

遮炎性能を有する耐熱強化ガラスの性能判定基準
~その6 発生熱応力に影響を及ぼす要因 結果~

正会員 鈴木 一幸*1 正会員 久田 隆司*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
開口面積 かかり代 サッシ材質

1. 実験結果

前報(その5)の実験結果を示す。その5(図1)で示したように、Tが高くなる場合は、それだけガラスの表面応力を高く設定する必要があり、逆にTが低くなる場合は表面応力が低くてもガラスが破損しない可能性がある。以下、主にガラスに発生するTに着目して遮炎性能試験を実施したデータを示す。

2. ガラスかかり代による影響の評価結果と考察

耐熱強化ガラスの単板、複層ガラス、Low-E複層ガラスにおいて、かかり代の異なるガラスで遮炎性能評価を実施したTのグラフを図2~図4に示す。それぞれかかり代が深ければエッジ温度が低くなる影響で相対的にTが大きくなる。

表1 かかり代と温度差

No	かかり代 (mm)	耐熱強化 ΔT(K)			強化 ΔT(K)		Low-E ΔT (K)
		単板	複層 (加熱側)	Low-E複層 (加熱側)	複層 (非加熱側)	Low-E複層 (非加熱側)	
1	7	315.9	-	-	-	-	-
2	10	348.8	-	-	-	-	-
15	11	-	-	398.1	-	-	-63.4
12,16	13	-	395.2	416.6	229.4	-	-38.8
3,13,17	15	366.0	411.5	421.4	240.4	-	-34.7
14,18	18	-	420.2	430.8	250.0	-	-20.4
4	20	392.7	-	-	-	-	-
5	25	403.5	-	-	-	-	-

図1にかかり代とTの関係性をまとめたグラフを示すが、いずれのガラスもかかり代が深ければ深いほどTは高くなる傾向にある。

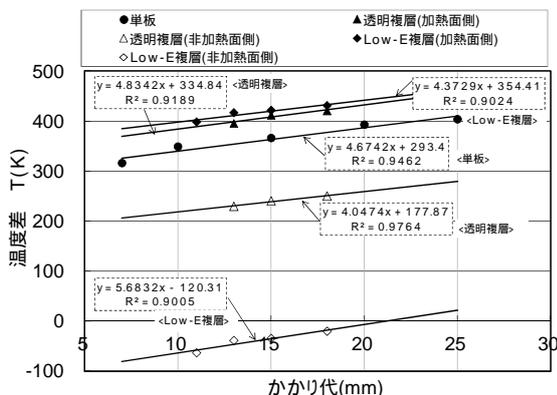


図1 かかり代と T の関係性

複層ガラスや Low-E 複層ガラスは、単板と比較すると、

断熱効果・遮熱効果によって加熱側の耐熱強化ガラスのTは400K程度と高くなりやすい。しかしながら単板でもかかり代が25mmになるとT=400K近傍の値を示し、高レベルの表面応力が必要となることがわかる。

3. ガラス開口面積による影響の評価結果と考察

図5~図8,表2に単板とLow-E複層ガラスにおけるガラス開口面積の違いによるガラス温度とガラス面からの放射熱流束の測定結果を示す。ガラス開口面積が小さくなるとT・放射熱流束ともに低く推移する傾向にある。

これは、開口面積が小さくなることによって耐火炉内の断熱性能が向上し、炉内の燃焼効率が上がったことによりガラス面温度が低くなっているためである。この現象は標準加熱温度曲線に沿って温度制御する耐火炉の特性ではあるが、結果として耐熱強化ガラスの発生熱応力に対しては開口寸法が小さい方が有利となる。即ち、開口面積が小さい場合はTが低く推移するため、耐熱強化ガラスの表面応力を低く設定できると考えられる。

表2 ガラス開口面積と温度差

No	開口面積	熱流束(kW/m²) 20分時		耐熱強化 ΔT(K)		Low-E ΔT (K)
		単板	Low-E複層	単板	Low-E複層 (加熱側)	Low-E複層 (非加熱側)
6	0.8m×0.8m	8.37	-	260.3	-	-
7	1.0m×1.5m	15.98	-	265.9	-	-
19	0.9m×2.1m	-	1.34	-	383.0	-45.6
8, 20	1.2m×2.4m	20.69	1.9	315.7	410.2	-41.1

4. サッシの材質による影響の評価結果と考察

図9,図10に鉄枠とアルミ枠で材質の違いによる温度データを示す。鉄枠と比較して熱伝導率の高いアルミ枠はガラスエッジが温まりやすく相対的にTとしては低い値を示している。図9は単板の評価結果、図10は参考試験として網入板ガラスで構成されたLow-E複層ガラスの評価結果を示す。(網入板ガラスは加熱後数分で破損するガラスであるがTは耐熱強化ガラスと同じ挙動を示す)

表3 サッシ材質と温度差

No	サッシ材質	耐熱強化 ΔT (K)			網入 T (K)	Low-E ΔT (K)
		単板	Low-E複層 (加熱側)	Low-E複層 (非加熱側)		
9,21	鉄枠	352.2	429.5	-	414.3	-19.7
10,22	アルミ枠	330.7	402.8	-	-	-22.0
11	アルミサッシ	269.4	-	-	-	-
1,23	鉄枠(参考)	315.9	414.3	-	-	-76.8

アルミサッシ(No11),鉄枠(No1,23)は、実施時期の異なるデータを示している。

耐熱強化ガラスが嵌められるサッシの材質によってガラスのエッジ温度が変動するため、それに連動して T も変動する。よって断熱性能の高いサッシであれば T は高く推移し、断熱性能の低い(熱伝導率の良い)サッシでは T が低く推移すると推測できる。

5. まとめ

耐熱強化ガラスにおいて、単板、複層ガラス、Low-E 複層ガラスを用いて、その発生熱応力に影響を及ぼす要因について確認するため、遮炎性能評価を実施した。得られた知見は以下の通りである。

- (1) ガラスかかり代が深いほど、ガラスエッジ温度が低くなることで、相対的に T が高く推移する。

- (2) ガラス開口面積が小さいほど T が低く推移し、放射熱流束も開口面積が小さいほど低い値を示す。
- (3) T はサッシ材質にも影響され、アルミ枠と鉄枠ではアルミ枠の方が、ガラスエッジ温度が高くなることで相対的に T が低く推移する。

本実験に用いた耐熱強化ガラスについては、エッジ強度を一定とし、表面応力をガラス保有強度と見なして評価している。実用上の管理ではエッジ強度も含めて品質管理を実施していくことが望ましい。サッシ材質については、今回は代表的な枠で評価したが、防火設備における火災時の耐熱強化ガラスへの熱応力は、サッシの断面形状や断熱性能にも影響を受けると思われる。

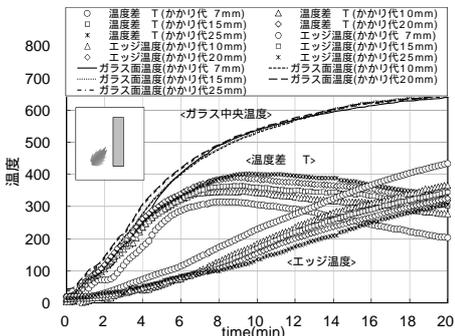


図2 かかり代の影響(単板)

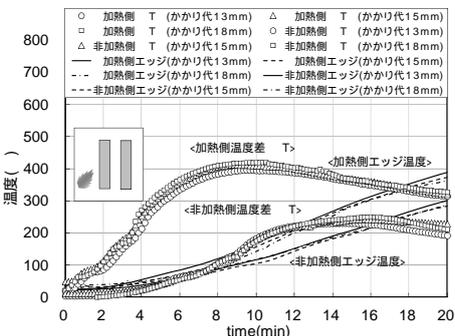


図3 かかり代の影響(複層)

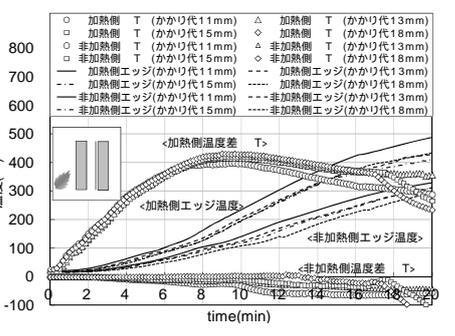


図4 かかり代の影響(Low-E 複層)

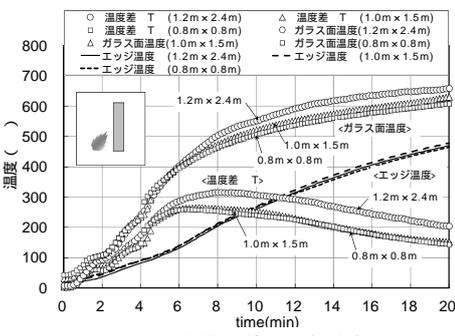


図5 開口面積の影響(単板)

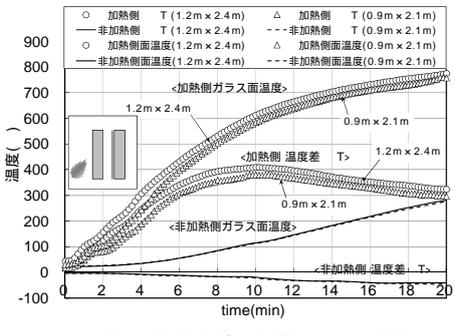


図6 開口面積の影響(Low-E 複層)

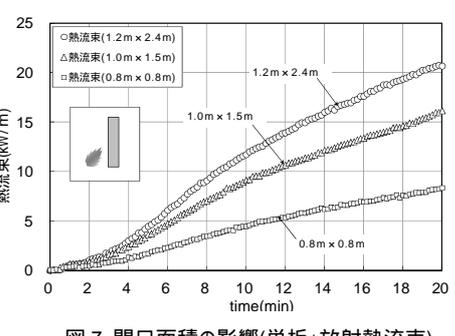


図7 開口面積の影響(単板:放射熱流束)

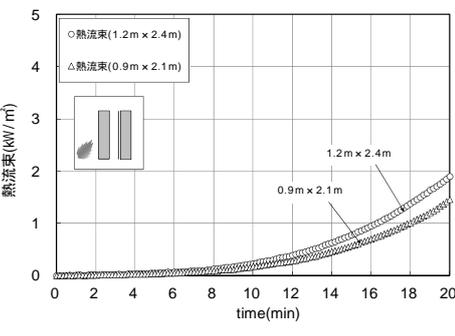


図8 開口面積の影響(Low-E 複層:放射熱流束)

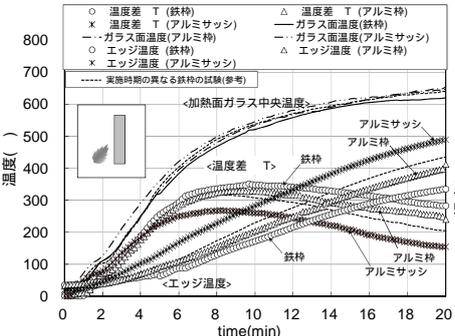


図9 サッシ材質の影響(単板)

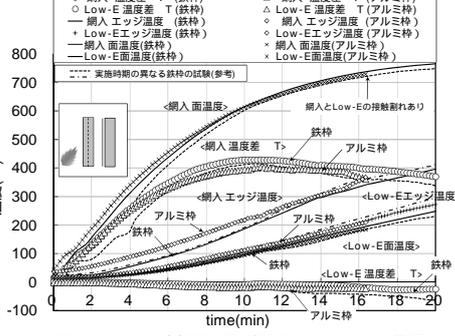


図10 サッシ材質の影響(網入 Low-E 複層)

*1 日本板硝子株式会社
 *2 日本板硝子株式会社 博士(工学)
 *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.
 *2 Nippon Sheet Glass Co., Ltd. ,Dr. Eng.
 *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