

防耐火ガラスに関する
北米の防耐火性能評価等の調査

2026年3月

一般社団法人 板硝子協会

目次

1.はじめに	3
2 調査訪問機関	3
3. 調査項目	4
4. 調査結果	4
4.1 US の防火法規における法体系	4
4.2 US における防火法規・規格.....	6
4.2.1 ICC (International Code Council)	6
4.2.2 ANSI(American National Standard Institute).....	6
4.3 日本と US との防火法規の比較	7
4.3.1 防火地域・準防火地域.....	7
4.3.2 延焼のおそれのある部分と要求性能	7
4.3.3 耐火間仕切壁・開口部の要求性能(遮炎性と遮熱性)	12
(1) 面積区画.....	14
(2) 竪穴区画.....	15
4.3.4 防火、防災関連各種規定	16
(1) スパンドレル	16
(2) 非常用進入口	17
(3) 防煙垂れ壁	18
(4) 避難階段や、その出入口の要求性能と仕様.....	19
(5) スプリンクラー等の設置による設計上の緩和措置	20
(6) 屋外避難階段	21
4.4 防火窓の評価試験方法.....	22
4.4.1 標準加熱温度曲線.....	22
4.4.2 炉圧の制御	23
4.4.4 遮熱性能の評価	25
4.4.5 屋根材の耐火性能評価.....	26
4.4.6 耐火試験炉の仕様.....	26
4.5 認証手順	27
4.5.1 Underwriters Laboratories の役割	27
4.6 US で使用されている防耐火ガラス	28
5 まとめ.....	28

添付資料

- 参考資料 1 : 各国の防火法規比較
- 参考資料 2 : 板協 調査事前資料
- 参考資料 3 : 建築学会梗概(2025)
- 参考資料 4 : 建築学会発表資料(2025)
- 参考資料 5 : 訪問・視察記録 (写真)

1.はじめに

2015年に欧州（イギリス・ドイツ）、2017年にはアジア諸国（シンガポール・台湾）におけるガラスを用いた防火戸、屋根、並びに耐火間仕切壁に関する法規、試験炉、試験法、認定手順等について、ガラスに関する防火法規や試験方法などを整理し、日本の防火法規との比較を行った。¹⁾²⁾ 結果として、防火区画には遮熱型のガラスが使用される部位が日本より多いことや、試験方法の考え方や耐火試験炉の仕様の違い、更には防火認定プロセスに対する運用の違いなどの情報が得られている。

一方、防火関連の法体系の中で、北米では連邦法や州法に基づき、モデルコードによって共通化させているなど、独自の法体系を確立させている傾向が見られる。特に、交通の要であるイリノイ州の都市シカゴは、1871年に発生したシカゴ大火から急速に機能回復させ、有名建築家によって数多くの新しいビルが建設されており、現在の建築にも大きく影響を与えている都市でもある。

欧州やアジア諸国に加えて、北米におけるガラスに関わる日本との防火法規や試験方法の違いを確認するため、特に今回は米国(以下、USと称す)を中心に、試験機関等を訪問、調査した。さらに、シカゴを中心に、訪問地周辺の建築物の視察も併せて実施した。

2 調査訪問機関

本調査は、USの建築・防火法規の基幹となる規格制定を担う認証・試験機関や、防耐火建材を取り扱う企業を調査対象とし、前述の法規、試験炉、試験方法、認定手順等のヒヤリング調査を実施した。調査対象機関は以下の通りである。

- 1) Underwriters Laboratories Limited Liability Company : 試験機関、評定機関
Address : 333 Pflingsten Road Northbrook, IL 60062 (Chicago, State of Illinois)
URL: <https://www.ul.com/>

- 2) Technical Glass Products : 防耐火ガラス加工・組立
Address : 7460 Ponderosa Road Perrysburg, OH 43551 (Toledo, State of Ohio)
URL: <https://www.fireglass.com/>

3. 調査項目

以下を主な調査項目とし、ヒヤリング調査を実施した。

- (1) 法体系
- (2) 防火対象範囲 ・ ・ ・ 延焼のおそれのある部分、防火区画など
- (3) 性能評価試験 ・ ・ ・ 遮炎性能・遮熱性能・放水性能の試験方法など
- (4) 試験設備 ・ ・ ・ 耐火試験関連の設備仕様など
- (5) 認証手順 ・ ・ ・ 認証方法、権限など
- (6) 防耐火ガラス ・ ・ ・ 使用されているガラス品種など

4. 調査結果

4.1 US の防火法規における法体系

US における防火法規は、連邦では定められておらず、日本の建築基準法に相当する国際建築基準(IBC=International Building Code)が、各州における州法や条例において採用されている。建築関連では国際規格協議会(ICC=International Code Council)、消防関連では全米防火協会(NFPA=National Fire Protection Association)などの民間組織によってモデルコードが作成されており、US における防火安全基準は、その基準・規格を基に、州ごとに独自性がある。

図 1 に、US における法体系の概要図を示し、以降、それぞれの役割や特徴を示す。

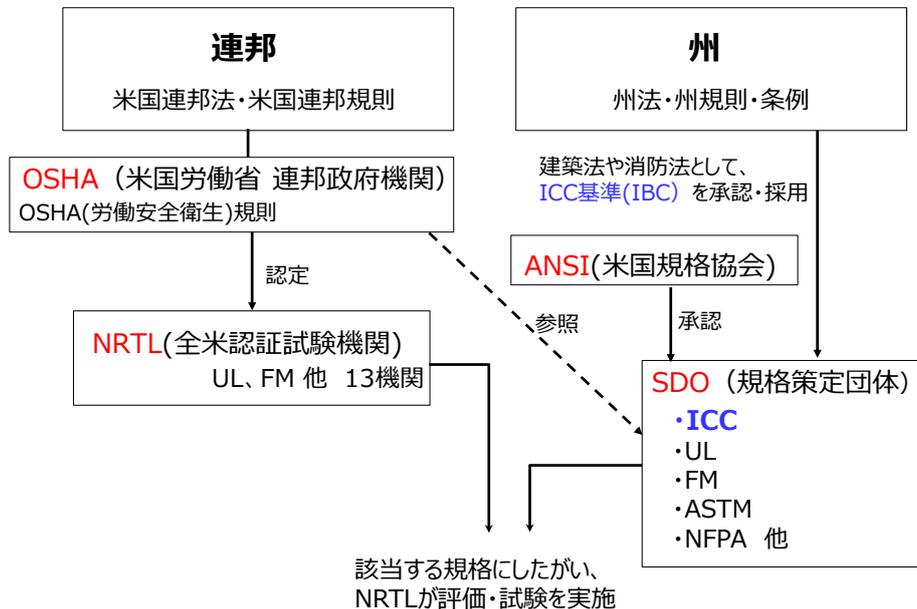


図 1 US における防火法規の法体系

(1) OSHA: Occupational Safety and Health Administration

[役割]

労働安全衛生の確保：職場での事故や健康被害を防ぐための規制を策定・施行。法的強制力のある基準の設定：労働安全衛生法（OSH Act）に基づき、事業者に義務を課す。

[特徴]

連邦政府機関：米国労働省（Department of Labor）の下に設置。強制力あり、OSHA 規定は法律として適用される。参照規格の活用：技術的詳細は ANSI、NFPA、ASTM などの民間規格を引用することが多い。

(2) ICC : International Code Council

[役割]

建築・防火・安全・環境などの I-Codes（モデルコード）を策定する非営利団体。製品評価・認証・技術支援・教育なども実施する。

[特徴]

3年ごとに I-Codes を改定。公開審議・投票制など透明性の高いプロセスが重視されている。米国のほぼ全ての州・自治体に採用されている。

(3) ANSI: American National Standards Institute

[役割]

アメリカ国内の標準化を統括する機関。

[特徴]

NFPA や ASTM などの規格を「ANSI 認定規格」として承認する。標準の承認・調整機関であり、技術基準の策定は行わない。

(4) NFPA: National Fire Protection Association

[役割]

防火・消防に関する技術基準を策定する非営利団体。

[特徴]

NFPA 13（スプリンクラー）、NFPA 70（電気安全）、NFPA 101（生命安全）などの規格を発行。標準策定団体であり、認証は行わない。

(5) ASTM: American Society for Testing and Materials

[役割]

材料・製品・試験方法に関する標準を策定。

[役割]

建材や防火材料の試験方法などを定義。標準策定団体であり、認証は行わない。

(6) UL : Underwriters Laboratories

[役割]

製品の安全試験・認証を行う民間機関。

[特徴]

NFPA や ASTM の規格に基づいて製品を試験し、UL 認証を付与。認証機関でもある。

(7) FM : Factory Mutual

[役割]

産業設備や製品の安全認証を行う機関。

[特徴]

火災リスク低減のための認証 (FM Approved) を提供。認証機関でもある。

4.2 US における防火法規・規格

US で使用されているほぼ全ての建築基準の基礎となっている国際建築基準(IBC)をはじめとした規格を制定している民間団体を示す。

4.2.1 ICC (International Code Council)

[I Codes]

- ・ 国際建築基準(IBC=International Building Code) : 主に第7章に防火関連内容が記載されている
- ・ 国際火災基準(IFC=International Fire Code) : 日本の消防法に相当する。
- ・ その他 IMC(International Mechanical Code), IRC(International Residential Code), 等もある。

4.2.2 ANSI(American National Standard Institute)

規格開発機構 (Standards Developing Organizations: SDO) によって作成され、米国国家規格として指定されている。SDO に属している民間団体で、ANSI によって承認されている規格を以下に示す。

(1)全米防火協会(NFPA=National Fire Protection Association)

消防系、消防隊や火災警報システムなどの設置基準

(2)防火ガラス関連の主な民間規格

①NFPA 規格(National Fire Protection Association)

防火窓やガラス : NFPA80 -Standard for Fire door and other opening Protective)

NFPA105-Standard for the Installation of Smoke Door Assemblies

②UL 規格(Underwriters Laboratories)

IBCやNFPAに準拠させるため、ULでは下記のように様々な試験方法を規格化している。

- ・ 防火戸、防火窓の試験・認証 : UL9, UL10B, UL10C, CAN/ULC-S104
- ・ 防火材料の試験・遮熱性 : UL263, CAN/ULC-S101

③ASTM 規格(America Society for Testing and Materials)

- ・ 防火試験方法 : ASTM E119

4.3 日本とUSとの防火法規の比較

4.3.1 防火地域・準防火地域

[日本の場合]

日本では都市計画に防火地域や準防火地域を設けて防火規制を行い、都市不燃化等を推進する規定となっている。防火地域、準防火地域については、建築基準法第 61 条で以下の通り規定されている。

防火地域及び準防火地域内の建築物

第 61 条 防火地域又は準防火地域内にある建築物は、その外壁の開口部で延焼のおそれのある部分に防火戸その他の政令で定める防火設備を設け、かつ、壁、柱、床その他の建築物の部分及び当該防火設備を通常の火災による過家の延焼を防止するためにこれらに必要とされる性能に関して防火地域及び準防火地域の別並びに建築物の規模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、門又は弊で、高さ 2m 以下のもの又は準防火地域内にある建築物（木造建築物等を除く）に附属するものについては、この限りではない。

[US の場合]

US では、過去の大火などの経験から州や都市（例えばシカゴなど）によって制限を厳しくすることはあるが、基本的には防火に関する地域の区分けがされていない。

4.3.2 延焼のおそれのある部分と要求性能

[日本の場合]

日本では建築物の外壁と防火区画の要求性能は区別している。建築物の外壁については、隣接する建築物等の火災により延焼するおそれのある部分と、その部分にある開口部について、建築基準法 第 2 条第六号、第九号の二 ロ、建築基準法施行令第 109 条、および第 109 条の 2 などに、それぞれ以下の通り規定されている。

定義

第 2 条 六 延焼のおそれのある部分 隣地境界線、道路中心線又は同一敷地内の 2 以上の建築物（延べ面積の合計が 500 m²以内の建築物は、一の建築物とみなす。）相互の外壁間の中心線から、一階にあっては 3m メートル以下、2 階以上にあっては 5m 以下の距離にある建築物の部分をいう。ただし、防火上有効な公園、広場、川等の空地若しくは水面又は耐火構造の壁その他これらに類するものに面する部分を除く。

該当部位

第 2 条 九の二 耐火建築物 次に掲げる基準に適合する建築物をいう。

- その外壁の開口部で延焼のおそれのある部分に、防火戸その他の政令で定める防火設備（その構造が遮炎性能（通常の火災時における火炎を有効に遮るために防火設備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に限り。）を有すること。

要求性能

第 109 条の 2 法第 2 条第九号の二の政令で定める技術的基準は、防火設備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 分間当該加熱面以外の面に火炎を出さないものであることとする。

[US の場合]

図 2, 図 3 に日本と US の延焼のおそれのある部分の一例を示す。US の場合は、隣地境界線からの距離として、住宅系建築物などでは 5 feet の離隔距離をとることがあるが、表 1, 図 4 のようにスプリンクラーの有無や離隔距離に応じて、開口部の防火性能や許容面積率を制限する規定がある。また、建物用途によってカテゴリ分けもされ、集会場・学校・オフィス・工場・住宅などによっても違いがあり、要求性能の強弱がつけられている。また、US には道路中心線からの距離の規定は無い。

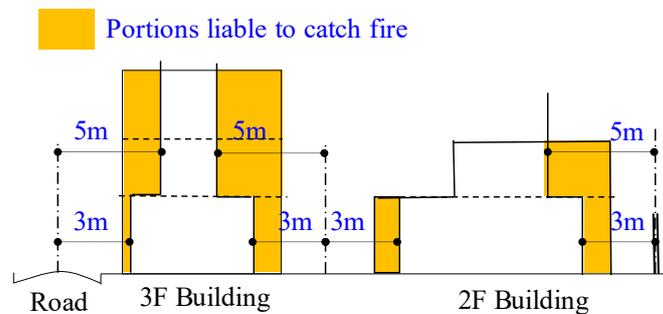


図 2 日本における延焼のおそれのある部分

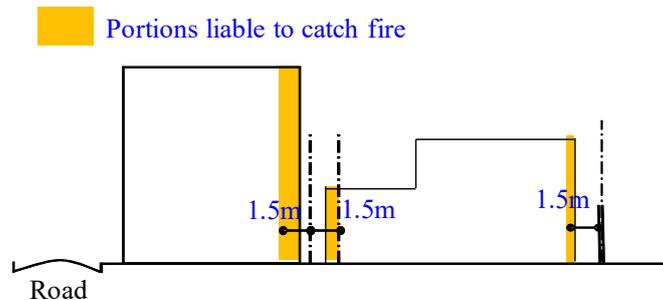
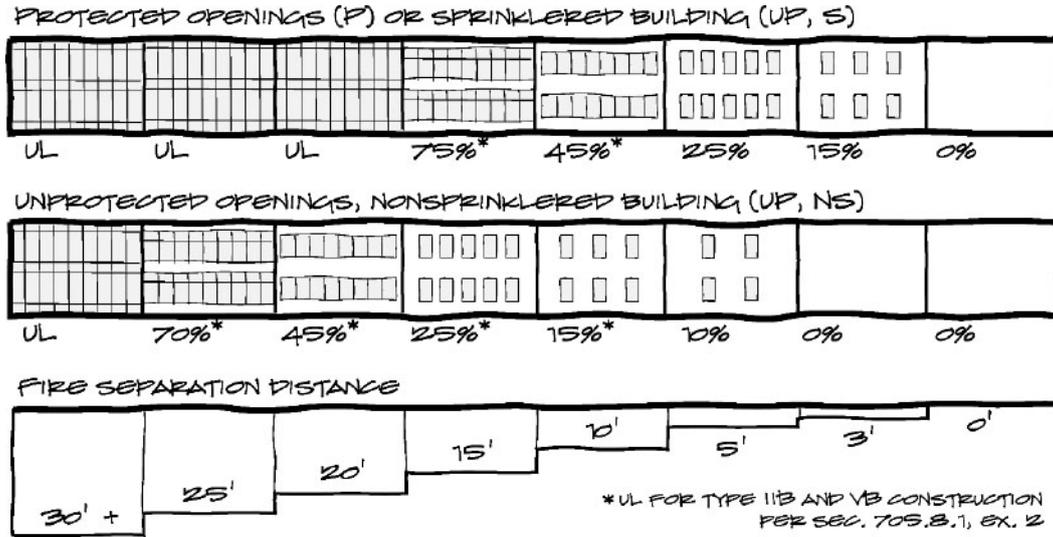


図 3 US における延焼のおそれのある部分の該当箇所(FSD=5feet の例)

表 1 離隔距離やスプリンクラー設置有無による外壁の開口部の許容面積率【IBC2024 table705.9】

FSD (feet)	開口部の防火性能/スプリンクラー有無	壁面に対する開口部許容面積率
0 ≤ FSD < 3 (0~91cm)	非防火窓 / スプリンクラー無	0%
	非防火窓 / スプリンクラー有	0%
	防火窓	0%
3 ≤ FSD < 5 (91~152cm)	非防火窓 / スプリンクラー無	0%
	非防火窓 / スプリンクラー有	15%
	防火窓	15%
5 ≤ FSD < 10 (152~305cm)	非防火窓 / スプリンクラー無	10%
	非防火窓 / スプリンクラー有	25%
	防火窓	25%
10 ≤ FSD < 15 (305~457cm)	非防火窓 / スプリンクラー無	15%
	非防火窓 / スプリンクラー有	45%
	防火窓	45%
15 ≤ FSD < 20 (457~610cm)	非防火窓 / スプリンクラー無	25%
	非防火窓 / スプリンクラー有	75%
	防火窓	75%
20 ≤ FSD < 25 (610~762cm)	非防火窓 / スプリンクラー無	46%
	非防火窓 / スプリンクラー有	制限なし
	防火窓	制限なし
25 ≤ FSD < 30 (762~914cm)	非防火窓 / スプリンクラー無	70%
	非防火窓 / スプリンクラー有	制限なし
	防火窓	制限なし
FSD ≥ 30 (914cm~)	非防火窓 / スプリンクラー無	制限なし
	非防火窓 / スプリンクラー有	制限なし
	防火窓	制限なし

*FSD=Fire Separation Distance (隣地境界線からの距離)



*UP=Unprotected, S=Sprinklered, NS=Non-sprinklered

図4 離隔距離やスプリンクラー設置有無による外壁の開口部の許容面積率【IBC2024(Chicago) Figure111】

外壁、および外壁の開口部に求められる要求性能(耐火時間)を表2、表3に示す。想定している火災加熱面は原則として室内側と室外側の両面であるが、離隔距離が10feet以上の場合は室内側からの加熱のみを満足すれば良い(図5)。

なお、表3の各種記号はIBCで要求性能として定義づけされているもので、表4を参照されたい。

表2 建物用途による外壁の要求耐火時間【IBC2024(Chicago) table602】

FSD (feet)	耐火時間(hour)		
	危険物取扱など	工場など	学校・事務所・住宅系など
0 ≤ FSD < 3	3	2	2
3 ≤ FSD < 5	3	2	1
5 ≤ FSD < 10	2	1	1
10 ≤ FSD < 30	1	1	1
FSD ≥ 30	0	0	0

表 3 外壁によるドア・開口部の耐火性能【IBC2024 table 716(2)(3)】

壁面の 要求耐火時間 (hour)	ドア内の開口面積	ドア開口部の要求性能 (min)	防火窓の要求性能 (min)	
			遮炎性(E)	遮熱性(EI)
3	試験された最大寸法	D-H-90 ($\leq 100\text{inch}^2$) D-H-W-90 ($> 100\text{inch}^2$)	不可	W-180
2	試験された最大寸法	D-H-90 or D-H-W-90	OH-90	W-120
1	試験された最大寸法	D-H-45	OH-45	—

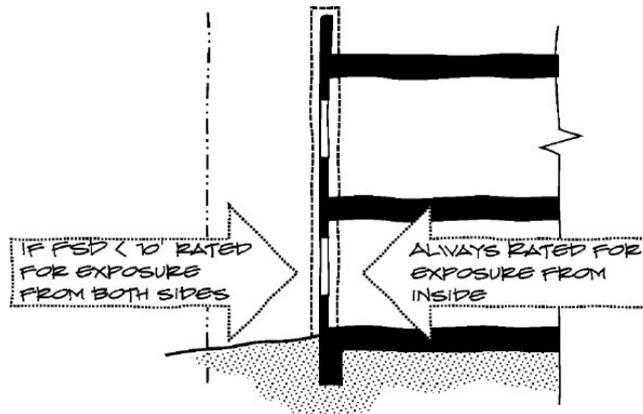


図 5 外壁(開口部も含む)に要求される火災加熱面(10feet)【IBC2024(Chicago) Figure 109】

表 4 防火部材に関する耐火性能とマーク【IBC2024 table 716(1)】

防火試験規格	マーク	要求性能
ASTM E119 or UL 263	W	耐火壁の性能基準
ASTM E119 or UL 263	FC	屋根・床の性能基準
NFPA 257 or UL9	OH	放水性能を含む防火窓の基準
NFPA 252 or UL 10B or UL10C	D	ドアの性能基準
	H	放水性能を含むドアの基準
	T	30分間の450F°の上昇温度基準
—	XXX	ガラスの防火性・耐火性の要求時間(分)

※E=遮炎性、EI=遮熱性

壁と屋根の定義は、その角度によって区別がなされている。例えば、壁は水平面からの角度が 60°以上 90°以下、屋根は 60°未満とされている。



図 6 壁と屋根の定義【IBC2024(Chicago) Figure 104】

4.3.3 耐火間仕切壁・開口部の要求性能(遮炎性と遮熱性)

USにおける、防火区画の開口部に求められる要求性能一覧を表5に示す。参考までに耐火壁の要求性能も併記した。また、ヨーロッパ・アジアを含めた各国の防耐火ガラスに関する基本的な要求性能を図7に示す。

なお、記号Eは遮炎性、EIは遮熱性、数字は要求耐火時間(分)を表している。

表5 防火区画^{*1}等に使用されるガラスの代表的な要求性能【IBC2024 table 716.1(2)(3)】

国	部位	面積 区画	竪穴 ^{*2} 区画	異種用途 ^{*3} 区画	避難階段を 囲む壁	避難階段 出入口	避難廊下	外壁 ^{*4} 開口部
日本	開口	E 60	E20 E 60	E 60	EI 60 ^{*5}	E20 E60	E10 E20	E 20
US	開口 ^{*6}	EI90 EI120 EI180 EI240	EI120	E45 EI60	EI120	EI60 EI120	E20 E45	E45 E90 EI60 EI120 EI180
US	壁	EI90 EI120 EI180 EI240	EI120	EI60 EI120 EI180	EI120	-	EI30 EI60	EI60 EI120 EI180

E= only fire integrity property (=flame prevention)、EI=Thermal insulation and fire integrity property

注記

- *1 : US の防火区画に設けられる開口部は、壁の長さに対して合計幅が 25%以内に制限され、開口部ひとつ当たりの面積は、156ft²(=14.5 m²)を超えてはならない。【IBC2024 706.8, 707.8】
- *2 : US では、3 階までは EI 60、4 階以上で EI 120 必要。【IBC2024 713.4】
- *3 : US では、防火区画を介して、建物同士の用途によって異なる。【IBC2024 table508.4】
- *4 : US では、離隔距離(FSD)や建物用途によって要求性能が異なる。【IBC2024 table705.5】
- *5 : 日本で避難階段を囲む壁にガラスを用いる場合は、遮熱性が必要。
- *6 US では、要求耐火時間が 120 分以下の場合で、ガラスの面積が 100inch² 以内の場合はガラスに遮熱性は求められない。また、基本的には放水性能(OH)が必要となる。

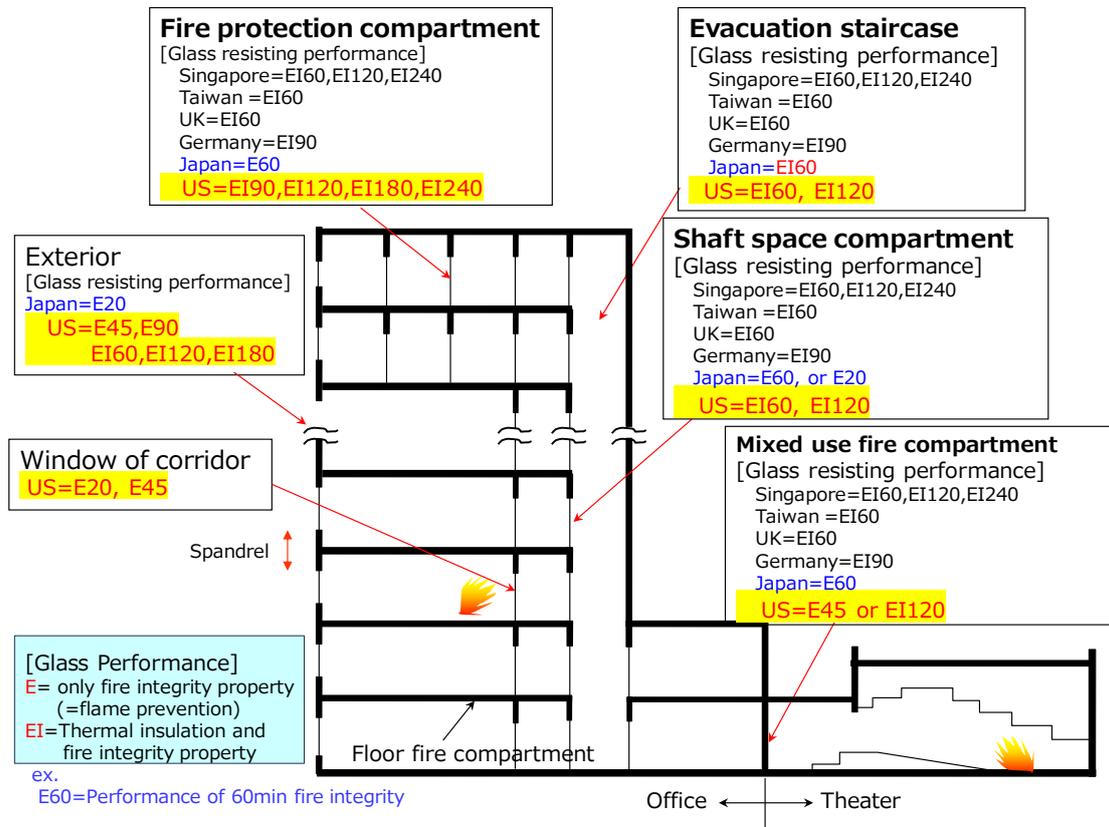


図7 防火区画の部位と、ガラスを用いる区画部材の要求耐火性能

(1) 面積区画

[日本の場合]

日本では、建築物内部の主に水平方向の火災拡大を防止することを目的に、面積区画の規定が設けられており、建築基準法施行令 112 条第 1 項で以下の通り規定されている。

面積区画	
第 112 条	
1	<p>主要構造部を耐火構造とした建築物又は法第 2 条第九号の三 イ若しくはロのいずれかに該当する建築物又は第 136 条の 2 第一号ロ若しくは第二号ロに掲げる基準に適合する建築物で、延べ面積（<u>スプリンクラー設備、水噴霧消火備、泡消火設備その他これらに類するもので自動式のもの</u>を設けた部分の床面積の 2 分の 1 に相当する床面積を除く。以下この条において同じ。）が 1,500 m²を超えるものは、床面積（<u>スプリンクラー設備、水噴霧消火設備、泡消火設備その他これらに類するもので自動式のもの</u>を設けた部分の床面積の 2 分の 1 に相当する床面積を除く。以下この条において同じ。）の合計 1,500 m²以内ごとに 1 時間準耐火基準（第 129 条の 2 の 3 第一項第一号ロに掲げる基準（主要構造部である壁、柱、床、はり及び屋根の軒裏の構造が同号ロに規定する構造方法を用いるもの又は同号ロの規定による認定を受けたものであることに係る部分に限る。）をいう。以下同じ。）に適合する準耐火構造の床若しくは壁又は特定防火設備（第 109 条に規定する防火設備であつて、これ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 1 時間当該加熱面以外の面に火炎を出さないものとして、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。以下同じ。）で区画しなければならない。</p>

[US の場合]

表 6 に面積区画に設けられる耐火間仕切壁、ドア、防火窓の要求性能を示す。防火窓(ガラス)に要求される性能は、耐火壁と同様の遮熱性(EI)が必要となる。

表 6 面積区画に用いる耐火間仕切壁・ドア・防火窓の要求性能【IBC2024 table 716.1(2)】

壁面の 要求耐火時間 (hour)	ドア内の開口面積	ドア開口部の要求性能 (min)	防火窓の要求性能(min)	
			遮炎性	遮熱性
4	試験された最大寸法	D-H-W-240	不可	W-240
3	試験された最大寸法	D-H-W-180	不可	W-180
2	試験された最大寸法	D-H-90 (≤100inch ²) D-H-W-90(> 100inch ²)	不可	W-120
1.5	試験された最大寸法	D-H-90 (≤100inch ²) D-H-W-90(> 100inch ²)	不可	W-90

(2) 竪穴区画

[日本の場合]

日本では、建築物内部の吹抜や階段、昇降機の昇降路など、垂直方向の空間と周辺部分を区画し、火災、火煙の拡大を防止するため竪穴区画の規定が設けられており、建築基準法施行令 112 条第 11 項で以下の通り規定されている。

竪穴区画

第 112 条

11 主要構造部を準耐火構造とした建築物又は第 136 条の 2 第一号ロ若しくは第二号ロに掲げる基準に適合する建築物であつて、地階又は 3 階以上の階に居室を有する建築物の住戸の部分（住戸の階数が 2 以上であるものに限る。）、吹抜きとなっている部分、階段の部分、昇降機の昇降路の部分、ダクトスペースの部分その他これらに類する部分（当該部分からのみ人が出入りすることのできる公衆便所、公衆電話所その他これに類するものを含む。）については、当該部分（当該部分が第 1 項ただし書に規定する用途に供する建築物の部分でその壁（床面からの高さが 1.2m 以下の部分を除く。）及び天井の室内に面する部分（回り縁、窓台その他これらに類する部分を除く。以下この項において同じ。）の仕上げを準不燃材料でし、かつ、その下地を準不燃材料で造つたものであつてその用途上区画することができない場合にあっては、当該建築物の部分）とその他の部分（直接外気に開放されている廊下、バルコニーその他これらに類する部分を除く。）とを準耐火構造の床若しくは壁又は法第 2 条第九号の二ロに規定する防火設備で区画しなければならない。

[US の場合]

US では、竪穴区画にも遮熱性を重視されており、EI120 が必要となる。吹き抜け空間には、E90 の防火シャッターが使用される。【IBC2024(Chicago) 4.8】

表 7 竪穴区画に用いる耐火間仕切り壁・ドア・防火窓の要求性能【IBC2024 table 716.1(2)】

壁面の 要求耐火時間 (hour)	ドア内の開口面積	ドア開口部の要求性能 (min)	防火窓の要求性能 (min)	
			遮炎性	遮熱性
2*	試験された最大寸法	D-H-90 ($\leq 100\text{inch}^2$) D-H-W-90 ($> 100\text{inch}^2$)	不可	W-120*

*竪穴区画を囲む壁については、3 階までは EI60、4 階以上で EI120 が必要 【IBC2024 713.4】

4.3.4 防火、防災関連各種規定

(1) スパンドレル

[日本の場合]

日本では、上階延焼を防ぐため層間のスパンドレル部については、建築基準法施行令第112条第16項により、床もしくは室内の防火区画壁に接する部分を含む、90cm以上を準耐火構造(主に45分耐火構造)としなければならないと規定されている。

防火区画端部（スパンドレル）

第112条

16 第1項若しくは第4項から6項までの規定による1時間準耐火基準に適合する準耐火構造の床若しくは壁若しくは特定防火設備、第7項の規定による耐火構造の床若しくは壁若しくは法第2条第九号の二に規定する防火設備または第11項の規定による準耐火構造の床若しくは壁若しくは同号に規定する防火設備に接する外壁については、当該外壁のうちこれらに接する部分を含み幅90cm以上の部分を準耐火構造としなければならない。ただし、外壁面から50cm以上突出した準耐火構造のひさし、床、そで壁その他これらに類するもので防火上有効に遮られている場合においては、この限りでない

[USの場合]

USでは、開口部の水平距離が互いに5 feet(=1,524mm)以内で、下層階の開口部にE45以上の性能を有する防火窓が設置されない場合は、上階延焼を防止するために垂直方向の開口部の間に30inch(=762mm)以上の庇を設置するか、EI60以上の耐火壁を設けて3 feet(=914mm)以上離す必要がある。【IBC2024 705.9.5】

(2) 非常用進入口

[日本の場合]

日本では、火災時の消火活動や救出活動の際に、外部からの進入を容易にするため、建築基準法施行令第126条の6により、建築物の高さ31m以下の部分にある3階以上の階には、非常用進入口を設けなければならないと規定されている。

非常用進入口

第126条の6 建築物の高さ31m以下の部分にある3階以上の階（不燃性の物品の保管その他これと同等以上に火災の発生のおそれの少ない用途に供する階又は国土交通大臣が定める特別の理由により屋外からの進入を防止する必要がある階で、その直上階又は直下階から進入することができるものを除く。）には、非常用の進入口を設けなければならない。ただし、次の各号のいずれかに該当する場合には、この限りでない。

- 一 第129条の13の3の規定に適合するエレベーターを設置している場合
- 二 道又は道に通ずる幅員4m以上の通路その他の空地に面する各階の外壁面に窓その他の開口部（直径1m以上の円が内接することができるもの又はその幅及び高さが、それぞれ、75cm以上及び1.2m以上のもので、格子その他の屋外からの進入を妨げる構造を有しないものに限る。）を当該壁面の長さ10m以内ごとに設けている場合
- 三 吹抜きとなっている部分その他の一定の規模以上の空間で国土交通大臣が定めるものを確保し、当該空間から容易に各階に進入することができるよう、通路その他の部分であって、当該空間との間に壁を有しないことその他の高い開放性を有するものとして、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設けている場合

[USの場合]

市内視察では、USには日本のように消防隊進入口マークが貼られている非常用進入口は見られなかったが、IBCには緊急脱出や救助用の開口部の寸法や面積として、表8の規定がある。

表8 USにおける緊急脱出・救助用開口部【IBC2024 1031.3.1, 3.2, 3.3】

開口面積	5.7 square feet 以上
開口幅	20inch 以上
開口高さ	24inch 以上
開口位置	床から44inch 以下の高さ

(3) 防煙垂れ壁

[日本の場合]

日本では、防煙壁の設置基準と構造については、建築基準法施行令第 126 条の 2 により、排煙設備の一部として設ける場合、床面積 500 m²ごとに区画し 50cm 以上のものを、排煙設備の代わりに設ける場合、特殊建築物などを除く建築物の高さ 31m 以下の部分にある居室場合、床面積 100 m²以内ごとに区画し 50cm 以上のものを設置することが規定されている。

排煙設備（防煙垂れ壁）

第 126 条の 2 法別表第一(イ)欄(一)項から(四)項までに掲げる用途に供する特殊建築物で延べ面積が 500 m²を超えるもの、階数が 3 以上で延べ面積が 500 m²を超える建築物（建築物の高さが 31m 以下の部分にある居室で、床面積 100 m²以内ごとに、間仕切壁、天井面から 50cm 以上下方に突出した垂れ壁その他これらと同等以上に煙の流動を妨げる効力のあるもので不燃材料で造り、又は覆われたもの（以下「防煙壁」という。）によって区画されたものを除く。）、第 116 条の 2 第 1 項第二号に該当する窓その他の開口部を有しない居室又は延べ面積が 1,000 m²を超える建築物の居室で、その床面積が 200 m²を超えるもの（建築物の高さが 31m 以下の部分にある居室で、床面積 100 m²以内ごとに防煙壁で区画されたものを除く。）には、排煙設備を設けなければならない。ただし、次の各号のいずれかに該当する建築物又は建築物の部分については、この限りでない。（略）

[US の場合]

US での市内視察では、防煙の垂れ壁が見られなかったが、IBC では防煙区画部材として壁には EI60、開口部のガラスには放水性能を含む E45 又は EI60 の性能が要求される。

表 9 防煙区画の要求性能【IBC2024 table 716.1(2)(3)】

壁面の 要求耐火時間 (hour)	ドア内の開口面積	ドア開口部の 要求性能 (min)	防火窓の要求性能(min)	
			遮炎性	遮熱性
1	試験された最大寸法	D-20	OH-45	W-60

(4) 避難階段や、その出入口の要求性能と仕様

[日本の場合]

日本では、建築基準法施行令第 123 条で避難階段及び特別避難階段の構造として以下の通り規定されており、避難階段の出入口には、防火設備として遮炎性能が要求される。

(避難階段及び特別避難階段の構造)

第 123 条 屋内に設ける避難階段は、次に定める構造としなければならない。

- 一 階段室は、第四号の開口部、第五号の窓又は第六号の出入口の部分を除き、耐火構造の壁で囲むこと。
- 二 階段室の天井（天井のない場合にあつては、屋根。第 3 項第三号において同じ。）及び壁の室内に面する部分は仕上げを不燃材料でし、かつ、その下地を不燃材料で造ること。
- 三 階段室には窓その他の採光上有効な開口部又は予備電源を有する照明設備を設けること
- 四 階段室の屋外に面する壁に設ける開口部（開口面積が各々1 m²以内で、法第 2 条第九号の二口に規定する防火設備ではめごろし戸であるものが設けられたものを除く。）は、階段室以外の当該建築物の部分に設けた開口部並びに階段室以外の当該建築物の壁及び屋根（耐火構造の壁及び屋根を除く。）から 90cm 以上の距離に設けること。ただし、第 112 条第 10 項ただし書に規定する場合は、この限りでない。
- 五 階段室の屋内に面する壁に窓を設ける場合においては、その面積は、各々1 m²以内とし、かつ、法第 2 条第九号の二口に規定する防火設備ではめごろし戸であるものを設けること。
- 六 階段に通ずる出入口には、法第 2 条第九号の二口に規定する防火設備で第 112 条第 14 項第二号に規定する構造であるものを設けること。この場合において、直接手で開くことができ、かつ、自動的に閉鎖する戸又は戸の部分は避難の方向に開くことができるものとする
- 七 階段は、耐火構造とし、避難階まで直通すること。

[US の場合]

US では、避難経路に設けられる出入口の扉には、防火戸としての遮熱性(EI)が求められている。防火戸ののぞき窓は、遮炎性(E)のみの要求であるが、サイズ 100inch²(=645cm²)以下として決められており、それを超える場合は遮熱性(EI)が必要となる。表 10 に避難階段の出入口の扉に求められる要求性能を示す。

表 10 避難階段の壁の出入口【IBC2024 table 716.1(2)】

壁面の 要求耐火時間 (hour)	ドア内の開口面積	ドア開口部の要求性能 (min)
1	試験された最大寸法	D-H-60 (≦100inch ²) D-H-W-60(> 100inch ²)



図 8 避難階段出入口扉

(5) スプリンクラー等の設置による設計上の緩和措置

日本では、建築基準法施行令 112 条第 1 項に、スプリンクラーを設置することで、面積区画を 2 倍にすることが可能などの緩和措置について規定されている。US でもスプリンクラー設置による緩和規定がある。表 11 に緩和措置の代表例を示す。

表 11 US における、スプリンクラー等の設置による緩和措置(代表例)

緩和項目	内容	条文
外壁の開口部	開口率・離隔距離・耐火時間を緩和することができる。	IBC2024-table705.9
建物の高さ・階数	スプリンクラーを全館に設置することで、建物の高さを 20feet 増加、階数を 1 階増加することが可能	IBC2024-504.3
建物の床面積	建物の最大床面積を広げることができる。	IBC2024-506.2
避難距離	最大避難距離を 400feet まで延長することができる。	IBC2024-1017.2
防火区画の緩和	高層建築において、縦穴区画の耐火性能を 1 時間緩和できる。	IBC2024-403.2.1.2
開口部の防火設備の代替	ガラスに対するスプリンクラーの水幕によって、防火シャッターや防火扉の代替ができる。	IBC2024-404.6
危険物の許容量	危険物の保管量を増加できる。	IBC2024-table307.1(1)

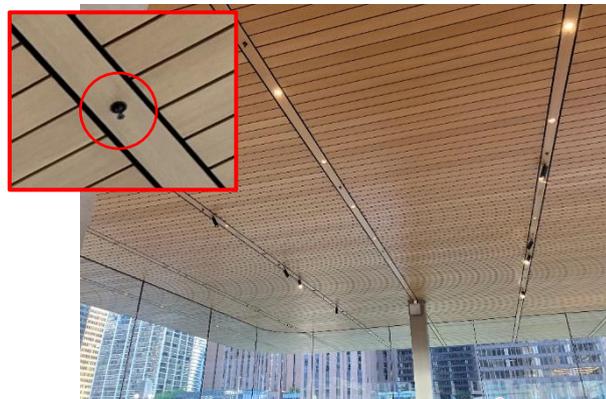


図 9 スプリンクラー(Apple store)

(6) 屋外避難階段

シカゴ市街での市場調査では、鉄骨階段で構成されている屋外避難階段が多く見られた。防犯上、通常時は1階までつながっていないが、避難時に地上階への直通階段となる構造となっている。

USにおける屋外避難階段は、原則として建物内部と分離されている必要があるが、以下の場合においては、表12に示すような外壁並びにその開口部に耐火性能が要求される。

- ①屋外避難階段に面する外壁が180°未満の角度で露出している場合、その外壁は耐火構造にする必要がある。下写真のように、屋外避難階段が外壁に沿って配置されている場合(角度が180°以上)は、耐火性能の要求が緩和される場合がある。【IBC2024-1027.6,7】
- ②屋外避難階段の外縁から隣接する建物の外壁まで10feet以上の離隔距離をとらなければならないが、離隔距離が10feet以内にある場合は、外壁を耐火構造にする必要がある。【IBC2024.705.8】

表12 USにおける屋外避難階段に面する外壁・開口部の耐火性能【IBC2024 1023.7】

部位	要求性能
外壁	EI60 以上
開口部	E45 以上



図10 屋外避難階段【IBC2024 1027】

4.4 防火窓の評価試験方法

4.4.1 標準加熱温度曲線

[日本の場合]

日本では、平成 12 年の建築基準法改正により、試験方法を ISO 834 加熱温度曲線に準拠することとなっている。加熱温度曲線については、指定性能評価機関の「防耐火性能試験・評価業務方法書」にて、以下の通り規定されている。

標準加熱温度

炉内熱電対によって測定した温度（以下、「加熱温度」という）の時間経過が、許容誤差内で次の式で表される数値となるように加熱する。

$$T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20$$

この式において、T は平均炉内温度（℃）、t は試験の経過時間（分）とする。加熱温度の許容誤差 de は次の値とする。ただし、大量の可燃材料を含む試験体については、可燃材料が突然着火したことにより平均炉内温度を増加させたことが明らかに確認された場合にはこの限りでない。

- a) $5 < t \leq 10$ de ≤ 15 (%)
- b) $10 < t \leq 30$ de $\leq \{15 - 0.5(t - 10)\}$ (%)
- c) $30 < t \leq 60$ de $\leq \{5 - 0.083(t - 30)\}$ (%)

ここで $de = 100(A - A_s) / A_s$

A は実際の平均炉内時間温度曲線下の面積、A_s は標準時間温度曲線下の面積、t は試験の経過時間（分）とする。a) に対しては 1 分を超えない間隔、b) 及び c) に対しては 5 分を超えない間隔で合計し面積を算定する。

[US の場合]

US では ASTM E119 の標準加熱温度曲線を用いて評価を行う。加熱温度曲線を 図 11 に示す。ASTM E119 の標準加熱温度曲線は、加熱初期では ISO 834 と比較して低く推移するが、加熱時間が経過するにつれて高く推移している。

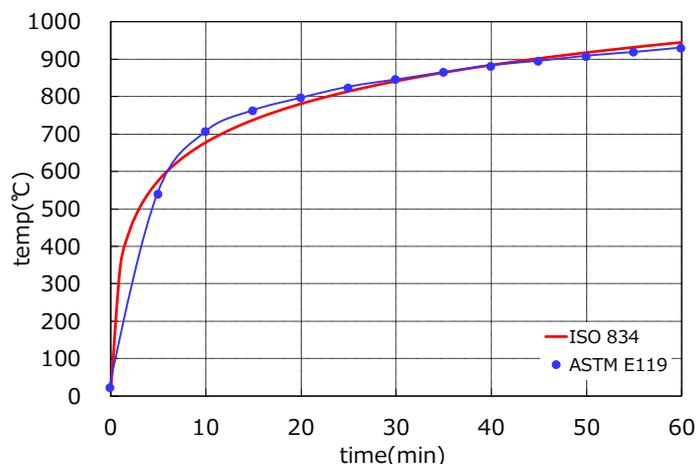


図 11 標準加熱温度曲線【ISO 834, ASTM E119】

4.4.2 炉圧の制御

[日本の場合]

日本では、耐火試験炉の炉圧の制御は加熱温度と同様に、指定性能評価機関の「防耐火性能試験・評価業務方法書」にて、以下の通り規定されており、基本的には試験体上端で 20Pa を超えないように制御されている。

炉圧

水幕によって炎を遮る防火設備以外おける、試験面の圧力は、次のイからハによるものとする。

- イ. 加熱炉内の高さ方向の圧力勾配は、1000mm の高さ当たり平均 8Pa とする。
- ロ. 試験面の圧力の誤差は、試験開始から 5 分までに $\pm 5\text{Pa}$ となり、試験開始から 10 分までに $\pm 3\text{Pa}$ となるように調整する。
- ハ. 試験面の圧力は、試験体下端から 500mm の高さで 0 となるような勾配を有するものとする。ただし、試験体の上端で 20Pa を超えないように中立軸の高さを調整する。防火ダンパー等のように試験面の面積が小さい場合にあっては、試験面前面に 20Pa を超えない正圧がかかるように調整する。

[US の場合]

US においては、図 12 に示すように UL10B では試験体の上端で 0Pa とするが、UL10C では試験体下端から最大 40inch の位置に中立軸が設定されるように炉圧制御を行う。参考までに、UL10B と UL10C の違いを表 13 に示す。主に UL10C が推奨・要求されている。



図 12 炉圧の中立軸の比較(左:UL10B、右:UL10C)

表 13 UL10B と UL10C の主な違い

項目	UL10B	UL10C
圧力条件	上部に中性圧	40inch 以上で正圧
適用範囲と想定	低リスクの施設 / 火災初期	商業・高層・公共施設 / 実際火災の挙動
厳しさ	やや緩やか	より厳しい

4.4.3 放水試験(Hose Stream Test)

[日本の場合]

日本には、放水試験に関する規定は無い。

[US の場合]

防火試験において、US で最も特徴のある試験評価方法として、放水試験(Hose Stream Test)がある。アメリカ独自に火災シナリオを考慮した試験方法として採用しており、実際に火災が発生すると、対象(試験体)のみならず、他の部位も含めた変形などを考慮しなければならないという考えのもと、水をかけることによって複雑な熱伸びやねじれなどを再現している。元々は、試験直後のショットバッグによる衝撃法の代替として過酷な評価試験を行うことを目的に開発されたものである。

防火試験を要求耐火時間実施した直後、加熱面に放水をする。表 14 に示す水圧の水を試験体の表面からホース径 2.5inch (63.5mm) 排出口径 1.125inh (28.6mm) のホースを用いて 20feet(6,096mm)の位置から、所定のスピードで(要求性能 90 分未満の場合 9.1m²/min) 図 13 のルートで放水し、ガラス破損や試験体の崩壊・破損・貫通等を確認する。

表 14 放水の水圧と間隔【UL263 5.4、UL9 5.5.2】

要求性能 (min)	水圧		放水の間隔		
	(Psi)	(kPa)	(min/100ft ²)	(min/m ²)	(m ² /min)
480 以上	45	310	6	0.65	→1.5
240 以上 480 未満	45	310	5	0.54	→1.9
120 以上 240 未満	30	207	2.5	0.27	→3.7
90 以上 120 未満	30	207	2.5	0.16	→6.3
60 以上 90 未満	30	207	1	0.11	→9.1
60 未満	30	207	1	0.11	→9.1

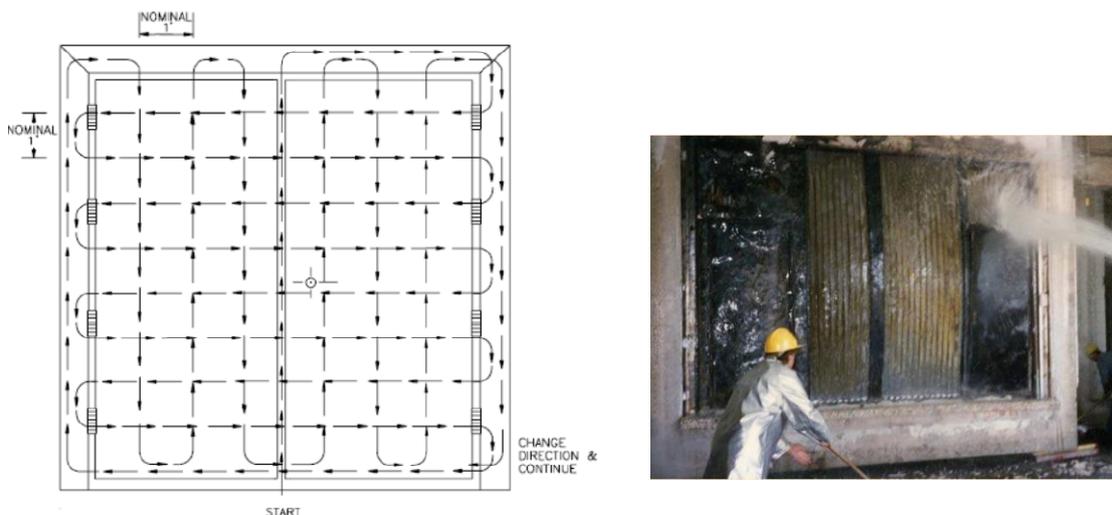


図 13 Hose Stream Test (pattern)

4.4.4 遮熱性能の評価

[日本の場合]

公的試験機関の「防耐火性能試験・評価業務方法書」にて、以下の記載がされている。

遮熱性能の評価

判定

加熱試験の結果、各試験体が次の基準を満足する場合に合格とする。

(1) 常時垂直荷重を支持する構造で、载荷を実施した場合にあっては、次のイからハまでの要求が、試験終了時（要求耐火時間に等しい時間の加熱が終了してから要求耐火時間の3倍の時間又は試験開始から要求耐火時間の1.2倍の時間が経過した時をいう。ただし、1時間を超える加熱を実施した場合は、加熱終了後、3時間を経過した後、すべての構成材の温度が最大値を示したことが明らかであり、かつ変位が安定していることが明らかな場合は、その時点において要求耐火時間の3倍の時間が経過したものとして、試験終了時とすることができる。以下、同じ。）まで満足されること。

(略)

(3) 壁（外壁を屋内側から加熱した場合を除く）及び床にあっては、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）の加熱を実施し、試験終了時まで、試験体の裏面温度上昇が、平均で140K以下、最高で180K以下であること。

[USの場合]

USにおける遮熱性能に関する裏面温度の基準は、表15に示す通り、上昇温度として華氏温度で平均250°F、最大で325°Fとなっている。ただし、日本のような加熱時間の1.2倍延長、加熱終了後の3倍放冷とも無く、加熱時間のみで試験終了する。

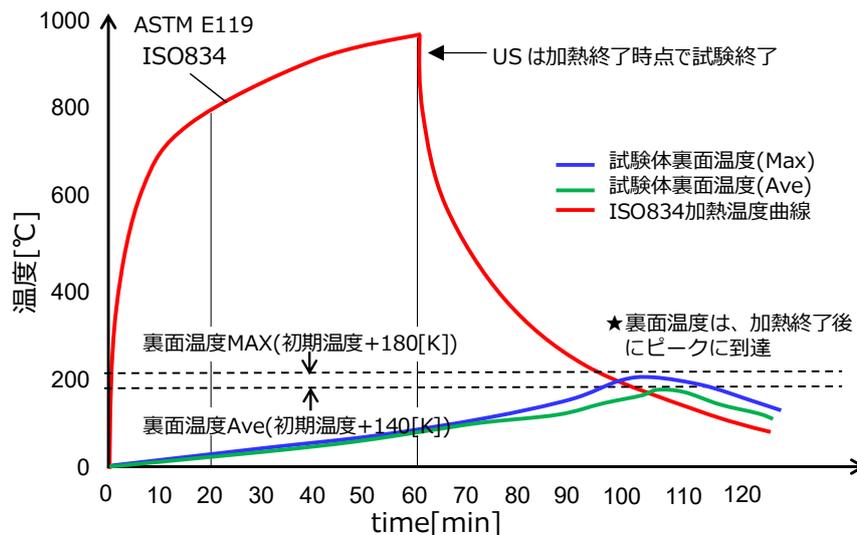


図14 加熱温度曲線と裏面温度の推移

表 15 USにおける遮熱性能に関する裏面温度基準【UL263】

国	裏面平均温度	裏面最大温度
日本	140℃+初期温度	180℃+初期温度
US	139℃+初期温度	181℃+初期温度

※華氏温度では、平均温度で 250°F+初期温度、最大温度で 325°F+初期温度が要求性能。

4.4.5 屋根材の耐火性能評価

[日本の場合]

日本では、屋根材の遮炎性能を確認する方法は、指定性能評価機関の「防耐火性能試験・評価業務方法書」に、「4.5 屋根遮炎性能確認試験・評価方法」として、以下の通り規定されており、単位面積あたり 65kg の载荷した状態で性能確認が実施される。

屋根材の評価

試験条件

屋根面を 1 m²以内ごとに区分し、区分されたそれぞれの部分の中央部に、65kg のおもりを用いて载荷しながら試験する。

[US の場合]

US では、床や屋根の性能評価は、錘を乗せて試験を行うが、日本のように 65kg/m²ではなく、支持条件（設計条件）によって変わるため、水槽（オイルタンク）の水量で負荷重量を調整する。

表 16 屋根材の耐火性能評価【IBC table601 / UL263 / ASTM E119】

国	耐火時間	载荷
日本	E30	65kg/m ²
US	EI60, EI90	設計条件に基づく最大荷重を载荷

※オイルタンクの水量で調整する。

4.4.6 耐火試験炉の仕様

耐火試験炉の仕様の違いを表 17、図 14,15 に示す。日本では炉内熱電対を試験体から 10cm 離れた位置に設置するが、US では基本的には試験体から 6inch 離れた位置に設置する。

表 17 壁用耐火炉の仕様【ASTM E119】

国	バーナー位置	炉内熱電対	燃料
日本	正面壁	シース熱電対	LPG 天然ガス（都市ガス）
US	正面壁	シース熱電対（被覆タイプ） ASTM E119	天然ガス



図 15 壁用試験炉(日本)



図 16 壁用試験炉(US)

4.5 認証手順

US では、全米認証試験機関(Nationally Recognized Testing Laboratories : NRTL) として労働安全衛生局(OSHA)に承認された機関が認証実務を行う。NRTL は UL をはじめ 13 機関ある。

4.5.1 Underwriters Laboratories の役割

UL などの試験認証機関が認定書まで発行できる。自らの試験所だけではなく、一般の試験所での立会を基に、認定書を発行することもある。

※建材試験センターや日本建築総合試験所が、民間の耐火炉で立会して認証することと同様のイメージである。

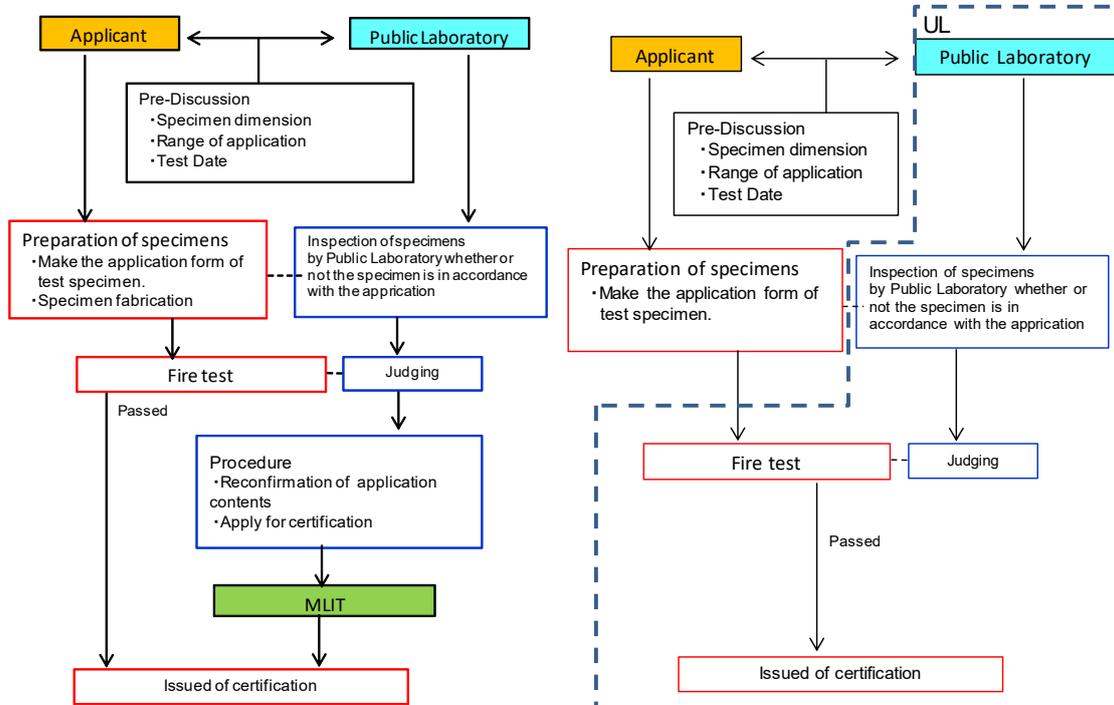


図 17-a 認証手順(日本)

図 17-b 認証手順(US)

図 17 認証手順における日本と US との比較 (UL の役割)

4.6 US で使用されている防耐火ガラス

US で普及している防火ガラスは、耐熱結晶化ガラスや積層ガラスであり、他にも網入板ガラスや耐熱強化ガラスが使用されている。耐熱強化ガラスは、主に E20 として使われるが、E20 の市場規模自体が小さく、日本ほどは普及していない。また、網入板ガラスも過去から使用されてきたが、意匠的な問題でデザイナーからは、網の無い耐熱結晶化ガラスが好まれる場合もある。

表 18 US で使用されている防耐火ガラス

種類	網入板ガラス	耐熱板ガラス		積層ガラス
		耐熱強化ガラス	耐熱結晶化ガラス	
	遮炎性	遮炎性	遮炎性	遮炎性・遮熱性
性能と 外観				
US	使用されている	あまり使用されていない	多く使用されている	多く使用されている
日本	最も多く使用されている	多く使用されている	使用されている	あまり使用されていない

5 まとめ

防耐火ガラスにおいて、US の法規・試験法・認定手順の違いの比較を行った。様々な条件により、要求性能が異なる法体系は日本と同一であるが、日本と比較して相違の有るものを以下にまとめる。

- (1)法体系 : 民間機関で定められた基準が、州ごとに引用されている。
- (2)外壁開口部の面積制限 : 建物用途・建物間の離隔距離・スプリンクラー有無などに応じて規定が異なる。開口部の許容面積率も規定される。
- (3)遮炎・遮熱の温度曲線 : 独自に ASTM E119 の加熱曲線を用いた評価を行っている。
- (4)防火区画 : 日本の開口部に対しては遮炎性が要求される部位が多いが、US においては、諸外国と同様に遮熱性能を重視しており、要求耐火時間も長く設定されている部位が多い。
- (5)耐火性能評価 : 裏面温度の規定は概ね同じで、3 倍放冷は無く加熱時間内での評価である。
- (6)耐火試験炉 : US のバーナー位置・燃料は日本と同じであるが、炉内熱電対として ASTM 基準の炉内シース熱電対を用いている点は異なる。
- (7)認証方法 : UL などの NRTL 試験機関が、認定書まで発行できる。
- (8)試験方法 : 防火試験後に放水試験を実施する。US 独自に火災シナリオを考慮した試験方法として採用しており、水をかけることによって複雑な熱伸びやねじれなどを再現している。元々は、試験直

後のショットバッグによる衝撃法の代替として過酷な評価試験を行うことを目的に開発されたものである。

- (9)防耐火ガラスの種類 : 放水試験が行われることに影響し、耐熱結晶化ガラスは日本よりも使われやすく、普及している。また、遮熱型積層ガラスも多く使用されている。

上述したように、US では日本と比較して、開口部に対して遮熱性が要求される部位が多く、延焼ラインの考え方が建物間の離隔距離・開口部面積・スプリンクラー等によって異なるなど、合理的な基準が設けられている点で、火災安全性に対する取り組みが進んでいると考えられる。中でもスプリンクラー設置に対しては、その設置による緩和措置の対象範囲が広いという特徴もある。

US の防火法規と US で普及している防火ガラスの観点では、US には防火試験直後に火災時の複雑な熱変形を考慮した放水試験があり、耐熱結晶化ガラスが使われやすい状況である。また、US には日本における非損傷性評価に該当するような3倍放冷の試験方法は無く、所定の加熱時間と放水試験で試験は完了する規定となっており、この点も日本と大きく異なる。遮熱性能を確保するためには、要求性能として裏面温度の規定をクリアする必要があるが、遮熱型の材料は加熱後の放冷中に最高温度に到達するため、日本の3倍放冷の試験方法は積層ガラスのような遮熱型ガラス窓の認定取得へのハードルが高い要因となっていると考えられる。

2015年の欧州（イギリス・ドイツ）、2017年のアジア諸国（シンガポール・台湾）、そして今回のUSの調査結果を基に、引き続き、防火ガラスの性能に対する合理的な評価方法の検討・提案や、より安全な建築物・開口部を目指すため、火災安全性の高い防火ガラスの普及促進に努めていきたい。

参考文献、URL:

- 1) 久田隆司他：防耐火ガラスに関する日英独の防耐火性能評価等の調査，
日本建築学会大会学術講演梗概集.A-2, pp.203~204,2015.9
- 2) 鈴木一幸他：防耐火ガラスに関するアジアの防耐火性能評価等の調査報告
日本建築学会大会学術講演梗概集,A-2, pp.213~214,2017.8
- 3) 2024 International Building Code(IBC)
<https://codes.iccsafe.org/content/IBC2024P1>
- 4) 2024 Chicago Plan Review Manual Volume II
<https://codes.iccsafe.org/content/CHIPRMV22024P1>

防火戸、防火窓における規格分類

分類		名称	
Code		IBC	International Building Code
		IFC	International Fire Code
Standard		ASTM	American Society for Testing and Materials
		NFPA	National Fire Protection Association
		UL	Underwriters Laboratories
		ULC	Underwriters Laboratories of Canada
防火戸、窓		NFPA 80	Standard for Fire Doors and Other Opening Protectives
		NFPA 105	Standard for the Installation of Smoke Assemblies
防耐火試験	窓、ドア	ASTM E119	Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials
		UL263	Fire Tests Building Construction and Materials
		CAN/ULC-S101	Standard Methods of Fire Endurance Tests of Building Construction Materials
		NFPA 252	Standard Methods of Fire Tests of Door Assemblies
		NFPA 257	Standard on Fire Test for Window and Glass Block Assemblies
		UL9	Standard for Fire Tests of Window Assemblies
		UL10B	Standard for Fire Tests of Door Assemblies
		UL10C	Positive Pressure Fire Tests of Door Assemblies
	CAN/ULC-S104	Standard Method for Fire Tests of Door Assemblies	

項目		日本	アメリカ	イギリス	ドイツ	シンガポール	台湾
防火法規		建築基準法	IBC (International Building Code)	Building Act, Building Regulation	モデル建築法規(MBO), Buliding Code	Fire code 2013	建築技術規則設計施工編
地域		防火地域・準防火地域などで分けられ、都市不燃化を図っている	地域の区分け無し	地域の区分け無し	地域の区分け無し	地域の区分け無し	地域の区分け無し
延焼ライン 隣地境界線からの距離		3m以上(1F) 5m以上(2F以上)	条件による。 ※スプリンクラーの有無や離隔距離に応じて、開口部の防火性能や許容面積率を制限する規定がある。	1m以上	2.5m以上 かつ 建物間隔5m以上	1m以上	1.5m以上
外壁開口部	要求性能 (性能+min)	E20 (防火設備)	E45, E90 +放水性能 EI60, EI120, EI180 +放水性能 ※建物用途や離隔距離で異なる。 ※基本的に屋内屋外の加熱に対する規定であるが、10feet以上の離隔距離がある場合は、室内側からの加熱のみ満足させる。	EI60	EI90	EI60, EI120, EI240	EI60
防火区画	区分	防火設備・特定防火設備等ある程度明確に分かれている。	原則として、内外装の明確な区分け無し	原則として、内外装の明確な区分け無し	原則として、内外装の明確な区分け無し	原則として、内外装の明確な区分け無し	原則として、内外装の明確な区分け無し
	遮熱性能 裏面温度合格判定基準	平均：140K+初期温度 最高：180K+初期温度 ※3倍放冷あり	平均：139℃+初期温度 最高：181℃+初期温度 ※3倍放冷なし ※規格には上昇温度が250F(121℃)、325F(163℃)と記載あり。	平均：140K+初期温度 最高：180K+初期温度 ※3倍放冷なし	平均：140K+初期温度 最高：180K+初期温度 ※3倍放冷なし	平均：140K+初期温度 最高：180K+初期温度 ※3倍放冷なし	平均：140K+初期温度 最高：180K+初期温度 ※3倍放冷なし
① 縦穴区画	仕様・要求性能	吹き抜け・アトリウム部分にはガラスや防火シャッターが使用される。 避難階段は遮熱性能が要求される。	3階まではEI 60+放水性能、4階以上でEI 120+放水性能 と階数によって異なる。	-	-	EVシャフト・乗降ロビーが遮熱性能を有する材料で区画される。 ・遮煙の考え方が希薄 ※アトリウム部分などにシャッターや防煙垂れ壁など	日本と同じ。 吹き抜け・アトリウム部分にはガラスや防火シャッターが使用される。
			EI60, EI120+放水性能	EI60	EI90	EI60, EI120, EI240	E60+遮煙
② 面積区画	仕様・要求性能	階数・用途等によって、面積区画される	避難廊下廊下の開口は、E20, E45+放水性能	-	水平区画の面積と避難経路の長さが規定されている。 (例) 面積区画400㎡以下の場合、避難経路の長さ40m以下とする 等々	階数・用途等によって、面積区画される	公共建築物は階数に関わらず1,500 m2毎に防火区画する必要があり、その他の建物は3階建て以上の建築物で1,500m2毎に区画しなければならない。
			EI90, EI120, EI180, EI240+放水性能	EI60		EI60, EI120, EI240	EI60
③ 層間区画	仕様・要求性能	90cm以上のスバンドレル	スバンドレル 開口部同士の水平距離が5 feet以内で、E45以上の防火ガラスが使われない場合は、垂直方向の開口部はを30inch以上庇か、開口部同士を3 feet以上離す必要がある	-	-	スバンドレル高さの考え方は不明。 無さそうである。	日本と同じ。 90cm以上のスバンドレル
④ 異種用途区画	仕様・要求性能	駐車場と屋内との隔壁や、使用用途が異なる部位の出入り口が防火区画される。	設計条件・建物用途によって異なる。	-	-	駐車場と屋内との隔壁や、使用用途が異なる部位の出入り口が防火区画される。	駐車場と屋内との隔壁や、使用用途が異なる部位の出入り口が防火区画される。
			E45, EI60+放水性能	EI60	EI90	EI60, EI120, EI240	EI60
⑤ 避難階段	仕様・要求性能	ガラスを使う場合も、要求性能を満足すれば使用できる。	防火区画の性能が要求される。			避難階段を設けるという規定ではない。全て避難用階段として扱う。原則、ガラスで囲むことはできない。	上記、防火区画の性能が要求される。
			EI60(耐火間仕切壁)	EI60	EI90	EI60, EI120, EI240	EI60
⑤-1 避難階段の出入口	仕様・要求性能	特定防火設備 (鉄扉やガラス入り)	ドアは遮熱性が必要。のぞき窓は100平方フィート以内として、網入や耐熱結晶化ガラス			鉄扉にスリットガラス ※ガラスは角網ガラス	鉄扉にスリットガラス ※ガラスは角網ガラス
			E60	EI60	EI90	EI60, EI120	EI60
屋根		E30 加熱中の荷重 65kg/m2	EI60, EI90 加熱中の荷重 オイルタンクを用いて、水量によって重さをアレンジする。 ※要求性能は、設計スベックに拠る。	EI60 加熱中の荷重 無し。	EI90 加熱中の荷重 無し。	EI60, EI120, EI240 加熱中の荷重 無し。 ※試験炉はオーストラリア (国内に無い)	E30 加熱中の荷重 60~100kg/m2 ※設計スベックに拠る。 上記は平屋根の場合
非常用進入口		3F以上で、ある幅以上の道路に面した場所に設置 ▼マークあり。	消防隊開口部 開口面積 5.7square feet(0.53m2)以上 開口幅 20inch以上 開口高さ 24inch以上	なし	なし	日本と同じく、消防隊の進入のための開口部が設けられている。 ▲マークあり。	日本と同じく、消防隊の進入のための開口部が設けられている。規定も日本と同じ。 ▼マークあり。

項目		日本	アメリカ	イギリス	ドイツ	シンガポール	台湾
防煙垂れ壁		50cm以上の防煙垂れ壁設置	なし	なし	なし	無いと思われるが、詳細確認できず。	日本と同じ。 50cm以上の防煙垂れ壁設置
ガラスの種類		遮熱性能要求される箇所は、避難階段のみ。	遮熱性能が要求される箇所が多いが、放水試験の影響により、日本よりも耐熱結晶化ガラスが普及している。	遮熱性能が要求される箇所が多い。	遮熱性能が要求される箇所が多い。	遮熱性能が要求される箇所が多い。	遮熱性能が要求される箇所が多い。
認定機関	認証手順	基本、自国での認定のみ。	ULなどの試験認証機関が認定書まで発行できる。 自らの試験所だけではなく、一般の試験所にての立会を基に、認定書を発行することもある。	公的機関での認定試験を受けて、認証を得る手順は日本との違いはない。	公的機関での認定試験を受けて、認証を得る手順は日本との違いはない。	自国だけでなく他国での認定も採用できる。 省庁への代理申請という形ではなく、完全に業務委託されているため、認定機関から認定がある。(3~4week程度)	自国だけでなく他国での認定も採用できる。 他は、日本と似ている。
	抜き取り検査	ランダムに仕様確認。	1回/5年	認定を受けた後、その企業が認定仕様通りに製品を製造管理しているかの査察を行って。	民間炉でも国からの認証を取れば、認定試験を実施できるスキームがある。	1回/3年 認定には、有効期限がある。	1回/6年 認定には、有効期限がある。
	箇所数	評価機関×5 (北/BL/建セ/住木/日総)+建築セ等.. 試験機関×5 (北/BL/建セ/住木/日総)	NRTL(全米認証試験機関)として労働安全衛生局(OSHA)に承認された機関が、ULをはじめとして13機関ある。 試験・評価・認定書発行まで行うことができる。	-	-	評価機関×3 (TUV, Sesco, Test service) 試験機関×1 (TUV)	評価機関×3 (成功大、建築センター、科技大) 試験機関×5 (成功大、明道大、科技大、民間..)
	耐火試験炉	各試験機関 バーナーは正面から シース熱電対 燃料は天然ガス(都市ガス)、LPG 加熱曲線；ISO834	UL(Underwriters Laboratories) 日本と同じ。 バーナーは正面から。 シース熱電対(ASTM基準) 燃料は天然ガス 4.5m×3.9m×奥行1m(UL) 加熱曲線；ASTM E119	バーナーは横から。 シース熱電対 燃料は天然ガス 加熱曲線；ISO834,or BS476 Part20	バーナーは横から。 プレート型熱電対 燃料は天然ガスと重油 ①W5.5m×H5.25m×奥行1.5m(MPA) ②W4.5m×H4.5m×奥行2.0m(MPA) 加熱曲線；ISO834,or 用途ごとに他の曲線を使い分けている。	TUV test center 欧州仕様。バーナーは横から。 プレート熱電対/シース熱電対 燃料は天然ガス ①3m×3m×奥行1m ②3m×3m×奥行1.3m ③3m×3m×奥行0.8m 加熱曲線；BS476-Part20, ISO834	内政部建築研究所・国立成功大学 日本と同じ。 バーナーは正面から。 プレート熱電対/シース熱電対 燃料は天然ガス、重油、LPG ①4.3m×4.5m×奥行1m(建築研究所) ②4.2m×4.2m×奥行1m(成功大学) ③3.0m×3.1m×奥行1m(成功大学) 加熱曲線；CNS12514, ISO834
	放水試験 Hose stream test	なし	防火試験直後に水圧30psi (207kPa)の水を20feetの位置から所定で放水試験が行われる。	なし	なし	なし	なし
緩和措置		・スプリンクラー設置によって、面積区画を緩和することができる。 1500m2→3000m2に。。	スプリンクラー設置によって、外壁開口部の開口率・離隔距離・耐火時間や、面積区画、延焼ライン、避難距離などを緩和することができる。	スプリンクラーの設置によって要求時間の緩和が可能	スプリンクラーの設置によって要求時間の緩和が可能	・スプリンクラー設置によって、耐火時間を緩和することができる。 ・申請によって各種緩和措置が可能となることも多く、その際は有資格の登録防火技術者による審査によって判断される。 Ex 遮熱→遮炎のみに。 両面→片面のみに、等々	・スプリンクラー設置によって、面積区画を緩和することができる。 1500m2→3000m2に。。

Investigation of difference from fire regulation and research between **US** and Japan

～August 20th -25th , 2024～

Fire prevention glass and Fire-proof glass
working group at FGMAJ※

※FGMAJ= Flat Glass Manufacturers Association of Japan

1

Circumstance

We have thought Japanese fire regulation of construction have loose part and strict part compared with **United States**.

This time, We would like to make sure the difference of fire regulation between *Japan* and **United States**, and also investigate latest study for fire prevention and fireproof materials (especially glass materials).

*We visited UK and Germany in 2015, and Singapore and Taiwan in 2017.

After investigation, we would like to explain this results on Architectural Institute of Japan etc, and propose improving the Japanese fire regulation.

2

Agenda

1. Region and part for fire prevention
2. Type of fire glass panes .
3. Type of Fire windows ,roofs and walls
 - fire prevention windows ⇒Type: I II III
 - fire prevention roofs ⇒Type:IV
 - fire prevention walls ⇒Type: V
4. Equipment
5. Fire test method
6. Procedure to obtain Certification.
7. Other matters

3

1.1 Region and part for fire prevention

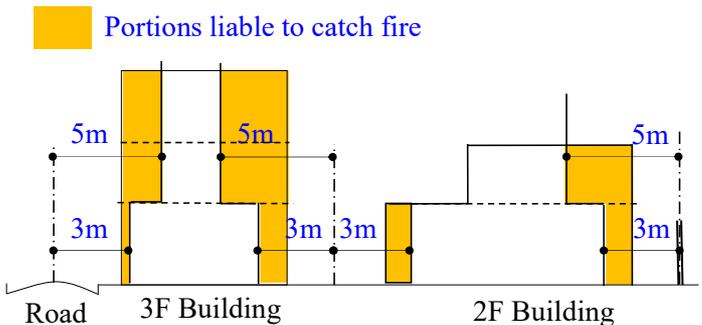
~Region / Exterior side ~

【Japanese regulations】

area	requirement
A: Fire protection district	Both sides
B: quasi-Fire protection district	Both sides or outside
C: Non Fire protection district	none



Region in which fire windows and doors are required.
(Urban area ,densely populated area.)



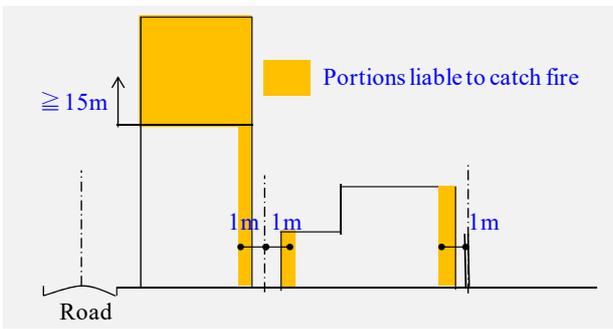
- The part where fire prevention windows are installed.
- Almost windows are 20min fire prevention performance.

The spandrel must be at least 90cm.

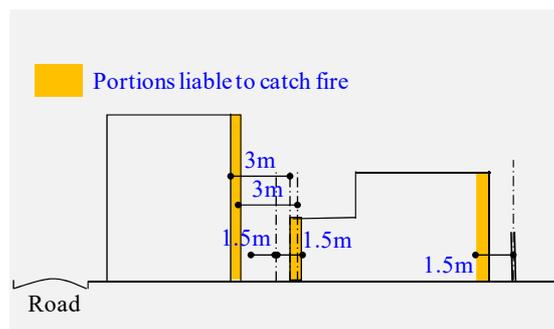
◆Question

- Could you tell us the difference from Japan? (Region / Part)
- What is the spandrel height designed to be?

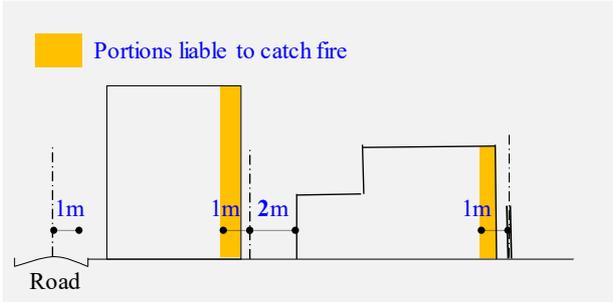
4



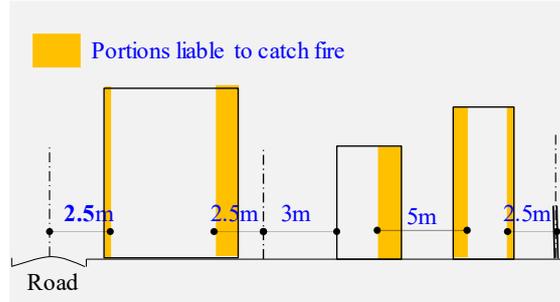
Singapore



Taiwan

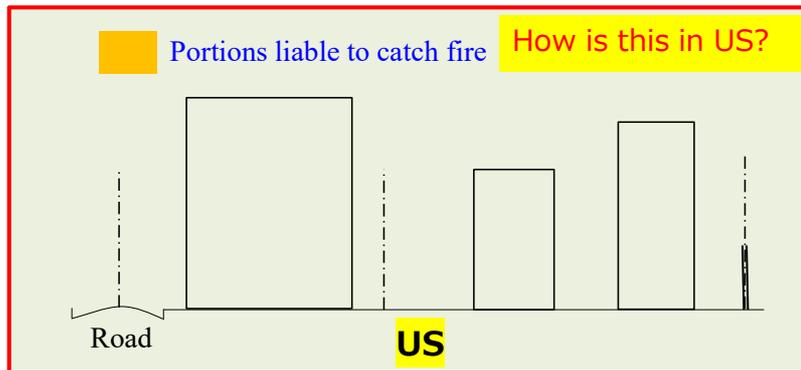


UK



Germany

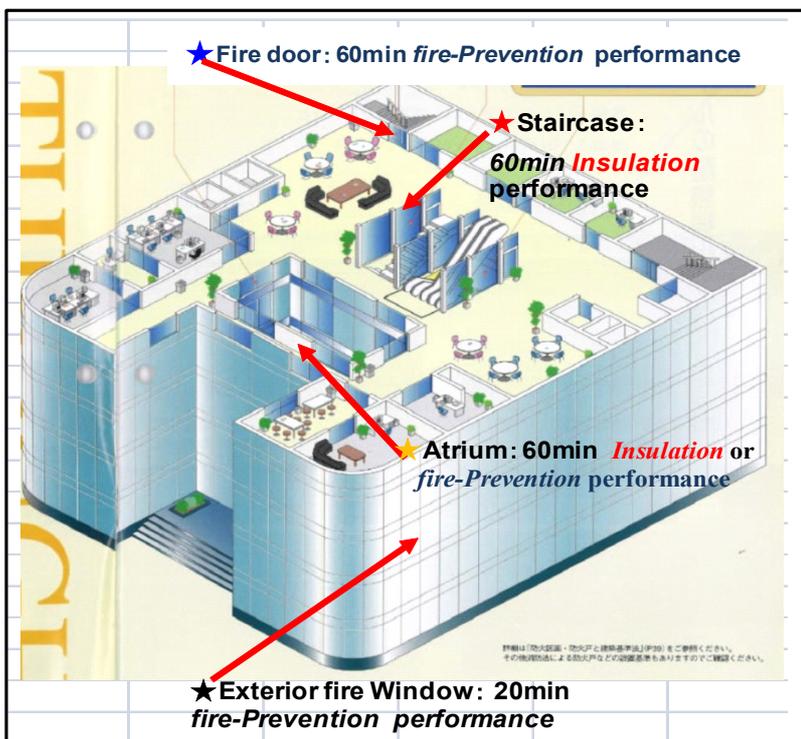
◆ Question



1.2 Part for fire prevention

~The part in which fire prevention windows and doors are installed~

【Japanese regulations】



- ★ Insulation glass(walls) are only used in Staircases.
- ★ Fire doors are used for opening of the fire prevention compartment.
- ★ Exterior fire windows are used for exterior fire prevention performance
- ★ The fire performance required for the glass used for the atrium is not clearly decided. (depend on the situation)

◆ Question

What kind of glass performance is required in the US?

Fire protection compartment

[Glass resisting performance]
 Singapore=EI60,EI120,EI240
 Taiwan =EI60
 UK=EI60
 Germany=EI90
 Japan=E60
 US=***

Evacuation staircase

[Glass resisting performance]
 Singapore=EI60,EI120,EI240
 Taiwan =EI60
 UK=EI60
 Germany=EI90
 Japan=EI60
 US=***

Exterior

[Glass resisting performance]
 Japan=E20
 US=***

Shaft space compartment

[Glass resisting performance]
 Singapore=EI60,EI120,EI240
 Taiwan =EI60
 UK=EI60
 Germany=EI90
 Japan=E60, or E20
 US=***

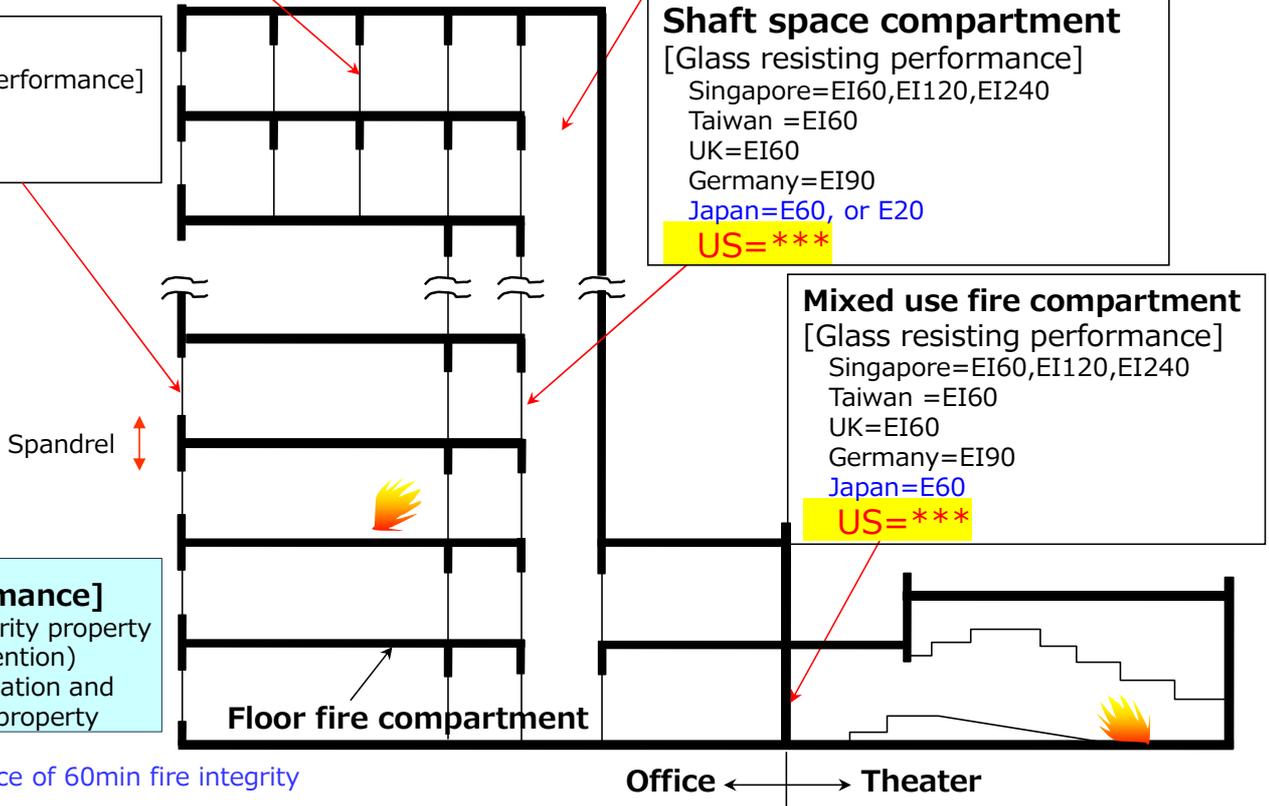
Mixed use fire compartment

[Glass resisting performance]
 Singapore=EI60,EI120,EI240
 Taiwan =EI60
 UK=EI60
 Germany=EI90
 Japan=E60
 US=***

[Glass Performance]

E= only fire integrity property (=flame prevention)
EI=Thermal insulation and fire integrity property

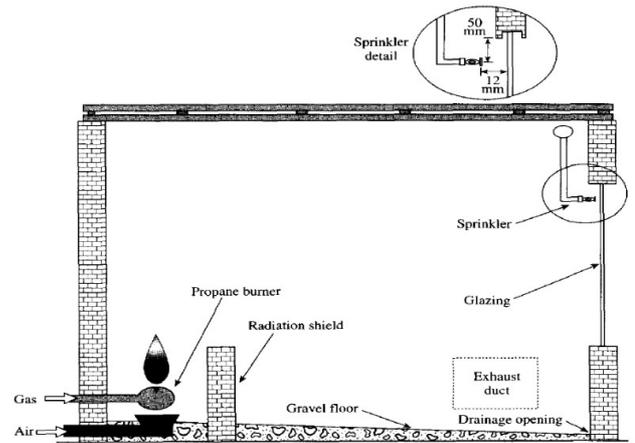
ex.
 E60=Performance of 60min fire integrity



1.3 Fire protection requirements related to sprinklers



Singapore drencher system



"Sprinkler protection of exterior glazing"

◆ Question

Does the installation of sprinklers reduce the performance requirements for fire prevention windows and so on ?

[Sprinkler deregulation measures]

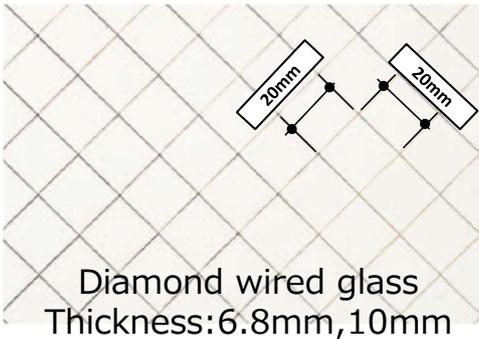
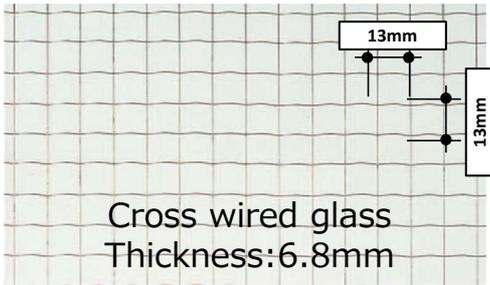
- Singapore : The required fire resistance time can be reduced.
- Taiwan : The area of the fire compartment can be doubled.
- UK : The required fire resistance time can be reduced.
- Germany : The required fire resistance time can be reduced.
- Japan : The area of the fire compartment can be doubled.
- US : ****

What kind of deregulations do you have in the US?

2. Type of Fire glass panes

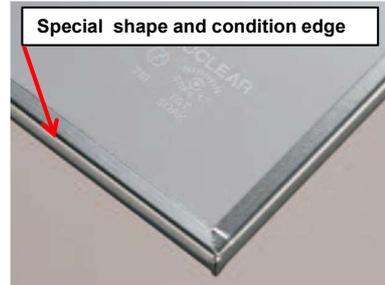
[Wired Glass]

These are used as Type I ~ IV



[High tempered glass]

These are used as Type I, II, III

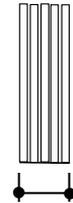


Thickness: 3, 4, 5, 6.5, 8, 10, 12mm

[Special multilayer glass]

These are used Type V

6 Layers of Glass
Interlayer is sodium silicate



Thickness: 23 or 25 mm (Japan) 23 or 25mm

◆ Question

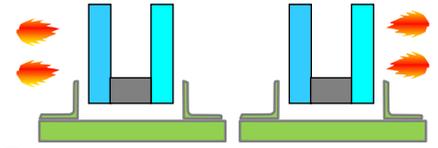
What kind of fire glass panes do you have in the US?
What is the most common fire glass pane in the US?

Type	Wired glass	Super tempered fire glass	Heat-resistant glass ceramics	Special multilayer glass
Performance Features	Fire integrity	Fire integrity	Fire integrity	Fire integrity + Fire insulation
				
Singapore	Slit glass at the entrance and exit of emergency stairs	Used in large quantity	Not used	Used in large quantity
Taiwan		Used in large quantity	Not used	Used in small quantity
UK	Used in small quantity	Used in large quantity	Not used	Used in large quantity
Germany				
Japan	The most widely used fireproof glass.	The second most popular after wired glass	As common as super tempered fire glass	Used in small quantity
US	***	***	***	***

3.1 Type of Fire windows and doors I

【Type I : Exterior Fire Prevention Windows(20minutes)】

★ This type is mainly used for parts requiring exterior fire prevention performance in Japan.



• 20min fire prevention performance is required **both side**.

⇒ Both side fire performance is difficult for IGU and aluminum sash to pass the fire test.

Ex IGU composition ;

※ Wired glass + Air + Low-E glass. (Tempered glass)

※ Super-tempered fire glass + Air + Low-E glass.(Ditto)



◆ Question

In the US, what kind of fireproof performance are the exterior windows required?

⇒ 20 minutes ? One side or Both side? Only flame prevention?

⇒ Is thermal insulation performance needed?

⇒ Do you have any other requirements from your government?

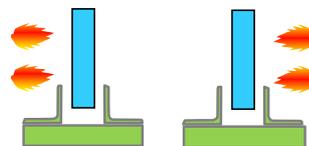
⇒ What type of sash do you use ?(Alm, steel, wood, regin...etc)

11

3.2 Type of Fire windows and doors II

【Type II : Interior Fire Prevention Windows (60minutes)】

★ This type is mainly used for interior fire compartment in Japan.



• 60min fire prevention performance is required **both side**.

⇒ Single glass pane such as wired glass or high stress tempered glass are used.

Window and door frames are mainly made of steel.



◆ Question

In the US , what kind of fireproof performance are the internal windows required?

⇒ 60 minutes ? One side or Both side? Only flame prevention?

⇒ Is thermal insulation performance needed?

⇒ Do you have any other requirements from your government?

⇒ What type of sash do you use ?(Alm, steel, wood, regin...etc)

12

3.3 Type of Fire windows and doors III

【Type III : Interior Fire Prevention Windows (10minutes)】

★ This type is mainly used for interior partition in Japan.



• 10min fire prevention performance is required **both side**.

⇒ Single glass pane such as tempered glass are used.

When designing evacuation safety performance, it will be possible to relax regulations such as interior surface restrictions and smoke exhaust equipment.

Frame of window are mainly made of Aluminum.



• In Japan, the above glass is used as a performance-based design, not a specification-based one.

◆ Question

Is there any performance-based design in the US?

→ Is the performance-based design based on the SFPE Handbook?

13

3.4 Fire prevention roof windows (skylight)

【Type IV : Fire prevention roof windows (30minutes)】

★ This type is mainly used for the roof of fireproof buildings in Japan.

• 30min fire prevention performance is required **one side**.

⇒ Single glass pane such as wired glass, or composite glass made of these glass panes.

⇒ The fire test is very strict because 65kgf/m² weight put on the specimen.



◆ Question

In the US, what kind of fireproof performance are the roof windows required?

⇒ 30minutes ? • One side or Both side? Only flame prevention?

⇒ Is thermal insulation performance needed?

⇒ Is the weight put on the specimen during fire test?

⇒ Do you have any other requirements from your government?

14

3.5 Type of Fire-resistant walls

[Type V : Exterior and interior Fire-resistant wall(60minutes)]

★ This type is used for the wall of the fire protection zone in Japan.

•60min fire prevention performance is required **both side.**

⇒Non-heated surface temp : Ave=140K+T₀,Max=180K+T₀

⇒Only special multilayer glass panel is used.

⇒The test is very strict .The test sample wall are being kept 180 minutes on the furnace after fire test.

⇒In the meantime, the test specimen's temperature on the non-heated side is can not exceed criteria temperature and must not have large cracks.



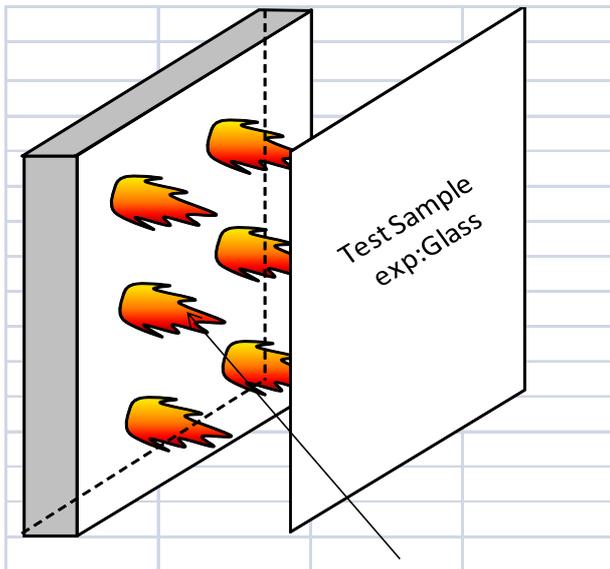
◆ Question

In the US, what kind of fire-resistant performance are the interior fire-resistant wall required?

⇒ Do you have any other requirements from your government?

15

4. Equipments



Test samples are exposed to radiant heat and convective heat from the fire jet out from front wall of furnace.

<Fuel >

In Japan, Methane gas or Propane gas, (The former Fuel was used kerosene.)

※A gas furnace is higher in the radiant heat than a kerosene furnace.



Japanese furnace

16

◆ Question

What kind of furnace and thermo-couples do you use in the US?



Country	Burner Position	Thermo-couple	fuel
UK	Side	•Sheathed •Plate	Gas
Germany	Side	•Plate	Gas, Oil
Singapore	Side	•Sheathed •Plate	Gas
Taiwan	Front	•Sheathed •Plate	LPG, Gas, Oil
Japan	Front	•Sheathed	LPG, Gas
US	***	***	***

※Thermocouple type

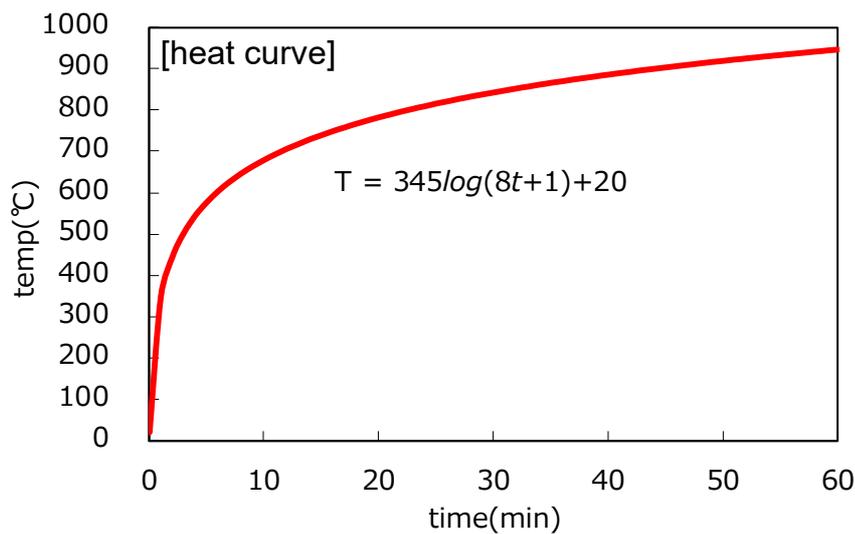


Plate

Sheathed

17

5. Fire test method



In Japan, only fire tests are conducted, and **hose stream tests** are not conducted.



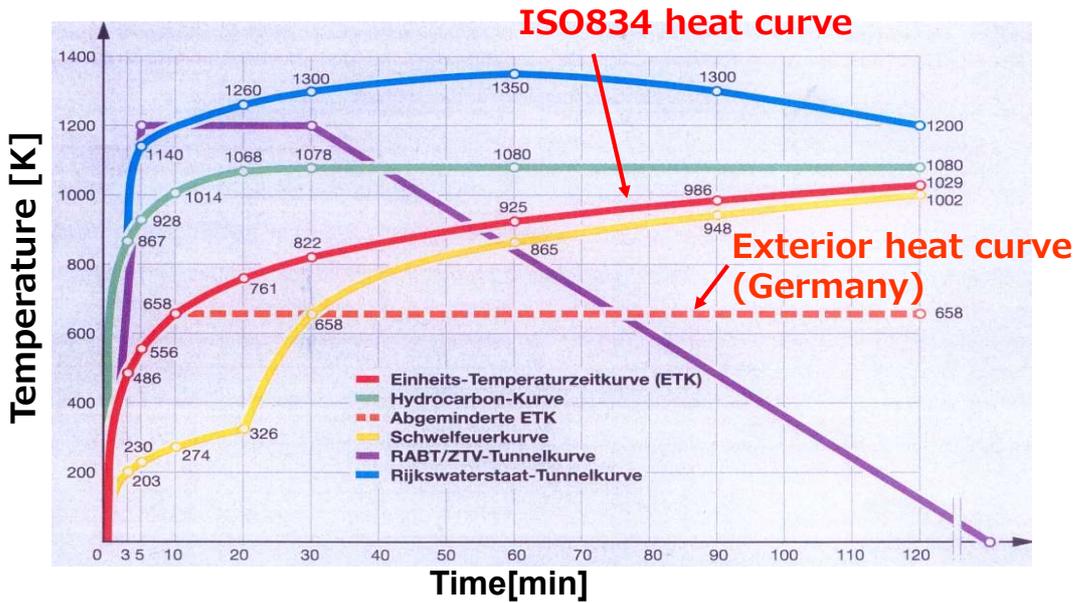
◆ Question

- Do you conduct **hose stream test** after fire tests of fire-proof windows, right?
- How do you conduct the test in the US? (water pressure, amount of water, time...)
- What is the background about it?

18

◆ Question

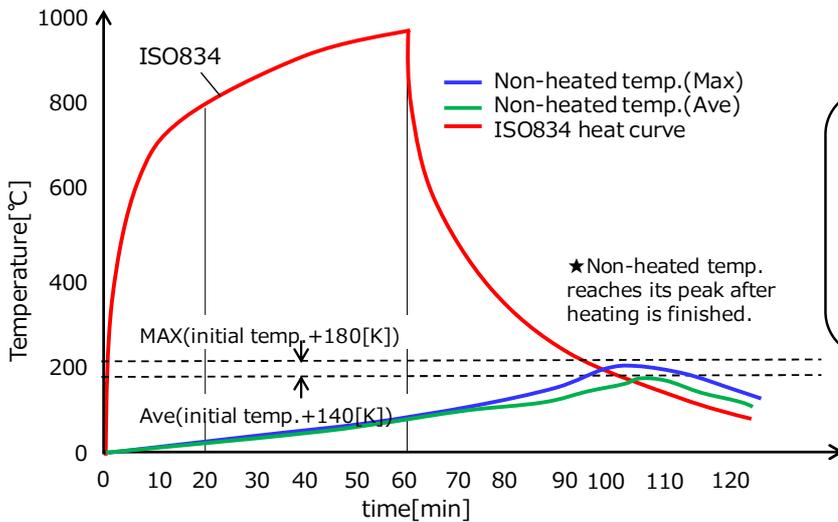
国	加熱温度曲線
UK	BS476 Part20(=ISO834)
Germany	ISO834 or Different uses depending on the purpose
Singapore	BS476 Part20(=ISO834)
Taiwan	CNS12514(=ISO834)
Japan	ISO834
US	*** Which heat curve do you use in US?



19

◆ Question

~Fire resistance evaluation test method~



-Japan-
After the fire test, continue measuring the temperature of the unheated side of the specimen for 3 times the heating time. (Leave for 3 times the required fire resistance time)

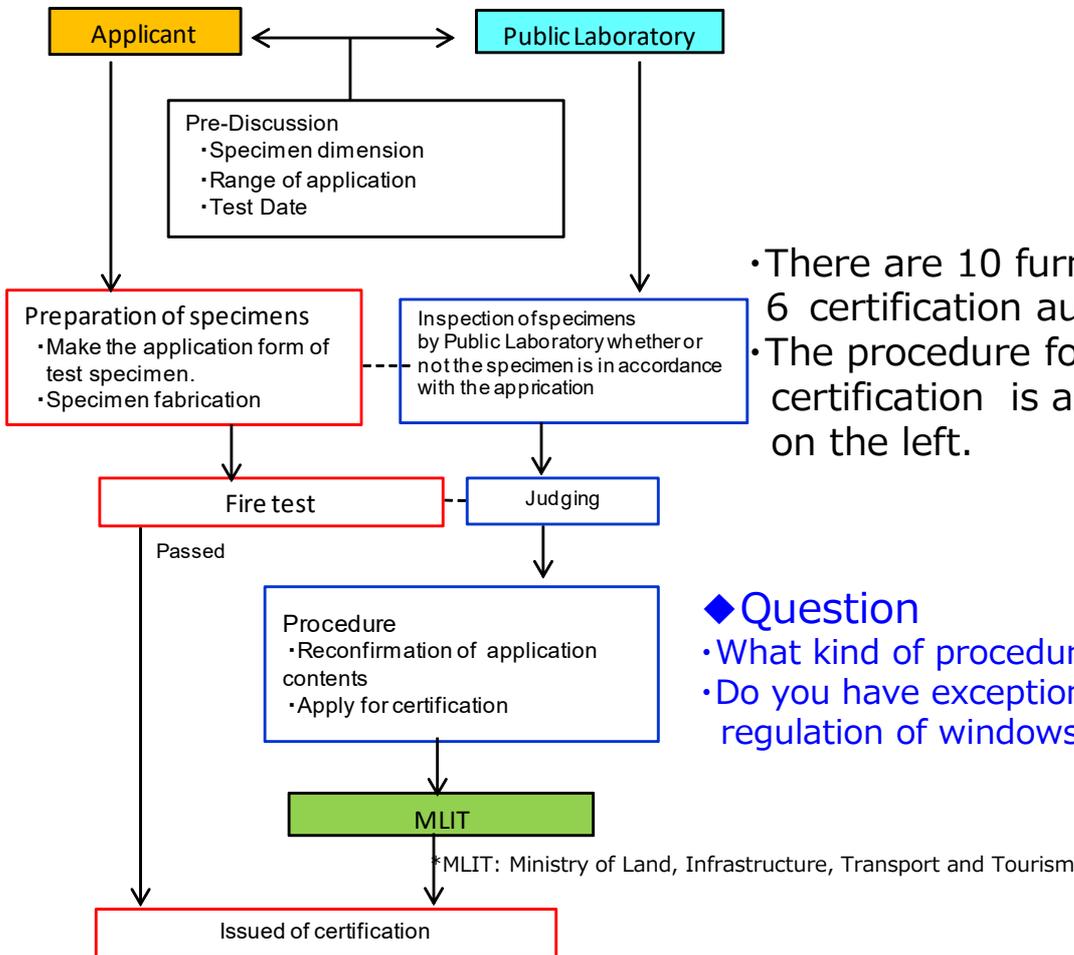
What standards are fire-resistant walls measured in the US?

Fireproof wall non-heated surface temperature criteria

Country	Non-heated surface Average temp. [K]	Non-heated surface Max temp. [K]	3 times leave Yes/ No
UK	140+ Initial temp.	180+ Initial temp.	×
Germany	140+ Initial temp.	180+ Initial temp.	×
Singapore	140+ Initial temp.	180+ Initial temp.	×
Taiwan	140+ Initial temp.	180+ Initial temp.	×
Japan	140+ Initial temp.	180+ Initial temp.	○
US	***	***	***

20

6. Procedure to obtain Certification.



- There are 10 furnaces or more in the 6 certification authorities in Japan.
- The procedure for obtaining certification is as shown in the figure on the left.

◆ Question

- What kind of procedure do you have in the US?
- Do you have exceptional rules for fire regulation of windows and wall?

21

◆ Question

[Fire protection certification procedure special note]

• Singapore and Taiwan

Certification can be obtained based on test results conducted not only in one's own country but also in other countries.

In most cases, the testing and assessment organizations are basically independent.

(*next page)

• UK

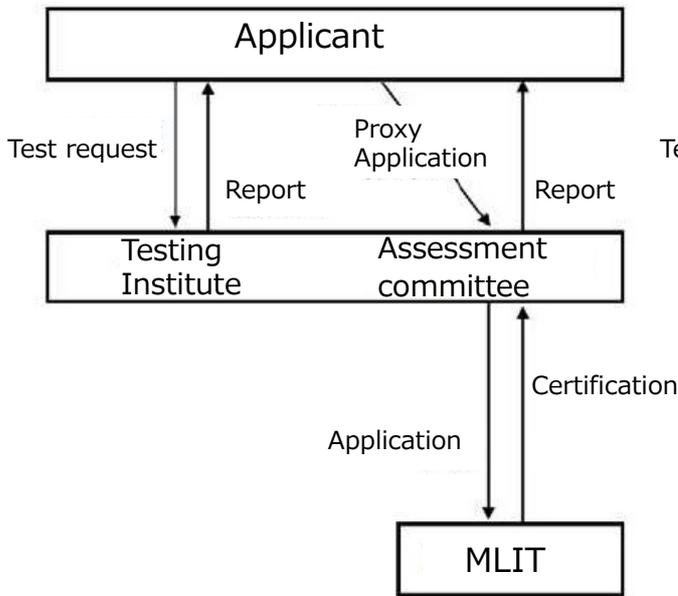
After certification, inspections are conducted to check whether the products are manufactured and managed in accordance with the certified specifications.

• Germany

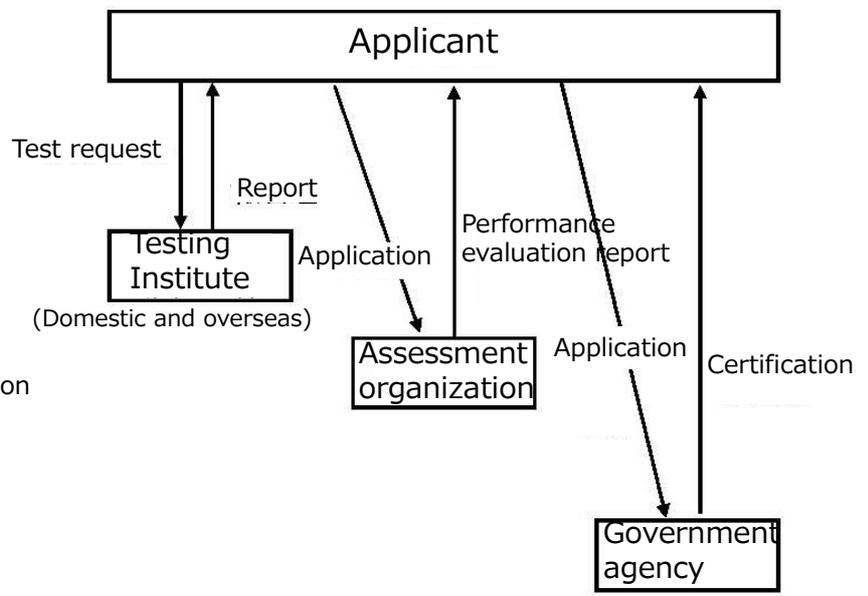
Even fireproof furnaces owned by general companies can undergo certification testing if they obtain certification from the government.

• US

22



Japanese certification procedures



Singapore, Taiwan

23

7. Other matters

- ✓ The relationship between insurance and fire regulations
- ✓ How to use ASTM standard , UL standard, ISO standard etc.
 - *The priority of each standard, and conditions for using each standard,,etc.
- ✓ How often are fire-related standards revised?
 - Among those, what changes have been made in relation to windows and doors?
 - * In Japan, until 10 years ago, fire-resistant windows were generally applied (any combination of sash and glass was allowed), but due to changes in the rules, we are now basically moving towards individual certification.
- ✓ Are there any specification regulations?
- ✓ It seems that there are material certification and system certification(window,door etc) . How do you distinguish between them?

24

Conclusion

Thank you for your cooperation.

From FGMAJ

防耐火ガラスに関する北米の防耐火性能評価等の調査報告

正会員 ○鈴木 一幸*1 正会員 佐藤 明憲*2
 大本 英雄*3 藤井 寿満*4
 正会員 大宮 喜文*5

防耐火ガラス 防火法規 米国
 性能評価 試験設備

1. はじめに

既報で、欧州・アジア諸国等におけるガラスを用いた防火戸、屋根、並びに耐火間仕切壁に関する法規、試験炉、試験法、認定手順等を調査し、日本の防火法規との比較を行った¹⁾²⁾。結果として防火区画には遮熱型のガラスが使用される部位が日本より多いことや、試験方法の考え方や耐火試験炉の仕様の違い、更には防火認定プロセスに対する運用の違いなどの情報を整理した。

一方、米国では連邦法や州法に基づき、モデルコードによって共通化させているなど、独自の法体系を確立させている傾向が見られる。特に交通の要であるイリノイ州の都市シカゴは、1871年に発生したシカゴ大火から急速に機能回復させ、有名建築家によって数多くの新しいビルが建設されており、現在の建築にも大きく影響を与えている都市でもある。今回、ガラスに関わる日本との防火法規や試験方法の違いを確認するため、北米のうち米国(以下、US と称す)を中心に、調査した。

2. 調査対象機関

本調査は、US の建築・防火法規の基幹となる規格制定を担う認証・試験機関や、防耐火建材を取り扱う企業を調査対象とし、イリノイ州シカゴにある試験評価機関の Underwriters Laboratories Limited Liability Company(以下、UL と称す)、並びにオハイオ州トレドにある防耐火ガラス加工などの企業 Technical Glass Products などを訪問した。

3 調査結果

US における防火法規は、日本の建築基準法に相当する国際建築基準(IBC=International Building Code)がベースとなり、「I Codes」として定められている。以下に US における代表的な法規制や、試験設備、認証手順、使用されている防耐火ガラスについて示す。

3.1 外壁開口部の面積制限

スプリンクラー(SP)の有無や建物間の離隔距離(FSD: Fire Separation Distance)に応じて、開口部の要求性能や許容面積率を制限する規定がある。表 1 に離隔距離 10feet までの規定の一例を示し、図 1 に概要図³⁾を示す。日本における「延焼のおそれのある部分」とは考え方が異なり、離隔距離によって開口部の要求性能や面積が規定される法体系となっている。

表 1 離隔距離や SP 設置有無による外壁の開口部の許容面積率

FSD (feet)	開口部の防火性能 スプリンクラー有無	壁面に対する 開口部許容面積率
0 ≤ FSD < 3	非防火窓 / SP 無	0%
	非防火窓 / SP 有	0%
	防火窓	0%
3 ≤ FSD < 5	非防火窓 / SP 無	0%
	非防火窓 / SP 有	15%
	防火窓	15%
5 ≤ FSD < 10	非防火窓 / SP 無	10%
	非防火窓 / SP 有	25%
	防火窓	25%

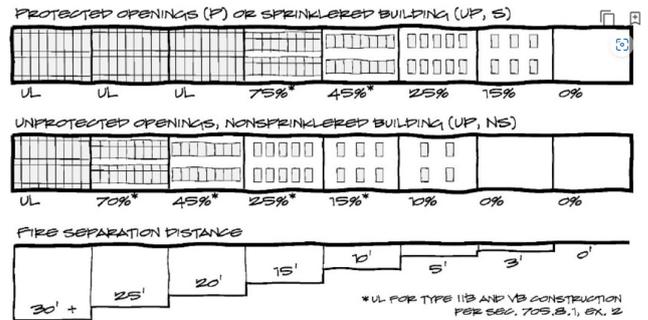


図 1 離隔距離や SP 設置有無による外壁の開口部の許容面積率

3.2 耐火間仕切壁・開口部の要求性能

使用されるガラスの代表的な要求性能を表 2 に示す。基本的に遮熱性能(EI)が要求され、日本よりも要求時間が長い部位が多い。また、US の防火区画に設けられる開口部は、主に以下のような代表的な制限⁴⁾がある。

- ① 壁の長さに対して開口部の合計幅が 25%以内に制限され、開口部ひとつ当たりの面積は 156ft²以下とする。
- ② ガラスに対しても遮熱性の要求部位が多いが、出入口に設けられるドア等には、開口面積 100inch² 以下の場合には遮熱性ではなく、遮炎性(E)が要求される。
- ③ 基本的には放水性能が必要となる。

表 2 使用されるガラス(開口部)の代表的な要求性能

国	面積 区画	堅穴 区画	避難階段 を囲む壁	避難階段 出入口	避難 廊下	外壁
日本	E 60	E20 E 60	EI 60*5	E20 E60	E10 E20	E 20
US	EI90 EI120 EI180 EI240	EI60 EI120	EI60*2 EI120	EI60 EI120	E20 E45	E45 E90 EI60 EI120 EI180

E= only fire integrity property (=flame prevention),
 EI=Thermal insulation and fire integrity property

3.3 防耐火性能評価試験

ASTM E119 の標準加熱温度曲線を用いて評価を行う。加熱初期は ISO 834 と比較して低く推移する傾向がある。

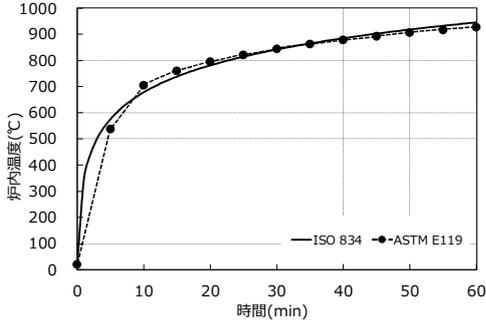


図2 標準加熱温度曲線(ISO 834, ASTM E119)

3.4 遮熱性能評価方法

遮熱性に関する裏面温度の基準は、概ね日本と同様である。しかしながら日本のような加熱終了後の3倍放冷は実施せず、加熱時間のみで試験終了する。

表3 遮熱性能に関する裏面温度基準

国	裏面平均温度	裏面最大温度
日本	140°C+初期温度	180°C+初期温度
US	139°C+初期温度	181°C+初期温度

3.5 放水試験(Hose stream test)⁵⁾

US で最も特徴的な評価試験であり、要求される加熱時間における防火試験実施直後、加熱面に表4に示す所定の水圧の水を試験体表面から20feetの位置から放水し、図3のルートでガラス破損や試験体の崩壊・破損・貫通等を確認する。US 独自に火災シナリオを考慮した試験方法として採用されており、実火災における評価対象以外の部位も含めた変形などを考慮しなければならないという考えのもと、水をかけることによって複雑な熱伸びやねじれなどを再現している。試験直後のショットバッグによる衝撃法の代替として過酷な評価試験を行うことを目的に開発されたものである。

表4 放水の水圧と間隔

要求性能 P (min)	水圧 (kPa)	間隔 (m ² /min)
P ≥ 480	310	1.5
240 ≤ P < 480	310	1.9
120 ≤ P < 240	207	3.7
90 ≤ P < 120	207	6.3
60 ≤ P < 90	207	9.1
P < 60	207	9.1

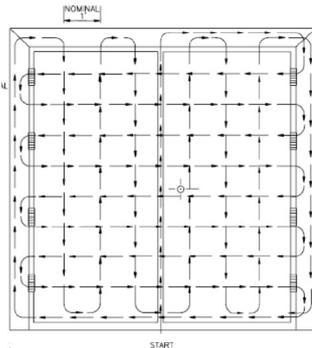


図3 放水テストパターン

3.6 試験設備

耐火試験炉の仕様の違いを表5に示す。

表5 壁用耐火炉の仕様

国	バーナー位置	炉内熱電対	燃料
日本	正面壁	シース熱電対	LPG 都市ガス、
US	正面壁	シース熱電対(被覆タイプ) ASTM E119	天然ガス

3.7 認証手順

全米認証試験機関(NRTL: Nationally Recognized Testing Laboratories)として労働安全衛生局(OSHA: Occupational Safety and Health Administration)に承認された指定機関が認証実務を行う。現在、NRTLにはULをはじめ13機関あり、試験認証機関が認定書まで発行する。また、自身の試験所における業務だけではなく、試験立会を基に性能評価し、認定書を発行することもある。

3.8 使用されている防耐火ガラス

US で普及している防火ガラスは、耐熱結晶化ガラスや積層ガラスをはじめ、網入板ガラスや耐熱強化ガラスが使用されている。耐熱強化ガラスは、主にE20として使われるが、E20の市場規模自体が小さく、日本ほどは普及していない。

4. まとめ

ガラスに関わる日本との防火法規や試験方法の違いを確認するため、USの防火規制に着目し、調査を実施し比較した。得られた主な知見を以下に示す。

- 1) 外壁開口部においては、建築用途・建物間の離隔距離・スプリンクラー有無などに応じて、異なる要求性能や許容面積率が規定されている
- 2) 日本の開口部に対しては遮炎性が要求される部位が多いが、USにおいては、諸外国と同様に遮熱性を重視しており、要求耐火時間も長く設定されている部位が多い。
- 3) 防火試験は、ASTM E119の標準加熱曲線を用いて実施され、特徴的な試験方法として防火試験直後に放水試験を実施するなど、独自の評価手法を用いている。
- 4) 防火ガラスは、防火規制や試験方法の違いにより、日本ほど耐熱強化ガラスが普及しておらず、耐熱結晶化ガラスや積層ガラスが使用される部位も多い。

参考文献

- 1) 久田隆司他：防耐火ガラスに関する日英独の防耐火性能評価等の調査，日本建築学会大会学術講演梗概集.A-2 .pp.203~204 ,2015.9
- 2) 鈴木一幸他：防耐火ガラスに関するアジアの防耐火性能評価等の調査，日本建築学会大会学術講演梗概集.A-2 .pp.213~214 ,2017.8
- 3) International Building Code(IBC), section705 ,2024
- 4) International Building Code(IBC), section 706.8, 707.8 ,2024
- 5) ANSI / UL263 Fire Tests Building Construction and Materials .pp.13~14,2022

*1 日本板硝子株式会社 博士(工学)

*2 AGC 株式会社

*3 セントラル硝子プロダクツ株式会社

*4 一般社団法人板硝子協会

*5 東京理科大学 創理理工学部建築学科 教授・博士(工学)

*1 Nippon Sheet Glass Co., Ltd, Dr.Eng.

*2 AGC Inc.

*3 Central Glass Products., Co., Ltd

*4 Flat Glass Manufacturers Association of Japan

*5 Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Science & Technology, Tokyo University of Science, Dr. Eng.

防耐火ガラスに関する北米の 防耐火性能評価等の調査報告 (一社) 板硝子協会

2025/09/10

○鈴木一幸 佐藤明憲
大本英雄 藤井寿満
大宮喜文

内容

1. 調査目的・日程
2. 調査メンバー・訪問先
3. 訪問国の主要な防火法規と調査対象機関
4. 米国における法規制概要
5. 外壁開口部の面積制限
6. 防火区画に用いるガラスの要求性能
7. 避難階段の出入り口
8. 屋外避難階段
9. 防耐火試験に用いる加熱温度曲線
- 10.放水試験-Hose stream test-
- 11.耐火間仕切壁における耐火性能評価試験方法
- 12.防耐火試験に用いる試験装置
- 13.認証手順
- 14.防耐火ガラスの種類
- 15.まとめ

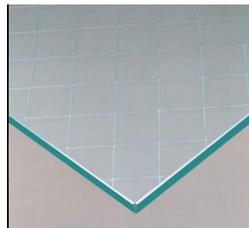
防火法規関係

試験方法関係

1.調査目的・日程

◆調査目的

防火法規や防火認定の(試験)基準において、**防耐火ガラスに関連する**項目について日本と海外防火法規とを比較する。過去に調査した欧州、並びにアジアに加えて、**北米の防火法規・試験法・認定手順**等を調査し、海外で使われている防耐火ガラスの実状と、日本との違いを確認することを目的としている。



網入板ガラス



耐熱板ガラス
(耐熱強化・低膨張・結晶化)



積層ガラス
(遮熱型ガラス)

◆日程

欧州防火法規調査

: 2015年3月 4日～10日

イギリス・ドイツ

アジア防火法規調査

: 2017年3月13日～16日

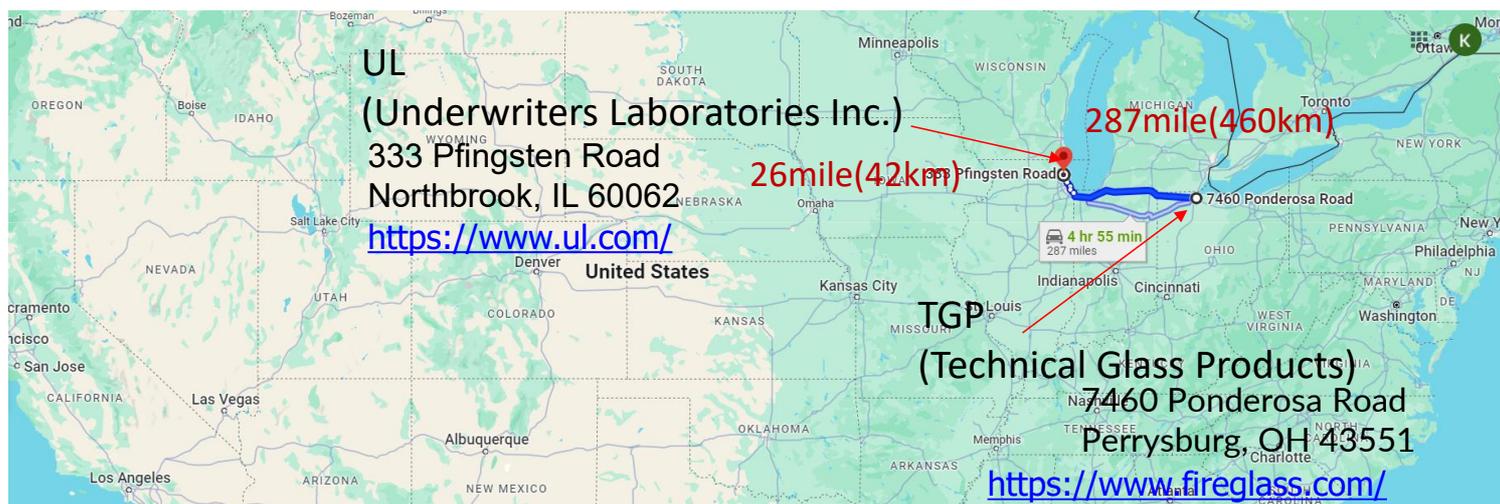
シンガポール・台湾

米国防火法規調査

: 2024年8月20日～24日

イリノイ州 シカゴ, オハイオ州 トレド

2.調査メンバー・訪問先



調査メンバー

東京理科大学
(一社)板硝子協会

AGC(株)

セントラル硝子フコダケツ(株)

日本板硝子(株)

大宮教授

佐藤

大本

鈴木

主な訪問先

Underwriters Laboratories

*UL規格、USの認証試験方法等、試験設備 調査

Technical Glass Products

*USの防火ガラス市場・ガラス工場 調査

3.訪問国の主要な防火法規と調査対象機関

◆各国の主な防火法規と調査対象機関

- ・イギリス : Building Act, Building Regulation
- ・ドイツ : モデル建築法規(MBO), Building Code
- ・シンガポール : Fire Code
- ・台湾 : 建築技術規則設計施工編
- ・**US** : **IBC(International Building Code)他**
- ・**日本** : **建築基準法・消防法**

国	調査対象機関	国	調査対象機関
イギリス	British Research Establishment (防火研究・試験機関・評定機関)	シンガポール	TUV SUD PSB Pte Ltd (試験機関・評定機関)
	Ulster University FireSERT (防火研究、大学)		VJF SYSTEM PTE LTD (ガラス加工メーカー)
ドイツ	MPA Braunschweig (試験機関・評定機関)	台湾	國立臺灣科技大學 (防火研究・試験機関・評定機関)
	IFT Rosenheim (試験機関・評定機関)		内政部建築研究所 防火実験中心 (防火研究・試験機関・評定機関)
			国立成功大学 防火安全研究中心 (防火研究・試験機関・評定機関)
国	調査対象機関		
US	Underwriters Laboratories (試験機関・評定機関)		
	Technical Glass Products (ガラス加工メーカー)		

4.米国(US)における法規制 概要

建築・防火関連の法令は、民間組織でモデルコードが作成され、米国における防火安全基準は、その基準・規格を基に、州ごとに独自性がある。

特にイリノイ州の都市シカゴは、1871年のシカゴ大火から急速に機能回復させ、有名建築家によって数多くのビルが建設されており、現在の建築・防火規制に関しても大きく影響を与えている。

<主なモデルコード>

国際規格協議会(ICC=International Code Council)が「I code」を策定。

⇒国際建築基準(IBC=International Building Code) *アメリカ建築基準のベース
(*NFPAやULと連携)

<規格関連>

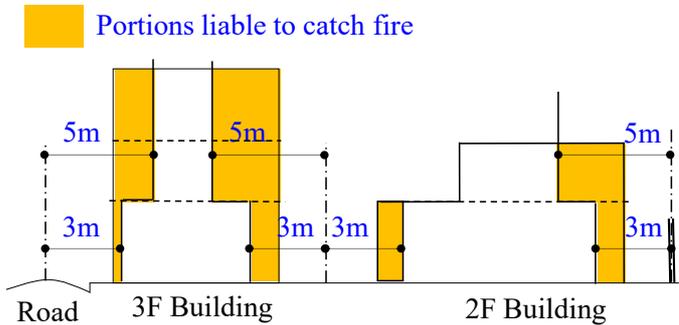
全米規格協会(NFPA=National Fire Protection Association)

防火ガラス関連の民間規格(例) *ANSI規格(American National Standard Institute)

- ◆NFPA規格 ※法的拘束力なし。州法に適用で法制化。
防火窓やガラス : NFPA80, NFPA105
- ◆UL規格 (同等の規格として、FM規格 他…) ※法的拘束力あり
 - ・防火戸の試験・認証 : **UL10B, UL10C**, CAN/ULC-S104
 - ・防火窓の試験・認証 : **UL9**, CAN/ULC-S106
 - ・耐火性 : **UL263**, CAN/ULC-S101
- ◆ASTM規格 ※法的拘束力なし。
 - ・防火試験方法 : **ASTM E119**

5.外壁開口部の面積制限

外壁開口部の面積制限(US)



延焼のおそれのある部分(日本)

USでは、**スプリンクラーの有無**や建物間の**離隔距離**に応じて、**開口部の要求性能や許容面積率を制限する規定**がある。

(非防火窓+スプリンクラー = 防火窓)

⇒離隔距離によって開口部の要求性能や面積が規定される法体系

FSD (feet)	開口部の防火性能/ スプリンクラー有無	壁面に対する 開口部許容面積率
0 ≤ FSD < 3	非防火窓 / スプリンクラー無	0%
	非防火窓 / スプリンクラー有	0%
	防火窓	0%
3 ≤ FSD < 5	非防火窓 / スプリンクラー無	0%
	非防火窓 / スプリンクラー有	15%
	防火窓	15%
5 ≤ FSD < 10	非防火窓 / スプリンクラー無	10%
	非防火窓 / スプリンクラー有	25%
	防火窓	25%
10 ≤ FSD < 15	非防火窓 / スプリンクラー無	15%
	非防火窓 / スプリンクラー有	45%
	防火窓	45%
15 ≤ FSD < 20	非防火窓 / スプリンクラー無	25%
	非防火窓 / スプリンクラー有	75%
	防火窓	75%
20 ≤ FSD < 25	非防火窓 / スプリンクラー無	46%
	非防火窓 / スプリンクラー有	制限なし
	防火窓	制限なし
25 ≤ FSD < 30	非防火窓 / スプリンクラー無	70%
	非防火窓 / スプリンクラー有	制限なし
	防火窓	制限なし
FSD ≥ 30	非防火窓 / スプリンクラー無	制限なし
	非防火窓 / スプリンクラー有	制限なし
	防火窓	制限なし

FSD = Fire Separation Distance(離隔距離) 引用: IBC2024 Table705.9

6.防火区画の開口部に用いるガラスの要求性能

国	面積区画	竪穴区画	異種用途区画*2	避難階段	避難階段 出入口	避難廊下の 開口	外壁開口部
US*4	EI90 EI120 EI180 EI240	EI60*1 EI120	E45 EI60	EI60*1 EI120	EI60 EI120	E20 E45	E45*3 E90 EI60 EI120 EI180
日本	E60	E20 E60	E60	EI60	E60	E10 E20 E60	E20

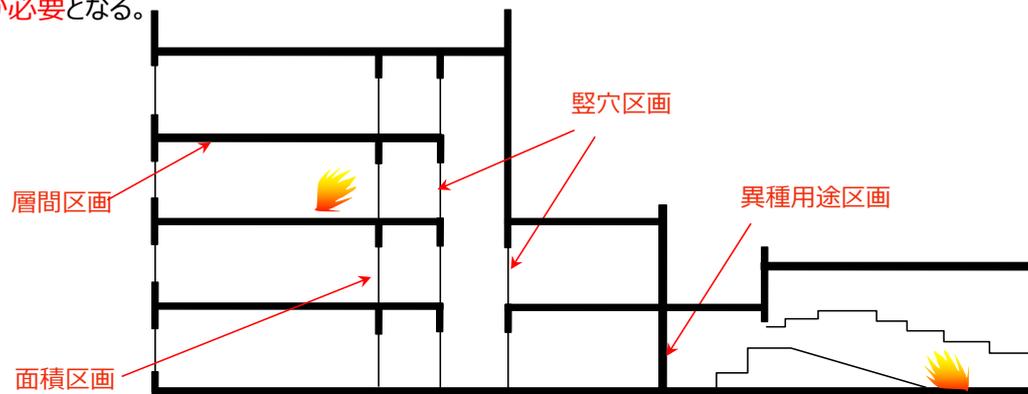
*1: 3階まではEI 60、4階以上でEI 120必要。【IBC2024 713.4】

注: E=遮炎性、EI=遮炎性+遮熱性

*2: 防火区画を介して、建物同士の用途によって異なる。【IBC2024 table508.4】

*3: 離隔距離(FSD)や建物用途によって要求性能が異なる。【IBC2024 table705.5】

*4: 要求耐火時間が120分以下の場合、ガラスの面積が100inch²以内の場合はガラスに遮熱性は求められない。
また、**基本的に放水性能が必要**となる。



(例) 事務所 → 劇場

7.避難階段の出入口

◆避難階段の出入口のガラスの要求性能

国	耐火時間		仕様
	ドア(のぞき窓)	開口部	
US	E60 (≤100inch ²) EI60(100inch ²)	EI60 EI120	ガラス入り防火戸 鉄扉にスリットガラス
日本	E60	E60	ガラス入防火戸、 鉄扉等

注：E=遮炎性、EI=遮炎性+遮熱性



日本(特定防火設備)



ホテルの避難扉

空港の避難扉

US

8.屋外避難階段

IBC 1027

鉄骨階段で構成されている屋外避難階段が多く見られる。防犯上、通常時は1階までつながっていないが、避難時に地上階への直通階段となる構造となっている。

屋外避難階段は、その外縁から隣接する建物の外壁まで10feet(3,048mm)以上の離隔距離が必要である。



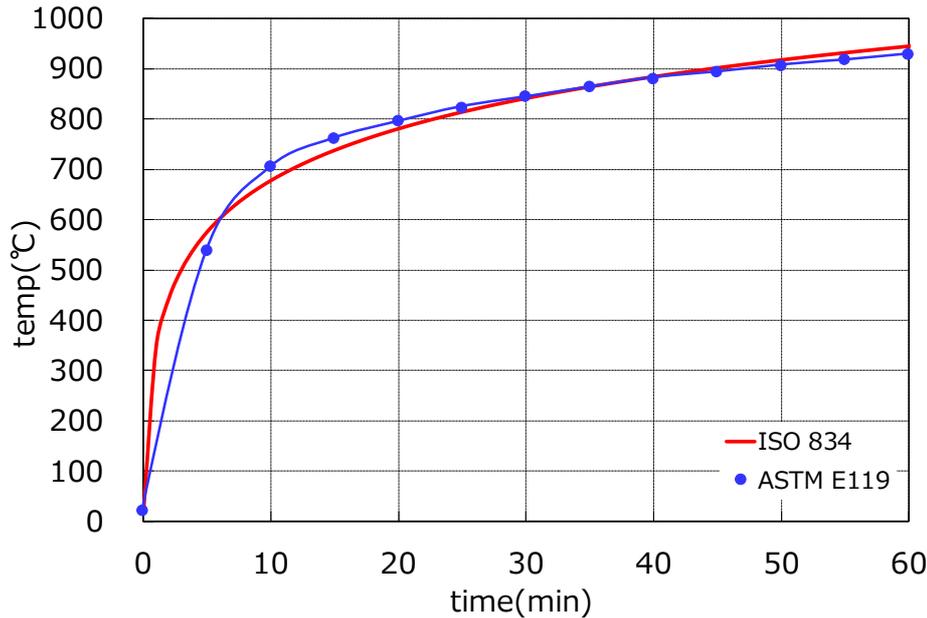
9.防耐火試験に用いる加熱温度曲線

◆USの加熱温度曲線

国	加熱温度曲線
US	ASTM-E119
日本	ISO834

米国における独自の加熱温度曲線。

ASTM-E119：ISO834と比較して初期は高いが、後半低く推移。

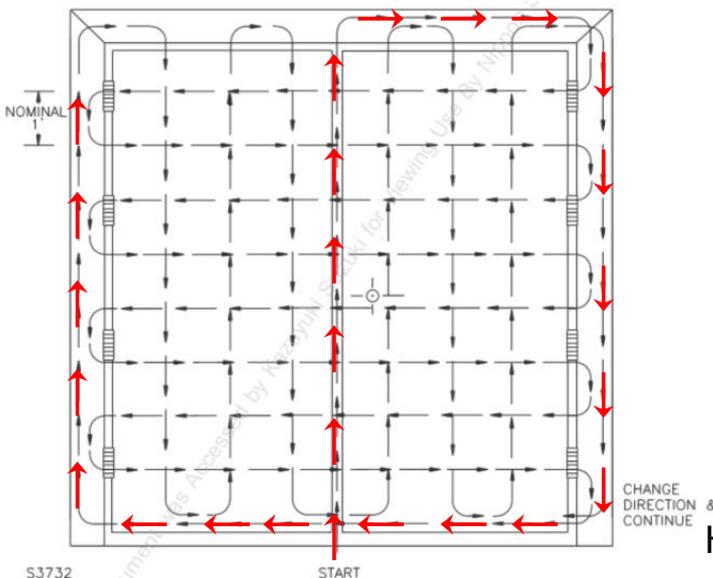


10.放水試験-Hose stream test-

US独自に火災シナリオを考慮した試験方法として採用している試験方法。

実際に火災が発生すると、対象（試験体）のみならず、他の部位も含めた変形などを考慮しなければならないという考えのもと、水をかけることによって、複雑な熱伸びやねじれなどを再現。

・試験体の表面から20feet(6,096mm)の位置から、9m²/min のスピードで（要求時間90分未満の場合）下図のルートで放水し、ガラス破損や試験体の崩壊・破損・貫通等を確認する。



Hose Stream Test(UL9, UL10B, UL10C)

11.耐火間仕切壁における耐火性能評価試験方法

◆各国の耐火性能評価試験方法

・耐火間仕切壁 裏面温度規定値

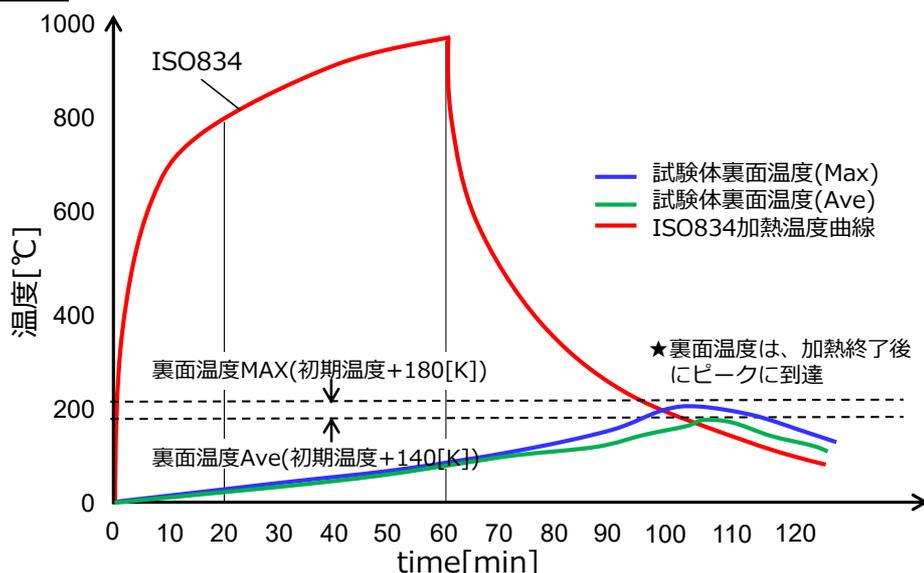
国	裏面温度平均 [K]	裏面温度最大 [K]
US	139+ 初期温度	181+ 初期温度
日本	140+ 初期温度	180+ 初期温度

-日本-

試験終了後所定の試験時間の3倍の時間試験体の裏面温度測定継続。(→3倍放冷)

・3倍放冷の有無

国	3倍放冷の有無
US	無し
日本	有り



12.防耐火試験に用いる試験装置

◆USの耐火試験装置

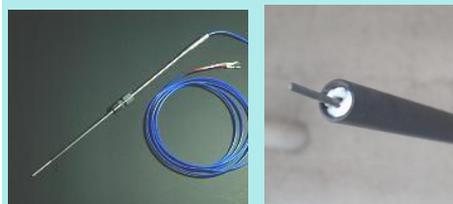
ASTM E 119



国	バーナー位置	炉内熱電対	燃料
US	正面壁	シース熱電対 (ASTM E119仕様)	天然ガス
日本	正面壁	シース熱電対	LPG 都市ガス、



※熱電対形状



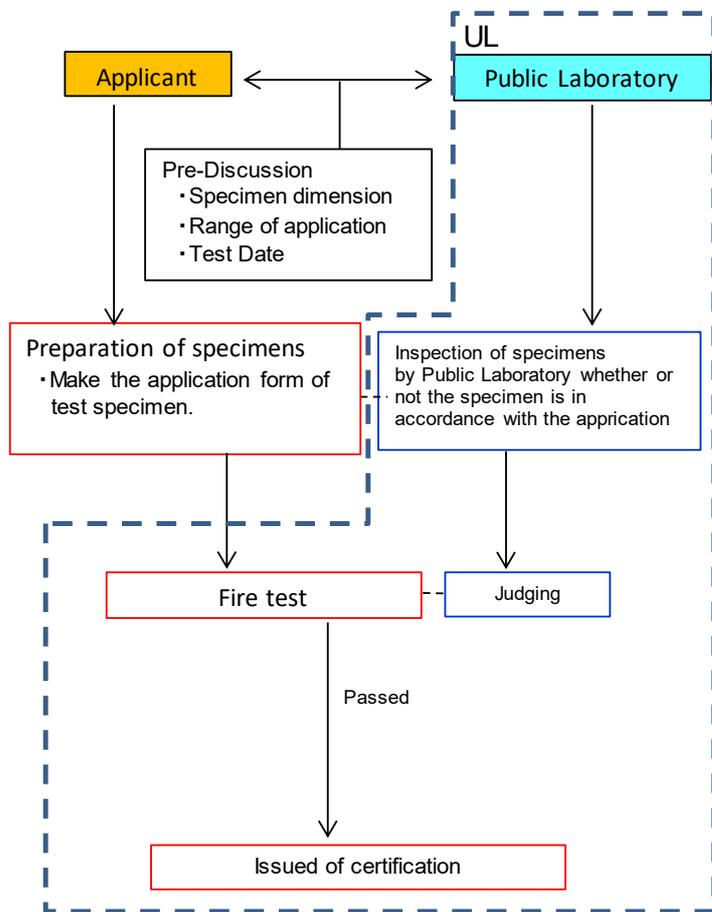
シース
ASTM E119仕様

シース
(日本)

K型シース熱電対+先端開放の直管
K型シース熱電対+先端が塞がれた保護管 *熱容量大(立ち上がり遅い)

13. 認証手順

◆USの防火認証の手順(例) *ULの場合



NRTL(全米認証試験機関)として労働安全衛生局(OSHA)に承認された機関が認証実務を行う。
NRTLには、ULをはじめ、13機関ある。

Underwriters Laboratories の役割

ULなどの試験認証機関が認定書まで発行できる。自らの試験所だけではなく、一般の試験所にでの立会を基に、認定書を発行することもある。
※日本における公的機関が、民間の耐火炉で立会して認証すること同様のイメージ。

14. 防耐火ガラスの種類

◆USで使用されている防耐火ガラス

USで普及している防耐火ガラスは、耐熱結晶化ガラスや積層ガラスであり、他にも網入板ガラスや耐熱強化ガラスが使用されている。

※耐熱強化ガラスは、主にE20として使われるが、E20の市場規模が小さく、あまり普及していない。

種類	網入板ガラス	耐熱板ガラス		積層ガラス (遮熱型ガラス)
		耐熱強化ガラス	耐熱結晶化ガラス	
	遮炎性(E)	遮炎性(E)	遮炎性(E)	遮炎・遮熱性(EI)
性能と外観				
US	使用されている	あまり使用されていない	多く使用されている	多く使用されている
日本	最も多く使用されている	多く使用されている	使用されている	あまり使用されていない

15.まとめ

防耐火ガラスにおいて、USの法規・試験法・認定手順の違いを比較を行った。様々な条件により、要求性能が異なる法体系は日本と同一であるが、日本と比較して相違の有るものを以下にまとめる。

- ・ 法体系 : 民間機関で定められた基準が、州ごとに引用されている。
- ・ 延焼のおそれのある部分 : 離隔距離・スプリンクラー有無などに応じて規定が異なる。
開口部の許容面積率も規定される。
- ・ 防火区画 : 日本以外の諸外国と同様に遮熱性を重視しており、要求耐火時間も長く設定されている部位が多い。
- ・ 遮炎・遮熱の温度曲線 : 独自にASTM E119の加熱曲線を用いた評価を行っている。
- ・ 試験方法 : 防火試験後に放水試験(Hose Stream Test)を実施する
- ・ 耐火性能評価 : 裏面温度の規定は同じで、3倍放冷は無い
- ・ 耐火試験炉の違い : バーナー位置は日本と同じであるが、ASTM基準の炉内シーツ熱電対を用い、天然ガスを利用している。
- ・ 認証方法 : ULなどのNRTL試験機関が、認定書まで発行できる。
- ・ 防耐火ガラスの種類 : 放水試験が行われることに影響し、耐熱結晶化ガラスは日本よりも普及している。

参考資料 5 : 訪問・視察記録 (写真)

■ 訪問機関

- UL (Underwriters Laboratories)
- TGP (Technical Glass Products)

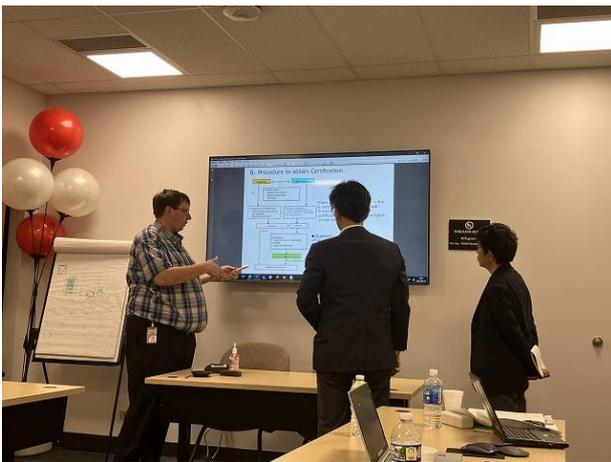
■ 視察

- ファンズワース邸
- イリノイ工科大学_クラウンホール
- トレドガラスパビリオン
- Apple Michigan Avenue
- シカゴ市街
- 屋外避難階段

□UL (Underwriters Laboratories)



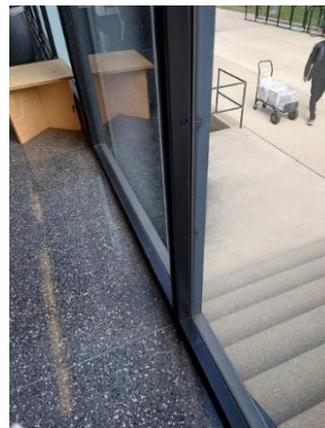
□TGP (Technical Glass Products)



□ファンズワース邸【ミース・ファン・デル・ローエ】1951
…20世紀の鉄とガラスの代表的な建築



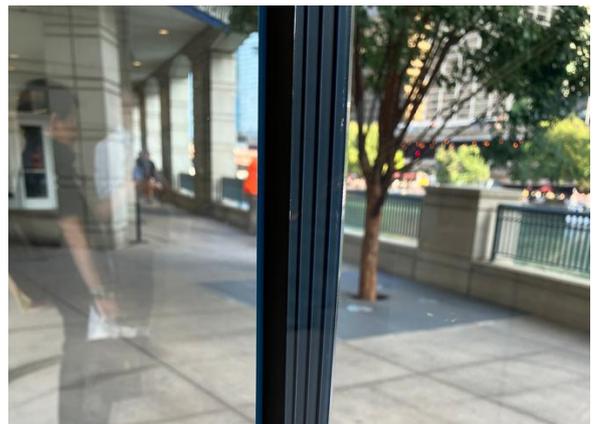
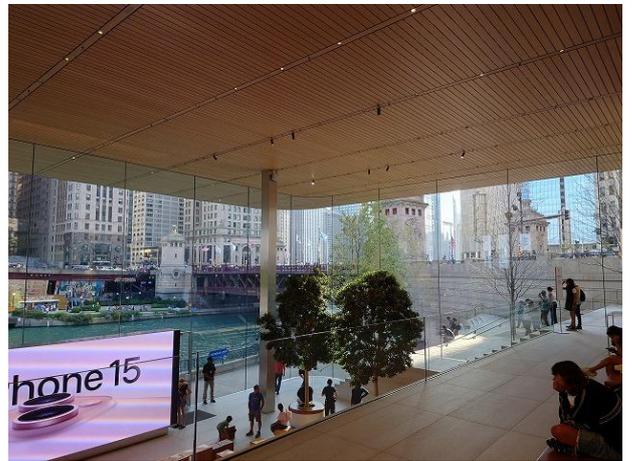
□イリノイ工科大学_クラウンホール
【ミース・ファン・デル・ローエ】1956
…近代建築の四大巨匠の1人ミースの代表的作品



□トledoガラスパビリオン【SANAA】2006
…日本の建築家ユニット SANAA による
高透過・曲げガラスを用いた建築



□Apple Michigan Avenue
【フォスター・アンド・パートナーズ】2017
…高透過・曲げ・多層合わせガラスを用いた建築



□シカゴ・ウォーター・タワー 1869
…1871年のシカゴ大火で焼け残った唯一の
公共建築物



□トリビューン・タワー 1925



□シカゴ市街
…シカゴ大火から復興したビル群（年代順）

□シカゴ劇場 1920



□マーチャンダイズマート 1930



□リグレー・ビル 1924



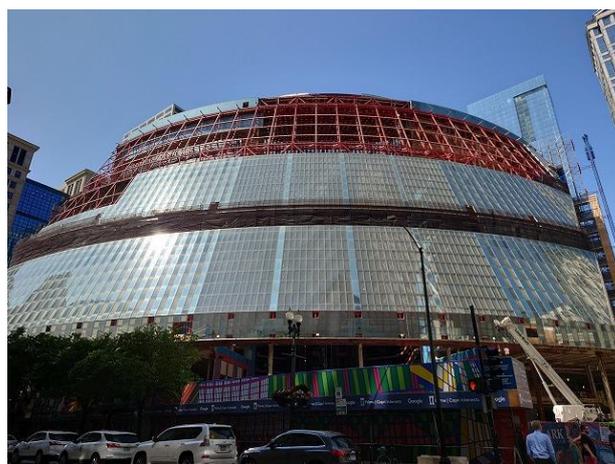
□マリナーシティ 1968



□ジョン・ハンコック・センター
(875 ノース・ミシガン・アベニュー) 1969



□ジェームス・R・トンブソン・センター
【ヘルムート・ヤーン】1985 (改装中)



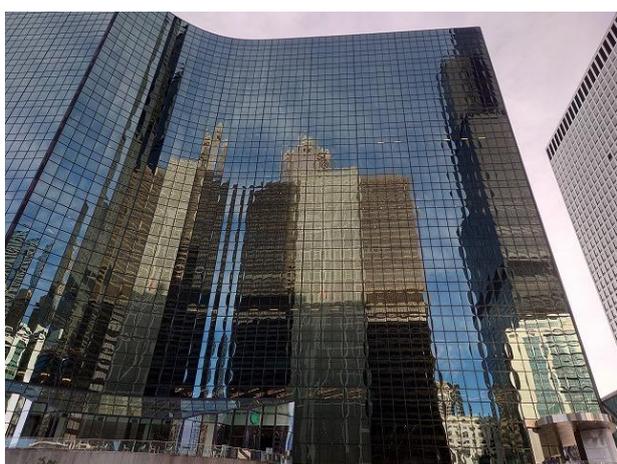
□ウリス・タワー 1973



□トランプ・インターナショナル・ホテル・アンド・タワー 2009



□300 サウス・リバーサイド・プラザ・ビル 1983



□150 ノースリバーサイド 2017



□110 ノース・ワッカー 2020



□セントレジスター 2020



□屋外避難階段（鉄骨）

…シカゴ都市部にみられる特徴的な屋外避難階段

