

低密度ファイバーボードの 断熱性・吸音性と難燃処理方法

菊地 伸一 駒澤 克己^{*1} 小橋 一哉^{*2}

Thermal Insulation and Sound Absorption Properties of Low Density Fiberboards and Their Fire-Retardant Treatment Methods

Shin'ichi KIKUCHI Katsumi KOMAZAWA Kazuya KOHASHI

Low density fiberboards were manufactured using wood fiber and polyester resin fiber as raw materials. Both fibers were mixed with a carding machine. The fiber mixing ratio of polyester to wood was 1/7, and the target board thicknesses and densities were 15, 21mm and 0.06 to 0.24g/cm³. The manufactured boards were treated with mixtures of diammonium hydrogen phosphate, ammonium sulfate and sodium octaborate. In this paper, the thermal, sound and fire prevention properties are discussed. The results were as follows:

- 1) The thermal conductivity of low density fiberboard was 0.046W/mK for 0.08g/cm³ board density, which was almost equivalent to that of glass-fiber board.
- 2) The sound absorption coefficient of the board with a 0.12g/cm³ density was comparable to glass fiber board.
- 3) The boards treated with 75kg of the mixture of ammonium sulfate, diammonium hydrogen phosphate and sodium octaborate at 5-7:20:6 ratios per 1m³ showed the best fire preventing performance and met the Grade-2 fire retardant standard.

Key words : thermal conductivity, sound absorption coefficient, diammonium hydrogen phosphate, surface flammability
熱伝導率, 吸音率, リン酸水素二アンモニウム, 表面燃焼性

木質ファイバーとポリエステル樹脂ファイバーとを混合, 加熱・成形して厚さ 15 および 21mm, 密度 0.06 ~ 0.24g/cm³ の低密度ファイバーボードを試作した。得られたボードの物性および難燃処理方法を検討し, 以下の結果を得た。

- 1) 密度 0.08g/cm³ のファイバーボードの熱伝導率は 0.046W/mK で, 同密度のグラスウール吸音ボードにほぼ準じる性能を示した。
- 2) 密度 0.12g/cm³ のファイバーボードの吸音率は, グラスウール吸音ボードと同程度の性能を示した。
- 3) 硫酸アンモニウム, リン酸水素二アンモニウムおよび八ホウ酸ナトリウムを 5 ~ 7 : 20 : 6 の割合で混合した難燃剤を 75kg/m³ 添加した低密度ファイバーボードは 難燃 2 級の防火性能を示した。

1. はじめに

オフィスのOA化に伴い，執務環境を改善する目的から，事務所空間にローパーティションが大量に導入されている。ローパーティションのパネル材は，表面にはクロスが，芯は中空または吸音性を求める場合にはグラスウールやインシュレーションボードなどが使用されている。木材資源などのリサイクルの観点から，低密度ファイバーボードが建築用軽量ボードとして検討されている¹⁻³⁾が，断熱性や吸音性を持つこれらのボードはグラスウールに替わるローパーティション用の充てん材として利用可能であると思われる。

ローパーティションは建築基準法による防火上の制限は受けないものの，構成材料によっては急速に燃焼が拡大する危険性があり，可燃材料を用いる場合には難燃化の必要性が指摘されている⁴⁾。木質系材料には数多くの難燃剤が報告されており，セルローズファイバーにはホウ素系の薬剤が用いられている^{5,6)}。しかし，木質ファイバーに対する発熱抑制効果はホウ素系薬剤よりもリン酸アンモニウム系薬剤の方が高い傾向を得ている⁷⁾。ただし，リン酸アンモニウム系薬剤は発煙性が大きい欠点も見られた⁷⁾。このことから，低密度ファイバーボードを難燃化するためには，燃焼抑制効果の異なる難燃剤を組み合わせることが必要と考えられる。

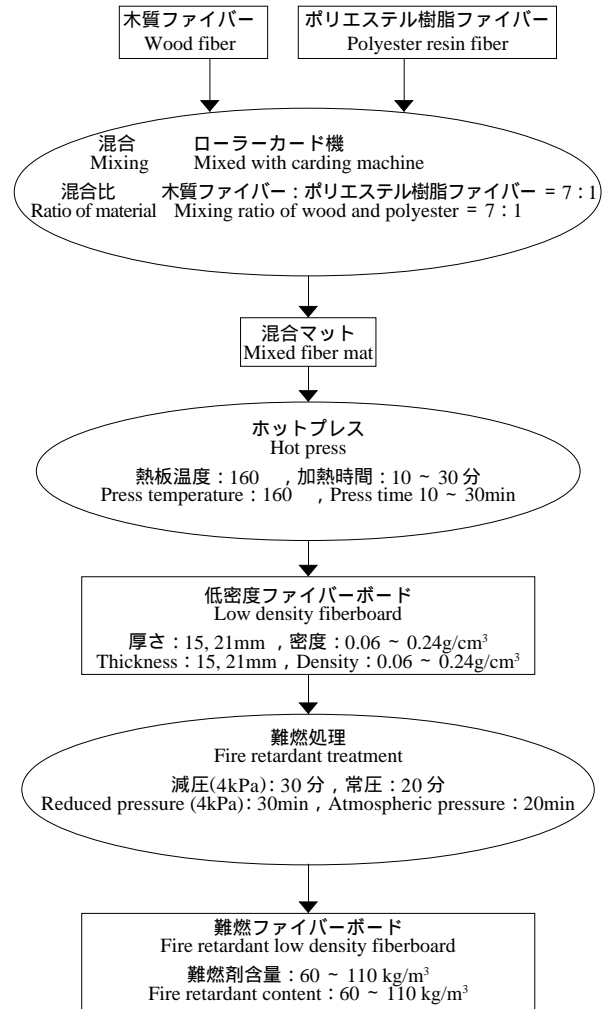
そこで，木質ファイバーと合成樹脂ファイバーとの混合物を合成樹脂の融点温度以上に加熱することにより，合成樹脂ファイバーがホットメルト接着剤として作用することを利用する方法^{8,9)}で製造した低密度ファイバーボードの特性，および難燃処理方法について検討した。

なお，本研究の一部は，第49回日本木材学会大会（1999年，東京）で発表した。

2. 試験方法

2.1 試験材料

低密度ファイバーボードは木質ファイバーと合成樹脂ファイバーとから作製した。木質ファイバーは，ファイバーボード工場から入手したスギとヒノキの混合ファイバーを用いた。入手したファイバーは，その重量の約80%が網目の目開き，0.25mmと



第1図 低密度ファイバーボードの製造方法
Fig. 1. The flow chart of manufacturing method of low density fiberboard.

1mmのふるいの間に残るような粒度のものであった。

合成樹脂ファイバーは，4デニール5mm長のポリエステル樹脂のものを用いた。このファイバーの芯材融点温度は240前後，鞘材融点温度は130～140で，重量比各50%で構成されている。

2.2 成形方法

低密度ファイバーボードの成形方法および難燃処理の概要を第1図に示す。まず，木質ファイバーと合成樹脂ファイバーとをローラーカード機を用いて重量比7:1で混合した。次いで，得られた混合マットを熱板温度160のホットプレスで位置制御法により10～30分間加熱成形し，厚さ15mmで密度0.06，0.08，0.12，0.16，0.20，0.24g/cm³および厚

さ21mmで密度 0.12g/cm^3 ，大きさ $50 \times 50\text{cm}$ の低密度ファイバーボードを得た。得られたボードを所定の大きさに切断し，熱伝導率，吸音率および難燃性試験に供した。

なお，成形に必要な加熱時間は，あらかじめ混合マットのほぼ中間部に線径1mmのシースK熱電対を挿入し，ボード中心部温度が鞘材融点温度である140℃に達するまでの時間を測定する予備試験によって求めた。

2.3 難燃剤および難燃処理方法

難燃処理は，厚さ15mm，密度 0.12g/cm^3 ，大きさ $22 \times 22\text{cm}$ の低密度ファイバーボードに対して行った。供試難燃剤は試薬1級の硫酸アンモニウム，リン酸水素二アンモニウムおよび八ホウ酸ナトリウム四水和物（ティンボア，U.S Borax & Chemical Corp. 製）とした。これら3種類の薬剤を0～7:20:3～8の12通りの混合比で混合した。それらを難燃剤固形分含量が $60 \sim 110\text{kg/m}^3$ となるように濃度19～27%に調整し，注入用水溶液とした。

注入条件は減圧 $4\text{kPa} \cdot 30$ 分間とし，減圧後金網上で20分間液切りした。難燃処理したボードは60

で48～72時間，次いで80℃で16時間乾燥した。

各条件につき難燃処理枚数は3枚とし，難燃剤の固形分含量は難燃剤水溶液濃度および注入後の重量増加量から求めた。

2.4 熱伝導率

熱伝導率は，熱伝導率計（昭和電工（株）製Shotherm QTM-D）によって測定した。本測定装置は，ヒーター線を組み込んだプローブを試験体表面に押し当て，温度上昇値から熱伝導率を算出するものである。試験体は厚さ15mm，密度 $0.06, 0.08, 0.12, 0.16, 0.20, 0.24\text{g/cm}^3$ の低密度ファイバーボードおよび密度 0.20g/cm^3 の難燃処理ボード各3枚とした。比較のため，市販の厚さ25mm，密度 0.08g/cm^3 のグラスウール吸音ボードおよび厚さ15mm，密度 0.24g/cm^3 のインシュレーションボードについてもその熱伝導率を測定した。

2.5 吸音率

吸音率は，垂直入射吸音率測定器（神戸製鋼製ACIMS）による2マイクロフォン式管内法で測定した。内径 87.5mm および 33.5mm の2種類の音響管

を使用し，大径管では100から $1,600\text{Hz}$ ，小径管では250から $4,000\text{Hz}$ の吸音率を $1/3$ オクターブごとに測定した。試験体は，厚さ15mm，密度 $0.08, 0.12, 0.16, 0.24\text{g/cm}^3$ および厚さ21mm，密度 0.12g/cm^3 の低密度ファイバーボード各3枚とした。比較のため，市販のグラスウール吸音ボードおよびインシュレーションボードについてもその吸音率を測定した。

なお，本装置はJIS A 1405「管内法による建築材料の垂直入射吸音率測定方法」およびJIS A 1409「残響室法吸音率の測定方法」とは異なるものから，材料間の相対比較によって吸音性を評価した。

2.6 難燃性

難燃性は，JIS A 1321「建築物の内装材料及び工法の燃焼試験方法」による表面試験で評価した。加熱時間は，難燃2級の防火性能を付与できる難燃処理条件を検討するため10分間とした。

表面試験における評価項目および難燃2級の規格値は以下のとおりである。

- 1) 排気温度曲線が標準温度曲線を越える時間（以下 t_c ）が3分以上。
- 2) 排気温度曲線が標準温度曲線を越えている部分の，排気温度曲線と標準温度曲線とで囲まれた部分の面積（以下 t_d ）が $100(\text{cm}^2 \cdot \text{分})$ 以下。
- 3) 発煙係数（以下CA）が60以下。
- 4) 加熱終了後の残炎時間が30秒以下。

3. 結果と考察

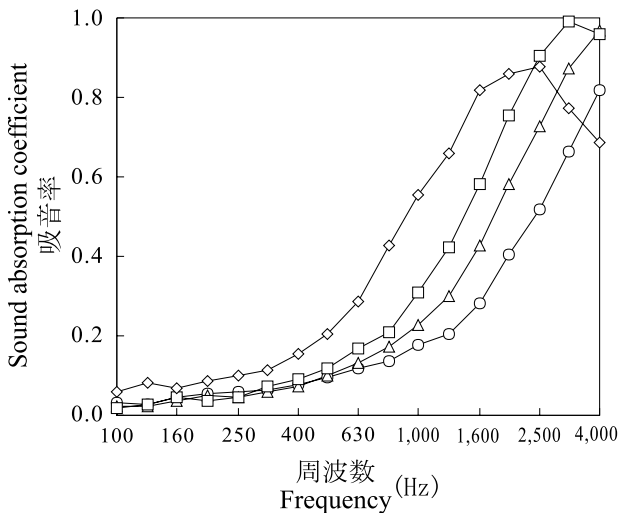
3.1 熱伝導率

低密度ファイバーボードの密度と熱伝導率の関係を第1表に示す。低密度ファイバーボードの熱伝導率は，密度と比較的高い相関があった。密度 0.08g/cm^3 の低密度ファイバーボードの熱伝導率は 0.046W/mK で，同密度グラスウール吸音ボードの 0.037W/mK にはやや及ばないものの，グラスウール保温板のJIS規格値にほぼ適合する性能を示した。また，セルローズファイバーの熱伝導率は充てん密度や水分の影響を受けるが，おおむね $0.041 \sim 0.046\text{W/mK}$ とされている¹⁰⁾。これらから，低密度ファイバーボー

第1表 低密度ボードの熱伝導率

Table 1. Thermal conductivity of low density boards.

密度(g/cm ³) Density	熱伝導率 (W/mK) Thermal conductivity			
	低密度ファイバーボード Low density fiberboards	難燃処理ファイバーボード Fire retardant fiberboard	グラスウール吸音ボード Glasswool board	インシュレーションボード Insulation board
0.06	0.045			
0.08	0.046		0.037	
0.12	0.054			
0.16	0.057			
0.20	0.062	0.063		
0.24	0.073			0.070



第2図 厚さ15mmの低密度ファイバーボードの吸音率

凡例：密度： ◯：0.08(g/cm³)， △：0.12(g/cm³)，
□：0.16(g/cm³)， ◇：0.24(g/cm³)

Fig. 2. Effect of board density on sound absorption coefficients of fiberboard at a thickness of 15mm.

Legend : density : ◯ : 0.08(g/cm³) ; △ : 0.12(g/cm³) ;
□ : 0.16(g/cm³) ; ◇ : 0.24(g/cm³)

ドは既存断熱材に相当する断熱性能を持つと考えられる。

難燃処理ファイバーボードの熱伝導率は難燃処理されていないボードのそれとほぼ同じであった。また、密度0.24g/cm³のインシュレーションボードの熱伝導率も、同密度の低密度ファイバーボードのそれとほぼ同じであった。

3.2 吸音性

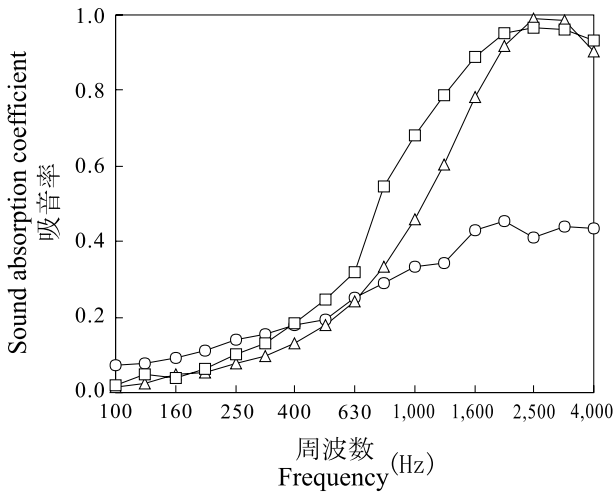
密度の異なる低密度ファイバーボードの吸音率を第2図に示す。グラスウールやロックウールのような多孔質構造の吸音材料は厚さや密度によって吸音

特性が変化し、密度が大きくなると中高音域の吸音率が大きくなるとされている¹¹⁾。低密度ファイバーボードは、密度が大きくなるにつれて500Hz以上の中高音域の吸音率が大きくなる傾向にあったが、密度0.24g/cm³では2,500Hz以上で低密度のものよりも低下する挙動を示した。

低密度ファイバーボード、インシュレーションボードおよびグラスウール吸音ボードの吸音率を第3図に示す。JIS A 6301では、ボードの吸音性を周波数250、500、1,000、2,000Hzにおける吸音率の算術平均で区分している。これを準用すると、各ボードの吸音率はそれぞれ0.41、0.28、0.49となり、低密度ファイバーボードはグラスウール吸音ボードに近い性能を示した。

3.3 難燃性

硫酸アンモニウム、リン酸水素二アンモニウム、八ホウ酸ナトリウムを所定の割合で混合した難燃剤の低密度ファイバーボードに対する添加量と、 t_d 、 CA との関係の一例を第4図に示す。難燃剤配合比によって各ボードの燃焼性は異なるものの、どの配合比でも難燃剤添加量と t_d 、 CA の間には一定の傾向が示された。すなわち、 t_d は難燃剤添加量が多くなるほど小さくなるのに対し、 CA は難燃剤添加量が多くなるほど大きくなった。これらの傾向は、難燃処理ファイバーと同様であった⁷⁾。なお、 t_c は難燃剤混合比および添加量によらずすべて200秒を上回り、着火および初期発熱は十分に抑制された。



第3図 低密度ボードの吸音率

凡例：○：インシュレーションボード(厚さ 15mm, 密度 0.24g/cm³)，□：低密度ファイバーボード(厚さ 21mm, 密度 0.12g/cm³)，△：グラスウールボード(厚さ 25mm, 密度 0.08g/cm³)，

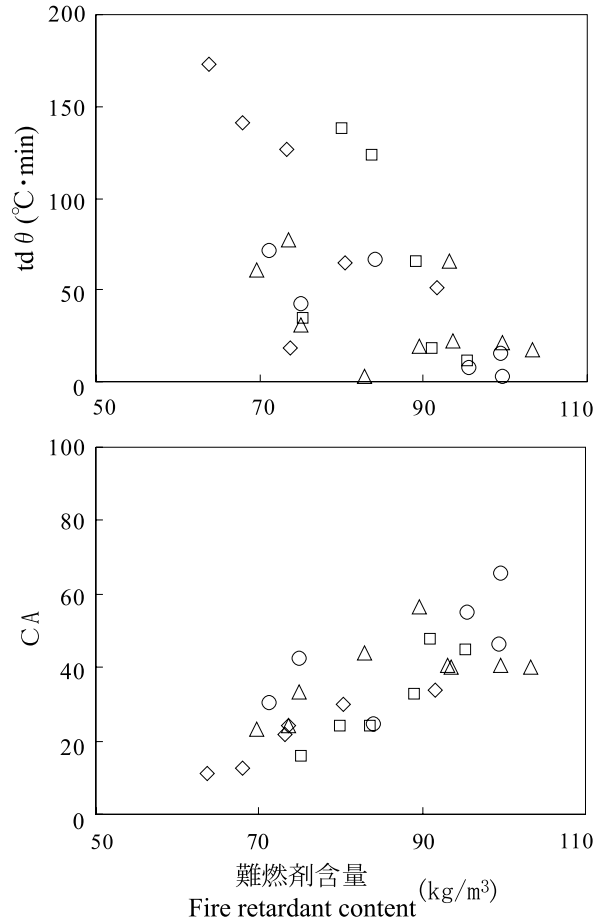
Fig. 3. Sound absorption coefficients of low-density board.

Legend : ○ : Insulation board (Thickness 15mm, Density 0.24g/cm³); □ : Low density fiberboard (Thickness 21mm, Density 0.12g/cm³); △ : Glasswool board (Thickness 25mm, Density 0.08g/cm³)

次に、硫酸アンモニウムまたは八ホウ酸ナトリウムの混合比を変化させた混合難燃剤を約75kg/m³添加した低密度ファイバーボードの燃焼試験結果を第5図に示す。これによると、硫酸アンモニウムの混合比が大きくなるほどtd、残炎時間は小さくなるがCAは増大する。また、八ホウ酸ナトリウムの添加割合が大きくなるほどCAは小さくなるがtd、残炎時間は大きくなる。これらの難燃剤配合比のなかで難燃2級の基準値を満たす組み合わせは、硫酸アンモニウム：リン酸水素ニアンモニウム：八ホウ酸ナトリウム = 5:20:6, 6:20:6, 7:20:6の3通りであった。このとき、難燃剤全体に占める八ホウ酸ナトリウムの割合は18.2～19.4%で、これ以上ではtdまたは残炎時間が、またこれ以下ではCAがそれぞれ難燃2級の基準に満たないことがわかった。

4. まとめ

木質ファイバーとポリエステル樹脂ファイバーとを混合、加熱・成形して厚さ15および21mm、密度0.06～0.24g/cm³の低密度ファイバーボードを試作した。得られたボードの物性および難燃処理方法を



第4図 難燃処理ボードの表面燃焼性

凡例：硫酸アンモニウム、リン酸水素ニアンモニウム、八ホウ酸ナトリウムの混合比：

○：3:20:6，□：4:20:6，△：6:20:7，◇：7:20:8

Fig. 4. Relationship between fire retardant content and the surface flammability of low density fiberboard at a thickness of 15mm.

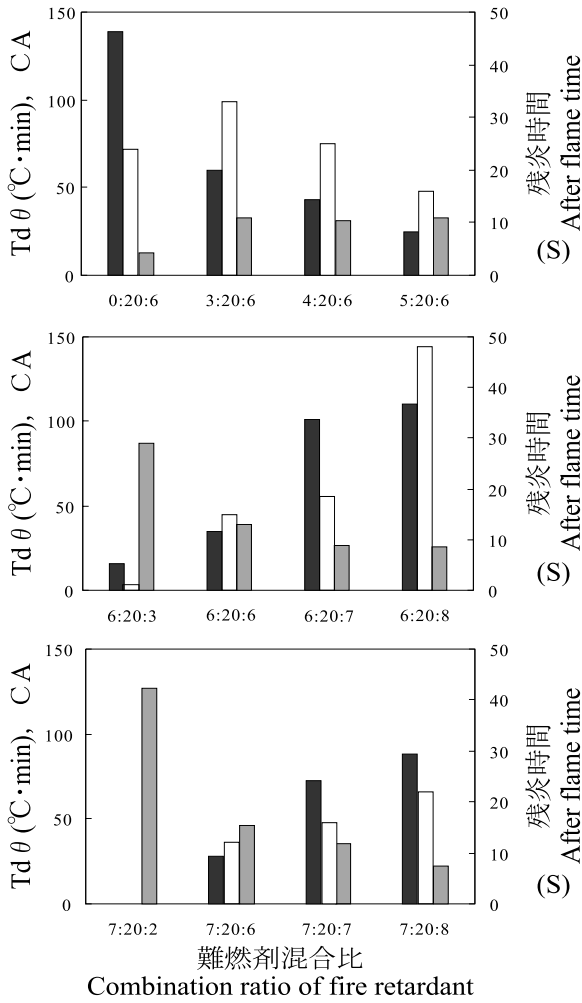
Legend : Combination ratios of ammonium sulphate, diammonium hydrogenphosphate and sodium octaborate : ○ : 3:20:6 ; □ : 4:20:6 ; △ : 6:20:7 ; ◇ : 7:20:8

検討し、以下の結果を得た。

- 1) 低密度ファイバーボードの熱伝導率は密度と高い相関があり、同密度のグラスウール吸音ボードにほぼ準じる性能を示した。
- 2) 低密度ファイバーボードの吸音率は密度が高くなるほど中高音域で大きくなる傾向にあった。また、同密度のグラスウール吸音ボードに近い性能を示した。
- 3) 硫酸アンモニウム、リン酸水素ニアンモニウムおよび八ホウ酸ナトリウムを5～7：20：6の割合で混合した難燃剤を75kg/m³添加した低密度ファイバーボードは、難燃2級の防火性能を示した。

文 献

- 1) T. Kawasaki, M.Zhang, S.Kawai : *J. Wood Science*, **44**, 354-360 (1998).
- 2) R.M.Rowell, S.Kawai, M.Inoue : *Wood Fiber Sci.*, **27**, 428-436 (1995).
- 3) T.Sellers, G. D. Miller, M. J. Fuller : *Forest Prod. J.*, **43**(7/8), 69-71 (1993).
- 4) 高嶋秀一 ほか3名：日本建築学会大会学術講演梗概集，1259-1260 (1993).
- 5) T. Wegner, C. Holmes : "*American Society for Testing and Materials*", p.100 - 113 (1983).
- 6) 建設省住宅局建築指導課監修：耐火防火構造・材料等便覧 Vol.13, 日本建築センタ - , p.9003-9006 (1970).
- 7) 菊地伸一，駒澤克己：林産試験場報，**13**(5),7-13(1999).
- 8) 西田友昭 ほか5名：木材工業，**55**, 18-21(2000).
- 9) 吉田弥明 ほか3名：第50回日本木材学会大会研究発表要旨集，288(2000).
- 10) 川口皓二，毛利宏昭：紙パ技協誌，**37**,501-507(1983).
- 11) 建築材料実用マニュアル編集委員会編：建築材料実用マニュアル，(株)産業調査会，p. 1027 (1994).



第5図 難燃剤配合比の表面燃焼性への影響

注：難燃剤混合比：硫酸アンモニウム：リン酸水素二アンモニウム：八ホウ酸ナトリウム，難燃剤含量 75kg/m³
 凡例：■：td ， □：残炎時間， ▒：CA

Fig. 5. Effect of combination ratio on surface flammability of low density fiberboard at a thickness of 15mm.

Note:Combination ratio of fire retardant: Ammonium sulphate Diammonium hydrogen phosphate :Sodium octaborate
 Fire retardant content 75kg/m³
 Legend : ■ : td ; □ : After flame time ; ▒ : CA

(原稿受理：01.6.20)

- 性能部 防火性能科 -

- *1 : 前 性能部 防火性能科 -

- *2 : 前 蝦名林業株式会社 -