

- 3 樹木の火災遮蔽性解明とその応用

Study on Fire Protection by Trees

(研究期間 平成 14～16 年度)

防火研究グループ

Dept. of Fire Research Engineering

成瀬友宏

Tomohiro Naruse

The purpose of this study is to make a model to evaluate the performance of trees to prevent fire spread of adjacent fire or city fire and to incorporate it into the simulation model of city fire. The level of it is to protect window glass breaking. I made a model of it and certified it by fire experiments using radiant panel and fire wind tunnel.

【研究目的及び経過】

これまでに樹木は、都市火災時の延焼防止や避難上の対策の一つとして「耐火力」あるいは「防火力」¹⁾が評価され、都市防災に積極的に活用されてきた。しかしその性能は建築防火上の耐火や防火といった性能とは異なり、14kW/m²の受熱量¹⁾や火災先端が接するような状態²⁾では、樹葉が燃焼することが報告されている。木材の外部加熱による着火限界が15kW/m²程度の受熱量³⁾であることから、この程度の樹木の防火性能が有効に働く対象としては、外部加熱による開口部のガラスの破損防止(3mmフロートガラスで5kW/m²以上⁴⁾)が上げられる。そこで本研究では、市街地火災シミュレーション⁵⁾に組み込むことを前提として、外部加熱による開口部のガラスの破損を実験的にモデル化し、樹木による開口部ガラスの破損防止効果を実験的に確認した結果を報告する。

【研究内容】

火災時に出火室の開口部のガラスが破損して新たな開口ができる、換気条件の変化によって火災性状も変化する。そのため、これまでに多くの研究が行われてきたが^{4,6)}、本研究では、隣棟火災によるガラスの破損をモデル化する。

cuzzillo・Pagni⁶⁾は、外部加熱を受けた際のガラスの破損に関して3つのモデルを提案している。この中で、ガラス内で熱線(3μmの波長)が吸収される厚さは表面から1mm程度の固有の厚さで、入射熱の63%が吸収されることから、6mm程度の厚さのあるガラスを均質のものとして仮定したモデルでは不十分であると述べている。これに対して、榎本⁴⁾は、ガラスを均質と仮定したモデルによって結果を整理しており、本研究の目的である市街地火災シミュレーション⁵⁾のアルゴリズム及び入力パラメーターを考えた場合、ガラスを均質と仮定したモデルで十分な精度をもっているといえる。ただし、市街地火災シミュレーション⁵⁾では、室内外の初期温度に違いがある場合があるが、榎本のモデル⁴⁾は、室内外の初期

温度が等しい条件で外部放射を受けた場合であるため、cuzzillo・Pagni⁶⁾のモデルを元に以下のようなモデルとする。

$$\frac{dT}{dt} = \frac{(1 - a_r - a_t)I}{\rho c \alpha} - \frac{h_f}{\rho c \alpha} (T_f - T) - \frac{h_b}{\rho c \alpha} (T - T_b) \quad (1)$$

$T(0)=T_0$ とし、 T :温度(K)、 I :外部放射(kW/m²)、 h :熱伝達率(kW/m²K)、 ρ :ガラス密度(kg/m³)、 c :ガラス比重(kJ/kgK)、 α :ガラス厚さ(m)、 t :時間(sec)、 r :放射熱の表面反射割合、 t :放射熱の透過割合、添字は f :室外、 b :室内、 0 :初期状態を表す。ここで、

$$T_a = \frac{(1 - a_r - a_t)I + (h_f T_{f0} + h_b T_{b0})}{h_f + h_b} \quad (2)$$

であり、ガラスの破損する時間は、

$$t = \frac{\rho c \alpha}{h_f + h_b} \log_e \left(\frac{T_0 - T_a}{T - T_a} \right) \quad (3)$$

によって予測できる。もし、 $h_f=h_b$ 、 $T_f=T_b$ 、 $r=0$ とすれば、榎本⁴⁾と同じ結果が得られる。なお、榎本⁴⁾の実験結果はガラスの加熱側と非加熱側の雰囲気温度に違いがあるものの、全熱流計を用いてガラスへの入射熱を測定しているため、(3)式にその結果が適用できる。

これらを確認するため、フロートガラス(3,4,5,6,8mm厚)及び網入りと線入りガラス(6.8mm厚)の加熱実験を行った。いま、ガラスを均質なものと仮定すると本実験におけるピオ数は、 $Bi=hd/\lambda < 0.1$ となり、ガラス面は熱的に薄い⁷⁾といえることから(1)式が適用できる。また、 d :エッジ深さとする、 $d/H_y > 2$ であれば、エッジ温度は初期温度に等しく、 H_y を有効加熱面高さの1/2(m)とするとガラスの亀裂発生温度は d/H_y の値にあまり大きく影響されない⁸⁾。そのため、本研究の実験結果は広い範囲で適用可能といえる。3mmフロートガラスと線入りガラスの亀裂発生時間と受熱強度との関係は、図1と図2に示すとおりである。なお、 $\rho=2500$ (kg/m³)、 $c=0.92$ (kJ/kgK)、対流熱伝達率は、 $(2H_y)^3 \Delta T < 15$ から、

$$h_L = 1.24 \left(\frac{\Delta T}{2H_y} \right)^{1/4} \quad (4)$$

によって求められ³⁾、 $h_L=0.03(\text{kW}/\text{m}^2\text{K})$ となる。また、 $r=0.1$ 、 $r=0.25$ ³⁾、実験の平均値 $\Delta T=18.3(\text{K})$ を用いた。

次に、これらの結果に基づき、樹木による開口部ガラスの破損防止効果を実験的に確認した。ガラスと放射パネルの間にサザンカを設置し、ガラスの破損状況を調べた結果が表 1 である。ガラスの破損を防止するためには、樹木がガラス中央部に位置する必要があるといえる。

さらに、対流及び放射によりガラスを加熱するために風洞において外気風を与えながら 900(kW)の火源を用いて実験を行った。結果は表 2 に示すとおりで、いずれも樹木がない場合にはガラスが破損したが、樹木により破損が防止された。

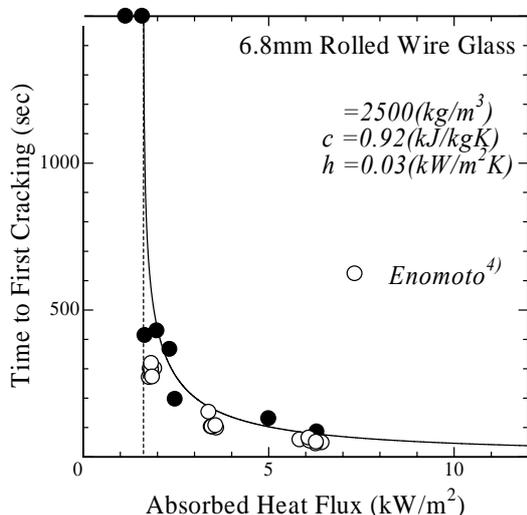


図 1 ガラスの亀裂発生時間と加熱強度の関係 1

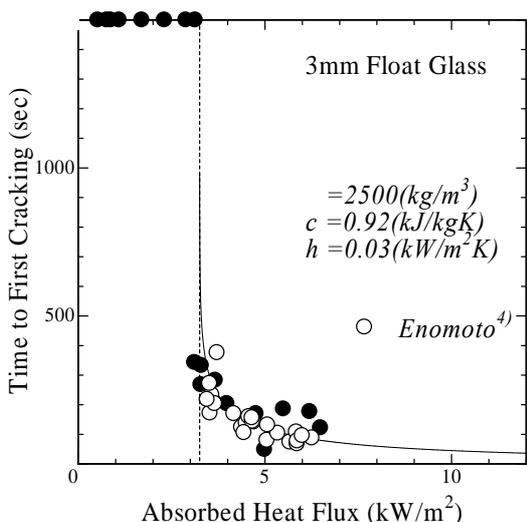


図 2 ガラスの亀裂発生時間と加熱強度の関係 2

【研究結果】

市街地火災シミュレーション⁵⁾に組み込むことを前提として、外部加熱による開口部のガラスの破損を実験的にモデル化すること、樹木による開口部ガラスの破損防止効果を実験的に確認することができた。

【参考文献】

- 1)岩河信文、建築研究報告、No.105、1984.1
- 2)伊藤重人他、日本火災学会研究発表会概要集、2001.5
- 3)財団法人国土開発技術研究センター、建築物の総合防火設計法、第 2 巻出火拡大防止設計法、平成元 4 月
- 4)榎本篤、東京理科大学修士論文、平成 10 年 2 月
- 5)国土交通省総合技術開発プロジェクト、まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発、平成 15 年 3 月
- 6)Cuzzillo,B.R., Pagni,P.J., J. of Fire Prot. Engr., 9 (1) 1988
- 7)Drysdale, D., An Introduction to Fire Dynamics, 1985
- 8)Pagni, P.J., Proc.7th Int. Symposium, 2002

表 1 放射熱に対する樹木によるガラスの破損防止効果

実験番号	ガラス種	距離 (cm)	遮蔽率 (%)	遮蔽方法	遅延効果*
15	70-ト3	180	39	両脇空	
16	70-ト3	200	25	片側空	1.309
17	70-ト3	160	48	両脇空	1.9353
18	70-ト3	160	31	片側空	1.0647
21	70-ト3	200	71	全体覆	
22	70-ト3	150	44	両脇空	3.3469
23	70-ト3	150	60	全体覆	
25	70-ト3	150	55	全体覆	
26	70-ト6	200	66	全体覆	
28	70-ト6	200	36	両脇空	
31	線入 6.8	200	42	両脇空	2.2092
34	網入 6.8	200	49	両脇空	2.3333
35	線入 6.8	200	65	全体覆	
36	網入 6.8	200	65	全体覆	
37	線入 6.8	160	67	全体覆	
38	網入 6.8	160	80	全体覆	
41	70-ト8	160	57	両脇空	

* 「遅延効果」は樹木が無い場合のガラスの破損時間に対する割合。
 「」は 20 分間の加熱時間でガラスが破損しない場合を示す。

表 2 放射・対流熱の樹木によるガラスの破損防止効果

実験番号	ガラス種	距離 (cm)	遮蔽率 (%)	遮蔽方法	遅延効果
113	3	225	55	両脇空	
115	6	225	40	両脇空	