사무실, 화장실, 복도, 계단 등을 흡연구역으로 지정하여서는 아니된다.

따라서 본 연구에서 교사가 흡연하는 경우가 있었던 계단은 흡연구역으로 지정할 수 없는 공간이며, 소규모 학원도 「국민건강증진법」의 금연구역 지정대상으로 포함시킬 필요가 있다.

5) 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제17조 채광 및 환기를 위한 창문 등을 살펴보면 영 제51조의 규정에 따라 환기를 위하여 거실에 설치하는 창문 등의 면적은 그 거실의 바닥면적의 20분의 1이상이어야 한다. 다만, 기계환기장치 및 중앙관리방식의 공기조화설비를 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.

박시설의 객실에는 건설교통부령이 정하는 기준에 따라 채광 및 환기를 위한 창문 등 또는 설비를 설치하여야 한다고 규정하고 있으므로 현재 학원은 적용대상이 아니다. 또한 「학원의 설립운영 및 과외교습에 관한 법률」에는 채광시설, 환기시설, 냉·난방시설 등이 적합할 것으로 모호하게 규정되어 있다. 따라서 창문 또는 환기설비 설치에 대한 규정을 포함하는 것을 검토할 필요가 있다.

V. 결론 및 제언

1. 요약 및 결론

본 연구는 학원교실의 실내공기질 향상을 위한 실태조사연구로서, 여름철 냉방시 실내공기질의 실태를 측정하고, 이에 영향을 미치는 건축적·생활적 요인을 분석하는 것을 목적으로 하여, 5개 학원교실의 수업시간에 실내 온·습도, 미세먼지, HCHO(포름알데히드), CO, CO₂ 농도를 현장측정하며 관련요인을 관찰 조사하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 측정대상 학원의 건축적 특성을 조사한 결과, 측정 대상학원은 모두 별도 건물이 아닌 건물의 일부를 사용하고 있었으며 각 학원의 연면적은 80~480m², 측정교실의 체적은 35.16~68.69m³이었다. 냉방설비는 공조가동중인 1개의 학원을 제외하면 4개 학원이 개별냉방이었으며 환기 설비도 없었다. 총 37개 교실 중 환기가 가능한 외창이 없는 경우는 16개였고, 2개 학원은 학원설립 공사 시 외창을 폐쇄한 상태였으며 모든 학원에서 복도역시 외기와 연결되지 않았다.

2) 측정대상학원의 수업대상 학생은 초·중등학생 중심이었으며, 측정교실의 재실자수는 4~17명이었다. 측정시 환기실태는 5개의 학원 중 3개의 측정교실은 외창이 없거나 있어도 전혀 환기하지 않았고, 1개의 측정교실은 점심 시간에 창 개방을 했으며, 또 다른 1개 측정교실은 공조 가동 중이었다.

3) 5개 학원교실의 냉방시 교실별 평균 실내온도는 21.7~28.1°C(평균 25.3°C)로, 2개 교실만 학교보건법의 기준(냉방:26~28°C)에 포함되고 3개 교실은 기준보다 낮았다. 에어컨 설정온도가 영향 요인이었으며, 중앙공조가 가동되고 있는 1개 교실을 제외하면 에어컨 가동은 교사가 조절하고 있었다.

4) 상대습도는 교실별 평균 48~63%(평균 56.4%)으로, 모두 학교보건법의 기준(30~80%)에 포함되었고, 에어컨 가동이 지속되거나 강하게 가동할수록 낮아져, 에어컨에

의한 제습효과임을 확인 할 수 있었다.

5) 미세먼지 농도는 교실별 평균 2.1~17µg/m³(평균 9.48µg/m³)로 모든 교실이 공중위생관리법 기준치(150µg/m³ 이하) 이하로 매우 낮게 나타나 에어컨에 의한 먼지 필터기능이 있는 것으로 생각된다.

6) HCHO 농도는 교실별 평균 0.02~0.16ppm(평균 0.08ppm)으로 평균은 2개 학원교실에서 공중위생관리법 기준치(0.1ppm) 이상으로 나타났으며, 교실별로 측정치가 기준치이상으로 나타난 경우는 학생들의 생활요인(헤어 펌, 헤어제품사용 등)과 학원 내 생활요인(화장실 세제, 흡연 등)이 관찰되어 이것이 원인인 것으로 판단된다.

7) CO 농도는 교실별 평균 1.4~3.6ppm(평균 2.7ppm)으로 모든 교실이 공중위생관리법 기준치(25ppm 이하) 이하였으나, 일부 교실의 일부 측정치가 상승한 경우는 교사가 흡연 후 교실로 입실한 것으로 관찰되어 이것이 원인으로 추측된다.

8) CO₂ 농도는 교실별 평균 1,593~3,819ppm(평균 2,533ppm)으로 중앙공조 가동 1개 학원을 제외한 모든 교실의 대부분의 측정치가 공중위생관리법 기준치(1,000ppm 이하) 이상으로 나타났으며, 이는 재실자에 비해 교실의 체적과 환기량이 부족한 것이 원인으로 생각된다.

2. 제언

연구결과를 바탕으로 학원시설의 실내공기질 개선을 위한 제언은 다음과 같다.

1) 측정결과 과다냉방의 경우가 많았고 에어컨 조절자가 교사였으므로 학원교사를 대상으로 한 실내환경에 대한 교육 및 홍보가 필요하다.

2) 학원교실의 HCHO의 발생원은 학생과 학원의 생활요인(헤어펌, 스프레이, 세제, 흡연 등)으로 관찰되었으므로, 재실자 스스로가 오염원이 될 수 있다는 사실과 환기가 필요하다는 내용을 학생과 교사 등을 대상으로 홍보할 필요가 있다. 간단한 방법으로는 공교육기관을 대상으로 한 홍보자료가 제작되어 있으므로 이러한 자료를 학원에도 배부하는 방법이 있다.

3) 일부 학원교실에서 CO 농도가 계단실 및 비상구에서의 흡연에 의해 유입된 것으로 판단되므로, 청소년 학습환경 유지를 위해 학원시설에서의 금연이 매우 필요하며, 이를 위해서는 건물 소유자 또는 학원운영자의 인식 및 실천이 필요하다. 또한 학원건물의 금연건물지정을 위해, 학원은 규모에 관계없이 모두 「국민건강증진법」 상의 금연지정 해당 시설로 포함시킬 필요가 있다.

4) 학원교실의 CO₂ 농도가 심각하게 나타났으므로 학원

설립·리모델링 시 실내공기를 고려한 계획이 절실히 요구되며, 교실에 환기 가능한 외측창 설치, 환기설비 계획 등이 반드시 필요하다. 학원교실은 대형건물의 일부를 사용하면서 기존의 외창이 있는 건물을 학원설립시 리모델링으로 창을 폐쇄하는 경우가 있었다. 따라서 「학원의 설립운영 및 과외교습에 관한 법률」에 창문 또는 환기설비 설치에 대한 규정을 포함하는 것을 검토할 필요가 있다.

5) 현행 「공중위생관리법」의 적용대상은 학원의 경우 연면적 2,000㎡ 이상이다. 그러나 본 연구의 조사대상은 연면적이 그보다 작은 소규모 학원들이었으며, 이것이 학원의 일반적인 현황인 것으로 생각된다. 따라서, 청소년의 건강을 위해서는 소규모학원도 적용대상으로 포함시킬 필요가 있다.

6) 본 연구는, 조사대상의 협조를 구하는 과정에서, 측정결과가 좋지 않았을 때의 상황 등을 염려하여 조사에 협조하는 학원이 극히 적어, 조사대상학원이 5개 학원에 불과하였다. 또한 본 연구의 목적이 단순 실태파악을 위한 일회성 방문 측정이 아닌, 영향요인 파악을 위한 수업 중 측정 및 관찰조사였던 점도 조사대상의 수가 적어진 이유이다. 따라서, 본 연구의 결과를 일반화하는 데에는 신중을 요한다. 그러나, 주거학 관점에서의 실내환경 연구는 실태파악보다는 거주자가 생활하고 있는 실내환경의 영향요인 파악에 의해 개선안을 제안하는 것에 의의가 있으므로, 조사대상의 양적확대보다는 조사협조를 구하는 방법을 다양화하는 시도가 차기연구에서 필요하다고 생각된다.

주제어 : 실내공기질, 실태, 영향요인, 학원교실, 냉방

참 고 문 헌

- 손부순, 장봉기, 이치원, 전용택, 최윤나 (2006) 중학교 교실의 실내공기오염에 관한 연구. *2006년도 한국실내환경 학회 연차학술대회논문집*, 3, 287-288.
 심현숙 (2008) 리모델링한 아파트 단위주거의 실내공기질 평가. 석사학위논문. 충북대학교 대학원.
 윤정숙 (1995) 주거환경학. 문운당.
 조영규 (2006) 냉방병. 대한보건협회지, 건강생활, 2006(52)

전정우, 윤승욱, 손종렬, 이정재, 이진성 (2006) 서울 일부 학교 건축물의 실내공기질 평가. *2006년도 한국실내환경 학회 연차학술대회논문집*, 3, 267-269.

최윤정, 정연홍, 이선아, 김혜경, 황진아 (2007) 학교교실의 냉방시 실내열·공기환경 실태. *한국주거학회논문집*, 18(4), 49-58.

최한영 (2003) 서울지역 학교 교실의 실내환경 조사연구. 대한 위생학회. 대한위생학회지, 18(2), 67-74.

한상수 (1999) 생활공간중의 포름알데하이드. 섬유정보(학술지), 59, 31-36.

ASHRAE (1993) ASHRAE Handbook-1993 Fundamentals. ASHRAE, Atlanta.

www.klaw.go.kr (법제처 종합법령정보센터)

건축법[일부개정 2008.6.5]

건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 [일부개정 2007.6.28 건설교통부령 제563호]

국민건강증진법 [일부개정 2006.12.30] 국민건강증진법 시행규칙 [일부개정 2007.2.8].

공중위생관리법 [일부개정 2007.5.25]. 공중위생관리법 시행령 [일부개정 2006.8.4].

학원의 설립·운영 및 과외교습에 관한 법률 [일부개정 2007.5.25].

학교보건법 [일부개정 2007.8.3]. 학교보건법시행규칙 [일부개정 2007.3.26].

다중이용시설 등의 실내공기질관리법 [일부개정 2006.12.30].

www.moe.go.kr (교육인적자원부) (현 교육과학기술부)학교 환경위생 및 식품위생 점검기준 [교육인적자원부고시 제2006-10호]

학교교사내 환경위생 및 식품위생 관리매뉴얼(2006)

www.me.go.kr (환경부) 미적용 다중이용시설 실내공기질 실태조사 결과(2006).

www.seoul.go.kr (서울시) 시정소식 보도자료 : 공중이용시설 실내공기질 측정 추진상황(2007).

www.cbcje.go.kr (충청북도 청주교육청) 학원현황 (2007.6.30)

www.bogun.seoul.kr (서울특별시 학교보건진흥원)

새학교증후군 예방 매뉴얼(2007.6.8)

유치원 환경 위생관리 매뉴얼(2007)

(2008. 7. 5 접수; 2008. 9. 20 채택)