

家具のカルボニル化合物ならびに 揮発性有機化合物（VOC）放散量試験

家具製作 株式会社いさみや

〒079-8431 旭川市永山町9丁目1-2

Tel. 0166-48-0200 / Fax 0166-48-2291

測定・解析 北海道立林産試験場

〒071-0198 旭川市西神楽1線10号

Tel. 0166-75-4233 / Fax 0166-75-3621

測定日 2005年12月13日～18日

1. 試験体

試験体は、高さ 780 mm、幅 1440 mm、奥行き 420 mm、のガラス引き戸付家具である。

2. 試験方法

2.1 試験条件

試験体は、28 °Cの恒温室内で梱包のまま調温した後、あらかじめバックグラウンド測定した試験チャンバー内に梱包を解いて設置した。

試験チャンバーは、高さ 1.9 m、幅 1.4 m、奥行き 1 m の容積 2.66 m³ のステンレス製ラージチャンバーを用いた。チャンバーの概要を図 1 に、実験装置の概要を図 2 に示す。チャンバー内に電動クロスフローファンを設置し、内部の攪拌を行った。試験条件を表 1 に示す。

表 1 実験条件

チャンバー容積 (V)	2.66 m ³
温度	28 °C
相対湿度	50%
換気回数 (n)	0.5 回 /h、0.25 回 /h、0 回 /h (密閉)
試験体設置個数	1 個
試験体表面積 (S)	8.2 m ²
個数単位の試料負荷率 (L _u)	0.38 unit/m ³
面積単位の試料負荷率 (L _a)	3.08 m ² /m ³

2.2 空気補修

チャンバー内に試験体を設置し、換気回数 0.5 回 /h の条件で 2 4 時間経過した後、1 回目の空気捕集を行った。1 回目の空気捕集が終了した後、換気回数 0.25 回 /h に条件変更し、2 4 時間経過後に 2 回目の空気捕集を行った。2 回目の空気捕集後にチャンバーを密封し、9 6 時間経過後に 3 回目の空気捕集を行った。揮発性有機化合物の空気捕集は 1 回目のみ行った。空気捕集条件を表 2 に示す。カルボニル化合物の捕集は、オゾンスクラバーを DNPH カートリッジの直前につなげて行った。

表2 空気捕集条件

		カルボニル化合物	揮発性有機化合物 (VOC)
捕集管		SUPELCO S10L	TENAX/CARBOXEN
オゾンスクラバー		WATERS WAT054420	-
捕集時間		30 min	30 min
捕集量	n = 0.5	30 l	3000 ml, 300 ml
	n = 0.25	30 l	-
	n = 0	5 l	-
捕集流量	n = 0.5	1000 ml/min	100 ml/min, 10ml/min
	n = 0.25	1000 ml/min	-
	n = 0	167 ml/min	-

2.3 定量操作

2.3.1 カルボニル化合物

チャンバー内空気を捕集した DNPH カートリッジをアセトニトリルで 5 ml のメスフラスコに溶出し、高速液体クロマトグラフィー（日立社製）にて表3の条件で分析し、あらかじめ作成しておいた検量線からカルボニル化合物濃度を定量した。カルボニル化合物標準物質は、スペルコ製 T011/IP6A Carbonyl-DNPH Mix を用いた。

表3 カルボニル化合物分析条件

カラム	資生堂 Capcell pak C18 UG80 φ 4.6 x 250 mm.
カラム温度	40 °C
移動相	アセトニトリル：水 (60：40)
流量	1.0 ml/min
注入量	20 µl
検出波長	360 nm

2.3.2 揮発性有機化合物

チャンバー内空気を捕集した捕集管を加熱脱着装置付ガスクロマトグラフ / 質量分析計 (GC / MS) にて表4の条件で分析し、あらかじめ作成しておいた検量線から揮発性有機化合物 (VOC) 濃度を定量した。

表4 VOC分析条件

加熱脱着装置	TCT CP4020 (GLサイエンス社製)
脱着温度	280 °C
脱着流量	7 ml/min
脱着時間	20 min
コールドトラップ温度	-150 °C
コールドトラップ脱着温度	230 °C
コールドトラップ脱着時間	1 min

GC/MS	QP5050
分析カラム	Rtx - Volatiles
昇温条件	50 °C - (4 °C /min) - 90 °C - (10 °C /min) - 250 °C (6 min)
キャリア	He 120 kPa
モード	Scan
マスレンジ	40 - 400 m/z
Source Temp	230 °C
GC Interface	230 °C

2.4 計算方法

2.3 で得られた結果から、次式により試料空気中の各測定対象物質の気中濃度を計算した。

$$C = \frac{A_s - A_t}{V}$$

ここに、

C : 試料空気中の各測定対象物質の濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

A_s : 検量線より求めた試験液中の各測定対象物質の質量 [ng]

A_t : 検量線より求めたトラベルブランク捕集管中の各測定対象物質の質量 [ng]

V : 試料空気捕集量 [l]

次式により試験体からの単位個数あたりの各測定対象物質の放散速度を計算した。

$$EF_u = \frac{(C-C_b) \times Q}{u} = (C-C_b) \times \frac{n}{L_u}$$

ここに、

C : 大型チャンバー内の各測定対象物質の気中濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

C_b : バックグラウンド濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

EF_u : 単位個数あたりの放散速度 [$\mu\text{g}/(\text{unit} \cdot \text{h})$]

L_u : 個数単位の試料負荷率 [unit/m^3]

n : 換気回数 [回/h]

Q : 大型チャンバーの換気量 [m^3/h]

u : 試験体の個数 [unit]

次式により試験体からの単位面積あたりの各測定対象物質の放散速度を計算した。

$$EF_a = \frac{(C-C_b) \times Q}{A} = (C-C_b) \times \frac{n}{L_a}$$

ここに、

A : 試験体の表面積 [m^2]

C : 大型チャンバー内の各測定対象物質の気中濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

C_b : バックグラウンド濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

EF_a : 単位面積あたりの放散速度 [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$]

L_a : 面積単位の試料負荷率 [m^2/m^3]

n : 換気回数 [回/h]

Q : 大型チャンバーの換気量 [m^3/h]

3. 試験結果

ホルムアルデヒド放散量試験の結果を表5に示す。

表5 ホルムアルデヒド放散量試験結果

換気回数	試験体設置 個数	バックグラ ウンド濃度	チャンバー 濃度	気中濃度	単位個数 あたりの 放散速度	単位面積 あたりの 放散速度
n		C _b	C	C - C _b	EF _u	EF _a
(回/h)	(unit)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$\mu\text{g}/(\text{unit}\cdot\text{h})$	$\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$
0.5	1	5	43	38	51	6
0.25	1	5	50	44	30	4
0	1	5	194	188	-	-

注) チャンバー濃度から差し引けるバックグラウンド濃度の最大値は $12\mu\text{g}/\text{m}^3$

アセトアルデヒド放散量試験の結果を表6に示す。

表6 アセトアルデヒド放散量試験結果

換気回数	試験体設置 個数	バックグラ ウンド濃度	チャンバー 濃度	気中濃度	単位個数 あたりの 放散速度	単位面積 あたりの 放散速度
n		C _b	C	C - C _b	EF _u	EF _a
(回/h)	(unit)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$\mu\text{g}/(\text{unit}\cdot\text{h})$	$\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$
0.5	1	5	18	13	17	2
0.25	1	5	23	17	12	1
0	1	5	280	274	-	-

注) チャンバー濃度から差し引けるバックグラウンド濃度の最大値は $12\mu\text{g}/\text{m}^3$

アセトン放散量試験の結果を表7に示す。

表7 アセトン放散量試験結果

換気回数	試験体設置 個数	バックグラ ウンド濃度	チャンバー 濃度	気中濃度	単位個数 あたりの 放散速度	単位面積 あたりの 放散速度
n		C _b	C	C - C _b	EF _u	EF _a
(回/h)	(unit)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$\mu\text{g}/(\text{unit}\cdot\text{h})$	$\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$
0.5	1	4	53	49	65	8
0.25	1	4	66	62	41	5
0	1	4	920	916	-	-

注) チャンバー濃度から差し引けるバックグラウンド濃度の最大値は $12\mu\text{g}/\text{m}^3$

揮発性有機化合物放散量試験の結果を表8に示す。

表8 揮発性有機化合物放散量試験結果（換気回数 n = 0.5）

物質名	気中濃度 (m3)	
	ブランク	家具
エタノール	10.4	39.3
2-プロパノール	N.D.	2.1
アセトン	N.D.	25.8
ジクロロメタン	0.6(Tr.)	8.5
1-プロパノール	N.D.	N.D.
ヘキサン	0.5(Tr.)	2.0
2,4-ジメチルペンタン	0.5(Tr.)	N.D.
メチルエチルケトン	0.7(Tr.)	8.2
酢酸エチル	0.9(Tr.)	12.2
クロロホルム	1.6	1.6
1,1,1-トリクロロエタン	N.D.	N.D.
イソオクタン	N.D.	N.D.
1-ブタノール	N.D.	29.9
四塩化炭素	N.D.	N.D.
1,2-ジクロロエタン	N.D.	0.2(Tr.)
ベンゼン	1.2	3.6
ヘプタン	N.D.	0.8
トリクロロエチレン	N.D.	N.D.
1,2-ジクロロプロパン	N.D.	N.D.
ブロモジクロロメタン	N.D.	N.D.
メチルイソブチルケトン	0.6(Tr.)	3.5
オクタン	N.D.	0.6(Tr.)
トルエン	4.2	53.5
酢酸ブチル	0.6	51.5
テトラクロロエチレン	N.D.	N.D.
ジブromクロロメタン	N.D.	N.D.
ノナン	0.9	N.D.
エチルベンゼン	0.4(Tr.)	6.6
キシレン	0.3	9.2
スチレン	0.2	1.5
αピネン	1.6	12.2
デカン	1.5	6.5
エチルトルエン	0.8	4.5
1,3,5-トリメチルベンゼン	0.3	1.3
βピネン	0.4(Tr.)	2.5
1,2,4-トリメチルベンゼン	1.0	4.3
リモネン	0.1(Tr.)	1.3
1,2,3-トリメチルベンゼン	0.2(Tr.)	1.2
パラジクロロベンゼン	N.D.	N.D.
ウンデカン	0.9	4.9
ノナール	N.D.	8.4
1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	N.D.	1.3
ドデカン	0.2(Tr.)	1.8
デカナール	N.D.	N.D.
トリデカン	N.D.	1.0(Tr.)
テトラデカン	N.D.	1.4
ペンタデカン	N.D.	1.8
ヘキサデカン	N.D.	0.8

Tr.: 検出下限値以上定量限界未満 N.D.: 検出せず (測定値が検出限界値未満である)

4. 建築基準法における換気回数・試料負荷率条件での予想放散速度

建築基準法におけるホルムアルデヒド規制の「技術的基準試案の作成根拠」では、Q/S（換気量 / 面積）条件は 0.05 とされている。Q/S は n/L_a と等価であることから、 $n/L_a = 0.05$ でのホルムアルデヒド放散速度を推定した。推定には、気中濃度の逆数 ($1/C$) と n/L_a が直線関係を持つ性質を利用した。図 3 に本試験体における $1/C$ と n/L_a の関係を示す。本試験体における気中濃度予測式を以下に示す。

$$\frac{1}{C} = 0.1453 \frac{n}{L_a} + 0.0531 \quad (4.1)$$

次式により $Q/S = n/L_a = 0.05$ での放散速度を算出した。

$$EF = C \times \frac{Q}{S} \quad (4.2)$$

本試験体の $Q/S = n/L_a = 0.05$ 条件における放散速度は、(4.1)、(4.2) 式により、 $4 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ と推定される。表 9 に建築材料の放散区分を示す。

表 9 建築材料のホルムアルデヒド放散区分（参考）

区分	放散速度 ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)
F☆☆☆☆	5 以下
F☆☆☆	5 ~ 20
F☆☆	20 ~ 120
表示無し	120 超

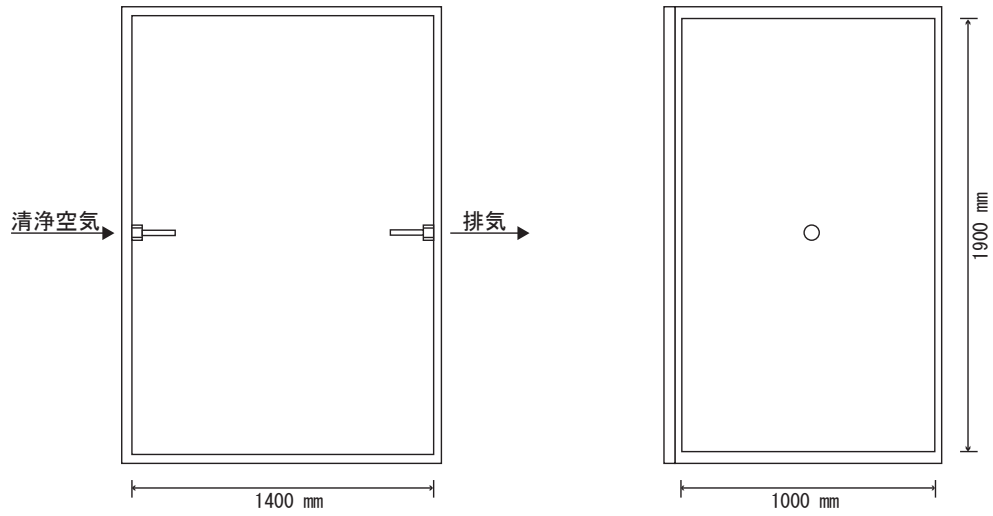


図1 チャンバーの概要

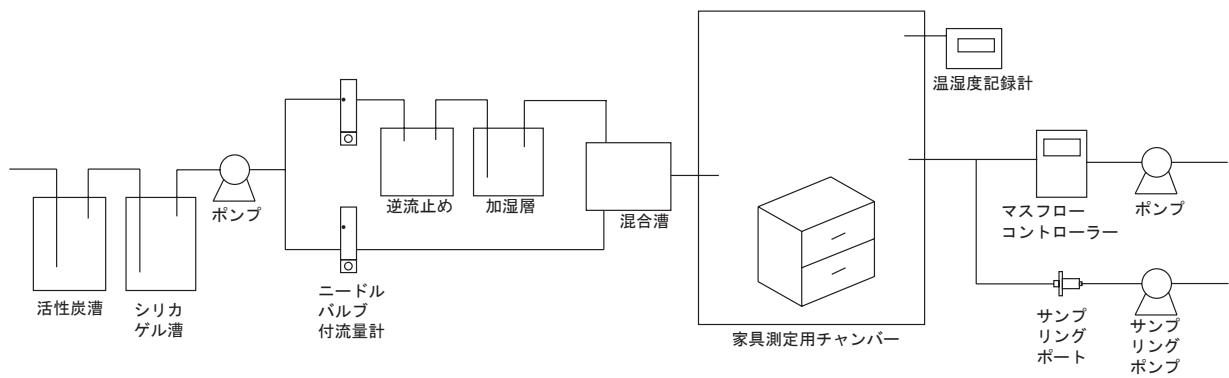


図2 実験装置の概要

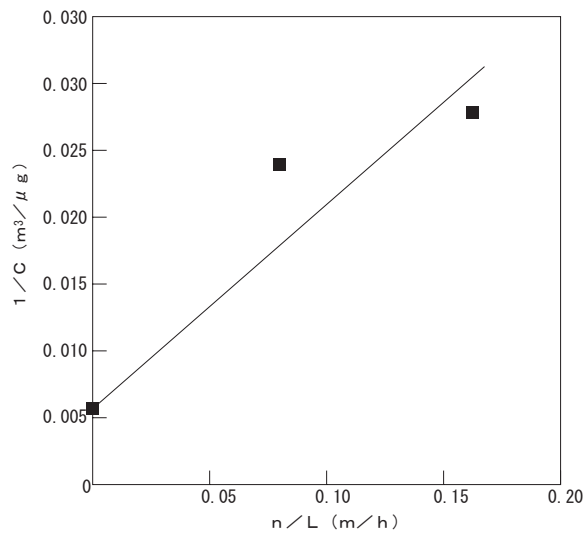


図3 $1/C$ と n/L の関係