

ホルムアルデヒド・BTXの揮発による室内空気汚染 その10*

石 田 卓**
 須 貝 高**
 田 中 隆 一***
 関 口 博 史***

Indoor Air Contamination by Formaldehyde and BTX Volatilized Part 10

Taku ISHIDA**, Takashi SUGAI**, Ryuichi TANAKA*** and Hiroshi SEKIGUCHI***

Concentration in the air of formaldehyde and BTX (benzene, toluene and xylene) were measured in each room in a oldly built residential building. In addition, formaldehyde emission from various materials were measured on site by means of a Yanagisawa sensor.

Key Words : Formaldehyde, BTX, Yanagisawa Sensor, Formaldehyde Emission

1. はじめに

TK邸におけるヒアリング、4種類のアンケート調査(汚染度チェック・健康チェック¹⁾、室内化学物質空気汚染調査研究委員会(IAPOC)作成の問診票²⁾、化学物質過敏症用問診票(QEESI^{3), 4)})を行った。また、住宅内のホルムアルデヒドの放散量、気中濃度(ホルムアルデヒド、BTX(ベンゼン、トルエン、キシレン))とパラジクロロベンゼン(別名:パラゾール(商品名))及びエチルベンゼンの発生の有無の測定を行った。今回の住宅に関する化学物質の発生源は主に次のようなもの

である。

- ホルムアルデヒドの発生源 : 合板, 壁紙, 接着剤等
- ベンゼンの発生源 : 溶剤, 洗浄剤
- トルエン及びキシレンの発生源: 塗料, ワックス等
- パラジクロロベンゼンの発生源: 防虫剤
- エチルベンゼンの発生源 : 塗料, 接着剤等

2. 住宅の概要

表1に住宅の概要、写真1に集合住宅の南面外観、図1に206号室の平面図を示す。

表1 住宅の概要

名 称	TK邸
対 象	世帯主: 51才の女性, 17才の男性
住 所	福岡市中央区福浜
測定日	2010年6月25日(金)10時~同年6月26日(土)10時

*平成22年11月30日受付

** 建築学科

*** 化学システム工学科



写真1 集合住宅の南面外観

※赤で囲まれた箇所が206号室(11階建て)

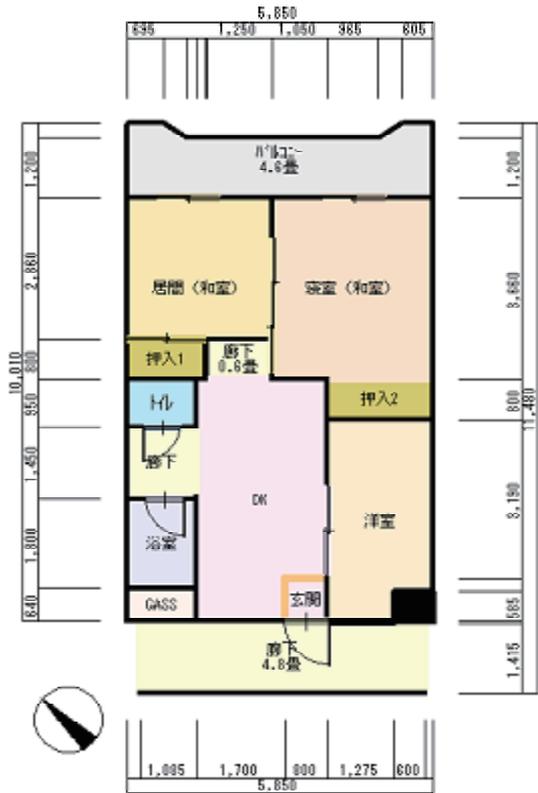


図1 206号室の平面図

表2 ヒアリングの結果 (TK邸, 2010年4月~現在に至る)

月	日	内容
4	26	博多区の市営団地より転居する。入居後、母親が掃除をするとツンとする臭いがする。夜中になると喉や鼻の奥が痛くなる。
	27	引っ越した次の日、喉・鼻・目の痛みが現れる。
	28	母親は依然として喉の痛みがあり、喉が腫れる。息子さんにも同じ症状と共にアトピーと喘息が現れ、目がチカチカする。福岡病院耳鼻科(担当: I先生)に通院する。
5	7	母親が市住宅供給公社に連絡する。対応なし。
	16	市議会議員のK氏が市住宅供給公社に連絡する。
	17	市議会議員のK氏が現地へ行く。明らかに喉が痛くなることから、市住宅供給公社募集課保全科を呼び、畳下のパラゾール?(白い粉状?)と防湿シートの撤去を計画する。
	18~19	畳を全て交換し終えた。そして、福岡市中央保健所にホルムアルデヒド簡易測定器(以下、ホ簡と称す)を測定を依頼する。
	20	福岡市中央保健所がホ簡で測定する。寝室で0.01ppm(窓開放)。
	21	福岡病院アレルギー科に通院する。
	23	再度、K氏がホ簡で測定する。寝室で0.03ppm(5時間窓閉鎖)。
31	福岡病院アレルギー科に通院する。	
6	11	母親は幾分、落ち着いたが、息子はアトピーがひどく学校に行けない。
	14	市議会議員のK氏と九州住宅新聞のT氏が福岡大学に来室する。
	18	筆者等は現場を知るために14時からT氏と一緒に事前調査を行う。
現在に至る	現在も治療を続けており、イライラし易くなってきている。	

表3 汚染度チェック (TK邸の母親 (51才, 女性))

項目			点数
環境・習慣	建築年数	16年以上	0
	換気設備	換気扇2台以上	5
	換気の習慣	殆ど窓を開けて生活している	0
	家具	合板製品1つ	3
	体感度	鼻	室内にいと強く刺激臭を感じる
	目	室内で目がチカチカしてとても痛い	20
	喉	喉が痛くてよく咳が出る	20
喫煙	室内での本数	吸わない	0
ビニールクロスの使用		ビニールクロスは全く使用しない	0
シロアリ駆除剤の有無		していない	0
合計			68

※第1段階：19点以下，第2段階：20～49点，第3段階：50～69点，第4段階：70点以上

汚染度チェックの合計は，68点．第3段階の「住宅内の高濃度汚染の可能性大．環境改善しないと手遅れになることも」である．第4段階の「室内汚染の真つただ中に暮らしている．ただちに生活改善を」に近い第3段階である．

3. ヒアリング

表2にヒアリングの結果を示す．改装した市営団地に転居してきた世帯主である母親 (51才の女性) と息子 (17才の男性) に様々な症状が生じている．特に，息子

さんの幼児期には，アトピーと喘息があり，最近では落ち着いているが，「転居したことにより悪化した」と母親が言う．

表4 健康チェック (TK邸の母親 (51才, 女性))

項目		点数
鼻	家に入ると刺激臭がある，◆しびれた感じがする	1
目	目がチカチカする，目が痛い，涙が出る，充血している，焦点がピンぼける，目が疲れ易い，世間が暗く見える，ものにつまづき易い，読書がつらい，視力が低下した，幻覚が見える，光が眩しく感じられる	12
耳	耳が痛い	1
喉	—	0
呼吸器官	—	0
消化器官	打った覚えがないのにお腹や足に斑点が出る，吐き気がある，下痢，お腹が痛い	4
泌尿生殖器官	尿がきれない	1
神経症状	よく眠れない，手足が痛い	2
精神症状	—	0
人間関係	—	0
全身症状	慢性疲労，疲れ易い，身体が怠い，肩がこる，腰が痛む，関節が痛い，身体が痒い，湿疹，蕁麻疹が出る，皮膚がカサカサする，お肌が荒れる，白髪が増える	12
その他 (自分だけでなく，家族に誰かにあれば記述して下さい。)	アトピー性皮膚炎，慢性疲労，喘息，気管支炎，自律神経失調症，ホルモン異常	60
合計		93

4. アンケート調査

3種類のアンケート調査を行った。以下、◆は母親の意見を示す。

研究者や医療関係者の方々の利用を想定している。住まい手の場合、現在、居住している住宅のチェックに利用可能であり、問題がある場合には解決策を検討するための状況把握に活用できる。文献8)を参考に点数を記入した。◆は母親の意見を示す。

4-1. 汚染度チェック・健康チェック

表3に汚染度チェック(各項目毎の点数は20点・10項目で総合計で200点)、表4に健康チェック(総合計で190点)を示す。いずれのチェックも4段階評価である。

4-2. 室内化学物質空気汚染調査研究委員会 (IAPOC)

作成の問診票

室内化学物質空気汚染調査研究委員会 (IAPOC) 作成の問診票(以下、問診票と称す)のソフトは、住まい手、設計施工者のみならず、室内化学物質汚染問題に関わる

表5 問診票の中で点数が付いた場合の内容 (TK邸の母親 (51才, 女性))

1) 個人の属性

項目		点数
1-3	家族にアレルギーの方がいる。	2
1-4	家族に化学物質に過敏な方がいる。	2
◆4月26日以降、2人とも、下痢、湿疹、頭痛、吐き気、喉・鼻・目・耳の痛みが続いている。		
合計		4

2) 個人の習慣

◆喫煙する方が、近所の方や周りの方に多い。 ◆将棋教室等で煙草を吸っている人達がいるので、とても嫌です。

3) 周囲環境

項目		点数
3-8	近くに雑草地、雑木林等が多い。	1
3-9	近くに池、川、海がある。	1
3-11	自動車の排気ガスが多い。	1
3-13	その他汚染された空気がある。◆体の症状で分かる。	1
3-14	近くの公園・農地で農薬を散布する。◆草刈りを2010年6月20日頃に行っている。	1
◆住宅地域でも埋め立て地である。 ◆高速道路まで200m位、バス乗り場まで100m位。 ◆部屋の真下に駐車場がある。毎朝、エンジンをかければなしの車の排気ガスが部屋に入ってくる。 ◆引っ越し先の部屋に薬が撒かれていた。 ◆煙草、排気ガス、部屋に使っていた畳藁の薬が気になります。今度の症状の原因になっているようです。		
合計		5

5) 建物仕様

項目		点数
5-7	天井の仕上げ材の種類は不明である.	1
5-8	天井の下地材 の種類は不明である.	1
5-9	内壁の仕上げ材の種類は不明である.	1
5-10	内壁の下地材 の種類は不明である.	1
5-11	床 の仕上げ材の種類は不明である.	1
5-12	床 の下地材 の種類は不明である.	1
◆畳と床の間に薬（白い物とシート）が撒かれていた。臭いはナフタレンが混じっていた.		
合計		6

6) 設備仕様

項目		点数
6-2	暖房器具に石油ファンヒーターを使用する.	1
6-3	換気方式は自然換気を使用する.	2
合計		3

7) 室内状況

項目		点数
7-8	刺激臭が室内で常時ある.	1
◆畳下に使用している薬の影響で、目、喉、口、肌にブツブツができた.		
合計		1

8) 使用状況

項目		点数
8-2	症状がある方の症状が悪化する部屋がある。 ◆寝室.	1
合計		1

9) 行動スタイル

項目		点数
9-8	畳に防虫剤が使用されている.	2
9-11	芳香剤（トイレ、玄関、居室等）を使用する.	1
合計		3

10) 症候・アレルギー

項目		点数
10- 1	頭痛がある.	頭部の症状 1
10- 2	無気力感がある.	認識に関する症状 1
10- 3	鬱がある.	情緒に関する症状 1
10- 4	目眩・目のチカチカがある.	神経に関する症状 1
10- 5	筋痛がある.	筋肉・関節・骨の症状 1
10- 6	発疹がある.	皮膚の症状 1
10- 7	排尿困難がある.	泌尿器の症状 1
10- 8	生理痛がある.	婦人科の症状 1
10- 9	腹痛・下痢がある.	胃腸の症状 1
10-10	動悸・息切れがある.	心臓・循環器の症状 1
合計		10

11) 症状の状況

項目		点数
11- 2	引っ越し後に悪化・新たな症状がある. ◆症状は引っ越す前には見られなかった.	1
11- 3	外泊した場合に症状が軽減される.	1
11- 6	症状が軽減する場所がある. ◆住居以外の場所がある.	1
合計		3

問診票は、住まい手情報 (1) ~ 3), 10), 11), 図2の上半分)と建物情報 (5) ~ 9), 図2の下半分)に区分できる。

住まい手情報の中で特に高いのは、症候・アレルギーで全てに反応している。

建物情報の中で特に高いのは、建物仕様で各部位 (天井・内壁・床) の仕上げ材料・下地材の種類は不明であ

ったためである。次に高いのが、周囲環境であり、自動車の排気ガスの影響 (部屋の真下に駐車場があり、毎朝、エンジンをかければなし車の排気ガスが部屋に入ってくる)、煙草の影響 (喫煙する方が、近所の方や周りの方に多い。将棋教室等で煙草を吸っている人たちがいるので、とても嫌です。) 等である。

表6 問診票 (TK 邸の母親 (51 才, 女性))

点数	住まい手情報	1)	2)	3)	10)	11)	合計
		4	0	5	10	3	22
建物情報	5)	6)	7)	8)	9)	合計	
	6	3	1	1	3	14	

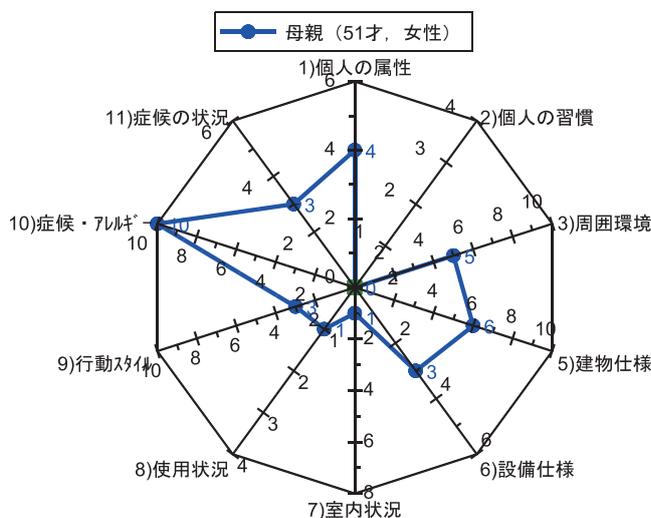


図2 問診票 (TK 邸の母親 (51 才, 女性))

4-3. 化学物質過敏症用問診票 (QEESI)

化学物質過敏症患者の実態調査を行うためにアメリカで開発されたものである(北里研究所病院臨床環境医学センターの石川哲氏と宮田幹夫氏による日本語に翻訳)。化学物質で過敏症反応を示す方々の環境要因を調査、整理する目的で行われるものである。これらの質問票は化学物質過敏症患者の実態調査、診断、治療に役立つのみでなく、個人の症状の国際的比較にも使われ治療法の進歩に役立つ。表7に化学物質過敏症用問診票の項目と評価、表8は化学物質過敏症患者問診票の結果(TK邸)、表9にマスクングに対する質問の答え(TK邸)を示す。
◆は母親の意見を示す。

表7 化学物質過敏症用問診票の項目と評価

項目	評価
[1] 症状の程度 (0 ~ 100)	40 点以上が重傷
[2] 化学物質に対する不耐性 (0 ~ 100)	40 点以上が重傷
[3] 化学物質以外の物質に対する不耐性 (0 ~ 100)	25 点以上が重傷
[4] 日常生活障害の程度 (0 ~ 100)	24 点以上が重傷
[5] 症状の隠れ、偽装が環境化学物質曝露に対する1つの適応(マスクング指数) (0 ~ 10)	6 点以上が重傷

※ [1] 症状の程度が40点以上かつ [2] 化学物質に対する不耐性が40点以上の方は、化学物質過敏症の患者の疑いの非常に強い人である。

表8 化学物質過敏症用問診票の結果 (TK邸の母親 (51才, 女性))

[2] 化学物質曝露による反応		程度
問 1	車の排気ガス	2
問 2	タバコの煙	4
問 3	殺虫剤, 除草剤	2
問 4	ガソリン臭	4
問 5	ペンキ, シンナー	5
問 6	消毒剤, 漂白剤, 各種クリーナー	3
問 7	特定の香水, 芳香剤, 清涼剤	3
問 8	コールタールやアスファルト臭	1
問 9	マニキュア, 除光液, ヘアスプレー	1
問 10	新しい絨毯, カーテン, 新車臭	1
◆畳の下に敷いていた防虫剤により症状が出た。		

※程度とは、0=反応なし、5=中程度の反応、10=動けなくなるほどの症状

[3] その他の化学物質暴露による反応		程度
問 11	水道のカルキ臭, 他の臭い	2
問 12	キャンディ, ピザ, 牛乳, 油, 天ぷら, 肉, バーベキュー, 玉葱, にんにく, 香辛料, グルタミンソーダ(味の素等)等のような添加物, 特定の植物に対する反応	7
問 13	何か習慣性になっていたり, 食べないと体調不良になるような特別な食べ物への反応	0
問 14	食後一定時間気持ちが悪い	10
問 15	コーヒー, 紅茶, 日本茶, コーラ, チョコレートで気分が悪くなる	0
問 16	コーヒー, 紅茶, 日本茶, コーラ, チョコレートを食べないと気分が悪くなる	0
問 17	少量のビール, ワインのような軽いアルコール飲料で気持ちが悪くなる	3
問 18	皮膚に触る繊維物, メタルの装飾品, 化粧品類等で気持ちが悪くなる	10
問 19	抗生物質, 麻酔薬, 鎮痛剤, 精神安定剤, x 線造影剤, ワクチン, ピル等の医薬品, インプラント(人工品の体への埋め込み), 入れ歯, 避妊薬, 避妊器具	5
問 20	樹, 草, 花粉, ハウスダスト, 黴, 動物の垢, 虫刺され, 特定の食物等で喘息, 鼻炎, 蕁麻疹, 湿疹のようなアレルギー反応	9

※程度とは, 0= 反応なし, 5= 中程度の反応, 10= 動けなくなるほどの症状

[1] 現在の症状		程度	
問 21	筋肉, 関節の痛み, 痙攣, こわばり, 力が抜ける	筋	9
問 22	眼の刺激, やける感じ, しみる感じ. 息切れ, 咳のような気管や呼吸症状, たん, 鼻汁が喉の奥の方に流れる感じ. 風邪にかかり易い	気管粘膜	6
問 23	動悸, 脈の結滞, 胸の不安感等の心臓や胸の症状	心臓・循環	8
問 24	お腹の痛み, 胃痙攣, 膨満感, 吐き気, 下痢, 便秘のような消化器症状	胃腸	5
問 25	集中力, 記憶力, 決断力低下, 無気力等を含めた思考力の低下	認識	9
問 26	緊張し過ぎ, あがりやすい, 刺激されやすい, 鬱, 泣きたくなったり激情的になったりする。以前, 興味があったものに興味が持てない等の気分の変調	情緒	10
問 27	目眩, 立ちくらみ等の平衡感覚の不調, 手足の協調運動の不調, 手足のしびれ, 手足のチクチク感, 眼のピントが合わない	神経・末梢神経	9
問 28	頭痛, 頭の圧迫感, 一杯に詰まった感じ等の頭部症状	頭部	9
問 29	発疹, 蕁麻疹, アトピー, 皮膚の乾燥感	皮膚	10
問 30	外陰部の痒み又は痛み, トイレに近い, 尿失禁排尿困難等の泌尿・生殖器症状	泌尿・生殖器	10

※程度とは, 0= 反応なし, 5= 中程度の反応, 10= 動けなくなるほどの症状

[4] 障害の程度		程度
問 41	あなたは食事を普通にとっていますか	5
問 42	仕事は十分に出来ますか. または学校へ通えていますか	9
問 43	新しい家具・調度品に耐えられますか	1
問 44	衣類の使用に問題はないですか	10
問 45	旅行や車のドライブは大丈夫ですか	0
問 46	化粧品や防臭剤等は使えますか	10
問 47	集会, レストラン等へ外出する等の, 一般の社会的活動に参加できますか	10
問 48	趣味やレクリエーションは行えますか	10
問 49	配偶者等や家族と上手くいっていますか	9
問 50	料理・家の掃除, アイロンがけ, 庭の手入れ等の仕事は, 普通に出来ていますか	8
◆引っ越してから衣類に臭いが移っている.		

※程度とは, 0= 反応なし, 5= 中程度の反応, 10= 動けなくなるほどの症状

表9 マスキングに対する質問の答え (TK 邸の母親 (51 才, 女性))

項目		点数
問 31	週に 1 回以上タバコを吸ったりしない	0
問 32	アルコールの入った飲料, ビール, ワインを週に 1 回以上飲まない	0
問 33	コーヒー系の飲み物を週に 1 回以上飲みます	1
問 34	香水, ヘアスプレー, 香料入りの化粧品を週に 1 回以上使用しない	0
問 35	過去数年以内に殺虫剤, 防黴剤処理を家や職場で使用しました	1
問 36	最近, 仕事や趣味で週 1 回以上よく化学物質やガス, 煙に晒されました	1
問 37	いつもタバコを吸う家族や同居人はいない	0
問 38	家庭で燃焼したガスが部屋の中に出るガストーブや石油ストーブを使わない	0
問 39	繊維類を柔らかくする薬をよく使います	1
問 40	ステロイド剤, 鎮痛剤, 抗鬱剤, 精神安定剤, 睡眠薬等をよく使います	1
合計		5

図 3 に化学物質過敏症用問診票の項目と評価 (TK 邸), 図 4 に参考文献 4) のソフトによる診断結果 (TK 邸) を示す. 母親が重傷である場合は高い順に示すと, [1] 症状の程度 (85 点), [4] 日常生活障害の程度 (72 点), [3] 化学物質以外の物質に対する不耐性 (46 点) であり, [2] 化学物質に対する不耐性 (30 点) は中程度であり, 他の要因が引き金となる [5] マスキング指数 (5 点) は軽度であった.

[1] 症状の程度が 40 点以上かつ [2] 化学物質に

対する不耐性が 40 点以上の方は 化学物質過敏症の患者の疑いの非常に強い人であるが, 母親は [1] 症状の程度は 40 点以上であり, [2] 化学物質に対する不耐性は 40 点以上が重傷であるが, それに近い 30 点であった.

以上のことから, ソフトによる診断によると, 化学物質過敏症の患者の疑いの可能性が高い. それら化学物質過敏症に対応できる医療機関 (表 10 参照) は次のようであり, 診断を受ける必要がある.

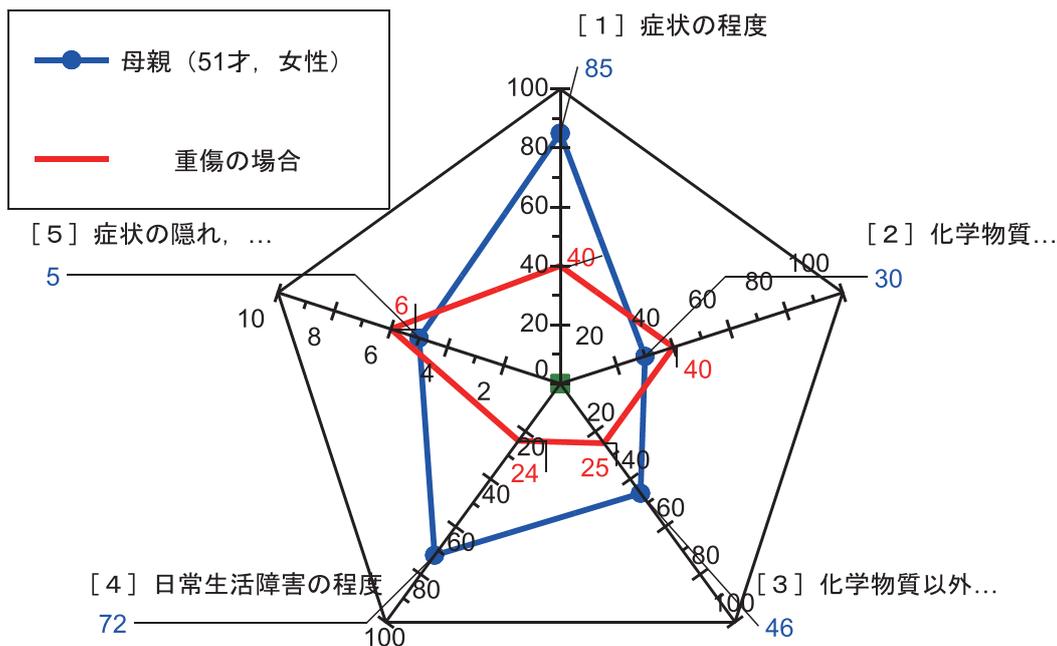


図3 化学物質過敏症用問診票の項目と評価 (TK 邸の母親 (51 才, 女性))

シックハウス(化学物質過敏症)の自己診断プログラム
シックハウス患者診断(QEESI)診断結果

- 化学物質暴露による反応は中程度(30点)です。 (表7の [2])
- その他の化学物質暴露による反応は重症(46点)です。 (表7の [3])
- 症状は重症(85点)です。 (表7の [1])
- マスク指数は軽度(5点)です。 (表8)
- 日常生活の障害は重症(72点)です。 (表7の [4])

診断結果・・・あなたは患者である可能性が非常に高いです。

アドバイス・・・シックハウス(化学物質過敏症)に対応できる医療機関での診察を受けることをおすすめします。

※問診内容はブラウザの[戻る]ボタンで戻ってから印刷できます。

[シックハウス体験記](#) - シックハウス基礎知識や診断法、治療法等の情報が満載!

図4 参考文献4)のソフトによる診断結果 (TK 邸の母親 (51 才, 女性))

表10 シックハウス症候群・化学物質過敏症に対応できる医療機関⁴⁾

国立大学法人 旭川医科大学病院	〒 078-8510 北海道旭川市緑が丘東 2 条 1-1-1 TEL : 0166-65-2111	
国立療養所盛岡病院	〒 020-0133 岩手県盛岡市青山 1-25-1 TEL : 019-647-2195	
かくたこども&アレルギークリニック	〒 985-0873 宮城県多賀城市中央 1-16-8 TEL : 022-368-7717	
青山内科小児科	〒 371-0844 群馬県前橋市古市町 350 TEL : 027-251-2861	
北里研究所病院	〒 108-8642 東京都港区白金 5-9-1 TEL : 03-5791-6135	◎
東京労災病院 ----- 環境医学研究センター (シックハウス科)	〒 143-0013 東京都大田区大森南 4-13-21 TEL : 03-3742-7301	
国立相模原病院	〒 252-0392 神奈川県相模原市南区桜台 18-1 TEL : 042-742-8311	
ふくずみアレルギー科	〒 540-0012 大阪市中央区谷町 1-5-6 TEL : 06-6940-2702	
関西労災病院	〒 660-8511 兵庫県尼崎市稲葉荘 3-1-69 TEL : 06-6416-1221	
南岡山病院アレルギー科	〒 701-0304 岡山県都窪郡早島町大字早島 4066 TEL : 086-482-1121	
国立病院機構 福岡病院	〒 811-1394 福岡市南区屋形原 4-39-1 TEL : 092-565-5534	
独立行政法人国立病院機構 高知病院	〒 780-8077 高知市朝倉西町 1-2-25 TEL : 088-844-3111	

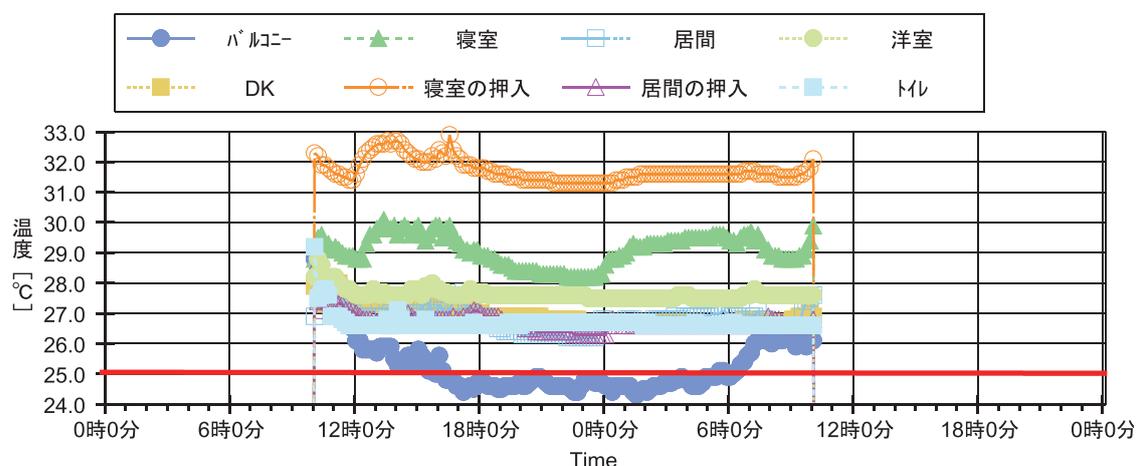
◎ : 化学物質過敏症の専門医療機関・専門科を有する病院

5.TK 邸のホルムアルデヒド・BTX 等の測定結果と考察

5-1. 温湿度

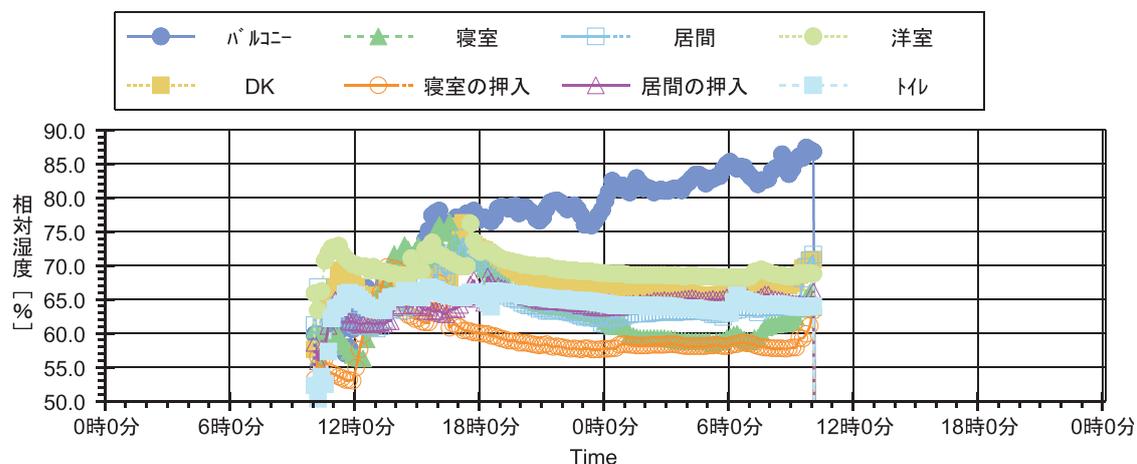
図5に室内外の温湿度を示す。温度の平均値が25°C以下ではないのでホルムアルデヒドの濃度補正を行う必要はない。なお、バルコニーは外気を示す。

温度 [°C]	バルコニー	DK	寝室	寝室の押入	居間	居間の押入	洋室	トイレ
最大値	28.8	28.4	30.1	32.9	28.6	28.5	28.8	29.2
平均値	25.3	26.9	29.1	31.7	26.8	26.7	27.6	26.7
最小値	24.3	26.6	28.2	31.3	26.2	26.3	27.5	26.6



a) 温度

相対湿度 [%]	バルコニー	DK	寝室	寝室の押入	居間	居間の押入	洋室	トイレ
最大値	87.4	76.3	76.4	69.8	74.1	68.4	76.2	66.8
平均値	77.0	67.5	63.6	59.2	64.4	64.3	69.5	64.3
最小値	57.0	57.6	53.0	53.0	60.7	55.9	63.4	50.3



b) 相対湿度

図5 室内外の温湿度 (TK 邸, いずれの温湿度も最大値・平均値・最小値を示す)

室内外の温湿度（平均値を使用）から不快指数 DI⁷⁾を算出してみた。表 11 に不快指数と体感、図 6 に高見邸における不快指数を示す。寝室の押入 (DI = 85.2) と「暑くてたまらない」と最も高い値を示している。他は DI は 75% 以下であり「暑くない」レベルである。

表 11 不快指数と体感⁷⁾

不快指数 DI	体感
～ 55	寒い
55 ～ 60	肌寒い
60 ～ 65	何も感じない
65 ～ 70	快い
70 ～ 75	暑くない
75 ～ 80	やや暑い
80 ～ 85	暑くて汗が出る
85 ～	暑くてたまらない

DI (= 0.81Td + 0.01H (0.99Td - 14.3) + 46.3
 なお, Td: 温度 [°C], H: 相対湿度 [%]

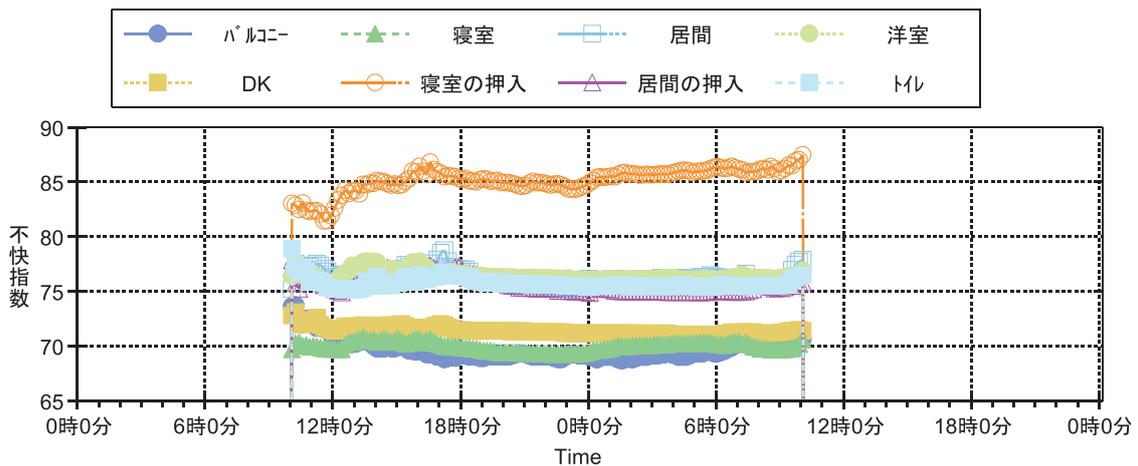


図 6 室内の不快指数 (TK 邸)

5-2. ホルムアルデヒドの放散量

表12にホルムアルデヒドの放散量と等級区分を示す。化学物質による室内空気汚染を防止するために、平成15(2003)年7月1日より改正建築基準法に基づくシックハウス対策が施行された。中でも、ホルムアルデヒドに関する規制では、建築材料の内装の仕上げの制限が行われ、ホルムアルデヒドの放散量に応じて、4つの区分に分類されている。

表12 ホルムアルデヒドの放散量と等級区分

ホルムアルデヒドの放散量	告示で定める建築材料		大臣認定を受けた建築材料	内装仕上げの制限
	名称	対応する規格		
5 $\mu\text{g} / (\text{m}^2 \cdot \text{hr})$	—	F☆☆☆☆	規制対象外とみなす	制限なし
5 ~ 20 $\mu\text{g} / (\text{m}^2 \cdot \text{hr})$ ※5は含まない。	第3種ホルムアルデヒド放散建築材料	F☆☆☆	第3種建築材料とみなす	使用面積を制限
20 ~ 120 $\mu\text{g} / (\text{m}^2 \cdot \text{hr})$ ※20は含まない。	第2種ホルムアルデヒド放散建築材料	F☆☆	第2種建築材料とみなす	
120 $\mu\text{g} / (\text{m}^2 \cdot \text{hr})$ ~ ※120は含まない。	第1種ホルムアルデヒド放散建築材料	無等級	—	使用禁止

※以下、F☆☆☆☆を黒色の字、F☆☆☆を橙色の字、F☆☆をピンク色の字、無等級を赤色の字で示す。

表13, 14, 図7に評価の高い柳沢センサー^{注1)}によるホルムアルデヒドの放散量の測定結果(建築材料, 日用品)を示す。ホルムアルデヒドの放散量は, 柳沢センサー(日本リビング(株)製)を用いて測定した。一つの建築材料または日用品につき3箇所以上の測定を行った。測定後に比色計で算出した。また, 表13, 14中の数値は6月25日10時から同日の約18時までの間に, 温湿度計及び気中濃度を測定する受動式サンプラーを取り付ける等した後に測定した。その間, 柳沢センサーを入れるために各室内の襖などを開けることもあった。それ以外には, 外気に面する窓及び各部屋毎の空気の移動がないよう襖を閉じた。但し, 押入の測定には通常, 襖1枚を全部, 開けた状態で生活していたので, その状態で測定した。次に, アンダーラインは, 6月25日18時から6月26日10時(16時間)の間は各部屋の襖及び押入の襖は閉じた状態で, 柳沢センサーで測定した。特に, 押入については襖を半分開けた状態と閉じた状態の比較を行った。

その結果, 建築材料に関しては無等級の最低値よりも放散量が多かったのは, ①寝室の押入の上部空間の合板表面(中板の上面), ②③寝室の畳表面(凹面)であった。次に, DKの床材であるフローリング表面であった。①が高かったのは築30年前の中板(合板)の上部にTK

邸の方が借りる平成22(2010)年にF☆☆☆☆の合板を重ね貼りしたためである。②についてはホルムアルデヒドを含有したものを置いていたことも考えられる。③については不明である。

また, 日用品に関しては無等級の最低値よりも放散量が多かったのは, 寝室の押入の上部空間の段ボール表面(押入から出して居間で測定), 敷き布団(奥様用), 掛け布団(奥様用), タオルケット①(洗濯後)であった。

表13 柳沢センサーによるホルムアルデヒドの放散量の測定結果(TK邸, 建築材料)

部屋名	建築材料	放散量 [$\mu\text{g} / (\text{m}^2 \cdot \text{hr})$]
		測定値
寝室	押入の合板表面(中板の上面)	16*, 1, 2, <u>193*</u> , <u>11</u> , ≤ 0
	押入の合板表面(奥板)	1, ≤ 0 (2箇所)
	押入の合板表面(側板)	≤ 0 (3箇所)
	襖(白)表面	1, ≤ 0 (2箇所)
	襖(紺)表面	≤ 0 (2箇所)
	畳表面(凹面)	1 (4箇所), <u>181</u> , <u>185*</u> , $\leq 0*$, ≤ 0 (2箇所), <u>20</u>
	畳表面(凸面)	≤ 0 (6箇所)
居間	畳表面(凹面)	≤ 0 (3箇所)
	畳表面(凸面)	3, ≤ 0 (2箇所)
DK	フローリング表面	<u>171</u> , <u>169</u> (2箇所), ≤ 0

- 1) *は, DKの椅子に掛け易かったので, 石田氏が置いた。
- 2) アンダーラインは, 6月25日18時から6月26日10時(16時間)の間は各部屋の襖及び押入の襖は閉じた状態にした。
- 3) アンダーラインのない部分は, 6月25日10時から同日の約18時までの間に, 外気に面する窓や各部屋毎の空気の移動がないよう襖を閉じた状態とした。また, 押入を測定の際には襖1枚を全部, 開けた状態にした。

表 14 柳沢センサーによるホルムアルデヒドの放散量の測定結果 (TK 邸, 日用品)

部屋名	日用品	放散量 [$\mu\text{g} / (\text{m}^2 \cdot \text{hr})$]		
		測定値		
寝室	押入の上部空間の段ボール表面	3 (3箇所), 4, < 0 (押入の上部空間 (中板の上面) の上で測定, 写真5参照) 198 (押入から出して居間で測定)		
	雑誌① (小学館コミック少年サンデーの2010年6月30日号) 側面	6, 5, 3		
	雑誌② (小学館コミック少年サンデー2010年6月23日号) 側面	2, 6, < 0		
	雑誌①表面	< 0 (3箇所)		
	ベッドマット (黒) 表面	3, 2, < 0		
	ベッドシート	5, < 0 (2箇所)		
	敷き布団 (奥様用)	196, < 0 (2箇所) (ベッドの上で測定)		
	掛け布団 (奥様用)	193, 177, < 0 (ベッドの上で測定)		
	Tシャツ (奥様用)	3, < 0 (2箇所)		
	タオルケット①	洗濯前	4, 3, < 0 (DKの椅子*の上で測定)	
		洗濯後	190, < 0 (2箇所) (DKの椅子*の上で測定)	
	タオルケット②	洗濯前	9, < 0 (2箇所) (DKの椅子*の上で測定)	
		洗濯後	< 0 (3箇所) (DKの椅子*の上で測定)	
	枕カバー	3, < 0 (2箇所)		

- ※は、DKの椅子に掛け易かったので、石田氏が置いた。
- アンダーラインは、6月25日18時から6月26日10時(16時間)の間は各部屋の襖及び押入の襖は閉じた状態にした。
- アンダーラインのない部分は、6月25日10時から同日の約18時までの間に、外気に面する窓や各部屋毎の空気の移動がないよう襖を閉じた状態とした。また、押入を測定の際には襖1枚を全部、開けた状態にした。

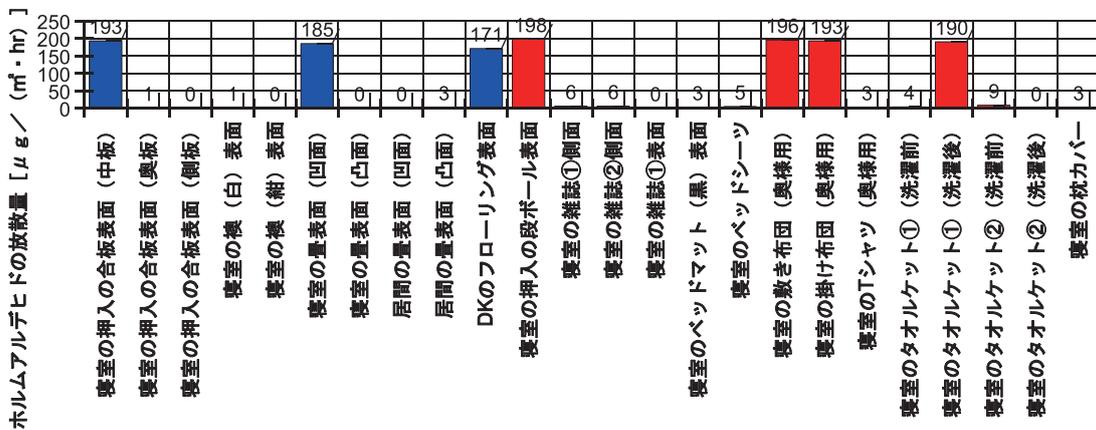


図 7 ホルムアルデヒドの放散量の最大値 (青色: 建築材料, 赤色: 日用品)

5-3. 気中濃度 (空気中内の濃度測定, 各部表面からの濃度ではない, 表 15 参照)

化学物質の捕集法としては受動式サンプラーを用いており, 分析方法としてはホルムアルデヒドの濃度はTEA (トリエタノールアミン) 添着シリカゲル充填管にて水抽出のAHMT (4-アミノ-3-ドラジノ-5-メルカプト-1,2,4トリアゾール溶液) 吸光度法であり, BTXの濃度は粉状活性炭充填管にて二硫化炭素抽出のGC (ガスクロマトグラフ) 法である. いずれも柴田科学(株)製である.

現在の厚生労働省の指針値は13物質の化学物質が対象となっているが, 本測定で分析できる化学物質は3種類であり, それらの指針値を示すと, ホルムアルデヒドで0.08ppm, ベンゼンは指針値がなく, トルエンで0.07ppm, キシレンで0.20ppmである5).

写真2~8に測定中の部屋の写真と化学物質の濃度と温湿度を示す.

5-3-1. ホルムアルデヒド

バルコニー(外気), 寝室, 寝室の押入の上部空間, 居間, 居間の押入の上部空間, 洋室, トイレでは, 検出限界以下 (< 0.001ppm) であった. また, ホルムアルデヒド (1頁に記載した合板, 壁紙, 接着剤等) の放散量が著しく多かったDKのフローリング表面 (無等級相当) でも, DKの気中濃度は0.001ppmと低く, 寝室の押入の上部空間の合板表面 (中板の上面) や寝室の畳表面 (凹面) は無等級相当でも, 寝室の押入や寝室の気中濃度は検出限界以下 (< 0.001ppm) であった.

5-3-2. BTX等

測定した全ての部屋 (押入を含む) でベンゼン (1頁に記載した溶剤, 洗浄剤) 及びトルエン (1頁に記載した塗料, ワックス等) の気中濃度は低く, キシレン (1頁に記載した塗料, ワックス等) の気中濃度は検出限界以下 (< 0.001ppm) であった. また, パラジクロロベンゼン (1頁に記載した防虫剤) 及びエチルベンゼン (1頁に記載した塗料, 接着剤等) の発生はなかった.

表 15 受動式サンプラーによる気中濃度 (TK 邸)

部屋名	ホルムアルデヒド	ベンゼン	トルエン	キシレン
バルコニー (外気)	< 0.001ppm	0.003ppm	0.003ppm	< 0.001ppm
DK	0.001ppm	0.002ppm	0.001ppm	< 0.001ppm
寝室 (和室)	< 0.001ppm	0.002ppm	0.002ppm	< 0.001ppm
寝室の押入の上部空間	< 0.001ppm	< 0.001ppm	0.004ppm	< 0.001ppm
居間 (和室)	< 0.001ppm	0.005ppm	0.004ppm	< 0.001ppm
居間の押入の上部空間	< 0.001ppm	0.004ppm	0.001ppm	< 0.001ppm
洋室	< 0.001ppm	0.003ppm	0.002ppm	< 0.001ppm
トイレ	< 0.001ppm	0.003ppm	0.003ppm	< 0.001ppm

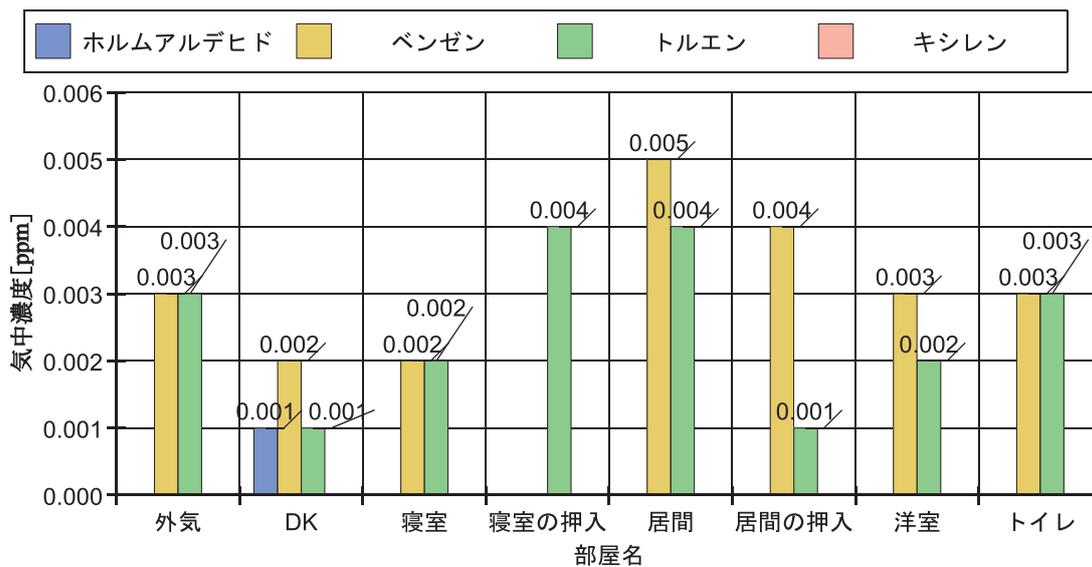


図8 受動式サンプラーによる気中濃度 (TK 邸)

※ TK 邸では、パラジクロロベンゼン及びエチルベンゼンの発生はなかった。



写真2 バルコニー (外気)

ホルムアルデヒド : < 0.001ppm,
 ベンゼン : 0.003ppm,
 トルエン : 0.003ppm,
 キシレン : < 0.001ppm,
 パラジクロベンゼン : 発生なし
 エルベンゼン : 発生なし
 平均温度 : 25.3℃,
 平均湿度 : 77.0%

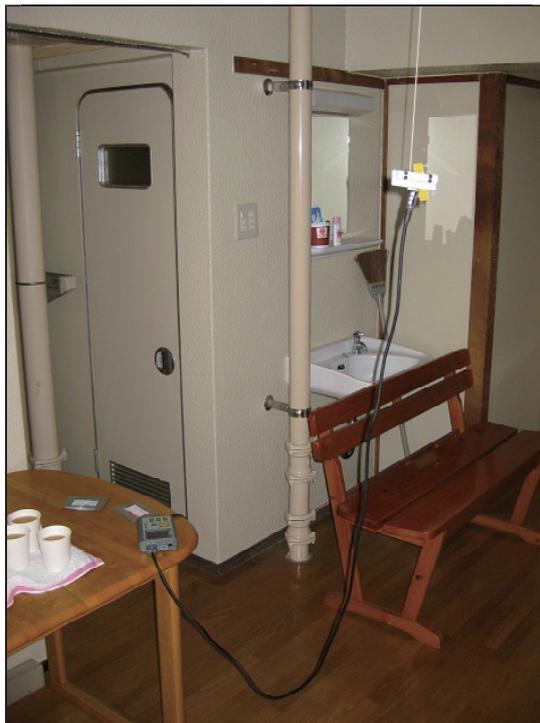


写真3 DK

ホルムアルデヒド : 0.001ppm,
 ベンゼン : 0.002ppm,
 トルエン : 0.001ppm,
 キシレン : < 0.001ppm,
 パラジクロベンゼン : 発生なし
 エルベンゼン : 発生なし
 平均温度 : 26.9℃,
 平均湿度 : 67.5%

※ホルムアルデヒド・ベンゼン・トルエン・キシレンの濃度は、平均値で示す。



写真4 寝室 (和室)

ホルムアルデヒド : < 0.001ppm,
 ベンゼン : 0.002ppm,
 トルエン : 0.002ppm,
 キシレン : < 0.001ppm,
 パラジクロロベンゼン : 発生なし
 エチルベンゼン : 発生なし
 平均温度 : 29.1℃,
 平均湿度 : 63.6%



写真5 寝室の押入の上部空間

ホルムアルデヒド : < 0.001ppm,
 ベンゼン : 0.010ppm,
 トルエン : 0.004ppm,
 キシレン : < 0.001ppm,
 パラジクロロベンゼン : 発生なし
 エチルベンゼン : 発生なし
 平均温度 : 31.7℃,
 平均湿度 : 59.2%

※ホルムアルデヒド・ベンゼン・トルエン・キシレンの濃度は、平均値で示す。



写真6 居間（和室）

ホルムアルデヒド : < 0.001ppm,
 ベンゼン : 0.005ppm,
 トルエン : 0.004ppm,
 キシレン : < 0.001ppm,
 パラジクロロベンゼン : 発生なし
 エルベンゼン : 発生なし
 平均温度 : 26.8℃,
 平均湿度 : 64.4%



写真7 居間の押入の上部空間

ホルムアルデヒド : < 0.001ppm,
 ベンゼン : 0.004ppm,
 トルエン : 0.001ppm,
 キシレン : < 0.001ppm,
 パラジクロロベンゼン : 発生なし
 エルベンゼン : 発生なし
 平均温度 : 26.7℃,
 平均湿度 : 64.3%

※ホルムアルデヒド・ベンゼン・トルエン・キシレンの濃度は、平均値で示す。



写真8 洋室

ホルムアルデヒド : < 0.001ppm,
ベンゼン : 0.003ppm,
トルエン : 0.002ppm,
キシレン : < 0.001ppm,
パラジクロロベンゼン : 発生なし
エチルベンゼン : 発生なし
平均温度 : 27.6℃,
平均湿度 : 69.5 %



写真9 トイレ

ホルムアルデヒド : < 0.001ppm,
ベンゼン : 0.003ppm,
トルエン : 0.003ppm,
キシレン : < 0.001ppm,
パラジクロロベンゼン : 発生なし
エチルベンゼン : 発生なし
平均温度 : 26.7℃,
平均湿度 : 64.3 %

※ホルムアルデヒド・ベンゼン・トルエン・キシレンの濃度は、平均値で示す。

6. 考察

TK邸におけるヒアリング、4種類のアンケート調査、ホルムアルデヒドの放散量、特定の化学物質の気中濃度の実験を行った。得られた結果を以下に列記する。

- 1) アンケート調査から建物の診断（汚染度チェック、問診票）と住まい手の診断（健康チェック、問診票）を行った。母親は、通常の生活で換気小窓（寝室、居間、洋室の3箇所）を開けると共に極力、窓開放等による室内の換気に気を付けている生活を行っている。しかし、そのように工夫しているにも関わらず、建物と住まい手の診断が危険な状態にあった（第3段階と第4段階）（表3～6参照）。さらに、化学物質過敏症の患者である可能性が高いことが分かった（表6、図3、4参照）。そこで、化学物質過敏症に対応できる医療機関での診断と共に、治療を受ける必要がある（表10参照）。
- 2) ホルムアルデヒドおよびBTX（ベンゼン、トルエン、キシレン）の気中濃度は、低い濃度（写真2～8参照）であり、パラジクロロベンゼン（2010年5月17日に撤去した畳下の化学物質＝別名：パラゾール、表2参照）及びエチルベンゼンの発生はなかった。という事は気中濃度は、床・壁・天井の建築材料及び日用品から発生したものを室内の中央で測定するものであるため低かったと言える。別の言い方をすれば、各々から発生している化学物質が空気中に混じって濃度が低くなると考えられる。
- 3) 人間は濃度の高い床面で寝たり、座ったり、また、押入内のものを体のそばに置いていたら、その化学物質を吸うことによって、人体に有害を起こすこともあり得る。そこで、評価の高い柳沢センサーを使用して建築材料及び日用品の表面からホルムアルデヒドがどの程度の放散量になるかを測定した。

A) 建築材料について

平成15（2003）年7月1日より改正建築基準法に基づくシックハウス対策が施行された。中でもホルムアルデヒドに関する規定では、建築材料の内装の仕上げの規定が行われ、ホルム

アルデヒドの放散量に応じて、4つの区分に分類されている。その中の放散量の多い無等級の最低値より高い材料は次のものである（表12、13）。いずれも何箇所か測定して高い値で判定した。

- a) 寝室の押入の上部空間の合板表面（中板の上面）
- b) 寝室の畳表面（凹面）
- c) DKの床材であるフローリング表面

その理由については次のようである。a)については築30年前の中板（合板）の上部にTK邸の方が借りる平成22（2010）年にF☆☆☆☆の合板を重ね貼りしたためである。b)についてはホルムアルデヒドを含有したものを置いていたことも考えられる。c)については不明である。

B) 日用品について

表13から同様に建築材料に照らし合わせて放散量の多い無等級で示せば次のものである。いずれも2～3箇所か測定して最も高い値を示す。

- a) 寝室の押入の上部空間にある段ボール表面（押入から出して居間で測定、表14の押入内の段ボールでも放散されていない箇所もある。ホルムアルデヒドが高いのは表13の押入の上部空間にある合板表面（中板の上面）付近に入っているものと考えられる。
- b) 寝室内の敷き布団（奥様用）、掛け布団（奥様用）（ベッドの上で測定）
- c) 寝室内のタオルケット①（洗濯後）（DKの椅子の上で測定）

- 4) ヒアリングから、以前の畳と床の間にあった化学物質（ナフタレン）^{注2)}を多量に曝露して、化学物質過敏症の状態になったのではないかと推察される。現在の建物に住み続ける場合は、患者が危惧しているナフタレンの問題を解決しなければならない。そこで、衣類に対するナフタレンの臭いを除去する方法⁹⁾があるので、それらをヒントに建物の場合を検

表16 ナフタレンの臭いを除去する方法

①	衣類	風通しの良いところに陰干しにする ⁹⁾ 。
	建物	窓開放による通風 ^{注3)} → OK
②	衣類	ビニール袋に衣類と冷蔵庫用脱臭剤を入れて1日間位、密閉しておく ⁹⁾ 。
	建物	空気清浄機による分解 ^{注4)} → OK（寝室に設置する）
③	衣類	スチームアイロンから出る蒸気を浮かし掛けする ⁹⁾ 。
	建物	加湿器による加湿 → 住宅内では他の黴の発生などがあるので勧められない

討してみた。以下の①と②の併用が望ましいと思われる(表16参照)。ナフタレンが衣類に移染(移り染めること)した恐れのある場合は、表14の洗濯後に示すように、水洗いではなく、①~③の方法で除去する必要がある。

注

- 1) 柳沢センサーの干渉ガスの影響は、トルエンやキシレンには全く干渉せず、アセトアルデヒドに多少干渉を受けることがあるが非常に小さいとのことであった。他の化学物質による干渉の影響は不明であった⁶⁾。
- 2) 畳床製造時(畳の芯材)の薬剤にはダニの繁殖防止のためにナフタレンが投入されたり、防虫紙・防虫シート・防虫剤には有機リン系薬剤等の農薬やナフタレン、ピレスロイドを使用する¹⁰⁾。また、粉末ナフタレン(一枚あたり30g程度)を畳の下に敷き込むこともある¹¹⁾。
- 3) 寝室を物置空間にする。洋室の物は全て寝室へ移動し、洋室を居室にする。寝室は常に通風のある状態にして、化学物質を希釈させる方法が望ましいと思われる。寝室を常に通風のある状態とは、①家に居る時は防犯性を確保しながら玄関ドアを半開きにしておくこと、②廊下と寝室の間の襖は開けておくこと、③廊下と居間の襖は締めておくこと、④寝室のサッシは半

- 開きにしておくこと、⑤寝室の押入の襖を取り外して押入内に風を通すこと(図9参照)が必要である。
- 4) ストリーマ放電技術は、放電現象により、活性種を発生させる技術。商品名「フラッシュストリーマ光クリエール」は、強力な酸化分解力を持つ活性種を空気清浄機内に発生させ、臭いや有毒ガスを素早く分解する。さらに活性種は光触媒チタンアパタイトやストリーマ脱臭触媒を活性化。臭い成分や花粉・ダニ等のアレルギー物質28種類、花粉症を悪化させると言われる有害ガス成分19種類(ディーゼル粉塵(DEP)、ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン、ナフタリン、iso-ブタノール、トリクロロエチレン、NO_x(窒素酸化物)、酢酸エチル、ヘキサン、ノナン、トリメチルベンゼン、ホルムアルデヒド、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン、クロロホルム、ジクロロエタン)までも分解除去できる(図10参照)¹¹⁾。

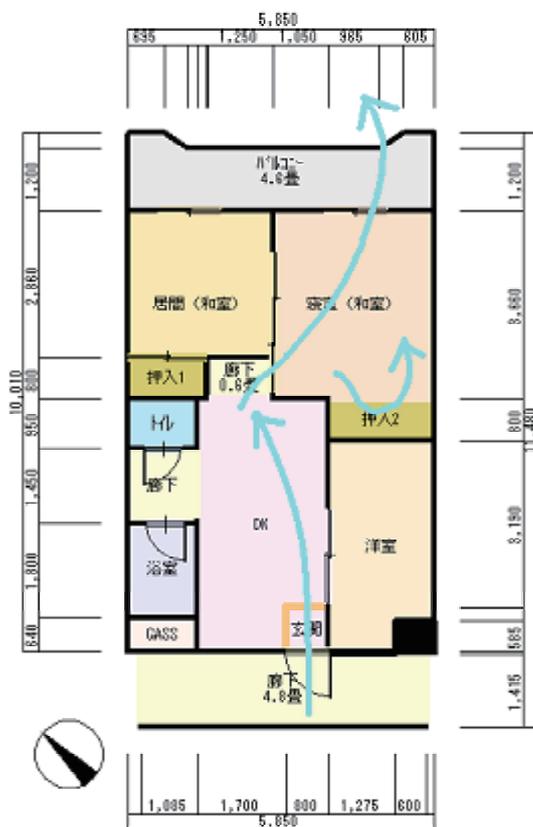


図9 換気による対策例 (TK邸)

図 10 空気清浄機の構造¹¹⁾

参 考 文 献

- 1) 能登春男, 能登あきこ著: 住まいの汚染度完全チェック, (株)情報センター出版局, 1997年5月15日, 総236頁
- 2) <http://news-sv.aij.or.jp/iapoc/kanisindan.htm> (社)日本建築学会の室内化学物質空気汚染調査研究委員会のホームページ)の「問診票」
- 3) 日本建築学会編: シックハウス対策のバイブル, (株)彰国社, 2003年7月10日, 総203頁
- 4) <http://www.shoptasa.com/checker/sickhouse.cgi> (シックハウス症候群の体験記-DIYで解決のホームページ)
- 5) <http://www.i-kankyo.com/pages/sokutei2.htm> (環境技術センターのホームページ)
- 6) 独立行政法人 産業技術総合研究所の篠原直秀氏からの返信メール (2010年7月7日受け)
- 7) <http://ja.wikipedia.org/wiki/> (ウィペギア フリー百科事典のホームページ)
- 8) 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
- 9) <http://ansin-t.jp/p4.sokutei.zigyuu.tatamimondai.htm> (住環境改善・研究室のホームページ)
- 11) <http://www.tcat.ne.jp/~ttm-arai/dani/kekka.htm> (テプコテープテレビのホームページ)
- 10) <http://www.bob-an.com/useful/brains/hints.asp?KeyNo=L1342&PG=17304208> (暮らしの知恵袋のホームページ)
- 12) <http://aircity.daikin.com/digest/technology/product/air-cleaner.html> (ダイキン工業株式会社のホームページ, "空気清浄機「フラッシュストリーマ光クリエール」")

謝 辞

本研究に当たり御協力を頂いた本大学工学部の建築学科の4年生の仁科和也君に感謝すると共に, ここに記して謝意を表す。