

水ゲルについて(第5報)

鳥 井 四 郎*

小 林 英 明*

○ はじめに

本研究は、水を増粘することによって付着能力を増加させ、消火作業並び延焼防止作業の効率化を図り、あわせて二次損害である水損を防止する等、水の効果の利用を目的として過去6ヶ年間にわたり研究を進めてきたものである。(消防科学研究所報10号から14号までを参照)

今回は、従来のオリフィス形式の補助剤混合方法(ラインプロポーションナー使用)に代る補助剤圧入装置を試作し、さらに、本装置を用いて、オリフィス形式の補助剤混合方法では、水ゲルの送水ができなかった背圧のある高所、摩擦損失の大きい小口径ホースを用いたとき又はホースを長距離のばすときに有効に送水できることを実験によって確認した。ここに第5報として、水ゲル補助剤圧入装置の概要と、同装置による実験結果について報告する。

○ 水ゲル補助剤圧入装置

1. 装置の特徴

ポリアクリル酸類の水溶液(以下「水ゲル原液」という。)をアルカリ(以下「補助剤」という。)で中和することにより高粘度の水ゲルを作ることができる。しかしながら、高粘度の水ゲルは、現在の消防車両に積載されているタービンポンプでは放水が困難となる。このため、水ゲル原液送水中に補助剤を混合する方法を利用すれば、ポンプ負荷が軽減できて効果的な送水ができることが確認されている。本装置は、従来の補助剤混合方法の弱点である高所送水時や、ホースの長距離延長時においても混合を可能にするため、強制的に補助剤を圧入する機構とした。さらに、本装置を、現在使用している消防用流量計と結合することに

より、ホース内を流れる流量に対応して自動的に補助剤を混合することができる。

2. 構造

本装置は入力電送部、制御部、圧入ポンプ部、及び補助アンプに大別され、図1のとおり配置して使用する。(写真1参照)各部の性能は次のとおりである。

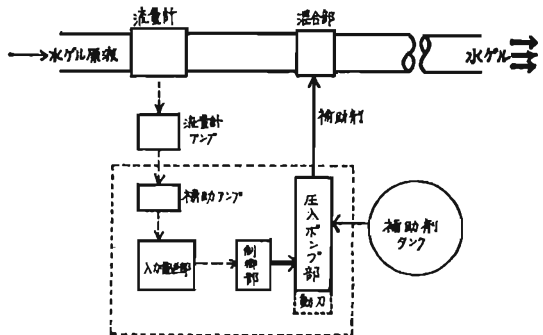


図1 水ゲル補助剤圧入装置配置図

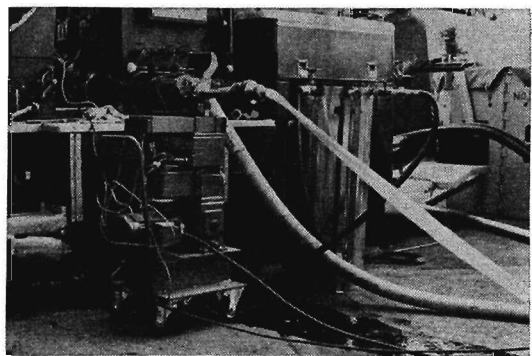


写真1 水ゲル補助剤圧入装置

1) 入力電送部

入力電送部は、流量計から送信される電気信号を受

* 第一研究室

けて、入力信号がD. C. 5 mA の時100%, D. C. 1 mAの時0%の範囲で、プランジャーポンプのストローク長（吐出量に該当する値は図2参照）に指示を与

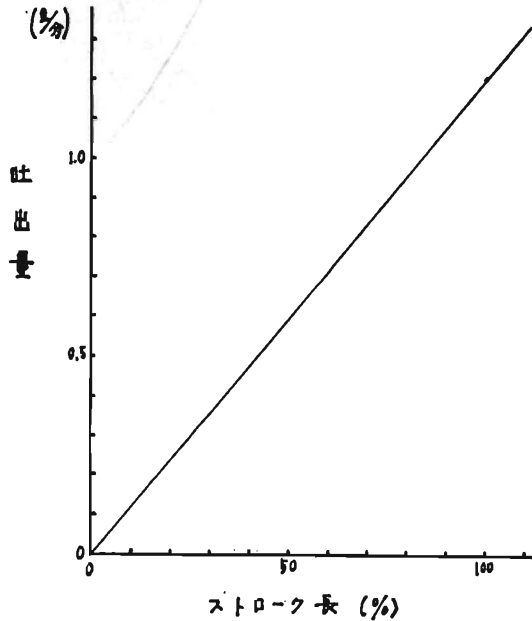


図2 圧入ポンプストローク長と吐出量

えるものであり、出力反転スイッチの操作、並びにスパン及び零調整により、この範囲内で直線状の変動ができる。なお、吐出量の制御は自動と手動に切換えできる。

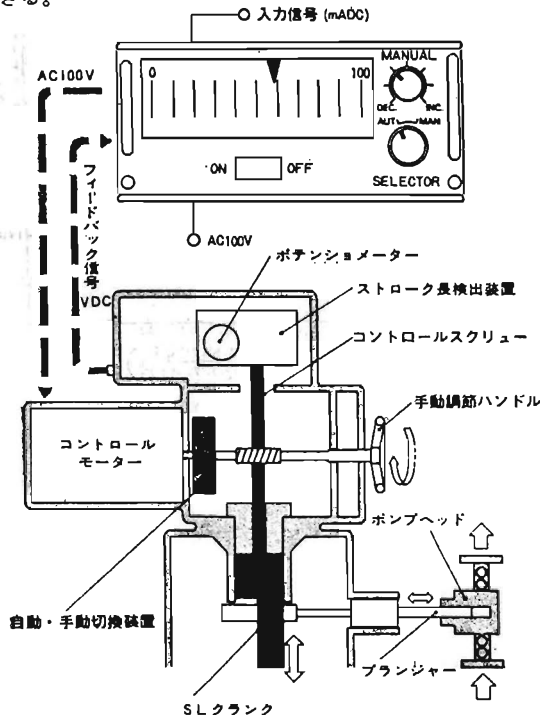


図3 制御部の機構図

2) 制御部

制御部は、入力電送部から送られてきた電気信号を受け、コントロールモーターが作動しコントロールスクリューを上下させ、プランジャーポンプのストローク長を精密に0~100%の範囲で無段階で調節し、圧入ポンプの吐出量を制御できる構造となっている。又この操作は、手動ハンドルでもできるようにしている。(図3参照)

3) 圧入ポンプ部

圧入ポンプ部は、制御部からの機械的な信号を受け混合部に補助剤を圧入するものである。本装置を取付ける適当な車両がなく、実験用試作品として考えた為、圧入ポンプの動力源であるモータは三相200Vを使用した。この圧入ポンプは回転数を制御する方法でないため、制御の応動が速いほか、P. T. Oから動力を取り出すのに適しているものと思われる。

表1 圧入ポンプの性能

ポンプ種別	プランジャーポンプ一連
吐出量制御方法	プランジャーストローク長を変動させる。
吐出圧力	常用 18kg/cm ² まで
吐出量範囲	0~1.2ℓ/分

ポンプ吐出口に15kg/cm²の背圧を加えた場合と、背圧のない場合と比較したのが表2であるが、変動率は、ストローク長の大きい場合には使用上問題の無い範囲であった。

$$\text{変動率(\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

但し

A: 背圧無い場合の吐出量 (cc/分)

B: 背圧15kg/cm²の場合の吐出量 (cc/分)

4) 材質

本装置の接液部分の内、容易に交換できない部分については、装置機能の耐久性を持たせる為、SUS 316 硬質クロムメッキ等の耐薬品性の高い材質を使用し、耐久試験を実施した。特に、本実験の補助剤だけを使用する場合の実用設計では、鉄、硫化ゴム等の使用も可能であるが、今回は、界面活性剤系泡剤、ライトウォーター等の各種消火剤の混入実験を考慮して材質を選択したものである。(図4参照)

5) 流量計と補助ポンプ

今回、使用した流量計は、現在、消防車両に取付けられている電磁流量計と同種類のものである。(流量計の構造等の詳細については消防科学研究所報14号『ポンプ車用流量計の性能試験結果について』参照)

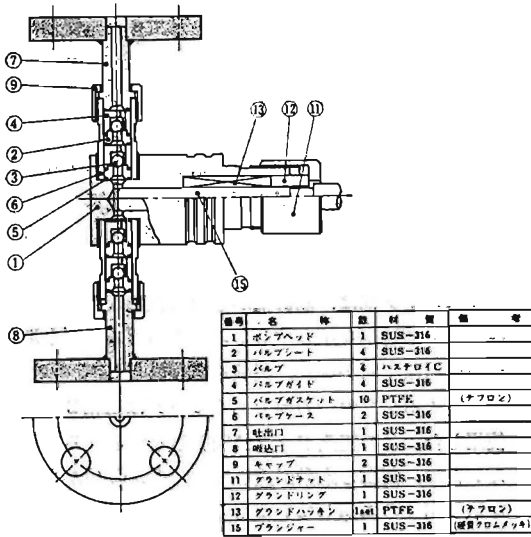


図4 接液部の構造及び材質

電磁流量計から得られた出力を、適正な電気信号として入力電送部に送るため、図5に示す補助アンプを取付け、流量に応じて、補助剤の混合量を調節するこ

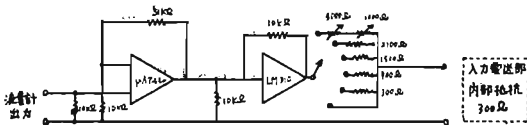


図5 補助アンプの構造

とができるようにした。例えば、250ℓ/分の流量では計量計出力は0.5Vである。この時切換スイッチ抵抗300Ω値にセットすれば1.5Vの電圧が入力電送部に助わり100%のストローク長が得られる。さらに、500ℓ/分の流量に対して100%のストローク長を得るには900Ω値に切換えればよい。

3. その他

1) 混合割合と水ゲルの粘度

本装置は、入力電送部にD.C. 1mA以下の電流が流れた場合には、圧力ポンプが作動しない。この為、今、250ℓ/分でストローク長100%になるようにセットした場合は、図6のような混合割合を示す。図7は、水ゲルの粘度と、補助剤の濃度比を示したもので、水ゲル原液としてポリアクリル酸0.2%溶液、補助剤として水酸化ナトリウム(NaOH)20%水溶液を使用した場合の高粘度区域は図8の斜線の部分となる。この範囲では、水素イオン濃度値(pH値)は6.5~8.0であり、人体に付着しても刺激を感じさせないものと予想される。

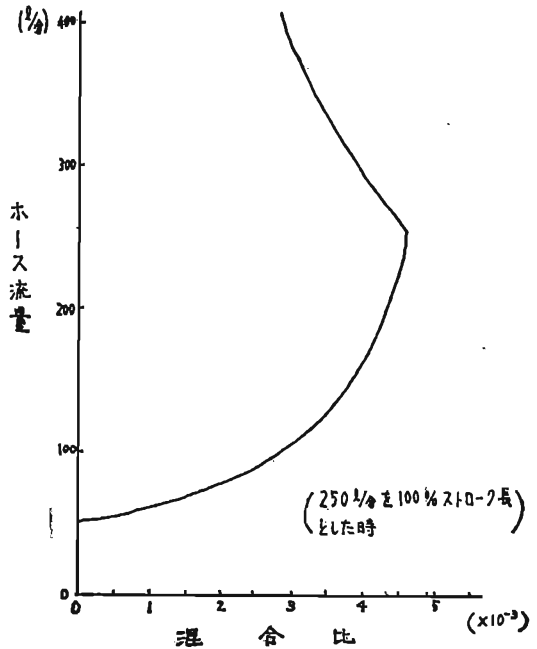


図6 混合比変化曲線

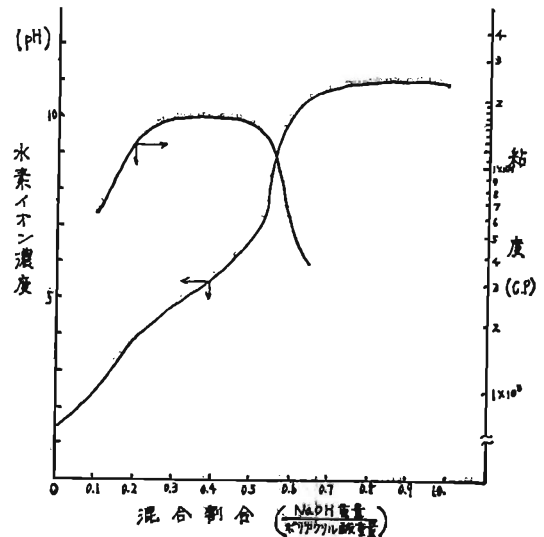


図7 水ゲルの値、粘度変化

2) 応動性

初期運転の場合は、吸入ホース及び吐出ホース内に補助剤が満たされるまで水ゲルが形成されない。この事象を解決するには、使用前に予備運転すればよい。又、流量が変化した場合の応動は、入力電送部に信号を入れてから、吐出ポンプが最大吐出量まで変化するには10秒以内で変動する。試験中の流量変化には、ほぼ問題なく追従した。

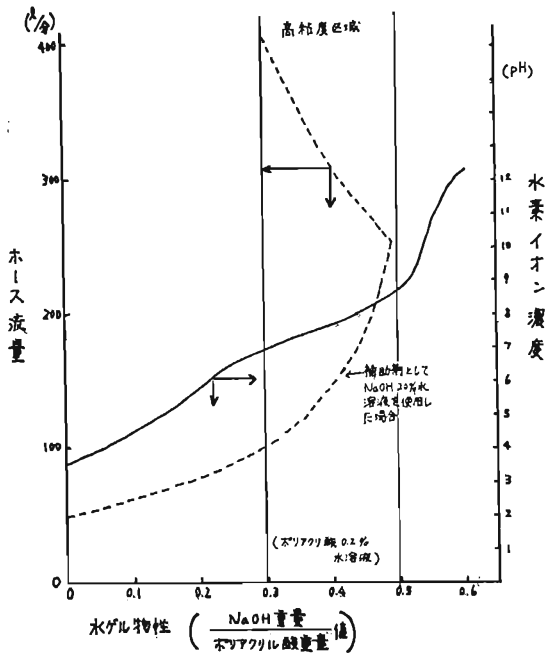


図8 水ゲル予想曲線

○ 使用実験

1. 予備試験

入力送電部に所定の電流を流し、ストローク長の指示と、圧入ポンプの吐出量との関係を調査して(表2参照), 背圧が加わった場合でも充分使用できることを確認した。

表2 圧入ポンプ吐出量

測定値 入力電流 (mA)	ストローク長指示 (%)	背圧の無い場合の吐出量	15kg/cm ² の背圧時の吐出量	変動率 (%)
		(cc/分)少量	(cc/分)少量	
1	0	296	280	5.4
2	25	590	584	1.0
3	50	896	880	1.8
4	75	1200	1170	2.5

表3 放射実験結果

実験番号	実験条件			放口送水圧 (kg/cm ²)	ストローク長 (%)	放射された水ゲルの性状	
	放水量	延長ホース	ノズル位置			粘度(CP)	pH値
1-1	150(l/分)	1本	平地	3.0	52	8160CP	6.9
1-2	200	1本	平地	4.2	75	8540	9.6
2	200	3本	20m高所	7.2		7760	9.8

注) 延長ホース 40mmφ 20m長 ノズル 屋内消火栓用 13mmφ 口径スムーズノズル

2. 本実験

水槽付車両による水ゲル放水を調査するため, 図9

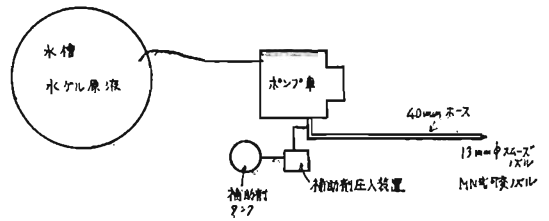


図9 本実験配置図

のように配置し, 最も背圧が加わるように40mmφホースを使用して実験を実施した。使用液は次のとおりである。

- 水ゲル原液……0.2%ポリアクリル酸水溶液
- 補助剤………水酸化ナトリウム20%水溶液

1) 結果

測定した結果は表3, 及び4のとおりであった。

2) 考察

ア. 作業性について

作業性は, 平地, 高所とも同様に良好であった。(写真2参照)。又, 前述したとおり, 本措置は, 50ℓ/分以下では, 補助剤の混入ができなくなり, 十分な水ゲルが形成できないが, 一定の放水量(この場合は250ℓ/分)に設定するだけで, 使用上問題がなかった。

イ. 筒先での切換について

MN式可変ノズルを用いて, 筒先部分でシャットオフ及び噴霧切換を行ったが作業上問題なかった。

ウ. 送水圧の計算について

図10は, 実験中の送水圧をプロットしたものである。ホース1本の場合は, 点線上に一致する。この曲線は, 前報で予想した値よりさらに損失値が少なくなっている。(表5参照)さらに, ホースを3本に延長し高所に送水した場合は実測値と予想値が大きくずれており, 予想以下の送水圧で送水できている。このことは, 作業上むしろ良いことであるが, 送水圧で, 送

表4 平地放射実験結果

放水量 (ℓ/分)	送水圧 (kg/cm ²)	ストローク長 (%)
100	1.3	20
150	3.0	52
200	4.2	75
250	6.8	100
300	9.5	100

実施条件 (延長ホース 40mmφ 20m 1本
ノズル 13mmφ 口径スムーズノズル)

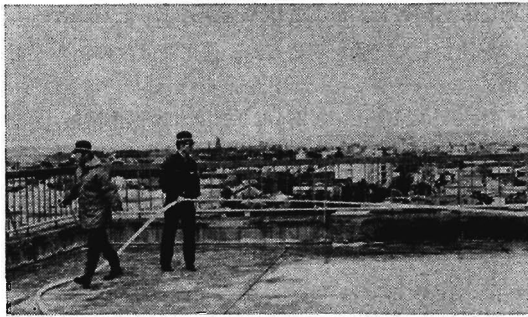


写真2 高所放水の状況

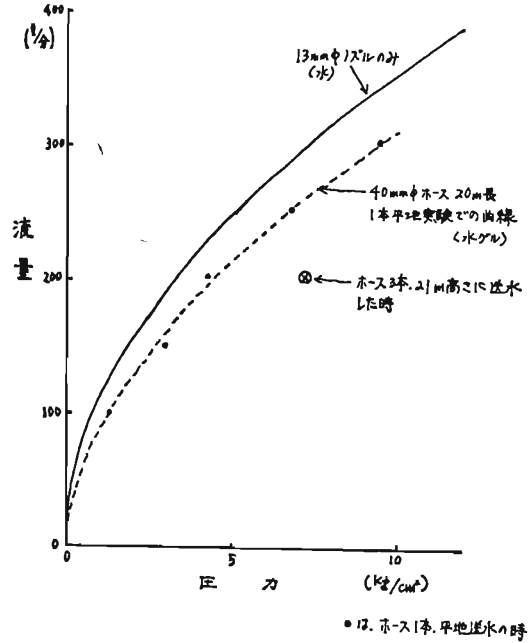


図10 送水圧流量曲線

表5 送水圧の比較

放水量 (ℓ/分)	ホース内流 (cm/秒)	必要ノズル圧 (kg/cm ²)	測定値 (kg/cm ²)		計算値 (kg/cm ²)		
			送水圧	ホース損失	ホース損失注(1)	ホース損失注(2)	送水圧注(3)
100	133	0.8	1.3	0.6	1.3	0.64	1.44
150	199	1.8	3.0	1.2	2.0	0.97	2.77
200	265	3.3	4.2	1.0	2.7	1.29	4.59
250	331	5.2	6.8	1.6	3.4	1.62	6.82
300	398	7.4	9.5	2.1	4.0	1.94	9.34
200	265	3.3	7.2	3.9	8.1	3.87	9.77注(4)

- 注(1) 前報にもとずいて計算した値
- 注(2) 今回の実験値から見かけの粘度1.2Pとして計算した値
- 注(3) 注(2)に必要なノズル圧を加えた値
- 注(4) 背圧2 kg/cm² (20m高)を加えた値

水量を予想するには問題であり、今後の研究が必要である。

3. 耐久試験

1) 耐圧試験

圧入ポンプの耐圧を調査するため、27kg/cm² 3分間の耐圧試験を実施したが問題はなかった。

2) 耐薬品試験

補助剤タンクと圧入ポンプを接続し、水酸化ナトリ

ウム (NaOH) 20%水溶液を1ヶ月間通液させておいたが、使用上異常は見あたらなかった。

○ま と め

本装置は、市販製品を応用して実験用に試作したものであり、車両に積載するにはさらに次の点を改良する必要がある。

1) 入力電送部又は補助アンプを改良し、流量に完全比例して補助剤を混入できる構造とする。

2) 圧入ポンプ及び、入力電送部の装置の動力を確保する。

これらの改良部分に関して、1)については、補助アンプの改良でよく、又2)については、車両積載時のTPOをどのようにするかにかかっている。特に、圧入ポンプの動力以外は、電気使用量も小さく、車載バッテリーで充分使用できる。

又、現在の圧入ポンプ能力よりも吐出量の多いものを使用すれば、泡消火剤の混入に使用でき、高粘性水ゲルの放射方法以外でも、高精度混合装置として応用できるものである。

○ お わ り に

本研究は、昭和47年度に研究を開始し、増粘性液体の現場消火作業への応用と実用化について検討をかさねてきた。

本研究に関係した報告は次のとおりである。

- | | |
|---------|----------------------------|
| 研究所報10号 | 水ゲルについて（第1報） |
| // 12号 | 水ゲルについて（第2報） |
| // 13号 | 水ゲルについて（第3報） |
| // 13号 | ヘリコプターによる消火及び消火剤散布実験結果について |
| // 14号 | 水ゲルについて（第4報） |
| // 14号 | 耐火共同住宅の漏水実験と水ゲルの効果について |

これらの研究により、水ゲルの物性、及び水と比較した消火上の各種効果を詳細にわたり調査した。又、実用化を進めるために放射方法を考え、水ゲル補助剤

圧入装置を試作し、実験的ではあるが、高所、小口径ホース等送水上厳しい条件下でも送水が可能であることが判明した。一方、ゲル化薬剤面では、水ゲルを形成させる物質としては現在のところ、ポリアクリル酸をアルカリ中和する方法が作業上、並びに薬剤入手最も容易であるが、ゲル化させた状態での鉄イオン等による粘性低下の経時現象、長期保存時の変性等、薬剤取扱上の困難な問題点が残されている。又、車両面から見れば、現在までは、水槽付車両を使用した場合を考えてきたが、さらに多量に使用する場合を考え、中継をうけた水を直接ゲル化する方法も考えていかなければならない。しかしながら、これらの各種の問題点は、技術的には解決できる面もあるが、現時点では、薬剤を水溶液として保存した場合の物性変化の危具による長期保存の不安、並びに、水ゲルと水との価格的な面から見た費用対効果の面で、使用するのには問題があるものと思われる。しかしながら、付着性による延焼の遅延、及び延焼防止の効果は、水では得られない効果がある。さらに、耐火建物内の漏水による水損防止効果などは消火作業の効率をはかる上で注目を集めてきているところである。

昭和52年度をもって、水ゲルの研究は一応の区切とするが、水ゲル等の高粘性液体、又は、温水等の低粘性液体を利用する消火技術の研究は、大きな消火技術の研究の一部として、例えば、放水射程の増加等の具体的対策の研究として、今後とも研究を進めていくべきであるという感を強めた。