

図-2.8.79 VOC濃度の経時変化(styrene) PC-1

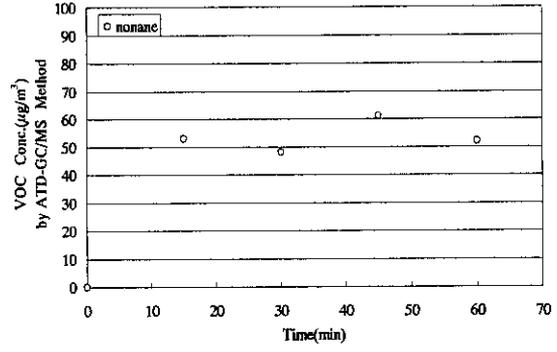


図-2.8.80 VOC濃度の経時変化(nonane) PC-1

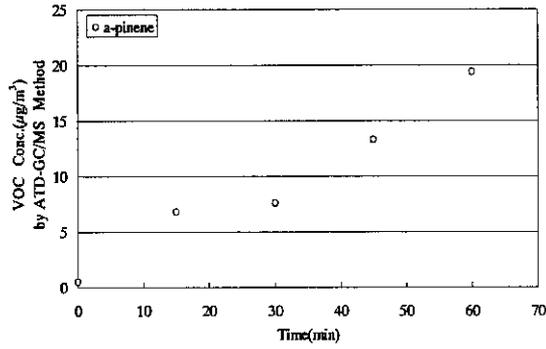


図-2.8.81 VOC濃度の経時変化(alpha-pinene) PC-1

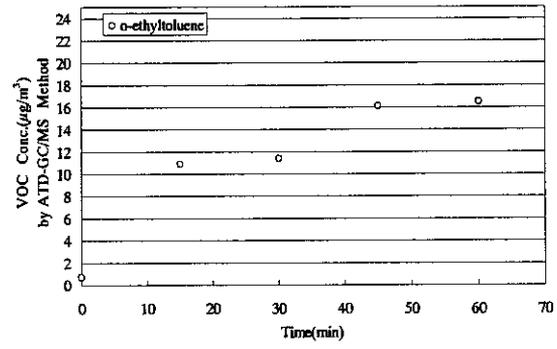


図-2.8.82 VOC濃度の経時変化  
(o-ethyltoluene) PC-1

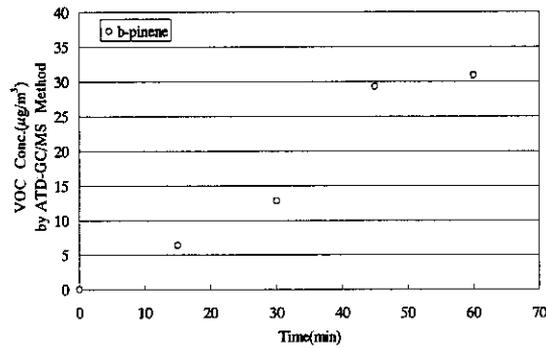


図-2.8.83 VOC濃度の経時変化(beta-pinene)  
PC-1

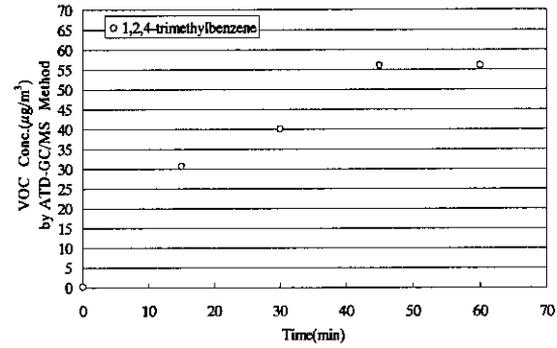


図-2.8.84 VOC濃度の経時変化  
(1,2,4-trimethylbenzene) PC-1

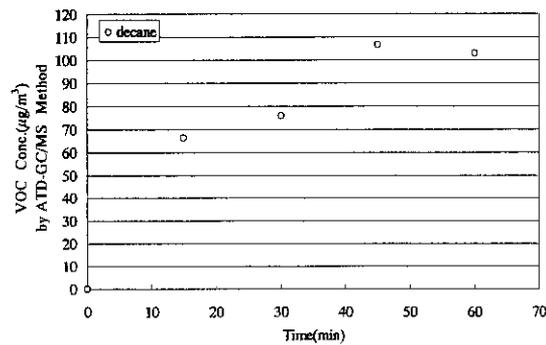


図-2.8.85 VOC濃度の経時変化(decane) PC-1

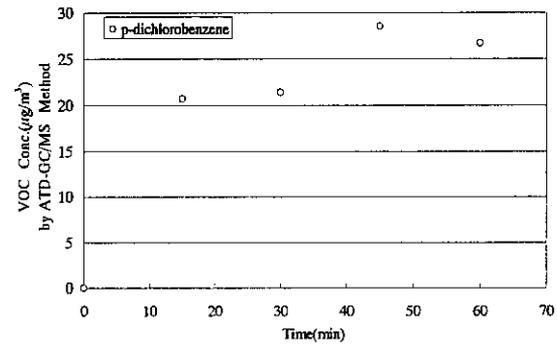


図-2.8.86 VOC濃度の経時変化  
(p-dichlorobenzene) PC-1

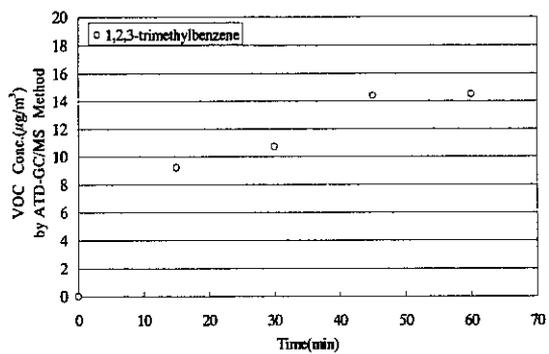


図-2.8.87 VOC濃度の経時変化  
1,2,3-trimethylbenzene) PC-1

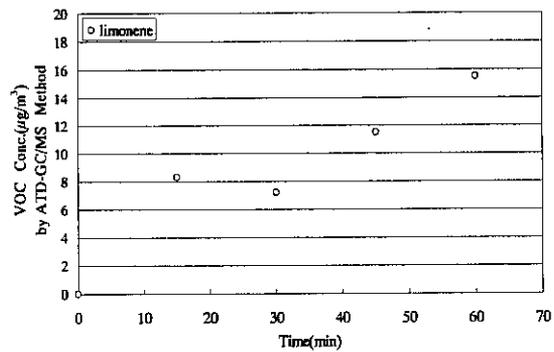


図-2.8.88 VOC濃度の経時変化 (limonene)  
PC-1

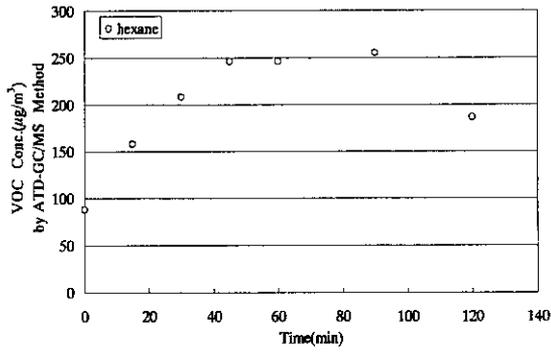


図-2.8.89 VOC濃度の経時変化 (hexane) PC-2

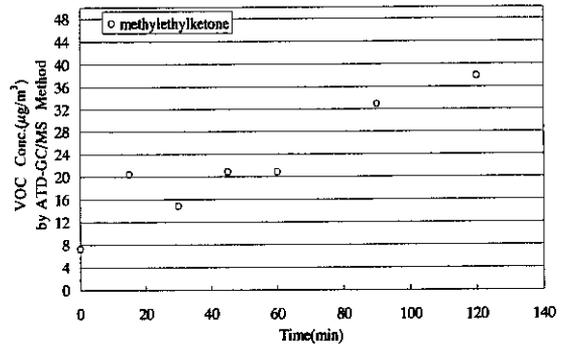


図-2.8.90 VOC濃度の経時変化 (methylethylketone) PC-2

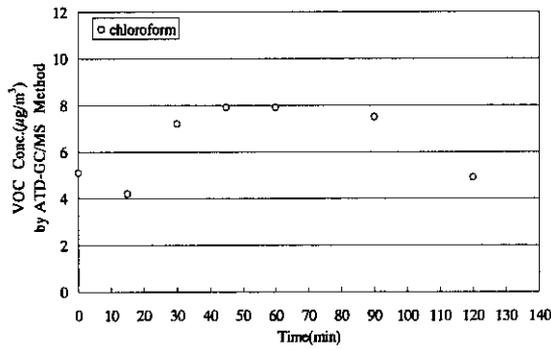


図-2.8.91 VOC濃度の経時変化 (chloroform) PC-2

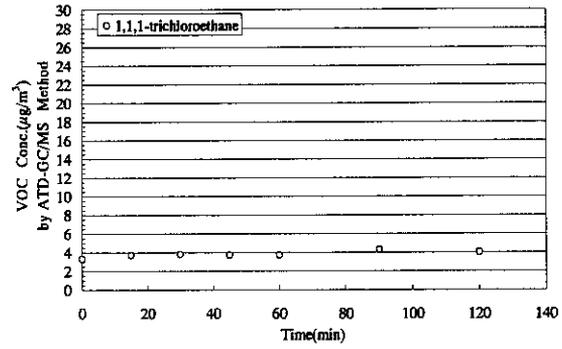


図-2.8.92 VOC濃度の経時変化 (1,1,1-trichloroethane) PC-2

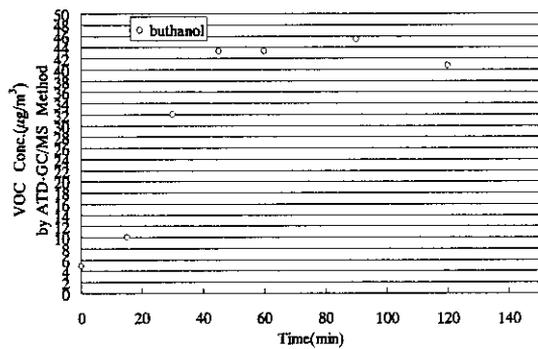


図-2.8.93 VOC濃度の経時変化 (buthanol) PC-2

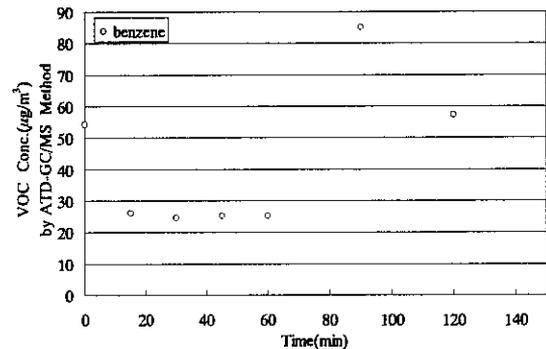


図-2.8.94 VOC濃度の経時変化 (benzene) PC-2

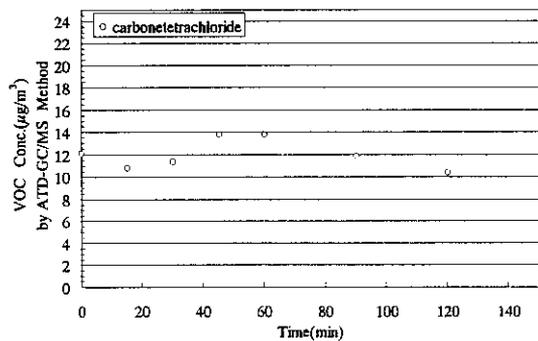


図-2.8.95 VOC濃度の経時変化 (carbonetetrachloride) PC-2

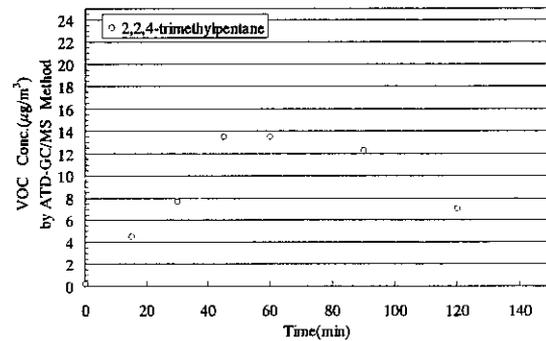


図-2.8.96 VOC濃度の経時変化 (2,2,4-trimethylpentane) PC-2

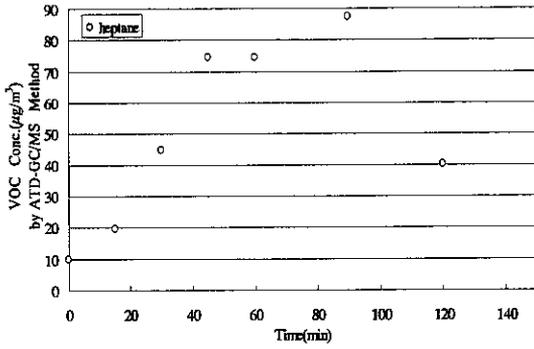


図-2.8.97 VOC濃度の経時変化 (heptane) PC-2

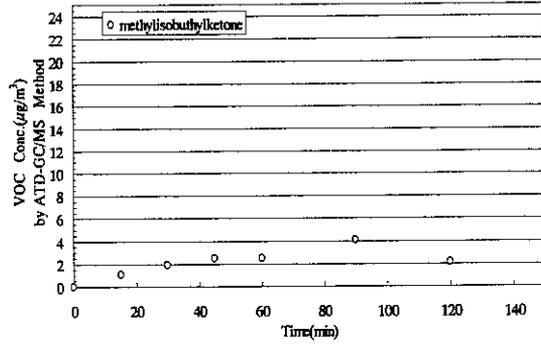


図-2.8.98 VOC濃度の経時変化 (methylisobutylketone) PC-2

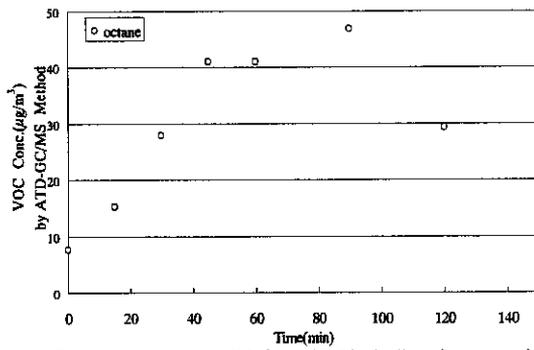


図-2.8.99 VOC濃度の経時変化 (octane) PC-2

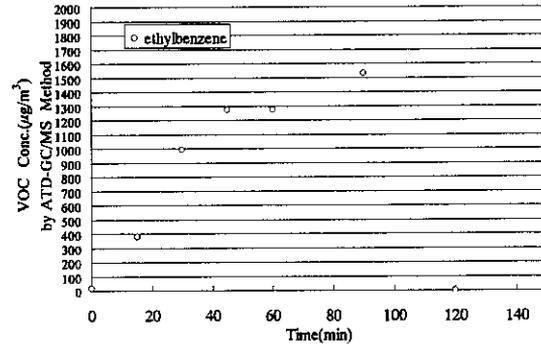


図-2.8.100 VOC濃度の経時変化 (ethylbenzene) PC-2

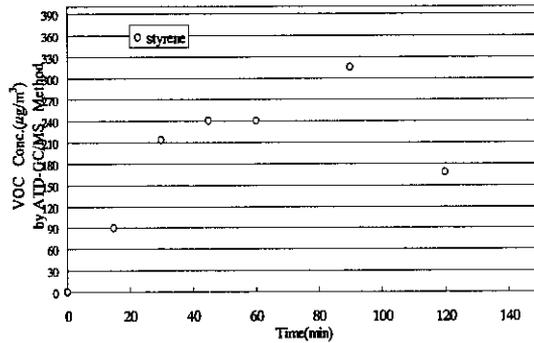


図-2.8.101 VOC濃度の経時変化 (styrene) PC-2

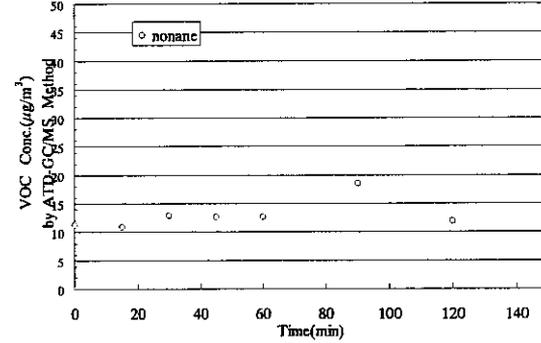


図-2.8.102 VOC濃度の経時変化 (nonane) PC-2

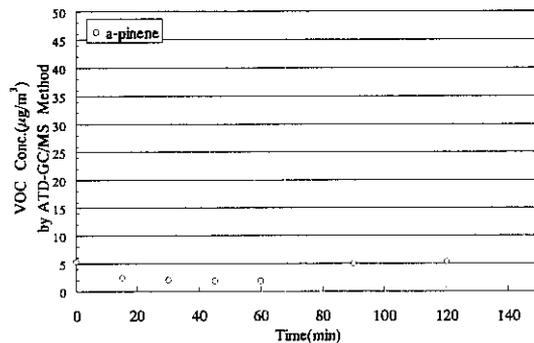


図-2.8.103 VOC濃度の経時変化 (a-pinene) PC-2

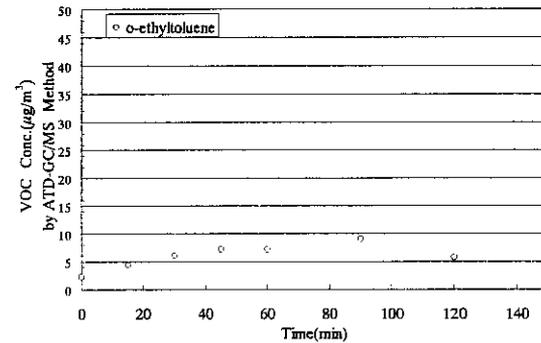


図-2.8.104 VOC濃度の経時変化 (o-ethyltoluene) PC-2

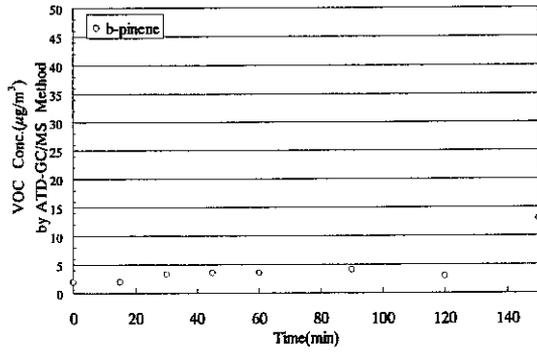


図-2.8.105 VOC濃度の経時変化 (b-pinene)  
PC-2

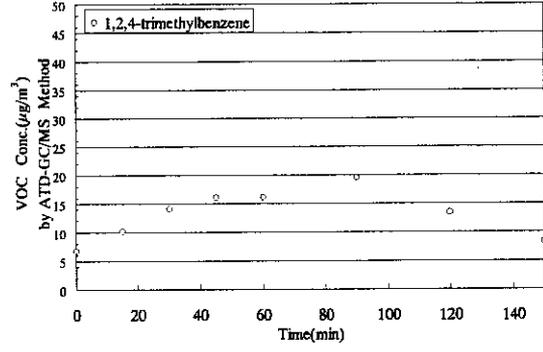


図-2.8.106 VOC濃度の経時変化  
(1,2,4-trimethylbenzene) PC-2

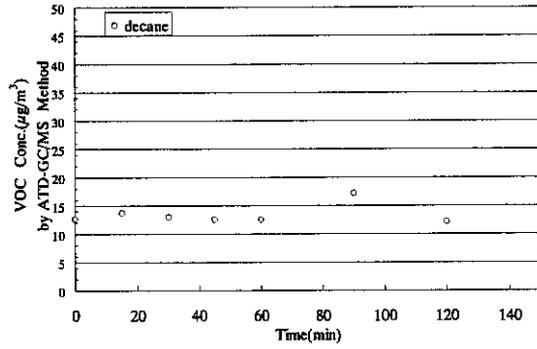


図-2.8.107 VOC濃度の経時変化 (decane)  
PC-2

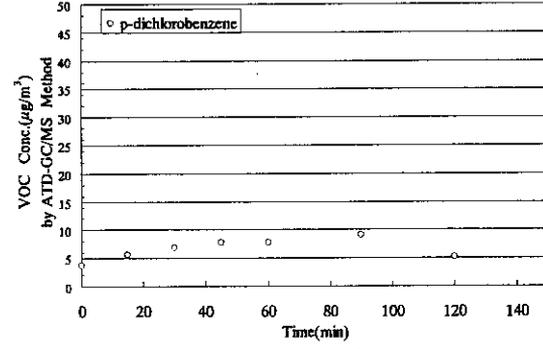


図-2.8.108 VOC濃度の経時変化  
(p-dichlorobenzene) PC-2

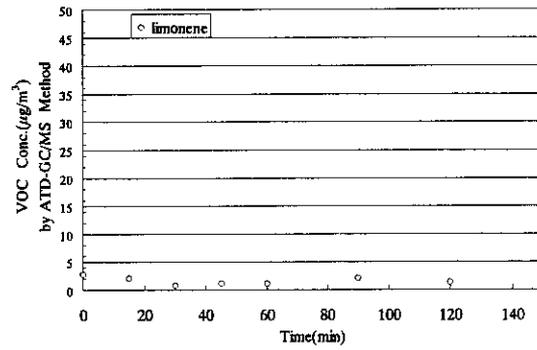


図-2.8.109 VOC濃度の経時変化  
(1,2,3-trimethylbenzene) PC-2

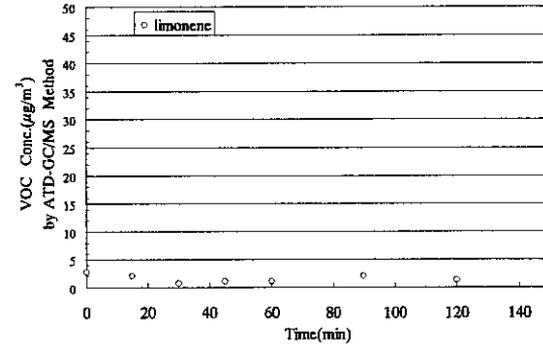


図-2.8.110 VOC濃度の経時変化 (limonene)  
PC-2

(2) 各種発生源からのVOC発生量の検討

表-2.8.5～2.8.8は、VOCの機種別発生量である。

表-2.8.5、2.8.7、2.8.8から、印刷速度・枚数に比例してVOC発生量が大きくなっている。

表-2.8.6のインクジェットプリンタは、印刷速度は遅いがVOC発生量はLP-2を上回る結果となった。

表-2.8.5 機器運転に伴うVOCの発生量

LP-2	
n(1/h)	0.04
V(m <sup>3</sup> )	4.98
C <sub>SS</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	3335
C <sub>0</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	1984
M(μg/h)	270
M(μg/h・1枚)	0.174

表-2.8.6 機器運転に伴うVOCの発生量

IJP-1	
n(1/h)	0.04
V(m <sup>3</sup> )	4.98
C <sub>SS</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	1556
C <sub>0</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	185
M(μg/h)	274
M(μg/h・1枚)	0.277

表-2.8.7 機器運転に伴うVOCの発生量

PC-2	
n(1/h)	0.5
V(m <sup>3</sup> )	4.98
C <sub>SS</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	10549
C <sub>0</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	1711
M(μg/h)	22095
M(μg/h・1枚)	15.1

表-2.8.8 機器運転に伴うVOCの発生量

PC-1	
n(1/h)	0.5
V(m <sup>3</sup> )	4.98
C <sub>SS</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	31085
C <sub>0</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	2776
M(μg/h)	70772
M(μg/h・1枚)	48.4

(3) レーザプリンタ、インクジェットプリンタの印刷に伴うオゾン濃度の経時変化

レーザプリンタ2機種とインクジェットプリンタ1機種の印刷に伴うオゾン濃度の経時変化を図-2.8.111～2.8.114に示す。

図-2.8.111、2.8.112から、オゾン濃度の変化が著しく、定常濃度に達するまでにはいたらなかった。

インクジェットプリンタは、既報<sup>1)</sup>によりオゾン発生が認められなかったことが指摘されている。本実験ではこの報告と同様に、オゾン発生は確認できなかった。

図-2.8.113、2.8.114から、コピー機は30分程度で定常濃度が確認できた。これは、連続コピー枚数が多く、コピー用紙補給時の急激なオゾン濃度低下を防止できたためである。

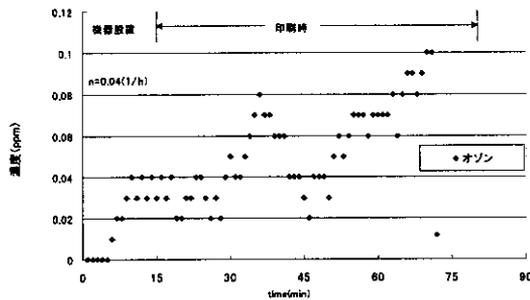


図-2.8.111 レーザプリンタの使用に伴うオゾン濃度の経時変化 (LP-1)

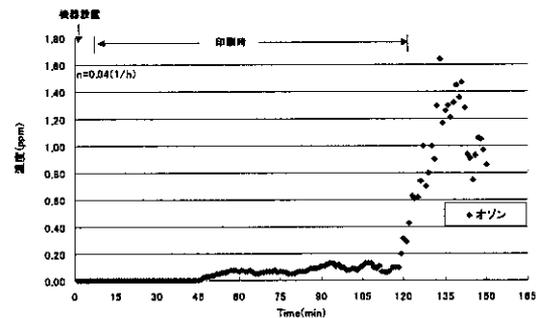


図-2.8.112 レーザプリンタの使用に伴うオゾン濃度の経時変化 (LP-2)

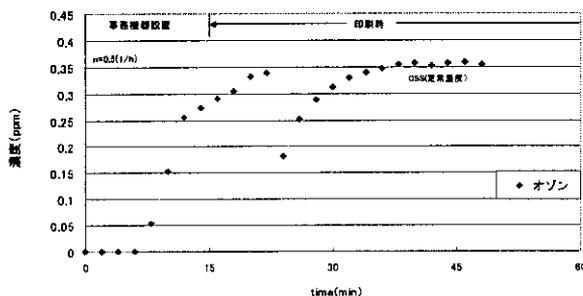


図-2.8.113 コピー機の使用に伴うオゾン濃度の経時変化 (PC-1)

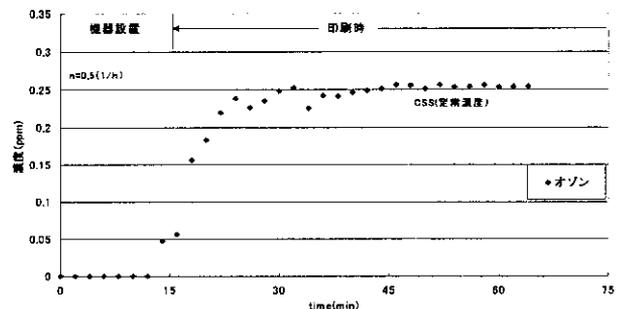


図-2.8.114 コピー機の使用に伴うオゾン濃度の経時変化 (PC-2)

#### 2.8.4 考察

##### (1) VOC 濃度の経時変化について

1) 事務機器からオゾンが発生が確認されている。発生したオゾンがVOCと化学反応を起こすことが考えられるので、機器のVOC発生量を求めるためには、十分な検討が必要である。

2) GC/MSの分析結果から、VOCの初期濃度が以上に高い物質が確認されたので、この原因についても検討していく必要がある。

##### (2) オゾン濃度の経時変化について

1) オゾン濃度が顕著な上昇をみせた。これは印刷時にトナーからの熱転写により、コピー用紙(約50%が水分)の水分が蒸発し、オゾン濃度計に反応した可能性がある。

2) オゾン濃度が定常に達しなかった原因として、事務機器の用紙切れ時(事務機器停止状態)によるオゾンの急激な濃度低下を確認した。

#### 2.8.5 まとめ

本研究では、事務機器からの化学物質発生量を求めるため、チェンバー内に事務機器を設置し、印刷時の化学物質濃度測定を行った。実験結果から、VOC濃度の定常を確認できた。

オゾンについては、濃度変化が激しく、PC-1・PC-2の両機種しか定常濃度を確認することはできなかった。

今後の課題としては、①より多くの事務機器のVOC濃度上昇特性を確認し、これらの機器VOC発生量について求める。②オゾン濃度の正確な測定、事務機器の用紙補給時によるオゾン濃度の急激な濃度低下の防止策を検討していく必要がある。

#### 2.8.6 謝辞

本研究を遂行するにあたり、協力を頂いた山川拓君(東北文化学園大学)、及び関係者各位に深謝致します。

#### 2.8.7 引用文献

- 1) 野崎淳夫他：室内オゾン汚染に関する研究(2)、各種オゾン発生源とオゾン発生量、日本建築学会講演梗概集、pp975～976、2002年
- 2) 野崎淳夫他：脱臭機、空気清浄機、コピー機からのオゾン発生機構に関する研究、平成13年度厚生科学研究費補助金 生活安全総合研究事業 研究成果報告書
- 3) 並木則和他：学術講演梗概集、環境工学Ⅱ、2002年度

要約

第9章 自然塗料及び接着剤からのVOCの発生に関する研究

野崎淳夫（東北文化学園大学）

1 はじめに

本研究では、市販されている自然塗料・接着剤が従来のVOC濃度と比較し、どの程度のVOC発生レンジと強度を有するのかを調べるものである。

2 実験概要

2-1 自然塗料・接着剤の種類および仕様

試験片は、自然素材使用の12の塗料および接着剤を使用した。表1に試験片の仕様を示す。試験体はそれぞれの試験片からの発生を均一化するため、200mm×200mmのアルミ板を使用し、刷毛で均一に塗布した。

2-2 実験方法

東北文化学園大学の人工気象室内にスモールチャンパー（本体：ステンレス製、容積65 l）を設置し実験を行った。スモールチャンパー内の一様拡散状態を得るために、チャンパー内に小型拡散ファンを設置した。換気量の調節は、吸気側と排気側の流量を調節することにより行った。（図-1参照）尚、チャンパーの換気回数は約0.5（l/h）であった。

3 室内化学物質の捕集・分析法

3-1 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を対象物質とした。表-2に示す。

3-2 捕集・分析機器

本測定においては、次の計測機器により測定を行った。VOC：固体吸着-ガスクロマトグラフ（GC）法

a) サンプルング装置

- ・ポンプ（柴田機械工業、Model：MP-2N型）
- ・乾式ガスメーター（シナガワ社製、Model：DC-1A型）
- ・活性炭チューブ（柴田機械工業、上流側充量：400（mg）、下流側充量：200（mg）、粒径：20~40（メッシュ））

b) ガスクロマトグラフ（GLサイエンス社製、Model：GC-353型）GCの分析条件は表-3に示す。

3-3 捕集・分析法

VOCは、活性炭チューブに0.5（ml/min）の流量にて8（h）採取されたVOCは二酸化炭素（2ml）を用いて、3時間かけて抽出後（30分間隔で数回振とう）、GCF/IDに2（μl）導入し、定性・定量分析を行った。

4 実験結果

図2、3に自然塗料、接着剤のVOC放散量測定結果を示す。従来品では脂肪酸炭化水素、芳香族炭化水

素をはじめ、多種のVOCが発生しており、高濃度VOCが検出された。

一方、「自然塗料、自然接着剤」と表記されたものは、VOCの種類もその発生量も従来品より少ないことがわかる。測定した全ての塗料、接着剤に同様の傾向が見られた。

表-1 自然塗料・接着剤の仕様

	種類	対象部位	カタログによる分類
塗料 A	天然樹脂系油性	木部用	自然素材系
塗料 B	カラークリアー		
塗料 C	ステイン着色料		
塗料 D			
塗料 E	ワニス類		
塗料 F			
塗料 G	油性ニス		
塗料 H			
接着剤 A	天然接着剤	木部用	自然素材系
接着剤 B		壁紙用	
接着剤 C		木部用	
接着剤 D		壁紙用	
接着剤 E			
接着剤 F			
接着剤 G	水性系接着剤	木部用	水性系
接着剤 H		壁紙用	

表-2 対象とするVOC

分類	VOC	
脂肪族炭化水素	n-ヘキサン、n-ヘプタン、n-オクタン、n-ノン、n-デカン、n-ドデカン、n-トリデカン、n-テトラデカン、n-ペンタデカン、2, 2, 4-トリメチルペンタン、n-ウンデカン、n-ヘキサデカン	
	芳香族炭化水素	ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、m-キシレン、p-キシレン、1, 3, 5-トリメチルベンゼン、1, 2, 4-トリメチルベンゼン、o-キシレン、1, 2, 3-トリメチルベンゼン、1, 2, 4, 5-テトラメチルベンゼン
	ハロゲン	ジクロロベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、p-ジクロロベンゼン
テルペン	2-ピネン、リモネン	
エステル	酢酸ビニル、酢酸エチル、酢酸ブチル	
ケトン	アセトン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン	
アルコール	エタノール、ブタノール	
アルデヒド	1-ノナール、1-デカール	

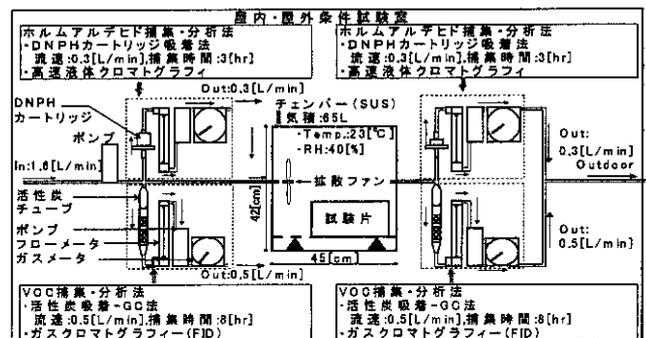


図-1 実験システム

表-3 GCの分析条件

GC	GL Science社製、GC-353
カラム	SI18cb、内径0.53mm×長さ100m、膜厚5.0μm
昇温	40-280°C
流速	18ml/min
スプリット比	2:1
Injection&Detection	300°C
検出器	FID

5 まとめ

従来品と自然素材を使用した塗料・接着剤を比較して、全般的に従来品のほうがVOC濃度が高く、発生する種類も多いことが確認できた。しかし、自然素材を使用した塗料・接着剤からある種の石油化学系のVOC発生が確認された。室内濃度を低減するには塗料、接着剤の選定がポイントとなると考えられる。

6 謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金、厚生労働厚生科学研究費の活動として行われた。関係各位に謝意を表す。

7 引用文献

- 1) 野崎淳夫、吉田晋、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概集、pp757～758, 1996年
- 2) 池田耕一：室内空気汚染のメカニズム、鹿島出版社、1992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・衛生工学会学術論文集、pp654～648、1998年

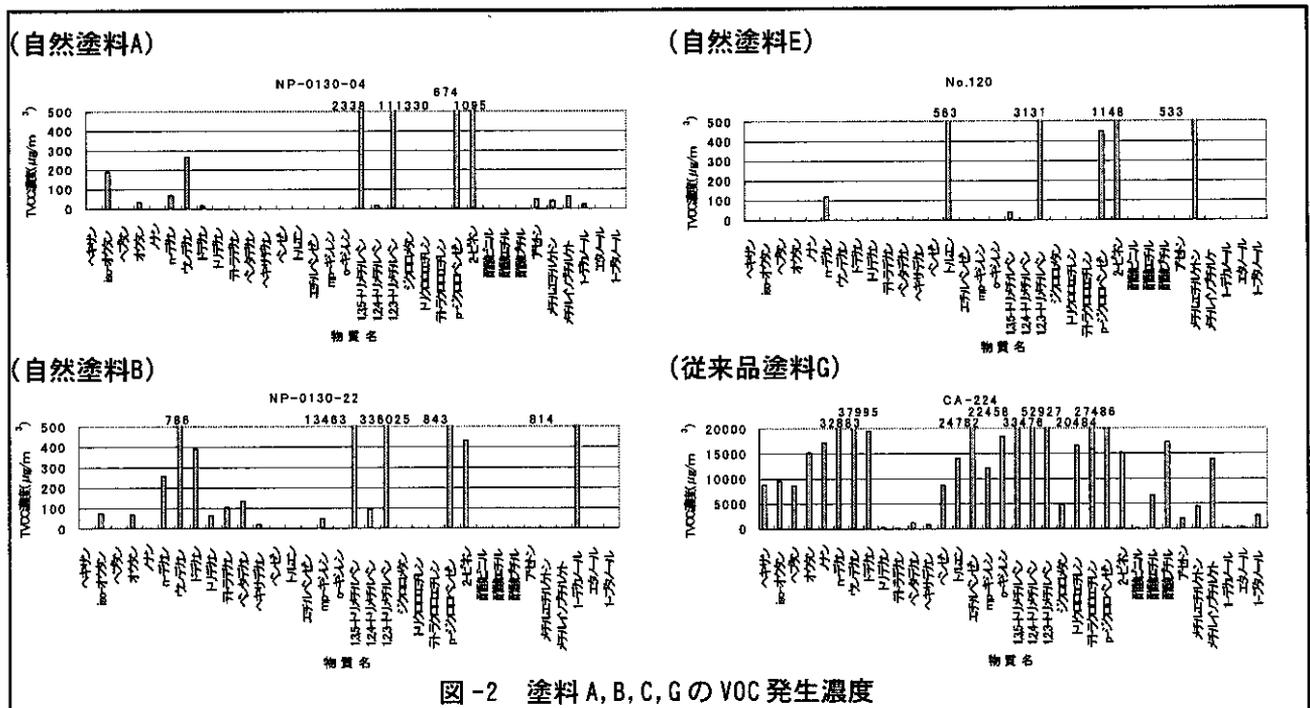


図-2 塗料 A, B, C, G の VOC 発生濃度

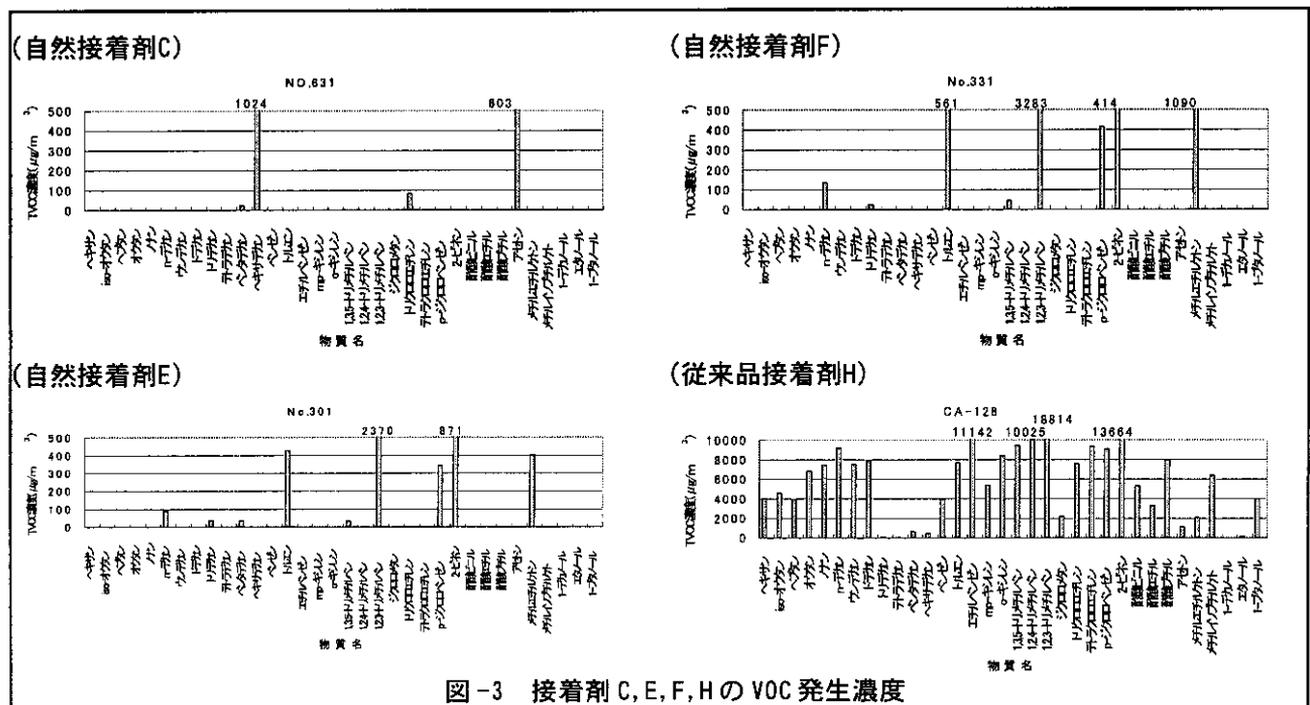


図-3 接着剤 C, E, F, H の VOC 発生濃度

## 第9章 自然塗料及び接着剤からのVOC発生に関する研究

野崎淳夫（東北文化学園大学）

## 2.9.1 はじめに

本来住まいは、安全・快適で心と体を癒してくれる場所でなくてはならない。しかし実際は、様々な有害の化学物質が住宅のいたるところに使われ、人間の健康や、地球の環境に負荷を与えている。「有害物質によって病んでいる家」が原因の健康被害、精神的悪影響は、「シックハウス症候群」と呼ばれ、深刻な社会問題となり、現在、潜在的患者は数百万人にも上っている。健康と環境を第一に考えれば、有害な化学物質を含まない自然素材だけで家を造るのが理想である。そこで本研究では、各社それぞれが販売している自然塗料・天然接着剤をリストアップし、従来の塗料・接着剤と比較検討するものである。これにより自然塗料・天然接着剤が、どれだけ健康と環境に安全なものなのかを確認することを目的とする。

## 2.9.2 実験概要

## (1) 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、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-2.9.1に示すVOCを測定対象とした。

## (2) 捕集・分析機器

本測定においては、次の計測機器により測定を行った。

VOC: 固体吸着-ガスクロマトグラフ(GC)法

## a) サンプリング装置

・ポンプ(柴田機械工業MP-2N型、最大流量:2.5 (l/min)、流量可変範囲:0～2.5 (l/min)、最大吸引圧(33kpa)

・乾式ガスメータ(シナガワ社製、DC-1A、測定範囲:(10～1100)、1回転:1 (l)、最小目盛:5 (cc)、最大積算流量:999 (m<sup>3</sup>)、使用温度:-10～+50 (℃)、圧力損失:0.2 (kPa)、最高使用圧力:9.8 (kPa)

・活性炭チューブ(柴田機械工業、上流側充填量:400 (mg)、下流側充填量:200 (mg)、粒径:20～40 (メッシュ)、(図-2.9.1参照)

## b) ガスクロマトグラフ(GLサイエンス社製、GC-353)

GCの分析条件は、表-2.9.2に示す通りである。

## (3) 捕集・分析法

VOCは、活性炭チューブに0.5 (l/min)の流量にて8 (h)採取し、試料空気とした。捕集されたVOCは二硫化炭素(2ml)を用いて、3時間かけて抽出後(30分間隔で数回振とう)、GC/FIDに2( $\mu\text{l}$ )導入し、定性・定量分析を行った。

## (4) 実験室の概要

東北文化学園大学内人工気象室(屋外条件試験室、屋内条件試験室)内にスモールチャンバー(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-2参照)スモールチャンバー内の一様拡散状態を得る為に、チャンバー内に小型拡散ファンを設置した。換気量の調節は、給気側と排気側の流量を調整した。

表-2.9.1 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	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>	86.18	68.74	0.6594
	n-ヘプタン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	100.2	98.43	0.6837
	n-オクタン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH <sub>3</sub>	114.23	125.6	0.7026
	n-ノナン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>3</sub>	128.26	150.7	0.722
	n-デカン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>3</sub>	142.28	174.0	0.7298
	n-ウンデカン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> CH <sub>3</sub>	156.31	195.6	0.7402
	n-ドデカン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>3</sub>	170.34	213.0	0.7490
	n-トリデカン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>11</sub> CH <sub>3</sub>	184.37	225.5	0.7550
	n-テトラデカン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> CH <sub>3</sub>	198.40	253.5	0.7653
	n-ペンタデカン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>13</sub> CH <sub>3</sub>	212.42	270.5	0.776
	n-ヘキサデカン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> CH <sub>3</sub>	226.45	286.5	0.7734
	2,2,4-トリメチルペンタン	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> CCH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	114.23	-	-
	芳香族炭化水素	ベンゼン	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78.11	80.1
トルエン		C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	92.13	110.7	0.866
エチルベンゼン		C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	106.16	136.2	0.867
m-キシレン		1,3-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	106.16	138.8	0.8684
p-キシレン		1,4-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	106.16	138.5	0.8611
o-キシレン		1,2-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	106.16	144	0.880
1,3,5-トリメチルベンゼン		C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	120.19	164.6	0.863
1,2,4-トリメチルベンゼン		C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	120.19	236	0.957
1,2,3-トリメチルベンゼン		C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	120.19	176	0.8944
1,2,4,5-テトラメチルベンゼン		C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	120.19	196	0.838
ハロゲン	ジクロロメタン	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	84.93	40.1	1.335
	トリクロロエチレン	CHCl : CCl <sub>2</sub>	131.38	86.7	1.456
	テトラクロロエチレン	Cl <sub>2</sub> C : CCl <sub>2</sub>	165.82	121	1.625
	p-ジクロロベンゼン	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	146.99	173.7	1.458
テルペン	2-ピネン	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136.23	160	0.8620
	リモネン	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136.24	176.4	0.8422
エステル	酢酸ビニル	CH <sub>3</sub> COOCH : CH <sub>2</sub>	85.1	73	0.9345
	酢酸エチル	CH <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	88.1	77	0.8945
	酢酸ブチル	CH <sub>3</sub> COOC <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	116.16	126.3	0.8826
ケトン	アセトン	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	58.08	56.2	0.792
	メチルエチルケトン	CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	72.11	79.6	0.805
	メチルイソブチルケトン	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> COCH <sub>3</sub>	100.16	115.8	0.8042
アルコール	エタノール	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	46.07	78.3	0.816
	ブタノール	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	74.12	117.7	0.8109
アルデヒド	1-ノナール	C <sub>9</sub> H <sub>17</sub> CHO	146.24	-	0.830
	1-デカール	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>2</sub> OH	160.29	232.9	0.829

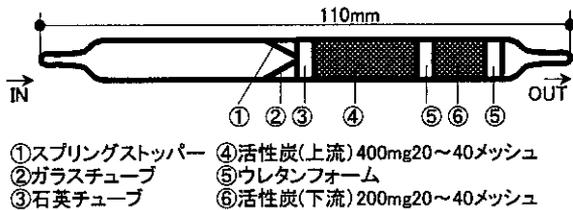


図-2.9.1 活性炭チューブ

表-2.9.2 GCの分析条件

GC	GL Science社製、GC-353
カラム	Si18cb、内径0.53mm×長さ100m、膜厚5.0μm
昇温	40-280℃
流速	18ml/min
スプリット比	2:1
Injection&Detection	300℃
検出器	FID

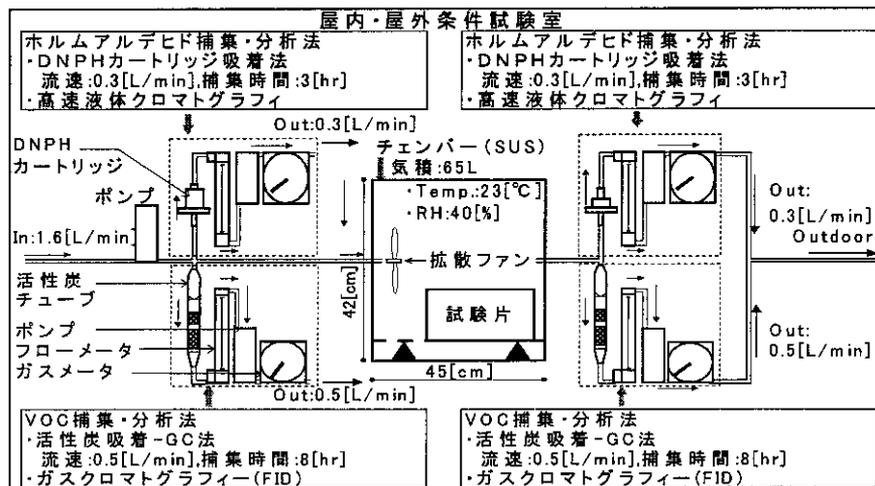


図-2.9.2 実験室の概要図

(5) 試験片の作製方法

試験片の概要は、表-2.9.3に示される。試験片はそれぞれの建材からの発生を均一化するため、200mm×200mmのアルミ板を使用し、ハケで均一に塗布し、建材からの発生を調べるものとした。

表-2.9.3 試験片の概要

	メーカー	種類	品名	品番	対象部位
自然素材使用	A社	天然樹脂系油性カラークリアー(全24色)	天然樹脂カラークリアー レッドブラウン	NP-0130-04	木部用
		天然樹脂系油性カラークリアー(全24色)	天然樹脂カラークリアー ダンケルブラウン	NP-0130-22	木部用
		天然接着剤	木部用接着剤	NO-0789	木部用
		天然接着剤	壁紙用接着剤	NO-0389	壁紙用
	B社	ステイン着色料	ステイン着色料(茶)	30	木部用
		ステイン着色料	ステイン着色料(茜)	40	木部用
	C社	天然接着剤(木部用)	接着剤(ピオセメント)	631	木部用
		天然接着剤(壁紙用)	ウォールペーパーペース	610	壁紙用
	D社	ワニス類	マツ	120	木部用
		ワニス類	マホガニ	140	木部用
		天然接着剤	壁紙用接着剤	301	壁紙用
		天然接着剤	木部用接着剤	331	木部用
油性系	E社	水性系接着剤	木工用	CA-224	木部用
		水性系接着剤	壁紙補修用	CA-128	壁紙用
	F社	油性ニス	合成樹脂塗料(マホガニ)	1204	木部用
		油性ニス	合成樹脂塗料(チーク)	1002	木部用

(6) 建材の保管方法

試験片は、温湿度管理のできる東北文化学園大学内地下実験室(期間中の平均温度23.4℃、平均相対湿度20.7%)で保管した。実験室内は、吸着、再放出の影響を抑制するため、最大限の換気を行った。

2.9.3 結果

(1) 自然塗料からのVOC濃度

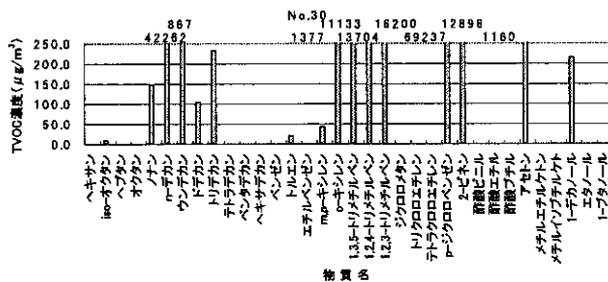


図-2.9.3 自然塗料からのVOC濃度 (μg/m³) [A社 レッドブラウン]

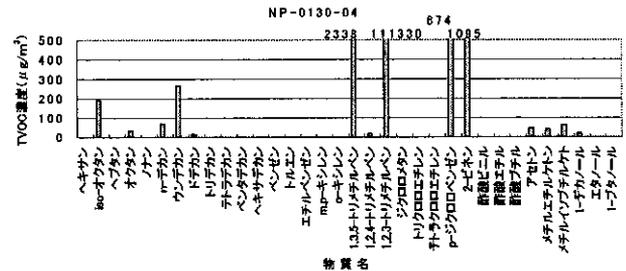


図2.9.4 自然塗料からのVOC濃度 (μg/m³) [B社 ブラウン]

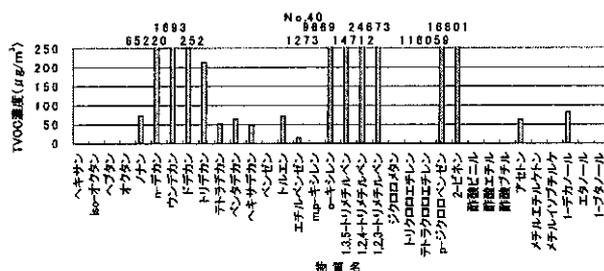


図-2.9.5 自然塗料からのVOC濃度 (μg/m³) [A社 ダンケルブラウン]

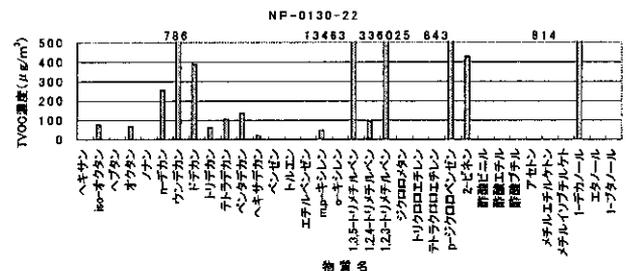


図-2.9.6 自然塗料からのVOC濃度 (μg/m³) [B社 茜]



(3) 一般塗料・一般接着剤からのVOC濃度

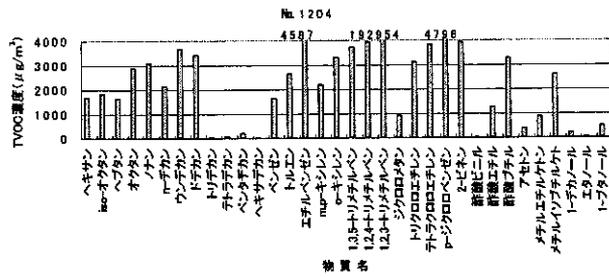


図-2.9.15 一般接着剤からのVOC濃度 (μg/m³) [E社 木部用]

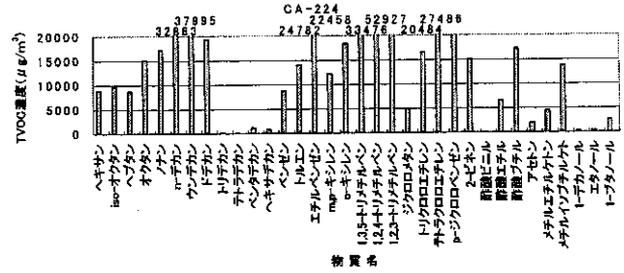


図-2.9.16 一般塗料からのVOC濃度 (μg/m³) [E社 マホガニー]

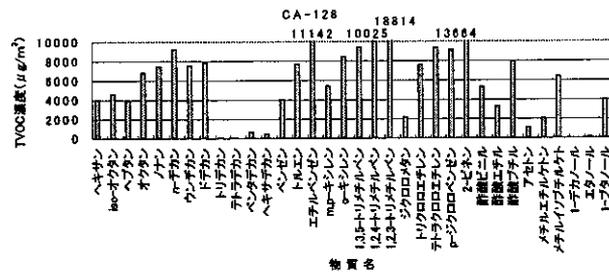


図-2.9.17 一般接着剤からのVOC濃度 (μg/m³) [E社 壁紙用]

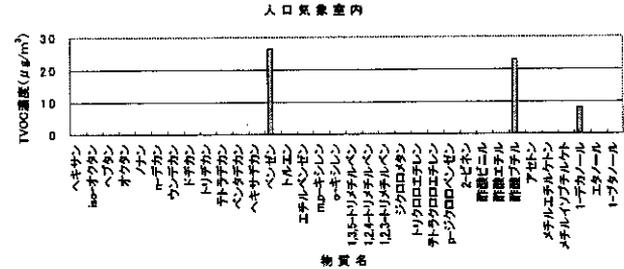


図-2.9.18 一般塗料からのVOC濃度 (μg/m³) [E社 チーク]

(4) 人工気象室内のVOC濃度

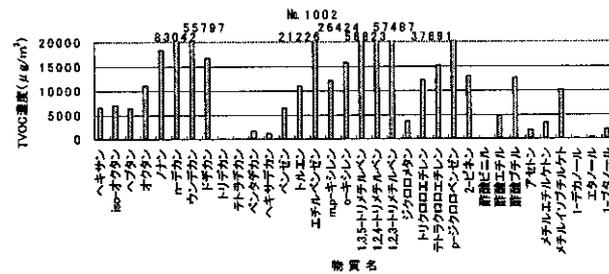


図-2.9.19 人工気象室内のVOC濃度 (μg/m³)

2.9.4 考察

自然塗料、天然接着剤は共に、エステル類、アルコール類、ハロゲン類のジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、芳香族炭化水素類のベンゼン、脂肪族炭化水素類のヘキサン、iso-オクタン、ヘプタン、オクタンの発生がほとんどみられなかった。それに比べて、従来品からは、ほとんど全ての成分に高い濃度が検出された。また、自然素材を使用した接着剤と塗料に関していえば、脂肪族炭化水素類のn-デカン、ウンデカン、ドデカン、芳香族炭化水素類の1,3,5-TMB、1,2,4-TMB、ハロゲン類のp-ジクロロベンゼン、テルペン類の2-ピネンからは接着剤のみに発生をみることができた。

2.9.5 本章のまとめ

成分ごとの濃度の高い順に、表-4に示した。従来品と自然素材を使用した塗料・接着剤を比較して、全般的に従来品の濃度が高いことが確認された。しかし、自然素材を使用した塗料・接着剤からの発生も確認され、更に、VOC低減化対策を今後の課題にしたい。

## 2.9.6 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) J.R.Girman et al. : Bake-out of a New Office Building to Reduce Volatile Organic Concentrations, Proc. of the 82nd Annual Meeting and Exhibition of the Air Pollution Control Association, June, 1989
- 4) Fariborz Haghghat et al. : To Bake or Not to Bake. Proc. of the 3rd International Conf. Healthy Building '94, Vol. 2, pp.364-374, 1994
- 5) 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
- 6) 野崎淳夫、吉澤晋、池田耕一、堀雅宏、飯倉一雄：集合住宅におけるベイクアウト効果に関する研究(2)、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.57-60、1997年
- 7) K.Iikura, A.Nozaki, K.Ikeda: Effects of Bake-out Practice on Indoor Formaldehyde and VOC from Building Materials, Proc., of Second International Conference on Human-Environment System, pp.362-365, 1998
- 8) 野崎淳夫、坊垣和明、吉澤晋、池田耕一、山崎唯史：室内化学物質汚染低減化対策としてのベイクアウトに関する研究(2)、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.785-786、1999年
- 9) 野崎淳夫、飯倉一雄、吉澤晋、池田耕一、堀雅宏：室内化学物質汚染低減化対策としてのベイクアウト効果(その1)、日本建築学会計画系論文集、第530号、pp.61-66、2000年4月
- 10) 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、pp1451、1990年
- 11) 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
- 12) 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

要約版

第10章 開放型燃焼器具からの化学物質の発生に関する研究

野崎淳夫(東北文化学園大学)

1. 研究目的

生活由来の室内化学物質汚染の発生源として、開放型燃焼器具が注目されている。在来の研究において窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )、一酸化炭素(CO)の発生量は、明らかにされている<sup>1)</sup>が、化学物質過敏症などの誘因物質として指摘されているホルムアルデヒド(HCHO)、揮発性有機化合物(VOC)の発生量と発生特性の十分な解明は成されていない現状にある。

そこで、本研究では、開放型燃焼器具から発生する揮発性有機化合物(VOC)について、ある環境条件における室内濃度上昇特性と機器発生量を明らかにし、開放型燃焼器具を有する室内の揮発性有機化合物(VOC)濃度予測の実現や汚染防止対策を講じる上での基礎的資料の収集を目的としている。

2. 実験概要

2.1 測定対象器具

表-1に測定対象器具の発熱量(kJ/h)及び燃料消費量を示す。

この発熱量は、カタログに記載されたもので実際の使用における発熱量と必ずしも同一ではない。

表-1 測定対象器具の発熱量及び燃焼消費率

測定対象器具	器具	発熱量	燃料消費率 <sup>B</sup>
石油	反射式石油ストーブA	9628 (kJ/h)	0.16 (kg/h)
	反射式石油ストーブB	9628 (kJ/h)	0.15 (kg/h)
	対流式石油ストーブA	22060 (kJ/h)	0.33 (kg/h)
	対流式石油ストーブB	17581 (kJ/h)	0.28 (kg/h)
	石油ファンヒーターA	11517 (kJ/h)	0.10 (kg/h)
	石油ファンヒーターB	10800 (kJ/h)	0.07 (kg/h)
	石油ファンヒーターC	10800 (kJ/h)	0.09 (kg/h)
	石油ファンヒーターD	11302 (kJ/h)	0.09 (kg/h)
	石油ファンヒーターE	11888 (kJ/h)	0.08 (kg/h)
	ガス	ガスファンヒーターA	10047 (kJ/h)
反射式ガスストーブA		7535 (kJ/h)	0.38 (m <sup>3</sup> /h)
反射式ガスストーブB		10884 (kJ/h)	0.54 (m <sup>3</sup> /h)
ガスコンロA		12558 (kJ/h)	0.60 (m <sup>3</sup> /h)

2.2 測定項目

以下に、測定物質及び測定機器を示す。(1)ホルムアルデヒド(HCHO):高速液体クロマトグラフLC7000、シングルガスモニタ3425型(B&K社製)

(2)VOC:ガスクロマトグラフGC353(GLサイエンス社製)

(3)酸素濃度( $\text{O}_2$ ):酸素濃度計(CHINO社製)

(4)二酸化炭素( $\text{CO}_2$ ):赤外線 $\text{CO}_2$ コントローラZFP9(富士電機)

(5)窒素酸化物( $\text{NO}_x$ ):化学発光式 $\text{NO}_x$ 分析器(ダイレック社製)

(6)温度及び相対湿度:クリモマスター(日本カノックス社製)

2.3 実験方法

2.3-1 実験室の概要

本実験室は、内部が4.98(m<sup>3</sup>)の気積を有し、内壁はステンレス製である。計測室からの監視用窓には無色透明の強化ガラスが使用されている。また、給排気ファンで強制給排気ができるようになっており、任意の換気回数が得られる仕様となっている。また、室内にはミキシングファンが設置され、実験チェンバー内で一様拡散状態が再現できる。

表-2に実験室における気積、換気回数、初期温度、相対湿度等の環境条件を示す。

表-2 実験室の環境条件

器具	気積 (m <sup>3</sup> )	換気回数(1/h)	温度 (°C)	相対湿度 (%RH)
A・B・C・D・H・I	4.977	0.067(回/h)	20±1	50±1
E・F・G・J・K・L・M		1.3(回/h)		

2.3-2 発生量の算出

今回の実験においては、図-1に示す濃度変化を測定することにより、野崎らの理論式(1)より発生量を求めた。

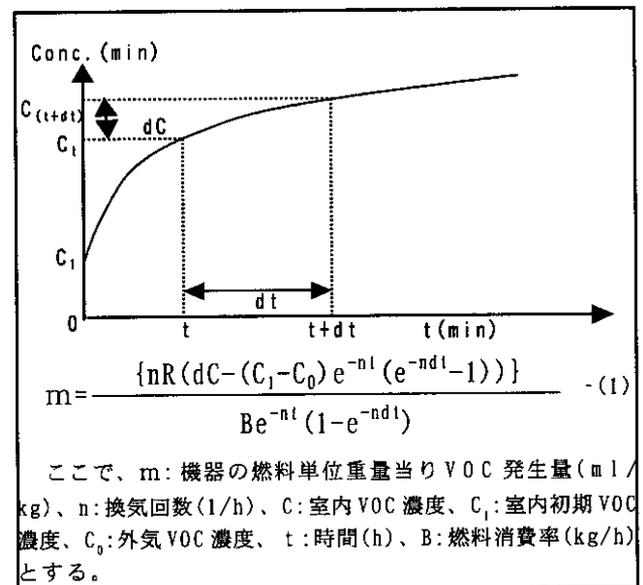


図-1 室内VOC濃度の上昇と器具発生量Mとの関係

3. 実験結果

3.1 実験室内でのTVOC濃度変化

図-2~図-4に、開放型燃焼器具を実験室内で運転した場合の濃度変化の一例を示す。

図-2~図-4に示されるように、時間の経過に伴ってTVOC濃度が上昇していることが分かる。各器具別の上昇濃度を比較すると、石油ファンヒーターが高い濃度を示したが、特に高い濃度を示したのは対流式石油ストーブBで228956(μg/m<sup>3</sup>)だった。石油ファンヒーターの濃度上昇は、器具別ごとの大きな差はなかった。

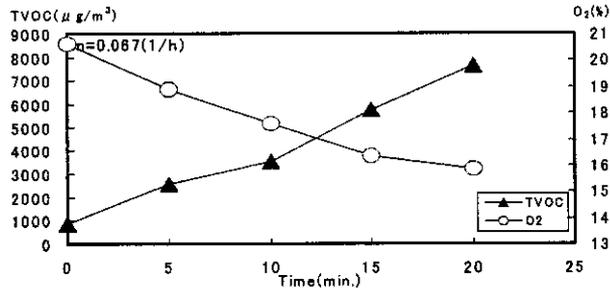


図-2 反射式石油ストーブ使用に伴うTVOC濃度変化の一例 (RadB)

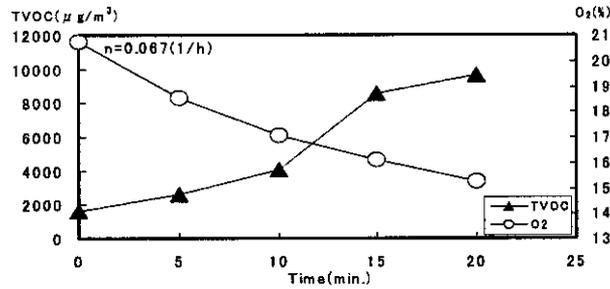


図-3 対流式石油ストーブ使用に伴うTVOC濃度変化の一例 (ConD)

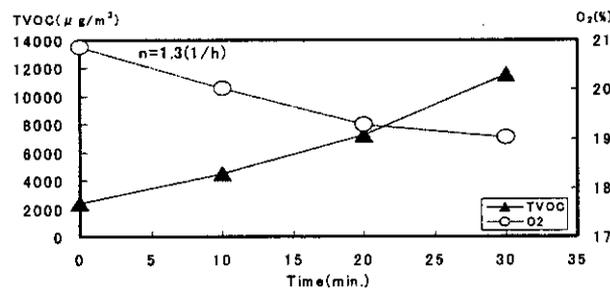


図-4 石油ファンヒーター使用に伴うTVOC濃度変化の一例 (FanG)

### 3.2 各燃焼器具のVOC発生量について

25℃、1atmにおける各器具の灯油1kgあたりのVOC発生量の範囲や平均値(ml/kg)及び標準偏差(ml/kg)について表-3に示す。

#### 3.2-1 反射式のVOC発生量

表-3から、反射式(2台)の発生量の範囲は146~171.5(ml/kg)、平均値158.8(ml/kg)、標準偏差は2.65(ml/kg)であった。

#### 3.2-2 対流式の発生量

表-3から、対流式(2台)の発生量の範囲は114.5~466.4(ml/kg)、平均値290.5(ml/kg)、標準偏差は34.5(ml/kg)であった。

#### 3.2-3 ファンヒーターの発生量

表-3から、ファンヒーター(5台)の発生量の範囲は279.6~851.5(ml/kg)の範囲にあり、平均値で535.9(ml/kg)、標準偏差は82.3(ml/kg)であった。VOC発生量(ml/kg)、標準偏差は、ファンヒーターが大きい値を示し、対流式、反射式の順に小さくなる傾向が得られた。

表-3-1 VOC発生量(反射式石油ストーブ)

器具	実験回数	発生量の範囲	VOC[Ave] (ml/kg)	SD (m/kg)
RadA	3	146~171.5	171.5	5.3
RadB			146	-
Ave			158.8	2.65

表-3-2 VOC発生量(対流式石油ストーブ)

器具	実験回数	発生量の範囲	VOC[Ave] (ml/kg)	SD (m/kg)
ConC	3	114.5~466.4	114.5	14.6
ConD			466.4	54.3
Ave			290.5	34.5

表-3-3 VOC発生量(石油ファンヒーター)

器具	実験回数	発生量の範囲	VOC[Ave] (ml/kg)	SD (m/kg)
FanE	3	279.6~851.5	322.5	107.5
FanF			851.5	56.9
FanG			279.6	17.3
FanH			528.4	114.5
FanI			697.4	115.5
Ave			535.9	82.3

## 4. 考察

実験中、TVOC濃度測定値の低下現象がしばしば起こった。これは、実験に使用した捕集剤が、器具使用に伴う室内温度上昇の影響を受け、捕集率が低下したためと考えられる。また、燃焼器具の温度センサーや酸素濃度センサーの作動により、燃料消費量率の低下が生じ、VOC発生量の減少が生じたものと考えられる。

## 5. まとめ

- ①室内の酸素濃度低下に伴って、TVOC濃度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )が上昇することが明らかとなった。
- ②VOC発生量(ml/kg)は、ファンヒーター、対流式、反射式の順に小さくなる傾向が得られた。

## 6. 今後の課題

今回の研究では、汚染質発生源として開放型石油暖房器具について注目したが、ガスストーブについては4器具しか行わなかった。今後は、一般住居空間での使用が考えられるその他のガス燃焼器具の発生特性についても解明を急がなければならない。

## 謝辞

本実験を遂行するにあたり、直接ご指導いただいた野崎淳夫教授(東北文化学園大学)、飯倉一雄氏(東北文化学園大学特別研究員)、ならびに関係者各位に深謝致します。

## 引用文献

- 1)野崎淳夫、吉澤晋他:開放型燃焼器具の非メタン炭化水素発生特性(Part1)、日本建築学会計画系論文集、NO.517、pp45-51
- 2)野崎淳夫、吉澤晋:室内酸素濃度の低下が石油ストーブ、ファンヒーターのNO<sub>x</sub>、CO発生特性に及ぼす影響(その2)日本建築学会計画系論文集報告集、1991年11月

## 第10章 開放型燃焼器具からの化学物質の発生に関する研究

野崎淳夫(東北文化学園大学)

## 2.10.1 はじめに

## (1) 研究背景

近年、シックハウス症候群や化学物質過敏症の誘因物質である揮発性有機化合物(以下:VOC; Volatile Organic Compounds)やホルムアルデヒドが、社会的に注目されている。

VOCやホルムアルデヒド等の化学物質は、私たちの室内環境に常に存在しており、人は無意識のうちにそれらを体内に取り込んでいる。

化学物質の人体影響は曝露濃度、時間によって異なるが、化学物質に曝露されると記憶困難、集中力欠如、下痢、便秘等の自律神経系の機能異常、また、恐怖感、孤独感の助長、肩こり、冷え性、頭痛、吐き気、めまい、疲労感等の症状を訴える。

ホルムアルデヒドやVOCの発生源は、多岐にわたり、建材・施工剤由来のものと生活由来のものに大別されている。建材・施工剤由来の発生源としては建材、塗料、施工剤等が上げられ、生活由来としては、私たち居住者が室内に持ち込んだ家具、化粧品、洗剤・ワックス、家電用品、ホビー用品などがホルムアルデヒド、VOCの発生源として指摘されている。なかには発生源強度が高く、人体に深刻な影響を及ぼすものもある。

特に、生活由来の開放型燃焼器具については、在来よりCO、NO<sub>x</sub>等の燃焼排ガスに関する研究が行われており、燃焼器具類からのガス状汚染物質が、人体に深刻な影響を及ぼすことが指摘されているため、信頼度の高い室内濃度予測法の確立が急務とされている。

## (2) 既往の研究

開放型燃焼器具による室内空気汚染に関する研究は、古くから行われており、様々な知見が報告されている。

吉澤<sup>4) 5)</sup>は各種燃焼器具からのCO発生特性が、室内酸素濃度(O<sub>2</sub>)低下により定量的に証明できることに着目した研究を行っている。特に、室内CO濃度の予測にはO<sub>2</sub>濃度低下を取り入れた汚染物発生量の定量化が必要なることを明らかにし、同時に、これらのO<sub>2</sub>濃度低下の特性値を取り入れた汚染物の濃度予測式を提案している。この理論式と実験的に得られた燃焼器具からのCOの発生特性により、O<sub>2</sub>低下による不完全燃焼時の急激なCO濃度の上昇特性の予測が可能になった。今日では、本研究成果を踏まえた各種の工学的汚染防止対策が講ぜられ、法的整備も相まって、わが国におけるCO中毒事故は劇的に減少している。

野崎、吉澤<sup>6) 8) 9) 10)</sup>は、開放型燃焼器具及び各種石油ストーブからのNO<sub>x</sub>の発生量(M)を求め、O<sub>2</sub>低下に伴うNO<sub>x</sub>の発生特性を定量的に明らかにし、室内汚染質濃度が汚染質初期発生量とO<sub>2</sub>低下に伴う発生量(M)の変化の割合(A)及び換気量(Q)に大きく依存することを報告している。また、実験的に得られたNO<sub>x</sub>発生特性と吉澤の理論式を用いて、各種の室内条件における高精度の濃度シミュレーションを提示し、汚染防止上必要とされる器具側、建物側の目標値を提示する事に成功した。

また、野崎、吉澤<sup>11)</sup>らは、各種ストーブからの非メタン炭化水素(NMHC)、炭化水素(HC)および、VOCの発生量(M)を定量的に求めており、また室内O<sub>2</sub>低下の影響を明らかにしている。

野崎<sup>13)</sup>らは光音響法を用いて家庭用石油ストーブからのホルムアルデヒド発生特性を求めている。

室内濃度の実態に関して、宮崎<sup>12)</sup>は、戸建て住宅における夏での窓の開閉に伴う室内ホルムアルデヒド濃度の時刻変化を求めており、窓を開閉することによる濃度の減少の程度と、窓を開鎖することによる濃度の上昇の程度を示している。また、松村<sup>15)</sup>らは、住宅内でFF式温風ヒーターと石油ファンヒーターによる運転時のホルムアルデヒド個人暴露量を比較した結果、有為な差はみられないことを報告している。

### (3) 本研究の目的

生活由来の室内化学物質汚染の発生源として開放型燃焼器具が注目されている。開放型燃焼器具は建材・施工剤由来のものと比較して発生源強度が大きく、在来の研究において窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ )、一酸化炭素 ( $\text{CO}$ ) の発生量が明らかにされている。しかし、シックハウス症候群や化学物質過敏症などの誘因物質として指摘されているホルムアルデヒド ( $\text{HCHO}$ )、揮発性有機化合物 ( $\text{VOC}$ ) の発生特性の十分な解明は、成されていない現状にある。

そこで、本研究では、開放型燃焼器具から発生する揮発性有機化合物 ( $\text{VOC}$ ) について、(1) ある環境条件における室内濃度の上昇特性と器具発生量を明らかにし、(2) 開放型燃焼器具を有する室内の揮発性有機化合物 ( $\text{VOC}$ ) 濃度予測の実現、(3) 汚染防止対策を講じる上での基礎的資料の収集を目的としている。

## 2.10.2 実験概要

### (1) 測定対象器具

#### (a) 測定対象器具と発熱量

表-1 に測定対象器具と発熱量 ( $\text{kJ/h}$ ) を示す。この発熱量は、カタログに記載されたもので実際の使用における発熱量と必ずしも同一ではない。また、写真-2.10.1～写真-2.10.6 に測定対象器具の一例を示す。

表-2.10.1 測定対象器具と発熱量

	測定対象器具	器具	発熱量
石油	反射式石油ストーブA	A	9627KJ/h(2300kcal/h)
	反射式石油ストーブB	B	9627KJ/h(2300kcal/h)
	対流式石油ストーブA	C	22060KJ/h(5270kcal/h)
	対流式石油ストーブB	D	17580KJ/h(4200kcal/h)
	石油ファンヒーターA	E	11512KJ/h(2750kcal/h)
	石油ファンヒーターB	F	10800KJ/h(2580kcal/h)
	石油ファンヒーターC	G	10800KJ/h(2580kcal/h)
	石油ファンヒーターD	H	11302KJ/h(2700kcal/h)
	石油ファンヒーターE	I	11890KJ/h(2840kcal/h)
	ガス	ガスファンヒーターA	J
反射式ガスストーブA		K	7535KJ/h(1800kcal/h)
反射式ガスストーブB		L	10884KJ/h(2600kcal/h)
ガスコンロA		M	12558KJ/h(3000kcal/h)

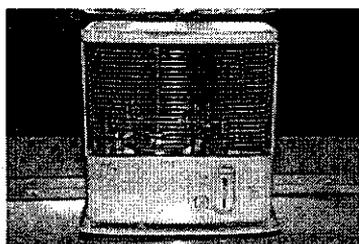


写真-2.10.1

反射式石油ストーブの一例

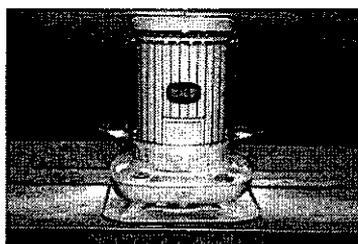


写真-2.10.2

対流式石油ストーブの一例

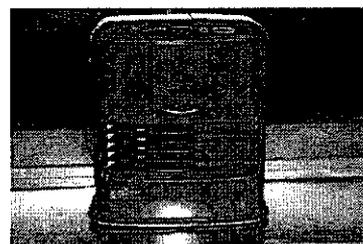


写真-2.10.3

石油ファンヒーターの一例



写真-2.10.4

ガスファンヒーターの一例

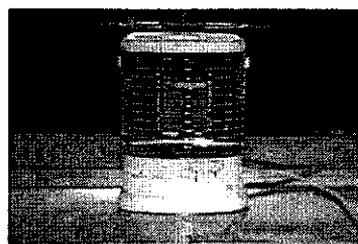


写真-2.10.5

反射式ガスストーブの一例



写真-2.10.6

ガスコンロの一例

(b) 対象器具の燃料消費率

器具固有の燃料消費量率を求める為に、各機種を燃焼させ、10分ごとの燃料消費量を測定した。また、測定は乾式ガスメーターにより行った。一定時間の燃料消費量とその時間との関係により燃料消費量率 B(kg/h、m<sup>3</sup>/h)を以下(1)式により算出した。

$$B = \frac{W}{T} \quad (1)$$

ここで、B:燃料消費量率(kg/h、m<sup>3</sup>/h)

W:燃料消費量(kg、m<sup>3</sup>)

T:時間(h)

(1)式により各器具の実験的に求めた燃料消費率 B(kg/h、m<sup>3</sup>/h)を表-2.10.2に示す。

表-2.10.2 測定対象器具の燃料消費率

測定対象器具	器具	燃焼消費率B	
石油	反射式石油ストーブA	A	0.16(kg/h)
	反射式石油ストーブB	B	0.15(kg/h)
	対流式石油ストーブA	C	0.33(kg/h)
	対流式石油ストーブB	D	0.28(kg/h)
	石油ファンヒーターA	E	0.10(kg/h)
	石油ファンヒーターB	F	0.07(kg/h)
	石油ファンヒーターC	G	0.09(kg/h)
	石油ファンヒーターD	H	0.09(kg/h)
	石油ファンヒーターE	I	0.08(kg/h)
	石油ファンヒーターJ	J	0.44(m <sup>3</sup> /h)
ガス	反射式ガストーブA	K	0.38(m <sup>3</sup> /h)
	反射式ガストーブB	L	0.54(m <sup>3</sup> /h)
	ガスコンロA	M	0.60(m <sup>3</sup> /h)

\*灯油は市内の店舗から購入し、その発熱量は求めていない。また、ガスは都市6Bを使用した。

(c) 測定項目

本実験では、以下の各濃度、器具の燃料消費量についての測定を行った。表-2.10.3に対象とするVOCを示す。

- ①揮発性有機化合物(VOC)
- ②酸素濃度(O<sub>2</sub>)
- ③二酸化炭素濃度(CO<sub>2</sub>)
- ④窒素酸化物濃度{NO<sub>x</sub>、(NO, NO<sub>2</sub>)}

表-2.10.3 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	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>	86.18	68.74	0.6594	
	n-ヘプタン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	100.2	98.43	0.6837	
	n-オクタン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH <sub>3</sub>	114.23	125.6	0.7026	
	n-ノナン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>3</sub>	128.26	150.7	0.722	
	n-デカン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>3</sub>	142.28	174	0.7298	
	n-ウンデカン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> CH <sub>3</sub>	156.31	195.6	0.7402	
	n-ドデカン	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>3</sub>	170.34	213	0.749	
	2,2,4-トリメチルペンタン	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> CCH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	114.23	-	-	
	芳香族炭化水素	ベンゼン	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78.11	80.1	0.879
		トルエン	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	92.13	110.7	0.866
エチルベンゼン		C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	106.16	136.2	0.867	
m-キシレン		1,3-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	106.16	138.8	0.8684	
o-キシレン		1,2-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	106.16	144	0.88	
1,3,5-トリメチルベンゼン		C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	120.19	164.6	0.863	
1,2,4-トリメチルベンゼン		C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	120.19	236	0.957	
1,2,3-トリメチルベンゼン		C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	120.19	176	0.8944	
ハロゲン	ジクロロメタン	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	84.93	40.1	1.335	
	トリクロロエチレン	CHCl:CCl <sub>2</sub>	131.38	86.7	1.456	
	テトラクロロエチレン	Cl <sub>2</sub> C:CCl <sub>2</sub>	165.82	121	1.625	
	p-ジクロロベンゼン	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	146.99	173.7	1.458	
テルペン	2-ピネン	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136.23	160	0.862	
	リモネン	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136.24	176.4	0.8422	
エステル	酢酸エチル	CH <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	88.1	77	0.8945	
	酢酸ブチル	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	116.16	126.3	0.8826	
ケトン	アセトン	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	58.08	56.2	0.792	
	メチルエチルケトン	CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	72.11	79.6	0.805	
	メチルイソブチルケトン	{CH <sub>3</sub> } <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> COCH <sub>3</sub>	100.16	115.8	0.8042	
アルコール	エタノール	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	46.07	78.3	0.816	
	ブタノール	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	74.12	117.7	0.8109	