

家庭用スプリンクラーの開発について

加 藤 勝 文*
 島 山 富 一*
 浅 野 幸 雄*
 村 上 信 義*

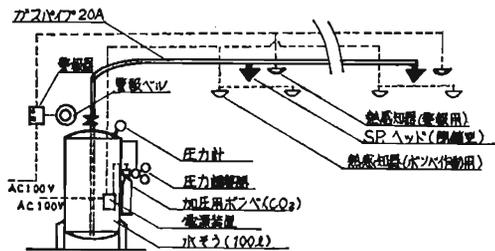
1. はじめに

火災の発生件数のうち、住宅火災の占める割合は多く、震災時ともなれば家庭からの相当数の出火が予想される。これを初期のうちに消火し、被害を最少限に抑えるため、地域住民の消火器具による初期消火活動に期待するところが極めて大きい。そこで火災が発生した場合、初期のうちに火災を自動的に感知し消火する手段があれば、万一居住者が不在の場合でも有効に初期消火が行えるので、とくに消火器等の設置義務のない一般家庭においてはその必要性が高いものと思われる。そこで、震災時等における一般家庭の初期消火対策として、簡易な自動消火装置の開発のための基礎実験を行い、その一環として家庭用スプリンクラーの試作を行ったので報告する。

2. 家庭用スプリンクラーの概要

家庭用スプリンクラーは、水そう、加圧用ポンプ、感知器、スプリンクラー・ヘッド、および配管等からなる。震災時・平常時に火災により室温が一定温度になると警報ベルが作動し、さらに室温が上昇すると加圧用ポンプが自動的に開封され、水そう内を加圧してスプリンクラー・ヘッドから散水し、火災を自動的に消火するもので、その概要は図1のとおりである。

図1 家庭用スプリンクラー概要図



* 第三研究室

3. 基礎実験

一般家庭の居室から火災が発生した場合、火災初期における可燃物の燃焼量や、室内温度等の火災性状について実験検討を行うことにより、家庭用スプリンクラーとしての必要消火水量および火災の感知方法等基本性能を求めることを目的としたものである。

1) 実験項目

- 可燃物燃焼量と温度上昇
- 室内温度分布測定
- 必要消火水量
- その他

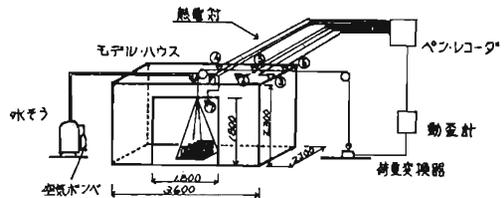
2) 実験体形

実験は、一般家庭の居室を模してモデルハウスを用い、図2の体形で行った。

モデルハウス形状

床面積	6帖 (約9.9m ²)
室容積	約22m ³
床材	合板(ラワン)⑦15
天井材	スレート⑦4
内壁材	合板(ラワン)⑦3
外壁材	スレート⑦4
開口部	1.8m×1.8m開放

図2 実験体形



3) 実験結果および考察

- ① 可燃物の燃焼量と温度上昇

木造建物の住宅の床面積1m²当りの可燃物量は、約

160kg/m²といわれ、そのほとんどが建物構造材であることから、本実験の可燃物を木材としてその燃焼重量と、燃焼量のもたらす室内の温度上昇との関係を求めた。

燃焼させる木材(杉 17×20×300mm)を井桁状に積ん

で、モデルハウスの中央の天秤上で燃焼させて、燃焼中杉材の燃焼重量(減少重量)と、天井温度上昇および時間経過とを測定した。結果は表1およびグラフ1のとおりである。

表1 燃焼重量, 上昇温度および経過時間

実験 No.	可燃物量 kg	上昇温度 °C	燃焼重量 kg	経過時間 分, 秒	実験 No.	可燃物量 kg	上昇温度 °C	燃焼重量 kg	経過時間 分, 秒
1	5	100	0.2	7.16	4	10	100	0.3	2.32
		150	0.4	7.40			150	0.5	2.40
		200	0.9	8.19			200	0.75	2.48
		250	1.4	8.45			250	0.9	2.54
2	10	100	0.3	5.20	5	15	100	0.5	3.23
		150	0.45	5.40			150	0.6	3.27
		200	0.7	5.43			200	0.7	3.32
		250	0.9	5.51			250	0.7	3.38
3	5	100	0.1	2.40	6	20	100	0.3	2.10
		150	0.5	3.22			150	0.5	2.20
		200	0.8	3.55			200	0.9	2.38
		250	—	—			250	1.3	2.58

注：助燃材は灯油とした。灯油による温度上昇の影響はない。

杉材井桁直上の天井面の温度上昇に対し、杉材の燃焼重量は、設定杉材量の多少、あるいは燃焼速度に関わりなくほぼ一定となるものと思われる。

本実験体形において、杉材の燃焼重量は、天井面上昇温度100°Cに対し0.2±0.1kg, 150°Cで0.5±0.1kg, 200°Cで0.8±0.1kgという結果であった。

これらの燃焼重量は、木材含水率、気候、燃焼室条件等設定条件により可成り異なるが、本実験設定からは一般家庭の居室内の燃焼条件とはほぼ同じと思われるので、一般家庭の居室の火災初期性状とみることができる。

② 室内温度分布測定

室内温度測定点は、天井面四半分内の6点に熱電対を設定し、各点での温度上昇の分布を測定した。

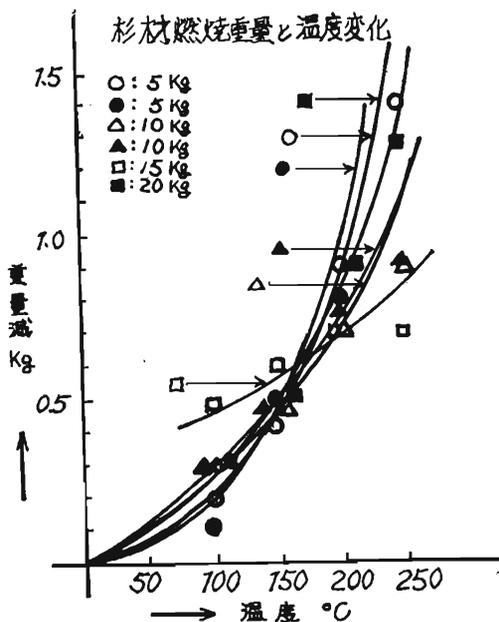
杉17×20×300 10kgを井桁状に組み、ハウス内で井桁の燃焼場所を床中央、隅角部、壁側面等に変えて、温度測定を行った。各測定点の温度分布のうち、高温を示した測定点、低温およびその中間温度を示した各測定点の温度変化をグラフ2～5に示した。

この実験から、燃焼木材の炎の立ち上りが、ほぼ天井に達した時点での直上天井面の温度は、平均150°Cとなる。

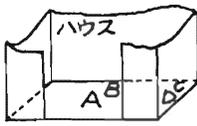
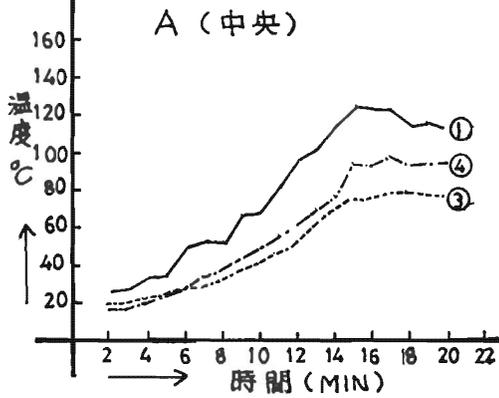
このことから、炎が天井に着火または接炎する以前に、すなわち天井温度がおおよそ150°Cに達するまでに、スプリンクラー・ヘッドから散水が行われ、燃焼物を消火する必要がある。

グラフから、例えば、ある電対が150°Cで最高温度を示している時点での、最高温度と最低温度の差はグラフ3では約80°C、グラフ4では約60°C、グラフ5では約65°Cと天井面の測定場所による差がひじょうに大きい。これは天井面内の四半分での面積の温度差であり、グラフ3のような部屋の隅角部で可燃物が燃焼し

グラフ1

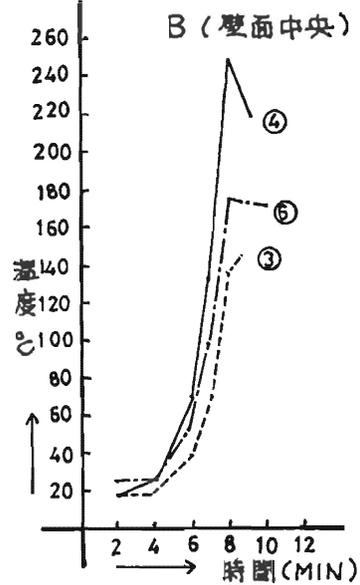


グラフ 2

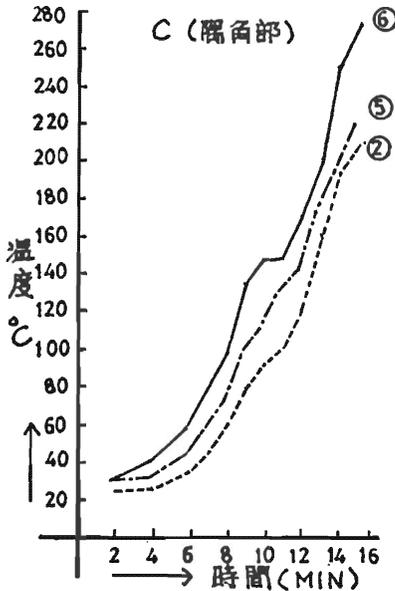


燃焼位置

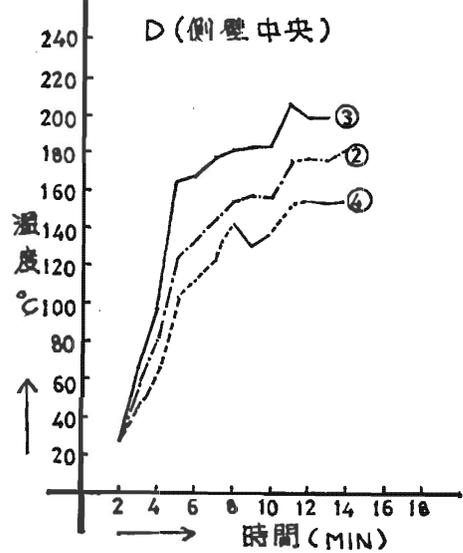
グラフ 3



グラフ 4



グラフ 5



た場合には、対角の隅角部との温度差は相当大きくなるものと思われる。そのため、室内の燃焼場所と感知場所との距離があった場合には消火時期を逸する等、有効な感知、消火ができないことになる。

これらのことから、消火すべき時期を感知する方法として、室内上部または天井面での数点あるいはライン感知が必要と思われる。また、ヘッドから散水する以前の、居住者等による初期消火活動の行える室温の限度は70°C前後と思われる。

③ 必要消火水量を求める実験

○ 予想される必要消火水量の検討

①可燃物の燃焼量と温度上昇実験の結果から、天井面の温度上昇に対する一定の燃焼重量の関係を得たものであるが、燃焼重量が同じでも、井桁の燃焼表面積、炭化状況等が異なれば、それらに対する必要消火水量も異なってくる。そこで、①実験より、No.1～No.6の各々の天井温度150°Cに達するまでの燃焼継続時間から、No.1～No.6に対する予想される必要消火水量を求めてみる。

燃焼木材に対する最低注水量（碓井憲一、建築防火

論)より

$$M_x = (1.5 - 0.208w)d_0 + (0.235w + 0.656),$$

$$\theta_f = 600^\circ\text{C}$$

$$M_x = (1.013 - 0.1w)d_0 + (0.098w + 1.728),$$

$$\theta_f = 800^\circ\text{C}$$

$$M_x = (0.875 - 0.104w)d_0 + (0.104w + 1.565),$$

$$\theta_f = 1,000^\circ\text{C}$$

M_x : 最低水量 ℓ/m^2

w : 風速 m/sec

d_0 : 所期炭化深さ cm

θ_f : 加熱温度 $^\circ\text{C}$

$$d_0 = 1.35(t-4)^{1.338}e^{-0.0446(t-4)}$$

d_0 : 炭火深さ mm

t : 燃焼時間 min

ここで、室内での風速 $w = 0 \text{ m}/\text{sec}$ 、加熱温度 $\theta_f = 800^\circ\text{C}$ とすると、 9.9 m^2 の居室に対して消火のための最低注水量は、それぞれ、表2のようになる。

表2

実験 No.	天井温度 150°Cまで の燃焼時間 (min)	炭化深さ cm	最低注水量 $\ell/9.9 \text{ m}^2$	
			$\theta_f = 800^\circ\text{C}$	
			$w = 0 \text{ m}/\text{sec}$	
1	7.7	0.659	23.72	
2	5.7	0.245	19.65	
3	3.37	0	17.10	
4	2.7	0	17.10	
5	3.45	0	17.10	
6	2.3	0	17.10	

○ 消火実験

可燃物として、杉 $30 \times 35 \times 730$ (A-1 クリープ材)および杉 $17 \times 20 \times 300$ の2種類をそれぞれ井桁状に組み、モデルハウス中央で燃焼させた。天井中央部の熱電対(電対①)がほぼ 150°C に達した時点で、天井中央部ヘッドから散水を開始し、燃焼井桁が消火完了するまでに要した水量を求めた。結果は表3のとおりである。

表3 必要消火水量

実験 No.	可燃物 kg	可燃物 位置	消火水 量 ℓ	平均ヘ ッド圧 kg/cm^2	温 度 $^\circ\text{C}$					
					電 対 No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
1	杉 20 $30 \times 35 \times 730$	中央	65	1	33	150	98	141	91	40
2	杉 20 $30 \times 35 \times 730$	中央	54	1	150	93	55	74	81	38
3	フスマ $\times 2$ 畳 $\times 1$	隅角部	不能	1	150	216	314	248	333	396
4	杉 10 $17 \times 20 \times 300$	中央	不能	0.8	147	110	45	30	測定	不能
5	杉 10 $17 \times 20 \times 300$	中央	不能	0.8	150	187	127	147	159	141
6	杉 20 $30 \times 35 \times 730$	中央	34.5	0.8	150	139	86	134	125	98
7	杉 22 $30 \times 35 \times 730$	中央	46.4	0.8	52	139	154	162	93	74
8	杉 3 $17 \times 20 \times 300$	中央	65	0.8	112	105	88	116	112	109
9	杉 5 $17 \times 20 \times 300$	中央	104	0.8	125	100	72	98	98	81

註, 消火可否の判定は、視認による。

結果から、杉 $30 \times 35 \times 730$ の井桁(井桁各段の杉材は7~8本)を燃焼させた場合、消火に要した全散水量は $35 \ell \sim 65 \ell$ であった。これは井桁が比較的内部に散水を浸透させ易い状態にあったため、消火し易かったものと思われ、その水量の差は、煙と散水の中で

の消火状況を視認したための判定の困難さのためである。

また、杉 $17 \times 20 \times 300$ の井桁を燃焼させ、散水したところ、井桁内部への散水の浸透が難しく、消火しにくい傾向にあったもので、消火した場合でも全散水量

は65ℓ, 104ℓと水量が多くなっている。なお、消火不能であったものでも、燃焼抑制上からは相当効果がみられた。また、ハウス内隅角部にフスマを建てかけて、助燃材を灯油として燃焼させた場合の必要消火水量を求めたところ、散水量に関係なく消火できなかった。これは、天井中央の熱電対が150℃に達した時点では、フスマ上部は約400℃に温度上昇し、すでにフスマ上部壁体の一部が着火し始めており、この部分がスプリンクラー・ヘッドの散水死角となっているために消火できなかったものである。フスマ上部の上昇温度がほぼ150℃に達するまでに散水が行なわれた場合には、壁体着火前に消火可能であったと思われる。

以上の実験から、水量は約60ℓで、9.9m²程度の居室の初期火災を消火または燃焼抑制が行えるとされる。

なお、本実験での実消火水量と、予想消火水量との差は、予想水量が最低注水量であること、また、消火方法が上方固定のスプリンクラー・ヘッドによる散水効率の影響等によるものと考えられ、実水量が予想水量（最低注水量）の2～3倍を要したものである。

消火効果は、水量とともにスプリンクラー・ヘッド圧力にも影響されるが、本実験ではヘッド圧力0.8kg/cm²以上で消火効果が認められている。

家庭用スプリンクラーの必要水量としては、数部屋へ配管した場合の配管内残水量、および余裕消火等を考慮しても、9.9～13m²（6帖～8帖）程度の居室に対し、約100ℓで足りるものと思われる。

④ その他

水源等の検討

水源としては、水道、水そう等が考えられるが、震災時においては、水道の断水が十分予想されることから、あらかじめ一定水量を確保しておく必要があり、水そうが有効である。水源を水そうとした場合、水そう内を必要な時に加圧し散水するための加圧源として

は、散水後ガスのみが放射されても燃焼を促進させないCO₂が有効と思われる。

また、火災の感知方法としては、初期消火活動の可能な室内温度で感知して警報を発し、その後に有効な消火活動が行われなかった場合には、さらにスプリンクラーで消火可能な室内温度を感知してスプリンクラーが作動する2段階とする。

4. 試作家庭用スプリンクラーの諸元性能

基礎実験の結果を検討し、試作した家庭用スプリンクラーの性能等については次のとおりである。

水そう容積	約110ℓ
水そう有効内容積	約100ℓ
感知器（警報用）	定温式熱感知器 （スポット型、作動温度70℃）
（ボンベ作動用）	定温式熱感知器 （作動温度150℃）
加圧用ボンベ	CO ₂ 2ℓ（150kg/cm ² ）
スプリンクラー・ヘッド	検定閉鎖型下向き 溶融温度72℃ 9.9m ² 以下の居室にヘッド個数1
ヘッド散水量	約100ℓ/min（ヘッド圧力1kg/cm ² ）

5. ま と め

震災時等における一般家庭の初期消火対策として家庭用スプリンクラーの試作を行なったが、さらに消火性能、火災感知機能等の実験をかさね、消火効率の確認を行うとともに、台所の油火災等、家庭内の特殊火災に対応するスプリンクラー・ヘッドおよび感知方法等について、更に、家庭用に普及しつつある各種給湯装置との併用方法について検討を行い、実用化を図りたい。