



## I-17 全国における室内空气中化学物質の実態に関する研究（福岡市）

分担研究者 山崎 誠 福岡市保健環境研究所 環境科学部門

共同研究者 重岡 昌代、臼井 暁子

**研究要旨** 福岡市において家庭 10 住宅について規定された手法によってアクティブ法及びパッシブ法でサンプリングを行い、溶媒抽出-GC/MS 法で測定を行った。VOC の一斉分析で 108 物質が定量可能であった。アクティブ法の室内において定量下限値以上の濃度で検出されたものは、ORBO91L 単独捕集が 54 物質、ORBO101+ORBO91L 2 連捕集が 64 物質であり、パッシブ法の室内では 53 物質が検出された。アクティブ法で 1 住宅において 1,4-Dichlorobenzene が厚生労働省の指針値を超える  $582 \mu\text{g}/\text{m}^3$  検出された。10 住宅中築 3 ヶ月以内の住宅は改装も含めて 4 住宅であった。

### 1. アクティブ法による測定

#### A. 研究目的

室内空气中化学物質を総合的に評価するため、総揮発性有機化合物（TVOC）の測定方法の確立と我が国における実態調査を行うため、福岡市において家庭 10 住宅について、規定された手法によってアクティブ法によるサンプリングと測定を行った。

#### B. 研究方法

##### (1) サンプリング方法

サンプリングはスペルコ製 ORBO91L 捕集管単独使用と、スペルコ製 ORBO101、ORBO91L の捕集管を 2 連に接続したものの 2 系列で行った。調査対象住宅の情報を表 1 に示した。

##### (2) 抽出方法

ORBO91L 単独捕集サンプル、ORBO101+ORBO91L 2 連捕集のサンプルのいずれも捕集剤を容量 5ml のねじロバイアル瓶 1 本に移し入れ、2ml の二硫化炭素および内部標準液(Toluene-d8 100ng/ $\mu\text{l}$ )を 2 $\mu\text{l}$  加えて 120 分間抽出した。

##### (3) 分析方法

##### 1) 測定対象

標準物質 121 物質中、溶媒ピークと重なり測定不可能となったのは、n-Heptane, 2,2,4-Trimethylpentane, Cyclohexane, Dimethoxymethane であった。また、隣接するピークと重なり測定不可能となったのは n-Hexane, 2-Methylhexane, 3-Methylpentane, 2,4-Dimethylpentane, Methylcyclopentane, 2-Propanol, Ethanol, Vinylacetate, Isopropylacetate, であり、以上の物質を除く 108 物質について定量可能であったので、108 物質を測定対象物質とした。

##### 2) 測定方法

測定条件は II の項に示した。溶媒ピーク前に検出されるピーク及び溶媒ピークと重なるピークがあったため SCAN 分析ではなく SIM 分析で行った。

##### (4) 今回のサンプリング及び測定方法における特徴及び課題

集合住宅において屋外のサンプリングはベランダで行うが、室内や壁面の影響を受けないよ

うにある程度距離をとってサンプリングを行ったが、若干室内の影響を受けていた。

今回送付された標準物質は70種と52種(1種は両方に入っている)に分けられ2回に分けて分析するよう指示されていたが、SIM分析においてリテンションタイムが非常に近く測定イオンが同じ物質は別に分析した標準試料では認識できてもサンプルでは分離できず測定不能となるため、標準物質を混合し121物質一斉分析で可能な限り分離定量を行った。

### C. 研究結果

一斉分析で分析条件を検討した結果30℃からの昇温条件では13物質測定不可能となり108物質が定量可能であった。

アクティブ法における室内の気中濃度は、IIの項以降に他の機関と共にまとめた。定量下限値以下のデータについては操作ブランクの方が若干高くなるものがあった。定量下限値以上の濃度で検出されたものはORBO91L単独捕集が、室内で54物質、屋外で15物質であり、ORBO101+ORBO91L2連捕集が、室内で64物質、屋外で13物質であった。単独捕集と2連捕集を比較すると、テルペン類が2連捕集の方が明らかに高濃度であった。また、高濃度の1,4-Dichlorobenzeneでも2連捕集の方が高濃度であった。

住宅別ではB住宅のテルペン類が高かった。また、B住宅、G住宅では脂肪族炭化水素が他の住宅と比較して高かった。D住宅は、1,4-Dichlorobenzeneが $582\mu\text{g}/\text{m}^3$ の高濃度で

## 2. パッシブ法による測定

### A. 研究目的

室内空气中化学物質を総合的に評価するため、総揮発性有機化合物(TVOC)の測定方法の確立と我が国における実態調査を行うため、福岡市において家庭10住宅について、規定された手法によってパッシブ法によるサンプリング

検出され、指針値を超える結果となった。

### D. 考察

B住宅でテルペン類が高かったのは、構造・内装の全てに天然木を使用していたためと思われる。また、B住宅、G住宅で脂肪族炭化水素が高くなっているのは、暖房器具に石油ファンヒーターを使用していたからだと思われるが、同じく石油ファンヒーターを使用していたI住宅は常時換気のためか、高濃度ではなかった。

今回アクティブ法は、ORBO91L単独捕集とORBO101+ORBO91L2連捕集の2通り行ったが、テルペン類は2連捕集の方が2倍程度高く検出され、単独捕集では捕集効率が悪いことが考えられる。また、ハロゲン化炭化水素類は低濃度では差がないが高濃度では2連捕集の方が2倍程度高く検出され、ORBO91Lの捕集効率が悪いのか、あるいは高濃度では破過している可能性が疑われる。

### E. 結論

VOCの一斉分析で108物質が定量可能であった。1住宅において1,4-Dichlorobenzeneが指針値を超える値が検出された。

今回アクティブ法はORBO91L単独捕集とORBO101+ORBO91L2連捕集の2通り行った。2連捕集の方が検出された物質が64物質と単独捕集よりも10物質多かった。また、テルペン類、ハロゲン化炭化水素類において2連捕集の方が2倍程度高く検出された。TVOC測定のためには2連捕集が望ましいと思われた。

と測定を行った。

### B. 研究方法

#### (1) サンプリング方法

サンプリングの場所、時間等のサンプリングに関する情報は、アクティブ法による測定の表

1, 表2および表3のとおりである。捕集管はスペルコ製パッシブサンプラーVOC-SDを使用した。

#### (2) 抽出方法

捕集管から5mlのねじロバイアル瓶に活性炭を移し入れ、二硫化炭素1mlおよび内部標準液(Toluene-d8 100ng/μl)を1μl加えて60分間抽出した。

#### (3) 分析方法

アクティブ法と同じ。

(4) 今回のサンプリング及び測定方法における特徴及び課題

測定方法についてはアクティブ法と同じ。

### C. 研究結果

パッシブ法における室内、屋外の結果を紙表2、表3に示す。今回測定した108物質全てのサンプリングレートが判明しているわけではないので、捕集された絶対量(ng)で示した。定量

下限値以上の濃度で検出されたものは室内で53物質、屋外で15物質あった。

また、Acetone, Dichloromethan, Ethylacetate, Dibutyl phthalateの操作blankが高かったため、マイナスとなるものがあった。

### D. 考察

パッシブ法は、Acetone, Dichloromethan, Ethylacetate, Dibutyl phthalateの操作blankが高く、抽出操作中における汚染が考えられる。サンプリングレートが明らかにされていない物質も多くTVOCを測定するには不向きなサンプリング方法ではないかと思われる。

### E. 結論

パッシブ法では室内で53物質が検出された。抽出中における汚染が考えられる物質もあった。

表1 調査対象住宅の情報

対象住宅	立地条件	主要道路の有無	距離(m)	機密性の種類	築年数	住宅の種類	建材	測尺階数	測尺階/建階	部屋数	測定室の属性						住宅内の健康障害						
											高さ(m)	広さ(m <sup>2</sup> )	換気の種類	排気口の有無	床の材質	天井の材質	壁紙の材質	障害の有無	アレルギーの有無	アレルギーの種類	障害の種類	障害の頻度	
A	住宅地域	有	500	通常の住宅	3月	戸建て	木造	1/2	4	25	17畳	自然換気	無	フローリング	ビニルクロス	ビニルクロス	無						
B	住宅地域	有	200	通常の住宅	1月	戸建て	木造	1/2	5	28	25.5畳	自然換気	無	フローリング	木材	木材	無						
C	住宅地域	有	400	通常の住宅	0.2	戸建て	木造	1/2	4	24	16畳	機械換気	有	フローリング	ビニルクロス	ビニルクロス	無						
D	住宅地域	有	250	通常の住宅	2年	集合	鉄筋	4/4	4	24	12畳	自然換気	有	フローリング	ビニルクロス	ビニルクロス	無						
E	住宅地域	有	150	通常の住宅	8月	集合	鉄筋	2/2	3	24	10畳	機械換気	有	フローリング	ビニルクロス	ビニルクロス	有	有	アピピ、接触性皮膚炎	かゆみ	たまに	たまに	
F	住宅地域	有	350	通常の住宅	8月	戸建て	木造	1/2	7	24	14畳	自然換気	無	フローリング	ビニルクロス	ビニルクロス	有	有	鼻炎	鼻炎	時々	時々	
G	商業地域	有	400	通常の住宅	2年	集合	鉄筋	5/8	5	24	10畳	自然換気	有	フローリング	ビニルクロス	ビニルクロス	有	有	アピピ性皮膚炎	かゆみ	時々	時々	
H	住宅地域	有	100	通常の住宅	1年3月	戸建て	木造	1/2	5	26	14.5畳	自然換気	無	フローリング	ビニルクロス	ビニルクロス	無						
I	住宅地域	有	200	気密住宅	8月	戸建て	木造	1/2	4	24	18畳	機械換気	無	フローリング	ビニルクロス	ビニルクロス	有	有	ハウスダスト	目の痛み	時々	時々	
J	住宅地域	無		気密住宅	半月	戸建て	木造	1/2	5	24	14.5畳	機械換気	有	フローリング+絨	ビニルクロス	ビニルクロス	有	無					

表2 パンプ法の室内測定結果

No.	Compounds	平均値	中央値
1	Benzene	0.146	0.115
2	Toluene	1.241	1.275
3	Ethylbenzene	0.180	0.125
4	m-Xylene or m,p-Xylene	0.197	0.145
5	p-Xylene	0.059	0.035
6	o-Xylene	0.101	0.065
7	Isopropylbenzene	#VALUE!	#VALUE!
8	n-Propylbenzene	#VALUE!	#VALUE!
9	1,2,4-Trimethylbenzene	0.272	0.120
10	1,3,5-Trimethylbenzene	#VALUE!	#VALUE!
11	1,2,3-Trimethylbenzene	#VALUE!	#VALUE!
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	#VALUE!	#VALUE!
13	1-Methyl-3-propylbenzene	#VALUE!	#VALUE!
14	n-Butylbenzene	#VALUE!	#VALUE!
15	1,3-Diisopropylbenzene	0.000	0.000
16	1,4-Diisopropylbenzene	0.000	0.000
17	Ethynylbenzene	0.000	0.000
18	p-Methylstyrene	#VALUE!	#VALUE!
19	α-Methylstyrene	0.000	0.000
20	2-Ethyltoluene	#VALUE!	#VALUE!
21	Styrene	0.004	0.000
22	Naphthalene	#VALUE!	#VALUE!
23	4-Phenylcyclohexene	#VALUE!	#VALUE!
24	n-Hexane	0.000	0.000
25	2-Methylhexane	0.000	0.000
26	3-Methylhexane	0.112	0.095
27	n-Heptane	0.000	0.000
28	n-Octane	0.147	0.035
29	n-Nonane	#VALUE!	#VALUE!
30	2-Methyloctane	0.045	0.000
31	3-Methyloctane	0.071	0.010
32	2-Methylnonane	#VALUE!	#VALUE!
33	3,5-Dimethyloctane	0.013	0.000
34	n-Decane	0.569	0.250
35	n-Undecane	#VALUE!	#VALUE!
36	n-Dodecane	0.259	0.100
37	n-Tridecane	0.143	0.040
38	n-Tetradecane	0.053	0.025
39	n-Pentadecane	0.007	0.000
40	n-Hexadecane	0.003	0.000
41	2-Methylpentane	0.238	0.215
42	3-Methylpentane	0.000	0.000
43	1-Octene	0.000	0.000
44	1-Decene	#VALUE!	#VALUE!
45	2,4-Dimethylpentane	0.000	0.000
46	2,2,4-Trimethylpentane	0.000	0.000
47	Methylcyclopentane	0.000	0.000
48	Cyclohexane	0.000	0.000
49	1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)	0.040	0.000
50	cis-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	#VALUE!	#VALUE!
51	trans-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	0.006	0.000
52	Methylcyclohexane	0.113	0.050
53	3-Carene	#VALUE!	#VALUE!
54	α-Pinene	#VALUE!	#VALUE!
55	(+/-)-Camphene	0.042	0.039
56	β-Pinene	#VALUE!	#VALUE!
57	Longifolene	0.133	0.080
58	α-Cedrene	#VALUE!	#VALUE!
59	Limonene	#VALUE!	#VALUE!
60	Camphor	#VALUE!	#VALUE!
61	Menthol	#VALUE!	#VALUE!

No.	Compounds	平均値	中央値
62	1-Propanol	0.114	0.000
63	2-Propanol	0.000	0.000
64	2-Methyl-2-propanol	0.000	0.000
65	2-Methyl-1-propanol	0.250	0.000
66	1-Butanol	#VALUE!	#VALUE!
67	1-Pentanol	0.017	0.010
68	1-Hexanol	#VALUE!	#VALUE!
69	Cyclohexanol	0.009	0.000
70	1-Octanol	#VALUE!	#VALUE!
71	2-Ethyl-1-hexanol	#VALUE!	#VALUE!
72	Phenol	#VALUE!	#VALUE!
73	Texanol	0.044	0.038
74	2,6-Di-t-butyl-4-methylphenol (BHT)	#VALUE!	#VALUE!
75	Methyl-t-butylether	0.000	0.000
76	Ethanol	0.000	0.000
77	Propylene glycol	0.007	0.000
78	Dimethoxymethane	0.000	0.000
79	Dimethoxyethane	0.007	0.000
80	2-Methoxyethanol	0.000	0.000
81	2-Ethoxyethanol	0.059	0.000
82	2-Butoxyethanol	#VALUE!	#VALUE!
83	1-Methoxy-2-propanol	0.117	0.100
84	2-Butoxyethoxyethanol	0.000	0.000
85	2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	0.000	0.000
86	Acetone	0.936	0.910
87	3-Methyl-2-butanone	0.050	0.000
88	Methylethylketone	0.215	0.180
89	Methylisobutylketone	0.111	0.070
90	Acetophenone	#VALUE!	#VALUE!
91	Dichloromethane	0.075	0.080
92	Carbon tetrachloride	0.021	0.020
93	1,2-Dichloroethane	0.030	0.000
94	Trichloroethylene	0.044	0.040
95	Tetrachloroethylene	#VALUE!	#VALUE!
96	1,1,1-Trichloroethane	0.000	0.000
97	1,4-Dichlorobenzene	3.727	0.075
98	1,2-Dichloropropane	0.000	0.000
99	Chlorodibromomethane	#VALUE!	#VALUE!
100	Chloroform	0.026	0.020
101	Methylacetate	0.287	0.340
102	Vinylacetate	0.000	0.000
103	Butyrylformate	0.000	0.000
104	Isobutyrylacetate	0.059	0.030
105	Ethylacetate	4.406	3.305
106	Propylacetate	0.037	0.000
107	Butylacetate	0.169	0.175
108	Isopropylacetate	0.000	0.000
109	2-Methoxyethylacetate	0.000	0.000
110	2-Ethoxyethylacetate	#VALUE!	#VALUE!
111	2-Ethylhexylacetate	0.000	0.000
112	Linaloolacetate	#VALUE!	#VALUE!
113	Methacrylic acid methyl ester	0.000	0.000
114	TXIB	#VALUE!	#VALUE!
115	Dimethyl phthalate	-0.020	-0.020
116	Dibutyl phthalate	#VALUE!	#VALUE!
117	1,4-Dioxane	0.000	0.000
118	Caprolactam	#VALUE!	#VALUE!
119	Indene	#VALUE!	#VALUE!
120	2-Pentylfuran	#VALUE!	#VALUE!
121	THF(Tetrahydrofuran)	-0.045	-0.080

表3 パッシブ法の室外測定結果

No.	Compounds	平均値	中央値
1	Benzene	0.112	0.110
2	Toluene	0.722	0.400
3	Ethylbenzene	0.090	0.030
4	m-Xylene or m,p-Xylene	0.088	0.040
5	p-Xylene	0.028	0.000
6	o-Xylene	0.034	0.000
7	Isopropylbenzene	#VALUE!	#VALUE!
8	n-Propylbenzene	#VALUE!	#VALUE!
9	1,2,4-Trimethylbenzene	0.064	0.010
10	1,3,5-Trimethylbenzene	#VALUE!	#VALUE!
11	1,2,3-Trimethylbenzene	#VALUE!	#VALUE!
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	#VALUE!	#VALUE!
13	1-Methyl-3-propylbenzene	#VALUE!	#VALUE!
14	n-Butylbenzene	#VALUE!	#VALUE!
15	1,3-Diisopropylbenzene	0.000	0.000
16	1,4-Diisopropylbenzene	0.000	0.000
17	Ethynylbenzene	0.000	0.000
18	p-Methylstyrene	0.000	0.000
19	$\alpha$ -Methylstyrene	0.000	0.000
20	2-Ethyltoluene	#VALUE!	#VALUE!
21	Styrene	0.000	0.000
22	Naphthalene	0.000	0.000
23	4-Phenylcyclohexene	0.000	0.000
24	n-Hexane	0.000	0.000
25	2-Methylhexane	0.000	0.000
26	3-Methylhexane	0.076	0.080
27	n-Heptane	0.000	0.000
28	n-Octane	0.000	0.000
29	n-Nonane	#VALUE!	#VALUE!
30	2-Methyloctane	0.000	0.000
31	3-Methyloctane	0.000	0.000
32	2-Methylnonane	#VALUE!	#VALUE!
33	3,5-Dimethyloctane	0.000	0.000
34	n-Decane	0.144	0.180
35	n-Undecane	#VALUE!	#VALUE!
36	n-Dodecane	0.008	0.000
37	n-Tridecane	0.010	0.010
38	n-Tetradecane	0.012	0.010
39	n-Pentadecane	0.000	0.000
40	n-Hexadecane	0.000	0.000
41	2-Methylpentane	0.236	0.200
42	3-Methylpentane	0.000	0.000
43	1-Octene	0.000	0.000
44	1-Decene	#VALUE!	#VALUE!
45	2,4-Dimethylpentane	0.000	0.000
46	2,2,4-Trimethylpentane	0.000	0.000
47	Methylcyclopentane	0.000	0.000
48	Cyclohexane	0.000	0.000
49	1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)	0.000	0.000
50	cis-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	0.000	0.000
51	trans-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	0.000	0.000
52	Methylcyclohexane	0.030	0.030
53	3-Carene	0.000	0.000
54	$\alpha$ -Pinene	#VALUE!	#VALUE!
55	(+/-)-Camphene	0.000	0.000
56	$\beta$ -Pinene	#VALUE!	#VALUE!
57	Longifolene	0.000	0.000
58	$\alpha$ -Cedrene	0.000	0.000
59	Limonene	#VALUE!	#VALUE!
60	Camphor	#VALUE!	#VALUE!
61	Menthol	0.000	0.000

No.	Compounds	平均値	中央値
62	1-Propanol	0.000	0.000
63	2-Propanol	0.000	0.000
64	2-Methyl-2-propanol	0.000	0.000
65	2-Methyl-1-propanol	0.028	0.000
66	1-Butanol	#VALUE!	#VALUE!
67	1-Pentanol	0.000	0.000
68	1-Hexanol	0.000	0.000
69	Cyclohexanol	0.000	0.000
70	1-Octanol	0.000	0.000
71	2-Ethyl-1-hexanol	#VALUE!	#VALUE!
72	Phenol	#VALUE!	#VALUE!
73	Texanol	0.013	0.011
74	2,6-Di-t-butyl-4-methylphenol (BHT)	0.000	0.000
75	Methyl-t-butylether	0.000	0.000
76	Ethanol	0.000	0.000
77	Propylene glycol	0.000	0.000
78	Dimethoxymethane	0.000	0.000
79	Dimethoxyethane	0.000	0.000
80	2-Methoxyethanol	0.000	0.000
81	2-Ethoxyethanol	0.000	0.000
82	2-Butoxyethanol	#VALUE!	#VALUE!
83	1-Methoxy-2-propanol	0.000	0.000
84	2-Butoxyethoxyethanol	0.000	0.000
85	2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	0.000	0.000
86	Acetone	0.290	0.230
87	3-Methyl-2-butanone	0.000	0.000
88	Methylethylketone	0.126	0.130
89	Methylisobutylketone	0.012	0.000
90	Acetophenone	#VALUE!	#VALUE!
91	Dichloromethane	0.042	0.030
92	Carbon tetrachloride	0.028	0.030
93	1,2-Dichloroethane	0.036	0.000
94	Trichloroethylene	0.042	0.040
95	Tetrachloroethylene	#VALUE!	#VALUE!
96	1,1,1-Trichloroethane	0.000	0.000
97	1,4-Dichlorobenzene	0.034	0.000
98	1,2-Dichloropropane	0.032	0.000
99	Chlorodibromomethane	0.000	0.000
100	Chloroform	0.010	0.010
101	Methylacetate	0.000	0.000
102	Vinylacetate	0.000	0.000
103	Butylformate	0.000	0.000
104	Isobutylacetate	0.010	0.000
105	Ethylacetate	3.606	1.070
106	Propylacetate	0.000	0.000
107	Butylacetate	#VALUE!	#VALUE!
108	Isopropylacetate	0.000	0.000
109	2-Methoxyethylacetate	0.000	0.000
110	2-Ethoxyethylacetate	0.000	0.000
111	2-Ethylhexylacetate	0.000	0.000
112	Linaloolacetate	0.000	0.000
113	Methacrylic acid methyl ester	0.000	0.000
114	TXIB	#VALUE!	#VALUE!
115	Dimethyl phthalate	-0.020	-0.020
116	Dibutyl phthalate	#VALUE!	#VALUE!
117	1,4-Dioxane	0.000	0.000
118	Caprolactam	-0.820	-0.820
119	Indene	0.000	0.000
120	2-Pentylfuran	0.000	0.000
121	THF(Tetrahydrofuran)	-0.080	-0.080

I-18 全国における室内空气中化学物質の実態に関する研究（北九州市）

分担研究者	大和 康博	北九州市環境科学研究所 保健環境課
研究協力者	梨田 実、徳崎 里美	〃
	橋本 礼子、大内 治朗	北九州市保健福祉局生活衛生課

研究要旨 7住宅で室内空气中化学物質の実態調査を行った結果、指針値が設定されている物質のうちパラジクロロベンゼンが2住宅で指針値を超過したが、その他の物質は指針値より低い値であった。エタノールはすべての住宅で高い値を示した。新築の住宅ではテルペン類の濃度が高く、石油ストーブを使用した住宅では脂肪族炭化水素類の濃度が高かった。TVOCは6住宅で暫定目標値を超過した。

パッシブ法は、溶媒抽出法と良い相関が認められた。

1. 溶媒抽出法による測定

A. 研究目的

室内空气中化学物質を総合的に評価するため、総揮発性有機化合物（TVOC）の測定方法の確立と我が国における実態調査を行うため、北九州市において家庭7住宅について、規定された手法によってサンプリングと溶媒抽出法による測定を行った。

B. 研究方法

(1) サンプリング方法

(方法は国立医薬品衛生研究所が入力)

1) サンプリング場所

築2ヶ月～20年の家庭7住宅の室内と5ヶ所の室外（高さ1.2m）に設置した。

2) 日時

平成14年10月～11月

1住宅で24時間採取した。

3) 採取量

ポンプ（GLサイエンス SP204-500Dual）を使用して、100ml/分の流速で144l採取した。

家屋の立地条件、建築様式等は表1に示したとおりであった。

(2) 抽出方法

採取した捕集管から捕集剤を取り出し、抽出ビンに移し入れ、2mlの二硫化炭素を加えて、泡が出なくなるまで時々まで混ぜた後、内部標準液（トルエン-d8）を加えて2時間放置し、これを試験液とした。

(3) 分析方法

1) 測定対象

揮発性有機化合物122物質（物質名は「溶媒抽出による測定結果」を参照）

2) 測定方法

調製した試験液について、厚生労働省法に従い、GC/MSで測定を行った。（測定条件はIおよびIIの項目を参照）

(4) 今回のサンプリング及び測定方法における特徴及び課題

テルペン類を効率よく捕捉するため、捕集剤の異なる捕集管を追加して、サンプリングを行った。また、室外のサンプリングには捕集管の前に除湿管（除湿剤：過塩素酸マグネシウム）を取り付け



て行った。

定量下限値を下げることにより ( $2.78 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 0.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、空気中での存在が明らかな化合物類をより正確に測定した。

今回、122物質の測定を予定していたが、感度不足、保持時間の重複等により13物質の定量が困難となり、カラムの選択、昇温条件等の検討が今後の課題である。

### C. 研究結果

アクティブ法における室内化学物質濃度の結果は、IIの項以降に他の機関と共にまとめた。

厚生労働省の「室内汚染に係るガイドライン」に指針値が定められている物質についてみると、パラジクロロベンゼン(1,4-ジクロロベンゼン)が2住宅で指針値を超過した。トルエン、キシレン、エチルベンゼンは新築の1住宅で他の住宅より高い値であったが、それぞれ指針値の1/5以下、1/10以下、1/200以下と低い値であった。その他の物質も指針値の約1/100以下であった。

高い値を示した物質についてみると、エタノールが、築年数と関係なく、どの住宅でも  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以上であり、 $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を超える住宅もあった。新築の2住宅で $\alpha$ -ピネンが約  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  の高濃度を示し、3-カレン、リモネンも他の住宅に比べると高かった。このうち、築後2ヶ月の住宅では1-オクタノール、テキサノール、ジクロロメタン等も他に比べ、高い値を示した。

測定日に石油ストーブを使用した3住宅では、*n*-ノナン、*n*-デカン等、脂肪族炭化水素類がほかの住宅よりも高い値を示した。このうち1住宅では、ストーブの位置が採取場所と近く、2-メチルオクタノールが  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えるなど *n*-ヘプタン、*n*-オクタノール等も高い値を示した。

その他の物質では、カンフル、アセトンが高い値を示した住宅もあったが、測定した残りの物質は、 $10 \sim$  数  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  程度の濃度であった。

捕集剤の違う捕集管を直列に接続して採取したとき、各物質とも濃度が高くなる傾向を示した。特に新築の2住宅ではテルペン類の $\alpha$ -ピネンで約100倍、3-カレンで約10~20倍高い値を示した。

測定した物質濃度の総和としてTVOCを算出すると、6住宅で暫定目標値の  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を超過し、約  $1900 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を超える住宅もあった。

室外についてみると、トルエン、*n*-ヘキサンがそれぞれ  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えた住宅があったほかは低い濃度であった。

### D. 考察

今回の調査で、シックハウスの原因物質のひとつとされているトルエン、キシレン等の有機溶剤については、新築の住宅でやや高い傾向がみられたが、指針値を超えるところはなかった。その理由のひとつとして、これらの物質の放散が少ない建材、施工材を使用するなどの対策が進みつつあることが推察された。

新築の住宅で、 $\alpha$ -ピネン等のテルペン類等が高い値を示したのは、木材由来によることが考えられた。脂肪族炭化水素類は、石油ストーブの使用住宅で高い値を示した。また、防虫剤・樟脳の使用により、パラジクロロベンゼン、カンフルが高い値を示したと考えられた。これらのことは、室内空気中の揮発性有機化合物濃度は、暖房器具や防虫剤の使用など居住者の生活様式による影響が大きいことを示唆している。

室内空気中のTVOCを測定物質濃度の単純総和として捉えると、6住宅で暫定目標値 ( $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) を大きく超過した。これは、エタノール、パラジクロロベンゼン、 $\alpha$ -ピネン等の特定の物質濃度が高い値であったことが大きく影響した。特にど

の住宅でも高い値を示したエタノールについては、TVOC 評価時には問題になることが予想され、今後の検討課題と思われる。

室外でトルエンが高い値を示した住宅では、測定日に柵の工事中であったため高い値を示したと考えられた。

捕集剤の追加により、数種のテルペン類で濃度が大きく異なったことから、捕集剤の選定は、物質濃度の評価に大きく影響する。今後、捕集管の選定も含めて効率的なサンプリング方法の検討が必要である。

## E. 結論

一部の住宅で衣類の防虫剤由来と思われるパラジクロロベンゼンが指針値を超えたが、建材の接着剤や塗料等が原因とされる

## 2. パッシブ法による測定

### A. 研究目的

室内空気中科学物質を総合的に評価するため、総揮発性有機化合物 (TVOC) の測定方法の確立と我が国における実態調査を行うため、北九州市において家庭7住宅について、規定された手法によってパッシブ法によるサンプリングと測定を行った。

### B. 研究方法

#### (1) サンプリング方法

(方法は国立医薬品衛生研究所が入力)

##### 1) サンプリング場所

築2ヶ月～20年の家庭7住宅の室内と5ヶ所の室外(高さ1.2m)に設置した。

##### 2) 日時

平成14年10月～11月

1住宅で捕集管を24時間暴露した。

家屋の立地条件、建築様式等は、「暴露調査アンケート集計表」及び「室内調査集計表」に示す。

#### (2) 抽出方法

採取した捕集管から捕集剤を取り出し、

トルエン、キシレン等は全ての住宅で指針値を超えなかった。

新築住宅では木材由来と考えられる $\alpha$ -ピネン、3-カレン等のテルペン類濃度が高く、また、石油ストーブの使用により、 $n$ -ノナン、 $n$ -デカン、2-メチルオクタン等の脂肪族炭化水素類濃度が高くなることがわかった。

ほとんどの住宅で、TVOCは暫定目標値を超過し、エタノール、パラジクロロベンゼン等による影響が大きかった。

捕集剤の違いにより、濃度が大きく異なる物質もあったことから、捕集剤の選定も含めて効率的なサンプリング方法が、今後の検討課題である。

抽出ビンに移し入れ、2mlの二硫化炭素を加えて、泡が出なくなるまで時々まで混ぜた後、内部標準液(トルエン-d8)を加えて2時間放置し、これを試験液とした。

#### (3) 分析方法

##### 1) 測定対象

揮発性有機化合物122物質(物質名はアクティブ法と同様である)。

##### 2) 測定方法

調製した試験液について、厚生労働省法に従い、IおよびIIの項に示すように、GC/MSで測定を行った。(測定条件は、TVOC溶媒抽出記録紙の「測定」項目を参照)

(4) 今回のサンプリング及び測定方法における特徴及び課題

定量下限値を下げることにより( $0.4\mu\text{g}$ (24時間の捕集量) $\rightarrow 0.08\mu\text{g}$ (24時間の捕集量))、空気中での存在が明らかな化合物類をより正確に測定した。

今回、122物質の測定を予定していたが、感度不足、保持時間の重複等により13物

質の定量が困難となり、カラムの選択、昇温条件等の検討が今後の課題である。

### C. 研究結果

測定結果は表 2, 3 のようであった。

指針値のある物質ではパラジクロロベンゼンが 3 住宅で  $7\mu\text{g}$  以上の値を示し、 $20\mu\text{g}$  を超える高い値を示した住宅もあったが、トルエン、キシレン等はどの住宅でも  $3\mu\text{g}$  以下であった。

指針値のない物質で特に高い値を示したのは、エタノール、 $\alpha$ -ピネンであった。

エタノール、アセトン、どの住宅でも高い値を示した。アセトンは、最高で  $7.8\mu\text{g}$  であったが、エタノールはすべての住宅で  $10\mu\text{g}$  以上であり、 $70\mu\text{g}$  近くになる住宅もあった。

新築の 2 住宅では  $\alpha$ -ピネンが  $17\mu\text{g}$  以上と高い値を示した。築後 2 ヶ月の住宅では、2-プロパノール ( $2.0\mu\text{g}$ )、テキサノール ( $1.2\mu\text{g}$ )、アセトン ( $7.8\mu\text{g}$ )、ジクロロメタン ( $1.6\mu\text{g}$ ) が他に比べやや高い値を示した。

石油ストーブを使用した 3 住宅では、脂肪族炭化水素類の 2-メチルオクタン ( $0.47\sim 4.5\mu\text{g}$ )、 $n$ -ノナン ( $0.44\sim 2.3\mu\text{g}$ ) が他より高い値を示した。ストーブが測定場所に近かった住宅では、 $n$ -オクタン ( $3.1\mu\text{g}$ )、 $n$ -ヘプタン ( $2.3\mu\text{g}$ ) も高い値を示した。

パッシブ法での検出状況は、「1. 溶媒抽出法による測定結果」で 2 種類の捕集管を使用したときに似た傾向であったが、検出された物質は少なかった。

前年度は、操作ブランクで高濃度の妨害物質があったが、今回使用したものは、妨害となる物質は見られなかった。

### D. 考察

パッシブ法での検出状況は、2 種類の捕集剤を使用して採取したときの結果と似た傾向であった。しかし、検出された物質数

は少なく、今後の課題として、暴露時間を増やすことなども必要と考えられる。

一部の物質について、室内での捕集量とサンプリングレート（濃度変換係数）を使用して空気中の濃度を算出して比較すると、良い相関関係を示した。（「各物質における溶媒抽出法測定結果とパッシブ法算出値の相関」参照）

このことから、パッシブ法はさらに各物質のサンプリングレート調査することで、室内空気中の TVOC 測定に有効な手段となることを示唆している。パッシブ法は、ポンプなど機器を必要とせず、簡易であり、採取時の騒音がないことや設置場所の制約も少ないことなどから、測定法として有用な点も多い。今後は、吸着量、検出物質数を増やすために暴露時間を長くするなどして、調査を行い、データ蓄積が必要と考えられる。

### E. 結論

指針値のある物質ではパラジクロロベンゼンが 3 住宅で高い値を示したが、トルエン、キシレン等はどの住宅でも低い値であった。

エタノール、アセトンはどの住宅でも高く、新築住宅では  $\alpha$ -ピネンが高い値を示した。また、石油ストーブを使用した住宅では 2-メチルオクタン、 $n$ -ノナン等の脂肪族炭化水素類が高い値を示した。

パッシブ法はポンプ採取法の検出状況と良く似ており、また、算出濃度値で比較しても相関が良かった。今後の調査及びデータの蓄積が進めば、室内空気中の揮発性有機化合物の有用な手法になることが期待される。

表 1 暴露調査アンケート集計表

対象住宅	測定日	立地条件	国(県)道近接の有無	距離(m)	気密性の種類	築年数	住宅		
							建材	何階建	部屋数
A	2002/10/31	住宅地域	あり	20	通常住宅	5ヶ月	鉄筋集合住宅	9/14	4
B	2002/11/5	住宅地域	なし		気密住宅	1ヶ月	木造戸建て	2	6
C	2002/11/6	住宅地域	あり	50	通常住宅	10年	木造戸建て	2	7
D	2002/11/11	住宅地域	なし		通常住宅	5ヶ月	鉄筋戸建て	2	7
E	2002/11/15	住宅地域	なし		通常住宅	2ヶ月	木造戸建て	2	4
F	2002/11/16	住宅地域	なし		通常住宅	20年	木造戸建て	2	5
G	2002/11/17	住宅地域	なし		通常住宅	5年	鉄筋戸建て	2	5

表2 パッシブ法による測定結果一覧: 室内

No.	Compounds	平均値	中央値
1	Benzene	0.346	0.320
2	Toluene	1.180	1.236
3	Ethylbenzene	0.326	0.214
4	m-Xylene or m,p-Xylene	0.586	0.364
5	p-Xylene	#DIV/0!	#NUM!
6	o-Xylene	0.231	0.122
7	Isopropylbenzene	0.112	0.084
8	n-Propylbenzene	0.033	0.000
9	1,2,4-Trimethylbenzene	0.375	0.312
10	1,3,5-Trimethylbenzene	0.061	0.000
11	1,2,3-Trimethylbenzene	0.171	0.150
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.000	0.000
13	1-Methyl-3-propylbenzene	0.164	0.140
14	n-Butylbenzene	0.123	0.114
15	1,3-Diisopropylbenzene	0.000	0.000
16	1,4-Diisopropylbenzene	0.014	0.000
17	Ethynylbenzene	0.014	0.000
18	p-Methylstyrene	0.127	0.120
19	$\alpha$ -Methylstyrene	0.048	0.080
20	2-Ethyltoluene	0.073	0.000
21	Styrene	0.000	0.000
22	Naphthalene	0.062	0.000
23	4-Phenylcyclohexene	0.000	0.000
24	n-Hexane	0.290	0.284
25	2-Methylhexane	0.196	0.122
26	3-Methylhexane	0.224	0.116
27	n-Heptane	0.464	0.164
28	n-Octane	0.681	0.288
29	n-Nonane	0.559	0.198
30	2-Methyloctane	0.939	0.264
31	3-Methyloctane	0.435	0.138
32	2-Methylnonane	0.473	0.300
33	3,5-Dimethyloctane	0.090	0.086
34	n-Decane	0.463	0.474
35	n-Undecane	0.327	0.284
36	n-Dodecane	0.057	0.000
37	n-Tridecane	0.000	0.000
38	n-Tetradecane	0.000	0.000
39	n-Pentadecane	0.000	0.000
40	n-Hexadecane	0.127	0.177
41	2-Methylpentane	0.134	0.110
42	3-Methylpentane	0.122	0.107
43	1-Octene	0.098	0.096
44	1-Decene	0.056	0.000
45	2,4-Dimethylpentane	0.000	0.000
46	2,2,4-Trimethylpentane	0.000	0.000
47	Methylcyclopentane	0.069	0.000
48	Cyclohexane	0.162	0.149
49	1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)	0.134	0.000
50	cis-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	#DIV/0!	#NUM!
51	trans-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	0.111	0.102
52	Methylcyclohexane	0.306	0.108
53	3-Carene	0.578	0.134
54	$\alpha$ -Pinene	5.344	0.227
55	(+/-)-Camphene	0.175	0.128
56	$\beta$ -Pinene	0.213	0.139
57	Longifolene	0.145	0.134
58	$\alpha$ -Cedrene	0.141	0.140
59	Limonene	0.469	0.505
60	Camphor	0.336	0.188
61	Menthol	0.337	0.290

No.	Compounds	平均値	中央値
62	1-Propanol	#DIV/0!	#NUM!
63	2-Propanol	0.289	0.000
64	2-Methyl-2-propanol	#DIV/0!	#NUM!
65	2-Methyl-1-propanol	0.000	0.000
66	1-Butanol	0.000	0.000
67	1-Pentanol	0.037	0.000
68	1-Hexanol	0.059	0.000
69	Cyclohexanol	0.063	0.084
70	1-Octanol	0.157	0.000
71	2-Ethyl-1-hexanol	0.251	0.181
72	Phenol	0.091	0.114
73	Texanol	0.451	0.309
74	2,6-Di-t-butyl-4-methylphenol (BHT)	0.109	0.126
75	Methyl-t-butylether	0.000	0.000
76	Ethanol	35.453	34.450
77	Propylene glycol	0.033	0.000
78	Dimethoxymethane	0.000	0.000
79	Dimethoxyethane	0.000	0.000
80	2-Methoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
81	2-Ethoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
82	2-Butoxyethanol	0.000	0.000
83	1-Methoxy-2-propanol	#DIV/0!	#NUM!
84	2-Butoxyethoxyethanol	1.116	1.098
85	2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	#DIV/0!	#NUM!
86	Acetone	3.496	2.412
87	3-Methyl-2-butanone	0.000	0.000
88	Methylethylketone	0.348	0.321
89	Methylisobutylketone	0.066	0.000
90	Acetophenone	0.000	0.000
91	Dichloromethane	0.340	0.222
92	Carbon tetrachloride	0.086	0.086
93	1,2-Dichloroethane	0.000	0.000
94	Trichloroethylene	0.000	0.000
95	Tetrachloroethylene	0.064	0.084
96	1,1,1-Trichloroethane	0.025	0.000
97	1,4-Dichlorobenzene	7.504	3.798
98	1,2-Dichloropropane	0.000	0.000
99	Chlorodibromomethane	0.000	0.000
100	Chloroform	0.137	0.134
101	Methylacetate	0.175	0.000
102	Vinylacetate	0.484	0.448
103	Butylformate	0.000	0.000
104	Isobutylacetate	0.018	0.000
105	Ethylacetate	1.172	1.390
106	Propylacetate	0.018	0.000
107	Butylacetate	0.308	0.259
108	Isopropylacetate	0.000	0.000
109	2-Methoxyethylacetate	0.000	0.000
110	2-Ethoxyethylacetate	0.214	0.213
111	2-Ethylhexylacetate	0.148	0.108
112	Linaloolacetate	0.087	0.086
113	Methacrylic acid methyl ester	0.019	0.000
114	TXIB	0.000	0.000
115	Dimethyl phthalate	0.000	0.000
116	Dibutyl phthalate	0.064	0.088
117	1,4-Dioxane	0.000	0.000
118	Caprolactam	#DIV/0!	#NUM!
119	Indene	0.000	0.000
120	2-Pentylfuran	0.083	0.110
121	THF(Tetrahydrofuran)	0.000	0.000

表3 パッシブ法による測定結果一覧: 室外

No.	Compounds	平均値	中央値
1	Benzene	0.225	0.204
2	Toluene	0.461	0.358
3	Ethylbenzene	0.051	0.000
4	m-Xylene or m,p-Xylene	0.103	0.080
5	p-Xylene	#DIV/0!	#NUM!
6	o-Xylene	0.021	0.000
7	Isopropylbenzene	0.016	0.000
8	n-Propylbenzene	0.000	0.000
9	1,2,4-Trimethylbenzene	0.151	0.134
10	1,3,5-Trimethylbenzene	0.000	0.000
11	1,2,3-Trimethylbenzene	0.107	0.104
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.000	0.000
13	1-Methyl-3-propylbenzene	0.112	0.110
14	n-Butylbenzene	0.101	0.100
15	1,3-Diisopropylbenzene	0.000	0.000
16	1,4-Diisopropylbenzene	0.039	0.000
17	Ethynylbenzene	0.000	0.000
18	p-Methylstyrene	0.105	0.105
19	$\alpha$ -Methylstyrene	0.016	0.000
20	2-Ethyltoluene	0.000	0.000
21	Styrene	0.000	0.000
22	Naphthalene	0.000	0.000
23	4-Phenylcyclohexene	0.000	0.000
24	n-Hexane	0.058	0.000
25	2-Methylhexane	0.025	0.000
26	3-Methylhexane	0.025	0.000
27	n-Heptane	0.020	0.000
28	n-Octane	0.085	0.084
29	n-Nonane	0.000	0.000
30	2-Methyloctane	0.018	0.000
31	3-Methyloctane	0.067	0.080
32	2-Methylnonane	0.097	0.096
33	3,5-Dimethyloctane	0.192	0.142
34	n-Decane	0.111	0.101
35	n-Undecane	0.000	0.000
36	n-Dodecane	0.000	0.000
37	n-Tridecane	0.000	0.000
38	n-Tetradecane	0.000	0.000
39	n-Pentadecane	0.000	0.000
40	n-Hexadecane	0.177	0.176
41	2-Methylpentane	0.044	0.000
42	3-Methylpentane	0.033	0.000
43	1-Octane	0.071	0.088
44	1-Decene	0.000	0.000
45	2,4-Dimethylpentane	0.000	0.000
46	2,2,4-Trimethylpentane	0.000	0.000
47	Methylcyclopentane	0.020	0.000
48	Cyclohexane	0.000	0.000
49	1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)	0.000	0.000
50	cis-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	#DIV/0!	#NUM!
51	trans-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	0.018	0.000
52	Methylcyclohexane	0.088	0.085
53	3-Carene	0.095	0.118
54	$\alpha$ -Pinene	0.136	0.117
55	(+/-)-Camphene	0.082	0.101
56	$\beta$ -Pinene	0.104	0.103
57	Longifolene	0.052	0.000
58	$\alpha$ -Cedrene	0.082	0.136
59	Limonene	0.000	0.000
60	Camphor	0.133	0.132
61	Menthol	0.101	0.000

No.	Compounds	平均値	中央値
62	1-Propanol	#DIV/0!	#NUM!
63	2-Propanol	0.000	0.000
64	2-Methyl-2-propanol	#DIV/0!	#NUM!
65	2-Methyl-1-propanol	0.000	0.000
66	1-Butanol	0.000	0.000
67	1-Pentanol	0.035	0.000
68	1-Hexanol	0.000	0.000
69	Cyclohexanol	0.000	0.000
70	1-Octanol	0.000	0.000
71	2-Ethyl-1-hexanol	0.114	0.112
72	Phenol	0.091	0.112
73	Texanol	0.222	0.137
74	2,6-Di-t-butyl-4-methylphenol (BHT)	0.102	0.126
75	Methyl-t-butylether	0.000	0.000
76	Ethanol	0.000	0.000
77	Propylene glycol	0.054	0.000
78	Dimethoxymethane	0.000	0.000
79	Dimethoxyethane	0.000	0.000
80	2-Methoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
81	2-Ethoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
82	2-Butoxyethanol	0.000	0.000
83	1-Methoxy-2-propanol	#DIV/0!	#NUM!
84	2-Butoxyethoxyethanol	1.013	1.010
85	2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	#DIV/0!	#NUM!
86	Acetone	0.000	0.000
87	3-Methyl-2-butanone	0.000	0.000
88	Methylethylketone	0.000	0.000
89	Methylisobutylketone	0.000	0.000
90	Acetophenone	0.000	0.000
91	Dichloromethane	0.000	0.000
92	Carbon tetrachloride	0.091	0.090
93	1,2-Dichloroethane	0.000	0.000
94	Trichloroethylene	0.000	0.000
95	Tetrachloroethylene	0.035	0.000
96	1,1,1-Trichloroethane	0.000	0.000
97	1,4-Dichlorobenzene	0.000	0.000
98	1,2-Dichloropropane	0.000	0.000
99	Chlorodibromomethane	0.000	0.000
100	Chloroform	0.034	0.000
101	Methylacetate	0.000	0.000
102	Vinylacetate	0.282	0.413
103	Butylformate	0.000	0.000
104	Isobutylacetate	0.000	0.000
105	Ethylacetate	0.551	0.415
106	Propylacetate	0.054	0.085
107	Butylacetate	0.109	0.103
108	Isopropylacetate	0.000	0.000
109	2-Methoxyethylacetate	0.000	0.000
110	2-Ethoxyethylacetate	0.041	0.000
111	2-Ethylhexylacetate	0.000	0.000
112	Linaloolacetate	0.017	0.000
113	Methacrylic acid methyl ester	0.000	0.000
114	TXIB	0.000	0.000
115	Dimethyl phthalate	0.000	0.000
116	Dibutyl phthalate	0.707	0.000
117	1,4-Dioxane	0.000	0.000
118	Caprolactam	#DIV/0!	#NUM!
119	Indene	0.000	0.000
120	2-Pentylfuran	0.042	0.000
121	THF(Tetrahydrofuran)	0.000	0.000

厚生科学研究費補助金（生活科学安全総合研究事業）  
分担研究報告書

I-19 全国における室内空气中化学物質の実態に関する研究（熊本市）

分担研究者 菅本 康博 熊本市 環境総合研究所 環境調査班  
研究協力者 末吉 栄志、東瀬 謙二 熊本市 環境総合研究所 環境調査班

研究要旨 熊本県内の新築家屋3件、中古家屋3件について総揮発性有機化合物の測定を行った。測定対象物質121物質のうち、109物質について定量が可能であった。ORBO91L単独よりORBO91LとORBO101を2連結させた方が脂肪族炭化水素とテルペン類の濃度が高くなる傾向にあった。

1. 媒抽出法による測定

A. 研究目的

室内空气中化学物質を総合的に評価し、総揮発性有機化合物（TVOC）の測定方法の確立と我が国における実態調査を行うため、熊本市（2住宅においては、熊本市域外）において一般家庭6住宅について規定された手法によってサンプリングと溶媒抽出法により測定を行った。

B. 研究方法

(1) サンプリング方法

試料採取の家屋は表1のようであった。

(2) 抽出方法

抽出方法について表2に示す。

表2 抽出方法一覧表

捕集管	ORBO91L+ ORBO101	ORBO91L
抽出溶媒	二硫化炭素（作業環境測定用、和光純薬製）	二硫化炭素（作業環境測定用、和光純薬製）
溶媒量	2 ml	2 ml
抽出時間	120min	120min

(3) 分析方法

1) 測定対象

測定対象物質については以下のとおりとする。

スタンダードa TVOC70種類  
スタンダードb TVOC51種類

2) 測定方法

① サンプリング

サンプリング方法について表3に示す。

表3 サンプリング方法一覧表

捕集管	ORBO91L+ ORBO101	ORBO91L
サンプル採取装置	東洋工業製5ライン採取装置	東洋工業製5ライン採取装置
採取流量	100ml/l	100ml/l
採取時間	24時間	24時間

② GC/MSによる測定

測定機器 日本電子製 GC:MS-5890-A (C)

MS: AMII120

カラム HP-1 60m×0.25mm×1.0μm

GC/MS 注入量 1μl

スピリット比 1:10

昇温条件

40°C(10min)→3°C/min→140°C(0min)

→5°C/min→200°C(36min)→10°C/min

→300°C(0min)

注入口温度 250°C

検出器温度 250°C

キャリアーガス圧 20psi

内部標準物質 トルエン-d8 (100ng/μl)

内部標準物質注入量 抽出液 1ml に対し 100ng

(4) 今回のサンプリング及び測定方法における特徴及び課題

① サンプリングについて

真空ポンプが平成13年度で使用したのものよりも小型であったので、サンプリングについては被測定者からの苦情はなかった。

② 測定方法について

平成14年度では、分析カラムは無極性カラムのHP-1を使用した。平成13年度と比較して測定可能物質は増加したが、測定時間につ

いては長くなってしまった。短時間で数多くのピークが出てくる部分については、ピークの形状がよくない物質もあった。

### C. 研究結果

測定結果はⅡの項以降に他の機関と共にまとめた。

室内の芳香族炭化水素では家屋 B,E,F,でトルエンが高い濃度で検出された。

室内の脂肪族炭化水素では家屋 D でn-ノナンが高い濃度で検出された。

室内のテルペン類については家屋 F でα-ピネンが高い濃度で検出された。

室内の1,4-ジクロロベンゼンは家屋 B で高い濃度で検出された。

TVOC 値は2連結の方が1連結より高い濃度で検出された。

11種類の物質については定量が不能であった。表4に定量不能化合物名と定量不能理由を示す。

表4 定量不能物質一覧

NO.	化合物名	定量不能理由
62	1-Propanol	感度不足
64	2-Methyl-2-propanol	感度不足
76	Ethanol	感度不足
77	Propylene glycol	ピーク形状不良

## 2. パッシブ法による測定

### A. 研究目的

室内空气中化学物質を総合的に評価し、総揮発性有機化合物 (TVOC) の測定方法の確立と我が国における実態調査を行うため、熊本市 (2住宅においては、熊本市域外) において一般家庭6住宅について規定された手法によってパッシブ法によるサンプリングと測定を行った。

### B. 研究方法

#### B-1 VOC-SDによる測定。

捕集管として、スペルコ製 VOC-SD を使用し、一家屋につき室外と室内それぞれ一ヶ所づつ測定を行った。

#### (1) サンプリング方法

試料採取はアクティブ法と同様とした。

#### (2) 抽出方法

抽出方法について表5に示す。

78	Dimethoxymethane	101とピークが重なる
80	2-Methoxyethanol	感度不足
81	2-Ethoxyethanol	ピーク形状不良
86	Acetone	感度不足
91	Dichloromethane	感度不足
101	Methylacetate	78とピークが重なる
102	Vinylacetate	サンプルに不明ピークあり

### D. 考察

今回の測定では、サンプラーを2連結したものと1連結したものとを比較検討したが、TVOC 値は2連結したものが高い傾向にあった。テルペン類や脂肪族炭化水素は2連結の方が濃度の増加率が高かった。また、各家屋で特徴的に濃度が高い物質が存在した。石油ファンヒーターの使用時間が長い家屋 D では、芳香族炭化水素が高い傾向にあった。

ORBO101 は粒子が小さいため抽出した時、長時間粒子が漂っている場合が多かった。この粒子が GC/MS のイオン源を汚し、2連結のサンプルを測定している時に急激に MS の感度が落ちる場合もあった。また、2連結のサンプルを溶媒で抽出する場合、サンプラーが2本あるので操作も2倍になる。従って、操作誤差の可能性も大きくなるので、サンプラーが一本ですむようなものを開発するのが望ましい。

表5 抽出方法一覧表

捕集管	VOC-SD
抽出溶媒	二硫化炭素 (作業環境測定用、和光純薬製)
溶媒量	1ml
抽出時間	60min

### (3) 分析方法

#### 1) 測定対象

測定対象物質については溶媒抽出法と同じ。

スタンダード a TVOC70 種類

スタンダード b TVOC51 種類

#### 2) 測定方法

##### ① サンプリング

サンプリング方法について表6に示す。

表6 サンプリング方法一覧表



捕集管	VOC - SD
採取時間	24 時間

② GC/MS による測定

GC/MS 測定方法については溶媒抽出法と同じ。

(4) 今回のサンプリング及び測定方法における特徴及び課題

① サンプリングについて

サンプリングについては特に問題はなかった。

② 測定方法について

(ORBO91L + ORBO101) と ORBO91L での測定時と同様の問題点があった。

C. 研究結果

表 7 測定結果一覧表 (VOC - SD、室内)

表 8 測定結果一覧表 (VOC - SD、室外)

より、測定結果を示す。

室内の芳香族炭化水素では家屋 B,E,F でトルエンが高い濃度で検出された。

室内の脂肪族炭化水素では家屋 D で n-ノナンが高い濃度で検出された。

室内のテルペン類については家屋 F で  $\alpha$ -ピネンが高い濃度で検出された。

室内の 1,4-ジクロロベンゼンは家屋 B で高い濃度で検出された。

11 種類の物質については定量が不能であった。表 6 に定量不能化合物名と定量不能理由を示す。

D. 考察

アクティブ法で検出されている物質は、おおむね VOC-SD でも検出されていた。ただし、測定値が、絶対量であり、VOC-SD への吸着係数等がわからない物質が多く、アクティブ法との直接の比較ができない。このため、平行して測定する意味については疑問が残る。

表 1 暴露調査アンケート集計表

対象住宅	測定日	立地条件	道路の有無	距離(m)	機密性の種類	築年数(年)	戸建住宅			
							建材	何階建	部屋数	
A	A	2002/11/23	住宅地域	ある	300	通常の住宅	14	木造集合住宅	2/2	4
B	B	2002/11/30	住宅地域	ない		気密住宅	1ヶ月	鉄筋戸建て	2	8
C	C	2002/12/8	住宅地域	ある	50	通常の住宅	21	木造戸建て	2	5
D	D	2002/12/14	住宅地域	ある	250	通常の住宅	8	木造戸建て	2	5
E	E	2003/1/14	住宅地域	ある	100	通常の住宅	2ヶ月	鉄筋戸建て	3	9
F	F	2003/1/21	住宅地域	ある	200	通常の住宅	1ヶ月	木造戸建て	2	8

表7 測定結果一覧表(VOC-SD、室内)

No.	Compounds	平均値	中央値
1	Benzene	0.177	0.170
2	Toluene	7.372	6.625
3	Ethylbenzene	0.467	0.459
4	m-Xylene or m,p-Xylene	1.027	0.885
5	p-Xylene	0.000	0.000
6	o-Xylene	0.469	0.425
7	Isopropylbenzene	0.055	0.032
8	n-Propylbenzene	0.107	0.068
9	1,2,4-Trimethylbenzene	0.519	0.411
10	1,3,5-Trimethylbenzene	0.178	0.129
11	1,2,3-Trimethylbenzene	0.153	0.156
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.095	0.066
13	1-Methyl-3-propylbenzene	0.107	0.110
14	n-Butylbenzene	0.063	0.065
15	1,3-Diisopropylbenzene	0.000	0.000
16	1,4-Diisopropylbenzene	0.000	0.000
17	Ethynylbenzene	0.000	0.000
18	p-Methylstyrene	0.024	0.030
19	$\alpha$ -Methylstyrene	0.000	0.000
20	2-Ethyltoluene	0.182	0.120
21	Styrene	0.008	0.000
22	Naphthalene	0.557	0.092
23	4-Phenylcyclohexene	0.000	0.000
24	n-Hexane	0.438	0.394
25	2-Methylhexane	0.138	0.126
26	3-Methylhexane	0.134	0.083
27	n-Heptane	0.233	0.157
28	n-Octane	0.399	0.190
29	n-Nonane	0.966	0.507
30	2-Methyloctane	0.000	0.000
31	3-Methyloctane	0.250	0.103
32	2-Methylnonane	0.153	0.102
33	3,5-Dimethyloctane	0.086	0.049
34	n-Decane	0.623	0.459
35	n-Undecane	0.395	0.362
36	n-Dodecane	0.461	0.332
37	n-Tridecane	0.457	0.231
38	n-Tetradecane	0.076	0.014
39	n-Pentadecane	0.000	0.000
40	n-Hexadecane	0.000	0.000
41	2-Methylpentane	0.421	0.316
42	3-Methylpentane	0.233	0.178
43	1-Octene	0.000	0.000
44	1-Decene	0.000	0.000
45	2,4-Dimethylpentane	0.007	0.000
46	2,2,4-Trimethylpentane	0.000	0.000
47	Methylcyclopentane	0.132	0.174
48	Cyclohexane	0.119	0.115
49	1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)	0.068	0.039
50	cis-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	0.000	0.000
51	trans-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	0.000	0.000
52	Methylcyclohexane	0.574	0.218
53	3-Carene	0.039	0.015
54	$\alpha$ -Pinene	0.695	0.192
55	(+/-)-Camphene	0.000	0.000
56	$\beta$ -Pinene	0.027	0.021
57	Longifolene	0.048	0.023
58	$\alpha$ -Cedrene	0.000	0.000
59	Limonene	0.823	0.709
60	Camphor	0.026	0.021
61	Menthol	0.033	0.000

No.	Compounds	平均値	中央値
62	1-Propanol	0.000	0.000
63	2-Propanol	0.134	0.000
64	2-Methyl-2-propanol	0.000	0.000
65	2-Methyl-1-propanol	0.017	0.000
66	1-Butanol	0.171	0.064
67	1-Pentanol	0.000	0.000
68	1-Hexanol	0.000	0.000
69	Cyclohexanol	0.000	0.000
70	1-Octanol	0.000	0.000
71	2-Ethyl-1-hexanol	0.012	0.000
72	Phenol	0.000	0.000
73	Texanol	0.037	0.000
74	2,6-Di-t-butyl-4-methylphenol (BHT)	0.000	0.000
75	Methyl-t-butylether	0.000	0.000
76	Ethanol	0.000	0.000
77	Propylene glycol	0.000	0.000
78	Dimethoxymethane	0.000	0.000
79	Dimethoxyethane	0.000	0.000
80	2-Methoxyethanol	0.000	0.000
81	2-Ethoxyethanol	0.000	0.000
82	2-Butoxyethanol	0.023	0.000
83	1-Methoxy-2-propanol	0.034	0.000
84	2-Butoxyethoxyethanol	0.000	0.000
85	2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	0.000	0.000
86	Acetone	0.000	0.000
87	3-Methyl-2-butanone	0.000	0.000
88	Methylethylketone	0.398	0.253
89	Methylisobutylketone	1.091	0.035
90	Acetophenone	0.095	0.129
91	Dichloromethane	0.000	0.000
92	Carbon tetrachloride	0.025	0.021
93	1,2-Dichloroethane	0.000	0.000
94	Trichloroethylene	0.000	0.000
95	Tetrachloroethylene	0.000	0.000
96	1,1,1-Trichloroethane	0.000	0.000
97	1,4-Dichlorobenzene	2.772	0.079
98	1,2-Dichloropropane	0.000	0.000
99	Chlorodibromomethane	0.000	0.000
100	Chloroform	0.004	0.000
101	Methylacetate	0.000	0.000
102	Vinylacetate	0.000	0.000
103	Butylformate	0.000	0.000
104	Isobutylacetate	0.015	0.020
105	Ethylacetate	1.191	0.701
106	Propylacetate	0.000	0.000
107	Butylacetate	0.207	0.089
108	Isopropylacetate	0.000	0.000
109	2-Methoxyethylacetate	0.000	0.000
110	2-Ethoxyethylacetate	0.076	0.000
111	2-Ethylhexylacetate	0.000	0.000
112	Linaloolacetate	0.023	0.000
113	Methacrylic acid methyl ester	0.008	0.005
114	TXIB	0.698	0.000
115	Dimethyl phthalate	0.017	0.000
116	Dibutyl phthalate	0.000	0.000
117	1,4-Dioxane	0.000	0.000
118	Caprolactam	0.000	0.000
119	Indene	0.009	0.000
120	2-Pentylfuran	0.000	0.000
121	THF(Tetrahydrofuran)	0.000	0.000

表8 測定結果一覧表(VOC-SD、室外)

No.	Compounds	平均値	中央値
1	Benzene	0.106	0.113
2	Toluene	0.508	0.530
3	Ethylbenzene	0.098	0.089
4	m-Xylene or m,p-Xylene	0.124	0.130
5	p-Xylene	0.000	0.000
6	o-Xylene	0.053	0.060
7	Isopropylbenzene	0.008	0.007
8	n-Propylbenzene	0.010	0.007
9	1,2,4-Trimethylbenzene	0.114	0.110
10	1,3,5-Trimethylbenzene	0.047	0.049
11	1,2,3-Trimethylbenzene	0.027	0.023
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.002	0.000
13	1-Methyl-3-propylbenzene	0.006	0.000
14	n-Butylbenzene	0.004	0.000
15	1,3-Diisopropylbenzene	0.000	0.000
16	1,4-Diisopropylbenzene	0.000	0.000
17	Ethynylbenzene	0.000	0.000
18	p-Methylstyrene	0.000	0.000
19	$\alpha$ -Methylstyrene	0.000	0.000
20	2-Ethyltoluene	0.021	0.026
21	Styrene	0.000	0.000
22	Naphthalene	0.002	0.000
23	4-Phenylcyclohexene	0.000	0.000
24	n-Hexane	0.023	0.000
25	2-Methylhexane	0.044	0.041
26	3-Methylhexane	0.041	0.042
27	n-Heptane	0.019	0.000
28	n-Octane	0.000	0.000
29	n-Nonane	0.056	0.044
30	2-Methyloctane	0.000	0.000
31	3-Methyloctane	0.006	0.000
32	2-Methylnonane	0.027	0.025
33	3,5-Dimethyloctane	0.000	0.000
34	n-Decane	0.082	0.072
35	n-Undecane	0.062	0.035
36	n-Dodecane	0.040	0.021
37	n-Tridecane	0.023	0.000
38	n-Tetradecane	0.003	0.000
39	n-Pentadecane	0.000	0.000
40	n-Hexadecane	0.000	0.000
41	2-Methylpentane	0.041	0.000
42	3-Methylpentane	0.026	0.000
43	1-Octene	0.000	0.000
44	1-Decene	0.000	0.000
45	2,4-Dimethylpentane	0.000	0.000
46	2,2,4-Trimethylpentane	0.000	0.000
47	Methylcyclopentane	0.043	0.024
48	Cyclohexane	0.008	0.000
49	1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)	0.000	0.000
50	cis-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	0.000	0.000
51	trans-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	0.000	0.000
52	Methylcyclohexane	0.026	0.009
53	3-Carene	0.000	0.000
54	$\alpha$ -Pinene	0.027	0.026
55	(+/-)-Camphene	0.000	0.000
56	$\beta$ -Pinene	0.000	0.000
57	Longifolene	0.000	0.000
58	$\alpha$ -Cedrene	0.000	0.000
59	Limonene	0.000	0.000
60	Camphor	0.000	0.000
61	Menthol	0.000	0.000

No.	Compounds	平均値	中央値
62	1-Propanol	0.000	0.000
63	2-Propanol	0.010	0.000
64	2-Methyl-2-propanol	0.000	0.000
65	2-Methyl-1-propanol	0.000	0.000
66	1-Butanol	0.000	0.000
67	1-Pentanol	0.000	0.000
68	1-Hexanol	0.000	0.000
69	Cyclohexanol	0.000	0.000
70	1-Octanol	0.000	0.000
71	2-Ethyl-1-hexanol	0.000	0.000
72	Phenol	0.000	0.000
73	Texanol	0.000	0.000
74	2,6-Di-t-butyl-4-methylphenol (BHT)	0.000	0.000
75	Methyl-t-butylether	0.000	0.000
76	Ethanol	0.000	0.000
77	Propylene glycol	0.000	0.000
78	Dimethoxymethane	0.000	0.000
79	Dimethoxyethane	0.000	0.000
80	2-Methoxyethanol	0.000	0.000
81	2-Ethoxyethanol	0.000	0.000
82	2-Butoxyethanol	0.000	0.000
83	1-Methoxy-2-propanol	0.000	0.000
84	2-Butoxyethoxyethanol	0.000	0.000
85	2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	0.000	0.000
86	Acetone	0.000	0.000
87	3-Methyl-2-butanone	0.000	0.000
88	Methylethylketone	0.020	0.000
89	Methylisobutylketone	0.005	0.000
90	Acetophenone	0.000	0.000
91	Dichloromethane	0.000	0.000
92	Carbon tetrachloride	0.024	0.023
93	1,2-Dichloroethane	0.000	0.000
94	Trichloroethylene	0.000	0.000
95	Tetrachloroethylene	0.000	0.000
96	1,1,1-Trichloroethane	0.000	0.000
97	1,4-Dichlorobenzene	0.031	0.008
98	1,2-Dichloropropane	0.000	0.000
99	Chlorodibromomethane	0.000	0.000
100	Chloroform	0.002	0.000
101	Methylacetate	0.000	0.000
102	Vinylacetate	0.000	0.000
103	Butyformate	0.000	0.000
104	Isobutylacetate	0.000	0.000
105	Ethylacetate	1.120	0.359
106	Propylacetate	0.000	0.000
107	Butylacetate	0.018	0.003
108	Isopropylacetate	0.000	0.000
109	2-Methoxyethylacetate	0.000	0.000
110	2-Ethoxyethylacetate	0.000	0.000
111	2-Ethylhexylacetate	0.000	0.000
112	Linaloolacetate	0.000	0.000
113	Methacrylic acid methyl ester	0.000	0.000
114	TXIB	0.000	0.000
115	Dimethyl phthalate	0.000	0.000
116	Dibutyl phthalate	0.000	0.000
117	1,4-Dioxane	0.000	0.000
118	Caprolactam	0.000	0.000
119	Indene	0.000	0.000
120	2-Pentylfuran	0.000	0.000
121	THF(Tetrahydrofuran)	0.000	0.000

厚生科学研究費補助金（生活安全総合研究事業）  
分担研究報告書

Ⅱ 溶媒抽出法におけるORBO91L単独捕集管とORBO91L+ORBO101  
連結捕集管の違いによる室内空气中化学物質に関する研究

主任研究者：安藤 正典 国立医薬品食品衛生研究所  
分担研究者：三浦 通利 岩手県環境保健研究センター  
片平 大造 福島県衛生研究所  
酒井 洋 新潟県保健環境科学研究所  
山口 貴史 群馬県衛生環境研究所  
小川 政彦 埼玉県衛生研究所  
北爪 稔 横浜市衛生研究所  
小林 浩 山梨県衛生公害研究所  
近藤 文雄 愛知県衛生研究所  
小林 博美 滋賀県立衛生環境センター  
古市 祐子 大阪市立環境化学研究所  
八木 正博 神戸市環境保健研究所  
谷口 秀子 姫路市環境衛生研究所  
立野 幸治 山口県環境保健研究センター  
津野 正彦 高知県衛生研究所  
力 寿雄 福岡県保健環境研究所  
山崎 誠 福岡市保健環境研究所  
大和 康博 北九州市環境科学研究所  
菅本 康博 熊本市環境総合研究所  
委託研究者：皆川 直人 グリーンプルー株式会社  
長宗 寧 グリーンプルー株式会社  
牧原 大 グリーンプルー株式会社

研究要旨 溶媒抽出法におけるORBO91L単独捕集管とORBO91L+ORBO101連結捕集管の違いによる室内空气中化学物質に関する研究を行った。ORBO91L単独捕集管とORBO91L+ORBO101連結捕集管の両捕集法における各化学物質の測定値の違いについてt検定を行った結果、1%の有意水準では9化学物質のみ、10%の有意水準では24化学物質のみしか、測定値に差がないことが認められた。

ORBO91L 単独捕集管と ORBO91L+ORBO101 連結捕集管の違いによる各化学物質値の関係を対数変換値を用いて、測定値の分散性について確認するためF検定を行ったところ、約 70 化学物質で有意な分散性が確認された。また、散布図を作成したところ、ORBO91L 単独捕集管と ORBO91L+ORBO101 連結捕集管におけるそれぞれの化学物質の回帰直線は、 $Y = X$ に近い回帰直線が得られた。

F 検定で有意性がみられなかった化学物質は、テルペン類やアルコール類と室内にはほ