

# 대형강의실의 환기여부에 따른 실내환경과 피로감 반응의 차이분석

## Analysis of Differences in Indoor Environment and Fatigue Response According to Ventilation in Lecture Hall

오예슬 · 황진아 · 최윤정\*  
충북대학교 주거환경학과

Oh, Ye-Seul · Hwang, Jin-A · Choi, Yoon-Jung  
Dept. of Housing & Interior Design, Chungbuk National University

### Abstract

The purpose of this study was to analyze differences of the indoor environment and student's fatigue response according to ventilation in university lecture hall. The experiments consisted of measuring the indoor environmental parameters and a survey of student's responses. The experiments were in the lecture hall that the actual lecture was conducted in on the 25<sup>th</sup> of May 2009 (not opening windows and door- A) and the 1<sup>st</sup> of June 2009 (opening windows and door- B). The experimental variable was ventilation by opening the windows and door, and the controlled conditions were indoor temperature by air conditioner, volume of the microphone and VTR, lighting conditions and teaching method. The results are as follows: 1) The indoor temperature was maintained in controlling A, B but the CO<sub>2</sub> and relative humidity of A (average 3579ppm, 62.6%) was higher than B (average 1697ppm, 48.1%). 2) There were differences in the student's subjective responses and student's fatigue responses between A and B. 3) Therefore, it was found that ventilation by opening the windows and door was a valid way to improve the relative humidity and to reduce CO<sub>2</sub> in the lecture hall.

**Keywords** : lecture hall, ventilation, indoor environment, subjective response, fatigue response, experimental study

## I. 서론

### 1. 연구배경 및 목적

실내공기의 오염을 제거하기 위한 가장 손쉽고 효과적인 방법은 환기이다. 최근 실내공기질과 건강관련성에 대한 관심이 증가하면서 환기에 대한 중요성 또한 커지고 있으며, '빌딩증후군'이나 '새집증후군'의 효과적인

예방방법으로 창문을 통한 규칙적인 환기가 중요시되고 있다. 이러한 중요성을 반영하듯 신축공동주택이나 다중이용시설 등의 환기설비 설치 규정과 같은 법적제도가 실시되고 있으며, 「학교보건법」에서는 학교 건물의 경우 1인당 환기량이 시간당 21.6m<sup>3</sup> 이상이 되도록 하는 조 절기준을 규정하고 있다.

일반적으로 CO<sub>2</sub>는 매우 고농도가 아닌 한 CO<sub>2</sub> 농도 자체가 인체에 영향을 미치기보다는 CO<sub>2</sub>가 증가하는 환

\* Corresponding author: Choi, Yoon-Jung  
Tel: 043-261-2714, Fax: 043-276-7166  
E-mail: ychoi@cbnu.ac.kr

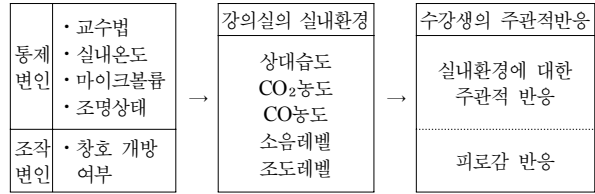
기불량 상태가 인체활동에 의한 온도나 습도의 증가, 분진, 세균 등도 불량한 상태로 되는 경우가 많으므로 CO<sub>2</sub> 농도를 실내의 환기상태를 평가하는 지표로 사용하고 있다. 서해환경과학연구소에서 CO<sub>2</sub>농도가 학생들에게 어떤 영향을 미치는지를 알아보기 위해, 교실의 하루 중 CO<sub>2</sub>의 농도변화를 측정하고, 그에 따라 학생들의 집중력이 어떻게 변화하는지를 뇌파측정을 통해 알아 본 결과, 난방을 위해 창문을 닫아둔 교실의 CO<sub>2</sub>농도는 학교 보건법 유지관리기준의 4배인 4000ppm으로 나타났으며, CO<sub>2</sub>농도가 최고조에 달하는 오후시간 학생들의 집중력은 4%이상 떨어졌다(KBS 환경스페셜-“교실은 숨쉬지 않는다”, 2005). 또한 냉방과 난방을 위해 환기를 하지 않고 밀폐시킨 공간에서 생활하는 사람들에게 발생하는 ‘밀폐건물증후군’은 눈·코·입 자극, 현기증과 같은 신체적인 증상 뿐 만 아니라 작업능률의 저하, 기억력 감퇴, 정신적 피로를 유발하기도 한다(“꼭 막힌 사무실, 머리가 지끈지끈”, 2008).

이처럼 CO<sub>2</sub>농도를 포함한 교육공간의 실내환경은 지적활동을 수행하는 학생들에게 중요한 요소이다. 이러한 중요성을 반영하듯 최근 초·중·고등학교의 실내환경에 대한 연구가 상당수 진행되고 있으나 (강태욱, 2006; 김삼열 외, 2008; 김태우 외, 2006; 나수연, 박진철, 2007; 송진용, 황정하, 2008; 유상균 외, 2007; 천정길 외, 2007; 최윤정 외, 2007; 최정민 외, 2008), 상대적으로 대학교 강의실의 실내환경에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 특히 대학교 대형강의실은 일반적으로 대형규모로 많은 재실자를 수용하는 경우가 많고, 강의와 행사 등으로 하루종일 이용하는 경우가 빈번하나, 시청각 수업의 진행으로 암막이나 커튼을 사용하여 창문을 가리고, 외부소음 유입의 방지를 위해 창문을 개방하지 않는 경우가 많아 의도적으로 창문을 개방하여 환기하지 않으면 거의 환기가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 일반적으로 환기하지 않고 사용하는 대형강의실의 실내환경 실태와 환기시의 실내환경이 어떠한지 알아보고, 이러한 실내환경 상태가 수강생에게 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 것은 의의가 있다고 하겠다.

이에 본 연구는 창문을 개방하는 환기를 대학교 대형 강의실의 실내환경 개선방법의 일환으로 보고, 환기여부에 따른 대형강의실의 실내환경 차이를 파악하고 나아가 환기여부에 따른 실내환경의 차이가 수강생의 주관적 반응과 피로감 반응에 영향을 미치는지 분석하는 것을 목적으로 하였다.

2. 연구모형

본 연구의 목적을 위한 연구모형은 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 연구모형

II. 문헌고찰

1. 관련이론

1) 피로감

피로란 라틴어의 *Fatigatio*로서 연속 또는 반복되는 정신적·육체적 작업에 수반해서 발생하는 심신기능의 저하상태를 의미하며, 일반적으로 작업 능력의 저하, 자타각적 피로징후, 생화학적 변화 등을 볼 수 있다(김영수, 이영직, 2005). 피로의 종류로는 카와바다 교수에 의한 분류에 따르면, 신체적 피로, 정신적 피로, 질병성 피로로 분류할 수 있다. 생활 속의 피로 원인으로는 미숙련, 수면부족 또는 철야, 오랫동안의 통근시간, 일 연속 작업시간의 과장, 휴식시간의 부족, 휴일부족, 심야근무의 동시 연속근무, 많아진 잔업, 작업강도의 과대, 근무시간 중의 평균에너지대사율의 과다, 연령이 너무 어리거나 고령의 경우, 나쁜 환경요인(저조명, 공기 중의 이산화탄소 과잉, 고온, 진동 등), 독물작용, 열악한 작업조건(작업위치가 너무 높거나 낮은 경우), 질병에 의한 체력저하의 시기 등이 있다. 특히 환경과 관련하여 작업환경 조건이 부적당하면 피로가 빨리 오게 되며, 그 조건으로는 불충분한 조명, 눈부심, 소음, 과도한 열, 독이 있는 먼지, 환기 불량 등을 들 수 있다(신호주, 1996).

피로의 조사방법은 일반적으로 객관적인 방법과 주관적인 방법으로 나눌 수 있다. 객관적인 피로의 측정방법은 주로 의료계나 스포츠 의학에서 사용하는 방법으로써 생리적 기능과 작업능력을 테스트하여 피로를 해석한다. 주관적 피로의 측정방법은 인간이 느끼는 피로는 주관적이기 때문에 측정대상집단의 주관적 호소증상을 분석함으로써 그 집단의 피로정도를 산출하며, 주로 설문지법에 의해

이루어진다. 일본 산업위생학회에서 작성된 자각증상조사서는 산업근로자의 피로도를 측정하기 위하여 개발된 것이나 피로는 개인이 주관적으로 체험한 자각적 증상을 측정하는 방법이기 때문에 가장 널리 쓰인다. 이 자각증상조사서는 일반적 피로, 정신적 피로, 국부적 피로로 세가지 증상군으로 분류되어 각 10개 항목씩 총 30개 항목으로 구성되어 있으며, 각 증상군별 응답수를 전체인원에 대한 백분율로 표시하여 분석한다(박성익, 2004).

## 2) 환기

실내의 오염된 공기를 깨끗하게 하는 가장 유효한 방법은 오염된 실내공기와 깨끗한 외기를 교환하는 것으로 이를 환기라 한다. 환기는 실내열환경의 조절에도 유효한 수단으로, 예를 들면 많은 사람이 장시간 실내에 있으면 인체로부터 열과 수분이 방산되어 실내기온과 습도가 증가되므로 실내의 열환경은 공기오염과 병행하여 악화되는데, 이러한 온도와 습도의 증대를 억제하기 위하여도 일상적으로 환기가 필요하다. 특히 실내공기오염의 조절의 측면에서 환기를 실시할 경우, 재실자에게 필요한 산소를 공급하며, 재실자에 의한 공기오염을 허용치 이하로 유지하고, 재실자 이외로부터 발생하는 유해오염물질을 제거하는 효과를 기대할 수 있다(윤정숙, 2004).

## 2. 관련연구

관련연구로서, 학교교실의 실내환경상태를 파악한 연구가 다수 수행되었으나, 본 연구는 실태파악보다는 환기여부를 조작변인으로 하여 실내환경의 차이를 파악하고 실내환경의 차이가 수강생의 주관적 반응과 피로감에 영향을 미치는지를 파악하기 위한 실험연구이므로, 실내환경에 따른 재실자(피험자)의 피로감 반응을 비롯한 작업능력, 스트레스 반응과 자각증상에 관련된 연구를 살펴보았다.

박성익(2004)은 실내온도와 소음레벨을 변인으로 하여 재실자의 피로도와 작업효율을 평가하는 실험실실험을 한 결과, 가장 중립온감을 느낀 실험실 온도는 24℃이었으며, 피로감은 주간에는 실온이 높을수록, 야간에는 실온이 낮을수록 호소율이 높게 나타났다. 단시간의 실험에서 소음이 작업자의 집중력을 향상시켜 수행과제의 성공률을 높였다. 최윤희, 전정운(2008)에서는 후각·청각·온열요인으로 구성된 복합환경 하에서 각 실내환경 요소들이 재실자의 스트레스반응과 불안에 어떻게 영향을 미치는지 실험실실험을 하였다. 그 결과 1시간 이상

노출될 경우 온도는 재실자의 상태불안에 영향이 나타났으며, 공기오염물질이 있을 때, 자연소리보다 교통소음이 들릴 때, 높은 스트레스반응과 상태불안이 나타났다. 노영만 외(2004)와 김기연 외(2006)가 사무실 및 석유화학 공장사무실의 공기질 실태조사와 근로자의 건강자각증상을 조사한 결과, 사무실 온도 조건은 적당하다고 생각될 때 증상의 호소가 감소하였으며, 습도 역시 온도와 같은 경향을 나타냈다. 조도의 경우 밝은 편이 경우 증상의 호소가 가장 낮은 반면 너무 밝거나 어두운 경우 증상의 호소가 증가하는 것으로 조사되었다. 또한 사무실 체적 대비 재실 근로자수 비율에 따른 오염물질농도는 CO, CO<sub>2</sub>, 상대습도에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며, 상대습도, CO<sub>2</sub>, 호흡성 분진, 포름알데히드의 농도에 따라 건강자각증상의 호소율이 높았다. 김태중 외(2007)는 일반적인 1일 업무시간을 가정한 피험자 실험을 통해 환기량 변화가 지적생산성에 주는 영향을 분석하고 노출시간과 생산성의 관계를 비교분석한 결과, 통계적 유의한 차이는 작으나 환기량이 증가함에 따라 작업능률의 증가하는 것을 확인 할 수 있었으며 폭로시간의 차이도 작업능률에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이상에서, 실내환경에 따른 피로감 반응, 작업능률 등을 파악하기 위한 연구들에서 대체로 실내환경에 의한 영향을 확인할 수 있는 것으로 파악된다.

## 3. 관련법규 : 학교보건법

본 연구의 대상인 대학교 대형강의실은 「학교보건법」의 적용대상에 포함된다. 「학교보건법 시행규칙」(일부개정 2008.8.4) 제3조 ‘환경위생 및 식품위생의 유지관리’에는 본 연구에서의 측정항목의 유지관리기준이 <표 1>과 같이 포함되어 있다.

## Ⅲ. 연구방법

본 연구는 실제 강의가 이루어지고 있는 대형강의실을 실험공간으로 하여, 창호개방을 통한 환기상태를 변인으로 실내환경을 측정하고, 실내환경에 대한 수강생의 주관적 반응과 피로감 반응 설문조사를 하였다. 대형강의실을 실험공간의 개념으로 실험설계를 하였으나, 실제 강의시간을 실험시간으로 하였고 환기하지 않는 경우가 일상적인 경우이므로, 대형강의실의 일상적 실내환경 실태파악이 가능하다고 보았다.

〈표 1〉 학교 교실의 실내환경요소의 유지관리 및 측정기준

항목	유지관리기준	측정기준	학교보건법시행규칙의 해당조항
조도 (인공조명)	• 교실의 조명도는 책상면을 기준으로 300룩스 이상 • 최대조도와 최소조도의 비율이 3:1이하 • 인공조명에 의한 눈부심이 발생되지 않을 것	학생의 책상 위 75cm의 수평면조도를 측정	별표2 환기·채광·조명·온습도의 조절기준과 환기설비의 구조 및 설치기준
실내온도 습도	냉방온도는 섭씨26℃~28℃로 할 것 비교습도는 30%~80%로 할 것	학생이 있는 상태에서 적당한 장소를 선택하여 책상높이에서 측정	
소음	교사(校舍) 내의 소음은 55dB(A) 이하로 할 것	소음의 영향이 큰 교실을 택하여 학생이 없는 상태에서 측정	별표4 폐기물 및 소음의 예방 및 처리기준
CO <sub>2</sub>	1000ppm	모든시설	별표4의2 교사 안에서의 공기의 질에 대한 유지·관리기준
CO	10ppm	개별난방 및 도로변 교실	

(출처: 교육과학기술부, 「학교보건법 시행규칙」(2008.8.4 일부개정) 일부발췌)

〈표 2〉 실험조건

		실험실 처치		피험자조건
통제 조건	실내온도	26℃로 유지 (에어컨으로 온도 조절)		동일 강의 수강생
	마이크 및 VTR볼륨	동일하게 유지		
	조명상태	교수 강의시 모두 점등, VTR 시청시 맨 뒷줄 조명등만 점등		
	교수법	교수는 동일인이며, 동일한 교수법 및 강의시간으로 수업진행		
조작 변인	창호미개방시	- 환기: 창문, 출입문 모두 개방 - 일조: 창의 개방된 부분을 제외하고 롤스크린으로 가림		없음
	창호개방시	- 환기: 창문, 출입문 미개방 - 일조: 롤스크린으로 창문을 모두가림		

## 1. 실험설계

실험공간의 창호 개방여부를 조작변인으로 하여, 창호 미개방시의 강의시간과 창호개방시의 강의시간에 실험을 진행하였으며, 실내온도, 마이크 및 VTR볼륨, 조명상태, 교수법을 통제조건으로 하였다. 실내온도는 「학교보건법」의 냉방시 실내온도 유지기준(26~28℃)을 근거로, 실내온도기준을 평균 26℃로 정하고, 이를 통제하기 위하여 냉방기의 설정온도를 조정하여 동일한 실내온도를 유지토록 하였다. 마이크볼륨 및 VTR볼륨을 통제하기 위해 측정시 볼륨레벨 수치를 사진으로 기록하여, 다음 측정시 동일하게 설정하였다. 조명은 일상적 강의상태로 교수 강의시에는 조명등을 모두 점등 하였으며, VTR 시청시에는 맨 뒷줄의 조명등만을 점등하였다. 실험이 실시된 강의시간은 동일교과목으로 1주일 간격의 수업시간에 2주에 걸쳐 실험을 진행하였다. 강의 담당교수 역시 동일인이며, 각 강의시간마다 70분 강의, 20분 휴식, 60분 VTR 시청순으로 동일한 교수법으로 수업을 하였다. 피험자(수강생)는 동일한 강의를 수강하는 학생이므로 피험자 조건은 동일한 것으로 간주할 수 있고, 당일 수업을 출석한 학생을 대상으로 하였다(표 2).

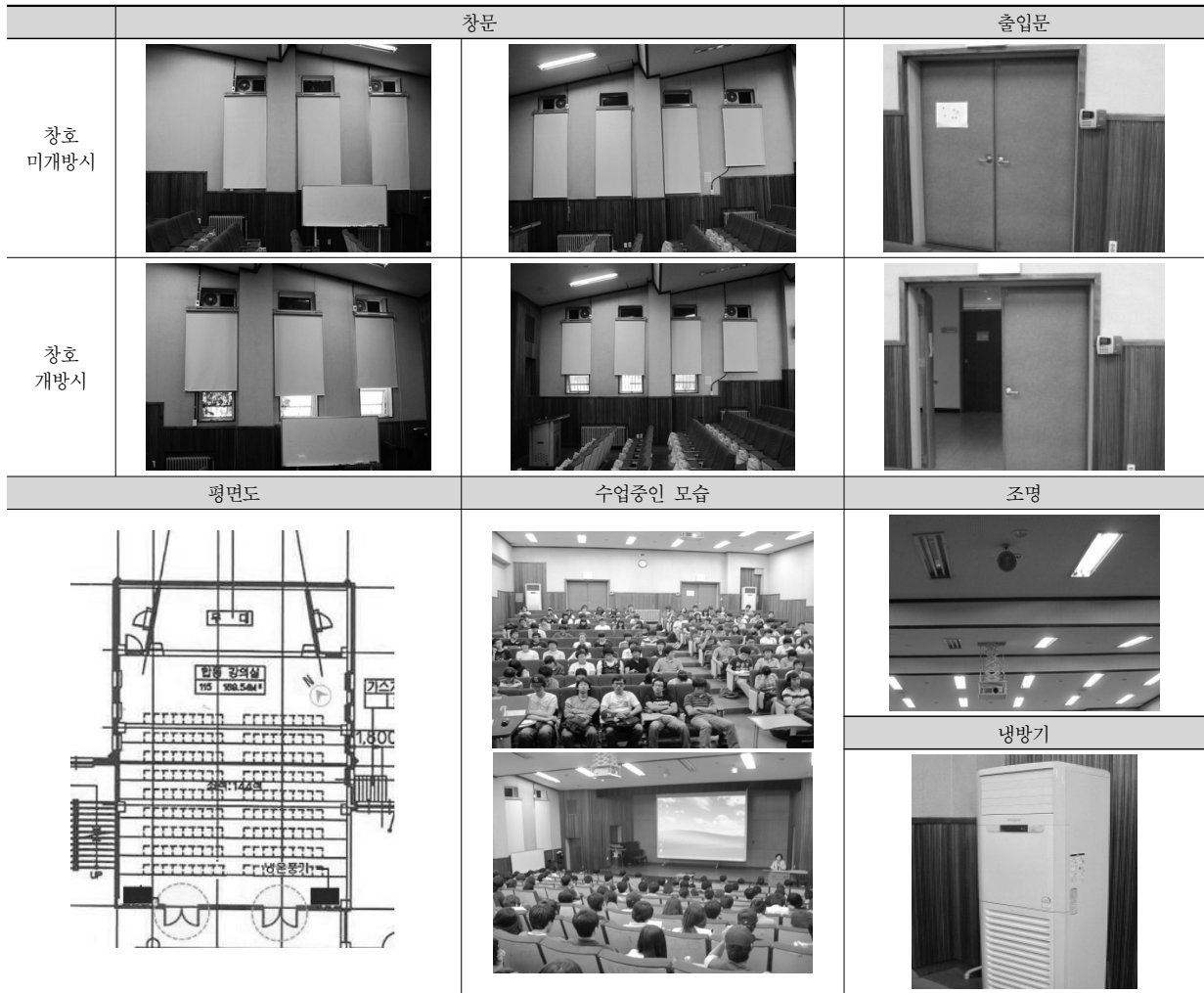
## 2. 실험공간

실험공간은 대학교내 대형강의실로서 건물 1층에 위치하고 있으며, 강의실의 방위는 북동향이다. 창 이외에 별도의 환기시설은 없으며, 개폐가능한 창의 개수는 5개, 출입문은 2개이고 롤스크린으로 일조를 조절한다(표 3).

〈표 3〉 실험공간의 특성

건축적 요인	구조	철근콘크리트		
	강의실방위	북동향		
	면적	11700×18300		
	건물 층수	4층		
	강의실 층수	1층		
	일조조절장치	롤스크린		
	창	형태	페어글라스 단창	
		개수	7개(1개 고정창, 1개 개폐불가)	
	마감재	천장	석고보드 위 에코판넬	
		벽	코펜하겐리브. 에코판넬	
바닥		우레탄 코팅		
출입문	양 여단(목재) 2개			
설비현황	냉·난방설비	중앙집중식 난방시스템(라지에이터), 냉온풍기(2대)		
	조명설비	광원	광원 : 형광등	
개수 및 배열		개수 및 배열 : 6×4 (3개 점등 불가)		

〈표 4〉 실험공간의 모습



3. 실험방법

1) 실험진행절차

실험은 2009년 5월 25일 오후 3시~6시에 창호미개방 조건, 그 다음주인 2009년 6월 1일에 창호개방조건으로 하여 실시하였다. 실험의 진행절차는, 먼저 두 실험 조건 모두 실험 시작 30분 전 개폐가능한 모든 창과 문을 열어 환기를 하고 냉방기를 가동하여 실내온도 조절을 하였다. 그 후 수업 시작시 창호미개방시에는 창문과 출입

문을 닫아 환기를 차단하였고, 창호개방시에는 창호개방 상태를 유지하였다. 수업은 수업 시작부터 70분간 교수 강의가 이루어졌고, 20분 휴식시간 후 60분 동안 VTR 을 시청하였으며, 수업이 종료되는 시점에 담당교수가 설문지를 배부하여 10분간 응답하도록 하였다. 설문지 응답시 창호미개방시와 창호개방시 모두 수강생에게 환기여부에 대한 정보와 실내환경에 대한 정보는 알려주지 않았다(그림 2).

30분	70분	20분	60분	10분
14:40	15:10 (수업시작)	16:20	16:40	17:40
환기실시 (냉방기가동)	교수강의	휴식	VTR 시청 (조명 소등)	설문지 배부 및 응답

[그림 2] 실험진행절차

2) 실험내용 및 도구

(1) 실험공간의 실내환경 측정

실내환경 측정요소는 실내온도, 상대습도, CO농도, CO<sub>2</sub>농도, 조도레벨, 5분간 등가소음레벨로 하였으며, 측정기기는 <표 5>와 같다. 측정기기는 실험공간 중앙부 책상 위(바닥 위 70cm)에서 측정하였다.

<표 5> 측정기기

측정요소	측정기기
실내온도, 상대습도, CO, CO <sub>2</sub>	IAQ-C Indoor Air Quality Meter Model 7545
조도레벨	Digital Lux Meter INS DX-100
소음레벨	Sound Level Meter TNI-NL05

(2) 수강생의 주관적 반응 조사

수강생의 주관적 반응을 조사하기 위한 설문지는 수강생의 기초항목 3문항, 실내환경에 대한 주관적 반응 5문항, 피로감 반응 15문항, ‘실내환경 이외에 피로감에 영향을 미친 요인여부’로 구성하였다(표 6). 주관적 반응에 대한 척도는 실내온도평가와 밝기감은 5점 리커트 척도를 이용하였으며, 공기오염감, 냄새감, 외부소음이 신경 쓰이는 정도, 피로감 반응은 중간값(느끼지도 못 느끼지도 않음) 개념이 있을 수 없고, 못 느낄수록 좋은 것이므로 중간점이 없는 5점 척도를 이용하였다(표 7).

피로감 반응의 조사도구로는 일본 산업위생학회에서 작

<표 6> 수강생의 주관적 반응 조사항목

구분	세부내용	척도
기초항목	성별, 연령, 착석위치	-
실내환경에 대한 주관적 반응	공기오염감, 냄새감, 외부소음이 신경 쓰이는 정도	중간점이 없는 5점 척도
	실내온도평가, 밝기감	5점 리커트 척도
피로감 반응	일반적 피로, 정신적 피로, 국부적 피로에 관한 15개 문항	중간점이 없는 5점 척도
기타	실내환경 외에 피로감에 영향을 미친 요인 여부	여부

<표 7> 주관적 반응 척도표

실내온도평가	공기오염감, 냄새감	외부소음이 신경 쓰이는 정도	밝기감	피로감 (각 항목에 대해)
①더욱 높은쪽이 좋다	①많이느낌	①많이신경쓰임	①어둡다	①매우많이느낌
②다소 높은쪽이 좋다	②느낌	②신경쓰임	②약간어둡다	②많이느낌
③어느쪽도 아니다	③약간느낌	③약간신경쓰임	③어느쪽도아니다	③약간느낌
④다소 낮은쪽이 좋다	④거의못느낌	④거의신경쓰이지 않음	④약간밝다	④거의못느낌
⑤더욱 낮은쪽이 좋다	⑤못느낌	⑤신경쓰이지않음	⑤밝다	⑤전혀못느낌

성된 자각증상조사서(관련이론 참조)를 이용하여, 각 증상군 별 응답수를 전체 인원 에 대한 백분율로 표시하는 방법 대신에, 일반적 피로, 정신적 피로, 국부적 피로의 세가지 증상군의 30개 문항 중 각 5개씩을 추출해 총 15개 문항으로 구성하였고, 각 항목별로 5점 척도로 하여 증상여부 뿐만 아니라 증상의 정도도 파악하고자 하였다.

4. 분석방법

실험결과는 SPSS 12.0을 이용하여 통계처리 하였다. 설문항목에 대하여 백분율, 빈도, 평균 등의 단순통계를 구하였으며, 창호미개방시·개방시에 따른 차이파악은 t-test를 하였다.

IV. 실험결과 및 해석

1. 대형강의실의 실내환경

본 연구는 실제 강의가 이루어지고 있는 대형강의실을 실험공간으로 하여, 창호개방을 통한 환기상태를 변인으로 실내환경을 측정하였으며 결과는 <표 8>과 같다. 창호 미개방시는 평소 수업의 실태라고 볼 수 있다.

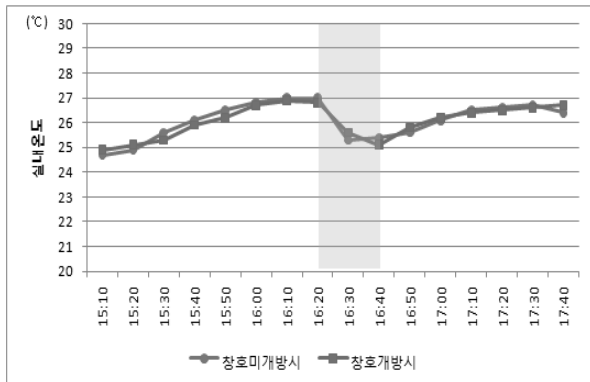
<표 8> 강의실의 실내환경 (평균 (최소~최대))

	창호미개방시	창호개방시	
실내온도 (°C)	26.1 (24.7~27.0)	26.1 (24.9~26.9)	
상대습도 (%)	62.6 (58.3~66.6)	48.1 (46.1~50.0)	
CO농도 (ppm)	0.4 (0.0~0.7)	0.1 (0.0~0.3)	
CO <sub>2</sub> 농도 (ppm)	3579 (1500~5052)	1697 (1380~1881)	
등가소음레벨 (dB(A)Leq5min)	64.4 (61.2~68.8)	63.0 (62.0~64.9)	
조도레벨 (lx)	398 (320~438)	398 (325~436)	
외부항목	온도 (°C)	28.1* (27.2~28.7)	28.5* (27.4~29.2)
	습도 (%)	36.7* (35.0~41.0)	27.7* (22.0~35.0)
	CO (ppm)	0.0	0.0
	CO <sub>2</sub> (ppm)	321.0	337.0

\* 측정일 측정시간(3-6시)의 기상청 자료이용

1) 실내온도

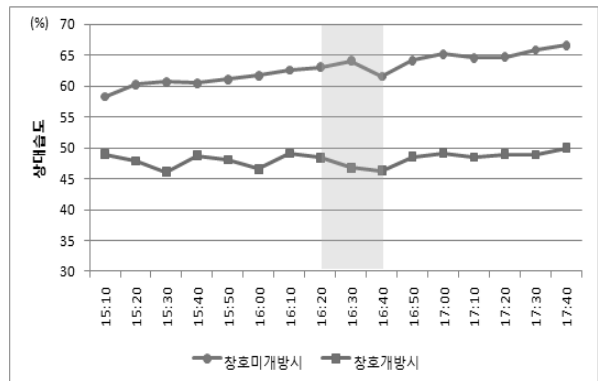
강의실의 실내온도는 창호미개방시와 창호개방시 모두 평균 26.1℃로 유지되었으며, 이는 학교보건법의 냉방온도 기준(26~28℃)에 따라 냉방기를 통해 실내온도를 조절한 결과이다. [그림 3]을 보면 두 실험조건 모두 시간이 경과함에 따라 실내온도가 지속적으로 상승하는 경향을 보였는데, 이는 많은 사람이 장시간 실내에 있으면 인체로부터 열과 수분이 방산되어 실내온도와 습도가 증가된다는 이론(윤정숙, 2004)으로 해석 가능하며, 휴식 시간(16:20~16:40)중에는 수강생이 냉방기의 희망온도를 하강조절하여, 실내온도가 하강하였다.



[그림 3] 실내온도

2) 상대습도

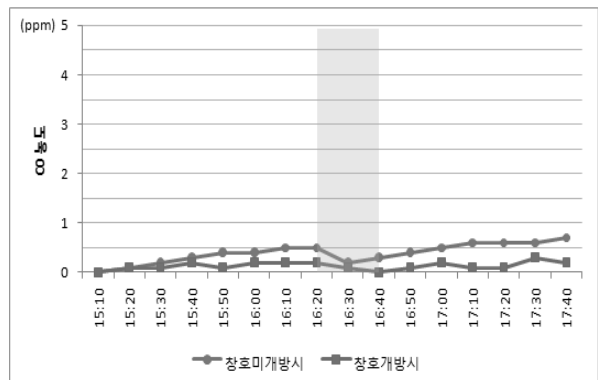
상대습도는 창호미개방시(62.6%)가 창호개방시(48.1%)보다 평균 14% 높게 나타났다. 이는 창호개방조건 실험일의 외부습도가 더 낮았으므로(약 10%차이) 외부습도의 영향도 있지만, 창호미개방시에는 시간이 경과함에 따라 상대습도가 지속적으로 상승하였으며(58.3%→66.6%), 창호개방시에는 상승과 하강을 반복하며, 비교적 균일하게 유지되었다. 이는 실내온도와 마찬가지로 많은 사람이 장시간 실내에 있을 경우 습도가 증가한다는 이론에 따라 해석 가능하며, 두 실험조건 모두 상대습도가 상승하였으나, 창호개방시에는 환기를 통한 상대습도의 조절이 이루어져 상승폭이 작았고, 창호미개방시에는 그렇지 않은 것으로 해석된다. 두 실험 조건 모두 학교보건법의 습도 기준(30~80%)에 포함되었으나, 창호미개방시의 상대습도는 60%를 초과하였으므로 초여름의 날씨에서는 불쾌감을 유발할 수 있을 것으로 생각된다.



[그림 4] 상대습도

3) CO

CO의 평균 농도는 창호미개방시(0.4ppm)가 창호개방시(0.1ppm)에 비해 높았으며, 창호미개방시의 경우 시간이 경과함에 농도가 상승하였으나 창호개방시에는 균일하게 유지되었다. 하지만 두 실험 조건 모두 강의실 내 CO 발생원이 없었고 1ppm미만이므로, 개방시와 미개방시 모두 학교보건법 기준(10ppm)미만으로서 거의 차이가 없다고 볼 수 있다.

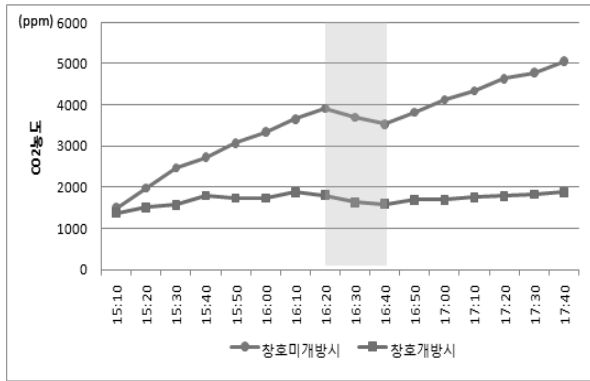


[그림 5] CO 농도

4) CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>의 평균 농도는 창호미개방시(3579ppm)가 창호개방시(1697ppm)에 비해 매우 높았으며, 창호미개방시의 경우 수업 중 CO<sub>2</sub>농도가 [그림 6]에서 보듯이 지속적으로 증가하여 3시간 수업 종료시 총 3552ppm 상승하였다. 반면 창호개방시 CO<sub>2</sub>농도는 일정수준에서 유지되어, 3시간 수업 종료시 총 501ppm 상승하여 두 실험조건간 차이가 크게 나타났다. 두 실험조건 모두 학교보

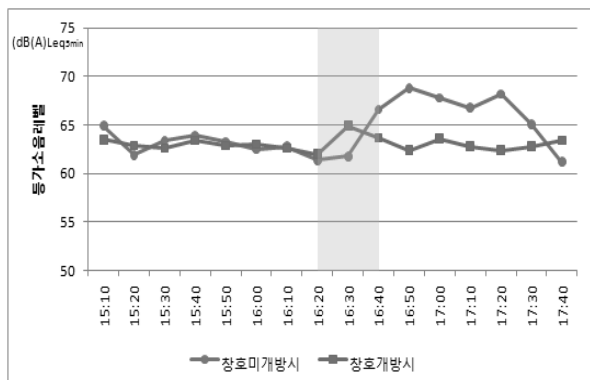
건법 기준인 1000ppm을 초과하였으며, 특히 창 미개방시의 농도는 1500~5000ppm으로 나타나 이론적인 CO<sub>2</sub> 허용량에 의하면 매우 불량하다고 인정되는 양(윤정숙, 2004)에 해당한다.



[그림 6] CO<sub>2</sub>농도

5) 등가소음레벨

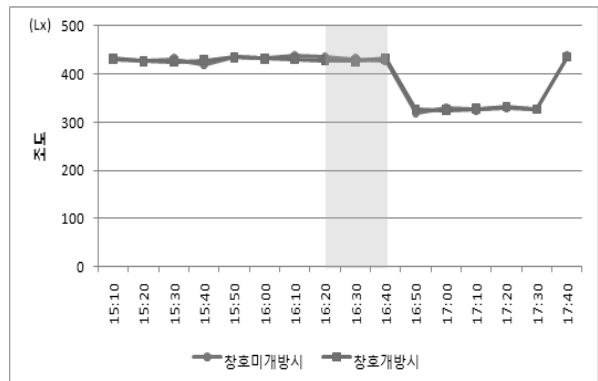
평균 등가소음레벨은 창호미개방시(64.4dB(A)<sub>Leq5min</sub>)가 개방시(63.0dB(A)<sub>Leq5min</sub>)에 비해 높았는데, 이는 통제 조건으로 두 실험 모두 마이크와 VTR볼륨을 동일하게 유지하였으나, VTR자체의 음량차이로 인해 소음레벨의 차이가 발생한 것으로 생각된다. VTR시청시(16:40~17:40)를 제외하면 두 실험조건간 소음레벨에 큰 차이가 없어 외부소음의 영향은 거의 없는 것으로 생각되며, 학교보건법의 내부소음 기준인 55dB(A)는 교내소음과 외부소음의 영향이 큰 교실을 택하여 학생이 없는 상태에서 교실의 창문의 닫은 때의 소음을 측정하기 때문에 본 실험과 직접 비교하는 것에 의미가 없어 비교하지 않았다.



[그림 7] 등가소음레벨

6) 조도

평균조도는 창호미개방시(398lx)와 창호개방시(398lx)가 거의 동일하게 나타나 창 개방에 따른 일조의 영향은 거의 없는 것으로 판단되며, 두 실험조건 모두 학교보건법 인공조명 조도 기준인 300lx를 만족하였다. 또한 조명 점등시 평균 431lx, VTR시청시(맨 뒷줄의 조명등만 점등) 평균 327lx로, 조명 점등시 KS조도기준 중 학교의 강당·집회실(150-200-300lx)과 교실(300-400-600lx)의 표준조도에 만족하였다.



[그림 8] 조도

2. 수강생의 주관적 반응

실험을 실시한 강의의 수강생은 138명이나, 응답자는 창호미개방시 123명, 창호개방시 127명이었고, 그 중 무응답이 많은 불성실 응답지를 제외한 창호미개방시 103부와 창호개방시 104부를 분석하였다.

1) 수강생 기초항목

수강생의 성별은 창호미개방시 남자가 61.1%, 여자가 38.9%이며, 창호개방시에는 남자가 62.5%, 여자가 37.5%였다. 수강생의 나이는 창호미개방시, 창호개방시 모두 평균 약 20세로 나타났다. 무응답, 불성실 응답을 제외하여 수강생 기초항목에 <표 9>와 같이 두 실험 조

<표 9> 수강생 기초항목 빈도(%)

구분	창호미개방시	창호개방시
성별	남자 63 (61.1)	65 (62.5)
	여자 40 (38.9)	39 (37.5)
	전체 103 (100.0)	104 (100.0)
나이	평균 20.8세	20.6세



건 간 다소의 차이는 있었으나, 동일강의를 대상으로 하였으므로 두 실험조건의 피험자 조건은 같다고 볼 수 있고, 응답결과 역시 거의 동일하게 나타났다.

2) 실내환경에 대한 주관적 반응

(1) 실내온도평가

강의실의 실내온도평가 항목은 ‘오늘 강의실의 실내온도에 대해 어떻게 생각하십니까?’로 질문하였다. 그 결과 창호미개방시 ‘다소 낮은 쪽이 좋다’가 43.6%, 창호개방시에는 ‘어느 쪽도 아니다’가 51.4%로 가장 높게 나타났다. *t-test* 결과 두 집단 간에 유의한 차이를 나타내지는 않았으나, 응답 평균이 창호 개방시 3점(어느 쪽도 아니다; 중성점)에 더 가까웠다. 이는 측정일 실험공간의 실내환경 측정결과 실내온도에 거의 차이가 없었으므로 상대습도의 차이가 강의실의 실내온도평가에 영향을 미친 것으로 판단된다.

〈표 10〉 실내온도평가 반응 빈도(%)

		창호미개방시	창호개방시
1.	더욱 높은 쪽이 좋다	0 ( 0.0)	1 ( 0.9)
2.	다소 높은 쪽이 좋다	17 (16.5)	12 (11.6)
3.	어느 쪽도 아니다	35 (33.9)	53 (51.4)
4.	다소 낮은 쪽이 좋다	45 (43.6)	34 (33.0)
5.	더욱 낮은 쪽이 좋다	6 ( 5.8)	3 ( 2.9)
전체		103 (100.0)	103 (100.0)
<i>t-test</i>	평균	3.39	3.25
	<i>t</i> 값 = 1.24 <sup>n.s.</sup>		

<sup>n.s.</sup>=Not Significant

(2) 실내공기오염감

공기오염감 항목은 ‘현재 강의실의 실내공기가 오염되었다고 느끼십니까?’로 질문하였다. 그 결과 창호미개방시 ‘약간 느낌’이 44.6%, 창호개방시 ‘거의 못느낌’이

〈표 11〉 공기오염감 반응 빈도(%)

		창호미개방시	창호개방시
1.	많이느낌	9 ( 8.7)	1 ( 0.9)
2.	느낌	24 (23.3)	15 (14.4)
3.	약간느낌	46 (44.6)	39 (37.5)
4.	거의 못느낌	21 (20.3)	45 (43.2)
5.	못느낌	3 ( 2.9)	4 ( 3.8)
전체		103 (100.0)	104 (100.0)
<i>t-test</i>	평균	2.85	3.35
	<i>t</i> 값 = -4.03***		

\*\*\**p*<.001

43.2%로 가장 높게 나타났으며, *t-test* 결과 유의한 차이가 나타났다(*p*<.001). 학생들은 창호미개방시 공기오염을 더 느끼고 있었으며, 이는 측정결과 나타난 CO<sub>2</sub>농도의 차이, 상대습도의 차이 등이 공기오염의 인지와 유관하다고 볼 수 있다. 그러나 이론상 인간은 무색무취의 실내공기오염에 대해서는 변별능력이 없기 때문에(윤정숙, 2004), 이러한 주관적 반응이 공기오염 자체에 대한 변별이라기보다는 창호개방을 염두에 둔 심리적인 반응인지 고려해야 할 것이다.

(3) 냄새감

냄새감 항목은 ‘오늘 강의실에 들어섰을 때 탁한 냄새가 난다고 느끼십니까?’로 질문한 결과, 창호미개방시 ‘약간느낌’이 39.8%, 창호개방시에는 ‘거의 못느낌’이 51.9%로 가장 높게 응답하였으며, *t-test* 결과 유의한 차이가 나타났다(*p*<.001). 학생들은 창호미개방시 냄새를 더 느끼고 있었으며, 이는 측정결과 나타난 CO<sub>2</sub>농도의 차이, 상대습도의 차이 등이 냄새감 인지와 유관하다고 볼 수 있다.

〈표 12〉 냄새감 빈도(%)

		창호미개방시	창호개방시
1.	많이느낌	13 (12.6)	3 ( 2.8)
2.	느낌	26 (25.2)	15 (14.4)
3.	약간느낌	41 (39.8)	29 (27.8)
4.	거의 못느낌	22 (21.3)	54 (51.9)
5.	못느낌	1 ( 0.9)	3 ( 2.8)
전체		103 (100.0)	104 (100.0)
<i>t-test</i>	평균	2.73	3.38
	<i>t</i> 값 = -5.04***		

\*\*\**p*<.001

(4) 외부소음이 신경 쓰이는 정도

외부소음이 신경 쓰이는 정도는 ‘오늘 건물 외부의 소음이 수업에 집중하는데 어느 정도 신경 쓰이십니까?’로 질문하였다. 창호미개방시 ‘거의 신경 쓰이지 않음’이 51.4%로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 ‘신경 쓰이지 않음’이 29.1%로 나타났으며, 창호개방시에는 ‘거의 신경 쓰이지 않음’이 32.6%로 가장 많이 응답하였으나, 그 다음으로 ‘약간 신경쓰임’이 25.0%, ‘신경쓰임’이 24.0%로 나타났다.

측정결과에서는 창호미개방시와 창호개방시에 소음레벨 차이가 거의 없는 것으로 나타나, 마이크볼륨과 VTR 볼륨에 의하여 외부소음의 영향이 거의 나타나지 않았다.

그러나 주관적 반응에서는 *t*-test 결과 유의한 차이가 나타났으며( $p<.001$ ), 창호미개방시에 비하여 창호개방시 수강생들이 외부소음이 신경 쓰인다 반응하였는데, 이는 소음이 신경 쓰이는 정도는 소음레벨 뿐만 아니라 심리적 영향이 큰 것으로 해석된다.

〈표 13〉 외부소음이 신경 쓰이는 정도 빈도(%)

		창호미개방시	창호개방시
1. 많이 신경쓰임		0 ( 0.0)	2 ( 1.9)
2. 신경쓰임		6 ( 5.8)	25 (24.0)
3. 약간 신경쓰임		14 (13.5)	26 (25.0)
4. 거의 신경 쓰이지 않음		53 (51.4)	34 (32.6)
5. 신경 쓰이지 않음		30 (29.1)	17 (16.3)
전체		103 (100.0)	104 (100.0)
<i>t</i> -test	평균	4.04	3.38
	<i>t</i> 값 = 4.98***		

\*\*\* $p<.001$

(5) 밝기감

밝기감 항목은 ‘오늘 수업 중 강의실의 밝기는 어느 정도라고 느끼십니까?’로 질문한 결과 창호미개방시와 창호개방시 모두 ‘어느쪽도 아니다’에 가장 많이 응답하여, 학생들이 강의실의 조도에 대하여 적당하다고 느끼고 있음을 알 수 있으며, *t*-test 결과 유의한 차이가 나타나지 않았다.

〈표 14〉 밝기감 반응 빈도(%)

		창호미개방시	창호개방시
1. 어둡다		1 ( 0.9)	0 ( 0.0)
2. 약간 어둡다		31 (30.0)	29 (27.8)
3. 어느 쪽도 아니다		52 (50.4)	49 (47.1)
4. 약간 밝다		14 (13.5)	19 (18.2)
5. 밝다		5 ( 4.8)	7 ( 6.7)
전체		103 (100.0)	104 (100.0)
<i>t</i> -test	평균	2.91	3.04
	<i>t</i> 값 = -1.08 <sup>n.s.</sup>		

N.S.=Not Significant

3) 피로감 반응

대형강의실의 실내환경 외에 피로감에 영향을 미친 요인(예: 음주, 수면부족)이 있는가를 질문한 결과, 창호미개방시 평균 1.55, 창호개방시 평균 1.61로, 창호미개방시와 개방시가 비슷한 응답을 나타냈다.

피로감 반응 결과, 창호미개방시 항목당 평균은 2.06

(2; 많이느낌)~3.88(4; 거의못느낌), 창호개방시 항목당 평균은 2.32(2; 많이느낌)~3.76(4; 거의못느낌)이었다. *t*-test 결과 15개 항목 중 5개 항목에서 두 실험조건 간 유의적인 차이가 나타났으며, 유의적으로 나타난 항목 중 창호개방시가 긍정적인 반응인 항목은 일반적피로군의 ‘머리가 무겁다’, ‘전신이 나른하다’, ‘졸린다’, 국부적피로군의 ‘허리가 아프다’였으며, 부정적으로 나타난 항목은 정신적피로군의 ‘하는 일에 틀리는 것이 많아진다’이었다.

유의성에 관계없이 창호미개방시와 개방시의 응답 평균을 단순 비교하면, 일반적피로군에서는 5개 항목 모두 창호개방시가 창호미개방시보다 피로감이 낮았으며(긍정적인 반응), 정신적 피로에서는 2개 항목, 국부적 피로에서는 3개 항목이 창호개방시가 피로감이 낮았다(긍정적 반응). 특히 일반적 피로군에 해당하는 항목들은 창호개방시에 모든 항목에서 창호미개방시 보다 피로감이 낮게 나타나, 다른 피로군에 비하여 창호개방에 따른 차이가 있는 것으로 판단된다.

〈표 15〉 피로감 반응

구분	증상	평균		<i>t</i> -test
		창호미개방시	창호개방시	
일반적 피로	머리가 무겁다	2.50	2.92	-2.96**
	전신이 나른하다	2.40	2.76	-2.61*
	졸린다	2.06	2.32	-1.98*
	눈이 피곤하다	2.57	2.59	-0.09
	눅고싶다	2.35	2.53	-1.15
정신적 피로	생각이 정리되지 않는다	3.29	3.22	0.54
	말하는 것이 싫다	3.03	3.08	-0.31
	집중이 잘 안된다	2.89	3.09	-1.42
	하는 일에 틀리는 것이 많아진다	3.88	3.58	2.75**
국부적 피로	무엇인가 신경이 쓰인다	3.54	3.48	0.47
	머리가 아프다	3.12	3.20	-0.53
	어깨가 결린다	2.78	3.02	-1.39
	허리가 아프다	2.42	2.82	-2.39*
	눈꺼풀과 근육이 움직인다	3.64	3.49	1.00
기타	속이 않좋다	3.78	3.76	0.11
	실내환경 외에 피로감에 영향을 미친 요인여부 (1. 있음, 2. 없음)	1.55	1.61	-0.76

1. 매우많이느낌 ~ 5. 전혀못느낌  
\* $p<.05$ , \*\* $p<.01$

V. 요약 및 결론

본 연구는 창문을 개방하는 환기를 대학교 대형강의실

의 실내환경 개선방법의 일환으로 보고, 대학교 대형강의실의 환기여부에 따른 실내환경의 차이와 수강생의 주관적 반응과 피로감 반응의 차이를 파악하기 위하여, 실제 강의가 이루어지고 있는 대형강의실을 실험공간으로 하여, 창호개방여부에 의한 환기상태를 변인으로 합동강의실의 실내환경을 측정하고, 수강생의 실내환경에 대한 주관적 반응 및 피로감 반응을 설문조사한 실험연구이며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 대형강의실의 실내환경 측정결과, 창호미개방시와 창호개방시 모두 실내온도는 평균 26.1℃로 통제한대로 일정하게 유지되었으며, 상대습도는 창호미개방시는 평균 62.6%, 창호개방시는 평균 48.1%로 외부습도와 환기여부에 따라 차이가 나타났다. CO농도는 창호미개방시 평균 0.4ppm, 창호개방시 평균 0.1ppm이었다. CO<sub>2</sub>농도는 창호미개방시 평균 3579ppm, 창호개방시 평균 1697ppm으로 창호개방시에는 CO<sub>2</sub>농도가 일정 수준에서 유지되었으나, 창호 미개방시에는 시간의 경과에 따라 지속적으로 상승하여 상승폭이 커 두 실험조건간 차이가 크게 나타났다. 등가소음레벨은 창호미개방시 평균 64.4dB(A)<sub>Leq5min</sub>, 창호개방시 평균 63.0dB(A)<sub>Leq5min</sub>으로 통제한대로 두 실험조건이 동일하였으며, 조도레벨도 두 실험조건 모두 평균 398lx로 통제한대로 동일하게 유지되었다.

2) 수강생의 주관적 반응조사 결과, 공기오염감, 냄새감, 외부소음이 신경 쓰이는 정도에서 *t*-test 결과 창호미개방시와 창호개방시에 유의한 차이가 나타났으며( $p < .001$ ), 창호개방시 공기오염감과 냄새감에서 창호미개방시보다 긍정적으로 응답하였고, 이는 실내환경 측정결과와 연관하였다. 외부소음이 신경 쓰이는 정도는 창호개방시가 창호미개방시보다 부정적으로 나타나 외부소음에 더 영향을 받는 것으로 나타났으며, 이는 현장측정 결과는 소음레벨에 차이가 없었으므로 심리적 영향으로 판단된다. 실내온도평가와 밝기감에서는 *t*-test 결과 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 통제조건하에서 두 실험조건간 실내환경에 차이가 없게 나타난 것과 연관하다.

3) 수강생의 피로감 반응조사 결과, 창호미개방시 항목당 평균은 2.06(2; 많이느낌)~3.88(4; 거의못느낌), 창호개방시 항목당 평균은 2.32(2; 많이느낌)~3.76(4; 거의못느낌)이었다. *t*-test 결과 15개 항목 중 5개 항목에서 두 실험조건간 유의적인 차이가 나타났으며, 창호개방시가 긍정적 반응인 항목은 4개, 부정적 반응인 항목은 1개이었다. 유의성에 관계없이 창호미개방시와 개방시의 응

답 평균을 단순비교하면, 일반적 피로군에 5개 항목, 정신적 피로에서는 2개 항목, 국부적 피로에서는 3개 항목이 창호개방시가 피로감이 낮아 긍정적인 반응을 나타냈다. 특히 일반적 피로군에 해당하는 항목들은 창호개방시에 모든 항목에서 창호미개방시 보다 피로감이 낮게 나타나, 다른 피로군에 비하여 창호개방에 따른 차이가 있는 것으로 판단된다.

이상에서 대형강의실의 창호개방에 의한 환기여부에 따라 실내환경 측정결과 통제조건 이외 항목인 상대습도와 CO<sub>2</sub>농도의 차이가 나타났으며, 수강생의 주관적 반응과 피로감 반응에서는 두 실험조건간 유의한 차이가 나타나 실내환경의 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

위의 결과에 따라 대형강의실 수강생의 주관적 반응과 피로도 개선을 위한 실내환경 조절측면의 제언은 다음과 같다.

첫째, 창호미개방시 상대습도는 평균 62.6%로 평가기준을 벗어나지는 않았으나 불쾌감을 유발할 수 있는 정도였고 창호개방시는 평균 48.1%로 크게 개선되었다. 이는 매우 더운 한여름에는 냉방이 필수이지만, 실험이 진행된 초여름과 같이 냉방이 약간 필요한 날씨에서는 상대습도 14%감소는 불쾌감을 크게 개선시켜, 냉방을 하지 않고 창개방 만으로도 쾌적한 실내환경을 조성할 수 있을 것으로 생각된다.

둘째, 창호미개방시 CO<sub>2</sub>농도는 평균 3579ppm으로 유지기준을 크게 벗어났으나 창호개방시는 평균 1697ppm으로 공조기동시 유지기준(1500ppm)에 근접 할 정도로 개선되었다. 따라서 대단위 강의의 경우 많은 수의 학생에 의한 CO<sub>2</sub>농도 상승 가능성이 매우 높고, 이에 대한 대책으로는 창 개방이 유효한 것으로 판단된다.

**주제어** : 대형강의실, 환기, 실내환경, 주관적반응, 피로감반응, 실험연구

### 참 고 문 헌

강태욱. (2006). 환기장치가 설치된 중학교 교실에서 탄산가스 농도변화 측정 및 모델링. **한국태양에너지학회 논문집**, 26(1), 65-71.  
 교육과학기술부. (2008). 「학교보건법 시행규칙」(2008, 8. 4 일부개정 교육과학기술부령 제12호), 자료출처 <http://>

- www.mest.go.kr/  
 김기연, 김혜정, 김현수, 김치년, 원종욱, 노영만, 노재훈. (2006). 석유화학 공장 사무실 공기질과 근로자 자각 증상과의 연관성에 관한 연구. **한국실내환경학회지**, 3(3), 224-235.
- 김삼열, 김세환, 박진영. (2008). 초등학교 교실 내 미생물 오염실태와 타 환경요인과의 관계 연구. **대한건축학회논문집-계획계**, 24(6), 329-336.
- 김영수, 이영직. (2005). **인간공학 및 주거계획**. 성안당.
- 김태우, 김현태, 홍원화. (2006). 학교 건축물의 실내공기질 측정 및 평가에 관한 연구. **대한건축학회논문집-계획계**, 22(4), 301-308.
- 김태중, 윤창현, 박준석. (2007). 환기량과 노출시간이 생산성에 미치는 영향에 관한 연구. **대한건축학회 학술 발표대회논문집-계획계**, 27(1), 841-844.
- 꽤 막힌 사무실, 머리가 지끈지끈. (2008, 8. 27). **경향닷컴**, 자료검색일 2009, 6. 27, 자료출처 [http://news.khan.co.kr/section/khan\\_art\\_view.html?mode=view&artid=200808271414205&code=900303](http://news.khan.co.kr/section/khan_art_view.html?mode=view&artid=200808271414205&code=900303)
- 나수연, 박진철. (2007). 제주지역 초등 학교시설의 실내 환경성능 평가에 관한 연구. **대한건축학회논문집-계획계**, 23(7), 295-302.
- 노영만, 이철민, 김석원, 김치년, 김현욱, 조기홍, 최호춘, 강성호, 김정만. (2004). 사무실 내 실내공기질 특성 및 근무자의 자각증상에 관한 연구. **한국산업위생학회지**, 14(3), 270-282.
- 박성익. (2004). 실내 인공적 복합 환경의 평가에 관한 연구. 광주대학교 산업대학원 석사학위논문.
- 송진용, 황정하. (2008). 교실의 HCHO와 VOCs 방출특성에 관한 측정 연구. **대한건축학회 논문집-계획계**, 24(1), 229-236.
- 신호주. (1996). 생활에서의 피로진단과 회복에 관한 연구. **예체능논집**, 7, 161-180.
- 유상균, 이상혁, 박승익. (2007). CFD를 이용한 교실의 CO<sub>2</sub>농도 변화에 관한 연구. **대한건축학회논문집-계획계**, 23(6), 263-270.
- 윤정숙. (2004). **주거환경학**. 문운당.
- 천정길, 김태우, 홍원화. (2007). CFD시뮬레이션을 이용한 초등학교 교실 내의 오염물질 유동 및 실내쾌적성에 관한 연구. **대한건축학회논문집-계획계**, 23(5), 227-236.
- 최유림, 전정윤. (2008). 복합 실내환경 요소가 재실자의 스트레스 반응과 불안에 미치는 영향. **대한건축학회 논문집**, 24(3), 241-248.
- 최윤정, 정연홍, 이선아, 김혜경, 황진아. (2007). 학교교실의 냉방시 실내열·공기환경 실태. **한국주거학회논문집**, 18(4), 49-58.
- 최정민, 강은혜, 하석용, 주재욱, 손영환, 임형철. (2008). 학교 교실의 실내 공기질 향상을 위한 설계 및 관리 지침 개발에 관한 연구. **대한건축학회논문집-계획계**, 24(3), 281-290.
- KBS 환경스페셜“교실은 숨쉬지 않는다”. (2005, 3. 9 방영), 자료검색일 2009, 6. 30, 자료출처 <http://www.kbs.co.kr/1tv/sisa/environ/vod/vod,1,list,23.html>

접수일 : 2009. 12. 02.  
 수정완료일 : 2010. 02. 08.  
 게재확정일 : 2010. 02. 08.