

ガンタイプ放水器具の散水分布の実験結果について

根本 昌平*, 玉越 孝一*, 菅原 洋一*, 富田 功**

概 要

本研究は、東京消防庁で平成16年度に採用したガンタイプの放水器具について、散水分布の実験を行い、その水量を測定した。また、得られたデータを基に、初速度、空気抵抗率を算出し、放水仰角を変化させときの散水分布を差分法による数値計算で求めた。

1 はじめに

平成15年度以前、東京消防庁では、フォッグガン、21型改良等の放水器具を使用していた。前者は高圧、少水量タイプで、後者は、放水圧に比例し放水量が増加するタイプのものである。

消防科学研究所では、平成15年度の実験計画からこの両方の特性を合わせもつガンタイプノズルに注目し、平成16年度からその研究を実施することにした。これと平行するように、東京消防庁では、平成16年度中に「特別消火中隊」を編成することになり、その装備の1つにターボジェットノズル(写真2)の採用を決定した。消防科学研究所では、関係部署と協力し、消火実験、放水実験等を実施してきた。今回は、散水分布の実験について報告する。

なお、東京消防庁では、ターボジェットについて「ガンタイプノズル」と呼称しているが、ここでいうガンタイプノズルとは、ターボジェットノズルとコンビネーションノズルの総称を言う。

2 実験の目的

ガンタイプノズルについて散水分布の実験を行い、その結果から数値計算をおこない散水分布を予測する。

3 実験日時及び場所

(1) 日時

平成16年8月17日8時30分
から17時00分まで

(2) 場所

東京消防庁消防科学研究所
南側敷地(写真1)
(東京都渋谷区幡ヶ谷3-5-11)



写真1 南側敷地

4 実験設定

(1) ガンタイプノズル

ガンタイプノズルとは、取手が拳銃のように握るタイプのノズルで、写真2, 3で示すターボジェットノズル、コンビネーションノズルをいう。このノズルは、米国の消防は現在一般的に使用されており、概ね100~500L/sの放水量が手で調整及び開閉ができる。



写真2 アクロン社製
ターボジェットノズル



写真3 アクロン社製
コンビネーションノズル

ア ターボジェットノズル

ターボジェットノズルは、21型改良ノズルと同様、管さうで絞られた水流がノズル先端の衝突板にぶつかり放水する。21型改良ノズルとの違いは、噴霧の作り方が、ノズル先端(ラッチ)を回転させると、展開角が広がり放水口周囲の回転歯(写真4)に接触し、細かい噴霧を作り出す。(写真5, 6)

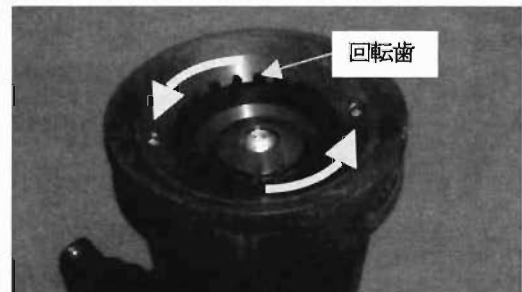


写真4 ターボジェットノズル 放水口

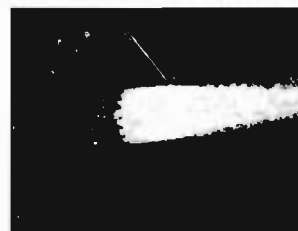


写真5 回転歯作動なし
イ コンビネーションノズル

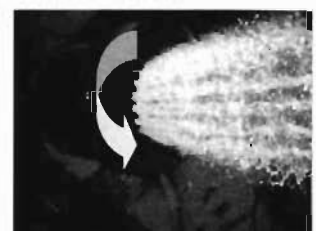


写真6 回転歯が作動

コンビネーションノズル(写真3参照)は、ターボジェットノズルと基本構造は変わらないが、衝突板の中央に、スムーズが単独に加工している。つまり、2種類のノズルを合わせもっている。放水もスムーズを放水しながら、写真7のように別

*第一研究室 **秋川消防署

系統で噴霧放水ができる。噴霧放水は、ターボジェットと同じ方法で形成しノズル先端を回転させると、噴霧が展開し広がる。さらに展開を広げていくと、写真8のように噴霧からパラボラ状に薄い水流膜を形成する。



写真7 2系統同時放水 写真8 噴霧放水のみ

(2) 放水体形

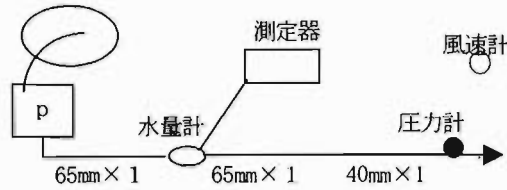


図1 放水体形

5 実験方法

(1) 実験1

実験1は、ターボジェットノズルを高さ0.7mの高さからノズル元圧0.3MPaで仰角を30度から45度に変化させたときの最大水平到達距離を計測した。

ア 測定項目

最大水平到達距離

イ 測定方法

ビデオカメラ及び目視で行った。

(2) 実験2

実験2は、ターボジェットノズルを0.7mの高さから水平にノズル元圧0.3MPaで放水し、ストレートから展開していく過程の中で最大水平到達距離を計測した。

ア 測定項目

放水量、放水距離及び風速

イ 測定方法

放水距離は、ビデオカメラ及び目視で行い、放水は、流量計と風速計のデータはデータロガーを経由しパソコンに蓄積した。

(3) 実験3

実験3は、コンビネーションノズルとターボジェットノズルを使用し仰角9度で放水したときの散水分布を計測した。放水仰角は、実験場所の関係で決めた。

ア 放水条件

表1のとおり。

放水圧力は、放水時にノズル元圧が0.3MPaになるように、予めポンプ送水圧を高めに設定して行った。

イ 測定項目

散水分布、放水量及び風速を行った。

ウ 測定方法

放水量の測定は、「閉鎖型スプリンクラーヘッドの技術上の規格を定める省令」を参考に、33.3cm四方の金属製枡を使用した。金属製枡は、放水方向に1m間隔に配置し、20秒間放水し溜まった水量を計測した。なお、実験3-4は、実験3-3のストレート放水による水量の差を見るため、60度の放水が枡に入らないように金属製枡を設置した。風速の測定は、実験2と同じ。

表1 放水条件

実験番号	放水器具	放水形状	ノズル元圧 / 仰角
実験3-1	ターボジェット	30度	0.3MPa / 9度
実験3-2	ターボジェット	ストレート	
実験3-3	コンビネーション	ストレート	
実験3-4	コンビネーション	ストレート+60度	

6 測定機器及び設定

(1) 水量計

国際興業社製

測定範囲 0から1000L/min

(2) 映像記録

ソニー社製 DCR-VX2000NTSC

録画SPモード 1/30コマ 手動焦点

(3) データ記録

データロガー 江藤電機社製 9221A

測定間隔 0.4秒

パーソナルコンピュータ NEC社製 LH300/3

(4) 風速計

TESTO社製 FS 452

測定範囲 0から10m/s

7 実験結果

(1) 実験1

表2のとおり

表2 最大水平到達距離の結果

仰角	放水距離 (m)	平均風速 (m/s)
30	31.0	0.5
31	31.0	0.4
32	31.0	0.3
33	31.0	0.3
34	32.0	0.5
35	32.0	0.4
36	32.5	0.3
37	33.0	0.5
38	34.0	0.5
39	32.5	0.6
40	32.5	0.5
41	31.0	0.6
42	31.0	0.8
43	31.0	0.8
44	30.0	0.8
45	29.0	0.5

(2) 実験2

表3のとおり

表3 ターボジェットノズルの最大水平到達距離

ラッチ	放水距離(m)	平均風速(m/s)
0	12.5	1.3
1	12.5	1.3
2	12.0	1.3
3	12.0	1.3
4	12.0	1.3
5	12.0	1.3
6	12.0	1.3
7	11.5	1.3
8	9.0	1.3
9	7.0	1.3
10	5.0	1.3
11	4.0	1.3
12	-	1.3
13	-	1.3

(3) 実験3

表4、表5-1~4、図2-1~4のとおり

表4 放水量の回収率

	全桁の回収水量 (L/20秒)	放水量 (L/20秒)	回収率	平均風速 (m/s)
実験3-1	44.6	114.0	39.2%	1.7
実験3-2	38.6	112.8	34.2%	1.0
実験3-3	22.2	52.8	42.0%	0.6
実験3-4	18.1	132.1	13.7%	0.3

表5-1 実験3-1 (ターボジェットノズル: 仰角9度 放水形状30度)

		筒先からの水平距離																								
		25m	24m	23m	22m	21m	20m	19m	18m	17m	16m	15m	14m	13m	12m	11m	10m	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m
桁番号(放水量 m ³)	S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	16	26	23	39	40	33	24	4	0	0	0	0	0	0
	S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	111	290	636	646	552	311	188	109	72	82	81	0	0	0
	S5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	270	1,119	2,645	2,490	2,686	790	458	356	247	322	326	0	0	0
	S4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	423	1,476	2,474	2,304	3,892	855	595	512	416	383	321	0	0	0
	S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	513	1,488	1,803	1,091	2,560	516	508	474	456	401	317	0	0	0
	S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	505	1,000	783	419	1,109	169	102	91	68	80	83	0	0	0
	S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	200	306	166	111	290	58	38	29	22	16	31	0	0	0
距離別採水量	合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	383	2,068	5,705	8,330	7,100	11,129	2,732	1,893	1,575	1,281	1,264	1,159	0	0	0	
	%										0.9	4.6	12.8	18.7	15.9	24.9	6.1	4.2	3.5	2.9	2.9	2.8				

表5-2 実験3-2 (ターボジェットノズル: 仰角9度 放水形状 ストレート)

		筒先からの水平距離																								
		25m	24m	23m	22m	21m	20m	19m	18m	17m	16m	15m	14m	13m	12m	11m	10m	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m
桁番号(採水量 μm)	S8	0	0	149	223	64	91	251	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S7	0	220	1,484	1,084	706	581	487	114	80	66	52	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S6	0	179	4,660	5,018	2,131	1,401	1,052	523	420	290	224	206	139	108	105	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S5	0	0	1,203	2,288	1,770	1,806	1,451	957	820	617	499	436	388	304	292	198	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S4	0	0	36	54	60	254	398	398	339	284	295	270	237	235	198	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S3	0	0	0	0	0	0	0	0	32	32	35	39	58	50	60	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S1	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
距離別採水量	合計	0	399	7,532	8,665	4,731	3,933	3,639	2,035	1,691	1,289	1,110	1,006	820	697	655	492	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%		1.0	19.5	22.4	12.2	10.2	9.4	5.3	4.4	3.3	2.9	2.6	2.1	1.8	1.7	1.3									

表5-3 実験3-3 (コンビネーションノズル: 仰角9度 放水形状 ストレート)

		筒先からの水平距離																								
		25m	24m	23m	22m	21m	20m	19m	18m	17m	16m	15m	14m	13m	12m	11m	10m	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m
桁番号(採水量 μm)	S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	33	46	55	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S5	0	0	0	0	0	193	340	342	259	333	191	240	272	198	138	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S4	0	0	0	0	0	836	2,834	1,978	1,170	1,268	825	792	545	349	282	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S3	0	0	0	0	0	654	1,629	1,301	1,390	732	501	211	196	146	136	114	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S2	0	0	0	0	0	187	280	193	293	245	57	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S1	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
距離別採水量	合計	0	0	0	0	0	1,850	5,083	3,814	3,112	2,598	1,574	1,316	1,048	739	611	466	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	%						8.3	22.9	17.2	14.0	11.7	7.1	5.9	4.7	3.3	2.8	2.1									

表 5-4 実験 3-4 (コンビネーションノズル：仰角 9 度 放水形状 ストレート+展開 60 度)

		筒先からの水平距離																								
		25m	24m	23m	22m	21m	20m	19m	18m	17m	16m	15m	14m	13m	12m	11m	10m	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m
放水距離 (散水量 mL)	S8	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
	S7	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
	S6	0	0	0	0	50	43	59	68	138	110	142	140	185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S5	0	0	0	87	238	256	406	764	1,147	1,081	977	814	628	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S4	0	0	0	109	261	371	1,206	1,582	2,229	1,406	881	554	395	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S3	0	0	0	0	83	101	220	206	244	180	175	159	142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S2	0	0	0	0	20	0	0	33	43	47	69	59	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S1	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
	距離別散水量	合計	0	0	0	196	652	771	1,891	2,653	3,801	2,824	2,244	1,726	1,389	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%					1.1	3.6	4.2	10.4	14.6	20.9	15.6	12.4	9.5	7.7												

図 2-1 実験 3-1 の散水分布 (放水形状：30 度)

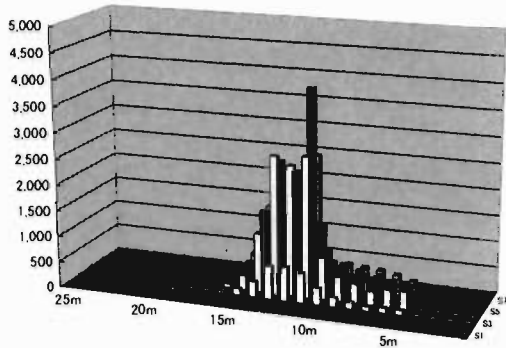


図 2-2 実験 3-2 の散水分布 (放水形状：ストレート)

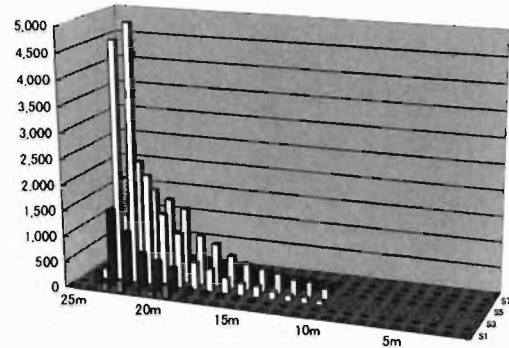


図 2-3 実験 3-3 の散水分布 (放水形状：ストレート)

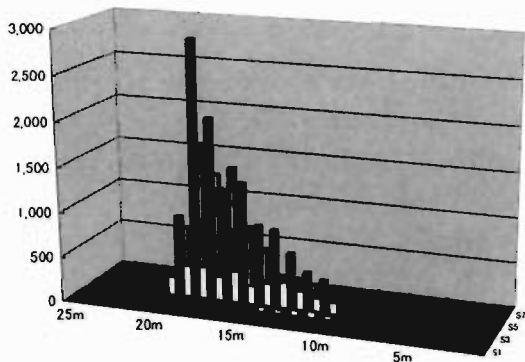
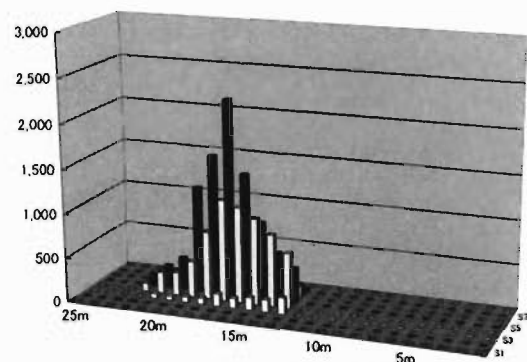


図 2-4 実験 3-4 の散水分布 (放水形状：ストレート+60 度)



8 考察

(1) 実験 1

表 2 よりターボジェットノズルによる最大水平到達距離の仰角は、38 度であった。各仰角を変えた時の風速は、1m/min 以下であることから、風の影響は、少なかったと考える。

(2) 実験 2

ターボジェットノズルの放水状態は、ラッチ 1 から 7 までがストレートで、ラッチ 8 からが噴霧だった。放水距離は、ストレートのとき 12m 前後を保っていたが、噴霧になるラッチ 8 からは、放水距離が短くなり、ラッチを上げるほど、噴霧が細かくなった。その様子は、はじめ水平に飛んだ噴霧が、重力より落下していたが、展開を広げるとだんだん風にのるように放水

した。このため一部のラッチでは、放水距離が測定できなかった。

(3) 実験 3

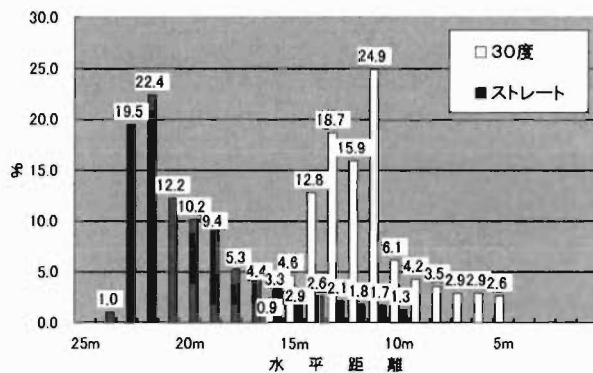
ア 実験 3-1

ターボジェットノズル 30 度の状況は、表 5-1、図 2-1 に示すとおり、放水距離が、5m から 16m の範囲であった。散水量は、11m (24.9%) を最大に 11m から 13m に 70% が集中した。



写真 9 実験 3-1 (30 度)

図3 放水距離に対する散水分布の割合



イ 実験 3-2

ターボジェットノズルストレートは、表5-2、図2-2に示すとおり、放水距離が、10mから24mの範囲であった。散水量は、22m(22.4%)を最大に20mから23mに60%が集中した。



写真10 実験3-2(ストレート)

ウ 実験 3-3

コンビネーションノズルストレートは、表5-3、図2-3に示すとおり、放水距離が、10mから20mの範囲であった。散水量

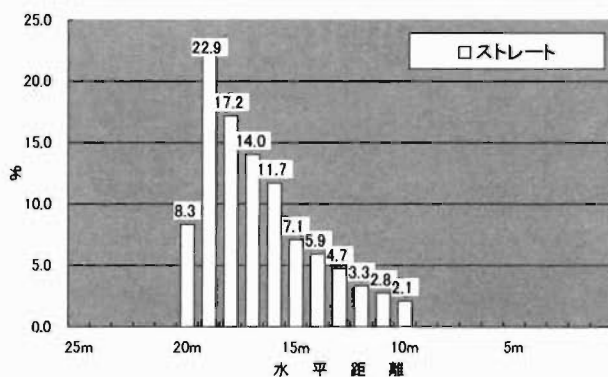


写真11 実験3-3(ストレート)

は、19m(22.9%)を最大に16mから20mに70%が集中した。(図4参照)

図4 コンビネーションノズル

(ストレート)の散水分布の割合



エ 実験 3-4

コンビネーションノズルのストレートは、ストレート放水の部分だけ柵に入るようにして、表5-4、図2-4に示すとおり、放水距離が、13mから22



写真12 実験3-4 (ストレート+60度)

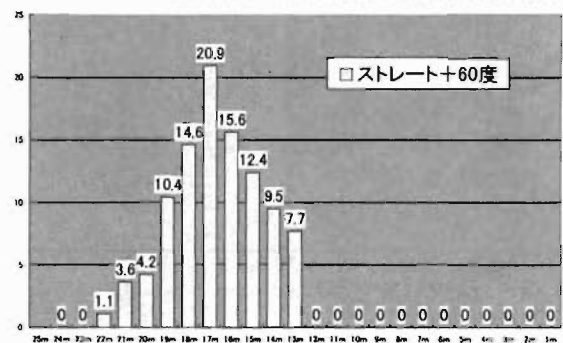
mの範囲であった。散水量は、17m(20.9%)を最大に15mから19mに70%が集中した。

放水量は、ストレートの部分しか計量してないので、60度で放水した量と分けて考えなければならない。表4から実験3-3のストレートで放水した水量の回収率が42%であることから、同様に、実験3-4でも42%の放水量を回収すると仮定すると、ストレートは、43L/20sとなり、残りが60度の89.1L/20sになった。その割合は、それぞれ32.5%、67.5%になった。(図5参照)

実験3-3と3-4のストレートは、同じノズル元圧で放水したが、実験3-4の最大水平到達距離が2mほど遠かった。実験3-4では、60度放水が加わりノズル圧力の低下を補うためポンプ圧力を実験3-3より上げたため、放水前のノズル元圧が実験3.3より上がり、放水直後の数秒に影響がでた結果と考える。

図5 コンビネーションノズル

(ストレート+60度)の散水分布の割合



オ 放水量

ターボジェットノズルは、表4よりストレートと30度の放水量がほとんど同じだった。これに対し、コンビネーションノズルの放水量は、ストレートが52.8L/20s、ストレート+60度が132.1L/20sと差が出た。これは、実験3-4のポンプ送水圧力が実験3-3より高かったためである。実験3-4では、60度が加わり、実験3-3よりポンプ送水圧力を上げなければならなかった。その結果、放水量に差が出て、回収率にも差が出た。

9 数値計算による予測

散水分布の計測実験を行うには、風の影響をうけない大空間が必要であるが、なかなかそのような実験場所を確保するのは困難である。そこで、数値計算により散水分布を予測する方法について考える。数値計算は、パーソナルコンピュータに負担をかけなくするため、できる限り簡易な方法で行うことにした。今回は、ターボジェットノズルのストレート放水について行うことにした。

数値計算の手順は、次のとおり行った。

- A 放水に対する空気抵抗を求める。
- B ノズルからの放水速度分布を求める。
 - ・ノズルからの放水最高速度を求める。(実験2より)
 - ・ノズルの放水最低速度を求める。(実験3より)
- C 放水予測

(1) 計算方法

運動方程式に空気抵抗を考慮した差分法による数値計算でおこなった。

(2) 空気抵抗

空気抵抗は、速度に空気抵抗率を乗じる方法で求めた。

初速 10m/s から 40 m/s

仰角 20 度から 50 度

空気抵抗率 0.01 から 0.8

以上の組合せで、初速を基準とした仰角 38 度で最大になる放水距離 34m (前後 0.5m) となるケースを計算した。

計算結果は、表 6 に示すとおり 0.025 から 0.028 であった。

表 6 空気抵抗の計算結果

仰角	空気抵抗率	放水距離(m)	時間(秒)	初速(m/s)
38	0.025	33.5	2.694	26.3
38	0.025	34.0	2.72	26.7
38	0.026	33.5	2.71	26.8
38	0.026	33.7	2.716	26.9
38	0.026	33.9	2.729	27.1
38	0.026	34.1	2.735	27.2
38	0.026	34.2	2.741	27.3
38	0.027	33.6	2.725	27.3
38	0.026	34.3	2.748	27.4
38	0.027	33.7	2.731	27.4
38	0.026	34.4	2.754	27.5
38	0.027	33.8	2.737	27.5
38	0.027	33.9	2.743	27.6
38	0.027	34.1	2.749	27.7
38	0.027	34.2	2.755	27.8
38	0.028	33.6	2.739	27.8
38	0.027	34.3	2.762	27.9
38	0.028	33.7	2.745	27.9
38	0.027	34.4	2.768	28
38	0.028	33.8	2.751	28
38	0.028	33.9	2.757	28.1
38	0.028	34.0	2.763	28.2
38	0.028	34.1	2.768	28.3
38	0.028	34.3	2.774	28.4
38	0.028	34.4	2.78	28.5
38	0.028	34.5	2.786	28.6

表 7 仰角 9 度の結果

仰角	空気抵抗率	放水距離(m)	時間(秒)	初速(m/s)
9	0.025	23.91	1.051	31.6
9	0.025	24.00	1.053	31.7
9	0.025	24.09	1.055	31.8
9	0.026	23.91	1.055	31.9
9	0.026	24.00	1.057	32
9	0.026	24.09	1.059	32.1
9	0.027	23.89	1.058	32.2
9	0.027	23.98	1.06	32.3
9	0.027	24.07	1.062	32.4
9	0.028	23.87	1.061	32.5
9	0.028	23.95	1.063	32.6
9	0.028	24.04	1.065	32.7
9	0.028	24.13	1.067	32.8

次に、実験 3-2 より空気抵抗を求めることにした。

実験 3-2 では、最大水平到達距離が 24m なので、仰角 9 度で 24m になる、次の初期条件で計算した。

初速 10.0m/s から 40.0 m/s

仰角 9 度

空気抵抗率 0.010 から 0.080

結果は、表 7 のとおりで、空気抵抗率は、0.025 から 0.028 の範囲になった。したがって、この後の計算は、空気抵抗率を 0.025 から 0.028 として行う。

(3) 放水最低速度

放水直後に広がる展開角度は、実験 3-2 より、散水分布から求めた。展開角度は、放水直後の放水形状が上下、左右に対称であることから、横方向に広がった状況をだけを考え、柵に入った一番多い横方向の個数により求める。(図 6、7 参照)

また、その長さである。実験 3-2、表 5-2 より、14m 位置の柵に 6 列に散水したことから、展開角度は、8 度となった。

また、ノズルから放水する最低速度は、ノズルの外側にあると仮定し、落下する位置も、一番手前の柵に落下すると仮定した。このことから仰角 5 度で放水し、最も近くに入った柵の位置が最低放水速度の水平到達距離とした。

速度を変化させ、実験 3-2 から、次の条件で計算した。

初速 10m/s から 40 m/s

仰角 9 度

空気抵抗率 0.025 から 0.028

以上の組み合わせで計算を行った結果、最低放水速度は、実験 3-2、表 5-2 の結果から、放水距離 10m (9.85 から 10.15) に落下したものである。この条件でデータ結果を抽出すると、最低放水速度は、表 8 で示す 19.1m/s から 19.8m/s となった。

図 6 真上から見た放水展開角

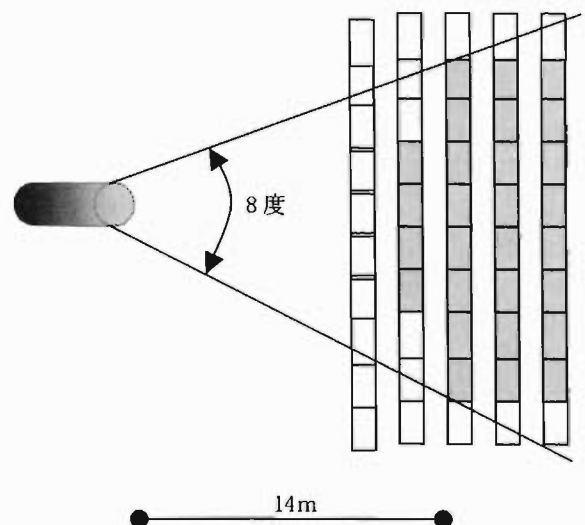


図7 横から見た放水展開角

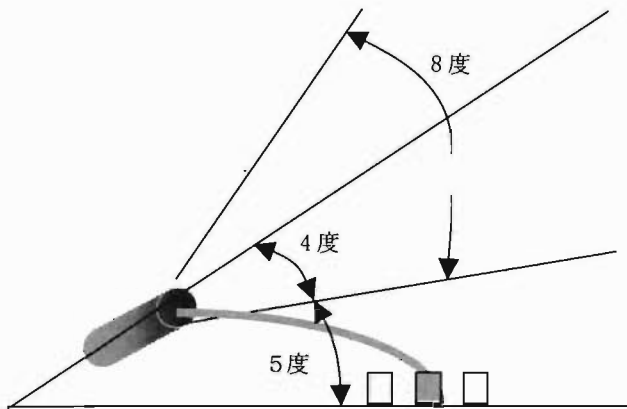


表8 最低速度の計算結果

仰角	空気抵抗率	放水距離(m)	時間(秒)	初速
5	0.025	9.86	0.588	19.1
5	0.025	9.92	0.589	19.2
5	0.025	9.98	0.59	19.3
5	0.025	10.04	0.591	19.4
5	0.025	10.10	0.592	19.5
5	0.026	9.87	0.589	19.2
5	0.026	9.93	0.59	19.3
5	0.026	9.99	0.591	19.4
5	0.026	10.07	0.593	19.5
5	0.026	10.13	0.594	19.6
5	0.027	9.89	0.59	19.3
5	0.027	9.95	0.591	19.4
5	0.027	10.02	0.593	19.5
5	0.027	10.08	0.594	19.6
5	0.027	10.14	0.595	19.7
5	0.028	9.92	0.592	19.4
5	0.028	9.98	0.593	19.5
5	0.028	10.04	0.594	19.6
5	0.028	10.10	0.595	19.7

(4) 放水最高速度

実験2よりデジタルビデオで放水時間を観察すると、最大水平距離12.5mに落下する放水時間が16コマであった。このことから誤差を含めると15コマ以上17コマ以下であることから放水時間は、0.5秒から0.566秒の範囲となった。(1コマ1/30s)

次の条件で計算した。

初速 10.0m/s から 40.0 m/s

仰角 0度から5度

空気抵抗率 0.025 から 0.028

以上の組み合わせで計算した結果から、12.5mから12.7mに落下し、放水時間が0.5から0.566秒の範囲に該当するデータを抽出すると、表10のとおり、仰角2度だけが条件にあてはまり、28.1から29.8m/sの範囲となった。

表9 水平時の計算結果

仰角	空気抵抗率	放水距離(m)	時間(秒)	初速(m/s)
2	0.025	12.54	0.507	29.1
2	0.025	12.58	0.507	29.2
2	0.025	12.64	0.508	29.3
2	0.025	12.68	0.508	29.4
2	0.026	12.53	0.508	29.2
2	0.026	12.57	0.508	29.3
2	0.026	12.63	0.509	29.4
2	0.026	12.66	0.509	29.5
2	0.027	12.52	0.509	29.3
2	0.027	12.55	0.509	29.4
2	0.027	12.61	0.51	29.5
2	0.027	12.65	0.51	29.6
2	0.027	12.68	0.51	29.7
2	0.028	12.54	0.51	29.5
2	0.028	12.58	0.51	29.6
2	0.028	12.63	0.511	29.7
2	0.028	12.67	0.511	29.8

図8 速度分布

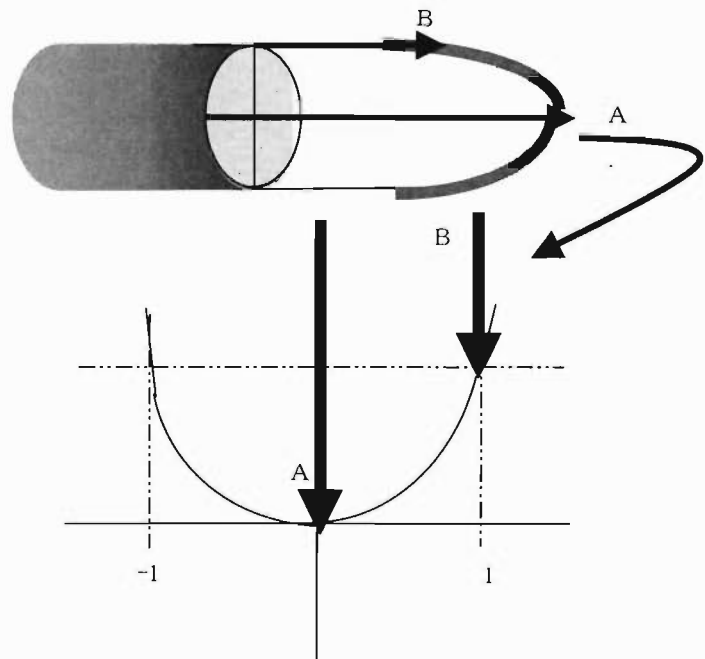


図9 $Y=X^a$ による速度分布

(5) 速度分布

ノズル放水直後の速度分布曲線は、 $Y=X^a$ と仮定し、速度分布係数aを求めることにした。Yの値は-1から1の範囲で、この間の変化率を、ノズル放水口にあてはめ計算した。(図8,9)

参照) ノズル放水口は、縦横 (21×21) のメッシュに分け、それぞれに速度ベクトルを持たすことにした。

単位時間あたりの放水量は、放水した速度ベクトルの合計から、図8のとおり、中心Aが最大速度で中心から最も遠ざかる外側Bに最低速度の速度ベクトルの集まりを合計した。

これより、次の条件で実験3-2の実験結果に近い値をとる速度分布係数 a を求めた。

- 最高速度 29.1 から 29.8m/s
- 最低速度 19.1 から 19.7m/s
- 最高空気抵抗 0.025 から 0.028

この結果求められた速度分布係数 a は、3から6の範囲だった。

(6) 放水予測

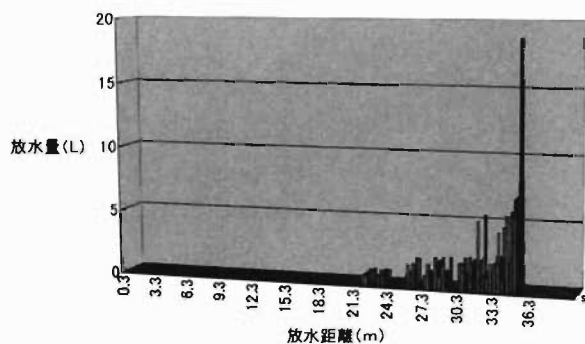
これまでの計算結果から、実験1の散水分布を予測することにした。計算は、2次元で計算したものを放水仰角と展開角度のずれをさらに計算し3次元で行った。初期条件は、各計算結果の最大値をとることとし、以下のとおりとした。

- 最大速度 29.8m/s
- 最小速度、19.7m/s
- 空気抵抗率 0.028
- 速度分布係数 6
- 放水仰角 38度
- 放水量 338.4L/min
- 計算インターバル 1/1000秒

(7) 数値計算の結果

図10のとおり

図10 38度の結果



(8) 数値計算の結果

各放水仰角における、散水分布の予測は、22mから35.3mの範囲に落下し、図10に示すとおり、前方に散水が集中した。

実験1の結果と比較すると、最高水平到達距離は1mほど、数値計算の方が遠かった。

10 まとめ

(1) 散水分布の実験から

ターボジェットノズルは、ストレート、噴霧ともに同じ放水量である。放水距離は、ストレートから噴霧になると、極端に短くなるが、噴霧水は粒径が細かく風の影響を受けやすいと考えられる。このことは、中高層マンション火災などのようにピ

ル風等の影響を受ける場合には、火炎の吹きかえしに注意が必要である。

コンビネーションノズルは、ストレート及び展開が同時に放水できる。構造上2つのノズルが加工されていることから、ストレートから展開放水をはじめると、8(3)オに示すように放水量が増大するとノズル元圧が下がるので、放水距離が短くなることを考え消火活動する必要がある。

(2) 数値計算から

今回は、簡易的方法で散水分布を予測したが、あくまで1つの手法を提案したものである。空気抵抗や速度ベクトルの扱いをどのようにするかが課題である。

また、散水分布の予測の活用としては、平面だけでなく、立体でも計算できることから、震災時の放水防ぎよの算定や放水器具の性能評価の手段につながると考える。

参考文献

- 1) 東京消防庁装備部監修：「改定新版 消防機器便覧」
- 2) 高井ほか3名：東京消防庁消防科学研究所報39号「最大射程における散水分布について」
- 3) 藤本武助：「改著 流体力学 第9版」

STUDIES ON THE FIRE EXTINGUISHING EFFECT BY TURBO-JET NOZZLES

Shohei NEMOTO*, Koichi TAMAKOSHI*, Yoichi SUGAWARA*,
Isao TOMITA**

Abstract

These studies experiment with the turbo-jet nozzles that were supplied by The Tokyo Fire Department in 2004, measuring the volume of water dropped on the floor by the nozzles.

We calculated the initial velocity and air resistance based on the result of the experiment, using the Euler method of differential equation.

*Research Division1 **Akigawa Fire Station