

B. 実験方法

1) マイクロチャンバー法による放散試験

本研究で使用したマイクロチャンバー (Markes社製 μ CTE)の外観を図1に示した。また、小形チャンバー法 (JIS A 1901法)とマイクロチャンバー法の実験条件の比較を表1にまとめた。

直径45 mmの円形に裁断した検体を μ CTEのチャンバーにセットし、Milli-Q水で加湿した純空気G2 (太陽日酸)を 20 ± 1 mL/minの流速で通した。後述する放散ガスサンプリング時に実測した流速の誤差は設定値の10%以内であった。本装置の制御温度を 28°C に設定して室温下で放散試験を実施し、実際の温湿度をデータロガーTR-73U (T&D社)で測定・記録した。延べ5回実施した7日間に渡る放散試験期間中のチャンバー内平均温度は何れも 29°C 、平均湿度は31~34%の範囲であった。放散試験開始1日後、3日後及び7日後にMarkes社製SafeLok仕様TO-17/2 吸着管 (Tenax TA/Carbograph 1TD/Carboxen 1000)を用いて放散ガスをサンプリングした。サンプリング時間は原則として10 minもしくは30 minとし、高濃度のVOCsによりGC/MSでの定量に支障がある場合のみ5 minのサンプリングとした。

2) Thermal Desorption (TD)-GC/MSによる個別VOCs及びTVOCの定量

TD-GC/MSによるVOCsの測定は表2に示した条件で行い、実験結果の項の表4に示した86物質を2 ng - 200 ngの範囲で定量した。また、得られたクロマトグラムファイルをAIA (ANDI)フォーマットに変換し、AnalyzerPro (Sectralworks社)によるデコンボリューション解析を行った。シミラリティー検索のためのマス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。

表2 TD-GC/MSの分析条件

Thermal Desorption (Shimadzu TDTS-2010)	
Desorption:	280°C , 50 mL He/min, 10 min
Cold Trap Temp:	-15°C
Trap Desorption:	280°C , 10 min
Split Ratio:	25
GC/MS (Shimadzu GC/MS-QP2010)	
Column:	Rtx-1 (0.32 mm \times 60 m, 1 μm)
Carrier Gas:	He, 2.35 ml/min (39.1 cm/sec)
Column Temp.:	$40^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}/\text{min} - 250^{\circ}\text{C}$
Interface Temp.:	250°C
Ion Source Temp.:	200°C
Scan Range:	m/z 35 - 350

C. 研究結果

表3に示した30品目の家庭用品・建材についてマイクロチャンバー法による放散試験を実施し、1日後、3日後及び7日後のVOCs放散量を測定した。86種類のVOCsを個別に定量した結果を表4に示した。試験開始1日後の測定結果についてみると、1) 塩化ビニル製品(テーブルクロス及び壁紙)からPhenol及び*n*-アルカン類の放散がみられたこと、2) 印刷物で炭素数14以上の*n*-アルカン類やアルキルシクロヘキサン類の放散がみられたこと、などが特徴的であった。86物質の合計では、Sample ID 24のクッションフロアの放散量が $5300 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ と最も多く、その50%以上をTolueneが占めていた。ついで無垢フローリング1 (Sample ID, 13; $2700 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$)、塩ビ壁紙1 (Sample ID, 9; $1200 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$)、新聞2 (Sample ID, 30; $1100 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$)でも比較的多量のVOCsの放散が認められた。無垢フローリング1では99%がテルペン類であった。一方、塩ビ壁紙2では75%がC13~C15の*n*-アルカン類、新聞2では50%が*n*-Hexadecaneであった。

表5は各検体の1、3及び7日後のTVOC放散量減衰をPower-Law Decay Modelで記述した場合の係数、並びにデコンボリューション解

析の結果をまとめたものである。TVOCについても概ね個別VOCsの場合と同様の傾向がみられ、個別VOCsの総和としての放散量が多かったクッションフロアー（1日後のTVOC放散量10000 $\mu\text{g Toluene}/\text{m}^2/\text{h}$ ）、塩ビ壁紙1（7300 $\mu\text{g Toluene}/\text{m}^2/\text{h}$ ）、新聞2（5700 $\mu\text{g Toluene}/\text{m}^2/\text{h}$ ）、無垢フローリング1（4700 $\mu\text{g Toluene}/\text{m}^2/\text{h}$ ）で多量のTVOCの放散が認められた。しかし、個別VOCs総量では放散量の低かった紙壁紙（Sample ID, 7）やポリプロピレンカーペット3（Sample ID, 23）からもそれぞれ2200、1100 $\mu\text{g Toluene}/\text{m}^2/\text{h}$ のTVOC放散がみられ、家庭用品等から放散される化学物質をTVOCとして総量で評価することの重要性が再確認された。

D. 考察

本研究では30品目の家庭用品・建材について μCTE による放散試験を行った。この装置は高さ30 cm × 幅12 cm × 奥行き50 cmの小型の筐体に加温可能な6個のチャンバーを備えており、放散試験のHigh Throughput化に有利な要件を満たしている。しかし、表1に示したJIS A 1901法との比較からも明らかなように μCTE の方が試料負荷率及び換気回数が圧倒的に大きく、その構造的な特徴からもFLEC（Field and Laboratory Emission Cell）と呼ばれる装置と類似した短所を持つことが推察される。すなわち、表面の物質伝達率が放散速度を支配するような蒸散支配型の検体ではJIS A 1901法で得られる放散速度との差異が大きくなるおそれがある。著者らが実施したJIS A 1901法による放散試験では、新聞の1日後のTVOC放散速度は異なる2検体の平均で1250 $\mu\text{g Toluene}/\text{m}^2/\text{h}$ 、Power-Law Decay Model の係数 b は0.55であった。これに対して μCTE で得られた新聞2紙の平均値は4860 $\mu\text{g Toluene}/\text{m}^2/\text{h}$ 、 $b = 0.98$ であった。これらは同一の検体についての結果ではなく直接的には較べられないが、 μCTE 法ではJIS A 1901法よ

りも初期の放散速度並びに減衰の速さが大きめに見積もられる可能性を示していると考えられる。このような短所を考慮しても、膨大な数の家庭用品から揮散する化学物質に関するデータベースを構築する上でマイクロチャンバー法によるHigh Throughputな放散試験が重要な役割を果たすことが期待される。

E. 結論

30品目の家庭用品・建材についてマイクロチャンバー法による放散試験を実施し、家庭用品から放散される化学物質のデータベース化に向けたHigh Throughputな放散試験として本法が有用な方法であることが明らかになった。

F. 健康危機管理情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 室内空気中のTVOC測定法に関する研究, 神野透人, 香川（田中）聡子, 大河原晋, 安藤正典, 徳永裕司, 平成18年度室内環境学会総会・研究発表会, 2006年11月, 東京
- 2) 家庭用品から放散される化学物質に関する研究, 香川(田中)聡子, 神野透人, 小濱とも子, 宮川真琴, 吉川淳, 小松一裕, 徳永裕司, 平成18年度室内環境学会総会・研究発表会, 2006年11月, 東京

H. 知的財産の出願・登録状況（予定を含む）

なし

表3 μCTE放射試験の検体一覧

ID	検体	原産国	素材	加工等	サイズ
1	塩ビテーパーブルクロス1	インドネシア	塩化ビニル樹脂 100%		132 cm × 175 cm
2	塩ビテーパーブルクロス2	日本	塩化ビニル樹脂 100%		132 cm × 132 cm
3	塩ビテーパーブルクロス3	日本	塩化ビニル樹脂 100%		120 cm × 150 cm
4	塩ビ・ポリエステルテーパーブルクロス	インドネシア	表: 塩化ビニル樹脂 100% 裏: ポリエステル 100%		130 cm × 170 cm
5	布テーパーブルクロス1	中国	ポリエステル 100%	撥水加工	135 cm × 135 cm
6	布テーパーブルクロス2	日本	綿 100%	耐久撥水加工	130 cm × 170 cm
7	紙壁紙	日本	加工紙	F☆☆☆☆、SV規格適合	巾 92 cm
8	珪藻土壁紙	日本	表: 珪藻土 裏: パガス紙	機能性: 防カビ、吸放湿性、撥水	巾 92 cm
9	塩ビ壁紙 1	日本	塩化ビニル樹脂	機能性: 透湿性、吸放湿性、フレン	巾 92 cm
10	塩ビ壁紙 2	日本	塩化ビニル樹脂	F☆☆☆☆、難燃 準不燃 防火種別2-2	巾 92.5 cm
11	塩ビ壁紙 3	日本	塩化ビニル樹脂	防カビ加工	巾 92 cm
12	塩ビ壁紙 4	日本	塩化ビニル樹脂	F☆☆☆☆、難燃 準不燃 防火種別2-2	巾 92 cm
13	無垢フローリング 1	日本	赤松	防カビ加工	厚さ 15 mm
14	無垢フローリング 2	中国	桐		厚さ 15 mm
15	無垢フローリング 3	中国	なら	ウレタンクリアー塗装	厚さ 12 mm
16	合板フローリング 1	日本	合板	F☆☆☆☆	厚さ 12 mm
17	合板フローリング 2	日本	合板	F☆☆☆☆	厚さ 12 mm
18	合板フローリング 3	日本	合板	F☆☆☆☆	厚さ 12 mm
19	ウールカーペット 1	インド	ウール 100%		50 cm × 80 cm × 1.8 cm
20	ウールカーペット 2	日本	毛(新毛) 100%、第1基布: ポリエステル		50 cm × 50 cm × 0.8 cm
21	ポリプロピレンカーペット 1	中国	不織布、バックキグ: 塩ビ樹脂+ガラス	防炎性能試験番号 EO040116	50 cm × 170cm × 0.5 cm
22	ポリプロピレンカーペット 2	日本	ポリプロピレン	防炎、制電、ウールホルムアルデヒド吸	40 cm × 50 cm × 1 cm
23	ポリプロピレンカーペット 3	中国	原着ポリプロピレン100%、第1基布: ポリエステル不織布、バックキグ: ソフトバックQ(裏面吸着加工)	防炎性能試験番号 EO040196	
24	クッションフロアー	中国	裏: ポリプロピレン 100% 裏: ポリエチレン EVA共重合	裏面: 滑り止め加工	30 cm × 30 cm × 0.7cm
25	カーテン 1	日本	塩化ビニル樹脂	防炎、制電、防ダニ、防音、手洗いOK	
26	カーテン 2	日本	ポリエステル 100%	抗菌	巾 180 cm (全厚0.18cm)
27	カーテン 3	日本	ポリエステル 100%	消臭 遮光2級	100 cm × 110 cm
28	カーテンダミー	ドイツ	ポリエステル 100%	防炎 遮光2級	100 cm × 135 cm
29	新聞 1	日本	紙	防音性 遮光2級 省エネ 防寒防暑	46 cm × 48 cm 12枚
30	新聞 2	日本	紙		40 cm × 54 cm 36面

表4 建材及び家庭用品からの個別VOC放散速度

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$)

VOCs	Sample ID = 1			Sample ID = 2			Sample ID = 3			Sample ID = 4			Sample ID = 5			Sample ID = 6		
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7
1 n-Hexane																		
2 Chloroform																		
3 2-Methoxyethanol																		
4 2,4-Dimethylpentane/Methylcyclopentane																		
5 Methylcyclopentane/2,4-Dimethylpentane																		
6 1,1,1-Trichloroethane																		
7 1-Butanol																		
8 Benzene																		
9 1-Methoxy-2-propanol										4.5			4.7			3.6		
10 Carbon tetrachloride										3.3			3.4					4.5
11 Cyclohexane																		
12 2-Methylhexane																		
13 3-Methylhexane																		
14 1,4-Dioxane																		
15 Trichloroethylene																		
16 2,2,4-Trimethylpentane																		
17 2-Ethoxyethanol																		
18 n-Heptane																		
19 Methylisobutylketone										30.8	4.4	4.1						
20 Methylcyclohexane																		
21 1-Ethoxy-2-propanol																		
22 Isobutyl acetate																		
23 Toluene										16.1	9.2	7.9						
24 1,4-dimethylcyclohexane (1)																		
25 Butyl acetate																		
26 n-Octane																		
27 Tetrachloroethylene																		
28 1,4-dimethylcyclohexane (2)																		
29 Ethylcyclohexane																		
30 Ethylbenzene																		
31 m-Xylene																		
32 p-Xylene																		
33 2-Methyloctane																		
34 3-Methyloctane																		
35 Styrene																		
36 o-Xylene																		
37 2-Butoxyethanol																		
38 n-Nonane																		
39 2-(2-Methoxyethoxy)ethanol																		
40 Isopropylbenzene								5.6										
41 iso-Propylcyclohexane																		
42 3,5-Dimethyloctane (1)																		
43 1-Butoxy-2-Propanol																		
44 3,5-Dimethyloctane (2)																		
45 n-Propylcyclohexane																		
46 alpha-Pinene																		
47 n-Propylbenzene																		
48 (+/-)-Camphene (1)																		
49 (+/-)-Camphene (2)																		
50 Phenol	232.9	21.3	5.1	48.5	7.6		196.7	50.8	9.4	227.5	58.3	24.2	7.1					
51 1,3,5-Trimethylbenzene																		
52 2-Methylnonane																		
53 alpha-Methylstyrene																		
54 2-Ethyltoluene																		
55 2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol																		
56 beta-Pinene																		
57 2-Pentylfuran																		
58 1,2,4-Trimethylbenzene	4.2						4.5											
59 iso-Butylcyclohexane							5.5											
60 n-Decane																		
61 1,4-Dichlorobenzene																		
62 3-Carene																		
63 1,2,3-Trimethylbenzene	3.2																	
64 Limonene																		
65 n-Butylcyclohexane																		
66 1-Methyl-3-propylbenzene				7.8														
67 n-Butylbenzene																		
68 Linalool																		
69 n-Undecane	18.7			4.3			31.7											
70 1,2,4,5-Tetramethylbenzene																		
71 4-Acetyl-1-methylcyclohexene																		
72 cis-Limonene Oxide																		
73 1,3,5-trichlorobenzene																		
74 trans-Limonene Oxide																		
75 Camphor																		
76 n-Amylcyclohexane																		
77 Naphthalene																		
78 n-Dodecane	27.1			4.6			14.9			9.0								
79 n-Hexylcyclohexane	3.1																	
80 n-Tridecane	53.7	3.9		8.6			17.3	4.3		16.5								
81 n-Heptylcyclohexane																		
82 n-Tetradecane	39.7	9.2		3.8			10.8	5.5		4.6								
83 n-Octylcyclohexane																		
84 n-Pentadecane	16.5	10.6	4.2				4.3	3.9		4.5	3.9							
85 Butylated hydroxytoluene																		
86 n-Nonylcyclohexane																		
87 TXIB	5.1	5.1	4.2															
88 n-Hexadecane	4.4	4.7																

表4 建材及び家庭用品からの個別VOC放散速度(続き)

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$)

VOCs	Sample ID = 7			Sample ID = 8			Sample ID = 9			Sample ID = 10			Sample ID = 11			Sample ID = 12		
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7
1 n-Hexane																		
2 Chloroform																		
3 2-Methoxyethanol																		
4 2,4-Dimethylpentane/Methylcyclopentane																		
5 Methylcyclopentane/2,4-Dimethylpentane																		
6 1,1,1-Trichloroethane																		
7 1-Butanol																		
8 Benzene																		
9 1-Methoxy-2-propanol																		
10 Carbon tetrachloride																		
11 Cyclohexane																		
12 2-Methylhexane																		
13 3-Methylhexane																		
14 1,4-Dioxane																		
15 Trichloroethylene																		
16 2,2,4-Trimethylpentane																		
17 2-Ethoxyethanol																		
18 n-Heptane																		
19 Methylisobutylketone																		
20 Methylcyclohexane																		
21 1-Ethoxy-2-propanol																		
22 Isobutyl acetate																		
23 Toluene																		
24 1,4-dimethylcyclohexane (1)																		
25 Butyl acetate																		
26 n-Octane																		
27 Tetrachloroethylene																		
28 1,4-dimethylcyclohexane (2)																		
29 Ethylcyclohexane																		
30 Ethylbenzene																		
31 m-Xylene																		
32 p-Xylene																		
33 2-Methyloctane																		
34 3-Methyloctane																		
35 Styrene																		
36 o-Xylene																		
37 2-Butoxyethanol																		
38 n-Nonane																		
39 2-(2-Methoxyethoxy)ethanol																		
40 Isopropylbenzene																		
41 iso-Propylcyclohexane																		
42 3,5-Dimethyloctane (1)																		
43 1-Butoxy-2-Propanol																		
44 3,5-Dimethyloctane (2)																		
45 n-Propylcyclohexane																		
46 alpha-Pinene																		
47 n-Propylbenzene																		
48 (+/-)-Camphene (1)																		
49 (+/-)-Camphene (2)																		
50 Phenol	28.7			3.3			243.1	45.4	12.4	190.9	30.4	10.0	11.9					
51 1,3,5-Trimethylbenzene																		
52 2-Methylnonane																		
53 alpha-Methylstyrene																		
54 2-Ethyltoluene																		
55 2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol																		
56 beta-Pinene																		
57 2-Pentylfuran																		
58 1,2,4-Trimethylbenzene																		
59 iso-Butylcyclohexane																		
60 n-Decane																		
61 1,4-Dichlorobenzene																		
62 3-Carene																		
63 1,2,3-Trimethylbenzene																		
64 Limonene																		
65 n-Butylcyclohexane																		
66 1-Methyl-3-propylbenzene																		
67 n-Butylbenzene																		
68 Linalool																		
69 n-Undecane																		
70 1,2,4,5-Tetramethylbenzene																		15.1
71 4-Acetyl-1-methylcyclohexene																		
72 cis-Limonene Oxide																		
73 1,3,5-trichlorobenzene																		
74 trans-Limonene Oxide																		
75 Camphor																		
76 n-Amylcyclohexane																		
77 Naphthalene																		70.3
78 n-Dodecane							11.4			13.2								7.3
79 n-Hexylcyclohexane																		
80 n-Tridecane							193.9	12.6		180.4	11.6		3.7					
81 n-Heptylcyclohexane																		
82 n-Tetradecane							469.7	123.1	14.0	371.4	89.8	10.5	16.1					
83 n-Octylcyclohexane																		
84 n-Pentadecane							214.9	142.7	51.3	138.1	87.0	28.7	12.1	5.5				
85 Butylated hydroxytoluene																		3.6
86 n-Nonylcyclohexane																		
87 TXIB																		
88 n-Hexadecane				3.0			32.6	27.5	22.0	19.3	15.8	12.8	3.8					

表4 建材及び家庭用品からの個別VOC放散速度 (続き)

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$)

VOCs	Sample ID = 13			Sample ID = 14			Sample ID = 15			Sample ID = 16			Sample ID = 17			Sample ID = 18		
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7
1 n-Hexane																		
2 Chloroform																		
3 2-Methoxyethanol																		
4 2,4-Dimethylpentane/Methylcyclopentane																		
5 Methylcyclopentane/2,4-Dimethylpentane																		
6 1,1,1-Trichloroethane																		
7 1-Butanol	29.7	22.9		4.2									8.7	7.1	3.9			
8 Benzene													133.0	78.4	44.3			
9 1-Methoxy-2-propanol																		
10 Carbon tetrachloride																		
11 Cyclohexane																		
12 2-Methylhexane																		
13 3-Methylhexane																		
14 1,4-Dioxane				5.1			4.0										6.9	
15 Trichloroethylene																		
16 2,2,4-Trimethylpentane																		
17 2-Ethoxyethanol																		
18 n-Heptane																		
19 Methylisobutylketone																		
20 Methylcyclohexane																		
21 1-Ethoxy-2-propanol																		
22 Isobutyl acetate																		
23 Toluene							21.7	15.8	5.9									
24 1,4-dimethylcyclohexane (1)																		
25 Butyl acetate																7.1	6.1	4.3
26 n-Octane																		
27 Tetrachloroethylene																		
28 1,4-dimethylcyclohexane (2)																		
29 Ethylcyclohexane																		
30 Ethylbenzene							3.8											
31 m-Xylene							7.0	4.6										
32 p-Xylene							7.0	4.6										
33 2-Methyloctane																		
34 3-Methyloctane																		
35 Styrene																		
36 o-Xylene																		
37 2-Butoxyethanol																		
38 n-Nonane																		
39 2-(2-Methoxyethoxy)ethanol																		
40 Isopropylbenzene																		
41 iso-Propylcyclohexane																		
42 3,5-Dimethyloctane (1)																		
43 1-Butoxy-2-Propanol																		
44 3,5-Dimethyloctane (2)																		
45 n-Propylcyclohexane																		
46 alpha-Pinene	2282.7	1680.6	880.8															
47 n-Propylbenzene																		
48 (+/-)-Camphene (1)	35.2	25.6																
49 (+/-)-Camphene (2)	35.2	25.6																
50 Phenol							3.6	3.5										
51 1,3,5-Trimethylbenzene																		
52 2-Methylnonane																		
53 alpha-Methylstyrene																		
54 2-Ethyltoluene																		
55 2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol																		
56 beta-Pinene	291.7	226.9	113.7															
57 2-Pentylfuran																		
58 1,2,4-Trimethylbenzene																		
59 iso-Butylcyclohexane																		
60 n-Decane																		
61 1,4-Dichlorobenzene																		
62 3-Carene																		
63 1,2,3-Trimethylbenzene																		
64 Limonene																		
65 n-Butylcyclohexane																		
66 1-Methyl-3-propylbenzene																		
67 n-Butylbenzene																		
68 Linalool																		
69 n-Undecane																		
70 1,2,4,5-Tetramethylbenzene																		
71 4-Acetyl-1-methylcyclohexene																		
72 cis-Limonene Oxide																		
73 1,3,5-trichlorobenzene																		
74 trans-Limonene Oxide																		
75 Camphor																		
76 n-Amylcyclohexane																		
77 Naphthalene																		
78 n-Dodecane													4.4	4.8				
79 n-Hexylcyclohexane																		
80 n-Tridecane																		
81 n-Heptylcyclohexane																		
82 n-Tetradecane													3.2	3.6	3.3			
83 n-Octylcyclohexane																		
84 n-Pentadecane																		
85 Butylated hydroxytoluene																		
86 n-Nonylcyclohexane																		
87 TXIB																		
88 n-Hexadecane																		

表4 建材及び家庭用品からの個別VOC放散速度 (続き)

VOCs	Sample ID = 19			Sample ID = 20			Sample ID = 21			Sample ID = 22			Sample ID = 23			Sample ID = 24		
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7
	(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$)																	
1 n-Hexane																		
2 Chloroform																		
3 2-Methoxyethanol																		
4 2,4-Dimethylpentane/Methylcyclopentane																		
5 Methylcyclopentane/2,4-Dimethylpentane																		
6 1,1,1-Trichloroethane																		
7 1-Butanol																		
8 Benzene																		
9 1-Methoxy-2-propanol																		
10 Carbon tetrachloride																		
11 Cyclohexane																		
12 2-Methylhexane																		
13 3-Methylhexane																		
14 1,4-Dioxane																		
15 Trichloroethylene																		
16 2,2,4-Trimethylpentane																		
17 2-Ethoxyethanol																		
18 n-Heptane																		
19 Methylisobutylketone																31.7	9.8	
20 Methylcyclohexane																		
21 1-Ethoxy-2-propanol																		
22 Isobutyl acetate																		
23 Toluene																2787.0	204.6	
24 1,4-dimethylcyclohexane (1)																		
25 Butyl acetate																		
26 n-Octane																		
27 Tetrachloroethylene																		
28 1,4-dimethylcyclohexane (2)																		
29 Ethylcyclohexane																		
30 Ethylbenzene																197.9	53.6	
31 m-Xylene										9.2						185.8	57.8	
32 p-Xylene										9.2						185.8	57.8	
33 2-Methyloctane																		
34 3-Methyloctane																		
35 Styrene							3.2											
36 o-Xylene																52.0	22.3	
37 2-Butoxyethanol																		
38 n-Nonane										17.0								
39 2-(2-Methoxyethoxy)ethanol																112.0	53.6	
40 Isopropylbenzene																		
41 iso-Propylcyclohexane																		
42 3,5-Dimethyloctane (1)																		
43 1-Butoxy-2-Propanol																		
44 3,5-Dimethyloctane (2)																		
45 n-Propylcyclohexane																		
46 alpha-Pinene																		
47 n-Propylbenzene										11.1								
48 (+/-)-Camphene (1)																		
49 (+/-)-Camphene (2)																		
50 Phenol				16.0												117.5	70.1	37.4
51 1,3,5-Trimethylbenzene											19.1							
52 2-Methylnonane											14.6							
53 alpha-Methylstyrene																		
54 2-Ethyltoluene											17.2							
55 2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol																		
56 beta-Pinene																		
57 2-Pentylfuran																		
58 1,2,4-Trimethylbenzene				16.6							57.1	19.4				136.5	74.5	21.6
59 iso-Butylcyclohexane																		
60 n-Decane				10.9							76.5	13.3						
61 1,4-Dichlorobenzene																		
62 3-Carene																		
63 1,2,3-Trimethylbenzene											14.2					197.3	120.4	47.7
64 Limonene																		
65 n-Butylcyclohexane																		
66 1-Methyl-3-propylbenzene																282.7	157.8	50.4
67 n-Butylbenzene																		
68 Linalool																		
69 n-Undecane				19.3	10.5		5.9			52.0	17.8					36.9	22.4	
70 1,2,4,5-Tetramethylbenzene																471.4	310.9	164.4
71 4-Acetyl-1-methylcyclohexene																		
72 cis-Limonene Oxide																		
73 1,3,5-trichlorobenzene																		
74 trans-Limonene Oxide																		
75 Camphor																		
76 n-Amylcyclohexane																		
77 Naphthalene																431.1	289.3	171.5
78 n-Dodecane							10.6	3.4					60.3	20.0		34.4	18.5	
79 n-Hexylcyclohexane																		
80 n-Tridecane							17.6	9.8	4.8							22.5	13.1	
81 n-Heptylcyclohexane																		
82 n-Tetradecane	4.7						5.5	4.7	3.5				25.8	19.6	15.8			
83 n-Octylcyclohexane																		
84 n-Pentadecane																		
85 Butylated hydroxytoluene																		
86 n-Nonylcyclohexane																		
87 TXIB				11.5														
88 n-Hexadecane	5.9	4.1																

表4 建材及び家庭用品からの個別VOC放散速度(続き)

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$)

VOCs	Sample ID = 25			Sample ID = 26			Sample ID = 27			Sample ID = 28			Sample ID = 29			Sample ID = 30		
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7
1 n-Hexane																		
2 Chloroform																		
3 2-Methoxyethanol																		
4 2,4-Dimethylpentane/Methylcyclopentane																		
5 Methylcyclopentane/2,4-Dimethylpentane																		
6 1,1,1-Trichloroethane																		
7 1-Butanol																		
8 Benzene																		
9 1-Methoxy-2-propanol																		
10 Carbon tetrachloride																		
11 Cyclohexane																		
12 2-Methylhexane																		
13 3-Methylhexane																		
14 1,4-Dioxane																		
15 Trichloroethylene																		
16 2,2,4-Trimethylpentane																		
17 2-Ethoxyethanol																		
18 n-Heptane																		
19 Methylisobutylketone																		
20 Methylcyclohexane																		
21 1-Ethoxy-2-propanol																		
22 Isobutyl acetate																		
23 Toluene																		
24 1,4-dimethylcyclohexane (1)																		
25 Butyl acetate																		
26 n-Octane																		
27 Tetrachloroethylene																		
28 1,4-dimethylcyclohexane (2)																		
29 Ethylcyclohexane																		
30 Ethylbenzene																		
31 m-Xylene																		
32 p-Xylene																		
33 2-Methyloctane																		
34 3-Methyloctane																		
35 Styrene																		
36 o-Xylene																		
37 2-Butoxyethanol																		
38 n-Nonane																		
39 2-(2-Methoxyethoxy)ethanol																		
40 Isopropylbenzene																		
41 iso-Propylcyclohexane																		
42 3,5-Dimethyloctane (1)																		
43 1-Butoxy-2-Propanol																		
44 3,5-Dimethyloctane (2)																		
45 n-Propylcyclohexane																		
46 alpha-Pinene																		
47 n-Propylbenzene																		
48 (+/-)-Camphene (1)																		
49 (+/-)-Camphene (2)																		
50 Phenol																		
51 1,3,5-Trimethylbenzene																		
52 2-Methylnonane																		
53 alpha-Methylstyrene																		
54 2-Ethyltoluene																		
55 2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol																		
56 beta-Pinene																		
57 2-Pentylfuran																		
58 1,2,4-Trimethylbenzene																		
59 iso-Butylcyclohexane																		
60 n-Decane																		
61 1,4-Dichlorobenzene																		
62 3-Carene																		
63 1,2,3-Trimethylbenzene																		
64 Limonene																		
65 n-Butylcyclohexane																		
66 1-Methyl-3-propylbenzene																		
67 n-Butylbenzene																		
68 Linalool																		
69 n-Undecane																		
70 1,2,4,5-Tetramethylbenzene																		
71 4-Acetyl-1-methylcyclohexene																		
72 cis-Limonene Oxide																		
73 1,3,5-trichlorobenzene																		
74 trans-Limonene Oxide																		
75 Camphor																		
76 n-Amylcyclohexane																		
77 Naphthalene																		
78 n-Dodecane																		
79 n-Hexylcyclohexane																		
80 n-Tridecane																		
81 n-Heptylcyclohexane																		
82 n-Tetradecane																		
83 n-Octylcyclohexane																		
84 n-Pentadecane																		
85 Butylated hydroxytoluene																		
86 n-Nonylcyclohexane																		
87 TXIB																		
88 n-Hexadecane																		

表5 建材及び家庭用品からのTVOC放散速度並びに主要なTVOC構成成分

ID	TVOC Emission Rate ($\mu\text{g Toluene}/\text{m}^2/\text{h}$)					Coefficients of the Power Function			R ²	VOC components provisionally identified by the deconvolution analysis (Emission Rate, $\mu\text{g Toluene}/\text{m}^2/\text{h}$)
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14	Day 28	a	b	c		
1	1650	190	68	1649	1.92	0.999			Phenol (157), 1-Hexanol, 2-ethyl- (86), Tridecane (79), Tetradecane (57), Dodecane (34), Propanoic acid, 2-methyl-, 2-ethylhexyl ester (33), Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)- (21), Oxalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester (20), Hexanoic acid, 2-ethyl- (16), Dodecane, 2-methyl- (16)	
2	350	18	0	350	2.69	1.000			1-Hexanol, 2-ethyl- (42), Phenol (30)	
3	1497	206	23	1498	1.84	1.000			1-Hexanol, 1-Hexanol, 2-ethyl- (124), Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)- (36), Nonane, 3,7-dimethyl- (33), Tridecane (24), Nonane, 2,6-dimethyl- (22), Acetophenone (22), Decane, 2,2-dimethyl- (19), Dodecane (19), Benzenemethanol, α,α -dimethyl- (17), Butanoic acid, 1,1-dimethylhexyl ester (16), Undecane, 4-methyl- (15), Phenol (148), Ethanol, 1-(2-butoxyethoxy)- (142), Cyclohexanone (42), Methyl isobutyl Ketone (24), Tridecane (23), Toluene (16), 1-Hexanol, 2-ethyl- (15)	
4	969	405	206	969	0.79	1.000				
5	23	4	4	23	1.41	0.988			1,2-Ethanedithiol (22)	
6	42	34	34	41	0.12	0.867			Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,4,4-trimethylpentyl ester (1422), 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol	
7	2237	785	123	2251	1.09	0.986				
8	88	23	13	88	1.15	0.996				
9	7262	1681	325	7270	1.38	0.999				
10	5174	1204	234	5180	1.38	0.999			Tetradecane (640), 2-Cyclohexen-1-one, 3,5,5-trimethyl- (472), Pentadecane (288), Tridecane (285), 1-Octanol, 2-butyl- (166), Phenol (165), Decane, 3,7-dimethyl- (127), 3-Hexadecane, (Z)- (110), Dodecane, 2,6,10-trimethyl- (92), Tridecane, 3-methyl- (65), Tridecane, 4-methyl- (65), Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)- (65), Dodecane, 3-methyl- (52), Tetradecane, 3-methyl- (52), Heptane, 2,4,6-trimethyl- (49)	
11	828	198	47	829	1.34	0.999			Tetradecane (262), Pentadecane (178), Dichloroacetic acid, dodecyl ester (158), Phenol (124), 3-Hexadecane, (Z)- (103), Heptadecane, 2,6,10,14-tetramethyl- (90), Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)- (88), Tridecane, 3-methyl- (58), Decane, 3,7-dimethyl- (57)	
12	370	88	35	370	1.28	1.000			Hexanoic acid, 2-ethyl- (162), E-14-Hexadecenal (51), Tetradecane (20), Pentadecane (15)	
13	4719	3642	2040	4840	0.37	0.920			Naphthalene (66), Hexanoic acid, 2-ethyl- (38), Propanoic acid, 2-methyl-, 2,2-dimethyl-1-(2-hydroxy-1-methyl)propyl ester (19), Formamide (19), 2-Propanol, 1,1'-oxybis- (17), Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl- (15), α -Pinene (2354), 1,4-Methanoxazulene, decahydro-4,8-trimethyl-9-methylene-, [1S-(1 α ,3 β ,4 α ,8 β)]- (812), β -Phellandrene (619), Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)- (305), Hexanal (172), 1-Pentanol	
14	28	8	4	28	1.10	0.996			2-Propanoic acid, 2-ethylhexyl ester (103), Propane, 1,2-dichloro- (18)	
15	170	107	35	174	0.61	0.927			2-Propanol, 1-methoxy- (80), 1H-Cyclopropylazulene, 1a,2,3,4,4a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetramethyl-, [1aR-(1a α ,4 α ,4a β ,7b β)]- (33), Caryophyllene (25)	
16	4	5	4	4	0.05	0.089				
17	271	226	143	278	0.29	0.901				
18	22	28	17	25	0.09	0.153				
19	10	0	0							
20	866	487	247	873	0.59	0.991			1-Hexanol, 2-ethyl- (452), 1H-Pyrazole, 4,5-dihydro-5,5-dimethyl-4-isopropylidene- (206)	
21	653	353	155	660	0.65	0.985			Benzene, 3-cyclohexen-1-yl- (137), Pentadecane (113), Dodecane, 2,7,10-trimethyl- (44), Pentadecane (43), Dodecane (31), Undecane (21), Tridecane (19), Dodecane, 2,7,10-trimethyl- (17), Undecane, 2-methyl- (16)	
22	1140	324	107	1141	1.17	1.000			1-Hexanol, 2-ethyl- (457), Decane (94), Undecane (65), Benzene, 1,2,4-trimethyl- (57)	
23	1118	238	19	1120	1.49	0.997			Benzenemethanol, α,α -dimethyl- (826), 2-Propanoic acid, 2-ethylhexyl ester (137)	
24	10079	5863	2310	10238	0.63	0.965			Toluene (1505), Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl- (1381), Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl- (590), Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl- (436), Cyclohexanone (432), Naphthalene (351), Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl- (368), Benzene, 1-methyl-3-propyl- (242), Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl- (241), Benzene, 1-methyl-2-(2-propenyl)- (201), Ethylbenzene (197), Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl- (188), α -Xylene (186), Benzene, 1-ethyl-3-methyl- (181), Benzene, 1-methyl-2-(2-propenyl)- (171), 2-Tolylloxirane (163), Benzene, 1-ethyl-3,5-dimethyl- (161), Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl- (142), Benzene, 1,3-diethyl- (139), Benzene, 1,3,5-trimethyl- (128), Benzene, 1-methyl-2-	
25	0	0	0							
26	8	4	0	8	0.98	0.928				
27	7	5	0	8	0.80	0.832				
28	803	315	103	807	0.93	0.994			Hexadecane (102), Pentadecane (53), Tridecane (16)	
29	3973	1251	107	3994	1.20	0.986			Hexadecane (374), 1-Butanol (358), Pentadecane (169), Butylated Hydroxytoluene (96)	
30	5748	2876	925	5817	0.76	0.975			Hexadecane (382), Pentadecane (290), Butylated Hydroxytoluene (132)	

* Coefficients of the power function ($Y = a \cdot X^b$) were calculated using Prism 4.03 software (GraphPad, San Diego, CA)

I－3．家庭用品と建材の化学物質の発生量・発生特性

分担研究者 野崎 淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

家庭用品と建材の化学物質の発生量・発生特性においては、芳香剤、家電製品、内装材、寝具、家庭用品からの有害物質の検出頻度、自然塗料、畳材、建具について検討した。項目は以下の通りである。

- I－3． 1． 芳香剤、消臭剤、脱臭剤等
- I－3． 2． 家電製品
- I－3． 3． 内装材
- I－3． 4． 寝具
- I－3． 5． 汚染対策塗料
- I－3． 6． 畳材
- I－3． 7． 建具

について検討した。

I-3. 1. 芳香剤、消臭剤、脱臭剤等

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. はじめに

ホルムアルデヒドとVOC汚染の室内発生源として、建材のみならず家庭用品が問題視されている¹⁾。

現在、多様な汚染対策技術開発が進められており、安価な製品の普及と相まって、空気汚染対策製品が広く活用されている^{2),3),4)}。

ところが、当該製品の中には室内化学物質汚染を引き起こすものがあり、化学物質発生の実態把握が先決の課題である。また、製品の化学物質除去性能に関する研究報告が不足しており、製品の空気浄化能力の実態は不明のままであった。

したがって、空気汚染対策製品に関する科学的資料の収集整備が急務の課題とされている。

そこで本研究では、1)消臭剤、芳香剤、脱臭剤等の化学物質発生量と 2)その化学物質除去性能を定量的に明らかにすることを目的とする。

B. 研究方法

1. 実験概要

1. 1. 実験装置

本研究は、空気環境実験室に設置された任意の環境条件に制御できる小型チェンバー(気積:0.02[m³])を用いて実施した。

チェンバー内の環境条件は温度:28±1[°C]、相対湿度:50±1[%]、換気回数:0.50±0.05[1/h]に制御した。

(1) 発生化学物質の検証

製品の発生化学物質を求めるため、実験装置を構成した。実験装置の概要を図-1に示す。

(2) ホルムアルデヒド除去性能の検証

ホルムアルデヒド除去性能を求めるため、実験装置を構成した。実験装置の概要を図-2に示す。

本研究では野崎らが開発したガス定常発生装置を小型チェンバーに接続して実験を行った。同ガス発生装置はガス供給量制御機構により、任意のガス量をチェンバーに供給できる。

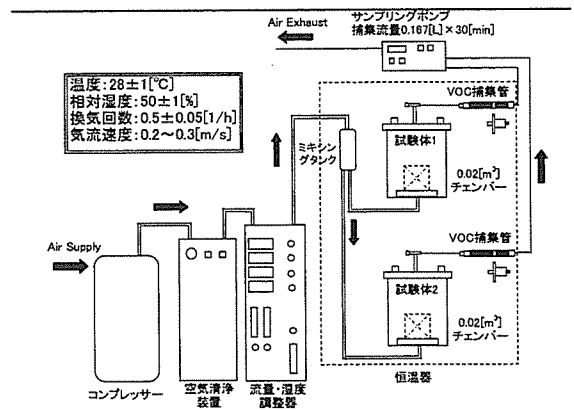


図-1 発生化学物質の検証用実験装置

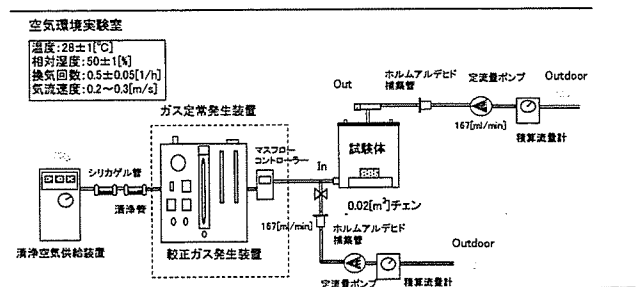


図-2 ホルムアルデヒド除去性能の検証用実験装置

1. 2. 測定対象の空気汚染対策製品

芳香消臭脱臭剤協議会は、空気汚染対策製品に関わる業界自主基準を表-1のように定め、「芳香剤」、「消臭剤」、「脱臭剤」、「防臭剤」を分別定義している。

本研究では一般量販店で購入した「消臭芳

香剤」、「脱臭剤」等の空気汚染対策製品を測定対象とした。

試験体は各製品表記の使用方法に従って、チェンバー内に設置した。シート状の製品については試料負荷率を 2.2[m²/m³]に設定した。写真-1~3 に試験体の一例を示し、表-2 には試験体一覧を示す。

表-1 消臭剤、芳香剤、脱臭剤、防臭剤の分類

区分	品名を示す文字
空間に芳香を付与するもの	芳香剤
臭気を化学的作用又は感覚的作用等で除去又は緩和するもの	消臭剤
臭気を物理的作用などで除去又は緩和するもの	脱臭剤
他の物質を添加して臭気の原因を発生や発散を防ぐもの	防臭剤

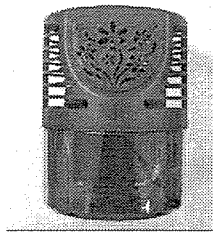


写真-1 試験体の一例 (消臭・芳香剤)

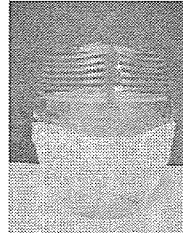


写真-2 試験体の一例 (消臭剤)

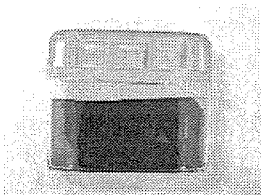


写真-3 試験体の一例 (脱臭剤)

1. 3. 試料空気の方法

- 1) VOC (固相捕集-加熱脱離-GC/MS 法)
- 2) アルデヒド類 (固相捕集-溶媒抽出-HPLC 法)

2. 試験評価方法

実験的に得られた測定値を次式 (1) に代入し、単位時間当たりの製品発生量 M [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$] を算出した。

$$M = Q(C_{ss} - C_0) \quad (1)$$

ここで、 Q : チェンバー換気量 [m^3/h]、 C_{ss} :

チェンバー内汚染物質定常濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、 C_0 : チェンバー内供給空气中汚染物質濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] とする。

表-2 試験体一覧

名称	区分	性状	商品説明	主要成分	発生化学物質の種類	化学物質除去性能の検証
消臭芳香剤①	消臭芳香剤	液体状	液体タイプなので香り一定、みかんから抽出し消臭成分が揮発しニオイをしっかりと消臭。	香料、植物抽出系消臭剤、界面活性(非イオン・陰イオン)	○	-
消臭芳香剤②	消臭芳香剤	液体状	活性炭入りの紙と消臭液で強力に消臭する。活性炭入りの紙を使用しているため、優れた脱臭効果がある。	色素、界面活性(非イオン)、両性界面活性剤系消臭剤、植物抽出物、活性炭	○	-
消臭剤③	消臭剤	液体状	活性炭入りの紙と消臭液で強力に消臭する。活性炭入りの紙を使用しているため、優れた脱臭効果がある。	香料、両性界面活性剤系消臭剤	○	-
消臭芳香剤④	消臭芳香剤	ゼリー状	植物から抽出した天然消臭成分が蒸発し消臭。蒸発し消臭成分が揮発しニオイをしっかりと消臭。数香・消臭剤の香りかかすかに香る超微香タイプ。	植物抽出物、吸水性樹脂	○	-
脱臭剤⑤	脱臭剤	ゼリー状	偏長炭+活性炭が蒸気を強力に脱臭する。	活性炭、偏長炭、植物系脱臭剤、孟宗竹乾葉パウダー	○	-
脱臭剤⑥	脱臭剤	ゼリー状+活性炭	偏長炭の8倍の脱臭力、すぐれた脱臭力で、扉内のイヤなニオイを積極的に脱臭する。	両性界面活性剤、両性界面活性剤系消臭剤、両性界面活性剤	○	-
消臭芳香剤⑦	消臭芳香剤 (ホルムアルデヒド除去)	ゼリー状	生活臭だけでなく、タバコ臭やホルムアルデヒドも消臭・除去。	緑化エキス、アルデヒド用消臭剤、吸水性樹脂、香料、色素、界面活性剤	○	○
消臭剤⑧	化学吸着消臭剤 (ホルムアルデヒド除去)	ゼリー状	悪臭原因物質の吸着脱臭。ホルムアルデヒド吸着による室内空気質の改善に。	カチオン高分子、寒天	○	○
消臭芳香剤⑨	消臭芳香剤	ゼリー状	様々なニオイに対応する20種類の消臭成分をベースに詰め込み、消臭成分が全面のニオイと結合し、イヤなニオイを消臭。消臭成分の力で消臭した後に、ほのかな香り。	両性界面活性剤系消臭剤、両性界面活性剤、両性界面活性剤、植物抽出物、吸水性樹脂、香料、界面活性剤(非イオン、両性)、色素	○	-
消臭芳香剤⑩	消臭芳香剤	ゼリー状	においセンサーゼリーがイヤなニオイを消臭し、空気をフレッシュ。	植物抽出消臭剤、吸水性樹脂、吸水性樹脂	○	-
消臭芳香剤⑪	消臭芳香剤	液体状	消臭剤が配合され、悪臭や菌と効果よく反応し、ニオイと菌を強力に除菌し、消臭。	両性界面活性剤系消臭剤、両性界面活性剤、両性界面活性剤、両性界面活性剤(非イオン、陰イオン)	○	-
消臭芳香剤⑫	消臭芳香剤	液体状 (ファン+電池式)	安定した消臭・芳香機能を電池によって実現。イヤなニオイを吸着し、新聞紙300度広がりファンで良い空気を広げる。3段階の強弱スイッチにより香りの強さを調整することができます。(オフ、ノーマル、ハイ) 自然の空気浄化成分フロンテッドを配合。		○	-
消臭剤⑬	消臭剤	ゼリー状	新聞紙のニオイキャッチャーゼリーで、香りに頼ることなく空気に漂っているニオイを吸着し消臭。	イオン交換体、ゼリー化剤、香料	○	-
消臭剤⑭	消臭剤	ゼリー状	香りを一切使用していない無香タイプの消臭剤。各種の消臭作用をもつ植物抽出物を配合。透明ベースが生活空間の様々な気になるニオイを効果的に除去。	両性界面活性剤系消臭剤、植物抽出物、吸水性樹脂、非イオン界面活性剤	○	-
防臭剤⑮ (ホルムアルデヒド除去)	防臭剤	粉末状	天然植物パウダーで強力防臭。防臭・消臭効果のある新しい防臭剤で衣類を守る。扉入り防臭剤が衣類に付いた汗やタバコのイヤなニオイをガンガン防臭。アルデヒド吸着剤がタンパク質やウロースに付着しイヤなホルムアルデヒドなどの化学物質をしっかりとキャッチ。	植物性成分(ハッカオイル、αセネン、スベアメントオイル)、アミン系ホルムアルデヒド捕捉剤	○	○
除湿剤⑯ (ホルムアルデヒド除去)	除湿剤	粒状	除湿剤に偏長炭と活性炭を特殊配合しているため、湿気とニオイを強力に除去。湿気・悪臭と別にホルムアルデヒドも除去する。	活性炭、偏長炭、塩化カルシウム	○	○
消臭シート⑰ (ホルムアルデヒド除去)	消臭シート	発泡シート	ホルムアルデヒドの発生を抑制、調湿効果	ポリエチレン樹脂、偏長炭	○	○
脱臭・除湿シート⑱ (ホルムアルデヒド除去)	脱臭・除湿シート	粉末状	消臭剤配合で除菌にもった気になるニオイを消臭。ホルムアルデヒド消臭・除去剤、及び防カビ剤配合。	塩化カルシウム、ゼリー化剤、吸水性樹脂、消臭剤、防カビ剤	○	○

製品の化学物質除去性能については、濃度低減率 R [%] と相当換気量 Q_{eq} [$\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$] を用いて評価を行った。

なお、濃度低減率 R はチェンバー供給空气中汚染物質濃度 (C_{in}) と排出空気濃度 (C_{out}) を測定し、次式 (2) に代入して求めた。

$$R = \left(1 - \frac{C_{out}}{C_{in}} \right) \times 100 \quad (2)$$

また、同測定値を次式(3)に代入し、製品固有の相当換気量 Q_{eq} [$m^3/h \cdot m^2$] を算出した。

$$Q_{eq} = \left(\frac{C_{in}}{C_{out}} - 1 \right) \times \frac{Q}{A} \quad (3)$$

ここで、 Q : チェンバー換気量 [m^3/h]、 A : 吸着面積 [m^2] とする。

C. 結果、考察及び結論

1. 発生化学物質の検証

各試験体の VOC 発生量は 0~349 [$\mu g/h \cdot unit$] の範囲にあり、製品ごとに大きな差がある。特に脱臭剤①、消臭芳香剤⑥、消臭芳香剤⑦、消臭剤④、防虫剤①においては 100 [$\mu g/h \cdot unit$] を超える VOC 発生量が確認された。主に検出された VOC 成分は α -ピネン、 β -ピネンである。これらは、試験体の主要成分である植物抽出物に起因するものと考えられる(図-3 参照)。その他検出頻度の高い VOC は、エタノール、2-プロパノール、酢酸エチルである。

製品種類別では、消臭芳香剤、消臭剤、防虫剤、脱臭剤、脱臭・除湿シート、消臭シート、除湿シートの順に平均発生量が多い。

また、同一種類の製品であっても、製品毎の発生量にばらつきが見られた(図-4 参照)。

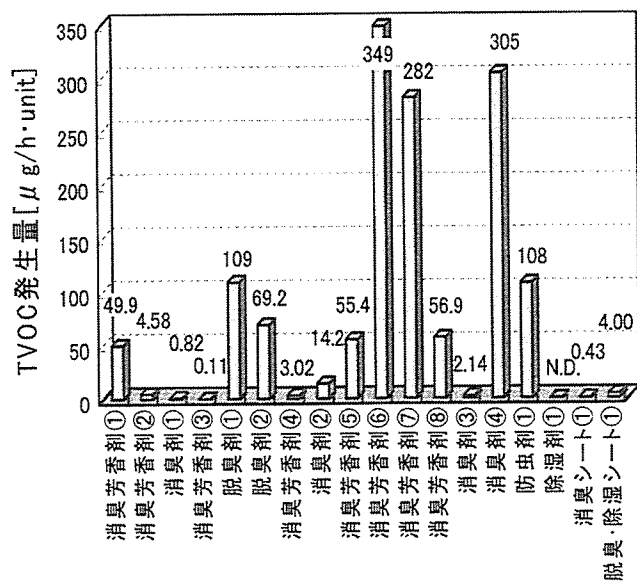


図-3 消臭芳香、脱臭剤等の総 VOC 発生量

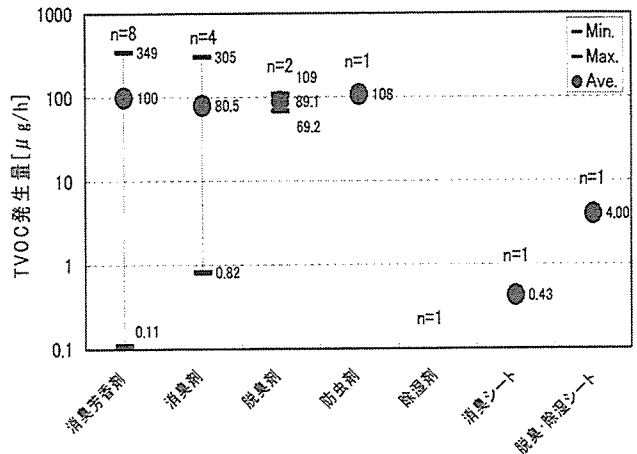


図-4 製品種類別の総 VOC 発生量

2. ホルムアルデヒド除去性能の検証

(1) 定常状態の再現実験

ガス定常発生装置を用いて、換気回数が 0.5[1/h] の小型チェンバー内 ($0.02[m^3]$) にホルムアルデヒドガスを供給した結果、装置運転 8 時間から 72 時間にわたって、ホルムアルデヒド濃度の定常状態が再現された(図-5 参照)。

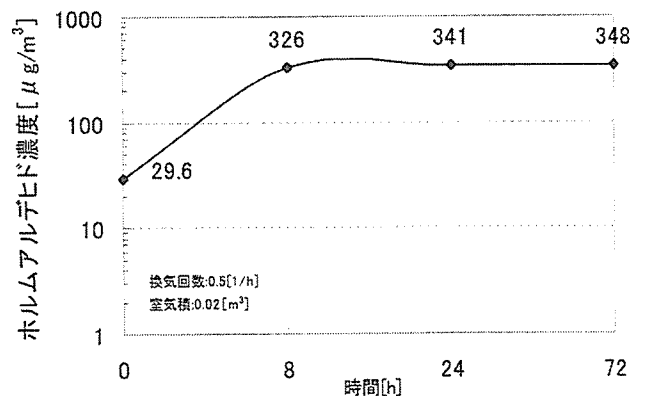


図-5 ガス定常発生装置運転に伴うチェンバー内ホルムアルデヒド濃度の変化

(2) ホルムアルデヒド濃度の経時変化

試験体設置チェンバー内のホルムアルデヒド濃度を図-6 に示す。消臭シート①以外では、ホルムアルデヒド濃度の低減性が示された。特に消臭芳香剤④において、検体設置 24 時間から 72 時間後の供給空气中ホルムアルデヒド濃度は 289~290[ppb]で、排出空气中ホルムアルデヒド濃度は 143~148[ppb]となり、製品による大きな濃度低減性が示された。

しかし、消臭シート①において供給空気中濃度は 262~328[ppb]で、排出空気中濃度の 254~343[ppb]と比較しても、濃度低減性は認められず、逆にホルムアルデヒド濃度は上昇した。

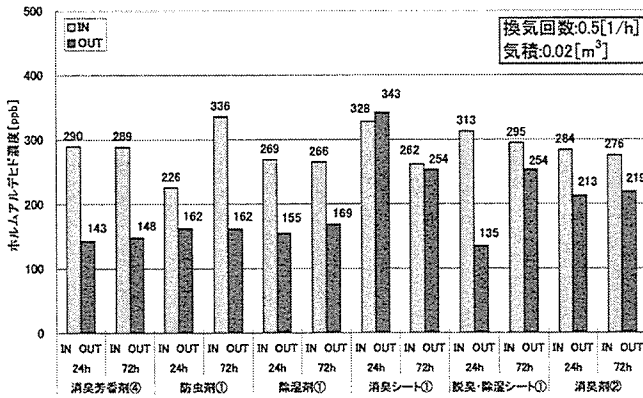


図-6 試験体設置チェンバー内のホルムアルデヒド濃度

(3) ホルムアルデヒド濃度低減率と相当換気量

濃度測定値を(2)式に代入し、ホルムアルデヒド濃度低減率 R [%]を算出した。(図-7 参照)

消臭芳香剤④、脱臭・除湿シート①の濃度低減率を求めた。濃度低減率の24時間値は30.5~40.0[%]、72時間値では28.3~28.5[%]を示し、製品による比較的大きな濃度低減効果が示された。

さらに測定結果を(3)式に代入し、製品固有のホルムアルデヒド相当換気量(Q_{eq})を求め、除去性能を相互比較した(図-8 参照)。

防虫剤①の相当換気量は72時間値で1.91[m³/h・m²]を示し、比較的大きいが、これはゼオライト、珪藻土の除去性能に相当する²⁾。

ところで、消臭剤②においては、アセトアルデヒド濃度が24時間値で5880[ppb]、72時間値で4833[ppb]を示し、同製品からはアセトアルデヒドの発生が確認されている(図-9 参照)。

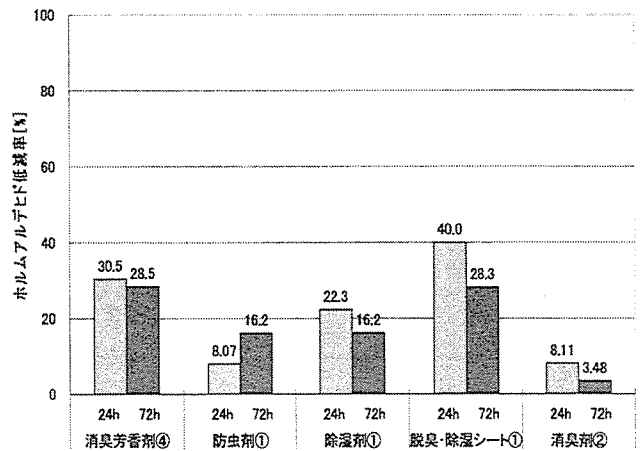


図-7 ホルムアルデヒド濃度の低減率

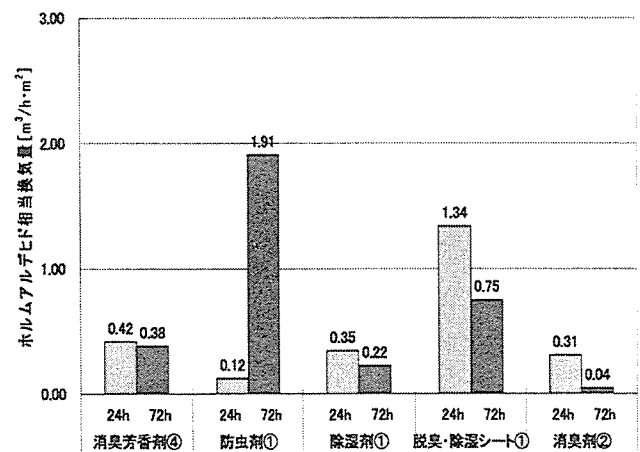


図-8 ホルムアルデヒドの相当換気量

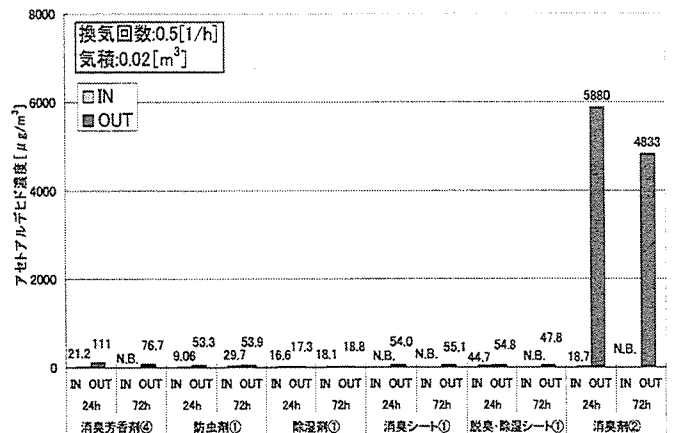


図-9 試験体設置チェンバー内のアセトアルデヒド濃度

D. 健康危機情報

α -ピネン、 β -ピネン、アセトアルデヒド等の顕著な発生が見られる製品があり、今後更なる検証が必要である。

E. 知的財産権の出願・登録

特になし。

F. 謝辞

本研究は、NPO 法人室内環境技術研究会の活動の一環として、また、厚生科学研究「家庭用品中化学物質のリスク評価に関する総合研究」研究代表者 安藤正典（武蔵野大学教授）により行われた。関係各位に深甚なる謝意を表す。

G. 引用文献

- 1) 野崎淳夫他：生活用品、対策品からの化学物質の発生と除去特性に関する研究、平成 13 年～15 年度厚生労働科学研究費

補助金化学物質リスク研究事業総括報告書、2004 年 3 月

- 2) 野崎淳夫他：多孔質材料、塗壁材のガス状物質吸着効果に関する研究、第 22 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集、pp. 128～130、2004 年 4 月
- 3) 野崎淳夫他：化学吸着材のホルムアルデヒド吸着性能に関する研究、第 46 回大気環境学会年会講演要旨集、p. 611、2005 年 9 月
- 4) 野崎淳夫他：日用空気汚染対策品の化学物質除去性能に関する研究、日本建築学会 2006 年度大会（関東）学術講演梗概集、D-II、pp. 985～986、2006 年 9 月

I-3. 2. 家電製品

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. はじめに

室内化学物質汚染に起因するシックハウス症候群が問題となっている。原因物質として、建材や家庭用品から発生するホルムアルデヒド、揮発性有機化合物(VOC)が指摘されている。

このような経緯から、野崎らは家電製品の化学物質発生量を求めている¹⁾。

しかしながら、発生量が求められた家電製品は、ごく一部のものであり、大方の製品についての実態は不明である。また、統一かつ適切な試験評価法が確立されておらず、製品の発生化学物質に関する情報は不足している現状にある。

そこで本研究では、多種多様な家電製品の化学物質発生量、発生特性を実験的に求めるものである。

B. 研究方法

1. 実験概要

1. 1. 測定対象の家電製品

本研究では、製造元の異なる電子レンジ(3検体)、掃除機(2検体)、オイルヒーター(3検体)、空気清浄機(2検体)、電気毛布(1検体)、電気コタツ(ヒーターユニット部(1検体)、マルチスニングプレーヤー(3検体)、MDプレーヤー(2検体)、電子辞書(3検体)、ノートパソコン(2検体)の計22検体を測定対象機器とした(表-1参照)。各機器は測定前に開梱し、養生期間(24[h])を設け、ある一定の環境条件(温度:28±1[°C]、相対湿度:50±1[%])の下で放置した。

表-1 家電製品の概要

測定対象機器	寸法[mm]高さ×幅×奥行	消費電力[W]
電子レンジA	305×480×408	1200
電子レンジB	330×483×400	1280
電子レンジC	317×490×397	1360
掃除機A	220×256×287	1000
掃除機B	214×256×288	1000
オイルヒーターA	610×460×200	1200
オイルヒーターB	610×580×200	1500
オイルヒーターC	640×245×490	1500
電気コタツ(ヒーター部)	45×290×290	600
電気毛布	2×1400×850	20
空気清浄機A	560×395×230	50
空気清浄機B	600×375×242	67
マルチスニングプレーヤーA	15.0×52.0×86.0	3
マルチスニングプレーヤーB	15.0×50.0×50.0	
マルチスニングプレーヤーC	16.0×71.0×112	
MDプレーヤーA	21.0×84.0×81.0	0.15
MDプレーヤーB	15.0×76.0×78.0	0.10
電子辞書A	16.0×140×94.0	0.45
電子辞書B	13.0×144×99.0	0.40
電子辞書C	20.0×140×106	0.43
ノートパソコンA	28.0×271×209	60
ノートパソコンB	24.2×229×184	40

1. 2. 実験装置

本研究は環境条件の制御が可能なステンレス製チェンバー(気積:4.98[m³]、65[L])を用いて実験を行った。チェンバー内の環境条件は、温度:28±1[°C]、相対湿度:50±1[%]、換気回数:0.5±0.05[1/h]、気流速度:0.2~0.3[m/s]に制御した。実験装置の一例を図-1に示す。

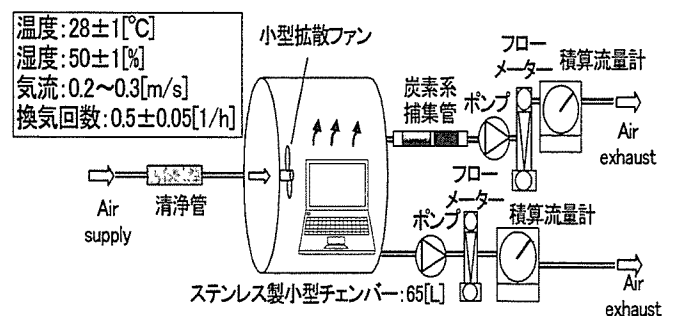


図-1 実験装置の一例

1. 3. 捕集・分析装置

(1) 捕集装置

- ・定流量ポンプ(SIBATA 社製、Model:MP-Σ30)
- ・積算流量計(SINAGAWA 社製、Model:DC-1A)
- ・アルデヒド類捕集管(Waters 社製、Sep-pak Xposure Sampler)
- ・炭素系捕集管(Supelco 社製、Air-toxics)

(2) 分析装置

- ・高速液体クロマトグラフ(以下、HPLC)(HITACH 社製、Model:L-7000 シリーズ)
- ・加熱脱着装置(Perkin Elmer 社製、Turbo matrix ATD)
- ・ガスクロマトグラフ/質量分析計(以下 GC/MS)(Perkin Elmer 社製、Model:Clarus500)

1. 4. 捕集・分析方法

- ・固相捕集 - 溶媒抽出 - HPLC 法 (Formaldehyde)
- ・固相捕集-加熱脱離-GC/MS 法 (VOC)

2. 実験手順

- ①実験チェンバー内面の洗浄と換気を行う。
その後、チェンバー内を一定の環境条件に制御し、8[h]後にチェンバー内空気を捕集する。(この時の濃度を「チェンバーブランク値」と呼ぶ。)
- ②試験体をチェンバー内に設置し、8[h]後に機器非使用時のチェンバー内空気を捕集する。(この時の機器発生量を「非使用時発生量」と呼ぶ。)
- ③チェンバー内で試験体を稼動し、機器使用 8[h]後のチェンバー内空気を捕集する。(この時の機器発生量を「使用時発生量 (8h)」と呼ぶ。)
- ④試料空気は捕集管にて捕集し、HPLC、GC/MS を用いて、定性・定量分析を行う。

3. 化学物質発生量算出式

チェンバー内における定常状態の化学物質発生量 M [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$] は次式(1)により算出した。また、(2)式を用いて非定常状態の化学物質発生量を求めた。

$$M = Q(C_{SS} - C_o) \quad - (1)$$

ここで、 Q :チェンバー換気量 [m^3/h]、 C_{SS} :チェンバー内対象汚染物質定常濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、 C_o :チェンバー供給空気中の対象汚染物質濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] とする。

$$M = \frac{(Q + \alpha R)(C - C_1 e^{-(n + \alpha)t})}{1 - e^{-(n + \alpha)t}} - QC_o \quad - (2)$$

ここで、 C :チェンバー内対象汚染物質濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、 C_1 :チェンバー内対象汚染物質初期濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、 n :チェンバー換気回数 [$1/\text{h}$]、 α :チェンバー吸着率 [$1/\text{h}$]、 R :室気積 [h] とする。

C. 結果及び考察

1. 電子レンジ(図-2~4 参照)

電子レンジ(A)のTVOC発生量において、非使用時発生量と使用時発生量(1.5[h])は、それぞれ124 [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$] と 364 [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$] になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象が見られ、ベンゼン、トルエンの発生量が増大した。

電子レンジ(B)のTVOC発生量において、非使用時発生量と使用時発生量(1.5[h])は、それぞれ15.7 [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$] と 553 [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$] になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象が見られ、ブタノール、ベンゼン、トルエンの発生量が増大した。

電子レンジ(C)のTVOC発生量において、非使用時発生量と使用時発生量(1.5[h])は、それぞれ81.5 [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$] と 1559 [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$] になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象が見られ、酢酸エチル、ヘキサン、ベンゼン、トルエンの発生量が増大した。

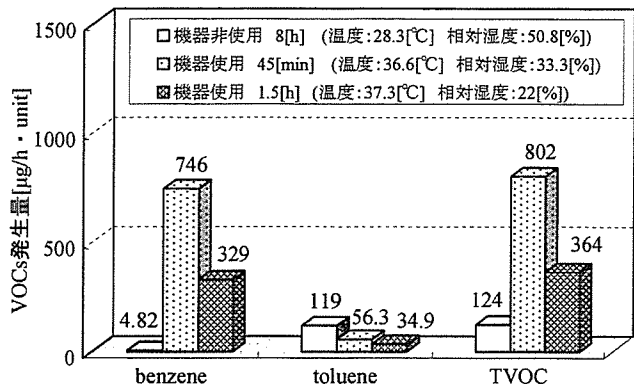


図-2 電子レンジ(A)の成分別 VOC 発生量

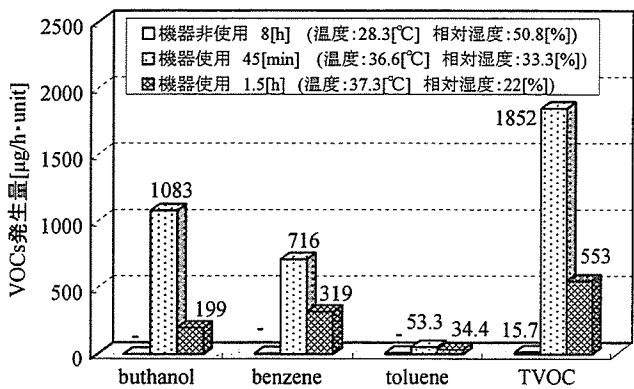


図-3 電子レンジ(B)の成分別 VOC 発生量

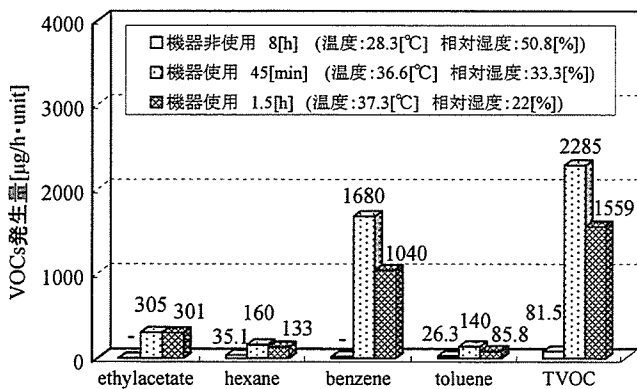


図-4 電子レンジ(C)の成分別 VOC 発生量

2. 掃除機(図-5, 6 参照)

掃除機(A)のTVOC発生量において、非使用時発生量と使用時発生量(1[h])は、それぞれ15.7[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と749[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象が見られ、2,4-ジメチルペンタン、ヘプタン、トルエンの発生量が增大した。

掃除機(B)のTVOC発生量において、非使用時発生量と使用時発生量(8[h])は、それぞれ

8.07[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と128[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象が見られ、トルエンの発生量が増大した。

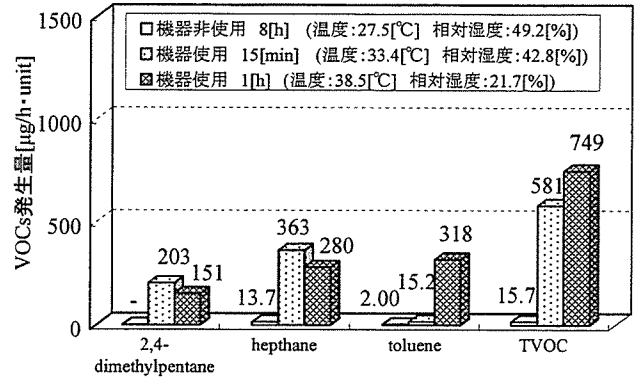


図-5 掃除機(A)の成分別 VOC 発生量

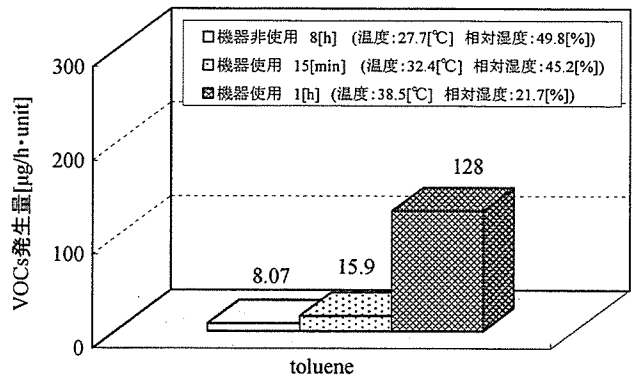


図-6 掃除機(B)の成分別 VOC 発生量

3. オイルヒーター(図-7~12 参照)

(1) アルデヒド類

オイルヒーター(A)のホルムアルデヒド発生量において、非使用時発生量と使用時発生量(8[h])は、それぞれ1.90[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と8.17[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。アセトアルデヒド発生量は、非使用時発生量と使用時発生量(8[h])において、それぞれ2.13[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と8.76[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いアルデヒド類発生量の増大化現象を確認した。

オイルヒーター(B)のホルムアルデヒド発生量において、非使用時発生量と使用時発生量(8[h])は、それぞれ2.41[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と11.3[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。アセトアルデヒド発生量は、非使用時発生量と使用時発生量(8[h])において、それぞれ

2.86[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と10.2[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いアルデヒド類発生量の増大化現象を確認した。

オイルヒーター(C)のホルムアルデヒド発生量において、非使用時発生量と使用時発生量(8[h])は、それぞれ7.96[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と488[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。アセトアルデヒド発生量は、非使用時発生量と使用時発生量(8[h])において、それぞれ10.7[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と38.7[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いアルデヒド類発生量の増大化現象を確認した。

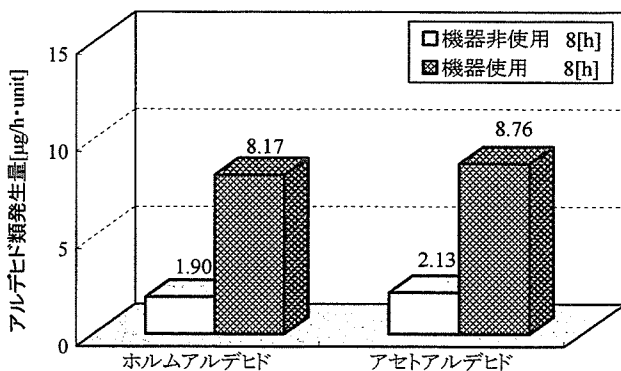


図-7 オイルヒーター(A)の成分別アルデヒド類発生量

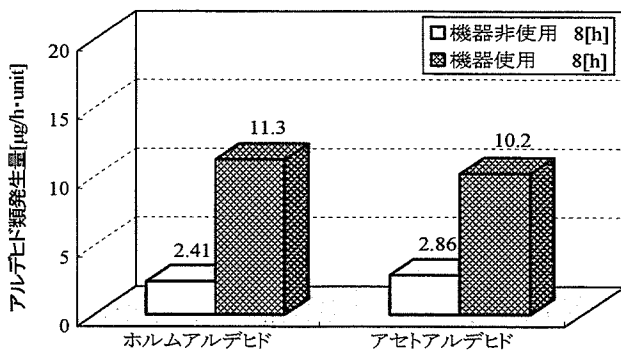


図-8 オイルヒーター(B)の成分別アルデヒド類発生量

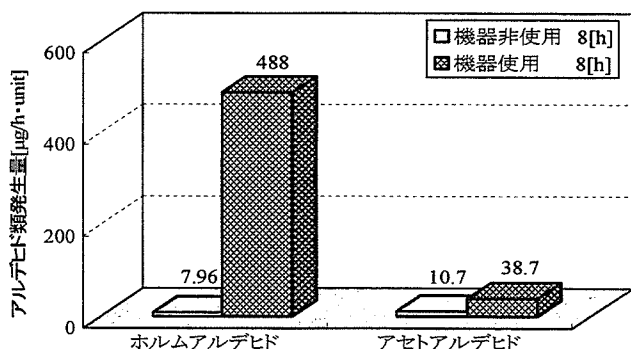


図-9 オイルヒーター(C)の成分別アルデヒド類発生量

(2) VOC

オイルヒーター(A)のTVOC発生量において、非使用時発生量と使用時発生量(8[h])は、それぞれ26.3[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と69.8[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象が見られ、ブタノール、ベンゼン、トルエンの発生量が増大した。

オイルヒーター(B)のTVOC発生量において、非使用時発生量と使用時発生量(8[h])は、それぞれ24.0[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と104[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象が見られ、ブタノール、ベンゼン、トルエンの発生量が増大した。

オイルヒーター(C)のTVOC発生量において、非使用時発生量と使用時発生量(8[h])は、それぞれ0[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と507[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象が見られ、ブタノールの発生量が増大した。

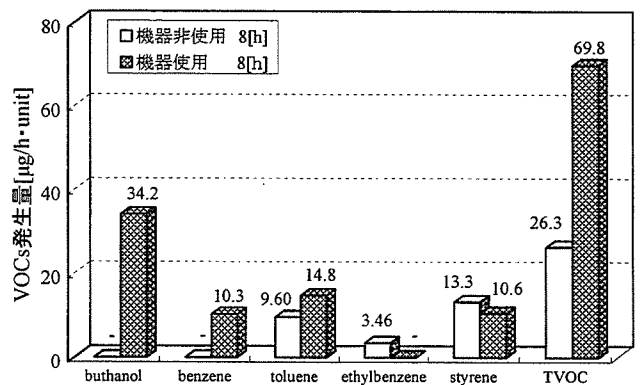


図-10 オイルヒーター(A)の成分別VOC発生量

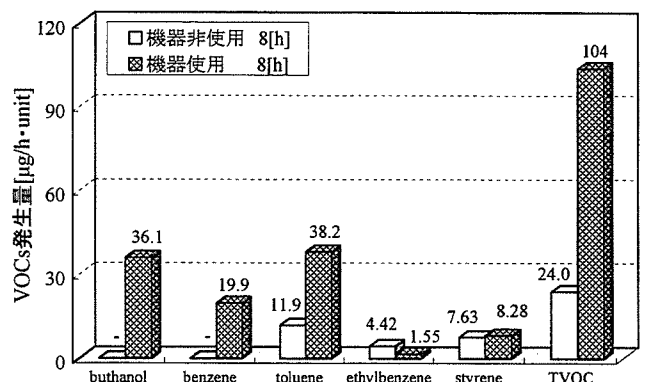


図-11 オイルヒーター(B)の成分別VOC発生量

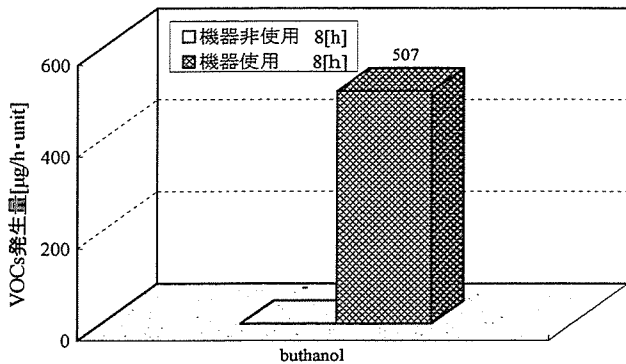


図-12 オイルヒーター (C) の成分別 VOC 発生量

4. 電気敷毛布、電気コタツ(ヒーター部) (図-13, 14 参照)

電気毛布の TVOC 発生量において、非使用時発生量と使用時発生量(41[h])は、それぞれ 2.59[μg/h·unit]と 8.35[μg/h·unit]になった。また、機器使用に伴い VOC 発生量の増大化現象が見られたが、時間の経過に伴い減少していった。

電気コタツの TVOC 発生量において、使用時発生量(41[h])は、28.9[μg/h·unit]になった。また、機器使用に伴い、ブタノール、トルエンの発生が見られたが、時間の経過に伴い減少していった。

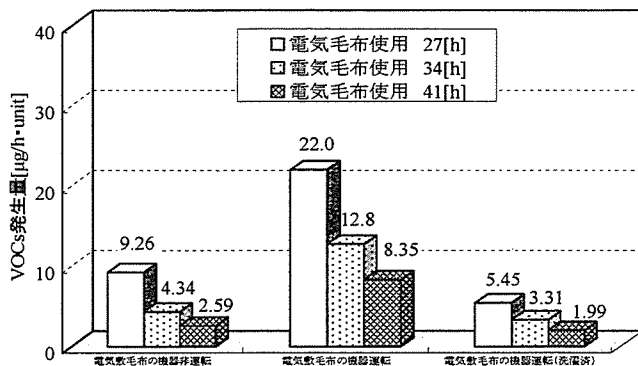


図-13 電気敷毛布のパラジクロロベンゼン発生量

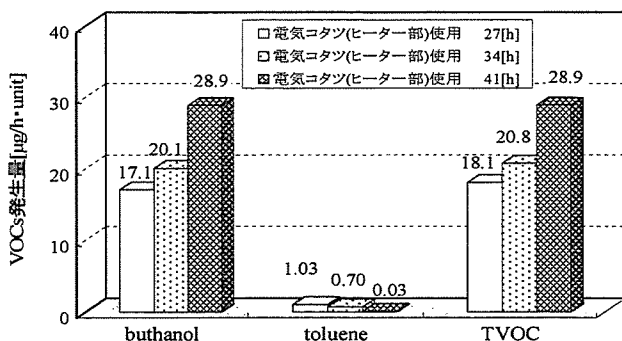


図-14 電気コタツ(ヒーター部)の成分別 VOC 発生量

5. 空気清浄機(図-15, 16 参照)

空気清浄機(A)の TVOC 発生量において、非使用時発生量と使用時発生量(8[h])は、それぞれ 55.7[μg/h·unit]と 164[μg/h·unit]になった。また、機器使用に伴い VOC 発生量の増大化現象が見られ、スチレンの発生量が増大した。

空気清浄機(B)の TVOC 発生量において、非使用時発生量と使用時発生量(8[h])は、それぞれ 32.8[μg/h·unit]と 174[μg/h·unit]になった。また、機器使用に伴い VOC 発生量の増大化現象が見られ、スチレンの発生量が増大した。

なお、本実験において、フィルタにより化学物質の除去、あるいは吸着物質が再放散されるのを防ぐため、フィルタは取り外した上で実験を行っている。

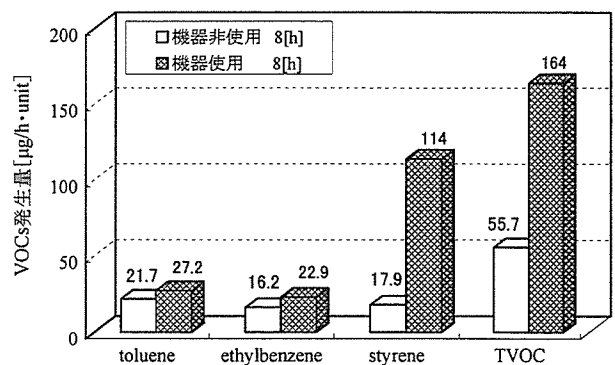


図-15 空気清浄機 (A) の成分別 VOC 発生量

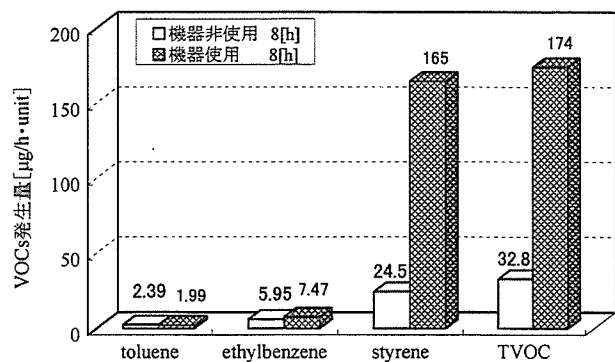


図-16 空気清浄機 (B) の成分別 VOC 発生量

6. マルチリスニングプレーヤー(図-17~19 参照)

マルチリスニングプレーヤー(A)の TVOC 発生量において、非使用時発生量と使用時発生