

(3) VOCs

① 気中濃度測定

分析により得られた結果のうち、厚生労働省から指針値が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物質の結果について図3-23に示す。

厚生労働省から指針値が提示されている5物質に関して、室内濃度は極めて低い値を示した。しかし、外気濃度は高い値となった。近くにある工場（廃油リサイクル）が原因であると考えられる。また、室内濃度が外気濃度とほぼ同じ低い値を示したことから、室内での化学物質発生源が少ないことが考えられる。また、指針値が定められている物質以外も極めて低い値を示した。

居間と洋室を比較すると、カルボニル化合物は差がなかったが、トルエン、エチルベンゼン、キシレンにおいて居間が洋室よりも大きな値を示した。これは、居間に隣接する和室や台所からのVOCsの放散の影響が考えられる。

VOCs気中濃度を族別に小計した結果を図3-24に示す。

パッシブサンプラーVOC-SDではTVOC値を正確に把握することができない。そこで、定性定量されたVOCsの合計を見ると、両室ともに、厚生労働省のTVOC暫定目標値（400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を下回った。居間と洋室を比べると、居間の方が洋室よりも高くなっている。これは、芳香族炭化水素類のトルエン・エチルベンゼン・キシレン、ハロゲン類のトリクロロエチレンが気中濃度で洋室よりも高くなっていたことの影響である。

厚生労働省ではTVOC値のみで暫定目標値が定められているのに対し、WHOでは族別にガイドラインが示されている。そこで、族別にWHOガイドラインと比較する。芳香族炭化水素類については、外気、居間、洋室全てで上回った。トルエン、エチルベンゼン、キシレンの影響が大きかった。

② 放散速度測定

気中濃度と同様に、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物質の結果について図3-25に示す。

5物質において、極めて低い値を示した。この原因として、冬測定であり温度が低かったこと、経時による放散量の減少が考えられる。部位別では、特に大きな差は見られず、床のフローリング材と壁・天井のビニルクロス材による差はなかった。また、居間と洋室を比較しても大きな差は見られず、どちらも低い値を示した。トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチ

レン、p-ジクロロベンゼン以外の物質も全て極めて低い値を示した。

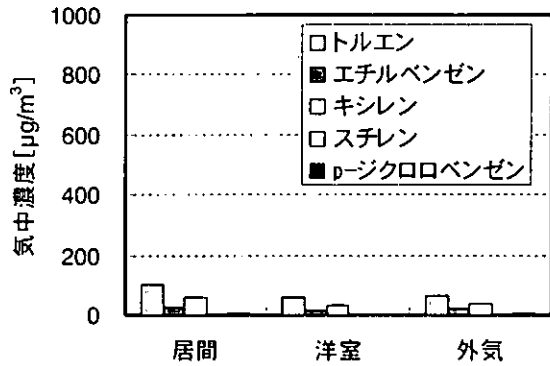


図3-23 気中濃度測定結果

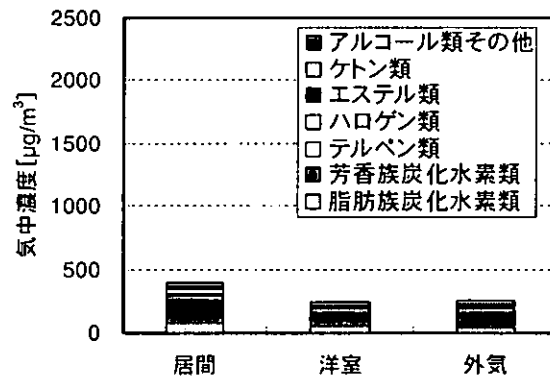


図3-24 VOC族別気中濃度測定結果

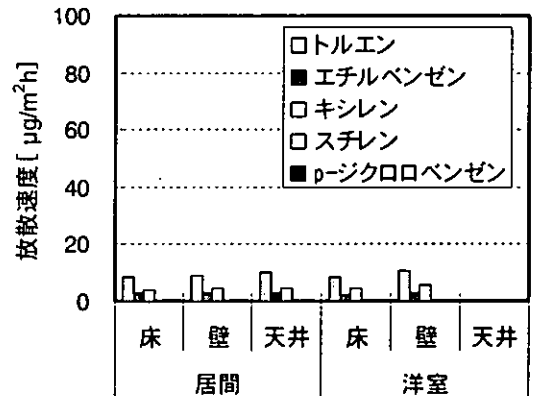


図3-25 放散速度測定結果

(4) 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(3-8)より求めた。洋室では天井測定結果が欠測のため、居間における寄与率を算出した。部位別表面積を表3-22に示す。

表3-22 202号室における部位別表面積

	202号室居間
床・天井面積 [m ²]	16.3
壁面積 [m ²]	24.7
室容積 [m ³]	39.0

ホルムアルデヒド・トルエン・エチルベンゼン・キシレンの4物質を考察対象とした。寄与率と表面積比を図3-26に示す。

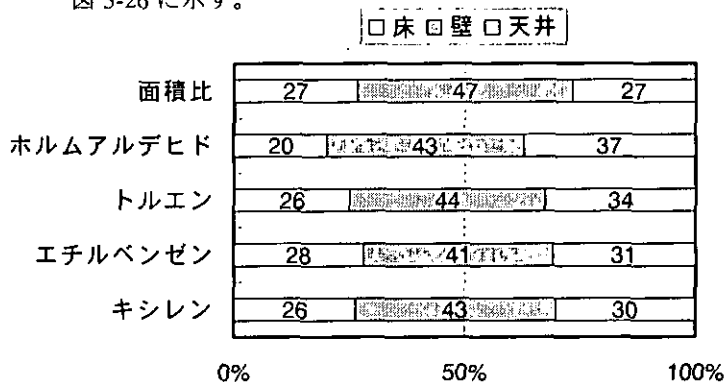


図3-26 寄与率

ホルムアルデヒド・トルエン・エチルベンゼン・キシレンの放散速度は部位別による大きな差は見られなかったため、寄与率は面積比とほぼ同じ値となり、壁の寄与率が最大となった。

(5) アクティブ測定結果

① カルボニル化合物気中濃度結果

202号室においてアクティブ法を用いて測定した換気設備停止時と換気設備稼働時の2条件での、気中濃度測定結果を図3-27に示す。

換気設備停止、稼働に関わらず、極めて低い値を示した。また、換気設備稼働時は換気設備停止時よりも低い値を示した。換気の効果だと考えられる。換気設備停止条件での気中濃度が低いことから、低放散建材の効果が確認されているアルデヒド類に関しては、換気設備停止期間中も問題が無かったと考えられる。

② VOCs 気中濃度結果

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。アクティブ法を用いて測定した換気設備有無2条件での、気中濃度測定結果を図3-28に示す。

換気設備停止、稼働に関わらず、低い値を示した。また、換気設備稼働時は換気設備停止時よりも低い値を示した。換気による効果だと考えられる。夏実測では、換気設備停止期間中、温度が高い夏であったため、放散量が増加し、気中濃度が高い状態に達したと考えられたが、換気設備停止時での気中濃度が低いことから問題が無かったと考えられる。

(6) アクティブ・パッシブ気中濃度比較

① カルボニル化合物

同じ日に測定を行ったアクティブ法とパッシブ法による気中濃度測定結果の比較を図3-29に示す。

アクティブ法・パッシブ法とも同程度の極めて低い値を示した。経時変化による減少だけでなく、冬測定

のため、温度が低かったことが低濃度につながったと考えられる。

② VOCs

同じ日に測定を行ったアクティブ法とパッシブ法による気中濃度測定結果の比較を図3-30に示す。

アクティブ法・パッシブ法とも同程度の低い値を示した。経時変化による減少だけでなく、冬測定のため、温度が低かったことが低濃度につながったと考えられる。

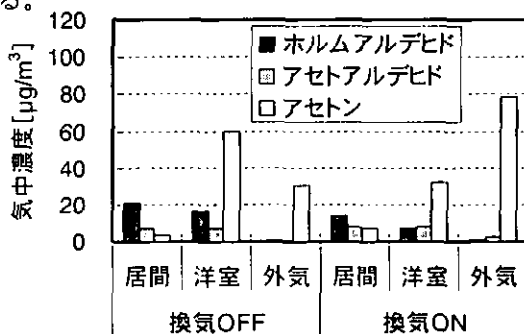


図3-27 アクティブ法気中濃度比較

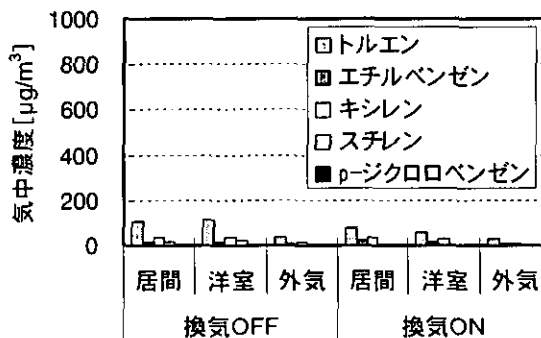


図3-28 アクティブ法気中濃度比較

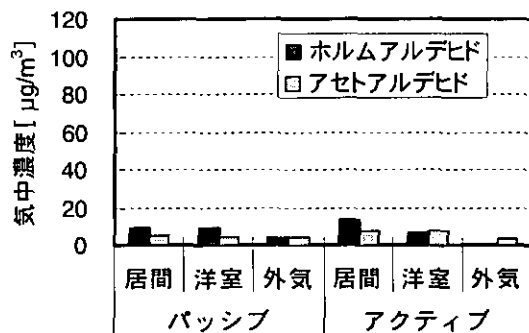


図3-29 パッシブ・アクティブ法気中濃度比較

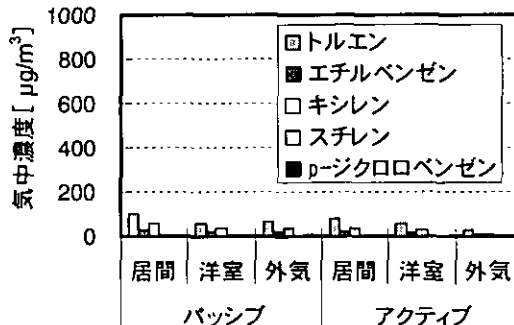


図3-30 パッシブ・アクティブ法気中濃度比較

(5) 換気量測定

① PFT法

換気回数を算出するために、各住戸を図 3-31 のように3ゾーンに分けた。算出した各住戸におけるサンプラー捕集量を表 3-23 に、換気量を表 3-24 に示す。

換気回数は一時間あたりの室容積に対する換気量の割合を表す。また、換気量は、新鮮外気導入量での換気結果と全空気導入量（新鮮外気導入量と隣室からの空気導入量の和）での換気結果の2通りでの考察を行う。

2002年夏、2003年夏では、簡易測定法開発段階（2ゾーン）での測定であった。本実測では、今年度検討を行い改良した3ゾーン測定法を用いて検討を行った。2002年夏、2003年夏実測での問題点及び本実測での改良点を以下に示す。

◆ 2ゾーンでの測定のため、測定対象室のみの換気量ではなく、測定対象室の居間、洋室を含むゾーンでの換気量を測定することになった。

◆ 2ゾーンでの測定では、洋室1と廊下を Zone1、居間・和室・台所を Zone2 とした結果であるため、洋室2、洗面、浴室を Zone に含むことが出来なかった。そのため、住戸全体の換気量を正確に測定することが出来なかった。

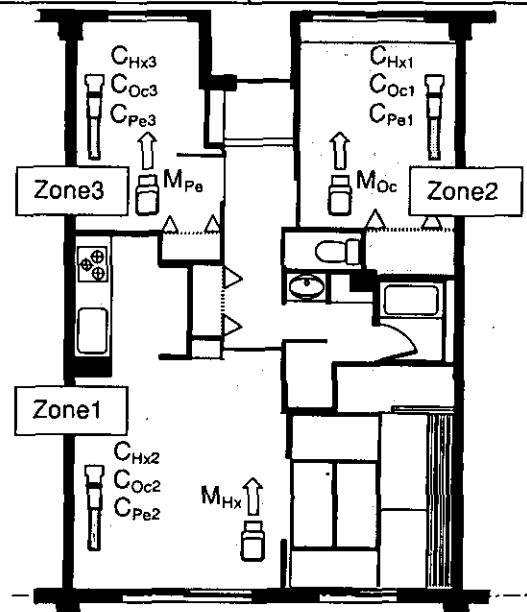
本実測では3ゾーン測定を用いることで問題点を解決することが出来る。居間・和室・台所を Zone1、洋室1を Zone2、洋室2・廊下・玄関・洗面所・浴室・トイレを Zone3 と設定した。測定対象室である、居間、洋室及び住戸全体の精度の高い換気量測定を行った。

表 3-23 サンプラー捕集量 (単位: µg)

	202号室		
	居間	洋室	洋室2
C ₆ F ₆	0.49	0.04	0.29
C ₇ F ₈	0.00	0.27	0.08
C ₇ F ₁₄	0.01	0.03	0.23

表 3-24 各ゾーン間の換気量 (単位: m³/h)

	202号室
Q _{1,2}	1
Q _{1,3}	39
Q _{2,1}	0
Q _{2,3}	20
Q _{3,1}	8
Q _{3,2}	1
Q _{1,0}	24
Q _{2,0}	0
Q _{3,0}	60
Q _{0,1}	58
Q _{0,2}	16
Q _{0,3}	9



$$\begin{aligned}
 \text{Zone1} \quad & \text{Oc} : Q_{2,1}C_{\text{Oc}2} + Q_{3,1}C_{\text{Oc}3} - (Q_{1,0} + Q_{1,2} + Q_{1,3})C_{\text{Oc}1} = -M_{\text{Oc}} \\
 & \text{Hx} : Q_{2,1}C_{\text{Hx}2} + Q_{3,1}C_{\text{Hx}3} - (Q_{1,0} + Q_{1,2} + Q_{1,3})C_{\text{Hx}1} = 0 \\
 & \text{Pe} : Q_{2,1}C_{\text{Pe}2} + Q_{3,1}C_{\text{Pe}3} - (Q_{1,0} + Q_{1,2} + Q_{1,3})C_{\text{Pe}1} = 0 \\
 \text{Zone2} \quad & \text{Oc} : Q_{3,2}C_{\text{Oc}3} + Q_{1,2}C_{\text{Oc}1} - (Q_{2,0} + Q_{2,3} + Q_{2,1})C_{\text{Oc}2} = 0 \\
 & \text{Hx} : Q_{3,2}C_{\text{Hx}3} + Q_{1,2}C_{\text{Hx}1} - (Q_{2,0} + Q_{2,3} + Q_{2,1})C_{\text{Hx}2} = -M_{\text{Hx}} \\
 & \text{Pe} : Q_{3,2}C_{\text{Pe}3} + Q_{1,2}C_{\text{Pe}1} - (Q_{2,0} + Q_{2,3} + Q_{2,1})C_{\text{Pe}2} = 0 \\
 \text{Zone3} \quad & \text{Oc} : Q_{1,3}C_{\text{Oc}1} + Q_{2,3}C_{\text{Oc}2} - (Q_{3,0} + Q_{3,1} + Q_{3,2})C_{\text{Oc}3} = 0 \\
 & \text{Hx} : Q_{1,3}C_{\text{Hx}1} + Q_{2,3}C_{\text{Hx}2} - (Q_{3,0} + Q_{3,1} + Q_{3,2})C_{\text{Hx}3} = 0 \\
 & \text{Pe} : Q_{1,3}C_{\text{Pe}1} + Q_{2,3}C_{\text{Pe}2} - (Q_{3,0} + Q_{3,1} + Q_{3,2})C_{\text{Pe}3} = -M_{\text{Pe}}
 \end{aligned}$$

$$Q_{0,1} = Q_{1,0} + Q_{1,2} + Q_{1,3} - Q_{2,1} - Q_{3,1} \quad Q_{0,2} = Q_{2,0} + Q_{2,1} + Q_{2,3} - Q_{1,2} - Q_{3,2}$$

$$Q_{0,3} = Q_{3,0} + Q_{3,1} + Q_{3,2} - Q_{1,3} - Q_{2,3}$$

Q_{n,m}: ゾーン n から m への空気交換量 [m³/h]

Q_{n,0}: ゾーン n から外気への空気交換量 [m³/h]

M_{Oc}, M_{Hx}, M_{Pe}: C₆F₆, C₇F₈ の放散量 [µg/h]

C_{Ocn}, C_{Hxn}, C_{Pen}: ゾーン n における

C₆F₆, C₇F₈, C₇F₁₄ の気中濃度 [µg/m³]

図 3-31 3ゾーン概念図

各ゾーンにおける換気回数を算出した結果を表3-25に示す。

表 3-25 換気測定結果 (3ゾーン)

		202号室	
		換気量 [m³/h]	換気回数 [回/h]
新鮮外気導入量 による結果	Zone1	58	0.6
	Zone2	16	0.6
	Zone3	9	0.2
	全体	83	0.5
全空気導入量 による結果	Zone1	66	0.7
	Zone2	18	0.7
	Zone3	68	1.6
	全体	152	0.9

202号室の換気設備設置位置と換気量の関係図を図3-32に示す。

機械換気設備のシステムの説明及び本実測換気結果の考察を以下に示す。

1) 住戸全体では、新鮮外気導入量による換気回数0.5回/hが得られた。補助ファンが正常に稼動し、給気量が確保されていることが確認できた。

2) 全空気導入量による換気回数が、Zone3で大きな値となった。Zone3では補助ファンによる排気により負圧となり、Zone1, 2からの空気流出が大きいためである。

3) Zone1で放散したC₆F₆のサンプラー捕集量はZone1, Zone3, Zone2の順に多かった。同様に、Zone2で放散したC₇F₈のサンプラー捕集量は、Zone2, Zone3, Zone1の順に、Zone3で放散したC₇F₁₄のサンプラー捕集量はZone3, Zone2, Zone1の順に多かった。Zone3でのC₆F₆, C₇F₈のサンプラー捕集量が比較的大きな値を示した。これは②に示すように、補助ファンの設置されたZone3が負圧となり、Zone1からZone3への空気流入量(Q_{1,3})が39m³/h、Zone2からZone3への空気流入量(Q_{2,3})が20m³/h確認されたためだと考えられる。

4) 補助ファンが稼動していることから、Zone3から外への流出量(Q_{3,0})のうち、ほぼ全てが補助ファンの排気によるものだと考えられる。補助ファンが設置されていないZone1, 2から外への流出(Q_{2,0}, Q_{1,0})は換気口や窓やサッシの隙間によると予測できるが、実際にはQ_{2,0}はゼロに等しく、Q_{1,0}は24m³/hという結果になった。Zone1には和室に給排気口があり、和室への給気はZone3へ流出せず、換気口などから排気されたと考えられる。Zone2の給気口は換気口よりも補助ファンに近い位置にあるため、Zone2への給気は

Zone3へ流出し、補助ファンによって排気されたと考えられる。

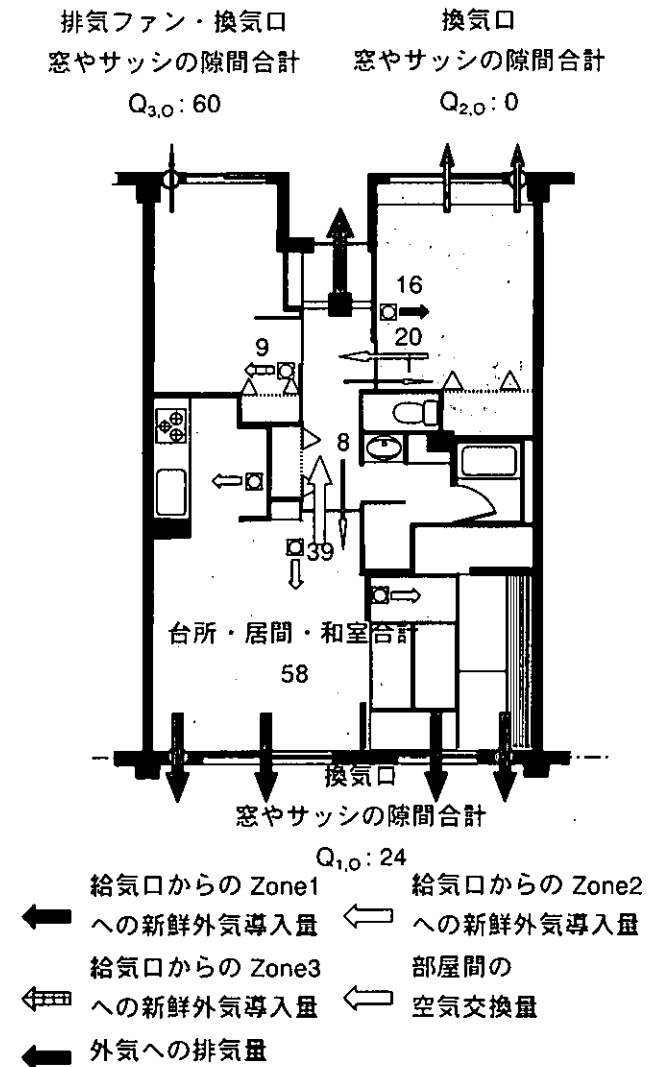


図 3-32 換気設備設置位置と換気量の関係図 [m³/h]

5) Zone1, 2での流入出量(Q_{1,2}, Q_{2,1})がほぼゼロに等しかった。Zone1, 2から流出された空気は必ずZone3を通過することから、補助ファンから排気されることが確認された。

6) 室内空気質の観点から考察すると、住戸全体で新鮮外気は0.5回/h確保されているため、気中濃度低減に有効である。Zone間では、Zone3はZone1, 2からの空気流入が大きいため、Zone3の気中濃度はZone1, 2の気中濃度に影響を受けると考えられる。

7) 1) ~5)より、3ゾーン測定法により精度の高い結果が得られた。しかし、Zone3から放散したC₇F₁₄の放散量が容積に対して少なかったことから、より高い精度を求めるには設定換気回数と室容積を考慮し、適当なバイアル瓶数を検討することが必要である。

洋室、居間それぞれ1ゾーンでの換気量算出結果を表3-26に、洋室・廊下をゾーン1、居間・台所・和室をゾーン2とした2ゾーンでの換気量算出結果を表3-27に示す。

表 3-26 換気測定結果 (1ゾーン)

	202号室	
	換気量 [m ³ /h]	換気回数 [h ⁻¹]
洋室	18	0.7
居間	66	0.7
その他	68	1.6

表 3-27 換気測定結果 (2ゾーン)

	202号室	
	換気量 [m ³ /h]	換気回数 [h ⁻¹]
Zone1	16	0.5
Zone2	58	0.6
全体	69	0.6

2ゾーン測定結果は、2002年夏、2003年夏と同様のゾーンで検討を行った。2ゾーン測定においても、設定換気回数に近い値をとった。また、廊下では換気設備が0.5回/hに設定されていないことから、廊下を含むゾーン1全体では0.5回/hよりも換気回数が低くなることが予想されるため、0.46回/hと妥当な値であったと考えられる。2ゾーン結果より、C₆F₆、C₇F₈については他ゾーンへの安定した拡散が得られ、信頼性の高い結果であったことが考えられる。2002年夏、2003年夏では、室容積に応じた放散量の考慮が足りなかったため、結果にばらつきが生じたが、本実測では、冬測定で放散量が低くなったこともあり、C₆F₆、C₇F₈に関しては適度な放散量だったと考えられる。

1ゾーン結果においては、全てのゾーンで設定換気回数を少し上回る結果となった。1ゾーンでの換気回数については、隣室からの空気導入と外気導入の合計と考えられるため、実際の換気回数よりも高い値となっていると考えられ、妥当な結果だと言える。また、3ゾーンの全空気交換量とも極めて近い値を示したことから、それぞれの物質が放散したゾーン内で完全混合していることが確認された。

これらの考察より、同一ゾーン内では十分なサンプラー捕集量が確保されたにも関わらず、他のゾーンでのサンプラー捕集量が極めて少なくなったC₇F₁₄については、放散量を増大する必要があると考えられる。

② 予測換気回数

夏実測同様、202号室における居間・洋室、それぞれにおける床・壁・天井からの全放散量、気中濃度、

外気の実測値を用い、予測換気量、予測換気回数を算出した。ホルムアルデヒド、トルエンの実測結果を用いて計算した各室における予測換気回数結果を表3-28に示す。なお、洋室におけるトルエン気中濃度が外気濃度を下回ったため、検討対象から外した。

表 3-28 予測換気回数 (単位: 回/h)

	202号室	
	居間	洋室*
ホルムアルデヒド	0.3	0.4
トルエン	0.4	-
PFT法(1ゾーン)	0.7	0.7
PFT法(2ゾーン)	0.6	0.5
PFT法(3ゾーン)	0.6	0.6

¹⁾ 洋室のホルムアルデヒド天井放散速度が欠測のため、参考に床値を用いた。

*) 2ゾーン、3ゾーン測定法に関しては、新鮮外気導入量での結果を示す。

予測換気回数結果において、居間と洋室を比較すると、洋室は扉が閉まっていたため、隣室の影響が少なかったが、居間では、和室及び台所からの影響があり、予測換気回数が低い値となったと考えられる。この結果は2002年度夏、2003年度夏と同様の傾向を示した。

居間、洋室ともに、予測換気回数がPFT法による換気回数より低い値となった。予測換気回数はADSECによる部位別放散速度と換気量から算出しているが、ADSECで測定した、床・壁・天井以外(据付け家具・開放していた引出しの内装材など)からの放散も充分考えられるため、換気量が正確に測定できていれば、予測換気回数は実際の換気回数よりも低い値となるのが通常である。本実測では、PFT法全ての結果が予測換気回数を上回り、精度が高さが確認された。

3-3 まとめ

夏季実測より

- 1) カルボニル化合物は 202 号室では気中濃度、放散速度共に低い値を示し、低放散建材の効果が確認された。302 号室では、放散速度、気中濃度のどちらも極めて低い値で、24 時間換気設備や窓の開閉による換気の効果が確認された。
- 2) VOCs は、202 号室では気中濃度、放散速度共に高い値を示した。測定日の 3 日前までの約 2 ヶ月間、換気設備が稼働していなかったことが原因として考えられる。302 号室では気中濃度、放散速度共に低い値を示し、24 時間換気設備や窓の開閉による換気の効果が確認された。
- 3) 換気設備が稼働し、入居済みの 302 号室のほうが、未入居の 202 号室に比べ、気中濃度、放散速度ともに低い値を示した。24 時間換気設備を有する住戸においても、常に稼働させることや、窓の開閉による換気により、室内空気質がより向上されたと考えられる。
- 4) 気中濃度が高かった物質については、放散速度も高く、建材からの放散による気中濃度への影響が大きいことがわかった。
- 5) PFT 法による 2 ゾーン換気量測定では、202 号室居間では設定換気回数よりも低い値をとり、洋室では設定換気回数より極めて高い値を示した。測定室容積と放散量の関係を考慮し、放散源本数や放散源設置箇所の検討することが問題として残った。

冬季実測より

- 6) パッシブ法測定 5 日前まで換気設備を停止し、夏とほぼ同条件での実測を行い、換気設備稼働状況による室内空気質への影響を検討した。
- 7) カルボニル化合物、VOCs とともに、気中濃度、放散速度が減衰し、夏実測と比較して極めて低い値を示した。
- 8) 換気設備停止時と換気設備稼働時のアクティブ気中濃度を比較し、換気の効果を確認した。また、換気設備停止時も気中濃度が低い値を示した。
- 9) PFT 法による 3 ゾーン換気量測定を行い、住戸全体の換気回数が設定換気回数 (0.5 回/h) と同じ値を示した。補助ファンが正常に稼働し、給気量が確保されていることが確認できた。換気設備のシステムと実測結果を比較検討することで、測定期間中の給排気量を把握することができた。
- 10) C_7F_{14} は Zone3 の容積に対して放散量が少なく、完全混合しなかったことが考えられた。よって、各室に一定の換気量を確保できる機械換気設備を要する住戸では、設定換気回数と室容積を考慮し、適当なバイアル瓶設置本数を検討することで、より精度の高い

結果が得られると考えられた。

【参考文献】

- 1) 田辺新一, 阿久津太一, 青木龍介, 松本仁, 熊谷一清, “建材から発生するアルデヒド類のパッシブ測定法 (ADSEC) の開発, その 3~5”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp. 851-856, 2001
- 2) 田辺新一, 浅井万里成, 酒井聡至, 丸元典子, 田淵誠一, “パッシブ測定法を用いた室内空気質評価, その 5”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp887-888, 2003
- 3) 田辺新一, 浅井万里成, 酒井聡至, 丸元典子, 田淵誠一, “パッシブ測定法を用いた室内空気質評価, その 6~7”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp889-892, 2003

第4章 戸建住宅における 室内空気質実測

第4章 新築戸建住宅における室内空気質実測

Investigation of Indoor Air Quality in a Newly-Constructed Detached House

In this chapter, a newly-constructed detached house used building materials low chemical emission rate and equipped with mechanical ventilation in consideration of indoor air quality were measured by using passive methods. Measuring temperature, relative humidity, air change rate, indoor air concentration and emission rate of aldehydes and VOCs from building materials, differences of indoor air quality between a condition of living and a condition of un-living were investigated.

KEYWORDS: Building Standards Law, Mechanical Ventilation, Emission Rate, Passive Methods, Aldehydes, VOCs

4-1 研究目的

既往研究¹⁾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、ヒアリング用紙による生活活動調査方法を検討し、パッシブ測定法を用いた室内空気質調査方法を提案している。

建築基準法が改正されるなど、シックハウスの社会問題化がますます進んでいる。改正建築基準法では、建材の使用制限がなされ、機械換気設備の設置が原則として義務付けられている。このような社会背景を受けて、建材に配慮し、常時換気設備を備えた新築住宅において、これらのパッシブ測定法を用いて室内空気質調査を行い、評価すると共に、生活状態と非生活状態における空気環境の差異を検討することを目的とした。

4-2 調査概要

4-2-1 調査対象

東京都豊島区に立地する2階建て新築戸建住宅を対象とした。24時間換気設備が設けられ、断熱性に配慮して、外断熱工法を採用し、次世代省エネ基準に対応している住宅である。住宅内では、1階リビングダイニング（以下、居間）、2階南側洋室の計2室を対象とした。図4-1に調査対象住宅の外観を示す。

4-2-2 調査項目

表4-1に調査項目、表4-2にそれぞれの調査方法を示す。それぞれの詳細については、(1)～(5)に記述する。また、図4-2に測定器具設置位置を示す。

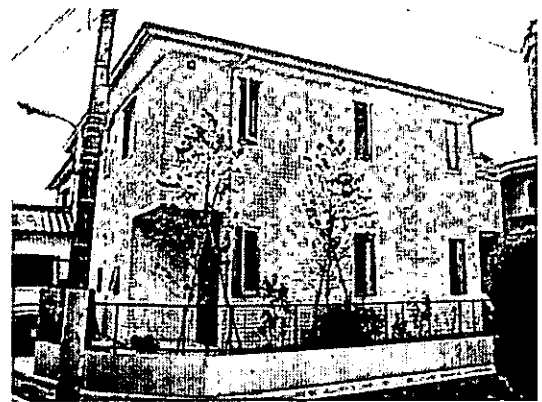


図4-1 調査対象住居外観

表4-1 調査項目

調査項目	非生活時	生活時
気中濃度	○	○
床・壁・天井放散速度	○	×
換気量	○	○
温湿度	○	○
ヒアリング	×	○

表4-2 調査方法

調査項目		調査方法
気中濃度	カルボニル化合物	DSD-DNPH 拡散サンプラー
	VOCs	パッシブサンプラー VOC-SD
放散速度	カルボニル化合物	Carbonyl-ADSEC
	VOCs	VOC-ADSEC
換気量		PFT法
温湿度		メモリー式温湿度計
ヒアリング		ヒアリング用紙

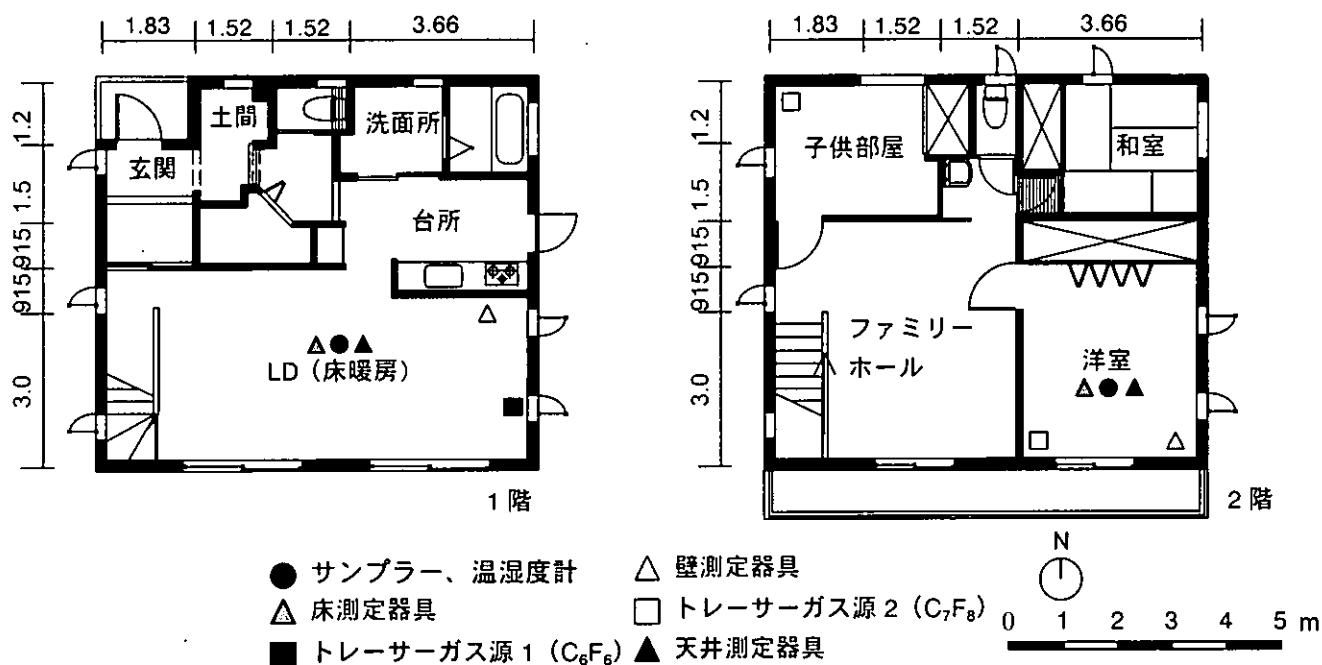


図 4-2 測定器具設置位置

(1) ヒアリング調査

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、ヒアリング調査を行った。ヒアリング用紙を用い、代表者に周囲環境や住宅概要など居住環境についての項目に回答していただき、居住者全員に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。なお、調査の性質から生活時のみ行った。

(2) 温湿度測定

化学物質の放散やトレーサーガス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・各調査室の空気温湿度、及び放散速度測定部位表面付近温度をそれぞれの測定期間中に測定した。メモリー式温湿度計を図 4-3 に示す。

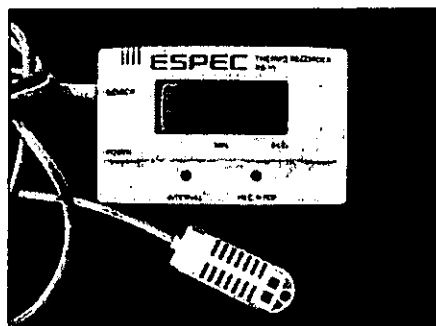


図 4-3 メモリー式温湿度計

(3) 気中濃度測定

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。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 24 時間捕集した。

DSD-DNPH は高速液体クロマトグラフィーで、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。

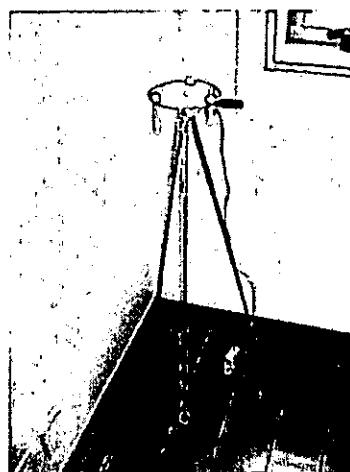


図 4-4 気中濃度測定風景

(4) 部位別放散速度測定

建材からの化学物質の放散源を把握するため、床・壁・天井それぞれの放散速度を測定した。カルボニル化合物は Carbonyl-ADSEC を、VOCs は VOC-ADSEC を各面に設置して、それぞれの面から放散する化学物質を 24 時間捕集した。なお、小さな子供が居住しているため、非生活時のみの測定とした。分析は気中濃度測定と同様の方法で行った。測定の様子を図 4-5 に示す。

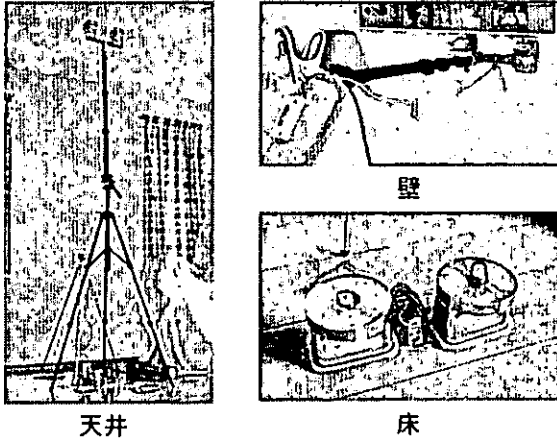


図 4-5 部位別放散速度測定風景

(5) 換気量測定

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。トレーサーガス源として C_6F_6 (Hexafluorobenzene) , C_7F_8 (Octafluorotoluene) を放散させ、パッシブサンプラー VOC-SD で 24 時間捕集し、換気量を算出した。トレーサーガス源は接着面に跡が残らないマスキングテープで壁面 (床上 1.2~1.6m 付近) に貼り付けて設置した。なお、測定中は 24 時間換気設備を稼働させていた。測定の様子を図 4-6 に示す。

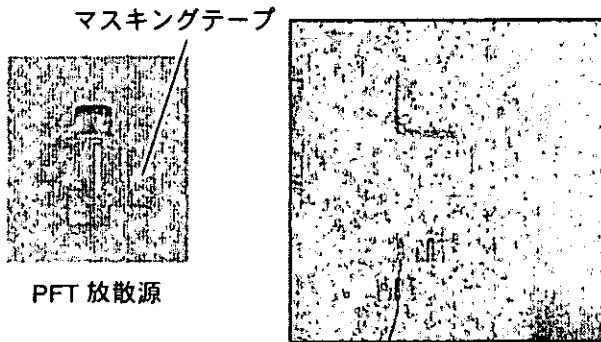


図 4-6 換気量測定風景

4-2-3 調査期間

調査は 2003 年夏季に行った。調査スケジュールを図 4-7 に示す。生活時の調査は非生活時の調査の 1 週間後に行い、7/31~8/1 が非生活時、8/7~8/8 が生活時の調査であった。

7/31	8/1	...	8/7	8/8
温湿度			ヒアリング調査	
気中濃度			温湿度	
放散速度			気中濃度	
換気量測定 (24 時間)			換気量測定 (24 時間)	
設置	回収		設置	回収

図 4-7 調査スケジュール

4-3 結果・考察

4-3-1 ヒアリング調査

居住者についてのヒアリング結果の抜粋を表 4-3 に、居住環境についてのヒアリング結果の抜粋を表 4-4 に示す。ご家族は 4 人だったが、小さなお子様が 2 人だったため、居住者についてのヒアリングは、ご夫妻のみに回答していただいた。

(1) シックハウスに対する意識について

居住者はシックハウスについて新築計画以前から知っており、24 時間換気設備が設置されていることは、室内の汚染化学物質濃度を低減し、室内空気質に良い影響を与えていると考えられる。

(2) 周囲環境について

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、ごみ集積場が近くにあるため、影響を与えている可能性がある。

(3) 住居について

住宅の築年数と入居してからの年数が等しいため、竣工直後に入居したと考えられ、築 3 ヶ月であることから、竣工直後の濃度が高い場合、低減していない可能性がある。また、構造は軽量鉄骨造で、C 値 (相当隙間面積) は $3.62\text{cm}^2/\text{m}^2$ である。

(4) 調査室における日常生活について

調査室である 1 階居間及び 2 階洋室は、それぞれ床はフローリング仕上げ、壁、天井はクロス仕上げと同様の仕上げ材を使用している。一般にフローリングはクロスと比較してホルムアルデヒドの放散が多くなるため、床からのホルムアルデヒド放散が多くなると予想される。また、居間においては、日常生活でアルコール類を飲まれる方がいるので、アセトアルデヒド濃度に影響を与えていると考えられる。日常生活における換気を両室共に意識的に行っていることは、汚染化学物質濃度の低減に効果があると考えられる。

表 4-2 居住者についてのヒアリング結果

性別	男性	女性
年齢	30代	30代
家での滞在時間	平日：12～19時間 休日：12～19時間	平日：12～19時間 休日：12～19時間
アレルギー体質ですか	YES（鼻炎）	YES（鼻炎、花粉症）

表 4-3 居住環境についてのヒアリング結果

(1) シックハウスに対する意識	
シックハウスという言葉の認識	新築計画以前
新築時に取ったシックハウス対策	24時間換気
シックハウスに対する関心	ややある
(2) 周囲環境について	
地域区分	住居地域
近隣を走る自動車の交通量	少ない
ごみの集積場までの距離	0～10m
(3) 住居について	
住居のタイプ	一戸建て
住居の構造	軽鉄骨
住居の築年数	3ヶ月
住居に入居してからの年数	3ヶ月
住まわれている方の家族構成	30代男性、30代女性、0～9歳男性2人
(4) サンプルングを行った居間について	
(4-1) 日常の居間での生活について	
部屋のある階	1階
部屋の広さ	20帖
床の仕上げ（外表面）	フローリング
壁・天井の仕上げ（外表面）	ビニルクロス
日常の意識的な換気	YES
日常のアルコール類の摂取	YES、毎日
(4-2) 測定時の居間での生活について	
4時間以上在室された方の人数	4人
使用した冷暖房器具と、その総使用時間	エアコン（0～4時間）
使用した換気設備	換気扇、24時間換気システム、窓開け換気
総換気時間	18時間以上
燃焼器具（ガスコンロなど）の使用	1回使用
測定期間中のアルコール類の摂取	少量
測定期間中の部屋の温湿度をどう感じたか	丁度良い
(5) サンプルングを行った洋室について	
(5-1) 日常の洋室での生活について	
部屋のある階	2階
部屋の広さ	8.5帖
床の仕上げ（外表面）	フローリング
壁・天井の仕上げ（外表面）	ビニルクロス
日常の意識的な換気	YES
(5-2) 測定時の洋室での生活について	
4時間以上在室された方の人数	2人
使用した冷暖房器具と、その総使用時間	エアコン（0～4時間）
使用した換気設備	24時間換気システム、窓開け換気
測定期間中の部屋の温湿度をどう感じたか	丁度良い

(5) 調査室における測定時の生活について

居間において、測定中に少量のアルコール類を摂取しているため、アセトアルデヒド濃度に影響を与えていると考えられる。また、両室共に24時間換気設備や窓開けによる換気を行っていたため、汚染化学物質濃度の低減に効果があったと考えられる。

居住者はシックハウスについて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。

4-3-2 温湿度測定

各測定場所における7月31日～8月1日(非生活時)の温湿度測定結果を表4-5に、8月7日～8月8日(生活時)の温湿度測定結果を表4-6に示す。

平均室温については、非生活時に比べ、生活時の方が約2°C高くなっており、居間の生活時の湿度が他と比べて低かった。居間と洋室を比べると、2回の測定共、2階にある洋室の方が約1°C高くなっており、階数の違いによる影響と考えられる。また、各室の床・壁・天井の表面付近温度は、天井、壁、床と位置が高い順に高かったが、1°C未満の差であった。盛夏での測定であったことから、比較的、高温多湿であった。

表4-4 温湿度測定結果(非生活時)

測定場所		温度 [°C]			平均湿度 [%RH]
		最高	平均	最低	
居間	気中	29.2	27.1	26.1	76
	床	28.0	27.3	26.4	84
	壁	28.3	27.5	26.5	77
	天井	28.6	27.9	26.9	77
	C ₆ F ₆ 放散源	28.3	26.8	25.8	78
洋室	気中	29.1	28.1	27.1	72
	床	28.5	27.9	27.3	77
	壁	29.5	28.4	27.3	73
	天井	29.7	28.6	27.4	74
	C ₇ F ₈ 放散源	28.7	27.8	26.9	74
子供部屋	C ₇ F ₈ 放散源	28.7	27.8	26.9	76
外気		34.3	26.3	22.5	71

※) 床・壁・天井においては表面付近空気温度を測定

表4-5 温湿度測定結果(生活時)

測定場所		温度 [°C]			平均湿度 [%RH]
		最高	平均	最低	
居間	気中	31.6	29.4	26.6	65
	C ₆ F ₆ 放散源	31.6	29.9	28.5	67
洋室	気中	31.9	30.0	28.5	72
	C ₇ F ₈ 放散源	31.0	29.2	26.5	67
子供部屋	C ₇ F ₈ 放散源	31.2	29.4	28.3	64
外気*		33.4	27.9	24.2	73

*外気の温湿度は欠測だったため、気象庁のデータを参照

4-3-3 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、アクロレイン、プロピオンアルデヒドの5物質を対象として、HPLCを用いて分析を行った。外気・居間・洋室の気中濃度測定結果を表4-7に示す。このうち、厚生労働省から気中濃度指針値が定められているホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの結果について図4-8に示す。

対象とした5物質のうち、アセトンの濃度はいずれも低く、アクロレインは全て検出限界以下であった。プロピオンアルデヒドに関しては、換気量が多いと推定される生活時に室内よりも外気の方が高く、外気影響が考えられる。

ホルムアルデヒドに関して、非生活時である7月31日～8月1日における測定では、居間、洋室共に厚生労働省の指針値(100µg/m³)を超えていたが、生活時である8月7日～8月8日における測定では、居間、洋室共に指針値以下であった。これは、換気状態の違いによるもので、生活時の意識的な換気が室内濃度を低減していたと考えられる。高温多湿の影響もあると考えられるが、24時間換気システムを備えていても、窓開け換気などが行われず、閉め切った状態では指針値を超える濃度になることから、長期不在後や冬季には積極的な換気が望まれる。

アセトアルデヒドに関しては、非生活時、生活時共に居間、洋室において厚生労働省の指針値(48µg/m³)以下であった。ホルムアルデヒド同様、生活時の方が低濃度であったが、洋室と比較して居間の気中濃度の減衰が少なかった。これは、ヒアリング調査の結果から、生活時にアルコールを摂取していることが原因であると考えられる。

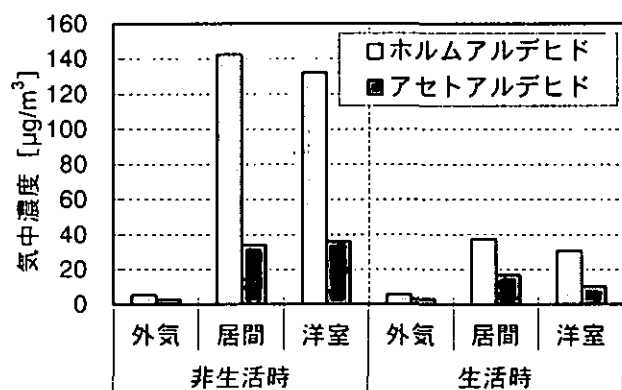


図 4-8 カルボニル化合物気中濃度測定結果 (2物質)

表 4-7 カルボニル化合物気中濃度測定結果 [µg/m³]

		外気	居間	洋室
非生活時	ホルムアルデヒド	5.3	142.4	132.0
	アセトアルデヒド	2.7	34.0	36.3
	アセトン	N.D.	1.6	1.8
	アクロレイン	N.D.	N.D.	N.D.
	プロピオンアルデヒド	11.4	1.2	15.6
生活時	ホルムアルデヒド	5.5	37.5	30.5
	アセトアルデヒド	3.1	16.8	10.2
	アセトン	N.D.	0.7	0.4
	アクロレイン	N.D.	N.D.	N.D.
	プロピオンアルデヒド	17.9	13.9	15.4

※) N.D.=Not Detected ; 検出限界以下

表 4-6 VOCs 気中濃度測定結果 [µg/m³]

		非生活時			生活時		
		外気	居間	洋室	外気	居間	洋室
脂肪族炭化水素類	ノナン	N.D.	54.5	57.1	2.6	8.3	5.5
	デカン	7.8	276.0	260.8	8.3	40.1	27.7
	ウンデカン	10.0	499.8	341.5	13.5	104.0	36.7
芳香族炭化水素類	トルエン	10.3	95.1	107.1	9.4	23.0	16.6
	エチルベンゼン	2.7	8.4	7.1	3.0	4.1	2.7
	キシレン	5.0	21.4	19.7	5.9	7.1	5.6
	スチレン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,3,5-トリメチルベンゼン	1.5	51.2	50.0	0.2	8.2	5.8
	1,2,4-トリメチルベンゼン	5.0	172.3	171.2	7.4	27.2	19.6
	1,2,3-トリメチルベンゼン	1.2	43.9	42.8	2.1	7.3	5.2
テルペン類	α-ピネン	1.0	62.3	77.2	1.4	18.9	15.8
	D-リモネン	N.D.	12.6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
ハロゲン類	p-ジクロロベンゼン	6.6	8.3	13.5	6.9	5.2	6.3
エステル類	酢酸ブチル	N.D.	31.2	26.0	N.D.	9.3	4.5
アルコール類その他	1-ブタノール	N.D.	45.2	51.8	3.1	14.6	9.2

※) N.D.=Not Detected ; 検出限界以下

(2) VOCs

外気・居間・洋室における主要物質の気中濃度測定結果を表 4-8 に示す。定性定量された物質のうち、厚生労働省から指針値が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物質の結果について図 4-9 に示す。

厚生労働省で指針値が定められている物質については、非生活時である7月31日～8月1日における測定では、トルエン濃度が100µg/m³前後を示したが、非生活時、生活時共に各物質の濃度は指針値(トルエン:260µg/m³、エチルベンゼン:3800µg/m³、キシレン:870µg/m³、スチレン:220µg/m³、p-ジクロロベンゼン:240µg/m³)以下であった。生活時と非生活時を比べると、トルエン、キシレンは生活時に大きく減衰しており、これは換気状態の違いによるもので、生活時の意識的な換気が室内濃度を低減していたと考えられる。

また、指針値が定められている物質以外では、脂肪族炭化水素類のノナン・デカン・ウンデカン、芳香族炭化水素類のトリメチルベンゼン、テルペン類のα-ピネン、エステル類の酢酸ブチル、アルコール類の1-ブタノールが、いずれも非生活時における測定で比較的高濃度であった。しかし、生活時には大きく減衰しており、換気効果と考えられる。

居間と洋室を比較すると、非生活時にはウンデカンの居間の値が洋室の1.5倍近くであった点を除いては、同程度の値であった。しかし、生活時には全体的に洋室の方が低く、換気量の違いが考えられる。

VOCs 気中濃度を族別に表した結果を図4-10に示す。

定性定量された VOCs の合計値を見ると、非生活時において、厚生労働省の TVOC 暫定目標値 ($400\mu\text{g}/\text{m}^3$) を超えており、特に脂肪族炭化水素類、芳香族炭化水素類の占める割合が高かった。一方、生活時には大きく減衰し、目標値を下回っており、居住者による換気影響が大きいと考えられる。

生活時と非生活時、居間と洋室において各族が占める割合に大きな差異はなく、脂肪族炭化水素類が約 50%、芳香族炭化水素類が約 25%を占めており、主成分であった。

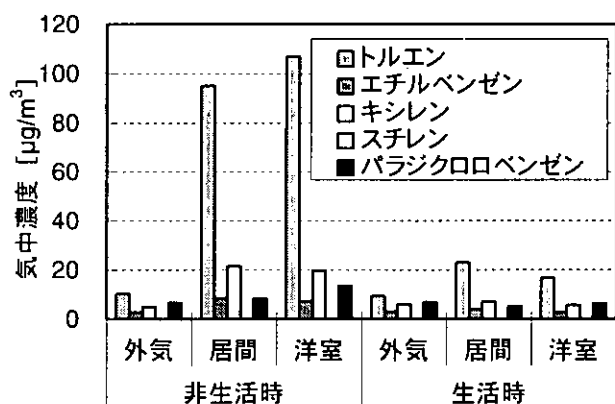


図 4-9 VOCs 気中濃度測定結果 (5 物質)

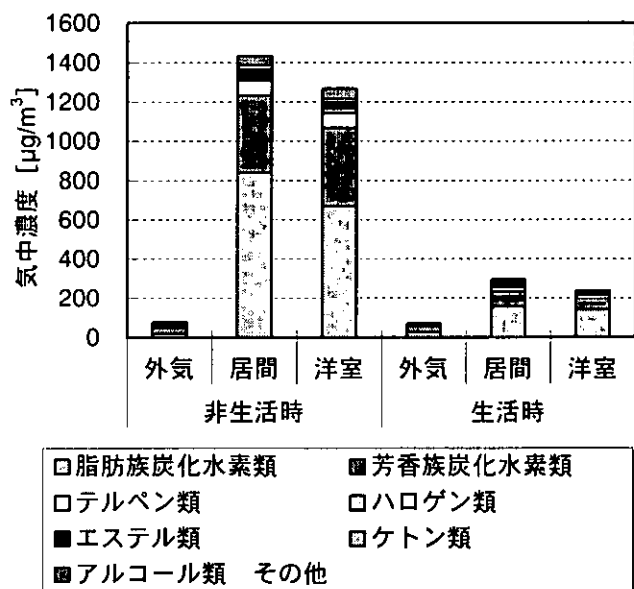


図 4-10 VOCs 気中濃度測定結果 (族別)

(3) 指針値との比較

測定により得られた気中濃度と厚生労働省指針値とを比較した結果を図4-11に示す。各物質の指針値を100とした場合の気中濃度測定値を割合で示したものである。

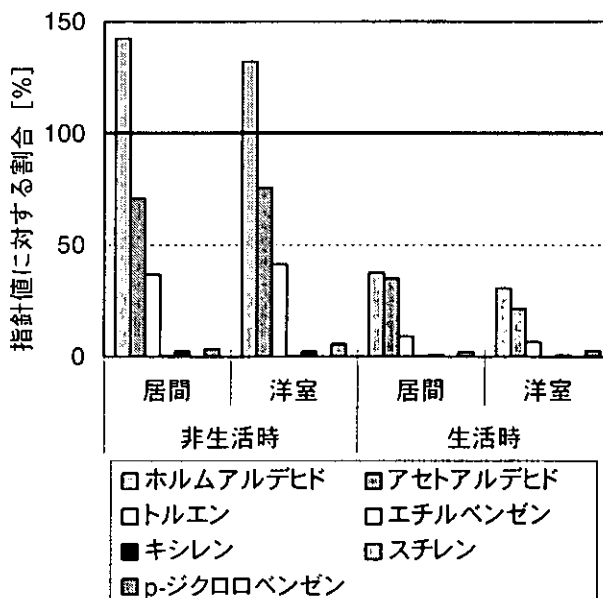


図 4-11 気中濃度測定値と指針値の比較

非生活時のホルムアルデヒドが指針値を上回っており、アセトアルデヒドが指針値に近い値であった。VOCs では非生活時のトルエンが指針値の約 40%であったことを除いては、大きく下回っていた。

4-3-4 部位別放散速度測定

(1) カルボニル化合物

室内における汚染化学物質の主要放散源と考えられる床・壁・天井の部位別放散速度測定結果を表4-9に示す。気中濃度と同様の5物質を対象とした。このうち、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドについて図4-12に示す。

ホルムアルデヒドに関しては、居間、洋室共に床からの放散が壁、天井からの放散より高い値を示した。この原因には、仕上げ材の相違が考えられ、クロスよりもフローリングからの放散が多いと言える。フローリング床のホルムアルデヒド放散速度は $20\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ 前後であったため、新規格によるとF☆☆☆☆に相当すると思われる。他の4物質に関しては、どの部位からの放散も $5\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ を下回る低い値を示した。

気中濃度測定結果と比較すると、気中濃度が高かったホルムアルデヒドの放散速度が他の物質と比べて高くなっており、建材からの放散が気中濃度に影響していることがわかる。

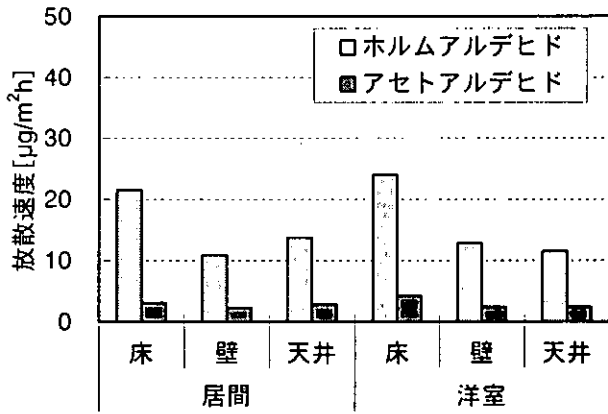


図 4-12 部位別放散速度測定結果 (2 物質)

表 4-9 部位別放散速度測定結果
(カルボニル化合物) [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]

	居間			洋室		
	床	壁	天井	床	壁	天井
ホルムアルデヒド	21.5	10.9	13.7	24.0	12.8	11.5
アセトアルデヒド	3.1	2.3	2.8	4.2	2.4	2.4
アセトン	2.6	2.3	1.8	2.7	3.7	4.0
アクロレイン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
プロピオンアルデヒド	1.2	1.7	2.1	1.7	0.8	1.8

※) N.D.=Not Detected ; 検出限界以下

(2) VOCs

床・壁・天井における主要物質の部位別放散速度測定結果を表 4-10 に示す。このうち、気中濃度と同様に、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物質の結果について図 4-13 に示す。

図 4-13 に示した 5 物質では、トルエンの放散速度が居間、洋室共に、他の物質に比べ高い値を示したが、どの物質も放散速度は低く、十分に配慮された建材が使用されていると言える。また、p-ジクロロベンゼンが居間のみで検出された。居間・洋室の仕上げ材は同一であることから、建材以外から放散し、各面に吸着していたことが考えられる。

気中濃度指針値が定められている物質以外について、芳香族炭化水素類ではデカンが居間・洋室の各部位から、ウンデカンが洋室の各部位から、テルペン類では α -ピネンが洋室の各部位から、D-リモネンが居間の床と洋室の各部位から高い放散を示した。居間・洋

室の仕上げ材が同一であることから、2 室で差異が見られた物質については、建材以外から発生し、各面に吸着していた可能性がある。

気中濃度測定結果と比較すると、高濃度であったデカン、ウンデカン、トルエン、トリメチルベンゼン、 α -ピネン、酢酸ブチルの放散速度が高くなっていた。これらの物質に関しては、建材からの放散が気中濃度に大きな影響を与えていると考えられ、特に酢酸ブチルは床の放散が高く、フローリングが主放散源であることが確認できる。デカン、ウンデカンについては、気中濃度は居間の方が高かったが、放散速度は洋室の方が高くなっていた。D-リモネンについては、洋室の放散速度が高くなっていたにもかかわらず、気中濃度は検出限界以下であった。

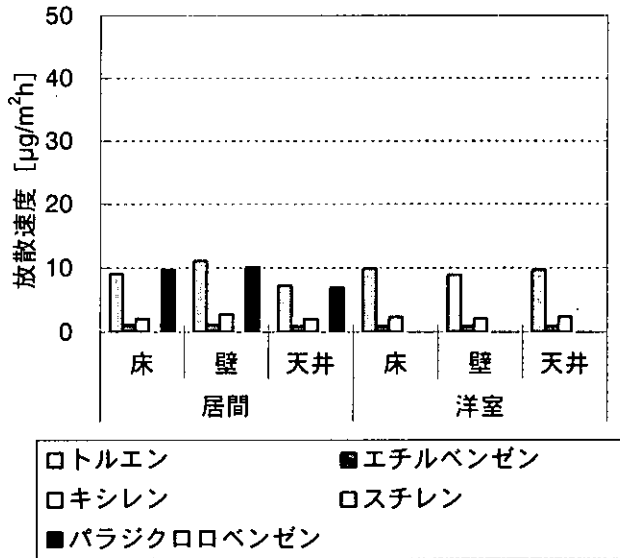


図 4-12 部位別放散速度測定結果 (5 物質)

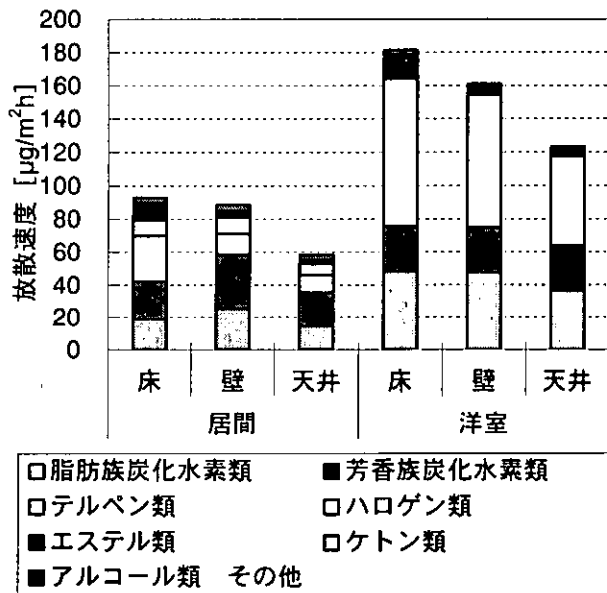


図 4-13 VOCs 放散速度結果 (族別)

表 4-7 部位放散速度測定結果 (VOCs) [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]

		居間			洋室		
		床	壁	天井	床	壁	天井
脂肪族炭化水素類	ノナン	2.9	4.5	2.5	3.1	3.2	3.0
	デカン	10.3	12.9	7.7	19.7	19.7	20.4
	ウンデカン	5.1	6.6	4.3	23.4	22.8	11.8
芳香族炭化水素類	トルエン	9.1	11.1	7.2	9.9	8.9	9.7
	エチルベンゼン	1.0	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9
	キシレン	2.1	2.8	2.0	2.3	2.1	2.3
	スチレン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1,3,5-トリメチルベンゼン	2.1	3.8	2.2	2.4	2.6	2.6
	1,2,4-トリメチルベンゼン	6.3	11.2	6.7	7.9	8.7	8.1
	1,2,3-トリメチルベンゼン	1.6	2.9	1.7	2.4	2.6	2.3
テルペン類	α -ピネン	8.1	5.9	4.7	17.6	16.0	12.4
	D-リモネン	19.4	6.4	6.1	71.1	63.7	41.7
ハロゲン類	p-ジクロロベンゼン	9.7	10.1	6.9	N.D.	N.D.	N.D.
エステル類	酢酸ブチル	6.3	1.5	1.0	10.6	0.9	0.9
アルコール類その他	1-ブタノール	2.9	3.5	3.2	2.8	2.6	2.3

※) N.D.=Not Detected ; 検出限界以下

VOCs 放散速度を族別に表した結果を図 4-14 に示す。

合計の放散速度は、床、壁、天井共、居間よりも洋室の方が高くなっており、床の放散が最も高く、天井が最も低くなっていた。居間に関しては、フローリングが仕上げに用いられている床ではテルペン類の占める割合が高くなっており、木材からはテルペン類が多く放散するためと考えられる。クロスが仕上げに用いられている壁・天井では芳香族炭化水素類の占める割合が高くなっていた。一方、洋室に関しては、一様にテルペン類の占める割合が高くなっていた。居間と洋室では各面の仕上げが同一であること、床と壁・天井では仕上げが異なっていることを考慮すると、床・壁・天井以外にテルペン類の放散源が存在し、各面に吸着していた可能性がある。

また、居間、洋室共に、壁・天井に比べて床のエステル類の占める割合が高く、フローリング材にこれらを使用されており、放散していると考えられる。

(3) 寄与率

各部位の放散速度と表面積から、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床・壁・天井の合計放散量に対する各部位放散量の割合のことであり、式(4-1)より求めた。

$$R_N = \frac{EF_N \times S_N}{EF_F \times S_F + EF_W \times S_W + EF_C \times S_C} \dots (4-1)$$

EF_F, EF_W, EF_C : 床、壁、天井の部位別放散速度 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]

S_F, S_W, S_C : 床、壁、天井の部位別表面積 [m^2]

R_N : 寄与率 [%]

$N \begin{cases} F: \text{床} \\ W: \text{壁} \\ C: \text{天井} \end{cases}$

表 4-11 に各調査室の床・壁・天井の表面積を示す。気中濃度指針値が定められている物質のうち、検出されたホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、p-ジクロロベンゼンの 6 物質について、調査室の各部位表面積比と併せて寄与率を表 4-12 及び図 4-15 に示す。

表 4-8 各部位表面積 [m^2]

	床	壁	天井
居間	38.05	41.35	40.56
洋室	14.51	23.26	14.51

表 4-9 気中濃度への各部位の寄与率

	居間			洋室		
	床	壁	天井	床	壁	天井
表面積比	32	34	34	28	44	28
ホルムアルデヒド	45	25	30	43	37	21
アセトアルデヒド	37	29	35	40	37	23
トルエン	32	42	27	29	42	29
エチルベンゼン	33	38	29	28	45	28
キシレン	29	42	29	29	42	29
p-ジクロロベンゼン	35	39	26	-	-	-

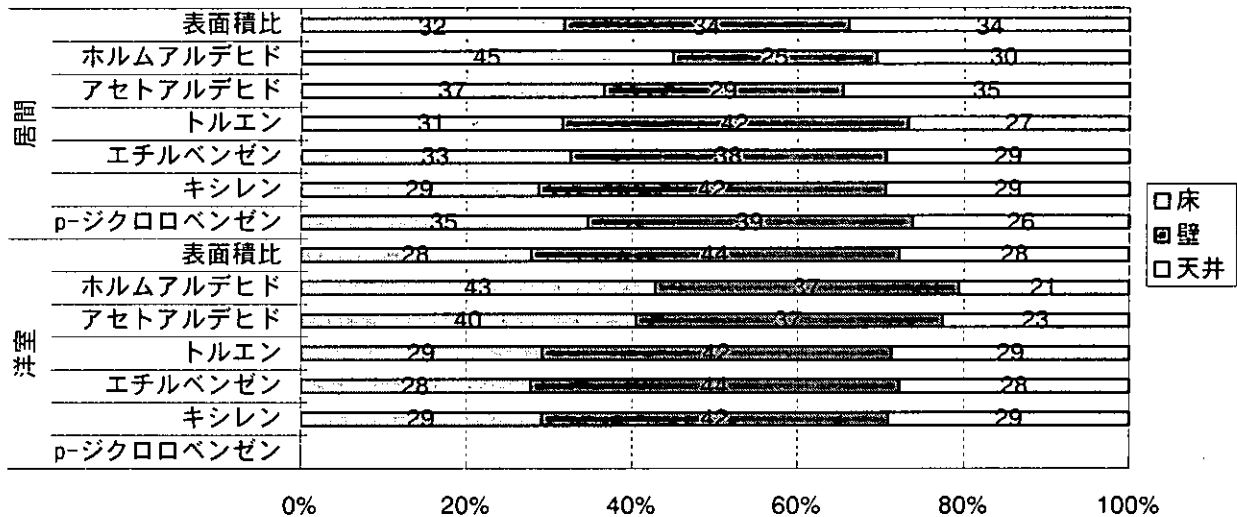


図 4-14 気中濃度への各部位寄与率

換気量を表 4-14 に示す。

ホルムアルデヒドに関して、居間、洋室共に表面積の割合に対して床の寄与率の割合が高い値を示した。これは、床からの放散速度が壁・天井に比べて2倍近い値を示していたためであり、洋室のアセトアルデヒドについても同様である。一方、VOCs に関しては、表面積比と寄与率がほぼ一致しており、表面積の大きい壁の寄与率が高くなっている。このことから、カルボニル化合物は床からの放散の影響が大きく、VOCs は壁からの放散の影響が大きいと言える。

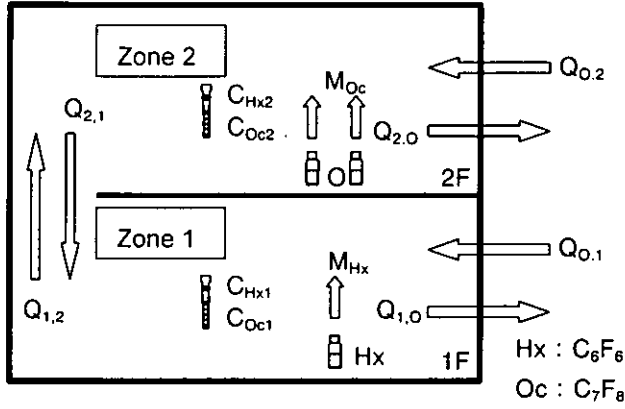
また、各 Zone 及び住宅全体の容積を表 4-15 に、外気導入量・換気回数算出結果を表 4-16 に示す。ここでは、各容積に対する外気導入量の割合を換気回数とした。さらに、表 4-14 を図 4-17 に図解する。

4-3-5 換気量測定

図 4-16 に換気量測定概念図を示す。1階を Zone 1、2階を Zone 2 とする2つの Zone に分け、Zone 1 には C₆F₆ 放散源を1瓶、Zone 2 には C₇F₈ 放散源を2瓶設置した。既往研究により得られた、トレーサーガス放散源の放散量算出式及びパッシブサンプラーのサンプリングレートから求められた各 Zone、各物質のトレーサーガス放散量及び気中濃度を表 4-13 に示す。これらの値から図 4-16 に示す式を用いて算出した各 Zone の

表 4-10 トレーサーガス放散量及び気中濃度

		トレーサーガス放散量 [µg/h]		気中濃度 [µg/m ³]	
		M _{Hx}	M _{Oc}	C _{Hx}	C _{Oc}
非生活時	Zone 1	6170	/	116.3	28.2
	Zone 2	/	4219	2.4	18.1
生活時	Zone 1	6762	/	67.5	13.6
	Zone 2	/	4474	8.3	109.9



Zone 1 Hx : $Q_{2,1}C_{Hx2} - Q_{1,0}C_{Hx1} - Q_{1,2}C_{Hx1} = -M_{Hx}$
 Oc : $Q_{2,1}C_{Oc2} - Q_{1,0}C_{Oc1} - Q_{1,2}C_{Oc1} = 0$
 Zone 2 Hx : $Q_{1,2}C_{Hx1} - Q_{2,0}C_{Hx2} - Q_{2,1}C_{Hx2} = 0$
 Oc : $Q_{1,2}C_{Oc1} - Q_{2,0}C_{Oc2} - Q_{2,1}C_{Oc2} = -M_{Oc}$
 $Q_{0,1} = Q_{1,0} + Q_{1,2} - Q_{2,1}$
 $Q_{0,2} = Q_{2,0} + Q_{2,1} - Q_{1,2}$

図 4-15 換気量測定概念図

表 4-11 各階換気量算出結果 [m³/h]

	Q _{1,0}	Q _{0,1}	Q _{1,2}	Q _{2,1}	Q _{2,0}	Q _{0,2}
非生活時	50	-31	5	86	156	236
生活時	97	89	5	13	29	36

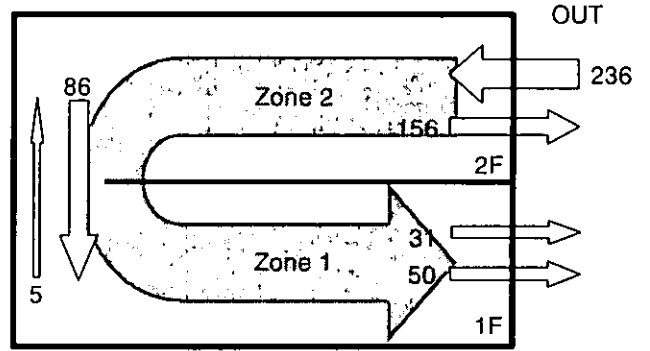
※) 換気量が負のものは図 4-16 の矢印が逆向きであることを表す。

表 4-12 各 Zone 及び住宅全体の容積 [m³]

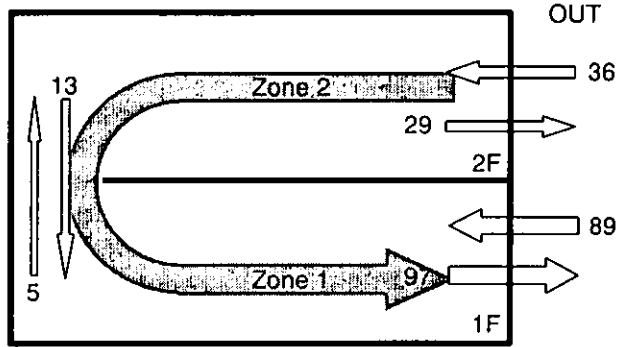
Zone 1	Zone 2	住宅全体
151	156	307

表 4-13 外気導入量・換気回数算出結果

	外気導入量 [m³/h]			換気回数 [回/h]		
	Zone 1	Zone 2	住宅全体	Zone 1	Zone 2	住宅全体
非生活時	-	236	236	-	1.5	0.8
生活時	89	36	125	0.6	0.2	0.4



非生活時



生活時

図 4-16 換気量算出結果

24 時間換気システムを備えた住宅であったが、非生活時には 1 階から直接新鮮外気が取り入れられていない結果となった。ヒアリング調査の結果から、生活時には 24 時間換気システムの稼動に加えて、窓開け換気が行われていたため、換気量が多いことが予想されたが、2 階については、非生活時の方が多くなっていた。生活時には非生活時から低減していた気中濃度測定結果からも、非生活時に比べ、生活時に多くの換気量が確保されていることが予想されたが、換気量測定結果からはその傾向は確認できなかった。Zone 2 における C₆F₆ 濃度が低く、1 階から放散させた C₆F₆ が行き渡らず、2 階で十分に捕集できていなかったことが原因として考えられる。

また、生活時、非生活時共に、2 階から 1 階へと室内の空気が流れていた。生活状態によりその量に違いが見られ、非生活時が生活時の約 6.5 倍であった。

4-3-6 予測換気回数

居間、洋室それぞれにおける床・壁・天井からの全放散量、気中濃度、外気の実測値を用い、式(4-2)により非生活時における予測換気量を求めた。また、予測換気量を各室の容積で割ったものが予測換気回数である。ホルムアルデヒド、トルエンの実測結果を用いて計算した各室における予測換気回数結果を表4-17に示す。

$$\text{予測換気量 } Q = \frac{EF_F \times S_F + EF_W \times S_W + EF_C \times S_C}{C - C_o} \quad \dots (4-2)$$

EF_F, EF_W, EF_C : 床、壁、天井の部位別放散速度 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]
 S_F, S_W, S_C : 床、壁、天井の部位別表面積 [m^2]
 C : 気中濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
 C_o : 外気濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

表 4-14 予測換気回数[回/h]

	居間	洋室
ホルムアルデヒド	0.1	0.2
トルエン	0.1	0.1

居間においては、ホルムアルデヒドから算出した数値と、トルエンから算出した数値がほぼ等しくなった。このことから、予測値の精度がある程度高いとすると、24時間換気システムが稼動していた割に予測換気回数は少なくなった。

これに対して、換気システムが稼動していたために実際の換気回数が予測値よりも多いと仮定すると、床・壁・天井以外からの放散が多かったことになる。

換気回数測定値と比較すると、予測値は大幅に下回った。換気量測定用に設置したトレーサーガス源の設置位置や設置数が適切でなく、サンプラーが十分にトレーサーガスを捕集できなかったため、実際よりも大きな値になったと考えられる。

4-4 まとめ

- 1) 気中濃度は、カルボニル化合物、VOCs共に概して、非生活時の濃度が高く、わずか1週間後の生活時には減衰していたことから、生活により換気量が増大し、気中濃度を低減させたと考えられる。
- 2) 厚生労働省から気中濃度指針値が定められている物質のうち、ホルムアルデヒドが非生活時の測定では、居間、洋室共に指針値を超えていたが、生活時の測定では下回った。
- 3) 定性定量された物質では、非生活時のホルムアルデヒド、デカン類、トルエン、トリメチルベンゼンの気中濃度が高かった。
- 4) 放散速度に関しては、全体的に低い値であった。
- 5) カルボニル化合物では、床のホルムアルデヒドの放散速度が他と比べて高い値を示し、VOCsではデカン類、トルエン、トリメチルベンゼン、テルペン類、床の酢酸ブチルが他と比べて高くなっていた。
- 6) 比較的、気中濃度が高かった物質については、放散速度も高く、建材からの放散による気中濃度への影響が大きいことがわかった。
- 7) 換気量・換気回数に関しては、ヒアリング調査結果や気中濃度測定結果から予想された傾向とは異なった。

【参考文献】

- 1) 松本仁, 酒井聡至, 浅井万里成, 青木龍介, 田辺新一, “パッシブ測定法を用いた室内空気質評価 その1~4”, 日本建築学会学術講演梗概集, D-2, pp. 837-844, 2002

第5章 健康影響予測に関わる
室内空気中の化学物質要因による
生体影響知見の整理