

図8-47～図8-49に本システム、暖炉、通常空調（ルームエアコン）使用状況における各々の上下温度分布を示す。3種類の空調方式の中で、本システム使用が最も上下温度分布が少なく、ASHRAEが定める床上0.1mと0.7mの上下温度差が3°C以内の快適推奨範囲を満たしている。

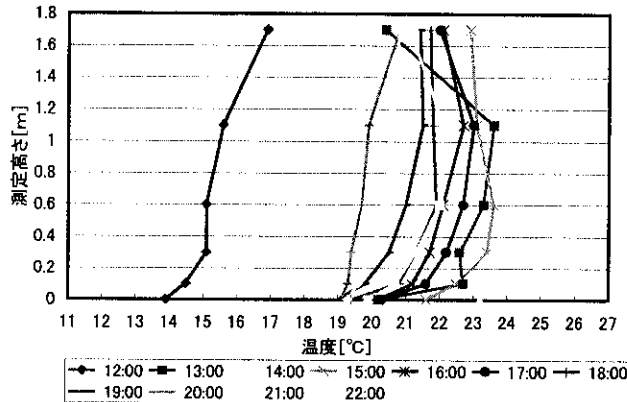


図8-47 1月18日（本システム使用時）における居間上下温度分布

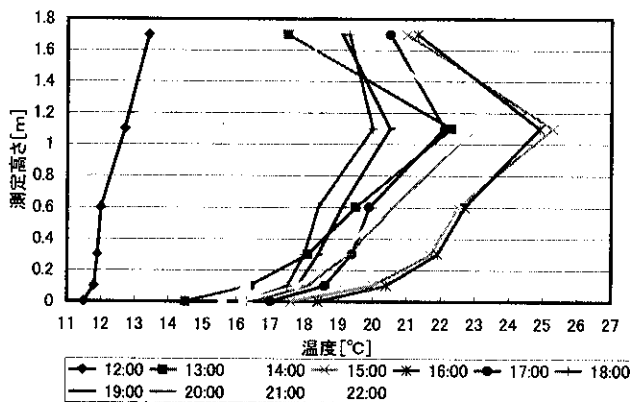


図8-48 1月19日（暖炉使用時）における居間上下温度分布

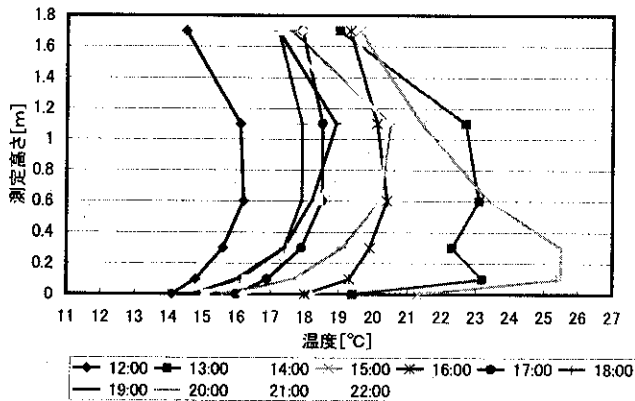


図8-49 1月21日（ルームエアコン使用時）における居間上下温度分布

8-4 まとめ

郊外型集合住宅 63 世帯に対する冷暖房方式に関する実態調査により、以下の知見を得た。

頭部と足元の温度差の出現は、よくある、たまにあるを合計すると、半数以上を占めた。気流による不快感の出現は、よくある、たまにあるの合計で約30%であった。頻繁に使用する冷房器具の満足率、頻繁に使用する暖房器具の満足率は高くなったが、普段使用している冷暖房器具に対する慣れの影響を考慮した検討が望まれる。

季節ごとの次世代床冷暖房システム住宅の実測により、以下の知見を得た。

1. 梅雨季

・PMVの値は、ISO-7730が示す快適推奨範囲-0.5～0.5の範囲内であった。CO₂は、ビル管法の基準値1000ppm以下であったが、1,2階ともに窓を開けて自然換気を行っていたため、外気の濃度とほとんど変わりなかった。また、ホルムアルデヒドも同様であった。COは、検知管に反応はなかった。

・梅雨季の実測期間中は、本システムの使用がなかった。1階主寝室は、一日を通しての温度変化が約2.5°C（空調使用時は除く）と小さく、上下温度差も1°C以下で、日中は外気温よりも温度が低かった。2階主寝室は一日の温度変化が約5°Cと主寝室よりも大きく、上下温度差が2°Cとなることがあったが、ASHRAE 55-92の快適範囲3°C以内であった。居住者が不在の時間帯には、2階居間・書斎前のPMV値が日中に高い値を示した。

2. 夏季

・2階室内のPMV値は、午前が、空調使用で温度のやや低かった測定点4, 5, 6, 9が-1.87～-0.76、日射の影響で温度がやや高かった測定点1が1.31、それ以外はISO-7730快適推奨範囲-0.5～0.5内であった。午後は、測定点1が0.90、それ以外は、-0.52～0.46でほぼ快適推奨範囲内であった。1階は午後に1.29, 1.11で、午後は1.23, 1.03であった。なお、計測中は本システムが使用されていた。夏季は梅雨季と違い、窓を閉鎖した状態での計測であり、CO₂は1000ppmの値を示すところもあったが、実測者が多く（9人）在室していた影響と考えられる。ホルムアルデヒドは、1階（測定点2）においては

WHO 基準値 0.08ppm 以下であったが、2 階（測定点 1, 3, 4, 5）においては基準値をやや上回る値を示した。CO は、検知管に反応はなかった。

- ・本システム停止後に約 0.5°C 室内温度が上昇していることから、本システム使用による冷暖房効果が確認できた。ただし、対象住宅の居住者は、通常空調（ルームエアコン）のみの運転で冷房を行うことが多かった。本システムを使用時の 8 月 21 日の床下の相対湿度は 75% 前後であったが、ファンコンベクター付近の相対湿度は 95% 前後であり、結露する可能性も考えられるため、注意が必要である。

3. 秋季

- ・2 階室内の PMV 値は、午前が、日射の影響で温度のやや高かった測定点 1, 3 が 1.74, 1.98、日射の影響を受けなかったため温度がやや低かった測定点 5, 6 が -0.75, -1.65 それ以外は ISO-7730 快適推奨範囲 -0.5~0.5 内であった。午後は、日射の影響で温度のやや高かった測定点 2 が 2.5、日射の影響を受けなかったため温度がやや低かった測定点 6 が -0.90、それ以外は、ほぼ快適推奨範囲内であった。1 階は午前が -0.92, -1.32 で、午後は -1.35, -1.16 であった。CO₂ は、ビル管法の基準値 1000ppm 以下であったが、1, 2 階ともに窓を開けて自然換気を行っていたため、外気の濃度とほとんど変わりなかった。また、ホルムアルデヒドも WHO の基準値 0.08ppm 以下であった。CO は、検知管に反応はなかった。
- ・1 階主寝室は、日中の上下温度差が 2°C 近くとなる個所があった。また、梅雨季、夏季と同様に日中は外気温よりも温度が低いことがわかる。これに対して、2 階食堂は上下温度差が 3°C 近くなることがあった。これは 2 階居間においても同様であり、夏季と同じく 2 階においては、居間に当たる日射が影響していると考えられる。
- ・秋季にもかかわらず、日中の PMV は 3.0 に達している日も多かったが、実測期間中に空調機は使用していなかった。

4. 冬季

- ・PMV は、1 階室内は測定点 10 が 0.6m で -1.7, 1.1 m で -1.6 であり、測定点 11 が 0.6m で -1.7, 1.1 m で -1.55 であった。2 階室内は測定点 2, 3, 6 とも

0.5 をやや上回る程度だった。なお、計測中は 2 階において本システムが使用されていた。CO₂ は、1000ppm 以上の値を示すところもあるが、窓が閉められていたことと、実測者が多く（9 人）在室していた影響と考えられる。ホルムアルデヒドは、測定点 1, 3 において、WHO 基準値 0.08ppm をやや上回る値を示した。また CO については、この計測を実施する以前に暖炉を使用していた為に反応を示した。

- ・本システムの使用時に食堂と居間の吹出し口温度の差が、10°C 以上あったが、ファンコンベクターからの距離の影響と考えられる。食堂の床表面温度は、やや低い値を示しているが居住域である居間の床表面温度は、ASHRAE で定められている快適推奨範囲を満たしていた。
- ・本システム使用時における PMV 値は、暖炉、通常空調（ルームエアコン）使用時と比較して、ISO が定めている快適推奨範囲 -0.5~0.5 を多く満たしていることが分かった。また、本システム使用が最も上下温度分布が少なく、ASHRAE が定める床上 0.1 m と 0.7m の上下温度差が 3°C 以内の快適推奨範囲を満たした。

今回行った研究のみでは、冷暖房方式に関する実態調査の対象数が少ないため、より多くの世帯を対象にした調査が必要となる。また、次世代床冷暖房システム住宅の実測という貴重な機会に恵まれたが、今後も効率的で、健康、快適の面で優れたシステムについての研究を進める予定である。

第9章 蒸暑地域の住宅における夏季の 住まい方及び室内空気環境に関する研究

第9章 蒸暑地域の住宅における夏季の住まい方及び室内空気環境に関する研究

Field Study on the Living Style and the Indoor Air Environment in the Houses Built in Hot and Humid Region During Summer Season

The field study on the chemical pollutants concentrations was conducted during summer period in two houses where the interior construction was just completed. The VOC concentrations measurement was also conducted there after occupancy during Fall period. The formaldehyde concentrations in the two houses were higher than the maximum acceptable concentration of 0.08 ppm. The TVOC concentrations in the house with mechanical ventilation system were lower than that without mechanical ventilation system. In the field study during Fall period, the concentrations of 1,4-Dichlorobenzene were very high. It might have emitted from the mothballs.

KEYWORDS: *Field study, VOCs, TVOC, Formaldehyde*

9-1 はじめに

新築およびリフォームした住宅において、建材や内装材等から発生するホルムアルデヒド(HCHO)や揮発性有機化合物(VOC)等の化学物質が問題視されている。しかし実際に、室内で検出された揮発性有機化合物が、建物の構成材自体から発生したものなのか、居住者の生活行為から発生したものなのかは明確ではない。そこで、使用された建材、内装材、塗装剤の把握がある程度可能な住宅において揮発性有機化合物濃度の測定を行うことにより、VOCの発生源を把握することが本研究の目的である。建物構成材から発生されるVOCと生活行為に起因するVOCを把握するには、家具や生活用品の搬入がされていない入居前と、入居後の二回にわたり実測を行うことが必要である。

9-2 実測方法

9-2-1 実測箇所

空気質実測は、1999年夏季の5日間および秋季の一日、鹿児島市内の新築住宅二軒において行った。二つの住宅をそれぞれ、鹿児島市紫原地域にある家をO邸、永吉地域にある家をM邸と称す。この2件の実測住宅はともに入居者が住み始める前の5日間と入居後に1日の実測を行った。実測期間を表9-1に示す。

表9-1 実測期間

対象住宅	夏季測定期間	秋季測定日
O邸	7月5日～7月9日	11月10日
M邸	7月19日～7月23日	11月9日

また、測定ポイントはそれぞれ室1(1F居間)、室2(2F寝室)、外気の3ポイントを設定した。O邸、M邸はそれぞれ構法、換気システムが異なった住宅となっている。特に、全熱交換型24時間換気システムを用いているO邸では、夏季実測期間中は連続的に運転を行っている状態で実測を行った。それぞれの構法、換気システムを表9-2に示す。また、O邸の外観写真を図9-1に、M邸の外観写真を図9-2に示す。O邸の平面図を図9-3に、内部仕様を表9-3に示す。M邸の平面図を図9-4に、内部仕様を表9-4に示す。

表9-2 O邸、M邸の構法及び換気システム

対象住宅	O邸	M邸
構法	枠組壁構法 (スチール構法)	木造在来軸組
換気システム	全熱交換型24時間 換気システム	小屋裏換気扇



図 9-1 O邸外観写真



図 9-2 M邸外観写真

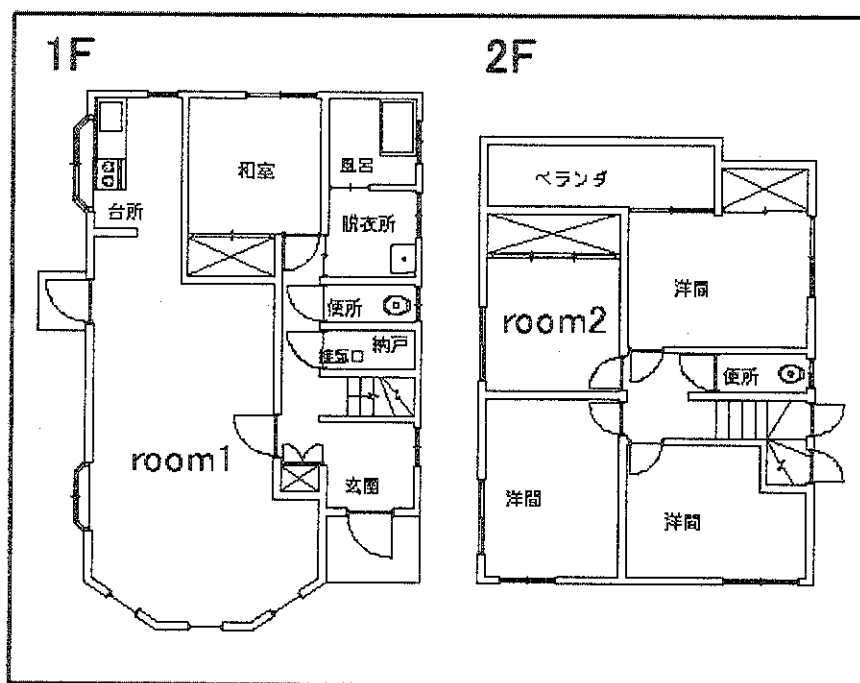


図 9-3 O邸平面図

表 9-3 O邸内部仕様詳細

部屋名	床仕上げ	壁仕上げ	天上仕上げ	内部建具
玄関ポーチ	100角タイル	パワーボード	防火板	
ホール	フロア-12mm	クロス	クロス	
階段	集成階段	クロス	クロス	木製手摺り φ38
居間	フロア-12mm	クロス	クロス	
キッチン	フロア-12mm	化粧パネル	クロス	
浴室	パネル	パネル	パネル	
脱衣所	フロア-12mm	クロス	クロス	プリムドア-
トイレ	フロア-12mm	クロス	クロス	プリムドア-
洋室 1	フロア-12mm	クロス	クロス	
// 2				プリムドア-
// 3				プリムドア-
和室 1	畳	クロス	敷目天井	戸襖 H=1800 障子横シゲ
// 2				プリムドア-
// 3				
押入	ベニア5.5mm	ベニア4mm	ベニア2.3mm	押入襖 H=1800
C. L.	ベニア5.5mm	ベニア4mm	ベニア2.3mm	プリムドア-
				プリムドア-
				プリムドア-
※洋間床 コンパネ15mm+12mm 3重張り				

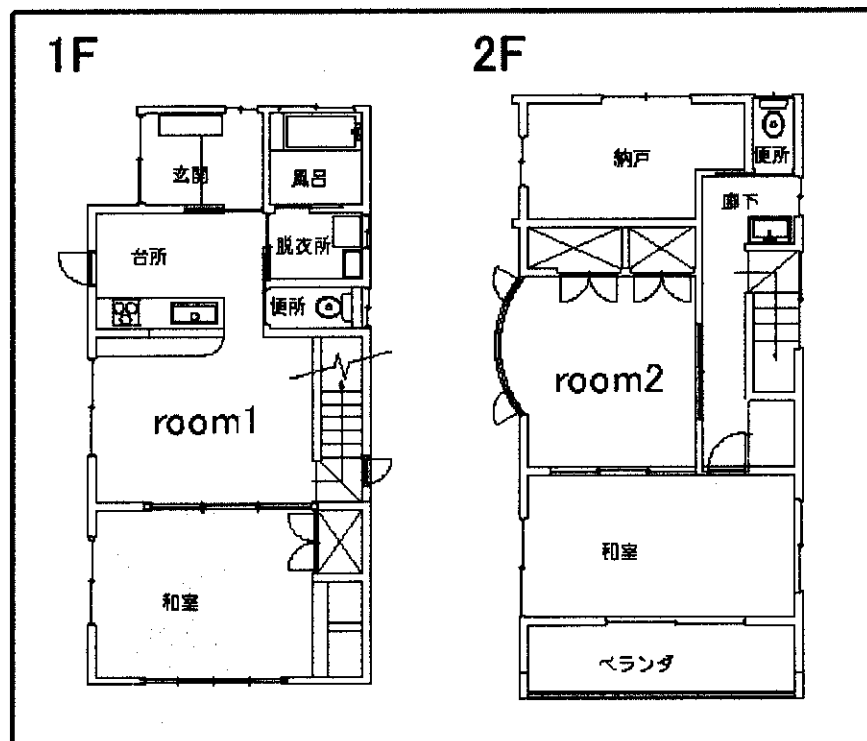


図 9-4 M邸平面図

表 9-4 M邸内部仕様詳細

階	室名	床	巾木	腰壁	壁	天井
1階	玄関	クリンカータイル貼	クリンカータイル貼		PB12.5下地ビニルクロス貼	PB9.5下地ビニルクロス貼
	ホール	LVL合板(ア)27下地化粧合板貼	既製品巾木		同上	同上
	W.C.	LVL合板(ア)27下地コンパネCFシート貼	同上		耐水PB12.5下地防災クロス貼	耐水PB9.5下地ビニルクロス
	脱衣所	同上	同上		同上	同上
	B.R.		ユニットバス			
	K.R.	LVL合板(ア)	既製品巾木	耐水ボード(ア)12下地アイカセラルール不燃板貼	PB12.5下地防災クロス貼	PB9.5下地防災ビニルクロス貼
	L.D.R	同上	同上		同上	同上
	和室6.0帖	LVL合板(ア)27下地畳50m/m一部縁甲板貼	タタミ寄り		PB12.5下地ビニルクロス貼	南海天井 板目
	床	銘木合板貼	雑布摺		同上	同上
	押入	LVL合板(ア)27下地ベニヤ2.5	同上		押入ボード ※但し耐力壁部分はダイライトMK(ア)12.5m/m下地とする	ベニヤ2.7
階段室	段板30	既製品巾木			PB9.5下地ビニルクロス貼	
2階	ホール	LVL合板(ア)27下地化粧合板貼	既製品巾木		PB12.5下地ビニルクロス貼	PB9.5下地ビニルクロス貼
	W.C.	LVL合板(ア)24下地コンパネCFシート貼	同上		耐水PB12.5下地ビニルクロス貼	耐水PB9.5下地ビニルクロス
	和室7.5畳	LVL合板(ア)24下地畳50m/m一部縁甲板貼	タタミ寄		PB12.5下地ビニルクロス貼	PB9.5下地ビニルクロス貼
	和室6.0畳	同上	同上		同上	同上
	収納	LVL合板(ア)27下地ベニヤ2.5	雑布摺		押入ボード	ベニヤ2.7
	収納	同上	同上		同上	同上
	納戸	LVL合板(ア)27下地化粧合板貼	既製品巾木		PB12.5下地ビニルクロス貼	PB9.5下地ビニルクロス貼
	収納	LVL合板(ア)27下地ベニヤ2.5	雑布摺		押入ボード	ベニヤ2.7
					※但し耐力壁部分はダイライトMK(ア)12.5m/m下地とする	

9-2-2 測定項目・測定方法

測定項目および測定機器を表 9-5 に示す。揮発性有機化合物(VOC)は、図 9-5 に示す固体捕集管(テナックス TA)に測定箇所の空気を約1リットル、ポンプで20分吸引してサンプリングした。このサンプリングを各測定点において、一日に1回行った。サンプリングを終えた固体捕集管は、研究室に持ち帰り、加熱脱着装置(ATD400)で加熱、コールドトラップし、ガスクロマトグラフ/質量分析装置(GC/MS分析装置、TurboMass)にて分析を行った。

VOCの分析条件を表 9-6 に示す。ホルムアルデヒドの濃度は、AHMT法捕集による約20分間の空気サンプリングと比色法による分析を捕集装置(SILSET、島津製作所、図 9-6 参照)および比色計(モデル 530、島津製作所、図 9-7 参照)を用いて計測した。この手法を以下、AHMT比色法と呼ぶ。

表 9-5 測定項目および測定装置

測定項目	測定機器
空気温度・ 相対湿度	Thermo Recorder TR-72 TアンドD社
短期 HCHO 濃度	SILSET+モデル 530 比色計 島津製作所
短期 VOC 濃度	捕集管：テナックス TA 加熱脱着装置：ATD400 GC/MS：TurboMass 以上、パーキンエルマー社

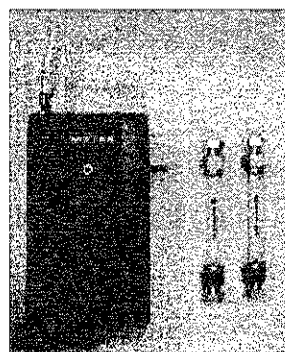


図 9-5 固体捕集管(右)及びポンプ

表 9-6 VOC 分析条件

加熱脱着装置	捕集チューブの条件	脱着温度	280°C
		脱着流量	34ml/min
		脱着時間	10min
	トラップの条件	入口スプリット	14ml/min
		トラップ温度	5-28°C
脱着温度		280°C	
		脱着時間	10min
		出口スプリット	8ml/min
ガスクロマトグラフ	カラムの条件	0.32mm × 60m × 0.25 μm	
	温度条件	50°Cで3分保持 その後30°C/minで昇温 260°Cで3分保持	

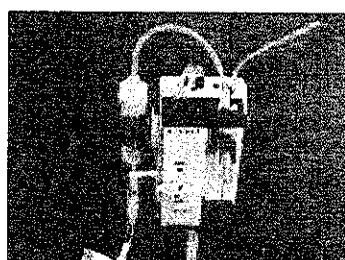


図 9-6 HCHO 捕集装置

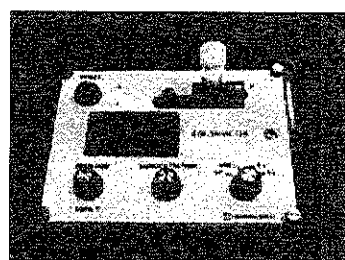


図 9-7 比色計

GC/MS 分析装置で得られた VOC 濃度および AHMT 比色法で得られたホルムアルデヒド濃度は、上記のとおり 20 分間の空気サンプリングで得られた短期の平均濃度と考えられる。測定箇所の空気温度および相対湿度は、サーモレコーダー TR-72 にて夏季実測では連続した 5 日間、秋季実測では短期 VOC 測定を行った 1 時間のみ 10 分間隔で連続測定した。

また、夏季の実測においては、トレーサーガス(SF₆)濃度減衰法により、各住宅の換気回数を測定した。トレーサーガス濃度減衰結果を図 9-8 (O 邸)、図 9-9 (M 邸) に示す。換気測定の結果、24 時間機械換気システムを備えている O 邸は 0.47 (h⁻¹)、測定中は雨戸が閉め切りの状態で機械換気設備をもたない M 邸は 0.15 (h⁻¹)の換気回数が得られた。実測時には、居住者に対して、喫煙やアレルギーの有無、空調機器の使い方等に関するアンケート調査も行った。

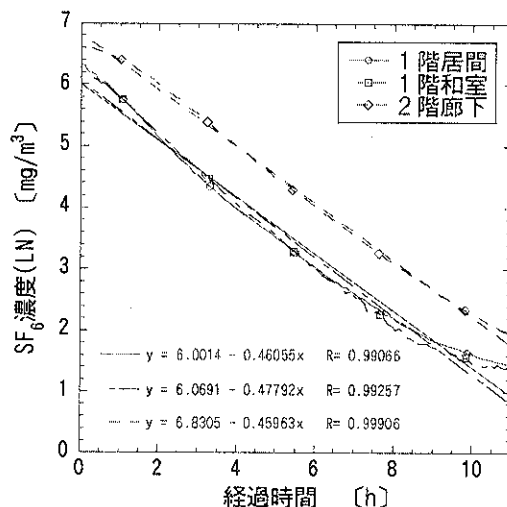


図 9-8 SF₆濃度減衰 (O 邸)

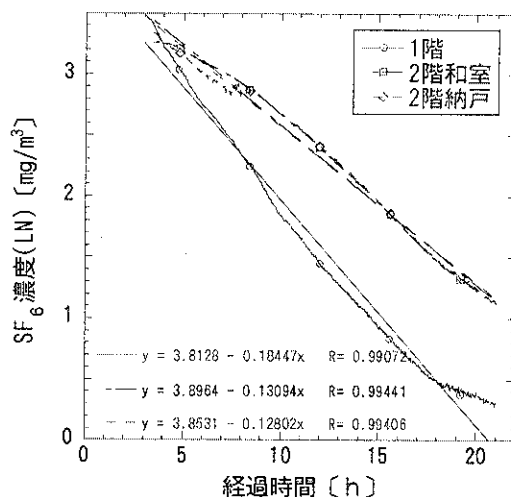


図 9-9 SF₆濃度減衰 (M 邸)

9-3 実測結果及び考察

9-3-1 HCHO 濃度

図 9-10 に夏季実測における O 邸の各測定箇所における短期 HCHO 濃度経日変化を示す。測定二日目である 7 月 6 日では、外気 HCHO 濃度も WHO の基準である 0.08 ppm を超えていることがわかる。これは外部で工事が行われていた影響と考えられる。室内 HCHO 濃度は、どの測定においても、その基準を超えているが、内装工事直後の測定であったこと、温湿度が高く発生量の多い夏季の測定であったことが原因と考えられる。一方、M 邸における短期 HCHO 濃度経日変化を図 9-11 に示す。M 邸の HCHO 濃度は O 邸に比べ高く、O 邸の約 2 倍近くになっている。O 邸、M 邸の換気回数の差が、ほぼ両住宅の HCHO 濃度の差となって現れていると考えられる。

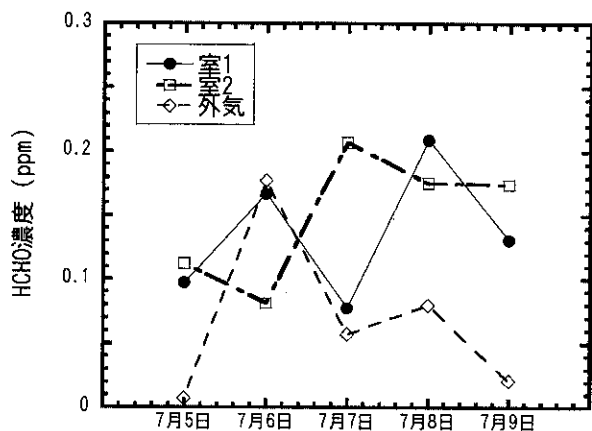


図 9-10 O 邸の短期 HCHO 濃度経日変化

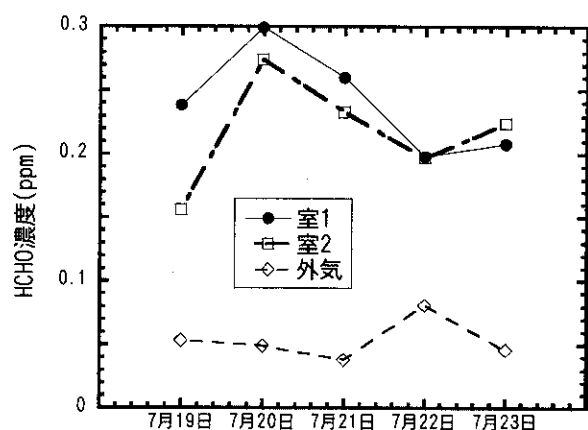


図 9-11 M 邸の短期 HCHO 濃度経日変化

9-3-2 TVOC 濃度

図 9-12 に O 邸の各測定箇所におけるトルエン等価の TVOC 濃度の経日変化を示す。これはテナックスチューブで約 20 分間サンプリングした短期 TVOC 濃度である。トルエン等価とは、トータルイオンクロマトグラムにおける全ピークの面積をトルエン換算で質量に変換したことを意味する。夏季実測の 4 日目に TVOC 濃度が室内において急上昇しているのは、ベランダのペンキ工事が 4 日目 (7 月 8 日) に行われたためと考えられる。1 階居間 (室 1) の TVOC 濃度は 3 日目が 4.5 mg/m^3 、5 日目が 8.3 mg/m^3 と高い値であり、11 月の秋季実測においても 1.1 mg/m^3 と WHO の提案値である 0.3 mg/m^3 を大きく上回っていた。

M 邸におけるトルエン等価の短期 TVOC 濃度の経日変化を図 9-13 に示す。1 階居間のある室 1 の夏季実測における TVOC 濃度は $5 \sim 8 \text{ mg/m}^3$ の範囲、2 階居室の室 2 は $11 \sim 17 \text{ mg/m}^3$ の範囲であったが、秋季実測では TVOC 濃度が、両室とも 2 倍以上の値となった。夏季実測の結果について、O 邸の TVOC 濃度と比較しても、O 邸でペンキ工事があった日以外は、M 邸の方

が TVOC 濃度が高く、O 邸における機械換気の効果が現われていると考えられる。

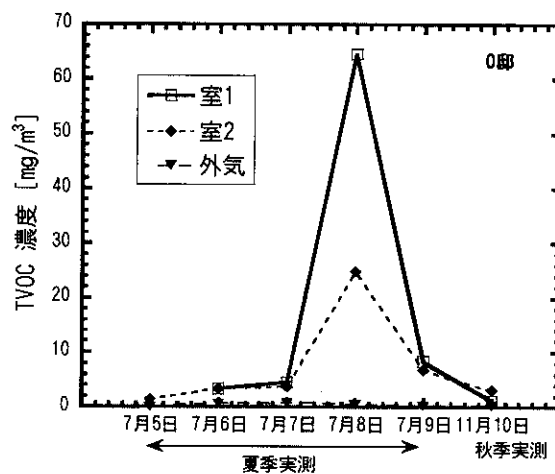


図 9-12 O 邸の短期 TVOC 濃度経日変化

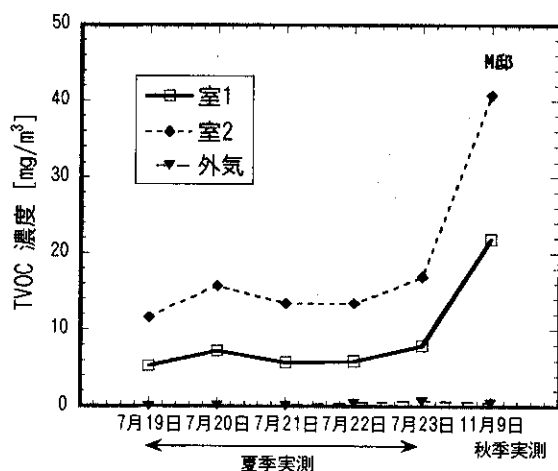


図 9-13 M 邸の短期 TVOC 濃度経日変化

9-3-3 VOC 濃度

O 邸の室 1 における各 VOC 濃度の経日変化を図 9-14~図 9-16 に、O 邸の室 2 における各 VOC 濃度の経日変化を図 9-17~図 9-19 に、O 邸外気の VOC 濃度の経日変化を図 9-20~図 9-22 に示す。これは測定箇所の空気をテナックスチューブに約 20 分間捕集し、それを加熱脱着後、GC/MS 法により各 VOC 成分を同定・定量したものであり、定量を行った 11 種類の VOC について示してある。

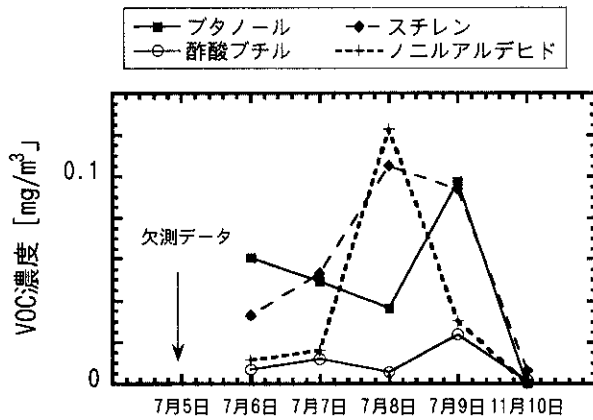


図 9-14 ブタノール、スチレン、酢酸ブチル、
ノニアルデヒド濃度 (0 邸 室 1)

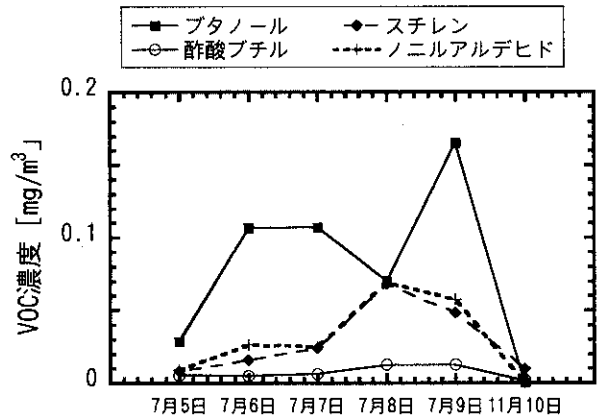


図 9-17 ブタノール、スチレン、酢酸ブチル、
ノニアルデヒド濃度 (0 邸 室 2)

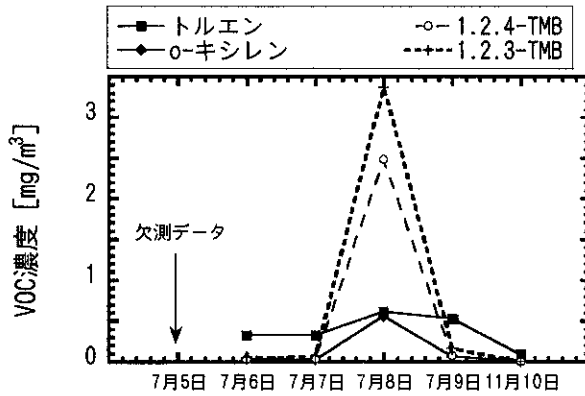


図 9-15 トルエン、o-キシレン、1.2.4TMB、
1.2.3TMB 濃度 (0 邸 室 1)

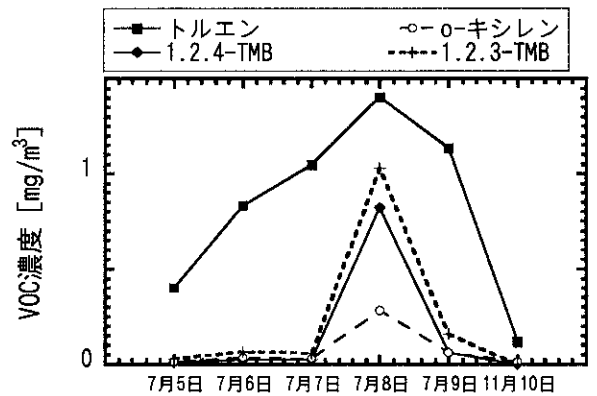


図 9-18 トルエン、o-キシレン、1.2.4TMB、
1.2.3TMB 濃度 (0 邸 室 2)

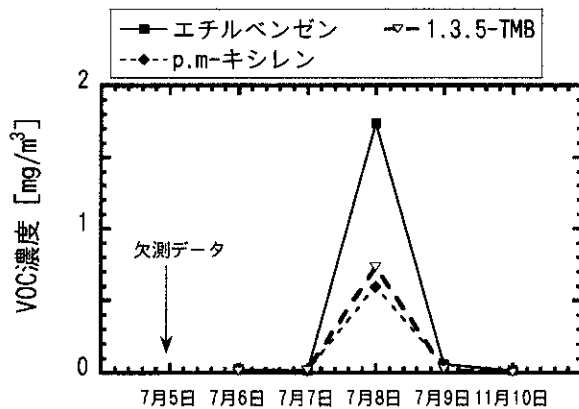


図 9-16 エチルベンゼン、p,m-キシレン、
1.3.5-TMB 濃度 (0 邸 室 1)

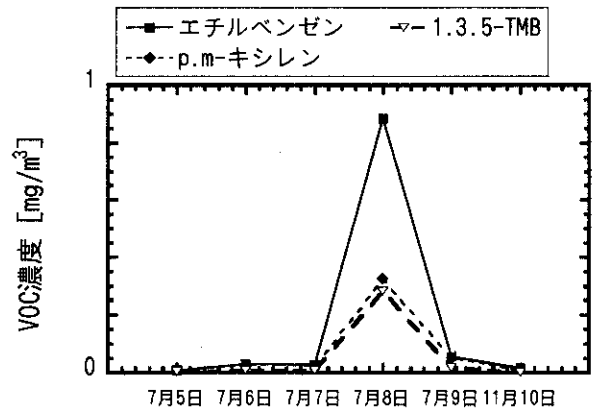


図 9-19 エチルベンゼン、p,m-キシレン、
1.3.5-TMB 濃度 (0 邸 室 2)

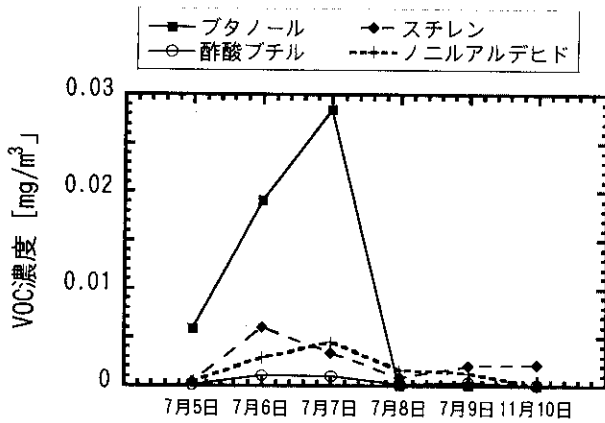


図 9-20 ブタノール、スチレン、酢酸ブチル、ノニルアルデヒド濃度 (0 邸 外気)

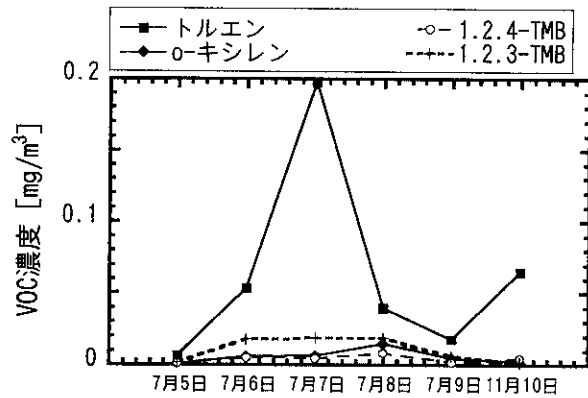


図 9-21 トルエン、o-キシレン、1,2,4-TMB、1,2,3-TMB 濃度 (0 邸 外気)

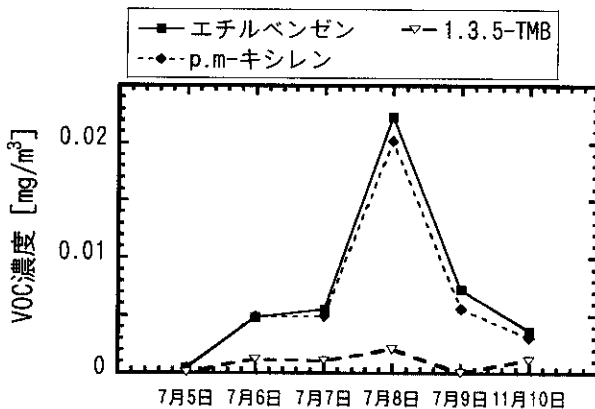


図 9-22 エチルベンゼン、1,3,5-TMB、p.m-キシレン濃度 (0 邸 外気)

という塗料に含まれる VOC 濃度が上昇していることがわかる。また、ほとんどの VOC が竣工後4ヶ月が経過している秋季実測では、濃度が大きく低下している。図には示していないが、パラジクロロベンゼンは夏季実測では検出されなかったが、秋季実測では0 邸室2において 0.75 mg/m^3 という高い濃度を示していた (室1では 0.115 mg/m^3)。

M 邸の室1における各 VOC 濃度の経日変化を図 9-23~図 9-25 に、室2における各 VOC 濃度の経日変化を図 9-26~図 9-28 に、M 邸外気の各 VOC 濃度の経日変化を図 9-29~図 9-30 に示す。図には GC/MS 法により定量を行った10種類の VOC について示してある。

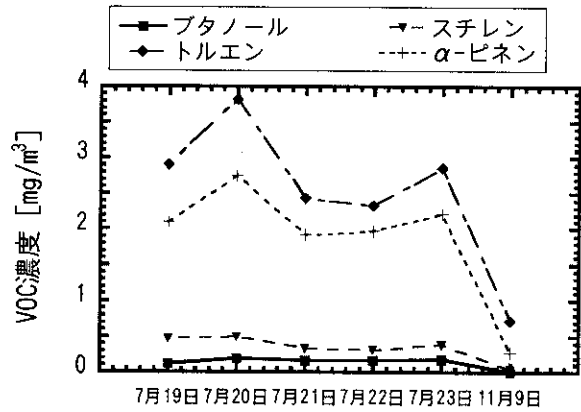


図 9-23 ブタノール、スチレン、トルエン、αピネン濃度 (M 邸 室1)

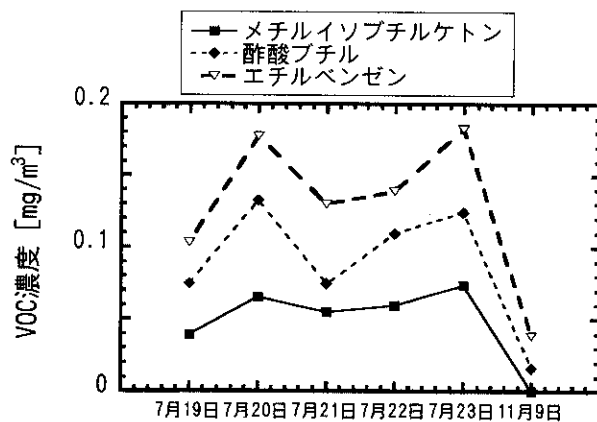


図 9-24 メチルイソブチルケトン、酢酸ブチル、エチルベンゼン濃度 (M 邸 室1)

図 9-14~図 9-19 をみると、ペンキ工事が行われ TVOC 濃度が急上昇していた7月8日(4日目)にトルエン、p.m-キシレン、TMB (トリメチルベンゼン)

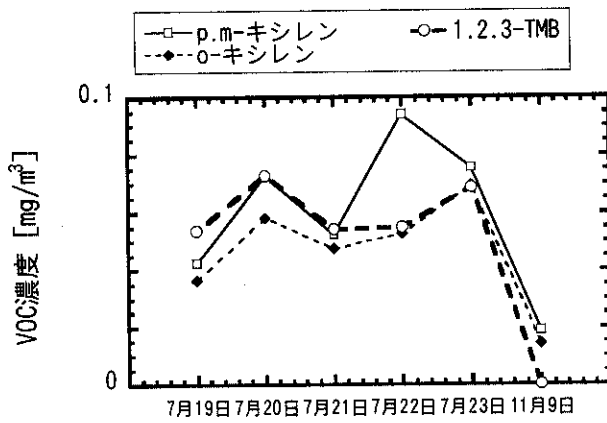


図 9-25 キシレン、1,2,3-TMB 濃度 (M 邸 室 1)

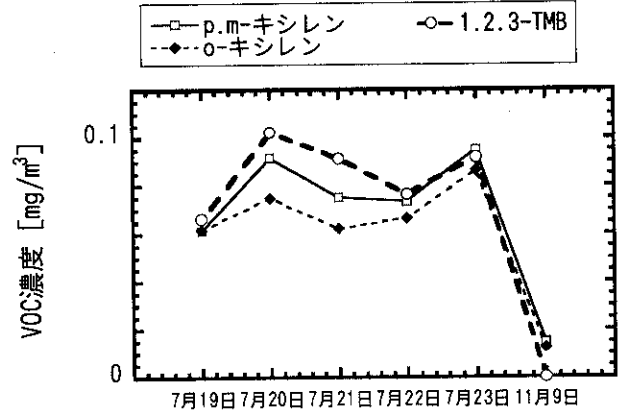


図 9-28 キシレン、1,2,3-TMB 濃度 (M 邸 室 2)

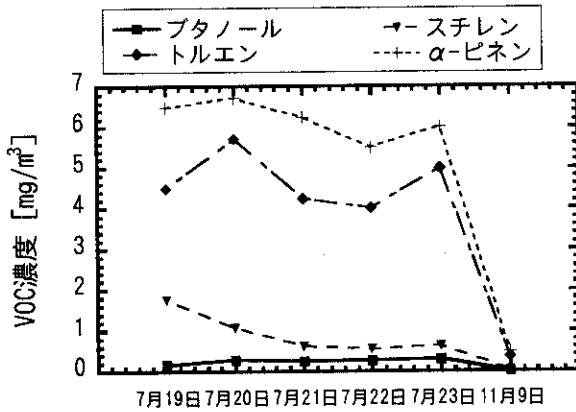


図 9-26 ブタノール、スチレン、トルエン、 α ピネン濃度 (M 邸 室 2)

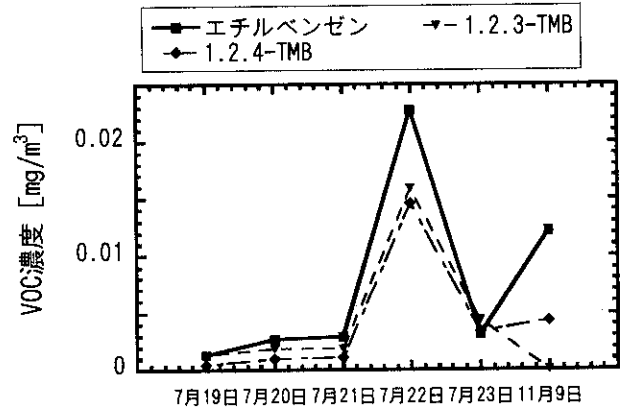


図 9-29 エチルベンゼン、1,2,3-TMB、1,2,4-TMB 濃度 (M 邸 外気)

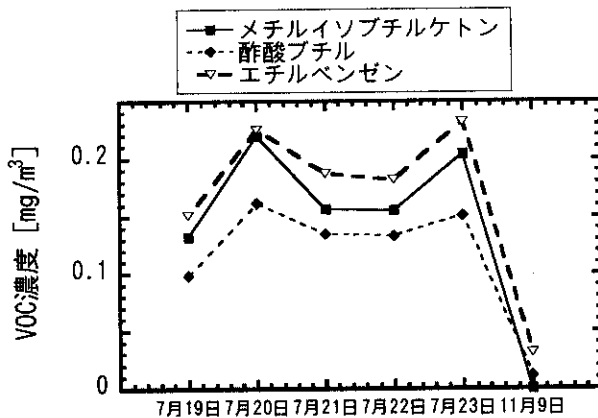


図 9-27 メチルイソブチルケトン、酢酸ブチル、エチルベンゼン濃度 (M 邸 室 2)

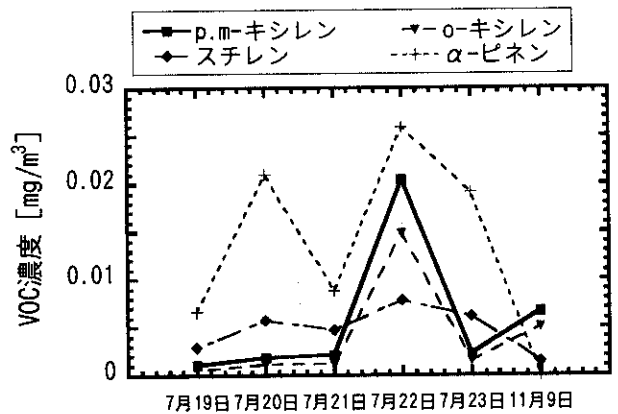


図 9-30 キシレン、 α ピネン、スチレン濃度 (M 邸 外気)

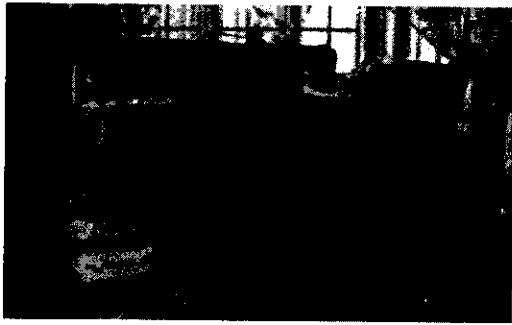


図 9-31 衣装ケースの置かれた M 邸室 2

いないが、M 邸において、パラジクロロベンゼンは夏季実測では検出されなかったのに対し、秋季実測では室 1 で 10.1 mg/m^3 、室 2 で 19.8 mg/m^3 という非常に高い濃度で検出された。秋季実測の時期が丁度衣替えの時期であり、実測箇所において防虫剤を設置した衣装ケースが多く積まれていたことが原因と考えられる（図 9-31 参照）。秋季実測において M 邸の TVOC 濃度が O 邸に比べ高かったが、その TVOC の成分中にはパラジクロロベンゼンが占める割合が多いと考えられる。

図 9-23～図 9-28 をみると、夏季実測において検出されたブタノール、メチルイソブチルケトン、1,2,3-TMB が秋季実測では検出されず、竣工後 4 ヶ月でこれらの VOC がほとんど揮発してしまっただと考えられる。これら以外の図中の VOC も全てが、秋季実測においては濃度が急激に減衰している。図示はして

9-3-4 空気温度・湿度

図 9-32 に O 邸室 1 における夏季実測時の空気温度および相対湿度を、図 9-33 に O 邸室 2 の温度・湿度を、図 9-34 に O 邸屋外における温度・湿度を示す。

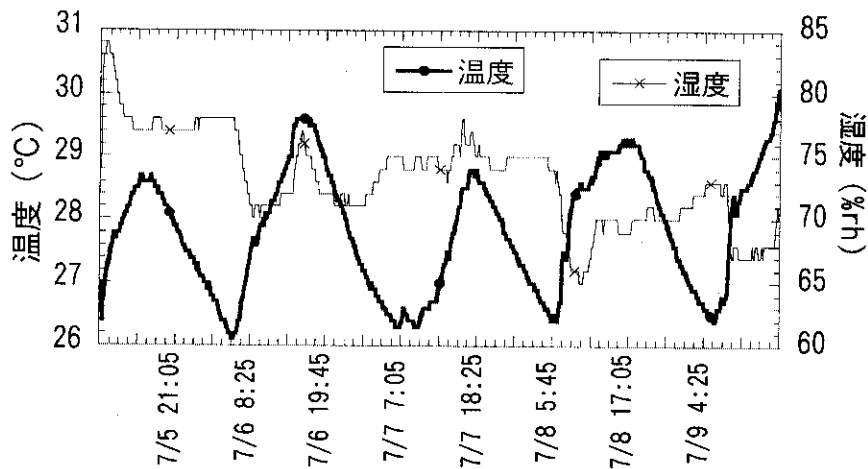


図 9-32 夏季実測における O 邸室 1 の空気温度・相対湿度経時変化

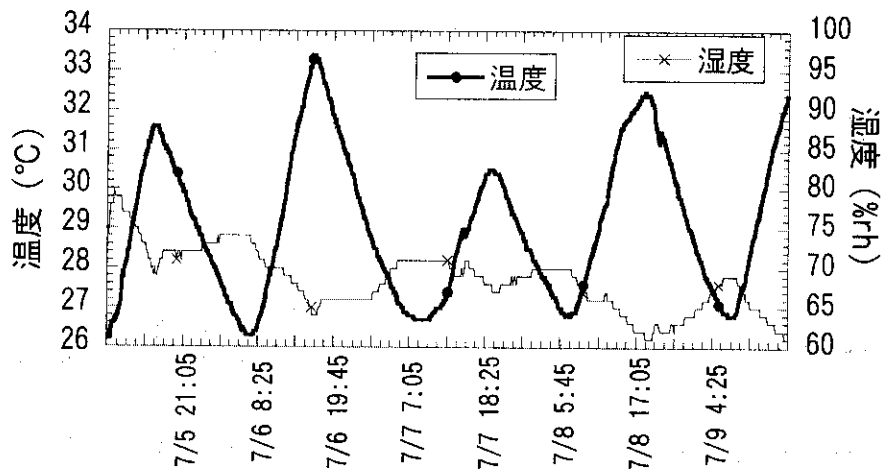


図 9-33 夏季実測における O 邸室 2 の空気温度・相対湿度経時変化

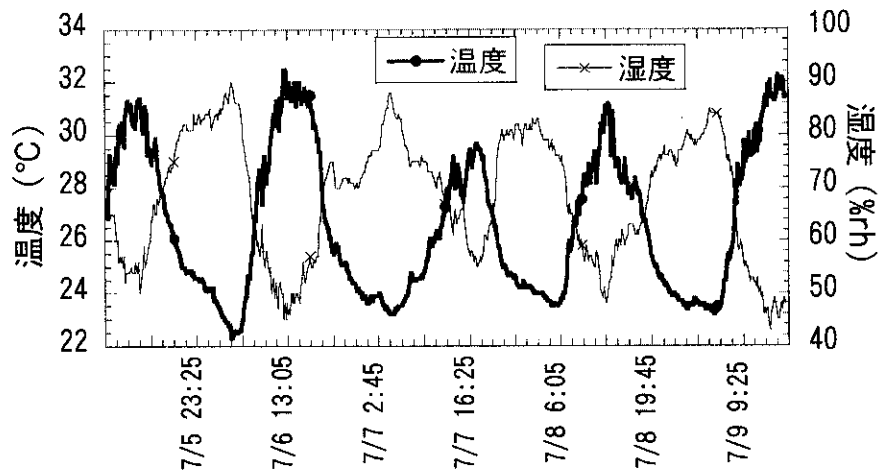


図 9-34 夏季実測における O 屋外の空気温度・相対湿度経時変化

O 邸は高断熱・高气密住宅で全熱交換器を備えた機械換気を行っているが、実測期間中は冷房等を行っていなかったため、室1、室2ともに空気温度は外気の影響を受けていた。しかし、相対湿度はかならずしも外気との相関は見られず、室2は概ね室1より湿度が低いことがわかった。逆に、気温は、概ね室2が室1より高いことがわかった。

図 9-35 に M 邸室 1 における夏季実測時の空気温

度および相対湿度を、図 9-36 に M 邸室 2 の温度・湿度を、図 9-37 に M 邸屋外における温度・湿度を示す。M 邸は、最高室温が 36°C を超える日があり、最低室温も 30°C 前後であることから測定時間以外の時間においても気温が高かったことが確認できる。これは、高い断熱性、雨戸が閉め切られていたことによるものと考えられる。

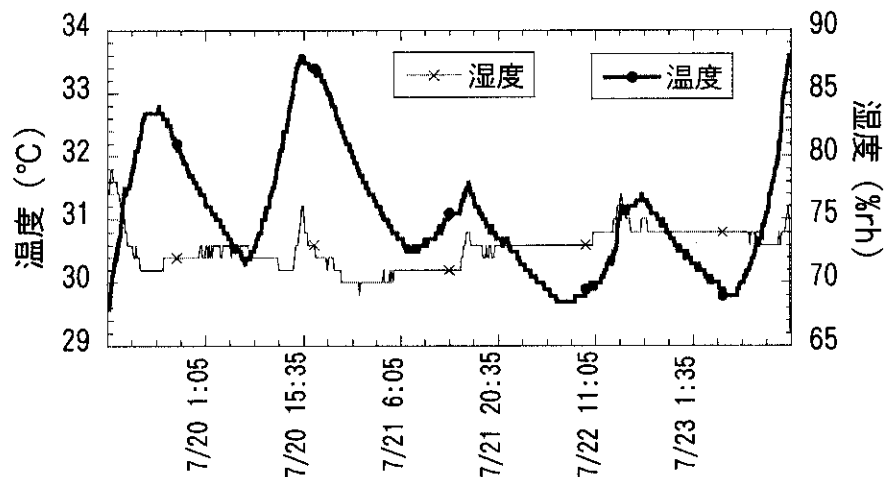


図 9-35 夏季実測における M 邸室 1 の空気温度・相対湿度経時変化

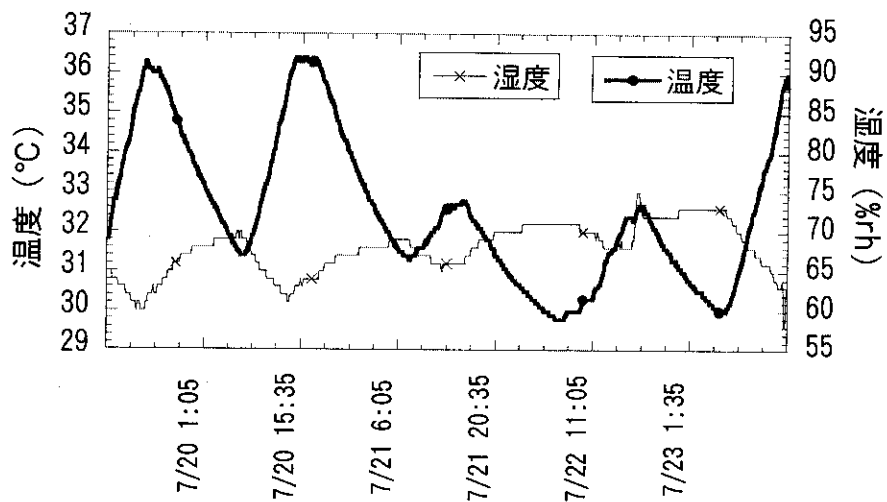


図 9-36 夏季実測における M 邸室 2 の空気温度・相対湿度経時変化

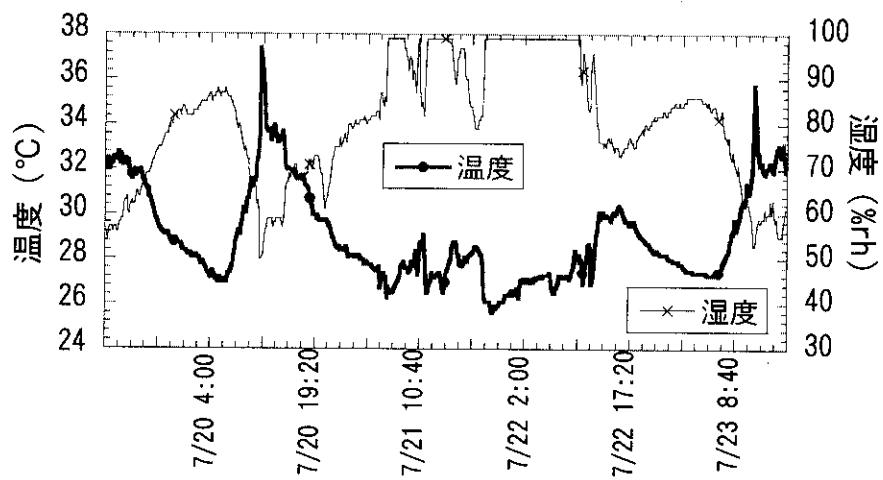


図 9-37 夏季実測における M 邸外気の空気温度・相対湿度経時変化

9-3-5 室内で検出された化学物質の発生由来の検討

をもとにした、O邸の各部位における使用材料、使用材料の成分、揮発の予想される化学物質を示す。

表 9-7 に、MSDS (製品安全データシート)

表 9-7 O邸の各部位における使用材料、成分、および揮発の予想される化学物質

使用部位	使用材料	成分	揮発が予想される物質
天井	ビニル壁紙	PVC, DOP, 充填剤, 難燃剤	DOP (フタル酸エステル類), HCHO, トルエン, キシレン, ブタノール
	無機質壁紙	水酸化アルミ紙, レジン, 可塑剤, 安定剤, 無機質充填剤	DOP (フタル酸エステル類), HCHO, トルエン, キシレン, ブタノール
	ビニル壁紙	レジン, PVC, 可塑剤, 無機質充填剤, 安定剤, 水性インク	DOP (フタル酸エステル類), HCHO, トルエン, キシレン, ブタノール
	壁紙用接着剤	澱粉, 酢酸ビニル樹脂エマルジョン, 防腐剤, 防カビ剤, 安息香酸ナトリウム, T B Z	DOP (フタル酸エステル類)
	塗料	低沸点芳香ナフサ, ケロシン	トルエン, キシレン, TMB
	塗料のうすめ液	トルエン, 酢酸エチル, メチルアルコール, イソブチルアルコール, 酢酸イソブチル, メチルイソブチルケトン	トルエン, 酢酸エチル, メチルアルコール, イソブチルアルコール, 酢酸イソブチル, メチルイソブチルケトン
壁	ビニル壁紙	PVC, DOP, 充填剤, 難燃剤	DOP (フタル酸エステル類), HCHO, トルエン, キシレン, ブタノール
	無機質壁紙	水酸化アルミ紙, レジン, 可塑剤, 安定剤, 無機質充填剤	DOP (フタル酸エステル類), HCHO, トルエン, キシレン, ブタノール
	ビニル壁紙	レジン, PVC, 可塑剤, 無機質充填剤, 安定剤, 水性インク	DOP (フタル酸エステル類), HCHO, トルエン, キシレン, ブタノール
	壁紙用接着剤	澱粉, 酢酸ビニル樹脂エマルジョン, 防腐剤, 防カビ剤, 安息香酸ナトリウム, T B Z	DOP (フタル酸エステル類)
	塗料	低沸点芳香ナフサ, ケロシン	トルエン, キシレン, TMB
	塗料のうすめ液	トルエン, 酢酸エチル, メチルアルコール, イソブチルアルコール, 酢酸イソブチル, メチルイソブチルケトン	トルエン, 酢酸エチル, メチルアルコール, イソブチルアルコール, 酢酸イソブチル, メチルイソブチルケトン
	石膏ボード	二水石膏, ボード用原紙, 混和材, 添加剤	
床	断熱材	ポリスチレン, フロン124b, メチルクロライド, 難燃剤	スチレン, スチレンモノマー
階段	上塗り剤	キシレン, 酢酸イソブチル, 酢酸ブチル, ブチルアルコール	キシレン, 酢酸イソブチル, 酢酸ブチル, ブチルアルコール
	塗料	低沸点芳香ナフサ, ケロシン	トルエン, キシレン, TMB
	塗料のうすめ液	トルエン, 酢酸エチル, メチルアルコール, イソブチルアルコール, 酢酸イソブチル, メチルイソブチルケトン	トルエン, 酢酸エチル, メチルアルコール, イソブチルアルコール, 酢酸イソブチル, メチルイソブチルケトン

7月8日に、ノニルアルデヒド、トルエン、1.2.3-TMB、1.2.4-TMB、1.3.5-TMB、エチルベンゼン、キシレンの濃度が著しく上昇している。これは、同日に行われた室内における塗装工事によるものが大きいと思われるが、MSDSには、それらの記載がなかった。また、防腐剤、防カビ剤、難燃剤に関しては物質名が明らかにならず、揮発成分の検討が不可能であった。また、塗料のうすめ液に含まれているメチルイソブチルケトンには、実測においては揮発が確認できなかった。揮発性において勝るブタノールが検出されて、メチルイソブチルケトンが検出されなかったのは、ブタノールは壁紙に含まれていて、比較的ゆっくりと揮発したものと思われるのに対してメチルイソブチルケトンは、塗料と混ぜられて薄く伸ばされて塗られたため、揮発が早かったものとする。また、ブタノールが検出された要因として、酢酸ブチルの加水分解によるブタノールの発生も考えられる。また、

O邸は機械換気を用いた高断熱・高气密住宅であるため、使用された断熱材からのスチレンの発生も考えられる。O邸は合板に輸入製品を使用しており、MSDSの入手ができなかったため合板に含まれる化学物質（接着剤、防腐剤等）の情報も得ることができなかった。

表9-8に、MSDS（製品安全データシート）をもとにした、M邸の各部位における使用材料、使用材料の成分、揮発の予想される化学物質を示す。

エチルベンゼン、酢酸ブチルは実測期間中比較的高濃度で検出されたが、MSDSには、それらの記載がなかった。同様に高濃度で検出されたαピネンは木材からの揮発が報告されている。これは、M邸の構法に由来するものとする。また、エチルベンゼンは木材防腐剤（クレオソート）に含まれているとの報告もあることから、エチルベンゼンもM邸の構法に由来するものとする。また、畳の畳床から、スチレンの揮発が予想される。

表9-8 M邸の各部位における使用材料、成分、および揮発の予想される化学物質

使用部位	使用材料	成分	揮発が予想される物質	備考
天井	印刷シート（和室）	セルロース、顔料、樹脂等	有機リン系トリクレジルホスフェート、三酸化アンチモン	
	ラミネート用接着剤	酢酸ビニル、水	可塑剤（フタル酸エステル）、酢酸ビニルモノマー、トルエン、キシレン、その他溶剤	
	合板		HCHO、ピネン	JAS規格F1
	裏桧木用接着剤	エチレン、酢酸ビニル、トルエン、水	トルエン	
	裏桧木	南洋産天然無垢材	αピネン	
	防虫剤	エトフェンプロックス		
	石膏ボード(LDK) 印刷シート（LDK）	石膏、発砲剤、接着増強剤、分散剤 水酸化アルミニウム紙、有機質材、難燃薬剤、プリントインク、表面処理剤	トルエン、キシレン、ブタノール	
壁	壁装材(和室)		トルエン、キシレン、ブタノール	
	壁装材(和室)		トルエン、キシレン、ブタノール	
	壁装材(LDK)	レジン、可塑剤	DOP（フタル酸エステル類）	
	石膏ボード(LDK)	石膏、発砲剤、接着増強剤、分散剤		
	壁装材用接着剤	エステル架橋化小麦澱粉		
床	床材(LDK)	天然木（ナラ、ホワイトオーク混合）、尿素メラミン系樹脂接着剤、特殊緩衝シート貼り	HCHO、ピネン、1.2.4-TMB	JAS規格F2
	畳(和室)		スチレン	

9-3-6 居住者の入居前後で検出された化学物質に関する検討

夏季実測においてO邸で検出されたVOCは、ほとんどの物質は秋季実測において濃度の低減が見られた。以下、O邸の室1、室2それぞれの室におけるVOC濃度について考える。

・O邸室1について

夏季実測に濃度が 0.53 mg/m^3 であったトルエンは、秋季実測においては 0.09 mg/m^3 まで濃度が減少していた。酢酸ブチル、エチルベンゼン、p.m-キシレン、スチレン、o-キシレン、デカンも濃度が減少していた。夏季実測に検出されたブタノール、オクタン、1.3.5-TMB、1.2.4-TMB、1.2.3-TMB、ノニルアルデヒドは秋季実測において揮発の確認ができなかった。夏季実測に揮発が確認されなかったナフタリン、パラジクロロベンゼンは、秋季実測においてはナフタリンが 0.00003 mg/m^3 、パラジクロロベンゼンが 0.12 mg/m^3 の濃度で検出された。

・O邸室2について

夏季実測に濃度が 1.13 mg/m^3 であったトルエンは、秋季実測においては 0.12 mg/m^3 まで濃度が減少していた。酢酸ブチル、エチルベンゼン、p.m-キシレン、スチレン、o-キシレン、デカンも濃度が減少していた。逆にナフタリンは濃度が上昇していた。夏季実測に揮発が確認されなかったパラジクロロベンゼンは、秋季実測において 0.75 mg/m^3 の濃度で検出された。

全体的に濃度の減少が見られた中で、パラジクロロベンゼンが秋季実測において高濃度で検出された。これは秋季実測を行った時期が衣替えの時期であったことによる、防虫剤からの揮発によるものと考えられる。

O邸の場合と同様、M邸においても、夏季実測で検出されたVOCは、ほとんどの物質は秋季実測において濃度の低減が見られた。以下、M邸の室1、室2それぞれの室におけるVOC濃度について考える。

・M邸室1について

夏季実測に濃度が 2.85 mg/m^3 であったトルエンは、秋季実測においては 0.72 mg/m^3 まで濃度が減少していた。酢酸ブチル、オクタン、エ

チルベンゼン、p.m-キシレン、スチレン、o-キシレン、 α ピネン、1.3.5-TMB、1.2.4-TMB、ナフタリンも濃度の減少が見られた。ブタノール、メチルイソブチルケトン、デカン、1.2.3-TMBは秋季実測において揮発の確認ができなかった。また、夏季実測に揮発が確認されなかったパラジクロロベンゼンは、秋季実測において 10.1 mg/m^3 の高濃度で検出された。

・M邸室2について

夏季実測に濃度が 4.98 mg/m^3 であったトルエンは、秋季実測においては 0.35 mg/m^3 まで濃度が減少していた。室1と同様に、酢酸ブチル、オクタン、エチルベンゼン、p.m-キシレン、スチレン、o-キシレン、 α ピネン、1.3.5-TMB、1.2.4-TMB、ナフタリンも濃度の減少が見られ、ブタノール、メチルイソブチルケトン、デカン、1.2.3-TMBは秋季実測において揮発の確認ができなかった。相対的に、夏季実測に揮発が確認されなかったパラジクロロベンゼンは、秋季実測において 19.8 mg/m^3 の高濃度で検出された。

全体的に濃度の減少が見られた中で、パラジクロロベンゼンが秋季実測において高濃度で検出された。これは秋季実測を行った時期が衣替えの時期であったこと、引越しの際に運び込まれた衣装ケースを室内に置いていたことで、防虫剤からの成分の揮発が室内で検出されたものと考えられる。

9-3-7 室内で検出された化学物質のリスク評価

実測でえられた VOC の分析結果と、デンマークの WOLKOFF の示した VOC-BASE をもとに各物質の濃度に対する、臭気閾値、刺激閾値、労働衛生安全基準について濃度の比較を行う。臭気閾値、刺激

閾値、労働衛生安全基準の順に設定されている濃度が高くなっていく。それぞれの物質の ppm 濃度、 mg/m^3 濃度の両方に対する評価を行った。O 邸室 1 に対する結果を表 9-9 に、O 邸室 2 に対する結果を表 9-10 にそれぞれ示す。

表 9-9 O 邸室 1 で検出された物質のリスク評価

	濃度単位	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	秋季実測
ブタノール	mg/m^3	欠測データ	0.06047206	0.04911474	0.03617793	<u>0.0973269</u>	0
	ppm		0.01961874	0.01593412	0.01173708	<u>0.0315754</u>	0
トルエン	mg/m^3		0.32882684	0.32681728	0.61430998	0.53057412	0.08812972
	ppm		0.0857375	0.08521353	<u>0.1601737</u>	0.13834058	0.02297873
酢酸ブチル	mg/m^3		0.00681609	0.01195806	0.00558043	0.02391612	0.00145793
	ppm		0.00141015	0.00247394	0.00115451	0.00494788	0.00030162
オクタン	mg/m^3		0	0.00001	0.00005	0.00001	0
	ppm		0	2.1051E-06	1.0525E-05	2.1051E-06	0
エチルベンゼン	mg/m^3		0.021791	0.01615347	1.73693362	0.05696225	0.01446001
	ppm		0.00493273	0.00365659	0.39318158	0.01289428	0.00327325
p.m-キシレン	mg/m^3		0.02526303	0.01571893	0.5937853	0.05589001	0.00775501
	ppm		0.00571867	0.00355822	0.13441242	0.01265156	0.00175547
スチレン	mg/m^3		0.03276268	0.05296481	0.10501446	0.09370462	0.00617308
	ppm		0.00755868	0.01221952	0.0242279	0.02161861	0.00142419
o-キシレン	mg/m^3		0.03048085	0.02331644	0.55666716	0.06603757	0.01166728
	ppm		0.00689981	0.00527803	0.12601016	0.01494862	0.00264107
α -ピネン	mg/m^3		0	0	0	0	0
	ppm	0	0	0	0	0	
1.3.5-TMB	mg/m^3	0.00877432	0.01348426	0.73133199	0.02430066	0	
	ppm	0.00175486	0.00269685	0.1462664	0.00486013	0	
1.2.4-TMB	mg/m^3	0.02686354	0.03737678	2.48447113	0.07814352	0	
	ppm	0.00537271	0.00747536	0.49689423	0.0156287	0	
デカン	mg/m^3	0.00018	0.00024	0.00621	0.00039	0.00010444	
	ppm	3.0409E-05	4.0545E-05	0.00104911	6.5886E-05	1.7644E-05	
P-ジクロロB	mg/m^3	0	0	0	0	0.11540951	
	ppm	0	0	0	0	0.01887377	
1.2.3-TMB	mg/m^3	0.0592607	0.07797222	3.36387447	0.15975709	0	
	ppm	0.01185214	0.01559444	0.67277489	0.03195142	0	
ノニルアルデヒド	mg/m^3	0.01120993	<u>0.0160665</u>	<u>0.1226185</u>	<u>0.0301444</u>	0	
	ppm	0.00189513	<u>0.0027162</u>	0.02072959	<u>0.0050961</u>	0	
ナフタリン	mg/m^3	0.00003	0.00004	0	0	0.00031332	
	ppm	5.6256E-06	7.5008E-06	0	0	5.8755E-05	
TVOC	mg/m^3	3.3569	4.456	64.52	8.2699	1.0995	

表 9-10 ○ 邸室 2 で検出された物質のリスク評価

	濃度単位	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	秋季実測
ブタノール	mg/m ³	0.02843089	<u>0.106503</u>	<u>0.1068039</u>	0.07002424	<u>0.1652452</u>	0
	ppm	0.00922373	<u>0.0345524</u>	<u>0.03465</u>	0.02271771	<u>0.0536099</u>	0
トルエン	mg/m ³	0.40119613	<u>0.8290817</u>	<u>1.047232</u>	<u>1.4033135</u>	<u>1.133932</u>	0.11880344
	ppm	0.10460689	<u>0.2161727</u>	<u>0.2730527</u>	<u>0.3658965</u>	<u>0.2956586</u>	0.03097652
酢酸ブチル	mg/m ³	0.00534127	0.00462378	0.00613847	0.01263568	0.01255596	0.00161992
	ppm	0.00110503	0.00095659	0.00126996	0.00261413	0.00259764	0.00033514
オクタン	mg/m ³	0	0	0	0.00004	0	0
	ppm	0	0	0	8.4203E-06	0	0
エチルベンゼン	mg/m ³	0.00773262	0.02701355	0.02514112	0.88415977	0.05647643	0.0152479
	ppm	0.0017504	0.00611493	0.00569108	0.20014313	0.01278431	0.0034516
p,m-キシレン	mg/m ³	0.00633961	0.0256056	0.02086173	0.32360616	0.05024421	0.0073464
	ppm	0.00143507	0.00579622	0.00472237	0.07325322	0.01137355	0.00166297
スチレン	mg/m ³	0.0077941	0.01588563	0.02394665	0.06817169	0.0481526	0.00975489
	ppm	0.00179818	0.00366498	0.00552474	0.0157279	0.01110929	0.00225055
o-キシレン	mg/m ³	0.00938992	0.03157649	0.02732235	0.28025094	0.0595836	0.00962681
	ppm	0.00212555	0.00714782	0.00618483	0.0634391	0.01348766	0.00217918
α-ピネン	mg/m ³	0	0	0	0	0	0
	ppm	0	0	0	0	0	0
1,3,5-TMB	mg/m ³	0.00272057	0.00690352	0.00761495	0.28363068	0.01765404	0
	ppm	0.00054411	0.0013807	0.00152299	0.05672614	0.00353081	0
1,2,4-TMB	mg/m ³	0.00904716	0.02304302	0.02246531	<u>0.8186048</u>	0.05968403	0
	ppm	0.00180943	0.0046086	0.00449306	<u>0.163721</u>	0.01193681	0
デカン	mg/m ³	0.00004	0.00011	0.00012	0.00201	0.00023	0.00010444
	ppm	6.7576E-06	1.8583E-05	2.0273E-05	0.00033957	3.8856E-05	1.7644E-05
p-ジクロロB	mg/m ³	0	0	0	0	0	0.7468487
	ppm	0	0	0	0	0	0.1221377
1,2,3-TMB	mg/m ³	0.02461773	0.0639868	0.05545939	1.02710225	0.15686923	0
	ppm	0.00492355	0.01279736	0.01109188	0.20542045	0.03137385	0
ノニルアルデヒド	mg/m ³	0.00901191	<u>0.0261042</u>	<u>0.0247749</u>	<u>0.0684842</u>	<u>0.0576092</u>	0
	ppm	0.00152353	<u>0.0044131</u>	<u>0.0041884</u>	<u>0.0115778</u>	<u>0.0097393</u>	0
ナフタリン	mg/m ³	0.00005	0.00011	0.00008	0	0.00014	0.01023528
	ppm	9.376E-06	2.0627E-05	1.5002E-05	0	2.6253E-05	0.00191931
TVOC	mg/m ³	1.303	3.2803	3.6462	24.802	6.6445	3.0703

太字にアンダーラインを引いた数値は臭気閾値を上回ったものを示しており、さらに労働衛生安全基準を上回ったものは網掛け文字で示した。以下それぞれの結果について考察する。

○ 邸室 1 について

7月8日に住宅内で塗装工事が行われたが、臭気閾値を上回ったのは、トルエンとノニルアルデ

ヒドの2物質であった。ノニルアルデヒドは7月7日から9日の間臭気閾値を上回っていた。ブタノールは7月9日のみ臭気閾値を上回っていた。
○ 邸室 2 について)

トルエンとノニルアルデヒドは7月7日から9日の間臭気閾値を上回っていた。ブタノールは7月6日、7日、9日において臭気閾値を上回っていた。また、住宅内で塗装工事が行われた7月8日には、1,2,4-TMBが臭気閾値を上回っ