

10%エタノール含有ガソリンにおける消火性状の検証

野田 哲也* 鈴木 健司** 菊池 保正*** 高橋 伸幸***

概 要

バイオマス燃料の利用促進が平成14年に閣議決定され、各省庁で様々な施策が推進されている。それに伴い、当庁管内でも、バイオマスから製造されるエタノールを含有するエタノール含有ガソリン（以下「E_x（_xはエタノール含有率%）」という）を扱う施設等が増えることが予想され、併せて安全対策の推進が必要とされている。本報告では、当庁管内消防署に既に配置されている泡消火薬剤を利用し、E₃、E₁₀に対する消火性能を検証したものである。検証結果にあつては、次のとおりである。

- 1 エタノール含有ガソリンは、消泡効果があるため、通常の泡消火薬剤による消火では、消火時間が長くなる等の困難性が予想される。
- 2 エタノール含有ガソリンの火災では、多量の泡を急速に放射し、速やかに油面を泡層で覆うことができれば、現有の泡消火薬剤でも消火は可能である。
- 3 フッ素系界面活性剤が添加されているたん白泡消火薬剤は、エタノール含有ガソリンに対して十分な消火効果と再着火防止効果が認められた。

1 はじめに

アメリカでは、環境対策としてE₁₀が1980年代から普及している。日本では平成14年12月にバイオマスの利用促進のために「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定され、環境省をはじめとする7つの省庁で各種の施策が推進されている。環境省では2010年度にはE₁₀を基本ガソリンとする目標を掲げ、総務省消防庁からはE₃を取扱う給油取扱所に係る運用指針が示されるとともに、施設等の安全性の観点からの調査検討が行われている。

通常、液体燃料の火災では、泡消火薬剤を使用した泡放射によって燃焼液面を覆い、消火するのが一般的である。しかし、泡が水溶性液体（アルコール類、ケトン類等）に接すると、泡を形成する膜が破壊され、泡が消失（以下「消泡」という。）するため、火災の際に水溶性液体用泡消火薬剤以外の泡消火薬剤は十分な消火効果が期待できないとされている。

東京消防庁では合成界面活性剤泡消火薬剤、たん白泡消火薬剤、水溶性液体用泡消火薬剤、水成膜泡消火薬剤の4種類を配置している。本検証はバイオマス燃料の普及に備えて、これらの消火薬剤のE₁₀に対する消火効果を把握するために行った。また、平成17年まで沖縄や大阪など全国数カ所でフィールド実験²⁾が行われていたE₃についても合わせて検証を行い、今後都内にE₃やE₁₀を取扱う危険物施設が出現した場合の安全対策並びに警防対策上の基礎資料と

するものである。（注：E₃、E₁₀フィールド実験は、平成18年の実施の予定はない。）

2 東京消防庁の泡消火薬剤について

東京消防庁では以下の泡消火薬剤を配置している。各泡消火薬剤の詳細なデータは、「6 泡消火薬剤データ」に記載する。

(1) たん白泡消火薬剤

管内に危険物施設を多く持つ消防署で、主として特化連携隊（大型化学車や屈折放水塔車など複数の車両が化学災害対応に指定されている部隊）の配備されている消防署に集中的に配置している。

(2) 合成界面活性剤泡消火薬剤

標準的な化学車を配備してある消防署に配置している。ほとんどの消防署に配置されている。

(3) 水溶性液体用泡消火薬剤

たん白泡消火薬剤にフッ素系合成界面活性剤を添加し、水溶性液体の火災に対応する消火薬剤である。一時期話題となった、アルコール系燃料の災害に対応するため、各消防方面内1消防署を目安に指定して配置している。

(4) 水成膜泡消火薬剤

羽田空港を管轄する蒲田消防署に配置している。平成17年に東京消防庁が配置した泡消火剤の状況を表1に示す。

3 実験方法及び結果

当庁に配置されている泡消火薬剤に対して、ガソリン、エタノール、E₃及びE₁₀に対する消泡性試験、

*蒲田消防署 **危険物課 ***危険物質検証課

着火性試験及び消火実験を行った。

表1 泡消火薬剤配置概要(平成17年)

泡消火薬剤	配置箇所数	数量(L)
たん白泡消火薬剤	10ヶ所	36,800
合成界面活性剤泡消火薬剤	69ヶ所	12,020
水溶性液体用泡消火薬剤	7ヶ所	2,500
水成膜泡消火薬剤	1ヶ所	1,200

※泡消火薬剤の配置は、更新計画に基づくため、毎年同じではない。



写真1 恒温槽に静置した泡消火薬剤入りステンレス製ビーカー

3. 1 消泡性試験及び着火試験

(1) 燃料

燃料としてガソリン、エタノール、E10、E3を用いた。ガソリンは市販のレギュラーガソリンを使用し、E10とE3はガソリンとエタノールを混合して作成した。

(2) 泡消火薬剤

次の泡消火剤を用意した。

- ア 合成界面活性剤泡消火薬剤
- イ たん白泡消火薬剤(フッ素系界面活性剤入り)
- ウ 水溶性液体用泡消火薬剤
- エ 水成膜泡消火薬剤
- オ たん白泡消火薬剤

(3) 実験方法

ア 恒温水槽を20℃に設定し、500ml ステンレス製ビーカーに燃料を150ml 入れて、恒温槽に静置する(写真1)。

イ 後に述べる「3. 2 消火実験」で使用する。泡ノズルを取りつけた模擬消火器から泡を金属製容器内に放射し、プラスチック製計量カップで泡を採取した。注射器の注射針を取り除いた分取器を用いて、泡60ml を分取し、ビーカーに投入して、消泡により燃料液面が露出するまでの時間(以下「消泡時間」という。)を測定し(写真2)、結果を図1に記した。なお、測定時間は最大60分までとする。さらに消泡後1分経過した後にビーカーの中央、液面上約5cmの位置に火源を近づけて着火するかを確認する(表2)。

(4) 実験結果

消泡性試験と着火試験の結果を図1及び表2に示す。エタノールに投入した各泡消火薬剤は、投入後数秒で消泡したため、図1の中で、各泡消火薬剤に対するエタノールのグラフは0分を表している。



写真2 燃料により泡消火薬剤が消泡する様子

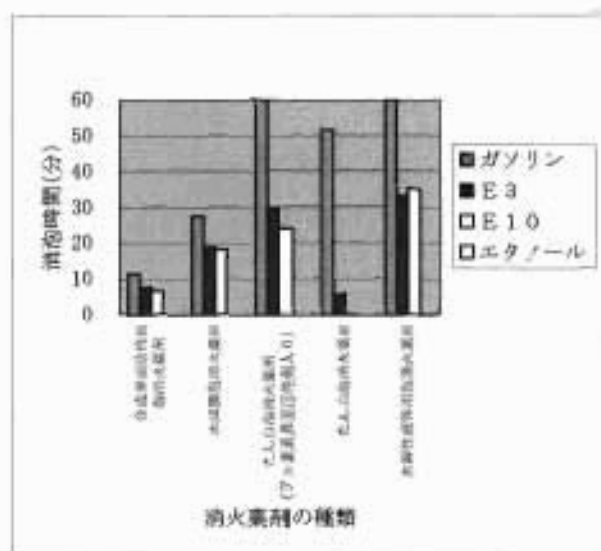


図1 燃料の種類による泡消火薬剤の消泡時間

表2 着火試験結果

泡消火薬剤	燃料	ガソリン	E3	E10	エタノール
(1) 合成界面活性剤 泡消火薬剤		○	○	○	○
(2) たん白泡消火薬剤 (フッ素系界面活性剤 入り)		×	×	×	×
(3) 水溶性液体用 泡消火薬剤		×	×	×	×
(4) 水成膜泡消火薬剤		×	×	×	×
(5) たん白泡消火薬剤		○	○	○	○

○：着火，×：非着火

3.2 消火実験

各泡消火薬剤の消火性状を比較するために、小規模ではあるが同一条件で泡放射が可能な放射装置を用いて消火実験を実施した。

(1) 燃料

実験用の燃料としてガソリン、エタノール、E10、E3を用意した。

(2) 燃焼容器

燃料を燃焼させる容器として鉄製方形容器(450mm×450mm×150mm)を用いた。

(3) 泡放射装置

ノズルのぶれや泡放射のムラの影響を最小限に抑えるため、図2および写真3から写真6に示す泡放射装置を使用した。装置のベースは訓練用模擬消火器(以下「模擬消火器」という。)に泡消火ノズルを取りつけたものである。模擬消火器に泡消火薬剤水溶液2リットルを入れ、コンプレッサーで0.69MPaに加圧し、過去の研究及び参考文献を基に、消火活動等を想定した8リットル/min・m²の放射量に調節した²⁾。

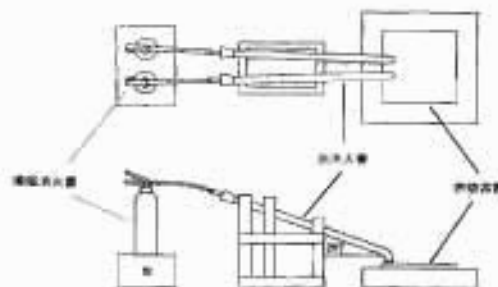


図2 実験装置概略図

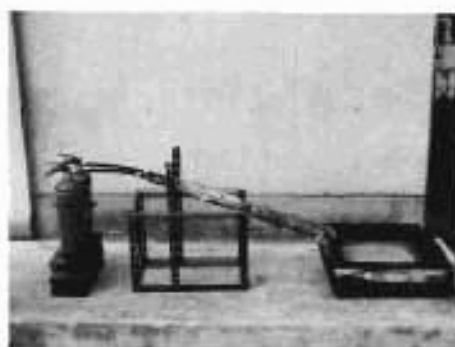


写真3 実験装置全景



写真4 燃焼の様子



写真5 実験用に改良した消火器



写真6 ノズル先端

(4) 泡消火薬剤

消泡性試験と同じ、次の5種類の泡消火薬剤を用いた。

- ア 合成界面活性剤泡消火薬剤
- イ たん白泡消火薬剤（フッ素系界面活性剤入り）
- ウ 水溶性液体用泡消火薬剤
- エ 水成膜泡消火薬剤
- オ たん白泡消火薬剤

(5) 実験方法

- ア 模擬消火器3本を用意し、2リットルずつ泡消火薬剤水溶液を入れた後、0.69MPaに加圧し、図2のように2本を泡放射装置にセットした。
- イ 燃料容器に燃料4リットルを入れて点火、1分間予燃後消火を開始し、火炎が完全に消失するまで行った。
- ウ 泡剤の放射の方法は、1本目の泡消火薬剤水溶液を放射後、2本目の模擬消火器に切り替えて放射を継続し、この間に空になった1本目の模擬消火器を3本目に取換えることで、3本分、6リットルまで連続的に放射できるようにした。
- エ 実験はそれぞれ3回行い、泡剤放射から完全に消火するまでの時間、又は6リットルを放射した時点で測定を終了し、「消火時間」と定義し、消火性状の確認を行った。
- オ 1分後に泡表面から約5cm上方の位置で15秒間火源をかざして、再着火の有無を確認した。
但し、急速に消泡していく場合は、完全に消泡するまでの時間を測定し、その後に再着火の有無を確認した。

(6) 実験結果

実験の結果を図3に示す。また各泡消火薬剤による実験の結果はア～オの通りである。

ア 合成界面活性剤泡消火薬剤

平均の消火時間はガソリン、E10及びE3とも30秒前後で消火しており、ほぼ同等の消火効果だと思われるが、他の泡消火薬剤に比べて消火時間がやや長い。

E10を消火する際、鉄製方型容器の側面と泡層が接する部分などで消泡が見られた。泡層の水蒸気や気泡が噴き出す部分に若干炎が残り、消火時間はガソリンよりも長い傾向があった。消火後も泡層が消失することは無かったが、泡層の薄い部分では再着火することがあった。ただし、再着火後も泡の流動性が良いため、炎が次第に泡に覆われ25秒ほどで自然消火できている。

エタノールでは、ガソリンに比べて炎の立ち上がり方が小さく、速やかに消火した。しかし沸騰したエタノールから多数の気泡が生じ、泡層全体に浮き上がり急激に泡の消泡が始まった。放射終了後概ね1分50秒で放射されたすべて消泡し、容易に再着火した。

イ たん白泡消火薬剤（フッ素系界面活性剤入り）

燃料のアルコール含有率が高くなるにつれて消火時間が長くなった。また消火後、E10では溶解した泡から生成したと思われる気泡がE3より多く泡層に浮かんできた。

エタノールでは、他の泡消火薬剤と同様に急速に消火できた。しかし消火後から消泡がすすみ、1分ほどで液面の一部が露出したものの再着火しなかった。この結果は、消泡性試験の結果と矛盾しない。これは添加されているフッ素系界面活性剤の分子膜により、可燃性蒸気の蒸発が抑えられているものと考えられる⁹⁾。

ウ 水溶性液体用泡消火薬剤

前イのたん白泡消火薬剤（フッ素系界面活性剤入り）と同じメーカーのものである。MSDSによると、フッ素系合成界面活性剤が4.0%添加されている。また燃料のエタノール含有割合の増加とともに消火時間が長くなる傾向であった。消火時間については、前イよりやや短いものの、ほぼ同様といえる。

エタノールでは、消泡により液面が露出したが、すべての燃料で再着火はしなかった。

エ 水成膜泡消火薬剤

発生した泡はきめ細かい泡である。ガソリンでは水溶性液体用泡消火薬剤及びたん白系泡消火薬剤（フッ素系界面活性剤入り）とほぼ同様の消火時間だったが、E10、E3、エタノールでは、それぞれ最も短い消火時間であった。すべての燃料において安定した消火効果を示した。また、すべての燃料で再着火はしなかった。

オ たん白泡消火薬剤

ガソリンでは、たん白泡消火薬剤（フッ素系界面活性剤入り）よりやや消火時間が長かった。燃料のアルコール含有率が高くなるに連れて消火時間が長くなる傾向は、他の消火薬剤と同様であった。ガソリン、E3、E10では消火後も再着火はしなかった。

エタノールについては、消火に32.3秒と最も時間がかかった。また、消火はしたものの、ほとんど瞬時に消泡し、容易に再着火した。

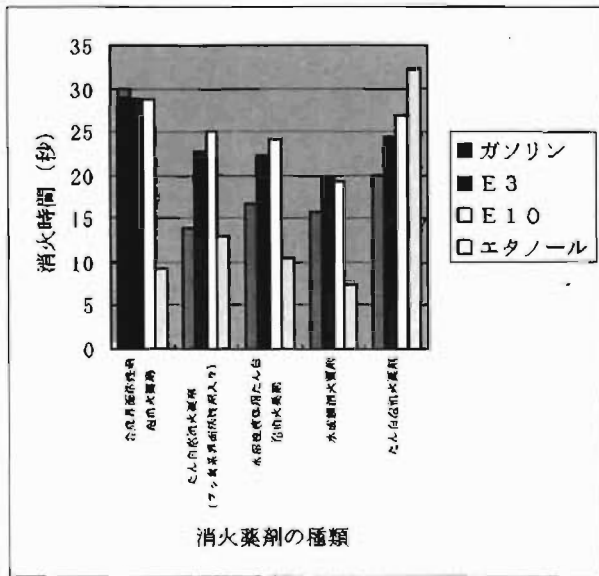


図3 消火薬剤の種類による消火時間の違い

4 考察

消泡性試験では、ガソリンがエタノールを含有することで、消火用泡の消泡性が強くなることが明確になったが、消火実験においては、燃料にエタノールを含有したものの消火時間が長くなる傾向はみられたものの、消火不能となることはなかった。

これは、放射された泡が効果的に拡散したこと、消泡を上回る泡が放射されたことにより、消火に十分な泡層が形成されたことによると考えられる。

ただし、本実験の燃焼容器のように限定された空間で平らな液面が燃えている火災と異なり、燃焼実態が複雑な形状をしている場合や、燃料などが流出しながら燃えるなどした場合は、十分な泡層で覆うのは困難になると予想される。

実際のE10やE3の火災においては、初動時には、各署に広く配置されている、流動性の高い合成界面活性剤泡消火薬剤で急速な火災拡大を抑え、その間に資材搬送車等を活用し、フッ素系界面活性剤の添加された再着火防止性能の高いたん白泡消火薬剤や水溶性液体用泡消火薬剤を集積して大量泡放射による鎮圧など、消泡性を認識しながら泡放射量を増やすことで、現有の泡消火薬剤で十分対応可能であると考えられる。

泡消火薬剤による消火では、燃料による消泡とともに、泡の流動性、放射量、泡の強度、燃焼物体に対する泡の投入方法なども重要な要素である。今回の実験では、消火後すぐに泡の放射を停止したが、実際の災害では、消火後も十分な泡放射により再着火防止を図ることも重要であると考えられる。

なお、今回使用したE10やE3は、ガソリンとエタノールを体積比で混合したものであり、実際に流通が予想されるものとは性状が異なることを付け加えて

おく。実際に流通する商品には、様々な添加物が添加されることにより、蒸気圧等の条件を通常のガソリンに近づける工夫が施されている。しかし今回の検証結果を基にすれば、今後都内において、実際にE10やE3を取り扱う施設が設置されるなどの際でも、同様の検証を行うことで消火性状等を把握することが可能であると考えられる。

また、今回使用している泡消火薬剤の中でたん白泡消火薬剤については、フッ素系界面活性剤の入っているものとそうでないものの再着火性が大きく異なることも判明した。これらはいずれも「たん白泡消火薬剤」としての検定を受け、たん白泡消火薬剤として同様に市販されている。このため使用する泡消火薬剤の適合性や性状を十分把握することが重要だと考えられる。

5 まとめ

今回の研究で、以下のことが確認された。

- (1) E10やE3などエタノールを含有しているガソリンは、燃焼状況は通常のガソリンと同等だが、消泡性があるため、泡による消火は困難性が高くなると考えられる。
- (2) E10やE3などエタノールを含有しているガソリンの火災では、多量の泡を急速に放射し、速やかに泡層で覆うことにより、現有の泡消火剤での消火は可能と考えられる。
ただし、界面活性剤泡消火薬剤やフッ素系界面活性剤の添加されていないたん白泡消火薬剤では、消泡後の再着火危険性が高い。
- (3) 今回の検証において消火効果がもっとも高い薬剤は水成膜泡消火薬剤であったが、たん白泡消火薬剤（フッ素系界面活性剤入り）及び水溶性液体用泡消火薬剤でも十分な消火効果と再着火防止効果が認められた。
- (4) 東京消防庁に納入されているたん白泡消火薬剤の中でも、再着火を防止する性能に差があることが判明した。これは流通しているたん白泡消火薬剤として、フッ素系界面活性剤が添加されているものといないものの2種類があるためである。このような状況の背景として、検定品としてのたん白泡消火薬剤には、フッ素系界面活性剤の有無が規定されていないためである。このため、火災に際し、使用する泡消火薬剤の適合性や性状を十分把握することが重要だと考えられる。

6 参考 実験に用いた泡消火薬剤データ
(MSDSより) 抜粋

名称	ニッタン ジェットフォーム X
分類	合成界面活性剤泡消火薬剤
成分	アルキル硫酸エステル塩 グリコールエーテル グリコール類 高級アルコール 防腐剤
外観	淡黄色透明液体
粘度	—
比重	1.039 (20℃)

組成に関する記述無し

名称	ULTRA PROTEIN-F DUAL PURPOSE
分類	たん白泡消火薬剤
成分	たん白質加水分解物 26.0 % 鉄分 0.43% エチレングリコール類 8.0 % 塩化物 8.0 % フッ素系合成界面活性剤 1.0 % その他 4.91% 水 51.65%
外観	濃褐色粘稠液体
粘度	約 33.0 cSt
比重	約 1.178

名称	ULTRA PROTEIN-ARC 3×3 DUALPURPOSE3%型
分類	水溶性液体用たん白泡消火薬剤
成分	たん白質加水分解物 38.67% 鉄分 0.33% エチレングリコール類 8.0 % フッ素系合成界面活性剤 4.0 % その他 1.0 % 水 残部
外観	濃褐色粘稠液体
粘度	約 40.5 cSt (20℃)
比重	約 1.168 (20℃)

名称	フロロ フィルム フォーム
分類	水成膜泡消火薬剤
成分	フッ素系界面活性剤 炭化水素系両面界面活性剤 炭化水素系非イオン界面活性剤 炭化水素系アニオン界面活性剤 高級アルコール系溶剤 防腐剤 水
外観	無色～淡黄色の液性
粘度	7.83 cSt
比重	約 1.178

組成に関する記述無し

名称	フカダ・エアフォーム 3%
分類	たん白泡消火薬剤
成分	たん白加水分解物 42.0 % 硫酸第一鉄 8.6 % エチレングリコール類 5.0 % その他 残 水
外観	たん白臭を有する黒褐色粘稠液
粘度	—
比重	1.17 (20℃)

【参考文献】

- 1 鶴見 文雄、内藤 昌義 「水溶性液体に対する泡消火薬剤の耐液性について」 消防科学研究所報 第38号 (p40~p46)、2001
- 2 鶴見 文雄、内藤 昌義、鈴木 健司 「アルコール系新燃料等に対する泡消火薬剤の有効性について」 消防科学研究所報 第39号 (p54~p60)、2002
- 3 火災便覧 日本火災学会編 共立出版社
- 4 西 一郎 他 「界面活性剤便覧」、工学図書
- 5 竹内 節 「界面活性剤 上手に使いこなすための基礎知識」 米田出版、1999

Verification of the Aspect of Fire Extinguishing with 10% Ethanol Gasoline

Tetsuya Noda*, Kenji Suzuki**, Yasumasa Kikuchi***, Nobuyuki Takahashi***

Abstract

The Cabinet decided to promote the use of biomass fuels in 2002, and government ministries and agencies have been taking various measures. Accordingly, we expect an increase in the number of facilities and the like located within the jurisdiction of the Tokyo Fire Department that will handle this gasoline-ethanol mixture (referred to as Ex (E means concentration of ethanol) hereinafter) produced from biomass fuels. Because of that, it is necessary to promote safety measures. This report verified fire extinguishing performances of E3 and E10 using foam extinguishing agents already in place at fire stations under the jurisdiction of the Department.

The results are as follows:

- 1 As the gasoline-ethanol mixture has an antifoaming effect, we assume there will be such difficulties as a prolonged fire extinguishing time and the like when using ordinary foam extinguishing agents.
- 2 In case the gasoline-ethanol mixture catches on fire, if the agents can promptly discharge a lot of foam and rapidly cover the oily areas with foam, it is possible to extinguish the fire with the current foam extinguishing agent.
- 3 Protein foam extinguishing agents mixed with fluorochemical surfactants were able to sufficiently extinguish fires and prevent a re-ignition of the gasoline-ethanol mixture.

* Kamata Fire Station ** Hazardous Materials Section *** Hazardous Materials Identification Section