

친환경 건축자재 평가기술 동향

이준규 | 한국건설생활환경시험연구원
안전환경팀 선임연구원
E-mail : sd30a@kcl.re.kr

1. 머리말

2000년대 이후 실내공기환경의 중요성과 더불어 건축자재에서 발생하는 오염물질이 실내공기오염의 주요한 원인으로 밝혀짐에 따라 세계 각국에서는 오염물질 배출을 최소화하는 제품에 대한 개발이 활발하게 진행되었고 이에 대한 관리도 강화되었다. 특히 "저탄소 녹색성장(Low Carbon Green Growth)"과 관련하여, 건축분야에서는 건축물의 에너지 소비 저감과 환경성을 동시에 만족하기 위한 친환경 건축자재 및 기능성(흡착, 조습, 항균 등) 건축자재의 사용이 증가하고 있어 이와 관련된 시장도 급격히 성장할 것으로 예측하고 있다. 미국의 경우 최근 건설경기가 위축되에도 불구하고 그린건축자재(인테리어 자재) 시장은 2009년 20억 달러 수준에서 2014년 58억 달러로 증가할 것으로 예측되고 있으며, 연평균 성장률(CAGR) 24% 수준이라고 예상했다.¹⁾

친환경 건축자재의 개발과 더불어 이에 대한 평가방법도 다양하게 발전해 왔다. 목질제품의 폼알데하이드를 평가하는 데시케이터법에서 실생활 조건을 반영한 소형챔버법, 더 나아가 오염물질 흡착

성능에 대한 평가방법까지 2000년 이후 다양한 평가방법들이 제정되어 왔으며, 적용 대상제품 및 측정하고자 하는 오염물질의 종류에 따라 그 방법을 달리 적용하고 있다.

이러한 평가방법들은 건축자재 규제 및 인증제도의 기반이 되어 소비자로 하여금 제품 선택의 방향을 제시하고 있다. 특히 유럽이나 미국에서는 제품 자체에 대한 평가기준 뿐만 아니라 측정결과를 룸의 크기, 환기회수, 건축자재의 사용 면적이 규정된 표준모델룸(Standard model room)에 적용하여 실제 실내공기 중의 기여 농도로 환산한 기준을 적용하고 있다.

친환경 건축자재에 대한 정의는 물질투입 절감, 에너지 소비 감소, 폐기물 재활용 및 발생의 최소화, 사용중 오염물질 배출 감소 등 다양하게 적용될 수 있지만 본 고에서는 실내에 사용되는 건축자재 중 오염물질(휘발성유기화합물 및 폼알데하이드 등) 배출이 적은 제품 또는 오염물질을 흡착하는 긍정적인 기능을 갖는 건축자재에 대해 국내·외 표준(KS, ISO 등)을 바탕으로 동향 및 평가방법에 대하여 설명하고자 한다.

1) BBC Reserach의 『The U.S. Market for Green Building Materials』 보고서

2. 친환경 건축자재 평가방법

건축자재에서 방출되는 대표적인 오염물질인 폼알데하이드 및 휘발성유기화합물은 장기간 노출시 인체에 치명적이 영향을 줄 수 있는 물질로 알려져 있어 이러한 오염물질을 대상으로 평가방법이 개발되어 왔다. 과거에는 목질제품에서 방출되는 폼알데하이드에 대한 평가방법인 데시케이터법에 국한되어 있었으나 2000년 이후 측정대상 오염물질이 VOC(휘발성유기화합물) 및 SVOC(반휘발성유기화합물)로 확대됨에 따라 소형챔버법, 대형챔버법 및 마이크로챔버법 등의 평가방법 개발이 활발하게 진행되고 있다.

국제표준화기구인 ISO에서는 공기질(Air quality)에 대한 기술위원회(TC 146)가 구성되어 있고 이중 실내공기질 분야는 SC 6에서 담당하고 있으며, 건축자재 방출시험, 흡착시험, VOC 및 Formaldehyde 분석방법 등 21종에 대한 표준을 제정하였다. 또한 목질제품과 관련해서는 TC 89 (Wood- base panel)

에서 데시케이터법 및 챔버법에 대한 표준이 제정되었다. 이렇게 ISO에서 제정된 표준들은 각국에서 부합화의 형태로 받아들이거나 일부 내용을 국내 현실에 맞게 변형하여 표준으로 제정하고 있다.

따라서 대부분의 경우 관련 평가방법들은 일부 시험조건 제외하고 거의 동일한 방법이라 볼 수 있다. 주요 측정대상물질 또한 TVOC, HCHO, VOCs 등으로 동일하다. TVOC(총휘발성유기화합물)는 n-헥산과 n-헥사데칸 사이에서 용리되어 정성된 휘발성유기화합물과 정성되지 않은 휘발성유기화합물의 합으로 정의되어 있으며, ISO/DIS 16000-25 및 JIS A 1904에서는 SVOC(반휘발성유기화합물)를 C13~C26 사이의 물질로 규정하고 있다.

건축자재의 평가방법은 크게 데시케이터법과 챔버법으로 구분할 수 있다. 데시케이터법은 밀폐된 공간(데시케이터, 11 L)에서 24시간 동안 증류수에 포집된 폼알데하이드를 측정하며, 챔버법은 환기가 이루어지고 있는 챔버에서 일정 기간 지난 후 공기를 포집하여 TVOC 및 폼알데하이드를 측정하는

표 1. 친환경 건축자재 평가방법 비교

시험구분	대상제품	시험방법	시험항목	시험조건			시험기간 (일)
				온도 (℃)	상대습도 (%)	환기횟수 (회/h)	
데시케이터법	목질재료	KS M 1998 ISO 12460-4 JIS A 1460	HCHO	20	-	-	24시간
소형챔버법	건축재료	KS M 1998 실내공기질공정 시험기준 ISO 16000-9 JIS A 1901 ASTM D 6007/6803	TVOC HCHO	23~28	45~50	0.5~1	7 ¹⁾
대형챔버법	건축재료/ 가구 전자제품	KS I 2007 JIS A 1911/1912 ASTM D 6670 ISO/IEC 28360	TVOC HCHO Ozone Dust	23~28 23	50	0.5~1 1~5	7 ¹⁾ -
흡착시험법	건축재료	ISO 16000-23/24 JIS A 1905-1/1906	VOCs HCHO	25	50	0.5	7 ¹⁾
마이크로 챔버법	건축재료	ISO/DIS 16000-25 JIS A 1904	SVOC	28 200<	50 -	-	24시간

1) 시험방법 및 인증기준에 따라 1일, 3일, 5일, 7일, 14, 28일 등 시험기간을 다르게 적용

특징 : 협의 인증사업 연방 및 전망

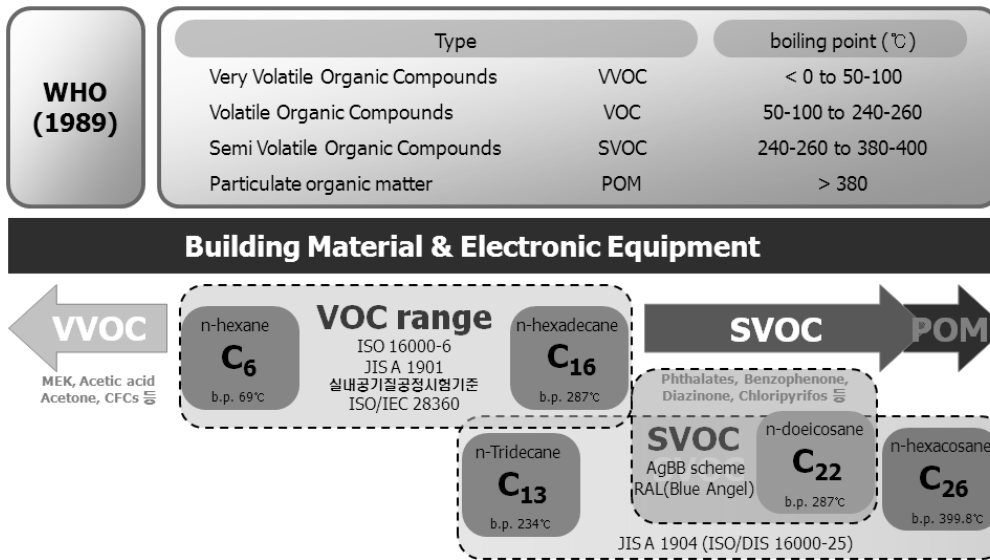


그림 1. VOC의 구분 및 범위

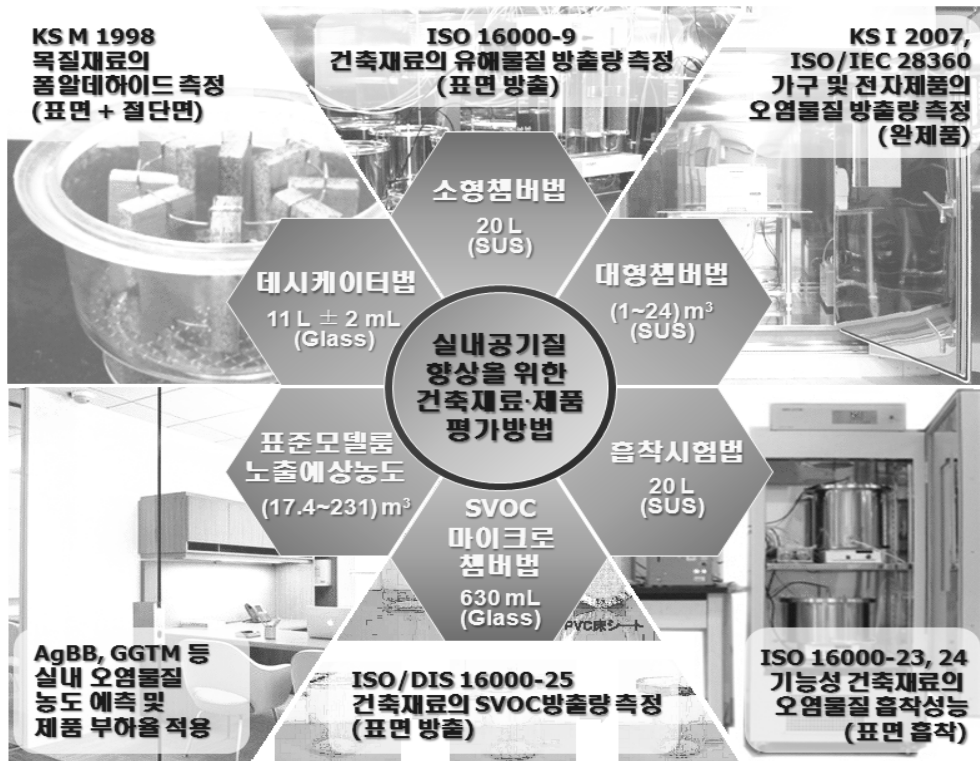


그림 2. 친환경 건축자재 평가방법

방법이다. 따라서 데시케이터법은 시간이 지나면서 농도가 더 높아지는 반면에 챔버법은 시간의 변화에 따라 농도가 낮아지는 경향을 보이게 된다.

챔버법의 경우 대상제품, 대상물질, 용도에 따라 소형챔버법, 대형챔버법, 흡착시험법, 마이크로챔버법으로 구분되지만 평가방법에 적용되는 기본적인 원리는 동일한 방법으로 볼 수 있다. 단 SVOC를 측정하는 마이크로챔버법의 경우 SVOC의 특성상 고온(200 ℃)에서 측정하는 방법을 포함하고 있다.

측정대상물질을 분석하는 방법은 포집방법 및 대상물질에 따라 다르게 적용되는데 흡광광도법(데시케이터법, 폼알데하이드), TD-GC/MS 분석방법(챔버법, VOCs), HPLC 분석방법(챔버법, 폼알데하이드)이 사용된다.

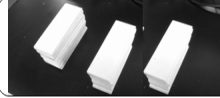



	시료 준비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 표면적 1800 cm²에 준한 시편 매수 결정 - KS M 1998 : 2 Set - 제품 규격 : 3 Set
	전처리 과정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시편의 무게변화율이 0.1 % 이하에 도달할 때까지 양생 - 온도 : (20 ± 2) ℃ - 상대습도 : (65 ± 5) % R.H.
	방산 시험	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시편을 흡수액(중류수 300 mL)이 들어있는 데시케이터에 설치 ○ 형은 방산시험 - 온도 : (20 ± 1) ℃ - 시간 : 24 시간 ± 10 분
	분석 과정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 흡수액을 아세틸아세톤법으로 발색 ○ 412 nm 파장에서 분광광도계로 측정 ○ 결과표시 - KS M 1998 : 평균값 제품 규격 : 평균값, 최대값

그림 3. 데시케이터법 시험과정

2.1 데시케이터법(Desiccator method)

목재를 원료로 하여 가공한 목질제품(합판, MDF, PB 등)은 제조과정에서 사용되는 접착제(주로 아미노계 수지 접착제)로 인해 폼알데하이드 문제가 제기되고 있으며, 이와 관련된 규제는 점점 강화되고 있는 추세이다. 주로 건축자재 및 가구의 원재료로 사용되는 목질제품은 실제 사용시 표면 뿐만 아니라 절단면에서도 오염물질이 방출될 수 있기 때문에 표면과 절단면을 노출시켜 측정하는 데시케이터법으로 평가하여 그 등급을 결정한다.

데시케이터법은 일정한 크기의 시험편은 데시케이터에 설치한 후 24시간 동안 제품에서 방산되는 폼알데하이드를 증류수에 포집하여 분석하는 방법

표 2. KS 제품의 폼알데하이드 방산량 기준 (데시케이터법)

종류	제품규격	등 급	포름알데하이드 방산/ 방출량(mg/L)	
			평 균	최 대
목질 제품	KS F 3101, 3104, 3200, 3126, 3111	SE0	0.3	0.4
		E0	0.5	0.7
		E1	1.5	2.1
벽지	KS M 7305	-	2	

으로 휘발성유기화합물은 측정대상물질에서 제외된다. 관련 표준으로는 KS M 1998(2009), ISO 12460-4 (2008), JIS A 1460(2001) 등이 있다.

2.2 소형챔버법(Small chamber method)

벽지, 바닥재, 천정대 등 실내에 사용되는 건축자재는 최종 마감재로서 건축물 내부 표면적의 대부분을 차지하며 실내공간에 그대로 노출되어 있다. 따라서 건축자재의 표면에서 방출되는 오염물질들은 재실자에게 직접적인 영향을 줄 수밖에 없다. 소형 챔버법은 이러한 실생활조건을 가장 잘 반영할 수 있는 방법으로 알려져 있으며, 이를 활용한 기준들이 각종 규제 및 인증제도에 활용되고 있다. 국내에서도 실내공기질관리법, KS 제품, 환경마크 및 HB 마크 등에 소형챔버를 이용한 건축자재 오염물질 방출기준을 적용하고 있고 대상 제품에 대한 범위와 기준이 강화되고 있다.

이와 같이 소형챔버법은 건축물의 내장재로 사용되는 판, 판넬 및 보드 등 판상형태의 제품과 벽지, 카펫, 바닥재 등 롤(Roll)형태의 제품 및 내장 마감을 위한 페인트, 내장재의 시공에 사용되는 액상 및 고체상 형태의 접착제와 같은 건축자재에서 방출되

표 3. 건축자재 오염물질 방출 기준(소형챔버법, 7일 기준)

단위 : mg/(m²·h)

관 련 부 처	대 상 제 품	대 상 물 질		
		TVOC	Toluene	HCHO
환 경 부 (실내공기질관리법)	접착제	2.0	0.080	0.5
	페인트	2.5		
	실란트	1.5 ¹⁾		
	퍼 티	20.0		
	일반자재	4.0		
지식경제부 (KS 제품)	접착제 (벽용/천장용/벽지용/비닐계 바닥재용/플라스틱 폼 보드용)	2.0	0.080	0.5
국토해양부 (주택성능등급)	최종마감재, 접착제, 기타 내장재	0.10	-	0.015

1) 실란트 기준에 대한 단위 : mg/(m·h)

는 VOC와 폼알데하이드의 측정에 적용한다.

소형챔버법은 스테인레스강 또는 유리 재질로 구성된 내부 용적이 1 m³ 이하인 챔버 내부에 건축 자재를 설치하여 일정한 온도(23 ℃~28 ℃), 상대습도(45%~50%) 및 환기횟수를 유지하면서 설치된 건축자재의 표면에서 방산되는 오염물질을 측정하는 방법으로서 건축자재 표면에 설치하는 FLEC법

(Field and Laboratory Emission Cell)과 챔버 내부에 건축자재를 설치하는 방법(Small Chamber)으로 구분된다. 일반적으로 한국과 일본은 내부 용적이 20 L 챔버를 유럽 및 미국에서는 일반적으로 50 L 이상의 챔버를 사용한다.

챔버에 공급되는 공기는 대상오염물질을 포함하지 않는 청정공기이어야 하며, 시험을 하기 전에 충

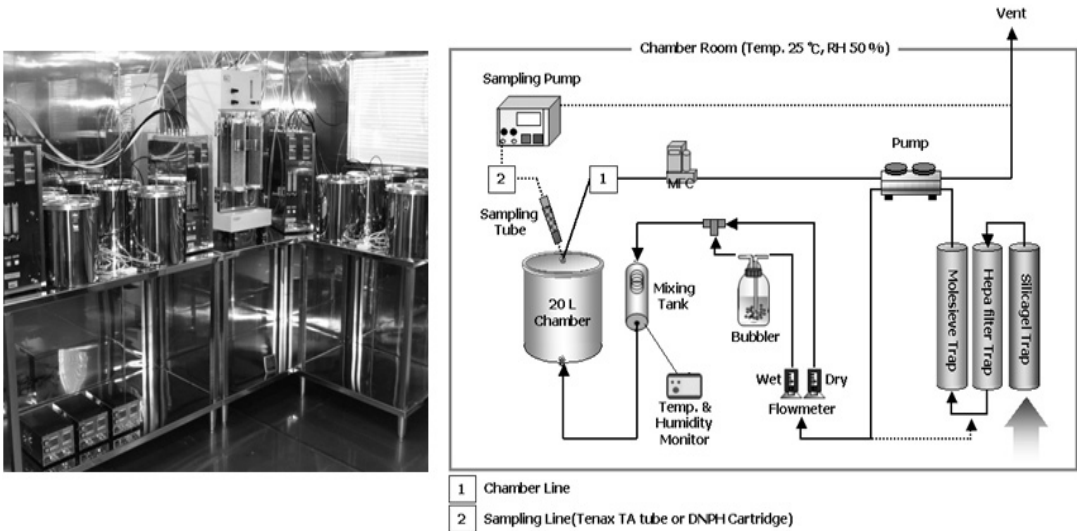


그림 4. 소형챔버법의 개요 및 소형챔버시스템 예

분한 양의 청정공기를 공급하여 챔버의 배경농도가 기준(TVOC 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, HCHO 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 이하임을 확인해야 한다. 또한 시험조건 중 온도, 상대습도는 계산식에 포함되지 않지만 시험결과에 큰 영향을 주기 때문에 관련 표준에서 요구하는 수준(온도: $\pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도: $\pm 5\%$) 이상의 정밀도 유지하기 위해서는 외부 교정 및 자체 점검을 통해 항상 관리되어야 한다.

휘발성유기화합물은 Tenax TA 흡착제가 충전된 흡착관을 이용하여 챔버의 출구에서 채취한다. 흡착관에 채취된 휘발성유기화합물은 열탈착장치에 의하여 농축 및 탈착되고, 탈착된 휘발성유기화합물은 컬럼을 통해 분리하여 불꽃이온화검출기(FID) 또는 질량분석기(MS)가 장착된 가스크로마토그래프 분석한다. 폼알데하이드는 오존스크러버가 직렬로 연결된 DNPH cartridge를 이용하여 채취한 후 acetonitrile로 추출·탈리시키고, 탈리시킨 용액을

고성능액체크로마토그래프(HPLC)에 주입하여 C18 역상 컬럼을 통해 폼알데하이드를 분리한다. 분리된 폼알데하이드는 자외선검출기(파장 360 nm)로 검출하여 분석한다.

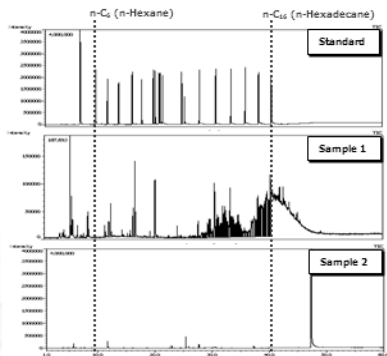
2.3 대형챔버법(Large chamber method)

대형챔버법은 실제 건축물 내에 사용되는 것과 동일한 재료 및 제품의 실 사용조건에서 방출되는 유해물질을 측정하는 방법으로 대형 건축자재, 가구, 전자제품 등이 그 대상제품이다. 기본적으로 챔버에 대한 요구사항, 시험과정 및 분석방법은 소형 챔버법과 동일하지만 전자제품을 평가할 경우에는 시험제품의 작동조건과 시험조건(환기횟수)이 다르기 때문에 유의해야 한다.

대형챔버와 관련된 KS 표준의 경우 건축자재 및 가구를 대상으로 하는 KS I 2007과 전자제품을 대

총휘발성유기화합물, TVOC (Total Volatile Organic Compound)

1. 크로마토그램의 머무름시간(Retention time)에서 n-C₆ (n-Hexane) ~ n-C₁₆ (n-Hexadecane)사이의 모든 화합물의 정량한 결과의 합
2. 위의 시간 사이에 나오는 모든 피크의 면적을 플루멘 검량선에 대입하여 얻은 물질량
3. 시험방법: ISO 16017-1, ISO 16000-6



폼알데하이드 (Formaldehyde)

1. DNPH 카트리지를 용매(아세토니트릴)로 추출한다.
2. 추출부피를 5 mL 또는 10 mL로 맞추어 분석한다.
3. 시험방법: ISO 16000-3

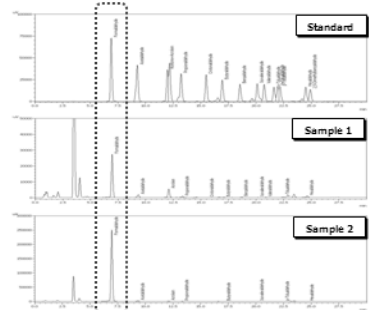


그림 5. VOCs 및 폼알데하이드 분석방법

표 4. 대형챔버 관련 기준

구 분	대 상 제 품	시 험 항 목		시 험 방 법
		TVOC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HCHO($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
주택성능등급	가구 ¹⁾	0.25 이하	0.03 이하	KS I 2007
청정건강주택	빌트인 가전제품 ²⁾	5.0 이하	0.05 이하	KS X ISO/IEC 28360

- 1) KS I 2007에 규정된 표준모델룸(체적 40 m³, 환기횟수 0.7 회/h)으로 환산
- 2) Greenguard 시험방법에 규정된 표준모델룸(체적 32 m³, 환기횟수 0.72 회/h)으로 환산

상으로 하는 KS X ISO/IEC 28360이 2009년에 제정되었으며, 주택성능등급표시제도(가구) 및 청정건강주택 건설기준(빌트인 가전제품)에 이 시험방법을 적용하고 있다.

단열성 등) 이외에 흡착, 조습, 항균 등의 긍정적인 부가기능을 가지는 건축자재를 의미한다. 흡착시험법은 여러 가지 기능성 중 흡착분해를 기반으로 오염물질을 저감하는 성능을 가지는 기능성 건축자재에 대한 성능평가방법이다.

2.4 흡착시험법(Adsorption test method)

기능성 건축자재란 건축자재의 고유 기능(강도,

오염물질 저감형 건축자재의 흡착성능을 평가할 수 있는 표준은 관련 시장이 가장 활발한 일본에서 2007년에 처음으로 제정(JIS A 1905-1 /1906)되



그림 6. 대형챔버(가구 및 건축자재) 시험과정

표 5. 청정건강주택 건설기준 - 흡착 건축자재의 오염물질 저감성능(7일차)

등 급	흡착율 (%)	적산흡착량 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		폼알데하이드	톨루엔
우 수	85 이상	7,000	35,000
양 호	60 이상	6,000	20,000

었고, 2009년에 ISO 16000-23/24로 국제표준이 제정되어 각각 폼알데하이드와 VOCs를 대상물질로 하여 건축자재의 흡착성능을 정량적으로 평가할 수 있게 되었다. 국내의 경우 2009년 국립환경과학원에서 흡착성능 평가방법 개발 및 기준 제정을 위한 연구용역(수행기관:(사)한국공기청정협회)을 실시하였고 2010년 12월부터 시행되고 있는 청정건강주택 건설기준에서는 권고기준으로 흡착 건축자재의 오염물질 저감성능 평가기준을 제시 하고 있다.

흡착성능 평가는 오염물질을 얼마나 저감시킬 수 있는지를 정량적으로 평가하는 저감성능과 이러한 저감효과의 지속성능을 평가하는 것으로 나뉜다. 저감성능 평가방법은 대상오염물질을 일정한 농도로 공급하여 환기가 이루어지는 흡착시험챔버 내의 공기농도, 통과한 공기유량 및 시험편의 표면적을 구하여 흡착속도, 흡착율, 적산 흡착량 등을

평가한다. 또한 ISO에서는 흡착시험 종료 후, 시험제품의 오염물질 재방출(1일차) 여부에 대한 확인을 권유하고 있다.

지속성능 평가방법은 국제 표준에서 간략하게 두 가지 방법으로 제시하고 있다. 지속성능은 초기 성능의 1/2이 되는 시점까지 측정하는 것으로, 저감성능 평가방법을 장기간 수행하는 장기시험과 시험기간이 너무 길어질 경우 대체할 수 있는 파과시험으로 제시하고 있다. 여기서 파과시험은 대상 건축자재를 분쇄하여 유리튜브 안에 넣고 고농도의 대상물질을 주입하여 공급농도 대비 0.5 %의 파과시점을 찾아 흡착량을 산정하는 방법으로 시료표면에서의 저감성능을 기반으로 저감효과의 지속성을 평가하는 장기시험과는 차이점이 있다.

실제 장기시험에 의한 지속성능 평가는 한 달 이상이 소요될 수도 있기 때문에 시험기간 및 비용적인 측면에서 장기시험으로 지속성능을 평가하기에는 어려움이 있을 것으로 판단된다. 따라서 지속성능을 평가하는 방법에 대한 보완이 필요하다.

2.5 마이크로챔버법(Micro-chamber method)

실내공기 중 SVOC의 대표적인 물질은 일본 후생노동성 실내농도 지침값으로 지정하고 있는 DBP

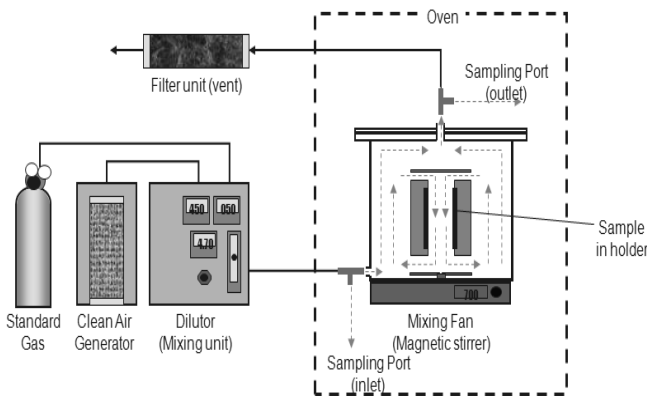


그림 7. 오염물질 저감성능 시험방법

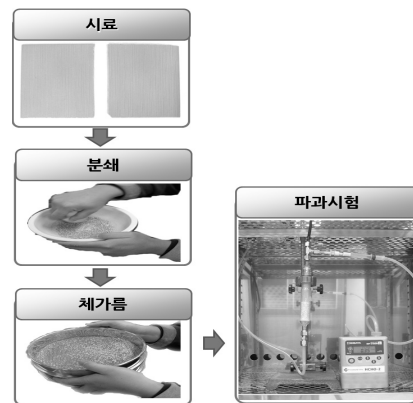


그림 8. 파과시험방법

(Di-n-butylphthalate)와 DEHP (Di(2-ethylhexyl) phthalate) 등 프탈레이트 에스테르류가 있다. 이 물질들은 주로 벽지, 바닥재, 전선 피복재 등 플라스틱제품의 가소제로 많이 사용되고 있으며, 내분비계교란물질 및 인체유해성이 높은 물질로 분류되고 있다²⁾. SVOC는 제품으로부터 공기 중으로 배출되어도 공기환경에 남아있는 지속성은 낮고, 주위 환경의 표면으로 재흡착되는 특성을 가지기 때문에 공기 중에는 미량으로 존재하게 된다. 이 때문에 제품으로부터 SVOC가 많이 방출되어도 공기 중 농도는 낮게 나타나 흡입에 대한 노출유해성이 낮게 평가될 수 있으나, 그 제품 또는 다른 환경의 표면

으로 이동한 SVOC도 피부접촉, 특히 유아의 경구 노출 등 이차경로를 통한 노출이 존재하게 된다. 이런 흡입노출과 이차노출(피부, 경구노출)의 유해성을 모두 평가할 수 있는 정확한 SVOC 방출량의 평가방법의 필요성이 대두되고 있다.

일부 유럽의 라벨링제도에서 오염물질 방출량 기준으로 SVOC를 포함하고 있으나 이는 공기 중으로 배출된 양만을 평가한 방법으로 이미 시험환경의 표면으로 제거된 SVOC는 제외된 결과로 실제 SVOC 방출량이 저평가될 수 있다.

이런 문제점을 보완할 수 있는 제품의 SVOC 방출 측정방법에 대한 국제표준(ISO/DIS 16000-25)이

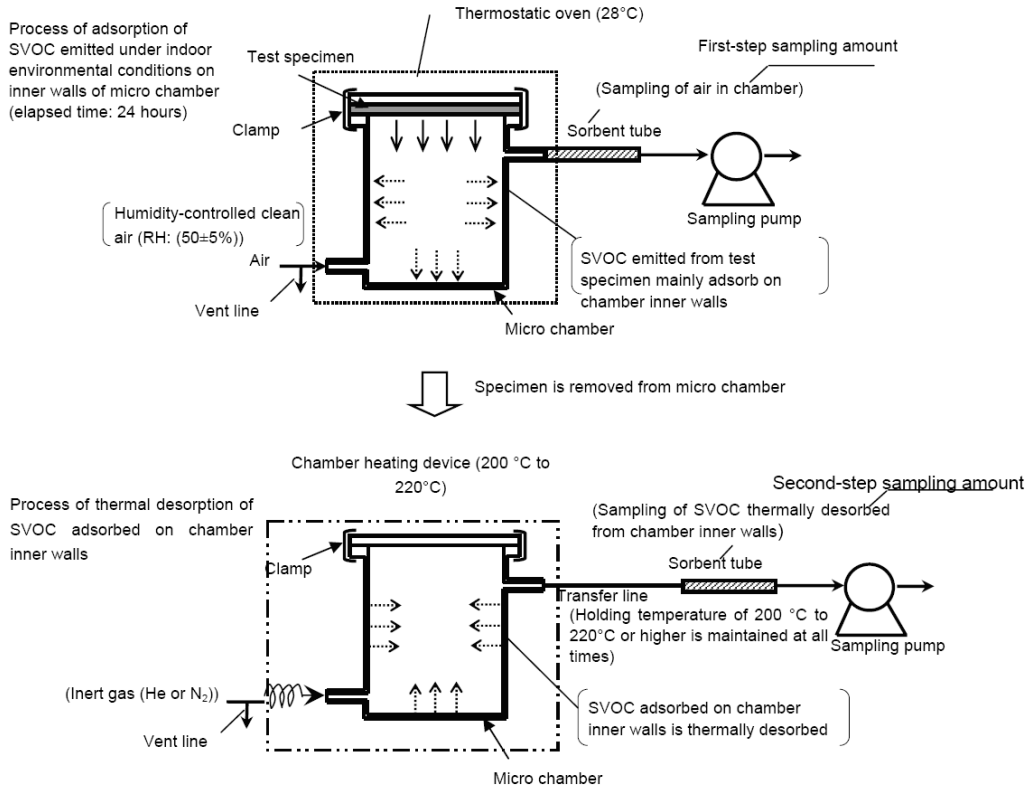


그림 9. ISO/DIS 16000-25에 따른 SVOC 측정방법의 개념도

2) UN 산하 국제암연구소(IARC, International Agency for Research on Cancer)에서는 DEHP를 “사람에게 암을 일으키는 것으로 분류하기 어려운 물질”인 “발암성등급 3군 (Group3)”으로 분류하고 있으며, 미국 환경보호청(EPA)에서는 “사람에게 암을 일으킬 수 있는 유력한 물질”인 “발암성 등급 B2군(Group B2)”으로 분류하고 있음

제정되고 있다. 이 시험방법은 JIS A 1904를 국제 표준으로 제안한 것으로 아래의 그림과 같이 건축 자재의 VOC 방출량 측정방법과 같은 조건으로 제품에서 공기 중으로 방출되는 SVOC를 평가하는 1차 측정량과 시료를 제거한 상태의 챔버를 200 ℃ ~ 220 ℃로 가열하여 챔버 내 흡착된 SVOC양을 평가하는 2차 측정량 두 단계를 합하여 제품에서 방출되는 SVOC로 평가하게 된다.

국내 목질바닥재의 사용이 많이 증가하고 있으나, PVC바닥재 사용이 보편적이고 바닥난방의 특성으로 인한 SVOC 실내오염의 문제점에 대한 평가 및 연구가 시급한 상황하며, 국제표준에 대응하는 기반 구축도 필요하다. 현재 강화되고 있는 제품의 가스제 사용규제와 함께 제품의 사용 특성에 따른 SVOC의 공기오염, 먼지이행 등 관련 물질의 노출 경로와 유해성에 대한 정확한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

2.6 표준모델룸을 적용한 노출예상농도 예측

제품의 오염물질 방출량 평가 목적은 실내공기 중 오염물질의 농도에 미치는 제품의 기여도를 평가하여, 실내 거주자에게 노출되는 유해성을 파악하는데 있다. 외국 시험방법에서는 이를 위한 노출예상농도의 예측방법을 이미 적용하여 제품별 시험조건 및 기준으로 적용하고 있으나, 국내에서는 2009년 제정된 가구의 방출량 측정방법 KS I 2007에 표준모델룸에 대한 환산식이 처음 적용되었다.

표준모델룸이란 방출량 시험을 통한 제품의 실내 오염물질 농도 기여도를 판단하기 위해서, 크기와 환기조건을 규정한 공간이다. 현재 여러 표준 및 라벨링제도의 시험방법에서 정하는 표준모델룸은 아래와 같이 다양하다.

노출예상농도(C_p , Predicted exposure concentration)는 방출시험을 통한 제품의 물질별 방출량 결

표 6. 여러 시험방법의 표준모델룸 설정조건의 예

설정 예 설정조건	국제 표준	유 럽	미 국				한 국	
			사무공간	학교교실	사무공간	학교 교실		
관련표준	ISO 16000-9 ¹⁾	French Regul. ²⁾	CDPH/EHLB/ Standard Method V1.1 ³⁾		-		KS I 2007	
관련기준 적용 라벨링제도	M1, NT Build482	AgBB scheme	-		Greenguard Test Method P066, P072		-	
표 준 모 델 룸	부 피 (m ³)	17.4	30	30.6	231	32	231	40
	길 이 (m)	3.2	3	3.66	12.2	3.05 (10 ft)	12.19 (40 ft)	-
	너 비 (m)	2.2	4	3.05	7.32	4.27 (14 ft)	7.32 (24 ft)	-
	높 이 (m)	2.4	2.5	2.74	2.59	2.44 (8 ft)	2.59 (8.5 ft)	-
	환기회수(회/h)	0.5	0.5	0.68	0.82	0.72	0.9	0.7
대상제품	건축재료	건축·장식 재료	건축재료, 가구		건축재료, 가구, 사무기기		가구	

- 1) 국제표준 ISO 16000-9에서는 모델룸의 예만 부록에 표시하고, 노출예상농도에 대한 환산방법은 규정하지 않음.
- 2) 프랑스에서 유럽연합에 입법 제안 중인 제도 “건축자재 및 장식자재의 VOC 방출량 표시제도 (the labelling of construction and decoration products with their volatile pollutant emissions)” (진행중)
- 3) California Department of Public Health/Environmental Health Laboratory Branch/Standard Method for the Testing and Evaluation of Volatile Organic Chemical Emissions from Indoor Sources Using Environmental Chambers Version 1.1

과를 제품이 표준모델룸의 공간에 적용될 경우 제품에 의해 발생된 모델룸 내 실내공기 중 물질의 농도를 예측하는 것이다. 제품의 방출량 표현은 시간에 따른 단위면적당 방출량 또는 unit당 방출량으로 나타나는데, 이것을 위에서 언급한 표준모델룸에 부피와 환기회수, 제품의 설치 면적 또는 수량과의 상관관계를 아래의 수식을 통해 환산하게 된다.

$$C_{P,t} = SER_{a\text{ or }unit,t} \times \frac{A}{N_e \times V_r}$$

- $C_{P,t}$: 제품 적용한 후 경과시간 t에서의 표준모델룸 노출예상농도, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- $SER_{a\text{ or }unit,t}$: 시간 t에서의 제품 단위면적당 또는 유닛당 방출량, $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ or $\mu\text{g}/(\text{unit} \cdot \text{h})$
- A : 표준모델룸에 적용되는 제품의 면적 또는 수량, m^2 or unit
- N_e : 표준모델룸의 환기회수 (회/h)
- V_r : 표준모델룸의 부피 (m^3)

많은 시험방법에서 노출예상농도를 예측하고, 관련 기준(라벨링제도)으로 적용하는 것은 제품에 따른 실내 오염물질 농도 기여율에 형평성을 부여하는 목적과, 예측한 물질별 예상농도를 거주자에게 미치는 유해여부를 판단하여 방출량 제한 기준을 설정하는 목적으로 나눌 수 있다.

첫 번째 목적의 예로써, 크기가 서로 다른 가구에서 어떤 물질의 방출량이 같은 경우 제품당 방출량에 의한 노출예상농도는 동일하게 나타나 표면적과 부피가 다르더라도 오염물질 농도에 기여하는 바가 동일하다고 할 수 있다. 반대로 벽지와 바닥재의 경우 방출량이 동일하여도 사용면적의 차이에 의해 표준모델룸 내 농도차는 크게는 3배까지 날 수 있다. 바닥재는 바닥면에만 사용하지만 벽지는 문, 창호를 제외한 천장, 벽체에 적용될 수 있기 때문에, 방출량이 같아도 사용량의 차이에 의해 실

내공기에 기여하는 차이가 크다고 할 수 있다.

두 번째 목적인 기준 설정의 경우, 크게 유럽과 미국에서 인용하는 참고값은 다르지만, 제품에 의해 방출되는 오염물질의 노출예상농도가 각 참고값을 만족하여야 하도록 설정하고 있다. 유럽의 예로써, 독일의 AgBB scheme에서는 유럽연합 및 각 유럽국가에서 정하는 OELVs(occupational exposure limit values), TRGS 900, MAK-DFG values, TLV value 등의 물질별 인체 노출한계값을 바탕으로 일반적인 물질은 1/100, 잠재적인 발암성 물질(EU category 3)은 1/1000을 적용한 자체의 기준으로 12종 185물질에 대한 LCI values(lowest concentration of interest)를 설정하고, 이를 바탕으로 제품에서 방출되는 물질에 대해 농도/LCI values의 합(R)³⁾을 평가하여 제품의 유해성을 판별한다.

3. 맺음말

데시케이터법이나 소형챔버법과 같이 건축자재의 오염물질 방출과 관련된 평가방법은 이미 전 세계적으로 널리 사용되고 있으며, 이를 기반으로 하는 각종 규제나 인증제도가 활성화 되어 실내공기질을 향상시키는데 중요한 역할을 해왔다. 대형챔버법은 실제 사용조건을 재현하여 완제품 상태에서 실제 실내공기에 미치는 영향을 평가하기에 가장 적합한 시험방법이지만 대상 제품의 확대와 이를 위한 시험방법의 정립 및 국내 평가기반의 확대가 필요하다.

위의 모든 평가방법은 궁극적으로 실내공기환경을 개선하기 위한 목적을 갖고 있다. 이를 위해서 선진국에서는 챔버시험의 결과를 표준모델룸에 대입하여 평가하는 기준을 적용하고 있다. 국내에서도 건축자재의 사용면적, 부피, 환기회수 등이 규정된 표준모델룸에 대한 연구와 기준 적용이 필요할 것으로 생각된다.

3) $R = \text{sum of all } Ri = \text{sum of all ratios } (Ci/LCi) \leq 1$

실내공기환경의 중요성과 친환경제품에 대한 소비자들의 구매 성향은 건축자재 분야에 있어서도 이미 반영되어 다양한 친환경 건축자재들이 개발되고 있으며, 이러한 제품은 물리적 성능의 향상뿐만 아니라 오염물질 방출 제로, 흡착, 항균, 축열, 전자파 차폐 등 긍정적인 기능이 더욱더 향상된 제품일 것이다. 하지만 새롭게 개발되는 제품에 대한 정확한 평가가 이루어지지 않은 상태에서 시장에 출시된다면 소비자들의 혼란은 가중될 것이다. 따라서 친환경 건축자재 개발과 연계된 유효성 있는 평가기술의 확보는 소비자 신뢰성 향상 및 관련 산업의 발전을 유도하고 쾌적한 실내공기질을 유지하기 위한 기반이 될 것이다.

- 참고문헌 -

1. The U.S. Market for Green Building Materials, 2010, BBC Research
2. 주택성능등급인정 및 관리기준 개정에 따른 평가매뉴얼, 2010, 국토해양부
3. 박병대, 2010, 목질판상제품의 포름알데히드 규제동향 및 관리방향, 제6회 한국 합판·MDF·파티클보드 심포지엄
4. 기능성 건축자재 실태조사 및 관리방안 연구, 2008, 국립환경과학원
5. 기능성 건축자재의 흡착성능 평가방법 및 인 증 기준(안) 연구, 2008, 한국건축자재시험연구원
6. Kato Shinsuke, 2006, 材料からのSVOC放散促進要因の解明(浮遊粉塵等への吸着による影響の検討), クリーンテクノロジー, pp. 40-44
7. AgBB - Evaluation procedure for VOC emissions from building products, 2010, Committee for Health-related Evaluation of Building Products, Germany