

第3章 新築集合住宅における室内空気質調査

d サンプリングをした居間での測定時の生活について

質問	回答 (302号室)	回答 (202号室)	回答 (103, 303号室)
測定中、4時間以上在室された方の人数	4人	0人	0人
使用した換気設備	24時間 換気システム	24時間 換気システム	なし
総換気時間	24時間	24時間	0時間
測定中のタバコを吸われた方はいるか	有、5~10本	無	無
測定中、アルコールを飲まれた方はいるか	有、少量	無	無
測定中の清掃	有	無	無
測定中の化粧品使用	有	無	無

e サンプリングをした洋室での日常の生活について

質問	回答 (302号室)	回答 (202号室)	回答 (103, 303号室)
部屋のある階	3階	2階	1, 3階
部屋の広さ	7.4帖	7.4帖	7.4帖
床の仕上げ(外表面)	フローリング	フローリング	フローリング
壁の仕上げ(外表面)	ビニールクロス	ビニールクロス	ビニールクロス
天井の仕上げ(外表面)	ビニールクロス	ビニールクロス	ビニールクロス
部屋にある製造2ヶ月以内の木製または プラスチック製の家具の個数	2個	0個	0個
日常の清掃の頻度	週3~6回		
日常の意識的換気	有	有	無
日常、タバコを吸われる方はいるか	無	無	無
日常、アルコール類を飲まれる方はいるか	無	無	無
日常の化粧品使用	無	無	無

f サンプリングをした洋室での測定時の生活について

質問	回答 (302号室)	回答 (202号室)	回答 (103, 303号室)
測定中、4時間以上在室された方の人数	1人	0人	0人
使用した換気設備	24時間 換気システム	24時間 換気システム	なし
総換気時間	24時間	24時間	0時間
測定中のタバコを吸われた方はいるか	無	無	無
測定中、アルコールを飲まれた方はいるか	無	無	無
測定中の化粧品使用	無	無	無

表3-7 302号室の住まい手についてのヒアリング結果

質問		回答			
性別		男性	女性	女性	女性
年齢		40代	30代	10代	10歳未満
家の滞在時間[時間]	平日	6~11	6~11	12~19	12~19
	休日	6~11	6~11	12~19	12~19
家の周囲(屋外)の空気が 汚れていると感じるか		少し 汚れている	少し 汚れている	少し 汚れている	少し 汚れている
どんな汚れか		工場の ばい煙	工場の ばい煙	工場の ばい煙	工場の ばい煙
家の周囲(屋外)の不快感におい		無	少しする	少しする	少しする

第3章 新築集合住宅における室内空気質調査

3-3-2 温湿度測定

各住居における実測中の平均温湿度を表 3-8 に示す。

表 3-8 温湿度測定結果

測定箇所		平均温度 [°C]	最高温度 [°C]	最低温度 [°C]	平均湿度 [%rh]	
103号室 (未居住 換気なし)	居間	気中	欠測			
		床	29.0	30.3	28.4	76
		壁	29.3	31.1	28.6	77
		天井	欠測			
	洋室	換気	28.1	31.0	26.8	77
		気中	欠測			
		床	28.0	29.5	27.8	81
		壁	欠測			
		天井	28.8	29.6	28.5	85
		換気	27.6	29.3	26.7	80
		外気	30.2	36.4	25.7	65
202号室 (未居住 換気あり)	居間	気中	29.6	30.6	28.7	79
		床	欠測			
		壁	29.7	31.1	29.0	75
		天井	30.5	31.9	29.6	72
	洋室	換気	29.8	31.3	28.7	75
		気中	29.0	30.2	28.5	79
		床	28.9	30.2	28.6	81
		壁	29.2	30.4	28.7	79
		天井	29.2	30.8	28.8	81
		換気	29.0	30.2	28.5	74
		外気	欠測			
302号室 (居住済 換気あり)	居間	気中	28.9	31.0	25.4	67
		床	未測定			
		換気	27.7	31.0	24.6	68
	洋室	気中	29.0	30.5	26.8	69
		床	未測定			
303号室 (未居住 換気なし)	居間	換気	27.6	30.5	24.8	69
		気中	31.3	32.7	30.3	77
		床	31.2	32.2	30.3	68
		壁	欠測			
	洋室	天井	31.3	33.1	30.5	72
		換気	29.3	32.7	27.3	78
		気中	30.2	31.0	29.8	75
		床	29.8	30.3	29.5	79
		壁	欠測			
		天井	欠測			
換気	28.6	31.0	27.2	74		
外気	28.7	35.3	25.3	72		

3-3-3 気中濃度測定

(1) カルボニル化合物

ホルムアルデヒド・アセトアルデヒド・アセトンの全住居の気中濃度測定結果を図3-7に示す。

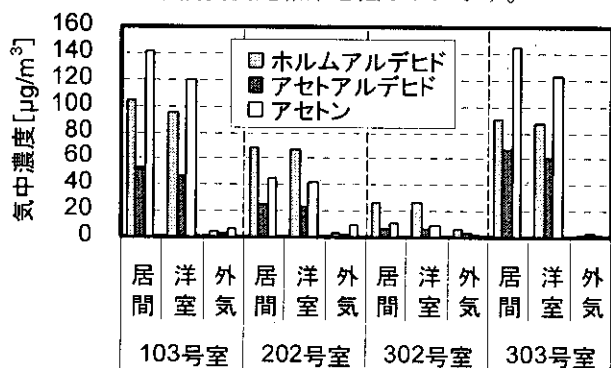


図3-7 カルボニル化合物気中濃度測定結果

202, 302号室は103, 303号室と比べて全物質とも気中濃度が低くなっていた。これは換気設備の有無による影響であり、24時間換気システムによる汚染化学物質気中濃度の低減が確認された。また、202, 302号室を比較すると302号室のほうが低くなっていた。これは302号室には居住者がいたため、換気設備の換気他に、窓やドアの開閉による換気が加わっていたことによると言える。

また、未入居で換気設備がない住居において、ホルムアルデヒドの気中濃度が103号室居間で104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、洋室で95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、303号室居間で91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、洋室で88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっており、厚生労働省指針値である100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える、もしくはそれに近い値であった。アセトアルデヒドにおいても103号室居間で53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、洋室で47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、303号室居間で66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、洋室で61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっており、指針値である48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える値を示していた。アセトンについては、指針値は策定されていないが、103, 303号室において3物質中で最も高濃度であり、120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えていた。一方で、換気設備を備えた202, 302号室ではホルムアルデヒド濃度を下回っていた。

よって、換気設備のない住居の場合、入居前や入居時に窓やドアを開放し、十分に室内の換気をし、入居後も換気を心掛ける必要がある。

日程と、環境から考え、302, 303号室は同じ3階として外気は2件でサンプラー1本とした。

(2) VOCs

分析により得られた結果のうち、厚生労働省により指針値が策定されている、トルエン・エチルベンゼン・キシレン・スチレン・p-ジクロロベンゼンの5物質を考察対象物質とした。外気及び各住居における気中濃度測定結果を図3-8に示す。

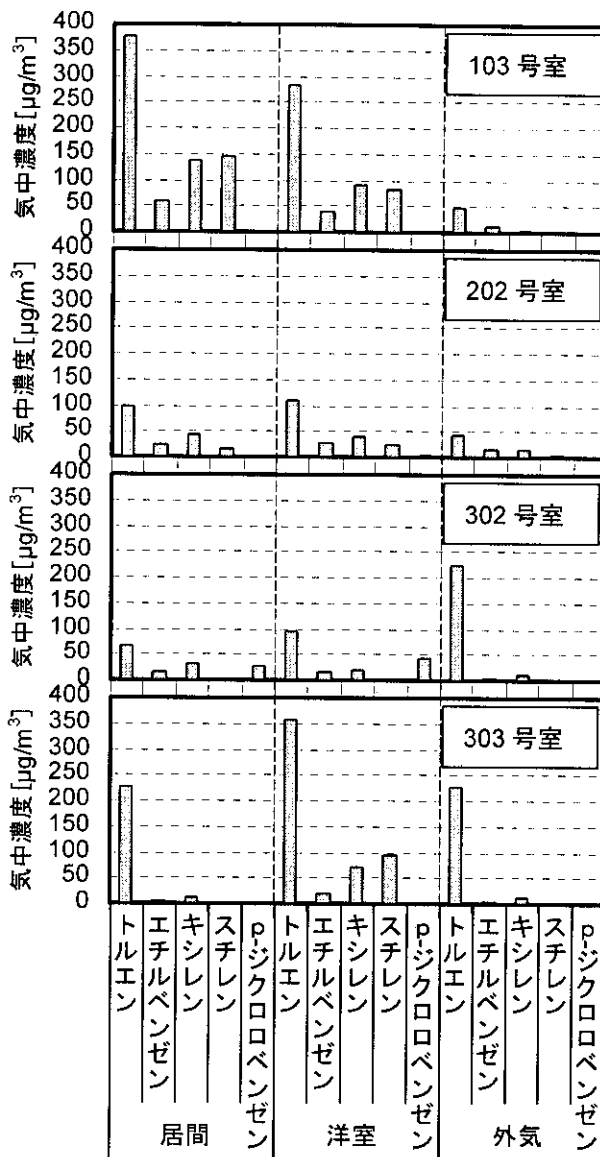


図3-8 VOCs 気中濃度測定結果

いずれの測定室においても、トルエンの濃度が最も高い値を示し、103, 303号室の洋室では厚生労働省指針値260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた。一方で、換気設備のある202, 302号室では低濃度であり、換気による濃度低減効果が確認された。エチルベンゼン(指針値3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )、キシレン(指針値870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )、スチレン(指針値220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )、p-ジクロロベンゼン(指針値240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )は、いずれの住居、いずれの室においても厚生労働省指針値を大きく下回っていた。また、1, 2階と比べて、3階の外気濃度が高い値を示した。これは測定日の相違によるものであると考えられる。

また、p-ジクロロベンゼンとベンゼン(居間10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、洋室336 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )が302号室からのみ検出されたことから、居住者の持ち込み物からの放散が考えられる。

日程と、環境から考え、302, 303号室は同じ3階として外気は2件でサンプラー1本とした。

(3) 厚生労働省指針値との比較

実測から得られた気中濃度と厚生労働省指針値とを比較したグラフを、ホルムアルデヒドに関しては図 3-9、アセトアルデヒドに関しては図 3-10、トルエンに関しては図 3-11 にそれぞれ示す。各物質の指針値を 100 とした場合の気中濃度の値を割合で示したものである。

各物質とも換気設備のない 103, 303 号室で高い気中濃度を示したのは前述のとおりだが、ホルムアルデヒド・アセトアルデヒド・トルエンに関しては指針値を上回る、もしくはそれに近い値であった。また、気中濃度の結果でも示したが、302 号室で低濃度であるものの、p-ジクロロベンゼンが検出された。302 号室は唯一居住者のいる室であることから、居住者の持ち込み物や生活活動が気中濃度に影響を及ぼした可能性が高いことが伺える。生活活動調査でも、居住者が測定中に化粧品を使用しているなど、他室には見られない因子があるため、気中濃度に反映したと考えられる。

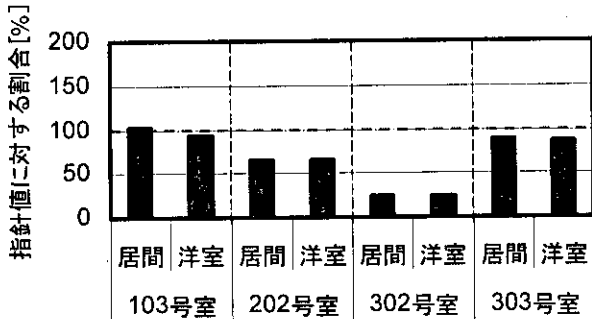


図 3-9 ホルムアルデヒド・指針値との比較

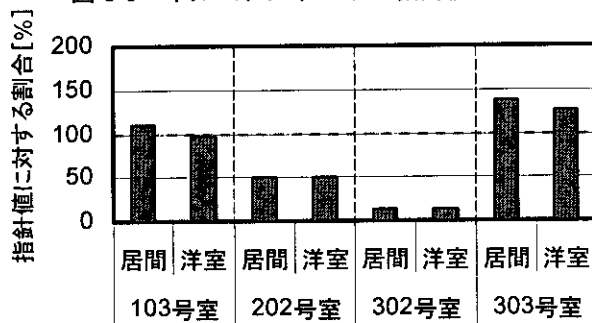


図 3-10 アセトアルデヒド・指針値との比較

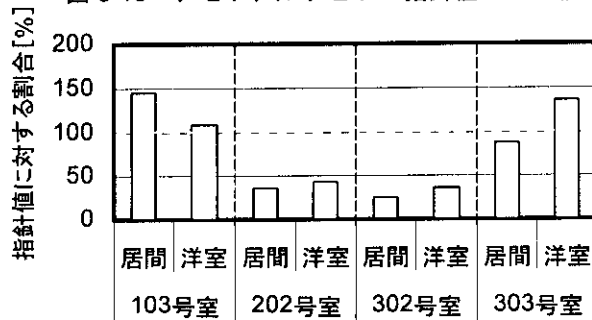


図 3-11 トルエン・指針値との比較

3-3-4 部位別放散速度測定

(1) カルボニル化合物

全住居の床・壁・天井の部位別放散速度測定結果のうちホルムアルデヒド・アセトアルデヒドの結果をそれぞれ図 3-12~14 に示す。

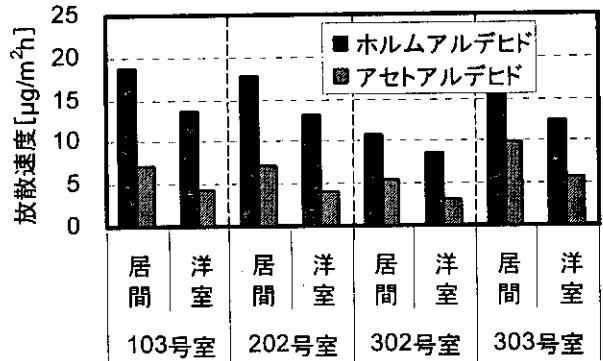


図 3-12 床・放散速度測定結果

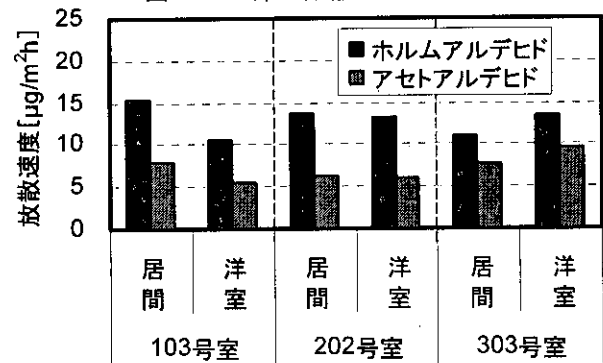


図 3-13 壁・放散速度測定結果

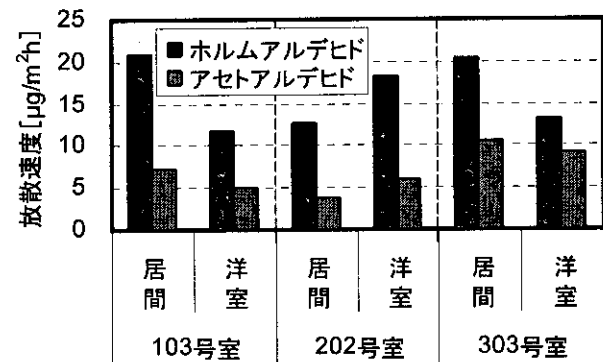


図 3-14 天井・放散速度測定結果

居住者がおり、換気設備のある 302 号室の床は、他の住居に比べて放散速度が低くなっている。これは、人が生活し、日常換気がされているので、他の住居の建材より、建材内の化学物質の測定時までの積算放散量が多いということが考えられる。また 103 号室の洋室の床材は他の住居の床材よりも化学物質の放散が抑えられた建材を使用していたが、同条件下の 103 号室の洋室と 303 号室の洋室を比較してみると、大きな違いは見られなかった。

(2) VOCs

考察対象物質は気中濃度測定結果と同様に、トルエン・エチルベンゼン、キシレン、スチレン、p-ジクロロベンゼンの5物質とした。各測定室における床の放散速度測定結果を図3-15に、壁の放散速度測定結果を図3-16に、天井の放散速度測定結果を図3-17に示す。

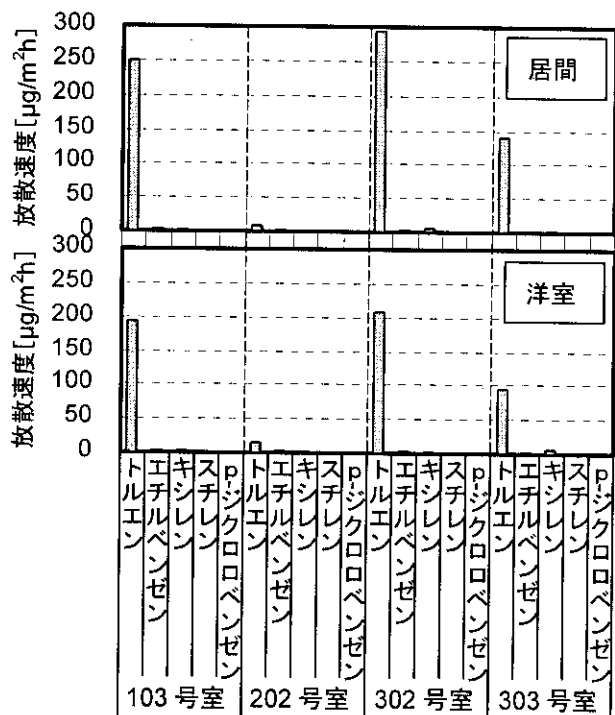


図 3-15 床・放散速度測定結果

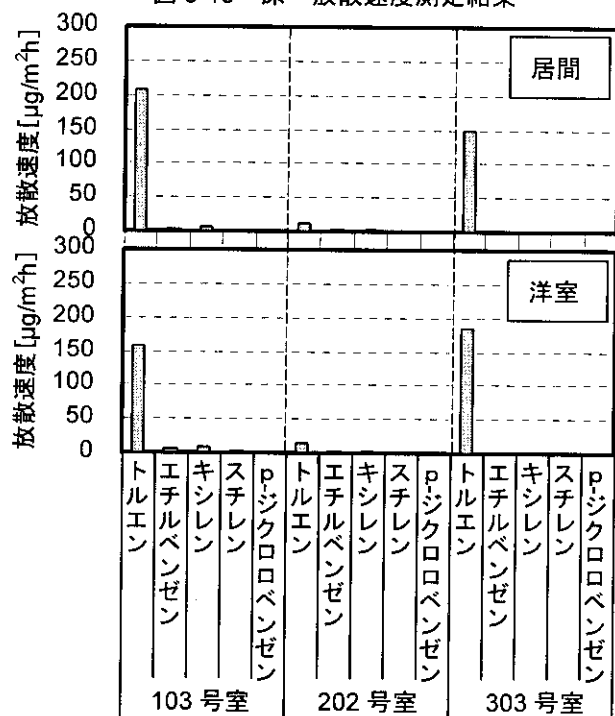


図 3-16 壁・放散速度測定結果

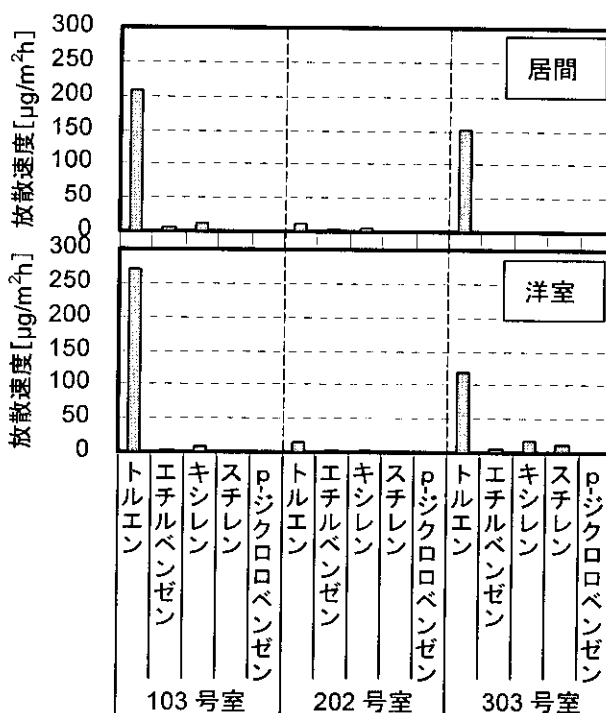


図 3-17 天井・放散速度測定結果

202号室において、103号室及び303号室と比較して、居間・洋室とも各部位の放散速度が低い値を示した。これは、24時間換気システムによる換気が行われ、他の住居の建材より、建材内における化学物質の測定時までの積算放散量が多いということが考えられる。また、全室において、居間・洋室ともに気中濃度が高かったトルエンの放散速度が最も高い値を示した。さらに、居住済みの302号室において、換気設備を備えた103, 303号室よりも床のトルエン放散速度が高くなっていったことから、床表面に美装用の塗料が塗られていた可能性がある。以上のことから、一旦、放散速度が低くなっても生活用品により、放散速度が再び高くなる恐れがある。

103号室の洋室の床材は低放散建材が用いられていたが、303号室と比べて高くなっていった。しかし、103号室の居間と比べると低くなっており、効果が若干見られた。

(3) 寄与率

放散速度と各部位の表面積から、気中濃度への予測される各部位の寄与率を算出した。ここでいう寄与率とは測定室内の全放散量に対する各部位放散量の割合のことであり、式(3-1)より求めた。表3-9に測定対象室の各部位表面積を示す。

$$R_N = \frac{EF_N \times S_N}{EF_F \times S_F + EF_W \times S_W + EF_C \times S_C} \quad \dots (3-1)$$

$EF_N$ : 部位別放散速度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ ]  
 $S_N$ : 部位別表面積 [ $\text{m}^2$ ]  
 $R_N$ : 寄与率 [%]

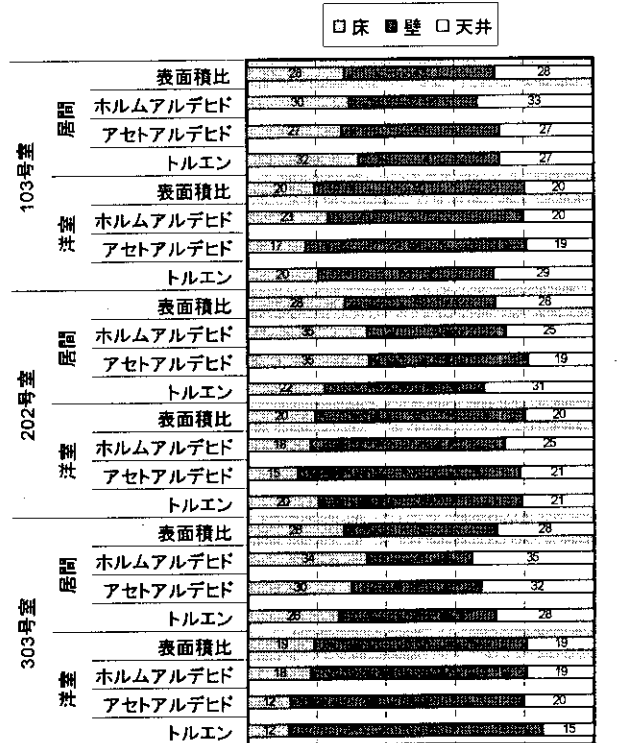
$N$ 
{
 $F$ : 床  
 $W$ : 壁  
 $C$ : 天井

表 3-9 各部位表面積

	床 [ $\text{m}^2$ ]	壁 [ $\text{m}^2$ ]	天井 [ $\text{m}^2$ ]
居間	16.26	24.74 (26.38)	16.26
洋室	11.06	34.08 (35.39)	11.06

( ) は 302, 303 号室

カルボニル化合物では、ホルムアルデヒド・アセトアルデヒドの2物質を、VOCs ではトルエンを考察対象とした。寄与率と表面積比を図3-18に示す。



0% 20% 40% 60% 80% 100%  
 図 3-18 寄与率

居間においては各部位の表面積比と各物質の寄与率はほぼ同様の傾向を示した。また洋室では、カルボニル化合物においては表面積比とほぼ同様な結果が得られたが、VOCs に関しては、床の割合が壁、天井の割合と比較して低く、VOCs は壁材、天井材のビニルクロスが主な放散源であると考えられる。

3-3-5 アクティブ・パッシブ測定結果比較

(1) 気中濃度測定結果

① カルボニル化合物

外気及び各室ごとのパッシブ・アクティブ気中濃度測定結果比較を図3-19~22に示す。

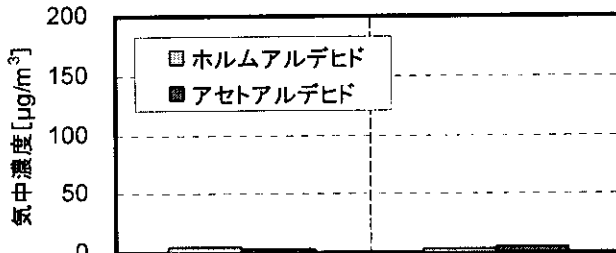


図 3-19 外気気中濃度比較

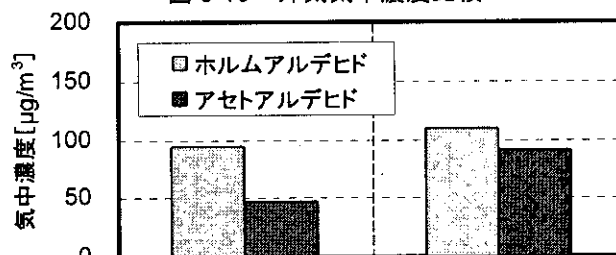


図 3-20 103号室気中濃度比較

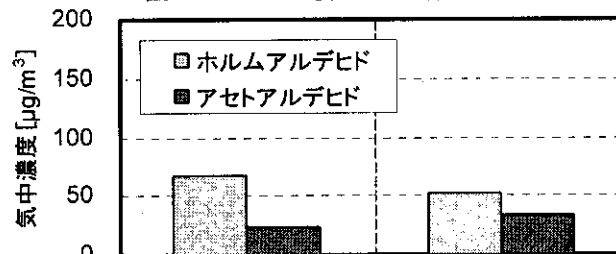


図 3-21 202号室気中濃度比較

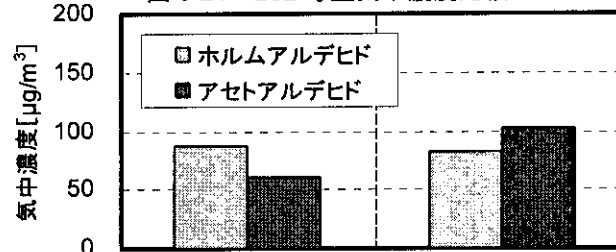


図 3-22 303号室気中濃度比較

アクティブ法・パッシブ法はほぼ等しい値となった。アクティブ法・パッシブ法とも同様に換気設備なしの住居で気中濃度が高く、換気設備完備の住居では低くなっていた。また、気中濃度の高い103, 303号室では、ホルムアルデヒド・アセトアルデヒドが厚生労働省指針値を超える値、もしくはそれに近い値となっていた。

② VOCs

厚生労働省により指針値を定められているトルエン・エチルベンゼン・キシレン・スチレン・p-ジクロロベンゼンの5物質を考察対象物質とした。各住居におけるパッシブ・アクティブ気中濃度測定結果を図3-23に示す。

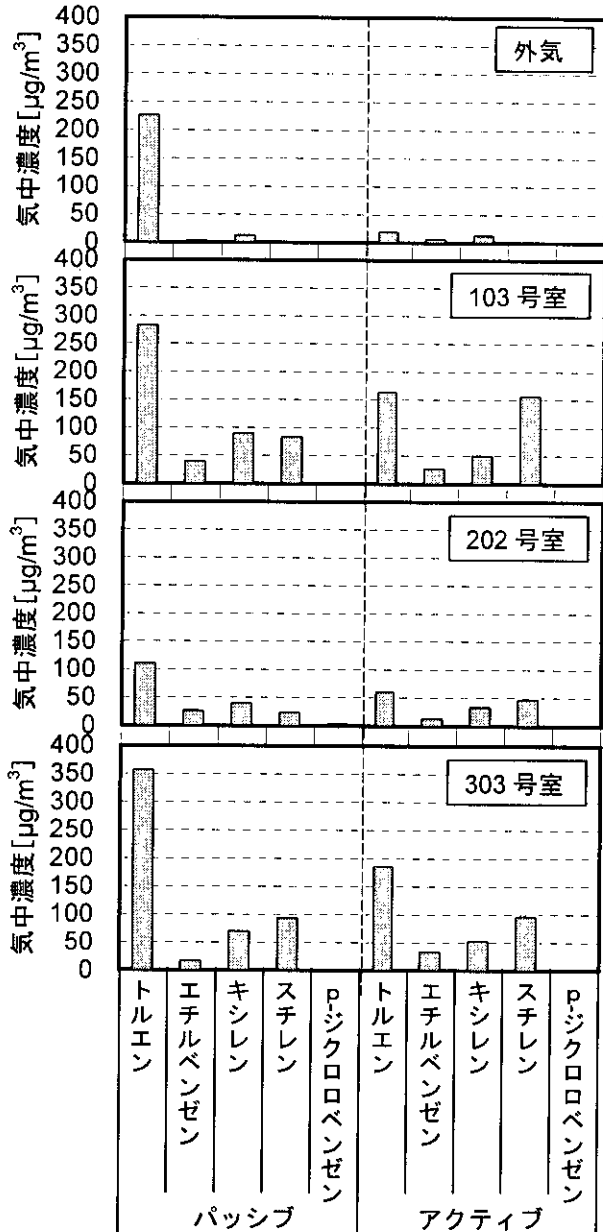


図 3-23 VOCs 気中濃度比較

トルエン濃度がいずれの箇所においても、パッシブ法の値がアクティブ法の値を上回っていた。しかし、それぞれの測定室における5物質の傾向は同様であった。

(2) 放散速度測定結果

① カルボニル化合物

202号室洋室におけるADSEC・FLECによるホルムアルデヒド・アセトアルデヒド放散速度測定結果比較を図3-24~26に示す。

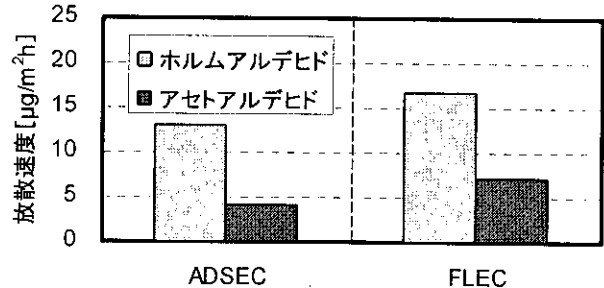


図 3-24 床放散速度測定結果比較

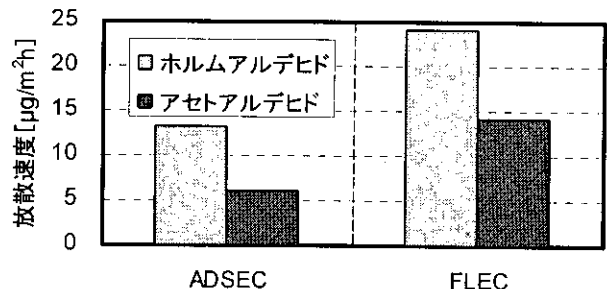


図 3-25 壁放散速度測定結果比較

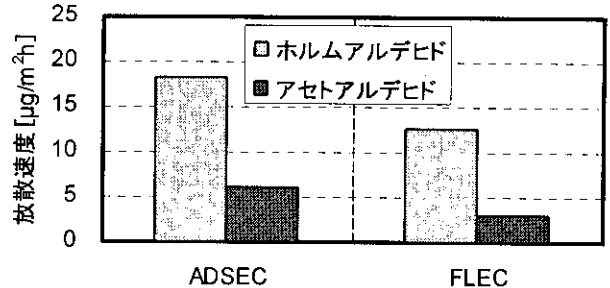


図 3-26 天井放散速度測定結果比較

ホルムアルデヒド・アセトアルデヒドについては床・壁においてFLECの測定値がADSECの測定値を上回った。結果より、FLECの壁が天井の結果より高い値を示した。しかし、天井と壁は同一の建材を使用しているため、ほぼ同じ値を示すと考えられる。この原因の一つとしてはFLECによる壁測定時のリークが考えられ、測定箇所近傍の空気を同時に吸引してしまっている可能性がある。

② VOCs

ADSEC・FLEC 放散速度測定結果比較を図 3-27 に示す。

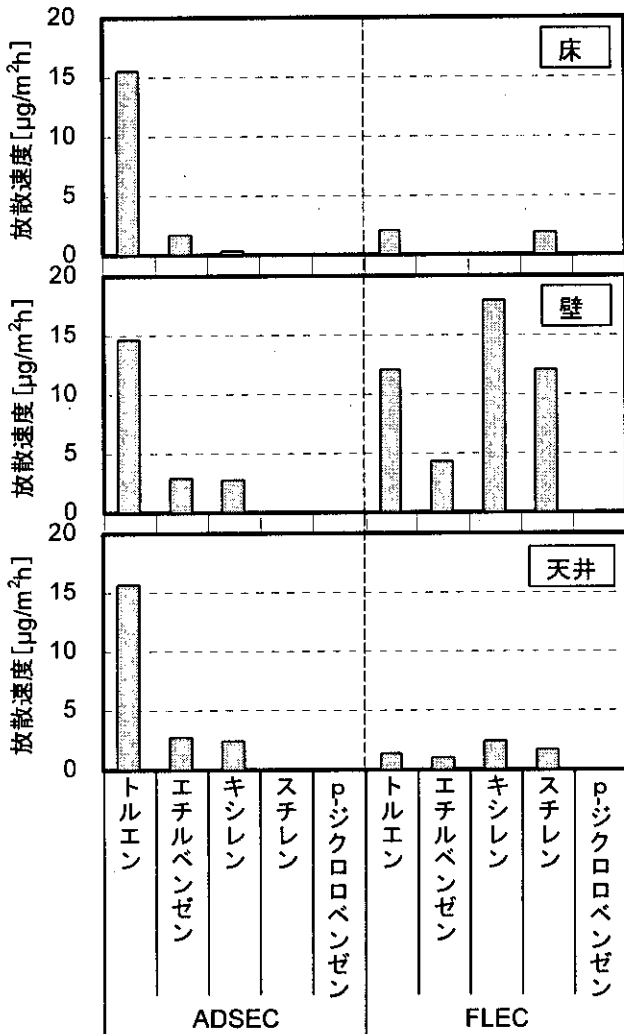


図 3-27 VOCs 放散速度測定結果比較

ADSEC, FLEC ともにいずれの箇所も放散速度は低く、p-ジクロロベンゼンは放散していなかった。また、ADSEC の測定値では床、壁、天井に大きな差は見られなかったが、FLEC の測定値では床・天井に比べて壁の放散速度が高くなっていた。VOCs において、カルボニル化合物の放散速度測定結果と同様に、壁からの放散速度が、同一仕上げ材である天井より高い値を示した。カルボニル化合物の結果と同様に、FLEC のリークが考えられる。

3-3-6 換気量測定

第2章より、PFT 放散源の PFT 放散量における温度換算式及び、パッシブサンプラーのサンプリングレートが求められた。今回は使用した PFT が C<sub>6</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>7</sub>F<sub>8</sub> の2種類だったため、測定対象住戸を 2 Zone に分け、Zone ごとの換気量及び住戸全体の換気量を算出した。図 3-28 に換気量算出概念図を示す。また、表 3-10 に各部位表面積及び容積を示す。

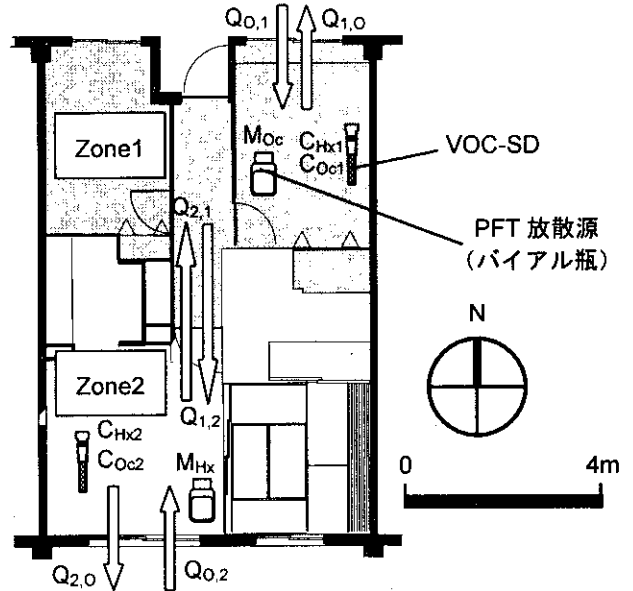


図 3-28 換気量算出概念図

$$\begin{aligned} \text{(Zone1) Oc: } & Q_{2,1}C_{Oc2} - Q_{1,0}C_{Oc1} - Q_{1,2}C_{Oc1} = 0 \quad \dots (3-2) \\ \text{Hx: } & Q_{2,1}C_{Hx2} - Q_{1,0}C_{Hx1} - Q_{1,2}C_{Hx1} = -M_{Hx} \quad \dots (3-3) \\ \text{(Zone2) Oc: } & Q_{1,2}C_{Oc1} - Q_{2,0}C_{Oc2} - Q_{2,1}C_{Oc2} = -M_{Oc} \quad \dots (3-4) \\ \text{Hx: } & Q_{1,2}C_{Hx1} - Q_{2,0}C_{Hx2} - Q_{2,1}C_{Hx2} = 0 \quad \dots (3-5) \\ \text{(換気量算出) } & Q_1 = Q_{1,0} + Q_{1,2} - Q_{2,1} \quad \dots (3-6) \\ & Q_2 = Q_{2,0} + Q_{2,1} - Q_{1,2} \quad \dots (3-7) \end{aligned}$$

$C_{HxN}$ : Zone N における C<sub>6</sub>F<sub>6</sub> の気中濃度 [µg/m<sup>3</sup>]  
 $C_{OcN}$ : Zone N における C<sub>7</sub>F<sub>8</sub> の気中濃度 [µg/m<sup>3</sup>]  
 $M_{Hx}$ : C<sub>6</sub>F<sub>6</sub> の放散量 [µg/h]  $M_{Oc}$ : C<sub>7</sub>F<sub>8</sub> の放散量 [µg/h]  
 $Q_{N,M}$ : Zone N から Zone M への換気量 [m<sup>3</sup>/h]

表 3-10 各部位表面積及び容積

	床 [m <sup>2</sup> ]	壁 [m <sup>2</sup> ]	天井 [m <sup>2</sup> ]	容積 [m <sup>3</sup> ]
Zone1	25.9	86.9(90.2)	25.9	62.3(64.4)
Zone2	19.5	74.3(78.0)	31.5	75.6(78.5)

※) ( ) 内は 302, 303 号室



### 第3章 新築集合住宅における室内空気質調査

表2にサンプラー捕集量を、表3に図3-28より算出した各 Zone 間の換気量を示す。また、各測定室における空気の流れを図3-29に示す。

図3-29に示した矢印の方向より実測日には南風による換気が行われていたことが分かる。

さらに、表3-11, 12より得られた各 Zone 及び住戸全体の換気量算出結果を表3-13に、表3-13より得られた換気回数を表3-14に示す。

換気回数は室容積に対する外気導入量の割合で表した。そのため、全体的に生活状況に影響を受け、非常に多くの換気量が算出された302号室は考察対象から除外した。

各 Zone の換気量（外気導入量）は低く、それに伴い、各室の換気回数も小さくなった。しかし、各 Zone については103, 303号室よりも202号室の方が換気量は多かった。これは202号室に設置している24時間換気システムによって外気が取り入れられていることを示している。それに対し、103, 303号室では、風上側の Zone 2（居間側）でのみ外気導入が認められたと考えられる。また、南風の影響を大きく受ける Zone 2で外気導入量が多くなったと考えられる。

住戸全体の換気量を考えると、24時間換気システムにより外気が導入されており、202号室においてはシステムの性能値である0.5回/hに近い値となっていた。

表3-11 サンプラー捕集量 [μg]

	103号室		202号室		302号室		303号室	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Zone								
C <sub>6</sub> F <sub>6</sub>	8.39	6.37	1.24	1.83	0.02	0.03	10.56	2.72
C <sub>7</sub> F <sub>8</sub>	1.85	0.71	0.72	0.11	0.01	0.00	3.35	0.09

表3-13 各 Zone・住戸全体の換気量算出結果 [m<sup>3</sup>/h]

	103号室	202号室	302号室	303号室
Zone1	N.D.	8	1029	N.D.
Zone2	22	58	—	47
住戸全体	22	66	—	47

表3-12 各 Zone 間の換気量 [m<sup>3</sup>/h]

	103号室	202号室	302号室	303号室
Q <sub>1,2</sub>	14	11	0	1
Q <sub>2,1</sub>	23	18	2269	23
Q <sub>1,0</sub>	4	15	3298	5
Q <sub>2,0</sub>	12	51	—	26
Q <sub>0,1</sub>	-6	8	1029	-17
Q <sub>0,2</sub>	22	58	—	47

表3-14 各 Zone・住戸全体の換気回数算出結果[回/h]

	103号室	202号室	302号室	303号室
Zone1	N.D.	0.1	10.9	N.D.
Zone2	0.2	0.6	—	0.5
住戸全体	0.1	0.4	—	0.3

※) N.D.: 検出限界以下

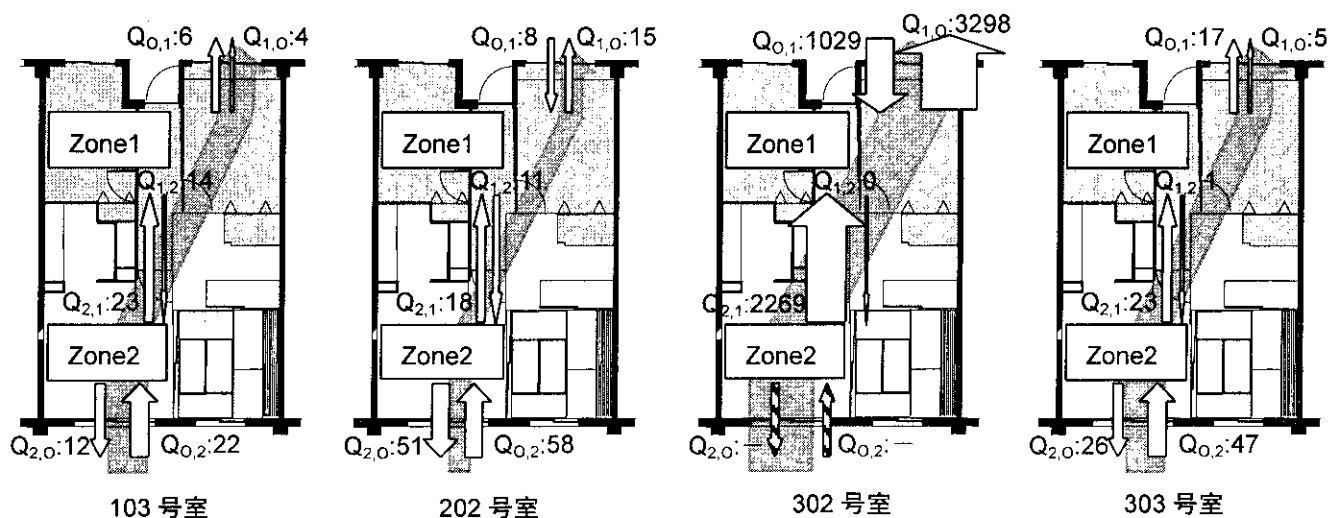


図3-29 測定室各ゾーン間換気量

3-3-7 気中濃度の予測

気中濃度で検出された物質のうち、ホルムアルデヒドについて、換気量、放散量、外気濃度測定値から各 Zone の予測気中濃度を算出した。算出にあたって、放散量に関しては、Zone1 は洋室の放散量を、Zone2 は居間の放散量を各部屋に適用した。放散量は ADSEC で得られた放散速度に部材表面積を乗じて求めた。ホルムアルデヒドにおける予測気中濃度を図 3-30 に示す。換気量の少ない 103 号室、303 号室の Zone1 で実測値を大きく上回った。

ホルムアルデヒドを放散する建材では、放散速度は換気回数  $n$ 、試料負荷率  $L$  の比  $n/L$  に影響を受ける<sup>1)</sup>。そこで、建材への吸着を考慮し、Carbonyl-ADSEC で得た放散速度測定結果を補正することを試みた。

以下の式 (3-8)、(3-9) から式 (3-10) が得られる。ここで  $\alpha=0.1$ <sup>2)</sup> と仮定すると、ADSEC 測定時の  $EF, n, L$  を用いて式 (3-10) より  $C_e$  が求められる。この  $C_e$  を用いて、測定室の換気回数を  $n'$ 、試料負荷率を  $L'$  とし、式 (3-9) に代入し  $C'$  が求められる。算出した  $C'$  及び、 $n', L'$  より補正された放散速度  $EF'$  が式 (3-8) より求められる。補正した放散速度を用いて算出した予測気中濃度を図 3-31 に示す。

$$EF = C \cdot \frac{n}{L} \quad \dots (3-8)$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_e} + \frac{1}{\alpha C_e} \cdot \frac{n}{L} \quad \dots (3-9)$$

$$C_e = \left( \frac{\alpha L + n}{\alpha L} \right) \cdot \frac{EF \cdot L}{n} \quad \dots (3-10)$$

$C$ : 気中濃度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]       $C_e$ : 平衡濃度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  
 $EF$ : 放散速度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ ]       $L$ : 試料負荷率 [ $\text{m}^2/\text{m}^3$ ]  
 $n$ : 換気回数 [回/h]       $\alpha$ : 吸収係数 [m/h]

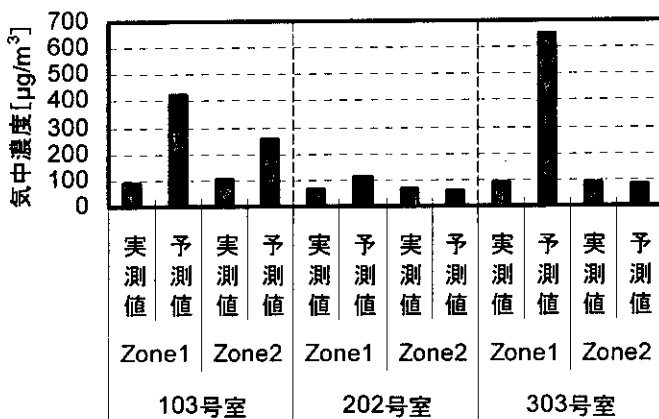


図 3-30 ホルムアルデヒド予測気中濃度 (補正前)

(1) 103, 303 号室 (換気システム無し、未入居)

24 時間換気システムが設置されていない 103, 303 号室においては予測値が実測値を超えていた。予測値は ADSEC による部位別放散速度と換気量から算出しているため、床・壁・天井以外からの放散を考慮すると、予測値の方が低くなるのが通常である。各部屋とも Zone1 の換気量がほとんど確保されていなかったことから、予測値の算出に影響を与えたと考えられる。

(2) 202 号室 (換気システム有り、未入居)

24 時間換気システムが設置されている 202 号室は Zone 2 では予測値の方が低く、Zone 1 では実測値の方が低くなった。これは、24 時間換気システムにより、換気が適度に行われ、特に Zone 2 は風上で換気量も多いことから、Zone 2 の PFT 気中濃度がより定常状態に近づき、床・壁・天井以外からの放散により実測値よりも予測値の方が低くなったと考えられる。Zone 1 は風下で換気量が少なく、わずかであるが予測値が実測値を補正後に上回ったものと考えられる。

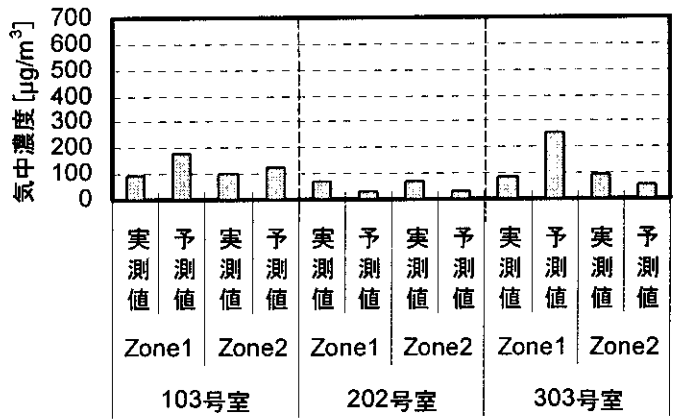


図 3-31 ホルムアルデヒド予測気中濃度 (補正後)

### 第3章 新築集合住宅における室内空気質調査

全体的には実測値と予測値が同程度であるといえ、PFT放散源とサンプラーの設置時間の差を考慮に入れる問題が残るものの、PFT法の有効性を確認できた。適度な換気量が望めない室でも、確保できる室でも柔軟に対応できる測定法を提案するには以下の二つの解決方法が挙げられる。

・24時間の換気量を測定することはADSECなどのパッシブ法で測定したときの空気質を評価するには重要である。24時間測定では換気量が低い場合、定常状態には達していない可能性も高いので、PFT放散源を設置し、ある程度の時間が経過してからサンプラーを設置する方法が適切である。今後は24時間測定のためのPFT放散源放置時間を決めるため、繰り返し、実験・実測を繰り返す必要がある。

・実測の場合、居住者の都合などで十分なPFT放散源放置時間を確保するのが望めない場合、Tenax TA管などで1週間程度測定することで、最初の定常状態に達するまでの時間を無視できるほどにすれば正確な換気量算出が望める。

#### 3-4 まとめ

- 1) 202, 302号室における24時間換気システムによる換気効果が確認された。
- 2) 302号室と202号室を比較することで、住まうことによる気中濃度の低減が確認された。
- 3) 103号室洋室の床材における放散の低減は確認されなかった。
- 4) PFT法による換気量測定を行い、自然換気時などの換気量が多い場合には問題を残したが、機械換気時には概ね1日単位の換気量を測定できた。
- 5) 202号室の住戸全体において、測定値より算出された換気回数が0.4回/hとなり、24時間換気システムの性能(0.5回/h)とほぼ同じになった。
- 6) 103, 202, 303号室で、ADSECによる放散速度測定結果、換気量測定結果より求めた気中濃度を補正した予測値を求めた。
- 7) ADSECはもとより、PFT法による換気量測定法の有効性を確認したが、精度向上のための実験・実測が引き続き必要である。

#### 【参考文献】

- 1) 田辺新一, “小型チャンバーADPACを用いたアルデヒド類、VOC放散量の測定に関する研究 その9”, 日本建築学会学術講演梗概集D-2, 2002, pp867-868
- 2) 国土交通省, “建築基準法関係シックハウス対策技術的基準の試案の作成根拠”, <http://www.mlit.go.jp/>

## 第4章 季節による 新築戸建て住宅室内空気質調査

## 第4章 季節による新築戸建住宅室内空気質調査

### Seasonal Investigation of IAQ in a Newly-Constructed Detached House

Recently the sick house syndrome is very big problem in Japan. It is important to specify what is the main reason and measure it. In this study, passive samplers for concentration of chemical substances in the air, ADSEC for emission rate of chemical substances from building materials and PFT method for ventilation rate in a room were developed and used. It is possible to investigate many houses at one time by these passive methods. A new house was investigated about indoor air quality by these passive methods. The emission rates from building materials were low. But ventilation rate in the room was low especially in winter.

*KEYWORDS: Passive, Investigation, Aldehydes, VOCs, Emission Rate*

#### 4-1 研究目的

既往研究<sup>1)</sup>により、DSD-DNPH 拡散サンプラー、パッシブサンプラーVOC-SDを用いる気中濃度測定方法、Carbonyl-ADSEC, VOC-ADSECを用いる建材からの床・壁・天井の部位別放散速度測定方法、PFT法による換気量測定方法、アンケートを用いる生活活動調査方法を検討、開発した。これらの方法を用いて、実住宅において実測調査を行い、検討した調査方法の有効性を確認すると共に、調査対象住宅の室内空気質評価を行った。

本研究では、新築戸建住宅において、カルボニル化合物、VOCsそれぞれの気中濃度測定、床・壁・天井面からの放散速度測定、換気量測定、生活活動調査をすることで、室内空気質を評価するのみならず、建材以外からの化学物質放散や、季節による居住者の生活スタイルの変化などが室内空気質に与える影響について検討した。調査対象住宅の外観を図4-1に示す。

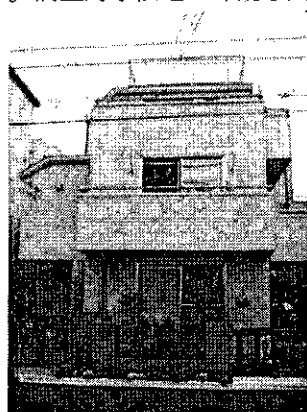


図4-1 対象住宅外観

#### 4-2 調査概要

##### 4-2-1 生活活動調査（夏季・冬季共通）

生活活動によって生じる室内空気質に影響を与える因子を調査すること、居住者の空気質に対する意識や感覚を調査することを目的とし、アンケートによる生活活動調査を行った。アンケートは、居住者のうち住居の代表者に対するものと、個人全員に対するものの2種類を行った。代表者には、周囲環境や住居の概要など居住環境についての項目に回答していただき、個人には、健康状態や空気質に対する感覚などの項目に回答していただいた。

##### 4-2-2 温湿度測定（夏季・冬季共通）

化学物質の放散やPFTの放散は温湿度に影響を受けるため、メモリー式温湿度計(TABAI ESPEC CORP. THERMO RECORDER RS-11)によって、外気・各室の空気温湿度、及び放散速度測定部位表面付近温度を測定した。測定期間は空気温湿度については換気量測定期間と同様、表面付近温度については放散速度測定期間と同様とし、測定間隔は5分とした。メモリー式温湿度計を図4-2に示す。

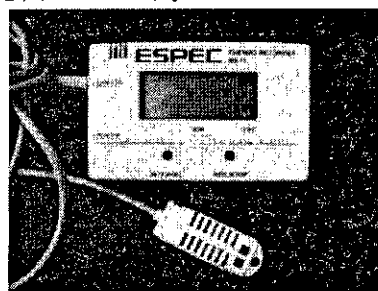


図4-2 メモリー式温湿度計

### 4-2-3 気中濃度測定（夏季・冬季共通）

調査室における化学物質の汚染度を把握するため、室内の化学物質気中濃度を測定した。また、外気影響を把握するため、外気濃度も同時に測定した。測定対象室は、主な居住域であると考えられる2階居間と、1階洋室の2室とした。カルボニル化合物はDSD-DNPH拡散サンプラーを、VOCsはパッシブサンプラーVOC-SDを用いて、屋外、及び室内それぞれの呼吸域付近（床上約1.2m）において化学物質を捕集し、気中濃度を測定した。測定時間は24時間（冬季実測については、居住者の都合により28時間）とした。DSD-DNPH拡散サンプラーは高速液体クロマトグラフィーで、パッシブサンプラーVOC-SDの充填剤Caboxen564はガスクロマトグラフ質量分析計によって分析を行った。測定の様子を図4-3に示す。

### 4-2-4 部位別放散速度測定

#### (1) 夏季実測

建材からの化学物質放散を把握するため、2階居間、及び1階洋室の、部位別放散速度測定をそれぞれ行った。測定部位は床・壁・天井の3点とした。カルボニル化合物はDSD-DNPH拡散サンプラーをCarbonyl-ADSECに、VOCsはパッシブサンプラーVOC-SDをVOC-ADSECにそれぞれ挿入し、各面から放散する化学物質を捕集し、放散速度測定を行った。壁・天井面については、昨年度開発を行った専用の器具を用いた。測定時間は気中濃度と同じく24時間とした。床面からの放散速度測定は、室内濃度測定位置のほぼ真下で行い、壁面からの放散速度測定は、床面からの高さ1.2m程の位置で測定を行った。天井面からの放散速度測定は、床面測定のほぼ真上に設置して行った。分析は気中濃度測定と同様、DSD-DNPH拡散サンプラーは高速液体クロマトグラフィーで、パッシブサンプラーVOC-SDの充填剤Caboxen564はガスクロマトグラフ質量分析計によって分析を行った。測定の様子を図4-4に示す。

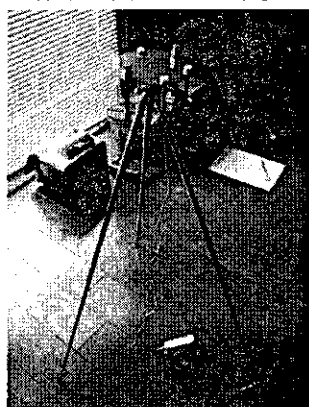
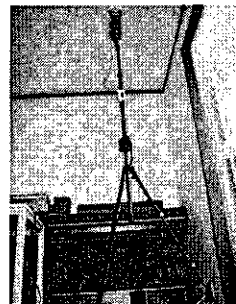


図4-3 気中濃度測定風景



天井測定



床測定



壁測定

図4-4 部位別放散速度測定風景

#### (2) 冬季実測

測定時間は気中濃度測定同様、居住者の都合により、28時間とした。冬季実測では夏季実測において壁・天井設置器具が居住者の生活に支障をきたすおそれがあることがわかり、壁・天井の放散速度測定は行わず、床のみの測定とした。

### 4-2-5 換気量測定

#### (1) 夏季実測

室内濃度は当該室の換気量に影響を受けるため、簡易測定法であるPFT法を用いて換気量測定を行った。トレーサーガス源からトレーサーガスを放散させ、パッシブサンプラーで捕集し、換気量を算出した。トレーサーガス源としてC<sub>6</sub>F<sub>6</sub>（Hexafluorobenzene）、C<sub>7</sub>F<sub>8</sub>（Octafluorotoluene）のいずれかを充填したバイアル瓶を、放散したガスの捕集管としてパッシブサンプラーVOC-SDを用いた。バイアル瓶を用いたPFT放散源を図4-5に示す。

バイアル瓶は1階洋室にC<sub>7</sub>F<sub>8</sub>を充填したものを、2階居間にC<sub>6</sub>F<sub>6</sub>を充填したものをそれぞれひとつずつ、気流の影響を受けない壁面（床上1.2～1.6m付近）に、マスキングテープ（接着面に跡が残らないテープ）で貼り付けて設置した。パッシブサンプラーVOC-SDの測定時間は気中濃度同様、24時間とした。パッシブサンプラーVOC-SDは気中濃度測定位置に設置した。

#### (2) 冬季実測

夏季は2、3階を一つのゾーンとして扱い検討を行ったが、放散源がひとつだけでは放散量が少ないことが懸念されたので、PFTの設置を1階に2箇所（C<sub>7</sub>F<sub>8</sub>）、2階に2箇所（C<sub>6</sub>F<sub>6</sub>）、3階に1箇所（C<sub>6</sub>F<sub>6</sub>）とした。換気量測定時間は、気中濃度測定・放散速度測定同様、居住者の都合で28時間とした。

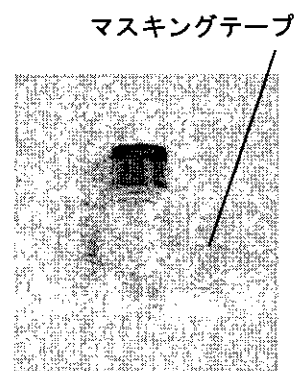


図4-5 PFT放散源

4-2-6 調査概要まとめ

調査概要のまとめを表4-1に、各測定項目の設置場所を図4-6に示す。また、測定室内装仕上げを表4-2に示す。

表4-1 調査概要まとめ

測定項目		測定方法		夏季実測		冬季実測	
				1F	2F	1F	2F
				洋室	居間	洋室	居間
気中濃度	カルボニル化合物	DSD-DNPH 拡散サンプラー	DSD-DNPH	○	○	○	○
	VOCs	パッシブサンプラー VOC-SD	VOC-SD	○	○	○	○
放散速度	カルボニル化合物	Carbonyl-ADSEC (DSD-DNPH 拡散サンプラー)	床	○	○	○	○
			壁	○	○	—	—
			天井	○	○	—	—
	VOCs	VOC-ADSEC (パッシブサンプラー VOC-SD)	床	○	○	○	○
			壁	○	○	—	—
			天井	○	○	—	—
換気量	PFT法	VOC-SD	○	○	○	○	
		放散源	○	○	○	○*	
生活活動調査		ヒアリング用紙		○	○	○	○

\*冬季実測ではサンプラーは2Fに設置し、PFT放散源は3Fにも設置した。

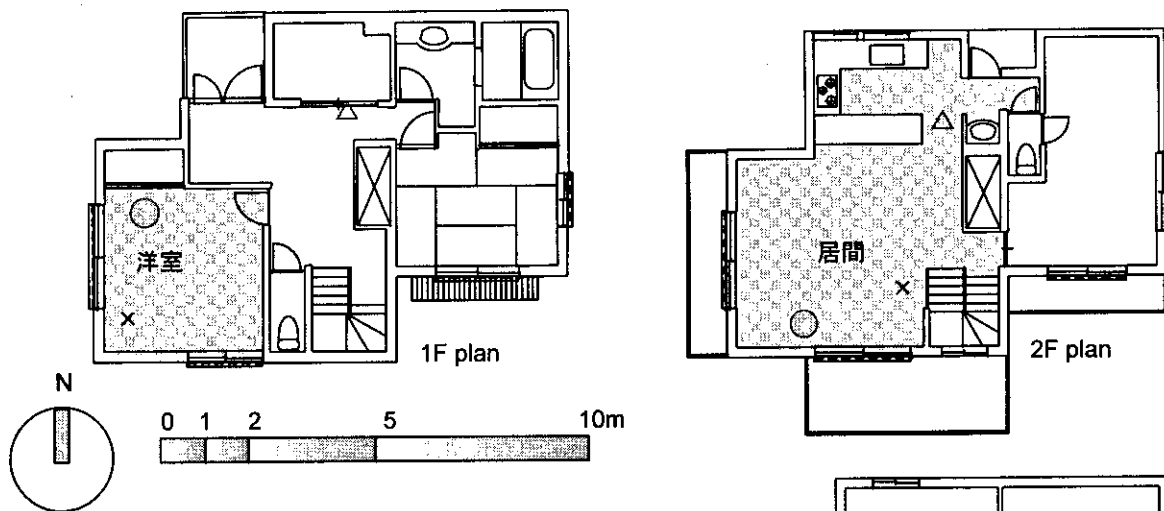
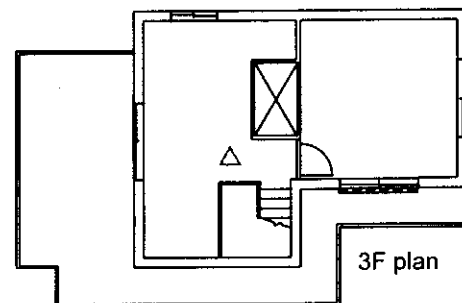


図4-6 対象住宅平面図、及び設置場所

表4-2 内装仕上げ

室名	床仕上げ	壁仕上げ	天井仕上げ
居間	フローリングB (F <sub>∞</sub> 相当)	ビニルクロス (対策品)	ビニルクロス (対策品)
洋室	フローリングA (F <sub>∞</sub> 相当)	ビニルクロス (対策品)	ビニルクロス (対策品)



● サンプラー  
× PFT 放散源  
△ PFT 放散源 (冬季追加点)

4-3 調査期間

夏季実測は、2002年8月25日から8月26日を調査期間とした。気中濃度・放散速度・換気量測定時間は24時間とした。

冬季実測は、2003年1月19日から1月20日を調査期間とした。前述の通り、24時間測定気中濃度・放散速度・換気量については居住者の都合により、28時間となった。

実際の測定日を表4-3に、タイムテーブルを表4-4に示す。括弧内（）が冬季の日程・測定時間である。

表 4-3 実測日

対象室	8/25 (1/19)	8/26 (1/20)
居間	器具設置	ADSEC, DSD-DNPH, VOC-SD 回収
洋室	器具設置	ADSEC, DSD-DNPH, VOC-SD 回収
外気	器具設置	DSD-DNPH, VOC-SD 回収

表 4-4 測定タイムテーブル

	1日目	2日目
気中濃度	サンプラー設置 ← 24時間 (28時間) →	サンプラー回収
部位別放散速度	ADSEC 設置 ← 24時間 (28時間) →	器具、 サンプラー回収
換気回数	PFT ソーサー、 サンプラー設置 ← 24時間 (28時間) →	ソーサー、 サンプラー回収

4-4 結果・考察

4-4-1 生活活動調査

対象住宅の居住者に対して行ったヒアリング結果の抜粋を以下に示す。住まい手についての抜粋を表4-5に、居住環境についての抜粋を表4-6に示す。室内空気質に特に影響を及ぼしたと考えられる項目、及び夏季実測と冬季実測で違いの現れたヒアリング結果については網がけで示した。

表 4-5 住まい手についてのヒアリング

性別	男性	女性	男性
年齢	40, 50代	40, 50代	10代
家での滞在時間	平日：5時間以下 休日：20～24時間	平日：12～19時間 休日：20～24時間	平日：6～11時間 休日：12～19時間
アレルギー体質ですか	花粉症	なし	鼻炎

居住者はシックハウスという言葉を入居以前から知っており、化学物質放散の低い建材の選択や意識的な換気を行っていた。これにより、室内気中濃度が低減されていると考えられる。実測対象住宅は住居地域に位置しており、近隣の自動車交通量は少ないが、直線距離にして約200m程に幹線道路があり、その自動車交通量は非常に多いため影響を与えている可能性がある。構造は軽量鉄骨造であり、非常に高气密のALC板を使用していることから、隙間換気はほとんどないと思われる。

居間・洋室共に、日常生活の中で室内空気質に影響を及ぼすと思われる因子は見受けられなかった。居間での生活では、24時間測定中の在室人数が7人と多いことからひとの出入りによる換気量の増大や、夏季・冬季ともに居住者が測定中にアルコールを摂取していることが化学物質の気中濃度に影響を与える因子になったと思われる。これに対し、洋室での生活では測定中の在室人数も無く、影響を与える要因は確認されなかった。夏季は両室共にエアコンの使用時間が12～20時間と非常に長く、また窓開け換気を行っていたとの回答を得た。それに対して冬季はエアコンを殆ど使用せず、床暖房を常に使用している。また、夏季に積極的に行っていた換気だが、冬季では換気扇による換気のみにとどまり、換気回数が減少していることも予想できた。季節における換気状態の相違による影響が予想される。



第4章 季節による新築戸建住宅室内空気質調査

表 4-6 居住環境についてのヒアリング

a シックハウスに対する意識について		
建材に配慮した点	VOCs 発生量の少ないメーカーに変更	
入居前に意識的に換気をしましたか	YES	
シックハウスに対する関心	かなりある	
b 住居について		
地域区分	住居地域	
住居のタイプ	一戸建て	
住居の築年数	3.5 ヶ月	
入居してからの年数	3.5 ヶ月	
住まわれている家族構成	50代女性、50代男性、10代男性	
c サンプリングを行った居間について		
c-1 日常の居間での生活について		
	夏季	冬季
部屋の広さはどれくらいですか	約 16 帖	
日常、意識的に換気をしますか	はい(温度調節のため)	いいえ
日常、化粧品を使用しますか	頻繁に使用する	なし
c-2 測定期間中の居間での生活について		
	夏季	冬季
4時間以上在室された方的人数	7	
使用した冷暖房器具と、その総使用時間	エアコン (12~16時間)	床暖房 (16~20時間)
使用した換気設備	窓開け換気	換気扇 (6時間未満)
アルコール類を飲まれた方はいらっしゃいましたか	多量	
燃焼器具(コンロなど)を使用しましたか	1回	3回以上
化粧品を使用しましたか	はい	いいえ
室温をどう感じましたか	高い	丁度良い
部屋の湿度をどう感じましたか	丁度良い	丁度良い
d サンプリングを行った洋室について		
d-1 日常の洋室での生活について		
	夏季	冬季
部屋の広さ	8 帖	
日常の清掃の頻度はどれくらいですか	1ヶ月に1回	週に1~2回
日常、意識的に換気をしますか	はい	
d-2 測定期間中の洋室での生活について		
	夏季	冬季
4時間以上在室された方的人数	0	0
使用した冷暖房器具と、その総使用時間	エアコン (16~20時間)	なし
使用した換気設備	窓開け換気	なし
室温をどう感じましたか	丁度良い	低い
部屋の湿度をどう感じましたか	丁度良い	丁度良い

4-4-2 温湿度測定

夏季・冬季ともに部位別の温度は温湿度計のセンサーを部材付近に設置して測定したもののデータである。また、冬季の換気量測定の際、PFT 放散源を3階にも設置したが、そこでの温湿度が欠測となってしまうため、同じく空調の効いていない1階の温湿度と同じ結果を用いることとした。各測定室における夏季、冬季それぞれの温湿度測定結果を表4-7, 8に示す。

以下の各測定結果において、測定時平均温度を括弧内 ( ) に示してある。

表 4-7 夏季実測温湿度測定結果

測定場所		温度 [°C]			平均湿度 [%RH]
		最高温度	平均温度	最低温度	
居間	気中 (24 時間)	29.9	26.7	24.4	69
	床	30.4	26.3	24.6	76
	壁	31.5	28.2	24.3	64
	天井	31.9	28.3	26.6	67
洋室	気中 (24 時間)	30.1	28.0	26.5	67
	床	29.4	27.6	26.2	69
	壁	30.1	28.2	26.5	68
	天井	31.4	29.2	27.4	63
外気		33.1	26.8	23.2	77

表 4-8 冬季実測温湿度測定結果

測定場所		温度 [°C]			平均湿度 [%RH]
		最高温度	平均温度	最低温度	
居間	気中 (28 時間)	20.9	18.6	14.1	43
	床	26.7	23.6	14.1	30
	壁	—	—	—	—
	天井	—	—	—	—
洋室	気中 (28 時間)	17.8	11.5	10.1	55
	床	23.7	11.4	9.6	56
	壁	—	—	—	—
	天井	—	—	—	—
外気		13.0	5.8	2.7	78

4-4-3 気中濃度測定

(1) カルボニル化合物

ホルムアルデヒド・アセトアルデヒドの2物質を対象として、HPLC を用いて分析を行った。同時に行ったアクティブ法による各室および外気の気中濃度測定結果を表4-9、パッシブ法による夏季・冬季の各室および外気の気中濃度測定結果を表4-10に示す。

表 4-9 アクティブ法気中濃度測定結果 [µg/m³]

測定場所	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド
居間	40	30
洋室	37	24
外気	23	15

表 4-10 パッシブ法気中濃度測定結果 [µg/m³]

測定場所	ホルムアルデヒド		アセトアルデヒド	
	夏季	冬季	夏季	冬季
居間	20.1	17.5	20.9	43.5
洋室	21.0	6.4	13.8	6.7
外気	5.7	3.4	4.0	4.2

夏季におけるアクティブ法・パッシブ法による気中濃度測定結果を図4-7に、冬季におけるパッシブ法による気中濃度測定結果を図4-8に示す。

アクティブ法・パッシブ法比較

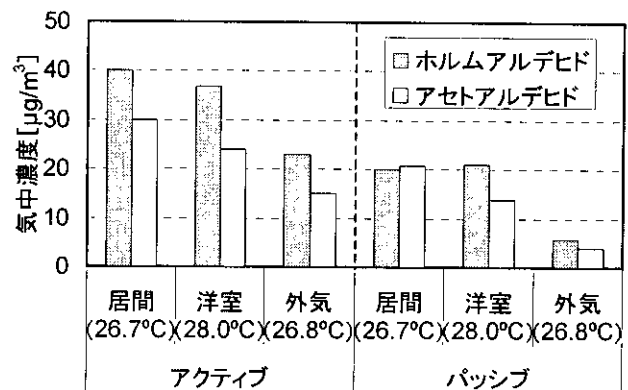


図 4-7 夏季実測における気中濃度測定結果

夏季・冬季比較

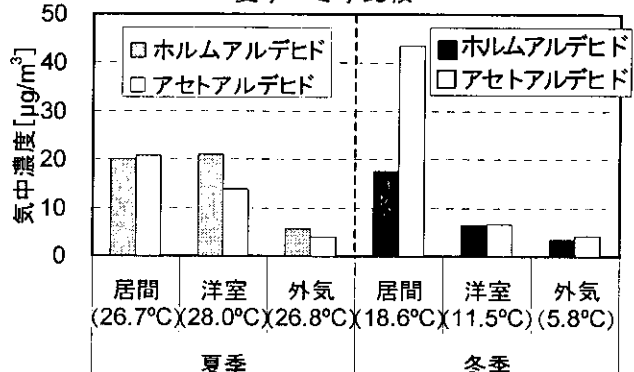


図 4-8 パッシブ法による気中濃度測定結果

#### 第4章 季節による新築戸建住宅室内空気質調査

室内気中濃度に関しては、居間・洋室共に外気より高濃度になっていたが、厚生労働省の指針値（ホルムアルデヒド-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、アセトアルデヒド-48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）以下であった。原因として、入居前後に換気を意識的に行っていったことなどが挙げられる。

夏季実測におけるアクティブ法とパッシブ法の測定結果についてはアクティブ法の結果がパッシブ法の結果よりも全体的に同じ濃度ずつ多くなっている。アクティブ法とパッシブ法の結果双方の間に差が生じることはよく知られている。原因としては、測定時間の差・測定方法の差が大きな要因である。しかし、双方の絶対量が異なるが、全体的な各室間や物質間の気中濃度の傾向は同じである。

居間においてアクティブ法とは異なり、パッシブ法の結果でアセトアルデヒドの気中濃度が若干高くなっているのは、前述の生活活動調査から居住者が測定日に飲酒をしたことが原因であると考えられる。特に冬季においては窓を閉め切った状態であったため、その影響でアセトアルデヒドの気中濃度が格段に高くなったものと考えられる。

洋室の結果において、夏季から冬季にかけて大きく値が減衰していた。これは、夏季実測時には測定室内に家具が多くあったが、冬季にはほとんど置かれていなかったこと、また測定時の室温が低かったことなどが原因として考えられる。

##### (2) VOCs

測定後、パッシブサンプラーVOC-SDの充填剤Carboxen564を溶媒抽出分析したVOCsのうち厚生労働省により指針値の定められている、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン、p-ジクロロベンゼ

ンの5物質を対象とした。アクティブ法による居間・洋室・外気の気中濃度測定結果を表4-11及び図4-9に示す。また、パッシブ法による測定結果を表4-12及び夏季実測の結果を図4-10、冬季実測の結果を図4-11に示す。

表4-11 気中濃度測定結果（アクティブ法） [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

	居間	洋室	外気
トルエン	29	33	25
エチルベンゼン	9	11	7
キシレン	13	19	13
スチレン	0	0	0
p-ジクロロベンゼン	7	11	5

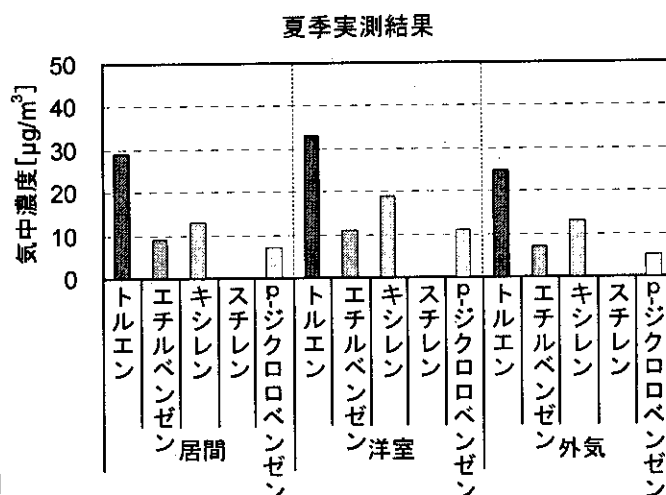
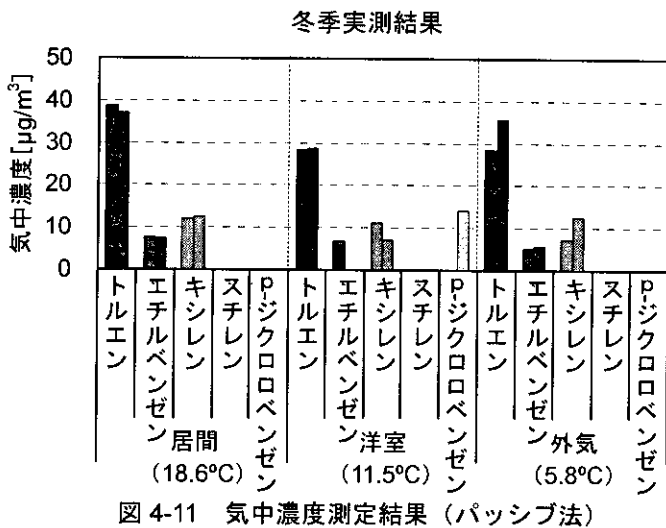
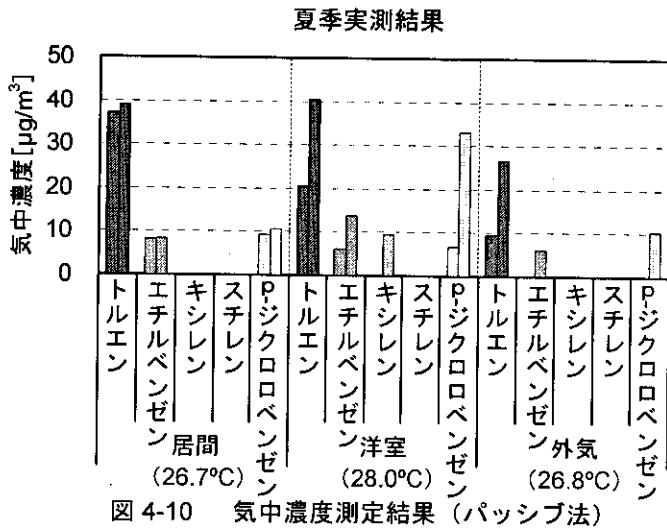


図4-9 気中濃度測定結果（アクティブ法）

表4-12 パッシブ法による気中濃度測定結果 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]（ダブルサンプリング）

測定場所	居間		洋室		外気	
	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
トルエン	36.9	39.0	20.5	40.4	9.4	26.6
エチルベンゼン	8.1	8.4	6.1	13.7	N.D.	6.3
キシレン	N.D.	N.D.	N.D.	9.6	N.D.	N.D.
スチレン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
p-ジクロロベンゼン	9.4	10.8	6.6	33.0	N.D.	10.5

第4章 季節による新築戸建住宅室内空気質調査



パッシブ法による気中濃度測定結果は各物質とも低濃度であった。トルエンは  $20\sim 40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、エチルベンゼンは  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  前後、キシレンは洋室のみ  $9.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、スチレンは検出されず、p-ジクロロベンゼンは  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$  以下となった。したがって、考察対象 5 物質全てが、それぞれの厚生労働省指針値 (トルエン  $-260\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、エチルベンゼン  $-3800\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、キシレン  $-870\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、スチレン  $-220\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、p-ジクロロベンゼン  $-240\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 以下であった。

夏季・冬季ともに各物質の気中濃度は  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$  以下と低く、幾つかの測定点で温度の高い夏季よりも冬季の方が高濃度のものが見受けられるが、それぞれの指針値から考えても、誤差範囲として考えられ、夏季と冬季の比較としては低濃度により、ほとんど気中濃度は変わらないこといえる。

夏季測定結果において、パッシブ法による測定値とアクティブ法による測定値を比較すると、すべての測

定点において、どちらもトルエンが最も高濃度であることをはじめ、各物質の絶対気中濃度は異なるものの、傾向はほぼ同じで、パッシブ法とアクティブ法の高い相関性を確認できた。

ヒアリング結果で測定期間中に居間において、夏季では化粧品を使用していたが、冬季では使用していなかった影響について、芳香剤などに含まれる p-ジクロロベンゼンが冬季ではほぼ検出されなかったことから確認できる。

(3) 厚生労働省指針値との比較

実測から得られた気中濃度と厚生労働省指針値とを比較したグラフに関して、夏季実測のものを図 4-12 に、冬季実測のものを図 4-13 に示す。各物質の指針値を 100 とした場合の気中濃度の値を割合で示したものである。結果として、居間で夏季・冬季ともアセトアルデヒドが指針値に近い値を示した以外は、前述のようにほとんどの物質において、指針値を大幅に下回っていた。

