

アルコール含有ガソリンの消火に関する検証 (消防隊用資器材による実大消火実験)

高橋 伸幸* 黒田 裕司** 菊池 保正** 森尻 宏***

概要

平成 17 年度に、当庁管内消防署に配置されている泡消火薬剤を使用し、3%エタノール含有ガソリン及び10%エタノール含有ガソリン(以下「E3」及び「E10」という。)に対する消火性能を検証した¹⁾。本検証では、実大規模でこれらの燃料を燃焼させ、ポンプ隊に配置している泡消火薬剤及び発泡器具を使用して泡放射を行い、その消火性状について検討した。その結果、以下の内容が判明した。

- (1) エタノール含有率が高いガソリンほど、消火に時間を要する。
- (2) 消火に伴う輻射熱の変化は、エタノール含有率が10%まではガソリンとほぼ同等であり、消火への大きな影響はない。
- (3) 30%エタノール含有ガソリン(以下「E30」という。)では、ガソリンに比べ消火時間が約1.4倍かかる。
- (4) 7%ETBE^{注1)}含有ガソリン(ETBE7)は、合成界面活性剤泡消火薬剤で消火可能である。

1 はじめに

平成 17 年度には、当庁管内消防署に既に配置されている泡消火薬剤を使用し、E3及びE10に対する消火性能を検証した¹⁾。これは、約0.2㎡(450mm×450mm)の燃焼火皿に、4ℓの燃料を入れ、点火した後、改造した消火器で泡を放射し、油面を覆って消火するという小規模な実験である(以下「小規模実験」という。(写真1))。検証結果から、多量の泡を急速に放射し、速やかに油面を泡で覆うことができれば、配置されているすべての泡消火薬剤で消火が可能であるという基礎的な知見を得ることができた。しかし、実際の災害におけるポンプ車による泡放射では、燃料表面に直接放射又は壁等に当ててから燃料表面に落とす方法となる。そのため、泡が燃料で汚染され、有効な泡の生成及び被覆ができないことが懸念される。また、実際の火災の規模は、0.2㎡よりも大きい場合が多い。ガソリンの燃焼のような液面燃焼において、燃焼火皿の容器径が異なると、液面への伝熱形式も異なる場合があることが知られている。実際の火災のように燃焼面積が大きいと、液面への伝熱形式が小規模実験の場合と異なり、液面に放射された泡に何らかの影響がでることも否定できない。さらに、小規模実験では、温度及び熱流束を測定していないため、基本的な消火性状について検討するのに十分ではなかった。

本検証では、実大規模でアルコール含有ガソリンを燃焼させ、ポンプ隊に配置している泡消火薬剤及び発泡器具を使用して泡放射を行い、その消火性状について検討することを目的とする。

2 実験規模の決定

実験規模を決定するため、3消防署(高輪、成城及び中野)で、過去のガソリンに関連する災害状況の詳細について調査をした²⁾。調査結果を図1に記す。ガソリンの漏洩件数の99%が、4㎡以下の漏洩面積と狭い範囲に収まっている。5㎡以上の広範囲に流出した災害は、全体の1%程度であったため、本実験想定の対象外とした。

以上のことから、実大消火実験の実験規模を4㎡に決定した。また、燃料量は、十分な燃焼時間を考慮して50ℓとした。

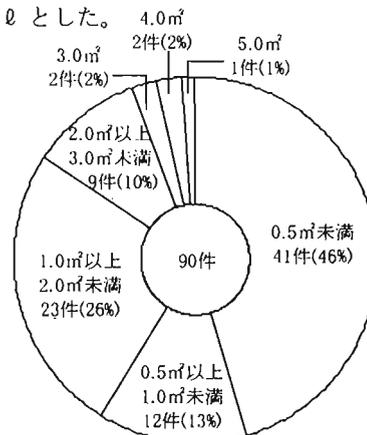


図1 ガソリン災害状況 (漏洩面積)

注1 エチルターシャリーブチルエーテル：ハイオクガソリンなどに加えられる添加剤

* 神田消防署、** 危険物質検証課 *** 光が丘消防署



写真1 小規模実験の様子

3 実験資器材及び設定

(1) 燃料

燃料は、ガソリン、E 3、E 10、E 30、ETBE 7の5種類を使用した。着火する直前に、ガソリンにエタノール又はETBEを混合し、所定の濃度に調整し、全量を50ℓとした。

(2) 燃焼火皿

燃焼火皿は、4 m²円形容器を使用した。

(3) 泡消火薬剤

泡消火薬剤は、合成界面活性剤泡、たん白泡、水溶性液体用泡、水成膜泡の4種類を使用した。

(4) 泡放射用資器材 (図2)

発泡器具は、筒型簡易発泡器 (フォームショットガン) 及び泡消火薬剤混合器具 (ラインプロポーションナー) を用いた。普通ポンプ車の放口からホース、ラインプロポーションナー、ホース、噴霧ノズル (21型改ノズル) の順に結合し、21型改ノズルの先端に、フォームショットガンを取り付けた。ノズルは写真2のように、台座に固定した。水利は消火栓とし、ポンプ車で送水した。表1に泡放射の条件を示す。



写真2 台座に固定したフォームショットガン

表1 泡放射の条件

条件	設定値
ノズル展開角度	60°
放水角度	30°
送水圧力	1.0 MP a
ポンプ流量	500 ℓ /分
泡消火薬剤濃度	3%

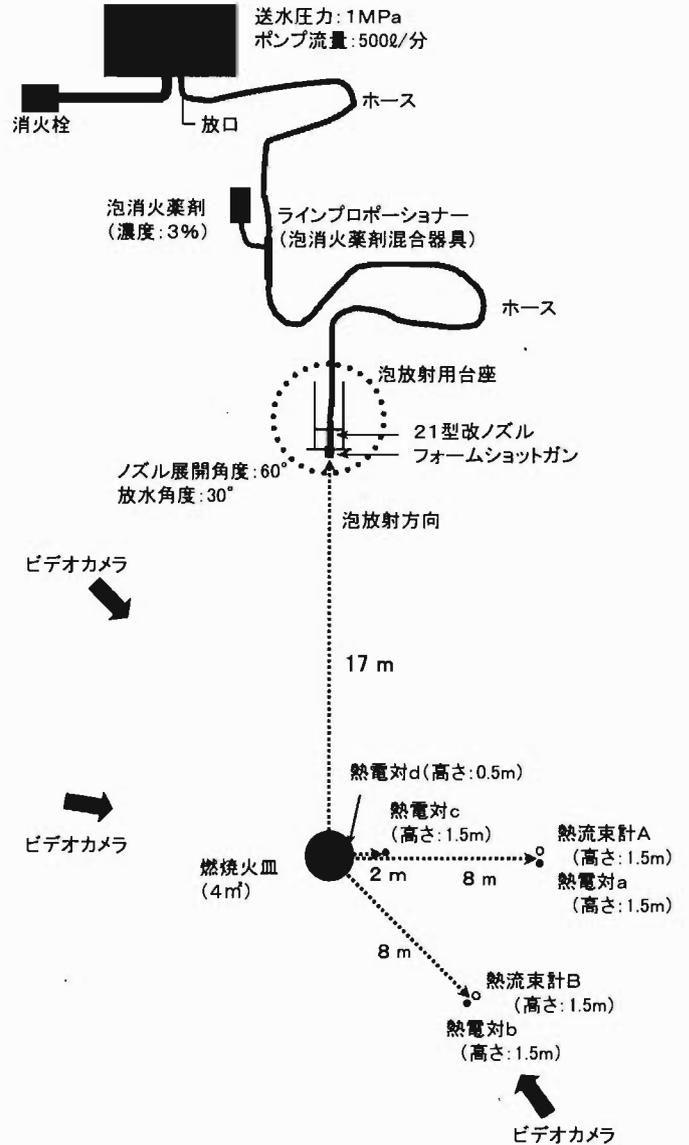


図2 実験設定概略図

4 実験方法

(1) 燃料の燃焼実験

ガソリン及びE 30の燃焼時間、熱流束及び周囲温度等を確認するために、燃料の燃焼実験を実施した。4 m²の燃焼火皿に、50ℓのガソリン又はE 30を入れ、点火し、自然に消火させた。着火から消火まで、火炎からの熱流束及び温度の測定を行った。

(2) 泡消火実験

各燃料に対する消火性状を比較するために、泡消火実験を実施した。始めに、合成界面活性剤泡に対するエタノールの影響を確認するため、エタノール濃度の異なる

燃料に対して、合成界面活性剤泡による泡消火を行った。また、ETBE 7 に対しても泡消火を行った。次に、エタノール含有ガソリンに対する各種泡消火薬剤の消火性状を確認するため、ガソリン及び E 30 に対して、各種泡消火薬剤による泡消火を行った（写真 3）。

500 の燃料を入れた燃焼皿に着火し、着火 30 秒後に泡放射を開始し、火炎の完全な消失を消火とした。消火後 10 秒間泡放射を継続した後、オイルパン上に着火源を近づけ、再着火するか確認した。消火時間は、泡が燃料に入った時間から、消火までの時間とした。再着火の確認後、放射した泡を採取し、発泡倍率を計測した。着火から消火まで、火炎からの熱流束及び温度の測定を行った。表 2 に、実験を実施した燃料及び泡消火薬剤の一覧を示す。なお、表 2 中に「○」と記してあるのは、実験を実施したものであり、「—」と記してあるのは、実験を実施しなかったものである。

表 2 実施実験一覧

燃料 \ 泡消火薬剤	合成界面	たん白	水溶性	水成膜
ガソリン	○	○	○	—
E 3	○	—	—	—
E 10	○	—	—	—
E 30	○	○	○	○
ETBE 7	○	—	—	—

注：合成界面：合成界面活性剤泡、たん白：たん白泡
水溶性：水溶性液体用泡、水成膜：水成膜泡



写真 3 消火の様子

5 結果と考察

(1) 合成界面活性剤泡による消火性状

合成界面活性剤泡による各種燃料の消火性状について検討を行った（表 2）。合成界面活性剤泡による各種燃料の消火状況を、写真 4 に示す。また各種燃料に対する消火時間と発泡倍率を表 3 に示す。エタノール含有率が高いほど、消火に時間を要し、E 30 ではガソリンの約 1.4 倍の消火時間を要した。エタノールの影響で、燃料表面の被覆に時間を要していることが予測される。熱流束の変化を図 3 に示す。泡放射直後の急激な熱流束の増加は、泡放射により一時的に火炎が拡大したことに起因していると考えられる。エタノール含有率が 10% までは、ガソリンの熱流束の変化と

ほぼ同等であるが、エタノール含有率が 30% となると差が大きくなった。この結果から、エタノール含有率が 10% までは、合成界面活性剤泡での消火に対する熱流束の影響は少ないと考えられる。

一方、ETBE 7 の消火時間及び熱流束の変化は、ガソリンとほぼ同等であった。ETBE 7 のときの発泡倍率は、他に比較して低かったが、17 倍という低い発泡倍率であるにもかかわらず、比較的短時間で消火できたことから、ETBE 7 についても合成界面活性剤泡による消火が可能であるとえられる。

表 3 合成界面活性剤泡による消火時間と発泡倍率

燃料	消火時間 [s]	発泡倍率 [倍]
ガソリン	31	30
E 3	36	25
E 10	36	25
E 30	42	25
ETBE 7	33	17

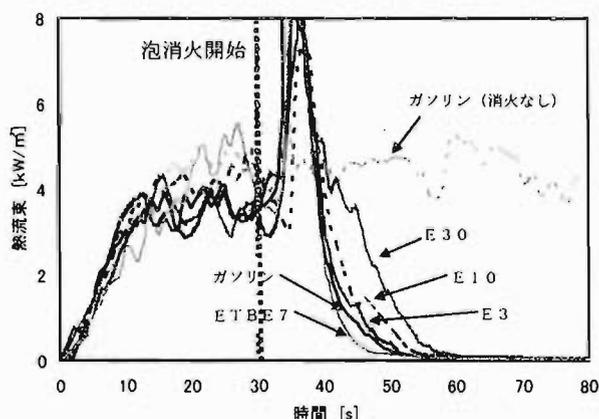


図 3 熱流束の変化（合成界面×各種燃料）

(2) ガソリンの消火

合成界面活性剤泡、たん白泡及び水溶性液体用泡の 3 種類の泡消火薬剤による、ガソリンの消火性状について検討した。合成界面活性剤泡、たん白泡、水溶性液体用泡における消火時間を表 4 に示す。また、熱流束の変化を、図 4 に示す。

合成界面活性剤泡及び水溶性液体用泡の消火時間は、それぞれ 31 秒、28 秒とほぼ同じであったが、水溶性液体用泡の熱流束は、合成界面活性剤よりも減衰速度が速い。この理由として、発泡倍率の違いが考えられる。一方、たん白泡では、消火時に燃料が周囲に溢れてしまったため、消火時間が 95 秒と長くなった。燃焼皿内のガソリンに、継続した泡放射ができなかったため、燃料表面の被覆に時間を要し、消火時間が長くなった可能性がある。この結果から、泡消火においては、継続して泡放射する必要があることを確認できた。

表4 ガソリンの消火に要する時間と発泡倍率

消火薬剤	消火時間[s]	発泡倍率[倍]
合成界面活性剤泡	31	30
たん白泡	95	30
水溶性液体用泡	28	50

表5 E30の消火に要する時間と発泡倍率

消火薬剤	消火時間[s]	発泡倍率[倍]
合成界面活性剤泡	42	25
たん白泡	55	21
水溶性液体用泡	31	50
水成膜泡	32	50

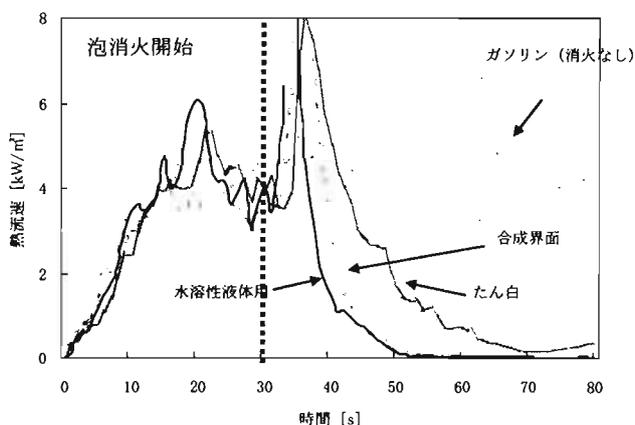


図4 熱流速の変化（合成界面、水溶性液体用及びたん白×ガソリン）

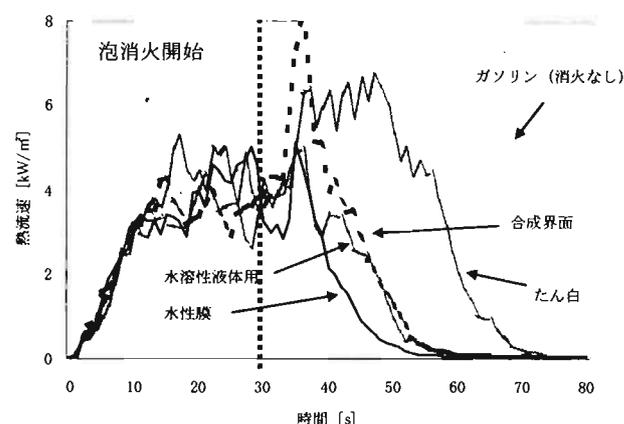


図5 熱流速の変化（各種泡消火薬剤×E30）

(3) E30の消火

合成界面活性剤泡、たん白泡、水溶性液体用泡及び水成膜泡について、E30の消火性状について検討を行った。各種泡消火薬剤によるE30の消火状況を、写真5に示す。また、消火時間を表5に、熱流束の時間変化を、図5に示す。

水溶性液体用泡及び水成膜泡は、短時間で消火できた。これら二つの泡消火薬剤は、フッ素系界面活性剤を含有しており、これがエタノールの影響を抑制し、燃料表面を迅速に被覆することができたためと考えられる。さらに、水成膜泡は、水溶性液体用泡と比較して、泡放射により熱流束が急激に減少しており、本実験で使用した消火薬剤の中で最も消火能力が高いことが明らかになった。一方、たん白泡は消火に時間を要した。発泡倍率は21倍と、他に比較して低いことも原因の一つに考えられる。このときの熱流束は、泡放射開始後30秒程度高い状態が継続しており、燃料表面を泡で覆うことができない状態が、長い時間継続していたが予測できる。

(4) 消火後の再着火について

すべての実験において、再着火しなかった。この結果から、消火後も泡放射を継続することで、可燃性蒸気の発生を抑制し、着火を防止することができる。

6 結論

実大規模でバイオ燃料を燃焼させ、ポンプ隊に配置している泡消火薬剤及び発泡器具で泡放射を行った結果、次のようなことが明らかになった。

- (1) 合成界面活性剤泡を用いて、4 m³程度の規模におけるエタノール含有ガソリンの火災を消火する場合、エタノール含有率が高いほど、消火に時間を要する。
- (2) 泡放射時における熱流束の変化を比較すると、エタノール含有率が10%までは、ガソリンのそれとほぼ同等であるため、消火に大きな支障はないと考えられる。
- (3) E30では、ガソリンに比較して、泡放射による熱流束の減少が緩慢になり、消火時間は約1.4倍である。
- (4) ETBE7では、ガソリンの場合と同様に、合成界面活性剤泡による消火が可能である。
- (5) E30に対して、水溶性液体用泡及び水成膜泡を使用することで、合成界面活性剤泡のときよりも、消火時間を短縮できる。特に水成膜泡は、最も消火能力が高い。

- (6) 燃料に泡放射を継続することで、再着火を防止できる。

謝辞：本検証は、総務省消防庁消防大学校消防研究センターの実験施設を借用して実施したものであり、実験実施に際しては貴重な助言をしていただいた。また、調査に協力していただいた各消防署にも併せて謝意を表す。

[参考文献]

- 1 野田 哲也、鈴木 健司、菊池 保正、高橋 伸幸
「10%エタノール含有ガソリンにおける消火性状の検証」
消防技術安全所報 第43号 (p135～p141)、2006
- 2 高橋 伸幸、黒田 裕司、森尻 宏、田中 康之、尾川 義雄
「アルコール含有ガソリンの消火に関する検証（その1）車両事故事例から見た燃料漏洩の実態」 平成19年度日本火災学会研究発表会概要集、2007

	泡放射開始後 30 秒	35 秒	40 秒	45 秒	50 秒
ガソリン			消火時間 31 秒		
E3				消火時間 36 秒	
E10				消火時間 36 秒	
E30					消火時間 42 秒
ETBE 7			消火時間 33 秒		

写真4 各種泡消火薬剤によるガソリンの消火状況（泡放射開始 30 秒後～消火終了）

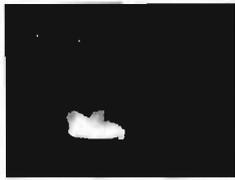
	35 秒	45 秒	50 秒	55 秒
合成界面			消火時間 42 秒	
たん白				
水溶性液体用		消火時間 31 秒		↑ 消火時間 55 秒
水成膜		消火時間 32 秒		

写真5 各種泡消火薬剤によるE30の消火状況（泡放射開始後35秒～消火終了）

Experiment on Extinguishing Fires Involving Alcohol-Blended Gasoline

A Full-Scale Fire Extinguishing Experiment using Firefighting Equipment

Nobuyuki TAKAHASHI*, Yuji KURODA**, Yasumasa KIKUCHI**, Hiroshi MORIJIRI***

Abstract

In the previous report¹, we examined the fire extinguishing performance for fires involving 3 percent ethanol-blended gasoline and 10 percent ethanol-blended gasoline (hereinafter called "E3" and "E10," respectively) using foam extinguishing agents deployed in the fire stations in our fire department. This year, we examined the extinguishing properties of foam extinguishing agents for fires involving ethanol-blended gasoline by burning these fuels in a full-scale experiment and then applying foam hose stream using the foam extinguishing agents and foam makers deployed at the pump company. As a result, the following findings were obtained:

- (1) Fire extinguishing requires longer time as the amount of ethanol contained in gasoline is greater.
- (2) For ethanol-blended gasoline up to E10, radiation changes are roughly the same as those of ordinary gasoline. There is not any substantial effect of ethanol on fire extinguishment.
- (3) Fires involving 30 percent ethanol-blended gasoline (E30) require extinguishing time of about 1.4 times longer than gasoline fires do.
- (4) Fires involving 7 percent ETBE-blended gasoline (ETBE7) can be extinguished using synthetic surfactants.

* Kanda Fire Station **Hazardous Materials Identification Section[0] ***Hikarigaoka Fire Station

1. Tetsuya NODA, Kenji SUZUKI, Yasumasa KIKUCHI, and Nobuyuki TAKAHASHI. (2006). "Experiment on Fire Extinguishing Properties for Fires Involving 10 Percent Ethanol-Blended Gasoline" *Report of Fire Technology and Safety Laboratory*, Vol.43,135-141