

単板積層材料に用いられる化粧材料の発熱性

菊地 伸一 河原崎政行*1 平林 靖*2

Heat Release Properties of Makeup Materials Used for Laminated Veneer Boards

Shin'ichi KIKUCHI Masayuki KAWARASAKI Yasushi HIRABAYASHI

Heat release properties of adhesives, paints and veneer which are used for makeup of noncombustible material were investigated. The results were as follows:

- 1) Total heat release of adhesives was in the order of aqueous vinyl polymer solution isocyanate < synthetic rubber latex resin - melamine urea resin mixture < polyvinyl acetate emulsion.
- 2) Total heat release of paints was in the order of aminoalkyd resin < nitrocellulose < polyurethane resin.
- 3) Total heat release of veneer was not influenced by wood species, but was proportional to area density.
- 4) Total heat release of veneer laminated boards has been presumed from the heat release properties of the composition material.

Key words: heat release property, cone calorimeter, adhesive, paint, veneer
発熱性, コーンカロリー計, 接着剤, 塗料, 単板

単板を無機材料に積層した化粧不燃材料に用いられる接着剤 塗料および単板の発熱性を調べ、以下の結果を得た。

- 1) 接着剤の発熱量は水性高分子イソシアネート<合成ゴムラテックス樹脂 - メラミン尿素樹脂混合物 酢酸ビニル樹脂エマルジョンであった。
- 2) 塗料の発熱量はアミノアルキッド樹脂 < ニトロセルローズ < ポリウレタン樹脂であった。
- 3) 単板の発熱量は樹種の影響を受けず、面密度に比例した。
- 4) 単板積層材料の総発熱量は構成材料の発熱量から推定できた。

1. はじめに

単板を無機材料に積層した化粧不燃材料や、単板に不燃紙やアルミニウム箔を裏打ちした紙壁紙は内装仕

上げ材として広く用いられている。例えば、1990年から2000年までの間に不燃材料の個別認定を得た防火材料1,118件のうち、17.2%の192件はけい酸カルシ

ウム板や火山性ガラス質複層板等の不燃材料の上に、化粧単板を積層したものであった¹⁾。また、単板積層材料にはウレタン樹脂塗料やアミノアルキッド樹脂塗料等が塗布されていることも多い¹⁾。このような積層材料の防火性能は化粧層に使用されている単板、接着剤、塗料等の有機物量に左右されると考えられる。しかし、2000年6月から施行されている新たな防火試験方法に基づく化粧材料の評価は、一部の壁紙について行われているものの^{2,3)}、化粧単板や塗料の測定例はほとんどない。化粧層の仕様が異なる多くのバリエーションが求められる化粧不燃材料の開発を効率的に進めるためには、構成材料個々の燃焼性を把握しておくことが望ましい。

そこで、単板積層材料に用いられている接着剤、塗料および単板の発熱性を測定した。また、単板積層材料の総発熱量が構成材料の発熱量から推定できるかどうかを検討した。

2. 実験方法

2.1 試験材

発熱性試験に供したの化粧単板用接着剤、木材用塗料、単板およびそれらを組み合わせた単板積層材料である。

接着剤には化粧単板用接着剤として市販されている水性高分子イソシアネート(API)、合成ゴムラテックス樹脂-メラミン尿素樹脂混合物(RM)および酢酸ビニル樹脂エマルジョン(PVA)の3種類を用いた。接着剤の略称および硬化剤、増量剤の配合条件を第1表

に示した。

塗料には木材用汎用塗料であるポリウレタン樹脂、アミノアルキッド樹脂およびニトロセルロースの3種類を用いた。各塗料には下塗り用のサンディングシーラーと上塗り用のフラットクリアーとがあるので、それぞれ別々に発熱性を評価した。塗料の略称および硬化剤の配合条件を第2表に示した。

塗料、接着剤は厚さ2mm、大きさ100×100mmのアルミニウム板に固形分が50、100、150g/m²となるように塗布した。接着剤を塗布したアルミニウム板は120℃で20分間加熱し、接着剤を硬化させた。

単板にはシナノキ(*Tilia japonica*)、マカンバ(*Betula maximowicziana*)、ヤチダモ(*Fraxinus mandshurica*)、ミズナラ(*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*)、セン(*Kalopanax pictus*)の5樹種を用いた。シナノキは厚さ0.28mmから0.87mmまでの5種類の単板、マカンバは厚さ0.20mmから0.61mmまでの3種類の単板、ヤチダモ、ミズナラ、センは厚さ0.6mm前後の単板を各1種類用いた。単板の厚さおよび単位面積当たりの重量を面密度として第3表に示した。

単板積層材料には不燃材料の上に単板を接着剤で接着したものをを用いた。不燃材料にはけい酸カルシウム板またはスレート、単板には厚さ0.25、0.5mmのシナノキ、接着剤にはAPI、RM、PVAを用いた。不燃材料の仕様および構成材料の組み合わせを第4表に示した。

試験材料は23±2℃、50±5%RHで2週間調湿後、燃焼発熱性試験に供した。

第1表 接着剤の種類と配合条件

Table 1. List of adhesives and mixing condition.

接着剤 Adhesive	略称 Abbreviated name	重量比 Weight ratio		
		主剤 Base resin	硬化剤 Curing agent	増量剤 Extender
水性高分子イソシアネート Aqueous vinyl polymer solution - Isocyanate	API	100	10	10 ¹⁾
合成ゴムラテックス樹脂 - メラミン尿素樹脂 Synthetic rubber latex resin - Melamine urea resin	RM	60 合成ゴムラテックス 樹脂 Synthetic rubber latex resin	40 メラミン尿素 樹脂 Melamine urea resin	- 50 ²⁾
酢酸ビニル樹脂エマルジョン Polyvinyl acetate emulsion	PVA	100	5	-

注)1): コーンスターチ, 2): 小麦粉
Note) 1): Cornstarch; 2): Wheat flour.

2.2 燃焼発熱性試験

燃焼発熱性試験は、コーンカロリー試験装置（東洋精機製作所（株）製）を用い、防火材料の性能評価機関が定めている「防耐火性能試験・評価業務方法書」に

準じて行った。試験材の加熱は水平方向とし、入射熱は50kW/m²とした。試験材数は1条件につき3体とし、着火時間、最高発熱速度、加熱開始後300秒間または600秒間の総発熱量を求めた。

第2表 塗料の種類と配合条件

Table 2. List of paints and mixing condition.

塗料 Paint	種類 Kind	略称 Abbreviated name	重量比 Weight ratio	
			主剤 Base resin	硬化剤 Curing agent
ポリウレタン樹脂 Polyurethane resin	下塗り塗料 Under coat	PU-U	100	50
	上塗り塗料 Top coat	PU-T	100	25
アミノアルキッド樹脂 Aminoalkyd resin	下塗り塗料 Under coat	AA-U	100	10
	上塗り塗料 Top coat	AA-T	100	10
ニトロセルロース Nitrocellulose	下塗り塗料 Under coat	NC-U	100	-
	上塗り塗料 Top coat	NC-T	100	-

第3表 単板の種類

Table 3. List and basic properties of veneer.

樹種 Species	厚さ(mm) Thickness	面密度(g/m ²) Area density
シナノキ <i>Tilia japonica</i>	0.28 ~ 0.87	122,155,252,348,405
マカンバ <i>Betula maximowicziana</i>	0.20 ~ 0.61	124,361,441
ヤチダモ <i>Fraxinus mandshurica</i>	0.56	300
ミズナラ <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	0.55	354
セン <i>Kalopanax pictus</i>	0.61	262

第4表 単板積層材料の構成

Table 4. Manufacturing conditions of veneer laminated boards using noncombustible materials.

基材 Base board			単板 Veneer			接着剤 Adhesive	
種類 Kind	厚さ(mm) Thickness	密度(g/cm ³) Density	樹種 Species	厚さ(mm) Thickness	面密度(g/m ²) Area density	種類 Kind	塗布量(g/m ²) Spread
けい酸カルシウム板 ¹⁾ Calcium silicate board ¹⁾	6	0.8	シナノキ <i>T. japonica</i>	0.25	130	API, RM, PVA	150
スレート ²⁾ Cement board ²⁾	6	1.8		0.25, 0.50	130, 270		

注) 1): 不燃(個)第1838号, 2): 不燃第1001号

Note) 1): Noncombustible material (individually certified)No.1838; 2): Noncombustible material No.1001.

3. 結果と考察

3.1 接着剤, 塗料の発熱量

接着剤の発熱性試験の結果を第5表に示す。APIは塗布量100g/m²では着火せず, 150g/m²でも小さなフラッシュ状の火炎が生じるだけで明瞭な発熱速度ピークを示さず, 総発熱量は1MJ/m²以下であった。RMとPVAは塗布量50g/m²では着火せず, 塗布量100, 150g/m²の場合, 最高発熱速度はRMが小さく, 逆に総発熱量はPVAが小さいもののほぼ同程度の発熱性を示した。RMについては第2表に示した配合比で混合したものについての発熱性試験とは別に, 主構成材料である合成ゴムラテックス樹脂およびメラミン尿素樹脂単体で

の発熱性試験も行った。それによると, 合成ゴムラテックス樹脂とメラミン尿素樹脂の総発熱量は塗布量100g/m²ではそれぞれ2.8, 0.9MJ/m², 塗布量150g/m²では4.7, 1.9MJ/m²であった。このことから, RMの総発熱量は構成成分単体の発熱量と配合比とから計算される値におおよそ合致することがわかった。一方, 合成ゴムラテックス樹脂の着火時間はメラミン尿素樹脂の2倍程度長い, RMの着火時間はメラミン尿素樹脂とほぼ一致した。

塗料の発熱性試験の結果を第6表に示す。塗布量50g/m²の場合, NCのみフラッシュ状の火炎を生じたが, 最高発熱速度および総発熱量は着火しなかった

第5表 接着剤の発熱量

Table 5. Heat release properties of adhesives.

接着剤 Adhesive	塗布量 Spread (g/m ²)	着火時間 Ignition time (s)	最高発熱速度 Maximum heat release rate (kW/m ²)	総発熱量 ¹⁾ Total heat release ¹⁾ (MJ/m ²)
API	100	NI ²⁾	7	0.7
	150	63	10	0.9
RM	50	NI	12	0.8
	100	18	93	1.7
	150	16	154	2.9
PVA	50	NI	8	0.4
	100	10	112	1.5
	150	12	205	2.5

注) 1): 加熱開始後300秒間の総発熱量, 2): 着火しない
Note) 1): Total heat release for the first 300 s; 2): Not ignition.

第6表 塗料の発熱量

Table 6. Heat release properties of paints.

塗料 Paint	塗布量 Spread (g/m ²)	着火時間 Ignition time (s)	最高発熱速度 Maximum heat release rate (kW/m ²)	総発熱量 ¹⁾ Total heat release ¹⁾ (MJ/m ²)
PU-U	50	NI ²⁾	11	0.7
	100	41	55	1.4
	150	33	98	3.1
PU-T	50	NI	11	0.7
	100	82	82	2.7
	150	72	124	4.6
AA-U	50	NI	8	0.6
	100	83	28	1.0
	150	36	72	2.7
AA-T	50	NI	8	0.5
	100	61	67	1.5
	150	46	129	3.0
NC-U	50	49	21	0.7
	100	34	64	1.4
	150	27	119	2.2
NC-T	50	48	19	0.7
	100	39	80	1.4
	150	36	151	2.5

注) 1) 2): 第5表参照
Note) 1), 2): See Table 5.

PU, AA とほぼ同程度であった。塗布量 100, 150g/m² の場合 PU-T は着火時間は遅いものの着火後の燃焼継続時間が長いために総発熱量が最も大きくなった。これに対し, NC は着火時間が早く最高発熱速度も大きい, 燃焼継続時間が短いために総発熱量はPUを下回った。AA はNCに近い発熱性を示した。

3.2 単板の発熱量

単板の発熱性試験の結果を第7表に示す。単板の發炎燃焼時間は10～20秒間で, 發炎後赤熱燃焼するが, 加熱終了時にはほぼ完全に灰化していた。

輻射加熱された木材の着火時間は密度と1次または2次の比例関係にあることが報告されている^{4,5)}。今回の結果によると, 同じ厚さの単板の着火時間は密度と1次の比例関係にあることが示されたが, 異なる厚さの単板を含めた場合には有意な関係を示さなかった。そこで, 密度ではなく単位面積当たりの重量である面密度と着火時間の関係を検討したところ, 1次式の相関係数は0.99となり, 高い相関が得られた。同様に, 面密度と燃焼時間, 最高発熱速度, 総発熱量の1次式の相関係数は0.96, 0.91, 0.97であった。

面密度と総発熱量との間には次のような関係が得られた。

総発熱量 (MJ/m²)

$$= 0.01674 \times \text{面密度 (g/m}^2) - 0.119 \quad (1)$$

次に, 23℃, 50%RH で調湿された木材の含水率を

10%と仮定し, 1J = 1/4.186cal の関係を用いると(1)式は次のように変形できる。

全乾単板の総発熱量 (kcal)

$$= 4.444 \times \text{単板重量 (g)} - 29 \quad (2)$$

(2)式は1kgの全乾単板の発熱量が約4,400kcalであることを意味している。これは, ポンプ熱量計で測定された北海道産広葉樹の平均発熱量 4,730kcal/kg⁶⁾ におおよそ合致しており, 酸素消費法⁷⁾で測定された発熱量の妥当性を示しているものと考えられる。

3.3 単板積層材料の発熱量

単板積層材料の発熱性試験の結果を第8表に示す。接着剤および基材の種類が着火時間に影響し, 比較的高温接着力に優れるAPIで接着したときの着火時間が長い傾向にあった。また, 基材に密度の高いスレートを用いると着火時間は顕著に長くなった。また, 最高発熱速度は単板単独に比べて小さくなる傾向にあり, 特に基材にスレートを用いたときに顕著であった。ただし, 単板が厚くなると下地の影響を受けにくくなった。単板単独で加熱した場合には着火時間が長くなるほど最高発熱速度は大きくなったが, 積層材料では着火時間が長くなるほど最高発熱速度は小さくなった。

単板積層材料の発熱性試験から得られた総発熱量と構成材料の個々の発熱量から計算した総発熱量との関係を第1図に示した。ここで, 基材であるけい酸カルシウム板とスレートの総発熱量はそれぞれ1.2, 0MJ/m²,

第7表 単板の発熱量

Table 7. Heat release properties of venner.

樹種 Species	面密度 Area density (g/m ²)	着火時間 Ignition time (s)	最高発熱速度 Maximum heat release rate (kW/m ²)	総発熱量 ¹⁾ Total heat release ¹⁾ (MJ/m ²)
シナノキ <i>T. japonica</i>	122	5	240	1.9
	155	6	270	2.3
	252	8	445	4.2
	348	10	442	5.3
	405	12	488	6.2
マカンバ <i>B. maximowicziana</i>	124	5	256	1.8
	361	12	427	6.2
	441	12	661	7.6
ヤチダモ <i>F. mandshurica</i>	300	9	459	6.1
ミズナラ <i>Q. mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	354	11	431	5.2
セン <i>K. pictus</i>	262	8	442	4.2

注) 1): 第5表参照

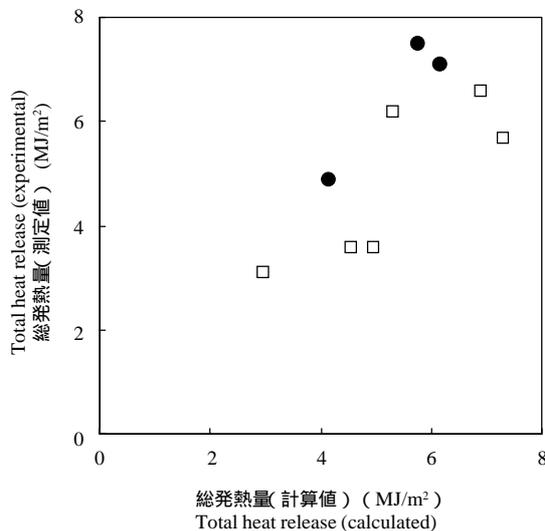
Note) 1): See Table 5.

第8表 単板積層材料の発熱量

Table 8. Heat release properties of veneer laminated boards.

基材 Base board	単板厚さ Thickness (mm)	接着剤 Adhesive	着火時間 Ignition time (s)	最高発熱速度 Maximum heat release rate (kW/m ²)	総発熱量 ¹⁾ Total heat release ¹⁾ (MJ/m ²)
けい酸カルシウム板 ²⁾ Calcium silicate board ²⁾	0.25	API	46	128	4.9
		RM	27	172	7.1
		PVA	15	213	7.5
スレート ³⁾ Cement board ³⁾	0.25	API	145	53	3.1
		RM	233	52	3.6
		PVA	35	170	3.6
	0.50	API	82	132	6.2
		RM	79	167	5.7
		PVA	70	216	6.6

注：1)：第5表参照，2)3)：第4表参照
Note) 1): See Table 5; 2),3): See Table 4.



第1図 単板積層材総発熱量の計算値と実測値の関係
凡例) ○：けい酸カルシウム板，●：スレート

Fig.1. Comparison of calculated and experimental total heat release of veneer laminated boards.

Legend) ○：Calcium silicate board; ●：Cement board

0.25mmと0.5mm単板の発熱量は2.1~4.4MJ/m²、150g/m²塗布したAPI、RM、PVAの発熱量は0.9、2.9、2.5MJ/m²とした。第1図から、基材にけい酸カルシウム板を用いた積層材料の総発熱量が計算値よりも多少大きいものの、構成材料の発熱量を基にした計算値と測定値はおおむね一致することがわかった。これまで、繊維強化セメント板の総発熱量は含まれている有機物量から推定できることが報告⁸⁾されているが、今回の試験から積層材料の総発熱量は構成材料の発熱量から推定できることがわかった。

4. おわりに

複合材料の総発熱量が構成部材個々の発熱量から推定できるかどうかを検討した。その結果、単純な構成の複合材料であれば、構成材料の発熱量を基に不燃材料の設計ができることがわかった。

今後は、難燃処理された単板や難燃剤が添加された接着剤等のように、より複雑な発熱挙動を示す材料についても、今回示した計算が成り立つかどうかを検討することが必要である。

文 献

- 1) 河原崎政行：林産試だより，10月号，1-3(2002)
- 2) 五頭辰紀：日本建築学会大会学術講演梗概集A-1，259-260(2002)
- 3) 小川哲也，田坂茂樹，吉田正友：日本建築学会大会学術講演梗概集A-1，263-264(2002)
- 4) 原田寿郎，平田利美：木材学会誌，40，204-212(1994)
- 5) 菊地伸一：木材学会誌，50(1)，印刷中(2004)
- 6) 里中聖一：北海道大学農学部演習林研究報告，22，609-814(1963)
- 7) ISO 5660：Reaction to fire tests - Part 1: Heat release rate, cone calorimeter method(2002)
- 8) 古賀誠一，五頭辰紀：日本建築学会大会学術講演梗概集A-1，261-262(2002)

- 企画指導部 企画課 -

- *1 性能部 防火性能科 -

- *2 性能部 接着塗装科 -

(原稿受理：03.11.18)