

家庭用スプリンクラーの実験結果について

畠 山 富 一*
 堀 井 幸 一*
 村 上 信 義*
 浅 野 幸 雄*

1. は じ め に

我が国の用途別建物火災件数のうち、居住建物の占める割合は、毎年約50%に及んでおり、その損害額も大きい。とくに震災時には、これら建物からは相当数の出火が予想されることから何らかの方法で抑えることが望まれる。そこで、火災が発生した場合、初期のうちに自動的に感知し、消火できる手段があれば、有効な初期消火が行なわれることから簡易な自動消火装置の開発のため前回の実験結果（消防科学研究所報第13号「1976.9. p.34～p.38」）にもとづき、その一つとして温水器を併用したスプリンクラー装置を試作し、6畳に相当する模擬室で実験を行なうと共に、台所の特殊な火災として天ぷら油に火が入った場合の消火実験を行なったので、その結果を報告する。

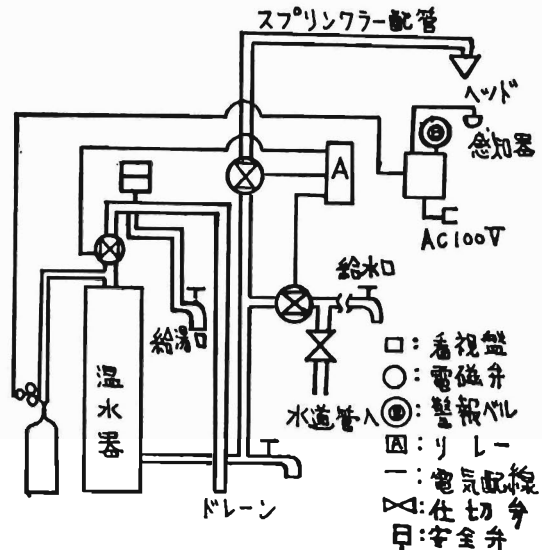
2. 実験装置の構造概要

本装置は、水道配管に接続されて常に水、または、温水が貯蔵される温水器に配管、加圧ポンプ、電磁弁および感知器等を取付けたもので、常時はそのまま給水、給湯設備として使われ、万一火災が発生すると、まず警報が発せられ、さらに温度の上昇が感知されると、リレーを介して電磁弁が作動し、常時閉鎖されているスプリンクラー用の配管を開の状態に、給水、給湯側の配管を開から閉の状態にし、同時に加圧ポンプが自動的に開封され温水器内の水（温水）をヘッドから自動的に散水し、消火する構造で概要は図1の通りである。

諸元

温水器	電気式	容量 380 ℓ
	設定温度	85±5℃
加圧ガス	炭酸ガス (2.1 ℓ)	
感知器	定温式感知器	
	作動温度	

図 1 温水器併用スプリンクラー



警報器用 60℃

電磁弁作動及び炭酸ガスポンプ開封 150℃

配管開閉用弁	電磁弁 AC 100V用
リレー	DC 24V用
ヘッド	閉鎖型下向（デフレッター付）

模擬室

床面積	6畳 (9.9㎡)	室容積	約22㎡
床材	合板	天井材	スレート
内壁材		外壁材	
開口部	1.8m×1.8m	開放	

3. 実 験 項 目

- ・水および温水による消火実験
- ・配管の圧力損失
- ・温水の温度降下
- ・天ぷら油の火災に対する消火実験

* 第三研究室

4. 実験結果

(1) 水および温水による消火実験

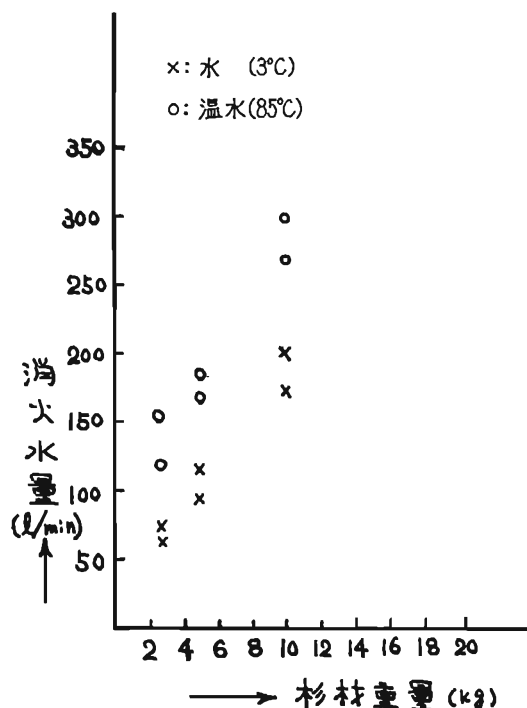
実験は、可燃物として杉、 $30 \times 35 \times 730\text{mm}$ (A-1 クリープ材) および杉、 $17 \times 20 \times 300\text{mm}$ の2種類をそれぞれ井桁状に組み灯油を若干助燃材として模擬室中央ではば一様に燃焼させ、天井面に取り付けた感知器（定

表 1 木材の場合

実験 No.	可燃物 kg	消水量(温水)及び 消火時間				ヘッド kg/cm ²
		水 ℓ	sec	温水 ℓ	sec	
1	杉20 $30 \times 35 \times 730$	56	33	71	42	1
2	燃20 $30 \times 35 \times 730$	63	37	82	49	0.8
3	杉20 $30 \times 35 \times 730$	39	24	58	34	0.8
4	杉20 $30 \times 35 \times 730$	42	27	63	37	0.8
5	杉10 $17 \times 20 \times 300$	176	116	275	165	0.8
6	杉10 $17 \times 20 \times 300$	192	127	300	180	0.8
7	杉5 $17 \times 20 \times 300$	99	65	170	102	0.8
8	杉5 $17 \times 20 \times 300$	115	76	180	108	0.8
9	杉3 $17 \times 20 \times 300$	64	42	124	74	0.8
10	杉3 $17 \times 20 \times 300$	76	50	156	81	0.8

* 消火の可否の判定は視認による。

図 2 燃焼杉材と消火水量



温式 150°C) が作動し、ヘッドから散水された時点から燃焼している井桁が消火完了するまでに要した水および温水の量を求めた結果、表1の通りである。

この結果から、杉、 $30 \times 35 \times 730\text{mm}$ の井桁を燃焼させた場合、消火に要した水量は、 $39 \text{ ℓ} \sim 63 \text{ ℓ}$ であった。また、温水 (85°C) では $63 \text{ ℓ} \sim 82 \text{ ℓ}$ であった。杉、 $17 \times 20 \times 300\text{mm}$ の場合、水および温水は図2の通り重量により異なる結果となり、水では $64 \text{ ℓ} \sim 192 \text{ ℓ}$ 、温水では $135 \text{ ℓ} \sim 296 \text{ ℓ}$ となった。

ここで、消防科学研究所報13号に掲載した通り、天井面温度 150°C の温度上昇においては、燃焼重量がほぼ一定であると見られたことから消火し難いのは、燃焼材の形状だけでなく、積上げ高さに大きく影響を受けるものと思われる。なお、杉 $17 \times 20 \times 300\text{mm}$ 積重ね方法は、5本、4本積の繰返して、重量10kg、5kg、3kgの積上げ高さは、約95cm、45cm、26cmであった。

(2) スプリンクラー配管による圧力損失について

温水器に炭酸ガスポンペを接続し、温水器内の圧力とヘッド圧力との関係を求めた結果、図3の通りである。

この結果、炭酸ガスポンペの元圧力と温水器内の圧力差（ポンペを接続する銅導管による圧力降下）も大きい、スプリンクラー配管による摩擦損失も割合大きな値であった。

ここでヘッド圧 1 kg/cm^2 (流量 100 ℓ/min) のスプリンクラー側配管による損失計算値は 2.42 kg/cm^2 であり、実験値とほぼ一致した。

図 3 配管の損失圧力

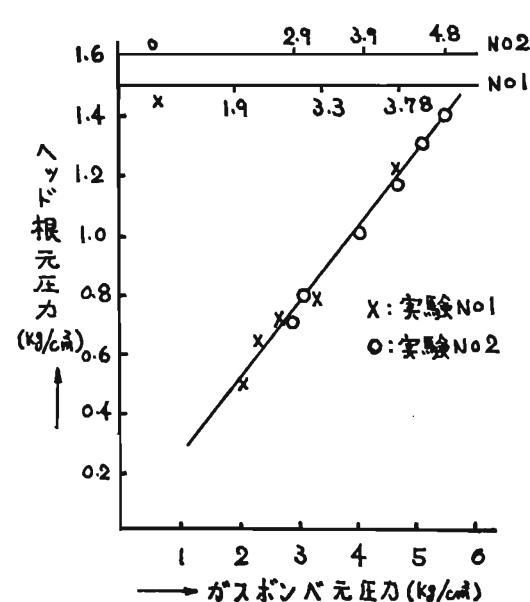
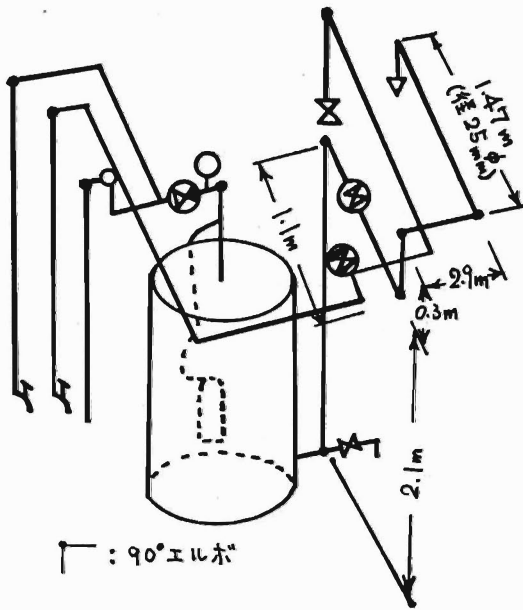


図4 配管図



損失計算式

$$h = \frac{10.67 L Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.78}}$$

L = 配管長 (m)

H = 配管長 L メートルに対する損失水頭 (m)

Q = 流量 (m³/sec)

C = 流量係数

D = 管内径 (m)

なお、流量係数 $C=100$ とし、内径 20φ、25φ 中の管断手 (90°エルボ) の摩擦相当管長をそれぞれ 0.75 m、0.9m とした。

温水器からの配管接続図は図4のとおりである。

なお、配管はヘッド接続管を除き口径 20φ である。

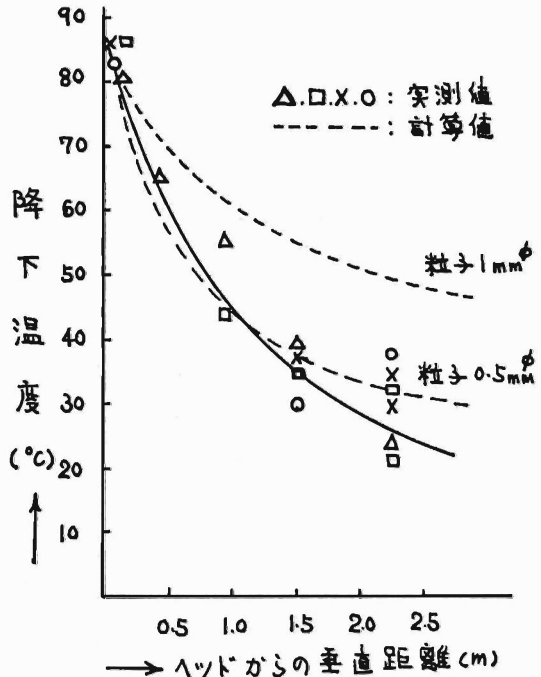
(3) 散水による温水の温度降下

本実験は、温水 (85°C) に設定しておき、ヘッド中心位置から水平方向に 50cm、および 100cm 離れた位置での床面と天井面との間に採水ます (紙製) を設け、散水により受水された各高さでの温水を熱電対および温度計により測定したもので結果は図5の通りである。なお、測定時点での模擬室内温度は 1°C~2°C、スプリンクラーヘッドの圧力は 1 kg/cm² であった。

この結果、天井 (高さ 2.3m) 面のヘッド部で 85°C であった温水は床面で 25°C~38°C となり、温度降下が大きかった。

この現象は、散水される温水と周囲温度と熱の授受によるものと思われ、85°C の温水粒子径約 0.5φmm が、

図5 ヘッドからの距離と降下温度



散水されたときの温度降下を次式 (ニュートンの冷却の法則に関する式) により計算するとほぼ一致する。

$$T = (T_1 - T_0) e^{-\frac{4A\sigma T_0^3}{mC} t} + T_0$$

T : 降下後温度 °K

T_1 : 物体温度 °K

T_0 : 周囲温度 °K

m : 物体質量 g

C : 比熱 cal/g deg

A : 物体の表面積 cm²

t : 冷却時間 sec

σ : 定数 (1.36×10^{-2}) cal/cm² sec deg³

温水の各採取位置での散水時間は、温水がヘッド下部のデフレクターに一旦当ることから以後の散水粒子を自然落下とみなし、各採取位置までの冷却時間 (滞空時間) $t = \sqrt{2h/g}$ と仮定 (h : 定落下時間, g : 重力加速度) した。

(4) 天ぷら油に火が入った場合の消火実験

台所の火災例として天ぷら油からの出火に対しては、局所的な燃焼であることから一般のスプリンクラーヘッドでは水量が多く消火も困難であったため、図6、図7に示すように圧力を増しても、割合散水量が中心部に集中するノズル (A型)、及び圧力を増すと散水量が中心部から外側に移行するノズル (B型) を使用し、消火時間と消火位置等による消火水量を求めた。

図 6 A型ノズル散水分布状況

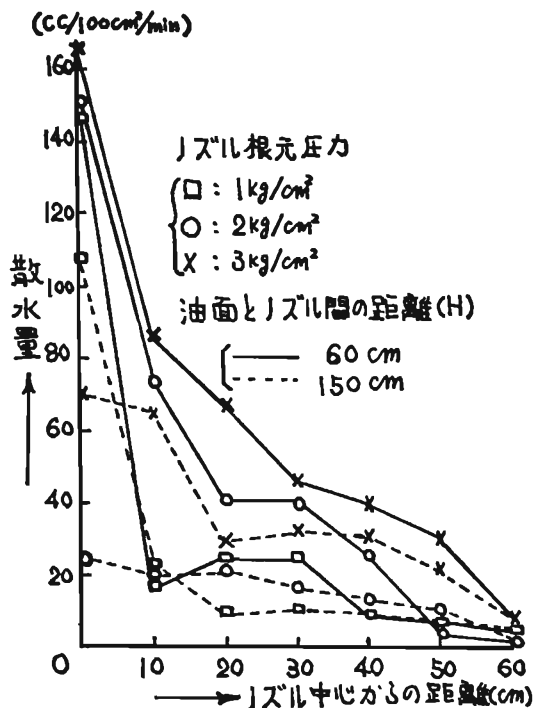
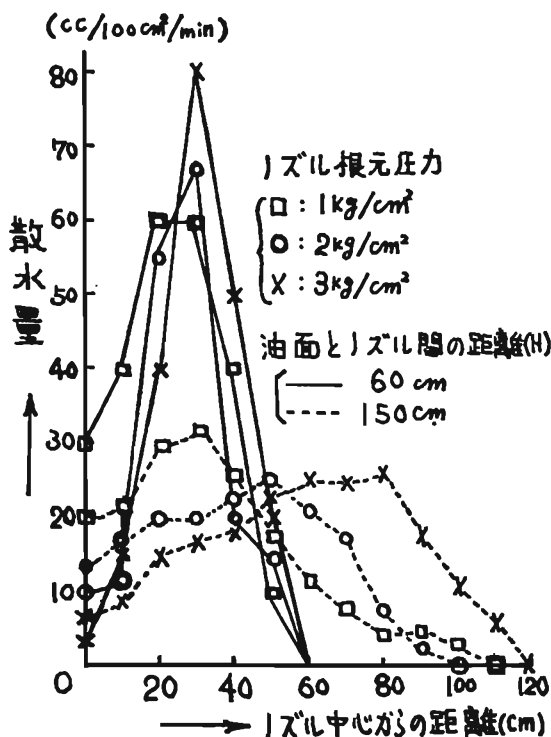


図 7 B型ノズル散水分布状況



実験方法は図 9 の通りで実験に供した油は、一般家庭で使われているサラダ油、大豆油、ナタネ油の三種

図 8 ノズル圧力と散水量

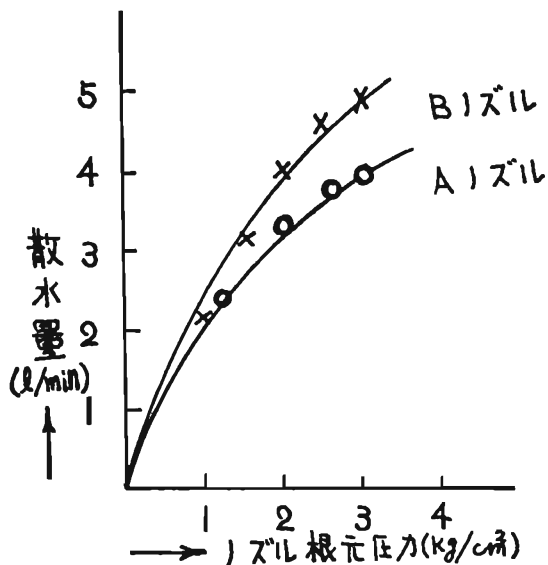
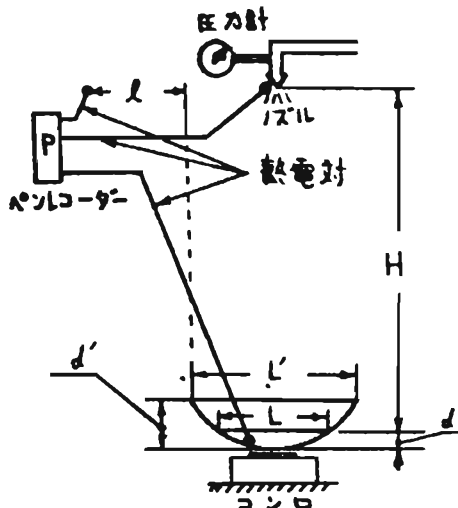


図 9 天ぷら油の消火実験



H: 最高温度測定位置 (60cm, 100cm, 150cm)
 l: 側面温度測定位置 (30cm)
 L': 燃焼鍋口径 49cm
 d': 燃焼鍋深さ 13cm
 L: 油面口径 26cm
 d: 油面からの深さ 3.4cm

類で、油は、燃焼鍋に各 1ℓ 入れて行なった。結果は表 2、表 3、表 4 の通りである。

各油とも油内温度がほぼ 350℃ になると継続的に燃焼し、炎は約 2 m に達することから、この時点で消火を開始した。この結果、燃焼鍋側面から 0.3m 離れたノズル高さの位置での温度は 192℃ 以下であった。また、ノズルとほぼ同じ高さ (1 m ~ 1.5 m) では、消

表 2 サラダ油 1ℓの場合

実験 No.	ノズル 別	ノズル根 元圧 kg/cm ²	油面からの ノズル高 cm	消火可否	消火時間 sec	側面温度 °C	最高温度 °C	消火必要 水量 ℓ
1	A	1	100	可	20	160	706	0.746
2	A	2	100	可	5	190	720	0.266
3	A	3	100	可	3	140	600	0.192
4	B	1	100	否	—	130	620	—
5	B	2	100	否	—	135	780	—
6	A	1	150	可	38	176	420	1.333
7	A	3	150	可	23	150	530	0.773

表 3 ナタネ油 1ℓの場合

実験 No.	ノズル	ノズル根 元圧 kg/cm ²	油面からの ノズル高 cm	消火可否	消火時間 sec	側面温度 °C	最高温度 °C	消火必要 水量 ℓ
1	A	1	100	可	10	148	750	0.373
2	A	2	100	可	10	150	724	0.533
3	A	3	100	可	10	124	612	0.64
4	B	1	100	否	—	124	638	—
5	B	3	100	否	—	100	898	—
6	B	1	150	否	—	100	436	—
7	A	1	150	可	44	148	424	1.642
8	A	2	150	可	22	192	574	1.173

表 3 大豆油 1ℓの場合

実験 No.	ノズル	ノズル根 元圧 kg/cm ²	油面からの ノズル高 cm	消火可否	消火時間 sec	側面温度 °C	最高温度 °C	消火必要 水量 ℓ
1	A	1	60	可	6	124	652	0.22
2	A	2.1	60	可	6	131	730	0.9
3	A	3	100	可	10	97	350	0.65
4	B	2	60	可	21	138	780	1.43
5	B	3	100	否	—	141	680	—
6	A	1	150	否	—	134	530	—
7	A	2	150	否	—	121	480	—

火開始後、最高温度 848°Cにも達したが、A型ノズルでは、油面より 1.5m の高さの位置で、サラダ油およびナタネ油の消火が可能であり、大豆油の場合にも 1m の高さで消えた。この時の消火水量は、1.642ℓ以下と非常に小量であった。なお、A型ノズルの散水粒子径は、ノズル圧 3 kg/cm²以下、ノズル位置から下方に 1m 離れたところで、ほぼ 0.5mmφ 以下の粒径で占められていた。

5. 考 察

(1) 温水器を併用したスプリンクラーの(温度約 85°C による)消火必要量は、天井面の設定温度 150°C とし散水による障害がないものとするれば、水の場合の約 2 倍程度で、6 畳～8 畳の火災を消火することも可能であり、散水障害等を起すような場合であっても燃焼抑

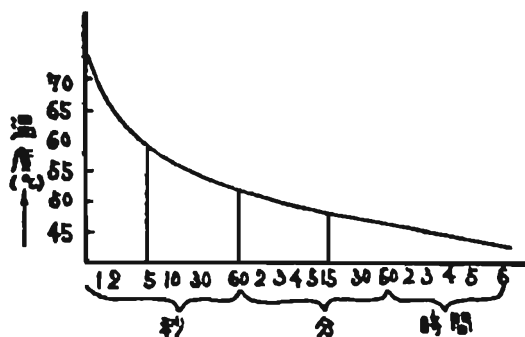
制効果は大きいものと思われる。

(2) 配管は現在口径 20mmφ のものを主に使用しているが(全配管を口径 25mmφ とすれば計算上現在の 1/3 の損失)配管口径を変えれば実用上相当長くとることも可能である。

(3) 温水 85°C が散水された場合、温度降下は室内温度に大きく影響されるものと思われるため直接人体に散水されると熱傷を受けることは十分に考えられる。

組織破壊の温度と時間を表わす図 10 によると粒子径 0.5 mmφ～1 mmφ では、周囲温度 1°C で 3 秒～4 秒、周囲温度 20°C では、計算上 1 秒前後で熱傷を受けることになる。しかし、実用上では温水が散水され熱傷を受けるといふより、散水開始前の火災による雰囲気温度(150°C～180°C)による熱傷の方が問題となると思われる。

図 10 熱による組織の破壊



(4) 一般家庭で使用されている天ぷら油（サラダ油，ナタネ油，大豆油）に火が入った場合は，炭酸ガス等

を使用すれば消火可能であるが，実験結果から，特殊なヘッドを設ければ噴霧でも対抗できるものと思われる。

6. お わ り に

一般家庭等居住建物に対する消火施策の一手段として温水器を併用した簡易なスプリンクラーを試作し実験を行なったが，高温水の場合でも消火効果および燃焼抑制効果が得られたこと，また，天ぷら油の出火に対しても特殊なヘッドがあれば少量の噴霧注水で消火可能であると思われることから，火災感知機能，消火効率等の実験を重ね，家庭用スプリンクラーの実用化を図りたい。