

放水技能の実態把握と有効な訓練手法の検証

木田哲夫*, 玉越孝一**, 渡邊茂男*

概要

警防経験年数の異なる消防隊員 10 名を被験者として、放水技能の実態把握を行った。

8 畳程度の火災実験室を模擬火災室に見立て、実際にクリブ等を燃焼させ、被験者が筒先担当員として消火活動を行った際の使用水量、燃焼物体の温度変化等の測定並びに状況判断に関する聞き取り調査を行った。

その結果、一時放水停止による内部状況確認、内部進入時期の判断、流量の調整及び間欠放水等、消火活動に関する知識により消火効率に顕著な差が表れることを確認した。

このことから、訓練においては隊員が火災の進展を把握し、状況判断を行いながら消火活動を進めていく想定及び技術指導が有効であると考えられる。

1 はじめに

実火災での消火活動において、効果的な消火は放水器具の性能だけでなく、それらを活用する消防隊員の放水技能が大きく影響する。しかし、訓練において消防隊員が実際に消火を行う機会は少ないのが現状である。

現在、消防隊員の放水技能の実態については詳細に把握されていないことから、模擬火災室を用いて消防隊員の消火活動時における行動を把握し、放水技能と消火効率の関係について確認した。また、放水技術の向上と効果的な消火活動に資することを目的に、消火に有効な放水手法を検討した。

2 放水技能の実態把握概要

(1) 被験者の選定

被験者は表 1 に示す 10 名であり、いずれも 20 才代から 30 才代の男性消防職員である。

表 1 中の警防経験年数とは、消防隊員として勤務した年数であり、5 年未満、5 年以上 10 年未満及び 10 年以上の警防経験年数ごとに 3~4 名ずつ選定した。

(2) 消火実験

実験は、被験者が最盛期に至った模擬火災室に対して、ガンタイプノズルを使用して消火活動を行ったときの燃焼物の温度変化及び放水流量を測定するとともに、消火活動時の状況判断に関する聞き取り調査を行った。

表 1 被験者一覧

被験者	警防経験年数	被験者	警防経験年数
A	9 年	F	1 年
B	14 年	G	2.5 年
C	11 年	H	1 年
D	8 年	I	0.5 年
E	13 年	J	5 年

3 実験場所

東京消防庁消防技術安全所 燃焼実験棟

4 実験

(1) 実験設定

模擬火災室となる火災実験室は、燃焼実験棟の 1 階に図 1 に示すように設置した。

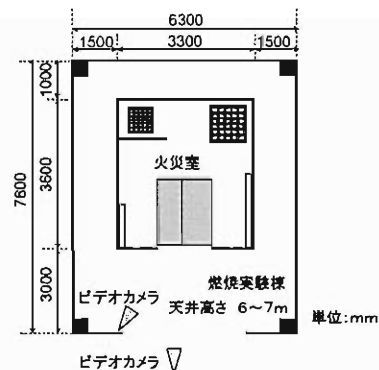


図 1 燃焼実験棟平面図

ア 模擬火災室

使用した火災実験室（室内幅 3.3 m、室内奥行き 3.6 m、室内高 2.1 m）は、鉄骨造で内壁及び天井が軽量気泡コンクリート板にステンレス板（厚さ 0.6 mm）を貼りつけた構造で、正面に開口部（幅 1.71 m、高さ 1.85 m）が 1 箇所設けられている。

また、火災現場では必ず存在する放水上の死角を再現するため、火災実験室内に壁（ステンレス板：高さ 2100×幅 900×厚さ 0.6 mm）を設置した。（図 2 及び図 3）

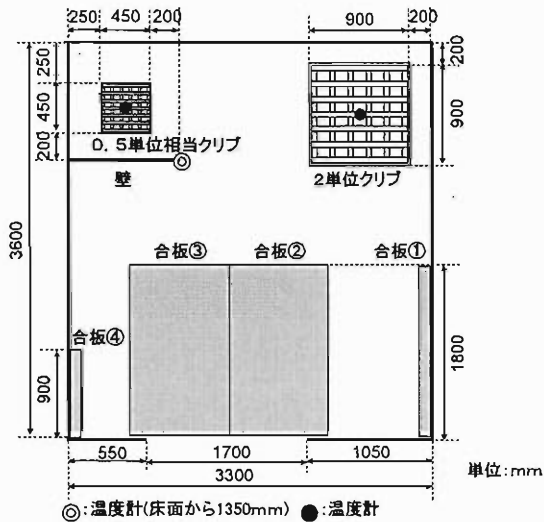


図 2 模擬火災室平面図

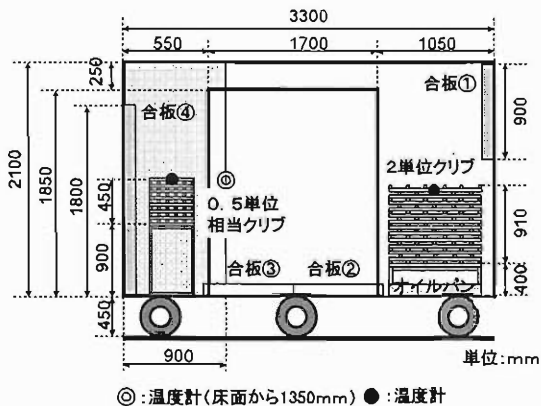


図 3 模擬火災室立面図

イ 火災荷重等

全ての被験者に対して同じ火災荷重及び配置とし、各被験者の消火状況等をそれぞれ比較するために、火災荷重を同一荷重、同一容積、同一材料で設定した。

なお、燃焼物は、火災実験室内全体が火災で満たされる状態を実現するため表 2 のとおり、火源としての 2 単位クリブ（消火器の技術上の規格を定める省令（昭和 39 年 9 月 17 日、自治省令第 27 号）に基づく普通火災に対する消火能力単位 2 のクリブ）、放水死角部分に 0.5 単位相当のクリブ及び床・壁面に合板を図 2、図 3 及び写真 1 から写真 3 に示すとおり設置した。



写真 1 床合板②、③
2 単位クリブ、壁（左奥）

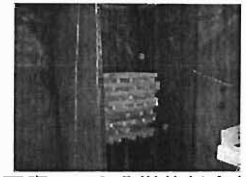


写真 2 0.5 単位相当ク
リブ



写真 3 合板④（左）



合板①（右）

表 2 燃焼物

燃焼物	設置目的
2 単位クリブ ($\Phi 900 \times D900 \times H900$ mm) $\times 1$	区画火災を成長させる火源（助燃材：ガソリン 0.5 L）
0.5 単位相当クリブ ($\Phi 450 \times D450 \times H450$ mm) $\times 1$	開口部から直接放水出来ない部分の燃焼物
合板① ($\Phi 1800 \times D900 \times T12$ mm) $\times 1$	室内全体が炎に包まれ、開口部から炎が噴出する状態を実現させるための熱源
合板② ($\Phi 1800 \times D900 \times T12$ mm) $\times 1$	室内全体が炎に包まれ、開口部から炎が噴出する状態を実現させるための熱源
合板③ ($\Phi 1800 \times D900 \times T12$ mm) $\times 1$	室内全体が炎に包まれ、開口部から炎が噴出する状態を実現させるための熱源
合板④ ($\Phi 1800 \times D900 \times T12$ mm) $\times 1$	室内全体が炎に包まれ、開口部から炎が噴出する状態を実現させるための熱源

(2) 放水隊形等

放水隊形は、図 4 のように水槽に部署したポンプ車から口径 50 mm ホース 1 本を延長し、筒先には、ガンタイプノズルを使用した。実験に使用したガンタイプノズルを写真 4 に、またその仕様等を表 3 に示す。

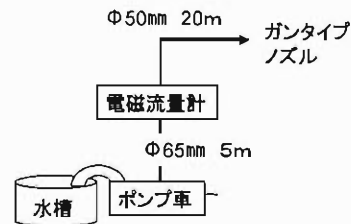


図 4 放水隊形図



写真 4 ガンタイプノズル

表3 ガンタイプノズルの仕様

項目	仕様
ノズル元圧 (MPa)	0.7
流量切替ダイヤル設定値 (L/分)	115、230、360、475

(3) 測定項目と測定機器

測定項目は、消火終了までの放水流量、点火から消火終了までの室内温度などの温度(3点)について行うとともに、このときの燃焼、消火状況等を撮影した。

測定には、表4に示す機器等を使用し、設定位置は図1、図2、図3及び図4に示したとおりである。

表4 測定項目と測定機器等

測定項目	測定機器等
室内温度	シース型K熱電対 (J I S C1605 規格品、シース外径 1.6 mm、素線径 0.32 mm)
クリブ温度	シース型K熱電対 (J I S C1605 規格品、シース外径 1.6 mm、素線径 0.32 mm)
放水流量	A社製 電磁流量計
データ収録	B社製データロガー 測定インターバル 2秒
撮影	C社製デジタルビデオカメラ

(4) 消火開始時の燃焼状況

被験者による消火の開始は、写真5に示すように火災実験室内に設置した燃焼物の全てに着火し、開口部から火炎の噴出が確認された時点から行うこととした。

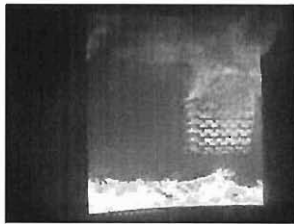


写真5 消火開始の状況

(5) 消火活動の手順

実験開始から、消火活動終了後の聞き取り調査までの手順を表5に示す。被験者の状況判断を聴取するため、被験者には、火災実験室内の状況について、一切情報を与えなかった。

表5 消火活動の手順

手順	行動
①	実験統制者は、被験者に対して表6に示す事項を事前に説明する。
②	被験者は、防火衣、呼吸器等を着装し待機する。
③	機関員は、水槽からポンプ車へ揚水する。
④	2単位クリブの下に設置されたオイルパン内の助燃材のガンリソ 0.5 L に着火する。
⑤	室内の火災が成長するのを確認する。(写真5参照)
⑥	消火開始の燃焼状況になったのを確認し、被験者に、消火活動開始の合図をする。 機関員は、ノズル元圧が 0.7 MPa となるように送水を行う。
⑦	被験者は、消火活動を開始する。また、被験者の判断で消火活動を終了する。
⑧	消火活動終了後は5分間、室内の様子を観察する。有炎現象が起これなければ消火活動完了とし、ビデオを見ながら放水方法、判断理由及び消火活動に関する聞き取り調査を行う。

表6 事前説明項目

初期設定について	使用ノズルと初期ダイヤル設定	ガンタイプノズル、初期ダイヤル設定; 流量 230 L/分、展開角度: ストレート
	ノズル元圧	約 0.7 MPa
	使用ホース	Φ50 mm ホース、1本
火災室の想定について		耐火造の建物2階の居室とする。
消火活動開始の合図について		実験統制者が、全ての燃焼物に着火し、燃焼が安定したのを確認してから、被験者に消火活動開始の合図を行う。被験者は、合図を受けた後、任意に消火活動を行う。
消火活動終了の合図について		被験者が、燃焼物に有炎現象がなくなり、再燃が起これないと判断した場合に、実験統制者に消火活動終了の合図を行う。
消火活動終了後の再燃の確認について		消火活動終了後は、5分間室内の様子を観察する。有炎現象が確認された場合は、再度被験者による消火活動を行い、有炎現象が確認されない場合は、消火活動終了とする。

5 結果

被験者10名による消火実験の結果を図5から図14に示す。これらの結果から放水技能の違いにより、比較的短い間隔でノズルの開閉を行う被験者と、長時間そのままの状態に放水を続ける被験者のおおむね2通りの結果に分類された。前者(B、C、E、F、G、H、Jの7名)と後者(A、D、Iの3名)の放水技能の違いが消火効率にどのように表れるのか、代表として被験者E並びにIの結果を、(1)及び(2)に示す。

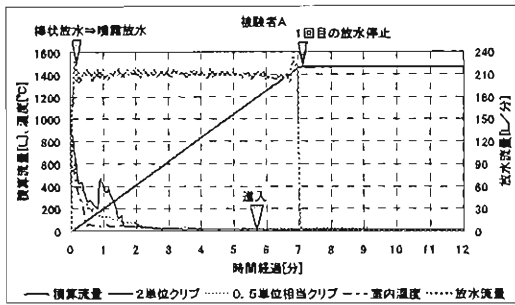


図5 被験者Aの放水流量等

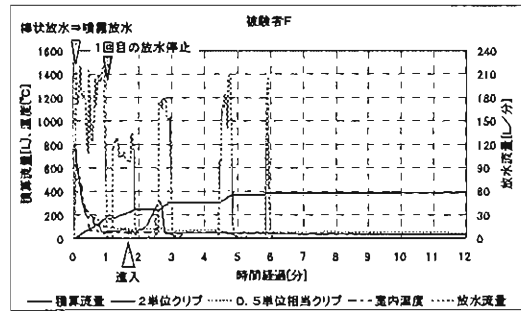


図10 被験者Fの放水流量等

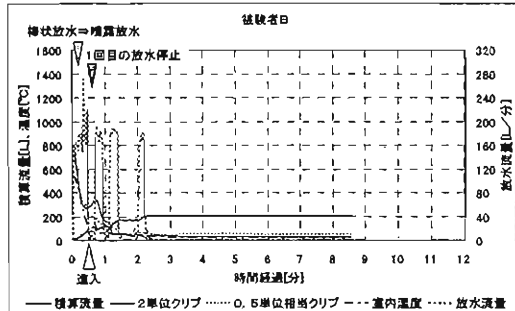


図6 被験者Bの放水流量等

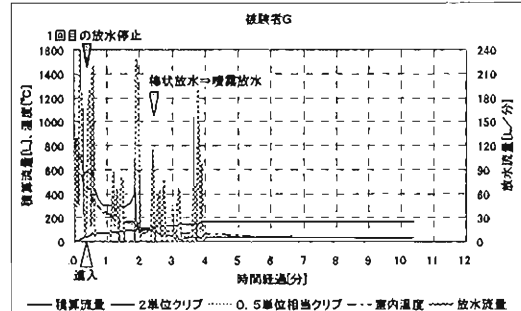


図11 被験者Gの放水流量等

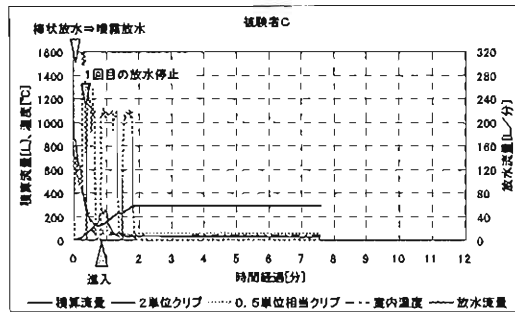


図7 被験者Cの放水流量等

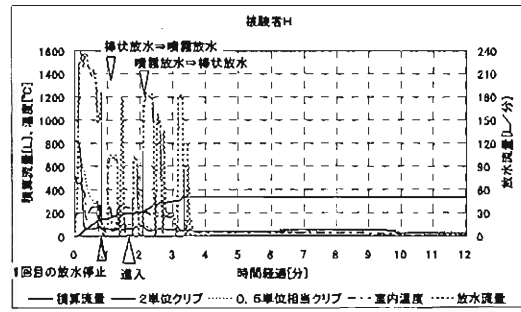


図12 被験者Hの放水流量等

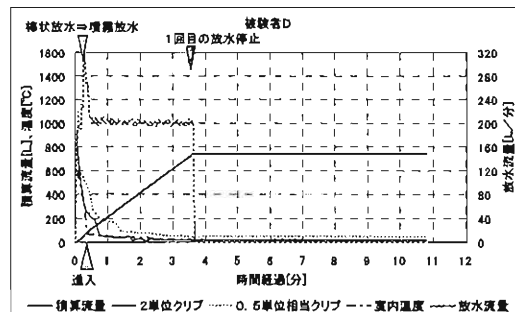


図8 被験者Dの放水流量等

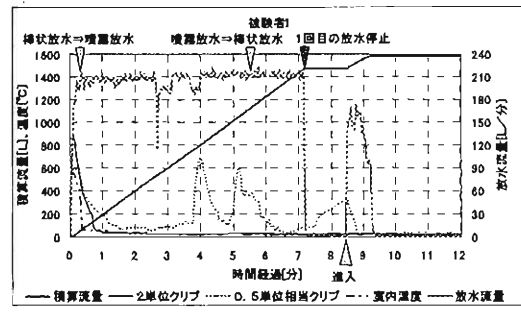


図13 被験者Iの放水流量等

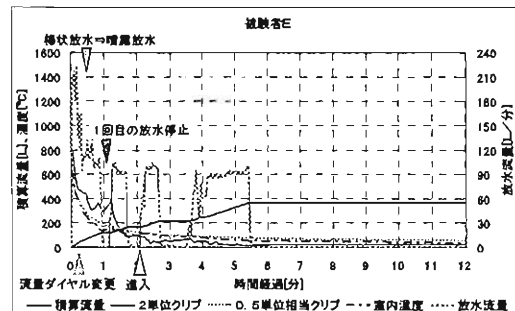


図9 被験者Eの放水流量等

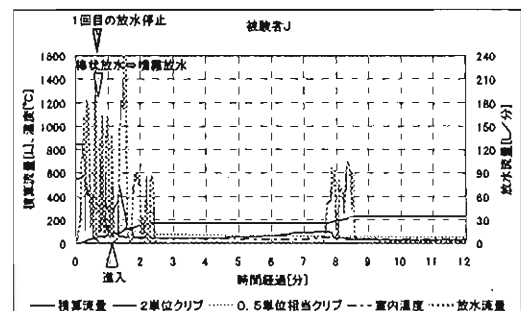


図14 被験者Jの放水流量等

(1) 被験者E

ア 観察結果

消火活動時の燃焼物と室内の温度変化及び、放水流量の変化を図15に示す。

放水流量のグラフから、ノズルの開閉操作を繰り返していることが確認できる。

放水開始から2分後に屋内進入し、燃焼状況を確認しながら燃焼実態への放水を行い、消火が完了した。消火に使用した積算流量は、370 Lであった。

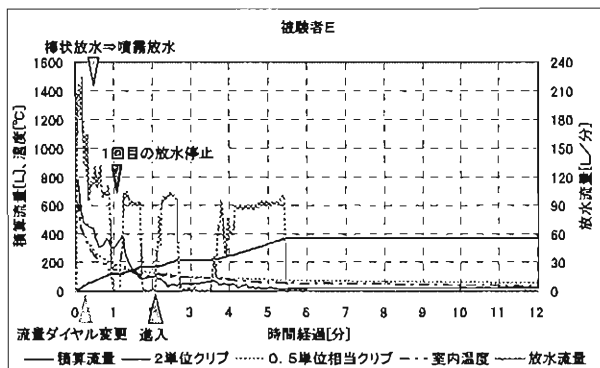


図15 被験者Eの放水流量等

イ 聞き取り調査

- (7) 放水開始直後、開口部付近の天井部分に対して、棒状放水により放水し、落下物の排除等の屋内進入に際して安全を確保する行動をとった。
- (4) 30秒後の噴霧放水への変更は、全体的に室内温度を下げることを目的とした。
- (9) 20秒後、流量が多いと感じたため流量ダイヤルを230から115 L/分に変更した。
- (5) 放水を停止する度に内部を確認し、屋内進入の可否を確認した。
- (4) 進入後は、赤く見えるところに重点的に放水した。

(2) 被験者I

ア 観察結果

消火活動時の燃焼物と室内の温度変化及び放水流量の関係を図16に示す。

放水流量のグラフから、放水開始後7分8秒間そのままの状態に放水を継続したことが確認できる。放水開始後、0.5単位相当クリップの温度に急激な上昇及び降下の繰り返しが観察された。0.5単位相当クリップは、放水位置からは壁で死角となっており直接放水できないため、燃焼が継続していたものと考えられる。

また、被験者Iは、屋内進入するまで開口部付近から移動することなく、ほぼ一箇所に向かって放水を行っていた。

放水開始から8分33秒後の、屋内進入により0.5単位相当クリップに直接放水がなされ消火が完了した。消火に使用した積算流量は、1582 Lであった。

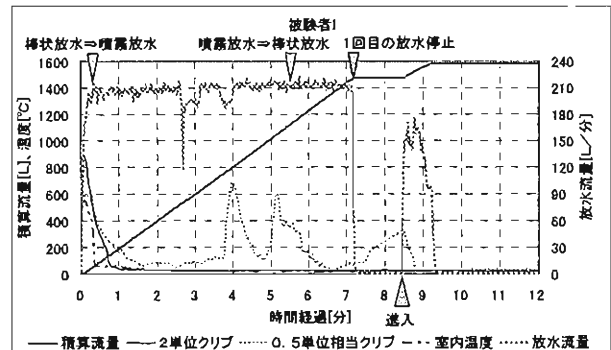


図16 被験者Iの放水流量等

イ 聞き取り調査結果

- (7) 放水開始から15秒後に棒状放水から噴霧放水へ変更した。これは、放水範囲を広くとって消火するためと判断したことによるものであった。
- (4) 消火活動を通して、内部の温度がどのように変化したのか分からず、屋内進入可能か判断が出来なかった。

6 考察

消火に有効な放水手法について実験結果を踏まえ考察する。

(1) 燃焼実態への注水の有効性

図17は、積算流量と屋内進入までに要した時間との関係を示した図である。この図から、屋内進入の時期が早いと積算流量（消火に要した放水量）も少ないことが認められる。

また、図18は、消火時間と屋内進入までに要した時間との関係を示した図である。消火時間は、被験者自身が消火と判断した時間であり、主観的な要素を含むものであるが、この図においてもおおむね図17と同様に屋内進入までに要する時間に依りて消火時間も推移した。

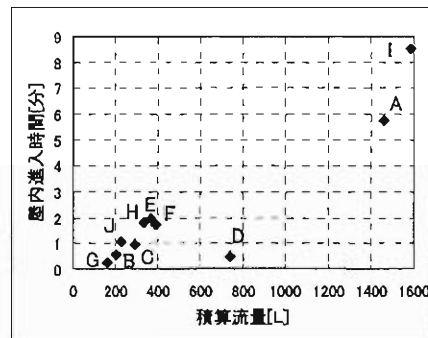


図17 屋内進入時間と積算流量

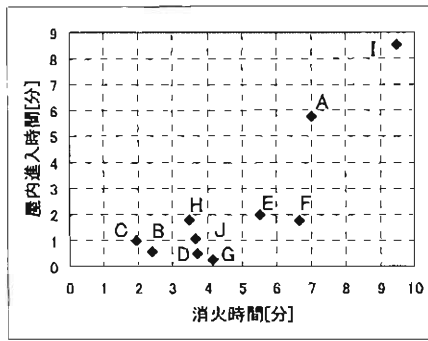


図18 屋内進入時間と消火時間

(2) 室内の状況確認の有効性

図19は、ノズル開閉回数と積算流量との関係を示した図である。今回の実験設定では、ノズル開閉回数が4回以上の被験者は、2回以下の被験者と比較して積算流量が少ない結果となった。

また、図20は、ノズル開閉回数と屋内進入までに要する時間との関係を示した図である。この図から、ノズル開閉回数が4回以上の被験者は、2回以下の被験者と比較して屋内進入までに要する時間はおおむね短かった。

これらは、火勢制圧時点で一時放水を停止し、火災室内の状況を確認し、進入の可否判断を繰り返し行ったこと、また、屋内進入後の燃焼実体への放水により消火が効果的に行われたことによるものと考えられる。

7 おわりに

(1) 放水技能と消火効率

消火活動においては、放水を一時的に停止し、火災の推移や建物内部の状況を確認しながら内部進入をいかに早期に行い、燃焼実体に直接放水することによって消火効率に顕著な差が表れることが確認できた。

(2) 有効な訓練手法

前(1)より、消防隊員が火災の進展状況を正しく把握する能力及び内部進入可能な状況を見極める判断力を養うことが重要であり、訓練想定等に判断要素を組み込み思考と行動を繰り返す訓練手法が有効であると考えられる。

また、判断に際しての比較要素として実火災体験型訓練等により、活動環境の安全性評価能力を身につけることも必要であると考えられる。

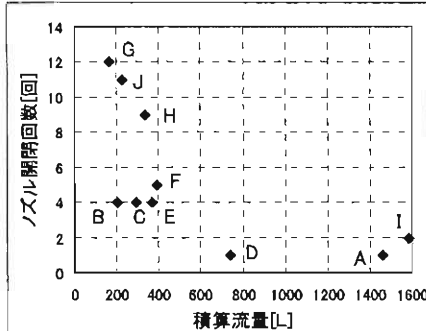


図19 ノズル開閉回数と積算流量

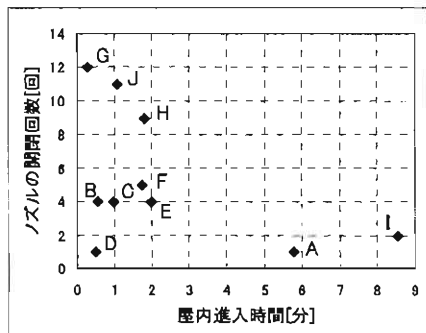


図20 ノズル開閉回数と屋内進入時間

Investigation of Firefighters' Water Shooting Skills and Verification of an Effective Training Method

Tetsuo KIDA*, Kouichi TAMAKOSHI**, Shigeo WATANABE*

Abstract

We investigated firefighters' water shooting skills, conducting fire suppression training with the ten firefighters with different experiences as subjects.

Using the fire experiment lab with a floor area of approx. 13 m² as a simulated fire room, we burned cribs, had the subjects perform extinguishing operations, measured the changes in the temperatures of burning objects, and interviewed the subjects about their judgment of the simulated emergency.

As a result, we found out that there were significant differences in firefighting efficiency according to their knowledge on firefighting, such as the checking of the inside of a burning place with a temporary stoppage of water shooting, judgment on when to enter the affected room, water flow rate adjustment and intermittent spraying.

For this reason, we reached the conclusion that it would be effective to provide technical instructions to the firefighters in training by encouraging them to perform firefighting while both figuring out the progress of a fire and making a judgment of the situation, on the assumption that they must do so.