

# 친환경 건축자재의 측정방법 소개

글 | 홍구표 | 기술개발부 대리 | 전화 : 02-3433-7722 E-mail : gphong@ssyenc.com

자재의 오염물질 방출량을 측정하고 표시하는 인증기관은 한국산업규격의 KS마크, 친환경상품진흥원에서 주관하는 환경마크와 민간인 한국공기청정협회에서 주관하는 HB마크가 있다. 또한 건축자재의 오염물질 방출량을 측정하는 방법은 소형챔버, 데시케이터법, 방산셀법이 있다. 본고에서는 건축자재를 측정하는 방법과 인증기관의 기준에 대해 소개하고자 한다.

## 1. 서론

2004년 5월 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법에 따라 신축 공동주택의 실내공기질을 측정하여 그 결과값을 입주 전에 공고해야 하는 의무사항이 제정되었다. 이로 인해 실내공기오염을 저감하려는 기술들과 방안들이 생겨났으며, 그 중 가장 적극적인 방안이 오염원을 제거(Source Control)하는 방법이다. 즉, 건축자재를 오염물질이 발생하지 않는 자재나 또는 적게 발생하는 자재를 사용하는 것이다.

이러한 자재를 언젠가부터 친환경자재로 부르고 있는 상황이며, 오염물질 저방출자재 뿐만 아니라 기능과 유지 및 폐기에 이르기까지 친환경적 요소를 포함하고 있어야 진정한 친환경자재라고 판단된다.

자재의 오염물질 방출량을 측정하고 표시하는 인증기관은 한국산업규격의 KS마크, 친환경상품진흥원에서 주관하는 환경마크와 민

간기관인 한국공기청정협회에서 주관하는 HB마크가 있다. 또한 건축자재의 오염물질 방출량을 측정하는 방법은 소형챔버, 데시케이터법, 방산셀법이 있다. 본고에서는 건축자재를 측정하는 방법과 인증기관의 기준에 대해 소개하고자 한다.

## 2. 건축자재 오염물질 측정방법

〈표 1〉은 국내 기관에서 건축자재의 오염물질 방출량을 측정하는 방법을 나타내었다.

### 2-1. 소형챔버법

소형챔버는 건축자재 오염물질 방출량을 측정하는 데 가장 많이 쓰이는 방법이며, 환경부의 실내공기질 공정시험방법, 한국공기청정협회의 건축자재 단체품질인증 시험방법, 한국산업규격의 소형챔버법이 거의 동일한 방법이며 다음과 같이 나타내었다.

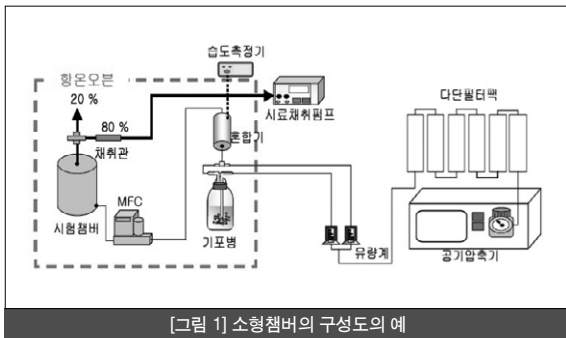
〈표 1〉 국내 건축자재 오염물질 방출시험방법

기관	구분	측정방법
환경부	실내공기질 공정시험방법	소형챔버법에 의한 건축자재 방출 오염물질 측정방법
		데시케이터법에 의한 포름알데히드 측정방법
친환경상품진흥원	환경마크	실내공기질 공정시험방법 KS M ISO 16000-4, 6, 9
한국공기청정협회	HB 마크	친환경 건축자재 단체 품질인증 시험방법- 소형챔버
한국산업규격(KS)	KSM 1998-1	건축내장재의 포름알데히드 및 휘발성유기화합물 방산량 측정- 제1부: 일반사항
	KSM 1998-2	건축내장재의 포름알데히드 및 휘발성유기화합물 방산량 측정- 제2부: 소형챔버법
	KSM 1998-3	건축내장재의 포름알데히드 및 휘발성유기화합물 방산량 측정- 제3부: 방산셀법
	KSM 1998-4	건축내장재의 포름알데히드 방산량 측정- 제 4부: 데시케이터 법

## 1) 방법 및 원리

챔버라고 불리는 체적 20L의 스테인레스 용기를 이용해서 내부를 일정하게 환기하여 건축내장재에서 방출되는 폼알데하이드 및 휘발성유기화합물을 측정하는 방법이다. 이 시험방법은 소형챔버 내의 공기농도와 챔버를 통과하는 공기의 적산유량 및 시험편의 표면적을 구하여, 시험대상인 건축내장재의 단위면적당 오염물의 방출량을 측정한다.

일정한 온도( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ), 상대습도( $50 \pm 5\%$ ) 및 환기량( $0.5 \pm 0.05$ 회/h) 조건을 가진 방출시험챔버 내에 청정공기를 공급하고, 출구에서 채취된 공기에서 방출시험챔버 내부의 공기농도, 배경농도 및 환기량을 파악하여, 특정시간 t에 관한 단위표면적당의 휘발성유기화합물 및 폼알데하이드 방출량을 산정한다.



[그림 1] 소형챔버의 구성도의 예

## 2) 시험편 채취 및 준비

### ① 롤 상태의 제품

벽지 같은 롤 제품을 시험편으로 채취할 경우 최소한 맨 바깥층을 제거하여 2m 안쪽이나 제품의 중앙부분에서 채취한다. 1회 측정할 경우  $16.5\text{cm} \times 16.5\text{cm}$  2매를 준비한다.

### ② 판, 판넬 및 보드 등 제품

판넬 및 보드류 처럼 딱딱한 제품은 중앙 부위에서 채취하며 몇 개의 조각으로 구성되어 이음매가 있을 경우는 실제 완공된 부위와 동일한 비율로 돌출부와 홈을 결합하여  $16.5\text{cm} \times 16.5\text{cm}$  2매를 준비한다.

### ③ 액상제품

- 페인트 : 기본 바탕판으로 유리판에  $300\text{g}/\text{m}^2 (\pm 5\%)$ 의 페인트를 도포하여 시험편으로 사용한다. 유성페인트는 24시간, 수성페인트는 48시간, 천연페인트는 48시간동안 온도( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ), 상대습도( $50 \pm 5\%$ )상태에서 경화를 실시한다. 측정기

관마다 경화시기가 다소 다르다.

- 접착제 : 페인트와 동일하며 경화시기는 24시간 실시하며, 유리판에 덧칠을 할 때 제작시간을 5분 이내에 해야 한다. 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법과 HB마크에서는 60분 상온에서 건조시킨 후에 챔버 내에 설치한다.

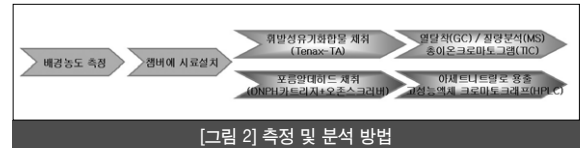
- 실란트 및 충전제 : 시험편을 길이 3mm와 너비 10mm의 비활성 재질로 된 프로필 안에 제작한다.

- 퍼티 : 퍼티를 2mm 두께의 균일한 층으로 바탕판인 유리위에 바른다.

### ④ 조합제품

단일자재 측정이 아닌 여러자재가 조합된 복합자재를 의미한다. 각 성분에 의한 배출량과의 합과는 다른 부분이며 매우 폭넓은 조합이 가능하여 특정하게 규정짓기는 어렵다. 조합시험은 시험편과 표준시험편을 비교함으로써 실시하며 동일한 시기에 제작한다. 표준시험편은 잘 지정된 성분을 조합하고 시험편은 표준시험편에서 한 가지 재질만 대체하여 제작한다. 장기 효과를 검증하기에 충분한 시간동안 시험을 지속해야 한다.

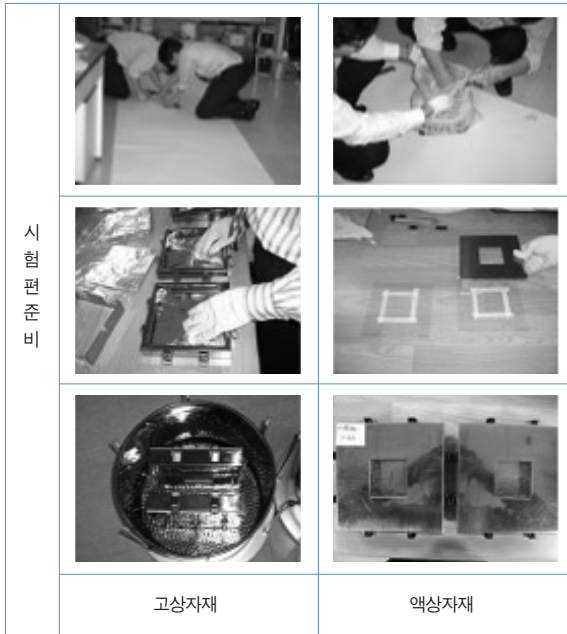
## 3) 측정 및 분석방법



[그림 2] 측정 및 분석 방법

측정 및 분석방법을 [그림 2]에 나타내었다. 방출시험을 시작하기 전에 빈 방출시험챔버의 배경농도를 측정한다. 시험편을 챔버 중앙에 놓고 시험편 위에 공기가 균일하게 흐르도록 한다. 휘발성유기화합물 채취에는 고체흡착관(Tenax-TA)을 사용하고, 폼알데하이드는 DNPH 카트리지에 오존 스쿠러버를 장착하여 사용한다. 휘발성유기화합물을 분석하기 위해 채취한 고체흡착관을 열탈착 장치를 통해 흡착한 것을 가열하여 탈착시키고 질량분석계를 통해 총이온크로마토그래프로 수행한다. 폼알데하이드는 DNPH수용체를 아세트니트릴을 사용하여 용출하고 고성능액체크로마토그래프(HPLC)로 정량한다. 방출량의 공기 채취는 고상자재는 7일, 액상자재는 3일 경과 후 실시한다. 최근 액상자재도 7일 경과 후 실시하기 위해 개정작업이 진행 중이다.

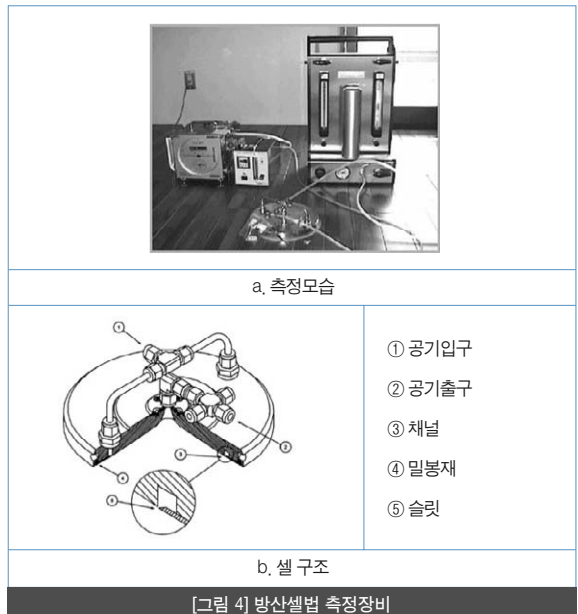
[그림 3]은 소형챔버법을 측정하기 위한 전반적인 과정을 나타내었다.



## 2-2. 방산셀법

### 1) 방법 및 원리

스테인리스강으로 구성된 원형판의 셀을 사용해서, 셀 내부를 일정하게 환기하면서 건축자재에서 발생하는 오염물질의 방출량을 측정하는 방법이다. 이 방법은 FLEC (Field and Laboratory Emission Cell)이라고도 하며 실험실과 현장실측도 가능한 타입이다. 일정한 온도, 상대습도와 단위 면적당 환기량 조건을 가진 방출 시험셀 내에 청정공기를 공급하고 출구에서 채취된 공기에서 방출 시험셀 내부의 공기농도와 환기량을 파악하여, 특정 시간 t에 관한 단위표면적당의 포름알데히드 및 휘발성유기화합물의 방출량을 산정한다.



### 2) 측정 및 분석방법

방산셀은 평평한 건축재료 위에 설치하며 온·습도가 조정된 청정 공기를 공기입구로부터 흡인한다. 흡인된 공기는 건축재료 표면을 따라 중앙부로 수송하고 펌프를 이용하여 공기출구를 통해 채취한다. 또한 유리나 스테인레스 같은 깨끗하고 평평한 표면에서 배경 농도를 측정한다.

농도 측정을 위한 공기 시료의 채취기간은 최소 24시간 전에 시험편을 셀에 넣고 24시간째에 측정한다. 시험목적에 따라 장기간 시험할 때는 온도  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 습도  $50 \pm 5\%$ 에서 보관하여 오염되지 않도록 한다.

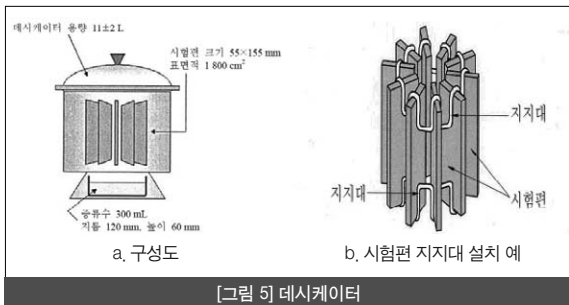
### 2-3. 데시케이터법

#### 1) 방법 및 원리

이 시험법은 건축 내장재 중 목재의 포름알데히드 방산량을 측정할 때 데시케이터를 이용하는 방법이다. 데시케이터 내에 일정 용량의 증류수를 넣어, 규정된 표면적이 되도록 시험편을 설치하고 24시간 후, 증류수에 흡수된 포름알데히드 농도로부터 구한다. 시험 장소는 20±0.2℃의 온도상태로 유지한다. 이 방법은 건축자재의 양면과 측면으로부터 방출되는 농도를 측정하게 되므로 일반적인 실내공간에서의 방출특성과는 차이가 있다.

#### 2) 시험편 채취 및 준비

시험편의 중앙 부위에서 채취한다. 시험편은 길이 150(±1)mm, 폭 50(±1)mm이며 바깥쪽과 안쪽면의 총 합계면적이 1,800cm<sup>2</sup>이 되도록



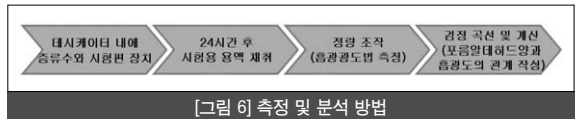
[그림 5] 데시케이터

록 매수를 결정하여 [그림 5]와 같이 지지대를 이용하여 시험편을 배치한다.

#### 3) 측정 및 분석방법

데시케이터 및 유리 결정그릇을 2개 이상 준비한다. 유리결정 그릇에 증류수 300±1ml를 넣고 전처리한 시험편을 장치하며 1개의 데시케이터 내에는 시험편을 장치하지 않는다. 시험편을 장치하지 않은 데시케이터에서 온도와 바탕농도를 측정하며 이때 온도는 20±1℃가 되도록 한다. 시험편을 24시간±10분간 방치하여 방산되는 포름알데히드를 증류수에 흡수시켜 시험용 용액으로 한다.

이 시험용 용액을 아세틸아세톤 흡광 광도법에 의해 측정하여 미리 작성한 검정곡선으로부터 포름알데히드 농도를 구한다.



[그림 6] 측정 및 분석 방법

〈표 2〉는 건축자재 측정방법들의 조건에 대해 간략하게 정리하였다. 모든 조건들이 거의 동일하나 액상자재의 경과시간은 시험기 간마다 다소 차이가 나타났다.

〈표 2〉 오염물질 방출 시험장치 및 조건

	구 분	기 기	온/습도	기류	배경농도	시험기간	액상경과시간기타
소형 챔버	환경부 (실내공기질 공정 시험방법-소형챔버)	크기 : 20L 재질 : 유리 및 스테인레스	25±1℃ 50±5%	환기량 0.5±0.05회/h	포름알데히드-5g/m <sup>3</sup> 휘발성유기화합물 - 20g/m <sup>3</sup>	고체 : 7일 액체 : 3일	접착제 : 60분 유성페인트 : 24시간 수성페인트 : 48시간
	환경마크 (환경부와 거의 동일)	크기 : 20L 재질 : 유리 및 스테인레스	25±1℃ 50±5%	환기량 0.5±0.05회/h	포름알데히드-5g/m <sup>3</sup> 휘발성유기화합물 - 20g/m <sup>3</sup>	고체 : 28일(7일) 액체 : 28일(7일)	접착제 : 60분 유성페인트 : 24시간 수성페인트 : 48시간
	한국공기청정협회 (HB마크)	크기 : 20L±5% 재질 : 스테인레스	25±1℃ 50±3%	환기량 0.5±0.015회/h	포름알데히드-5g/m <sup>3</sup> 휘발성유기화합물 - 20g/m <sup>3</sup>	고체 : 7일 액체 : 3일	페인트 상온에서 24시간 건조 후 챔버 내에 설치
	KS	크기 : 20L 재질 : 스테인레스	25±1℃ 50±5%	기류속도 0.1~0.3%	휘발성유기화합물 - 20g/m <sup>3</sup>	고체 : 7일 액체 : 3일	접착제 : 24시간 유성페인트 : 24시간 수성페인트 : 48시간 천연페인트 : 48시간
데시케이터법	환경부 (실내공기질 공정시험 방법-데시케이터법)	내경 : 240±15mm 부피 : 11±2L	20±2℃ 65±5%			1일	목재 자재의 포름알데히드를 측정하는 경우로 제한
	KS	내경 : 240±15mm 부피 : 11±2L	20±1℃			1일±10분	
방산셀법	KS	35cm <sup>2</sup> (스테인레스스틸)	25±1℃ 50±5%	514회/h	포름알데히드-5g/m <sup>3</sup> 휘발성유기화합물 - 20g/m <sup>3</sup>		

### 3. 친환경 자재 인증기준

친환경 자재 인증마크에 따라 시험방법, 오염물질 종류와 인증기준값이 다르게 나타나고 있어서 <표 3-5>와 같이 정리하였으며 오염물질과 관련된 부분만 나타내었다.

#### 3-1. KS 마크

오염물질에 관해서는 포름알데히드만 측정하며 시험방법은 데시케이터법을 사용하고 있다. 기술표준원은 최근 포름알데히드 방출량의 품질기준을 강화해 기존의 E2등급(5.0mg/L이하)을 삭제하고 새롭게 SEO(평균값 0.3mg/L이하)를 추가함과 동시에 포름알데히드 방산량 측정방법을 KS M 1998-4(2005년 제정)에 따라 실시하도록 통일하였다. 또한 보통합판(KS F 3101)에 종전에 F0~F2의 등급을 SEO~E1의 등급으로 개정하였다.

<표 3> KS 규격의 포름알데히드 방산량 기준

구분	등급	방산량(mg/L)		시험방법
		평균	최대	
보통합판 (KS F 3101 / 2006,12)	SEO	0,3	0,4	데시케 이터법 (KS M - 1998-4)
파티클보드 (KS F 3103 / 2007,08)	E0	0,5	0,7	
천연무늬목 치장 마루판 (KS F 3111 / 2008,02) 치장 목질 마루판 (KS F 3126 / 2008,02)	E1	1,5	2,1	
벽지용 전분계 접착제 (KS F 3217 / 2006,12)	-	0,1mg/L 이하		
벽지 (KS M 7305 / 2006,12)	-	2mg/L 이하		

#### 3-2. 환경 마크

환경마크는 휘발성유기화합물과 포름알데히드를 측정한다. 고체상이나 액상자재 모두 28일 후 방출량을 측정하며 7일후 방출량이 기준값 이하인 경우 기준에 적합한 것으로 간주한다. 또한 제품의 함유량과 비교하여 만족여부를 나타내는 기준값을 제시하고 있다.

#### 3-3. HB 마크

휘발성유기화합물과 포름알데히드를 소형챔버법으로 측정하여 그 값에 따라 최우수부터 일반II까지 5개의 단계를 나타내고 있다. 최근 5VOC의 항목이 생겨났으며 이는 신축공동주택의 실내공기오염물질인 5개의 휘발성유기화합물(벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌)을 의미한다. 이는 실내공기질에 대해 각

자재마다 구체적으로 제한하는 것임을 알 수 있다. 과거에 HB마크 인증을 받은 제품은 기존 인증등급이 유지되며 3년의 인증 유효기간이 지나 갱신하는 경우 새로운 기준이 적용된다. HB마크와 환경마크는 소형챔버를 이용하므로 값을 비교할 수 있는데 일반자재 항목이 이에 해당한다. 두 마크의 일반자재는 동일하게 7일 경과후 방출값을 확인한다. 환경마크 기준을 만족하는 값을 HB마크 일반자재 항목에서 확인하면 양호등급임을 알 수 있다.

<표 4> 환경마크 인증기준

단위: mg/m<sup>3</sup>h

	TVOC			HCHO		
	7일	28일	함유량	7일	28일	함유량
페인트	0,4	0,2	10g/L	0,125	0,05	1mg/L
접착제	0,4	0,2	1%	0,02	0,005	0,5mg/L
벽지	0,4	0,2		0,125	0,05	1,0mg/L
실내용	0,4	0,2		0,125	0,05	0,5mg/L
바닥장식재						
마감재	0,4	0,2		0,125	0,05	0,5mg/L

휘발성유기화합물 - KS M ISO 16000-6, 9, KS M ISO 11890-1,2

또는 실내공기질 공정시험방법

포름알데히드 - KS M ISO 16000-4,9 또는 실내공기질 공정시험방법

<표 5> HB마크 등급별 인증기준

단위: mg/m<sup>3</sup>h

구분	일반자재	페인트	접착제	
최우수 ★★★★★	TVOC	0,10 미만	0,10 미만	0,25 미만
	5VOC	0,03 미만	0,03 미만	0,075 미만
	HCHO	0,015 미만	0,015 미만	0,03 미만
우수 ★★★★	TVOC	0,10 이상 ~ 0,20 미만	0,10 이상 ~ 0,20 미만	0,25 이상 ~ 0,50 미만
	5VOC	0,06 미만	0,06 미만	0,15 미만
	HCHO	0,015 이상 ~ 0,05 미만	0,015 이상 ~ 0,05 미만	0,03 이상 ~ 0,12 미만
양호 ★★★	TVOC	0,20 이상 ~ 0,40 미만	0,20 이상 ~ 0,40 미만	0,50 이상 ~ 1,50 미만
	5VOC	0,12 미만	0,12 미만	0,45 미만
	HCHO	0,05 이상 ~ 0,12 미만	0,05 이상 ~ 0,12 미만	0,12 이상 ~ 0,40 미만
일반 I ★★	TVOC	0,40 이상 ~ 2,00 미만	0,40 이상 ~ 2,00 미만	1,50 이상 ~ 5,00 미만
	5VOC	0,60 미만	0,60 미만	1,50 미만
	HCHO	0,12 이상 ~ 0,60 미만	0,12 이상 ~ 0,60 미만	0,40 이상 ~ 2,00 미만
일반 II ★	TVOC	2,00 이상 ~ 4,00 미만	2,00 이상 ~ 4,00 미만	5,00 이상 ~ 10,00 미만
	5VOC	1,20 미만	1,20 미만	3,00 미만
	HCHO	0,60 이상 ~ 1,25 미만	0,60 이상 ~ 1,25 미만	2,00 이상 ~ 4,00 미만

#### 4. 결론

건축자재를 인증하는 기관은 한국산업규격(KS마크), 친환경상품진흥원(환경마크)이 있으며 오염물질 방출량만을 나타내는 민간기관인 한국공기청정협회(HB마크)가 있다. 각 기관별로 오염물질 측정방법 및 기준등을 살펴보고 소개하였다.

건축자재의 오염물질 방출량을 측정하는 방법은 소형챔버, 데스케이터법, 방산셀법이 있으며 각 인증기관에서 주로 사용하는 방법은 소형챔버법을 사용하고 있다. 액상자재의 경우 각 기관마다 경과시간 및 측정시간이 상이하여 개정하려는 움직임을 보이고 있고 통일시킬 필요가 있는 것으로 판단된다.

최근 자재 오염물질의 값에 대해 등급의 기준이 강화되어 KS마크는 E2등급을 삭제하고 SEO가 추가되었으며 보통합판의 경우 중

전에 F0~F2의 등급을 없애고 SEO~E1의 등급으로 통일하였다. 또한 HB마크는 5VOC의 항목이 생겨났으며 이는 신축공동주택의 실내공기오염물질인 5개의 휘발성유기화합물(벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌)을 의미하며 구체적으로 제한하는 것임을 알 수 있다.

향후 현장반입자재를 동일한 시험방법으로 측정하여 기존 인증값과 비교하고 실내공기질을 측정하는 데 있어 어떠한 영향을 미치는지 확인할 필요가 있으며 개선안을 마련하고자 한다. **S**

#### 참고문헌

1. 환경부 고시 제 2004-85「실내공기질 공정시험방법」제 5장 오염물질 방출 건축자재 시험방법2004.06
2. 한국공기청정협회 「친환경 건축자재 단체품질인증 시험방법」2006.03 개정
3. KS M 1998-1,2,3,4 「건축내장재의 폼알데하이드 및 휘발성유기화합물 방산량 측정」

