

厚生労働科学研究費補助金(化学物質リスク研究事業)
分担研究報告書

IV-1. 1. 一般住宅

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. 研究目的

野崎ら^{1), 2)}は、空気汚染対策製品と対策技術の化学物質除去性能を定量的に求める研究を行っており、各種対策製品と技術の除去性能を報告してきた。

ところで、実環境中においては室内化学物質の濃度構成に温度・相対湿度等の環境条件や人的行動等の諸要因が影響するため、対策技術製品固有の除去性能をもって、実環境における化学物質濃度の低減性を予測することは容易ではない。

したがって、空気汚染対策製品・技術の除去性能については、実験室実験で求めると同時に、実環境中における検証が必要となる。そこで本研究では、種々の空気汚染対策製品・技術を適用した住宅において、実測調査を行いその濃度低減効果を明らかにするものである。

実測調査は2004~2007年の間に計11回行われた。

B. 実測概要

1. 測定対象住宅の概要

測定対象住宅は、東北地方のRC造3階建ての一般住宅である(図-1参照)。測定は2004年に4回、2006年度に6回、2007年に1回行われた。測定実施時の測定対象室の状況を表-1に、各室毎の測定化学物質を表-2に示す。

2. 空気汚染対策製品・技術の概要

各室に空気清浄機等の空気汚染対策製品を導入した。汚染対策製品・技術の導入状況を表-3に示す。

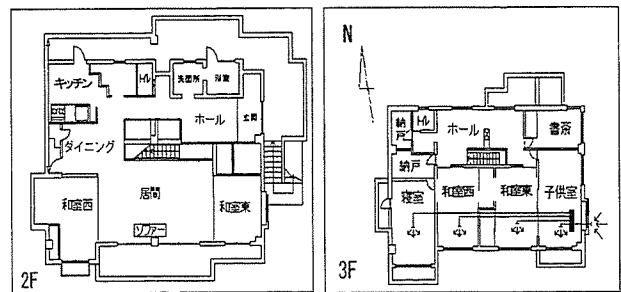


図-1 測定対象住宅の平面図

表-1 測定時の環境条件と暖房・換気装置の運転状況

	2004				2006						2007
	10/4	10/25	11/15	12/29	2/3	3/2	9/26	10/10	11/7	12/29	1/6
Temperature ^{*1}	20.2[°C]	22.0[°C]	15.2[°C]	20.4[°C]	15.0[°C]	20.2[°C]	23.9[°C]	22.9[°C]	18.5[°C]	15.4[°C]	11.5[°C]
R.H.	70.2[%]	51.0[%]	72.5[%]	37.2[%]	63.3[%]	43.0[%]	57.3[%]	63.4[%]	60.2[%]	63.4[%]	60.2[%]
Space heater	OFF	OFF	OFF	ON ^{*2}	ON ^{*2}	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Mechanical Ventilation	Supply-fan approach	Supply-fan approach	Supply-fan approach	Supply-fan approach	Supply-fan approach	Supply-fan approach	Supply-fan approach	Supply-fan approach	Supply and exhaust-fan approach	Supply and exhaust-fan approach	Supply and exhaust-fan approach

^{*1}2F living room ^{*2}2F: living room, dining room, Japanese room(east), Japanese room(west), 3F: children's room, Japanese room(east), Japanese room(west)

表-2 各室毎の測定化学物質

	2004								2006								2007			
	10/4		10/25		11/15		12/29		2/3		3/2		9/26		10/10		11/7		12/29	1/6
	Form aldehyde	VOC	Form aldehyde	VOC	Form aldehyde	VOC	Form aldehyde	VOC	Form aldehyde	VOC	Form aldehyde	VOC	Form aldehyde	VOC	Form aldehyde	VOC	Form aldehyde	VOC	SVOC	SVOC
2F Living room	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2F Dining room	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2F Japanese room(east)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2F Japanese room(west)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2F Entrance	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2F Hall	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2F Library	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2F Children's room	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3F Japanese room(east)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3F Japanese room(west)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3F Bed room	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

表-3 各室毎の空気汚染対策製品・技術の導入状況

	光触媒製品	珪藻土建材	吸着系内装材	空気清浄機	遮断技術	炭製品	グラフト重合化学吸着材	無垢材加工品(建具、ベッド)	低放射量	オーガニックコットン製カーテン
2F	居間			○	○					○
	ダイニング	○			○					
	和室(東)			○		○	○	○	○	
	和室(西)			○		○	○	○	○	○
玄関ホール		○								
3F	ホール	○			○					○
	書斎		○							○
	子供室		○							○
	和室(東)			○		○	○	○	○	
	和室(西)			○		○	○	○		
寝室		○	○	○		○	○		○	

2. 1. カーテン

居室とホールには光触媒加工のレースカーテンとオーガニックコットン製のカーテンが使用されている。使用例を写真-1 に示す。

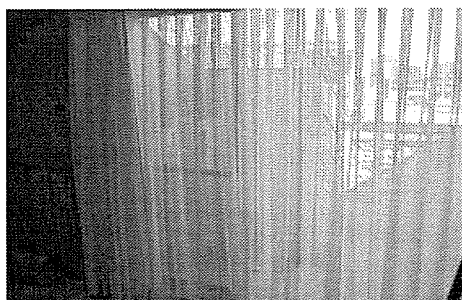


写真-1 光触媒加工カーテン

2. 2. 珪藻土建材

珪藻土は珪藻と呼ばれる藻類の化石であり、海水中で長い年月を経て珪殻と呼ばれるシリカ質の遺骸のみを残してできた土である。珪藻土粒子の直径は 10~200[μm]の範囲にあり、内部は直径 0.1~1.0[μm]のマクロ孔で構成され、多孔質構造となっている。珪藻土はその多孔質構造により、化学物質吸着能があるとされており、壁装材等に利用されている。

本住宅では、ホルムアルデヒド分解剤入りの珪藻土建材が使用されている。

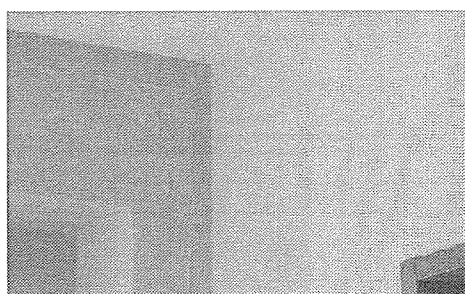


写真-2 珪藻土壁

2. 3. 吸着系内装材

いくつかの居室において、ホルムアルデヒド吸着カーペットが敷設されている。敷設例を写真-3 に示す。また、筆者らの研究により¹⁾、ホルムアルデヒド除去性能が確認されているグラフト重合利用化学物質吸着シートを、同吸着カーペットの下に敷設した。

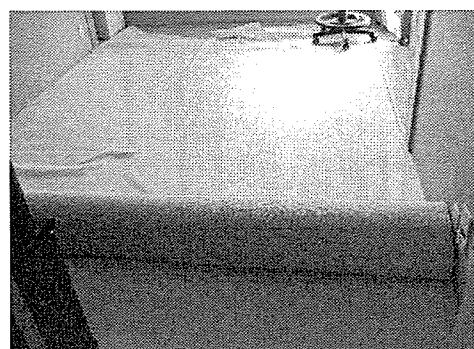


写真-3 ホルムアルデヒド吸着カーペットとグラフト重合利用化学物質吸着シート

2. 4. 空気清浄機

各室に家庭用空気清浄機を設置、運転した(写真-4 参照)。

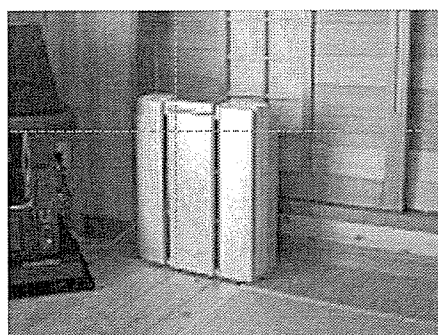


写真-4 家庭用空気清浄機の設置例

2. 5. 発生抑制技術

本測定対象住宅では、下地材からの化学物

質の発生抑止を目的とした封止系塗料が各所に使用されている。野崎ら²⁾は、同封止系塗料はVOC抑止効果があるものの、エタノールが長期にわたり発生することを報告している。

本研究では封止系塗料から発生するエタノールの放散抑止のため、放散面のシール処理を行っている。具体的には石膏ボード、ビニールシート、ビニールクロス、杉製カバーを用いてエタノール発生面の被覆を行った。被覆処理の概要を写真-5、6に示す。

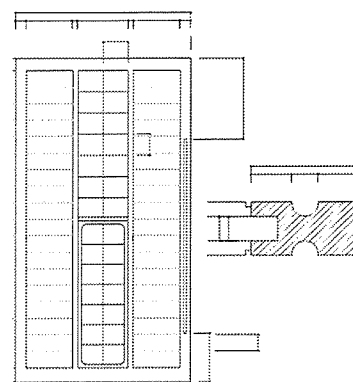


図-2 無垢材建具（2F居間、和室）

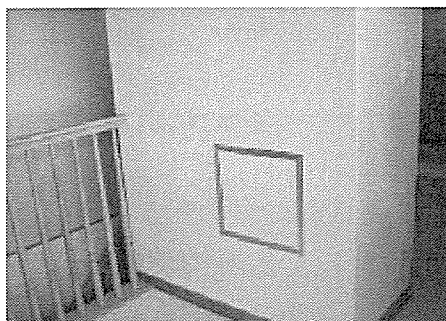


写真-5（石膏ボード+ビニールクロス）による壁面塗装箇所のVOC封止対策（3Fホール）



写真-7 無垢材ベッド（3F寝室）

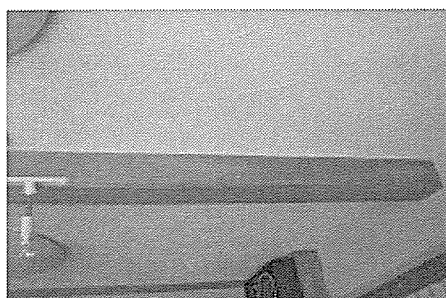


写真-6 杉製カバーによる構造材塗装箇所のVOC封止対策（2F居間-梁）

2. 6. 無垢材加工品

2F居間と和室（東）（西）の間仕切りに杉材を用いた建具が設置されている。同建具は接着剤使用量を削減し、化学物質発生量の低減を意図して設計製作された。（図-2参照）

また、床材と寝室に設置してあるベッドにも杉無垢材が用いられている。（写真-7参照）

2. 7. 炭製品

寝室には、化学物質吸着性能とインテリア性を兼備した空気汚染対策製品（備長炭）が設置してある。写真-8に設置状況を示す。

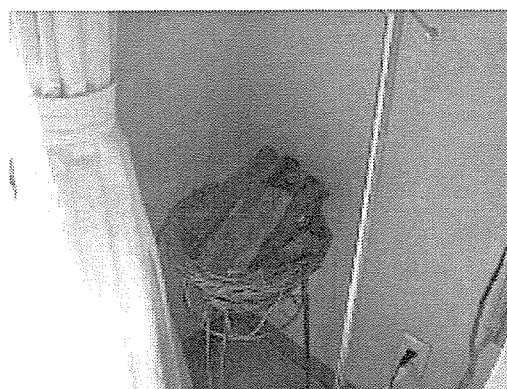


写真-8 空気汚染対策製品（3F寝室）

2. 8. 化学物質低放散仕様畳

低農薬仕様のい草と稲わらを使用し、防虫シートを挿入しない化学物質低放散仕様の畳（L：1820[mm]×W：910[mm]）を各和室に敷設している。（写真-9参照）



写真-9 化学物質低放散仕様量

2. 9. 住宅用換気システム

測定対象住宅において住宅用換気システムが運転されている。(写真-10 参照)

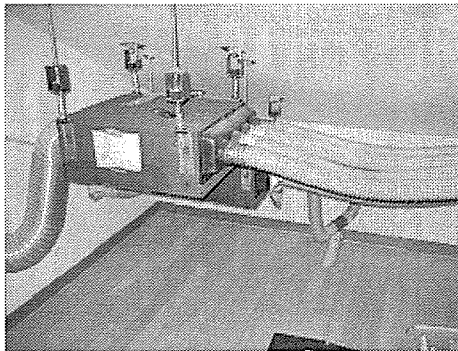


写真-10 住宅用換気システム

3. 換気回数の測定

3. 1. 測定機器

- ・CO₂計 (富士電機社製、Model: ZFP5YA31)

3. 2. 測定手順

- ①ドライアイスを室中央に設置し、拡散ファンを用いて二酸化炭素を室内で一様に拡散させる。
- ②CO₂計で室内二酸化炭素濃度をモニタリングし、濃度の減衰性から換気回数を算出する。

3. 3. 換気回数の算出

換気回数 M [1/h]は次式(1)式により算出できる。

$$N = 2.303 \times \frac{1}{\Delta t} \times \log \left\{ \frac{(C_1 - C_0)}{(C_2 - C_0)} \right\} \quad (1)$$

ここで、 Δt :測定時間[h]、 C_1 :測定開始時におけるCO₂濃度[ppm]、 C_2 :測定開始から Δt [h]後のCO₂濃度[ppm]、 C_0 :供給空気中のCO₂濃度[ppm]とする。

4. 化学物質濃度の測定

4. 1. 使用機器

使用機器を以下に示す。

- ・定流量ポンプ (Sibata 社製 Model:MP-Σ 30、MP-Σ100H)
- ・ホルムアルデヒド捕集管 (Waters 社製、Sep-Pak Xposure Aldehyde Sampler)
- ・炭素系捕集管 (Supelco 社製 Air-toxics)
- ・SVOC(フタル酸類)捕集管 (Supelco 社製 Tenax-TA)
- ・SVOC(農薬類)捕集管 (Waters 社製、ps-air)
- ・高速液体クロマトグラフ (日立社製、L-7000 型)
- ・加熱導入装置 (Perkin Elmer 社製 Turbo Matrix ATD)
- ・ガスクロマトグラフ/質量分析計 (Perkin Elmer 社製 Turbo Mass Gold)

4. 2. 捕集方法

ホルムアルデヒドはDNPHカートリッジ、VOCは炭素系捕集管、SVOCはSVOC捕集管を用いてアクティブサンプリングを行った。なお、ホルムアルデヒドは1.0[L/min]の流量で30[min]、VOCは0.1[L/min]の流量で30[min]、SVOC(フタル酸類)は0.5[L/min]の流量で60[min]、SVOC(農薬類)は3[L/min]の流量で120[min]捕集を行った。

4. 3. 分析方法

以下にアルデヒド類、VOC、SVOCの分析方法を示す。

- ・アルデヒド類(固相捕集-溶媒抽出-HPLC法)
- ・VOC(固相捕集-加熱脱離-GC/MS法)
- ・SVOC(フタル酸類): 固相捕集-加熱脱離-GC/MS法

・SVOC (農薬類) : 固相捕集-溶媒抽出-GC/MS 法

C. 結果及び考察

1. 換気回数

各室の CO₂ 濃度変化を図-3 に、(1)式より算出された換気回数を図-4 に示す。

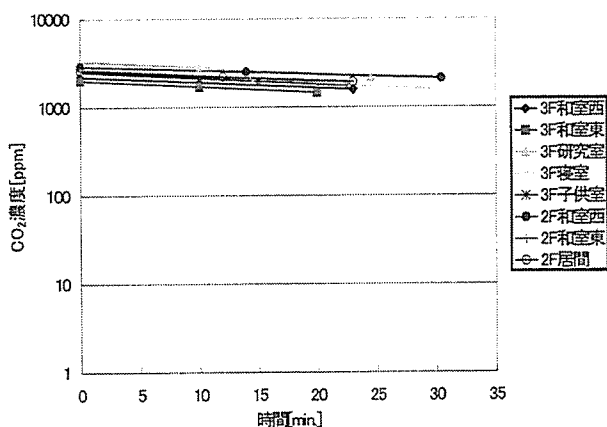


図-3 各室の CO₂ 濃度変化

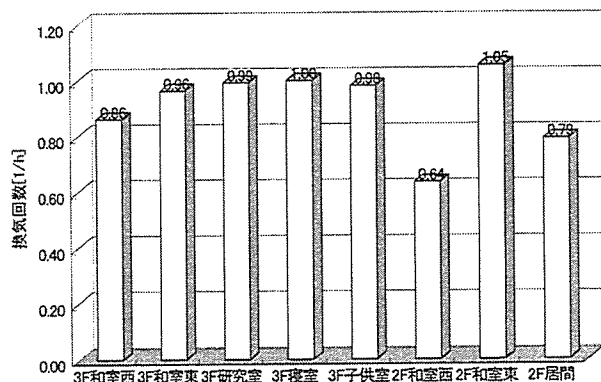


図-4 各室の換気回数

2. 化学物質濃度の実態

2. 1. ホルムアルデヒド濃度

ホルムアルデヒド濃度の測定結果の一例を図-5～8 に示す。

各室のホルムアルデヒド濃度は 4.3～28.8 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] の範囲にあり、全体的に低い値を示した。2006 年 9 月期における測定濃度が比較的高めであるが、測定日の室温が高く、発生源発生量の増大によるものと思われる。

2. 2. VOC 濃度

VOC 濃度の測定結果を図-9～12 に示す。各室の VOC 濃度は 37～2146 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] の範囲にあ

り、特に 2F の各室で高い値を示した。成分別ではエタノールが高濃度で検出された。室内濃度は 104～2108 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] の範囲にあり、平均値で 607 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] であった。特に、1F 和室(西)は TVOC 値の約 98 [%] がエタノールであった。2F 和室(西)では天井面(サワラ材に有機溶剤系塗装仕上げ)に VOC 放散抑制のため、封止系塗料を使用しているが、今回の調査で竿縁部分の塗膜形成が十分に成されていないことが判明した。これにより高濃度のエタノール汚染が引起こされたものと考えられる。

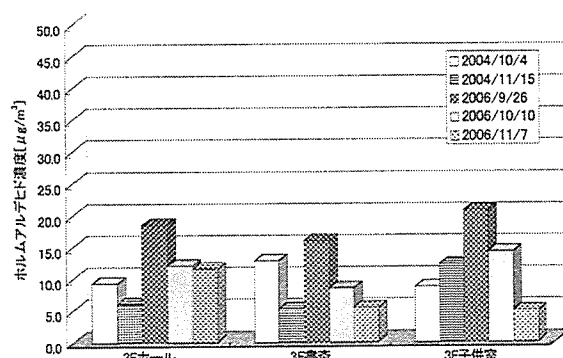


図-5 各室のホルムアルデヒド濃度 (3F①)

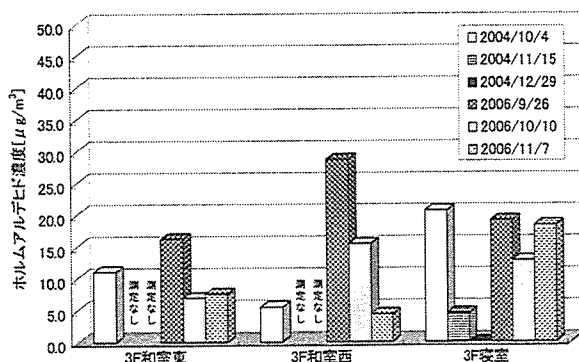


図-6 各室のホルムアルデヒド濃度 (3F②)

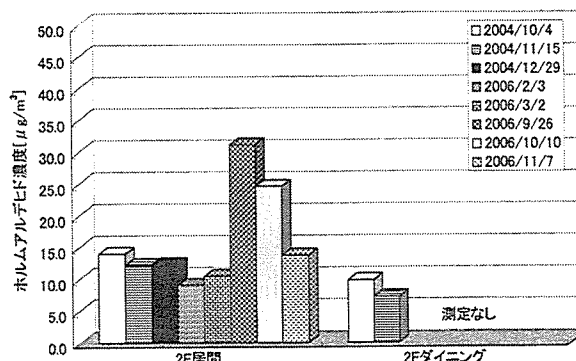


図-7 各室のホルムアルデヒド濃度 (2F①)

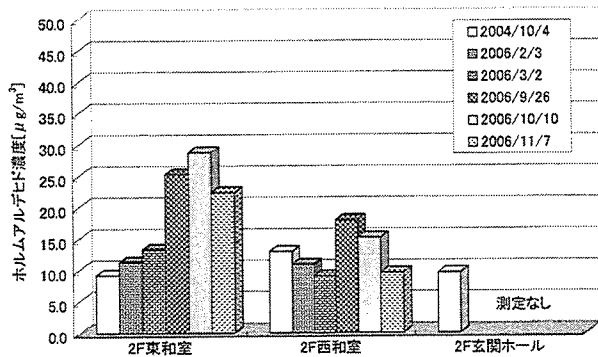


図-8 各室のホルムアルデヒド濃度 (2F②)

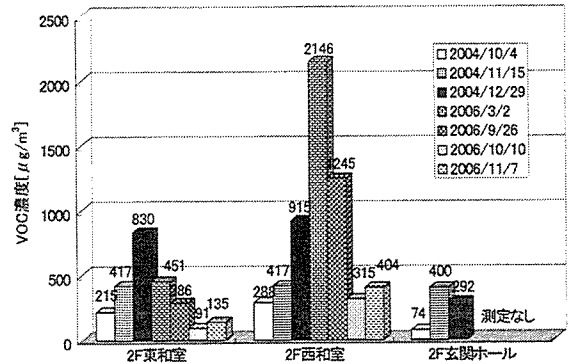


図-12 各室のVOC濃度 (2F②)

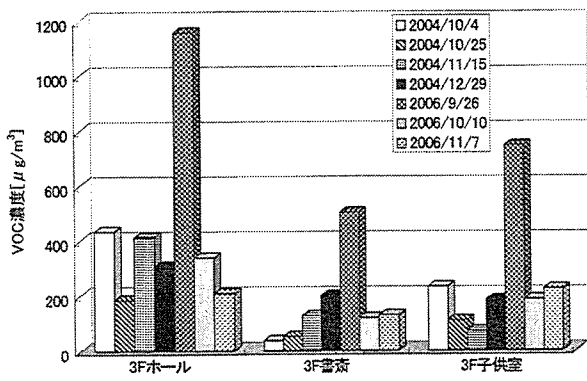


図-9 各室のVOC濃度 (3F①)

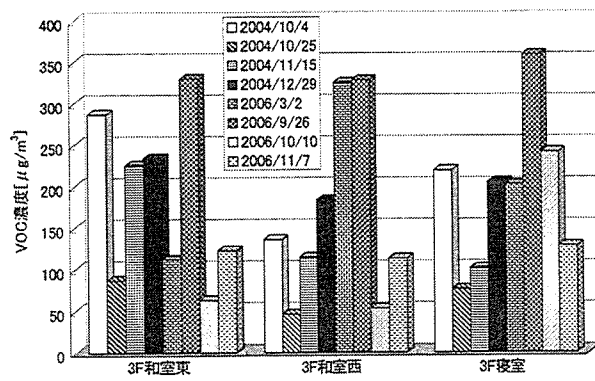


図-10 各室のVOC濃度 (3F②)

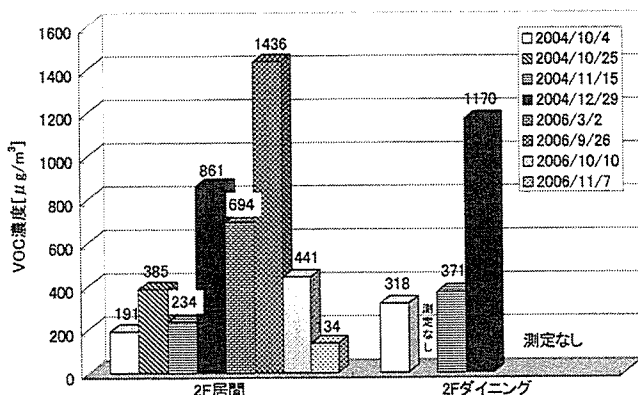


図-11 各室のVOC濃度 (2F①)

2. 3. SVOC

SVOC濃度の測定結果を図-13～16に示す。各室のSVOC濃度は数 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 程度であった。フタル酸ジエチル、フタル酸ジエチルヘキシルが検出された。

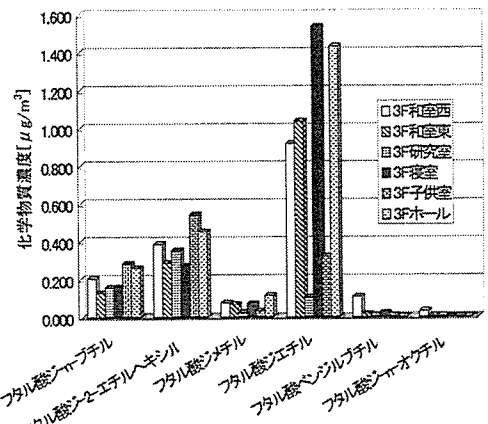


図-13 各室のSVOC濃度 (2006/11/7、3F)

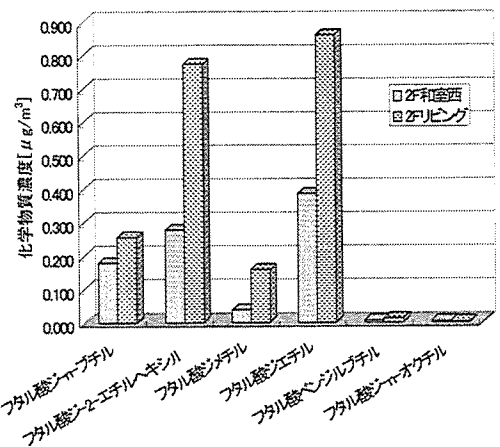


図-14 各室のSVOC濃度 (2006/11/7、2F)

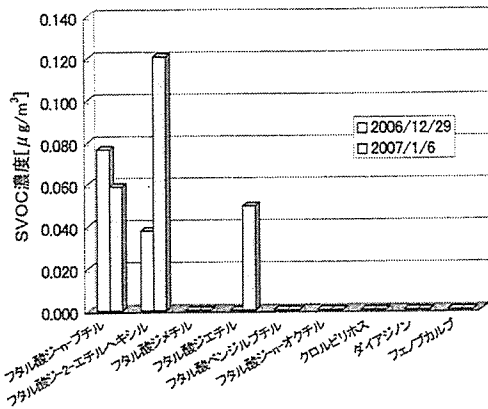


図-15 2F 和室西の SVOC 濃度 (2006/12/29、2007/1/6)

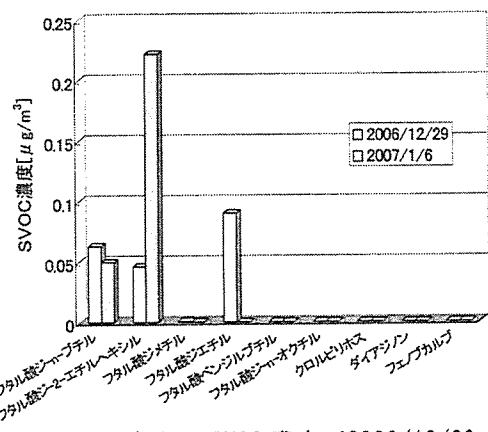


図-16 2F 和室東の SVOC 濃度 (2006/12/29、2007/1/6)

3. 各空気汚染対策製品・技術の化学物質除去効果

3. 1. 光触媒カーテン

3F ホールにおいては、光触媒カーテンが使用されている。当該製品の適用前後の日程(2004年10月4日と12月29日)で試料空気の捕集を行った。測定結果を図-17に示す。

光触媒カーテン使用前後におけるホールの VOC 濃度を比較すると、エタノールについて変化が認められた。当該製品の使用により、エタノール濃度は 401[μg/m³]から 270[μg/m³]に推移し、換気回数と室温等の変化がなければ、約 33[%]の濃度低減効果が示されたことになる。他の VOC については、測定値も低く有意な変化は見られなかった。

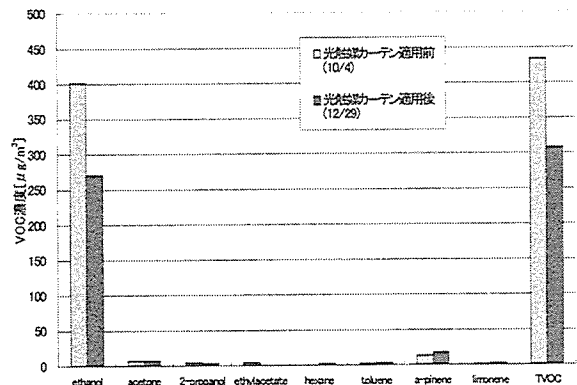


図-17 光触媒カーテン使用と VOC 濃度 (3F ホール)

3. 2. 珪藻土建材

2F の居室とホール等の壁面には、ホルムアルデヒド分解剤入りの珪藻土建材が使用されている。珪藻土建材を使用する前後の日程(2004年11月15日と12月29日)で試料空気の捕集を行った。珪藻土建材塗布前後の VOC 濃度を図-18に示す。

当該製品の使用前後における室内濃度を比較すると、トルエンは 70[μg/m³]から 4[μg/m³]、リモネンは 38[μg/m³]から 5[μg/m³]に濃度が低減した。

しかし、エタノール濃度は 212[μg/m³]から 262[μg/m³]にむしろ上昇している。塗布前後の室温に差があり、珪藻土建材の吸着効果を確認するには至っていない。

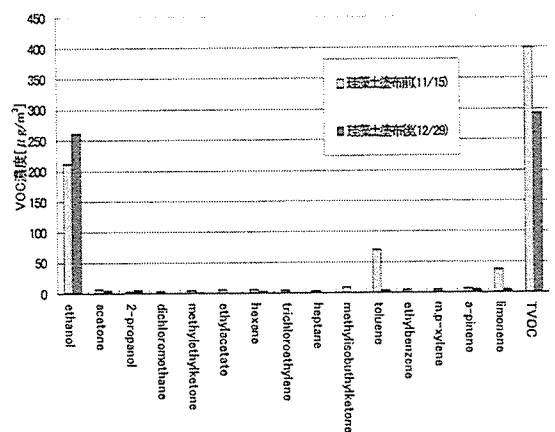


図-18 珪藻土建材使用と VOC 濃度 (2F 玄関ホール)

3. 3. 吸着系内装材

3F 寝室においては吸着カーペットが敷設されている。吸着カーペット敷設前後の日程

(2004年11月15日と12月29日)で試料空気の捕集を行った。測定結果を図-19、20に示す。

吸着カーペットには、ホルムアルデヒドキャッチャー剤が使用されており、その濃度低減効果が期待された。しかし、当該製品敷設前のホルムアルデヒド濃度はそもそも低く4.5[ppb]であり、敷設後は0[ppb]になったが、当該製品による吸着効果かどうかは疑わしい。また、アセトアルデヒド濃度は敷設前後で5.6[ppb]と6.9[ppb]であり、そもそも測定濃度が低く有意な吸着効果は示されていない。

吸着カーペット敷設後でエタノール、 α -ピネン濃度の上昇が示されたが、同製品からの発生物質ではないと思われる。

すなわち、同製品敷設前後の室内温度差が約5[$^{\circ}$ C]あり、これによりこれらの物質の室内発生源発生量が増大し、室内濃度を上昇させたものと思われる。

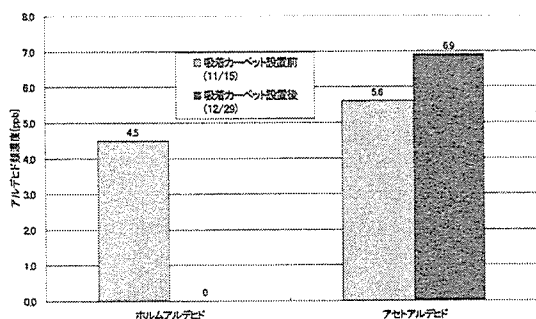


図-19 吸着カーペット敷設とアルデヒド類濃度

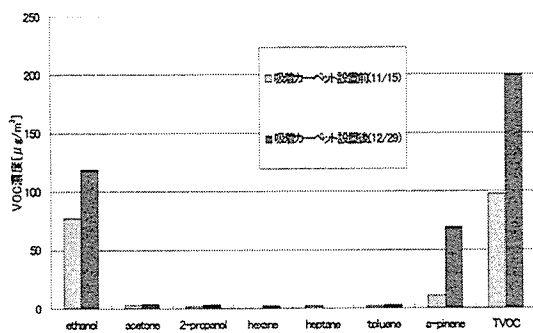


図-20 吸着カーペット敷設とVOC濃度

3. 4. 空気清浄機

3F 和室西においては空気清浄機が使用されている。

空気清浄機運転前後(2004年12月29日と11月15日)に試料空気の捕集を行った。測定結果を図-21に示す。

空気清浄機運転に伴い、エタノール、 α -ピネン、TVOC濃度が、それぞれ147から78[μ g/m³]、21から2[μ g/m³]、182から101[μ g/m³]に低下した。空気清浄機運転による効果とみなす事もできるが、非運転日は温度が5[$^{\circ}$ C]高いため、他の事例と同様に効果を確認するには至っていない。

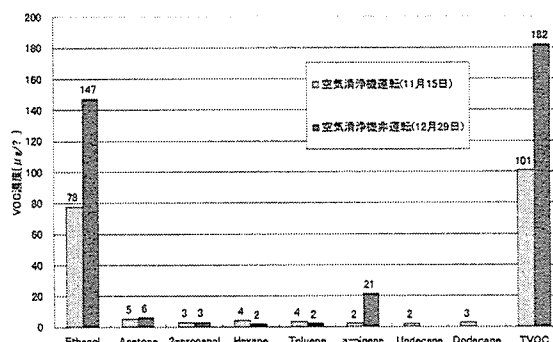


図-21 空気清浄機運転に伴うVOC濃度変化 (3F 和室西)

3. 5. 住宅用換気システム

全室で第1種換気システムが運転されている。第1種換気システム運転前後の日程(2006年10月10日と11月7日)で試料空気の捕集を行った。

第1種換気システム運転前後の3F 寝室の化学物質濃度を比較すると、明らかな室内濃度低減効果が認められる。例えば、エタノールが142[μ g/m³]から73[μ g/m³]、 α -ピネン18.6[μ g/m³]から6.59[μ g/m³]に低減した。また、2F 居間濃度はエタノールが317[μ g/m³]から61.2[μ g/m³]に低減した。

当該第1種換気システム運転前には、第2種換気システムが運転されていた。この室内濃度低減効果により、当該換気システムの換気性能は第2種換気システムよりも大きな実態が示された。測定結果を図-22、23に示す。

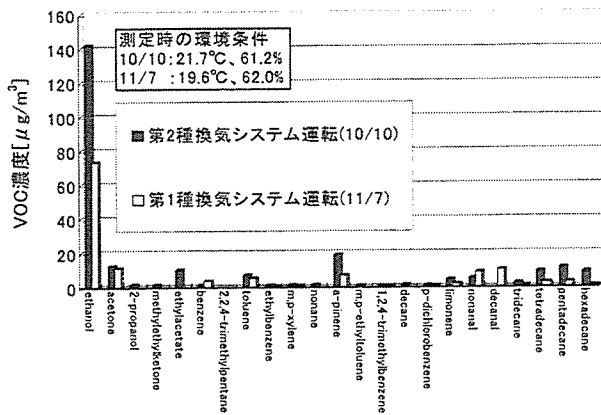


図-22 第1種換気システム運転に伴う VOC 濃度変化 (3F 寝室)

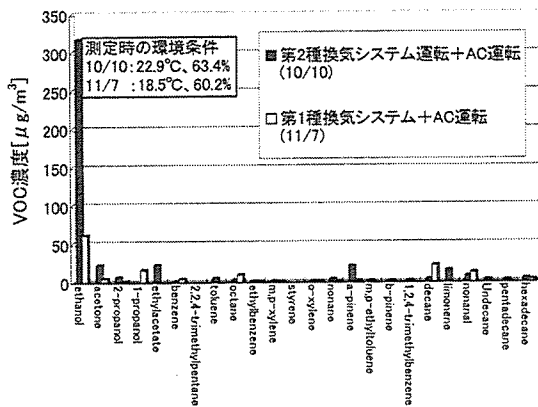


図-23 第1種換気システム運転に伴う VOC 濃度変化 (2F 居間)

3. 6. 農薬低放散仕様量と化学量

量材による VOC と農薬系化学物質汚染の実態を把握するダイアジノン、フェノブカルブ等の化学物質は検出されなかったために、測定対象室に於いて畳の入れ替えを行い、室内 VOC と SVOC 濃度を測定した。畳は稲わら畳、建材畳、化学畳等に大別される。稲わら畳と建材畳あるいは化学畳から、農薬系化学物質 (SVOC) と VOC の発生が懸念される。そこで、これらの発生化学物質を検証するため、2F 和室 (西) (東) に農薬使用量を削減した農薬系化学物質発生抑制仕様の畳 (以下、農薬低放散仕様畳) を敷設し、その後農薬不使用の化学畳に変更した。試料空気の捕集は農薬低放散仕様畳敷設後 (2006 年 12 月 29 日) と化学畳敷設後 (2007 年 1 月 6 日) に行った。測定結果を図-24 に示す。

結果として、農薬低放散仕様畳と化学畳敷

設後において、検出された SVOC の室内濃度は低く、クロルピリホス、ダイアジノン、フェノブカルブ等の化学物質は検出されなかった。

また、農薬低放散仕様畳あるいは化学畳敷設後に共に検出された物質はフタル酸ジブチルとフタル酸ジ-2-エチルヘキシルである。

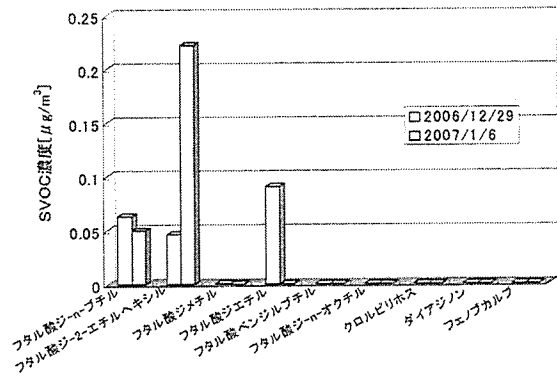


図-24 畳敷設室の SVOC 濃度 (2F 和室東)

D. 結論

本実測において得られた知見を以下に示す。

- 1) 空気汚染対策製品を導入した住宅における室内化学物質濃度の実態把握を行った。
- 2) 各室のホルムアルデヒド濃度は、8.5～18.4 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] の範囲にあり、全体的に低濃度であった。
- 3) 全ての測定対象室において、エタノールが検出された。これは、同住宅で使用された封止系塗料に起因する。
- 4) SVOC 濃度は、全室において数 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] 程度であり、低濃度であった。また、農薬低放散仕様畳と化学畳敷設室において、クロルピリホス、ダイアジノン、フェノブカルブ等は検出されなかった。
- 5) 各種の空気汚染対策製品を複数導入した室において、ある一定の室内化学物質濃度低減効果が示された。

E. 今後の課題

- 1) 実験室実験による空気汚染対策製品・対策技術の化学物質低減効果のさらなる実験的検証
- 2) 室内化学物質濃度の季節的変動の把握

F. 健康危機情報

全室でエタノールが高濃度で検出され、封止系塗料からエタノールが長期間にわたり放散することが明らかとなった。

G. 知的財産権の出願・登録状況

特になし。

H. 成果発表論文

- 1) 野崎淳夫、成田泰章：一般住宅における室内化学物質濃度の実測調査、平成 18 年度室内環境学会総会講演集、pp.154-155、2006 年 11 月
- 2) 野崎淳夫、成田泰章：室内化学物質濃度の実測調査研究（その 2）、第 47 回大気環境学会年会講演要旨集、1G1136、2006 年 9 月
- 3) 野崎淳夫、成田泰章：居住環境における揮発性有機化合物 (VOC) の実態調査 - 室内空気環境とその快適性に関する研究（その 50） -、第 12 回大気環境学会北海道東北支部学術集会講演要旨集、pp. 40-41、2005 年 11 月
- 4) 野崎淳夫、成田泰章：室内化学物質濃度

の実測調査研究、第 46 回大気環境学会年会講演要旨集、p. 609、2005 年 9 月

I. 引用文献

- 1) 野崎淳夫、工藤彰訓、吉澤 晋：家庭用空気清浄機使用室におけるガス状汚染物質濃度予測に関する研究、平成 16 年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp. 1443-1446、2004 年 9 月
- 2) 野崎淳夫、折笠智昭：ムクフローリング建材、自然塗料からの VOC の発生に関する研究、平成 16 年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp. 1411-1414、2004 年 9 月
- 3) 野崎淳夫、山田槇子、成田泰章他：木質建材からの有害化学物質発生に関する研究 室内空気環境とその快適性に関する研究（その 35）、第 11 回大気環境学会北海道東北支部学術集会講演要旨集、pp. 32-33、2004 年 11 月
- 4) 野崎淳夫、成田泰章：室内化学物質濃度の実測調査研究、第 46 回大気環境学会年会講演要旨集、pp. 609、2005 年 9 月

厚生労働科学研究費補助金(化学物質リスク研究事業)
 分担研究報告書

IV-1. 2. 事務室

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. 研究目的

事務室における室内化学物質汚染は、是非とも解決したい問題である。事務室の化学物質汚染に関しては、数多くの研究報告がある。

しかし、事務室で使用されている建材、内装材、施工材の仕様と使用量を調査し、かつその発生量を求め、実測濃度との関連を示した研究はほとんど見当たらない。

本研究では、実在事務室の備品を除く 1) 主要発生源の仕様、使用量、化学物質発生量を明らかにし、また 2) 事務室内濃度の実測調査を行うものである。さらに、野崎らの室内濃度予測法¹⁾を用いて、3) 室内濃度予測を行い、実測値との関係から、4) 使用建材、内装材、施工材が事務室内空気質に与える影響を解明するものである。

B. 研究方法

1. 使用建材の化学物質発生量

1. 1. 測定対象建材

本研究では、内装材(8 検体)と施工材(接着剤、3 検体)を測定対象とした。測定対象検体の概要を表-1、2 に示す。

JIS 建材試験法では、塗料、接着剤等の液状検体については、金属板への塗布を前提としている。ところが、施工材は木材等に塗布され内部に浸透するため、本試験法においては実空間での化学物質放散性を再現することができない。

そこで、本研究では珪酸カルシウム板に接着剤を塗布し、JIS 小形チャンバー法(JIS A1901)に準拠した方法により実験を行った。

表-1 内装材の概要

Test piece	Size[mm](L×W)
PVC flooring (A)	147 × 147
PVC flooring (B)	147 × 147
Wall material (A)	147 × 147
Wall material (B)	147 × 147
PVC skirting board	75 × 910
Window blind	100 × 1000
Carpet	147 × 147
Non slip pad for carpet	820 × 620 (reticulated)

表-2 接着剤の概要

	Ingredient	Ratio[%]	Note
	Adhesive for flooring	Resin	20-30
Solvent		70-80	Cyclohexane, Normal hexane, Ethyl acetate, Acetone
Others		Less than 1	Stabilizer, etc.
Application weight		7[g]	
Adhesive for skirting board	Ingredient	Dextrin	
	Solvent	Water	
	Preservative	Triabendazole	*Less than 0.2 percent
	Application weight	7[g]	
Adhesive for wall	Ingredient	Ratio[%]	Note
	Filler	94-95	Gypsum, Calcium carbonate etc.
	Resin	5-6	Vinyl resin
	Others	Less than 1	Inorganic filler, Mold preventive
Application weight	5[g]		

1. 2. 測定対象化学物質

本研究ではホルムアルデヒド、揮発性有機化合物(VOC(50 成分))、フタル酸エステル類化合物(SVOC(6 成分))を測定対象とした。

1. 3. 実験方法

任意の環境条件に制御可能な気積 0.02[m³]の小型チャンバーを用いて実験を行った。ホルムアルデヒド、VOC の放散量を求める実験装置を図-1 に、フタル酸エステル類については図-2 に示す。

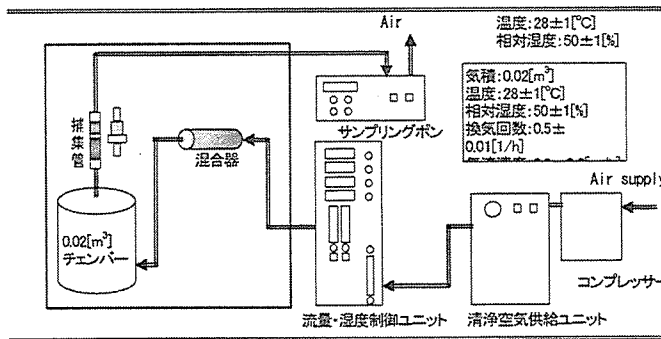


図-1 実験装置（ホルムアルデヒド、VOC の測定）

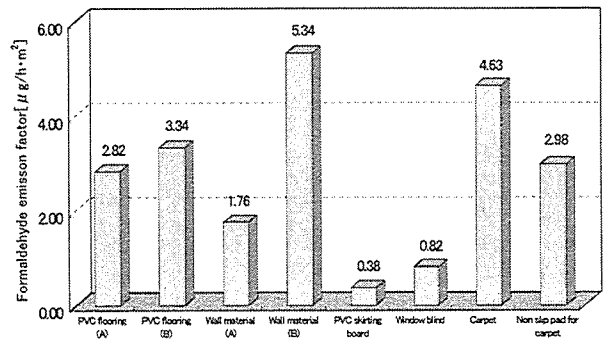


図-3 内装材のホルムアルデヒド放散速度

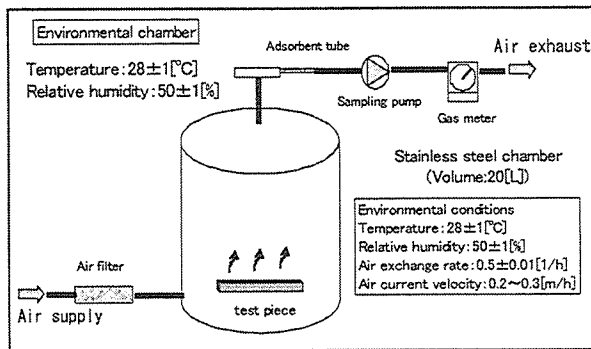


図-2 実験装置（SVOC の測定）

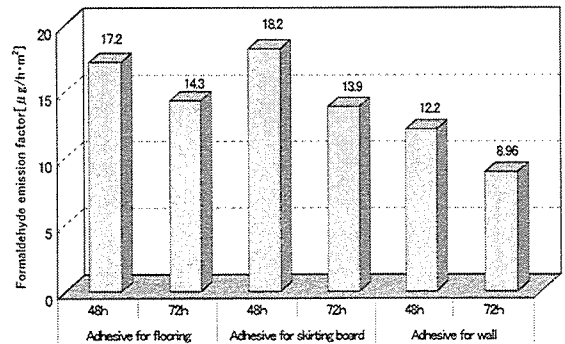


図-4 接着剤のホルムアルデヒド放散速度

1. 4. 化学物質放散速度の算出式

チェンバー内濃度測定値 C [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] を次式 (1) に代入し、試験体の化学物質放散速度 EF [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{m}^2$] を算出した。

$$EF = \frac{Q(C - C_0)}{A} \quad (1)$$

ここで、 Q : チェンバー換気量 [$\mu\text{g}/\text{h}$]、 C_0 : チェンバー供給空気中の対象化学物質濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、 A : 試料表面積 [m^2] とする。

C. 結果及び考察

1. ホルムアルデヒド

図-3、4 に試験体のホルムアルデヒド放散速度を示す。

長尺塩ビシート (A) (B)、ビニルクロス (A) (B)、ビニル系巾木、塩ビ系ブラインド、アクリル系カーペット、カーペット滑り止め材の放散速度は $0.38 \sim 5.34$ [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{m}^2$] で、接着剤は $8.96 \sim 18.2$ [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{m}^2$] の範囲にあった。

2. VOC

内装材と接着剤の VOC 放散速度を図-5 と図-6 に示す。長尺塩ビシート (A) において、 165 [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{m}^2$] と比較的大きな放散速度が示された。発生が確認された主成分はエチルベンゼン、キシレンである。

接着剤の放散性を調べたところ、床用接着剤で 19324 [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{m}^2$] の放散速度が示された。顕著な発生が確認された主成分は、デカンと 1, 2, 4-トリメチルベンゼンである。巾木用接着剤からはエチルベンゼンの発生が確認されたが、澱粉系の壁用接着剤からはほとんど放散が見られなかった。

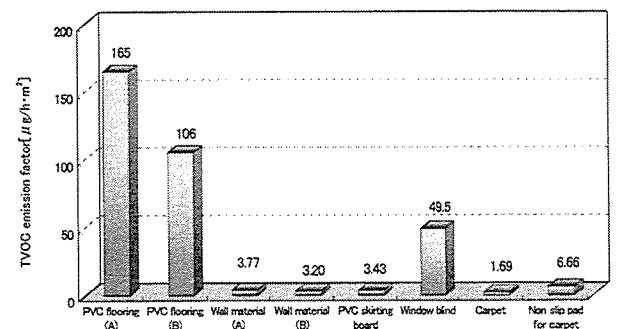


図-5 内装材の VOC 放散速度

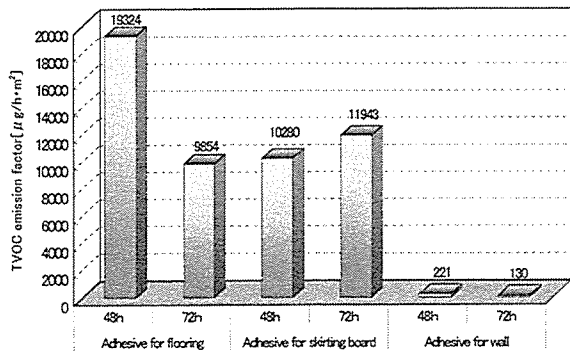


図-6 接着剤のVOC放散速度

3. フタル酸エステル類化合物

内装材をチェンバー内に設置し、フタル酸エステル類化合物濃度を測定した。長尺塩ビシート(A)からはフタル酸ジ-2-エチルヘキシル、カーペット滑り止め材からはフタル酸ジエチルの発生が確認された。(図-7 参照)

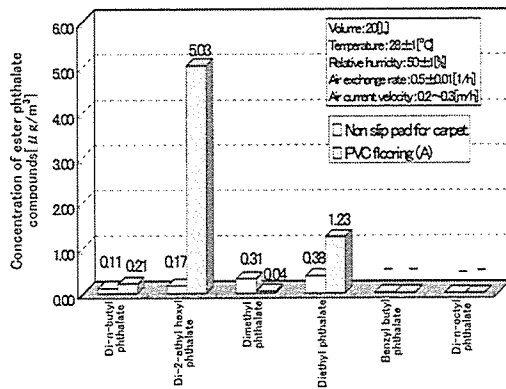


図-7 フタル酸エステル類化合物濃度

4. 実測調査による事務室内化学物質濃度の実態

図-8 に実測調査による事務室(A)、(B)の化学物質濃度を示す。事務室(A)、(B)の濃度はそれぞれ、ホルムアルデヒドは13.3[μg/m³]、27.1[μg/m³]、TVOCは194[μg/m³]、253[μg/m³]であった。

5. 室内化学物質濃度の予測

本実験で得られた化学物質発生量を野崎らの室内濃度予測式1)に代入して、事務室(A)、(B)の室内濃度予測を行った。

表-3に各内装材の使用面積、放散速度、放散量を示す。予測条件は、事務室(A)において

室換気回数 $n: 1.14[1/h]$ 、室気積 $R: 56.3[m^3]$ 、吸着速度 $a: 0[m/h]$ 、事務室(B)においては室換気回数 $n: 0.72[1/h]$ 、室気積 $R: 82.3[m^3]$ 、吸着速度 $a: 0[m/h]$ とし、内装材下地に使用した接着剤の放散速度は $0[m/h \cdot m^2]$ とした。

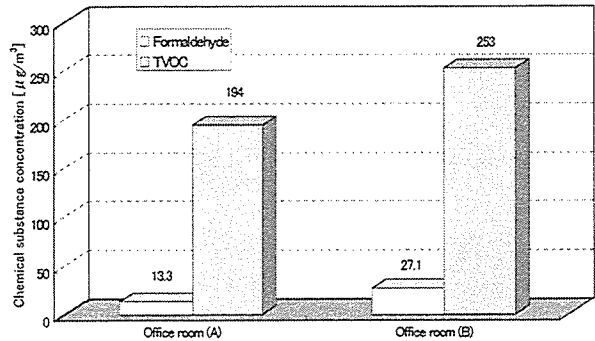


図-8 事務所(A)、(B)の化学物質濃度

表-3 内装材の使用面積と発生量

	Building materials	Area [m²]	Formaldehyde emission rates [μg/h]	VOC emission rates [μg/h]	Total formaldehyde emission rates [μg/h]	Total VOC emission rates [μg/h]
Office room (A)	PVC flooring (A)	4.56	12.9	752	1069	5102
	PVC flooring (B)	25.8	86.2	2735		
	Wall material (B)	182	97.2	582		
	PVC skirting board	2.46	0.93	6.44		
	Window blind	20.7	17.0	102.4		
Office room (B)	PVC flooring (A)	1.19	3.36	196	386	1999
	Wall material (A)	80.7	142	304		
	Window blind	25.4	20.8	125.7		
	Carpet	28.9	134	48.8		
	Non slip pad for carpet	28.9	86.1	192		

図-9に事務室におけるホルムアルデヒドとVOCの濃度予測結果を示す。予測値はホルムアルデヒド、TVOCともに実測値よりも低い値となった。ホルムアルデヒドでは予測値は実測値の約48~62[%]、TVOCでは約17~31[%]の値となり、今回対象とした内装材が事務室内空気質に及ぼす影響が示された。

事務室内には、建材以外にも机や事務機器等の発生源が存在するため、実測値が予測値を上回る結果が示されている。したがって、今後はこれら事務機器等の発生量を明らかにし、物品を含めた室内濃度予測を行う必要がある。

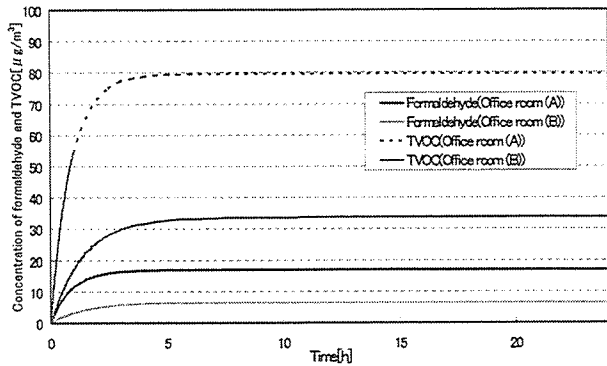


図-9 事務室における化学物質濃度予測

D. 結論

- 1) 実在事務室の主要発生源の仕様、使用量、化学物質発生量を明らかにした。
- 2) 事務室内の化学物質濃度の実測調査を行い、濃度レベルを求めた。
- 3) 発生源発生量を濃度予測式に代入し予測値を求めた。実測値との関係から、使用建材、内装材、施工材が事務室内空気質に与える影響を明らかにした。濃度予測式を用いて、事務室空間の濃度予測を行った結果、濃度予測値は実測値の約 17～

62[%]の値となった。予測値よりも実測値が高い理由は、事務室内で使用される建材、内装材以外の発生源によるものである。すなわち、机や事務機器等の発生源の大きな影響が示唆された。

- 4) 澱粉系接着剤の VOC 放散速度は極めて小さい。
- 5) 長尺塩ビシート (A) から、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルの発生が確認された。

E. 今後の課題

- 1) 使用した内装材、施工材の発生量データを用いて、事務所内化学物質濃度の予測を行い、実測値との比較検討を行う。
- 2) 事務所内への持ち込み物品の化学物質発生量を実験室実験により明らかにする。

F. 健康危機情報

特になし。

G. 知的財産権の出願・登録状況

特になし。

厚生労働科学研究費補助金（化学物質リスク研究事業）
分担研究報告書

IV－2．室内化学物質の濃度予測

分担研究者 野崎 淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

近年、室内空気汚染対策として吸着系製品が数多く市販されている。そこで本研究では、化学吸着材の吸着性能を I. の 1.2 で開発したガス定常発生装置を用いて明らかにした。

本課題では、

- IV－2． 1． 化学吸着材
- IV－2． 2． 脱臭剤
- IV－2． 3． 家庭用空気清浄機
- IV－2． 4． 換気システム

について検討した。

IV-2. 1. 化学吸着剤

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. 研究目的

近年、室内空気汚染対策として吸着系製品が数多く市販されている。これまでに、野崎らはチェンバー内に汚染物質を常時発生させる定常発生法を用いて、多孔質建材のホルムアルデヒド除去性能を求める実験的研究を行っている¹⁾。

そこで本研究では、化学吸着材の吸着性能を明らかにすることを目的とする。

B. 実験概要

ガス定常発生装置により、一定量のガス状化学物質を小型チェンバー内に供給できる実験システムを構築し、小型チェンバー内はある一定の環境条件に制御した。化学吸着材は6種類(A~F)の布状及び粒状のグラフト重合高分子吸着材とした(写真1、2参照)。また、除去性能の評価は相当換気量 Q_{eq} [$m^3/h \cdot m^2$]により行った。

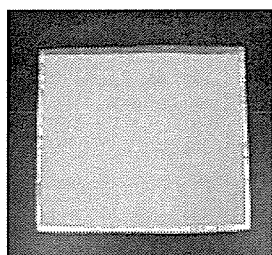


写真-1 化学吸着材
(含浸基材)の外観

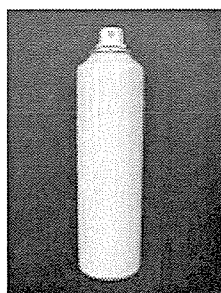


写真-2 化学吸着材の
概観

C. 結果及び考察

1. 定常状態確認実験

ガス定常発生装置を用いて、小型チェンバー内に24~72時間後までホルムアルデヒド定常濃度を構築することに成功した。

2. 相当換気量(Q_{eq})

測定結果から相当換気量算出式¹⁾を用いて Q_{eq} を算出した。24時間後での化学吸着材B、D、Eの Q_{eq} は $2.02 \sim 2.43 [m^3/h \cdot m^2]$ 、72時間後でも化学吸着材B、Eの Q_{eq} は $2.02 \sim 2.06 [m^3/h \cdot m^2]$ となり、粉末状の活性炭とほぼ同等の吸着性能を有することが示された。

ただし、使用時間の経過に伴い、吸着性能は低下する傾向を示した。

3. 室内化学物質濃度予測式

野崎らにより提案された化学吸着材施工室における化学物質濃度予測式を次式に示す。

$$C = C_1 e^{-\frac{Q+aA+Q_{eq}}{R}t} + \frac{M+QC_0}{Q+aA+Q_{eq}} (1 - e^{-\frac{Q+aA+Q_{eq}}{R}t})$$

ここで、 M : 化学物質発生量[$\mu g/h$]、 Q : 室換気量[m^3/h]、 C_0 : チェンバー供給空気中の対象化学物質濃度[$\mu g/m^3$]、 Q_{eq} : 相当換気量[m^3/h]、 R : 室気積[m^3]、 a : 対象化学物質の吸着速度[m/h]、 A : 対象化学物質の吸着面積[m^2]とする。

4. 室内ホルムアルデヒド濃度予測

4. 1. 予測条件

吉野らの実測調査²⁾により、ホルムアルデヒドの実態濃度と室内発生量の検討を行い、化学吸着材施工室の濃度予測を行った。室内濃度が0.41、0.16[ppm]の時、換気回数との関係から室内発生量はそれぞれ $M=4189$ 、 $1666 [\mu g/h]$ と求められた。このような室内において化学吸着材の化学物質除去能力(相当換気量)と室内濃度との関係を求めた。すなわち、室の吸着量 $aA:0 [m^3/h]$ 、換気回数 $n:0.35 [1/h]$ 、室気積 $R:23.8 [m^3]$ (6畳大)とし、

実際の壁面には開口部があるが、今回は全壁面 (25.2[m²]) への施工を仮定した。

また、室内にはある一定の気流があり、一様拡散状態を仮定している。

D. 結論

予測式に各パラメータを代入して濃度予測値を算出した。結果として、試験体 A ($Q_{eq}:7.81[m^3/h]$) では、厚生労働省指針値 (80[ppb]) まで減衰はしない。

しかし、試験体 B ($Q_{eq}:61.2[m^3/h]$)、C ($Q_{eq}:44.4[m^3/h]$) の場合には指針値以下になる結果を得た。

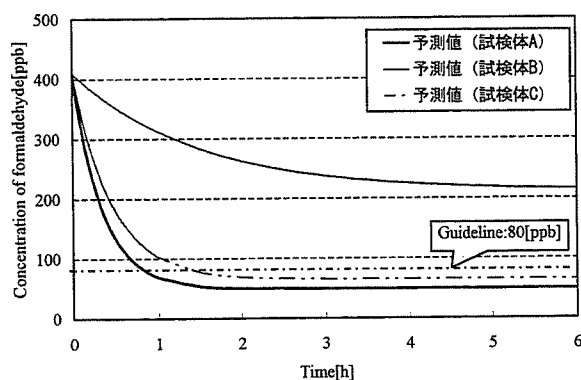


図-1 化学吸着材施工室のホルムアルデヒド濃度予測

E. 健康危機情報

特になし。

F. 知的財産権の出願・登録状況

特になし。

G. 引用文献

- 1) 野崎淳夫他：多孔質材料、塗り壁材のガス状物質吸着効果に関する研究、第22回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集、pp.128~130、2004年4月
- 2) 吉野 博他：シックハウスにおける居住環境の実態と健康に関する調査研究、日本建築学会環境系論文集、第567号、pp.57~64、2003年5月

IV-4. 2. 脱臭剤

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. 研究目的

現在、様々な室内空気汚染対策技術の開発が進められており、空気汚染対策製品が広く普及している。しかし、当該製品による室内化学物質濃度の低減性に科学的資料は少ない現状にある。

そこで本研究では、当該製品のホルムアルデヒド除去性能と野崎らの室内濃度予測式を用いて、空気汚染対策製品設置室のホルムアルデヒド濃度予測を行い、同製品の有効性を検証するものである。

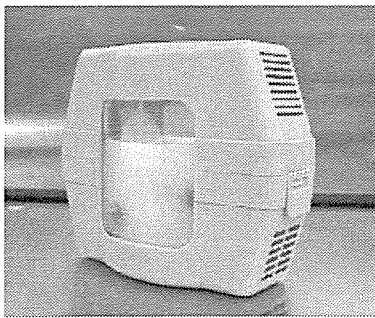


写真-1 日用空気汚染対策品の一例
(ゼリー状防虫剤・ホルムアルデヒド除去)

B. 研究方法

1. 空気汚染対策製品のホルムアルデヒド除去性能

「ホルムアルデヒド除去」の記載がある消臭剤を実験的に検証したところ、ホルムアルデヒド除去性能(相当換気量)は $1.91[\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ であった。ちなみに、この除去性能はテストした11種類の製品中で最も大きな値である。

2. 室内化学物質濃度予測式

野崎らにより提案された日用空気汚染対策品設置室における化学物質濃度予測式を次式

に示す。

$$C = C_0 e^{-\frac{Q+aA+Q_{eq}}{R}t} + \frac{M+QC_0}{Q+aA+Q_{eq}}(1 - e^{-\frac{Q+aA+Q_{eq}}{R}t})$$

ここで、 M : 化学物質発生量 $[\mu\text{g}/\text{h}]$ 、 Q : 室換気量 $[\text{m}^3/\text{h}]$ 、 C_0 : チェンバー供給空気中の対象化学物質濃度 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、 Q_{eq} : 相当換気量 $[\text{m}^3/\text{h}]$ 、 R : 室気積 $[\text{m}^3]$ 、 a : 対象化学物質の吸着速度 $[\text{m}/\text{h}]$ 、 A : 対象化学物質の吸着面積 $[\text{m}^2]$ とする。

C. 結果、考察及び結論

1. 室内ホルムアルデヒド濃度予測

吉野らの実測調査²⁾から、室内におけるホルムアルデヒド発生量を求めた。この発生量と消臭剤の除去性能を予測式に代入し空気汚染対策製品設置室の濃度予測を行った。ちなみに、室内ホルムアルデヒド発生量 M は、室内濃度と換気回数との関係から、 $M=1666 \sim 4189[\mu\text{g}/\text{h}]$ と求められた。

予測条件は、室のホルムアルデヒド吸着量 $aA:0[\text{m}^3/\text{h}]$ 、換気回数 $n:0.35[1/\text{h}]$ 、室気積 $R:23.8[\text{m}^3]$ (6畳大)とした。

予測の結果、当該消臭剤単体での設置では、室内ホルムアルデヒド濃度はほとんど変化せず、室内ホルムアルデヒド濃度の低減効果は極めて小さいことが示された。(図-1参照)

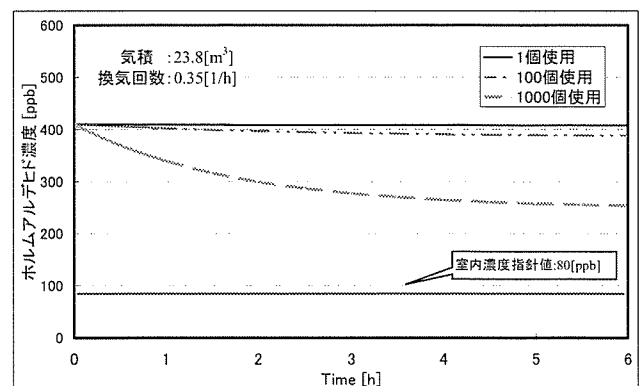


図-1 消臭剤設置室のホルムアルデヒド濃度予測

D. 健康危機情報

特になし。

E. 知的財産権の出願・登録状況

特になし。

F. 引用文献

1) 吉野 博他: シックハウスにおける居住環

境の実態と健康に関する調査研究、日本建築学会環境系論文集、No. 567、pp. 57～64、2003年5月

2) 野崎淳夫、浅野康明: 電気暖房機器の化学物質発生量、日用品からの化学物質の発生に関する研究、日本建築学会環境系論文集、No. 591、pp. 23～29、2005年5月

IV-2.3. 家庭用空気清浄機

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. 研究目的

近年、シックハウス問題に関する有効な対策の一つとして、家庭用空気清浄機が注目されている。野崎らは、家庭用空気清浄機使用室の化学物質濃度予測式を提案し、濃度実測値と予測値を比較することで、同予測式の精度の高さを示した¹⁾。

そこで本研究では、同予測式を用いて家庭用空気清浄機設置室の化学物質濃度予測を行い、家庭用空気清浄機の有効性の検証を行うことを目的とするものである。

B. 研究方法

1. 室内化学物質濃度予測式

野崎らにより提案された家庭用空気清浄機設置室における化学物質濃度予測式を次式に示す。

$$C = C_1 e^{-\left(\frac{Q+aA+Q_{eq}}{R}\right)t} + \frac{M+QC_0}{Q+aA+Q_{eq}} \left(1 - e^{-\left(\frac{Q+aA+Q_{eq}}{R}\right)t}\right)$$

ここで、 M : 化学物質発生量 [$\mu\text{g/h}$]、 Q : 室換気量 [m^3/h]、 C_0 : チェンバー供給空気中の対象化学物質濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、 Q_{eq} : 相当換気量 [m^3/h]、 R : 室気積 [m^3]、 a : 対象化学物質の吸着速度 [m/h]、 A : 対象化学物質の吸着面積 [m^2]とする。

C. 結果、考察及び結論

吉野らの実測調査²⁾により、ホルムアルデヒドの実態濃度と室内発生量の検討を行い、家庭用空気清浄機設置室の濃度予測を行った。室内濃度が 0.41 [ppm] の時、換気回数との関係から室内ホルムアルデヒド発生量はそれぞれ $M=4189$ [$\mu\text{g}/\text{h}$]と求められた。このような

室内で空気清浄機の化学物質除去能力(相当換気量)と室内濃度との関係を予測した。

すなわち、室の吸着量 $aA:0$ [m^3/h]、換気回数 $n:0.35$ [1/h]、室気積 $R:23.8$ [m^3] (6 畳大) とし、空気清浄機の化学物質除去能力(相当換気量 $Q_{eq}:10, 30, 50$ [m^3/h]) 毎に予測計算を行った。

実測調査による室内ホルムアルデヒドの最大値は 0.41 [ppm] である。そこで、この室内で最新の空気清浄機(除去能力($Q_{eq}=30$ [m^3/h])) を運転する場合の室内濃度を予測した。

この場合、室内濃度は厚生労働省の室内指針値 (80 [ppb]) 程度にまで減衰し、空気清浄機能力を $Q_{eq}:50$ [m^3/h] に増大させると室内濃度は更に低下し、室内濃度指針値以下になる。

一般的室内濃度 (0.16 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]) の場合においては、 $Q_{eq}:10$ [m^3/h] の空気清浄機を用いても、室内濃度は室内濃度指針値程度の濃度になると予測される。

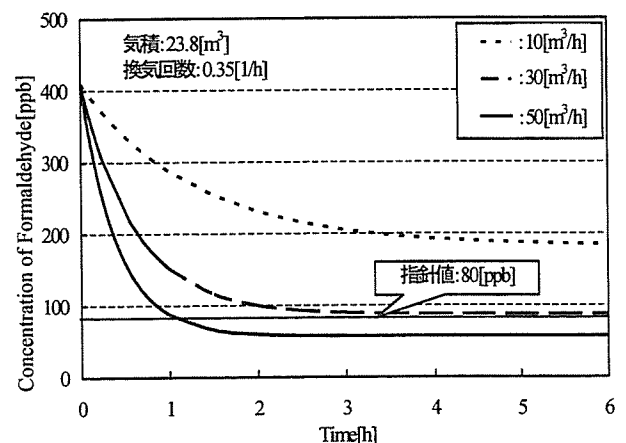


図-1 空気清浄機設置室のホルムアルデヒド濃度予測 ($M=4190$ [$\mu\text{g}/\text{h}$])