

## 積層難燃木炭ボード

斉藤 勝 梅原 勝雄  
菊地 伸一\*1 駒沢 克己\*1  
遠藤 展\*2

### Laminated Fire - Retardant Charcoal Boards

Masaru SAITOH            Katsuo UMEHARA  
Shinichi KIKUCHI        Katsumi KOMAZAWA  
Hiromu ENDOH

Fire-retardant charcoal boards were manufactured by mixing charcoal, ammonium dihydrogenphosphate as a fire-retardant substance, and pulverized phenol resin as an adhesive. Charcoal was made from saw-dust-scattered larch barks being carbonized in an open-hearth furnace.

The bending strength and the fire-proof ability of the boards manufactured thus were tested, and it was found that the greater the adhesive addition rate and the higher the specific gravity, the stronger the bending strength is, independent of the presence of the fire-retardant substance. Face tests based on the JIS A 1321 showed that the  $T_d$  of the boards was 0, i.e., the first class unflammability, while material tests based on the same JIS showed that inner temperature in the furnace became higher than 810 after several minutes of heating, which meant the second class unflammability.

To discover a way of making the boards stronger, two types of laminated fire-retardant boards were made. In one type, larch laminated lumber was covered with fire-retardant boards. In the other, fire-retardant boards were covered with todomatsu laminated lumber containing the fire-retardant substance. All those boards were heated with a large combustion apparatus in accordance with the JIS A 1311, and it was found that even after 60 minutes of heating the temperature of their back sides did not reach 260. Thus the boards of both types successfully had the fire-proof ability of 60 minutes.

樹皮炭に難燃剤としてリン酸水素二アンモニウムを加え、粉末フェノール樹脂を接着剤として難燃木炭ボードを製造した。そして、曲げ強さと難燃性能を調べた。

曲げ試験の結果、難燃剤の添加に伴う強度低下は認められず、接着剤の添加量が多いほど、また、比重が高いほど、曲げ強さが大きいボードになることが分かった。

JIS A 1321の表面試験の結果、難燃剤を添加した場合には、Td は0となり、難燃1級にほぼ近い性能が得られることが分かった。そこで、JIS A 1321の基材試験を行ったが、4~7分で基準の810 を超えてしまい、難燃1級には合格しなかった。難燃剤無添加の場合でもTd の値はプラスとなり、難燃2級に相当することが分かった。

カラマツ集成材をコアとした積層難燃木炭ボード、および難燃トドマツ集成材を表面材とした積層難燃木炭ボードを作り、JIS A 1311に基づく加熱試験を行った。その結果両ボードとも、60分経過後でも裏面温度が260 に達せず、60分耐火の性能があることが分かった。

## 1. はじめに

これまで、著者らは木炭の新しい用途をみいだすため、木炭の吸湿性<sup>1-3)</sup>や臭いの吸着性を調べているが、今回は木炭が木材に比べて着火温度が高い材料であることに着目し、難燃建材の開発を試みた。

石原ら<sup>4-8)</sup>は、各種木炭やグラファイトなどの炭素を用いて炭素材料積層パーティクルボードやGPS積層耐火性パーティクルボードを作り、その一部に良好な耐火性能を得ている。

本試験では、木炭に難燃剤を加え、難燃性の接着剤で接着して、難燃木炭ボードを成型し、その曲げ強度と耐燃焼性について検討した。またさらに、曲げ強度を向上させるため、補強材として木質材料と組み合わせ、三層構造の積層難燃木炭ボードを作り、その耐火性能を測定した。これらの結果について報告する。なお、これは第42回日本木材学会大会(1992年4月、名古屋市)で発表したものの一部である。

## 2. 実験方法

### 2.1 原料

使用した木炭は、少量ののこずが混じったカラマツの樹皮を平炉で370~400 で6日間炭化した市販品である。難燃剤にはリン酸水素ニアンモニウムを用いた。接着剤には粉末フェノール樹脂接着剤(ユニチカユニベックス株製のユニベックスSタイプ)を用いた。

### 2.2 ボードの成型

上記の樹皮炭にリン酸水素ニアンモニウム粉末と粉末フェノール樹脂接着剤をそれぞれ各10~20%添加した。これらを三井三池製作所株製 FM20B型ヘンシェルミキサーに入れ、5分間かくはん混合した。一方、セ

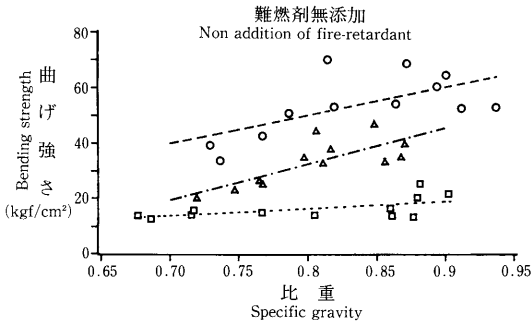
ロハンの離型紙と不織布を敷いた上に大きさ300×300mm、高さ9mmの金型を置き、この中にこれらの混合物を入れてフォーミングした。次いで不織布をかぶせ、離型紙をのせた。そして、厚さが10mm、比重が0.7、0.8、0.9の3通りになるように規制して、180 で15分熱圧し、難燃木炭ボードを作製した。また、比較のため、リン酸水素ニアンモニウム無添加の木炭ボードも同様に作製した。

### 2.3 曲げ試験および燃焼試験

上記のボードから曲げ試験と表面試験のサンプルを採った。ここで、表面試験というのはJIS A 1321「建築物の内装材料及び工法」の難燃性試験方法に記載されている試験方法をいう。曲げ試験終了後にJIS A 1321に基づく基材試験のサンプルを採った。曲げ試験は、試験片の大きさを幅50mm×長さ240mmとし、スパン160mmで、JIS A 5908「パーティクルボード」の曲げ強度試験に従って実施した。表面試験は、試験片を220×220mmの大きさに切り、JIS A 1321に準じて10分間加熱して評価した。基材試験は、50×50mmの試験片を厚さ方向に5枚重ねて直径0.4mmのステンレス製の針金でしばり50×50×50mmとした後、これをJIS A 1321に準じて750 に保った電気炉に入れ、20分間加熱して評価した。

### 2.4 積層難燃ボードの製造および耐火試験

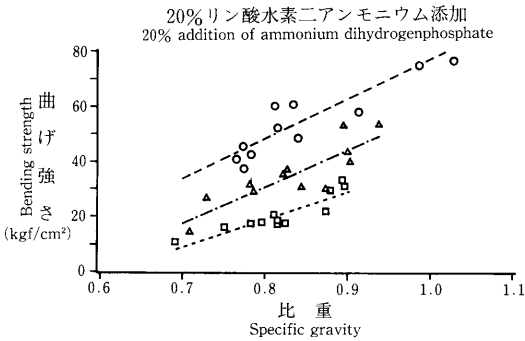
2.2項と同様にして、比重0.8、接着剤添加率15%、難燃剤添加率10%の条件で、大きさが950×950mm、厚さが10mmと25mmの難燃木炭ボードを製造した。このボードを用いて積層構造の異なる2種類の積層ボード(A、B)を作製して、耐火試験を行った。積層ボードAは、25mm厚のカラマツ集成材をコアとし、10mm厚の難燃木炭ボードを表裏面に接着したものである。積層ボード



第1図 木炭ボード比重と曲げ強さの関係

Fig. 1. Relationship between charcoal board specific gravity and bending strength

接着剤添加率 An addition rate of adhesive :  
 □.....: 10%, △---: 15%, ○----: 20%



第2図 難燃木炭ボード比重と曲げ強さの関係

Fig. 2. Relationship between fire-retardant charcoal board specific gravity and bending strength

接着剤添加率 An addition rate of adhesive :  
 □.....: 10%, △---: 15%, ○----: 20%

Bは、25mm厚の難燃木炭ボードをコア材として、表裏面にリン酸アンモニウムで難燃処理した厚さ25mmのトドマツ集成材を接着したものである。なお、難燃木炭ボードと集成材の接着には常温硬化型のレゾルシノール樹脂接着剤（大日本インキ㈱のプライオーフェン#6000）を用いた。

両者をそれぞれ、900×900mmの大きさの耐火試験が可能な加熱炉に装着し、JIS A 1311「建築用防火戸の防火試験方法」に定められた耐火加熱曲線にそって、ガスバーナーの炎を表側から吹き付けて加熱し、耐火試験を行った。

### 3. 実験結果

#### 3.1 曲げ試験

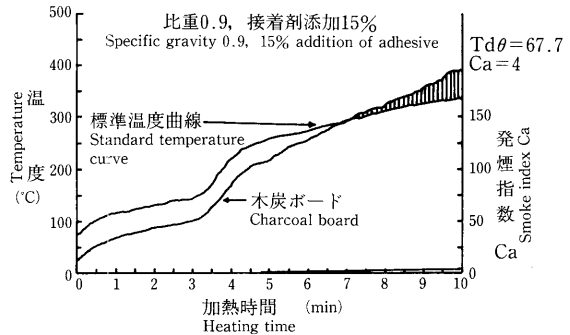
難燃剤無添加の木炭ボードの比重と曲げ強さの関係を第1図に示す。曲げ強さは、接着剤10%添加の場合には、10~20kgf/cm<sup>2</sup>であった。また、15%添加では20~40kgf/cm<sup>2</sup>、20%添加では33~70kgf/cm<sup>2</sup>であった。接着剤の添加量が多いほど、また比重が高いほど、曲げ強さは大きくなった。

難燃剤を添加した難燃木炭ボードの比重と曲げ強さの関係を第2図に示す。また、難燃剤添加率と曲げ強さの関係を第1表に示す。比重0.7、0.8、0.9に対応する曲げ強さは、難燃剤無添加の木炭ボードの場合の曲げ強さとほぼ同じかまたはそれ以上であった。このことから、難燃剤添加による強度低下は特になかったことが分かる。

第1表 難燃剤添加率と曲げ強さの関係

Table 1. Relationship between an addition rate of fire-retardant and bending strength (kgf/cm<sup>2</sup>)

	比重 Specific gravity	接着剤添加率 (%) An addition rate of adhesive		
		10	15	20
難燃剤添加率 (%) An addition rate of fire-retardant	0	0.7 13.5	0.8 16.3	0.9 19.0
	10	0.7 12.1	0.8 21.3	0.9 30.5
	20	0.7 9.3	0.8 19.3	0.9 29.3



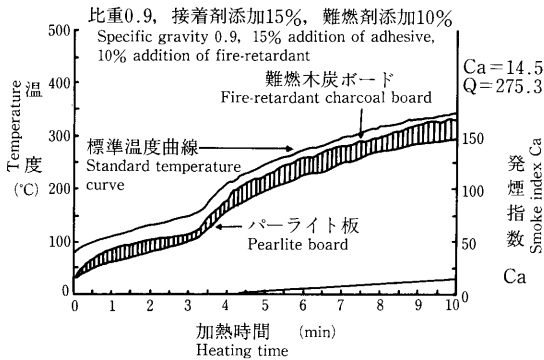
第3図 排気温度曲線

Fig. 3. Exhaust temperature curve

3.2 表面試験

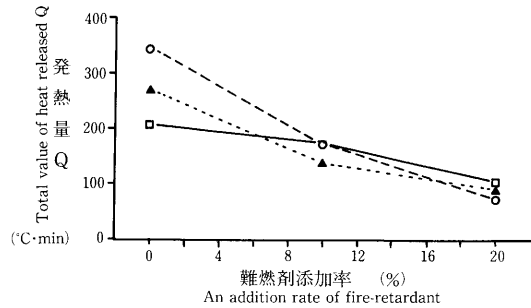
比重0.9, 接着剤添加率15%の難燃剤無添加の木炭ボードの排気温度曲線を第3図に示す。標準加熱曲線はパーライト板の排気温度曲線に50°Cを加えた曲線である。木炭ボードの排気温度曲線と標準温度曲線とが交差した後に囲まれる面積(図中の縦線の部分)が  $Td\theta$  である。また、 $Td\theta$  が0で発煙指数  $Ca$  が30以下なら難燃1級,  $Td\theta$  が100以下で  $Ca$  が60以下なら難燃2級と規定されている。第3図の場合,  $Td\theta$  は67.7で  $Ca$  が4であるから, このボードは難燃2級に相当することが分かる。

比重0.7, 接着剤添加率10%, 難燃剤添加率10%の難燃木炭ボードの排気時間温度曲線を第4図に示す。この場合の排気温度曲線は標準温度曲線と交わることはなく,  $Td\theta$  は0であった。また, この時の  $Ca$  は14.5であった。この結果から, このボードは難燃1級に合格することが分かる。



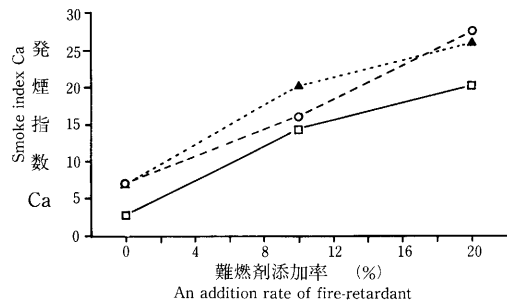
第4図 排気温度曲線  
Fig. 4. Exhaust temperature curve

第4図において難燃木炭ボードの排気温度曲線とパーライト板の排気温度曲線に囲まれる縦線の面積は発熱量  $Q$  である。この場合の発熱量  $Q$  は275.3であるが,  $Q$  は小さいほど耐火性能が高いことを意味する。



第5図 難燃剤添加率と発熱量との関係  
Fig. 5. Relationship between an addition rate of fire-retardant (ammonium dihydrogen-phosphate) and total value of heat released

接着剤添加率 An addition rate of adhesive :  
□ : 10%, ▲ : 15%, ○ : 20%



第6図 難燃剤添加率と発煙指数との関係  
Fig. 6. Relationship between an addition rate of fire-retardant (ammonium dihydrogen-phosphate) and smoke index

接着剤添加率 An addition rate of adhesive :  
□ : 10%, ▲ : 15%, ○ : 20%

第2表 基材試験結果

Table 2. The results at fire-resistance test of material

難燃剤添加率 (%) An addition rate of fire-retardant	接着剤添加率 An addition rate of adhesive (%)	810°C到達時間 Time of arrival to the 810°C (min.)	最大温度到達時間 Time of arrival to the maximum temperature (min.)	最大温度 Maximum temperature (°C)
	10	10	3.7	12.9
15		4.0	13.6	908.0
20		3.8	11.3	913.0
20	10	6.9	15.6	855.7
	20	6.6	16.1	911.0

供試した試験材の発熱量を難燃剤の添加率に対してプロットして第5図に示す。また、発煙指数と難燃剤添加率の関係を第6図に示す。

難燃剤無添加の木炭ボードは、発熱量が高く、第3図のようにTdθがプラスとなるものが多かった。このボードは第6図から分かるように、発煙量は少なく、難燃2級に相当した。第5図から分かるように、難燃剤添加率を10%から20%へと多くすることによって、発熱が抑制される。また、接着剤と難燃剤の添加量が多くなるに従って発煙は多くなるものの、Caは30以下であり、難燃1級に相当することが分かる。

3.3 基材試験

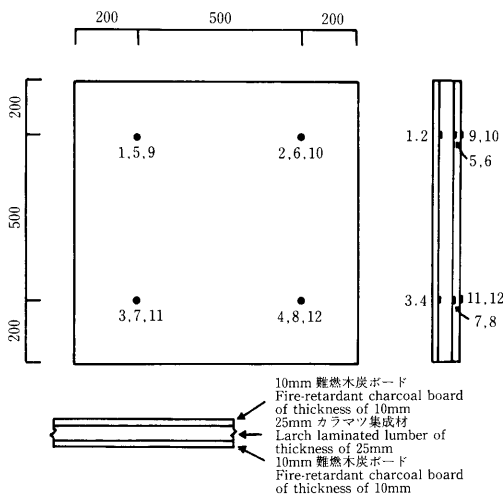
基材試験において試験体が難燃1級に合格する条件は、750°Cの加熱炉で20分加熱しても、810°Cにはならないことである。

難燃剤を添加したボードの基材試験の結果を第2表に示す。いずれの場合も加熱後4~7分で810°Cに達しており、難燃1級の基準値に合格しなかった。したが

って、この基材試験と前項の表面試験の結果を総合すると、この難燃木炭ボードは難燃2級相当であると判断される。接着剤添加率は810°Cに到達する時間には影響を与えていないが、難燃剤については添加量の多い方が810°Cに到達する時間が遅くなっている。到達した最大温度は、難燃剤無添加の木炭ボードより低く、855~913°Cであった。

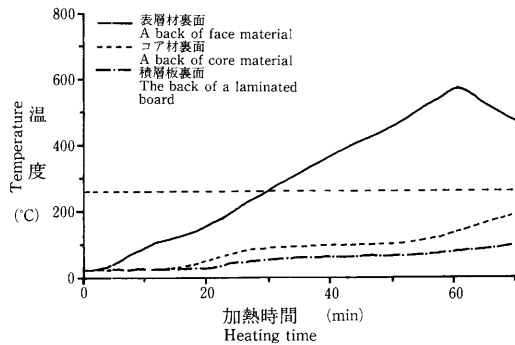
3.4 積層難燃木炭ボードの耐火試験

難燃木炭ボードだけでは、用途によっては強度に不安があるので、補強材として集成材と組み合わせて積

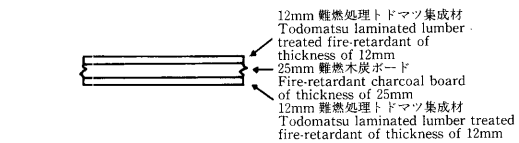
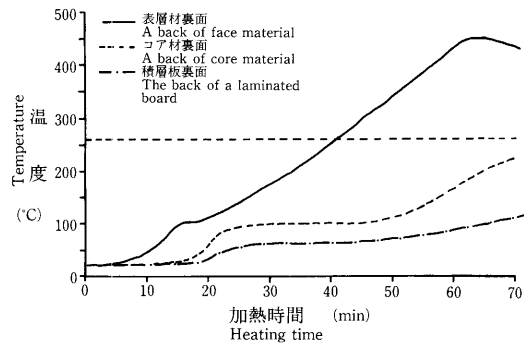


第7図 積層ボードAの耐火試験の温度測定位置  
Fig. 7. A measuring position of temperature of laminated fire-retardant charcoal board A at fire-resistance test

- 1, 2, 3, 4 : 難燃木炭ボード裏面  
A back of fire-retardant charcoal board
- 5, 6, 7, 8 : カラマツ集成材裏面  
A back of larch laminated lumber
- 9, 10, 11, 12 : ボード全体の裏面  
The back of a board



第8図 耐火試験における積層ボードAの温度曲線  
Fig. 8. Temperature curve of laminated fire-retardant charcoal board A at fire-resistance test



第9図 耐火試験における積層ボードBの温度曲線  
Fig. 9. Temperature curve of laminated fire-retardant charcoal board B at fire-resistance test

層難燃木炭ボードを作り、耐火試験を行った。用いた難燃木炭ボードは、発煙が少なく、発熱量が小さく、強度が高いことを目的とするため、接着剤添加率15%の条件で作ったものである。

難燃木炭ボードを表面材とした積層ボードAの耐火試験時の温度測定位置を第7図に示す。図に示したように、表面材の裏面、コアの裏面、積層難燃木炭ボード全体の裏面の各温度を、それぞれ4か所で測定した。

積層ボードAの耐火試験で得られた温度曲線を第8図に示す。燃焼側の難燃木炭ボードの裏面温度は、60分経過後で約600 に達した。しかし、コアのカラマツ裏面およびボード全体の裏面温度は、木材の着火温度である260 には達しなかった。このことから Aは60分の耐火性能をもつことが分かる。

積層ボードBの耐火試験時の温度曲線を第9図に示す。燃焼側の難燃処理トドマツ材の裏面温度は、40分後で約600 に達した。しかし、コアの難燃木炭ボード裏面およびボード全体の裏面温度は、木材の着火温度には達しなかった。このことから Bは60分の耐火性能があることが分かる。

したがって、AおよびBのいずれの構成でも60分耐火の性能が得られることが分かった。用途によりいずれの構成も考えられるが、後者はトドマツ材にも難燃処理をしなければならず、工程上は前者の方が有利である。

#### 4. まとめ

平炉で製造した樹皮炭に、リン酸水素二アンモニウムと粉末フェノール樹脂接着剤を混合して難燃木炭ボードを作り、その物性を調べた。

曲げ試験の結果、難燃剤の添加に伴う強度低下は認められず、接着剤の添加量が多いほど、また比重が高いほど、曲げ強さが大きいボードができることが分かった。

JIS A1 321の表面試験の結果、難燃木炭ボードでは、

Td が0となり、難燃1級の性能が得られることが分かった。そこでJIS A 1321の基材試験を行ったが、短時間で基準の810 を超えてしまい、難燃1級には合格しなかった。難燃剤無添加の木炭ボードでは、Td の値がプラスとなるものの、難燃2級に相当することが分かった。

カラマツ集成材をコアとした積層難燃木炭ボード、および難燃トドマツ集成材を表面材とした積層難燃木炭ボードを作り、大型装置でJIS A 1311に基づく耐火加熱試験を行った。その結果、両方のボードとも裏面温度は260 に達せず、60分耐火のボードとして評価できることが分かった。

カラマツ集成材をコアとした積層難燃木炭ボード、および難燃トドマツ集成材を表面材とした積層難燃木炭ボードを作り、大型装置でJIS A 1311に基づく耐火加熱試験を行った。その結果、両方のボードとも裏面温度は260 に達せず、60分耐火のボードとして評価できることが分かった。

#### 文 献

- 1) 斉藤 勝ほか1名：日本木材学会北海道支部講演集 21, 79 (1989) 1
- 2) 斉藤 勝：林産試験場報 4, 5, 20 (1990)
- 3) 斉藤 勝ほか1名：日本木材学会北海道支部講演集 23, 66 (1991) 1
- 4) 石原茂久ほか1名：木材学会誌 35, 234 (1989)
- 5) 川井秀一ほか3名：材料 38, 758 (1989)
- 6) 石原茂久ほか3名：材料 38, 1085 (1989)
- 7) 井出 勇ほか5名：木材学会誌 37, 1026 (1991)
- 8) 井出 勇ほか5名：木材学会誌 38, 777 (1992)

- 利用部 物性利用科 -  
 - \*1性能部 耐久性能科 -  
 - \*2技術部 機械科 -  
 (原稿受理 H5. 2. 8)