

可燃性ガス発生抑制による難燃処理木材の難着火特性

駒澤克己

Ignition Resistance Characteristics of Wood Samples Treated with Fire Retardants to Suppress Combustible Gas Evolution from Them

Katsumi KOMAZAWA

Todomatsu wood samples were treated with fire retardants, and their ignition time, combustible gas evolution and weight loss were examined with ISO ignitability testing apparatuses. The results are summarized as follows :

- (1) The greater the retention of the fire retardants, the smaller the ignition concentration range of the combustible gases, i.e., CO and CH₄, and it took the samples a longer time to ignite.
- (2) Changes in combustible gas concentration and the thermal decomposition rate of the samples were greatly dependent upon the kinds of fire retardants used.
- (3) Production of ignition-resistant wooden materials requires reducing changes in the combustible gas evolution speed.

難燃剤で処理したトドマツ材を試料としてISO着火性試験装置を用いて着火時間を測定し、同時に発生する可燃性ガス(CO, CH₄)と重量減少量(熱分解速度)を測定した。結果は以下のよう

に要約される。

- (1) 難燃剤の処理量が多くなるほど可燃性ガスの着火濃度範囲が狭くなり、着火までの時間が長くなる。
- (2) 可燃性ガスの濃度変化および熱分解速度は、難燃剤の種類に大きく依存した。
- (3) 難着火性の木質材料を得るためには、可燃性ガスの発生速度変化を少なくすることが必要であった。

1. はじめに

近年建築基準法の改正や建設省告示により防火上の規制が緩和され、木質材料が一部の大規模建築物や防火戸への使用が認められるようになったことから、今

後、各種の木質材料が建築内装材料に多く利用されるものと思われる。しかし、内装材料に使用するためには火災初期から生長期にかけて材料への着火をある程度防止することが防火上重要であり、且つ安全性を得

る要因のひとつでもある。

木材が加熱されると表面から熱分解を始め、可燃性ガスが放出される。この放出されたガスが木材を着火に導くと考えられる。

そこで、難燃剤を注入処理した木材の難着火性を評価するために、ISO着火性試験装置を用いて輻射熱を与え、熱分解により放出される可燃性ガスをガスクロで測定した。その性状を明らかにすることによって難燃剤の種類およびその適正な処理量について把握検討した。

この報告は第23回日本木材学会北海道支部大会（平成3年10月、旭川市）において発表したものの一部である。

2. 試験方法

2.1 供試材料

一般に材料の比重により着火時間に差がでる¹⁾ため、難燃剤処理にあたって160×160×120mmのトドマツ材を熱風乾燥器により45～50℃で10日間乾燥し、比重に較差の少ない材料を選んだ。

難燃剤は、ポリリン酸アンモニウム（NP）、臭化アンモニウム（NBr）およびホウ酸のトリエタノールアミン（ホウ酸濃度40%）溶液を使用した。

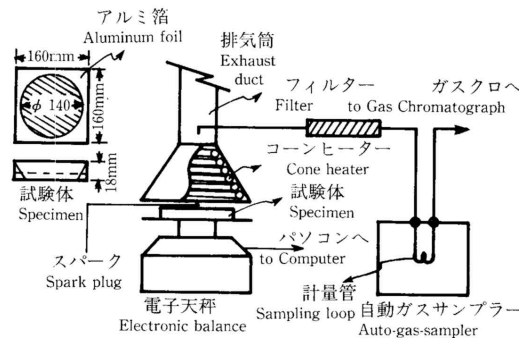
各難燃剤の処理液は各々5、10、15、20%濃度の水溶液に調整したものである。

注入処理条件は、減圧（40mmHg）30分、加圧3.5～4.5 kgf/cm²、40～50分であり、小型注射器により注入処理を行った。各難燃剤について処理液濃度ごとに約30枚処理を行い、処理前後の供試材重量と処理液濃度から難燃剤の処理量を求めた。

処理後1週間風乾し、次いで乾燥器により約50℃で10日間乾燥した。乾燥後、重量比で平均値前後の難燃剤の吸収量が得られた供試材を10～12枚を選び、含水率が一定になるように調湿して試験供試材とした。なお、ホウ酸処理では吸収量にバラツキが多く試験体数は3～5枚となった。

2.2 試験装置

第1図にISO/5657の着火性試験装置と試験体を示



第1図 ISO着火性試験体と熱分解ガス採取装置

Fig. 1. Diagram of ISO ignitability testing apparatus and thermal decomposition gases sampler

す。供試材と同サイズの厚さ6mmの酸カルシウム板の上に供試材を重ねて中央部に140mmの穴の開いたアルミ箔で全体を包み込んだものを試験体とした。

この試験装置は試験体を水平に保持して垂直上面からコーン型ヒーターにより、所定の輻射熱を一定の状態試験体表面に加えながらパイロットフレイム（口火）を一定サイクルで試験体に近づけて試験体が着火するまでの時間を測定するものである。しかし、今回は熱分解ガスを採取するために、口火にはスパークを使用した。同時に電子天秤により試験体の重量減少量の経時変化も測定した。

本試験における輻射量はガス採取用計量管の数に制限があるため、予備試験を行い無処理材で1分以内に着火するように、加熱輻射量を4W/cm²とした。輻射加熱時間は、試験体が着火する時間までとした。一方、着火しなかった場合は15分間の加熱を行った。4W/cm²で着火しなければ準不燃材料とほぼ同等な防火性能²⁾を有すると判断される。

熱分解ガスの採取には、排気筒から吸引ポンプによりタール、水などを除去するためのフィルターを通して毎分0.5色の流量で吸引しながら一定時間間隔で数本のガスサンプラーの計量管に自動的に採取するようにした。採取終了後、ガスサンプラーからガスクロマトグラフに順次各計量管内の熱分解ガスを導入し一酸化炭素（CO）、メタン（CH₄）、炭酸ガスを測定し、採取した時点のそれぞれの濃度（vol%）とした。熱分解ガ

第1表 難燃処理材の着火時間と着火試験体数

Table 1. Ignition time and number of specimens ignited of wood treated with fire retardants

難燃剤 Fire retardant chemicals	無処理 Untreated	ポリリン酸アンモニウム Polyammonium phosphate					臭化アンモニウム Ammonium bromide		ホウ酸 Boric acid		
処理量 Retention of fire retardants (%)	0.0	5.3	10.6	15.0	20.5	5.3	11.4	7.1	14.1	22.8	
着火時間 Ignition time (sec)	26.9	20.4	38.0	61.8	68.0	52.5	NI	38.0	46.8	61.0	
着火数/試験体数 Number of ignited specimens/Number of tested specimens	11/11	11/11	10/12	5/10	2/10	11/11	0/10	5/5	4/4	3/3	

注) 処理量および着火時間は平均値を表す。NIは着火なし。

Note) Value of retention of fire retardant chemicals and ignition time are average ones respectively. NI: No ignition

スに含まれる可燃性ガスの種類は数多いが、本試験では比較的発生量の多い一酸化炭素とメタンを代表的な可燃性ガスとし、この2成分の濃度を合わせたものを可燃性ガスの濃度とした。

3. 結果と考察

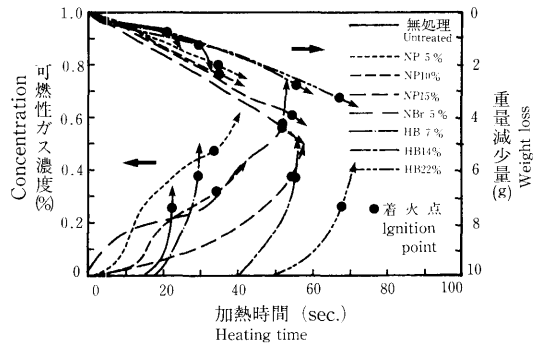
3.1 可燃性ガス濃度

第1表に各難燃剤処理量における着火時間と着火試験体数を示す。着火した炎がある程度持続性のあるものを着火と判定し、フラッシュ状のみを示したものはすべて着火なしとした。

ポリリン酸アンモニウム処理の場合は処理量が多くなるにしたがい徐々に着火時間は遅くなった。この現象は脱水炭化作用により試験体に炭化層が形成され熱伝達と熱分解が抑制され、さらに不燃性ガスの希釈作用により着火しない試験体が多くなったためと考えられる。しかし、完全に着火を抑制させるには、25%以上の処理量が必要である。

臭化アンモニウム処理の場合には、処理量10%前後でフラッシュ状のものが多く結果的に持続性の着火はなかったが、ポリリン酸アンモニウム処理より炭化が早い試験体が収縮を起こし加熱終了15分前に裏面に達する亀裂を生じた。一方、ホウ酸処理では、処理量が多くなるにしたがい着火時間が遅くなる傾向にあるものの処理量25%でも着火を抑えることができなかった。

第2図に各難燃剤処理による着火までの可燃性ガス

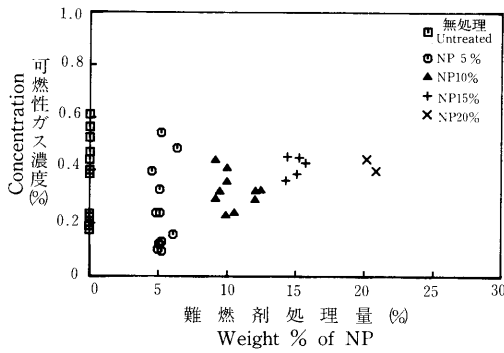


第2図 難燃処理材の着火までの可燃性ガス濃度変化
Fig.2. Changes of concentration of combustible gases till ignition of wood specimens treated with fire retardants

濃度と重量減少量の変化を示す。

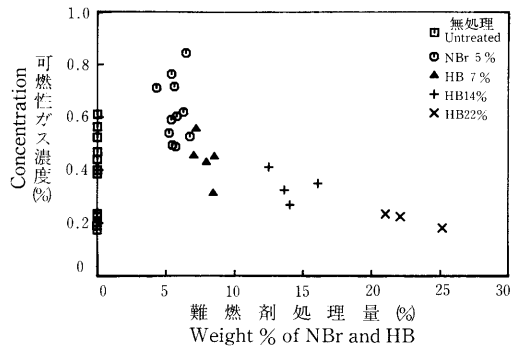
図に示した曲線は各難燃剤処理量の代表的なものをひとつ選び、それぞれの測定点を結んで表示した。

ポリリン酸アンモニウム処理は、加熱開始直後から徐々に可燃性ガスが発生するが、濃度変化は処理量が多くなるにしたがい小さくなった。また、臭化アンモニウム処理の場合もポリリン酸アンモニウム処理と同様な変化を示した。しかし、ホウ酸処理では、処理量が多くなるにしたがい可燃性ガスの濃度変化は小さくなる傾向にあるものの、発生開始時間は遅くなり濃度の変化は前者の薬剤処理より大きく、むしろ無処理材に近い値を示した。一方、重量減少量については、ポリリン酸アンモニウム、臭化アンモニウム処理とも脱水炭化作用により減少量は多く、ホウ酸処理は、熔融被覆などの作用はあるが脱水炭化作用の効果が小さく



第3図 ポリリン酸アンモニウム(NP)処理と可燃性ガス濃度との関係

Fig.3. Relationship between retention of polyammonium phosphate (NP) and concentration of combustible gases



第4図 臭化アンモニウム(NBr)およびホウ酸(HB)処理と可燃性ガス濃度との関係

Fig.4. Relationship between retention of ammonium bromide (NBr) and boric acid (HB) and concentration of combustible gases

減少量は少なかった。

第3図は、ポリリン酸アンモニウム処理の処理量と可燃性ガス濃度との関係を示す。

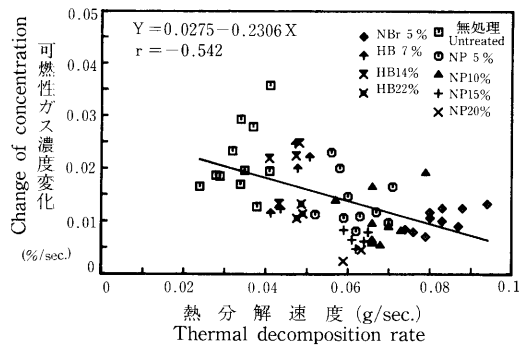
図からも明らかなように、発生した濃度は処理量に関係なく平均すると0.4%前後であるが、処理量が多くなるにしたがい濃度のバラツキが小さくなった。これはポリリン酸アンモニウムが加熱により発生する不燃性ガスの希釈作用や脱水炭化作用で発生する水により着火濃度範囲が狭くなり³⁾、そのため着火が抑制されたためと思われる。

第4図は、臭化アンモニウム処理とホウ酸処理における処理量と可燃性ガス濃度との関係を示す。

臭化アンモニウム処理の可燃性ガス濃度は0.7%前後とポリリン酸アンモニウム処理の同処理量と比べて2倍近い濃度を示した。これは、後述するようにハロゲン系難燃剤特有の燃焼連鎖反応阻止作用⁴⁾によるものと思われる。一方、ホウ酸処理は、ポリリン酸アンモニウム処理と同様、着火濃度範囲は狭くなる傾向にある。しかも、処理量が多くなるにしたがい発生する濃度は少なくなった。これは、加熱にともなうホウ酸自体の気化潜熱⁵⁾や熔融被覆による熱と酸素の供給遮断⁶⁾によって熱分解を抑制しガスの発生が抑えられたためと思われる。

3.1 可燃性ガス濃度変化と熱分解速度

可燃性ガスの濃度変化と熱分解速度は第2図から



第5図 難燃処理材の可燃性ガス濃度変化と熱分解速度との関係

Fig.5. Relationship between changes of concentration of combustible gases and the thermal decomposition rate of wood specimens treated with fire retardants

各々の処理量における着火点までの発生した濃度と重量減少量からの直線回帰による傾きから求めた。

第5図に可燃性ガス濃度変化と難燃処理材の熱分解速度との関係を示す。

可燃性ガス濃度変化は、無処理材、ホウ酸、ポリリン酸アンモニウム、臭化アンモニウム処理の順に小さくなるが、熱分解速度は逆に大きくなった。可燃性ガスの濃度変化および熱分解速度は処理量よりも難燃剤の種類に大きく依存する傾向にある。特に第2図と第4区でも明らかなように臭化アンモニウム処理では、着火点の可燃性ガス濃度は多いが、濃度変化は小さい。

臭化アンモニウム処理はハロゲン系特有の燃焼連鎖反応阻止作用⁴⁾により、不完全燃焼を起こし煤や一酸化炭素の生成を増加させるためである。したがって、処理量が多くなるとこの阻止作用による着火抑制効果が特に大きくなり難着火性の木質材料が得られるものと思われる。しかし、臭化アンモニウムのようなハロゲン系は発煙量の増大、鉄腐食性、有毒なハロゲン化合物の発生など問題が多い⁵⁾。単一薬剤ではポリリン酸アンモニウム処理が無難であるが、今後、各難燃剤の特徴を活かした最適な薬剤の配合などによる使用が特に必要である。

4. まとめ

- (1) 着火を防止するのに必要な難燃剤の処理量は、ポリリン酸アンモニウム処理は25%以上、臭化アンモニウム処理は10%以上であるが、ホウ酸処理では25%でも着火を防ぐことは困難であった。
- (2) 各難燃処理材の可燃性ガス濃度は、難燃剤の処理量が多くなるにしたがい着火濃度範囲は狭くなり、

着火が抑制されたものと思われる。

- (3) 可燃性ガス濃度変化および熱分解速度は、処理量よりもむしろ難燃剤の種類に依存し、特に臭化アンモニウム処理が最もガス濃度変化は小さく、熱分解速度は大きかった。

文 献

- 1) 棚池 裕，仲谷一郎：日本建築学会大会学術講演梗概集，729-730 (1988)
- 2) 五頭辰紀：平成2年度建築研究所春季研究発表会資料 (1990)
- 3) 平野敏右：燃焼学，海文堂 (1986)
- 4) 平野敏右，仲谷一郎：日本火災学会論文集，36，1・2 (1987)
- 5) 石原茂久：木材保存，13，139-150 (1987)

—性能部 耐久性能科—
(原稿受理 平 4.11.30)