

# 겨울철 학교교실의 실내열·공기환경 실태와 학생들의 주관적 반응

## A Study of Indoor Thermal and Air Quality in Middle and High School Classrooms during Winter

충북대학교 주거환경학과

부교수 최윤정\*

충북대학교 주거환경·소비자학과

졸업 나선희·조수연

Dept. of Housing & Interior Design, Chungbuk National University

Associate Professor : Choi, Yoon-Jung

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

After Graduation : Na, Sun-Hee · Jo, Su-Youn

### Abstract

This is a basic study to improve air quality of school classrooms in winter time. The purposes are to check indoor thermal and air environment in school classrooms during winter and to analyze influencing factors on indoor environment. The measurements of students' physical elements with questionnaire surveys were carried out in a total of 6 classrooms. As a result, this research shows that the temperature of one classroom was below indoor thermal standard level, three classrooms had lack of heat, and two classrooms are heated much, which induce relatively low humidity. All of 6 classrooms had lack of ventilation, being high level of CO<sub>2</sub> concentration and 2 classrooms are in condition of high PM 10 concentration. The majority of students(76%) answered that the cause of their 'heated space syndrome' is because of the lack of ventilation. Students' opening windows for ventilations is hardly carried out at normal times, except that indoor temperature is over standard. That is, we can suggest one of solutions, which is to enable students to operate heating and ventilating system by themselves according to students' physical condition.

Key Words : Students' Responses, Indoor Thermal and Air Environment, School Classrooms, Winter

## I. 서론

학교건물은 특성상 좁은 공간에 많은 학생들이 생활하고 있으므로 단위면적당 재실인원이 많고, 최근 신축되는 학교건물의 경우 난방 효과증대를 위한 건축물의 기밀성 향상과 더불어 건축 내장재 등에서 발생하는 오염원의 다양화로 실내공기오염이 증가하고 있다. 이러한 물질들은 환기량이 부족할 경우 불쾌감이 증대되어 학생들의 건강과 학습능력 향상에 커다란 지장을 주고 있다(안철린, 2004).

교육과학기술부에서 2004년 4월부터 6월까지 우리나라 전국 초·중·고교생 12만명을 대상으로 체질검사를 실시한 결과, 피부질환이 10년새 두배 이상 증가했으며, 그 외에

도 이비인후과질환, 알레르기 등이 증가하는 것으로 조사된 바(교육과학기술부 보도자료, 2005.5.18), 학교건물 실내환경에 관심을 가져야할 때이다.

한편, 겨울철 과도한 난방과 건조한 실내환경으로 인해 발생하는 '밀폐건물증후군'의 일종으로 난방증후군이 있다. 난방증후군은 안구나 피부건조증, 두통, 이유없는 피로감, 호흡기 질환 등으로 나타난다(매일경제, 2007.1.16). 온라인 취업포털 사람인(www.saramin.co.kr)이 2006년 11월 직장인 782명을 대상으로 난방증후군에 대한 설문조사를 한 결과 31.6%가 '있다'라고 응답하였으며, 그 종류로는(복수응답) '두통'이 58.3%로 가장 많았고, 그 다음으로 '안구건조증' 49.4%, '피부건조증' 49%, '잡은 피로감' 46.6%, '감기' 42.9% 등을 꼽았다. 또한, 중등학교교실에

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

대한 선행연구(최윤정 등, 2007)에서 여름철의 냉방시 실내 공기 측정결과, 환기부족으로 인해 CO<sub>2</sub>농도가 기준치(1000 ppm)의 5배까지 측정된 바 있다. 학교교실은 겨울철도 마찬가지로 난방효율을 위해 환기를 잘 하지 않는 것이 일반적이므로 실내공기질의 실태나 학생들에게 난방 증후군이 나타나고 있는지에 대한 실태조사가 필요하다.

현재 학교교실의 실내환경 관련법규로는 「학교보건법」이 해당되며 학교의 환경위생 및 식품위생에 대하여 각 요소를 적절히 유지·관리해야 한다고 규정하고 있다. 「학교보건법 시행규칙」에서는 학교교실 실내환경의 각 항목별로 주요 유지·관리기준을 제시하고 있으며, 학교교실의 실내환경을 점검하도록 규정하였다. 2007년 3월 26일 일부 개정된 내용으로 '학교의 장은 교사 안에서의 환경위생을 유지·관리하기 위하여 소속 직원 중에서 환경위생에 관한 업무를 관리하는 자(이하 "환경위생관리자"라 한다)를 지정하여야 한다'고 하여, 학교교실의 실내환경에 대한 중요성의 인지와 함께 제도화가 진전되고 있다.

그러나 학교보건법 시행규칙이 2006년 1월 시행된 후 교육과학기술부가 그 해 7월까지 조사한 결과를 보면, 실내공기질을 측정된 학교는 전체 1만831개교 가운데 1241개교(11.5%)에 지나지 않았다. 충남(62%)과 인천(32.5%) 등이 비교적 높았으나 충북, 전남 등 5개 도는 한 학교도 실시하지 않았다. 서울시의 경우 지난 1년 동안 전체 1263개교 가운데 711개교에서만 정기 점검을 한 것으로 드러났다(한겨레신문, 2007.1.4). 즉, 아직까지 학교교실의 실내환경 실태파악은 충분하다고 볼 수 없으며 점검 후 실내환경 개선이 필요한 경우 그 방안에 대해서도 제시되고 있지 않다.

따라서 본 연구는 학교교실의 실내환경 개선을 위한 기초 연구로서, 학생과 교사 스스로가 관리하는 데 도움이 되도록, 현장측정과 설문조사를 통해 겨울철 학교교실의 실내열·공기환경의 실태를 파악하고, 이의 영향요인을 분석하여 개선방안을 제안하는 것을 목적으로 하였다.

## II. 문헌고찰

### 1. 선행연구

본 연구를 위한 선행연구 고찰로 중등학교교실의 실내 열·공기환경 관련 연구에 대해 본 연구의 측정요소를 중심으로 살펴보면 다음과 같다.

안철린 등(2003)은 부산광역시 소재하며 난방방식의 실내기 방식이 각각 4-way천장 카세트, 바닥설치 뿔코일 유니트, 바닥 복사난방인 3개교 교실을 대상으로 겨울철

학교 교실의 온열환경 특성 및 쾌적성 평가 연구를 한 결과 바닥 복사난방 방식이 온열환경 측면에서 가장 바람직한 것으로 나타났다.

이정재 등(2005)은 부산시내의 5개 신축학교를 대상으로 2004년 4~5월에 실내공기질을 현장측정한 결과 온도는 24.2~26.9℃, 상대습도는 30.3~45.5%의 분포를 나타냈으며, CO<sub>2</sub>농도는 환경부 권고치와 보건복지부 기준치를 넘지 않고 있다. CO<sub>2</sub>농도의 평균값은 대략 1,676~3,376ppm으로 5개 학교가 학교 환경위생 이산화탄소 농도 기준치를 3.3배 초과하는 것으로 나타났으며, 미세먼지는 환경부의 권고치를 대체로 만족하는 것으로 나타났다.

손종렬 등(2006)은 전국에 위치한 유치원과 초, 중, 고등학교 55개교를 대상으로 여름, 가을 및 겨울에 걸쳐 일반교실과 과학실 및 특별실의 실내환경을 측정된 결과, 온도, 습도 및 조도는 교육과학기술부의 학교보건법에서 제시하고 있는 기준치를 모두 만족하였으나 이산화탄소의 경우 유치원에서, 총부유세균은 유치원, 초등학교 및 중학교에서 초과하는 것으로 나타났다.

안상영 등(2006)은 신축한지 3년 이내인 학교를 대상으로 하절기와 동절기에 실내공기질을 평가한 결과 PM-10의 평균농도는 43.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , CO<sub>2</sub> 745.3ppm로 조사되어 조사 대상 학교공기질 평균농도는 교육과학기술부 실내공기질 기준을 초과하지 않는 것으로 나타났으며, 미세먼지, 이산화탄소 등은 동절기에 더 높게 측정되었다.

나수연 등(2007)은 제주지역 초등학교교실의 실내 환경 성능을 평가 하였는데, 11~12월의 측정결과, 일반교실의 온열환경은 대부분 기준보다 낮았고, 상대습도와 기류속도는 대부분 기준을 충족하는 것으로 측정되었다. 일반교실의 CO<sub>2</sub>농도는 과반수가 넘는 학교에서 기준인 1,000ppm을 초과하였으나 CO는 기준인 10ppm을 초과하지 않는 것으로 나타났다. 미세먼지(PM10)는 측정대상 교실의 70% 이상에서 기준인 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하였다.

최윤정 등(2007)은 6개 학교교실에서 냉방시 실내 열·공기환경을 측정된 결과 냉방시 교실의 실내온도는 평균 24.7~26.6℃로 학생들이 선호온도에 따라 학교보건법의 유지·관리 기준보다 다소 낮게 유지하고 있었고, 상대습도는 평균 51.3~72%로 에어컨의 제습기능에 의해 기준에 포함되었으며, 미세먼지 농도도 평균 3.5~23.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 호 에어컨의 먼지 필터 기능에 의해 기준 이하로 유지되고 있었다. 그러나 CO<sub>2</sub>농도는 평균 1,218.7~4,705.4ppm으로 유지·관리 기준을 크게 초과하고 있었고, 이 원인은 환기부족으로 분석하였다.

이상에서 학교 교실의 실내 열·공기환경 실태측정 관련 선행연구를 고찰한 결과, 학교교실의 공기질을 주제로 하는 연구가 많았다. 이 중에서 난방시의 경우를 측정대

<표 1> 유지기준(본 연구 해당항목 발췌)

오염물질 항목	기준	적용대상	비고	출처
온도(°C)	18~20		(난방 : 18~20°C, 냉방 : 26~28°C)	별표2
습도(%)	30~80			
미세먼지 (µg/m³)	100	모든 교실	10마이크로미터 이하	별표4의 2
이산화탄소 (ppm)	1,000		기계환기시설은 1,500ppm	
일산화탄소 (ppm)	10		직접연소에 의한 난방의 경우	

<출처 : 「학교보건법시행규칙」, 별표 2, 별표4의2 실내열·공기 환경 부분>

상에 포함하고 있는 연구(안철린, 2004; 안상영 등, 2006, 나수연 등, 2007)가 있었으나 생활요인을 영향요인으로 다룬 연구는 전무하였다.

## 2. 관련법규

「학교보건법」(일부개정 2007.5.17)에서 학교교실의 실내 환경에 대한 내용은 제 4조와 관련되며, 학교의 장은 교육과학기술부령이 정하는 바에 따라 교사안에서의 환기·채광·조명·온습도의 조절, 상대습도·화장실의 설치 및 관리, 오염 공기·폐기물·소음·휘발성유기화합물·세균·분진 등의 예방 및 처리 등 환경위생과 식기·식품·음료수의 관리 등 식품위생을 적절히 유지·관리하여야 한다고 명시되어있다.

일부개정된 학교보건법(2007.4.27)에서는 학교의 장은 교사 안에서의 환경위생 및 식품위생을 적절히 유지관리하기 위하여 교육과학기술부령이 정하는 바에 따라 점검하고, 그 결과를 기록·보존 및 보고하여야 한다고 명시되어 있다.

이와 관련하여 「학교보건법 시행규칙」 제3조 관련에서는 교사 안에서의 환경위생에 대한 유지·관리 기준을 규정하였고(표 1에 일부발췌), 환경위생상태가 규정에 의한 기준에 적합한지 여부를 확인하기 위해 점검을 실시하여야 하며, 점검방법 및 그 밖의 필요한 사항은 교육과학기술부장관이 정하는 점검기준에 고시되어 있다.

## Ⅲ. 연구방법

본 연구는 겨울철 학교교실의 실내열·공기환경 실태를 파악하고, 이에 영향을 미치는 요인 분석을 목적으로, 수업이 진행되고 있는 교실에서 학생들의 생활을 그대로 수용한 상태로 현장측정 하였으며, 재실자의 실내열·공

<표 2> 연구방법의 개요

조사 방법	현장측정	설문조사
조사 목적	겨울철 학교교실의 실내열·공기환경 실태 파악과 영향요인분석	교실의 실내열·공기환경에 대한 학생들의 주관적 반응조사
조사 대상	청주시 중·고등학교 중 협조의사가 있는 3곳(각 2개 교실) 선정	측정교실의 학생(총 187부 분석)
조사 일시	2007년 2월 7일, 2월 13일, 2월 21일 (학교당 1일)	측정당일
조사 내용	· 실내온열요소 (실내온도, 상대습도, 기류속도, 흑구온도) · 실내공기요소 (미세먼지, CO <sub>2</sub> , CO) · 영향요인관찰기록	· 기초항목 (인체측요인, 앉은 위치) · 교실의 실내열·공기환경에 대한 주관적 반응

기환경에 대한 주관적 반응을 파악하기 위해 설문조사를 병행하였다.

### 1. 현장측정

#### 1) 측정대상

청주시 교육청 홈페이지에 기재된 총 60곳의 중·고등학교 중에서 본 연구의 측정을 허락한 3개 학교로서 각 학교당 2개 교실, 총 6개의 일반교실을 측정대상교실로 하였다(표 3).

#### 2) 측정내용 및 방법

본 연구는 겨울철 학교교실의 실내열·공기환경 실태 파악을 목적으로 하여 실내 온열환경의 물리적 4요소(실내온도, 상대습도, 기류속도, 흑구온도)와 실내공기환경의 대표항목인 미세먼지, CO<sub>2</sub>, CO를 측정항목으로 하였다.

선정한 측정항목은 교육과학기술부 고시 「학교 환경위생 및 식품위생 점검기준」과 「학교 교사내 환경위생 및 식품위생 관리 매뉴얼」의 정기점검 방법에 따라 측정하였다. 측정은 수업진행에 부담이 적고 난방이 꼭 필요한 시기인 겨울방학이 끝나고 봄방학을 앞 둔 2007년 2월 7일, 2월 13일, 2월 21일 3일을 측정일시로 하였으며, 수업이 시작하는 시간인 오전 9시부터 종료시간인 오후 3시까지 학생들의 자연스러운 교실에서의 생활을 그대로 수용한 상태에서 측정을 진행하였다. 측정간격은 10분으로 하여 1일 측정횟수는 측정요소별로 37회였다. 실내에서 이루어지는 모든 상황들을 자세히 관찰·기록하였으며, 기기는 현장직독식으로 사전점검과 측정치의 오차보정을 거쳐 사용하였다.

<표 3> 측정대상학교와 교실의 특성

학교명		A학교		B학교		C학교		
건축 개요	주변환경	전면: 상가건물, 2차선도로 후면: 4차선도로, 무심천 양측: 상가건물, 기숙사건물		전면: 6차선도로 후면: 상가건물 양측: 도로, 농지		전면: 아파트 후면: 주택단지 양측: 상가, 학교		
	건축구조	철근콘크리트조		철근콘크리트조 (외벽벽돌마감)		철근콘크리트조		
	완공일시	1968년 12월		1993년 1월		1974년 12월 (1998.3 개축)		
	층 수	본관 2층/ 별관 3층		본관5층/ 후관 5층		본관3층/ 후관 4층		
	창의유형	페어글라스 이중창		페어글라스 이중창		페어글라스 이중창		
설비 현황	냉방설비	중앙		개별		개별		
	난방설비	중앙		중앙(심야축열전기)		중앙(심야축열전기)		
	환기설비	없음		없음		없음		
교실수	총교실수	73개		50개		68개		
	일반교실수	39개		35개		36개		
	특별교실수	34개		15개		32개		
측정교실명		a교실	b교실	c교실	d교실	e교실	f교실	
건축적 요인	방위		남향	남향	남향	남향	남향	남향
	층		별관 2층	별관 1층	본관 4층	본관 5층	후관 4층	후관 4층
	교실크기		650cm×872cm ×300cm	717cm×800 cm×321cm	720cm×883cm ×280cm	730cm×890cm ×276cm	761cm×869cm ×305cm	761cm×869cm ×305cm
	일조방해요인		없음	없음	없음	없음	앞 건물	앞 건물
	일조조절장치		커튼	블라인드	블라인드	블라인드	블라인드	블라인드
	창의형태 및 재료	외측 (남측)	페어글라스 이중창 (PVC창호)	페어글라스 이중창 (PVC창호)	페어글라스 이중창 (PVC창호)	페어글라스 이중창 (PVC창호)	페어글라스 이중창 (PVC창호)	페어글라스 이중창 (PVC창호)
		복도측 (북측)	싱글글라스 단창 (알루미늄)	싱글글라스 단창 (알루미늄)	싱글글라스 단창 (알루미늄)	싱글글라스 단창 (알루미늄)	싱글글라스 단창 (알루미늄)	싱글글라스 단창 (알루미늄)
	교실문 형태		여닫이문 (알루미늄)	여닫이문 (알루미늄)	여닫이문+ 상부회전창 (목재)	여닫이문+ 상부회전창 (목재)	미닫이문 (PVC)	미닫이문 (PVC)
	환기설비		없음	없음	없음	없음	없음	없음
	난방 기구	위치	천장		외측창하부		외측창하부	
		열매	온풍		온풍+코일		코일	
		방열기	카세트		팬코일		팬코일	
	마감재	천장	흡음형 천장재		흡음형 천장재		흡음형 천장재	
		벽	모르타르 위 페인트		모르타르 위 페인트		모르타르 위 페인트	
		바닥	테라조		목재패널		테라조	
생활 요인	학생수	실업계 고1 32명(남)	실업계 고2 30명(남)	중1 39명(남)	중2 34명(여)	인문계 고1 36명(여)	인문계 고1 38명(여)	
	실내화종류	운동화 (실외화)	운동화 (실외화)	슬리퍼 (실내화)	슬리퍼 (실내화)	슬리퍼 (실내화)	슬리퍼 (실내화)	
모습	교실 전경							
	난방기구							

2. 설문조사

1) 조사대상

설문조사는 현장측정 교실의 학생들을 대상으로 하였으며 총 209부를 배부·회수하여 불성실한 응답지 22부를 제외하고 a교실 30부, b교실 25부, c교실 29부, d교실 32부, e교실 36부, f교실 35부의 총 187부를 분석하였다.

2) 조사내용 및 방법

설문의 내용은 측정교실의 실내열·공기환경에 대한 학생들의 주관적인 반응과 기초항목으로 구성하였다.

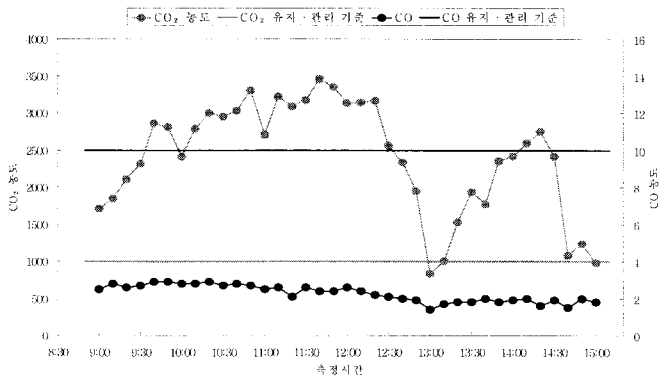
설문조사는 현장측정일에 실시하였으며, 오후 수업시간 중 교사의 양해를 구해 학생들이 모두 착석한 상태인 수업시간을 기준으로 각 교실의 측정자 2인이 주의사항을 설명한 후 배부하고, 종례시간 직전에 회수하였다.

3. 분석방법

1) 교실별 측정데이터에서, 각 측정요소의 변동과 실내에서 이루어지는 모든 상황들을 자세히 관찰·기록한 내용과의 관련정도를 정성적으로 분석하여, 기록한 모든 내용으로부터 측정요소의 변동과 관련되는 생활요인을 학생 활동내용, 창문·교실문상태, 블라인드 상태, 재실자수로 요약하였다.

2) 현장측정자료는 각 교실별, 측정요소별로 측정치의 시간변동과 함께 1)에서 요약한 생활요인을 그래프로 작성하고(그래프 작성예시; 그림 1) 평균 등의 단순통계를 구하여 분석하였다.

3) 이동수업시간에는 측정자만이 재실하고 학생들에게



활동 내용 (날)	수업	쉬는시간	수업	쉬는시간	수업	수업	점심시간 (급식실로 이동)	수업	종례시간						
창문(의정) 상태	닫힘								모든창 열림						
교실문 상태	닫힘	앞뒷문 열고 닫음*	닫힘	앞뒷문 열고 닫음*	닫힘	닫힘	앞뒷문 열림	닫힘	앞문 최대						
블라인드	모든창에 블라인드 사용														
재실자수 (명)	33	19	33	25	32	34	27	18	20	14~22	25	32	18	25	34

\* 열고 닫음은 문을 개방한 후 1분 이내에 다시 닫은 경우를 말함

[그림 1] 교실별 측정요소별 그래프분석 예시 ; b교실의 CO2 농도와 CO 농도 측정결과

는 노출된 환경이 아니므로 그래프에만 측정치를 표시하고 분석에서는 제외하였다.

4) 설문조사 자료는 SPSS12.0 통계프로그램을 이용하여 단순통계, ANOVA 등으로 분석하였다.

5) 착의량은 학생이 착의하였다고 응답한 각 항목의 열저항값을 ASHRAE Handbook(1993)에서 제시한 표에서 읽어 계산식  $I_{cl} = 0.835 \sum_i I_{cl,i} + 0.161$ 에 의해 산출한 후 소수점 이하 두자리까지 반올림하였다. ( $I_{cl,i}$  = 의복 I의 유효 열저항치(clo),  $I_{cl}$  = 의복 조합의 총 열저항치)

<표 4> 설문조사내용

구분		문항	
기초항목	인체측요인	성별, 나이, 체격, 건강상태, 착의내용	
	기타요인	앉은위치	
주관적 반응	실내 온열환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>온열감 7단계(전신, 두부, 족부)</li> <li>창으로부터의 복사감 5단계</li> <li>난방기구로부터의 복사감 5단계</li> <li>습도감 7단계</li> </ul>	오전, 오후에 대해 응답
	실내 공기환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>공기오염감 5단계</li> <li>냄새감 5단계</li> </ul>	
	난방증후군 증상	<ul style="list-style-type: none"> <li>난방공간에서 나타날 수 있는 증상 5단계 -목·호흡기건조, 건조에 의한 기침, 콧속건조, 안구건조증, 피부건조증, 답답함, 머리 무거움, 졸림, 두통, 손·발저림</li> <li>증상의 원인에 대한 생각</li> </ul>	

## IV. 조사결과 및 해석

### 1. 측정결과 및 해석

현장측정결과는 <표 5>와 같다. [그림 2]~[그림 6]과 같이 측정요소별로 6개 교실의 측정결과를 종합하여 분석하였다.

#### 1) 실내온도와 환기온도

측정대상학교의 난방조절은 모두 관리자에 의한 조절이었으며, 학생들의 생활을 그대로 수용한 상태의 실내온도는 교실별로 평균 17.7~24.4℃를 나타냈다. [그림 2]를 보면 학교별, 교실별로 차이가 있어 실내온도 평균은 a교실만 학교보건법의 유지·관리 기준(18~20℃)에 포함되었고, b교실은 기준 이하, c, d교실은 기준치의 상한선 정도, e, f교실은 기준치보다 높았다. 실내온도와 외부온도와의 차는 평균 12.6~16.3℃로, 측정시기가 2월로서 환기를 벗어난 시기이므로 우리나라의 일반적인 환기의 실내온도차보다는 크지 않은 편이었다.

6개 교실의 환기온도 측정결과, 평균 18.2~24.9℃였으며, 환기온도와 실내온도의 차는 평균 0.3~0.9℃로 복사열이 크지 않은 것으로 나타났으며, 교실별 그래프 분석에서 실내온도와 비슷한 변동모습을 보였다.

측정시간동안 각 교실의 실내온도의 변동폭은 2.5~6.3℃를 나타냈으며, 교실별로 분석한 내용을 종합해보면 6개 교실 모두 개구부를 개방하였을 때나 재실자수가 줄어들었을 때 실내온도가 다소 하강하였고, 수업시간에 다소 상승하였으며 대체로 오후시간이 오전시간보다 상승하여 일사와 재실자의 영향이 있음을 알 수 있었다.

#### 2) 상대습도

6개 교실의 상대습도 측정결과는 [그림 3]과 같이 교실별 평균 31.9~56.6%로 6개 교실 모두 유지·관리 기준(30~80%)에 포함되었다.

측정시간동안 각 교실의 상대습도 변동폭은 4~14%로, 교실별로는 하루동안의 변동이 크지않은 거의 일정한 모습이었으나, 교실 간에는 차이가 있어 a, b교실은 50±10% 범위로 상대습도의 중성역에 가까웠고 e, f교실은 기준의 하한치에 분포하여 건조한 편에 해당하였으며, 대체로 실내온도가 높은 교실일수록 상대습도가 낮았다.

### 3) 기류속도

6개 교실의 기류속도 측정결과, 모든 측정치가 0.0m/s로 정지기류에 해당하였다. 이론에 의하면 난방된 실내의 기류속도는 0.25m/s를 넘지 않아야 하며 난방된 실내에서 기류가 전혀 없거나 0.1m/s 이하가 되면 답답함을 느낀다.<sup>1)</sup> 이에 의하면, 모든 교실이 정지기류이므로 기준을 넘지는 않으나 학생들이 교실에서 약간의 답답함을 느낄 수 있는 상태로 해석된다.

### 4) 미세먼지

6개 교실의 미세먼지 농도 측정결과는 [그림 4]와 같이, 각 교실별 평균 33.1~111 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 교실별로 차이가 커서 4개 교실은 기준(100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )이하이고, 2개 교실은 기준을 벗어난 상태였다.

측정시간동안 각 교실의 미세먼지 변동폭은 30~110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, 대부분의 교실이 쉬는시간과 점심시간에는 미세먼지의 농도가 높아지고, 수업시간에는 미세먼지 농도가 낮아지는 경향을 보여, 학생들의 움직임과 관련이 있는 것으로 해석된다. 본 측정결과는 냉방기 학교교실에서 미세먼지를 측정한 선행연구(최윤정 등, 2007) 결과(0~60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )와 비교할 때 매우 높은 상태였으며, 겨울철 학교교실의 미세먼지를 측정한 선행연구(나수연 등, 2007)에서도 PM10 농도가 70% 이상의 교실에서 기준을 초과했다고 하였다. 또한 안상영(2006)의 연구에서도 미세먼지는 하절기보다 동절기에 더 높게 나타났다고 하였다. 즉, 미세먼지 측정결과는 겨울철 착의의 특성상 여름보다 먼지 발생가능성이 많을 수 있으며, 본 측정시기가 봄방학을 앞둔 시기로 자율학습이 잦아 움직임이 많은 시기와 유관한 것으로 보인다.

A학교의 a, b교실의 경우 최저, 최고농도와 평균농도가 다른 학교의 교실들 보다 월등히 높게 나타났는데, 이 학급의 학생들이 쉬는시간과 점심시간은 물론 수업시간에도 움직임이 많았고, 난방기구의 취출구 위치가 천장인 것과 교실에서 실외화를 신는 특성도 영향요인이었다고 보여진다. 또한 측정시간 속에 청소시간이 포함되어 있었고 청소시간에 미세먼지의 농도가 급격히 상승하였다.

즉, 미세먼지 농도에 영향을 미치는 요인은 계절적 특성(겨울철 착의특성에 의한 증가, 냉방기의 먼지필터기능에 의한 감소), 재실자의 활동, 난방 취출구 위치(천장), 실내화의 종류, 청소시간 등인 것으로 해석된다.

1) 윤정숙(2002). 주거환경학. pp. 137-138.

<표 5> 현장측정결과

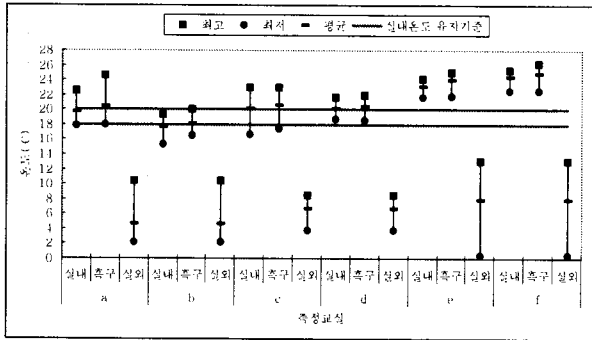
■ : 유지기준을 벗어남

요인		측정교실						유지 기준*	
		a교실	b교실	c교실(이동수 업제외)	d교실(이동수 업제외)	e교실	f교실		
실내온도 (℃)	최저	17.8	15.4	16.7(16.7)	18.7(18.7)	21.6	22.5	난방 : 18~20	
	최고	22.6	19.3	23.0(23.0)	21.6(21.6)	24.1	25.4		
	평균	19.8	17.7	20.1(20.2)	20.1(20.2)	23.1	24.4		
외부온도** (℃)	최저	2.2	2.2	2.3(3.9)	2.3(2.3)	0.7	0.7		
	최고	10.4	10.4	8.6(8.6)	8.6(8.6)	13.1	13.1		
	평균	4.7	4.7	6.1(6.8)	6.1(6.3)	8.0	8.0		
실내온도- 외부온도 (℃)	최저	11.4	6.4	11.2(11.2)	10.5(11.6)	10.6	12.0		
	최고	16.5	15.5	15.7(15.7)	16.4(16.4)	20.9	21.8		
	평균	14.7	12.6	13.7(13.4)	13.5(14.4)	15.1	16.3		
상대습도 (%)	최저	41	51	30(35)	32(32)	31	30	30~80	
	최고	52	61	45(45)	42(35.3)	36	34		
	평균	47.3	56.6	39.8(40.7)	36(36.4)	33.2	31.9		
외부습도** (%)	최저	66	66	42(42)	42(42)	34	34		
	최고	93	93	60(60)	60(60)	64	64		
	평균	88.9	88.9	50.3(48.8)	50.3(51.4)	44	44		
기류속도 (m/s)	모든 측정치가 0.0(정지기류)								
흑구온도 (℃)	최저	18.0	16.5	17.4(17.4)	18.5(18.5)	21.8	22.6		
	최고	24.6	20.0	23.0(23.0)	22.0(22.0)	25.1	26.3		
	평균	20.5	18.2	20.4(20.7)	20.5(20.5)	24.0	24.9		
흑구온도- 실내온도 (℃)	최저	0.0	1.1	-1.0(-1.0)	-0.2(-0.2)	0.2	0.1		
	최고	2.0	0.2	2.4(2.4)	1.1(1.1)	1.0	0.9		
	평균	0.7	0.5	0.4(0.5)	0.4(0.3)	0.9	0.5		
미세먼지 농도 (µg/㎥)	최저	60	60	40(40)	10(20)	20	40	100	
	최고	170	270	80(80)	50(50)	120	130		
	평균	105.1	111	54.1(54.7)	32.4(33.1)	59	78.6		
CO <sub>2</sub> 농도 (ppm)	최저	891	836	941(941)	1093(1093)	1540	1414	1000	
	최고	3598	3457	3296(3296)	2750(2750)	3182	2953		
	평균	2053	2414	2245(2338)	1843(1957)	2393	2447		
외부CO <sub>2</sub> 농도(ppm)***		392~421(평균405)		405~414(평균408.5)		376~412(평균398)			
CO 농도 (ppm)	최저	1.3	1.4	1.3(1.3)	0.9(1.0)	0.0	1.3	10	
	최고	2.3	2.9	2.0(1.9)	2.3(2.3)	2.2	2.2		
	평균	1.8	2.3	1.7(1.7)	1.4(1.5)	1.3	1.8		
외부CO 농도(ppm)***		1.4~2.2(평균1.8)		1.6~2.6(평균2.1)		1.2~1.8(평균1.6)			
날씨 상황		질은 안개		흐림		맑음			
관련 요인 특성	환기 특성	창개방	가장 적은편		적은편		가장 많은편		
		문개방	비슷한 편				적은편		
	난방	조절자 관리자							
	재실 자수	수업시간	31	29	33(40)	37(31)	38	40	
		쉬는시간	30	26	30	23	37	40	
점심시간		17	22	18	10	14	23		
특이사항		자습으로 학생이동이 많았음/ 청소시간이 측정시간에 포함됨/실외화착용		이동수업 1회	이동수업 2회	-	-	봄방학 직전시기	

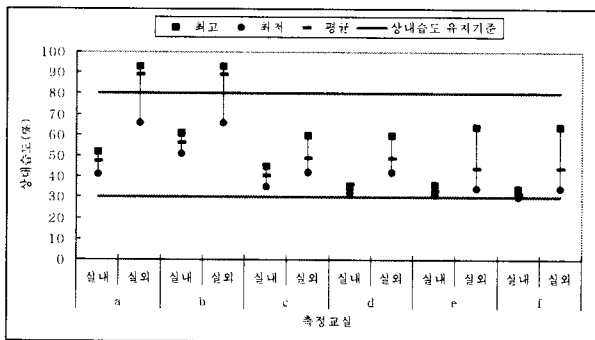
\* 학교보건법 시행규칙(일부개정 2007. 3. 26)유지·관리기준

\*\* 외기온·습도는 청주 기상청 자료를 이용하였으며, 실내온열환경의 측정시간대(9시~15시)의 값임.

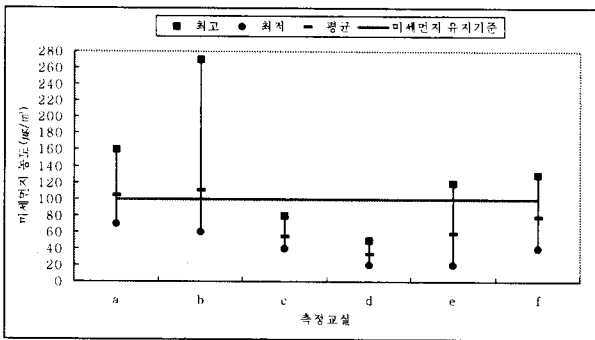
\*\*\* 외부 CO<sub>2</sub>, CO 농도는 기초항목으로서 1시간 동안의 측정값임.



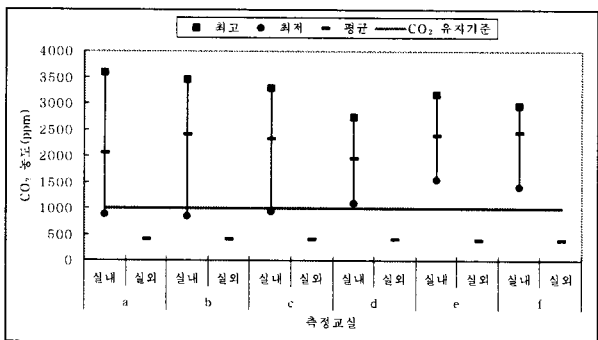
[그림 2] 실내온도와 흑구온도 측정결과



[그림 3] 상대습도 측정결과



[그림 4] 미세먼지 농도 측정결과



[그림 5] CO2농도 측정결과

5) CO<sub>2</sub>

6개 교실의 CO<sub>2</sub>농도 측정결과는 [그림 5]와 같이 교실별 평균 1,957~2,447 ppm을 나타냈으며, 유지·관리 기준(1,000 ppm)을 초과하였다. 이는 모든 교실이 평균 2,000~5,000 ppm에 해당되어 이론상 매우 불량한 상태로 평가되었다.

측정시간동안 각 교실의 CO<sub>2</sub>농도의 변동폭은 1,539~2,707 ppm으로 나타났다. 모든 교실의 CO<sub>2</sub>농도 변동특성을 요약해보면 <표 6>과 같다. 측정시작시 CO<sub>2</sub>농도는 1,540~2,237 ppm으로 모든 교실이 이미 유지·관리 기준을 초과하였고, 5개 교실이 수업시작 1시간 40분~2시간 50분만에 즉, 오전 10시~12시 사이에 이미 최고치(2,750~3,598 ppm)를 기록하였다.

CO<sub>2</sub>농도와 생활요인의 관련성을 살펴보면, 40~50분 동안 개구부가 개방되지 않고 수업시간이 지속된 경우 CO<sub>2</sub>농도가 약 900~2,000 ppm이 증가하였고, 점심시간에 재실자가 줄어들고 개구부를 수시로 열고 닫은 경우에는 약 700~2,300 ppm이 감소하였다. 쉬는시간에 10분 이상 앞뒷문을 수회 개방한 경우는 약 600~1,800 ppm이 감소하였으나, 개구부를 열었다 금방 닫은 경우에는 CO<sub>2</sub>농도에 영향을 주지 못하였다.

6개 교실의 창문 개방은 a교실(뒤창 1/4 10분, 청소시간 20분 최대)과 b교실(청소시간 20분 최대)이 가장 적었고, c교실(뒤창 1/8 45분, 점심시간 뒤창 2개 최대)과 d교실(뒤창 1/2 계속, 앞창 2/3 30분, 뒤창 1/2 10분)은 그보다 조금 더 많았으며, e교실(뒤창 2/3 오후 계속)과 f교실(뒤창 1/6 종일, 앞창 1/2 오후 계속)이 가장 많았다. 문 개방은 a교실(앞문 10분, 앞문 1/8 10분, 뒷문 1/2 10분, 뒷문 10분, 청소시간 최대 20분), b교실(점심시간 1시간, 청소시간 최대 20분, 앞문 최대 10분), c교실(앞문 상부회전창 1/8, 뒷문 상부회전창 1/6 45분, 점심시간 앞뒷문 최대), d교실(앞문 상부회전창 1/8, 뒷문 상부회전창 1/10 계속, 뒷문 20분)이 비슷하게 개방하였으나 e, f교실은 쉬는시간에 열고닫는 정도였다. 수업시간 평균 재실자수는 a, b교실이 31, 29명, c, d교실이 40, 31명, e, f교실은 38, 40명이었다.

각 교실의 CO<sub>2</sub>농도 평균은 큰 차이가 없긴 하지만 a교실과 d교실이 다소 낮게 나타났다. a교실은 쉬는 시간에 문을 열어 감소되는 농도가 800~1,800 ppm으로, 다른 교실의 쉬는 시간에는 CO<sub>2</sub>농도가 거의 감소하지 않거나 감소될 때는 600~1,200 ppm감소하는 것에 비해 그 폭이 컸다. 즉, 쉬는 시간의 문 개방정도가 다른 교실에 비해 더 많았던 것이 원인으로 생각된다. d교실의 경우, 측정 30분 후부터 측정이 끝날 때까지 뒤창이 1/2 열려있었던



<표 6> CO<sub>2</sub> 농도 변동특성 요약

상황	교실	영향요인	변동특성
측정시작시, 최고치 시각	a	측정시작	1,551 ppm으로 기준초과
		측정시작 2시간 50분 후	3,598 ppm으로 최고치
	b	측정시작	1,704 ppm으로 기준초과
		측정시작 2시간 40분 후	3,457 ppm으로 최고치
	c	측정시작	2,104 ppm으로 기준초과
		측정시작 5시간 50분 후	3,296 ppm으로 최고치
	d	측정시작	2,058 ppm으로 기준초과
		측정시작 1시간 40분 후	2,750 ppm으로 최고치
	e	측정시작	1,540 ppm으로 기준초과
		측정시작 2시간 20분 후	3,182 ppm으로 최고치
	f	측정시작	2,237 ppm으로 기준초과
		측정시작 2시간 20분 후	2,953 ppm으로 최고치
개구부 개방되지 않고 45분 ~ 50분 수업	a	개구부가 개방되지 않고 40~50분 지속	약 1,500~2,000 ppm 증가
	b	개구부가 개방되지 않고 50분 지속	약 1,100 ppm 증가
	c	개구부가 개방되지 않고 45분 지속	약 2,000 ppm 증가
	d	개구부가 개방되지 않고 45분 지속	약 1,100 ppm 증가
	e	개구부가 개방되지 않고 50분 지속	약 900 ppm 증가
점심시간	a	학생수가 15명일때 기준치 이하로 농도 낮아짐	약 1,700 ppm 감소
	b	재실자수 줄어듦과 앞뒷문 열림	최대 약 2,300 ppm 감소
	c	재실자수 줄어듦과 앞뒷문 열림 상태로 50분 지속	약 1,700 ppm 감소
	d	재실자수 줄어듦과 앞뒷문 열고 닫으며 1시간 지속	약 1,300 ppm 감소
	e	재실자수 줄어듦과 앞뒷문 열고 닫음	약 700 ppm 감소
	f	재실자수 줄어듦과 앞뒷문 열고 닫음	약 1,100 ppm 감소
CO <sub>2</sub> 농도에 영향을 준 쉬는 시간	a	앞뒷문-뒷창문 수시 개방	약 1,000~1,800 ppm 감소
	b	앞뒷문 열고닫음	약 600 ppm 감소
	c	재실자수 줄어듦과 앞뒷문 열고닫음	약 700 ppm 감소
	d	앞뒷문 열고닫음	약 1,200 ppm 감소

것을 원인으로 생각할 수 있으며, 이동수업시간의 CO<sub>2</sub>농도는 분석에는 포함하지 않았지만, 2회의 이동수업으로 인해 감소된 농도가 그 이후시간도 다른 교실보다 낮게 유지되는 효과가 있었다.

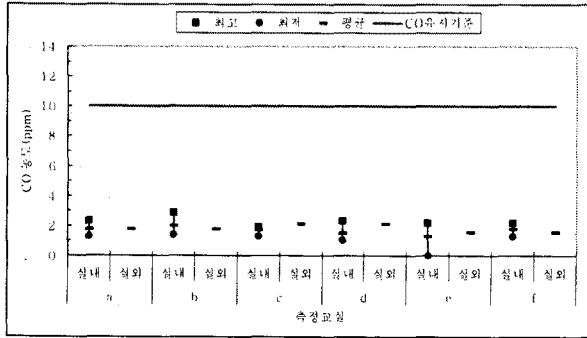
CO<sub>2</sub>농도가 높은 편인 b교실은 수업시간 평균 재실자수가 가장 적었는데도, 청소시간을 제외한 나머지 시간에 한번도 창문을 개방한 적이 없는 것이 CO<sub>2</sub>농도가 높은 원인으로 생각된다. b교실은 실내온도 평균이 유일하게 기준이하로서, 실내온도가 매우 낮은 것이 환기하지 않는 이유일 것으로 생각된다. e, f교실의 CO<sub>2</sub>농도가 높은 편인 것은 창을 통한 환기가 가장 많았는데도, 재실자수가 많았던 것이 원인으로 생각된다. 즉, CO<sub>2</sub>농도에 영향을 미치는 주된 요인은 개구부의 개방과 재실자의 수인 것으로 해석된다.

여름철 냉방기 학교교실에서의 CO<sub>2</sub>농도 측정결과(최윤정 등, 2007)에서 교실별 CO<sub>2</sub>농도가 1,218.7~4,705.4 ppm(평균 2,888 ppm)이었던 것과 비교할 때, 이번 난방기연구의 CO<sub>2</sub>평균 농도가 낮게 나타났다. 두 연구에서 12개 교실의 재실자수도 대체로 유사하고, 측정대상이 일반적인 중·고등학교의 평상시 상태였으므로 대체로 비교가능하

다고 볼 때, 환기량은 본 겨울철 측정에서 2개 교실이 오후에 다소 지속적인 창 개방이 있었고, 냉방기 측정에서는 1개 교실이 오전에 다소 지속적인 창 개방이 있었던 경우를 제외하면 거의 모든 교실이 쉬는 시간에 문을 개방하는 정도였다. 즉, 개구부 개방면적 역시 큰 차이가 없다고 볼 수 있으므로, CO<sub>2</sub>농도의 차이는 실내외온도차가 큰 겨울철의 환기효과가 여름철보다 크기 때문으로 해석된다. 본 겨울철 측정 교실은 CO<sub>2</sub>농도를 1,000~1,500 ppm정도 감소시키면 기준치 정도로 유지할 수 있으며, 환기효과가 큰 겨울철에는 현재보다 조금 더 환기에 유의한다면 가능할 것으로 해석이 되므로, 이를 위해서는 현재 쉬는 시간마다 문을 개방하는 정도에 더해 의도적으로 쉬는시간마다 창을 개방하는 환기습관을 시도하면 가능할 것으로 생각된다.

#### 6) CO

6개 교실의 CO 농도 측정결과는 [그림 6]과 같이, 교실별 평균 1.3~2.3 ppm을 나타냈으며 CO 유지·관리 기준(10 ppm) 이하였다. 기초항목으로 측정된 외부 CO 농도와



[그림 6] CO 농도 측정결과

도 차이가 없어 실내의 CO 발생요인은 없는 것으로 보인다. 학교보건법 점검기준에는 직접연소에 의한 난방교실은 CO가 측정항목으로 포함되어 있다. 이론에 의하면 CO는 공기 중의 산소 부족이 원인인 불완전 연소 때문에 발생되는데 현재 측정교실은 모두 전기를 이용한 난방방식이었기 때문에 CO의 발생과는 무관한 것으로 해석된다.

2. 설문조사 결과 및 해석

응답자의 기초항목은 <표 7>, 주관적 반응은 지면관계상 항목별 최대빈도만을 <표 8>에 요약하였다.

1) 응답자 특성(기초항목)

응답자 기초항목으로 성별은 총 6교실 중 3교실이 남자,

3교실이 여자였다. 학년은 A, C학교는 고등학생, B학교는 중학생이었다. 체격은 전체 응답자중 '보통'이 60.4%로 가장 많았다. 건강상태는 '춥고 더운 느낌에 영향을 받는 질병상태인가'로 질문하였는데, 전체 응답자 중 88.8%가 '아니오'라고 응답하였다. 착의량 조사결과, a교실은 평균 1.1clo, b교실은 평균 1.0clo, c교실은 평균 1.0clo를 나타냈으며, d교실은 평균 1.1clo, e교실은 평균 1.2clo, f교실은 평균 1.1clo를 나타냈다. 전체적으로 평균 착의량은 1.1clo로 나타났다.

2) 온열감

온열감 반응에서 전신온열감에 대해 가장 많이 응답한 항목은 전체적으로 오전에 '춥다', 오후에 '어느쪽도 아니다'였고, 두부온열감은 '어느쪽도 아니다'로 오전과 오후에 차이가 없었으며 족부온열감은 '춥다'로 오전과 오후에 차이가 없었다. 대체적으로 온열감에 대한 반응이 오후가 되면서 추운 쪽에서 따뜻한 쪽으로 변화하였지만 족부온열감에 대해서는 여전히 추운 반응을 나타냈다.

a~d교실의 실내온도는 평균 17.7~20.1℃로 유지·관리 기준(18~20℃)에 대체로 해당하는 정도였는데, 학생들은 온열감에 대해 추운측의 응답이 더 많았다. 이에 의하면 유지·관리 기준(18~20℃)이 학생들 온열감의 적정범위에 해당한다고 하기에는 다소 무리가 있다고 해석된다. 또한 건축물의에너지절약설계기준(국토해양부 고시 2008.1.11)은 학교(교실) 난방시 실내온도를 20~22℃로 정하고 있어, 규정에 따라서도 차이가 있다. 따라서, 학교보건법 시행규칙의 실내온도 기준에 대한 재검토가 필요하다고 본다.

<표 7> 기초항목

■ : 가장 많은 응답 N= 187, ( ): %

	A학교		B학교		C학교		계	
	a교실	b교실	c교실	d교실	e교실	f교실		
성별	남	남	남	여	여	여		
나이	고1	고2	중1	중2	고1	고1		
체격	마른편	9( 30.0)	8( 32.0)	11( 37.9)	2( 6.3)	9( 25.0)	7( 20.0)	46( 24.6)
	보통	16( 53.3)	11( 44.0)	15( 51.7)	23( 71.9)	25( 69.4)	23( 65.7)	113( 60.4)
	뚱뚱한편	5( 16.7)	6( 24.0)	3( 10.3)	7( 21.9)	2( 5.6)	5( 14.3)	28( 15.0)
	계	30(100.0)	25(100.0)	29(100.0)	32(100.0)	36(100.0)	35(100.0)	187(100.0)
건강상태	양호	25( 83.3)	23( 92.0)	26( 89.7)	30( 93.8)	32( 88.9)	30( 85.7)	166( 88.8)
	불량	5( 16.7)	2( 8.0)	3( 10.3)	2( 6.3)	4( 11.1)	5( 14.3)	21( 11.2)
	계	30(100.0)	25(100.0)	29(100.0)	32(100.0)	36(100.0)	35(100.0)	187(100.0)
착의량 (clo)	0.6~0.8	6( 19.9)	8( 32.0)	10( 25.2)	5( 15.7)	5( 13.9)	6( 17.2)	40( 21.5)
	0.9~1.1	10( 33.3)	10( 40.0)	13( 44.8)	17( 53.1)	15( 41.7)	19( 54.3)	84( 44.9)
	1.2~1.4	10( 33.4)	6( 24.0)	3( 10.3)	6( 18.7)	10( 27.8)	8( 22.9)	43( 56.2)
	1.5~1.7	4( 13.3)	1( 4.0)	1( 3.4)	2( 6.2)	6( 16.7)	2( 5.7)	16( 8.5)
	1.8~2.0	0( 0.0)	0( 0.0)	2( 6.9)	2( 6.2)	0( 0.0)	0( 0.0)	4( 2.1)
	평균(clo)	1.1	1.0	1.0	1.1	1.2	1.1	1.1
	계	30(100.0)	25(100.0)	29(100.0)	32(100.0)	36(100.0)	35(100.0)	187(100.0)

<표 8> 주관적 반응 요약(최대빈도)

■ : 중성역을 벗어남

항목			a교실	b교실	c교실	d교실	e교실	f교실	전체		
실내 온열 환경에 대한 주관적 반응	일 일 일	오전	전신	■ <b>춥다</b>	■ <b>춥다</b>	■ <b>춥다</b>	■ <b>춥다</b>	■ <b>서늘하다</b>	■ <b>따뜻하다</b>	■ <b>춥다</b>	
			두부	■ <b>춥다</b>	어느쪽도 아니다	어느쪽도 아니다	어느쪽도 아니다	어느쪽도 아니다	어느쪽도 아니다	어느쪽도 아니다	
			족부	■ <b>춥다</b>	■ <b>춥다</b>	■ <b>춥다</b>	■ <b>춥다</b>	■ <b>춥다</b>	■ <b>춥다/ 서늘하다</b>	■ <b>약간 서늘하다</b>	■ <b>춥다</b>
		오후	전신	■ <b>춥다</b>	■ <b>약간 따뜻하다</b>	■ <b>약간 따뜻하다</b>	어느쪽도 아니다	어느쪽도 아니다	■ <b>약간 따뜻하다</b>	■ <b>따뜻하다</b>	어느쪽도 아니다
			두부	■ <b>약간 따뜻하다</b>	■ <b>약간 따뜻하다</b>	어느쪽도 아니다	어느쪽도 아니다	어느쪽도 아니다	■ <b>따뜻하다</b>	■ <b>따뜻하다</b>	어느쪽도 아니다
			족부	■ <b>춥다</b>	■ <b>춥다</b>	어느쪽도 아니다 /약간따뜻하다	■ <b>춥다</b>	어느쪽도 아니다	어느쪽도 아니다	어느쪽도 아니다	어느쪽도 아니다
	복 사 감	창으로 부터	오전	■ <b>매우 그렇다</b>	■ <b>그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	
			오후	■ <b>매우 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>거의 그렇지 않다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>거의 그렇지 않다</b>	■ <b>거의 그렇지 않다</b>	■ <b>거의 그렇지 않다</b>	
		난방기구 로부터	오전	■ <b>그렇지 않다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>그렇지 않다</b>	■ <b>그렇지 않다</b>	■ <b>그렇지 않다</b>	■ <b>그렇지 않다</b>	■ <b>그렇지 않다</b>	
			오후	■ <b>그렇지 않다</b>	■ <b>거의 그렇지 않다</b>	■ <b>그렇지 않다</b>	■ <b>그렇지 않다</b>	■ <b>그렇지 않다</b>	■ <b>그렇지 않다</b>	■ <b>그렇지 않다</b>	
		습도감	오전	■ <b>약간 습하다</b>	어느쪽도 아니다	어느쪽도 아니다	어느쪽도 아니다	■ <b>건조하다</b>	■ <b>건조하다</b>	어느쪽도 아니다	
			오후	■ <b>건조하다</b>	어느쪽도 아니다	■ <b>약간 건조하다</b>	어느쪽도 아니다	■ <b>건조하다</b>	■ <b>건조하다</b>	어느쪽도 아니다	
실내 공기 환경에 대한 주관적 반응	공기 오염감	오전	■ <b>매우 그렇다</b>	■ <b>매우 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>매우 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>매우 그렇다</b>		
		오후	■ <b>그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>매우 그렇다</b>	■ <b>매우 그렇다</b>	■ <b>매우 그렇다</b>		
	냄새감	오전	■ <b>그렇다</b>	■ <b>거의 그렇지 않다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다 /그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>		
		오후	■ <b>매우 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>	■ <b>그렇다</b>	■ <b>그렇다</b>	■ <b>약간 그렇다</b>		
난방 중추근 반응	목· 호흡기건조	오전	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>		
		오후	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌/거 의못느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>		
	건조해서 기침이 난다	오전	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>		
		오후	■ <b>거의못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>		
	콧속 건조	오전	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>	■ <b>많이느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>		
		오후	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>전혀못느낌/ 약간느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>		
	안구 건조	오전	■ <b>전혀못느낌/약 간느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>많이느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>		
		오후	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>많이느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>		
	피부 건조	오전	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>많이느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>많이느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>		
		오후	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>많이느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>		
	답답함	오전	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>많이느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>	■ <b>많이느낌</b>	■ <b>매우 많이느낌</b>	■ <b>많이느낌</b>		
		오후	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>매우 많이느낌</b>	■ <b>매우 많이느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>		
	머리 무거움	오전	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌/약 간느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>거의못느낌/약 간느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>		
		오후	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>	■ <b>거의못느낌</b>		
	졸림	오전	■ <b>많이느낌</b>	■ <b>매우 많이느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>많이느낌/ 매우 많이느낌</b>	■ <b>매우 많이느낌</b>	■ <b>매우 많이느낌</b>	■ <b>매우 많이느낌</b>		
		오후	■ <b>많이느낌</b>	■ <b>매우 많이느낌</b>	■ <b>전혀못느낌/ 약간느낌</b>	■ <b>매우 많이느낌</b>	■ <b>매우 많이느낌</b>	■ <b>매우 많이느낌</b>	■ <b>매우 많이느낌</b>		
두통	오전	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>			
	오후	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>약간느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>			
손·발저림	오전	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>			
	오후	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>	■ <b>전혀못느낌</b>			
원인에 대한 생각	1위	■ <b>환기부족</b>	■ <b>환기부족</b>	■ <b>환기부족</b>	■ <b>환기부족</b>	■ <b>환기부족</b>	■ <b>환기부족</b>	■ <b>환기부족</b>			
	2위	■ <b>난방부족</b>	■ <b>난방부족</b>	■ <b>난방부족</b>	■ <b>난방부족</b>	■ <b>습도저하/학생 수가 많아서</b>	■ <b>난방기구 위치가나쁘다</b>	■ <b>난방부족</b>			

### 3) 복사감

창으로부터의 복사감에 대해서는 전체적으로 오전에 '약간 그렇다', 오후에 '거의 그렇지 않다'가 가장 많았다. 6개 교실의 난방기구로부터의 복사감 반응 결과를 종합하면, 오전과 오후 모두 '그렇지 않다'가 가장 많았다. 이는 혹구온도 측정결과 복사열이 크지 않은 환경으로 나타난 것과 유관하다고 보여진다.

대체적으로 학생들이 난방기구의 열을 느끼지 못하고 응답하였으나, b교실은 실내온도와 혹구온도 측정결과 가장 낮은 교실이었는데도 불구하고 난방기구로부터의 복사감이 있다고 응답하였다. 이는 b교실에서 전신온열감과 족부온열감은 '춥다'에 많이 응답한데 비해, 두부온열감은 '어느쪽도 아니다'나 또는 '약간 따뜻하다'에 응답한 것과 이 교실 난방기구가 천장온풍형인 것과 유관한 것으로 생각된다.

### 4) 습도감

습도감에 대해서는 전체적으로 오전과 오후에 '어느쪽도 아니다'가 가장 많았다. 다른 교실에 비해 '건조하다'에 많이 응답한 e, f교실은 상대습도 측정결과 역시 평균 31.2%, 31.9%로 가장 습도가 낮았다. 즉, 상대습도 30% 정도에 대해서는 학생들이 건조하다고 느끼는 것을 알 수 있으며, 따라서 학교보건법 시행규칙 유지·관리 기준(30~80%) 범위가 다소 넓은 것이 아닌가 생각된다.

### 5) 공기오염감

공기오염감에 대해서는 전체적으로 오전과 오후에 '매우 그렇다'가 가장 많았다. 공기오염감 응답과 공기환경요소 측정결과와 비교해보면 CO<sub>2</sub>농도 측정결과와는 뚜렷한 관련성을 발견할 수 없었다. 그러나 공기오염감에 '매우 그렇다'라고 많이 응답한 a, b교실과 오후의 e, f교실의 미세먼지 농도가 높은 편인 것으로 보아 미세먼지 농도와 관련이 있는 것으로 보인다. 즉, 공기오염감과 CO<sub>2</sub>농도가 관련성이 적은 것은 이론상으로도 무색무취의 공기오염물질은 인간이 감지하지 못하는 것과 유관하나, 미세먼지는 시각 또는 후각을 비롯하여 감지할 수 있는 특성이 있으므로 미세먼지를 공기오염인자로 인지하는 것으로 해석된다.

### 6) 냄새감

냄새감에 대해서는 전체적으로 오전과 오후 모두 '약간 그렇다'에 가장 많이 응답하였다. 냄새감 응답은 측정요소와 뚜렷한 관련성을 발견할 수 없었으며, 이는 이론적으로 본 연구의 측정요소는 공기의 냄새를 측정하는 항목이

아니기 때문이다.

그러나, 냄새는 인간이 감지할 수 있는 것이므로, 측정요소와 뚜렷한 관련성이 없다 하더라도, 오전과 오후 모두 '약간 그렇다'는 응답으로 볼 때 많은 인원이 체감하고 있는 공간에서 환기부족과 관련이 된다고 해석된다.

### 7) 난방증후군 증상 및 원인에 대한 생각

난방증후군 증상에 대해서는 전체적으로 '목·호흡기 건조'에 대해 '약간 느낌', '건조해서 기침이 난다'에 대해 '전혀 못느낌', '콧속건조'에 대해 '약간 느낌', '안구건조'에 대해 '거의 못느낌', '피부건조'에 대해 '약간 느낌', '답답함'에 대해 오전에 '많이 느낌', 오후에 '약간 느낌', '머리 무거움'에 대해 '전혀 못느낌', '졸림'에 대해 '매우 많이 느낌', '두통'에 대해 전혀 못느낌, '손·발 저림'에 대해 '전혀 못느낌'에 가장 많이 응답하였다. 즉, 학생들이 가장 심하게 느끼는 증상은 '졸림'이었고, 그 다음으로는 '답답함'으로 나타났는데, '졸림'증상은 CO<sub>2</sub>농도와 유관할 수 있고, '답답함'은 정지기류인 환경과 유관한 것으로 생각된다.

증상의 원인에 대한 생각으로는 대표적으로 환기부족과 난방부족을 응답하였다. 일반적으로 난방증후군은 과다난방에 의한 실내외온도차, 건조현상, 환기부족에 의한 공기오염이 원인으로 알려져 있다. 그러나 조사대상교실 응답자 전체 187명 중 난방과잉에 응답한 학생은 10명뿐이었으나, a~d교실은 난방부족에 30% 이상의 학생들이 응답하였는데, 이는 실내온도 측정결과 평균 20℃정도 또는 그 이하인 교실이었다. 즉, 본 연구의 조사대상교실은 과다난방에 의한 난방증후군이 있다고 보기는 어렵고, CO<sub>2</sub>농도 측정결과와 설문응답결과로 볼 때 환기부족이 가장 큰 문제로 해석되며, 4개 교실은 오히려 난방부족이 문제인 것으로 판단된다.

## 3. 교실별 문제점 분석

이상의 현장측정과 설문조사 결과에 따라 교실별로 문제점을 분석하였다.

1) a교실의 조사결과, 실내온도는 17.8~22.6℃(평균 19.8℃)로 평균은 기준치에 해당되었지만, '온열감', '창으로부터의 냉복사감', '난방기구로부터의 열복사감' 반응에서 대체로 부적합 상태로 나타나 난방이 부족한 편으로 볼 수 있다. 미세먼지 농도는 60~170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (평균 105.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), CO<sub>2</sub>농도는 891~3,598 ppm(평균 2,053 ppm)으로 미세먼지 농도 평균과 CO<sub>2</sub>농도 측정치의 대부분이 기준치

이상이었으며, '공기오염감', '냄새감'에서 모두 부적합 상태로 실내공기오염도 문제인 것으로 나타났다. 또한 난방증후군 증상에 대해 '졸림' 증상을 많이 느꼈고, 그 원인에 대해 '환기부족'에 가장 많이 응답하였는데도 창을 여는 환기가 거의 되고 있지 않은 것은 난방이 부족하기 때문으로 판단된다.

2) b교실은 실내온도는 15.4~19.3℃(평균 17.7℃)로 평균이 기준치보다도 낮았고, '온열감', '창으로부터의 냉복사감' 반응에서 대체로 부적합하여 난방이 부족한 상태로 볼 수 있다. 미세먼지 농도는 60~270 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (평균 111 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), CO<sub>2</sub>농도는 836~3,457 ppm(평균 2,414 ppm)으로 평균이 기준치 이상이었으며 '공기오염감'에서 부적합 상태로 실내공기오염도 문제인 것으로 나타났다. 또한 난방증후군 증상에 대해 '피부건조', '답답함', '졸림' 증상을 많이 느꼈고, 그 원인에 대해 '환기부족'에 가장 많이 응답하였는데도 a교실과 마찬가지로 창을 여는 환기가 거의 되고 있지 않은 것은 난방이 부족하기 때문으로 판단된다.

3) c교실의 실내온도는 16.7~23.0℃(평균 20.1℃)로 평균은 기준치 정도였지만, '온열감', '난방기구로부터의 열복사감'이 대체로 부적합 상태로 나타나 다소 난방이 부족한 편으로 볼 수 있다. CO<sub>2</sub>농도는 941~3,296 ppm(평균 2,338 ppm)으로 측정치의 대부분이 기준치 이상으로 실내공기오염도 문제였으나, 학생들의 공기오염감 반응은 '약간 그렇다'로 문제를 인식하지 못하고 있었다. 또한 난방증후군 증상의 거의 모든 항목에 '전혀 못느낌'에 응답하여 난방증후군 증상은 거의 없는 것으로 볼 수 있으나 난방증후군 원인에 대해서는 '환기부족'에 가장 많이 응답하였다.

4) d교실의 실내온도는 18.7~21.6℃(평균 20.2℃)로 평균 역시 기준치 정도였고, '온열감', '난방기구로부터의 열복사감' 반응에서 대체로 부적합 상태로 나타나 난방이 부족한 편으로 볼 수 있다. CO<sub>2</sub>농도는 1,093~2,750 ppm(평균 1,957 ppm)으로 평균이 다른 교실에 비해 다소 낮은 하지만 모든 측정치가 기준치 이상으로 실내공기오염도 문제인 것으로 나타났다. 그러나 c교실과 마찬가지로 학생들의 공기오염감 반응은 '약간 그렇다'로 문제를 인식하지 못하고 있었다. 또한 난방증후군 증상에 대해 '졸림' 증상을 제외하고는 '약간 느낌' 이하로 난방증후군 증상은 거의 없었으나 그 원인에 대해서는 '환기부족'에 가장 많이 응답하였다.

5) e교실의 실내온도는 21.6~24.1℃(평균 23.1℃)로 평균이 기준치보다 높아 난방이 과다한 상태인 듯하나, '온열감', '난방기구로부터의 열복사감'에 대체로 추운측에 응답하여 난방이 과다한 것으로 단정할 수는 없는 상태였다. 그러나 상대습도가 31~36%(평균 33.2%)로 기준치의

하한선 정도였고 습도감에도 부적합하여 다른 교실에 비해서는 난방에 의한 습도저하 현상이 있는 상태였다. CO<sub>2</sub>농도는 1,540~3,182 ppm(평균 2,393 ppm)로 모든 측정치가 기준치를 초과하였고 '공기오염감', '냄새감'에서도 부적합 상태로 실내공기오염도 문제인 것으로 나타났다. 오후 내내 뒤창을 2/3 열어놓았는데, 이는 CO<sub>2</sub>농도를 낮추긴 했지만 재실자수가 많아서인지 충분한 환기효과를 가져오지 못해, CO<sub>2</sub>농도 평균은 다른 교실과 비슷하였다. 또한 난방증후군 증상에 대해 '콧속건조', '안구건조', '답답함', '졸림' 증상을 많이 느꼈다고 응답한 것으로 보아 건조한 상태인 것으로 보이며, 난방증후군 원인에 대해서는 '환기부족'에 가장 많이 응답하였다.

6) f교실의 실내온도는 22.5~25.4℃(평균 24.4℃)로 평균이 기준치보다 높았고, '온열감'에 대체로 더운측에 응답하여 난방이 과다한 것으로 볼 수 있다. 상대습도가 29~34%(평균 31.9%)로 기준치의 하한선 정도였고 '습도감' 반응의 부적합 상태로 보아 e교실과 마찬가지로 난방에 의한 습도저하 현상이 있는 상태였다. CO<sub>2</sub>농도는 1,414~2,953 ppm(평균 2,447 ppm)으로 모든 측정치가 기준치를 초과하였고 오후의 '공기오염감', '냄새감'이 부적합 상태로 실내공기오염도 문제인 것으로 나타났다. 종일 뒤창 1/6, 오후 앞창을 1/2 열어놓았는데 이는 CO<sub>2</sub>농도 저하를 가져오긴 했지만 재실자수가 많아서인지 CO<sub>2</sub>농도 평균은 다른 교실과 비슷하였다. 또한 난방증후군 증상에 대해 '피부건조', '답답함', '졸림' 증상을 많이 느꼈다고 응답하였으며, 그 원인에 대해서는 '환기부족'에 가장 많이 응답하였다. 이는 과다난방과 환기부족에 의한 높은 CO<sub>2</sub>농도의 영향으로 보인다.

## V. 결론 및 제언

본 연구는 겨울철 학교교실의 실내열·공기환경 실태를 파악하고, 이에 영향을 미치는 요인 분석을 목적으로, 수업이 진행되고 있는 교실에서 학생들의 생활을 그대로 수용한 상태로 현장측정 하였으며, 재실자의 실내열·공기환경에 대한 주관적 반응을 파악하기 위해 설문조사를 병행하였다.

조사결과, 평균이 기준치를 벗어나 있는 항목(벗어나 있는 교실수)은 실내온도(5개 교실), 미세먼지(2개 교실), CO<sub>2</sub>(모든 교실), 오전의 전신온열감(모든 교실), 오전의 족부온열감(5개 교실), 오후의 전신온열감(2개 교실), 오후의 족부온열감(3개 교실), 오전의 창으로부터의 냉복사감(2개 교실), 오전과 오후의 난방기구로부터의 열복사감(5

개 교실), 오전과 오후의 습도감(2개 교실, 3개 교실), 오전과 오후의 공기오염감(3개 교실), 오후의 냄새감(3개 교실), 난방증후군 증상 중 오전의 피부건조(2개 교실), 오전과 오후의 답답함(3개 교실, 2개 교실), 오전과 오후의 졸림(5개 교실), 난방증후군의 원인으로 환기부족(모든 교실), 난방부족(4개 교실)이었다. 즉, 겨울철 학교교실의 실내열·공기환경은 쾌적하다고 평가할 수 없으며, 그 원인은 대부분 교실의 난방부족, 일부 교실의 난방과다, 환기부족으로 파악되었다.

이상의 결과에 따른 제언은 다음과 같다.

1) 겨울철 학교교실의 가장 주된 문제는 난방이 부족하거나 또는 일부 과다한 것으로 분석되었으므로, 학교는 학생들의 온열감에 적합한 정도로 난방을 가동해야 하고, 그러기 위해서는 관리자의 노력이 필요하다. 따라서, 관리자가 교실의 실내온도를 파악할 수 있는 시스템이나 실내 온도 자동조절 시스템의 도입이 필요하다. 또한 적정수준의 난방은 현재의 높은 공기오염농도를 감소시키기 위한 창을 개방하는 환기를 가능하게 할 수 있다.

2) 상대습도의 경우 대부분의 교실은 유지·관리 기준에는 해당되지만 난방이 과다한 학교는 습도저하 현상이 있으므로 습도보충이 필요한 상태이다. 교실내 실내정원을 설치하면 습도보충 및 CO<sub>2</sub>농도 감소로 난방증후군의 해소에도 도움을 줄 수 있을 것이다.

3) 측정대상의 1/3의 교실에서 미세먼지가 기준치를 초과하였는데, 개선을 위해서는 이의 영향요인으로 나타난 난방 취출구 위치와 착화상태를 변경하는 방법이 있을 것이다. 천장 취출구의 경우 먼지필터를 부착하고 교실에서는 실내화를 신는 것이 도움이 될 것이다. 또한 미세먼지가 최고농도까지 올라가는 청소시간에는 청소가 끝난 후에도 조금 더 오랜시간 환기하는 것이 필요하다.

4) 모든 교실의 CO<sub>2</sub>농도가 기준치 이상이었는데, 기준치 정도로 유지하기 위해서는 현재에서 1,000~1,500 ppm 정도 감소시키면 가능하다. 겨울철은 여름철보다 실내외 온도차가 커 환기효과가 큰 것으로 나타났으므로, 현재 쉬는 시간마다 문을 개방하는 정도에 더해 교사가 학생들에게 수업종료시마다 창을 개방하여 환기하도록 지도하는 방법이 있을 것이다. 그러나, 이보다 에너지절약적이고도 실내공기질을 건강하게 유지할 수 있는 방법은 환기설비의 설치 가동이다.

5) 실내온도와 온열감의 관련성, 상대습도와 습도감의 관련성 분석결과, 학교보건법 시행규칙의 실내온도 유지·관리 기준은 학생들의 온열감에 비해 낮은 것으로 분석되어, 이에 대한 재검토가 필요하며, 현재 너무 범위가

넓은 상대습도 기준은 현재보다 다소 좁혀 중성역 범위의 검토가 필요하다.

**주제어** : 학교교실, 실내열·공기환경, 실태, 주관적 반응, 겨울철

## 참 고 문 헌

- 나수연·박진철(2007). 제주지역 초등 학교시설의 실내 환경성능 평가에 관한 연구. *대한건축학회논문집*, 23(7), 295-302.
- 손종렬·노영만·손부순(2006). 국내 일부학교 건축물의 실내공기질 평가. *한국환경보건학회지*, 32(2), 140-148.
- 안상영·김모근·김옥순·이용직·나채근·이춘우·박재형(2006). 경북도내 일부학교 교실의 실내공기질 평가. *한국실내환경학회지*, 3(4), 367-375.
- 안철린·김좌진·신병환·금종수(2003). 겨울철 학교 교실의 온열환경 특성 및 쾌적성 평가연구. *한국생활환경학회지*, 10(4), 251-256.
- 안철린(2004). 학교건물의 열·공기환경 특성에 관한 연구. 부경대학교 산업대학원 냉동공조공학과 박사학위논문.
- 이정재·김석근·최석용(2005). 부산지역의 신축학교 실내공기질 현황측정. *대한건축학회논문집*, 21(6), 175-182.
- 최윤정·정연홍·이선아·김혜경·황진아(2007). 학교교실의 냉방시 실내열·공기환경 실태. *한국주거학회논문집*, 18(4), 49-58.
- 윤정숙(2002). *주거환경학*. 문운당.
- www.moe.go.kr (교육과학기술부)  
학교보건법[일부개정 2007.05.17 법률 제8466호]  
학교보건법 시행규칙[일부개정 2007.03.26 교육과학기술부령 905호]  
보도자료 [2005년 5월 18일]  
http://www.mltm.go.kr (국토해양부) 건축물의에너지절약 설계기준(국토해양부 고시 2008.1.11)  
www.saramin.co.kr (온라인 취업포털 사람인)  
취업뉴스 2006.11.22. 직장인 31.6%, 난방병 경험했어 매일경제 웹기사. 2007.01.16. 피부-겨칠, 머리-지끈...회사원 75% 난방증후군  
한겨레신문 웹기사. 2007.01.04. 걷도는 학교보건법 공기질 정기점검 11.5% 그쳐

(2008. 12. 22 접수; 2009. 3. 16 채택)