

2.1.4 考察

(1) 各塗料の VOC 濃度の測定結果

各種塗料から発生する VOC についての情報を得ることができた。今回実験した塗料からは、アルコール類のエタノール、脂肪族炭化水素のヘキサン、ハロゲン類のジクロロメタンの発生はほとんどみられず、共通して高い濃度が検出されたのは、芳香族炭化水素のエチルベンゼン、m.p キシレン、o キシレンであった。

(2) 各塗料からの発生量

本実験条件をもとに、測定されたチェンバー内の TVOC 濃度から汚染物質発生量を求める理論的検討を行い、発生量の算出法を以下のように求めた。

試験片の発生量は次式 (1) にて求まる。

$$M=Q(C - Co) \quad (1)$$

ここで、 M :対象塗料の VOC 発生量 ($\mu\text{g} / \text{h} \cdot \text{m}^2$)

Q :実験チェンバーの換気量 (m^3/h)

C :VOC 濃度 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)

Co :実験チェンバーへ導入した空気の VOC 濃度 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) とする。

試験片は 200 (mm) × 200 (mm) (400 (cm²)) のサイズである。したがって、式 (1) から求めた値に 25 (式 (2) 参照) を乗ずることにより、1 m² 当りの M ($\mu\text{g} / \text{h} \cdot \text{m}^2$) (ただし、この発生量は実験開始から 8 時間におけるチェンバー内の発生量である) が求まる。なお、 Co を測定したところ、ほぼ 0 であった。

各種塗料における求められた発生量を表 -2.1.5 に示す。

$$\frac{100(\text{cm}) \times 100(\text{cm})}{400(\text{cm}^2)} = 25 \quad - (2)$$

表 -2.1.5 各時間ごとの発生量

製品名	TVOC 濃度 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)	発生量 ($\mu\text{g} / \text{h} \cdot \text{m}^2$)
A	1678	1259
B	2445	1834
C	9876	8236
D	45394	34046
E	52382	39287
F	3274	2456
G	25567	19175
H	42349	31762
I	38748	29061
J	24242	18182
K	30445	22834
L	2558	1919
M	2472	1854
N	62410	46808
O	75818	56864
P	17584	13188
Q	14808	11106
R	73737	55303
S	29490	22118
T	2742	2057
U	65288	48966

(3) VOC 発生量の経時変化

本実験条件をもとに、塗料Rにおける1時間毎の汚染物質発生量を求める理論的検討を行った。試験片の発生量は式(1)を用いて行った。

試験片は200 (mm) × 200 (mm) (400 (cm²)) のサイズである。したがって、式(1) から求めた値に25 を乗ずることにより、1 m² 当りの M (μg / h・m²) (ただし、この発生量は実験開始から8時間までの1時間毎の発生量である) が求まる。

求められた発生量を表-2.1.6 と図-2.1.73 に示す。

表-2.1.6 1時間毎の発生量

時間 (h)	TVOC濃度 (μg/m ³)	発生量 (μg/h・m ²)
0～1	30153	22615
1～2	13779	8236
2～3	10767	8075
3～4	7962	5972
4～5	5646	4235
5～6	2064	1548
6～7	2124	1593
7～8	1574	1181

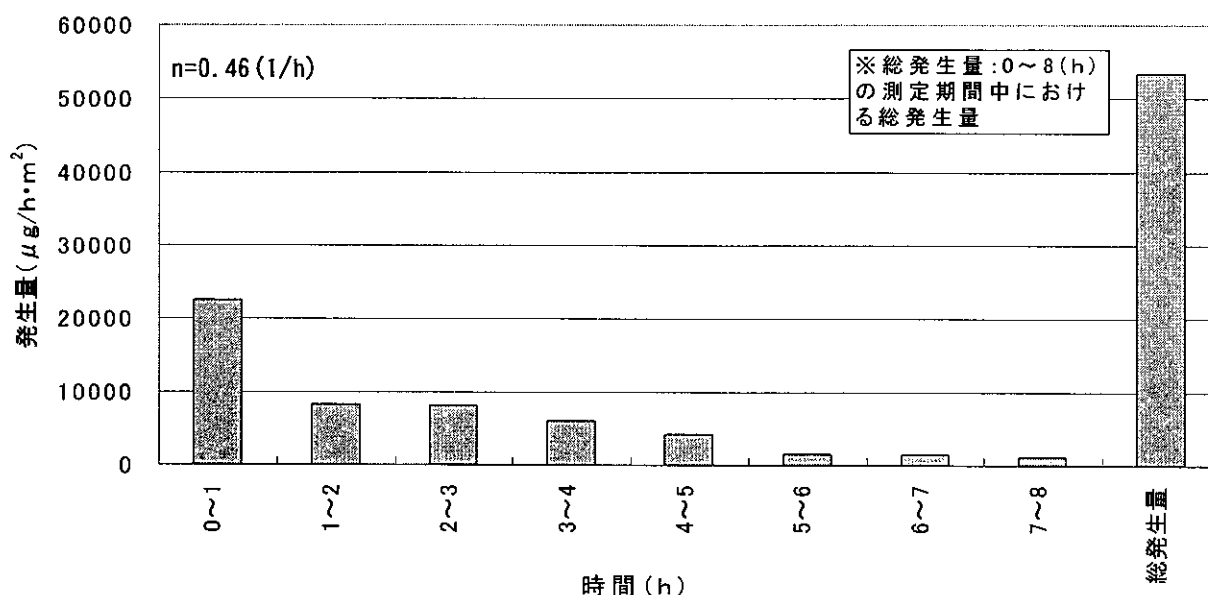


図-2.1.73 発生量の経時変化

図-2.1.73に示すように、チェンバー内のVOC濃度の経時変化を測定することにより、徐々に減衰する発生量の実態も明らかになった。6～7時間の発生量は1593 μg / h・m²、7～8時間の発生量は1181 μg / h・m²であった。本橋ら⁷⁾の報告では、実験開始から13日経過後の発生量が5600 μg / h・m²、17日後で4400 μg / h・m²である。アルミ板試験片を用いてスモールチェンバーで測定した本実験と部材モデル試験体を用いてラージチェンバーで測定した本橋らの実験とでは、測定方法や試験片の条件が異なるため、直接的には比較できないが、上塗り塗料に比べてスプレー式塗料のほうが発生量の減衰が大きいことがうかがえる。

(4) 測定平均濃度と発生量に関する理論的検討

数時間～数日に渡って、発生源からの発生が持続する場合の汚染物質発生量を求める方法を検討した。

ただし、 Q 、 M 、 C_0 、 C_1 が一定であると仮定する。

ここで、 M :対象塗料の汚染物質発生量 ($\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$)、 Q :実験チェンバーの換気量 (m^3/h)、 C_1 :初期濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)、 C_0 :外気濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)、 n :換気回数 ($1/\text{h}$)、 R :実験チェンバーの気積 (m^3)、とすると、ある限られた時間 (Δt) (h)の中で室内濃度の変化 (ΔC)が生ずるから、次の(1)式が成立する。

$$M\Delta t + QCo\Delta t - QC\Delta t = R\Delta C \quad - (1)$$

これを解いて、(2)式を得る。

$$C = \frac{M + QCo}{Q} + C'e^{-\frac{Q}{R}t} \quad - (2)$$

ここで、 $t=0$ の時に $C=C_1$ より、(3)式が成立する。

$$C' = C_1 - \frac{M + QCo}{Q} \quad - (3)$$

これを(2)式に代入して、(4)式が成立する。

$$C = Co + (C_1 - Co)e^{-nt} + \frac{M}{Q}(1 - e^{-nt}) \quad - (4)$$

C_1 、 Co をそれぞれ $C_1=0$ 、 $Co=0$ と仮定した場合は(5)式が成立する。

$$C = \frac{M}{Q}(1 - e^{-nt}) \quad - (5)$$

次に $t=t_1$ 時における濃度 C_{t_1} は(6)式で表される。

$$C_{t_1} = \frac{M}{Q}(1 - e^{-nt_1}) \quad - (6)$$

測定濃度の平均と発生濃度の関係は図-2.1.74に示される。測定濃度の平均から求められる面積 S_1 (図-2.1.75)と汚染物質濃度の経時変化から求められる S_2 (図-2.1.76)において、 $S_1=S_2$ の関係が成り立つから、(7)式が成立する。

$$t_1 Ca = \int_0^{t_1} \frac{M}{Q}(1 - e^{-nt}) dt \quad - (7)$$

$$= \frac{M}{Q} \left(t_1 + \frac{1}{n} e^{-nt_1} - \frac{1}{n} \right)$$

$$\therefore t_1 Ca Q = M \left(t_1 + \frac{1}{n} e^{-nt_1} - \frac{1}{n} \right)$$

$$\therefore M = \frac{t_1 Ca Q}{\left(t_1 + \frac{1}{n} e^{-nt_1} - \frac{1}{n} \right)}$$

よって、 Ca 、 t_1 、 Q を測定することにより、発生量 M が時間的に変化しない場合の値が求められる。

しかし、揮発性が高い塗料のような発生源の場合には、発生が測定期間中に大きな減衰を示すため、この方法で発生量を求めることはできない。今後の課題としては、新たに理論的検討を行い、このケースに対応できる塗料における発生量の算定方法を明らかにしたい。

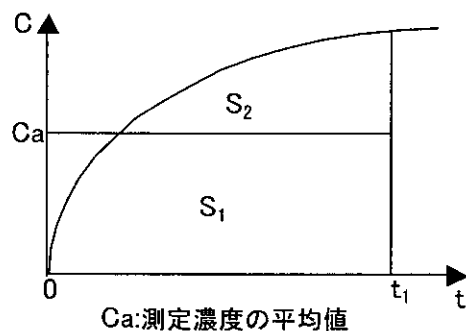


図-2.1.74 測定平均濃度と発生濃度の関係

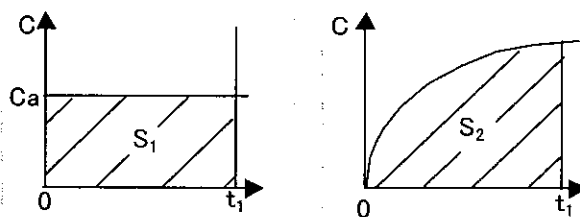


図-2.1.75 測定濃度の平均 図-2.1.76 発生濃度の経時変化

2.1.5 本章のまとめ

(1) 実験の目的

本研究では、量販店等で購入できる一般的な塗料（スプレー式塗料）について実験室実験を行い、VOC発生量及び発生量の経時変化を求めるものである。

(2) 実験内容

人工気象室（空気環境実験室）内にスモールチェンバー（本体：ステンレス製、容積（建材の容積含む）：65 l）を設置し、21種類のスプレー式塗料についてチェンバー実験を行った。測定時の実験条件は温度（23℃）、相対湿度（40%）、換気回数（ $0.46(1/h) \pm 0.01$ ）、気流（ $0.3 \sim 0.5 m/sec$ ）である。

(3) 発生実験の結果

(a) 水溶性合成樹脂系（アクリル）

水溶性合成樹脂系（アクリル）に分類されるのは、塗料A、塗料M、塗料Oであり、塗料A、塗料Mは、ノナンのVOC発生濃度が高く、m、p-キシレンのVOC発生濃度が低かった。塗料Oは、エチルベンゼン、m、p-キシレン、酢酸ブチルのVOC発生濃度が高く、ノナンのVOC発生濃度が低かった。

(b) 合成樹脂系（アクリル）

合成樹脂系（アクリル）に分類されるのは、塗料B、塗料E、塗料F、塗料J、塗料K、塗料L、塗料N、塗料Q、塗料R、塗料S、塗料T、塗料Uであり、塗料B、塗料E、塗料G、塗料H、塗料K、塗料N、塗料Q、塗料R、塗料Uは、エチルベンゼン、m、p-キシレン、o-キシレンのVOC発生濃度が高く、ノナンのVOC発生濃度が低かった。塗料E、塗料J、塗料Sは、トリクロロエチレンのVOC発生濃度が高く、その他のVOC発生濃度は全体的に低かった。塗料Tは、目立った発生は見られずVOC発生濃度は全体的に低かった。

(c) 合成樹脂系（ビニル）

合成樹脂系（ビニル）に分類されるのは、塗料G、塗料Hであり、エチルベンゼン、m、p-キシレン、o-キシレンのVOC発生濃度が高く、その他のVOC発生濃度は全体的に低かった。

(d) 合成樹脂系（シリコン）

合成樹脂系（シリコン）に分類されるのは、塗料Iであり、エチルベンゼン、m、p-キシレン、o-キシレンのVOC発生濃度が高く、その他のVOC発生濃度は全体的に低かった。

(e) 合成樹脂系（ウレタン樹脂）

合成樹脂系（ウレタン樹脂）に分類されるのは、塗料Dであり、エチルベンゼン、m、p-キシレン、o-キシレン、メチルイソブチルケトンのVOC発生濃度が高く、その他のVOC発生濃度は目立った発生は見られず全体的に低かった。

(f) ニトロセルロース系

ニトロセルロース系に分類されるのは、塗料C、塗料Pであり、エチルベンゼン、m、p-キシレン、o-キシレンのVOC発生濃度が高く、酢酸エチル、酢酸ブチル、メチルイソブチルケトンのVOC発生濃度が低かった。

(g) TVOC発生量

TVOC発生量を各塗料毎に求めた。合成樹脂系（ビニル）が $19175 \sim 31762 (\mu g / h \cdot m^2)$ 、成樹脂系（シリコン）が $29061 (\mu g / h \cdot m^2)$ 、合成樹脂系（ウレタン樹脂）が $34046 (\mu g / h \cdot m^2)$ と多く、水溶性合成樹脂系（アクリル）が塗料Oを除いて $1259 \sim 1854 (\mu g / h \cdot m^2)$ と少なかった。

(4) 経時変化の実験結果

アルミ板に塗料(R)を塗布した試験片をスモールチェンバーに挿入し、VOCの経時変化を測定したところ、徐々に減衰する発生量の実態が明らかになった。また、部材モデル試験体を用いた測定した本橋ら⁷⁾の結果に比べ、低い値を示した。この要因として、本橋らの試験体素地がアルミ板よりも塗料の浸透しやすい石膏ボードであることがあげられる。

本橋らの実験とは、測定方法や試験片の条件が異なるため、直接的には比較できないが、上塗り塗料に比べてスプレー式塗料のほうが発生量の減衰が大きいことがうかがえる。

(5) 今後の課題

今後の課題としては、塗料からの発生を求める測定条件や試験体条件を明らかにし、室内汚染を前提とした試験評価法の確立があげられる。次に、本試験法・評価法を用いた実験結果を明らかにしていく必要がある。

2.1.6 引用文献

- 1) 池田耕一：室内空気汚染のメカニズム、鹿島出版会、1992 年
- 2) 野崎淳夫、吉澤晋、池田耕一、他：ホルムアルデヒド、揮発性有機化合物による室内空気汚染に関する研究（その 1）、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.757～758、1996 年
- 3) 野崎淳夫、吉澤晋、池田耕一、堀雅宏、飯倉一雄：我が国における室内化学物質汚染低減化対策の現状について、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.645-648、1998 年
- 4) 日本薬学編：ホルムアルデヒド、4-アミノ-3-ヒトラジノ-5-メルカプト-1,2,4-トリアゾールによる定量、衛生試験法注解、pp.1451、1990 年
- 5) M. Hori et al. : Development of Methods for Monitoring TVOC with Discriminator of Porous Polymer Beads and its Application, Proc. of 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Vol. 3, pp.321-326, 1996
- 6) 野崎淳夫、池田耕一、堀雅宏、松村年朗、柏貴浩：揮発性有機化合物及びホルムアルデヒドの測定法に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.409-412、1997 年
- 7) 本橋健司他：室内空気対策研究室 汚染メカニズム分科会 pp.7-9、2001 年

謝辞

本研究を遂行するにあたり、協力頂いた高田淳二君（当時日本大学卒論生）に深謝致します。

2.2.1 はじめに

主に住宅建材から発生する揮発性有機化合物（VOC）の発生量及びその低減化対策についての調査研究は、広く行われているところである。しかし、建材以外に室内空気汚染の原因と考えられている生活用品からのVOC発生については、あまり調査が行われていない状況である。

今回、室内で種々の化粧品等を大量に使用していると考えられる理美容所に着目し、理美容所内のVOC濃度等及び理美容所内で使用頻度の高い化粧品等からのVOC発生について調査した。

2.2.2 実験概要

(1) 室内化学物質の捕集・分析

(a) 対象施設

表-2.2.1 のとおり、仙台市内の理容所2施設及び美容所2施設、計4施設

表-2.2.1 対象施設

施設	A	B	C	D
理・美の別	理容所	美容所	理容所	美容所
建物築年数	20年以上	20年以上	5年	20年以上 (2年前改装)
面積	16m ²	26m ²	19m ²	20m ²
セットいす	2脚	3脚	2脚	2脚
消毒所区画	なし	なし	なし	なし
使用消毒薬	エタノール・クレゾール	クレゾール	逆性石けん	エタノール
主な暖房器具	石油ファンヒーター	対流型石油ストーブ	石油ファンヒーター	石油ファンヒーター
換気扇運転	ときどき	ときどき	常時	常時
殺虫剤散布※	なし	なし	なし	なし
ワックス塗布※	なし	なし	なし	なし
採取日客数	5	3(内パーマ1)	5	1(内パーマ1)

※3ヶ月以内

(b) 測定対象物質

各種の研究により、化学物質過敏症等の原因物質として、その関与が明らかにされているVOCを対象物質とした。

VOCに関する詳細な定義は、まだ確立していない現状にあるが、沸点が50～100℃以上、240～260℃以下の有機化合物とされている。VOCの総量は、総揮発性有機化合物(TVOC: Total Volatile Organic Compounds)と呼ばれている。さらにVOCは脂肪族炭化水素、芳香族炭化水素、ハロゲン化炭化水素、テルペン、エステル、ケトン、アルコール等に大別されている。

本研究では、一般の室内における検出頻度等から、表-2.2.2に示すVOCを測定対象とした。

表-2.2.2 対象とする VOC

分類	VOC	化学式	分子量	沸点	比重
脂肪族炭化水素	n-ヘキサン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	86.18	69	0.659
	n-ヘプタン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$	100.2	98	0.684
	n-オクタン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$	114.2	126	0.703
	n-ノナン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$	128.3	151	0.722
	n-デカン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$	142.3	174	0.730
	n-ウンデカン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}_3$	156.3	196	0.740
	n-ドデカン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_3$	170.3	213	0.749
	n-トリデカン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{CH}_3$	184.4	226	0.755
	n-テトラデカン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CH}_3$	198.4	254	0.765
	n-ペンタデカン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{CH}_3$	212.4	271	0.776
	n-ヘキサデカン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$	226.5	287	0.773
	2,2,4-トリメチルペンタン	$(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	114.2	-	-
芳香族炭化水素	ベンゼン	C_6H_6	78.11	80	0.879
	トルエン	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	92.13	111	0.866
	エチルベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5$	106.2	136	0.867
	m-キシレン	$1,3-\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	106.2	139	0.868
	p-キシレン	$1,4-\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	106.2	139	0.861
	o-キシレン	$1,2-\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	106.2	144	0.880
	1,3,5-トリメチルベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_3$	120.2	165	0.863
	1,2,4-トリメチルベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_3$	120.2	236	0.957
	1,2,3-トリメチルベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_3$	120.2	176	0.894
ハロゲン	ジクロロメタン	CH_2Cl_2	84.93	40	1.335
	トリクロロエチレン	$\text{CHCl}:\text{CCl}_2$	131.4	87	1.456
	テトラクロロエチレン	$\text{Cl}_2\text{C}:\text{CCl}_2$	165.8	121	1.625
	p-ジクロロベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$	147.0	174	1.458
テルペン	2-ピネン	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	136.2	160	0.862
エステル	酢酸ビニル	$\text{CH}_3\text{COOCH}:\text{CH}_2$	85.1	73	0.935
	酢酸エチル	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	88.1	77	0.895
	酢酸ブチル	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	116.2	126	0.883
ケトン	アセトン	CH_3COCH_3	58.08	56	0.792
	メチルエチルケトン	$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$	72.11	80	0.805
	メチルイソブチルケトン	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COCH}_3$	100.2	116	0.804
アルコール	エタノール	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	46.07	78	0.816
	ブタノール	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{OH}$	74.12	118	0.811
	1-デカノール	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_2\text{OH}$	160.3	233	0.829

(c) 採取方法

濃度測定物質	採取方法
揮発性有機化合物 (VOC)	吸引ポンプ (SP208-1000Dual ジーエルサイエンス社製) に粒状活性炭チューブ (柴田機械工業、図-2.2.1 参照) を装着し、8 時間アクティブサンプリング (500ml/min. で 8 時間通気) した。 なお、理美容所周辺の外気もあわせて採取した。
二酸化炭素	Q トラック (MODEL2351 カノマックス社製)

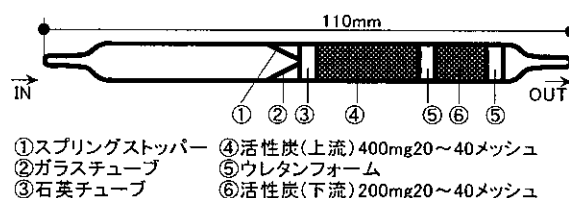


図-2.2.1 活性炭チューブ

(d) 分析方法

捕集された VOC は、二硫化炭素（2ml）を用いて 2 時間（30 分間隔で数回振とう）抽出後、ガスクロマトグラフ（GL サイエンス社製、GC-353）に（2 μ l）導入した。GC の分析条件は、表 -2.2.3 に示すとおりである。

表 -2.2.3 GC の分析条件

GC	GL Science 社製、GC - 353
カラム	Sil8cb、内径 0.53mm×長さ 100m、膜厚 5.0 μ m
昇温	40-280℃
流速	18ml/min
スプリット比	2:1
Injection&detection	300℃
検出器	FID

(2) 化粧品等から発生する化学物質の捕集

(a) 対象品の仕様

表 -2.2.4 に示すとおりである。

(b) 測定対象物質

(1) の (b) に同じ。

表-2.2.4 対象とする化粧品等

No.	施設	採取日 使用	種類	法律上 の分類	発生時間	発生面積	表 示 成 分
1	A	○	シャンプー	化粧品	8 時間	15.9cm ²	水、ヤシ脂肪酸カリウム、ココミド DEA、ココアンホ酢酸ナトリウム、塩化ナトリウム、ラウリルベタイン、ヒドロキシプロピルメチルセルロース、1,3-ブチレングリコール、褐藻エキス、エデト酢酸、香料、黄色 203 号、緑色 3 号
2		○	リンス	化粧品	8 時間	15.9cm ²	水、プロピレングリコール、セタノール、ソルビトール、セテス-2、ミネラルオイル、イソプロパノール、1,3-ブチレングリコール、褐藻エキス、塩化字ステアリルジメチルアンモニウム、塩化ステアリルトリメチルアンモニウム、パラベン、香料、黄色 203 号、青色 1 号
3		○	ヘアリキッド	化粧品	30 分間	1.1cm ²	エタノール、PEG-5-PPG-65 ペンタエリスリチル、水、プロピレングリコール、メトキシケイヒ酸オクチル、ジブチルヒドロキシルエン、香料、黄色 203 号、黄色 5 号
4	B	○	ヘアスプレー	化粧品	5 分間	1.1cm ²	エタノール、LPG、DME、(アクリル酸アルキル/ジアセトンアクリルアミド) コポリマー AMP、ジメチコンコポリオール、AMP、メトキシケイヒ酸オクチル、香料
5		○	ヘアスプレー	化粧品	5 分間	1.1cm ²	LPG、シクロメチコン、ミリスチン酸イソプロピル、ジメチコン
6			パーマ液	医薬部外品	8 時間	15.9cm ²	システイン、システイン塩酸塩、チオグリコール酸アンモニウム、モノエタノールアミン、セタノール、塩化ラウリルトリメチルアンモニウム、黄色 203 号、香料
7	C	○	シャンプー	化粧品	8 時間	15.9cm ²	水、ヤシ脂肪酸カリウム、ココミド DEA、ココアンホ酢酸ナトリウム、褐藻エキス、紅藻エキス、緑藻エキス、ジブチルヒドロキシルエン、エデト酸塩、香料、黄色 203 号、緑色 201 号
8		○	シャンプー	化粧品	8 時間	15.9cm ²	水、ポリオキシエチレンラウリルエーテル硫酸塩、ココミド DEA、PEG-3 ヤシ脂肪酸アミド MEA 硫酸ナトリウム、ラウラミドプロピルベタイン、ジステアリン酸グリコール、ココアンホ酢酸ナトリウム、(ジヒドロキシメチルシリルプロポキシ) ヒドロキシプロピル加水分解コラーゲン、加水分解コムギ、PCA-Na、クエン酸、ラウロイルメチルアラニンナトリウム、ポリクオタニウム-10、ポリクオタニウム-7、エデト酸塩、サリチル酸、パラベン、香料、黄色 203 号、緑色 201 号
9			ヘアリキッド	化粧品	30 分間	1.1cm ²	エタノール、水、PPG-52 ブチル、グリセリン、ヘキシルデカノール、PEG-100 水添ヒマシ油、塩化ベンザルコニウム、香料、赤色 227 号、黄色 4 号、青色 1 号
10	D	○	ヘアスプレー	化粧品	5 分間	1.1cm ²	DME、変性アルコール、ペンタン、(VA/クロトン酸/ネオデカン酸ビニル) コポリマー、AMP、香料
11		○	ヘアスプレー	化粧品	5 分間	1.1cm ²	エタノール、DME、LPG、(アクリル酸アルキル/ジアセトンアクリルアミド) コポリマー AMP、ジメチコン、ジメチル PABA オクチル、水、香料
12			シャンプー	化粧品	8 時間	15.9cm ²	水、ラウリル硫酸 DEA、ココミド DEA、BG、オレフィン (C14-16) スルホン酸 Na、ラウロイルメチルアラニン Na、ココアンホ酢酸 Na、セテアレス-60 ミリスチルグリコール、PCA イソステアリン酸 PEG-40 水添ヒマシ油、ココイルグルタミン酸 TEA、オレアミド DEA、炭、ポリクオタニウム-10、メチルパラベン、EDTA-2Na、クエン酸、メントール、塩化 Na

(c) 実験室概要

東北文化学園大学内人工気象室(屋内・屋外条件試験室)内にスモールチェンバー(本体:ステンレス製、容積(建材の容積含む):65 l)を設置し、実験を行った。(図-2.2.2参照)スモールチェンバー内の一様拡散状態を得る為に、チェンバー内に小型拡散ファンを設置した。

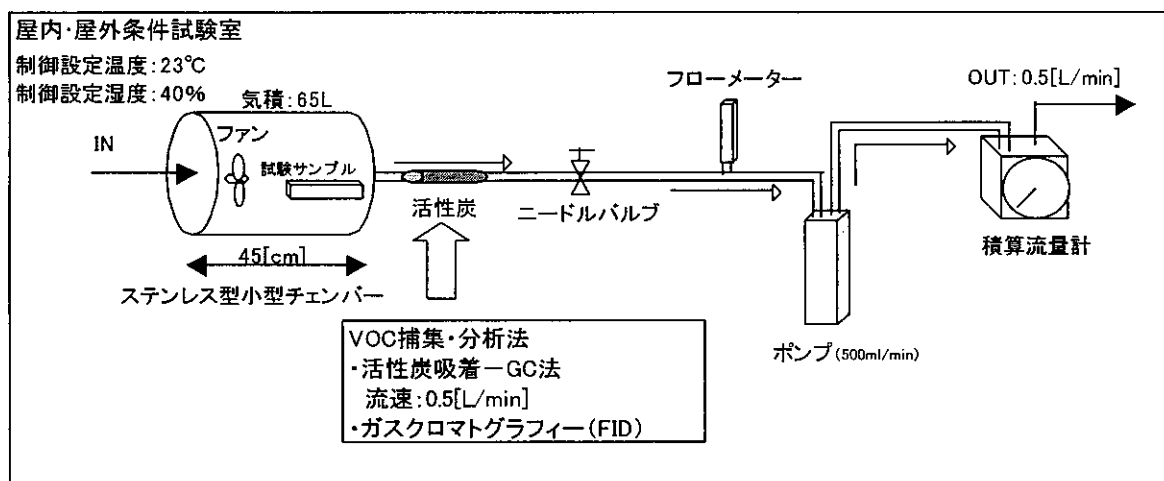


図-2.2.2 発生実験の概要図

(d) 発生条件及び捕集方法

化粧品等をバイアル又はシャーレにとり、チェンバー（23℃、40%）内で液体成分から発生するVOCをポンプ(柴田機械工業MP-2N型)に装着した粒状活性炭チューブで捕集する。ポンプの吸引は毎分500ml、発生面積及び時間は表-2.2.4のとおりである。

(e) 分析方法

(1)の(d)に同じ。

2.2.3 結果

(1) 理美容所内のVOC濃度等

図-2.2.3に示すとおり、総揮発性有機化合物(TVOC)濃度(未同定物質はトルエン換算)は施設によって大きく異なった。表-2.2.5から、二酸化炭素濃度が高い施設ほどTVOC濃度が高いことがわかる。全施設で共通に検出された物質はエタノールだけであった。

なお、外気のTVOC濃度は50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度であった。

表-2.2.5 理美容所内の二酸化炭素濃度

	A 施設	B 施設	C 施設	D 施設
VOC 採取中の平均 二酸化炭素濃度(ppm)	6,000	3,000	1,500	1,800

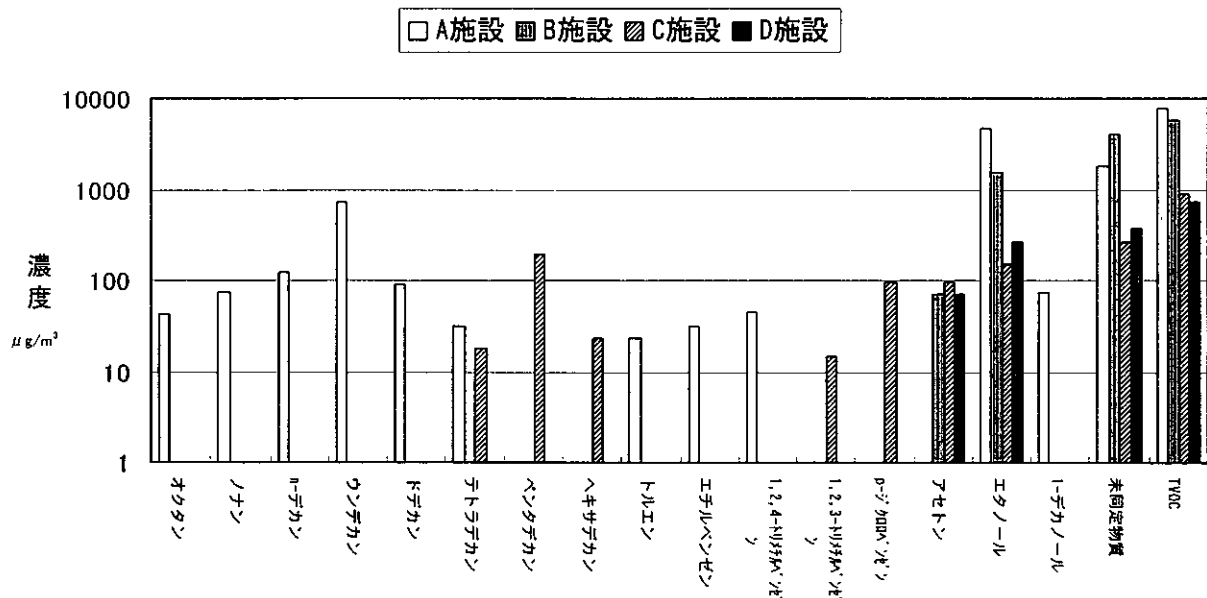


図-2.2.3 理美容所内の VOC 濃度

(2)化粧品等からの VOC 発生

図-2.2.4 に示すとおり、同定された物質の種類は、ドデカン、1,3,5-トリメチルベンゼン、*p*-ジクロロベンゼン及びエタノールの4種類のみであり、ほとんどが未同定物質であった。ドデカンはNo.6 パーマ液から、1,3,5-トリメチルベンゼンはNo.1 シャンプーから発生していた。

化粧品の種類別に見ると、ヘアスプレー及びヘアリキッドでは、表示成分にあるとおりエタノールの発生が非常に多かった。また、シャンプーでは、*p*-ジクロロベンゼンが2検体(No.1 及び No.7)から検出された。

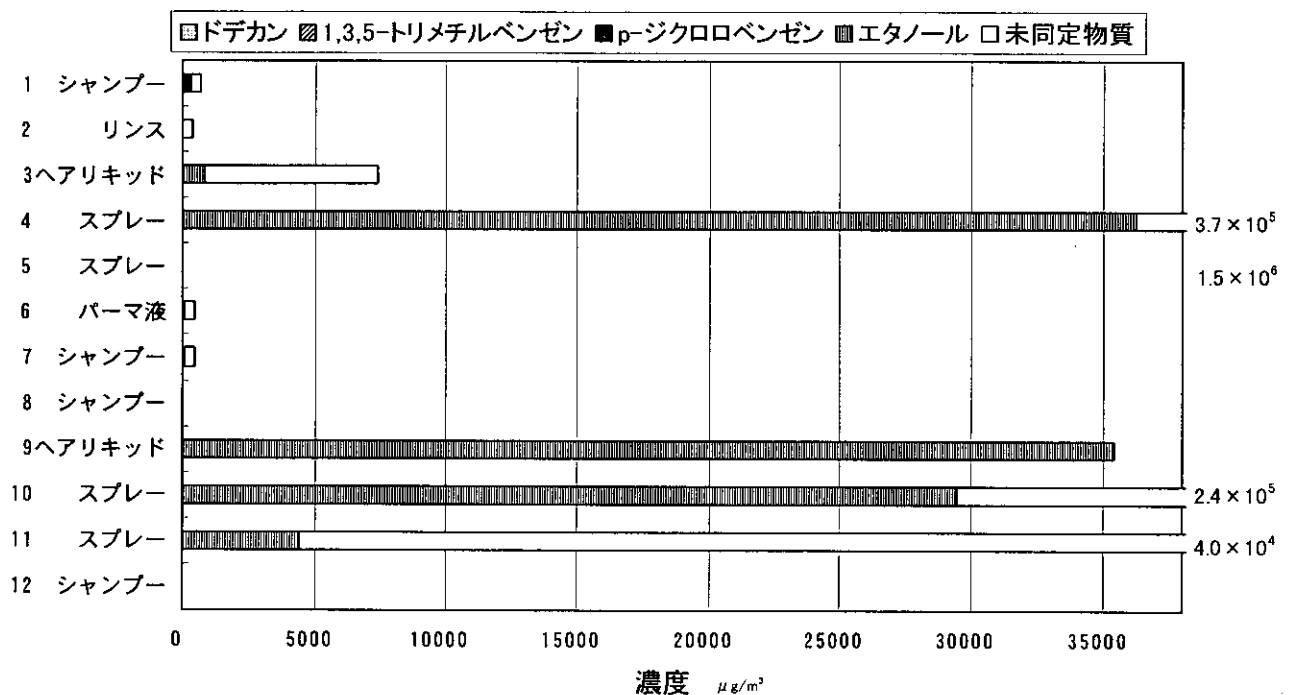


図-2.2.4 化粧品等から発生する VOC

2.2.4 考察

(1) 理美容所内の VOC 濃度等

理美容所内の VOC 濃度は、室内空気の指針値が定められている物質（テトラデカン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、*p*-ジクロロベンゼン）については、全て指針値を下回っている。しかし、TVOC 濃度については、全ての施設において厚生労働省の暫定目標値 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過している。

上述の指針値が定められている物質を除き、今回検出された物質の濃度を平成9年度に厚生省（現厚生労働省）が行った全国の一般家屋における調査結果と比較すると、エタノール以外は全て今回の理美容所の濃度が全国の平均値を上回っている。一般家屋のエタノール濃度は、平均で $281.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、C 及び D 施設はそれを下回っている。

TVOC 濃度は、理・美容の別及び客数には関係ないが、二酸化炭素濃度が高い施設ほど高いことから、換気量が TVOC 濃度に大きく影響していることがわかる。これは、TVOC 濃度の低減には換気が有効であることも示している。

また、図-2.2.5 に示すとおり、全体的に TVOC 濃度における同定物質の占める割合（同定率）が低い。特に美容所（B, D 施設）では著しく、アセトンとエタノールの他は全て未同定物質であった。未同定物質のほとんどは、保持時間がエタノール（6 分）の前後にある物質であり、沸点の低いアルコール類と思われる。

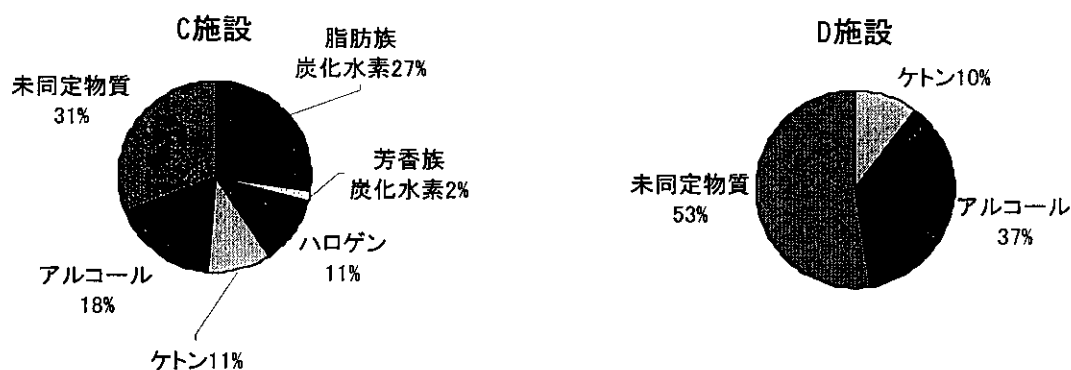


図-2.2.5 VOCの種類ごとの割合

(2) 化粧品等からの VOC 発生

図-2.2.6 に示すとおり、化粧品等から発生する未同定物質のほとんどが、エタノール（6 分）の前後に保持時間がある物質であり、沸点の低いアルコール類と思われる。

シャンプーで検出された *p*-ジクロロベンゼンは、表示成分からは発生が予測できず、原因は不明である。

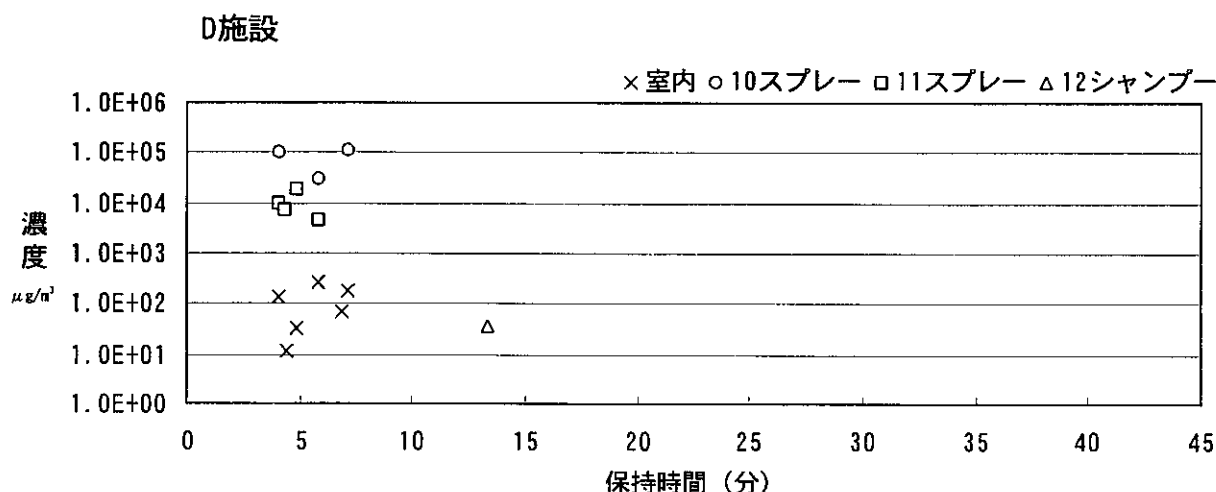


図-2.2.6 ガスクロマトグラフィーの保持時間でみた VOC 濃度

(3) 化粧品等からのTVOC発生量

気体発生とポンプ吸引による換気とが平衡で、チェンバー内が定常状態であると仮定すると、各化粧品のTVOC濃度から、次式(1)により、1分あたりの汚染物質発生量を求めることができる。

$$M = Q (C_1 - C_0) \quad - (1)$$

ここで、M : 汚染物質発生量 ($\mu\text{g}/\text{min}$)

Q : 換気量 (m^3/min)

C_1 : 測定濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

C_0 : チェンバーに導入する空気の濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

さらに、 $C_0 = 0$ と仮定し、Mを表-2.3.4の発生面積で除すと 1cm^2 及び1分あたりの発生量を得ることができる(表-2.2.6)。

例 No.1 シャンプー

Q : $4.9 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{min}$

C_1 : TVOC濃度 $7.0 \times 10^2 \mu\text{g}/\text{m}^3$

発生面積 : 15.9cm^2

1cm^2 及び 1分あたりの発生量 (M/発生面積)

$$= Q \times C_1 / \text{発生面積}$$

$$= 7.0 \times 10^2 (\mu\text{g}/\text{m}^3) \times 4.9 \times 10^{-4} (\text{m}^3/\text{min}) / 15.9 (\text{cm}^2)$$

$$= 2.2 \times 10^{-2} \mu\text{g}/\text{min} \cdot \text{cm}^2$$

表-2.2.6 化粧品等からの汚染物質発生量

No.	種類	TVOC濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	発生量 $\mu\text{g}/\text{min} \cdot \text{cm}^2$	使用している施設
1	シャンプー	7.0×10^2	2.2×10^{-2}	A
2	リンス	4.0×10^2	1.1×10^{-2}	
3	ヘアリキッド	7.4×10^3	3.2	
4	ヘアスプレー	3.7×10^5	1.7×10^2	B
5	ヘアスプレー	1.5×10^5	7.3×10^2	
6	パーマ液	4.8×10^2	1.5×10^{-2}	
7	シャンプー	4.8×10^2	1.6×10^{-2}	C
8	シャンプー	6.4×10	1.8×10^{-3}	
9	ヘアリキッド	3.5×10^4	1.6×10	
10	ヘアスプレー	2.4×10^5	1.2×10^2	D
11	ヘアスプレー	4.0×10^4	2.0×10	
12	シャンプー	3.6×10	1.1×10^{-3}	

(4) 化粧品等から発生するVOCの室内空気への影響

化粧品等から発生する未同定物質のほとんどが、エタノール(6分)の前後に保持時間がある物質であるが、これらの物質は室内空気からも検出されていることから、化粧品等が室内空気に影響を及ぼしている可能性が考えられる。

室内空気から脂肪族炭化水素が検出されているが、化粧品等からはほとんど発生が無い。佐藤の報告により、石油ファンヒーターから脂肪族炭化水素が数千 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ のレベルで検出されていることから、室内空気中の脂肪族炭化水素は施設内で使用している石油ファンヒーターから発生したものと思われる。全ての施設において開

放型暖房器具を使用しているが、A施設では二酸化炭素濃度が6,000ppmを超過しており、他施設よりも特に換気が少なかったため、脂肪族炭化水素が特に多かったものと考えられる。

室内空気ではエタノール濃度が高いが、化粧品等から発生する他、消毒薬剤として室内で使用しているものからの発生も考えられる。

2.3.5 本章のまとめ

理美容所内の空気環境を知る目的で、営業時間中（8時間）の空気を採取し、VOC濃度を測定したところ、全ての施設（4施設）において暫定目標値である $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるTVOCが検出された。また、室内のTVOC濃度は二酸化炭素濃度が高い施設ほど高かった。

化粧品等から発生するVOCについて調べる目的で、理美容所で使用している化粧品等をシャーレ又はパイアルにとり、23℃、40%の実験室チェンバー内で発生するVOCを測定したところ、エタノール等のVOCが発生していることがわかった。TVOC濃度から求めた発生量は化粧品の種類によって大きく異なり、ヘアスプレーはシャンプーの約一万倍であった。

なお、室内空気及び化粧品等から発生するVOCでは、同定できない物質が多かったことから、今後、質量分析によるこれら物質の同定が必要となる。また、スプレーから発生する気体成分の捕集も今後の課題である。

理美容所の換気に関する法規制は、理容師法施行規則第26条第2号及び美容師法施行規則第26条第2号に「二酸化炭素濃度を5,000ppm以下に保つこと」との規定がある。しかし、この基準を満たしていても、TVOC濃度は高く、室内空気環境が良好とはいえないことがわかった。理美容所においては、化粧品等の使用は避けられないことであり、発生したVOCを換気によって室内から排除することが重要である。今後理美容所の立入検査の際は、TVOC濃度も視野に入れた換気指導をしていく必要がある。

2.3.6 引用文献

- 1) 池田耕一：室内空気汚染のメカニズム，鹿島出版会，1992年
- 2) 野崎淳夫，吉澤晋，池田耕一，他：ホルムアルデヒド，揮発性有機化合物による室内空気汚染に関する研究（その1），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.757～758，1996年
- 3) 野崎淳夫，池田耕一，堀雅宏，松村年朗，柏貴浩：揮発性有機化合物及びホルムアルデヒドの測定法に関する研究，空気調和・衛生工学会学術講演論文集，pp.409-412，1997年
- 4) 佐藤大：開放型燃焼器具からのホルムアルデヒド発生に関する研究，日本大学工学部建築学科卒業論文，2002年
- 5) 厚生省（現厚生労働省）：居住環境内における揮発性有機化合物の全国実態調査，1999年

謝辞

調査にご協力いただいた理容所及び美容所の皆様に深謝いたします。

2.3.1はじめに

住居環境におけるホルムアルデヒド及び揮発性有機化合物（以下「VOC」という。）の発生源としては、建材、家具、芳香・消臭剤、防虫・殺虫剤等が着目されているが、衣料品の一部にもホルムアルデヒドを始めとして各種の化学物質が使用されていることはよく知られているところであり、いくつかの化学物質については、「有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律（昭和48年法律第112号）（以下「法」という。）」で、その含有量等についての基準が定められている（表-2.3.1）。このことから、多かれ少なかれ、衣料品由来の化学物質は、着用時に体温等により化学物質が発生し、鼻や口から吸入されることは容易に想像できる。

本調査では、法規制対象外家庭用品のうち衣料品について、使用されているVOC成分について調査するとともに、体温程度に加温したときのホルムアルデヒド及びVOCの発生量並びにホルムアルデヒドの発生量と溶出量との関連について調査することを目的とした。

2.3.2 調査概要

(1) 調査期間

平成13年12月～平成14年3月

(2) 調査対象衣料品

調査対象とした衣料品を表-2.3.2に示す。

衣料品は市内の小売店で試買し、選定に当たっては、次の点に留意した。

○法規制対象外のものとし、種類は屋内で着用するもので、鼻や口に近接して着用する上着（外衣又は中衣）であること。

○被服素材は、繊維製品のうち天然繊維に重点を置くこと。

○染色や加工等による特徴を調査するため同一衣料品を複数選ぶこと。

なお、調査対象衣料品は、ホルムアルデヒドの発生量と溶出量との関連について調査するため、同一衣料品を左右対称に切り分けるとともに、試買後における保管段階での汚染を防止するため、1衣料品ずつポリエチレン製の袋に密閉保管した。

検体No.	調査対象衣料品（色）	表-2.3.2 調査対象衣料品			重量（g）	
		製造国	加工	繊維の組成（％）	全体	半身
1	ワイシャツ（濃紺）	インドネシア	形態安定	綿60、ポリエステル40	281.99	107.15
2	ワイシャツ（白）	中国	形態安定	綿70、ポリエステル30	324.52	123.99
3	ブラウス（白）	中国	形態安定	綿50、ポリエステル50	136.54	67.23
4	ブラウス（水色）	中国	形態安定	綿50、ポリエステル50	135.14	66.98
5	ジップベスト（LT茶）	中国		毛100	181.15	88.59
6	トレーナー（白）	中国		綿100	496.77	251.1
7	トレーナー（紺）	中国		綿100	542.28	270.27
8	トレーナー（赤）	中国		綿100	554.47	278.16
9	セーター（アイボリー）	中国		毛100	763.03	390.55
10	セーター（グレイ）	中国		毛100	782.3	404.26
11	セーター（チャコールグレイ）	中国		毛100	755.9	385.82

(3) 調査内容

調査内容を表-2.3.3に示す。

調査は発生量試験と溶出量試験に分けて行った。

発生量試験は、東北文化学園大学の人工気象室内でチェンバー試験を行い、ホルムアルデヒド及びVOCを測定対象物質とした。

溶出量試験は郡山市保健所で行い、ホルムアルデヒドを測定対象物質とした。

なお、溶出量試験については、採取する試料について、法で定められた採取方法による「法定試験」と、調査側で意図的に試料を採取した「特別試験」の2つを行った。

表-2.3.3 調査内容

区 分	試験方法	測定対象物質	分析機関
発生量試験	チェンバー試験	ホルムアルデヒド VOC	東北文化学園大学 (仙台市)
溶出量試験	法定試験 特別試験	ホルムアルデヒド	郡山市保健所

注1)法定検査で使用する試料：身体と接触する繊維の部分を細かく切ったもの約1g

注2)特別検査で使用する試料：調査側で意図的に採取したもの約1g

(4) 実験内容

(a) 発生量試験【チェンバー試験】

①発生実験の概要

東北文化学園大学の人工気象室（屋内条件試験室）内にステンレス型小型チェンバー（チェンバーⅢ）を1つ設置した。その中に試験片（衣服）を挿入し、3時間密閉させた後、チェンバー内の空気を活性炭チューブに500ml/minの流量で8時間捕集し、GCで定性・定量分析した。

②チェンバーの洗浄方法

- 薬液による洗浄を行う。アセトンをキムタオルに染み込ませ入念に手拭きする。
- 人工気象室内の汚染発生源であるガス発生装置（パーミエーター）を実験室外に移動する。
- 人工気象室内の温度、湿度を38℃、40％に設定し、チェンバー内に残留している化学物質を揮発させ除去する。この工程を10時間以上行う。

③室内汚染物質の捕集方法

a) 測定対象物質

各種の研究により、MCS、SBSの原因物質として、関与が明らかにされているVOCを測定対象物質とした。室内の主な発生源は、建材や家具のほか、塗料・接着剤、家庭用品、石油ファンヒーターなどの燃焼器具、喫煙である。VOCに対する詳細な定義は、まだ確立されていない現状にあるが、常温で液体や固体で存在し、沸点が50～100℃以上、240～260℃以下の有機化合物とされている。VOCの総量は、総揮発性有機化合物（TVOC：Total volatile Organic Compounds）と呼ばれ、Seifertらによる推奨値（300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）も提案されている。さらに、VOCは、脂肪族炭化水素、芳香族炭化水素、ハロゲン化炭化水素、テルペン、エステル、ケトン、アルコール、アルデヒド等に大別される。

b) 捕集分析機器（省略）

c) 捕集・分析法

チェンバー内の空気は、活性炭チューブを用いて500ml/minの流量で8時間で捕集した。捕集されたVOCは、二硫化炭素で抽出した後、ガスクロマトグラフに導入し、定性・定量分析した。

(b) 溶出量試験

①法定試験【法施行規則抜粋】

a) 試験溶液の調整

身体と接触する繊維の部分を細かく切ったものを試料とし、その約1gを200mlの共せんフラスコに精密に量り採り、精製水100mlを正確に加えた後、密せんし、40℃の水浴中で時々振り混ぜながら1時間抽出する。次に、この液をガラスろ過器（日本工業規格のガラスろ過器（細孔記号G2）に適するもの）を用いて温時ろ過し、試験溶液とする。

b) 試験

試験溶液及びホルムアルデヒド標準液を正確にそれぞれ5.0ml採り、それぞれにアセチルアセトン試液5.0mlを加えて振り混ぜ、40℃の水浴中で30分間加温し、30分間放置した後、それぞれについて精製水5.0mlにアセチルアセトン試液5.0mlを加えて同様に操作したものを対照として、412～415nmにおける吸収の極大波長で吸光度A及びA_sを測定する。別に試験溶液5.0mlを採り、アセチルアセトン試液の代わりに精製水5.0mlを加えて同様に操作した後、精製水を対照として、吸光度A及びA_sを測定した場合と同じ長で吸光度A_oを測定する。このとき、次式により計算する試料1gについてのホルムアルデヒド溶出量は75 μg 以下でなければならない。

$$\begin{aligned} & \text{試料1gについてのホルムアルデヒド溶出量} (\mu\text{g}) \\ & = K \times A - A_o / A_s \times E \times 1 / \text{試料採取量} (1\text{g}) \end{aligned}$$

ただし、

K：ホルムアルデヒド標準液の濃度 ($\mu\text{g/ml}$)

E：繊維製品にあっては100とする。

ただし、ホルムアルデヒドの溶出量が $75\mu\text{g}$ を超えたときは、次の試験により、吸光度A及びAsを測定した波長における吸収がホルムアルデヒドによるものであることを確認しなければならない。

試験溶液5.0mlを共せん試験管に採り、ジメドン・エタノール溶液1.0mlを加えて振り混ぜ、40℃の水浴中で10分間加温し、更にアセチルアセトン試液5.0mlを加えて振り混ぜ、40℃の水浴中で30分間加温し、30分間放置した後、試験溶液の代わりに精製水5.0mlを用いて同様に操作したものを対照として吸収スペクトルを測定するとき、波長412～415nmにおいて、吸光度A及びAsを測定した場合と同様の吸収スペクトルを示してはならない。

c) 試薬、標準液等

(7) 精製水

日本薬局方精製水を用いる。

(i) リン酸溶液

リン酸（日本工業規格試薬特級）5gを採り、精製水を加えて25mlとしたものを用いる。

(f) ホルムアルデヒド標準液

a. ホルマリンの標定

ホルマリン（日本薬局方ホルマリン）約1gを精製水を入れたはかりびんで精密に量り、精製水を加えて正確に100mlとする。その10mlを正確に量り採り、0.05mol/lヨウ素液（日本薬局方定量分析用標準液）50mlを正確に加え、更に1mol/l水酸化カリウム液（日本薬局方定量分析用標準液）20mlを加えた後、15分間常温で放置する。更に希硫酸（日本薬局方試薬）15mlを加え、過剰のヨウ素を0.1mol/lチオ硫酸ナトリウム液（日本薬局方定量分析用標準液）で滴定する（指示薬：日本薬局方デンプン試液）。別に精製水10mlを用いて同様の方法で空試験を行う。

ホルマリン中のホルムアルデヒド含有量C（%）は次式により求める。

$$C(\%) = 1.5013 \times (V_o - V) F / 1000 \times 100 / 10 \times 1 / W \times 100$$

ただし、

V_o ：空試験における0.1mol/lチオ硫酸ナトリウム液の滴定量（ml）

V ：本試験における0.1mol/lチオ硫酸ナトリウム液の滴定量（ml）

F ：0.1mol/lチオ硫酸ナトリウムの力価

W ：ホルマリンの採取料（g）

b. ホルムアルデヒド標準液の調整

ホルマリン（日本薬局方ホルマリン）400/Cgを正確に量り採り、精製水を加えて100mlとする。この溶液を用いて、10mlを正確に採り、精製水で10倍量に希釈する操作を4回繰り返してホルムアルデヒド標準液とする。

ホルムアルデヒド標準液1ml = $4\mu\text{g HCHO}$

c. アセチルアセトン試液

酢酸アンモニウム（日本工業規格試薬特級）150gに適量の精製水を加えて溶かし、氷酢酸（日本工業規格試薬特級）3ml及びアセチルアセトン（日本工業規格試薬特級）2mlを加え、更に精製水を加えて1,000mlとしたものを用いる。用時調整する。

e. ジメドン・エタノール溶液

ジメドン（日本工業規格試薬特級）1gにエタノール（日本薬局方エタノール）を加えて溶かし、100mlとしたものを用いる。用時調整する。

② 特別試験

a) 試験溶液の調整

検査側で意図的に採取したものを試料とし、その約1gを200mlの共せんフラスコに精密に量り採り、精製水100mlを正確に加えた後、密せんし、40℃の水浴中で時々振り混ぜながら1時間抽出する。次に、この液をガラスろ過器（日本工業規格のガラスろ過器（細孔記号G2）に適するもの）を用いて温時ろ過し、試験溶液とする。

b) 試験

以下、上記「①法定試験」に掲げる試験方法に準じた。

2.3.3 結果

(1) 発生量試験（チェンバー試験）

(a) VOC

VOC発生量試験の測定結果を表-2.3.4に示す。

VOCは、TVOC濃度として、11衣料品中6品から検出された。（図-2.3.1、検出割合：54.5%）各区分の検出割合は、脂肪族炭化水素が36.4%、芳香族炭化水素が27.3%、その他（未同定物質を含む）が36.4%で、ハロゲン、テルペン、エステル、ケトン及びアルコールでは、検出された物質はなかった。

VOC成分として検出された物質及びその検出割合は、次のとおりであった。

○脂肪族炭化水素では、12種中オクタン（27.3%）、ノナン（9.1%）、n-デカン（9.1%）、ドデカン（18.2%）、テトラデカン（18.2%）、ペンタデカン（18.2%）、ヘキサデカン（27.3%）の7物質が検出された。

○芳香族炭化水素では、8種中トルエン（27.3%）、エチルベンゼン（9.1%）の2物質が検出された。

○その他未同定物質としての検出割合は、36.4%であった。

(b) ホルムアルデヒド

ホルムアルデヒド発生量試験の測定結果を表5に示す。

ホルムアルデヒドは、11衣料品中5品から検出された。（図-2.3.2、検出割合：45.5%）(c) TVOC濃度とホルムアルデヒド濃度との関係ホルムアルデヒドもVOCの1つであることから、その発生量は他のVOCとともに同じ傾向を示すことが考えられるが、今回の発生量試験においては、とりわけホルムアルデヒド濃度が定量下限値以下の衣料品が多かったことから、TVOC濃度とホルムアルデヒド濃度との関係について見ることはできなかった。

(2) 溶出量試験

ホルムアルデヒド溶出量試験の測定結果を表-2.3.6に示す。

(a) 法定試験

○ホルムアルデヒドは、11衣料品中10品から検出された。（図-2.3.3、検出割合：90.9%）

○法で定めるホルムアルデヒド溶出量の基準値（75?/g）を超過した衣料品はなかった。

(b) 特別試験

○ホルムアルデヒドは、11衣料品全品から検出された。（図-2.3.4、検出割合：100%）

○法で定めるホルムアルデヒド溶出量の基準値（75?/g）を超過した衣料品はなかった。

(c) 法定試験と特別試験との関係

同一衣料品であるが、採取方法の異なる法定試験と特別試験との間に、明確な傾向が認められた。（図-2.3.5）

(3) 発生量試験と溶出量試験との関係

1グラム当たりのホルムアルデヒド濃度について、発生量試験と溶出量試験との間に明確な傾向が認められた。（図-2.3.6）

(4) 重量と発生量との関係

すべての衣料品に化学物質が使用されていると仮定した場合、重量の増加により、その発生量の増加が考えられる。

今回の調査においては、重量（半身）とホルムアルデヒド濃度との間に傾向が認められた。（図-2.3.7及び図-2.3.8）

(5) その他

発生量や溶出量について、調査対象衣料品の色や形態安定加工による特徴は認められなかった。

2.3.4 考察

(1) VOCについて

得られたデータにばらつきはあるものの、衣料品からVOCの発生が認められた。

数値としてデータが得られたのは、脂肪族炭化水素及び芳香族炭化水素の炭化水素類である。これらは、一般的な環境における人為的発生源としては、塗料、印刷インキ、接着剤、金属洗浄、クリーニングなどに使われる溶剤に由来するものが多いとされている。今回調査対象とした衣料品において検出されたVOC成分につい

では、その発生源を特定することは困難であるが、推定発生源として、衣類そのものに施された仕上げ加工や特殊加工において使用され、残留していた化学物質が揮発したものと考えることもできる。また、製造から販売までの間において、空気を介して汚染される、いわゆる移染についても考えることができるが、ホルムアルデヒド以外のVOCについては報告例が少なく、推測の域を出ない。

(2) ホルムアルデヒドについて

発生量試験において、ホルムアルデヒドの発生は、比較的重量のある衣料品から認められたが、その値は、VOCで得られたデータと比較すると微量であった。

今回の調査において、重量とホルムアルデヒド濃度との間に正の傾向が認められているが、比較的軽量の衣料品について、定量下限値以下の衣料品が多く、ホルムアルデヒド濃度を定量できなかったことは、今後の課題である。

一方、溶出量試験においては、ほとんどの衣料品からホルムアルデヒドが検出された。

形態安定加工された衣料品について、東京都が97年に行った検査では、形態安定加工されたワイシャツ、ブラウスなどの9割からホルムアルデヒドが検出（うち下着の基準75ppmを超えたものも3割あった）とされているが、今回調査の対象とした形態安定加工衣料品4品については、法定試験、特別試験ともにホルムアルデヒドは検出されたが、基準値を超えたものはなかった。また、これら形態安定加工衣料品は、他の製品と比較しても特徴的なデータを得ることはできなかった。

ホルムアルデヒドは、衣料品では古くから皮膚障害の主な原因として、また最近ではシックハウス症候群等の主要な原因物質として悪玉に挙げられ、現在では、住宅のみならず衣料品においても、低ホルマリン加工や非ホルマリン加工が行われているという。今回の調査結果も、これら時代の背景を1つの要因と考えることができるのではないかと。

しかしながら、微量でも検出されていること、またその人体に対する影響は、周囲の環境的要因や接触する人間の生理的要因等によって大きく異なることに注意しなければならない。

また、発生量試験と溶出量試験との間に明らかな傾向が認められた。

試験条件がまったく異なることを差し引いたとしても、これらの2つの試験において相関が見られたことは、溶出量が多いほど発生量が多い、すなわち溶出量が多い衣料品については、従来から指摘されてきた接触による接触性皮膚炎のほかに、衣料品から発生したホルムアルデヒドを呼吸器系から継続的に取り入れることによるシックハウス症候群への繋がる危険性があることを示唆していると考えられる。このことは、今後、衣料品から発生するホルムアルデヒドと化学物質過敏症に代表されるシックハウス症候群との関わりについて考える上で有用であると考えられる。

2.3.5 本章のまとめ

今回の調査結果から次のような知見が得られた。

○発生量試験において、衣料品からVOC及びホルムアルデヒドの発生が認められたこと。また、VOC成分で検出されたのは、炭化水素類であったこと。

○溶出量試験において、ほとんどの法規制対象外衣料品からホルムアルデヒドが検出された（ただし、基準を超過したものはなかった）こと。

○ホルムアルデヒドについて、発生量試験と溶出量試験との関係に相関が見られたこと。

近年、繊維加工技術の進歩や消費者の利便性、快適性を求めるニーズに対応して、繊維の中に種々の化学物質を含浸させ、形態安定あるいは抗菌防臭等のさまざまな加工を施した繊維製品が普及している。

その一方で、繊維加工に用いられている化学物質とその使用者への健康影響も、消費者間の間では関心が高まっている。

衣料品によって消費者が受ける健康被害としては、従来から、皮膚障害が主に取り上げられてきた。接触に伴う皮膚障害は日常的に起こりやすく、刺激性皮膚炎、アレルギー性皮膚炎、化学熱傷（やけど）等が挙げられ、具体的な事例報告も数多く挙げられている。

一方、衣類等に使用された化学物質のうち揮発しやすいものは、拡散して室内空気を汚染するだけでなく、その空気を直接的あるいは間接的に吸入することによって、風邪様症状、呼吸困難、喘息等の呼吸器系障害、さらにはシックハウス症候群、化学物質過敏症と称される、頭痛、めまい、吐き気、疲れやすさ等を主訴とした神経系の機能障害等につながることにについても、近年社会的に大きな注目を集めている。

しかし、染料、ホルムアルデヒド以外の繊維加工剤について、市販製品における分析調査が実施されたり、

事例報告の中で健康被害の原因として検討されたという報告の数は少なく、そういった点で今回の研究で得られたデータは貴重なものといえる。

今後は、法規制対象衣料品に限らず、市販の衣料品に、どのような化学物質が、どのくらいの濃度で染色あるいは繊維加工剤等として使用されているか、それらの繊維加工剤の安全性あるいは毒性はどうか等を明らかにすることが必要である。

2.3.6 引用文献

- 1) 大野静江、石井照子ほか：「衣生活の科学―衣生活論―」、(株)建帛社、2000
- 2) 鹿庭正昭ほか：「平成6年度快適な暮らしのスタイル開発推進事業報告書―衣類ガイドライン―」、財団法人ビル管理教育センター、平成7年3月
- 3) 横浜市衛生局生活衛生部公衆衛生課：家庭用品の衛生、平成8年1月