

대학교 기숙사의 실내공기질 환경 개선에 관한 연구

김 호 진[†], 양 정 훈, 석 호 태
[†] 영남대학교 건축공학전공, 영남대학교 건축학부

A Study on Environmental Improvement of Indoor Air Quality in University Dormitory

Ho-Jin Kim[†], Jeong-Hoon Yang, Ho-Tae Seok

[†] Department of Architectural Engineering, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea
School of Architecture, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea

ABSTRACT: As the structure, material and construction of building develop continuously, so the recent residential buildings are being large, high-rise and group. High-rise residential buildings consume a lot of energy on supplying cold and hot water. As well, high-rise residential buildings bring on discomfortable use and unexpected conditions on account of faucet outlet pressure rise and the difference of water supply pressure between top floor and bottom floor. Thus, the purpose of this study is to research on using conditions of cold and hot water supply system through survey and field measurement in high-rise residential buildings and to analyze problems.

Key words: IAQ(실내공기질), Sick House Syndrome(새집증후군), VOCs(휘발성유기화합물), Formaldehyde(포름알데히드)

1. 서 론

1.1 연구의 목적

최근 주거용 건물에서의 실내공기질(IAQ: Indoor Air Quality)은 환경문제 뿐 아니라 'well-being'이라는 심신의 건강과 쾌적을 보다 적극적으로 추구하는 거주자들의 의식 확산으로 사회적인 큰 관심과 요구대상이 되고 있다. 건축물의 건축시 사용되는 각종 도료 및 재료, 접착제 등의 유해성 화학물질 방출 등으로 인한 실내공간 내 분진 농도 증가, 각종 곰팡이 및 세균

등과 함께 에너지 절약을 위한 건물의 기밀화 및 단열강화로 환기횟수가 줄어들어 실내공기질의 수준이 저하되고 있다. 실내의 경우 실외와는 달리 환경이 오염되면 쉽게 정화되지 않아 쾌적한 실내환경 저해요인이 될 뿐만 아니라 재실자의 건강까지도 위협한다. 이러한 경향으로 인해 실내 환기량의 부족과 새로운 실내공기 오염원 발생으로 인하여 실내공기환경의 오염이 가중되고 있으며, 특히 건축내장재에서 발생하는 휘발성유기화합물(VOCs), 포름알데히드(HCHO)등의 유해한 오염물질로 인해 거주자가 일시적 또는 만성적인 두통, 눈·코·목 등의 이상과 구토, 어지러움, 가려움증, 각종 알레르기 천식 및 아토피성 피부염 등의 건강장애를 발생시키는 새집증후군(SHS: Sick House Syndrome)의 발생이 증가하고 있다.

[†] Corresponding author
Tel.: +82-53-810-3675; fax: +82-53-810-4625
E-mail address: whitelove002@hanmail.net

특히 신축 건물의 경우에는 이와 같은 현상이 더욱 문제가 될 수 있는데 아직까지 이에 대한 연구 및 자료가 대단히 부족한 실정이며 최근 도시화가 급진전되면서 도시의 인구집중과 교통량의 증가는 도시지역의 대기오염을 더욱 악화시켰으며 경제적 수준이 향상되면서 현대인의 생활양식에도 많은 변화가 일어나 1일 실내 활동 시간이 늘어나고 있다.

다중이용시설 중 공동 주택에 포함되는 대학교의 기숙사를 살펴보면 대학생의 경우 학교에서 대부분의 시간을 보내고 있으며 특히 수면을 취하는 기숙사에서 보내는 시간이 가장 많다고 볼 수 있다. 그리고 기숙사의 공간이 협소하기 때문에 기숙사내에서의 실내공기질은 공기를 오염시킬 수 있는 각종 오염물질의 영향을 많이 받을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 실내공기질 공정시험방법에 따라 신축 기숙사와 기존의 기숙사를 대상으로 현장 조사 및 실내공기질에 대한 실측을 실시하여 대학교 기숙사의 실내공기질에 대한 현황을 비교·분석하여 쾌적한 실내공기질을 위한 대책을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 새집증후군과 실내 주요오염물질에 대해 알아보고 경북 경산시에 위치하고 있는 Y대학교의 기숙사를 중심으로 준공연도에 따라 3군데(생활관 F·G·I동)를 선정하여 1층과 4층의 실내공기질을 측정하였다.

휘발성유기화합물, 포름알데히드 측정기를 이용하여 기숙사의 실내공기질 현황을 파악하고, 측정결과를 토대로 실내공기의 오염정도를 분석하여 그 자료를 바탕으로 실내공기질 개선을 위한 대책을 제시하고자 한다.

2. 문헌고찰

2.1 새집증후군의 정의

새집증후군(SHS: Sick House Syndrome)은 의학용어로서, 새로 지은 주택이나 리모델링하는 기존의 주택에 입주했을 때 발생하는 포름알데히드(HCHO)나 휘발성유기화합물(Volatile Organic

Compounds, VOCs)등으로 오염된 실내공기에 의해 인체에 일시적 또는 만성적인 두통, 눈·코·목 등의 이상과 구토, 어지러움, 가려움증 등 거주자의 건강에 이상을 일으키는 증상을 의미한다.

이러한 유해 화학물질의 인체에 대한 구체적인 영향에 대해서는 아직 미해명된 부분이 많지만, 이들 물질이 고농도로 존재하는 공간에 장기간 노출될 경우는 여러 가지 증상이 발병되는 것은 동물실험과 실례를 통해 이미 알려져 있는 상황이다.

새집증후군은 신축주택에 사용된 건축재료로부터 포름알데히드와 휘발성유기화합물 등의 유해 화학물질이 지속적으로 방산되어 실내공기를 오염시키고, 이러한 물질들이 인체의 호흡기나 피부에 직접적으로 접촉함으로써 나타나는 것으로 알려져 있다. 게다가 최근에는 가구나 각종 스프레이 제품, 그리고 전자제품 등에서도 이러한 유해화학물질이 대량으로 방산되는 것으로 보고 있다. 이러한 새집증후군이 최근에 더욱 문제시되고 있는 이유는 주택의 기밀성과 밀접한 관계를 가지고 있다. 과거의 주택은 문을 닫아 두어도 실내 공간에 빈틈이 많아 충분한 자연환기가 이루어지기 때문에 유해한 화학물질이 발생해도 농도가 그다지 높지 않았다. 그러나 현대 주택은 기밀성이 상당히 높아졌기 때문에 자연환기에 의한 저감 효과를 기대할 수 없다. 따라서 기계환기 설비를 갖추지 않은 주택에서는 유해물질이 지속적으로 실내공간에 축적되어 새집증후군의 현상이 일어나게 된다.

2.2 포름알데히드(HCHO)

포름알데히드(HCHO)는 자극성 냄새를 갖는 가연성 무색 기체로 인화점이 낮으며, 살균 방부제로 이용되고, 물에 잘 녹아 40% 수용액을 포르말린이라고 한다. 또한, 화학적으로는 반응성이 매우 강한 환원제이며, 많은 물질들(젤라틴, 아교 등과 같은 단백질)과 쉽게 결합하기 때문에 피혁 제조나 폭약, 요소계, 멜라민계 합성수지를 만드는 공정 등에 사용된다.

포름알데히드는 자연적으로도 발생되는데 대기 중의 탄화수소가 산화되어 생성되는 것으로 죽은 수목이 분해되거나 관엽식물에서 방출되는 화학

물질의 변환으로도 생성된다.

실내에서 포름알데히드 농도는 온도와 습도, 건축물의 수명, 실내 환기량에 따라 크게 좌우된다. 특히, 지하생활환경에서 발생하는 실내공기중의 포름알데히드는 건축자재, 상가, 포목점 등에서 많이 방출되어 효과적인 환기시설의 운영이 요구된다. 또한, 포름알데히드는 실내공기오염의 주요 원인물질로 일반주택 및 공공건물에 많이 사용되는 단열재인 우레아수지폼(Urea Formaldehyde Foam Insulation : UFFI)과 실내가구의 칠, 가스난로 등의 연소과정, 흡연, 생활용품, 의약품, 접착제 등에 의해 발생된다.

포름알데히드의 인체에 미치는 영향은 독성 정도에 따라 흡입, 흡수, 피부를 통한 경로로 침투되고 이 중에서 흡입에 의한 독성이 가장 강하게 나타나는 것으로 알려져 있다. 포름알데히드는 그 농도가 1 ppm 또는 그 이하에서 눈, 코, 목의 자극 증상을 보이며, 동물 실험에서는 발암성(비암)이 있는 것으로 나타났다. Table 1은 포름알데히드(HCHO)의 농도에 따른 인체영향을 나타낸 것이다.

Table 1 포름알데히드의 인체 위해성

농도(ppm)	인체영향
0.1~ 0.5	눈의 자극, 최루성, 상부기도의 자극
1 또는 그 이하	눈, 코, 목의 자극
0.25~5	기관지천식이 있는 사람에게서 심한 천식발작
10~20	기침, 폐의 압박, 머리가 무거움, 심장박동이 빨라짐
50~100	폐 체액의 집적, 폐의 염증, 사망 입으로 마실 경우, 구강, 목, 복부의 맹렬한 고통, 구토, 설사, 현기증, 경련, 의식불명

2.3 휘발성유기화합물(VOCs)

휘발성유기화합물(VOCs)은 증기압이 높아 대기중으로 쉽게 증발되고, 물질에 따라 인체에 발암성을 보이고 있으며, 대기중에서는 광화학 반응을 일으켜 오존 등 광화학 산화성 물질을 생성시켜 광화학 스모그를 유발하는 물질로 많이 알려져 있다.

휘발성유기화합물(VOCs)의 발생은 주유소, 저유시설, 산업체, 매립지, 하수정화시설 등에서의 인위적인 배출과 자연적으로 습지 등 혐기성 조건하에서 박테리아의 분해를 통해서 메탄이 생성되어 배출된다. 실내에서는 VOCs 발생원으로는 건축자재와 마감재료, 건물의 유지관리용품(청소

용, 각종 세척제 등), 소모성 재료(복사기의 토너), 연소과정의 물질, 재실자의 활동, 외부공기 등으로 구분 할 수 있다.

실내에서 VOCs의 농도가 증가하는 주요 원인을 건축자재와 시공의 측면에서 보았을 때, 복합화학물질을 이용한 새로운 건축자재의 보급과 시공과정에서 노무비의 절감과 숙련공의 부족으로 인한 공법의 변화로 많은 양의 접착제 사용을 들 수 있다.

대부분의 건축자재에서는 시공 후 초기단계에 다량의 오염물질을 방출하게 되며, 시간의 경과에 따라 방출량이 점차로 감소된다.

VOCs의 인체영향으로 벤젠은 호흡을 통해 약 50%가 인체에 흡수되며, 아주 작은 양이지만 피부를 통해 침투되기도 한다. 체내에 흡수된 벤젠은 주로 지방조직에 분포하게 되며, 급성중독일 경우 마취증상이 강하게 나타나며 호흡곤란, 불규칙한 맥박, 졸림 등을 초래하여 혼수상태에 빠진다. 만성중독일 경우 혈액장애, 간장장애, 재생불량성 빈혈, 백혈병을 일으키기도 한다. 톨루엔 또한 호흡에 의해 주로 흡입되고 피부, 눈, 목 안 등을 자극하며 피부와 접촉하면 탈지작용을 일으키기도 한다. 또한 두통, 현기증, 피로 등을 일으키며 고농도에 노출될 경우 마비상태에 빠지고 의식을 상실하며 때로는 사망에 이르기도 한다. 자일렌에 의해서는 성장장애, 태아독성영향, 임신독성 등의 영향을 받는다.

3. 기숙사의 실내공기질 측정

3.1 측정 대상 기숙사의 개요

측정대상은 경북 경산시에 소재하고 있는 Y대학교 기숙사를 대상으로 1999년 준공된 생활관 F동(지상5층·지하1층), 2003년 준공된 생활관 G동(지상5층·지하2층), 2007년 준공된 생활관 I동(지상4층, 지하1층) 3곳에 대해 각각 1층과 4층에 위치한 세대를 선정하여 측정하였으며 이를 통해 준공연도에 따른 실내공기질의 양상을 비교·분석 하였다

하지만 생활관 I동의 경우 실내에 욕실이 존재하여 다른 실험군과의 실 전체 크기가 상이하였으나 발코니와 욕실부분을 제외한 실제 일상생활을 하는 내부공간의 크기는 같으므로 측정 시 욕

실의 문을 닫고 실시하여 모든 공간의 크기는 같다고 보았다.

측정대상 기숙사의 개요는 Table 2와 같으며 기숙사의 평면도와 측정위치를 Fig. 1에서 보여주고 있다. 실내마감재는 Table 3과 같다.

Table 2 측정대상 기숙사 개요

구분	생활관F	생활관G	생활관I
위치	경북 경산시 대동	경북 경산시 대동	경북 경산시 삼품동
준공년월	1999년 8월	2003년 7월	2007년 4월
규모 (㎡)	지상1층, 지상5층	지하 2층, 지상5층	지하1층, 지상4층
	건축면적: 856.83 연면적: 4,311.16	건축면적: 1,206.22 연면적: 5,830.67	건축면적: 1,122.96 연면적: 4,157.61
실 크기	3.3 × 4.5 (발코니 제외)	3.3 × 4.5 (발코니 제외)	3.3 × 6.3 (발코니 제외)

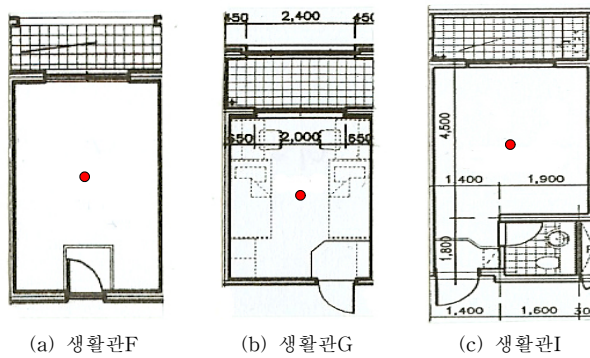


Fig. 1 기숙사 평면도 및 측정위치

Table 3 기숙사의 실내 마감재 종류

구분	F동		G동		I동	
	1층	4층	1층	4층	1층	4층
바닥재	모노륨	모노륨	황토방	황토방	우드타일	우드타일
벽	벽지 마감	벽지 마감	수성페인트	수성페인트	수성페인트	수성페인트
천장	아스칼텍스	아스칼텍스	아스칼텍스	아스칼텍스	칩텍스	칩텍스

3.2 측정일정 및 온·습도 상태

측정을 실시한 주요 오염물질은 포름알데히드와 휘발성유기화합물이며 온·습도 항목도 추가하였고 측정일자는 생활관 F동은 2007년 8월 13일, 생활관 G동은 2007년 8월 10일, 생활관 I동의 경우 2007년 8월 11일 측정을 실시하였다.

Table 4는 측정대상의 온도와 습도를 나타내고 있다.

Table 4 측정대상의 온도와 습도조건

측정 대상		온도(℃)	습도(%)
F동 (8월13일)	1층	30.0	76.6
	4층	32.6	66.2
	외기	27.3	77.8
G동 (8월10일)	1층	31.4	31.4
	4층	32.8	52.5
	외기	28.2	62.1
I동 (8월11일)	1층	32.8	70.0
	4층	33.5	67.5
	외기	29.2	74.9

3.3 측정방법

실내공기오염물질의 채취는 환경부에서 규정한 실내공기질공정시험방법에 의거하여, 각각의 기숙사 실내온도는 20℃ 이상이 유지되도록 하였으며, 오전에 창을 열어 30분간 자연환기를 실시한 후 5시간을 밀폐, 기밀한 상태를 유지하여 실내의 오염물질 농도를 안정시킨 후 실내 중앙의 바닥에서 높이 1.2 m 지점에 이동식 측정 장비를 설치하여 실내공기 중 휘발성유기화합물(VOCs)과 포름알데히드(HCHO)의 농도를 측정하였다.

측정은 Table 5와 같은 실내공기질 측정장비로 이루어졌으며 Fig. 2는 측정 모습을 보여주고 있다.

Table 5 실내공기질 측정장비



구분	장비 사양
TVOCs 측정기	 <p>GrayWolf TG-502 광이온화방식 (PID) 10.6eV lamp 사용 TVOCs, 온도, 습도 동시 측정 측정 범위 : 0.02 ~ 20 ppm</p>
HCHO 측정기	 <p>FormaldehydeMeter TM-400 Hand held 타입의 HCHO 측정기 펌프 내장형으로 Sample Volum 약 10ml 측정 범위 : 0.05~ 10ppm 정밀도 : 10% at 2 ppm level</p>

Fig. 2 기숙사 측정 모습



4. 측정결과 분석

국내 다중이용시설 및 신축 공동주택에서의 실내공기질 유지기준 및 권고기준은 Table 6과 같다. 신축 공동주택에서의 포름알데히드 권고기준은 $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 정하고 있고 총휘발성유기화합물의 권고기준은 신축 공동주택의 경우에는 없으나 다중이용시설의 일반시설의 경우 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 정하고 있어 기숙사의 실내환경 평가는 다중 이용시설의 일반시설 기준과 비교·분석하였다.

Table 6 다중이용시설 및 신축 공동주택의 실내공기질 권고기준 및 유지기준

다중이용시설	오염물질항목	총휘발성유기화합물(TVOCs)	이산화질소(NO ₂)	라돈(Rn)	오존(O ₃)	석면(Asbestos)	
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	pCi/l	ppm	개/cc	
권고기준		400~1,000이하	0.05~0.30이하	4.0이하	0.06~0.08이하	0.01이하	
오염물질항목	오염물질항목	포름알데히드(HCHO)	미세먼지(PM10)	이산화탄소(CO ₂)	일산화탄소(CO)	총부유세균	
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	ppm	CFU/m ³	
유지기준		120이하	100~200이하	1,000이하	10~25이하	800이하	
신축공동주택	오염물질항목	포름알데히드(HCHO)	벤젠(Benzene)	톨루엔(Toluene)	에틸벤젠(Ethylbenzene)	스티렌(Styrene)	자일렌(Xylene)
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$					
권고기준		210이하	30이하	1,000이하	360이하	300이하	700이하

4.1 휘발성유기화합물 측정결과 분석

휘발성유기화합물의 농도는 1999년 준공된 F동은 $1,969 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1층), $2,032 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (4층)로 나타났으며 2003년 준공된 G동의 경우는 $1,773 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1층), $1,957 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (4층), 2007년 준공된 생활관 I동은 $4,288 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1층), $4,344 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (4층)으로 나타났다.

이 수치는 다중이용시설 및 신축 공동주택의 실내유지기준인 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 비교시 3.5배~8.7배 정도 높게 나타났으며 1999년도와 2003년도에 준공된 생활관 F동 및 G동이 2007년에 준공된 생활관 I동 보다 수치가 낮게 나타나 최근에 준공된 건물에서 휘발성유기화합물이 가장 많이 방출되는 것을 알 수 있다. 그러나 생활관 F동과 G동을 비교하면 오히려 1999년에 준공된 생활관 F동

에서 수치가 더 높은 것으로 나타났는데 이는 F동에서 2007년 7월~8월에 걸쳐 발코니와 방 사이에 사시를 설치한 것에 기인하여 나온 결과로 판단된다. 따라서 일정기간이 지나면 건축연도의 영향보다 실내마감재나 가구에 의해 실내공기질의 영향을 더 받는 것으로 판단된다. 또한 1층보다 4층에서 휘발성유기화합물이 더 높게 나온 것으로 보아 4층의 온도가 1층보다 높은 것으로 볼 때 건물의 높이가 올라감으로 온도가 상승하여 이것이 휘발성유기화합물의 방출에 영향을 주는 것으로 판단된다.

모든 측정 지점에서 기준치를 만족시키지 못하는 것은 실의 크기가 작아 5시간을 밀폐시켜둔 상태에서 측정을 실시하여 환기가 이루어지지 않은데 기인한 것으로 생각 된다.

Table 7과 Fig. 3은 휘발성유기화합물의 농도를 나타낸 것이다.

Table 7 TVOCs 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	1층	4층	평균
생활관F동	1,969	2,032	2,001
생활관G동	1,773	1,957	1,865
생활관I동	4,288	4,344	4,316

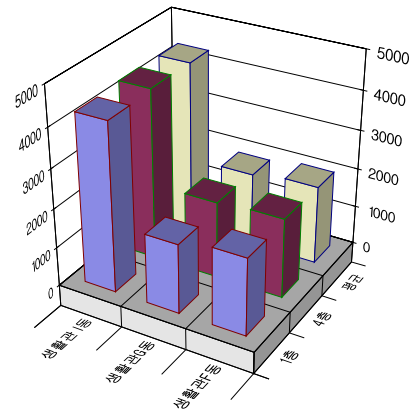


Fig. 3 TVOCs 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.2 포름알데히드 측정결과 분석

포름알데히드의 수치는 생활관 F동은 $299 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1층), $661 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (4층), 생활관 G동은 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1층), $262 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (4층), 생활관 I동은 $549 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1층), $574 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (4층)로 나타났다.

생활관 G동의 1층을 제외하고는 공동주택의

실내유지기준인 $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 만족하지 못하는 것으로 나타났으며 1999년과 2003년 준공된 생활관 F·G동이 2007년 준공된 생활관 I동 보다 수치가 낮게 나온 것으로 보아 최근에 준공된 건물에서 포름알데히드가 많이 방출되는 것을 알 수 있다. 1999년에 준공된 생활관 F동의 4층에서 특이하게 포름알데히드 수치가 상당히 높게 나온 것을 알 수 있다. 이는 실내 포름알데히드의 농도에 영향을 크게 미치는 요인으로 온도와 습도, 그리고 주택의 환기량을 생각할 때 우리나라의 경우 여름보다 겨울철이 휘발성유기화합물의 오염농도가 높게 나타나는 것과 같이 방학 중이라 4층의 측정지에 거주자가 살지 않아 한달 가량 밀폐된 공간으로 존재하여 환기가 자주 이루어지지 않은 결과라고 볼 수 있겠다. 또한 건물의 사용시간과는 상관없이 오염의 농도가 높게 나타나는 것으로 볼 때 실내마감재 및 가구의 마감재료에 따라 그 실의 오염농도에 미치는 영향이 클 것으로 판단된다. 생활관 F동의 벽체 마감재가 벽지인 것을 볼 때 준공된 당시의 벽지가 아니라는 점을 감안하여야 할 것이다.

Table 8과 Fig. 4는 포름알데히드의 농도를 나타낸 것이다.

Table 8 HCHO 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	1층	4층	평균
생활관F동	299	661	480
생활관G동	200	262	231
생활관I동	549	574	562

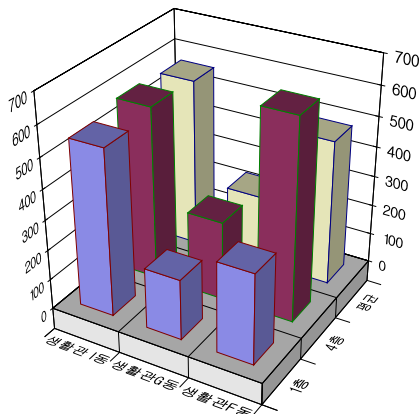


Fig. 4 HCHO 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

5. 기숙사 실내공기질 개선 대책

실내의 휘발성 유기물질을 제거하는 방법에는 가장 손쉬운 방법이 창문을 여는 등의 환기를 하는 것이다. 또한 원인물질을 제거하거나 교체하는 방법, 공기정화 설비의 운전, 그리고 미생물의 분해 작용을 이용하는 등 여러 가지가 있다.

그렇지만 이런 방법들은 주로 기계적인 공조기술에 의존하고, 고가 장비가 필요할 뿐만 아니라 유지비용도 많이 든다. 경우에 따라서는 실내공기를 오히려 오염시키거나 새로운 오염물질을 만들기도 하여 실내공기 오염문제는 아직까지 근본적으로 해결되지 못하고 있다.

따라서 여기에서는 환기와 실내식물을 이용한 대책을 살펴보고 마지막으로 최근 연구가 활발히 진행 중인 친환경건축(친환경자재사용)에 관한 대책을 살펴보기로 하겠다.

5.1 환기

실내공기질 제어는 발생제어, 희석제어, 제거제어로 구분될 수 있는데 실내오염물질을 제거하는 가장 손쉬운 방법으로 희석제어, 즉 환기를 들 수 있다. 환기는 신선외기를 도입하여 오염된 실내 공기를 희석하는 것으로 지금까지 일반적으로 사용되어온 제어방법이라 할 수 있다. 환기의 생각은 실내에서 발생하는 오염물질을 신선한 외기로 희석해서 허용농도 이하로 한다는 것이 원칙이다.

선행된 연구에서 건축된 지 1년 미만의 입주 전 아파트는 기준 수치를 훨씬 능가하였는데, 이는 밀폐된 상태에서 24시간 평균농도를 측정하였기 때문으로, 표9에서 보는 바와 같이 같은 1년 미만의 신축주택이라 하더라도 밀폐하지 않고 측정한 입주자 거주상태에서는 수치가 크게 떨어져, 약 1/10 수준이 되는 것을 볼 수 있다.

이상의 결과로부터 환기를 실시하면 특히 작은 실 평면을 가진 공간에서는 충분히 실내오염물질을 제거할 수 있을 것이라 판단된다.

Table 9는 여름철 입주 전과 입주 후 주택의 오염물질 검출농도를 나타낸다.

Table 9 여름철 입주 전과 입주 후 주택의 오염물질 검출농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

		검출 샘플수	최소값	최대값	평균	표준편차
Formaldehyde	입주전주택	9	18.434	857.832	330.645	319.001
	입주후주택	40	5.786	129.520	24.617	24.586
VOCs 합계농도	입주전주택	9	305.258	3105.419	727.240	908.434
	입주후주택	40	6.717	574.011	73.434	112.536

5.2 실내식물

식물을 이용한 휘발성 유기물질 제거실험은 대부분 고농도 단일 오염물질에 대한 식물의 정화 기능에 대한 것이다. 지금까지 연구한 결과에 따르면, 특정 휘발성 유기물질을 제거하는 능력은 식물 중에 따라 다르다. 예를 들면 스파티필름은 아세톤을 가장 잘 제거하는 반면, 자일렌은 거의 제거하지 못한다.

따라서 어떤 오염물질이 특히 많이 나오는 장소에는 그 오염물질의 제거능력이 높은 특정 식물을 많이 두면 좋을 것이다. 그러나 실제로 실내에는 여러 가지 물질이 섞여 있기 때문에 다양한 식물을 함께 두는 것이 가장 효과적이다.

그림5는 실내식물인 싱고니움의 BTX(benzene, toluene, xylene) 제거 효과를 나타내고 있으며 포름알데히드 및 다양한 오염물질의 제거에 탁월한 효과가 있는 식물은 Table 10과 같다.

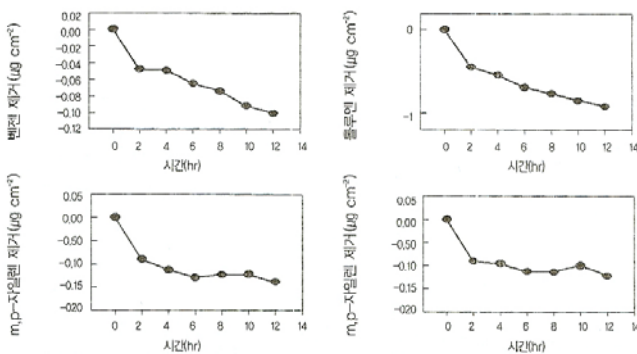


Fig. 5 싱고니움의 BTX(benzene, toluene, xylene) 제거효과

Table 10 포름알데히드 제거에 효과적인 실내식물의 순위

순위	식물명
1	보스톤 고사리
2	포트럼 국화
3	거베라, 왜성대추나무야자(웨닉스야자), 대나무 야자
4	인도고무나무, 잉글리시 아이비
5	벤자민 고무나무, 스파티필름, 황야자, 드라세나 맛상게야나

5.3 친환경 건축

친환경자재를 시공한 주택(친환경 주택)과 일반자재를 시공한 주택에서 시간경과에 따른 휘발성 유기화합물과 포름알데히드의 방출농도를 비교한 결과, 초기 방출량이 높고 시간의 경과에 따라 오염 물질 농도가 감소되는 경향을 나타냈다. 따라서 입주자의 입주시기를 고려할 때 입주시 쾌적한 실내공기질을 제공한다는 측면에서 친환경 자재의 적용은 유효한 것으로 나타났다.

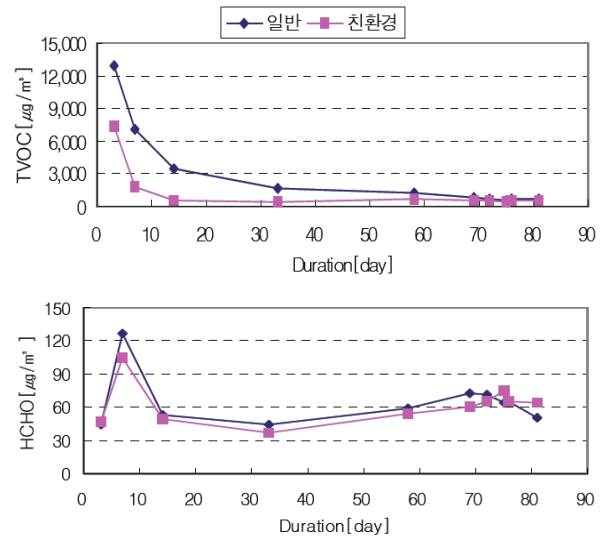


Fig. 6 일반주택과 친환경주택의 휘발성유기화합물(위)과 포름알데히드(아래)의 방출농도 비교

따라서 설계 초기 단계로부터 벽과 천장의 자재는 일반자재인 PVC(polyvinyl chloride)계 수지를 이용한 것보다 친환경자재인 PP(polypropylene)계 수지를 이용한 벽지, 바닥자재의 선택에 있어서는 일반자재 마루판인 유성 에폭시수지(epoxy resin)계 접착제를 사용하는 것보다 친환경자재 마루판인 우레탄계 수지(Urethane resin)계 접착제로 시공하는 방법, 가구의 선택에서 일반가구의 경우 표면가공방법을 기존의 PVC wrapping 기법을 LPM(Low pressure laminate) 가공방법을 사용함으로써 접착제의 사용을 방지하는 방법과 같이 친환경자재를 선택하여 시공을 한다면 특정 기간 동안에 실내오염물질의 수치를 낮추는데 도움이 될 것으로 판단된다.

Fig. 6은 일반주택과 친환경주택의 휘발성유기화합물과 포름알데히드의 방출농도를 보여주고 있다.

6. 결 론

본 연구는 경북 경산시에 위치한 Y 대학교를 중심으로 건축연도에 따라 3곳의 기숙사를 선정하여 실내공기질을 측정하여 다중이용시설 및 신축 공동주택에서의 실내공기질 유지기준 및 권고기준과 비교·분석하여 그에 따른 문제점을 파악하고 개선방법을 찾아 재실자가 쾌적한 환경에서 생활할 수 있는 방법을 제시하고자 하였다.

본 연구의 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 공동주택 실내공기오염의 주요 요인으로 알려져 있는 유해 화학물질인 휘발성유기화합물과 포름알데히드의 실내농도에 대한 현장 측정결과, 휘발성유기화합물은 기준치 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 3.5배~8.7배 높게 나타났으며, HCHO는 기준치 $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 대부분 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 이는, 공동주택 신축 후 4~5년이 경과하여도 주요 실내공기오염물질의 실내농도가 적정수준 이하로 유지되기 어려움을 보여준다고 할 수 있다.

(2) 각 측정지점의 측정 결과, 저층부에서 고층부로 갈수록 휘발성유기화합물 및 포름알데히드의 농도가 다소 상승하는 것을 알 수 있었다. 이는 일사조건의 차이에 따라 상층부의 온도가 저층부에 비해 다소 높아지는 경향에 의한 결과로 판단된다.

(3) 각 기숙사의 총 휘발성유기화합물의 경우 사용기간에 따라 실내공기질의 유해물질의 오염정도의 수치는 낮아지지만 건축된지 1년 미만인 기숙사에서 휘발성유기화합물과 포름알데히드의 농도가 기준치를 훨씬 초과하는 결과를 보였는데 이는 특정기간 동안에 실내오염물질의 수치를 낮출 수 있는 대책이 필요한 것으로 판단된다.

(4) 포름알데히드의 경우 사용기간에 따라 실내공기질의 유해물질은 줄어드나 일정 기간이 지나면 그 감소 현상이 미미하게 나타났다. 특히 신축 기숙사의 경우 유해물질의 오염정도가 심각한 것으로 나타났으며, 건축된지 8년이 경과하여도 포름알데히드의 수치가 높은 생활관 F동 4층의 경우를 볼 때, 건축 후 일정기간이 지나면 건축연도보다는 실내마감재의 종류나 가구의 종류에 따라 포름알데히드의 농도가 더욱더 많은 영향을 받는 것으로 판단된다.

(5) 선행된 연구들을 봤을 때 잦은 환기나 실

내식물을 이용하여 실내의 오염물질의 발생을 줄일 수 있는 것을 알 수 있다. 또한 친환경 건축자재를 사용함으로써 시간의 경과에 따라 오염물질 농도가 감소되는 것을 알 수 있다. 특히 실의 크기가 작은 경우에는 자연 환기로도 충분한 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 적절한 환기와 실내식물의 선택으로 실내오염물질을 줄일 수 있도록 하여야겠으며 친환경자재의 사용으로 초기에 실내의 오염물질 발생을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

공동주택에서의 휘발성유기화합물(TVOCs)과 포름알데히드(HCHO)의 농도는 건축 초기단계뿐만 아니라 입주 후, 일정시간이 경과하여도 실내오염물질의 농도가 기준치 이상으로 유지되는 현상을 나타내고 있다. 따라서 발생된 오염물질의 제거를 위한 빈번한 환기 등의 대책 마련이 요구되고 있으며, 향후 이에 대한 체계적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 건축자재나 가구에서 발생하는 오염물질에 많은 관심을 가져야 할 것이며 건축자재에서의 오염물질 발생을 최소화 할 수 있는 연구들이 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. Chun, C. Y., Park, J. S. and Sohn, J. Y., 2005, Study on Seasonal Change of the Volatile Organic Compounds Air Pollution Concentration in Seoul Residence, Journal of the AIK, Vol. 21, No. 3
2. Yoo, B. H. and Park, Y. S., 2006, The Effect on Indoor Air Pollution from VOCs and Formaldehyde Emitted Building Materials on Indoor Air, Journal of the AIK, Vol. 22, No. 8
3. Choi, J. M., Kang, E. H., Joo, J. W., Ha, S. Y. and Son, Y. H., 2006, Measurement and Evaluation about the IAQ of School Classroom in Changwon, Journal of the AIK, Vol. 26, No. 1
4. Kim, T. W., Kim, H. T., and Hong, W. H., 2006, A Study on the Measurement and Evaluation of Indoor Air Quality in School, Journal of the AIK, Vol. 22, No. 4