

# ポンプ車の遠隔自動制御装置の開発について

## トータルシステムの開発

Development of an Automatic Remote Control System for Pumpers.

岸 田 順 次\*

矢ヶ崎 孝\*

米 田 雅 一\*

### 概 要

ポンプ車の自動化及び省力化をテーマとして、筒先担当員の手元操作によりポンプ車からの放水状態を制御するポンプ車の遠隔自動制御装置の開発を進めている。昨年度までに、「遠隔自動制御ポンプシステム」及び「遠隔自動制御二又分岐」を試作し、性能確認実験を行った。これらの結果を踏まえて、平成7年度は、トータルシステムとしての改良型の試作機を製作した。本報は、システムの改良点、構成及び実験結果についてその概要を報告するものである。

For efficient fire fighting, a remote control system has been developed, with which firefighters can control the water flow from a pumper at the nozzle.

Until last year the automatic remote control pump system and the automatic remote control

Y-connection has been made. The test on the performance was tried. Based on this result, in 1995the improved pump system was made as part of a total system. This paper reports the improvement of the system, its structure and the result of experience.

### 1 はじめに

消防活動の迅速化及び隊員の労務負担の軽減を目的として平成5年度から平成7年度までの3ヶ年計画で、消防車両の自動化・省力化等の研究開発を推進している。本研究開発は、消防ポンプ車のポンプ運用の自動化及び遠隔操作に着目し、筒先担当員の手元操作により放水状態を遠隔で自動制御可能なポンプ運用遠隔自動制御システムの開発を目指すものである。

研究開発の項目は、次の3点とした。

- (1) 二又分岐金具の遠隔自動制御システムの開発
- (2) 音響信号による遠隔信号伝達システムの開発
- (3) ポンプ運転自動制御システムの開発

初年度は、(1)の放水体系に必要な不可欠な二又分岐金具のコックを筒先担当員が遠隔で自動的に開閉可能な遠隔自動制御二又分岐金具を開発し、次年度は、(2)及び(3)の音響信号による遠隔信号伝達システムを組み込んだポンプ運用遠隔自動制御システムを試作・検証した。<sup>文庫1, 2</sup>

平成7年度は、これまでに試作・検証した結果を踏まえ、トータルシステムとして仕様検討を中心に進め、改良型の試作機を製作した。その結果、より完成度の高い

遠隔操作システム及び自動制御システムを備えた「ポンプ運用遠隔自動制御システム」を研究開発することができた。本報告は、トータルシステムの諸元・性能、制御特性等について報告するものである。

### 2 システムの概要

#### (1) トータルシステム構成

トータルシステムは、ポンプ運転の自動制御システム、音波通信による遠隔信号伝達システム、及び導線入りホースによる遠隔自動制御二又分岐金具から構成される。(写真1参照)



写真1 各試作機の組み込んだポンプ車

\*第三研究室

(2) 諸元・性能

各システムは、A 2 級ポンプ装置搭載の普通ポンプ車に搭載した。各システムは、昨年の試作と比較してスペースの有効活用のため可能な限り小型化した。

外観上は、現行のポンプ車と何ら変わらない形状であるが、諸元・性能については、多くの部分で自動化及び省力化を図ったオートマティック・アンド・フェールセーフポンプシステムとなっている。(表 1 から表 4 参照)

表 1 諸元・性能 (ポンプ制御関係)

項目	内容	
ポンプ装置	A — 2 級	
自動圧力調整装置	制御方式	スロットル駆動装置によるエンジン回転制御
	制御範囲	0.29MPaから1.47MPa (3 kgf/cm <sup>2</sup> から15kgf/cm <sup>2</sup> )
	制御精度	±0.05MPa(0.5kgf/cm <sup>2</sup> )
	電源	DC24V (車両電源)
安全装置	エンジン回転保持機能 〔吸水圧力異常低下時〕 中継圧力異常上昇時 揚水不能自動停止機能手動制御装置ほか	
自動流量調整装置	制御方式	シーケンサーによる電動弁の開閉制御(流動制御)
	制御範囲	0 l/min~1,500 l/min
	流動精度	± 5 %
	電源	DC24V (車両電源)
自動揚水装置	制御方式	電磁弁と電磁シリンダーによる真空ポンプ制御
	作動方法	押しボタン式
	真空ポンプ	電磁クラッチ方式
	スロットル制御	電磁シリンダー方式
	電源	DC24V (車両電源)

表 2 諸元・性能 (管そう)

項目	内容
形状	φ65mm消防用管そう
音響発生器	電磁弁×1
発生信号数	3種類
電源	ニッケル水素 850mAh, 12V
重量	約 4 kgf

表 3 諸元・性能 (媒介金具)

項目	内容
形状	φ50mmオス×φ65mmメス 消防ねじ
音響発生器	電磁弁×1
発生信号数	3種類
電源	24V(ホースカー搭載電源)
備考	ホースカー搭載

表 4 諸元・性能 (媒介金具・音響分析装置)

項目	内容	
媒介金具	形状	φ65mmオス×φ65mmメス 消防ねじ
	音響受波器	圧力センサー×2
音響分析装置	形状	W330mm×H295×D650mm ポンプ車側部ボックス内 搭載型
	電源装置	入力電源DC24V (車両) 出力電源DC24V DC 5 V
	増幅器	チャンネル数 4 アンプゲイン：80dB (MAX) バンドパスフィルター： 0.3~1 Hz
	分析部	搭載ボード CPUボード：i80486 4MB-RAM A/Dボード：12Bit D/Oボード：入力32ch 出力32ch OS：MS-DOS Ver.6.3

3 主な構造と改良点

トータルシステムを製作するにあたっての基本的な考え方は、試作機の各種検証からほぼ同様とし、個々の機能向上及び小型・軽量化を重点に改良を加えた。

トータルシステムの開発を条件としての放水体系は、試作機と同様に「一線放水体形」と「分岐放水体形」を同時に延長放水する体形において、各々の筒先担当員が遠隔で放水の制御が可能であることとした。さらに今回は、遠隔自動制御二又分岐のところポンプ車の遠隔制御が可能な新システムを加えて、トータルシステムとして製作した。(図 1 参照)

(1) ポンプ運転の自動制御システム

基本的には試作機と同様の機能を有するものであるが、圧力調整時のエンジン回転制御速度や電動コックの制御方法及び構造等を改良している。ポンプ車関係

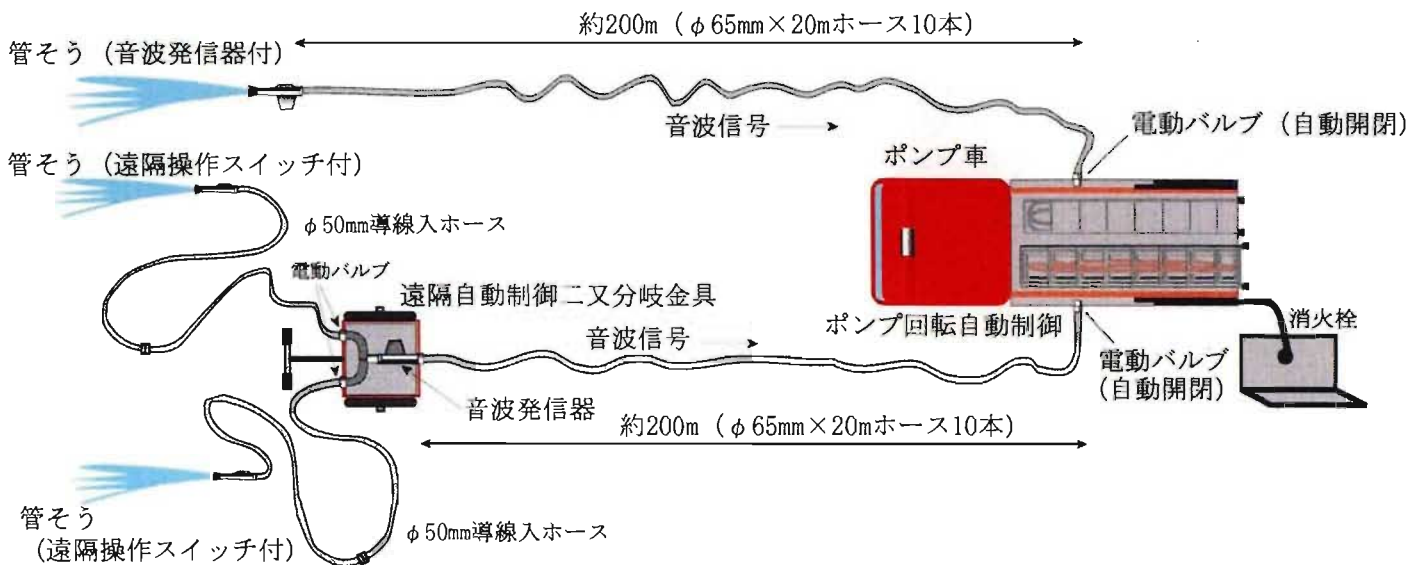


図1 遠隔自動制御ポンプシステム概要図

の制御系統図を図2に示す。

ア 自動圧力調整装置

本装置は、エンジン回転の制御によりポンプ回転を制御してポンプ圧力を一定に保持する機能を有するものである。試作機と比較して圧力上昇時の速度と降下時の速度をそれぞれ単独で制御することにより安全にかつ安定した状態で放水することを可能にした。各部の構成は、車両側部のボックスの制御部及びポンプ上部に設置したポンプ圧力センサー部、エンジン回転を制御するスロットル駆動部を組み合わせたものである。(写真2参照)

操作手順は、コントロールパネルの圧力設定パネルで0.29MPa(3 kgf/cm<sup>2</sup>)以上の任意の圧力に設定し自動の押しボタンを押す。これにより、ポンプ圧力は自動的に設定圧力まで昇圧するとともに、放水中のポンプ圧力を常時監視し、例えば筒先でシャットした場合のポンプ圧力の上昇を検知し瞬時に設定圧力に下がるよう自動制御するものである。



写真2 コントロールパネル

イ 自動流量調整装置

本装置は、シーケンサーにより電動弁に開閉制御し放水量の自動制御を行う機能を有するものである。

各部の構成は、ポンプ車の左右放口部に各1個取り付けたボールコック式の電動弁と電磁流量計、及びこれらを制御するための制御器を備える。試作機と比較して、電動コックの開閉精度を見直すことにより流量制御の精度と制御までの時間を短縮して機能向上させた。(写真3参照)

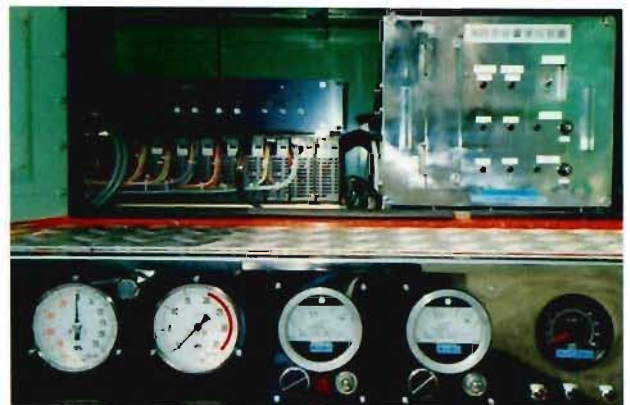


写真3 各種制御装置

ウ 自動揚水装置

本装置は、既に東京消防庁で採用しているシステムで吸水操作がボタン1つで行えるものである。

各部の構成は、試作機と同様に電磁クラッチ式の真空ポンプ、エンジンスロットル駆動部、ポンプ圧力スイッチ等を組み合わせたものである

エ 音響通信装置との接続

音響通信装置との接続は、試作機のRS-232Cに変わってソフトウェア上の問題の少ないD/O(電子接点)方式とした。

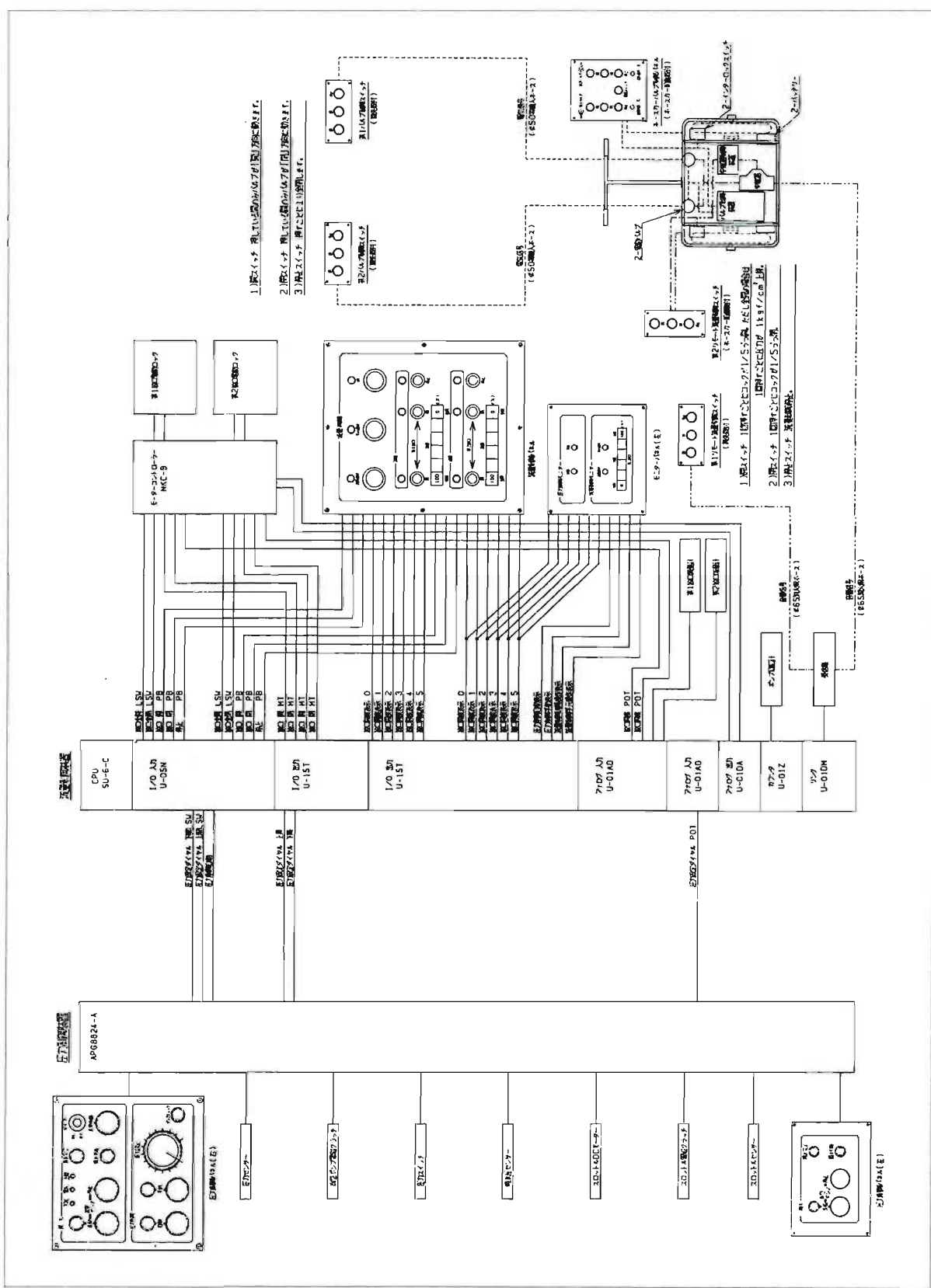


図2 トータルスラスタシステム制御系統図

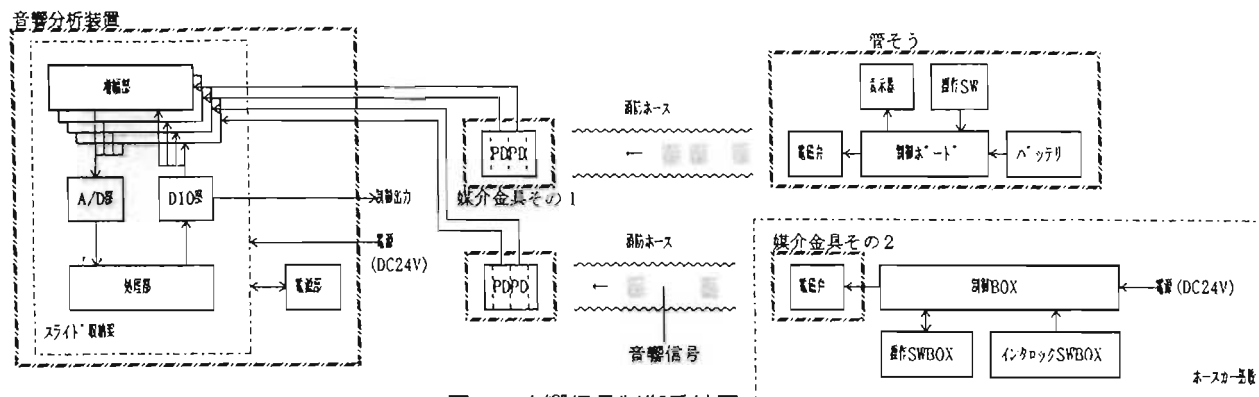


図3 音響信号制御系統図

(2) 音響信号による遠隔信号伝達システム

音響分析装置の制御系統図を図3に示す。大きな改良点は、音響信号の周波数を極限まで下げることにより200mの遠隔操作がより確実に行えるようになったことである。

ア 管そう (φ65mm用)

管そうは、ポンプ車に対して「開」「閉」「停止」の3つの音響信号を送出する押しボタン式の操作スイッチを装備している。

管そうは、ホース内の水の流れを変化させて音響信号を発生させる電磁弁、電磁弁の制御を行うための駆動回路、駆動電源としてのニッケル水素電池から構成される。(写真4参照)

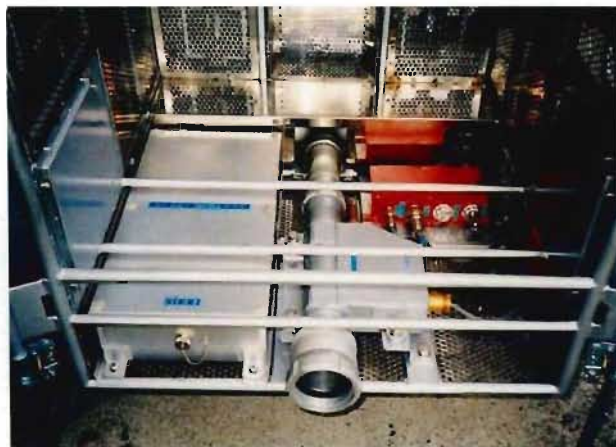


写真5 ホースカー内部



写真4 管そう (φ65mm)

イ 媒介金具 (ホースカー部)

ホースカー部に備える媒介金具は、前アの機能と同様にポンプ車に対して「開」「閉」「停止」の3つの音響信号を送出するもので、ホースカー部でポンプ車のポンプ運転の遠隔操作を行うものである。駆動回路及び操作スイッチがセパレート式となっている点が前アと異なる。(写真5参照)

ウ 媒介金具 (ポンプ車放出口部)

ポンプ車放出口部に備える媒介金具は、消火用ホー

ス内の消火水を媒体として伝播してきた音響信号を受信し音響分析装置に電気信号として送出するものである。

媒介金具は、φ65mmめすネジ×φ65mmおすネジのステンレス製の媒介金具に試作器のハイドロホンに変えて圧力変換器を2基組み込んだもので構成される。2基組み込んだ理由は、信号がどの放水線から来たものかを確実に認識するためのものである。(写真2参照)

エ 音響分析装置

本装置は、試作器と同様に媒介金具から送られてくる微弱な電気信号の中の不要な成分を除去し、増幅するとともにA-D変換をへて信号認識し、ポンプ運転の自動制御システムに「開」「閉」「停止」の信号として送信するものである。(写真3参照)

(3) 遠隔自動制御二又分岐金具

ア ホースカー

ホースカーは、試作機より操作性の良い軽量ホースカーを採用した。(写真6参照)

イ 配管及び制御器等

配管及び制御器は、ホースカーの床下に収納しホース積載スペースを広く確保した。(写真5参照)

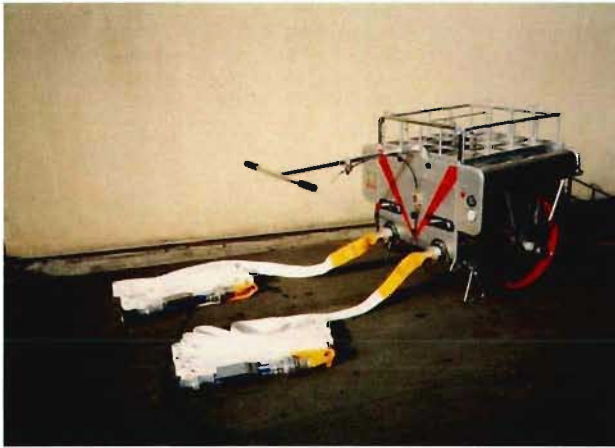


写真6 遠隔自動制御二又岐金具

ウ 自動排気弁

試作機と同様に配管部に初期送水時の不要な空気の排気できるようフロート式の自動排気弁を取り付けた。(写真5参照)

エ 管そう (φ50mm用)

管そうは、試作機と同様に導線入りのホースによる遠隔操作方式にもとした。改良点は、軽量化及び小型を図るとともに、微弱な電流で操作できるように電気回路を変更して電気的接続の不良を解消した。(写真7参照)



写真7 管そう (φ50mm)

5 各種実験

5-1 ポンプ車の自動制御システム関係

(1) 自動圧力調整機能

ア 設定条件 (図4から6参照)

(ア) 吸水条件：落差約3m、吸管12m×1本

(イ) 放水条件：

- 第1線 実験No①φ65mmホース1本
- 実験No②φ65mmホース10本
- 実験No③φ65mmホース1本に二又分岐を接続(φ50mmホース各放口1本)
- 第2線—φ65mmホース1本

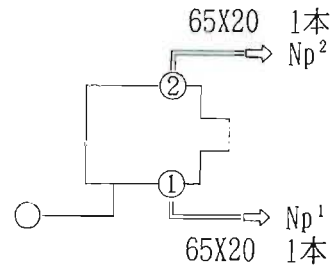


図4 実験No.①の放水体形

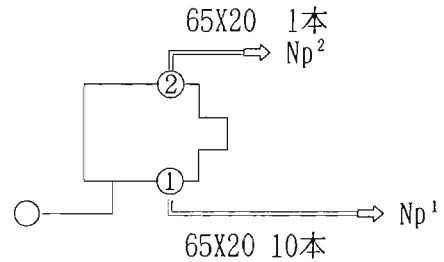


図5 実験No.②の放水体形

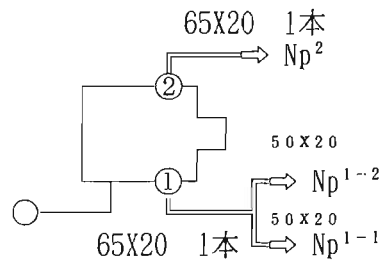


図6 実験No.③の放水体形

(ウ) 第1線及び第2線放口コックは、全開

(エ) 確認事項：

- 実験No①-1 第1線ノズルの急閉塞  
(自動圧力調整機能のOFF)
- 実験No①-2 第1線ノズルの急閉塞  
(自動圧力調整機能のON)
- 実験No②-1 第1線ノズルの急閉塞  
(自動圧力調整機能のOFF)
- 実験No②-2 第1線ノズルの急閉塞  
(自動圧力調整機能のON)
- 実験No③-1 第1-1線ノズルの急閉塞  
(自動圧力調整機能のOFF)
- 実験No③-2 第1-1線ノズルの急閉塞  
(自動圧力調整機能のON)

イ 実験結果

(ア) 実験No①-1の結果を図7に、①-2の結果を図8に示す。

a 自動圧力調整機能のOFFの時に第1線ノズルを急閉塞した場合、第1線ノズル圧力は、0.39MPaから瞬時に0.79MPa程度まで上昇し、減衰振動しながら0.59MPa付近で安定した。

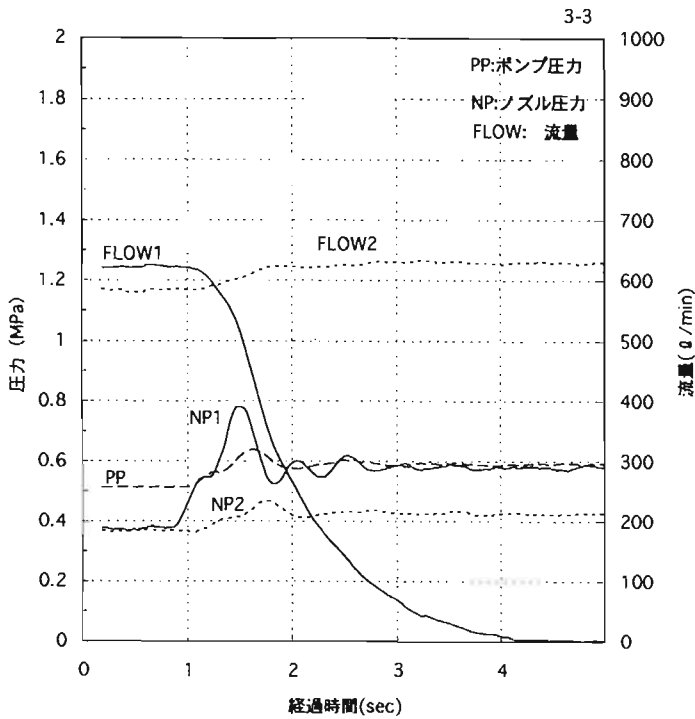


図7 実験No.①-1の結果

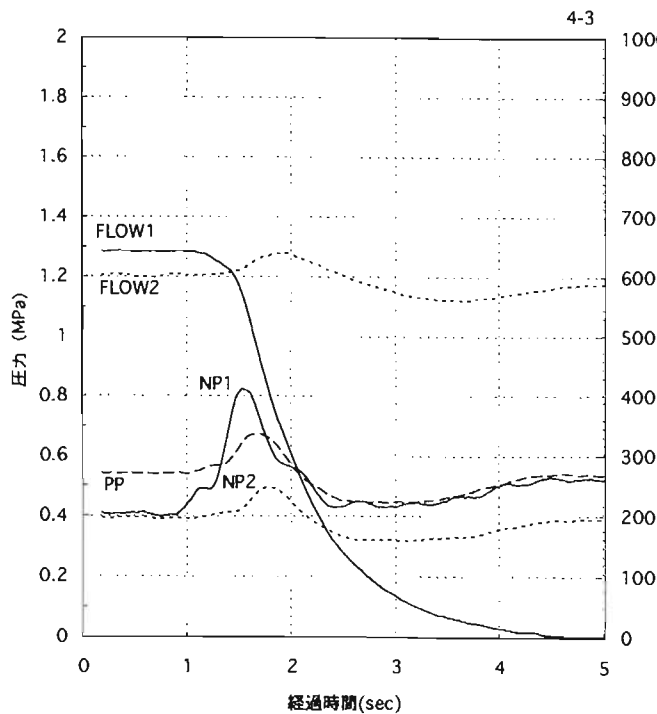


図8 実験No.①-2の結果

第2線ノズル圧力は、0.39MPaから瞬時に0.49MPaまで上昇し0.43MPaで安定した。

ポンプ圧力は、0.52MPaから0.66MPa程度まで上昇し0.59MPa安定した。

第2線放口流量は、580 l/minから630 l/minまで増加した。

b 自動圧力調整機能のONの時に第1線ノズルを急閉塞した場合、第1線ノズル圧力は、0.40MPaから瞬時に0.82MPa程度まで上昇し約3秒後に0.52MPa付近で安定した。

第2線ノズル圧力は、0.40MPaから瞬時に0.50MPaまで上昇し約3秒後に0.40MPa付近で安定した。

ポンプ圧力は、0.55MPaから0.69MPa程度まで上昇し約3秒後に0.55MPa付近で安定した。

第2線放口流量は、600 l/minから640 l/minまで増加し、約3秒後580 l/min付近で安定した。

(1) 実験No.②-1の結果を図9に、実験No.②-2の結果を図10に示す。

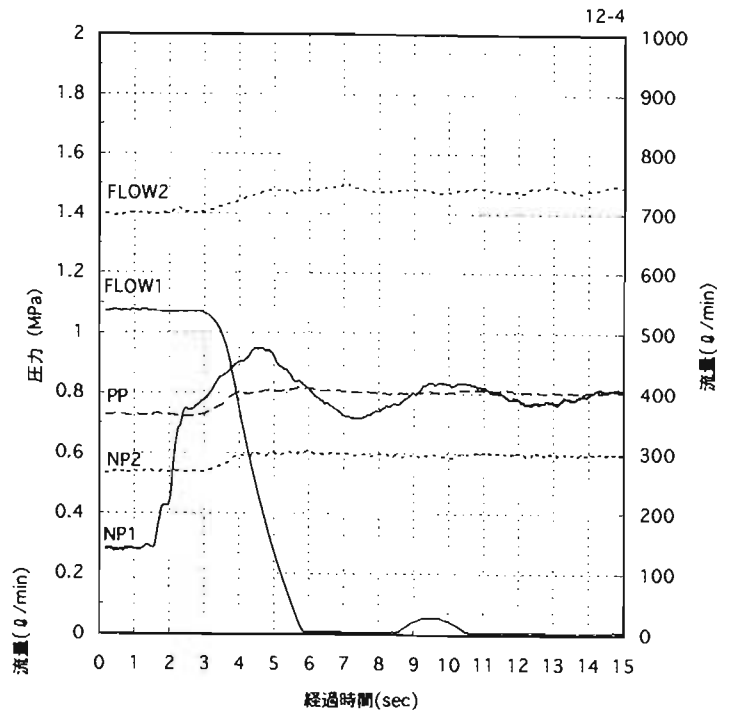


図9 実験No.②-1の結果

a 自動圧力調整機能のOFFの時に第1線ノズルを急閉塞した場合、第1線ノズル圧力は、0.29MPaから瞬時に0.75MPa程度まで上昇し、その後約2秒間緩やかに上昇し0.93MPaまで達した。その後は、降下し、5秒程度の周期で減衰振動しながら0.80MPa付近で安定した。

第2線ノズル圧力は、0.53MPaから瞬時に0.60MPaまで上昇して安定した。

ポンプ圧力は、0.73MPaから0.80MPa程度まで上

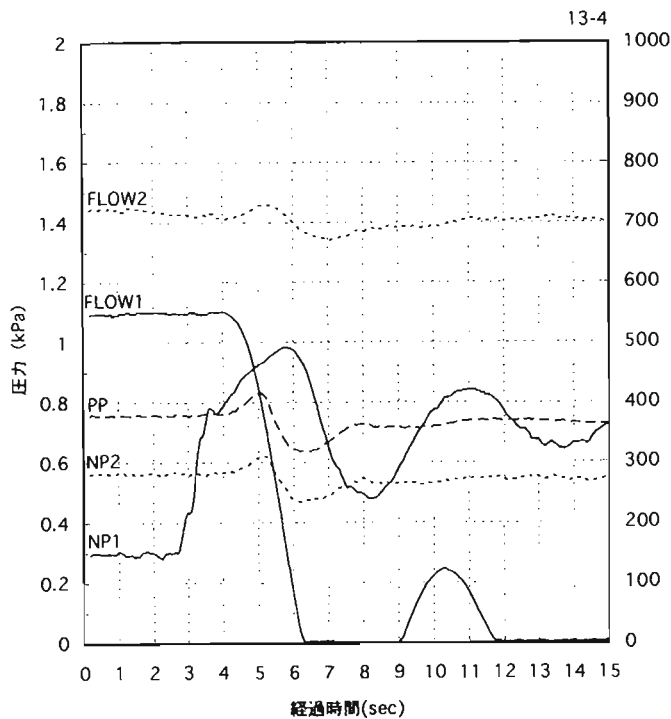


図10 実験No.②-2の結果

昇し安定した。

第2線放口流量は、700 l/minから740 l/minまで増加した。

- b 自動圧力調整機能のONの時に第1線ノズルを急閉塞した場合、第1線ノズル圧力は、0.30MPaから瞬時に0.79MPa程度まで上昇し、その後更に約2秒間緩やかに上昇して1.00MPaまで達した。その後は降下し、5秒程度の周期で減衰振動しながら0.79MPaで安定した。前aと比較して減衰振動のP-P値が0.12MPa程度大きかった。

第2線ノズル圧力は、0.56MPaから瞬時に0.62MPaまで上昇し約3秒後0.54MPaで安定した。

ポンプ圧力は、0.76MPaから瞬時に0.82MPa程度まで上昇し約3秒で0.72MPaに安定した。

第2線放口流量は、720 l/minから730 l/minまで増加し、約3秒後には、700 l/min付近で安定した。

- (ウ) 実験No.③-1の結果を図11に、③-2の結果を図12に示す。

- a 自動圧力調整機能のOFFの時に第1-1線ノズルを急閉塞した場合、第1-1線ノズル圧力は、0.20MPaから瞬時に0.69MPa程度まで上昇し0.55MPaで安定した。第1-2線ノズル圧力は、0.20MPaから瞬時に0.39MPa程度まで上昇し0.36MPaで安定した。

第2線ノズル圧力は、0.46MPaから瞬時に0.52MPaまで上昇して安定した。

ポンプ圧力は、0.62MPaから0.70MPaまで上昇して安定した。

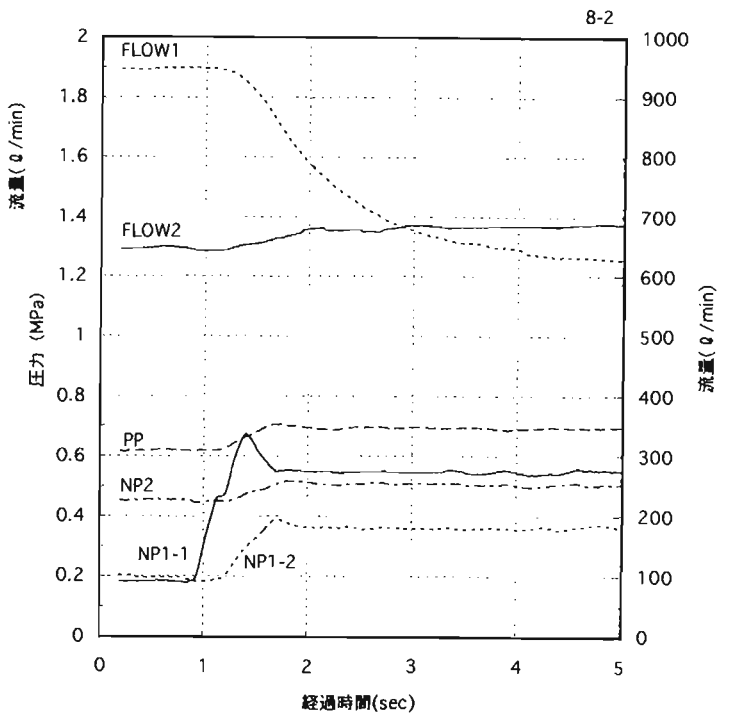


図11 実験No.③-1の結果

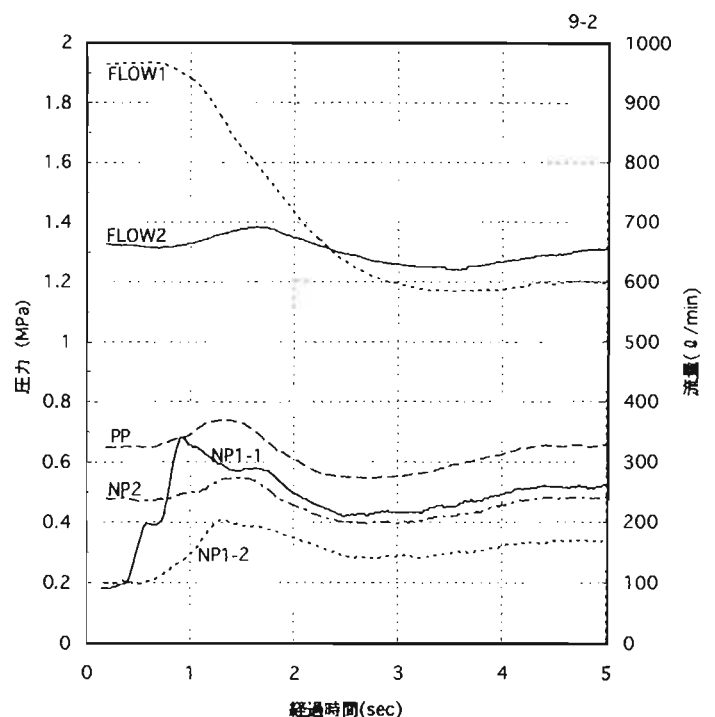


図12 実験No.③-2の結果



第2線放口流量は、650 l/minから690 l/minまで増加した。

- b 自動圧力調整機能のONの時に第1-1線ノズルを急閉塞した場合、第1-1線ノズル圧力は、0.20MPaから瞬時に0.76MPa程度まで上昇し約3秒後に0.51MPaで安定した。第1-2線ノズル圧力は、0.20MPaから瞬時に0.40MPa程度まで上昇し約3秒後に0.33MPaで安定した。

第2線ノズル圧力は、0.49MPaから瞬時に0.54MPaまで上昇し、約3秒後に0.49MPaで安定した。

ポンプ圧力は、0.65MPaから0.73MPaまで上昇し約3秒後に0.65MPaで安定した。

第2線放口流量は、660 l/minから690 l/minまで増加し、約3秒後には、660 l/min付近で安定した。

(2) 自動流量制御機能

ア 設定条件 (図13参照)

- (ア) 吸水条件：落差約3m、吸管12m×1本
- (イ) 放水条件：第1線—φ65ホース10本  
第2線—φ65ホース1本
- (ウ) 第1線及び第2線放口コックは、全開
- (エ) 確認事項：第1線の「開」スイッチ操作によるポンプ圧力増及び圧力上昇時の第2放口の流量制御機能

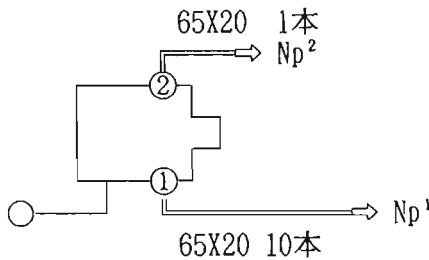


図13 実験の放水体形

イ 測定結果

測定結果を図14に示す。

第1線（長さ約200m）の筒先に備えた遠隔操作ボタン「開」の操作信号終了後の約3秒後、ポンプ車側で信号を認識し、ポンプ圧力が0.76MPaから0.84MPa程度まで上昇した。

遠隔操作を行った第1放口の流量は、500 l/minから550 l/minまで上昇した。第2放口は、650 l/minから680 l/min程度まで上昇し、その後、電動弁による自動流量制御により640 l/minまで流量を制御し安定した。安定域までの所要時間は、約7秒であった。

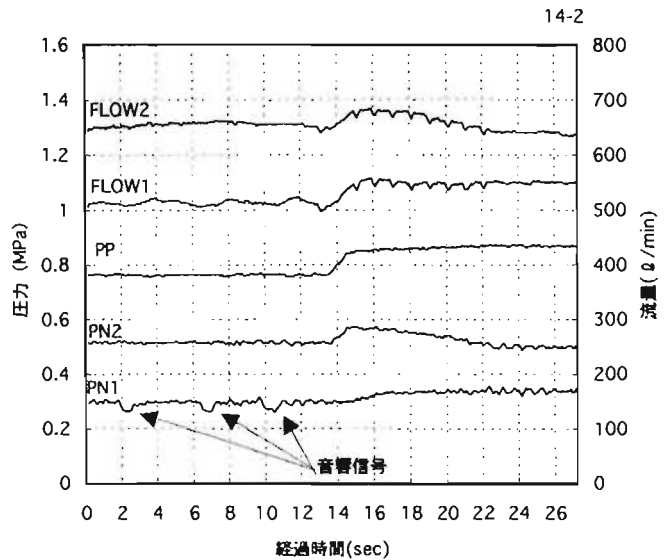


図14 自動流量制御機能の実験の結果

(3) 自動揚水機能

本機能は、既に現行のポンプ車で採用しているため測定実験は省略した。

5-2 音響信号伝達システム関係

(1) 音響信号の伝達レベルの測定

ア 測定条件 (図15参照)

ポンプ車の放出口と管そのの根元に圧力検出器 (PD1~5) を装着し、放水した状態で各部の信号レベルを測定しその特性を調べる。

- (ア) ポンプ車と管その間 (約200m)
- (イ) ポンプ圧力：約0.29MPa
- (ウ) 放水状態：ポンプ運転、放水中

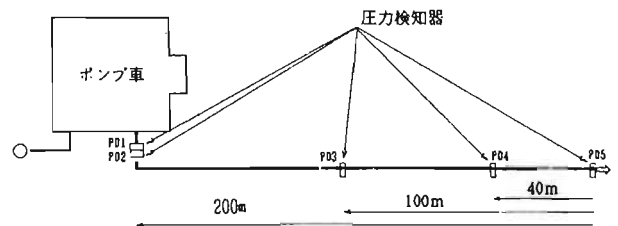


図15 音響信号の測定方法

## イ 測定結果

ポンプ圧力0.29MPaの条件でノズルから距離別に信号の変化を測定し、それぞれ10Hzのローパスフィルターを通過させて得られたデータを図16に示す。ノズル部で発生させた4つの音響信号(窪み)は、距離が増すにつれて減衰し、僅かではあるが200mの地点でも信号が確認できる。

200m地点における信号の拡大した波形を、図17に、さらに1Hzのローパスフィルターを通過させたものを図18に示す。フィルターを通過させることにより信号が鮮明に確認でき、かつ、信号受信時に信号レベル差(PD2-PD1)が生じ信号受信の有無が確認できる。

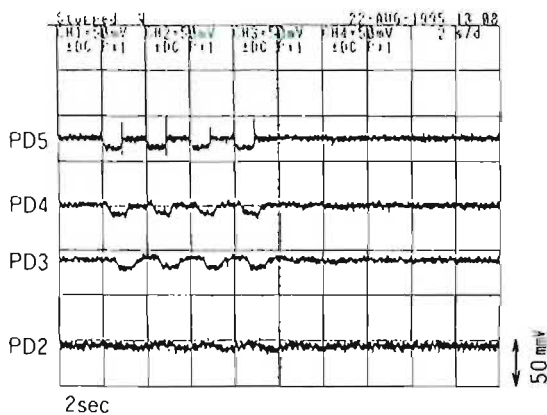


図16 音響信号測定結果(その1)

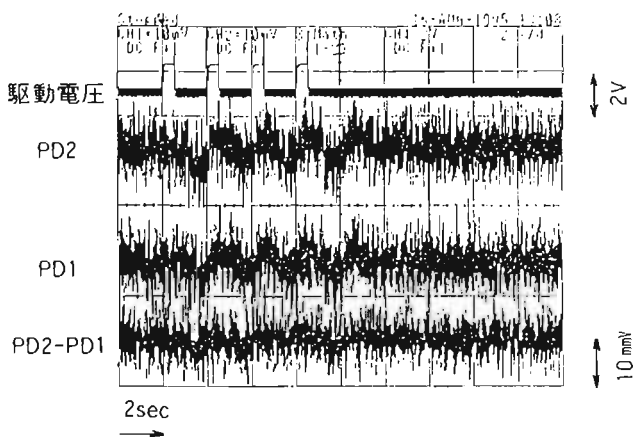


図17 音響信号測定結果(その2)

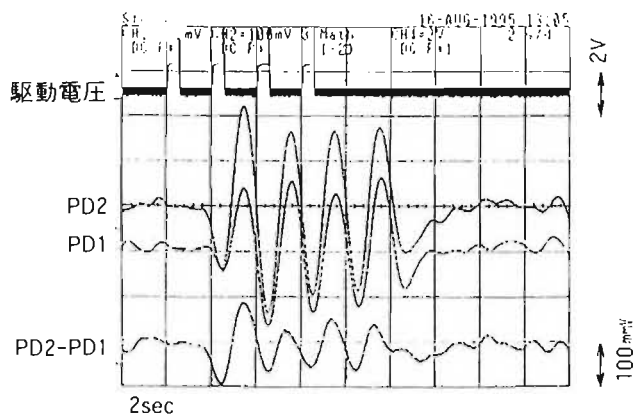


図18 音響信号測定結果(その3)

## イ 測定結果

ポンプ圧力の変化による信号とノイズレベルの関係を図19に示す。圧力が高くなるに従って信号レベルは増加傾向にあるが、ノイズレベルはほぼ一定であった。

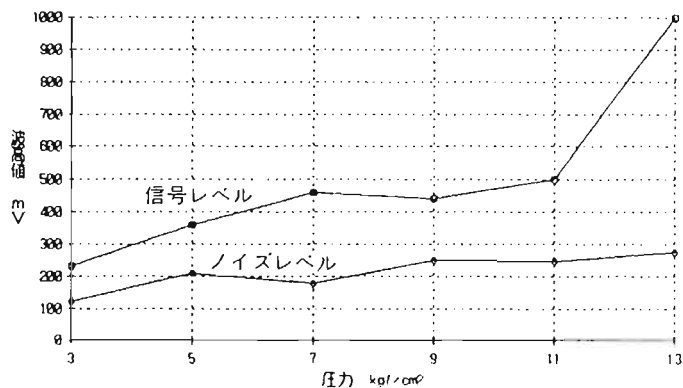


図19 音響信号測定結果(その4)

## (2) 信号レベルとノイズの測定

### ア 測定条件

測定条件は、ポンプ圧力のみ0.49MPaで行った以外は前(1)と同様とした。200m地点のノイズと信号のレベル及びポンプ圧力の変化による伝達レベルの差について測定した。

## 5-3 遠隔自動制御二又分岐関係

前5-1(1)の実験③においてその機能等を確認した結果、電動コックの作動状況、ホースカップリングの接続と電気的接続状況など異常なく良好に作動した。

## 6 実験結果のまとめ

### 6-1 ポンプ運転の自動制御システム関係

#### (1) 自動圧力調整装置

ア 自動圧力調整機能のONのときは、従来のポンプ車で発生した放水条件の変化に伴う圧力上昇を抑えることができ良好な結果がえられた。

イ 二又分岐を使用時は、二又分岐の第1線を急閉塞

した場合は、ポンプ圧力に変化は起こらず、二又分岐の他方の放水線の流量が増加し、更に圧力も増加する結果となった。この放水体形では自動圧力調整機能の効果は十分に得られなので、今後は、分岐体形時の圧力上昇対策を検討必要がある。

ウ ノズル部で急閉塞した直後は、ホースの弾性によりノズル部の圧力が上昇し、その圧力上昇がホースを介してポンプ車に減衰しながら伝搬する。圧力上昇は、ポンプ車で反射して再びノズル部に伝搬し反射を繰り返しながら減衰していく。伝搬速度は、実測値で約100m/secである。

## (2) 自動流量調整装置

試作機での流量制御は、電動コックの構造上及びソフト上の問題で一時的に流量が増加することがあったが、改良により流量の増加はなく安全に又精度の高い流量制御が可能になった。

### 6-2 音響信号による遠隔信号伝達システム

音響通信に関しては、伝搬の信頼性及び確実性から最終的に極低周波が有効であることが確認された。

その結果、200m以上(ホースカー1台分のホース延長長さ)の通信が100%近くまで可能であることが確認できた。今後の課題としては、管その更なる軽量化と通信速度の向上があげられる。

### 6-3 遠隔自動制御二又分岐

通信状況及び形状とも良好な結果が得られた。今後の課題として、装置全体の更なる軽量化及びホースカーの動力化などについて検討を進める必要がある。

## 7 共同研究

本研究開発のうち、音響通信装置に関する部分については、東京消防庁第三研究室と三菱重工業株式会社船舶・海洋事業本部艦艇部との共同研究で行っている。(同事業本部艦艇部での共同研究は、長崎造船所艦艇部が中心に行っている)

## 8 おわりに

今後は、本トータルシステムについて研究所において各種の実験検証を実施し、さらに消防署員の試験運用によるデータの収集を行い、その結果について実用機製作へ反映させて行く予定である。

### 参考文献

- 1 消防科学研究所報 第31号 平成6年
- 2 消防科学研究所報 第32号 平成7年