

# 難燃処理パネルボードの燃焼特性 に関する研究 (第1報)

- 無処理木材の表面燃焼性 -

菊 地 伸 一

## The Surface Flammability of Fire-Retardant-Treated Wood( I )

-Combustion properties of Non-Treated Wood-

Shinichi KIKUCHI

Surface flammability tests were conducted in the JIS A 1321 test method to analyze the combustion properties of non-treated wood. The wood species tested were *Abies sachalinensis*, *Picea jezoensis*, *Larix leptolepis*, *Betula* spp., *Quercus mongolica* and *Acer mono*. The specific gravity of the wood samples was between 0.3 and 0.8. Here is a summary of the test results :

- (1) The combustion properties of each sample was affected by its moisture content.
- (2) "tc" (ignitability indicator) and "td" (heat generation indicator) were both affected by the specific gravity. The greater the specific gravity was, the longer the tc was and the greater the td . Thus a high relativity relationship was recognized between tc and td .
- (3) The  $C_A$  (fuming factor) values of softwood were smaller than those of hardwood, and they were almost independent of specific gravity and difference in species. The maximum  $C_A$  value was about 80, Which was much smaller than the standard value of Grade 3 based on the JIS A 1321.
- (4) The weight loss of each sample after combustion was about 15 to 35 percent.
- (5) The lingering flame time of the hardwood was much longer than that of the softwood.
- (6) A crack penetrated the batted joint of a hardwood sample, but nothing like this happened to softwood samples.

無処理木材の基礎的な燃焼性データを得るために、JIS A 1321により表面燃焼性試験を実施した。供試した木材は厚き12mmのトドマツ、エゾマツ、カラマツ、カバ、ミズナラ、イタヤカエデであり、それらの気乾比重は0.3~0.8程度であった。燃焼性は、特に比重との関係について検討した。

- 1) 試験体の含水率が、数パーセントの違いであっても、燃焼試験結果には大きな影響を与えた。
- 2)  $t_c$ と $t_d$ には比重が大きな影響をおよぼしており、比重が大きくなるに従って $t_c$ は長くなり、 $t_d$ は小さくなった。また、 $t_c$ と $t_d$ にも高い相関があった。
- 3)  $C_0$ は針葉樹材<広葉樹材の関係にあり、その中では比重、樹種の影響は小さかった。また、最大でも80程度であり、難燃3級の規格値を大きく下回っていた。
- 4) 燃焼による重量減少率は、15~35%であった。
- 5) 残炎時間は針葉樹材<広葉樹材であり、広葉樹材は5分以上継続していた。
- 6) 広葉樹材では、亀裂が継目部分から裏面に貫通した。針葉樹材では残炎時間が短いこともあり、貫通亀裂は生じなかった。

## 1. 目的

合板、板(羽目板)などの木質系材料は、建築用内装材として極めて一般的に利用されている。合板の場合、内装制限に合格する難燃処理製品が化粧合板を含めて70件以上認定されており、シナ、ナラなどの北海道産広葉樹単板も使用されている。これに反して、板材の難燃処理認定品は数件あるだけで、それらラワン、ベイツガ、オウシュウアカマツなどの外材を難燃処理した製品がほとんどである。内装制限を受ける建築物でも使うことのできる難燃板材(難燃パネルボード)の開発を行うには、まず無処理木材(以下、素材)の燃焼特性を明らかにする必要がある。

ところで、内装材料についての燃焼試験方法は、次のように区分できる。

- 1) 実大火災実験
- 2) モデル化(模型箱試験、コーナーウォール試験など)
- 3) 小片化(表面試験、火炎伝播性試験、着火性試験、熱重量試験など)
- 4) ミクロ化(熱分析、カロリーメーターなど)

このような試験方法の中で、今回は表面燃焼試験方法により、代表的な道産材についてその燃焼性を試験した。木材は原木によって木目、年輪幅、比重などが異なるが、ここでは特に比重と燃焼性との関係について着目し、検討を行った。

## 2. 実験

### 2.1 供試材

燃焼試験には、北海道内に比較的蓄積が多い以下の樹種を供試した。

#### 針葉樹材

トドマツ(*Abies sachalinensis* MASTERS.)

エゾマツ(*Picea jezoensis* CARR.)

カラマツ(*Larix leptolepis* GORDON.)

#### 広葉樹材

イタヤカエデ(*Acer mono* MAXIM.)

ミズナラ(*Quercus mongolica* FISHER var. *Grosses errare* REHD. et WILS.)

カバ(*Betula* spp.)

これらの供試材は、プレーナで長さ220mm、幅110mm、厚さ12mmに仕上げ、20℃、65%の恒温恒湿室で十分調湿してから重量を測定し、気乾比重を算出した。気乾比重の差が0.05以下になるようにして選んだ2枚の板の側面を突き合わせ、ステーブルで止めて220mm×220mm×12mmの試験体を作製した。試験体の1部は105℃で恒量となるまで乾燥し、含水率を求めた。

試験体は約45℃で24時間乾燥し、さらに24時間以上デシケーター中で養生後、燃焼試験を行った。また、トドマツとエゾマツの試験体の一部は、燃焼性に及ぼす水分の影響を検討するため、約60℃で48時間以上乾燥してほぼ絶乾とした試験体と気乾試験体についても燃焼試験を行った。

燃焼試験を行った試験体の概要を第1表に示した。

同一の樹種でも気乾比重には0.2程度の違いがあり、全体では0.3~0.8の範囲にあった。

第1表 燃焼試験に用いた試験体  
Table 1 Wood specimens used the surface flammability test.

	樹種 Wood species	試験体数 Number of specimens	比重 Specific gravity	記号 Symbols
針葉樹材 Softwood	エゾマツ <i>Picea jezoensis</i>	15	0.33~0.54	■
	トドマツ <i>Abies sachalinensis</i>	15	0.37~0.48	●
	カラマツ <i>Larix leptolepis</i>	17	0.40~0.61	▲
	カバ <i>Betula spp</i>	23	0.60~0.82	□
広葉樹材 Hardwood	ミズナラ <i>Quercus mongolica</i>	16	0.67~0.84	○
	イタヤカエデ <i>Acer mono</i>	17	0.71~0.83	△

## 2.2 表面燃焼試験

燃焼試験は、JIS A 1321「建築物の内装材料及び工法の難燃性試験方法」の表面試験に従って行った。燃焼性の評価基準は以下の通りである。

- 1)  $t_c$  : 試験体の排気温度が標準温度(石綿パーライト板の排気温度に50℃を加えた温度)を超える時間(分)
- 2) 温度時間面積 ( $td\theta$ ) : 試験体の排気温度曲線と標準温度曲線に囲まれた面積 (℃・分)
- 3) 発煙係数 ( $C_A$ )
- 4) 残炎時間 : 加熱終了後、試験体上に炎が残っている時間 (秒)。測定は5分間で終了した。
- 5) 重量減少率 (%)
- 6) 亀裂・変形の有無
- 7) 更に規格にはないが、試験体の排気温度曲線がパーライトの排気温度曲線を超えている面積を全発熱量 ( $Q$ ) と定義し、 $td\theta$  と同様の方法で計算した。

## 3. 結果

### 3.1 含水率の影響

試験体の含水率が表面燃焼性におよぼす影響について、エゾマツ、トドマツの結果をそれぞれ第1図、第2図に示した。 $t_c$ は長くなり、 $td\theta$  および重量減少率は小さくなった。 $C_A$ についても小さくなる傾向が認められた。

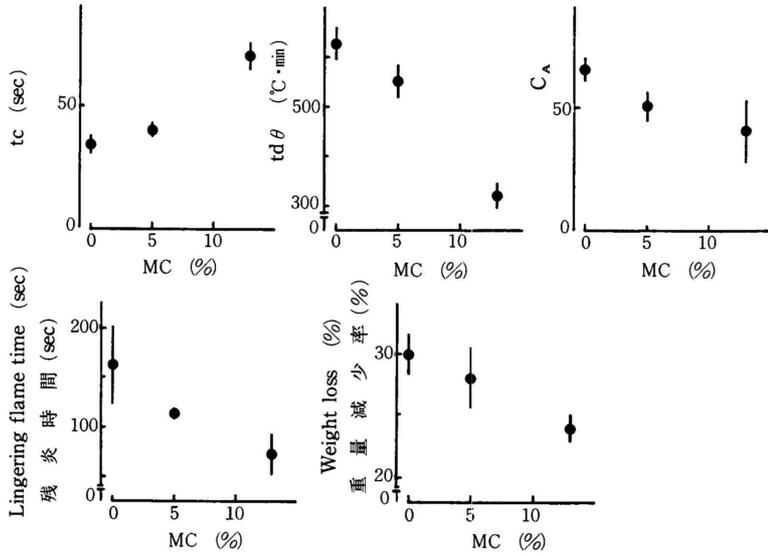
残炎時間も高含水率の試験体ほど短くなっているが、トドマツではバラツキが大きかった。このように、含水率が高くなるほど燃えにくくなることが明らかである。

JIS A 1321で燃焼試験を行う場合、試験体の養生方法は決められているが、含水率の範囲については特に定められてはいない。今回用いた12mm 板材の場合、所定の養生方法によると含水率は約5%程度となった。一般に材厚が薄くなるほど同じ45℃の乾燥操作でも含水率の低下が早くなるので、燃焼試験に際して不利になると考えられる。

### 3.2 樹種および比重の影響

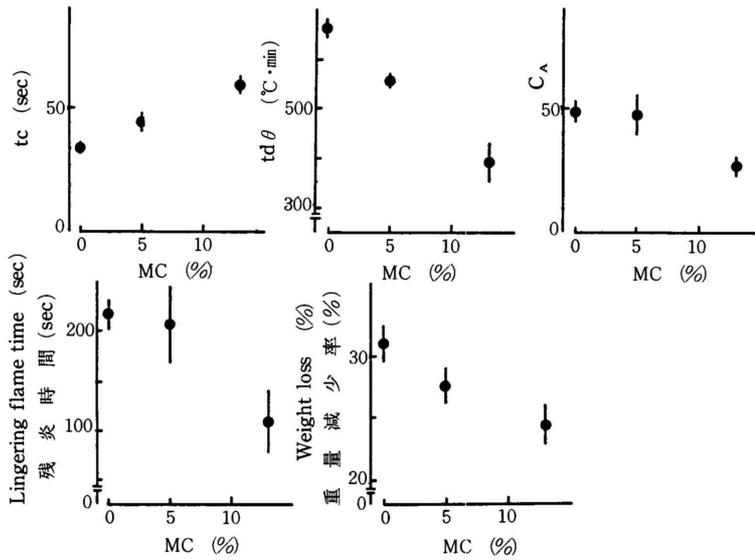
第3図に示したように、 $t_c$ は樹種および針葉樹材、広葉樹材にかかわらず、比重との相関の強いことが分かった。比重が0.4以下の場合  $t_c$ は1分以下であるが、0.8を超えると  $t_c$ は2分以上となった。

ISO規格による着火性試験方法によってシナ合板の着火時間を測定した結果<sup>9)</sup>によると、比重が大きくなるほど着火時間が長くなる。さらに、比重の影響は低ふく射側(低加熱側)ほど顕著になっている。今回の表面燃焼試験による加熱方法は、プロパンガスの炎および電熱ヒーターによるものであり、ISO着火性試験方法による加熱方式とは異なる。しかし、初めの3分間の



第1図 含水率と燃焼性の関係(エゾマツ)

Fig.1 Effects of moisture content of wood specimens on combustion properties (Picea jezoensis).  
Note :MC:Moisture content

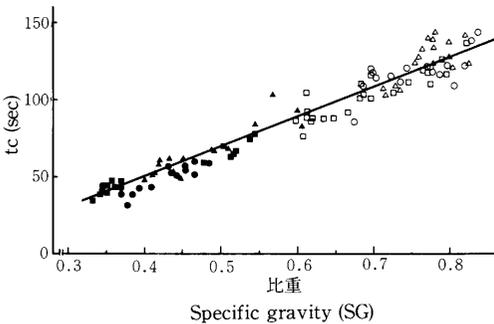


第2図 含水率と燃焼性の関係(トドマツ)

Fig.2 Effects of moisture content of wood specimens on combustion properties. (Abies sachalinensis).  
Note :MC:Moisture content

加熱量は比較的小さく、高比重材では ISO 着火性試験と同じように試験体への着火が遅くなり、燃焼炉上部での排気温度の上昇も抑えられるので  $tc$  が長くなる。このために、比重と  $tc$  との間に高い相関が生じたものと考えられる。

$td\theta$  (第4図) についても、比重との相関の強いことが分かった。比重が0.8以上になると、素材であっても難燃3級の規格上限値 ( $350^{\circ}\text{C}\cdot\text{分}$ ) 以下にはほぼ収まっていた。上述したように、比重が低いと着火時間が早

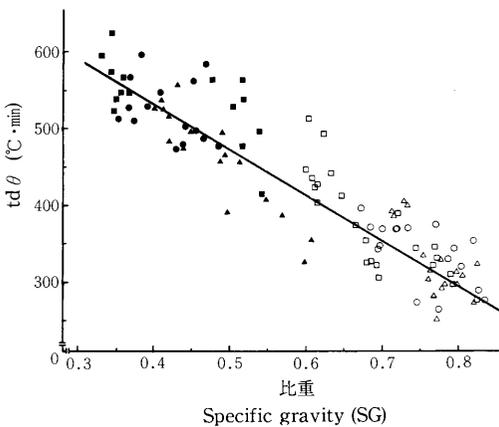


第3図 比重と  $tc$  の関係

Fig.3 Effect of specific gravity of wood specimens on  $tc$  (indicator of ignitability).

Notes :  $tc = 199.5 \text{ SG} - 31.5$   $r = 0.969$

Meaning of symbols should be referred to Table 1.



第4図 比重と  $td\theta$  の関係

Fig.4 Effect of specific gravity of wood specimens on  $td\theta$  (indicator of heat generation).

Notes :  $td\theta = -548.6 \text{ SG} + 752.6$   $r = 0.910$

Meaning of symbols should be referred to Table 1.

くなる。このため燃焼量も多くなるので、排気温度の上昇も大きく現れることになる。

平田<sup>2)</sup>らによって、難燃処理した合板について  $tc$  と  $td\theta$  の関係が報告されている。これによると、 $tc$  が大きくなると  $td\theta$  が小さくなる傾向は示すが、必ずしも一義的に関係していない。今回試験に供した素材の場合、第5図に示すように  $tc$  と  $td\theta$ 、つまり着火性と発熱性は極めて高い相関関係を示した。

さて第4図によると、同じような気乾比重であっても  $td\theta$  が  $100 \sim 150$  ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{分}$ ) 程度異なる場合のあることが分かる。この原因の一つに、熱電対による温度測定位置のずれが考えられる。宮沢<sup>3)</sup>は熱電対の位置が  $2 \text{ mm}$  変化することで、約  $15^{\circ}\text{C}$  の温度差の生じることを報告している。熱電対に付着するすすの影響を抑えるため頻繁に清掃を行ったが、清掃前後の熱電対の位置を完全に一致させることは困難であった。このことが  $td\theta$  の精度に影響したものと考えられる。

全発熱量 ( $Q$ ) も  $td\theta$  と同様に比重との関係が強く、相関係数は  $0.94$  であった。

発煙係数 ( $C_A$ ) は次式によって定義されている。

$$C_A = (V/L \times A) \times \log_{10} I_0/I$$

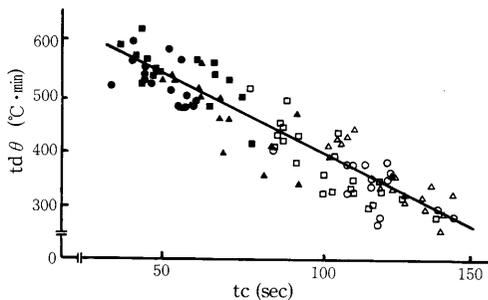
$V$  : 集煙箱の容積 ( $\text{m}^3$ )

$L$  : 光量測定装置の光路長 ( $\text{m}$ )

$A$  : 試験体の加熱表面積 ( $\text{m}^2$ )

$I_0, I$  : 加熱前, 加熱中の透過光の強さ ( $1_x$ )

$C_A$  (第6図) について特徴的なのは、全て難燃3級



第5図  $tc$  と  $td\theta$  の関係

Fig.5 Relationships between  $tc$  and  $td\theta$

Notes :  $td\theta = -2.7tc + 661.6$   $r = 0.923$

Meaning of symbols should be referred to Table 1.

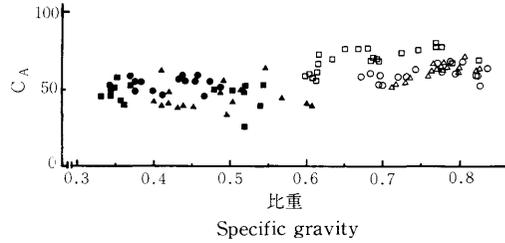
の規格上限値(120)を大幅に下回っていることであった。また、 $t_c$ や $td\theta$ とは異なり比重が違っていても針葉樹材の $C_A$ はほぼ等しかった。これは広葉樹材についても同様で、比重には0.35程度の違いがあるが $C_A$ はほぼ等しかった。そして、針葉樹材と広葉樹材の $C_A$ が顕著に異なり、針葉樹3樹種47試験体の発煙係数の平均は46.9( $\sigma_{n-1}=7.60$ )、広葉樹3樹種56試験体の発煙係数の平均は64.0( $\sigma_{n-1}=7.13$ )であった。

一般に、高分子材料の主鎖が脂肪族ならば発煙性は小さく、側鎖に芳香族を含むと発煙しやすくなるとされている<sup>9)</sup>。そのため、無処理の合成高分子系建築材料の中には、かなり大きな発煙性を示すものがある。また、加熱温度による影響も木材と合成高分子系の材料とは異なっている。つまり400℃程度の加熱ならば発煙性にさほどの違いはないが、500~550℃となると木質系材料の発煙量は合成高分子系材料よりもかなり小さくなる<sup>9)</sup>。このように、木材は素材であっても比較的发煙性の小さい材料と考えられる。

燃焼による重量減少率について見ると(第7図)、針葉樹材、広葉樹材とで傾向は異なるが、いずれも比重が高くなるにつれて小さくなった。それぞれの減少率は約15~35%程度の範囲に入っていた。ただし、広葉樹材の場合は残炎時間の測定を5分間で中断しているため、完全に消失する場合の重量減少率はさらに増大すると考えられる。

加熱終了後の残炎時間(第8図)は針葉樹材と広葉樹材とで明らかに異なり、広葉樹材は全て5分以上であった。針葉樹材の残炎時間は80~300秒までの間にあり、樹種や比重との相関は認められなかった。この試験ではフラッシュや残じんに近い小さなスポット状の炎を含めて、試験体表面から完全に炎がなくなる時間を残炎時間として測定した。針葉樹材の場合、試験体の全面を覆うような炎は広葉樹材より短時間で消えた。その後のスポット状に持続する炎によって、針葉樹材の残炎時間が左右された。

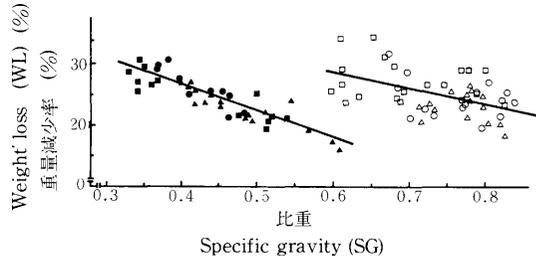
針葉樹材では、裏面側へ貫通する亀裂は生じなかった。一方、広葉樹材では試験体の全面を覆う炎が数分間は持続し、このため6分間の加熱終了時には裏面側



第6図 比重と $C_A$ の関係

Fig.6 Effect of specific gravity of wood specimens on  $C_A$  (fuming factor).

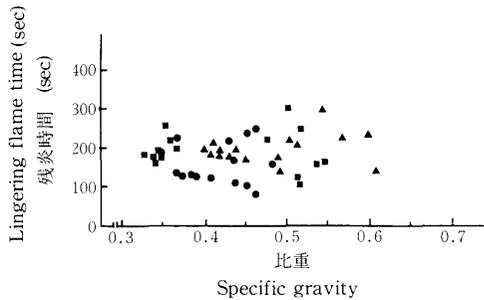
Note :Meaning of symbols should be referred to Table 1.



第7図 比重と重量減少率の関係

Fig.7 Effect of specific gravity of wood specimens on weight loss by combustion.

Notes : $WL = -40.8 S G + 42.6 \quad r = 0.885$  (Softwood)  
 $WL = -20.6 S G + 40.6 \quad r = 0.406$  (Hardwood)  
 Meaning of symbols should be referred to Table 1.



第8図 比重と残炎時間の関係

Fig.8 Effect of specific gravity of wood specimens on lingering flame time (period of remaining flame after heating).

Note :Meaning of symbols should be referred to Table 1.

への炎の貫通は見られないが、試験終了時には試験体の継目部分から裏面に火炎が貫通していた。

#### 4. まとめ

厚さ12mmの無処理木材6樹種について、表面燃焼性をJIS A 1321によって検討した。

- 1) 試験体の含水率が、数パーセント違っていても燃焼試験結果に大きな影響を与えた。
- 2)  $t_c$ ,  $td\theta$ には比重が大きな影響をおよぼし、高比重になるほど $t_c$ は長くなり、 $td\theta$ も小さくなった。 $t_c$ と $td\theta$ の間にも高い相関があった。樹種の影響はほとんど見られなかった。
- 3)  $C_A$ については針葉樹材<広葉樹材の関係にあり、その中では比重及び樹種の影響は小さかった。全て難燃3級の規格値である120は大きく下回っていた。
- 4) 燃焼による重量減少率は、15~35%程度であった。
- 5) 残炎時間は針葉樹材<広葉樹材であり、広葉樹材は5分以上持続していた。
- 6) 広葉樹材では、亀裂が継目部分から裏面に貫通した。針葉樹材では残炎時間が短いこともあり、貫通亀裂は生じなかった。

#### 謝 辞

本報告のとりまとめに当たり、貴重なご助言をいただいた建設省建築研究所の吉田正志技官に厚く御礼申し上げます。

#### 文 献

- 1) 菊地伸一, 石原茂久: 日本木材加工技術協会第6回年次大会(1988)
- 2) 平田利美ほか2名: 木材学会誌, 34(4), 337-345(1988)
- 3) 宮沢辰紀ほか1名: 昭和55年度建築研究所年報, 160-162(1982)
- 4) L. G. Imhof, K. C. Stueben: Polymer Engineering and Science. 13(2), 146~152(1973)
- 5) 齊藤文春: 建築研究報告, 83(1978)

—性能部 耐久性能科—

(原稿受理 平1.1.28)