

ただし、雰囲気中ホルムアルデヒド濃度の減衰に伴い、相当換気量も減少した。(表-1 参照)

(2) VOC

測定値(1)式に代入し得られた除去率を(2)式に代入し、機器の相当換気量を求めた。相当換気量は、機器運転当初では9.3～15.3[m³/h]で、平均では7.07～10.2[m³/h]となった。ただし、ホルムアルデヒドと同様に、雰囲気中VOC濃度の減衰に伴い、相当換気量も減少した。(表-2～4 参照)

表-1 ホルムアルデヒドの除去率と相当換気量

	9.5[h]	10[h]	11[h]	平均値
除去率 η [%]	47.0	38.0	32.0	39.0
相当換気量 Q_{eq} [m ³ /h]	35.2	28.5	24.0	29.2

表-2 エチルベンゼンの除去率と相当換気量

	9.5[h]	10[h]	11[h]	平均値
除去率 η [%]	19.7	13.3	8.00	13.6
相当換気量 Q_{eq} [m ³ /h]	14.7	9.90	6.00	10.2

表-3 m-キシレンの除去率と相当換気

	9.5[h]	10[h]	11[h]	平均値
除去率 η [%]	12.4	11.1	4.80	9.40
相当換気量 Q_{eq} [m ³ /h]	9.30	8.30	3.60	7.07

表-4 スチレンの除去率と相当換気量

	9.5[h]	10[h]	11[h]	平均値
除去率 η [%]	20.5	5.40	6.10	10.6
相当換気量 Q_{eq} [m ³ /h]	15.3	3.70	4.50	7.83

D. 健康危機情報

発生物質、分解生成物を検討したが、特に問題となる物質は確認されなかった。

E. 知的財産権の出願・登録状況

特になし。

F. 参考文献

- 野崎淳夫、工藤彰訓、大澤元毅、坊垣和明、桑沢保夫、吉澤晋：家庭用空気清浄機のVOC除去性能の実態解明、家庭用空気清浄機のガス状汚染物質除去特性に関する研究(その2)、日本建築学会環境系論文集、No. 599、pp. 67～72 2006年1月
- 野崎淳夫、屋田 聖、小名秋人、長友良久、橋口裕文：循環型換気システムによる室内化学物質汚染低減対策に関する研究、室内環境学会総会講演集、pp. 122～123、2005年11月

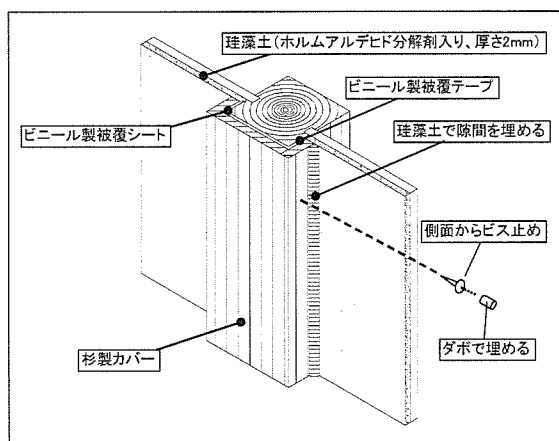


図-2 柱(梁)からの化学物質発生抑制技術の概要

(1) ビニール製被覆テープ

測定対象住宅の2F居間において、封止系塗料が塗布された中央部の柱・梁をビニール製被覆テープで被覆した。ビニール製被覆テープで被覆する前後の日程(2004年10月25日と11月15日)で試料空气の捕集を行った。

(2) 杉製カバー

図-3に示す木製被覆材(杉製カバー)を作製し、ビニール製被覆テープで被覆した柱・梁の上面にビニール製被覆シート、杉製カバーの順に固定した。杉製カバーで被覆する前後の日程(2004年11月15日と12月29日)で試料空气の捕集を行った。

1. 3. 捕集・分析方法

- ・固相捕集-加熱脱離-ガスクロマトグラフ/質量分析(以下GC/MS)法

1. 4. 捕集・分析装置

(1) 捕集装置

- ・定流量ポンプ(Sibata社製 Model:MP-Σ30)
- ・炭素系捕集管(Supelco社製 Air-toxics)
- ・積算流量計(Shinagawa社製 DC-1A)

(2) 分析装置

- ・加熱導入装置(Perkin Elmer社製 Turbo Matrix ATD)

- ・GC/MS(Perkin Elmer社製 Turbo Mass Gold)

2. 実験室実験

2. 1. 試験体概要

杉無垢材(16.5[cm]×16.5[cm])に封止系塗料(セラック)を塗布し、乾燥後、ビニールシートや塗料により被覆、コーティングを行ったものを試験片とした。(表-2、写真-1、図-3)

表-2 試験体の概要

試験片	木材	表面	裏面	被覆コーティング方法
S1	杉	封止系塗料(セラック)	アルミ箔被覆	被覆(アルミ箔)
S2				ビニールテープ被覆
S3				ビニールシート被覆
S4				水性アクリル樹脂水性ウレタン塗料
S5				油性ウレタン塗料

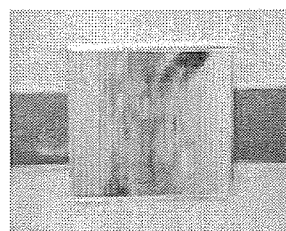


写真-1 試験片

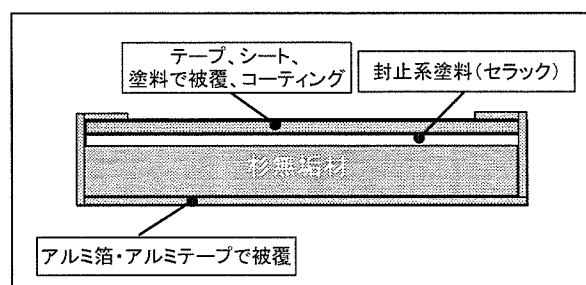


図-3 試験片断面図

2. 2. 実験装置

温湿度、換気回数、空気清浄度が制御できる気積0.02[m³]の小型チェンバーを用いて行った。チェンバー内の環境条件は温度:28±1[°C]、相対湿度:50±1[%]、換気回数0.5±0.01[回/h]に設定した。(図-4)

このチェンバー内に各試験片を設置し、チェンバー内空气の捕集、分析を行うことで発生抑制効果の検証を行った。

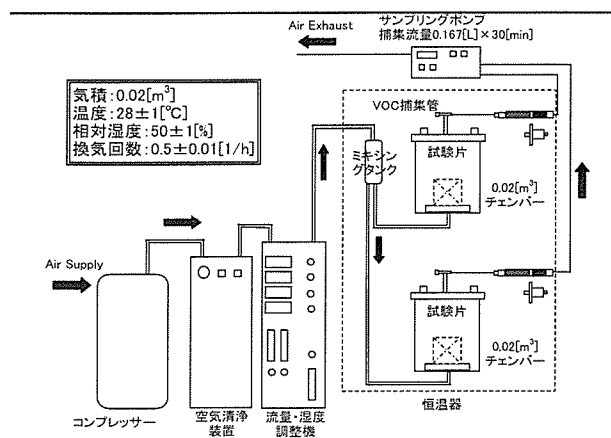


図-4 実験概要図

2. 3. 実験手順

本実験では、以下の手順により各試験片のVOC 分散速度を求めた。

- 1) チェンバー内を洗浄後、オープンで加熱する。
- 2) チェンバー内にある一定の環境条件(温度: $28 \pm 1 [^{\circ}\text{C}]$ 、相対湿度: $50 \pm 1 [\%]$ 、換気回数: $0.5 \pm 0.01 [1/\text{h}]$)を構築する。
- 3) 杉無垢材に封止系塗料(セラック)を塗布して1日間経過後、表-2に示す被覆、コーティングを施す。同試験片をチェンバー内に設置する。
- 4) 試験片設置より1日後、3日後のチェンバー内空気の捕集を行う。これを分析試料とする。
- 5) 分析試料は加熱導入装置を用いてGC/MSに導入し、定性・定量分析を行う。

3. 評価方法

化学物質分散速度 $EF [\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ は、次式(1)にチェンバー内の対象化学物質濃度 $C [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 等を代入して求められる。

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

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

さらに、上式(1)により得られた対策建材の対象化学物質分散速度 $EF_a [\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ と一般建材の対象化学物質分散速度 $EF_b [\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ を次式(2)に代入することで、発生抑制効果(低減率 $R_r [\%]$)が求められる。

$$R_r = \left(1 - \frac{EF_a}{EF_b}\right) \times 100 \quad (2)$$

C. 結果及び考察

1. 実測調査結果

1. 1. ビニール製被覆テープ

ビニール製被覆テープによる被覆処理前後のTVOC濃度はそれぞれ $395 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、 $371 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ であり、有意な変化は認められなかった。(図-5 参照) ただし、エタノール濃度は被覆処理に伴い、 $346 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ から $187 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ に減衰した。

一方でトルエン濃度は $4.95 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ から $87.5 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ と被覆処理後にむしろ濃度が上昇した。

1. 2. 杉製カバー

杉製カバーの設置前後のTVOC濃度はそれぞれ $254 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、 $865 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ であり、設置後に濃度が上昇した。(図-6 参照)

成分別ではエタノール濃度が設置後に $155 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ から $832 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ に上昇した。一方でトルエン濃度は $93.3 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ から $3.66 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ に減衰した。

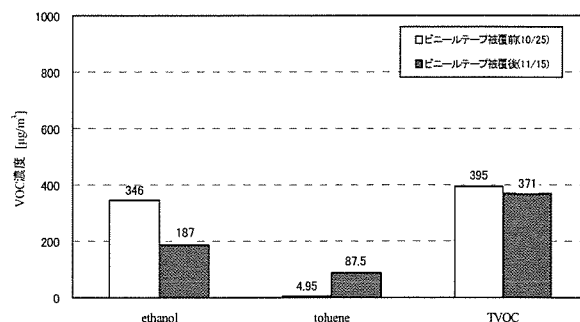


図-5 ビニール製被覆テープによる被覆前後のTVOC濃

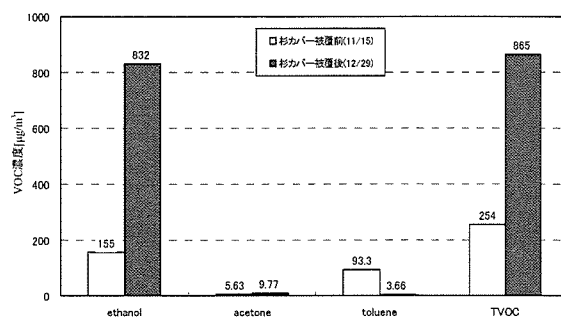


図-6 杉製カバーの設置前後のVOC濃度

1. 3. 考察

(1) ビニール製被覆テープによる被覆処理の効果

ビニール製被覆テープの被覆処理により、エタノール濃度が約 55[%]低減した。ただし、被覆処理前後の室温に差異があり、ビニール製被覆テープ被覆処理による低減効果を確認するには至らなかった。また、トルエン濃度の上昇が示されたが、これはビニール製テープの接着剤からの放散が考えられる。

(2) 杉製カバーの設置行為の効果

杉製カバーに使用されている接着剤は、澱粉系の接着剤であり、杉製カバー自体からのエタノール発生は考えにくい。室内エタノール濃度上昇の原因は、暖房器具運転に伴い室温が上昇し、エタノール発生源の発生量が増大したことによると考えられる。また 2F 居間において、封止系塗料は柱、梁のみならず、同室内にあるテーブル、サイドボード等にも塗布されており、これらからのエタノールの発生が測定結果に影響を与えている。特に、テーブルは杉製カバーの設置後に同室内に搬入されたものであり、同家具の発生強度は無視できない。

2. 実験室実験結果

表-2 に示す発生抑制技術 (S1~S5) によるエタノール発生抑制効果を3日間にわたって検証した。(図-7、8 参照)

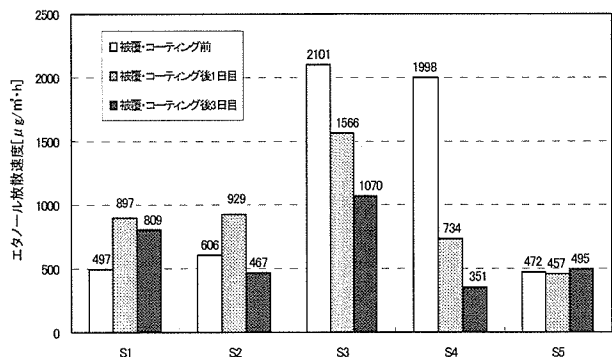


図-7 各種対策技術施工前後のエタノール放散速度の変化

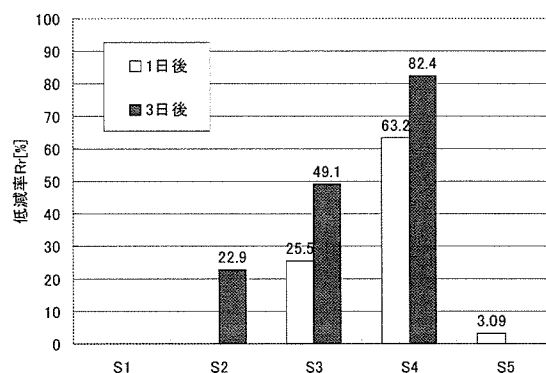


図-8 各種対策技術のエタノール発生量低減

各試験片 (S1~S5) の化学物質放散速度と低減率を求めた。S1 (ブランク検体) のエタノール放散速度は 497~897 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$] の範囲であった。S2 (ビニールテープ) のエタノール放散速度は 606~467 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$] であり、被覆 3 日後に放散速度の減少を確認した。S3 (ビニールシート) のエタノール放散速度は 1070~2101 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$] の範囲であり、被覆 3 日後では 50[%] 程度の抑制効果が見られた。S4 (水性アクリルエマルジョン+水性ウレタン塗料) のエタノール放散速度は 351~1998 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$] の範囲であり、低減率は 3 日目で 82.4[%] と全検体中最も高い低減率を示した。S5 (油性ウレタン塗料) のエタノール放散速度は 457~495 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$] の範囲であり、被覆処理による発生抑制効果は確認されなかった。

S3 (ビニールシート) と S4 (水性アクリルエマルジョン+水性ウレタン塗料) において、被覆・コーティング処理に伴うエタノール発生量の抑制効果が確認された。

VOC 成分別の放散速度では、S5 (油性ウレタン塗料) において、塗料塗布後 1 日目に溶剤系化学物質の大幅な濃度上昇が確認された。

しかし、3 日目には濃度は急激に減衰しており、表面蒸散型の発生特性が確認された。

(図-9 参照)

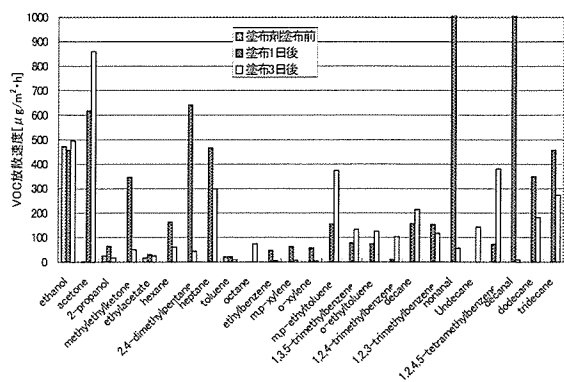


図-9 VOC 成別分散速度 (試験片 S5)

D. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 実測調査において、ビニール製テープによる化学物質分散面の被覆処理により、エタノール濃度の減少が示された。
- 2) 実測調査においては、杉製カバーの設置による化学物質発生抑制効果は確認されなかった。
- 3) 実験室実験において、S3(ビニールシート)と S4(水性アクリルエマルション+

水性ウレタン塗料)でエタノール分散速度の抑制効果が確認された。

- 4) S5 (油性ウレタン塗料) において、表面蒸散型の発生特性が確認された。

E. 健康危機情報

エタノールは反応性が高く、反応過程でアセトアルデヒドを生成する。よって、エタノール自体だけでなく、二次生成物に対しても注意が必要である。

F. 研究発表

- 1) 野崎淳夫、横山英智、成田泰章：室内化学物質発生量の低減化技術開発に関する研究(その1)、平成18年度空気調和・衛生工学会大会論文集、pp.527-530、2006年9月

G. 知的財産権の出願・登録

特になし。

I-3. 1. 一般住宅

i) 化学物質の濃度

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。

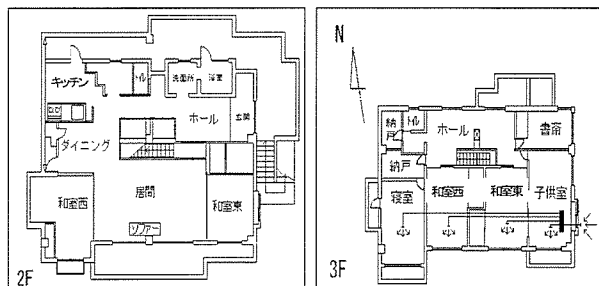


図-1 測定対象住宅の平面図

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	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Dining room	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Japanese room(east)	○	○			○		○			○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
Japanese room(west)	○	○			○		○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Entrance	○	○			○		○													
Hall	○	○	○	○	○	○	○	○					○	○	○	○	○	○	○	○
Library	○	○	○	○	○	○	○	○					○	○	○	○	○	○	○	○
Children's room	○	○	○	○	○	○	○	○					○	○	○	○	○	○	○	○
3F																				
Japanese room(east)	○	○			○		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Japanese room(west)	○	○			○		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
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、ベット)	低放射量	オーガニックコットン製カーテン
居間				○	○					○
2F										
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。

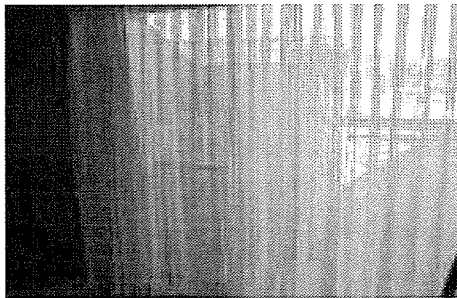


写真-1 光触媒加工カーテン

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。

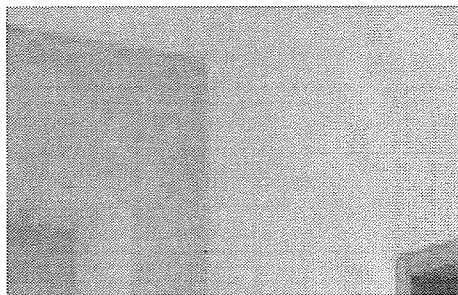


写真-2 珪藻土壁

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。

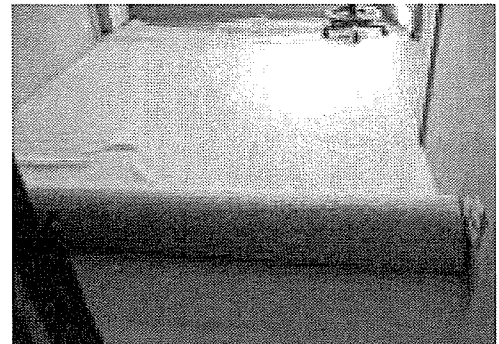


写真-3 ホルムアルデヒド吸着カーペットとグラフト重合利用化学物質吸着シート

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)。

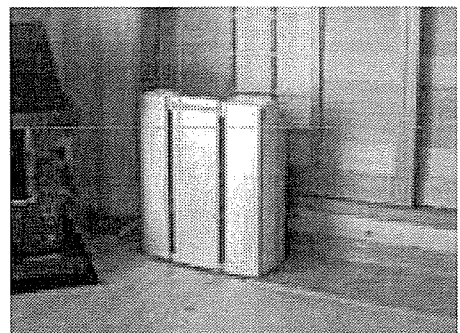


写真-4 家庭用空気清浄機の設置例

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。

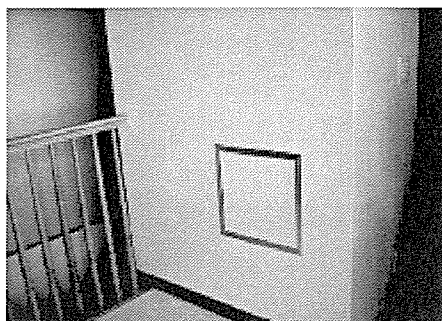


写真-5 (石膏ボード+ビニールクロス)による壁面塗装箇所のVOC封止対策 (3Fホール)

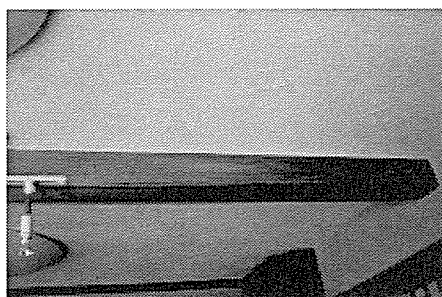


写真-6 杉製カバーによる構造材塗装箇所のVOC封止対策 (2F居間-梁)

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)

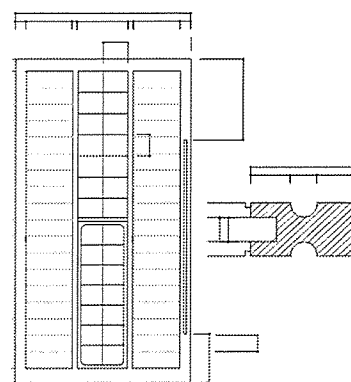


図-2 無垢材建具 (2F居間、和室)

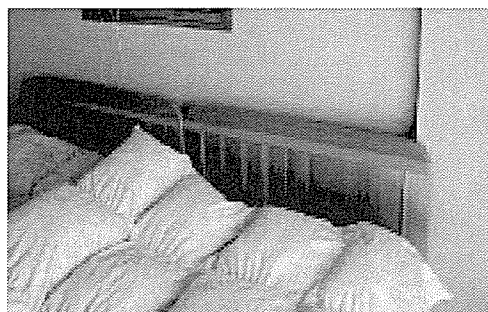


写真-7 無垢材ベッド (3F寝室)

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)

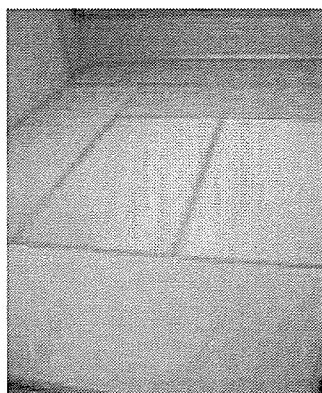


写真-9 化学物質低放散仕様量

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)

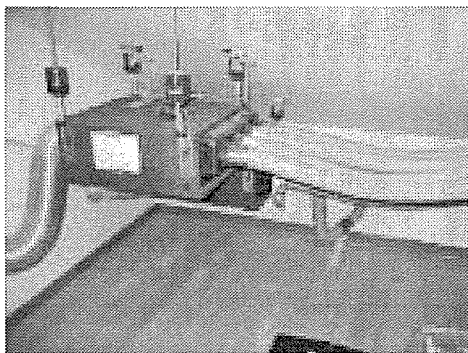


写真-10 住宅用換気システム

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 N [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-Σ 100H)
- ・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。

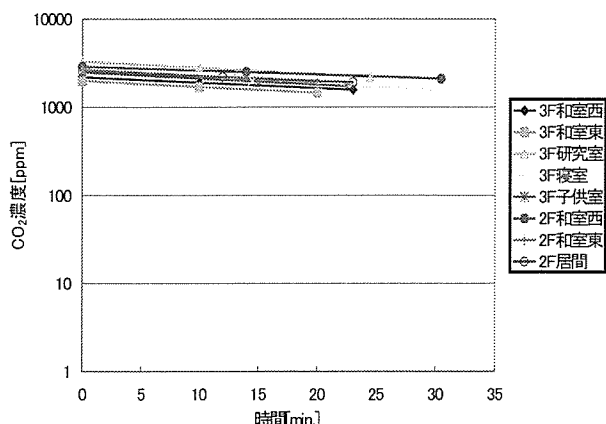


図-3 各室のCO₂濃度変化

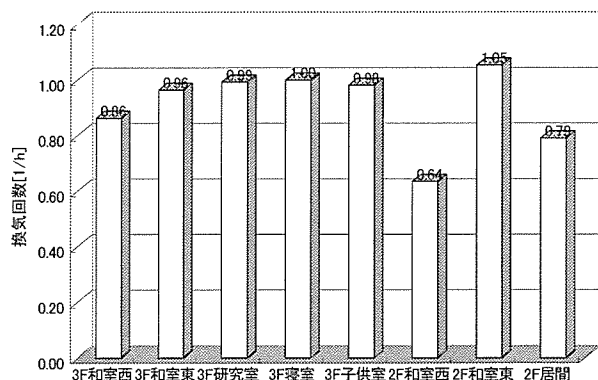


図-4 各室の換気回数

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[μg/m³]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[μg/m³]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[μg/m³]の範囲にあり、平均値で607[μg/m³]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。

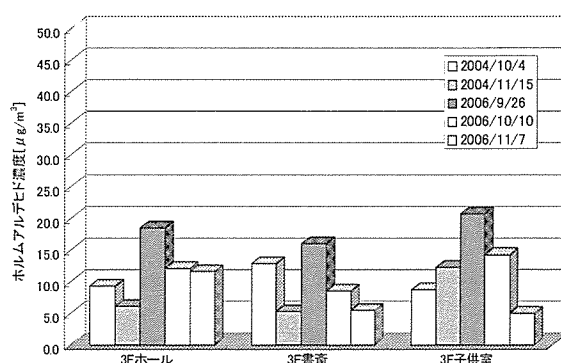


図-5 各室のホルムアルデヒド濃度 (3F①)

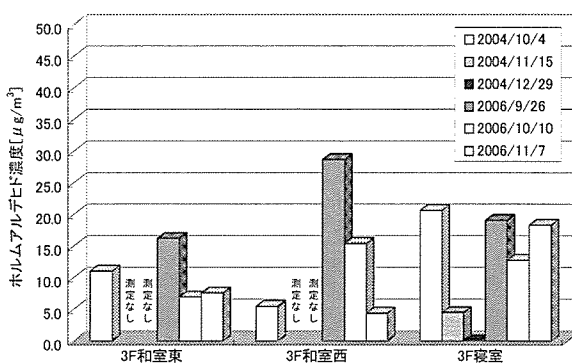


図-6 各室のホルムアルデヒド濃度 (3F②)

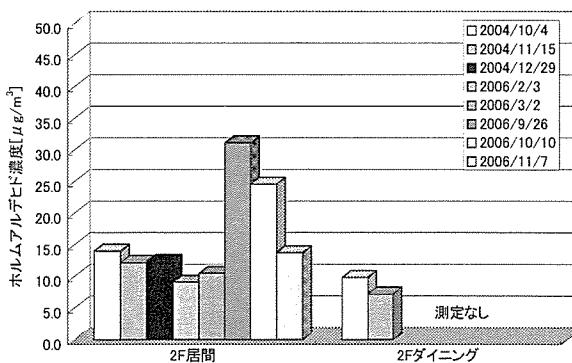


図-7 各室のホルムアルデヒド濃度 (2F①)

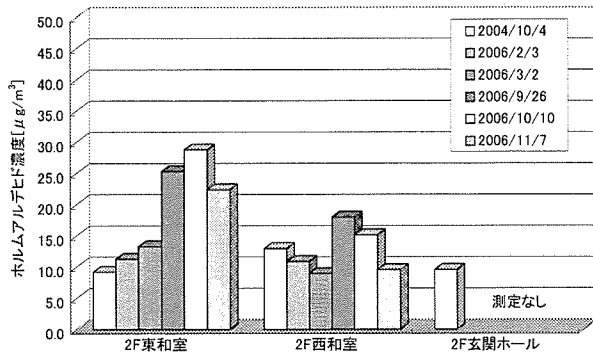


図-8 各室のホルムアルデヒド濃度 (2F②)

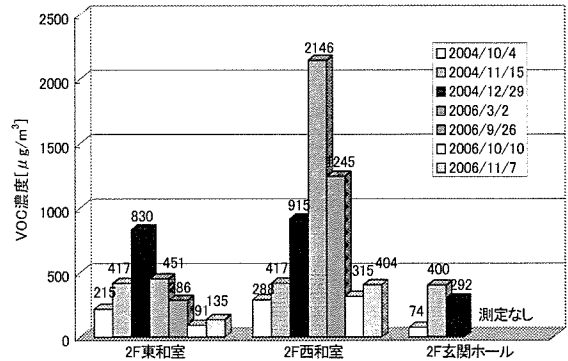


図-12 各室のVOC濃度 (2F②)

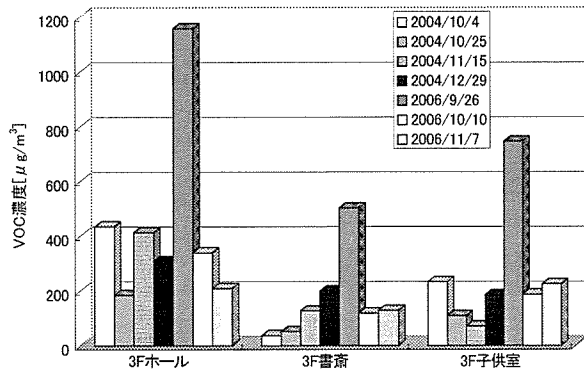


図-9 各室のVOC濃度 (3F①)

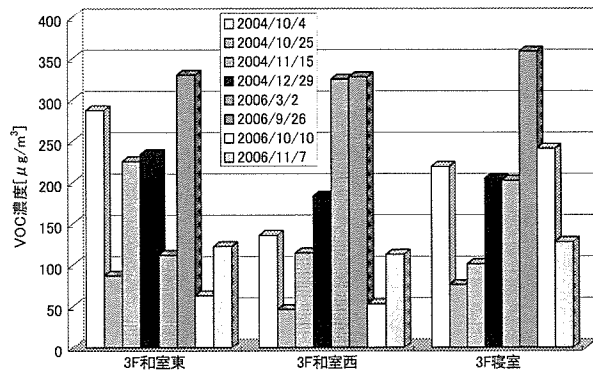


図-10 各室のVOC濃度 (3F②)

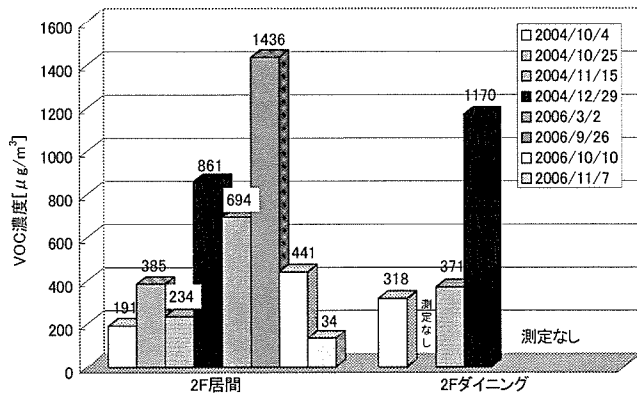


図-11 各室のVOC濃度 (2F①)

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[μg/m³]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。

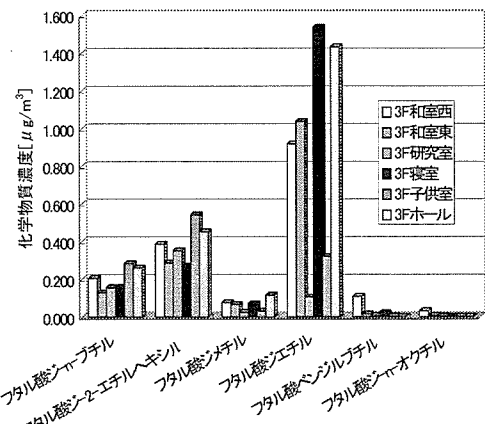


図-13 各室のSVOC濃度 (2006/11/7, 3F)

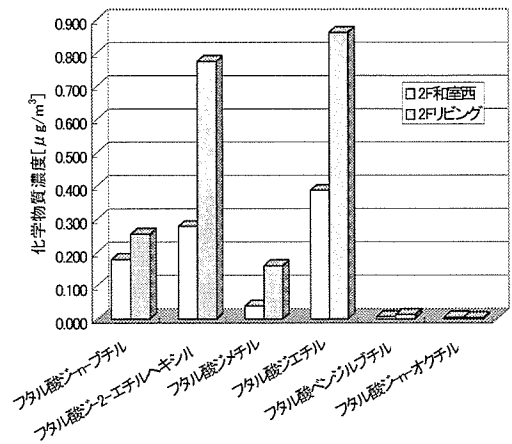


図-14 各室のSVOC濃度 (2006/11/7, 2F)

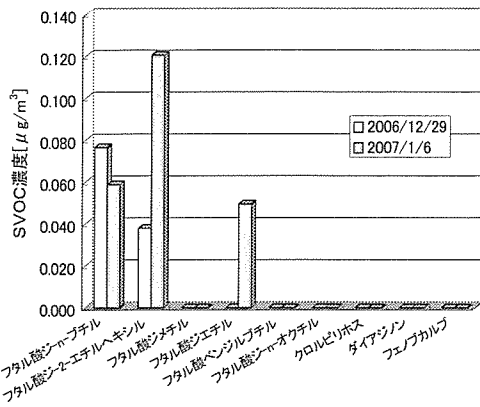


図-15 2F 和室西の SVOC 濃度 (2006/12/29、2007/1/6)

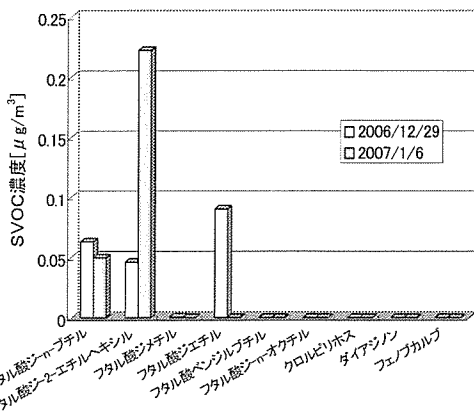


図-16 2F 和室東の SVOC 濃度 (2006/12/29、2007/1/6)

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。

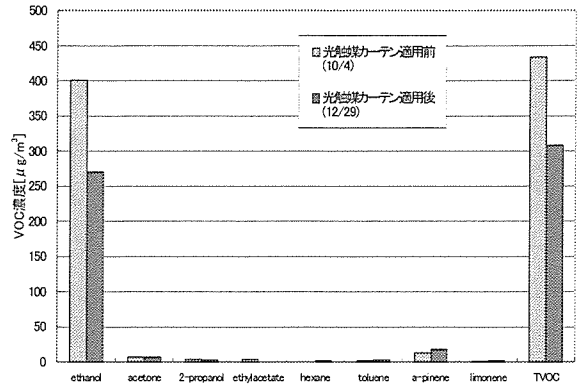


図-17 光触媒カーテン使用と VOC 濃度 (3F ホール)

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違があり、珪藻土建材の吸着効果を確認するには至っていない。

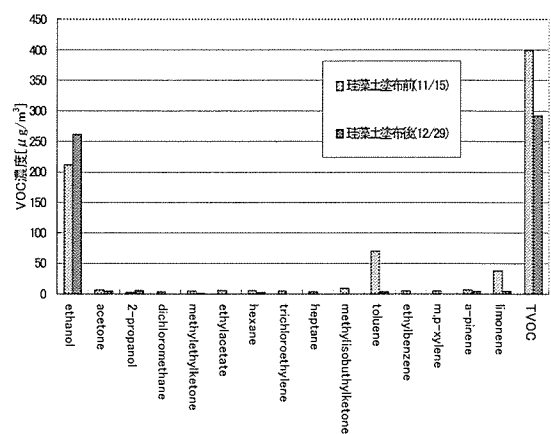


図-18 珪藻土建材使用と VOC 濃度 (2F 玄関ホール)

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。

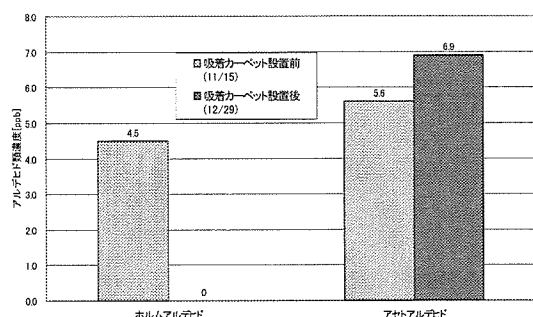


図-19 吸着カーペット敷設とアルデヒド類濃度

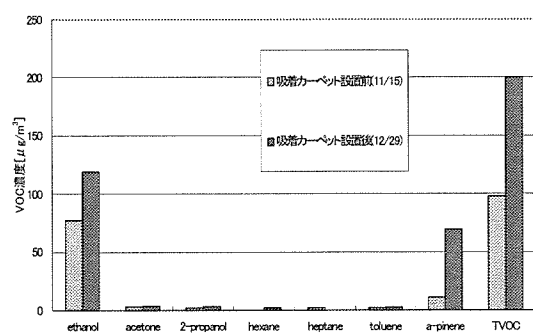


図-20 吸着カーペット敷設とVOC濃度

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。

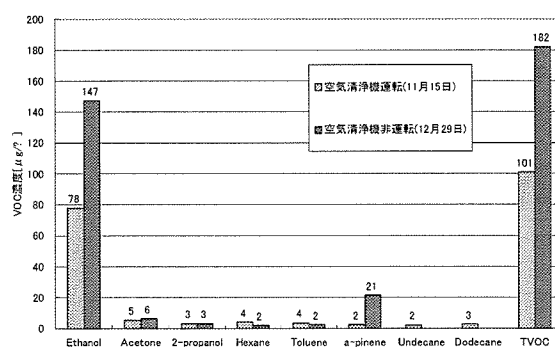


図-21 空気清浄機運転に伴うVOC濃度変化 (3F 和室西)

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。

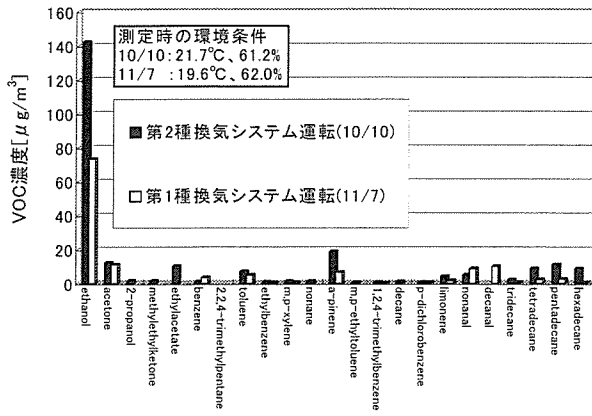


図-22 第1種換気システム運転に伴う VOC 濃度変化 (3F 寝室)

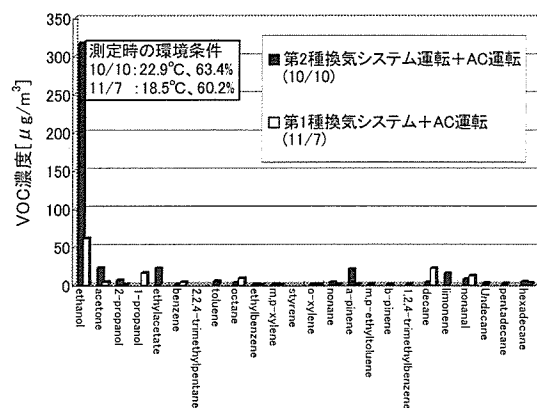


図-23 第1種換気システム運転に伴う VOC 濃度変化 (2F 居間)

3. 6. 農薬低放散仕様畳と化学畳

畳材による 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、農薬低放散仕様散畳) 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。

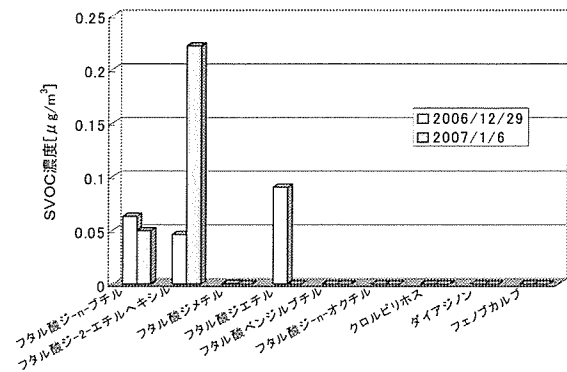


図-24 畳敷設室の SVOC 濃度 (2F 和室東)

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、山田楨子、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

I-3. 1. 一般住宅

ii) 一般住宅における低減対策品導入による実態調査

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

筆者ら^{1), 2)}は実験室実験により化学物質低減対策品・対策技術の化学物質低減効果に関する定量的研究報告を行っており、各種のシックハウス対策製品・技術の特性を明らかにしてきた。ところが、これらを実環境に適用した場合の効果については、未だ不明な点が多い。

そこで本研究では、様々な低減対策品を導入した一般住宅の実測調査を行い、その効果を明らかにするものである。

前年度までに計4回の測定を行い、各種対策製品(5品目)の濃度低減効果を確認した。

本年度は、室内化学物質濃度について前年度との比較検討を行う。更には、新たな低減対策品を導入し、その室内化学物質濃度の低減効果を明らかにし、「健康住宅」の実現に資する基礎的資料の収集を行う。

B. 実測概要

1. 測定対象住宅の概要

測定対象住宅は、前年度と同様に東北地方のRC造3階建ての一般住宅である。(図-1参照)測定は2006年2月、3月に行った。測定日における測定対象室の環境条件を表-1、測定対象化学物質を表-2に示す。

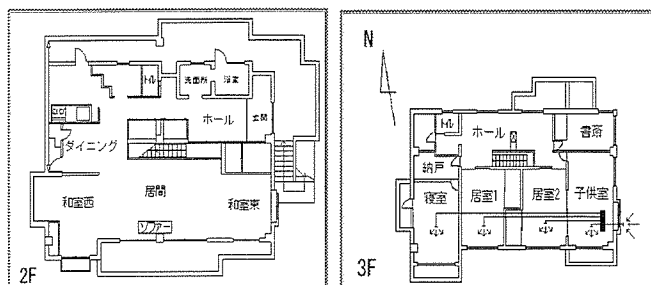


図-1 測定対象住宅の平面図

表-1 各測定日の測定条件

	前年度				本年度	
	2006/10/4	2006/10/25	2006/11/15	2006/12/29	2006/2/3	2006/3/2
温度	20.2[°C]	22.0[°C]	15.2[°C]	20.4[°C]	15.0[°C]	20.2[°C]
相対湿度	70.2[%]	51.0[%]	72.5[%]	37.2[%]	63.3[%]	43.0[%]
暖房	OFF	OFF	OFF	ON ^{*1}	ON ^{**2}	OFF
換気システム	床下装置ON	床下装置ON	床下装置ON	床下装置ON	床下装置ON	床下装置ON
開口部	閉	閉	閉	閉	閉	閉

*1: 2F: 居間、ダイニング、和室(東)、和室(西)、3F: 子供室、居室1、居室2に導入

**2: 2F: 居間に導入

表-2 測定対象化学物質

		前年度						本年度					
		2004/10/4		2004/10/25		2004/11/15		2004/12/29		2006/2/3		2006/3/2	
		HCHO	VOC	HCHO	VOC	HCHO	VOC	HCHO	VOC	HCHO	VOC		
2F	居間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	ダイニング	0	0			0	0	0					
	和室(東)	0	0					0		0	0		
	和室(西)	0	0			0	0	0		0	0		
	玄関ホール	0	0			0	0	0					
3F	ホール	0	0	0	0	0	0	0					
	書斎	0	0	0	0	0	0						
	子供室	0	0	0	0	0	0						
	居室1	0	0	0	0	0	0	0		0			
	居室2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
寝室	0	0	0	0	0	0	0						

2. 導入汚染対策品・技術の概要

各居室に、光触媒製品、珪藻土壁、吸着系内装材、空気清浄機、放散面遮断技術、無垢材加工品を導入した。各居室の汚染対策品導入状況を表-3に示す。

表-3 各居室の汚染対策品導入状況

	光触媒製品	珪藻土壁	吸着系内装材	空気清浄機	遮断技術	無垢材加工品
2F				0	0	0
ダイニング						
和室(東)			0	0		0
和室(西)			0	0		0
玄関ホール		0				
3F	0				0	
ホール	0				0	
書斎		0				
子供室		0				0
居室1				0		
居室2				0		
寝室		0	0	0		0

(1) 光触媒製品

測定対象住宅の居室の多くにはオーガニックコットン製のカーテンと光触媒加工のレースカーテンが適用されている。適用例

を図-2 に示す。

なお、前報において 3F ホールに同対策品を適用した場合、約 33[%]の VOC 濃度低減効果が確認されている。

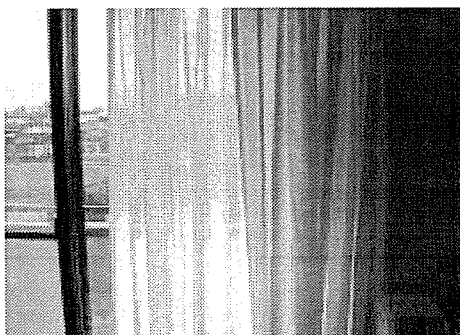


図-2 光触媒カーテンの適用例(子供室)

(2) 珪藻土壁

ホルムアルデヒド分解剤入り珪藻土仕上げ材の塗布状況は前報の通りである。

結果として、同珪藻土建材を塗布することにより、エタノールを除く全ての VOC において低減効果が確認されている。

(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設置されている。設置例を図-3 に示す。また、筆者らにより、グラフト重合利用化学物質吸着シートのホルムアルデヒド濃度低減効果が確認されているが、同吸着カーペットの下に、グラフト重合利用化学物質吸着シートを敷設した。

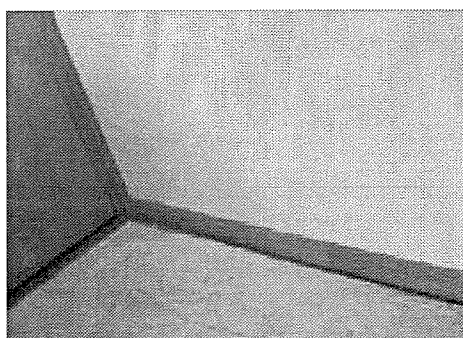


図-3 吸着カーペットの設置例(子供室)

(4) 空気清浄機

各居室は家庭用空気清浄機を設置した。また、今回は全測定対象室において、機器を運転させた状態で測定を行った。

(5) 遮断技術

前報の通り、本対象住宅では下地材から

の化学物質放散防止を目的とした封止系塗料が各所に塗布されている。筆者ら²⁾は、同封止系塗料は多くの VOC に対して発生抑制効果があるものの、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。封止系塗料の塗布例を図-4 に示す。

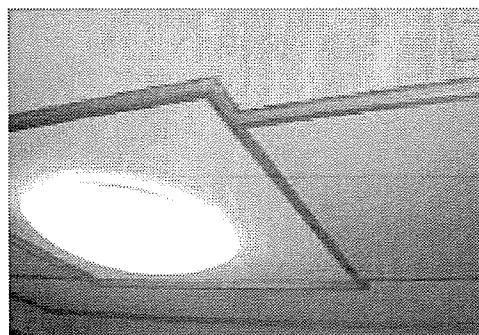


図-4 封止系塗料の塗布例
(2階和室(西)-天井)

また、封止系塗料から発生するエタノールを抑制するため、放散面の被覆処理を行っている。具体的には石膏ボード、ビニールシート、杉製カバー等を用いてエタノール放散の遮断を行った。被覆処理の概要を図-5~6 に示す。

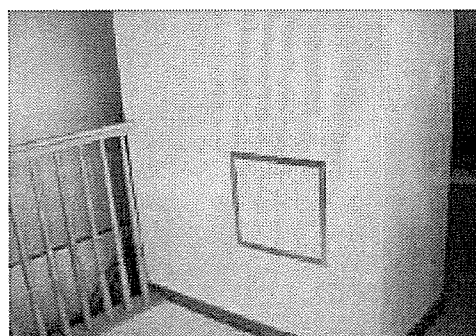


図-5 石膏ボードとビニールシート
(3階ホール-壁)

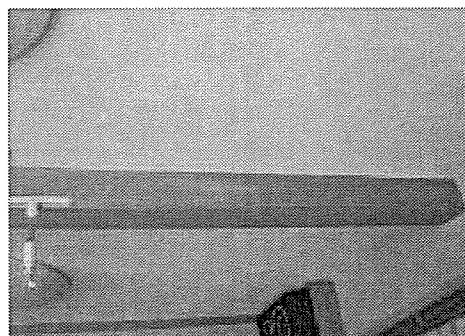


図-6 杉製カバー(居間-梁)

(6) 無垢材加工品

2F 居間と両側の和室との間仕切りにスギ無垢材を用いた建具が設置されている。この建具は化学物質放散について考慮しており、接着剤使用を極力排除した。(図-7 参照) また、床材と寝室に設置してあるベッド等にも無垢材が用いられている。(図-8 参照)



図-7 無垢材建具(居間～和室(西))

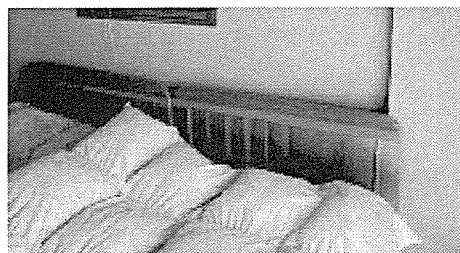


図-8 無垢材ベッド(寝室)

(7) その他の対策品

寝室には、インテリア性を備えた低減対策品(備長炭)が設置してある。図-9に設置例を示す。



図-9 低減対策品(寝室)

3. 捕集・分析方法

(1) 使用機器および器具

使用機器および器具を以下に示す。

- ・定流量ポンプ(Sibata 社製 Model:MP-Σ 30、MP-Σ 100)
- ・積算流量計(Shinagawa 社製 DC-1A)

- ・炭素系捕集管(Supelco 社製 Air-toxics)
- ・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(以下、GC/MS)(Perkin Elmer 社製 Turbo Mass Gold)
- ・ホルムアルデヒド捕集管(Waters 社製、Sep-Pak Xposure Aldehyde Sampler)
- ・高速液体クロマトグラフ(以下、HPLC)(日立社製、L-7000 型)

(2) 捕集方法

捕集方法については、前報と同様である。

なお、VOCは0.1[L/min]の流量で30[min]、アルデヒド類は1.0[L/min]の流量で30[min]捕集を行った。

(3) 分析方法

VOCとアルデヒド類の分析方法を以下に示す。

- ・VOC(固相捕集-加熱脱着-GC/MS法)
- ・アルデヒド類(固相捕集-溶媒抽出-HPLC法)

C. 結果及び考察

1. ホルムアルデヒド

各居室のホルムアルデヒド濃度を図-10に示す。測定は前報同様、冬期に実施した。計2回のホルムアルデヒド濃度の測定結果は8.97~13.3[ppb]、平均では10.7[ppb]となり、全体的に低い値を示した。また、各種低減対策品導入前と比較すると、室内ホルムアルデヒド濃度は低減傾向にある。ただし、和室(東)については濃度上昇が確認されている。この原因については現在調査中である。

なお、各測定日ごとに暖房や対策品設置の有無などの測定条件が異なるため、季節的変動については検討していない。

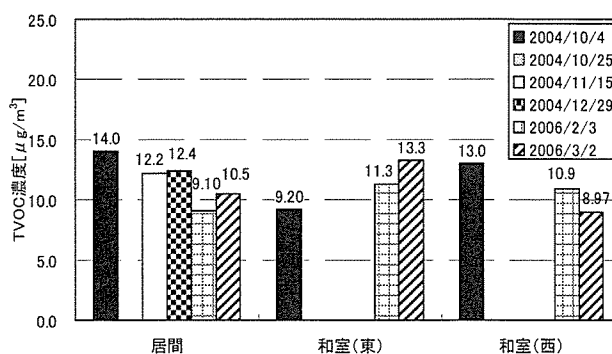


図-10 各居室のホルムアルデヒド濃度(2F)

2. VOC

各居室の VOC 濃度を図-11~12 に示す。

2006 年 3 月における各居室の VOC 濃度は、114~2146[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]の範囲にあり、平均では656[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]となった。特にエタノールの顕著な発生が示された。これは、使用した封止系塗料から放散されたものである。ここで、測定日の測定対象室環境条件を表-3 に示す。各居室の VOC 成分別濃度を図-13~18 に示す。

全測定対象室でエタノールが発生しており、室内濃度は104~2108[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]の範囲にあり、平均では607[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]であった。特に、顕著な発生が見られた2階和室(西)のTVOC値の約98[%]はエタノールであった。以前、この居室の天井面(一部、サワラ材に有機溶剤系塗装仕上げ)ではVOC放散抑制のため、封止系塗料処理を行ったが、今回の調査で竿縁材では多量の封止系塗料が使用されたにも関わらず、塗膜形成が成されていないことが判明した。これが高濃度のエタノールが測定された原因と考えられる。

また、前報にて最も高濃度のエタノールが確認された居間は、2004 年 12 月の測定時よりも22.4[%]低減した。同居室にはエタノール対策として、梁、柱面をビニールシート被覆後に杉製カバーによる封止系塗料塗装面の被覆処理を行っており、建材の履歴とこの技術による低減効果が現れたものと考えられる。測定対象室のエタノール濃度を図-19 に示す。

なお、3階居室1におけるスチレン濃度が122[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]を示した。前報においては同居室でスチレンの発生は確認されていない。これは、同居室における畳材(畳床に発泡ポリスチレン材)やベッド(ウレタンマットレス)の影響によるものと考えられる。

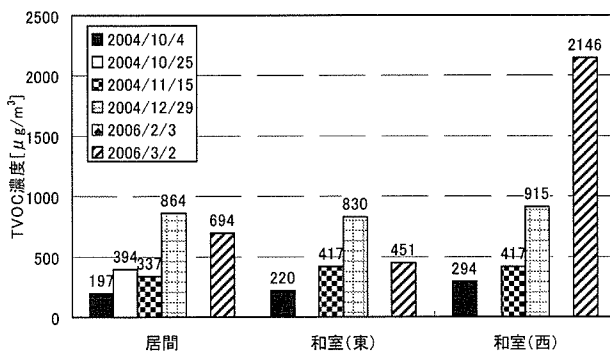


図-11 各居室の VOC 濃度(2F)

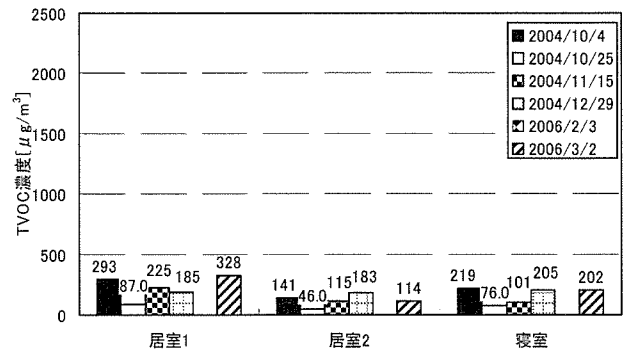


図-12 各居室の VOC 濃度(3F)

表-3 測定対象室の環境条件(2006/3/2)

		温度[°C]	相対湿度[%]	汚染対策
2F	居間	20.2	43.0	①、③、④、⑤
	和室(東)	22.7	28.0	①、②、③、④
	和室(西)	20.0	30.3	①、②、③、④
3F	居室1	13.4	38.7	①、③、④
	居室2	13.5	44.3	①、③、④
	寝室	12.0	42.2	①、③、④、⑥

- ①光触媒カーテン
- ②吸着系カーペット
- ③空気清浄機
- ④封止系塗料
- ⑤杉カバー
- ⑥備長炭

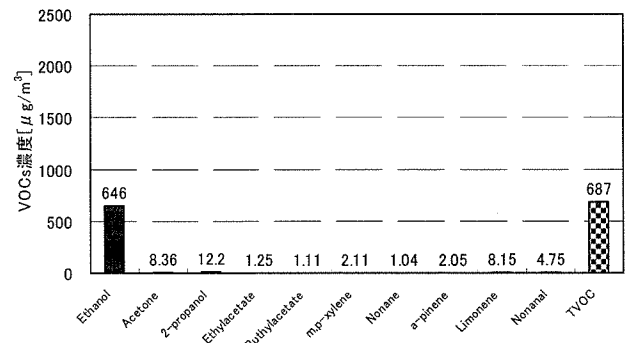


図-13 2F 居間の VOCs 濃度(2006/3/2)

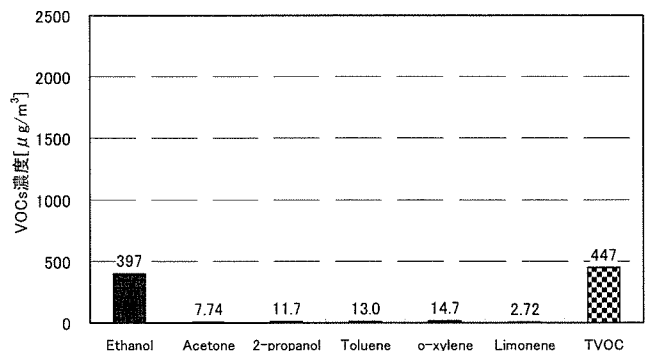


図-14 2F 和室(東)の VOCs 濃度(2006/3/2)