

木製乙種防火サッシの開発

菊地 伸一 駒澤 克己

Development of Type-B Fire Windows Made of Wooden Materials

Shin'ichi KIKUCHI Katsumi KOMAZAWA

The building code of Japan requires the Type-B rating for windows used in portion liable to catch fire from outside. The fire performance of Type-B fire windows regulated in this code is as follows:

1. During a fire test of 20 minutes, no cracks allowing the passage of the flame and no excessive quantity of smoke should be observed.

2. Immediately after the fire test, the fire window assembly is loaded to the impact of a 3kg sand bag at the center of the assembly. As the result of the impact test, no destruction or no deformation damaging its fire preventive property should be observed.

This paper reports the techniques for improving the fire performance of wooden window assemblies to use as Type-B fire windows. Window specimens were consisted of wooden frameworks and wired glass. In order to prevent the passage of the flame between the glass and the wooden frameworks, intumescent material, intumescent sealant or inorganic spacer were used. The test method was in accordance with JIS A 1311. The following results were obtained:

1) The intumescent mastic, which develops a high expansion under the influence of heat allowed the passage of flame.

2) Intumescent board materials situated at the edges of the glass formed effective barriers to the passage of flame.

3) To avoid the ignition of the sealant according to the radiation through the glass, fire preventive sealant should be used for glazing.

4) When the size of the wood stop was larger than 20×20mm, there was not observed any passage of flame, nor any destruction and deformation after the impact test.

5) The temperature of the unexposed wooden framework was more than 250°C after the specimen was exposed to fire for 20 minutes.

Keywords: fire resistance, wooden fire window, fire integrity, thermal insulation, intumescent material.

耐火性能, 木製防火窓, 遮炎性, 遮熱性, 発泡材料.

延焼のおそれのある部分に用いられる窓に対し、日本の建築基準は乙種の性能を求めている。乙種防火窓に求められる耐火性能は次のとおりである。

1) 20分間の加熱試験中、炎の貫通するすき間や多量の発煙が生じてはならない。

2) 加熱終了後、ドアの中央に3kgの砂袋による衝撃を与える。この衝撃試験の結果、有害な破壊や変形が生じてはならない。

本報では、木製窓の耐火性能を向上させる方法について検討した。窓供試体は、木製枠と網入りガラスとで組み立てた。ガラスと木製枠との間からの燃え抜けを防ぐため、板状発泡材、しっくい

型発泡材または無機スパーサーを用いた。防火窓の試験方法は、JIS A 1311 によった。結果は以下のとおりである。

- 1) 加熱された時に膨張するしっくい型発泡材は、燃え抜けを防ぐことができなかった。
- 2) 板状の発泡材料をガラス端部に組み込む方法は、燃え抜け防止に効果があった
- 3) 輻射熱によるシーリング材への着火を避けるため、ガラスの止め付けには防火型シーリング材を使用する必要がある。
- 4) ガラス押さえの大きさが20×20mm以上あれば、燃え抜けや衝撃試験による破壊は起こらなかった。
- 5) 非加熱側木製枠の表面温度は20分加熱後には250℃を超えた。

1. はじめに

1990年、防火戸に関する建設省告示の改正が行われ、熱や炎を一定時間遮ることができれば、使用されている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¹⁾。これにより、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マンションの玄関ドアやホテルの客室扉および防火地域、準防火地域内で延焼のおそれのある部分に設けられる窓等に、木製ドアや木製サッシを使用することが可能となった。

改正された建設省告示では、防火戸に次のような性能を求めている。

防火上有害な変形、破壊、脱落を生じないこと。

防火上有害な発炎、発煙等を生じないこと。

加熱終了後、構造安定性を有していること。

木材はもともと遮熱性に優れた材料で、表面が燃焼した後も形成される炭化層によってその断熱作用は維持される。これまでに行った木製防火ドアの耐火試験の結果、鋼鉄製防火ドアに比べて極めて優れた遮熱性能を有することが示された^{2,3)}。

また、1992年には「住宅省エネ基準」が12年ぶりに改正され、住宅の高断熱・高气密化が改めて注目されている。これから大都市部で用いられる窓は、断熱性と防火性の両方の性能を兼ね備えていなければならないとされている^{4,5)}。しかし、これまでに乙種防火窓として使われてきたアルミサッシでは断熱性を満足しない。また、高断熱サッシとして使われている塩化ビニル系プラスチックサッシは燃焼時に有害な塩酸を発生させる⁶⁾など、防火性能に課題を残している。高断熱性と防火性、安全性を共に満足

させるには、木製サッシかアルミと木の複合サッシが適していると考えられる。

木製サッシの耐火性能は、窓枠の形状・大きさ、ガラス止め付け方法等に影響されると報告されている⁷⁻⁹⁾。そこで、乙種防火戸の規格を満足する木製サッシの技術基準を明らかにするため、今回はガラス押さえの大きさと発泡材挿入方法の違いが耐火性能に及ぼす影響について検討した。

なお、本報告の概要は寒地技術シンポジウム'95 (1995年11月、札幌市)で発表した。

2. 試験方法

2.1 供試体

供試体は木製枠およびガラス押さえの断面形状、発泡材の挿入方法等を変えて13体作製した。これらはすべてはめ殺し窓とした。供試体の概要を第1表に、ガラス止め付け方法の詳細を第1図に、供試体の縦断面を第2図に示した。ガラス側面とガラス押さえとの面クリアランスおよびガラス端部と上枠および縦枠とのエッジクリアランスは共に9mmとした。ガラス押さえみこみ厚さは15, 20, 25mmの3種類、ガラスの枠への挿入深さは20, 30mmの2種類とした。ガラス押さえはビスまたはレゾルシノール樹脂で固定した。ビス間隔は25cmまたは40cmとし、ビス間隔25cmの供試体では相じゃくり加工を併用した。供試体は、加熱装置の大きさに合わせ高さ910mm、幅910mmとした。

窓供試体に用いた材料を第2表に示した。ガラスを押さえるためのスパーサーには、発泡ポリエチレン製の棒状ロッドまたは耐熱性無機材料のセラミックファイバーボード(不燃第1868号)を用いた。板状およびしっくい状の発泡材はグラファイト系のも

第1表 木製サッシ供試体の構成
Table 1. Construction of fire window specimens.

供試体 Specimen No.	ガラス押さえ断面 Section of wood stop(mm)		枠比重 Specific gravity of wooden framework	発泡材の種類 Kind of intumescent material	発泡材の位置 Location of intumescent material	シーリング材の種類 Kind of sealant	ガラス押さえの固定方法 Method for fixing the wood stop
	a ¹⁾	b ²⁾					
W1	15	30	0.50	板状発泡材 Board type	ガラス端部 Edge of glass	防火型 Fire preventive	A ³⁾
W2	20	20	0.52	//	//	非防火型 Not fire preventive	A
W3	20	20	0.54	//	//	防火型 Fire preventive	A
W4	20	30	0.54	//	//	非防火型 Not fire preventive	A
W5	20	30	0.53	//	//	防火型 Fire preventive	A
W6	20	30	0.45	//	//	//	B ⁴⁾
W7	25	20	0.55	//	//	//	A
W8	25	30	0.51	//	//	//	A
W9	20	30	0.51	//	ガラス側面 Side of glass	//	A
W10	20	30	0.46	//	//	//	B
W11	20	30	0.50	//	ガラス端部+側面 Edge and side of glass	//	A
W12	20	30	0.51	しっくい型 Mastic type	ガラス側面 Side of glass	//	A
W13	20	30	0.48	なし ⁵⁾ None ⁵⁾	//	//	B

注：1) ガラス押さえみこみ厚さ
2) ガラス挿入深さ
3) A：ビス（ビス間隔 約40cm）
4) B：ビス+相じゃくり（ビス間隔 約25cm）
5) バックアップ材にセラミックファイバーボード使用

Note: 1) Thickness of wood stop
2) Insertion depth of glass into the wooden frame
3) A: Wood stop was fixed by wood screw.(screw interval was about 40cm)
4) B: Wood stop was fixed by wood screw and tongued-and-grooved joint.(screw interval was about 25cm)
5) Ceramic fiber board was used as sponge rod.

ので、100~200℃の加熱を受けると最大10倍程度まで膨張するとされている。ガラスとガラス押さえとの間に充填するシーリング材には、シリコーン系シーリング材またはダクトの充填などに用いられている防火型シーリング材を用いた。

2.2 加熱方法

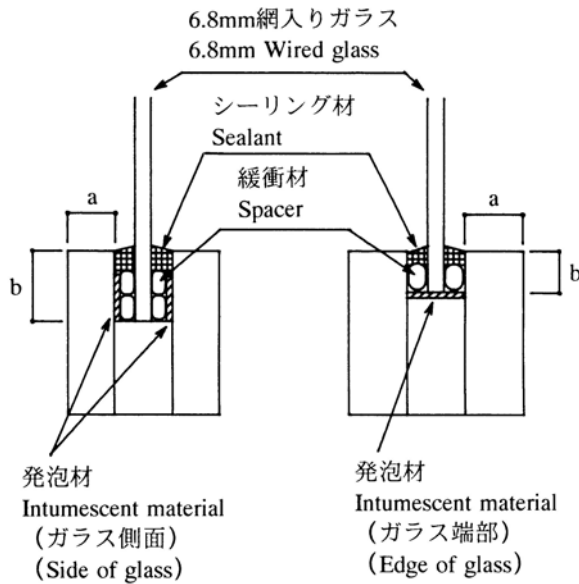
供試体の加熱には、プロパンガスを燃料とする加熱面が1×1mの垂直加熱炉を用いた。供試体はガラ

ス押さえをビス止めした側から加熱した。加熱温度は、JIS A 1311「建築用防火戸の防火試験方法」の耐火標準加熱温度に従った。炉内温度は、線径1mmのK熱電対を用いて測定した。加熱時間は、非加熱側に燃え抜けるまでとした。

2.3 測定方法

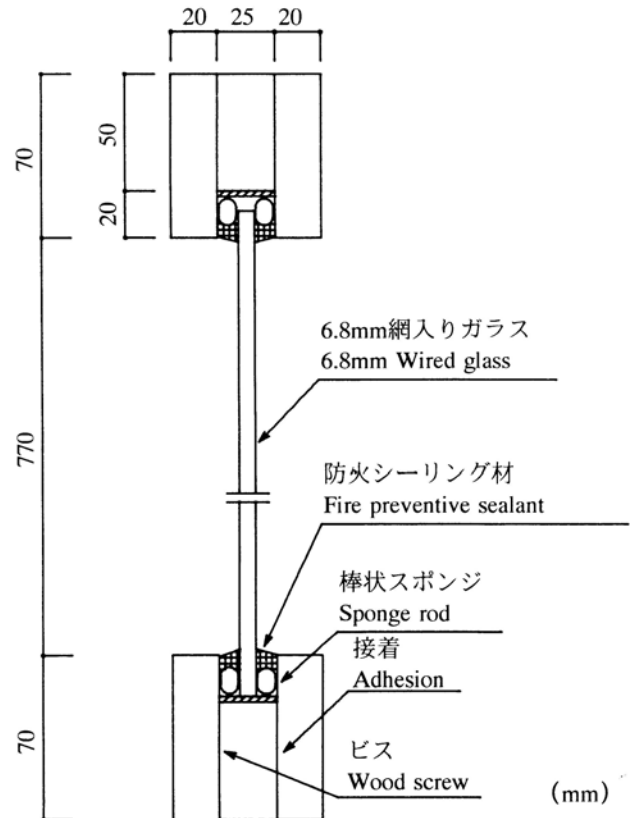
測定項目と測定方法は以下のとおりである。

2.3.1 変化状況の観察



第1図 木製枠の断面とガラス止め付け方法
Fig.1 Section of wood frame and method for fixing the wood stop.

注：a：ガラス押さえみこみ厚さ：15, 20, 25(mm)
 b：ガラス挿入深さ：20, 30(mm)
 Note: a: Thickness of wood stop: 15, 20, 25(mm)
 b: Insertion depth of glass into the wooden frame: 20, 30(mm)



第2図 防火窓供試体縦断面図 (供試体W3)
Fig.2. Longitudinal section of wooden fire window specimen (Specimen W3).

第2表 窓供試体に用いた材料

Table 2. The materials used for wooden window specimens.

ガラス Glass	6.8mm 網入り 6.8mm wired glass
枠材 Frame	カラマツ心材 (比重 0.45~0.55) Heart wood of larch (specific gravity: 0.45~0.55)
接着剤 Adhesive	レゾルシノール樹脂 Resorcinol resin
緩衝材 Spacer	棒状スポンジ Sponge rod セラミックファイバー Ceramic fiber
発泡材 Intumescent material	しっくい型発泡材 Intumescent mastic 板状発泡材 Intumescent board
シーリング材 Sealant	非防火型 Not fire preventive 防火型 Fire preventive

供試体の加熱中および加熱後の変化、すき間・亀裂の有無、燃え抜け時間等について目視、VTR、写真撮影により観察した。

2.3.2 衝撃試験

加熱終了後、供試体W8, 9について、重さ3kgの砂袋を非加熱面側中央部に鉛直距離50cmの高さから落下させて衝撃を与え、防火上有害な破壊、はく離、脱落等の有無を観察した。ここで防火上有害な破壊、はく離、脱落等とは、ガラス部材の枠からの脱落およびズレによって生じるすき間、加熱面側から裏面側に達する亀裂等とされている¹⁰⁾。

2.3.3 非加熱側温度および輻射量

ガラスとガラス押さえとの間に充填したシーリング材の非加熱側表面温度およびガラス押さえ材の非加熱側表面温度の経時変化を測定した。それぞれの温度測定位置は第3図に示した。温度の測定には、線径0.65mmのガラス被覆K熱電対および熱電対の熱接点に直径10mmの銅板をろう付けしたディスク熱電対を用いた。シーリング材表面温度の測定には熱電対を、押し縁表面温度の測定にはディスク熱電対を用い、熱電対の熱接点はアルミテープで覆った。

ガラスを通過する熱流を、供試体裏面中央から1m離れた位置で測定した。熱流測定には、メドサーム

社製の水冷式輻射計を用いた。

第3表 燃え抜け時間および衝撃試験結果
Table 3. Penetrating time of flame and the result of the impact test.

3. 結果および考察

3.1 観察結果

すべての供試体は、加熱開始後10~30秒で網入りガラスに亀裂が生じ、1~2分で枠に着火した。その後、7~8分ころから非加熱側ガラス押さえ材の変色が始まり、約15~18分でほぼ黒色となるまで変化した。加熱側のシーリング材は、8~10分ころから脱落し始めた。

供試体W1, 3, 6, 7の網入りガラスは、15分以降中央部で凸になるなど顕著に変形した。また、ガラスとガラス押さえとのクリアランスが非加熱側で15~30mmまで広がる部分も生じた。一方、供試体W9, 10, 12および13の網入りガラスには変形は全く生じなかった。供試体W9, 10, 12では、15分以降非加熱側のシーリング材が発泡材に押し出されるのが観察された。また、供試体W9, 10の加熱側ガラス押さえは発泡層に押されて枠材から分離していた。

ガラスの変形が観察されたのは発泡材をガラス端部に挿入した供試体で、変形が生じなかったのは発泡材をガラス側面に挿入した供試体、しっくい型の発泡材を使用した供試体および発泡材

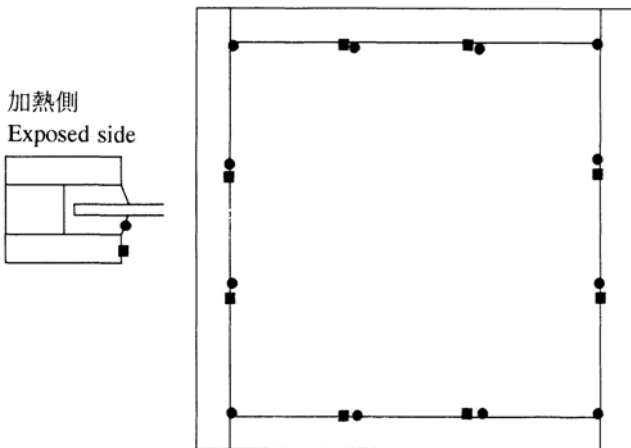
供試体 Specimen	燃え抜け時間 Penetrating time	燃え抜け位置 Penetrating position	衝撃試験 Impact test
W1	17'33"	右上コーナー Upper right corner of frame	合格 Pass 枠からの脱落 Disconnected from frame
W2	14'29"	左縦枠下部 Lower side of left jamb	
W3	21'19"	右縦枠下部 Lower side of right jamb	
W4	14'44"	左上コーナー Upper left corner of frame	
W5	22'27"	上枠 Upper frame	
W6	20' 7"	上枠 Upper frame	
W7	21' 2"	左上コーナー Upper left corner of frame	
W8	24'10"	左下枠下部 Lower side of left jamb	
W9	21'50"	右縦枠 Right jamb	
W10	20'12"	左縦枠 Left jamb	
W11	23' 5"	右縦枠下部 Lower side of right jamb	
W12	18'19"	左下コーナー Lower right corner of frame	
W13	21'45"	右・左縦枠 Right and left jamb	

を使用していない供試体であった。

20分以上加熱を受けた供試体の加熱側ガラス押さえは、完全に炭化していた。また、非加熱側ガラス押さえも部分的に表面が炭化していた。

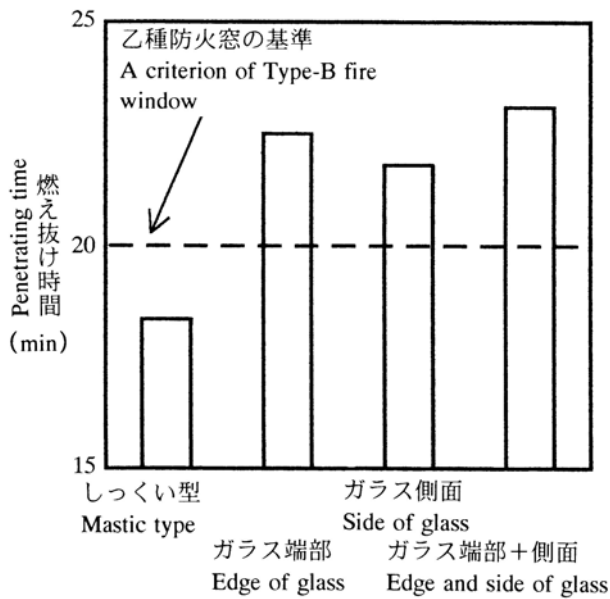
3.2 燃え抜け時間および衝撃試験結果

燃え抜け時間および衝撃試験の結果を第3表に示した。観察結果に示したように、発泡材をガラス端部に挿入した供試体には大きなガラスの変形が見られた。このため、ガラスと非加熱側シーリング材との間にすき間が生じた。これが、非加熱側に燃え抜ける一因になったものと思われる。しかし、四周の発泡層がガラスを保持するため、加熱側のガラス押さえが炭化し強度を失っても、衝撃試験でのガラスのはく離・脱落は生じなかった。これに対し、発泡材をガラス側面に挿入した供試体W9, 10およびしっくい型の発泡材を使用した供試体W12の場合、ガラスの変形は生じなかったものの、加熱終了後のガラ



第3図 熱電対取り付け位置
Fig.3. Location of thermocouples on the unexposed wood stop and sealant.

注：●：非加熱側シーリング材
■：非加熱側ガラス押さえ材
Note：●：Unexposed sealant
■：Unexposed wood stop



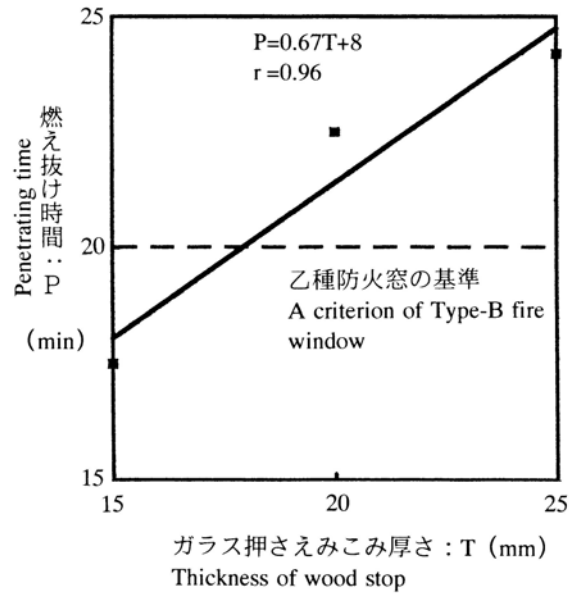
第4図 発泡材の組み込み方法と燃え抜け時間の関係
Fig.4 Relation between the location of intumescent material and penetrating time.

注：ガラス押さえみこみ厚さ： 20mm
ガラス挿入深さ： 30mm
Note: Thickness of wood stop : 20mm.
Insertion depth of glass into the wood frame : 30mm.

ス保持力が小さく、衝撃試験を行った供試体W9では、ガラスが窓枠から容易に脱落し、防火窓の規格を満足しなかった。

ガラス押さえみこみ厚さ20mm、ガラス挿入深さ30mmの供試体について、発泡材の組み込み方法と燃え抜け時間との関係を第4図に示した。しっくい型発泡材を充填した供試体は18分過ぎに燃え抜け、基準を満たさなかった。一方、板状発泡材を挿入する方法は、挿入位置にかかわらず20分以上の遮炎性を示し、挿入位置の違いによる遮炎性能の差は小さかった。また、ガラス端部に側面に発泡材を併用しても、それぞれ単独の使用と大差はなかった。

建築用シーリング材の中ではシリコン系のものが耐着火性に優れると報告されている¹¹⁾。しかし、通常用いられている非防火型のシリコン系シーリング材を用いた供試体W2、4は14分過ぎにシーリング材から発炎し、枠材に燃え移った。これは、ガラスを通過する輻射熱でシーリング材が加熱され、熱分解を起こすためであると考えられる。このため、



第5図 ガラス押さえみこみ厚さと燃え抜け時間の関係

Fig.5. Relation between the thickness of wood stop and the penetrating time.

注：ガラス挿入深さ：30mm
Note: Insertion depth of glass into the wood : 30mm

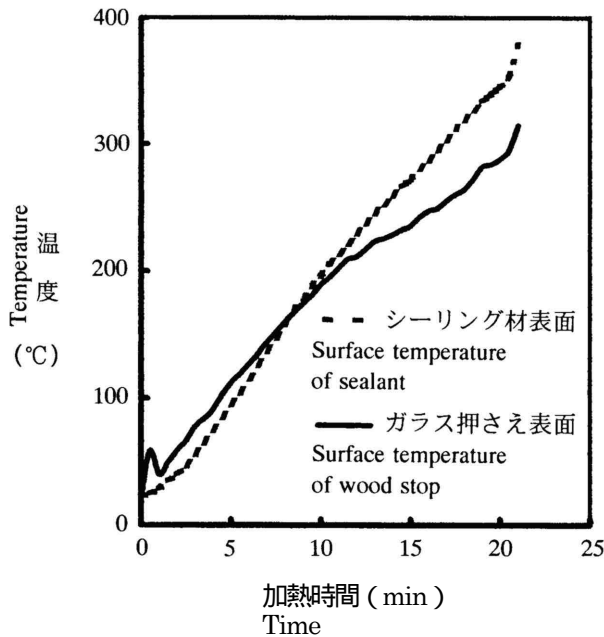
シーリング材にはダクトの充填等に用いられている防火型シーリング材を用いる必要があった。

ガラスを保持するためのスペーサーにセラミックファイバーボードを用いた供試体W13は、発泡材を併用しなくても20分以上の性能を示した。ただし、今回用いたセラミックファイバーは吸水性で水を保持する性質がある。網入りガラスの切り口部は鋼材が露出しているため、水分で錆びる危険性があり、この錆はガラスに亀裂を生じる原因となることがある。したがって、錆を防ぐために何らかの防水処理が必要とされる。このような問題が解消されるなら、無機系材料をスペーサーに用いて燃え抜けを防ぐことも可能であることが示唆された。

発泡材をガラス端部に挿入した供試体のガラス押さえみこみ厚さと燃え抜け時間の関係を第5図に示した。みこみが厚くなるほど燃え抜けるまでの時間が長くなり、みこみ厚さが20mm以上で20分以上の遮炎性を示した。第5図から、ガラス押さえのみこみ厚さと燃え抜け時間は、

$$\text{燃え抜け時間} = 0.67 \times \text{みこみ厚さ} + 8$$

(相関係数 : 0.96)



第6図 供試体W10の非加熱側温度変化

Fig.6. Relation between the heating time and the unexposed temperature of W10 wooden window specimen.

で表すことができる。ここで、みこみ厚さの係数0.67mm/minは燃え抜け速度と考えることができ、これは同程度の比重を持つ木材の炭化速度0.6~0.7mm/min¹²⁾にほぼ相当する。木材の炭化速度は比重の影響を受け、比重が大きくなるほど炭化速度が小さくなることが知られている¹²⁻¹⁴⁾。このため、広葉樹のように比重の大きい材料をガラス押さえに使用することも、燃え抜けを遅らせるために有効であると考えられる。

供試体W5と6、供試体W9と10はガラス押さえの固定方法が異なっている。しかし、ビス間隔を狭くし、相じゃくり加工を施す効果は認められなかった。

3.3 非加熱側温度および輻射量

防火戸の評定内規には、遮熱力についての付帯条件が定められており¹⁵⁾、その概要は次のとおりである。

- ・ 枠材から3cm離れた位置での銅板の温度が260を超える場合は、防火戸の周囲を不燃材料で造ること。
- ・ 試験体裏面から1m離れた位置で測定した輻射量の最高値が、1.0W/cm²以上の場合には、防火戸の周

第4表 加熱20分後の非加熱側温度および輻射量
Table 4. Average temperature and the irradiance of unexposed side of window specimen after fire exposure 20 minutes.

供試体 Specimen	非加熱側温度 Average temperature of unexposed side (°C)		輻射量 Irradiance (W/cm ²)
	シーリング材 表面 Surface of sealant	ガラス押さえ 表面 Surface of wood stop	
W3	313	244	0.53
W5	302	220	0.58
W6	259	264	0.56
W7	320	236	
W8	273	224	
W9	210	246	0.56
W10	299	275	0.56
W11	213	259	0.56
W13	302	241	0.57

囲を不燃材料で造ること。

これは、遮熱力が劣る場合、防火戸の周囲に可燃性材料が使用されると、熱伝導や輻射熱により材料が発炎する危険性があるためである。

非加熱側シーリング材の表面温度およびガラス押さえ材の表面温度の経時変化の一例を第6図に示した。どちらもほぼ一定に温度が上昇し、加熱20分には300前後に達した。

20分加熱時のシーリング材表面温度およびガラス押さえ表面温度を第4表に示した。シーリング材は発泡材の発泡によって部分的に押し出され、このため熱電対の熱接点がシーリング材中に埋没したり、アルミテープの脱落が生じた供試体があった。このために、シーリング材表面温度が210 から320まで異なると考えられる。多くの場合、非加熱側シーリング材の表面温度は300前後まで高くなった。また、非加熱側ガラス押さえは250前後に達した。これが、非加熱側押し縁の変色・炭化の原因であり、非加熱側部材は着火しやすい状態となっていることが表面温度によっても示された。より安全性の高い防火窓を開発するには、窓枠の改良だけではなく、数枚のガラス間に熱感応型発泡剤を充填した発泡性防火ガラス¹⁶⁾などが必要になると思われる。

加熱20分後の非加熱側輻射量は、第4表に示したように0.5~0.6W/cm²の範囲にあった。

4. 結論

- 1) ガラス端部に発泡材を挿入する方法は燃え抜け防止に効果があったが、発泡圧によってガラスを変形させる傾向が見られた。ガラス側面に発泡材を挿入する方法も燃え抜け防止に同程度の効果を示したが、枠材炭化後のガラス保持力が小さく衝撃試験でのガラスの脱落が生じた。しっくい型発泡材を充填する方法は、燃え抜け防止効果が小さかった。
- 2) ガラスを押さえるスペーサーに耐熱性無機材料を用いると、燃え抜け時間を長くすることが可能であった。
- 3) 非防火型のシーリング材を用いると、ガラスを通過する輻射熱によって20分以前にシーリング材に着火し、次いで枠材に燃え移った。このため、シーリング材にはダクトの充填等に用いられている防火型のシーリング材を用いる必要があった。
- 4) ガラス押さえの大きさが20×20mm以上であれば、燃え抜けは生じなかった。
- 5) 非加熱側のシーリング材表面温度、ガラス押さえ表面温度は20分加熱後に250℃を超え、着火しやすい状態となっていた。
- 6) 以上のことから、木製サッシのガラス押さえのみこみ厚さ20mm以上、ガラス挿入深さ20mm以上とし、発泡材をガラス端部に挿入し、防火型シーリング材を使用すると乙種防火戸の規格を満足することが明らかになった。

文献

- 1) 建設省告示第1125号.
- 2) 菊地伸一, 駒沢克己, 飯田信男: 林産試験場報, Vol. 8, No. 5, 8-15 (1994).
- 3) 菊地伸一, 駒沢克己, 高柳春幸, 船橋征一: 林産試験場報, Vol. 9, No. 2, 1-11 (1995).
- 4) 堤 祥行: 建材情報, No. 134, 15-26 (1979).
- 5) 堤 祥行: 同上, No. 150, 32-37 (1995).
- 6) 岸谷孝一: 建築防火材料, 技術書院, 1973, p. 37.
- 7) 山田 誠: 第40回日本木材学会大会研究発表要旨集, 348 (1990).
- 8) 増田秀昭, 齊藤文春: 日本建築学会大会学術講演梗概集, 823-824 (1986).
- 9) 田中 清, 中村賢一, 最上滋二, 笠原 薫: 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1007-1008 (1990).
- 10) 藤川 慧: GBRC, No. 62, 50-52 (1991).
- 11) 棚池 裕, 小國勝男: 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1243-1244 (1993).
- 12) 山田 誠 ほか4名: 昭和63年度日本火災学会研究発表概要集, 1988, 71-72.
- 13) B. J. Noren, B. A. -L. Ostman: Fire Safety Science- Proceedings of the First International Symposium, USA, October 7-11, 1985, 325-335.
- 14) R. M. Nussbaum: *Journal of FIRE SCIENCES*, 6, 290-307 (1988).
- 15) 日本建築センター: 防火戸評定内規.
- 16) 橋 一郎, 清川 博: 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1059-1060 (1991).

—性能部 耐久性能科—
(原稿受理: 1996. 4. 19)