

## 消防ポンプ車の流量遠隔制御装置の開発について (第2報)

Development of flow control apparatus to fire engine (Series 2)

城 田 剛\*

北 村 昭 夫\*

## 概 要

この開発は、筒先放水員の遠隔操作によって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、開発内容を大別すると、

- ① 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

の三部門となる。今回の第2報では試作した2種類の導線入りホース(ねじ式及びフランス式結合金具)の諸元・性能及びポンプ車の流量制御に用いるバルブの特性について報告するものである。

導線入りホースについては電気抵抗試験を行い、バルブについては開度と流量の関係を調べた。結果はそれぞれ長所・短所があり、それらを踏まえて、通信装置の選択、導線入りホースの耐久試験を行うとともに、消防活動現場の実情に合った実用機のシステム設計を行っていく予定である。

This development has the aim that we make it possible for a fireman to control the fire engine from his nozzle. Summary of the whole contents is as follows.

- ① Development of the pumper's flow control apparatus  
② Development of the hose with communication lines  
③ Development of the communication apparatus

We report in this paper on the specification of 2 type experimental hose with communication lines (screw-type hose coupling and french type coupling), and the performance of the valve used for pumper's flow control apparatus.

On the basis of this date, we are intend to select a communication apparatus, to take a endurance test and to fit a system on a fire practical use.

## 1. はじめに

筒先放水員によるポンプ制御の第一段階として所報25号(昭和63年)で消防ポンプ車の流量自動制御装置の開発について述べたが、もう一度ここでこの開発の全体構想について整理することとする。

この開発では、筒先放水員の遠隔操作によって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る。開発内容を大別すると、

- ① 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

の三部門となる。今回の第2報では試作した導線

入りホースの諸元・性能及びポンプ車の流量制御に用いるバルブの特性について報告する。

なお、前記三部門の開発の基本方針をまとめると次のとおりである。

- ① 信号伝達は信頼性を第一に考え、有線によるものとする。  
② 筒先からの信号により、流量及び圧力(エンジン回転)を制御する。  
③ 通常の操作時の安全性はもとより、ホースの損傷、通信機の故障時にも制御の安全性が保たれるシステムとする。  
④ 通信装置等の故障時、手動操作が可能なものとする。

\*第三研究室

## 2. 導線入りホースの特性試験

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。

なお、通信方式を有線で行うこととしたのは、無線方式では電波の届かないところがあることや信号の伝達に性格さを欠くおそれがあるためである。

試作品は現在結合方式の違いからねじ式及びフランス式をベースにした2種があり、今後行う耐久試験の初期値及び通信装置開発の基礎開発の基礎資料とするため、各種条件における電気抵抗及び導線間の絶縁抵抗試験を行った。

なお、以下ねじ式のものを「試作I型」、フランス式のものを「試作II型」という。

### (1) 導線入りホースの概要

試験に使用した導線入りホースの諸元は表1のとおりで、概要を次に簡単に説明する。

ア ねじ式結合金具の導線入りホース（試作I型）

写真1に示すとおり、当庁で現在使用しているねじ式結合金具と同型で、ウレタン芯線に銅箔を巻いた2本の導線がホースのジACKETと内張りの間に埋め込まれ、結合金具の外側のねじ部で1線がつながり、もう1本はパッキン部でつながっている。なお、パッキンは写真2に示すとおりゴム製で、中央部に導体の針金が埋め込まれている。

イ フランス式結合金具の導線入りホース（試作II型）

写真3に示すとおり、フランス型の結合金具をベースモデルとして6本の導線の入ったホースを試作した。ポリエステル芯線に銅箔を巻いた導線6本がホースジャケットと内張りの間に埋め込まれ、フランス型結合金具の接合位置が常に同じであることを利用して結合金具に6接点を設けている。この型のホースは接点を2点以上とすることができるので6点まで増やして試作し、そのため1本当りの導線は細くなり、ねじ式の試作ホースに比べて電気抵抗が多少大きくなっている。

表1 導線入りホースの諸元

		試作I型	試作II型
導線	導線太さ(mm)	2.3	0.95
	導線抵抗( $\Omega/m$ )	0.75	1~1.2
	導線芯糸	ウレタン	ポリエステル
	導線材料	銅箔	銅箔
結合金具部	結合方式	ねじ式	フランス式
	結合部材質	アルミニウム	アルミニウム
	絶縁部材質	ポリアセタール	ポリアセタール
ホース部	ホース径(呼称)	65	65
	ジャケット	シングル	シングル
	糸材質	ポリエステル	ポリエステル
	内張り(通称)	樹脂	ゴム
	使用圧( $kgf/cm^2$ )	16	16
	長さ(m)	20	20
総重量(kg)		8.3	10.5

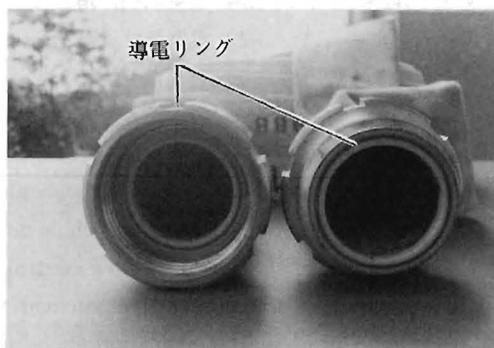


写真1 試作I型

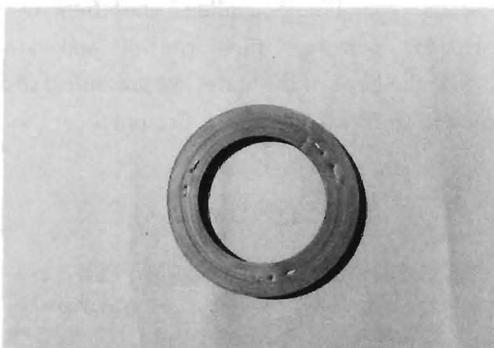


写真2 試作I型のパッキン

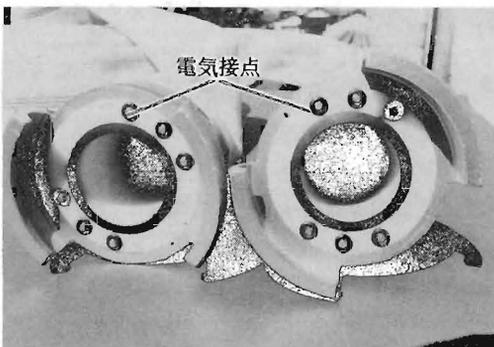


写真3 試作II型

(2) 実験方法

実際の使用状態で想定される各種条件下での電気抵抗値及び絶縁抵抗値をテスター及び絶縁抵抗試験機 (500V) を使い測定した。

なお、電気抵抗値は両端の端点間で、絶縁抵抗値は線間で測定した。ただし、0.1MΩ以下の絶縁抵抗値はテスターによるものである。

(3) 試験項目と結果

ア 乾燥状態のホース 1 本するとき

(単位: Ω)

	試作 I 型	試作 II 型
電気抵抗値	内16 外17	19
絶縁抵抗値	16M	1000M以上

※内・外は、結合金具部の内側のパッキンを経由する系統と外側のねじ部を経由する系統の別を示す。

イ 乾燥状態のホース 2 本を結合したとき

(単位: Ω)

	試作 I 型	試作 II 型
電気抵抗値	内32 外32	40
絶縁抵抗値	5 M	600M

ウ ホースを 2 本結合し、16kgf/cm<sup>2</sup>で通水加圧したとき

(単位: Ω)

	試作 I 型	試作 II 型
電気抵抗値	内32 外32	40

エ ホース 1 本で結合金具以外のホースジャケット部を水で濡らしたとき

(単位: Ω)

	試作 I 型	試作 II 型
電気抵抗値	内16 外20	18.5
絶縁抵抗値	13M	1000M以上

オ ホースを結合した結合金具部分を水道水、3%食塩水、3%たん白泡剤中に入れたとき (30分後)

(単位: Ω)

	試作 I 型		試作 II 型	
	電気抵抗値	絶縁抵抗値	電気抵抗値	絶縁抵抗値
水道水	内34 外32	0.9M	40	45M
3%食塩水	内32 外32	0.014M	37	70M
3%泡剤	内30 外32	0.012M	26	50M

カ 結合した金具を水道水、3%食塩水、3%たん白泡剤中で一度外し、結合し直したとき

(単位: Ω)

	試作 I 型		試作 II 型	
	電気抵抗値	絶縁抵抗値	電気抵抗値	絶縁抵抗値
水道水	内32 外55	0.018M	39	13M
3%食塩水	内32 外32	450	42	1 M
3%泡剤	内30 外32	0.002M	34	9 M

(4) 検討・考察

ア ホース内導線の電気抵抗

試作 II 型 (フランス型) は 1 本当り 20Ω の電気抵抗値で、導線のメーカー公称値が 1 ~ 1.2Ω/m であるので、概ねホース長さ 20m をかけた値となっている。

試作 I 型 (ねじ式) も 1 本当り約 16Ω の電気抵抗値で導線のメーカー公称値が 0.75Ω/m であるので、概ねホース長さ 20m をかけた値となっている。

2 本を結合した場合、試作 II 型では概ね 2 倍になっており、接合部での接触抵抗はほとんどないことがわかる。試作 I 型も概ね 2 倍となるが、手締め等の締め方がゆるい場合にパッキンを通ずる側は抵抗が大きくなる現象が見られた。また、締めすぎた場合に通電がなくなることもあり、締付け具合による不安定さがあった。

加圧時、ねじ式の結合部外側を経由する側の導線の抵抗が若干増すものの、概ね変化はない。

結合部を水道水、3%泡剤、3%食塩水中に浸しても、電気抵抗についてはいずれの場合もあまり変化は見られなかった。試作 I 型のデータの中に多少バラツキがみられるのは、締付けの不安定さからくるものと思われる。

イ 導線間の絶縁抵抗

試作 II 型 (フランス式) については、乾燥状態はもちろん、結合部をしっかり結合していれば、導線間の絶縁性は良い。

試作 I 型 (ねじ式) では、乾燥状態及びホース部のみの水没では絶縁性は良好であるが、結合金具部を水道水、3%泡剤、3%

食塩水中に没すると絶縁抵抗は著しく低下する。試験後、パッキン部の水分を拭き取ると絶縁状態が元に戻るため、この絶縁抵抗の低下はパッキン部のはっ水性の小さいことが原因と考えられる。通信装置の選定に関して、試作Ⅱ型（フランス式）については自由度が高いが、試作Ⅰ型（ねじ式）については、このままであるとかなりの制約を受けることが考えられる。試作Ⅰ型（ねじ式）の食塩水中の450Ωという値は2線が導通状態になっていることを示し、通信は非常に難しく、パッキン部の改善が必要である。

#### ウ 今後の問題点

試作Ⅱ型（フランス式）は技術的性能は高いが、結合方式が当庁方式と異なるという問題がある。ホースの結合方式の変更は互換性の問題があり、全ホース更新には財政的な制約もあり、慎重に検討しなければならない。また、実使用としての耐久試験段階でも媒介金具が必要となり、現場の負担は大きい。

試作Ⅰ型（ねじ式）については、現用のねじ式結合金具と同じという利点はあるが、現状では結合状態による電気的な不安定さや、結合部の絶縁性が不十分であるという弱点があり、今後この点について技術的に解決する必要がある。

### 3. 流量制御用バルブの特性試験

流量遠隔操作装置の開発にあたり、バルブの流量制御特性を調べるために、流量制御がし易いと言われているバルブ（以下「流量制御用バルブ」という。）の性能試験を行った。

また、流量制御がボールバルブと比べて流量制御バルブの性能が著しく良いか、及び手動の放口コックとしての実用ができるかを検討した。

#### (1) 実験に用いたバルブの概要

##### ア 流量制御用バルブ

バルブの外観を写真4に、構造を図1に示す。このバルブは一般に化学プラント等に使用されるもので、実験では口径50ミリの市販のバルブを使ったため、放口部分は口径65ミリ消防ねじに改造した。

#### イ 現用の放口コック

消防で一般に使用されているボールバルブで写真4に外観を示す。

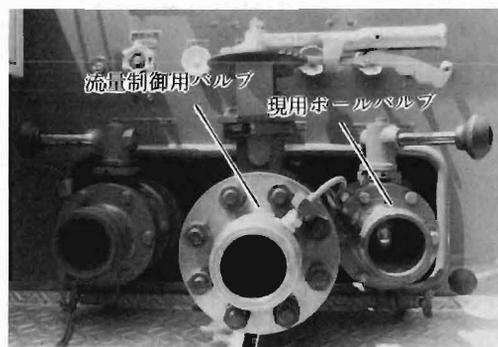


写真4 流量制御用バルブ及びボールバルブ

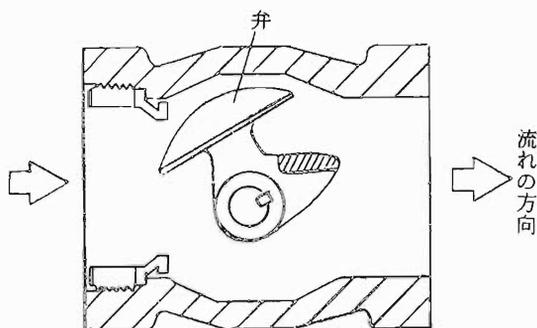


図1 流量制御用バルブの弁構造

#### (2) 実験方法

ア ノズル口径を38, 22, 10ミリとし、ポンプ圧力をそれぞれのノズルにあわせて1～13kgf/cm<sup>2</sup>の範囲で選択し、放口からノズルまで65ミリ×約10mのホースをつないで、バルブの開度と流量の関係を測定した。

#### (3) 実験結果

ア バルブの開度と流量の関係

結果は図2～7のとおり。

イ 作動トルク

開閉作動に必要な作動トルクは次表のとおり。

	作動開始時	作 動 中
流量制御用バルブ	10kgf・cm	10kgf・cm
現用ボールバルブ	150～180kgf・cm	50～60kgf・cm

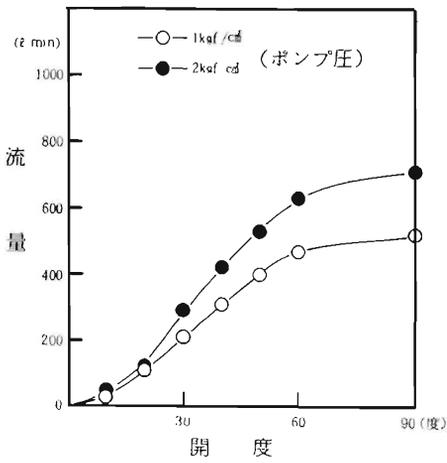


図2 流量制御用バルブの特性 (ノズル38ミリ)

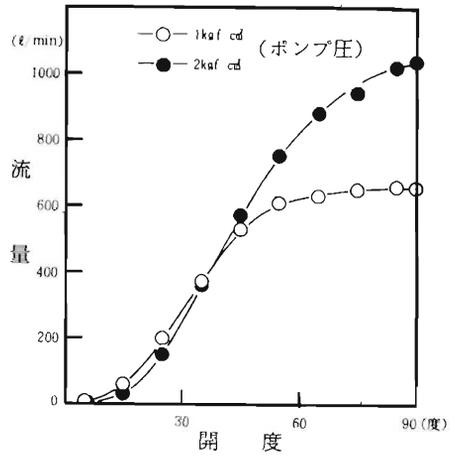


図3 ボールバルブの特性 (ノズル38ミリ)

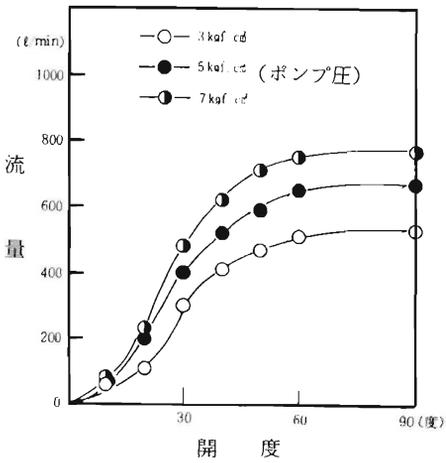


図4 流量制御用バルブの特性 (ノズル22ミリ)

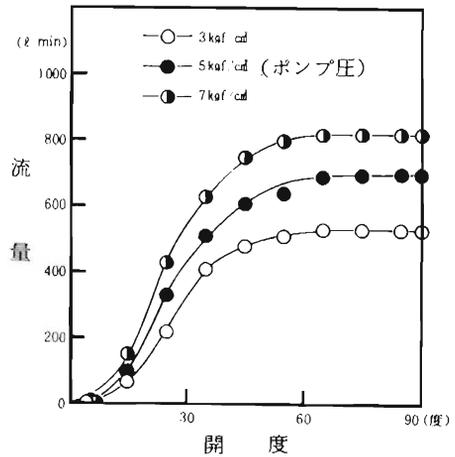


図5 ボールバルブの特性 (ノズル22ミリ)

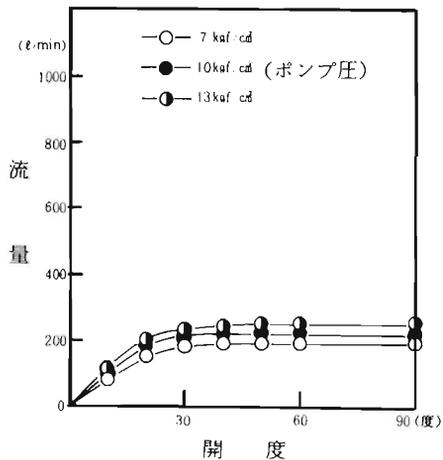


図6 流量制御用バルブの特性 (ノズル10ミリ)

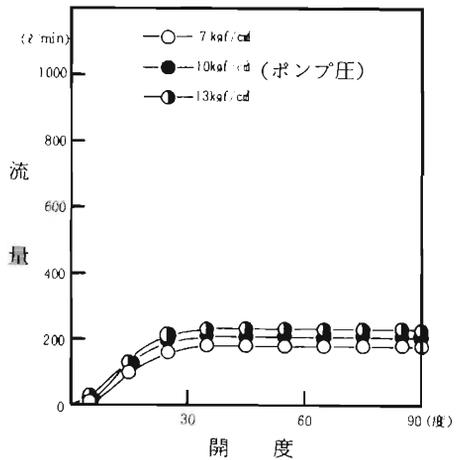


図7 ボールバルブの特性 (ノズル10ミリ)

#### (4) 検討・考察

##### ア ボールバルブの特性

ボールバルブの開度と流量の関係は、実際の測定では図8の例に示すように閉→開、開→閉での特性に約10度の差異が生じている。これはレバーのたがが約5度あり、レバーの動きとボールバルブの作動に約5度のずれがあることを意味している。したがって、実験結果で示したボールバルブのグラフは開度について閉→開のデータには+5度、開→閉のデータには-5度の修正をして、それぞれの値の平均値をとってプロットしている。

なお、流量制御用バルブについては、閉→開、開→閉での差はほとんどなかったのので、そのまま平均値をとってプロットしている。

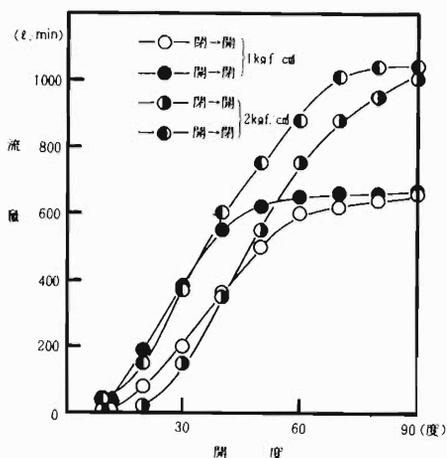


図8 ボールバルブの開→開、開→閉の流量特性

##### イ 流量制御用バルブ及びボールバルブの特性比較

流量制御用バルブは自動制御用バルブとして開度60度が全開(100%)という仕様となっているもので、その範囲に限定して考えれば流量制御性能ではボールバルブも開度60度までの範囲ではかなりよい制御できる結果がでている。

なお、同じ口径のノズルを使用して両バルブの流量に差が出たのは、ボールバルブは口径65ミリ、流量制御用バルブは口径50

ミリという違いによるもので、口径の小さい流量制御用バルブの方が小さくなっている。

閉→開、開→閉での流量の差を見た場合、流量制御用バルブでは約10度の差を生じた。これは、作動トルクが構造的に大きいため、手動レバー取付け部でたがが発生しているためである。

ボールバルブの作動トルクの大きさは構造によるもので、自動バルブにした場合は動力装置の増大を意味し、動力増幅機構を付けた場合にはたがによる閉→開、開→閉の誤差を生むことが考えられる。

したがって、自動バルブとしては流量制御用バルブの方が優れている。

##### ウ 流量制御用バルブの手動操作

遠隔制御装置を使用しないとき、あるいは故障したときに手でバルブの開閉を行う必要がある。従来どおりの手動によるレバー操作ができるように自動バルブを製作することは非常に難しいが、スイッチ等を手動操作することによって電氣的に自動バルブが操作できれば問題はないと思われる。非常時等の操作を電氣的な作動方式で行うことは多少疑問もあるが、この種の装置の信頼性にはほとんど問題はない。はしご車においても従来は油圧スプールを操作レバーから機械的に直接動かしていたのに対して、最近では操作レバー部の動きを電氣的に変換信号を介して油圧スプールを動かしている。

#### 4. まとめ

##### (1) 導線入りホース

ア 試作II型(フランス式)結合金具のホースは1本当りの電気抵抗が20Ωで、水道水等を想定した条件でも電気抵抗値が安定している。絶縁抵抗についても条件によっては低下はあるが、1MΩ以上で特に問題はない。しかし、採用にあたっては結合方式が問題となる。

イ 試作I型(ねじ式)結合金具のホースは1本当り16Ωの電気抵抗値で、ホース部分の通信線には問題はないが、結合部のパッ

キンの接触抵抗とはっ水性に問題がある。

ウ 以上の測定結果をどう評価するかは、どういう通信装置を使うかにかかわる部分も大きく、今後の開発にあたってはホースのインピーダンス等の数値と通信装置の諸特性との組合せで考えていくことが必要である。

エ 今後、長期間使用による断線や性能低下について耐久試験を行って確認する必要がある。

## (2) 流量制御装置のバルブ

ア 流量制御特性は流量制御用のバルブの方が現用のボールバルブより多少良いが大きな差はない。

イ 自動制御への適性は、作動トルク、閉→開、開→閉の流量特性から考えて流量制御用バルブが優れている。

ウ 遠隔制御装置における「手動操作」はポンプ車においてスイッチ等を手動で操作することにより電氣的にバルブをコントロールできればよい。

エ 自動制御ではなく現用の放口コックに替わるものとして手動レバー付の流量制御用バルブを使用することについては、小型化及びレバー改良を施せば、現用バルブと同等以上の放口コックとなるが、改良に多額の費用をかけるほどの価値はない。