

技術情報

No. 67
1988. 1

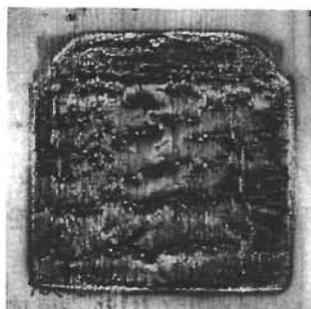
長野県林業指導所



燃焼試験炉の内部

電気ヒーターとガスバーナーが見える。

試験材を設置
加熱時間は6分。



試験終了後

木材の燃焼試験

木材の難燃化

— その現状と問題点

1 どうして、いま“木材の難燃化”なのか。

「木材建築は火に弱い」という一般的なイメージがあります。本当でしょうか。60年度の消防白書によると59年中に発生した建物火災は38,254件あり、その57.2%は木造建物からの出火だったそうです。木造建物は延焼率も高く、出火件数の5件に1件は他へ延焼しています。さらに火元となった建物1件あたりの焼損面積をみると木造建物が66.7㎡と最も大きく、次いで簡易耐火建物(51.6㎡)、防火建物(35.9㎡)の順でした。

建物火災での死者の70%近くは木造建物での犠牲者で、火傷・中毒・窒息は死因の90%以上を占めています。放火自殺者を除いた死者総数の半分以上は高齢者・乳幼児となっています。

人口一万人あたりの出火件数は5.3件で、諸外国と比べるとこの値ははるかに小さい。(ニューヨーク136件)しかし、反面、犠牲者は60数件に1人と高い割合を示しています。(ニューヨーク、420件に1人)

これらのことから日本では人口あたりの火災件数は低いものの、1件あたりの損害も人命の損失も大きいことがうかがえ、やはり前述の印象を裏付けてもいるといえそうです。高齢化社会がすすむ中で火事の犠牲者が増えることも心配されます。

一方、最近では木質系の材料に関心が高まりつつあり、しかもそれは高い技術力と工業力に支えられたモダンでかつ合理性を重視したデザインのかたちで現れています。例えば集成材を使った大きな規模の建物や陸橋の出現などはその好例でしょ

う。たとえば建物はコンクリートであっても内装には木を使ってみたいという潜在的な需要もあり、木材の「復権」のきざしがあるといえます。こうした動きから、木材の難燃化技術が必要になってきました。難燃化技術の開発は木材を使うこと、さらには国産材・県産材の需要が増えること、すなわち「川の上流側」への最大の還元でもあるわけです。

2 防火材料試験

1). 耐火構造と防火構造

建築基準法では、火災に対して有効な構造として鉄筋コンクリート造を主とする耐火構造と、木造建築と関係の深いモルタル塗・しっくい塗などの防火構造を定め、その使用を規定しています。たとえば防火地域・準防火地域内の木造建築物は外壁・軒下を防火構造としなければなりません。

2). 内装材（防火材料）

内装材料についても、建築法令では耐火上有能な防火材料を定めていて、その防火性能から不燃材料・準不燃材料・難燃材料の3つの等級に分類されています。これは基材の材質によるもので、石綿スレート・アルミニウム・ガラスなどの不燃性の材料のもの、木毛セメント板・石膏ボードなどの難燃性を付与した木材・木質材料がそれぞれ不燃材料・準不燃材料・難燃材料に該当します。一般住宅以外のほとんどの建物の内装には、これらの防火材料しか使用できないことになっています。

難燃材料として認定されるためには建設省告示第1231号に規定されている①表面試験と②ガス有毒性試験に合格しなければなりません。表面試験では排気温度、煙濃度や残炎時間などが測定され、各々の基準値を満たせば合格です。ガス有毒性試験では8匹のマウスを用い、燃焼生成ガスによってマウスが行動を停止した時間が測定され、標準材料での行動停止時間より試験材料の方が長ければ合格です。標準材料によるマウスの行動停止時間は概ね7分です。

3 燃焼現象と難燃効果

木材は加熱されると260℃付近から分解ガスやタールを放出し、重量減少が激しくなり、タール分はさらに熱によって分解しガスになります。こ

の分解ガスには一酸化炭素や水素あるいはその他の可燃性ガスが含まれ、これらのガスと空気とで木材のまわりに可燃性混合気層を形成します。可燃性ガスの発生する速度がその拡散する速度を上回り、可燃性ガスと空気の混合比が可燃限界の範囲に達すると（組成条件）、口火や火花等で容易に引火・燃焼（着火）をはじめ、このときの温度を引火温度といいます。もし口火等がないと、この混合気層が約500℃に昇温した時（発火温度）に燃焼しはじめます。いったん着火すると、その燃焼熱によってさらに木材の分解が促進されよりはやく燃えだします。この循環を燃焼サイクルといいます。したがってこれらのサイクルを切断することが難燃化の目標となるわけで、難燃化の方法としては主として次のものがあります。

1) 熱効果

熱エネルギーを除去する。木材の表面に炭火層を生じさせたり発泡塗料を塗布して断熱させる。結晶水や含有水分の蒸発潜熱によって吸熱させる。

2) 化学効果

木材の熱分解機構を変える。可燃成分を減らし、水と炭を多くする。

3) 気層効果

a. 可希釈効果 燃性混合気層の濃度をさげる。

あるいはその組成を変える。不燃ガス（水・炭酸ガス・アンモニアなど）を発生させる。

b. ラジカル連鎖反応阻止効果 火炎の発生を抑制する。

火炎は気層における連鎖的に発生してゆく反応で「フリーラジカル連鎖反応」と呼ばれています。ハロゲン化合物などはこの連鎖反応を妨げる作用があります。

これらの効果は互いに関係があるのでひとつの薬剤を使用するよりも、いくつかを組み合わせることで各々が助け合うように働き、それぞれの効果の和よりも大きな効果が得られることが知られています（相乗効果）。

4 カラマツ材の燃焼試験の概要

1) あらまし

難燃薬剤は本当に効くのでしょうか。ここではカラマツ板材に薬剤を塗布してJISに定められた方法に従って燃やしてみました。

試験材と薬剤

材の種類はカラマツを主としヒノキ・スギ・合板は比較のために用意しました。厚さも燃焼性能に影響すると考えられるので、各材料ごとにいくつかを設定しました。

この実験で使用した薬剤はリン酸二アンモニウムおよび臭化バリウムでいずれも難燃薬剤として

は、ありふれたものです。これらの薬剤はそれぞれの20%の水溶液にしました。リン酸二アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ は可燃性ガスの希釈と木材表面の炭化を促進させる作用が、臭化バリウム NH_4Br は木材の表面の炭化促進と火炎を抑える作用が知られています。

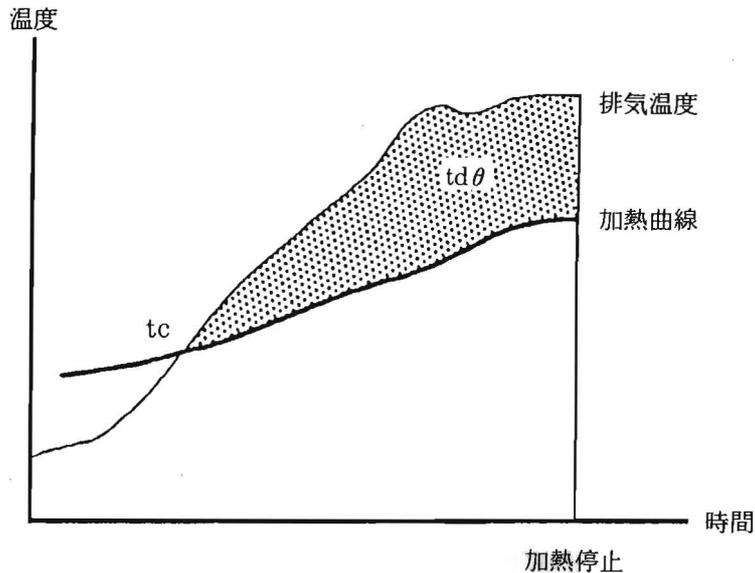


図-1 排気温度と標準加熱曲線

2) 試験の結果と考察

図-1に示すように、加熱をはじめてしばらくすると、排気ガスの温度が加熱曲線を上回るようになり、試験材が燃えはじめたことがわかります。点火直後からこの時点までの時間は試験材の「燃えやすさ」に相当し、着火性 (tc) と呼ばれています。また、排気温度が加熱曲線を上回る部分のグラフ上の面積は、試験材が燃える時に発生した「熱の大きさ」を表していると考えられます。この面積を発熱性 ($td\theta$) と呼び、燃焼した時に多くの熱を出す試験材は、この値も大きくなるわけで、そうなると火炎の状況によっては危険な材料になるかもしれません。

薬剤処理回数と「燃えやすさ」(tc)、「熱の大きさ」($td\theta$)の関係を図-2、図-3に示しました。これによるとわずか1回ないし2回の薬剤塗布処理を行うことで、両方ともかなり改善さ

れています。しかし難燃材の認定基準のtc値3分以上を満たすものは多くありません。 $td\theta$ の認定基準値は350以下ですが、未処理材・処理材ともにほとんどがこれを満たしています。またどの薬剤でもほぼ同じ効果でした。塗布を重ねることによって高い効果を期待したのですが、これについても今回の結果からは何ともいえません。

火災のときの煙は、視界を遮り、呼吸を困難にして、逃げ惑う人々を死に導く恐ろしさがあります。燃焼試験では、煙濃度を煙の光中の見通し量から求め、一般に発煙係数(CA)と称しています。図-4は薬剤処理回数と「煙の濃度」(CA)の関係を示しています。難燃材の認定基準CA値は120以下であり、無処理スギ材を除いてすべてがこの値を満たしています。薬剤の種類の違いはほとんどありませんが、どの樹種についても薬剤塗布によって煙の濃度が下がったことがわかります。

(注) UNT 無処理
 P 1 リン酸二アンモニウム
 1回塗布
 B 1 臭化バリウム
 1回塗布

○ 合板 厚 5mm
 ● 合板 " 9mm
 ◊ スギ " 5mm
 □ ヒノキ " 7mm
 △ カラマツ " 8mm

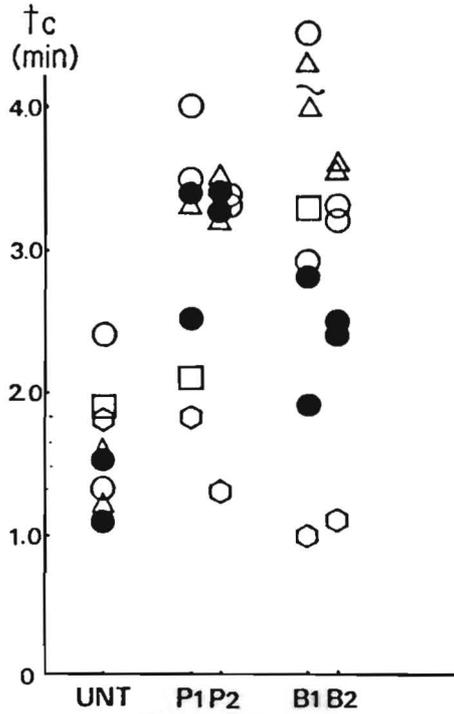


図-2 薬剤処理回数と「燃えやすさ」 t_c

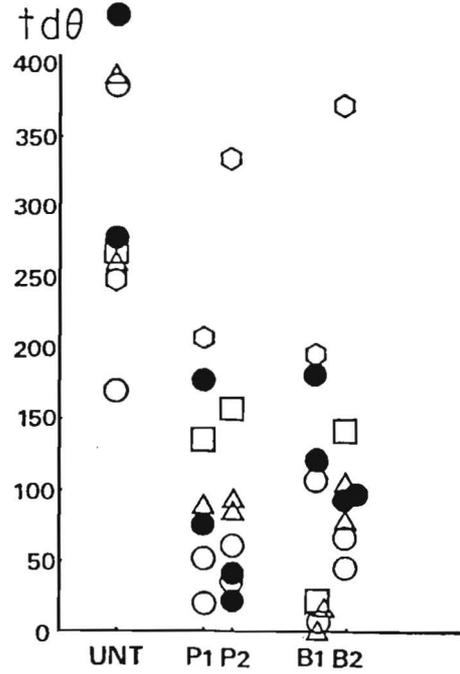


図-3 薬剤処理回数と「熱の大きさ」 $t_{d\theta}$

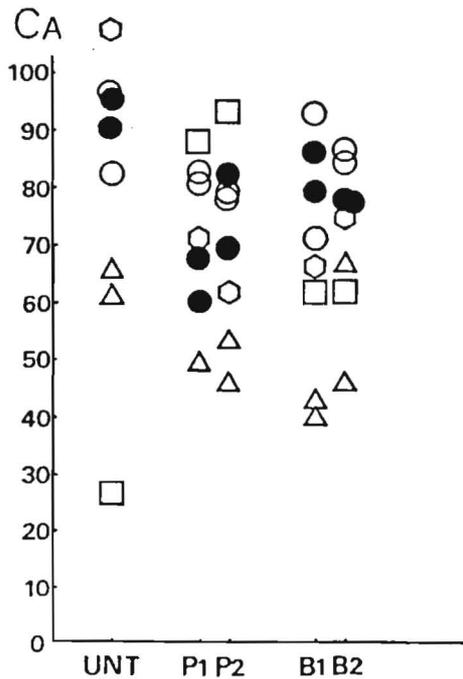


図-4 薬剤処理回数と「煙の濃度」CA

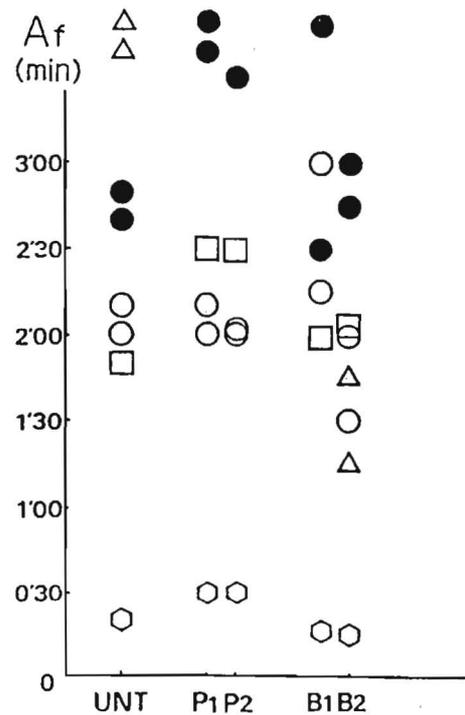


図-5 薬剤処理回数と「残炎時間」 A_f

加熱が終了しても、たぶん試験材には炎がまだ残っていることでしょう。残炎は延焼のおそれがあると考え、残炎時間(Af)は短いほど望ましいわけです。薬剤処理回数と残炎時間(Af)との関係を図-5に示しました。難燃材の認定基準Af値は30秒以下です。スギ材を除いた処理材・無処理材のすべてがこの基準値に遠く及ばず、薬剤処理による効果もはっきりとは現れてはいません。ただ処理を重ねることでAfの改善のきざしがうかがえます。なおスギ材は基準値を満たしてはいるものの、着火性(tc)が短かいこと、発熱性(tdθ)が大きいことから短時間に燃えつきてしまい、そのために残炎時間(Af)が低い値を示したものと推察されます。

今回の試験では、わずか1~2回の薬剤塗布だけで難燃性能の向上が図られたことが確認されました。しかし4つの燃焼特性に課せられた難燃材料の認定基準値を満たすことは容易でなく、認定を受けるにはマウスを使った毒性試験もあることから、技術的にも相当困難なことだと思います。

難燃化処理は合板には向いているのですが、板材では木材を加工して薬剤処理をほどこすという工程を経るために量産化が難しく、結果としてコスト高となることから、技術的には可能であっても商品としては難しい要素を含んでいます。またカラマツ材は薬剤を含浸・注入させにくい樹種として知られており、難燃化処理もこの点をいかに改善するかが、あるいは注入によらない方法の開発が課題となりましょう。

[この試験は、農林水産省林業試験場難燃化研究室の施設を使用し、同研究室の福井室長・平田主任研究官らの助言を得て行われたものです。]

5 難燃化技術の展望

新しい薬剤の開発

高い効果の薬剤が開発されることによって今後高性能の難燃材が得られる可能性はあります。プラスチックの難燃化では特に新しい薬剤の開発が盛んであり、それは特許公報にもうかがえます。

新しい処理方法の開発

セラミックスの原料になる無機物を木材の内部に固定する方法が発明されました。この方法による処理材は燃えず・腐らず・虫に強く、熱を加え

ると無機物が瀬戸物のような状態に変わるそうです。

木材の価値

燃える・腐るといった欠点がありながらも、木材には他材料では得ることのできない優れた性質や独得の雰囲気があります。こうした「目に見えない・数値化できない」価値は、例えば家具などではデザインの力にも支えられて、人々に理解され、正当なコストとして扱われているように見えます。しかし内装材などに対しては、残念ながらそのコストを主張するには至っていないのが現状です。コストと機能の面を重視するのであれば防火性能が高くても価格の安い不燃材か不難燃材を使えばよいわけです。技術的には可能であってもコスト内の商品として生きてゆけるか、ある意味ではこれが木材難燃化の最大の問題点であると考えられます。「木のよさ」をどのように主張し、いかにしてユーザーの支持を得るか—これは木材の利用を考えるとときに忘れてはならない課題でもあるはずです。

(林産部 吉野)

