

# 학교 건축물의 실내공기질 측정 및 평가에 관한 연구

## A Study on the Measurement and Evaluation of Indoor Air Quality in School

김태우\* 김현태\* 홍원화\*\*  
Kim, Tae-Woo Kim, Hyun-Tae Hong, Won-Hwa

### Abstract

In recent years, our society is confronted with many environmental problems. Among them, Especially, Sick House Syndrome is brought into relief as a society's issue and the people's concern of Indoor Air Quality is also increased. Nowadays, about 20 percent of Korean children is suffered from allergic respiratory diseases such as asthma or rhinitis. From student's physical and mental point of view, indoor environmental condition of school is very important and must be kept by strict regulation. Therefore, the aim of this thesis is focused on the measurement and analysis of indoor air quality of classroom.

키워드 : 학교, 포름알데히드, 휘발성유기화합물, 실내공기질

Keywords : School, Formaldehyde, VOCs: Volatile Organic Compounds, Indoor Air Quality

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 우리사회는 많은 환경문제에 직면해 있으며, 그 중 "새집증후군(Sick House Syndrome)" 등이 사회적 이슈로 떠오르면서 실내 공기질 개선에 대한 관심이 고조되고 있다. 이에 지난해 5월 다중이용시설등의 실내공기질 관리법이 시행되었으나 학교건축물은 법 적용대상에서 제외되었다. 현재 우리나라의 어린이중 20% 정도가 천식, 비염등 알레르기성 호흡기 질환을 앓고 있는 것으로 보도되고 있는 등, 어린이의 환경성 질환이 심각한 상태에 놓여있는 실정이나, 학교의 실내 환경에 영향을 미치는 교육부의 현행 학교보건법에는 실내공기에 대한 각종 유해물질 중 이산화탄소와 미세먼지만을 규제하고 있다. 많은 시간을 학교에서 생활하고 있는 학생들의 공간인 학교의 실내 환경은 어린이의 건강과 복지차원에서 우선적으로 해결되어야 할 것이다.

따라서, 본 연구는 교실내의 유해물질 농도를 측정하여 그 오염정도를 평가해 보는데 그 목적이 있다.

#### 1.2 연구내용 및 방법

본 연구는 문헌고찰 및 선행의 논문을 통해 측정방법 및 측정위치를 산출하였으며, 실제적인 측정을 통한 대구광역시 소재한 신축 학교들의 주요 실들에 대해 실내공기 상태를 측정하였으며, 기존 건축된 학교의 실내공기 상태를 측정하여 신축학교와 비교, 평가해 보고자 한다.

### 2. 실내공기 오염물질 및 관련 기준

#### 2.1 실내공기 발생원과 오염물질

실내에서 발생하는 오염물질로는 입자상 오염물질, 가스상 오염물질과 병원성세균 등으로 크게 분류할 수 있다. 또한 최근에는 건축자재나 가구에서 발생하는 휘발성 유기화합물(VOCs)과 포름알데히드(HCHO) 등에 많은 관심이 모아지고 있으며, 이들 오염물질의 경우에는 인체에 미치는 영향이 크므로 실내오염물질 중에서 관리와 대책이 필요하며 유해물질 발생원과 오염물질에 대한 내용은 표1과 같다.

표1. 유해물질발생원 및 오염물질

발생원		오염물질
건축설비	난방연소기기	SOx, NOx, CO, CO <sub>2</sub> , 분진
	공기청정기, 복사기	O <sub>3</sub> , 분진
	가습기	세균, 진균, 수증기
	냉각탑	세균, 진균, 레지오넬라
건축자재	목재, 합판	포름알데히드(HCHO)
	도료	휘발성유기화합물(VOCs), 포름알데히드(HCHO)
	카펫, 커튼	진드기, 곰팡이, 분진
	콘트리트, 석고보드	라돈
기타	토양	라돈, 레지오넬라, 수증기

#### 2.2 실내공기 오염물질이 인체에 미치는 영향

상기 표에서 보는 바와 같이 실내에는 사람의 건강을 해치는 유해한 물질들이 수없이 많이 존재한다. 이중 주요 오염물질이 인체에 미치는 영향은 표3과 같다.

\* 정회원, 경북대학교 대학원 석사과정

\*\* 정회원, 경북대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

2) 친환경 건축 인증 workshop

표2. 주요 오염물질이 인체에 미치는 영향

오염물질	발생원	인체영향
먼지	대기 중의 먼지가 실내 유입, 실내바닥의 먼지, 담배재	규폐증, 진폐증, 탄폐증 등
담배연기	담배, 쉼연	두통, 피로감, 기관지염, 폐렴, 기관지 천식, 폐암
연소 가스 (CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> 등)	각종 난로(연탄, 가스, 석유), 벽난로, 연료연소, 가스렌지 등	만성폐질환, 기도저항 증가, 중추신경영향
라돈	콘크리트, 흙, 지하수, 화장실	폐암 등
포름알데히드	각종 합판, 보드, 가구, 단열재, 소취제, 담배연기, 화장품, 옷감, 실험실 등	눈, 코, 목 자극증상, 어지러움, 기침, 설사, 피부질환, 정서불안증, 기억력상실 등
석면	단열재, 절연재, 석면타일, 방열재	피부질환, 호흡기질환, 석면증, 폐암
미생물성 물질(곰팡이, 박테리아 등)	가습기, 냉방장치, 냉장고, 애완동물, 세탁소, 왁스, 방향제 등	피로감, 정신착란, 두통, 구역, 현기증, 중추신경억제작용
취발성 유기화합물	페인트, 접착제, 스프레이, 연소과정, 세탁소, 왁스, 방향제 등	피로감, 정신착란, 두통, 구역, 현기증, 중추신경억제작용

2.3 실내공기질 관련기준

현행 교육부의 학교보건법에서 규정하고 있는 학교 실내공기환경에 대한 기준은 ㉠오염공기의 처리기준 : 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)는 1시간 평균 1000ppm 이하로 할 것, ㉡미세먼지의 처리기준 : 미세먼지는 24시간 평균 1m<sup>3</sup> 당 150 μg이하로 할 것이 기준의 전부이며, 환경부의 실내공기질에 대한 기준 및 보건복지부, 노동부의 실내공기질 관리기준과 비교하여 표4 에 나타내었다.<sup>3)</sup>

표3. 국내 실내공기질 관리 기준의 비교

기준물질	담당부처	환경부	보건복지부	노동부	교육인적자원부
		다중이용 시설	공중이용 시설	사무실, 작업장	학교
적용대상					
PM10	μm/m <sup>3</sup>	150	150	150	150
CO	ppm	10	25	10	-
CO <sub>2</sub>	ppm	1000	1000	1000	1000
NO <sub>2</sub>	ppm	0.05	-	-	-
HCHO	ppm	0.1	-	0.1	-
총부유세균	CFU/m <sup>3</sup>	800	-	-	-
Rn	pCi/l	4	-	-	-
VOCs	μm/m <sup>3</sup>	400~500	-	-	-
석면	개/cc	0.1	-	-	-
오존	ppm	0.06	-	-	-

3) 대한건축학회, 논문집, 21권 6호, p175-182

3. 학교 건축물의 실내공기질 측정

3.1 측정개요

대구광역시에 위치한 신축학교 및 기존 건축된 학교를 선정하여 TVOCs 와 HCHO 농도를 측정하였다. 신축학교의 경우에는 교실을 비롯한 주요 실들의 실내 마감 공사를 완료한 후 실의 가구 반입 전 상태에서 TVOCs 와 HCHO 농도를 측정하였고, 별도로 교실의 책상, 의자, 사물함 등이 반입된 후에 추가로 측정하였다. 그리고 기존 학교의 경우에는 교실을 위주로 해서 측정하였으며 측정대상 학교의 개요는 표5 와 같다.

표4. 측정대상 학교의 개요

측정대상 학교	개교년도(건축연도)	비고
H 초등학교	2005년 9월 개교	주거지역
S 중 학교	2005년 3월 개교	
S 초등학교	2004년 3월 개교	

(1) 측정대상 및 위치

측정대상 및 위치는 아래의 표6과 같다.

표5. 측정대상 및 측정위치

측정대상	측정위치
H 초등학교	일반교실, 멀티미디어실, 실내체육관, 유치원(유희실) 특별교실(음악실)
S 중 학교	일반교실, 멀티미디어실, 실내체육관, 유치원(유희실) 특별교실(음악실)
S 초등학교	일반교실, 멀티미디어실, 실내체육관, 유치원(유희실) 특별교실(음악실)

(2) 측정항목 및 기기

표6. 측정항목 및 기기

측정항목	측정기기
온도, 습도	Data Logger(아스만 건습구계)
TVOCs	IAQ RAE
HCHO	PPM Formaldehyde meter 400

3.2 대구지역 신축학교 데이터 측정

(1) 측정조건

표7. 측정조건

측정 항목	단 위
외기 온도	29.5℃
측정당시 실내온도	28.6~30.2℃
상대 습도	61.4%

(2) H초등학교

2005년9월에 개교할 신축학교건축물로서 총 휘발성유기화합물과 포름알데히드의 오염농도를 측정해본결과 휘발성유기화합물과 포름알데히드의 측정데이터는 그림1과 그림2와 같다.

신축H초등학교 VOCs

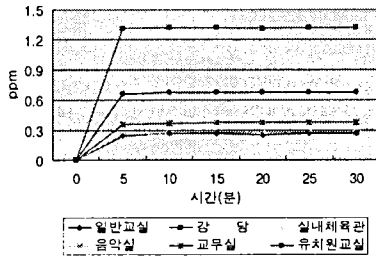


그림1. 휘발성유기화합물

신축H초등학교 HCHO

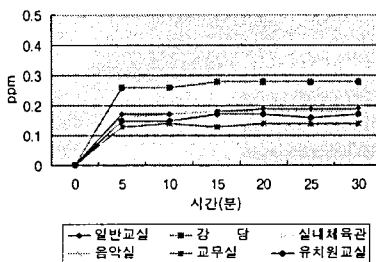


그림2. 포름알데히드

(3) S초등학교

2004년 3월에 개교한 초등학교건축물로서 총 휘발성 유기화합과 포름알데히드에 대한 농도 측정결과 휘발성유기화합물과 포름알데히드의 측정데이터는 그림3과 그림4와 같다.

기존S초등학교 VOCs

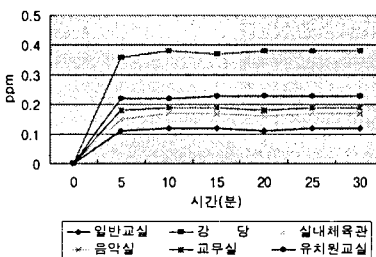


그림3. 휘발성유기화합물

기존S초등학교HCHO

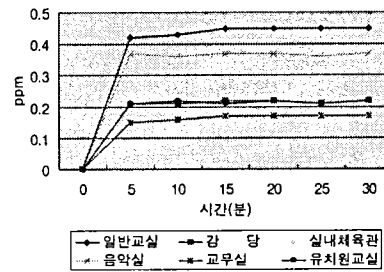


그림4. 포름알데히드

(4) S중학교

2005년 3월에 개교한 신축학교의 휘발성유기화합물과 포름알데히드의 오염농도를 측정해본결과 휘발성유기화합물과 포름알데히드는 다음의 그림5와 그림6과 같다.

기존S중학교 VOCs

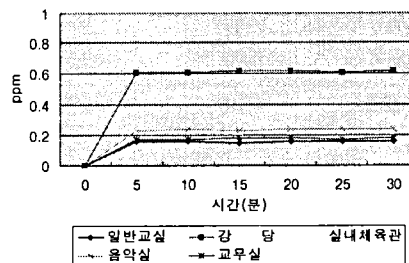


그림5. 휘발성유기화합물

기존S중학교HCHO

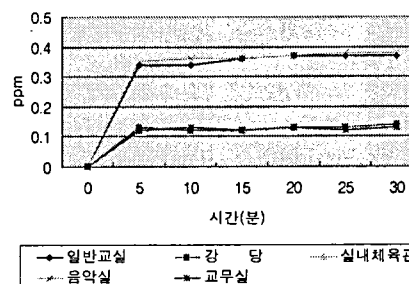


그림6. 포름알데히드

4. 학교 건축물의 실내공기질 측정분석

4.1 총휘발성유기화합물(TVOCs) 측정분석

학교에서의 일반교실과 특별교실의 사용기간에 따른 측정결과는 다음과 같으며, 일반교실 신축의 경우 0.265ppm, 6개월 사용한 경우 0.158ppm, 1년 사용한 경우 0.116ppm 순으로 나타났고, 교무실의 경우 신축은 0.37ppm, 6개월 사용한 경우 0.175ppm, 1년을 사용한 경

우 0.186ppm 으로 나타났다. 그리고 음악실은 신축의 경우 0.275ppm, 6개월 사용한 경우 0.236ppm, 1년 사용한 경우 0.165ppm 순으로 일반교실은 교무실을 제외한 음악실과 학생교실은 사용기간에 따라 유해물질의 오염정도가 줄어드는 것을 볼 수 있으며, 특별교실은 강당, 실내체육관 2개실을 측정해본결과 강당의 경우 신축은 1.316ppm, 6개월사용 경우 0.615ppm, 1년을 사용한 경우 0.358ppm 순으로 나타났으며, 실내체육관의 경우 신축은 0.558ppm, 6개월 사용한 경우 0.276ppm, 1년을 사용한 것은 0.236ppm 으로 특별교실은 모든 실이 건물의 사용기간에 따라 오염물질의 용도가 줄어드는 것으로 분석된다.

표8.총휘발성유기화합물

교실종류	교실명	학교명		
		H초등학교 (신축)	S중학교 (6개월사용)	S초등학교 (1년사용)
일반교실	학생 교실	0.265	0.158	0.116
	교 무 실	0.37	0.175	0.186
	음 악 실	0.275	0.236	0.165
특별교실	강 당	1.316	0.615	0.358
	실내체육관	0.558	0.276	0.236

#### 4.2 포름알데히드(HCHO)측정분석

포름알데히드역시 일반교실과 특별교실을 대상으로 사용기간에 따른 측정결과는 다음과 같다. 일반교실 중 학생교실 신축의 경우 0.181ppm, 6개월 사용한 경우 0.441ppm, 1년사용한 경우 0.116ppm 순으로 나타났으며, 교무실의 경우 신축의 경우 0.136ppm, 6개월 사용한 경우 0.165ppm, 1년 사용한 경우 0.186ppm 으로 나타났으며, 음악실의 오염농도는 신축의 경우 0.175ppm, 6개월 사용한 경우 0.365ppm, 1년 사용한 경우 0.165ppm 순으로 나타났다. 일반교실의 경우 사용기간에 따라 유해물질의 오염농도는 높은 것으로 나타났으며, 특별교실은 강당, 실내체육관 2개실을 측정해본결과 강당은 신축의 경우 0.273ppm, 6개월 사용한 경우 0.215ppm, 1년 사용한 경우 0.178ppm 순으로 나타났으며, 실내체육관의 경우 신축은 0.335ppm, 6개월 사용한 경우 0.236ppm, 1년 사용한 경우 0.238ppm 으로 특별교실은 모든 실이 건물의 사용기간에 따라 오염물질의 농도가 줄어드는 것으로 분석된다.

표8.포름알데히드

교실종류	교실명	학교명		
		H초등학교 (신축)	S중학교 (6개월사용)	S초등학교 (1년사용)
일반교실	학생 교실	0.181	0.441	0.116
	교 무 실	0.136	0.165	0.186
	음 악 실	0.175	0.365	0.165
특별교실	강 당	0.273	0.215	0.178
	실내체육관	0.335	0.236	0.238

#### 5. 결론

본 연구에서 학교건축물에 대한 총휘발성유기화합물과 포름알데히드의 오염에 대해 분석한 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 각 학교의 총휘발성유기화합물일 경우 사용기간에 따라 유해물질은 줄어드는 것을 알 수 있으며, 또한 실의 마감 재료에 의한 유해물질의 오염정도가 심각한 것으로 시간의 경과에 오염정도의 수치는 낮아 지지만 특정기간 동안에 대한 대책이 필요할 것으로 판단된다.

2) 포름알데히드의 경우 사용기간에 따라 유해물질은 줄어дна 아주미비한 차이를 보이며, 실의 마감재료 및 가구종류에 의한 유해물질의 오염정도가 심각한 것으로 나타났다. 하지만, 실의 마감재료 및 가구의 마감 재료에 의한 오염정도의 차이가 나는 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 국립환경연구원, 「실내공기질 측정시험방법」, 환경부, 2004
2. 김윤신의, 「실내공기질 관리방안에 관한 연구」, 환경부, 1999
3. 윤동원의, 「건축자재의 포름알데히드 및 휘발성유기화합물질 방출특성에 관한 연구」, 대한건축학회, 논문집 24권 1호 2004
4. 김신도의, 「실내공간 실내공기오염 특성 및 관리방법 연구」, 환경부, 2002
5. 손장열의, 「겨울철 주택내 유기화합물 공기오염농도에 관한 측정연구」, 대한건축학회 계획계 20권 5호 2004
6. 대한건축학회, 논문집, 21권 6호, p175-182 2004