

遮炎性能を有する耐熱強化ガラスの性能判定基準  
~その3 複合品評価と網入板ガラスとの比較 概要~

正会員 久田 隆司\*1 正会員 鈴木 一幸\*2  
佐藤 明憲\*3 西川 晋司\*4  
正会員 渡部 紀夫\*5 正会員 遊佐 秀逸\*6  
正会員 金城 仁\*7

耐熱強化ガラス 温度差 表面応力  
網入板ガラス 複合品 垂直放射率

1. はじめに

建築物の外壁の開口部において、延焼のおそれのある部分で防火設備に使用されるガラスには、遮炎性能を有する防火ガラスが用いられる。防火ガラスには最も普及している網入板ガラス(以下、網入と称す)や、次に普及している耐熱強化ガラス(以下、耐熱強化と称す)などがある。前報<sup>1)</sup> [日本建築学会 2012 年度大会「遮炎性能を有する耐熱強化ガラスの性能判定基準その 1、その 2」]で、耐熱強化単板について、表面応力をガラスが保有する強度(=代用特性)とみなして評価した結果を報告した。

本報では、断熱性能・遮熱性能・防犯性能などの多様化するニーズに合わせた耐熱強化を用いた複層ガラス、合わせガラス、合わせ複層ガラスなど(以下、複合品と称す)の評価結果、並びに JIS 規格を有する網入と、現状 JIS 規格の無い耐熱強化の比較検証結果を整理したので報告する。

2. 実験目的

耐熱強化を用いた防火設備については、ガラスの熱割れや、枠変形によるガラスの破損貫通、もしくはガラスの軟化・脱落によって遮炎性能が満たせない場合がある。また、複合品の特有の現象として、非火災室側のガラスが割れてしまうと、複層ガラスの封着シールなどの有機材に起因する可燃性ガスに着火することで遮炎性能を満たせないこともある。

耐熱強化の複合品において遮炎性能を満たせない主要因は下記の通りである。また、遮炎性能試験における合否の状況を表 1 に示す。

- 加熱で発生する熱応力によるガラス破損(熱割れ)
- 非火災室側ガラス破損(熱割れ)時の可燃性ガスの発炎断熱・遮熱効果による火災室側のガラス軟化・脱落
- 枠の変形に起因するガラスの破損

ガラスの熱割れについては、ガラス表面とエッジ部分との間に発生する温度差  $T$  による熱応力が、ガラスが保有する強度を上回ることによりガラスが破損する現象である。なお、網入については、加熱初期で破損するが、破損しても網がガラスの脱落を防止し、遮炎性能を保つことができる。

本実験では、耐熱強化の複合品について、加熱時のガラスに発生する温度差  $T$ 、ガラス破損や軟化・脱落の有無を確認し、両面からの加熱に対する遮炎性能を担保す

るパラメータ、並びにガラス構成を見出すことを目的とする。併せて網入との比較・挙動の違いも確認することとした。

表 1 遮炎性能試験における合否の状況

試験状況	合否		試験状況	合否	
	加熱面が破損なし	非加熱面も破損なし		加熱面が破損	非加熱面も破損
CASE1	合格	合格	× 貫通	× 貫通	× 貫通
CASE2	合格	合格	× 貫通	× 貫通	× 貫通
CASE3	× 発炎	× 発炎	× 貫通	× 貫通	× 貫通
CASE4	× 貫通	× 貫通	× 貫通	× 貫通	× 貫通
CASE5	× 貫通	× 貫通	× 貫通	× 貫通	× 貫通
CASE6	合格	合格	合格	合格	合格

3. 実験方法

各条件において、ガラスに発生する温度差  $T$  を把握する実験を行った。実験に際して、耐熱強化・強化ガラスの表面応力、Low-E ガラスの垂直放射率を事前に把握した上でガラス温度を測定し、それぞれのガラスについて、その温度性状を確認することとした。

また、Low-E 膜の放射率については、以下の 3 つのカテゴリーで定義した。(垂直放射率  $\epsilon$  : JIS R 3106 で定義)

- )日射遮蔽型 :  $=0.05 \pm 0.03$
- )中庸型 :  $=0.12 \pm 0.03$
- )日射取得型 :  $=0.18 \pm 0.03$

3.1 実験装置

本実験は日本板硝子(株)の壁用耐火試験炉を使用し、ISO834 の標準加熱温度曲線に沿って実験を行った。

試験体仕様図を図 1 に示す。試験体に用いたガラスは耐熱強化・網入の単板及び複合品で実験を行った。寸法は 1.2m×2.4m(一部 0.9m×2.1m)とし、枠変形の影響(前記)を無くすため、JIS R 3204 の網入板ガラス防火試験方法に準拠して鉄製 L アンクル(以下、鉄枠と称す)でガラスを固定した。

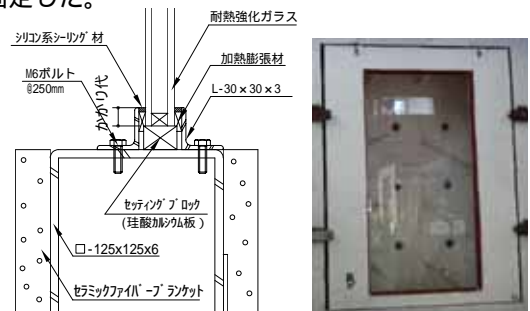


図 1 試験体仕様図・試験体写真

### 3.2 実験条件

耐熱強化の複合品評価と、耐熱強化・網入との比較検証について、実験条件を表2に示す。

耐熱強化の複合品の Low-E ガラスについては、日射遮蔽型・中庸型・日射取得型の垂直放射率の異なる Low-E 複層ガラスを準備した。網入との比較については全てのガラス構成において、耐熱強化と網入を比較できるようにした。下記に検証項目を示す。

- (1)表面応力の影響(耐熱強化の複合品:No.1~7, No.12~21)  
表面応力が異なるガラスにおいて、発生する温度差 T と表面応力の関係性、及び破損の有無を確認し、遮炎性能を有するガラス構成を検証。
- (2) Low-E 膜の垂直放射率 ε による影響(No.8~11)  
異なる垂直放射率 ε の Low-E 複層ガラスにおいて、その影響を比較検証。
- (3)耐熱強化と網入の温度差 T の比較(No.22~)  
それぞれのガラス構成において、T を比較検証。
- (4)耐熱強化と網入の遮炎性能試験の挙動比較(No.22~)  
耐熱強化と網入では、遮炎性能を満足させる方法が異なるため、その影響を比較検証。
- (5)ガラスの軟化・脱落(全試験体)  
加熱面側ガラスの軟化・脱落状態を目視で確認。

### 3.3 温度測定点

ガラスの温度測定は、K 熱電対(φ0.32mm)をセラミック系の接着剤でガラスに接着して計測した。T はガラス表面とエッジ部の温度の差とした。

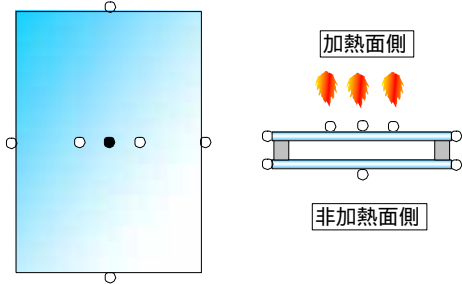


図2 温度測定点図(例: 複層ガラスの場合)

それぞれの実験結果について、次報で報告する。

#### 参考文献

- 1) 鈴木一幸他:「遮炎性能を有する耐熱強化ガラスの性能判定基準～単板耐熱強化ガラス～」日本建築学会学術講演梗概集 2012.9
- 2) 鈴木一幸他:「遮炎性能を有する耐熱強化ガラスの性能判定基準～耐熱強化ガラスで構成された複合品～」日本建築学会 関東支部学術講演梗概集 2013.3

表2 実験条件

ガラス品種	No	加熱側ガラス <sup>1</sup>	表面応力 <sup>2</sup> Mpa	空気層(mm) 中間膜(mil)	非加熱側ガラス <sup>1</sup>	表面応力 <sup>2</sup> Mpa	垂直放射率	かかり代 mm	検証項目
透明複層	1	耐熱強化5ミリ	160(157)	A12	強化4ミリ	105(117)	-	-	13
	2	耐熱強化5ミリ	170(169)	A12	強化4ミリ	105(117)	-	-	13
	3	耐熱強化5ミリ	185(175)	A12	強化4ミリ	105(117)	-	-	13
	4	耐熱強化5ミリ	190(187)	A12	強化4ミリ	130(125)	-	-	13
Low-E複層	5	耐熱強化6.5ミリ	180(183)	A12	LowE3ミリ	-	0.05±0.03	-	13
	6	耐熱強化6.5ミリ	200(199)	A12	LowE3ミリ	-	0.05±0.03	-	13
	7	耐熱強化6.5ミリ	200(201)	A12	LowE3ミリ	-	0.05±0.03	-	13
	8	耐熱強化6.5ミリ	200(201)	A12	LowE3ミリ	-	0.05±0.03	-	13
	9	耐熱強化6.5ミリ	200(199)	A12	LowE3ミリ	-	0.05±0.03	-	13
	10	耐熱強化6.5ミリ	200(203)	A12	LowE3ミリ	-	0.12±0.03	-	13
	11	耐熱強化6.5ミリ	200(201)	A12	LowE3ミリ	-	0.18±0.03	-	13
合わせ	12	耐熱強化6.5ミリ	170(170)	PVB90	強化4ミリ	120(115)	-	-	13
	13	耐熱強化6.5ミリ	190(196)	PVB90	強化4ミリ	130(128)	-	-	13
	14	耐熱強化6.5ミリ	190(194)	PVB90	強化4ミリ	130(134)	-	-	13
装飾合わせ	15	耐熱強化6.5ミリ	190(194)	装飾膜 <sup>3</sup>	強化4ミリ	130(138)	-	-	13
	16	耐熱強化6.5ミリ	170(176)	装飾膜 <sup>3</sup>	強化4ミリ	100(108)	-	-	13
	17	耐熱強化6.5ミリ	170(177)	装飾膜 <sup>3</sup>	強化4ミリ	100(108)	-	-	13
合わせ複層	18	耐熱強化6.5ミリ+PVB90mil+フロート3ミリ	170(172)	A12	強化4ミリ	130(132)	-	-	13
	19	耐熱強化6.5ミリ+PVB90mil+フロート3ミリ	190(197)	A12	強化4ミリ	130(128)	-	-	13
Low-E合わせ複層	20	耐熱強化6.5ミリ	170(170)	A12	LowE3ミリ+PVB30mil+フロート3ミリ	-	0.05±0.03	-	13
	21	耐熱強化6.5ミリ	200(202)	A12	LowE3ミリ+PVB30mil+フロート3ミリ	-	0.05±0.03	-	13
単板	22	網入磨き板ガラス6.8mm	-	-	-	-	-	-	7
	23	網入型板ガラス6.8mm	-	-	-	-	-	-	7
	24	耐熱強化ガラス6.5mm	200(199)	-	-	-	-	-	7
透明複層	25	網入型板ガラス6.8ミリ	-	A12	強化4ミリ	130(133)	-	-	13
	26	耐熱強化5ミリ	190(187)	A12	強化4ミリ	130(125)	-	-	13
Low-E複層	27	網入型板ガラス6.8ミリ	-	A12	Low-E6ミリ	-	0.05±0.03	-	13
	28	耐熱強化6.5ミリ	200(201)	A12	Low-E3ミリ	-	0.05±0.03	-	13
	29	網入型板ガラス6.8ミリ	-	A12	Low-E3ミリ	-	0.12±0.03	-	13
	30	耐熱強化ガラス6.5mm	200(203)	A12	Low-E3ミリ	-	0.12±0.03	-	13
合わせ	31	強化4ミリ	130(133)	PVB90	網入型板ガラス6.8mm	-	-	-	13
	32	強化4ミリ	130(134)	PVB90	耐熱強化6.5ミリ	190(194)	-	-	13
装飾合わせ	33	強化4ミリ	130(137)	装飾膜 <sup>3</sup>	網入型板ガラス6.8mm	-	-	-	13
	34	強化4ミリ	130(138)	装飾膜 <sup>3</sup>	耐熱強化6.5ミリ	190(194)	-	-	13
合わせ複層	35	網入型板ガラス6.8ミリ+PVB60mil+フロート3ミリ	-	A12	強化4ミリ	-	-	-	13
	36	耐熱強化6.5ミリ+PVB90mil+フロート3ミリ	190(189)	A12	強化4ミリ	130(129)	-	-	13
Low-E合わせ複層	37	網入型板ガラス6.8ミリ	-	A12	Low-E3ミリ+PVB30mil+フロート3ミリ	-	0.05±0.03	-	13
	38	耐熱強化6.5ミリ	200(202)	A12	Low-E3ミリ+PVB30mil+フロート3ミリ	-	0.05±0.03	-	13

<sup>1</sup> ガラス厚みは呼称値。寸法は1.2m×2.4m(装飾合わせのみ0.9m×2.1m) <sup>2</sup> 表面応力は呼称値(目標値)、( )内は実測値 <sup>3</sup> 装飾膜の構成は EVA45mil+Petフィルム75µm+EVA45mil <sup>4</sup> 網入板ガラス構成の複合品を色付けしている。 <sup>5</sup> Low-Eで構成された複合品を「Low-E系」それ以外を「透明系」と称す。

\*1 日本板硝子株式会社 博士(工学)

\*2 日本板硝子株式会社

\*3 旭硝子株式会社

\*4 セントラル硝子株式会社

\*5 板硝子協会

\*6 一般財団法人ベターリビング 工学博士

\*7 一般財団法人ベターリビング

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

\*2 Nippon Sheet Glass Co., Ltd.

\*3 Asahi Glass Co., Ltd.

\*4 Central Glass Co., Ltd

\*5 Flat Glass Manufacturers Association Japan

\*6 The Centre for Better Living, Dr Eng.

\*7 The Centre for Better Living