

屋根に求められる防耐火性能と評価・試験の現状

(財)日本建築総合試験所
耐火防火試験室 室長 田坂茂樹

1. はじめに

防火材料、防耐火構造は建物火災の過程において出火及び火災拡大の性状、人の避難、建物の構造安全性に大きく関わり、それらに多大の影響を与えています。防火材料、防耐火構造の重要な目的は万一火災が起こった場合に火災の各段階に応じて急激な火災拡大を抑え、人命を守ることにあります。また、火災による建築物の倒壊、隣接建物への延焼を防止することです。

火災の各段階に応じて建築防火対策が必要となります。出火から始まる火災の一般的な過程は次のようなものです。

＜火災初期＞

- ① 出火後しばらくの間、燃焼は火災室にとどまり、初期においてはあまり火災室の温度は上昇しません。このときの状況は出火場所の近くの可燃物が燃焼しているだけです。
- ② 時間が経過するに従い、燃焼範囲は徐々に拡大し、火災室の室温も少しずつ上昇し出します。

＜火災成長期＞

- ③ 数分時間が経過するとフラッシュオーバーと呼ばれる現象が起こり、火災室全体が火炎に包まれ、火災室の室温が急激に上昇します。このときの状況は窓ガラスが破れ、火炎が開口部より噴き出します。

＜火盛り期＞

- ④ フラッシュオーバー後、火災室の室温はほぼ安定し、大きな変化はなく定常的な燃焼が続きます。このときの状況は火災室の室温が1000℃前後となります。

＜区画の延焼＞

- ⑤ 火災室の壁、天井、床の区画部材が燃え抜けて隣接室への延焼が起こります。
また、時間がある程度経過すると柱、はりの荷重支持構造部材が高温加熱により崩壊し建物全体が崩壊することもあります。

＜建物間の延焼＞

- ⑥ 火災建物の開口部からの火炎噴出、炎上した建物からの輻射熱や火の粉により隣接建物への延焼が起こります。また、延焼が拡大すると市街地火災となります。

以上のような火災過程において建築防火対策を効果的に行うためにはもっとも適した対策を立てる必要があります。防火材料、防耐火構造等は効果的な防火対策を実現するための具体的な手法となっています。防火材料、防耐火構造、防火設備等は性能の高低に合わせ級別され、これらを建物の用途、規模、構造、地域条件等に応じて使い分けを行っています。基本的な建築防火対策は次のようなものです。

- ① 出火を防止します。また、出火した場合でも初期火災に至らないようにします。このためには出火源及びその周囲の可燃物以外には燃焼を広げない必要があり壁や天井の内装を通常の燃焼では着火しないまたは着火しにくい防火材料で仕上げるのが重要となります。
- ② 内装材料に着火したとしても初期火災の燃焼拡大及びフラッシュオーバーの発生防止または遅延を行い、初期消火及び避難のための時間を確保します。このためには壁や天井の内装を防火材料で仕上げ、燃焼拡大を促進する熱や炎を出さないようにします。
- ③ フラッシュオーバーが起こると熱及び有害な煙、ガスが大量に発生し、避難を妨げます。これを防ぐために発熱量が少なく、有害な煙、ガスの発生が少ない内装材料を使う必要があります。
- ④ 火盛り期において火災が発生した室または区画で火災を遮断し、隣室や他の区画への延焼拡大を防止します。このためには室及び区画を構成する壁や床等は耐火構造、準耐火構造で施工し、開口部には防火設備（防火戸等）を設置します。これにより区画等の燃え抜けを防ぎます。
- ⑤ 荷重支持構造部材である柱、はりが崩壊することによりこれらに支持されている区画部材が崩壊することを防ぎ、建物倒壊を防止します。これらの荷重支持構造部材についても耐火構造、準耐火構造で施工し、火災時の燃焼による高

温下においても荷重を支持し続けるようにします。

- ⑥隣接建物からの延焼防止は外壁、屋根、開口部、軒裏等が建物外部からの加熱に対して燃え抜けないようにします。
このために要求される性能に応じて耐火構造、準耐火構造、防火構造、準防火構造、防火設備を使い分けます。
- ⑦市街地火災の防止には要求される性能に応じて耐火構造、準耐火構造、防火構造、準防火構造、防火設備のうち、より性能の高いものを使い分けます。

表－１ 火災過程と防火対策に用いられる防火材料等

火災過程	建築物部位	防火対策に用いられる防火材料等
出火	壁、天井、屋根	不燃材料、準不燃材料、難燃材料
初期火災	壁、天井	同上
フラッシュオーバー	壁、天井	同上
火盛り期	壁、床、屋根、開口部柱、はり	耐火構造、準耐火構造、防火設備、特定防火設備
隣棟火災	屋根、軒裏、外壁、開口部	耐火構造、準耐火構造、防火構造、準防火構造、屋根防火構造、防火設備、特定防火設備 屋根葺き材構造
市街地火災	隣棟火災に同じ	隣棟火災に同じ

2. 防火材料

2.1 要求性能の概要

防火材料は建築基準法(以下、法と呼ぶ)上の用語ではないが、建築物の内装不燃化等に用いられる不燃材料、準不燃材料、難燃材料の総称として用いられています。防火材料は火災初期、火災成長期において燃焼拡大をしない又は促進させないための材料で、火災過程と材料の高温性状との対応で分類されています。このうち、屋根に関係するのは不燃材料であり、法において以下のように定義されています。

法第2条第九号 不燃材料

建築材料のうち、不燃性能（通常の火災時における火熱により燃焼しないことその他の政令で定める性能をいう。）に関して政令で定める技術的基準に適合するもので、国土交通大臣が定めたもの又は国土交通大臣の認定を受けたものをいう。

建築基準法施行令(以下、令と呼ぶ)第108条の2 不燃性能及びその技術的基準

法第2条第九号の政令で定める性能及びその技術的基準は、建築材料に、通常の火災による火熱が加えられた場合に、加熱開始後20分間次の各号（建築物の外部の仕上げに用いるものにあつては、第一号及び第二号）に掲げる要件を満たしていることとする。

- 一 燃焼しないものであること。
- 二 防火上有害な変形・溶融・亀裂その他の損傷を生じないものであること。
- 三 避難上有害な煙又はガスを発生しないものであること。

また、国土交通大臣の定めるものとして平成12年建設省告示第1400号に定められたコンクリート、れんが、瓦、陶磁器質タイル、石綿スレート、繊維強化セメント板、ガラス繊維混入セメント板(厚3mm以上)、繊維混入ケイ酸カルシウム板、鉄鋼、アルミニウム、金属板、ガラス、モルタル、しっくい、石、せっこうボード(厚12mm以上)、ロックウール、グラスウールが該当します。

国土交通大臣の認定を受けたものとは、指定性能評価機関が定めた試験評価業務方法書に基づき不燃性試験(ISO 1182)又は発熱性試験(ISO 5660-1)およびガス有害性試験並びに性能評価を実施し、国土交通大臣に申請、認定されたものです。現在、すでに指定性能評価機関により不燃材料として約3000件の評価が行われ、認定を受けています。最近の認定品にはいくつかの材料を積層した仕様が多くあります。

2.2 試験方法の概要

指定性能評価機関では、試験方法を業務方法書として規定しています。試験法は、原則的に国際調和等の観点からISO国際標準化機構で定められている試験法を採用しています。但し、一部旧試験法を引き継いだ形で日本独自の試験法も取り入れられています。

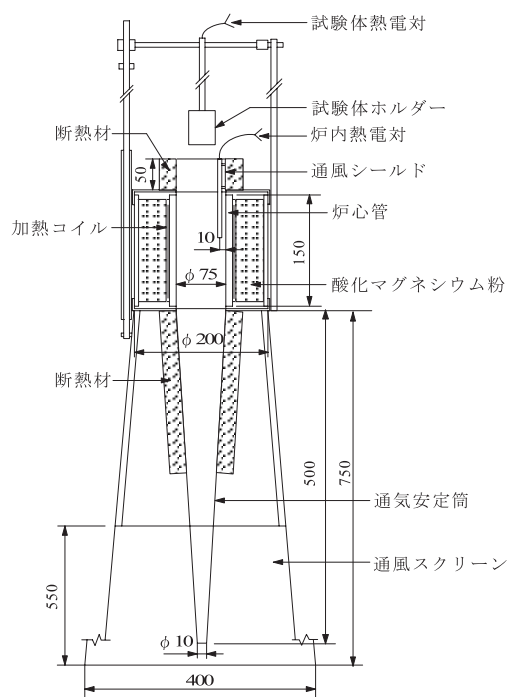
不燃材料の試験(20分性能)には、不燃性試験と発熱性試験及びガス有害性試験の3種類の試験が規定されています。不燃性試験と発熱性試験は、そのどちらか一方の試験を実施すればよい。それにより、「燃焼しないこと。防火上有害な変形・

溶融・亀裂その他の損傷を生じないこと。」が評価されます。また、ガス有害性試験により、「避難上有害な煙・ガスを発生しないこと。」について評価されます。

1) 不燃性試験 (ISO 1182)

旧試験法の基材試験と同様の試験法で、ISO 1182不燃性試験に準拠した試験法です。建築材料の不燃性を評価する試験で、750℃に安定した電気炉中に試験体(φ4.5×5cm)を挿入し、その時の温度上昇値及び質量減少率により判定する(試験時間20分間)。無機質系で若干の有機質分を含む材料の評価を想定した、構成材が材質として不燃性を有するかどうかの試験法。

[判定基準：温度上昇20℃以下。質量減少率30%以下。]



図－1 不燃性試験装置



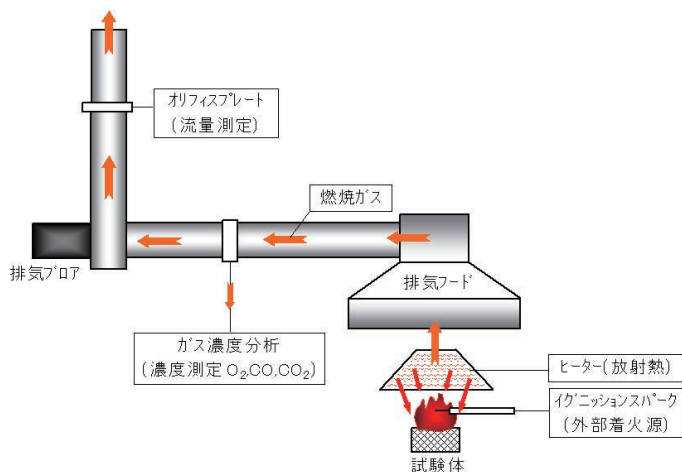
写真－1 不燃性試験

2) 発熱性試験 (ISO 5660-1)

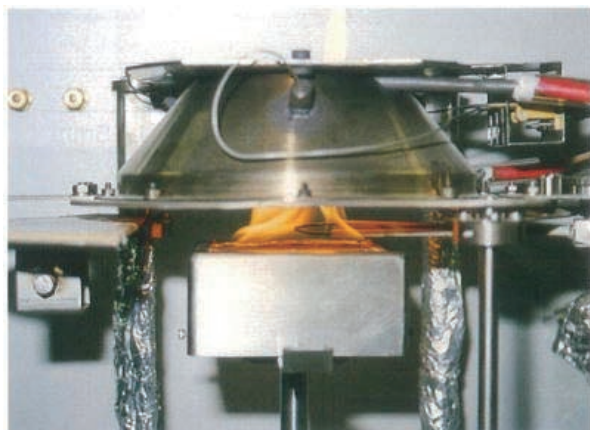
建築材料の表面側の燃焼性状を評価する試験法で、ISO 5660-1に準拠した試験法です。建築材料の受輻射加熱状況下での発熱性を求めるもので、通称コーン計試験法とも呼ばれます。

試験体(10×10cm)を水平に置き、その上方からコーン型の電気ヒーターにより50kW/m²の輻射加熱(フラッシュオーバー時の輻射強度に近い値)を与え、電気スパークの口火により着火させ、その時の発熱量により燃焼性を判定します(試験時間20,10,5分間)。発熱量の測定は燃焼ガス分析による酸素消費量から行われます。更に、試験体の亀裂や溶融について目視により評価します。

[判定基準：総発熱量 8 MJ/m²以下。発熱速度が10秒以上継続して200kW/m²を超えないこと。防火上有害な裏面まで達する亀裂及び穴がないこと。]



図－2 発熱性試験概要



写真－2 発熱性試験

3. 耐火構造

3.1 要求性能の概要

火盛期以降、火災が発生した室または区画で火災を遮断、隣室や他の区画への延焼拡大を防止、火熱による建物崩壊を防止する、又は、隣接建物からの延焼を防止するために耐火構造、準耐火構造、防火構造、準防火構造等が法律上要求されています。このうち、屋根に係るものは耐火構造、準耐火構造、準耐火建築物と同等の屋根構造、防火壁を設けた部分の屋根構造があります。

(1) 耐火構造

法第2条第七号

壁、柱、床その他の建築物の部分の構造のうち、耐火性能(通常の火災が終了するまでの間当該火災による建築物の倒壊及び延焼を防止するために当該建築物の部分に必要とされる性能をいう。)に関して政令で定める技術的基準に適合する鉄筋コンクリート造、れんが造その他の構造で、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものをいう。

令第107条

法第2条第七号の政令で定める技術的基準は、次に掲げるものとする。

- 一 次の表に掲げる建築物の部分にあっては、当該部分に通常の火災による火熱がそれぞれ次の表に掲げる時間加えられた場合に、構造耐力上支障のある変形、溶融、破壊その他の損傷を生じないものであること。

建築物の階 建築物の部分		最上階及び最上階から数えた階数が2以上で4以内の階	最上階から数えた階数が5以上で14以内の階	最上階から数えた階数が15以上の階
壁	間仕切壁(耐力壁に限る。)	1 時間	2 時間	2 時間
	外壁(耐力壁に限る。)	1 時間	2 時間	2 時間
柱		1 時間	2 時間	3 時間
床		1 時間	2 時間	2 時間
はり		1 時間	2 時間	3 時間
屋根		30分間		
階段		30分間		

- 一 この表において、第2条第1項第八号の規定により階数に算入されない屋上部分がある建築物の部分の最上階は、当該屋上部分の直下階とする。
- 二 前号の屋上部分については、この表中最上階の部分の時間と同一の時間によるものとする。
- 三 この表における階数の算定については、第2条第1項第八号の規定にかかわらず、地階の部分の階数は、すべて算入するものとする。

二 壁及び床にあっては、これらに通常の火災による火熱が1時間（非耐力壁である外壁の延焼のおそれのある部分以外の部分にあっては、30分間）加えられた場合に、当該加熱面以外の面（屋内に面するものに限る。）の温度が当該面に接する可燃物が燃焼するおそれのある温度として国土交通大臣が定める温度（以下「可燃物燃焼温度」という。）以上に上昇しないものであること。

三 外壁及び屋根にあっては、これらに屋内において発生する通常の火災による火熱が1時間（非耐力壁である外壁の延焼のおそれのある部分以外の部分及び屋根にあっては、30分間）加えられた場合に、屋外に火炎を出す原因となるき裂その他の損傷を生じないものであること。

通常火災が終了するまで、その建築物が倒壊しないこと及び屋外に火炎を出さず、隣棟等に延焼させない構造です。また、火災終了後においても耐火性能を担保する必要が在ります。

国土交通大臣の定めるものとして平成12年建設省告示第1399号に定められ、一定以上の厚さをもつ鉄筋コンクリート造屋根等が該当します。

国土交通大臣の認定を受けたものとは、指定性能評価機関が定めた試験評価業務方法書に基づきISO834に準拠した耐火加熱試験又は耐火載荷加熱試験並びに性能評価を実施し、国土交通大臣に申請、認定されたものです。現在、すでに指定性

能評価機関により屋根の耐火構造として約1000件の評価が行われ、認定を受けています。

(2) 準耐火構造

法第2条第七号の二

壁、柱、床その他の建築物の部分の構造のうち、準耐火性能(通常の火災による延焼を抑制するために当該建築物の部分に必要とされる性能をいう。第九号の三口及び第27条第1項において同じ。)に関して政令で定める技術的基準に適合するもので、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものをいう。

令第107条の2

法第2条第七号の二の政令で定める技術的基準は、次に掲げるものとする。

- 一 次の表に掲げる建築物の部分にあっては、当該部分に通常の火災による火熱が加えられた場合に、加熱開始後それぞれ次の表に掲げる時間構造耐力上支障のある変形、溶融、破壊その他の損傷を生じないものであること。

壁	間仕切壁(耐力壁に限る。)	45分間
	外壁(耐力壁に限る。)	45分間
柱		45分間
床		45分間
はり		45分間
屋根(軒裏をのぞく。)		30分間
階段		30分間

- 二 壁、床及び軒裏(外壁によって小屋裏又は天井裏と防火上有効に遮られているものを除き、延焼のおそれのある部分に限る。第115条の2の2第1項及び第129条の2の3第一項において同じ。)にあっては、これらに通常の火災による火熱が加えられた場合に、加熱開始後45分間(非耐力壁である外壁の延焼のおそれのある部分以外の部分及び軒裏(外壁によって小屋裏又は天井裏と防火上有効に遮られているものを除き、延焼のおそれのある部分以外の部分に限る。)にあっては、30分間)当該加熱面以外の面(屋内に面するものに限る。)の温度が可燃物温度以上に上昇しないものであること。

- 三 外壁及び屋根にあっては、これらに屋内において発生する通常の火災による火熱が加えられた場合に、加熱開始後45分間(非耐力壁である外壁の延焼のおそれのある部分以外の部分及び屋根にあっては、30分間)屋外に火炎を出す原因となるき裂その他の損傷を生じないものであること。

法第27条第1項ただし書(耐火建築物又は準耐火建築物としなければならない特殊建築物)略

令第115条の2の2第1項第一号(耐火建築物とすることを要しない特殊建築物の技術的基準)略

通常の火災による延焼を抑制する耐火構造に準ずる構造で、主として木構造を対照としています。この構造は火災時に一定時間(30分、45分又は1時間)までの性能を担保する必要があります。

国土交通大臣の定めるものとして平成12年建設省告示第1358号に定められています。

国土交通大臣の認定を受けたものとは、耐火構造と同じく指定性能評価機関において試験並びに性能評価を実施し、国土交通大臣に申請、認定されたものです。現在、すでに指定性能評価機関により屋根の準耐火構造として約20件の評価が行われ、認定を受けています。

します。加熱は炉内温度がISO834の標準加熱温度曲線となるよう、試験体下部から30分間または20分間の加熱を実施します。

加熱終了後、加熱時間の3倍の時間(1時間30分)、そのまま、試験体を放置して冷却する。準耐火構造については加熱時間をもって終了します。

[判定基準：最大たわみ量、最大たわみ速度、火炎の発炎、貫通にて判断]

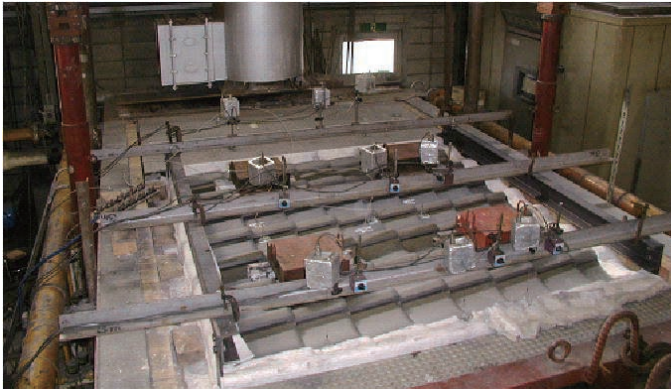


写真-3 瓦屋根耐火構造試験



写真-4 折板屋根耐火構造試験

4. 屋根の構造

4.1 要求性能の概要

炎上した建物からの火の粉により隣接建物への火災発生、延焼を防止するためには必要とされる屋根葺き材の構造です。

法第22条第1項

特定行政庁が防火地域及び準防火地域以外の市街地について指定する区域内にある建築物の屋根の構造は、通常の火災を想定した火の粉による建築物の火災の発生を防止するために屋根に必要とされる性能に関して建築物の構造及び用途の区分に応じて政令で定める技術的基準に適合するもので、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものとしなければならない。ただし、茶室、あずまやその他これらに類する建築物又は延べ面積が10㎡以内の物置、納屋その他これらに類する建築物の屋根の延焼のおそれのある部分以外の部分については、この限りでない。

令第109条の5

法第22条第1項の政令で定める技術的基準は、次の各号(不燃性の物品を保管する倉庫その他これに類するものとして国土交通大臣が定める用途に供する建築物又は建築物の部分で、屋根以外の主要構造部が準不燃材料で造られたものの屋根にあっては、第一号)に掲げるものとする。

- 一 屋根が、通常の火災による火の粉により、防火上有害な発炎をしないものであること。
- 二 屋根が、通常の火災による火の粉により、屋内に達する防火上有害な溶融、き裂その他の損傷を生じないものであること。

法第63条

防火地域又は準防火地域内の建築物の屋根の構造は、市街地における火災を想定した火の粉による建築物の火災の発生を防止するために屋根に必要とされる性能に関して建築物の構造及び用途の区分に応じて政令で定める技術的基準に適合するもので、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものとしなければならない。

令第136条の2の2

法第63条の政令で定める技術的基準は、次の各号(不燃性の物品を保管する倉庫その他これに類するものとして国土交通大臣が定める用途に供する建築物又は建築物の部分でその屋根以外の主要構造部が準不燃材料で造られたものの屋根にあっては、第一号)に掲げるものとする。

- 一 屋根が、市街地における通常の火災による火の粉により、防火上有害な発炎をしないものであること。
- 二 屋根が、市街地における通常の火災による火の粉により、屋内に達する防火上有害な溶融、き裂その他の損傷を生じないものであること。

屋根の不燃区域、防火地域及び準防火地域の屋根の構造は、火の粉による火災の発生を防止するための性能が必要です。

国土交通大臣の定めるものとして平成12年建設省告示第1361号、平成12年建設省告示第1365号に定められ、不燃材料で造るか、又はふく等の構造等が該当します。

国土交通大臣の認定を受けたものとは、指定性能評価機関が定めた試験評価業務方法書に基づきISO FDIS12468-1に準拠した屋根葺き材の飛び火性能試験並びに性能評価を実施し、国土交通大臣に申請、認定されたものです。現在、すでに指定性能評価機関により約1000件の評価が行われ、認定を受けています。認定品には、50mmを超える有機断熱材を用いた仕様の屋根葺き材等があります。

4.2 試験方法の概要

屋根に求められる性能は法において「通常の火災(または市街地における火災)を想定した火の粉による建築物の火災の発生を防止するために屋根に必要な性能」と明確化されました。「通常の火災」と「市街地における通常の火災」との違いは、火災の際に発生が想定される火の粉の量が、住宅の密集度により差が生じることによるもので、市街地における通常の火災の方が多くなるとされました。

屋根葺き材の構造の性能試験法は省令により試験方法の要件を示し、それに合致する具体的な試験法は、指定性能評価機関が定めることとされました。

指定性能評価機関では、屋根の飛び火性能試験方法を業務方法書として規定しています。試験法は、原則的に国際調和等の観点からISO国際標準化機構で定められている試験法を採用しています。

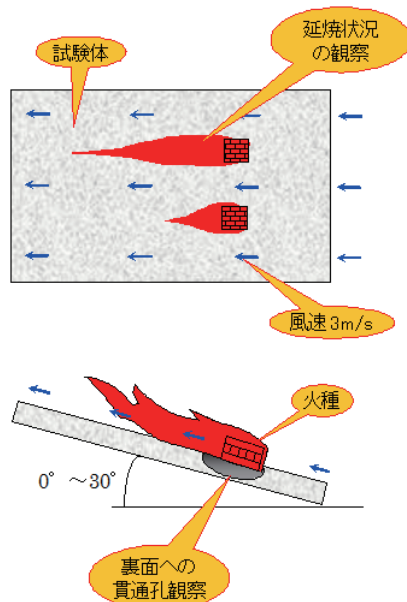
送風装置による一定気流下で火災時の火の粉を想定した火源により加熱を行い、屋根の構造としての飛び火性能を評価する試験法です。ISO FDIS12468-1に準拠した試験法ですが、一部日本の実情に合わせて改良されています。

一定の傾斜角に設置された試験体(幅1.2m×長さ2.0m)の上面に、火災時の火の粉を想定した木材クリブ(ブナ材)の火種を設置し加熱します。その時送風機により試験体に風速3 m/sの風が当たるようにします。

木材クリブは、法22条区域の通常の火災に相当する火種として、大きさ4×4×4 cm、質量33gのもの2個を用います。また、法63条(防火地域、準防火地域)の市街地における火災を想定した火種としては、大きさ8×8×6 cm、質量155gのもの2個を用います。

試験時間は30分で、その間試験体表面に沿った火炎の拡大や変化及び試験体を貫通する燃え抜け及び裏面での着火の有無について計測します。

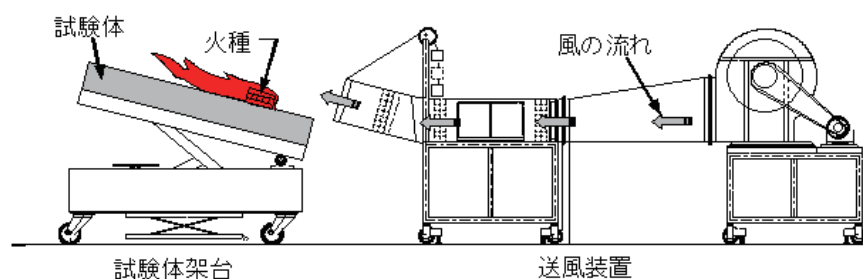
[判定基準：火炎の先端部が、試験体の端部まで達しないこと。試験体裏面で火炎を伴う燃焼が観測されないこと。1×1 cmを超える貫通孔が観察されないこと。]



図－４ 試験イメージ



写真－５ 試験状況



図－５ 試験装置概要

7. おわりに

最近、太陽電池パネルを含くんだ屋根や採光部を設けた屋根の性能評価が増加してきています。また、屋上緑化された屋根の取り扱いについては、現状、屋根構造本体とは別のものとして付帯設備としています。今回、屋根構造の防耐火構造に関する要求事項と試験方法をまとめましたが、屋根構造等の性能評価については(財)日本建築総合試験所 耐火防火試験室(TEL06-6872-0391 FAX06-6872-0784 E-mail:info@gbrc.or.jp)までお問い合わせをお願いします。