

住宅用スプリンクラーの開発について (第3報)

Development of a residential sprinkler system (Series 3)

脇 賢*
太田文和*
中西正浩*

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、性能実験等を行い実用試作機を完成した。

- 1 装置は、住宅用スプリンクラーとしての機能、性能に係る技術基準に適合し、基本的な消火性能、放水特性を有する。
- 2 火点付近に局所的に散水する方式のため、少ない流量でも有効に消火できる。

In order to achieve better fire extinguishing effect for a residence, we have made a prototype of self-directional sprinkler head and carried out experiments to get its fundamental characteristics.

- 1 The system is on the technical standard of residential sprinkler in Japan.
- 2 Water from the sprinkler head focuses on a flame, so it can extinguish a fire effectively with little water volume.

1 はじめに

高齢者、身体障害者等のいわゆる災害弱者を火災から守ることは高齢化社会を迎えますます重要な課題となっている。

火災による死者の半数以上が災害弱者であり、その多くが住宅部分で発生していることから、その火災予防対策の推進を図ることを目的として住宅用スプリンクラーの開発を進め平成元年度から3年計画で着手した。

平成元年度は上水道調査及び室内火災基本実験並びに市販ヘッド調査などの基礎調査研究をし開発案の策定を行った。(消防科学研究所報27号参照)

平成2年度に現有のスプリンクラーよりも散水速度を大きくして消火効果をあげるため、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した。(消防科学研究所報28号参照)

本年度は、平成2年度の基礎資料をもとに実用に即した仕様案を検討し試作機による実用化の試験を行い、このたび完成したものである。

2 装置の概要

(1) 機器の構成

当研究室で開発した住宅用スプリンクラー装置のブロック図及び機器の構成図は図1、2のとおりである。

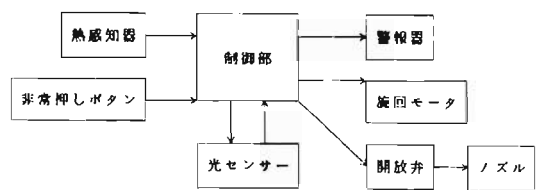


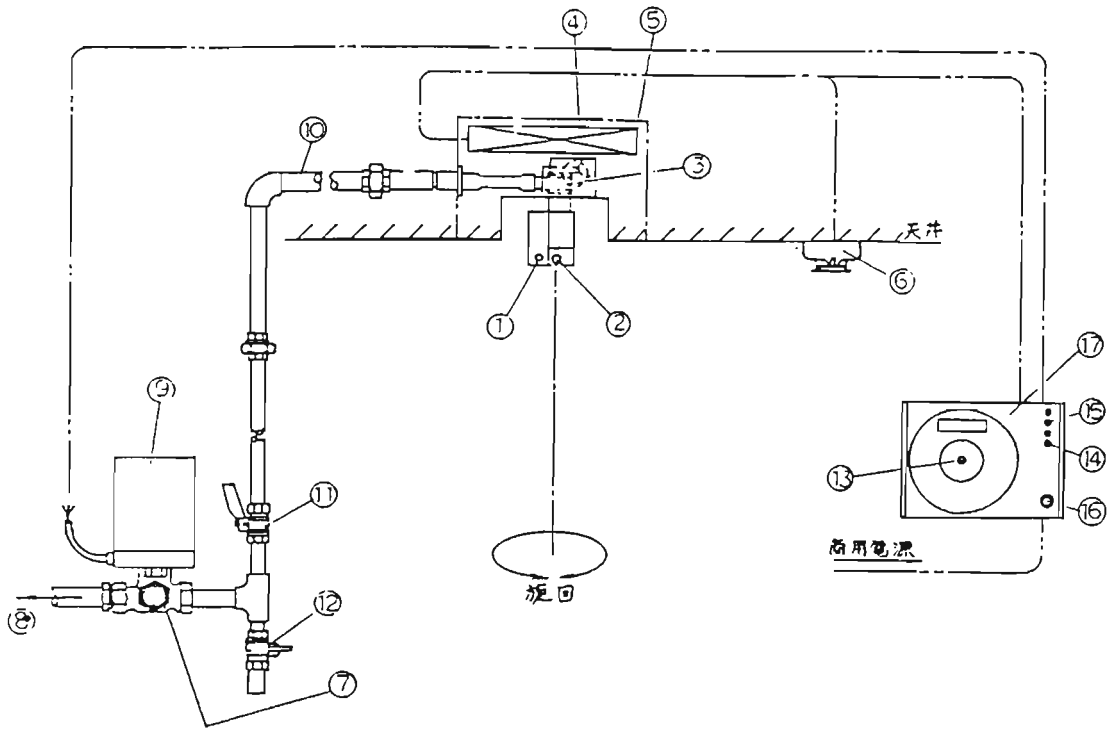
図1 装置のブロック図

機器の構成は図2に示したとおりであり、全ての駆動部分は電子制御回路に接続した構成となっている。散水方式は1軸方式と2軸方式がある。

1軸方式は散水ノズル部を水平面のみ旋回させ散水する方式であり、2軸方式は水平面に旋回

*第三研究室

すると同時に垂直方向に振ることができる方式のものである。



① 炎検出器	⑥ 定温ぶつ型感知器	⑫ ドレン弁
② ノズル	⑦ 給水配管	⑬ 手動押しボタン
③ 水平駆動モーター	⑧ 生活用水側	⑭ 復旧ボタン
④ 電子制御回路	⑨ 三方向切換制御弁	⑮ 作動表示灯
⑤ 一筐体 (指向散水ノズル 自動制御箱)	⑩ 放出導管	⑯ 電源スイッチ
	⑪ 試験用閉塞弁	⑰ 一筐体 (総合盤)

図2 住宅用スプリンクラーの構成図

(2) 性能諸元及び特徴

住宅用スプリンクラー装置の主な性能諸元及び特徴は表1のとおりである。

この住宅用スプリンクラーの主な特徴を簡記すると次のとおりである。

- 火災感知器（熱感知器）と炎検出器の両方からの火災信号により散水を開始する方式である。したがって、散水には二重チェックが行われ誤作動の防止が図られる。
- 局所散水方式のため散水速度（単位時間、単位面積あたりの散水量）を大きくすること

ができる。

- 水道管に直結するので水タンク及び加圧送水装置等を必要としない。
- スプリンクラーヘッドは開放式である。上水道の生活水系配管からスプリンクラー系配管への水の切り換えは電動式三方切り換え弁により、常時はスプリンクラー系配管には水が充水されていない。したがって、非常時の場合のみ開放弁が切り換わり水を流すので、水が滞留することなく、死水を生じない。

表1 性能諸元表

項 目		一 軸 方 式	二 軸 方 式	
方 式		水 道 管 直 結 方 式		
ノズル能力		圧力1 kg/cm ² で、12ℓ/min程度		
感 知 器		定温式スポット型特種60℃の検定品		
炎検出部	検 出 方 式	受光した近赤外線による光電変化を検出する方式		
	炎 検 出 素 子	フ ォ ト ト ラ ン ジ ス タ		
	炎 検 出 素 子 数	1 6 個		
	素 子 の 炎 検 出 範 囲	鉛直方向から85度以上		
	旋 回 速 度	約11秒/1周		
ノズル部	構 造	炎検出部と一体とする。		
	ノズル	材 質	セラミック製噴射口チップノズル	
		サ イ ズ	3/8インチ用	
	ノズル	散 水 角 度	100度	40度
		散水パターン	均 等 扇 状	
		旋 回 角 度	水平360度	水平360度 垂直90度
	モーター	1個	2個	
水道水の切り換え		電動式三方切換弁 {生活用水系から住宅用スプリンクラー設備} 系への水道水の切り換え}		
備 考		○ モーターの数はこの他に電動式三方向切換弁に1個使用されている。		

(3) 装置の作動概要

まず発生した火災は火災感知器によって感知され、その火災信号は炎検出器に送られる。炎検出器は自動的に火災の場所及び炎の大きさを検出し、その方向へノズルを指向させると同時に上水道水を生活用水系配管からスプリンクラー系配管へ切換え、ノズルから散水する。炎検出器及びノズルの指向並びに三方向切換弁操

作の制御部は指向散水ノズル自動制御箱に組み込まれている。

ノズルの散水方式は1軸方式と2軸方式がある。既に述べたように1軸方式とはノズルを水平方向だけに揺動させるもので、2軸方式とはノズルを水平方向と垂直方向に揺動させるものである。

その他に手動押しボタンによっても作動させ

ることができる。

住宅用スプリンクラー装置の動作概要図は図3に示すとおりである。

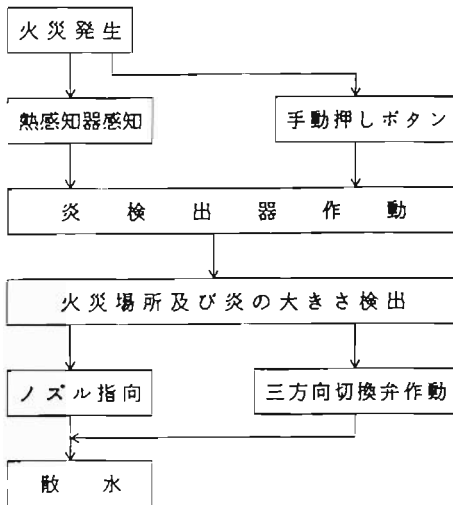


図3 装置の作動概要図

3 住宅用スプリンクラー装置の各部装置

(1) 感知部等

熱感知器は定温式スポット型特種、作動温度60°Cの国家検定品とする。熱感知器以外としては、サーミスターを使用してもよい。この場合サーミスターは、設定温度は60°Cとし、熱感知器と同等の性能を有するものとする。

(2) 手動押しボタン内蔵総合盤

手動起動用の押しボタンスイッチ、警報器、作動表示灯（電源監視用表示灯、感知器作動表示灯、散水開始表示灯）、電源スイッチ、復旧ボタン等を内蔵した総合盤である。写真1及び図4を示す。

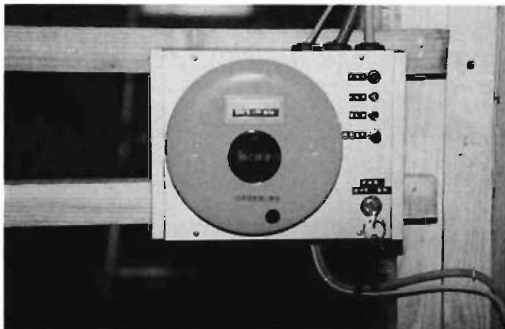


写真1 手動押しボタン内蔵総合盤

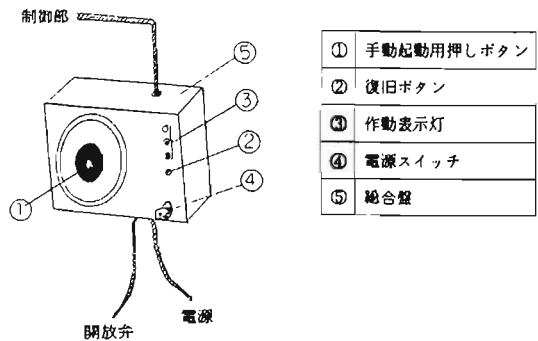


図4 手動押しボタン内蔵総合盤

①	手動起動用押しボタン
②	復旧ボタン
③	作動表示灯
④	電源スイッチ
⑤	総合盤

(3) 警報音

警報音は消防法施行規則第25条の2に定める非常ベルの音響を基本にするが、本品は電子式フリッカ型ブザーとした。

(4) 指向散水ノズル自動制御箱

指向散水ノズル自動制御箱は本装置の中核をなすもので、電源部、炎検出部、制御部及びノズル部から構成され、通常は天井内に埋め込まれるものである。炎検出部とノズル部は一体のものであり室内に向かって設定されている。この部分はすでに述べたように火災感知器からの信号により、水平方向に旋回し、炎を検出する作業を行う。一旋回時間（約390度）は11±2秒であり、炎を検出すると、その部分及び付近にノズル部から散水する機構となっている。

(5) 開放弁（三方切換弁）

開放弁は電動駆動バルブであり、バルブは三方向型とする。三方向とは、一方向は1次側の水の供給元配管、一方向は2次側の生活用水系配管、一方向はやはり2次側となるスプリンクラー系配管である。

2次側には常時は生活用水系配管へ水を供給するようになっており、火災時には、制御部からの電気信号によりモーターを作動させバルブを切換えて、スプリンクラー系配管にのみ給水するようになる。写真2及び図5を示す。

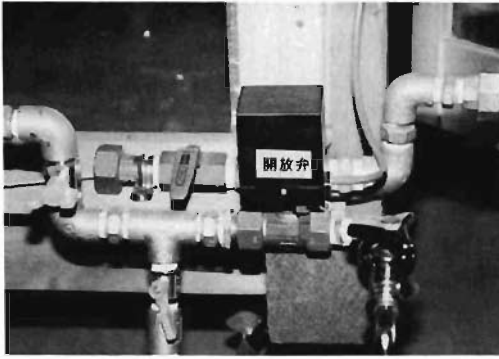


写真2 開放弁（三方切換弁）

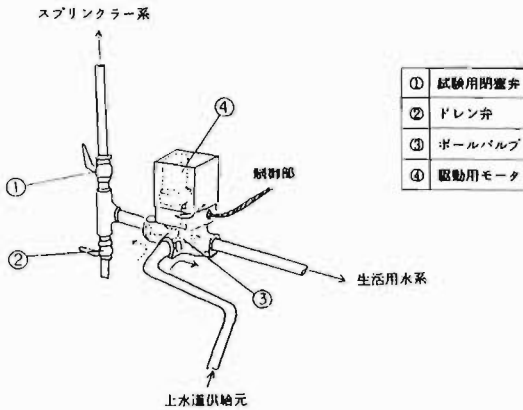


図5 開放弁（三方切換弁）

(6) その他の部品等

ア 圧力計

圧力計はJ I S B 7505に適合するブルドン管圧力計とする。

イ 試験用停止弁、排水弁

試験用停止弁、排水弁は水道配管用のボールバルブで、呼び径13Aのものとする。当該弁によりスプリンクラーヘッド及び配管等が容易に点検、整備等ができるようにする。

ウ 配管、継手等

J I S規格及びJ WWA（日本水道協会規格）に適合するものとする。

エ 配線等

電気工作物に係る法令に適合するものとする。

4 炎検出及び散水範囲決定の方法

(1) 炎検出の原理

ア 1軸方式

室内天井に取付けられている定温式スポット型感知器特種60°C（図2中⑥）が火災を感知すると、感知信号が電子制御回路内の中央処理装置（以下「CPU」という。）に入力され警報器及び指向制御器の水平軸駆動用モータに駆動信号が送られ警報器を鳴動させ、炎検出器が反復巡回走査を開始する。

炎検出器内に縦一列に配列されている受光素子は図6に示す取付角度A、B、C、D、E、F、G、Hに応じてCPU内にて最下角Aから優先信号処理が施されるようになっており、巡回走査中にいずれかの受光素子が炎の一端を検出すると、その受光信号を電子制御回路内のCPUに送出する。

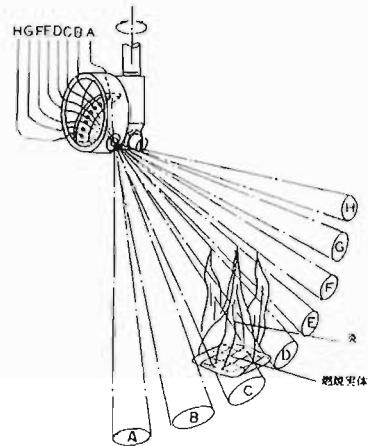


図6 炎検出器及び検出範囲

これによりCPUは指向制御器に組込まれている角度検出器の値から図7のように第1検出角度として記憶し、水平旋回モータを駆動停止し炎検出器の巡回走査を止め、1秒間の間に受光素子の受光位置の変化、受光回数を計測し、その値を記憶する。

その後指向制御器を微小角度回転させ、停止させ再度前述の計測、演算処理、記憶を繰返し指向制御器の1秒間停止中に炎の検出がなくなるまで行う。

電子制御回路のCPUに炎の検出がなくなったときの指向制御器に組込まれている角度検出器の指示値を第2検出角度として記憶させる。

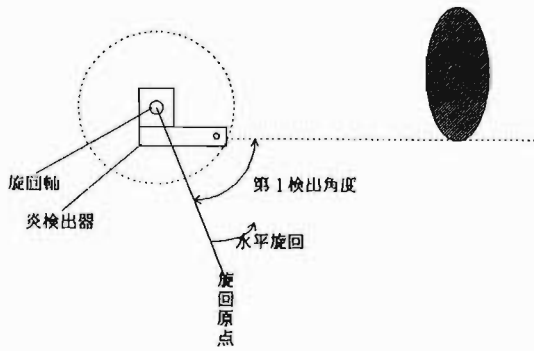


図7 第1検出角度

以上これまで炎検出器から得た値がCPU内に予め書き込まれた火災値と同等以上であった場合、火災として判断し1秒毎に記憶された「過去1秒間の炎検出器からみた位置」を炎検出器から見た火元の位置として記憶する。

この状況をフローで表すと図8のようになる。

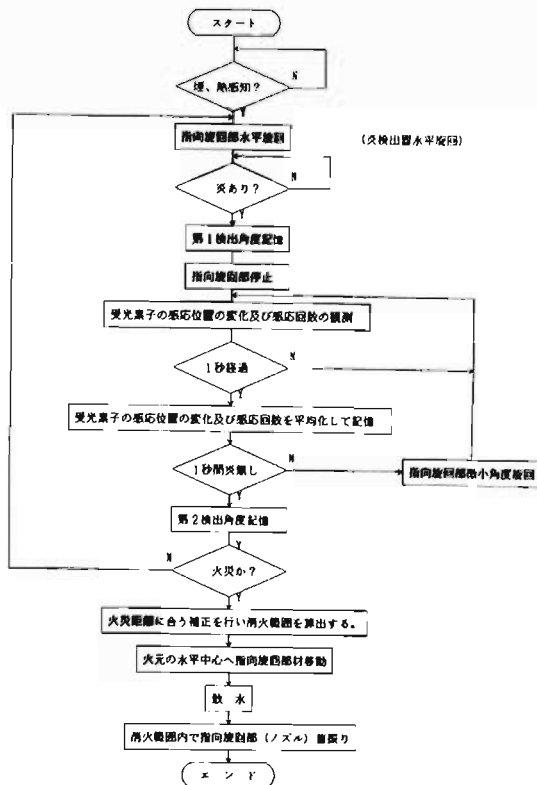


図8 装置の動作系統図(フローチャート)

平行してCPUは第1検出角度と第2検出角度から図9のように火災の幅とその水平方向の中心角度を求める。

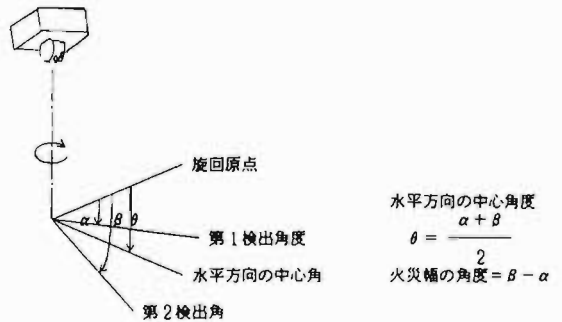


図9 炎検出幅の角度

イ 2軸方式

2軸方式のものは作動的には1軸方式とほぼ同じ処理を行う。

火災感知器が作動した後、炎検出器は旋回走査しAからHまでの赤外線受光範囲に炎の一端を検出すると、その受光信号を電子制御回路の赤外線受光処理回路に送出する。これにより赤外線受光処理回路から赤外線検出信号をCPUに送出する。

1軸方式はA～Hまでの受光素子のいずれかに信号処理された範囲を炎の平面的角度ととらえたが、2軸方式は受光素子のどれでとらえたかを記憶し赤外線検出信号の有無、炎ゆらぎ信号の有無、火災位置演算、最下角記憶、最上角記憶を行う。

図10の例で説明する。炎の立体的位置は(立面図)で示すようにC、D、Eで受光する。平面的な炎の幅は(平面図)で見ると第1検出角度から微小角旋回を繰返しながら第2検出角度を見つけだす。この間微小角旋回中どの受光素子で受光信号をとらえたかによって炎の立体的最下角と最上角を判断する。この角度からノズルの垂直方向の向きと、放水角度が決定される。

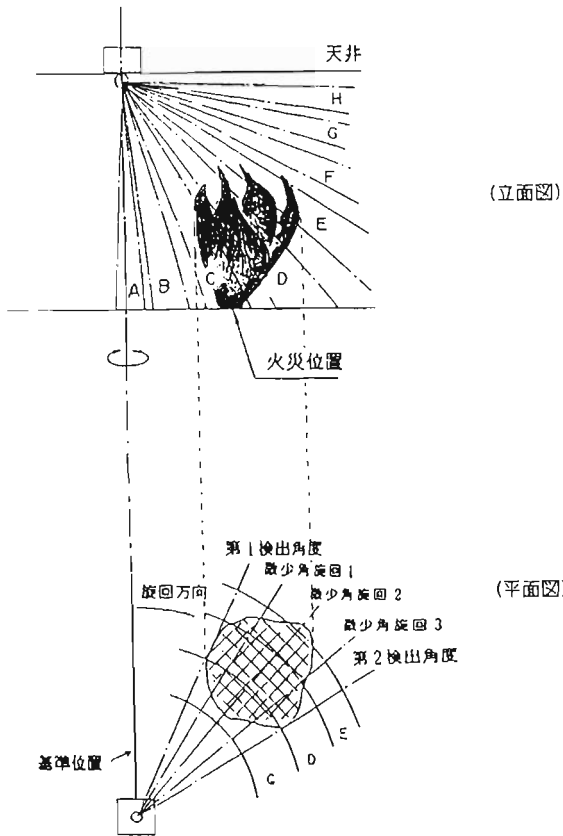


図10 炎検出範囲

(2) 散水範囲の決定

散水するノズルの方向制御として1軸方式(水平旋回制御)と2軸方式(水平、垂直制御)の2通りのタイプがある。

火元の位置、燃焼範囲を確定したCPUは、安全率を見込んで散水範囲を決定する。

ノズルからの散水はちょうどノズルを中心とした扇を床(天井)面に垂直になるように広げたように水が平らな面になるようになる。

ア 1軸方式

1軸方式のものは、散水範囲は横幅だけを決定するもので、この範囲内を右に左にと揺動する。散水範囲は図9に示した水平方向の中心角度 θ を中心に左右 $(\beta - \alpha) / 2 + X$ としてある。Xは燃焼実体角に安全を見込んだ角度で次の表2のとおりである。なお、 α :第1検出角度、 β :第2検出角度とする。

表2 燃焼実体角に安全を見込んだ角度

受光素子取付角度	X の 値 (度)
A	360
B	148
C	116
D	76
E	52
F	40
G	36
H	36

ノズルを中心とした扇状に広がって散水する角度は100度を設定してある。したがって天井面からノズルのほぼ真下まで写真3のように散水を行いながら散水幅を揺動する。

イ 2軸方式

2軸方式のものは散水範囲を1軸方式のように横幅だけではなく立体的高さ幅(上下幅)も決定し、この中を左右に又、上下にノズルを振る。振る方法は、図11のように四角い8字を書くようにする。

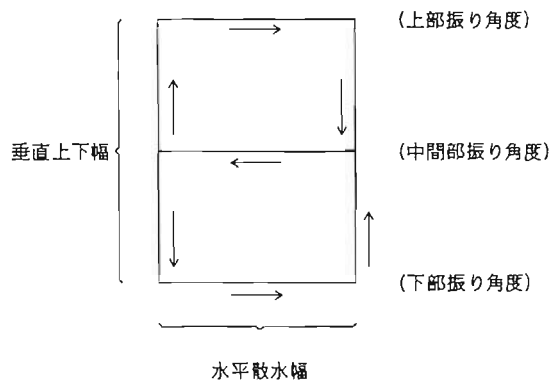


図11 散水ノズルの振り方

ノズルの散水する角度は40度に設定してある。

散水横幅は1軸方式と同じであるが、上下幅は平均処理され基準と決められた受光素子の位置によって決定する。ノズルの散水状況は写真4のようになる。



写真3 住宅用スプリンクラー装置
(1軸方式)

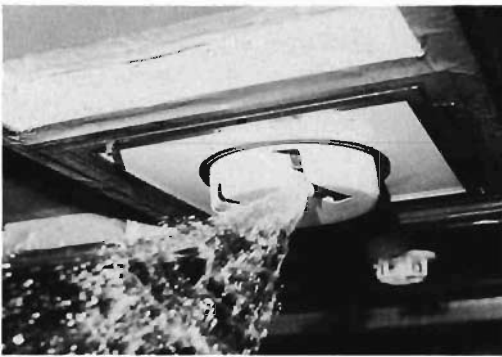


写真4 住宅用スプリンクラー装置
(2軸方式)

5 実験項目

- (1) 消火性能確認
- (2) 散水分布特性把握

4 実験方法及び測定項目

- (1) 消火性能確認実験

試験模型火災 — クリブ火災, 住宅モデル火災

ア 模擬燃焼ハウス内のスプリンクラーヘッドから最も遠い位置に火災模型を置き燃焼させたときの火災の覚知から散水方向の決定, 散水までの一連の動作を行い散水消火できるかを確認する。

- (ア) 開始直前の室温, 湿度
- (イ) 点火から水等有効に放出するまでの時間 (作動時間)
- (ウ) 点火から作動まで, 及び作動後の時間ごとの天井面の温度

- (エ) 燃焼状態を目視により炎の高さ, 幅を測定
- イ 燃焼材の種類及び燃焼方法等

- (ア) クリブ火災

縦35mm, 横30mm, 長さ900mmの杉の気乾材を燃焼台 (鉄製縦900mm, 長さ400mm) の上に10本, 10本, 9本, 9本, 10本, 10本桁状に積み上げ, 燃焼皿 (鉄製の内径120mm, 高さ110mmのもの) の油面とクリブの下面までの距離は, 140mm) にノルマルヘプタ50ml 入れ, 点火する。

- (イ) 住宅モデル火災

次の模型を組み合わせた火災模型にノルマルヘプタン10ml を含浸させた脱脂綿で点火する。

- a 石油ストーブ模型

幅900mm, 奥行900mmのじゅうたんを敷き, その中央部に幅奥行200mm, 高さ500mmの鉄製の箱を置き, じゅうたんにJISに適合する灯油を0.8l を浸透させたもの。

- b カーテン模型

幅1,900mm, 高さ1,750mm, 重量1.35kg程度のアクリル100%を広げた状態でカーテンのすそが床に接するように取り付けしたもの。

- c ふすま模型

幅900mm, 高さ1,700mm, 厚さ20mm程度の木製の枠にふすま紙を貼ったもの。

- d クッション模型

ウレタンフォーム100%, 縦1,000mm, 横1,000mm, 厚み100mm, 重量1.3kg程度のものを水平に置いたもの。

- e ふとん模型

中綿が, 綿50%, ポリエステル50%で, 側地が木綿100%の幅1,400mm, 長さ1,950, 厚み70mm程度の掛け布団を広げたもの。

- (2) 散水分布特性

- ア 1軸方式

散水装置を擬似火災により揺動させたときの散水量を計測した。

- (ア) 水平面散水分布

床面への散水を床面上に並べたプラスチック製採水マス (96×96×53mm) により集め, メスシリンダで計測した。

散水方向は, 散水装置から壁面までの距離が最長 (2.5m) の方向としノズル圧力は, 1

kg f/cm², ノズル口径100度とした。

(イ) 垂直面散水分布

模擬実験室の壁面(床上高さ0~1.8m)への散水を垂直面採水器(1ス100×100mm)により集め、メスシリンダで計測した。

散水方向は、散水装置から壁面までの距離が最長(2.5m)の方向とするノズル圧力、ノズル角度等については、水平面散水分布の測定と同じにする。

イ 2軸方式

(ア) 水平面散水分布

前ア1軸方式に準じる。

(イ) 垂直面散水分布

前ア1軸方式に準じる。

6 使用資器材等

- ・住宅用スプリンクラー装置一式
- ・温度測定器(マルチロガー)
- ・ストップウォッチ

- ・燃焼材
 - ┌ クリブ火災用
 - └ 住宅モデル火災用
- ・燃焼台, 燃焼皿
- ・メスシリンダー
- ・写真, ビデオ装置一式
- ・垂直面採水器
- ・採水マス
- ・熱電対
- ・水圧計
- ・流量計
- ・巻き尺

7 実験結果及び考察

(1) 消火実験結果

住宅用スプリンクラー設備の性能等に関する技術的な基準については、平成3年3月25日に自治省消防庁より「住宅用スプリンクラー設備及び住宅用警報器に係る技術ガイドラインについて」(以下、ガイドラインという。)が通知され、この基準にもとずき判定する。

ア クリブ火災模型消火性能試験

消火実験の結果は表3、温度測定結果の一部を図12, 13(実験No.1, 8), 燃焼状況を写真5, 6, 7に示す。

表3 クリブ火災模型消火実験結果表

測定項目	S P 種別	散水方式 ノズル角度	一軸方式				二軸方式			
			90度		100度		25度	40度		
			実験No	1	2	3	4	5	6	7
温度(℃)			14.5	9	15	14	11.3	17.5	15.3	16
湿度(%)			/	/	39	48	/	40	70	74
放水圧力(kgf/cm ²)			1	1	1	1	1	1	1	1
流量(ℓ/min)			12.1	12.9	14.2~14.5	14	12.3	12.7	11.7	11.6
感知時間 (クリブ真上温度℃)			2' 38" 168	3' 58" 174	2' 20" 192.8	2' 34" 184	2' 38" 171	2' 40" 159.3	2' 35" 154.3	3' 20" 161
作動時間 (クリブ真上温度℃)			3' 04" 193	4' 20" 204	2' 35" 224.5	2' 50" 228.2	3' 03" 192	2' 55" 169.5	2' 48" 173	3' 34" 181.8
消火効果等の判定	早期に感知	室温+170度を越えた時間	17'	18'	15'	16'	13'	0	0	0
		判定	通	通	通	通	通	通	通	通
消火効果等の判定	抑制効果	室温+170度を越えた時間	9	4	32	20	2	0	0	0
		判定	通	通	不	通	通	通	通	通
備考										

(ア) 感知について

住宅用スプリンクラーのガイドラインによると点火後、室温+170度を越える部分が30秒間続かないことが判定条件になっている。このことについて検証してみると実験No.1～8までのすべてにわたり適合していた。よって、判定としては1軸方式、2軸方式とも試作住宅用スプリンクラー設備は、ガイドラインに定める「早期に感知できる」と確認する。

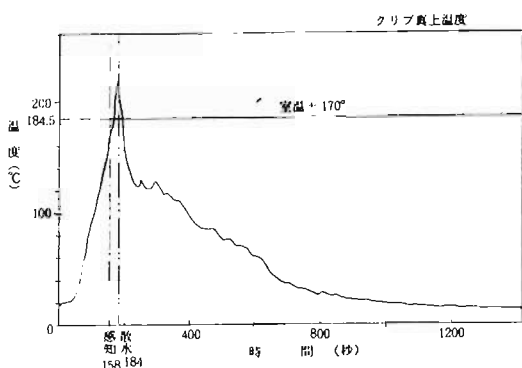


図12 温度測定結果(1軸方式 実験No.1)

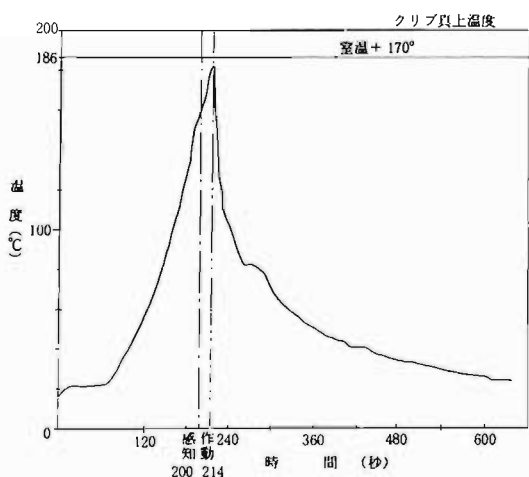


図13 温度測定結果(1軸方式 実験No.8)

(イ) 消火・抑制について

住宅用スプリンクラーのガイドラインによると装置作動後、室温+170度を越える部分が30秒間以上継続しないことが判定条件になっている。実験では実験No.3の結果が32秒に

なったほかは、全て30秒以下となった。温度変化は装置作動とともに急激に下降し、火災が抑制されていくことが温度変化からも確認でき、また、目視による炎の高さ及び幅の測定結果からも、散水後の急激な炎の減少を確認することができた。

このように、測定時間20分以内にすべての実験において消火されたことにより、この試作住宅用スプリンクラーの消火効果はに判定基準をクリアするものであると判断できる。

(ウ) 炎と散水範囲(揺動範囲)の関係について(クリブ火災、2軸方式)

2軸方式における炎の大きさと散水角度を示すと表4のようになる。

この結果をみると垂直方向の散水角はあまり大差がないが、水平方向の散水角に違いがみられる。炎との関係をみると、炎の高さが大きくなると水平方向の散水角度が大きくなることがわかる。

これは、炎の高さが大きくなるにつれて揺らぎの範囲も大きくなり炎検出部が大きい火災と識別し、散水角が広くなると思われる。実験結果の感知時間、感知温度、散水開始時間、散水開始温度をそれぞれ1軸、2軸に分け帯グラフ的に表示すると図14のようになる。

表4 炎と散水範囲

実験 No.	6	7	8
感知時における炎の高さ	110 cm	130 cm	140 cm
感知時における炎の幅	30 cm	30 cm	35 cm
水平方向の散水角度	57度	88度	88度
垂直方向の散水角度	64度	69度	69度

凡例	1軸方式	2軸方式
	○ : 炎高 90°	◇ : 炎高 25°
	● : 炎高 100°	◆ : 炎高 40°

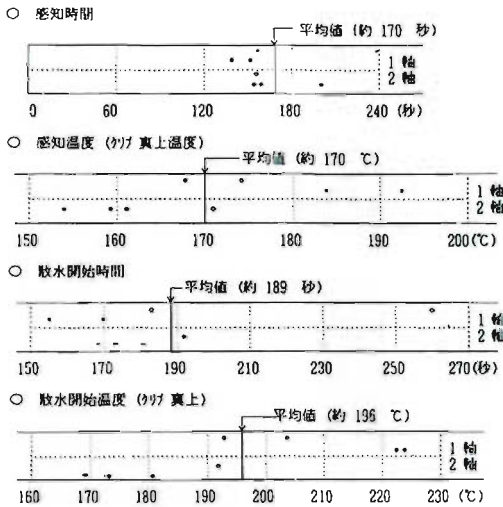


図14 感知, 散水の時間, 温度

感知時間は実験結果からもわかるように、2～3分の間に感知でき、温度は平均170度位である。

また、装置の作動（散水）は感知後20秒前後に作動し、消火・抑制していることが判明した。

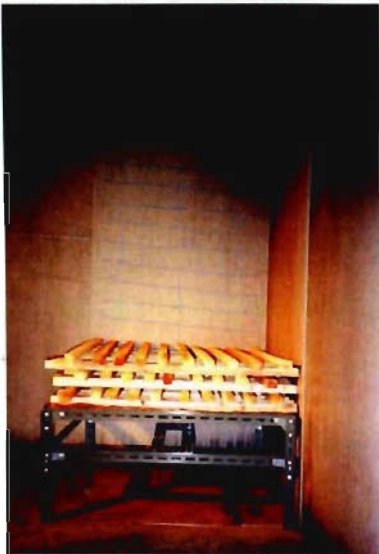


写真5 クリブ火災実験(燃焼前の状況)

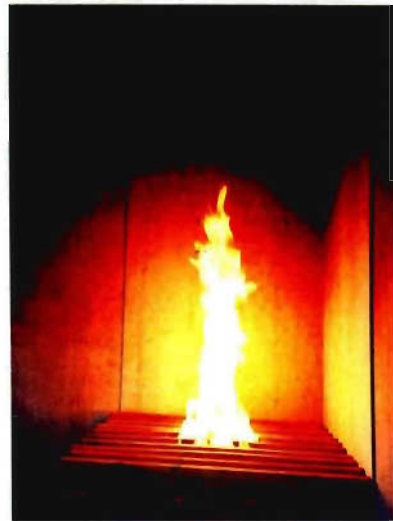


写真6 クリブ火災実験(燃焼中の状況)



写真7 クリブ火災実験(燃焼後の状況)

イ 住宅モデル火災模型消火性能確認

消火実験の結果は表5、温度測定結果の一部を図15（実験No10）、燃焼状況を写真8、9、10に示す。

住宅モデルの実験はクリブ火災の実験結果から消火、抑制の効果が、1軸方式よりもより確実性である2軸方式のみについて行った。

実験No9において、感知時間、作動時間が遅くなった理由は、点火用にまいた灯油があまり広がらず浸透してしまったため、炎が真上に上がりなかなかカーテン、襖に燃え移らなく、延焼し拡大するのに時間がかかったことによるとと思われる。

燃焼の立ち上がりは、襖の部分に偏っていたため襖が先に燃焼し、測定温度は襖部分が一番高かった。実験No10は、襖から離れたカー

テンに近い位置に点火しカーテンに先に燃え移るように点火したが、結果をみるとカーテン上部よりジュウタン上部のほうが強く燃え温度上昇も大きかった。やはりこれも実験No.9と同様にジュウタンへの灯油の浸透が多いためこの部分の上部の温度が高くなったと思われる。

実験は、ガイドラインの判定基準において、

2回行うこととされている。

住宅モデル模型におけるガイドラインの判定は、各燃焼モデルの実験の中で、一番温度上昇したモデルにおいて判定することから、表5の結果から検証してみると、この住宅用分に対応することができることが証明されたものと判断できる。

表5 住宅モデル火災模型実験結果表（2軸方式）

実験No.	9					10						
	カーテン上部	横上部	ジュウタン上部	クッション上部	布団上部	カーテン上部	横上部	ジュウタン上部	クッション上部	布団上部		
温度測定場所												
温度(℃) 湿度(%)	10 (60)					13 (70)						
放水圧力(kgf/cm ²)	1					1						
流量(ℓ/min)	11.7					11.9						
感知時間	4分46秒					1分32秒						
温度(℃)	100.4	332.9	276	131.5	153.8	237.5	203.1	282.9	223.3	169.3		
作動時間	5分00秒					1分46秒						
温度(℃)	203.3	634.2	590.6	254.3	313.3	326.3	514.9	615.6	330.9	332.3		
消火効果等の判定	早期に感知	室温+170度を越えた時間	3'	18'	18'	10'	13'	17'	17'	20'	15'	11'
	判定	判定	通	通	通	通	通	通	通	通	通	通
消火効果等の判定	消火効果	室温+170度を越えた時間	0.5'	26'	11'	8'	11'	22'	2'	19'	16'	13'
	判定	判定	通	通	通	通	通	通	通	通	通	通
備考												

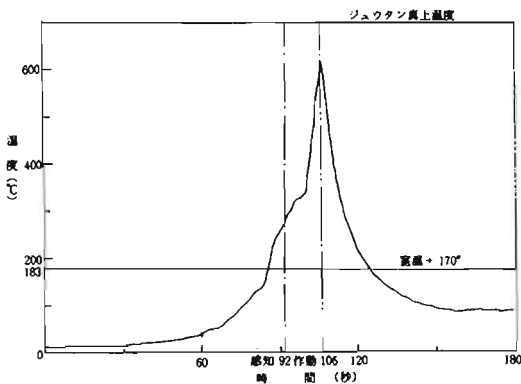


図15 温度測定結果(2軸方式 実験No.10)



写真8 住宅モデル火災(燃焼前の状況)



写真9 住宅モデル火災(燃焼中の状況)



写真10 住宅モデル火災(燃焼後の状況)

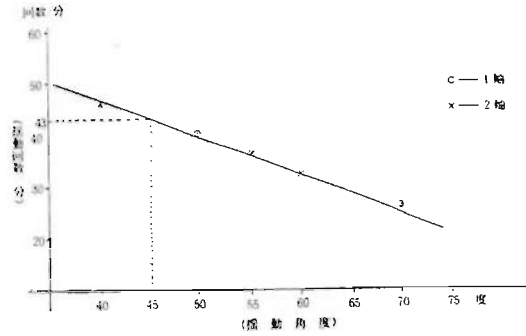


図16 揺動回数-揺動角度の関係グラフ

イ 水平面、垂直面の散水分布について

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2年27号）である。また、散水角度は全て同じにすることは不可能なことより過去の実験方法に用いた角度45度（消防科学研究所報3年28号）と、表6の消火実験結果をもとに角度に対し検討する。

※注：この数値については日本消防検定協会に問い合わせ得た数値である。

表6 消火実験結果表(放水特性)

実験種別		クリブ火災				住宅モデル		
SP種別	散水方式	1軸方式		2軸方式				
	ノズル角度	100度		40度				
水平方向散水角度(度)		73	74	57	88	88	77	70
垂直方向散水角度(度)		80	83	64	69	69	75	60
消火、抑制効果の判定		通	通	通	通	通	通	通

(2) 散水分布特性

ア 揺動回数と揺動角度の関係

模擬火災により装置を数回作動させたところ、実験ごとに条件（揺動回数、揺動角度）が異なることより、実験条件を整合するため揺動回数と揺動角度の関係を調べると図16の様なグラフになる。

このことより、散水時の装置の揺動速度は常に一定であると考え、採水マスの上をノズルからの散水が横切る回数が判れば1回あたりの散水速度(単位時間あたりの散水量)が算出でき、散水角度におおじた値が求められる。

(ア) 1軸方式

1軸方式については3回実験を行いその平均値より1回あたりの散水速度を求めた。

その結果は表7のとおりです。

散水角45度のときの散水速度は、図16より45度のときの揺動回数を求めると約43回とな

り、測定した同一距離の散水量の1回あたりの値に回数を掛ければ求められる。その結果は表7に示すとおり、試験室の最長距離(2.5m)において散水速度は概ね0.8mm/min以上あるので、散水角45度の範囲内では、有効に火災抑制できる散水量が確保されていることがいえる。

また、消火実験結果より水平方向の散水角度は実験時に散水により濡らされる壁面の距離から計算した散水角であるため、実際のノズルの揺動角は水の拡散を考えると多少角度が少なくなると思われる。ノズルからの散水角多少内側になることより、散水範囲の広がりには約10~20度程度(約10~15cm)小さい60~65度程度と予想される。これらのことより、散水速度を算定すると、表7のようにな

る。

結果としては、一部0.8mm/min以下のところがあるが、概ね消火範囲内であることがいえる、現に消火・抑制している。

壁面の散水速度をみるとノズル中心から2.5mの位置で0.8mm/min前後になるため、1軸方式の有効消火範囲は水平距離2.5m程度であることがいえる。

図17に示す散水速度測定結果のグラフを見るとノズル真下約20cmの位置に極端に散水速度が多い箇所がある。この原因として考えられることは、

- a ノズル先端の放射チップが扇形状であるため散水による放射量が両端部分に偏る傾向がある特性がある。

表7 散水分布測定結果表(ノズル口径100°)

ノズル	サイズ		3/8 インチ						
	ノズル口径		100 度						
実験番号	1	2	3	平均	計算値	計算値	計算値		
水平散水角度(度)	5.0	7.5	7.0	4.5	6.0	6.5			
揺動回数(回/分)	4.0	3.2	2.6	1	4.3	3.2	2.8		
種別	距(㎝)	角(度)	散水速度		散水速度		散水速度		
			(㎝/min)	(㎝/min)	(㎝/min)	(㎝/min)	(㎝/min)	(㎝/min)	
水平面散水分布	0	0	5.00	4.56	3.04	0.13	5.59	4.16	3.64
	20	4.8	22.79	21.16	20.62	0.67	28.81	21.44	18.76
	40	9.5	8.68	8.14	13.02	0.32	13.76	10.24	8.96
	60	14.0	6.73	5.64	7.60	0.21	9.03	6.72	5.88
	80	18.4	5.32	4.12	5.43	0.16	6.88	5.12	4.48
	100	22.6	4.34	3.04	3.80	0.12	5.16	3.84	3.36
	120	26.6	3.69	2.50	2.93	0.06	2.58	1.92	1.68
	140	30.3	3.04	1.95	2.17	0.07	3.01	2.24	1.96
	160	33.7	2.60	1.63	1.74	0.06	2.58	1.92	1.68
	180	36.9	2.17	1.41	0.87	0.04	1.72	1.28	1.12
	200	39.8	1.95	1.30	1.09	0.04	1.72	1.28	1.12
	220	42.5	1.63	1.09	1.09	0.04	1.72	1.28	1.12
	240	45	1.41	0.87	0.98	0.04	1.72	1.28	1.12
250	46.2	1.30	0.76	0.87	0.03	1.29	0.96	0.84	
垂直面散水分布	10	47.4	0.5	0.3		0.011	0.473	0.352	0.308
	30	50	0.7	0.5		0.017	0.731	0.544	0.476
	50	52.8	0.8	0.5		0.02	0.86	0.64	0.560
	70	54.2	1.00	0.6		0.022	0.946	0.704	0.616
	90	59	1.00	0.6		0.022	0.946	0.704	0.616
	110	62.5	1.20	0.7		0.026	1.118	0.832	0.728
	130	66.3			0.7	0.027	1.161	0.864	0.756
	150	70.2			0.7	0.027	1.161	0.864	0.756
	170	74.4			0.8	0.031	1.233	0.992	0.868
	180	76.5			0.8	0.031	1.333	0.992	0.868

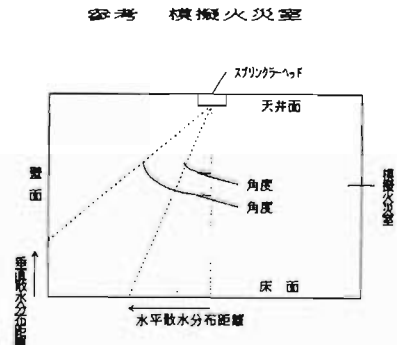
※ 空白は、未計測部分

- b 上水道から取り入れられた水が散水される直前にノズルの放射角に応じて曲げられるため、特定方向に水量が偏る特性をみせる。

以上2点が考えられることより、今後ノズル特性や、散水パターン等を考慮し、より均一に散水できるようなノズルを開発していかなくてはならない。

- (i) 2軸方式

2軸方式については先端ノズル噴射角度を床面、壁面を有効に包括できる角度に設定し散水量の測定を行いその結果は、表8、図19、20に示すとおりで、前アと同様に45度のときの散水速度を求める。ただし、このときの値はノズルが垂直方向にも揺動すると仮定し、



揺動回数を43/3回とする。表8中の□部分
が各放射角度における有効散水速度である。

この結果をみると、床面～壁面まで有効に
散水できる範囲であることがわかる。

表6の消火実験結果より2軸方式のクリブ、
住宅モデル火災の水平方向における散水角は
平均約76度であり、前アと同様なことがいえ
ることからノズルの散水角は60～65度である。

2軸方式の場合、垂直方向に揺動するため
固定されたノズルと比較すると散水速度は1/
3になるため散水角60～65度に揺動させた場
合には水量が確保できなくなる。(散水速度
0.8mm/min以下になる。)

しかし、ノズル口径40度のノズルが散水範
囲を重ならないように散水した場合、120度の
放射角度が必要になるが、実際ノズルが最大
に放射散水したとしても、装置本体のノズル
の垂直方向の揺動は90度を越えないため、散

水速度は0.8mm/min以上になると思われ結果
としては有効に消火・抑制している。

装置の有効散水範囲としては、表8に示す
ように、水平距離2.5mの範囲内で床面は有効
に散水されているが、壁面の上部(1.8m付近)
においては0.8mm/min付近になるため、2軸
方式の有効消火範囲は水平距離2.5m程度で
あることがいえる。

図19に示す散水速度測定結果のグラフを見
るとノズルより放水された散水量の放水パ
ターンは中心部より両端部分にいくほど水量
(散水速度)が多くなることわがる。この傾
向は、ノズル放射角が小さく次第に放射方向
が真下に向かうにつれてより顕著になってく
る。従って、このノズルの散水特性は均一散
水パターンではなく中心部より両端部分にい
くほど散水量が多くなる特性をもたノズルで
あることがいえる。

表8 散水分布測定結果表(ノズル口径40°)

ノズル	サイズ		3/8 インチ											
	ノズル口径		40 度											
ノズル放射角度	ノズル角度 75°			ノズル角度 60°			ノズル角度 30°			ノズル角度 15°				
	距	離	壁面の位置で床面から 176 cm	壁面の位置で床面から 102 cm		ノズル真下より水平 139 cm		ノズル真下より水平 64 cm						
水平散水角度(度)			4 0	4 5	6 0	4 5	5 5	4 5	4 0	4 5				
揺動回数(回/分)			4 6	1	4 3	3 2	1	4 3	3 6	1	4 3	4 6	1	4 3
種別	距 (cm)	離 角 (度)	ノズル角度 75°			ノズル角度 60°			ノズル角度 30°			ノズル角度 15°		
			散水速度 (mm/min)	散水速度 (mm/min)	散水速度 (mm/min)	散水速度 (mm/min)	散水速度 (mm/min)	散水速度 (mm/min)	散水速度 (mm/min)	散水速度 (mm/min)	散水速度 (mm/min)	散水速度 (mm/min)	散水速度 (mm/min)	散水速度 (mm/min)
水 面 散 水 分 布	0	0	0.76	0.017	0.24	0.54	0.017	0.24	0.54	0.015	0.22	6.94	0.151	2.16
	20	4.8	0.22	0.005	0.07	0.43	0.013	0.19	0.65	0.018	0.26	20.07	0.436	6.25
	40	9.5	0.22	0.005	0.07	0.43	0.013	0.19	3.04	0.084	1.20	15.19	0.330	4.73
	60	14.0	0.22	0.005	0.07	0.43	0.013	0.19	9.33	0.259	3.71	12.48	0.271	3.88
	80	18.4	0.22	0.005	0.07	0.43	0.013	0.19	10.42	0.289	4.14	11.94	0.260	3.73
	100	22.6	0.22	0.005	0.07	0.54	0.017	0.24	7.92	0.22	3.15	11.28	0.245	3.51
	120	26.6	0.22	0.005	0.07	0.54	0.017	0.24	6.84	0.190	2.72	13.02	0.283	4.06
	140	30.3	0.43	0.009	0.13	0.87	0.027	0.39	6.18	0.172	2.47	2.60	0.057	0.82
	160	33.7	0.43	0.009	0.13	2.28	0.071	1.02	6.29	0.175	2.51	1.09	0.024	0.34
	180	36.9	0.54	0.012	0.17	4.99	0.156	2.24	3.26	0.091	1.30	0.54	0.012	0.17
	200	39.8	0.87	0.019	0.27	4.56	0.143	2.050	0.98	0.027	0.39	0.43	0.009	0.13
	220	42.5	1.52	0.033	0.47	3.58	0.112	1.61	0.65	0.018	0.26	0.43	0.009	0.13
	240	45	2.39	0.052	0.75	3.04	0.095	1.36	0.33	0.009	0.13	0.22	0.005	0.07
	250	46.2	3.26	0.07	1.00	2.71	0.08	1.15	0.22	0.006	0.09	0.11	0.002	0.03
	垂 直 散 水 分 布	10	47.4	2.5	0.054	0.77	2.0	0.063	0.90					
30		50	3.3	0.072	1.03	1.7	0.053	0.76						
50		52.8	3.4	0.074	1.06	1.7	0.053	0.76						
70		54.2	3.4	0.074	1.06	1.6	0.05	0.72						
90		59	3.4	0.074	1.06	1.6	0.05	0.72						
110		62.5	3.4	0.074	1.06	1.6	0.05	0.72						
130		66.3	3.3	0.072	1.03	0.9	0.028	0.40						
150		70.2	3.1	0.067	0.96	0.3	0.009	0.13						
170		74.4	2.9	0.063	0.90	0.2	0.006	0.09						
180	76.5	2.8	0.061	0.87										

※ 内は散水速度0.8mm/min以上を示す。

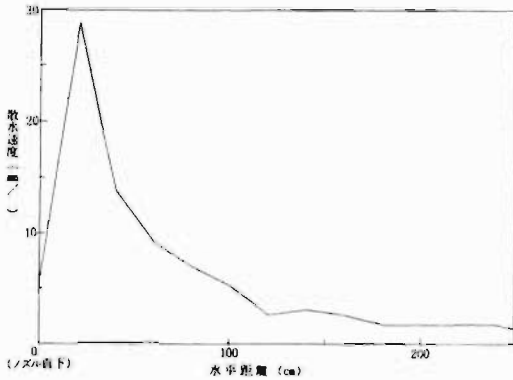


図17 散水速度測定結果(ノズル口径100度)
— 水平散水分布 —

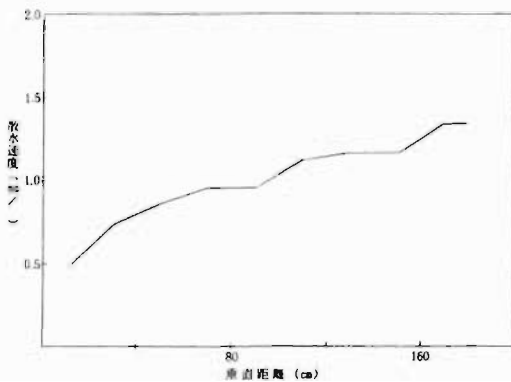


図18 散水速度測定結果(ノズル口径100度)
— 垂直散水分布 —

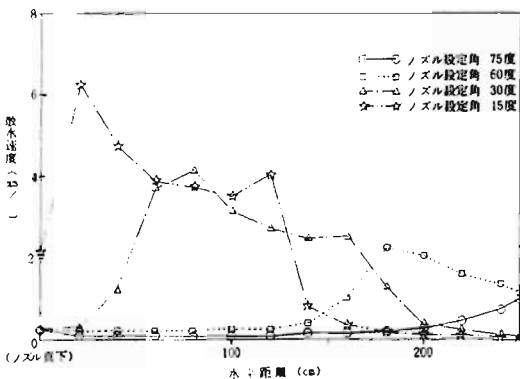


図19 散水速度測定結果(ノズル口径40度)
— 水平散水分布 —

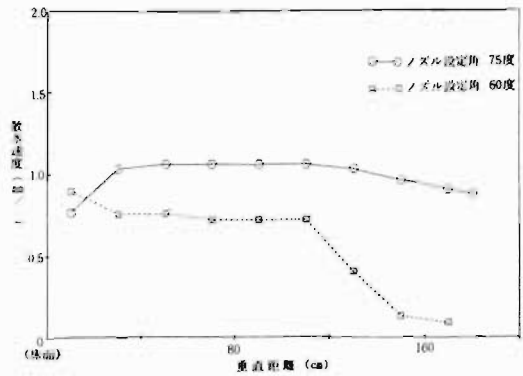


図20 散水速度測定結果(ノズル口径40度)
— 垂直散水分布 —

ウ 放水特性

散水時の有効散水範囲の測定結果をみても判るように、この装置からの散水により、消火実験用の火災モデルを有効に包括でき、また、壁面に対し1.8m以上散水できたことにより、ガイドラインの判定基準に適合することが確認された。

また、表7、8より1軸方式及び2軸方式ともに有効消火範囲は2.5mであることが確認された。

7 実験方法についての意見

同一実験ではあるが、各実験ごとに時間、温度これは、実験条件の統一が困難であることによると思われ、バラツキを無くしより正確な結果を出そうとするには、次にあげる点について留意して行う必要がある。

(1) クリップの統一

- ア 燃焼材(クリップ)の材質、の均一化
伐採場所、年代、重量等に注意する。
- イ 水分含有率の統一
測定した場所によりかなりのバラツキがある。

ウ 乾燥方法の統一

自然、機械乾燥による違いや、乾燥のし過ぎ等に注意する。

(2) 実験ハウスの統一

実験を連続して行うことなくハウス建材及び室内の温度を一定にさせる。

しかしながら実際にここまで実験装置を統一することはそれなりに困難性を有し、逆にこの

程度のパラツキは止むを得ないと史料できる。

(4) 検出する最小の炎の大きさは40cm程度である。

8 検出部の特性把握 (追加実験)

9 まとめ

炎検出器の受光素子 (フォトリジスタ) の持っている基本的な性能を把握するために、炎の大きさを変えてみたときの炎の検出状況について確認する。炎の位置大きさ及び場所を変えたときの本体の作動について実験した結果は表9のとおりである。

以上のように試験・実験の結果、今回開発した住宅用スプリンクラーは、1軸方式、2軸方式とも住宅用スプリンクラーとして感知、作動、消火、抑制の基本的な性能を有するものと認める。

表9 炎の大きさと距離との関係

炎の大きさ (cm)	本体真下からの 水平距離 の炎の 高さ (cm)	0	50	100	150	200	250
		作動力				不 _レ 作動力	
15	100	○	○	○	○	×	×
12	80	○	○	○	○	×	×
10	70	○	○	○	○	×	×
8	50	○	○	○	○	×	×
6.5	40	○	○	○	○	×	×
5.5	30	○	×	×	×	×	×

○：検出できた。 ×：検出できない。

本体の真下部分は炎の高さが30cmでも受光素子が感じる燃焼エネルギーが多く感知レベルに達するが、距離が遠くなると炎高さがあっても受光素子部分に感知される燃焼エネルギーの量が少なく感知レベルに達しないため検出できないものと考えられる。

以上のことより、炎検出部の特性として次のことが把握できた。

- (1) 火源が検出領域に入ればどの位置からでも炎検出が可能である。
- (2) 検出される火源が小さい場合か、距離があつて燃焼エネルギーが受光可能感度まで達していない場合は検出されない。
- (3) 検出可能な水平距離は概ね炎高さ1m程度の場合約1.5m程度である。