

のバイアルビンに移し、二硫化炭素(内部標準としてのトルエン d8 を $0.1 \mu\text{g/ml}$ 含むもの) 1ml を加えて栓をし、泡が出なくなるまで時々振り混ぜ、1時間放置後の上澄み液を試験溶液とした。

(3) 分析方法

1) 測定対象

測定項目についてはアクティブ法と同様に 121 種を測定対象とした。

2) 測定方法

測定方法についてはアクティブ法と同様に行った。使用した分析条件、質量分析の定量用イオン等はⅡの項に示した。そして検量線よりそれぞれの溶液中の各揮発性有機化合物量を求めた。なお、対象とする空気量については物質により明らかになっていないものもあるので空気中の濃度については計算していない。

(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

この分析法は、①サンプリングにポンプを用いず、吊るすだけでよいので、サンプリングポンプの音の問題に悩まされることがないこと、②使用する機器は一般的な GC・MS のみであり、大気や室内空気専用の特殊な機器を必要としないこと、③必要に応じて試験溶液を何度も GC・MS に注入できること、の 3 つのメリットがある。その反面、①実験室での汚染を受け易い、②捕集管で保持されにくい物質がある、③捕集剤から二硫化炭素で抽出する場合に抽出しにくい物質がある、④空気中の物質濃度を算出するにはサンプリング対象とした空気量を決定する必要がある

あるので別の方法による測定値と相関をとり係数を算出する必要がある、などの問題点がある。

C. 研究結果

1. TVOC について

パッシブ (SD-VOC、スペルコ製) 溶媒抽出法による TVOC 測定結果を表 4 に示した。また、その結果をまとめたものを表 5 に示した。

2. 測定不可であった物質について

アクティブ法と同様である。

3. GC・MS で分離できず含量で定量した物質について

アクティブ法と同様である。

4. ピークが 2 本出た物質について

アクティブ法と同様である。

D. 考察

今回、当所で測定したアクティブ法とパッシブ法で求めた TVOC 値についての関係を図 2 の(2・1)及び(2・2)に示した。両者に正の相関関係が強く、パッシブ法で求めた TVOC 値でもスクリーニングの役割は十分果たすものと思われる。ただ、1 点のみ近似直線から離れた点がある。これはパッシブ法においてのみ酢酸エチルが高い値を示したところであり、何らかの汚染も考えられるが、その原因等詳細は明らかでない。

E. 結論

今回パッシブ法で求めた TVOC 値はアクティブ法の値と正の相関関係が強く、パッシブ法で求めた TVOC 値でもスクリーニングの役割は十分果たすものと思われる。

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	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 神戸No.1	2002.11.30～12.1	住宅地域	ない	-	通常の住宅	3.7	木造戸建て	2	5
B 神戸No.2	2002.12.3～12.4	住宅地域	ない	-	通常の住宅	0.7	木造戸建て	2	3
C 神戸No.3	2002.12.5～12.6	商業地域	ある	100	通常の住宅	1.1	木造戸建て	3	5
D 神戸No.4	2002.12.7～12.8	住宅地域	ある	100	通常の住宅	1.1	木造戸建て	2	4
E 神戸No.5	2002.12.14～12.15	住宅地域	ない	-	通常の住宅	1.8	鉄筋集合住宅	2/7	4
F 神戸No.6	2002.12.15～12.16	住宅地域	ない	-	通常の住宅	20	鉄筋集合住宅	3/10	5
G 神戸No.7	2002.12.17～12.18	住宅地域	ない	-	気密住宅	0.7	鉄筋集合住宅	2/14	4

表2-1 アクティブ-溶媒抽出法によるVOC測定結果のまとめ

(機関名: 神戸市環境保健研究所)

カラム名	DB-1 無極性
------	----------

気中濃度 (単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)							
測定場所	室内1	室内2	室内3	室内4	室内5	室内6	室内7
捕集管	ORBO91L	ORBO91L	ORBO91L	ORBO91L	ORBO91L	ORBO91L	ORBO91L
Compounds	Sample Name						
	KOB-A-L.D	KOB-B-L.D	KOB-C-L.D	KOB-D-L.D	KOB-E-L.D	KOB-F-L.D	KOB-G-L.D
芳香族炭化水素	60.52	94.85	126.81	142.04	40.45	25.23	45.51
脂肪族炭化水素	29.72	25.07	112.71	24.92	17.08	10.49	9.64
環状炭化水素	6.50	0.49	6.80	6.47	1.11	0.15	0.01
テルペン類	40.45	48.00	108.54	45.60	2.58	0.73	31.62
アルコール類(除エタノール)	2.49	6.60	7.44	3.09	0.73	0.93	17.67
エタノール	90.62	7.95	511.36	42.76	4.42	4.19	15.28
グリコール/グリコールエーテル類	0.17	3.67	1.66	4.21	0.00	0.00	0.09
ケトン類	7.24	24.19	27.68	20.55	9.76	7.87	11.72
含ハロゲン類	5.52	3.99	86.75	56.10	2.74	2.72	2.45
エステル類	6.08	45.19	20.95	10.15	2.21	0.97	3.62
フタル酸エステル類	0.77	0.18	0.32	0.96	0.11	0.27	0.20
その他	0.10	0.44	0.44	0.12	0.00	0.00	0.00
計: TVOC (除エタノール)	160	253	500	314	77	49	123
計: TVOC (含エタノール)	250	261	1011	357	81	54	138

表2-2 アクティブ-溶媒抽出法によるVOC測定結果のまとめ

(機関名: 神戸市環境保健研究所)

カラム名	DB-1 無極性
------	----------

気中濃度 (単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)							
測定場所	外気1	外気2	外気3	外気4	外気5	外気6	外気7
捕集管	ORBO91L	ORBO91L	ORBO91L	ORBO91L	ORBO91L	ORBO91L	ORBO91L
Compounds	Sample Name						
	KOB-A-O.D	KOB-B-O.D	KOB-C-O.D	KOB-D-O.D	KOB-E-O.D	KOB-F-O.D	KOB-G-O.D
芳香族炭化水素	43.90	25.50	70.02	9.25	42.55	34.07	36.70
脂肪族炭化水素	20.87	9.26	130.16	2.57	20.34	20.42	12.97
環状炭化水素	0.98	0.11	27.62	0.00	1.83	1.34	0.43
テルペン類	2.39	1.26	2.96	0.84	0.84	0.81	0.58
アルコール類(除エタノール)	0.64	0.42	0.27	0.23	0.41	0.29	0.76
エタノール	0.00	0.00	6.33	0.00	1.68	0.00	0.00
グリコール/グリコールエーテル類	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
ケトン類	2.20	4.14	5.95	1.28	7.40	1.71	2.69
含ハロゲン類	4.66	2.27	10.46	0.82	2.57	5.30	2.79
エステル類	4.88	2.41	2.03	0.10	2.29	1.16	2.77
フタル酸エステル類	0.08	0.40	0.18	0.24	0.33	0.10	0.09
その他	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
計: TVOC (除エタノール)	81	46	250	15	79	65	60
計: TVOC (含エタノール)	81	46	256	15	80	65	60

表3-1 アクティブ-溶媒抽出法によるVOC測定結果のまとめ

(機関名: 神戸市環境保健研究所)

カラム名	DB-1 無極性
------	----------

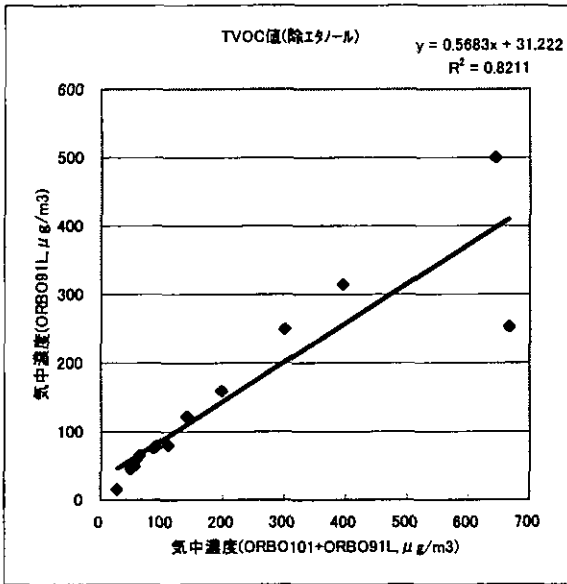
気中濃度 (単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)							
測定場所	室内1	室内2	室内3	室内4	室内5	室内6	室内7
捕集管	ORBO101 +ORBO91L	ORBO101 +ORBO91L	ORBO101 +ORBO91L	ORBO101 +ORBO91L	ORBO101 +ORBO91L	ORBO101 +ORBO91L	ORBO101 +ORBO91L
Sample Name	KOB-A-LE	KOB-B-LE	KOB-C-LE	KOB-D-LE	KOB-E-LE	KOB-F-LE	KOB-G-LE
Compounds							
芳香族炭化水素	63.76	93.97	125.14	165.02	42.43	25.73	48.96
脂肪族炭化水素	38.67	29.38	144.09	31.27	21.78	14.62	12.14
環状炭化水素	8.55	1.18	18.51	6.69	1.79	0.41	0.06
テルペン類	52.90	451.08	199.09	78.67	4.10	1.16	39.68
アルコール類(除エタノール)	8.84	9.50	12.66	5.58	1.52	1.79	18.72
エタノール	29.82	5.82	491.58	29.25	2.81	3.42	18.74
グリコール/グリコールエーテル類	0.60	7.43	1.80	14.06	0.00	0.00	0.37
ケトン類	8.90	33.21	28.07	19.93	8.75	6.29	12.01
含ハロゲン類	6.50	4.09	90.55	62.30	3.24	2.73	2.91
エステル類	7.40	34.69	22.17	10.07	1.96	1.15	4.91
フタル酸エステル類	0.26	0.21	0.25	0.60	0.10	0.15	0.14
その他	0.17	1.36	0.94	0.40	0.00	0.00	0.13
計: TVOC (除エタノール)	197	666	643	395	86	54	140
計: TVOC (含エタノール)	226	672	1135	424	88	57	159

表3-2 アクティブ-溶媒抽出法によるVOC測定結果のまとめ

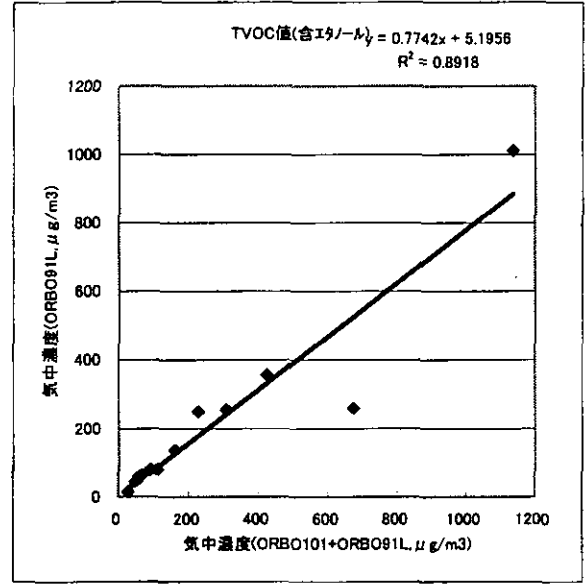
(機関名: 神戸市環境保健研究所)

カラム名	DB-1 無極性
------	----------

気中濃度 (単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)							
測定場所	外気1	外気2	外気3	外気4	外気5	外気6	外気7
捕集管	ORBO101 +ORBO91L	ORBO101 +ORBO91L	ORBO101 +ORBO91L	ORBO101 +ORBO91L	ORBO101 +ORBO91L	ORBO101 +ORBO91L	ORBO101 +ORBO91L
Sample Name	KOB-A-O,E	KOB-B-O,E	KOB-C-O,E	KOB-D-O,E	KOB-E-O,E	KOB-F-O,E	KOB-G-O,E
Compounds							
芳香族炭化水素	45.08	27.13	74.19	11.42	45.38	37.53	35.54
脂肪族炭化水素	46.20	12.60	165.08	6.31	24.46	14.30	12.56
環状炭化水素	1.43	0.21	33.96	0.00	2.30	0.51	0.42
テルペン類	2.52	0.89	2.94	1.26	1.38	0.68	0.56
アルコール類(除エタノール)	1.94	0.87	1.39	0.42	0.87	1.06	0.73
エタノール	0.95	0.00	6.33	0.00	1.61	0.00	0.00
グリコール/グリコールエーテル類	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00
ケトン類	1.88	2.08	7.17	3.59	8.83	2.90	2.60
含ハロゲン類	4.88	2.37	11.34	2.66	3.42	2.57	2.71
エステル類	4.84	2.39	3.36	0.30	1.94	3.55	2.68
フタル酸エステル類	0.09	0.04	0.06	0.59	0.44	0.04	0.09
その他	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
計: TVOC (除エタノール)	109	49	299	27	89	63	58
計: TVOC (含エタノール)	110	49	306	27	91	63	58

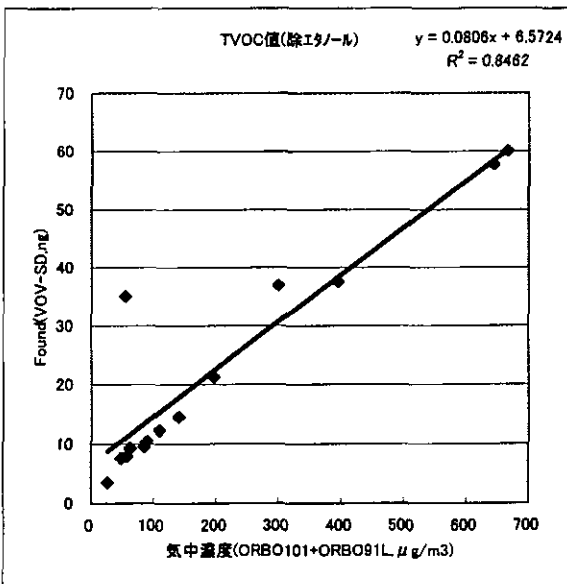


(1-1) アクティブ2法の比較(除エタノール)

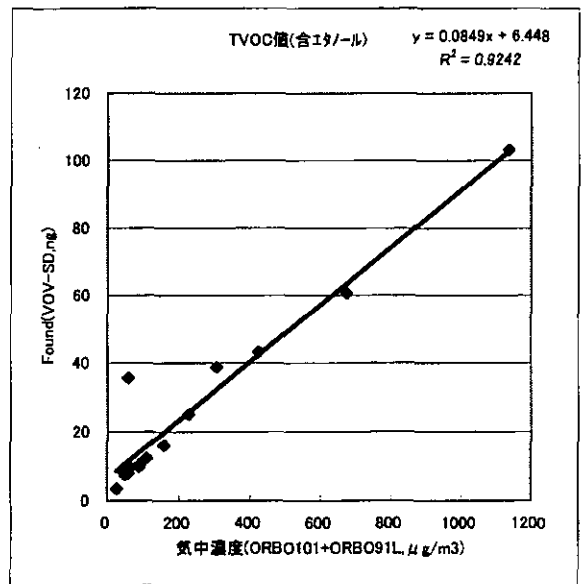


(1-2) アクティブ2法の比較(含エタノール)

図1 今回測定した方法によるTVOC値の比較



(2-1) パッシブ法とアクティブ法の比較(除エタノール)



(2-2) パッシブ法とアクティブ法の比較(含エタノール)

図2 今回測定した3つの方法によるTVOC値の比較

表4-1 パッシブ(SD-VOC、スベルコ製)-溶媒抽出法によるVOC測定結果

No.	Compounds	平均値	中央値
1	Benzene	0.313	0.262
2	Toluene	4.115	2.980
3	Ethylbenzene	1.132	0.591
4	m-Xylene or m,p-Xylene	1.009	0.687
5	p-Xylene	#DIV/0!	#NUM!
6	o-Xylene	0.340	0.261
7	Isopropylbenzene	#DIV/0!	#NUM!
8	n-Propylbenzene	0.064	0.055
9	1,2,4-Trimethylbenzene	0.353	0.356
10	1,3,5-Trimethylbenzene	0.092	0.090
11	1,2,3-Trimethylbenzene	0.105	0.110
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	#DIV/0!	#NUM!
13	1-Methyl-3-propylbenzene	0.048	0.048
14	n-Butylbenzene	0.037	0.037
15	1,3-Diisopropylbenzene	#DIV/0!	#NUM!
16	1,4-Diisopropylbenzene	#DIV/0!	#NUM!
17	Ethynylbenzene	#DIV/0!	#NUM!
18	p-Methylstyrene	#DIV/0!	#NUM!
19	α -Methylstyrene	#DIV/0!	#NUM!
20	2-Ethyltoluene	0.089	0.084
21	Styrene	0.940	0.940
22	Naphthalene	0.116	0.095
23	4-Phenylcyclohexene	#DIV/0!	#NUM!
24	n-Hexane	0.754	0.328
25	2-Methylhexane	0.292	0.078
26	3-Methylhexane	0.272	0.069
27	n-Heptane	0.132	0.089
28	n-Octane	0.271	0.271
29	n-Nonane	0.476	0.198
30	2-Methyloctane	0.154	0.154
31	3-Methyloctane	0.113	0.113
32	2-Methylnonane	0.053	0.053
33	3,5-Dimethyloctane	#DIV/0!	#NUM!
34	n-Decane	0.810	0.734
35	n-Undecane	0.289	0.286
36	n-Dodecane	0.309	0.255
37	n-Tridecane	0.157	0.114
38	n-Tetradecane	0.100	0.109
39	n-Pentadecane	#DIV/0!	#NUM!
40	n-Hexadecane	#DIV/0!	#NUM!
41	2-Methylpentane	0.404	0.265
42	3-Methylpentane	0.390	0.145
43	1-Octene	#DIV/0!	#NUM!
44	1-Decene	#DIV/0!	#NUM!
45	2,4-Dimethylpentane	0.211	0.211
46	2,2,4-Trimethylpentane	#DIV/0!	#NUM!
47	Methylcyclopentane	0.144	0.083
48	Cyclohexane	0.811	0.479
49	1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)	#DIV/0!	#NUM!
50	cis-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	#DIV/0!	#NUM!
51	trans-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	#DIV/0!	#NUM!
52	Methylcyclohexane	0.227	0.069
53	3-Carene	2.996	1.046
54	α -Pinene	2.633	1.123
55	(+/-)-Camphene	0.424	0.135
56	β -Pinene	0.872	0.229
57	Longifolene	0.067	0.067
58	α -Cedrene	0.035	0.035
59	Limonene	2.933	2.126
60	Camphor	0.270	0.270
61	Menthol	0.136	0.136

No.	Compounds	平均値	中央値
62	1-Propanol	#DIV/0!	#NUM!
63	2-Propanol	0.495	0.368
64	2-Methyl-2-propanol	#DIV/0!	#NUM!
65	2-Methyl-1-propanol	#DIV/0!	#NUM!
66	1-Butanol	0.118	0.122
67	1-Pentanol	0.230	0.230
68	1-Hexanol	#DIV/0!	#NUM!
69	Cyclohexanol	#DIV/0!	#NUM!
70	1-Octanol	#DIV/0!	#NUM!
71	2-Ethyl-1-hexanol	0.064	0.065
72	Phenol	#DIV/0!	#NUM!
73	Texanol	0.117	0.117
74	2,6-Di-t-butyl-4-methylphenol (BHT)	#DIV/0!	#NUM!
75	Methyl-t-butylether	#DIV/0!	#NUM!
76	Ethanol	8.299	1.546
77	Propylene glycol	#DIV/0!	#NUM!
78	Dimethoxymethane	0.182	0.182
79	Dimethoxyethane	#DIV/0!	#NUM!
80	2-Methoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
81	2-Ethoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
82	2-Butoxyethanol	0.181	0.128
83	1-Methoxy-2-propanol	#DIV/0!	#NUM!
84	2-Butoxyethoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
85	2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	#DIV/0!	#NUM!
86	Acetone	2.951	2.833
87	3-Methyl-2-butanone	#DIV/0!	#NUM!
88	Methylethylketone	0.735	0.436
89	Methylisobutylketone	0.095	0.098
90	Acetophenone	#DIV/0!	#NUM!
91	Dichloromethane	0.270	0.124
92	Carbon tetrachloride	#DIV/0!	#NUM!
93	1,2-Dichloroethane	#DIV/0!	#NUM!
94	Trichloroethylene	0.364	0.364
95	Tetrachloroethylene	0.300	0.063
96	1,1,1-Trichloroethane	#DIV/0!	#NUM!
97	1,4-Dichlorobenzene	1.731	0.153
98	1,2-Dichloropropane	#DIV/0!	#NUM!
99	Chlorodibromomethane	0.048	0.048
100	Chloroform	0.161	0.155
101	Methylacetate	1.432	0.501
102	Vinylacetate	#DIV/0!	#NUM!
103	Butylformate	#DIV/0!	#NUM!
104	Isobutylacetate	#DIV/0!	#NUM!
105	Ethylacetate	4.420	0.981
106	Propylacetate	#DIV/0!	#NUM!
107	Butylacetate	0.248	0.204
108	Isopropylacetate	0.120	0.120
109	2-Methoxyethylacetate	#DIV/0!	#NUM!
110	2-Ethoxyethylacetate	0.044	0.044
111	2-Ethylhexylacetate	#DIV/0!	#NUM!
112	Linaloolacetate	#DIV/0!	#NUM!
113	Methacrylic acid methyl ester	0.091	0.091
114	TXIB	0.046	0.046
115	Dimethyl phthalate	#DIV/0!	#NUM!
116	Dibutyl phthalate	0.166	0.149
117	1,4-Dioxane	#DIV/0!	#NUM!
118	Caprolactam	#DIV/0!	#NUM!
119	Indene	#DIV/0!	#NUM!
120	2-Pentylfuran	0.061	0.061
121	THF(Tetrahydrofuran)	#DIV/0!	#NUM!

表4-2 パッシブ(SD-VOC、スペルコ製)-溶媒抽出法によるVOC測定結果

No.	Compounds	平均値	中央値
1	Benzene	0.335	0.322
2	Toluene	2.762	2.289
3	Ethylbenzene	0.358	0.364
4	m-Xylene or m,p-Xylene	0.483	0.494
5	p-Xylene	#DIV/0!	#NUM!
6	o-Xylene	0.172	0.175
7	Isopropylbenzene	#DIV/0!	#NUM!
8	n-Propylbenzene	0.044	0.040
9	1,2,4-Trimethylbenzene	0.288	0.279
10	1,3,5-Trimethylbenzene	0.084	0.075
11	1,2,3-Trimethylbenzene	0.053	0.046
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	#DIV/0!	#NUM!
13	1-Methyl-3-propylbenzene	#DIV/0!	#NUM!
14	n-Butylbenzene	#DIV/0!	#NUM!
15	1,3-Diisopropylbenzene	#DIV/0!	#NUM!
16	1,4-Diisopropylbenzene	#DIV/0!	#NUM!
17	Ethynylbenzene	#DIV/0!	#NUM!
18	p-Methylstyrene	#DIV/0!	#NUM!
19	α-Methylstyrene	#DIV/0!	#NUM!
20	2-Ethyltoluene	0.070	0.065
21	Styrene	#DIV/0!	#NUM!
22	Naphthalene	0.115	0.089
23	4-Phenylcyclohexene	#DIV/0!	#NUM!
24	n-Hexane	1.237	0.526
25	2-Methylhexane	0.460	0.107
26	3-Methylhexane	0.427	0.101
27	n-Heptane	0.135	0.084
28	n-Octane	#DIV/0!	#NUM!
29	n-Nonane	0.076	0.076
30	2-Methyloctane	#DIV/0!	#NUM!
31	3-Methyloctane	#DIV/0!	#NUM!
32	2-Methylnonane	#DIV/0!	#NUM!
33	3,5-Dimethyloctane	#DIV/0!	#NUM!
34	n-Decane	0.641	0.682
35	n-Undecane	0.228	0.230
36	n-Dodecane	0.164	0.155
37	n-Tridecane	0.086	0.085
38	n-Tetradecane	0.054	0.057
39	n-Pentadecane	#DIV/0!	#NUM!
40	n-Hexadecane	#DIV/0!	#NUM!
41	2-Methylpentane	0.612	0.363
42	3-Methylpentane	0.828	0.329
43	1-Octene	#DIV/0!	#NUM!
44	1-Decene	#DIV/0!	#NUM!
45	2,4-Dimethylpentane	0.673	0.673
46	2,2,4-Trimethylpentane	#DIV/0!	#NUM!
47	Methylcyclopentane	0.218	0.119
48	Cyclohexane	1.220	0.106
49	1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)	#DIV/0!	#NUM!
50	cis-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	#DIV/0!	#NUM!
51	trans-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	#DIV/0!	#NUM!
52	Methylcyclohexane	0.048	0.048
53	3-Carene	#DIV/0!	#NUM!
54	α-Pinene	0.107	0.112
55	(+/-)-Camphene	#DIV/0!	#NUM!
56	β-Pinene	#DIV/0!	#NUM!
57	Longifolene	#DIV/0!	#NUM!
58	α-Cedrene	#DIV/0!	#NUM!
59	Limonene	0.174	0.089
60	Camphor	#DIV/0!	#NUM!
61	Menthol	#DIV/0!	#NUM!

No.	Compounds	平均値	中央値
62	1-Propanol	#DIV/0!	#NUM!
63	2-Propanol	0.070	0.050
64	2-Methyl-2-propanol	#DIV/0!	#NUM!
65	2-Methyl-1-propanol	#DIV/0!	#NUM!
66	1-Butanol	#DIV/0!	#NUM!
67	1-Pentanol	#DIV/0!	#NUM!
68	1-Hexanol	#DIV/0!	#NUM!
69	Cyclohexanol	#DIV/0!	#NUM!
70	1-Octanol	#DIV/0!	#NUM!
71	2-Ethyl-1-hexanol	#DIV/0!	#NUM!
72	Phenol	#DIV/0!	#NUM!
73	Texanol	#DIV/0!	#NUM!
74	2,6-Di-t-butyl-4-methylphenol (BHT)	#DIV/0!	#NUM!
75	Methyl-t-butylether	#DIV/0!	#NUM!
76	Ethanol	1.123	1.123
77	Propylene glycol	#DIV/0!	#NUM!
78	Dimethoxymethane	#DIV/0!	#NUM!
79	Dimethoxyethane	#DIV/0!	#NUM!
80	2-Methoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
81	2-Ethoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
82	2-Butoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
83	1-Methoxy-2-propanol	#DIV/0!	#NUM!
84	2-Butoxyethoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
85	2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	#DIV/0!	#NUM!
86	Acetone	0.385	0.391
87	3-Methyl-2-butanone	#DIV/0!	#NUM!
88	Methylethylketone	0.524	0.524
89	Methylisobutylketone	0.061	0.065
90	Acetophenone	#DIV/0!	#NUM!
91	Dichloromethane	0.254	0.179
92	Carbon tetrachloride	#DIV/0!	#NUM!
93	1,2-Dichloroethane	#DIV/0!	#NUM!
94	Trichloroethylene	0.272	0.272
95	Tetrachloroethylene	0.060	0.063
96	1,1,1-Trichloroethane	#DIV/0!	#NUM!
97	1,4-Dichlorobenzene	0.175	0.141
98	1,2-Dichloropropane	#DIV/0!	#NUM!
99	Chlorodibromomethane	#DIV/0!	#NUM!
100	Chloroform	0.051	0.056
101	Methylacetate	#DIV/0!	#NUM!
102	Vinylacetate	#DIV/0!	#NUM!
103	Butylformate	#DIV/0!	#NUM!
104	Isobutylacetate	#DIV/0!	#NUM!
105	Ethylacetate	0.523	0.455
106	Propylacetate	#DIV/0!	#NUM!
107	Butylacetate	0.057	0.056
108	Isopropylacetate	#DIV/0!	#NUM!
109	2-Methoxyethylacetate	#DIV/0!	#NUM!
110	2-Ethoxyethylacetate	#DIV/0!	#NUM!
111	2-Ethylhexylacetate	#DIV/0!	#NUM!
112	Linaloolacetate	#DIV/0!	#NUM!
113	Methacrylic acid methyl ester	#DIV/0!	#NUM!
114	TXIB	#DIV/0!	#NUM!
115	Dimethyl phthalate	#DIV/0!	#NUM!
116	Dibutyl phthalate	0.147	0.123
117	1,4-Dioxane	#DIV/0!	#NUM!
118	Caprolactam	#DIV/0!	#NUM!
119	Indene	#DIV/0!	#NUM!
120	2-Pentylfuran	#DIV/0!	#NUM!
121	THF(Tetrahydrofuran)	#DIV/0!	#NUM!

表5-1 パッシブ(SD-VOC、スペルコ製)-溶媒抽出法によるVOC測定結果のまとめ

(機関名: 神戸市環境保健研究所)

カラム名	DB-1 無極性
------	----------

Found (単位:ng)

測定場所	室内1	室内2	室内3	室内4	室内5	室内6	室内7
捕集管	VOC-SD	VOC-SD	VOC-SD	VOC-SD	VOC-SD	VOC-SD	VOC-SD
Sample Name	KOB-A-L.C	KOB-B-L.C	KOB-C-L.C	KOB-D-L.C	KOB-E-L.C	KOB-F-L.C	KOB-G-L.C
Compounds							
芳香族炭化水素	6.28	10.63	11.98	14.68	4.40	2.54	5.24
脂肪族炭化水素	4.56	3.30	12.71	3.48	2.48	1.75	1.59
環状炭化水素	0.77	0.09	2.64	0.92	0.18	0.05	0.00
テルペン類	3.94	34.25	12.89	6.04	0.36	0.08	3.30
アルコール類(除エタノール)	0.43	0.90	0.93	0.61	0.10	0.17	1.95
エタノール	3.79	0.59	45.54	5.72	0.26	0.65	1.55
グリコール/グリコールエーテル類	0.00	0.31	0.06	0.42	0.00	0.01	0.00
ケトン類	2.60	5.49	6.57	3.43	1.37	3.14	1.50
含ハロゲン類	1.01	0.46	7.83	5.99	0.27	0.29	0.28
エステル類	1.42	4.47	1.94	1.83	0.31	26.79	0.56
フタル酸エステル類	0.27	0.12	0.15	0.18	0.11	0.23	0.12
その他	0.01	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01
計: TVOC(除エタノール)	21	60	58	38	10	35	15
計: TVOC(含エタノール)	25	61	103	43	10	36	16

表5-2 パッシブ(SD-VOC、スペルコ製)-溶媒抽出法によるVOC測定結果のまとめ

(機関名: 神戸市環境保健研究所)

カラム名	DB-1 無極性
------	----------

Found (単位:ng)

測定場所	外気1	外気2	外気3	外気4	外気5	外気6	外気7
捕集管	VOC-SD	VOC-SD	VOC-SD	VOC-SD	VOC-SD	VOC-SD	VOC-SD
Sample Name	KOB-A-O.C	KOB-B-O.C	KOB-C-O.C	KOB-D-O.C	KOB-E-O.C	KOB-F-O.C	KOB-G-O.C
Compounds							
芳香族炭化水素	5.90	3.77	9.05	1.23	4.91	4.16	4.21
脂肪族炭化水素	3.59	2.16	18.17	1.39	3.20	2.93	1.95
環状炭化水素	0.25	0.03	5.33	0.00	0.25	0.22	0.06
テルペン類	0.33	0.17	0.60	0.10	0.10	0.10	0.06
アルコール類(除エタノール)	0.12	0.07	0.05	0.02	0.05	0.08	0.11
エタノール	0.14	0.00	1.85	0.00	0.12	0.40	0.00
グリコール/グリコールエーテル類	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
ケトン類	0.49	0.40	1.32	0.19	0.94	0.77	0.35
含ハロゲン類	0.58	0.44	1.17	0.14	0.35	0.55	0.36
エステル類	0.85	0.50	1.11	0.26	0.30	0.33	0.68
フタル酸エステル類	0.19	0.05	0.12	0.17	0.26	0.12	0.11
その他	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
計: TVOC(除エタノール)	12	8	37	4	10	9	8
計: TVOC(含エタノール)	12	8	39	4	10	10	8

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-13 全国における室内空气中化学物質の実態に関する研究(姫路市)

分担研究者 谷口 秀子 姫路市環境衛生研究所 理化学検査担当
 研究協力者 山本 貴基 姫路市環境衛生研究所 理化学検査担当

研究要旨 近年建材や壁紙からの化学物質によるシックハウス症候群が社会的に問題となっていることから、居住環境内の総揮発性有機化合物(TVOC)の室内濃度に関する実態調査を行った。その結果、室内でテルペン類、芳香族炭化水素類、脂肪族炭化水素類が多く検出された。

1. 溶媒抽出法による測定

による測定を行った。

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、姫路市において家庭 10 住宅について、規定された手法によってサンプリングと溶媒抽出法に

B. 研究方法

(1) サンプリング方法

姫路市内の一戸建て住宅 10 軒の室内空気、うち 5 軒の外気のサンプリングを行った(表 1)。

表 1. 調査対象家屋の概況

No	サブ #家屋名	築年数	測定日	建築様式	室内測定対象場所	外気測定対象場所
1	HMJ-A	3ヶ月	2002.10.21	軽量鉄骨戸建て	LDK(フローリング+絨毯)	
2	HMJ-B	5ヶ月	2002.10.21	木造戸建て	LDK(フローリング)	
3	HMJ-C	8ヶ月	2002.10.22	木造戸建て	LDK(フローリング)	裏庭
4	HMJ-D	6ヶ月	2002.10.22	木造戸建て	LDK(フローリング)	
5	HMJ-E	5年	2002.10.31	鉄筋戸建て	LDK(フローリング)	裏庭(塀との間)
6	HMJ-F	1年7ヶ月	2002.10.31	木造戸建て	LDK(フローリング)	
7	HMJ-G	1年	2002.11.14	木造戸建て	居間(畳)	裏庭(隣家との境界)
8	HMJ-H	2ヶ月	2002.11.14	軽量鉄骨戸建て	LDK(フローリング+畳)	裏庭(畑との境界)
9	HMJ-I	1年6ヶ月	2002.11.20	鉄筋戸建て	居間(フローリング+絨毯)	
10	HMJ-J	2年	2002.11.20	軽量鉄骨戸建て	LDK(フローリング)	裏庭(田との境界)

平成 14 年度厚生科学研究資料¹⁾に基づき、捕集管としてスペルコ製 ORBO101 と ORBO91L のタンデム接続したものと、ORBO91L のみを用いたものの二重測定を行った。外気採取には除湿管として過塩素酸マグネシウム(和光純薬工業(株)製、元素分析用) 10g を充填したガラス管を捕集管の前に接続した。吸引ポンプは、室内空気は GL サイエンス(株)製 SP208-1000Duel、外気は同社製 SP204-500Duel を用い、100ml/min、24 時間空気の採取を行った。

また、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。

空気採取後の捕集管は、両端を付属の専用キャップで密栓して活性炭繊維を充填したサンプルチューブコンテナを用いて運搬し、試験溶液を調整するまで活性炭を入れたデシケータ中に、遮光して室温で保存した。

空気採取は平成 14 年 10 月～11 月に行い、2 軒が築後 3 ヶ月内の新築、築後 1 年以内が 4 軒、築後 2 年以内が 3 軒、1 軒が築 5 年であった。室内空気採取場所は、LDK が 7 軒、居間が 3 軒であった。外気採取場所はすべて裏庭で行った。

(2) 抽出方法

捕集管から活性炭を取り出し、ORBO101 + ORBO91L のタンデム接続したものは両者を合わせて 4ml 褐色抽出瓶に移し入れ、あらかじめ内部標準(Toluene-d8(100 μ g/ml)、関東化学(株)製、室内環境測定用)が 0.1 μ g/ml 濃度になるように調製した二硫化炭素(和光純薬(株)製、作業環境測定用) 2ml を加えてキャップを閉め、泡が出なくなるまで時々振り振り混ぜて 2 時間放置し、200℃で 1 時間熱処理した石英ウールでろ過したものを試験液とした。

(3) 分析方法

ア) 測定対象

測定対象は揮発性有機化合物 121 成分をとした。その内訳は、芳香族炭化水素類(23 種)、

脂肪族炭化水素類(23 種)、環状炭化水素類(6 種)、テルペン類(9 種)、アルコール類(15 種)、グリコール/グリコールエーテル類(9 種)、ケトン類(5 種)、含ハロゲン類(10 種)、エステル類(14 種)、フタル酸エステル類(2 種)及びその他の物質(5 種)であり、そのうち Propylene glycol、2-Methoxyethanol、2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol は感度不足で 3 点以上の検量線がとれず、Ethanol はピーク形状・再現性共に悪かったため定量できなかった。ただし、これらの物質についても測定は行った。

イ) 測定方法

国立医薬品食品衛生研究所より提供された 70 種及び 51 種混合標準原液(各 100 μ g/ml)を混合後、二硫化炭素で希釈して 121 種混合標準液(2.5 μ g/ml)を作成した。この時、内部標準として最終 0.1 μ g/ml となるように Toluene-d8 を添加した。この 121 種混合標準液を二硫化炭素(0.1 μ g/ml Toluene-d8 含有)で適宜希釈し、0.02、0.04、0.1、0.2、0.5 及び 1.0 μ g/ml 溶液を作成した。

この標準溶液 2 μ l をガスクロマトグラフ質量分析計(以下、GC/MS と表記する)に注入、SIM 法で測定し、GC/MS の絶対注入量で 0.04～5.0ng の範囲の 7 点検量線(原点は含まず)を作成した。この時、m,p-Xylene はピーク分離が不十分であったため含量で定量した。3,5-Dimethyloctane、1,4-Dimethylcyclohexane、Camphene は異性体の存在により 2 ピークずつ検出した。3,5-Dimethyloctane は定量イオンの分離が不十分であったため 2 ピークの含量で定量し、1,4-Dimethylcyclohexane はイオン強度の大きい保持時間が前のピーク、Camphene は後のピークで定量した。

また、未使用の捕集管を用いて抽出操作を行った空試験溶液と試験溶液についても同様に GC/MS-SIM 法で測定し、検量線より溶液中の各揮発性有機化合物量を求め、採取空気量で除して空気中の濃度を求めた(詳しい分析条件

はⅡの項にまとめた)。

(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

サンプリングポンプは、室内は GL サイエンス 樹製 SP208-1000Duel、屋外は SP204-500Duel を用いた。室内のサンプリング場所は部屋の中央が望ましいが、幼児・小児のいる家庭も多く、その場合はできるだけ生活に支障のない壁際等で行った。ポンプ音に関する苦情はなかった。屋外でのサンプリングは、可能な限り室内空気、風雨等の影響を受けず、且つ直射日光の当たらない場所で行った。また、隣家とあまり接近しすぎても夜中のポンプ音の問題等があるため注意を必要とした。室内・室外共に捕集管類の固定には GL サイエンス 樹製 サンプルチューブホルダーを用い、遮光した状態で空気採取を行った(図1参照)。

分析はサンプリングの後すぐに行うのが理想的であるが、分析条件の検討や他検査での GC/MS の使用状況の問題から、採取後 1~2 ヶ月後の測定になった。その間検体の保存方法は、両端を付属の専用キャップで密栓し、コンタミネーションには十分に注意した。

使用した二硫化炭素は、内部標準濃度が 0.1 $\mu\text{g/ml}$ になるように調製したものを多量に作成し、これを検体の抽出、試験溶液の希釈、標準原液の希釈すべてに用いた。また、標準溶液調製、抽出作業、試料溶液調製は他の分析業務がなく、作業環境が最も良好であると考えられる一日で行った。

測定方法に関して、二硫化炭素の揮発性が高いためオートサンプラーのサンプルトレーに冷却装置(設定温度 8°C)を取り付け、バイアルインサートを用いてできるだけヘッドスペースを少なくして測定を行った。昨年度は提供された 70 成分と 56 成分の標準別々の検量線を作成し、検体試料もそれぞれについて測定したが、今年度は 70 成分と 51 成分の標準をあらかじめ混合し 121 成分同時分析を行ったため、昨年度に比

べると大幅に分析時間を減らすことができた。しかし、それでもすべての分析が終了するには 1 週間以上かかり、その間に GC/MS の感度は除除に低下してしまった。これはある程度予想できていたので、まず室内サンプルだけをすべての検体について測定し、次に外気サンプル、濃度の高かった物質の希釈サンプルの順で測定し、途中で標準試料の測定を挟み込んだ。よって、室内検体に関しては検量線から求めた定量下限値をほぼ満足できたと考えるが、外気検体については一部満足できなかったのではないかと考える。

C. 研究結果

調査結果はⅡの項以降に他の機関と共にまとめた。ORBO101+91L のタンデム測定と ORBO91L のみでの測定結果を比較すると、 α -Pinene、Limonene 等のテルペン類の大部分は ORBO101 に捕集され、ORBO91L の捕集力は弱かった。芳香族炭化水素や脂肪族炭化水素等その他の VOC 類に関しては、ほぼ同様の値か若干タンデム測定の方が高い値になった(表 2)。よって個別 VOC 及び TVOC 濃度の測定結果は、タンデム測定の結果を用いて評価することにした。

表 2. 捕集管の違いによる TVOC 濃度

家屋名	室内		室外	
	ORBO91L	ORBO101 +ORBO91L	ORBO91L	ORBO101 +ORBO91L
A	46.6	66.8		
B	112.3	662.7		
C	72.5	186.3	25.1	35.8
D	93.9	336.6		
E	90.5	119.6	53.2	66.2
F	100.8	200.8		
G	126.1	188.2	52.7	68.3
H	231.6	307.4	53.8	83.9
I	83.9	139.4		
J	135.3	157.9	39.0	54.4
平均	109.4	236.6	44.8	61.7
中央	97.3	187.3	52.7	66.2
幾何平均	100.8	196.3	43.0	59.4
最小	46.6	66.8	25.1	35.8
最大	231.6	662.7	53.8	83.9

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

調査を行った住宅 10 軒の室内空气中 TVOC 濃度は 67~663 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、暫定目標値(400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を超えたのは B 宅 1 軒だけであった。芳香族炭化水素類、脂肪族炭化水素類、テルペン類、含ハロゲン化合物類、エステル類の検出率が高かった。

個別に指針値の定められている VOC 濃度については、いずれも指針値内であった。

屋外の TVOC 濃度は 36~84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、芳香族炭化水素類、脂肪族炭化水素類、含ハロゲン化合物類の検出率が高かった。

D. 考察

今回の室内空気調査は 10~11 月の比較的温暖な季節に行ったため、日中は十分な換気が行われていたケースが多く、全体に TVOC 濃度は低い値が多かった。その中で唯一暫定目標値を超過した B 宅は、築 5 ヶ月の木造建築であり、 α -Pinene だけで 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えていた。

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、姫路市において家庭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と測定を行った。

B. 研究方法

(1) サンプリング方法

パッシブサンプラーとしてスペルコ製 VOC-SD を用い、溶媒抽出法と同じ姫路市内の 10 住宅の室内・室外の各 2 ヶ所について、製品のマニュアルに従い現場にて使用直前にアルミ袋から捕集管を取り出し、ガラスキャップをはずして約 24 時間吊るした。

空気採取後の捕集管は、元のガラスキャップを締めてアルミ袋に戻し、チャックを締め、試験溶液の調整まで活性炭を入れたデシケーター中に室

これは、換気は 24 時間機械換気されていたが、日中は無人で窓等は締め切られていたことが大きな要因であると考えられる。木造建築と鉄筋建築ではテルペン類の濃度に有意な差がみられ、木造建築で建材由来と考えられる α -Pinene、Limonene、3-Carene 濃度が高かった。

また、アレルギー症状が出ている家屋が 3 軒(C、E、G 宅)あったが、TVOC も個別の VOC 濃度も特に高いものはなかった。しかし、C 宅ではサンプリング時に嗅覚ではっきりと強い臭気が感じ取れたことから、アルデヒド類もしくは今回測定した VOC 以外の原因物質が存在したことも考えられる。

E. 結論

姫路市内の住宅 10 軒について TVOC 濃度の実態調査を行ったところ、1 住宅だけが暫定目標値を超過した。個別の VOC 濃度については指針値を超えたものはなかった。

温で保存した。

(2) 抽出方法

捕集管から活性炭を取り出し、4ml 褐色抽出瓶に移し入れ、2ml の二硫化炭素(0.1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ Toluene-d8 含有)を加えてキャップを閉め、泡が出なくなるまで時々振り混ぜて 2 時間放置し、200°C で 1 時間熱処理した石英ウールでろ過したものを試験液とした。

(3) 分析方法

ア) 測定対象

測定対象は揮発性有機化合物 121 成分とした。ただし、溶媒抽出法と同じで Ethanol、Propylene glycol、2-Methoxyethanol、2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol については定量できなかった。

イ) 測定方法

溶媒抽出法による測定と同様に行った。

(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

サンプリング後の検体の保存は、アルミジップパックに二重に入れ、さらに活性炭片入りのタッパーに入れてデシケーター内に保管し、コンタミネーションには十分に注意した。

その他、測定方法等は溶媒抽出法と同じ。

C. 研究結果

調査結果は表3及び表4のとおりであった。値は室内濃度ではなく、絶対量で示した。今回使用したスペルコ製パッシブサンプラーは、捕集管ブランクとして Naphthalene および n-Decane がそれぞれ 0.10、0.18ng 検出された。また、図 2 にメーカー側が Uptake Rate を公表し、検出頻度が多かった物質の計算濃度と溶媒抽出法(ORBO101+91L)での測定結果を比較したものを示した。ほぼ良好な相関がみられたが、n-Undecane はパッシブ法の方が高い値になる傾向がみられた。

D. 考察

溶媒抽出法での濃度が概ね $2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下の物質については不検出となる物質が多かった。国立医薬品食品衛生研究所から提供されたサンプラーに予備がなく、空試験にはロットの違うものを用いたため、厳密な捕集管ブランク値ではないが、Naphthalene 濃度は試料サンプルの方が低い場合もあり、製品ロットによりバラツキがあると思われる。

得られたデータ数はまだ少ないが、今回使用したスペルコ製のサンプラーは捕集管ブランクも低く、n-Undecane のようにアクティブ捕集溶媒抽出法に比べて相関が低いものもあったが、その他指針値が設定されている物質等については比較的良好な相関がみられ、簡易法として十分使用可能であると考えられる。

E. 結論

スペルコ製のパッシブサンプラーを用いた測定法は、溶媒抽出法に比べて定量下限は高くなるが、一部の物質を除き良好な結果を得ることができ、簡易法として十分利用可能であると思われた。

表3. 室内測定結果一覧: 無極性カラム (VOC-SD)

No.	Compounds	平均値	中央値
1	Benzene	0.087	0.084
2	Toluene	1.126	0.890
3	Ethylbenzene	0.192	0.195
4	m-Xylene or m,p-Xylene	0.293	0.277
5	p-Xylene	#DIV/0!	#NUM!
6	o-Xylene	0.117	0.108
7	Isopropylbenzene	0.007	0.000
8	n-Propylbenzene	0.016	0.000
9	1,2,4-Trimethylbenzene	0.151	0.133
10	1,3,5-Trimethylbenzene	0.028	0.000
11	1,2,3-Trimethylbenzene	0.027	0.000
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.011	0.000
13	1-Methyl-3-propylbenzene	0.011	0.000
14	n-Butylbenzene	0.000	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	α -Methylstyrene	0.000	0.000
20	2-Ethyltoluene	0.041	0.000
21	Styrene	0.010	0.000
22	Naphthalene	0.021	0.018
23	4-Phenylcyclohexene	0.011	0.000
24	n-Hexane	0.088	0.000
25	2-Methylhexane	0.000	0.000
26	3-Methylhexane	0.000	0.000
27	n-Heptane	0.114	0.000
28	n-Octane	0.032	0.000
29	n-Nonane	0.086	0.000
30	2-Methyloctane	0.000	0.000
31	3-Methyloctane	0.013	0.000
32	2-Methylnonane	0.000	0.000
33	3,5-Dimethyloctane	0.000	0.000
34	n-Decane	0.155	0.073
35	n-Undecane	0.181	0.118
36	n-Dodecane	0.324	0.193
37	n-Tridecane	0.252	0.182
38	n-Tetradecane	0.050	0.000
39	n-Pentadecane	0.000	0.000
40	n-Hexadecane	0.000	0.000
41	2-Methylpentane	0.000	0.000
42	3-Methylpentane	0.034	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	0.000	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	0.192	0.000
53	3-Carene	0.163	0.153
54	α -Pinene	3.132	1.041
55	(+/-)-Camphene	0.030	0.000
56	β -Pinene	0.095	0.061
57	Longifolene	0.000	0.000
58	α -Cedrene	0.000	0.000
59	Limonene	0.480	0.437
60	Camphor	0.019	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	0.153	0.160
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	#DIV/0!	#NUM!
77	Propylene glycol	0.000	0.000
78	Dimethoxymethane	0.000	0.000
79	Dimethoxyethane	0.000	0.000
80	2-Methoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
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	#DIV/0!	#NUM!
86	Acetone	1.697	1.757
87	3-Methyl-2-butanone	0.000	0.000
88	Methylethylketone	0.206	0.000
89	Methylisobutylketone	0.000	0.000
90	Acetophenone	0.000	0.000
91	Dichloromethane	0.448	0.279
92	Carbon tetrachloride	0.000	0.000
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	0.012	0.000
97	1,4-Dichlorobenzene	0.456	0.499
98	1,2-Dichloropropane	0.000	0.000
99	Chlorodibromomethane	0.000	0.000
100	Chloroform	0.054	0.000
101	Methylacetate	0.000	0.000
102	Vinylacetate	0.000	0.000
103	Butylformate	0.000	0.000
104	Isobutylacetate	0.000	0.000
105	Ethylacetate	1.195	0.000
106	Propylacetate	0.000	0.000
107	Butylacetate	0.162	0.000
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	0.014	0.000
113	Methacrylic acid methyl ester	0.000	0.000
114	TXIB	0.105	0.000
115	Dimethyl phthalate	0.000	0.000
116	Dibutyl phthalate	0.016	0.012
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

表4. 外気測定結果一覧: 無極性カラム (VOC-SD)

No.	Compounds	平均値	中央値
1	Benzene	0.237	0.210
2	Toluene	1.075	0.900
3	Ethylbenzene	0.142	0.150
4	m-Xylene or m,p-Xylene	0.207	0.227
5	p-Xylene	#DIV/0!	#NUM!
6	o-Xylene	0.067	0.090
7	Isopropylbenzene	0.000	0.000
8	n-Propylbenzene	0.000	0.000
9	1,2,4-Trimethylbenzene	0.084	0.110
10	1,3,5-Trimethylbenzene	0.007	0.000
11	1,2,3-Trimethylbenzene	0.000	0.000
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.000	0.000
13	1-Methyl-3-propylbenzene	0.000	0.000
14	n-Butylbenzene	0.000	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	α -Methylstyrene	0.000	0.000
20	2-Ethyltoluene	0.000	0.000
21	Styrene	0.000	0.000
22	Naphthalene	0.010	0.011
23	4-Phenylcyclohexene	0.000	0.000
24	n-Hexane	0.137	0.175
25	2-Methylhexane	0.000	0.000
26	3-Methylhexane	0.000	0.000
27	n-Heptane	0.000	0.000
28	n-Octane	0.000	0.000
29	n-Nonane	0.022	0.000
30	2-Methyloctane	0.000	0.000
31	3-Methyloctane	0.000	0.000
32	2-Methylnonane	0.000	0.000
33	3,5-Dimethyloctane	0.000	0.000
34	n-Decane	0.064	0.071
35	n-Undecane	0.087	0.111
36	n-Dodecane	0.017	0.000
37	n-Tridecane	0.013	0.000
38	n-Tetradecane	0.000	0.000
39	n-Pentadecane	0.000	0.000
40	n-Hexadecane	0.000	0.000
41	2-Methylpentane	0.000	0.000
42	3-Methylpentane	0.082	0.100
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	0.000	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	0.000	0.000
53	3-Carene	0.000	0.000
54	α -Pinene	0.090	0.083
55	(+/-)-Camphene	0.000	0.000
56	β -Pinene	0.000	0.000
57	Longifolene	0.000	0.000
58	α -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	0.068	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	#DIV/0!	#NUM!
77	Propylene glycol	#DIV/0!	#NUM!
78	Dimethoxymethane	0.000	0.000
79	Dimethoxyethane	0.000	0.000
80	2-Methoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
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	#DIV/0!	#NUM!
86	Acetone	0.830	0.776
87	3-Methyl-2-butanone	0.000	0.000
88	Methylethylketone	0.245	0.000
89	Methylisobutylketone	0.000	0.000
90	Acetophenone	0.000	0.000
91	Dichloromethane	0.513	0.455
92	Carbon tetrachloride	0.025	0.000
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	0.033	0.025
98	1,2-Dichloropropane	0.000	0.000
99	Chlorodibromomethane	0.000	0.000
100	Chloroform	0.063	0.000
101	Methylacetate	0.000	0.000
102	Vinylacetate	0.000	0.000
103	Butylformate	0.000	0.000
104	Isobutylacetate	0.000	0.000
105	Ethylacetate	0.525	0.000
106	Propylacetate	0.000	0.000
107	Butylacetate	0.000	0.000
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	0.003	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（生活科学安全総合研究事業）
分担研究報告書

I-14 全国における室内空气中化学物質の実態に関する研究（山口県）

分担研究者 立野幸治 山口県環境保健研究センター 理化学部専門研究員
研究協力者 藤原美智子 山口県環境保健研究センター 理化学部専門研究員
宮村恵宣 山口県環境保健研究センター 所長

研究要旨 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目的に、山口県内の一般家庭 10 住宅において、アクティブ溶媒抽出法及びパッシブ溶媒抽出法によりサンプリングを行い、121 化学物質の測定を行った。

1. アクティブ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、山口県において家庭 10 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

平成 14 年 1 月～12 月、山口県山口市、徳山市、防府市、美祿市の 10 住宅を対象に、東洋 5 ライン採取装置を用い、0.1L/分に吸引量を設定し、室内及び 4 住宅については室外もあわせ、24 時間、スペルコ製吸着管 ORBO91L 単独及び ORBO101 と ORBO91L を直列につないだもので、室内及び室外の空気を吸引し、サンプリングを行った。

対象住宅の立地条件、築後年月等は表 1 に示した。

(2) 抽出方法

スペルコ製吸着管 (ORBO91L) から吸着剤を取り出し、5ml 容のバツル瓶にいれ、2ml の二硫化炭素 (作業環境測定用) を添加した後、内部標準物質としてトルエン-d8 (116µg/ml) を 2µl 加え、よく振った後、120 分室温で放置し、吸着された化学物質を抽出し、検液とした。

(3) 分析方法

1) 測定対象

Benzene、Toluene 等 121 化学物質を測定対象とし、測定条件は I および II の項に示した。

2) 測定方法

GC/MS は、HEWLET PACKARD MS5973/GC6890 を、カラムは、DB-WAX (長さ、内径、膜厚 (60m×0.25mm×0.25µm)) を使用した。

主任研究者から提供を受けた標準物質 70 種混合液 (以下、「st70」という。) 及び 52 種混合液 (以下、「st52」という。) を用い、測定条件を検討し、以下のとおりとした。

GC/MS 注入量 1µl

スプリット比 St52 → 5 : 1

St70 → 20 : 1

昇温条件

St52 40°C(10min)→(3°C/min)→140°C→(5°C/min)→200°C(2min)→(5°C/min)→230°C(25min)

St70 40°C(10min)→(3°C/min)→140°C→(5°C/min)→200°C(7min)

注入口温度 250°C

検出器温度 250°C

使用した各化学物質の定量イオン、参照イオン及び保持時間は、II の項に示した。

(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

今回のサンプリング及び測定方法における特徴は、通常日本においてアクティブ溶媒抽出法で使用されているスペルコ製吸着管 ORBO91L 単独とアクティブ溶媒抽出法におけるテルペン類の捕集率向上を目的とし ORBO101 と ORBO91L を直列につないだものを同時にサンプリングし分析に供したことである。

また、121物質の同時測定を試みたが、ピークが重なり測定不能の化学物質が多かったため、st52、st70 の2回測定を行う方法で実際の測定を実施したが、2,4-Dimethylpentane、Cyclohexane、Dimethoxymethane については、溶媒や他の物質とピークが重なり定量不能であった。

C 研究結果

スペルコ製吸着管 ORBO91L 単独及び ORBO101 と ORBO91L を直列につないだものの各化学物質の気中濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) に換算した測定結果はIIの項以降に他の機関と共にまとめた。

スペルコ製吸着管 ORBO91L 単独及び ORBO101 と ORBO91L を直列につないだものとも Ethanol、1,4-Dichlorobenzene、alpha-Pinen がほとんどの調査住宅の室内において高濃度検出された。

また、指針値が示されている化学物質のうち測定した Benzene、Toluene、Ethylbenzene、o, m,p-Xylene、1,4-Dichlorobenzene、n-Tetradecane においては、指針値以下の濃度であった。

テルペン類のうち alpha-Pinen、(+/-)-Camphene、beta-Pinene 等において、ORBO91L 単独より ORBO101 と ORBO91L を直列につないだものが高濃度

を示した例が多かった。

D 考察

室内、室外において、各種化学物質が検出された。今回の測定においては、室内で検出された化学物質はほぼ同様に室外でも検出されており、濃度も室外が低濃度であることから見て、自動車排ガス、工場からの排ガス等他の汚染源からの流入による室内濃度への影響は少ないものと考えられた。

ORBO101 の直列による測定手法によりテルペン類が、ORBO91L 単独使用によるものより高濃度で検出されていることから、両者の直列による測定手法がテルペン類の捕集向上に有効と考えられた。

E 結論

調査対象住宅は、入居後1カ月から5年であり、家具、衣服、食材等居住を始めてから持ち込まれるものの影響も含めた、県内一戸建て居住住宅における一般的な概況を把握できたものと考えられる。

検出された化学物質は、塗装剤、殺虫・防虫剤、接着剤等汎用されているもの及び木材等建材由来によると思われるがほとんどであった。

総揮発性有機化合物については、現在暫定目標値として $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ が定められているが、今回調査を実施した10住宅については、室内で検出された化学物質の総合計は4,294.53~4,199 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、暫定目標値の $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を3住宅で超過した。

また、Ethanol、1,4-Dichlorobenzene は、日常家庭で使用するものに多用されていることからこれを差し引いた化学物質総合計は、2,51~455.87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、ORBO91L 単独使用分では10調査住宅すべてで、ORBO101 と ORBO91L を直列につないだものでは総檜づくりの調査住宅以外の9調査住宅で暫定目標値の $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となった。

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、山口県において家庭9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

平成14年11月～12月、山口県山口市、徳山市、防府市、美祢市の9住宅を対象に、VOC-SD (シグマアルドリッチジャパン株式会社製) 用い、室内及び室外において24時間、規定の方法によりサンプリングを行った。

対象住宅の立地条件、築後年月等は表1と同様であった。

(2) 抽出方法

有機溶剤用パッシブガスチューブから吸着剤を取り出し、5ml容のバイアル瓶に入れ、2mlの二硫化炭素 (作業環境測定用) を加えた後、内部標準物質としてトルエン-d8 (116 μ g/ml) を2 μ l 加え、120分室温で放置し、吸着された化学物質を抽出し、検液とした。

(3) 分析方法

1) 測定対象

アクティブと同様に Benzene、Toluene 等121化学物質を測定対象とした。

2) 測定方法

使用したGC/MS、カラム、測定条件等は、1.アクティブ溶媒抽出法と同じである。

(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

アクティブ溶媒抽出法と同様に、2,4-Dimethylpentane、Cyclohexane、Dimethoxymethane については、溶媒や他の物質とピークが重なり定量不能であった。

C 研究結果

パッシブ溶媒抽出測定結果を表2に示した。概ねアクティブ溶媒抽出法と同じ化学物質が検出された。

VOC-SDマニュアルに記載されている Uptake Rate(ng/ppb/h)から算出したパッシブ溶媒抽出測定結果による気中濃度計算結果とアクティブ(ORBO101とORBO91L)溶媒抽出法によるものの比較すると、同レベルの値を示した事例が多く見られた。

D 考察

パッシブ法においては、吸着剤の種類、放置する場所の気流等の影響を強く受けると考えられ、アクティブ溶媒抽出法と一概に比較はできないが、概ね同様な化学物質が検出されており、総揮発性有機化合物を評価する測定法として、より詳細な検討を加えればポンプ等の騒音の発生がないことから一般家庭での測定法として有効な測定法と考えられた。

E 結論

パッシブ法による捕集管により121化学物質の測定を行い、概ねアクティブ溶媒抽出法と同様な化学物質が検出され、評価しうる測定法と考えられたが、化学物質により吸着量に差異が見られることから、吸着物質、吸着量の差等より詳細な検討が今後必要と考えられた。

3 参考文献

- 1) 厚生労働省医薬発第828号(2001) ”室内空气中化学物質の室内濃度指針値及び標準的測定方法等について”平成13年7月25日
- 2) 東京都立衛生研究所 ”プロジェクト研究報告書Ⅲ居住環境の安全性に関する研究”平成12年3月
- 3) 安藤正典:連載/室内空気汚染と化学物質 第4回:室内空气中に存在する化学物質一覧,資源環境対策,33(8),734-744,(1997).
- 4) VOCs 捕集用 (溶媒抽出タイプ) 高性能パッシブサンプラー-VOC-SD 取扱説明書
シグマアルドリッチジャパン株式会社 Ver.3.01

5) 社団法人日本建築学会編 シックハウス事典
技報堂出版株式会社

6) 室内空気汚染の原因と対策 池田耕一著 日
刊工業新聞社

表1 調査住宅の概況

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 YMG-A家屋	2002/11/16	住宅地域	なし		通常住宅	2年	木造戸建て	2	5
B YMG-B家屋	2002/11/18	住宅地域	なし		通常住宅	3ヶ月	木造戸建て	2	6
C YMG-C家屋	2002/11/20	住宅地域	有り	50	通常住宅	1年11ヶ月	木造戸建て	2	7
D YMG-D家屋	2002/11/22	住宅地域	有り	100	通常住宅	8ヶ月	鉄筋戸建て	2	5
E YMG-E家屋	2002/11/25	住宅地域	なし		通常住宅	6ヶ月	鉄筋戸建て	2	5
F YMG-F家屋	2002/11/26	住宅地域	なし		機密住宅	3ヶ月	木造戸建て	2	5
G YMG-G家屋	2002/11/28	住宅地域	有り	100	通常住宅	1ヶ月	木造戸建て	2	6
H YMG-H家屋	2002/11/29	住宅地域	有り	5	機密住宅	3ヶ月	木造戸建て	1	6
I YMG-I家屋	2002/12/2	住宅地域	有り	20	通常住宅	1.6年	鉄筋集合住宅	3/3	4
J YMG-J家屋	2002/12/4	住宅地域	なし		機密住宅	1ヶ月	鉄筋戸建て	2	7