

# 실내 오염물질 방출특성 규명을 위한 시험 챔버법에 대한 고찰

실내 오염물질의 방출 특성을 평가하기 위한 시험 챔버법을 고찰하고, 각종 제품군의 화학물질 방출 특성 규명을 통하여 실내공기질 개선을 위한 기초 자료를 정리한다.

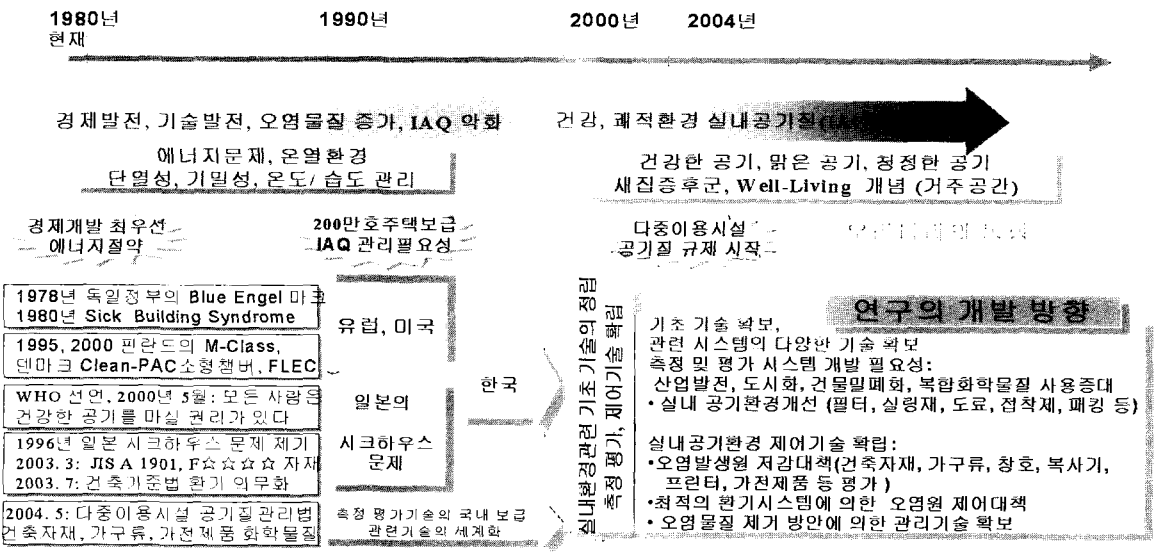
윤 동 원

경원대학교 건축설비학과(dwyoony@kyungwon.ac.kr)

## 서론

현대인들은 하루 중 대부분의 시간을 실내에서 생활하고 있음을 고려할 때, 쾌적하고 건강한 실내공기질의 확보는 매우 중요한 것으로 판단되고 있다. 건물 부분에서는 그동안 에너지절약 설계 및 시공에 따라 건물이 기밀화 되고, 단열 성능이 강화되면서 실내공기질은 점점 더 악화되어 왔다. 많은 사람들

이 밀폐된 건물 내에서 두통, 현기증, 메스꺼움, 졸음, 눈의 자극, 집중력 감소 등을 호소하는 건물증후군(sick building syndrome)은 재실자의 건강을 크게 위협하고, 생산성과 능률의 저하를 초래하고 있다. 건물증후군에 대한 사회문제는 유럽과 미국에서는 이미 1980년대부터 부각되기 시작하였고(그림 1) 일본에서는 1996년 주거공간인 주택에서 화학물질에 의한 실내 공기환경의 문제가 주택증후군(sick



[그림 1] 실내공기질에 관한 연구 동향



house syndrome)이란 명칭으로 사회적으로 큰 반향을 보이고 있다. 그 원인 중의 하나가 실내에 존재하는 포름알데히드나 휘발성 유기화합물질(VOCs)와 같은 미량의 화학물질인 것으로 밝혀지면서 이에 대한 관심이 집중되고 있다. 현대인들이 실내에서 생활하는 시간이 증가하는 것에 반하여 건축 마감재료, 접착제, 페인트 등의 사용과 더불어 실내의 화학물질 사용량이 증가하여 오염물질의 발생량이 늘어나지만 실내의 환기의 부족으로 인하여 실내 공기 환경은 악화되기 때문에 발생하는 현상으로 이해할 수 있다.

우리 나라에서는 최근 실내공기질에 대한 언론보도와 국민들의 웰빙(well-being) 의식으로 실내오염에 의한 새집증후군이 사회적인 큰 관심을 모으고 있다. 건축 자재로부터 발생하는 각종 화학물질이 인체에 매우 유해하고 거주자의 쾌적성과 건강에 영향을 주는 것으로 알려지면서 특히 신축 건물에서 원인을 알지 못하는 건물병증후군(sick building syndrome)이 나타나는데, 이는 한정된 실내 공간에서 발생하는 오염물질이 정체되면서 환기량이 부족한 상태에서 오염물질의 농도가 증가하여 원인을 제공하는 것으로 이해되고 있다. 이러한 사회적인 관심과 더불어 2004년 5월부터 시행된 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'에 많은 관심을 갖게 되었으며, 환경부에서는 실내공기 오염에 대한 대책의 마련을 올해의 최우선 역점 과제로 선정하고, 동법의 시행에 따른 세부 규정의 마련과 다양한 정책을 도입하여 이에 대한 적극적인 대책을 마련하고 있다.

본고에서는 실내의 오염물질에 대한 특성을 알아보고 쾌적하고 건강한 실내 환경의 창출을 위한 수단으로 건축 재료, 가구류, 복사기나 프린터, TV 등 가전제품과 각종 생활용품에서 방출되는 화학물질을 정량, 정성적으로 측정 분석할 수 있는 측정방법을 소개하고자 한다. 건축자재나 각종 제품에서 방출되는 유해한 화학물질의 특성을 이해하고 실내 공기환경 개선을 위한 방안으로 실내의 화학물질의 방출량을 경감시킬 수 있는 무공해(Non-Toxic) 건축자재나 화학물질 저방출 제품의 선정을 위한 데이터베이스의 중요성이 새롭게 부각되고 있다.

## 실내 공기오염의 특성

실내 공기의 오염 원인에는 건물 주변의 대기오염에 의한 영향과 실내에서 발생하는 오염물질로 구분할 수 있다. 건물의 실내 오염 발생원은 재실자로부터 방출되는 탄산가스(CO<sub>2</sub>), 수증기, 체취 등이 있으며, 담배 연기에 의한 오염, 실내의 각종 작업에 의해 발생하는 분진, 각종 연소장치의 배기가스나 수증기 등이 있다. 실내의 공기오염을 방지하기 위해서는 실내 오염물질의 발생을 억제하는 것과 대기오염을 방지하는 것이 효과적이다. 또한 필요에 따라 적절한 공기 청정장치를 설치하여 효율적으로 실내 공기 질(IAQ: indoor air quality)을 양호하게 유지하는 것이 바람직하다. 최근, 외부 공기 환경이 악화되면서 실내 공기 환경에 대한 관심이 높아지고 있다. 건축물이 적절하게 설계, 시공되지 않거나 실내의 환경 관리가 부적절한 상태로 유지되면 실내 공기의 질이 악화되어 건물 내부에서 생활하는 사람들의 건강에 나쁜 영향을 미치게 되며, 쾌적성도 저하된다(그림 2).

### 실내 공기 중의 화학물질 오염

최근 환경오염과 더불어 건강에의 피해가 사회문제로 부각되고 있는 시점에서 쾌적한 환경과 건강의 문제에 대한 기본적인 욕구를 충족시켜 주는 것이 매우 중요한 것으로 인식이 되고 있다. 일반적으로 건물은 재해로부터의 안전성, 생리적, 정신적 충족과 생활 욕구의 만족, 경제적 조건의 만족 등이 충족되어야 한다. 이러한 기본적 조건을 만족하면서 거주자에게 쾌적성을 제공하고 건강한 생활을 보장하기 위하여 쾌적하고 건강한 주거 환경이라는 개념이 새롭게 정립되고 있다. 실내 공간에서 사용되는 건축 재료나 가구 등은 재료의 내구성 향상과 작업의 편의성을 위하여 많은 화학물질이 사용되고 있다.

실내 공기 환경을 정확하게 평가하기 위하여서는 실내 오염물질의 특성과 오염 발생원을 정확하게 파악하는 것이 필요하다. 실내 공기 환경 인자 중에는 최근 각종 건축 자재, 내장재에서 발생되고 있는 포름알데히드와 VOC 등 화학물질이 관심을 모으고 있으며, 특히 가구류와 프린터, 복사기 등의 사무기기, TV 등 가전제품에서도 화학물질이 다량 방출되고 있

실내 오염물질 방출특성 규명을 위한 시험 챔버법에 대한 고찰

다. 실내의 화학물질 농도는 각종 제품의 생산 과정, 경과 시간의 정도에 따라 방출 강도가 다르며, 부적절한 건축자재, 가구류, 사무용 기기 등의 선정은 오염물질의 농도를 상승시키는 것으로 볼 수 있다.

WHO(세계보건기구; 1948년 설립)의 현장 전문에 건강에 대하여 건강이란 신체적, 정신적, 또는 사회적으로 완전히 양호한 상태로 정의하고 있다. 단순히 질병이나 병약한 상태만을 말하는 것이 아니다. 즉, 건강이란 진료를 받아야 하는 질병만을 취급하는 것이 아니라 취급하는 영역이 매우 넓은 의미를 갖게 되며, 비의학적인 측면에서도 고려되어야 한다. 이러한 정신을 기초로 여러 나라에서는 건물과 관련한 보건, 위생적인 환경과 쾌적한 실내 환경을 확보하기 위하여 관련 법률을 제정하여 시행하고 있다. WHO에서는 2000년 5월에 『모든 인간은 건강한 공기를 호흡할 권리가 있다』라고 선언하였다.

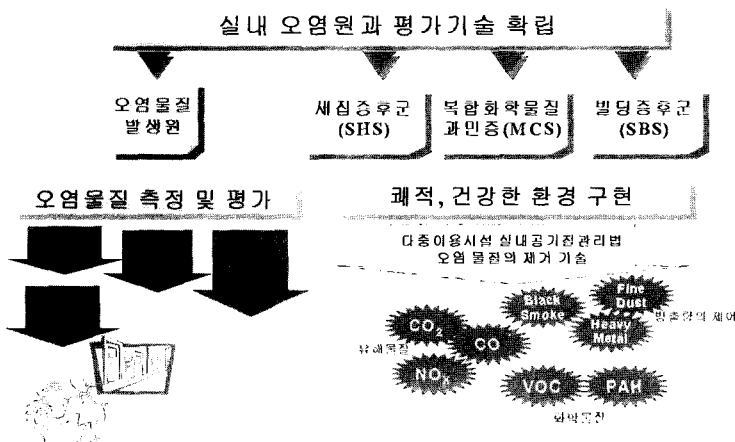
최근 환경부는 「다중이용시설등의 실내공기질관리법」을 제정하여 2004년 5월 30일부터 대상 시설물에 대해 실내공기질 관리(규제)를 시행하고 있다. 또한 한국공기청정협회에서는 건축자재에 대한 '친환경자재인증제도(HB 마크)'를 2004년 초부터 실시하여 건축자재로부터 방출되는 화학물질인 포름알데히드와 휘발성유기화합물질의 농도 기준을 설정하여 오염물질 방출 정도에 따라서 건축자재에 친환경 등급을 부여하는 제도를 운영하는 등 쾌적한 실내 환경 조성을 위한 노력을 진행하고 있다.

**실내공기 오염원인**

대부분의 휘발성유기화합물과 포름알데히드는 건축 재료에서 오랜 시간에 걸쳐 서서히 실내 공기로 방출되며, 농도가 낮고 그 종류도 매우 다양하기 때문에 검출이 쉽지 않은 것이 특징이다. 미국 환경청(U.S. EPA: U.S. environmental protection agency)의 조사 자료에 의하면 학교 건물에서 약 160 가지의 휘발성유기화합물이 검출되었고, 공공건물에서는 약 600여 종류가 검출되었다. 이러한, 휘발성유기화합물이 인체의 건강에 미치는 영향은 아직까지도 명확하게 밝혀지진 않았지만 대부분의 물질이 재실자에게 자극과 불쾌감을 유발하며, 여러 종류의 발암성 물질도 포함하고 있는 것으로 파악되고 있다.

휘발성유기화합물 및 포름알데히드와 같은 가스상의 오염물질을 정확하게 측정하기 위해서는 측정 대상 오염물질의 정확한 샘플링과 적절한 분석 방법의 선정이 중요하다. 또한, 오염물질의 샘플링은 측정 목적에 따라 대상 오염치를 대표하거나 인체에 노출되는 피폭 정도를 파악할 수 있도록 포집되어야 한다.

건축 공사에는 많은 종류의 내장 재료가 사용되며, 소재산업의 기술발달과 더불어 합성 재료의 사용이 급격히 증가하고 있다. 합성 재료에는 다량의 휘발성 유기화합물질(VOC)을 함유하고 있어 이들이 실내 공기 중으로 방출되고 있다. 특히 주거용 건물은 동일한 바닥 면적을 기준으로 할 때 다른 건물에 비



[그림 2] 실내 오염 발생원에 따른 영향 인자



하여 벽체의 내장 재료 사용 면적이 증가하여 VOC의 방출 면적도 증가할 수 있다. 따라서 주거용 건물에 사용되는 주요 내장 재료의 오염물질 방출 특성과 실내공기 오염 정도를 파악하고 이에 대한 제어 대책을 마련하여야 한다. 주요 건축자재에 대한 VOC의 방출강도를 평가하고, 적절한 내장 재료의 선정을 위한 기초 자료를 도출하여 건축자재로부터 방출되는 VOC의 정량적 평가와 제어 대책이 확립되어야 한다.

### 실내공기 환경관리 및 제어방안

건물의 리모델링 시에 쾌적하고 건강한 실내 환경의 창출을 위한 수단으로 건축 자재로부터 방출되는 유해한 화학물질의 특성을 이해하고 실내 공기환경 개선을 위한 방안으로 실내의 화학물질 방출량을 경감할 수 있는 무공해(non-toxic) 건축자재나 화학물질 저방출 건축자재의 선정이 중요하다.

건축 자재 생산 업체들은 건축 자재의 재활용, 유독가스 배출현황, 휘발성 유기화학물질(VOC), 실내 공기 환경, 폐기물, 건물의 각종 설비와 에너지 절약 등을 포함한 건축 자재의 오염물질 배출강도 등에 대한 종합 대책을 마련하고자 노력하고 있다. 건축 자재의 환경 영향에 대한 인식이 변화하면서 구매자의 가장 큰 욕구인 가격, 성능, 미적 감각 등을 만족하도록 고려할 뿐만 아니라 제품의 생산 과정과 제

품 자체에 대한 환경 측면의 '친환경' 개념을 도입하여 많은 신제품을 개발하고 있다. 선진국에서는 재활용 짚섬보드를 사용한 건식벽체, 저농도 VOC 방출 페인트, 수용성 접착제, 낮은 폼알데히드 방출 건자재 등을 개발하여 보급하고 있다(그림 3).

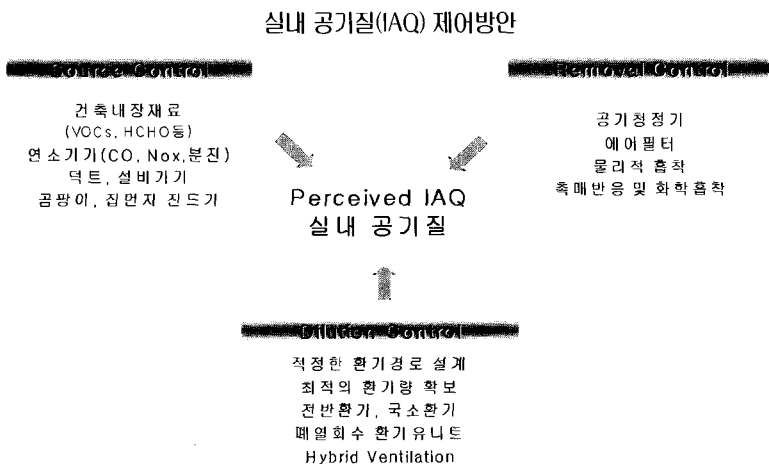
환경건축에 관한 관심이 높아지면서 건축자재의 친환경 인증제도가 새롭게 관심을 모으고 있다(표 1). 건축자재의 오염물질 방출강도의 특성을 활용하여 실내 환경, 마감 재료에 대한 분류 규정을 제정하여 실내 환경설계를 위한 지침으로 활용할 수 있다.

### 건축자재 및 제품의 화학물질 측정법

실내 공기 중의 화학물질을 현장에서 측정하는 방법이 있으나 이는 간이 방식으로 미량의 화학물질 농도를 정확히 측정하기는 매우 곤란한 방법이다. 일반적으로 포집 관을 통하여 현장에서 화학물질을 포집한 후에 농도를 분석하는 방법을 주로 사용하고 있다. 건축 자재로부터 방출되는 화학물질을 측정하는 방법은 소재측정법, 데시케이터법, 방출 농도 시험 챔버법 등으로 구분할 수 있다.

### 화학물질 성능 측정법

소재측정법은 건축 자재 내부에 포함된 화학물질의 종류와 농도로 표시되고, 데시케이터법은 건축 자재



[그림 3] 실내공기 환경관리를 위한 제어방안

## 실내 오염물질 방출특성 규명을 위한 시험 챔버법에 대한 고찰

의 내부에 함유된 물질의 농도를 측정하는 방법으로 일반적으로 실내의 표면에서 방출되는 화학물질의 농도를 측정하는 방법으로는 적절하지 않은 것으로 평가되고 있다. 최근에는 실내의 표면에서 방출되는 화학물질의 양을 측정하는 방출 농도 시험 챔버법이 실내에 미치는 영향을 고려할 때 가장 타당한 방법으로 판단되어 평가기법으로 많이 사용되고 있다.

적용)에서 채택하고 있는 포름알데히드의 방출 농도를 측정하는 방법이다. 데시케이터 용량 9~11 l 내부의 온도를 일정하게 유지하고 밀폐된 공간에 시험편(15 cm×15 cm) 10 매를 위치시키고 HCHO의 포집제로 물에 흡수되어 수용액 상태로 된 것을 일정 시간(24 시간) 경과 후 아세틸아세톤 법에 의한 비색법을 이용하여 농도를 측정하는 방법이다. 이 방법은 건축자재의 양면과 측면으로부터 방출되는 농도를 측정하게 되므로 일반적인 실내공간에서의 방출특성과는 차이가 있다.

### 1) 소재측정법

건축자재를 분쇄하여 그 성분을 측정하는 방법이다. 이 방법은 건축자재를 구성하는 화학물질을 분석하는 방법으로 사용할 수는 있지만, 실내 공기 중에 방출되는 오염물질을 파악하기에는 곤란한 방법이다.

### 2) 데시케이터법


일본의 JAS(Japanese agricultural standard : 일반합판, 구조용 합판, 특수 합판, 복합 바닥재료 등에

### 3) 방출시험 챔버법


주요 선진국에서는 이미 이와 관련하여 소형챔버와 대형챔버를 이용한 각종 제품으로부터 방출되는 오염물질 방출량의 측정법을 표준화(Standard Test Protocol)하고 있다. 지금까지 규격화된 외국의 사례를 살펴보면 표 2와 같다.

<표 1> 화학물질 방출에 따른 건축자재 인증제도

• 국내 환경표지제도

개요	환경리벨
우리나라의 환경표지(일명 환경마크)제도는 1992년 환경부에 의해 도입되었으며, 1994년 설립된 환경마크협회에 의해 운영되고 있다. 선진국에 비해 아직까지 운영성과는 미약한 편이나, 제도개선을 통하여 동 제도에 참여하는 기업 수가 빠르게 증가하고 있다. 2003년 7월 현재 598개 제품이 환경표지를 사용하고 있다.	

• 친환경 건축자재 인증제도(한국공기청정협회 단체표준 인증)

개요	환경리벨
건축자재의 오염물질 방출에 관한 인증은 유럽과 미국 등에서 매우 활발하게 진행되어 왔으며, 1997년 일본에서 실시되어 왔고(2003년 3월 관련조항 보완 및 기준강화)과 2003년부터 중국에서도 실시하고 있다. 이에 우리나라에서도 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”과 관련하여 건축자재의 등급화가 필요하게 되었다. 사단법인 한국공기청정협회는 건축자재의 인증등급안을 마련하여 2003년 12월부터 시행하기 위하여 관련사항을 준비하고 있다.	

<표 2> KACA, ASTM, ECA 및 JIS의 챔버 규격

		KACA(한국)	ASTM	ECA	JIS
용적	소형챔버	0.02	0.02-1m <sup>3</sup>	0.02-1m <sup>3</sup>	0.02-1 m <sup>3</sup>
	대형챔버	-	(22-65m <sup>3</sup> )	12-18m <sup>3</sup>	-
시험조건	온도	25±1.0℃	25±1.0℃	23±1.0℃	28±1.0℃
	상대습도	50±5%	50±4%	45±3%	50±5%
	환기회수	0.5±0.05 회/h	0.5±0.05 회/h	1.0±0.03 회/h	0.5±0.05 회/h

### 건축자재 품질인증 제도

유럽공동체(EC)와 핀란드에서는 건축자재의 오염물질 방출강도의 특성을 활용하여 실내 환경, 마감재에 대한 분류 규정을 제정하여 설계 지침으로 활용하고 있다. 이러한 추세에 의해 앞으로는 건축자재에 대한 오염물질의 방출특성이 매우 중요한 사항으로 부각될 것이며, 무공해(Non-Toxic) 건축자재의 활용이 확대되고, 건물의 설계와 시공과정에서 건축자재 선정 기준으로 활용될 것이다.

### 방출시험 챔버법

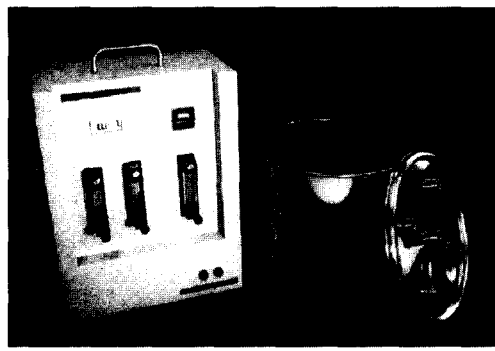
#### 소형 챔버법

우리와 실정이 비슷한 일본의 경우, 2003년 3월 경제산업성을 중심으로 챔버법에 의한 건축자재의 오염물질 방출량 측정 및 분석방법을 JIS화하는 등 국

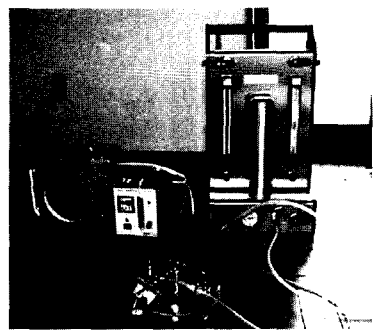
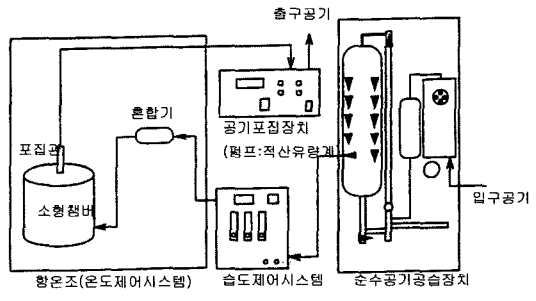
제적인 규격제정 동향에 신속히 대처해나가고 있다. 또한 국제표준화기구(international organization for standardization)에서도 ISO/TC 146/SC6, ISO/TC 205/SC3, ISO TC89 등을 중심으로 규격화가 진행 중에 있다. 한편 실내의 화학물질에 대한 중요성이 강조되면서 측정 방법과 샘플링 방법(예, ISO 16000, ISO 16017, ISO 16200) 등에 대한 표준화가 진행되고 있다(그림 4, 5).

#### 우리 나라의 소형 챔버법

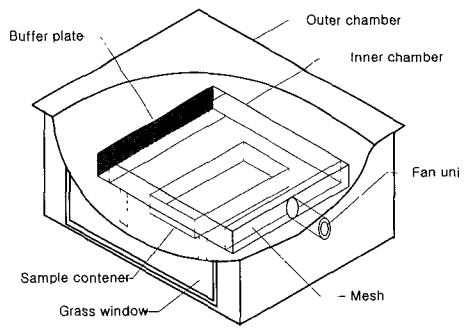
우리 나라에서는 최근 2004년 5월에 시행되는 환경부의 『다중이용시설등의 실내공기질 관리법』과 더불어 2004년 2월에는 건축자재에서 발생하는 휘발성유기화합물과 포름알데히드에 대한 농도규제를 「한국공기청정협회」에서 실시함에 따라 유해가스물질을 평가하는 기법 중 하나인 챔버법에 대한



(a) 일본 ADTEC社의 소형 챔버법 측정장비



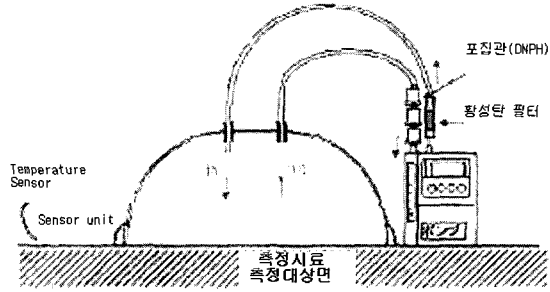
(b) 덴마크의 FLECM법 측정장비



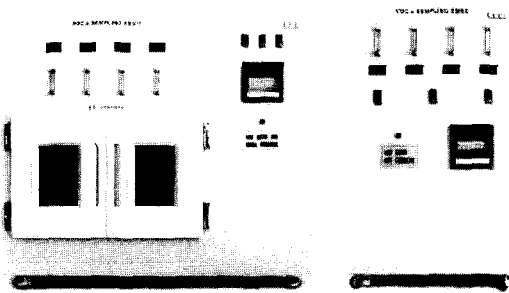
(c) 캐나다 NRC의 소형 챔버법 측정장비

[그림 4] 건축자재의 휘발성유기화합물 및 포름알데히드 측정용 소형 챔버

실내 오염물질 방출특성 규명을 위한 시험 챔버법에 대한 고찰



[그림 5] 소형 챔버의 측정 예(일본)



[그림 6] 국산형 20 소형 챔버(3S-Korea 제작)

챔버법과 병행하여 각종 사무기기와 자동차 내·외장재, 책상·의자 등의 가구류, 반도체 공장에 대한 평가를 대형 챔버를 활용하여 실제 사용 상태에서 발생하는 유해 가스에 대한 평가와 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이러한 측정 및 분석을 위한 기초 장비인 대형 챔버 시스템의 보급이 확대되고 있다.

**대형 챔버법**

실내에서 미량으로 지속적으로 방출되는 화학물질에 대하여서는 휘발성유기화합물 및 포름알데히드와 같은 가스상의 오염물질을 정확하게 측정하기 위해서는 측정 대상 오염물질의 정확한 샘플링과 적절한 분석 방법의 정립이 중요하다. 실내의 여러 가지 오염발생 원인을 효과적으로 분석하기 위해서는 발생원(source detection)을 알아내고 이에 대한 대책을 마련하여야 한다.

**1) 대형 챔버의 기본 성능**

건축자재뿐만 아니라 오염물질이 다량 방출되는 각종 제품에 대하여 실제 거주 공간에 적용하였을 때 오염물질의 발생량을 측정할 수 있는 중형(크기: 1 m<sup>3</sup> - 5m<sup>3</sup>) 및 대형(20 m<sup>3</sup> 이상) 챔버를 이용하는 측정 방법을 개발하고 환경 성능을 파악하는 것이 필요하다. 건축자재뿐 아니라 가구류, 침구류, 가전제품(TV, 냉장고, 선풍기, 컴퓨터), 사무용 기기(복사기, 프린터 등), 자동차 내장재 등의 완제품에서 발생하는 오염물질의 방출 특성을 평가하고, 이를 활용한 인증 제도의 개발과 더불어 설계 지침과 유지관리 방법 등을 제시할 수 있는 체계를 확립되어야 한다. 이는 궁극적으로 국내 관련업체의 기술 경쟁

관심이 매우 높아지고 있다. 현재 국내에서 평가하는 방법은 20 l 소형 챔버법으로 건축 내·외장재에 대한 평가가 이루어지고 있으나 가구류, 사무용 기기 등 완제품에 대한 평가 방법 연구는 아직 이루어지지 않고 있는 현실이다. 20 l 소형 챔버는 기존에는 일본에서 수입하여 사용하여 왔으나 최근에 이를 국산화하여 보급하고 있다(그림 6). 20 l 소형 챔버법으로 건축 내·외장재에 대한 평가를 통하여 친환경적인 소재의 개발을 유도하고 국민들에게 널리 홍보하고 쾌적한 실내공간을 구성하는데 많은 도움을 줄 것이라 예상되지만 실제 거주공간에서 사용되어지는 완제품에 대한 평가와는 다소 차이가 있을 것이다.

친환경 소재로 구성된 가구류, 창호 등이 완제품으로 실내 거주 공간에 유입되었을 경우에 발생하는 유해 가스 성분의 물질에 대한 연구와 측정 및 분석 방법은 아직까지 개발과 보급이 이루어지고 있지 않은 상태이다. 일본이나 유럽, 미국의 경우에는 소형



력 향상, 관련 시장규모의 확대는 물론 추후 환경성능에 따른 무역 분쟁의 해소 등 국가의 기초 환경기술 확보 등에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

## 2) 대형 챔버의 활용 방안

기본적으로 대형 챔버는 가구 건축자재, 사무기기 등에서 방출되는 화학물질을 측정하기 위한 장치이다. 가구류, 건축자재, 사무기기 등을 측정실의 중앙에 배치하고, 여기에서 방출되는 화학물질을 고도의 정밀도를 요구하는 환경에서 측정하여 정확한 방출량을 정량적으로 분석한다. 건강상, 위생상으로 안전한 가구, 건축자재, 사무기기를 추천할 수 있는 시스템을 구축할 수 있다.

대형 챔버를 활용하여 실제 건물의 내장 재료로 사용된 것과 동일한 내용으로 Mock-Up을 구성하고 여기에서 방출되는 화학물질의 농도를 측정하여 건물 전체의 공기 중에 방출된 화학물질 농도를 사전에 확인할 수 있게 된다. 화학물질 제어실험실에서 우

선 클린룸과 동일한 수준의 청정 공간이 필요하며, 화학물질에 대하여서는 오염을 효과적으로 제거할 수 있는 기술이 필요하며, 각각의 요구 조건에 적합한 고성능 실험실 및 대형 챔버의 설계, 시공 기술을 확보하여야 한다(표 3, 그림 7).

대형 챔버를 이용하여 실내공기 환경의 최적화를 고려한 건물의 계획 및 시공을 위한 DB를 구축하고, 축적된 DB를 활용하여 유해 화학물질을 저방출 건축자재, 가구류, 사무기기 등을 선정할 수 있다. 또한 유해 화학물질을 효과적으로 제거할 수 있는 공조 환기 시스템과 조합하여 건물 전체에서의 건강하고 쾌적한 실내 환경 조성에 필요한 자료를 정립할 수 있다.

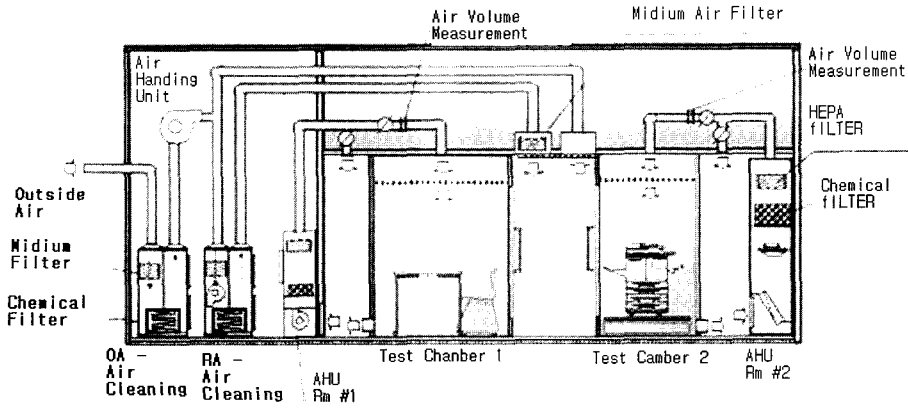
그림 8은 미국에서 실시된 가구(의자)에 대한 측정 결과를 표시한 것이다. 본 측정은 3개의 다른 연구기관에서 보유한 실험용 대형 챔버를 사용하여 화학물질의 방출 특성을 동일한 방법과 시험 절차를 설정하여 측정 분석된 결과이며, 측정 방법이나 실험용 챔버의 비교 검증을 위하여 수행된 샘플

〈표 3〉 주요 국가의 대형 챔버 기본 성능

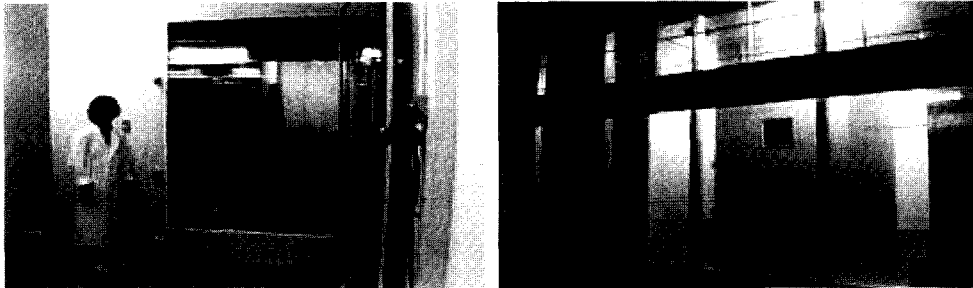
항목	ASTM D 6670-01	EPA-RTI-1999 CA, USA	일본 T사의기준치 ( )은 챔버 내부	Greenguard
대형 챔버 크기	-	20-35 m <sup>3</sup> (CA, 20-50 m <sup>3</sup> )	6.5 m <sup>3</sup> , 15 m <sup>3</sup>	32 m <sup>3</sup>
대형 챔버의 조건	온도 : 23±0.5℃ 습도 : 50%±2% ACH : 0.5 회/h 압력 : ±10 Pa	온도 : 23℃ ± 2℃ 습도 : 50%±5% ACH : 1.0±0.1 회/h 압력 : 0 -25 mmAq	온도 : 23℃±2℃ 습도 : 50%±10% ACH : 0.5-4.0 회/h	온도 : 23℃ 습도 : 50%RH ACH : 0.8 회/h
샘플링 시간	2회/일, 최소 5일, 배기덕트	4, 8, 24, 72, 96, 168 시간 (CA : 6,24,96)	24, 48 시간	4, 8, 24, 48, 72, 96 시간
대형 챔버 기준 농도	포름알데히드	-	2 µg/m <sup>3</sup> 이하	0.05 ppm(50 ppb)
	톨루엔	2 µg/m <sup>3</sup> 이하	2 µg/m <sup>3</sup> 이하	30µg/m <sup>3</sup> (5 µg/m <sup>3</sup> )
배경농도	VOC 개별 물질	2 µg/m <sup>3</sup> 이하	2 µg/m <sup>3</sup> 이하	0.01µg/m <sup>3</sup> (프탈산디-2- 에틸헥실) 6.5 µg/m <sup>3</sup> (4-phenylcyclohexene)
	TVOC	10 µg/m <sup>3</sup> 이하	10 µg/m <sup>3</sup> 이하	20 µg/m <sup>3</sup> (5 µg/m <sup>3</sup> ) 0.5 mg/m <sup>3</sup>
정밀도 확보	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> : 10 µg/m <sup>3</sup> 이하 먼지 : class M2	-	NO <sub>2</sub> : 0.01 ppm (0.0005 ppm)	먼지 : 0.05 mg/m <sup>3</sup>



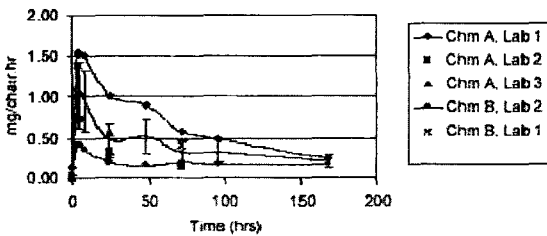
실내 오염물질 방출특성 규명을 위한 시험 챔버법에 대한 고찰



Section (Large Test Chamber)



[그림 7] 완제품에 대한 화학물질 방출량을 측정하는 대형 챔버의 예



플 테스트의 일례를 보여준다. 실험 결과는 실험 경과 시간에 따라 초기에는 비교적 큰 편차를 보이고 있으나 시간이 경과함에 따라 167 시간 후의 화학물질 방출 농도는 시험기관에 따른 편차가 크게 감소하면서 일정한 값으로 접근하는 것을 확인할 수 있다.

2) 대형 챔버의 실험 방법 및 결과

대형 챔버에 대한 실험은 각종 제품에 대하여 적절한 용량의 공기 체적을 지닌 챔버를 선정하여 부하율(Loading Factor)을 적절하게 조절하여 샘플 제품을 측정 챔버의 중앙에 배치하고, 여기에서 방출되는 화학물질을 채취하여 분석한다. 이때 챔버의 크기가 큰 경우에는 제품의 수를 가감하여 부하율을 적절히 조정할 수 있으며, 고도의 정밀도를 요구되는 챔버 내의 환경조건을 확인하고 실험을 시작한다.

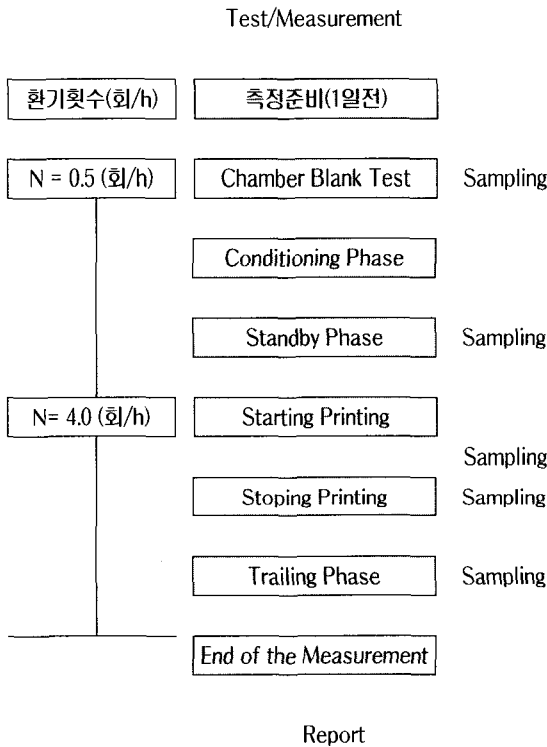
Time Point (hours)	TVOC Emissions Factor (mg/chaïr hr)				
	Chamber A Lab 1	Chamber A Lab 2	Chamber A Lab 3	Chamber B Lab 1	Chamber B Lab 2
0	0.14	0.04	- <sup>c</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>
4	1.55	0.72	1.03	1.38	0.41
8	1.50	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0.36
24	1.01	0.34	0.57	0.27	0.19
48	0.89	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0.15
72	0.58	0.13	- <sup>c</sup>	0.41	0.19
96	0.49	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0.16
168	0.25	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	0.17

<sup>a</sup>ND - not detected

[그림 8] 대형 챔버에 의한 방출농도 분포



그림 9는 컴퓨터 관련제품의 사용에 따른 화학물질의 방출량을 측정하기 위한 실험 절차의 일례를 나타낸 것이다. 측정 준비 기간에 챔버 상태를 정상적으로 유지하고 이를 확인할 수 있는 배경 농도를 측정하며, 순차적으로 일반적인 사용 상황을 설정하여 제품의 사용에 따른 측정 절차 순으로 측정을 실행한다. 이때 챔버 내부의 공기유동 특성은 측정 순서에 따른 정해진 환기 회수를 유지하며 실험을 계속할 수 있다. 일반적으로 측정 절차는 아직 표준화(standard protocol) 되지 않은 상태이며, 제품의 사용 상황에 따라 합리적인 측정 절차를 수립하여 실험을 진행하는 것이 바람직하다고 판단된다. 실험 대상의 각종 제품에서 방출되는 화학물질의 방출 특성을 정량적으로 정확히 분석하고, 실내 환경에 미치는 영향을 규명하기 위한 수단으로 활용할 수 있다.



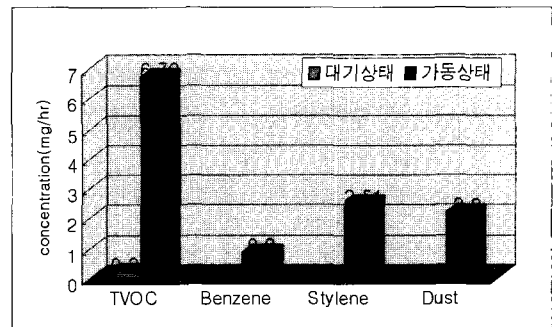
[그림 9] 컴퓨터 관련제품의 화학물질 방출특성 실험절차의 일례

그림 10은 컴퓨터 관련 제품의 사용 상황에 따른 화학물질의 방출 특성을 나타낸 것이다. 제품의 사용에 따라 총 휘발성 유기화학물질(TVOC)이 매우 높은 농도로 방출되는 것을 확인할 수 있으며, 주요 오염물질로는 스틸렌과 벤젠이 검출되었고, 또한 사용에 따라 다량의 분진이 방출되는 것을 확인할 수 있었다.

### 결론

실내 공기질의 중요성이 인식되면서 각종 오염원의 종류와 특성, 오염원의 제어 방안과 환경오염 방지 대책에 대한 관심이 증가하고 있으며, 실내 환경의 개선 방안을 위한 노력이 계속되고 있다. 특히 신축 건물에 대하여 보건, 위생적으로 안전한 거주공간의 공기환경을 유지하기 위한 설계와 시공 방법에 대하여 면밀히 검토하고 효과적인 관리 대책이 수립되는 것이 바람직하다. 건물의 실내오염 문제는 현재까지는 CO<sub>2</sub>와 같이 재실자의 활동에서 발생하는 것을 공기오염의 주원인으로 취급하여 왔으나 오염원인은 재실자보다도 주로 가구나 내장재료, 접착제, 카펫, 사무기구나 가전제품 등에 기인되는 것으로 평가되고 있어 이에 대한 대책이 마련되어야 할 것이다.

건축물 설계 및 시공단계에서 유해 오염물질을 많이 방출하는 건축 내·외장재를 선정한 경우나 오염물질의 방출량이 많은 사무기와 용품을 사용하는 경우에 실내 환경을 유지 기준이나 권고 기준으로 실내 환경을 만족하기 위해서는 실내 환기량만을 증



[그림 10] 컴퓨터 관련 제품의 화학물질 방출특성

가시켜 공기 환경을 개선하려고 시도할 수 있으나, 이러한 방법은 매우 불합리하고 비경제적 일뿐만 아니라, 환경 목표치를 달성하기도 어려운 방법이라 할 수 있다.

실내공기질(IAQ)은 재실자에게 보건 위생적으로 안전하고 쾌적한 조건으로 유지되어야 한다. 건축자재나 가구류, 각종 제품으로부터 방출되는 오염물질의 특성과 실내공간에 미치는 영향을 조사 분석하여 이에 대한 합리적인 대책이 시급히 요구되며, 제품에 대한 화학물질 기준에 의한 분류 작업을 통한 데이터베이스를 구축하고 이를 활용한 설계 지침과 유지관리 방법 등을 제시하기 위한 체계를 확립할 수 있는 방법이 면밀히 검토되어야 할 것이다. 따라서 실내에서 사용되는 건축 자재 및 가구류 등 제품에 대하여 오염물질 방출 특성을 측정 분석할 수 있는 평가 시스템을 정립하고, 친환경 인증제도의 도입 등에 활용하여 환경친화형 제품의 개발을 촉진하여 국산 제품의 국제경쟁력을 확보할 수 있는 평가 기법의 표준화가 요구되고 있다.

### 참고문헌

1. 윤동원, 2001, 건축 재료의 VOCs 방출농도의 측정평가 방법, 제17회 공기청정기술세미나 2001 자료집.
2. 윤동원, 2000, 주거용건물의 화학물질에 관한 고찰, 주택 제 66호, 대한주택공사
3. 김신도, 2000, 건축 자재에서의 VOCs 방출량 측정, 실내 VOCs 토론회 자료집, 한국공기청정협회
4. 환경부, 2001, 실내공간의 VOCs 특성 및 제어 방안에 대한 기초조사
5. 한국공기청정협회, 1999, 국제공기청정심포지움 '99 자료집.
6. 한국공기청정협회, 2000, 제17회 공기청정 기술세미나 '2000 자료집.
7. 壁機材料協會, 2000, 放散試驗チャンパー法, 建築材料の揮發性有機化合物(VOC)及びアルデヒド類放散測定
8. B. A. Tichenor and M. A. Mason, 1988, Organic Emissions from Consumer Products and Building Materials to the Indoor Environment, JAPCA, Vol. 38, No. 3, pp. 264~268.
9. K. Levsen, E. Iigen, J. Angerer, P. Schneider, and J. Heinrich, 1999, Human's Exposure to Benzene and Other Aromatic Hydrocarbons: Indoor and Outdoor Sources, Indoor Air 99, Vol. 5, pp. 312~317.
10. J. S. Park and S. Fujii, 1999, Evaluation of VOC Emission from Solid Building Materials by Diffusion Model, Indoor Air, Vol. 5, pp. 161-166
11. L. Molhave, G. Clausen, B. Berglund, J. de Ceaurriz, A. Kettrup, T. Lindvall, M. Maroni, A.C. Pickering, U. Risse, H. Rothweiler, B. Seifert and M. Younes. 1997, Total Volatile Organic Compounds(TVOC) in Indoor Air Quality Investigations, Indoor Air, Vol. 7, pp. 225~240.
12. H. N. Knudsen, U. D. Kjacr, P. A. Nielsen, and P. Wolkoff, 1999, Sensory and Chemical Characterization of VOC Emissions from Building Products : Impact of Concentration and Air Velocity, Atmospheric Environment, pp. 1217~1230. (⊗)