

消火ノズルの射程の向上に関する研究(第2報)

宮島 敏光*, 下重美佐男**, 長谷川 忠大*, 長倉 輝明*, 原 聡*

概要

前回第1報の地上での基礎実験の結果をもとに、消火ヘリコプターに消火ノズルを実装した状態で真水、消火薬剤を使用したときの最大水平射程距離(以下「最大射程」という。)等の検証を行った。その結果、消火ノズルはノズル長さが156mmの時に最高値を示し、また真水よりも消火剤を使用したほうが放水幅の広がりが少なく消火ヘリコプターに使用されるのに有効であることが確認できた。また回転式ノズルの構造を単純化した試作21型ノズルについても最大射程等の検証を行った。

1 消火ヘリの検証

(1) はじめに

ヘリコプターの高速での移動、上下左右方向の移動、空中で静止する特性を活かし、今回の検証では写真1に示すような、はしご車が届かないような高層建物火災に対する消火システムを搭載した消火ヘリコプター(以下「消火ヘリ」という。)に消火ノズルとして使用されているスムーズノズルを実際に取り付けた状態により真水・消火剤を用いた最大射程及び拡散範囲について測定検証した。消火ヘリの放水状況を写真1に、検証で使用した消火ヘリ(ゆりかもめ)の概要を表1に示す。

前回行った地上での実験では最大射程が向上するのはノズル長さが156mm以上という結果から、今回は、消火ヘリに使用されているノズル径φ18でノズルの長さを変化させ、前回にはなかった200mm以上の長さのスムーズノズルも検証してみた。検証したノズルを写真2に示す。

表1 消火ヘリ(ゆりかもめ)の概要

消火ヘリの放水性能等	
水タンク容量	1,200 リットル
放水量	600 リットル/min
放水ノズル圧力	0.88 MPa
ノズル口径	φ 18
最大放水射程	40m
放水ブーム	2 段伸縮式 (収縮時 4.6m、伸張時 7.2m) 展開角度 100° 上下作動角 15°
放水ポンプ	駆動源油圧 20.6 MPa 設置位置タンク内



写真1 空中消火の放水状況

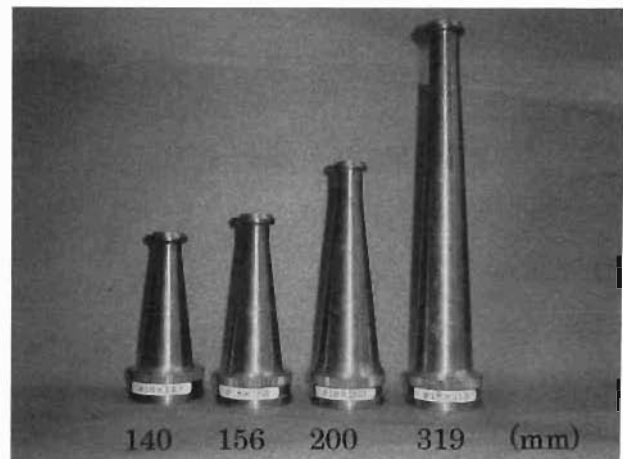


写真2 使用したスムーズノズル(φ18)

* 第三研究室 ** 深川消防署

(2) 検証方法

通常の消火ヘリにはスムーズノズル(長さ 140mm、口径φ18)、管そう(長さ 3500mm(2 段目ブーム))、及び円管式の整流器が取付けられている。写真 3、4 参照。

本検証では、整流器を取付けた状態でスムーズノズルを交換する事で検証を行った。写真 5 参照。

ア 消火ヘリは地上での放水(グランドラン)とした。

イ ノズルは、予備実験において射程の伸びを確認できたものを選定して行った。

ウ 放水圧力は 0.88MPa とし、放水角度はブームの放水仰角 15° とした。

エ 真水、消火剤の 2 種類について測定した。

オ 消火剤は界面活性系消火剤 0.1% 混合液とする。

カ 距離の標識はヘリのノズル先端から 15m 離れた地点から 5m 間隔で設定した。

キ 最大射程は、風向・風量を考慮して目視で着水点を計測し、着水範囲の内一番多い着水点とした。同時に最高点の高さ(以下「最高高さ」という。)及びその位置(以下「最高到達距離」という。)も測定した。また放水幅についても測定した。

ク 最高高さと最高到達距離は、今回の検証では放水された水が単純にどれだけ飛ぶかという指針として計測した。

ケ 放水幅は、水流が地上についたときの水の広がる幅のことをいい、水流の収束性を判断する指針とした。

コ 整流器は、取付けた状態で検証を行った。



写真 3 消火ヘリ(ゆりかもめ)

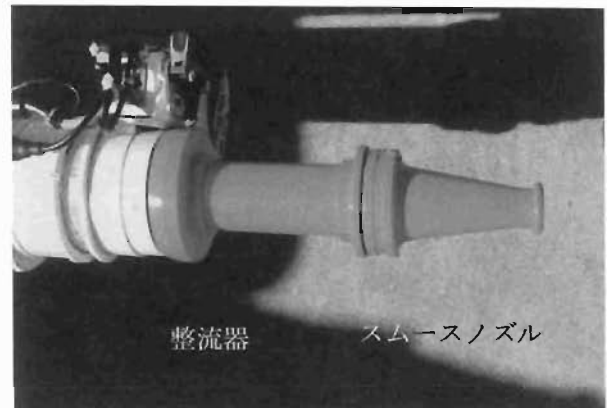


写真 4 スムースノズルと整流器(写真 3 破線部の拡大図)

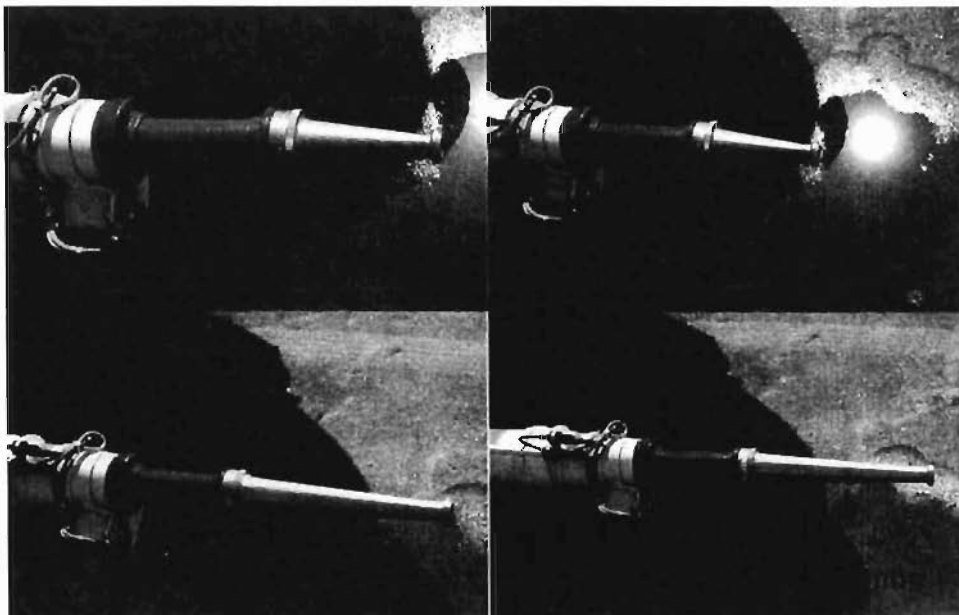


写真 5 各ノズルの取付け状態

(3) 検証結果

ア ノズル長さの違いによる検証(整流器を取付けた状態で、真水及び消火剤0.1%混合水での検証)

実際に消火ヘリにスムーズノズルを取付けた状態で検証したが、真水においてノズル長さ140mmでは、追い風4~5mで最大射程は37~40mの結果が得られた。ノズル長さ156mmのときは41mとなり、ノズル長さ200mmの37.5m、今回はじめて使用した200mm以上のノズルであるノズル長さ319mmのときの36mと比較しても今回検証で使用したスムーズノズルの中でも最高値を得られた。

また、消火剤(0.1%)においても140mmの33~34mに比べ、ノズル長さ156mmでは39.5mと5.5~6.5mの射程の向上させ、ノズル長さ200mm及び319mmと比較しても3m程度の射程の向上を見せている。(図1参照)

第1報で整流器有りの実験結果からもノズル長さが156mm以上であれば、最大射程はほぼ変わらないということからノズルの長さを伸ばす重量等の増加による消火ヘリに与える影響と最大射程の向上と合わせて考えるとノズル長さは156mmが最適な長さと考えられる。

イ 最高高さおよび最高到達距離

最高高さは、ノズルから放水された真水、消火剤がどれだけ最大射程を出せるかの指針として計測しているが、最高到達距離は、ノズル長さ156mm、200mm、319mmが24~25mで最高高さは6.5~6.7mであり、既存の基準ノズル長さ140mmに比べ、最高高さ及び最高到達距離についてもかなり良好である。(図2、図3参照)

ウ 放水幅

ノズル長さが156mm以上では消火剤の使用時には真水に比べて放水幅3m程度の収束性の差が有ることが確認された。(図4参照)

エ 真水と消火剤の違い

最高高さ及び最高到達距離は、消火剤混合水が真水とほとんど同じか上回る効果を得ており、特に既存の基準ノズル長さ140mmの場合に最高高さが良好に出ている。さらに各ノズルの最大射程の放水幅については、真水がかなり広がる傾向があり消火剤混合水が消火ヘリによる消火の場合に有効に放水することが確認された。これは界面活性剤の効果により配管やブームの損失が和らいだものと考えられる。

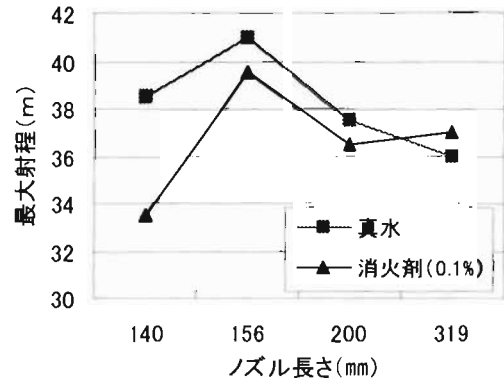


図1 最大水平射程距離

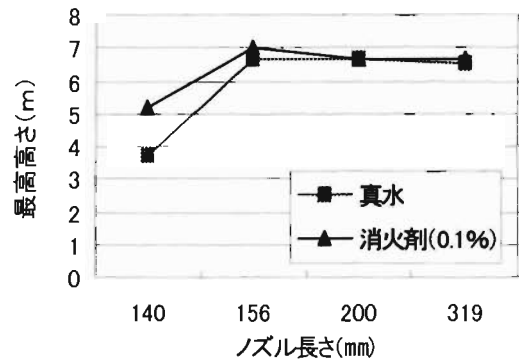


図2 最高高さ

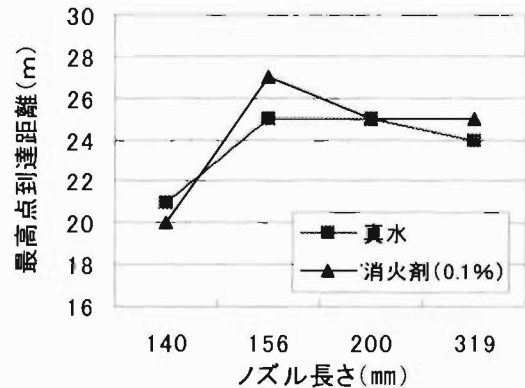


図3 最高到達距離

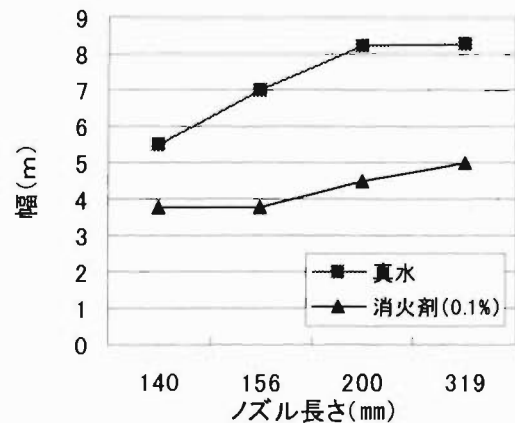


図4 放水幅



写真6 検証風景

(4) 考察

ア ノズルの長さは、地上実験では既存の基準ノズル長さよりも長くなると最大射程は良くなっていたが、消火ヘリに搭載した場合、156mm のときが最大射程が一番良かった。

イ 最高高さ及び最高到達距離は、既存のノズル長さよりもノズル長さが長いほうが値は良かった。

ウ この検証において、放水幅はノズル長さが長くなるほど、広がる傾向にあるため、ノズル長さが長すぎると最大射程を伸ばすことができず、ノズル長さが156mm のときの最大射程が一番良かったと推測できる。

エ 消火剤を使用したときは摩擦抵抗が低下し、ノズルの内部の摩擦損失を少なくしたのと同じ効果が生まれたと考えられる。

(5) 結論

消火ヘリの最大射程の検証から、ノズル長さが156mm で最大射程、最高高さ及び最大最高到達距離を記録し、従来のスムーズノズルの射程よりも10%最大射程を向上することが確認できた。なお、消火ヘリの機体に搭載したときに与える影響は、既存ノズルの重さ、150g の約2割の増加と少ないものであるが、慎重に検討する必要がある。

また消火剤を使用した場合、真水を放水したときよりも放水幅が狭くなるために消火ヘリの消火活動には有効性があると考えられる。

表2 消火ヘリの最大射程等の検証結果

ノズル種類等			整流器の有無	最大射程(m)	最高高さ(m)	最高到達距離(m)	放水幅(m)
口径	放水種類	ノズル長さ(mm)					
φ18	真水	140 (基準ノズル)	有	37~40 (平均38.5)	3.7	21	5.5
		156	有	41	6.7	25	7.0
		200	有	35~40 (平均37.5)	6.7	25	8.2
		319	有	36	6.5	24	8.3
	消火剤 (0.1%)	140 (基準ノズル)	有	33~34 (平均33.5)	5.2	20	3.8
		156	有	38~41 (平均39.5)	7.0	27	3.8
		200	有	35~38 (平均36.5)	6.7	25	4.5
		319	有	36~38 (平均37)	6.7	25	5.0

*1 網掛け部分は、既存のノズルの部分である。

*2 最大射程の欄に射程幅があるのは、風の影響である。

参考 各計測地点における事前の風速は、右のとおり。計測地点は地上1.5mの高さ(消火ヘリグランドラン中)

計測地点	風速(m)
15m	0~5
20m	0~4
25m	0~4
30m	0~5
35m	0~5
40m	0~5
45m	0~5

2 試作 21 型ノズルの検証

(1) はじめに

消防隊が活用している回転式噴霧ノズル(以下「噴霧ノズル」という。)について、その実性能の基礎データを作成し、さらに各噴霧ノズルの構造の違いによる射程の影響を確認することを目的とした。

現在市販されている噴霧ノズル(21 型噴霧ノズル、A社製 21、23 型噴霧ノズル、B社製 19~23 型可変噴霧ノズル)の衝突板、外筒の内壁角度の形状に着目し、それを参考にして衝突板、外筒の内壁角度を変えられるように口径 21mm 相当の試作 21 型ノズルを作製した。この試作 21 型ノズルを使用し、各衝突板、外筒の内壁角度を変えたときの最高高さと最高到達点、最大射程等の検証をした。

(2) 試作 21 型ノズル装置

21 型噴霧ノズル、A社製 21、23 型噴霧ノズルは外筒内壁角度が 30° 、衝突板が 30° となっており、B社製 19~23 型可変

噴霧ノズルは外筒内壁角度が 50° 、衝突板が T 型となっている。これを考え、試作 21 型ノズルでは、衝突板が $30^\circ \cdot 35^\circ \cdot 40^\circ \cdot 45^\circ \cdot 50^\circ \cdot T$ 型の 6 種類、外筒 A の内壁角度が $30^\circ \cdot 35^\circ \cdot 40^\circ \cdot 45^\circ \cdot 50^\circ$ の 5 種類をそれぞれ取り替えられるような構造になっている。

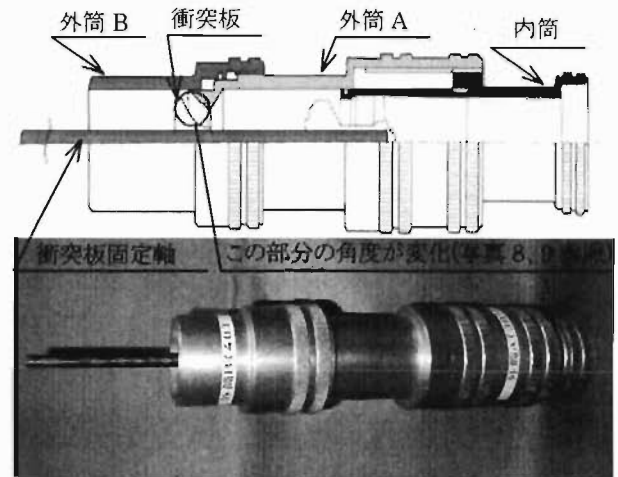


図 8 試作 21 型ノズル

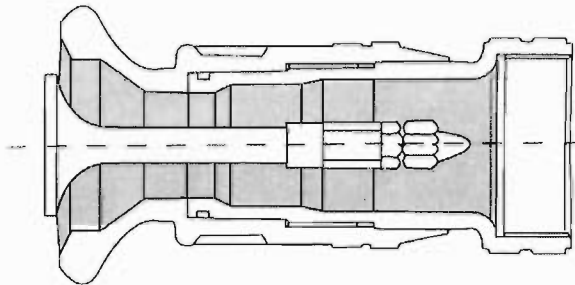


図 5 21 型噴霧ノズル断面図

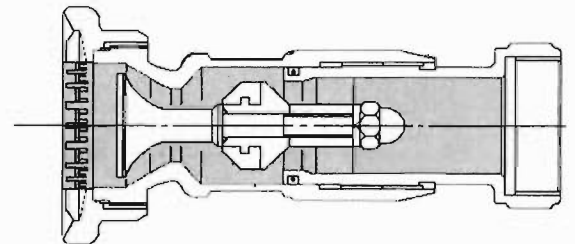


図 6 A社製 21、23 型噴霧ノズル断面図

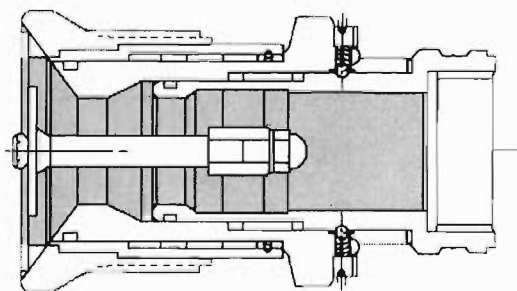


図 7 B社製 19~23 型可変噴霧ノズル断面図

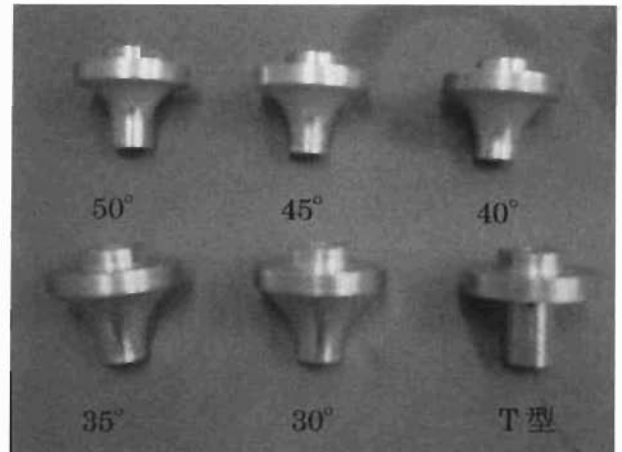


写真 7 衝突板(数字は角度を示す)

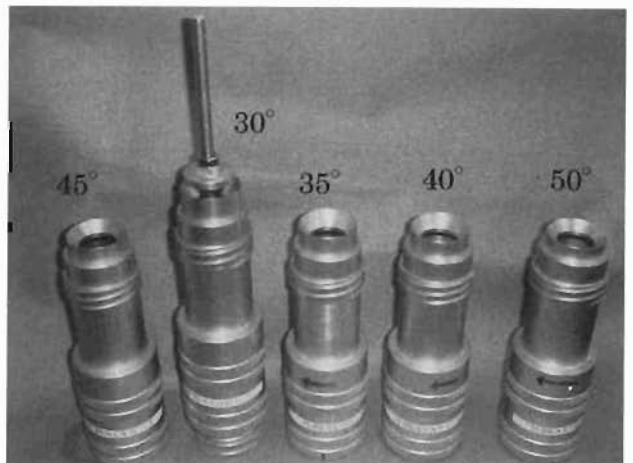


写真 8 外筒 A(数字は角度を示す)

図5、6、7にそれぞれの噴霧ノズルの断面図を示す。

試作21型ノズルは、外筒A、外筒B、衝突板、内筒から出来ており、その断面図を図8に示す。写真7、8に使用した衝突板、外筒Aを示す。

(3) 検証方法

ア 試作21型ノズルは、放水台座に固定した65mm管そうに取付け、管そうには計器付き媒介金具を結合し圧力計を設置した。

イ 筒先圧力は、通常一人保持が出来る圧力として0.29MPa一定に設定し、放水角度は、 32° とした。

ウ ポンプ車により加圧し、放水台座までは65mmホース一本とした。

エ 放水台座の位置から5m間隔で標識を設定し、最大射程、最高高さ、最高到達距離を計測した。

オ 測定者は目視で着水点、最高点を計測し、着水範囲のうち一番水量の多い地点を着水点、最高となる地点を最高点としてメジャーにより測定した。

カ 衝突板、外筒Aは、計測ごとに交換し、同様に市販ノズルについても計測した。

キ 外筒Bの長さは40mmとした。



写真9 検証風景

(4) 検証結果

計測結果を表3、4、5に示す。

(5) 考察

この検証では、最高高さは、放水された水がほぼ収束した状態のまま到達できる力を表す指標として最大射程と平行して放水能力の指針として考えた。

表3の結果より考察してみた。

ア 最大射程について

衝突板と外筒内壁角度を変化させた場合と衝突板をT型に固定し外筒内壁角度を変化させた場合とでは最大射程は21~24mと大差は無かった。若干、外筒内壁角度が増えるにしたがって最大射程は下がる傾向があることが分かる。

イ 放水量について

衝突板と外筒内壁角度を変化させた場合は、最高高さ、最高到達距離は、5.5~6.5mとほぼ同じ値を取っているが、放水量は角度が増えていにしたがって550リットル/minから470リットル/minに減少している。これに対し、衝突板をT型に固定し外筒内壁角度を変化させた場合は、最高高さ、最高到達距離は、衝突板と外筒内壁角度を変化させた場合と同様に5.5~6.5mとほぼ同じ値を取っているが、放水量は450リットル/min前後で変わらない。このことから衝突板の角度を変化することにより流量に影響を及ぼす可能性があることが分かる。

ウ 最高高さ、最高到達距離について

最高高さ、最高到達距離は衝突板と外筒内壁角度を変化させた場合と衝突板をT型に固定し外筒内壁角度を変化させた場合、どちらの場合もほぼ同じ値を取っていることが分かる。また、イより衝突板を変化させたときには放水量が減っているにもかかわらず最高高さ、最高到達距離が変わらないことから、放水圧力が一定の条件を考えると、この試作ノズルに関しては放水の能力には圧力が関係することが考えられる。

以上のことから、圧力一定の下では外筒内壁角度が大きい方が少ない放水量で放水能力が高くなることが分かり、同時に衝突板をT型にした方がより少ない放水量でその能力を高めることが分る。

この試作21型噴霧ノズルに関しては、衝突板がT型で外筒内壁角度が 50° の場合の能力があり、これはB社製19~23型可変噴霧ノズルの形状を模したものである。

また、表5は同時に市販のノズルについて計測した物である。既存のノズルの関係で口径が同じものが揃わなかったため単純な比較は出来ないが、21型に関しては、21型噴霧ノズルとA社製21、23型噴霧ノズルでは、最大射程、最高高さどちらをとっても21型噴霧ノズルの方が性能が勝っている。B社製19~23型可変噴霧ノズルは21型に該当する口径は無いが、19型、23型の値から推察すると放水量は若干B社製19~23型可変噴霧ノズルが少なく、最大射程に関してはおおよ同じ値となり、最高高さに関しては21型噴霧ノズルと同等か多少劣る状態になると推察できる。

(6) 結論

試作21型ノズルは衝突板、外筒内壁角度を単純に模して製作した物ではあるが、衝突板の角度、外筒内壁角度の変化によって放水量、最大射程に影響を与えると考察でき、この試作21型ノズルに関しては最高高さが放水圧力に影響されると考えられる。

また、市販のノズルは21型噴霧ノズルが最大射程、最高高さともに他のノズルより良い結果を出している。

3 参考文献

- 1) 東北大学高速力学研究所報告・第46巻、第400号・小林 陵二
- 2) 機械学会論文集・33巻248号・楠井、木下

表3 試作ノズルの検証結果(1)

ノズル種類	最大射程距離 (m)	放水量(リットル/min)	最高高さ (最高点到達距離) (m)	風速 (m)
外筒内壁角度 30° (衝突板 30°)	23	550	6.5(15)	0
外筒内壁角度 35° (衝突板 35°)	23	520	5.5(15)	0
外筒内壁角度 40° (衝突板 40°)	24	500	6(15)	0
外筒内壁角度 45° (衝突板 45°)	23	480	6(14)	0
外筒内壁角度 50° (衝突板 50°)	21	470	6(14)	0

表4 試作ノズルの検証結果(2)

ノズル種類	最大射程距離 (m)	放水量(リットル/min)	最高高さ (最高点到達距離) (m)	風速 (m)
外筒内壁角度 30° (衝突板 T型)	22~23	460	5.5(14)	0
外筒内壁角度 35° (衝突板 T型)	23	450	6(15)	0
外筒内壁角度 40° (衝突板 T型)	23	440	6.5(14)	0
外筒内壁角度 45° (衝突板 T型)	22	460	6.5(14)	0
外筒内壁角度 50° (衝突板 T型)	21	450	6(14)	0

表5 市販ノズルの計測結果

ノズル種類	最大射程距離 (m)		放水量 (リットル/min)		最高高さ (最高点到達距離) (m)		風速 (m)
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	
21型噴霧ノズル	33	33	550	570	8(20)	8(20)	0
A社製21型噴霧ノズル	30	30	560	560	6(18)	6(18)	0
A社製23型噴霧ノズル	24	25	630	630	5.5(15)	5.5(15)	0
B社製19型可変噴霧ノズル	31~32	31	380	380	8(20)	8(20)	0
B社製23型可変噴霧ノズル	32~33	34	630	640	6.5(18)	6.5(18)	0

STUDY OF THE IMPROVEMENT OF THE FIRE FIGHTING NOZZLE PERFORMANCE (SERIES 2)

Toshimitsu MIYAJIMA*, Misao SHIMOJU**, Tadahiro HASEGAWA*,
Teruaki NAGAKURA*, Satoshi HARA*

Abstract

On the basis of the result of the fundamental experiment on the ground in the series 1, we conducted another experiment to determine the maximum of the horizontal discharging distance of a fire fighting nozzle with fresh water and extinguishing agents.

We found out that the horizontal discharging distance reaches a maximum when the nozzle is at the length of 156 millimeters, and that extinguishing agents show greater effectiveness, narrowing the width of a discharge range.

We conducted an additional experiment for the verification of the trial " model 21 nozzle " as a simplified distributor.

* Third Laboratory, ** Fukagawa Fire Station