

# 消防ポンプ車の流量遠隔制御装置の開発について (第3報)

## ——導線入りホースの耐久試験結果について——

Development of flow control apparatus to fire engine (Series 3)

——The results of an endurance experiment on the hose with communication lines——

奥原 明\*

高橋 一久\*

宮島 敏光\*\*

### 概要

筒先放水員の手元操作により、ポンプからの放水状態を制御する消防ポンプ車の流量遠隔制御装置を開発するにあたり、その通信ラインとして使用する導線入りホースの改良を進めている。そこで、新たに試作した3種類の導線入りホースについて耐久試験を行い、実用化に向けて信頼性の確認を行った。

結果はそれぞれ長所・短所があり、それらを踏まえてさらに改良を進めるとともに、今後、消防活動現場の実情に見合った実用機のシステム設計に反映させてゆく予定である。

We are developing flow control apparatus of fire engine that we make it possible for the fireman to control the fire engine by nozzle operator.

By means, we are improving on a hose with communication lines.

That's why we experimented on endurance of 3 type trial hose and confirmed their reliability for practical use.

On the basis of these data, we intend to improve and to reflect a system plan on a practical use at an active fire fighting scene.

### 1. はじめに

消防活動の自動化、省力化、安全化を図るため、筒先放水員の手元操作により、ポンプからの放水状態を制御する消防ポンプ車の流量遠隔制御装置の開発を行っている。現在までの開発過程については、所報25, 26号(昭和63, 平成元年)で述べたとおりであるが、再度、全体構想について紹介する。

この開発では、筒先放水員の手元操作により、ポンプからの送水状態を制御することを目標とするものであり、開発内容を大別すると、次の三部門で構成される。

- ① ポンプ制御装置の開発
- ② 通信用導線入りホースの開発
- ③ 通信装置の開発

この中で、通信用導線入りホースの開発は本開発のキーポイントの1つであり、ホース内に埋め

込まれた導線の信頼性が全システムの信頼性にかかわると言っても過言ではない。そこで、今回新たに試作した3種類の導線入りホースについて、繰り返し使用による耐久試験、及びホース落下等による特異項目試験を行い、実用化に向けて信頼性の確認を行ったものである。

### 2. 導線入りホースの概要

試作した導線入りホースは、結合方式の違いから、ねじ式のもの2種、及びフランス式をベースにしたもの1種の計3種あり、その諸元は表1に示すとおりである。なお、次に各種導線入りホースの構造概要について簡記する。

#### (1) 試作I型(ねじ式結合金具)

結合金具は現在当庁で使用しているものと同様のねじ式結合金具で、2本の導線がホースのジャケットと内張りの間に埋め込まれ、1線は結合金具の外側のねじ部でつながり、もう1線はパッキン部でつながる構造である。なお、パッキンはゴム製で、白い部分には伝

\*第三研究室 \*\*日本橋消防署

導ゴムが使用されている。(写真1参照)

(2) 試作II型 (フランス式結合金具)

結合金具はフランス型をベースモデルとして、6か所の電気接点を設けている。6本の導線がホースのジャケットと内張りの間に埋め込まれ、オスメス区別のないフランス型結合金具の接合位置が常に同じ位置関係にある利点を生かして、それぞれの電気接点でつながる構造をとっている。(写真2参照)

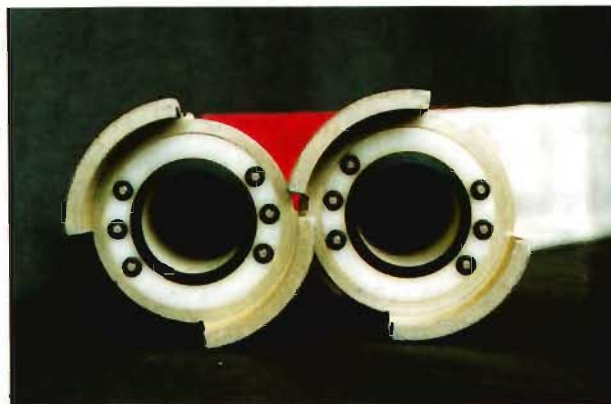


写真2 試作II型

(3) 試作III型 (ねじ式結合金具)

試作I型同様、ねじ式結合金具であるが、2本の導線がホースの中央を通り、1線は結合金具の外側のねじ部でつながり、もう1線は結合金具中央の電気接点でつながる構造である。(写真3参照)

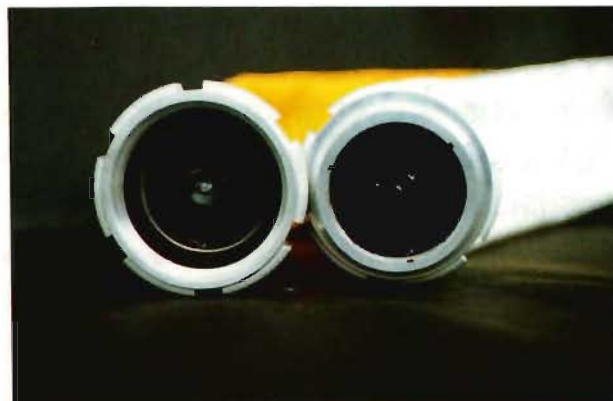


写真3 試作III型



写真1 試作I型

表1 導線入りホースの諸元

		試 作 I 型	試 作 II 型	試 作 III 型
結 合 部	結 合 方 式	ね じ 式	フ ラ ン ス 式	ね じ 式
	結 合 金 具 材 質	ア ル ミ ニ ウ ム	ア ル ミ ニ ウ ム	ア ル ミ ニ ウ ム
ホ ー ス 部	ホ ー ス 径 (mm) (呼 称)	6 5	6 5	6 5
	ジ ャ ケ ッ ト	シ ン グ ル	シ ン グ ル	シ ン グ ル
	糸 材 質	ポ リ エ ス テ ル	ポ リ エ ス テ ル	ポ リ エ ス テ ル
	内 張 り (通 称)	樹 脂	ゴ ム	樹 脂
	使 用 圧 (kgf/cm <sup>2</sup> )	1 6	1 6	1 6
	長 さ (m)	2 0	2 0	2 0
導 線	導 線 太 さ (mm)	2 . 3	0 . 9 5	3 . 0
	電 気 抵 抗 (Ω/m) (メ ー カ ー 公 称 値)	0 . 2	0 . 9	0 . 3 6
	導 線 芯 糸	ナ イ ロ ン	ポ リ エ ス テ ル	ナ イ ロ ン
	導 線 材 料	銅 線	銅 箔	銅 箔
総 重 量 (kg)		8 . 3	1 0 . 5	9 . 0

### 3. 実験内容

各種導線入りホースの使用劣化による信頼性をホースの電気的特性により確認した。

#### (1) 実験項目

##### ア 繰り返し試験

導線入りホースを図1に示すフローチャートに基づき繰り返して使用し、その時の端子間の電気抵抗値と線間の絶縁抵抗値を測定した。

なお、36行程を終了目標としたが、途中で導線の断線があったものについては、その時点で測定を中止した。

36行程とは、当庁管内消防署におけるホース1本当りの年間最大使用回数が約11.5回であり、また平均使用回数が4.5回であることから、概ね3～8年間の使用実績に相当するものである。

##### イ 特異項目試験

導線入りホースの使用限界を想定し、次に示す項目について確認した。

##### (ア) 土砂混入水放水試験

水に対し約5%の土砂を含む土砂混入水を用いて、φ21スムーズノズルを使用し、500ℓ/minで1時間放水した時の電

気抵抗値を測定した。また、導線や内張りへの土砂による影響等を確認した。

##### (イ) 大量放水試験

φ29スムーズノズルを使用し、1000ℓ/minで1時間放水した時の電気抵抗値を測定した。また、試作III型ホースの中央部を通過している導線への大水流による影響を確認した。

##### (ウ) 落下試験

高さ2mの位置からアスファルト上に導線入りホースを20回落下させた時の電気抵抗値を測定した。

##### (エ) 車両通過試験

消防ポンプ車(車両重量6,280kg)を用いて、非通水時と通水時(圧力15kgf/cm<sup>2</sup>)に分けて導線入りホース上を30回通過させた時の電気抵抗値を測定した。

#### (2) 測定機器

テスター

三和電気計器(株) EM-3000

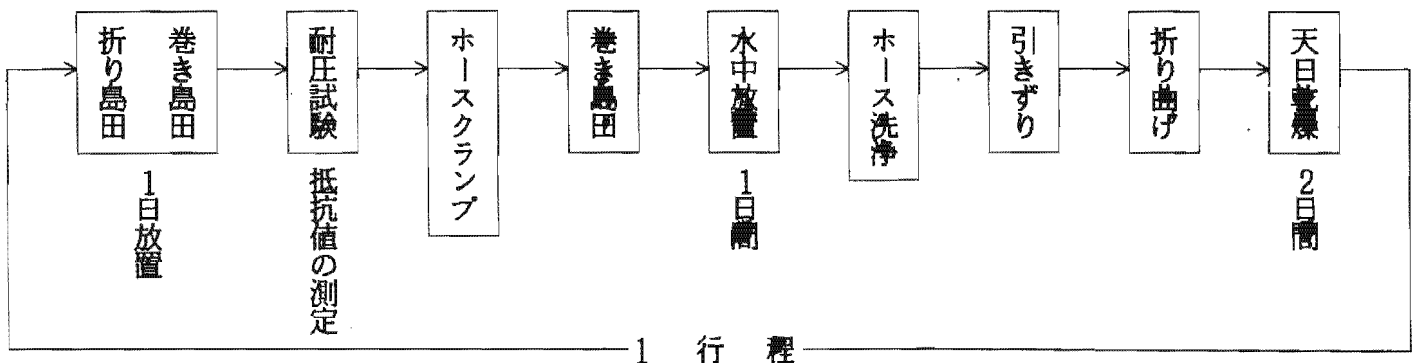
偏差 ±3%以下

電池式絶縁抵抗計

(株)横河電気製作所 タイプ3213

DC 500V, 50Ω以上

偏差 ±10%以下



※ 耐圧試験後、結合金具を最初の行程時に水道水、次の行程時に3%食塩水、さらに次の行程時に3%泡剤に30分浸ける作業を順次繰り返して行う。

図1 繰り返し試験行程フローチャート

### 4. 実験結果及び考察

#### (1) 実験結果

ア 繰り返し試験における各抵抗値の測定結果は、表2～4に示すとおりである。

イ 土砂混入水放水試験における測定結果は、表5に示すとおりである。

ウ 大量放水試験における測定結果は、表6に示すとおりである。

エ 落下試験における測定結果は、表7に示すとおりである。

オ 車両通過試験における測定結果は、表8に示すとおりである。

表2 繰り返し試験結果 (試作I型)

測定値 行程数	電 気 抵 抗 値 [Ω]			絶 縁 抵 抗 値 [MΩ]		
	乾 燥 時		耐 圧 時	乾 燥 時		耐 圧 時
	ホース 1 本	ホース 2 本		ホース 1 本	ホース 2 本	
初期値	1.8~2.0	3.5~7.0	—	3.0~8.0	2.0	—
1 回目	2.0~2.5	4.0~5.0	4.0~5.0	6.0~8.0	3.0	0.5
2 回目	2.0~2.5	4.0~5.0	3.0~5.0	1.5~3.0	0.8	0.5
3 回目	2.0	4.0~7.0	4.0~5.0	4.0~5.0	2.0	0.3
4 回目	2.0~2.5	5.0~7.0	4.0~6.0	1.8	0.8	0.3
5 回目	2.0~3.0	4.0~10	4.0~8.0	0.25~1.3	0.19	0.16
6 回目	2.0~2.5	4.0~8.0	4.0~8.0	0.5~1.0	0.36	0.06~0.08
7 回目	2.0~2.5	4.0~10	4.0~13	0.4~1.5	0.26	0.08
8 回目	2.0~2.5	4.0~10	4.0~7.0	0.51~1.3	0.35	0.13
9 回目	2.0~2.5	4.0~8.0	4.0~12	0.24~1.0	0.17	0.04
10 回目	2.0~2.5	4.0~10	4.0~11	0.36~1.2	0.28	0.07
11 回目	2.0~3.0	4.0~32	4.0~18	0.3~0.5	0.17	0.09
12 回目	2.0~2.5	4.0~800	4.0~22	0.45~0.9	0.09	0.09
13 回目	2.0~2.5	4.0~250	4.0~36	20~25	6	3
14 回目	2.0~2.5	4.0~250	3.0~22	0.36~1.4	0.36	0.3
15 回目	2.0~3.0	3.5~70	3.5~23	0.5~1.0	0.30	0.09
16 回目	2.5~3.0	3.5~100	3.5~13	0.6~2.0	0.45	0.11
17 回目	2.0~2.5	4.0~350	3.5~11	0.06~0.35	0.05	0.02
18 回目	2.0	3.5~6.0	3.5~15	0.1~0.3	0.07	0.04
19 回目	2.0	3.5~6.0	3.5~300k	0.09~0.45	0.07	0.26
20 回目	2.0~2.5	4.0~70	3.5~16	0.11~0.7	0.10	0.032
21 回目	2.0~2.5	4.0~5.0	3.5~9.0	0.09~0.8	0.1	0.05
22 回目	2.0	4.0~5.0	3.5~6.0	0.18~0.8	0.09	0.07
23 回目	2.0~2.5	4.0~7.0	5.0~8.0	0.05~0.25	0.06	0.0025
24 回目	断 線					

表3 繰り返し試験結果 (試作II型)

測定値 行程数	電 気 抵 抗 値 [Ω]			絶 縁 抵 抗 値 [MΩ]		
	乾 燥 時		耐 圧 時	乾 燥 時		耐 圧 時
	ホース 1 本	ホース 2 本		ホース 1 本	ホース 2 本	
初期値	18~24	47	—	∞	∞	—
1 回目	15	34~48	34~60	∞	∞	∞
2 回目	15~22	45~55	30~32	∞	∞	350~∞
3 回目	15~18	31~50	32~36	∞	∞	∞
4 回目	15~22	32~40	38~50	∞	∞	100~∞
5 回目	11~15	35~45	30~32	10~200	5.0~6.0	4.0~20
6 回目	17~18	36~38	38~40	20~100	20	10~15
7 回目	14~17	30~32	36~40	20~250	30~150	20~90
8 回目	17~24	34~35	30~32	50~∞	200~300	50~70
9 回目	19~20	38~40	36~37	200~∞	50~∞	30~70
10 回目	18~20	14~25	14	150~∞	150	100
11 回目	20~22	36~38	13~14	100~300	50~150	2.0~5.0
12 回目	17~28	36~38	13~14	200~400	10~40	2.0
13 回目	20~23	40~42	18	20~200	10~20	1.5
14 回目	20~26	40~50	18~19	2~150	2~10	1.5
15 回目	20~26	40~50	21~25	2~20	7~9	0.4
16 回目	19~20	40~48	17~19	4~25	2~5	0.2
17 回目	19~20	38~42	16~18	5~20	10~15	0.45
18 回目	20	40~50	19~20	2~25	0.4~1.0	0.35
19 回目	19~20	38~40	13~15	6~35	0.7~1.3	0.26
20 回目	19~21	40~45	14	2~10	0.7~1.2	0.34
21 回目	18~21	38~40	14~20	1~5	1.0~1.5	0.23
22 回目	18~25	40~70	18~38	∞	∞	∞
23 回目	18~26	36~50	14~20	100~∞	100~500	50
24 回目	19~25	38~46	13~16	1~100	1.4~6	0.70
25 回目	17~22	34~45	14~20	2~15	2~3	0.90
26 回目	16~19	35~37	14~15	6~40	5	2
27 回目	17~20	34~42	15~16	0.5~30	0.4~0.6	0.14~0.16
28 回目	16~19	33~36	15~18	1~25	1.3~1.5	0.5
29 回目	17~20	35~45	14~15	1.5~35	2.0~2.5	0.6
30 回目	17~21	40~50	16~19	1~20	0.8~3.5	0.36
31 回目	16~22	34~46	12~18	1~15	1.0~1.5	0.36
32 回目	16~20	36~38	13~22	2~15	2	0.70
33 回目	16~20	34~48	14~26	0.6~4	0.3~0.5	0.14
34 回目	16~18	34~36	12~13	0.4~30	0.3~0.5	0.20
35 回目	16~17	32~37	13	2~12	1.5~2.0	0.70
36 回目	16~18	35~38	15~20	0.6~15	0.4~1.6	0.36

表4 繰り返し試験結果 (試作III型)

測定値 行程数	電気抵抗値 [Ω]		絶縁抵抗値 [MΩ]	
	乾燥時		耐圧時	
	ホース1本	ホース2本	ホース1本	ホース2本
初期値	7~8	14~15	—	—
1回目	6~7	13	16	10
2回目	7	13	11~12	90
3回目	6~8	13~15	12~13	130
4回目	6~8	12~13	15~16	70
5回目	6~7	14~15	12~13	14
6回目	8~10	15~16	15~17	13
7回目	8~10	12~13	15~16	10
8回目	7~8	12~13	12	10
9回目	8	16	12~14	45
10回目	8~9	15~16	16~22	8.0
11回目	7~8	14~16	18	5.0
12回目	7~9	16	14~15	15
13回目	8~9	16~17	17~22	10
14回目	9~10	16~20	20~1400	4
15回目	9~11	17	16~18	7
16回目	8~9	18	17	5
17回目	8~9	16~17	16~17	4
18回目	8~10	16~17	16~17	2
19回目	8~9	16~17	16~17	2.5
20回目	9~10	16~19	17~20	2
21回目	8~9	16~17	16~40	3
22回目	8	15~16	15~16	100
23回目	7~9	13	12~13	40
24回目	7~8	14~15	13	4
25回目	断線			

表5 土砂混入水放水試験結果

測定値		経過時間		
		初期値	30分後	60分後
試作Ⅰ型	電気抵抗値 (Ω)	4 ~ 5	5 ~ 5.5	4 ~ 5
	絶縁抵抗値 (MΩ)	1.2	0.15	0.15
試作Ⅱ型	電気抵抗値 (Ω)	22	22	22
	絶縁抵抗値 (MΩ)	900	20	40
試作Ⅲ型	電気抵抗値 (Ω)	8 ~ 15	12 ~ 20	8 ~ 12
	絶縁抵抗値 (MΩ)	20	6	6

表6 大量放水試験結果

測定値		経過時間		
		初期値	30分後	60分後
試作Ⅰ型	電気抵抗値 (Ω)	4 ~ 5	4 ~ 4.6	4 ~ 5
	絶縁抵抗値 (MΩ)	0.15	0.15	0.035
試作Ⅱ型	電気抵抗値 (Ω)	20	18	19
	絶縁抵抗値 (MΩ)	40	10	3
試作Ⅲ型	電気抵抗値 (Ω)	8 ~ 12	8 ~ 20	8 ~ 18
	絶縁抵抗値 (MΩ)	6	6	5

表7 落下試験結果

測定値		落下回数		
		初期値	10回目	20回目
試作Ⅰ型	電気抵抗値 (Ω)	2.2 ~ 3.4	2.4 ~ 2.8	2.6 ~ 3
	絶縁抵抗値 (MΩ)	2	1.7	1.5
試作Ⅱ型	電気抵抗値 (Ω)	20	22	17回目で 結合部破損
	絶縁抵抗値 (MΩ)	900	900	
試作Ⅲ型	電気抵抗値 (Ω)	6.5 ~ 13	6.5 ~ 7	7 ~ 15
	絶縁抵抗値 (MΩ)	50	45	45

表8 車両通過試験結果

測定値		通過回数		初期値	10回目	20回目	30回目
		電気抵抗値 (Ω)	絶縁抵抗値 (MΩ)				
試作 I 型	非通水時	電気抵抗値 (Ω)		2.6~3	2.2~2.6	2.8	2.5~3
		絶縁抵抗値 (MΩ)		1.5	1.2	1.4	1.5
	通水時	電気抵抗値 (Ω)		4~6	4~4.6	4~5	4~5
		絶縁抵抗値 (MΩ)		0.15	1.5	0.5	1.2
試作 II 型	非通水時	電気抵抗値 (Ω)		20	20	20	20
		絶縁抵抗値 (MΩ)		900	900	800	700
	通水時	電気抵抗値 (Ω)		20	20	20	18
		絶縁抵抗値 (MΩ)		150	10	10	10
試作 III 型	非通水時	電気抵抗値 (Ω)		7~15	7.5~8.5	7~15	7.5~11
		絶縁抵抗値 (MΩ)		45	40	35	40
	通水時	電気抵抗値 (Ω)		8~13	7.5~13	13回目でホース破断 導線に影響はない	
		絶縁抵抗値 (MΩ)		3	0.5		

## (2) 考 察

ア 繰り返し試験における電気的特性の変化

(ア) 繰り返し試験では試作II型ホースのみ当初目標とした36行程全てを終了し、他の試作I・III型ホースはそれぞれ24、25行程目で断線している。このことは、繰り返し使用による断線に対する信頼性は試作II型ホースが最も高いことを示すものである。

なお、断線したホースの断線原因は、試作I型ホースは、導線が接点と接続するために裸線になる部分の構造・取付け不良であり、試作III型ホースは、結合金具中央で接続する電気接点の取付け不良に起因するものであり、共に軽微な構造変更や生産管理の中で解消できるものである。

(イ) 電気抵抗値は初期値において導線入りホースの違いによる大差は無く、ほぼ同様な数値を示している。ほとんどの場合で、ホース2本の測定値はホース1本の測定値の約2倍の数値を示しており、これは机上の計算と一致する。

いずれの導線入りホースの場合も、初期値と試験行程終盤の電気抵抗値を比較しても数値に大きな変化は無く、また、同じ行程数における乾燥時と耐圧時とを

比較しても、特異な数値は例外的に散見されるが、概して近似値を示しており、安定した状況を示している。

ホース1本における電気抵抗の最大値は、試作I型ホースで3Ω、試作II型ホースで28Ω、試作III型ホースで11Ωであり、試作I型ホースの抵抗値が最も小さかった。仮にホース10本を延長したとしてもそれぞれ30Ω、280Ω、110Ωとなる。しかしながら、ポンプ車の制御装置本体は、現在600Ω以下であれば確実に通信制御可能であるので、どの導線入りホースをとらえても十分条件を満たすものである。

(ウ) 絶縁抵抗値については、いずれの導線入りホースとも、初期値に比べ試験行程を進めるとともに確実に測定値は低下(悪化)の傾向を示している。特に試作I・III型ホースは、通水加圧することにより、かなり絶縁性が低下する。

試作II型ホースも同様の傾向を有するが、ホース乾燥を充分行うことにより、絶縁性がかなり回復することが経験的に得られた。

通水加圧による絶縁性能劣化については、導線入りホースの電気接点の位置・構造の違いによるところが大きい。絶縁性能は、ホース導線間における絶縁性だ



けでなく、延長時における結合金具（電気接点）部分の絶縁性が、その優劣を支配するからである。この点において、試作Ⅰ型ホースは電気接点が結合金具ねじ部とホースパッキンで構成されており、接点間の距離が短いため水による影響を受けやすく、絶縁性能が低下する傾向が認められた。通水後において結合金具を再結合するとき等は、ホーススパナを用いて確実に結合することが求められる。

(エ) 食塩水や泡剤を使用したことに対する電気的特性の変化は特に認められなかった。このことは、通常的生活レベルにおいて存在する電解質や表面活性剤に対して、導線入りホースが適応能力を備えていることを表している。

#### イ 特異項目試験に対する信頼性

(ア) 土砂混入水放水試験では、全ての導線入りホースについて、その電気的特性に大きな経時的変化は無く、高い信頼性が得られた。また、土砂通過による外傷等の障害は認められなかった。

(イ) 大量放水試験では、試作Ⅰ型ホースの絶縁抵抗値に著しく低い測定値を得たが、繰り返し試験において確認されている程度の数値であり、特に大量放水に起因したものであるのではないので問題は無い。また、大水流による試作Ⅲ型ホースの中央に入った導線への障害は認められなかった。

(ウ) 落下試験では、試作Ⅱ型ホースの結合金具が17回目の落下で破損し、ホース袴部分から離脱した。このことは明らかに結合金具の強度不足を示すものであり、

また、ホースと結合金具の取付け方法についても再考を要するものである。

他の導線入りホースについては特に問題なかった。

(エ) 車両通過試験では、試作Ⅲ型ホースが通水時に13回目で破断したが、これはホースジャケットのみで、導線自体は何ら損傷の無いものであった。非通水時の通過試験においても、その電気的特性に著しい変化は見られなかったことから、破断は、あくまでもホースジャケットのこととして捉え、導線については、特に問題は無いものと考えられる。

#### ウ 使用上における問題点

##### (ア) 機能の維持管理、メンテナンス

導線入りホースは、放水器具としての送水ライン機能の他に、制御装置の通信ラインとしての機能も兼ね備えることから、万一断線した場合には、即交換、あるいは修繕を行う必要がある。この場合、導線がホースの中央を通過している試作Ⅲ型ホースは、導線のみが交換が可能であり、その点では効率的である。

## 5. まとめ

3種類の導線入りホースについて考察した結果、現時点ではそれぞれ一長一短があり、決定的な優劣はつけがたい。

今後、早急に電気接点の構造を中心に改良を進め、流量制御装置との整合性を図りながら、消防活動現場の実情に見合った実用システムの設計に反映させてゆきたい。