

PA9) 실내 건축자재관련 휘발성 HAPs 배출특성

권기동*, 이종효, 김종태, 조완근, 이진우¹
경북대학교 환경공학과, ¹국립환경과학원

1. 서 론

실내 마감(내장)자재에 대한 오염물질 방출에 대한 특성평가가 극히 미흡하며 무독성 환경 친화적 마감자재에 대한 개발이 체계적으로 수행한 연구는 많지 않은 실정이며, 따라서 이러한 건축자재에 대한 오염물질의 방출특성을 평가하는 것은 매우 시급한 실정이다. 지난 20여년 동안 건축자재의 마감재료가 실내의 다양한 공기오염물질들의 주요 원인이 된다는 사실이 여러 연구자들에 의해서 발표되었다(Møllhave, 1982; Girman et al., 1984; Howard et al., 1998; Cox et al., 2001; Zhu et al., 2001). 특히, 적지 않은 실내공기오염물질이 전형적으로 실외공기보다는 실내공기 중에 오염도가 높다는 발견이 이러한 오염물질에 대한 실내 마감자재에 대한 연구를 수행하는 동기 부여가 되었다(Sanchez, 1987; Tichenor, 1987; Colombo, 1990; Wallace et al, 1991; Fisher et al., 2000; Ilgen et al. 2001). 또한 실내공기질 조사에서 900개 이상의 휘발성유기화합물질이 검출되었다(US EPA, 1989). 본 연구는 국내 건물거주자들의 실내마감 재료로 인한 건강 위해성을 최소화시키는 실내공기질 관리방안 수립을 위해서 필수적으로 요구되는 실내마감재료의 유해공기오염물질의 배출특성을 평가하는 것이다.

2. 연구 고안

2.1. 밀봉용기공간부분법을 이용한 유해공기오염물질 구성성분 함유량 결정

밀봉용기공간부분법을 이용한 휘발성 HAPs 구성성분 함유량 결정하기 위한 본 연구에서는 먼저, 선행연구와 국내 시장 조사를 통한 조사대상 제품으로 선정된 건축자재에 대하여 Wallace 등(1987)이 이용한 밀봉용기공간부분법을 활용하여 휘발성 HAPs의 구성성분과 함유량을 결정하였다. 조사대상 생활용품의 8 ml 을 10 ml 피펫을 이용해서 40 ml 헤드스페이스 앰버 바이알로 운반되었다. 이 바이알은 테프론 막으로 두껍이 고정되고, 밀봉되어 있다. 액체 용품은 용기 체적의 20 %가 되도록 채웠다. 건축자재로부터 휘발되는 HAPs를 용출시키기 위하여 이렇게 일정부분이 채워진 헤드스페이스 앰버 바이알 용기는 세 개의 다른 온도(22 °C, 40 °C, 60 °C)에 30분 간격으로 60분에서 2 시간 사이의 세 주기 동안 방치되었다.

먼저 건축자재의 최적 평형상태의 온도와 시간을 찾기 위하여 동일품목의 하나를 대표제품으로 선정하여 실험하였다. 이에 근거한 건축자재의 최적 평형상태의 온도는 40 °C 이고, 시간은 90 min으로 조사 되었다. 이러한 최적 평형상태의 온도와 시간을 나머지 제품에 적용시켰다. 헤드스페이스 바이알의 blank test후 시료를 8 ml 주입 후 표준물질도 동시에 해

드스페이스바이알로 주입시킨다. 주입 액체 표준물질의 량은 1 µL 정도이다. 동심의 원이 있는 커버에 가열장치가 장착된 Water bath에 헤드스페이스 바이알을 담근 후 건축자재는 40 °C 에서 90 min동안 방치 후 깨끗하게 세척이 된 1 ml 가스 밀봉 마이크로주사기를 이용하여 서서히 밀봉용기공간 시료와 표준물질을 주사기 내로 1 ml을 주입시킨 후 즉시 GC/MS 시료주입부로 주입 후 기체크로마토그래프 / 질량분석기 (GC/MS, Hewlett Packard6890)를 이용하여 분석하였다. 헤드스페이스 시료가 포집되는 동안 바이알 내벽에 진공이 일어나는 것을 방지하기 위하여 실린지 바늘은 헤드스페이스 중앙에 테플론막을 통하여 주입하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 밀봉용기 공간부분법

3.1.1. 가정용 접착제

건축자재중 가정용 접착제 중 벽지접착제와 마루접착제를 2가지제품을 대상으로 본 연구에서는 건축자재에서 발생하는 휘발성 HAPs의 구성성분을 평가하였다. 우선 가정용 벽지 접착제에 사용되는 구성제품은 가정용 풀, 바인드 및 접착제등의 3가지 제품으로 구성하고 있다. 따라서 본 연구에서는 신축주택에서 벽지에 사용되는 접착제, 바닥재 종류(모노륨, 온돌마루)에 따라 사용되는 접착제의 구성제품 각각에 대해 휘발성 HAPs의 구성성분을 평가하였으며, 또한 벽지 접착제의 구성제품 중우선 가정용 풀에서는 성분이 검출되지 않았으나, 바인드 에서는 Ethylbenzene, Toluene, p-Xylene, Styrene이 검출되었으며, 오폭본드201 에서는 Methyl acetate, Ethyl acetate, Ethylbenzene, p-Xylene, Toluene이 검출되었다. 또한 친환경접착제에서는 Methyl acetate, 2,3-butadione, Ethyl acetate가 검출되었다. 바닥용 접착제중 모노륨에 사용되는 접착제는 Acetone이 검출되었으며, 온돌마루에 사용되는 접착제의 휘발성HAPs의 구성성분은 Ethylbenzene, Toluene, o-Xylene, p-Xylene, Propane이 검출되었다. 상기 결과에 근거한 벽지용 접착제의 휘발성 HAPs의 구성성분 분석 결과에서 검출빈도가 가장 높은 휘발성 HAPs는 p-Xylene, Toluene, Ethylbenzene이 공동으로 높게 나타났다. 또한 바닥용 접착제에서는 2종의 다른 제품에서 전혀 다른 구성성분이 검출되었고, 검출함량이 가장 높은 휘발성 HAPs는 Toluene으로 나타났다.

3.1.2. 가정용 페인트

건축자재중 가정용 페인트 중 수성, 유성, 결로 방지페인트 3가지제품을 대상으로 본 연구에서는 건축자재에서 발생하는 휘발성 HAPs의 구성성분을 평가하였다. 우선 수성페인트는 업체 3곳에서 판매되는 제품을 분석하였다. 우선 O2Plus(친환경산림용)에서는 2,3,4-Trimethylpentane이 검출되었으며, 2,3,4-Trimethylpentane, wt366A에서 Isooctane, octane 이 검출되었으며, 스타텍스7000 에서는 o-Xylene, Ethylbenzene이 검출되었다. 상기 결과에 근거한 수성페인트(내부용)의 휘발성 HAPs의 구성성분 분석 결과에서 검출빈도가 가장 높은 휘발성 HAPs는 2,3,4-Trimethylpentane 나타났다. 유성페인트도 업체 3곳에서 판매되는 제품을 분석하였다. 우선 CL446에서는 Acetone, Ethylbenzene, Toluene, 2,2,4-

Trimethylpentane, o-Xylene, p-Xylene, Ethyl cyclohexane, 4-methyl-2-pentanone이 검출되었으며 Toluene이 가장 높은 함유량을 나타내었다. 세르폼락카에서는 Acetone, Ethylbenzene, Toluene, o-Xylene, p-Xylene, Ethyl cyclohexane, Propyl cyclopentane, 4-methyl-2-pentanone이 검출되었다. 에나멜에서는 Trans-decahydro-naphthalene, Butyl benzene, Propyl benzene Decane, Toluene, p-Xylene외 24종의 오염물질이 검출되었다. 다른 제품에 비해 에나멜에서 약 3배정도 물질이 검출되었고, 상기결과에 근거한 수성페인트(내부용)의 휘발성 HAPs의 구성성분 분석 결과에서 검출빈도 및 검출함량이 가장 높은 휘발성 HAPs는 Toluene, p-Xylene, Ethylbenzene 순서로 나타났다. 절로방지페인트는 업체 2곳의 제품을 선정하여 분석한 결과, 숲으로 듀제로에서는 휘발성 HAPs의 구성성분이 검출되지 않았으며, 오히려 친환경 절로 보완용 페인트에서 Ethylbenzene, 2-methyl butane, Styrene이 검출되었다.

3.1.3. 가정용 실란트

건축자재중 가정용 실란트는 3업체의 선정제품을 대상으로 본 연구에서는 가정용 실란트에서 발생하는 휘발성 HAPs의 구성성분을 평가하였다. 우선 SL907에서는 Toluene이 검출되었으며, 신네츠에서는 Toluene, Methyl Ethyl Ketone이 검출되었으며, 다우코닝에서는 Hexane, Methyl cyclopentane, Methyl cyclobutane이 검출되었다. 상기 결과에 근거한 실란트의 휘발성 HAPs의 구성성분 분석 결과에서 검출빈도 및 검출함량이 가장 높은 휘발성 HAPs는 Toluene으로 나타났다. 휘발성 HAPs의 배출특성 분석에서 상기 결과에 근거할 때, 동일 제품이라도 제조회사에 따라 동일성분이 검출되는 것도 있지만, 제품의 특성 및 제조회사에 따라 구성성분의 차이가 있는 것으로 추정된다.

참 고 문 헌

- Colombo, A., Bortoli, M. D., Knöppel, H., Schauenburg, H., Vissers, H., 1991, Small chamber tests and headspace analysis of volatile organic compounds emitted from household products, *Indoor Air*, 1, 13-21.
- Cox, S. S., Little, J. C., Hodgson, A. T., 2001, Measuring concentrations of volatile organic compounds in vinyl flooring, *Journal of the Air & Waste Management Association* 51, 1195-1201.
- Girman, J. R., Hodgson, A. T., Wind, M. L., 1987, Considerations in evaluating emissions from consumer products. *Atmospheric Environment*, 21, 315-320.
- Howard, E. M., McCrillis, R. C., Krebs, K. A., 1998, Indoor emissions from conversion varnishes, *Journal of the Air & Waste Mangement Association*, 48, 924-930.
- Ilgen, E., Karfich, N., Levsen, K., Angerer, J., Schneider, P., Heinrich, J., Wichmann, H., Dunemann, L., Begerow, J., 2001, Aromatic hydrocarbons in atmospheric environment: Part I. Indoor versus outdoor sources, the influence of traffic, *Atmospheric Environment*, 35, 1235-1252.

- Mølhave, L., 1982, indoor air pollution due to organic gases and vapours of solvents in building materials. *Environment International*, 8, 117-128.
- U.S. Environmental Protection Agency, 1987, Office of Acid Deposition, Environmental Monitoring and Quality Assurance. Project Summary: The Total Exposure Assessment Methodology (TEMA) Study, EPA-600-s6-87-002.
- Wallace, L., Nelson, W., Ziegenfus R., Pellizzari, E., Michael, L., Whitmore, R., Zelon, H., Hartwell, T., Perritt, R., 1991, The Los Angeles TEAM study: personal exposures, indoor-outdoor air concentrations, and breath concentrations of 25 volatile organic compounds, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 1, 157-192.
- Zhu, J., Cao, X. L., Beauchamp, R., 2001, Determination of 2-butoxyethanol emissions from selected consumer products and its application in assessment of inhalation exposure associated with cleaning tasks. *Environment International*, 2, 589-597.