

合板と接着剤とホルムアルデヒドの放散について

河原崎 政 行

はじめに

ホルムアルデヒド等の化学物質による住宅室内の空気汚染が問題にされてからしばらく経ちました。最近では、新聞等のマスコミの話題にのぼることも、一時期に比べて少なくなったように思えます。この問題に対し、大手ハウスメーカーでは、それらの化学物質の放散が少ない建材の使用等による対応が進んでいるようです。実際に、住宅内にそのような建材を使用していることを、テレビ等で宣伝しているハウスメーカーもいくつか見られます。市場に出ている合板やパーティクルボード等の建材については、以前に比べてホルムアルデヒドの放散量が少ない物が増えているようです。今後も、これらの製品の低ホルムアルデヒド化は、進んでいくと思われます。

化学物質による室内空気汚染は、合板、パーティクルボード等の木質建材に含まれるホルムアルデヒドや、塗料等に含まれるトルエン、キシレン等の化学物質の室内への放散、住宅の高気密化等が原因と言われています。これらの室内空気汚染の防止策としてはいくつかありますが、その一つとして前述したように室内に使用する木質建材を、ホルムアルデヒドの放散の少ないものにするのがあります。木質建材から放散されるホルムアルデヒドは、主に製造する際に使われる接着剤が原因となります。木質材料は、木材を薄くかつらむきした単板または細かく削った木材小片等を接着剤で接着することにより製造されます。この接着剤の多くにホルムアルデヒドが含まれているのです。ここでは、合板を中心として木質建材におけるホルムアルデヒドの放散、接着剤について紹介したいと思います。

ホルムアルデヒド放散量の規格について

木質材料に関するホルムアルデヒド放散量について簡単に説明します。ホルムアルデヒドの放散量は、合板に関しては日本農林規格（JAS）、パーティクルボード、繊維板については日本工業規格（JIS）で

それぞれ定められています（表1、表2）。両規格ともホルムアルデヒドの放散量の測定は、デシケータ法を用いています。デシケータ法は寸法50×150mmの試験片を、JASでは10枚、JISでは試験片の表面積の合計がおよそ1,800cm²になる枚数を用います。それらの試験片を、図1に示すようにデシケータ内に設置し、温度20℃の状態での状態で24時間放置し、試験片から放散されるホルムアルデヒドをデシケータ底部の蒸留水に吸収させます。この蒸留水を分析し、ホルムアルデヒドの濃度を求めます。なお、ホルムアルデヒド放散量

表1 普通合板・構造用合板・特殊合板・コンクリート型枠用合板に関する日本農林規格(JAS)におけるホルムアルデヒド放散量の区分

表示の区分	平均値	最大値
F ₁	0.5mg/ℓ 以下	0.7mg/ℓ 以下
F ₂	5 mg/ℓ 以下	7 mg/ℓ 以下
F ₃	10mg/ℓ 以下	12mg/ℓ 以下

表2 繊維板とパーティクルボードに関する日本工業規格(JIS)におけるホルムアルデヒド放散量の区分

種類	記号	平均値
E ₀ タイプ	E ₀	0.5mg/ℓ 以下
E ₁ タイプ	E ₁	1.5mg/ℓ 以下
E ₂ タイプ	E ₂	5 mg/ℓ 以下

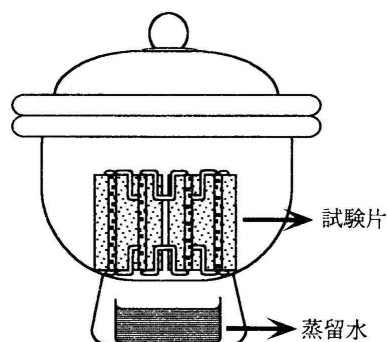


図1 デシケータ法

の等級表示は、JIS適合ボードについては義務づけられていますが、JASでは任意表示になっています。

これとは別に、平成9年6月に、厚生省において近年の住宅室内の化学物質による空気汚染を踏まえ、室内のホルムアルデヒド気中濃度のガイドラインとして30分平均値で0.1mg/m³（室温23℃で0.08ppm）以下を提示しました。なお、ppmとはparts per millionの略であり、100万分の1の濃度を示します。これは、厚生省で組織された「快適で健康的な住宅に関する検討会議住宅関連基準策定部会化学物質小委員会」が世界保健機構（WHO）による室内濃度指針値の提案を吟味した結果、妥当なものとして採択されたものです。なお、この数値は指針値であり、ホルムアルデヒドの気中濃度の規制を定めたものではありません。現状では、室内の気中濃度と前述の建材のホルムアルデヒド放散量との関係は明らかではありません。そのため、関係する研究機関で建材からのホルムアルデヒド放散量の測定方法を含め、様々な試みがされています。

合板に使用される接着剤について

現在、国内で生産されている合板について、ホルムアルデヒド放散量に関する正確な統計値はありませんが、前述のF₂に分類されるものが大部分を占め、ついでF₁、そしてF₃はほとんどないと言われています。また、これらの他にJASの等級区分ではF₁に分類されるのですが、通称F₀（エフゼロ）と呼ばれるホルムアルデヒドを放散しない接着剤を使用した合板もあります。最近では、室内空気汚染の問題から、F₁に分類される合板の生産量は以前よりも増えているようです。このような合板のホルムアルデヒド放散量の違いは、主に使用する接着剤の性質によります。現在、合板には数多くの種類の接着剤が使用されていますが、以下にいくつかの接着剤とその特徴を紹介します。また、参考のため、合板用接着剤の消費量（合板製造お

よび2次加工を含む）についての資料を表3に示します。

【ユリア樹脂接着剤】

ユリア樹脂接着剤は主にユリア（尿素）とホルムアルデヒドからつくられており、現在のところ最も安価な接着剤の一つです。この接着剤を使用した合板は、JASに規定されている温冷水浸せき試験に合格する性能（JAS 2類）が得られます。ユリア樹脂接着剤は家具、内装用の合板に多く用いられています。

一般的なユリア樹脂接着剤を用いた合板のホルムアルデヒド放散量は、JASのF₂に分類されます。なお、現在販売されている接着剤は、以前に比べてホルムアルデヒドの放散が少なくなるように改良されており、中にはメラミンによる変性、ホルムアルデヒド捕捉剤の添加等によりF₁に合格する接着剤も開発されています。

【メラミンユリア共縮合樹脂接着剤】（以下メラミン接着剤とします）

メラミン接着剤はメラミンと少量のユリア、ホルムアルデヒドからつくられています。価格はユリア樹脂接着剤よりも若干高くなります。この接着剤を用いた合板は、JASに規定されている煮沸繰り返し試験またはスチーミング処理試験に合格する性能（JAS 1類）が得られます。この接着剤は、主に住宅の室内で使用される構造用合板、コンクリートの型枠用合板に使用されています。また、メラミン接着剤を用いた合板のホルムアルデヒドの放散量は、一般的にはユリア樹脂接着剤より少なくなるものの、F₂に分類されます。最近では、メラミン接着剤をベースにして、非ホルムアルデヒド系の接着剤、ホルムアルデヒド捕捉剤等を混合してF₁に合格するものも開発されています。

【フェノール樹脂接着剤】

フェノール樹脂接着剤は主にフェノールとホルムア

表3 合板に使用される接着剤の消費量

単位：t

年次	ユリア樹脂	メラミン樹脂	フェノール樹脂	動植物性接着剤	その他の接着剤
平. 5	191,859	120,040	21,564	385	20,401
6	178,232	118,667	20,297	373	19,811
7	160,566	106,100	19,094	347	20,206
8	139,254	124,026	16,375	366	19,059
9	121,973	116,995	14,414	400	19,240

合板統計月報 VOL.35 No.9
農林水産省統計情報部（1998）より引用

林産執だより 1999年4月号

ルデヒドから作られています。価格はメラミン接着剤と同程度です。フェノール樹脂接着剤を用いた合板は、一般的に前述のメラミン接着剤よりも高い耐水性が得られ、JASに規定されている72時間連続煮沸試験、スチーミング繰り返し試験または減圧・加圧試験のいずれかに合格する性能（JAS特類）が得られます。この接着剤は、屋外または常時湿潤の場所に使用される構造用合板、足場板用合板に使用されます。欠点として、接着剤が単板に浸透しやすく、また赤褐色を有しているため、合板の表面を汚染することがあります。また、接着剤の固化には、前述の二つの接着剤より10~20 高い温度を要するため、より厳しい単板の含水率管理が必要になります。一般的にこの接着剤を用いた合板のホルムアルデヒドの放散量は、F₁に分類されます。また、最近になって、低価格、圧縮温度の低い、更にホルムアルデヒドの放散量が少ない接着剤も開発されています。

【水性高分子 - イソシアネート系接着剤】（以下APIとします）

別名「水性ビニルウレタン系接着剤」と呼ばれている接着剤です。前述の3種類の接着剤は、熱を加えることにより樹脂が固化し、接着力を発現するタイプですが、この接着剤は常温で固化するため、接着の際に加熱の必要はありません。また、前述の接着剤と異なり、成分にホルムアルデヒドが含まれていないため、接着剤からホルムアルデヒドの放散はありません。価格は、フェノール樹脂接着剤と同程度です。この接着剤は、使用する際に主剤と架橋剤を混合しますが、その架橋剤の添加量によって合板の耐水性をJAS 1類、2類と変えることができます。この接着剤の欠点として、乾きが速い、器具に付着すると洗浄が困難、架橋剤のイソシアネート化合物の取り扱いに若干注意することがあります。使用する際は、前述の接着剤と固化様式が異なることから、製造条件の変更が必要になります。この接着剤の開発当初は、合板 - 突板の2次合板の製造に使用されてきましたが、10年ほど前から造作用集成材の製造に使用されてきています。また、最近ではホルムアルデヒド放散の問題から、合板用の接着剤としていくつかの接着剤メーカーから販売されています。F₀と呼ばれる合板にはこの接着剤が使われているものもあります。

【 - オレフィン無水マレイン酸樹脂木材接着剤】
この接着剤はAPIと同様にホルムアルデヒドを

含まない接着剤です。主成分はイソブチレンと無水マレイン酸を1:1で共重合したポリマーです。この接着剤の特徴は、接着力が短時間で発現するとともに、耐水、耐熱、耐クリープ性のある皮膜を形成することです。通常は使用時に耐水性をより高めるために、硬化剤としてエポキシ化合物を3~5部添加します。常温接着用と加熱接着用があり、前者は内装木質パネル、その他木工用、後者は天然木化粧単板用に使用されています。常温接着用は、さらにアルカリタイプと中性タイプがあり、とくにアルカリタイプでは冷圧で5~15分という短時間で接着ができます。しかし、アルカリ性のために取り扱いに注意を必要とし、また被着材の木材を汚染する可能性があります。また、中性タイプはアルカリ汚染は改善されますが、接着力の立ち上がりはアルカリタイプより遅くなります。この接着剤を用いた合板は、JASの1~2類の接着性能が得られます。さらに短時間で接着を行う方法としてハネムーン型としても用いられます。これは、中性タイプを主剤として一方に塗布し、他方にプライマーとしてグリオキザールを塗布し、貼り合わせることで40~60秒である程度の接着力を得られ、パネルの製造などに適用されています。

合板からのホルムアルデヒド放散の低減方法

合板等木質材料から放散するホルムアルデヒドの低減については、従来から色々な方法が検討されています。それらの方法は、大きく分けると接着剤に関するもの、単板や木材小片等の被着材に関するもの、そして製品の後処理に関するものがあると言われています¹⁾。

接着剤に関しては、ホルムアルデヒド放散量が少なくなるような製造方法の開発、接着剤を使用する際にホルムアルデヒド捕捉剤の混入等が検討されています。最近では、このような研究から従来に比べてホルムアルデヒドの放散が少ない接着剤が多くなってきているようです。

被着材については、含水率の低減、ホルムアルデヒド捕捉剤の含浸等が、ホルムアルデヒド放散量を低減するのに有効とされています。

製造後の後処理は、製品を高温、高換気状態で長時間放置（ベークアウト）、アンモニアなど化学薬品による処理、塗装、樹脂含浸紙等を表面に積層する（オーバーレイ）等の方法があります。最近では、ホルムア

ルデヒドの放散量を低減できる薬品やオーバーレイ紙が新たに開発されています。

以上のようにホルムアルデヒド放散量の低減は、様々な方法が研究されています。しかし、これらの方法による効果は様々であり、また中には処理の容易さ、コスト等に問題のあるものがあり、実際に適用するには注意が必要です。

ノンホルムアルデヒドCGPの製造について

ここでは、以前に林産試験場で行われた合板のノンホルムアルデヒド化における事例を少し紹介したいと思います。

過去に林産試験場で開発された製品にColored Glue Plywood（接着層着色合板：以下CGPとします）があります。CGPは、顔料を混入して着色した接着剤でシナ単板を7～19枚積層しており、彫刻刀等でその表面を彫ると、着色された接着層が現れ、シナの材色とのコントラストにより独特の模様が見られます（図2、写真1）。現在のところ、CGPの主な用途は学童用の教材です。

CGPの製造には、接着剤にユリア樹脂接着剤と酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤（いわゆる木工用ボンド）を混合したものを使用していました。しかし、ユリア樹脂接着剤を使用するとホルムアルデヒドが放散するので、CGPの主な用途である学童用の教材としては不適当と考えられます。そこで、ホルムアルデヒドを放散しない「ノンホルムアルデヒドCGP」の製造に取り組みました。

合板のホルムアルデヒド放散量の低減方法には、前述したように様々な方法があります。しかし、それらの方法はホルムアルデヒドの放散量を低減させるものであり、極力無くすには接着剤を替える必要があります。そこで、CGPのノンホルムアルデヒド化は、接着剤を従来のユリア樹脂接着剤を使用したものから非ホルムアルデヒド系のAPIに替えることにより行いました。

APIを使用するには、前述したように従来のユリア樹脂接着剤と性質が異なるため、製造条件を再検討する必要があります。今回はAPIを用いた場合、特に接着性能に影響を与えると思われる堆積時間（単板に接着剤を塗布してから圧縮するまでの時間）、接着剤塗布量について検討しました。検討方法は、それぞれの条件を何種類か変えて3層構成のシナ合板を製造

し、「普通合板」のJASに準じて温冷水浸せき試験を行い、接着性能への影響を確認しました。その結果を図3に示します。合板の接着性能は、堆積時間が長くなるに従い低下、接着剤塗布量が多くなるに従い向上する傾向が認められました。また、試験に用いた合板を実際に彫刻刀で削ると、JASの基準値を満たすものは問題が認められませんでした。このことから、CGPはJASの基準値を満たす程度の接着性能を要求されることが分かりました。以上のことを踏ま

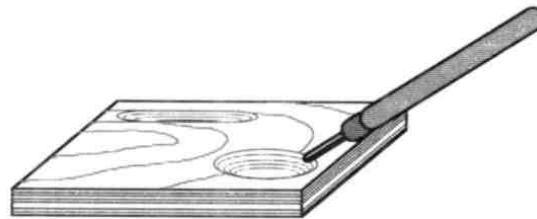


図2 CGP



写真1 CGPを彫っている様子

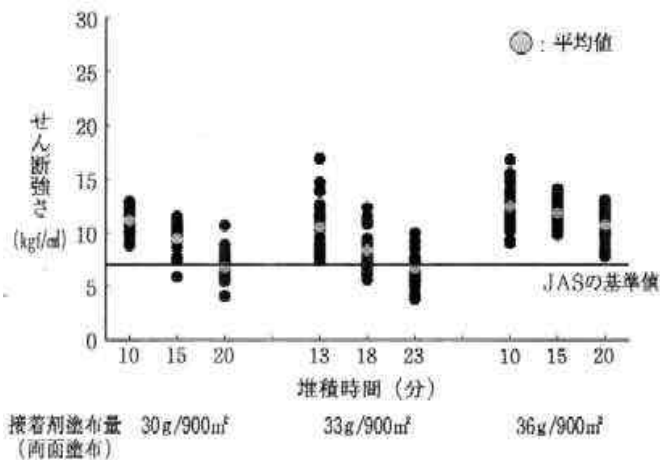


図3 接着性能に及ぼす接着剤塗布量、堆積時間の影響

えると、APIを用いてCGPを製造する際には、堆積時間を15分以内、接着剤塗布量はおよそ33g/900cm²以上（両面塗布）とすることが適当と判断されました。また、こうして得られた製造条件をもとに、これまで製造されたCGPのなかで最も積層数が多い119層構成のCGPを製造し、JASに準じて2類浸せきはく離試験、および実際に彫刻刀で彫ることにより製品として問題のないことを確認しました。なお、この条件で製造された7層構成のCGPのホルムアルデヒド放散量を測定したところ、ホルムアルデヒドは検出されませんでした。

おわりに

今後の合板は、接着剤の改良とともに低ホルムアルデヒド化が進むと思われます。しかし、コスト、扱いやすさ、性能の問題からすべての合板をF₁にすることは、すぐには困難と思われます。また、住宅室内のホルムアルデヒドの気中濃度は、換気による影響が大きいと言われております。これらのことから、室内に使用するすべての合板・ボード類をF₁またはE₀にシなくても、換気および室内への木質建材の使用方法を工夫することにより、厚生省の提示したガイドライン以下の状態にすることが可能と思われます。今後は、このような木質建材の使用を可能にするために、気中

濃度と合板等の木質建材の使用量および換気量等の居住環境との関係を明らかにする必要があると思われます。

参考資料

- 1) 富田文一郎：木材工業，第52巻1号，2-8（1997）。
- 2) 恩田重治・香川和幸：木材工業，第35巻4号，15-19（1980）。
- 3) 農林水産消費技術センター・（財）日本合板検査会：これからの住宅環境講習会資料，1997年。
- 4) 健康住宅研究会編：室内空気汚染の低減のための設計・施工ガイドライン，平成10年3月。
- 5) （社）日本木材加工技術協会編：“集木材の接着・接着剤”，産調出版（1996）。
- 6) 沖津直俊：“接着剤の実際知識，第2版”，東洋経済新報社（1996）。
- 7) 井上雅雄ほか14名：工業材料，第42巻2号，17-70（1998）。
- 8) （財）日本住宅・木材技術センター：木質建材環境委員会報告書，1998年。
- 9) 井上明生：木材工業，第52巻1号，9-14（1997）。
- 10) 第17回木材接着研究会講演要旨集，東京都，1996。

（林産試験場 普及課）