

今後の予定

家庭用空気清浄機の化学物質の除去特性に関する研究 VOC に対する除去特性

野崎淳夫(東北文化学園大学)

1. はじめに

近年、建築物内の建材、家具、塗料、開放型燃焼器具等に由来するVOCにより引き起こされるシックハウス症候群などの健康被害が、大きな社会問題となっている。これらの室内空気質問題に対する身近な低減対策として、家庭用空気清浄機が期待されている。

本研究では、「相当換気量」を用いて、最新の家庭用空気清浄機のVOC除去特性についての実験室実験を行い、その評価値を求めるものである。

2. 実験概要

2-1 測定対象機器

測定対象とした空気清浄機は、フィルタ濾過式(4台)、静電集塵式(1台)であり、その仕様は、表-1に示される。

表-1 測定対象とした空気清浄機の仕様

機器	対象汚染物質	50Hz時の風量 (m^3/min)		フィルタの構造	主な除去方式	適用 床面積 (畳)	製造 (年)
		強	弱				
AC1	浮遊粒子状物質、VOC、HCHO、 NO_x 、臭気	3.1	1	プレフィルタ+活性炭フィルタ+ULPAフィルタ ¹⁾	フィルタ濾過	~21	2000
AC2	浮遊粒子状物質、HCHO、 NO_x 、臭気	3.4	0.6	プレフィルタ+静電集塵フィルタ+ULPAフィルタ ¹⁾	フィルタ濾過	~20	2000
AC3	浮遊粒子状物質	-	-	静電集塵フィルタ	静電集塵	~18	2000
AC4	浮遊粒子状物質、HCHO、 NO_x 、臭気	3	0.5	プレフィルタ+抗菌フィルタ+HEPAフィルタ ²⁾	フィルタ濾過	~20	2000
AC5	浮遊粒子状物質、HCHO、 NO_x 、臭気	3	0.5	プレフィルタ+HEPAフィルタ ²⁾ +脱臭フィルタ+抗菌フィルタ	フィルタ濾過	~18	2000

2-2 実験室の概要

実験は東北文化学園大学の人工気象室内に設置された実験チェンバーで行われた。実験チェンバーは、 4.977m^3 の気積を有したステンレス製である。実験チェンバーでは、温湿度(温度: $10 \sim 40$ ($^{\circ}\text{C}$)), 相対湿度: $20 \sim 80$ (%)と換気量(換気回数: $0 \sim 5.0$ (1/h))の制御が可能である。実験チェンバーの概要を図-1に示す。

尚、実験チェンバー内には、一様拡散状態を得る為に、小型ミキシングファンを設置した。

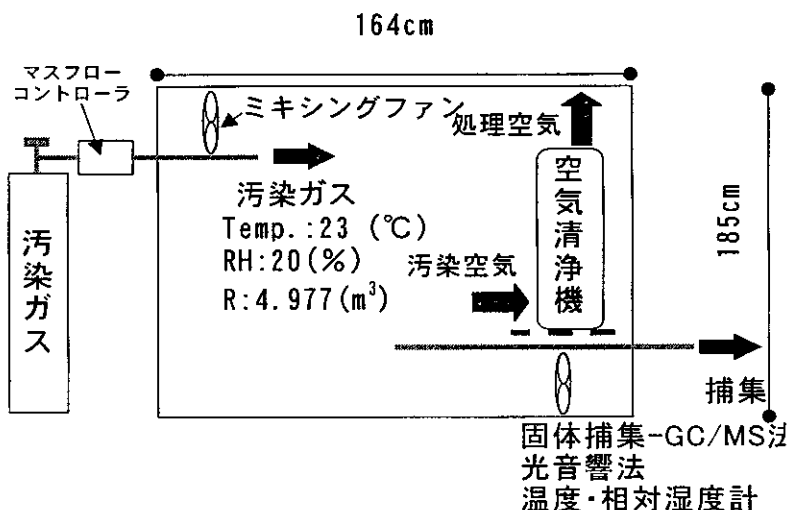


図-1 実験チェンバーの概要

2-3 VOCの測定法及び測定機器

VOCの測定法及び測定機器を以下に示す。

1) 光音響法

- ・マルチガスモニタ (B&K 社製、Model 1312 型)

2) 固体捕集-ガスクロマトグラフ質量分析 (以下、GC/MS) 法

a) サンプリング装置

- ・定流量ポンプ (GLサイエンス社製、Model SP-206AC 型)
- ・積算流量計 (シナガワ社製、Model DC-1A 型)
- ・捕集管 (ATD用VOC捕集管、SUPELCO社製、写真-1)

b) 分析装置 (写真-2)

- ・自動加熱導入装置 (Perkin elmer 社製)
- ・GC/MS (Perkin elmer 社製)

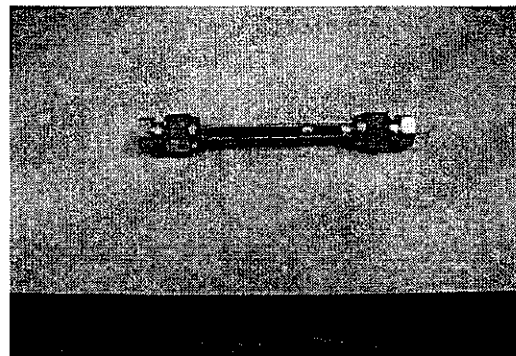


写真-1 ATD用VOC捕集管

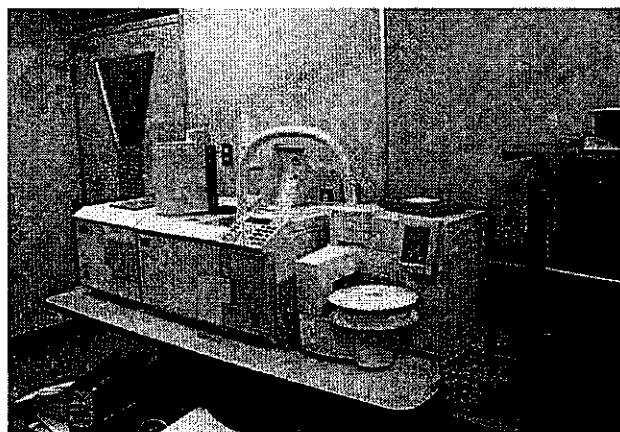


写真-2 GC/MS法による分析システム

3. 実験結果

家庭用空気清浄機のTVOCに関する除去特性を表-2及び図-1に示す。ある機種に関して、相当換気量で約15(m³/h)のTVOC除去効果が示された。次年度以降の課題として、数多くの空気清浄機TVOC及びVOCsにおける除去特性について検証するものである。

表-2 PAS法による実験結果の一例(AC1)

(PAS method)		単位:mg/m³		
Time		1回目	2回目	3回目
0		18.3	19.5	17.3
2		18.1	19.3	17.0
4		17.8	19.0	16.9
6		17.7	18.7	16.8
8		17.5	18.7	16.6
10		17.2	18.4	16.5
12		17.1	18.5	16.3
14		16.8	18.4	16.2
16		16.2	17.5	15.5
18		14.9	16.2	14.2
20		13.8	14.7	13.1
22		12.4	13.5	12.1
24		11.3	12.7	11.2
26		10.8	11.6	10.5
28		10.2	10.7	9.7
30		9.31	10.2	9.39
N ₁ (1/h)		0.481	0.319	0.375
N ₂ (1/h)	2分後	3.43	3.08	3.66
	4分後	3.34	3.54	3.57
	6分後	3.80	3.57	3.57
	8分後	3.92	3.35	3.58
	10分後	3.57	3.51	3.49
	14分後	3.64	3.40	3.32
N (1/h)	2分後	2.95	2.76	3.28
	4分後	2.86	3.22	3.20
	6分後	3.32	3.25	3.19
	8分後	3.44	3.03	3.20
	10分後	3.09	3.19	3.12
	14分後	3.16	3.08	2.95
Q _{eq} (m³/h)	2分後	14.68	13.73	16.33
	4分後	14.22	16.01	15.90
	6分後	16.50	16.17	15.89
	8分後	17.13	15.08	15.95
	10分後	15.40	15.87	15.52
	14分後	15.74	15.33	14.66

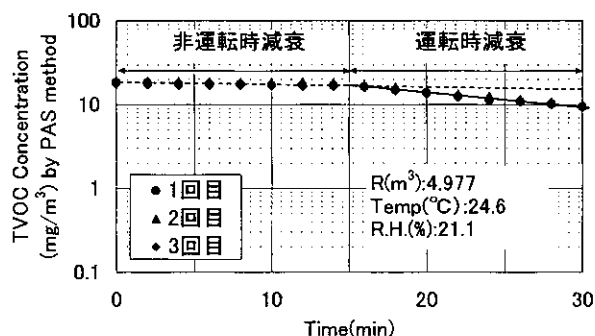


図-2 PAS法による実験結果の一例(AC1)

20010976

以降 P.3.2-16 ～ P.3.2-21 は雑誌/図書等に掲載された論文となりますので「研究成果の刊行に関する一覧」をご参照ください。

「研究成果の刊行に関する一覧」

家庭用空気清浄機のガス状物質除去特性に関する研究(その1). ホルムアルデヒドに対する除去効果

野崎淳夫、飯倉一雄、大澤元毅、吉澤晋

日本建築学会計画系論文集. No.554, pp.35-40, 2002.4

3.3.1. はじめに

(1) 背景

近年、建物の省エネルギー化や室内温熱環境の改善に伴って、住宅の気密性が向上してきており、建物自体の換気量が低下してきている。また、身近な開放型燃焼器具、家具や建材、防虫剤や消臭剤などの家庭用品から様々な有害化学物質（ホルムアルデヒドや揮発性有機化合物など）が発生しており、住宅の気密化と呼応して、室内濃度の上昇が引き起こされている。

ある種の化学物質は、めまい、吐き気、頭痛などの様々な症状を引き起すが、これら建物からの空気汚染に由来したシックハウス症候群は、新築住宅において深刻な社会問題となっている。それにより、建材による室内汚染物質の吸着特性に関する研究が注目されている。

これらの建材は、汚染低減建材と呼ばれるが、古来より普及している畳もこの一つである可能性を有する。畳による室内空気汚染物質の低減に関する研究は、あまり行われていない状況にあるが、柳沢ら¹⁾は、 NO_2 の発生源のない室内で、 NO_2 濃度が外気より低下しており、室内において何らかの NO_2 除去機構の存在を指摘し、室内材の NO_2 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。

(2) 目的

イグサなどの天然素材を使っている畳は、様々な化学物質の吸着をされると考えられている。その他にも、遮音性、断熱性、保湿性などの点で優れた特性が指摘されている。

そこで、本研究では、天然素材としての畳に着目して、畳による室内汚染物質の吸着性について、実験的研究により調べることを目的とした。

3.3.2. 実験概要

本研究においては、室内化学物質に対しての畳の吸着効果を求める実験的研究と畳表から発生する化学物質を求める実験的研究を行い、畳の化学物質の吸着特性と発生特性を求めるものである。

(1) 吸着実験の概要

東北文化学園大学の人工気象室（屋外条件試験室）内に2つのステンレス型小型チェンバーを設置した。1つのチェンバー（チェンバーⅠ）には、試験片（畳）を挿入し、もう一方のチェンバー（チェンバーⅡ）には、畳ダミー（畳と同体積）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ガス発生装置に送り、2つの実験チェンバーに等量のトルエン、mp-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をマスフローコントローラーを用いて流量を500ml/minに制御し、2つのチェンバー内に導入した。

また、チェンバー内の一様拡散状態を得るためにファンを用いて、チェンバー内の空気を混合させた。活性

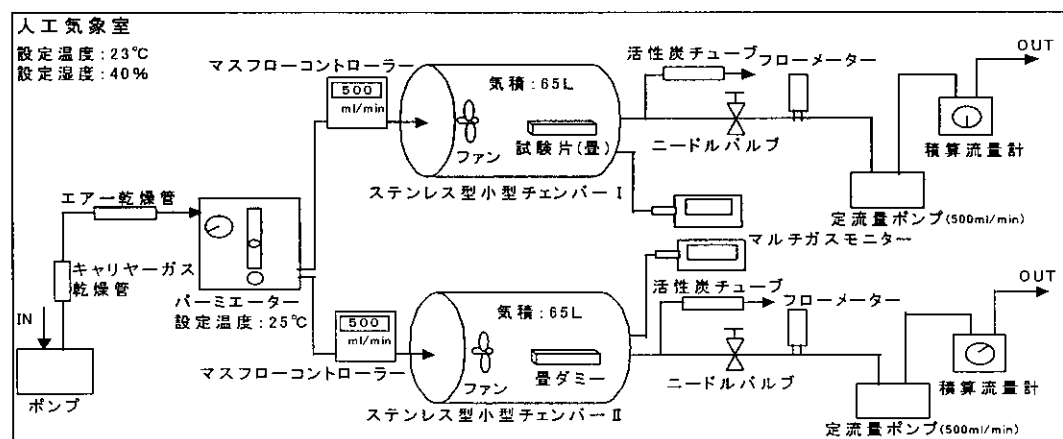


図-3.3.1 吸着実験の概要図

炭チューブに500ml/minの流量で3時間捕集し、それと同時に、ある一定の時間ごと光音響法測定装置でチェンバー内のVOC濃度を測定した。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) 標準ガス発生装置で発生させる化学物質(吸着実験)

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-3.3.1参照)

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-3.3.1 標準ガス発生装置で発生させる対象のVOC

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

(3) 発生実験の概要

畳表と畳床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、ステンレス型小型チェンバー(チェンバーⅢ)を1つ設置した。その中に試験片(畳)を挿入し、3時間密閉させた後、チェンバー内の空気をATDチューブに250ml/minの流量で4分間捕集(11捕集)し、GC/MSを用いて定性・定量分析を行った。

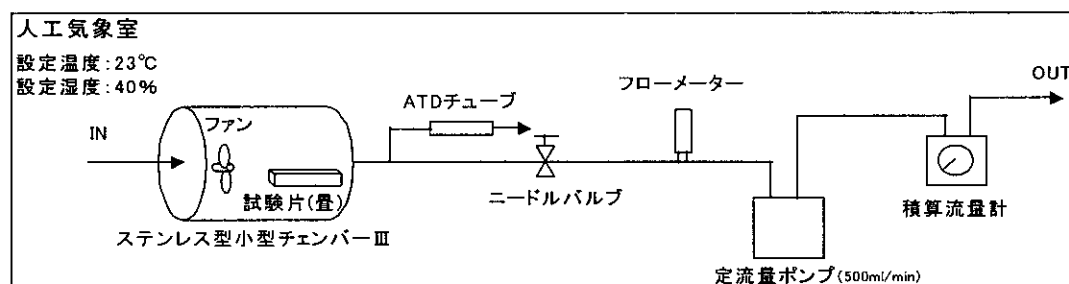


図-3.3.2 発生実験の概要図

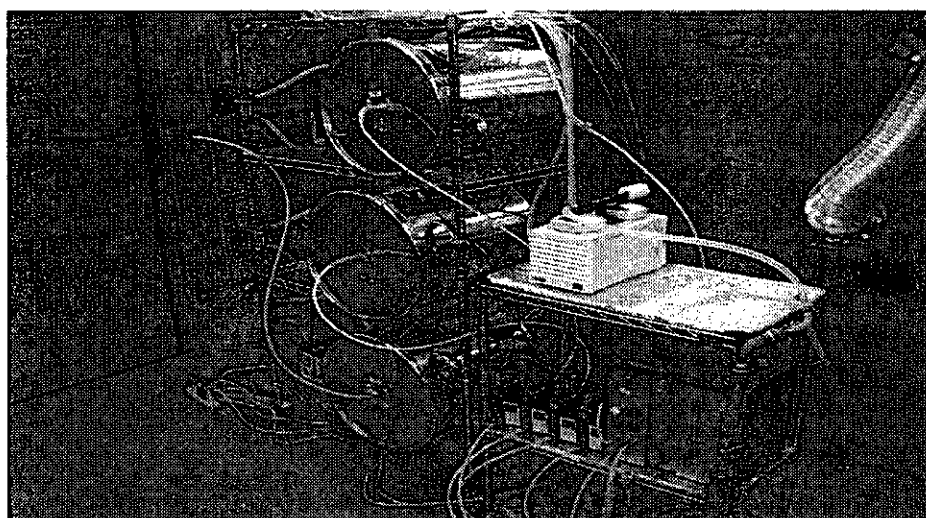


写真-3.3.1 実験システム(人工気象室内に設置した実験装置)

(4) 試験片の概要

実験対象の畳は、30×30cmサイズで、室内での吸着が期待される畳表のみを露出させ、その他の部分はアルミ箔にて被覆した。(表-3.3.2、写真-3.3.2参照)

表-3.3.2 試験片(畳)の概要

	製品	畳表	畳床
1	畳1	イグサA(上級品／新しい)	ワラ床A(厚床／新しい)
2	畳2	イグサA(上級品／新しい)	建材床A(厚床／新しい)
3	畳3	イグサC(上級品／古い)	ワラ床B(厚床／古い)
4	畳4	イグサC(上級品／古い)	建材床B(厚床／古い)
5	畳5	イグサA(上級品／新しい)	ワラ床B(厚床／古い)
6	畳6	イグサA(上級品／新しい)	建材床B(厚床／古い)

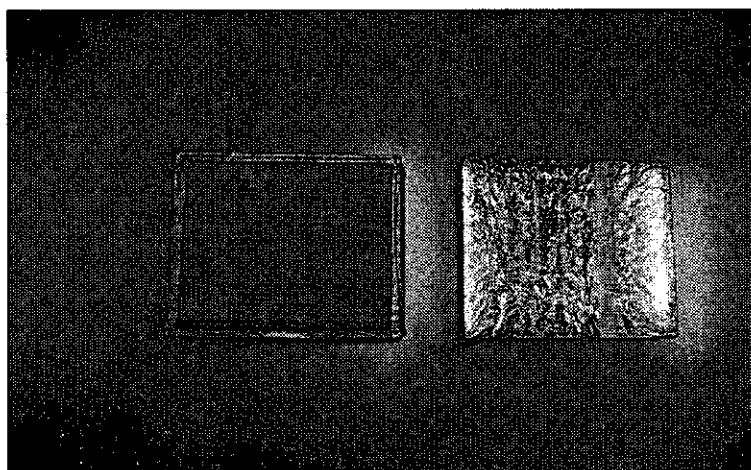


写真-3.3.2 畳と畳ダミー

(・同体積：表面30cm×30cm、厚さ7cm・ダミーは、アルミ箔で全面被覆した。)

(5) 試験片(畳)の保管状況

試験片(畳)は、室内が温度23℃、湿度40%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。

試験片(畳)の保管場所の換気回数 n (1/h)は、 SF_6 による濃度低減法を用いて、次式にて求めた。

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

C_0 :外気 SF_6 の濃度(ppm)、 C_1, C_2 : SF_6 濃度(ppm)、 t :測定時間(h)

(1)式を用いて、実験室内の換気回数 n (1/h)を求めたところ、 $n=2.40$ (1/h)であった。

(6) 畳の吸着実験手順

(a) 実験手順

東北文化学園大学の人工気象室(屋外条件試験室)内に設置した2つのチェンバー(ステンレス型小型チェンバー)内の空気をATDチューブにて250ml/minの流量で4分間捕集(1L捕集)し、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)には、作製した試験片(畳)を挿入し、もう一方のチェンバー(チェンバーⅡ)には、畳と同体積のアルミ箔で被覆した畳ダミーを挿入し、対照実験を行った。標準ガス発生装置で、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500ml/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、ファンを用いて、試験片に0.3m/sec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。

濃度変化のトレンドを知るために、1時間ごとのチェンバー内のVOC濃度を携帯型光イオン化検出器で測定した。同時に精密測定を行うために、VOCガス導入3時間後に、ATDチューブを用いて250ml/minの流量で4分間捕集(1L捕集)を行い、GC/MSを用いて定性・定量分析を行った。

(b) 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。

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

サイズ : 65l-(2) (1)、(2)から $30\text{l}/65\text{l}\text{h}=0.46(1/\text{h})$ 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) 量の発生試験手順

東北文化学園大学の人工気象室(屋外条件試験室)内に設置したチェンバー(ステンレス型小型チェンバー)内の空気をATDチューブにて $250\text{ml}/\text{min}$ の流量で4分間捕集(1L捕集)し、ブランク値を求めた。そして、チェンバー(チェンバーⅢ)に試験片(畳)を挿入し、密閉状態にする。畳挿入3時間後のVOC濃度を測定するために、ATDチューブにて $250\text{ml}/\text{min}$ の流量で4分間捕集(1L捕集)を行い、GC/MSを用いて定性・定量分析を行った。

(8) チェンバーの洗浄方法

以下に示す要領にて、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。アセトンに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、湿度を 38°C 、 40% に設定し、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。この工程を10時間以上行う。

(9) 室内汚染物質の捕集方法

(a) 測定対象物質

各種の研究により、MCS、SBS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、Seifertらによる推奨値($300\mu\text{g}/\text{m}^3$)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、アルデヒド等到大別される。

本研究では、室内における検出頻度等から、表-3.4.5に示すVOCを測定対象とした。

(b) 捕集分析機器

本研究においては、次の計測機器により測定を行った。

分析機器及び使用機器

- ・乾式ガスメータ(シナガワ社製、DC-1A、測定範囲: $(10\sim 1100)$ 、1回転: $1(1)$ 、最小目盛: $5(\text{cc})$ 、最大積算流量: $999(\text{m}^3)$ 、使用温度: $-10\sim +50(^{\circ}\text{C})$ 、圧力損失: $0.2(\text{kPa})$ 、最高使用圧力: $9.8(\text{kPa})$)
- ・キャピタリーカラム専用ガスクロマトグラフ GC353(GLサイエンス社製)
- ・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: $18(\text{ml}/\text{min})$ 、スピリット比 $2:1$ 、キャリアーガス N_2)
- ・ステンレス製小型チャンバー(気積: $65(\text{L})$ 室温: $23(^{\circ}\text{C})$ 相対湿度: $40(\%)$ 換気回数: $0.46(1/\text{h})$)
- ・ニードルバルブ付きフローメーター(最大流量: $500(\text{ml}/\text{min})$ 流量可変範囲: $0\sim 500(\text{ml}/\text{min})$)
- ・パーミエーター(ガステック社製、PD-1B、設定温度: 25°C 、デフュージョンチューブ: D10、流量可変範囲: $1\sim 10(1/\text{min})$)
- ・マスフローコントローラー(エステック社製、SEC-B40、PAC-D2、標準流量レンジ: $100\text{CCM}\sim 10\text{LM}$ 、精度: $\pm 1\%\text{F.S.}$ 以内、耐圧: $1000\text{kPa}(10\text{kgf}/\text{cm}^2\text{G})$ 、使用温度: $5\sim 50^{\circ}\text{C}$)
- ・ミニポンプ(柴田科学株式会社製、MP-103T、流量可変範囲: $0\sim 1(1/\text{min})$)
- ・エア乾燥管(GLサイエンス社製)
- ・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、V-500、排気量: $40(1/\text{min})$ 、使用可能温度: $5\sim 40^{\circ}\text{C}$)
- ・捕集管(ATDチューブ、活性炭チューブ)
- ・マルチガスモニター(B & K 社製)

- ・ガスクロマトグラム質量分析計(パーキンエルマー社製、TuboMass Gold GC/MS、カラム:SPB-1、内径:0.25mm、膜厚:1 μ m、長さ:60m、キャリアガス流量:15psi、カラム昇温条件:50℃(7.5min)-300℃(7.25min)、MS インターフェース温度:250℃、イオン源温度:250℃)
- ・加熱導入装置(パーキンエルマー社製、TurboMatrix ATD、サンプルチューブ捕集剤種類:Air Toxics、チューブ加熱温度:280℃、加熱バルブ温度:250℃、トランスファー温度:260℃、コールドトラップ捕集剤:Air Monitoring、コールドトラップ加熱温度:300℃、加熱時間:15min、Desorb流量:20ml/min、Inlet Split 流量:20ml/min、Outlet Split 流量:15ml/min)

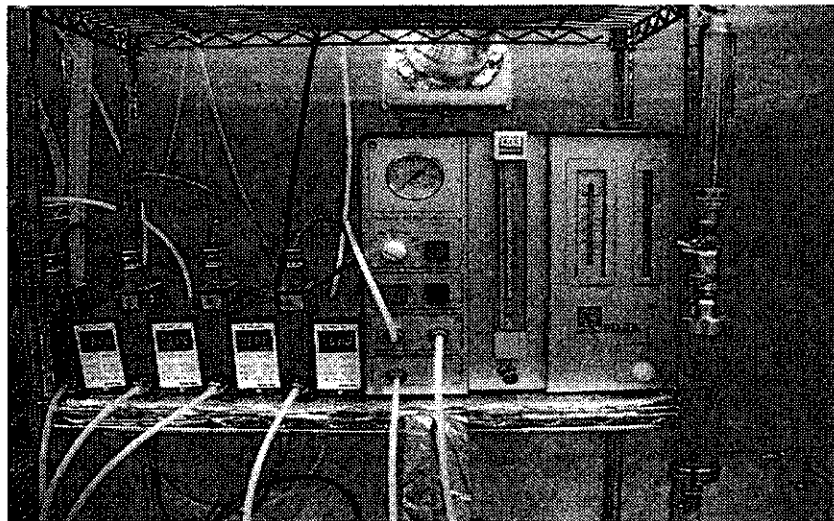


写真-3.3.3 標準ガス発生装置と制御装置
(パーミエーターとマスフローコントローラー)

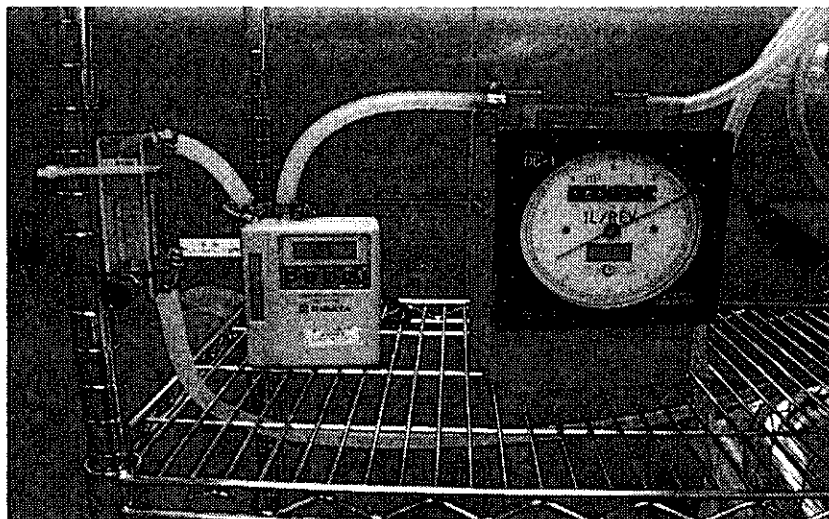


写真-3.3.4 サンプルング装置
(ニードルバルブ付きフローメーターとミニポンプと乾式ガスメータ)

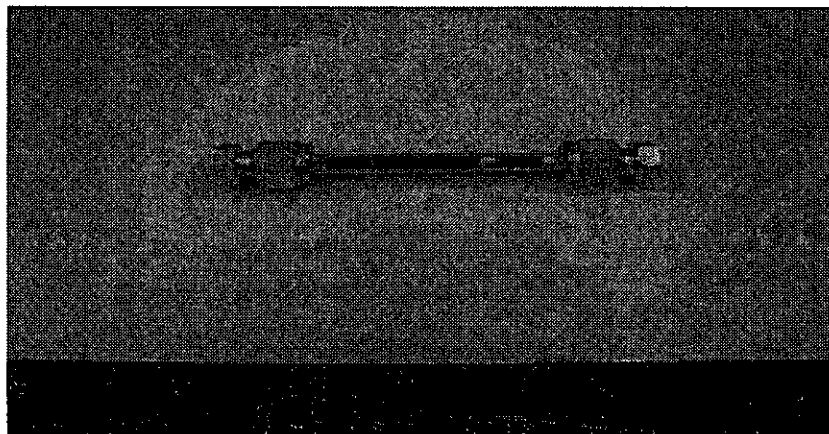


写真-3.3.5 試料空気の捕集管(ATD チューブ)

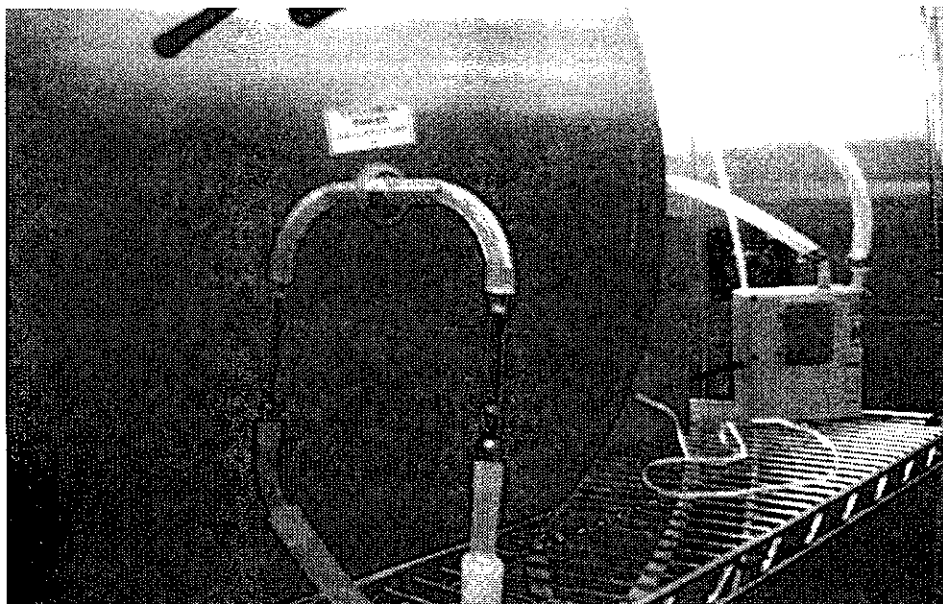


写真-3.3.6 ATD チューブを用いたサンプリング

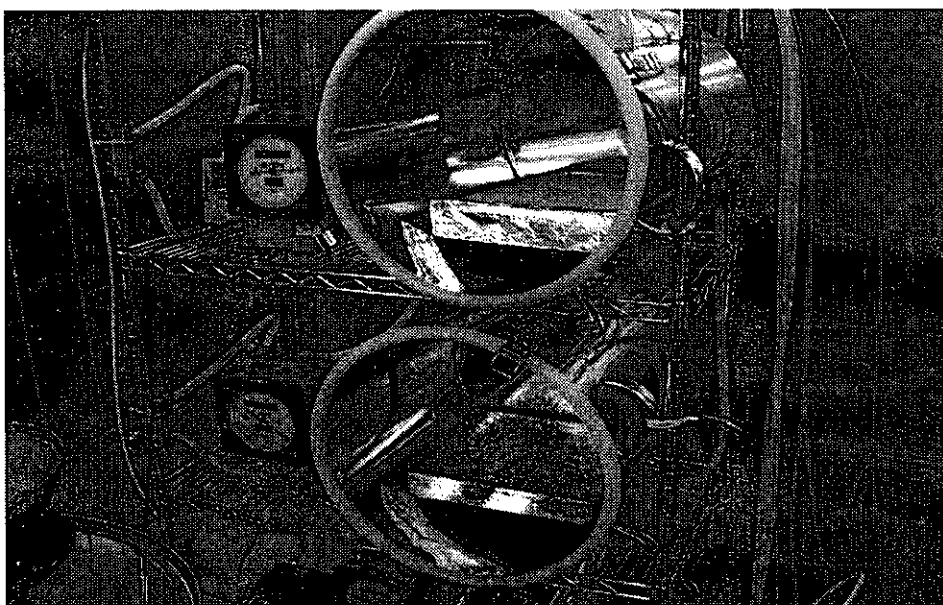


写真-3.3.7 実験チェンバー内に挿入された量と量ダミー

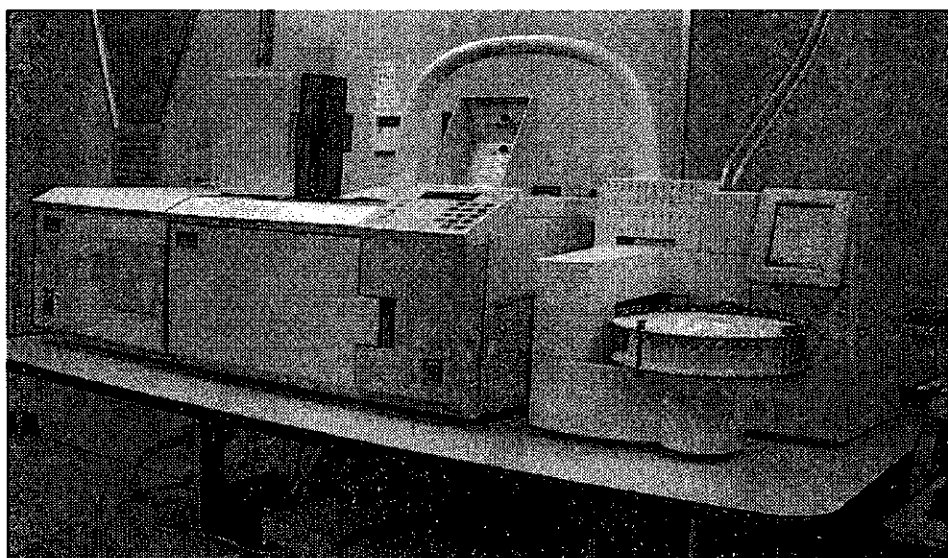


写真-3.3.8 ガスクロマトグラム質量分析計

表-3.3.3 GCの分析条件

GC	GL Science社製、GC-353
カラム	Sil8cb、内径0.53mm×長さ100m、膜厚5.0μm
昇温	40-280℃
流速	18ml/min
スプリット比	2:01
INJ&DET	300℃
検出器	FID

表-3.3.4 GC/MSの分析条件

GC	HP6890
加熱脱離装置	Gestel TDS(Thermal Desorption System)
加熱脱離温度	20℃(5min)→60℃/min→280℃(2min)
CIS温度	-100℃(0.01min)→12℃/sec→300℃(3min)
カラム	HP5(60m×0.25mm×1μm)
オープン温度	40℃(3min)→10℃/min→220℃(10min)
Split比	100:1
検出器(MS)	HP5973MSD

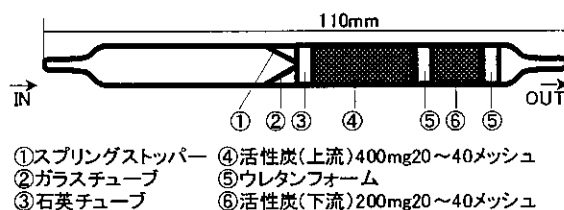


図-3.3.3 活性炭チューブ

表-3.3.5 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	C_6H_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	CH_2Cl_2	84.93	40.1	1.335
	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	CH_3COCH_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-ノナナル	$\text{C}_9\text{H}_{17}\text{CHO}$	146.24	-	0.830
	1-デカナル	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_2\text{OH}$	160.29	232.9	0.829

(c) 捕集・分析法

① 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 500ml/min の流量で、0～3 時間、3～6 時間、6～9 時間で捕集した。発生実験では、0～9 時間で捕集した。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。

② 本実験Ⅱ (本実験Ⅰをふまえて実験システムの改良を行った。)

本実験Ⅰでは、比較的長時間に及ぶサンプリングを意図して、捕集管を活性炭チューブとしたが、本実験Ⅱでは、短い時間の濃度変化をとらえるために、捕集管を短時間で低濃度の捕集ができる ATD チューブにした。

チェンバー内の空気は、ATD チューブを用いて 250ml/min の流量で 4 分間捕集 (1L 捕集) した。ATD チューブに捕集された VOC は、GC/MS を用いて定性・定量分析を行った。

(10) 予備実験とその結果

昼の吸着実験では、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、チェンバーⅠとチェンバーⅡに標準ガスの VOC を等量流しているが、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 は、2090 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) で、チェンバーⅡの TVOC は、1919 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 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 8.9% 多く VOC が、導入されていた。この予備実験の結果を考慮して、本実験のデータを補正し、3.3.3 の実験結果の図を作成した。

3.3.3. 実験結果

実験として、簡易測定ができる光音響法測定装置と精密測定ができる固体捕集GC法を用いて、実験を行い。その測定結果を図に示した。光音響法測定装置で測定した値は、絶対濃度を示すものではなく、チェンバー内における濃度変化のトレンドを示している。

(1) 畳1(新しいワラ床、新しいイグサ)の結果

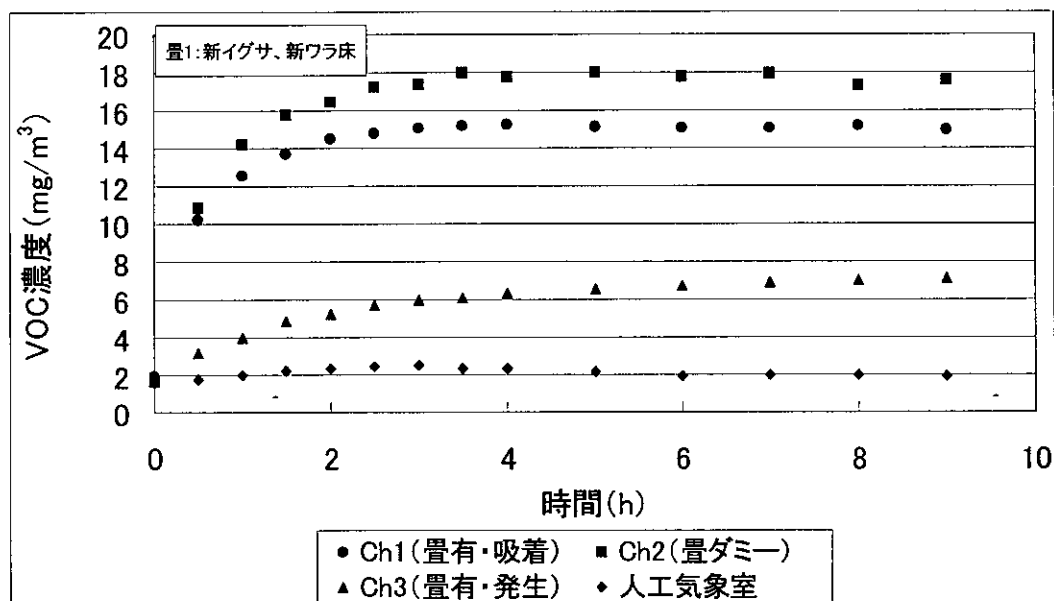


図-3.3.4 チェンバー内における VOC の経時変化(畳1)

瞬時値の得られる光音響法測定装置を用いて、濃度推移を測定した。試験体挿入後、約4時間で定常濃度に達することがわかる。

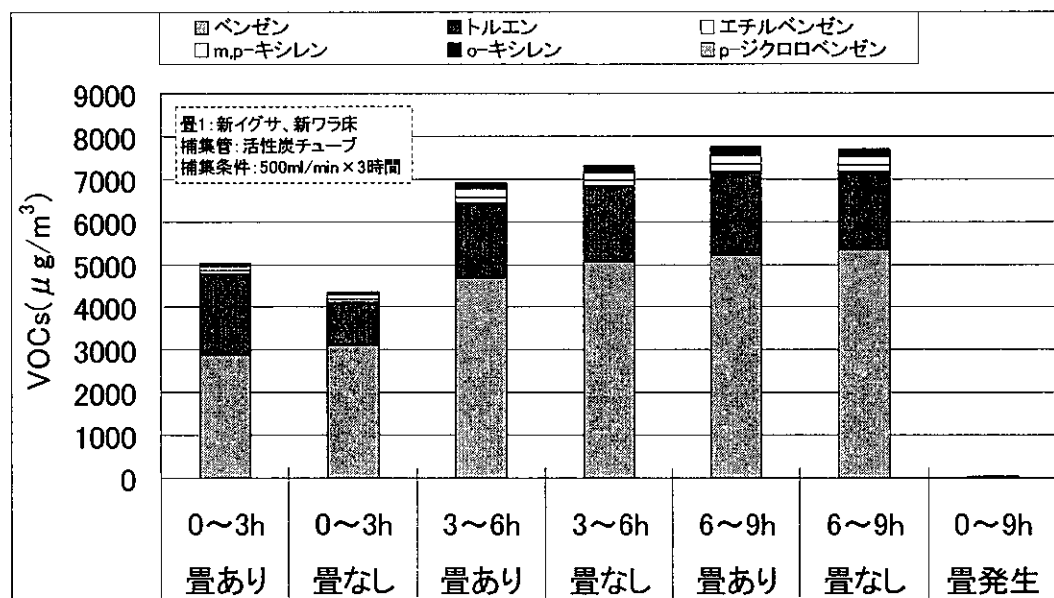


図-3.3.5 チェンバー内における VOC 濃度(畳1)

標準ガス発生装置(パーミエーター)の設定温度を30℃に設定し、デフュージョンチューブD-30を使用した。チェンバー内にガスを導入して、2つのチェンバー内の濃度の推移を観察した。3~6(h)の間では、畳を挿入したチェンバー内の濃度が、畳ダミーを挿入したチェンバーより低い。これは、畳表が、同等の面積をもつアルミ箔の吸着量よりも大きいことを示している。ただし、6~9(h)の間では、畳を挿入したチェンバーの濃度が、若干高くなっている。これは、畳に吸着されたVOCが再放出したものと考えられる。

①各 VOC 成分の経時的な変化を図-3.3.6～図-3.3.8 に示す。

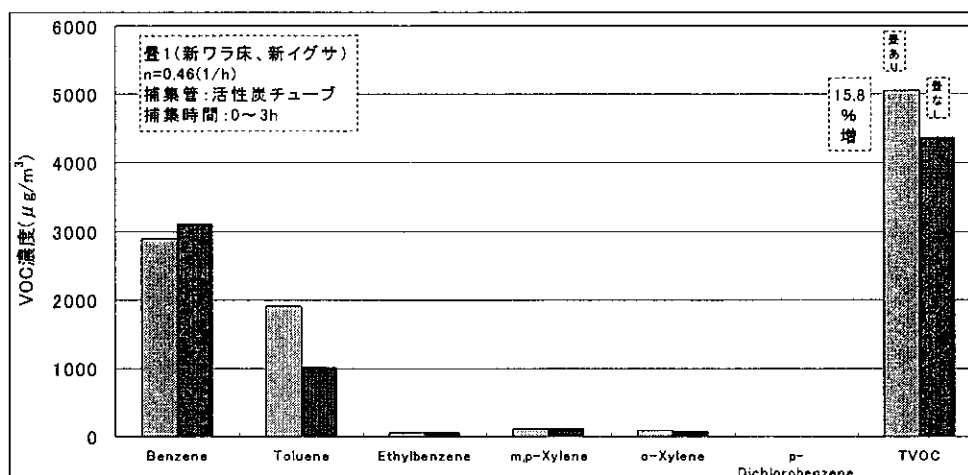


図-3.3.6 チェンバー内における VOC 濃度(畳1:0～3h)

畳表に使用されているイグサからの VOC の発生に加え、畳が実験を行う前に吸着していた VOC を発生させた事により、畳を挿入したチェンバー I の VOC 濃度が高くなったと考えられる。

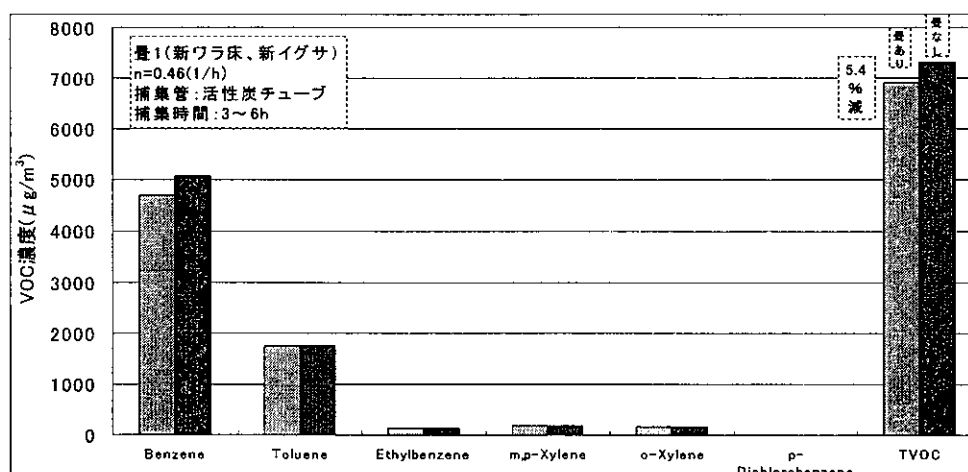


図-3.3.7 チェンバー内における VOC 濃度(畳1:3～6h)

畳1を挿入したチェンバー I の VOC 濃度が、畳ダミーを挿入したチェンバー II の VOC 濃度より 5.4%低いことから、畳が VOC を吸着したものと考えられる。

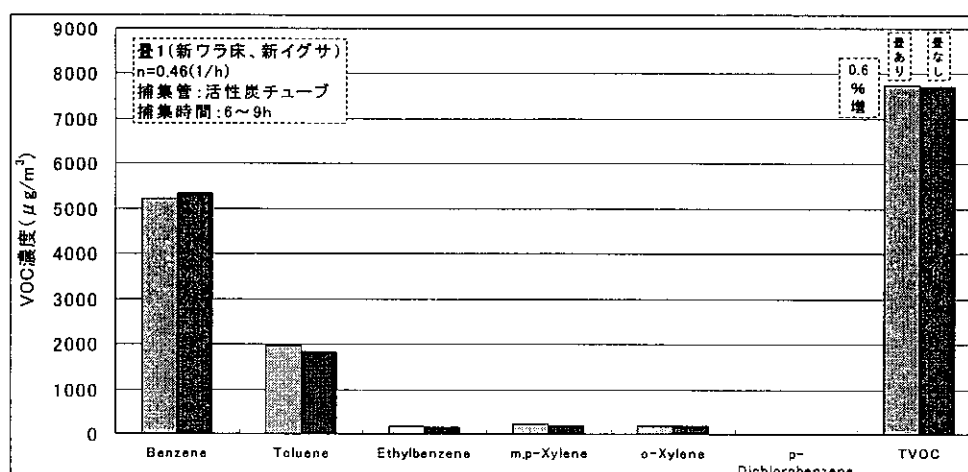


図-3.3.8 チェンバー内における VOC 濃度(畳1:6～9h)

標準ガス発生装置(パーミエーター)で発生させる VOC 濃度が高濃度であったため、長時間高濃度の VOC を畳に被曝させたことにより、畳の吸着力を超えて VOC を吸着できなくなったものと考えられる。

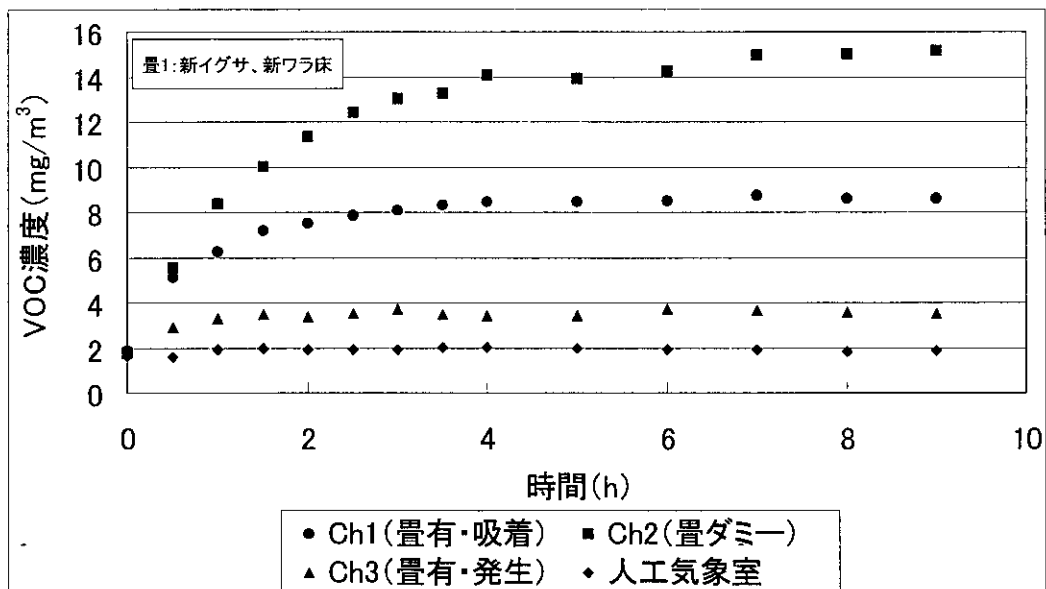


図-3.3.9 チェンバー内における VOC の経時変化 (畳1)

瞬時値の得られる光音響法測定装置を用いて、濃度推移を測定した。試験体挿入後、約4時間で定常濃度に達することがわかる。

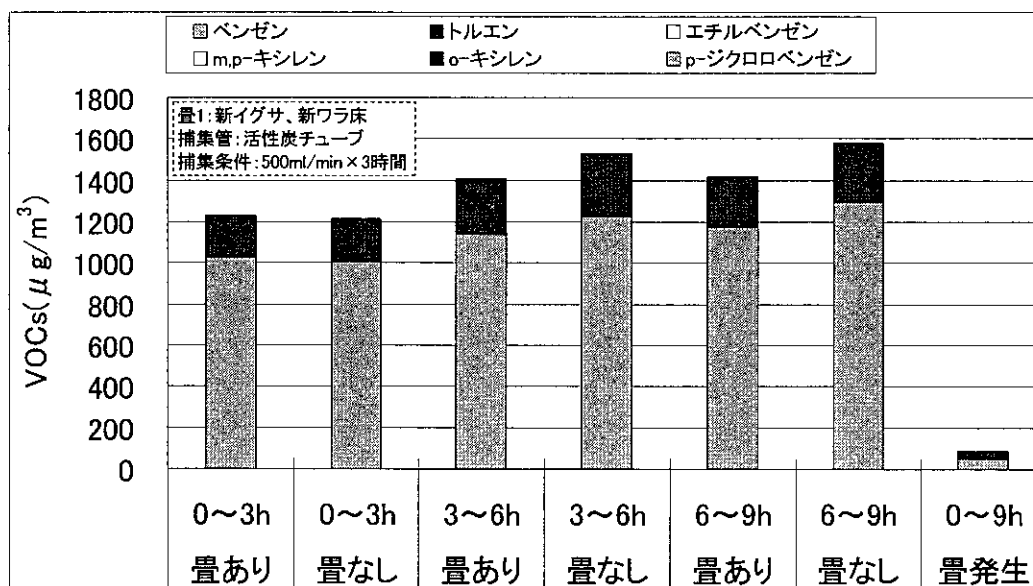


図-3.3.10 チェンバー内における VOC 濃度 (畳1)

標準ガス発生装置(パーミエーター)の設定温度を25℃に設定し、デフュージョンチューブD-10を使用した。チェンバー内にガスを導入して、2つのチェンバー内の濃度の推移を観察した。実験開始から3時間は、畳を入れたチェンバーIと畳ダミーを入れたチェンバー内濃度は、同程度であるが、その後は、畳を入れたチェンバー内濃度が低い様子が示されている。

②各 VOC 成分の経時的な変化を図-3.3.11～図-3.3.13 に示す。

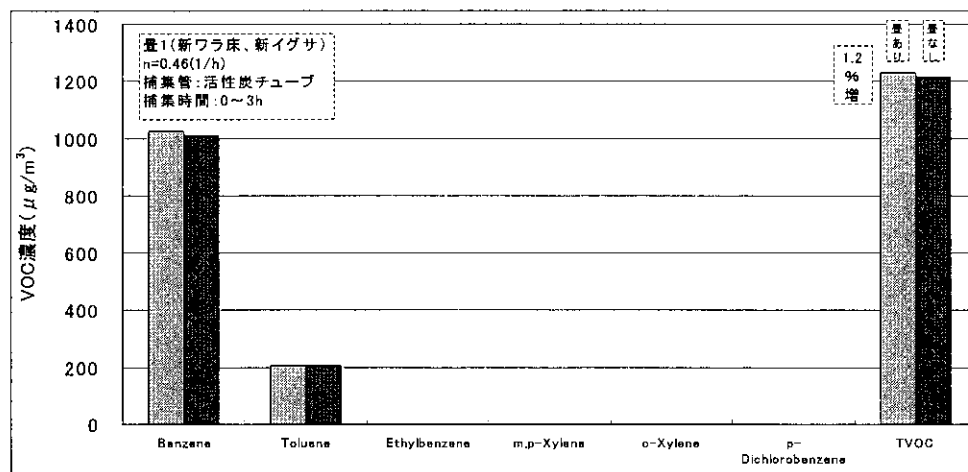


図-3.3.11 チェンバー内における VOC 濃度(畳1:0～3h)

畳表に使用されているイグサからの VOC の発生に加え、畳が実験を行う前に吸着していた VOC を発生させた事により、畳を挿入したチェンバー I の VOC 濃度が高くなったと考えられる。

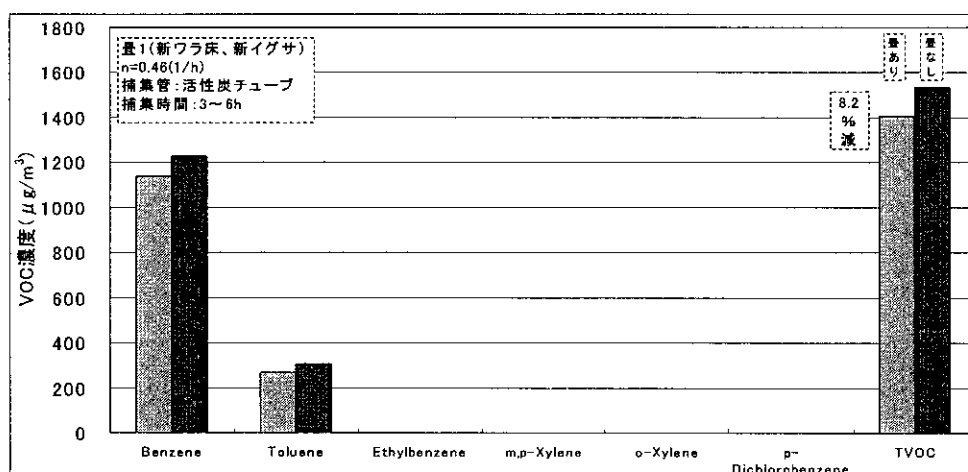


図-3.3.12 チェンバー内における VOC 濃度(畳1:3～6h)

畳1を挿入したチェンバー I の VOC 濃度が、畳ダミーを挿入したチェンバー II の VOC 濃度より 8.2%低いことから、畳が VOC を吸着したのと考えられる。

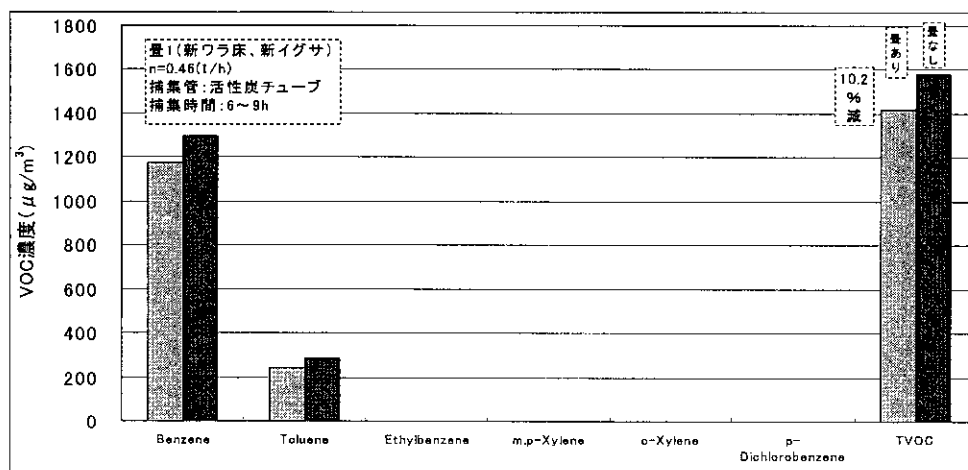


図-3.3.13 チェンバー内における VOC 濃度(畳1:6～9h)

図-8の実験データと比較してみると同じ畳1の吸着実験であるが、ガス発生装置(パーミエーター)の設定温度を25℃、デフュージョンチューブをD-10にしたために、発生する VOC 濃度が低濃度になり、6～9(h)においても、畳が10.2%VOCを吸着したのと考えられる。

(2) 畳2(新しいイグサ、新しい建材床)の実験結果

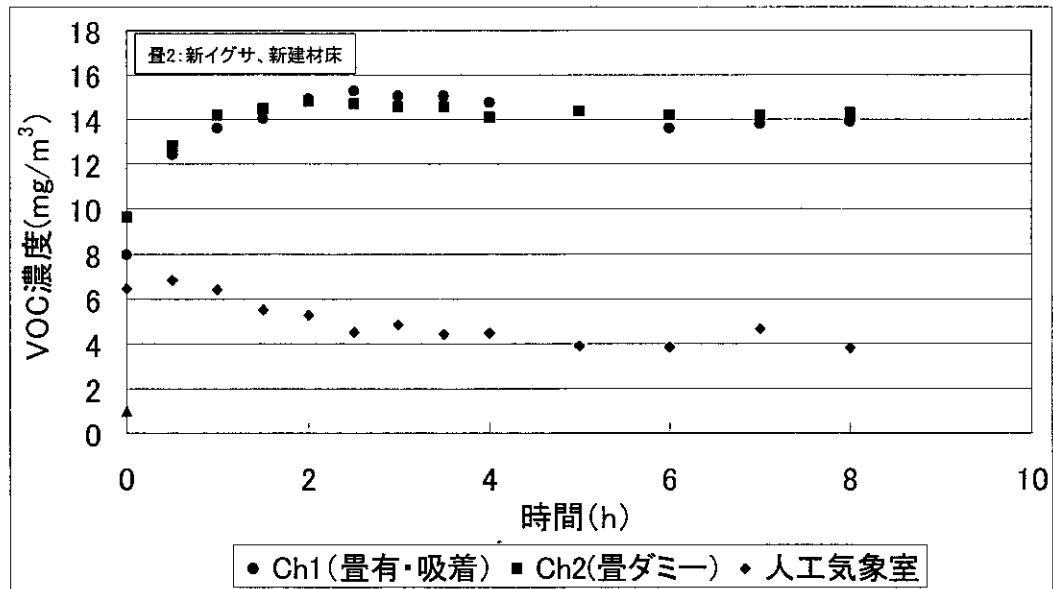


図-3.3.14 チェンバー内における VOC の経時変化(畳2)

瞬時値の得られる光音響法測定装置を用いて、濃度推移を測定した。

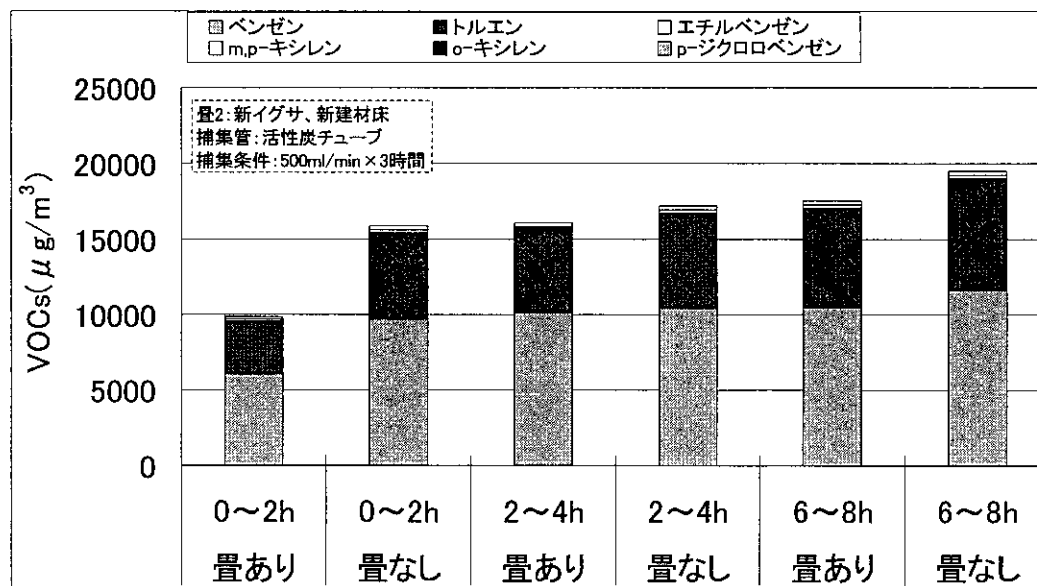


図-3.3.15 チェンバー内における VOC 濃度(畳2)

標準ガス発生装置(パーミエーター)の設定温度を30℃に設定し、デフュージョンチューブD-30を使用した。チェンバー内にガスを導入して、2つのチェンバー内の濃度の推移を観察した。0~2(h)、2~4(h)6~8(h)の間では、畳を挿入したチェンバー内の濃度が、畳ダミーを挿入したチェンバーより低い。これは、畳表が、同等の面積をもつアルミ箔の吸着量よりも大きいことを示している。

③各 VOC 成分の経時的な変化を図-3.3.16～図-3.3.18に示す。

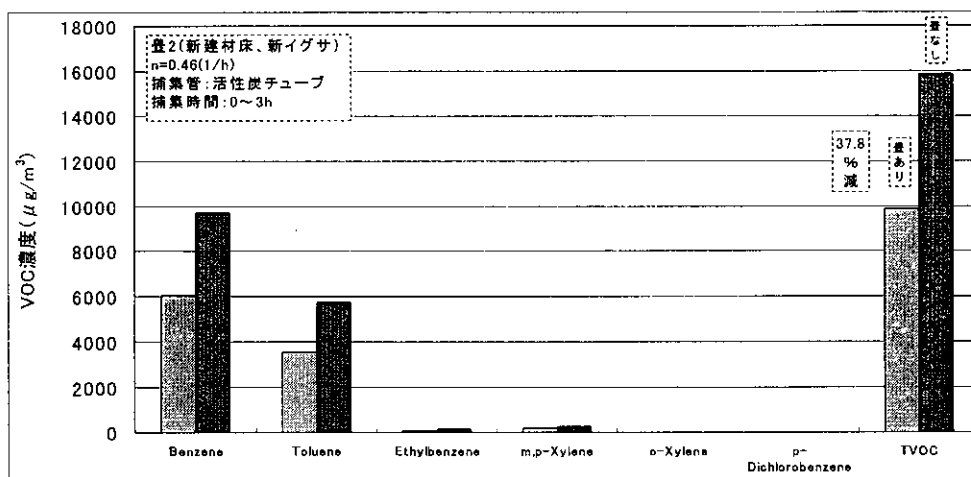


図-3.3.16 チェンバー内における VOC 濃度(畳2: 0～2h)

畳2を挿入したチェンバーⅠのVOC濃度が、畳ダミーを挿入したチェンバーⅡのVOC濃度より37.8%低いことから、畳がVOCを吸着したと考えられる。

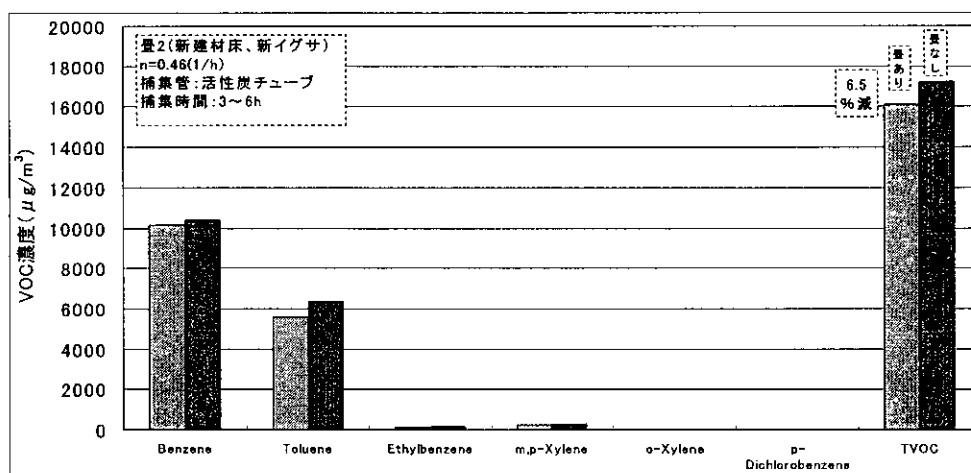


図-3.3.17 チェンバー内における VOC 濃度(畳2: 2～4h)

畳2を挿入したチェンバーⅠのVOC濃度が、畳ダミーを挿入したチェンバーⅡのVOC濃度より6.5%低いことから、畳がVOCを吸着したと考えられる。

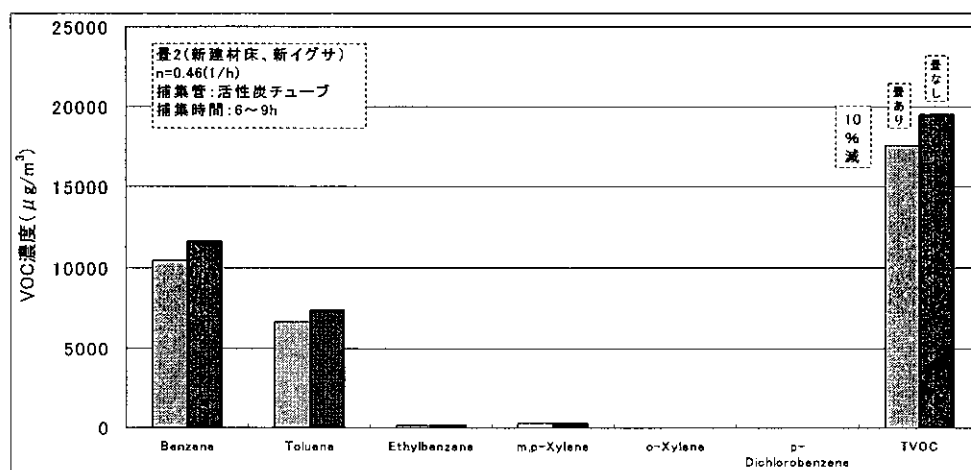


図-3.3.18 チェンバー内における VOC 濃度(畳2: 6～8h)

畳2を挿入したチェンバーⅠのVOC濃度が、畳ダミーを挿入したチェンバーⅡのVOC濃度より10%低いことから、畳がVOCを吸着したと考えられる。

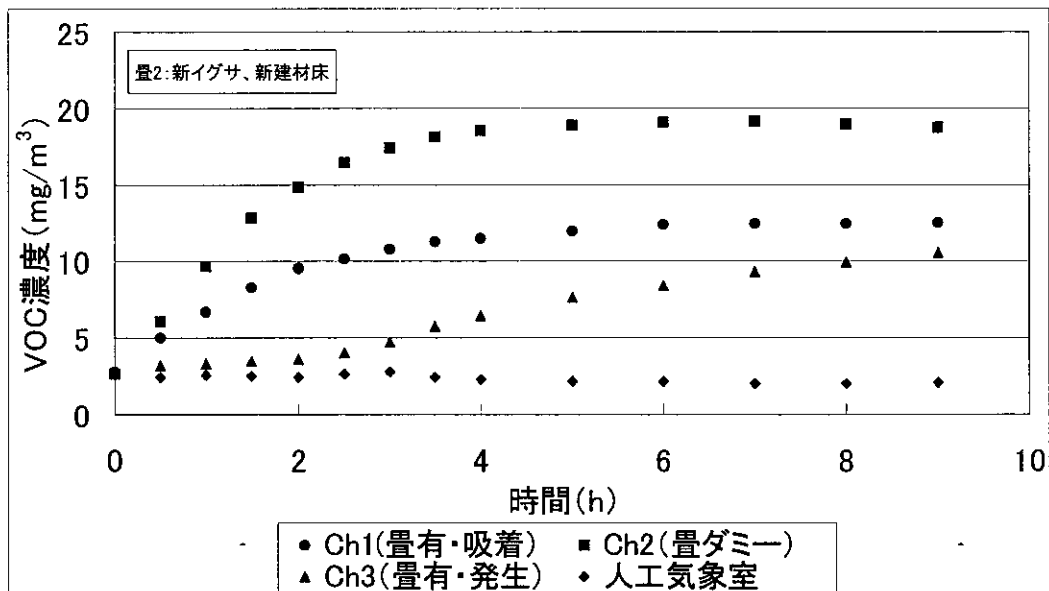


図-3.3.19 チェンバー内における VOC の経時変化(畳 2)

瞬時値の得られる光音響法測定装置を用いて、濃度推移を測定した。

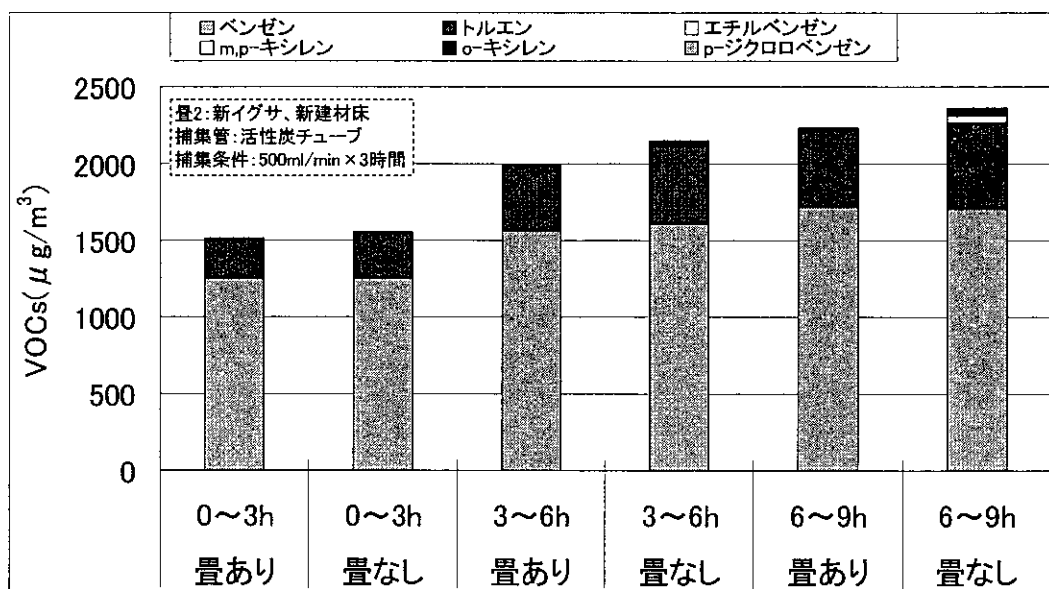


図-3.3.20 チェンバー内における VOC 濃度(畳 2)

標準ガス発生装置(パーミエーター)の設定温度を25℃に設定し、デフュージョンチューブD-10を使用した。チェンバー内にガスを導入して、2つのチェンバー内の濃度の推移を観察した。0～3(h)、3～6(h)6～9(h)の間では、畳を挿入したチェンバー内の濃度が、畳ダミーを挿入したチェンバーより低い。これは、畳表が、同等の面積をもつアルミ箔の吸着量よりも大きいことを示している。高濃度のVOCを捕集したデータである図-3.3.15と比較してみると、どちらの濃度においても畳が、VOCを吸着しているものと考えられる。

④各 VOC 成分の経時的な変化を図-3.3.21～図-3.3.23 に示す。

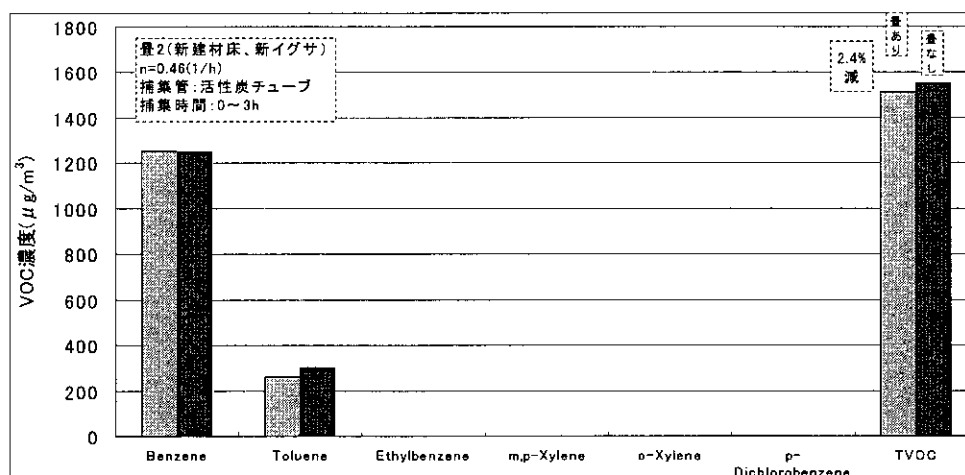


図-3.3.21 チェンバー内における VOC 濃度(畳2:0～3h)

畳2を挿入したチェンバーⅠのVOC濃度が、畳ダミーを挿入したチェンバーⅡのVOC濃度より2.4%低いことから、畳がVOCを吸着したと考えられる。

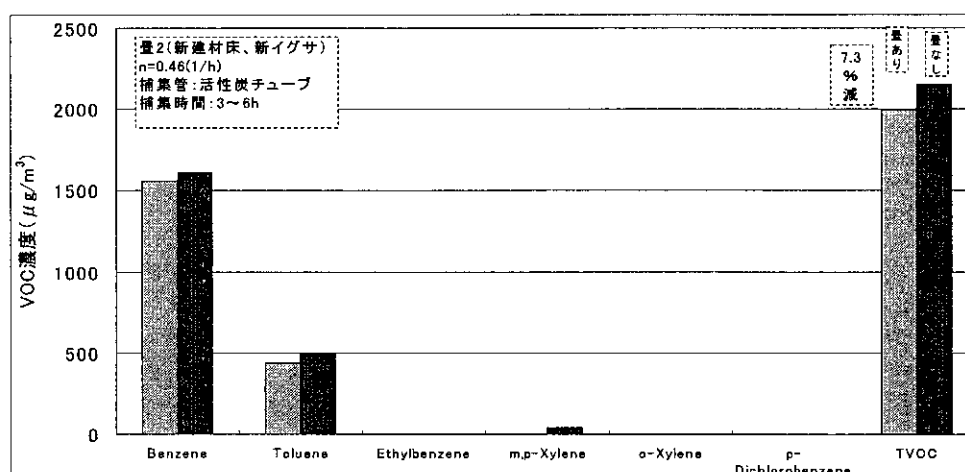


図-3.3.22 チェンバー内における VOC 濃度(畳2:3～6h)

畳2を挿入したチェンバーⅠのVOC濃度が、畳ダミーを挿入したチェンバーⅡのVOC濃度より7.3%低いことから、畳がVOCを吸着したと考えられる。

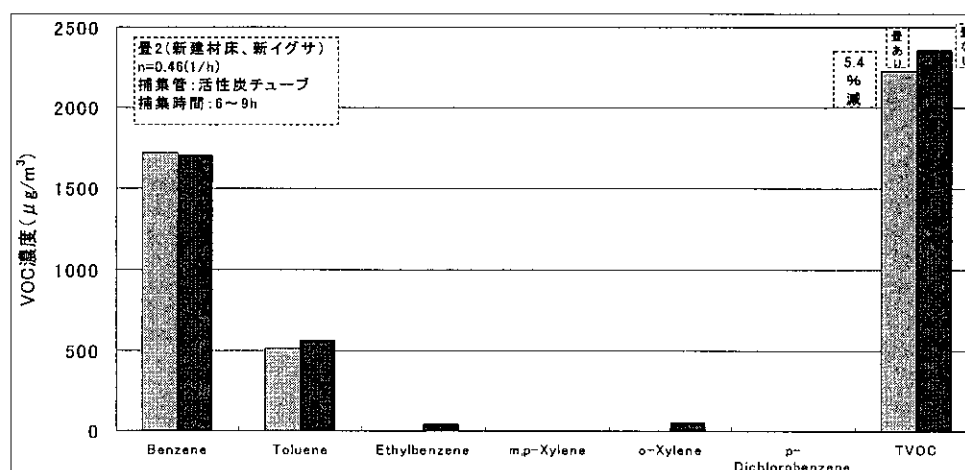


図-3.3.23 チェンバー内における VOC 濃度(畳2:6～9h)

畳2を挿入したチェンバーⅠのVOC濃度が、畳ダミーを挿入したチェンバーⅡのVOC濃度より5.4%低いことから、畳がVOCを吸着したと考えられる。

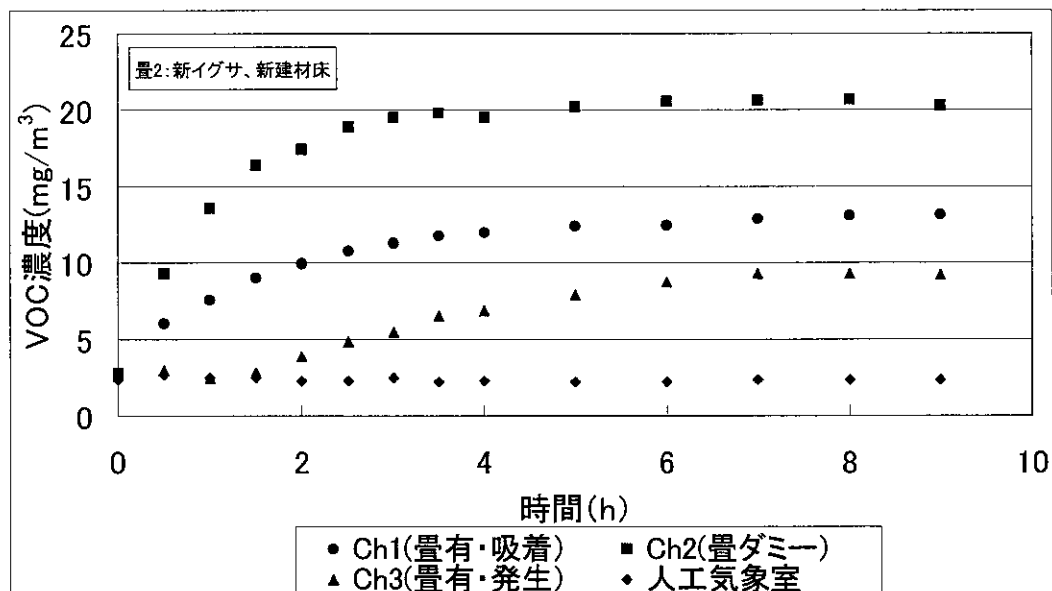


図-3.3.24 チェンバー内における VOC の経時変化(畳 2)

瞬時値の得られる光音響法測定装置を用いて、濃度推移を測定した。

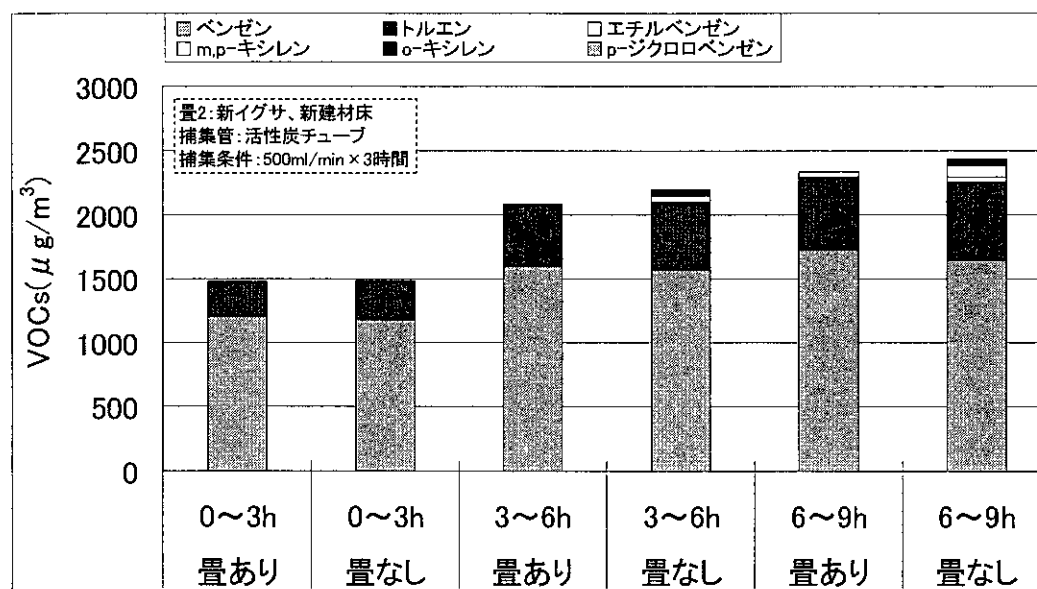


図-3.3.25 チェンバー内における VOC 濃度(畳 2)

標準ガス発生装置(パーミエーター)の設定温度を25℃に設定し、デフュージョンチューブD-10を使用した。チェンバー内にガスを導入して、2つのチェンバー内の濃度の推移を観察した。0～3(h)、3～6(h)6～9(h)の間では、畳を挿入したチェンバー内の濃度が、畳ダミーを挿入したチェンバーより低い。これは、畳表が、同等の面積をもつアルミ箔の吸着量よりも大きいことを示している。同じ畳2のデータである図-3.3.15、図-3.3.20と同様に畳ダミーを挿入したチェンバーⅡより、畳を挿入したチェンバーⅠのVOC濃度の方が、低いことから、畳がVOCを吸着しているという事がわかる。