

ホルムアルデヒド・BTX の揮発による室内空気汚染 その6*

石	田	卓**
須	貝	高**
田	中	隆***
桜	井	誠***
関	口	博史***

Indoor Air Contamination by Formaldehyde and
BTX Volatilized Part 6Taku ISHIDA, Takashi SUGAI, Ryuichi TANAKA,
Makoto SAKURAI and Hiroshi SEKIGUCHI

Indoor air contamination by formaldehyde, benzene, toluene, and xylene were assayed in twenty-one domiciles and two primary school class rooms; levels of ethylbenzene and p-dichlorobenzene were also monitored. Among the domiciles, twelve were those occupied by inhabitants who claimed to suffer from some sort of sick house syndromes (the class rooms were those attended by pupils of that category); nine were those said to be build using chemically benign constructing procedures and materials. Assessment with respect to the individual cases for chemical sensitivity syndrome was made by comparing the inhabitants' personal exposure patterns to VOC, monitored by attaching a sampling device to their clothes on a 24 hr basis, with the reports of their medical examination by interview and allergic inspection (RAST method). Some countermeasures against VOC contaminations were proposed in selecting the conditions under which new domiciles are constructed.

Key Words: Formaldehyde, BTX, Ethylbenzene, p-Dichlorobenzene, Contamination Degree, Health Degree, Vote of Medical Examination by Interview, Hearing, Allergic Inspection, Primary School

1. はじめに

前論文⁽¹⁾に引き続き本論文では、ホルムアルデヒド(略称：HCHO)とBTX(ベンゼン(略称：Bz)、トルエン(略称：Tl)、キシレン(略称：Xy))による汚染の濃度とパラジクロロベンゼン(略称：p-DCB)およ

びエチルベンゼン(略称：EB)^(註1)の発生の有無の実態調査を行うと共に、その対策を述べた。それぞれの化学物質の室内の指針値は、ホルムアルデヒドで0.08ppm、ベンゼンは室内の指針値がなく、トルエンで0.70ppm、キシレンで0.20ppmであり、パラジクロロベンゼンで0.04ppm、エチルベンゼンで0.88ppmである。

2. 研究方法

研究方法として、①化学物質の測定、②汚染度チェックと健康度チェックによる調査、③問診票による調査、

* 平成16年5月31日受付

** 建築学科

*** 化学システム工学科

④ヒアリングによる調査, ⑤アレルギー (RAST 法) の検査結果の分析である. 化学物質過敏症と診断された方の住宅では上述の①~⑤を行い, 新築で入居後の化学物質についてクレームのない住宅, 新築で入居前の住宅および小学校では上述の①のみを行った. 詳細については以下に列記する.

① 化学物質の測定

2種類の受動式サンプラー (TEA を含浸したシリカゲル, 充填した粉状活性炭) を使い, 4種類の化学物質 (ホルムアルデヒド, ベンゼン, トルエン, キシレン) の24時間の平均濃度および30分間隔で温・湿度を測定した. なお, パラジクロロベンゼンおよびエチルベンゼンは, サンプリンググレードが不明であるため, 濃度は分からないが, 発生の有無のみが確認できる (図1参照).

化学物質過敏症と診断された方の住宅においては, 汚

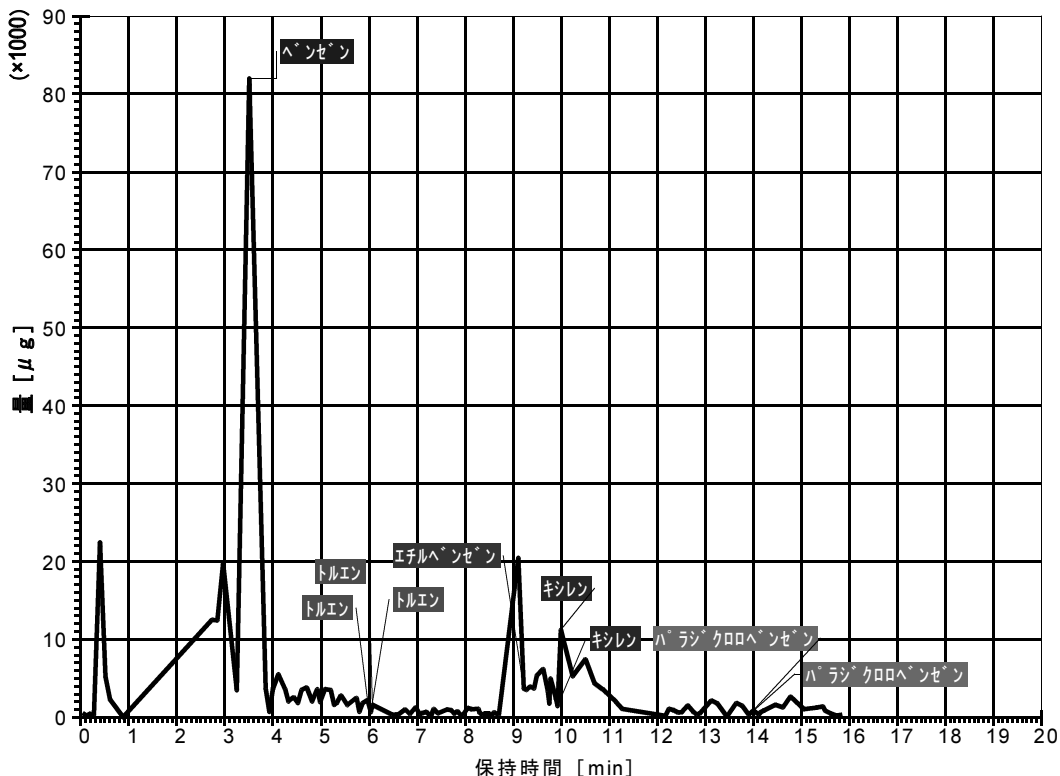
染のあると考えられる室内と収納物内と個人暴露を測定した. 新築で入居後 (居住者により家具類が持ち込まれた状態) の化学物質についてクレームのない住宅および新築で入居前の住宅においては, 開口部 (ドア, 窓, 戸など) の開放を約30分~1時間程度で換気をした後に, 開口部を閉鎖して室内と収納物内を測定した. また, 小学校においては, 授業を行う時間帯に行い, 室内 (机上の高さ) と個人暴露を測定した.

個人暴露は襟元や胸元などに取り付け, 睡眠中は枕元に置き, 入浴中は脱衣した場所に置き, 外出中の雨水や生活中的炊事・洗面などによる水分に触れないように注意を促した.

② 汚染度チェックと健康度チェックによる調査

能登氏らが作成した汚染度チェック (表1参照) および健康度チェック⁽²⁾を化学物質過敏症と診断された方に

装置: 島津 GC-8AIF (水素炎イオン化検出器 FID), ステンレスカラム: 内径 3 mm, 長さ 2 m, 123.1,2,3-TCEDP/20%SHIMALITEE60/80NAW, キャリアガス: 窒素ガス



保持時間の違いにより Peak Area (Peak Height) から既知の化学物質の濃度が測定できる. 保持時間は, ベンゼンで3.50~3.55 [min], トルエンで6.00~6.05 [min], キシレンで10.00~10.20 [min], エチルベンゼンで9.20~9.50 [min], パラジクロロベンゼンで14.00~14.05 [min] であり, 濃度はそれぞれの保持時間帯における累積面積からサンプルグレードを用いて計算できる. また, 他の保持時間でも Peak Area を示しているものも多くあり, 特定できない化学物質が発生している.

図1 ガスクロマトグラフの結果の一例 (SS 邸の子供室のクローゼットの場合)

点数および得点は記載しない状態で回答して頂いた。

汚染度チェック（汚染されている度合い）の環境習慣は、建築年数、換気設備、換気の習慣、家具である。汚染度の体感度は、鼻、眼、喉への影響である。汚染度の喫煙・その他は、室内での本数、ビニールクロスの使用、シロアリ駆除剤の有無である。

健康度チェック（健康に悪影響を与える度合い）は、鼻、眼、耳、喉、呼吸器官、消化器官、泌尿生殖器官、神経症状、精神症状、人間関係、全身症状、その他（アレルギー、アトピー性皮膚炎、花粉症、自己免疫疾患、慢性疲労、喘息、気管支炎、自律神経失調症、ホルモン異常）である。なお、健康度チェックの点数は通常の項目で1点、その他の項目で10点である。

③ 問診票による調査

社団法人日本建築学会が作成した問診票⁽³⁾を化学物質過敏症と診断された方に回答して頂いた。表2、3に住まい手情報と建物情報を示し、それぞれの項目の点数は、文献4)に記載している。

④ ヒアリングによる調査

化学物質過敏症が発症した時期や経過、具体的な症状などをヒアリングによる調査の結果をまとめた。

⑤ アレルギー（RAST法）の検査結果の分析

表4にRAST法の判定を示す。M病院（現在ではF病院）にて行ったアレルギー（RAST法）の検査結果

を分析する。RAST法とは患者の血液（血清）中に特定の抗原（アレルゲン）に対するIgE抗体（特異IgE抗体）の量である⁽⁵⁾。今回の検査結果の分析としては、アレルギーを動物・食物・建物の3種類に分類した。動物アレルギーとしては、ネコヒセツ、イヌヒセツである。食物アレルギーとしては、ランパク、ミルク、コムギ、トウモロコシ、コメ、ゴマ、ソバ、ピーナッツ、エビ、シャケ、サバ、イカ、ランオウである。建物アレルギーとしては、ヤケヒョウヒダニ、ハウスダスト、ホルマリン、アルテルナリア^(註2)、スギである。

3. 測定結果

表5に測定した住宅の概要（2003年3月～2004年2月）、表6、7に測定した住宅の外観写真（集合住宅、小学校、戸建住宅）を示す。M病院で化学物質過敏症と診断された方の住宅（MZ邸、HD邸、MT邸、KM邸、TS邸、UB邸、HI邸、MR邸、IK邸、MS邸、NM邸、SS邸の12件の68箇所）、新築で入居後の化学物質についてクレームのない住宅（WT社のHS邸、WN邸の2件の28箇所）、新築で入居前の住宅（SB社のKY邸、NK邸、NT邸、NK邸、KK邸、OG邸、KI邸の7件の39箇所）、化学物質症候群として診断された方の小学校（MR邸の児童が通っているHM小学校、IK邸の児童が通っているTT小学校の2件の21箇所）を測定した。

表1 汚染度チェック⁽¹⁾

	点数	20	10	5	3	0	得点
環境習慣	建築年数	0～1年	2～3年	4～5年	6～15年	16年以上	
	換気設備	換気扇なし	換気扇1台のみ	換気扇2台	各部屋に換気扇あり	換気扇+空気取入口	
	換気の習慣	窓を開けない	1週間に1～2回窓を開ける	1日1回は窓を開ける	1日2～3回は窓を開ける	殆ど窓を開けた生活をしている	
	家具	合板製品が5つ以上	合板製品が3～4つ	合板製品が2つ	合板製品が1つ	合板製品なし	
体感度	鼻	室内にいと強く刺激臭を感じる	室内にいと、目に刺激臭がある	室内で時々刺激臭を感じる	他人から臭いがあると指摘される	感じない	
	眼	室内で目がチカチカしてとても痛い	室内に入ると目に刺激臭がある	たまに目がチカチカする	他人から目に刺激臭があると指摘される	感じない	
	喉	喉が痛くてよく咳が出る	喉に刺激を感じる	時々咳が出る	他人から喉がヒリヒリすると指摘される	感じない	
喫煙	室内での本数	1日30本以上	1日20～29本	1日10～20本	1日10本未満	吸わない	
ビニールクロスの使用		殆ど全室がビニールクロス	室内の4分の3がビニールクロス	室内の約半分がビニールクロス	室内の4分の1がビニールクロス	ビニールクロスは全くしない	
シロアリ駆除剤の有無		まいてから0～1年	2～3年	4～6年	7年以上	まいていない	

表2 住まい手情報と建築情報 (点数が付く場合)

住 まい 手 情 報	個人の属性	アレルギー, 化学物質過敏症
	個人の習慣	喫煙
	周囲環境	高圧線・道路・線路沿い・ゴミの集積場・焼却施設・農薬を散布した公園・農地・シロアリ駆除をした住宅の近傍の有無, 農地・果樹園・水田・雑草地・雑木材・池・川・海・工場煤煙・自動車の排気ガス・粉塵・埃・汚染された空気の影響の多さ
	症候・アレルギー	頭痛, 無気力感, 鬱, 目眩・目がチカチカ, 筋痛, 発疹, 排尿困難, 生理痛, 腹痛・下痢, 動機・息切れ, 目脂・クシャミ・口内炎
	症候の状況	引っ越し・リフォームの前・後に症状が発生, 外泊する場合や換気をした場合や職場・学校や住居以外の場所などで症状の軽減
建 物 情 報	建物仕様	現場処理の防蟻処置 (シロアリ対策)・木材保存処理, 天井・内壁・床の仕上材および下地材を依頼していない場合と不明な場合
	設備仕様	石油ストーブ, 石油ファンヒーター, 一部室の換気扇
	室内状況	窓を開けての換気の習慣や台所の換気扇の運転の殆ど無い場合と必要に応じた場合, 居室の換気扇の運転の殆ど無い場合, 居室の換気扇が無い場合, 粉塵が多い, 室内の刺激臭が常時や時々ある場合
	使用状況	症状が悪化する部屋がある場合, ペットを飼っている場合, 事務用器具 (コピー機, ファックス, プリンターなど) の設置
	行動スタイル	水回りのカビ掃除に薬品・屋内の殺虫剤・タンス・押入の防虫剤・蚊取線香・除草剤・芳香剤・トイレクリーナー・漂白剤・床ワックス・化粧品 (香水, マニキュア, ヘアスプレーなど), 趣味などでの薬品 (シンナー, ペンキ, ニス, 接着剤) の使用

表3 住まい手情報と建築情報 (点数が付かない場合)

住 まい 手 情 報	個人の属性	記入者, 同居している家族全員の続柄・年齢・職業
	個人の習慣	—
	周囲環境	用途地域 (住宅, 商業, 工業, 農業), 給水 (上水道, 井戸), 下水処理 (下水道, 浄化槽)
	症候・アレルギー	—
	症候の状況	症状が見られる時間帯 (朝, 午前中, 午後, 夜間, 一日中, 帰宅直後)・日 (平日, 週末, 毎日, 特定の日)・季節 (春, 夏, 秋, 冬, 通年)
建 物 情 報	建物仕様	築年数, 内装リフォーム後の年数, 基礎構造 (ベタ基礎, 布基礎), 各室の換気口・木製デッキに木材防腐剤の使用の有無, 工場処理の防蟻処理 (シロアリ対策)・木材保存処理, 天井・内壁・床の仕上材および下地材を依頼した場合, 窓枠の種類 (木製, アルミサッシ, 樹脂サッシ)
	設備仕様	エアコン, 扇風機, 床暖房, ホットカーペット, 電気ストーブ, こたつ, オイルヒーター, FF式ストーブ, 24時間換気システム, 全室の換気扇, ガスコンロ・ガス給湯器の使用の有無
	室内状況	窓を開けての換気の習慣が頻繁, 台所・居室の換気扇の運転が常時, 室内の気温・湿度の調整が常時良好・季節により不具合有り・常時不具合有り, 室内での気流感の有無, 室内の塵埃・刺激臭が少ない
	使用状況	症状が軽減する部屋・室内の観葉植物の鉢植えの有無, 症状が悪化する部屋が無い場合, ペットを飼っていない場合, 事務用機器の設置が無い場合
	行動スタイル	掃除に用いる道具 (掃除機, モップ, ほうき, 雑巾), 掃除機の紙パックの防菌・防虫剤の有無, 水回りのカビ掃除に薬品・屋外の殺虫剤・タンス・押入の防虫剤・蚊取線香・除草剤・芳香剤・トイレクリーナー・漂白剤・床ワックス・化粧品 (香水, マニキュア, ヘアスプレーなど), 趣味などでの薬品 (シンナー, ペンキ, ニス, 接着剤) の不使用

表4 RAST法の判定⁽⁵⁾

スコア	臨床的意義	PRU (Pharmacia Rast Unit) 値 [PRU/ml]
0	陰性, negative	0.34以下
1	境界領域, borderline	0.35~ 0.69
2	陽性, positive	0.70~ 3.49
3	強陽性, strongly positive	3.50~17.49

なお、小学校の測定に際しては、小学校あるいは自宅に問題があるかを検討した。

図2に外気濃度に示す。外気濃度は、ホルムアルデヒドで0.001~0.040ppm、ベンゼンで0.021ppm以下(HD邸の0.116ppmを除く)、トルエンで0.011ppm以下、キシレンで0.012ppm以下と低い値である。

3-1. 化学物質過敏症と診断された方の住宅

集合住宅は、MZ邸【No.2】、HD邸【No.3】、MT邸【No.5】、KM邸【No.6】、UB邸【No.10】、HI邸【No.11】、MR邸【No.15】、IK邸【No.17】、SS邸【No.23】の9件である。

戸建住宅は、TS邸【No.9】、MS邸【No.21】、NM邸【No.22】の3件である。

① 化学物質の測定

図3に個人暴露濃度(化学物質過敏症者)を示す。個人暴露濃度のホルムアルデヒドは、UB邸で0.101ppmと室内の指針値(0.08ppm)を越えた。個人暴露濃度のベンゼンは、HD邸で0.251ppmと他には見られない外気濃度の約2倍近くの値を示した。

図4、5に室内濃度(化学物質過敏症者)とその累積相対度数を示す。室内濃度のホルムアルデヒドは、KM

邸の洋室で0.101ppm、UB邸の洋室で0.114ppm、UB邸の廊下で0.096ppmと室内の指針値(0.08ppm)を越えた。室内濃度のベンゼンは、HD邸の洋室(妹用)で0.205ppm、HD邸のLDKで0.193ppm、HD邸の洋室(姉用)で0.145ppmと個人暴露濃度よりも低く、外気濃度よりも高い値を示した。なお、UB邸の個人暴露濃度のホルムアルデヒドは、0.101ppmであった。累積相対度数でみると、ホルムアルデヒドの0.08ppm以上は全体の10%である。

図6、7に収納内濃度(化学物質過敏症者)とその累積相対度数を示す。収納内濃度のホルムアルデヒドは、MS邸の和室のタンスで0.369ppm、HI邸の台所の食器棚(1990年に購入、約14年経過後)で0.315ppm、HI邸の主寝室の床下収納(天井の仕上げ材料がコンクリート型枠用合板、専有面積に対する床下収納面積の割合は約28%)で0.123ppm、HI邸の台所のシステムキッチンで0.120ppm、HI邸の洋室1の床下収納で0.099ppm、HI邸のLDの床下収納で0.092ppmである。また、収納内濃度のキシレンは台所のシステムキッチンで0.369ppmである。収納内濃度のベンゼンは、HD邸の洋室のクローゼット(妹用)で0.197ppm、HD邸の洋室のクローゼット













表5 測定した住宅の概要(2003年3月~2004年2月)

No.	名称	住所	竣工日	測定日	測定個数		備考
					HCHO	BTX	
1	KY邸	福岡県太宰府市	2003年2月	2003年3月5~6日	5	5	新築住宅(SB社)
2	MZ邸	福岡市南区	2002年1月	2003年4月22~23日	6	6	化学物質過敏症者の住宅
3	HD邸	福岡市中央区	2003年3月	2003年6月5~6日	8	8	
4	NK邸		2003年6月	2003年6月23~24日	5	5	新築住宅(SB社)
5	MT邸	長崎県西彼杵郡	1996年頃	2003年7月4~5日	7	7	化学物質過敏症者の住宅
6	KM邸	熊本県八代市	1990年2月	2003年8月4~5日	5	5	
7	HS邸	熊本県阿蘇郡	2003年1月		18	18	新築住宅(WT社)
8	WN邸		2003年7月		10	10	
9	TS邸		2002年6月	2003年8月5~6日	3	3	化学物質過敏症者の住宅
10	UB邸	福岡市南区	1998年2月	2003年9月9~10日	4	4	
11	HI邸	福岡市博多区	2003年6月	2003年9月18~19日	11	11	
12	NT邸	福岡県太宰府市	2003年9月		6	6	
13	NO邸	佐賀県三養基郡	2003年10月	2003年10月22~23日	6	6	
14	HM小学校	福岡市東区	1958年頃	2003年10月30~31日	10	10	—
15	MR邸		1988年頃		4	4	化学物質過敏症者の住宅
16	TT小学校	福岡県早良区	不明	2003年11月11~12日	11	11	—
17	IK邸		1980年頃		6	6	化学物質過敏症者
18	KK邸	福岡県太宰府市	2003年12月	2003年12月25~26日	6	6	新築住宅(SB社)
19	OG邸				5	5	
20	KI邸				福岡県筑紫郡	6	
21	MS邸	福岡市早良区	1994年4月	2004年1月14~15日	5	5	化学物質過敏症者の住宅
22	NM邸	福岡県中間市	2003年8月	2004年1月27~28日	3	3	
23	SS邸	福岡市南区	1994年頃	2004年2月9~10日	6	6	
合計					156	156	

表6 測定した住宅の外観写真 (集合住宅, 小学校)

			
MZ 邸【No. 2】	HD 邸【No. 3】	MT 邸【No. 5】	KM 邸【No. 6】
			
UB 邸【No.10】	HI 邸【No.11】	HM 小学校【No.14】	MR 邸【No.15】
			
TT 小学校【No.16】	IK 邸【No.17】	SS 邸【No.23】	
太字は、化学物質過敏症と診断された方の住宅を示す。			

表7測定した住宅の外観写真 (戸建住宅)

			
KY 邸【No. 1】	NK 邸【No. 4】	HS 邸【No. 7】	WN 邸【No. 8】
			
TS 邸【No. 9】	NT 邸【No.12】	NO 邸【No.13】	KK 邸【No.18】
			
OG 邸【No.19】	KI 邸【No.20】	MS 邸【No.21】	NM 邸【No.22】
太字は、化学物質過敏症と診断された方の住宅を示す。			

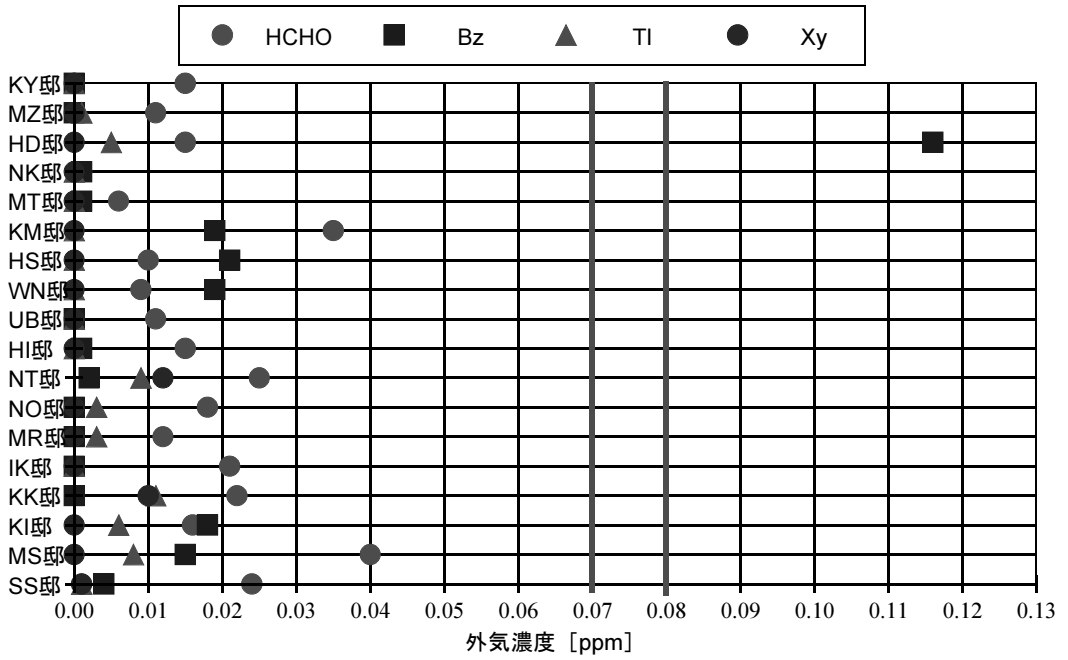


図2 外気濃度

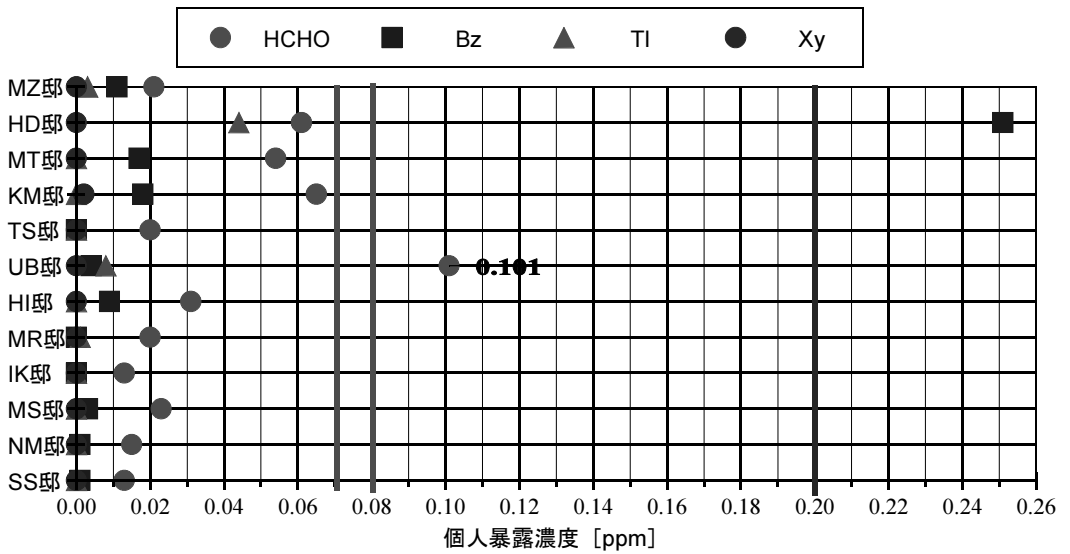


図3 個人暴露濃度 (化学物質過敏症者)

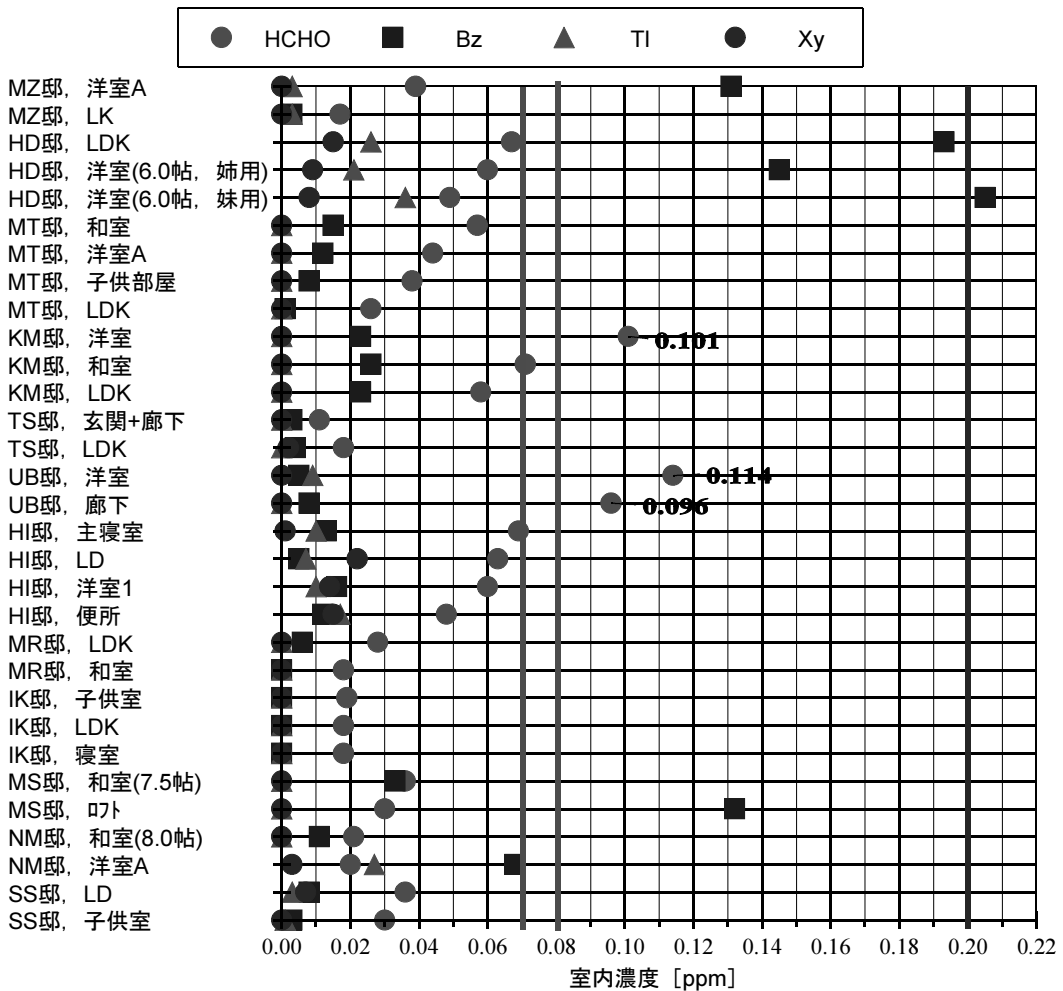


図4 室内濃度 (化学物質過敏症者)

ト(姉用)で0.184ppmと室内と同様の傾向にあった。
 累積相対度数でみると、ホルムアルデヒドの指針値(0.08ppm)以上は全体の約46%である。
 ホルムアルデヒド濃度の補正前は、MZ邸の洋室Aのクローゼットで0.034ppm(17.5℃, 32.0%)、HD邸の階段室で0.027ppm(14.2℃, 65.9%)であるのに対してホルムアルデヒド濃度の補正後^(注3)は、前者で0.095ppm、後者で0.083ppmと指針値(0.08ppm)以上となる。
 ② 汚染度チェックと健康度チェックによる調査
 図8~12に汚染度チェック(環境, 習慣, 体感度, 喫煙, その他), 図13に健康度チェックを示す。測定濃度が室内の指針値以上を示した住宅を以下に検討した。
 □KM邸(建築年数6~15年[3点], 換気扇2台[5点], 1日2~3回は窓を開ける[3点], 室内の約

半数がビニールクロス[5点]の住宅)では、家具の合板製品が5つ以上[20点]であった。
 □UB邸(建築年数4~5年[5点], 換気扇1台のみ[10点], 殆ど窓を開けて生活をしている[0点]住宅)では、殆ど全室がビニールクロス[20点]であった。
 □HI邸(換気扇1台のみ[10点], 1日1回窓を開ける[5点]住宅)では、建築年数0~1年未満[20点], 家具の合板製品が5つ以上[20点], 殆ど全室がビニールクロス[20点]であった。
 □MS邸(建築年数16年以上[0点], 換気扇2台[5点], 1日1回は窓を開ける[5点]住宅)では、殆ど全室がビニールクロス[20点]であった。

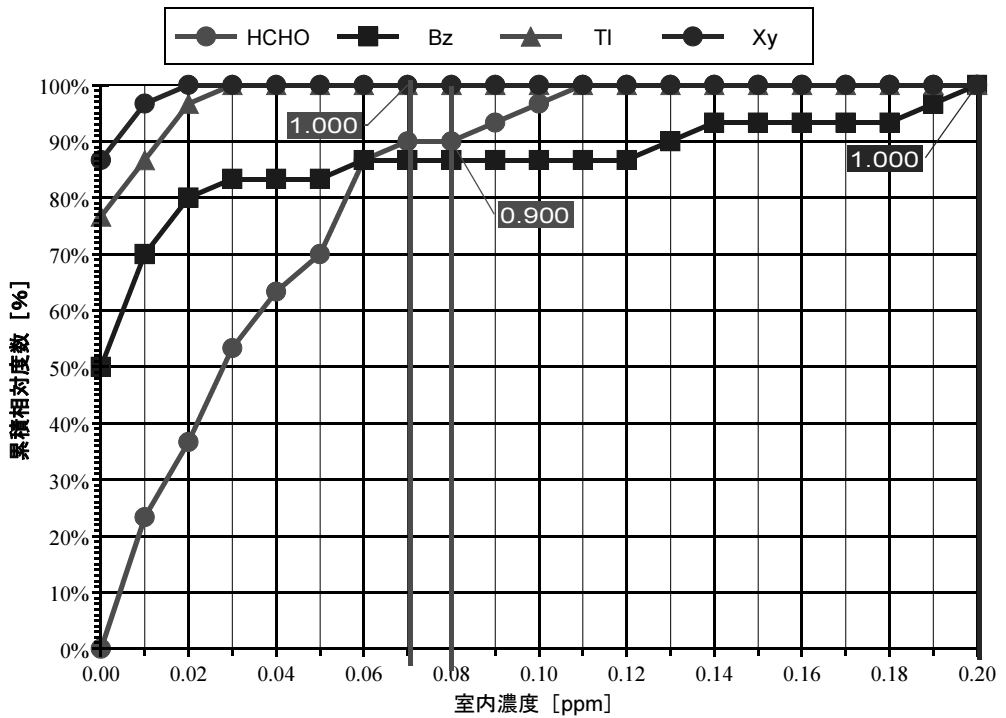


図5 室内濃度（化学物質過敏症者）の累積相対度数

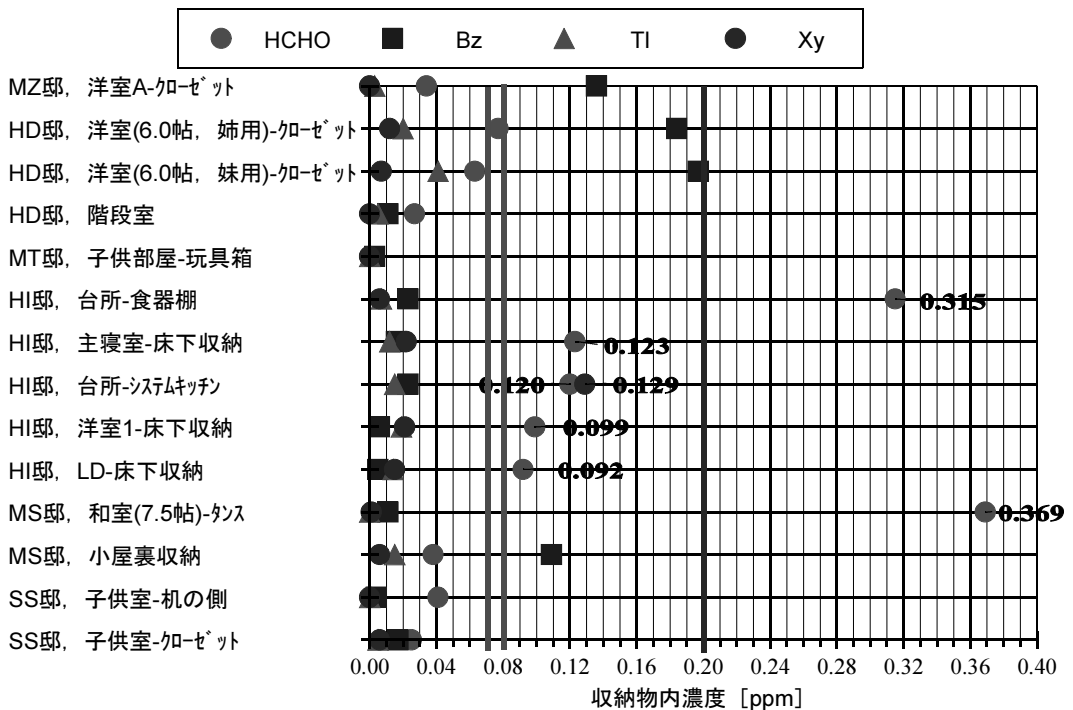


図6 収納内濃度（化学物質過敏症者）

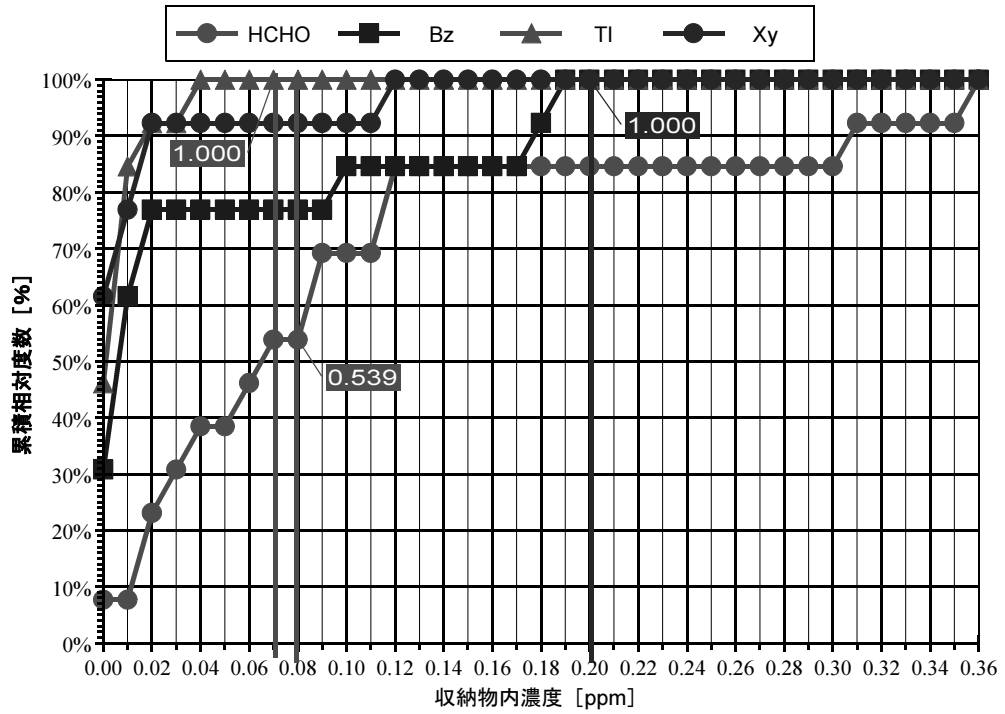


図7 収納内濃度 (化学物質過敏症者) の累積相対度数

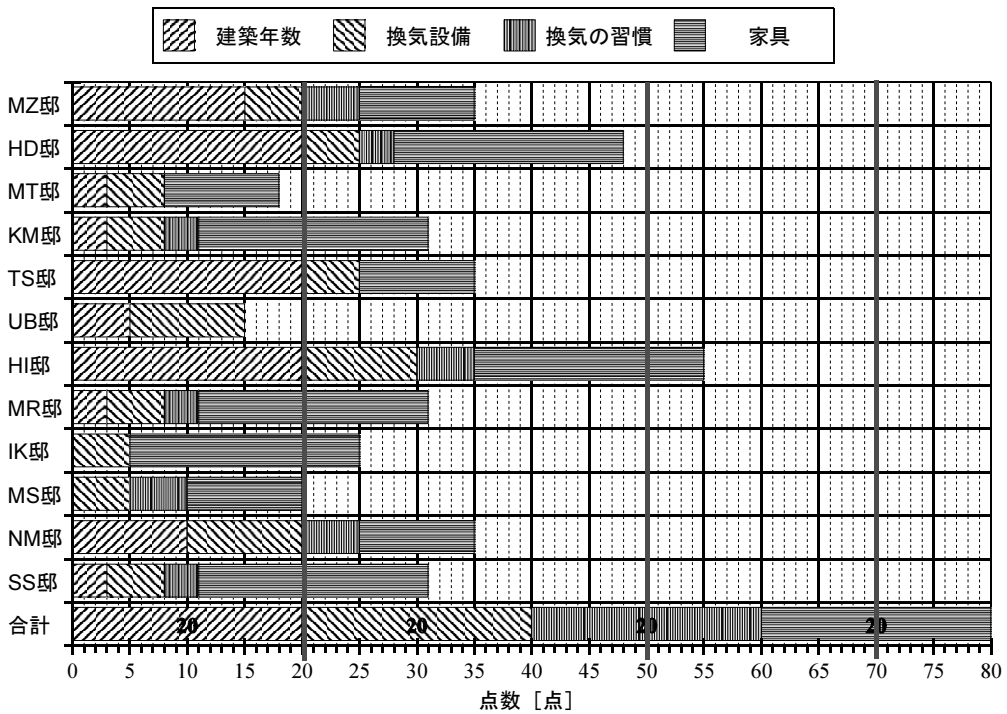


図8 汚染度チェック (環境, 習慣) (注4)

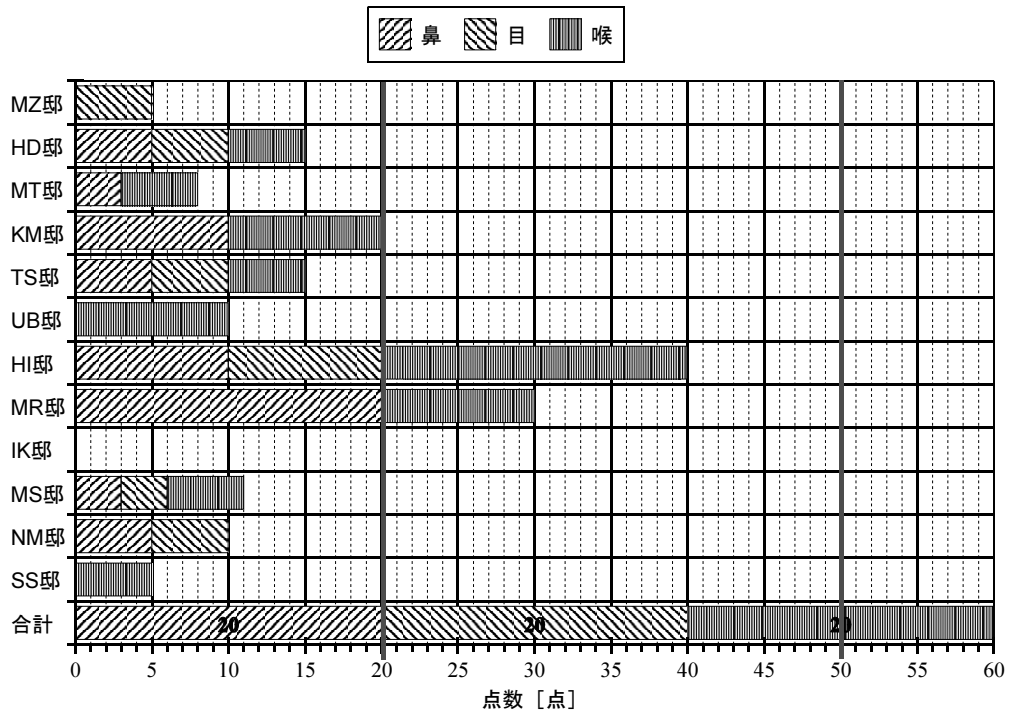


図9 汚染度チェック (体感度) (注4)

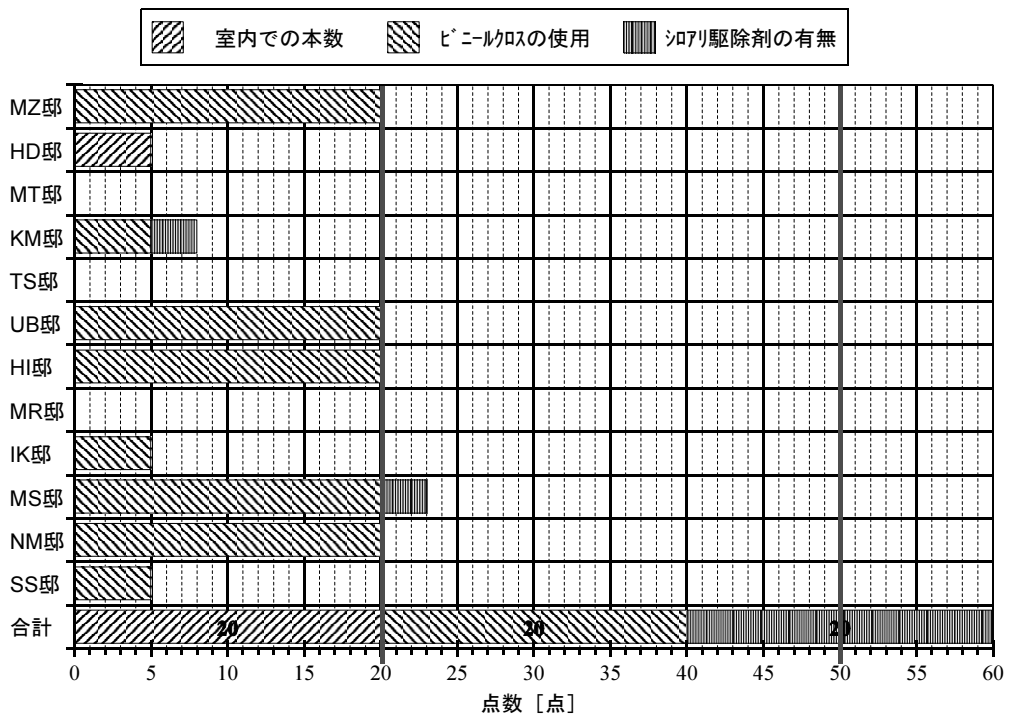


図10 汚染度チェック (喫煙, その他) (注4)

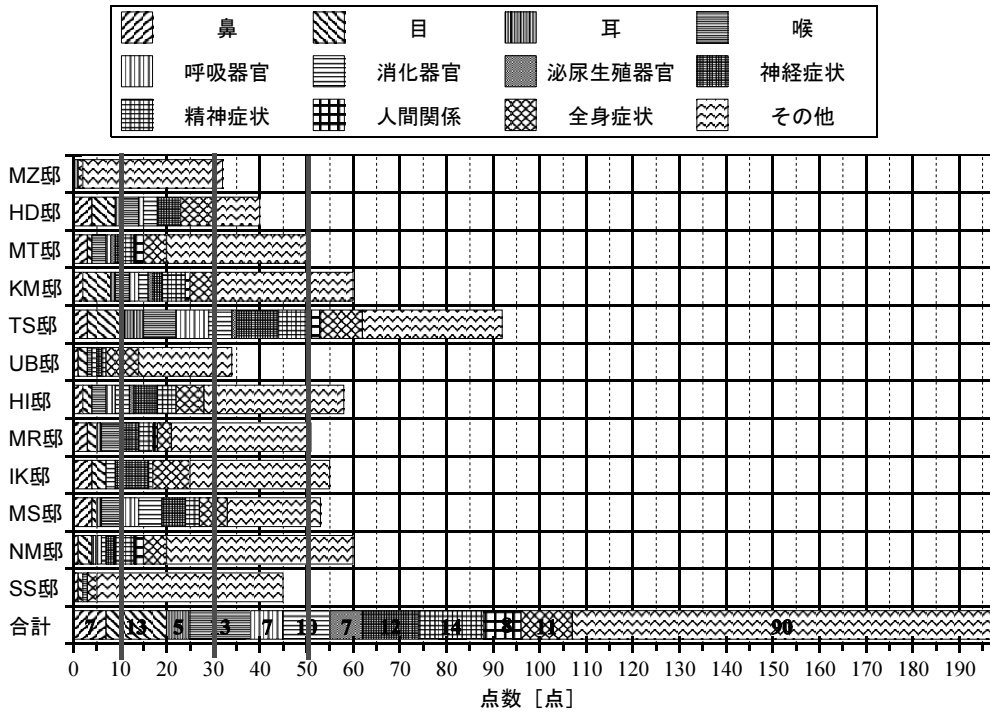


図11 健康度チェック (注4)

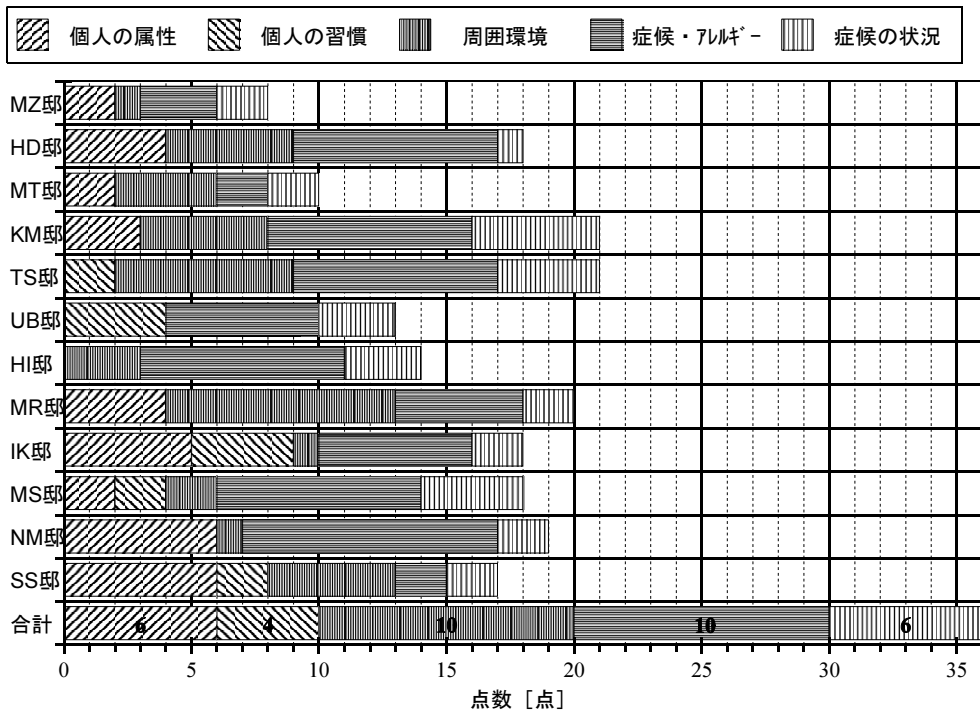


図12 問診票 (住まい手情報)

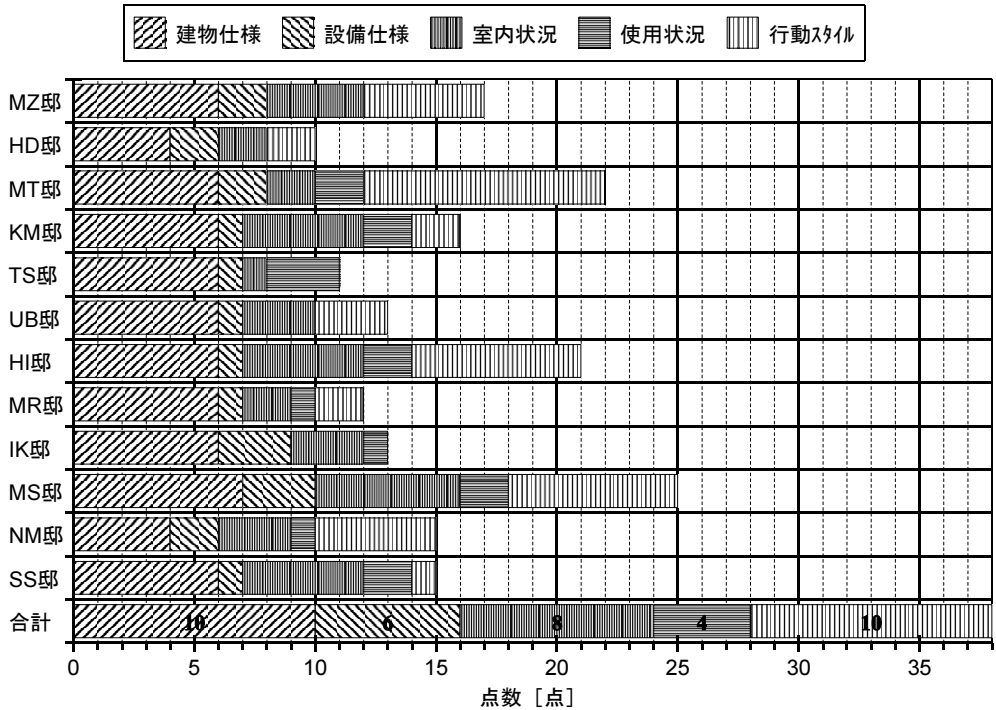


図13 問診票 (建物情報)

③ 問診票による調査

図12, 13に問診票(住まい手情報, 建物情報)を示す。住まい手情報よりも建物情報の点数が高かった住宅は, MZ邸, MT邸, HI邸, MS邸であり建物に問題があると考えられた。一方で, 建物情報よりも住まい手情報の点数が高かった住宅は, HD邸, KM邸, TS邸, UB邸, MR邸, IK邸, NM邸, SS邸であり, 住まい手(個人)に問題があると考えられた。

④ ヒアリングによる調査

表8, 9にヒアリングによる調査の結果を示す。

⑤ アレルギー(RAST法)の検査結果の分析

図14にアレルギーの検査の結果(総IgE)を示す。高い順に示すと, SS邸で1381[IU/ml], MT邸で775[IU/ml], IK邸で707[IU/ml], MS邸で353[IU/ml], MR邸で320[IU/ml], HI邸で297[IU/ml], HD邸で134[IU/ml], NM邸で50[IU/ml]と75[IU/ml]であった。

図15, 表10にアレルギーの検査結果(PRU値, 2以上の陽性)を示す。建築的な要因から分析すると, 以下である。

□KM邸, TS邸, UB邸は, アレルギーの検査は行っていない。

□MZ邸の7才の男性は全て陰性であった。

□ヤケヒョウヒダニに対して陽性であったのは, 7件(HD邸の18才の女性, MT邸の8才の男性, HI邸の38才の女性, IK邸の3才の女性, MS邸の9才の女性, NM邸の38才の女性, SS邸の10才の男性)であった。

□スギに対して陽性であったのは, 5件(HI邸の38才の女性, MR邸の12才の男性, MS邸の9才の女性, NM邸の8才の女性, SS邸の10才の男性)であった。

□ハウスダストに対して陽性であったのは, 3件(HI邸の38才の女性, MS邸の9才の女性, NM邸の8才の女性)であった。

□アルテルナリアに対して陽性であったのは, 1件(NM邸の8才の女性)であった。

□ホルマリンに対してはKM邸, TS邸, UB邸を除く全ての9件で陰性であった。

3-2. 新築で入居後の化学物質についてクレームのない住宅

新築で入居後の化学物質についてクレームのない住宅(戸建住宅)とは, HS邸【No.7】, WN邸【No.8】の2件である。

① 化学物質の測定

図16, 17に室内濃度(新築で入居後の化学物質につい

表8 ヒアリングによる調査の結果 (その1)

名称	調 査 の 結 果	
MZ 邸	現在の住宅に入居した後に症状が悪化した。	
HD 邸	現在の住宅に入居した後に体調が悪化した。夜になると咳と喉の痛みで睡眠が困難になり、救急車で病院に運ばれたこともあったという。	
MT 邸	症状の悪化の原因は、和室の畳に使用される農薬に問題があるのではないかと相談を受けた。	
KM 邸	2002年4月	エレベーターの中に悪戯で芳香剤が放置されていた時から臭いに過敏になった。その後、T会社に測定を依頼した結果、最大のホルムアルデヒド濃度が玄関の横で0.070ppm (24.3℃) であり、最大のパラジクロロベンゼン濃度が和室で $57\mu\text{g}/\text{m}^3$ (21.8℃) であった。製紙工場からの影響も危惧していた。
	2002年11月	血圧が上昇し、目や唇が痺れる。時々、隣の家の犬猫用消臭スプレーにも過敏になった。隣の家が改装した後も症状が悪化するため、現在の住宅に住まず、ホテルに住むことが多くなった。
	2003年1月末	
T5 邸	約30年前に化学物質過敏症と思われる症状が発症した。その原因としては当時の住宅であると考えている。現在の住宅に入居してからは、症状は次第に軽くなった。しかし、麻酔薬を投与することができないので、歯の治療が困難であるという。	
UB 邸	入居2～3週間後で顔・顎に違和感を感じ、味覚が無くなった。その後、顔が腫れたり、喉の痛みが出てきた。現在では、炎症剤を飲むことで症状は軽減しているという。	
HI 邸	新築の現在の住宅に2003年7月17日に入居した翌日から、頭痛、目眩、喉の痛みなどが生じた。毎日に症状が悪化し、現在の住宅で生活できないため、同年7月31日以降はホテルに住むことが多くなり、現在では以前の住宅で生活をしている。	
	2003年8月	F市消費者生活センターからの貸し出しにより簡易測定器(検知管法)で測定した結果、最大のホルムアルデヒド濃度がLDで0.246ppm(約28℃)であった。 F市消費生活センターのN氏の調査によると、各階層によっては異なる下請け業者が施工しているため、設計予定の建築材料と異なる建築材料が使われている可能性の高いことが判明した。 M病院のN先生によると、「新築の住宅に住まなければ、このままM病院で治療していけば症状は回復に向かう」という診断で証明書を発行した。その後、K病院を紹介した。K弁護士によると、建築基準法での適用は難しく、クーリングオフ中なので消費者保護法によって解約する予定である。 Y会社が財団法人K協会にホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、エチルベンゼンの測定を依頼した。トルエン、キシレン、エチルベンゼンの濃度は定量限界以下であり、最大のホルムアルデヒド濃度(DNPH法)が主寝室の床下収納で0.031ppm(18.3℃, 69.9%RH)であり、住宅に問題が無いことを指摘した。 K病院のM先生によると、「眼球運動の検査の結果、ホルムアルデヒドによる影響が考えられる」と診断される。
	2003年9月頃	
	2003年10月頃	
	2003年11月頃	
	2003年12月	

表9 ヒアリングによる調査の結果 (その2)

名称	調 査 の 結 果	
MR 邸	1学期になってから子供がHM小学校に行くと気分が悪くなるので行きたくないと言っていた。その原因として、保護者はシックスクールの疑いがあるのではないかと考えた。現在の住宅において、他の階や外からの臭いが時々、気になっている。また、うがい薬の消毒液にも過敏に反応したことがあるという。	
IK 邸	2000年4月	TT小学校に通っている子供は、入居時に化学物質過敏症と思われる症状が発症した。しかし、現在の住宅に居ても症状はない。 近隣のマンション、電気店、ドラッグストアなどの臭いが気になり始め過敏になった。小学校のパソコン室への入室や図工で使用した塩化ビニール製品や小冊子などに反応した。 M病院でのカプサイシン吸入試験では、試験を途中で中止にするほど過敏に反応した。
	2002年1月頃	
	2003年	

MS 邸	2002年11～12月 2003年8月中旬 2003年9～12月上旬 2004年1月	2階のロフトの床に敷きっぱなしの布団とフローリングの間に大量のカビが発生していたため、その布団は処分した。 2階および小屋裏部屋のリフォームが完成する。 リフォームしたことで症状が酷くなる。 その後、症状はなくなり、体調が良くなっている。
NM 邸		押入、物入、クローゼットの箇所は現在でも鼻に刺激臭を感じており、気になっていた。以前、線香を収納していた和室8帖の戸袋は、現在、その臭いも気になるため、引戸2枚の隙間をテープでマスクングして生活している。
SS 邸		新築の現在の住宅に引っ越してから小学校に行っている子供に小児喘息が頻繁にできるようになる。最近ではガスストーブの前にいると嘔吐したり、小学校に増設したパソコン室の入室で気分が悪くなったりしている。子供のために母親は大工に無垢材での子供の机や家具などを注文したが、実際には付き板の合板で作成されていた。その後、机の引き出しを開けると臭いが気になっていた。また、小学校で樹木に散布される農薬や近隣の畑で野菜や果物に散布される農薬が気になり始めている。

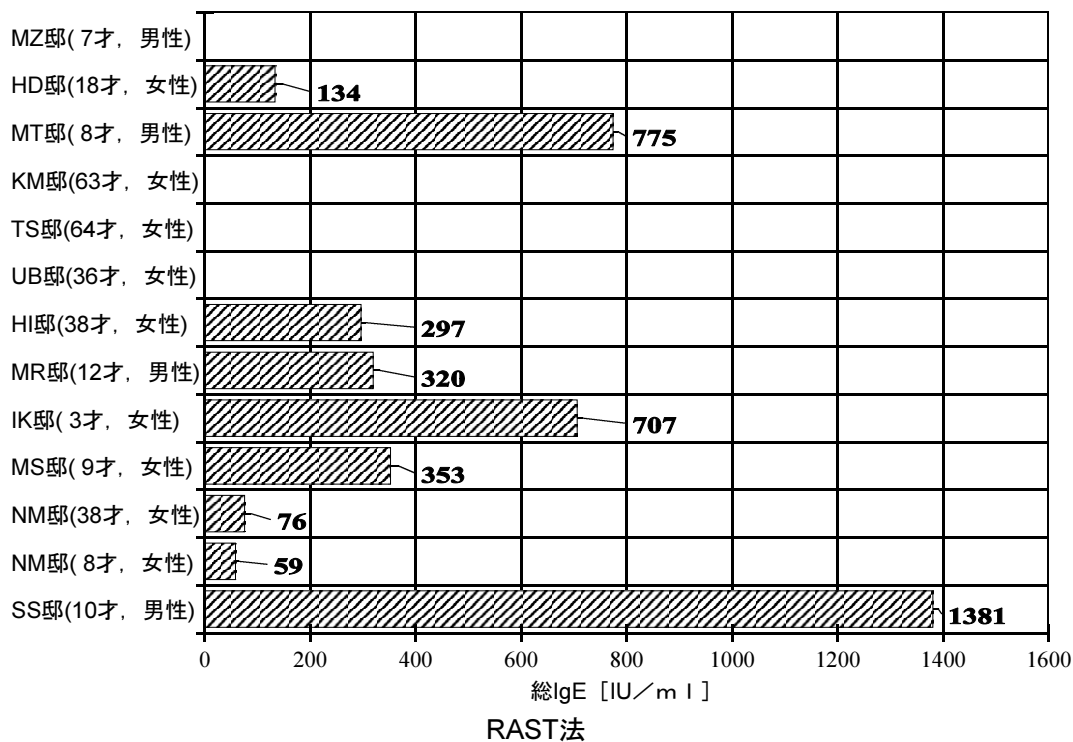


図14 アレルギーの検査の結果 (総IgE)

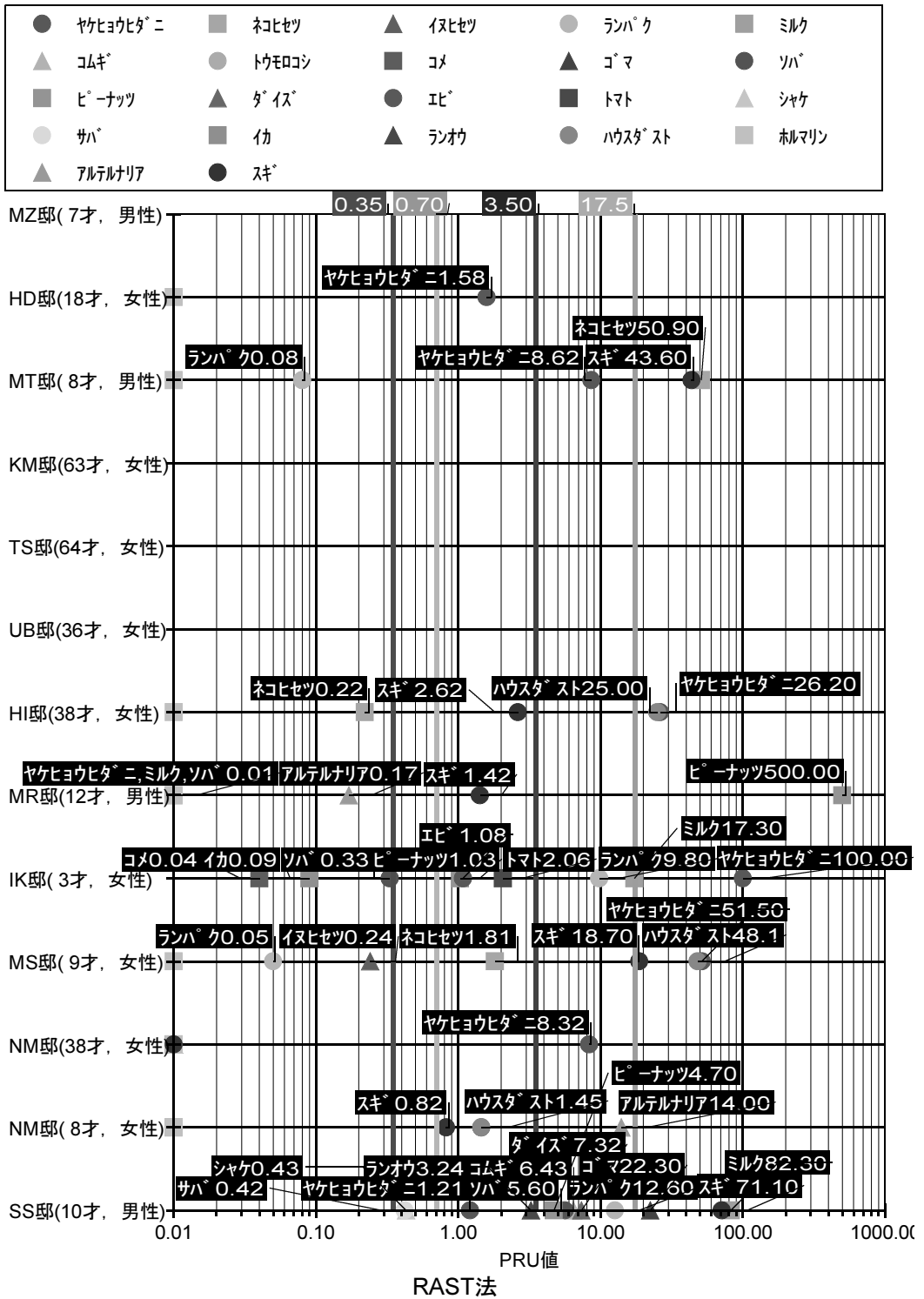


図15 アレルギーの検査結果 (PRU 値)

表10 アレルギーの検査結果 (2以上の陽性)

名 称	RAST 法の判定のスコア		
	4 (最強陽性)	3 (強陽性)	2 (陽 性)
HD 邸	—	—	ヤケヒョウヒダニ
MT 邸	ネコヒセツ, スギ, ヤケヒョウヒダニ	—	—
HI 邸	ヤケヒョウヒダニ, ハウスダスト	スギ	—
MR 邸	ピーナッツ	—	スギ
IK 邸	ヤケヒョウヒダニ	ミルク, ランパク	トマト, エビ, ピーナッツ
MS 邸	ヤケヒョウヒダニ, ハウスダスト, スギ	—	ネコヒセツ
NM 邸(38才)	ヤケヒョウヒダニ	—	—
NM 邸(8才)	アルテルナリア	—	ハウスダスト, スギ
SS 邸	ミルク, スギ, ゴマ	ランパク, ダイズ, コムギ, ソバ	ランオウ, ヤケヒョウヒダニ

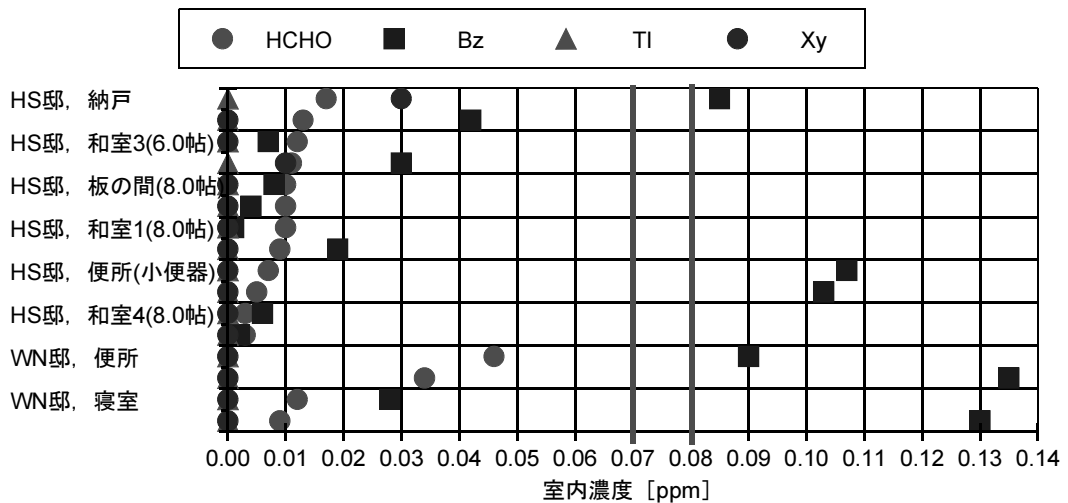


図16 室内濃度 (新築で入居後の化学物質についてクレームのない住宅)

てクレームのない住宅)とその累積相対度数を示す。いずれの化学物質濃度の指針値以下であった。

図18, 19に収納物内濃度 (新築で入居後の化学物質についてクレームのない住宅)とその累積相対度数を示す。いずれの化学物質濃度の指針値以下であった。

3-3. 新築で入居前の住宅

新築で入居前の住宅(戸建住宅)とは、KY 邸【No.1】、NK 邸【No.4】、NT 邸【No.12】、NO 邸【No.13】、KK 邸【No.18】、OG 邸【No.19】、KI 邸【No.20】の7件である。

今回は、改正建築基準法(2003(平成15)年7月1日施行)に基づくシックハウス対策に係る規制(内装の仕上げの制限、換気設備の義務付け、天井裏等の制限)になる以前の住宅である。測定日が改正後であっても改正前に全て建築確認申請済みであった。

① 化学物質の測定

図20, 21に室内濃度(新築で入居前の住宅)とその累積相対度数を示す。室内濃度のトルエンは、高い順に示すと、KK 邸の居間で0.269ppm、KK 邸のベッドルー

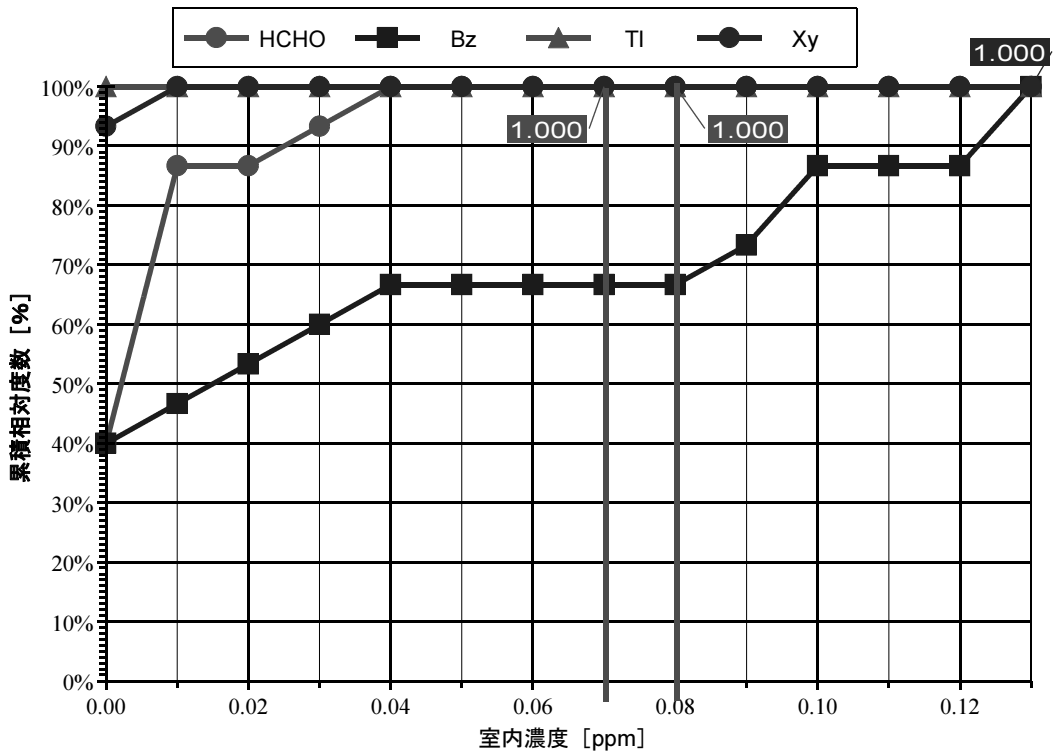


図17 室内濃度(新築で入居後の化学物質についてクレームのない住宅)の累積相対度数

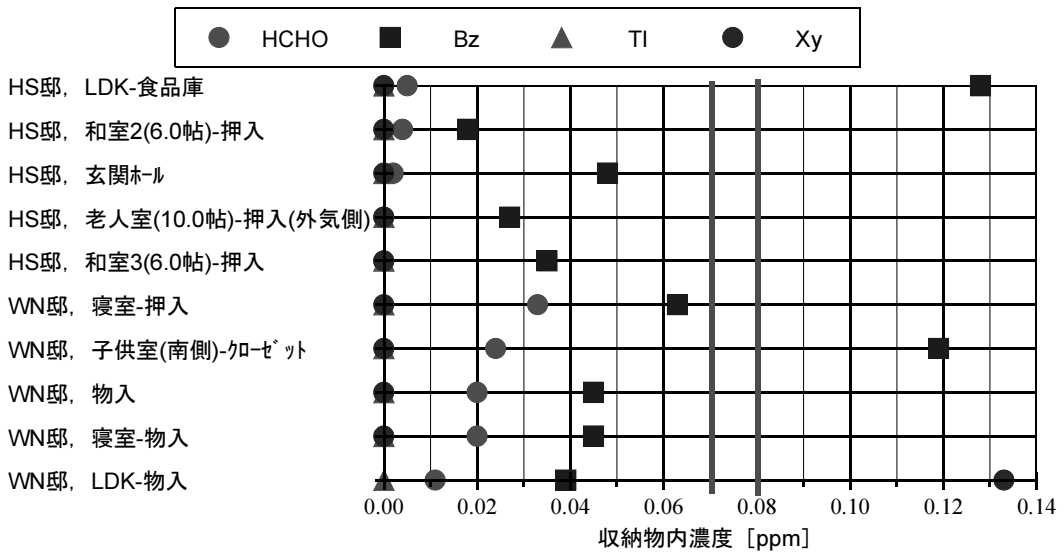


図18 収納物内濃度 (新築で入居後の化学物質についてクレームのない住宅)

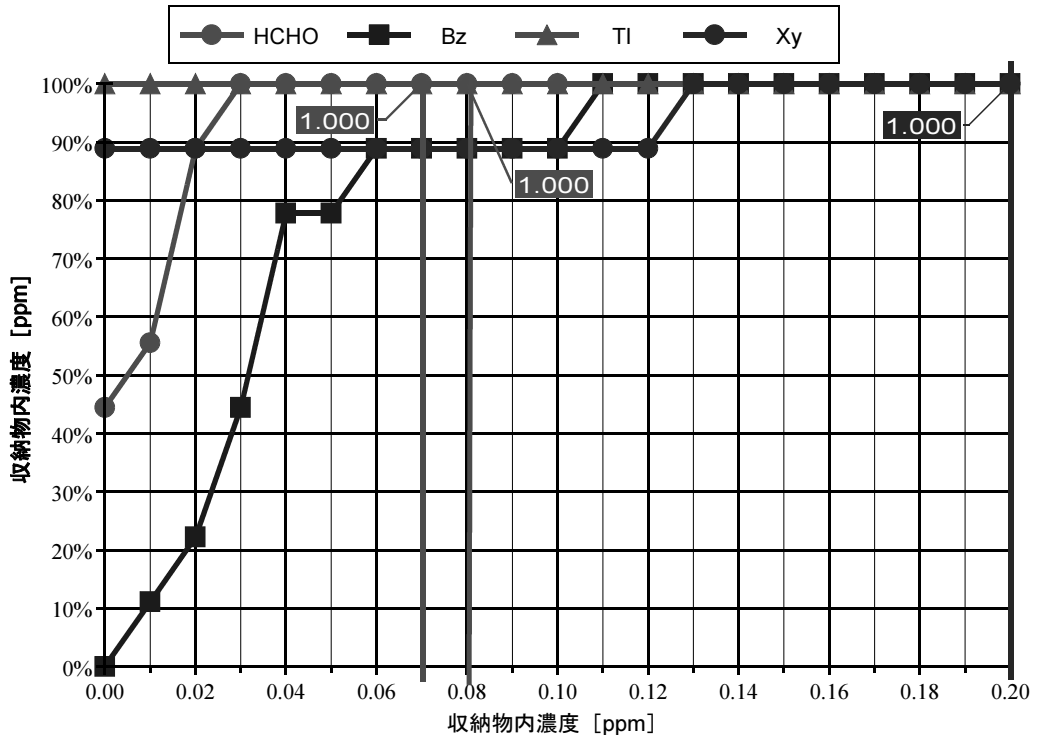


図19 収納物内濃度(新築で入居後の化学物質についてクレームのない住宅)の累積相対度数

ム3で0.254ppm, KK邸のMASTERベッドルームで0.253ppm, KK邸の台所で0.203ppm, KK邸のベッドルーム2で0.175ppm, KY邸の洋室1で0.127ppm, KY邸の主寝室で0.110ppm, OG邸のベッドルーム2で0.100ppm, KY邸のLKで0.077ppmである。また、室内濃度のキシレンは、高い順に示すと、KK邸のMASTERベッドルームで0.296ppm, KK邸の居間で0.263ppm, KK邸のベッドルーム3で0.247ppm, KK邸の台所で0.213ppm, KK邸のベッドルーム2で0.175ppmである。累積相対度数で見ると、ホルムアルデヒドの指針値(0.08ppm)以上は全体の0%, トルエンの指針値(0.07ppm)以上は全体の約22%, キシレンの指針値(0.20ppm)以上は全体の約12%である。

表11にホルムアルデヒドに対して配慮した住宅に使用されていた建築材料を示す。室内でホルムアルデヒドが低濃度となった理由としては、ホルムアルデヒドの発生量が少ない無垢材(杉, 檜, 赤松, 桐, 樺, 松, 楠), 抗酸化溶液^(註5)を塗布した建築材料, 漆喰類, 珪藻土類, 真砂土, 畳, F (従来のFc0クラス)合板, F

合板, 備長炭入りのクロス, 自然系塗料, 抗酸化溶液配合ワックス, 蜜蝋ワックス^(註6), 油性顔料着色剤^(註7)などの使用であった。しかし、施工の仕上げの清掃の段

階に使用する希釈液のシンナーの使用によりトルエンやキシレンが高まる場合(KY邸, KK邸, OG邸)があった。つまり、住宅で生活する人の健康を考えて建てられるのが前提であるが、建築業者と購入者, あるいは設計者と現場施工者が十分に話し合い検討することで、ホルムアルデヒドの室内および収納物内の濃度が指針値以下(低濃度)の住宅を建設できることが分かった。

3-4. 小学校

1999(平成12)年6月より、厚生労働省がシックハウス症候群に関し、室内空気中化学物質の室内の指針値を順次、設定した。文部科学省も厚生労働省と同様のガイドラインを設け、2002(平成14)年2月5日に「学校環境衛生の基準」を一部、改正した⁽⁶⁾。このことに基づき福岡市教育委員会は2003(平成15)年9~10月に、過去の5年間に改装および改修した市立の小中学校(83校, 394箇所)について、施設内の大気中の化学物質(ホルムアルデヒドおよびトルエンについて実施, キシレンおよびパラジクロロベンゼンについて必要な場合に実施)の濃度の実態調査を行った(図22参照)⁽⁷⁾。但し、今回、測定した2校(HM小学校【No.14】, TT小学校【No.16】)は、過去の5年間に改装および改修した市立の小中学校には含まれていない。

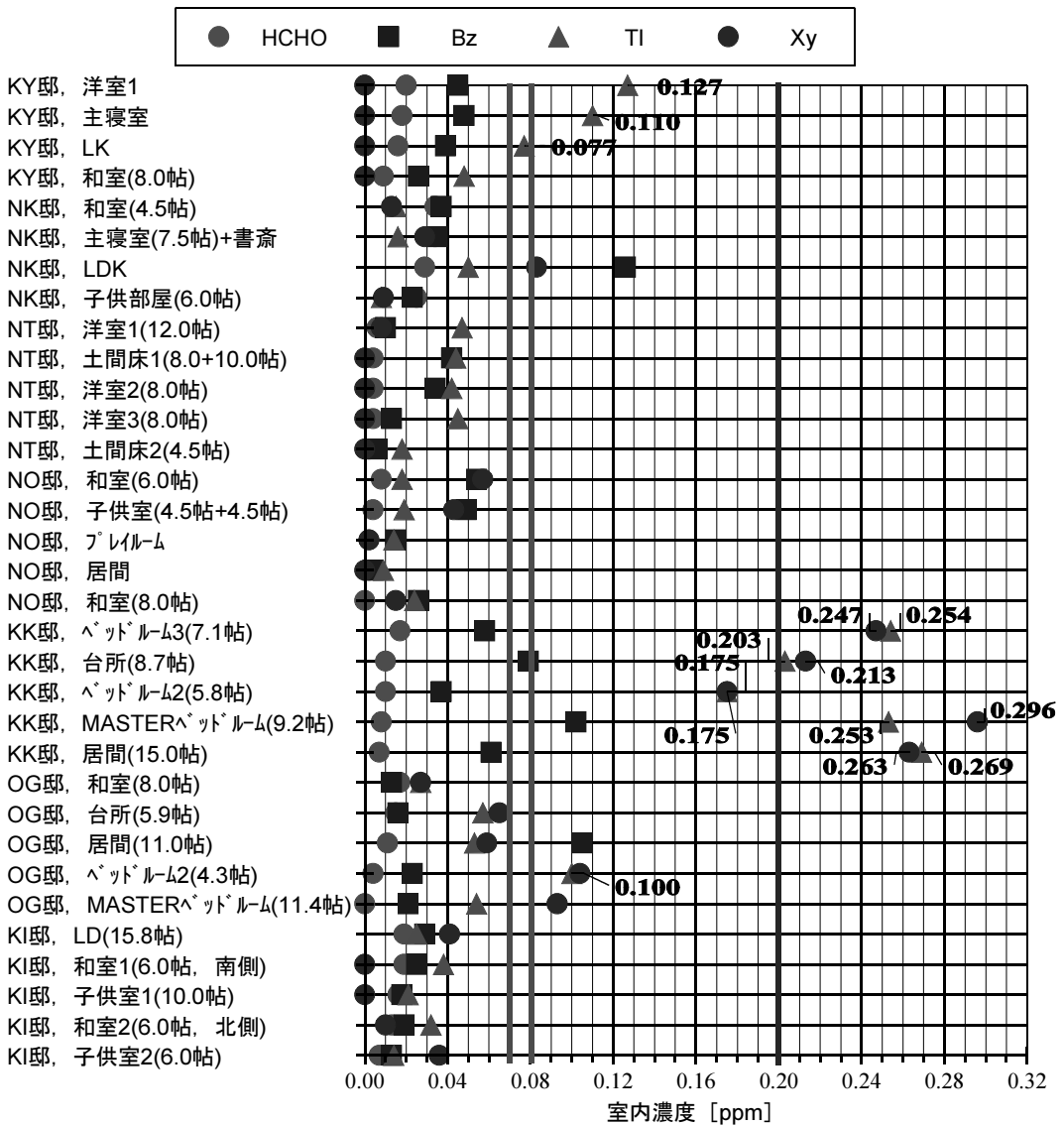


図20 室内濃度 (新築で入居前の住宅)

①化学物質の測定

図23, 24に室内濃度 (小学校) とその累積相対度数を示す。室内濃度のトルエンは, TT 小学校のプレイルーム (現: 4-1教室) で0.124ppmである。累積相対度数でみると, トルエンの指針値 (0.07ppm) 以上は全体の5%である。

図25に室内濃度 (小学校と自宅) のホルムアルデヒドの補正前後の相関関係を示す。全ての室内で25℃以下であることから補正を行った。HM 小学校とMR 邸, TT

小学校とIK 邸のホルムアルデヒドの濃度を比較すると, 自宅よりも小学校の方が高い場合があった。しかし, 在室時間を考えれば, 小学校よりも就寝を含む自宅の方が長いことから, 自宅での影響も無視できないことも考えられた。また, 自宅よりも小学校の濃度が高くなった箇所は, HM 小学校で図書室 (高学年), 音楽室, 理科室, 図工室であり, TT 小学校で, 職員室, 講堂兼体育館, プレイルーム (現: 4-1教室), 4-4教室, 1-1教室であった。なお, 自宅よりも小学校の濃度が低くなった箇所は,

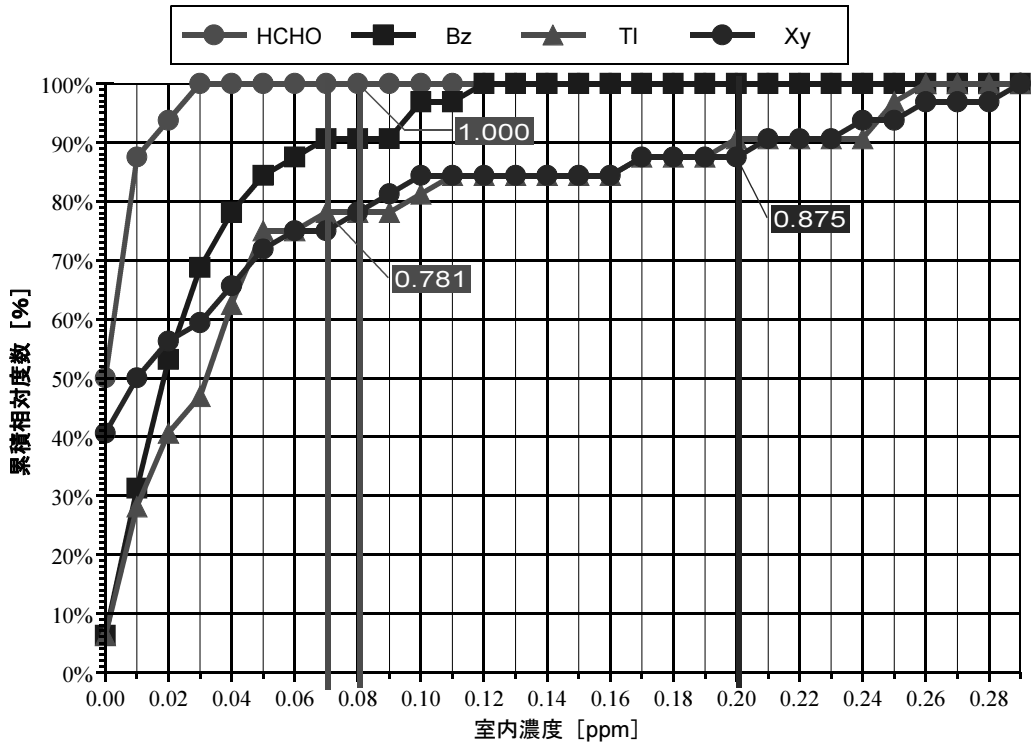


図21 室内濃度（新築で入居前の住宅）の累積相対度数

表11 ホルムアルデヒドに対して配慮した住宅に使用されていた建築材料（50音順）

名称	天井	壁	床
KY 邸	抗酸化溶液を塗布した Fc0 合板	ケナフ紙製クロス, 抗酸化溶液を塗布した杉, 珪藻土, 石膏ボード	Fc0 合板, 抗酸化溶液配合ワックス, 畳, 檜
NK 邸	抗酸化溶液を入れた石膏ボード, 杉, ビニールクロス (▲), 蜜蝋ワックス	抗酸化溶液を入れた珪藻土, 抗酸化溶液を塗布した石膏ボード, 杉, ビニールクロス (▲), 蜜蝋ワックス	抗酸化溶液を塗布した合板 Fc0 合板, 畳
HS 邸	自然系塗料, 杉, 檜	石, 樺, 珪藻土, 石膏ボード, 檜	樺, 自然系塗料, 畳, 檜
WN 邸	赤松, 桐	赤松, 桐, 自然系塗料, 珪藻土, 石膏ボード	赤松, 桐, 自然系塗料
NT 邸	石膏ボード, 竹木舞, ビニールクロス (▲), 松	珪藻漆喰土, 杉, 石膏ボード, 油性顔料着色剤 (オイルステイン)	珪藻土, 自然系塗料, 油性顔料着色剤 (オイルステイン), 真砂土, 松, モルタル
NO 邸	F 合板	抗酸化溶液配合ワックス, 漆喰珪藻土, 漆喰, F 合板, 檜, 杉, 石膏ボード, ビニールクロス (▲)	抗酸化溶液配合ワックス, F 合板, 杉, 畳
KK 邸	石膏ボード, 備長炭入りのクロス, 松	漆喰珪藻土, シナ合板 (▲), 石膏ボード, 松	複合フローリング (▲)
OG 邸	石膏ボード, 備長炭入りのクロス, 松	漆喰珪藻土, 石膏ボード	杉, 複合フローリング (▲)
KI 邸	石膏ボード, 合板 (▲), ビニールクロス (▲)	漆喰珪藻土, 石膏ボード, ビニールクロス (▲)	畳, 複合フローリング (▲)

ホルムアルデヒドによる汚染・発生源の可能性のある建築材料については▲で記す。

【朝夕刊の原稿325円(本体価格378円+消費税181円)】部外者送料別130円+夕刊50円

新装教室 シックハウスの影

福岡市47校基準超す

改築・改修 83校検査 換気徹底を通知

福岡市教委が、この5年間計、改築した小学校や市立学校八十三校で、校内の大気中の生物汚染度を検査したところ、半数以上の四十七校の基準値を超える濃度が測定された。市教委は、ホルムアルデヒドを基準値の約七、九割減じさせるも、このままでは健康被害を招く可能性があるとして、市立百十校に通知する。通知は、ホルムアルデヒドを基準値の約七、九割減じさせるも、このままでは健康被害を招く可能性があるとして、市立百十校に通知する。

市教委は、この5年間計、改築した小学校や市立学校八十三校で、校内の大気中の生物汚染度を検査したところ、半数以上の四十七校の基準値を超える濃度が測定された。市教委は、ホルムアルデヒドを基準値の約七、九割減じさせるも、このままでは健康被害を招く可能性があるとして、市立百十校に通知する。

市教委は、この5年間計、改築した小学校や市立学校八十三校で、校内の大気中の生物汚染度を検査したところ、半数以上の四十七校の基準値を超える濃度が測定された。市教委は、ホルムアルデヒドを基準値の約七、九割減じさせるも、このままでは健康被害を招く可能性があるとして、市立百十校に通知する。

図22 読売新聞 (2003年11月18日)⁽⁷⁾

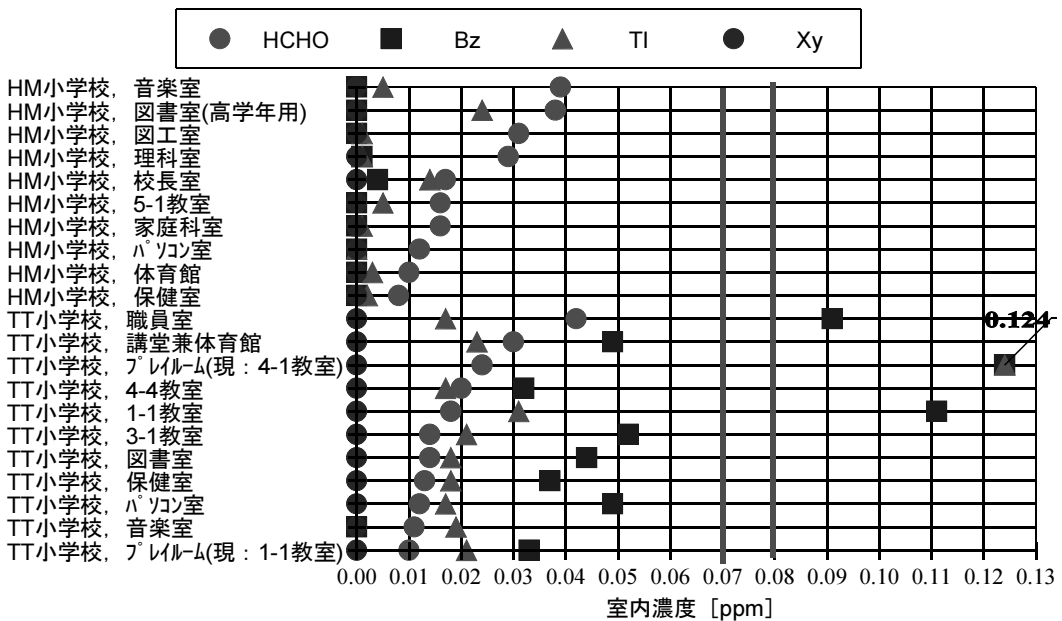


図23 室内濃度 (小学校)

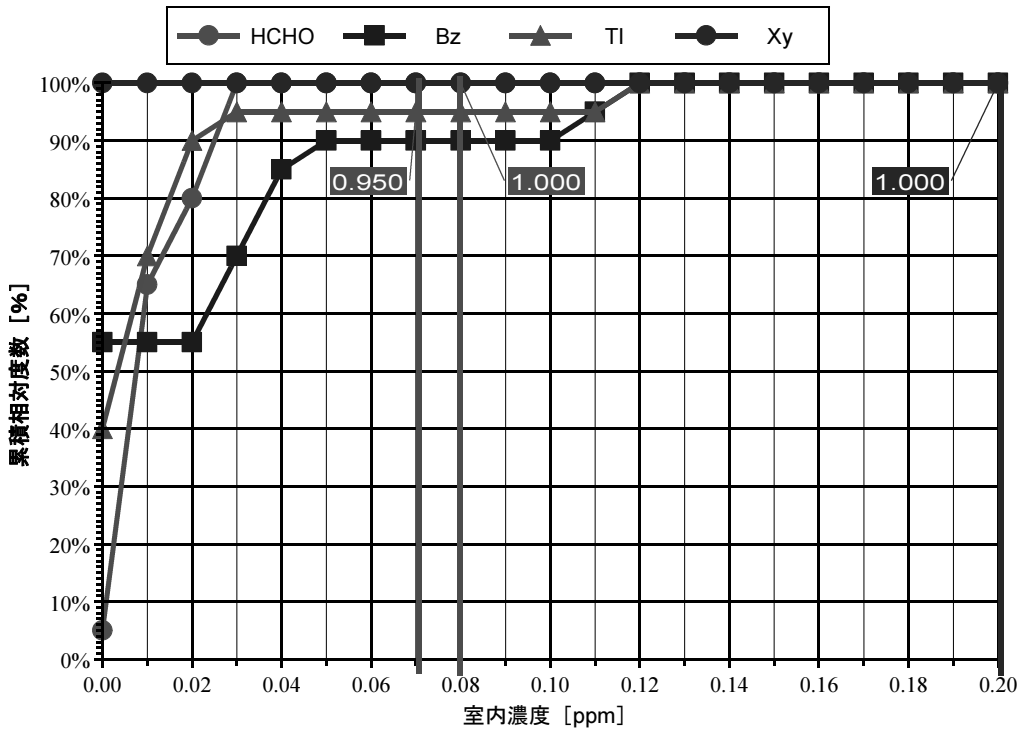
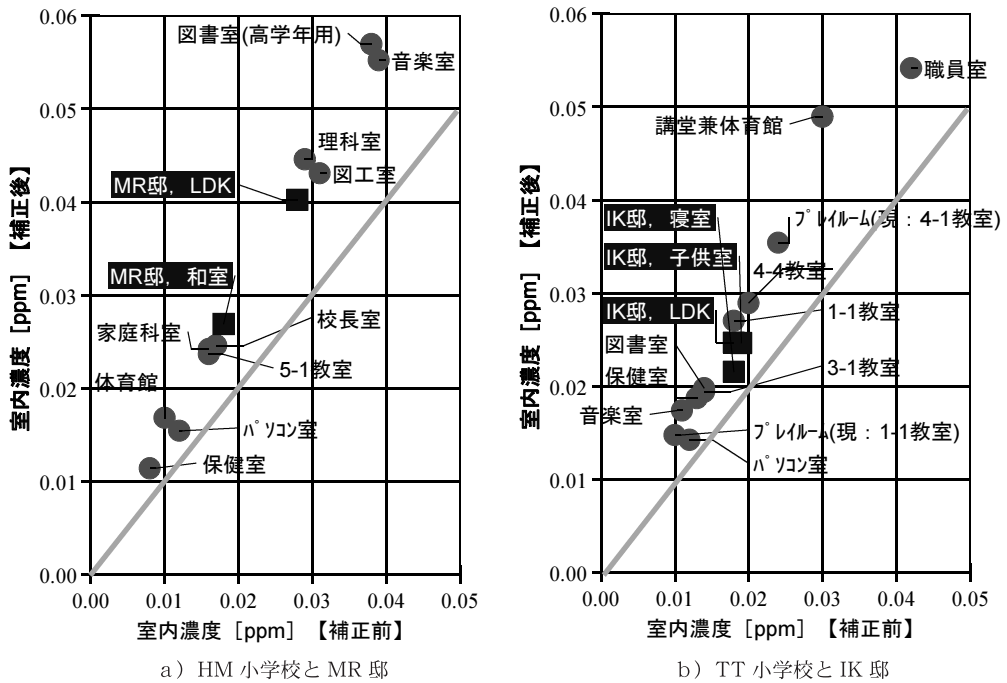


図24 室内濃度 (小学校) の累積相対度数



a) HM 小学校とMR 邸

b) TT 小学校とIK 邸

図25 個人暴露濃度 (化学物質過敏症者)

HM 小学校で、校長室、家庭科室、5-1教室、体育館、パソコン室、保健室であり、TT 小学校で3-1教室、図書室、保健室、音楽室、プレイルーム（現：1-1教室）、パソコン室（ヒアリングによる調査で一番疑いが高かった箇所）であった。

4. まとめ

本論文では、ホルムアルデヒドとBTXによる汚染の濃度とパラジクロロベンゼンおよびエチルベンゼンの発生の有無の実態調査を行うと共に、その対策を述べた。主な結果を以下に列記する。

- 1) 化学物質過敏症と診断された方の住宅の室内（12件中2件）および収納物内（6件中2件）では、ホルムアルデヒドによる汚染があり、室内の指針値を越えている場合があった。また、外出を含めた個人暴露の濃度は室内の指針値を超えている場合があったが、外出している間に濃度が高くなる環境も考えられ、今後、そのような点を含めて検討しなければならない。
- 2) 化学物質過敏症と診断されたHI邸では、①建築年数0～1年未満（アンケートの調査の最短期間）、②家具の合板製品が5つ以上（家具は10年以上前に購入したもので、有害な化学物質の入っている材料）、③殆ど全室がビニールクロス、ということから汚染度チェックも高くなった。また、問診票から住まい手情報より建物情報の方が点数が高いことから、建物自体（特に、マンションの床下収納）からの汚染の可能性が高いと推察した。
- 3) ベンゼンの濃度の指針値はないが、化学物質過敏症と診断されたHD邸で外気濃度は、他には見られなく高い。さらに外気よりも室内および収納物内の濃度も高い。
- 4) ホルマリンに対しては化学物質過敏症と診断された方の全ての9件で陰性であることから、ホルムアルデヒドによる反応ではなく、ベンゼン、トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼン、エチルベンゼンを含めたその他の影響の可能性があると推察した。その他の影響として、建物アレルギーで陽性を示した、ヤケヒョウヒダニ（7件）、スギ（5件）、ハウスダスト（3件）、アルテルナリア（1件）であった。
- 5) 新築で入居後の化学物質についてクレームのない住宅の室内および収納物内の化学物質の濃度では、室内の指針値以下であった。
- 6) 新築で入居前の住宅の室内では、トルエンとキシレンに注意する必要があった。なお、今回は新築で入居前の住宅の収納物内の測定は行っていない。

- 7) 新築の室内でホルムアルデヒドが低濃度となった理由としては、ホルムアルデヒドの発生量が少ない無垢材、抗酸化溶液を塗布した建築材料、漆喰類、珪藻土類、真砂土、畳、F合板、F合板、備長炭入りのクロス、自然系塗料、抗酸化溶液配合ワックス、蜜蝋ワックス、油性顔料着色剤などの使用であった。
- 8) 小学校の室内では、トルエンに注意する必要があった。また、ホルムアルデヒドの濃度を比較すると、自宅よりも小学校の方が高い部屋があった。そのことから、住宅は勿論、小学校の各部屋に対して十分な配慮が大切であると考えられる。

注

- 1) 表12に化学物質の主な用途を示す。

表12 化学物質の主な用途

化学物質名	用途
ホルムアルデヒド	接着剤、防腐剤、家具、合板、複合フローリング、ビニールクロス、床用ワックス、喫煙、製紙工場など
ベンゼン	化学工業製品の合成原料（樹脂、ゴム、繊維有機顔料など）、自動車の排気ガス、喫煙など
トルエン	接着剤、塗料の溶剤、希釈剤、集材材など
キシレン	接着剤、塗料の溶剤、希釈剤、可塑剤、床用ワックスなど
パラジクロロベンゼン	衣料用防虫剤、トイレ用消臭・芳香剤など
エチルベンゼン	塗料の溶剤、希釈剤など

- 2) 気温が20℃前後になり、高温度になる春期から秋期にかけて発生し、空中に飛散する。特に、浴室、台所、押し入れ、家具などと接触する高温な壁面やカーペット、畳、皮革などに生育する⁽⁸⁾。最も重要なカビのアレルゲンの1つと考えられている⁽⁹⁾。
- 3) 厚生労働省が提案している温度25℃以下でのホルムアルデヒドの濃度の補正式は以下の(1)式である。

$$c = c' \times 1.09^{(25-t)} \times 100 \div (50 + RH) \dots\dots\dots(1)$$
 ここで、c：補正後の濃度[ppm]、c'：補正前の濃度、t：温度[℃]、RH：相対湿度[%]である。
- 4) 赤線部分は文献2)での評価のボーダーラインを示す。例えば、汚染度チェックの場合で、20点、50点、70点であり、健康度チェックの場合で、10点、30点、50点である。
- 5) 北海道白老町在住の会田伸一氏が15年以上に渡る研究により開発した発酵型微生物を培養して造る特殊酵

素(液体)である⁽¹⁰⁾。

- 6) 蜜蜂から分泌され、蜜蜂の巣の主成分とした蠟から作った天然のワックスである。
- 7) ホルムアルデヒドの放散等級Fであり、ク
ロルピリホス・鉛・トルエンは配合せず、キシレンを
含有している⁽¹¹⁾。
- 8) 表13、図26にパラジクロロベンゼンおよびエチルベン
ゼンの発生した住宅の箇所およびその量を以下に列
記する。

参 考 文 献

- 1) 石田卓, 須貝高, 田中隆一, 桜井誠, 関口博史: ホ
ルムアルデヒド・BTXの揮発による室内空気汚染 そ
の5, 福岡大学工学集報, 第70号, 平成15年3月,
pp.345-362

表13 パラジクロロベンゼンおよびエチルベンゼンの発
生した住宅の箇所

パラジクロロベンゼン	エチルベンゼン
HI邸(洋室1の床下収納) KK邸(ベッドルーム3, ベッドルーム2, MASTERベ ッドルーム, 台所, 居間) OG邸(和室, 台所, 居間, ベッドルーム2, MASTER ベッドルーム) NM邸(洋室A) SS邸(LD, 子供室のクローゼット)	HI邸(洋室1, 主寝室, 主寝室の 床下収納, LD, LDの床下収納, 台所の食器棚, 台所のシステムキ ッチン, 便所) NO邸(和室, 子供室, プレイル ーム, 居間, 和室) KI邸(和室1, 子供室, 和室2) MS邸(小屋裏収納)
WN邸(物入)	

太字は、化学物質過敏症と診断された方の住宅を示す。

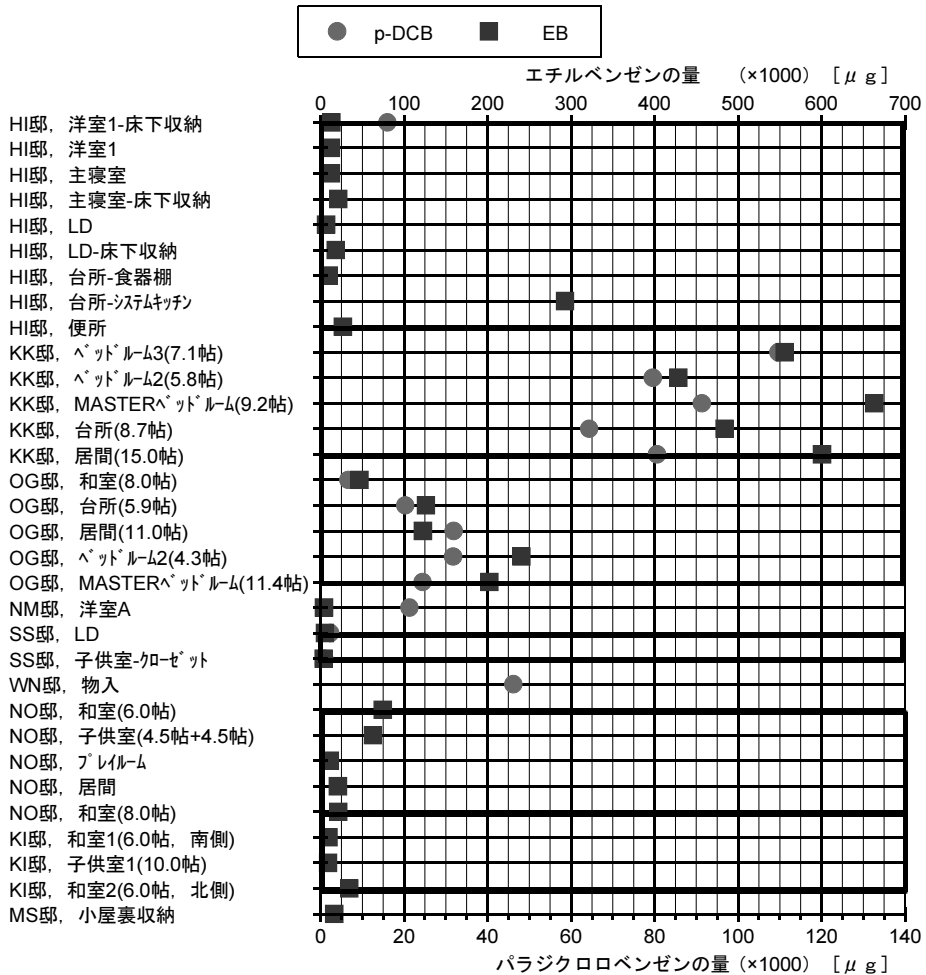


図26 パラジクロロベンゼンおよびエチルベンゼンの量

- 2) 能登春男, 能登あきこ: 住まいの汚染度完全チェック, 株式会社情報センター出版局, 1997年5月15日, 総236頁
- 3) <http://news-sv.aij.or.jp/iapoc/IAPOC.htm> (室内化学物質空気汚染調査委員会のホームページ)
- 4) 石田卓, 須貝高: 室内空気汚染の数値計算 その1 問診票による評価について, 福岡大学工学集報, 第70号, 平成15年3月, pp.247-254
- 5) <http://www.mic.med.tohoku.ac.jp/contents/documents/zensoku/blood-test.html> (Medical Internet Circle のホームページ)
- 6) http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/14/02/020202.htm (文部科学省のホームページ)
- 7) 読売新聞, 2003 (平成15) 年11月18日
- 8) http://www.santen.co.jp/al/al_kabi3.html (参天製薬株式会社のホームページ)
- 9) <http://www.hamt.or.jp/INF/VISITOR/ALLERGY/ALLERGEN/MISC/m6.htm> (社団法人

- 兵庫臨床衛生検査技術会のホームページ)
- 10) <http://www7.ocn.ne.jp/~ecopara/> (パーバリアンズ株式会社のホームページ)
- 11) 「和信化学工業株式会社九州事業所のインテリア木部用の塗料」の資料

謝 辞

本研究に際して, 実験に当たり平成15年度の建築学科の卒業計画の学生である三根智幸君および浦雄樹君と当研究室のアルバイト生である須貝高博君の多大なる協力を得た。

本研究の一部は, 国立療養所 南福岡病院 (現: 独立行政法人 国立病院機構 福岡病院) からの依頼による平成15年度の厚生労働科学研究費補助金 (旧: 厚生科学研究費補助金) 生活安全総合研究事業の『シックハウス症候群の病態解明, 診断治療法に関する研究[分担研究]アレルギー性喘息と化学物質の因果関係, 特に環境因子について』によるものである。ここに記して謝意を表す。