

대학교 신축 기숙사의 휘발성유기화합물 농도 및 새집증후군 반응

The Actual State of TVOC and the Responses of Sick House Syndrome in Newly Built University Dormitory

최윤정*
Choi, Yoon-Jung

오예슬**
Oh, Ye-Seul

장윤정**
Jang, Yoon-Jeong

김정재***
Kim, Jung-Jae

Abstract

The purposes of this study were to determine the actual state of the indoor air quality by measuring TVOC concentration and surveying residents' responses in a newly built university dormitory and to analyze the influencing factors of IAQ. Field measurements on the concentrations of TVOC and HCHO were carried out three times at 4 week intervals in 3 rooms of a dormitory. A questionnaire survey was conducted on residents which inquired into the resident's lifestyle, their consciousness of IAQ, and the responses to SHS. According to the results, TVOC concentrations were 0.14~18.5 ppm and HCHO concentrations were 0.23~6.89 ppm during the 3 months following the completion of construction, showing a serious state in which standard levels are exceeded, though these levels seemed to decrease over time. The factors influencing the differences in the levels of TVOC and HCHO were the ventilation volume including infiltration, the heating temperature, relative humidity, or the use of living matter that include chemical ingredients. However, the residents rarely felt the symptoms of SHS and were not conscious of the importance of ventilation.

Keywords : TVOC (Total Volatile Organic Compounds), HCHO (Formaldehyde), IAQ (indoor Air Quality), Sick House Syndrome, Newly Built University Dormitory

주요어 : 총휘발성유기화합물, 포름알데히드, 실내공기질, 새집증후군, 대학교 신축 기숙사

I. 서론

대학교 기숙사는 대학교에서 공부하는 학생들을 위하여 교육적인 목적을 지니고 숙식을 제공하는 거주체제를 의미하는 것(권혜경, 2003)으로 학생에게는 강의실만큼이나 학교생활에서 많은 비중을 차지하며, 많은 시간을 보내는 곳으로 무엇보다도 중요한 공간이다.

이러한 대학교 기숙사는 일반적으로 단위공간이 협소하기 때문에 기숙사 내에서의 실내공기질은 가구 등에서 방출되는 오염물질의 영향을 많이 받을 것이라 판단되며 특히 신축 기숙사의 경우 대부분이 새 가구들로 채워지기 때문에 실내공기질에 더욱 많은 영향을 미칠 것으로 생각된다. 더욱이 기숙사에서 사용되는 대량 생산되는 가구는 합판이나 MDF, PB 등으로 만들어지는 경우가 많은데, 이들은 작은 나무조각이나 섬유질을 접착하여 넓은 판재로 만들어놓은 제품들로 작은 나무조각을 판재로 만

들기 위해 필히 접착제를 사용해서 나무조각(섬유질)들을 붙이게 되며 이 때 사용되는 접착제에 포름알데히드가 함유되어 있는 경우가 많다¹⁾.

기숙사는 건축법 상 공동주택에 포함되며 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」(일부개정 2007.10.17)에서 2006년 1월 1일부터 기숙사도 신축 공동주택의 실내공기질 측정·공고 실시 대상에 포함되었다. 하지만 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」(일부개정 2009.6.24) 제 11조에서 신축 또는 리모델링하는 100세대 이상의 공동주택의 경우 시간당 0.7회 이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치하여야 한다고 규정하고 있으나 기숙사 제외라는 단서 조항이 있다. 즉, 실질적으로 기숙사의 실내공기질의 관리가 부족한 실정이라고 할 수 있다.

지금까지 대학교 기숙사 관련연구 및 조사는 건축계획 및 공간 디자인 관련연구, 생활행위에 관한 행태 관련연구, 시설현황 관련연구, BTL 관련 정책적 연구 등이 있었고, 대학교 기숙사의 실내공기질에 관한 연구는 건축년도에 따라 3곳(8년, 4년, 1년 미만)의 기숙사를 대상으로 한 연구(김호진 외, 2008) 뿐이었다. 즉, 대학교 신축 기숙사의 실내공기질에 대한 실태파악은 거의 전무한 실정이다.

*정회원(주저자, 교신저자), 충북대학교 주거환경학과 부교수, 이학박사
**정회원, 충북대학교 일반대학원 주거환경학전공 석사과정
***정회원, 충북대학교 주거환경·소비자학과 졸업

이 논문은 2008년도 한국주거학회의 추계학술발표대회에 발표한 논문을 수정·보완한 연구임.

이 논문은 2009년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

1) 연합뉴스. 2008. 8. 14

따라서 본 연구는 대학교 신축 기숙사의 실내공기질 향상을 위한 기초연구로, 대학교 신축 기숙사의 휘발성유기화합물과 포름알데히드 농도를 측정하고, 대학교 기숙사의 입주자를 대상으로 새집증후군 반응과 실내공기관련 인지정도를 설문조사 함으로써 그 실태를 파악하는 것을 목적으로 하였으며 구체적인 목적은 다음과 같다.

첫째, 대학교 신축 기숙사의 휘발성유기화합물과 포름알데히드의 농도 실태와 영향요인을 파악한다.

둘째, 대학교 신축 기숙사 거주자의 새집증후군 반응과 실내공기관련 인지정도를 파악한다.

II. 연구방법

1. 연구방법의 개요

본 연구는 신축 기숙사의 휘발성유기화합물 농도 실태 파악을 위한 현장측정과 거주자의 새집증후군 정도를 파악하기 위한 설문조사를 병행하였다. 사전에 시공사의 현장사무소를 방문하여 기숙사 입주 전 휘발성유기화합물 농도 측정에 대한 가능여부를 문의하였으나, 협조를 얻지 못하여 기숙사 입주 후에 측정을 실시하였다<표 1>.

표 1. 연구방법의 개요

조사 방법	사전 방문조사	현장측정	설문조사
조사 대상	시공사 현장사무소 직원	신축 기숙사 여학생 거주동의 3개실	현장측정 건물 거주자 200명
조사 시기	2008년 1월	2008년 3~5월 (각 실당 입주 1주 시점부터 약 4주 간격으로 3차례 측정)	2008년 3월 18~19 일: 설문지 배포 3월 20~22일: 회수
조사 내용	입주 전 측정가능 여부 기숙사의 건물특성(규모, 설비사항 등)	측정요소(TVOC, HCHO) 및 배경요소(실내온습도) 측정 측정실의 특성조사 관련요인 관찰기록 사진촬영	기초항목 실내공기관련 생활특성 새집증후군 반응 실내공기관련 인지정도
조사 도구	면접지	TVOC 측정기 (IAQ RAE PGM-5210) HCHO측정기 (PPM Formaldemeter™ 400)	설문지

2. 현장측정

1) 측정대상

측정대상은 충북C 대학교의 BTL 임대형 민자 사업시설로 신축된 기숙사로서, 여학생 거주동에서 측정에 협조 의사가 있는 저층, 중층, 고층 각각 1개실을 대상으로 하였다. 측정 대상실의 선정시 측정협조 의사 이외의 다른 요인은 전혀 고려하지 않았다.

2) 측정내용 및 방법

3개의 측정실을 대상으로 각 실 당 4주 간격으로 입주 후 1주일 경과 시점에서 1차측정, 약 3~4주 후 경과시점에서 2차측정, 약 8주 경과 후 3차측정하였다.

측정내용 및 방법은 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제 6조 규정에 의거한 ‘실내공기질 공정시험기준’

의 공동주택의 실내공기질 시험방법을 원칙적으로 따라, 초기 30분 간(오전 8시 30분~9시) 환기하고, 5시간 동안(오전 9시~오후 2시) 밀폐한 후 그 이후(오후 2시~5시)에 측정하였다. 입주 후 시점이었으나, 측정일에는 대부분 거주자가 없는 상태에서 측정자가 측정을 진행하였다. 다만, 공동주택의 실내공기질 시험방법에서는 오후 1시에서 5시 사이에 30분간 2회 시료채취 하는 것을 원칙으로 하고 있으나 본 연구에서 사용한 기기가 현장직독식이었으므로 각 실 당 1일 오후 2~5시까지 3시간 동안 10분 간격으로 19회 측정하였다.

3) 분석방법

현장측정 자료는 각 실별로 TVOC 및 HCHO 측정치와 영향요인을 표로 작성하였으며, 측정시기 간 비교, 측정실 간 비교를 통해 휘발성유기화합물 농도의 영향요인을 분석하였다.

3. 설문조사

1) 조사대상

현장측정을 실시한 신축 기숙사 여학생 거주동 거주자를 대상으로 입주시작 2주 후 설문조사를 실시하였다. 총 300부를 배부하여 270부 회수하고(회수율 90%) 응답이 부실한 경우를 제외한 260부를 분석에 이용하였다.

2) 조사내용 및 방법

설문조사의 내용은 선행연구(이범규, 2004; 송필동, 2006; 최윤정 외, 2006; 한길원 외, 2006; 최윤정, 2006; 장지혜·이연숙, 2007)를 고찰하여, 기초항목, 실내공기관련 생활특성, 새집증후군 반응, 실내공기관련 인지정도로 구성하였다. 새집증후군 반응은 10가지 증상에 대해 5단계 척도로 조사하였다. 새집증후군 증상정도는 중간값(느끼지도 못 느끼지도 않음) 개념이 있을 수 없고, 못 느낄수록 좋은 것이므로 중간값이 없는 5점 척도로 구성하였다.

3) 분석방법

SPSS 12.0 PC를 이용하여, 각 문항별로 빈도와 백분율의 단순통계로 분석하였다.

III. 조사결과 및 해석

1. 조사대상의 특성

조사대상의 특성은 <표 2>와 같으며 조사대상의 모습은 <표 3>과 같다. 조사대상은 2008년 2월 완공된 기숙사로서 여학생 거주동(645명 거주)을 대상으로 하였다. 건물의 구조는 철근콘크리트조, 난방설비는 실 별 조절이 가능한 바닥 난방방식이며, 환기시스템은 없었다.

현장측정을 실시한 측정실은 2인 1실이며 각 실마다 화장실이 있다. 천장은 석고보드위에 벽지마감, 벽은 실크벽지, 바닥은 PVC 바닥재로 마감되었으며, 신발장 한 개, 책상과 의자, 침대, 옷장은 각각 2개씩 비치되어 있다.

이들 가구와 마감재에 관하여 건축자재 관련제도²⁾에 입각하여 구체적인 사항(친환경 상품여부, 유해물질 방출 등

표 2. 조사대상의 특성

항목	내용			
운영개요	BTL 임대형 민자사업 시설·기숙사			
건물특성	주변환경	동쪽: 학교건물 남쪽: 주택가, 산	서쪽: 주택가 북쪽: 학교건물, 산	
	사용승인 및 입주 시기	2008년 2월 사용승인, 2008년 3월 1일 입주		
	구조	철근 콘크리트조		
	규모	기숙사 3개동 중 측정 건물은 323세대		
	난방설비	지역난방방식, 개별 ON/OFF 및 온도조절 방식, 바닥 난방		
	냉방설비	천장 부착형 개별 에어컨		
	환기시스템	없음		
	측정실의 특성	A실	B실	C실
방위		동남향	서남향	동남향
층수		2층	5층	11층
일조조절장치		롤 블라인드	롤 블라인드	롤 블라인드
일조방해요인		수목, 부속건물	측면 건물	없음
창의 형태 및 재료		페어글래스 단창 (알루미늄)	페어글래스 단창 (PVC)	페어글래스 단창 (PVC)
면적		19.49 m ²		
마감재		천장	석고보드, 벽지마감	
		벽	실크벽지	
		바닥	PVC바닥재	
평면구성	2인 1실, 1실 내 1욕실			
가구종류	책상2, 의자2, 침대(매트리스 포함)2 매트리스2, 옷장2, 신발장			

표 3. 조사대상의 모습

	A실	B실	C실	
실의 모습				
가구	책상			
	침대			
	옷장			

급)을 시공업체의 직원에게 문의하였으나 정확히 알고 있지 못하였고 대신 가구업체를 알려주어 직접 가구업체에

2) 환경부의 「환경기술개발 및 지원에 관한 법률」에 의해 친환경상품진흥원에서 실시하는 ‘환경마크제도’, 한국공기청정협회에서 운영하는 ‘친환경 건축자재 품질인증제도(HB)’, 지식경제부에서 실시하는 ‘KS표시인증제도’를 참고함.

구체적인 사항에 대해 문의하였으나 응답을 들을 수 없었다.

2. 현장측정 결과

현장측정 결과와 영향요인을 요약하면 <표 4>와 같다. 외부의 TVOC와 HCHO 농도는 거의 0으로 나타나, 외부는 화학오염물질로 오염되지 않은 환경임을 확인하였다.

1) 각 실별 측정결과

(1) A실

A실은 2층의 동남향이다. 창의 재료가 B, C실과 달리 알루미늄 창호이고, 창의 크기도 더 컸으며, 창틈으로 약간의 바람이 새어들어 왔다. 또한 저층에 위치하고 있어 창 밖의 조경 수목들로 인해 일조에 방해를 받고 있다.

1차 측정(2008. 3. 7) 입주 후 일주일 뒤 실시하였고, 거주자는 일주일동안 총 2회 환기 하였는데 창의 1/2을 개방하여 1시간씩 환기하였다. 측정시 실내온도는 25.7~26.2°C(평균 26.0°C), 상대습도는 38~41%(평균 40%), 재실자수는 2명이었다. TVOC 농도는 6.14~7.04 ppm(평균 6.58 ppm)으로 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」의 신축공동주택의 실내공기질 권고기준(0.58 ppm)³⁾의 약 11배 이상에 해당하며, 이는 이론상⁴⁾ 독성범위에 해당한다. HCHO 농도는 2.30~3.01 ppm(평균 2.57 ppm)으로 권고기준 0.17 ppm의 약 15배에 해당하며 이는 이론상⁵⁾ 눈을 찌르는듯 한 통증을 유발시키는 농도이다.

2차 측정(2008. 4. 3)은 1차측정 이후 4주 후 실시하였고, 거주자는 4주동안 일주일에 3~4회 창의 1/2~전부를 개방하여 각각 2~3시간씩 환기하였다. 측정시 실내온도는 26.7~27.3°C(평균 27.2°C), 상대습도는 38~39%(평균 38%), 재실자수는 측정시작시에는 2명이었다가 2:40분경 한명이 외출하였다. TVOC 농도는 0.63~0.77 ppm(평균 0.70 ppm)으로 권고기준의 약 1.2배에 해당하며, 이는 이론상 건강에 영향이 발생 가능한 농도이다. HCHO 농도는 0.27 ~0.43 ppm(평균 0.33 ppm)으로 권고기준의 약 1.9배에 해당하며, 이론상 호흡장애가 시작되는 농도이다.

3차측정(2008. 5. 5)은 2차측정 이후 4주 후 실시하였고, 거주자는 4주동안 일주일에 5~6회 창의 1/2~전부를 개방하여 낮동안 지속적으로 환기하였다. 측정시 실내온도는 26.9~27.1°C(평균 27.0°C), 상대습도는 46~49%(평균 47%), 재실자 수는 1명이었다. TVOC 농도는 0.11~0.18 ppm(평균 0.14 ppm)으로 권고기준 미만으로 3개실의 각

3) 다중이용시설등의 실내공기질관리법 시행규칙(일부개정 2007. 10. 17)제 7조의 2 (신축공동주택의 실내공기질 권고기준) - 폼알데히드 210 µg/m³ 이하, 벤젠 30 µg/m³ 이하, 톨루엔 1,000 µg/m³ 이하, 에틸벤젠 360 µg/m³ 이하, 자일렌 700 µg/m³ 이하, 스티렌 300 µg/m³ 이하이다. 심현숙 · 최윤정(2008)은 신축공동주택 권고기준에는 TVOC에 대한 기준이 규정되어 있지 않아 5가지 VOCs(벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌)의 ppm 환산치 총합 0.58 ppm을 TVOC 기준으로 적용하였으며, 본 연구도 이를 적용하였다.

4) 윤동원(2000). 주거용 건물의 화학물질 오염에 관한 고찰. p. 97
5) 마사오 이노우에 원저, 김현중 역(2004). 새집증후군의 실체와 대응전략. 한국목재신문사. p. 61.

표 4. 현장측정 결과

평균 (최소치~최대치)

실의특성		측정항목	1차측정결과 (입주 후 1주 경과)		2차측정결과 (입주 후 3~4주 경과)		3차측정결과 (입주 후 8주 경과)		
A실	층수	2층	TVOC (ppm)	6.58* (6.14~7.04)	5.58 ▼	0.70 (0.63~0.77)	0.56 ▼	0.14*** (0.11~0.18)	
	방위	동남향	HCHO (ppm)	2.57 (2.30~3.01)	2.24 ▼	0.33 (0.27~0.43)	0.1 ▼	0.23 (0.18~0.33)	
	기타	· 다른 실과 창 의 재료 및 크기가 다르며 창틀로 바람이 들어옴으로 인해 일조가 방해됨	실내온도 (°C)	26.0 (25.7~26.2)		27.2 (26.7~27.3)		27.0 (26.9~27.1)	
			상대습도 (%)	40 (38~41)		38.2 (38~39)		47 (46~49)	
		영향요인	환기정도	입주 후 일주일동안 2회 1/2**** 개방하고 각각 1시간씩 환기		일주일내 3~4회 1/2-전부 개방하여 각각 2~3시간씩 환기		일주일내 5~6회 1/2-전부 개방하여 낮동안 환기	
			재실자수	2명		측정시작 시 2명 2:40분경부터 1명		1명	
			기타					· 새 옷 2벌, 화분 1개	
		층수	5층	TVOC (ppm)	18.5 (16.7~20.1)	14.73 ▼	3.77 (3.65~3.89)	2.6 ▼	1.17 (1.00~1.29)
		방위	서남향	HCHO (ppm)	4.51 (3.87~5.24)	1.91 ▼	2.60 (2.27~2.90)	0.23 ▲	2.83 (2.69~2.99)
		기타	실내온도 (°C)	28.7 (28.0~29.3)		25.3 (25.0~25.6)		26.3 (26.0~26.5)	
상대습도 (%)	43 (37~48)		47 (44~50)		58 (57~59)				
영향요인	환기정도		입주 후 일주일동안 4회 1/4정도 개방하고 각각 30분씩 환기		일주일내 4~5회 1/2-전부 개방하여 각각 2~3시간씩 환기		일주일내 4~5회 1/2-전부 개방하여 각각 5~6시간씩 환기		
	재실자수		1명		측정시작시 1명 3:10분경부터 2명		1명		
기타	· 난방온도를 28°C로 높게 설정		· 날씨 흐림(오전에 비)		· 향수냄새가 계속 지속됨 · 섬유탈취제 자주사용 · 새 옷 2벌				
층수	11층	TVOC (ppm)	12.6 (11.3~13.8)	8.47 ▼	4.13 (3.78~4.41)	3.2 ▼	0.93 (0.75~1.10)		
방위	동남향	HCHO (ppm)	6.89 (6.46~7.21)	4.22 ▼	2.67 (2.42~3.04)	0.32 ▼	2.15 (1.94~2.38)		
기타	실내온도(°C)	26.6 (26.5~26.8)		25.6 (25.6~25.7)		27.7 (27.4~27.8)			
	상대습도(%)	61 (59~63)		50 (50)		55 (52~58)			
	영향요인	환기정도	입주 후 일주일동안 매일 1/2정도 개방하고 각각 30~1시간씩 환기		일주일내 5~6회 1/2-전부 개방하여 각각 2~3시간씩 환기		일주일내 5~6회 1/2-전부 개방하여 낮동안 환기		
		재실자수	1명		1명		1명		
	기타	· 플라스틱휴지통 새 것 2개, 새 옷 1벌, 새 책 6권. · 방안에 젖은 수건을 말림				· 새 옷 3벌			

* ■■■ - A, B, C 3개실을 비교할 때 높은 순서 표시 (농도, 온도, 습도가 높거나 환기량이 많을수록 진한 음영)
 ** ■■■ - A, B, C 3개실의 농도감소량을 비교할 때 높은 순서 표시 (감소량이 많을수록 진한 음영)
 *** ■■■ - 기준 (TVOC 0.58ppm, HCHO 0.17ppm) 적합
 **** 창 의 개방정도는 개방 가능한 면적 중 개방한 면적으로 표시

3차측정 중 유일하게 기준치 미만이었다. HCHO 농도는 0.18~0.33 ppm(평균 0.23 ppm)으로 권고기준의 약 1.3배에 해당하며, 이론상 호흡장애가 시작되는 농도이다.

(2) B실

B실은 5층의 서남향이다. 측면에 위치한 건물에 의해 일조에 방해를 받고 있다. 1차 측정은(2008. 3. 8) 입주 후 일주일 뒤 실시하였고, 거주자는 일주일동안 총 4회 환기하였는데 창 의 1/4을 개방하여 30분 씩 환기하였다. 측정시 실내온도는 28.0~29.3°C(평균 28.7°C), 상대습도는 37~48%(평균 43%), 재실자 수는 1명이었다. 거주자가 난방설정온도를 높게 설정하여(28°C) 실내온도가 높게 유지되고 있었다. TVOC 농도는 16.7~20.1 ppm(평균 18.5 ppm)으로 권고기준의 약 31배에 해당하며, 이는 이론상 독성 범위에 해당한다. HCHO 농도는 3.87~5.24 ppm(평균 4.51 ppm)으로 기준치 0.17 ppm의 약 24배에 해당하며, 이는 이론상 눈을 찌르는듯 한 통증을 유발시키는 농도 이상이다.

2차측정(2008. 3. 30)은 1차측정 이후 3주 후 실시하였고, 거주자는 3주동안 일주일내 4~5회 창 의 1/2~전부를 개방하여 각각 2~3시간씩 환기하였다. 측정시 실내온도는 25.0~25.6°C(평균 25.3°C), 상대습도는 44~50%(평균 47%), 재실자수는 측정시작시 1명이었다가 3:10분경 1명이 들어왔다. TVOC 농도는 3.65~3.89 ppm(평균 3.77 ppm)으로 권고기준의 약 6.5배에 해당하며, 이는 이론상 건강에 영향이 발생하는 농도이다. HCHO 농도는 2.27~2.90 ppm(평균 2.60 ppm)으로 권고기준의 약 15배에 해당하며, 이론상 눈을 찌르는듯 한 통증을 유발시키는 농도이다.

3차측정(2008. 5. 4)은 2차측정 이후 5주 후 실시하였고, 거주자는 5주동안 일주일내 4~5회 창 의 1/2~전부를 개방하여 각각 5~6시간씩 환기하였다. 측정시 실내온도는 26.0~26.5°C(평균 26.3°C), 상대습도는 57~59%(평균 58%), 재실자수는 1명이었다. 측정시작 전 환기를 할 때 향수냄새가 많이 났으며, 환기를 한 후에도 제거되지 않아 측

정시에도 지속적으로 향수 냄새가 관찰되었다. 이의 원인을 거주자에게 물어본 결과 섬유 탈취제 및 향수를 거의 매일 사용하였다고 응답하였다. TVOC 농도는 1.00~1.29 ppm(평균 1.17 ppm)으로 권고기준의 약 2배에 해당하며, 이는 이론상 건강에 영향이 발생하는 농도이다. HCHO 농도는 2.69~2.99 ppm(평균 2.83 ppm)으로 권고기준의 약 16배에 해당하며, 이론상 눈을 찌르는 듯 한 통증을 유발시키는 농도이다.

(3) C실

C실은 11층의 동남향이다. 고층이어서 수목이나 다른 건물에 의해 일조의 방해를 받지 않았다. 1차측정은(2008. 3. 9) 입주 후 일주일 뒤 실시하였고, 거주자는 일주일동안 매일 창 의 1/2을 개방하여 30분~1시간 씩 환기하였다. 측정시 실내온도는 26.5~26.8°C(평균 26.6°C), 상대습도는 59~63%(평균 61%), 재실자수는 1명이었으며, 방안에 젖은 수건을 말리고 있었다. TVOC 농도는 11.3~13.8 ppm(평균 12.6 ppm)으로 권고기준의 약 21배에 해당하며, 이는 이론상 독성범위에 해당한다. HCHO 농도는 6.46~7.21 ppm(평균 6.89 ppm)으로 권고기준의 약 40배에 해당하며, 이는 이론상 눈을 찌르는듯 한 통증을 유발시키는 농도 이상이다.

2차측정(2008. 3. 29)은 1차측정 이후 3주 후 실시하였고, 거주자는 3주동안 일주일에 5~6회 창 의 1/2~전부를 개방하여 각각 2~3시간씩 환기하였다. 측정시 실내온도는 25.6~26.7°C(평균 25.6°C), 상대습도는 50~50%(평균 50%), 재실자수는 1명이었다. TVOC 농도는 3.78~4.41 ppm(평균 4.13 ppm)으로 권고기준의 약 7배에 해당하며, 이는 이론상 건강에 영향이 발생하는 농도이다. HCHO 농도는 2.42~3.04 ppm(평균 2.67 ppm)으로 권고기준의 약 15배에 해당하며, 이론상 눈을 찌르는듯 한 통증을 유발시키는 농도이다.

3차측정(2008. 5. 3)은 2차측정 이후 5주 후 실시하였고, 거주자는 5주동안 일주일에 5~6회 창 의 1/2~전부를 개방하여 낮동안 계속 환기하였다. 측정시 실내온도는 27.4~27.8°C(평균 27.7°C), 상대습도는 52~58%(평균 55%), 재실자 수는 1명이었다. TVOC 농도는 0.75~1.10 ppm(평균 0.93 ppm)으로 권고기준의 약 1.6배에 해당하며, 이는 이론상 건강에 영향이 발생하는 농도이다. HCHO 농도는 1.94~2.38 ppm(평균 2.15 ppm)으로 권고기준의 약 12배에 해당하며, 이론상 눈을 찌르는듯 한 통증을 유발시키는 농도이다.

2) 측정시기 간 비교

입주 후 일주일 뒤 실시한 1차측정시, 3개실의 TVOC 농도는 평균 6.58~18.5 ppm으로 권고기준과 비교하여 약 11~31배에 해당하는 농도였다. HCHO 농도는 평균 2.57~6.89 ppm으로 권고기준과 비교하여 약 15~40배에 해당하는 농도였다.

입주 후 3~4주 후 실시한 2차측정시, 3개실의 TVOC 농도는 평균 0.70~4.13 ppm으로 권고기준과 비교하여 약

1.2~7배에 해당하는 농도였고, 1차측정시보다 평균 5.58~14.73 ppm 감소하였다. HCHO 농도는 평균 0.33~2.67 ppm으로 권고기준과 비교하여 약 1.9~15배에 해당하는 농도였고, 1차측정시 보다 평균 1.91~4.22 ppm 감소하였다.

입주 후 8주 후 실시한 3차측정시, 3개실의 TVOC 농도는 평균 0.14~1.17 ppm으로 A실만 권고기준에 적합하였으며 나머지 2개실은 권고기준과 비교하여 약 1.6~2배에 해당하는 농도였고, 2차측정시보다 평균 0.56~3.2 ppm 감소하였다. HCHO 농도는 평균 0.23~2.83 ppm으로 권고 기준의 약 1.3~16배에 해당하는 농도였고, 2차측정시보다 A, C실은 평균 0.1~0.52 ppm 감소하였으나, B실은 평균

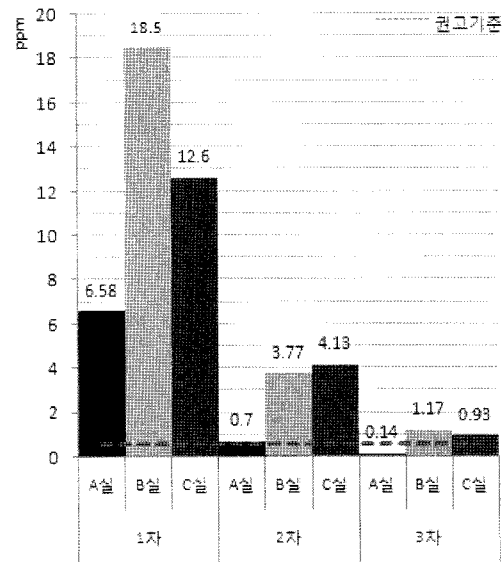


그림 1. TVOC 농도의 측정시기 · 측정실 간 비교

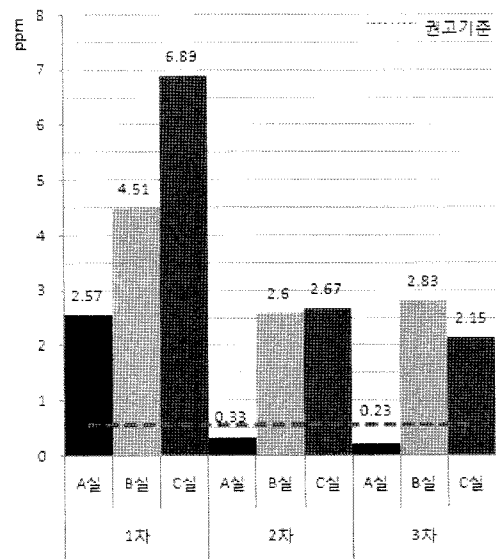


그림 2. HCHO 농도의 측정시기 · 측정실 간 비교

6) 경북 경산시에 위치한 준공연도 1년 미만의 신축 기숙사의 TVOC 와 HCHO 농도를 실내공기질 공정시험방법에의해 측정 한 결과 TVOC 농도는 1층 4,288 µg/m³, 4층 4,344 µg/m³, HCHO 농도는 1 층 549 µg/m³, 4층 574 µg/m³으로 권고기준보다 초과한 것으로 나타남.

0.23 ppm 증가하였다.

즉, 신축 기숙사의 입주 후 2개월까지의 TVOC 농도는 대체로 0.14~18.5 ppm, HCHO 농도는 대체로 0.23~6.89 ppm인 것으로 나타났다. 선행연구(김호진 외, 2008)⁶⁾에서는 1년 미만의 신축 기숙사의 TVOC 농도 평균이 4316 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (약 1.05 ppm; 연구자 환산), HCHO 농도 평균은 562 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (약 0.43 ppm; 연구자 환산)으로, 본 연구 측정 결과의 범위에 해당하였다.

3) A, B, C실 비교

2층, 5층, 11층에 위치한 세 곳의 측정실은 모두 입주 전에 환기를 실시하지 않았으며, 같은 날 입주하였다. 마감재 및 가구는 모두 동일하였으나, A실의 경우 B, C실과 창 의 재질 및 크기가 상이하였는데, 거주자도 창틈으로 바람이 들어와 추위를 느꼈다고 하며 침기량이 많은 것으로 관찰되었다. 1차측정시 TVOC 농도는 A실이 가장 낮았고, C실, B실 순이었다. <표 4>에서 입주 후 1차측정시까지의 환기 실시정도를 보면 C실이 환기를 가장 많이 실시하였고, 그 다음 A, B순이었다. 따라서 A실의 TVOC 농도가 낮은 것은 거주자의 환기실시 이외의 다른 요인이 작용했다고 볼 수 있다. 그러나 동일건물이고 마감재 및 가구종류도 동일하였으므로, TVOC 농도에 영향을 주는 요인으로는 창틈을 통한 침기량을 생각해 볼 수 있다. 특히, 완공시점의 겨울철 추운 날씨로 인하여 실내의 온도차가 커 창틈을 통한 침기량은 적지 않았을 것으로 생각된다. TVOC 농도가 가장 높은 B실의 경우는 거주자가 난방온도를 약 28~29°C로 3개실 중 가장 높게 유지하여 TVOC가 더 많이 방출되었고, 3개실 중에서 환기는 가장 적게 실시한 것이 원인으로 생각된다.

HCHO 농도는 A실이 가장 낮았으며, B실, C실 순이었다. TVOC와 같은 원인으로 A실의 농도가 가장 낮았던 것으로 생각된다. HCHO 농도가 가장 높은 C실의 경우 B실보다 환기정도는 많았으나 습도가 약 61%로 가장 높아, 습도가 높을수록 수용성 물질인 HCHO 방출량이 많아지고, 톨루엔의 경우 습도에 따른 영향을 거의 받지 않았다고 한 것으로 보고한 선행연구(조현 외, 2006)⁷⁾결과와 관계가 있는 것으로 생각된다.

2차측정시 TVOC 농도는 A실이 가장 낮았고 B실, C실 순이었다. 1차측정시 TVOC 농도가 가장 높았던 B실은 2차측정시 TVOC 감소량이 가장 많았다. B실은 1차측정시 난방온도가 가장 높았던 것으로 보아 이론상, TVOC는 온도에 따라 방출량이 증가하므로, 3주 동안 Bake-Out과 같은 효과가 발생한 것으로 해석된다.

HCHO 농도는 A실이 가장 낮았으며, B실, C실 순으로

1차와 같은 순서였다. HCHO 감소량은 C실, A실, B실 순으로 1차측정시 가장 농도가 높았던 C실이 가장 많이 감소하였다. C실이 1차측정시 습도가 가장 높았던 것으로 보아, 이 역시 TVOC의 경우와 마찬가지로, 1차측정시 높은 습도에 의해 HCHO가 많이 방출된 후 환기에 의해 감소한 것으로 해석된다.

3차측정시 TVOC와 HCHO의 농도는 A실이 가장 낮았고 C실, B실 순이었다. A실의 TVOC 농도는 유일하게 권고기준에 만족하였다. 또한 환기정도가 많았던 C실의 경우, 2차측정시보다 3차측정시에 TVOC, HCHO 감소량이 가장 커, 2차측정시에는 B실보다 높았던 TVOC와 HCHO 농도가 3차측정시에는 더 낮아졌다. B실의 경우는 HCHO 농도가 2차측정시 보다 오히려 3차측정시 더 증가하였다. 이는 측정시 향수 냄새가 관찰되었으며 거주자와의 면접결과 거주자가 향수와 섬유탈취제를 자주 사용하였다고 하였는데 이러한 생활용품의 사용이 HCHO 농도 증가에 영향을 미친 것으로 생각된다. 이는 이론상 HCHO의 실내 방출원으로 화장품, 샴푸, 살균제 등을 들 수 있는 것에 근거한다.

이상에서 동일건물, 마감재와 가구가 동일한 3개실 간의 비교에서 TVOC와 HCHO 농도에 영향을 주는 요인으로는 창틈 재료에 의한 침기량을 포함한 환기량, 난방 온도, 습도, 생활용품사용인 것으로 해석된다.

3. 설문조사 결과

설문조사는 입주 후 2주 경과시점에서 실시하였으며, 조사내용은 응답자 기초항목, 실내공기관련 생활특성, 새집 증후군 반응, 실내공기관련 인지정도이다.

1) 응답자 기초항목

응답자의 기초항목 중 '학년'은 전체 응답자 중 '1학년 이' 46.2%로 가장 많았고, 응답자의 전공은 '농업생명환경대학'이 18.5%로 가장 많았다. '평일 평균 재실시간'은 '10시간 이상'이 56.1%로 과반수 이상이었고, '휴일 평균 재실시간'은 '9시간 이상'이 66.4%로 과반수 이상이었다. '입주 전 가지고 있던 증상은 '없다'고 답한 응답자가 54.6%로 응답자의 과반수 이상이었고, '알레르기' 23.1%, '아토피염' 11.9%, '소화불량' 9.2%, '기타'(편두통 등) 1.2%의 순으로 나타났다.

2) 실내공기관련 생활특성

실내공기관련 생활특성 중 환기특성은 창을 이용한 환기방법 중 '입주 후 2주 동안 환기횟수는 어떠한가'로 질문하였는데 '하루에 2번 이상'이 43.1%로 가장 많았고, 그 다음으로 '하루에 한번'이 34.6%로, 하루에 한번 이상 환기하는 경우가 82.7%로 대부분이었다. '일 창 개방 환기시간'에 대해서는 '30분~1시간 정도'가 26.5%로 가장 많았고, 전체적으로 하루에 30분 이상 환기하는 응답자와 30분 이하 환기하는 응답자가 반 정도씩으로 나타났다. '환기할 때 개방한 창문의 면적'은 '반 정도'가 48.1%로 가장 많았고, '최대'가 41.5%로 나타났다.

7) 전국 대도시의 신축공동주택 8개현장(36세대)의 VOCs와 HCHO 농도를 실내공기질 공정시험법에 의해 측정 한 결과 벤젠, 에틸벤젠, 스티렌, 자일렌, HCHO는 습도의 증가에 따라 농도가 증가하는 경향을 나타내고, 습도가 높을수록 수용성 물질인 HCHO의 방출량이 많아지나 톨루엔의 경우는 습도의 상승 및 하강에 따른 영향을 거의 받지 않는 것으로 나타남.

난방특성은 '기숙사 입주 후 일상적인 난방조절온도'는 '24~27°C'가 53.8%로 과반수 이상이었고, 그 다음으로는 '21~24°C'가 28.1%로 나타났다.

생활용품 사용특성은 기숙사 개인실에서 사용하고 있는 생활용품의 사용횟수에 대해 '욕실세제'는 76.2%, '헤어스프레이'는 92.3%, '섬유탈취제'는 45.8%, '향수'는 55.0%, '방향제'는 86.5%가 '전혀 사용안함'으로 나타나 생활용품 중 욕실세제, 헤어스프레이, 방향제는 전혀 사용하지 않는 응답자가 대부분이었으나, 섬유탈취제와 향수는 반 정도의 응답자만 전혀 사용안함에 응답하였다<표 5>.

표 5. 환기 및 난방 특성 (n=260)

구분		f	%
입주 후 2주 동안 환기횟수	전혀 하지 않았다	4	1.5
	2주일에 1~2번	2	0.8
	1주일에 1~2번	24	9.2
	이틀에 한번	15	5.8
	하루에 한번	90	34.6
	하루에 2번 이상	112	43.1
	기타(하루 종일)	13	5.0
	계	260	100.0
1일 창 개방 환기시간	전혀 하지 않았다	19	7.3
	순간적으로 열었다 닫는다	11	4.2
	5분 정도	20	7.7
	10분 정도	23	8.8
	10~20분 정도	29	11.2
	20~30분 정도	25	9.6
	30분~1시간 정도	69	26.5
	기타(1시간 이상)	38	14.6
계	260	100.0	
환기할 때 개방한 창문의 면적	최소	21	8.1
	반 정도	125	48.1
	최대	108	41.5
	기타(각각 다름)	6	2.3
계	260	100.0	
기숙사 입주 후 일상적인 난방조절온도	15~18°C	2	0.8
	18~21°C	12	4.6
	21~24°C	73	28.1
	24~27°C	140	53.8
	27~30°C	28	10.8
	30°C 이상	5	1.9
계	260	100.0	

3) 새집증후군 반응

응답자의 새집증후군 반응은 <표 6>과 같다. 증상별 평균의 전체 평균은 2.2로 새 건물 냄새를 제외하면 모든 증상에서 평균 2.5 이하의 반응이었다. 앞에서 설문조사 시기의 화학물질 오염 농도는 권고기준을 초과하였고 이론상 건강영향 발생 가능한 상태인 것에 비해 응답자의 새집증후군 반응은 거의 못 느끼는 쪽으로 나타났다. 그러나 이것이 건강에 영향을 주지 않는 정도라고 해석할

표 6. 새집증후군 반응 f(%)

	1 전혀 못느낌	2 거의 못느낌	3 약간 느낌	4 많이 느낌	5 매우 많이 느낌	평균	계
두통	86 (33.1)	61 (31.2)	70 (26.9)	14 (5.4)	9 (3.5)	2.0	260 (100.0)
눈 따가움	86 (33.1)	87 (33.5)	55 (21.2)	20 (7.7)	12 (4.6)	2.2	260 (100.0)
목 따가움	74 (28.5)	73 (28.1)	74 (28.5)	29 (11.2)	10 (3.8)	2.3	260 (100.0)
코막힘, 콧물	59 (22.7)	69 (26.5)	82 (31.5)	36 (13.8)	14 (5.4)	2.5	260 (100.0)
피부 가려움 및 발진	84 (32.3)	79 (30.4)	62 (23.8)	26 (10.0)	9 (3.5)	2.2	260 (100.0)
아토피염 의 심화	143 (55.0)	77 (29.6)	24 (9.2)	12 (4.6)	4 (1.5)	1.7	260 (100.0)
소화불량, 메스꺼움	111 (42.7)	84 (32.3)	41 (15.8)	21 (8.1)	3 (1.2)	1.9	260 (100.0)
집중력 저하	69 (26.5)	107 (41.2)	51 (19.6)	25 (9.6)	8 (3.1)	2.2	260 (100.0)
새 건물 냄새	21 (8.1)	19 (7.3)	72 (27.7)	83 (31.9)	65 (25.0)	3.6	260 (100.0)
부종	121 (46.5)	101 (38.8)	27 (10.4)	11 (4.2)	0 (0.0)	1.7	260 (100.0)

무응답 제외

수는 없다. 이론상, 화학물질과민증은 화학물질에 반복 노출되는 것에 의해 화학물질이 체내에 축적되어 만성적인 증상을 초래하는 중독성질환으로, 정상생활이 불가능한 이러한 질환은 새집 또는 새건물에 입주했을 때 발병한다고 하였고, 화학오염물질은 체내 축적된다고 하였으므로⁸⁾ 현재 새집증후군의 증상이 나타나지 않는다고 해서 안심해서는 안되며, 체내 화학오염물질 농도에 대한 관리가 반드시 필요하다.

4) 실내공기관련 인지정도

실내공기관련 인지정도는 <표 7>과 같다. '새 건물 냄새가 가장 많이 방출되는 곳'을 묻는 질문에서 '가구'라고 답한 응답자가 54.2%로 과반수 이상이었고, 그 다음으로는 '벽'이 34.6%로 많았으며, '건물복도나 비상구 계단'이 6.9%, '모르겠다'가 2.7%, '바닥'이 1.5%의 순으로 나타났다. 즉, 응답자의 대부분은 실제로 새집증후군을 일으키는 유해물질이 방출되는 부분인 가구나 벽이라고 정확히 인지하고 있는 것으로 나타났다. '환기를 하는 이유'를 묻는 질문에서 '답답해서'라고 답한 응답자가 53.1%로 과반수 이상이었고, 그 다음으로는 '냄새 때문에'가 23.1%로 많았으며, '공기가 오염된 것 같아서'가 16.9%, '더워서'가 6.9%로 나타났다. '환기를 하지 않는 이유'를 묻는 질문에서 '추워서'가 40.4%로 가장 많았고, 그 다음으로는 '외부소음이 시끄러워서'가 19.2%, '귀찮아서'가 14.2%, '외부로부터 먼지가 들어와서'가 13.5%, '필요성을 못 느껴서'가 10.8%로 나타났다.

8) 마사오 이노우에 원저. 김현중 역(2004). 앞의 책. p. 37-42.

표 7. 실내공기관련 인지정도 n=260

구분		f	%
새 건물 냄새가 가장 많이 방출 된다고 느끼는 곳	가구	141	54.2
	벽	90	34.6
	바닥	4	1.5
	기타(건물복도, 비상구계단)	18	6.9
	모르겠다	7	2.7
계		260	100.0
환기를 하는 이유	더워서	18	6.9
	답답해서	138	53.1
	냄새 때문에	60	23.1
	공기가 오염된 것 같아서	44	16.9
계		260	100.0
환기를 하지 않는 이유	추워서	105	40.4
	귀찮아서	37	14.2
	필요성을 못 느껴서	28	10.8
	외부소음이 시끄러워서	50	19.2
	외부로부터 먼지가 들어와서	35	13.5
계		255	100.0

무응답 제외

따라서 응답자는 실내공기오염의 원인에 대해서는 인지하고 있으나 이의 개선방안이 환기라는 것에 대해서는 잘 알지 못하는 것으로 해석된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 신축 기숙사의 새집증후군 감소 및 실내공기질 향상을 위한 기초연구로서, 거주자가 생활하고 있는 신축 기숙사의 3개실에서 TVOC 및 HCHO 농도를 입주 후 1주일 후, 4주 후, 8주 후에 3회 측정하여 그 실태와 생활요인과의 관련성을 분석하고, 기숙사 거주자의 새집증후군 반응 및 실내공기관련 생활특성, 실내공기관련 인지정도를 알아보기 위하여 설문조사를 실시하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 신축 기숙사의 입주 후 2개월까지의 TVOC 농도는 대체로 0.14~18.5 ppm, HCHO 농도는 대체로 0.23~6.89 ppm으로 권고기준을 초과하는 심각한 상태인 것으로 나타났다고, 시간경과에 따라 농도 감소 경향을 보였다.

2) 동일건물, 마감재와 가구가 동일한 3개실간의 비교에서, TVOC 농도와 HCHO 농도에 영향을 주는 요인으로는 침기량을 포함한 환기량, 난방온도, 습도, 생활용품 사용인 것으로 해석되었다.

3) 설문조사 결과, 환기는 입주 후 2주 동안 하루에 2번 이상(43.1%), 1일 창 개방 환기시간은 30분~1시간 정도(26.5%), 환기할 때 개방한 창문의 면적은 반 정도(48.1%)가 가장 많이 나타났다. 응답자의 새집증후군 증상별 반응정도는 1.7~3.6으로 평균 2.2(2. 거의 못 느낌, 3. 약간 느낌)로 나타났다. 실내공기관련 인지정도로는 실내공기오염 원인에 대해서 인지는 하고 있는 것으로 보

이나, 환기의 중요성에 대해서는 정확히 인지하지 못하고 있는 것으로 나타났다.

이상의 결과에 의해 다음과 같이 제언한다.

첫째, 기숙사 공급자 측면에서, 신축 기숙사의 입주 후 휘발성유기화합물 농도가 권고기준을 크게 초과하였으므로, 기숙사 계획시 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제 24조에 따라 오염물질방출 건축자재를 사용해서는 안 될 것이며, 기숙사 시공자는 사용승인 후 환기를 실시한 뒤 학생들이 입주 할 수 있도록 공정을 계획할 필요가 있다.

둘째, 기숙사 운영자 측면에서, 휘발성 유기화합물 측정치가 권고기준을 크게 초과하였으나 설문조사 결과 학생들은 오염물질 농도에 비해 새집증후군 증상을 거의 느끼지 못하는 것으로 나타났으며, 환기의 중요성을 인지하지 못하고 있었다. 그러나 화학오염물질은 체내축적과 화학물질과민증을 발병시킬 수 있는 위험성이 있으므로, 기숙사 운영자는 학생들에게 새집증후군을 예방할 수 있도록 화학오염물질의 유해성과 환기방법에 대해 지도할 필요가 있다.

셋째, 법적인 측면에서, 기숙사의 경우 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」에 의해 입주 전 휘발성유기화합물 측정·공고 대상임에도 불구하고 권고기준을 크게 초과하는 것으로 나타났다. 공동주택의 경우에는 측정·공고결과가 차후 분양률에 영향을 미칠 수 있기 때문에 건설사에서 농도 감소를 위해 노력하는 추세이나, 기숙사의 경우는 그렇지 않은 실정이다. 그러나 기숙사는 다수의 학생들에게 큰 영향을 미칠 수 있는 건물이므로 강제성을 부여할 필요가 있다. 즉, 권고기준 부적합시 사용승인을 보류하는 것을 제도화할 것을 제안한다. 또한 기숙사는 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 제 11조 신축 또는 리모델링하는 건물의 경우 시간당 0.7회 이상의 환기설비 설치 대상에서 제외되어 있는데, 본 연구 결과, 기숙사를 대상에 포함할 것을 제안한다.

참 고 문 헌

1. 김호진·양정훈·석호태(2008), 대학교 기숙사의 실내공기질 환경 개선에 관한 연구, 대한설비공학회 하계학술발표대회논문집, 1398-1405
2. 마사오 이노우에 원저, 김현중 역(2004), 새집증후군의 실체와 대응전략, 한국목재신문사.
3. 송필동(2006), 신축 공동주택의 실내공기질 개선방안에 관한 연구, 대구대학교대학원 석사학위논문.
4. 심현숙·최윤정(2008), 리모델링후 거주중인 아파트 단위 주거의 실내공기질 평가, 대한건축학회논문집, 4(12), 303-313.
5. 윤동원(2000). 주거용 건물의 화학물질 오염에 관한 고찰. 주택 제66호, 88-111.
6. 이범규(2004), 친환경 주거계획을 위한 실내공기 오염물질에 관한 조사연구, 연세대학교대학원 석사학위논문.
7. 장지혜·이연숙(2007), 새집증후군에 대한 아파트 거주자의 자각증상 및 반응 연구, 한국생태환경건축학회 친환경 건축 DIRECTORY, 43-56.

8. 조현 · 최종문 · 김우재(2006), 신축공동주택의 실내 휘발성유기화합물(VOCs)실태조사 및 습도 변화에 따른 발생 특성 평가, 한국생활환경학회지, 13(4), 283-289.
9. 최윤정(2006), 신축 아파트 거주자의 새집증후군 반응 및 의식 조사-청주시를 중심으로, 대한가정학회지, 44(3), 103-113.
10. 최윤정 · 안혜정 · 강미라 · 이혜민(2006), 신축 아파트의 TVOC 농도 및 거주자의 새집증후군 반응, 한국실내디자인학회논문집, 15(4), 129-137.
11. 한길원 · 이유미 · 이윤규(2006), 신축공동주택의 실내공기질 개선을 위한 거주자 요구에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 22(10), 303-310.
12. 새로 산 책상, 포름알데히드 제조기?!, (2008. 8. 14), 연합뉴스.
13. 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」
14. 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」
15. 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」
16. <http://ecolabel.koeco.or.kr>(친환경상품진흥원)
17. <http://www.kaca.or.kr>(한국공기청정협회)
18. <http://www.kats.go.kr>(지식경제부 기술표준원)

접수일(2009. 10. 24)

수정일(1차: 2009. 11. 27)

게재확정일자(2009. 12. 7)