

表 - 3.7.19 短期精密試験結果 (GC/MS 法) VOC 濃度

単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	対照チェンバー				試料設置チェンバー			
	当初ガス濃度平均	設置後2時間	設置後1日	設置後3日	当初ガス濃度平均	設置後2時間	設置後1日	設置後3日
トルエン	1423	1386	1524	1555	1710	1662	1824	1845
m,p-キシレン	183	191	210	199	232	234	259	254
エチルベンゼン	456	479	562	579	576	592	691	728
テトラデカン	0	32	153	0	0	0	0	0
添加物質合計	2061	2088	2449	2334	2518	2488	2774	2827

表 - 3.7.20 短期精密試験結果 (GC/MS 法) 当初ガス濃度に対する濃度変化割合

	対照チェンバー			試料設置チェンバー		
	設置後2時間	設置後1日	設置後3日	設置後2時間	設置後1日	設置後3日
toluene	-11%	-4%	-8%	8%	5%	24%
m,p-xylene	-20%	-13%	-22%	14%	17%	36%
ethylbenzene	-15%	1%	-5%	15%	24%	54%
tetradecane	221%	1219%	524%	-72%	-73%	221%
添加物質合計	-13%	-3%	-8%	11%	12%	35%

表-3.7.21 短期精密試験結果 (GC/MS法) 試料設置チェンバーと対照チェンバーの濃度差の比

	当初ガス濃度平均	設置後2時間	設置後1日	設置後3日
toluene	74%	112%	91%	135%
m,p-xylene	75%	147%	135%	204%
ethylbenzene	78%	140%	120%	187%
tetradecane	725%	-28%	-83%	325%
添加物質合計	76%	124%	103%	160%

(c) 標準ガス発生装置の稼働状況

① 標準ガス発生装置の長期稼働

図-3.7.11 のとおり標準ガス発生装置を稼働させて短期精密試験を実施した。標準ガス発生装置の温度は25℃に設定したが、30℃まで上昇しその後安定した。稼働4日目からガス流量が低下し調整不能となった。

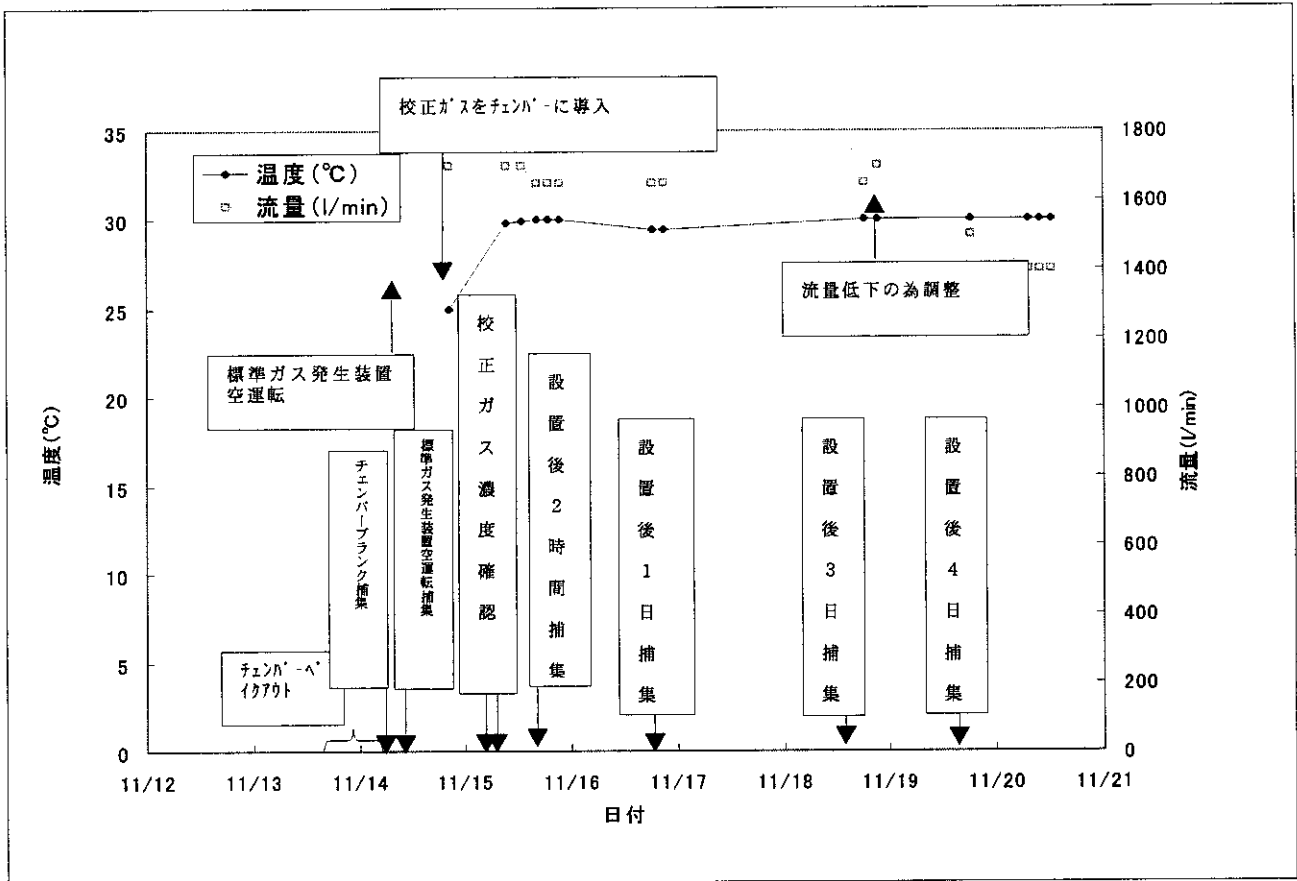


図-3.7.11 標準ガス発生装置稼働状況

② 標準ガス発生装置からの発生ガス

発生ガスについては、添加した4物質のうちテトラデカンがほとんど検出されなかった。トルエン, m, p-キシレン, エチルベンゼンは一定割合で検出された。

3.7.5 考察

(1) スクリーニング試験

(a) 汚染低減効果の判定

チェンバー内のVOC濃度は対照チェンバーの平均から、 $2677 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。チェンバーの気積65%より、チェンバー内のVOCは  $2677 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 0.065 \text{ m}^3 = 174 \mu\text{g}$  である。よって、試料がチェンバー内のVOCすべてを低減させた場合の能力は表-3.7.22のように表せる。ただし、試験条件によって結果が変化する可能性が大きいので、その点を考慮に入れる必要がある。結果に影響をもたらす要因としては、汚染ガス濃度、試料負荷量、温度・湿度等が考えられる。

表-3.7.21 スクリーニング試験において測定可能な最大の有害物質除去能力

分類	今回の測定単位	吸着量	吸着速度
一個が単位となるもの	一個	174 $\mu\text{g}/\text{個}$	34 $\mu\text{g}/\text{個}/\text{h}$
平面のもの	0.143 $\text{m}^2$	1216 $\mu\text{g}/\text{m}^2$	243 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$

スクリーニング試験の結果の判定基準については暫定的に表-3.7.22を提案する。図-3.7.12を参考に便宜的に低減効果(%)で切り分けを行った。なお、対照チェンバーのガス濃度の偏差が大きかったことから効果不明の範囲を大きく取った。今後、データが集積され統計的に判定基準が設定されることが望まれる。

表-3.7.22 スクリーニング試験結果の判定基準

変化状況	判定基準案 VOCの低減効果(%) で判定	内容	記号	精密試験の必要性
有害ガス濃度上昇	+20%を超える	試料からVOCが発生している	×	低減対策品としては必要なし
効果不明	$\pm 20\%$ 以内	試料がVOC濃度の変化に影響を与えているか判定不能。 ただし、組成が変化している場合に注意	-	必要性を検討
有害ガス濃度やや減少	-20%を超え -80%未満	試料はVOCを除去する能力を有している。	○	必要
有害ガスほぼ除去	-80%以上	試料はVOCを除去する能力を有している。スクリーニング試験の条件ではVOCをほぼすべて除去出来る。	◎	必要

#### (b) 日用汚染低減対策品および臭気対策品の除去性能

日用汚染低減対策品および臭気対策品の除去性能のスクリーニング試験の結果は3.7.4(1)(c)のとおりであるが、それをグラフに示した。(図-3.7.12)

前項で提案した判定基準にもとづいて試験を実施した日用対策品のVOCに対する除去能力を判定すると、表-3.7.23のとおりである。

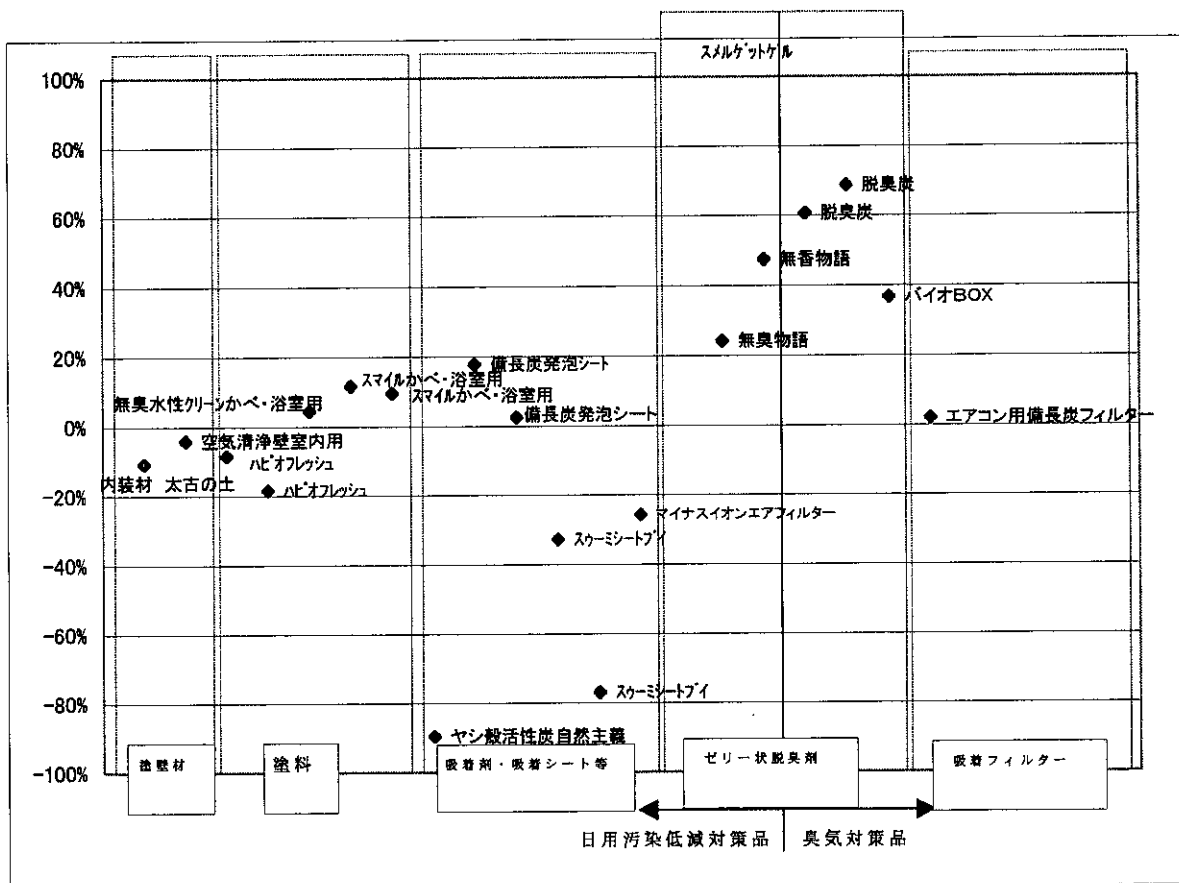


図-3.7.12 スクリーニング試験結果 試料のVOC低減効果

表- 3.7.23 日用品汚染低減対策品および臭気対策品の除去性能

分類	番号	商品名	製品仕様・用途	単位当たり価格	低減効果	判定	備考
日用品汚染低減対策品	1	内装材 太古の土	珪藻土内装材	1280 円/m <sup>2</sup>	-11%	-	
	2	空気清浄壁室内用	無機系特殊セラミックを含んだ塗り壁材	267 円/m <sup>2</sup>	-4%	-	
	3	ハビオフレッシュ 水性・超微臭・室内かべ・ビニールかべ紙用	壁用塗料	176 円/m <sup>2</sup>	-8%	-	
	4	無臭水性クリーンかべ・浴室用抗菌・消臭・防カビ環境保護塗料	壁用塗料	297 円/m <sup>2</sup>	4%	-	光触媒利用のため本来の性能を測定出来ない可能性大
	5	スマイルタレない塗料かべ・浴室用	壁用塗料	230 円/m <sup>2</sup>	12%	-	
	6	ヤシ殻活性炭自然主義	吸着材	698 円/個	10%	-	
	7	備長炭発泡シート	押入・畳下用	711 円/m <sup>2</sup>	-90%	◎	
	8	スクーシート	活性炭シート	622 円/m <sup>2</sup>	18%	-	
	9	マイナスイオンエアフィルター	エアコン用外付フィルター	30118 円/m <sup>2</sup>	2%	-	
臭気対策品	10	脱臭剤スメルゲットゲル	ゼリー状脱臭剤	1280 円/個	9343%	×	2-フロルノール, エタノール, アセトン, エチルアセト等が特に多量に発生
	11	無香物語	ゼリー状脱臭剤	1500 円/個	24%	×	
	12	脱臭炭 洋服ダンス・押し入れ用	ゼリー状脱臭剤	780 円/個	47%	×	
	13	喜・笑・真・澄(きえます)バイオBOX	ゼリー状脱臭剤	398 円/個	61%	×	ノナンが特に発生。他の物質は減少しているものもある
	14	エアコン用備長炭フィルター	エアコン用外付フィルター	148 円/個	69%	×	

## ① 製品タイプごとのVOC除去性能についての試験結果

## (i) 塗壁材

今回のスクリーニング試験では、明確な効果は確認できなかったが、有意な発生もみられなかった。

## (ii) 塗料

今回のスクリーニング試験では、明確な効果は確認できなかったが、有意な発生もみられなかった。うち、1商品は光触媒を利用しているため、今回の試験では本来の性能を評価できなかったものと思われる。また、3商品ともホルムアルデヒドおよび臭気物質の除去との説明であったので、ホルムアルデヒドについては効果が見られる可能性がある。

## (iii) 炭・活性炭製品

今回試験した範囲では炭・活性炭を利用した製品は、VOC全般に効果をもつものが多い。ただし、炭・活性炭を利用した製品のなかでもゼリー状吸着剤では吸着効果を発揮する対象化学物質もあるものの特定の化学物質の発生がみられTVOCで見ると、吸着剤からの発生により増加してしまった。

## (iv) エアコン用エアフィルター

本来はエアコンの吹き出し口に設置し強制的に空気を通過させて使用するものである。今回の試験では日用汚染対策品では汚染物質の除去能力があることが確認された。臭気対策品では明確な効果は確認できなかった。しかしながら、今回の試験は本来の使用状況より汚染空気の通過量が少ないと思われるので、その点を考慮する必要がある。

## (v) ゼリー状吸着剤

日用汚染低減対策品、臭気対策品どちらも吸着剤からの発生がみられ、TVOC濃度が上昇した。

特に日用汚染低減対策品のうち1つはTVOC濃度が当初の10倍にもなった。ただし、ホルムアルデヒドおよび臭気物質の除去との商品説明であったので、ホルムアルデヒドやその他の臭い物質については効果が見られる可能性がある。

## ② 日用汚染低減対策品および臭気対策品の除去性能

多くの商品はホルムアルデヒド対策をうたっており、今回の結果では商品説明に誤りがあるとは云えないが、ホルムアルデヒド対策をしたために、他の有害化学物質が増加する可能性のある商品があることがわかった。特にゼリー状の吸着剤には注意が必要である。なお、スプレータイプの消臭剤によって化学物質濃度が増加する事例が多いことは既に発表されている。<sup>10)</sup>

全般に炭・活性炭使用製品は効果のあることが多いことが確認された。

いずれにしても、日用汚染低減対策品および臭気対策品を導入するにあたっては、商品の性能を確かめた上で、導入する必要があることがわかった。

## ③ 費用対効果

価格についても表-21に示したが、様々な形態の商品が混在するため比較が難しい。

## (2) 短期精密試験

## (a) 短期精密試験実施上の問題点

試験の結果、以下の様な問題が有ることがわかった。

- ・今回使用した標準ガス発生装置では長期連続使用時に流量低下が見られ、その影響を受けて標準ガス濃度が上昇する。
- ・対照チェンバーと試料チェンバーの間に18% (当初ガス濃度平均：活性炭法) の差がみられた。今後、原因を検討する必要がある。
- ・GC/MS法と活性炭法でデータの安定性に差があった。GC/MS法ではガス捕集流量および捕集量が小さいため、誤差が大きくなるものと思われる。今後、改善が必要と思われる。

## (b) 対象試料の除去性能

今回試験の対象とした日用汚染低減対策品については、VOC除去性能が認められなかった。これはスクリーニング試験の結果と合致する。

## 3.7.6 今後の課題

本研究を受けて、今後以下の事項の検討が必要である。

**(1) スクリーニング試験****(a) 試験条件の検討**

試験条件によって結果に影響が出る場合があるので、試験条件の設定は慎重に行う必要がある。特に今後の検討課題として以下の点についての検討が必要である。

**① 温度・湿度条件**

今回の試験では25℃で試験を実施したが、化学物質放散量低減材料・気中濃度低減対策機材性能証明試験要領に準じて28℃で実施する必要がないか。

**② 汚染ガス濃度**

短期に確実な判定を行うというスクリーニング試験の性格上どのような濃度が適正か。

**③ 放置時間**

今回の試験では5時間放置としたが、更に短縮することが出来ないか。

**(b) スクリーニング試験結果の判定**

今回は暫定的な判定基準を作成して判定を行ったが、今後更にデータを蓄積すると共に、精密試験の結果と併せて検討し、明確な判定基準を作成する必要がある。

**(c) アルデヒド類についての試験の実施**

今回はアルデヒド類についての試験を実施しなかったため、アルデヒド類についての試験方法も確立する必要がある。

**(d) 製品形態・原理に適応した試験方法の提案**

エアコン用フィルター、光触媒利用製品など、今回のスクリーニング試験方法では本来の使用方法では試験できない製品、本来の性能が発揮できない製品があった。これらの製品への対応が必要である。

**(2) 精密試験**

今回は化学物質放散量低減材料・気中濃度低減対策機材性能証明試験要領のうち、低減量のみの測定を実施した。他の濃度依存性、低減効果の妨害に対する性能等も実施する必要がある。

**(3) 費用対効果の評価**

様々な形態の商品が混在するため面積当たり、一個当たりなどでは比較が難しい。今後、VOC除去能力当りに換算した評価指標が出来ることが望まれる。

**3.7.7 本章のまとめ****(1) 本研究の目的と内容**

- ① 日用汚染低減対策品の現状を把握する。
- ② 第1編1.5で提案した効果評価手法を検証し実際の効果を測定する。

**(2) 本研究における知見****(a) 日用汚染低減対策品の現状**

様々な原理を利用した多様な形態の日用汚染低減対策品商品が数多く市場に出回っている。しかし、その効果については不明な点が多い。

**(b) スクリーニング試験**

第1編1.5で提案したスクリーニング試験を実施したところ、スクリーニング試験方法が有効であることがわかった。今回の試験結果をもとに日用汚染低減対策品効果の有無、精密試験の必要性についての暫定的な判定基準を提案した。

今後さらに詳細な条件等について検討を進める必要がある。

**(c) 短期精密試験**

化学物質放散量低減材料・気中濃度低減対策機材性能証明試験要領にもとづく短期精密試験のうち、低減量のみの測定を実施したところ、標準ガス発生装置の長期使用に関わる流量の低下、対照チェンバーと試料チェンバー間でのガス濃度が均一にならないなどの問題があることがわかった。

**(d) 日用汚染低減対策品の除去能力**

スクリーニング試験の結果、多くの商品はホルムアルデヒド対策をうたっているが、ホルムアルデヒド対策をしたために、他の有害化学物質が増加する可能性のある商品があることがわかった。特にゼリー状の吸着剤には注意が必要である。

全般に炭・活性炭使用製品は効果のあることが多いことが確認された。

いずれにしても、日用汚染低減対策品および臭気対策品を導入するにあたっては、商品の性能を確かめた上で、導入する必要があることがわかった。

### (3) 今後の課題

#### (a) スクリーニング試験

本研究を受けて今後、スクリーニング試験結果の判定基準を精密試験の結果と併せて検討し確立すること、今回は実施しなかったアルデヒド類についての試験方法を確立する必要がある。また、エアコン用フィルター、光触媒利用製品など、今回のスクリーニング試験方法では本来の使用方法では試験できない製品、本来の性能が発揮できない製品があった。これらの製品への対応が必要である。

#### (b) 短期精密試験

今回は化学物質放散量低減材料・気中濃度低減対策機材性能証明試験要領のうち、低減量のみの測定を実施した。他の濃度依存性、低減効果の妨害に対する性能等も実施する必要がある。

#### (c) 費用対効果

今後、VOC除去能力あたりに換算した評価指標が出来ることが望まれる。

### 3.7.8 引用文献・参考文献

- 1) 室内空気対策研究会：室内空気対策に係る既存住宅改修技術等情報収集業務報告書，(株)綜デザイン研究所，平成13年3月5日
- 2) (財)ベターリビング：化学物質放散量低減材料・気中濃度低減対策機材性能証明試験要領、ver 2，2002年9月
- 3) ENV \* 1 13419-1:1999 Building products - Determination of the emission of volatile organic compounds - Part1:Emission test chamber method 建築材料-揮発性有機化合物の放散測定第1部：放散試験チャンパー法
- 4) ENV \* 1 13419-3:1999 Building products - Determination of the emission of volatile organic compounds - Part3:Procedure for sampling, storage of samples and preparation of test specimens 建築材料-揮発性有機化合物の放散測定第3部：サンプル採取、サンプルの保存及び試験片の準備に関する手順
- 5) ASTM D \* 2 5116 :1990 Standard guide for small-scale environmental chamber determinations of organic emissions from indoor materials/products 内装材からの有機物放散測定小型チャンパー法の標準ガイド
- 6) ISO/DIS \* 3 16000-3 Indoor air -Part 3:Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds -Active sampling method 室内空気中のホルムアルデヒド及びカルボニル化合物の定量-アクティブサンプリング
- 7) ISO/DIS \* 3 16000-6 Indoor air -Part 6:Determination of volatile organic compounds in indoor and chamber air by active sampling on TENAX TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID 室内及びチャンパー内空気の揮発性有機化合物の定量-TenaxTAを使用したアクティブサンプリング、加熱脱着とガスクロマトグラフィーMSD/FIDによる定量
- 8) 厚生労働省シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会中間報告書第1回～第3回のまとめについて(平成12年6月29日)(別添2)室内空気中化学物質の採取方法と測定方法
- 9) JIS「小型チャンパー法-建築材料の揮発性有機化合物(VOC)ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定，2003年3月20日
- 10) スプレータイプの消臭剤の商品テスト結果，国民生活センター，2001年6月6日公表

要約

第8章 畳床における床下移流化学物質の吸着特性に関する研究

野崎淳夫（東北文化学園大学）

1. はじめに

近年、揮発性有機化合物(VOC)による室内空気汚染が深刻な社会問題となっており、それらの低減対策の確立が急務となっている。

そこで、本研究では、天然素材としての畳建材に着目し、VOCの吸着効果を明らかにし報告するものである。

2. 実験概要

本研究では、1)畳建材のVOC吸着効果を求める吸着実験、2)畳建材及び畳構成材料から発生するVOCを明らかにする発生実験を行うものである。

2.1 吸着実験の概要(図-1参照)

東北文化学園大学の人工気象室内にステンレス製小型チェンバーI、IIを設置した。チェンバーIには、試験片を挿入し、もう一方のチェンバーIIには、試験片ダミー(試験片と同体積、同形状のダミー)を挿入した。人工気象室の空気を清浄化して、標準ガス発生装置に送り、2つのチェンバーに、規制対象として取り上げられているVOCの6物質(トルエン、m,p-キシレン、o-キシレン、ベンゼン、エチルベンゼン、p-ジクロロベンゼン)をマスフローコントローラーを用いて流量を500(ml/min)に制御し、等量を2つのチェンバー内に導入し、対照実験を行った。

チェンバー内の空気は、活性炭チューブに500(ml/min)の流量で3時間捕集した。捕集したVOCを二硫化炭素で抽出し、GCに導入し、定性・定量分析を行った。

2.2 発生実験の概要(図-2参照)

人工気象室内に、ステンレス製小型チェンバーIIIを設置し、チェンバー内部の環境条件(図-2参照)を制御した。その中に試験片を挿入し、光音響法測定器で定常状態を確認後(8~9時間で定常状態)、チェンバー内の空気を活性炭チューブに500(ml/min)の流量で8時間捕集(240[L]捕集)し、GCに導入し定性・定量分析を行った。また、ATDチューブを用いた捕集では、3時間密閉させた後、チェンバー内の空気を250(ml/min)の流量で4分間捕集(1[L]捕集)し、GC/MSを用いて定性・定量分析を行った。

2.3 試験片の概要(表-1参照)

実験対象の畳、畳床(試料負荷率:1.3[m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>])は、300(mm)×300(mm)サイズとし、表面のみを露出させ、その他の部分はアルミ箔にて被覆した。稲わら、イ草(試料負荷率:1[m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>])は、長さ350(mm)、重量250(g)に調製した。また、畳、畳床及び、稲わら、イ草の各ダミーは、全面をアルミ箔にて被覆した。

2.4 濃度低減率(吸着効果)の算出式

VOCの吸着による濃度低減率(吸着効果)は、次式(1)により求めた。

$$\text{吸着効果(\%)} = \left(1 - \frac{C_I - C_{Ib}}{C_{II} - C_{IIb}}\right) \times 100 \quad (1)$$

ここで、 $C_I$  : チェンバーI内のVOC濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$C_{Ib}$  : チェンバーI内のブランク濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

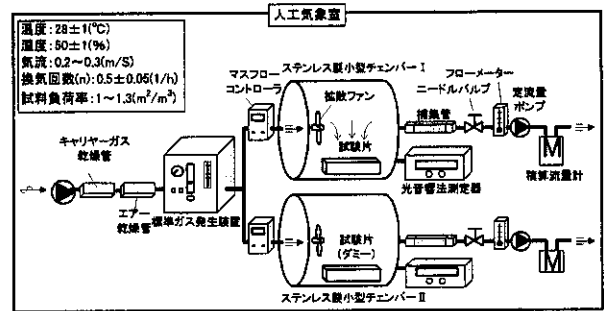


図-1 吸着実験の概要図

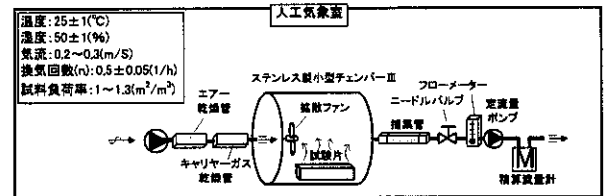


図-2 発生実験の概要図

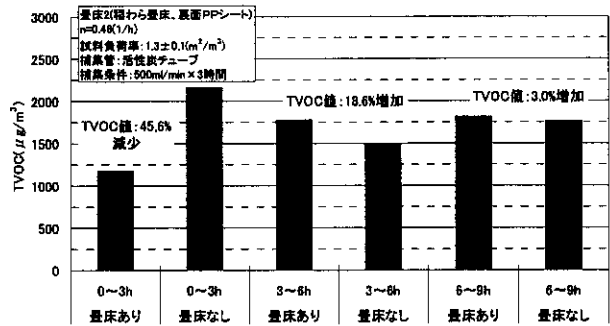


図-3 チェンバー内のVOC濃度(畳床2:吸着実験)

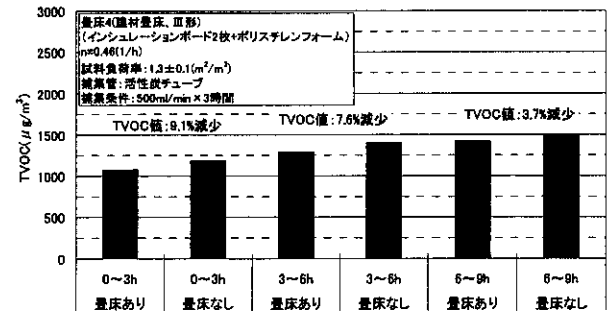


図-4 チェンバー内のVOC濃度(畳床4:吸着実験)

$C_{II}$  : チェンバーII内のVOC濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$C_{IIb}$  : チェンバーII内のブランク濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

とする。

3. 結果と考察

3.1 畳床のVOC吸着効果について

(1) 畳床2(稲わら畳床)

畳床2におけるVOC濃度の推移を図-3に示す。測定時0~3(h)の間では、畳床を入れたチェンバー内の濃度が、畳床ダミーを入れたチェンバー内の濃度よりも45.6(%)低いことが示されている。その後は畳床を入れたチェンバー内の濃度が畳床ダミーを入れたチェンバー内の濃度よりも、3~



6(h)では18.6(%)、6~9(h)では3.0(%)高いことが示されている。これは、空隙に大量に吸着されたVOCが時間の経過に伴い再放出したものと考えられる。

(2) 畳床4(建材畳床)

畳床4の実験結果を図-4に示す。測定時0~3(h)においては、畳床を入れたチェンバー内の濃度が畳床ダミーを入れたチェンバー内の濃度よりも9.1(%)低いことが示されている。また、3~6(h)、6~9(h)では畳床を入れたチェンバー内の濃度が畳床ダミーを入れたチェンバー内の濃度よりも7.6(%)~3.7(%)低いことが示されている。

3.2 稲わらのVOC吸着効果について

(1) 稲わら2(新しいわら、含水率15%以下)

稲わら2におけるVOC濃度の推移を図-5に示す。0~3(h)においては、稲わらを入れたチェンバー内の濃度が稲わらダミーを入れたチェンバー内の濃度よりも71.2(%)低い結果が示されており、高い吸着効果が確認できた。3~6(h)においては、稲わらを入れたチェンバー内の濃度が47.3(%)低いことが示されている。また、6~9(h)においては、稲わらを入れたチェンバー内の濃度が69.9(%)低い結果が示されており、3~6(h)同様に高い吸着効果が確認できた。

(2) 稲わら4(90度加熱乾燥)

稲わら4の実験結果を図-6に示す。測定時0~3(h)においては、稲わらを入れたチェンバー内の濃度が、稲わらダミーを入れたチェンバー内の濃度よりも71.9(%)低いことが示されている。次に、3~6(h)では、稲わらを入れたチェンバー内の濃度が稲わらダミーを入れたチェンバー内の濃度よりも39.4(%)低い結果が示された。また、6~9(h)では、稲わらを入れたチェンバー内の濃度が稲わらダミーを入れたチェンバー内の濃度よりも47.0(%)低い結果が示された。

3.3 畳建材からのVOCの発生について

畳床3のVOC発生試験の結果を図-7に示す。畳床3からは、濃度の差はあるもののペンタデカンやトルエン、1-デカノールなどの有機物質が発生している。畳床3は、木材等の植物繊維を繊維板化したインシュレーションボードにより構成されている。これら、木質系の繊維を繊維板化する過程で何らかの接着系の材料が用いられ、揮発性有機物質の発生に至った可能性が考えられる。

一方、イ草1からは、テトラデカンやペンタデカン、ベンゼン等の揮発性有機物質が発生している。しかし、天然素材のイ草から、これらの揮発性有機物質が発生するとは考えにくい。おそらく、イ草表面に塗布されている塗料からの発生である可能性が考えられる。

4. まとめ

本研究では、畳建材のVOC吸着効果とVOCの発生特性について求めた。吸着効果としては、稲わらによる顕著なVOC吸着効果が確認できた。また、建材畳床からのVOCの発生が確認できた。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、協力を頂いた景山貴浩君(当時東北文化学園大学卒論生)に心から深謝致します。

引用文献

1) 野崎淳夫、鈴木研司：床下等の空間における化学物質の

表-1 対象とした試験片

試験片名	試験片のサイズ			内容
	縦(mm)	横(mm)	厚さ(mm)	
畳1	300	300	5.5	畳表:イ草A(上級品・新しい) 畳床:わら床A(厚床・新しい)
畳2	300	300	5.5	畳表:イ草A(上級品・新しい) 畳床:雑材床A(厚床・新しい)
畳3	300	300	5.5	畳表:イ草C(上級品・古い) 畳床:わら床B(厚床・古い)
畳4	300	300	5.5	畳表:イ草C(上級品・古い) 畳床:雑材床B(厚床・古い)
畳5	300	300	5.5	畳表:イ草A(上級品・新しい) 畳床:わら床(厚床・古い)
畳6	300	300	5.5	畳表:イ草A(上級品・新しい) 畳床:雑材床(厚床・古い)
畳床1	300	300	5.5	稲わら畳床:うらごも2級、大手製だけ乾燥
畳床2	300	300	5.5	稲わら畳床:裏押シート、大手製だけ乾燥
畳床3	250	250	5.5	雑材畳床:イ形インシュレーションボード4枚重ね
畳床4	250	250	5.5	雑材畳床:目形(ポリスチレンフォーム)インシュレーションボードで挟んだもの
試験片名	長さ(mm)	重量(g)	内容	
稲わら1	350	250	国内産:新しいわら(2000年10月製造)、90度加熱乾燥品	
稲わら2	350	250	国内産:新しいわら(2000年10月製造)、含水率15%以下、乾燥無し	
稲わら3	350	250	国内産:古いわら(1998年10月製造)、含水率15%以下、乾燥無し	
稲わら4	350	250	国内産:古いわら(1998年10月製造)、90度加熱乾燥品	
稲わら5	350	250	中国産:古いわら(1999年10月製造)	
イ草1	350	250	国内産:ひのみどり(島産品)	

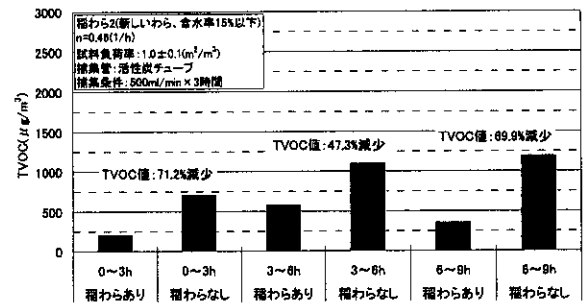


図-5 チェンバー内のVOC濃度(稲わら2:吸着実験)

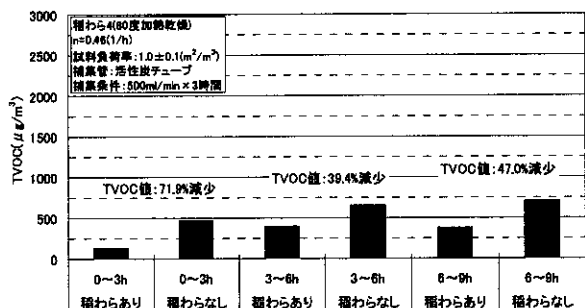


図-6 チェンバー内のVOC濃度(稲わら4:吸着実験)

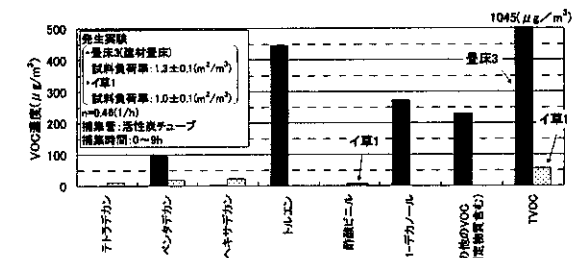


図-7 チェンバー内のVOC濃度(畳床3、イ草1:発生実験)

濃度と構造部材からの発生量に関わる研究、室内空気環境とその快適性に関する研究(その1)、大気環境学会北海道東北支部総会抄録集、2002年

2) 柳澤幸雄他:室内材のNO<sub>2</sub>吸着特性と生物学的除去の可能性と検討、大気汚染学会誌pp.18~pp.23、1983年

3) 野崎淳夫、飯倉一雄:畳による室内化学物質濃度の低減性に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.681~pp.684、2002年

4) 財団法人ベターリビング:化学物質放散量低減材料・気中濃度低減対策機材性能証明試験要領ver2、pp.2-25~pp.2-32、2002年

## 第8章 畳床の床下移流化学物質の吸着性に関する研究

野崎淳夫(東北文化学園大学)

## 3.8.1 はじめに

## (1) 本研究の背景

室内空気質汚染対策の一つとして、吸着材による室内濃度の低減が注目されている。また、市場にはそれを意図した建材が出現しつつある。これらの建材は、「汚染低減建材」等と呼ばれるが、古来より普及している畳建材もこの一つである可能性を有する。

また、和室の床は畳(畳表、畳床)と畳下地材により構成されている。畳下地材が合板の場合には、合板から発生する化学物質が畳を経由して室内に放散される。

また、野崎ら<sup>9)</sup>により、床下内の化学物質汚染とその室内移流問題が明らかにされており、発生・移流化学物質の処理が問題となっていた。

## (2) 既往の研究

畳床による室内空気汚染物質の低減に関する研究は、行われていない状況にあるが畳表のNO<sub>2</sub>の吸着性に関する研究では柳澤ら<sup>1)</sup>の報告がある。NO<sub>2</sub>発生源のない室内でNO<sub>2</sub>濃度を調査したところ、NO<sub>2</sub>濃度が外気濃度より低下しており、室内において何らかのNO<sub>2</sub>除去機構の存在を指摘し、室内材のNO<sub>2</sub>吸着性について調べている。室内に存在する様々な材料のうち、木綿の布地、毛糸の布地、襖紙、障子紙、畳などの家庭で使用されている5種類について調べた結果、特に、畳は高い吸着性を示していることを明らかにしている。

## (3) 研究の目的

稲わら等の天然素材を用いて構成されている畳床は、床下から移流する化学物質を吸着する可能性がある。

そこで、本研究では、天然素材としての稲わら、及びそれらを用いて作られている畳床に着目して、床下移流化学物質の吸着性について、実験室実験により調べることを目的とした。

## 3.8.2 実験概要

## (1) 実験システムの概要

本研究で用いた実験システムを図-3.8.1に示す。東北文化学園大学の人工気象室内にステンレス製小型チェンバー(容積65[l]、図-3.8.2参照)を2台設置し、それぞれをチェンバーI、チェンバーIIとした。チェンバーIには、試験片を挿入し、もう一方のチェンバーIIには、試験片ダミー(試験片と同体積、同形状のダミー)を挿入した。人工気象室の空気をキャリアーガス乾燥管、エアー乾燥管を通してより清浄度を高め、標準ガス発生装置(パーミエーター)に送り、チェンバーIとIIに規制対象として取り上げられているVOCの6物質(トルエン、m,p-キシレン、o-キシレン、ベンゼン、エチルベンゼン、p-ジクロロベンゼン)をマスフローコントローラーを用いて流量を500(ml/min)に制御し、等量を2つのチェンバー内に導入し、対照実験を行った。

チェンバー内の空気は、活性炭チューブに500(ml/min)の流量で3時間捕集した。捕集したVOCを二硫化炭素で抽出し、GCに導入し、定性・定量分析を行った。

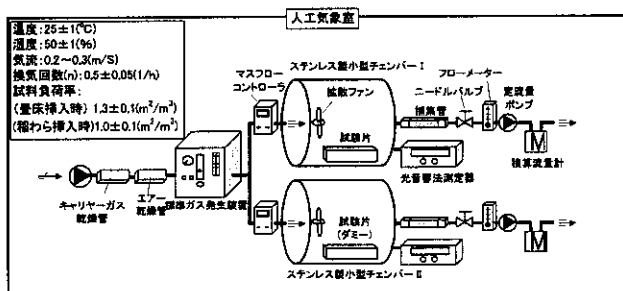
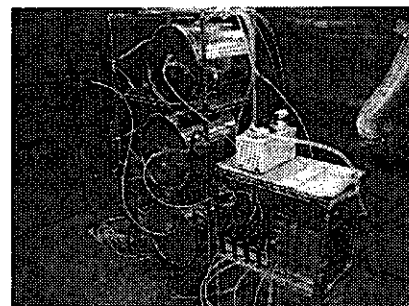


図-3.8.1 吸着実験における概要図

写真-3.8.1 実験システム  
(人工気象室内に設置した実験装置)

(2) 標準ガス発生装置で発生させる化学物質

数ある VOC の中で、規制対象として取りあげられている VOC を吸着の対象物質として選定した。(表-3.8.1 参照)

各物質の液状試薬をデフュージョンチューブに入れ、パーミエーターを 1atm、25℃、の条件に設定して、液状試薬をガス化させた。

表-3.8.1 標準ガス発生装置で発生させる対象の化学物質

分類	VOC	化学式	分子量	沸点	比重
芳香族炭化水素	ベンゼン	$C_6H_6$	78.11	80.1	0.8790
	トルエン	$C_6H_5CH_3$	92.13	110.7	0.866
	エチルベンゼン	$C_6H_5C_2H_5$	106.16	136.2	0.867
	m-キシレン	$1,3-C_6H_4(CH_3)_2$	106.16	138.8	0.8684
	p-キシレン	$1,4-C_6H_4(CH_3)_2$	106.16	138.5	0.8611
	o-キシレン	$1,2-C_6H_4(CH_3)_2$	106.16	144	0.880
ハロゲン	p-ジクロロベンゼン	$C_6H_4Cl_2$	146.99	173.7	1.458

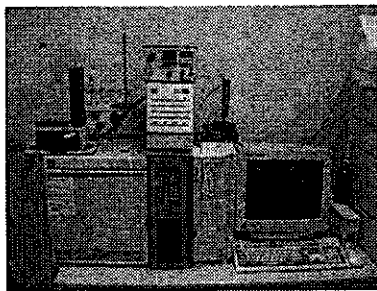


写真-3.8.2 GC-353 分析システムの概要

表-3.8.2 GC の分析条件

GC	GL Science社製、GC-353
カラム	Si18cb、内径0.53mm×長さ100m、膜厚5.0μm
昇温	40-300℃
流速	18ml/min
スプリット比	2:01
INJ&DET	300℃
検出器	FID

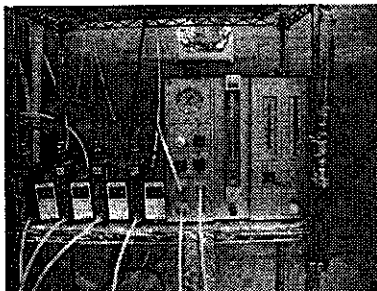


写真-3.8.3 標準ガス発生装置と制御装置  
(パーミエーターとマスフローコントローラー)

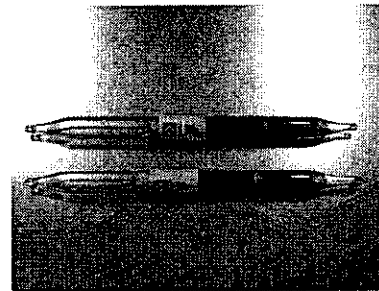


写真-3.8.4 活性炭チューブ

(3) 試験片の概要(表-3.8.3、3.8.4、写真-3.8.5~写真-3.8.14 参照)

(a) 畳床

畳床は、300(mm)×30(mm)×55(mm)サイズである。養生を行い保管していた。

(b) 稲わら

い草及び稲わらは、重さ 250 ± 1 (g) に調製し、綿 100% の純綿糸で束ねた。養生を行い保管していた。

表-3.8.3 試験片の概要(畳床)

試験片名	試験片のサイズ			内 容
	縦 (mm)	横 (mm)	厚さ (mm)	
畳床1	300	300	5.5	稲わら畳床：うらごも3級、大手配だけ乾燥
畳床2	300	300	5.5	稲わら畳床：裏PPシート、大手配だけ乾燥
畳床3	300	300	5.5	建材畳床：I形(インシュレーションボード4枚重ね)
畳床4	300	300	5.5	建材畳床：III形(インシュレーションボード2枚重ね+ポリスチレンフォーム)

表-3.8.4 試験片の概要(稲わら)

試験片名	長さ(mm)	重量(g)	内 容
稲わら1	350	250	国内産:新しいわら(2000年10月製造)、90度加熱乾燥品
稲わら2	350	250	国内産:新しいわら(2000年10月製造)、含水率15%以下(JIS規格)、乾燥無し
稲わら3	350	250	国内産:古いわら(1999年10月製造)、含水率15%以下(JIS規格)、乾燥無し
稲わら4	350	250	国内産:古いわら(1999年10月製造)、90度加熱乾燥品
稲わら5	350	250	中国産:古いわら(1999年10月製造)

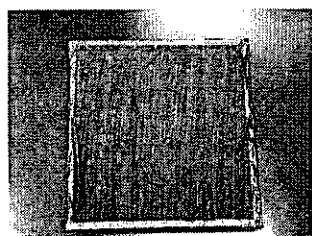


写真-3.8.5 畳床1

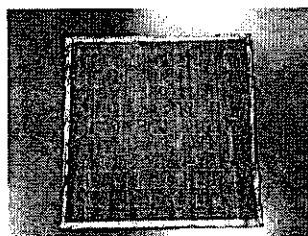


写真-3.8.6 畳床2

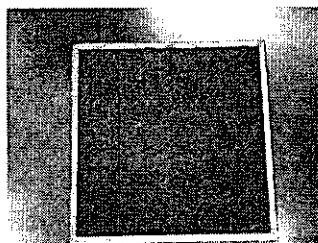


写真-3.8.7 畳床3

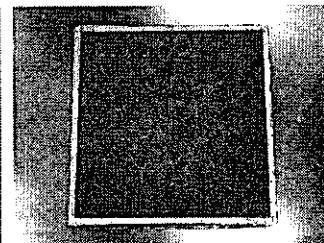


写真-3.8.8 畳床4

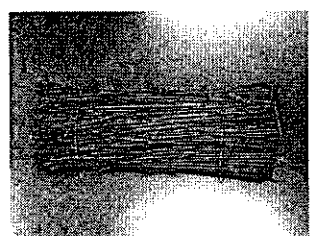


写真-3.8.9 稲わら1

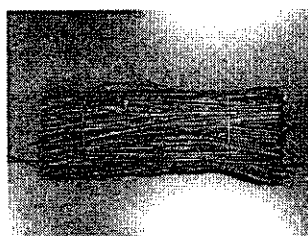


写真-3.8.10 稲わら2

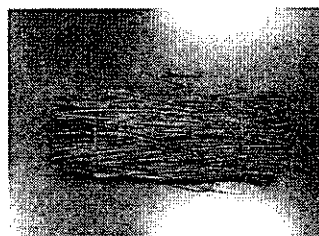


写真-3.8.11 稲わら3

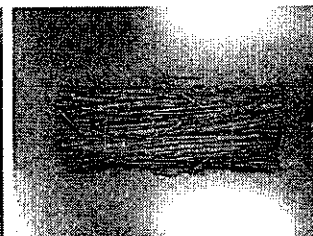


写真-3.8.12 稲わら4



写真-3.8.13 稲わら5

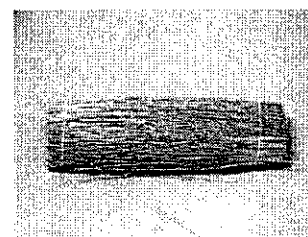


写真-3.8.14 イ草1

#### (4) 試験片の保管方法

試験片(畳)は、室内が温度25℃、湿度50%に制御された東北文化学園大学内の人工気象室(屋内条件試験室)にて保管した。

#### (5) 試験手順

人工気象室(屋外条件試験室)内に設置した2つのチェンバー(ステンレス製小型チェンバー:容積65[l])内の空気を活性炭チューブにて500(ml/min)の流量で3時間捕集(90[l]捕集)し、チェンバーブランク値を求めた。次に、一方のチェンバー(チェンバーI)に、作製した試験片(畳)を挿入した。もう一方のチェンバー(チェンバーII)には、試験片ダミー(同体積で、アルミ箔による被覆を施したもの)を挿入した。

次に、予め暖気運転させておいた標準ガス発生装置(パーミエーター)で、トルエン、m、p-キシレン、o-キシレン、ベンゼン、エチルベンゼン、p-ジクロロベンゼンの6種類のVOCを発生させ、マスフローコントローラーを用いて流量を500(ml/min)に制御し、2つのチェンバー内に等量のVOCガス導入した。また、拡散ファンを用いて、試験片に0.2~0.3(m/s)の気流を与えると同時に、チェンバー内の空気を一様拡散させた。

濃度変化を知るために、1時間ごとのチェンバー内のVOC濃度を光音響法測定装置で測定した。

試料空気は、実験開始から3時間後(0～3h)までに90(l)捕集した。さらに、実験開始3時間後から6時間後(3～6h)までに90[l]捕集した。さらに、実験開始6時間後から9時間後(6～9h)までに90(l)捕集した。捕集したVOCを二硫化炭素で抽出し、GC-353に導入し、定性・定量分析を行った。

#### (6) チェンバー内の換気回数

(1)の導入空気量と(2)のチェンバーの気積から、吸着実験のチェンバー内の換気回数(1/h)を求めた。

$$\text{導入空気量} : 500 \text{ ml} / \text{min} = 500 \text{ ml} / \frac{1}{60} \text{ h} = 500 \times 60 \text{ ml} / \text{h} = 30000 \text{ ml} / \text{h} = 30 \text{ l} / \text{h} \quad \text{— (1)}$$

チェンバー気積 : 65 l (2)

(1)、(2)から  $30 \text{ l} / 65 \text{ l} = 0.46 (1/\text{h})$  となり、実験チェンバーの換気回数  $n$  は、 $0.46 (1/\text{h})$  である。

#### (7) チェンバーの洗浄方法

以下に示す手順にて、実験開始前に、チェンバー内の洗浄を行った。

- ①薬液による洗浄を行う。アセトンキムタオルに染み込ませ入念に手拭きする。
- ②人工気象室内の汚染発生源であるガス発生装置(パーミエーター)を実験室外に移動する。
- ③人工気象室の温度  $38^\circ\text{C}$ 、湿度  $50\%$  の状態を10時間保持させて、チェンバー内に残留している化学物質を揮発させ除去する。

#### (8) 汚染物質の捕集・分析方法

##### (a) 測定対象物質

各種の研究により、MCS、SHSの原因物質としての関与が明らかにされているVOCを測定対象物質とした。室内の主な発生源は、建材や家具のほか、塗料、接着剤、家庭用品、石油ファンヒーターなどの燃焼器具、タバコ煙である。VOCに対する詳細な定義は、まだ確立されていない現状にあるが、常温で液体や固体で存在し、沸点が  $50 \sim 100^\circ\text{C}$  以上、 $240 \sim 260^\circ\text{C}$  以下の有機化合物とされている。VOCの総量は、総揮発性化合物(TVOC: Total Volatile Organic Compounds)と呼ばれ、厚生労働省による推奨値 ( $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) も提案されている。さらに、VOCは、脂肪族炭化水素、芳香族炭化水素、ハロゲン化炭化水素、テルペン、エステル、ケトン、アルコール、アルデヒド等に大別される。

##### (b) 捕集分析機器

- ・乾式ガスメータ(シナガワ社製、Model: DC-1A)
- ・キャピタリーカラム専用ガスクロマトグラフ(GLサイエンス社製、Model: GC-353型)
- ・キャピタリーカラム(Sil18cb、径:  $0.53(\text{mm})$ 、長さ:  $100(\text{m})$ 、膜厚:  $5.0(\mu\text{m})$ 、流量:  $18(\text{ml}/\text{min})$ 、スプリット比:  $2:1$ 、キャリアーガス:  $\text{N}_2$ )
- ・ステンレス製小型チェンバー(気積:  $65(\text{l})$ )
- ・ニードルバルブ付きフローメーター(Estec社製、Model: AM-080S型)
- ・パーミエーター(ガステック社製、Model: PD-1B型)
- ・マスフローコントローラー(エステック社製、Model: SEC-B40、PAC-D2型)
- ・ミニポンプ(柴田科学株式会社製、Model: MP-103T型)
- ・エア乾燥管(GLサイエンス社製、Model: GOA-25K型)
- ・キャリアーガス乾燥管(GLサイエンス社製)
- ・ダイヤフラム真空ポンプ(柴田科学株式会社製、Model: V-500)
- ・VOC捕集管(活性炭チューブ)
- ・マルチガスモニター(B & K社製、Model: 1302型)

##### (c) 本実験 I

吸着実験では、チェンバー内に試験片を設置してから、チェンバー内の空気を活性炭チューブを用いて  $500(\text{ml}/\text{min})$  の流量で、 $0 \sim 3(\text{h})$ 、 $3 \sim 6(\text{h})$ 、 $6 \sim 9(\text{h})$  で捕集した。活性炭チューブに捕集されたVOCは、二硫化炭素で抽出した後、ガスクロマトグラフに導入し、定性・定量分析を行った。

### (9) 標準ガス導入率の校正

吸着実験では、標準ガス発生装置(パーミエーター)からVOCを発生させ、マスフローコントローラーを用いて流量を電子制御して、チェンバーⅠとチェンバーⅡにVOCを等量流している。また、本実験を行う前に、チェンバーⅠとチェンバーⅡに、ガス発生装置(パーミエーター)から等量のVOCガスが流れているかの確認を行うために、予備実験を行った。

予備実験では、標準ガス発生装置(パーミエーター)を暖気運転し、その後、チェンバーⅠとチェンバーⅡに試験片などを入れずにチェンバー内にVOCガスを流し、チェンバー内の空気を活性炭チューブにて3時間捕集した。

その結果チェンバーⅠのTVOC濃度は、 $2226(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ で、チェンバーⅡのTVOC濃度は、 $2024(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ であった。この結果からチェンバーⅠには、チェンバーⅡよりも $10.0 \pm 0.5\%$ 多くVOCが、導入されていた。

本実験では、これら予備実験の結果を考慮して、VOC濃度の校正を行った。

### (10) 畳床からのVOCの発生特性について

#### (a) 発生実験の概要

畳床、稲わらからの化学物質発生状況を調べるために、実験システムを構築した。東北文化学園大学の人工気象室(屋外条件試験室)内に、ステンレス製小型チェンバー(チェンバーⅢ)を1つ設置した。その中に試験片を挿入し、9時間密閉させた後、チェンバー内の空気を活性炭チューブに $500\text{ml}/\text{min}$ の流量で9時間捕集(270[1]捕集)し、GC-353を用いて定性・定量分析を行った。

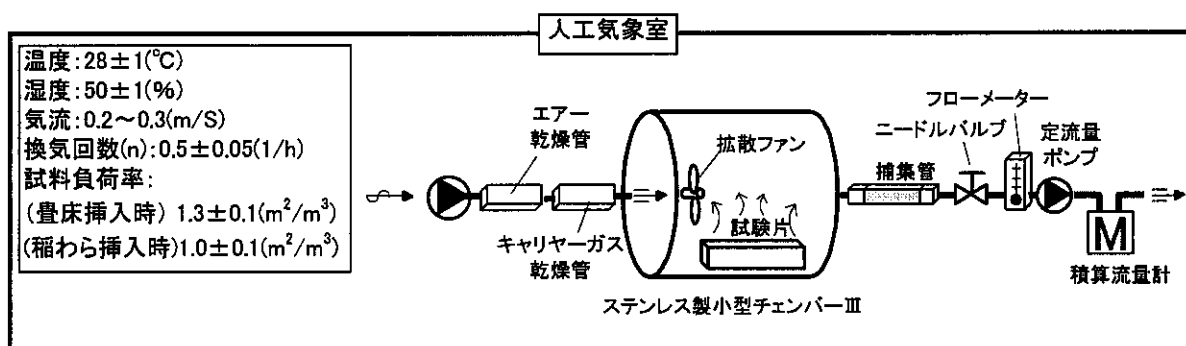


図-3.8.2 発生実験の概要図

#### (b) 発生実験における測定機器

- ・乾式ガスメータ(シナガワ社製、Model: DC-1A)
- ・キャピタリーカラム専用ガスクロマトグラフ(GLサイエンス社製、Model: GC-353型)
- ・キャピタリーカラム(Sil8cb、径:  $0.53(\text{mm})$ 、長さ:  $100(\text{m})$ 、膜厚:  $5.0(\mu\text{m})$ 、流量:  $18(\text{ml}/\text{min})$ 、スプリット比: 2:1、キャリアーガス:  $\text{N}_2$ )
- ・ステンレス製小型チェンバー(気積:  $65(\text{l})$ )
- ・ニードルバルブ付きフローメーター(Estec社製、Model: AM-080S型)
- ・パーミエーター(ガステック社製、Model: PD-1B型)
- ・マスフローコントローラー(エステック社製、Model: SEC-B40、PAC-D2型)
- ・ミニポンプ(柴田科学株式会社製、Model: MP-103T型)
- ・エア乾燥管(GLサイエンス社製、Model: GOA-25K型)
- ・キャリアーガス乾燥管(GLサイエンス社製、Model: =型)
- ・ダイヤフラム真空ポンプ(柴田科学株式会社製、Model: V-500)
- ・VOC捕集管(活性炭チューブ)
- ・マルチガスモニター(B & K社製、Model: 1302型)

表-3.8.5 測定対象物質

分類	VOC	化学式	分子量	沸点	比重
脂肪族炭化水素	n-ヘキサン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	86.18	68.74	0.6594
	n-ヘプタン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$	100.2	98.43	0.6837
	n-オクタン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$	114.23	125.6	0.7026
	n-ノナン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$	128.26	150.7	0.722
	n-デカン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$	142.28	174.0	0.7298
	n-ウンデカン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}_3$	156.31	195.6	0.7402
	n-ドデカン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_3$	170.34	213.0	0.7490
	n-トリデカン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{CH}_3$	184.37	225.5	0.7550
	n-テトラデカン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CH}_3$	198.40	253.5	0.7653
	n-ペンタデカン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{CH}_3$	212.42	270.5	0.776
	n-ヘキサデカン	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$	226.45	286.5	0.7734
	2,2,4-トリメチルペンタン	$(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	114.23	-	-
芳香族炭化水素	ベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_6$	78.11	80.1	0.8790
	トルエン	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	92.13	110.7	0.866
	エチルベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5$	106.16	136.2	0.867
	m-キシレン	$1,3-\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	106.16	138.8	0.8684
	p-キシレン	$1,4-\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	106.16	138.5	0.8611
	o-キシレン	$1,2-\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	106.16	144	0.880
	1,3,5-トリメチルベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_3$	120.19	164.6	0.863
	1,2,4-トリメチルベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_3$	120.19	236	0.957
	1,2,3-トリメチルベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_3$	120.19	176	0.8944
	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_2(\text{CH}_3)_4$	120.19	196	0.838
	ハロゲン	ジクロロメタン	$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	84.93	40.1
トリクロロエチレン		$\text{CHCl}:\text{CCl}_2$	131.38	86.7	1.456
テトラクロロエチレン		$\text{Cl}_2\text{C}:\text{CCl}_2$	165.82	121	1.625
p-ジクロロベンゼン		$\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$	146.99	173.7	1.458
テルペン	2-ピネン	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	136.23	160	0.8620
	リモネン	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	136.24	176.4	0.8422
エステル	酢酸ビニル	$\text{CH}_3\text{COOCH}:\text{CH}_2$	85.1	73	0.9345
	酢酸エチル	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	88.1	77	0.8945
	酢酸ブチル	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	116.16	126.3	0.8826
ケトン	アセトン	$\text{CH}_3\text{COCH}_3$	58.08	56.2	0.792
	メチルエチルケトン	$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$	72.11	79.6	0.805
	メチルイソブチルケトン	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COCH}_3$	100.16	115.8	0.8042
アルコール	エタノール	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	46.07	78.3	0.816
	ブタノール	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{OH}$	74.12	117.7	0.8109
アルデヒド	1-ノナール	$\text{C}_9\text{H}_{17}\text{CHO}$	146.24	-	0.830
	1-デカール	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_2\text{OH}$	160.29	232.9	0.829

### 3.8.3 結果

#### (1) 吸着実験結果

##### (a) 畳床について

###### ① 畳床1について

図-3.8.3に畳床1(稲わら畳床、うらごも3級)のチェンバー内におけるTVOC濃度の変化果を示す。測定時0～3(h)において畳床を挿入したチェンバー内濃度は、22.2(%)増加している。また、測定時3～6(h)では、19.2(%)増加しており、測定時6～9(h)では、55.1(%)増加している。

畳床1においては、全ての測定時においてダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも増加している傾向が示された。

畳床1においては、測定時0～3(h)と測定時3～6(h)で畳床1を挿入したチェンバー内のベンゼン濃度が減少している。また、畳床1に関してチェンバー内におけるVOC濃度の低減が観察されたのは、ベンゼンのみであった。ベンゼンに関して顕著な減少が示されたのは、畳床2(稲わら畳床、裏面PPシート)であった(図-3.8.8参照)。

###### ② 畳床2について

畳床2を挿入したチェンバー内のベンゼン濃度が、測定時0～3(h)において、畳床ダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも減少している傾向が見られた。

また、畳床2に関しては、測定時3～6(h)及び6～9(h)においてチェンバー内の濃度が、ダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも、18.6(%)の増加(3～6(h))、6～9(h)では3.0(%)の増加の傾向が観察された。畳床2では、測定時0～3(h)においてのみ、VOCの減少が顕著であった。

###### ③ 畳床3について

畳床3(建材畳床、インシュレーションボード4枚重ね)のTVOC濃度の変化を図-3.8.11に示す。これによると、全ての測定時において畳床3を挿入したチェンバー内の濃度が、畳床ダミーを挿入したチェンバー内の濃度に比べて減少している傾向が示されている。

また、VOC成分毎ではベンゼンの濃度が、畳床ダミーを挿入したチェンバー内の濃度に比べて減少している(図-3.8.12～図-3.8.14参照)。

###### ④ 畳床4について

畳床4(建材畳床、インシュレーションボード2枚+ポリスチレンフォーム)のTVOC濃度の変化を図-3.8.15に示す。全ての測定時において畳床4を挿入したチェンバー内の濃度が、ダミーを挿入したチェンバー内の濃度に比べ減少の傾向にある。また、測定時0～3(h)では畳床4を挿入したチェンバー内の濃度が、9.1(%)減少している。また、測定時3～6(h)では7.6(%)の減少、6～9(h)では3.7(%)の減少が示された。

畳床4を挿入したチェンバー内の濃度と、畳床ダミーを挿入したチェンバー内の濃度を比較すると、全ての測定時においてベンゼンの濃度が減少している様子が観察できる。

##### (b) 稲わらについて

###### ① 稲わら1について

稲わら1(国内産、新しいわら、90度加熱乾燥)におけるTVOC濃度の変化を図-3.8.19に示す。測定時0～3(h)では、稲わらを挿入したチェンバー内の濃度が、稲わらダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも74.4(%)低い結果となった。次に、測定時3～6(h)では稲わらを挿入したチェンバー内の濃度が、稲わらダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも、28.9(%)減少している結果となった。しかし、6～9(h)では稲わらを挿入したチェンバー内の濃度が、稲わらダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも、133(%)の増加となった。

###### ② 稲わら2について

稲わら2の実験結果を図-3.8.23に示す。測定時0～3(h)では稲わらを挿入したチェンバー内の濃度が、稲わらダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも71.2(%)減少している。測定時3～6(h)では稲わらを挿入したチェンバー内の濃度が、稲わら稲わらダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも、47.3(%)減少している結果となった。また、測定時6～9(h)では稲わらを挿入したチェンバー内の濃度が、稲わらダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも、69.9(%)減少している結果となった。

###### ③ 稲わら3について

図-3.8.27は、稲わら3のTVOC濃度の変化である。測定時0～3(h)では稲わら3を挿入したチェンバー内の濃度が、稲わらダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも76.9(%)減少している。3～6(h)では稲わら



を挿入したチェンバー内の濃度が、稲わらダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも26.9(%)減少している。

また、測定時6～9(h)では稲わらを挿入したチェンバー内の濃度が、稲わらダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも28.2(%)低い結果となった。

稲わら3においては、全ての測定時間においてチェンバー内の濃度が、ダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも低い傾向となった。

#### ④稲わら4について

稲わら4におけるTVOC濃度の変化を図-3.8.31に示す。測定時0～3(h)において稲わらを挿入したチェンバー内の濃度は、稲わらダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも71.9(%)低い傾向が示された。また、3～6(h)において稲わらによるVOC低減効果は、測定時0～3(h)と比較すると小さくなっている。しかし、稲わらを挿入したチェンバー内の濃度は、稲わらダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも、39.4(%)低くなっている。また、測定時6～9(h)では稲わらを挿入したチェンバー内の濃度が、稲わらダミーを入れたチェンバー内の濃度よりも47.0(%)低い傾向が示された。

稲わら4で高い吸着効果を示したのは、測定時0～3(h)の71.9(%)のチェンバー内VOC濃度低減率であった。

#### ⑤稲わら5について

稲わら5のTVOC濃度の変化を図-3.8.35に示す。測定時0～3(h)では稲わらを挿入したチェンバー内の濃度が、稲わらダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも58.0(%)低くなっている。3～6(h)においては稲わらを挿入したチェンバー内の濃度が、稲わらダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも13.1(%)低い結果となった。6～9(h)において稲わらを挿入したチェンバー内の濃度は、稲わらダミーを挿入したチェンバー内の濃度より23.3(%)低い結果となった。

### (C)イ草について

#### ①イ草1について

イ草1のTVOC濃度の変化を図-3.8.39に示す。測定時0～3(h)では、イ草1を挿入したチェンバー内のTVOC濃度がイ草ダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも9.0(%)高くなっている。測定時3～6(h)では、イ草を挿入したチェンバー内の濃度がイ草ダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも0.7(%)低くなっている。しかし、測定時6～9(h)では、イ草を挿入したチェンバー内の濃度がイ草ダミーを挿入したチェンバー内の濃度よりも17.7(%)高い結果となった。

### (2)発生実験結果

#### (a)畳床について

畳床からのVOCの発生を図-3.8.39～図-3.8.42に示す。これによると、稲わらにより構成されている畳床1(図-3.8.39参照)を挿入したチェンバー内のTVOC濃度は、713.4( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )であった。また、稲わらにより構成されている畳床2を挿入したチェンバー内のTVOC濃度(図-3.8.40参照)は、808.3( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )であった。一方、インシュレーションボードにより構成されている畳床3を挿入したチェンバー内のTVOC濃度(図-3.8.41参照)は、1045( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )であった。また、インシュレーションボード及びポリスチレンフォームにより構成されている畳床4を挿入したチェンバー内のTVOC濃度(図-3.8.42参照)は、1772( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )であった。

これらの結果から、本実験の範囲内においては、稲わらにより構成されている畳床(畳床1、畳床2)は、建材(インシュレーションボード及び、ポリスチレンフォーム)により構成されている畳床(畳床3、畳床4)に比べてVOCの発生が低いことが観察された。

#### (b)稲わらについて

稲わらにおけるVOCの発生について図-3.8.43に示す。新しい稲わらからのVOCの発生が、古い稲わらに比べて多少多い結果となった。

稲わら1と稲わら2は、新しい稲わらである。一方の、稲わら1には加熱乾燥(90度)を施している。加熱乾燥(90度)を施している稲わら1のTVOC濃度が、稲わら2を上回る結果となった。加熱乾燥(90度)を施している古い稲わら(稲わら3、稲わら4、稲わら5)は、過熱乾燥を施していない古い稲わらに比べ、TVOC濃度が若干高い結果となった。

#### (C)イ草について

イ草1からは、テトラデカンやペンタデカン、ベンゼン等の揮発性有機物質が発生している。しかし、天然素材のイ草から、これらの揮発性有機物質が発生するとは考えにくい。おそらく、イ草表面に塗布されている塗料からの発生である可能性が考えられる。

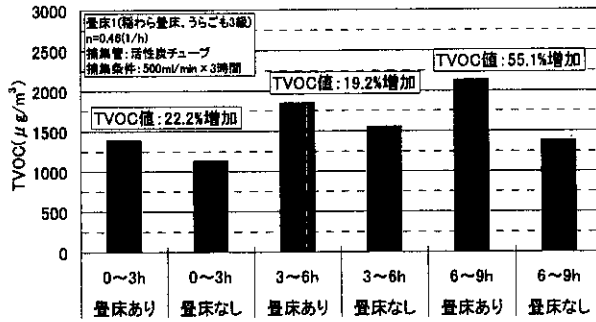


図-3.8.3 チェンバー内における TVOC 濃度 (畳床 1: 稲わら畳床)

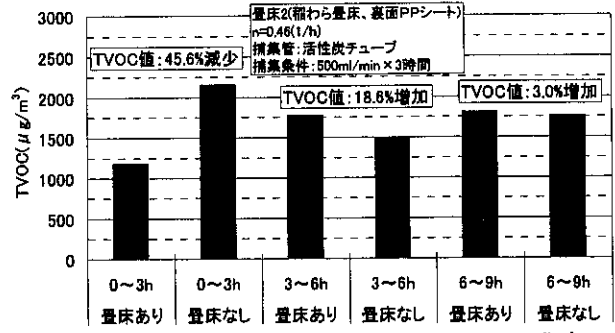


図-3.8.7 チェンバー内における TVOC 濃度 (畳床 2: 稲わら畳床)

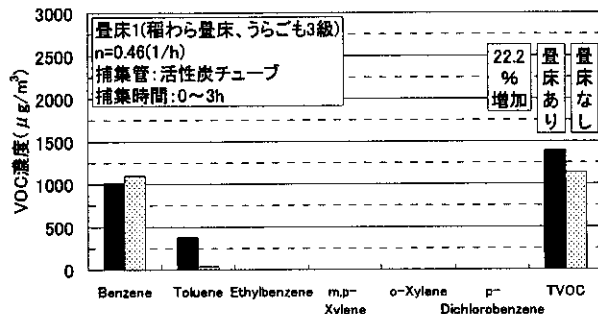


図-3.8.4 チェンバー内における VOC 濃度 (畳床 1: 0~3h)

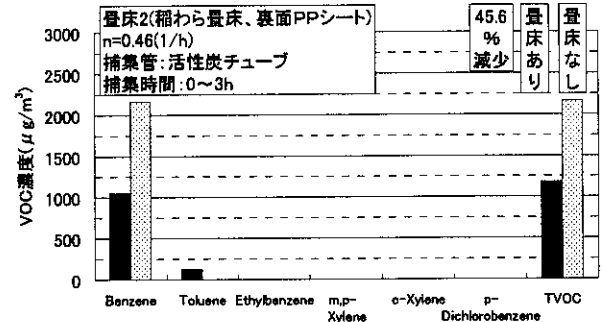


図-3.8.8 チェンバー内における VOC 濃度 (畳床 2: 0~3h)

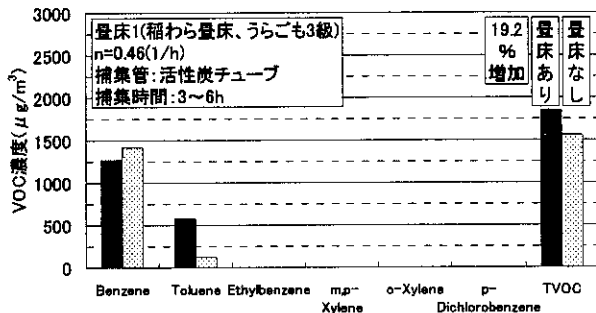


図-3.8.5 チェンバー内における VOC 濃度 (畳床 1: 3~6h)

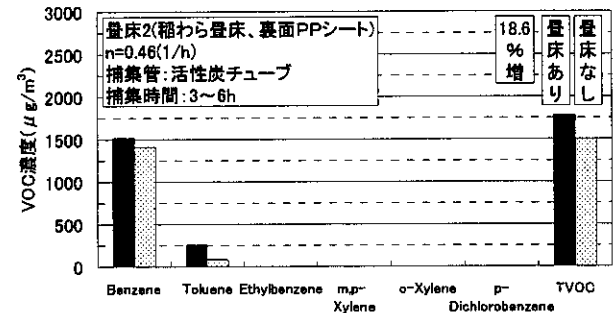


図-3.8.9 チェンバー内における VOC 濃度 (畳床 2: 3~6h)

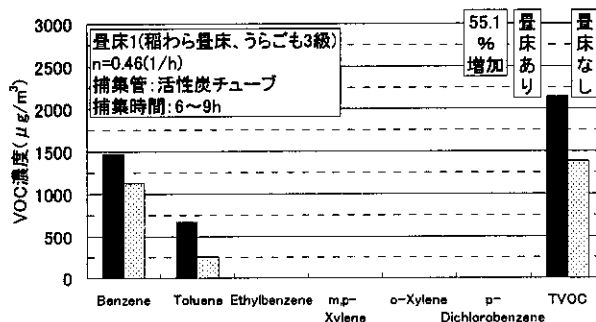


図-3.8.6 チェンバー内における VOC 濃度 (畳床 2: 6~9h)

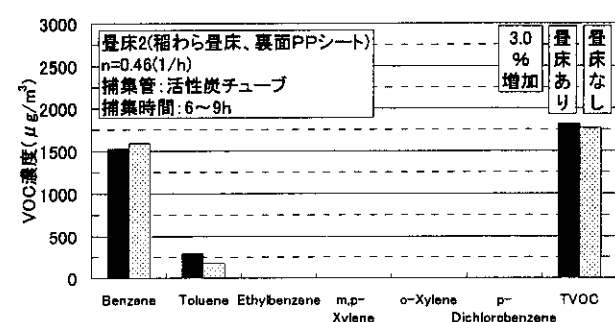


図-3.8.10 チェンバー内における VOC 濃度 (畳床 2: 6~9h)

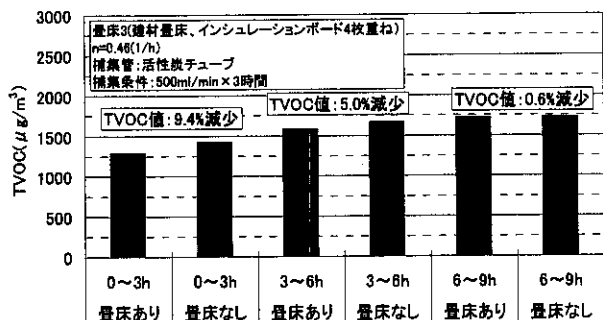


図-3.8.11 チェンバー内における VOC 濃度 (畳床3:建材畳床)

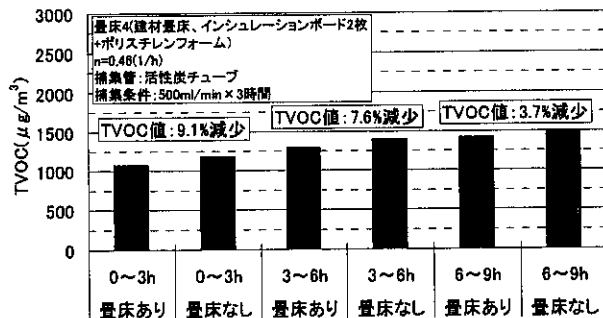


図-3.8.15 チェンバー内における VOC 濃度 (畳床4:建材畳床)

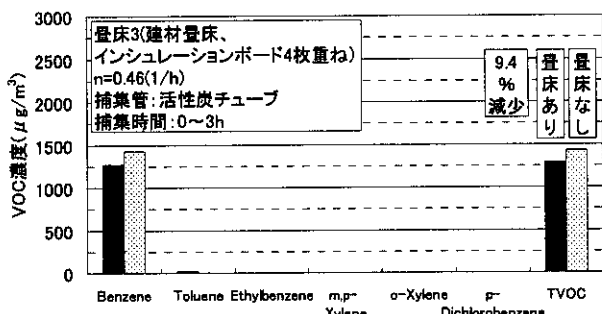


図-3.8.12 チェンバー内における VOC 濃度 (畳床3:0~3h)

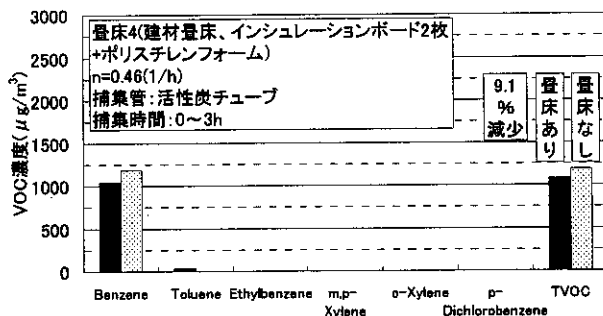


図-3.8.16 チェンバー内における VOC 濃度 (畳床4:0~3h)

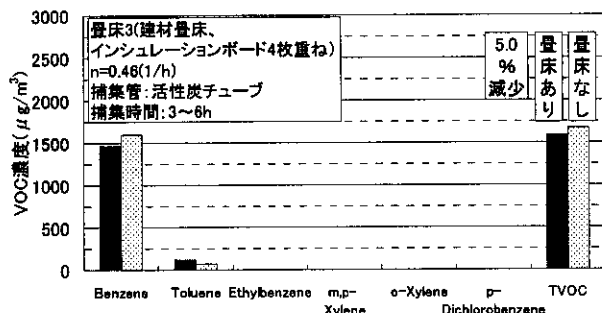


図-3.8.13 チェンバー内における VOC 濃度 (畳床3:3~6h)

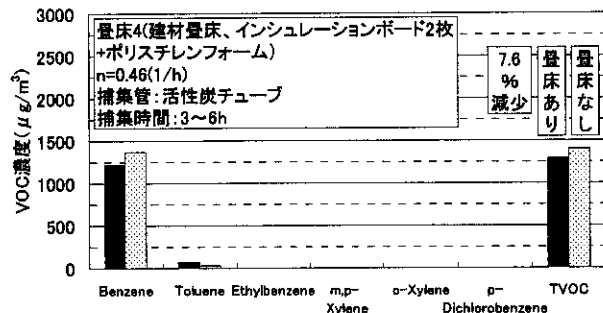


図-3.8.17 チェンバー内における VOC 濃度 (畳床4:3~6h)

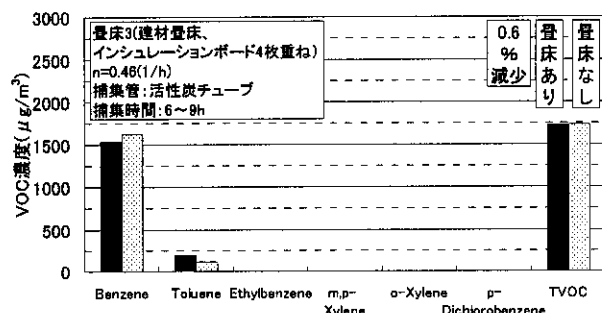


図-3.8.14 チェンバー内における VOC 濃度 (畳床3:6~9h)

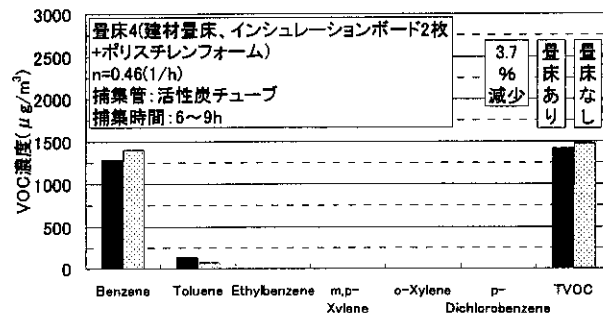


図-3.8.18 チェンバー内における VOC 濃度 (畳床4:6~9h)

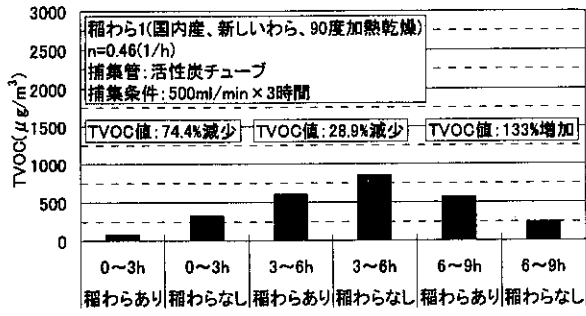


図-3.8.19 チェンバー内におけるTVOC濃度 (稲わら1:新しい稲わら)

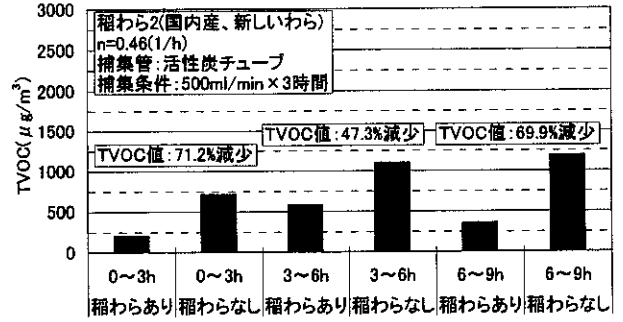


図-3.8.23 チェンバー内におけるTVOC濃度 (稲わら2:新しい稲わら)

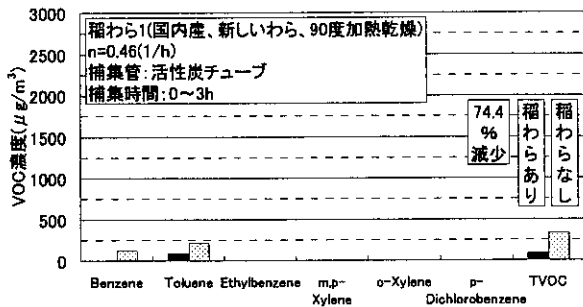


図-3.8.20 チェンバー内におけるVOC濃度 (稲わら1:0~3h)

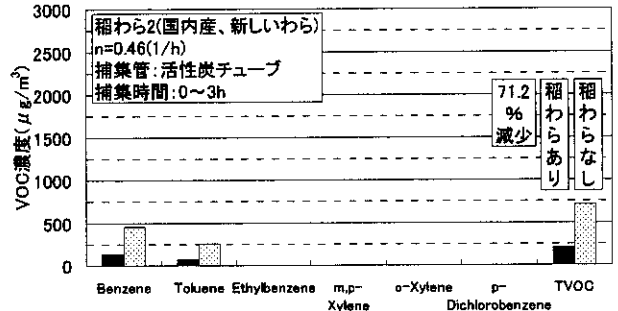


図-3.8.24 チェンバー内におけるVOC濃度 (稲わら2:0~3h)

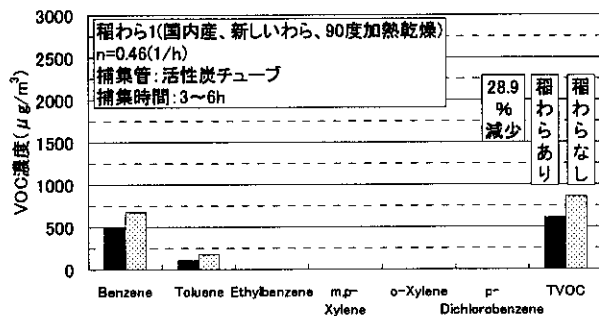


図-3.8.21 チェンバー内におけるVOC濃度 (稲わら1:3~6h)

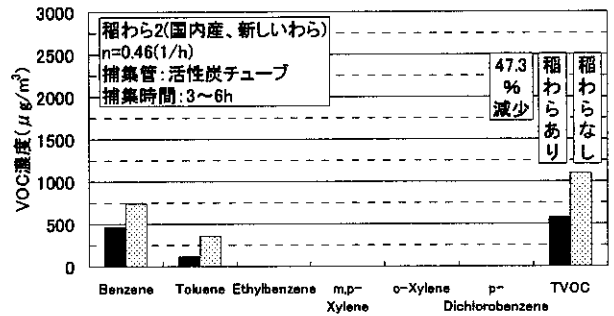


図-3.8.25 チェンバー内におけるVOC濃度 (稲わら2:3~6h)

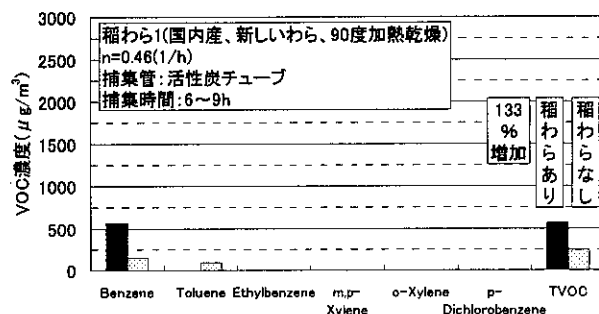


図-3.8.22 チェンバー内におけるVOC濃度 (稲わら1:6~9h)

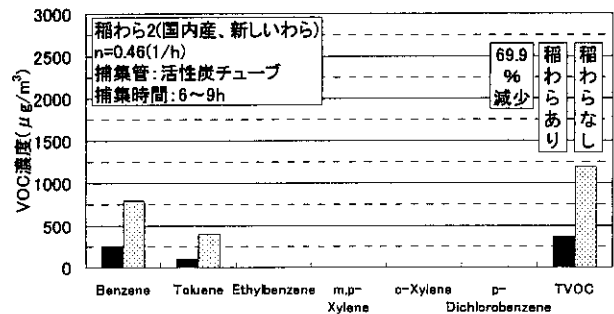


図-3.8.26 チェンバー内におけるVOC濃度 (稲わら2:6~9h)