

ガンタイプノズル保持者に作用する力及び 最大流量を確保できる消火用ホースの延長本数に関する検証

中川 英二*，高井 啓安**，菅原 洋一***，岡崎 洋行**

概 要

ノズルの保持者に働く力として従来は放水による反動力のみを考えてきた。しかし実際には、放水によりホースが曲がることで引っ張られる力と、ホースが伸びることによって押し出される力が、ホース内圧力等により複雑に変化しながら作用しており、その力も無視できない。そこで本実験では、これらの力の合力を「ノズル保持力」と定義し、ガンタイプノズル（以下、GN とする）について様々な条件下でノズル保持力の測定を行った。また、GN の規定最大流量である毎分 475L が確保できる延長ホースの本数について、40mm ホースを用いた放水を想定した検証を行った。

1 はじめに

水がノズルより流出する時、図 1 のように作用と反作用によって水の流出方向と反対側に向かう反動力を生ずる。また、ホース内圧力を高くすると、ホースは伸張するため蛇行し、ホース内を流れる水がホースにおよぼす力は蛇行を大きくする方向に働くため、ノズルがホースによって後方に引っ張られることになる。

反対に、高くしたホース内圧力を下げると、ホースによって引っ張られていた力が解放され、ノズルが前方に押し出されることになる。

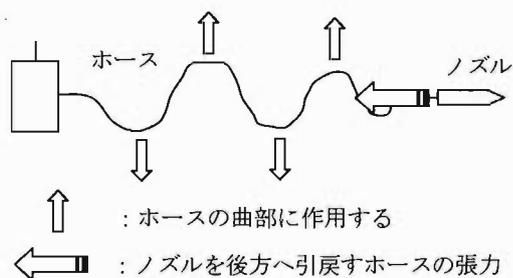


図 1 ホースとノズルに作用する力

従来はノズル保持者に作用する力として、放水による反動力のみを考えていたが、前述のように、ノズル保持者に作用する力は、放水による反動力並びにホースの蛇行や伸縮により引っ張られる力及び、押し出される力の合力であり、この合力を以降「ノズル保持力」と定義する。

この合力は現実的に絶対値を求めることはできないが、

差を評価することによって、消防活動の安全性について現実的な評価が可能になる。すなわち、流量を切替える時や放水開始・停止を行なう時のノズル保持力の変化量を見ることによって消防活動上の指標とすることを目的とするものである。

ホースの延長状態により、ホース内を流れる水がホースに及ぼす力は大きく変化し、ホースがノズルに及ぼす力も大きく変化するので、ノズル保持力は大きく変化する。そのため、ホースの延長状態が異なると、その他の条件が同一でも切り替え前のノズル保持力が違ってくる。そこで、ノズル保持力を客観的に比較するためにノズル保持力の変化量を指標として用いる。併せて、GN の規定最大流量 475L/min が確保できる延長ホースの本数について検証し、安全で効率的な消防活動を展開するための基礎資料とする。

なお本検証においては、現在東京消防庁で主流のホースを使用した。

2 実験方法

2.1 ノズル保持力測定実験①

(1) 実験設定

実験設定の概要を図 2 に示す。40mm ホースをポンプ車から 1 線 3 本延長し、放水する。

(2) 測定項目

次の測定項目について、各 3 回ずつ測定を行う。

ア 流量切替ダイヤル操作に伴う荷重

各流量切替ダイヤル（以下「ダイヤル」という）において流量を 1 段階上げた場合および下げた場合に発生する荷

重を荷重変換器で測定する。

イ 開閉ハンドル操作に伴う荷重

GNの開閉ハンドルにより開閉（以下「シャット・オープン」という）した場合に発生する荷重を荷重変換器で測定する。また、開閉ハンドルの操作速度を変化させた場合の荷重も合わせて測定する。この場合の操作速度は1秒（中速）及び2秒（低速）の2条件で行う。

ウ 放水距離

前イにおける放水距離を測定する。

(3) 測定に使用する機器等

ア ノズル

ノズルはGN（A社製とB社製）を使用する。測定に際しては、各ダイヤルにおいて規定の流量が出るように、ダイヤル切替前のノズル圧力は0.7MPaで一定になるように保つ。

イ 荷重変換器

荷重変換器は共和電業製のものを使用する。

ウ データ収録器

データは、データロガー（KEYENCE製:GR-3000）とデータ入力パソコンを使用し収録する。

エ 荷重測定台座

写真2のようにGNを高さ90cm（隊員がGNを構えた時の高さ）に水平に固定する。

オ 電磁流量計

流量測定は愛知時計電気社製:TAV65V-30を使用する。

カ 圧力変換器

圧力変換器は共和電業製のものを使用する。

キ ひずみ測定器

ひずみ測定は共和電業製:DPM-613Aを使用する。

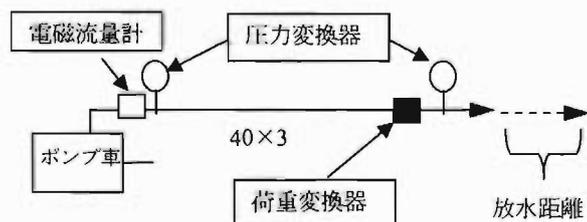


図2 ノズル保持力測定実験①概要



写真1 ノズル保持力測定実験①設定状況



写真2 ノズル保持力測定実験①設定状況
(写真1を横から見たもの)

2.2 ノズル保持力測定実験②

(1) 実験設定

実験設定の概要を図3に示す。ポンプ車から65mmホースを1線延長し、二又分岐金具を介して40mmホース2線各2本延長し、同時に放水を行う。

(2) 測定項目

ア 流量切替ダイヤル操作に伴う荷重

1線のGNのダイヤルをノズル保持力測定実験①と同様に切替えた場合のもう1線の荷重を測定する。

イ 放水距離

前アにおける放水距離を測定する。

(3) 測定に使用する機器

GNは2線ともA社製の場合と1線（荷重、放水距離を測定する側）をB社製に替えた場合とで測定を行う。測定に際しては、各ダイヤルにおいて規定の流量が出るように、ダイヤル切替前のノズル圧力は0.7MPaで一定になるように保つ。また、切替前のダイヤルの値は2線とも同一とする。なお、その他の測定機器等は前2.1(3)と同じである。

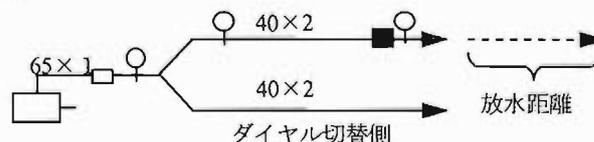


図3 ノズル保持力測定実験②概要



写真3 ノズル保持力測定実験②実験風景

2.3 最大流量確保実験①

(1) 実験設定

実験設定の概要を図4に示す。

- ア ポンプ車から 40mm ホースを同本数で 2 線延長し、放水する。
- イ ノズル圧力 0.7MPa、流量 475L/min が維持できる本数までホースを延長する。
- ウ ポンプ圧力の上限は 40mm ホースの使用圧力である 2.0MPa とする。

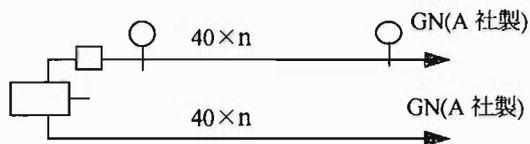


図4 最大流量確保実験①概要

(2) 測定項目

前(1)、イで延長したホースにホースを1本増加するごとにポンプ圧力、ノズル圧力、流量(片側1線の流量)を測定する。

(3) 測定に使用する機器

ノズルは2線とも GN (A 社製) とし、2線同時放水とする。なお、その他の測定機器等は前 2.1(3)と同じである。



写真4 最大流量確保実験①実験風景

2.4 最大流量確保実験②

(1) 実験設定

実験設定の概要を図5に示す。

- ア ポンプ車から 65mm ホースを1本延長し、分岐用媒介金具を接続して分岐から同本数で 40mm ホースを2線延長し、放水する。
- イ ノズル圧力 0.7MPa、流量 475L/min が維持できる本数までホースを延長する。
- ウ ポンプ圧力の上限は 65mm ホースの使用圧力である 1.6MPa とする。

(2) 測定項目

前(1)イで延長したホースにホースを1本増加するごとにポンプ圧力、ノズル圧力、流量(2線合計)を測定する。

(3) 測定に使用する機器

ノズルは2線とも GN (A 社製) とし、2線同時放水とする。なお、その他の測定機器等は前 2.1(3)と同じである。

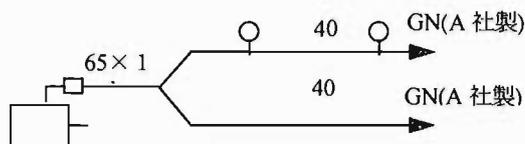


図5 最大流量確保実験②概要



写真5 最大流量確保実験②実験風景

3 実験結果及び考察

以下に実験結果を示すが、ノズル保持力測定実験①、②において、各ダイヤルの切替について3回ずつ切替えて測定したが、その3回の平均値を結果として示す。また、瞬時値とはダイヤルを切替えた時に瞬間的に発生するノズル保持力の最大値又は最小値のことであり、定常値とはノズル保持力が安定して、一定になった時の値のことである。また、ノズル保持力の切替後瞬時値・定常値と切替前定常値との差をノズル保持力の変化量として表している。ノズル保持力の定義でも述べたように、ノズル保持力は後向きに働く放水による反動力だけではなく、ホースにより前方に押される力も加わるので、図10のようにノズル保持力が正の値の時は前方に押される力、負の値の時は後方に引かれる力を意味している。

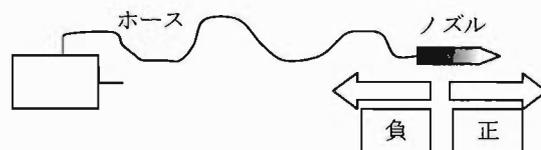


図6 ノズル保持力の符号

(1) ノズル保持力測定実験①

表1はA社製とB社製のGNでポンプ車より40mmホースを1線3本延長した場合のノズル保持力、ノズル圧力、放水距離及び実流量の変化の表である。ここで、実流量とは、ダイヤルの表示流量ではなく、実際に測定された流量

のことである。

表2は各ダイヤルにおいて中速でシャット・オープンした場合と低速でシャット・オープンした場合のノズル保持力及びノズル保持力の変化量並びにノズル圧力の変化の表である。ここで、中速とは1秒間でシャット・オープンする速さのことであり、低速とは2秒間でシャット・オープンする速さのことである。

表1及び表2のノズル保持力及びノズル保持力の変化量並びにノズル圧力の変化を視覚的に理解できるようにこれらをグラフで示す。(図7～図12)

図7～図9はノズル保持力・ノズル圧力変化のグラフであり、横軸は時間軸(sec)、縦軸第1軸はノズル保持力(N)、縦軸第2軸はノズル圧力(MPa)である。グラフにおいて、縦線で区切られた各区分は各ダイヤル切替の区分を意味する。これらのグラフより以下のことが分かる。

ア 同一ダイヤルならば、ノズルをオープンした時よりもシャットした時の方がノズル保持力の変化量の瞬時値(絶対値)が大きく、持っている人間により強い衝撃力がかかる事が分かる。これはホース内圧力の急変化により発生する水撃作用(ウォーターハンマー)によるものである。

イ ダイヤルを230L/min→360L/minのように上げた時よりも230L/min→115L/minのように下げた時のほうがノズル保持力の変化量(絶対値)が大きい。これはダイヤルを上げた時よりも下げた時のほうがノズル圧力の切替後瞬時値・定常値と切替前定常値との差が大きいためであると思われる。

ウ 初期設定ダイヤルが大きいと、シャットしたときのノズル圧力の切替後瞬時値が大きくなり、ノズル保持力の変化量の瞬時値(絶対値)も大きくなる。

エ GNのダイヤルを切り替える(上げ・下げ)時のノズル保持力の変化量はほとんど100N以下で危険性はないが、GNのシャット・オープン時のノズル保持力の変化量は、瞬時値(絶対値)で最大400N以上になることもある。

オ 図10のノズル圧力変化のグラフより、延長ホース本数が増えるほど、ダイヤルを切替えた時及びシャット・オープン時のノズル圧力の切替後瞬時値・定常値の変化が大きいことが分かる。これは、規定の放水量を得るためにはノズル圧力を0.7MPaにする必要があり、ホース延長本数が増えれば、ホースの摩擦損失によりポンプ圧力も大きくする必要があり、これにより、ノズル圧力の変化も大きくなってしまっているからである。仮に、40mmホースの使用圧力である2.0MPaのポンプ圧力で放水し、シャットした場合、延長したホース全体の内圧がポンプ圧力2.0MPaと同一になり、ホース及びGNには持続的に2.0MPaの負荷がかかる。そして、シャットした瞬間には一時的に2.0MPa以上の高い負荷がかかる。

カ 表2及び図11は各ダイヤルにおいて、GNの開閉速

度を変えた場合のノズル保持力の変化の表及びグラフである。中速でシャット・オープンした時よりも低速でシャット・オープンした時の方がノズル保持力の変化量は小さく、ノズル圧力の切替後瞬時値の変化量も小さい。

キ 表1より、2種類のGNの放水距離に違いはほとんど見られず、ダイヤルを475L/minから360L/minに切り替えた時の放水距離は最大で約27mである。なお、この放水距離はGNを高さ90cmの台の上に水平に固定した場合の放水距離である。

ク 表1より、初期設定ダイヤルが230L/min以下の時、切替後のダイヤルの表示流量と実流量の相違はほとんどないが、初期設定ダイヤルが360L/min以上になると、相違が大きくなっていく。これは、初期設定ダイヤルが大きい方が、規定のノズル圧力0.7MPaを得るためにポンプ圧力をより大きくしており、ダイヤル切替によってGNの内部口径が変わり、ノズル圧力が大きく変化するからであると思われる。

(2) ノズル保持力測定実験②

表3にノズルをA社製のGNとして、65mmホース1本に分岐用媒介金具を結合し、40mmホースを2線延長した場合のノズル保持力、ノズル保持力の変化量、ノズル圧力及び放水距離の結果を示す。ホース延長本数は2線とも2本とし、2線ある内のダイヤルを切替える側のノズルを切替側ノズル、もう片方のノズルを測定側ノズルとする。表3の数値は全て、測定側ノズルの測定値である。また、表3のノズル保持力の変化を視覚的に理解できるようにグラフで示す(図12)。図12より以下のことが分かる。

ア 各初期設定ダイヤルにおいて、切替側ノズルでダイヤルを切り替えた場合、測定側のノズル保持力の変化量は全て20N以下と小さく、変化はないが、ノズル圧力は瞬時値においては若干の変化が見られる。

イ ダイヤルが475L/minの時に、切替側ノズルをシャットする場合が最もノズル保持力の変化量の瞬時値(絶対値)が大きい。前(1)のノズル保持力測定実験①で行った475L/minからシャットした時ほど、ノズル保持力の変化量は大きくない。

ウ ノズル圧力は切替側ノズルをシャットしても、測定側ノズルからは放水が継続するため、前(1)のノズル保持力測定実験①ほどノズル圧力の切替後瞬時値・定常値の変化は大きくない。

(3) 最大流量確保実験①

表4に最大流量確保実験①の結果を示す。40mmホースの使用圧が2.0MPaであるため、ポンプ圧力もその付近までしか上げていない。流量は片側1線の流量を表している。表4より次のことが分かる。

ア 40mmホースをポンプ車から2線延長(同本数)した場合、ポンプ圧力が40mmホースの使用圧2.0MPaを超えない範囲で、規定のノズル圧力0.7MPaを得られるホース延長本数は4本まで(表4網掛け部)である。そ

のときの流量は 496L/min で、ノズル圧力は 0.69MPa であった。

イ ポンプ圧力を上限 2.0MPa 付近まで上げて、ホースを 5 本延長（2 線とも同本数）すると、ノズル圧力は 0.64MPa、流量は 480L/min まで降下する。

(4) 最大流量確保実験②

表 5 に最大流量確保実験②の結果を示す。ポンプ車と分岐用媒介金具の間にある 65mm ホースの使用圧が 1.6MPa であるため、ポンプ圧力もその付近までしか上げていない。測定流量は 2 線合計流量であるが、2 線合計流量の 1/2 を片側 1 線流量として表している。表 5 より以下のことが分かる。

ア ポンプ車から 65mm ホースを 1 本延長し、分岐用媒

介金具を介して 40mm ホース 2 線を同本数で延長した場合、ポンプ圧力が 65mm ホースの使用圧 1.6MPa を超えない範囲で、規定のノズル圧力 0.7MPa を得られるホース延長本数は 3 本まで（表 5 網掛け部）である。そのときの流量は 491L/min で、ノズル圧力は 0.68MPa であった。

イ ポンプ圧力 1.6MPa のままで、4 本延長（2 線とも同本数）するとノズル圧力は 0.59MPa、流量は 457L/min まで降下する。

表 1 ノズル保持力・放水距離・実流量表(ポンプ車より 40mm 1 線 3 本延長)

流量 切替 ダイヤル	延長形状 ノズル ホース本数	ポンプ車より 1 線延長									
		A社					B社				
		ノズル 保持力(N)	ノズル保持力 の変化量(N)	ノズル圧力 (MPa)	放水距離 (m)	実流量 (L/min)	ノズル 保持力(N)	ノズル保持力 の変化量(N)	ノズル圧力 (MPa)	放水距離 (m)	実流量 (L/min)
115	切替前定常値	4.1		0.72	13.3	116	-25.5		0.71	12.8	108
	↓切替後瞬時値	150.8	146.7	1.10	↓	↓	98.2	123.6	1.03	↓	↓
0	切替前定常値	75.4	71.3	0.77	0.0	0	31.2	56.7	0.77	0.0	0
	↓切替後瞬時値	-34.6	-109.4	0.45	↓	↓	-52.6	-72.7	0.52	↓	↓
115	切替前定常値	-3.4	-78.1	0.72	13.3	117	-36.3	-56.4	0.72	12.8	106
	↓切替後瞬時値	-9.2		0.72	13.3	120	-45.5		0.72	12.8	108
230	切替前定常値	-72.7	-63.5	0.60	16.6	217	-103.9	-58.4	0.61	16.5	201
	↓切替後瞬時値	-53.0		0.73	19.5	233	-109.7		0.74	19.0	217
0	切替前定常値	81.9	168.8	0.94	0.0	0	36.7	146.4	0.93	0.0	0
	↓切替後瞬時値	-103.9	-185.8	0.38	↓	↓	-142.0	-163.7	0.42	↓	↓
230	切替前定常値	-78.1	-160.0	0.73	19.5	236	-118.5	-140.3	0.74	19.0	223
	↓切替後瞬時値	-75.4		0.73	19.5	232	-119.2		0.74	19.0	214
115	切替前定常値	39.4	114.8	1.08	↓	↓	-53.7	65.6	1.08	↓	↓
	↓切替後瞬時値	-41.4	34.0	0.88	16.0	128	-67.9	51.3	0.88	16.2	118
230	切替前定常値	-74.4		0.73	19.5	239	-124.0		0.74	19.0	227
	↓切替後瞬時値	-123.0	-48.6	0.46	↓	↓	-160.0	-36.0	0.48	↓	↓
360	切替前定常値	-111.8	-37.4	0.54	19.3	331	-144.0	-20.0	0.57	18.9	315
	↓切替後瞬時値	-162.7		0.74	22.9	379	-194.3		0.72	22.4	349
0	切替前定常値	210.6	373.3	2.05	↓	↓	118.9	313.2	1.93	↓	↓
	↓切替後瞬時値	64.2	226.9	1.29	0.0	0	20.0	214.3	1.22	0.0	0
360	切替前定常値	50.6		1.30	0.0	0	10.5		1.17	0.0	0
	↓切替後瞬時値	-279.5	-330.2	0.41	↓	↓	-203.8	-214.3	0.39	↓	↓
360	切替前定常値	-179.0	-229.6	0.74	22.9	383	-180.7	-191.2	0.72	22.4	351
	↓切替後瞬時値	-178.7		0.75	22.9	387	-186.1		0.73	22.4	345
230	切替前定常値	-113.8	64.9	1.17	↓	↓	-129.4	56.7	1.09	↓	↓
	↓切替後瞬時値	-122.3	56.4	1.02	24.0	275	-136.2	49.9	0.95	21.4	257
360	切替前定常値	-172.9		0.75	22.9	394	-193.9		0.73	22.4	353
	↓切替後瞬時値	-188.2	-15.3	0.53	↓	↓	-230.3	-36.3	0.47	↓	↓
475	切替前定常値	-173.6	-0.7	0.57	19.1	446	-207.9	-13.9	0.54	19.7	423
	↓切替後瞬時値	-225.9		0.74	22.2	503	-268.0		0.72	24.1	474
0	切替前定常値	191.9	417.8	2.63	↓	↓	160.3	428.3	2.51	↓	↓
	↓切替後瞬時値	57.1	282.9	1.63	0.0	0	14.3	282.3	1.60	0.0	0
475	切替前定常値	52.3		1.66	0.0	0	0.7		1.59	0.0	0
	↓切替後瞬時値	-327.8	-380.1	0.44	↓	↓	-342.4	-343.1	0.46	↓	↓
475	切替前定常値	-240.8	-293.1	0.75	22.2	503	-267.3	-268.0	0.73	24.1	489
	↓切替後瞬時値	-244.2		0.75	22.2	511	-276.1		0.73	24.1	492
360	切替前定常値	-229.3	14.9	1.03	↓	↓	-225.9	50.3	1.06	↓	↓
	↓切替後瞬時値	-238.8	5.4	0.97	27.1	441	-256.1	20.0	0.99	27.3	418

表2 ノズル保持力表(ポンプ車より1線3本延長、開閉速度：中速・低速)

	延長形状	ポンプ車より1線延長						
		A社						
		2(中速で開閉)		2(低速で開閉)				
		ノズル保持力(N)	ノズル保持力の変化量(N)	ノズル圧力(MPa)	ノズル保持力(N)	ノズル保持力の変化量(N)	ノズル圧力(MPa)	
流量切替	115	切替前定常値	-44.2		0.73	-30.6		0.73
	↓	切替後瞬時値	94.8	138.9	1.08	69.3	99.9	1.01
	0	切替後定常値	16.6	60.8	0.76	29.9	60.5	0.77
	0	切替前定常値	4.8		0.76	25.1		0.77
	↓	切替後瞬時値	-80.5	-85.3	0.46	-56.4	-81.5	0.54
	115	切替後定常値	-64.2	-69.0	0.72	-41.4	-66.6	0.73
	230	切替前定常値	-148.8		0.73	-141.3		0.72
	↓	切替後瞬時値	106.3	255.1	1.41	59.8	201.1	1.21
	0	切替後定常値	2.0	150.8	0.88	20.4	161.7	0.86
	0	切替前定常値	-4.1		0.88	18.3		0.85
	↓	切替後瞬時値	-177.6	-173.6	0.38	-145.4	-163.7	0.49
	230	切替後定常値	-123.0	-118.9	0.74	-130.1	-148.4	0.71
	360	切替前定常値	-214.7		0.72	-190.9		0.72
	↓	切替後瞬時値	125.7	340.3	1.86	72.7	263.6	1.62
	0	切替後定常値	-4.1	210.6	1.08	27.5	218.4	1.07
	0	切替前定常値	-3.4		1.07	22.4		1.07
	↓	切替後瞬時値	-283.6	-280.2	0.37	-227.6	-250.0	0.49
	360	切替後定常値	-216.7	-213.3	0.72	-216.7	-239.1	0.72
	475	切替前定常値	-272.8		0.72	-261.9		0.72
	↓	切替後瞬時値	127.7	400.5	2.26	76.8	338.6	1.91
	0	切替後定常値	2.4	275.1	1.31	22.8	284.6	1.33
	0	切替前定常値	7.1		1.31	20.4		1.33
	↓	切替後瞬時値	-346.1	-353.3	0.40	-279.5	-299.9	0.47
	475	切替後定常値	-277.2	-284.3	0.72	-269.4	-289.7	0.72

表3 ノズル保持力表

(65mm 1本+分岐用媒介金具より2線2本延長)

	延長形状	65mm1本+分岐用媒介金具より2線延長				
		A社				
		2				
		ノズル保持力(N)	ノズル保持力の変化量(N)	ノズル圧力(MPa)	放水距離(m)	
流量切替ダイヤル	115	切替前定常値	-16.6	0.75	13.0	
	↓	切替後瞬時値	-20.4	-3.7	0.91	↓
	0	切替後定常値	-16.6	0.0	0.77	14.7
	0	切替前定常値	-16.6		0.77	14.7
	↓	切替後瞬時値	-13.6	3.1	0.60	↓
	115	切替後定常値	-17.0	-0.3	0.75	13.0
	115	切替前定常値	-17.3		0.75	13.0
	↓	切替後瞬時値	-14.9	2.4	0.62	↓
	230	切替後定常値	-17.0	0.3	0.72	15.1
	230	切替前定常値	-91.0		0.73	18.8
	↓	切替後瞬時値	-115.1	-24.1	0.97	↓
	0	切替後定常値	-98.2	-7.1	0.81	20.9
	0	切替前定常値	-100.9		0.81	20.9
	↓	切替後瞬時値	-80.8	20.0	0.60	↓
	230	切替後定常値	-94.8	6.1	0.73	18.8
	230	切替前定常値	-95.8		0.74	18.8
	↓	切替後瞬時値	-109.4	-13.6	0.86	↓
	115	切替後定常値	-100.2	-4.4	0.78	20.1
	230	切替前定常値	-95.8		0.74	18.8
	↓	切替後瞬時値	-86.6	9.2	0.65	↓
	360	切替後定常値	-91.7	4.1	0.69	18.4
	360	切替前定常値	-166.1		0.73	21.7
	↓	切替後瞬時値	-229.6	-63.5	1.02	↓
	0	切替後定常値	-204.8	-38.7	0.89	26.0
	0	切替前定常値	-208.6		0.90	26.0
	↓	切替後瞬時値	-157.6	50.9	0.66	↓
	360	切替後定常値	-173.9	34.6	0.73	21.7
	360	切替前定常値	-174.6		0.73	21.7
	↓	切替後瞬時値	-195.0	-20.4	0.83	↓
	230	切替後定常値	-187.5	-12.9	0.79	24.3
	360	切替前定常値	-174.6		0.74	21.7
	↓	切替後瞬時値	-163.0	11.5	0.68	↓
	475	切替後定常値	-167.8	6.8	0.70	22.8
	475	切替前定常値	-231.7		0.74	21.5
	↓	切替後瞬時値	-323.7	-92.0	1.09	↓
	0	切替後定常値	-300.3	-68.6	0.99	26.7
	0	切替前定常値	-305.0		0.99	26.7
	↓	切替後瞬時値	-229.6	75.4	0.70	↓
	475	切替後定常値	-241.8	63.2	0.75	21.5
	475	切替前定常値	-242.5		0.75	21.5
	↓	切替後瞬時値	-259.2	-16.6	0.81	↓
	360	切替後定常値	-253.7	-11.2	0.79	23.8

表4 最大流量(ポンプ車から直接2本延長)

延長本数	2	3	5
流量(L/min)	508	498	480
ポンプ圧(MPa)	1.28	1.48	1.9
ノズル圧(MPa)	0.73	0.73	0.64

表5 最大流量(65mm 1本+二又分岐から2線延長)

延長本数	4
流量(L/min)	457
ポンプ圧(MPa)	1.63
ノズル圧(MPa)	0.59

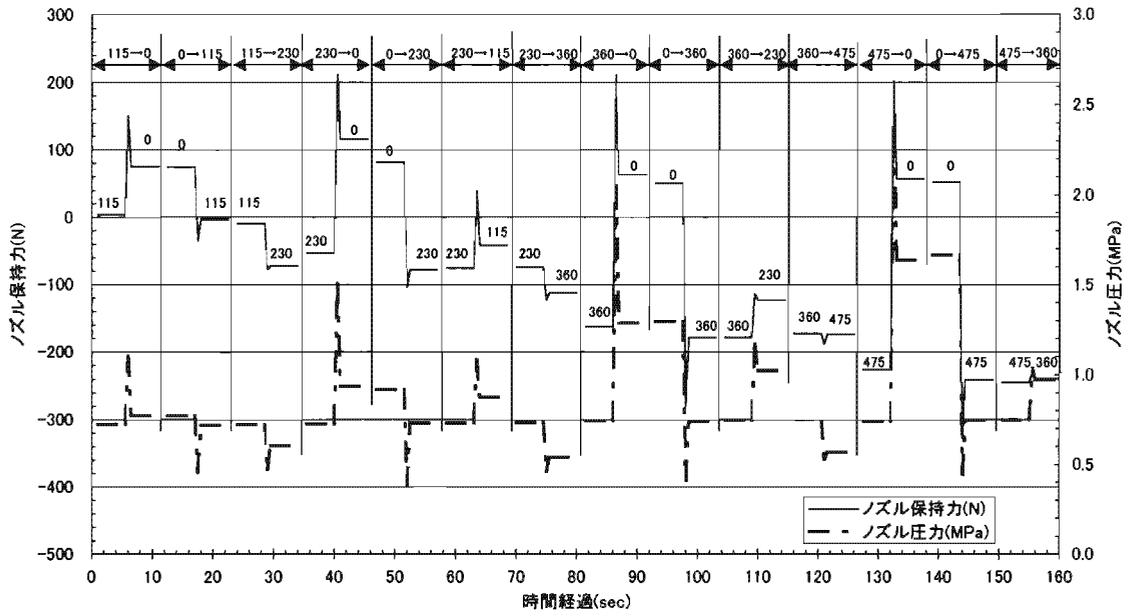


図7 ノズル保持力・ノズル圧力変化 (GN:A 社製、ポンプ車より40mm 1線3本延長)

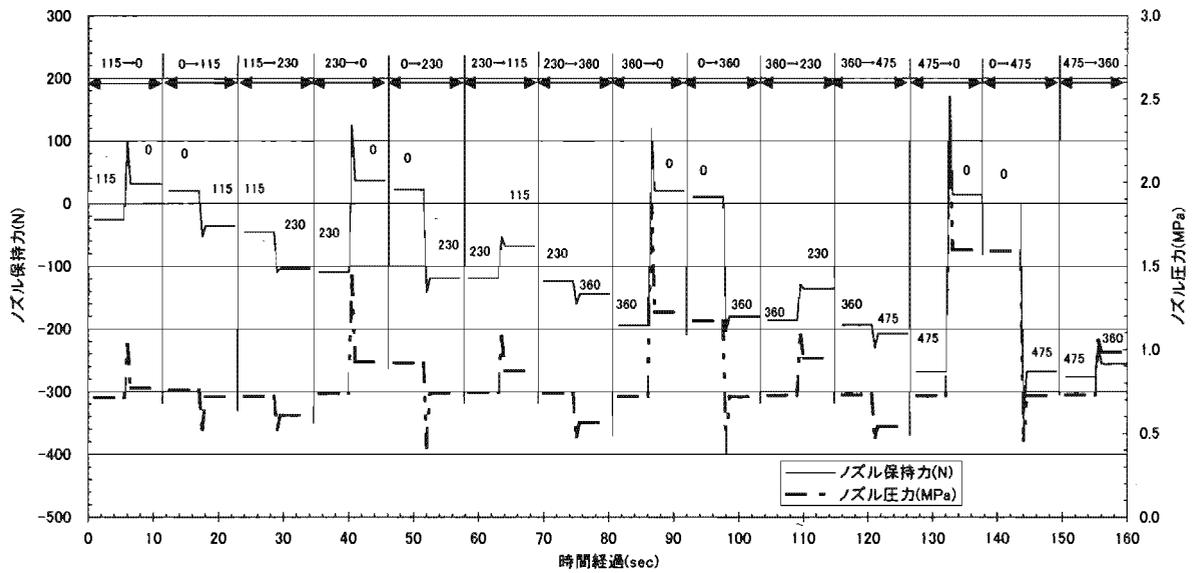


図8 ノズル保持力・ノズル圧力変化 (GN:B 社製、ポンプ車より40mm 1線3本延長)

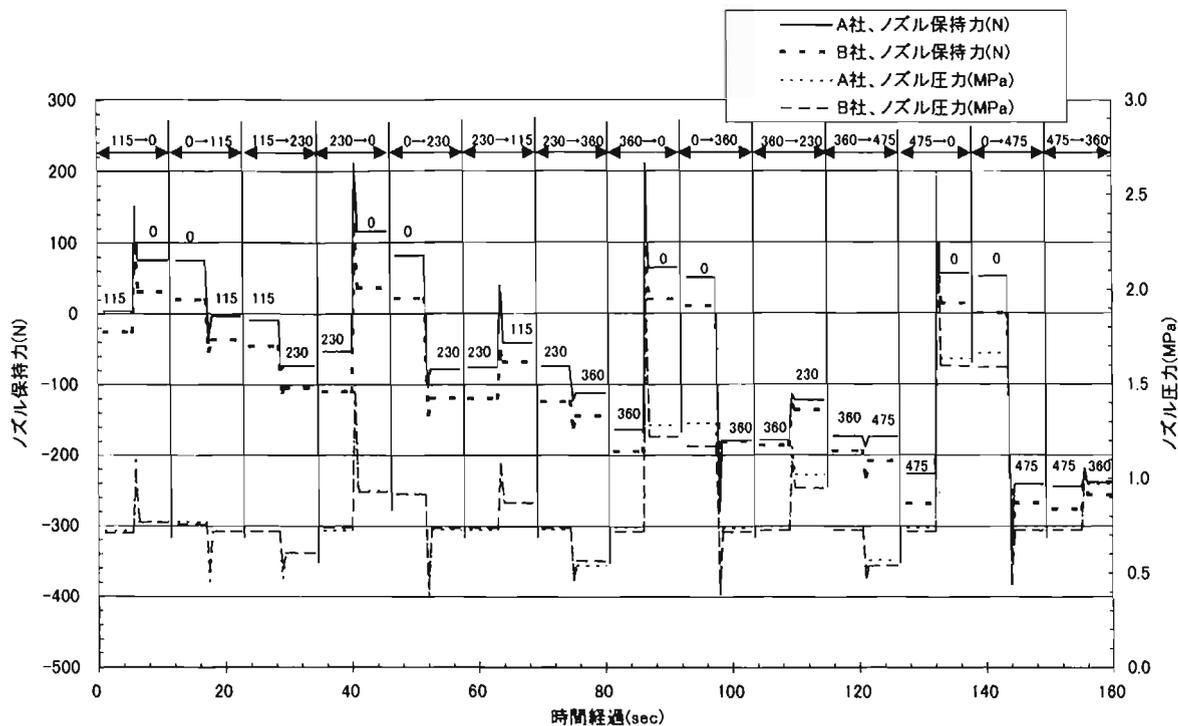


図9 ノズル保持力・ノズル圧力変化 (GN:A 社製・B 社製、ポンプ車より 40mm 1 線 3 本延長)

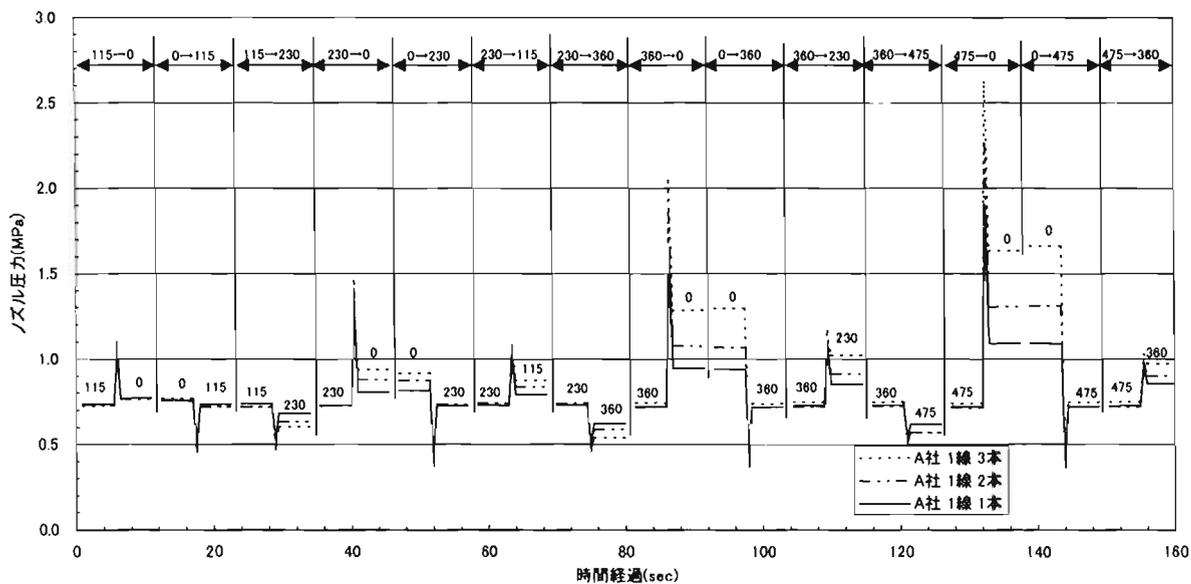


図10 ノズル圧力変化 (GN:A 社製、ポンプ車より 40mm 1 線延長)

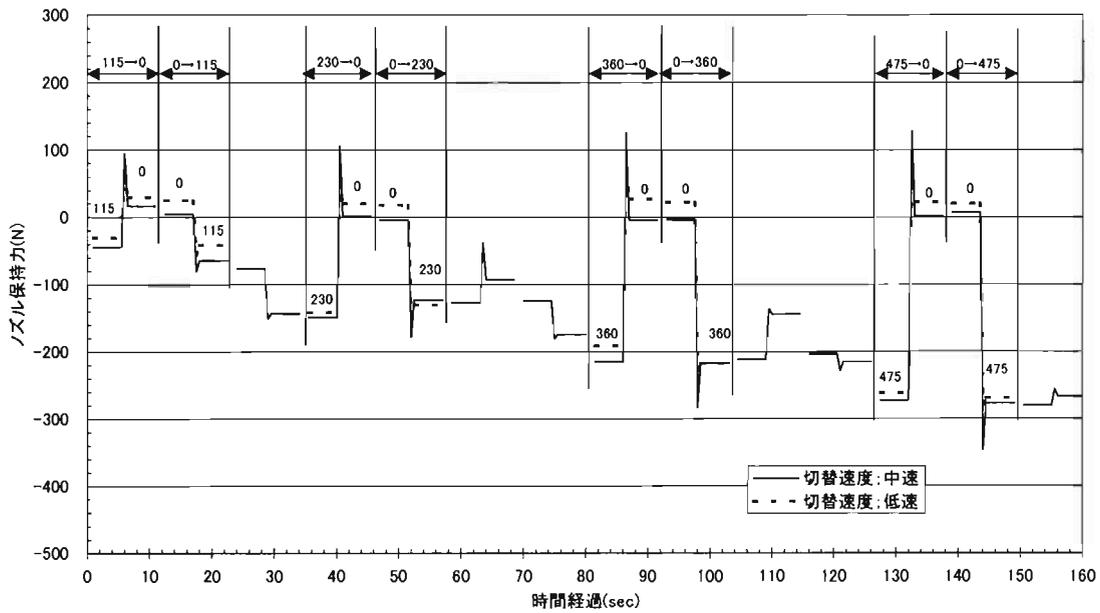


図 11 ノズル保持力変化 (GN:A 社製、GN 開閉速度:低速・中速)

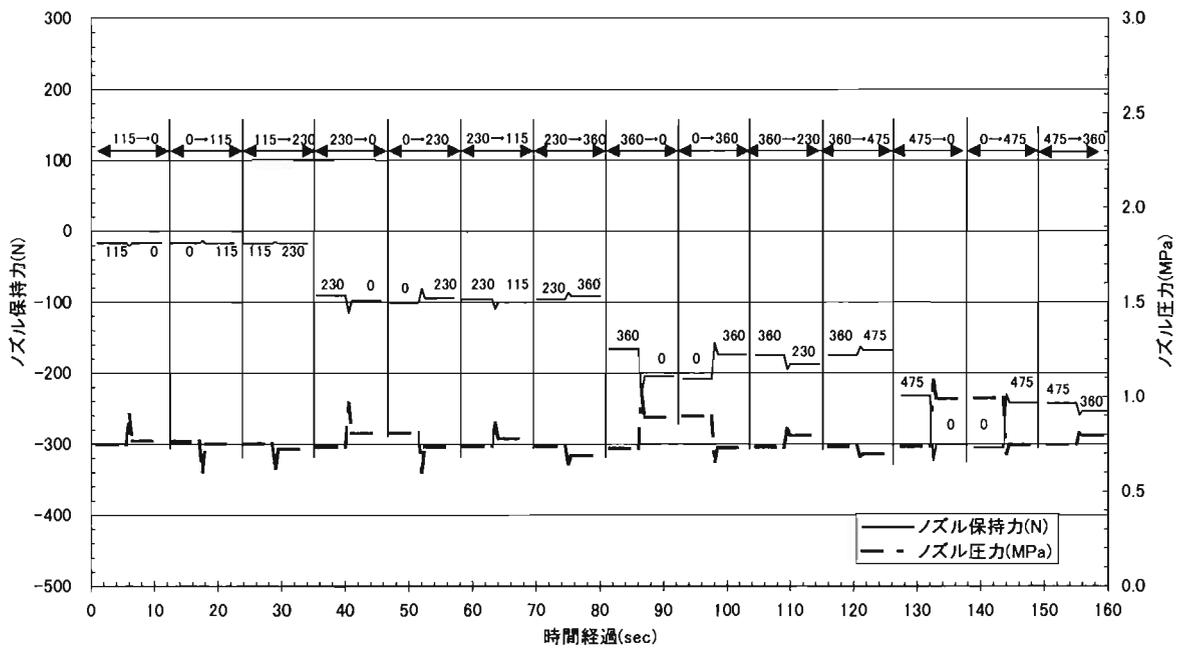


図 12 ノズル保持力変化 (GN:A 社製、ポンプ車より 65mm 1 本+分岐用媒介金具より 2 線 2 本延長)

4 結論

(1) ノズル保持力について

前 1 のノズル保持力の定義でも述べたように、放水中の

ホースの曲部にはその曲がり大きくする方向に力が働き、この力によりノズルを後方に引張る張力が発生する。ノズルの直前に曲部が存在すると、ノズルはホースからの張力

を直に受けるが、ノズル直前にある程度の直線部を設けておけば、ホースからの張力を地面との接地摩擦により弱める事ができる。それゆえ、放水の際は、ノズル直前のホースが蛇行しないよう直線となるような延長、またはノズル保持の向きを変えることなどの措置が必要である。

(2) 1線の場合のGNのノズル保持力について

115L/min→230L/min など、GNのダイヤルを切替える時のノズル保持力の変化量(絶対値)は、いずれの場合も100N以下と低い値で、消防隊員1人で保持するには特に問題はない。しかし、ダイヤル230、360、475L/minで放水中にシャット・オープンを行った場合、ノズル保持力の変化量(絶対値)は大きくなる。災害現場等での足場が不安定な場所や梯上で、シャット・オープンを行う場合、転倒落下などの危険的要因が発生することから、GNの急激なシャット・オープンには十分な注意が必要である。

(3) 1線の場合のGNのノズル圧力について

ダイヤル360、475L/minで放水中にシャットした場合、ホースやGNに瞬間的に2.0MPa以上、定常的にも約1.6MPaの高い圧力がかかるので、使用圧力2.0MPaの40mmホースや、ノズル耐圧1.4MPaのGNには強い負担がかかる。繰り返し高い圧力をかけ続けると、資器材を損傷する可能性があるため、使用する資器材には十分な注意を払う必要がある。

(4) 分岐用媒介金具から2線延長した場合のGNのノズル保持力について

一方がGNのダイヤルを切替えた時、もう一方におけるノズル保持力の変化量は小さくほとんど問題はないと思われるが、一方がGNをシャット・オープンした時、もう一方における瞬間的なノズル保持力の変化量は大きくなり、しっかりとしたノズル確保態勢を取る前に衝撃を受ける可能性があるため、相互の連携が必要であると思われる。

(5) GNの開閉速度について

GNの開閉ハンドルを操作してシャット・オープンを行う場合、低速(2秒かけて開閉)で操作する事により、中速(1秒かけて開閉)で操作する時と比較して、ノズル保持力の変化量は最大で約30%、瞬間的なホース内圧力については最大で約15%低下させる事ができた。よって、GNでシャット・オープンを行う場合、低速で操作する事でさまざまな危険的要因を減らす事ができる。

(6) ポンプ車から2線延長した場合のGNの最大流量について

ポンプ車から40mmホースを2線延長(同本数)した場合、GNの規定最大流量475L/minを確保できる延長本数は4本までである。それ以上は、規定のノズル圧0.7MPaが得られず、最大流量も落ちていく。

(7) 分岐用媒介金具から2線延長した場合のGNの最大流量について

ポンプ車から65mmホースを1本延長し、分岐用媒介金具を接続して分岐から40mmホースを2線延長(同本数)した場合、GNの規定最大流量475L/minを確保できる延

長本数は3本までである。それ以上は、規定のノズル圧0.7MPaが得られず、最大流量も落ちていく。

Performance Experiment of Gun Nozzles

On Nozzle Holding Force and Maximum Flow Control

Eiji NAKAGAWA*, Hiroyasu TAKAI**, Yoichi SUGAWARA***

Abstract

Conventionally, only reaction force generated by water discharge has been taken into consideration as force exerted to a nozzle holder. In practice, however, hose bending caused by water discharge and hose extension generate pulling and pushing forces, respectively. Such forces should also be considered because they act on the holder while changing in a complex manner according to the inner hose pressure and other related factors. For this reason, we defined the resultant forces as “nozzle holding force” and measured the nozzle holding force using a gun nozzle (hereinafter called “GN”) under various conditions. We also carried out an experiment to identify the number of extension hoses capable of maintaining the maximum flow of 475 L/min, which is the specified maximum flow of GNs, assuming water discharge with a 40 mm hose.