

# 木質パネルの耐火性能 1

## 間伐材集成壁および在来木質壁の耐火性能\*

石原茂久\*\*・東丸敬三\*\*\*・東丸真一\*\*\*

### Fire Endurance of Wooden Panels. 1.

#### Fire Endurance of Laminated Wooden Walls from Thinning and Commercial Wooden Ones

Shigehisa ISHIHARA, Keizo TOMARU and Shinichi TOMARU

#### 1. はじめに

間伐材、未利用残廃材などの小径木の有効利用、とくに、住宅部材への需要開発は積極的に行なわれているが、隣家火災からの類焼防止を目的とするわが国の防火規定のもとにあつては、その用途はきわめて限定されたものになっている。

筆者らは、曲がりやねじり、ゆがみのためチップ原料かあるいは燃料のほかには用途のなかつた間伐材を長さ60~100 cmの短尺材として製材し、この短尺材を図1-A、1-Bおよび図2のように接合集成してパネル化し（以下、ソリッドパネルという）、図3に示すように、これを架構部材の鋼材に配して一般住宅の外壁下地あるいは集合住宅の隔壁、間仕切りとして用いてきた<sup>1,2)</sup>（以下、これを用いた住宅をソリッドハウスという）。このソリッドハウスの実験住宅および一般住宅において居住特性を測定した結果、とくに、調温機能、調湿機能がきわめて高く<sup>3,4)</sup>、住宅としての評価もきわめて高いが<sup>3-6)</sup>、本パネルが木材によ

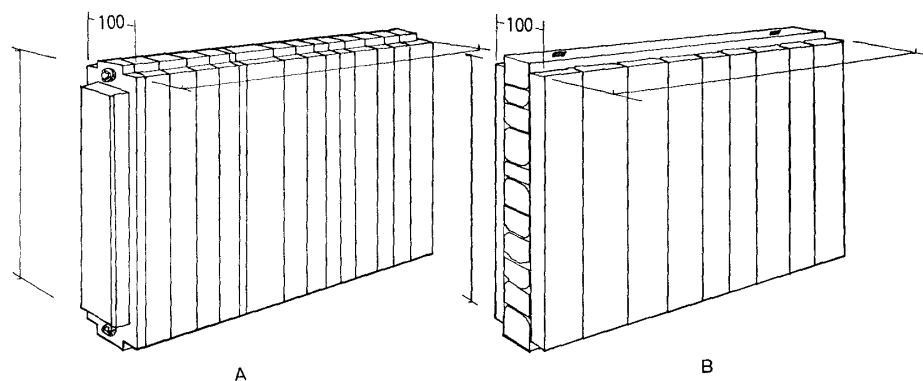


図1 堅積用ソリッドパネル

\* 第28回日本木材学会大会（名古屋）において講演発表  
\*\* 木質材料研究部門，Research Section of Composite Wood  
\*\*\* 東洋工務（KK），TOYO KOUMU CONSTRUCTION Ltd.

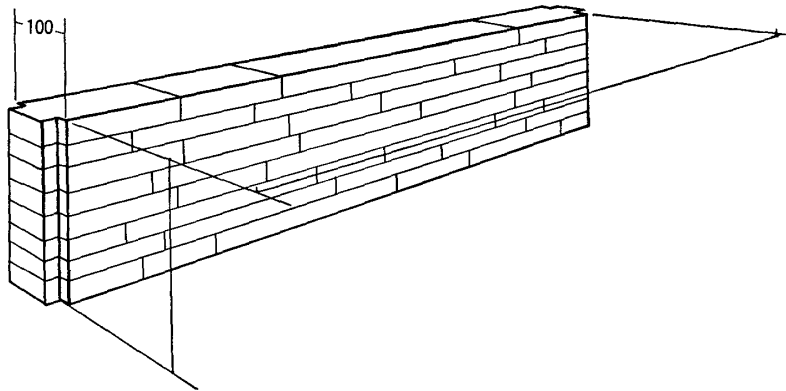


図2 横積用ソリッドパネル

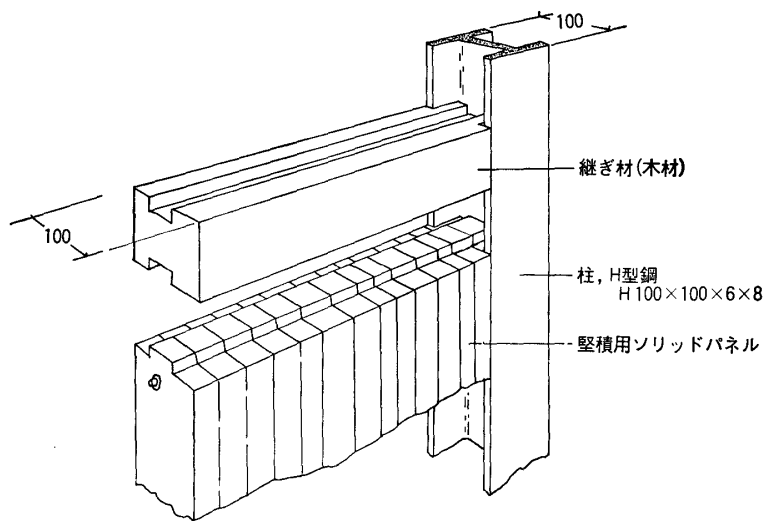


図3 ソリッドパネルによる壁面の構成

り構成されていることから、防火上の規制により、その用途がきわめて限定されたものとなっている。

ここでは、ソリッドハウスの実大火災実験を実施するに先立って、ソリッドパネルに対して、JIS A1301 および JIS A 1304 に規定する加熱試験を施し、1) 防火構造(法2条8号：隣家火災による類焼を防止することができる構造)と2) 耐火構造(法2条7号：類焼や延焼を防止し、修復により火災後の再使用ができる構造)の性能を保持するかどうかを予備的に試験・検討したものである。また、ここでは、準防火地域の法定防火構造として、木造建て売り住宅に実際に用いられている外壁と同様のパネル4種類を作成し、同様の加熱試験を施してその性能を検討した。

## 2. 実 験

### 2.1 試験体

本実験に供した試験体は、いずれも建築基準法施行令第108号第2号および同施行令第4号に指定する防火構造に匹敵するものとして認可されている壁で、防火構造外壁として実際に用いられている壁4種類(図4)と図5のように間伐材を接合・集成してパネル化し、防火構造外壁としての性能を得よう加工を施したものの4種類である。使用した間伐材はスギ、ヒノキおよびカラマツの18～23年生材である

試験体の形状は、規格によって厳正に規定されているが、本実験では、実験用小型炉に適合するよう縦

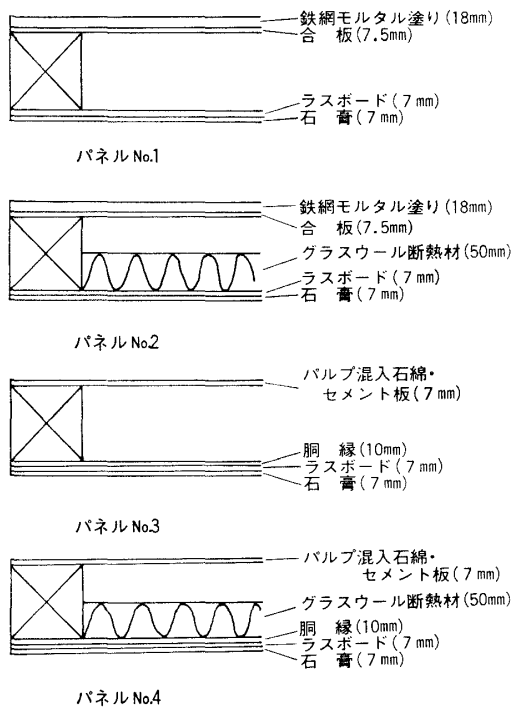


図4 供試在来木質壁

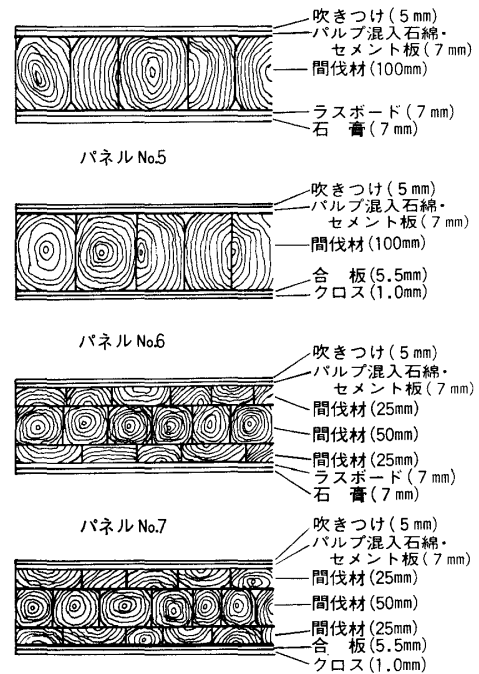


図5 供試ソリッドパネル壁

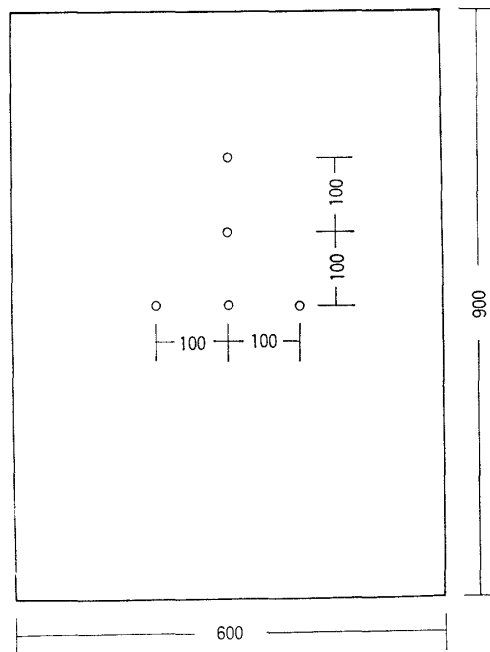


図6 供試壁の寸法と熱接点の位置

90 cm, 幅 60 cm のパネルとした。

また、ソリッドパネルの耐火性能を評価するために、JIS A 1304 に規定する加熱試験に供した試験体は図5に示したものを被覆材料を除いたパネルを用いた(図1参照)。この実験に供したソリッドパネルはスギ、ヒノキおよびカラマツの18~23年生の間伐材を別個に用いた。

間伐材から得られた挽材（以下、エレメントと略記する）から、ソリッドパネルを作成するための接合・緊結はボルト締めによった（図1-A）。

また小径の間伐材で正角や平角の得られないタイコ状のエレメントによってもソリッドパネルを同様に作成した。図1-Bの試験体は、ボルト締めしたソリッドパネルに直交して間伐材平角を釘打ちしたものである。

耐火性能向上のため、リン酸・メラミン・ホルムアルデヒド初期付加縮合物<sup>7)</sup>（以下、 $H_3PO_4 \cdot MFAC$ と略記する。[ $H_3PO_4$ ]/[M]=2) 42.2 g/m<sup>2</sup>, 67.7 g/m<sup>2</sup>, 100.0 g/m<sup>2</sup> をそれぞれソリッドパネル表面に塗布し、その効果を検討した。

## 2.2 試験方法

### 2.2.1 在来木質壁およびソリッドパネルの防火性能試験

加熱試験は JIS A1301—1975 に規定する加熱曲線に従って加熱可能なプロパンガスを熱源とする加熱炉を用い、同規定の2級加熱を行なった。

加熱は、類焼防止のほか延焼防止についても検討するため、在来木質壁では外装面、内装面の両側面から、ソリッドパネルは外装面の1面より行なった。

加熱試験では、試験体表面、裏面および壁体を構成する部材の層間に熱電対を設置して、それぞれの温度を測定した。

壁面における熱接点の位置は、図6に示す5点とした。また、壁を構成する部材の層間における熱接点は、この5点の線上に設置した。

防火性能の評価は、各熱接点の温度測定のほか規格に定める適合条件によった。

### 2.2.2 ソリッドパネルの耐火性能

上で述べた炉を用いて、JIS A 1304 に規定する標準加熱曲線により1～2時間の耐火試験を行なった。

加熱試験では、試験体加熱表面から0.2 cm, 2.0 cm, 6.0 cm および裏面に熱接点を設置した。また、エレメント接合面においても同様の位置に熱接点を置いた（図7）。

エレメントが正角あるいは平角でない場合は、所定の熱接点位置のほか図8に示すように丸印内の位置に熱接点を設けた。

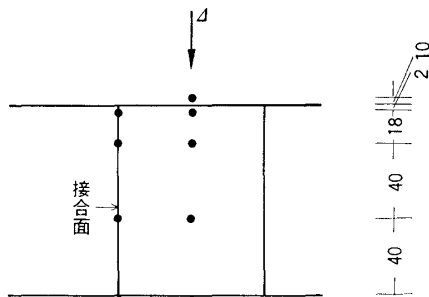


図7 ソリッドパネルの厚さ方向における熱接点位置(正角, 平角の場合)

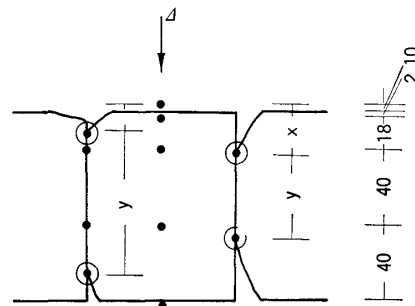


図8 ソリッドパネルの厚さ方向における熱接点位置(正角, 平角でない場合)

## 3. 結果と考察

### 3.1 在来木質壁およびソリッドパネルの類焼抑止性能

本実験に供した試験体は、いずれも「建築基準法施行令第108条第2号の木造建築の壁の防火構造および同施行令第4号の建設大臣がこれと同等以上の防火性能を有すると認めて指定する防火構造に匹敵するもの」として認められている材料であるが、ここでは、我が国の防火思想の基本のひとつである類焼防止の立場から、供試材料の外装側面から加熱したときの各熱接点における、温度変化の経移と燃焼挙動について

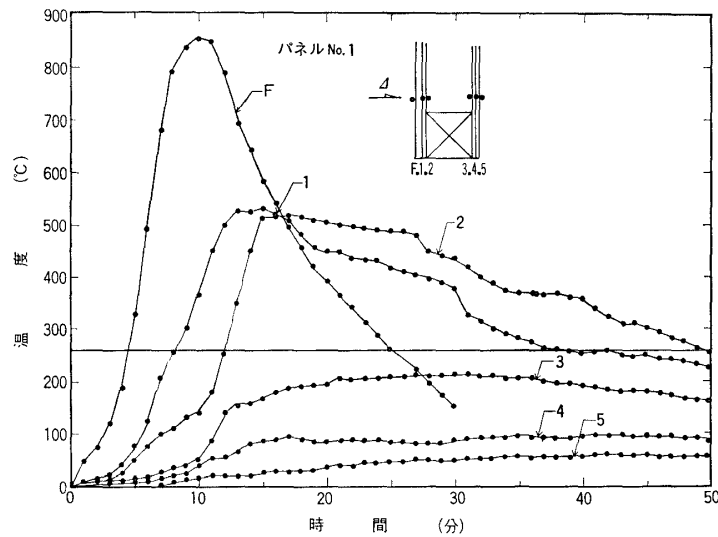


図9 JIS A 1301 加熱(2級)における在来木質壁の表面、内部および裏面の温度変化(外装側より加熱)

述べる。

### 3.1.1 在来木質壁—パネル No. 1—

在来木質壁—パネル No. 1—は、防火構造壁として最も一般的なもので、外装をモルタル塗りにした木質壁である。図9に JIS A1301 の2級加熱を行ったときの加熱時間中および加熱終了後30分間における各面および部材層間の温度変化の経移を示す。なお、図中の温度は2.2.1で述べた熱電対の熱接点5点のうち最高値で示した。また、図中の数字は熱電対位置を示し、260°Cの横線は火災危険温度を示している。これによると、加熱中での材料表面における着火はなく、不燃材料のモルタルの類焼抑止の効果が十分に認められる。しかしながら、モルタル塗りの厚さが18mmの本実験の場合、モルタル下地材料の構造用合板の加熱側での温度は約8分間で危険温度に到達した後、時間の推移とともに上昇して、15分間で最高に達し、危険温度以上のそれは大約30分間持続される。また、同合板の加熱裏面側における危険温度到達時間は12分で、以後急な温度上昇が認められ、危険温度以上のそれは37分間持続される。この両者の温度変化の経移をみると、加熱表面側における危険温度到達時間と裏面側のそれとの間に4分間の差があり、これは、この厚さをもつラワン合板の耐火性能としては妥当<sup>8)</sup>なものであるものの、合板の加熱面では10分前後で、また、裏面側で13分前後でくん焼状態に入るものと考えられる。さらに、このくん焼状態は表面側で20分間、裏面側で30分間続くものと考えられるが、ラスボード表面における温度の上昇は急激でなく、合板の着火・発炎燃焼は起こっていないものと判断される。また、パネルの内装側構成部分の温度上昇はほとんどないことから、みかけ上 JIS A 1301 の2級加熱に十分耐える壁体と考えることができるが、本パネルの厚さ18mmのモルタル塗りでは、その裏面における温度が容易に260°C以上に達することから、JIS A1301の2級加熱の性能保持は困難であることがわかる。

### 3.1.2 在来木質壁—パネル No. 2—

省エネルギー・断熱・保温効果向上の立場から、グラスウールをベースとした断熱材料の使用は、昭和55年2月に「エネルギー使用合理化に関する基準」、いわゆる省エネルギー法が建設省によって告示されて以来、顕著な拡大をみせている。本パネルは3.1.2で述べたモルタル木質壁に対して、グラスウールにフェノール系樹脂で加工を施した断熱材を封入したパネルである。このパネルを JIS A 1301 の2級加熱試験を施したときの結果を図10に示す。これによると、モルタル塗りされたパネル表面、下地材料の構造用合板の加熱面側、および裏面側における温度変化の経移は、3.1.1で述べたパネル No. 1の温度変化とほぼ同様である。このことから、本パネルのモルタル塗りした表面から構造用合板に到る層の燃焼挙動は、パネル No. 1

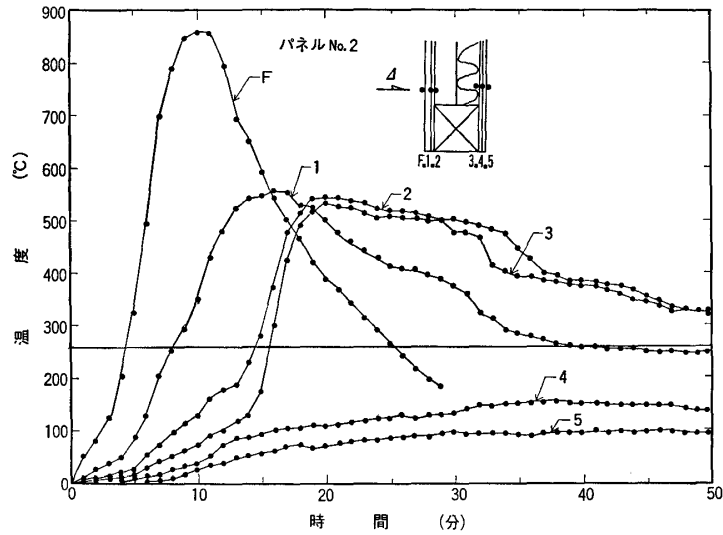


図10 JIS A 1301 加熱(2級)における在来木質壁の表面, 内部および裏面の温度変化(外装側より加熱)

の挙動とはほぼ同様であろうと推察されるが, 断熱材裏面の温度変化は固有の経移をたどる。すなわち, 断熱材裏面の温度が危険温度を超える16分を経過した時点から, 合板裏面の温度とほぼ同じ経移をたどって高温を保持し, しかもこの両者の高温は長時間にわたって持続され, 加熱終了後30分を経過しても危険温度を超えており, この層におけるくん焼状態, あるいはその他の発熱源の存在が予想される。合板裏面における高温保持は前述パネル No. 1 にみられたくん焼状態と同様な燃焼挙動にもとづくものと考えられる。一方, 不燃材料のグラスウール層での発熱は, グラスウールに施した樹脂加工による樹脂分の熱分解, あるいはくん焼にもとづく発熱によるものと予想されるが, 本実験の範囲では明確な結論を得るには至らなかった。今後検討すべき課題であろう。以上の結果から, 本パネルの類焼抑止の効果はパネル No. 1 と同様, 十分でないことがわかる。

### 3.1.3 在来木質壁—パネル No. 3—

本パネルは比較的簡易な建て売り住宅にみることができ木質壁のひとつで, パネル外装不燃材としてパ

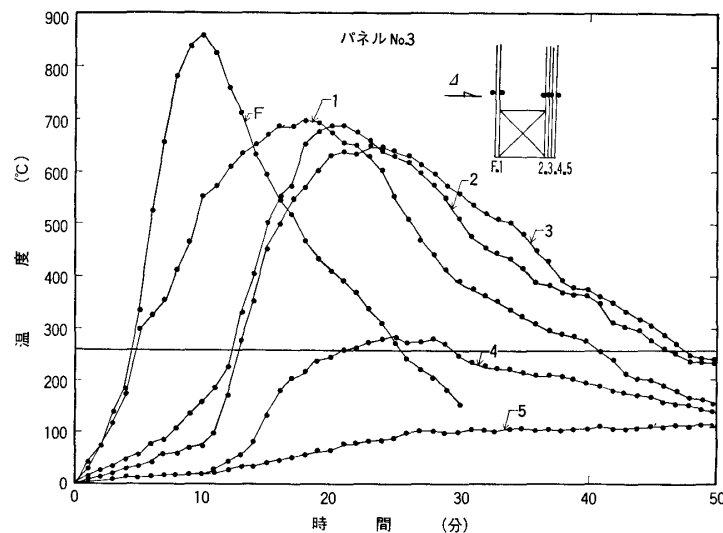


図11 JIS A 1301 加熱(2級)における在来木質壁の表面, 内部および裏面の温度変化(外装側より加熱)

ルプ混入石綿・セメント板を配したものである。本パネルを JIS A1301 の2級加熱に供したときのパネル表面および内部各層の温度変化の経移を図11に示す。これによると、本パネルの構成は前2者のそれと異なり、表面材の下に木材あるいは木質材料による下地を施していないにも拘らず、面材裏面の昇温は急で、しかも加熱終了時点以降においても長時間にわたって高温を維持する。これは、この材料の熱伝導性にも関連するものと考えられるが、本面材が軽量化と加工性の向上のために石綿・セメント板にパルプを混入した材料であることから、このパルプの存在が、このような高温維持の原因となっているものと考えられる。また、本表面材料は火炎下において比較的もろく、加熱開始後10分前後で亀裂の発生をみる。この時点からのパネル内層の温度の変化をみると、急な昇温と高温の持続があり、亀裂が時間の経過とともに拡大して、高温気流あるいは火炎をパネル内層に送り込み、胴縁のくん焼あるいは着火、発炎燃焼が起きているものと

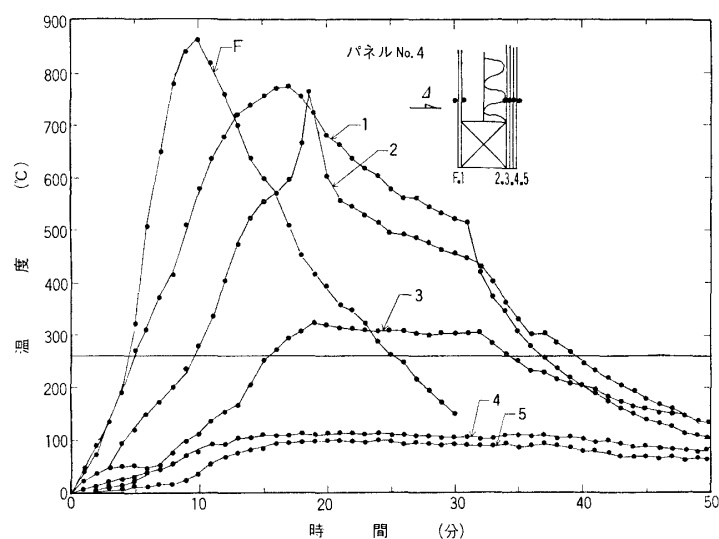


図12 JIS A 1301 加熱（2級）における在来木質壁の表面、内部および裏面の温度変化（外装側より加熱）

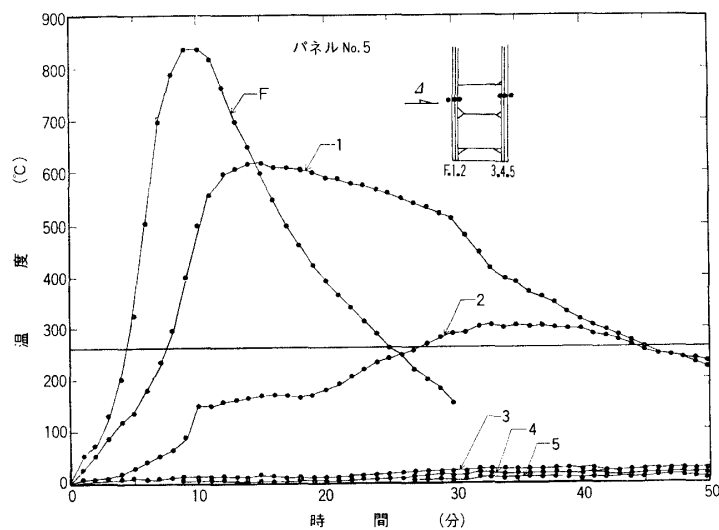


図13 JIS A 1301 加熱（2級）におけるソリッドパネルの表面、内部および裏面の温度変化（外装側より加熱）

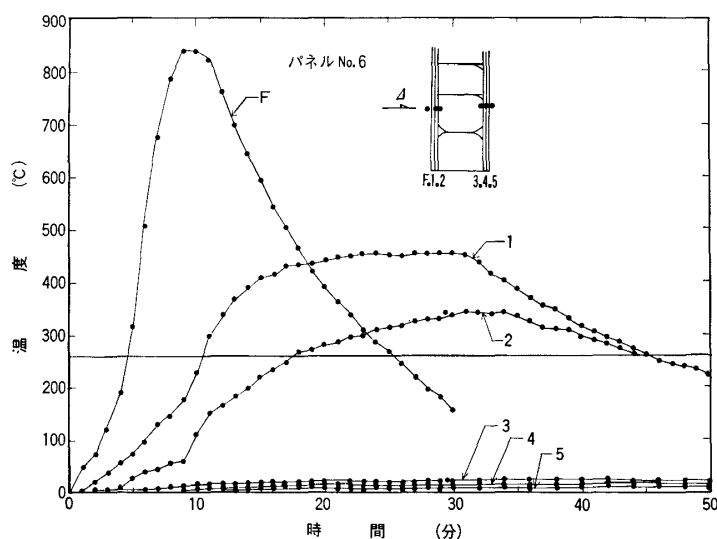


図14 JIS A 1301 加熱（2級）におけるソリッドパネルの表面、内部および裏面の温度変化（外装側より加熱）

予想される。本パネルの類焼抑止性能は前2者のモルタル壁より低い。

#### 3.1.4 在来木質壁—パネル No. 4—

本木質壁は3.1.3で述べた壁体の内装側を、ラスボードと石膏による構成に替えて、胴縁の上に合板を重ねて、その上にクロスを貼ったもので、内層に樹脂加工を施したグラスウールの断熱材料を配したものである。このパネルを加熱試験に供したときの温度変化を図12に示す。これによると、表面材料のパルプ混入石綿セメント板の温度の推移はパネル No. 3 の表面材料とほぼ同様であるが、断熱材中に存在する樹脂分と胴縁の熱分解あるいはくん焼によるものと考えられるかなり激しい発熱挙動が表面材裏面に認められる。一方、胴縁裏面の昇温は比較的緩徐であり、合板裏面では危険温度を超える温度上昇はない。このことは、在来木質壁の低い類焼抑止性能の中であって注目すべきことで、厚さ 5.5 mm の合板の断熱効果に加えて胴縁によって形成される断熱空間の不連続性にもとづく耐火性能の発現を示しており、複合の方法によっては、薄手の木材や木質材料がかなりの防火性・耐火性を発現することを示唆している。

#### 3.1.5 ソリッドパネル—パネル No. 5 および No. 6—

ソリッドパネル住宅<sup>13)</sup>としてすでに施工され、現在、使用しているソリッドパネルの例を示す。この2種類のパネルは間伐材による耐火パネル（後述）で、構造上、前述の防火構造壁の空間部およびグラスウール基材の断熱材を充てんした部分を、間伐材に替えたものである。パネル No. 5 および No. 6 を加熱試験に供したときのパネル表面、および各構成エレメント間の温度変化の経移を図13および14に示す。これらの図でわかるように、加熱面の吹きつけ部分、パルプ混入石綿・セメント板では火災危険温度の 260°C を超え、パルプ混入・石綿・セメント板に接触する木材部分においても 260°C に達するが、これ以上の温度にまで上昇することはない、しかも防火上有害と認められる変形・破壊・脱落はない。このように、間伐材で構成される部分での温度の上昇や激しい燃焼挙動はなく、いわゆる重木構造的な燃焼挙動を示し、類焼抑止性能・耐火性能はかなり高いが、我が国の防火基準に照らすと、吹きつけあるいはパルプ混入・石綿・セメント板など不燃性表層材料裏面（本実験ではパルプ混入石綿・セメント板と間伐材が接触する面）の温度が 260°C を超えており、残念ながら、JIS A 1301 の2級加熱に対して合格判定条件を充たしていないことになる。後述するように、表面加工を施さないソリッドパネルであっても2時間以上の耐火性能を保持しており、このような木材や木質材料のもつ高い耐火性能の評価と、木材が可燃物であることを根拠にしてこの性能を無視した木材や木質材料の使用制限を行っている我が国の建築・消防法規との間のギャップは大きい。



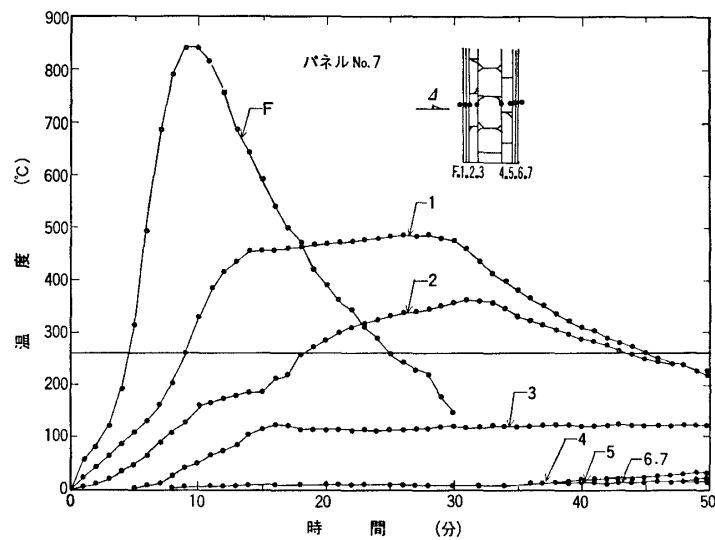


図15 JIS A 1301 加熱 (2級) におけるソリッドパネルの表面、内部および裏面の温度変化 (外装側より加熱)

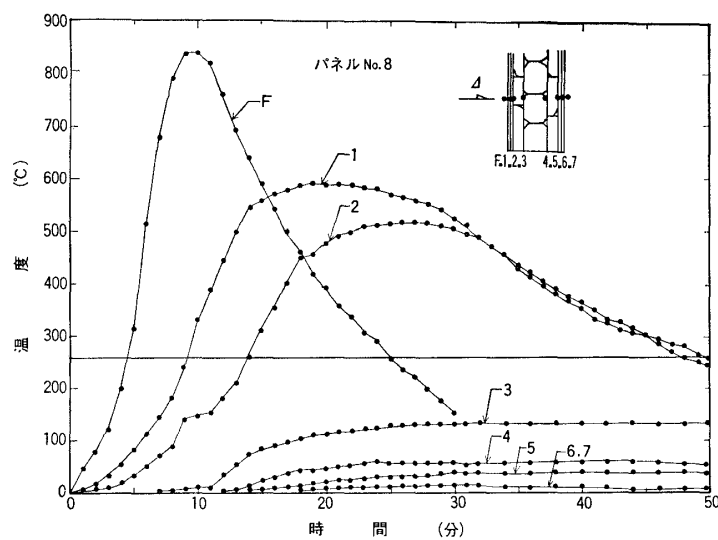


図16 JIS A 1301 加熱 (2級) におけるソリッドパネルの表面、内部および裏面の温度変化 (外装側より加熱)

### 3.1.6 ソリッドパネル—パネル No. 7 および No. 8—

本試験パネルは 3.1.5 で述べたソリッドパネルと同様、間伐材を利用した耐火壁パネルであるが、小径間伐材・端材・残廃材を利用した点で、前二者と比較して若干の相違がある。すなわち芯持ちの小径間伐材に端材より得た背板を利用した間伐材三層集成パネル (図 5 のパネル No. 7 および No. 8 参照) で、図 15 および 16 に示すように、パネル No. 5 および No. 6 より防火性能・耐火性能はわずかに低下するが、在来木質壁のそれと比較してきわめて高い。後述するように JIS A1304 で加熱した場合本ソリッドパネルのいずれもが、2 時間以上の耐火性能をもつ。

### 3.2 在来木質壁の延焼抑止性能

上述、木質壁の No. 1~No. 4 の内装面から加熱した場合のパネル表面・内層部および裏面の温度変化

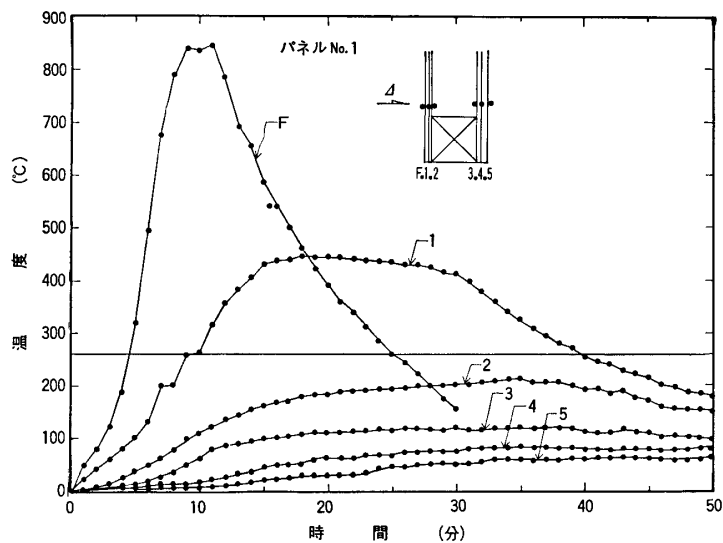


図17 JIS A 1301 加熱(2級)における在来木質壁の表面, 内部および裏面の温度変化(内装側より加熱)

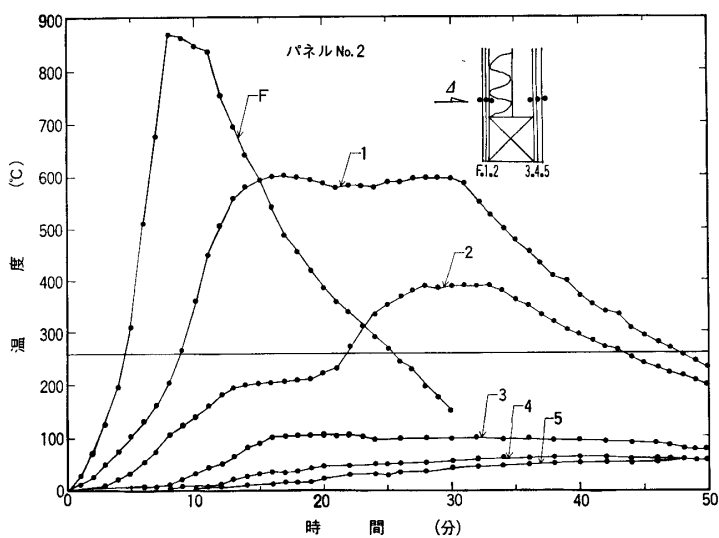


図18 JIS A 1301 加熱(2級)における在来木質壁の表面, 内部および裏面の温度変化(内装側より加熱)

の経移を図17～20に示す。これらのパネルの内装側の構成をみると、前2者は石膏とラスポートによっており、後2者はこれらに胴縁を加えて構成されている。図からわかるように、石膏とラスポートの構成が裏面温度の上昇抑制に効果があることがわかる。また、パネル No. 1 のパネル内層温度の変化と No. 2 のそれを比較すると、後者のラスポート裏面(実際の壁体構成の場合は間柱との接触面)の温度が火災危険温度の  $260^{\circ}\text{C}$  を超える。これは先に述べたようにグラスウールベースの断熱材に処理されている樹脂分の熱分解による昇温あるいは樹脂分の加熱過程における何らかの発熱に誘起されていることが考えられ、しかも比較的低温域において発熱反応が惹起することが予想されることから、この原因については、今後詳細な検討が必要であろう。パネル No. 3 と No. 4 の相異も後者にグラスウールベースの断熱材充てんがあるが、この場合には石膏・ラスポートに加えて胴縁が配されており、これによって構成されるわずかの断熱空間の拡

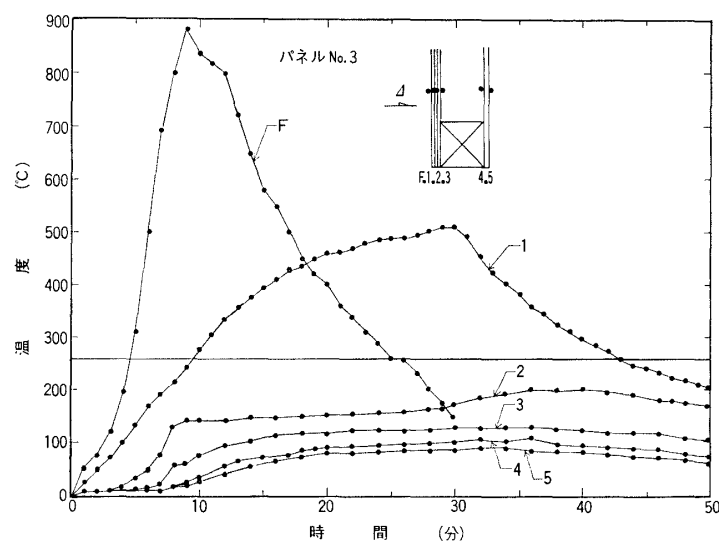


図19 JIS A 1301 加熱（2級）における在来木質壁の表面，内部および裏面の温度変化（内装側より加熱）

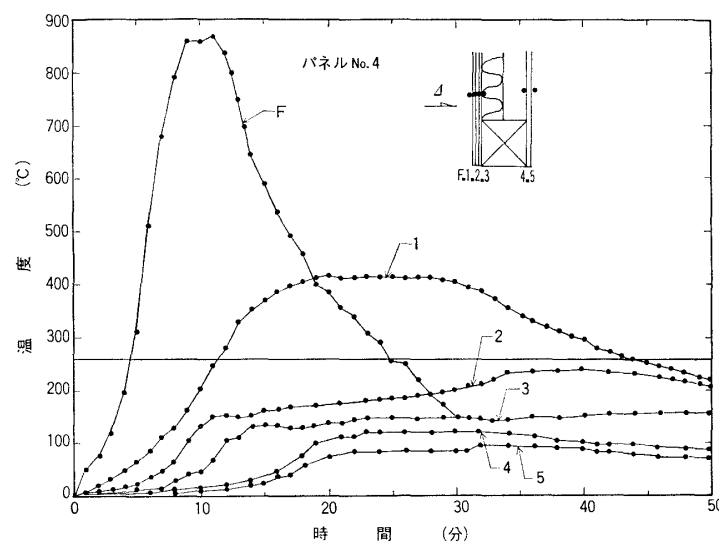


図20 JIS A 1301 加熱（2級）における在来木質壁の表面，内部および裏面における温度変化（内装側より加熱）

大が，断熱材充てん層の温度と樹脂成分の発熱誘起温度以下に制えていることも予想される。これは，木質複合壁を作成するに際して，木材，木質材料や断熱空間の配置・構成・断熱材の効率的利用など今後詳細に検討すべき課題のあることを示している。

### 3.3 ソリッドパネルの耐火性能

木造下地をもつ法定防火構造において，外壁の場合，これに防火性能を付与するためには，鉄網モルタル塗りでは 20 mm 以上の厚さの塗りを必要とし，石綿スレート 2 枚張りでは 15 mm 以上の厚さが必要であるとされる<sup>9)</sup>。

このように，防火構造では，不燃材料を表面材料として施工する場合であってもその裏面温度を 260°C の火災危険温度以下に保つにはかなりの厚さをもつ材料の使用あるいは厚塗り加工を必要とする。

隣家火災による類焼を防止することを目的としたわが国の防火構造規定（法2条8号）では、重木構造で示されるような木材や木質材料のもつ高度の耐火性能は今のところ評価されていない。また、一方可燃性材料の防火保護の目的で施工される鉄網モルタル塗りなどの外装は、下地の木材や木質材料に対して高湿度の条件を与え、腐朽や白蟻の害を招き耐久性低下の最大の原因となっているなど、高度の耐久性が期待されている木造住宅にとって不合理な点が少くない。

ここでは、欧米諸国の防火規定にならって、火災の区画内閉じ込み性能、延焼抑止性能すなわち耐火性能の評価をソリッドパネルに試みた。

### 3.3.1 ソリッドパネルの耐火性能—耐火性能におよぼす樹種の影響—

ソリッドパネルに高度の耐火性能のあることは、前部の防火試験によっても予測することができるが、ここでは「JIS A 1304 建築構造部分の耐火試験方法」に規定する加熱曲線に準じて、スギ、ヒノキ、およびカラマツの間伐材を用いて作成したソリッドパネルのそれぞれについて2時間の耐火加熱試験を行なった。この時のソリッドパネル内部および裏面温度の変化の1時間の経移を図21に示す。なお、実験に供したスギ、ヒノキおよびカラマツの間伐材の樹齢は18～23年生であった。また、パネルの加熱面は板目面であった。図中、S、HおよびKの記号はそれぞれスギ、ヒノキおよびカラマツを示しており、Nは無処理、数字は加熱表面からの熱接点の位置を示している。また、STは標準加熱曲線である。図によると、加熱表面から0.2 cmの熱接点では、加熱試験開始後7～15分で一時的に標準加熱曲線の温度を超えている。これは、この時

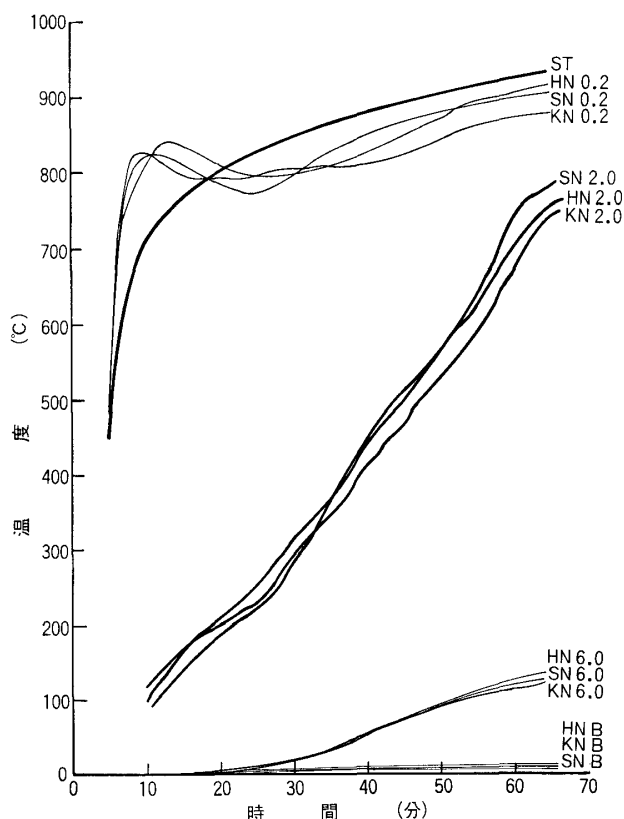


図21 JIS A 1304 の加熱下における ソリッドパネル内部および裏面の温度変化

図中、H、K、S はそれぞれヒノキ、カラマツ、スギを、Nは無処理を示し、数字は加熱表面からの熱接点の位置 (cm)、B は裏面温度を示す。ST は JIS A 1304 の加熱曲線を示す。

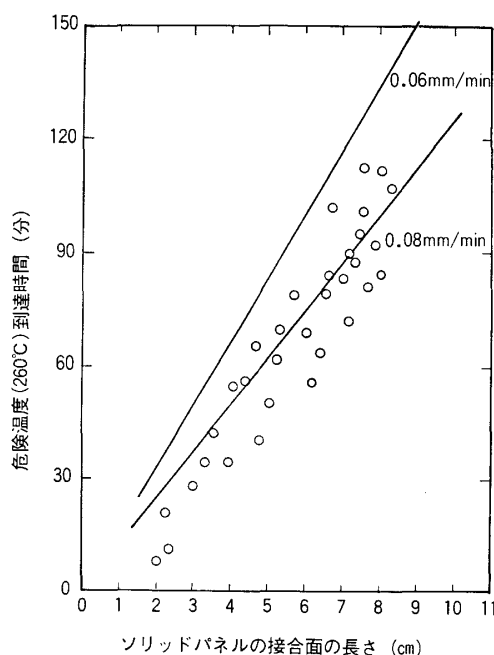


図22 ソリッドパネルのボルト締め接合面の長さ と炭化深さ (危険温度到達時間) の関係

点においてパネル表面の着火とそれに続く発炎燃焼を観測しており、この燃焼挙動にもとづく昇温であろうと考えられる。この点における、これ以降の熱接点は火炎面に露出しているものと考えられるが、温度変化の経移をみると、標準加熱曲線の温度を若干下まわっており、この原因は、パネル表面において生じる灼熱燃焼によってひきおこされる加熱表面の気流の変化あるいは燃焼残渣の付着などによると考えられる。しかし、炉内の観察が十分でなく、この挙動を解明するには至らなかった。また、この熱接点における温度変化の経移が樹種によってとくに変わるところはなく、本実験に供した3針葉樹々種の燃焼挙動の間にとくに大きな相異は認められなかった。

次いで、加熱表面から2.0 cmの位置における熱接点の温度変化の経移をみると、加熱時間の進行とともにほぼ直線的に上昇し、ほぼ一定の速度で炭化が進行していることがわかる。火災危険温度の260°Cの到達時間を炭化の先端と仮定して計算すると、樹種によって若干の相異があるが、それらの炭化速度は0.7~0.9 mm/min.で、重木構造のそれと大約同一であり<sup>10)</sup>、本パネルが間伐材で構成されているものであっても高度の耐火性能を有することがわかる。

加熱表面から6.0 cmの位置の熱接点においても上述と同様のことが観察される。すなわち、同一材料の加熱時間を延長して、この点の温度変化を追跡すると、火災危険温度に到達する時間は95~110分であって、炭化速度は0.6~0.5mm/minとなり、高度の耐火性能を示す重木構造のそれと同等あるいはそれ以下の炭化速度を示す。

薄手の木材や木質材料であってもかなりの防火性・耐火性を保持していることは前節において述べたが、本実験の結果が示すように厚手のその使用は壁体にきわめて高度の耐火性能を与えると同時にすぐれた居住特性を住宅に与える。とくに、本ソリッドパネルで壁体を構成する住宅ではきわめてすぐれた調湿機能、調湿機能<sup>3,4,11)</sup>を示し、遮音性能も高い<sup>4)</sup>。

エレメント相互の接合面における炭化の進行は材内部(エレメント内部)の炭化の進行に比べて、加熱初期において若干速いが、加熱時間の経過とともに材内部の炭化の進行と類似したものとなる。この挙動は、エレメントの形状、エレメントの接合方法によって異なり、ボルト、釘などの金具による接合と接着剤による接着接合とはかなりの相異を示す。また、接着剤接合の場合、接着剤の種類によって耐火性能は大きな相異を示しており、ソリッドパネルの耐火性能向上のためには適正な接合方法の選択が望まれる<sup>12)</sup>。

本実験においては、エレメントの断面が正角あるいは平角ではなく、エレメント接合面のみが平滑に保たれ、加熱面および裏面は樹幹そのままの丸身をもつ(いわゆるタイコ)小径間伐材によるパネル(図8)についても、上述と同様な加熱試験を行なった。エレメント接合面の厚さ方向の長ささと火災危険温度到達時間の関係を図22に示す。これによると、試験加熱用炎と接合部の距離(図8のxで示した)によってかなりの相異はあるが、その長さ(図8のy)が大きくなるに従って、耐火性能の向上が認められる。これについては、接合方法との関連において別に詳細な報告<sup>12)</sup>を行う予定である。

エレメント間の接合面が密着していれば、十分な耐火性能を保持しており、接合面の厚さ方向の長さが大きくなるに従って、エレメント内部とほぼ同様な耐火性能の向上がみられた。

以上の実験結果から、利用の方途が少ない小径間伐材であっても、本パネルにあっては、適正な構成と接合を施せば十分な耐火性能を保持した壁面として利用することができる。

また、本実験において、加熱面が柾目面の場合と板目面の場合によってどのように燃焼挙動が変わるかの検討を行うことができなかったが、製造上重要な問題であるから、今後、解明すべきであろう。

### 3.2 防火剤表面塗布ソリッドパネルの耐火性能

ソリッドパネルの高度の耐火性能はすでに前節で述べた通りであるが、ソリッドパネル表面での着火、発炎燃焼および灼熱燃焼を抑制することが可能となれば、耐火性能はさらに向上するものと予想される。

ここでは、スギ間伐材より作成したソリッドパネルにリン酸・メラミン・ホルムアルデヒド初期付加縮合

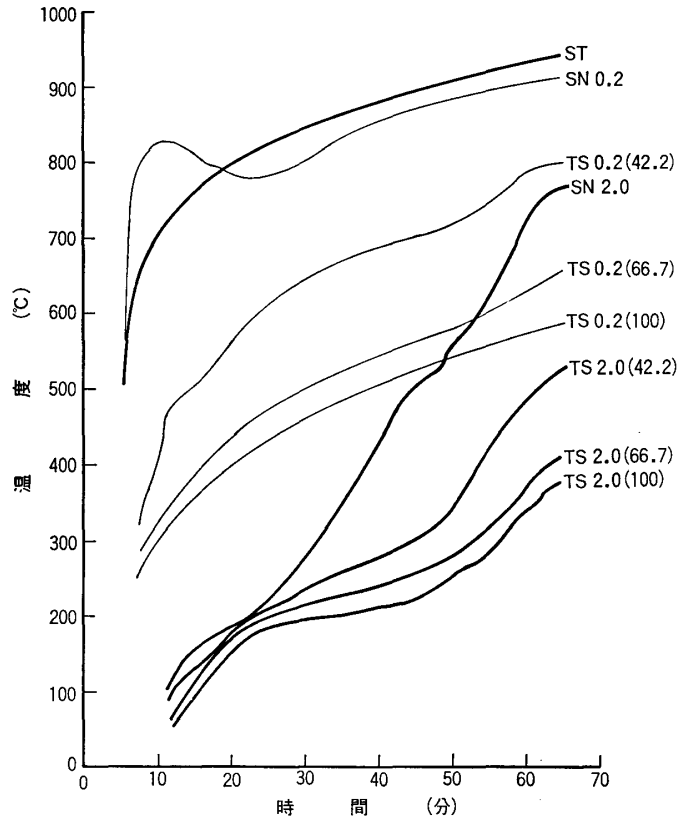


図23 JIS A 1304 の加熱下における無処理および  $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot \text{MFAC}$  塗布ソリッドパネル内部の温度変化

図中 SN, TS はそれぞれ無処理スギソリッドパネル,  $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot \text{MFAC}$  塗布ソリッドパネルを示す。記号に続く数字は加熱面からの熱接点の位置 (cm), カッコ内の数字は  $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot \text{MFAC}$  塗布量  $\text{g}/\text{m}^2$ , ST は標準加熱曲線

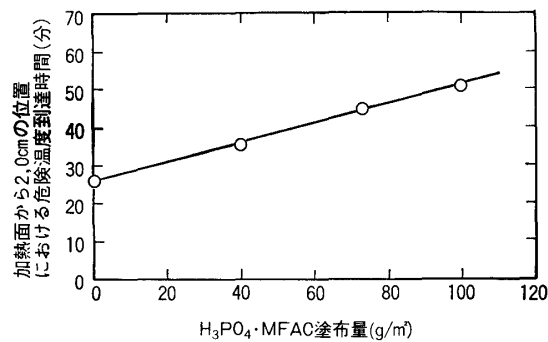


図24 加熱面から 2.0 cm の位置における危険温度 (260°C) 到達時間と  $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot \text{MFAC}$  の塗布量の関係

物 ( $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot \text{MFAC}$  と略記する。  $[\text{H}_3\text{PO}_4]/[\text{M}]=2.0$ ) を  $42.2 \text{ g}/\text{m}^2$ ,  $66.7 \text{ g}/\text{m}^2$  および  $100.0 \text{ g}/\text{m}^2$  の割合で塗布し, これらを 2 時間の加熱試験に供した。この時のソリッドパネル内の温度変化の 1 時間の経移を図23に示す。図中, 記号の ST は標準加熱曲線, SN は無処理ソリッドパネルを, TS は防火処理を施したソリッドパネルを示している。その TS に付した数字は, 加熱表面から熱接点までの距離を示しており,

カッコ内の数字は1平方m当り塗布量を示している。

図23では、加熱表面から0.2 cm および2.0 cm の位置の熱接点の温度変化の経移を示しているが、これによると、 $42.2 \text{ g/m}^2$  の塗布量によって、ソリッドパネル表面の燃焼状況が無処理のソリッドパネルの燃焼状況に比べてかなりの変化を生じていることがわかる。

防火塗料として  $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot \text{MFAC}$  を用いた場合、その塗布量が約  $40 \text{ g/m}^2$  で、着火、発炎燃焼および灼熱燃焼を抑え、しかも、加熱表面に断熱性能をもつ炭化層を形成するが、図の温度変化の経移から、 $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot \text{MFAC}$  がもつ作用を十分に発揮していることがわかる。

本  $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot \text{MFAC}$  を比較的多量に塗布 ( $60 \text{ g/m}^2$  以上) した場合、上述の燃焼抑止作用に加えて不燃性発泡層を形成する<sup>13)</sup>。また、これを含浸させた場合、木材表層に強固な発泡性炭化層を形成するが<sup>14)</sup>、図23および24に示されるように、塗布量の増加とともにエレメント内部の温度上昇は緩慢なものとなり、上述の作用にもとづく効果が明確に示されている。

以上のことから、ソリッドパネル表面における着火、発炎燃焼および灼熱燃焼の抑止と不燃性炭化層あるいは断熱発泡炭化層を形成させ得るような処理はソリッドパネルに対してきわめて高度な耐火性能を付与させることができる。今後さらに多くの防火薬剤の選択や処理方法の検討を行ない、木質系壁体の耐火性能向上につとめることが望まれる。

#### 4. お わ り に

間伐材、未利用残廃材等小径木を長さ60~100 cm の短尺材として製材し、これを接合・集成してパネル化(ソリッドパネル)し、一般住宅の外壁下地や集合住宅の隔壁・間仕切りとして供給してきた。ここでは、この壁体の実大火災実験に先立って、JIS A 1301 および 1304 により、ソリッドパネルの防火試験および耐火試験を行うとともに、準防火地域の法定防火構造として木造建売り住宅に用いられている外壁と同様のパネルを作成して、ソリッドパネルと同様の加熱試験を実施し、その性能の検討を行なった。その概要は以下のとおりである。

1. 在来の防火構造壁として、一般の建売り住宅に用いられている壁の大半は法に規定する構成(例えば、木造下地の場合の鉄網モルタル塗りは20 mm 以上)がなされていないこともあって、JIS A 1301 の2級加熱に合格しない。

2. 木造下地の在来の壁では、防火上有害な変形・破壊・脱落およびその他の防火上有害な事象が現れない場合であっても、外装材料裏面の温度が危険温度の  $260^\circ\text{C}$  に到達するため、合格基準を充たし得ない例が多い。

3. 在来木質壁に用いられている、グラスウール基材の断熱材が外部から加熱された場合、加熱初期の比較的低温域からの発熱とそれに続く急な昇温があり、壁内層からの発火の可能性のあることが認められた。

4. ソリッドパネルの防火試験では、壁体に防火上有害となる事象や欠陥が認められないが、外装材裏面の温度が  $260^\circ\text{C}$  に到達するため、法定防火構造外壁として認定するには至らなかった。

5. JIS A 1304 の1~2時間耐火試験において、ソリッドパネルの耐火性能が重木構造同等の性能をもつことが示された。

6. ソリッドパネルを JIS A 1304 の標準加熱曲線で加熱した場合、炭化速度は  $0.5 \sim 0.9 \text{ mm/min}$ . で重木構造の炭化速度とほぼ同等の値が得られた。

7. ソリッドパネルの耐火性能は、リン酸・メラミン・ホルムアルデヒド初期付加縮合物の表面塗布によってさらに向上させることができた。

#### 文 献

- 1) 東丸真一：木造家屋の建築方法，特許，昭47-399888，実用新案登録，第1097159号，同，第1092920号

- 2) 東丸真一：間伐小径木の加工と販売，全国林業改良普及協会，p. 27, (1977)
- 3) 岡部 巍ほか4名：クリマハウス研究ノート，第6号，p. 1 (1982)
- 4) 三村泰一郎ほか5名：*ibid* 第7号，p. 5 (1981)，第8号，p. 1 (1982)
- 5) 全国林業改良普及協会，林業新知識 No. 12, p. 1 (1974)
- 6) 大阪木材新聞社，グラフ建材，No. 6, p. 8 (1978)
- 7) S. ISHIHARA: *Wood Research* 52, 72 (1972)
- 8) 日本合板工業組合連合会，活路開拓調査指導事業報告書—合板の耐火性能開発試験，(1982)
- 9) 建設省告示，昭和34年第2545号
- 10) 日本木材保存協会，木材保存学，文教出版，p. 314 (1982)
- 11) 石原茂久，東丸敬三：未発表資料，投稿準備中
- 12) 石原茂久：第28回日本木材学会大会（名古屋）研究発表要旨，p. 35 (1978)，第29回日本木材学会大会（札幌），p. 255 (1979)，投稿準備中
- 13) 石原茂久：木材および木質材料の防火処理に関する研究，p. 107 (1975)
- 14) 石原茂久：*ibid* p. 93 (1975)