

住宅用スプリンクラーの開発について (第2報)

Development of a residential sprinkler system (Series 2)

脇 賢*
太田文和*
高橋一久*

概 要

現有の住宅用スプリンクラーヘッドよりも少ない流量で消火効果を上げるため、火点付近に局所的に散水する自動指向散水方式の住宅用スプリンクラーを試作し、基本性能等を把握する実験を行った。

- 1 部屋内の全域に散水する住宅用スプリンクラーヘッドに比べて流量は少なく10ℓ/min(ノズル圧力1kgf/cm²)程度で消火効果が認められる。
- 2 カーテンや襖の高さ(1.8m)より上部に散水できる。

In order to achieve better fire extinguishing effect by a new type of sprinkler head for a residence.

We made a prototype of self-directional sprinkler head and carried out an experiment to get its fundamental characteristics.

The results are:

- 1 The new sprinkler head has enough extinguishing effect with 10ℓ/min of water volume which is one third of conventional one.
- 2 The new sprinkler head enables to spray water to higher points than 1.8 meters to which a conventional one can not spray.

1. はじめに

現有のスプリンクラーヘッドはヘッド圧力1kgf/cm²以上で、流量80ℓ/min以上となっているが、検定上の特例を受けたものには圧力1kgf/cm²、流量30ℓ/minのヘッドもある。このヘッドは住宅用に作られたもので、ヘッド1個で八畳間の火災をおおむね抑制する効果があるが、水圧状況の悪い地域等では効果が不十分である。

そこで、現有のスプリンクラーヘッドよりも散水速度を大きくして消火効果を上げるために火点付近に局所的に散水する自動指向散水方式の住宅用スプリンクラーを開発する必要がある。

本実験は、住宅用スプリンクラー(自動指向散水方式)(以下「装置」という。)の試作を行い試作機の性能を把握するとともに、実用機開発の資

料を得る目的で実施したものであり、その内容について報告する。

試作した住宅用スプリンクラー(自動指向散水方式)の主な特徴は次のとおりである。

- ・ 局所散水するため、散水速度(単位面積あたりの散水量)を大きく取ることができる。
- ・ 火点周辺にのみ散水することができる。
- ・ 火災感知器と炎センサーの両方からの信号による作動(ダブルチェックになる)後に、散水するため、誤作動の防止が図られる。
- ・ 開放弁は三方コックのため、死水対策を図ることができる。
- ・ 火災時には自動的に散水するほか非常押しボタンによっても散水することができる。

2. 試作した装置の概要

火災感知器の発報信号の受信後、炎センサーにより、自動的に火災の炎を検出し、その方向へノ

*第三研究室



写真1 自動指向散水装置（試作1）



写真4 非常押しボタン

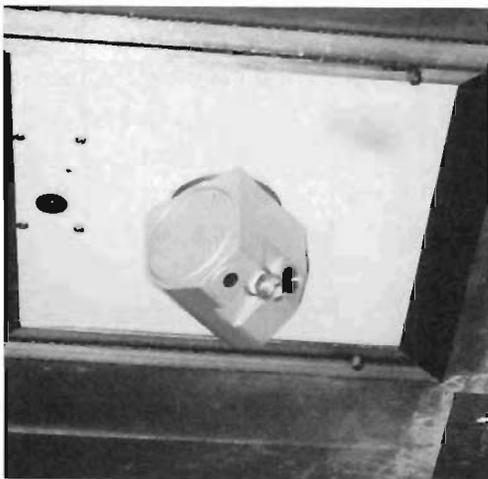


写真2 自動指向散水装置（試作2）

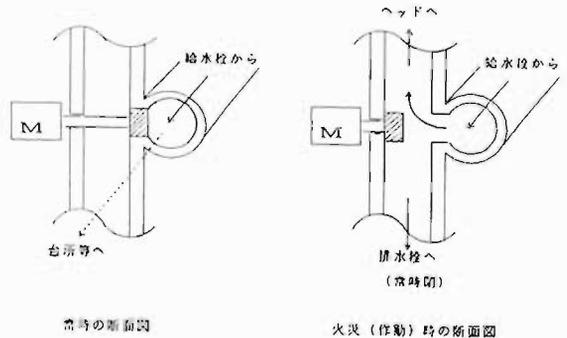


図3 開放弁の作動状況図



写真3 開放弁及び流量計センサー

3. 実験項目

- (1) ノズル圧力と流量の関係
- (2) 水平面、垂直面散水分布測定
- (3) 感知器の作動時間の比較
- (4) 消火実験

4. 計測機器等

- (1) 計測機器

ズルを指向させ、ノズルを水平方向に揺動させながら散水する装置で上水道に直結して使用するのである。(図1、図2参照)

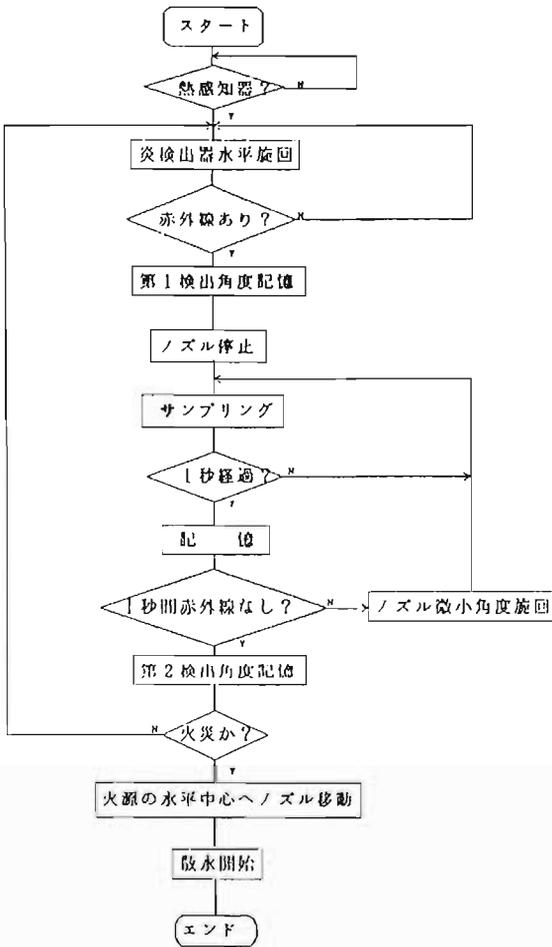


図1 装置のフローチャート

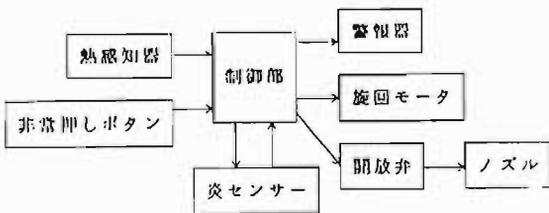


図2 装置のブロック図

(1) 構成

装置は自動指向散水ノズル、開放弁、非常押しボタン、熱感知器等から構成されている。

(2) 自動指向散水ノズル (写真1、2)

自動指向散水ノズルは制御部、炎検出部、散水ノズル部から構成されている。

ア 制御部

制御方法は熱感知器からの信号を受け炎検出部が旋回し、火点を特定し、炎の大きさに合わせて散水ノズル部を水平方向に揺動させ、散水ノズルの指向とともに、開放弁が開くシステムである。

イ 炎検出部

			8畳間の天井中央に装置を設置	
炎検出部	炎検出方法	受光素子	炎検出範囲	壁面の検出範囲
試作1	赤外線	8個	鉛直方向から75°以上	約1.8m
試作2※	受光型	11個	鉛直方向から86°以上	約2.3m

※ 試作2

カーテン火災(レーヨン等の化学繊維製品)に対応できるように受光素子を増やし、炎検出範囲が広く検出できるように改良したものである。

ウ 散水ノズル部

散水ノズルは370°水平旋回し、床面及び壁面に局部的に散水するもので、散水量は約10ℓ/min(ノズル圧力1kgf/cm²)である。

(3) 開放弁(写真3)

ア 開放弁は電動バルブ構造で、バルブ内に停滞水は生じないものである。

イ バルブの開閉は電気信号により行う。(図3参照)

(4) 非常押しボタン(写真4)

非常押しボタンは手動起動用である。

(5) 熱感知器

定温式スポット型特種、作動温度65°Cの検定品である。

- ア マルチロガー
- イ 圧力計 水用普通型 0～5 kgf/cm²用
- ウ 流量計 流量センサ部 3.0～60 l/min
表示部 デジタル5桁表示
- エ ペンレコーダー 6ペン
- オ ストップウォッチ
- カ メスシリンダー 100cc用, 10cc用

(2) 火災感知器

- ア 熱感知器
 - 定温式スポット型 特種65°C
 - 定温式スポット型 1種 70°C
 - 差動式スポット型 2種

- イ 煙感知器
 - 光電式スポット型 1種
 - イオン化式スポット型 2種

(3) 使用ノズル

- ア ノズル1
 - 噴射角度80°流量15.7 l/min (標準使用
圧力3 kgf/cm²時) 均等扇形噴霧タイプ, 取
付け角度下向き55°
- イ ノズル2

噴射角度115°流量15.7 l/min(標準使用
圧力3 kgf/cm²時)均等扇形噴霧タイプ, 取
付け角度下向き50°

(4) 燃焼材等

燃焼材等は表1に示すものを使用した。

5. 実験方法等

(1) ノズル圧力と流量の関係

ノズル圧力は装置のノズル近くに取付けた
圧力計で, また, 流量は配管の途中に取付け
た流量計で, それぞれ計測した。(図4参照)

(2) 水平面, 垂直面散水分布測定

ア 水平面及び垂直面の散水分布はノズルの
水平揺動角度を約45°に設定し散水したと
きの値である。

イ 水平面, 垂直面散水分布は装置にノズル
1, 2を取付け, ノズル圧力を1, 2 kgf/cm²
と変えたとき, 床面に並べた採水マス(96×
96×53mm)及び壁面に設置した垂直面採水
器(1マス100×100mm)でそれぞれ集め, メ
スシリンダーで計測した。(図5参照)

表1 燃 焼 材 等

No.	燃 焼 材	助 燃 材
1	第一消火試験模型 クリブ(杉, 15×15×160mm)24本, (15×15×500mm)8本 合板(910×1820×3mm)2枚	灯油 30cc
2	第二消火試験模型 クリブ(杉, 40×40×500mm)23本	灯油 50cc
3	和襖(900×1800mm)2枚	灯油 15cc
4	ダンボール襖(900×1800mm)2枚	灯油 20cc
5	ダンボール襖(900×1800mm)2枚 第一消火試験模型	灯油 20cc
6	カーテン(900×1740mm, 木綿・麻の混紡)1枚	灯油 15cc
7	カーテン(900×1800mm, レーヨン100%)2枚	灯油 15cc
8	複合模型 和襖(900×1800mm)1枚, ダンボール襖(900×1800mm)1枚 敷蒲団(シーツを含む)衣類(ぼろ布), 新聞紙等64kg	灯油 15cc

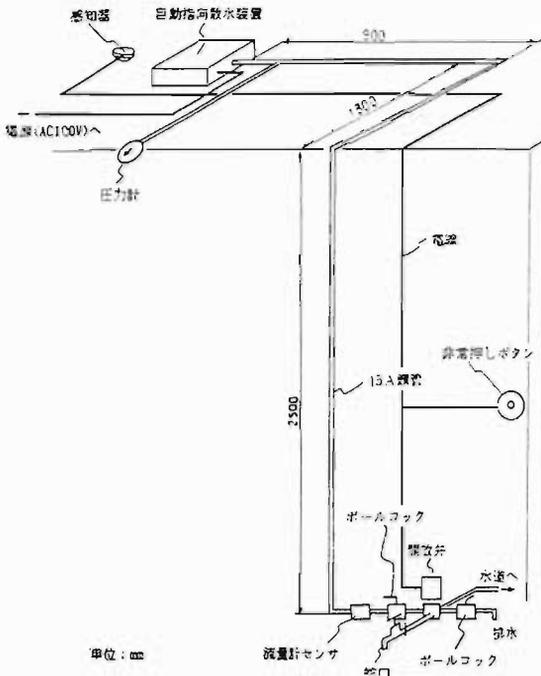


図4 散水装置概要図

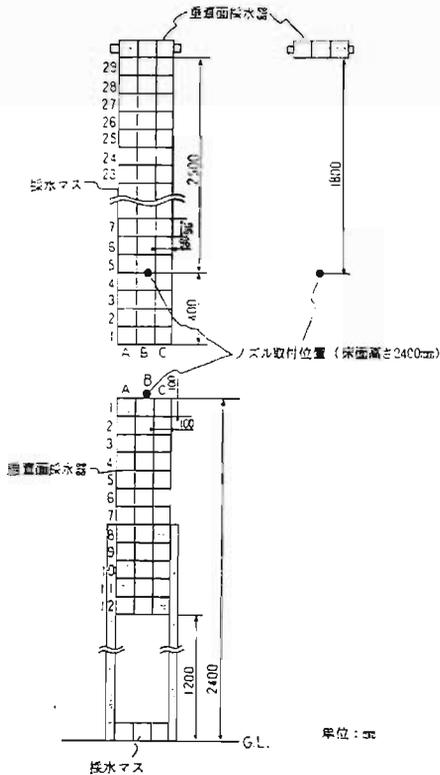


図5 散水分布測定概要図

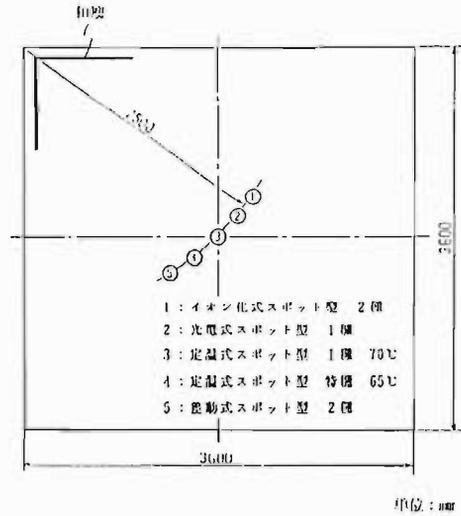


図6 感知器取付位置概要図

(3) 感知器の作動時間の比較

4(2)に示した5種類の感知器を実験模擬室(以下、「室」という。)の天井中央に取付け、室の隅に和襖2枚を建てかけ「簡易型自動消火装置の性能と設置の基準」(昭和55年7月26日消防予第145号消防庁予防救急課長通知)に示された第1消火実験クリブを皿の上にならべ、中に灯油40ccを入れ燃焼させたとき感知器の作動時間を比較した。(図6参照)

(4) 消火実験

ア 定温式スポット型特種感知器あるいは光電式スポット型1種感知器が感知して、炎検出器が水平旋回し炎を捕らえ火災を判定する。火災と判定したとき、ノズル1はノズル圧1kgf/cm²、流量9.7ℓ/minで散水する。散水を開始してから表1に示す燃焼材が消火するまでを目視で観察し、その時間をストップウォッチで計測した。

イ 感知器の作動温度、散水開始時の温度等について天井四半分に取り付けた熱電対によりマルチロガーで計測した。

ウ カーテン[レーヨン(実験No.7)]の消火実験は試作IIの炎検出部を、またその他の消火モデルは試作Iの炎検出部を使い、それぞれ実施した。

6. 実験結果

(1) ノズル圧力と流量の関係

実験結果については表2に示すとおりである。

表2 ノズル圧力と流量の関係

使用ズル	流量 (ℓ/min)	
	1kgf/cm ²	2kgf/cm ²
ノズル1	9.7	12.7
ズル2		

(2) 水平面、垂直面散水分布測定

実験結果については表3、図7、8に示すとおりである。

(3) 感知器の作動時間の比較

実験結果については表4、図9に示すとおりである。

表4 感知器の作動時間比較

感知器種別	作動時間(秒)
イオン化式スポット型 2種	21
光電式スポット型 1種	23
差動式スポット型 2種	30
定温式スポット型 特種 65℃	38
定温式スポット型 1種 70℃	39

注 作動時間は点火後の時間である。

(4) 消火実験

実験結果については表5、図10～16に示すとおりである。

表3 散水速度 (0.8mm/min以上) 分布グラフ



※垂直面については、床面より1,200～2,400mmの高さについて散水分布を測定した。

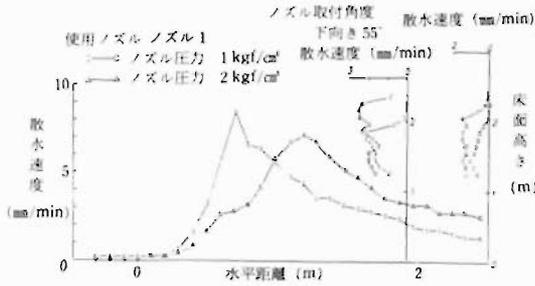


図7 散水速度測定結果(ノズル1)

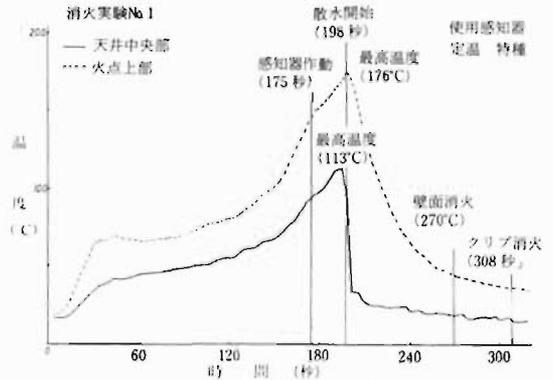


図10 第一消火実験の温度推移特性

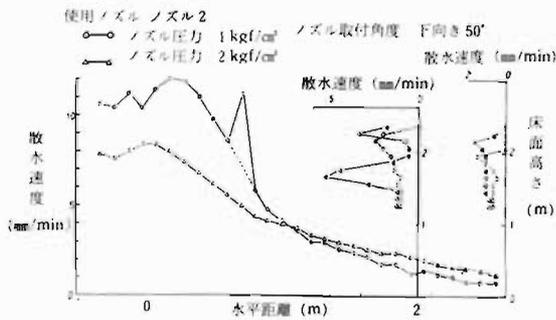


図8 散水速度測定結果(ノズル2)

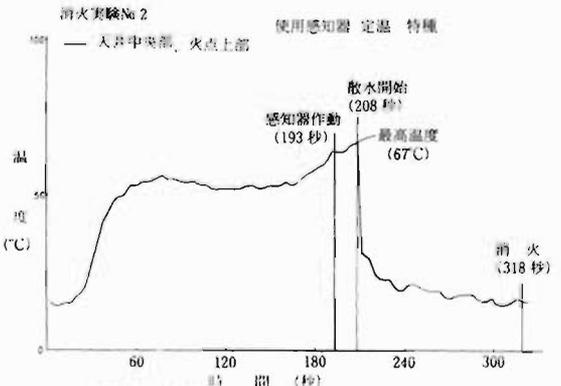


図11 第二消火実験の温度推移特性

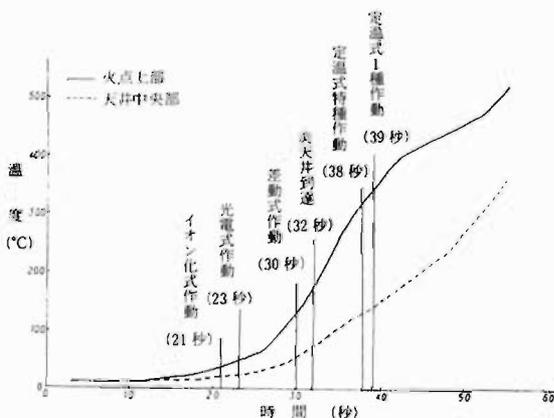


図9 センサーの作動時間比較

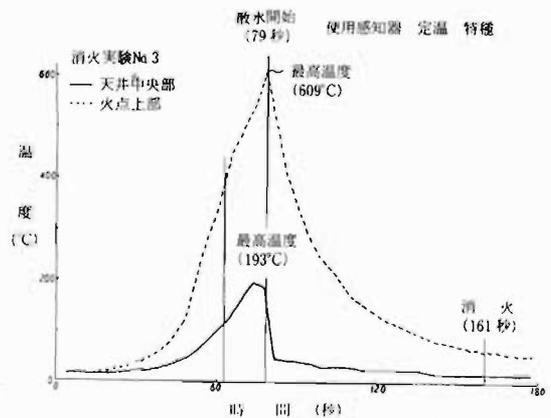


図12 和襖燃焼時の温度推移特性

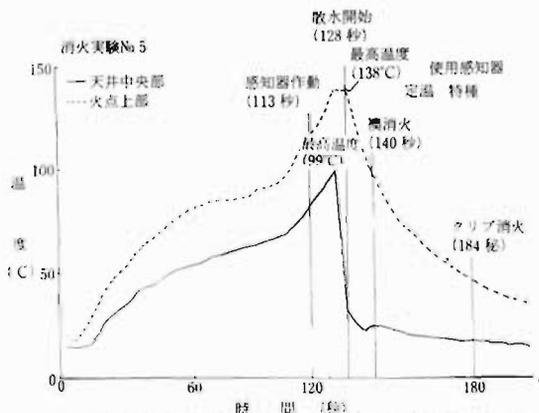


図13 ダンボール襖燃焼時の温度推移特性

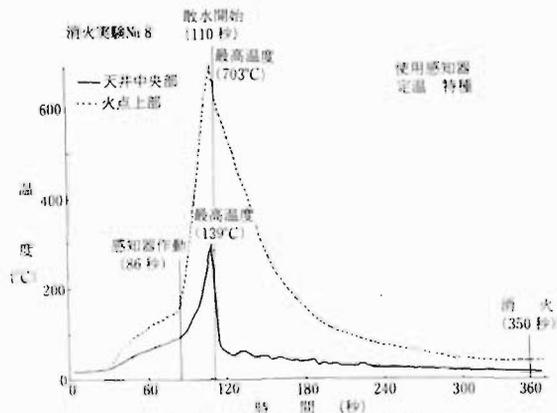


図15 複合実験の温度推移特性

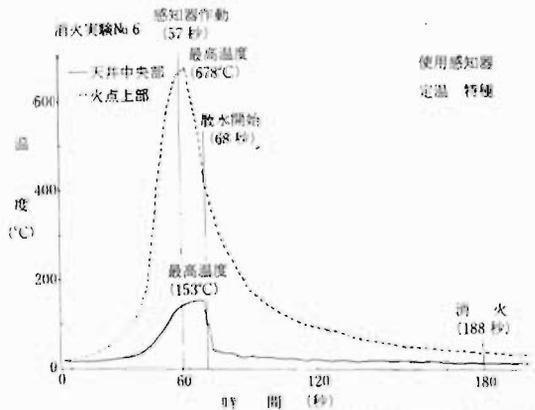


図14 カーテン（麻、木綿の混紡）燃焼時の温度推移特性

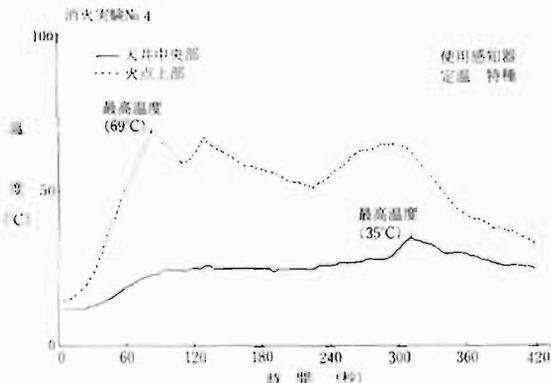


図16 ダンボール襖燃焼時の温度推移特性

表5 消火実験結果

実験No	消火条件	消火器具	感知器作動時間	感知器作動時温度(°C)	放水開始時間	放水開始時温度(°C)	ノズル圧力(kgf/cm ²)	流量(L/min)	消火状況	炎消滅時間	備考
1	壁1枚燃焼 +灯油40cc	定温式 スポット型 特殊 65℃	0'55"	94.8	3'18"	93.1	—	9.7	可	—	放水時間 1'12"で壁面(全面)は消火した。 放水時間 1'30"でク립まで消火した。
2	壁2枚燃焼 +灯油50cc	定温式 スポット型 特殊 65℃	3'12"	94.7	3'28"	87.8	—	9.7	可	—	放水時間 1'50"で消火した。
3	和室2枚 +灯油15cc	定温式 スポット型 特殊 65℃	1'03"	102.8	1'19"	185.5	1	9.7	可	—	放水時間 1'22"で消火した。
4	ダンボール襖2枚 +灯油20cc	定温式 スポット型 特殊 65℃	—	—	—	—	—	—	試作 1	—	室内部にアルミ層が貼ってあるため表面だけが燃焼し、天井中央部で35℃までしか温度上昇せず。感知器が作動しなかった。また、放水後 6'30"程度で自然鎮火した。
5	ダンボール襖2枚 +壁1枚燃焼 +灯油20cc	定温式 スポット型 特殊 65℃	1'53"	80.4	2'08"	99.6	1	9.7	可	—	壁については放水時間 0'10"程度で消火、ク립は 1'00"程度の放水時間で消火した。
6	カーテン1枚 +灯油15cc	定温式 スポット型 特殊 65℃	0'37"	147.1	1'05"	153.6	1	9.7	可	—	放水時間 2'00"で消火した。
7	カーテン2枚 +灯油15cc	定温式 スポット型 特殊 65℃	0'53"	102.4	1'06"	146.7	1	9.7	可	試作 2	放水時間 1'50"で消火した。
8	複合実験	定温式 スポット型 特殊 65℃	1'25"	91.9	1'50"	162.3	1	9.7	可	試作 1	放水時間 4'00"程度で消火した。

注 1 感知器作動時間、放水開始時間は放水後の時間であり、感知器作動時温度、放水開始時温度は天井中央部の温度である。
2 カーテンは広げられた状態で実験を行った。

7. 考 察

(1) 水平面，垂直面散水分布

火災を抑制できる散水速度は概ね0.8～0.9 mm/min (消防科学研究所報平成2年27号)である。従って，水平面，垂直面散水分布はこれらを考慮し検討した。

ア ノズル1

水平面散水分布はノズル (ノズル圧力1, または2kgf/cm²) 真下の床面から水平距離300mmで散水速度は0.8mm/min以下である。

しかし，部屋の隅(水平距離2.5m)の散水速度はノズル圧力1 kgf/cm²で1.4 mm/min, ノズル圧力2kgf/cm²で2.4～2.6mm/minである。垂直面散水分布はノズル真下の床面から1.7m(ノズル圧力1kgf/cm²), 2.1m(ノズル圧力2 kgf/cm²)の高さで散水速度が0.8 mm/min以上である。

イ ノズル2

水平面散水分布は散水速度(0.8mm/min以上)分布グラフ，表7に示すとおりノズル圧力1.2kgf/cm²で水平距離2.7mの範囲の床面は散水速度が0.8mm/min以上である。

垂直面散水分布はノズル真下の床面から水平距離2.5mの垂直面で，床面から2 m (ノズル圧力1 kgf/cm²), 2.1m(ノズル圧力2 kgf/cm²)の高さで散水速度が0.8mm/min以上である。

ウ ノズルは散水方向の床面全体に，また，垂直面で壁面に高く散水して散水速度が0.8～0.9mm/min以上が得られるノズル2が良い。(表3参照)

(2) 感知器の作動時間比較

ア 炎が天井に到達するまでに32秒を要したが，炎が天井に到達する以前に作動している感知器の作動時間はイオン化式スポット型2種(煙感知器)が21秒，光電式スポット型1種(煙感知器)が23秒，差動式スポット型2種(熱感知器)が30秒である。また，炎が天井に到達した後に作動した感知器の作動時間は定温式スポット型(熱感知器)の特種が38秒，1種が39秒である。

感知器は熱感知器より煙感知器の方が早く作動しており，火災を初期の段階で感知

するには熱感知器よりむしろ煙感知器がよいと思われる。

しかし，煙感知器は熱感知器より誤作動が多く，また，価格の面で煙感知器は熱感知器よりも約10倍高い。従って，一般住宅の居室に設置する場合は熱感知器がよい。

(図9参照)

(3) 消火実験

ア 火災の覚知(感知器の作動)から散水開始までに11～27秒の時間を要している。

炎検知時の370°水平旋回に約10秒かかるため，370°旋回1～2回半程度で炎を検知し散水を開始していることになる。

イ 第1消火実験(実験No.1)の壁面(合板)は1分12秒で消火したが，クリブは積み重ねているため，水がかかりにくい部分があり，1分50秒で消火している。(図10参照)

ウ 第2消火実験モデル(実験No.2)は第1消火実験と同様にクリブが積み重ねてあるため水がかかりにくい部分があり，1分50秒で消火している。(図11参照)

エ 和襖(実験No.3)は炎が天井に到達(点火後1分)した後に感知器が作動(点火後1分19秒)し，襖の表側のみが燃焼したため，1分22秒で消火している。しかし，炎が和襖の裏側にまで達した場合は，水のかかりにくい部分ができるため消火時間は更にかかるとと思われる。(図12参照，写真5)

オ ダンボール襖(実験No.5)は襖内部にアルミ箔が貼ってあるため，表側の紙だけが燃焼し，10秒程度で消火した。また，クリブは1分程度で消火した。(図13参照)

カ カーテン〔麻，木綿の混紡(実験No.6)〕は炎が天井に到達(点火後44秒)した後に感知器が作動(点火後57秒)し，点火後1分08秒で散水を始め，2分で消火している。(図14参照，写真6)

キ カーテン〔レーヨン(実験No.7)〕は炎が天井に到達(点火後41秒)した後に感知器が作動(点火後59秒)し，点火後1分06秒で散水を始め1分50秒で消火した。(炎検出部試作2を使用)

8. 結 論

- (1) 自動指向散水方式は住宅用スプリンクラーとして有効である。
- (2) 8畳間はヘッド1個で床面全体と壁面(1.8m高さまで)の警戒ができる。
- (3) 流量,約10ℓ/min(ノズル圧力1kgf/cm²)程度で消火できる。
- (4) ノズル噴射角115°, ノズル取付け角度50°が目安となる。
- (4) 住宅居室に設置する感知器は定温式スポット型特種が良い。

9. 今後、改良すべき事項

- (1) ハウジング内には制御部のほか、受光素子、受光レンズ及びサーミスター(熱感知器等に替わるもの)を入れ意匠的に整える。

ハウジング外にはノズル、サーミスター等の一部だけが露出する構造に改良し、小型化を図る。(図17参照)

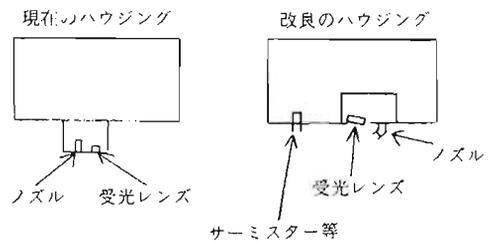


図17 ハウジング改良案概要図

- (2) 散水を開始するまでの時間を短縮するため火災信号処理の簡略化等を図る。
- (3) 火災のとき、開放弁の動作により水道水は装置のノズル方向のみに流れ、台所や便所等の方向へは水道水が流れない構造にする。



写真5 和襖の消火実験(実験No.3)



写真6 カーテンの消火実験(実験No.6)



写真7 居室を想定した消火実験(実験No.8)

ク 複合実験(実験No.8)は敷布団から襖に下げた衣類へと炎が拡大した後の炎の立ち上がりは急激であったが、点火後1分50秒で散水開始し4分で消火している。(図15参照, 写真7)