

# 미국의 실내공기질 현황

문현준 | 단국대학교 건축공학과  
전임강사  
E-Mail : hmoon@dankook.ac.kr

## 1. 머리말

우리나라에서는 산업화가 진행되는 과정에서 대기 오염이 심각하게 진행되었으며 실내공기질 또한 급속도로 악화되었다. 이에 따라 정부차원에서 다각도의 연구지원 및 관련정책들이 개발되고 있으며 국민의 건강을 보호하고 친환경 건축물을 구축하기 위한 노력이 계속되고 있다. 우리나라 보다 앞서 산업화가 진행된 선진 외국에서도 이미 유사한 경험을 하였으며, 대책을 마련해 놓고 있다. 본고에서는 미국의 실내공기질 현황을 소개하여 우리나라에서 진행되고 있는 쾌적한 실내환경 조성 노력에 도움이 되고자 한다.

미국에서는 이미 오래 전부터 정부산하 각 기관 및 산업체에서 실내공기 오염의 위험을 인지하여 다양한 연구를 진행해 오고 있다. 실내오염물질이 재실자의 건강에 미치는 영향과 오염물질 농도저감을 위한 대책 및 기준에 관한 연구가 공중보건위생 측면, 환기를 포함한 건축환경 설계측면, 건축재료적인 측면에서 다양하게 연구되고 있다. 먼저 미국에서 관심을 갖고 있는 실내 오염물질들을 살펴보고 이중 최근에 사회적인 이슈가 되고 있는 건물 내 곰팡이 발생 사례를 소개하도록 한다. 또한 국내에서 근래까지 연구의 주요 대상으로 다루고 있는 휘발성 유기화합물 등의 미국 기준과 실내공기질 현황을 파

악한 BASE study에 관하여 알아보기로 하겠다.

## 2. 미국의 주요 실내공기 오염물질

미국에서 실내공기질에 관한 연구를 주관하고 있는 환경보호국(EPA, Environmental Protection Agency)에서는 주요 실내공기 오염물질과 요인을 정리하고 있다 (표 1 참조)<sup>1)</sup>. 국내의 다중이용시설

표 1. 주요 실내공기 오염물질 및 오염원 (EPA)

실내공기 오염물질 및 오염원
아스베스토스
미생물성 물질(박테리아, 곰팡이, mildew, 바이러스, 꽃가루 등)
이산화탄소
포름알데히드
실내 가정용품, 청소용품 등 (휘발성 유기화합물)
납
이산화질소
살충제
라돈
호흡성 분진
환경담배연기
실내 연소 물질 (일산화탄소, 이산화질소 등)

등의 실내공기질 관리법에서 규정하고 있는 실내공기오염물질과 비교해보면 미국에서는 납(Pb), 살충제 및 실내의 세균이외에 곰팡이, 꽃가루 등에 관심이 있음을 알 수 있다. 미국 국무성의 Health and Human Services에서는 1991년에 납을 미국 내 아동 건강에 최대의 위협이라고 규정하였으며, 현재 까지 실내에서의 농도를 저감시키기 위한 연구를 지속적으로 진행하고 있다. 건물 내에서는 예전에 사용하였던 납 성분의 페인트가 주요 오염원이며, 이를 제거하는 과정에서 쉽게 인체에 노출될 수 있어 주의가 필요하다.

미국의 주택에서는 매년 75%의 가정에서 1개 제품이상의 살충제를 사용하고 있으며, 80% 이상의 인구가 실내에서 살충제에 노출되고 있는 것으로 조사되었다. 이러한 살충제는 건물 내의 각종 해충, 흰개미, 설치류, 곰팡이 등의 제거와 병원균의 소독에 주로 사용되고 있다. 이러한 특성은 한국과 달리 대부분의 미국 주택이 목조로 지어져 있으며, 건축 환경이 자연에 노출되어 있어 정기적인 살충과 살균이 필요하기 때문에 판단된다.

국내의 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법에서는 미생물과 관련하여 총부유세균 만을 대상으로 하고 있으나 미국에서는 곰팡이, mildew, 꽃가루 등도 주요 관심 실내오염물질 중의 하나이다. 이러한 미생물, 특히, 건물 내에서 발생하는 곰팡이의 인체 영향이 최근에 밝혀짐에 따라 미국에서는 중대한 사회적 이슈로 떠오르고 있다. 실내 곰팡이를 방지하기 위하여 건물에서의 습기 및 습도의 제어, 인체 건강과의 관계, 건축자재의 영향, 기 발생한 곰팡이의 제거 절차, 곰팡이 문제의 평가 기법 등 다양한 연구가 진행되고 있다. 곰팡이와 관련된 보다 자세한 내용은 다음 장에 기술하도록 한다.

### 3. 미국에서의 실내 곰팡이 발생 문제

미국에서는 건물 내 곰팡이 발생 문제가 1990년대 말부터 사회적인 관심사로 떠오르고 있다. 실제로 크고 작은 많은 방송매체에서 곰팡이 발생의 위험에 대해 보도하고 있으며, 관련 소송 건에 관한 내용을 쉽게 접할 수 있다. 최근에는 곰팡이 관련 대형 소송이 세계적인 호텔 체인 중의 하나에서 발생하여 관련 업계에 충격을 주고 있어 이를 소개한다.

하와이에 소재한 대형 호텔중 하나인 H 호텔은 2001년 5월에 개장한 후 곰팡이가 전 건물에 번식하여 2002년 7월에 문을 닫고 곰팡이 제거를 위한 재시공에 들어갔다 (그림 1 참조). 25층의 이 대형 호텔은 9천 5백만 불의 공사비를 들여 완공 되었으



그림 1. 곰팡이 번식으로 소송에 휩싸인 하와이의 H 호텔

나 453개의 객실을 포함하여 연회장, 스파, 컨퍼런스 센터, 박물관 등의 모든 시설을 곰팡이 문제가 해결될 때까지 사용할 수 없게 되었다. 해당 호텔 측은 시공사, 설계회사, 엔지니어링회사, 감리회사를 포함하여 총 18개 관련회사와 하청업체들을 상대로 소송을 제기하였다. 총 소송비용은 아직 공식적으로 발표되지 않았으나, 천문학적인 수치가 될 것이다. 현재까지 밝혀진 추정원인으로, 건물내부의 부압으로 인해 외부의 습한 공기가 다량 침입하였으며, 냉난방 공조시스템 및 외피 시스템의 부적절한 설계 및 시공, 건물 마감시의 실란트 작업 중 기밀성 부족 등이 나타났다. 호텔 측은 2천만 불을 들여 원인조사 및 컨설팅을 받았으며, 곰팡이의 제거를 위하여 3천 5백만 불어치의 내부 가구 및 자재를 모두 교체하였으며, 환기시스템의 청소, 외피시스템의 보완 등을 수행하였다. 2006년 현재까지 관련 소송은 계속 진행되고 있으며, 이 과정에서 호텔 측은 곰팡이가 발견되었을 당시 호텔에 투숙했던 모든 투숙객에게 일정 금액을 보상하기로 합의했다.

H 호텔 측은 곰팡이 재발을 방지하기 위하여 가능한 모든 노력을 기울였으나, 현재까지의 기술로는 이러한 노력들이 향후 곰팡이 재발을 완벽히 방지할 수 있을지 확신하기 어렵다는 것이 전문가들의 공통된 의견이다. 따라서 기존건물에서 곰팡이가 발생하면 그 원인규명과 해결책을 찾기가 쉽지 않으므로 설계 및 시공 시 사전에 곰팡이 발생 위험도를 검토하는 것이 매우 중요하다.

이러한 건물 내의 곰팡이 발생 사례는 매우 다양하며, 모든 건물 형태에서 보고되고 있다. 건물 내부에서 발생하는 곰팡이는 많은 경우 하와이의 H 호텔의 경우와 같이 법적 소송문제로 비화되기도 한다. 미국에서 곰팡이 발생 및 건물 내부 습기와 관련된 소송건수를 살펴보면 지난 몇 년간 급격하게 증가하였음을 알 수 있다. 미국 내에서의 가장

많은 곰팡이 소송이 일어나는 텍사스 주의 경우, 2000년부터 2년간 1,300%의 곰팡이 관련 소송건수가 증가하였다. 고액의 곰팡이 관련 소송은 많은 수의 피고인들이 연관되는데, 일반적으로 원청 시공사, 하청시공사, 감리회사, 건물운영회사, 건축설계회사, 건축자재 및 설비 공급업자, 건축주, 보험회사, 재실자 등이 포함된다.

건물 내에 발생하는 곰팡이의 번식은 건물의 성능을 저하시키고 재실자의 불만족도를 크게 높이므로 건설사의 가장 큰 고민거리중의 하나가 되었다. 곰팡이로 인한 건물 구조체 성능 및 건물가치의 하락과 관련된 영향으로는 나무 구조체의 뒤틀림, 건물 마감재의 품질 저하, 건물 부재의 손상, 단열기능의 약화, 페인트의 벗겨짐 등을 들 수 있다. 건물에서 발생하는 곰팡이 문제의 몇 가지 예를 그림 2, 3에 보여주고 있다.



그림 2. 벽장 내에 생긴 곰팡이

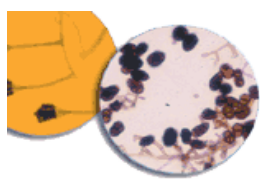


그림 3. 벽지 뒷면에 생긴 곰팡이

최근의 연구결과를 통하여 곰팡이는 인체의 건강에 직접적인 영향을 미칠 수 있다고 보고되고 있다. 천식, 기침, 상부 호흡기관 질환 등이 건물 내 곰팡이와 연관이 있음이 과학적으로 입증되고 있다<sup>2)</sup>. 특히, 건물이 축축하게 젖은 경우 거주자는 호흡기

관련 증상, 호흡기 감염, 알레르기, 천식 등에 걸릴 위험도가 상당히 높은 것으로 나타났다. 몇몇 곰팡이 종은 마이코톡신(mycotoxins)을 방출하여 인체에 독성이 있는 것으로 조사되었다. 따라서 건물 내 곰팡이 발생은 일반적으로 인체에 악영향을 미치는 것으로 간주되며, 즉각적으로 건물 내에서 제거되어야 한다는 것이 관련 연구자들의 공통의견이다.

건물에서의 곰팡이 발생과 관련된 대부분의 미국 내 가이드라인은 기존 건물에서 곰팡이에 오염된 건물 부위를 청소하고 제거하는 치유방법에 중점을 두어 개발되었다. 가장 대표적인 곰팡이 치유 가이드라인은 EPA에서 발간한 “Mold remediation in schools and commercial buildings”와 뉴욕시 보건과 (New York City Department of Health and Mental Hygiene)에서 발간한 “Guidelines on assessment and remediation of fungi in indoor environments”가 있다 (그림 4 참조)<sup>3), 4)</sup>. 뉴욕시의 가이드라인은 곰팡이 오염부위의 면적에 따라 4 단계로 분류하고 각 단계별로 다른 수준의 치유방법을 권고하고 있다. 또한 곰팡이 치유 작업시의 질 차별 담당자와 청소 및 제거해야할 건축자재 및 내



## Mold Remediation in Schools and Commercial Buildings



New York City Department of Health & Mental Hygiene  
Bureau of Environmental & Occupational Disease  
Epidemiology

### Guidelines on Assessment and Remediation of Fungi in Indoor Environments

- [Executive Summary](#)
- [Introduction](#)
- [Health Issues](#)
- [Environmental Assessment](#)
- [Remediation](#)
- [Hazard Communication](#)
- [Conclusion](#)
- [Notes and References](#)
- [Acknowledgments](#)

그림 4. EPA 와 NYC에서 발간한 건물 내 곰팡이 제거 가이드라인

표 2. EPA의 곰팡이 오염 면적에 따른 치유방법 가이드라인

곰팡이 오염 건축자재 및 내장재	청소방법	개인 보호구	차폐
<b>SMALL - 전체 오염 구역의 크기가 10 ( <math>ft^2</math> ) 이하</b>			
Books and papers	3	Minium N-95 respirator, gloves, and goggles	None required
Carpet and backing	1, 3		
Concrete and cinder block	1, 3		
Hard surface porous flooring(linoleum, ceramic tile, vinyl)	1, 2, 3		
Non-porous, hard surface(plastics, metals)	1, 2, 3		
Upholstered furniture & drapes	1, 3		
Wallboard(drywall and gypsum board)	3		
Wood surface	1, 2, 3		
<b>MEDIUM - 전체 오염 구역의 크기가 10 에서 100 ( <math>ft^2</math> ) 사이</b>			
Books and papers	3	Limited or Full  Use professional judgment, consider potential for remediator exposure and size of contaminated area	Limited  Use professional judgment, consider potential for remediator/occupant and size of contaminated area
Carpet and backing	1, 3, 4		
Concrete and cinder block	1, 3		
Hard surface porous flooring(linoleum, ceramic tile, vinyl)	1, 2, 3		
Non-porous, hard surface(plastics, metals)	1, 2, 3		
Upholstered furniture & drapes	1, 3, 4		
Wallboard(drywall and gypsum board)	3, 4		
Wood surface	1, 2, 3		
<b>LARGE - 전체 오염 구역의 크기가 100 ( <math>ft^2</math> ) 이상 또는 치유절차 중 재질나 및 작업자의 노출이 심각할 것으로 판단되는 경우</b>			
Books and papers	3	Full  Use professional judgment, consider potential for remediator exposure and size of contaminated area	Full  Use professional judgment, consider potential for remediator exposure and size of contaminated area
Carpet and backing	1, 3, 4		
Concrete and cinder block	1, 3		
Hard surface porous flooring(linoleum, ceramic tile, vinyl)	1, 2, 3, 4		
Non-porous, hard surface(plastics, metals)	1, 2, 3		
Upholstered furniture & drapes	1, 3, 4		
Wallboard(drywall and gypsum board)	3, 4		
Wood surface	1, 2, 3, 4		

장재의 범위, 작업자의 안전관리 및 착용해야하는 장비 등에 관하여 자세히 기술하고 있다.

EPA의 가이드라인은 학교건물과 상업용 건물을 대상으로 건물 내 water damage가 생겼을 경우 대

처해야하는 방법을 제시하고 있다. 또한 곰팡이 오염 면적에 따라 3단계(small, medium, large)로 나누어 각 단계별로 건축자재별 치유방법 가이드라인을 제시하고 있다 (표 2 참조). 여기서 제시하는 치

유방법은 총 4가지로 method 1: wet vacuum, method2: damp-wipe, method3: HEPA vacuum, method4: 제거 및 폐기로 구분된다.

하지만 이러한 곰팡이 관련 건물 치유 가이드라인은 제시되어 있으나, 실내공기중의 곰팡이 농도 및 포자수에 관련된 기준(standards)이나 제한치(Threshold Limit Values)는 아직 제정되지 않았다. 일반적으로 실내공기중의 곰팡이 포자수는 외부 농도 및 계절에 따라 변하며, 재실자의 건강에

직접적인 관계를 입증하기 어렵기 때문이다. 또한 모든 곰팡이 종이 인체에 해로운 영향을 미치는 것은 아니므로 총 부유 곰팡이의 수를 건물의 곰팡이 오염도로 해석하기는 어렵다. 따라서 실내 곰팡이 전문가들은 총 부유 곰팡이 또는 미생물(세균, 바이러스, 꽃가루 등)의 공기 중 농도보다는 실내외 농도 비율(Input-output ratio)에 관점을 두고 있으며 대략 비율이 0.5를 넘으면 대상건물이 곰팡이 또는 미생물에 오염된 것으로 본다<sup>5)</sup>.

표 3. 미국 냉난방공조학회(ASHRAE)의 관심 실내오염물질 및 농도

오염물질	관심농도 Concentrations of Interest	농도관련 출처
일산화탄소 (CO)	9 ppm (8시간평균)	EPA 2000
포름알데히드 (HCHO)	0.1 mg/m <sup>3</sup> (0.081 ppm)	WHO 2000
	0.05 ppm	California Air Resources Board 1991
	76 ppb (1시간 노출) 27 ppb (8시간 노출)	California Environmental Protection Agency 1999
납(Pb)	1.5 µg/m <sup>3</sup>	EPA 2000
이산화질소(NO <sub>2</sub> )	100 µg/m <sup>3</sup>	EPA 2000
냄새 (Odors)	재실자와 방문자의 80%이상이 허용 가능하다고 예측한 농도	Commission of the European Communities 1992 Nielsen et al. 1998 Gunnarsen, L. and P.O. Fanger. 199. NIOSH 1991
오존 (O <sub>3</sub> )	100 µg/m <sup>3</sup> (50 ppb)	U.S. Food and Drug Administration 1986 WHO 2000
미세먼지 (PM <sub>2.5</sub> )	15 µg/m <sup>3</sup>	EPA 2000
미세먼지 (PM <sub>10</sub> )	50 µg/m <sup>3</sup>	EPA 2000
라돈 (Rn)	4 pCi/liter	EPA 1992
이산화황 (SO <sub>2</sub> )	80 µg/m <sup>3</sup>	EPA 2000
총휘발성유기화합물 (TVOC)	TVOC 농도 기준 없음. 개별 VOC농도를 목표치로 하는 것이 타당함	EPA 1990
휘발성유기화합물 (VOCs)	개별 유기화합물의 농도 별로 규정	Brown 1994 Anderson 1997 Wolkoff 1997

#### 4. IAQ관련 미국의 기준

각 국가에서는 실내공기질과 관련된 가이드라인과 오염물질 허용기준을 마련하고 있다. 본 장에서는 미국의 여러 기관에서 발행한 가이드라인과 기준을 살펴본다.

미국의 산업안전보건국 (OSHA, the Occupational Safety and Health Administration)에서는 작업장에서 요구되는 실내 오염물질 허용기준을 마련하고 있다. 미국 환경보호국 (EPA)에서는 대기환경 관련 기준을 관리하고 있다. 건물의 환기와 실내공기 오염물질과 관련한 대표적인 권장안으로는 미국 냉난방공조학회(ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers)에서 만든 건축 설계 및 운영 기준이 있다. ASHRAE standard 62.1-2004 (Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality)은 일반건물에서의 실내공기질 확보를 위한 환기 기준을 제시하고 있으며, ASHRAE standard 62.2-2004 (Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings)은 저층 주거건물을 대상으로 한 환기 및 실내공기질에 관하여 다루고 있다<sup>6), 7)</sup>. 표 3에 ASHRAE에서 정리한 주요 실내공기 오염물질 및 관심 농도를 나타내고 있다.

위의 표에서는 총 휘발성 유기화합물(TVOC) 및 개별 휘발성 유기화합물(VOCs)의 농도를 나타내지 않고 있다. 그 이유로는 먼저 TVOC에 대한 정확한 정의가 아직 내려지지 않았으며, TVOC 농도의 측정이 인체의 건강 및 쾌적감을 직접적으로 예측하는데 쓰일 수 있다는 과학적인 입증이 아직 이루어지지 않았기 때문이다. 따라서 ASHRAE에서는 TVOC의 허용 농도설정을 권장하지 않으며 개별 유기화합물의 농도에 보다 관심을 두고 있다.

미국의 그린빌딩협회의(US Green Building Council)에서는 건물의 친환경 성능 인증시스템인 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)을 운영하고 있다<sup>8)</sup>. 여기에서는 건물인증을 위하여 각종 건축자재에서의 휘발성 유기화합물의 기준을 채용하고 있으며 이중 몇 가지를 다음에 소개한다.

표 4. 접착제의 VOC 허용 기준 (South Coast Air Quality Management District)

건축 용도별 접착제	VOC 허용기준 (g/liter)
실내 카펫 접착제	50
카펫 패드 접착제	50
외부 카펫 접착제	150
나무바닥 접착제	100
고무 바닥 접착제	60
하부바닥 접착제	50
세라믹타일 접착제	65
VCT와 아스팔트 타일 접착제	50
석고보드와 판넬 접착제	50

LEED인증을 받기 위해서는 건물에 사용하는 각종 자재가 함유하고 있는 휘발성유기화합물의 농도를 확인하여야 한다. 접착제와 실란트는 South Coast Air Quality Management District에서 규정하고 있는 VOC 기준을 초과해서는 안 된다. 각종 접착제별 VOC 허용 기준을 표 4에 보여주고 있다<sup>9)</sup>. LEED인증을 받기 위한 카펫은 미국 CRI (the Carpet and Rug Institute)에서 규정하고 있는 Green Label Testing Program의 기준을 초과해서는 안 된다<sup>10)</sup>. 페인트와 코팅제품에 관해서는 Green Seal의 Standard GS-11을 초과하지 않도록 규정하고 있다.<sup>11)</sup>



표 5. 주요 측정 항목 및 측정 방법

측정 항목	측정 방법
<b>실시간 측정</b>	
건구 온도	센서
상대습도	센서
CO <sub>2</sub>	가스 모니터/펌프
CO	가스 모니터/passive diffusion or 펌프
소음	센서 (microphone)
조도	센서 (light)
<b>통합 샘플 (Integrated Samples)</b>	
호흡성 미세먼지(PM <sub>2.5</sub> )	펌프/직경선택 임팩터, 필터
호흡성 미세먼지(PM <sub>10</sub> )	펌프/직경선택 임팩터, 필터
휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds)	펌프, Multisorbent 카트리지와 SUMMA 캐니스터
포름알데히드	펌프, DNPH 카트리지
미생물	펌프/직경선택 임팩터, , agar 배지
라돈	Passive diffusion charcoal 캐니스터
<b>기타 샘플</b>	
Bulk Biologicals	Sterile disposable pipettes, sterile sampling bottles, sample collection bags
<b>HVAC 측정</b>	
급기/리턴 공기 풍량	덕트 traverse/pitot 튜브
급기/리턴 공기 온도	센서
급기/리턴 공기 상대습도	센서
급기, 리턴공기, 외기 비율	CO <sub>2</sub> 가스 모니터
외기도입량	덕트 traverse/pitot 튜브
배기량	풍량 후트, 덕트 traverse/pitot 튜브
급기 디퓨저 풍량	풍량 후트
급기 디퓨저 온도	센서
급기 디퓨저 상대습도	센서
급기 디퓨저 CO <sub>2</sub>	센서

## 5. BASE study

미국의 정부 산하 기관 및 대학, 연구소, 산업체에서는 실내공기질의 실태를 조사한 연구결과가 많이 발표되고 있다. 이중 미국전역을 대상으로 실내 공기질의 실태를 조사한 대표적인 프로젝트로는 BASE study (Building Assessment Survey and Evaluation)가 있다. 이는 미국 환경보호청(EPA,

Environmental Protection Agency)주관으로 1994년부터 1998년까지 100개의 미국 내 건물을 무작위로 선정하여 각종 실내공기오염물의 농도를 측정하는 것이다. 본 연구의 주요 목적은 공공건물과 상업건물에서 실내공기질의 실태조사 및 재실자의 인지도를 포함한 기초 데이터를 확보하는 것이다. 이를 위하여 대상건물에서의 쾌적도 및 건축환경요소 측정, 건물과 HVAC 시스템의 특성, 재실자 설문조사 등을 수행하였다.

환경요소의 측정은 실시간측정, 통합측정, 기타의 단계로 구분하여 각 항목을 측정하였으며, 이산화탄소, 곰팡이, 휘발성유기화합물 등의 농도를 측정하였다. 측정항목 및 측정방법을 간단히 표 5에 정리하였다. 각 측정 항목별 자세한 측정 방법 및 측정 위치는 EPA 프로토콜에 자세히 기술되어있다. 또한 대상건물의 선택, 건물 및 HVAC 시스템의 특성 파악 방법, 설문조사 등도 프로토콜에 포함되어있다<sup>12)</sup>.

본 BASE study의 연구결과는 관련 학회에서 꾸준히 발표되어왔으며 다수의 논문도 출간되었다. 그림 5는 BASE study에서 수행한 휘발성유기화합물의 농도 측정 결과의 일부를 보여주고 있다.

본 연구결과 각 휘발성유기화합물의 실내 농도 분포를 파악할 수 있었으며, 이러한 기초데이터는 지속적인 실내 농도 저감을 위한 중요한 자료로 이용되고 있다. 휘발성유기화합물 이외에 BASE study의 모든 측정항목들에 대하여 유사한 결과를 도출하였으며 미국의 공공건물 및 상업건물에서의 각 환경요소의 농도 평균 및 분포를 본 연구를 통하여 파악할 수 있게 되었다. 지면관계상 BASE study에 관한 모든 연구결과는 본고에 자세히 소개하지는 못하며 보다 자세한 연구내용은 EPA 웹사이트를 참고하기 바란다. (<http://www.epa.gov/iaq/base>)



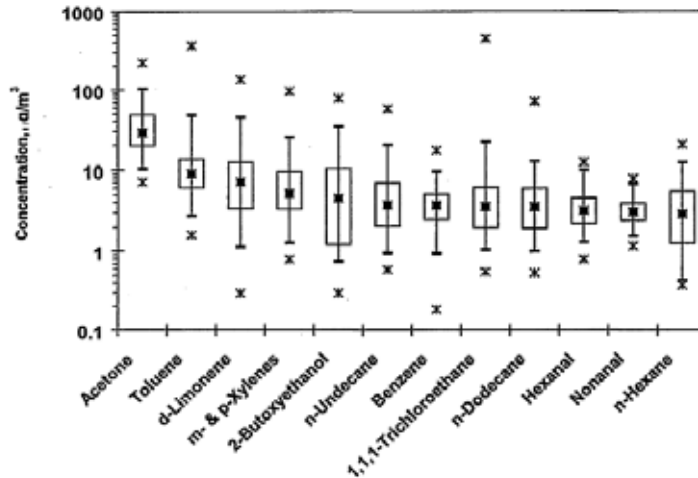


그림 5. BASE study를 통한 실내 측정 VOC 농도  
(5, 25, 50, 75, 95 Percentile, 및 최소/최대값)

## 6. 결 론

위에서 살펴본바와 같이 미국에서 관심을 갖고 있는 주요 실내오염물질은 대부분 한국의 그것과 유사하지만 건물 내 곰팡이를 주요 오염물질로 다루고 있는 것처럼 지역적, 문화적, 건축환경 특성상의 차이를 보이고 있다. 또 하나 특이한 점은 한국에서는 실내 공기오염물질의 기준을 법으로 명확히 규정하고 있으나 미국에서는 작업장을 제외한 일반 실내공간에서는 권고치만을 제시하고 있다. 이러한 권고치는 LEED 등 친환경 건축물 인증을 받기 위한 자발적 참여를 높이기 위해 활용되며 법적인 구속력은 없다. 다만 캘리포니아 주에서는 주택을 매매하기에 앞서 건물 내 곰팡이가 존재하는지에 대한 조사결과를 첨부하도록 규정하고 있다.

미국의 실내공기질 현황 및 연구 동향을 검토한 결과를 바탕으로 국내에서 향후 연구방향과 대책을 마련하는데 참고를 할 수 있을 것이다. 우선 현재까지 건축자재에서 방출되는 휘발성유기화합물에 관

한 연구는 많이 진행되었고 많은 친환경 건축자재가 개발되었으나 이러한 개별 자재의 방출특성을 통합하여 실내공기 중의 농도를 저감할 수 있는 방안이 마련되어야 할 것이다. 방출 특성이 다른 여러 마감재로 구성된 실내공간에서 최종적인 목표인 실내공기 중의 농도를 저감하기 위한 가장 효율적인 최적의 제어방법을 구축하고 농도를 예측하는 기법이 필요할 것이다. 국내에서는 이미 환기횟수를 0.7회 이상으로 유지토록 하는 규정이 제정되어 있으나 에너지 소비량과 각 오염물질의 특성을 고려한 시스템 설계방법 및 최적 운영방안 등에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 예를 들어 신축공동주택에서는 초기 휘발성유기화합물의 방출농도가 상당히 높으나 준공 후 2~3년이 경과하면 방출농도가 상당히 낮아진다. 따라서 건물의 신축, 운영, 폐기단계의 건물 생애주기 동안 동일한 환기횟수를 유지해야만 하는 것인지는 고려해 봐야 할 것이다.

국내의 악화된 실내공기질과 관련하여 문제가 되고 있는 아동을 포함한 노약자의 천식, 폐렴, 알레

르기 등의 호흡기 질환은 부유 미생물과 직·간접 관련이 있는 것으로 보고되고 있다. 특히 곰팡이는 건강 측면이외에 건물의 미관을 해치고 가치를 떨어뜨려 관련 업계의 분쟁을 유발하기도 한다. 국내에서는 아직 사회적인 문제가 되고 있지 않지만 미국이나 선진 외국의 경우에서 알 수 있듯이 심각한 실내공기질 문제로 언제든지 대두될 수 있다. 이러한 문제를 사전에 대비하기 위하여 대학, 연구소, 관련 업계 및 정부의 적극적인 대응이 필요한 시점이라고 생각된다.

- 참고문헌 -

1. EPA, <http://www.epa.gov/iaq/ia-intro.html>
2. Clark, N.M., et al., Damp Indoor Spaces and Health. 2004, Washington D. C.: The National Academics Press.
3. EPA, Mold remediation in schools and commercial buildings. 2001, U.S. Environmental Protection Agency.
4. New York City Department of Health, Guidelines on Assessment and Remediation of Fungi in Indoor Environments. 2000, New York City Department of Health.
5. Burge, H.A., et al., Dynamics of Airborne Fungal Populations in a Large Office Building. Current Microbiology, 2000. 40(1): p. 10 - 16.
6. ASHRAE 2004, ASHRAE standard 62.1-2004 (Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality)
7. ASHRAE 2004, ASHRAE standard 62.2-2004 (Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings)
8. US Green Building Council 2002, Green Building Rating System for New Construction and Major Renovations (LEED-NC)
9. South Coast Air Quality Management District Rule 1168, 2005, Adhesive and Sealant Application.
10. CRI, Green Label Indoor Air Quality Test Program
11. Green Seal 1993, Standard GS-11
12. EPA 2003, A Standardized EPA Protocol for Characterizing Indoor Air Quality in Large Office Buildings