

中高層階の要救助者に対する援護放水の有効性に関する検証

根本 昌平*, 藤枝 浩史*, 木田 哲夫**, 渡邊 茂男*

概要

本検証は、中高層階のベランダに対する散水分布及び放水による火炎の遮熱効果を確認した。検証方法は、21型改ノズル及びガンタイプノズルで地上から中高層のベランダに向けて放水し、散水分布を測定し、その結果から放水条件を決定し、火災初期を再現した実験室でベランダへの火炎噴出の抑制及び遮熱効果を確認した。

また、援護放水による火災初期の遮熱効果を示すとともに、中高層階の要救助者に対する援護放水要領を導き、援護放水の有効性を示すことができた。

1 はじめに

消防隊は、中高層階のベランダで逃げ遅れた人（以下「要救助者」という）がいる火災では、火災の熱から要救助者を守るために、要救助者に向けて、援護放水を行っている。消防隊の放水は、地上から見ると、ベランダ全体に降り注いでいるように見えるが、ベランダへどのように散水しているのかは、放水している消防隊には、判らない。援護放水は、活動経験から有効とされているが、どの程度有効か具体的なデータは示されていない。

このことから、今回は、実験により援護放水の有効性を確認することにした。

一般的に、中層階¹⁾とは地上3階から5階まで、高層階¹⁾とは地上6階から14階までとされているが、本検証では、地上から5階及び7階（以下「実験階」という）を中高層階とし、援護放水による実験階のベランダに対する散水分布及び火災初期の放水による火炎の遮熱効果を確認し、火災初期の放水要領を検討した。

なお、ベランダとは、ベランダ及びバルコニーを含むものと定義する。

2 実験1（散水実験）

(1) 実験目的

実験は、地上からの放水による実験階のベランダでの散水分布を計測し、遮熱効果を検証する上での放水条件を決定する基礎データを収集する。

(2) 実験概要

ア 実験場所等

江東区豊洲二丁目2番3号 耐火造10階建 旧消防庁舎併用共同住宅（写真1）



写真1 実験建物

イ 実験期間

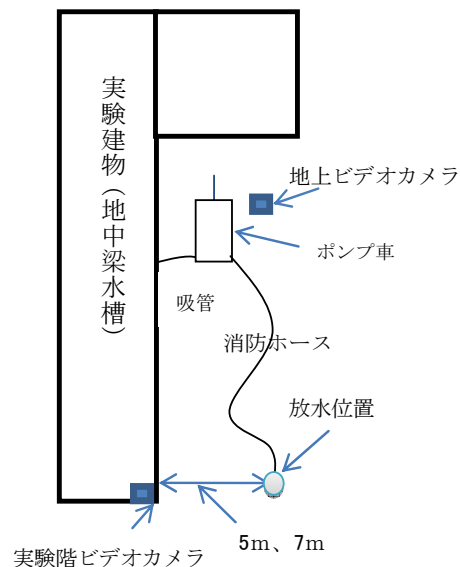
平成23年8月から11月まで

(3) 実験方法

放水位置は、図1のとおりである。放水は、実験階の底に放水が衝突するよう放水台座により放水仰角を調整し、表1に示す放水条件で実施した。写真2は、放水状況である。

実験は、東京消防庁で使用している21型改ノズル及びガンタイプノズルにより地上から実験階に放水し、ベランダに配置した採水柵に落下した水量を測定した。

なお、表1内の設定値とは、ガンタイプノズルの放水量を調整する機能に表示される値（以下「設定値」という）をいう。例えば、ガンタイプノズルで設定値230ℓ/分とは、0.7MPaのノズル元圧力で230ℓ/分の放水量を意味する。



※消防ホースは、呼称φ65mmである。

図1 実験配置図（平面図）

* 装備安全課、** 高輪消防署

表1 放水条件

ノズル	ノズル元圧力 (MPa)	設定値	放水位置	放水形状	実験回数 (放水時間)
21型改ノズル	0.3	—	5 m・7 m	直状・噴霧	3回 (5秒)
ガンタイプノズル	0.7	230 l/分 360 l/分			



写真2 5階ベランダへ向けた放水状況

(4) 測定及び記録方法

機器の配置等は、図2、3、表2のとおりである。

散水分布の測定は、ベランダ床面に設置した荷重変換器の上に採水枡 (18個) を設置し測定した。荷重変換器は、採水枡1個につき底面に3か所設置し、放水により採水枡に入った水量 (以下「採水量」という) を測定した。採水枡の設置状況は、図4及び図5のとおりである。荷重変換器の設置状況は、写真3のとおりである。

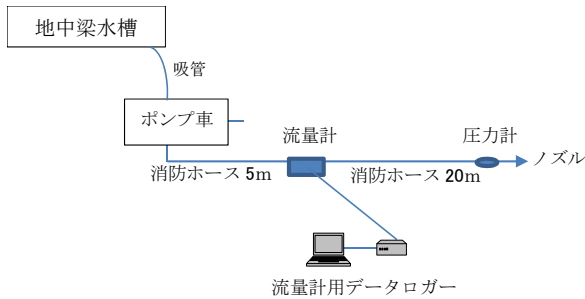


図2 放水体系及び機器の配置

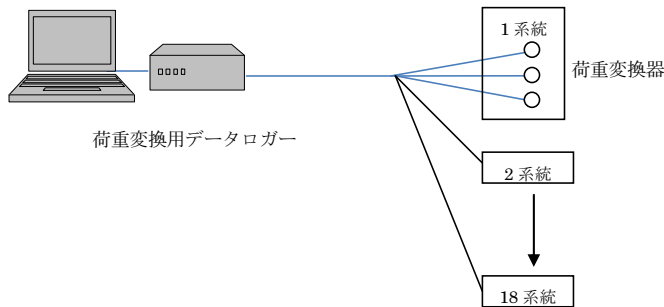
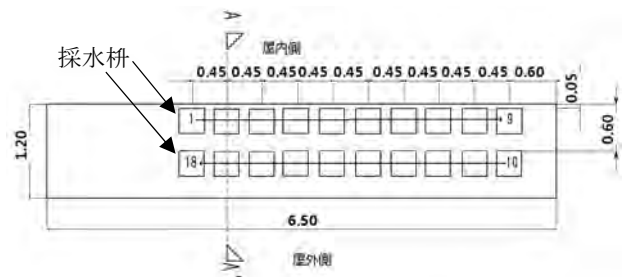


図3 実験階の測定機器の基本接続図

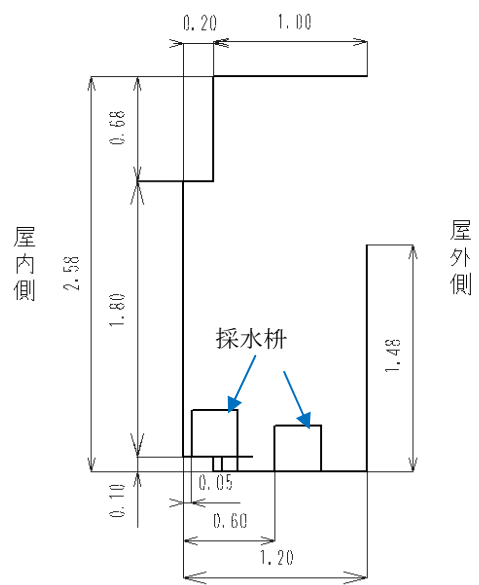
表2 測定及び記録機器

名称	測定機器	設定等
流量計	愛知時計電機社製 TAV65V-30UEVFIX10	測定範囲 0~1000l/分
流量計用データロガー	岩田電業社製 AIM2000	計測間隔 1秒
荷重変換器	共和電業社製 LMA-A型	測定範囲 0~500 N
荷重変換器用データロガー	東京測器社製 TDS-601A	計測間隔 1秒
可視画像	ソニー社製 DCR-PC350	記録設定 SP (30万画素相当)
可視画像	ビクター社製 TKS-527	記録設定 SP (30万画素相当)



※図中の番号は、採水枡の番号を示す。 単位：m

図4 ベランダの採水枡の配置状況



単位：m

図5 A-A' ベランダ断面図



写真3 荷重変換器及び採水枘の配置状況

(5) 実験結果

ア 実験階ベランダの到達状況

表3は、放水の到達結果である。放水形状が噴霧の場合は、21型改ノズル及びガンタイプノズルともに到達しなかった。

21型改ノズルの直状放水は、ガンタイプノズルに比べ、水流の勢いは無く、5階へ到達したが過半が噴霧になりばらける状況であった。ガンタイプノズル230ℓ/分、360ℓ/分での直状放水は、5階へ到達したが、7階への放水（放水位置5m）の場合は、手すりに水流が衝突し、ベランダに放水できなかったため不到達とした。

イ 各放水条件による採水量

表4は、放水条件ごとの結果を示したものである。放水は、庇に衝突し壁面に沿って流下した。実験階のベランダに到達した放水の大部分は、屋内側（採水枘番号1から9）の採水枘に入った。

表3 実験階ベランダへの放水の到達結果

ノズル (設定値)	放水 形状	5階 地上から 15.98m		7階 地上から 21.58m	
		放水位置		放水位置	
		5m	7m	5m	7m
21型改 ノズル (-)	直状	○	○	×	×
ガンタイプ ノズル (230ℓ/分)		○	○	×	○
ガンタイプ ノズル (360ℓ/分)		○	○	×	○
21型改 ノズル (-)	噴霧	×	×	×	×
ガンタイプ ノズル (230ℓ/分)		×	×	×	×
ガンタイプ ノズル (360ℓ/分)		×	×	×	×

※表中の○は、到達、×は、不到達を示す。

表4 到達した放水条件別採水量

放水条件			採水枘番号																	
ノズル (設定値)	実験階	放水 位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
21型改ノズル (-)	5階	5m	0.000	0.000	2.573	6.692	9.609	1.201	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.345	0.672	0.000	0.000	0.000
ガンタイプノズル (230ℓ/分)	5階	5m	0.000	0.381	1.334	3.241	7.626	8.770	5.529	10.104	5.529	0.000	1.121	0.934	0.747	0.000	1.121	0.186	0.186	0.373
ガンタイプノズル (360ℓ/分)	5階	5m	1.130	1.715	4.385	15.062	18.875	21.925	14.108	7.054	4.957	1.121	0.373	0.186	0.560	2.429	0.934	1.121	0.186	0.186
21型改ノズル (-)	5階	7m	1.027	4.289	4.289	4.718	4.075	1.072	0.214	0.428	0.428	0.000	0.630	0.210	0.840	1.471	2.522	1.681	2.102	1.471
ガンタイプノズル (230ℓ/分)	5階	7m	0.561	0.381	0.953	2.287	3.241	3.622	1.715	0.571	0.381	0.560	0.560	0.373	0.747	1.121	0.934	1.121	0.373	1.121
ガンタイプノズル (360ℓ/分)	5階	7m	1.401	2.192	2.287	4.957	7.912	8.198	8.579	10.676	4.766	0.654	1.027	1.681	0.934	0.840	1.027	1.588	1.308	0.560
ガンタイプノズル (230ℓ/分)	7階	7m	0.306	0.693	2.280	12.546	25.253	13.853	2.373	0.000	0.000	0.000	0.000	0.586	1.813	2.520	2.346	0.000	0.000	0.000
ガンタイプノズル (360ℓ/分)	7階	7m	0.000	1.155	13.710	18.765	22.185	24.960	12.990	3.135	0.765	0.000	1.185	2.137	0.945	1.117	0.000	0.000	0.000	0.000

※ 枠の色塗りは、放水条件別の最大採水量を表す。

単位：ℓ/分

(6) 考察

ア 実験階5階の放水状況

表5及び表6は、表4の結果から5階及び7階への各放水条件における最大採水量をまとめたものである。

表5と表6を比べると、放水条件と最大採水量は、21型改ノズルとガンタイプノズル230ℓ/分が同程度で、ガンタイプノズル360ℓ/分が他のものと比べると最大採水量が約2倍であることがわかる。

表5 放水位置5mから5階へ放水の結果

放水条件	最大採水量 (ℓ/分)
21型改ノズル	10.104
ガンタイプノズル230ℓ/分	9.609
ガンタイプノズル360ℓ/分	21.925

表6 放水位置7mから5階へ放水の結果

放水条件	最大採水量 (ℓ/分)
21型改ノズル	4.718
ガンタイプノズル230ℓ/分	3.622
ガンタイプノズル360ℓ/分	10.676

イ 実験階7階の放水状況

表7は、表4の結果から7階への各放水条件における最大採水量をまとめたものであり、ガンタイプノズル360ℓ/分よりもガンタイプノズル230ℓ/分の方が最大採水量が多いという結果となった。しかし、表4より最大採水量の両側の水量を見比べると、ガンタイプノズル360ℓ/分は、ガンタイプノズル230ℓ/分より採水量が多く分布していた。このことから遮熱の範囲は、ガンタイプノズル360ℓ/分が広いことが考えられる。

表7 放水位置7mから7階へ放水の結果

放水条件	最大採水量 (ℓ/分)
ガンタイプノズル360ℓ/分	24.96
ガンタイプノズル230ℓ/分	25.25

ウ 実験階のベランダ内の放水状況

実験階のベランダ内は、地上から見ると一様に散水しているように見えたが、放水状況は、写真4のとおり水幕となり一部に集中することがわかった。



写真4 ベランダの放水状況

3 実験2 (遮熱実験)

(1) 実験目的

実験は、実験1の放水状況を踏まえて、火災初期の水幕によるベランダへの火炎噴出の抑制及び遮熱効果を確認する。

(2) 実験概要

ア 実験場所

東京消防庁消防技術安全所燃焼実験棟 (渋谷区幡ヶ谷一丁目13番20号)

イ 実験日

平成24年11月23日、24日

ウ 実験方法

実験は、写真5のとおり庇を造作した燃焼実験室で実施した。図6のとおり、消火器の消火能力を判定するときに用いられる第一模型 (以下「クリブ」という。) ²⁾ を助燃剤 (ガソリン0.4ℓ) を用いて燃焼させ火災初期の状況を再現し、ガンタイプノズルを用いて、写真6のとおり、放水が、採水桁の範囲に均等に流下するように、庇に向け放水した。

放水設定は、実験1の結果 (ガンタイプノズル360ℓ/分の最大採水量) を踏まえて、ノズル元圧力を0.06MPaとしガンタイプノズルの流量設定ダイヤルにより放水量を調節した。

放水は、助燃剤の燃焼が終了してから、放水量を変えて数回実施し、クリブの燃焼が衰退するまで実施した。



写真5 実験設定状況



写真6 採水桁への流下状況

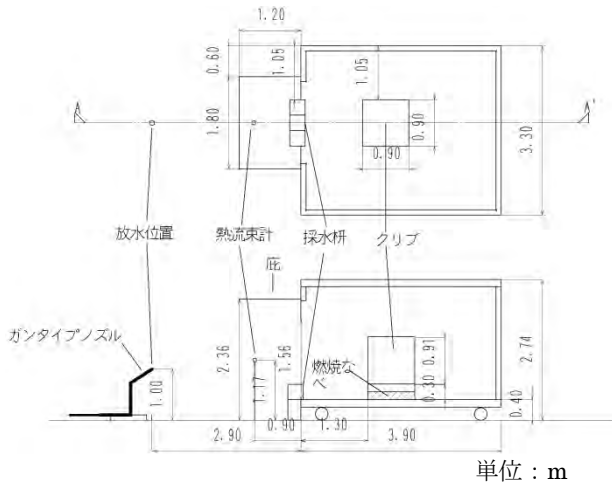


図6 実験設定状況 (上:平面図、下:A-A'断面図)

(3) 測定方法

放水体系及び測定機器の配置は、図7、表8のとおりである。

熱流束計は、要救助者を想定し、図6のとおり位置とした。放水による遮熱効果は、放水直前の熱流束と放水直後の熱流束を測定し、①式のとおり遮熱熱流束とした。

各放水量は、放水開始から熱流束が最も低下した時点の放水量を基準に、放水設定のとおり②式により、1枘あたりの平均採水量に換算し、1枘の採水量とした。

遮熱熱流束

$$= \text{放水直前の熱流束} - \text{放水直後の熱流束} \cdots \text{①}$$

$$1 \text{ 枘の採水量 (ℓ/分)} = \text{放水量 (ℓ/分)} \div 3 \text{ 枘} \cdots \text{②}$$

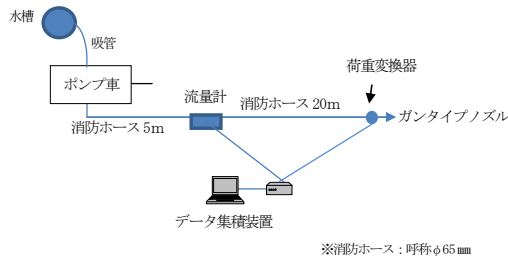


図7 放水体系

表8 測定機器等

名称	測定機器等	設定
流量計	愛知時計電機社製 TAV65V-30UEFVFIX10	測定範囲 0~1000ℓ/分
データ集積装置	江藤電気社製 サモダック FMode15030A	計測間隔 1秒
熱流束計	メドサーム社製 64-10-20	0~10W/cm ² ・秒
可視画像	パナソニック社製 NV-S25-K	記録設定:XP

(4) 実験結果

ア 放水量及び熱流束

図8は、放水による熱流束の変化を示したものである。図中の①~⑬は、実験で放水した順に放水番号で表した。放水番号を示していない箇所は、実験終了後の放水をしたものである。

イ 1枘の採水量

表9は、ガンタイプノズルの各設定値に対する放水量を測定し、1枘の採水量を求めた結果である。

なお、放水番号⑥は、設定値をFLASHで実施したが、採水枘へ均等に放水が入らなかったため、実験データとして採用しないことにした。

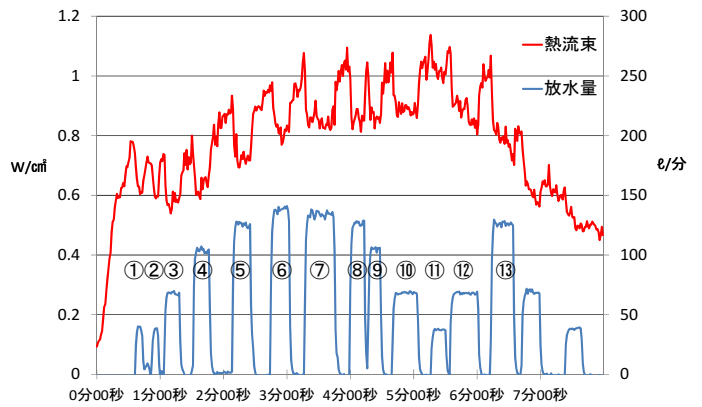


図8 放水による熱流束の変化

表9 1枘の採水量

放水番号	設定値	放水量 (ℓ/分)	1枘の採水量 (ℓ/分)
①	115ℓ/分	40.0	13.333
②	115ℓ/分	32.4	10.800
③	230ℓ/分	68.4	22.800
④	360ℓ/分	102.0	34.000
⑤	475ℓ/分	122.7	40.900
⑥	Flash	128.6	42.867
⑦	475ℓ/分	132.8	44.267
⑧	475ℓ/分	122.6	40.867
⑨	360ℓ/分	101.3	33.767
⑩	230ℓ/分	66.9	22.300
⑪	115ℓ/分	31.3	10.433
⑫	230ℓ/分	64.6	21.533
⑬	475ℓ/分	126.4	42.133

ウ 放水による遮熱効果

表10は、放水の直前と直後の熱流束の測定結果から遮熱熱流束を示したものである。放水番号①から⑬までの放水直前(A)の熱流束は、0.655W/cm²から1.137 W/cm²までの範囲であった。

表 10 放水による熱流束

放水番号	熱流束 (W/cm ²)		
	放水直前 (A)	放水直後 (B)	遮熱熱流束 (A-B)
①	0.655	0.604	0.052
②	0.662	0.596	0.065
③	0.736	0.567	0.169
④	0.800	0.601	0.199
⑤	0.933	0.730	0.204
⑥	—	—	—
⑦	1.077	0.828	0.249
⑧	1.031	0.821	0.210
⑨	1.045	0.853	0.192
⑩	1.078	0.863	0.215
⑪	1.137	1.028	0.109
⑫	1.097	0.897	0.200
⑬	1.068	0.804	0.264

(5) 考察

ア 火災初期の開口部からの熱流束について

表 10 より放水直前 (A) の熱流束は、0.655W/cm²から 1.137 W/cm²の範囲であった。表 11 は、熱流束と皮膚に与える影響を文献により得たものである。これによると、クリブを燃焼させた火災初期と考えられる今回測定された火災の熱流束は、短時間で火傷となる状況と考えられる。

表 11 熱流束に対する症状³⁾

熱流束 (W/cm ²)	症状
0.21	1 分後苦痛
0.42	10~20 秒で苦痛
0.70	20 数秒でひどい火傷
1.05	10~20 秒で火ぶくれ

イ 放水による火災の抑制について

写真 7 のとおり、開口部から火炎が噴き出すことはなかった。このことから、火災初期における放水は、火炎噴出の抑制に効果があると考えられる。



写真 7 放水による火炎に抑制状況

ウ 放水による遮熱効果について

表 12 は、実験結果をもとに遮熱熱流束を上り順にして、1 枅の採水量と対比したものである。この表の最大となる遮熱熱流束 0.264 W/cm²の遮熱効果は、表 11 「熱流束に対する症状」で示す 0.42 W/cm²以下の火災の熱環境であれば、有効と考えられるが、それ以上の熱環境では、火炎から要救助者を守ることは困難と考えられる。

表 12 遮熱熱流束と 1 枅の採水量の対比

放水番号	遮熱熱流束 (W/cm ²)	1 枅の採水量 (ℓ/分)
①	0.052	13.333
②	0.065	10.800
⑩	0.109	10.433
③	0.169	22.800
⑨	0.192	33.767
④	0.199	34.000
⑫	0.200	21.533
⑤	0.204	40.900
⑧	0.210	40.867
⑩	0.215	22.300
⑦	0.249	44.267
⑬	0.264	42.133

エ 1 枅の採水量と熱流束による遮熱効果の傾向

図 9 は、表 12 から 1 枅の採水量と遮熱熱流束の関係を散布図にし、近似式を求めたものがある。この近似式は、③式のとおりで、決定係数から実験結果の範囲においては、当てはまりがよいと考えられる。これにより 1 枅の採水量が増えても水幕による効果は、さほど大きくならないと予測される。

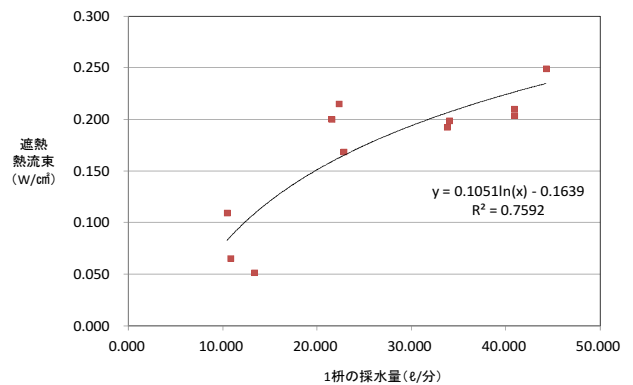


図 9 1 枅の採水量と遮熱熱流束の関係

Y : 遮熱熱流束 (W/cm²)
X : 1 枡の採水量 (ℓ/分)
R² : 決定係数

$$Y=0.1051 \times \log_e(X) - 0.1639 \dots \textcircled{3}$$
$$R^2=0.7592$$

4 まとめ

(1) 実験1

実験階のベランダに対して到達した放水条件の放水形状は、直状放水であった。放水は、21型改ノズル及びガンタイプノズルともに庇から壁体へ流下し開口部で水幕となり、屋内側の採水枡に集中した。5階及び7階ベランダに対する21型改ノズル及びガンタイプノズルの放水では、ガンタイプノズル360ℓ/分が有効であることを確認した。

(2) 実験2

遮熱実験からは、実験1による結果から21型改ノズルとガンタイプノズルの放水による遮熱効果を把握した。その結果、火災初期の放水は、開口部からの火炎を抑制させ、遮熱効果を確認できた。遮熱効果(遮熱熱流束)は、近似式で示し、1枡の採水量が増えてもそれほど大きくならないと予測される。

5 結論

(1) 放水による火炎の抑制ができる場合の援護放水

放水により開口部から噴出する火炎の抑制が可能な場合、火災初期においては、遮熱効果は期待できるが、火災の成長によっては、熱流束が上昇し、要救助者に対する遮熱効果は期待できない。したがって、消防隊員は、図10のとおり要救助者を背面が開口部とならぬ位置に誘導し、開口部に向かって放水を実施する。このことにより、開口部からの火炎を抑制し、要救助者への熱流束の影響を低減することができる。



図10 火炎の抑制ができる場合の放水要領

(2) 放水により火炎の抑制ができない場合の援護放水

放水により開口部から噴出する火炎を抑制できない場合は、要救助者を前(1)と同様に、背面が開口部とならぬ位置に誘導し、図11のとおり開口部から退避した要救助者の方向に放水を実施する。この時、要救助者を水流の落下する位置に低い姿勢にさせることが、有効である。



図11 火炎の抑制ができない場合の放水要領

6 おわりに

今回の実験では、実験データを取得するため、放水台座を使用し安定した条件で実施した。中高層階における放水では、放水距離が遠くなり、風の影響や放物運動の影響により一箇所に安定して命中させることが意外に難しい。また、中高層階へ向けた援護放水は、要救助者を守るだけでなく、上階への延焼阻止ができ、消防活動の消火効率につながるとは言うまでもない。消防隊員は、日ごろからこのようなことを考え放水訓練を行うことが重要であると考えます。

[参考文献]

- 1) 「建築大辞典」、彰国社、1995年11月10日第2版
- 2) 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)
- 3) 日本火災学会：火災便覧「新版」、共立出版、1984年3月1日初版