

## 小屋裏等への放水による消火効果の検証

根本 昌平\*, 木田 哲夫\*\*, 渡邊 茂男\*

### 概要

本検証は、消防隊が通常使用する放水器具により小屋裏及び壁体内部（以下「小屋裏等」という。）に放水した場合の散水状況を把握し、小屋裏等への効果的な放水方法に関する基礎的なデータを得た。

### 1 はじめに

小屋裏等への延焼は、目視しづらく気づかない間に延焼が拡大し、早期の消火が重要である。消火する場合には、狭隘の箇所が多く一般に消火が困難な箇所である。

本検証は、このような空間へ限られた部分から放水した場合の散水分布の測定及び可視化を行うことにより、小屋裏等への消火効果を検証した。

### 2 検証項目

- (1) 小屋裏へ放水する場合の有効な放水方法
- (2) 壁体中空部へ放水する場合の有効な放水方法

### 3 実験1

#### (1) 実験概要

実験は、小屋裏を想定した空間に放水したときの散水分布を測定した。

#### (2) 実施期間及び場所

期間：平成22年7月及び8月

場所：消防技術安全所内総合実験室（渋谷区幡ヶ谷一丁目13番20号）

#### (3) 測定項目

採水量の測定

#### (4) 実験要領

##### ア 実験設定

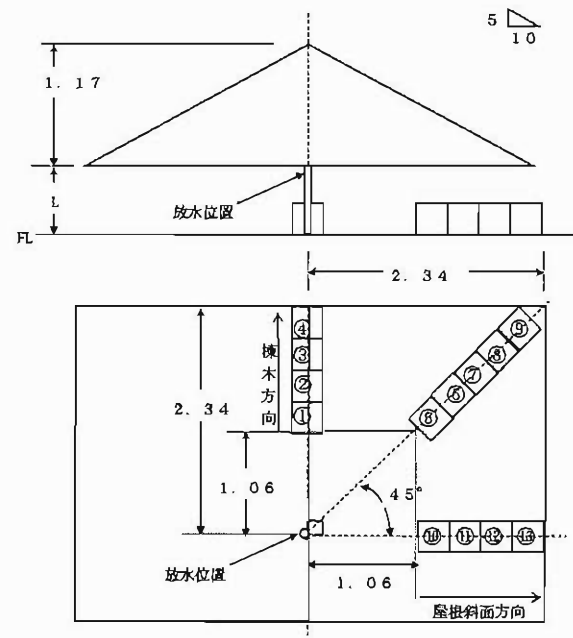
実験は、写真1、2に示すとおり防水シートで製作した屋根勾配（5/10）の屋根に、消防隊が通常消火活動で使用する放水器具（写真3、4参照）で棟木に向けて真上に放水し、床面に落下した水を金属枡（開口形状が1辺31.6cmの正方形）で採取した。金属枡の配置は、事前に予備実験を行い図1のとおりとした。



写真1 実験外観



写真2 金属枡の配置



上は、床面からのノズル先端の高さを示す。  
①から⑯は、金属枡の設置番号を示す。  
(単位：m)

図1 金属枡配置図（上：側面図、下：平面図）

### イ 放水条件

表1のとおり、消防隊が通常の消火活動で使用する2種類の放水器具（写真3、4参照）を使用し、通常のノズル根元圧力（以下「ノズル元圧」という。）で放水した。

金属柵に散水した採水量の計測には、電子秤を使用した。

表1 放水設定

放水器具	ノズル元圧 (MPa)	放水時間 (秒)	ノズル展開角度 (°)
21型改ノズル	0.3	20	60
ガンタイプノズル	0.7	30	90 120



写真3 21型改ノズル 写真4 ガンタイプノズル

ウ 計測

計測機器は、表2のとおりとし、実験全体の映像はビデオカメラで記録し、放水量は、電磁流量計で計測した。

表2 計測機器

計測機器	計測設定等	製作会社及び型式
データ集積装置	測定間隔1秒	E社製 CADAC2000
圧力センサー	計測範囲：0~20 k g / c m <sup>2</sup> 印加電圧 12V	K社製 PA-20KG
電磁流量計	計測範囲：0~1000ℓ/分 印加電圧 12V	A社製 TAV-30
ビデオカメラ	録画モード：SP 絞り：固定	S社製 DCR-PC350
電子秤	計測範囲：0~24000g (スベノ2g)	M社製 LF-24

(5) 実験結果

ア 採水量は、表3のとおりである。

イ 放水状況の可視画像及び採水量の3軸棒グラフを図2に示す。

表3 採水量 (ℓ)

番号 実験名	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	放水時間 (秒)
21型改-60°	0.186	0.504	3.666	27.978	1.590	5.184	7.890	2.580	0.132	0.402	1.806	3.402	5.622	20
21型改-90°	0.342	0.414	1.452	16.584	2.142	5.274	5.166	1.608	0.144	0.678	3.174	3.540	2.484	20
21型改-120°	0.156	0.156	0.294	8.712	0.306	1.746	5.412	5.718	0.648	0.216	0.444	2.112	5.994	20
GN115-60°	0.244	0.240	0.364	0.680	2.592	2.900	0.516	0.060	0.032	0.400	1.272	0.924	0.908	30
GN115-90°	0.344	0.260	0.352	0.680	1.424	1.632	0.288	0.044	0.028	0.552	1.196	1.840	1.664	30
GN115-120°	0.156	0.188	0.216	0.572	0.644	1.340	0.892	0.300	0.024	0.188	0.556	1.300	1.680	30
GN230-60°	0.132	0.188	0.388	1.804	0.760	5.384	11.208	0.584	0.044	0.218	0.408	1.928	1.916	30
GN230-90°	0.212	0.352	0.596	1.456	0.980	2.988	2.940	0.608	0.080	0.224	0.484	2.756	3.400	30
GN230-120°	0.100	0.136	0.256	0.700	0.324	0.852	2.560	2.176	0.160	0.180	0.252	1.184	3.688	30
GN360-60°	0.100	0.244	0.904	6.888	0.316	1.692	9.580	6.064	0.172	0.192	0.212	0.836	2.588	30
GN360-90°	0.100	0.136	0.356	2.380	0.328	1.008	5.584	6.024	0.176	0.220	0.260	0.592	7.872	30
GN360-120°	0.076	0.108	0.292	1.004	0.124	0.472	1.496	5.368	1.332	0.116	0.176	0.224	6.676	30

備考： 実験名の表示は、21型改ノズルが、「21型改ノズル展開角度」、ガンタイプノズルは、「GN設定流量ノズル展開角度」とする。

図2 採水グラフ及び放水状況

実験名	展開角度 60°	展開角度 90°	展開角度 120°
21型改ノズル			
GN115			
GN230			
GN360			

(6) 考察

ア 21型改ノズル

図2のとおり、棟木方向の放水位置から最も離れた金属柵の採水量が顕著に多かった。これは、棟木にそって流水したのち壁に当たり落下したものである。とくに実験名「21型改60°」では、1箇所に散水が目立ち、棟木に沿って流水したのち壁に沿って落下した影響が大きい。また、全体的に、展開角度を広げると離れた金属柵に散水する傾向を示した。

さらに、屋根に勾配に沿って水が流下することも確認できた。

イ ガンタイプノズル

図2に示すとおり、傾向として展開角度を広げると放水位置から離れた金属柵の採水量は多くなった。また、展開角度及び放水量の増加に伴い、空気中に浮遊する噴霧が多量に発生した。

ウ 回収率

金属柵を配置した方向に放水量の1/4の放水量が散水したと仮定し、各実験での放水量の1/4を分母とし各実験ごとの金属柵での採水量の合計を分子として表したのが、表3の回収率である。なお、軸上（棟木及び屋根方向）の直下に配置した金属柵の採水量は、折半した。

21型改ノズルとガンタイプノズルの回収率は、展開角度が広がるとともに回収率が低くなることを示している。

回収率について、展開角度60°で比較すると、21型改ノズルは、95%であり、放水のほとんどが、天井裏に落下する。一方、ガンタイプノズルは、53%から75%の範囲にあり、21型改ノズルより噴霧が多く発生したといえる。

表4 回収率

番号 実験名	採水量 (ℓ)	回収率 (%)
21型改-60°	39.159	95
21型改-90°	28.668	81
21型改-120°	22.872	53
GN115-60°	8.616	60
GN115-90°	6.860	48
GN115-120°	5.628	39
GN230-60°	21.471	75
GN230-90°	12.336	43
GN230-120°	9.320	32
GN360-60°	23.806	53
GN360-90°	19.078	42
GN360-120°	13.128	29

(7) 検証結果

以上のことから、21型改ノズルとガンタイプノズルは、ともに、放水位置半径1mの範囲に採水がなく、展開角度を広げると採水量が周囲に広がりを確認した。また、回収率から21型改ノズルよりもガンタイプノズルは、空気中に浮遊する噴霧が多いことが考えられ、閉鎖空間の高温環境下における間接消火に有効である。

4 実験2

(1) 実験概要

実験は、壁体中空部(L=0.1, 0.3m)へ放水したときの上方の採水量等を計測した。

(2) 実施日及び場所

前3(2)に同じ。

(3) 測定項目

放水器具の仰角及び展開角度の変化による採水量の計測並びに放水状況の映像

(4) 実験方法

ア 実験設定

実験は、図3に示す壁体を設定し、放水器具の仰角を変えて壁体中空部に放水した。(写真5, 6参照)

放水は、ポンプ車から予め所定の圧力で加圧し、指揮者の合図とともに放水台座の仕切弁を開放、放水し、採水管を通して計量容器に入った採水量を計測した。

採水は、上方向への水流を採取するため採水管で採取し相対的傾向を捕らえることを目的とした。採水位置は、居室の天井高を想定し床面から2.5mの高さとした。なお、採水方法は、予備実験を行い、採水が可能であることを確認して、採水角度を10°とした。

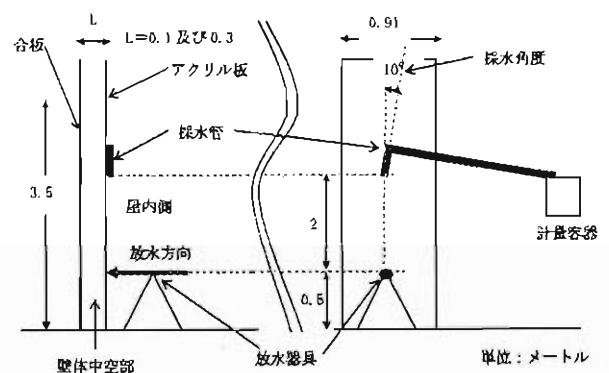


図3 実験概略図(左:側面 右:正面)

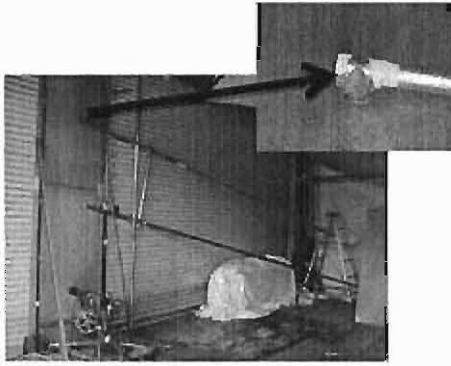


写真5 実験全景



写真6 実験側面

イ 放水条件

表5に示すとおり、放水器具及びノズル元圧は、実験1と同じ条件とし、展開角度及び仰角を変えて15秒間放水した。

表5 放水条件

放水器具	ノズル元圧 (MPa)	展開角度 (°)	仰角 (°)	放水時間 (秒)
21型改ノズル	0.3	ストレート	0	15
		60	0	
		90	30	
		120	30	
ガンタイプノズル	0.7			

ウ 計測





















採水量は、電子秤で重量を計測し、1分間の採水量に換算し、記録した。











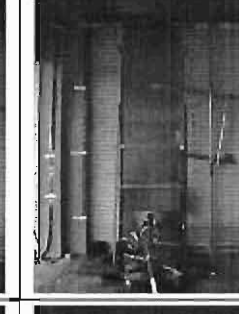






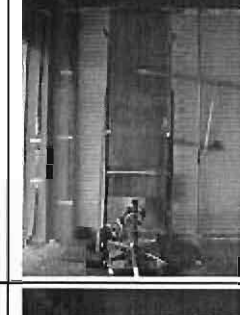
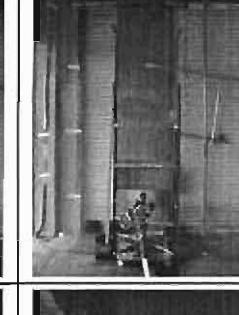
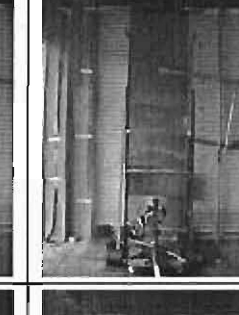

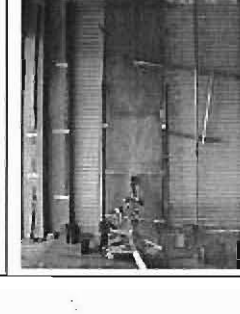


(5) 実験結果

採水量を表6に、放水状況の可視画像を、図4に示す。

表6 放水条件別の採水量の結果

実験名	展開角度	仰角	壁体	採水量
			中空部幅 (cm)	
21型改	ストレート	0	10	0
21型改	60	0	10	0
21型改	90	0	10	0
21型改	120	0	10	0
GN115	ストレート	0	10	0
GN115	60	0	10	0
GN115	90	0	10	0
GN115	120	0	10	0.008
GN230	ストレート	0	10	0.016
GN230	60	0	10	0.02
GN230	90	0	10	0.056
GN230	120	0	10	0.048
GN360	ストレート	0	10	0.12
GN360	60	0	10	0.032
GN360	90	0	10	0.072
GN360	120	0	10	0.04
21型改	ストレート	30	10	4.808
21型改	60	30	10	0.984
21型改	90	30	10	0.224
21型改	120	30	10	0.056
GN115	ストレート	30	10	0.2
GN115	60	30	10	0.16
GN115	90	30	10	0.04
GN115	120	30	10	0.072
GN230	ストレート	30	10	2.08
GN230	60	30	10	0.76
GN230	90	30	10	0.072
GN230	120	30	10	0.12
GN360	ストレート	30	10	4.152
GN360	60	30	10	3.464
GN360	90	30	10	0.264
GN360	120	30	10	0.44
21型改	ストレート	0	30	0
21型改	60	0	30	0
21型改	90	0	30	0
21型改	120	0	30	0
GN115	ストレート	0	30	0.072
GN115	60	0	30	0.012
GN115	90	0	30	0
GN115	120	0	30	0
GN230	ストレート	0	30	0.12
GN230	60	0	30	0.02
GN230	90	0	30	0.008
GN230	120	0	30	0.008
GN360	60	0	30	0.036
GN360	90	0	30	0.024
GN360	120	0	30	0.016
21型改	ストレート	30	30	2.288
21型改	60	30	30	0.944
21型改	90	30	30	0.24
21型改	120	30	30	0.04
GN115	ストレート	30	30	0.272
GN115	60	30	30	0.064
GN115	90	30	30	0.096
GN115	120	30	30	0.1
GN230	ストレート	30	30	0.856
GN230	60	30	30	0.472
GN230	90	30	30	0.256
GN230	120	30	30	0.036
GN360	ストレート	30	30	1.584
GN360	60	30	30	0.984
GN360	90	30	30	0.488
GN360	120	30	30	0.056

実験名 ノズル 仰角 全体中空部幅	展開角度			
	左側	60°	90°	120°
21型改 0° 10cm				
21型改 0° 30cm				
21型改 30° 10cm				
21型改 30° 30cm				
GN115 0° 10cm				

<p>GN230 0° 10cm</p>				
<p>GN360 0° 10cm</p>				
<p>GN115 0° 30cm</p>				
<p>GN230 0° 30cm</p>				
<p>GN360 0° 30cm</p>				
<p>GN115 30° 10cm</p>				

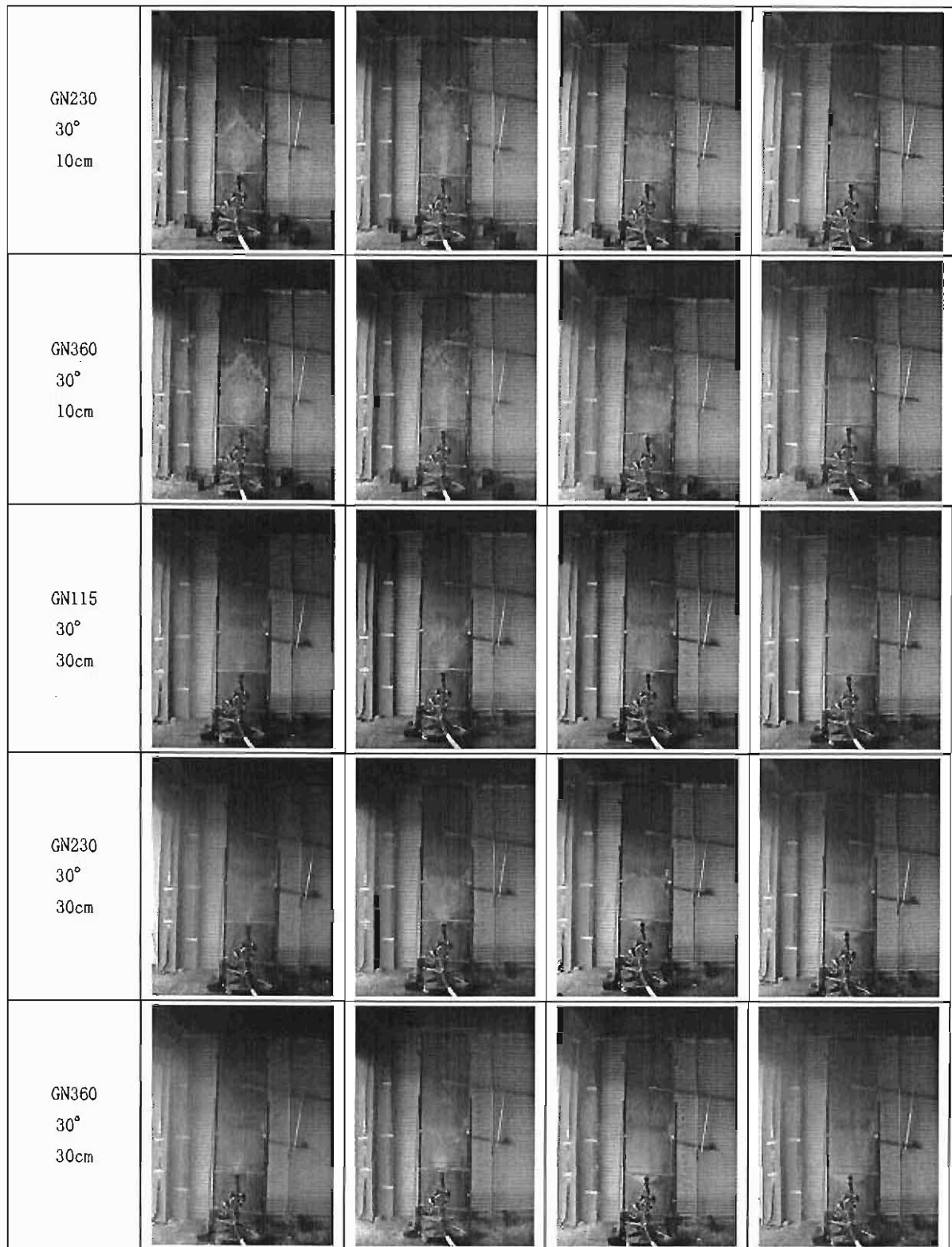


図4 壁体中空部への放水状況

(6) 考察

ア 仰角及び展開角度の違い

図4より仰角0°での放水は、ストレートから展開角度を広げると円状に広がるが上方への勢いはなかった。一方、仰角30°での放水は、表6及び図4のとおり21型改ノズル及びガンタイプノズルのストレートが最も上方に対して採水量が多かった。また、仰角0°及び30°ともに

展開角度を広げると、放水の勢いは扇状に水流が広がり採水量は減じた。

図5に放水条件別の採水量を示す。図5より壁体中空部上方に設置した採水管による採水量は、21型改ノズル及びガンタイプノズルとも展開角度を大きくとるより、ストレートで仰角30°で放水した場合の方が多かった。



### イ 壁体中空部の違い

図5より仰角 $0^{\circ}$ での放水による壁体中空部への影響は、10cm及び30cmともに、その差はなかった。壁体中空部への影響は、図5に示すとおり仰角 $30^{\circ}$ での放水は、壁体中空部幅30cmより10cmの方が上方への

放水が強かった。これは、壁体中空部幅が広いと、四方に分散するのに対して、狭い方が放水の逃げ場が狭められるため、水流が上方へ集中したものと考えられる。

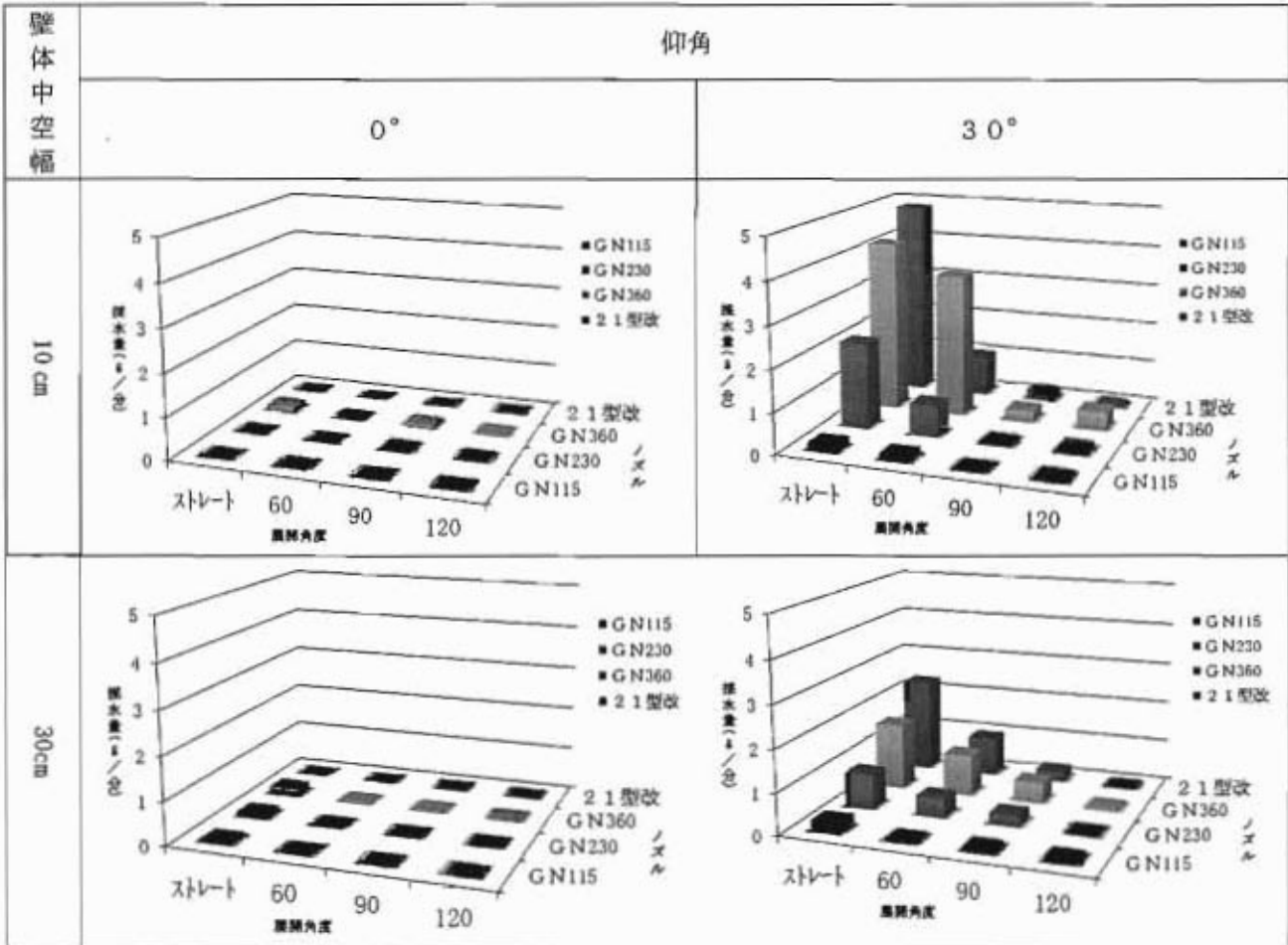


図5 放水条件別採水量

### ウ 放水器具の違い

図4より2.1型改ノズルとガンタイプノズルとでは、ガンタイプノズルの噴霧の方が細かったが、ノズルから放水された水流の形状は両者ともにほぼ同じであった。

### (7) 検証結果

以上のことから、壁体中空部を利用して上方へ向けて放水する場合は、ストレートで仰角を大きくとる放水が効果的である。

## 5 まとめ

### (1) 小屋裏への放水

小屋裏への有効な放水方法は、展開角度を $60^{\circ}$ から $90^{\circ}$ にして四方に振りながら広範囲に放水することが効果的と考える。また、ガンタイプノズルは、空气中に浮遊する噴霧が細かく、高温環境下ならば間接消火が期待できる。

### (2) 壁体中空部への放水

壁体中空部が上方に向かって延焼している場合は、ストレートで仰角を大きくとるほど上方への放水が多くなり消火に期待できる。

## 6 おわりに

小屋裏等の火災は、延焼状況が判りづらく、気付いた時には建物全体に火災が広がってしまう場合がある。消防隊は、天井や換気口からの薄煙の流出等の現象を確認した場合は、小屋裏等への延焼を考慮し、早期に筒先を配備することが、延焼拡大の阻止につながると考える。

### 【参考文献】

- 1) 「屋内天井に反射させた場合の散水分布について」消防科学研究所報第39号
- 2) 「屋外からの放水による室内散水分布について」フェスク 2005年12月号

# Study on the fire extinguishing effect of the water discharge onto attics

Shohei NEMOTO\*, Tetsuo KIDA\*\*, Shigeo WATANABE\*

## Abstract

This study grasped the watering conditions when firefighters discharged water onto attics and inside walls (hereinafter "attics" ) using water discharge nozzles they normally use, and examined the effective method of the water discharge onto attics.