

No	化学物質名	理由
24	n-Hexane	ピークが重なり、判別不能
26	3-Methylhexane	
27	n-Heptane	
42	3-Methylpentane	
46	2, 2, 4-Trimethylpentane	
8	Cyclohexane	ピークが出ない
78	Dimethoxymethane	
77	Propyren glycol	ピーク形状及び感度悪い

2) 測定方法

統一方法のとおり。

保持時間が不安定なエタノールや、ピークが隣接していて判別が難しい物質等があった。

(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

測定対象は、新築住宅が確保できず建築後7ヶ月～6年の中古住宅となった。

サンプリング時の室内気温は、調査を冬季に実施したため平均14.6～21℃と比較的低温であった。

測定対象とする物質は121種類と多く、定量不能な物質のほかにもピーク形状及び

試料測定にあたっては、1試料当りの測定時間が長くなるため(95分×2回)、GC/MSを長期間専有する必要があった。

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。

また、TVOCの定量結果は、以下のとおりであった。

捕集管 家屋名	室内		外気	
	OLBO91L	OLBO91L +OLBO101	OLBO91L	OLBO91L +OLBO101
A	365.7	415.8	45	62.7
B	629.3	621.9	2.5	1.1
C	1103	1114		
D	485.8	507.8		
E	659.2	1448		
F	384.4	484.4		
平均値	604.6	765.3	23.8	31.9
中央値	557.6	564.9	23.8	31.9
最小値	365.7	415.8	2.5	1.1
最大値	1103	1448	45	62.7

(単位：μg/m³)

目安とする TVOC では、エタノールを除いて計算しても特に不具合はなく、逆により現実的な評価ができるものと考えられる。

E. 結論

新潟県において一般家庭 6 住宅について実態調査を実施し、指針値の定められているト

ルエン等 7 物質のうち p-ジクロロベンゼンについて 1 住宅で指針値を超えた。また、エタノールを除いて計算した総揮発性有機化合物 (TVOC) は 2 住宅で暫定指針値を超えた。

サンプリングに用いる捕集管については、従来から用いている ORBO91L に ORBO101 を追加して使用することで、主にテルペン類の捕集効率が大きく改善された。

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、新潟県において家庭 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

(1) サンプリング方法

捕集管にスペルコ製のパッシブサンプラー「VOC-SD」を使用し、6 家屋を対象にして、溶媒抽出法と同一箇所において 24 時間サンプリングを行った。

家屋の構造及びサンプリング時の状況は、別紙 1「暴露調査アンケート集計表」のとおりであった。

(2) 抽出方法

統一方法のとおり。

(3) 分析方法

1) 測定対象

統一方法のとおり。(溶媒抽出法と同様)

2) 測定方法

統一方法のとおり。(溶媒抽出法と同様)

(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

サンプリングは非常に容易で、測定方法にも特に問題はなかった。

C. 研究結果

パッシブ法による各物質の検出濃度は、概ね溶媒抽出法と同程度で、A 及び D 家屋の各測定方法による室内濃度は次のとおり。

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

物質名	A		D	
	VOC-SD	溶媒抽出法	VOC-SD	溶媒抽出法
トルエン	29.6	35.8	18.1	20.2
m-キシレン	6.5	7.1	4.2	4.5
α -ピネン	21.7	26.2	17.3	19.3
トリクロロエチレン	2.1	2.7	23.0	24.5

TVOC の定量結果は、以下のとおり。

(VOC-SD については、捕集された各物質

目安とする TVOC では、エタノールを除いて計算しても特に不具合はなく、逆により現実的な評価ができるものと考えられる。

E. 結論

新潟県において一般家庭 6 住宅について実態調査を実施し、指針値の定められているトルエン等 7 物質のうち p-ジクロロベンゼンに

ついて 1 住宅で指針値を超えた。また、エタノールを除いて計算した総揮発性有機化合物 (TVOC) は 2 住宅で暫定指針値を超えた。

サンプリングに用いる捕集管については、従来から用いている ORBO91L に ORBO101 を追加して使用することで、主にテルペン類の捕集効率が大きく改善された。

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、新潟県において家庭 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

(1) サンプリング方法

捕集管にスペルコ製のパッシブサンプラー「VOC-SD」を使用し、6 家屋を対象にして、溶媒抽出法と同一箇所において 24 時間サンプリングを行った。

家屋の構造及びサンプリング時の状況は、別紙 1「暴露調査アンケート集計表」のとおりであった。

(2) 抽出方法

統一方法のとおり。

(3) 分析方法

1) 測定対象

統一方法のとおり。(溶媒抽出法と同様)

2) 測定方法

統一方法のとおり。(溶媒抽出法と同様)

(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

サンプリングは非常に容易で、測定方法にも特に問題はなかった。

C. 研究結果

パッシブ法による各物質の検出濃度は、概ね溶媒抽出法と同程度で、A 及び D 家屋の各測定方法による室内濃度は次のとおり。

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

物質名	A		D	
	VOC-SD	溶媒抽出法	VOC-SD	溶媒抽出法
トルエン	29.6	35.8	18.1	20.2
m-キシレン	6.5	7.1	4.2	4.5
α -ピネン	21.7	26.2	17.3	19.3
トリクロロエチレン	2.1	2.7	23.0	24.5

TVOC の定量結果は、以下のとおり。
(VOC-SD については、捕集された各物質
の全量)

VOC-SD のブランク値は十分低く、最も大
きい n-デカンでも測定試料として 0.21ng で
あった。

捕集管 家屋名	室内		外気	
	VOC-SD (μg)	OLBO91L +OLBO101 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VOC-SD (μg)	OLBO91L +OLBO101 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A	24.15	415.8	5.1	62.7
B	38.33	621.9	0.79	1.1
C	52.72	1114		
D	27.89	507.8		
E	70.95	1448		
F	18.60	484.4		
平均値	38.77	765.3	2.95	31.9
中央値	26.02	564.9	2.95	31.9
最小値	18.60	415.8	0.79	1.1
最大値	70.95	1448	5.1	62.7

D. 考察

パッシブ法の定量下限値は、溶媒抽出法に
比べ 2 倍程度高いが、室内濃度指針値レベル
の測定には十分であった。

パッシブ法は、アップテークレートについ
て明確にできれば、多種類の VOC に対応可
能と考えられた。

E. 結論

パッシブ法は非常に簡易な測定方法ではあ
るが、溶媒抽出法に近い測定値が得られ、測
定対象及び測定目的によっては各種 VOC の
測定に対応が可能と考えられた。

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	2002/12/4	住宅地域	ない		気密住宅	6	木造	2	7
B	2002/12/5	住宅地域	ある	20	通常の住宅	3	木造	2	6
C	2002/12/9	住宅地域	ない		通常の住宅	2	木造	2	6
D	2002/12/11	住宅地域	ない		気密住宅	6	木造	2	9
E	2002/12/16	住宅地域	ある	50	気密住宅	7ヶ月	木造	2	5
F	2002/12/16	住宅地域	ある	50	通常の住宅	1	木造	2	5

I-5 全国における室内空气中化学物質の実態に関する研究（群馬県）

分担研究者 山口貴史 群馬県衛生環境研究所 生活科学部衛生化学課

研究要旨 群馬県内の5住宅において捕集管 ORBO 91L と ORBO 101+ORBO 91L を用い溶媒抽出法により室内化学物質濃度を測定したところ、後者がテルペン類等の捕集効率が高く、測定に有用と考えられた。パッシブサンプラー-VOC-SD による捕集量 (ng) は、溶媒抽出法から求めた総濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) と高い相関があった。

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、群馬県において家庭5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

調査対象家屋は表1に示す5家屋で、築年数は0.1年から13年の範囲、いずれも木造戸建て住宅であった。この中で、B～D住宅は完成引き渡し直後で未入居の状態であった。サンプリング場所は、居間を基本とした屋内と、軒下等の屋外の2箇所について、協力者と相談して選定した。

測定時、居住環境及び周辺環境を把握するためのアンケート調査を同時に行った。

捕集管は、同一の測定地点で ORBO 91L 単独と、ORBO 101 及び ORBO 91L を直列につないだものを同時に使用し、サンプリングした。直列の場合は、ORBO 101 を

前（大気側）に、ORBO 91L を後（ポンプ側）にして接続した。なお、サンプリング時に、除湿管は使用しなかった。表2に捕集管と使用したポンプの種類を示す。

(2) 抽出方法

試料を採取した捕集管から中の捕集剤を試験管に取り出し、二硫化炭素 1ml を加えた。さらに、内部標準溶液（トルエン-d8、100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ）1 μl を加えて栓をし、時々振り混ぜながら2時間室温で抽出した。

(3) 分析方法

1) 測定対象

測定対象物質は、室内空气中に高頻度あるいは高濃度に検出される可能性の高い121物質とした。これらの物質の混合標準液 (100 $\mu\text{g}/\text{ml}$) を二硫化炭素で 0.04 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、0.1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、0.2 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、0.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、1.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、2.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、5.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$ の7段階に希釈し、内部標準物質としてトルエン-d8 を 100ng/ml の濃度に添加して、混合標準溶液を作成した。

2) 測定方法

測定は、ガスクロマトグラフ質量分析装置 (GC/MS) によって行なった。表3に装

置の測定条件を示す。

(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、測定に用いた無極性カラム(DB-1)は昨年度当所で用いた中極性カラム(HP-624)と同じく、アルコール類やエステル類のピーク形状がブロードとなる傾向があり、他の物質に比べ良好な感度が得られなかった。検量線の相関係数が0.999未満となった物質及び保持時間が抽出溶媒と重なるエタノールやアセトンなどを測定対象から除いたところ、測定可能な対象物質は102種類であった。

C. 研究結果

測定結果等はⅡの項以降に他の機関と共にまとめた。本研究においては両捕集管による測定結果を比較すると、全体的にほぼ同じ程度かORBO 101+ORBO 91Lが若干高値であったが、テルペン類の *alpha*-pinene についてはORBO101+ORBO 91Lによる測定結果が数十倍高い値となった。

項目別では、C住宅におけるトルエンがORBO 91Lによる結果で401 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と、厚生労働省によって設定された室内濃度指針値を超過した。全ての物質を合計した総濃度では、B、C及びE住宅が、どちらの捕集管においても1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超え、新築住宅を対象とした総揮発性有機化合物濃度の暫定指針値を超過していた。それに対しD住宅は、B、C住宅と同じ時期に完成した新築住宅であったが、総濃度は300~400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と、他の新築住宅に比較し1/5程

度の低値であった。

D. 考察

捕集管にORBO 91Lを用いた場合とORBO 101+ORBO 91Lを用いた場合の測定結果($\mu\text{g}/\text{m}^3$)を比較すると、テルペン類の *alpha*-pinene 濃度に大きな差があり、ORBO 101+ORBO 91Lを用いた場合が、数十倍高い値となった。このことから、ORBO 91L単独による *alpha*-pinene の捕集率の低さが示唆された。

また、それ以外の物質については同程度かORBO 101+ORBO 91Lの方が高い物質が全体的に多く、総揮発性有機化合物濃度を求める場合、捕集管としてORBO 101+ORBO 91Lの組み合わせが有用と考えられた。

今回の測定では、新築住宅3軒中の2軒で総濃度が1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えていた。新築住宅の総揮発性有機化合物濃度の暫定指針値を下回るためには、十分な換気を行うことが必要と思われた。

E. 結論

捕集管についてORBO 91L単独とORBO 101+ORBO 91Lを直列して用いた場合を比較すると、後者が *alpha*-pinene 等の捕集効率が高く有用と考えられた。

入居前の新築住宅3軒のうち2軒の測定結果が、総濃度1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した。暫定指針値をクリアするには、さらに建材の選択や引き渡し前の十分な通気等の対策が必要と考えられた。

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、群馬県において家庭5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

測定対象住宅、測定場所等は1. B (1)と同様である。サンプラーはスペルコ製 VOC-SD パッシブサンプラーを用い、パッシブ法によるサンプリングを行った。

(2) 抽出方法

試料を採取した捕集管から中の捕集剤を試験管に取り出し、二硫化炭素 2 ml を加え、1. B (2)と同様の操作で抽出を行った。

(3) 分析方法

1) 測定対象

測定対象物質は、1. B (3)と同様である。

2) 測定方法

測定条件等は、1. B (3)と同様である。

(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

今回用いた VOC-SD パッシブサンプラーは、直鎖脂肪族化合物の n-Decane のブランク値がやや高く、1 サンプラーあたりに 0.17 μ g 程度含まれていたため、測定には適さなかった。それ以外の物質については、

ブランク値が低く、パッシブサンプラーとしては良好と思われた。

C. 研究結果

表 4、5 にパッシブ法による室内、室外の測定結果 (捕集量 μ g) を示す。数値は、未使用のサンプラー (3 本) によるブランクの平均値を、差し引いたものである。

D. 考察

パッシブサンプラーで求めた捕集量の合計 (ng) と、溶媒抽出法で求めた室内の総濃度 (μ g/m³) の関係を、図 1 に示す。測定住宅は 5 軒であるが、ORBO91L による測定との相関は $r^2=0.969$ 、ORBO101+91L による測定との相関は $r^2=0.977$ と比較的高かった。このことから、パッシブサンプラーを用いた捕集量から室内総濃度を換算、推定することが可能であると考えられた。

E. 結論

VOC-SD パッシブサンプラーのブランク値は、n-Decane を除いては概ね低く、良好であった。n-Decane についてはブランクが高く、測定に不適と考えられた。

捕集量の合計値 (μ g) は、ORBO91L あるいは ORBO101+91L を用いた溶媒抽出法から求めた室内総濃度 (μ g/m³) と高い相関があり、パッシブサンプラーにより総揮発性有機化合物濃度を推定することが可能であると考えられた。

表1 調査対象家屋

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家屋	2002/11/23	住宅地	無	—	通常	13	木造	2	5
B	B家屋	2002/11/25	住宅地	無	—	通常	0.1	木造	2	6
C	C家屋	2002/11/27	住宅地	無	—	通常	0.1	木造	2	6
D	D家屋	2002/11/28	住宅地	無	—	通常	0.1	木造	2	5
E	E家屋	2002/12/4	住宅地	無	—	通常	0.2	木造	2	5

表2 捕集管とポンプ

測定手法	捕集管	ポンプ
ポンプ・溶媒抽出法	ORBO 91L	SP208-100Dual
ポンプ・溶媒抽出法	ORBO 101+91L	SP208-100Dual

表3 GC/MS測定条件

GC/MS機種名	GC HP6890、MS HP5973
カラムの種類	DB-1
カラムサイズ	60m×0.25mm×1.8mm
GC/MS注入量	1ml
スプリット比	1 : 10
カラム昇温条件	40°C (15min) — 1.5°C/min — 180°C — 10°C/min — 300°C (10min)
注入口温度	250°C
検出器温度	150°C

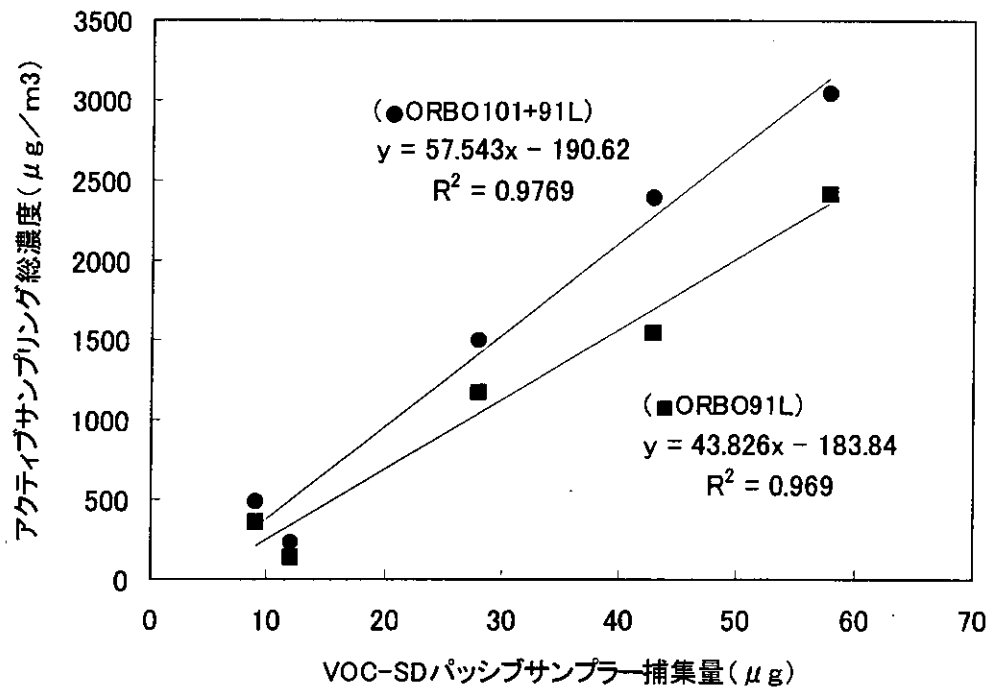


図1 溶媒抽出法(アクティブサンプリング)とパッシブサンプラー捕集量

表4 室内測定結果一覧:VOC-SDパッシブサンプラー

No.	compounds	平均値	中央値
1	Benzene	0.139	0.089
2	Toluene	3.362	2.529
3	Ethylbenzene	1.658	0.737
4	m-Xylene or m,p-Xylene	0.865	0.511
5	p-Xylene	0.379	0.224
6	o-Xylene	0.566	0.629
7	Isopropylbenzene	0.113	0.111
8	n-Propylbenzene	0.209	0.199
9	1,2,4-Trimethylbenzene	1.535	0.627
10	1,3,5-Trimethylbenzene	0.000	0.000
11	1,2,3-Trimethylbenzene	0.219	0.237
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.158	0.175
13	1-Methyl-3-propylbenzene	0.096	0.139
14	n-Butylbenzene	0.082	0.121
15	1,3-Diisopropylbenzene	0.000	0.000
16	1,4-Diisopropylbenzene	0.000	0.000
17	Ethynylbenzene	0.019	0.000
18	p-Methylstyrene	0.171	0.159
19	α -Methylstyrene	0.000	0.000
20	2-Ethyltoluene	0.312	0.324
21	Styrene	0.180	0.144
22	Naphthalene	0.220	0.217
23	4-Phenylcyclohexene	0.000	0.000
24	n-Hexane	0.175	0.133
25	2-Methylhexane	0.081	0.067
26	3-Methylhexane	0.090	0.082
27	n-Heptane	0.073	0.000
28	n-Octane	0.397	0.201
29	n-Nonane	0.904	0.984
30	2-Methyloctane	0.130	0.108
31	3-Methyloctane	0.146	0.126
32	2-Methylnonane	0.241	0.363
33	3,5-Dimethyloctane	0.091	0.077
34	n-Decane	1.632	1.123
35	n-Undecane	1.399	0.639
36	n-Dodecane	0.262	0.415
37	n-Tridecane	0.000	0.000
38	n-Tetradecane	0.000	0.000
39	n-Pentadecane	0.000	0.000
40	n-Hexadecane	0.000	0.000
41	2-Methylpentane	0.056	0.012
42	3-Methylpentane	0.175	0.159
43	1-Octene	0.027	0.000
44	1-Decene	0.119	0.000
45	2,4-Dimethylpentane	0.000	0.000
46	2,2,4-Trimethylpentane	0.034	0.000
47	Methylcyclopentane	0.098	0.080
48	Cyclohexane	0.141	0.137
49	1,4-Dimethylcyclohexane (C&T)	0.089	0.000
50	cis-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	0.000	0.000
51	trans-1-Methyl-4-methylethylcyclohexane	0.000	0.000
52	Methylcyclohexane	0.136	0.122
53	3-Carene	0.874	0.443
54	alpha-Pinene	4.024	3.583
55	(+/-)-Camphene	0.076	0.000
56	beta-Pinene	0.251	0.216
57	Longifolene	0.000	0.000
58	α -Cedrene	0.000	0.000
59	Limonene	0.561	0.436
60	Camphor	0.075	0.000
61	Menthol	0.182	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	0.081	0.000
66	1-Butanol	0.000	0.000
67	1-Pentanol	0.000	0.000
68	1-Hexanol	0.357	0.507
69	Cyclohexanol	0.160	0.179
70	1-Octanol	0.000	0.000
71	2-Ethyl-1-hexanol	0.331	0.461
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	0.715	1.036
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	1.615	1.499
89	Methylisobutylketone	0.533	0.265
90	Acetophenone	0.818	0.616
91	Dichloromethane	0.000	0.000
92	Carbon tetrachloride	0.000	0.000
93	1,2-Dichloroethane	0.000	0.000
94	Trichloroethylene	0.148	0.128
95	Tetrachloroethylene	0.000	0.000
96	1,1,1-Trichloroethane	0.025	0.000
97	1,4-Dichlorobenzene	0.597	0.000
98	1,2-Dichloropropane	0.000	0.000
99	Chlorodibromomethane	0.000	0.000
100	Chloroform	0.000	0.000
101	Methylacetate	0.000	0.000
102	Vinylacetate	0.000	0.000
103	Butylformate	0.000	0.000
104	Isobutylacetate	0.050	0.000
105	Ethylacetate	0.227	0.105
106	Propylacetate	0.193	0.175
107	Butylacetate	0.693	0.242
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	0.265	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	0.114	0.000
119	Indene	0.000	0.000
120	2-Pentylfuran	0.000	0.000
121	THF(Tetrahydrofuran)	0.173	0.000

表5 室外測定結果一覧:VOC-SDパッシブサンプラー

No.	compounds	平均値	中央値
1	Benzene	0.177	0.121
2	Toluene	1.639	1.239
3	Ethylbenzene	0.226	0.191
4	m-Xylene or m,p-Xylene	0.204	0.187
5	p-Xylene	0.115	0.096
6	o-Xylene	0.142	0.121
7	Isopropylbenzene	0.000	0.000
8	n-Propylbenzene	0.021	0.000
9	1,2,4-Trimethylbenzene	0.142	0.160
10	1,3,5-Trimethylbenzene	0.000	0.000
11	1,2,3-Trimethylbenzene	0.055	0.000
12	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.034	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	0.071	0.109
21	Styrene	0.000	0.000
22	Naphthalene	0.040	0.000
23	4-Phenylcyclohexene	0.000	0.000
24	n-Hexane	0.576	0.136
25	2-Methylhexane	0.034	0.000
26	3-Methylhexane	0.060	0.063
27	n-Heptane	0.028	0.000
28	n-Octane	0.000	0.000
29	n-Nonane	0.102	0.095
30	2-Methyloctane	0.009	0.000
31	3-Methyloctane	0.029	0.033
32	2-Methylnonane	0.022	0.000
33	3,5-Dimethyloctane	0.000	0.000
34	n-Decane	0.062	0.074
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	0.000	0.000
41	2-Methylpentane	0.034	0.000
42	3-Methylpentane	0.157	0.149
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	0.033	0.000
47	Methylcyclopentane	0.088	0.094
48	Cyclohexane	0.077	0.079
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	0.036	0.000
53	3-Carene	0.000	0.000
54	α -Pinene	0.023	0.000
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	0.000	0.000
64	2-Methyl-2-propanol	0.000	0.000
65	2-Methyl-1-propanol	0.118	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	0.033	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	0.096	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	0.000	0.000
89	Methylisobutylketone	0.000	0.000
90	Acetophenone	0.000	0.000
91	Dichloromethane	0.000	0.000
92	Carbon tetrachloride	0.095	0.126
93	1,2-Dichloroethane	0.000	0.000
94	Trichloroethylene	0.085	0.000
95	Tetrachloroethylene	0.034	0.000
96	1,1,1-Trichloroethane	0.000	0.000
97	1,4-Dichlorobenzene	0.024	0.000
98	1,2-Dichloropropane	0.000	0.000
99	Chlorodibromomethane	0.000	0.000
100	Chloroform	0.370	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	0.720	0.138
106	Propylacetate	0.112	0.107
107	Butylacetate	0.033	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	0.023	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)	0.356	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-6 全国における室内空气中化学物質の実態に関する研究（埼玉県）

分担研究者 小川 政彦 埼玉県衛生研究所 生体影響担当
 研究協力者 竹熊 美貴子、三宅 定明、斉藤 貢一、野本 かほる、
 日笠 司、浦辺 研一

研究要旨 埼玉県内の居住住宅5家屋を対象に、室内空气中化学物質（揮発性有機化合物）の濃度調査を、アクティブ法及びパッシブ法でサンプリングを行い、溶媒抽出法により GC/MS を用いて公定法に基づき分析を行った。

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、埼玉県において住宅5家屋について、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

1) サンプリング場所等

表1のようであった。

表1 サンプリング場所等

No	家屋名	築年数	立地条件	建築様式	吸引量[m3]	採取場所
1	STM-A	1ヶ月	住宅地域	木造戸建て (2F建て)	143.91,144.08 144.01,143.99	居間(1F、フローリング)、軒下
2	STM-B	9ヶ月	住宅地域	木造戸建て (2F建て)	143.92,143.91 144.02,143.94	居間(1F、フローリング+絨毯)、テラス
3	STM-C	2ヶ月	住宅地域	木造戸建て (2F建て)	143.94 144.01	居間(2F、フローリング)
4	STM-D	10ヶ月	住宅地域	木造戸建て (2F建て)	143.95 144.02	居間(1F、フローリング)
5	STM-E	7ヶ月	商業地域	木造戸建て (2F建て)	143.93 144.02	居間(2F、フローリング+絨毯)

※ 吸引量[100mL/min×24h]については、各欄の上段に ORBO91L（室内・屋外）、下段に ORBO91L+101（室内・屋外）の順で記載。ただし、No.3~5は、屋外のデータは無し。

(2) 抽出方法

捕集管から活性炭を取り出し、4mLバイアル瓶に移し入れ、2mLの二硫化炭素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たのち、内標準溶液トルエン-d8 100ng/mLを加えて約2時間放置し試験液とした。

(3) 分析方法

1) 測定対象

121成分（70成分混合標準溶液及び51成分混合標準溶液）

2) 測定方法

表2 サンプリング方法

対象物質	測定手法	捕集管	ポンプ
揮発性有機化合物	ポンプ・溶媒抽出法	ORBO91L	SP208-1000Dual
〃	ポンプ・溶媒抽出法	ORBO91L+101	〃

表3 測定方法

GC/MS 機種名	HP5890-GC/5989B-MS
カラムの種類	CP-SIL 5CB Low Bleed 無極性
カラムサイズ	60m×0.25mm I.d.1.0μm
GC/MS 注入量	1μL
スプリット比	50:1
昇温条件	40℃ (10min) → 3℃/min → 140℃ → 5℃/min → 200℃(36min) → 10℃/min → 300℃
注入口温度	250℃
検出器温度	300℃
検出モード	SIM

(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

サンプリングは、表2に示すようにジーエルサイエンス(株)製の「SP208-1000Dual」を用いて採取した。これは、2ライン同時に採取でき、高性能かつ便利な装置であった。また、小型で軽量なため運搬しやすく、ポンプ稼働時の音も小さく非常に使いやすかった。

サンプリングに使用した捕集管は、2種類で ORBO91L 単独と ORBO91L と ORBO101 をタンデムに接続したものである。これは、従来 ORBO91L 単独のみでは捕集できなかった成分を ORBO101 で捕集する目的で今回導入したものである。また、外気測定には除湿管(過塩素酸マグネシウム)を使用した。

一方、測定は表3に示す条件で今回 121 成分を対象に行い、70 成分及び 51 成分をそれぞれ同一条件で行った。1 検体の分析時間が長く、しかも同一サンプルを 2 回測定することになるため、2 倍時間がかかり非常に時間と労力がかかってしまった。また、多成分のせいか各成分のピーク分離が難しく、低沸点領域と高沸点領域の成分の検出感度が低く、特に、溶媒ピーク(二硫化炭素)より前に検出される成分のピークはブロードになってしまった。

以上のように、同一サンプルを 2 回測定するという点で、分析時間が非常にかかることから、121 成分を同時に測定する分析方法の確立を検討する必要があると考えられる。

C. 研究結果

表1のとおり調査対象住宅は5家屋であり、いずれも築1年未満であった。

厚生労働省が室内濃度指針値を設定している化学物質の中では、1家屋でパラジクロロベンゼンが指針値の約6倍の濃度であった。その他の物質の中では、エタノール、α-ピネン、アセトンが一部の家屋において高濃度で検出された。一方、外気については、それほど問題となる傾向はみられなかった。

D. 考察

厚生労働省が室内濃度指針値を設定している化学物質の中では、パラジクロロベンゼンが1家屋で指針値を超えていた。その他の物質の中では、エタノール、α-ピネン、アセトンが一部の家屋において高濃度で検出された。

また、捕集管 ORBO91L 単独の場合と ORBO91L と ORBO101 をタンデムに接続した場合との比較では、タンデムに接続した場合の方が、テルペン類、特にα-ピネンの濃度が大幅に増加した(最大で約70倍)ほか、3-

カレン及びβ・ピネンでも若干増加した。その他の物質については、あまり変化がなかった。

一方、TVOC（121成分合計）では、高濃度で検出されたパラジクロロベンゼンを除いて各家屋（いずれも1年未満）を比較してみると、築年数が短いものほど値が高くなっていた。また、2種類の捕集管の比較では、タンデム接続した方が高かった。

E. 結論

今回5家屋（いずれも築1年以内）について調査を行った。

室内濃度指針値を超えたものは、1家屋1物質（パラジクロロベンゼン）のみであった。また、2種類の捕集管の比較では、ORBO91LとORBO101をタンデムに接続した場合の方が、ORBO91L単独の場合に比べて大幅にテルペン類の濃度が増加した。

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、埼玉県において住宅5家屋について、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。

グと測定を行った。

B. 研究方法

(1) サンプリング方法

1) サンプリング場所等

サンプリング場所は表4のとおりである。

表4 サンプリング場所

No	家屋名	築年数	立地条件	建築様式	採取時間[min]	採取場所
1	STM-A	1ヶ月	住宅地域	木造戸建て (2F建て)	1476.0 1458.0	居間(1F、フローリング)、軒下
2	STM-B	9ヶ月	住宅地域	木造戸建て (2F建て)	1464.0 1460.0	居間(1F、フローリング+絨毯)、テラス
3	STM-C	2ヶ月	住宅地域	木造戸建て (2F建て)	1449.0	居間(2F、フローリング)
4	STM-D	10ヶ月	住宅地域	木造戸建て (2F建て)	1442.0	居間(1F、フローリング)
5	STM-E	7ヶ月	商業地域	木造戸建て (2F建て)	1472.0	居間(2F、フローリング+絨毯)

※ 採取時間[min]については、各欄の上段に室内、下段に屋外の順で記載。ただし、No.3~5は、屋外のデータは無し。

(2) 抽出方法

捕集管から吸着剤を取り出し、4mLバイアル瓶に移し入れ、1mLの二硫化炭素及び内標準溶液トルエン-d8 100ng/mL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た後、1時間放置し試験液とした。

た。

(3) 分析方法

1) 測定対象

121成分(70成分混合標準溶液及び51成分混合標準溶液)

2) 測定方法

表5 サンプルング方法

対象物質	測定手法	捕集管
揮発性有機化合物	パッシブ法	SD-DSD

表6 測定方法

GC/MS機種名	HP5890-GC/5989B-MS
カラムの種類	CP-SIL 5CB Low Bleed 無極性
カラムサイズ	60m×0.25mm I.d.1.0μm
GC/MS注入量	1μL
スプリット比	50:1
昇温条件	40°C (10min) → 3°C/min → 140°C → 5°C/min → 200°C(36min) → 10°C/min → 300°C
注入口温度	250°C
検出器温度	300°C
検出モード	SIM

(4) 今回のサンプルング及び測定方法における特徴及び課題

サンプルングは、表5に示すようにスペルコ製のパッシブサンプラーを使用した。

一方、測定は表6に示す条件で、今回121成分を対象に行い、70成分及び51成分をそれぞれ同一条件で行った。1検体の分析時間が長く、しかも同一サンプルを2回測定することになるため、2倍時間がかかり非常に時間と労力がかかってしまった。また、多成分のせいか各成分のピーク分離が難しく、低沸点領域と高沸点領域の成分の検出感度が低く、特に、溶媒ピーク（二硫化炭素）より前に検出される成分のピークはブロードになってしまった。

以上のように、同一サンプルを2回測定するというので、分析時間が非常にかかることか

ら、121成分を同時に測定する分析方法の確立を検討する必要があると考えられる。

C. 研究結果 D. 考察

一部の家屋において高い値（ng）で検出された化学物質は、パラジクロロベンゼン、エタノール、α-ピネンであった。

一方、捕集管ブランクについては、問題ないと考えられる。

E. 結論

今回5家屋（いずれも築1年以内）について調査を行った。

1つの家屋でパラジクロロベンゼンが高い値（ng）で検出された。その他の物質では、エタノール、α-ピネンが高かった。

厚生労働科学研究費補助金（生活科学安全総合研究事業）
分担研究報告書

I-7 全国における室内空气中化学物質の実態に関する研究（横浜市）

分担研究者 北爪 稔 横浜市衛生研究所 検査研究課
協力研究者 矢澤 篤子 同上
牛頭 文雄 横浜市衛生局生活衛生部 生活衛生課

研究要旨 室内空气中の化学物質を総合的に評価するため、横浜市内 8 住宅の室内空气中揮発性有機化合物（VOC）121 物質について実態調査を行った。アクティブ法とパッシブ法で並行測定を行った。2 種類の捕集剤を直列に接続したアクティブ法により、テルペン類も効率良く測定できることが確認された。パッシブ法では、今回対象とした環境濃度においては十分な捕集量が得られない物質が多かった。

1. アクティブ法と溶媒抽出法の組み合わせによる測定

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、横浜市において 8 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

新築・中古、戸建て・集合住宅 8 戸を対象に、秋季に各住宅の室内、室外各 1 ヶ所の空気を大気サンプラー（ガステック GSP-250FT）を用い、2 種類の活性炭捕集管（ORBO91L 及び ORBO101+91L）に約 24 時間採取した。

サンプリング場所等を表 1 に示した。

(2) 抽出方法

捕集管から活性炭を取り出し、抽出瓶に移し入れ、2ml の二硫化炭素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たのち、約 2 時間放置し試験液とした。

(3) 分析方法

1) 測定対象

揮発性有機化合物 121 物質

2) 測定方法

GC/MS-SIM 法で測定した。試験液を GC に注入し、各測定対象物質の定量用質量数によるクロマトグラムのピーク面積値から、別に作成した検量線から注入した試験液中の各測定対象物質の濃度を求めた。

(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

サンプリングは、新築住宅 6 戸、中古住宅 2 戸で実施した。新築住宅は、未居住の集合住宅 5 戸、居住戸建て住宅 1 戸であった。中古住宅は、建築後 20 年以上の戸建て住宅及び集合住宅各 1 戸ずつであった。測定対象として新築居住住宅を複数確保することは困難であった。

今回のサンプリングは、従来の活性炭捕集管（ORBO91L）の採取と並行して、2 種類の活性炭捕集管（ORBO101 及び 91L）を直列に接続したもの（タンデム

型)での採取を行い測定値を比較した。

GC/MS-SIM法でVOC 121物質を測定した。試験液を70物質混合標準溶液における分析条件に基づき測定したのち、同一試験液を51物質混合標準溶液における分析条件により測定した。

検量線の最低濃度目標値 0.04ng が確保できなかったものが4物質、検量線が引けず定量不能であったものがアルコール類を中心に11物質認められた。詳細は表5に示した。

C. 研究結果

新築及び中古住宅合計8戸において、空气中VOCを測定した。従来の単独活性炭捕集管では、特に捕集率が低かったテルペン類が、タンデム型捕集管では効率よく測定できることが確認された。

室内濃度は、新築未居住集合住宅において、トルエン、エチルベンゼン、キシレン等の芳香族炭化水素類及びケトン類、エステル類が比較的高濃度に検出される傾向が認められた。しかし、新築居住住宅においては、パラジクロロベンゼンを除き低濃度であった。結果はIIの項以降に他の機関と共にまとめた。

D. 考察

芳香族炭化水素類及びケトン類、エステル類が新築未居住集合住宅において高濃度に検出されたことは、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、酢酸エチル等の塗料中

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、横浜市において8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

の溶媒が、建築後3ヵ月ではなお残存しているものと考えられる。また、リモネンが新築未居住住宅から検出されていることは、建材からの発生と思われる。

パラジクロロベンゼンは建築年数に関わりなく居住住宅で検出された。その濃度には差が認められ、防虫剤等の使用実態が反映されているものと推測される。

E. 結論

新築未居住集合住宅5戸、新築戸建て住宅1戸、中古住宅2戸の合計8戸において室内空气中VOC濃度を現在定められている分析条件で測定した結果、

- (1) タンデム型捕集管を用いることにより、アルコール類を除くその他広い範囲のVOCを測定することが可能であった。
- (2) 新築未居住集合住宅で、トルエン、エチルベンゼン、キシレン等の芳香族炭化水素類及びケトン類、エステル類が比較的高濃度に検出されたが、新築居住住宅においては低濃度であった。
- (3) パラジクロロベンゼンは、新築・中古に関わりなく居住住宅で検出されたが、その濃度には差が認められた。
- (4) 現在定められている分析条件では、保持時間が抽出溶媒と重なってしまう測定対象物質が多く存在する。分析条件、抽出溶媒等、測定方法の検討が必要と考えられた。

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

新築・中古、戸建て・集合住宅8戸を対象に、秋季に各住宅の室内、室外各1

カ所にパッシブ捕集管（VOC-SD）を用い、約 24 時間採取した。

（2）抽出方法

パッシブ捕集管から活性炭を取り出し、抽出瓶に移し入れ、2ml の二硫化炭素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たのち、約 2 時間放置し試験液とした。

（3）分析方法

1) 測定対象

揮発性有機化合物 121 物質

2) 測定方法

GC/MS-SIM 法で測定した。試験液を GC に注入し、各測定対象物質の定量用質量数によるクロマトグラムのピーク面積値から、別に作成した検量線から注入した試験液中の各測定対象物質の濃度を求めた。

（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

サンプリングは、新築住宅 6 戸、中古住宅 2 戸で実施した。新築住宅は、未居住の集合住宅 5 戸、居住戸建て住宅 1 戸であった。中古住宅は、建築後 20 年以上の戸建て住宅及び集合住宅各 1 戸ずつであった。測定対象として新築居住住宅を複数確保することは困難であった。

GC/MS-SIM 法で VOC 121 物質を測定した。試験液を 70 物質混合標準溶液における分析条件に基づき測定したのち、同一試験液を 51 物質混合標準溶液における分析条件により測定した。

検量線の最低濃度目標値 0.04ng が確

保できなかったものが 4 物質、検量線が引けず定量不能であったものがアルコール類を中心に 11 物質認められた。

C. 研究結果

新築及び中古住宅合計 8 戸において、空气中 VOC をパッシブ捕集管で捕集した。今回対象とした環境濃度においては十分な捕集量が得られず、抽出試験液中濃度の低い物質が多く存在した。結果は表 2 のようであった。

D. 考察

今回測定対象としている物質の空气中濃度を評価するためには、24 時間暴露によるパッシブ捕集管の試料採取では、十分な捕集量が得られないと思われた。今回と同様の環境濃度において本法を用いるには、暴露時間を延長するなどして捕集絶対量を高める必要がある。

E. 結論

新築未居住集合住宅 5 戸、新築戸建て住宅 1 戸、中古住宅 2 戸の合計 8 戸において室内空气中 VOC 濃度を現在定められている分析条件で測定した結果、

（1）24 時間暴露によるパッシブ法では、十分な捕集量が得られなかった。

（2）現在定められている分析条件では、保持時間が抽出溶媒と重なってしまう測定対象物質が多く存在する。分析条件、抽出溶媒等、測定方法の検討が必要と考えられた。

表1 暴露調査アンケート集計表

YHM 横浜市衛生研究所

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)	住宅		
							建材	何階建	部屋数
A 家屋	2002/10/7~8	住宅地域	ある	50	通常の住宅	3ヶ月	鉄筋集合住宅	3/5	4
B 家屋	2002/10/7~8	住宅地域	ある	50	通常の住宅	3ヶ月	鉄筋集合住宅	5/5	4
C 家屋	2002/10/10~11	商業、住宅地域	ある	200	通常の住宅	22	木造戸建て	2	4
D 家屋	2002/10/11~12	商業地域	ある	30	通常の住宅	25	鉄筋集合住宅	13/14	4
E 家屋	2002/10/16~17	住宅地域	ない	-	通常の住宅	3ヶ月	鉄筋集合住宅	5/5	4
F 家屋	2002/10/16~17	住宅地域	ない	-	通常の住宅	3ヶ月	鉄筋集合住宅	4/5	3
G 家屋	2002/10/16~17	住宅地域	ない	-	通常の住宅	3ヶ月	鉄筋集合住宅	1/5	2
H 家屋	2002/10/22~23	住宅地域	ある	900	通常の住宅	3ヶ月	木造戸建て	2	4