

## 原 著

## 2002年に新築された住宅の室内空気質と内装仕様

吉 田 弥 明<sup>1)</sup> 滝 欽 二<sup>1)</sup>  
山 田 雅 章<sup>1)</sup> 樋 田 淳 平<sup>2)</sup>

1) 静岡大学農学部

2) 岐阜連合大学大学院連合農学研究科

Indoor air quality and interior material of  
newly built wooden-house in 2002

Hiroaki Yoshida<sup>1)</sup> Kinji Taki<sup>1)</sup>  
Masaaki Yamada<sup>1)</sup> Junpei Hida<sup>2)</sup>

1) Faculty of Agriculture, Shizuoka University

2) Student, United Graduate School of Agricultural Science &  
Veterinary Science, Gifu University

## 要約

2002年に静岡地区に建設された内装仕様を異にする木造軸組住宅の室内空気質とその内装仕様の測定・調査を行った。空気質の測定は、その内装仕様の特徴により、床や壁材にムクの木材、土塗り壁など自然系材料を使用したAタイプ10棟20室、及び床に複合木質フローリング、壁・天井には石膏ボードを下地にクロス壁紙を用いたBグループ11棟22室について実施した。その結果、ホルムアルデヒドの気中濃度はタイプA住宅では平均 $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、タイプB住宅では $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で内装仕様による差異は認められなかった。一方、アセトアルデヒド気中濃度は、前者が平均 $166 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であるのに対し後者は $489 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、明らかに後者の方が高い傾向であった。指針値設定揮発性有機化合物(VOC)については、トルエン及びスチレンの指針値を超える高い放散が認められ、現行住宅の典型的な内装仕様と考えられるタイプB住宅に顕著であった。自然材を多用したタイプA住宅では数万 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ にも達する総揮発性有機化合物(TVOC)の極めて高い放散が認められた。これは使用されている木材から放散されるテルペン類によるものと考えられる。

(臨床環境14:53~60, 2005)

## Abstract

Indoor air quality and furnish material of newly built wooden houses were surveyed in Shizuoka, 2002. Air concentration of carbonyl compounds and volatile organic compounds (VOC) in 20 living and bed rooms of 10 houses of Type A, furnished with natural materials, such as wood for floor and

受付:平成17年5月27日 採用:平成17年7月15日

別刷請求宛先:吉田弥明

〒422-8027 静岡市駿河区豊田1丁目2-20-501

Received: May 27, 2005 Accepted: July 15, 2005

Reprint Requests to Hiroaki Yoshida, 2-20-501, 1-chome, Toyoda, Suruga-ku, Shizuoka 422-8027 Japan

wall panel, and 22 rooms of 11 houses of Type B, furnished with artificial materials such as bonded wood materials for floor and polyvinyl wallpaper for wall and ceiling were measured. Average formaldehyde air concentration of Type A houses was  $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$  and that of Type B houses was  $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

There is no difference of the concentration between them. On the other hand acetaldehyde air concentration of Type B houses was so much higher than that of Type A houses. Their average concentration was  $489 \mu\text{g}/\text{m}^3$  and  $166 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectively. Emission of toluene and styrene of VOC more than their guideline values was measured. Especially, Type B houses with typical furnish in these days emitted distinguished those chemicals. Type A houses with wood furnish emitted predominant VOC of 10s thousands  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  composed from terpenes originated from wood.

(Jpn J Clin Ecol 14 : 53~60, 2005)

---

《Key words》 Indoor air quality, wooden-house, formaldehyde, acetaldehyde, volatile organic compounds (VOC), interior materials

---

## I. はじめに

シックハウス症候群や化学物質過敏症など室内の空気質に原因する健康障害が大きな社会問題となっているが、室内空気の汚染には建築材料、特に床や壁・天井に使用されている内装材から放散される揮発性有機化合物が大きく影響している。これらの材料にはその化粧性、耐久性、使い勝手の良さ、利便性から合成化学製品あるいはこれらを含んだ製品が多用され、揮発性有機化合物の主要な放散源となってきた。近年、これらの建築材料の化学物質低放散化対策が進んだこと、建築基準法の改正により0.5回/hの換気回数が義務づけられたことにより室内の空気質は大きく改善されているが、一方では、合成化学製品の使用を嫌う天然系素材への材料転換も図られている。しかしながら、室内の内装仕様と空気質との関連を明らかにした報告例は少ない。本研究では、内装仕様、特に天然系のムク木材仕様と一般仕様住宅の室内空気質特性の違いを明らかにするとともに空気環境の現状を把握することを目的に、2002年に静岡地区に建設された新築住宅について、ホルムアルデヒドを含む揮発性有機化合物の測定を行い内装仕様との関連を調査した。

## II. 調査及び室内空気の測定方法

### 1. 調査対象住宅

2002年7月18日から同9月30日に静岡県内（一部愛知県内）に新築された住宅の空気質を測定した在来軸組工法住宅のうち、内装仕様の特徴によ

り典型的な2グループを選び、それら住宅21棟を調査対象住宅とした。天然系材料を多用した住宅（以下タイプA）10棟20室（居間10室、寝室10室）、合成化学製品・複合系材料を多用した住宅（以下タイプB）11棟22室（居間11室、寝室11室）である。タイプA住宅で床仕上げ材にヒノキムク材を使用していた居室が7室、スギムク材を使用した居室が6室、パイン材が2室、畳が2室、アカマツムク材、スギ集成材を使用した居室がそれぞれ1室であった。また、空気質測定時下地材（非ホルムアルデヒド系接着剤使用スギ構造用合板）のみを施工した居室が1室であった。壁には珪藻土、漆喰、エコクロス等、空気環境に配慮したことを特徴とする天然由来材料が多く用いられていた。天井には、スギムク材、エコクロス・珪藻土クロス、和紙が使用されており、1室のみでシナ合板が使用されていた。タイプB住宅では、床に複合フローリング（Fco）が使用されており、壁・天井は石膏ボード下地、ビニルクロス仕上げで、接着剤には酢酸ビニル樹脂が使用されていた。

### 2. ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド気中濃度の測定

試料空気の捕集、分析は厚生労働省の推奨する方法によって行った<sup>1)</sup>。すなわち、竣工後から引き渡しまでの住宅について床から1.2mの高さ、室内中央壁から1m以上離れた位置2カ所、及び屋外試料空気の捕集をアクティブサンプリング法によって行った。吸着管にはDNPH-シリカカートリッジ（Waters製）を用い、ホルムアル

デヒド及びアセトアルデヒドを含むカルボニル化合物13物質についてHPLC(島津製、LC-vpシリーズ)によって分析・定量した。捕集量は10L/30minとした。また、捕集に当たってオゾンあるいは水分の影響を避けるために吸着管の直前にオゾンスクラバーを装着した。

なお、測定は各棟の居間と寝室の各1室と外気について試料空気の採取を2回行い、その平均値をもって測定値とした。試料採取はおおむね午前10時から午後2時の間に行った。

### 3. 揮発性有機化合物(VOC)気中濃度の測定

測定対象住宅A及びBはそれぞれ同一建築業者による建物で使用材料が特定されている。即ち、A住宅の内装仕様は、床・壁の仕上げに豊富にムクの木材を使用しており、室内面積の50%以上をムクの木材製品が占めていた。B住宅のそれは床のみに木質系の複合フローリングを用い、床・壁・天井は石膏ボード下地/クロス仕上げであった。このように明確に内装仕様の異なる住宅からランダムにタイプA住宅の8棟、タイプB住宅の4棟について居間のVOC気中濃度の測定を行った。吸着管にTENAX TAを用いカルボニル化合物と同様にアクティブ法により試料空気の捕集を行いヘキサノールからヘキサデカンまでの52物質について加熱脱着GC/MSによって分析・定量した。捕集量は3.2L/30minとした。なお、VOCの分析については合板検査会研究室において実施した。試料空気の採取その他については前項に同じである。

## III. 結果及び考察

### 1. 内装仕様とカルボニル化合物の気中濃度

今回の調査ではカルボニル化合物13物質について気中濃度の測定を行った。ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトン、メチルエチルケトンの顕著な放散が認められた。その他ではベンズアルデヒド、ヘキサアルデヒドの放散が認められた。さらに、タイプA住宅ではプロトンアルデヒド、バレールアルデヒド、プロピオンアルデヒド、m-トールアルデヒド等の放散が認められ、ムクの木材を使用した住宅の方が多種類のアルデヒド類の放散が見られた。

次に、指針値策定物質であるホルムアルデヒドとアセトアルデヒドについて詳しく述べる。表1にホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの気中濃度と内装仕様の詳細を示しが。

#### 1) ホルムアルデヒド気中濃度について

まず住宅タイプ別ホルムアルデヒド気中濃度について図1に示す。タイプA住宅では非常に低い値( $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )を示す例もあるものの、高い値( $229 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )を示すものも見られる。タイプB住宅では指針値付近にやや集中した傾向が見られるものの分布の範囲はタイプA住宅と同様に広く、住宅タイプによるホルムアルデヒド気中濃度の差は確認できない。また、タイプB住宅は同一工務店でほぼ同じ内装材を使用しているにも関わらず幅広い分布が見られた。これには、施工の際に使用された接着剤・シーリング剤等、内装材以外の建築材料の影響が考えられる。

厚生労働省指針値( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )を越えた居室は、タイプA住宅、タイプB住宅ともに約1/2で、住宅タイプの間には差は見られなかった。特に高濃度を示した住宅では、クロスや複合フローリング等合成化学材料が多用されている傾向が見られ、特に低濃度を示した住宅ではクロス・集成材・合板が用いられているもののその使用面積は小さく、ムク材や珪藻土・漆喰等、天然由来材料が多用されている傾向が見られた。これは、珪藻土は、VOCを吸収・吸着する特性があるといわれており、その特性が室内空気質に有効に作用したもの

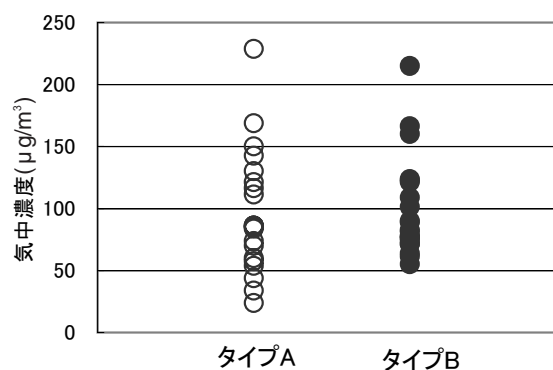


図1 タイプ別住宅のホルムアルデヒド別気中濃度

表1 ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド気中濃度と内装仕様の詳細

住宅 No.	測定室	HCHO 濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CH <sub>3</sub> CHO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	床 (下地)	壁 (下地)	天井 (下地)
A-1	居間	86	422	スギ (ラーチ合板)	左官仕上 (GB)	スギ
A-1	寝室	70	387	スギ (ラーチ合板)	クロス (GB)	スギ
A-2	居間	229	336	スギ (ラーチ合板)	シナ合板	スギ
A-2	寝室	121	266	畳 (ラーチ合板)	珪藻土 (GB)	スギ (GB)
A-3	居間	58	211	スギ (ラーチ合板)	珪藻土 (GB)	珪藻クロス (GB)
A-3	寝室	111	187	スギ (ラーチ合板)	珪藻土 (GB)	珪藻クロス (GB)
A-4	寝室	44	179	畳 (ラーチ合板)	珪藻土 (GB)	-
A-4	居間	34	176	スギ (ラーチ合板)	珪藻土 (GB)	クロス (GB)
A-5	居間	169	171	パイン	クロス (GB)	クロス (GB)
A-5	寝室	143	144	パイン	クロス (PB)	シナ合板
A-6	居間	84	139	ヒノキ (針葉樹合板)	漆喰 (石膏ボード)	針葉樹合板
A-6	寝室	74	130	ヒノキ (針葉樹合板)	クロス (石膏ボード)	針葉樹合板
A-7	居間	85	120	ヒノキ (針葉樹合板)	漆喰 (石膏ボード)	針葉樹合板
A-7	寝室	116	115	ヒノキ (針葉樹合板)	クロス (石膏ボード)	針葉樹合板
A-8	居間	60	91	ヒノキ (スギ合板)	左官仕上 (ラスボード)	スギ
A-8	寝室	24	90	構造用合板 (スギ合板)	左官仕上 (ラスボード)	スギ
A-9	居間	86	45	アカマツ (針葉樹合板)	漆喰 (GB)	珪藻クロス (GB)
A-9	寝室	54	45	Jパネル	珪藻土 (PB)	珪藻クロス (GB)
A-10	居間	150	34	ヒノキ (合板)	珪藻土 (GB)	和紙 (GB)
A-10	寝室	130	32	ヒノキ (合板)	和紙 (GB)	スギ
	AVE	96.3	166.0	注) GB: 石膏ボード		
	MAX	228.8	422.4			
	MIN	23.8	32.0			
B-1	居間	89	1077	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス
B-1	寝室	71	979	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-2	居間	101	934	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-2	寝室	76	762	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-3	居間	124	704	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	-
B-3	寝室	109	674	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-4	居間	64	643	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-4	寝室	76	608	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-5	居間	166	477	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-5	寝室	215	408	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-6	居間	78	408	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-6	寝室	121	376	木質複合フローリング (PB)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-7	居間	78	349	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-7	寝室	90	339	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-8	居間	81	333	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-8	寝室	123	333	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-9	居間	55	302	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-9	寝室	83	294	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-10	居間	61	294	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-10	寝室	71	229	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-11	居間	74	147	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
B-11	寝室	160	96	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (GB)	ビニールクロス (GB)
	AVE	98.4	489.4	注) PB: パーティクルボード、GB: 石膏ボード		
	MAX	215.0	1076.8			
	MIN	55.0	96.0			



と考えられる。

また、内装仕様がほぼ同様の住宅であるにも関わらず気中濃度の差が生じた例を抜粋し以下に示す。

#### a. スギムク材を使用した住宅 (タイプA住宅)

内装材にスギムク材が使用されている住宅A-2 (居間) とA-4 (居間) を比較対象とすると、どちらも木材を多用した住宅であるが、A-2の気中濃度は $229 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、A-8は $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と10倍弱となっている。この原因として、壁材として使用されたシナ合板がホルムアルデヒドの放散源となったと考えられる。同様に、シナ合板を壁材として使用したA-5 (寝室) でも比較的高い気中濃度 $143 \mu\text{g}/\text{m}^3$ という値が見られている。

#### b. 居間と寝室の気中濃度差 (タイプB住宅)

B-5では気中濃度が居間で $166 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、寝室で $215 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と居間・寝室ともに高い気中濃度を示していた。特に寝室の濃度は指針値の2倍を示した。居間と寝室では同様の内装仕様にも関わらず濃度に差が出た。測定された居間はキッチンを含むため、換気扇等が設置されていること、居間と寝室では構造上換気量の違いが考えられること、また寝室の方が居間に比べ若干気温・湿度が高くなるため、内装材の温度も上昇し、ホルムアルデヒドの放散を促したと考えられる。

#### 2) アセトアルデヒド気中濃度について

図2に住宅タイプ別アセトアルデヒド気中濃度について示す。タイプA住宅では平均気中濃度 $166 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最大値 $422 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値 $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であるのに対し、タイプB住宅では平均値 $489 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小値 $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最大値 $1077 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、これは指針値 $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の20倍強にも及んでおり、明らかに後者の住宅が高い傾向にある。合成化学製品を嫌い自然素材を中心に建てられたタイプA住宅でも、竣工直後は平均で現行指針値の約3倍程度の気中濃度であることを示している。ただ、アセトアルデヒドについてはホルムアルデヒドと異なり速やかに減衰することが明らかにされてきており<sup>2)</sup>、材料の十分な養生、竣工後の換気・養生を行えば影響は抑えることができるものと思われる。

高濃度を示した住宅では、複合フローリング・

ビニールクロスといった合成化学材料が多用されている傾向が見られた。タイプB住宅で高濃度を示した理由の1つとして、構造材として使用されている接着剤にレゾルシノール樹脂接着剤を使用した集成材によるものと考えられる。最近の研究によると、レゾルシノール接着剤に安定剤として含まれるエタノールとの反応によりアセトアルデヒドが発生することが確認されており<sup>3)</sup>、これが発生源となっているものと考えられる。一方、低濃度を示した住宅では、ムク材・珪藻土・和紙等天然由来材料が多用されている傾向が見られた。

## 2. 内装仕様と VOC 気中濃度

### 1) 概要

測定した住宅が基本的には木造軸組住宅であったため放散量の違いはあるが、放散 VOC の種類については大きな違いは認められなかった。指針値物質及び $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の気中濃度が認められた VOC について図3に指針値物質、図4にその他の物質について示した。今回の測定ではSVOCに属する可塑剤については測定を行っていないが、その他の指針値物質についてみると、トルエン、スチレンの放散が高く、タイプA住宅の高い放散が特異的な理由によるものと考えれば、いずれもタイプB住宅の方が高い放散を示した。特にキシレンでは平均値でも指針値の2倍に達する。これは床や壁の塗装がタイプAでは、自然系塗料であり注意深く施工されているのに対し、タイプB住宅ではスチレンを含むUV塗料が使用されており、その影響を受けたものであろう。

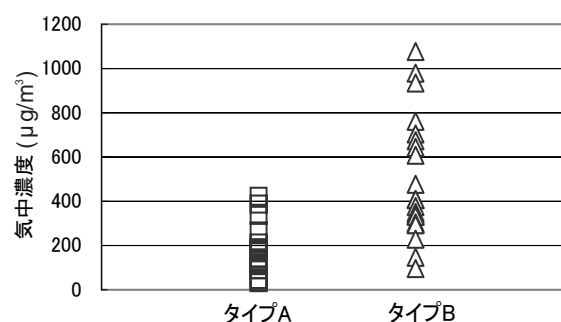


図2 タイプ別住宅のアセトアルデヒド気中濃度

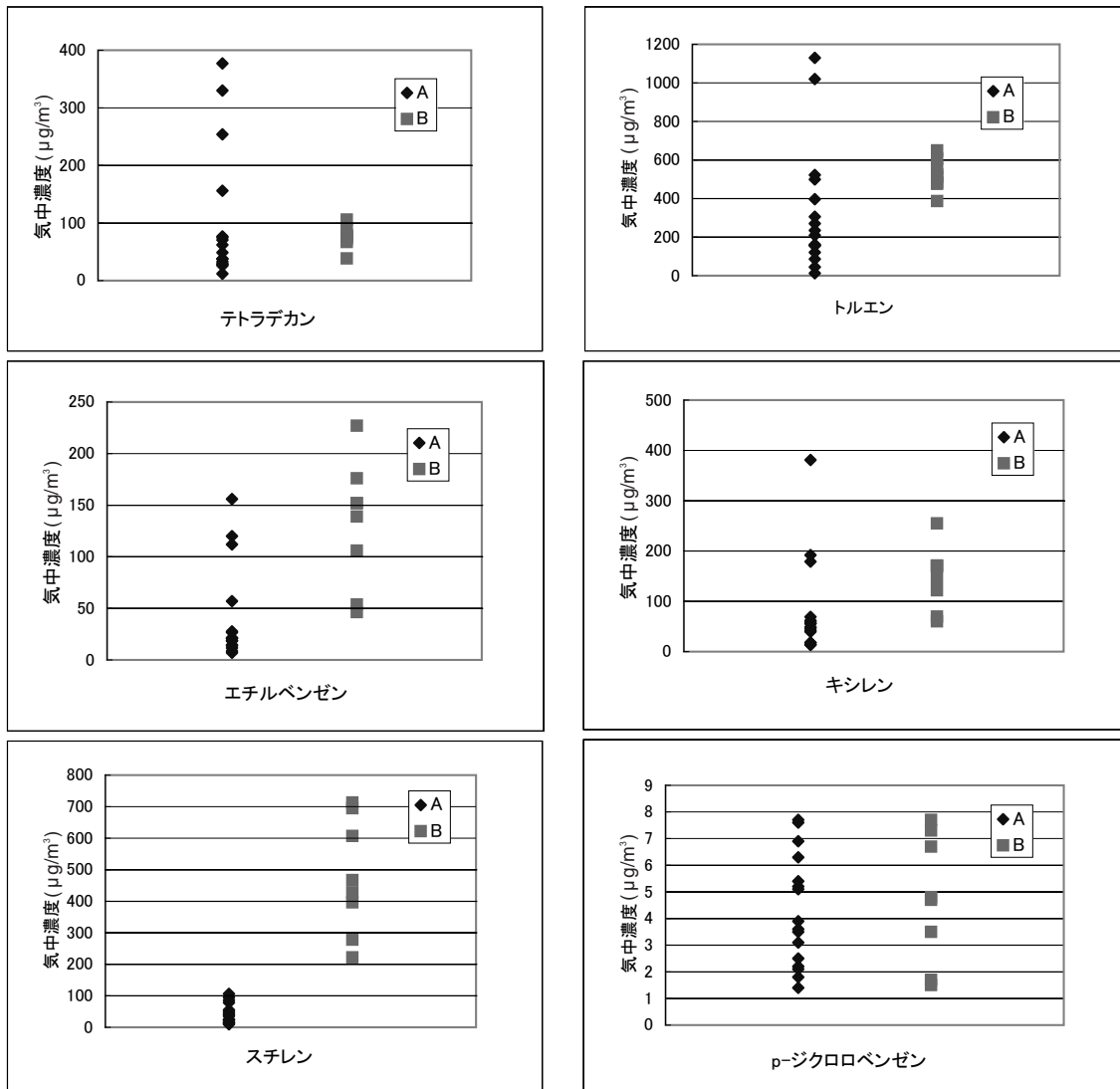


図3 タイプ別住宅の指針値設定物質の気中濃度

タイプA住宅の $1,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える高濃度のトルエンの放散は、使用した材料からは考えられず持ち込み材料その他の施工材（剤）が大きく関与しているものと考えられる。その他の指針値物質の放散も認められるが放散量は僅少である。その他のVOCでは、脂肪族炭化水素のデカン、ウンデカン、ドデカンの放散が認められ、いずれも天然系素材を多用したタイプA住宅の方が高い傾向を示した。また、トルエン等の代替溶剤に使用されている酢酸エチルや酢酸ブチルについては両者の差異は認められない。どうしても避けられな

い現場施工等における接着剤やシーリング材、コーキング材によるものであろう。木材由来のテルペン類については、当然のことながらムクの木材を多用したタイプA住宅では桁違いに高い放散が認められる。ここに示したテルペン類は $\alpha$ -ピネン、 $\beta$ -ピネン、リモネン気中濃度の合計である。その内訳を見ると図5に示したように $\alpha$ -ピネンが最も多く、次いでリモネンとなり、 $\beta$ -ピネンの放散はほとんど見られなかった。また、ヒノキを用いた住宅では特に $\alpha$ -ピネンの濃度が高い傾向が見られた。これらの物質は木材由来成分であるた

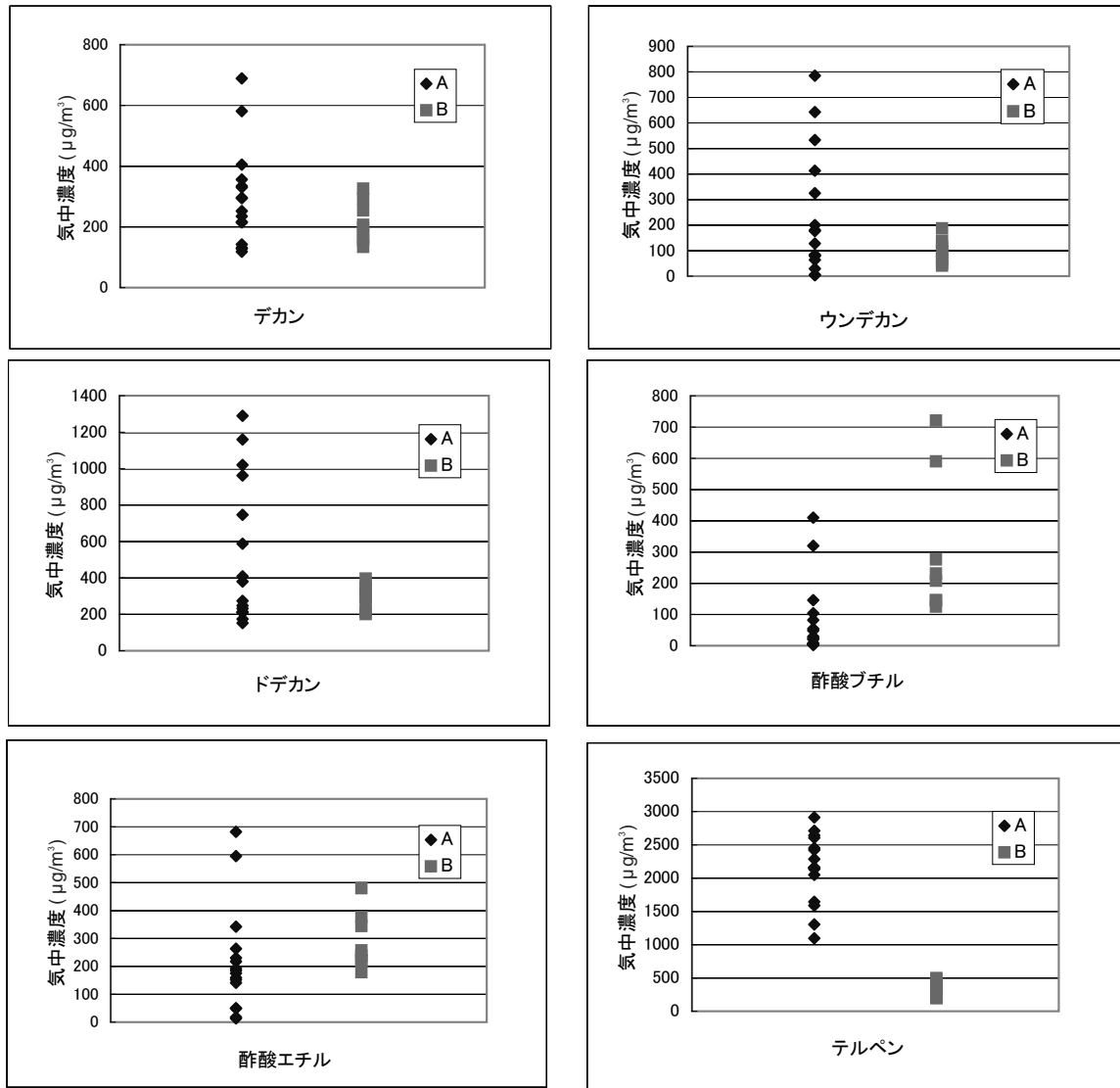


図4 タイプ別住宅の放散量が $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 超の物質の気中濃度

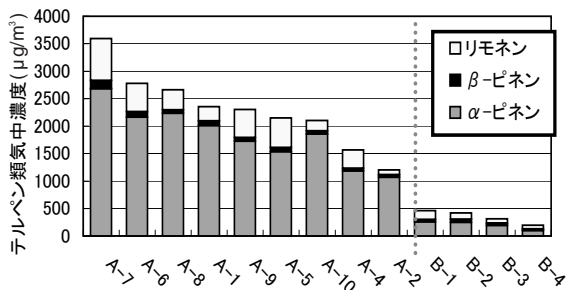


図5 個別住宅のテルペン類気中濃度の構成

め、木質材料の使用が少ないタイプB住宅では最高値でも $464 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であるのに対し、タイプA住宅では最低値でも $1200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した。

## 2) TVOC

図6にタイプA住宅8室及びタイプB住宅4室のタイプ別TVOC気中濃度について示した。自然素材を用いたタイプA住宅では、タイプB住宅に較べて明らかに高濃度を示し、その値も極めて大きい。しかしながら、比較的low濃度のタイプB住宅においても暫定指針値 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を大幅に上回っている。

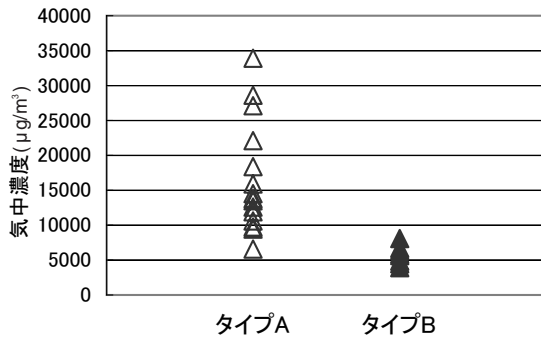


図6 タイプ別住宅のTVOCの気中濃度

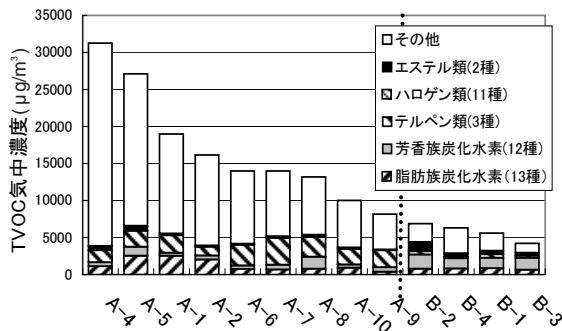


図7 個別住宅のTVOC気中濃度の構成

また、図7にVOCの族別気中濃度について示した。タイプA住宅ではその他のVOCの占める割合が非常に大きいのにに対し、タイプB住宅では小さい。2002年のスギ材を使用したモデル居室における室内空気質測定<sup>2)</sup>で、その他のVOCに占めるテルペン類の割合が高いことが指摘されていることから、タイプA住宅のその他のVOCもその大半が今回の分析では特定できない木材由来のテルペン類が占めているものと考えられる。

#### IV. まとめ

2002年に静岡地区に建設された内装仕様を異にする木造軸組住宅の室内空気質とその内装仕様の測定・調査を行った。測定住宅をその内装仕様の特徴により、床や壁材にムクの木材、土塗り壁な

ど自然系材料を使用したAタイプ、及び床に複合木質フローリング、壁・天井には石膏ボードを下地にクロス壁紙を用いたBグループに分け、それぞれ10棟及び11棟の居間及び寝室の空気質の測定と内装仕様の調査を行った。その結果、住宅のタイプによらず両住宅で同じような物質の放散が見られた。カルボニル化合物ではホルムアルデヒドの気中濃度はタイプA住宅では平均 $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、タイプB住宅では $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で内装仕様による差異は認められなかった。一方、アセトアルデヒド気中濃度は、前者が平均 $166 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であるのに対し後者は $489 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、明らかに後者の方が高い値であった。指針値が設定されている揮発性有機化合物(VOC)については、トルエン及びスチレンの指針値を超える高い放散が認められ、現行住宅の典型的な内装仕様と考えられるタイプB住宅に顕著であった。自然材を多用したタイプA住宅では数万 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ にも達する総揮発性有機化合物(TVOC)の極めて高い放散が認められた。これは使用されている木材から放散されるテルペン類によるものと考えられる。

#### 文献

- 1) 厚生労働省：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回まとめについて、厚生労働省医薬局審査管理課化学物質安全対策室、2001
- 2) 吉田弥明、木村愛、他：スギムク内装モデル居室における揮発性有機化合物(VOCs)の放散挙動、木材学会誌 50:168-175、2004
- 3) 井上明生、塔村真一郎、他：構造用パネル等のボード類からの化学物質の放散量の把握と生産・流通過程での放散量変化の解明、シックハウス対策としての特定の木質建材に関する化学物質の放散特性の解明推進会議（事後評価資料）、51-58、独立行政法人森林総合研究所 2004