

大形チャンバー法による木製家具からの ホルムアルデヒド放散量測定

鈴木 昌樹

朝倉 靖弘^{*1}

石井 誠^{*2}

Measurement of Formaldehyde Emission from Wood Furniture by Large Chamber Method

Masaki SUZUKI

Nobuhiro ASAKURA

Makoto ISHII

The formaldehyde emission from wood furniture have large influence upon indoor air quality. In this study, a simple large scale chamber was developed for measuring chemical emission from actual-sized furniture. Mass transfer coefficient and sink rate were examined. Formaldehyde emission from five wood products were measured by both large chamber and 20 L small chamber at same n/L condition. The results gave consistent formaldehyde concentration between both chambers. Air stirring in large chamber increased formaldehyde emission from bookshelf-shaped specimen, although it did not effect emission from flat-formed specimen. Formaldehyde emission from wooden furniture was measured by the large chamber. Most of newly made furniture gave comparatively low emission. Some of school furniture considered to be made approximately 10 years ago showed high emission.

Key words: wooden furniture, large chamber, formaldehyde
木製家具, 大形チャンバー, ホルムアルデヒド

木製家具等からのホルムアルデヒドの放散量を測定する大形チャンバーを製作した。製作したチャンバーによる測定結果は、JIS A 1901に準拠した20Lチャンバーによる測定結果と高い相関を示した。最近のホルムアルデヒド放散量が少ない材料を用いた家具の成績は良好であったが、安価な輸入品にはF☆☆相当の放散量を示すものがあつた。また、納入後10年以上経過したにもかかわらず第1種ホルムアルデヒド発散材料に相当する放散速度を示す家具が認められた。

1. はじめに

改正建築基準法の施行に伴い、ホルムアルデヒド放散建材の内装仕上げや作り付け家具への使用に対して規制が行われ、新築住宅や学校の室内空気質の改善に成果をあげている¹⁾。一方、建物使用者が持ち込む家具等については規制は行われていない。現在、住宅等における揮発性有機化合物（VOC）濃度測定において、建物使用者が持ち込む家具が放散源として注目されている。家具などの実大試験体からのVOCの放散量測定手法として、大形チャンバー法が米国材料試験協会 ASTM²⁾、米国環境保護庁 EPA³⁾、カリフォルニア州⁴⁾等で制定されている。また、大形チャンバーを用いた家具からのVOC放散量測定においては、事務室用家具⁵⁾、学校用家具^{5,6)}、医療施設向け低放散家具⁷⁾、システムキッチン⁸⁾などの報告がなされている。しかしながら、既報のチャンバーは容積が大きく、大規模な設備を必要とし、設置・維持ともに多大な費用が必要である。そこで本研究では、実大家具測定用としては最小限に近い寸法（容積2.66m³）の簡易な大形チャンバーを製作した。製作したチャンバーの信頼性を検証するため、チャンバーの物質伝達率、回収率を測定した。さらに、JIS A 1901「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方法 - 小形チャンバー法 -」⁹⁾に準拠した容積20Lの小形チャンバーと本研究で製作したチャンバーの両方で放散速度の異なる木質材料からのホルムアルデヒド放散量を測定し、その整合性を検討した。また、MDFで本棚型モデル家具を製作し、チャンバー内部の攪拌がホルムアルデヒド濃度に与える影響を検討した。その後、製作したチャンバーを用い、現在市販されている家具および現在学校で使用されている家具の測定を行った。

2. 実験方法

2.1 製作したチャンバーの概要

チャンバーの寸法は、内寸1.9m×1.4m×1.0m、容積2.66m³とし、2mm厚のSUS 304 #800ステンレス鋼板を用いて製作した（第1図）。換気はチャンバー両側面に設置した給排気口による第3種機械換気方式を採用した。給排気口はチャンバー壁面内側



第1図 大形チャンバーの外観
Fig. 1. The large chamber.

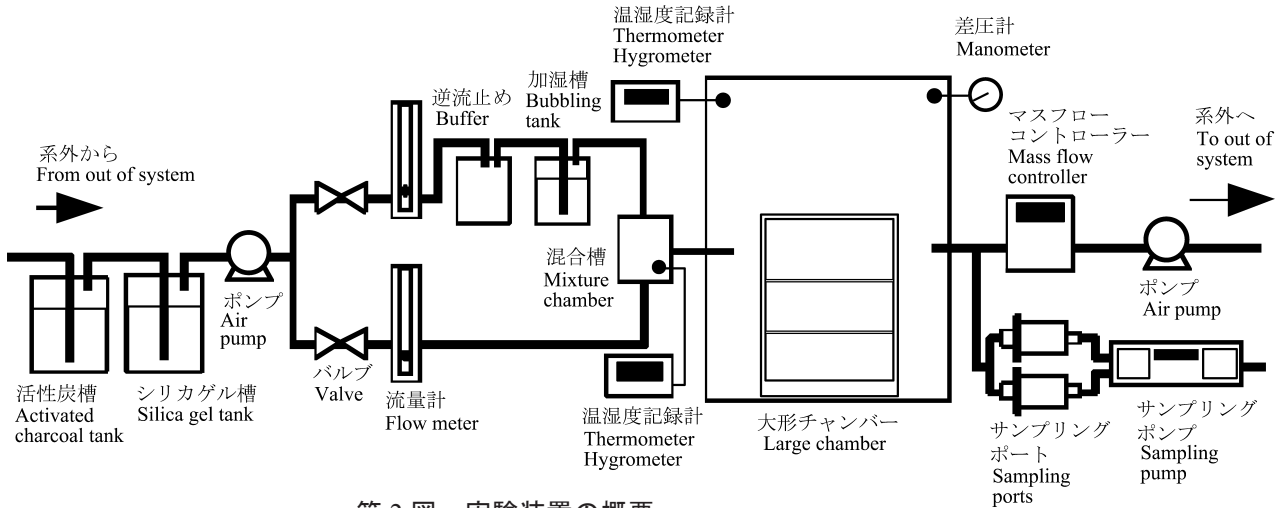
から15cm離して設置した。排気はマスフローコントローラーで流量制御を行った上、ポンプを用いて恒温室外へ排出した。チャンバーの換気量はマスフローコントローラーの指示値を用いた。装置全体の概要を第2図に示す。チャンバーとそれに付随する装置は、すべて28℃の恒温室内に設置した。また、チャンバー内には必要に応じて小型ファン（風量：100m³/h）を設置できるようにした。

2.2 物質伝達率測定

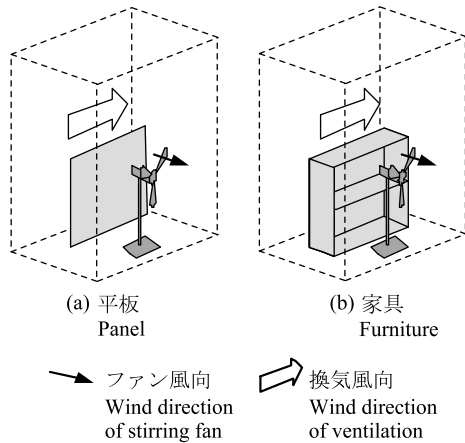
物質伝達率の測定には、純水を用いた液面蒸発の試験方法¹⁰⁾を用いた。発泡スチロール製の60cm×55cmの平板両面（0.66m²）にろ紙を重ねて貼り付け、蒸留水で十分湿らせたのち、余分な水分をふき取り蒸発面とした。ろ紙の表面にはT型熱電対を設置し温度を測定した。試験体はチャンバーの長辺方向と平行に設置した（第3図）。チャンバーの給排気口にそれぞれ温湿度センサを設置し、チャンバー内の温湿度が定常状態になるまで試験を行った。チャンバー内には小形電動ファンを設置し、ファン運転時と非運転時の両条件で試験を行った。換気回数は、0.5回/hとした。物質伝達率 a'_m （m/h）は次式により算出した。

$$a'_m = \frac{(x_o - x_i)Q}{(x_s - x_o)A} \quad (1)$$

ここで、 a'_m ：物質伝達率（m/h）、 x_o ：チャンバー出口の絶対湿度（kg/kg'）、 x_i ：チャンバー入口の絶対湿度



第2図 実験装置の概要
Fig. 2. Schematic diagram of the large chamber.



第3図 試験体設置方法
Fig. 3. Specimen placement in the large chamber.

度 (kg/kg'), x_s : 液面の飽和絶対湿度 (kg/kg'), A : 試験面積 (m^2), Q : 換気量 (m^3/h) である。

2.3 分析方法

ホルムアルデヒドの定量はDNPH捕集管と高速液体クロマトグラフを用いて行った。分析には日立製作所L-7000シリーズを用いた。分析条件を第1表に示す。

2.4 回収率測定

大形チャンバーの上流にホルムアルデヒド放散源としてランバーコア合板を設置した20L小形チャンバーを接続し、温度28°C、相対湿度50%の清浄空気を11.1L/min(換気回数0.25回/hに相当)で供給した。チャンバー内に障害物となるものが存在しないことから、給排気口間のショートカットを防ぐた

第1表 カルボニル化合物分析条件
Table 1. Analysis conditions for carbonyls.

カラム Column	資生堂 Shiseido Capcell pak C18 UG80 φ 4.6 x 250 mm
カラム温度 Column temperature	40°C
移動相 Eluent	アセトニトリル : 水 (60 : 40) Acetonitrile : Water
流量 Flow rate	1.0 mL/min
注入量 Injection volume	20 μL
検出波長 Detector wavelength	360 nm

め、給排気口のチャンバー内部側にT字管による分岐を設けた。給気側は分岐を水平方向に向け、分岐からテフロン管をそれぞれ40cm延長した。排気側は分岐を鉛直方向に向け、同様に85cm延長した。給排気口のチャンバー内壁からの距離は10cmとした。24時間経過後に大形チャンバーの給気口上流と排気口下流に設けた分岐にDNPHカートリッジを接続して空気を捕集した。空気捕集量は30Lとした。

2.5 小形チャンバー法との比較

第2表に示す木質材料を用いて、大形チャンバーと、JIS A 1901に定める20L小形チャンバーでのホルムアルデヒド放散速度の相関を検討した。大形チャンバーを用いた実験では、試料負荷率 $L=1.32m^2/m^3$ 、換気回数 $n=0.3$ 回/h ($n/L=0.23$) の条件で測定を行った。試験体は第3図(a)のとおりを設置した。サンプリング時の流量は1000mL/min、捕集量は30Lとし、

第2表 小形チャンバー法との比較に用いた木質材料

Table 2. Wood materials measured in comparison between large and small chamber methods.

	ブレイ数 Number of ply	厚さ Thickness (mm)	密度 Density (g/cm ³)
シナ合板1 Shina plywood 1	3	4	0.54
シナ合板2 Shina plywood 2	3	6	0.54
構造用合板 Construction plywood	5	11	0.57
ランバーコア合板 Lumber-cored plywood	3	12	0.37
MDF	-	15	0.66

試料設置から24時間後に空気捕集を行った。小形チャンバー法では、容積20Lの小形チャンバー(ADPAC)を用い、 $L=2.2\text{m}^2/\text{m}^3$ 、 $n=0.5$ 回/h ($nL=0.23$)の条件で測定を行った。サンプリング時の流量は167mL/min、捕集量は5Lとし、試料設置から15時間後に空気捕集を行った。両チャンバーともに湿度50%に調湿した清浄空気を供給した。

2.6 I/C値とn/L値の直線性

異なる表面積を持つ家具を同一条件のチャンバーで測定を行う場合、面積単位の試料負荷率が試験体間で異なるため、測定結果を直接比較することは困難である。また、本チャンバー給排気装置の能力の限界から、換気回数を任意の値に設定することによって様々な表面積をもつ家具間で同一のn/L条件を設定することも困難である。従って、本チャンバーを用いて家具間の放散速度を比較する場合は、気中濃度(C)の逆数と、n/Lが直線の関係を持つ(HBF式)¹¹⁾性質を利用することとした。そこで、製作した大形チャンバーにおいて、HBF式が成り立つかを検証した。放散源にMDFを用い、換気回数一定の条件下で試料負荷率を変化させる実験と、試料負荷率一定の条件下で換気回数を変化させる実験を行った。測定条件を第3表に示す。

2.7 大形チャンバー内の攪拌がホルムアルデヒド濃度に与える影響

放散源にMDFを用い、チャンバー内に小形電動ファンを設置して、ファンの運転時・停止時のホルムアルデヒド濃度を測定した。風向はチャンバー内側壁面を向きとし、放散源と平行に設置した(第3図)。

第3表 n/L設定条件

Table 3. n/L conditions for chamber comparison.

放散面積 Emission area (m ²)	換気回数 Ventilation n (h ⁻¹)	試料負荷率 Loading factor L (m ² /m ³)	n/L (m/h)
0.77	0.3	0.29	1.04
1.54	0.3	0.58	0.52
3.51	0.3	1.32	0.23
5.44	0.3	2.05	0.15
5.44	0.5	2.05	0.24
5.44	0.4	2.05	0.20
5.44	0.2	2.05	0.10
5.44	0.1	2.05	0.05

放散源のMDFを素板として設置した場合と本棚状に組み立てて測定した場合の両条件で測定を行った。本棚状試験体の場合は、試験体の収納部内側とチャンバー排気の気中濃度の差を検証するため、DNPHパッシブサンプラー(柴田科学製)を試験体収納部中央2箇所とチャンバー排気口周辺の計3箇所に設置した。また、微小風速計(Testoterm製Testo 491)を用いて試験体各面中央での表面近傍(10mm)の風速を測定した。

2.8 家具からのホルムアルデヒド放散量測定

測定した家具の概要を第4表に示す。試験体1-14が市販品あるいは試作品の家具、15-18が実際に学校で使われている学童用の椅子である。試験体1,2,4-6及び9-14は、製作直後もしくは1週間から1ヶ月程度経過したものを家具メーカーから提供を受けて測定を行った。試験体7,8は購入後数ヶ月程度経過した家具を借り受けて試験を行った。学童用椅子の履歴は試験体16以外は不明であるが、管理者への聞き取りによれば購入後10年程度経過しているものと考えられる。

試験体の表面積は以下のように算出した。収納家具など直方体に近い形状の場合は、原則として見付け寸法を用いて算出した。取っ手・装飾などの軽微な凹凸は計算の対象としなかった。収納部内側の面積は同様に測定して算出した。学童用機の天板などで角が丸められている場合は、同寸の長方形として計算した。成形合板の曲げ加工による曲面は巻尺を貼り付けて長さを測定した。なお、本研究では木質材料からのホルムアルデヒド放散を評価の対象としたため、金属(ネジの頭など軽微なものは除く)・ガ

第4表 測定した家具の概要

Table 4. Furniture measured.

試験体番号 Sample No.	試験体概要 Classification of specimen	主な材料 Material of major part	備考 Remarks	表面積 Surface area (m ²)	面積単位の 試料負荷率 Area specific loading factor (m ² /m ³)
1	ベッド部品 Part of bed	ランバーコア合板・広葉樹材 Lumber-cored plywood, hardwood	製作直後 Just finished	2.0	0.8
2	収納家具 Chest	クルミ材 Walnut	製作後1ヶ月程度 Finished 1 month before	1.2	0.4
3	いす Chair	わん曲集成材(不明)・合成皮革 Curved laminated wood (n/a), artificial leather	不明・輸入品 Unknown, imported	-	-
4	チェスト Chest	パーティクルボード・MDF (F☆☆☆☆) Particleboard, MDF	製作後数週間 Finished a few weeks before	2.7	1.0
5	学童用いす School chair	成形合板 Shaped plywood	製作後数週間 Finished a few weeks before	1.0	0.4
6	学童用机 School desk	成形合板 Shaped plywood	製作後数週間 Finished a few weeks before	1.9	0.7
7	ベビーベッド Baby bed	広葉樹材・合板 Hardwood, plywood	購入後数ヶ月 A few months after purchase	2.7	1.0
8	ワゴン Wagon	南洋材・MDF (不明) Tropic hardwood, MDF (n/a)	購入後数ヶ月・輸入品 A few months after purchase, imported	1.9	0.7
9	収納家具 Chest	ランバーコア合板 Lumber-cored plywood	製作後数週間 Finished a few weeks before	5.4	2.0
10	チェスト Chest	合板 Plywood	製作後数週間 Finished a few weeks before	9.9	3.7
11	チェスト Chest	広葉樹材・合板 Hardwood, plywood	製作後数週間 Finished a few weeks before	6.1	2.3
12	オーディオラック Audio rack	ハニカムコア合板 Honeycomb-cored plywood	製作後数週間 Finished a few weeks before	8.2	3.1
13	チェスト Chest	広葉樹材・合板 Hardwood, plywood	製作後数週間 Finished a few weeks before	11.2	4.2
14	食器棚 Cupboard	パーティクルボード Particleboard	製作直後・上半分のみ Just finished, half part	6.7	2.5
15	学童用いす School chair	成形合板(不明) Shaped plywood (n/a)	不明 16と同一形状 Unknown, same form as 16	0.7	0.3
16	学童用いす School chair	成形合板(不明) Shaped plywood (n/a)	1995年度納入 Purchased in 1995	0.7	0.3
17	学童用いす School chair	成形合板(不明)・鉄パイプ Shaped plywood (n/a), steel tube	不明 Unknown	0.4	0.2
18	学童用いす School chair	成形合板(不明) Shaped plywood (n/a)	不明 Unknown	0.8	0.3

注) 特に記載のない木質材料はF☆☆☆☆。

Note) Wood materials without grading are F☆☆☆☆ grade. (n/a): Formaldehyde emission was not available

ラスなどの無機材料は表面積に加えなかった。

測定に先立ち、大形チャンバーを洗浄し、バックグラウンド濃度を測定した。測定対象の家具を梱包したまま気温28℃の恒温室で24時間調温した後、梱包を解いて速やかに大形チャンバー内に設置した(第3図(b))。チャンバー閉鎖後、換気回数0.5回/hで気温28℃、相対湿度50%の清浄空気を供給し、24時間経過後に空気捕集を行った。続けて換気回数を0.25回/hに設定し、24時間後に空気捕集を行った。さらに、チャンバーを密閉し96時間後に空気捕集を行った。家具の測定における空気捕集条件を第5表に示す。

第5表 家具測定空気捕集条件

Table 5. Sampling conditions for furniture.

捕集管 Sampling tube	SUPELCO S10L	
オゾンスクラバー Ozone scrubber	WATERS WAT054420	
捕集時間 Sampling time	30 min	
捕集量 Sampling volume	$n = 0.5$	30 L
	$n = 0.25$	30 L
	$n = 0$	5 L
捕集流量 Sampling flow rate	$n = 0.5$	1000 mL / min
	$n = 0.25$	1000 mL / min
	$n = 0$	167 mL / min

3. 結果と考察

3.1 物質伝達率

結果を第6表に示す。ファンを設置しない場合の物質伝達率は4.8m/hであった。比較に用いたADPAC

第 6 表 物質伝達率測定結果

Table 6. Mass transfer coefficient of the large chamber.

試験体形状 Form of specimen	攪拌 Stirring	ろ紙温度 Filter paper temperature (°C)	チャンバー入口絶対湿度 Specific humidity on chamber inlet (kg/kg')	チャンバー出口絶対湿度 Specific humidity on chamber outlet (kg/kg')	物質伝達率 Mass transfer coefficient (m/h)
平板状 Panel	なし Off	25.3	0.0032	0.0154	4.8
	あり On	25.9	0.0030	0.0175	7.8

の実測値は約 4m/h であることから¹²⁾、平板状の試験体では、 n/L 条件を同一にすることにより、本チャンバーでの濃度測定の結果と 20L 小形チャンバーでの結果の比較が可能であると考えられた。この結果により、20L 小形チャンバーとほぼ同じ値の物質伝達率条件下で放散量測定が可能であることが明らかになった。チャンバー内にファンを設置することにより、物質伝達率は上昇したが、JIS の小形チャンバー法で定める物質伝達率 9 ~ 18m/h を満足するには、より大風量の攪拌装置が必要となることが明らかになった。今後、表面拡散支配型の VOC 測定の場合はファンの改良が必要である。

3.2 回収率

ホルムアルデヒドの回収率測定結果を第 7 表に示す。ホルムアルデヒドの回収率は十分に高く、チャンバー内吸着や漏気による影響は小さいと考えられた。

3.3 小形チャンバー法との比較

家具測定用チャンバーによって得られたホルムアルデヒド放散速度は、小形チャンバー法による値と相関係数 0.99 の高い相関を示した (第 4 図)。ホルムアルデヒド放散速度が異なる 5 種類の木質材料について、両チャンバーにおいてほぼ等しい測定結果が得られたことから、本試験で作製した大形チャンバーで得られる測定値と、JIS A 1901 に準拠した小形チャンバーによる測定値には高い整合性があると考えられる。したがって、本チャンバーによる平板状試験体からのホルムアルデヒド放散量測定は十分信頼できると考えられる。

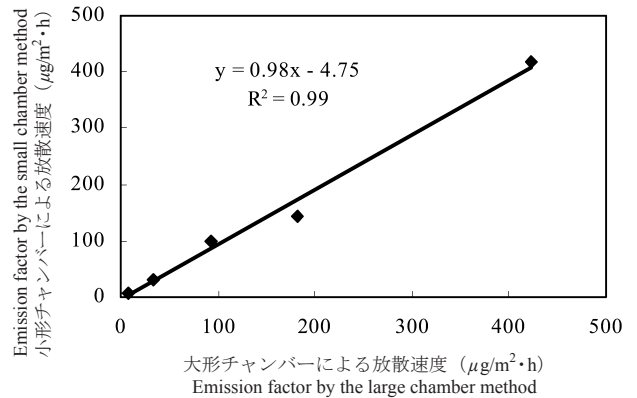
3.4 1/C 値と n/L 値の直線性

本チャンバーでの $1/C$ と n/L_a (L_a : 面積単位の試料負荷率) の関係を第 5 図に示す。試料負荷率を変化させた場合と換気回数を変化させた場合の両条件に

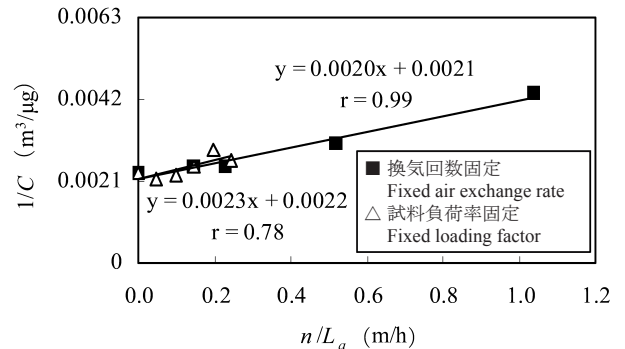
第 7 表 回収率測定結果

Table 7. Recovery of the large chamber.

	気中濃度 Concentration (µg/m³)		回収率 Recovery (%)
	給気側 Inlet	排気側 Outlet	
1	502	495	99
2	168	161	96
平均 Average			98



第 4 図 両チャンバーにおける放散速度の関係
Fig. 4. Relationship of emission factors between small and large chambers.



第 5 図 $1/C$ と n/L_a の関係
Fig. 5. Relationship between $1/C$ and n/L_a .

において、 $1/C$ と n/L_a 値の直線性が認められた。また両条件において類似の近似直線が得られた。したがって、本チャンバーでの $n=0$ での平衡濃度 (C_e) と、任意の換気回数あるいは試料負荷率での濃度 (C) から HBF 式を用いて、任意の大きさの空間での濃度予測が可能であると考えられる。

3.5 大形チャンバー内の攪拌がホルムアルデヒド濃度に与える影響

MDF 素板と同 MDF を本棚状に組み立てた場合の

ホルムアルデヒド気中濃度測定の結果を第6図に示す。MDF素板からの放散量には攪拌の有無による影響はほとんど見られなかった。しかしながら、同MDFを本棚状に組み立てた場合の放散量は攪拌の影響を受けた。攪拌を行わなかった場合のホルムアルデヒド気中濃度は、素板をそのまま設置した場合に比べ20%程度減少した。しかしながら、チャンバー内に攪拌ファンを設置することにより、気中濃度は素板を測定した場合と近い値を得ることができた。第7図に試験体表面風速とパッシブサンプラーによるホルムアルデヒド濃度を示す。攪拌を行わなかつ

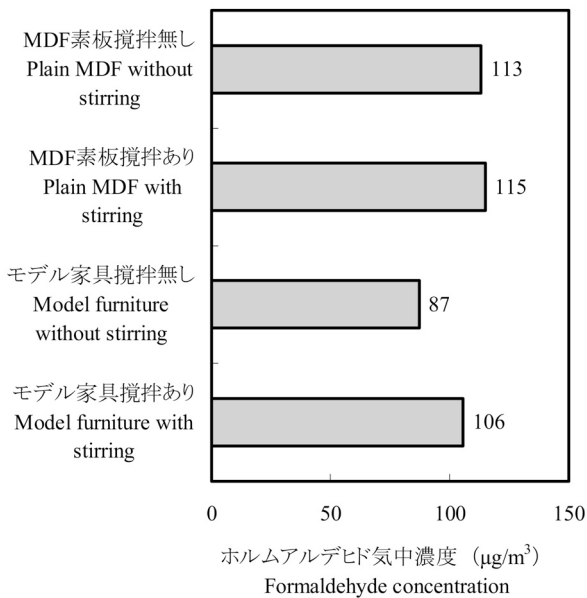
た場合、試験体の収納部で表面風速が0m/sを示した。また、試験体天板で風速が0.5m/sを示した。これは、チャンバーの換気による気流が試験体上部に生じ、給排気口間にショートカットが生じた可能性を示唆している。一方、攪拌を行った場合は、試験体の全面で0.1m/s以上の風速を示した。しかしながら、天板上の風速は低下した。無攪拌・攪拌の両条件において、パッシブサンプラーの値は3点ともほぼ等しい値を示し、顕著な濃度差が認められなかった。このことから、両条件において、試験体収納部内部と排気口近傍の間に極端なホルムアルデヒドの濃度差は生じていないと推測される。すなわち、攪拌の有無による濃度の違いは、試験体の表面風速の違いによって生じたものと推測される。以上の結果から、本棚などの収納家具の場合、総表面積に占める割合が大きい収納部での表面風速がチャンバー内濃度に大きな影響を与えると考えられた。よって、家具からのホルムアルデヒド放散量測定ではチャンバー内の攪拌が必要である。

3.6 家具からのホルムアルデヒド放散量

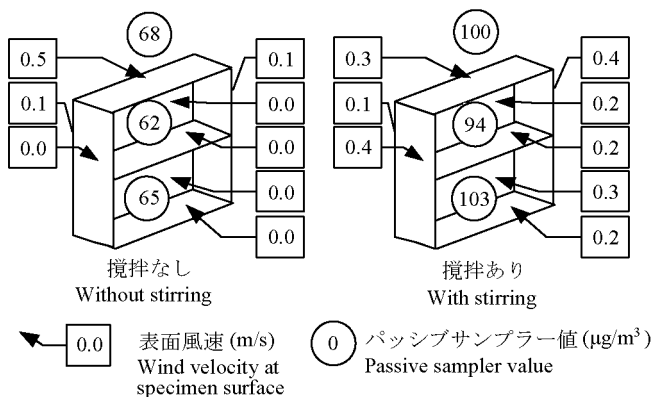
各試験体からのホルムアルデヒド放散速度を第8表に示す。各試験体の表面積がそれぞれ異なることから、HBF式を用いて同一の n/L_a 条件における推定放散速度を算出し、試験体間の放散量の比較を行った。 n/L_a 条件は建築基準法シックハウス対策「技術的試案の作成根拠」¹³⁾に従って0.05とした。各試験体の気中濃度予測式をHBF式から(2)式とした場合の、係数 a 、 b と $n/L_a=0.05$ 条件での推定放散速度を第9表に示す。なお、試験体3は表面積を正確に測定できなかったため、推定放散速度の算出を行わなかった。

$$\frac{1}{C} = a \frac{n}{L_a} + b \tag{2}$$

試験体15・16は製造後10年程度経過しているにもかかわらず、内装仕上げ材としては使用できない第1種ホルムアルデヒド発散建築材料相当の放散速度を示した。このことから、ホルムアルデヒド対策がとられていない家具の中には製造後長期間に渡り大きな放散速度を示すものが存在することが明らかになった。また、推定放散量が第2種材料相当の $55\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ を示した試験体番号8のワゴンは、普



第6図 試験体形状と攪拌によるホルムアルデヒドの気中濃度の違い
Fig. 6. Difference of formaldehyde concentration with the form of specimen and air stirring.



第7図 試験体表面風速とホルムアルデヒド濃度
Fig. 7. Wind velocity at specimen surface and formaldehyde concentration.

第 8 表 ホルムアルデヒド測定結果

Table 8. Formaldehyde emissions from furniture.

試験体 番号 Specimen No.	気中濃度 Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			$n = 0.5$ での放散速度 Emission factor at $n = 0.5$		
	バック グラウンド Background	$n = 0.5$	$n = 0.25$	$n = 0$	単位個数 あたり Area specific ($\mu\text{g}/\text{unit}\cdot\text{h}$)	単位面積 あたり Unit specific ($\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$)
1	2	71	84	172	94	46
2	2	4	7	77	5	4
3	Tr.	53	79	252	71	-
4	2	81	107	192	108	40
5	Tr.	5	13	97	7	7
6	8	12	21	201	17	9
7	3	26	28	71	35	13
8	2	353	441	1328	470	249
9	5	22	26	43	30	6
10	7	96	101	129	127	13
11	6	83	94	142	110	18
12	5	38	44	188	51	6
13	5	4	3	10	5	<1
14	7	42	46	76	56	8
15	4	283	446	5500	376	508
16	8	201	321	3708	267	361
17	9	21	38	326	28	73
18	6	14	20	173	19	24

Tr: 定量下限値 ($1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$, 30L 捕集時) 以下

Tr: Less than lower limit of determination ($1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ at 30 L sample volume)

及価格帯の東南アジア製輸入品であった。本試験体は、天板に用いられた MDF 以外は無垢材であったことから MDF が放散源である可能性が大きい。一方、試験体番号 1, 2, 5-7, 10-14 の家具は材料に F☆☆☆☆品を用いているが、一部の試験体は推定放散速度が $5\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ を超過した。推定の誤差も原因として考えられるが、家具の場合、基材となる木質材料に接着剤・化粧板・塗料が厚さ方向に重ねて用いられており、すべての材料が F☆☆☆☆であっても、表面からの放散量がどのような値をとるかは解明されていないことから、今後の検討が必要である。ホルムアルデヒドの放散量が最も小さかった試験体 13 は材料の大部分に広葉樹無垢材（一部合板）を用い、塗装に亜麻仁油・みつろうを原料とする天然系塗料を用いた家具であった。

4. まとめ

- 1) 家具からの VOC 放散量測定のための簡易な大形チャンバーを製作した。製作したチャンバーで得たホルムアルデヒド放散速度測定結果は JIS A 1901 に準拠した 20L 小形チャンバーによる測定結果と高い相関を示した。

第 9 表 $n/L_a=0.05$ における推定ホルムアルデヒド放散速度

Table 9. Estimated emission factors at $n/L_a = 0.05$

試験体番号 Specimen No.	a	b	$n/L_a = 0.05$ における 推定放散速度 Estimated emission factor at $n/L_a = 0.05$ ($\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$)
1	0.0123	0.0064	7
2	0.2044	0.0130	2
3	-	-	-
4	0.0057	0.0052	9
5	0.1244	0.0103	3
6	0.1108	0.0050	5
7	0.0551	0.0142	3
8	0.0032	0.0008	55
9	0.0945	0.0233	2
10	0.0223	0.0078	6
11	0.0250	0.0070	6
12	0.1109	0.0220	2
13	1.9235	0.0966	<1
14	0.0591	0.0131	3
15	0.0020	0.0002	179
16	0.0027	0.0003	123
17	0.0129	0.0031	13
18	0.0417	0.0058	6

- 2) MDF 素板を測定した場合のホルムアルデヒド気中濃度はチャンバー内の攪拌によってほとんど変化しなかった。しかしながら、素板を本棚状に組み立てた試験体では、攪拌を行うことによって気中濃度が上昇し、素板測定時と近い値を得た。家具の表面積に対して占める割合が大きい収納部の表面風速が気中濃度に影響を与えていると考えられる。
- 3) 表面積が異なる各種家具間で放散速度を比較する手段として $n/L_a=0.05$ 条件での放散速度を HBF 式により推測して用いる方法を提案した。
- 4) F☆☆☆☆等級の材料を用いて製造された家具は全体的に低いホルムアルデヒド放散速度を示したが、一部の試験体は $5\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ を超過した。また、普及価格帯の輸入家具には F☆☆相当の放散速度を示すものがあつた。
- 5) 納入後 10 年以上経過したにもかかわらず、第 1 種ホルムアルデヒド発散材料 (F スター表示無し) に相当する放散速度を示す家具が認められた。

謝 辞

本研究の一部は、地域産業集積中小企業等活性化事業 (中小企業庁)「旭川家具・建具のブランド化事

業 - 低 VOC 家具認証に関する検討 -」により実施したものである。また、各種の企業・団体より試験体の提供を頂いた。関係各位に深甚なる謝意を表す。

文 献

- 1) 石井誠, 秋津裕志, 朝倉靖弘, 伊佐治信一, 村田さやか, 伊庭千恵美, 小林智: 日本木材加工技術協会第 22 回年次大会講演要旨集, 2004, pp.43-44.
- 2) ASTM E1333-96: Standard Test Method for Determining Formaldehyde Concentrations in Air and Emission Rates from Wood Products Using a Large Chamber, 2002.
- 3) EPA-RTI ETV Test Protocol: Large Chamber Test Protocol for Measuring Emissions of VOCs and Aldehydes, 1999.
- 4) State of California Final Environmental Specifications for Office Furniture Systems, 2000.
- 5) 朱清宇, 加藤信介, 安宅勇二, 徐長厚: 日本建築学会環境系論文集 No.593, 41-48 (2005).
- 6) 野崎淳夫, 橋本康弘: 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, 2005, pp.101-104.
- 7) 天野健太郎, 呂俊民, 石黒武: 日本建築学大会学術講演梗概集 (近畿) D-2, 2005, pp.871-872.
- 8) 石川祐子, 吉田仁美, 森本雅文, 田辺新一, 神原弘幸: 日本建築学大会学術講演梗概集 (近畿) D-2, 2005, pp.895-896.
- 9) JIS A 1901: 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方法 - 小形チャンバー法, 2003.
- 10) 村上周三監修: “JIS 使い方シリーズ - シックハウス対策に役立つ小形チャンバー法解説 [JIS A 1901]”, 日本規格協会, 2003.
- 11) J.J. Hoetjjer and K. Koerts: A Model for Formaldehyde Release from Particleboard, Formaldehyde Release from Wood Products, American Chemical Society, pp.125-144, 1986.
- 12) 舟木理香, 田辺新一, 田中博: 日本建築学会環境系論文集 No.572, 47-54 (2003).
- 13) 国土交通省住宅局建築指導課: “改正建築基準法に対応した建築物のシックハウス対策マニュアル - 建築基準法・住宅性能表示制度の解説及び設計施工マニュアル”, 工学図書株式会社, 2003.

— 技術部 成形科 —

— *1: 性能部 性能開発科 —

— *2: 性能部長 —