

消火活動における消火剤の有効性に関する研究

(その6. 界面活性剤系消火剤の消火原理とその保存性)

渡邊 茂男*、根本 昌平*、飯田 明彦*、鶴見 文雄**、内藤 晶義**、

坂本 利行***、篠原 雅幸****、赤坂 浩*****、野村 敏幸*****

概 要

本研究では、その1～その4で報告した消火実験で各種消火剤ともに消火効果を向上させることが明らかになった。本報告では、一般火災用界面活性剤系消火剤について、湿潤・浸透性、保存性等について明らかにした。その結果は次のとおりである。また、本研究を総括した。

- (1) 一般火災用界面活性剤系消火剤は、水の表面張力を約1/3に低下させ、表面張力の低下に伴い燃焼物に対する水の湿潤・浸透性を向上させる効果があると考えられる。
- (2) 濃度0.1～0.5%の範囲では、湿潤・浸透性、表面張力ともにほとんど差はない。
- (3) 使用濃度の消火剤溶液を作成し1ヶ月間保存した結果は、わずかに沈殿物と白濁が見られるが、消火効果に差はなかった。

1 はじめに

先の報告に示したとおり、各種消火剤を使用し消火実験を実施した結果、それぞれ消火効果が認められた。また、本研究のその1～その5で報告した結果から、リン酸塩系消火剤に比べて界面活性剤系消火剤は低濃度で低コストであるとともに腐食性の点で有効であった。また、一般火災用界面活性剤系消火剤（フォスチェック、以下1～4においては「消火剤」という。）は油脂火災用に販売されている界面活性剤系消火剤に比較すると消火後の泡の消失性が優れている。より有効に消火剤を活用するためにここでは各種消火剤の中から一般火災用界面活性剤系消火剤を取り上げて、界面活性剤系消火剤の湿潤・浸透性、保存性を把握するために各種実験を行い、その有効性を確認する。

本研究は、消火原理に関する試験として、消火剤の表面張力や木片への浸透量の測定、保存性に関する試験として、消火剤を一定期間保存した場合の沈殿物の発生や消火効果の低下の確認を行った。

2 消火原理に関する試験

2.1 概要

界面活性剤系消火剤の消火効果については、主として界面活性剤による水の表面張力の著しい低下に伴う燃焼

体表面への湿潤作用と燃焼体内部への浸透作用が向上するものと考えられる。藤本¹⁾(1992)によると、界面活性剤により水の表面張力が低下し、水の場合と比べて、水の付着する面積が広くなり物質表面を濡らしやすくなるとともに、物質表面によくなじみ物質内部に浸透しやすくなる。この湿潤・浸透作用により、水と比較してより大きな冷却効果と可燃性ガス発生抑制効果を生じ、より少ない水量で効果的に消火することができる。

そこで、消火剤の表面張力、湿潤・浸透作用について各種試験を行った。

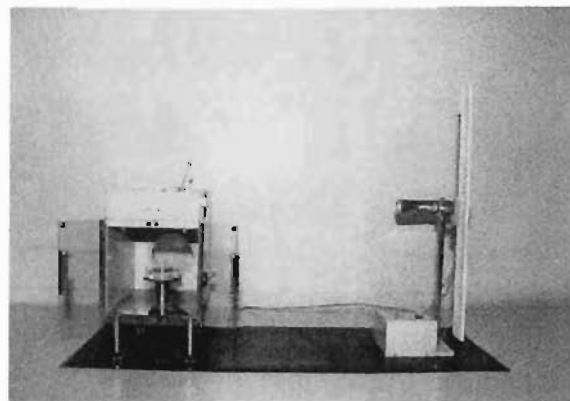


写真 2-1 表面張力計

* 第一研究室 ** 第二研究室 *** 第三消防方面本部 **** 玉川消防署 ***** 東村山消防署
***** 施設課

2.2 表面張力の測定

(1) 概要

消火剤の濃度0%～1%における表面張力を測定し、濃度と表面張力の関係について確認した。

(2) 測定機器

写真 2-1 に示すK社製の CBVP 式表面張力計(測定範囲:0～100mN/m、測定読取 0.2mN/m、測定精度:±0.2mN/m)を使用し測定した。測定は3回行い平均値をとった。

(3) 測定方法

濃度別の測定結果については濃度 1～0.01%までの測定は、水温 20℃で、濃度を 1%から順に 0.1%毎に下げて実施した。測定値に著しい変化が生じた場合は、変化が生じる直前の濃度と変化が生じた濃度の間を 0.01%毎に測定した。

その後に、測定値に著しい変化が生じた場合は、変化が生じる直前の濃度と変化が生じた濃度の間を 0.005%毎に測定した。なお、消火剤の希釈には水道水を使用した。

(4) 測定結果

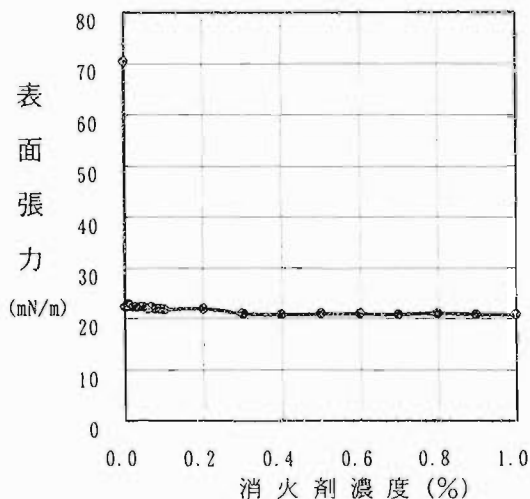


図 2-1 表面張力測定結果 (濃度変化)

濃度別の測定結果については濃度 1～0.01%のときは 20.76～22.93mN/m の範囲内に収まり、図 2-1 に示すとおり、ほぼ一定であった。さらに、濃度を 0.001%まで下げたときも 22.29mN/m であり大きな変化は見られなかった。

一方、水道水(濃度 0%)の測定値は 70.46mN/m であった。これらの結果から、濃度 0.001%までは水道水の約 1/3 の表面張力を維持していることがわかった。

2.3 杉材への消火水の湿潤・浸透性の測定

(1) 概要

消火剤の可燃物への浸透性を確認するため、消火実験で使用したものと同規格のスギ材の木片とこれを炭化させた木片を使用して、水と消火剤による湿潤・浸透量の比較を行った。

(2) 測定方法等

ア 試験体(写真 2-2)

(ア) スギ材の木片(3.5cm×3.0cm×1.0cm)

(イ) (ア)を炭化させた木片(長さ 10cm 炭化深さ 2～3 mm)

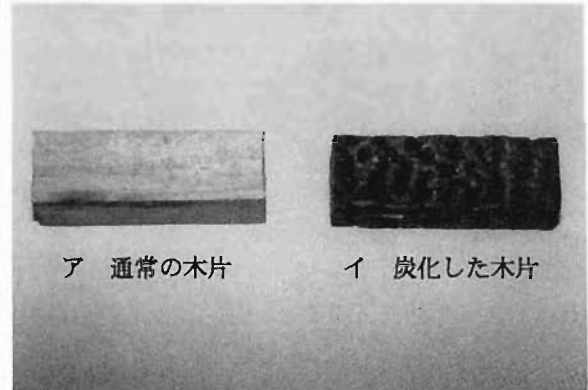


写真 2-2 試験体

イ 測定方法及び測定項目

予め試験体の重量を計測しておき、2.5 リットルの消火剤(濃度 0%、0.1%、0.3%、0.5%)が入った各ビーカー内にそれぞれ試験体を水深約 5cm の位置で 15 秒間沈ませた後、30 秒間空中で保持し、再度試験体の重量を計測した。

測定は消火剤の濃度、試験体の種類ごとに 3 回実施し、平均値を求めた。湿潤・浸透量は浸漬前後の重量の増加量により算出した。

(3) 測定結果

ア 通常の木片

図 2-3 に示すとおり、濃度が高いほど増すが全体的には湿潤・浸透量は若干量であった。

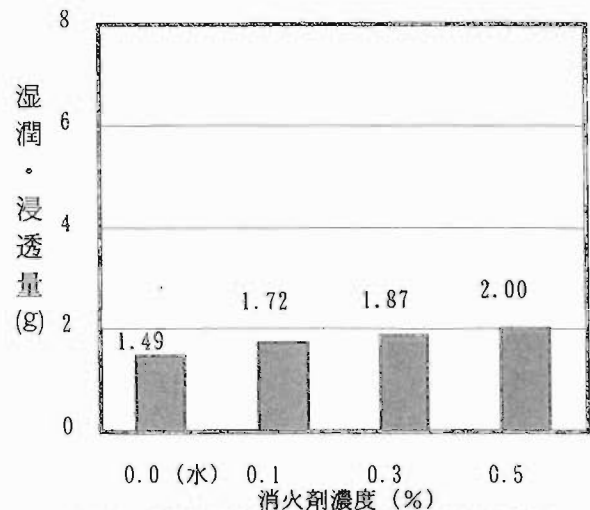


図 2-3 湿潤・浸透量測定結果 (通常の木片)

ア 炭化した木片

図 2-4 に示すとおり、炭化した木片による湿潤・浸透

量は、水るときは 2.37g、消火剤のときは 0.1%濃度で 4.78g、0.3%濃度で 6.44g、0.5%濃度で 7.58g であり、水単独の場合と消火水溶液の間、又消火剤濃度間により差が明確に現れた。

このことから、水と消火剤を比較すると消火剤の方が湿潤・浸透量は多く、消火剤の濃度で比較すると濃度が

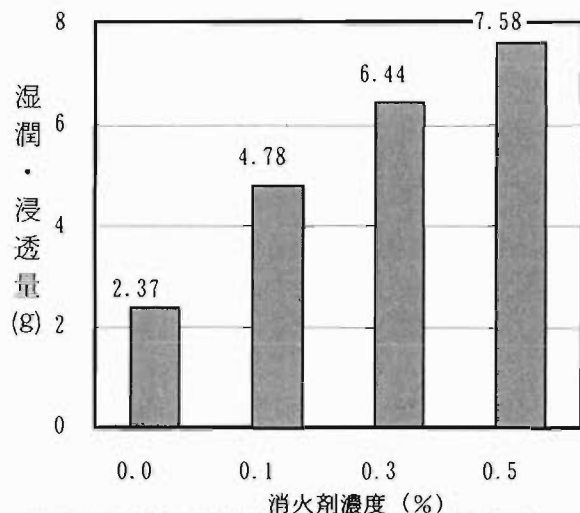


図 2-4 湿潤・浸透量測定結果 (炭化した木片)

高いほど湿潤・浸透量が多く、又炭化した木片については未燃焼の木片と比較して差が顕著な結果となった。

3 保存性

3.1 概要

消火剤水溶液を長期間保存した場合の表面張力の変化、ポンプ車に影響する沈殿物の発生、消火効果の低下について確認するため、測定及び実験を行った。

3.2 保存期間別の表面張力の測定

水槽付ポンプ車の水槽内で消火剤濃度 0.3%の消火水を作製し約 1ヶ月間(平成 13 年 1 月 10 日から同年 2 月 9 日までの 30 日間)保存し、毎日表面張力を測定した。

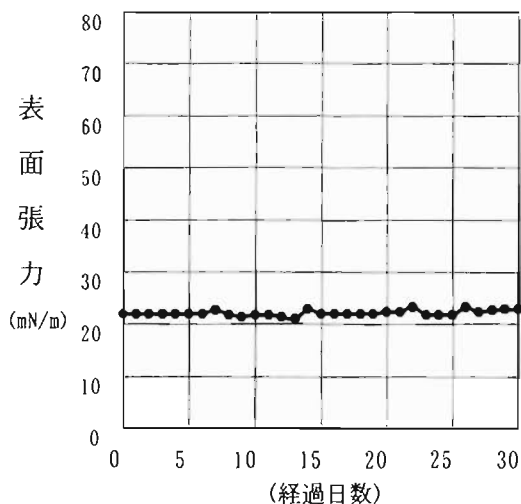


図 3-1 表面張力測定結果 (経日変化)

測定結果は、図 3-1 に示すとおり、期間中の変化は認められず、約 22mN/m の値を示した。

3.3 沈殿試験

(1) 温度の違いによる沈殿状況

ア 方法

消火剤溶液について高温、室温及び低温の遮光環境下で試験容器に保管した後、沈殿物の発生及び消火剤 0.5%溶液の状況について確認した。

(ア) 温度調節器

- ・ 高温(40℃) : 恒温槽
- ・ 低温(5℃) : 冷蔵庫

(イ) 試験容器の容量

250 ミリリットル

(ウ) 保管状態及び期間

開栓状態、1ヶ月

イ 結果

実験の結果は、表 3-1 に示したとおりである。高温環境下では少し白濁して少量の白色沈殿物を生じ、室温では白濁して少量の白色沈殿物を生じ、低温では白濁したが沈殿物は生じなかった。

以上の結果、開栓状態で1ヵ月間保管した場合、消火剤の成分が分解され沈殿物が生じた。

表 3-1 沈殿物と消火溶液の状況 (温度条件による)

	高温 (40℃)	室温	低温 (5℃)
沈殿物の発生状況	少量の白色沈殿	少量の白色沈殿	なし
消火剤溶液の状況	少し白濁	白濁	白濁

(2) 保管状態の違いによる沈殿状況

ア 方法

保管容器の開栓の有無の影響について調べるため、室温環境下で表 3-2 に示すとおり、それぞれ 2 週間、1 ヶ月経過後の消火剤溶液の状況を確認した。

(ア) 消火剤等

表 3-2 のとおり

(イ) 試験容器

500 ミリリットル(ガラス製)

(ウ) 保管状態及び期間

・ 開栓状態、1ヶ月 (平成 13 年 1 月 10 日

～同年 2 月 9 日)

・ 密栓状態、1ヶ月 (同上)

イ 結果

実験の結果は、表 3-2 に示したとおりである。消火剤 0.1%水溶液は、開栓、密栓状態ともに少し白濁して

表 3-2 沈殿物と消火溶液の状況 (保管条件による)

消火水	栓	2週間		1ヶ月	
		沈殿物	溶液の状況	沈殿物	溶液の状況
フォスチェック 0.1%	開栓	底一面の白色沈殿	白濁	底一面の白色沈殿	白濁
	密栓	底一面の白色沈殿	白濁	底一面の白色沈殿	白濁
フォスチェック 0.5%	開栓	少量の白色沈殿	白濁	無	白濁
	密栓	少量の白色沈殿	白濁	無	白濁

底一面の白色沈殿物を生じた。

また 0.5%水溶液は、開栓状態では白濁して円輪状の黄色沈殿物を生じ、密栓状態では白濁して白色沈殿物を生じた。

以上の結果、開栓、密栓状態ともに4週間保管した場合、消火剤の成分が分解され沈殿物が生じた。

(3) 塩水との混合使用について

消火剤と海水を使用して希釈する場合の影響について、海水及び水酸化ナトリウム水溶液等を用いて塩析(主に有機物の溶質を分離、析出させること)の状況を確認した結果は、次のとおりであった。

ア 塩析は見られず、海水を使用しても特に影響はないと思われる。

イ 塩分の濃度の低い高浜運河の水では塩析は起きなかったが、塩分濃度の高い外海の稲村ヶ崎の海水では起きたことから、カタログ上には海水の使用も可能であるが、海水を使用する場合には影響を受けるおそれがあると思われる。

3.4 ポンプ車水槽内一定期間保存後の消火効果等

(1) 実験方法

濃度 0.1%の消火剤を水槽付ポンプ車の11水槽に保存し、14日目及び30日目の消火剤を使用して、「その1基礎実験1」と同様の方法によって2単位クリブを消火し、消火効果及び泡の状況を確認した。

(2) 実験結果等

ア 消火実験

実験結果は、表3-3のとおり、14日目及び保存30日目の消火水ともに混合直後のものと同様に消火可能であ

表 3-3 保存した消火剤による実験結果

消火剤	濃度 (%)	1回あたりの放水条件		消火の可否	クリブ中心部の温度 (°C)			再燃時間
		放水時間 (秒)	放水量 (%)		放水開始時	放水終了時	放水終了1分後	
水		30	97.8	○	961.1	225.2	112.9	—
		20	61.9	×	1111.4	487.9	265.8	2分48秒
フォステック (14日目)	0.3	15	47.9	○	1113.6	389.8	242.2	—
フォステック (30日目)	0.3	15	48.2	○	966.5	338.8	183.0	—

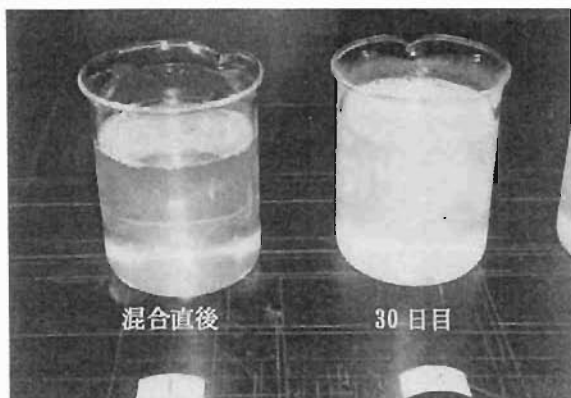


写真 3-1 消火剤 0.3%

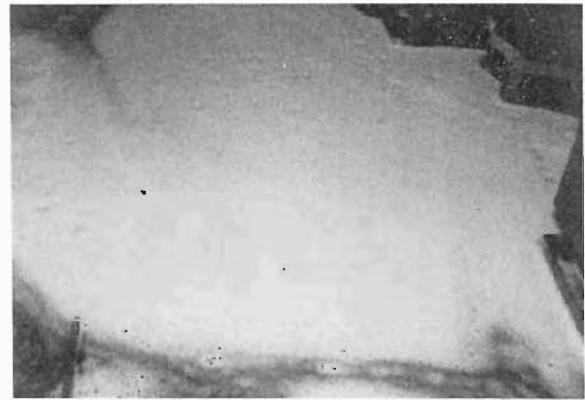


写真 3-2 放水による泡の状況 (濃度 0.3%) (消火剤混合直後)



写真 3-3 放水による泡の状況 (濃度 0.3%) (消火剤混合 30 日後)

った。

イ 泡の状況

消火剤を実験直前に混合した消火剤と保存30日目の消火剤を比較すると写真3-1に示すように30日目の消火剤には白濁が生じていた。また、消火実験後の床面に広がった泡の状況から消火剤を実験直前に混合した消火剤と保存30日目の消火剤を比較すると写真3-2及び写真3-3のように、保存30日目の消火剤による泡は、発泡性が低下していることが観察された。

4 まとめ

- (1) 消火剤は、水の表面張力を約 1/3 に低下させることにより水が物体表面で広がり、なじみやすくなることから、界面活性剤系消火剤は物体に対する水の湿潤・浸透性を向上させて消火効率を向上させる効果があると考えられる。
- (2) 消火剤の濃度が 0%(水道水)、0.1%、0.3%、0.5%の水溶液の木材に対する湿潤・浸透量は、濃度 0.5%の時が最も多かったことから、濃度が 0.1~0.5%の範囲では、高濃度であるほど物体に対する水の湿潤・浸透性は向上するものと考えられる。
- (3) 水槽付ポンプ車内で 30 日間貯水した消火剤 0.3% で 2 単位クリブによる消火実験を行った結果、混合直後

のものと同様な消火能力を示したことから1ヶ月程度では消火効果に著しい変化は見られないものと考えられる。

5 結論（その1～その6）

本研究「消防活動における消火剤の有効性に関する研究」その1～その6を通じて明らかになった点についてまとめると、次のとおりである。水と比較して、消火剤の使用により、燃焼抑制効果、再燃防止効果、放水量の低減化を図ることが可能となり、水損防止、消火活動時間の短縮が期待できる。これらの結果から、特に一般火災用界面活性剤系消火剤については、使用濃度が低濃度であり、消火後の泡の消失時間が短いなど環境への負荷、鎮火後の活動上、コスト面等実用上優れている。

5.1 消火効果について

- (1) リン酸塩系消火剤（ハイパーウェット A 等）は界面活性剤系消火剤に比べて、消火効果は高い。
- (2) 普通火災用として販売されている界面活性剤系消火剤（フォスチェック）は水と比較すると放水量は水単独の場合の約 1/2～2/3 である。
- (3) 界面活性剤系消火剤である（フォスチェック、ジェットフォーム 3）は、水の表面張力を約 1/3 に低下させることにより水が物体表面で広がり、物体に対する水の湿潤・浸透性を向上させ、消火効率を向上させる効果があると考えられる。
- (4) 消火剤を使用した場合の放水時間は水単独に比べ、約 2/3 に短縮され、消火開始後の黒煙の噴出量と時間を減らすことができる。
- (5) 界面活性剤系消火剤はリン酸塩系に比べ、低い濃度で消火効果があり、腐食性も低く、発泡しやすい。なお、実験に使用した界面活性剤系消火剤の相互の消火効果の違いはほとんどない。
- (6) 消火後の泡の消失状態については、フォスチェックは4時間で消失したが、他の消火剤については 20 時間以上要した。

5.2 保存性について

- (1) 水槽付ポンプ車内で1ヶ月程度の保管では消火効果に著しい変化は見られないものと考えられる。
- (2) 消火水の保存試験では、1ヶ月程度では顕著な濁りの発生や沈殿は認められない。

5.3 安全性について

- (1) 3 種類の消火剤とも、使用濃度ではほぼ中性で、密度及び動粘度も水とほぼ同じ値であり、物理的に水と同様に取り扱うことができる。ただし、リン酸塩系消火剤（ハイパーウェット A 等）は腐食性がやや高い。
- (2) 消火剤の使用濃度範囲では、生活空間で使用されている代表的物品等に対して腐食性は低い
- (3) 消火剤の安全性については、特に毒性の高いものは認められず、また目や皮膚に対する刺激性については、一般的な界面活性剤（洗剤等）とほぼ同等であると思われる。

(4) 界面活性剤系消火剤は火災現場等の高温体と触れた場合、多量の有害ガスを発生することはない。

(5) コンクリート系建材に対する消火水の影響を水と比較したところ、特に浸透性に差は認められなかった。

6 謝辞

本研究にあたり、東京消防庁警防部、第八消防方面本部及び北多摩西部消防署等多くの関係部署から実験場所及び資材の提供等、多大な支援・協力をいただいたこと、並びに東京都住宅局と日産自動車(株)から実験場を提供していただいたことにより、これら成果を得ることができたことを感謝いたします。

[参考文献]

- 1) 藤本武彦：全訂版 新・界面活性剤入門（1992）

STUDIES ON THE EFFECTIVENESS OF EXTINGUISHING AGENTS IN FIRE FIGHTING

(Series VI, Extinguishing Principle and Preservation Properties of
Surface-Active Extinguishing Agents)

Shigeo WATANABE*, Shohei NEMOTO*, Akihiko IIDA*, Fumio Tsurumi**,
Akiyoshi NAITOU**, Toshiyuki SAKAMOTO***, Masayuki SHINOHARA****,
Hiroshi AKASAKA*****, Toshiyuki NOMURA*****

Abstract

The prior four fire extinguishing tests (Series I - Series IV) have proved that all the agents tested improve the efficiency of fire fighting. This Series VI report explains the infiltration capacity, permeability, and preservation qualities of surface-active extinguishing agents for ordinary fires and also provides an overall summary of this series of studies as follows:

(1) Surface-active extinguishing agents for ordinary fires reduce the surface tension of water to about 1/3 and increase the infiltration capacity and permeability of water into the burning objects as the surface tension reduces.

(2) There are no major differences in infiltration capacity, permeability, or surface tension, as long as the concentrations of these diluted agents stay within 0.1% to 0.5%.

(3) After storing extinguishing agent solutions at the same concentration for one month, although a small amount of precipitate was found and the solution's appearance was a little cloudy, the fire extinguishing effectiveness was not degraded.

* First laboratory ** Second laboratory *** Third district headquarter
**** Tamagawa Fire Station ***** Higashimurayama Fire Station ***** Installation Section