

# 屋内天井に反射させた場合の散水分布について

高井 啓安\*, 渡邊 茂男\*\*, 根本 昌平\*, 富田 功\*

## 概要

消火活動では、効果的な消火方法として開口部から天井に向けて放水し消火を行う方法(以下、「反射注水」という。)を行うことがある。しかし、現時点では反射注水により、水がどの程度の範囲内に、どの程度の量が散らばるのかについては未だ把握されていない状況である。

本研究は、消火活動時のより効果的な注水要領確立のための基礎データを得ることを目的とし、消防隊が使用する代表的な放水ノズルの散水分布特性を測定したものである。

## 1 はじめに

本実験は、消火活動における反射注水の有効性を把握するための基礎資料を得るため、実物の建物を使用し、天井面への反射注水による床面への散水状況を測定した。

消防隊が使用する代表的なノズルである、21型改良ノズルのストレート及び噴霧(開度30°及び60°)放水を室内で行った場合の、床面への散水状況を測定した。

## 2 実験日時等

### (1) 実験日時

平成14年1月28日(月)から1月31日(木)まで

### (2) 実験場所

台東区駒形1-4-8旧称燐バンダイ第5ビルの2階事務室(床面積133.875㎡、室内高さ2.35m)(以下、「実験室」という。) 実験は、図1の斜線部分で行った。

## 3 実験設定及び測定方法

### (1) 概要

実験室内に採水枡(開口形状が1辺31.6cmの正方形)を設置し、放水位置から表1に示した実験条件で放水を行い、採水枡内に入った水量を各枡ごとにメスシリンダーを用いて測定した。測定は、ノズル開度別に2回ずつ行った。

### (2) 採水枡の設置

採水枡の設置位置は、床面に50cmのメッシュを作成し、メッシュの交点が採水枡の中心となるよう設置した。

なお、採水枡の設置については、放水条件ごとに適宜採水枡を設置して予備放水実験を行い、採水枡内に10リットル以上の採水量があることを基準として設置位置を決定した。採水枡の数

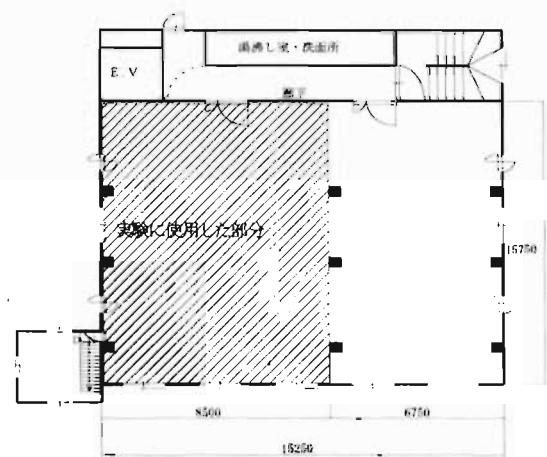


図1 実験室内平面図

量に限りがあったため、平均して同程度の採水量が得られる範囲においては、採水枡の配列を間引いて設置した。

### (3) 放水方法

放水は、隊員1名を指定して行った。放水担当者は、放水位置でノズルを開放状態にしおき、放水量が毎分500リットルとなるまで待機した。そのときには、放水が採水枡内に入ることのないよう採水枡を避けて放水した。

放水量が、毎分500リットルとなった時点で、素早く放水方向にノズルを向け、表1に示した実験条件で放水した。

表1 実験条件

ノズル種別	ノズル開度	仰角	放水量 (L/分)	放水時間 (分)	測定回数 (回)
21型ノズル	ストレート	27°	500	0.5	2
	30°				
	60°				

\*第一研究室、\*\*石神井消防署

(4) 測定項目と測定機器

測定項目及び測定機器は表2のとおりである。

(5) 放水状況

各実験条件における放水状況を写真1から写真6に示す。

表2 測定項目及び測定機器等

測定項目	測定機器等	仕様等
放水量	流量計	
ノズル圧力	圧力計	測定レンジ：0～2.5MPa 精度：±0.05MPa
散水分布	採水枡	縦316mm×横316mm×深さ200mm
	メスシリンダ	測定レンジ：90～1000リットル 精度：±10リットル
状況記録	デジタルビデオカメラ (放水位置から撮影)	S社製DCR-VX1000 3000デジタルカメラシステム
	デジタルビデオカメラ (採水枡側から撮影)	S社製DCR-TRV9
仰角	角度計	I社製ANGLE LEVEL METER 測定レンジ：-5～95deg

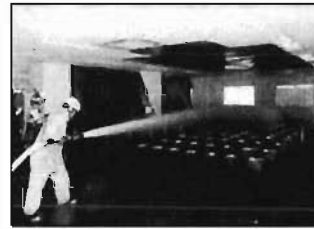


写真1 ストレート放水(仰角0°)



写真2 ストレート放水(仰角27°)



写真3 開度30°(仰角0°)



写真4 開度30°(仰角27°)



写真5 開度60°(仰角0°)



写真6 開度60°(仰角27°)

4 実験結果

採水量の測定結果を表3から表7に示す。なお、ストレート放水(仰角0°)の結果については、本実験室では放水射程がとれず、データを収集することができなかった。

5 考察

(1) 消火に有効な放水範囲

ア ストレート放水

放水位置から2.5m先の平らな天井面(仰角27°)に衝突させた場合、放水流は約4m程度天井面をなめて、表3に示すように、筒先からの距離(水平距離)8.0～12.0m地点に落下した。そのときの放水幅(採水枡内に採水が認められた幅)は2～3.5mであった。

このことから、ストレート放水では、放水を天井に反射させることでより広範囲に消火に有効な注水を行うことができるものと考えられる。しかし、反射注水は、衝突させた天井面で反射するのではなく、衝突面から約4m天井を伝わった後に落下することが確認された。

イ 開度30°放水(仰角0°・27°)

仰角0°で放水した結果、表4に示すように、消火に有効と考えられる放水は、筒先からの距離(水平距離)2.0m～11.0m地点に落下した。そのときの放水幅(採水枡内に採水が認められた幅)は約1.0m～2.0m程度であった。放水がもっとも集中した水平距離6.0m付近での放水幅は、約2.0mであった。

採水した水量は、水平距離6.5m付近をピークにして、水平距離2.0m～11.0m付近に分散し、放水幅の中心左右0.5m付近に集中した。

一方、仰角27°(放水位置から2.5m先の平らな天井面に放水を衝突させた。)で放水した結果、表5に示すように、消火に有効と考えられる放水は、水平距離5.0m～8.0m地点に落下した。そのときの放水幅は約2.0m～3.0m程度であった。放水が最も集中した水平距離7.0m付近での放水幅は、約2.0mであった。

採水した水量は、水平距離7.0m付近をピークにして放水位置側に向かって2.0m進んだ付近及びピークの反対側に向かって1.0m進んだ付近の間に集中した。また、放水幅の中心左右1.0m付近に集中した。

このことから、今回の実験条件において開度30°の放水を仰角27°で天井に反射させることにより、水平到達距離は仰角0°の放水より約3.0m程度短くなるが、放水幅については約1.0m程度広がることが確認された。

ウ 開度60°放水(仰角0°・27°)

仰角0°で放水した結果、表6に示すように、消火に有効と考えられる放水は、水平距離1.0m～7.0m地点に落下した。そのときの放水幅は約1.0m～2.0m程度であった。放水がもっとも集中した水平距離1.5m付近での放水幅は、約1.0mであった。

採水した水量は、水平距離1m付近をピークにして6m付近までの間に集中し、放水幅の中心左右1m付近に集中した。

一方、仰角27°(放水位置から2.5m先の平らな天井面に放水を衝突させた。)で放水した結果、表7に示すように、消火に有効と考えられる放水は、水平距離3.5m～8.0m地点に落下した。そのときの放水幅は約2.0～3.5m程度であった。放水が最も集中した水平距離5.5m付近での放水幅は、約3.5mであった。



表7 開度 60° 放水(仰角 27° )

採水量 (ml)	筒先からの距離 (m)																								
	11.5	11.0	10.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	0	70	83	95	15	35	25	45	25	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0	0	0	0	0	280	288	295	260	250	220	205	175	155	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0	170	293	415	548	680	975	1450	2520	3165	2285	1420	1345	868	390	205	20	0	0	0	0	0
1.0	0	0	0	0	240	375	510	763	1015	1490	2160	3080	3425	2040	935	700	580	460	298	135	0	0	0	0	0
0.5	0	0	115	225	335	498	660	868	1075	1380	1615	1985	1960	1120	775	655	558	460	365	270	0	0	0	0	0
0.0	0	0	90	178	265	415	565	700	835	1170	1500	1740	1250	715	655	610	550	460	325	190	0	0	0	0	0
0.5	0	0	75	118	160	200	400	532	665	935	1245	1490	1900	1090	905	775	665	555	395	215	0	0	0	0	0
1.0	0	0	65	98	130	268	245	343	480	820	1170	1635	2230	2665	2330	1055	763	470	348	225	0	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0	100	150	200	368	415	665	1055	1475	2030	2385	1930	980	678	375	218	60	0	0	0	0	0
2.0	0	0	0	0	0	170	293	415	710	780	770	670	475	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	150	203	255	310	285	205	120	80	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表8 各柵の1分あたりの採水量(ストレート放水、仰角 27° )

採水量 (ml)	筒先からの距離 (m)																							合計			
	12.5	12.0	11.5	11.0	10.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5		1.0	0.5	0.0
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	0	290	887	2026	2900	3040	2310	2490	2800	1860	350	1300	885	430	405	380	235	90	45	0	0	0	0	0	0	0	8520
1.0	0	1170	2560	3180	3110	2500	2280	1840	1640	1410	1000	910	665	430	170	520	190	460	290	120	0	0	0	0	0	0	25795
0.5	0	2050	3210	3410	2910	2300	1790	1390	1030	800	990	540	190	440	390	340	345	310	310	150	0	0	0	0	0	0	24405
0.0	0	2510	4180	4980	3900	2650	1850	1450	990	900	730	610	495	380	420	160	500	340	465	490	0	0	0	0	0	0	27420
0.5	0	340	810	660	400	280	270	210	190	1870	1100	870	630	390	380	330	345	360	341	330	0	0	0	0	0	0	37940
1.0	0	1120	2880	3200	2980	2380	1980	1580	1080	680	460	380	320	240	190	295	400	265	130	0	0	0	0	0	0	0	71205
1.5	0	460	680	790	680	520	310	180	110	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	0	0	0	0	0	10695
2.0	0	0	0	0	0	130	110	110	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	0	0	0	0	0	1130
2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	11040	23490	27570	28160	32720	29510	20430	14030	10180	7170	5850	4000	2880	2580	2280	2270	2260	1790	1320	0	0	0	0	0	0	238530

表9 各柵の1分あたりの採水量(開度 30° 放水、仰角 0° )

採水量 (ml)	筒先からの距離 (m)																							合計			
	12.5	12.0	11.5	11.0	10.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5		1.0	0.5	0.0
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
1.0	0	100	150	190	190	310	275	140	160	170	110	90	110	110	170	240	220	160	110	60	30	0	0	0	0	0	3395
0.5	0	520	940	1000	1200	1350	1435	1480	1475	1720	2140	2200	1820	1110	1190	1100	1040	830	220	130	60	0	0	0	0	0	13465
0.0	0	950	1470	2440	2600	2910	2710	2420	2180	2060	1960	1880	1650	1340	1010	1060	1020	720	260	300	140	0	0	0	0	0	81100
0.5	0	360	500	430	1580	2680	2380	1840	1580	1410	1180	820	620	570	370	480	410	360	180	120	60	0	0	0	0	0	81690
1.0	0	60	70	240	330	510	570	765	840	910	950	990	1020	1050	1270	1280	1270	1250	1030	660	410	210	100	30	0	0	15745
1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	850
2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	1990	3190	3030	5640	7820	10240	11645	13050	14160	14300	15190	16440	16470	15070	15140	14630	13650	12230	9620	6850	3990	1760	450	0	0	226705

表10 各柵の1分あたりの採水量(開度 30° 放水、仰角 27° )

採水量 (ml)	筒先からの距離 (m)																							合計			
	11.5	11.0	10.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5		0.0		
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0	10	20	30	30	110	240	610	1190	1350	1370	1340	820	560	270	0	0	0	0	0	0	0	0	7700
1.0	0	0	0	10	40	60	140	330	1200	4470	7540	6190	6260	2640	1610	920	720	800	555	310	165	20	0	0	0	0	32820
0.5	0	0	10	50	130	240	550	1760	7100	11460	10220	1180	1840	890	760	830	770	770	715	660	345	30	0	0	0	0	41730
0.0	0	0	10	150	260	570	1340	2700	7300	7970	3610	1670	890	620	700	1030	680	630	525	420	260	100	0	0	0	0	37735
0.5	0	0	20	210	320	760	2120	4870	12220	11610	6330	2130	1010	730	700	730	740	720	635	550	305	60	0	0	0	0	49580
1.0	0	0	20	150	270	350	640	1090	2790	6910	7480	6230	3110	1620	920												

表 11 各柵の1分あたりの採水量(開度 60° 放水、仰角 0° )

採水量 (m)	筒 先 か ら の 距 離 (m)																				合 計				
	11.5	11.0	10.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0		1.5	1.0	0.5	0.0
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	10	19	29	50	60	70	110	170	190	170	90	10	0	0	0	0	0
1.0	0	0	0	0	0	0	0	40	20	50	80	150	360	330	230	270	430	370	230	990	300	70	0	0	
0.5	0	0	0	0	0	50	60	130	220	560	1290	3560	340	570	1150	3070	3780	3650	4080	3160	2080	40	0	0	
0.0	0	0	0	0	0	140	300	510	840	1430	2770	4290	2950	3200	1830	950	1090	1230	2060	4240	3370	14700	660	0	
0.5	0	0	0	0	0	250	540	650	1100	1750	2760	4380	4190	2330	1830	2070	1340	1370	4710	3480	10570	3070	120	0	
1.0	0	0	0	0	0	260	490	690	1040	1860	3080	2890	3010	2620	3970	4980	3180	3980	1940	620	190	150	0	0	
1.5	0	0	0	0	0	70	170	240	350	490	530	600	570	470	380	280	190	130	120	100	100	0	0	0	
2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
合 計	0	0	0	0	0	440	1230	1990	3120	5140	8930	13980	16270	14980	13720	14370	16070	17310	18920	26360	35700	19180	970	0	

表 12 各柵の1分あたりの採水量(開度 60° 放水、仰角 27° )

採水量 (m)	筒 先 か ら の 距 離 (m)																				合 計			
	11.5	11.0	10.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0		1.5	1.0	0.5
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	0	140	165	190	90	70	50	90	50	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0	0	0	0	0	0	560	575	590	520	500	440	410	350	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0	340	585	830	1060	1380	1930	2590	3040	3230	4310	2640	2090	1730	780	110	10	0	0	0	0
1.0	0	0	0	0	480	750	1020	1350	2030	2950	4120	6160	6870	1090	1070	1690	1700	920	595	270	0	0	0	0
0.5	0	0	230	450	670	995	1320	1730	2190	2770	3260	3970	4920	4240	1530	1310	1115	920	730	340	0	0	0	0
0.0	0	0	180	335	530	830	1130	1400	1670	2540	3690	5180	6500	1430	1310	1260	1100	920	650	580	0	0	0	0
0.5	0	0	150	235	320	560	800	1060	1320	1870	2670	3660	4630	2180	1810	1560	1330	1110	770	430	0	0	0	0
1.0	0	0	130	195	260	415	570	765	960	1340	1940	2770	3490	1590	1260	1110	1180	940	695	450	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0	200	300	400	615	830	1130	1530	2090	2770	1370	1090	1050	1350	750	435	120	0	0	0	0
2.0	0	0	0	0	0	340	585	830	1120	1560	2140	2840	3640	950	730	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	0	0	0	0	0	300	405	510	620	570	410	240	160	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	0	0	690	1235	2800	4435	7410	9930	12450	17520	23220	30290	34000	26110	19150	12300	9320	6340	4285	2230	0	0	0	0

採水した水量は、水平距離 5m 付近をピークにして放水位置側に向かって 1.5m 付近、反対側に 2m 付近の間に集中し、放水幅の中心左右 1.5m 付近に集中した。

このことから、今回の実験条件において開度 60° の放水を仰角 27° で天井に反射させることにより、水平到達距離は仰角 0° の放水より 1m から 2m 程度伸び、放水幅についても 1m から 2m 程度広がる事が確認された。

エ 各柵 1分あたりの採水量比較

放水時間を 1 分間にした場合のそれぞれの採水量を表 8 から表 12 に示す。表 8、表 10 及び表 12 を比較すると、今回の実験条件において反射注水を活用し消火活動を行う場合、水平距離 8m 以遠の部分の消火には、ストレート放水を反射注水させ、8m 未満の部分には開度 60° 放水を反射注水させることが効果的であると考えられる。

6 まとめ

- (1) ストレート放水では、放水を天井に反射させることでより広範囲に消火に有効な注水を行うことができるものと考えられる。更に反射注水は、衝突させた天井面で反射するのではなく、衝突面から約 4m 天井を伝わった後に落下することが確認された。
- (2) 放水量 500 L/分、開度 30° の放水を仰角 27° で天井に反射させることにより、水平到達距離は仰角 0° の放水より約 3.0m

程度短くなるが、放水幅は約 1.0m 程度広がる事が確認された。

- (3) 放水量 500 L/分、開度 60° の放水を仰角 27° で天井に反射させることにより、水平到達距離は仰角 0° の放水より 1m から 2m 程度伸び、放水幅についても 1m から 2m 程度広がる事が確認された。

- (4) 今回の実験条件において反射注水を活用し消火活動を行う場合、水平距離 8m 以遠の部分の消火には、ストレート放水を反射注水させること、また、8m 未満の部分には開度 60° 放水を反射注水させることが効果的であると考えられる。

# REFLECTIVE WATER DISCHARGE TO THE CEILING AND THE FLOOR AREA COVERED BY WATER

Hiroyasu TAKAI\*, Shigeo WATANABE\*\*,  
Shohei NEMOTO\* and Isao TOMITA\*.

## Abstract

This study aims at getting basic data for the determination of more effective water application for fire fighting. The experiment was conducted with typical fire fighting drainage nozzles to clarify their water discharge distance and the floor area covered by the discharge.

As an effective, indirect fire fighting method, water is sometimes discharged to the ceiling from a nozzle. ( "reflective water discharge" ) But no experiment has been conducted to clarify how far the discharge can reach, and how much water will cover the floor.

---

\*First Laboratory

\*\*Syakujū Fire Station