

トンネル炉による市販内装材料の燃焼性試験

布 村 昭 夫 伊 東 英 武
葛 西 章 駒 沢 克 己

本報告は合板、繊維板、パーティクルボード等、市販内装材料の表面燃焼性状を8フィートトンネル炉により試験した結果について述べたものである。

1. はじめに

内装材料の燃焼性、防火性を判定するための試験法は多く、各国さまざまな方法を採用している。我が国の試験法¹⁾は本質的には材料が不燃物であるか、可燃物であるかを判定するという考え方にもとづくものと考えて差支えないと思われる。一方、初期火災における避難の安全性の目安を、材料表面の炎の伝播速度に求めようとする考え方もあり、これが現在、米国、カナダで難燃性能の判定に用いられているトンネル炉試験法である。このトンネル炉試験法にはASTM - E84に規定される25フィート炉によるものと、ASTM - E286に規定される8フィート炉によるものがある。両試験法とも実大火災実験結果と良い相関を持つ²⁾とされているが、法的に難燃等級を判定する場合は、前者の25フィート炉により試験を行うことになっている。しかしこの試験法では、莫大な設備費と多量の材料を使用せねばならぬため、研究、開発目的にはほとんど8フィート炉を用いているのが現状である。

このため当场においても、輸出用合板の難燃処理技術開発と相まって、その難燃性能を試験すべく8フィートトンネル炉を設置し、種々の材料の加熱試験を行ってきた。この中で同じ材料でありながら、我が国の試験法とトンネル炉試験法とでは、燃焼性が大きく異なる場合のある³⁾ことを見い出した。すなわち、試験方法により燃焼性状が大きく異なったわけである。とくに避難の安全性と最もかかわりの深いと思われる発煙挙動に大きな差違が現われた。このため、現在国内で使用されている内装材料がトンネル炉試験でどのような燃焼挙動を示すかを予めチェックしておくこと

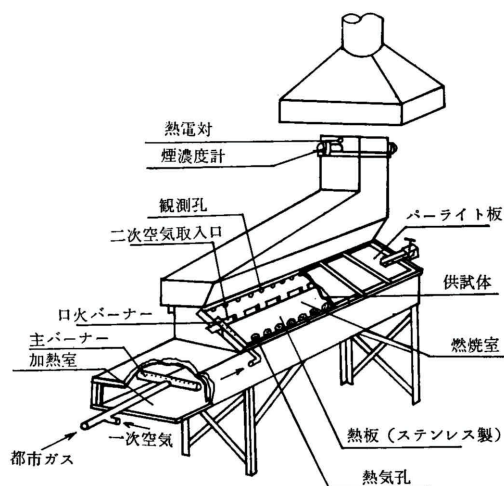
は、試験法の適否の判断上ばかりでなく、材料構成の与える効果を知るうえからも重要と思われるので、この結果について報告する。

2. トンネル炉試験法

8フィートトンネル炉による試験法はASTM - E286に規定されているので、詳細は省略して、その要点のみを述べておく。

2.1 装置

8フィート炉の略図は第1図に示すとおりである。このトンネル炉の特徴はステンレス製の熱板により、下側の加熱室と上側の燃焼室とに分けられ、主バーナーの火炎が直接試料に接しないこと、試料を長さ方向に6度、巾方向に30度の傾斜を持たせ、炎がスムーズに燃え広がる⁴⁾ように工夫されていること、及び試料の燃焼に必要な酸素は炉体側面の2次空気取入口から



第1図 8フィートトンネル炉略図

自然通気により補給されることである。

2.2 試験手順

まず巾30cm、長さ240cmの試料を試料枠にのせ、その上に6mm厚のパーライト板を2枚重ねて、図のように上蓋によって固定する。次に主バーナーと口火バーナーを同時に点火する。この口火バーナーにより着火した焰は主バーナーで熱せられ、熱板からの輻射熱と熱気孔からの熱気流に助けられて先端に向かって延びて行くが、この焰の延び具合を観測孔から観測し、展炎性を測定する。この際生ずる煙、燃焼熱は煙道を通して排出されるが、この発煙量、発熱量はペントエンドに組込まれた煙濃度計、熱電対により連続的に自動記録される。

主バーナーのガス流量は、焰が標準板の先端から末端まで18~20分で到達するよう調節される。今回は熱源として3600Kcal/m³の都市ガスを用いたが、主バーナーの流量は17m³/hr、口火用バーナーの流量は61/min.で、標準板の先端から末端までの炎の到達時間は18分であった。なお、標準板としてはアカガシフローリングを用いることになっているが、材料の入手が困難なため、アカガシと燃焼性のほとんど変わらない道産ミズナラフローリングを用いた。

2.3 結果の表示

燃焼試験結果は展炎指数、発煙指数、発熱指数によって整理される。これらの指数は標準板の値を100とした相対値で表わされるが、それらの求め方は次に示すとおりである。

1) 展炎指数 (I_s)

イ) 展炎速度が標準板より速い場合

$$I_s = \frac{\text{標準板の展炎時間(標準展炎時間)}}{\text{試料の展炎時間}} \times 100$$

ロ) 展炎速度が標準板より遅い場合

$$I_s = \frac{\text{標準展炎時間内での試料の展炎距離}}{\text{標準板の展炎距離}} \times 100$$

2) 発煙指数 (I_a)

$$I_a = \frac{\text{試料の発煙曲線とアスベスト板のそれとの囲む面積}}{\text{標準板の発煙曲線とアスベスト板のそれとの囲む面積}} \times 100$$

3) 発熱指数 (I_e)

$$I_e = \frac{\text{試料の排気温度曲線とアスベスト板のそれとの囲む面積}}{\text{標準板の排気温度曲線とアスベスト板のそれとの囲む面積}} \times 100$$

3. 実験結果と考察

3.1 合板の燃焼性

3.1.1 表層単板の樹種と燃焼性

市販の同じ厚さ(4.7mm)の合板を用いて、表層単板の樹種により燃焼性がどのように変わるかを明らかにするための実験を行った。結果は第1表に示すとおりである。表から明らかとなっており、セン合板を除いてシナからナラへと比重の高いものほど、展炎指数は小さくなる傾向がうかがわれるが、その差はきわめて小さく、樹種による展炎性はないとしても誤りはない。比重の高いものほど展炎性は小さいとの報告²⁾もあるが、日本の合板のように表層単板の薄い場合は樹種の差が消されてしまうものと思われる。

第1表 合板の表層単板の樹種と燃焼性

No.	種類	展炎指数	発煙指数	発熱指数
1	シナ合板	133.0	40.5	97.5
2	セン "	110.5	64.5	125.5
3	ラワン "	124.0	3.7	101.0
4	カバ "	122.5	34.0	136.0
5	ナラ "	119.0	21.0	114.5

また発煙指数、発熱指数についても、表層単板の比重との間に相関が認められず、また展炎指数との間にも相関が認められなかった。従って、表層単板の樹種による燃焼性の差はないと言える。なお、ラワンの発煙量は極端に小さかったが、その原因は明らかでない。

3.1.2 合板の厚さと燃焼性

合板の厚さにより燃焼性はどのように変わるかを明らかにするための実験を、市販のセン合板を用いて行った。結果は第2表に示すとおりである。

展炎指数については表から明らかとなっており、厚さとの間にはっきりした相関は得られなかった。すなわち、厚さによる展炎性の差はないと言える。加熱条件のかなり緩和な45度傾斜型加熱法では、厚いものほど展炎性は小さくなる⁵⁾が、加熱条件のより厳しいトン

第2表 セン合板の厚さと燃焼性

No.	厚さ	展炎指数	発煙指数	発熱指数
1	3.6mm	125.0	61.0	113.5
2	4.6 "	110.5	64.4	125.5
3	6.2 "	127.0	67.5	136.5
4	9.8 "	116.5	174.5	127.0

注) No. 1~3は3層構成、No. 4は5層構成で心板はすべてラワン

ネル炉法では、加熱時に表層単板のはく離を生ずる場合も多く、その状態の展炎性に及ぼす影響が大きいため、今回のような結果が得られたものと思われる。

発煙指数については6mm程度までは60前後で大差ないが、10mm程度の厚さになると急激に増大し、170以上に達する。これは厚さの増大により熱容量が増したためと思われる。

発熱指数については6mm程度までは厚さと共に増大するが、10mm程度の厚さになると逆に減少する。発熱量は可燃物量と燃焼性との関数と考えられるが、6mmまでは可燃物量の項が強く効いて、発熱指数は増加するが、10mm程度の厚さになると熱容量の増大にもとずく燃焼性の低下の項が強く効いて発熱指数は低下するという結果が得られたものと思われる。

3.1.3 V溝有無の影響

第3表は4.7mmのセン、カバ、ナラ合板を用いて、溝の燃焼性に及ぼす影響を調べた結果である。

第3表 合板の燃焼性に及ぼす 溝の影響

No.	種類	V溝	展炎指数	発煙指数	発熱指数
1	セン合板	有	122.5	14.5	115.5
2		無	110.5	64.5	125.5
3	カバ合板	有	139.5	1.0	126.0
4		無	122.5	34.0	136.0
5	ナラ合板	有	124.0	17.5	119.0
6		無	119.0	21.0	114.5

表から明らかとなり、いずれの樹種の合板とも、溝により展炎性は若干増大し、発煙量は低下する結果が得られた。これは表層の状態が燃焼性に影響を及ぼすことを示したものであり、興味深い。また 溝付きのカバ合板は展炎指数 140、発煙指数 1と異常な値を示したが、これは表層単板が大きくはく離したことにもとづくものかもしれない。

3.1.4 化粧合板の燃焼性

第4表は市販化粧合板の燃焼性を示すものである。表から明らかとなり、展炎指数、発熱指数は未塗装

第4表 化粧合板の燃焼性

No.	厚さ	化粧の種類	展炎指数	発煙指数	発熱指数
1	2.8mm	塩化ビニール	107.0	260.0	89.0
2	3.1 "	ダック+ポリエステル	136.7	130.5	124.0
3	3.2 "	ポリエステル	127.0	146.0	131.0
4	4.0 "	ダック	122.5	103.5	115.0
5	4.4 "	塩化ビニール	137.0	214.0	149.5
6	3.4 "	ダック塗装	100.0	25.7	77.7

合板と大差ないが、発煙指数はかなり大となる。このように発煙指数が大となったのは、プラスチック、特に塩ビ自身の発煙量が大いこと、被膜により表層と空気との接触が妨げられたこと等にもとづくものと思われる。

3.1.5 市販難燃合板の燃焼性

第5表は国内で市販されているJIS難燃処理合板がアメリカ規格のトンネル炉により、どの程度の性能を

第5表 市販難燃合板の燃焼性

No.	メーカー	厚さ	展炎指数	発煙指数	発熱指数
1	A社	5.8mm	29.0	674.0	9.0
2	"	6.2 "	43.0	650.0	25.0
3	B社	4.0 "	48.0	402.0	35.0
4	C社	8.0 "	48.0	208.5	27.5

もつかを知るための燃焼試験結果を示したものである。A、B社の試料のNo. 1~3は共に心板を燐系防炎剤処理、接着剤として発泡性難燃接着剤を用いたもので、そのうちNo. 2はツキ板、No. 3は化粧紙を貼合せたものである。

またC社のNo. 4は2層目にアルミ箔を積層したものである。表からも明らかとなり、難燃処理、特に発泡接着剤の使用により、普通合板に比し展炎性及び発熱量は著しく減少する。これらの合板は輸出用として開発されたものでないが、展炎指数は90を大巾に下まわり、米国の難燃C級に十分合格する³⁾ものと思われる。しかし発煙量は著しく増大し、10~数10倍にも達する。現在まで使用されている発泡層形成物質は防火塗料、接着剤のいかに問わず、すべてこの傾向を持っている^{6,7)}。

またC社のNo.4は、アルミ箔の積層により展炎指数は90を大きく下まわり、やはり米国の難燃C級に十分合格するものと思われる。このようにある程度の厚みを持った金属箔を積層することは、展炎性を低下せしむる効果を持つ³⁾。

3.2 繊維板の燃焼性

3.2.1 ハードボードの燃焼性

第6表はハードボードの燃焼試験結果である。

第6表 ハードボードの燃焼性

No.	厚さ	化粧の種類	展炎指数	発煙指数	発熱指数
1	3.5 mm	無	95.7	53.0	154.0
2	5.5 "	"	92.0	149.0	176.3
3	3.4 "	プリント紙	105.0	91.5	191.5
4	5.0 "	"	95.3	171.5	231.5
5	3.8 "	塗装	105.3	8.6	193.7
6	5.0 "	塗装, V溝	94.3	113.7	237.3

表から明らかとなり、ハードボードの展炎性は合板に比し小さい。これはハードボードの密度が高いため熱伝導度が増して材料面の温度を低下させることによるか、あるいは燃焼に必要な空気の内材への拡散を妨げるため³⁾と思われる。従ってくん焼燃焼の割合も増し、平均して発煙量は合板よりも多くなる。

無処理、オーバーレイを問わず、同種の材料で厚さと燃焼性の関係を比較すると、厚さによる展炎性の差は小さいが、厚いものほど小さくなる傾向がある。発熱量、発煙量は厚いものの方が大きくなるが、特に発煙量の増大の割合はかなり大きい。発熱量が増大するのは、可燃物量の増大の寄与が、厚さの増大による熱容量増大の寄与よりも大きいと思われる。発煙量が増すのは単位面積あたりの試料量が増大したこと、熱容量の増大にもとづくくん焼燃焼の比率が増大したこと等にもとづくものと思われる。しかし、No.5のように発煙指数が8.6というような極端に小さい例も得られた。これは表層の燃焼性が発煙量に大きな影響を及ぼすことを示すものと思われるが、その原因は明らかでない。

また、プリント紙のオーバーレイにより、展炎性、発煙量、発熱量は共に増大する結果が得られた。

3.2.2 セミハードボードの燃焼性

第7表はセミハードボードの燃焼試験結果である。

第7表 セミハードボードの燃焼性

No.	厚さ	化粧の種類	展炎指数	発煙指数	発熱指数
1	5.4 mm	無	106.7	2.7	164.0
2	5.4 "	プリント紙	95.0	3.5	148.5
3	5.5 "	発泡性防火塗料	56.3	143.3	65.0

表から明らかとなり、表面化粧の有無を問わず、無処理セミハードボードの展炎性はハードボードより若干大きくなるが、発熱量は若干減少する。展炎指数がハードボードより増大したのは、熱伝導度の低下により表面温度が上昇することにもとづくものと思われる。また発熱量が低下したのは、単位面積あたりの可燃物量が低下したことにもとづくものと思われる。発煙量は極端に低くなっているがこの理由は定かでない。発泡性防火塗料の塗布により、展炎性、発熱量は共に低下する。展炎指数が90を大きく下まわることから、この材料は米国の難燃C級に容易に合格する³⁾ものと思われる。発煙量は発泡性防火塗料の塗布により、合板の場合と同様に著しく増大する。

3.2.3 インシュレーションボードの燃焼性

第8表はインシュレーションボードの燃焼試験結果である。

第8表 インシュレーションボードの燃焼性

No.	厚さ	化粧の種類	展炎指数	発煙指数	発熱指数
1	9.1 mm	無	162.0	55.0	119.0
2	9.1 "	非発泡防火塗料	69.0	76.0	71.0
3	9.5 "	無	171.0	67.5	90.5
4	9.5 "	非発泡防火塗料	104.7	52.7	52.0
5	12.8 "	無	157.0	0	141.0
6	12.8 "	型紙	161.0	0	139.0
7	13.2 "	発泡防火塗料	4.7	90.0	0

表から明らかとなり、無処理インシュレーションボードの展炎指数はハードボード、セミハードボード、合板よりも大きい。これは熱伝導性の低下による表面温度の上昇にもとづく⁹⁾ことと、燃焼に必要な空気の供給が材料内部まで達しやすいことによるものと思われる。発煙量についてはハードボード、セミハー

ドボードと比較すればわかるように、ボード比重との間に一定の相関は得られなかった。しかしインシュレーションボードとハードボードのように、比重が極端に異なる場合は比重の影響が効いて、前者の発煙量は減少する。これは表面温度の上昇、空気の拡散性の増大にもとづくためと考えられる。

No. 5, 6のボードは無処理、オーバーレイを問わず発煙量は0であったが、外観的に他のボードとの大きな相違も認められず、この原因は今のところ明らかでない。

非発泡性防火塗料の塗布は展炎性を低下せしめるが、No. 4のように指数は90を越える場合もあり、必ずしも米国の難燃C級に合格するとは限らない。一方、発泡性防火塗料は展炎性を大巾に低下し、米国難燃C級に十分合格すると思われる。また発煙指数も90程度にとどまり、合板、セミハードボードを基材とする場合よりもかなり小さい。

3.3 パーティクルボードの燃焼性

第9表はパーティクルボードの燃焼試験結果である。

第9表 パーティクルボードの燃焼性

No.	厚さ	化粧の種類	展炎指数	発煙指数	発熱指数
1	15.0 mm	無	92.0	1.0	138.3
2	25.0 "	無	92.0	2.0	147.3

表から明らかとなり、展炎指数、発煙指数、発熱指数共に厚さによる差はほとんどない。

パーティクルボードの燃焼性は展炎性、発煙性から判断して合板、ハードボード、インシュレーションボードとは異なり、どちらかと言えばセミハードボードに近い。特に発煙量については、10mm合板では175程度の値であったが、パーティクルボードの場合は1~2程度と非常に小さく、この値はセミハードボードの3前後とほぼ一致する。合板の場合は厚さの増大により熱容量が増し、くん焼燃焼の割合が大きくなって発煙量が增大すると推測したが、パーティクルボードの場合はこれと別な発煙機構に従うことが推定される。

3.4 ドリゾールの燃焼性

第10表はドリゾールの燃焼試験結果である。

第10表 ドリゾールの燃焼性

No.	厚さ	基材の種類	展炎指数	発煙指数	発熱指数
1	15.0 mm	ドリゾールのみ	0	0.5	3.0
2	30.0 "	ドリゾールのみ	0	0	3.0
3	42.0 "	心板発泡スチロール	0	74	4.5

注) No. 3の発泡スチロールの厚さは10mm

表から明らかなように、厚さのいかんを問わずほとんど燃焼せず、展炎指数、発煙指数もほとんど0、発熱指数も3程度の極めて低い値にとどまっている。特に発泡性防火塗料処理材料や防炎剤処理材料³⁾と異なり、展炎指数が0であるにもかかわらず、発煙指数もほぼ0というきわめてすぐれた防火材料としての特徴を持っている。

またNo. 3のように、発泡スチロールを心板として積層した場合、展炎性、発熱量にはほとんど影響を与えなかったが、スチロールは発煙性の大きなプラスチックであるため、発煙指数は74程度まで増大した。

4. おわりに

以上、市販の内装材料(若干の下地材料も含む)全般の表面燃焼性について、8フィートトンネル炉による試験結果を紹介した。この報告は単にそれぞれの内装材料の難燃性能をチェックすることを目的としたのではなく、材料の種類と構成の相違が与える表面の燃焼性そのものに関する知見を得ることを目的としたものである。しかし、同時に米国の難燃規格ではどの等級にランクされるものであるか知ることができれば、将来、輸出材料として考える際に有用である。もちろん米国の難燃規格は初めに述べたように、25フィート炉による展炎指数により判定される。従って8フィート炉と25フィート炉の判然たる相関が求められていなければ、8フィート炉の結果により難燃規格の合否を推定することはできない。今のところ残念ながら必ずしも十分な相関は得られておらず、材料の種類により異なる^{4, 10)}ようである。米国難燃C級に合格するためには25フィート炉で展炎指数は200以下でなければならぬが、現在のところこの200に対応する8フィート炉の展炎指数は合板の場合、90程度と推定して差し支えないようであり、難燃処理合板製造の際もこの値を基準に考えている。今回の結果の判断においてもこ

の値を基準としたが、いずれにしても早急に両者の相関の得られることが強く望まれる。

文 献

1) JIS A 1321 (1970)
 2) H.D. Bruce and V.P. Miniutti, FPL Rep. No. 2097 (1957)
 3) 布村昭夫, 伊東英武, 葛西章, 駒沢克己: 第6回日本木材学会北海道支部大会発表
 4) C.C. Peters and H.W. Eickner, FPL Rep. No. 2257 (1962)
 5) 布村昭夫, 伊東英武, 葛西章, 駒沢克己: 本誌5月号

(1969)
 6) H.W. Eickner and C.C. Peters, FPL Official Digest, August (1963)
 7) H.D. Bruce and L.E. Downs, FPL Rep. No. 2140 (1959)
 8) E.L. Schaffer, U.S. Forest Service Research Note FPL-0152 (1967)
 9) 半田隆, 鈴木昭弘: 工業材料, vol 16, No. 13, 69 (1968)
 10) H.W. Eickner, J.M. Stinson and J.E. Jordan, U.S. Forest Service Approved Technical Article (1969)

—林産化学部・木材保存科—
 (原稿受理 49.4.18)

—研究—

屋外暴露による合板の曲げ強度の低減

吉 田 弥 明

1. はじめに

前報¹⁾で屋外暴露による衝撃強度の低減について報告したが、本報告においては静的試験による曲げ強度の低減について述べ、合わせて、各衝撃試験とも比較検討を試みた。

なお、本報告も前報同様、第24回日本木材学会大会(昭和49年4月、東京)において報告した内容を一部補足しまとめたものである。

2. 供試合板と暴露方法

前報¹⁾と同様なので省略する。

3. 試験方法

試験はASTM D805-63に準じ、コントロール合板、1年暴露合板及び3年暴露合板から1条件あて3片の試片を截断し、島津インストロン型オートグラフIS-5000、一部オルゼン型万能試験機を用いて破壊試験を行った。スパンは繊維方向に平行な場合38cm、直角な場合19cmにとった。

したがって試験片形状は平行な場合が43cm×5cm、直角な場合が24cm×5cmである。試験に先立ち室温20±5℃、湿度56±5%の恒温恒湿室で十分調湿した。

4. 試験結果及び考察

静的曲げ試験結果は、一般的には曲げ弾性係数及び破壊係数で表わされ評価される。前報¹⁾において述べたように、これらの特性値は他材料間の強度の比較検討には極めて有効であるが、暴露合板のように強度の低下が材質そのものの劣化と表層摩滅による剛性の低下の両者を考慮しなければならない場合には、適当な表わし方とは言い難い。また実用的な見地からは、その材料の有する絶対的な強度の変化が問題となってくる。

このような意味で本試験にあたっては、弾性係数に対応するものを曲げ剛性: EI (以下同様に表わす)、

第1表 コントロール合板の曲げ強度

合板の種類	表面処理	弾性係数 (ton/cm ²)		破壊係数 (kg/cm ²)	
		(//)	(⊥)	(//)	(⊥)
3 プライ レッドラワン	無	127.3	15.7	685	272
" カブール	無	181.0	22.8	1008	400
" シナノキ	無	84.9	13.3	534	249
" カバ	無	136.7	23.5	991	362
5 プライ レッドラワン	無	106.4	35.7	787	409
" "	フタル酸系白色ペイント	102.3	32.4	835	400
" "	ポリウレタン系ワニス	104.6	37.0	942	481
" "	ポ イ ル 油	123.0	35.2	887	441