

## パッシブサンプリング—加熱脱着—GC/MS 法による 室内空气中 VOC 測定法の開発と札幌市における冬季の室内 VOC 濃度一斉調査

Determination of VOCs in Indoor Air Using Passive Sampling—Thermal Desorption—GC/MS  
and Simultaneous Survey of Indoor VOCs in Sapporo City in Winter

小林 智 相馬 悠子\* 神 和夫 堀 義宏

Satoshi KOBAYASHI, Yuko SOMA, Kazuo JIN and Yoshihiro HORI

We investigated a passive sampling-thermal desorption-GC/MS system, which is a simple sampling method and a highly sensitive analytical method, for the determination of volatile organic compounds (VOCs) in indoor air. Diffusive uptake rates of 9 compounds, carbon tetrachloride, trichloroethylene, toluene, tetrachloroethylene, ethylbenzene, *m*, *p*-xylene, *o*-xylene, styrene and *p*-dichlorobenzene, were calculated on the basis of the results of simultaneous measurement by passive and active sampler indoors and outdoors. Relative standard deviation (RSD) of diffusive uptake rates for these compounds were under 20% except ethylbenzene, whose RSD was 27.7%. These results showed the passive sampling-thermal desorption-GC/MS system can be applied to the determination of VOCs in indoor air.

This method was applied to investigate the indoor VOC levels in Sapporo city in winter. Nine kinds of VOCs in indoor air were measured at 34 houses in Sapporo at the same time (February 14, 1996). Indoor concentrations of VOCs except carbon tetrachloride were higher than those of outdoor air, which suggested that the emission source was in the house. The concentrations of toluene, ethylbenzene, *o*-xylene and *m*, *p*-xylene were significantly higher in newly built house and renovated house. These compounds were used as solvent in paints and adhesives for building materials.

**Key words** : volatile organic compounds (VOCs, 揮発性有機化合物) ; passive sampler (パッシブサンプラー) ; indoor air pollution (室内空気汚染)

### 結 言

住宅の化学物質汚染による健康被害はシックハウス症候群として近年社会問題となっている<sup>1)</sup>。シックハウス症候群の原因の一つとして室内空气中の揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds, VOC) が考えられている<sup>2)</sup>。シックハウス症候群の未然防止と室内空気質の改善にはまず汚染実態の解明が重要であり、簡便な測定法が求められている。

室内空气中 VOC の捕集/回収法としては固相吸着/溶媒抽出法、固相吸着/加熱脱着法、容器採取法などが用いられている<sup>3)</sup>。また、居住住宅については24時間の試料捕集が求められている<sup>4)</sup>。一般的にはこれらの方法で空気を取扱う場合、ポンプを用いたアクティブサンプリングが行われるが、ポンプによる騒音や捕集装置が比較的大型になるため、居住者の生活の妨げになるおそれがある等の問

題がある。また、居住住宅の汚染実態調査による問題住宅の発掘のためには、多数の試料採取が容易に行える方法が望ましい。この目的にはポンプを用いないパッシブサンプリングが適している<sup>5)</sup>。

室内空气中 VOC の測定のために固相吸着/溶媒抽出法を用いたパッシブサンプリング手法が種々開発され<sup>6-8)</sup>、曝露量調査に用いられている<sup>9,10)</sup>。しかしながら、溶媒抽出法は試料が溶媒で希釈され捕集量の一部しか GC へ注入されないため感度が不足することがあり、低濃度の室内空气中 VOC を感度よく分析するためには、捕集量の全量を GC に導入できる加熱脱着法が優れている<sup>11)</sup>。

パッシブサンプリングによる VOC 捕集量からその空气中濃度を求めるためには、換算計数である吸着速度を実験的に求める必要がある。本研究では室内空气中の VOC を簡便に捕集し、高感度・高精度で分析する方法としてパッシブサンプリング—加熱脱着—GC/MS 法の検討を行い、トルエン、キシレンなど 9 物質について24時間の吸着速度を実験的に求めた。

\*国立環境研究所 (当時)

また、本研究で確立したパッシブサンプリグー加熱脱着-GC/MS法を用いて、1996年2月に札幌市内及び近郊の住宅34戸について室内空气中VOC濃度の一斉調査を行った。この調査でVOC濃度に特徴が認められた住宅については、発生源の特定も試みた。

## 方 法

### 1. 試 薬

標準ガスは窒素ガススペースで調製したボンベI (1,1,1-トリクロロエタン 7.91 ppm, 四塩化炭素 9.03 ppm, トリクロロエチレン 8.39 ppm, テトラクロロエチレン 7.73 ppm), ボンベII (ベンゼン 9.57 ppm, トルエン 9.35 ppm, エチルベンゼン 8.15 ppm, *m*, *p*-キシレン 9.05 ppm, *o*-キシレン 8.64 ppm, スチレン 7.46 ppm) を用いた (高千穂化学工業㈱)。

*p*-ジクロロベンゼン (試薬特級) は 6.1 mg をメタノール (試薬特級) 100 mL に溶解し原液とした。この原液をメタノールで希釈し、30.5, 15.25, 6.1  $\mu$ g/mL の標準溶液を作成した。

### 2. 捕集管の調製

ステンレス製サンプルチューブ ( $\phi$  5  $\times$  90 mm, Perkin Elmer) に Tenax TA (60~80 mesh) を 260 mg 充填し、両端はステンレス製ガーゼで止めて捕集管とした。捕集管は 20 mL/min の窒素気流中 230°C で 2 時間エージングした後、両端を真鍮製スウェッジロックと PTFE フェラルで密栓して保存した。

### 3. 捕集及び分析方法

ポンプによるアクティブサンプリグは連続大気サンプラー STS25 (Perkin Elmer) を用いて、16本の捕集管に 50 mL/min で 90 分間ずつ順次捕集し、それぞれの濃度を平均して 24 時間の平均濃度とした。

パッシブサンプリグは捕集管の拡散空間側のスウェッ

ジロックをはずし、拡散サンプリグキャップ (Perkin Elmer) を取り付けて行った。パッシブサンプラーをアクティブサンプリグを行った地点と同一の場所に、2~3本、24時間放置して採取した。

サンプリグは一般住宅 5 戸、実験室 2 室、屋外 1 カ所の計 8 カ所で行った。

採取を終えた捕集管は、加熱脱着装置にセットし加熱脱着により GC に導入し、質量分析計により SIM モードで測定を行った。Table 1 に分析装置と分析条件を示す。

定量は別途作成した検量線を用い、絶対検量線法を適用した。

検量線の作成：空焼き済みの捕集管に高純度窒素ガスを 20 mL/min で流しながら、ガスタイトシリンジを用いて標準ガス (ボンベ I, II) の一定量 (0.05~5.0 mL) を添加し、十分に吸着させた。*p*-ジクロロベンゼンは標準ガスを添加したものは別の捕集管に各濃度の標準溶液をマイクロシリンジで 0.5 mL 添加し、高純度窒素ガスを流して十分に吸着させた。この捕集管を加熱脱着装置に取り付けて測定し、添加量と得られた各化合物のピーク面積から検量線を作成した。

### 4. 吸着速度の計算

パッシブサンプリグによる VOC の捕集量から空気中の濃度への換算は、8 カ所でのアクティブサンプリグとの併用実験から吸着速度 (mL/min) を求めて行った。

吸着速度  $U$  (mL/min) はパッシブサンプラーに捕集された化合物の重量  $W$  (ng) とアクティブサンプリグによって得られた空気中の濃度  $C$  ( $\mu$ g/m<sup>3</sup>) 及び捕集時間  $t$  (min) から下記の式により計算した<sup>12)</sup>。

$$U \text{ (mL/min)} = 1000W \text{ (ng)} / C \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)} / t$$

8 カ所の測定地点ごとに吸着速度を計算し、平均の吸着速度を求めた。検討した化合物は 1,1,1-トリクロロエタン、四塩化炭素、ベンゼン、トリクロロエチレン、トルエン、

Table 1 Analytical Conditions for Thermal Desorber and GC/MS

Thermal desorber : ATD400 (Perkin Elmer)
Operating conditions on desorption of sampling tube (Tenax TA)
Desorption temperature : 230°C
Flow rate : 50 mL/min
Desorption time : 10 min
Operating conditions on desorption of trapping tube (Tenax TA)
Trap temperature : -30°C
Desorption temperature : 200°C
Flow rate : 10 mL/min
Desorption time : 10 min
GC/MS : Autosystem/Q-Mass910 (Perkin Elmer)
Column : Aquatic (0.25 mm $\times$ 60 m, 1.0 $\mu$ m)
Oven temperature : 50°C (5 min) - 5°C/min - 200°C (3 min)
Carrier gas : Helium, 120 kPa

テトラクロロエチレン, エチルベンゼン, *m, p*-キシレン, *o*-キシレン, スチレン, *p*-ジクロロベンゼンの11種であった。

## 5. 本法を用いた札幌市及び近郊における冬季の室内環境中の VOC 濃度調査

札幌市 (31戸) と近郊の石狩市 (1戸) 及び江別市 (2戸) の34戸 (北海道立衛生研究所職員の住宅) を対象に, 1996年2月14日朝から24時間サンプリングを一斉に行った。各住宅でパッシブサンプラーを2本ずつ居間の中央部付近のテーブル上などに設置した。開始時刻は各協力者に委ねたが, 概ね午前6~8時であった。24時間の採取後はスウェッジロックで密栓し, 回収した。得られたサンプルは10日以内に分析を行った。

試料の採取と併せて, VOC の発生要因及び発生源を検討するための資料として, 住宅の構造, 建築後の年数, リフォームの状況, 新規家具の購入, 防虫・防臭剤の使用の有無, ドライクリーニングした衣類の使用状況などについてアンケート及び面接による聞き取り調査を行った。

## 結果及び考察

### 1. 分析条件・捕集条件の検討

加熱脱着装置の分析条件で脱着温度・時間・流量及び試料濃縮管の再捕集温度等を検討した結果, Table 1 に示す条件で良好な測定を行うことができた。また, GC/MS の条件を検討したところ Table 1 に示す条件が最適と判断された。本条件で分析した室内空気のカロマトグラムの一例を Fig. 1 に示した。

アクティブサンプリングによる24時間の空気捕集は捕集管の破過を避けるためと時間変動を調査するために, 50 mL/min で90分ずつ16本の捕集管に分けて捕集した。ある

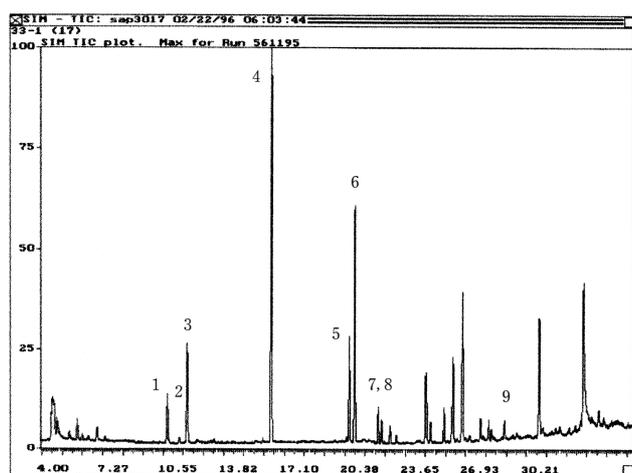


Fig. 1 Total Ion Chromatogram of VOCs in a Indoor Air Sample

Peak : 1. 1,1,1-Trichloroethane, 2. Carbon tetrachloride, 3. Benzene, 4. Toluene, 5. Ethylbenzene, 6. *m, p*-Xylene 7,8. *o*-Xylene and Styrene, 9. *p*-Dichlorobenzene

住宅の居間で測定したトルエンと *p*-ジクロロベンゼンの90分ごとの濃度変化の一例を Fig. 2 に示した。これらは1日の中でも時間ごとの変動が大きかったが, 気温, 湿度, 窓の開閉, 生活状況などの変動によるものと考えられ, 室内空気による曝露実態を把握するためには24時間の捕集が望ましいと思われる。他の測定場所及び他の化学物質においても変動の大きさやパターンに違いが見られるものの, 捕集した24時間の中での変動が見られた。ただし, 四塩化炭素の濃度変動はどの測定地点においても小さかった。

### 2. パッシブサンプラーの吸着速度の検討

本研究では24時間サンプリングにおける吸着速度をパッシブサンプリングとアクティブサンプリングを並行して行うことにより実験的に求めた。

Table 2 にアクティブサンプリングによって捕集した空气中 VOC 濃度の24時間平均値を示した。Table 3 にパッシブサンプラーに捕集された VOC 量 (ng) を示した。パッシブサンプリングで捕集した化合物の量は24時間, アクティブサンプリングと同一の場所で2~3本測定した平均値を用いた。Table 4 に本研究で求めた吸着速度を既に報告のある8時間捕集<sup>2)</sup> と29日間捕集<sup>3)</sup> の吸着速度と共に示した。

各化合物の吸着速度の相対標準偏差は四塩化炭素, トリクロロエチレン, トルエン, テトラクロロエチレン, *m, p*-キシレン, *o*-キシレン, スチレン, *p*-ジクロロベンゼンは20%以下で良好な結果が得られた。エチルベンゼンの相対標準偏差は27.7%でやや劣るものの適用可能と考えられる。しかし, 1,1,1-トリクロロエタン及びベンゼンの吸着速度は相対標準偏差が大きく, 求められなかった。これらの吸着速度の変動が大きかったのは, 吸着剤 Tenax TA 自身からの放出, 汚染などが考えられた。

吸着速度はサンプリング時間に影響を受け, 揮発性の高

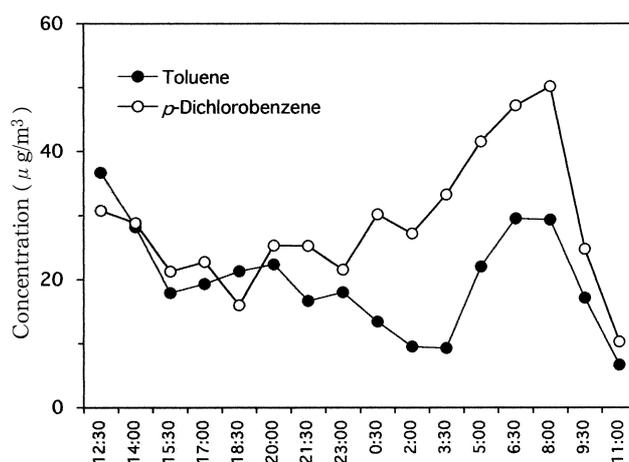


Fig. 2 Variation of Toluene and *p*-Dichlorobenzene Concentrations in Indoor Air of One House

Table 2 VOC Concentrations by Active Sampling

Compound	Concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )							
	House 1	House 2	House 3	House 4	House 5	Outdoor 1	Laboratory 1	Laboratory 2
Carbon tetrachloride	1.0	1.4	1.1	1.2	0.6	1.2	0.4	0.6
Trichloroethylene	1.7	2.1	1.7	5.2	0.2	0.9	0.6	1.4
Toluene	18.2	19.8	31.8	—	—	22.0	7.9	12.8
Tetrachloroethylene	3.5	1.4	1.4	1.4	2.0	0.4	0.3	0.3
Ethylbenzene	3.1	4.5	3.0	—	—	2.3	3.4	1.8
<i>m, p</i> -Xylene	4.9	4.7	4.9	56.3	63.3	4.3	3.6	2.7
<i>o</i> -Xylene	2.1	2.7	2.6	34.3	22.3	2.4	1.8	1.2
Styrene	1.6	2.7	3.8	28.3	7.8	1.8	0.6	0.9
<i>p</i> -Dichlorobenzene	—	28.5	—	—	2.8	—	2.0	13.2

Table 3 Amounts of VOCs Collected by Passive Sampling

Compound	Amounts of VOCs (ng ; 24h collection)							
	House 1	House 2	House 3	House 4	House 5	Outdoor 1	Laboratory 1	Laboratory 2
Carbon tetrachloride	0.6	0.8	0.6	0.7	0.3	0.6	0.2	0.4
Trichloroethylene	0.9	0.9	1.7	2.6	0.1	0.3	0.3	0.8
Toluene	11.9	11.8	19.5	—	—	15.5	3.8	6.5
Tetrachloroethylene	1.6	0.6	0.7	0.7	1.3	0.2	0.2	0.1
Ethylbenzene	2.0	3.1	2.7	—	—	2.3	1.5	1.0
<i>m, p</i> -Xylene	3.2	3.4	3.8	36.7	39.0	3.5	1.6	1.3
<i>o</i> -Xylene	1.3	1.4	1.6	20.3	14.2	1.6	0.9	0.6
Styrene	0.9	1.6	1.8	16.8	5.5	1.3	1.5	0.7
<i>p</i> -Dichlorobenzene	—	15.5	—	—	1.5	—	1.1	8.1

Table 4 Comparison of Diffusive Uptake Rates for Various Exposure Periods

Compound	Exposure period and uptake rate (mL/min)			
	8 h <sup>12)</sup> (mean)	24h* (mean $\pm$ SD)	(RSD : %)	29days <sup>13)</sup> (mean)
Carbon tetrachloride		0.39 $\pm$ 0.04	9.9	
Trichloroethylene		0.31 $\pm$ 0.06	18.0	
Toluene	0.44	0.41 $\pm$ 0.06	14.3	0.32
Tetrachloroethylene	0.41	0.34 $\pm$ 0.06	17.7	
Ethylbenzene	0.46	0.49 $\pm$ 0.14	27.7	
<i>m, p</i> -Xylene	0.48	0.45 $\pm$ 0.09	19.7	0.44
<i>o</i> -Xylene	0.48	0.41 $\pm$ 0.04	9.5	0.45
Styrene	0.47	0.46 $\pm$ 0.09	19.3	
<i>p</i> -Dichlorobenzene		0.39 $\pm$ 0.02	6.1	

\*this study

いものほどサンプリング時間が長くなるに従って低下する<sup>5)</sup>ことが知られている。Table 4に示したように今回実験で得られた24時間の吸着速度は相対標準偏差が20%以下のものについてはチェンバー法で求めた8時間サンプリングの吸着速度<sup>12)</sup>より小さく、29日間サンプリングの吸着速度<sup>13)</sup>より大きいことから、従来の報告と矛盾せず妥当な値であると考えられた。

本研究で検討した11物質のうち1,1,1-トリクロロエタンとベンゼンを除く9物質についての24時間平均濃度がTenax TA捕集管を用いたパッシブサンプリングによって測定できることが示された。

### 3. 札幌市及び近郊における冬季の室内環境中のVOC濃度調査への適用

検討したパッシブサンプリング-加熱脱着-GC/MS法

を用いて、札幌市内の住宅34戸について冬季の室内空気中 VOC 濃度の一斉調査を行った。冬季は札幌では雪や寒さのため住宅の窓の開放はほとんど行われないことがないため、住宅内の空気汚染レベルを明らかにすることが重要と考えられた。

Fig. 3 は34戸の住宅を構造（木造サイディング：住宅 No.1～19、木造モルタル：住宅 No.20～25、鉄筋コンクリート（RC）：住宅 No.26～33、その他：住宅 No.34）ごとに分け、また各々のグループの中では住宅の新しい順に

並べ、個々の VOC レベルを示した。四塩化炭素以外の物質は住宅による濃度の差異が大きく、建築年数、リフォームの有無、使用建材の状況及び各家庭の生活様式の多様性を反映したものと推定された。四塩化炭素は住宅 No.5 以外は、住宅の構造、建築年数による差異もないことから住宅内の発生源はほとんどないと考えられた。

トリクロロエチレンとテトラクロロエチレンはドライクリーニングの洗浄剤などとして使用されているが、濃度が高かった住宅 No.10と29は、室内にドライクリーニングし

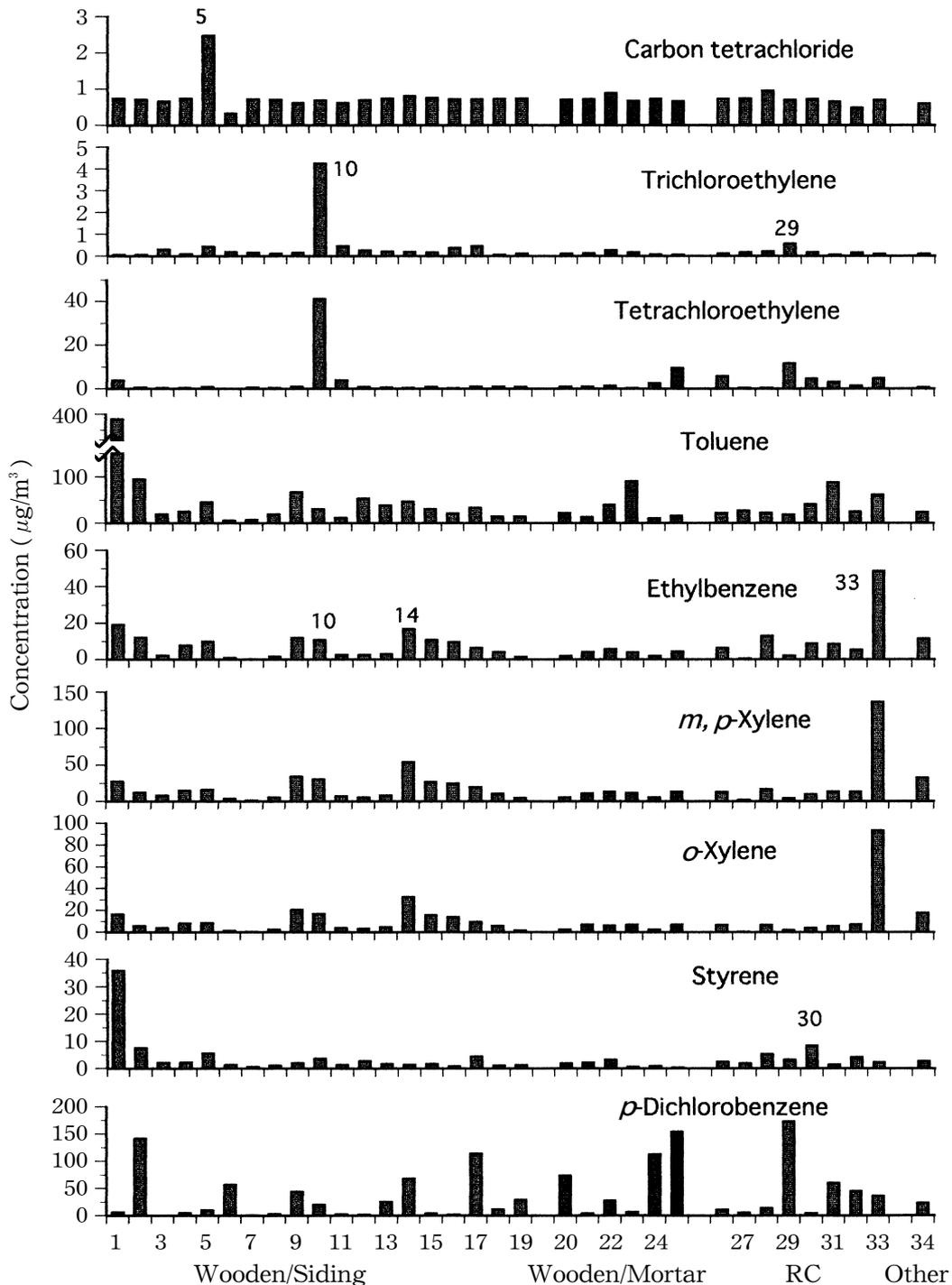


Fig. 3 VOC Concentrations in Indoor Air of 34 Houses in Sapporo and Nearby Cities

たばかりの衣類が掛けてあったことが判明した。

トルエンは塗料や接着剤の溶剤として使用頻度の高い物質である。室内では $5.4 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ までであった（一例でスケールオーバー）。 $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた住宅 No. 1 は築2カ月であることから内装工事などに用いられた塗料や接着剤が主な発生源と考えられた。

エチルベンゼン、*m, p*-キシレン、*o*-キシレンは住宅 No. 1, 2, 9, 10, 14, 15, 16, 33から高値が検出された。住宅内のこれらの濃度には相互の関連が考えられたので、これらの相関を調べた (Fig. 4)。*m, p*-キシレンと*o*-キシレンは $r^2$ が0.99, *m, p*-キシレンとエチルベンゼンは $r^2$ が0.91で高い正の相関があり、発生源が共通のものと推定される。これらの濃度が高かった住宅の中で、No. 1 と2は新築であり、No. 14, 15, 16, 33は2年以内に外壁、ベランダの塗装を行ったり、天井、壁の張り替えを行ったりしたことがわかった。No. 10は向かいにペンキ店があることが判明した。

スチレンは住宅 No. 1, 2, 30から高値で検出された。

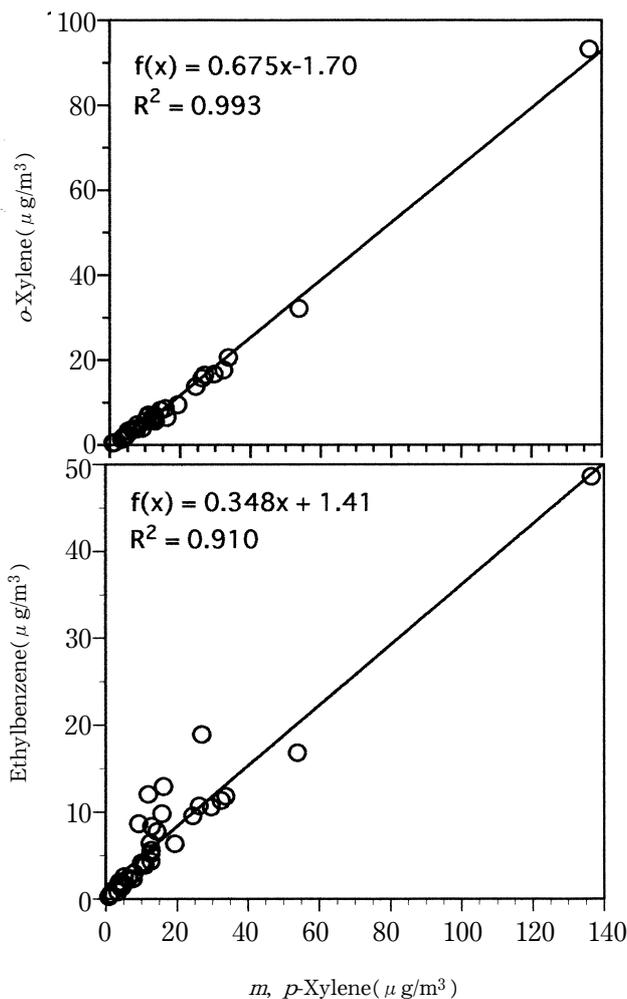


Fig. 4 Correlation between *m, p*-Xylene and Ethylbenzene, *o*-Xylene Concentration in Indoor Air of 34 Houses

スチレンの濃度が高い住宅 No. 1, 2は新築である。また、No. 1 と30は新規に家具を購入していることから、家具の寄与が考えられた。

*p*-ジクロロベンゼンは最高 $172 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であったが、検出されない住宅もあった。住宅の構造や建築年数とは関係が認められなかった。*p*-ジクロロベンゼンは防虫剤や消臭剤として使われているが、 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の濃度が検出された住宅 (2, 6, 14, 17, 20, 24, 25, 29) はいずれも防虫剤を使用していた。 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下の住宅17戸 (1, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 18, 21, 23, 26, 27, 28, 30) からは防虫剤を使用していないという回答が得られた。 $20 \sim 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の濃度が検出された住宅では防虫剤をできるだけ使わないようにしていると答えた住宅が大半であった。今回調査した札幌の住宅で過半数が防虫剤を使用しておらず、本州の住宅と比べて特徴的なことと考えられた。

Table 5に各住宅の居間で測定した9種のVOCの最大値、幾何平均値、中央値、最小値と1戸の室外（鉄筋コンクリート、2階、ベランダ）で測定した濃度を示した。四塩化炭素以外は室内の平均値、中央値とも室外の濃度より高く、汚染源として室内の寄与が大きいことが推察された。室外のトルエン濃度は $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であったが、これはサンプリング地点がベランダであったので建物の影響をより多く受けていること、周辺に塗料メーカーがあることなどが影響したものと推測できた。室内濃度指針値がトルエン ( $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、キシレン ( $870 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、*p*-ジクロロベンゼン ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) については2000年6月に制定され、エチルベンゼン ( $3800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、スチレン ( $220 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) については同年12月に追加された。1996年2月に行った本調査ではこの指針値を超えた住宅はトルエンに関して1戸のみであった。しかし、各物質の中央値を見ると、トルエンが指針値の1/10程度、キシレンが1/50、スチレンが1/110、*p*-ジクロロベンゼンが1/15であり、これらの物質が住宅に広く分布していることが確認され、曝露量を評価する上で今後も監視する必要があると考えられた。

Table 6に住宅の構造別に集計した各VOCの平均濃度を示した。家屋構造の内訳は木造サイディングが19戸で平均建築年数が6.9年、木造モルタルは6戸で19.3年、鉄筋コンクリートは8戸で7.7年、その他として、軽量鉄骨ユニット1戸で12年であった。四塩化炭素と*p*-ジクロロベンゼン以外は木造モルタルの住宅が最も低濃度であった。これは、気密性能のみならず、このグループの平均の建築年数が19.3年と他の構造のものより圧倒的に古いことも影響していると考えられる。このグループは*p*-ジクロロベンゼンが高く、居住者の生活様式の差異が関与していることが示唆された。木造サイディングと鉄筋コンクリートの住宅に関しては個々の住宅で特定の発生源があるものについてはそれによる影響が大きく住宅の構造による明確な差異は見られなかった。

Table 5 VOC Concentrations Determined in 34 Houses and One Outdoor

Compound	Indoor air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Outdoor air*	
	Max	Mean	Median	Min	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Carbon tetrachloride	2.5	0.8	0.7	0.3	0.8
Trichloroethylene	4.3	0.3	0.2	n.d.**	0.1
Toluene	>300	32.9	25.0	5.4	22.0
Tetrachloroethylene	41.1	3.1	0.9	n.d.	0.6
Ethylbenzene	48.6	7.6	5.4	0.2	0.3
<i>m, p</i> -Xylene	136.5	17.7	12.2	0.9	1.1
<i>o</i> -Xylene	93.2	10.3	6.3	0.4	0.5
Styrene	35.8	3.5	2.0	0.4	n.d.
<i>p</i> -Dichlorobenzene	172.2	37.8	16.6	n.d.	1.6

\*measure at a porch of an apartment house

\*\*n.d.<0.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Table 6 Comparison of Mean VOC Concentrations with Four Types of House Structures

House structure	Wooden/Siding	Wooden/Mortar	RC	Other*
Number of houses	19	6	8	1
Average year after construction	6.9	19.3	7.7	12.0
(Compound)	Concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
Carbon tetrachloride	0.8	0.7	0.7	0.6
Trichloroethylene	0.4	0.1	0.2	0.1
Toluene	50.3	31.3	37.6	23.1
Tetrachloroethylene	3.1	2.6	4.0	0.5
Ethylbenzene	7.0	3.6	11.6	11.3
<i>m, p</i> -Xylene	16.2	9.5	25.7	32.0
<i>o</i> -Xylene	9.2	5.3	15.6	17.6
Styrene	4.1	1.5	3.6	2.6
<i>p</i> -Dichlorobenzene	28.5	62.7	43.2	22.8

\*Steal prefabricated

## 結 語

室内空気中の VOC を簡便に捕集し、高感度・高精度で分析しうる方法として Tenax TA を吸着剤に用いたパッシブサンプリング-加熱脱着-GC/MS 法を検討した。パッシブサンプリングによる捕集量から空気中濃度への換算計数である吸着速度 (mL/min) はパッシブとアクティブの同時サンプリングを室内外 8 カ所で行うことにより求めた。四塩化炭素、トリクロロエチレン、トルエン、テトラクロロエチレン、*m, p*-キシレン、*o*-キシレン、エチルベンゼン、スチレン及び *p*-ジクロロベンゼンの 9 成分について 24 時間捕集における吸着速度が得られた。これらの VOC については本法によって、室内濃度の測定が可能であることが示された。

本法を用いて札幌市及びその近郊の一般住宅 34 戸について 1996 年 2 月に室内空気中 VOC 濃度の一斉調査を行った。

調査した 9 化合物の中で四塩化炭素以外は室外よりも室内濃度の方が高いことから、室内に発生源があることが示唆された。新築または改築した住宅からトルエン、エチルベンゼン、*o*-キシレン及び *m, p*-キシレンが高濃度で検出され、これらは住宅の塗料や接着剤の溶剤に由来するものと推察された。トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及び *p*-ジクロロベンゼンは住宅の構造や築年数とは関係がなく、ドライクリーニングした衣類や防虫剤の使用に起因していることが推測された。

今後は化学物質による室内空気汚染の懸念される新築及び改築した住宅について、室内空気質を精査する必要がある。

終りに臨み、本調査研究にご協力頂いた方々に深謝いたします。

## 文 献

- 1) Ikeda K : Proceedings of International Symposium on Current Status of Indoor Air Pollution by Organic Compounds and Countermeasures for Healthy Housing, Tokyo, 2001, p.67
- 2) 日本建築学会編：シックハウス辞典，技法堂出版，東京，2001，p.2
- 3) 環境庁大気保全局大気規制課監修：有害大気汚染物質測定の実際，日本環境衛生センター，川崎，1997，p.14
- 4) 厚生労働省医薬局長通知，室内空气中化学物質の濃度指針値及び標準的測定方法等について，医薬発第828号，平成13年7月25日
- 5) 川本克也：ぶんせき，2000(2)，93 (2000)
- 6) 玉川勝美，田口圭吾，東海敬一，千葉 恵，関 敏彦：仙台市衛生研究所報，22，275 (1992)
- 7) 雨谷敬史，烏蘭参丹，松下秀鶴：大気環境学会誌，31(5)，191 (1996)
- 8) 関根嘉香，廣田ちはる，佛願道男：環境化学，12(4)，847 (2002)
- 9) 玉川勝美，田口圭吾，東海敬一，千葉 恵，加藤丈夫，関敏彦：環境化学，3(4)，709 (1993)
- 10) 烏蘭参丹，雨谷敬史，松下秀鶴：環境化学，8(1)，47 (1998)
- 11) Woolfenden E : J. Air & Waste Management Association, 47, 20 (1997)
- 12) Health and Safety Executive : MDHS 80, Health and Safety Executive, London, 1995, p.1
- 13) Brown VM, Crump DR, Gardiner D, Yu CWF : Environmental Technology, 14, 771 (1993)