

住宅用スプリンクラーの開発について(第1報)

Development of a residential sprinkler system (Series 1)

協 賢*
奥 原 明*
高 橋 一 久*

概 要

火災による死者の半数以上は災害弱者であり、その多くが住宅部分で発生していることから、防火対策として住宅用スプリンクラー装置の開発を進めるもので、現有のスプリンクラーの基本性能等を把握するための実験を行った。

- 1 住宅用スプリンクラーはすでにいくつか開発されており、その効果は認められる。
- 2 給水状況(水圧、配管等)によっては、消火能力が不十分なこともある。

Over half of fatalities by fire were the aged, physically handicapped persons, babies and infants. Most of them were burned to death at housing fire.

So it is needed to develop a new type of a residential sprinkler system as a fire prevention measure.

To get fundamental data of a improved sprinkler system for a residence, we examined with testing sprinkler-heads the quantity of flow, sprinkled water distribution and a fire extinguishing efficiency.

1. There are a few residential sprinkler system, which can control a fire.
2. If the conditions of water supply (water pressure, quantity of flow) are insufficient, the residential sprinkler system can't control a fire.

1. はじめに

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

火災による死者(放火自殺者を除く)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、その防火対策として住宅用スプリンクラーの開発を進めるもので、現有のスプリンクラーヘッドの基本性能等を把握するための実験を行ったので報告する。

2. 実験項目等

8畳間相当の模擬実験室(以下「実験室」という。)(図1参照)に15A、20Aの鋼配管(図2参照)を敷設し、次の項目について実験を行った。

- (1) ヘッド圧力と流量の関係
- (2) 実験室天井に取付けたヘッドからの散水分

布(水平面、垂直面)

- (3) 消火実験
- (4) 燃焼材を燃焼させたときの実験室内の温度分布測定
- (5) 感知器等の作動時間
- (6) 塩化ビニール配管の耐熱性
- (7) 上水道の給水圧状況等

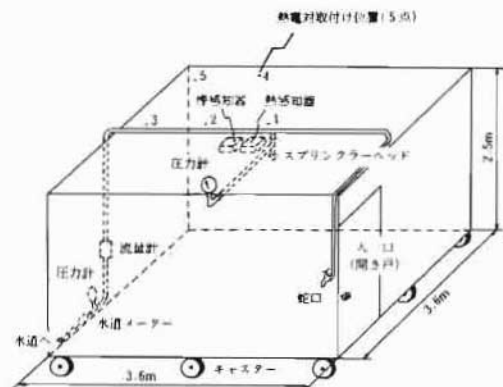


図1 住宅用スプリンクラー模擬実験室

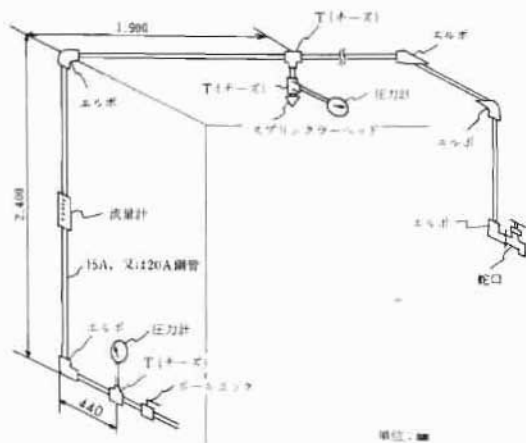


図2 配管概要図

3. 供試スプリンクラーヘッド、計測機器等

(1) 供試スプリンクラーヘッド

供試スプリンクラーヘッド（以下「ヘッド」という。）の種類、定格圧力、定格流量等については表1に、また、ヘッドと配管、給水条件及び実験項目との組合せは表2に示しておりである。（写真1～4参照）

表1 供試スプリンクラーヘッド

名称	種類	用途	定格圧力 (kgf/cm ²)	定格流量 (ℓ/min)
A型	閉鎖型	一般住宅用	1.0	30
B型	閉鎖型	一般住宅用	1.0	28
C型	開放型	一般住宅用	2.0	30
D型	開放型	一般住宅用	0.7	12

表2 ヘッドと配管、実験項目の組合せ

名称	使用鋼管	給水条件	水平面散水分布	垂直面散水分布	第1消火実験	第2消火実験
A型	15A	水道直結	○	○	○	○
		定格圧力			○	○
	20A	水道直結	○	○	○	○
B型	15A	水道直結	○	○		
	20A	水道直結	○	○	○	○
C型	15A	水道直結	○	○	○	○
		定格圧力			○	○
D型	15A	水道直結	○	○	○	○
		定格圧力				○



写真1 A型ヘッド



写真2 B型ヘッド



写真3 C型ヘッド



写真4 D型ヘッド

(2) 計測機器

- ア 温度測定器
- イ 圧力計 0～5 kgf/cm²
最小目盛 0.1kgf/cm²
- ウ 流量計 0～100 ℓ/min
- エ 積算流量計（水道メーター）液封直読式
- オ ペンレコーダー 3ペン
- カ ストップウォッチ
- キ 採水マス（図3、4参照）

(3) 使用した簡易型火災警報器

- ア 熱感知器 差動式、定温式併用型

(定温感熱部 70°C)

イ 煙感知器 光電式

(4) 燃焼材等

ア クリブ (杉40×40×500mm)

イ クリブ (杉15×15×160, 15×15×500mm)
及び合板 (910×1820×4mm)

ウ 和機 (900×1,800mm)

エ アルミ箔入り襖 (900×1,800mm)

オ カーテン (レーヨン100% 900×1,800mm)

カ 助燃剤 (第1消火実験ではエチルアルコール50ccを、また、第2消火実験ではヘプタン50ccをそれぞれ使用した。)

4. 実験方法等

(1) ヘッド圧力と流量の関係

鋼配管にヘッドを取付け散水し、ヘッド圧力はヘッド近くに取付けた圧力計により、流量は配管の途中に接続した流量計により目視で計測した。(図2参照)

なお、送水は水道直結及び水槽の水をプランジャーポンプで加圧する方法で行った。

(2) 実験室天井に取付けたヘッドからの散水分布

ア 水平面の散水分布

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、メスシリンダーで計測した。(図3参照)

イ 垂直面の散水分布

壁面 (床面高さ 680~2,180mm) への散水を垂直面採水器 (1マス 100×100mm) により集め、メスシリンダーで計測した。(図4参照)

(3) 消火実験

簡易型自動消火装置等の性能及び設置の基準について(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、第2消火実験に準じ燃焼材(クリブと合板、又はクリブ)を燃焼させたとき、3分間の散水で消火できるかを確認した。(図5, 6, 写真5, 6参照)

(4) 燃焼材を燃焼させたときの

実験室内の温度分布測定

実験室内の温度分布は消火実験と同様に第1消火実験、第2消火実験で燃焼材を燃焼さ

せ、天井四半分に取付けた熱電対(5ヶ所)により温度測定器で計測した。(図1参照)

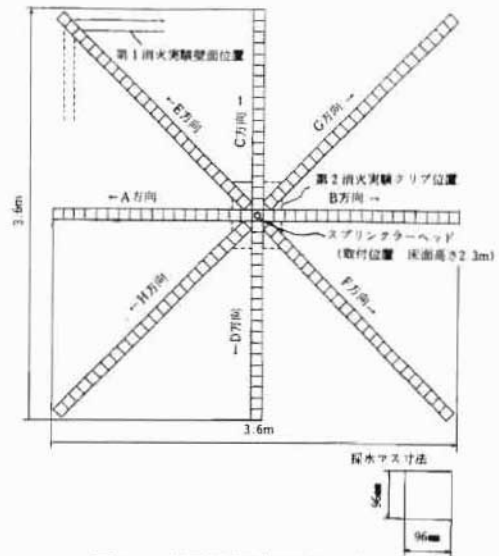


図3 水平面散水分布測定図



図4 垂直面散水分布測定図

(5) 感知器等の作動時間

燃焼材(クリブ)に点火した後、閉鎖型ヘッド、熱感知器、煙感知器それぞれの作動時間について比較した。

(6) 塩化ビニール配管の耐熱性

塩化ビニール配管の耐熱性について確認するため、水を入れた塩化ビニール配管(以下「水配管」という。)と水の入っていない塩化ビニール配管(以下「空配管」という。)の表面に熱電対を取付け、下方1mの位置で燃焼材(クリブ)を燃焼させたとき、時間経過に

伴う配管表面の変化を目視で、また、温度変化を温度測定器で測定した。

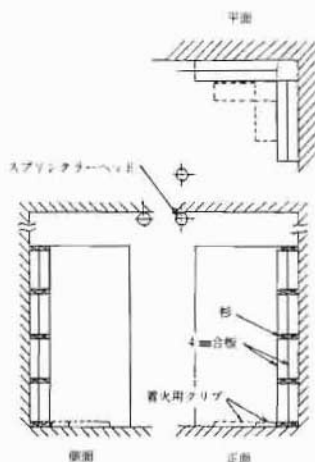


図5 第1消火実験概要図



写真5 第1消火実験の燃焼材の状態

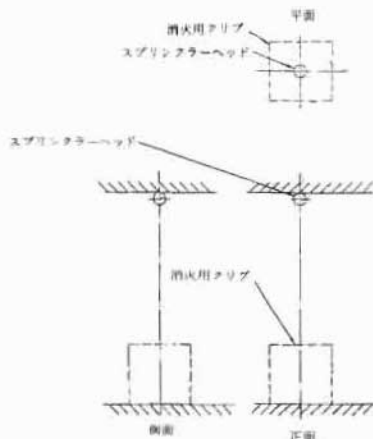


図6 第2消火実験概要図



写真6 第2消火実験の燃焼材の状態

5. 実験結果等

(1) ヘッド圧力と流量の関係

15A、20Aの銅配管にヘッドを取付け散水したときのヘッド圧力と流量の関係は表3に示すとおりである。また、ヘッドの先に取り付けた蛇口開放時のヘッド圧力と流量は表4に示すとおりである。

(2) 実験室天井に取付けたヘッドからの散水分布

ア 水平面の散水分布

水平面の散水分布の実験結果は図7～10に示すとおりである。

イ 垂直面の散水分布

垂直面の散水分布の実験結果は図7～10に示すとおりである。

表3 ヘッド圧力と流量の関係

名称	使用配管	元圧力 (kgf/cm ²)	ヘッド圧力 (kgf/cm ²)	流量 (ℓ/min)	給水条件
A型	15A	1.5	0.7	25	水道直結
		1.9	1.0	32	定格圧力
	20A	1.3	1.0	33	水道直結
B型	15A	1.3	0.7	25	水道直結
	20A	1.4	1.0	32	水道直結
C型	15A	2.0	1.6	18	水道直結
		2.5	2.0	20	定格圧力
	20A	2.2	1.8	22	水道直結
D型	15A	2.2	1.8	15	水道直結
		0.9	0.7	10	定格圧力
	20A	2.4	2.0	19	水道直結

注) 元圧力は、積算流量計付近の圧力

表4 末端蛇口開放時のヘッド圧力と流量
(20A配管)

名 称	一 回 転			二 回 転		
	ヘッド 圧力 kgf/cm ²	ヘッド 流量 ℓ/min	蛇口 流量 ℓ/min	ヘッド 圧力 kgf/cm ²	ヘッド 流量 ℓ/min	蛇口 流量 ℓ/min
A 型	0.4	25	10	0.35	21	15
B 型	0.5	20	14	0.4	19	16

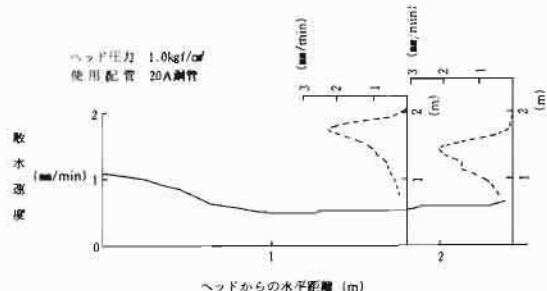


図7 A型ヘッドの散水速度

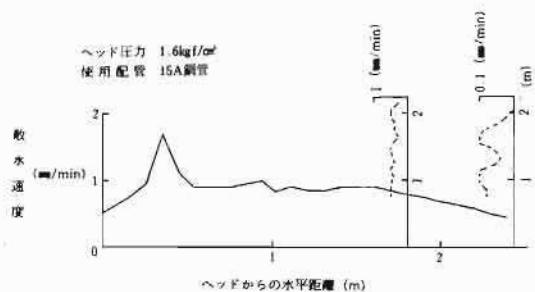


図9 C型ヘッドの散水速度

(3) 消火実験

消火実験の結果は表5に示すとおりである。
(写真7, 8 参照)

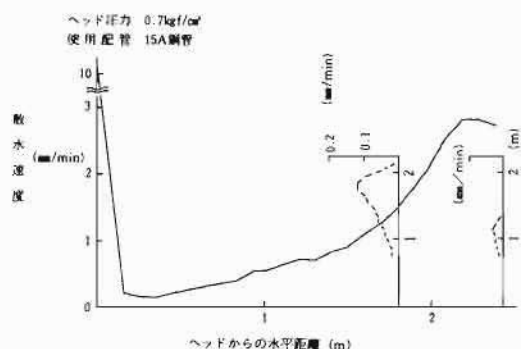
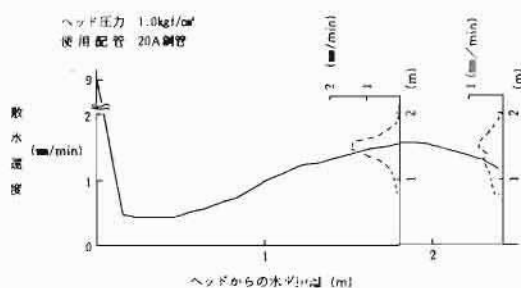


図8 B型ヘッドの散水速度

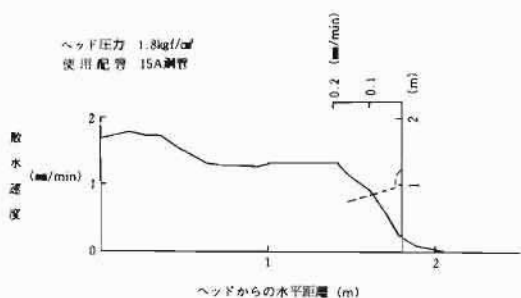


図10 D型ヘッドの散水速度

(4) 燃焼材を燃焼させたときの

実験室内の温度分布測定

第1消火実験, 第2消火実験の温度分布はそれぞれ図11, 12に示すとおりである。

なお, 第1消火実験では, 壁面付近に火点を設定するため, 合板を立ち上がり材として炎が天井まで伝播し危険となったので, 点火後約4分で消火を行った。

したがって, 自然に鎮火するまでの測定は行っていない。

表5 消 火 実 験 結 果

ヘッ ド の 種 類	使用 配管	給水条件	第 1 消 火 実 験			第 2 消 火 実 験		
			散水開始 時間	散水開始 時ヘッド 部温度℃	消 火 の 状 態 (注1)	散水開始 時間	消火開始 時ヘッド 部温度℃	消 火 の 状 態 (注1)
A 型 閉鎖型、住宅用	15A 鋼管	水道直結 (注2)	3'24"	100.1	△ 壁面を消火し火勢を抑制したが、火点に火種が残った。	0'44"	87.3	○ 消火した。
		定格圧力 (注3)	3'15"	107.2	△ 壁面を消火し火勢を抑制したが、火点に火種が残った。	2'29"	101.6	△ 火勢抑制したが、火点下部に炎が残った。
	20A 鋼管	水道直結 (注3)	2'53"	204.8	△ 壁面を消火し火勢を抑制したが、火点に火種が残った。	3'25"	104.7	△ 火勢抑制したが、火点に火種が残った。
B 型 閉鎖型、住宅用	20A 鋼管	水道直結 (注3)	3'03"	150.6	△ 壁面を消火し火勢を抑制したが、火点に火種が残った。	2'48"	113.0	△ 火勢抑制したが、火点に火種が残った。
C 型 開放型、住宅用	15A 鋼管	水道直結 (注2)	2'56"	41.2	△ 壁面を消火し火勢を抑制したが、火点に火種が残った。	4'49"	129.0	△ 火勢抑制したが、火点下部に炎が残った。
		定格圧力 (注3)	3'45"	128.2	△ 壁面を消火し火勢を抑制したが、火点に火種が残った。	3'45"	101.3	△ 火勢抑制したが、火点下部に炎が残った。
D 型 開放型、住宅用	15A 鋼管	水道直結 (注2)	3'05"	69.5	△ 壁面を消火し火勢を抑制したが、火点に火種が残った。	6'10"	131.2	△ 火勢抑制したが、火点に火種が残った。
		定格圧力 (注3)	—	—	(注4)	3'45"	101.8	△ 火勢抑制したが、火点下部に炎が残った。

注1 消火の状態欄は3分間で○：消火した、△：火勢抑制した、×：火勢抑制もできないを示す。

- 閉鎖型ヘッドの15A配管での水道直結の実験ではヘッドが動作したとき、開放型ヘッドの水道直結の実験は熱、煙の両感知器が動作したときを散水開始時間とした。
- 閉鎖型ヘッドの15A配管での定格圧力、20A配管での水道直結、及び開放型ヘッドの定格圧力での実験は熱、煙感知器を撤去し、部屋中央天井部の温度が約100℃になったとき散水を開始した。
- D型は定格圧力では壁面まで散水できないため、定格圧力での第1消火実験は実施していない。



写真7 A型ヘッドによる第1消火実験



写真8 A型ヘッドによる第2消火実験

(5) 感知器等の作動時間

感知器等の作動時間については表6及び図13に示すとおりである。

(6) 塩化ビニール配管の耐熱性

塩化ビニール配管の耐熱性については表7に示すとおりである。(写真9参照)

(7) 上水道の給水圧状況

都内23区内における配水小管の水圧状況、水道配管の管径別割合はそれぞれ図14、表8

に示すとおりである。(東京都水道局実施)

なお、水道配管の管径別の割合は水道メーターの管径である。

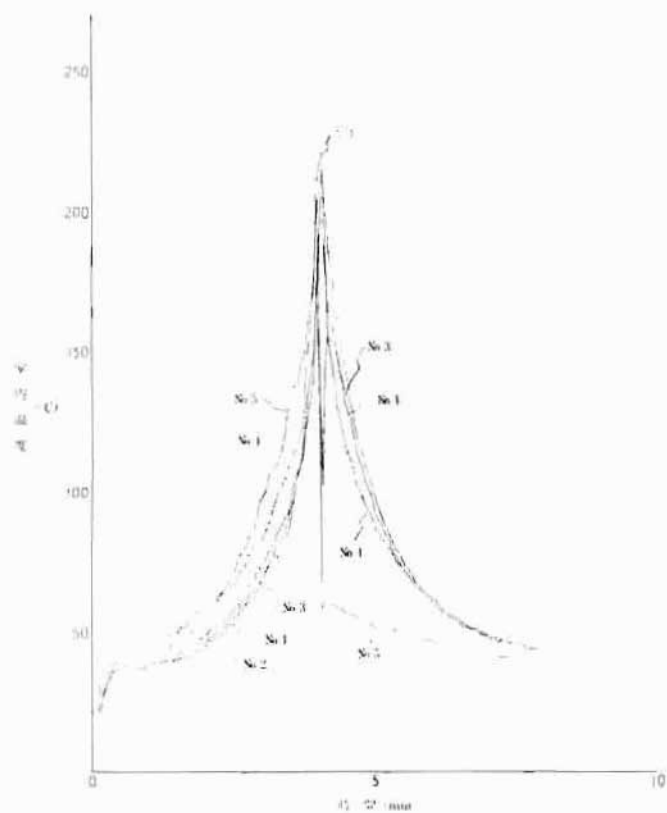


図11 第1消火実験の場合の温度分布

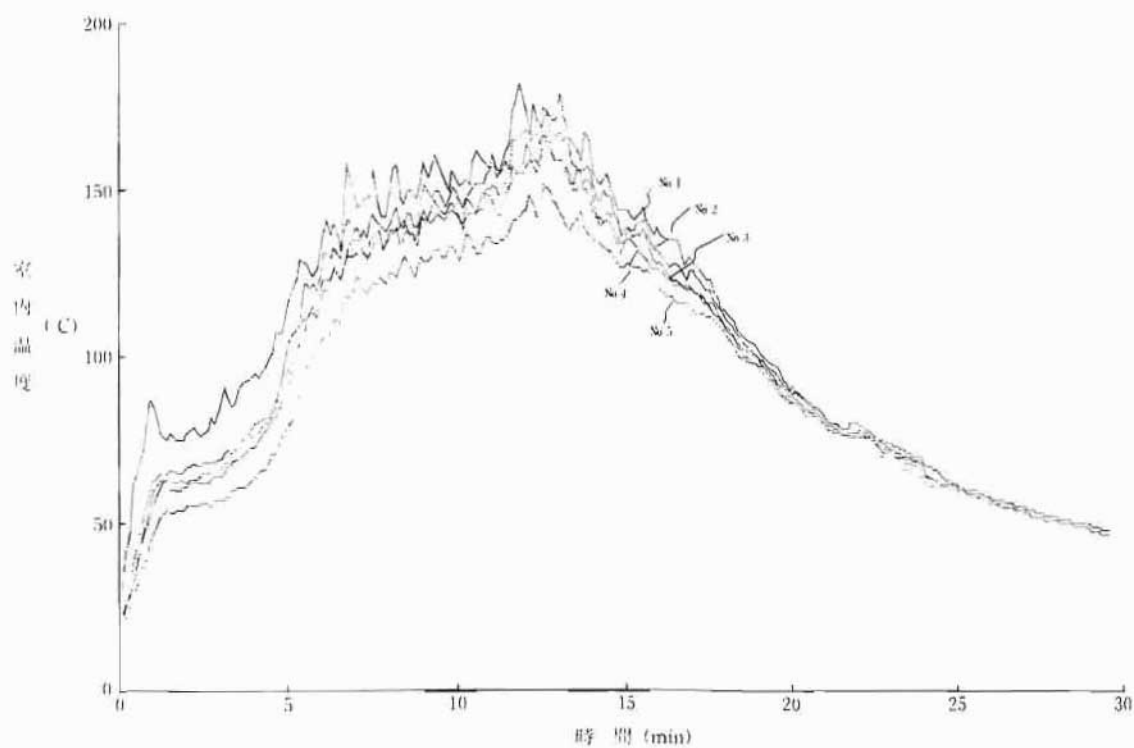


図12 第2消火実験の場合の温度分布

表6 閉鎖型ヘッド、感知器等の作動時間

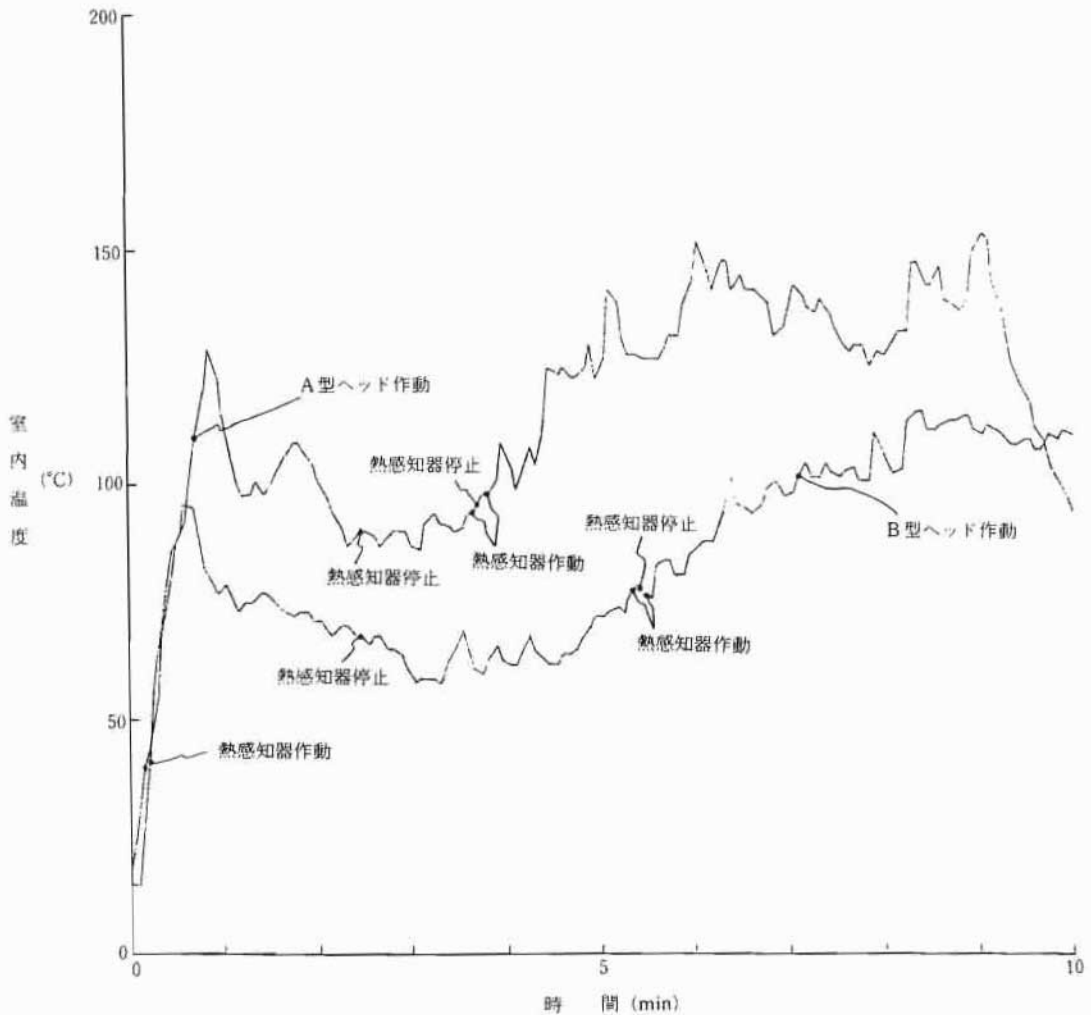
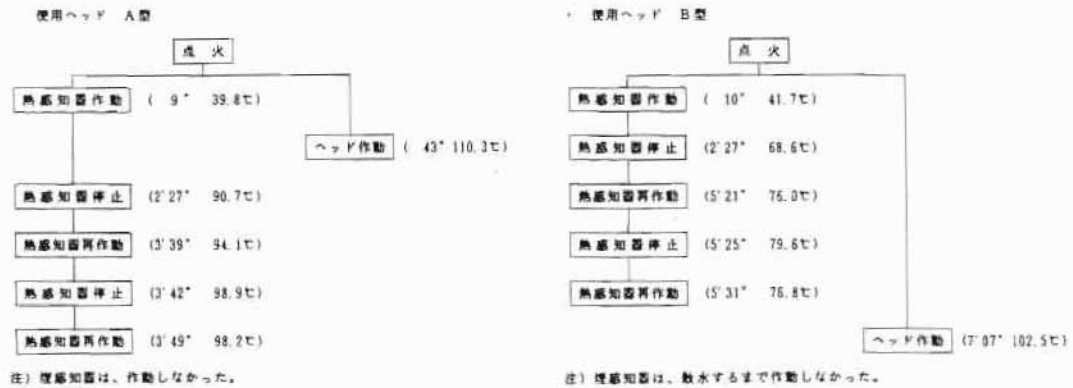


図13 閉鎖型ヘッド、感知器等の作動時間

表7 塩化ビニール配管の耐熱性

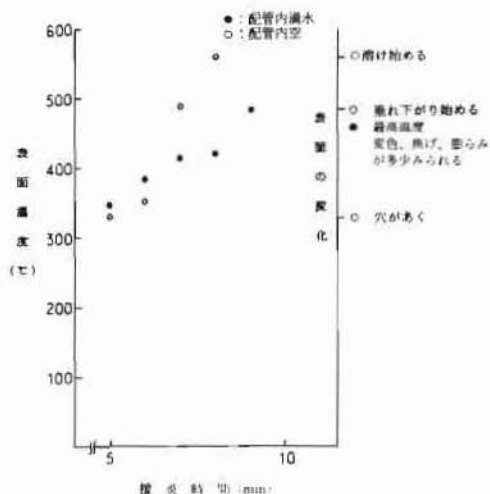


写真9 塩化ビニール配管の耐熱性の実験

表8 管径別割合

管 径	割 合
13mm	40%弱
20mm	50%
25mm	10%
30mm	数%

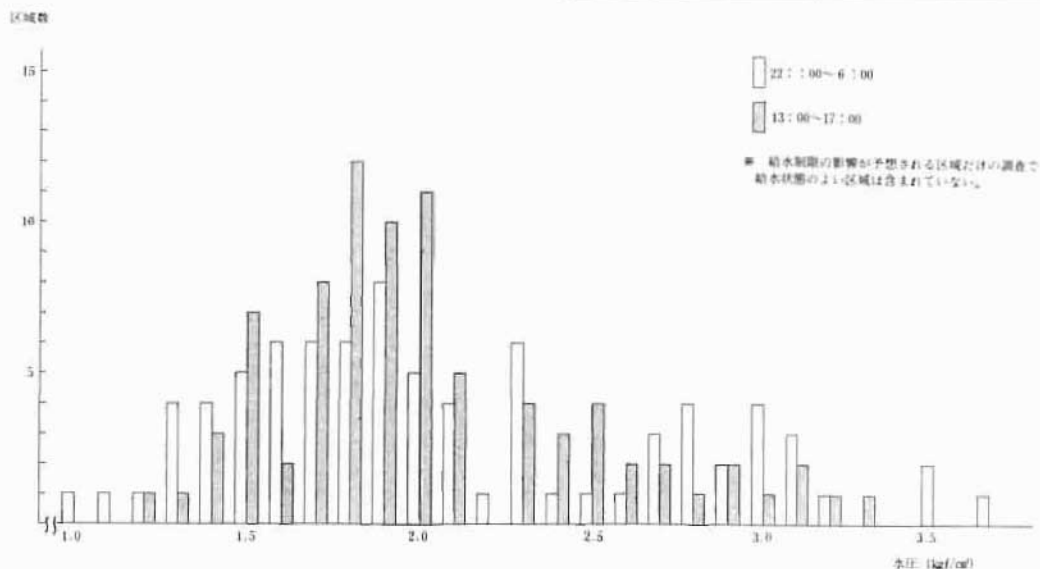


図14 配水小管の水圧状況 (都内23区)

6. 考 察

(1) ヘッド圧力と流量の関係

ア 水道直結の15A及び20Aの鋼配管に同一のヘッド(B型)をそれぞれ取付け圧力、流量を測定すると15A配管では元圧力1.3 kgf/cm²、ヘッド圧力0.7kgf/cm²、流量25ℓ/minであり、また、20A配管では元圧力1.4

kgf/cm²、ヘッド圧力1.0kgf/cm²、流量32ℓ/minと配管の口径等によって流量や圧力が異なる。

例えば、長さ4.7mの20A配管に90度エルボ2個(管継手の相当直管長さ1.3m)、チーズ1個(管継手相当直管長さ1.6m)を取付けると、管継手を含め相当直管長さは8.9mとなり、立ち上がり部2.3mの背圧0.23kgf/

cm²を考慮すると、長さ1m当たりの損失圧力は0.019kgf/cm²（水頭圧0.19m）である。

同様に、長さ4.7mの15A配管に90度エルボ2個（管継手の相当直管長さ1.1m）、チーズ1個（管継手相当直管長さ1.3m）を取付けると、管継手を含め相当直管長さは8.2mとなり、立ち上がり部の背圧0.23kgf/cm²を考慮すると、長さ1m当たりの損失圧力は0.045kgf/cm²（水頭圧0.45m）となる。

なお、1階に設定した配管の圧力損失（水頭圧）を図15及び損失の種類等をまとめて整理すると表9に示すようになる。

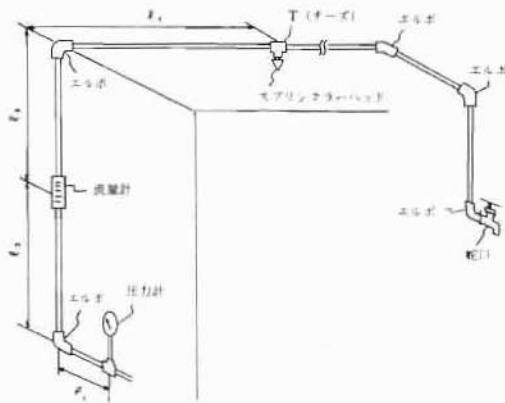


図15 配管等の圧力損失

表9 配管等の圧力損失

損失の種類	記号	計算式
摩 擦	$h\ell_1$	$f\ell_1/D \cdot V^2/2g$
エ ル ボ	h_{be}	$f_{be}V^2/2g$
摩 擦	$h\ell_2$	$f\ell_2/D \cdot V^2/2g$
流 量 計	h_m	$f_mV^2/2g$
摩 擦	$h\ell_3$	$f\ell_3/D \cdot V^2/2g$
エ ル ボ	h_{be}	$f_{be}V^2/2g$
摩 擦	$h\ell_4$	$f\ell_4/D \cdot V^2/2g$
チ ー ズ	h_{bc}	$f_{bc}V^2/2g$

f ：摩擦損失係数、 f_{be} ：屈折の損失係数
 f_m ：流量計の損失係数、 D ：管内径、 V ：管内流速
 $\ell_1 \sim \ell_4$ ：管の長さ、 g ：重力加速度（9.8m/sec²）
 f ： $124.5n^2/D^{1/3}$ （ f はマンニングの粗度係数 n との関係）
 n ：0.01以下（新しい銅管）、 f_m ：0.25

圧力損失（水頭圧）

$$\begin{aligned}
 &= h\ell_1 + h_{be} + h\ell_2 + h_m + h\ell_3 + \\
 &\quad h_{be} + h\ell_4 + h_{bc} + 2.3 \\
 &= f\ell_1/D \cdot V^2/2g + f_{be}V^2/2g + \\
 &\quad f\ell_2/D \cdot V^2/2g + f_mV^2/2g + \\
 &\quad f\ell_3/D \cdot V^2/2g + f_{be}V^2/2g + \\
 &\quad f\ell_4/D \cdot V^2/2g + f_{be}V^2/2g + \\
 &\quad 2.3(\text{m}) \text{——— ① となる。}
 \end{aligned}$$

20A鋼配管を使い流量30ℓ/min（ヘッド圧力1.0kgf/cm²）を例に数値を代入すると、
 流 量 $Q = 30 \text{ ℓ/min} = 0.50 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}$
 管内流速 $V = Q/\pi d^2$

$$\begin{aligned}
 &= 0.50 \times 10^{-3} / 3.14 \times 10^{-4} \\
 &= 1.59 \text{ m/sec}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{速度水頭} &= V^2/2g = 1.59^2 / 2 \times 9.8 \\
 &= 0.129 \text{ m}
 \end{aligned}$$

なお、 $\theta = 90^\circ$ のとき

$$\begin{aligned}
 f_{be} &= 0.946 \sin^2 \theta / 2 + \\
 &\quad 2.05 \sin^4 \theta / 2 = 0.986 \quad \text{で、}
 \end{aligned}$$

圧力損失（水頭圧）= 4.23m

となる。

したがって、ヘッド圧力1.0kgf/cm²と圧力損失約0.4kgf/cm²を考慮すると元圧力は1.4kgf/cm²以上を確保する必要がある。

イ 前記ア、①式を使い2階まで延長したと仮定し背圧の高さ2.3mの代わりに4.6mを加えて計算すると

圧力損失（水頭圧）= 7.3m

となる。

したがって、ヘッド圧力1.0kgf/cm²と圧力損失0.73kgf/cm²を考慮すると元圧力は1.8kgf/cm²以上を確保する必要がある。

(2) 実験室天井に取付けたヘッドからの散水分布

ア 水平面の散水分布

㍿ 15A配管のときA型（ヘッド圧力0.7kgf/cm²）、B型（ヘッド圧力0.7kgf/cm²）の各ヘッドの散水速度は実験室内の第2消火実験クリップ位置（以下「中心付近」という。）でそれぞれ0.53～0.62mm/min、0.16～0.63mm/minであり、実験室の4隅周辺（以下「壁面付近」という。）では1.03～1.55mm/min、2.68～2.90mm/minであり壁面付近に多く散水している。

(イ) 20A配管のときA型(ヘッド圧力1.0kgf/cm²)、B型(ヘッド圧力1.0kgf/cm²)ヘッドの中心付近での散水速度はそれぞれ1.05~1.16mm/min、0.45~1.56mm/minで、壁面付近での散水速度は0.65~0.66mm/min、1.06~1.11mm/minである。

したがって、A型は中心から遠ざかるとともに散水速度も少なくなる傾向にある。しかし、B型は中心から遠ざかるとともに散水速度が大きくなる傾向にある。

(ウ) 散水速度が0.8mm/min以上となる区域は15A配管に取付けたとき、A型(ヘッド圧力0.7kgf/cm²)で2.1mの位置から、B型(ヘッド圧力0.7kgf/cm²)で1.7mの位置から実験室の隅(2.55m)までの範囲、C型は0.9mの位置から1.8mの範囲である。

20A配管で同様な範囲を調べると、B型(ヘッド圧力1.0kgf/cm²)は1.2mの位置から実験室の隅までの範囲、A型(ヘッド圧力1.0kgf/cm²)はヘッドから0.53mの範囲である。

(エ) A型は15A配管(ヘッド圧力0.7kgf/cm²)で壁面付近、20A配管(ヘッド圧力1.0kgf/cm²)でヘッドの周辺にそれぞれ0.8mm/min以上の散水速度で散水していることがわかる。

(オ) B型は15A配管(ヘッド圧力0.7kgf/cm²)より20A配管(ヘッド圧力1.0kgf/cm²)で散水することにより散水速度0.8mm/min以上の散水範囲が広くとることができる。

イ 垂直面の散水分布

(ア) 20A配管の水道直結による第1消火実験で、壁面への平均の散水速度を測定するとA型、B型(ともにヘッド圧力1.0kgf/cm²)は床面からそれぞれ1.88m(散水速度1.15mm/min)、1.38m(散水速度1.05mm/min)の位置でともに散水速度が0.8mm/min以上となっている。

同様に15A配管の水道直結で測定するとA型(ヘッド圧力0.7kgf/cm²)は床面から1.48m(散水速度0.89mm/min)の位置で散水速度が0.8mm/min以上となっ

ているが、B型(ヘッド圧力0.7kgf/cm²)は壁面で散水速度0.8mm/minが得られない。

したがって、居室内の襖やカーテンの設置高さ(1.8m)まで散水できるものは20A配管のA型(ヘッド圧力1.0kgf/cm²)である。

なお、8畳間に1個のヘッドを取付け襖やカーテンに散水するためには少なくとも散水角は148度必要である。

(イ) 実験室(3.6×3.6×2.3m)の天井中央にヘッド1個を取付け、火勢抑制を考えた場合、床面(13m²)に0.8mm/minの散水速度で約10ℓ/min、襖、カーテンの取付け高さ(1.8m)の壁面の面積26m²で21ℓ/minの流量が必要である。

したがって、今回行った消火実験では流量が31ℓ/min以上確保できるものはA型(15A配管の定格圧力 ヘッド圧力1.0kgf/cm²、20A配管の水道直結 ヘッド圧力1.0kgf/cm²)とB型(20A配管の水道直結 ヘッド圧力1.0kgf/cm²)である。

(ウ) 居室の天井中央に指向性のあるヘッド(散水速度0.8mm/min)を取付けたと想定した場合、第1消火実験の合板(1.8×1.8m)の火勢抑制に必要な流量は約3ℓ/minとなり、天井中央にヘッド1個を取付け実験室全体に散水するときに比べて流量が約9%と少なくてすむ。

したがって、ヘッド1個で居室全体に散水するよりも火元にヘッドを指向させ、その付近に散水することにより少量の水で火勢を抑制することができる。また、居室内火元付近以外に散水しないため水損防止が図られる。

(3) 消火実験

ア 第1消火実験

(ア) A型は15A配管の水道直結(ヘッド圧力0.7kgf/cm²、流量25ℓ/min)、20A配管の水道直結(ヘッド圧力1.0kgf/cm²、流量33ℓ/min)、及び15A配管の定格圧力(ヘッド圧力1.0kgf/cm²、流量32ℓ/min)で散水すると、壁面の消火効果は認められ、火勢を抑制したが、火点の火種

は残った。

なお、水道直結で3分以上継続して散水したとき、15A配管で5分45秒、20A配管で5分37秒でそれぞれ消火している。

- (イ) B型は20A配管の水道直結（ヘッド圧力1.0kgf/cm²、流量32ℓ/min）で散水すると、壁面の消火効果は認められたが、A型と同様、火点の火種は残った。

イ 第2消火実験

- (ア) A型は15A配管の水道直結（ヘッド圧力0.7kgf/cm²、流量25ℓ/min）で散水すると消火効果が認められた。

しかし、15A配管で定格圧力（ヘッド圧力1.0kgf/cm²、流量32ℓ/min）で散水すると、火勢を抑制したが、火点の炎は残った。

このように水圧の低い方が、散水の勢いが弱まり中央付近の散水量が多くなるため、中央付近の消火効果は高くなる。

- (イ) B型は20A配管で水道直結（ヘッド圧力1.0kgf/cm²、流量32ℓ/min）で散水するとA型と同様、火勢を抑制したが、火種は残った。

- ウ A型、B型は20A配管の水道直結（ヘッド圧力1.0kgf/cm²、流量30ℓ/min程度）で第1、第2消火実験ともに火点に火種が残ったが、火勢を抑制している。

- エ 今回実験したヘッドのうち、特に火勢抑制の効果が認められたA型及びB型を使い、第1消火実験の壁面への平均の散水速度を測定すると、A型は15A配管（ヘッド圧力0.7kgf/cm²）で0.79mm/min、20A配管（ヘッド圧力1.0kgf/cm²）で0.93mm/minであり、同様にB型について散水速度をみると20A配管（ヘッド圧力1.0kgf/cm²）で0.89mm/minとなる。

これらのことから、燃焼材（クリブと合板、又はクリブ）の火勢を抑制するには少なくとも0.8～0.9mm/minの散水速度が必要である。

- オ 第1消火実験で使用する合板のかわりにアルミ箔入り襖、和襖を取付け、A型で消火効果を確認すると、アルミ箔入り襖は3

分以内に消火している。しかし、和襖は表面の一部及び裏側で炎が残り燃え続けており、散水速度0.8～0.9mm/min程度で火勢を抑制することは困難である。

- カ カーテン（0.9×1.8m）を束ねた状態、あるいは展開した状態で壁面に取り付け、A型で消火効果を確認すると、ともに3分以内に消火している。しかし、展開したときはカーテンの大ききの26%しか燃え残っていない状態で、原形を留めていないため消火効果を判断することはむずかしい。

(4) 燃焼材を燃焼させたときの

実験室内の温度分布測定

ア 第1消火実験の場合

今回使用した熱感知器の定温式感熱部の作動温度である70℃まで温度が上昇する時間をみると、火点の真上（熱電対No5）で約2分30秒、実験室の中央（熱電対No1）で約3分である。

また、消火実験で閉鎖型ヘッドはヘッド部雰囲気温度が87～128℃で作動しているため、ほぼ中間の温度である100℃まで温度が上昇する時間は、火点の真上（熱電対No5）で約3分、実験室の中央で約3分30秒である。

合板を立上がり材として炎が伝播するため温度上昇は急激である。

イ 第2消火実験の場合

70℃まで温度が上昇する時間は、火点の真上（熱電対No1）で約30秒、実験室の隅（熱電対No5）で約4分30秒、また、100℃まで温度が上昇する時間は、火点の真上（熱電対No1）で約4分30秒、実験室の隅（熱電対No5）で約5分30秒である。

火点の真上と実験室の隅で70℃まで温度上昇するのに4分という時間の差があるのは助燃剤の燃焼による影響だと思われる。

立上がり材がないため温度上昇はゆるやかである。

- ウ 実験室の中央と隅とでは温度上昇に大きな差があり、熱感知器の設置場所により、作動時間に大きな差が出ると思われる。

(5) 感知器等の作動時間

- ア 消火実験の中で感知器等の作動時間につ

いてみると、A型閉鎖型ヘッドは、熱感知器が作動した後、煙感知器が作動する前に作動している。

イ 前アとは別に、A型、B型について、ヘッド、熱、煙感知器の真下でクリブを燃焼させ、作動時間について比較した。

(7) A型は点火後43秒、ヘッド部雰囲気温度110.3°Cで、B型は点火後7分07秒、ヘッド部雰囲気温度102.5°Cで作動している。

(イ) 熱感知器は2回とも点火後9～10秒、雰囲気温度40°C前後で作動し、作動後2分17秒～2分18秒で一旦停止し、その後1分12秒あるいは2分54秒経過して再作動している。

ウ 前イにおいて、A型、B型の作動時間に大きな差があるのは、ヘッド自体の作動時間の差というよりは、助燃剤の燃焼による温度上昇に差があったためである。

A型の場合には点火後約1分間温度が上昇し続け、最高温度124°Cを記録したが、B型の場合には点火後36秒で温度96.5°Cまで上昇したが、点火後3分19秒、59°Cまで温度が下がり、再度温度が上昇している。(図13参照)

エ 前アにおいて熱感知器がこのような早い段階で動作したのは、助燃剤にエチルアルコール、またはヘプタンを使用しており、これが最初に燃焼し、煙があまり発生しないで燃焼するため、熱だけの影響が大きくなったためと思われる。

オ 熱感知器が作動後、一旦停止し、再度作動したのは、最初に助燃剤が燃焼するため差動式感熱部が最初に作動し、助燃剤の燃焼が終わると温度上昇がゆるやかになるため停止し、次にクリブが燃焼して、実験室全体の温度が上昇するため定温式感熱部が作動したと思われる。

(6) 塩化ビニール配管の耐熱性

塩化ビニール配管の耐熱性について考えると、接炎時間5分で空配管は温度335°Cで穴があき、560°C(接炎時間6分)で溶け始めている。

水配管は温度490°C(接炎時間8分)で変色し、焦げ、膨らみが多少みられるが水の漏れ

はない。第1及び第2消火実験におけるクリブ等を燃焼させ、自然鎮火するまでの天井部の最高温度は211°Cであり、散水開始時の周囲温度は高いところで約205°Cである。

また、一般的に配管は天井裏に敷設されており、天井が燃え始めない限り配管はその温度まで上昇しないと思われるが、ヘッドはそれ以前にすでに散水を開始している状況にある。

したがって、住宅用スプリンクラー装置の配管として塩化ビニール配管でも充水状態にするか、又は隠ぺい配管にすれば十分に使用できるものと思われる。

7. 結 論

(1) 現有のスプリンクラーヘッドはヘッド圧力1.0kgf/cm²、流量30ℓ/min程度が確保できればヘッド1個で8畳間の火災をおおむね抑制する効果がある。

しかし、この散水状態では、従来製法の和襖(木製格子の両面に紙を貼ったもの)が燃えた場合には十分な抑制ができないことがある。

(2) 前(1)の散水状態は散水速度にすると0.8～0.9mm/min程度である。

(3) 都内23区の配水小管の水圧状況をみると、ヘッド圧力1.0kgf/cm²、流量30ℓ/minが確保できないような水圧の低い地域もあり、このような地域で現有の住宅用スプリンクラーヘッドを使用するにはポンプ、水槽等を備えた装置が必要である。

(4) 20Aの鋼配管を使った模擬実験室(配管の長さ4.7mのうち配管の立上がり高さ2.3m、エルボ2個、チーズ1個)で約30ℓ/minの水を流すと約0.4kgf/cm²の損失があり、計算値と一致する。

1階、又は2階建ての一般的な住宅を基に計算するとヘッド圧力1.0kgf/cm²(ヘッド1個)、流量約30ℓ/minが確保できると判断される配水小管の水圧は、住宅等の配管状況によって異なるが20A配管で、1階建ては1.5kgf/cm²以上、2階建ては2.0kgf/cm²以上が目安となる。

なお、13A配管では流量30ℓ/minを流す

ことは難しい。

- (5) スプリンクラー装置の配管には鋼配管のほか、常時充水状態、又は隠ぺい配管であれば、塩化ビニール配管等も使用できるものと思われる。

8. お わ り に

水圧状況の悪い地域、又は13A配管の住宅に水道直結型のスプリンクラーを設置し、しかも現有

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上げるためには、居室全体に散水する方式のスプリンクラーより、火元付近に局所的に散水する指向性散水方式のものの開発が必要である。

感知器等の作動時間について、今回の実験では助燃剤の影響が大きく出ていると思われるので、今後、実際の居室内にある燃焼物(衣類、家具等)を燃やすとともに熱気流速等を踏まえ検討を進めていく。