

21型改噴霧ノズルとガンタイプノズルを併用できる

定流量器の検証

持田 春人*, 田中 守人**, 加藤 久弥***, 野本 秀和****, 徳永 敦司**

概要

21型改噴霧ノズル(以下、「21ノズル」という)とガンタイプノズル(以下、「GN」という)を同一のポンプ車で併用する場合において、定流量器による21ノズル側の流量制御を前提に、21ノズルの一人保持限界内における双方のノズルの放水性能を人為的な操作なしで最大限に発揮し、効果的な消火活動に資するために有効な定流量器の仕様について検証を行った。その結果、流量制御性能が $450 \pm 50 \text{ L/min}$ の定流量器の活用が、筒先担当員の安全を確保する上で望ましいことが確認された。

1 はじめに

過去の検証¹⁾では、同一ポンプ車で2か所の放口を使用し、その各々の放口から21ノズル及びGNを延長して、双方のノズルを併用する場合(以下、「ノズル併用時」という)、双方の放口開度を全開にして、GNをノズル根元圧力(以下「筒先圧力」という)0.7MPaで放水すると、21ノズル側では現行の定流量器による流量制御を行っても、一人保持限界(21ノズル:0.3MPa)を超える筒先圧力となった。GNの特徴は、筒先で容易に流量の切替・調節が行え、火災性状に適した流量で消火活動が行えることであるが、筒先で流量の切替・調節が行われることでポンプ圧力の変動が生じ、これに伴い双方の筒先圧力も変動する。このことから、現在、21ノズル側に定流量器を設定し流量を抑制した上で、さらに機関員は筒先担当員との連携と各々の放口の流量監視をより多く行うことが求められている。本検証はこのような機関員の負担を軽減するとともに、ノズル併用時に21ノズルの一人保持限界内における双方のノズルの放水性能を最大限発揮し、効果的な消火活動に資するために有効な定流量器の仕様について検証を行った。

2 検証項目

定流量器による21ノズル側の流量制御を前提に、ノズル併用時において、21ノズルの一人保持限界内における双方のノズルの放水性能を最大限に発揮できる定流量器の仕様について、以下の項目で検証した。

(1) ノズル併用時にGNを筒先圧力0.7MPaで放水した場合の各種定流量器の流量制御性能

ノズル併用時にGNを筒先圧力0.7MPaで放水した場合における、21ノズル側に設定した各種定流量器の流量制御に伴う、21ノズルの筒先圧力及び放水流量の変化について検証した。

(2) ノズル併用時にGNを急激に閉鎖した場合の21ノズルの筒先圧力及び放水流量

ノズル併用時にGNを急激に閉鎖した時の、21ノズル側に設定した各種定流量器の流量制御に伴う、21ノズルの筒先圧力及び放水流量の変化について検証した。

3 検証対象とした定流量器

検証対象とした定流量器(以下、「対象品」という)を写真1から写真4に示す。いずれの対象品も市販品である。写真中の「一次側」とは流量制御前(送水側)を、「二次側」とは流量制御後(ノズル側)を示す。

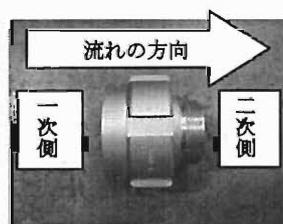


写真1 ゴム式の側面

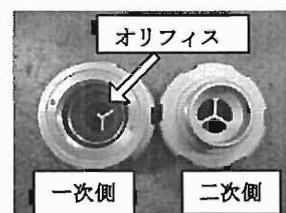


写真2 ゴム式の結合部

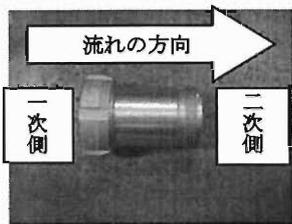


写真3 ばね式の側面

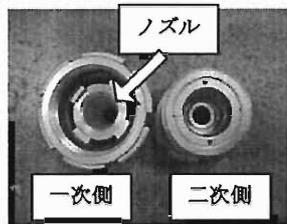


写真4 ばね式の結合部

一般的に消防で活用されている定流量器には、ゴム式とばね式の2種類がある。当庁で活用されている定流量器はゴム式であり、図1に示すように金属製の媒介金具の内輪に輪切り状のゴム製のオリフィスを組み込んだ構造となっている。作動原理は送水時の水の流れにより、ゴム製のオリフィスが変形し流路の径が小さくなり、ノズル側の圧力が制御される。一方、ばね式は図2に示すように金属製の媒介金具にノズルとばね(スプリング)を内蔵した構造となっている。作動原理は送水時の水の流れにより、ノズルがばねを押しながら移動し、流体の移動面積を可変させながら通過流量を制御して、ノズル側の圧力が制御される。

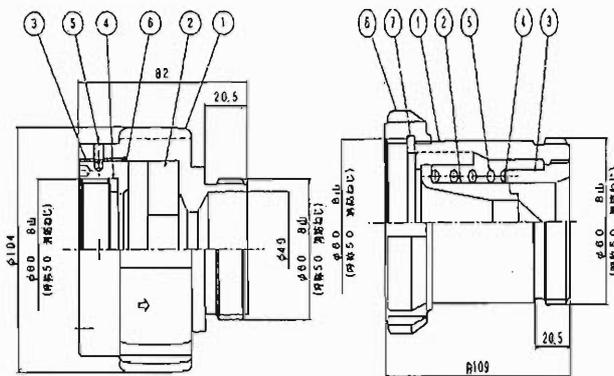


図1 ゴム式の構造図

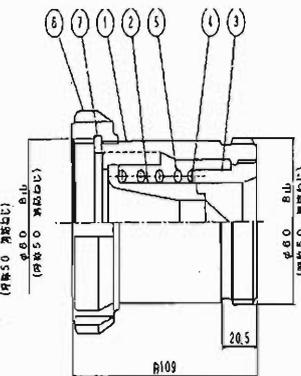


図2 ばね式の構造図

品番	部品名	数量	材質	備考	品番	部品名	数量	材質	備考
1	ボディ	1	A5056	7L71T	1	ボディ	1	AC7A	7L71T
2	オリフィス	1	EPT		2	ノズル	1	A5056	7L71T
3	リング	1	A5056	7L71T	3	コントロール	1	A5056	7L71T
4	パッキン	1	NBR		4	調整ワッシャー	1~3	A5056	7L71T
5	止めねじ	2	SUS304	M5	5	スプリング	1	SUS304	
6	オリフィス	1	NBR	S75	6	しめ金	1	A5056	7L71T
					7	パッキン	1	NBR	

本検証では、ゴム式及びばね式の定流量器のうち、表1に示す流量制御範囲の定流量器を使用した。これらの定流量器の選定については、ノズル併用時にGNの筒先圧力を0.7MPaとした場合の、21ノズルの筒先圧力を直状放水で一人保持限界の0.3MPaに抑えられると予測される性能のものを選定した。

表1 対象品

		ゴム式	ばね式
口径		φ50×50 消防用ねじ式	φ50×50 消防用ねじ式
質量		0.8kg	0.6kg
材質	ボディ	アルマイト (A5056)	アルマイト (A5056)
	内部	ゴム製のオリフィス (EPT)	スプリング (SUS304)
流量制御範囲 (L/min)		500±50	
		450±50	
		400±50	
		350±50	
		300±50	

4 実験

(1) 実験日及び実験場所

- 平成22年12月4日(土) 消防学校校庭
- 平成22年12月5日(日) 消防学校校庭
- 平成23年1月16日(日) 消防学校C敷地

(2) 実験方法等

ア 放水隊形

放水隊形を図3に示す。

ポンプ車の片側からGN、もう一方の側から21ノズルを、途中、長さ5mの口径65mm短尺ホース及び電磁流量計を介して延長した。各電磁流量計の左右結合部及び双方のノズルの根元に鋼性の整流管(長さ1050mm)を設定し、放水流量は電磁流量計、筒先圧力は整流管に圧力変換器を設定して測定した。また21ノズル側には、電磁流量計のノズル側に設定した整流管に、対象品を設定した。

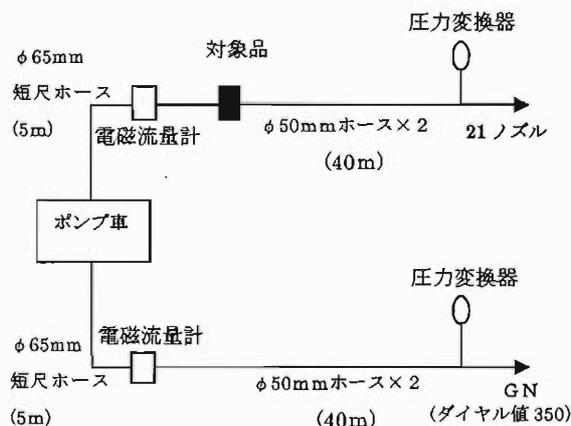


図3 放水隊形

イ 実験に使用したノズル

(ア) GN

実験に使用したGNを写真5に示す。このGNは通常筒先圧力を0.7MPaに設定して使用し、放水流量を流量切替ダイヤルにより4段階(115、230、350、475)(L/min)に切り替えることができる噴霧ノズルである。

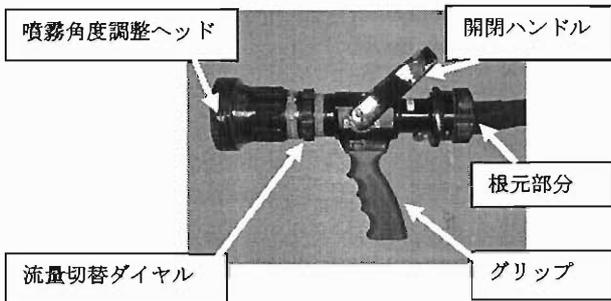


写真5 GN外観

(イ) 21ノズル

実験に使用した21ノズルを写真6に示す。このノズルはGNとは異なり同一放水展開角度における放水流量をノズル部分で切り替えることはできない。このノズルの直状放水時における一人保持限界の筒先圧力は0.3MPaである²⁾。

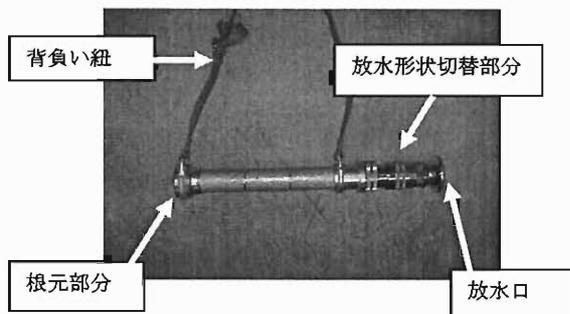


写真6 21ノズル外観

ウ 測定方法

(ア) 表2に示す測定条件で、ノズル併用時の各ノズルの筒先圧力及び放水流量を、1秒おきに30秒間測定し平均値を求めた。なお、GNの流量切替ダイヤルは350に設定し、双方のノズルの放水形状は直状とした。

(イ) 表2に示す測定条件で、ノズル併用時にGNを急激に閉鎖した時の21ノズルの筒先圧力及び放水流量について、閉鎖する前後の20秒間を1秒おきに測定した。なお、GNの流量切替ダイヤルは350に設定し、双方のノズルの放水形状は直状とした。

表2 測定条件

実験番号	21ノズル側に設定した定流量器		GNの筒先圧力
	流量制御機構	流量制御範囲(L/min) ※	
1	ゴム式	500±50 (現行品と同規格)	0.7 (MPa)
2		450±50	
3		400±50	
4		350±50	
5		300±50	
6	ばね式	500±50	
7		450±50	
8		400±50	
9		350±50	
10		300±50	
11	設定なし		

※流量制御範囲はメーカー仕様による。

(3) 測定機器等

実験に使用した測定機器等を表3に示す。

表3 測定機器等

電磁流量計	愛知時計電機社製 TAV065V-30UEFIZ010
圧力変換器	共和電業社製 PG-20KU
データロガー	KEYENCE社製 GR-3000
ひずみ測定器	共和電業社製 DPM-613A
解析装置	富士通社製 FMV B1BLO NB10AR
解析ソフト	岩田電業株式会社製 AIM2000/2500

(4) 各機材の測定状況

各機材の設定状況を写真7から写真10に示す。



写真7 ポンプ車周辺

写真8 解析装置

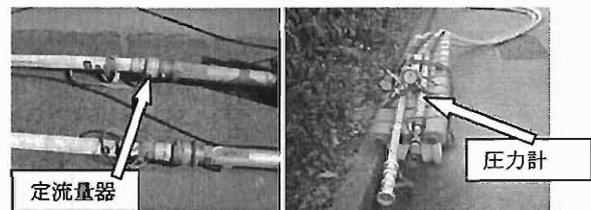


写真9 対象品設定状況

写真10 圧力計設定状況

5 結果

(1) ノズル併用時にGNを筒先圧力 0.7MPa で放水した場合の対象品の流量制御性能

ノズル併用時にGNを筒先圧力 0.7MPa で放水した場合の双方のノズルの筒先圧力及び放水流量の測定結果を表4に示す。

表4 対象品の流量制御性能

実験 番号	定流量器条件		21ノズル		GN (ダイヤル値 350)		ポンプ圧 (MPa)
	機構	制御範囲 (L/min)	筒先圧力 (MPa)	放水流量 (L/min)	筒先圧力 (MPa)	放水流量 (L/min)	
1	ゴム式	500±50	0.29	514	0.70	372	0.98
2		450±50	0.23	460	0.70	376	0.98
3		400±50	0.22	452	0.70	372	0.98
4		350±50	0.14	357	0.70	386	0.97
5		300±50	0.12	320	0.70	381	0.98
6	ばね式	500±50	0.27	499	0.70	365	0.98
7		450±50	0.23	458	0.70	387	0.98
8		400±50	0.20	420	0.70	375	0.97
9		350±50	0.13	346	0.70	384	0.95
10		300±50	0.14	353	0.70	379	0.95
11	設定なし		0.47	695	0.70	368	0.98

ノズル併用時にGNを筒先圧力 0.7MPa で放水した場合、実験番号1を除くすべての対象品が、21ノズルを一人保持限界内に制御できた。実験番号1の場合の21ノズルの筒先圧力は0.29MPaであり、一人保持限界内の数値ではあるが、放水流量が514L/minとなり、一人保持限界を超えた。21ノズルの放水特性を図4に示す³⁾。

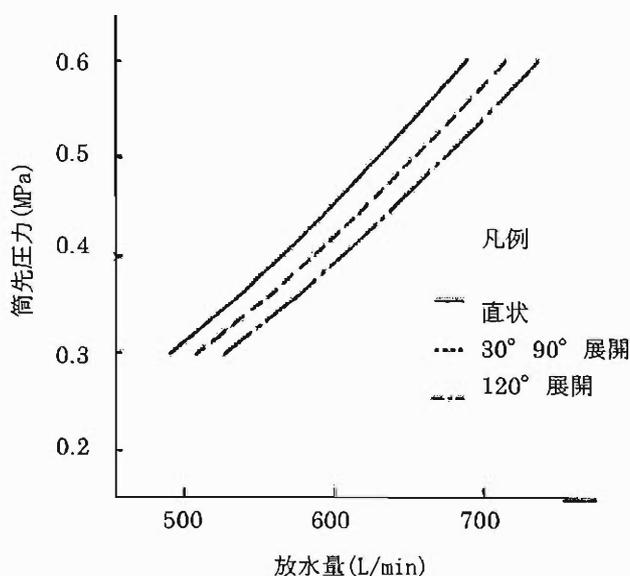


図4 21ノズルの放水特性

図4より21ノズルの直状放水では、筒先圧力0.3MPaのときの放水流量は約500L/minであるが、今回の実験では筒先圧力0.29MPaで約514L/minであった。放水流量が多くなった要因として考えられることは図4に示すとおり、21ノズルは展開角度を広げると放水流量が増加することから、ノズルの展開角度が何らかの原因により直状よりやや開き気味であったことが考えられる。

一般的に、21ノズルで筒先圧力0.3MPaでの放水が一人保持限界²⁾とされていることから、実験番号1も21ノズルを一人保持限界内に制御できたと言える。

(2) ノズル併用時にGNを急激に閉鎖した場合の21ノズルの筒先圧力及び放水流量

ア 21ノズルの筒先圧力

ノズル併用時にGNを急激に閉鎖した場合の21ノズルの筒先圧力の変化を図5及び図6に示す。GNを急激に閉鎖した場合、定流量器を設定しない21ノズルの筒先圧力は最大で0.55MPaとなり(図5、図6)、閉鎖前(0.47MPa)の117%の値を示した。一方、定流量器を設定した21ノズルの筒先圧力は最大で0.31MPa(図5、500±50ゴム)となり、閉鎖前(0.29MPa)の106%の値を示した。ゴム式(図5)とばね式(図6)を比較すると、GNを急激に閉鎖した場合の21ノズルの筒先圧力の変動幅はゴム式の方が大きかった。

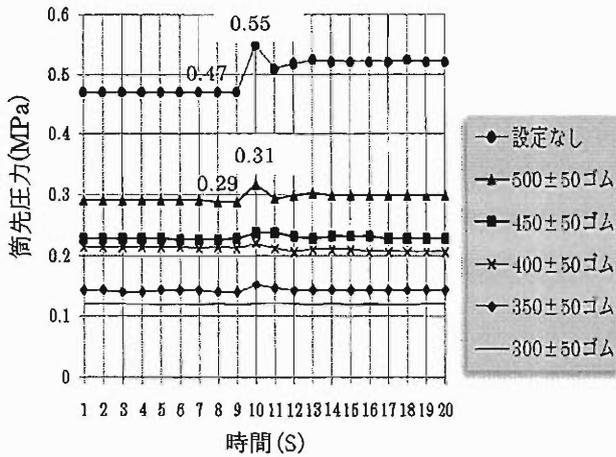


図5 21ノズルの筒先圧力の変動
(ゴム式対象品設定時)

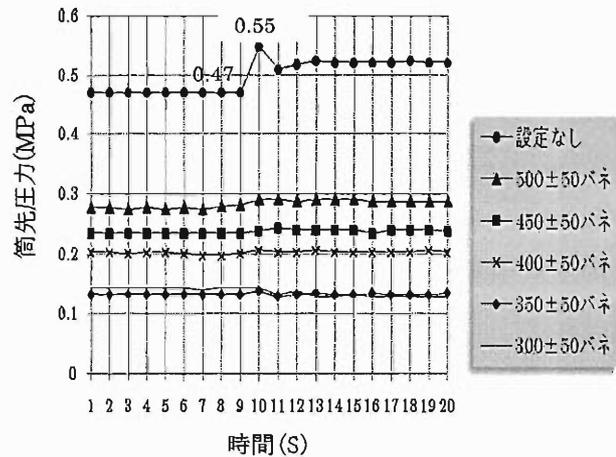


図6 21ノズルの筒先圧力の変動
(ばね式対象品設定時)

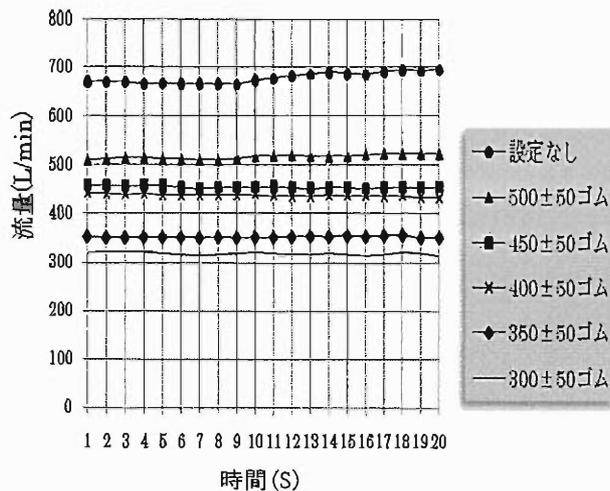


図7 21ノズルの放水流量の変動
(ゴム式対象品設定時)

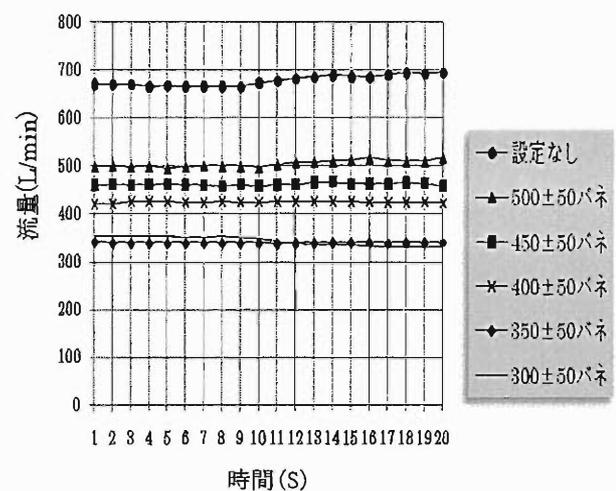


図8 21ノズルの放水流量の変動
(ばね式対象品設定時)

イ 21ノズルの放水流量

ノズル併用時にGNを急激に閉鎖した場合の21ノズルの放水流量の変化を図7及び図8に示す。放水流量はいずれの条件でも緩やかな上昇を示し、定流量器を設定した場合は対象品の流量制御範囲内の放水流量に安定した。

6 考察

過去の検証¹⁾結果では、ノズル併用時にゴム式の定流量器(流量制御性能 500±50L/min)を設定した21ノズルの筒先圧力及び放水流量は0.38MPa、538L/minであり、同仕様の対象品の実験結果(0.29MPa、514L/min)と比較して高い筒先圧力及び放水流量となり一人保持限界を超えた。本検証で使用した定流量器は新品であるが、過去の検証で使用した定流量器は、更新に伴い消防署での一線を退き消防技術安全所に配置換えされたポンプ車(平

成2年製「P02122」の付属品であり、過去の検証の実験時において製造後18年が経過したものである。表5に今回使用した対象品及び過去の検証で使用した定流量器の図9に示すA及びBの寸法を測定した結果を示す。なお、ゴム式の定流量器については、現在及び過去ともに構造や大きさに変更はなされていない。

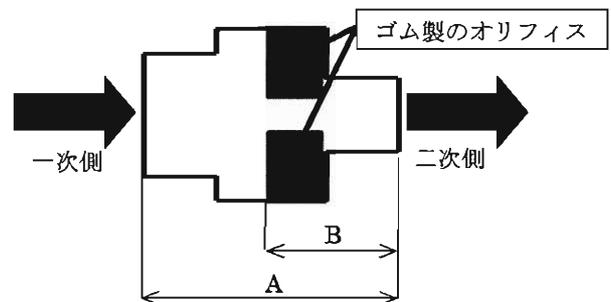


図9 ゴム式定流量器断面概略図

表5 新旧ゴム式の定流量器各部の寸法

定流量器	緒元等	各部の寸法		
		流量制御性能 (L/min)	A(mm)	B(mm)
検証対象品		300	82.4	48.9
		500	82.4	48.9
過去の検証で使用した定流量器(P02122 積載品)		500	82.4	47.9

測定の結果、表5に示すとおり、Bの寸法の差から過去の検証で使用した定流量器のゴムの厚さが減少していることが確認できた。その差は、対象品と過去の検証に使用したものとで1.0mmであった。これは、長年の使用に伴いゴム製のオリフィスの厚さが減少したものと推定され、ゴムの厚さの減少に伴いゴム製のオリフィス変形時の流路の径が増加し、内部を通過する水の圧力エネルギーを減少させる作用が衰えていると考えられる。本検証での実験結果と過去の結果の相違の要因は、このようなゴム式の定流量器のゴム製のオリフィスの劣化が一因と考えられる。しかし、過去の検証結果である二次側流量の538L/minは、ゴム式の定流量器の流量制御性能に示す範囲内であることから、使用期間における経年劣化を考慮しても流量制御性能に示す性能は維持されるものと考えられる。また、ノズル併用時に21ノズル側に流量制御性能が500±50L/minであるゴム式の定流量器を設定し、GNを急激に閉鎖した場合、21ノズルの筒先圧力は瞬間的に0.31MPaとなり一人保持限界を超えたが、流量制御性能が450±50L/minを使用した場合は瞬間的な圧力上昇は観察されず、一人保持限界の範囲内の筒先圧力を保持した。したがって、ノズル併用時に21ノズルを一人保持限界内に維持する一方策としては、流量制御性能が450±50L/minのゴム式の定流量器の活用が考えられる。また、ばね式の定流量器は、ノズル併用時においてゴム式定流量器とほぼ同程度の流量制御性能を示した。ノズル併用時に21ノズル側に流量制御性能が500±50L/minであるばね式の定流量器を設定し、GNを急激に閉鎖した場合、21ノズルの筒先圧力はゴム式のように瞬間的に一人保持限界を超える筒先圧力にはならず、緩やかに筒先圧力が上昇した。

7 おわりに

本検証の結果、ゴム式の定流量器については、使用期間中の経年劣化を考慮し、流量制御性能が450±50L/minのもの活用が望ましい。また、ばね式の定流量器は、ノズル併用時において21ノズルに対してゴム式の定流量器とほぼ同程度の流量制御性能を有するほか、GNを急激に閉鎖した場合の21ノズルに及ぼす急激な圧力上昇を抑える効果がゴム式よりも大きいことが検証された。しかし、ばね式の定流量器については、当庁において活用の実績が皆無に等しいことから、今回の検証において

経年劣化に対する検討は行えなかった。今後、ばね式の定流量器の採用に当たっては、経年劣化及び耐衝撃性等について検証する必要がある。

【参考文献】

- 1) 同一ポンプ車でガンタイプノズルと21ノズルを併用した場合の筒先圧力及び放水流量の検証結果
実験日 平成20年11月7日 要請改良検証(警防課)
- 2) 新・消防機器便覧<第2巻>
平成17年4月25日東京消防庁監修
東京消防機器研究会編著
東京法令出版株式会社、p.6101(～6110)
- 3) 東京消防庁例規集5、第3章、機器技術資料
放水ノズル取扱要領1(2)図1

Study on the constant flow devices that can use both the improved 21-type spray nozzle and gun-type nozzle

Haruto MOCHIDA*, Atsushi TOKUNAGA**, Morito TANAKA**,
Hisaya KATOU***, Hidekazu NOMOTO****

Abstract

When using the improved 21-type spray nozzle (21-nozzle) and gun-type nozzle (GN) on the same pumper, and assuming that the constant flow device controls the flow on the 21 nozzle side, a study was done on the effective specifications of the constant flow device in order to maximize the water spraying/discharge performance on both nozzles without artificial manipulation and within the limit of one firefighter holding the 21-nozzle, as well as to contribute to effective firefighting efforts. The results showed that utilizing the constant flow device with flow control performance at 450 ± 50 L/min was advisable to ensure the safety of the nozzle man.