

친환경건축자재의 방출실험 방법 (소형챔버&대형챔버)

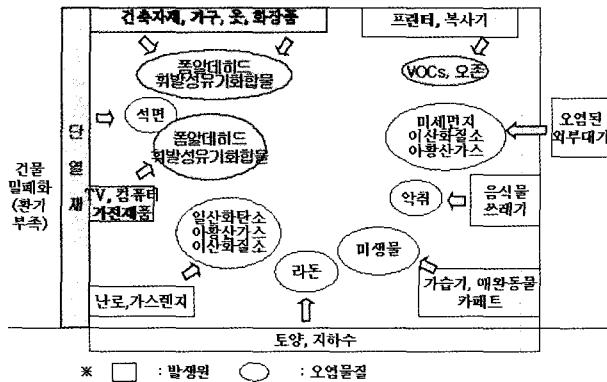
윤 동 원

경원대학교 건축설비학과(dwyyoon@kyungwon.ac.kr)

실내의 화학물질 오염

최근 주위에서 아토피나 기관지, 천식, 알러지성 비염 등으로 고통을 호소하는 사람들이 많아진 것을 쉽게 인지할 수 있다. 이는 자연의 역습 또는 환경의 역습이란 표현으로 우리의 주변 환경이 오염되어 나타나는 증상으로 인간의 삶의 질에 중대한 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 많은 시간을 실내에서 생활하는 현대인에게 실내의 화학물질 오염이 직접적인 원인이 되고 있다. 최근 건축물의 고기밀화, 건축 자재나 가구에 의한 유해화학물질의 증가에 따라 건축 또는 리모델링 후에 높은 농도로 나타나는 유해

화학물질로 인하여 거주자의 건강에 피해를 주는 사례가 늘어나고 있다. 화학물질 오염으로 인한 피해는 증상이 다양하고 발생원인을 명확하게 규명하지 못하는 부분이 많고, 다양한 복합요인에 의해 기인하는 것으로 추정되기 때문에 건물증후군(Sick Building Syndrome), 새집증후군(Sick House Syndrome), 새학교 증후군(Sick School Syndrome) 등이라 하여 관심을 모으고 있다. 실내환경을 쾌적하고 건강하게 조성하기 위한 방법으로 친환경 건축 자재, 접착제, 페인트 등의 친환경 성능이 새로운 화두로 등장하게 되었다. 실내환경의 화학물질의 오염을 저감시키기 위하여 근본적으로 적절한 친환경 건



출처: 환경부 생활공해과, 실내환경개선협의회(국무조정실)

[그림 1] 실내 오염물질의 발생원과 주요인자



축자재의 선정은 물론 가구류나 사무용품 등 생활용품에 대하여서도 친환경 성능을 지닌 제품을 선정하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

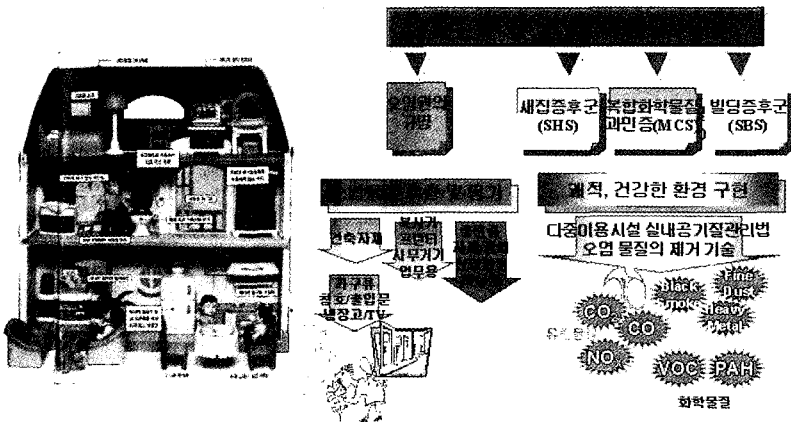
웰빙(Well-Being)에 대한 인식과 더불어 실내공간에서 발생하는 유해화학물질이 거주자의 건강에 미치는 영향을 경감시키기 위한 노력이 계속되고 있다. 정부(국무조정실)에서도 실내공기오염에 대한 대책의 마련을 향후 2008년까지 최우선 역점과제로 선정하고, 국민이 안전하게 생활할 수 있는 생활환경을 창출하기 위하여 다양한 정책을 도입하여 세부 규정의 정립하는 등 이에 대한 적극적인 대책을 마련하고 있다. 2004년 5월부터 시행된 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”, 2006년 1월에 시행된 건축법과 주택법의 개정, 학교보건법의 개정을 통하여 실내공간의 화학물질의 농도를 저감시키기 위한 정책들이 제시되고 있다.

새집증후군 등으로 실내 공기질이 중요한 사회적 관심으로 등장하여 실내공기 오염물질을 경감시키고 건강하고 쾌적한 환경을 유지하기 위하여 우선적으로 오염물질의 발생원(contaminant source)을 차단하는 방법이 가장 효과적인 대책으로 알려져 있다. 실내의 바닥재료, 천장재료, 벽지, 페인트 등의 마감재와 접착제 등에서 방출되는 유해화학물질을 저감하기 위하여 건축재료의 친환경 성능이 건축자재의 설계와 시공 과정에서 중요한 인자로 부각되고 있다. 실내의 화학물질 오염은 건축자재만이 아니라 불박

이장, 부엌가구, 창호류, 출입문 등의 제품에서 방출되는 다량의 화학물질에 의한 것도 높은 비중을 차지하고 있다. 건축자재에 대하여서는 HB마크(한국공기청정협회 단체표준에 의한 인증제도)와 같은 화학물질(VOCs 와 포름알데히드)의 방출성능에 따른 친환경 인증제도가 실시되고 있으나 가구와 같은 제품에 대하여서는 아직까지 화학물질 방출 특성을 측정, 평가하는 방법이 정립되어 있지 않은 실정이다.

최근 국립환경과학원의 자료에 의하면 신축 공동주택에서 입주 전의 유해화학물질의 농도 보다 입주 후 1개월 이상 경과된 공동주택에서 더 높은 농도의 유해화학물질이 나타나는 것으로 발표되었으며 이는 거주자가 입주 후에 가구, 가전제품 등 생활용품에서 방출되는 유해화학물질 때문인 것으로 추론하고 있다. 이러한 현실은 불박이장, 부엌가구, 거실장 등의 각종 가구류와 TV, 청소기 등 가전제품, 기타 생활용품에서도 다량의 유해화학물질이 방출되어 인체의 건강에 영향을 줄 수 있음을 보여주고 있다. 따라서 실내의 유해화학물질의 저감을 위해서는 건축자재만이 아니라 가구나 창호, 출입문 등의 제품군과 각종 생활용품에 대하여 오염물질의 방출 특성을 파악하고 이에 대한 적극적인 관리대책과 함께 측정, 평가방법의 정립이 요구되고 있다.

본 고에서는 실내에 사용되는 건축자재나 가구류, 가전제품 등의 생활용품에서 방출하는 오염물질의 특성을 측정 분석할 수 있는 챔버법에 의한 화학물



[그림 2] 실내오염 발생원에 따른 영향 인자

질 방출시험법에 대하여 고찰하고자 한다. 건축자재에 대해서는 소형챔버법과 FLEC법(Emission Cell 방법)등이 국제표준규격(ISO Standard)으로 제정되어 활용되고 있으며, 가구, 창호, 출입문 등의 제품군과 생활용품에서 방출되는 유해화학물질의 특성을 평가할 수 있는 대형챔버법에 대하여서도 국가규격과 단체의 규격으로 새롭게 정립되고 있다. 이러한 챔버 시험방법을 활용하여 실내공기질 개선을 위한 기초 자료를 마련할 수 있으며 건축자재를 비롯한 다양한 제품군에 대한 시험 및 평가방법을 정립함으로써 향후 친환경 제품의 개발을 유도하고 실내환경 개선을 위한 기초자료의 정립에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

건축자재, 가구류의 화학물질 시험방법

화학물질 시험방법의 종류

건축자재로 부터 방출되는 화학물질을 측정하는 방법은 소재분석법, 데시케이터법과 방출시험 챔버법 등으로 구분할 수 있다. 소재분석법이나 데시케이터법은 건축자재의 내부에 함유된 물질의 농도를 측정하는 방법으로 보통 자재 내부에 함유된 수용성 화학물질인 포름알데히드를 분석하기 위한 방법으로 활용되고 있다. 일반적으로 실내 마감재료의 표면에서 방출되어 실내공기중 화학물질의 농도를 추

정하기 위한 방법에는 다소 무리가 있는 측정법으로 판단되며, 또한 휘발성 유기화학물질(VOCs)을 평가하는 방법으로 활용하기에는 적합하지 않은 방법으로 알려져 있다. 실내의 마감 재료의 표면에서 방출되는 화학물질(VOCs와 포름알데히드)의 농도를 정성, 정량적으로 측정하는 방법으로 방출농도 시험을 위하여 고안된 챔버시험법(Test Chamber Method)이나 FLEC 방법(Emission Cell Method)이 널리 활용되고 있다. 그림 3은 건축자재나 각종 제품의 화학물질 특성을 분석 평가하는 방법을 나타낸 것이다.

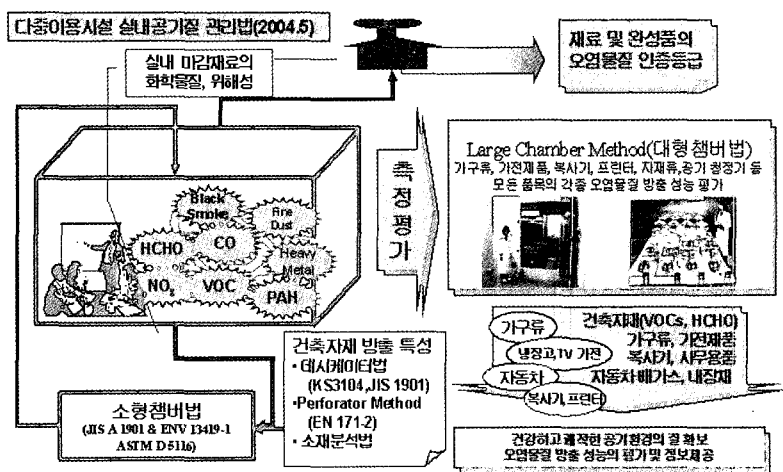
소재분석법과 데시케이터법

① 소재 분석법

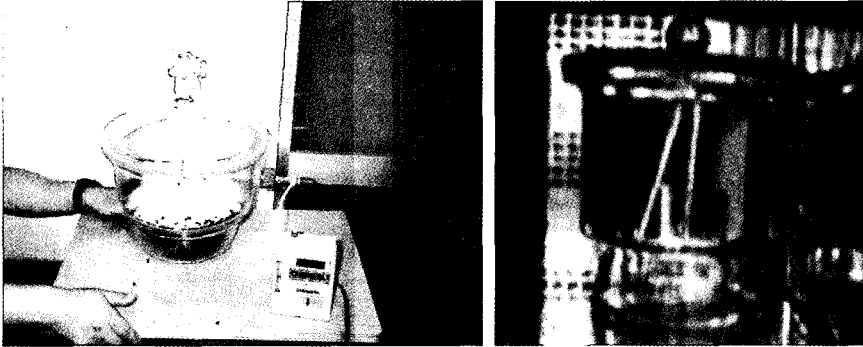
소재측정법은 건축자재 내부에 포함된 화학물질의 종류와 특성을 분석하기 위한 방법으로 자재 내부에 포함된 유해성분의 함량으로 표시하는 방법이다. 건축자재를 분쇄하여 그 성분을 측정하는 방법이다. 이 방법은 건축자재를 구성하는 화학물질을 분석하는 방법으로 사용할 수는 있지만, 실내 공기 중에 방출되는 오염물질을 파악하기에는 곤란한 방법이다.

② 데시케이터법

일반적으로 유리 용기로 제작된 데시케이터(용량 9~11 L)의 내부의 온도를 일정하게 유지하고 밀폐된 공간에 내부에 시험편(15 cm×15 cm)10매를 위치



[그림 3] 건축자재, 가구 등에 의한 방출시험 방법의 적용범위



[그림 4] 데시케이터와 목질재료의 측정모습

시킨 후 시험편에서 방출되는 포름알데히드(HCHO)의 포집제로 활용되는 물에 흡수시켜 수용액 상태로 유지하게 되며, 일정시간 (24시간) 경과 후 비색법을 이용하여 농도를 측정하는 방법이다. 목질 재료의 내부에 함유되어 방출되는 포름알데히드를 분석하기 위한 방법으로 일본의 JAS(Japanese Agricultural Standard)와 JIS에서 채택하고 있는 측정하는 방법이다. 이 방법은 건축자재의 양면과 측면으로부터 방출되는 농도를 측정하게 되므로 일반적인 실내공간에서의 방출특성과는 차이가 있다. JAS에서는 일반합판, 구조용합판, 특수합판, 복합바닥재료 등에 적용하고 있다. HCHO의 수용액 농도에 의해 재료를 F1, F2, F3로 구분하여 규격을 정하고 있다.



[그림 5] 퍼포레이터법 시험장치

③ 퍼포레이터(perforator)법

퍼포레이터법은 끓는 톨루엔에 의해 목질재료의 시편으로부터 포르말린(포름알데히드)을 추출하여 증류수속으로 용해시키는 방법이다. 증류수를 통과한 톨루엔은 다시 본래 시편이 있는 등근바닥 플라스크로 되돌아가 끓게 되고 계속 반복하여 순환한다. 이 과정이 반복되어 증류수속에 포르말린이 녹아 들어가며 이 수용액의 포르말린 함량은 아세틸 아세톤법에 의해 광도 측정법으로 측정하는 방법이다. 나선형 콘덴서(길이 400 mm, 콘 45/40, 소켓 29/32)와 원추형 아답터(소켓 45/40, 콘 71/51), 필터(100 μm ~ 160 μm, 용기 및 필터 직경 50 mm), 퍼포레이터(1,000 mL, 4 mm 스톱코크 부착, 소켓 71/51, 콘 45/40), 등근 바닥 플라스크(1,000 mL, 소

켓 45/40) bulbed 튜브(길이 약 380 mm, 직경 10 mm, 구직경 50 mm 구와 튜브의 끝까지 거리 약 200 mm, 구간의 거리 50 mm), 흡수 플라스크(250 mL) 등으로 시험장치가 구성된다.

방출시험 챔버법

국제표준규격인 ISO 16000-9, 미국의 ASTM과 유럽연합규격위원회(CEN)에서는 건축자재나 가구류 등에서 방출하는 오염물질 평가를 위한 챔버 방출시험 방법의 규격을 정하고 있다. 챔버는 유리나 스테인레스로 제작되며 대형 챔버법과 소형 챔버법으로 구분하고 있다. 소형 챔버법은 건자재의 표면에

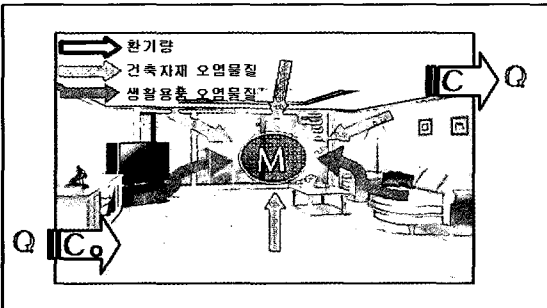
emission cell을 설치하는 방법(FLEC법 등)과 챔버 내부에 재료의 시편을 설치하는 방법(small chamber)으로 구분하고 있으며, 대형 챔버법은 가구나 가전제품의 완성된 제품을 챔버 내부에 설치하여 측정하도록 구성된 것이다.

방출시험 챔버법은 건축자재나 가구류 등의 표면에서부터 실내 공간으로 방출되는 화학물질의 농도를 평가하기 위한 방법이다. 챔버 내부의 온도와 습도를 일정한 조건으로 유지하고 일정한 환기량이 주어지는 조건에서 표면에서 방출되는 화학물질의 농도를 분석, 평가할 수 있도록 고안된 시험방법이다. 이는 측정 챔버의 내부 환경 조건을 일반적인 실내의 환경조건과 유사하게 설정하고 이때 방출되는 화학물질의 방출 특성을 평가하게 된다. 실내의 공간으로 방출되는 화학물질의 농도는 온도, 습도, 표면 부근의 기류속도 등에 의하여 영향을 받게 되는 점을 착안하여 챔버 내부의 환경 조건을 고려하여 측정 방법이 고안되었다.

(1) 챔버시험법의 주요 규격

대형 챔버의 측정을 통하여 생활용품에서 방출되는 화학물질, 분진 등 오염물질 방출 성능을 측정 평가하며, 실내에서 사용되는 가구류, 전기전자제품(가전제품), 생활용품 등에 대한 방출량 측정 및 방출되는 오염물질 종류와 방출농도를 분석한다. 대형챔버의 운영방법과 측정 및 평가방법, 방출농도, 제품의 시료 채취 방법 및 실험방법을 적정하게 확립하고, 측정방법과 측정시기, 대형챔버의 운영요령과 실험절차 등을 상세히 규정하여 측정결과와 신뢰성 확보와 측정치의 재현성이 확보되어야 한다. 실내에서 미량으로

지속적으로 방출되는 휘발성유기화합물 및 포름알데히드와 같은 오염물질을 정확하게 측정하기 위한 시험방법의 정립이 필요하며, 각종제품에 대한 오염물질 발생특성을 측정 평가할 수 있는 표준화된 시험방법이 요구하게 되었다. 거주 공간 내에 사용되는 가구류나 사무용기기 등에서 방출되는 화학물질의 농도의 측정기술 및 방법에 대한 외국의 관련 규격은 다음과 같다(표 1). 대형챔버법에 관한 규격은 1999년 미국 EPA와 RTI(Research Triangle Institute)가 공동으로 대형챔버에 대한 시험방법과 RRT를 실시하였으며, 가구에서 방출되는 VOCs 측정방법에 관한 규정을 마련하였으며, ASTM에서는 소형챔버와 대형챔버의 측정방법에 관한 규격을 표준화하였고, 침구류에서 방출하는 VOCs에 대한 평가방법의 표준규격을 제시하고 있다. 유럽에서는 1990년대 말부터 핀란드의 VTT, 덴마크 공대 등에서 대형챔버를 비치하고 가구류 등에서 방출되는 화학물질을 측정하여 왔으며, 독일의 Blue Angel 마크를 운영하여 친환경 제품의 인증제도를 운영하는 BAM규격(RAL-UZ85)이 마련되어 제품에 대한 인증업무를 시행하고 있다. 주로 1 m³ 용량의 챔버와 5 m³ 용량의 챔버를 활용하여 시험을 진행하고 있다. 또한 유럽의 전자제품 관련 규격인 ECMA에서 Standard ECMA-328를 마련하여 전기전자 제품에 대한 오염물질의 측정방법으로 활용하고 있다. 최근에는 유럽의 통합규격인 CEN규격의 제정을 위하여 ENV 13419-1를 발표하고 있다. 일본에서는 2006년 대형챔버에 대한 VOCs 방출 챔버법의 규격 JIS A 1911, JIS A 1912를 제정하였다. 또한 2006년 1월에 일본 전자제품진흥원(JEITA)에서 5 m³ 챔버를 기본으로 전자/전지제품의 환경성능을 평가하기 위한 대형챔버법을 마련하였다. 국제표준기구(ISO)에서는 ISO/TC 146/SC6에서 2005년 12월 건축자재와 가구류 등의 제품에서 방출되는 화학물질을 측정 분석할 수 있는 실험방법의 규격 ISO 16000-9을 마련하고 측정용 챔버의 기준을 정립하였다. 여기에는 건축자재를 측정할 수 있는 소형챔버와 emission cell, 대형챔버를 활용한 제품의 VOCs 방출 특성을 측정할 수 있는 규격을 제시하고 있다.



[그림 6] 실내의 화학물질 방출 개념도

(2) 챔버시험법의 특성

① 방출시험용 FLEC 법



FLEC(Field and Laboratory Emission Cell)을 이용한 VOCs와 포름알데히드의 측정은 실험실과 현장에서 측정이 가능한 방법이다. 덴마크의 공중위생원(The Danish National Institute of Occupational Health)에서 고안된 것이며 소형의 화학물질 방출농도 측정기라고도 한다. 평평한 건축자재의 상부에 설치하여 건축자재에서 방출되는 VOCs와 유해물질의 측정에 사용된다. 국제표준규격(ISO standard

16000-10, Determination of emission of Volatile Organic Compounds from building products and furnishing - emission test cell method)으로 등록되어 건축현장과 실험실에서 건축자재에서 방출되는 화학물질 농도를 측정하는 방법으로 널리 활용되고 있다. FLEC 본체 및 부속부품은 모두 스테인레스재로 구성되어있고, FLEC Cell(소형 챔버 부분)을 평평한 시편 위에 설치하고, FLEC의 청정공기 공급장치

<표 1> 챔버법 관련 주요 규격

규격		주요 규격 및 기준
국제표준	ISO 16000-9	Determination of emission of Volatile Organic Compounds from building products and furnishing - emission test chamber method
	ISO 16000-10	Determination of emission of Volatile Organic Compounds from building products and furnishing - emission test cell method
	ISO 16000-11	Determination of emission of Volatile Organic Compounds from building products and furnishing - sampling, storage of samples and preparation of test specimens
미국	EPA-2001	Large Chamber Test Protocol For Measuring Emission Of VOCs And Aldehydes (EPA Cooperative Agreement No. CR 822870-01)
	ASTM D5116	Standard guide for small-scale environmental chamber determinations of organic emissions from indoor materials / products
	ASTM D6670	Standard Practice for Full-Scale Chamber Determination of Volatile Organic Emissions from Indoor Materials/Products
	ASTM D6177-97)	Standard Practice for Determining Emission Profiles of Volatile Organic Chemicals Emitted from Bedding Sets
	ASTM D6178-97	Standard Practice for Estimation of Short-Term Inhalation Exposure to Volatile Organic Chemicals Emitted from Bedding Sets
	Green Guard, 2005	Office Furniture Test Requirement Specification For The GreenGuard Indoor Air Quality Certification Program, 2005 기본 5-6 m³ 챔버
유럽	ENV 13419-1 유럽연합(CEN)	Building products, determination of the emission of volatile organic compounds-Part1: Emission test chamber method
	RAL-UZ85 BAM(독일)-2005	The Method For The Determination Of Emission From Hardcopy Devices, 2005 (BAM) : 기본 1 m³, 5 m³ 챔버
	ECMA (2006)	Standard ECMA-328: Detection And Measurement Of Chemical Emission From Electronic Equipment, 5 m³ 챔버
일본	JIS A 1901 (2003)	建築材料の揮發性有機化合物(VOC)・ホルムアルデヒド及びカルボニル化合物放散量測定方法- 小形チャンバー法
	JIS A Draft (2005)	建築材料の揮發性有機化合物(VOC)・ホルムアルデヒド及びカルボニル化合物放散量測定方法- 大形チャンバ法 Chamber Size : 1 m³, 14 m³, 24 m³
	JEITA, 일본(2006)	VOCs Guidelines for personal computer. 5 m³ 챔버(2006.1, 전자진흥협회)
한국	한국공기청정협회 대형챔버 단체규격	대형챔버에 의한 가구류, 가전제품, 생활용품에서 방출되는 화학물질 시험 방법, 2006. (5 m³ 챔버, 20 m³ 챔버)

에서 온도, 습도가 조정된 청정공기를 외주부 폭 1 mm의 입구로부터 흡인하여 건축재료 표면을 따라 중앙부로 이동하여 상부로 배출함으로써 시편 표면에서 방출되는 VOCs와 포름알데히드를 포집하는 장치이다(그림 7).

- Emission Cell 크기 : 직경 20 cm
- 챔버용적 : 35 cm³
- 측정 표면적 : 177 cm²
- 공기교환율 : 180~190회/h(환기 회수 : 180±0.013회/h)
- 측정 재료위의 풍속 : 0.35~1.75 cm/min
- 시험조건 온도 : 23±0.6
- 시험조건 상대습도 : 45±3%

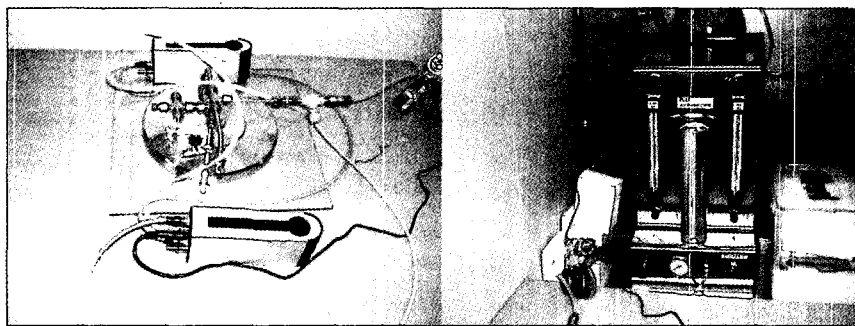
② 방출시험용 마이크로챔버법

영국의 마카스(Markers)에서 개발된 마이크로 챔버 시스템(μ -CTE)은 작은 챔버를 6개 배열하고 여기에 청정공기나 캐리어 가스를 통과시켜 소용량의 재료 시편으로부터 방출되는 화학물질을 측정할 수 있도록 고안되었다. 마이크로 챔버의 온도는 상온(23℃)

에서 120℃ 까지 가열할 수 있고 각종 소재로부터 방출되는 오염물질의 량을 신속히 측정평가할 수 있도록 고안되었다. 청정공기는 10-70 ml/min와 50-500 ml/min의 2가지 범위로 공급할 수있으며, 출구 측에 VOCs 를 채집할 수 있는 Tenax TA sorbent 튜브(ISO 16000-6 and equivalent methods(0.25-inch (6.4 mm) × 3.5-inch (89 mm))와 DNPH 카트리지를 설치하여 단시간 샘플링이 가능하도록 구성하였다. 일반적으로 내부의 온도를 상승시켜 30분 - 1시간 정도의 짧은 시간에 샘플링을 통한 화학물질의 방출 특성을 측정 분석할 수 있는 장점이 있다. 자동차의 내장재료나 TV, 프린터 토너 등 가전제품의 구성요소에서 방출되는 화학물질의 종류 및 방출 특성을 분석 평가하기 에 적합하도록 고안된 측정 시스템이다(그림 8).

③ 소형 챔버법

건축자재로부터 실내 공기 중으로 방출되는 화학 물질은 매우 다양한 인자에 의해 영향을 받는다. 건축자재 내부의 화학물질 함유량이나 실내의 온도,



[그림 7] FLEC 시스템의 모습

<표 2> 미국 ASTM과 유럽 ECA의 챔버규격

구 분		ASTM	ECA
용적	소형챔버	0.02~1.0 m ³	0.02~1.0 m ³
	대형챔버	22 m ³	12~80 m ³
	구분용량	5 m ³	1 m ³
측정조건	온도	25 ± 1℃	23 ± 0.5℃
	상대습도	50 ± 4%	45 ± 3%
	환기회수	0.5 ± 0.05회/h	1 ± 0.03회/h



오염공기의 농도, 환기량 등 다양한 영향 인자로 갖고 있다. 가스상 오염물질을 정확하게 측정하기 위해서는 측정 대상 오염물질의 정확한 샘플링과 적절

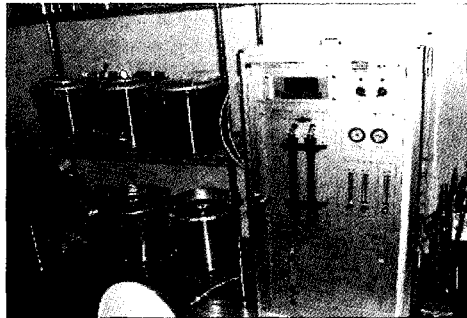
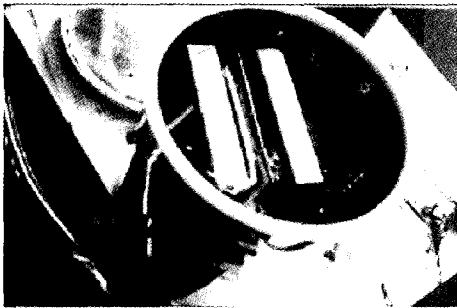
한 분석 방법의 선정이 중요하다(표 2).

휘발성 유기화합물질은 화학적으로 구성이 복잡하고 여러가지 물질의 화합물로 종류가 다양하며 성질이 변하는 특징이 있어 측정이 복잡하고 세심한 주의가 요구된다. 측정용 chamber는 용량이 1 m³ 이하인 소형과 1 m³ 이상인 대형으로 구분하는 것이 일반적이다. 소형 chamber는 일반적으로 건축자재의 측정시편을 이용하여 VOCs 방출 강도를 평가하는데 이용되며, 대형 chamber는 가구류의 평가에 이용하고 있다.

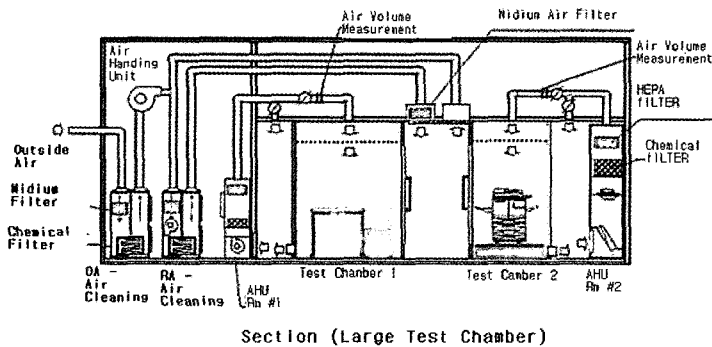
방출챔버의 형태는 표면이 잘 연마된 스테인레스 재질로 된 것으로 용적은 20±0.5 l 이다. 챔버의 내부는 공기가 확실하게 혼합할 수 있도록 설계되어 있어야 하며 전체에서 부품이 분리가능하고, 세정, 가열처리가 용이한 방출시험챔버를 사용하는 것을 원칙으로 하고 있다. 또한, 방출시험챔버의 seal 및 fan 등의 혼합장치는 저방출성 및 저흡착성의 것으



[그림 8] 마이크로 챔버 시스템의 모습



[그림 9] 원통형 소형 Chamber시스템의 모습



[그림 10] 대형챔버 시스템의 기본구성

로 배경 농도에서의 영향이 적은 것을 사용한다. 방출챔버는 무엇보다도 기밀성의 유지가 중요하다. 방출챔버에 제어되지 않는 외기의 유입과 누기를 방지하기 위하여 기밀상태를 유지하고 방출챔버의 내부는 대기압보다 다소 높은 기압으로 조작하며 시험장소에 따라 영향을 저감할 수 있어야 한다. 기밀성을 위한 조건은 초과압력 1000 Pa에 1분간의 공기가 새는 양이 방출시험챔버 용적의 0.1% 미만이어야 하고 공기가 새는 것은 급기량의 1% 미만이어야 하는 조건을 만족해야만 한다. 건축자재에서의 VOCs와 포름알데히드를 비롯한 많은 유해물질들의 방출특성은 온도와 습도의 영향을 많이 받으므로 온도와 습도의 제어장치와 온·습도를 연속적으로 측정할 수 있는 장치가 필요하다.

방출시험챔버법의 원리는 방출시험챔버내의 공기농도, 통과한 공기유량 및 시험편의 표면적을 구하여 시험대상이 된 건축재료의 단위면적당 VOCs 및 알데히드류의 방출속도를 결정하는 방법이다. 일정한 온도, 상대습도 및 환기량의 조건을 가진 방출시험챔버 내에서 공기를 완전하게 혼합시키고, 출구에서 포집된 공기에서 방출시험챔버 내부의 공기농도, Travel Blank농도 및 환기량을 파악하여, 특정 시간에 관한 단위표면적당의 VOCs 및 알데히드류의 방출속도를 계산한다.

④ 대형챔버법(그림 10)

실내공간에서 적용되는 건축자재나 가구류, 사무기기로부터 방출되는 오염물질의 특성과 실내공간에 미치는 영향에 대한 데이터베이스를 구축하고 이를 활용한 설계지침과 유지관리방법 등을 제시하는 것이 합리적인 방안이라 할 수 있다. 실내에서 사용되는 건축자재나 가구류 등 제품들에 대하여 오염물질 방출 특성을 정성, 정량적으로 측정 분석할 수 있는 평가시스템의 정립이 요구되고 있다.

챔버 시험방법은 측정결과가 실제 실내공간에서 방출되는 것과 같이 모사하여 실제 제품에서 방출되는 오염물질의 방출 특성을 시험하는 것이어서 매우 유용한 자료로 활용할 수 있다. 시험대상 제품을 챔버 내에 위치시키고 챔버 내부로 정제된 순수공기를 공급하며 배기 측에서 공기를 채취하여 분석하는 방법을 활용하고 있다. 이러한 시험방법은 실제의 실

내공간과 동일한 조건으로 공기의 흐름을 형성하고 실내공간을 모사한 실험을 통하여 현실과 상응한 실험결과를 도출할 수 있다. 즉, 챔버 시험방법은 실제 주택이나 사무소공간과 같은 조건을 형성하여 각종 제품으로부터 실제 오염물질을 방출하는 동일한 조건으로 실험하는 것이 특징이다.

대형챔버법에 의한 방출시험

대형챔버의 특성과 운영방안

① 온도/습도

챔버 내부의 온습도 조건은 실내의 온습도조건과 동일하게 유지하여야 하며, 국가나 지역에 따라 온도 조건이 차이가 있다. 유럽지역과 미국의 경우엔 온도 23 상대습도 50%를 기준으로 하고 있으며, 비교적 더운 지역이라 할 수 있는 일본에서는 온도 28 상대습도 50%를 규정하고 있다. 우리나라는 온도 25 상대습도 50%(소형챔버)를 유지하는 것으로 기준을 정하고 있다. 건축자재나 가구류 등에서 방출하는 VOCs의 방출농도는 설정 온도와 습도에 따라 차이가 나타나는 것으로 알려지고 있다.

② 환기횟수

챔버 시험에는 외부에서 제작된 청정공기를 챔버 내로 연속하여 공급하면서 측정기간동안에 일정한 환기량을 유지하고 있다. 챔버의 환기횟수는 일반적으로 0.5회/hr를 유지하도록 규정하고 있으며, 시험평가 제품에 따라 환기횟수의 규정을 별도로 정하는 것이 특징이다. 예를 들어 프린터나 복사기의 평가 실험에는 독일의 BAM규격에 따르면 5 m³ 챔버를 사용할 경우에 화니횟수 1.0회/hr를 유지하고, 1 m³ 챔버를 사용할 경우에는 환기횟수 4.0회/hr를 유지하도록 규정하고 있다. 이는 복사기나 프린터에서 방출시험을 할 때 온도가 상승하고 또한 습기가 많이 발생하여 작은 용량의 챔버에서는 상대습도가 100%가까이 상승하게 되고 이로 인하여 챔버 표면의 결로 발생의 우려와 함께 VOCs 농도나 포름알데히드 농도에 영향을 줄 수 있어 이를 방지하기 위한 규격을 정하고 있다. 챔버내부의 환기횟수는 일반적으로 내부의 기류흐름을 0.1 m/sec - 0.3 m/sec 정도를 유지하는 범위에서 시험이 이루어 질



수 있도록 규정을 정하고 있다.

③ 시험 기간

가구류의 방출농도 실험은 대상제품을 선정하여 반입한 후 포장된 상태에서 보관하여 5일이 경과되지 않은 상태에서 측정을 시작하여야 하며, 챔버를 이용한 측정 기간은 ISO와 유럽 국가들의 경우에 28일 경과 후의 방출농도로 평가하는 것으로 규정하고 있으며, 미국의 경우에 EPA에서는 측정을 시작한 후에 168시간(7일) 경과후의 농도로 평가하도록 하고 있다. 실제 가구류에 대한 환경성능 인증제도를 운영하는 Green Guard에서는 7일간의 시험기간이 길어져 챔버의 운용효율을 높이기 위하여 96시간(4일)의 측정기간을 설정하여 방출농도(emission rate)를 산정하는 것으로 자체의 규격을 만들어 운용하고 있다 (표 3).

④ 시료부하율

대형챔버에는 소형의 가전제품에서 단일가구, 대형가구나 개인용 Workstation 까지 다양한 형태의 대상제품을 평가하게 된다. 이때 일정비율의 시료부하율을 정하고 이에 따라 측정제품의 크기에 따라 적용할 수 있는 챔버의 크기를 제시한다. 시료 부하율은 여러 가지 형태로 표시할 수 있으나 일반적으로 대상제품의 용적과 챔버의 용적에 대한 비율로 나타낸 시료부하율을 정하고 이정한 부하율 범위에서 측정이 가능하도록 규정하고 있다. 독일의 BAM 규격에는 제품에 대한 챔버의 용적비율을 1/4에서 1/20의 범위를 정하고 있으며, 작은 소형제품의 경우에는 필요에 따라 수개의 제품을 동시에 설치하여 시료부하율을 적정범위 내로 맞춘 상태에서 시험을 실시하고 방출농도를 측정하여 단일제품에 대한 방출율을 산정하고 있다.

<표 3> 시험챔버 주요 규격 및 사양

	ISO	USA		Europe		Japan	한국
	ISO16000-9	ASTM D6670-01	Green Guard	BAM RAL-UZ38	ECMA 328	JIS A 1911	KACA(안) 단체규격
챔버 크기	Unspecified	22 m ³ - Room size	5-6 m ³ , 20-35 m ³	1 m ³ , 5 m ³	5 m ³	1 m ³ , 14 m ³ , 24 m ³	5 m ³ , 20 m ³
측정 시간	3 + 28일	Unspecified	4,8,12,24, 48,72,96시간	24시간, 28일	1,2,4,6,8 시간	1,3,7,14,28 일	1,3,5,7일
시료 부하율	적정	적정	적정	0.01<L<0.25	0.05<L<0.4	적정	적정
배경 농도 TVOC(μg/m ³)	20	10	20	10	50	50	20
배경농도 개별 VOC(μg/m ³)	2	2	2	2	2	2	2
회수율	>80% Tol. & C12	>80% Tol.	>80% Tol.	>80% Tol.	>80% Tol.	>80% Tol. & C12	>80% Tol. & C12
온도 조건	23°C ± 1°C	23°C ± 1°C	23°C ± 1°C	23°C ± 1°C	23°C ± 2°C	28°C ± 1°C	25°C ± 1°C
습도 RH	50% ± 5%	50% ± 5%	50% ± 5%	45% ± 5%	50% ± 5%	50% ± 5%	50% ± 5%
환기량	0.5회/h 이상	0.5-5.0회/h	0.8회/h	1회/h ± 0.05 회/h	0.5-2.0 회/h	0.5회/h	0.5회/h
기류 속도	0.1 - 0.3 m/sec	0.1 - 0.3 m/sec	0.1 - 0.3 m/sec	0.1 - 0.3 m/sec	0.1 - 0.3 m/sec	0.1 - 0.3 m/sec	0.1 - 0.3 m/sec
챔버크기 및 용도	대형챔버: 20 m ³	<ul style="list-style-type: none"> 사무기기: 1.0-5.0m³ 소형가구, 단일가구: 5.0 - 6.0 m³ 대형가구, Workstation: 20-35 m³ 		기본형: 1 m ³ 전자제품: 5 m ³	전자제품: 5 m ³	1 m ³ , 14 m ³ , 24 m ³ 규정	전자제품, 가구 5 m ³ , 대형가구: 20 m ³

⑤ 챔버의 청정도 유지

측정이 완료되면 챔버내부는 오염이 발생한 상태 이어서 이를 청정한 상태로 유지하여 다음의 시험을 준비한다. 챔버의 청정관리를 위하여 우선 가능한 범위로 온도를 상승시켜 챔버의 표면에 침착된 화학 물질을 제거하는 Bake-out을 실시하고 이후에 초정정 순수 또는 알콜을 사용하여 내표면을 세정한다. 청정도 유지를 위하여서는 배경농도(background)를 측정 평가하고 챔버의 회수율을 평가하여 규정 이내로 유지되는가를 확인하여 이후의 실험에 대비한 챔버의 준비가 이루어진다. Bake-out 시에는 챔버의 내부온도를 최대한으로 승온시키고 환기량을 최대한으로 유지하는 것이 효과적이다.

⑥ 배경농도의 유지

배경농도를 규정하는 것은 제품에서 방출되는 오염물질의 농도를 평가할 때 나타날 수 있는 노이즈를 최소화하기 위한 것으로 챔버의 오염상태를 평가하는 척도로 활용된다. 개별 VOC 물질과 포름알데히드의 배경농도 규정은 대부분 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하를 유지하는 것으로 규정하고 있으며, TVOC의 배경농도는 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도를 규정하고 있다. 일반적으로 시험평가제품에서 방출농도가 높은 경우에 대하여 Bake-out 이후에도 잔류물질의 영향으로 배경농도를 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 규정하고 있으며, 가구 등을 주로 측정하는 경우에는 배경농도 기준을 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도로 제시하고 있다.

⑦ 방출 농도

어느 일정 시간에 제품에서 어느 정도의 양의 화학 물질이 방출하는가를 나타내는 것이다. 제품의 특정한 개수 또는 크기로 일반화 할 수 있다. 직물류나 벽지, 목재 등과 같은 제품의 방출농도(emission factor)는 제품의 표면적에 의한 방출량($\mu\text{g}/\text{m}^2$)으로 표시할 수 있다. 가구와 같은 제품 들은 제품마다의 상대 질량($\mu\text{g}/\text{unit} \times \text{hr}$)으로 표시하며, 사무실에서 1인이 사용하는 가구 들의 조합상태를 평가하기 위해서는 1인당 차지하는 전체 가구세트의 방출량($\mu\text{g}/\text{workstation} \times \text{hr}$)으로 표시할 수도 있다. 가구로부터의 화학물질 방출강도(emission rate)는 방출량이 시간에 따라 어느 정도 감소하면서 변화하는가를 나

타내는 것이다. 이는 측정기간 동안에 시간에 따라 다수의 측정결과로부터 제품의 방출율을 결정하게 된다. 온도, 습도, 환기횟수와 주변의 농도, 기류속도 등의 영향을 받으며, 대부분의 가구나 인테리어 제품들은 측정기간 동안에 방출량이 일정하거나 점진적으로 감소하는 형태를 보인다. 제품의 방출률(emission rate)는 초기의 방출량과 시간에 따른 감소지수의 2가지 요소로 표시되며, 이에 의하여 방출율을 결정하게 된다.

$$EFa = \frac{(C_t - C_{tb,t}) \times Q}{LorAorM} = \frac{(C_t - C_{tb,t}) \times nV}{LorAorM} \dots \text{식}(1)$$

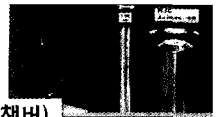
$$EFa[\text{mg}/\text{h} \cdot \text{unit}] = \frac{(C_t - C_{tb,t}) \times Q}{1 \text{ unit}} = \frac{(C_t - C_{tb,t}) \times nV}{1 \text{ unit}} \dots \text{식}(2)$$

- L: 측정대상물의 길이(m)
- A: 측정대상물의 면적(m^2)
- M: 측정대상물의 부피(m^3)
- n: 환기횟수(회/h)
- Q: 방출시험챔버의 환기량(m^3/h)
- V: 방출시험챔버의 용적(m^3)
- Ct: 시간 t에서의 방출시험 챔버내 VOCs와 알데히드류의 농도(mg/m^3)
- Ctb,t: 시간 t에서의 블랭크(비어있는 챔버) 농도(mg/m^3)

⑧ 대형 챔버의 관리 및 운영

대형챔버의 QA/QC를 위해 온열환경, 환기효율, Background 농도(배경 농도), 완제품 오염물 방출 시험, 열탈착(Bake-Out)성능 및 기밀성등을 측정하여 챔버의 관리규정이나 운영규정을 만족하는가를 평가하여야 한다. 환경인자의 측정에는 오염물질 발생과 상관이 높은 온도와 습도를 측정하고 환기효율은 추적가스법을 실험방법으로 하여 환기량, 환기횟수, 공기 연령을 산출함으로써 환기효율을 결정하였다. Background 농도는 챔버의 열탈착(Bake-Out)의 청정성능 유지가 가능한가를 판단하고 실험의 정확성과 재현성을 확보하여야 한다.

대형챔버의 기본사양



실내에서 사용되는 가구나 사무기기, 생활용품 등 각종 제품에서 방출되는 VOCs 및 포름알데히드 등의 화학물질의 방출량을 평가하기 위해서는 실내 공간에서 실제의 사용상태와 동일한 환경조건으로 온도, 습도, 환기량 등의 시험조건을 일정하게 유지하는 것이 중요하다. 대형챔버의 구성과 시험 방법은 화학물질 방출량의 정성적, 정량적으로 평가하고 실험결과에 대한 정밀도와 재현성을 확립할 수 있도록 시험장치의 환경제어 기능을 구비하여야 한다. 여기서는 가구나 전기전자제품 등에 의한 화학물질 방출 특성을 측정할 수 있도록 1 m³ 크기의 시험챔버와 5 m³ 크기의 시험챔버를 구축하였다.

챔버의 구성은 측정시료의 방출농도를 측정하는 챔버 본체부분과 온도, 습도, 환기량 등 환경조건을 조절하는 항온항습장치, 덕트, 송풍기, 압축기 등의 설비 부분과 청정공기를 공급하는 여과장치와 환경제어 장치, 시험조건에 적합하도록 제어하는 제어장치 등으로 구성되었다. 급기시스템은 정상 운전상태에서 청정공기를 공급하는 회로와 사용한 챔버를 세정하기 위한 Bake-out 루프로 구분하여 제작하였다. 또한 챔버 내부의 공기를 채취하기 위하여 다수의 샘플링 포트가 설계되었다. 또한 제어부분에서는 운전상태가 표시하는 터치식 조작부분과 상태표시의 제어용 패널을 설치하였다.

대형챔버의 내부 표면에는 스테인리스 금속판으로 마감하고 챔버 내에서 오염물질 방출이 적으며 흡착성이 낮은 재료를 선택하여 배경(background)농도를 최소화 하였으며, 챔버의 세정을 위하여 bake-out 온도를 120℃ 까지 가열할 수 있도록 고안하고 청소 및 세정작업이 용이한 구조로 제작하였다. 또한 대형챔버 내부공기 공급은 환기회수를 0.5회/h - 5회/h 범위에서 임의로 조정이 가능하도록 시스템을

을 구성하였으며, 챔버 내부의 공기가 완전혼합 상태를 유지하도록 공급공기와 배기구를 설계하였다. 그림 11은 1 m³ 챔버와 5 m³ 챔버를 나타낸다.

대형챔버의 성능평가

가구에서 방출되는 VOCs와 포름알데히드 등의 화학물질을 정량적으로 평가하기 위한 대형챔버 실험 시스템은 측정기간 동안에 일정한 환경조건을 유지하여야 한다 또한 측정이 끝난 후에는 다음의 실험 준비를 위하여 대형챔버 내부에 침착되어 있는 화학물질을 제거하는 세정작업을 실시하고 배경농도를 확인할 필요가 있다. 따라서 대형챔버의 온도, 습도, 환기량, 배경농도 등의 시험조건을 측정분석하고 가구로부터 방출되는 화학물질을 측정하기에 적합한 상태를 유지하고 있는가를 검증하는 것이 필요하다. 대형챔버의 시험방법에 의하여 가구의 화학물질 방출 특성을 정성, 정량적으로 평가하고 실험결과에 대한 정밀도와 재현성을 확립하도록 시험장치의 환경제어 기능을 확인하는 것이 요구된다. 본 실험에서는 대형챔버에 대하여 기본적인 환경조건을 측정하여 요구되는 환경제어성능을 유지하는지를 확인하였다. 표 6은 대형챔버의 환경제어 성능을 확인하기 위한 측정항목을 나타낸다.

시험방법 및 절차

생활용품에서 방출되는 화학물질 측정 과정을 아래의 그림 12에 도식화하였다. 생활용품에서 방출되는 미량의 화학물질의 농도를 측정하기 때문에 측정대상 제품에서 발생하는 화학물질 이외에 의한 영향을 배제하는 것이 매우 중요하다. 따라서 챔버의 세척과 Bake-out과정에 의하여 챔버 내부의 배경농도(Background 농도)를 경감시켜 최적의 상태

<표 4> GREENGUARD Office Furniture 기준(96hr : 4day Test)

	Office Furniture	Workstation Full System
Individual VOCs	<0.1 TLV*	<0.1 TLV*
Formaldehyde	0.025 ppm	0.05 ppm
4-phenylcyclohexene	0.00325 mg/m ³	0.0065 mg/m ³
Total VOCs	0.25 mg/m ³	0.5 mg/m ³
Total aldehydes	0.05 ppm	0.1 ppm

를 유지하고 챔버의 회수율의 평가하여야 한다. 여기서 회수율이란 챔버를 이용한 방출시험을 시행한 후에 챔버 내부의 표면 흡착 등에 의하여 잔류된 화학물질이나 분진과 같은 이물질을 내부의 세척과 Bake-out 과정에 의하여 열탈착 및 세정을 통하여 시험 이전인 최초의 청정한 상태로 회복되는 정도를 나타낸다.

① 측정 준비 및 대상가구의 준비

방출시험 챔버와 측정대상 제품을 준비한다. 방출시험 챔버는 측정 시의 조건(온도, 습도, 유량, 기밀도)을 만족시키고 있는지 점검하며, 측정 대상 제품은 포장 상태 그대로 두고 가능하면 향온향습의 공간에서 보장상태로 보관하도록 한다.

② 챔버의 세척

챔버 내부에 흡착된 이물질과 오염물을 제거하기 위하여 소독용 에탄올을 이용하여 내부를 1차 세척

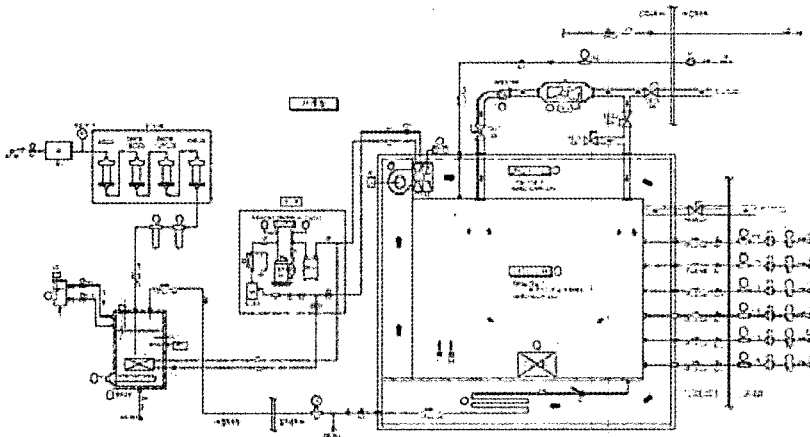
한 뒤 초순수를 사용하여 2차 세척한다. 세척 시 잔여 물질이나 제2의 물질이 남지 않도록 하며 세척은 보통 클린룸용 와이퍼를 사용한다.

③ Bake-Out

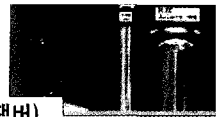
챔버 내부를 120℃로 6시간 이상 가열하고 챔버 내 표면에 흡착되어 있는 오염물질을 열탈착하여 제거한다. 공기의 순환은 청정공기를 공급하면서 전공기 재순환 방식으로 온도를 상승시키고 목표 온도에 도달 후 배기라인을 개방하고 챔버 내부를 양압으로 유지하여 오염물질을 밖으로 배출한다.

④ Background 농도 및 회수율 점검

측정 가능 여부를 판단하기 위하여 바탕값이 확인된 Tenax TA와 DNPH 카트리지를 이용하여 챔버 내부의 공기를 채취한다. Tenax tube와 DNPH 카트리지는 GC/MS와 HPLC로 분석하며 각각 TVOC 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 개별 VOC 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, HCHO 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하



[그림 11] 대형챔버(1 m³ 챔버와 5 m³ 챔버)의 계통도와 챔버의 모습



로 검출되는가를 확인한다. 측정 대상제품을 챔버 내부에 정치하기 전에 챔버의 배경(Background 농도)가 목표치 이하로 검출되는가를 확인한 후 시험을 진행한다. 그 이상의 농도가 검출되었을 시는 청정급기 System의 오염여부와 필터의 교체시기 등을 점검하고 챔버의 세척과 Bake-Out의 과정을 반복 시행한다.

⑤ 측정대상 제품 설치

Background 농도가 시험을 진행하기에 적합하다고 판단될 때 측정대상 가구제품을 챔버에 정치시킨다. 측정용 가구는 포장된 상태로 반입하여 항온항습실에서 온도 25℃, 상대습도 50% 상태로 보관하며 측정 시작 바로 전에 포장을 개봉한다. 측정대상 제품은 챔버 내에 한가운데에 위치시키고 서랍이나 문은 모두 개방한 상태를 유지하며 방출시험을 진행한다.

대형챔버의 시스템 구축 기본 성능

기본적으로 대형챔버는 가구 건축자재, 사무기기 등에서 방출되는 화학물질을 측정하기 위한 측정 장치이다. 가구류, 건축자재, 사무기기 등을 측정실의 중앙에 배치하고, 여기에서 방출되는 화학물질의 측정을 고도의 정밀도를 요구하는 환경에서 수행하여 정확한 방출량을 정성, 정량적으로 분석한다. 대형챔버를 활용하여 실제 건물의 내장재료로 사용된 것과 동일한 사양으로 Mock-Up을 구성하고 여기에서 방출되는 화학물질의 농도를 측정하여 건물 전체의 공기 중에 방출된 화학물질의 농도를 사전에 확인할 수 있게 된다. 화학물질 제어실험실로서 우선 클린룸과 동일한 수준의 청정공간을 요구하며, 화학물질에 대하여서는 오염을 효과적으로 제거할 수 있는 기술이 필요하며, 각각의 요구조건에 적합한 고성능 실험장

<표 5> 대형챔버의 사양

용 적		챔버크기 1m ³	챔버크기 5m ³
온도조절 범위	측정 시	20~120℃ ± 1℃	20~70℃ ± 1℃
	Bake-out	~120℃	~120℃
습도조절 범위		40~80%RH ± 5%	40~80%RH ± 5%
유량조절범위		8.3~66.6 l /min (환기회수 0.5~4회/h)	41.63~417 l /min (환기회수 0.5~5회/h)
기류속도		0.1 - 0.3 m/sec	0.1 - 0.3 m/sec
설 치 장 소		경원대학교 친환경시스템연구센터	

<표 6> 대형챔버의 환경요소 측정항목 및 기기

구분	측정항목	측정기기(제조회사)	측정위치
온열 요소	온도	• TR-72s, 온습도 측정기 • Data Logger: Agilenet	챔버내 위치별 9개 측정점 온습도기록계, C-C 열전대
	상대습도	34970 A, Acquisition System	
오염 물질	VOCs	Tenex tube, 펌프 mp-Σ30 (SHIBATA)	챔버내 위치별 5개 측정점 배기구 상단
	HCHO	DNPH 카트리지	챔버내 위치별 5개 측정점 배기구 상단
환기량	SF6 가스	• Multi-gas Monitor 1312 • 12 point Sampler 1309 (INNOVA)	챔버내 위치별 9개 측정점 테프론 튜브로 샘플링
청정공기 필터장치	VOCs, HCHO	Tenex tube, DNPH mp-Σ30(SIBATA)	필터유니트의 상단, 하단

치와 대형챔버의 측정시스템이 확보되어야 한다.

온도, 습도

가구류에서 방출되는 화학물질(VOCs, 포름알데히드)은 주위의 온도와 습도에 의하여 영향을 받게 되어 챔버 내부의 온도와 습도는 일정한 값으로 유지하는 것이 중요하다. 챔버의 온도 및 습도 제어 성능은 국제표준이나 유럽, 미국(ISO 16000-6, ASTM D 6670, EPA 규격 등)의 경우에는 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ 와 상대습도 $50\pm 5\%$ RH 를 유지하도록 규정하고 있으며, 일본(JIS A 1911)의 경우에 실내의 온도가 높다고 판단하여 $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ 와 상대습도 $50\pm 5\%$ 로 정하고 있다. 우리나라의 경우에 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 와 상대습도 $50\pm 5\%$ RH(대형챔버 시험방법 초안; 한국공기청정협회)를 유지하도록 규정하고 있다.

환기량과 환기효율

그림 13은 챔버의 환기성능을 평가하기 위한 추적가스의 농도 변화를 나타낸다. 챔버의 상시 운전 조건에서 실험을 실시하였다. 설정조건에 따른 환기 횟수는 챔버 내부의 위치에 따라 다르지만 설정치와 비교하여 모두 5% 이내를 만족하고 있다. 본 실험의

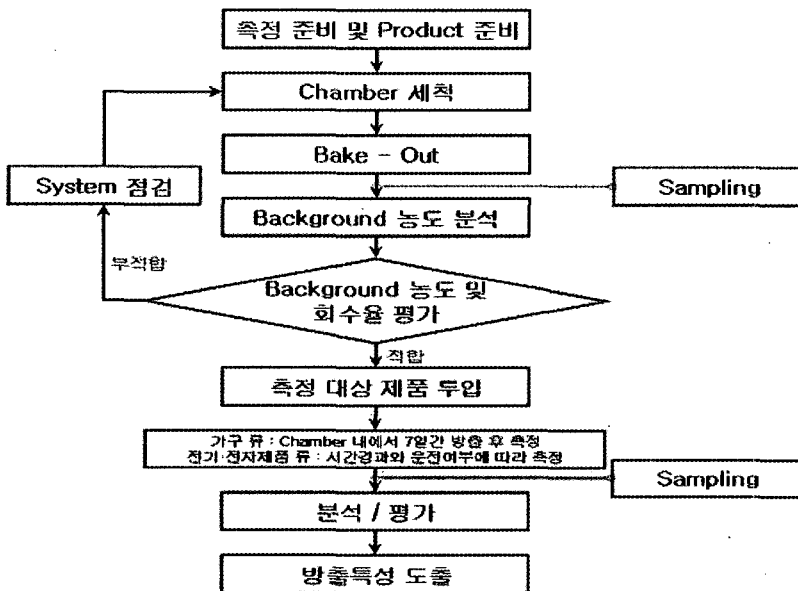
결과는 본 챔버를 통해서 생활용품들이 쓰이는 다양한 공간의 조건들을 재현해 낼 수 있음을 말해준다.

Bake-out과 세정후 배경농도

시료의 오염물질 방출량 측정을 한 후에 챔버에서 제품을 제거하고 챔버를 120°C 로 6시간 동안 열탈착하였다. 오염물질 방출량 시험을 하기 전 background 농도는 $9.96\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도였으며 방출량 시험 이후 열탈착에 의해 챔버 내 오염물질을 제거한 뒤의 농도는 $10.06\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도로 bake out에 의해 초기 농도로 94%의 회복율을 보였다.

결론

실내 공기질의 중요성이 인식되면서 실내 공기에 대한 각종 오염원의 종류와 특성, 오염원의 제어방안과 환경오염 방지대책에 관한 관심이 증가하고 있다. 실내환경의 개선방안으로 지금까지는 건축자재에 대한 저오염 방출 성능에만 관심이 집중되었으나 주방가구나 생활가구, TV, 컴퓨터 등 우리의 생활 주변의 다양한 제품들에서도 매우 높은 유해성분의 화학물질이 방출되는 것으로 확인되었으며 이러한



[그림 12] 방출시험 순서 및 흐름도



제품군에서 방출되는 오염물질은 건축자재의 경우보다도 더욱 심각하게 인체의 건강에 영향을 미칠 것으로 우려되고 있다. 실내환경의 오염문제는 그동안 관심이 높았던 건축자재나 접착제, 페인트 등만이 아니라 가구류, 가전제품 등에 의해서도 기인되는 것으로 판단된다. 이러한 제품의 오염물질 방출 특성을 측정 분석할 수 있는 시험챔버와 평가시스템을 구축하여 각종 제품의 친환경 인증제도의 도입이 적극적으로 추진되어야 하며, 각종 제품의 오염물질의 방출 특성을 평가하고 이에 대한 데이터베이스의 구축이 필요하며, 축적된 DB를 활용하여 유해화학물질을 저방출 제품을 선정할 수 있는 관리방안의 확립이 시급한 것으로 판단된다.

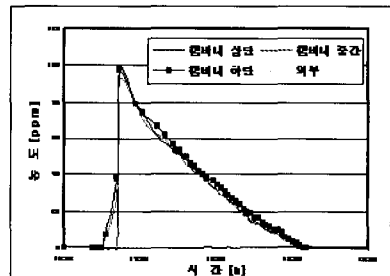
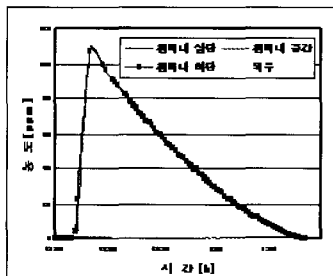
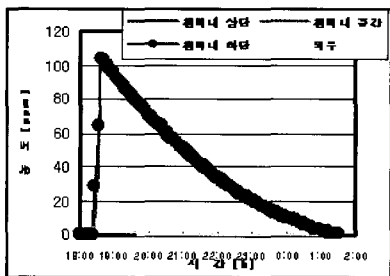
건축자재나 가구류 등에서 방출되는 화학물질의 농도를 측정하기 위한 시험챔버법은 거주공간에서 사용되는 건축 자재나 각종 제품군의 화학물질 방출량을 평가하기 위한 것으로 기본적으로 실내공간의 사양과 동일한 조건의 실험용 챔버 장치를 구성하고 건축자재와 가구제품에서 방출되는 화학물질의 농도를 평가할 수 있는 시험 장비이다. 시험챔버의 내

부 배경농도를 정해진 수준 이하로 유지하며, 온도, 습도, 환기량(기류속도)을 일정하게 조절할 상태에서 장시간 연속적으로 실험을 진행하는 초청정 공간이고, 화학물질 제어용 실험시설을 구축하여야 한다. 따라서 챔버 내부의 환경적 특성은 초청정 클린룸의 요구수준을 확보하고 화학물질을 효과적으로 제어할 수 있는 기술이 필요하며, 각각의 요구조건에 적합한 고성능 실험이 가능한 시험챔버의 설계, 제작기술이 확보되어야 한다.

참고문헌

- 1, ISO 16000-9/FDIS, ISO TC 146/SC6, Determination of VOC emission: emission test chamber/test cell method, procedure for sampling, storage of samples and preparation of test specimens (2005.)
2. EPA-TRI, Large Chamber Test Protocol For Measuring Emission Of VOCs And Aldehydes (EPA Cooperative Agreement No. CR 822870-

환기량	챔버 내 위치	환기횟수(회/h)	효율 (%)	평균공기연령(분)
조건1 환기회수 0.5회/h 41.67 [ℓ/min]	상단	0.48	94.0	127.6
	중앙	0.49	99.0	122.4
	하단	0.46	92.0	130.0
조건2 환기회수 1.0회/h 83.33 [ℓ/min]	상단	0.98	98.0	61.2
	중앙	0.99	99.0	60.6
	하단	0.97	97.1	61.8
조건3 환기회수 2.0회/h 166.7 [ℓ/min]	상단	1.93	96.5	31.1
	중앙	1.95	97.7	30.7
	하단	1.89	94.5	31.7



[그림 13] 추적가스 농도변화

- 01, 2001)
3. ASTM D6670, Standard Practice for Full-Scale Chamber Determination of Volatile Organic Emissions from Indoor Materials/Products
 4. ASTM D6177-97, Standard Practice for Determining Emission Profiles of Volatile Organic Chemicals Emitted from Bedding Sets (2003)
 5. RAL-UZ85, The Method For The Determination Of Emission From Hardcopy Devices, 2005 (BAM-2005)
 6. ECMA, Standard ECMA-328: Detection And Measurement Of Chemical Emission. From Electronic Equipment (2001)
 7. American Chemical Society, Chemical Found In Computer Can Cause Allergy, Sickness, 2000-09
 8. Pawel Wargocki, New studies on emissions from electronic equipment, DTU Denmark, 2006.
 9. 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, (7) 225-240.
 10. Bruce A. Tichenor, Mark A. Mason, 1988, Organic Emissions from Consumer Products and Building Materials to the indoor Environment, JAPCA, Vol. 38, No, 3, pp. 264~268.
 11. 윤동원 외, 실내오염물질 규명을 위한 중/대형 챔버 개발 연구, 환경기술진흥원, 차세대환경 기술사업 보고서, 2004, 2005.
 12. 윤동원, 생활용품에서 방출되는 유해화학물질 특성, 국회환경포럼공청회, 2005
 13. 윤동원, 주거용건물의 화학물질에 관한 고찰, 주택 제 66호, 대한주택공사, 2000. 10. ㉓