

家具及び家電製品からの揮発性有機化合物の放散に関する研究

香川 (田中) 聡子, 神野透人[#], 古川容子, 西村哲治

Volatile Organic Compounds (VOCs) Emitted from Furniture and Electrical Appliances

Toshiko Tanaka-Kagawa, Hideto Jinno[#], Yoko Furukawa, and Tetsuji Nishimura

Organic chemicals are widely used as ingredients in household products. Therefore, furniture and other household products as well as building products may influence the indoor air quality. This study was performed to estimate quantitatively influence of household products on indoor air quality. Volatile organic compound (VOC) emissions were investigated for 10 products including furniture (chest, desk, dining table, sofa, cupboard) and electrical appliances (refrigerator, electric heater, desktop personal computer, liquid crystal display television and audio) by the large chamber test method (JIS A 1912) under the standard conditions of 28°C, 50% relative humidity and 0.5 times/h ventilation. Emission rate of total VOC (TVOC) from the sofa showed the highest; over 7900 μg toluene-equivalent/unit/h. Relatively high TVOC emissions were observed also from desk and chest. Based on the emission rates, the impacts on the indoor TVOC were estimated by the simple model with a volume of 17.4 m^3 and ventilation frequency of 0.5 times/h. The estimated TVOC increment for the sofa was 911 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, accounting for almost 230% of the provisional target value, 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The values of estimated increment of toluene emitted from cupboard and styrene emitted from refrigerator were 10% and 16% of guideline values, respectively. These results revealed that VOC emissions from household products may influence significantly indoor air quality.

Keywords: indoor air, emission of volatile organic compounds, household products, large chamber test method

1. はじめに

シックハウス症候群や本態性多種化学物質過敏状態など室内空気の汚染に起因すると考えられる健康被害の増加に伴い、室内環境中の化学物質に対して大きな関心が寄せられている。このような化学物質に関する安全対策としての取り組みとして、化学物質の室内濃度指針値について「シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会」の中間報告書¹⁾に基づき、これまでにホルムアルデヒド、トルエン及びキシレン等13物質について室内濃度指針値が策定されている。室内における化学物質の主要な発生源の一つである建材に関しては、2003年7月1日に施行された改正建築基準法等²⁾によって低減化

対策が講じられつつある。一方、居住者によって家庭内に持ち込まれる様々な家庭用品にも多種多様な化学物質が使用されており、室内空気の汚染源としての可能性が指摘されているが、それらの製品から放散される化学物質の室内空気への負荷については情報が限られている。本研究では、家庭用品からの化学物質の発生状況を把握し、室内空気中の化学物質に対する家庭用品の寄与を定量的に検討する目的で、大形家具及び家電製品について大形チャンバー法による揮発性有機化合物 (VOC) の放散試験を実施し、室内環境中濃度に対する影響について考察を行った。

2. 実験方法

2.1 試験試料及び放散試験

家具5製品 (タンス, 学習机 (椅子付), テーブル (椅子付), ソファ, 食器棚及びレンジ収納庫), 家電製品5製品 (冷蔵庫, 電気ストーブ, デスクトップ型パーソ

[#]To whom correspondence should be addressed:

Hideto Jinno; 1-18-1 Kamiyoga, Setagaya-ku, Tokyo 158-8501, Japan; Tel: +81-3-3700-1141 ext.257, Fax +81-3-3707-6950; E-mail:jinno@nihs.go.jp

ナルコンピューター、液晶テレビ及びオーディオ)を試験対象として、大形チャンバー法 (JIS A 1912) に準拠して放散試験を実施した。放散試験には5.5 m³チャンバー (日測エンジニアリング社製) または1 m³チャンバー (エスベック社製) を使用した。液晶テレビ及びオーディオは1 m³チャンバーを、それ以外の試料については5.5 m³チャンバーを用いた。チャンバー内は温度28℃、湿度50%に設定し、換気回数が0.5回になるように純空気を供給した。検体をチャンバー内に設置し24時間後に3層 (Tenax TA/Carbograph 1TD/Carboxen 1000) の吸着管TO-17/2 (Markes) を使用して、50 mL/minの流速で5 L及び2 Lの放散ガスをサンプリングした。家電製品はチャンバー内において稼働時に近い状態に設置して放散試験を実施した。なお、冷蔵庫に関しては通電なし開扉、及び通電あり閉扉の異なる2条件で放散試験を行った。

2.2 加熱脱離GC/MS (TD-GC/MS) による個別VOCs及びTVOCの定量

TD-GC/MSによるVOCsの測定は島津製作所製加熱脱着装置TDTS-2010及びGC/MS-QP-2010を用いて以下に示した条件で行った。

加熱脱着装置付GC/MSの分析条件

加熱脱離 (島津製作所 (株) 製 TDTS-2010)

Desorption : 280°C, 50 mL He/min, 10 min
Cold Trap Temp : -10°C

GC/MS (島津製作所 (株) 製 GC/MS-QP2010)

Column : Rtx-1 (0.32 mm × 60 m, 1µm)
Carrier Gas : He, 2.35 ml/min
Column Temp. : 40°C -5°C/min-250°C
Interface Temp. : 250°C
Ion Source Temp. : 200°C
Scan Range : m/z 35-350

測定対象化合物は、平成15年度及び平成16年度に国立医薬品食品衛生研究所において実施した「室内空気中の揮発性有機化合物に関する全国調査」の結果より室内空気中で高頻度に検出される化学物質として選定した70種のVOC³⁾とした。定量は2 ng - 250 ngの範囲で個別に行った。また、*n*-ヘキサンから*n*-ヘキサデカンの間の保持時間に溶出されるトータルイオンクロマトグラムのピーク面積積分値からtotal VOC (TVOC) 量を算出してトルエン換算値として示した³⁾。デコンボリューション解析にはAnalyzerPro (SpectralWorks) を使用し、

シミラリティー検索のためのマスペクトルライブラリーとして、NIST 05及びFFNSC GC/MS香料ライブラリー (島津製作所) を用いた。

2.3 解析

放散ガス中の各VOC濃度から次式により各検体について単位試料当たりの放散速度 (µg/(m²·h)) を算出した。なお、放散速度の算出においては原則的に試料空気として5L捕集した吸着管を用いて分析した結果を採用することとした。分析結果が定量範囲 (250 ng) を超えた場合には、試料空気として2L捕集した吸着管を用いて分析した結果を採用した。

〈計算式〉 $EF = C \times n \times V$

EF : 単位個数当たりの放散速度 (µg/unit/h)
C : チャンバー内のVOCの濃度 (µg/m³)
= 測定対象物質の質量 (ng) / 空気捕集量 (l)
n : 換気回数 (回/h)
V : チャンバーの容積 (m³)

個別定量物質及びTVOCの定量下限 (2 ng) から放散速度の定量下限を以下のように設定した。

◇5.5 m³チャンバーを用いた放散試験 (Sample ID#: 1-9) における放散速度の定量下限
試料空気として5L捕集した場合 : 1.1 µg/unit/h
試料空気として2L捕集した場合 : 2.8 µg/unit/h

◇1 m³チャンバーを用いた放散試験 (Sample ID#: 10, 11) における放散速度の定量下限
試料空気として5L捕集した場合 : 0.2 µg/unit/h
試料空気として2L捕集した場合 : 0.5 µg/unit/h

また、次式により気中濃度増分値 ΔC (µg/m³) を算出した。

$$\Delta C = \frac{EF \times UR}{nR \times VR}$$

ΔC : 気中濃度増分予測値 (µg/m³)
UR : 個数 (unit)
EF : 単位個数当たりの放散速度 (µg/unit/h)
nR : 室内空気モデル内の換気回数 (0.5回/h)
VR : 室内空気モデル内の体積 (17.4 m³)

3. 結果及び考察

家具5製品及び家電製品5製品を対象として大形チャンバー法により各製品から放散されるVOCを測定しTVOC量として算出した結果をTable 1に示した。TVOCとして総体的に評価した結果では、家具からのTVOC放散量が高い傾向が認められた。中でもソファからの放散量が7924 μg トルエン相当量/unit/hと最も高く、学習机・椅子やタンスでも比較的高いTVOCの放散が認められた(それぞれ4825, 3401 μg トルエン相当量/unit/h)。ソファについては、デコンボリユーション解析の結果からロンギフォレン、カリオフィレン、テルピネオール等の木材由来のテルペン類が主要なTVOC構成成分であると考えられるが、BHTが比較的高い放散量(377 μg トルエン相当量/unit/h)を示したことが特筆される点である。BHTに関しては、学習机・椅子(109 μg トルエン相当量/unit/h)やテーブル・椅子(298 μg トルエン相当量/unit/h)からも検出されており、多種、多様な家庭用品からの放散によって室内環境への負荷が累積的に増加する可能性についても考慮する必要がある。

個別定量対象物質の測定結果をTable 2に示した。尚、表中の試料ID番号に対応する試料名についてはTable 1と同様である。

(家具)

タンス (ID# 1) : 酢酸メチル (129.8 μg /unit/h), 酢酸ブチル (83.9 μg /unit/h), アセトン (71.6 μg /unit/h), 1-ブタノール (49.8 μg /unit/h) 及び*n*-テトラデカン (48.6 μg /unit/h) が比較的高い放散速度の化合物として検出された。これらの他に、デコンボリユーション解析により酢酸 (553 μg トルエン相当量/unit/h), メトキシプロ

パノールアセテート (182 μg トルエン相当量/unit/h), δ -カジネン (112 μg トルエン相当量/unit/h), α -アモルフェン (86 μg トルエン相当量/unit/h), α -テルピネオール (64 μg トルエン相当量/unit/h) 及び1,2,3,5-テトラメチルベンゼン (61 μg トルエン相当量/unit/h) が暫定的に同定された。

学習机・椅子 (ID# 2) : *m*-, *p*-キシレン (236.4 μg /unit/h), 1-ブタノール (162.8 μg /unit/h), 2-プロパノール (129.5 μg /unit/h), 酢酸ブチル (82.4 μg /unit/h), *o*-キシレン (49.8 μg /unit/h) が比較的高い放散速度の化合物として検出された。これらの他に、デコンボリユーション解析により酢酸 (1026 μg トルエン相当量/unit/h), α -グルジュネン (507 μg トルエン相当量/unit/h), メトキシプロパノールアセテート (302 μg トルエン相当量/unit/h), 2-ブトキシエタノール (218 μg トルエン相当量/unit/h), 3-エトキシプロピオン酸エチル (175 μg トルエン相当量/unit/h), δ -エレメン (143 μg トルエン相当量/unit/h), BHT (ブチルヒドロキシルトルエン) (109 μg トルエン相当量/unit/h) が暫定的に同定された。

テーブル・椅子 (ID# 3) : *m*-, *p*-キシレン (550.3 μg /unit/h), *o*-キシレン (115.8 μg /unit/h), 酢酸ブチル (108.2 μg /unit/h), エチルベンゼン (48.2 μg /unit/h) が比較的高い放散速度の化合物として検出された。これらの他に、デコンボリユーション解析によりBHT (298 μg トルエン相当量/unit/h), 酢酸 (218 μg トルエン相当量/unit/h), 2-ブトキシエタノール (78 μg トルエン相当量/unit/h) が暫定的に同定された。

Table 1 Emission rate of TVOC from furniture and electrical appliances

試料ID	試料名	TVOC放散速度 (μg Toluene/unit/h)	気中濃度増分子測値 (μg Toluene/ m^3)	TVOC暫定目標値*に 対する比率 (%)	Deconvolution法で 暫定的に同定された化 合物の比率 (%)
ID# 1	タンス	3,401	391	98	67
ID# 2	学習机・椅子	4,825	555	139	80
ID# 3	テーブル・椅子	1,600	184	46	95
ID# 4	ソファ	7,924	911	228	54
ID# 5	食器棚及びレンジ収納庫	2,875	330	83	69
ID# 6	冷蔵庫 (通電なし開扉)	2,127	245	61	100
ID# 7	冷蔵庫 (通電あり閉扉)	713	82	20	105
ID# 8	電気ストーブ	164	19	5	90
ID# 9	デスクトップ型PC	1,524	175	44	34
ID# 10	液晶テレビ	1,440	166	41	104
ID# 11	オーディオ	417	48	12	100

* 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Table 2 Emission rate of VOCs from furniture and electrical appliances

	Emission Rate ($\mu\text{g}/\text{unit}/\text{h}$)										
	ID# 1	ID# 2	ID# 3	ID# 4	ID# 5	ID# 6	ID# 7	ID# 8	ID# 9	ID# 10	ID# 11
Acetone	71.6	42.0	12.3	41.9	91.4		12.8	16.3	173.7	10.1	54.6
2-Propanol		129.5									8.8
Methyl acetate	129.8	38.4	10.8	9.2	34.1						3.2
Dichloromethane										20.5	2.1
2-Methylpentane	15.0										
Methylethylketone	2.3	10.9	11.1	8.9	20.8	25.2	3.7		4.9	2.6	30.1
3-Methylpentane											
Ethyl acetate										13.1	
<i>n</i> -Hexane						54.4					
Chloroform											
2,4-Dimethylpentane/Methylcyclopentane											
Methylcyclopentane/2,4-Dimethylpentane						5.2					
1,1,1-Trichloroethane											
1-Butanol	49.8	162.8	16.6		8.2	26.2	8.4	18.3	32.0	OR	6.6
Benzene											1.0
1-Methoxy-2-propanol	26.7		7.4								2.4
Carbon tetrachloride											
Cyclohexane											
2-Methylhexane											
3-Methylhexane											
Trichloroethylene											
2,2,4-Trimethylpentane											
<i>n</i> -Heptane											
Methylisobutylketone	6.4	16.2	30.4								
Methylcyclohexane											
Isobutyl acetate		1.3									
Toluene*	19.2	15.5	29.2	26.8	230.4	8.6	2.3		12.3	OR	30.3
1,4-dimethylcyclohexane											
Butyl acetate	83.9	82.4	108.2	2.4	24.7						
<i>n</i> -Octane											
Tetrachloroethylene											
Ethylbenzene*	1.8	41.5	48.2	4.9	3.7	55.7	9.1		39.7	5.1	2.5
<i>m</i> -, <i>p</i> -Xylene*	17.2	236.4	550.3	22.2		67.2	12.7	8.9	100.5	33.4	14.3
2-Methyloctane						32.8	4.8				
3-Methyloctane											
Styrene*	2.3	4.1	3.9	13.8	12.1	307.6	146.4		64.4	3.2	89.5
<i>o</i> -Xylene*		49.3	115.8	3.0	4.3	3.4			19.4	3.0	2.5
<i>n</i> -Nonane											
Isopropylbenzene			2.9						1.1		
3,5-Dimethyloctane											
α -Pinene	2.2			7.4		5.2	3.1		7.4		
<i>n</i> -Propylbenzene			7.8								
(+/-)-Camphene											
Phenol	3.0	28.6	43.5	7.2	4.3	13.8	9.1	15.3	57.6	OR	47.5
1,3,5-Trimethylbenzene			8.8	1.3							
2-Methylnonane											
alpha-Methylstyrene										2.4	
2-Ethyltoluene		1.6	7.0								
β -Pinene											
2-Pentylfuran			1.7		2.8						
1,2,4-Trimethylbenzene		11.2	32.8	6.2	2.2						1.1
<i>n</i> -Decane											7.5
1,4-Dichlorobenzene	8.0	20.4	6.5	51.9	6.2						
3-Carene											
1,2,3-Trimethylbenzene		2.8		2.7	1.2						
Limonene											
1-Methyl-3-propylbenzene											
<i>n</i> -Butylbenzene			1.1								
<i>n</i> -Undecane	2.2								1.6		5.5
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	32.1	5.2		1.8	3.4						
1,3,5-Trichlorobenzene			1.5								
Camphor				8.8							
Naphthalene	11.8	12.7	2.7	32.1	3.1				2.3		0.8
<i>n</i> -Dodecane	16.8		4.8	2.8	2.4	5.5	1.2		10.9		5.9
<i>n</i> -Tridecane	33.2		4.4	10.1	2.5		4.5		6.2		
<i>n</i> -Tetradecane	48.6	11.1	14.8	42.1	2.1	17.4	21.2		29.5	2.7	17.8
<i>n</i> -Pentadecane	41.8	1.5	3.8	60.2	5.2		1.6		10.2		0.5
TXIB											
<i>n</i> -Hexadecane	24.5	4.8	24.5	46.1	5.1	3.2	16.4		19.9		5.6

* : 室内温度指針値が策定されている化学物質

OR : 定量範囲外

空欄 : 定量下限値未満

ソファ (ID# 4): *n*-ペンタデカン (60.2 μ g/unit/h), 1,4-ジクロロベンゼン (51.9 μ g/unit/h), *n*-ヘキサデカン (46.1 μ g/unit/h) が比較的放散速度の高い化合物として検出された。これらの他に、デコンボリューション解析によりロンギフォレン (1659 μ gトルエン相当量/unit/h), カリオフィレン (432 μ gトルエン相当量/unit/h), BHT (377 μ gトルエン相当量/unit/h), テルピネオール (169 μ gトルエン相当量/unit/h), ロンギシクレン (142 μ gトルエン相当量/unit/h), α -ロンギピネン (124 μ gトルエン相当量/unit/h), カリオフィレン (93 μ gトルエン相当量/unit/h), 酢酸 (89), テトラメチルブタンジニトリル (89 μ gトルエン相当量/unit/h), (+)-サチベン (65 μ gトルエン相当量/unit/h), ジヒドロ- α -テルピネオール (57 μ gトルエン相当量/unit/h) が暫定的に同定された。

食器棚 (ID# 5): トルエン (230.4 μ g/unit/h), アセトン (91.4 μ g/unit/h) が比較的放散速度の高い化合物として検出された。これらの他に、デコンボリューション解析により酢酸 (988 μ gトルエン相当量/unit/h), (+)-ロンギフォレン (87 μ gトルエン相当量/unit/h), 2-メチルプロパン酸1-(1,1-ジメチルエチル)-2-メチル-1,3-プロパンジイルエステル (81 μ gトルエン相当量/unit/h), ヘキサナール (64 μ gトルエン相当量/unit/h), ギ酸 (57 μ gトルエン相当量/unit/h) が暫定的に同定された。

〈家電製品〉

冷蔵庫 (通電なし・開扉) (ID# 6): スチレン (307.6 μ g/unit/h), *m*-, *p*-キシレン (67.2 μ g/unit/h), エチルベンゼン (55.7 μ g/unit/h), *n*-ヘキサン (54.4 μ g/unit/h) が比較的放散速度の高い化合物として検出された。これらの他に、デコンボリューション解析により2,7,10-トリメチルドデカン (256 μ gトルエン相当量/unit/h), ウンデカン (200 μ gトルエン相当量/unit/h), シクロペンタン (110 μ gトルエン相当量/unit/h), 4,7-ジメチルウンデカン (110 μ gトルエン相当量/unit/h), ヘキサデカン (105 μ gトルエン相当量/unit/h), ペンタデカン (85 μ gトルエン相当量/unit/h), ウンデカン (60 μ gトルエン相当量/unit/h) 及び2,4ジメチルヘプタン (51 μ gトルエン相当量/unit/h) が暫定的に同定された。

冷蔵庫 (通電あり・閉扉) (ID# 7): スチレン (146.4 μ g/unit/h) が比較的放散速度の高い化合物として検出された。これらの他に、デコンボリューション解析によりシクロペンタン (131 μ gトルエン相当量/unit/h) が暫定的に同定された。

電気ストーブ (ID# 8): 顕著な放散速度を示す個別定量対象物質は検出されなかった。デコンボリューション解析により1,3-ジアセチルベンゼン (62 μ gトルエン相当量/unit/h) が暫定的に同定された。

デスクトップ型PC (ID# 9): アセトン (173.7 μ g/unit/h), *m*-, *p*-キシレン (100.5 μ g/unit/h), スチレン (64.4 μ g/unit/h), フェノール (57.6 μ g/unit/h) が比較的放散速度の高い化合物として検出された。

液晶テレビ (ID# 10): 1-ブタノール, トルエン, フェノールの3物質が極めて高い濃度で検出されたものの、定量範囲の上限 (絶対量として250 ng) を超えたため、正確な定量は困難であった。測定機器の感度を適宜調整した上でTVOCとして再測定した結果、デコンボリューション解析により酢酸ブチル (515 μ gトルエン相当量/unit/h), シクロヘキサノン (386 μ gトルエン相当量/unit/h), トルエン (197 μ gトルエン相当量/unit/h), 1-ブタノール (110 μ gトルエン相当量/unit/h), フェノール (83 μ gトルエン相当量/unit/h) が暫定的に同定された。

オーディオ (ID# 11): スチレン (89.5 μ g/unit/h), アセトン (54.6 μ g/unit/h), フェノール (47.5 μ g/unit/h) が比較的放散速度の高い化合物として検出された。

測定の結果得られた各VOCの放散速度を基に、デンマーク規格の室内空間モデル (容積17.4 m³, 換気率0.5回/hの室内を想定したモデル) を用いて室内空間への負荷濃度 (気中濃度増分値) を予測した。その結果をTable 3に示した。

個別定量対象の70化合物では食器棚から放散されるトルエンが室内濃度指針値 (260 μ g/m³) の約10%, テーブル・椅子から放散されるキシレン (*o*-キシレン, *m*-キシレン及び*p*-キシレンの総和として) が室内濃度指針値 (870 μ g/m³) の約9%, 開扉状態の冷蔵庫から放散されるスチレンが室内濃度指針値 (220 μ g/m³) の約16%に相当する濃度の負荷を引き起こす可能性があることが示唆された。冷蔵庫について実際の使用時を想定した状態 (閉扉通電状態) で試験した結果ではスチレンの負荷濃度は開扉状態の47%まで減少するものの、室内濃度指針値に対する占有率は依然として約8%であり、室内空気中のスチレンに関して冷蔵庫が重要な汚染源となる可能性があると考えられる。さらに、冷蔵庫の断熱材に関して興味深い点は、デコンボリューション解析によって、開扉無通電、閉扉通電何れの状態の冷蔵庫からもシクロペンタンの放散が確認されたことである (放散速度はそ

Table 3 The increment of VOC concentrations in indoor environment estimated by its emission rate

	Estimated VOC Increment ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)										
	ID# 1	ID# 2	ID# 3	ID# 4	ID# 5	ID# 6	ID# 7	ID# 8	ID# 9	ID# 10	ID# 11
Acetone	8.2	4.8	1.4	4.8	10.5		1.5	1.9	20.0	1.2	6.3
2-Propanol		14.9									1.0
Methyl acetate	14.9	4.4	1.2	1.1	3.9						0.4
Dichloromethane										2.4	0.2
2-Methylpentane	1.7										
Methylethylketone	0.3	1.3	1.3	1.0	2.4	2.9	0.4		0.6	0.3	3.5
3-Methylpentane											
Ethyl acetate										1.5	
<i>n</i> -Hexane						6.3					
Chloroform											
2,4-Dimethylpentane/Methylcyclopentane											
Methylcyclopentane/2,4-Dimethylpentane						0.6					
1,1,1-Trichloroethane											
1-Butanol	5.7	18.7	1.9		0.9	3.0	1.0	2.1	3.7	OR	0.8
Benzene											0.1
1-Methoxy-2-propanol	3.1		0.8								0.3
Carbon tetrachloride											
Cyclohexane											
2-Methylhexane											
3-Methylhexane											
Trichloroethylene											
2,2,4-Trimethylpentane											
<i>n</i> -Heptane											
Methylisobutylketone	0.7	1.9	3.5								
Methylcyclohexane											
Isobutyl acetate		0.1									
Toluene* ($260\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2.2	1.8	3.4	3.1	26.5	1.0	0.3		1.4	OR	3.5
1,4-dimethylcyclohexane											
Butyl acetate	9.6	9.5	12.4	0.3	2.8						
<i>n</i> -Octane											
Tetrachloroethylene											
Ethylbenzene* ($3800\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.2	4.8	5.5	0.6	0.4	6.4	1.1		4.6	0.6	0.3
<i>m</i> -, <i>p</i> -Xylene* ($870\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2.0	27.2	63.3	2.6		7.7	1.5	1.0	11.6	3.8	1.6
2-Methyloctane						3.8	0.6				
3-Methyloctane											
Styrene* ($220\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.3	0.5	0.4	1.6	1.4	35.4	16.8		7.4	0.4	10.3
<i>o</i> -Xylene* ($870\mu\text{g}/\text{m}^3$)		5.7	13.3	0.3	0.5	0.4			2.2	0.3	0.3
<i>n</i> -Nonane											
Isopropylbenzene			0.3						0.1		
3,5-Dimethyloctane											
α -Pinene	0.3			0.9		0.6	0.4		0.9		
<i>n</i> -Propylbenzene			0.9								
(+/-)-Camphene											
Phenol	0.3	3.3	5.0	0.8	0.5	1.6	1.0	1.8	6.6	OR	5.5
1,3,5-Trimethylbenzene			1.0	0.2							
2-Methylnonane											
alpha-Methylstyrene										0.3	
2-Ethyltoluene		0.2	0.8								
β -Pinene											
2-Pentylfuran			0.2		0.3						
1,2,4-Trimethylbenzene		1.3	3.8	0.7	0.2						0.1
<i>n</i> -Decane											0.9
1,4-Dichlorobenzene	0.9	2.3	0.7	6.0	0.7						
3-Carene											
1,2,3-Trimethylbenzene		0.3		0.3	0.1						
Limonene											
1-Methyl-3-propylbenzene											
<i>n</i> -Butylbenzene			0.1								
<i>n</i> -Undecane	0.3								0.2		0.6
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	3.7	0.6		0.2	0.4						
1,3,5-Trichlorobenzene			0.2								
Camphor				1.0							
Naphthalene	1.4	1.5	0.3	3.7	0.4				0.3		0.1
<i>n</i> -Dodecane	1.9		0.6	0.3	0.3	0.6	0.1		1.3		0.7
<i>n</i> -Tridecane	3.8		0.5	1.2	0.3		0.5		0.7		
<i>n</i> -Tetradecane	5.6	1.3	1.7	4.8	0.2	2.0	2.4		3.4	0.3	2.0
<i>n</i> -Pentadecane	4.8	0.2	0.4	6.9	0.6		0.2	1.2		0.1	
TXIB											
<i>n</i> -Hexadecane	2.8	0.5	2.8	5.3	0.6	0.4	1.9		2.3		0.6

* : 室内温度指針値が策定されている化学物質 (括弧内の数字 : 室内濃度指針値, ¹⁾ : Xyleneとして)

OR : 定量範囲外

空欄 : 定量下限値未満

それぞれ110 μg トルエン相当量/unit/h, 131 μg トルエン相当量/unit/h). これは冷蔵庫に使用される断熱材のノンフロン化に伴ってシクロペンタンが代替発泡剤として用いられつつあることを反映した結果であると考えられ、建築用断熱材に使用されるノンフロン代替発泡剤の動向も踏まえて室内環境への負荷を注意深く見守る必要がある。

本調査で個別に定量した化合物のうち上述したトルエン、キシレン及びスチレン以外に室内濃度指針値が策定されている物質として、エチルベンゼンがあげられるが、本調査においては特に高濃度に検出された試料は認められず、最も高い放散量を示した試料（冷蔵庫：通電なし開扉）でも室内濃度指針値（3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）の1%以下であった。

デスクトップ型PCからのVOCの放散に関しては、(社)電子情報技術産業協会(JEITA)による自主的なガイドラインとして、トルエン、キシレン、1,4ジクロロベンゼン、エチルベンゼン、スチレンに指針値が設定されている（それぞれ130, 435, 120, 1900, 110 $\mu\text{g}/\text{unit}/\text{h}$ ）。本調査で採用した放散試験の諸条件はJEITAの試験法と若干異なっているものの、上記の5物質についてはJEITA指針値を満たす結果が得られた。ただし、TVOCとして評価した場合、その放散速度は1524 $\mu\text{g}/\text{unit}/\text{h}$ と高い値を示しており、1440 $\mu\text{g}/\text{unit}/\text{h}$ の液晶テレビとともに室内環境における重要なTVOC負荷源であると言える。さらに、デスクトップ型PCに関してはデコンポリューション解析で同定された化合物の比率が全ての検体の中で最も低い値となっており、シリコン化合物と考えられる未同定物質の放散が認められる点も今後の検討課題と言えるかもしれない。

4. まとめ

本調査では家庭用品による室内空気への化学物質の負荷を明らかにする目的で家具5品目、電化製品5品目、計10品目の大型家庭用品について放散試験を実施し、個別定量対象の70化合物及びTVOCについて測定を行った。その結果、個別定量対象の化合物では食器棚から放散されるトルエンが室内濃度指針値（260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）の約10%、開扉状態の冷蔵庫から放散されるスチレンが室内濃度指針値（220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）の約16%に相当する濃度の負荷を引き起こす可能性があることが示唆された。

また、各製品からの揮発性有機化合物の放散をTVOCとして総体的に評価した結果では、家具からのTVOC放散量が高い傾向が認められた。中でもソファからの放散量が最も高く、TVOC暫定目標値の2倍以上の負荷を引き起こす可能性が示された。学習机・椅子やタンスか

らも高いTVOCの放散が認められ、それぞれの気中濃度増分子測値はTVOC暫定目標値の138%, 98%であった。デスクトップ型PC及び液晶テレビからも比較的高いTVOCの放散が認められ予測される気中濃度増分値はそれぞれ44%, 41%であり、ともに室内環境における重要なTVOC負荷源となり得ることが示された。

謝辞

本研究を実施するに当たりご助言賜りました厚生労働省医薬食品局審査管理部化学物質安全対策室・柴辻正喜氏並びに古田光子氏に深謝いたします。

参考文献

- 1) Safety Control of Sick House Syndrome (Indoor Air Pollution) Ministry of Health, Labour and Welfare (<http://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/seikatu/kagaku/>)
- 2) Shick house countermeasure based on Standards Law : Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/sickhouse.html>)
- 3) Hideto Jinno et al., "Study on Evaluating method of Volatile Organic Compounds (VOCs) Emitted from Household Products. Health and Labor Science Research Grants, Research Project on Risk of Chemicals, Research Report (2006).