

AA2) 건축용 내장재에서 배출되는 휘발성 유기화합물의 측정 및 분석 Measurement and Analysis of Volatile Organic Compounds (VOCs) Emission from Building Products

허귀석 · 이재환 · 황승만 · 이대운¹⁾

한국표준과학연구원 유기분석실, ¹⁾연세대학교 화학과

1. 서 론

사회가 고도록 발달하면서 사람들의 생활공간은 대부분 사무실이나 가정에서 보내는 시간이 하루의 80~90% 이상을 차지하고 있다. 대부분의 시간을 특정공간에서 보내게 되므로 건강과 편리함을 위해 설치되고 있는 가구나 카펫, 그리고 기타 다양한 제품에서 방출되는 휘발성 유기화합물에 대한 관심이 증가하고 있다. 한 예로, 미국 소비자 생산품 안전 위원회 (U.S. Consumer Product Safety Commission, CPSC)는 1988년부터 1990년 초까지 206가구에서 335명의 주민들로부터 새로 설치된 카펫에서 방출되는 다양한 화학물질로 인한 여러 가지 고통을 접수하였다. 이 중 2/3는 카펫을 설치 후 증상이 직접적이거나 수 일 이내로, 대부분의 사람들이 눈의 자극 (eye irritation)이나 두통 (headache), 발진 (rashes), 피로 (fatigue)와 같은 증상 외에 상부호흡곤란 (upper respiratory)을 호소하는 것으로 보고가 되었다. 다양한 건축용 내장재에서 방출되는 특정화합물의 측정 및 분석방법은 미국의 ASTM D 5116방법 및 여러 나라의 분석방법이 어느 정도 확립되어 있는 상태이나, 현재 국내의 분석방법은 아직 제대로 확립이 되어 있지 않은 상태이다. 따라서, 본 연구에서는 기존의 분석방법을 채택하여 국내에서 유통되고 있는 다양한 건축용 내장재에서 방출되는 유기화합물의 방출특성을 파악하고 국내의 현실에 맞는 분석방법을 확립하고 이러한 분석방법의 QC/QA를 통한 측정의 분석 불확도를 제시하고자 하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 다양한 제품에서 방출되는 휘발성 유기화합물의 방출특성을 파악하고자 48-L 체적으로 만들어진 챔버 (chamber)를 이용하였다. 먼저 시험재료를 적당한 크기로 잘라 sealing box에 고정시켜 스테인레스 스틸 재질의 챔버 중앙에 위치시켰다. 다양한 실험조건에서 휘발성 유기화합물의 방출특성을 파악하고자 온도, 상대습도 및 챔버내의 환기횟수를 달리 설정하였다. 휘발성 유기화합물의 시료채취는 Tenax TA 250 mg이 충전된 흡착관을 사용하여 중복채취 (duplicate sampling)하였다. 시험재료의 시간에 따른 방출량을 산출하기 위하여 총 72시간에 걸쳐서 방출특성을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

방출 챔버를 이용한 시편의 시간에 따른 방출특성 평가시 적용한 실험인자들의 평균값의 범위는 온도가 23.1~24.1℃, 상대습도는 46.0~47.0% 그리고 시간당 환기횟수는 0.95~1.00회로 조사되었고, 각각의 상대표준편차는 0.13, 0.34 그리고 1.7%를 보였다. 카펫시험재료를 가지고 휘발성유기화합물의 방출 시험결과 스티렌 (styrene) 및 톨루엔 (toluene)이 다른 화합물에 비해 상대적으로 많이 방출되는 것으로 나타났다. 그 외에 벤젠, 메틸렌 클로라이드 (methylene chloride), 에틸벤젠 (ethyl benzene), 3가지의 xylenes (meta-, ortho-, para-xylene), 그리고 1,2,4-trimethylbenzene과 1,3,5-trimethylbenzene 성분이 각각 검출되는 것으로 파악되었다.

카펫시편을 챔버의 중앙에 위치한부터 곧 바로 방출시험을 실시 후 24시간 동안에 휘발성유기화합물의 방출이 최대로 도달하고 그 이후에는 점차 감소하는 경향으로 나타났다. "Table 1"은 VOCs의 방출계수 (emission factor) 및 시간간격에 따른 방출율의 변화를 "fractional reduction"으로 표현한 결과로서, 톨루엔

과 스티렌 성분의 경우 빠르게 감소하는 반면에, 휘발성이 다소 낮은 1,2,4-, 1,3,5-trimethylbenzene 화합물은 시간에 따라 서서히 감소하는 것으로 나타났다.

Table 1. Steady-state specific emission rates of the target compounds at 24 and 72 hours after experiment.

Compounds	Emission factor ($\mu\text{gm}^{-2}\text{h}^{-1}$) (Mean \pm S.D.)		Fractional reduction 1-(72/24 hour)
	24 hour	72 hour	
Methylene chloride	17.2 \pm 1.3	20.4 \pm 0.3	-0.19
Benzene	11.2 \pm 0.4	9.0 \pm 0.01	0.20
Toluene	20.2 \pm 0.2	6.6 \pm 0.1	0.67
Ethylbenzene	7.1 \pm 0.2	4.5 \pm 0.03	0.37
m+p-xylene	4.9 \pm 0.1	2.7 \pm 0.02	0.45
Styrene	106.7 \pm 2.3	20.3 \pm 2.6	0.81
o-xylene	7.3 \pm 0.1	4.0 \pm 0.02	0.45
1,3,5-trimethylbenzene	11.1 \pm 0.4	8.8 \pm 0.02	0.21
1,2,4-trimethylbenzene	14.8 \pm 0.4	10.0 \pm 0.03	0.32

참 고 문 헌

- Schaeffer, V. H., Bhooshan Bharat, Chen, S. H. and Sonenthal J. S (1996) Characterization of Volatile Organic Chemical Emissions From Carpet Cushions, J. Air & Waste Manage. Assoc. Vol. 46
- Hodgson, A. T., Wooley, J. D., and Daisey, J. M (1993) Emissions of Volatile Organic Compounds from New Carpets Measured in a Large-Scale Environmental Chamber, J. Air & Waste Manage. Assoc. Vol. 43
- ASTM (1997) Standard Guide for Small-Scale Environmental Chamber Determination of Organic Emissions From Indoor Materials/Products