

PA13) Determination of Volatile Chemicals Emitted from Liquid Consumer Products using Head-space Method

권기동*, 신명희¹, 임호진¹, 정우식², 조완근¹

(주)이화환경, ¹경북대학교 환경공학과, ²인제대학교 의생명학과

1. 서 론

세정제에 대한 오염물질 방출 및 특성평가 연구가 지극히 미비하며, 무독성 환경 친화적 세정제에 대한 개발을 체계적으로 수행한 연구는 많지 않은 실정이다. 따라서 이러한 생활용품에 대한 오염물질의 방출특성을 평가하는 것은 매우 시급한 실정이다. 최근 연구들에서 가정용 세정제의 독성성분으로서 Carbonyls, hydrocarbons 및 Glycol ethers등이 보고되었다. Zhu 등 (2001)은 캐나다의 가정용 세척제품에서 Glycol ethers류 중 2-Butoxyethanol(BE)가 보고되었으며, 이것은 5가지 수용성제품의 총 이온 크로마토그램에서 개별화합물질 피크 면적의 퍼센테이지 농도에 의해 결정되었다.

생활용품의 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds ; VOCs) 배출특성에 관한 연구를 살펴보면, Mølhav et al., (1997)보고에 따르면 TVOC의 개념은 노출평가와 건강의 영향을 예측하거나 적합한 건강의 영향을 평가하기 위해 유용한 것이다. 비록 현재로서는 건강의 영향을 예측하기위해 총휘발성유기화합물 (Total Volatile Organic Compound ; TVOC) 를 이용하는 것이 가능하지는 않지만 건강, 복지, 에너지효율 등이 유지될 수 있는 관점에서 요구되는 것으로서 오염물질의 발생원 관리향상과 실내공기오염의 특성을 위해 TVOC 유용성이 확인되었다고 보고되었다. TVOC의 농도를 측정하는 것은 가스 크로마토 그래프에 의해 n-헥산에서 n-헥사데칸까지의 범위까지이며, 동정된 VOCs 와 불 동정으로 검출된 화합물은 톨루엔으로 환산한 값을 합하여 TVOC로 산출한다. Mølhav 등 (1997)의 보고에 따르면 비 산업 실내 환경에서 TVOC 농도는 1 mg m^{-3} 이하이고 25 mg m^{-3} 을 초과하는 것이 거의 없는 것으로 대부분의 연구에서 조사되었다. 또한 TVOC 농도가 25 mg m^{-3} 이상일 경우 일반적인 건물증후군과는 또 다른 형태로 인체에 영향을 미칠 수 있다고 한다. Brinke 등(1998)의 보고에 따르면 비록 일부 오피스 건물에서 농도가 $2 \sim 10 \text{ mg m}^{-3}$ 의 수준으로 도달했지만 대부분 오피스 건물에서 TVOC 농도는 전형적으로 약 0.5 mg m^{-3} 로 나타났다고 한다. Mølhav 등(1986)은 환경챔버 연구에서 최고치 총 농도 ($5 \sim 25 \text{ mg m}^{-3}$) 에서 건물증후군 증상을 초래할 수 있다고 제안했다. 빌딩 연구에서 높은 농도를 제외하고는 측정된 휘발성유기화합물질과 건물증후군 증상은 관련성을 일반적으로 찾지 못하여 왔다. 그러나 일부 몇몇 연구자들은 농도가 적은 TVOC 와 VOCs의 건물증후군 증상이 관련성이 있다고 보고되었다. 따라서 본 연구에서는 가정에서 사용 빈도가 높은 액상 세정제에서 배출되는 VOCs 의 배출특성을 밀폐용기공간부분법(Head-space method)을 이용하여 분석하였다.

2. 재료 및 실험 방법

세정제의 구성성분 함유량 결정하기 위해 본 연구에서는 Head space법을 활용하여 VOCs의 구성성분과 함유량을 결정하였다. 선정된 제품의 수는 다음 Table.1. 에 제시되었다. 조사대상 생활용품의 8ml 피펫 및 시약스푼을 이용하여 40ml 밀폐용기공간부분법(Head space) 앰버 바이알로 주입하였다(앰버 바이알의 약 20%정도). 생활용품으로부터 VOCs를 용출시키기 위해서 이렇게 일정부분이 채워진 앰버 바이알 용기에서 생활용품의 최적 평형상태의 온도는 60℃이고 시간은 90min으로 나타났다. 이런 최적 평형 상태 결과를 이용해 대표 온도와 시간을 다른 제품에 적용하여 실험을 수행 하였다. 바이알의 Blank test 후 시료를 바이알 용기에 액체의 경우 앰버 바이알의 약 20%정도를 주입한다. 가열 장치가 장착된 Water bath에 바이알을 담근 후 생활용품을 60℃에서 90min 동안 방치 후 깨끗하게 세척된 5ml gas-tight syringe를 이용하여 서서히 밀폐용기공간의 시료를 실린지 내로 1ml를 흡입하여 깨끗이 세척된 GC/MS용 Trap의 양쪽 중 한쪽에 셉터를 끼우고 실린지의 니들 부분이 Trap 내의 흡착제와 닿는 곳 까지 넣고 시료를 주입한다. 주입 후 Trap의 다른 한쪽도 셉터를 끼운 후 10분정도 깨끗한 곳에서 시료가 흡착될 수 있도록 Trap 방치해 두었다. 이후 기체크로마토그래프 / 질량 분석기(GC/MS, Hewlett Packard6890)를 이용하여 분석하였다. Head space법 에 의해 시료를 흡입 하는 동안 바이알 내벽에 진공이 일어나는 것을 방지하기 위하여 실린지 니들을 밀폐용기 공간 중앙에 테프론 막을 통하여 주입하였다. 화합물들은 Wiley mass spectral library를 사용하여 확인하였다.

Table. 1. Number of household products for this study

Item	Product name	Type	Investigation number of household product for this study
Household cleaner	All purpose cleaner	Liquid	3
	Chlorine bleach scouring powde	Liquid	2
	Laundry stain remover	Liquid	2
	Laundry detergent	Liquid	2
	Mould and mildew cleaner	Liquid	1
	Nail colour remover	Liquid	3
Total number			13

3. 결과 및 고찰

생활용품의 가정용 세척제의 제품을 대상으로 본 연구에서는 TACs의 구성성분과 배출 특성을 평가하였다. 우선 생활용품의 가정용 세척제로서 다목적 세정제는 3종의 제품과 국외제품(1종)에 대한 밀폐용기공간부분법을 이용한 성분평가의 결과(Table. 2.)에 근거할 때, 국내·외제품에서 VOCs의 구성성분이 전혀 다르게 특성을 나타내었으며, 각 제품별 비교하기에는 어려움이 있기 때문에, 각 제품 내에서 VOCs의 구성성분 및 정량적 배출 특성을 비교하였다.

Table. 2. Chemical composition and concentrations of total VOCs determined from head-space phase according to product

Product class	Product category	Type	Analytes	TVOC
Pesticides	All purpose cleaner	liquid	1,8-Cineole, Isocineole	878
		liquid	Deane, Limonene, betha-Myrcene, Octane, alpha-Pinene, betha-Terpinene	1169
		liquid	Ammonia, Chloroform	4167
	Chlorine bleach scouring powde	liquid	Acetone, Chloroform, Limonene	3635
		liquid	Acetone, Chloroform, 1,8-Cineole, CIS-Limonene oxide, Trans-Limonene oxide, Limonene, Methane, alpha-Pinene, betha-Pinene	1335
	Laundry stain remover	liquid	Ammonia, Decane	1544
		liquid	Acetone, 3,7-Dimethyl-3-octanol	1156
		liquid	Acetone, Benzene, Ethanol	956
	Laundry detergent	liquid	Limonene	3.5
		liquid	ND	
	Mould and mildew cleaner	liquid	Ethanol	4252
		liquid	Acetone	5496
Nail colour remover	liquid	Acetone, Cyclohexane	3698	
	liquid	Acetone, Butyl acetate, 2,2,4-trimethyl-1,3-Dioxolane	1335	

ND : Non Detected.

4. 요약

Head-space method를 통하여 세척제에 대한 VOCs의 배출특성에서 1가제 제품을 제외한 모든 제품에서 다양한 VOCs가 검출되었으며, 제품에 따라 다소 차이는 있지만 대부분의 생활용품에서 유해한 물질이 검출되었다. 국내 제조회사에 따라 VOCs의 종류가 유사한 것도 있지만 대부분 제조회사에 따른 배출특성의 차이가 있을 수 있다고 사료되어진다. 외국과 국내의 생활용품의 구성성분 차이와 이에 따른 배출특성 차이가 있는 것으로 사료되어진다. 따라서 소비자가 VOCs노출로부터 보다 안전한 생활용품을 선정할 수 있도록, 생활용품제조회사들이 VOCs를 최소화하는 원자재를 사용하도록 유도해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Brinke, J.T., Selvin, S., Hodgson, A.T., Fisk, W.J., Mendell, M.J., Koshland, C.P., Daisey, J.M., 1998. Development of New Volatile Organic Compound(VOC) Exposure Metrics and their Relationship to "Sick Building Syndrome" Symptoms. *Indoor Air* 8, 140-152.
- Mølhave, L., Bach, B., Pedersen, O.F., 1986. Human reactions during controlled exposures to low concentrations of organic gases and vapours known as normal indoor air pollutants. In *Indoor Air, Vol. 3, Sensory and Hyper reactivity Reactions to Sick Buildings*(Edited by Berglund B., Lindvall T., Sundell, J.),pp.431-436. Swedish Council for Building Research, Stockholm, Sweden.
- Mølhave, L., Clausen. G., Berglund, B., De Ceaurriz, J., Kettrup, A., Lindvall, T., Maroni, L., Pickering, A.C., Risse, U., Rothweiler, H., Seifer, B., Younes, M., 1997. Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations. *Indoor Air* 7, 225-240.
- Zhu, J., Cao, X.L., Beauchanp, R.,2001.Determination of 2-butoxyethanol emissions from selected consumer products and its applicaion in assessment of inhalation exposure associated with cleaning tasks. *Environment International* 2, 589-597.