

## 4A3) 신축 공동주택에서 발생하는 TVOCs와 포름알데히드의 방출 특성

### Characteristics of Total Volatile Organic Compounds (TVOCs) and Formaldehyde Emission from New Apartment Houses

서병량·허 당·정경훈·고오석·정만호·전준민<sup>1)</sup>

순천제일대학 그린전남환경종합센터, <sup>1)</sup>순천제일대학 환경과

#### 1. 서 론

산업의 발달과 고도화는 인간생활에 많은 편리함과 다양한 혜택을 주지만 환경오염과 같은 큰 문제점을 야기시키고 있으며, 최근의 환경문제는 비단 실외 뿐만 아니라 실내에서도 매우 중요한 문제로 거론되고 있다. 현대의 건축물들은 에너지 절약과 한정된 국토를 효율적으로 이용하기 위해 기밀화와 단열화 그리고 고층화되고 있으며, 에너지 절약에 편중되어 실시되고 있는 부적절한 환기는 실내공기질 악화를 초래하는 원인이 되고 있다. 실내오염물질의 종류와 발생원은 매우 다양하며, 최근에는 인체에 발암성과 위해성이 있는 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds : VOCs)과 포름알데히드(Formaldehyde : HCHO)를 비롯하여 유해화학물질(Hazardous Air Pollutants : HAPs)에 대한 중요성이 부각되고 있다. 실내에서의 VOCs와 포름알데히드의 발생원은 매우 다양하지만 특히, 건축물의 신축과 리모델링 과정에 사용되는 건축자재에서 고농도로 방출되는 것으로 알려져 있다. 건축자재에서 방출되는 VOCs와 포름알데히드는 건축자재의 종류와 생산과정, 생산 후 경과시간에 따라 방출량에 차이가 있으며, 일반적인 온도와 습도조건의 실내환경에서는 오랜 시간 서서히 방출되는 특징이 있다. 또한, 건축자재에서 방출되는 VOCs와 포름알데히드의 방출에 영향을 미치는 인자로는 온도, 습도, 환기량, 건축자재의 두께와 표면적, 오염물질의 함유밀도, 표면의 처리상태, 재료의 흡착과 탈착성 등이 있는 것으로 조사되고 있다 (X. Yang *et al.*, 2001).

건축자재에서 발생하는 VOCs와 포름알데히드에 대한 연구는 건축자재를 생산하는 일부 회사를 중심으로 회사의 필요성에 의해 연구가 계속해서 진행되고 있으나, 신축 공동주택의 경우는 공동주택의 형태와 크기(평형), 사용되는 건축자재의 종류가 매우 다양하고 무엇보다도 신축 공동주택 측정에 대한 법적 규제가 없어 측정이 원활하게 이루어지지 못하였으며, 이로 인해 신축 공동주택에서 발생하는 VOCs와 포름알데히드에 대한 정확한 실태 파악이 매우 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 최근 새집증후군 등 사회의 큰 문제로 거론되고 있는 신축 공동주택에 대한 VOCs와 포름알데히드의 방출특성을 파악하고자 하였으며, 신축 공동주택의 설계 및 시공시 적절한 건축자재의 선정과 시공방법 등을 파악하여 쾌적한 실내공기질의 유지 및 관리방법을 도출하는데 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

#### 2. 연구 방법

본 연구는 전남지역 중 순천, 여수, 광양 3개시의 신축 공동주택을 대상으로 연구를 진행하였다. 또한, 연구대상 신축 공동주택은 측정당시 입주가 진행되고 있었으며, 준공 후 3개월이 넘지 않는 범위에서 선정하였다. 측정은 각각의 공동주택에서 잔여세대가 가장 많은 하나의 동을 선택하여 저층부, 중층부, 고층부로 구분하고 거실 중앙부 바닥면으로부터 1.5m의 높이에서 실시하였으며, 실내공기질공정시험방법(안)(환경부, 2004)을 근거로 측정 초기 30분간 환기 후 5시간동안 밀폐, 그리고 30분 동안 VOCs와 포름알데히드를 각각 측정하였다. VOCs 측정은 내부가 Silica로 코팅되어 있는 6ℓ Canister(Restek, U.S.A)를 이용하였으며, 1시간 동안 측정할 수 있는 Restrictor를 사용하였다. VOCs 분석은 GC/MSD (HP6890/5973N)를 이용하였고 VOCs 농도는 C<sub>6</sub>~C<sub>16</sub> (n-hexane~n-hexadecane)를 대상으로 분석한 결과 정성이 가능한 물질에 대해 측정하여 합한 농도(C<sub>1d</sub>)와 정성이 불가능한 물질에 대해서는 톨루엔의 농도로 환산하여 합산한 농도(C<sub>Nid</sub>)를 합한 TVOCs 농도로 산출하였다. VOCs 분석조건은 표 1과 같다.

Table 1. Summary of VOCs analytical methods.

Instrument	Instrumental Model and Conditions
Preconcentrator	Entech, 7100 ·Module 1 : Tenex & Glass bead trap (cryo : -150°C, dsorb : 20°C) ·Module 2 : Tenex Trap (cryo : -10°C, dsorb : 180°C) ·Forcuser : (cryo : -160°C, dsorb : 80°C)
Diluter	Entech, 4600
Cleaning System	Entech, 3100
GC/MSD	HP-6890 / HP-5973N ·Column : HP-1 capillary column(100m×0.32mm×5μm) ·Column temp : 40°C(5min)→70°C(5min)→150°C(5min) →200°C(5min)→220°C(5min)→240°C(10min) ·Ramp rate : 5°C/min to 200°C, 10°C/min to 220°C ·Column flow : 1ml/min ·MS ion source temp : 230°C

포름알데히드 측정은 2,4-DNPH 유도체화 방법을 이용하였다. 측정에 사용한 펌프는 측정 전·후의 유량변화가 비교적 적은 personal air sampler (Gilian, U.S.A)를 사용하였고 총 15 l를 포집하였으며, 측정 전·후의 유량변화는 거의 모든 측정에서 5 % 이내였다. 포름알데히드 측정시 방해물질인 오존 (O<sub>3</sub>)를 제거하기 위해 2,4-DNPH 카트리지(Supelco, U.S.A) 전단부에 KI가 채워져 있는 오존 스크루버 (Waters, U.S.A)를 설치하였으며, 알루미늄 호일을 이용 태양광선의 노출을 막았다. 측정이 끝난 시료는 용매추출 전까지 4°C 이하에서 냉장보관 하였다. 시료의 추출은 용매추출장치인 vacuum elution rack (Supelco, U.S.A)에 2,4-DNPH 카트리지를 고정시키고 지용성 필터 (47mm, ø0.45μm, PTFE)에 3회 이상 여과한 acetonitrile 5 ml를 이용하여 매우 느린 속도 (1 ml/min)로 추출하였으며, HPLC/UV (Younglin, Korea)를 이용하여 분석하였고 분석조건은 표 2와 같다.

Table 2. Summary of Formaldehyde analytical methods.

Instrument	Analysis Condition
HPLC (Younglin, Korea)	Detector : UV/vis. 360nm
	Column : Nova-Pak® C <sub>18</sub> 3.9×150mm(Waters, U.S.A)
	Mobile Phases : Acetonitrile/Water(60/40 V/V)
	Analysis Time : 20 min
	Injection Volume : 20μl
	Column Temperature : 25°C
	Flow Rate : 1.0ml/min
	Purge Gas and Flow : He(99.999%), 100ml/min

### 참 고 문 헌

- 김신도, 서병량, 윤중섭 (2001) 가구에서 발생하는 VOCs와 Formaldehyde의 방출특성에 관한 연구, 한국 대기환경학회 추계학술대회 논문집, 163-164.
- 서병량 (2003) 실내 건축자재에서 발생하는 VOCs와 포름알데히드의 방출특성에 관한 연구, 서울시립대학교 석사학위논문
- ASTM D 5116 (1997) Standard guide for small-scale environmental chamber determinations of organic emissions from indoor materials/products.
- X. Yang *et al.* (2001) A mass transfer model for simulating voc sorption on building materials, Atmospheric Environment, 35, 1291-1299.