

表2.

捕集管	シグマアルドリッチジャパン株式会社		
	ORB0101 +ORB091L	ORB091L	VOC-SD (パッシブ)
抽出溶媒名	二硫化炭素		
抽出溶媒量 ml	2.0		
抽出時間 min	120		
内部標準			
内標準物質名	トエン-d8	1,4-ジクロロベンゼン-d4	
内標準溶液濃度 $\mu\text{g}/\text{ml}$	0.10	0.25	

(3) 分析方法

1)測定物質

芳香族炭化水素(23種)、脂肪族炭化水素(23種)、環状炭化水素(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)およびその他物質(5種)計 121 物質を対象とした。

2)測定方法

国立医薬品食品衛生研究所が作成した

揮発性有機化合物標準 70 種および 52 種混合標準液各 100mg/L を 1対1 で混合後、二硫化炭素で適宜希釈し内部標準物質を一定濃度 (Toluene-d8 0.10mg/L、1,4-Dichlorobenzene-d4 0.25mg/L) になるよう加え、混合標準液を作成し検量線作成用溶液とした。

また、未使用の捕集管を用い 1-B-(2)抽出方法と同様の操作を行ったものを空試験溶液とした。さらに、添加回収試験として揮発性有機化合物標準液(各 50mg/L)を捕集管に添加し約 1 時間静置した後、試料と同様に操作し添加回収率を求めた。

検量線作成用溶液 1 μl をガスクロマトグラフ質量分析計(以下 GC-MS)に注入し、注入した測定対象物質の絶対量とピーク面積比(対象物質と内部標準物質との面積比)の関係から検量線を作成した。試料溶液および空試験溶液についても同様に GC-MS に注入し、検量線より溶液中の各測定対象物質の絶対量を求め、吸引した空気量等より空気中の濃度を求めた。なお、使用した分析条件を表 3 に示す。

表 3

GC/MSメーカー及び機種名	島津 QP-2010
カラム名&極性	DB-1
カラムサイズ(長さ、内径、膜厚)	60m*0.25mm, 1 μm
GC/MS注入量	1,000 μl
スプリット比	1 : 10
注入口ガラスウールの有無	(有) 無
カラム昇温条件	40 $^{\circ}\text{C}$ (10min)-(3 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$)-140 $^{\circ}\text{C}$ -(5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$)-200 $^{\circ}\text{C}$ (16min)-(7 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$)-300 $^{\circ}\text{C}$ (3min)
注入口温度	250 $^{\circ}\text{C}$
検出器温度	200 $^{\circ}\text{C}$

C. 結果および考察

(1) 試験法の検討

2-Propanol、2-Methyl-2-propanol、Ethanol、Dimethoxymethane、Acetone、Dichloromethane および Methylacetate は溶媒ピークの前に検出されるため定量できなかった。また、Propylene glycol および 2-Methoxyethanol はピークがテーリングを示し、かつ測定した検量線濃度において感度が乏しく定量できなかった。

今回行った分析条件では m-Xylene および p-Xylene のピークは分離が不十分であったため、合量で定量した。また、1,4-Dimethylcyclohexane、3,5-Dimethyloctane および Texanol は 2 本のピークが生じたため(異性体ピーク)、物質ごとに合量で定量した。

添加回収試験について、その多くは 70%~120% の範囲に入り良好な結果が得られた。しかし、Isopropylbenzene、n-Propylbenzene、2-Ethyltoluene、Naphthalene、n-Decane、3-Carene、2-Ethoxyethanol、Dibutyl phthalate、2-Pentylfuran は捕集管 2 種において添加回収率が 70%~120% の範囲に入らなかった。1,3,5-Trimethylbenzene、2,2,4-Trimethylpentane、1-Propanol、1-Butanol、Phenol、Methyl tert-butyl ether、2-Butoxyethanol、1-Methoxy-2-propanol、2-Butoxyethoxyethanol は捕集管 ORBO91L において添加回収率が 70%~120% の範囲に入らなかった。また 2-Methylnonane、3,5-Dimethyloctane、cis- 及び trans-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane、 α および β -Pinene、Camphene、Limonene、Camphor、Menthol、2-Ethyl-1-hexanol は捕集管 ORBO101+ORBO91L において添加回収率が 70%~120% の範囲に入らなかった。

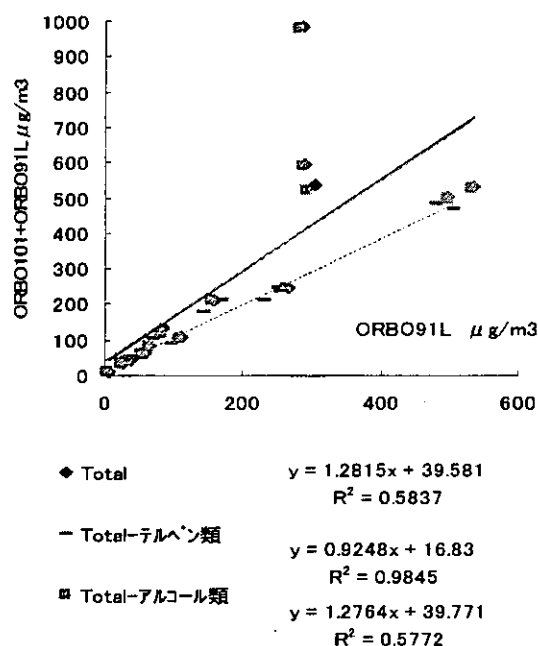
(2) 捕集管差について

分類別および TVOC の分析結果について 2 種類の捕集管の関係を示す(表 4、グラフ 1 および 2)。

表 4.

	n	相関係数	傾き
芳香族炭化水素	139	0.9890**	0.8848
脂肪族炭化水素	160	0.9549**	0.9833
環状アルカン類	18	0.9090**	1.0628
テルペン類	50	0.1743	1.3353
アルコール類	17	0.2942	0.8601
ケトン類	22	0.8355**	0.9829
ハロゲン化炭化水素	15	0.9983**	0.9598
エステル類	34	0.9776**	0.9515
TVOC	15	0.7640**	1.2815
TVOCからテルペン類を除く	15	0.9922**	0.9845
TVOCからアルコール類を除く	15	0.7597**	1.2764

グラフ 1.



対象物質の多くは、2 種類の捕集管による調査結果について相関があると考えられる(有意水準 1%)。しかし、テルペン類、アルコール類において相関が見られなかった。また、今回の調査において、TVOC 値の差に大きく関与しているのはテルペン類であった。

テルペン類については、明らかに捕集管による捕集効率に違いが見られ、捕集管 ORBO101+ORBO91L の方により多く捕集されていた。このため、テルペン類を含む TVOC の測定には ORBO91L と ORBO101 を連結した捕集管を使用するほうが良いと考えられる。

(3) 滋賀県において測定した揮発性有機化合物濃度について

今回、滋賀県で実施した実態調査結果はグラフ 3 および II の項に他の機関と共にまとめた。測定可能物質 112 物質中約 70 物質が検出した。

TVOC の測定により有用である捕集管 ORBO101+ORBO91L における調査結果は、5 家屋(B 宅、C 宅、D 宅、G 宅、J 宅)において TVOC 濃度が暫定目標値(400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を

超過した。D 宅および G 宅について、TVOC 濃度の大半を含ハロゲン類が占めており、それぞれ家屋で含ハロゲン類の 1,4-Dichlorobenzene が指針値(240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を超過していた。B 宅、C 宅および J 宅について、これらの 3 家屋はいずれも新築であり、TVOC 濃度の大半をテルペン類(主に α -Pinene、Limonene)が占めていた(表 5 および 6)。なお、参考のために捕集管 ORBO91L における分類別気中濃度等を示す(表 7 および 8)。

今回の調査結果より、テルペン類を TVOC に含むこととすると、新築住居における室内 TVOC 濃度は、暫定目標値を超過することが多いと考えられる。

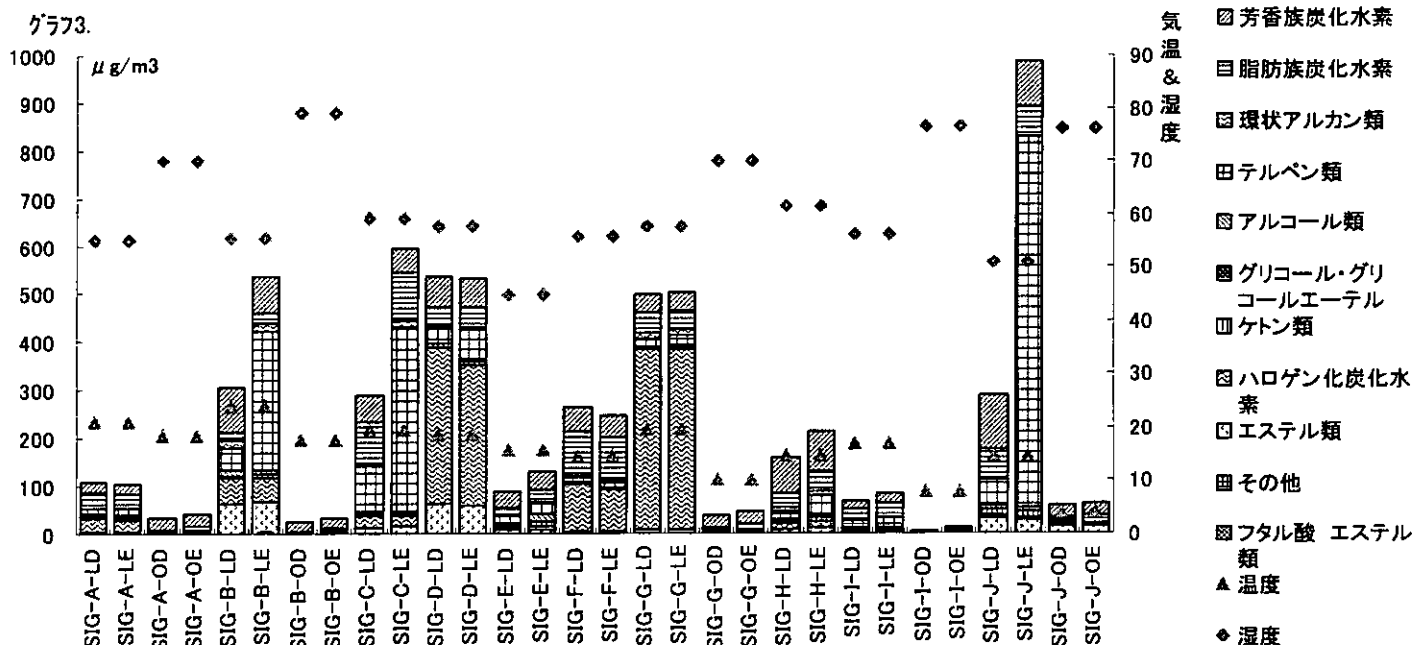


表5. 分類別気中濃度(捕集管ORBO101+ORBO91L) 単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

家屋名	A宅		B宅		C宅	D宅	E宅	F宅	G宅		H宅	I宅		J宅	
	室内1	外気1	室内2	外気2	室内3	室内4	室内5	室内6	室内7	外気3	室内8	室内9	外気4	室内10	外気5
サンプル名	SIG-A-LE	SIG-A-OE	SIG-B-LE	SIG-B-OE	SIG-C-LE	SIG-D-LE	SIG-E-LE	SIG-F-LE	SIG-G-LE	SIG-G-OE	SIG-H-LE	SIG-I-LE	SIG-I-OE	SIG-J-LE	SIG-J-OE
温度	21.1	18.3	24.0	17.8	19.4	18.9	15.9	14.5	19.5	10.2	14.7	16.9	8.0	14.8	4.1
湿度	55.0	70.1	55.3	78.9	59.0	57.8	44.9	55.6	57.7	69.9	61.3	56.1	76.4	50.7	75.9
芳香族炭化水素	23.3	27.0	76.2	20.2	50.4	59.4	38.8	46.6	36.9	24.9	86.5	21.0	2.9	95.0	25.5
脂肪族炭化水素	28.5	6.0	20.9	6.8	101	38.8	24.1	85.3	40.7	11.9	39.1	29.7	5.7	61.9	14.8
環状アルカン類	1.9	0.5	14.0	0.9	13.8	4.3	1.4	4.7	11.2	0.9	9.8	2.8	0.0	2.6	2.0
テルペン類	15.8	0.0	288	0.4	382	64.8	26.4	12.4	21.4	0.0	39.3	18.2	0.0	773	0.0
アルコール類	3.0	1.0	11.7	1.4	4.8	4.0	13.7	2.0	2.6	2.2	4.3	2.7	2.6	6.9	1.4
グリコール・グリコールエーテル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0
ケトン類	4.1	4.2	8.7	3.6	6.4	7.2	8.4	2.6	3.1	1.9	10.1	2.3	0.0	12.2	2.1
ハロゲン化炭化水素	25.8	1.2	48.0	0.0	20.8	296	8.1	89.1	379	0.0	12.7	2.0	0.0	5.8	0.7
エステル類	3.8	2.4	66.9	1.2	15.2	56.6	10.2	3.4	7.9	2.5	12.4	6.3	0.0	28.4	15.2
フタル酸 エステル類	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
その他	0.0	0.0	0.6	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
Total	106	42	535	35	595	532	131	246	503	44	214	85	11	987	62

表6.Totalに占める割合(捕集管ORBO101+ORBO91L) 単位:%

家屋名	A宅		B宅		C宅	D宅	E宅	F宅	G宅		H宅	I宅		J宅	
	室内1	外気1	室内2	外気2	室内3	室内4	室内5	室内6	室内7	外気3	室内8	室内9	外気4	室内10	外気5
室内or外気	室内1	外気1	室内2	外気2	室内3	室内4	室内5	室内6	室内7	外気3	室内8	室内9	外気4	室内10	外気5
芳香族炭化水素	22.0	63.6	14.3	58.6	8.5	11.2	29.6	18.9	7.3	56.2	40.4	24.7	26.1	9.6	41.3
脂肪族炭化水素	26.8	14.2	3.9	19.6	17.0	7.5	18.4	34.6	8.1	26.8	18.3	34.9	50.6	6.3	24.0
環状アルカン類	1.8	1.2	2.6	2.5	2.3	0.8	1.1	1.9	2.2	2.1	4.6	3.3	0.0	0.3	3.3
テルペン類	14.9	0.0	53.9	1.3	64.3	12.2	20.1	5.1	4.3	0.0	18.4	21.4	0.0	78.2	0.0
アルコール類	2.8	2.4	2.2	4.1	0.8	0.8	10.5	0.8	0.5	4.9	2.0	3.2	23.3	0.7	2.3
グリコール・グリコールエーテル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
ケトン類	3.9	10.0	1.6	10.4	1.1	1.3	6.4	1.1	0.6	4.3	4.7	2.7	0.0	1.2	3.4
ハロゲン化炭化水素	24.3	2.9	9.0	0.0	3.5	55.6	6.2	36.2	75.3	0.0	5.9	2.3	0.0	0.6	1.2
エステル類	3.6	5.7	12.5	3.5	2.6	10.6	7.8	1.4	1.6	5.7	5.8	7.4	0.0	2.9	24.6
フタル酸 エステル類	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
その他	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

表7. 分類別気中濃度(捕集管ORBO91L) 単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

家屋名	A宅		B宅		C宅	D宅	E宅	F宅	G宅		H宅	I宅		J宅	
	室内1	外気1	室内2	外気2	室内3	室内4	室内5	室内6	室内7	外気3	室内8	室内9	外気4	室内10	外気5
室内or外気	室内1	外気1	室内2	外気2	室内3	室内4	室内5	室内6	室内7	外気3	室内8	室内9	外気4	室内10	外気5
サンプリング名	SG-A-LD	SG-A-OD	SG-B-LD	SG-B-OD	SG-C-LD	SG-D-LD	SG-E-LD	SG-F-LD	SG-G-LD	SG-G-OD	SG-H-LD	SG-I-LD	SG-I-OD	SG-J-LD	SG-J-OD
温度	21.1	18.3	24.0	17.8	19.4	18.9	15.9	14.5	19.5	10.2	14.7	16.9	8.0	14.8	4.1
湿度	55.0	70.1	55.3	78.9	59.0	57.8	44.9	55.6	57.7	69.9	61.3	56.1	76.4	50.7	75.9
芳香族炭化水素	22.8	22.6	89.2	18.6	56.6	61.9	33.0	51.5	40.1	24.6	75.6	16.7	1.7	111	24.4
脂肪族炭化水素	30.8	5.2	19.5	3.8	88.4	41.3	14.8	91.1	41.6	8.5	30.6	23.3	2.3	62.0	10.4
環状アルカン類	1.5	0.5	13.2	0.4	4.3	4.5	0.7	3.6	9.5	0.5	6.1	2.0	0.0	1.6	0.9
テルペン類	14.4	0.0	48.5	0.5	93.7	30.2	16.0	9.6	18.3	0.0	16.6	12.8	0.0	54.9	0.6
アルコール類	2.5	1.0	10.7	1.0	4.2	2.9	2.7	1.0	1.7	1.0	2.9	1.8	1.0	6.6	1.4
グリコール・グリコールエーテル	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ケトン類	4.4	0.3	5.5	0.0	7.1	7.8	5.7	2.7	2.8	0.0	6.8	2.4	0.0	13.1	2.7
ハロゲン化炭化水素	29.2	1.1	50.7	0.4	22.0	32.7	6.4	103	378	0.8	10.2	1.7	0.0	6.2	0.6
エステル類	4.5	0.7	63.9	0.0	13.2	61.2	6.6	3.1	6.8	2.9	10.0	4.7	0.0	31.9	17.2
フタル酸 エステル類	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
その他	0.0	0.0	0.6	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	110	31	303	25	290	537	86	265	499	38	159	65	5	287	58

表8.Totalに占める割合(捕集管ORBO91L) 単位:%

家屋名	A宅		B宅		C宅	D宅	E宅	F宅	G宅		H宅	I宅		J宅	
	室内1	外気1	室内2	外気2	室内3	室内4	室内5	室内6	室内7	外気3	室内8	室内9	外気4	室内10	外気5
室内or外気	室内1	外気1	室内2	外気2	室内3	室内4	室内5	室内6	室内7	外気3	室内8	室内9	外気4	室内10	外気5
芳香族炭化水素	20.7	71.7	29.6	75.3	19.5	11.5	38.4	19.4	8.0	64.3	47.6	25.6	33.8	38.6	41.8
脂肪族炭化水素	28.0	16.6	6.5	15.5	30.5	7.7	17.3	34.4	8.3	22.2	19.3	35.6	46.2	21.6	17.9
環状アルカン類	1.4	1.7	4.4	1.5	1.5	0.8	0.8	1.4	1.9	1.3	3.8	3.0	0.0	0.6	1.6
テルペン類	13.1	0.0	16.1	2.1	32.4	5.6	18.6	3.6	3.7	0.0	10.5	19.6	0.0	19.1	1.1
アルコール類	2.3	3.2	3.6	4.0	1.4	0.5	3.2	0.4	0.3	2.6	1.8	2.8	20.0	2.3	2.4
グリコール・グリコールエーテル	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ケトン類	4.0	1.1	1.8	0.0	2.5	1.5	6.6	1.0	0.6	0.0	4.3	3.7	0.0	4.6	4.7
ハロゲン化炭化水素	26.5	3.6	16.8	1.5	7.6	60.9	7.4	38.7	75.8	2.2	6.4	2.6	0.0	2.2	1.1
エステル類	4.1	2.1	21.2	0.0	4.6	11.4	7.7	1.2	1.4	7.5	6.3	7.1	0.0	11.1	29.4
フタル酸 エステル類	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
その他	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	100	100	101	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

D. 今回のサンプリングならびに測定方法における特徴および課題

(1) サンプリングについて

通常の居住状態において 24 時間ポンプが稼

動しているため、ポンプの音が気になる。また、ポンプ等の設置にスペースが若干必要となるため、生活状態に支障をきたす場合があるという協力者からの意見があった。今後ポンプの消

音対策やサンプリング機材等の省スペース化を行う必要がある。また今回、除湿管を使用したことにより分析時の水分の影響が取り除けたが、アルコール類の捕集効率にも若干影響があったのではないかと考えられ、サンプリング時における除湿管の使用有無等の条件統一も検討していく必要があると考えられる。

(2) 測定方法について

今回の測定方法の特徴として、①一度の分析で 121 種と多くの項目の測定が可能であること、②試験溶液を必要に応じて何度も GC-MS に注入できること、③加熱脱着装置等の大気分析専用の特殊な装置を必要としないこと等が挙げられる。問題点としては、①TVOC の対象

項目の中には実験室で使用する溶媒等も多く含まれているため、抽出時に実験室内からの汚染を受けやすい、②対象項目のフタル酸エステル類は、可塑剤で実験室内や GC-MS やバイアル等のセプタムなどにも多く存在するため汚染を受けやすい、③捕集剤から抽出溶媒(二硫化炭素)で抽出されにくい物質がある、④捕集剤を試験管に移す時に若干の損失がある、⑤多種多様な物質を 1 つのカラムで分析するため、物質によっては定量ができない等が挙げられる。今後 TVOC を測定するにあたって、測定対象項目の選定など測定方法の確立、実験室内および分析器具等からの汚染防止対策などが必要であると考えられる。

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手段である、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、滋賀県において住宅 10 家屋について、国立医薬品食品衛生研究所が規定した手法によってパッシブ法によるサンプリングと溶媒抽出法による測定を行い、アクティブ法と比較検討した。

B. 研究方法

(1) サンプリング方法

サンプリングは 1-B-(1)と同様の家屋において実施した。

サンプリング場所は対象家屋の室内および屋外で行い、アクティブ法と同じ場所に設置し、約 24 時間暴露捕集を行った。

捕集管は、シグマアルドリッジジャパン社製 SD-VOC を使用した。

(2) 抽出方法

1) 測定物質

1-B-(2)-1)と同様の物質について測定を行った。

2) 測定方法

1-B-(2)-2)と同様に測定を行い、各測定物質の絶対量を求めた。なお、添加回収試験は行わなかった。

C. 結果および考察

(1) 試験法の検討

1-C-(1)と同様の物質について定量ができなかった。

また、空試験の結果 Decane、Dodecane および Naphthalene について、アクティブ法に使用した捕集管 2 種においては検出しなかったが、パッシブ法に使用した捕集管からは検出した。Decane については、空試験溶液の濃度が高く(捕集管 BL)が低濃度における定量ができなかった。

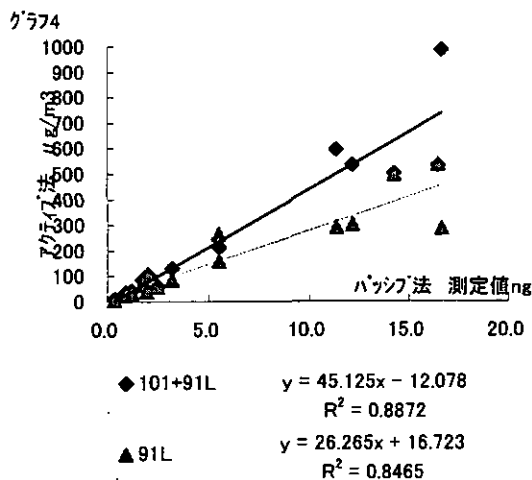
(2) 捕集方法の差について

今回滋賀県で実施した実態調査結果、分類別および TVOC のアクティブ法とパッシブ法の

表9.

分類	捕集管	n	相関係数
芳香族炭化水素	ORBO91L	13	0.9627 **
	ORBO101+ORBO91L	13	0.9700 **
脂肪族炭化水素	ORBO91L	13	0.9198 **
	ORBO101+ORBO91L	13	0.9322 **
環状アルカン類	ORBO91L	13	0.8079 **
	ORBO101+ORBO91L	13	0.9856 **
テルペン類	ORBO91L	13	0.8352 **
	ORBO101+ORBO91L	13	0.9910 **
アルコール類	ORBO91L	13	0.8935 **
	ORBO101+ORBO91L	13	0.8970 **
ハロゲン化炭化水素	ORBO91L	13	0.8795 **
	ORBO101+ORBO91L	13	0.9024 **
エステル類	ORBO91L	13	0.9984 **
	ORBO101+ORBO91L	13	0.9974 **
その他	ORBO91L	13	0.9599 **
	ORBO101+ORBO91L	13	0.9442 **
Total	ORBO91L	13	0.9201 **
	ORBO101+ORBO91L	13	0.9419 **

***・有意水準1%で有意である



アクティブ法の気中濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)とパッシブ法の捕集量(ng)は相関があると考えられる(有意水準1%)。

また、シグマアルドリッジジャパン社が提供している VOC・SD 溶媒抽出用濃度計算シート(現在 31 物質について計算が可能)を用いて気

関係を示す(表 9、グラフ 4 および 5)。

中濃度の計算をおこなった。TVOC を測定するのに捕集効率の高い捕集管 ORBO101+ORBO91L のデータとパッシブ法とを比較すると、相関があると考えられるが、Benzene、Undecane、1,4-Dichlorobenzene、Butylacetate について、パッシブ法のほうが高めに検出している(表 10 およびグラフ 6)。これは換算係数(サンプリングレート)の問題もあると考えられるが、今後このような実態調査等でデータを積み重ねることにより、修正等が可能であるとする。

表.10

	n	相関係数	傾き
Benzene	12	0.9019 **	0.68
Toluene	15	0.9809 **	1.02
Ethylbenzene	14	0.9714 **	1.11
m-Xylene or m.p-Xylene	14	0.9589 **	1.11
o-Xylene	14	0.9727 **	1.13
1,2,4-Trimethylbenzene	15	0.9583 **	0.95
1,3,5-Trimethylbenzene	12	0.9035 **	0.85
n-Heptane	11	0.9926 **	1.23
n-Octane	9	0.9959 **	1.16
n-Nonane	12	0.9988 **	1.18
n-Undecane	13	0.9547 **	0.50
alpha-Pinene	9	0.9986 **	1.31
Limonene	10	0.9985 **	1.06
Methylethylketone	14	0.7910 **	0.74
Methylisobutylketone	9	0.9315 **	0.93
1,4-Dichlorobenzene	10	0.9974 **	0.56
Ethylacetate	9	0.9628 **	0.87
Butylacetate	10	0.9941 **	0.62

***・有意水準1%で有意である

D. 今回のサンプリングならびに測定方法における特徴および課題

(1) サンプリングについて

ポンプを使用せずにサンプリングが行えるため、ポンプの音に悩まされないこと、設置スペースが少なくすむこと等が特徴である。しかし、捕集面が直接空気に接しているため、サンプリング中に誤って捕集管(拡散フィルター)に触れてしまう場合があった。今後、直接捕集

管に触れないために、ホルダー等を使用するほうが良いと考える。

(2)測定方法について

1-D-(2)と同様のことが特徴であり、課題と考える。

また、空試験の結果 Decane の捕集管 BL 値が若干高いため低濃度での定量ができなかったこともあり、捕集管の改良が必要と考える。

3. 結論

今回の調査において、測定物質は 121 物質であったが、そのうち定量可能であった物質が 112 物質であった。また、実態調査において約 70 物

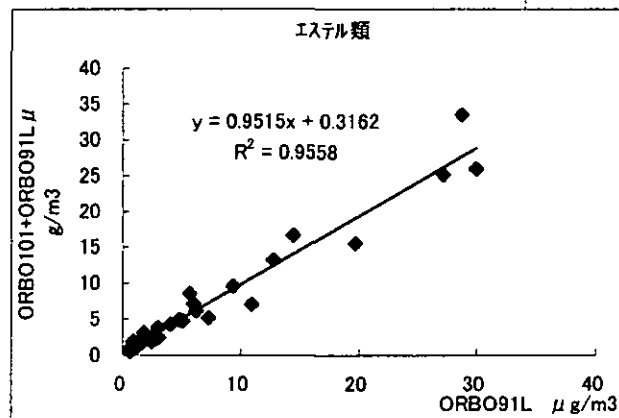
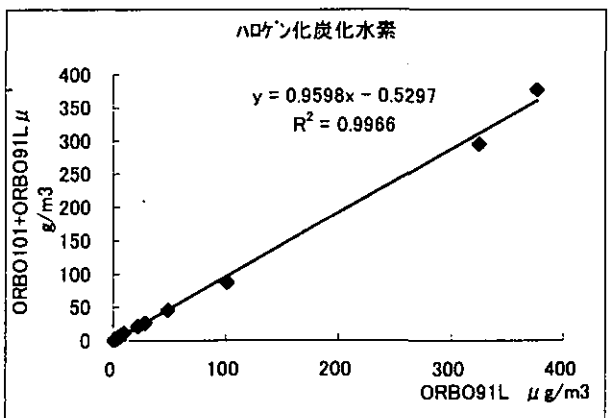
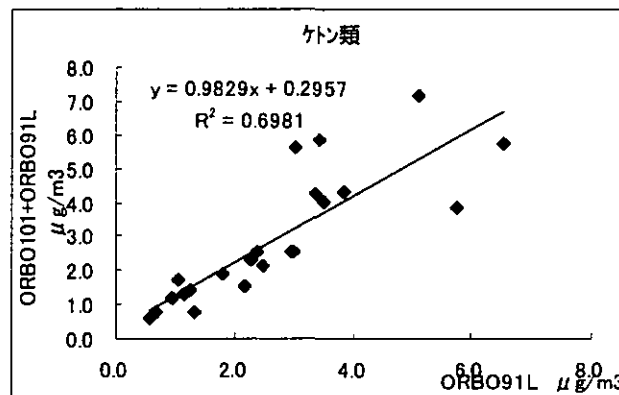
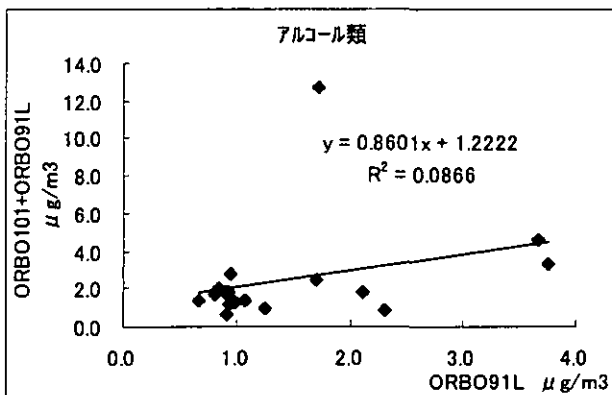
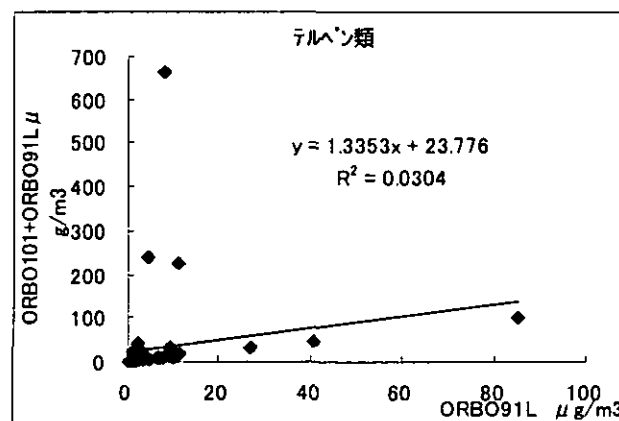
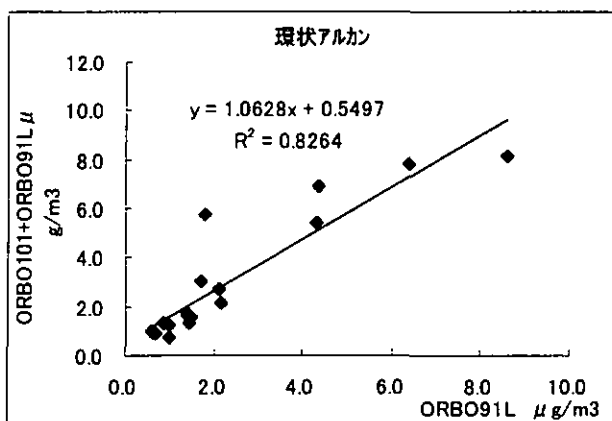
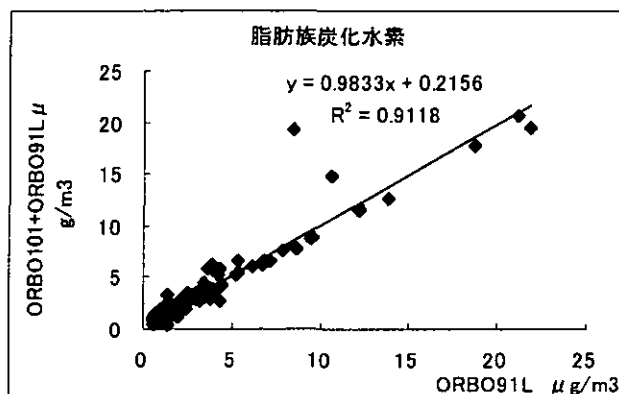
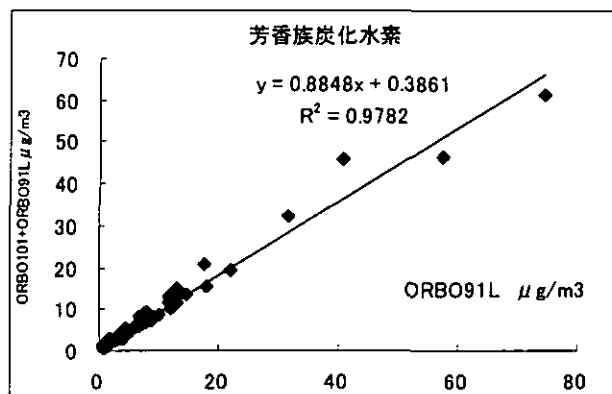
質が検出され、そのうち TVOC 値に占める割合が小さい物質もあった。これらのことから、測定物質の選定が可能であると考ええる。

通常的生活状態においてサンプリングを実施する場合、サンプリングポンプの音、設置スペースなど居住者の負担を考えるとサンプリングはパッシブ法で行うのが良いと思われる。また今回の調査においてアクティブ法とパッシブ法は相関がみられたため、パッシブ法は室内空気環境を把握するには有用であると考ええる。しかし、換算係数等の問題などあり、今後も実態調査などを行いアクティブ法とパッシブ法を比較し検討していく必要があると考える。

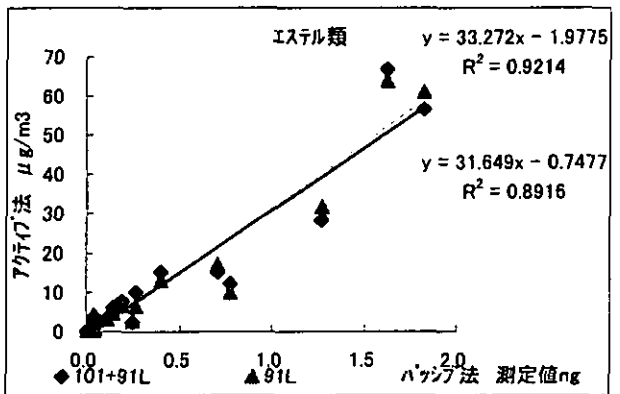
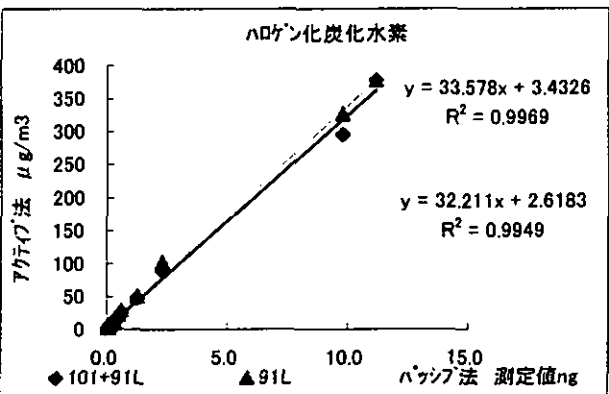
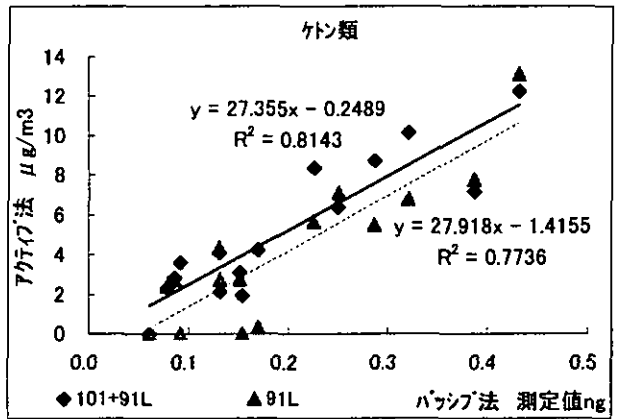
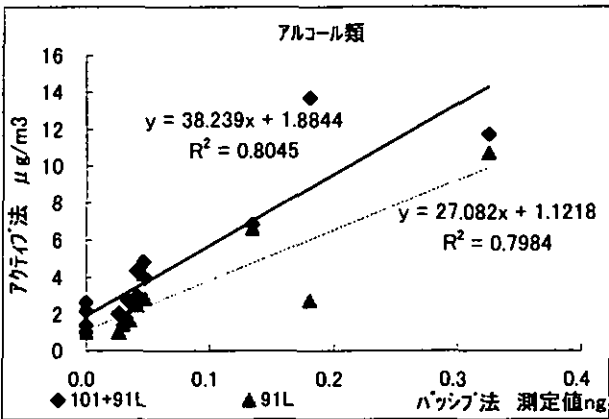
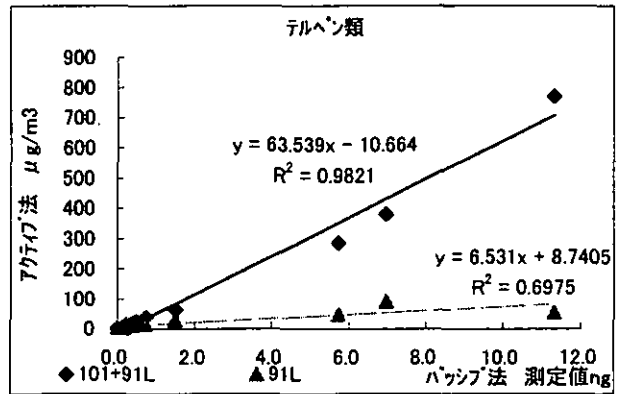
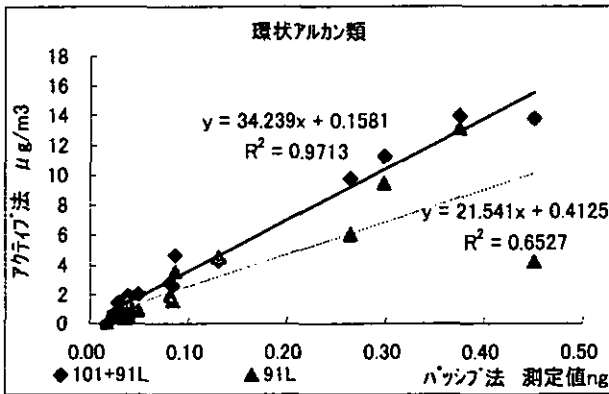
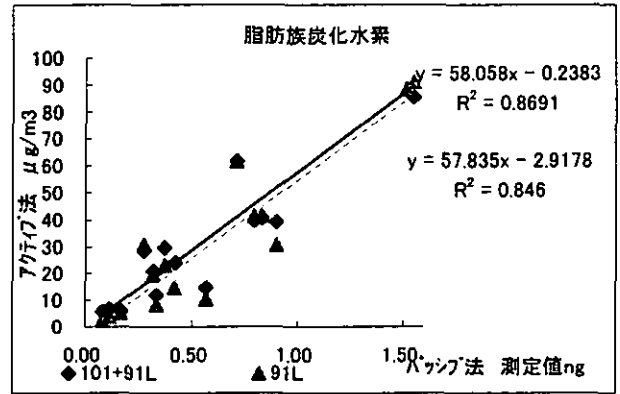
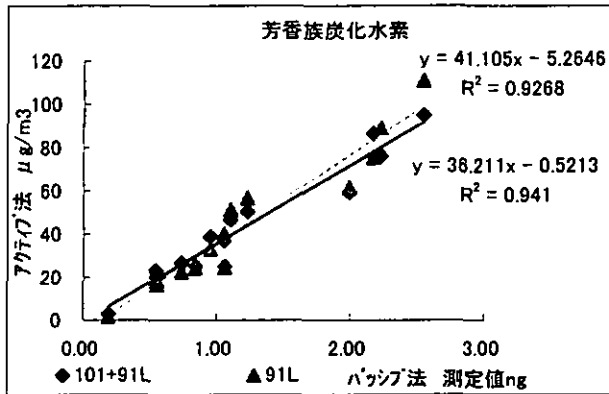
表 1.測定対象家屋情報

対象住宅	測定日	立地条件	国道及び県道からの距離 (m)	気密住宅	築年数 (年)	住宅情報			室内	外気
						建材	何階建(戸建) 何階/何階建(集合)	部屋数	サンプリング場所	
A	2002/10/16	住宅地域	100		6	木造戸建	2	9	寝室	玄関先
B	2002/10/17	住宅地域	300		0.2	木造戸建	2	11	LDK	物干
C	2002/10/29	住宅地域			0.2	木造戸建	2	11	LDK	
D	2002/10/31	住宅地域	4		25	木造戸建	2	4	LDK	
E	2002/11/14	住宅地域	500		4	鉄筋集合	6/10	4	寝室	
F	2002/11/19	住宅地域	25		14	木造戸建	2	9	居間	
G	2002/11/20	住宅地域	80		5	木造戸建	2	5	寝室	カレッジ
H	2002/11/21	商業地域	10	○	0.7	鉄筋集合	2/14	5	寝室	
I	2002/11/26	住宅地域			15	木造戸建	2	5	居間	軒下
J	2003/1/9	住宅地域	200	○	0.1	木造戸建	2	10	LDK	軒下

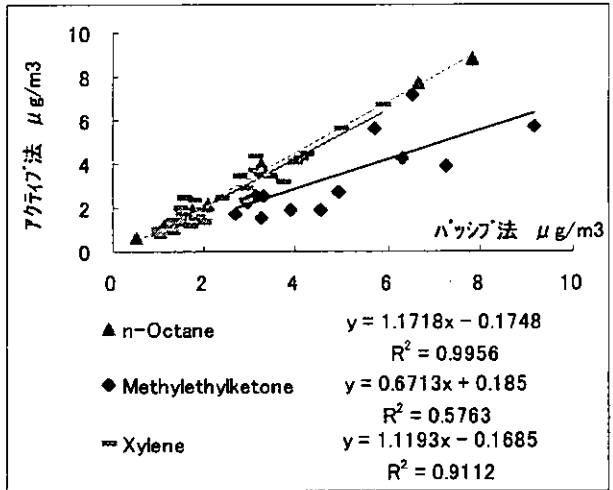
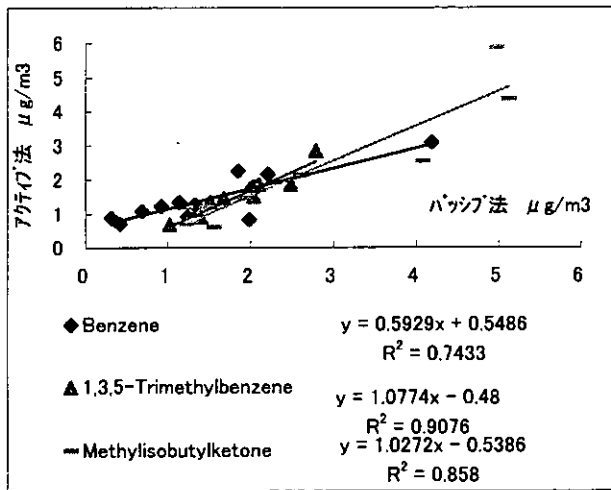
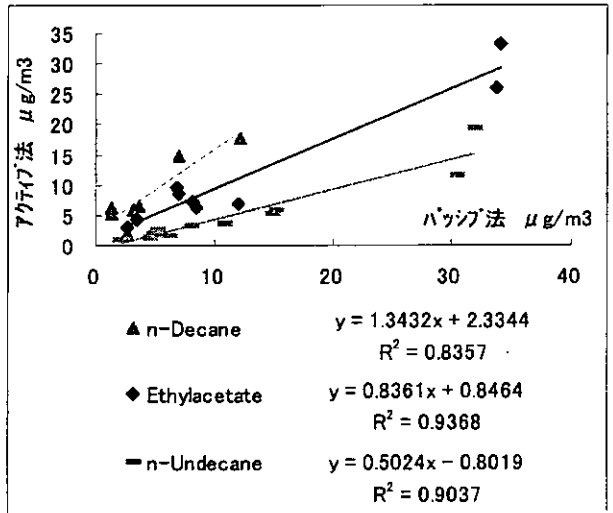
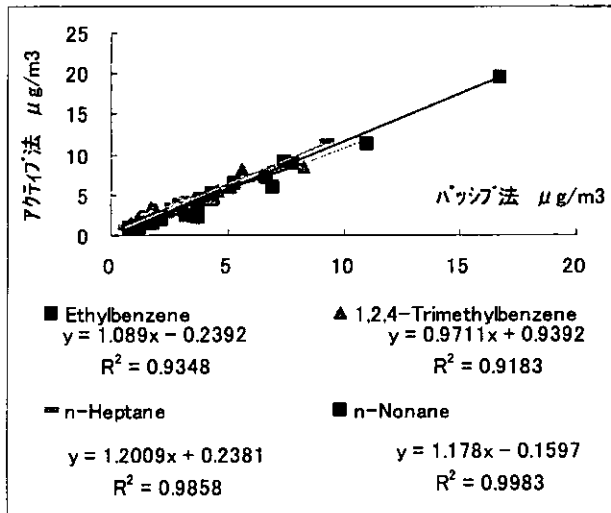
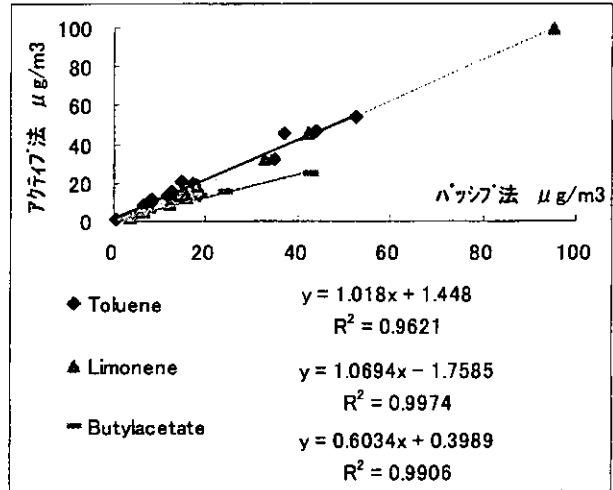
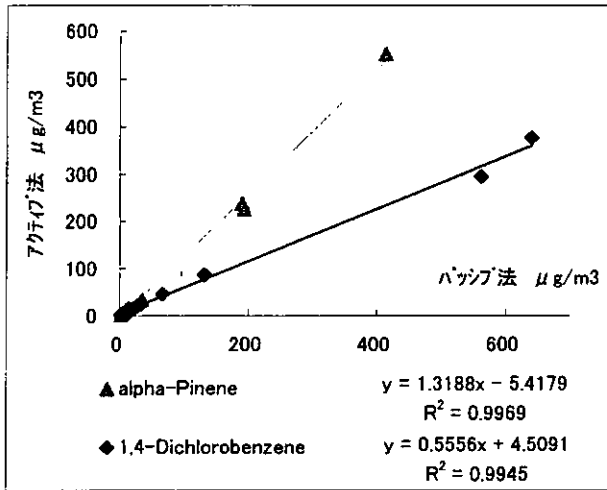
グラフ 2. ORBO91L と ORBO101+ORBO91L との比較



グラフ 5.アクティブ法とパッシブ法の比較 1



グラフ 6. アクティブ法とパッシブ法の比較 2



厚生科学研究費補助金（生活科学安全総合事業）
分担研究報告書

I-11 全国における室内空气中化学物質の実態に関する研究（大阪市）

分担研究者 古市裕子 大阪市立環境科学研究所 大気環境課
研究協力者 宮崎竹二 大阪市立環境科学研究所
芦田仁司 大阪市立環境科学研究所
宮地貴行 大阪市立環境科学研究所

研究要旨 経気道的に暴露する化学物質の実態評価のため、一般家庭10住宅について室内空气中の総揮発性有機化合物（TVOC）の測定を行った。築1年未満の住宅3戸については暫定目標値を超えるTVOCが検出された。

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、大阪府下および奈良県下において家庭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

サンプリングは厚生労働省室内ガイドラインに準拠し、溶媒抽出法によるVOCのアクティブサンプリングは、吸引前に捕集管の両端を切り、空気を吸引する向きにしたがって流量0.1L/minで24時間吸引した。捕集管はスペルコ社製ORBO-91Lのみとスペルコ社製ORBO-101を前段にORBO-91Lを後段にタンデムに連結したものの2種類を使用した。

空気試料の採取は、室内では居間または子供部屋または書斎、の1カ所ならびに屋外1カ所について溶媒抽出法については1試料ずつ採取した。また、屋外でのサンプリングについては各捕集管の前段に過塩素酸マグネシ

ウム（和光純薬 6~14mesh）を充填した除湿管を連結した。

個別のサンプリング場所については表1のようであった。

(2) 抽出方法

空気を採取した捕集管は吸着剤を抽出瓶に取り出し、二硫化炭素2mlを加えて栓をし、泡が出なくなるまで時々振り混ぜた後、内標準溶液（100 µg/ml）を2 µl加え、2時間振とう抽出した。抽出液の上澄みをパスツールピペットで2mlのバイアルに取り、これを試料溶液とした。

(3) 分析方法

1) 測定対象

対象家屋は大阪府内9家屋、奈良市内1家屋であり、そのうち4家屋については屋外空気の測定も同時に行った。

2) 測定方法

各家屋においてポンプとしてLV140、流量制御装置として東洋理工5ライン採取装置を使用した。分析機器及び分析条件は別紙のとおりである。

(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

捕集には ORBO91L のみを使用する場合（シングルサンプリング）と ORBO91L の直前に ORBO101 を連結してタンデムにサンプリングする場合（タンデムサンプリング）の 2 種類のサンプリングを並行しておこなった。また同時に、Airtoxics を用いた加熱脱着法の 2 重測定も行った。サンプリング時の問題点としてはポンプと流量制御装置は AC 電源を必要とすることから、屋外でのサンプリング場所の確保が困難であった。最近のマンションは洗濯機用の防水パンが室内に設置されており、屋外に電源を持たない例が多かった。そのため、ポンプ類を室内に設置し、採気口を窓の外へ導いてサンプリングを行った。また、戸建て住宅でも屋外の電源はカーポート内のみを設置されている場合が多く、屋外空気のサンプリング場所の選択には事前に調整する必要があると思われた。

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。

溶媒抽出法による測定の結果、10 家屋の TVOC 濃度の平均値はシングルサンプリングで $310\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、タンデムサンプリングで $419\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、中央値はシングルサンプリングで $247\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、タンデムサンプリングで $271\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最大値はシングルサンプリングで $818\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、タンデムサンプリングで $1333\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値はシングルサンプリングで $136\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、タンデムサンプリングで $166\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。10 家屋のうち、厚生労働省が平成 12 年 12 月に設定した TVOC の暫定目標値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えたのは、F 家屋（築 7 ヶ月）と H 家屋（築 1 ヶ月）と J 家屋（築 2 ヶ月）の 3 家屋であった。そのうち個別の物質では H 家屋では 1,4-Dichlorobenzene が $534\mu\text{g}/\text{m}^3$ （シング

ルサンプリング）、と $595\mu\text{g}/\text{m}^3$ （タンデムサンプリング）であり、室内濃度指針値 $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた。F 家屋、J 家屋では主に α -Pinene や Limonene などのテルペン濃度が 20~70%程度を占めており、室内濃度指針値を超えた物質はなかった。

D. 考察

室内における溶媒抽出法による測定では、築後 1 年を経過するといずれの家屋とも TVOC 濃度は暫定目標値を下回った。そのうち築 10 年 6 ヶ月の E 家屋では、ポンプを設置した子供部屋は普段使用していないために換気をしておらず、築年数から予想されるよりも比較的高濃度の TVOC が検出された。

室内空気と屋外空気の測定結果を比較すると、TVOC の I/O（室内濃度/屋外濃度）比は 0.7~12 であった。室内空気・屋外空気とも測定した 4 家屋のうち、H 家屋のタンデムサンプリングにおいてのみ TVOC の I/O 比が 10 を超えた。個別の物質では α -Pinene（I/O 比 163）、Limonene（I/O 比 14）、Dichloromethane（I/O 比 11）、1,4-Dichlorobenzene（I/O 比 441）の 4 物質の I/O 比が 10 を超えた。E 家屋では TVOC の I/O 比は 10 を超えなかったものの、同じくタンデムサンプリングで 1,2,4-Trimethylbenzene（I/O 比 15）、1,4-Dichlorobenzene（I/O 比 16）の 2 物質で I/O 比が 10 を超えた。

また、ORBO91L 単独（シングルサンプリング）より ORBO91L の前に ORBO101 を連結した捕集管（タンデムサンプリング）の方が TVOC 濃度は高く検出された。その差は α -Pinene、 β -Pinene、Camphor などのテルペン類と Styrene、1-Decene で大きいようであった。一方、屋外での溶媒抽出法による測定ではタンデムサンプリングを用いた場合、

E家屋とH家屋でシングルサンプリングによるTVOC濃度の30%程度しか検出されなかったが、その原因は不明である。

E.結論

溶媒抽出法による測定ではTVOC濃度は築1年未満の3家屋で厚生労働省の設定した

暫定目標値を上回った。個別の物質ではそのうち一家屋で1,4-Dichlorobenzeneが $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上検出され、室内濃度指針値を超えた。シングルサンプリングとタンデムサンプリングの測定結果を比較すると、タンデムサンプリングの方がテルペン類が高濃度で検出される例があった。

2.パッシブ法による測定

A.研究目的

室内空気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、大阪府下および奈良県下において家庭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

サンプリングはスペルコ社製VOC-SDを用いて、室内および屋外の空気に24時間暴露して行った。

サンプリング場所、時間、量等は別紙参照。

(2) 抽出方法

サンプリング後、VOC-SDの吸着剤を抽出瓶に取り出し、二硫化炭素1mlを加えて栓をし、泡が出なくなるまで時々振り混ぜた後、内標準溶液(100 $\mu\text{g}/\text{ml}$)を1 μl 加え、2時間振とう抽出した。抽出液の上澄みをパステールピペットで2mlのバイアルに取り、これを試料溶液とした。

(3) 分析方法

1) 測定対象

対象家屋は大阪府内9家屋(、奈良市内1家屋であり、そのうち4家屋については屋外空気の測定も同時に行った。

2) 測定方法

分析機器及び分析条件は別紙のとおりである。

(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

パッシブ法は電源を必要とせず、設置・回収も容易であることから、室内空気調査のサンプリング法としては理想的といえる。課題としては、測定法の過程の中でVOC-SD内の吸着剤が静電気によって一定量が抽出瓶に移せなかった。作業手順を定める際には注意する必要があると思われる。

C.研究結果

パッシブ法による測定では、築1年未満の3家屋でTVOCの絶対量が15ng以上であり、1年以上の家屋では15ng以下であった。平均値は15.6ng、中央値は11.5ng、最大値は46.8ng、最小値は6.8ngであった。

D.考察

パッシブ法による測定法は表2および3に示した。パッシブ法の結果はアクティブの溶媒抽出法と比べると、感度は悪く、例えばStyrene、Naphthalene、n-Tetradecaneなどはアクティブ法ではいずれの家屋でも検出されているが、パッシブ法では検出されなかった例があった。個別に比較すると、m,p-Xylene、Styrene、n-Octane、Methylisobutylketoneなどはパッシブ法の

方が低濃度で検出され、1,4-Dichlorobenzene はパッシブ法の方が高濃度で検出される傾向があった。また、n-Undecane、Chloroform はパッシブ法での検出頻度がアクティブ法より低く、検出された時にはアクティブ法より高い目に検出される傾向があった。しかし、捕集速度が与えられている 32 物質の合計濃度として見ると、アクティブ法のシングルサンプリングとの相関係数が 0.985、タンデムサンプリングとの相関係数が 0.995 と良好な相関関係がみられた。一方、屋外のサンプリングは測定数が少ないことから、パッシブサンプリングとアクティブサンプリングの比較評価は難しいものと思われた。室内空気と屋

外空気の TVOC 測定結果を比較すると、I/O 比は 0.9~7.0 であり、I/O 比が 10 を超えた例はなかった。しかし、H 家屋では α -Pinene の I/O 比が 122、1,4-Dichlorobenzene の I/O 比が 165 であった。なお、B 家屋の屋外サンプリングは欠測であった。

E. 結論

パッシブ法による測定では、築 1 年未満の 3 家屋で TVOC の絶対量が 15ng 以上であり、1 年以上の家屋では 15ng 以下であった。室内空気におけるパッシブ法による測定結果は 32 物質の合計濃度で比較するとアクティブ法による測定結果とよい相関が得られた。

表 1 暴露調査アンケート集計表

建物・測定場所

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 家屋	2002/10/22-23	商業、住宅地域	ある	200	気密住宅	1	鉄筋集合住宅	3/15	4
B 家屋	2002/10/25-26	住宅地域	ない		通常の住宅	15	木造戸建て	2	6
C 家屋	2002/10/28-29	工場、住宅地域	ある	200	気密住宅	7	鉄筋集合住宅	8/10	4
D 家屋	2002/10/29-30	工場、住宅地域	ある	200	通常の住宅	7	鉄筋集合住宅	5/10	3
E 家屋	2002/11/12-13	商業地域	ある	300	通常の住宅	10.5	木造戸建て	2	7
F 家屋	2002/11/15-16	住宅地域	ない		気密住宅	0.58	鉄筋集合住宅	9/15	4
G 家屋	2002/11/20-21	住宅地域	ある	0	気密住宅	1.5	鉄筋集合住宅	7/11	3
H 家屋	2002/11/25-26	住宅地域	ない		通常の住宅	0.08	木造戸建て	2	5
I 家屋	2002/12/3-4	商業地域	ある	0	通常の住宅	16	鉄筋集合住宅	4/7	2
J 家屋	2002/12/11-12	住宅地域	ある	50	気密住宅	0.17	鉄筋戸建て	3	5

表2 パッシブ法 室内

No.	compounds	平均値	中央値
1	Benzene	#DIV/0!	#NUM!
2	Toluene	0.96	0.91
3	Ethylbenzene	0.32	0.21
4	m-Xylene or m,p-Xylene	0.22	0.20
5	p-Xylene	#DIV/0!	#NUM!
6	o-Xylene	0.15	0.13
7	Isopropylbenzene	#DIV/0!	#NUM!
8	n-Propylbenzene	0.09	0.08
9	1,2,4-Trimethylbenzene	0.22	0.16
10	1,3,5-Trimethylbenzene	0.10	0.09
11	1,2,3-Trimethylbenzene	0.09	0.09
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.11	0.11
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	0.10	0.09
21	Styrene	0.10	0.05
22	Naphthalene	0.13	0.14
23	4-Phenylcyclohexene	0.12	0.12
24	n-Hexane	0.36	0.33
25	2-Methylhexane	2.43	1.93
26	3-Methylhexane	0.42	0.42
27	n-Heptane	0.15	0.13
28	n-Octane	0.17	0.15
29	n-Nonane	0.15	0.11
30	2-Methyloctane	0.25	0.07
31	3-Methyloctane	0.38	0.05
32	2-Methylnonane	0.14	0.03
33	3,5-Dimethyloctane	#DIV/0!	#NUM!
34	n-Decane	0.25	0.21
35	n-Undecane	0.15	0.15
36	n-Dodecane	0.16	0.15
37	n-Tridecane	0.10	0.10
38	n-Tetradecane	0.10	0.10
39	n-Pentadecane	0.12	0.12
40	n-Hexadecane	0.13	0.13
41	2-Methylpentane	0.08	0.06
42	3-Methylpentane	0.08	0.07
43	1-Octene	0.09	0.08
44	1-Decene	0.03	0.03
45	2,4-Dimethylpentane	0.07	0.07
46	2,2,4-Trimethylpentane	0.09	0.09
47	Methylcyclopentane	0.05	0.05
48	Cyclohexane	0.05	0.05
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	0.13	0.08
53	3-Carene	0.63	0.25
54	alpha-Pinene	3.22	0.33
55	(+/-)-Camphene	0.73	0.61
56	beta-Pinene	0.14	0.08
57	Longifolene	#DIV/0!	#NUM!
58	α -Cedrene	#DIV/0!	#NUM!
59	Limonene	0.89	0.54
60	Camphor	0.18	0.04
61	Menthol	#DIV/0!	#NUM!

No.	compounds	平均値	中央値
62	1-Propanol	#DIV/0!	#NUM!
63	2-Propanol	#DIV/0!	#NUM!
64	2-Methyl-2-propanol	#DIV/0!	#NUM!
65	2-Methyl-1-propanol	#DIV/0!	#NUM!
66	1-Butanol	0.06	0.06
67	1-Pentanol	#DIV/0!	#NUM!
68	1-Hexanol	#DIV/0!	#NUM!
69	Cyclohexanol	#DIV/0!	#NUM!
70	1-Octanol	0.33	0.33
71	2-Ethyl-1-hexanol	0.20	0.19
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	#DIV/0!	#NUM!
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	0.10	0.10
85	2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	#DIV/0!	#NUM!
86	Acetone	0.22	0.21
87	3-Methyl-2-butanone	#DIV/0!	#NUM!
88	Methylethylketone	#DIV/0!	#NUM!
89	Methylisobutylketone	0.14	0.10
90	Acetophenone	#DIV/0!	#NUM!
91	Dichloromethane	0.30	0.24
92	Carbon tetrachloride	0.08	0.08
93	1,2-Dichloroethane	0.10	0.10
94	Trichloroethylene	0.11	0.11
95	Tetrachloroethylene	0.10	0.10
96	1,1,1-Trichloroethane	0.10	0.10
97	1,4-Dichlorobenzene	1.82	0.14
98	1,2-Dichloropropane	0.01	0.01
99	Chlorodibromomethane	0.10	0.10
100	Chloroform	0.02	0.02
101	Methylacetate	#DIV/0!	#NUM!
102	Vinylacetate	#DIV/0!	#NUM!
103	Butylformate	#DIV/0!	#NUM!
104	Isobutylacetate	#DIV/0!	#NUM!
105	Ethylacetate	#DIV/0!	#NUM!
106	Propylacetate	#DIV/0!	#NUM!
107	Butylacetate	0.17	0.15
108	Isopropylacetate	0.00	0.00
109	2-Methoxyethylacetate	#DIV/0!	#NUM!
110	2-Ethoxyethylacetate	0.18	0.18
111	2-Ethylhexylacetate	#DIV/0!	#NUM!
112	Linaloolacetate	#DIV/0!	#NUM!
113	Methacrylic acid methyl ester	#DIV/0!	#NUM!
114	TXIB	0.13	0.13
115	Dimethyl phthalate	#DIV/0!	#NUM!
116	Dibutyl phthalate	#DIV/0!	#NUM!
117	1,4-Dioxane	0.08	0.08
118	Caprolactam	#DIV/0!	#NUM!
119	Indene	#DIV/0!	#NUM!
120	2-Pentylfuran	0.12	0.12
121	THF(Tetrahydrofuran)	0.03	0.03

表3 パッシブ法 屋外

No.	Compounds	平均値	中央値	No.	Compounds	平均値	中央値
1	Benzene	#DIV/0!	#NUM!	62	1-Propanol	#DIV/0!	#NUM!
2	Toluene	0.74	0.65	63	2-Propanol	#DIV/0!	#NUM!
3	Ethylbenzene	0.16	0.16	64	2-Methyl-2-propanol	#DIV/0!	#NUM!
4	m-Xylene or m,p-Xylene	0.12	0.12	65	2-Methyl-1-propanol	#DIV/0!	#NUM!
5	p-Xylene	#DIV/0!	#NUM!	66	1-Butanol	#DIV/0!	#NUM!
6	o-Xylene	0.11	0.12	67	1-Pentanol	#DIV/0!	#NUM!
7	Isopropylbenzene	#DIV/0!	#NUM!	68	1-Hexanol	#DIV/0!	#NUM!
8	n-Propylbenzene	0.09	0.08	69	Cyclohexanol	#DIV/0!	#NUM!
9	1,2,4-Trimethylbenzene	0.23	0.16	70	1-Octanol	0.33	0.33
10	1,3,5-Trimethylbenzene	0.12	0.09	71	2-Ethyl-1-hexanol	0.22	0.22
11	1,2,3-Trimethylbenzene	0.10	0.09	72	Phenol	#DIV/0!	#NUM!
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	#DIV/0!	#NUM!	73	Texanol	#DIV/0!	#NUM!
13	1-Methyl-3-propylbenzene	#DIV/0!	#NUM!	74	2,6-Di-t-butyl-4-methylphenol (BHT)	#DIV/0!	#NUM!
14	n-Butylbenzene	#DIV/0!	#NUM!	75	Methyl-t-butylether	#DIV/0!	#NUM!
15	1,3-Diisopropylbenzene	#DIV/0!	#NUM!	76	Ethanol	#DIV/0!	#NUM!
16	1,4-Diisopropylbenzene	#DIV/0!	#NUM!	77	Propylene glycol	#DIV/0!	#NUM!
17	Ethynylbenzene	#DIV/0!	#NUM!	78	Dimethoxymethane	#DIV/0!	#NUM!
18	p-Methylstyrene	#DIV/0!	#NUM!	79	Dimethoxyethane	#DIV/0!	#NUM!
19	α -Methylstyrene	#DIV/0!	#NUM!	80	2-Methoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
20	2-Ethyltoluene	0.11	0.09	81	2-Ethoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
21	Styrene	#DIV/0!	#NUM!	82	2-Butoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
22	Naphthalene	#DIV/0!	#NUM!	83	1-Methoxy-2-propanol	#DIV/0!	#NUM!
23	4-Phenylcyclohexene	#DIV/0!	#NUM!	84	2-Butoxyethoxyethanol	#DIV/0!	#NUM!
24	n-Hexane	0.41	0.32	85	2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol	#DIV/0!	#NUM!
25	2-Methylhexane	2.75	1.90	86	Acetone	0.15	0.15
26	3-Methylhexane	0.28	0.27	87	3-Methyl-2-butanone	#DIV/0!	#NUM!
27	n-Heptane	0.12	0.11	88	Methylethylketone	#DIV/0!	#NUM!
28	n-Octane	0.09	0.09	89	Methylisobutylketone	0.08	0.08
29	n-Nonane	0.13	0.11	90	Acetophenone	#DIV/0!	#NUM!
30	2-Methyloctane	0.06	0.06	91	Dichloromethane	0.31	0.30
31	3-Methyloctane	0.11	0.11	92	Carbon tetrachloride	0.08	0.08
32	2-Methylnonane	0.35	0.35	93	1,2-Dichloroethane	#DIV/0!	#NUM!
33	3,5-Dimethyloctane	#DIV/0!	#NUM!	94	Trichloroethylene	0.15	0.14
34	n-Decane	0.31	0.19	95	Tetrachloroethylene	0.11	0.08
35	n-Undecane	#DIV/0!	#NUM!	96	1,1,1-Trichloroethane	0.10	0.10
36	n-Dodecane	#DIV/0!	#NUM!	97	1,4-Dichlorobenzene	0.10	0.10
37	n-Tridecane	#DIV/0!	#NUM!	98	1,2-Dichloropropane	0.01	0.01
38	n-Tetradecane	#DIV/0!	#NUM!	99	Chlorodibromomethane	0.10	0.10
39	n-Pentadecane	#DIV/0!	#NUM!	100	Chloroform	0.06	0.02
40	n-Hexadecane	#DIV/0!	#NUM!	101	Methylacetate	#DIV/0!	#NUM!
41	2-Methylpentane	0.02	0.02	102	Vinylacetate	#DIV/0!	#NUM!
42	3-Methylpentane	0.08	0.09	103	Butylformate	#DIV/0!	#NUM!
43	1-Octene	#DIV/0!	#NUM!	104	Isobutylacetate	#DIV/0!	#NUM!
44	1-Decene	0.02	0.02	105	Ethylacetate	#DIV/0!	#NUM!
45	2,4-Dimethylpentane	0.07	0.06	106	Propylacetate	#DIV/0!	#NUM!
46	2,2,4-Trimethylpentane	0.09	0.09	107	Butylacetate	0.11	0.11
47	Methylcyclopentane	0.06	0.05	108	Isopropylacetate	#DIV/0!	#NUM!
48	Cyclohexane	0.05	0.05	109	2-Methoxyethylacetate	#DIV/0!	#NUM!
49	1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)	#DIV/0!	#NUM!	110	2-Ethoxyethylacetate	#DIV/0!	#NUM!
50	cis-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	#DIV/0!	#NUM!	111	2-Ethylhexylacetate	#DIV/0!	#NUM!
51	trans-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	#DIV/0!	#NUM!	112	Linaloolacetate	#DIV/0!	#NUM!
52	Methylcyclohexane	0.07	0.07	113	Methacrylic acid methyl ester	#DIV/0!	#NUM!
53	3-Carene	#DIV/0!	#NUM!	114	TXIB	0.13	0.13
54	alpha-Pinene	0.09	0.08	115	Dimethyl phthalate	#DIV/0!	#NUM!
55	(+/-)-Camphene	#DIV/0!	#NUM!	116	Dibutyl phthalate	#DIV/0!	#NUM!
56	beta-Pinene	0.07	0.07	117	1,4-Dioxane	#DIV/0!	#NUM!
57	Longifolene	#DIV/0!	#NUM!	118	Caprolactam	#DIV/0!	#NUM!
58	α -Cedrene	#DIV/0!	#NUM!	119	Indene	#DIV/0!	#NUM!
59	Limonene	0.09	0.09	120	2-Pentylfuran	#DIV/0!	#NUM!
60	Camphor	0.01	0.01	121	THF(Tetrahydrofuran)	#DIV/0!	#NUM!
61	Menthol	#DIV/0!	#NUM!				

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-12 全国における室内空气中化学物質の実態に関する研究 (神戸市)

分担研究者 八木 正博 神戸市環境保健研究所 環境化学部

研究要旨 室内空气中化学物質を総合的に評価する一環として、総揮発性有機化合物 (TVOC) の測定方法の確立と実態調査を行うために、神戸市において 7 住宅について調査を行った。その結果、築後 1 年前後の住居においては 4 住宅中 2 住宅で厚生労働省の暫定目標値 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えたことより、築年数が 1 年程度の住宅においてもこの暫定目標値は現状では達成が厳しい値であることが示唆された。

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一環として、総揮発性有機化合物 (TVOC) の測定方法の確立と我国における実態調査を行うために、神戸市において家庭 7 住宅について、規定された手法によってアクティブ法によるサンプリングと溶媒抽出法による測定を行った。

端を専用のキャップで密栓した後さらにアルミホイルで巻き、試験溶液を調製するまで活性炭を入れたデシケーター中に室温で保存した。今回は、ORBO-91L を単独で用いる以外にテルペン類の捕集効果を確保するために ORBO-101(スペルコ製)と ORBO-91L を直列につないで用いる方法も実施した。

B. 研究方法

(1) サンプリング方法

神戸市において築 1 年前後の住宅を中心に 7 住宅についてサンプリングを行った(表 1)。空気採取は 2002 年 11 月~12 月に行った。7 住宅の築年数については築後 1 年後が 4 軒、築後約 2 年、4 年及び 20 年がそれぞれ 1 軒であった。住宅の種類は一戸建て 4 軒及び集合住宅 3 軒であった。室内空気採取場所は LDK を含む居間が 6 軒、洋室が 1 軒であった。外気採取場所はすべてベランダで行った。

現場で空気採取直前に捕集管 (ORBO-91L、スペルコ製) の両端を切断した後、吸引ポンプ (東洋理工製 5 ライン採取装置(流量制御部)と日東工器製 LV140 ポンプを組合わせたもの) にその捕集管を取り付け、流量約 $100\text{ml}/\text{分}$ で 24 時間空気の採取を行った。空気採取後の捕集管は両

(2) 抽出方法

空気採取後の捕集管を切断して中の捕集剤を 4ml 容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 $0.1 \mu\text{g}/\text{ml}$ 含むもの) 2ml 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

芳香族炭化水素 (23 種)、脂肪族炭化水素 (23 種)、環状炭化水素 (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) 計 121 種を測定対象とした。

2) 測定方法

標準原液 (70 種混合及び 51 種混合各 100 $\mu\text{g/ml}$ 、メタノール溶液)を、二硫化炭素(内部標準としてのトルエン d 8 を 0.1 $\mu\text{g/ml}$ 含むもの)で希釈し、0.02、0.05、0.1、0.25、0.5、1.25 及び 2.5 $\mu\text{g/ml}$ 濃度のものを作成し、検量線作成用溶液とした。また、未使用の捕集管を用い、「(2) 抽出方法」と同様の操作を行ったものを空試験溶液とした。

検量線作成用溶液 2 μl をガスクロマトグラフー質量分析計 (GC-MS) に注入し、注入した測定対象物質の絶対量とピーク面積比(対象物質と内部標準物質との面積比) の関係から検量線を作成した。

試験溶液及び空試験溶液についても同様に GC-MS に注入し、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、吸引した空気量で除して空気中の濃度を求めた。なお、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。

(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

2. 測定不可であった物質について

1-Propanol	抽出溶媒/二硫化炭素ピークと重なる	→ 定量不可 (プロトコル通り)
Propylene glycol	ピーク形状・感度共に悪い	→ 定量不可 (プロトコル通り)
2-Methoxyethanol	ピーク形状・感度共に悪い	→ 定量不可 (プロトコル通り)
2-Ethoxyethanol	ピーク形状・感度共に悪い	→ 定量不可 (プロトコル通り)
Vinylacetate	ピーク形状・感度共に悪い	→ 定量不可 (プロトコル通り)

3. GC-MS で分離できず含量で定量した物質について

m, p-Xylene	m, p を分離できなかった	→ 含量で定量 (プロトコル通り)
-------------	----------------	-------------------

4. ピークが 2 本出た物質について

1, 4-Dimethylcyclohexane	ピーク面積はほぼ同じ	→ 2本のピークで定量 (プロトコル通り)
Texanol	後に出るピークの方が約2倍の面積	→ 2本のピークで定量 (プロトコル通り)

D. 考察

1. TVOC 実態調査について

室内空気厚生労働省の TVOC 暫定目標値 400 $\mu\text{g/m}^3$ を超えたところは 7 軒中 2

この分析法は、①使用する主な機器が流量 100ml/分で定量的に吸引できるポンプと一般的な GC-MS のみであり、大気や室内空気専用の特殊な機器を用いないで測定できること、②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 2 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率が悪い物質がある、などの問題点がある。

今回、捕集管は、従来用いていた ORBO-91L を単独で用いる方法に加えて、ORBO101 と ORBO-91L を直列に用いる方法の 2 つの方法を実施した。これは ORBO-91L 単独ではテルペン類の捕集が不十分ではないかと疑われたためである。

C. 研究結果

1. TVOC について

アクティブ溶媒抽出法による TVOC 測定結果は II の項以降に他の機関と共にまとめた。また、本分担研究結果をまとめたものを表 2、3 に示した。

軒であった。いずれも築後 1 年程度のものであり、築後 1 年程度の別の物件でも目標値以内であるが暫定目標値ぎりぎりの値だった。

また、暫定目標値を超えた 1 軒では外気も目標値の約 75%の値であり、高かった。外壁やベランダ床面から揮発したのか、室内空気が流れ出たものか、それとも周辺地域で行われていた震災復興工事が明らかではない。また、TVOCの対象物質にエタノールを加えるかどうかについても十分考慮する必要がある。エタノールは飲酒、調理、食事、医療等の影響を受け易いため、同一場所を測定する場合でも、値が大きく変動することになると共に、シックハウス症候群や化学物質過敏症対策という本来の目的を考慮して決める必要がある。それらを考慮するとTVOC(エタノールを除く)、TVOC(エタノールを含む)の2つの値で評価していくのも一方法であると考え。ただ、TVOC暫定目標値 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ としてはTVOC(エタノールを除く)を取り扱うのが妥当であると考え。

2. TVOC分析法上の問題点

今回当所で実施したVOC121物質の分析において、1-Propanol など5種についてはGC-MS上で溶媒ピークと重なったり、ピーク形状や感度が悪かったりしたために、定量できなかった。また、m,p-Xylene につい

2. パッシブ法による測定

A. 研究目的

室内空気中化学物質を総合的に評価する一環として、総揮発性有機化合物(TVOC)の測定方法の確立と我国における実態調査を行うため、神戸市において家庭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

神戸市において新築を中心に7住宅についてサンプリングを行った。サンプリング場所等の詳細についてはアクティブ法による測定と同様である。

ては分離定量できなかった。

また、今回、当所で測定したアクティブ法の2つの方法で求めたTVOC値についての関係を図1の(1-1)及び(1-2)に示した。両者に正の相関関係が強いことがわかる。1点のみ近似直線から離れた点があるが、これはテルペン類が高濃度である地点であり、ORBO101とORBO-91Lを直列に用いる方法とORBO-91L単独で用いた方法のテルペン類の値の差が大きかった。その点を除いても近似直線では両者に10~20%程度の差があり、テルペン類の捕集効率の差である。

E. 結論

当所の結果から、築後1年程度の住居でも室内空気中厚生労働省のTVOC目標暫定値 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるところはかなり多いと推定される。

F. 文献

- 1) 厚生労働省化学物質安全対策室編：シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会中間報告書・第6回~第7回のまとめについて(2001)。
- 2) 八木正博, 鈴木行夫, 橋本宏之：神戸市環境保健研究所報,30,69-74(2002)。

現場で空気採取直前に捕集管(SD-VOC、スペルコ製)の入ったアルミ袋をはさみでカットし、ガラス製の保存容器を取り外し、たこ糸をその捕集管を取り付け、室内空気測定分については部屋のほぼ中央で、外気測定分については壁から0.5~1m離して吊るし、24時間放置することにより、空気の採取を行った。空気採取後の捕集管はガラス製の保存容器を取り付け、元のアルミ袋にもどし、チャックを締め、試験溶液の調製まで活性炭を入れたデシケーター中に室温で保存した。

(2) 抽出方法

空気採取後の捕集管中の捕集剤を2ml容