

## PG12) 건축자재에서 방출되는 휘발성유기화합물의 분석방법 평가

### Evaluation for Analysis Method of VOCs Emission from Building Materials

이우석 · 서정욱 · 장성기 · 임준호 · 박민규 · 고연정  
국립환경과학원 실내환경과

#### 1. 서 론

최근 실내 건축자재에서 방출되는 오염물질에 대한 관심이 Well-bing 의식의 확대와 함께 계속적으로 증가하고 있다. 다양한 오염물질 중 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds; 이하 VOCs)은 실내공기 중 주요한 독성 및 발암성이 있는 오염물질로서 알려져 있으며, 장시간에 걸쳐 방출될 경우 거주자에게 부정적인 영향을 준다(US EPA, 2000). 이에 따라 실내에서 사용되는 건축자재에서 방출되는 오염물질의 양을 파악하고 그 양을 줄여 실내 거주자들에 대한 공기 중 오염물질의 노출을 감소시키고 보다 건강한 실내공기질(Indoor Air Quality, IAQ)을 확보하기 위한 노력도 함께 증가하고 있다. 특히 실내에서 사용되는 건축자재에 대한 오염물질 저감노력은 정부와 민간 차원에서 동시에 이루어지고 있다(장성기, 2005). 실 예로 오염물질 친환경 건축자재에 대해 친환경상품진흥원의 환경마크, 한국공기청정협회의 HB마크 등이 부여되고 있으며, 오염물질 다량 방출 건축자재에 대해서는 환경부에서 2004년 5월부터 건축자재 오염물질 방출시험을 실시하여 실내사용을 제한하고 있다. 따라서 건축자재 오염물질 방출시험 결과 값에 대한 신뢰성 확보는 매우 중요하다. 환경학적 측면에서 분석방법들에 대한 정도관리(quality control, QC) 및 정도보증(quality assurance, QA)의 중요성과 필요성에 관한 인식은 최근 들어 국제적으로 QA에 대한 지침이나 기준 설정 또는 ISO의 인증시스템을 통해 예증되는 것처럼 상당히 증가되고 있다(허귀석, 1998).

본 연구에서는 건축자재에서 방출되는 휘발성유기화합물의 분석과정에서 데이터의 신뢰성 확보를 위해 가스크로마토그래프/질량분석기(GC/MSD)의 정도관리에 관련된 실험을 수행하였다.

#### 2. 연구 방법

본 연구의 측정대상물질은 총휘발성유기화합물(Total volatile organic compounds; 이하 TVOC) 및 주요휘발성유기화합물인 BTEX(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m,p-Xylene)을 대상으로 하였다. 시료 채취에 사용된 고체흡착관(1/4" ×9cm, Perkin Elmer, UK)은 Tenax-TA가 200mg 충전 되어있으며, 사용 전 초고순도 질소(99.9999%)를 이용하여 100ml/min 유량을 주어 320℃에서 2시간 동안 전처리하여 사용하였다. 분석은 열탈착장치(DANI, STD 1000, Italy)를 이용하여 시료 주입하였으며, 가스크로마토그래프/질량분석기(Shimadzu, GC-2010/QP-2010, Japan)를 이용하여 분석하였다. 검량선 작성에 사용된 표준 시료는 액상표준물질(Japanese Indoor Air Standards 52Mixture VOCs, Supelco, USA) 및 기체상표준물질(Spectra Gases, 57 mix, Supelco, USA)을 흡착관에 함침(Spiking)하여 검량선(20ng, 50ng, 100ng, 200ng, 500ng)을 작성하였다. 질량분석기(MSD)를 이용한 휘발성유기화합물의 분석과정에서의 정도관리 항목으로 먼저 기기의 감도를 항상 일정하게 유지하여야 하며, 이러한 기기의 감도를 체크하기 위해서는 질량분석기 튜닝(Tuning)을 통해 평가할 수 있다. 튜닝 시 사용되는 표준물질은 PFTBA (Perfluoro-tributylamine; 50, 69, 131, 219, 502, 414m/z)를 이용하며, 69m/z 이온을 기준으로 219m/z와 502m/z 이온이 항상 일정한 비율로 나타나는지 확인하여야 한다. 또한 시료 분석 전 분석시스템의 낮은 배경농도를 확인하여야 한다. 기기 감도체크 이후에 표준물질을 이용한 검량선 작성(선형성 평가), 머무름 시간(Retention Time, RT) 및 R.F(Response Factor)값의 재현성 평가, 열·탈착 장치의 회수율평가, 방법검출한계(Method Detection Limit, MDL)를 평가한다. 또한 시료분석 과정에서 내부표준물질을 이용하여

정밀도를 평가하며, 중복시료 및 2대 이상의 분석 장비를 이용하여 측정치들 간의 상호 일치성을 평가하였다. 평가항목별 자세한 시험방법은 표 1에 나타내었다.

Table 1. Emission methods of quality assurance/quality control.

항 목	실 험 방 법
검량선 작성 (선형성 평가)	표준물질(5개 레벨)을 제조하여 검량 선을 작성한 후 절편 값( $y=ax+b$ )과 $r^2$ 값을 확인하여 선형성(slope)을 평가하였다.
재현성 평가 (R.F값, RT값)	시료이 재현성평가에서의 실험을 통하여 마련된 data에서 각각의 R.F값 및 RT값을 $\pm 0.2\text{min}$ 의 범위에 있는지 확인한다.
열·탈착장치 회수를 평가	기지의 표준시료를 GC injector에 직접 주입하여 분석한 결과와 자동 열탈착 장치를 통해 탈착된 결과 치를 비교분석하여 탈착능력과 회수율 계산함
방법검출한계 (MDL) 평가	저 농도의 표준시료(50~10ng)를 이용하여 7회 반복 분석한 후, 각 물질 농도의 표준편차에 3.14(0.99 신뢰구간에서의 student-t값)를 곱하여 값을 구한다. ( $MDL=t(n-1, 0.99)\times S.D$ )
내부표준물질 정밀도 평가	정밀도(Precision)는 검량선 작성 시 사용한 표준용액 중 Level 3(100ng/uL)를 이용하여 시료 분석 시 주기적으로 분석·확인하여 정밀도 Chart작성
함침(Spiking) 장치의 평가	표준물질에 대해 함침(spiking)장치를 이용하여 고체흡착관에 흡착시킬 때 액상표준물질과 기체상표준물질을 이용하여 함침방법에 따른 흡착농도 비교.
정밀도 평가 (시료, 분석장비)	기기분석 재현성은 시료를 동일한 조건으로 반복 분석하여 측정치들 간의 상호 일치성 정도를 평가

### 3. 결과 및 고찰

기기 분석 감도에 대한 재현성에서 R.F값과 RT값은 상대표준편차(RSD)가 각각 20%, 1.0%이내로, 열·탈착 장치의 회수율은 89.9~107.0%로 양호한 결과를 보였다. 방법검출한계는 TVOC(*n*-Hexane~*n*-Hexadecane)에서 0.01~2.26ug/m<sup>3</sup>으로 나타났다. 시료에 대한 분석 재현성은 5% 이내로 조사되었다. 또한, 반복시료채취를 통한 재현성도 20% 이내로 나타나 전반적으로 실험실내 정도관리는 미국 EPA 권장기준인 30%이내(US EPA, 1997)를 만족하였다. 아래 그림 1에는 액상표준물질과 기체상 표준물질에 대해서 검량선을 작성하여 선형성 평가하였으며, 액상 및 기체상의 검량선 기울기(Slope)가 각각 47,958과 47,170으로 유사하게 나타났으며,  $r^2$ 값 또한 양호한 결과를 나타냈다.

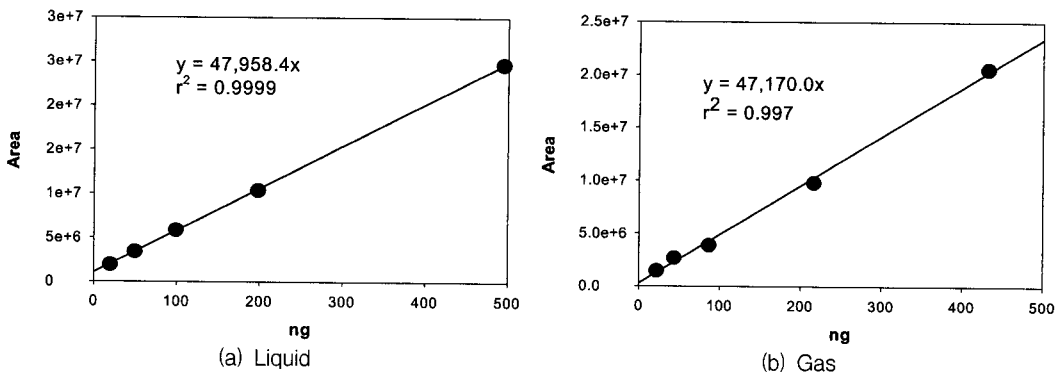


Fig. 1. Calibration curve of Toluene.

### 참 고 문 헌

- 장성기 외 7명 (2006) 고품 건축자재 오염물질 방출시험방법 최적화 연구, 한국실내환경학회지, 3(3), 298-312.
- 허귀석 (1998) 휘발성유기화합물의 측정기술에 관한 한국대기보전학회 측정분과회 기술강습회 자료집, 한국대기보전학회, 24-25.
- US EPA(2000) The Integrated Risk Information System.(CASRN 71-32-2).