

# 健康・環境に配慮した木製インテリア用品の開発研究

## —塗料・接着剤の揮発性調査とモデル製品提案—

古曳博也・豊田修身・大野善隆

日田産業工芸試験所

### Development of the Wooden Products with the Health and the Environment —Research in the Coating・Adhesive Volatility and Propose some Products—

Hiroya KOHIKI・Osami TOYODA・Yoshitaka OONO  
Hita Industrial Art Research Division

#### 要 旨

ポータブル型TVOC検知器を用いて家具、工芸、木履、建具業界等で日頃よく使用する木工用塗料や接着剤（各5種）を対象に揮発状況の調査を行った。実験で得た化学物質の濃度値、時間が経過した時の濃度値低下の状況、含まれている成分の有害性情報等から、塗料では水性系の水性ウレタン塗料が、接着剤ではノンホルムアルデヒドタイプの水性高分子-イソシアネート系接着剤及び酢酸ビニル樹脂エマルジョン系接着剤が比較的安全であると判断できた。

塗料や接着剤を塗布した材料に対し負担をかけない程度に加熱（例えば40℃）乾燥することで、揮発する化学物質を早期に除去できることが見出せた。

健康・環境に配慮していると思われる素材を積極的に用いたテーブル、ソファなど木製家具7種8点のモデルを試作し提案を行った。

#### 1. はじめに

有機化合物の揮発が原因と思われる住宅室内の空気汚染問題に関する対応策として、健康住宅研究会が平成10年3月に「室内空気汚染低減のための設計・施行ガイドライン」<sup>1)</sup>及び「ユーザーズ・マニュアル」<sup>1)</sup>をまとめ公

表した。

塗料、接着剤及び木質素材には「優先取組み物質」として記載のあるホルムアルデヒド、トルエン、キシレン等の成分が含まれているものも多い。

そのため本研究では、家具、工芸、木履、建具業界等でよく使用する木工用塗料や接着剤を対象に、ポータブル型TVOC検知器を用いて揮発状況の調査を行った。さらに健康・環境に配慮していると思われる素材を積極的に用いて、木製家具のモデル試作を行った。その概要を以下に報告する。

Table 1 供試した塗料及び主たる揮発成分

塗 料	主たる揮発成分
水性ウレタン樹脂塗料 (W社)	グリコールエーテル, アルコール
ポリエステル樹脂塗料 (U社)	スチレンモノマー
ニトロセルロースラッカー (W社)	トルエン, イソプロピルアルコール 酢酸エチル, 酢酸ブチル
ポリウレタン樹脂塗料 (U社)	トルエン, キシレン, 酢酸エチル 酢酸ブチル
油性自然塗料 (A社)	芳香テレピン油, シトラール

Table 2 供試した接着剤及び主たる揮発成分

接 着 剤	主たる揮発成分
酢酸ビニル樹脂エマルジョン系接着剤 (S社)	酢酸ビニル
水性高分子-イソシアネート系接着剤 (O社)	4, 4'-ジフェニルメタンジイソシアネート
エポキシ樹脂系接着剤 (K社)	ポリアミドアミン
合成ゴム樹脂系接着剤 (N社)	トルエン, o-ヘキサン, 酢酸エチル
ユリア樹脂系接着剤 (S社)	ホルムアルデヒド, メタノール

#### 2. 研究方法

##### 2.1 塗料及び接着剤の揮発性試験

###### 2.1.1 供試材料

Table 1に示す木工用塗料5種及びTable 2に示す接着剤5種を供試した。被塗物として75×15×2mmのタモ薄板及び板ガラスを用いた。

###### 2.1.2 塗布方法

塗料及び接着剤は、それぞれ製造業者の指定する割合で配合した。被塗物の表面に、前者はスプレーガン（油性自然塗料の場合は刷毛塗り）で、後者はへらで均一に塗布した。

###### 2.1.3 化学物質濃度の測定及び換算

塗布後20℃60%RHの恒温恒湿器の中で6, 24, 48, 96,

168及び336時間乾燥した試験体を、室内の新鮮な空気で充満した内容量210mlのガラス製広口サンプル瓶に封緘し、再び20℃60%RH雰囲気下で1時間保持した。広口サンプル瓶内の気体濃度の状況を、ポータブル型TVOC検知器XP-339V型（新コスモス電機株式会社製）を用いて測定し、封緘前後の測定値の差を試験体から揮発する化学物質の濃度値とした（Fig.1）。また比較実験として、塗料や接着剤を塗布していない未塗布試験体についても同様に測定した。測定値は便宜上、塗料の場合トルエン濃度に、接着剤の場合はホルムアルデヒド濃度に換算して求めppmで表した。なおこれらの換算は、検知器製造業者が作製した換算グラフを基にして行った。

## 2.2 塗料の揮発促進試験

### 2.2.1 供試材料

Table 1に示す塗料のうち、ポリウレタン樹脂塗料及び油性自然塗料の2種を用いた。被塗物として300×75×8mmのパラゴムノキを用いた。

### 2.2.2 塗布方法

Table 3に示す工程で素地調整並びに塗料の塗布を行った。

### 2.2.3 化学物質濃度の測定及び換算

上塗り塗料塗布後40時間室内にて風乾し、さらに20℃60%RHの恒温恒湿器または40℃10%RHの熱風乾燥器内で1, 2, 4, 8及び24時間乾燥した。

所定時間乾燥後試験体を25×75×8mmに切断し、2.1.3に準じて試験体から揮発する化学物質濃度を測定した。

## 2.3 接着剤の揮発促進試験

### 2.3.1 供試材料

Table 2に示す接着剤のうち、合成ゴム樹脂系接着剤及びユリア樹脂系接着剤の2種を用いた。被着材には2.1.1のタモ薄板を用いた。

### 2.3.2 接着方法

タモ薄板2枚を用い、2.1.2に準じて接着剤を塗付し貼

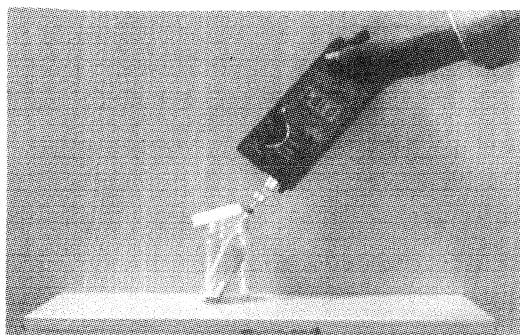


Fig.1 化学物質の濃度測定方法

Table 3 素地調整並びに塗装工程

ポリウレタン樹脂塗料	油性自然塗料
① 素地調整 #180	① 素地調整 #180
② 下塗り サディングシーラー	② 下塗り プライマー
③ 研磨 #400	③ 中塗り 着色クリアー
④ 上塗り クリヤー	④ 研磨 #400
	⑤ 上塗り クリアー

り合せた。その後幅5mmのクラフトテープを3箇所巻きつけて圧着した。

### 2.3.3 化学物質濃度の測定及び換算

接着後20℃60%RHの恒温恒湿器または40℃10%RHの熱風乾燥器内で4, 6, 24, 48, 120及び168時間乾燥した。

2.1.3に準じて試験体から揮発する化学物質濃度を測定した。

## 2.4 モデル試作のコンセプト及びテーマ

健康・環境に配慮したインテリア用品の提案をモデル試作の目的とした。主要材料には天然素材である木材を、また塗料や接着剤には2.1で行った実験結果を踏まえ、比較的安全と思われるものを選定することとした。

試作テーマとして“語らい”の場面を演出するテーブル、ソファなどの室内家具を設定した。

## 3. 結果と考察

化学物質の濃度測定については、第一に簡便性を重視した。よって今回ポータブル型TVOC検知器を用いることとし、便宜上塗料の場合はトルエン濃度に、また接着剤の場合はホルムアルデヒド濃度に換算して表した。これは“もし空気中に含まれる各々の化学物質を、例えば全てがトルエンであると仮定”して導き出した方法<sup>2)</sup>である。空気の汚れ具合（揮発状況）をみるには効果的であるが、導き出した濃度値と人体への影響についての因果関係は定かではない。

### 3.1 塗料成分の揮発状況

塗料5種について、塗布6時間後の瓶内における濃度状況をFig.2, 経時変化をFig.3に、含まれている成分の化学物質名をTable 1に示す。

まず瓶内における濃度の状況を被塗物別にみた。6時間後の状況は、タモ薄板>板ガラスであった。塗付された塗料は木材の材中によく浸透することから、塗料に含まれる揮発成分がしばらくの間、材中に保持された状態になっているためと思われる。

塗料5種の揮発量について、6時間後の状況をみると油性自然塗料>ポリウレタン樹脂塗料>ポリエステル樹脂塗料>ニトロセルロースラッカー>水性ウレタン樹脂

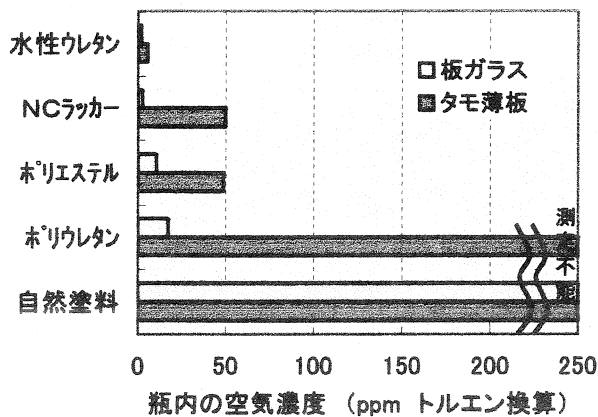


Fig. 2 塗料6時間後の揮発状況(塗付量60g/m<sup>2</sup>当り)

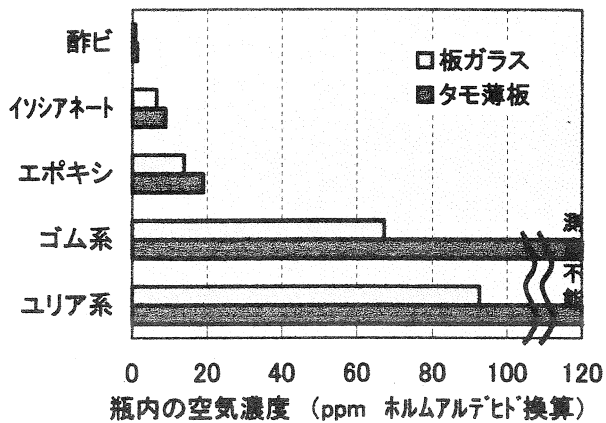


Fig. 4 接着剤6時間後の揮発状況(塗付量150g/m<sup>2</sup>当り)

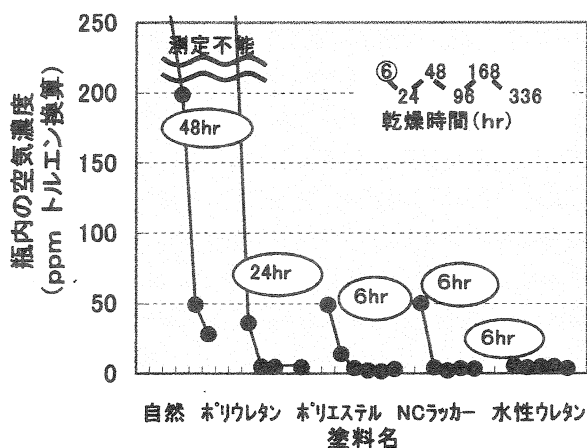


Fig. 3 塗料揮発成分の経時変化(塗付量60g/m<sup>2</sup>当り)

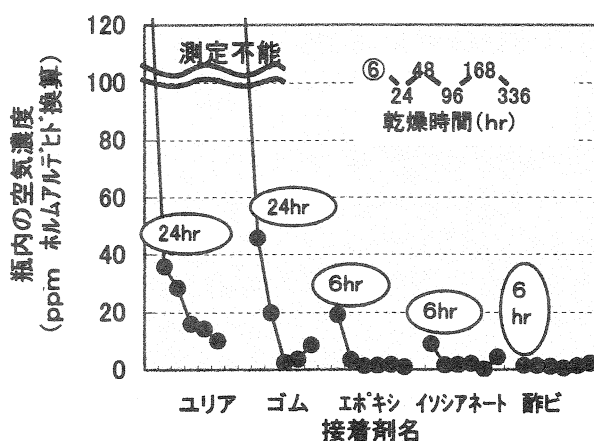


Fig. 5 接着剤揮発成分の経時変化(塗付量150g/m<sup>2</sup>当り)

塗料の順であった。特に油性自然塗料、ポリウレタン樹脂塗料を塗布した試験体で高い値を示した。

油性自然塗料は、植物を原料とした芳香テレピン油やシト랄等成分が多く含まれていることから、人体への影響は少ないものと思われる。ただ時間が経過した場合でも濃度値の低下はなかなか進まず、長期間にわたり鼻を突くようなにおいが持続する傾向にあることがわかった。

ポリウレタン樹脂塗料にはトルエンやキシレン等の成分が含まれているため、使用する際は特に留意が必要であると思われる。時間が経過した場合でも濃度値の低下はやや遅く、48時間後に未塗布試験体(平均揮発量は4.13ppm)とほぼ同様の値を示した。

ニトロセルロースラッカーにはトルエン等の成分が含まれており留意が必要であるが、ポリウレタン樹脂塗料より揮発量が少なく、また24時間後には未塗布試験体とほぼ同様の値に達することがわかった。

無溶剤型タイプのポリエステル樹脂塗料は、6時間後の状況ではニトロセルロースラッカーとほぼ同様の揮発

量であるが、時間が経過した時の濃度値の低下は若干遅く、未塗布試験体と同様になるまでに48時間を要した。

微量の有機溶剤を含む水性ウレタン塗料は揮発量が最も少なく、また6時間後にはすでに未塗布試験体とほぼ同様な濃度値を示していた。

以上の実験結果より、今回供試した5種の塗料の中では水性系の水性ウレタン塗料が比較的安全であると判断できた。

### 3.2 接着剤成分の揮発状況

接着剤5種について塗付6時間後の瓶内における濃度状況をFig. 4, 経時変化をFig. 5に、含まれている成分の化学物質名をTable 2に示す。

接着剤5種の揮発量について、6時間後の状況をみるとユリア樹脂系接着剤>合成ゴム樹脂系接着剤>エポキシ樹脂系接着剤>水性高分子-イソシアネート系接着剤>酢酸ビニル樹脂エマルジョン系接着剤の順であった。特にユリア樹脂系接着剤と合成ゴム樹脂系接着剤で高い値を示した。ただし合成ゴム樹脂系接着剤については、一

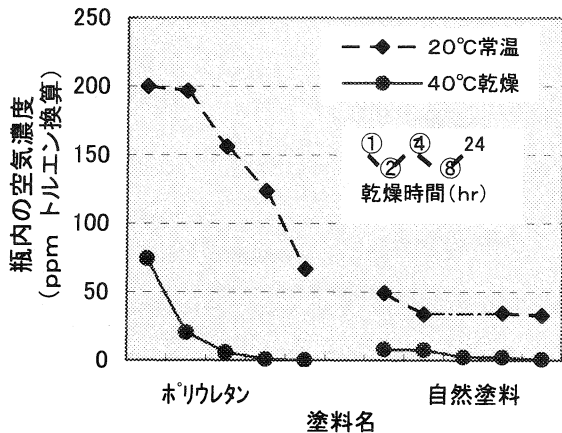


Fig.6 加熱乾燥による塗料の揮発成分の早期除去

一般的には接着剤塗付後に堆積時間（オープンタイム）を設けるが、今回の実験では接着剤塗付後すぐに貼り合せたため設けなかった。

ウリア樹脂系接着剤にはホルムアルデヒド等の成分が含まれているため、使用する際には特に留意が必要であると思われる。時間が経過した場合でも濃度値の低下はなかなか進まず、長期間にわたり成分が保持される傾向を示した。

合成ゴム樹脂系接着剤にも成分としてトルエン等が含まれているため、使用時には留意が必要と思われる。時間が経過した時の濃度低下についてはウリア樹脂系接着剤ほど遅くはないものの、96時間後によく未塗付試験体（平均揮発量は4.47ppm）とほぼ同様な値となった。

ノンホルムアルデヒド系の接着剤であるエポキシ樹脂系接着剤、水性高分子-イソシアネート系接着剤及び酢酸ビニル樹脂エマルジョン系接着剤については、前述した二つの接着剤と比較して揮発量が少なく、また24時間後には未塗付試験体とほぼ同様な値となることがわかった。ただエポキシ樹脂系接着剤の硬化剤成分であるポリアミンは、皮膚に接触した際に皮膚、粘膜の障害を起こす恐れがあり留意が必要となる。

以上の結果より、今回供試した5種の接着剤の中では水性高分子-イソシアネート系接着剤及び酢酸ビニル樹脂エマルジョン系接着剤が比較的安全であると判断できた。

### 3.3 揮発成分の早期除去について

前述の3.1及び3.2の実験結果より揮発量の特に多かった塗料2種（油性自然塗料及びポリウレタン樹脂塗料）と接着剤2種（ウリア樹脂系接着剤及び合成ゴム樹脂系接着剤）について、加熱乾燥による揮発成分の早期除去を試みた。結果をFig.6及びFig.7に示す。

供試した塗料、接着剤とも塗布後20°Cで乾燥する場合と比較して40°Cで乾燥することによって、成分の揮発が

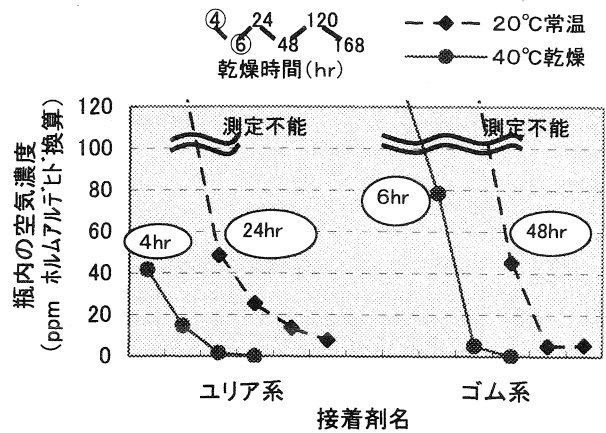


Fig.7 加熱乾燥による接着剤の揮発成分の早期除去

進み短時間に低い濃度値に達することがわかった。

塗料については塗布後40時間室内で風乾したのち40°C加熱乾燥を施したが、ポリウレタン樹脂塗料の場合は8時間後に、また油性自然塗料については4時間後に未塗付試験体（揮発量3.86ppm）とほぼ同様な濃度値を示した。

接着剤についてはウリア樹脂系接着剤、合成ゴム樹脂系接着剤共に、40°C加熱乾燥24時間後には未塗付試験体（揮発量4.47ppm）とほぼ同様な値となる結果を得た。

以上の結果から材料に負担をかけない程度に加熱乾燥することで、塗料及び接着剤から揮発する化学物質を早期に除去できることが見出された。

木製インテリア用品の製造現場においても、加熱処理による揮発成分の早期除去は効果的であると思われる。使用する塗料や接着剤、被塗物（被着材）、塗布面積、作業工程、作業に係るコスト等詳細に吟味することによってその現場にあった最適な処理方法を検討することが望まれる。なお建築分野においてはベイクアウトと称して、特に新築住宅における建材、内装材からの揮発成分の早期除去を目的とした加熱処理方法等が、すでにスケジュール化されている<sup>3)</sup>。

### 3.4 モデル試作について

7種8点のモデル試作を行った。

モデル試作に用いる木材には、スギ、ナラ、パインの3種を選んだ。木質材料はJAS（日本農林規格）で定められている、ホルムアルデヒド揮発量の少ないF1タイプのものを使用した。仕口や幅矧ぎ等に用いる接着剤は、ノンホルムアルデヒドタイプの水性高分子-イソシアネート系接着剤及び酢酸ビニル樹脂エマルジョン系接着剤を、さらに美観を保つための塗料にはトルエン、キシレン等の有機溶剤が微量かもしくは含まれていない水性アクリル樹脂塗料、油性自然塗料及び柿渋塗料を選定した。またソファの張地には綿素材を用いた。

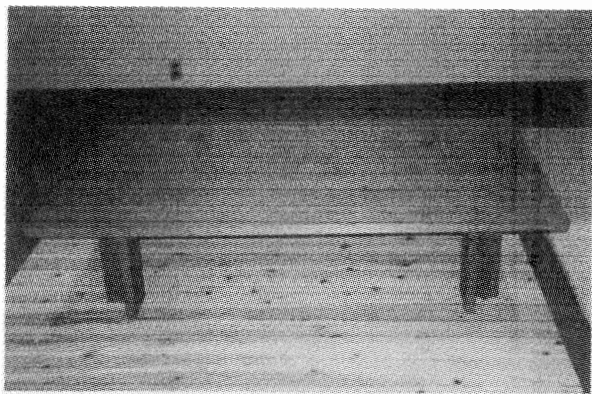


Fig. 8 テーブル (スギ)

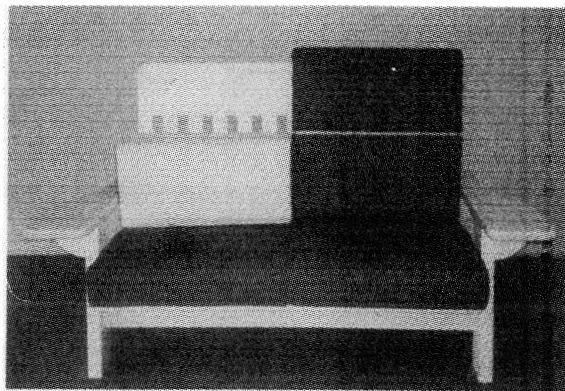


Fig. 12 ファミリーソファ (Bタイプ: パイン)

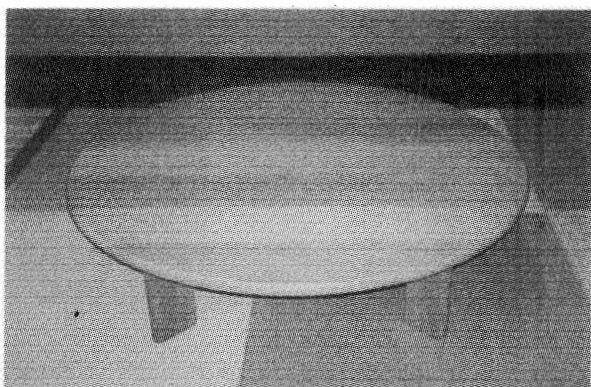


Fig. 9 円卓 (ナラ)

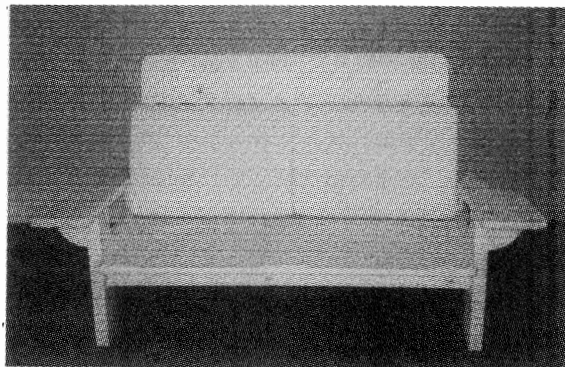


Fig. 13 ファミリーソファ (Cタイプ木製: パイン)

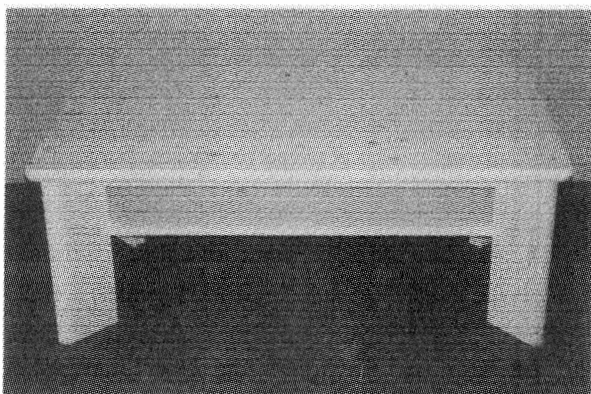


Fig. 10 ソファ用テーブル (パイン)

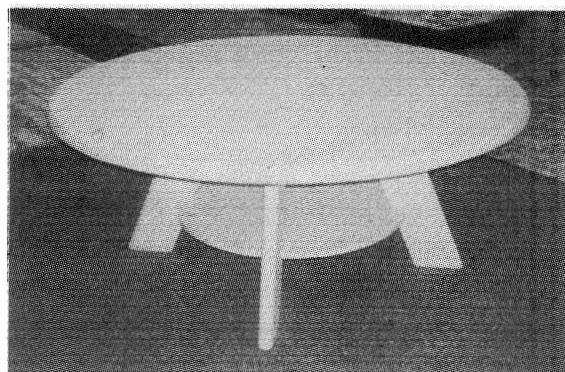


Fig. 14 丸テーブル (パイン)

以下モデル試作の概略を説明する。

Fig. 8はテーブルである。畳やフローリングの床材に腰をおろして語り合える座卓風に仕上げた。使用材料はスギ、柿渋塗料、酢酸ビニル樹脂エマルジョン系接着剤。サイズは幅1500×奥行800×高さ330mm。

Fig. 9は円卓である。卓袱台風に仕上げた。天板と4本の脚は金具で固定してあり脱着が可能である。使用材料はナラ、油性自然塗料（着色及びクリアー仕上げ）、酢酸ビニル樹脂エマルジョン系接着剤。サイズは直径1200×高さ330mm。

Fig. 10はソファ用テーブルである。ソファに腰掛け

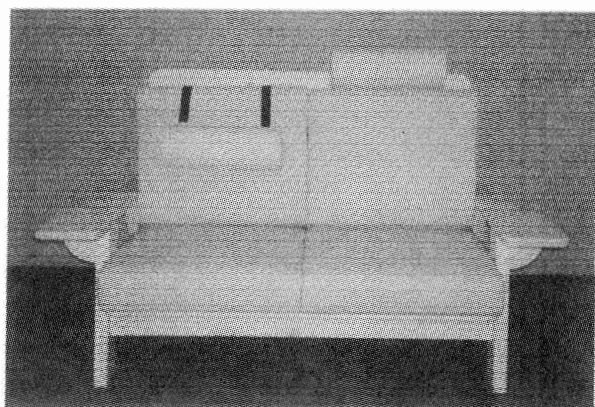


Fig. 11 ファミリーソファ (Aタイプ: パイン)



ゆったりと語り合う場面を演出する。使用材料はパイン、水性アクリル塗料、水性高分子-イソシアネート系接着剤。サイズは幅1200×奥行600×高さ330mm。

Fig. 11はファミリーソファ（Aタイプ）である。腰を支えるランバーサポートと首を支えるヘッドレストの役目を果たす丸クッションが任意の位置で固定できる機能を持たせた。使用材料はパイン、水性アクリル塗料、水性高分子-イソシアネート系接着剤。サイズは幅1600×奥行880×高さ930mm。

Fig. 12はファミリーソファ（Bタイプ）である。背中の部分のクッションが二つに折れる構造になっており、体の小さな子供たちにも座り易くした。使用材料はパイン、水性アクリル塗料、水性高分子-イソシアネート系接着剤。サイズは幅1600×奥行880×高さ890mm。

Fig. 13はファミリーソファ（Cタイプ木製）である。奥行きにゆとりを持たせた。クッションをはずせば胡座もかけられる。使用材料はパイン、水性アクリル塗料、水性高分子-イソシアネート系接着剤。サイズは幅1600×奥行850×高さ880mm。

Fig. 14は丸テーブルである。使用材料はパイン、水性アクリル塗料、水性高分子-イソシアネート系接着剤。サイズは直径1400×高さ650mm。

これらの製品試作については、県内で開催された展示会等に出品し、健康・環境を配慮した木製家具の一例として提案を行った。なお、当所展示室において常時展示を行っている。

#### 4. まとめ

木工用塗料や接着剤を対象に、ポータブル型TVOC検知器を用いて化学物質の揮発状況の調査を行った。その結果以下のことがわかった。

①揮発成分の保持状況を被塗物別にみると、タモ薄板>板ガラスであった。

②塗料5種の6時間後の揮発量は、油性自然塗料>ポリウレタン樹脂塗料>ポリエステル樹脂塗料>ニトロセルロースラッカー>水性ウレタン樹脂塗料の順であった。

③接着剤5種の6時間後の揮発量は、ユリア樹脂系接着剤>合成ゴム樹脂系接着剤>エポキシ樹脂系接着剤>水性高分子-イソシアネート系接着剤>酢酸ビニル樹脂エマルジョン系接着剤の順であった。

今回濃度測定で用いたポータブル型TVOC検知器は簡便性に優れ、揮発成分濃度の状況を大枠で把握するにはたいへん効果的であった。しかし化学物質の個々の濃度値が計測できないのが欠点である。

今後はガスクロマトグラフィー等の精密な機器を用い

て精度の高いデータも収集し、比較・分析することで、簡易測定器の信憑性を深めたい。

#### 5. 謝辞

本研究の遂行にあたり、貴重なご意見ご助言を賜りました川村木材塗装技術事務所・川村二郎氏に心より感謝の意を表します。また試作品製作にご協力いただきました株式会社朝日木工、株式会社イトウ、株式会社三和ファニチャの皆様、材料を提供していただいた大分県林業試験場の皆様にもあわせてお礼申し上げます。

#### 参考文献・資料

- 1) 財住宅・建設省エネルギー機構編：健康住宅セミナーテキスト，（1998）。
- 2) 田辺新一：室内空気汚染，（1998），p49-50，（株）講談社。
- 3) 例えば，パルカ技研（株）：<http://www.sannet.ne.jp/palca/>