

1 はじめに

今回、本連載に寄稿させていただくことになりました、兵庫県に所在する北はりま消防本部警防部警防課の熊代・藤川と申します。今回は、最も単純で歴史が深い「スムーズ（ストレート）ノズル」についてご紹介します。

まず、ノズルを知るに当たり、ノズルからホース（延長体系）、ポンプ、中継体系及び水利まで全てつながっているため、ノズルから後ろも振り返るという考えのもと進めます。QRコードを読み取ると、動画を閲覧できますのでご覧ください。※動画中の各種単位ですが、編集ソフトの機能上、「MP a」⇒「MP A」、「m（メートル）」⇒「M」となります。ご了承ください。

2 消防活動におけるノズルを取り巻く状況について

近年は、住宅構造の変化として高気密高断熱化が急速に進んでいるさなか、急激な燃焼現象や誤った注水方法等により、国内外を問わず、職員が負傷又は殉職する事例が相次いでいます。

地域によっては、近年の建物構造の住宅と在来工法（木造瓦葺等）が混在し、双方への対応が必要なところもあるかと思えます。

今後、建築される住宅は前者が多いため、これを踏まえたノズルの選定が必要です。

ノズルは、国内で多くの種類が発売されており、装備担当者は選定導入に苦慮されているかと思えますが、導入に当たり、「火災制御」「放水形状」「放水量」「反動力」「ホース」「ポンプ運用」「職員の高齢化」「活動人数」など、様々なテーマから考察し、繰り返し検証を実施して、最適なノズルを選定する必要があります。

3 ノズル選定にかかる火災現場の評価（サイズアップ）について

各状況に応じた最適なノズルを選定するには、まず、サイズアップが重要で、出動途上の情報や人命救助の有無、建物構造、燃焼状況及び気象状況等の要件から必要放水量等をおおよそ算出して選定する必要があり、1種類で対応するのは難しいといえます。

例えば、通常の炎上火災や無風ではない状況、気密性の高い住宅の火災等では、目安として、1口当たり毎分約450ℓ（低ノズル圧力で）以上、風速が無風でない限り、スムーズノズルは19mm以上、噴霧ノズルは口径19～23mm以上を選定すると有用であり、初期に多くの水量を放水することが重要となります。

なお、この放水量の毎分約450ℓは、放水形状や反動力、ノズル圧力ごとの流量から考察したもので、本項以降の考察や表、動画を踏まえ、さらに皆さまと一緒に考え、学びたいと思います。

また、米国の流量算出用公式（NFA）も参考にしていますが、燃焼範囲により必要流量は変わりますし、放水をし続ける場合もあれば、近年の建築物の消火技術のように、ノズルの開閉操作を有効に実施し、数秒から数十秒の放水（屋内進入前の冷却や火災室内の躯体冷却等）を行うなど、状況によって柔軟に対応する必要があります。

4 スムースノズルとは（写真1）

ストレート専用のノズルで、あらかじめ口径が決まっており、昭和44年頃に噴霧ノズルが開発される以前は主力ノズルでありました。

国内でよく流通しているのは、ノズル口径が17mm・19mm・20mm・21mm・23mm・26mmで、当ノズルを使うには、単独では使用できず、「管そう」に取り付ける必要があります、長所及び短所は次のとおりです。

長所： 強力な水の束により、長射程の放水が可能（ソリッドとも呼ばれる。）

高い水撃力により、消火効果の高い放水が可能

最適なノズル圧力で放水すると、最終地点に有効な注水が可能で無駄水が少ない

強風下や炎上火災時に風や炎にあおられにくい

短所： 噴霧や開閉などの放水パターンの変更ができない

高圧になると放水形状が散らばる場合がある。

コックやホースの折れにより乱流が増大し放水形状が散る可能性がある。



スムース（ストレート）ノズル（写真1）

5 スムースノズルの見直し

近年は、比較的口径が小さいガンタイプノズル（直噴切替可）で水損を意識したノズルが多くなっておりませんが、全国的に、強風下の大規模な火災や複数棟が延焼する火災が相次いだ際、当該（噴霧）ノズルは風や炎にあおられ有効な注水ができない場面があったため、スムースノズルの有効性について見直されることとなります。

なぜ、そうなったかを考察すると、直状及び噴霧が切替え可能なノズルは、ノズル内を通ってきた水を、弁棒や外筒、弁押さえと呼ばれる部分に一旦当てて、ノズル出先でまとめてストレート状に整流し、放水しています。

つまり、霧状の水を集めた「疑似ストレート」ゆえに強風や火勢等で流され、有効な放水ができなかったのです。

ただし、口径を大きくし、低ノズル圧力で放水すると、風向風速や火勢の度合い等によっては対応できる場合もありますので、放水検証及び訓練を日常的に実施し、ノズル性能の把握とその火災状況に応じたノズル、圧力及び口径の選定が必要となります。

6 管そうへの装着例（写真2～12）

ホースの折れやコック調整等で、乱流が増大し、ストレート形状が乱れることがあります。その際は、ホースラインの整理、管そうやノズルを整流板付にすると解消する場合があります。

整流板（流れを整える）は、ホースの折れやコック調整等によりホース内の乱流が増大しても放水形状が乱れにくいという、良い状態を生み出します。

しかし、口径及びノズル圧力のバランスにより、整流板なしでも解消する場合があります。

なお、ノズルと管そうの組合せで異なるため、各消防本部様で所有の管そうとスムースノズルで実際に検証し、確認していただく必要があります。



e ノズルフォルダー (写真 2)



放水銃用管そう (写真 3)



無反動管そう (写真 4)



通常 (軽量) 管そう (写真 5・6・7)



ピストル型の管そう・ノズル (写真 8・9)



安全管そう (写真 10)

7 シャットオフボールバルブ (ストップバルブ) の活用 (写真 11~14)

「異なる口径のスムーズノズルへの切り替え」、「ホースの追加延長」などが可能です。



ストップバルブの活用 (写真 11・12)

※メーカーや製品により、コックの開閉方向が異なります。



活用例 (動画①)



シャットオフボールバルブの活用（写真13・14）

8 最近のスムーズノズルについて

ガンタイプノズルの先端がスムーズノズルになっており、機動性が高く、容易に開閉可能なものがあり、限定的ながら噴霧放水ができるなど、スムーズノズルの短所を克服します。（写真15）

また、噴霧注水用の板が整流板（流れを整える）の機能を備えています。（写真16）



ボアテックスノズル（写真15）



整流板「左は噴霧時、右は通常時」（写真16）

9 摩擦損失・各口径別放水量と反動力

では、スムーズノズルの各口径及び各ノズル圧力でどれくらいの放水量なのかを表を見ていきましょう。

ノズルを知る中で「放水量」、「反動力」、「摩擦損失」、「放水形状」は大切ですが、あくまでも計算上の数値であり、流量計の精度や種類、メーカー、ポンプ配管の形状や流量計の検出部分が配管上どの位置にあるかによって、流量は異なる場合があります。

放水の際は、ノズルや管さうの根元、分岐管の先端や根元に圧力計を取り付けるとより分かりやすくなり、理解を深め、高い教育効果を得ることができます。



摩擦損失の実測（動画②）

摩擦損失（通常ホース1本あたり）

流量/口径	65mm	50mm	40mm	流量/口径	65mm	50mm	40mm
250	0.009	0.023	0.098	800	0.088	0.234	1.004
300	0.012	0.033	0.141	850	0.099	0.264	1.134
350	0.017	0.045	0.192	900	0.111	0.296	1.271
400	0.022	0.058	0.251	950	0.124	0.329	1.416
450	0.028	0.074	0.318	1,000	0.137	0.365	1.569
500	0.034	0.091	0.392	1,100	0.166	0.442	1.898
550	0.041	0.110	0.475	1,200	0.197	0.526	2.259
600	0.049	0.131	0.565	1,300	0.232	0.617	2.652
650	0.058	0.154	0.663	1,400	0.269	0.715	3.075
700	0.067	0.179	0.769	1,500	0.308	0.821	3.530
750	0.077	0.205	0.883	1,600	0.351	0.934	4.017

計算式 係数×ホース本数×流量 (m³/min) ×流量 (m³/min) 係数：(65)0.137 (50)0.365 (40)1.569

流量（1人保持を緑色、2人保持を黄色、2人保持以上を赤色とする）

口径/圧力	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.6	0.7
※1 16.5mm	253	284	311	336	359	381	401	440	470
19mm	337	376	412	445	476	504	532	583	630
20mm	373	417	457	493	527	559	590	646	698
21mm	411	460	504	544	582	617	650	712	769
※2 22mm	451	505	553	597	638	676	714	782	844
23mm	493	551	604	653	698	739	780	854	923
26mm	630	705	772	834	891	945	997	1,092	1,179

計算式 0.2085×ノズル口径 (cm) ×ノズル口径 (cm) ×√ノズル圧力 小数点第1位を四捨五入

※1 ノズル圧力0.7MP a型ガンタイプノズルの470レンジにおける実質口径

※2 7/8インチ（ポアテックスノズルの実質口径） 小数点以下を四捨五入

反動力（1人保持を緑色、2人保持を黄色、2人保持以上を赤色とする）

口径/圧力	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.6	0.7
16.5mm	82	102	123	143	164	184	205	245	286
19mm	108	135	162	190	217	243	271	325	379
20mm	120	150	180	210	240	270	300	360	420
21mm	132	165	198	232	265	298	331	397	463
22mm	145	182	218	254	290	327	363	436	508
23mm	159	198	238	278	317	357	397	476	555
26mm	203	254	304	355	406	457	507	608	710

計算式 150×ノズル口径 (cm) ×ノズル口径 (cm) ×ノズル圧力 (MP a) 小数点第1位切上げ

※補助管そう、無反動管そう、放水銃等の活用により、高い反動力の中でも1名で放水が可能

10 ノズル圧力ごとの放水形状と有効放水量について（スムーズノズルの検証）



ボアテックス(動画③)



19 mm(動画④)



21 mm(動画⑤)



23 mm(動画⑥)



26 mm(動画⑦)

ノズル口径や管そう、ホースの折れにもよりますが、有効な放水形状は、ノズル圧力0.2 MPa～0.5 MPaあたりになり、これ以上になると、放水が散ります。

次の動画は、噴霧ノズルとスムーズノズルのストレートを、同流量で放水する同条件にて検証した動画で、放水の飛散具合や最終地点に落下する水の量の違いが分かります。

噴霧ノズルを含む同流量下（470～480ℓ）の放水形状の比較(動画⑧)



11 近年の建築様式（高気密高断熱）の住宅火災に対するスムーズノズルの適応について

家具や衣類等の石油製品化（合成繊維化）で、火災の熱量上昇や現場到着時に様々な燃焼現象が発生する確率が増加しており、活動の危険性や消火の困難性が高まっています。

これらに適切に対応する重要なポイントとして「水撃力」、「放水量」があり、スムーズノズルがその重要な役割を担うとして、近年注目されています。

従来の噴霧を主体とした注水は、状況により、火災室内に空気を流入させ、火災を他の区画等へ拡大させる恐れがあるほか、ガンタイプ（噴霧）ノズルのストレートは、規定圧力（0.7 MPa以上）で放水した場合、一部霧状に散るため、火点室内に空気を送る恐れがあります。

しかし、スムーズノズルはその恐れが極めて少なく、噴霧ノズルに比べ、水撃力や貫通力が高く、天井付近の高温層や火災室内を安全かつ効果的に冷却できます。

ガンタイプノズル（直噴切替可）のストレートも冷却効果は見込まれますが、規定ノズル圧力で運用する必要があり、高ノズル圧力で反動力が高いことから、取り回しが難しい場面があり、構造破壊や火災室内の熱成層に影響を及ぼす可能性があります。

ただし、ガンタイプノズルのストレートについても、当本部では、実現場にて冷却効果があることを確認しておりますが、更なる活動の安全性向上及び被害を最小限に食い止めるため、長所や短所を理解し、状況に応じたノズルと注水方法の選定が必要と考えます。

なお、スムーズノズルのストレートは、屋内進入を前提とした場合、外部からの冷却による移行戦術や外部注水時においても、ノズル圧力が低圧で反動力が低いいため、取り回しが容易で、水が壁面を伝うように流れるため、躯体冷却の効果も高くなります。

また、安全に活動するためには、冷却効果が得られる一定の水量が必要であり、水量が少ないと冷却効果が得られないため、屋内進入隊員の安全が確保できません。

急激な開閉が伴う注水技術は、ウォーターハンマーを発生させ、「金具の不意離脱」、「ホースの破断」、「ポンプの損傷」、「水道配管の損傷」等の危険があるため、閉止時は、燃焼への影響のない場所（床面付近等）へ向け、開閉速度に注意する必要があります。

高気密高断熱住宅火災時の注水方法検証(動画⑨)



12 放水体系上の注意点（スムーズノズル使用時におけるポンプ運用面の比較検証）

国内で主に用いられる放水体系は主に各線1口ずつと各線分岐2口です。

毎分500ℓを2口（計1,000ℓ）放水の場合の摩擦損失、必要なポンプ圧力の違いをご覧ください。

- | | |
|---|---|
| (1) 65mmホース（2本）＋50mmホース（2本）＋23mmスムーズノズル（2口） |  |
| (2) 65mmホース（3本）＋50mmホース（1本）＋クアドラフォグノズル（2口） | |
| (3) 65mmホース（3本）＋40mmホース（1本）＋クアドラフォグノズル（2口） | 動画⑩（(1)～(4)） |
| (4) 50mmホース（4本）＋ボアテックスノズル（2口） | |
| (5) 65mmホース（2本）＋落とし50mm（2本）＋ボアテックスノズル |  |
| (6) 65mmホース（2本）＋落とし40mm（2本）＋21mmスムーズノズル | 動画⑪（(5)～(6)） |

上記の動画より、摩擦損失やノズル特性による、必要なポンプ圧力の違いが分かります。

上記(2)と(4)を比較すると、選定したノズルの適正圧力及び放水流量によって、(4)の方が摩擦損失を軽減できる場合があります、9の表をホース延長体系に当てはめると計算上の数値も算出できます。

各種火災状況に応じて、必要な流量等も考慮した放水体系及びノズルの選定が必要となります。

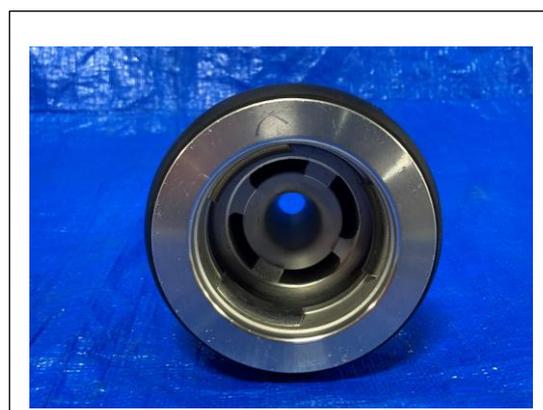
13 ポンプ運用上の注意点

スムーズノズルは、低い使用圧力で運用するため、ホースラインの内圧が低くでき、安全に活動できますが、高圧運用が必要なノズルとの併用は原則禁止で、内部機構や口径が同じものを使用する必要があります。

なお、やむを得ず併用する必要がある場合は、圧力計と流量計に留意しつつコック開度で調整を行う方法や、放水体系や中継送水の受け方によっては調整が難しいため、自動減圧器（定流量器）※写真17・18及び安全管そう（オリフィス）※写真19・20の活用が必須となります。

また、スムーズノズル使用時は、高流量での放水となる場合もあるため、水利の確保も重要となり、中継送水も1線1口では不足する（元ポンプの等級や落差、延長距離等による）可能性もあり、複数口の中継を受ける技術や準備も重要になります。

異なる種類及び口径のノズルを併用する際の対応(動画⑫)



自動減圧器（定流量器）写真17・18



安全管そののオリフィス部分（写真 19・20）

14 考察とおわりに

スムーズノズルやそのポンプ運用（摩擦損失等）についてお分かりいただけたかと思います。なお、放水訓練の実施に際し、制約があるところもあろうかと思いますが、この投稿が少しでも参考になれば幸いです。

昨今、火災件数の減少で、職員の経験不足が危惧されていますが、圧力計等を用いて可視化し根拠や実測値を明確にした検証訓練を行うことで、満足感や納得を会得でき、消火に対する関心や教育効果を大幅に高め、経験不足を補完できると確信しております。

また、消防職員を含む公務員の定年年齢上げが決定したことにより、年齢・性別を問わず、より負担を少なくし、安全に現場活動を展開して、火災による住民被害を最小限に食い止める必要があります。

そのためには、反動力を低く、必要な放水流量と有効な形状の放水ができるノズルの選定が必須となり、「スムーズノズル」は、その重要な一役を担うことができるのです。

最後に、備えても（訓練や技術向上、資機材の導入等）活かされる災害現場が起きず、我が地域、我が国の火災が1件でも多く減少することを祈り、寄稿の締めとさせていただきます。

15 動画視聴用URL

氏名：熊代雄
所属：北はりま消防本部
警防部警防課警防1係
出身地：兵庫県西脇市
拝命：平成21年4月



氏名：藤川康祐
所属：北はりま消防本部
警防部警防課警防2係
出身地：兵庫県加東市
拝命：平成22年4月

