

水ゲルについて(第3報)

小 島 正 臣*
鳥 井 四 郎*
松 橋 哲*
熊 沢 将 夫*

1. はじめに

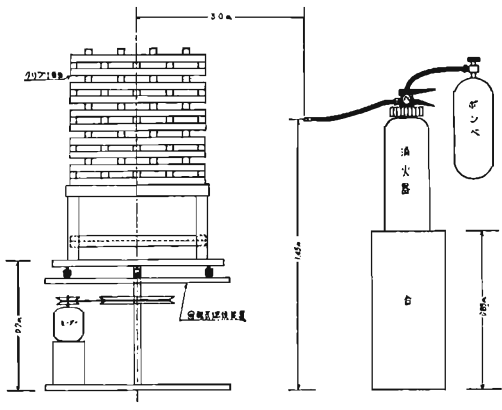
粘性液体が燃焼面に付着することによって、冷却と窒息の二面的効果で消火の効率が上昇するといわれている。このことは水を増粘することによって壁体天井等垂直面の付着能力が高まり、燃焼物の有効消火が出来るため、消火作業の労働負荷を軽減でき且つ延焼防止や水損防止に効力を発揮出来るものと考えられる。

本研究は、ゲル化剤を利用して水の粘度を制御する水ゲルの応用を検討して消火技術の効率化を図ることを目的としたものであり、今回は水ゲルを用いた消火実験、及び放水実験を実施し、消火の状況、再燃防止、並びに放射程等に関して水との比較を試みたものである。詳細な水ゲルの物性、並びに応用の基本的構想等は前報を参照されたい。

2. クリップ消火実験

水が増粘されることにより、飛散する粒子の径が大きくなり液体の分散及び蒸発による熱の吸収が減じるため消炎作用には負の効果であるとされているが反

図1-1 クリップ消火実験状況図



* 第一研究室

面、蒸発速度が遅延し付着性がよいため再燃しにくいといわれている。本実験は水、水ゲル、水ゲル泡の三種類について消炎時間及び再燃時間を比較したものである。

(1) 実験場所及び実施日

場所、消防科学研究所燃焼実験室内

実施日、昭和51年2月19日20日の二日間

(2) 実験方法

図1-1のとおり室内に於て回転式燃焼装置を使用しクリップ中心点から3m離れた定位置にて実験用定圧消火器を用いて消火液を約4ℓ量放射し消炎時間と再燃時間を目視及び16mmカメラにて観測した。

(3) 実験条件

a 回転式燃焼装置

回転台(1回転15秒)の上に自治省令第28号にもとづく消火能力検定用第二模型をのせ、実験実施中回転させた。

b 消火方法

点火3分後から消火を開始した。消火開始とともにクリップ中心部分からノズルを上下に移動し(約1秒間に1往復)全量を放出した。

c 消火液

各実験に使用した消火液は次のとおりであった。各々約4ℓ入れたが実際使用量として放出前と放出後の重量差を測定した。(粘度はB型粘度計使用)

- 水, 水道水(約1.5CP)
- 水ゲル, 水ゲルの0.2%液(粘度約15000CP)
- 水ゲル泡, 水ゲル0.2%液に泡剤3%量混入(粘度約80CP)

d 実験用定圧消火器と放射ノズル

150kg/cm²のN₂ボンベ(40ℓ)と減圧装置を使用し一定圧(常時4kg/cm²)で消火器内の液を圧送できる実験用定圧消火器を使用した。消火器に取り付けた圧力計の圧力変化は放射中でも観測されなかった。

表1-1 クリブ消火実験結果

消火液	実験番号	放射量(kg)	放射時間(秒)	放射速度(kg/秒)	消炎時間(秒)	再燃時間(秒)
水	1	4.2	20	0.210	10	45
	2	4.1	18	0.227	9	47
	3	4.1	18	0.227	8	197
水ゲル0.2%	1	4.2	25	0.168	13	なし注
	2	4.3	25	0.172	10	なし
	3	4.3	24	0.179	10	なし
水ゲル泡	1	4.2	20	0.210	10	なし
	2	4.0	22	0.181	9	なし
	3	4.1	23	0.178	10	225

注) 放射終了後6分で再燃が無い場合

放射ノズルは内径4mmφのストレートノズルと内径4φmmの消火器用泡ノズル(水ゲル泡の時のみ)を使用した。

(4) 実験結果及び考案

実験の結果は表1-1のとおりである。

a 再現性について

消火液の消火性能の差を比較する実験では、消火液以外は全て同一条件としなければならない。又消火液を同一条件にした場合には再現性が要求される。消火実験の再現性を妨げる要因としては、消火対象物である燃焼状態のばらつきと消火方法によるばらつきが大きなものである。今回は回転式燃焼装置の使用、消火位置及びノズルの移動方法に充分配慮し消火方法による誤差の減少に特に留意した。

b 消炎時間と再燃時間

時間的に判断するならば、消炎効果は水が最も良く次いで水ゲル泡であり、水ゲルが最も悪かった。しかし本実験ではノズル口径を一定した為、粘度差により流量変化が生じており、消炎時間内における放射量が比較するならば、水ゲル泡平均1.8kg、水ゲル1.9kg、水2.0kgであり、水ゲル泡が最も良く、水の消炎効果が良いとはいえない状況であった。

再燃防止の効果は、放射終了後6分間の再燃の有無及び再燃時間から判断し、粘度が増加することによって増大している。今回は回転式としたために通常の状態より過酷な条件となった為もあって、水と水ゲルの差が顕著に出た。

3. ポンプ車によるタイヤ消火実験

自動車用古タイヤを燃料とし、水及び水ゲルの比較

消火実験を実施したもので、特に古タイヤを燃料としたのは、吸水性がなく水と水ゲルの付着性の差が消火時間として顕示されると予想したからであった。

(1) 実験場所及び日時

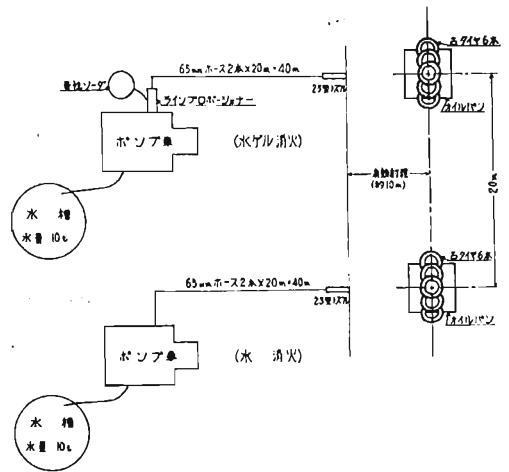
場所、江東区辰巳3丁目12号埋立地

日時、昭和50年12月9日 12時00分頃

(2) 実験方法

図2-1に示すように、古タイヤ6本をオイルパン内に一定状態に積み上げ、ガソリン5ℓを入れ予備燃焼させた後、10m離れた位置から予め射程をそろえて予備送水された状態のポンプ運用のまま、水及び水ゲル0.2%濃度を同時に各々の燃焼タイヤに放射し消火の状況を観測した。

図2-1 タイヤ消火実験状況図



(3) 気象条件

気温 5.5°C 湿度98%

天気 雨

風位風速、北東3.7m

(4) 実験結果及び考察

実験の観測結果では、水ゲルの方が消火が早かった(表2-1)。

表2-1 タイヤ消火実験結果

実験別	消火開始	消火時間	粘度	備考
水	点火後3'15"	消火ならず	1.5 C P	消火開始30秒で火勢は衰えたが消火できなかった。
水ゲル	同上	15"	2100 C P	火点に集中的に落下し火勢を抑えて消火した。

この実験で水ゲルの消火が早かった理由としては次のことが考えられた。

表3-1 放射程比較実験条件

実験	水槽液	補助剤 (NaOH液)	使用ノズル	ラインプロ ポーション -内径	20mホース延長		放水体形の状況
					ホース径	本数	
実験 1	水	—	23 型	18mm φ	65mm φ	2 本	図3-1
実験 2	水ゲル0.2%	2.5%	"	"	"	"	"
実験 3	"	"	"	"	"	4 本	"
実験 4	"	"	"	"	"	6 本	"
実験 5	"	1.2% 0.5%	16 型	10mm φ	50mm φ	2 本	"
実験 6	水ゲル 0.2% 泡剤 1.5%	—	400型泡ノズル	—	65mm φ	"	図3-2
実験 7	泡剤 1.5%	—	"	"	"	"	"

表3-2 水ゲル, 水ゲル泡の放射実験結果

放射角度30度 放射方向南側

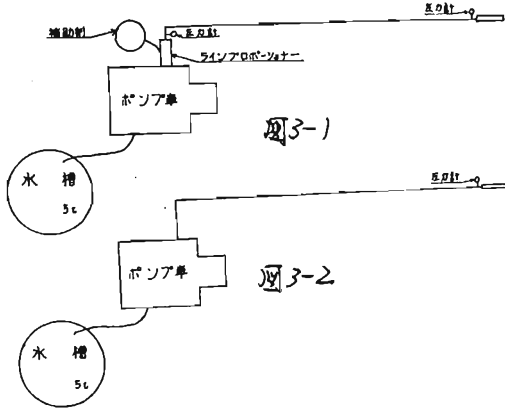
実験 番号	放 水 対 象	圧 力(kg/cm ²)			水平落 下距離 (m)	ポンプ運用 真空 (cmHg)	r.p.m.	平 均 放水量 (ℓ/分)	補助剤 平均吸 入量 (ℓ/分)	放 射 物 質				風 位 風 速	補助剤 (Na OH液)
		送水圧	ライン ポ ー シ ョ ン 出 口 圧 力	ノズル 圧						吸入率	粘 度 (C P)	pH	発泡率		
1	水	7.5	3.5	3.0	32	6	1,350	530		(1)				東 1.5 m/sec	
		12.0	5.5	5.0	38	—	—	675		(1)					
2	水 ゲ ル	7.5	4.0	3.0	34	—	1,330	525	12.4	2.3			東 0.6 m/sec	2.5%	
		12.5	6.0	5.0	42	10	1,750	750	12.0	1.6					
		18.5	8.5	7.0	50	—	2,200	900	19.9	2.2	3,600	6.20			
3	水 ゲ ル	7.5	4.8	3.0	36	7	1,320	576	6.0	1.0			北東 1.6 m/sec		
		13.0	8.5	5.0	47	12	1,850	737	8.0	1.1	4,900	5.57			
4	水 ゲ ル	8.0	5.3	3.0	32	—	—	697	吸入 なし	0	700	4.39	東 0.5 m/sec		
5	水 ゲ ル	26.0	3.5	2.5~ 3.2	27	2	2,500	283	46.1	16.2	60	12.90	北東 1.2 m/sec	1.2%	
		15.0	3.5	3.0	32	0	2,000	250	47.7	19.1	80	12.50		0.5%	
		25.0	6.0	5.0	43	3	2,500	281	40.3	14.3	3,200	8.50	無	0.5%	
6	泡	3.5		3.2	14	3	960	369					風		
		5.5		5.0	20	4	1,250	400			2	6.35			7.3倍
7	水 ゲ ル 泡	4.0		3.2	14.2	4	950	360					風		
		5.5		5.0	20	6	1,250	400			50	4.05			4.5倍

注) □印使用せず, 一印測定せず

- ① 粘度が高い為タイヤへの付着冷却効果が出た。
- ② 目的地点への有効的に注水が出来た。

実験後の16mmフィルムを調査したところ、水での消火の場合には燃焼タイヤにかかっている水の状態が細かい霧状になっているのに対し、水ゲルの場合は粒子が大きく且つ、目的物に適格に放射されていた。このことは粘度が上昇することによりホース内の流れが安定し、射程が定まり易くなるために生じた現象でないかと考えられる。

放射実験の体系図



4. ポンプ車による放射実験

ポンプ車による水ゲルの放射実験は、ラインプロポーションナーによる補助剤混入方式を検討する為に49年12月に実施した。今回は延長ホースの数とホースの圧力損失の関係を調査するためホース内の圧力差を測定する一方、ノズル圧を一定にし水と水ゲルの水平落下距離を調査し、さらに水ゲル泡の400型ノズルによる放射を実施し発泡率を比較した。

(1) 実験場所

消防科学研究所敷地内

(2) 実施日

昭和51年3月29日31日

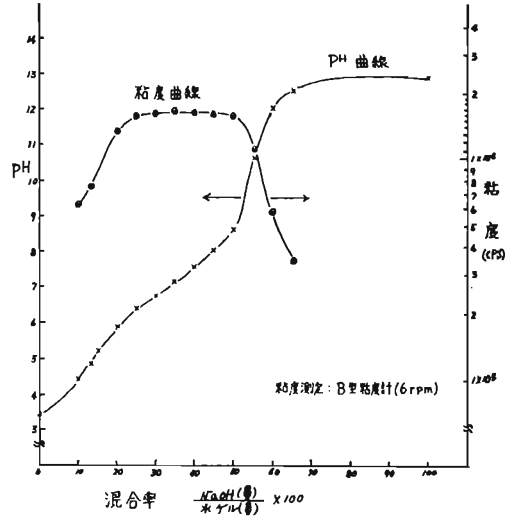
(3) 実験方法

水槽(5t)、ポンプ車、補助剤タンク(100ℓ)、ラインプロポーションナー500型(内径18mmφ)、23型ノズル、ラインプロポーションナー(内径10mm)、16型ノズル及び400型泡ノズルを各実験条件に従って配置し、水平仰角30度に設定した固定式管そう及びラインプロ出口にブルドン管式圧力計を取り付け、各実験毎に表3-1の条件により水ゲル原液を水槽に、補助剤を補助剤タンクに入れ放水し、ノズル圧力と水平落下距離並びに補助剤の混合度合と粘度等を観測した。

(4) 実験条件

各実験は表3-1の条件で実施した。なおノズル方

図3-3 混合率粘度 pH 曲線水ゲル0.2%の場合



向は南側、水平仰角30度に固定した。

(5) 実験結果及び考察

実験結果は表3-2の通りであった。

a 放射程の比較

水平落下距離では粘度が上昇することによって射程が増加しているが、消火器での放水実験の場合に約1.5倍増加するのに比較すれば、のび率が少なかった。又、ノズル圧力が高い程、粘度差によるのび率が良かった。

b 圧力損失

ホースの延長による圧力損失1本当りの差は認められなかったが、ホース6本延長した場合には、ラインプロポーションナーの吸入が不可能となった。この為、予備実験に於けるラインプロポーションナーの吸入試験を実施した結果と比較してみると、ラインプロポーションナーの性能的なもので水ゲルのホース抵抗の増加により背圧がかかったためと推察される。今後4本以上のホース延長では補助剤の混入方式を考慮する必要がある。

c 混合率とのPH関係

実験終了後、使用した水ゲル原液と補助剤の混合率による値と粘度の関係は測定の結果、図3-3のようになった。実測のPH値による粘度と吸入率による粘度及び実測粘度との関係は表3-6のようになった。

この様に粘度が上昇しなかった原因としては、

- ① 気泡が多量に混入して粘度が低下した。
- ② ホースの摩擦等で水ゲルが変質し粘度が低下した
- ③ 水ゲルが混合してなく水ゲル量が規定量なかったの、三つの原因が考えられるが、第③の点については実験直前に混合していること等から考えて、これが大きな要因と思われない。現在この問題については調査

中であるが、放射された液に細かい気泡が混入し乳白色に変っていること、及びノズル部分で流速約 20m/sec の速度で噴出されることから気泡による粘度の低下ではないかと考えられる。

d 50mmホースでの水ゲルの放射

今までホースの摩擦抵抗を考慮して、65mmφホースのみ使用していたが、今回実験用として50mmφホースによる放射を実施してみた。ラインプロポーション（内径 10mmφ）16型ノズルを使用した。ラインプロポーションの吸入が不安定で予定より多く吸入しすぎたが、放射が可能であることが分った。特に射程は23型と同様な飛距離が得られたことで、水量でなく粘度による相関関係があった。

e 水ゲル泡について

この実験は粘度を有する液体でも、泡剤を混入することによって容易に泡放射ができるか否かを調査するためのものであったが、粘度約50CPで発泡率が、4.5倍の泡が同射程で放射でき、6時間後の消泡性は泡剤のみに比較し約1/2の消泡率で泡が消えにくいこと等、増粘性の特徴が明らかになった。

表3-3 水平落下距離の比較

実験別	ノズル圧 3 kg/cm ²		ノズル圧 5 kg/cm ²		粘度 (CP) 14°C
	距離 (m)	のび率	距離 (m)	のび率	
実験1	32	1.00	38	1.00	約1.5
実験2	34	1.06	42	1.11	約3,600
実験3	36	1.13	49	1.27	約4,900
実験4	32	1.00	—	—	約700

表3-4 圧力損失一覧表

実験別	ノズル圧 3 kg/cm ²		ノズル圧 5 kg/cm ²		備 考
	ラインプロ	ホース	ラインプロ	ホース	
実験1	4.0	0.5	6.5	0.5	65mmφホース延長 2本 水
実験2	3.5	1.0	6.5	1.0	" 水ゲル
実験3	2.7	1.8	5.5	3.5	65mmφホース延長 4本 水ゲル
実験4	2.7	2.3	—	—	65mmφホース延長 6本 水ゲル

表3-5 500型ラインプロポーションの吸入試験結果（水の場合）

送水圧 (kg/cm ²)	流量 (ℓ/分)	ノズル圧 (kg/cm ²)	圧損 (kg/cm ²)	吸入率(%)
6.0	500	1.5	4.5	3.1
6.5	520	3.0	3.5	2.9
6.0	500	3.5	2.5	少量
6.0	500	4.0	2.0	逆流し吸入せず

但し 65mmホース1本延長して実施した。

表3-6 粘度実測値とPH値、吸入率による粘度差

実験別	実測粘度 (CP)	PH値による粘度 (CP)	吸入率による粘度 (CP)
実験2	3,600	15,300	15,800
実験3	4,900	13,500	7,300
実験4	700	8,000	100
実験5	3,200	15,400	15,500

B型粘度計 6.0rpmにて測定

5. おわりに

今回の実験から、水ゲルの持つ再燃防止効果、水が増粘されることによる注水対象物に対する集中性、界面活性剤泡剤に水ゲルを添加することによって泡剤の欠点である消泡性の解消など一般火災における水ゲルの有効性が確認された。反面、ホースを延長するにつれてポンプ圧力も増加しなければならないほどの問題点もあり、今後水ゲル放射に有効なラインプロポーションの開発も併せて進めてゆく必要があることが痛感された。

今後、適当な実験可能な建物があれば、実大規模の火災実験により、水ゲルの持つ水損防止効果並びに消火効果について検討を加えていきたい。