

延長されたホースの状態が筒先の挙動に及ぼす 影響について

野本 秀和*, 佐藤 建司*, 渡邊 茂男*, 高井 啓安**

概 要

延長されたホースの状態により放水時の筒先がどのような影響を受けるかを放水実験により確認した。

その結果、注水姿勢で保持されたノズル直近のホースに曲がりがある場合、水流が直進性を有するため、曲った部分を直線状にしようとする力が作用することを確認した。ホースが地面から離れているため、ホースと地面との間に摩擦が発生せず、筒先保持者にこの力が直接作用する。

このことから、筒先保持の負担軽減のためには、筒先付近のホースを直線的に延長することが重要であることがわかった。

1 はじめに

一般的に、筒先における放水反動力は、ノズル圧力に比例し、またノズル口径の2乗に比例し増大すると言われている。

しかし、実際の消火活動では、管そうに続くホースの接地状況、筒先保持者の力など種々の力が釣り合った状態で放水が行われており、筒先の保持に要する力は接続されたホースの状態によって大きく変わる。特に筒先の直近のホースに曲がりがあると保持に大きな力を要し、真っすぐに伸びていれば比較的小さな力で保持できることから、延長されたホースの状態は筒先保持者の活動に影響を及ぼす。

本検証は、延長されたホースの状態が放水時の筒先の挙動に及ぼす影響を調査し、消防隊員に放水時の筒先に作用する力の影響を正しく認識させ、円滑な消防活動及び消火活動中の受傷事故防止に資することを目的とするものである。

2 検証概要

放水時に筒先直近のホースが直線的である場合と曲がりがある場合とにおける筒先の挙動及び筒先への力の作用状況（釣り合い）を撮影及び測定し確認した。

3 実験

(1) 実験日

平成20年6月20日から平成20年8月7日

(2) 実験場所

東京消防庁夢の島訓練場

3-1 筒先直近のホースが直線的である場合

筒先直近のホースが直線的な状態で放水した場合、筒先に働く力を確認するため、実験装置を作成し、筒先に働く力の釣り合いを確認した。

実験は、図1に示すように筒先を2本のロープで吊り、筒先に接続されたホースを直線的に延長し、表1に示す条件で放水した。

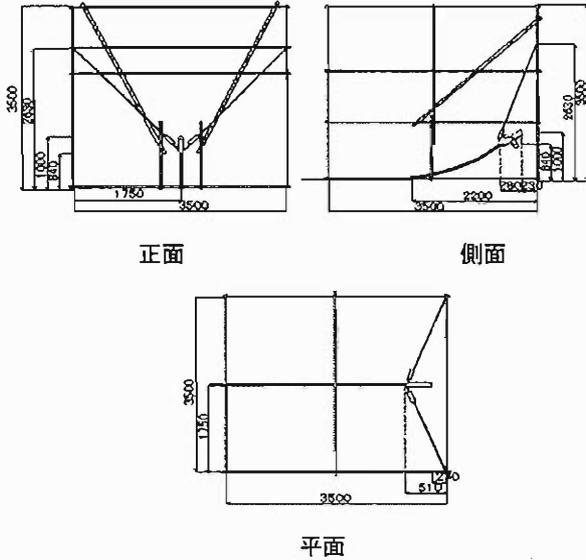


図1 実験設定

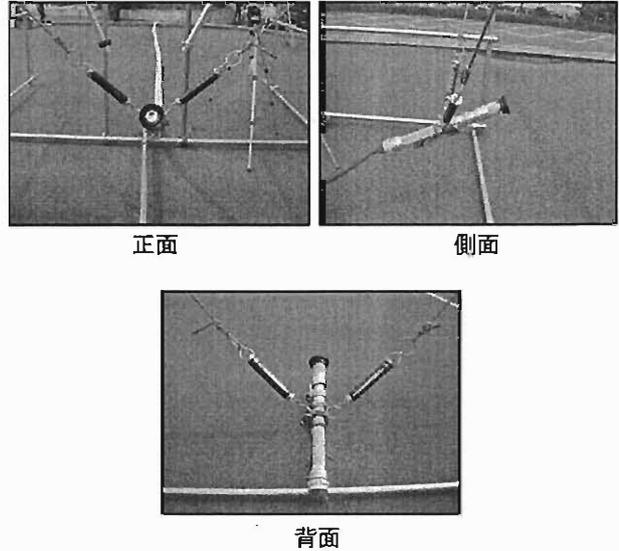


写真2 筒先状況 (軽量ノズル)

表1 放水条件 (ホースが直線的である場合)

ノズル種 又は ノズル種と流量設定値		ノズル元圧 (MPa)	ノズル開度
軽量ノズル		0.3	直状
ガンタイプ ノズル	流量設定 115	0.7	
	流量設定 230		
	流量設定 360		
	流量設定 475		

測定は、表1に示した水圧での放水前及び放水中の筒先の挙動を撮影するとともに、筒先に働く力の釣り合いを確認するため筒先とロープの間に設定したばね秤の読みを計測した。筒先を軽量ノズルとした場合の実験設定を写真1と写真2に示す。また、軽量ノズルと同様にガンタイプノズルでも行った。

3-2 筒先直近のホースに曲がりがある場合

筒先直近のホースに曲がりがある状態で放水した場合に筒先に働く力を確認するため、前3-1と同様の実験装置で確認した。

実験は、図2に示すように前3-1と同様に筒先を2本のロープで吊り、筒先に接続されたホースを概ね90度湾曲させて延長し、表2に示す条件で放水した。

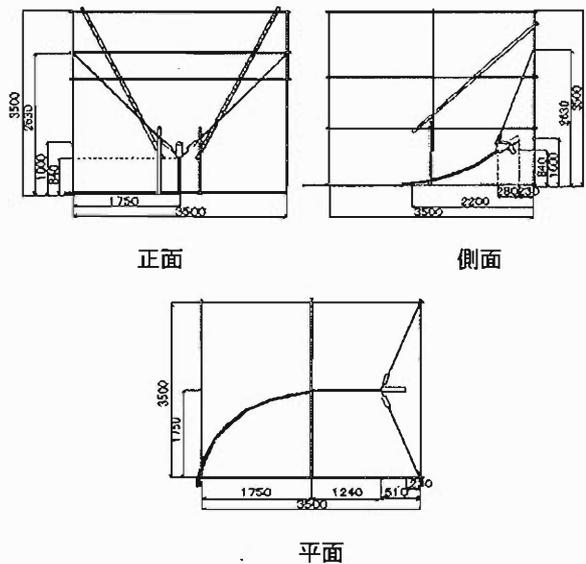


図2 実験設定

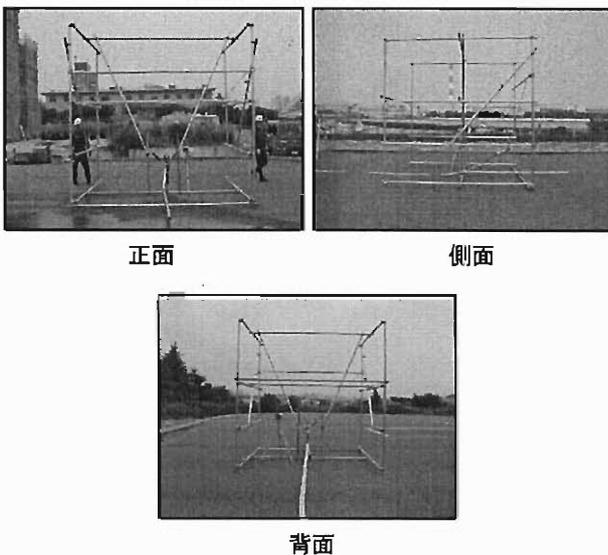
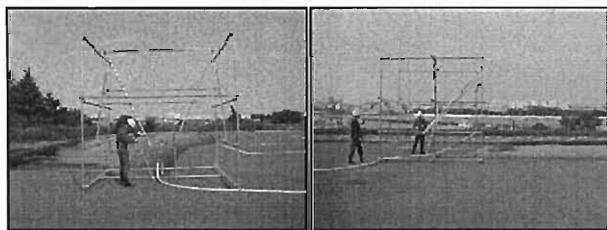


写真1 実験設定 (軽量ノズル)

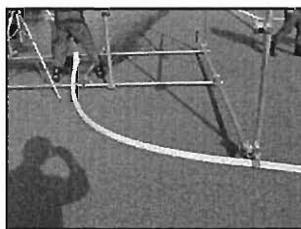
表2 放水条件 (ホースに曲がりがある場合)

ノズル種 又は ノズル種と流量設定値		ノズル元圧 (MPa)	ノズル開度
軽量ノズル		0.3	直状
ガンタイプ ノズル	流量設定 115	0.7	
	流量設定 230		
	流量設定 360		
	流量設定 475		

測定は、表2に示した水圧での放水前及び放水中のノズルの挙動を撮影するとともに、筒先に働く力の釣り合いを確認するため筒先とロープの間に設定したばね秤の読みを計測した。筒先を軽量ノズルとした場合の実験設定を写真3に示す。また、軽量ノズルと同様にガンタイプノズルでも行った。



背面 側面



ホースの曲がりと固定状況
写真3 実験設定 (軽量ノズル)

4 検証結果

4-1 筒先直近のホースが直線的である場合

筒先を吊るす左右2本のロープに作用した重量の測定結果を表3に示す。

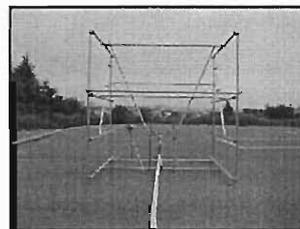
放水前は、各ノズルとも左側と右側とでロープに作用した重量に差は見られなかった。

放水中は、各ノズルとも左右のロープに掛かった重量に著しい差は認められなかったが、左側・右側双方とも放水前と比較して重量が増加した。特に、ガンタイプノズルは流量の増加に伴い、左右のロープに掛かる重量も増加した。また、軽量ノズルとガンタイプノズル (流量設定475) とではほぼ同じ重量を示した。

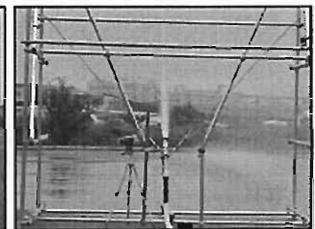
写真4から写真5の放水状況を見ると、どの場合も、筒先はホース線と同じ方向に真っ直ぐ向いており、左右のロープに掛かる重量バランスが均等であることが観察された。なお、ここでの左右は、背面から見ての左右である。

表3 左右のロープに作用した重量
(ホースが直線的である場合)

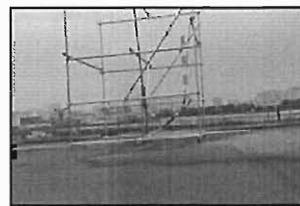
ノズル種 又は ノズル種と流量設定値 (ノズル元圧・ノズル開度)		重量 (kgf)			
		放水前		放水後	
		左側	右側	左側	右側
軽量ノズル (0.3 MPa・直状)		4.5	4.5	10.0	10.0
ガンタイプ ノズル (0.7MPa・直状)	流量設定 115	5.0	5.0	6.0	6.0
	流量設定 230			8.0	7.0
	流量設定 360			9.0	7.5
	流量設定 475			10.5	9.5



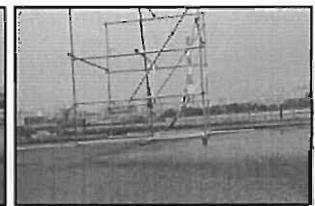
放水前 (筒先)



放水中 (筒先)



放水前 (側面)

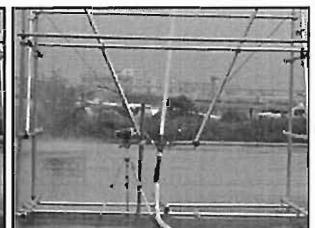


放水中 (側面)

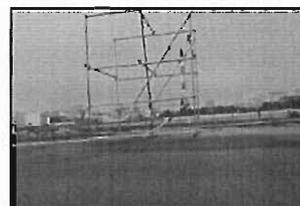
写真4 放水状況 (軽量ノズル)



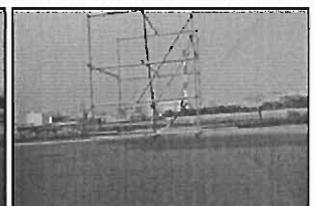
放水前 (筒先)



放水中 (筒先)



放水前 (側面)



放水中 (側面)

写真5 放水状況 (ガンタイプノズル 流量設定475)

4-2 筒先直近のホースに曲がりがある場合

筒先を吊るす左右2本のロープに作用した重量の測定結果を表4に示す。

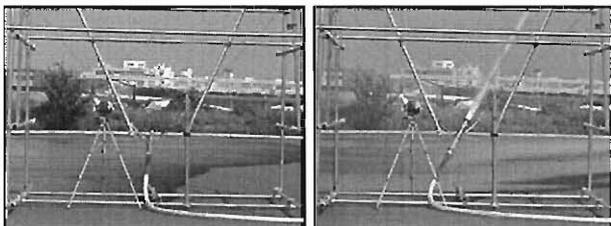
放水前の各ロープに掛かる重量バランス測定結果を見ると、各ノズルとも右側のロープが左側に対して1 kgf 多い結果となった。

放水中は、各ノズルとも左右のロープの重量バランスは不均等となった。特に、左右で重量の差が目立った筒先は、流量の多かった軽量ノズル及びガンタイプノズル（流量設定 475）であった。さらに、ガンタイプノズルは流量の増加に伴い、右側の重量も増加し、また、左右の重量の差も同様に増加した。

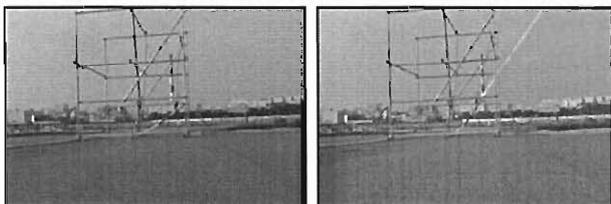
写真6から写真10の放水状況を見ると、どの場合も筒先は右方向を向いた。この傾向は流量の増加とともに顕著な様相を呈した。

表4 左右のロープに作用した重量
(ホースに曲がりがある場合)

ノズル種 又は ノズル種と流量設定値 (ノズル元圧・ノズル開度)		重量 (kgf)			
		放水前		放水後	
		左側	右側	左側	右側
軽量ノズル (0.3MPa・直状)		3.5	4.5	5.5	17.5
ガンタイプ ノズル (0.7MPa・直状)	流量設定 115	4.0	5.0	4.0	6.0
	流量設定 230			3.5	9.0
	流量設定 360			4.5	14.0
	流量設定 475			7.5	21.5

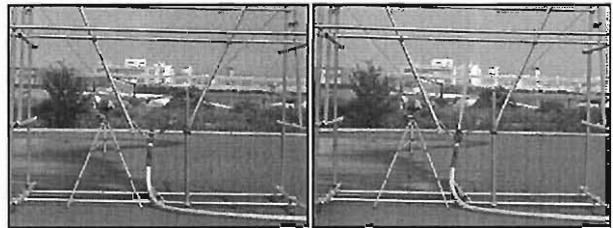


放水前(筒先) 放水中(筒先)

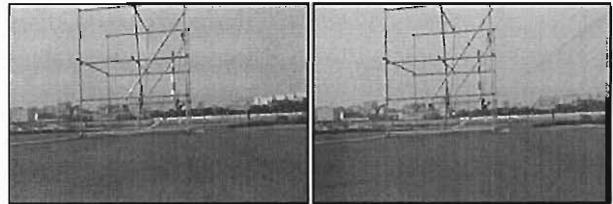


放水前(側面) 放水中(側面)

写真6 放水状況 (軽量ノズル)

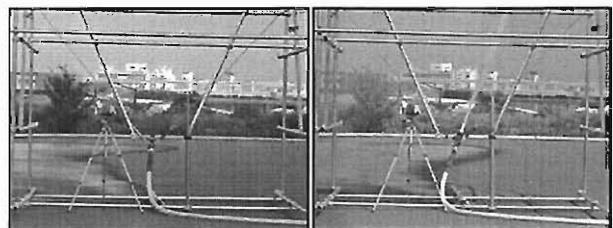


放水前(筒先) 放水中(筒先)

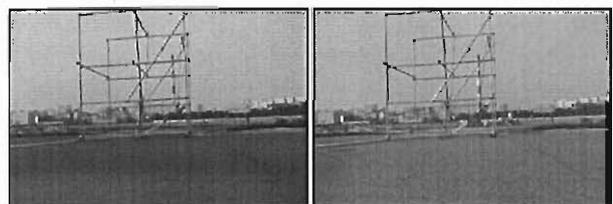


放水前(側面) 放水中(側面)

写真7 放水状況 (ガンタイプノズル 流量設定 115)

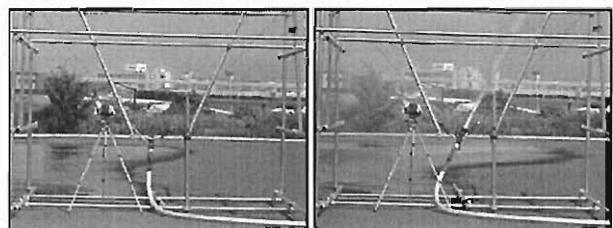


放水前(筒先) 放水中(筒先)

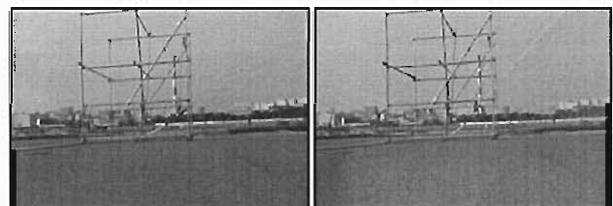


放水前(側面) 放水中(側面)

写真8 放水状況 (ガンタイプノズル 流量設定 230)

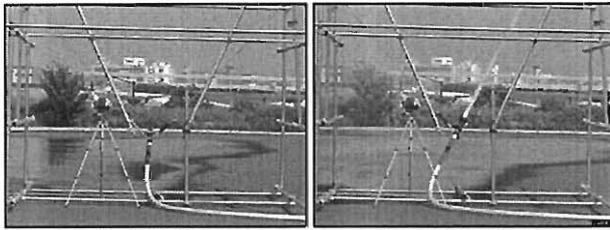


放水前(筒先) 放水中(筒先)

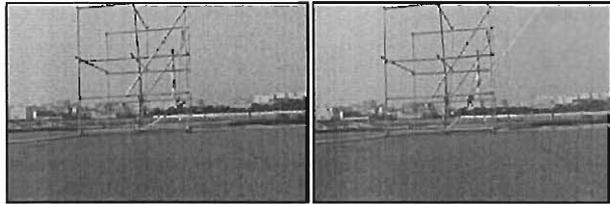


放水前(側面) 放水中(側面)

写真9 放水状況 (ガンタイプノズル 流量設定 360)



放水前(筒先) 放水中(筒先)



放水前(側面) 放水中(側面)

写真10 放水状況 (ガンタイプノズル 流量設定475)

ここで、放水時に筒先が右方向を向いた理由を考察すると、ホースに曲がりがある場合、水流が直進性を有するため図3に示すとおり矢印の方向へ力が作用する。ノズルはばね秤により引かれているのでホースラインは図4のようになり、筒先は写真11 (ホース曲がり) に示すとおり右方向に向く。この時筒先保持者はホースが後方に引っ張られる力を感じる。また、水流の直進性は流量の増加に伴い強くなるので、流量が多くなるとホースラインは図5のようになり、筒先は更に右方向を向き、筒先保持者は更に強く後方に引っ張られる。流量の違いによる放水方向の違いを写真12に示す。なお、ホースが直線的な場合は、水流の向きと筒先は同一方向なので、写真11 (ホース直線) に示すとおり正面に放水される。

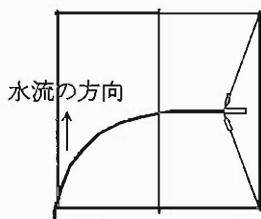


図3 水流によりホースが受ける力

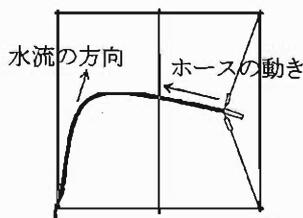


図4 水流によるホースラインの変化

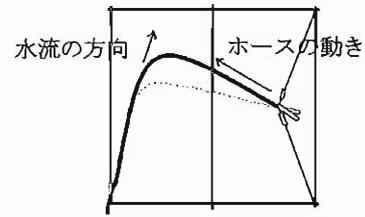
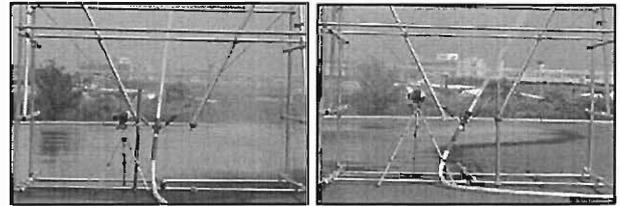
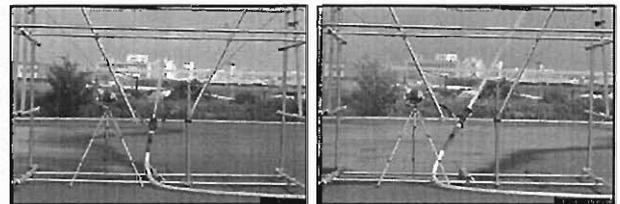


図5 流量増加によるホースラインの変化



ホース直線 ホース曲がり
写真11 ホース状況による放水方向の違い
(ガンタイプノズル 流量設定360)



流量設定115 流量設定475
写真12 流量による放水方向の違い
(ガンタイプノズル)

5 おわりに

湾曲したホースに送水すると、湾曲した部分が直進する水流の影響を受け、直線的に変形させられる力を受ける。この力は、ホースが接地している部分については地面との摩擦による抵抗力との釣り合いで相殺される場合が多いが、筒先保持者直近のホースの未接地部分では摩擦による抵抗力は得られず、筒先保持者の力で相殺することになる。一方、直線的に延長したホースに送水すると、水流の影響は湾曲したホースに送水する場合と比較して小さく、筒先に作用する力のバランスも均等で安定しており、筒先保持者への負担は小さくなる。したがって、筒先保持の負担軽減のためには、筒先付近のホースを直線的に延長することが重要である。

謝辞

本検証にあたり、東京消防庁装備部及び警防部に技術的・人的支援を受けた。この場を借り、深く謝意を表す。

Influence of the Extended Hose on the Behavior of a Nozzle

Hidekazu NOMOTO*, Kenji SATO*, Shigeo WATANABE*, Hiroyasu TAKAI**

Abstract

We checked, by conducting a water shooting test, how the nozzle is affected by the extended hose during water shooting.

As a result, it was confirmed that, if the hose has a bend, the force acting to straighten the bend is applied because the water flow has linearity. We also confirmed that, if the hose has a bend immediately close to the nozzle away from the ground, the above-mentioned force was not offset by friction between the hose and the ground, and therefore the force was applied to the nozzle man.