

# 木製防火ドアの遮炎・遮熱性能（第1報）

菊地 伸一                      駒沢 克己  
飯田 信男\*

## Integrity and Insulation of Wooden Fire Door ( )

Shin-ichi KIKUCHI      Katsumi KOMAZAWA  
Nobuo IIDA

Experiments were made on the fire performance characteristics of wooden door assemblies. The doors tested were made of wooden frameworks with the surfaces of solid wood panel. The wooden members used were not treated with fire retardant. Its fire resistance was improved by filling its hollow portion with noncombustible heat-insulating materials. Moreover, intumescent materials were constituted in the edges of the doors. These intumescent materials were swollen by heating and closed the gaps between the doors and door frameworks. Their fire resistance was evaluated mainly on the point of integrity, which means resistance to penetration of flame and hot gases.

From the results of the fire tests, it is concluded that these wooden fire doors have enough fire resistance to prevent the spread of flame and smoke for 30 minutes or more.

Keywords : fire resistance, wooden fire door, fire integrity, thermal insulation,  
intumescent material

耐火性能, 木製防火ドア, 遮炎性, 遮熱性, 発泡材料

木製ドアの耐火試験を行った。供試木製防火ドアは、木製骨組の両面に板を張ったもので、木材の難燃処理は行っていない。ドアの中空部に不燃性断熱材料を充填し、かまちに発泡性材料を組み込んで耐火性能を向上させた。発泡材料は加熱によって膨張し、ドアとドア枠とのすき間をふさぐ。これらの耐火性能は、主に炎や高温ガスに対する遮へい性能で評価した。

耐火試験の結果、これらの木製防火ドアは30分以上の延焼防止性能を持つことがわかった。

### 1. はじめに

建築基準法や消防法では、不特定多数の人々が使用したり、高さや面積の規模が大きい建築物等、火災が発生した場合の危険性が高い建築物に対して、その構造、材料、消防設備等に多くの規制を設けている。その一つに、建築物の開口部（ドア、窓）に対する規制

がある。共同住宅、マンション、ホテルに使用されるドアや、準防火地域内の住宅で延焼のおそれのある部分に使用される窓・ドアは、建設大臣が認定した防火戸でなければならない。

これまでの防火戸は、鋼製ドア、鋼製シャッター、アルミサッシ等に限定され、木材やプラスチック等の

有機材料を使用したものは認められなかった。しかし、居住空間の快適性を追求するなかから、質の高い防火戸に対するニーズが生まれ、木質材料を用いた防火性の高い戸を開発するための努力が払われてきた。その結果、防火戸に関する建設省告示が改正され、熱や炎を一定時間遮ることができれば部材が可燃性であっても防火戸として認められることになった。これにより、マンションやホテルのドアに、従来は防火上の規制から使用することができなかった木製ドアの使用が可能となった。

北海道では寒冷積雪という気象条件から、住宅の高断熱化・高气密化が推進されており、窓・玄関ドアのような開口部もその例外ではない。そこで、断熱性・気密性に優れた木製ドアの特質をそのまま生かした木製防火戸の試作を行い、その耐火性能に関する検討を行った。なお、本報告の概要は日本木材保存協会第7回年次大会（1991年10月、東京都）で発表した。

## 2. 試験方法

### 2.1 供試体

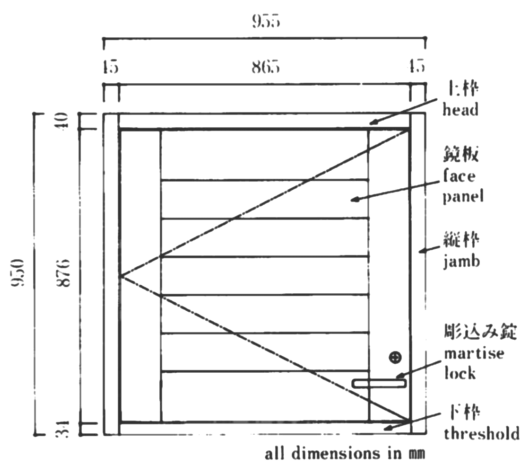
供試体はドア内部に用いる無機材料の種類や厚さ、および発泡材料の組み込み方法を変えて8体作製した。ドア供試体の外観を第1図に、ドアの心材構成を第2図に示した。供試体は、加熱装置の大きさに合わ

せドア枠を含めて高さ950mm、幅955mmとした。

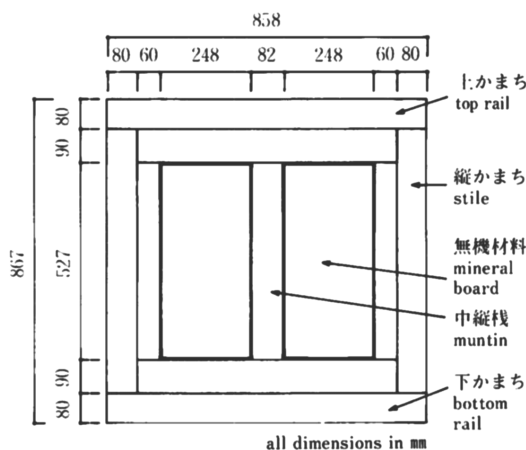
ドア内部の心材に用いた無機材料は、ロックウールボードまたはセラミックファイバーボードである。ロックウールボードは比重0.15、熱伝導率0.037(kcal/mh)以下、最高使用温度650の不燃第1022号認定品である。石灰、けい酸を主成分とし、空調ダクトや建物内壁等の保温・断熱に用いられている保温材料である。セラミックファイバーボードは比重0.25、熱伝導率0.2(kcal/mh)以下、最高使用温度1200の不燃第1868号認定品である。アルミナ、シリカを主成分とし、工業炉のライニングやガスシール等に用いられている耐熱性無機材料である。

ドアと枠とのすき間およびかまちと無機材料との突きつけ部分には発泡材料を組み込んだ。用いた発泡材料はグラファイト系のもので、加熱されると厚さ方向に最大10倍程度まで膨張する。ドアと枠とのすき間部分への発泡材料の組み込みは、かまちの見込み面に対して行った。横枠およびドア縦断面の詳細を第3図に、縦枠およびドア横断面の詳細を第4図に示した。第3図は発泡材料が化粧縁で覆われていない構造を、第4図は発泡材料が化粧縁で覆われている構造を示す。

鏡板は心材に用いた無機材料の厚さが20mmのときには厚さ20mm、無機材料の厚さが30mmのときには厚さ15mmとし、いずれの場合もドアの厚さは60mmとした。



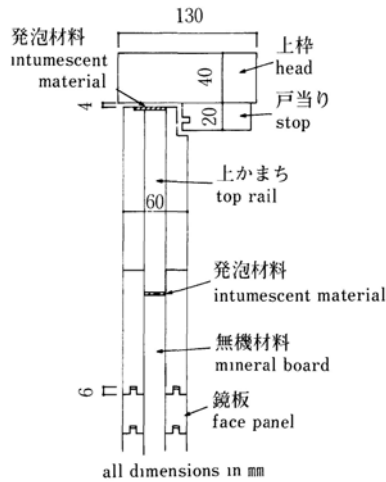
第1図 防火ドア供試体正面  
Fig. 1. Front view of fire door specimen



第2図 防火ドア供試体心材構成  
Fig. 2. Frame construction of fire door specimen

これら発泡材の組み込み方法、無機材料の種類と厚さの組み合わせを第1表に示した。供試体1~3は無機材料に厚さ20mmのロックウールボードを、供試体4~6は厚さ20mmの、供試体7~8は厚さ30mmのセラミックファイバーボードをそれぞれ用いた。

かまちと鏡板は常温硬化型レゾルシノール樹脂を用

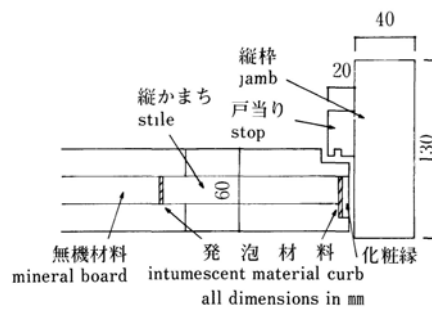


第3図 防火ドア供試体縦断面図

Fig. 3. Longitudinal section of fire door specimen

いて接着した。鏡板同士は本実加工してはぎ合わせた。本実の接合部には2~3mmのすき間が残った。ドア枠は第3、4図に示したように奥行き130mm、見つけ40mm（上枠、縦枠）、見つけ34mm（下枠）である。戸当りは見つけ20mm（上枠、縦枠）、見つけ25mm（下枠）である。ドア枠、戸当り、かまち、鏡板等にはシウリザクラ材を使用し、難燃処理は行わなかった。

ドアノブにはステンレス製レバーハンドル、丁番にはステンレス製旗丁番を使用した。戸当りにはエアタイト・ゴムパッキンを組み込んだ。



第4図 防火ドア供試体横断面図

Fig. 4. Transverse section of fire door specimen

第1表 防火ドア供試体の構成  
Table 1. Construction of fire door specimens

供試体 Specimen		1	2	3	4	5	6	7	8
無機材料の種類 Kind of mineral board		ロックウールボード Rock wool board			セラミックファイバーボード Ceramic fiber board				
無機材料の厚さ(mm) Thickness of mineral board		20	20	20	20	20	20	30	30
鏡板の厚さ(mm) Thickness of face panel		20	20	20	20	20	20	15	15
発泡材料の組み込み枚数 Number of intumescent material	上かまち Top rail	2	2	1	2	2	1	1	2
	縦かまち Stile	2	1	1	2	2	1	1	2
	下かまち Bottom rail	2	1	1	2	2	1	1	2
	無機材料 Mineral board	2	0	2	2	0	1	2	1
化粧縁の有無 Existence of curb	上かまち Top rail	なし no	なし no	なし no	あり yes	あり yes	あり yes	なし no	なし no
	縦かまち Stile	あり yes	あり yes	あり yes	あり yes	あり yes	あり yes	あり yes	あり yes
	下かまち Bottom rail	なし no	なし no	なし no	あり yes	あり yes	あり yes	なし no	なし no
重量(kg) Weight		41.9	39.0	38.1	40.5	38.9	38.5	40.7	42.1

## 2.2 加熱方法

ドア供試体の加熱には、プロパンガスを燃料とする加熱面が1×1mの垂直加熱炉を用いた。加熱炉の外観を第5図に示した。炉内温度は第5図に示す5か所の位置で、線径1mmのK熱電対を用い、熱接点を供試体表面から3cm離して測定した。供試体は鉄製の試験体取り付け枠にはめ込み、建設省告示第1125号（1990年）「甲種防火戸及び乙種防火戸と同等以上の防火性能を有するものを指定する件」に規定されている耐火標準加熱温度に沿って加熱した。

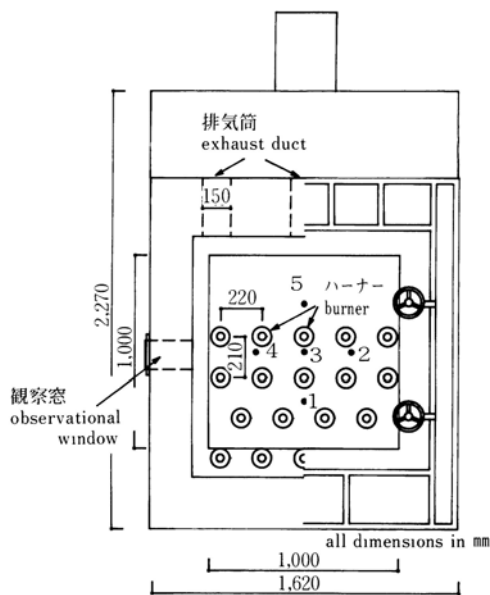
防火戸の規格には、ドアの両面についてそれぞれ1回ずつの加熱を行うことが定められている。今回は、丁番が直接加熱を受け、熱伝導によりドア枠やかまち内部の炭化が促進されるため、厳しい加熱条件になると予想される室外側からの試験のみを行った。加熱時間は非加熱面側に燃え抜けが生じるまでとした。

## 2.3 測定方法

測定項目と測定方法は以下のとおりである。

### (1) 変化状況の観察

供試体の加熱中の変化、すき間や亀裂からの発煙、



第5図 小型耐火加熱炉

Fig. 5. View of small fire furnace in accordance with JIS A 1311

1～5：炉内温度測定用熱電対  
thermocouples

燃え抜け状況を観察した。また、供試体に生じるすき間や亀裂の有害性を判断するために、コットンパッドを裏面から30mm離して約30秒間近づけ、パッドへの着火の有無を確認した<sup>1)</sup>。

### (2) 温度変化

ドアとドア枠とのすき間部分の温度、ドアノブ温度、ドア内部温度および裏面温度の経時変化を測定した。温度の測定には、線径0.65mmのガラス繊維被覆K熱電対を用い、熱接点はアルミテープで覆った。裏面の温度分布は赤外線放射温度計（日本電気三栄株製、サーモトレーサー6T61）によって観察した。

### (3) 炭化速度

加熱終了後、ドア枠を中央部で切断し、炭化部分を金属性のワイヤーブラシで削り落とし、残された面積をデジタイザーで読み込んで炭化長を測定した。平均炭化長と加熱時間とから炭化速度を求めた。

## 3. 結果および考察

### 3.1 燃焼経過

供試体1は、30分11秒に左上ドア枠から燃え抜け、加熱終了後、ノブ取り付け部からも発火を生じた。3分以降10分頃まで、右上コーナーからの発煙が顕著であった。

供試体2は、35分50秒にノブ取り付け部付近のドアと左枠のすき間にフラッシュ状の炎が観察された。加熱終了後、39分には右枠の丁番取り付け部から発火し枠に着火した。3分以降8分頃まで、ドアと上枠のすき間からの発煙が顕著であった。25分以降、右上コーナーからの発煙が顕著であった。

供試体3は、42分28秒にノブ取り付け部から燃え抜け、次いで44分には右枠の丁番取り付け部から、46分にはドアと上枠のすき間から発火し枠に着火した。41分以降、左枠からの発煙が顕著であった。43分以降、非加熱側鏡板の目地部分からも発煙が生じた。

供試体4は、32分20秒にノブ取付部から燃え抜け、次いで左上コーナーから発火し枠に着火した。2分以降11分頃まで、ドアと上枠および左枠のすき間からの発煙が顕著であった。27分以降、サムターン取り付け

部からの発煙が観察された。

供試体5は、42分9秒にノブ取付部から燃え抜け、次いで44分にはドアと上枠のすき間が拡大し、枠に着火した。

供試体6は、28分51秒にドア左下コーナーとドア枠とのすき間にフラッシュ状の炎が観察され、30分55秒に枠に着火した。次いで35分にはノブ取付部から、41分には左上コーナーから発火した。5分以降10分頃まで、右上コーナーからの発煙が顕著であった。また、25分以降、サムターン取付部からの発煙が観察された。

供試体7は、45分50秒に右枠丁番取付部付近にフラッシュ状の炎が観察され、47分30秒にドア非加熱面に着火した。30分以降、サムターン取り付け部からの発煙が観察され、42分以降、パッキンの脱落に伴ない上枠からの発煙が顕著であった。

供試体8は、47分10秒にドア左下コーナーに炉内部の照り返しが観察され、49分10秒にノブ取付部から燃え抜けた。次いで、56分には上枠のすき間が大きく開き枠に着火した。35分以降、ノブ取り付け部からの発煙が、40分以降、上枠からの発煙が、46分以降、非加熱側鏡板の目地部分から発煙がそれぞれ顕著に観察された。

ドアは30分以降に大きな変形を示し、加熱側に凹となる傾向が見られた。鏡板の薄い供試体7、8で特に顕著な変形が生じ、燃え抜け時にはドアとドア枠のすき間が10mm以上となった。これは加熱側鏡板が炭化により収縮するためと考えられる。

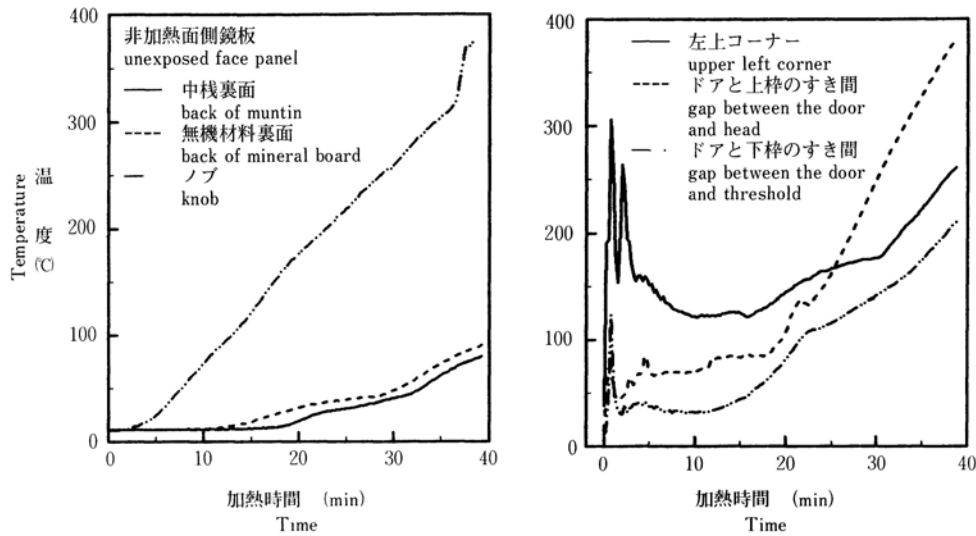
### 3.2 燃え抜け時間

燃え抜け時間および燃え抜け位置を第2表に示した。ドア内部の無機材料の厚さが20mmのドアは発泡材の挿入方法にかかわらず30～40分で燃え抜け、無機材料の厚さが30mmのドアは45～50分で燃え抜けた。燃え抜けの多くはドアノブ取付部で生じた。また、ドアが加熱側へ凹に変形したためドアとドア上枠とのすき間が大きく開き、ドアと上枠とのすき間からの出火が観察された。

供試体6の燃え抜け時間が最も早かったのは、四周の発泡材料がすべて化粧縁で覆われているため、発泡層の形成が阻害されたためであると考えられる。同じく四周に化粧縁を取り付けた供試体5の燃え抜け時間が遅かったのは、発泡材料を2枚張りとしたため発泡圧が高くなり、ドアと枠とのすき間が充填されたためであると推定される。発泡材料を2枚張りする効果は、供試体7と供試体8の燃え抜け時間の比較からも推定

第2表 観察結果  
Table 2. Outlines of observational results

供試体 Specimen	燃え抜け時間 Penetrating time of flame (min sec)	燃え抜け位置 Penetrating position of flame
1	30'11"	左上ドア枠 Upper left corner of frame
2	35'50"	ドアノブ付近のドアと左枠との間 Gap between the door and left jamb
3	42'28"	ノブ取付部付近 Around the knob
4	32'20"	ノブ取付部付近 Around the knob
5	42' 9"	ノブ取付部付近 Around the knob
6	28'51"	左下隅のドアと左枠との間 Gap between the door and left jamb
7	45'50"	丁番取付部付近のドアと右枠との間 Gap between the door and right jamb
8	49'10"	ノブ取付部付近 Around the knob



第6図 ドア供試体No. 2の温度変化  
Fig. 2. Time-temperature curves for No.2 fire door

できる。

供試体1の燃え抜けがドアと枠とのすき間ではなく、ドアと試験体取り付け枠との間で生じたことは、供試体の取り付けに何らかの不備があったことを示唆する。このため、供試体1の燃え抜け時間は取り付けが適正であれば、より長くなると思われる。

防火処理をしていない住宅用木製ドアは5~6分でドアと枠とのすき間から燃え抜ける<sup>2)</sup>。ドアのかまち見込み面に対して発泡材料を組み込むことが、顕著な燃え抜け防止効果を持つことが示された。

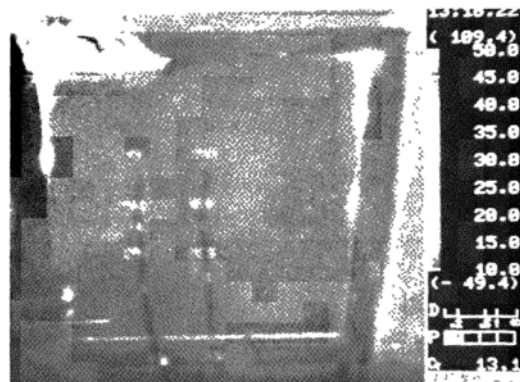
ドアノブ取り付け部で燃え抜けたのは、加熱側から非加熱側に貫通する孔や熱伝導の大きい金属が非加熱面側の炭化を促進するためと考えられる。ドアノブ取り付け部付近からの燃え抜け時間を遅らせるためには、かまち材や鏡板の難燃処理が有効と考えられる。

### 3.3 温度変化

ドアコーナー部、ドアとドア枠とのすき間、ドア裏面およびドアノブの温度変化の一例を第6図に示した。コーナー部を含めドアとドア枠とのすき間温度は加熱初期に鋭いピークを持ち、一度低下後に漸増した。ドアとドア枠とのすき間温度が加熱初期に高いのは赤外線放射温度計による測定でも示されている(第7図)。なお、赤外線放射温度計で表面温度を測定するために必要な放射率は、供試体が加熱を受けている場

合、裏面温度、含水率が刻々と変化するため、正確に設定することは困難である。そのため、放射率は完全黒体を仮定して便宜的に1とした。すき間温度が5~20分にかけて加熱初期より低下するのは、ドア四周に装着した発泡材料の発泡効果によりすき間が充填されるためである。20分以降に温度が上昇したのは、枠およびかまちの炭化・収縮が進み、すき間が開きはじめたことによると考えられる。

ドアとドア枠とのすき間およびドアノブが260°Cを超えた時間を第3表に示した。260°Cを基準としたのは、木材の炭化が急速に進行し始める温度が250~270°Cとされているためである。ドア内部の無機材料



第7図 加熱3分後の非加熱面温度分布  
Fig. 7. Temperature distribution of unexposed-face panel after 3 minutes fire exposure

第3表 260℃到達時間

Table 3. Times which the temperature go up to 260℃ at gaps and knobs of fire door specimens

供試体 Specimen	ドアと枠の間 Gaps between the door and frames						ノブ Knobs
	コーナー Corner	上枠 Head	下枠 Threshold	左枠 Left jamb	右枠 Right jamb	平均 Averages	
	1	33'11"		29'41"	30'19"		
2	36'20"	30'49"	37'22"	35'33"	35'58"	35'13"	29'45"
3	37'22"	41'42"	32'45"	39'28"	36'32"	37'34"	27'13"
4	34'37"	32'52"	38'13"	37'24"	36' 5"	35'50"	27'48"
5	36'31"	34'35"	40'53"	38' 0"	41'51"	38'22"	28'32"
6	35'22"	38'14"	26'37"	34' 1"	41'36"	32'50"	31' 7"
7	43'15"	37' 5"	41'45"	41'57"	48'31"	42'30"	34' 2"
8	45'41"	33'39"	32' 6"	49'50"	51' 8"	42'29"	30' 1"

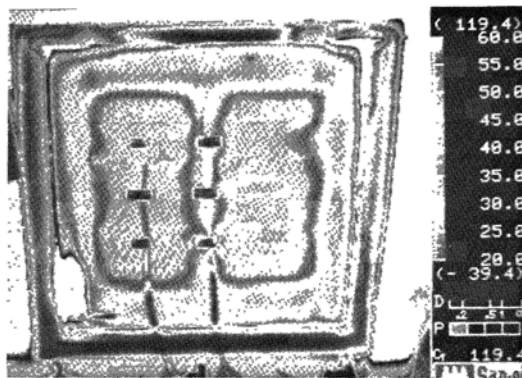
が20mmのドアではすき間温度は30~40分で260℃を超え、無機材料が30mmのドアでは35~50分で260℃を超えた。これは燃え抜け時間にほぼ対応していた。発泡材料の組み込み方法による差は明瞭ではないが、供試体6で260℃到達時間が速かったのは、かまち四周の発泡材料が化粧縁に覆われている影響と考えられる。

第6図に示したように、ノブは加熱開始後5分頃から顕著な温度上昇を示し、30分前後に260℃を超えた。

このようにノブの温度上昇が早いことが、ノブ付近での非加熱面側木材の炭化を促進し、ノブ取付部から燃え抜ける原因となったものと考えられる。

ドアの内部温度は、無機材部の温度上昇が中棧部より顕著であった。鏡板の厚さが20mmのドア供試体の場合、加熱側鏡板と中棧間の温度が260℃を超える時間は25~30分（供試体1~6、平均27分27秒）であるのに対し、加熱側鏡板と無機材料間の温度が260℃を超える時間は19~24分（平均22分）であった。これは無機材部では加熱側鏡板の炭化層が早期に脱落し、断熱層として作用しなかったためであると考えられる。赤外線放射温度計では中棧部と無機材部との温度差が顕著に観察された（第8図）。

加熱30分後の非加熱面温度を第4表に示した。無機材料の種類および厚さに関わりなくすべて50℃以下であった。鋼製防火ドアの裏面温度が同じ時間で400℃を超える<sup>3)</sup>の<sup>3)</sup>に比べ、優れた遮熱性を示した。厚さ20mmのロックウールボードとセラミックファイバーボードを心材に用いたドアの裏面温度に差は認められなかつ



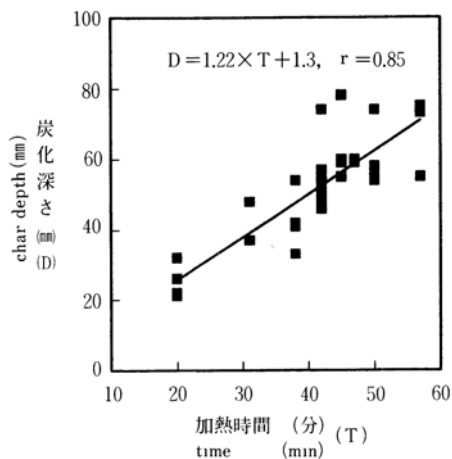
第8図 加熱30分後の非加熱面温度分布

Fig. 8. Temperature distribution of unexposed-face panel after 30 minutes fire exposure

第4表 加熱30分後の非加熱面温度

Table 4. Average temperature of unexposed face panel at thirty minutes

試験体 Specimen	非加熱面温度 (℃) Average temperature of unexposed face panel							
	1	2	3	4	5	6	7	8
中棧裏面 Back face of muntin	46.0	40.6	42.9	41.1	38.3	44.5	35.4	42.4
無機材裏面 Back face of mineral board		48.2	47.7	45.5	42.9	43.7	30.0	39.8



第9図 加熱時間とドア枠の炭化深さ  
Fig. 9. The relationships between heating time and depth of charred area in door frames

た。また、厚さ20mmと30mmのセラミックファイバーボードを心材に用いたドアでは、30mmの供試体の裏面温度が5～10℃低い傾向を示した。

#### 3.4 ドア枠炭化状況

加熱時間とドア枠の炭化深さの関係を第9図に示す。木材の炭化部分とは、ワイヤーブラシで削り落とせる部分と考えてよいとされている<sup>4)</sup>。そこで、本試験でも同じ方法で炭化部分を求めた。なお、第9図には衝撃試験を行うために、20分で加熱を止めた供試体の測定値も示した。

平均炭化速度は1.2mm/minとなり、集成材について報告されている<sup>5)</sup>炭化速度0.6～0.8mm/minより大きな値を示した。これは、変形・収縮に伴うドアとドア枠とのすき間の拡大により、ドア枠の隅角部が2方向から加熱されることによると考えられる。集成材では隅角部の炭化速度は面部分の1.2～1.3倍になると報告されている<sup>6)</sup>。2方向加熱の影響は断面積が小さいほど顕著となるためにドア枠の炭化速度が大きくなったと考えられる。

#### 4. まとめ

試作した木製ドア供試体に対する耐火試験の結果、ドア部材が難燃処理されていなくても、おおよそ30分以上の遮炎性が示された。これは、ドア四周のかまが見込み面に組み込んだ発泡材料が、ドアと枠とのすき間の充填に大きな効果を持つことによる。

30分加熱後の裏面温度は50℃以下で、極めて優れた遮熱性を示した。これは、鏡板に用いた木材が加熱によって形成する炭化層と、心材に用いた耐熱性無機材料とが優れた断熱材料として働くことによる。

20分の耐火性能が要求される乙種防火戸の規格は、発泡材料をかまちに1枚組み込む仕様で満足すると考えられる。この場合、ドア重量の変化や断熱性、気密性などの諸性能の低下は生じない。

#### 文 献

- 1) 中澤昌光：建材試験情報，Vol. 1, 24-28(1991)
- 2) 中村賢一ほか3名：建設省建築研究所資料，No. 47, 1-33(1983)
- 3) 須藤昌照，斉藤文春：日本建築学会大会学術講演梗概集，1009-1010 (1990)
- 4) 上杉三郎：林試研報，No.340, 187-196(1986)
- 5) Schaffer E. L. : Res. Pap. FPL 450, U. S. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory, 1-17(1984)
- 6) 中村賢一ほか3名：日本建築学会大会学術講演梗概集，789-790(1987)

—性能部 耐久性能力科—  
—\*久保木工株式会社—  
(原稿受理 H 6. 7. 15)