

室内空気中の揮発性化合物実態調査-2002-（その 2：GC/MS 法）

重岡昌代¹・臼井暁子¹・山崎誠¹

VOCs concentration of newly built houses in Fukuoka-2002- (Part 2:GC/MS method)

Masayo SHIGEOKA, Akiko USUI
and Makoto YAMASAKI

Summary

VOCs(Volatile Organic Compounds) were measured, in order to grasp the concentration of chemical substances in actual houses and to establish the method of evaluation. The indoor air of eleven houses was collected to two kinds of adsorbent tubes for 24 hours by the pumping method. The difference of collection ability between a single (ORBO91L) tube and a serial connected (ORBO101+ORBO91L) tubes was compared. As the result, serial connected tubes could catch Styrene, alpha-Pinene and 1,4-Dichlorobenzene more than single tube. One hundred eight kinds of VOCs substances were measured in simultaneous analysis by the solvent extraction-GC/MS method. At one house, the 1,4-Dichlorobenzene was detected by 2.4 times of the criteria of Ministry of Health, Labour and Welfare JAPAN. Continuous mechanical ventilation system could reduce the indoor air VOCs, even in the airtight houses.

Key Words : 室内空気 Indoor Air, 揮発性有機化合物 Volatile Organic Compound,
総揮発性有機化合物 Total Volatile Organic Compound,
暫定指針値 Provisional Guideline

I はじめに

「室内空気中の揮発性化合物実態調査-2002-（その 1：HPLC 法）」でアルデヒド、ケトン類の調査結果を報告したが、本報ではその他の揮発性有機化合物（以下 VOC という）及びアルデヒド、ケトン類を含む総揮発性有機化合物（以下 TVOC という）について述べる。本研究は、室内における VOC の暴露状況の実態調査と捕集管による採取量の違いを把握するために、国立医薬品食品衛生研究所他全国自治体の衛生環境研究機関と共同で行った。さらに、筆者らは本市で得られた調査結果を基に解析を行い、各住宅の特徴と VOC の関係及び、捕集管の特性について若干の知見を得たので報告する。

II 調査方法

調査対象住宅及び調査期間は、その 1 に示すとおりである。また調査した住宅の属性、部屋の属性及び各住宅の調査時の状況をそれぞれその 1 中の Table1 ～ 3 に示す。

1. 測定対象物質

国立医薬品食品衛生研究所から提供された VOC 標準品 121 物質中（異性体含む）、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,

1. 福岡市保健環境研究所 環境科学部門

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. 試料採取方法

平成 14 年度厚生科学研究資料¹⁾に基づく方法。試料採取はシグマアルドリッチジャパン(株)製 ORBO91L (活性炭) 捕集管単独使用と, シグマアルドリッチジャパン(株)製 ORBO101 (グラファイトカーボン), ORBO91L の捕集管を 2 連に接続したものの 2 系列で行った。試料採取流量はいずれも 100mL/min とし, 24 時間ポンプで吸引した。同時に自記温湿度計で温度, 湿度を記録し, 捕集中の平均温湿度を求めた。

3. 分析条件

試料作成	ORBO91L 単独捕集試料, ORBO101 + ORBO91L 2 連捕集試料のいずれも捕集剤を容量 5mL のねじ口バイアル瓶 1 本に移し入れ, 二硫化炭素 2mL 及び内部標準液(Toluene-d8 100ng/μL) を 2 μL 加えて 120 分間抽出した。
GC/MS	HP6890/HP5973
カラム	J&W DBWAX 0.32mm × 60m × 0.5 μm
GC/MS 注入量	1.0 μL
スプリット比	1:15
昇温条件	30 °C (7min) → 3 °C/min → 140 °C → 5 °C/min → 200 °C (52.5min)
注入口温度	250 °C
検出器温度	250 °C
検出法	SIM 検出法

III 結果及び考察

1. 捕集管の違いによる捕集効率について

ORBO101 と ORBO91L については, 小柴ら²⁾ が ORBO91L では Styrene の抽出効率が低いことを報告している。今回の調査は ORBO91L 単独捕集と ORBO101+ORBO91L の 2 連捕集で行ったが, Table1 に示すとおり, やはり単独捕集では Styrene の捕集量が少ないがわかった。また, Terpenes の alpha-Pinene において, 単独捕集は濃度が高いと 2 連捕集の 4 ~ 7%の捕集

Table1. Comparison of Styrene by single and serial connected tube collection

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Single	<1.39	<1.39	<1.39	2.81	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39
Double	2.02	<1.39	<1.39	5.91	1.41	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39

量で, 濃度が低いと 50%~ 70%の捕集量であることから単独捕集の保持能力が小さいことが疑われる (Fig1)。さらに, Halocarbons の 1,4-Dichlorobenzene は濃度にかかわらず 45%~ 75%の捕集効率であることから単独捕集の捕集効率が低いと推察される (Fig2)。それ以外の物質については, 単独捕集と 2 連捕集において大差はなかった。

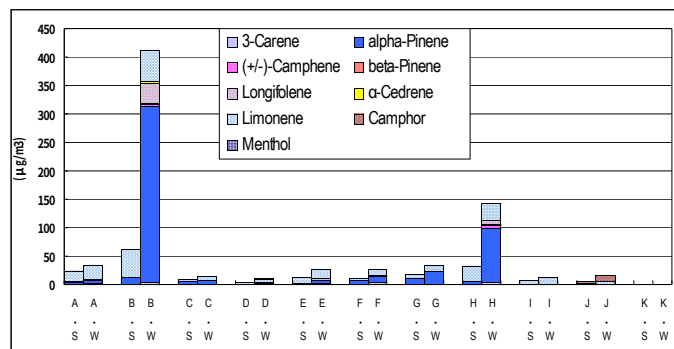


Fig1. Comparison of Terpenes by single tube and serial connected tube collection S···Single W···Serial

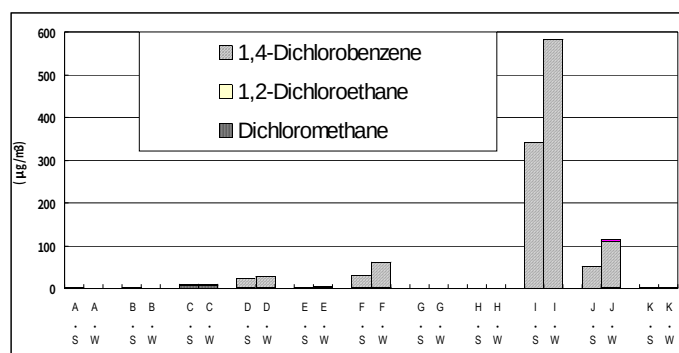


Fig2. Comparison of Halocarbons by single tube and serial connected tube collection S···Single W···Serial

また, 室内において今回測定対象物質である 108 物質中, 定量下限値以上の濃度で検出されたものは, 単独捕集で 54 物質, 2 連捕集で 64 物質であった。

以上のことから, 室内空気中の VOC を測定するには 2 連捕集の方が適していると考えられる。従って, これ以降は 2 連捕集のデータを用いて考察する。

2. VOCの調査結果について

室内の 2 連捕集における気中濃度を Table2 及び Fig3 に示す。今回測定した 108 物質中, 厚生労働省が指針値を定めているものは Toluene, Ethylbenzene, Xylene, Styrene, n-Tetradecane, 1,4-Dichlorobenzene であるが, そのうち 1,4-Dichlorobenzene が I 住宅において指針値である 240 μg/m³を超える 582 μg/m³検出された。これは衣類用防虫剤の使用によるものと思われる。

暖房熱源として灯油を利用していたのは B, F, J 住宅であった。B, J 住宅は, Aromatic hydrocarbons,

Table2. Concentration of indoor air

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

No.	Sample Constituents	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	定量 下限値	厚生 労働省 設計値
1	Benzene	1.44	8.84	0.71	2.25	2.11	4.57	2.54	2.65	1.39	4.53	0.57	0.56	
2	Toluene	19.6	14.6	18.2	25.1	16.2	30.1	32.6	21.3	6.65	29.9	9.54	0.56	200
3	Ethylbenzene	2.31	2.37	2.86	7.69	4.78	3.74	3.95	5.02	<1.39	6.78	<1.39	1.39	3800
4	m-Xylene	1.88	8.44	3.86	6.16	3.88	4.57	3.25	4.46	<1.39	10.8	<1.39	1.39	
5	p-Xylene	<1.39	1.67	<1.39	2.25	3.88	1.66	<1.39	1.53	<1.39	3.97	<1.39	1.39	
6	o-Xylene	<1.39	1.76	2.28	3.38	1.97	2.26	1.41	2.65	<1.39	6.38	<1.39	1.39	
7	Isopropylbenzene	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
8	n-Propylbenzene	<1.39	3.90	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	2.47	<1.39	1.39	
9	1,2,4-Trimethylbenzene	2.37	11.5	4.86	3.66	3.52	4.57	2.88	4.46	<1.39	12.6	<1.39	1.39	
10	1,3,5-Trimethylbenzene	<1.39	10.5	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	4.39	<1.39	1.39	
11	1,2,3-Trimethylbenzene	<1.39	9.90	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	4.25	<1.39	1.39	
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
13	1-Methyl-2-propylbenzene	<1.39	4.18	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.42	<1.39	1.39	
14	n-Butylbenzene	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
15	1,2-Diisopropylbenzene	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
16	1,4-Diisopropylbenzene	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
17	Ethyltoluene	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
18	p-Methyltoluene	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
19	m-Methyltoluene	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
20	o-Ethyltoluene	<1.39	9.20	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	4.88	<1.39	1.39	
21	Styrene	2.02	<1.39	<1.39	5.91	1.41	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	220
22	Naphthalene	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
23	1-Phenylpropanone	<1.39	1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
	Aromatichydrocarbons Total	29.5	119	32.9	56.9	37.4	54.6	46.5	42.1	8.03	93.9	10.1		
24	n-Hexane	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		
25	2-Methylhexane	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		
26	3-Methylhexane	<1.39	1.53	1.71	1.97	1.88	5.13	1.88	1.95	<1.39	4.88	<1.39	1.39	
27	n-Heptane	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
28	n-Octane	<1.39	5.71	3.13	1.83	<1.39	9.98	<1.39	<1.39	<1.39	11.5	<1.39	1.39	
29	n-Nonane	2.02	33.0	9.26	5.63	<1.39	4.16	<1.39	2.93	<1.39	38.5	<1.39	1.39	
30	2-Methyloctane	<1.39	5.57	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	6.88	<1.39	1.39	
31	3-Methyloctane	<1.39	6.95	1.42	<1.39	<1.39	1.66	<1.39	<1.39	<1.39	8.44	<1.39	1.39	
32	2-Methylheptane	<1.39	21.0	1.62	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	13.5	<1.39	1.39	
33	3,5-Dimethyloctane	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
34	n-Decane	11.3	61.5	6.83	5.07	1.55	3.74	1.84	5.02	<1.39	35.7	<1.39	1.39	
35	n-Undecane	2.17	39.2	4.69	2.53	1.41	2.49	<1.39	4.18	<1.39	16.4	<1.39	1.39	
36	n-Dodecane	<1.39	11.8	12.66	2.39	1.41	4.44	1.55	2.37	<1.39	6.88	<1.39	1.39	
37	n-Tridecane	2.17	4.58	24.5	1.83	<1.39	5.93	<1.39	2.05	<1.39	3.48	<1.39	1.39	
38	n-Tetradecane	1.58	3.79	5.65	2.86	<1.39	1.52	3.95	1.81	<1.39	2.13	<1.39	1.39	330
39	n-Pentadecane	<1.39	B	<1.39	B	<1.39	B	<1.39	B	<1.39	B	<1.39	B	1.39
40	n-Hexadecane	<1.39	1.81	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
41	2-Methylpentane	<1.39	<1.39	2.28	2.38	2.83	5.27	2.28	4.04	<1.39	5.83	<1.39	1.39	
42	3-Methylpentane	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		
43	1-Octane	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
44	1-Decane	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
45	2,4-Dimethylpentane	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		
46	2,2,4-Trimethylpentane	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
	Aliphatichydrocarbons Total	19.1	195	73.5	26.6	8.58	45.3	13.3	24.4	0.00	154	0.00		
47	Methylcyclopentane	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		
48	Cyclohexane	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
49	1,4-Dimethylcyclohexane (GHT)	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	E	<1.39	<1.39	<1.39	E	<1.39	1.39	
50	cis-1-Methyl-4-methylcyclohexane	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
51	trans-1-Methyl-4-methylcyclohexane	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
52	Methylcyclohexane	<1.39	2.23	<1.39	<1.39	<1.39	2.81	<1.39	<1.39	<1.39	8.78	<1.39	1.39	
	Cycloalkanes Total	0.00	2.23	0.00	0.00	0.00	2.81	0.00	0.00	0.00	8.78	0.00		
53	3-Carboxy	2.82	3.07	<1.39	<1.39	1.55	3.19	<1.39	3.34	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
54	Alpha-Pinene	4.81	311	7.11	1.83	5.83	11.9	24.2	93.9	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
55	(+/-)-Camphene	<1.39	2.23	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	6.45	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
56	Beta-Pinene	1.59	2.79	<1.39	<1.39	<1.39	2.06	<1.39	1.67	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
57	Longiphene	1.58	35.4	<1.39	1.69	3.88	<1.39	<1.39	6.69	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
58	alpha-Cedrene	<1.39	2.45	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
59	Elemene	24.3	99.3	6.83	6.19	16.2	8.04	8.76	39.0	12.3	5.83	<1.39	1.39	
60	Camphor	<1.39	<1.39	<1.39	1.55	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	12.01	<1.39	1.39	
61	Menthol	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
	Terpenes Total	34.2	412	13.9	11.3	26.4	26.2	32.9	142	12.3	17.6	0.00		
62	1-Propanol	5.85	7.25	<2.78	<2.78	<2.78	<2.78	8.78	<2.78	<2.78	4.31	<2.78	2.78	
63	2-Propanol		GHT6	GHT6	GHT6	GHT6	GHT6	GHT6	GHT6	GHT6	GHT6	GHT6	0.00	
64	2-Methyl-2-propanol	<6.95	<6.95	<6.95	<6.95	<6.95	<6.95	<6.95	<6.95	<6.95	<6.95	<6.95	6.95	
65	2-Methyl-1-propanol	2.89	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	2.49	<1.39	1.39	
66	1-Butanol	<1.39	2.79	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
67	1-Pentanol	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
68	1-Hexanol	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
69	Cyclohexanol	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
70	1-Octanol	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
71	2-Ethyl-1-hexanol	11.3	<1.39	2.13	7.04	1.83	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
72	Phenol	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	0.56	
73	Terpinol	1.59	<1.39	1.70	1.82	3.79	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
74	2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT)	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
75	Methyl-tert-butylphenol	<2.78	<2.78	<2.78	<2.78	<2.78	<2.78	<2.78	<2.78	<2.78	<2.78	<2.78	2.78	
76	Bithenol	GHT3	GHT3	GHT3	GHT3	GHT3	GHT3	GHT3	GHT3	GHT3	GHT3	GHT3	0.00	
	Alcohols Total	28.6	10.0	3.83	8.86	5.62	0.00	8.76	0.00	2.49	4.11	0.00		

Table2. continued

No.	Sample Name Compound	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	測定 下限値	厚生 労働省 指針値
77	Propylene glycol	2.37	1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.10	<1.39	1.39	
78	Dimethylmethane	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0.00	
79	Dimethylmethane	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
80	2-Methoxyethanol	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
81	2-Ethoxyethanol	<1.39	1.67	<1.39	<1.39	<1.39	0.32	<1.39	<1.39	<1.39	1.42	6.96	1.39	
82	2-Butoxyethanol	4.77	1.95	<1.39	1.66	<1.39	2.22	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	6.66	1.39	
83	1-Methoxy-2-propanol	<1.39	1.81	3.41	1.41	<1.39	1.80	1.38	<1.39	<1.39	4.25	<1.39	1.39	
84	2-Butoxyethoxyethanol	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
85	2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	12.27	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
	Glycerol/Glycerethers Total	19.2	6.83	3.41	2.96	0.60	12.3	1.98	0.00	0.00	7.37	12.5		
86	Acetone	10.9	20.4	14.7	12.6	10.7	19.4	10.9	24.0	5.96	10.3	6.13	1.39	
87	3-Methyl-2-butanone	<1.39	4.46	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	4.25	<1.39	1.39	
88	Methylcyclohexane	3.63	0.08	<1.39	<1.39	1.48	1.52	<1.39	1.39	<1.39	1.84	<1.39	1.39	
89	Methylcyclohexene	0.23	1.67	2.42	5.49	3.88	1.80	<1.39	<1.39	<1.39	1.86	<1.39	1.39	
90	Acetophenone	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
	Ketones Total	30.8	43.6	17.1	18.1	23.2	22.7	10.9	25.4	5.96	18.0	5.13		
91	Dichloromethane	<1.39	<1.39	7.68	<1.39	2.25	2.63	<1.39	<1.39	<1.39	1.42	2.66	1.39	
92	Carbon tetrachloride	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
93	1,2-Dichloroethane	<1.39	<1.39	1.56	1.41	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
94	Trichloroethylene	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
95	Tetrachloroethylene	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
96	1,1,1-Trichloroethane	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
97	1,4-Dichlorobenzene	<1.39	<1.39	<1.39	25.8	3.66	58.2	<1.39	<1.39	5.82	111	<1.39	1.39	240
98	1,2-Dichloropropane	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
99	Chlorodifluoromethane	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
100	Chloroform	<0.56	0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	0.56	<0.56	0.56	
	Halocarbons Total	0.00	0.56	8.25	27.2	5.91	60.8	0.00	0.00	5.82	113	2.56		
101	Methylacetate	8.66	6.44	6.83	6.36	6.34	7.36	<1.39	6.02	3.74	<1.39	3.42	1.39	
102	Propylacetate	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	0.00	
103	Ethylacetate	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
104	Isobutylacetate	2.31	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.66	<1.39	<1.39	2.81	3.46	<1.39	1.39	
105	Hydroacetate	13.14	3.21	3.70	18.72	7.7	16.35	9.3	3.20	<1.39	19.7	3.42	1.39	
106	Propylacetate	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.52	3.12	<1.39	1.39	
107	Butylacetate	4.62	<1.39	4.69	4.50	6.14	2.36	2.26	<1.39	4.43	4.25	2.00	1.39	
108	Isopropylacetate	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0.00	
109	2-Methoxyethylacetate	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
110	2-Ethoxyethylacetate	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
111	2-Propoxyethylacetate	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
112	Isobutylacetate	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
113	Methoxyethyl methyl ester	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.41	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
114	TXB	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	0.56	
	Esters Total	28.7	8.64	14.2	28.6	23.6	27.7	11.6	8.22	12.6	30.3	9.83		
115	Dimethyl phthalate	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	0.56	
116	Dibutylphthalate	<1.39	1.53	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
	Phthalates Total	0.00	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
117	1,4-Dioxane	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
118	Caprolactam	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	<0.56	0.56	
119	Triolein	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
120	2-Fenylhexan	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
121	THP(Tetrahydrofuran)	<1.39	1.67	<1.39	1.63	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	<1.39	1.39	
	Other Total	0.00	1.67	0.00	1.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	TVOC	213	895	189	281	156	274	137	267	638	465	45.3		400

空白は測定不可

(A)：感度不足 (B)：他の測定物質と分離不能 (C)：二酸化炭素の妨害 (D)：検量線に直線性なし
E)：検量線に直線性あり F)：検量線に直線性あり (G)：検量線に直線性あり (H)：検量線に直線性あり (I)：検量線に直線性あり (J)：検量線に直線性あり (K)：検量線に直線性あり

Aliphatichydrocarbons が他住宅と比較して高濃度であり、Cycloalkanes においては B, F, J 住宅以外は検出されていない。この 3 住宅において、暖房器具使用時間は B>F>J であったが、Aromatichydrocarbons, Aliphatichydrocarbons 及び Cycloalkanes の濃度は B (316 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)>J (257 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)>F (103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)であった。F 住宅には機械換気設備があったため B, J 住宅より Aromatichydrocarbons, Aliphatichydrocarbons が低くなっていたと推察された。

3. TVOCの調査結果について

TVOC の結果を Table3, Fig.4 に示す。TVOC は、厚

生労働省が暫定指針値³⁾として 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を定めている。今回暫定指針値を超えたのは B, I, J 住宅であった。

B 住宅は暖房熱源が石油ファンヒーターであったため、Aromatichydrocarbons 及び Aliphatichydrocarbons が高くなっているものと思われる。また、Terpenes が 412 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高かったのは、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。そのため TVOC が 896 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と暫定指針値を超える結果となった。

I 住宅は、1,4-Dichlorobenzene が高かったため暫定指針値を超えている。

J 住宅は、石油ファンヒーター由来と考えられる Aromatichydrocarbons 及び Aliphatichydrocarbons が高く、

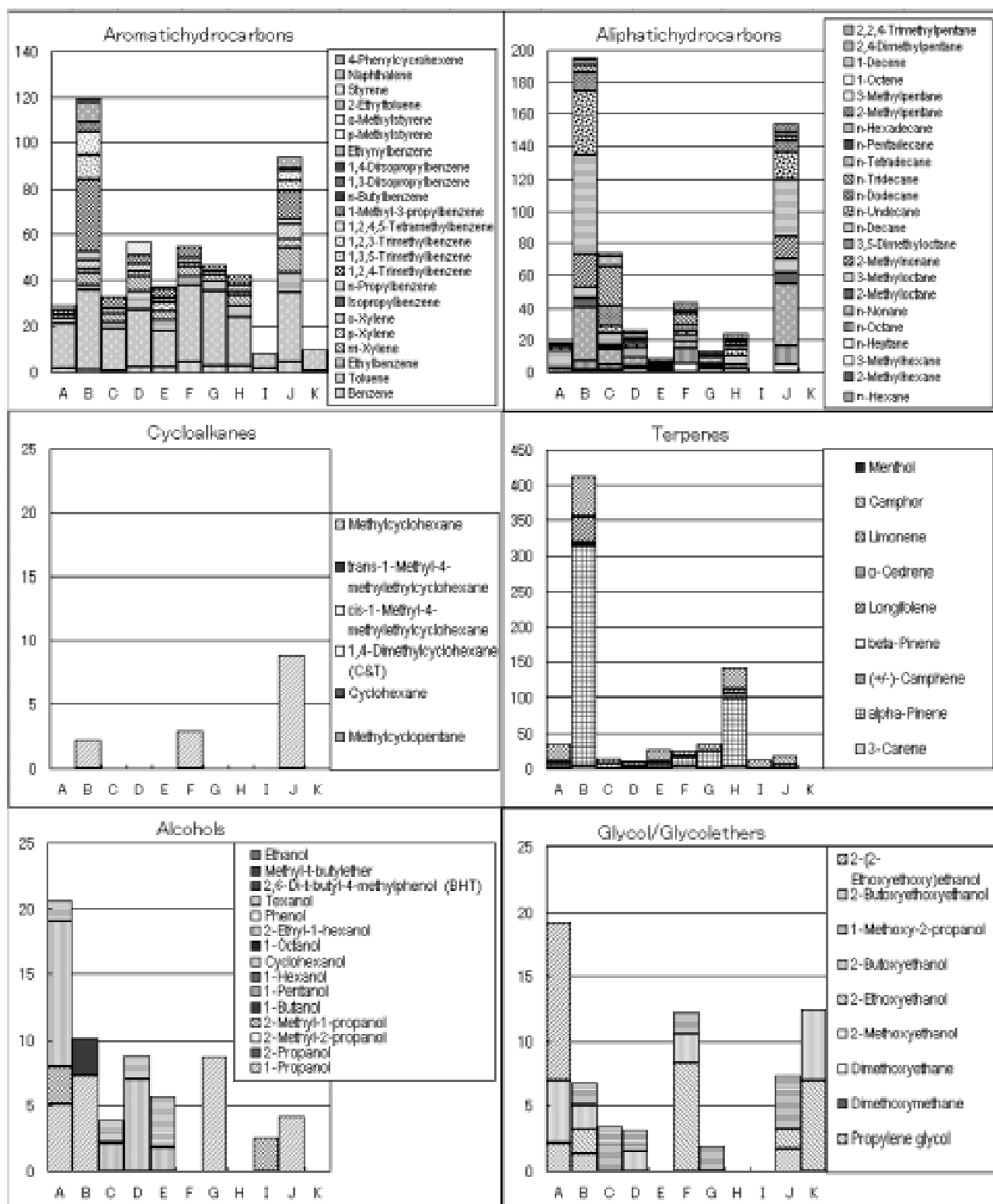


Fig3. Composition of VOC chemical group

また、単独では指針値を超えていないが 1,4-Dichlorobenzene が $111 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と比較的高濃度存在した。J 住宅は、暖房器具使用時間が 300 分、窓開放時間が 270 分と両者とも比較的に長かったが、暖房器具使用時間は夜間で、窓開放時間は昼と時間帯が異なっており、室内空気中の化学物質濃度を低減するような効率の良い換気ではなかった。

今回の調査で機械換気設備をつけているのは A, F 住宅であった。特に A 住宅は築後 0.5 ヶ月であったが、高濃度検出されるような物質もなく、高気密住宅であっても機械換気設備を使用することによって、室内空気中の化学物質は充分低減可能であることが判明した。

H 住宅は、1 年前の調査で TVOC が $531 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった⁴⁾。理由として以下のことが考えられた。構造上柱

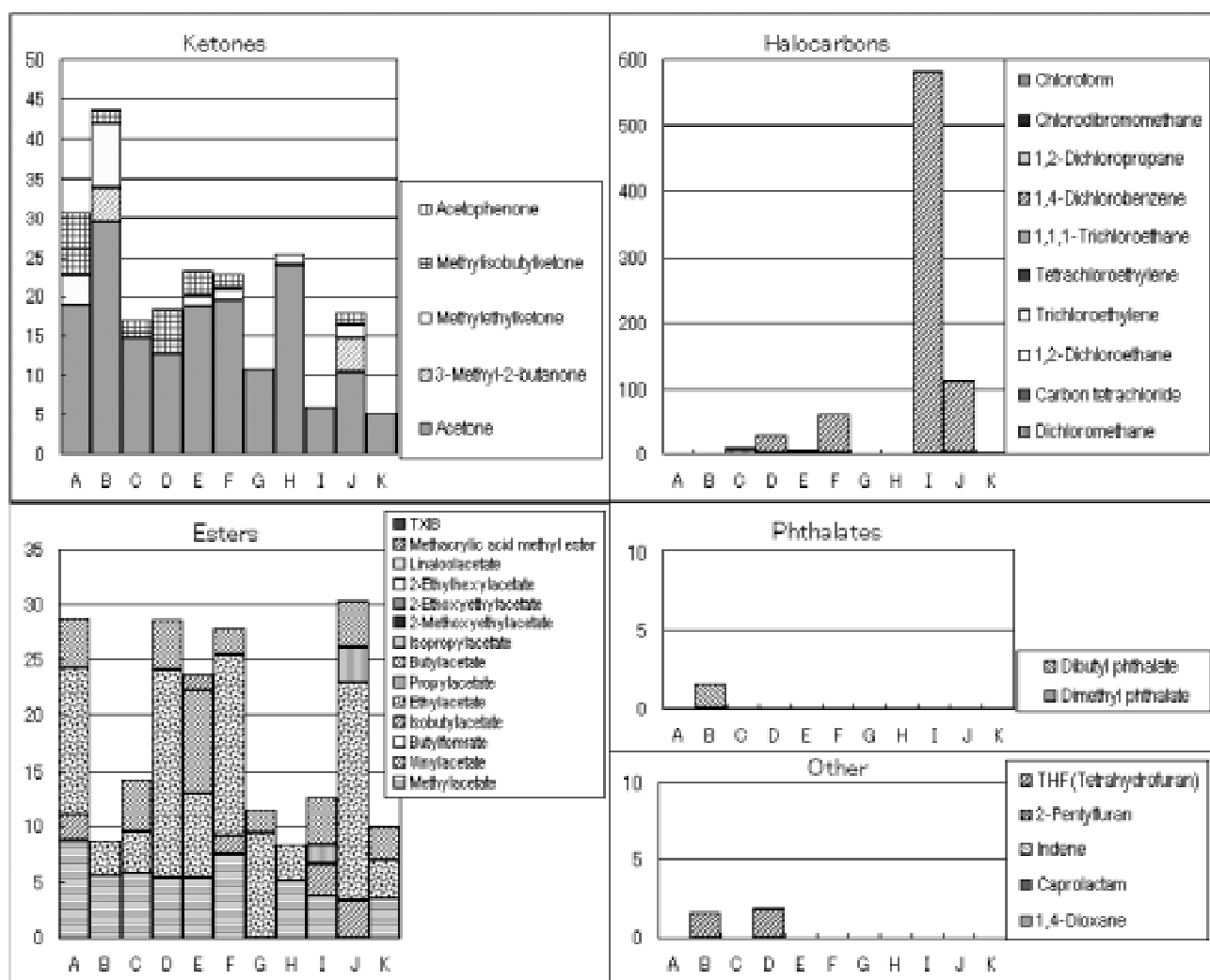


Fig3. continued

と一階床に檜無垢材を使用していたため、Terpenes が高かった。また、Formaldehyde の放散を嫌い F1 規格の合板を壁紙及び塗装なしで使用していたが、天井とほとんどの壁を合板張りにしたため合板使用量が多くなり、Aldehydes が高かった。しかし、今回の調査では単独捕集で $152 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2 連捕集で $299 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と低減していた。一夏を越したことによって化学物質の放散が落ち着き TVOC 濃度も低下したものと考えられた。

今回の調査で新築住宅は A 住宅から C 住宅であったが、TVOC 濃度は $B \gg A > C$ と大差があった。使用建材、機械換気設備の有無、住まい方による差が考えられた。省エネルギーのためには高气密が望ましく、機械換気設備を使用すれば快適安全な室内空気質を作ることが出来ることが今回の調査で判った。

Table3. Composition of TVOC

Grouping	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Aromatic hydrocarbons	29.5	119	32.9	56.9	37.4	54.6	46.5	42.1	8.03	93.9	10.1
Aliphatic hydrocarbons	19.1	195	73.5	26.6	8.58	45.3	13.3	24.4	0.00	154	0.00
Cycloalkanes	0.00	2.23	0.00	0.00	0.00	2.91	0.00	0.00	0.00	8.78	0.00
Terpenes	34.2	412	13.9	11.3	26.4	25.2	32.9	142	12.3	17.6	0.00
Alcohols	20.6	10.0	3.83	8.86	5.62	0.00	8.76	0.00	2.49	4.11	0.00
Glycol/Glycol ethers	19.2	6.83	3.41	2.96	0.00	12.3	1.98	0.00	0.00	7.37	12.5
Aldehydes	44.0	94.0	42.1	89.7	51.2	51.4	69.7	57.1	65.4	37.6	18.0
Ketones	30.8	43.6	17.1	18.3	23.2	22.7	10.9	25.4	5.96	18.0	5.13
Halocarbons	0.00	0.56	9.25	27.2	5.91	60.8	0.00	0.00	582	113	2.56
Esters	28.7	8.64	14.2	28.6	23.6	27.7	11.6	8.22	12.6	30.3	9.83
Phthalates	0.00	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other	0.00	1.67	0.00	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TVOC	226	896	210	272	182	303	196	299	689	485	58.2

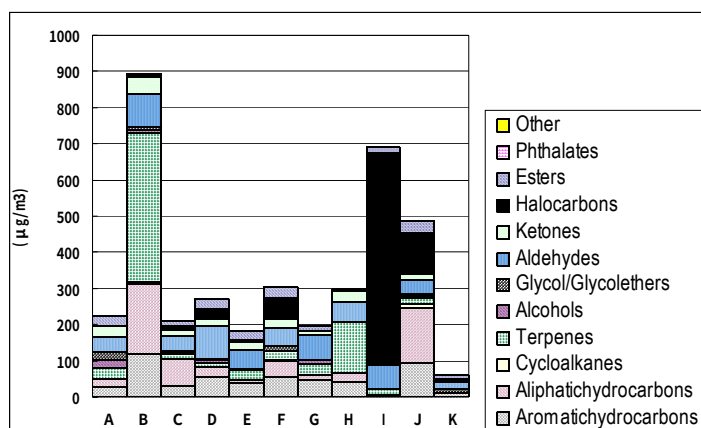


Fig4. TVOC of indoor air

IV ま と め

単独捕集と2連捕集による捕集量は、Styrene, alpha-Pinene 及び 1,4-Dichlorobenzene において違い、2連捕集の方が捕集量が多いことが判明した。また、検出された物質数も2連捕集の方が10物質多く、TVOC測定のためには2連捕集が望ましいと思われた。

VOCについては、I住宅で1,4-Dichlorobenzeneが指針値である240 µg/m³を超える582 µg/m³検出された。これは防虫剤の使用によるものと推察された。

TVOCについては、B住宅が896 µg/m³、I住宅が689 µg/m³、J住宅が485 µg/m³と、暫定指針値400 µg/m³を超える結果となった。B住宅は、石油ファンヒーター由来と考えられるAromatic hydrocarbons及びAliphatic hydrocarbonsが高く、また、天然木由来のTerpenesも高かったことが原因であった。I住宅は1,4-Dichlorobenzeneが高く、生活様式により化学物質が

増えたものと思われた。J住宅は、室内空気中の化学物質濃度を低減するような効率の良い換気ではなかったために、暫定指針値を超えたものと推察された。

今回の調査結果から、省エネルギーのための高気密住宅であっても、機械換気設備を使用すれば快適安全な室内空気質を作ることが出来ることが判明した。また、換気時間が長くても、化学物質の発生源である燃焼型暖房器具使用時間帯と換気の時間帯が異なる等、効率の良い換気を行わなければ、室内空気中の化学物質は低減できないことが判った。

(謝辞)

本調査にあたり、ご協力をいただいた住民の方々に感謝いたします。

文 献

- 1) 国立医薬品食品衛生研究所：室内空气中総揮発性有機化合物 (TVOC) の定義の設定に関する研究及び実態調査手順書, 2002
- 2) 小柴真樹ほか：固相吸着-溶媒抽出-GC/MS 法による室内空気汚染物質の測定～吸着剤の選定について～, 日環協関東支部環境セミナー要旨集, 2002
- 3) 厚生省：室内空气中化学物質の室内濃度指針値及び総揮発性有機化合物の室内濃度暫定目標値等について, 2002.02 改正
- 4) 重岡昌代ほか：室内空气中の揮発性化合物実態調査 (その2:GC/MS 法), 福岡市保健環境研究所報, 27, 74 ~ 78, 2002