

木質建材の臭気評価

平間 昭光 澤田 哲則*¹ 朝倉 靖弘 佐藤 義明
佐藤 司 長谷川 優*² 佐藤 晃壽*³

Sensory Evaluation of Odor from Wood-based Building Materials

Akimitsu HIRAMA Tetsunori SAWADA Nobuhiro ASAKURA Yoshiaki SATOH
Tsukasa SATO Masaru HASEGAWA Terutoshi SATO

The effects of odor from wood-based building materials (plywood, OSB, lumber) on the living environment of residents were examined by olfactory sensory evaluation, using the triangle odor bag method. The results were as follows:

- 1) For plywoods, the odor index showed a decreasing tendency when the butt ends were sealed.
- 2) In all samples, there were the differences in the intensity of the primary odor, but there were significant correlations between the odor intensity and dilution ratio.
- 3) We found that there was no significant difference in the ratio of odor hedonics for the odor intensity of each sample when comparing the data for a correct answer ratio of 50% or more by the triangle odor bag method.
- 4) To limit odor to intensity 3 or less, it was necessary to control the loading factor between $0.17(\text{m}^2/\text{m}^3)$ and $4.97(\text{m}^2/\text{m}^3)$, and there were significant differences in the odor qualities of the samples.

Key words: wood-based building materials, triangle odor bag method, sensory evaluation, odor index, odor intensity
木質建材, 三点比較式臭袋法, 官能検査, 臭気指数, 臭気強度

三点比較式臭袋法を用いたにの官能検査から, 木質建材 (合板, OSB, 製材) から発せられるにおいが室内空間に及ぼす影響について検討を行った。その結果, 以下の結果が得られた。

- 1) 合板では, 木口面をシールした場合, 臭気指数が小さくなる傾向が認められた。
- 2) 原臭の臭気強度に違いはあるものの, すべての試料において臭気強度と希釈倍数には有意な相関関係が認められた。
- 3) 三点比較式臭袋法で50%以上の正解率が得られた試料を比較したところ, 臭気強度に対する不快度の割合に有意な差は認められなかった。
- 4) 臭気強度を3以下に抑える試料負荷率は $0.17 \sim 4.97 (\text{m}^2/\text{m}^3)$ となり, 試料間に大きな違いが認められた。

1. はじめに

近年のシックハウスといった社会問題を背景に、健康的で快適な住環境の提供および管理は建築に携わるものの責務となっている。

建築内装材をはじめとする建築材料から発せられるにおいては、不快感を与えている場合があるにもかかわらず、臭気指数などを用いた室内臭気レベルの定量的な測定方法、評価手法が確立されていないため、建築材料から放散される臭気の特徴が明らかになっていない。

本研究では、嗅覚測定法を用いて建築材料から発生するにおいの主観評価を行い、そのにおいが室内空間に及ぼす影響について生理的・心理的な側面から検討を行った。

2. 供試材料

供試材料は、市販されている合板3種（カラマツ合板、シナ合板、ラワン合板：いずれもF¹）、OSB1種（F¹）、針葉樹製材2種（カラマツ、スプルース）とビニル壁紙1種（水性アクリル系樹脂を主原料とした壁紙）の合計7種類とし、第1表のとおり調整した。合板は接着層が木口面のみであ

第1表 供試材料の種類と調整

Table 1. Description of the tested materials.

供試材料 Sample	シール箇所 Cover with Teflon [®] tape	記号 No.
針葉樹合板（カラマツ） Softwood plywood (Larch)	裏面 Back	A1
	木口，裏面 Butt end, Back	A2
広葉樹合板（シナ） Hardwood plywood (Japanese lime tree)	裏面 Back	B1
	木口，裏面 Butt end, Back	B2
広葉樹合板（ラワン） Hardwood plywood (Lauan)	裏面 Back	C1
	木口，裏面 Butt end, Back	C2
OSB Oriented strand board	裏面 Back	D1
	木口，裏面 Butt end, Back	D2
針葉樹製材（カラマツ） Softwood lumber (Larch)	裏面 Back	E1
針葉樹製材（スプルース） Softwood lumber (Spruce)	裏面 Back	F1
壁紙 Wallpaper	裏面 Back	G1
壁紙+接着剤 Wallpaper+glue	ガラス板に接着 Paste on a glass plate	G3

り、木口面と表面に接着層を有するOSBと大きく異なることから、木口から放散される臭気の影響を検証するため、木口をテフロン[®]シートでシールしたものとしないものの2種類について試験を行った。木口をシールした場合は木口の表面積に相当する分だけ放散面積を大きくし、試料負荷率が変わらないようにした。

製造会社への聞き取り調査の結果、合板に使用されている接着剤の種類は、カラマツ合板はフェノール樹脂系接着剤、シナ合板は尿素樹脂系接着剤、ラワン合板はメラミン樹脂系接着剤であった。OSBについては、樹種、接着剤とも不明であった。

供試材料は購入後、2～3か月間室内で養生し、中央付近から所定の大きさのサンプルを採取した。この時、製材については表面を数mmほう削し厚さを12mmに調整した。

壁紙と接着剤を併用した場合（第1表のG3）は、供試材料以外のおいが無視できるようにガラス板を基材とし、接着剤は酢酸ビニル樹脂系接着剤（F¹）を使用した。

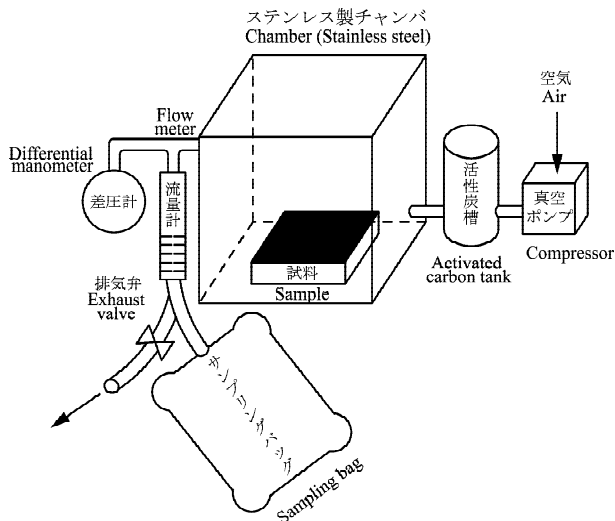
3. 実験方法

3.1 臭気採取方法

25℃、50%RHに調整した恒温恒湿室（幅4.0m×高さ2.6m×奥行き3.0m）の中に第1図に示す臭気採取装置を設置し、活性炭を透過させた無臭空気を恒温恒湿室内の換気回数が1回/h程度になるように送り込みながら実験を行った。

臭気採取装置のチャンバに供試材料を入れ、換気回数0.5回/hに相当する量の無臭空気をポンプで送り込みながら24時間養生した後に排気弁を閉じ、サンプリングバッグを取り付け原臭を捕集した。換気回数0.5回/hに相当する流量が保持されている間だけ捕集を行い、チャンバ内の圧力が上昇し流量が下降する前にサンプリングバッグを取り外し原臭の捕集を終わらせた。

試料負荷率は、8畳間（天井高2.6m）の壁表面から放散される臭気を想定し、 $1.1\text{m}^2/\text{m}^3$ となるよう供試材料の大きさを調整した。供試材料裏面から臭気が放散されないようにするため、裏面はテフロン[®]シートでシールした。



第1図 原臭採取方法

Fig.1. Sampling method for primary odors from building materials.

3.2 臭気の呈示方法と測定項目

捕集した原臭は、希釈倍数が10倍、30倍、100倍となるように無臭空気で希釈し、パネル（被験者）がにおいを感じなくなるまで希釈していく「三点比較式臭袋法」¹⁾により臭気指数を求め、6段階評価の臭気強度（第2表）と9段階評価の快・不快度（第3表）の主観評価をあわせて行った。

恒温恒湿室内に設置されたブースでしばらく座位安静状態を保ったパネルに、におい袋（3L）に入った無臭空気を数回嗅がせ、使用するにおい袋と無臭空気のにおいを熟知させた。においの強い順番に呈示し、疲労や順応で嗅覚が鈍ってきたと自覚したパネルには、休憩後に無臭空気の入ったにおい袋を数回嗅がせ実験を再開した。

嗅覚測定により得られたデータから、臭気指数を以下の式で算出した。

$$X_i = (\log M_{1i} + \log M_{0i}) / 2 \dots (1)$$

$$Y = 10 \times X \dots (2)$$

X_i : パネルの閾値 ($i = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$)

M_{1i} : パネルの回答が「正解」である最大の希釈倍数

M_{0i} : パネルの回答が「不正解」である希釈倍数

X : (1) で得られた閾値の最大値と最小値をそれぞれ1つ除き、その他の値を平均したもの

Y : 臭気指数

第2表 6段階臭気強度尺度

Table 2. 6-point odor intensity scale.

臭気強度 Odor intensity	
無臭 No odor	0
やっと関知できるにおい Very faint odor	1
何のにおいであるかわかる弱いにおい Faint odor	2
楽に関知できるにおい Easily noticeable odor	3
強いにおい Strong odor	4
強烈なにおい Very strong odor	5

第3表 9段階快・不快度尺度

Table 3. 9-point odor hedonics scale.

快・不快度 Odor hedonics	
極端に快 Extremely pleasant	4
非常に快 Very pleasant	3
快 Pleasant	2
やや快 Slightly pleasant	1
どちらでもない Neutral	0
やや不快 Slightly unpleasant	-1
不快 Unpleasant	-2
非常に不快 Very unpleasant	-3
極端に不快 Extremely unpleasant	-4

3.3 パネル

パネルはT & Tオルファクトメーターにより正常な嗅覚を有すると認められ、かつ数回の臭気実験に参加した経験のある者を採用した（20代3名、30代4名、40代3名）。

試験に際しては、体調不良のパネルを除いた中から6名を無作為に選定し実験を行った。

4. 試験結果と考察

4.1 木口面と表面の臭気特性比較

試験結果を第4表に示す。

合板3種（供試材料A, B, C）では、臭気指数、臭気強度および不快度のいずれも木口をシールすることにより低下する傾向が認められた。

これに対して、OSBでは、臭気強度と不快度については合板と同様に木口をシールすることにより低

第4表 試験結果概要

Table 4. Results of odor sensory measurement.

供試材料 ^{*)} Sample ^{*)}	臭気指数 Odor index	臭気濃度 Odor concentration	臭気強度(原臭) Odor intensity (Primary odor)	快・不快度(原臭) Odor hedonics (Primary odor)
A1	13.6	23.1	4.2	-2.7
A2	12.4	17.3	3.3	-2.2
B1	9.9	9.9	3.5	-1.7
B2	6.8	4.8	3.3	-1.8
C1	13.6	23.1	2.3	-1.2
C2	11.2	13.2	2.0	-0.5
D1	18.6	73.0	4.5	-2.5
D2	18.6	73.0	4.0	-1.8
E1	19.9	97.4	4.2	-2.7
F1	10.5	11.3	3.2	-1.2
G1	8.7	7.4	0.7	-0.2
G3	9.9	9.8	3.5	-2.2

注) *): 記号は第1表参照
Note) *): Reference to Table 1.

下したが、臭気指数に木口シールの有無による差は認められなかった。

合板では、接着層が現れている木口面から放散される臭気質が、表面から放散されるものとは異なっていた。この違いは接着剤等が影響していることが原因と思われる。一方、OSBは表面から放散される臭気が木口と同様に強いものであったため臭気指数では合板のような明確な違いはないが、快・不快度などの違いから木口面から放散される臭気質が、表面から放散されるものとは異なっていると考えられる。

4.2 臭気強度と希釈倍数、快・不快度の関係

裏面のみシールした供試材料で正解が得られた全データの希釈倍率と臭気強度の関係を第2図に示す。原臭の臭気強度に違いはあるものの、いずれの供試材料においても臭気強度と希釈倍数には有意な相関が認められた。希釈による臭気強度の減少は供試材料A1でやや大きくなるが、ほぼ同様の傾向を示している。

次に、すべての供試材料において正解率が50%以上(3名以上)得られたデータについて、臭気強度に対する快・不快度が供試材料間で差があるかどうかを検証するため、クラスカル・ウォリスの検定($p=0.107$, $df=6$)を行ったが、有意な差は認められなかった(第3図)。

今回選定した木質建材は、原臭の臭気に大きな違いは認められるものの、希釈倍数に応じて臭気強度

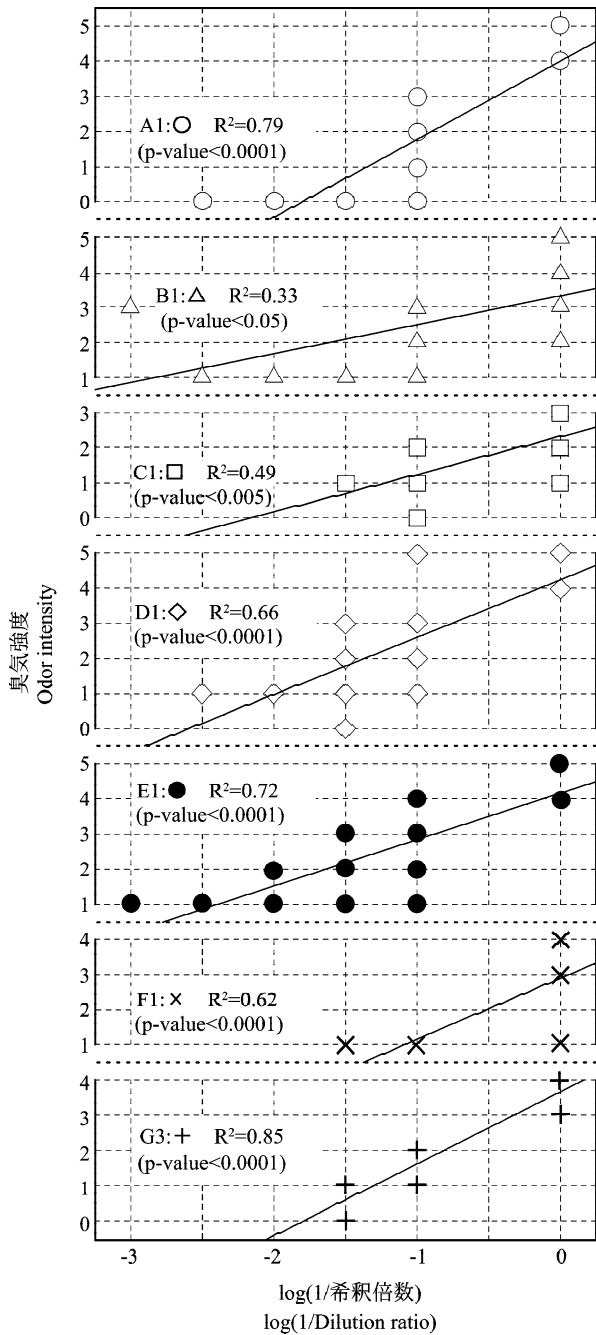
や快・不快度が低下しており、臭気強度が同じレベルに希釈されたものであれば、臭気質に関係なく快・不快度も同じレベルになる傾向が認められた。

そこで、希釈倍数ごとに臭気強度と快・不快度の平均を求めた結果、今回選定した供試材料では供試材料固有の臭いに関係なく臭気強度と快・不快度に有意な相関が認められ、臭気強度に比例して不快度が増す傾向が認められた(第4図)。

4.3 室内臭気レベルの許容範囲

室内で発生する建材の臭気をどの程度に維持すればよいのかを示す指標は明確ではないが、ASHRAEの換気基準²⁾と同様に「外気に順応した状態での外来者のうち80%の人が不快に感じない臭気濃度を基準とするのが望ましい」と考えられている³⁾。建築材料の臭気については、富田⁴⁾によって非容認者率と臭気強度の関係がまとめられており、非容認者率25%を許容限度とした場合は、臭気強度3(らくに感知できるにおい)が許容限度であるとされている。臭気強度は順序尺度であり各段階の等間隔性が不明瞭だが、2と3、3と4の間隔が大きいと考えられており⁵⁾、特定悪臭物質の評価基準でも6段階の評価値とは別に2.5と3.5が基準値として定められ、2.5~3.5の範囲内で規制基準が制定されている物質もある。しかし、トイレ臭や生ごみ臭といった悪臭などに比べ木材系の建材臭は比較的容認しやすい臭気であることが確認されている^{6,7)}ことから、木質建材において臭気強度を評価尺度として用いる場合、3程度とすることで安全側の対応が可能と考えられる。

今回得られた正解率50%以上のデータでは、供試材料の違いに関係なく臭気強度と快・不快度に有意な相関があり、臭気強度2で「やや不快」、臭気強度4で「不快」で、臭気強度3は「やや不快」と「不快」のちょうど中間に位置している(第4図)。ここで、各供試材料ごとに正解が得られた臭気強度と希釈倍率の関係(第2図)を基に、臭気強度値に相当



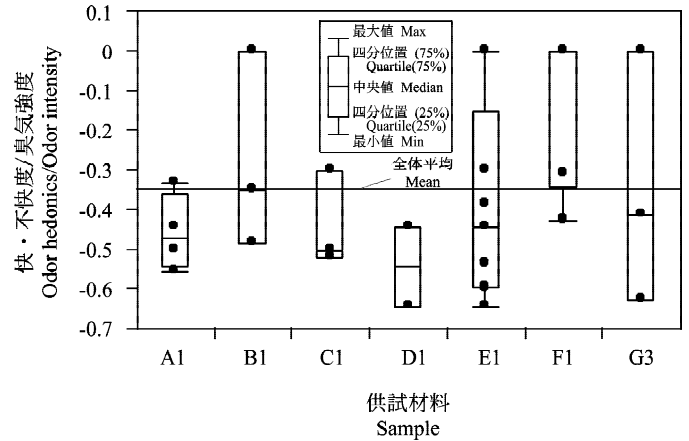
第2図 臭気強度と希釈倍数の関係
Fig. 2. Relationship between odor intensity and dilution ratio.

注) A1, B1, C1, D1, E1, F1, G3 は第1表参照
Note) A1, B1, C1, D1, E1, F1, G3: See Table 1.

する希釈倍数と試料負荷率を以下の式から算出し、臭気濃度の許容限度について検討を行った。

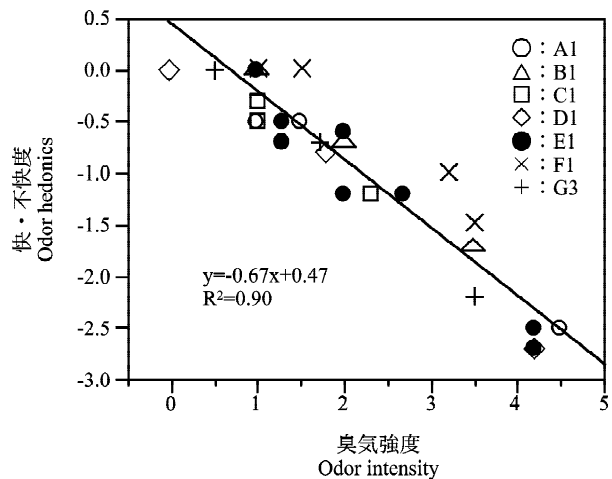
$$LF_i = LF \times 1/X_i \cdots (3)$$

LF_i : 臭気強度 = I に相当する試料負荷率 (m^2/m^3)
 LF : 1.1 (m^2/m^3) (8 畳間の壁全面相当)
 X_i : 臭気強度 = I に相当する希釈倍数



第3図 臭気強度に対する快・不快度の割合
Fig. 3. Box-whisker plots of ratio of the odor hedonics for odor intensity.

注) A1, B1, C1, D1, E1, F1, G3 は第1表参照
Note) A1, B1, C1, D1, E1, F1, G3: See Table 1.



第4図 臭気強度と快・不快度の関係
Fig. 4. Relationship between odor intensity and odor hedonics.

注) 三点比較式臭袋法による正解率 50% 以上
A1, B1, C1, D1, E1, F1, G3 は第1表参照
Note) Correct answer ratio of 50% or more by the triangle odor bag method.
A1, B1, C1, D1, E1, F1, G3: See Table 1.

その結果、臭気強度を3以下に抑える試料負荷率は、合板・ボード類(供試材料A,B,C,D)で0.18 ~ 4.97 m^2/m^3 、針葉樹製材(供試材料E,F)で0.17 ~ 1.49 m^2/m^3 、壁紙+接着剤(供試材料G3)で0.60 m^2/m^3 となり、同種の材料においても差が認められた(第5表)。

針葉樹製材では、カラマツの臭気指数と不快度は高い値を示しスプルースと大きく異なっていた。これは、市販品のスプルースの保管状況などについて

第5表 臭気強度と試料負荷率の関係

Table 5. Relationship between odor intensity and loading factor.

供試材料 Sample	臭気強度 (y) を満たす試料負荷率 (m ² /m ³) Loading factor corresponding to odor intensity.		
	y = 3	y = 2	y = 1
	A1	0.37	0.12
B1	0.70	0.03	1.49E-03
C1	4.97	0.62	0.08
D1	0.18	0.05	0.01
E1	0.17	0.03	4.50E-03
F1	1.49	0.35	0.08
G3	0.60	0.19	0.06

注) A1, B1, C1, D1, E1, F1, G3 は第1表参照
換気回数 = 0.5 (回/h)

Note) A1, B1, C1, D1, E1, F1, G3: See Table 1.
Air changes per hour=0.5

第6表 臭気強度と換気回数との関係

Table 6. Relationship between odor intensity and air changes per hour (ACH).

供試材料 Sample	臭気強度 (y) を満たす換気回数 (回/h) ACH corresponding to odor intensity.		
	y = 3	y = 2	y = 1
	A1	1.7	5.0
B1	0.9	18.9	410.3
C1	0.1	1.0	8.0
D1	3.5	13.1	49.0
E1	3.6	22.0	135.8
F1	0.4	1.7	7.5
G3	1.0	3.3	10.6

注) A1, B1, C1, D1, E1, F1, G3 は第1表参照
Note) A1, B1, C1, D1, E1, F1, G3: See Table 1.

は不明だが、輸入材であるため国産のカラマツに比べ加工後の経過時間が長いため、においの成分が揮発した状態であった可能性があり、また、針葉樹製材は表面をほう削してから24時間後に臭気の測定を行っており、表面をほう削してない合板・ボード類に比べて、より臭気の発生しやすい条件であったことも要因として考えられた。

今回行った臭気採取方法で試料負荷率 1.1 (m²/m³) における臭気の発散速度が換気回数に関係なく一定であると仮定すれば、今回選定した供試材料で臭気強度 3 以下となる換気回数は最大で 3.6 (回/h)、最小で 0.1 (回/h) となり、供試材料の臭気質を調整するための換気回数は、試料負荷率と同様大きな違いが認められた (第6表)。

5. まとめ

今回選定した7種類の建築材料は住宅資材として普及しているものだが、そこから発するにおいは、建築材料固有のにおいに関係なく臭気強度が大きければ不快度も大きくなる傾向が認められた。

しかし、選定した木質建材の種類は6種類(無垢材は2種類)しかなく、木質建材すべてを網羅しているとは言い難い。また、今回行った臭気の測定は、においを嗅いでから短時間での評価であるが、実際の居住空間を考慮すれば、時間的ファクターや供試材料の種類を考慮した臭気評価について検討を行っていく必要がある。

文 献

- 1) 岩崎好陽：“臭気の嗅覚測定法”(社)臭気対策研究会(1999)。
- 2) Waden, Richard A, Scheff, Peter A, 日本建築学会訳：“室内空気汚染 - 解析・予測・対策と人体影響データ”, 井上書院(1990)。
- 3) 山中俊夫：臭気基準と対策, におい・かおり環境学会誌, 34, 6-9(2003)。
- 4) 富田武志ほか3名：建築材料から発生するにおいの主観評価(その4)においの印象及び評価項目間の関係, 建築学会大会学術講演梗概集D-2, 959-960(2001)。
- 5) 石黒辰吉：“臭気の測定と対策技術”, オーム社(2002)。
- 6) 光田恵：日本建築学会編, “都市・建築空間の科学 - 環境心理生理からのアプローチ”, 技報堂(2002)。
- 7) 竹村明久, 山中俊夫, 甲谷寿史：建築材料から発生するにおいの心理評価(その2)木材, 畳, コンクリートのにおいに関する検討, 建築学会大会学術講演梗概集D-2, 951-952(2002)。

性能部 性能開発科

- *1: 技術部 成形科 -

- *2: 技術部 加工科 -

- *3: 技術部 製材乾燥科 -

(原稿受理: 05.06.10)