

在来工法木造住宅の実大火災実験

上 杉 三 郎⁽¹⁾Saburo Utsugi: Full Scale Fire Test on Japanese
Conventional Wooden House

要 旨: 既存の木造住宅、特に都市の人口密集地における在来工法木造住宅(軸組工法住宅)の防火改修を目的とし、試作した住宅による実大火災実験から既存木造住宅の防火性能の評価を検証した。

過去の実大火災実験の結果から、各部屋ごとに防火性能を有する材料で隔離する「区画防火」が室内火災に対して有効であることが明らかとなっている。この実大実験における既存の木造住宅の防火改修も「区画防火」を第一に考慮するものとした。

実験による室内火災温度は最高 1,200°C に達し、温度の上昇速度は JIS A 1301「建築物の木造部分の防火試験方法」に規定されている 1 級加熱曲線に類似していた。出火室と上階にある部屋の開口部(窓)を開放することにより延焼速度は速くなり、出火時の開口部条件、特に外壁開口部の開放状況が延焼速度に大きな影響を及ぼした。防火性能を有する被覆材によって改修された室内であっても、その構成材料の一部に可燃性材料が使用されている場合、ここが弱点となり、防火改修の効果は低下した。

難燃ドアは遮熱、遮炎の防火性能に優れ、有効に作用したが、今後の使用については、軽量化の必要がある。木製サッシ・繰入ガラス窓は、アルミサッシ窓に比べ、室内火災に対しては、破壊、脱落が遅く、防火対策上有利であった。

小屋裏の簡易な防火壁は、小屋裏から室内への火災の侵入を阻止し、区画防火の有効な手段であることがわかった。また、壁体内に簡易なファイアーストップ材を設けることで、壁体空間を経路とする延焼にも、防火上有利であることがわかった。

これらの結果から、既存の木造住宅の防火改修に有効な区画防火の設計施工について、有益な指針が得られた。

I は じ め に

都市における木造住宅は、それらが建設された時代によって、使用されている内外装材料は多種多様であり、時代とともに変化してきた。しかし今日、室内火災、建物火災さらには都市火災を考えると、既存の住宅、特に現状では法的な規制が困難である密集した木造住宅の構造と、そこに使用されている内外装材料の防火性能が重要な問題となる。とくに外周部では、外壁、屋根材料および外壁開口部、さらに隣接家屋の条件、例えば建物種類、大きさ、距離などが、内部では内装材料および階段(階段室)の構造やふすま、障子等の室内開口部の条件によって火災の規模と延焼速度も異なってくる。

そこで、この報告では木造家屋の火災で、第一に問題となる室内火災をとりあげ、その中で区画防火の効果を経験的に検討することを目的とした。内容としては区画による防火効果を、延焼速度によって考察し、区画防火のために施工される材料の性能、室内の構成材料の組合せ、難燃ドア、難燃引戸の防火性能、木製サッシ窓とアルミサッシ窓との防火性能の比較、簡易なファイアーストップによって壁の防火効果などを、実大建物によって総合的に検証することにした。

その結果、目的としたこれらの諸項目について、多くの興味ある結果を得たので、それらをまとめて報告する。

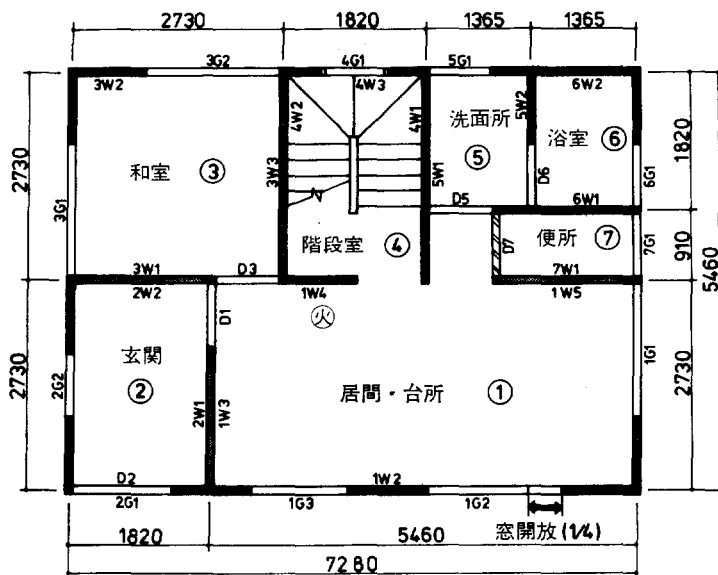


Fig. 1. 1階平面図 (単位: ミリ) Plan of the 1st floor (unit: mm)

- Notes
- | | | | |
|------------------|---|------------|------------|
| D 7 : 難燃合板使用ドア位置 | Flush door made of fire retardant treated plywood | ◀▶ : 窓開放位置 | Open space |
| (火) : 火源 | Ignition source | | |
| ① : 居間, 台所 | Living room and kitchen | ② : 玄関 | Hall |
| ③ : 和室 | Japanese style room | ④ : 階段室 | Stairway |
| ⑤ : 洗面室 | Lavatory | ⑥ : 浴室 | Bathroom |
| ⑦ : 便所 | Toilet | | |

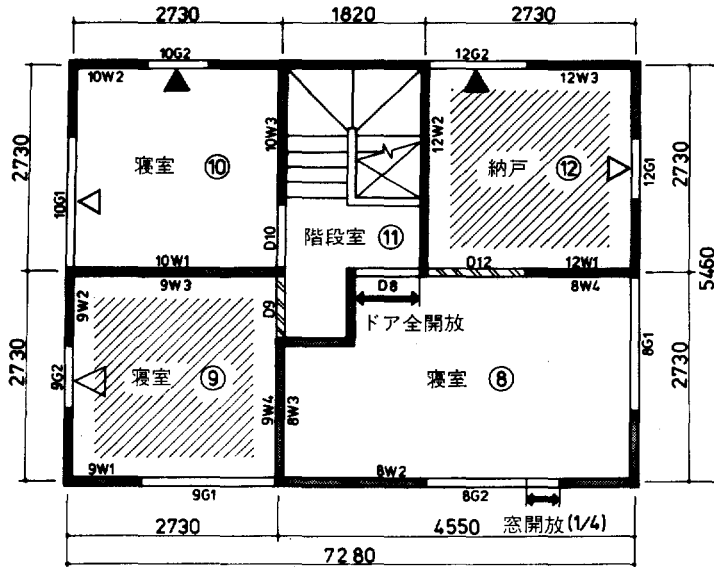


Fig. 2. 2階平面図 (単位: ミリ) Plan of the 2nd floor (unit: mm)

- Notes
- | | | | |
|-----------------------------|--|---------|------------|
| ■ : 区画防火を施した部屋 | Fire area | ⑩ : 納戸 | Trunk room |
| D 9 and D 12 : 難燃合板使用の引戸の位置 | Flush door made of treated plywood with fire retardant | | |
| ⑧, ⑨ and ⑩ : 寝室 | Bedroom | ⑪ : 階段室 | Stairway |
| ◀▶ : 木製サッシ, 線入ガラス窓 | Wood frame window glazing wired glass | | |
| ◀◁ : アルミサッシ, 線入ガラス窓 | Aluminum frame window glazing wired glass | | |
| ◀▶ : 窓および室内開放位置 | Open space | | |

この実大火災実験は科学技術庁特別研究促進調整費「既存木造住宅の耐震・耐火度判定法および補強工法に関する総合研究」（昭和53年度～55年度）の一環として農林水産省林業試験場、建設省建築研究所および科学技術庁国立防災科学技術センターの3者により実施された共同研究である。

実験実施にあたっては建設省建築研究所の研究員多数の協力のもとで、同研究所構内で行った共同研究である。実験結果の解析、とりまとめは同研究所防火材料研究室長 中村賢一博士の指導のもとで行い、さらにこの結果を林業試験場研究報告に発表することについて快諾されたことに深く感謝の意を表する。また実験実施にあたり、指導、助言と多大な協力を頂いた同研究所研究員の方々に深く感謝する。

II 実験方法

1. 実験建物

火災実験のための家屋は、振動による強度実験に供された軸組工法による戸建木造2階建住宅を用いた。加力実験終了後に、内外装材料をすべて新たに施工仕直したものである。

実験建物を Fig. 1, 2 に示す。各階床面積が 39.75 m^2 の計 79.5 m^2 の総2階住宅である。内外装材料の仕様は Table 1 に示す。外壁および軒裏は建築基準法の防火構造に準じた、モルタル塗仕上げである。

Fig. 1 の便所のドア（D 7）、Fig. 2 の寝室⑨のドア（D 9）、納戸⑩の引戸（D 12）は Fig. 3 に示すように、難燃合板両面張りのものとした。Fig. 2 の斜線部分の寝室⑨と、納戸⑩は Fig. 4, 5, 6 に示すように、壁と天井部分を不燃材料で施工し、小屋裏には天井裏面から野地板に達する12mm厚石こうボードを「釘打ち」によって取付け、小屋裏からの延焼防止の簡易防火壁とした。またこれら2部屋の壁体内には、階下からの壁体内延焼を防止するために、石こうボードによるファイアーストップ材を取付けた。

室内火災による窓への影響を調べるために、Fig. 7 に示す木製サッシ・線入ガラス窓（10 G 2, 12 G 2）とアルミサッシ・線入ガラス窓（10 G 1, 12 G 1）を取付けた。

室内に収納されている家具、衣類、書籍（主に雑誌、新聞紙）はその部屋の用途に応じて配置をした。これら収納された可燃物の平均重量は、単位床面積当り 30 kg である。

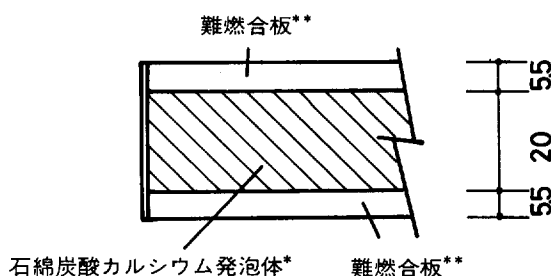


Fig. 3. 難燃ドアの構成
Detail of flush door made of fire retardant treated plywood
and intumescent mineral core (unit: mm).

*: intumescent mineral core

** : plywood treated with fire retardant

Table 1. 実験建物仕上げ表 Outline of test house

屋根 Roof section		亜鉛鉄板かわら棒ぶき Galvanized steel sheets roofing (batten seam)		
外周壁 Exterior wall section		モルタルセメント塗 Cement mortal finishing t 20		開口部 Opening section
部屋名 Room number and name	壁 Wall section	天井 Ceiling section	室内部 Interior	外周壁 Exterior
1 居間, 台所 Living room and kitchen	G board t 9	G board t 9 RWA board t 12	F.D t 32	AL and G
2 玄関 Hall	plywood t 2.7	RWA board t 12	F.D t 32	Aluminum door
3 和室 Japanese style room	gypsum lath board t 7 plaster coat t 8	plywood t 2.7	F.D t 32	AL and G
4 階段室 Stairway	plywood t 2.7	plywood t 2.7		AL and G
5 洗面室 Lavatory	plywood t 2.7	RWA board t 12	F.D t 32	AL and G
6 浴室 Bathroom	ACCS board t 8	ACCS board t 8	F.D t 32	AL and G
7 便所 Toilet	G board t 12	G board t 9 RWA board t 9	F.R.T.D t 30	AL and G
8 寝室 Bedroom	plywood t 2.7 ACCS board t 8 (8 W 4)	plywood t 2.7	F.D t 32	AL and G
9 寝室 Bedroom	G board t 12 ACCS board t 8 (9 W 3)	G board t 9 RWA board t 9	F.R.T.D t 30	AL and G
10 寝室 Bedroom	plywood t 2.7 RWA board t 12 (10 W 1)	plywood t 5.5 RWA board t 9	F.D t 32	AL and WG (10 G 1) W and WG (10 G 2)
11 階段室 Stairway	plywood t 2.7	G board t 9 RWA board t 9		
12 納戸 Trunk room	gypsum lath board t 7 plaster coat t 8	G board t 9	F.R.T.D t 30	AL and WG (12 G 1) W and WG (12 G 2)

Notes

ACCS board : 石棉セメントけい酸カルシウム板	Autoclaved asbestos-cement calcium silicate board
G board : 石こうボード	Gypsum board
RWA board : ロックウール吸音板	Rock wool acoustic board
t : 厚さ(単位: ミリ)	Thickness in mm
F.D : 普通合板張りドア	Flush door made of plywood
F.R.T.D : 難燃合板張りドア	Flush door made of fire retardant treated plywood
AL and G : アルミサッシ・普通ガラス窓	Aluminum frame window glazing sheet glass
W and WG : 木製サッシ・線入ガラス窓	Wood frame window glazing wired glass

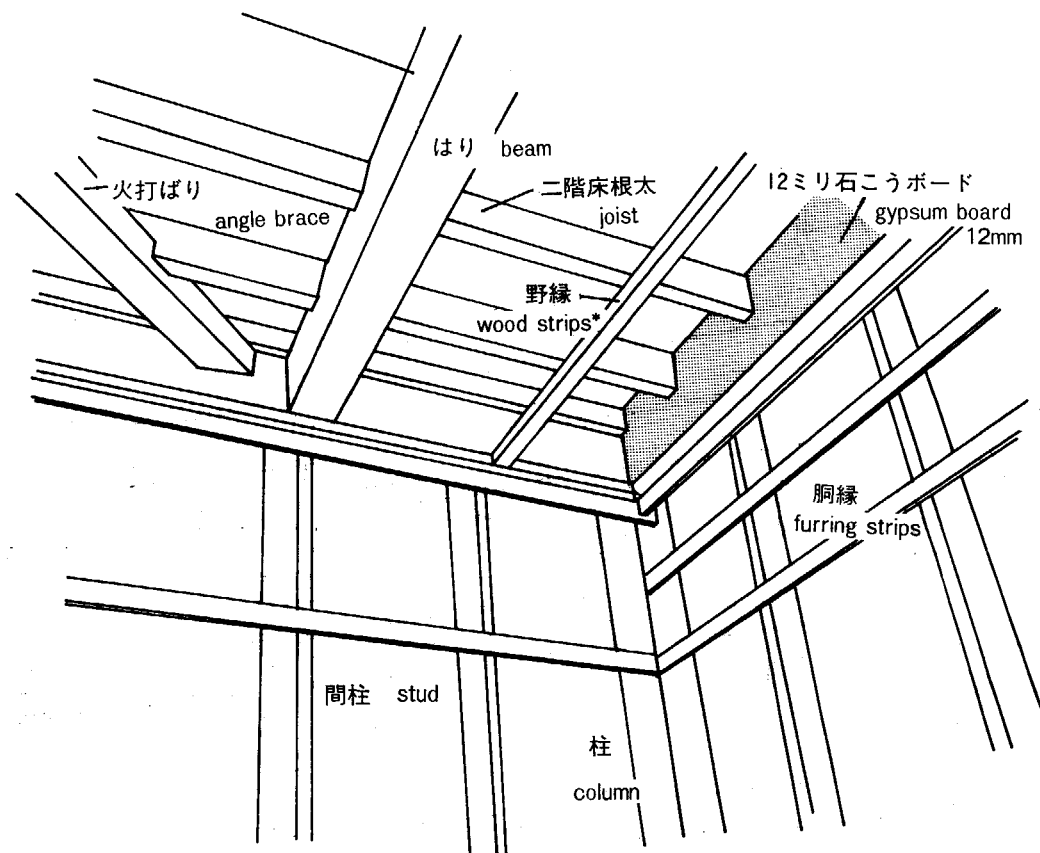


Fig. 4. 居間天井裏の防火処置
Fire wall between 2nd floor and ceiling of 1st floor.
*: Wood furring to apply ceiling board

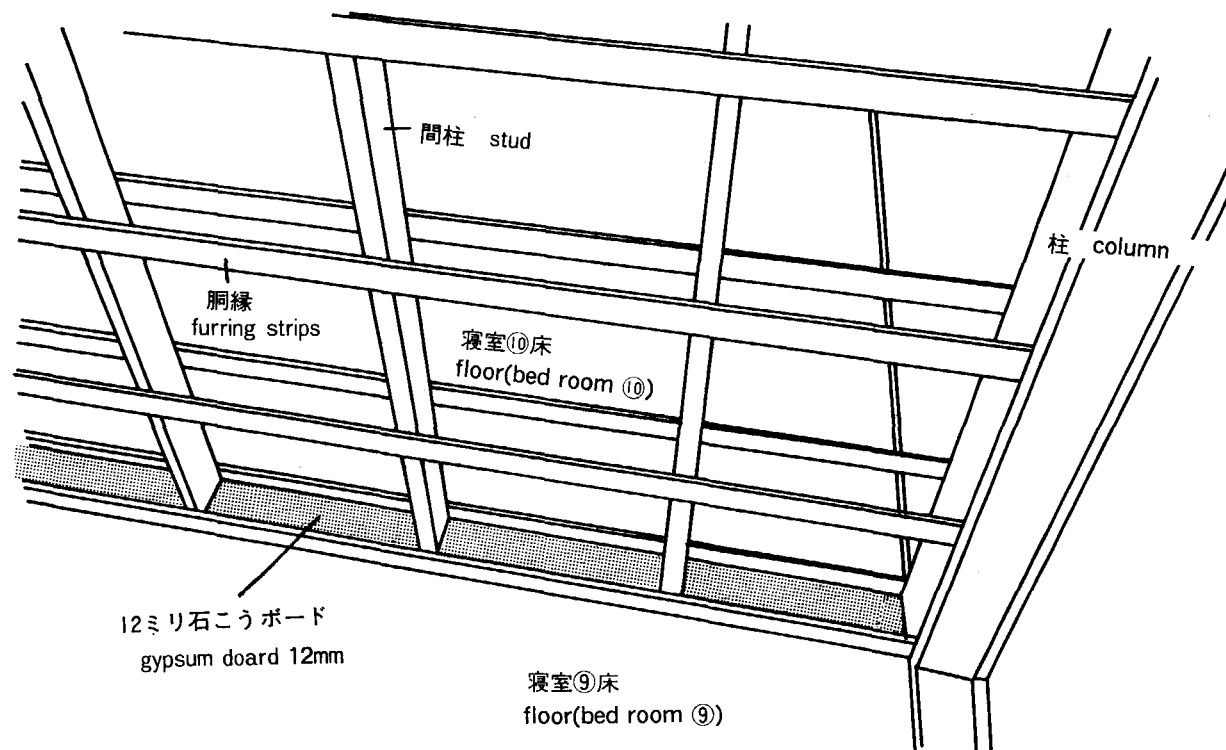


Fig. 5. 界壁の床部分の防火処置
Firestop within party wall.

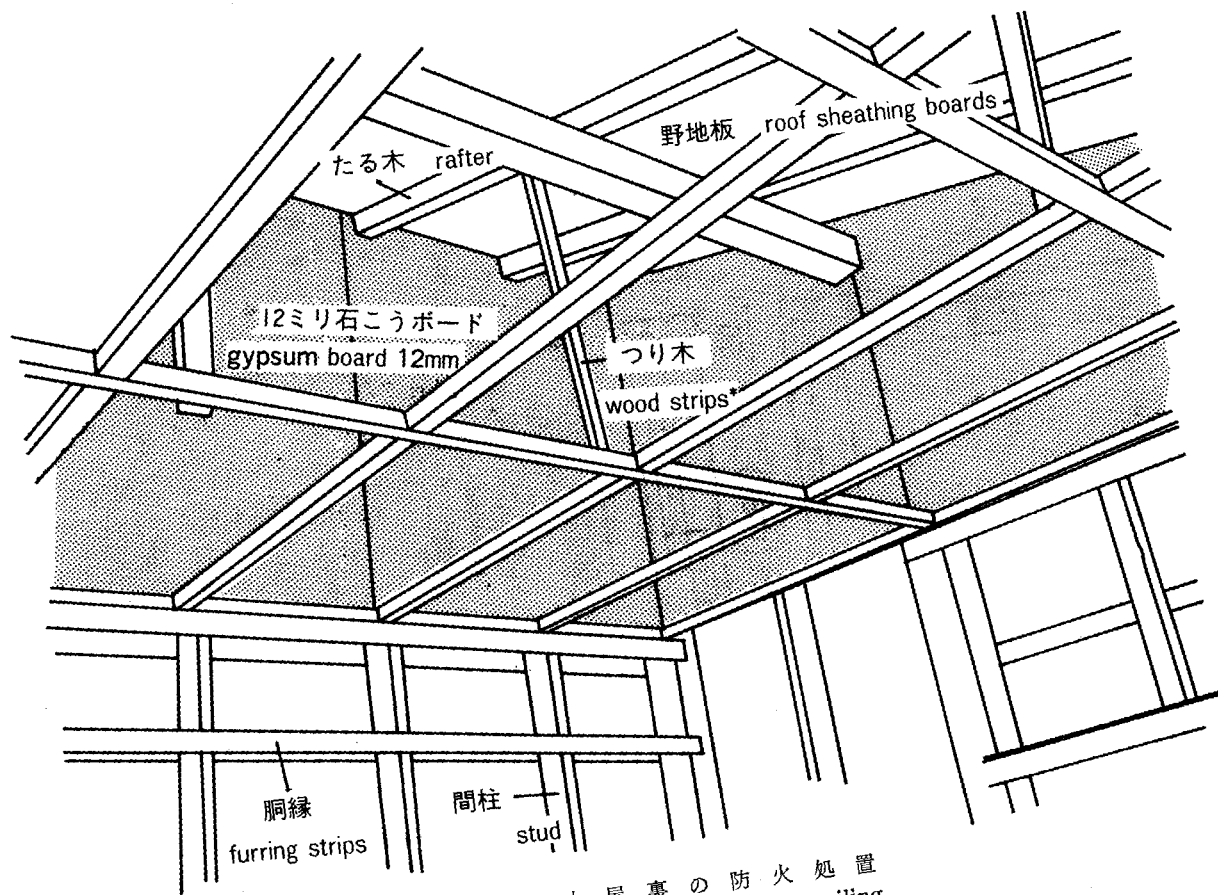


Fig. 6. 小屋裏の防火処置
Fire wall above the trunk room ceiling.
*: Wood rod to hook up ceiling

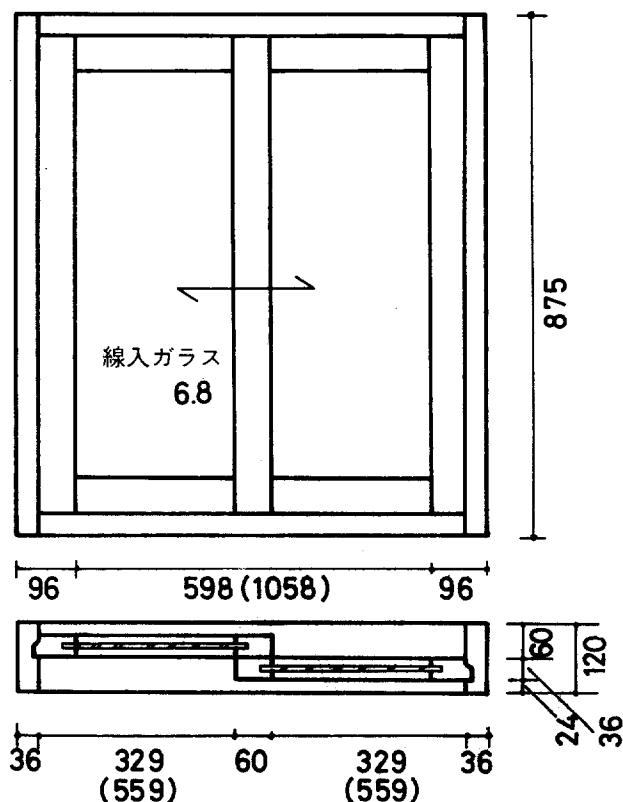


Fig. 7. 木製サッシ，線入ガラス窓の構成
Detail of wood frame window glazing wired glass
(10 G 2 and 12 G 2) (unit : mm).

2. 開口部条件と点火方法

外部（外壁）開口条件と内部（室内）開口条件は Fig. 1, 2 に示す位置である。1 階居間①のテラス (1 G 2)，2 階寝室⑧の窓 (8 G 2) は窓面積の 1/4 を開放し，室内開口部では，2 階寝室③の入口 (D 8) を全開放し，他はすべて閉鎖した。

点火源はエゾマツ辺材 (20×20×600 mm) を 12 本井桁状に，5 段積とし，最下段の空間にメチルアルコールを含浸させたインシュレーションボード (20×20×500 mm) を置き，これに点火した。火源位置は Fig. 1 の (火) で示すところで，階段昇り口付近である。

3. 気象条件

点火は昭和 56 年 3 月 6 日，午前 10 時 30 分で，天候「晴」，気温は実験前で 6.5℃，実験後 12.0℃，風速は 0.12～1.79 m/s，風向は北西であった。

4. 建物温度測定位置

建物の各部位の温度測定は，JIS C 1602 に規定する 0.75 級のクロメルアルメル熱電対 (K または CA の記号) で，径 0.65 mm のものを用いた。測定位置をモデル化し，Fig. 8 に示した。

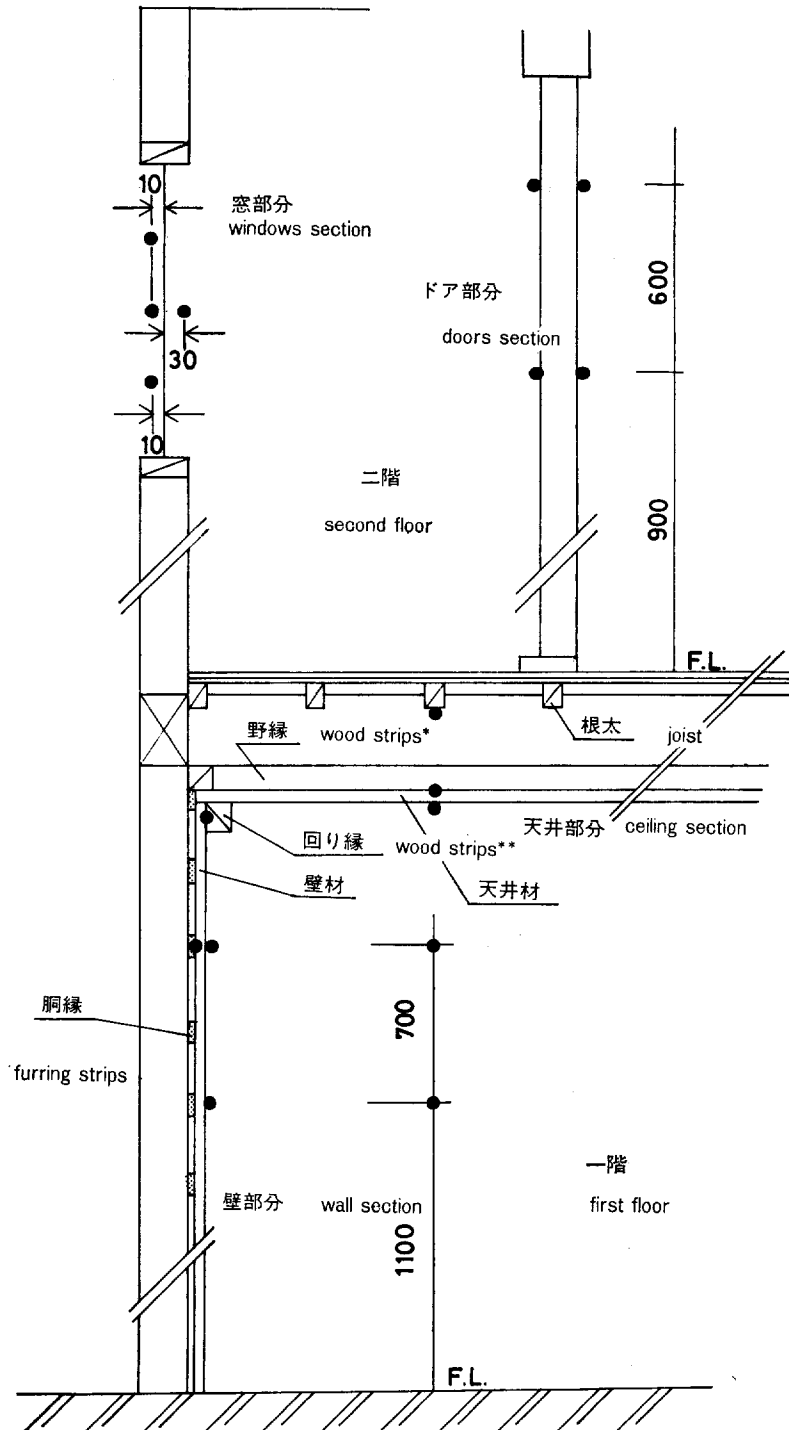


Fig. 8. 熱電対位置 (●印) (単位: ミリ)

Position of the thermocouples (unit : mm).

*: Wood furring to apply ceiling board

**: Wood corner beads at all internal of ceiling

(1) 室内温度

室内温度は1階の洗面所、浴室、便所で室内中央1か所、他の部屋では、入口付近と中央部の2か所で測定を行った。熱電対の高さは床上 1,100 mm, 1,800 mm および天井表面である。

(2) 天井裏温度

1階天井裏は野縁表面(天井材と野縁の接する界面)、根太下端、2階天井裏は野縁表面、野地板表面(小屋裏空間側)、小屋裏中空で測定した。小屋裏の簡易防火区画壁として用いた石膏ボードは、室内側と室外側の2か所で測定した。

(3) 壁体温度

壁部分の温度測定は仕上材表面と壁材料裏面で、各々床上 1,100 mm, 1,800 mm の位置、回り縁裏面も測定した。

(4) 階段室温度

階段室温度について、壁 4W1 では、1階床上 1,800 mm, 表面および胴縁表面(壁材である化粧合板と胴縁の接する界面)の2か所、2階床上 500 mm, 1,800 mm の表面と胴縁表面および天井回り縁裏面で測定した。

壁 4W2 では、2階床上 1,100 mm, 1,800 mm の表面および胴縁表面と天井回り縁裏面で測定した。

壁 4W3 では、1階床上 1,800 mm の胴縁表面と2階床上 1,800 mm の表面 および 胴縁表面と天井回り縁裏面で測定した。

(5) 開口部温度

室内開口部の温度は、ドア、引戸では中央部分の両面で、床上 900 mm, 1,500 mm の高さで、外壁開口部のガラス窓では室内側が、表面から 30 mm のところで2点、屋外側は、ガラス表面から 10 mm のところで3点を測定した。

III 結果と考察

建物は点火後約 19 分で、1階部分の可燃物は燃え尽き、約 29 分で区画防火を施さなかった2階寝室⑧の屋根が脱落した。約 40 分後に、2階部分も燃え尽き、軸組と外壁モルタル部分を残すだけとなった。約 46 分後に建物は倒壊した。Fig. 38 から Fig. 47 に火災の状況を時間の経過に従って、写真で示した。

1. 屋内の延焼経路

Fig. 9, 10, 11 は階段昇り口付近の火源((火))からの火災の進展方向を実線または破線の矢印で示したものである。

Fig. 9 で△印は各部屋中央での中空温度(床上 1,100 mm, 1,800 mm)が急上昇するまでの時間を示し、◇印は天井材の裏面と木材が接する界面での温度が 260°C を越すまでの時間を示す。この 260°C は JIS A 1301 などでは示されている木材の発火危険温度である。

出火点である1階居間における火災の拡大は1分間で室内全体におよび、階段室と2階の寝室⑧へは2分以内に進展し、室内中空温度は急上昇を示した。このように1階から2階へ延焼速度が速いのは、1階居間のテラス窓、2階寝室⑧の窓が各々 1/4 開放され、寝室⑧の入口ドアも全開放されていて、空気の流入流出が容易となったためと考えられる。

1階各部屋への火災拡大は、約 5 分であったが、難燃ドア使用の便所では、炎の侵入が他室より遅いこ

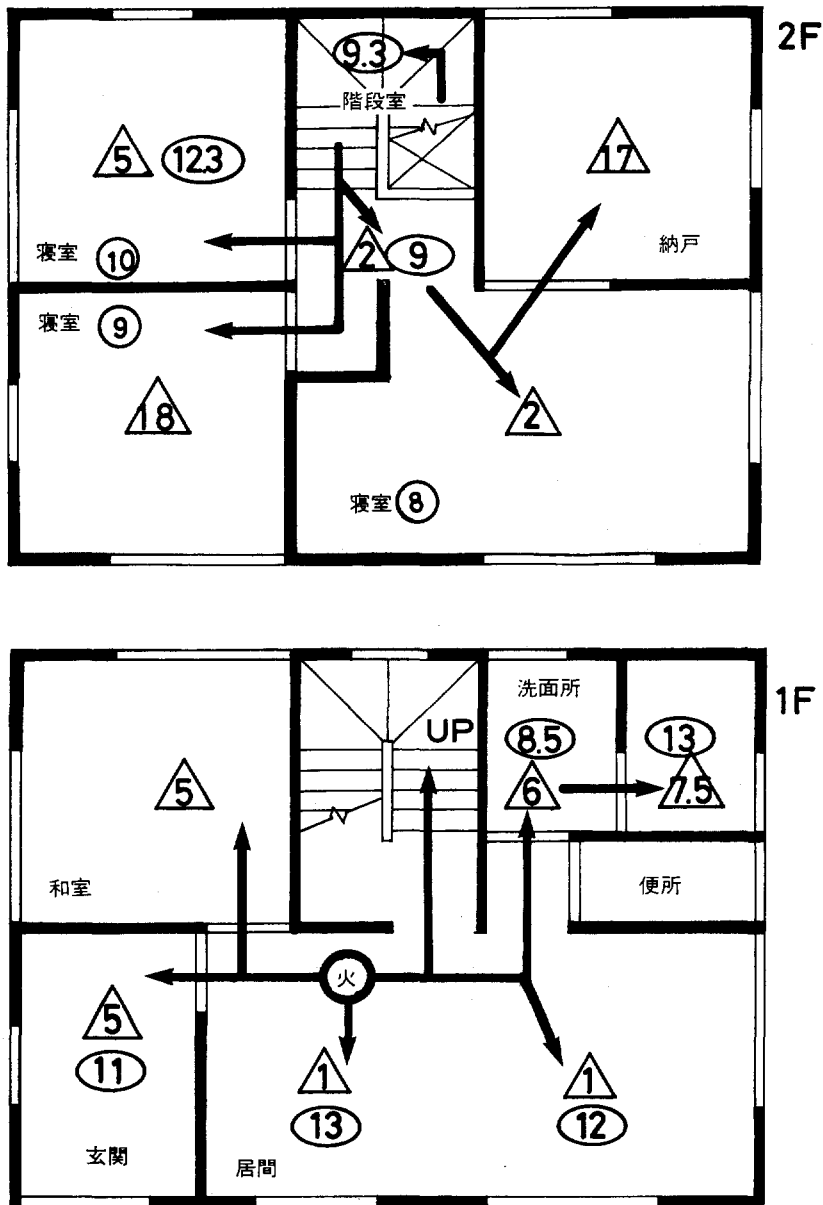


Fig. 9. 延焼経路と時間 (単位: 分)

Direction of fire spread and its time (unit: min).

- Notes
- △←: 室内中空温度 (床 上 1,100 mm, 1,800 mm) が急上昇するまでの時間 (分)
The time of a sudden rise on room temperature at 1,100 and 1,800 mm height from floor level
 - : 天井被覆材裏面の木材部分の温度が 260°C に達するまでの時間 (分)
The time to reach 260°C on the unexposed back of ceiling board

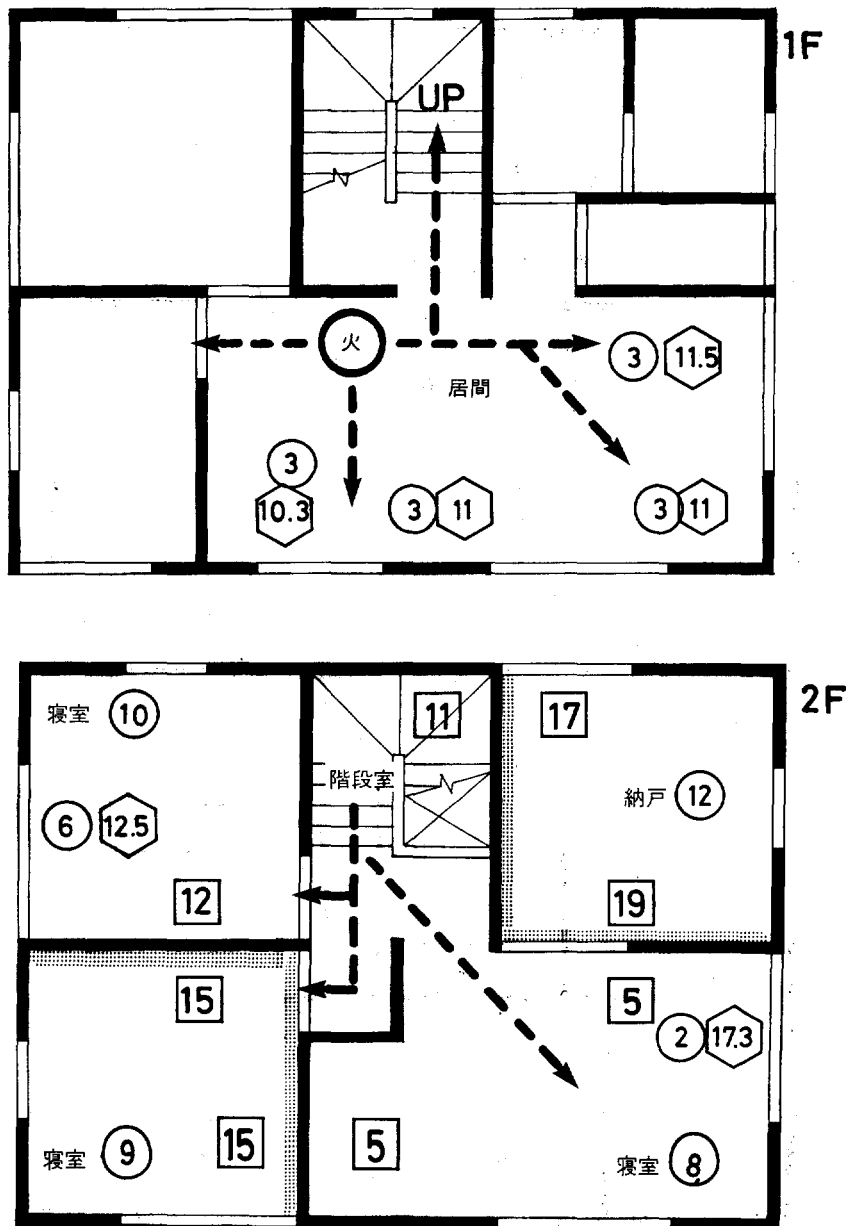


Fig. 10. 延焼経路と時間 (単位: 分)

Direction of fire spread and its time (unit: min).

- Notes
- ← : The time to reach 260°C on the exposed face and the unexposed back of wall
 - ← : The time of a sudden temperature rise on the exposed face and the unexposed back of fire wall above the ceiling
 - ▨ : The position of fire wall in attic above the bedroom ⑨ and trunk room ⑫

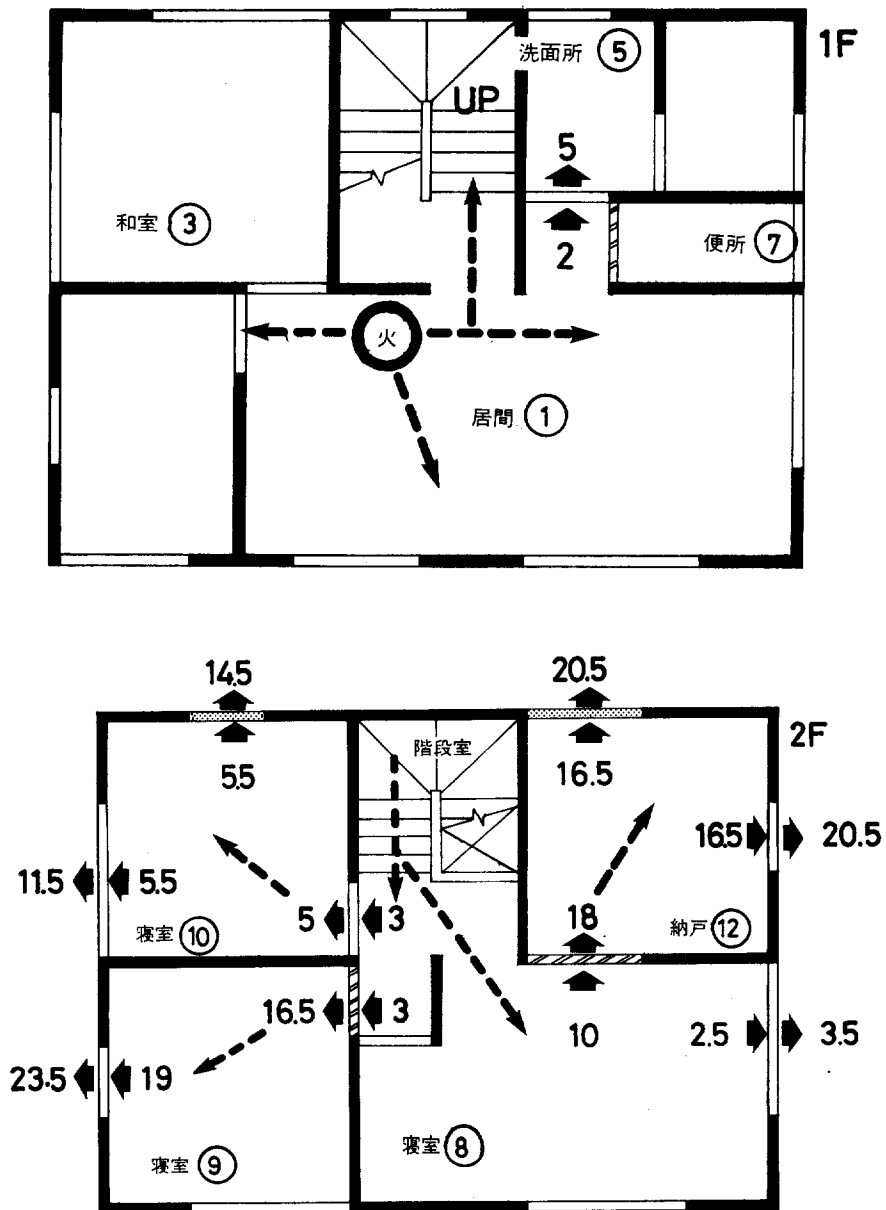


Fig. 11. ◀◻▶ 開口部（窓，ドア）の加熱面側および裏面側温度が急上昇するまでの時間（単位：分）

Time showed a sudden temperature rise on the exposed face and unexposed back of interior doors and windows (unit : min).

とが確認された（計測不能により目視観察によった）。

2 階への延焼経路は階段室経由で寝室 ⑧ に最初に拡大し、次に階段と隣接する寝室 ⑩、寝室 ⑧ と接する難燃引戸のある納戸、難燃ドア使用の寝室 ⑨ の順に燃え移った。

Fig. 10 の○印は壁の表面温度が急上昇するまでの時間を、○印は同一高さでの壁材料の裏面で、木材部分と接する界面の温度が 260°C を越すまでの時間である。この時間差は、壁材料の防火性能を示すものと考えられる。図中の寝室 ⑨ と納戸 ⑩ で、で陰をつけた部分は小屋裏の石膏ボードによる簡易防火壁を示し、□印はこの防火壁の内外での、急激な温度変化を起すまでの時間である。この時間差は簡易な防火区画の効果を示すものと考えられる。

Fig. 11 は開口部（窓、ドア、引戸）の加熱面側、および裏面側の温度が急激に上昇するまでの時間を示し、その時間差は各々の開口部の防火性能をあらわすものと考えられる。

2. 室内火災性状

Fig. 12 は 1 階、Fig. 13 は 2 階各部屋での、各々の中空温度（床上 1,100 mm, 1,800 mm での平均値）の変化を示したものである。

Fig. 12 では各部屋での昇温変化は急激な展開をみせて、最高温度は 1,150°C にも達した。Fig. 13 における階段室の温度も 1 階の各部屋の昇温変化と類似している。

これらの昇温速度は JIS A 1301「建築物の木造部分の防火試験方法」による 1 級標準加熱曲線に相当するものであった。

Fig. 13 の寝室 ⑧ の昇温変化は急激であるが、1 階の各部屋の温度よりも最高温度は低い値を示し、約 900°C となっている。

内装材料が可燃物であるにもかかわらず、この傾向を示した原因は主として、1 階居間と階段室に続く空気流動の通路であるために、1 階および階段室で発生した大量の煙が流入したこと、次に、寝室 ⑧ での燃焼に必要な酸素量は居間、階段室での燃焼に消費され、十分な供給がなされなかったことにより、この寝室 ⑧ での温度が低く示されたものとする。また、この寝室 ⑧ での不完全燃焼によって生成された可燃性のガスは、開放されている窓から噴出するが、同時に屋外では酸素の供給と 1 階からの火災によって、これらが着火し、窓からの噴出炎となって観察された。

1 階居間 ① でのフラッシュオーバーは 2 分頃であり、4 分後に火盛り期（火災最盛期）に達した。1 階他室での火盛り期は、8～10 分、2 階では 15～25 分であった。

3. 区画防火の効果

室内火災の被害を最小限に抑えようとするならば、出火室に火災を封じ込める工夫をすれば、少なくとも他室への被害を減じることができる。この考え方は各部屋や空間を 1 つの区画の単位として、この区画ごとに、防火上有効な手段を構じ、火災の拡大を遅延させるものである。

本実験建物では、階段室が延焼促進に重大な役割りを示した。階段室は壁、天井ともに可燃物であったために、上階延焼と壁体空間への火炎侵入が容易であった。

Fig. 2 の斜線で示す寝室 ⑧、納戸 ⑩ は小屋裏、壁、ドアまたは引戸、壁体空間に区画防火上有効な工法、施工を行っているために、室内温度は昇温までに要する時間は長く、区画防火は効果があつた。

4. 壁、天井の防火性能

Fig. 14～21 は各部屋の壁、天井を構成する材料の加熱面側の表面温度である。

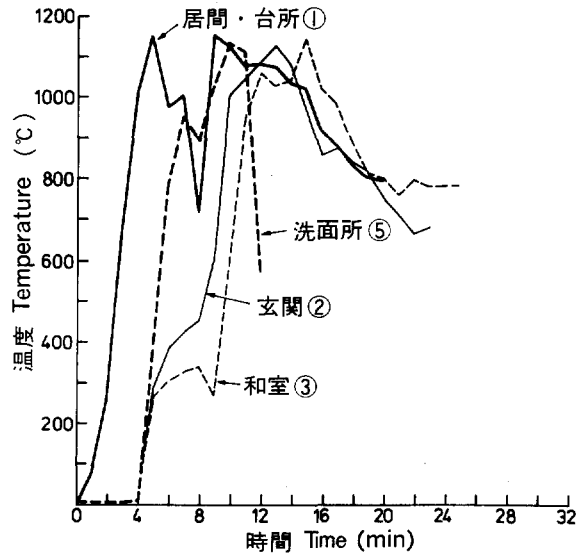


Fig. 12. 室内火災温度（1階）
Room temperature on the 1st floor rooms.

Notes ①: Living room and kitchen
②: Hall
③: Japanese style room
⑤: Lavatory

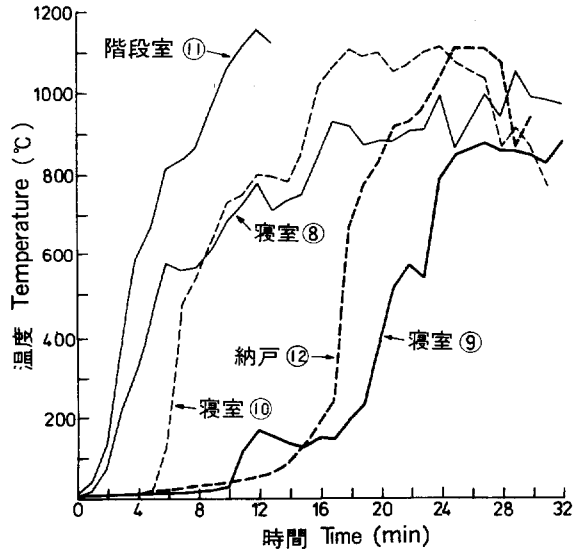


Fig. 13. 室内火災温度（2階）
Room temperature on the 2nd floor rooms.

Notes ⑧: Bedroom
⑨: Bedroom
⑩: Bedroom
⑪: Stairway
⑫: Trunk room

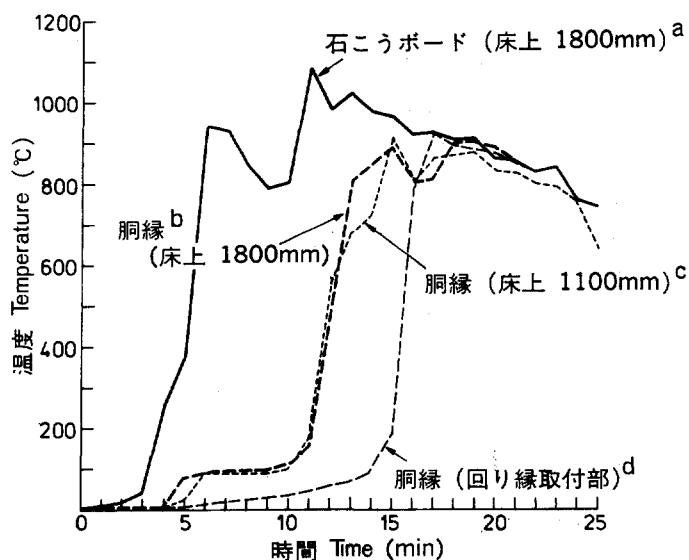


Fig. 14. 居間の壁材の加熱面側の温度
Temperature on the exposed face of living room.

- Notes a) Gypsum board (1,800 mm height from floor level)
b) Wood furring strip (1,800 mm height from floor level)
c) Wood furring strip (1,100 mm height from floor level)
d) Wood furring strip near wood corner bead

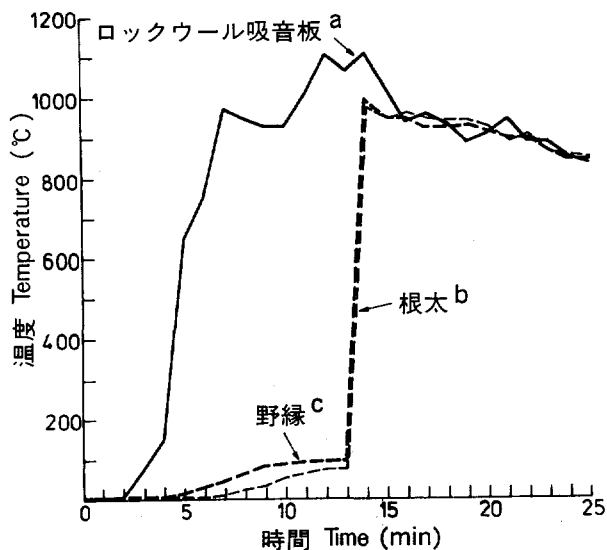


Fig. 15. 居間の天井材の加熱面側の温度
Temperature on the exposed face of living room ceiling.

- Notes a) Rock wool acoustic board
b) Joist of 2nd floor
c) Wood furring to apply ceiling board

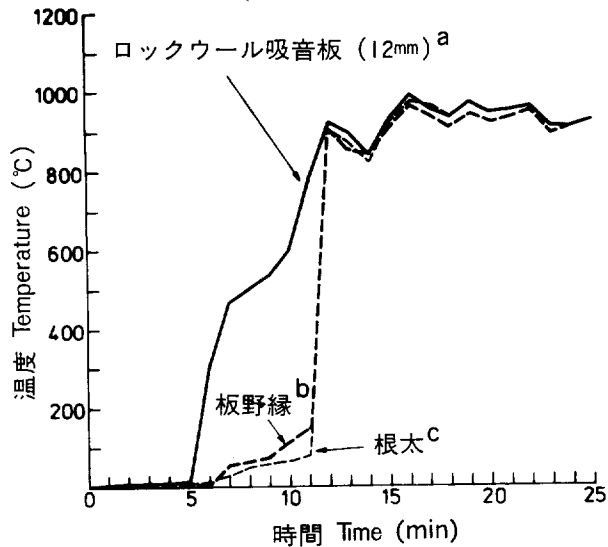


Fig. 16. 玄関の天井材の加熱面側の温度
Temperature on the exposed face of hall ceiling.

Notes a) Rock wool acoustic board
b) Wood furring to apply ceiling board
c) Joist of 2nd floor

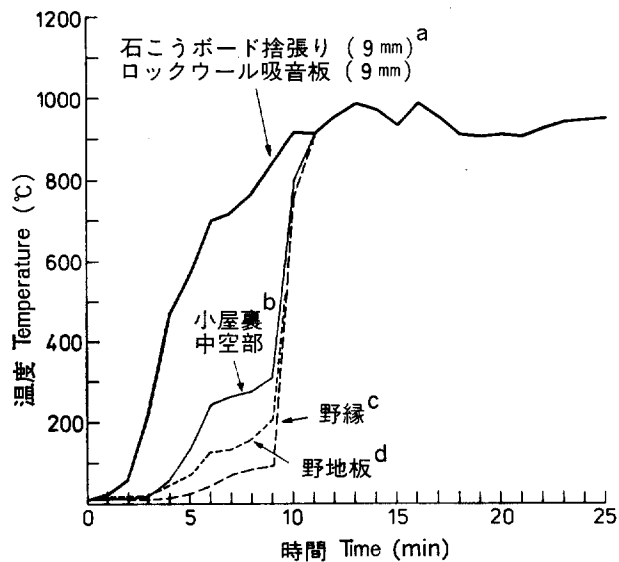


Fig. 17. 階段室の天井材の加熱面側の温度
Temperature on the exposed face of stairway ceiling.

Notes a) Gypsum board and rock wool acoustic board
b) Room temperature of the attic
c) Wood furring to apply ceiling board
d) Roof sheathing board

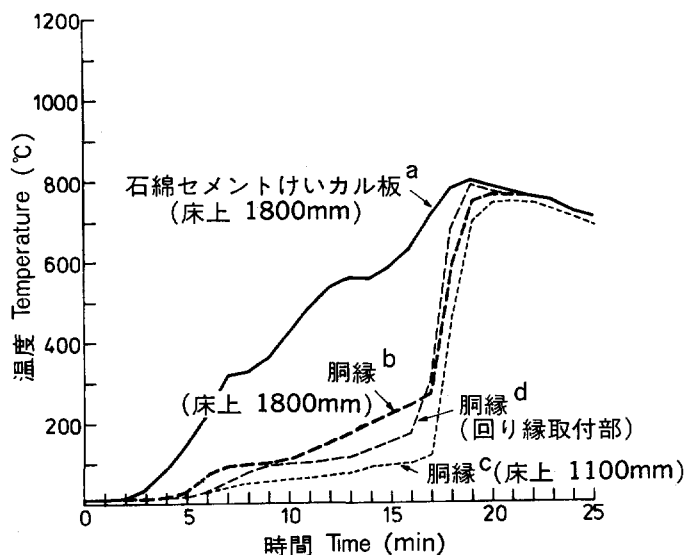


Fig. 18. 寝室⑧の壁材の加熱面側の温度
Temperature on the exposed face of bedroom ⑧ wall.

- Notes a) Autoclaved asbestos-cement calcium silicate board
b) Wood furring strip (1,800 mm height from floor level)
c) Wood furring strip (1,100 mm height from floor level)
d) Wood furring strip near wood corner bead

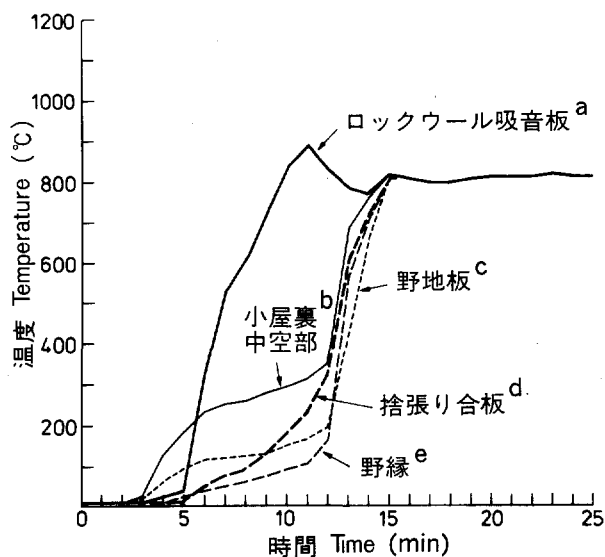


Fig. 19. 寝室⑩の天井材の加熱面側の温度
Temperature on the exposed face of bedroom ⑩ ceiling.

- Notes a) Rock wool acoustic board
b) Room temperature of the attic
c) Roof sheathing board
d) Sub-ceiling plywood
e) Wood furring strip to apply ceiling board

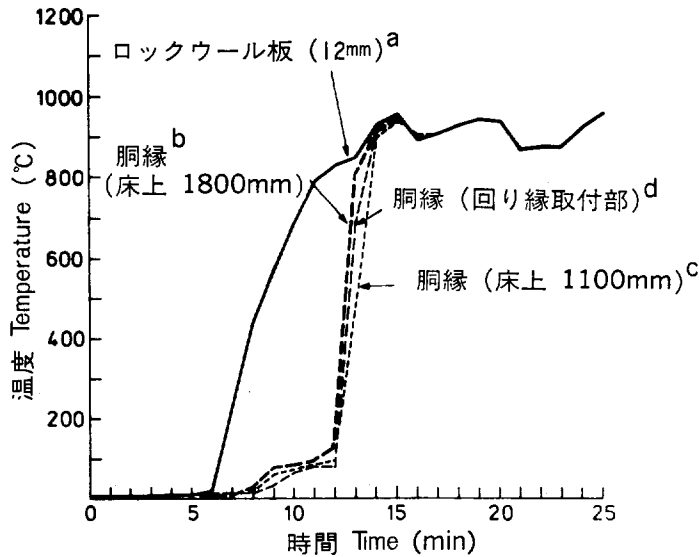


Fig. 20. 寝室⑩の壁 (10W1) の加熱面側の温度
Temperature on the exposed face of bedroom ⑩ wall (10 W 1).

- Notes
- a) Rock wool acoustic board
 - b) Wood furring strip (1,800 mm height from floor level)
 - c) Wood furring strip (1,100 mm height from floor level)
 - d) Wood furring strip near wood corner bead

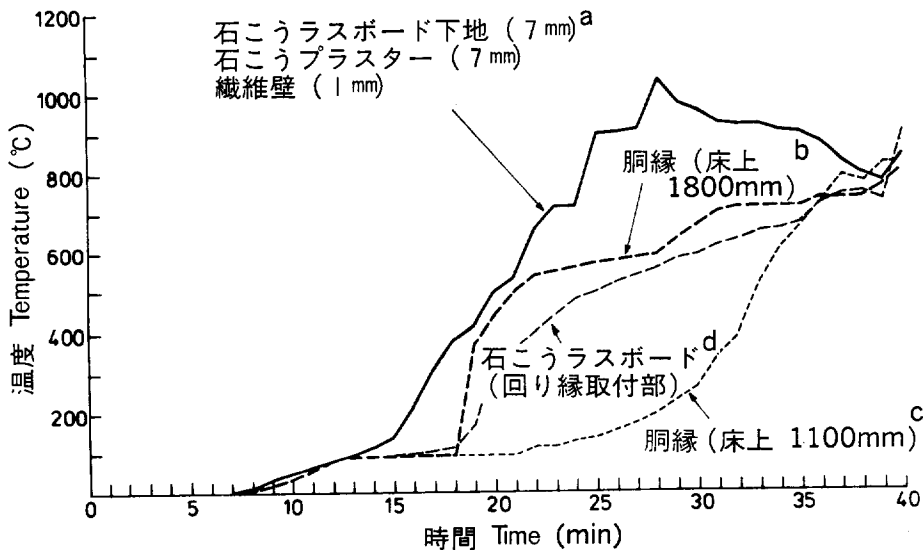


Fig. 21. 和室③の壁 (3W2) の加熱面側の温度
Temperature on the exposed face of Japanese style room ③ wall (3 W 2).

- Notes
- a) Gypsum lath board and plaster coat
 - b) Wood furring strip (1,800 mm height from floor level)
 - c) Wood furring strip (1,100 mm height from floor level)
 - d) Gypsum lath board

太い実線は材料の表面での温度で、壁は床上 1,800 mm、天井は室内側の表面のものである。破線は表面仕上げ材料と胴縁、野縁などが接する界面の温度である。

これら壁、天井を構成する仕上げ材料の防火性能は、表面の温度が上昇を開始するまでの時間と、仕上げ材料の裏面に接する木材部分の温度が、260°C に達するまでの時間差として評価できる。

この実験では室内火災の性状が JIS A 1301 と類似の温度変化を示していることから、ここで使用された材料の実際の防火性能と判断できる。

Fig. 21 は和室の壁 (3 W 2) の温度変化である。床上 1,800 mm での胴縁表面温度は、点火後 8 分頃から上昇をはじめ 18 分頃に 260°C を越し、その差は約 10 分間であった。床上 1,100 mm では、点火後 7 分頃から昇温がはじまり、点火後 28 分頃に 260°C を越し、その差は約 21 分間であった。

このことは、天井部分に先づ着火し、その後、室内の火災拡大よりも早くに壁体内に燃え進んだものと考えられる。

また Fig. 17, 19 では小屋裏中空温度が野縁温度より早く昇温を開始しているが、これは 2 階寝室 ⑧ の天井が燃え抜け、火炎が小屋裏に侵入したことを示している。この建物の内装仕上げに使用した回り縁は、通常のものより断面が大きく (スギ, 35×45 mm)、防火上有効に作用した (Fig. 14, 18, 20, 21)。

5. 簡易防火 (区画) 壁の効果

寝室 ⑧ と納戸 ⑩ の小屋裏には 12 mm 厚石膏ボードを天井裏から屋根野地板まで立ち上げて (釘打ち)、これを簡易な防火壁とした (Fig. 10)。Fig. 22, 23 はこれら防火壁の表面温度で、実線は室外側 (加熱側)、破線は室内側をあらわす。

寝室 ⑧ では、点火後 3 分頃から外側の温度が上昇し、点火後 15 分頃に内側の温度が上昇をはじめ、その差は約 12 分間であった。納戸 ⑩ では、点火後 3 分頃から外側の温度が上昇し、内側の温度は、点火後 17 分頃に急上昇した。その時間差は約 14 分間であった。これらの時間の差は、寝室 ⑧ の小屋裏からの火災の進展を阻止している時間で、その簡易な防火壁としての効果は大きいものであった。

6. 戸の防火効果

Fig. 24, 25 は 2.7 mm 厚化粧合板両面張りの普通ドアの、Fig. 26 は準不燃材料としての性能をもつ、20 mm 厚石棉炭酸カルシウム発泡体充てん、5.5 mm 厚難燃合板両面張りの難燃ドアの、Fig. 27 は同一仕様による難燃引戸の、それぞれの表面温度変化は、戸の表面が加熱を受けてから裏面に燃え抜けるまでの時間を示し、その差は防火性能をあらわすものである。一般に室内火災の状況によって、この時間差は変化すると思われるが、この実験においてその時間差は、普通ドアでは約 4～5 分である。難燃ドア、難燃引戸では約 15 分となり、普通ドアよりも防火性能が優れていることがわかった。

7. 窓の防火性能

Fig. 28～33 に窓ガラスまたはサッシの表面付近の温度 (Fig. 7) を、実線と破線によって室内側と屋外側に区分して示す。

実線を示す室内側の温度が上昇をはじめてから、屋外側の温度が上昇するまでの時間を、窓の防火性能と考えた。

アルミ厚 1.2 mm のサッシには、3 mm 厚普通ガラスと 6.8 mm 線入ガラス (10 G 1, 12 G 1) の 2 種類を、木製サッシは 36×60 mm の断面をもつナラ材で、6.8 mm 線入ガラス (10 G 2, 12 G 2) を用いた。

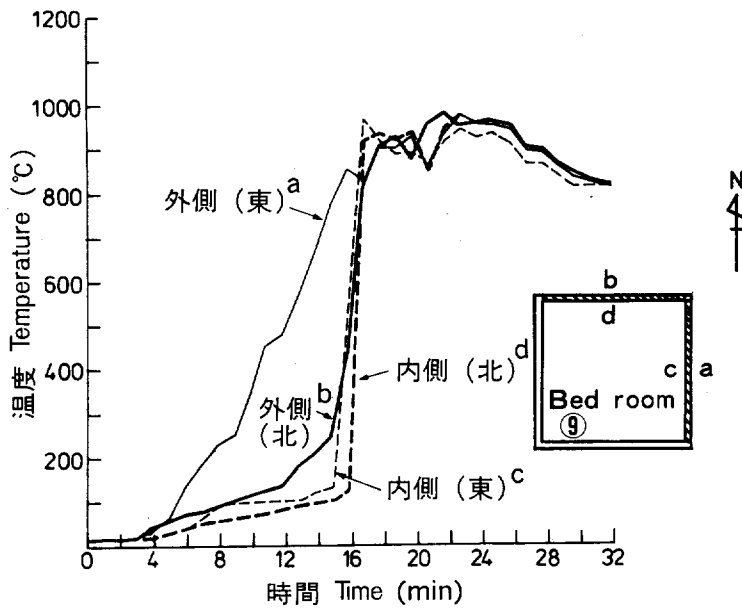


Fig. 22. 寝室⑨小屋裏簡易防火区画壁の表面温度
Temperature on the exposed of bedroom ⑨ fire wall in the attic.

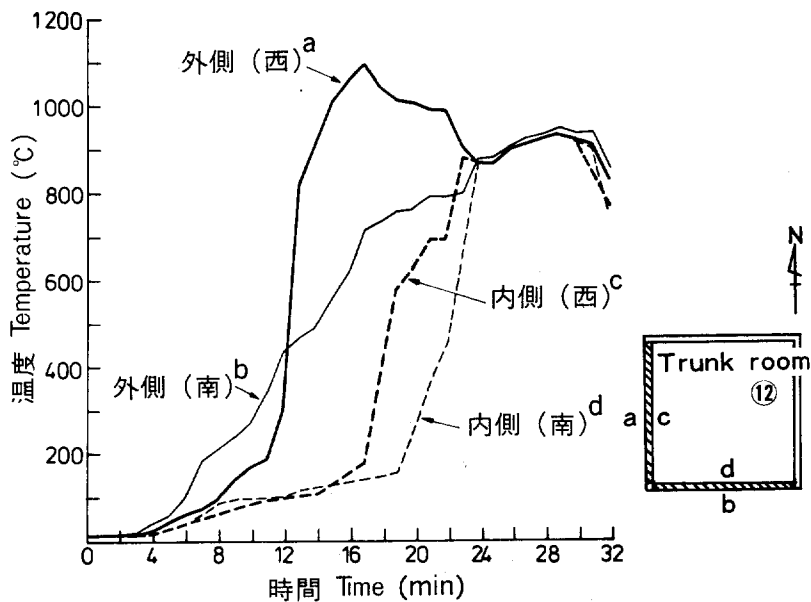


Fig. 23. 納戸⑫小屋裏の簡易防火区画壁の表面温度
Temperature on the exposed face of trunk room ⑫ fire wall in the attic.

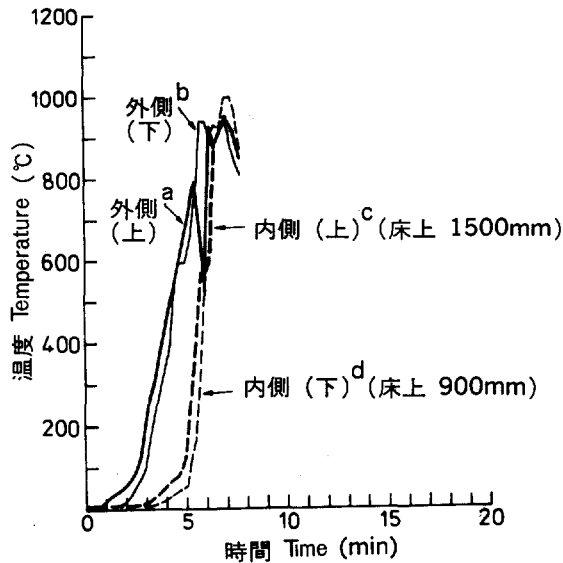


Fig. 24. 洗面所⑥の普通ドアの表面温度 (D 5)
Temperature of lavatory door (D 5).

- Notes
- a) Exposed face at 1,500 mm height from floor level
 - b) Exposed face at 900 mm height from floor level
 - c) Unexposed back at 1,500 mm height from floor level
 - d) Unexposed back at 900 mm height from floor level

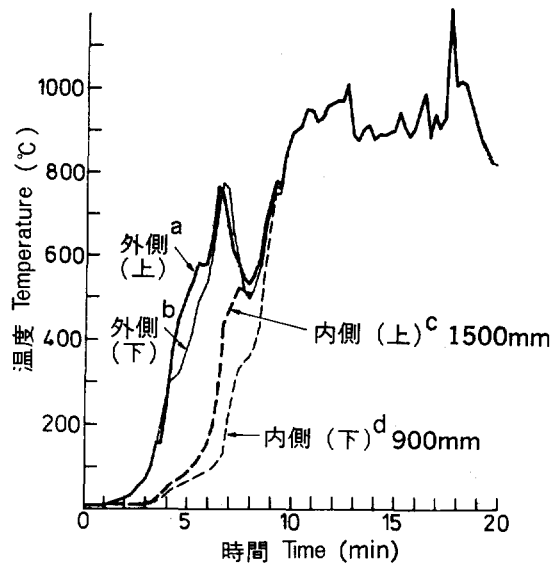


Fig. 25. 寝室⑩普通ドアの表面温度 (D 10)
Temperature of bedroom ⑩ door (D 10).

Legend : As Fig. 24

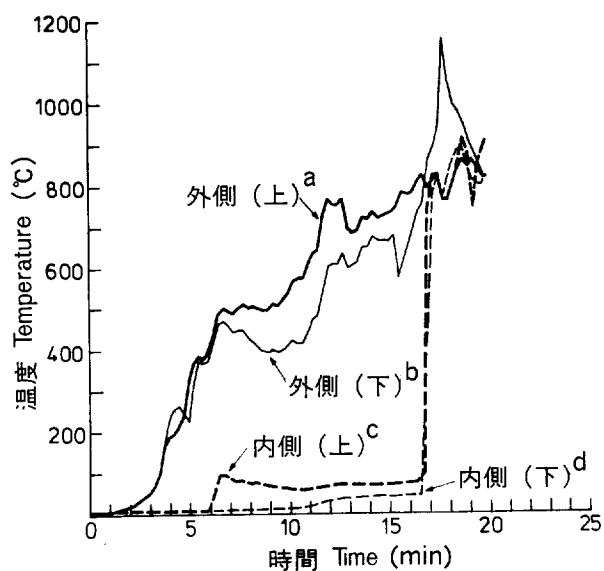


Fig. 26. 寝室⑨の難燃ドアの表面温度 (D 9)
Temperature of bedroom ⑨ door (D 9).
Legend : As Fig. 24

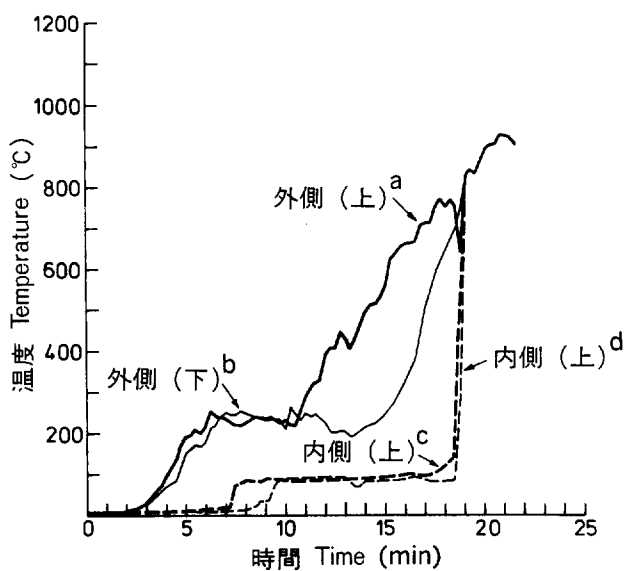


Fig. 27. 納戸⑫の難燃引戸の表面温度 (D 12)
Temperature of trunk room ⑫ door (D 12).
Legend : As Fig. 24

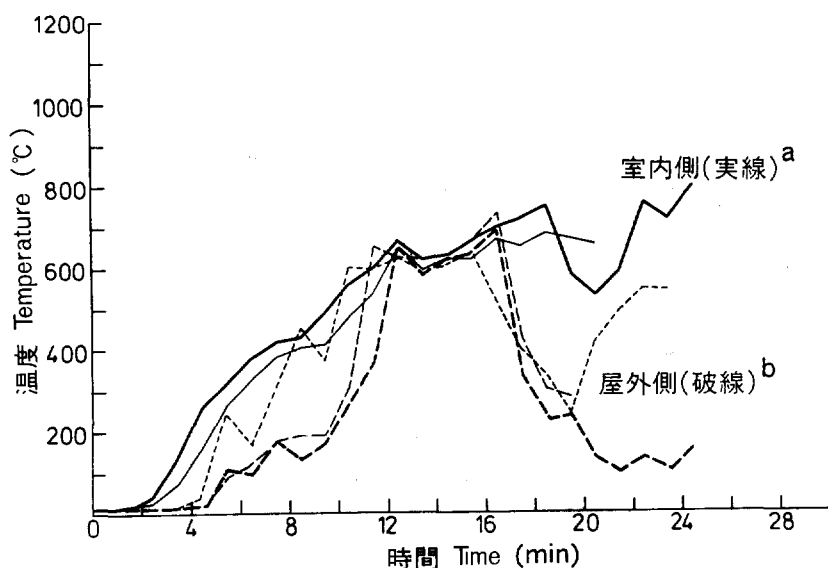


Fig. 28. 寝室⑧のアルミサッシ、普通ガラス窓 (8G1) の内外表面付近温度
Temperature nearby bedroom ⑧ window (8G1).

Notes a (Solid lines) : Inside of room
b (Dash lines) : Outside of room

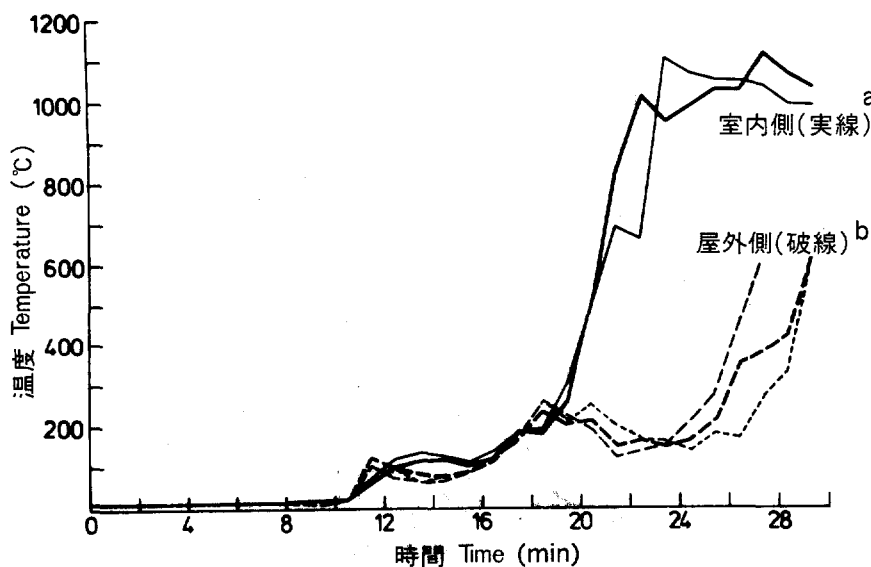


Fig. 29. 寝室⑨のアルミサッシ・普通ガラス窓 (9G2) の内外表面付近温度
Temperature nearby bedroom ⑨ window (9G2).

Legend : As Fig. 28

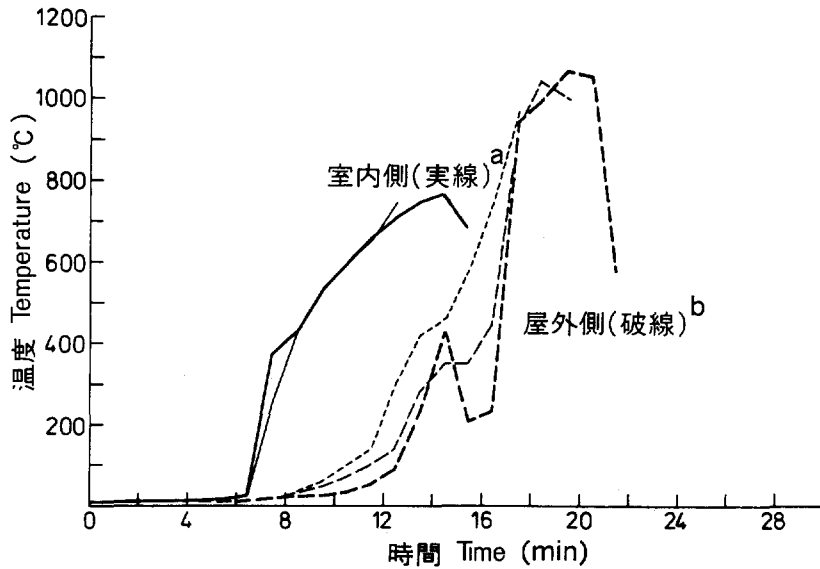


Fig. 30. 寝室⑩のアルミサッシ・線入ガラス窓(10G1)の内外表面付近温度
Temperature nearby bedroom ⑩ window (10 G 1).

Legend : As Fig. 28

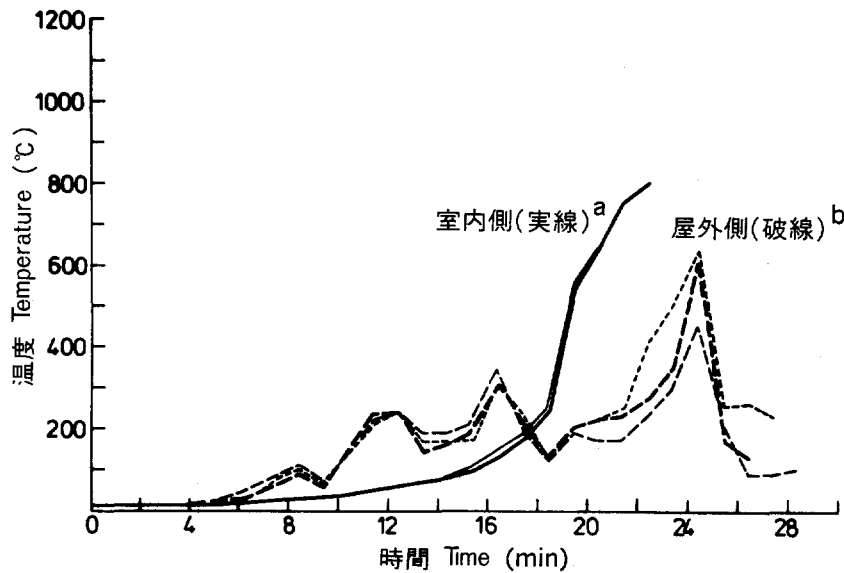


Fig. 31. 納戸⑫のアルミサッシ・線入ガラス窓(12G1)の内外表面付近温度
Temperature nearby trunk room ⑫ window (12 G 1).

Legend : As Fig. 28

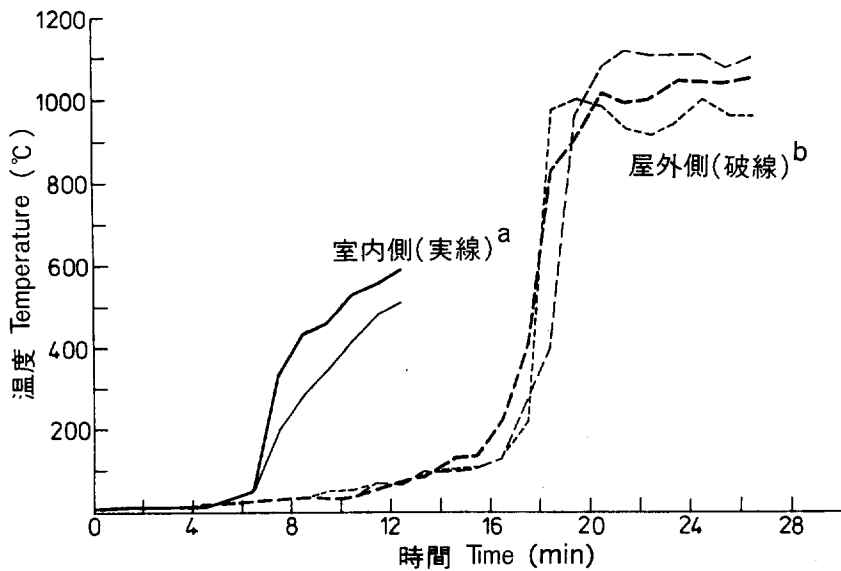


Fig. 32. 寝室⑩の木製サッシ・線入ガラス窓 (10 G 2) の内外表面付近温度
Temperature nearby bedroom ⑩ window (10 G 2).
Legend : As Fig. 28

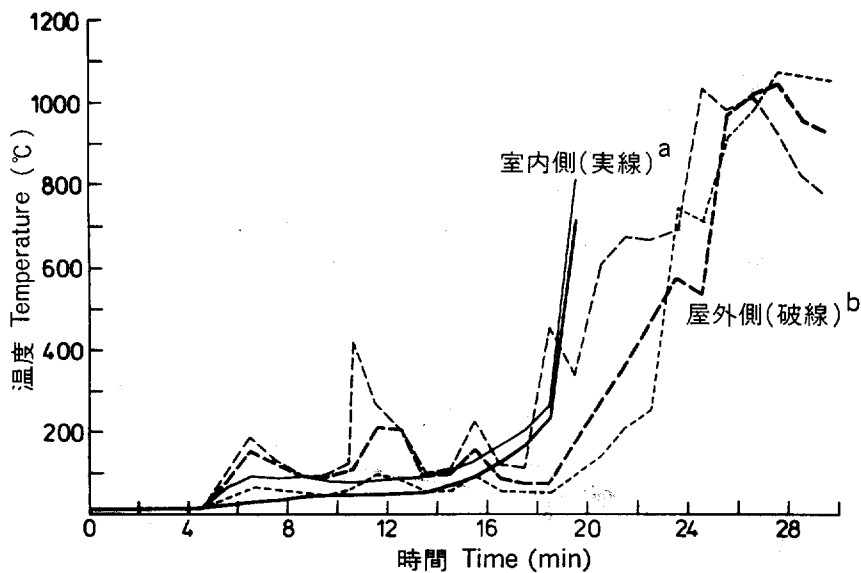


Fig. 33. 納戸⑫の木製サッシ・線入ガラス窓 (12 G 2) の内外表面付近温度
Temperature nearby trunk room ⑫ window (12 G 2).
Legend : As Fig. 28

周辺の火災性状に違いがあり、一律に比較することは困難であるが、アルミサッシ・普通ガラス窓は約1～4.5分（Fig. 28, 29）、アルミサッシ・線入ガラス窓は約4～6分（Fig. 30, 31）、木製サッシ・線入ガラス窓は約10分（Fig. 32, 33）の時間差を示し、これら3種類の窓の構成の中では、木製サッシ・線入ガラスの防火性能が優れていることを示した。

Fig. 31, 33 では屋外側の温度は室内に比べて昇温開始時間が早い。これは1階からの噴出炎によって影響を受けているものと考えられる。目視観察によると、ガラスの破壊が起る前にアルミサッシのパテ部分が周囲の熱により着炎していることが確認された。

IV む す び

この実験は住宅の内部火災に対する防火上の性能評価を検証したものであり、外部火災すなわち類焼を含めた火災実験ではない。そのために外壁開口部である窓やテラスの位置関係は隣接する家屋を考慮に入れず設計されている。これらの条件下で行われた、軸組工法住宅の火災実験から得られた結果をまとめてみる。

（1）各室内の火災温度は、室内に火が侵入した後は、一般に2分から4分間のあいだに高温になり、1,000～1,200℃に達した。これらの火災温度はJIS A 1301に示される1級加熱温度曲線の経時変化に類似していた。

（2）1階点火室のテラス、階段室に面する寝室のドア、およびこの寝室の窓を開放するすることで、出火から階段室経由での上階延焼はきわめて早く、2～3分であった。

（3）天井、壁、床の内装材料に、部分的に可燃性の材料が使用されると、そこを弱点として、室内の延焼や他の部屋からの延焼を招くことになった。

（4）ファイアーストップ材として、間柱、床部分に、石膏ボードを打ちつけると、壁体空間または床下からの延焼防止に有効であった。

（5）難燃合板の両面張りによる難燃ドア、難燃引戸は、一般のフラッシュドアに比べて、延焼阻止にきわめて有効な手段となった。

（6）大断面の材料を用いた木製サッシと線入ガラスによって造られた窓は、一般のアルミサッシ・普通ガラス窓にくらべ、急激な温度変化や、火災の接触があっても、ガラスの破壊や脱落はきわめて小さく、また窓枠も熔融・脱落はなく、室内火災に対して、外壁開口部の防火性能向上に有効な方法となった。

以上の実大火災実験から得られた結果をもとに、既存の木造住宅への実際の防火改修を考えると次のとおりである。

ある出火源から発生した火災は、2次着火物である家具等に燃え移り、次第に火勢を増す。成長した炎は壁や家具、建具に沿い、または直接天井に達する。

床上の着火物と天井面の火災により室内の火災は、急激に拡大し、この状況での室内温度は800℃から1,200℃にも達する。

家具などの収納物を除けば、室内火災を拡大させる大きな要因は、壁や天井を構成する材料の防火性能の有無である。これらが可燃性材料で構成されているならば、出火から火盛りまでの時間をきわめて短くする危険がある。

防火性能を有する材料、例えば難燃化処理された合板、または同等以上の性能を有する材料であれば、

出火後の火災拡大は、抑制され、火盛りまでの時間を延長させることが可能となる。しかし、壁や天井の一部分だけを、これら防火性能を有する材料で構成しても、防火上の効果は期待できず、やはり室内全体の防火性能を向上させなければならない。

他室への延焼を防止するには、まずドア、引戸などの室内開口部分の防火性能を向上させることである。ふすま、障子、ガラス戸を除けば難燃合板で作られたドア、引戸は防火上有効となる。ふすま、障子、ガラス戸で区切られた部屋であれば、これらで連絡されている部屋同志を、1つの部屋と考えて、壁や天井はもちろん、他の開口部の防火性能も向上させるように、十分考慮しなければならない。

室内火災によって窓ガラスの破壊があれば、空気が流入し、燃焼を助長する。

この防止対策としては、必ず網入または線入ガラスを用いて、温度上昇が起っても容易に破壊を招かないようにすることである。また、窓枠がアルミサッシであれば、周辺温度の上昇によって、パテ部分の着火、またアルミニウム自体の熔融によって、ガラスは脱落する恐れがある。しかし、この実験からも明らかのように、木製サッシを用いることで、枠材の焼損を小さく、ガラスの脱落も防止することができる。このような意味において、木製サッシ、とくに構成部材が大断面のものの開発が望まれる。

上階への延焼を考える場合に、一つには階段を経路に、他には、1階壁体内空間、または天井裏を経路に、火災の拡大が考えられる。

まず階段を経路として火災が拡大する場合は、煙突効果をおこしやすい吹抜け構造であれば、延焼の危険性は増大するので、壁や天井は防火性能を有する材料で構成しなければならないのはもちろん、採光用の天窓も容易に破損、脱落のない材料を用いなければならない。また壁体内空間や天井裏を経路とする延焼に対しては、上階と連絡する空間、隣室に連続する空間を断つことである。それは枠組壁工法にみられるような工法を取り入れることであり、壁体内にファイアーストップ材を入れて、壁体内に侵入した火災を、その部位のみで、他の空間に広がらないように阻止することである。天井裏や小屋裏であれば隣室と連続する空間を、防火壁による延焼防止と同じ効果を考えて、防火性能を有する材料で間仕切ることが延焼防止に有効となる。

以上述べてきたことをまとめるならば、家屋を「細分化された空間の集合体」と考えて、この細分化した空間を、防火性能を有する材料で囲い込むことが肝要となる。この細分化した空間の防火的措置が「区画防火」と呼ばれるものである。これらの基本的考え方を既存の木造住宅の防火改修にあてはめるならば、第一に壁、天井を防火性能を有する材料に置き換えなければならない。

特に火気使用室である台所や居間を、また寝室を対象とすべきである。

第二にドアや引戸、または変更が可能な開口部分は難燃合板張りのものに改めるべきである。室内の防火改修は、以上の改修を室内火災の延焼防止の最低限の措置として行うべきである。さらに、これらの防火改修を順次、家屋全体に拡大し、防火性能を向上させる方法をとらなければならない。また外壁が、下見板等の可燃材料で作られているならば、これらを防火性能を有する材料で改修し、室内ばかりでなく、屋外の火災に対しても備えなければならない。屋根、軒裏、鼻隠しなどについても外壁と同じように、防火改修を必要とする。

図 版 説 明
Explanation of plates

Plate 1

- Fig. 34. 寝室⑩の難燃ドア（D 9）
Flush door made of fire retardant treated plywood and intumescent mineral core (D 9).
- Fig. 35. 納戸⑫の難燃引戸（D 12）
Sliding flush door made of fire retardant treated plywood and intumescent mineral core (D 12).
- Fig. 36. 木製サッシ・線入ガラス窓（12 G 2）
Wood frame window glazing wired glass (12 G 2).
- Fig. 37. アルミサッシ・線入ガラス窓（12 G 1）
Aluminum frame window glazing wired glass (12 G 1).

Plate 2

- Fig. 38. 点火直後（南西側）
Ignition 0 min. (southwest side.)
- Fig. 39. 点火後 3 分，1 階居間から火炎，2 階寝室⑧から黒煙（南西側）
Blaze from living room and smoke from bedroom ⑧ after 3 minutes (southwest side).
- Fig. 40. 点火後 4 分，階段室から火炎噴出（北東側）
Blaze from stairway, kitchen and bedroom ⑧ after 4 minutes (northeast side).
注：二階納戸（写真向って二階左側窓）の木製サッシ・線入ガラス窓（12 G 2）は階段室からの火炎にも破損を受けていない。一階和室（写真正面右下側窓部分）には延焼が始まっている。
- Fig. 41. 点火後 10 分，1 階全域に延焼（南西側）
All rooms in the 1st floor were covered with the spreading fire after 10 minutes (southwest side).
注：簡易防火壁等の区画防火施工をした二階寝室⑩（写真二階正面窓の部屋）は室内への延焼が抑制されている。

Plate 3

- Fig. 42. 点火後 11 分（北東側）
Stairway, Japanese style room, lavatory, and kitchen were covered with the spreading fire after 11 minutes (northeast side).
注：二階寝室⑩から納戸⑫への延焼は簡易防火区画により阻止されている。（写真正面二階左側の部屋）
- Fig. 43. 点火後 15 分，寝室⑩に延焼中，すでに玄関アルミ製ドアは熔融・破壊されて原形をとどめない（南西側）
Bedroom ⑩ were covered with the spreading fire after 15 minutes (southwest side).
注：寝室⑩（写真正面二階窓）の窓は破損を受けていないが，寝室⑩のガラス窓からは火炎が噴出している。
- Fig. 44. 点火 20 分後，納戸⑫の階段室側の壁（12 W 2）に延焼（北東側）
12 W 2 wall in the trunk room ⑫ were caught fire after 20 minutes (northeast side).
注：簡易防火壁，難燃ドア，線入ガラス窓等による防火区画のための施工方法により納戸⑫への延焼は遅れている。
- Fig. 45. 点火後 26 分，寝室⑩へは他室の窓から噴出した火炎で 9 G 1 の窓が破壊され，そこから炎が室内に侵入した。（南西側）
Flame spread to the bedroom ⑩ through 9 G 1 window after 26 minutes (southwest side).
注：この寝室⑩は簡易な防火区画を施した部屋であるために，窓以外からの延焼は遅い。

Plate 4

Fig. 46. 点火 34 分後、全域に延焼（南西側）

Test house burn down by the spreading fire after 34 minutes (southwest side).

注：二階寝室⑨は防火区画のため延焼が遅れて、現在が火盛り期である。

Fig. 47. 点火 40 分後、外壁と屋根の一部を残す 45 分後に全壊（北東側）

Just before breakdown after 40 minutes (northeast side).

Full Scale Fire Test on Japanese Wooden House

Saburo UESUGI⁽¹⁾

Summary

One of the most important considerations in reducing fire damage to human life is to prevent the fire from spreading. In order to guarantee the above it is important to plan and design a fire proof construction.

The purpose of this study was to gather information to advance the fire safety level of Japanese conventional wooden house in the city.

The initial consideration for improvement of existing house was that of building compartmentation which divided into sections that can be sealed off from other parts of the house to contain fire and smoke, and costs at a minimum while meeting the fire safety codes.

The results were summarized as follows :

1) Fire temperature in rooms showed quick heat release similar to the standard time temperature curve shown in Japanese Industrial Standard (JIS) A 1301 grade 1 and attained to the maximum temperature about 1,200°C.

2) The time of fire spread from the first floor to the upstairs through the stairway was short, but two rooms improved with fire protection materials showed good performance against fire in walls, floors, ceiling, doors, and windows.

3) Wood frame and wired glass sliding windows showed better performance than aluminum frame windows in fire.

4) Twelve mm thick gypsum board set between studs showed good performance against vertical firespread. The gypsum acted as a firestop by preventing fire spread through the walls. Also, it proved useful as a simple fire wall in the attic acting against horizontal fire spread, fire penetration, and heat transfer.

Received July 8, 1982

(1) Wood Utilization Division

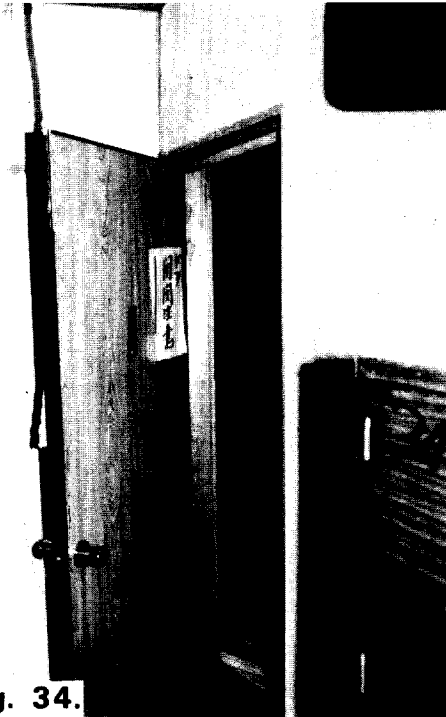


Fig. 34.

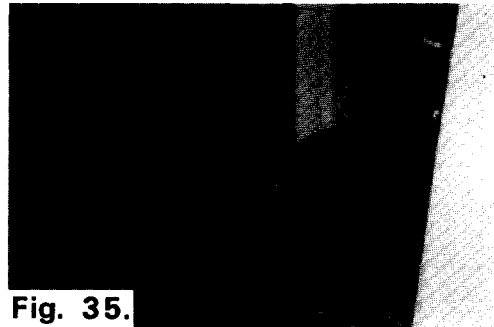


Fig. 35.

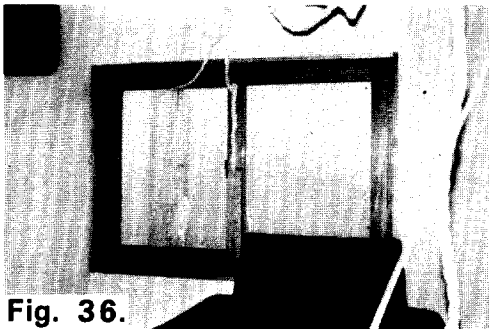


Fig. 36.

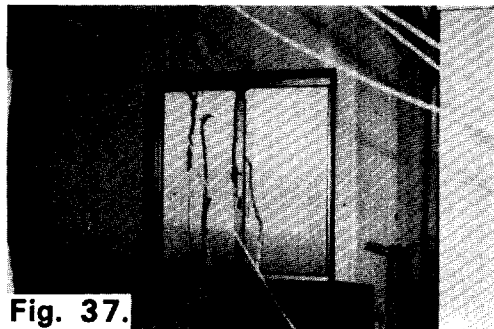


Fig. 37.

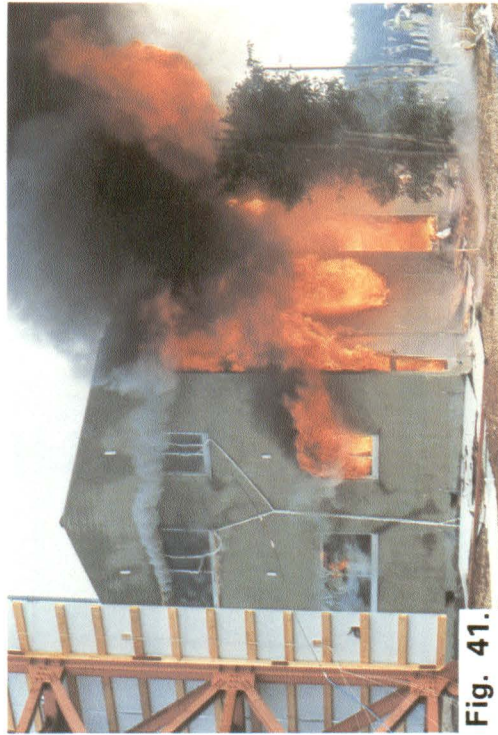




Fig. 43.

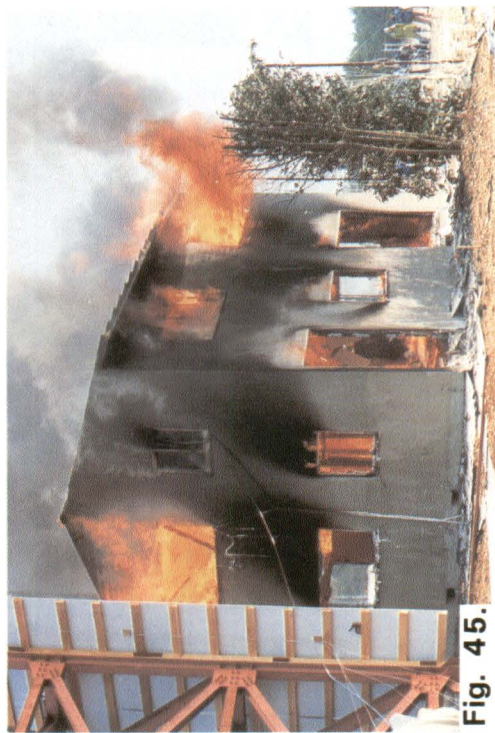


Fig. 45.



Fig. 42.

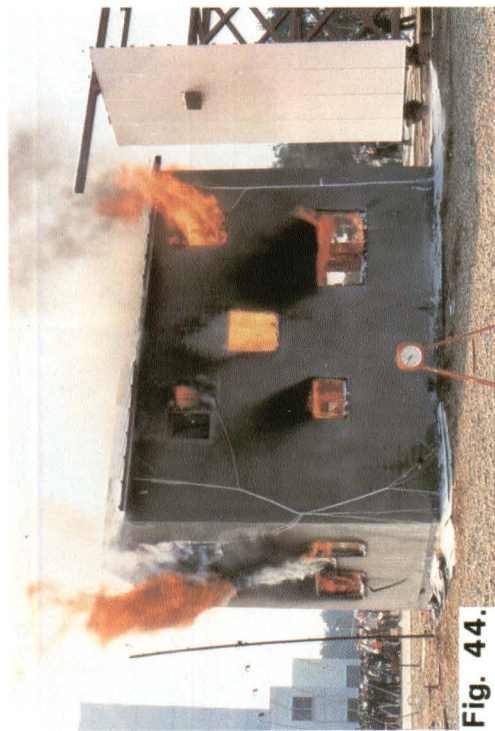


Fig. 44.



Fig. 47.



Fig. 46.