

各種泡消火薬剤の消火性能比較実験結果について

Results of Experiments on Effectiveness of Foam Agents

島 光 男 *
伏 見 英 *
関 口 研 *

Various foam agents have been developed for extinguishing petroleum fires. Now is the time to reexamine the foam agents which fire companies use in fighting fires in large hazardous materials storage facilities.

In order to determine the effectiveness of various foam agents, the 4 kinds of foam agents that are presently used; protein foam, aqueous film-forming foam and newly developed fluoro-protein foam were tested by applying each of them on oil fires in small steel pans.

1. はじめに

石油タンク火災や航空機火災など石油類の火災を消火するための消防隊用泡消火薬剤の変遷をみると昭和30年代以前は蛋白泡剤を使っていたが、昭和40年になり高発泡消火装置の開発に伴い有機合成界面活性剤系の泡剤が実用化されるようになった。その後、昭和50年頃から水成膜泡剤の導入が検討され航空機火災に対応する一部の化学車に積載されるようになった。また、蛋白泡剤の改良研究も進み、弗化蛋白泡剤が開発され、昭和52年頃から数社の検定品が市販されている。

このような状況のなかで、昭和55年6月に警防課から消防科学化推進委員会に消防隊が使う泡剤として「水成膜泡消火薬剤が大規模危険物施設の火災に適応できるかどうか」という諮問があった。

この実験は、諮問の主旨にそって、消防戦術の指針を得ることを目標に昭和56年11月に各種の泡消火薬剤について消火性能比較実験を行ったものであるが、一応所期の結果が得られたので、その概要を報告する。

2. 実験の日時、場所

日時：昭和56年11月9日～11日，10時～17時
場所：日野市旭ヶ丘2-8-17 三愛石油(株)研究所の施設を借用して実施した。

• 第三研究室

3. 消火性能実験の項目

(1) 供試泡消火薬剤

現用の蛋白泡消火薬剤，合成界面活性剤泡消火薬剤，水成膜泡消火薬剤及び新規開発の弗化蛋白泡消火薬剤の4種類について，オイルパンによる小規模油火災の消火性能実験を行った。

- ア 蛋白泡消火薬剤 3%型 三愛石油製
- イ 合成界面活性剤泡消火薬剤 3%型（スーパーフォーム）三愛石油製
- ウ 水成膜泡消火薬剤 3%型（ライトウォーター）住友3M社製
- エ 弗化蛋白泡消火薬剤 3% 三愛石油製

(2) 泡の放射方式

消火実験の種別としては，各泡剤について次の3種類の放射方式で行った。

- ア 壁面流下方式（放射方式A）による消火実験
- イ 燃焼油面中央部放射方式（放射方式B）による消火実験
- ウ バックボード中央打ちあて流下方式（放射方式C）による消火実験

4. 実験資器材

(1) 燃料

ノルマルヘプタンを使用した。
純度 90%，引火点 -39℃（タグ密閉式），

発火点 233℃, 沸点 97.4℃

(2) オイルパン

鋼板製, 角形, 燃焼面積 2 m² (縦1.4m×横1.4m×深さ0.3m)

(3) 泡ノズル

泡消火薬剤検定用のノズルを改造し, 燃焼面積1m²当り2.5 l/minになるようにノズル根元圧力7kg/cm²で泡剤水溶液の放射量が5 l/minのもので行った。ノズルの形状寸法は図1及び図2のとおりである。

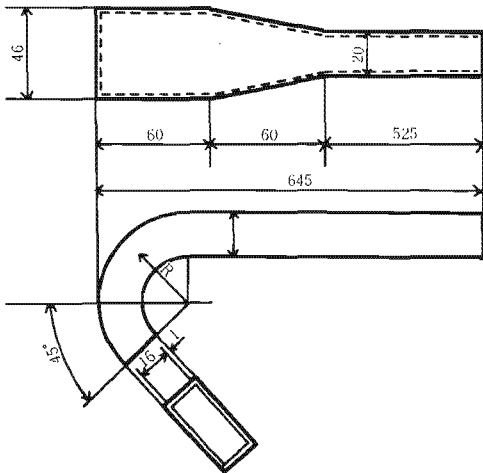


図1 壁面流下放射方式用泡ノズル

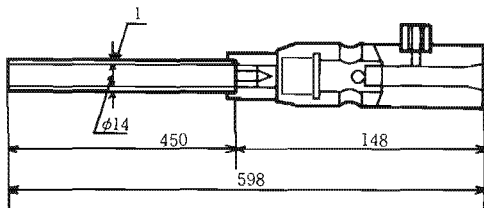


図2 燃焼油面中央部放射式及びバックボード中央打ちあて方式用泡ノズル

(4) 泡剤水溶液圧送装置

写真1に示す円筒形プレミックスタンクに3%型泡剤水溶液を入れ, 圧縮空気によって圧送する装置を使用した。

5. 測定項目

(1) 泡の物性試験

- ア 泡剤水溶液の温度の測定
- イ 泡剤水溶液の放射圧力, 放射量の測定
- ウ 発泡倍率の測定
- エ 泡の25%還元時間の測定

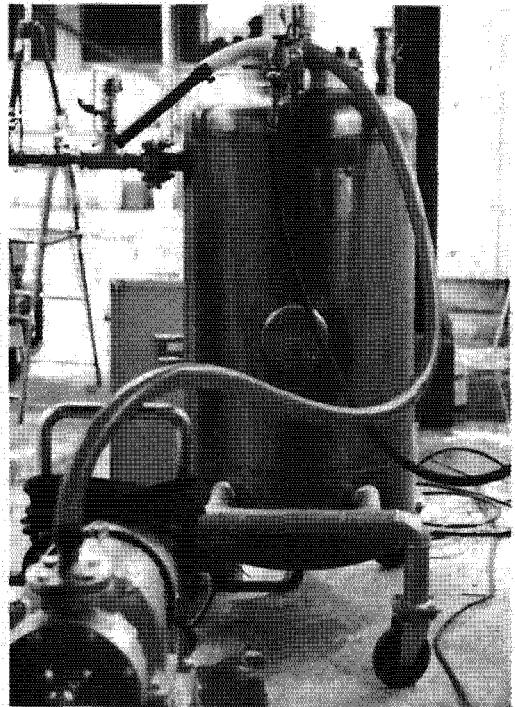


写真1 泡剤水溶液の圧送タンク

(2) 消火実験

- ア オイルパン壁面温度及び燃料油温(液面下50mm)の測定
- イ 消火時間及び消火状況の観察
- ウ 泡の放射時間及び泡の放射量の測定
- エ 密閉性, 耐火性試験

6. 実験方法

(1) 泡の物性試験

泡の物性試験については各泡剤水溶液をノズル根本圧力7kg/cm²流量5 l/minで前記2種類の発泡ノズルに供給し, 泡消火薬剤の検定細則の方法で発泡倍率測定泡の25%還元時間の測定等を行った。

(2) 消火実験

ア 燃料, 泡ノズル, 温度測定

燃焼面積2 m²の角形オイルパンを用い, この中に燃料としてヘプタンを200 l (油層100mm)入れ, 5分間予燃後に泡ノズルに3%型泡剤水溶液を圧力7kg/cm², 流量5 l/minで送って発泡放射した。

泡剤水溶液はプレミックスタンク内に各種泡原液3.6 lと淡水116.4 lを混合して3%

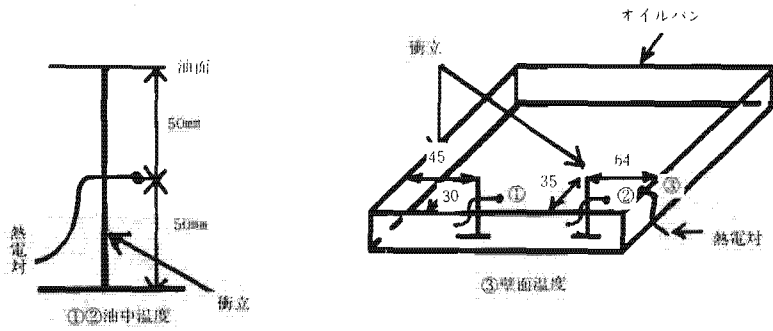


図3 熱電対設定位置

濃度のものを作り、圧縮空気によって加圧し、発泡ノズルに供給した。

温度測定は図3に示すようにオイルバンの上部壁面及び油面下50mmの位置に熱電対を設定し、油の燃焼及び消火に伴う温度変化をペンレコーダーによって記録した。

イ 泡の放射方式

ヘプタンを燃焼させたオイルパンに泡を放射する方法は次の3つの方式で行った。

(ア) 放射方式Aは図1に示すノズルをオイルバンの縁に掛けて泡を壁面に沿って静

かに流下させる方法である。

(イ) 放射方式Bは図2に示すノズルをオイルバンの前方765mm、高さ1080mmの位置に水平に設定し、オイルバンの油面中央部に泡を落下させる方法である。

(ウ) 放射方式Cは図2に示すノズルをオイルバンの前方190mm、高さ1200mmの位置にほぼ水平に設定し、オイルパン後部に立てたバックボードに泡を打ち当て流下させる方法である。

ウ 消火効果の判定

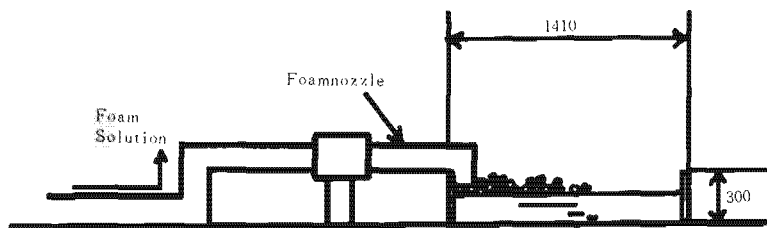


図4 油タンク壁面流下方式(放射方式A)

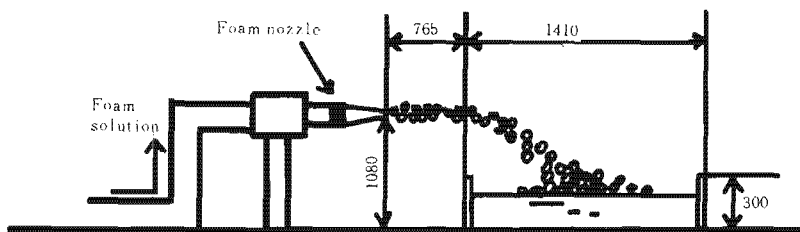


図5 燃焼油面中央部放射方式(放射方式B)

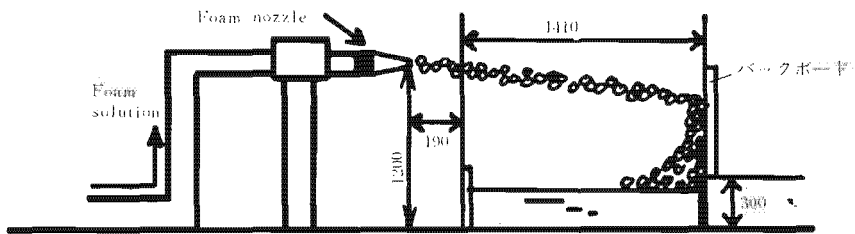


図6 バックボード打ちあて流下方式(放射方式C)

消火性能と比較するための実験条件としては、次のとおりとした。

- (ア) 燃焼油面に対する泡の放射は、消火確認後さらに1分間放射を継続した。
- (イ) 消火完了又は消火不能の判定は、オイルパン内に泡の放射を開始してから発炎及び燃焼の継続が目視により認められなくなった時間を消火時間とし、また、10分間泡の放射を継続しても消火のできなかったもの及び泡の放射停止後そのまま放置しても、消火できなかったものを消火不能とした。

エ 密閉性試験

泡の放射を停止してから2分後にガソリンを浸み込ませた点火器に着火し、これを水平にして、泡面に接しない程度に炎を近づけ泡面に沿い全面にわたってゆっくりと移動させ、泡あるいは油面に着火するか否かを観察した。着火しない場合は、再度10分後に行った。

オ 耐火性試験

泡の放射停止してから15分後にオイルパン中央部の泡層に角筒を入れ、角筒内部の泡を取り除き油面を露出させて静かに角筒を抜き取る。油面が露出した部分に点火棒で着火させ、5分間燃焼させて拡大した燃焼面積をスケールで測定した。

7. 実験結果と考察

各種泡剤を使って発泡させた泡の物性試験の結果、各種放射方式による消火実験の結果及び密閉性、耐火性試験の結果は表1及び写真3から写真

11に示すとおりである。

オイルパン壁面及び油の温度変化について測定した結果は図7から図12に示すとおりである。

(1) 火災の抑制状況及び消火時間について

ア 壁面流下方式の場合

この方式は我国の泡消火薬剤の検定試験方法及びスウェーデンの試験方法に似ているもので、泡剤の種類別に消火時間の差異を見ると、水成膜泡剤<合成界面泡剤<弗化蛋白泡剤<蛋白泡剤の順である。水成膜泡剤、合成界面泡剤は発泡倍率も高く、流動性も良いため蛋白泡より消火時間が2~3倍速い。弗化蛋白泡剤は、従来の蛋白泡剤より流動性が良いため約50秒速い。

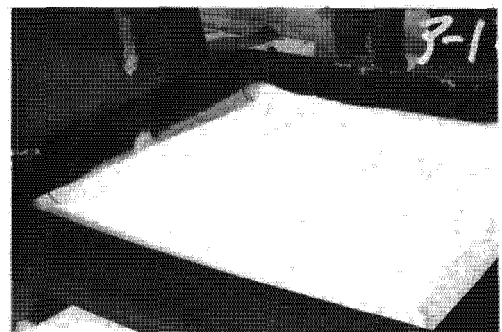


写真2 合成界面泡

イ 燃焼油面中央部放射方式の場合

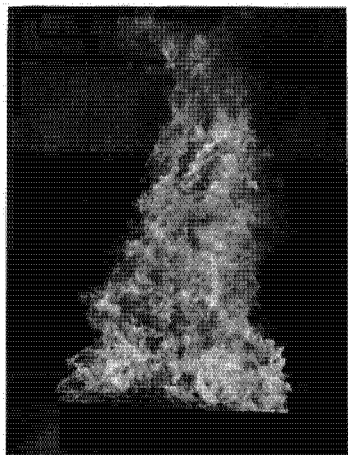
この方式は英国、フランス等で行っている試験方法に似ており、また、消防化学車による泡の放射方法に似ているもので、燃焼油面の中央に泡が放射されると泡の落下によって泡層が乱されて堆積しにくいいため、火炎が抑制できない状況が認められた。

表1. 泡の物性試験及び消火実験の結果

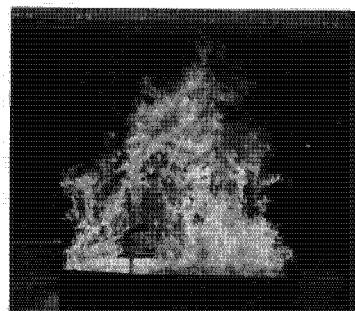
実験番号	使用 泡 消火 剤	測定 項目 放射 方式	泡の性状			燃料油温 (°C)		消火 時間	泡の 放射 時間	泡の 放射 量 (L)	密封性試験		耐火試験		オイルパン 外壁温度 (消火完了時) (°C)
			水温 (°C)	発泡倍率	25%ドレン ネイジタイム	燃焼前	消火後 (10分)				発泡停止 2分後	発泡停止 10分後	泡の厚み (mm)	燃焼面積 (cm ²)	
1	合成界面	A	20	7.4	4'50"	14	34	1'50"	2'50"	14.59	不燃	8分後泡層の破壊	—	—	436
2	蛋白泡	A	20	4.64	1'30"	14	37	5'40"	6'40"	34.0	不燃	不燃	90	11×10	—
3	弗化蛋白泡	A	20	5.65	1'58"	25	40	4'55"	5'55"	30.5	不燃	不燃	65	8.5×7	394
4	水成膜泡	A	21	8.28	3'53"	14	37.5	1'43"	2'43"	13.9	不燃	不燃	50	18×23.5	640
5	合成界面	B	20	7.73	5'40"	20	37	不能	10'00"	51.5	—	—	—	—	×
6	蛋白泡	B	20	5.19	2'56"	20	44	不能	10'00"	51.5	—	—	—	—	×
7	弗化蛋白泡	B	20	4.49	1'00"	17	34	15'20"	10'00"	51.5	不燃	不燃	26	7×7	200
8	水成膜泡	B	20.5	8.92	3'22"	10	32	不能	10'00"	51.5	オイルパン外壁を水で冷却した結果 16分50秒で消火				221
9	合成界面	C	21	8.48	6'56"	21	37	2'31"	3'31"	18.1	15秒後 着火	—	—	—	510
10	蛋白泡	C	21	5.62	2'17"	26	45	8'54"	9'54"	50.98	不燃	不燃	95	11×10.5	516
11	弗化蛋白泡	C	20.5	5.09	2'36"	22	42	8'00"	9'00"	46.35	不燃	不燃	65	9×7	370
12	水成膜泡	C	21	8.97	3'30"	23	38	2'38"	3'38"	18.7	30秒後着火 2'55"後消火	不燃	32	全面に 延焼	372

写真3 泡の放射方式 A

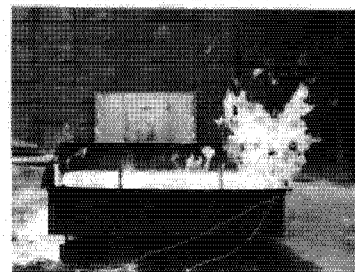
実験No.1 合成界面泡



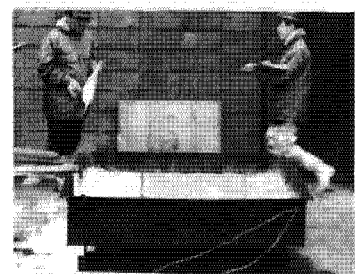
予 燃
5 分 後



消 火
開 始 後
30 秒

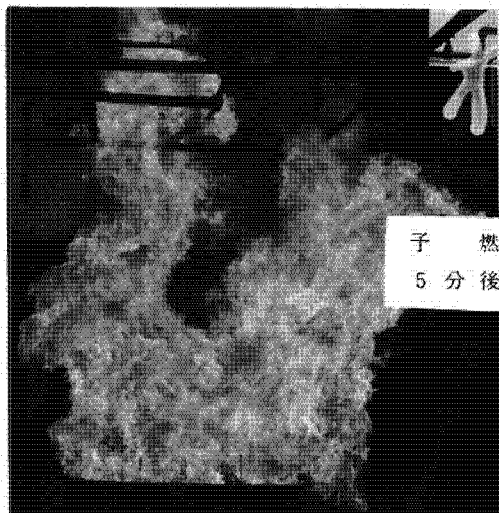


1 分 0 秒

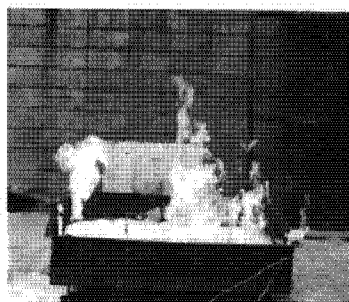


2 分 0 秒

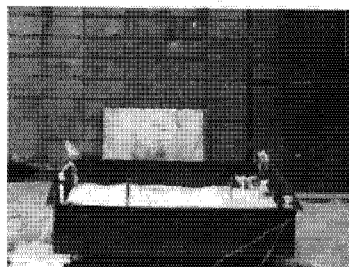
実験No.2 蛋 白 泡



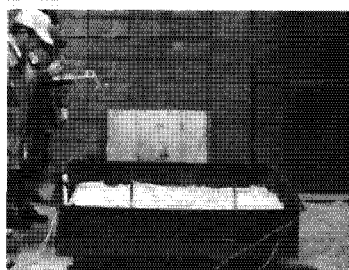
予 燃
5 分 後



消 火
開 始 後
2 分 0 秒



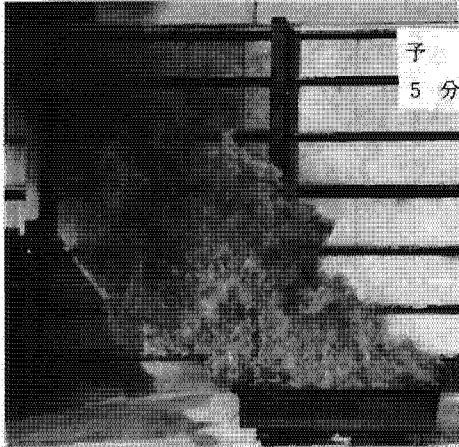
3 分 0 秒



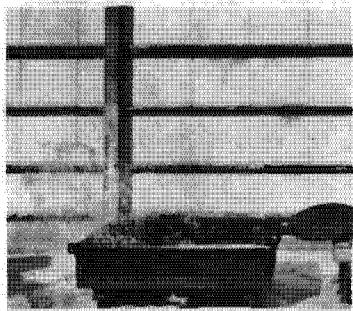
3 分 50 秒

写真4 泡の放射方式 A

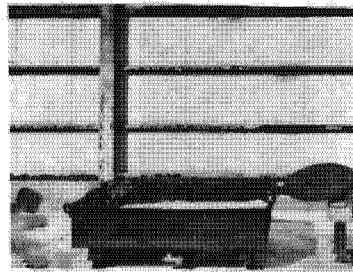
実験No.3 弗化蛋白泡



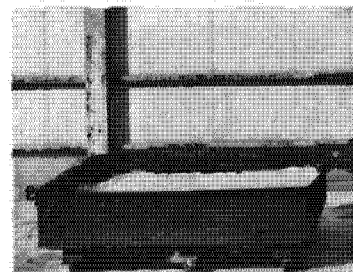
予 燃
5 分 後



消 火
開 始 後
1 分 0 秒

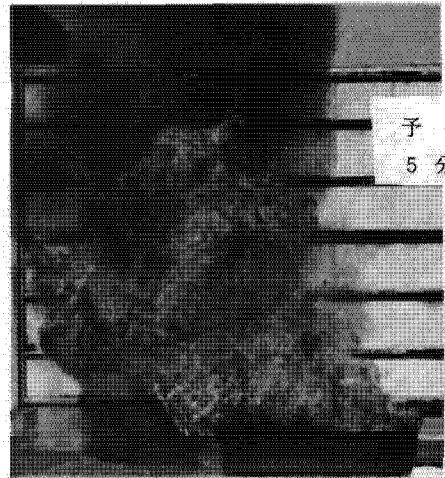


2 分 0 秒

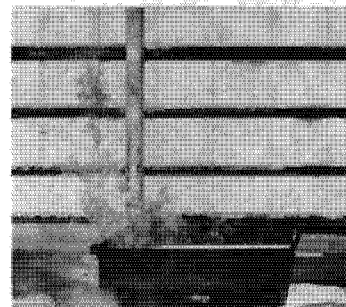


5 分 0 秒

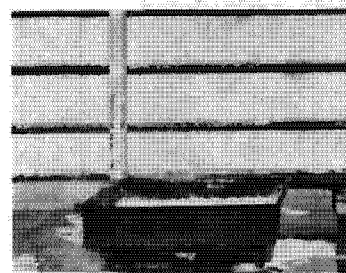
実験No.4 水成膜泡



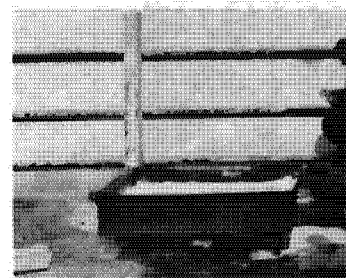
予 燃
5 分 後



消 火
開 始 後
30 秒



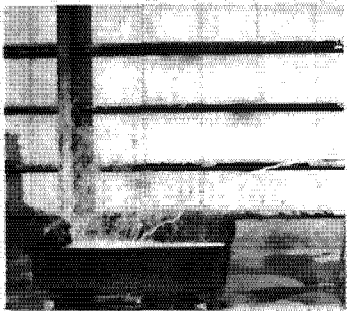
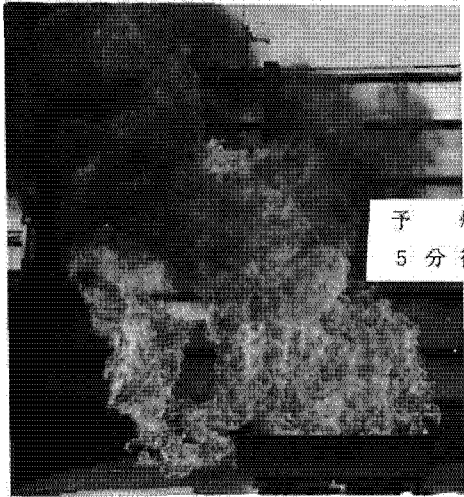
1 分 0 秒



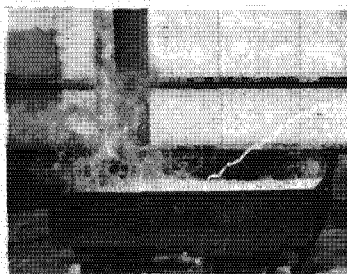
1 分 50 秒

写真5 泡の放射方式 B

実験No. 5 合成界面泡



消 火
開 始 後
1 分 0 秒

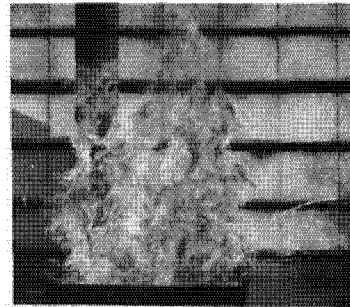
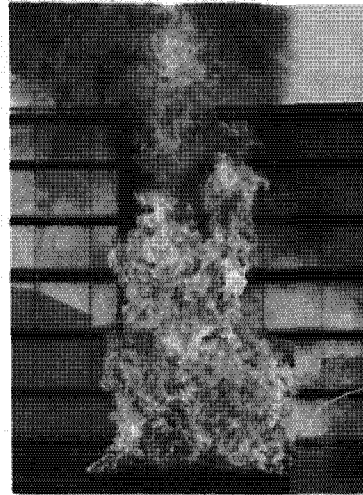


5 分 0 秒

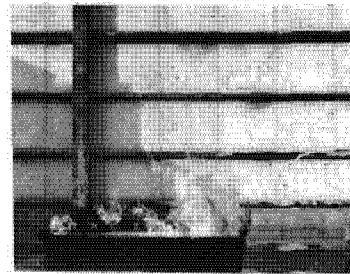


9 分 0 秒

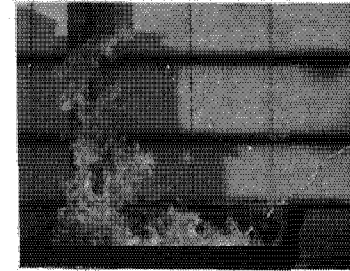
実験No. 6 蛋 白 泡



消 火
開 始 後
1 分 0 秒



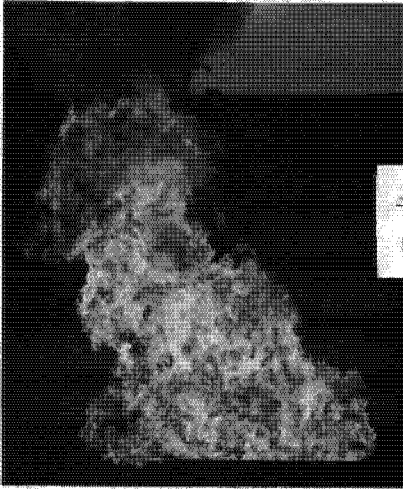
5 分 0 秒



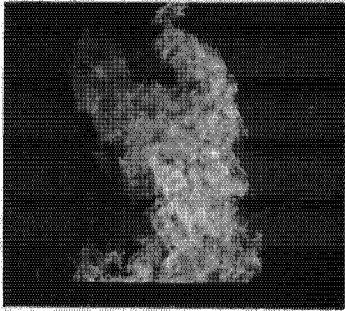
9 分 20 秒

写真6 泡の放射方式B

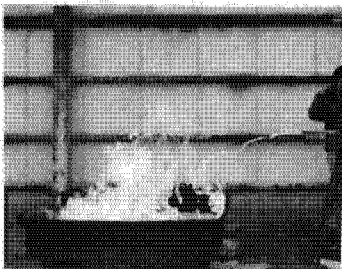
実験No.7 弗化蛋白泡



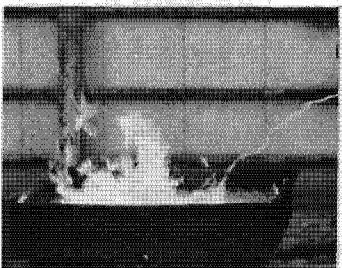
子 燃
5 分 後



消 火
開 始 後
1 分 0 秒

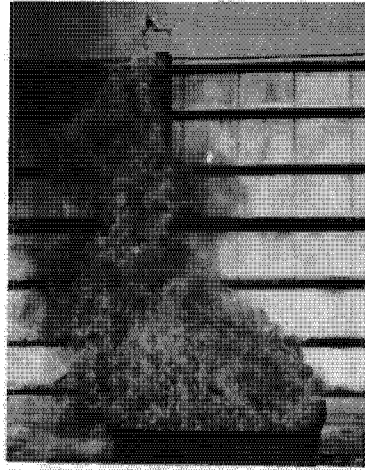


5 分 0 秒

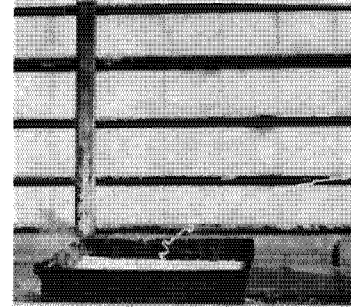


9 分 30 秒

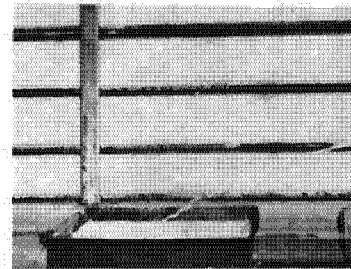
実験No.8 水成膜泡



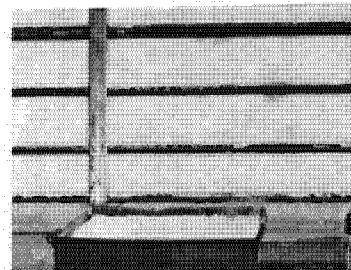
子 燃
5 分 後



消 火
開 始 後
1 分 0 秒



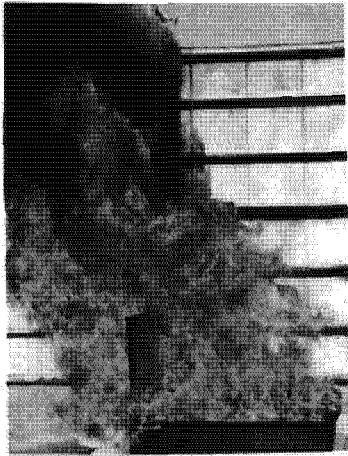
4 分 30 秒



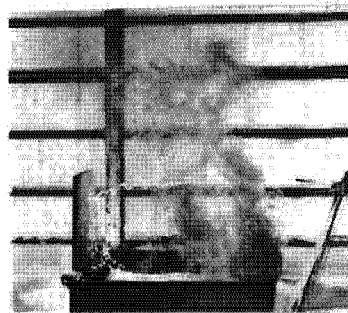
10 分 0 秒

写真7 泡の放射方式C

実験No.9 合成界面泡



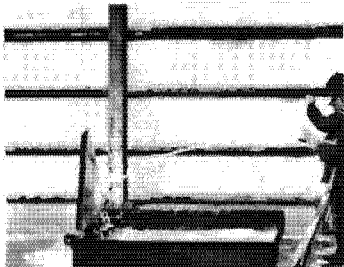
予 燃
5 分 後



消 火
開 始 後
1 分 0 秒

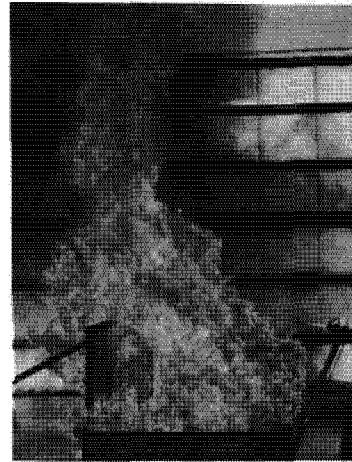


2 分 0 秒

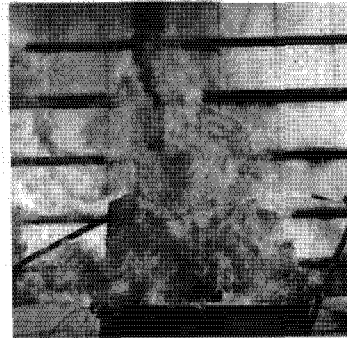


2 分 3 秒

実験No.10 蛋 白 泡



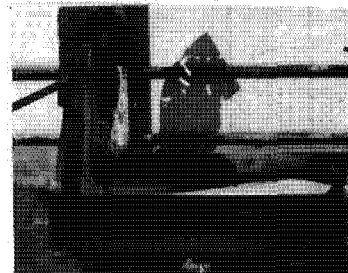
予 燃
5 分 後



消 火
開 始 後
1 分 0 秒



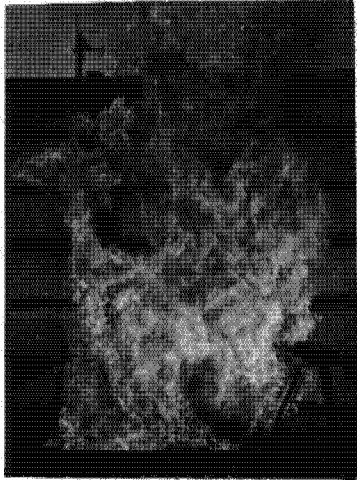
5 分 0 秒



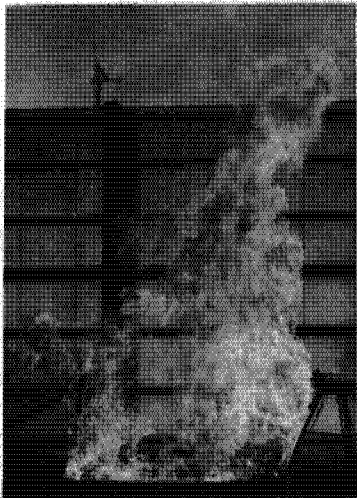
7 分 0 秒

写真8 泡の放射方式C

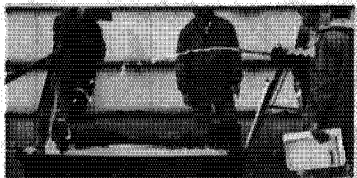
実験No.11 弗化蛋白泡



予 燃
5 分 後



消 火
開 始 後
1 分 0 秒

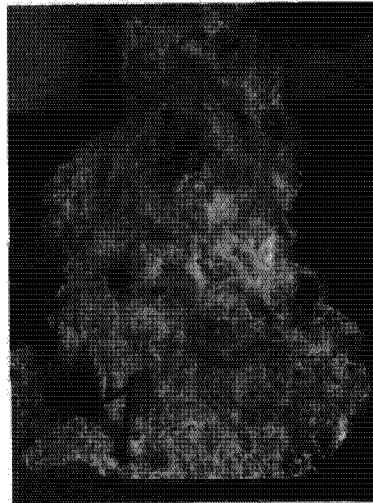


5 分 0 秒



7 分 0 秒

実験No.12 水成膜泡



予 燃
5 分 後



消 火
開 始 後
1 分 0 秒



2 分 0 秒



2 分 40 秒

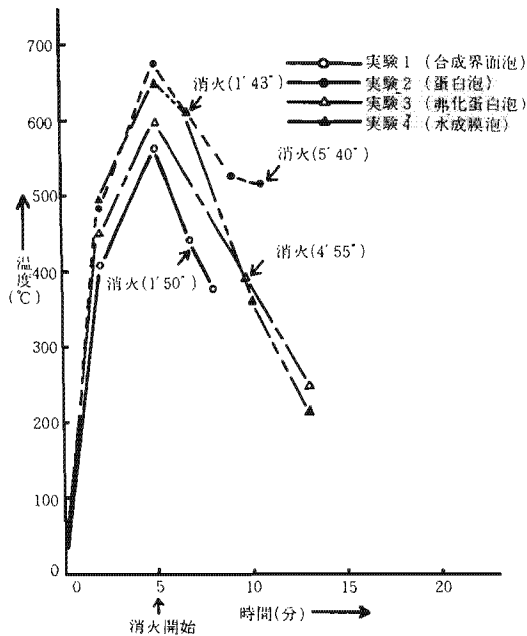


図7 オイルパン壁面温度(壁面流下放射方式)

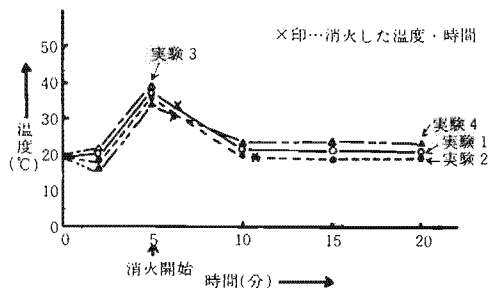


図8 油温(油面下50mm)壁面流下放射方式

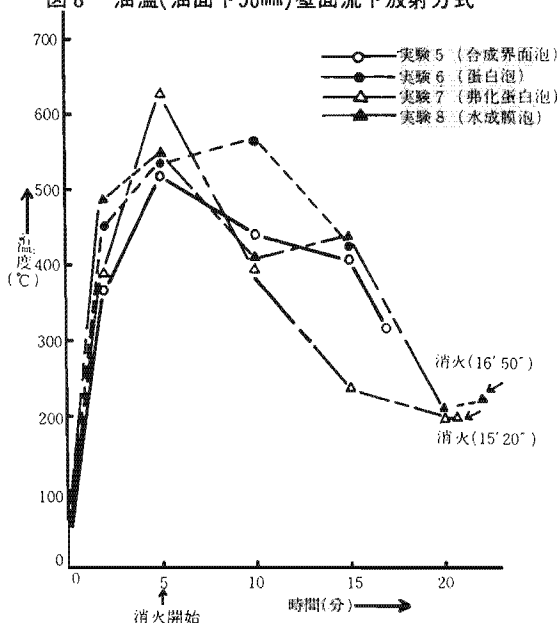


図9 オイルパン壁面温度(燃焼面中央放射方式)

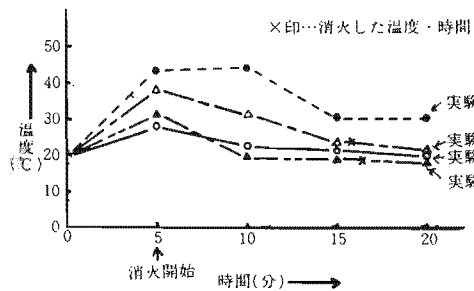


図10 油温(油面下50mm)燃焼面中央放射方式

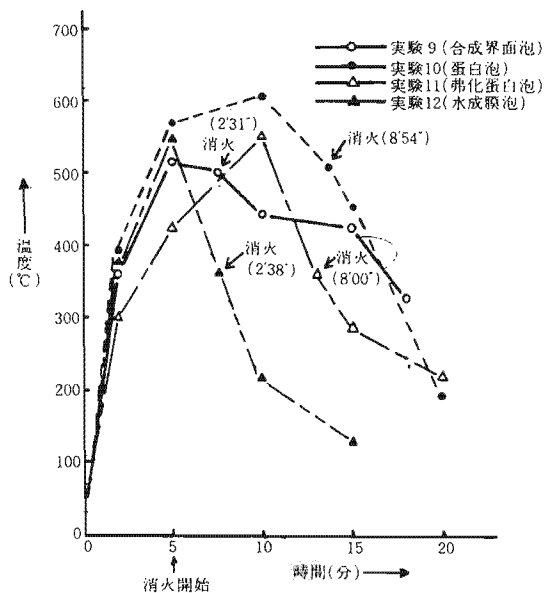


図11 オイルパン壁面温度(バックボード打ちあて方式)

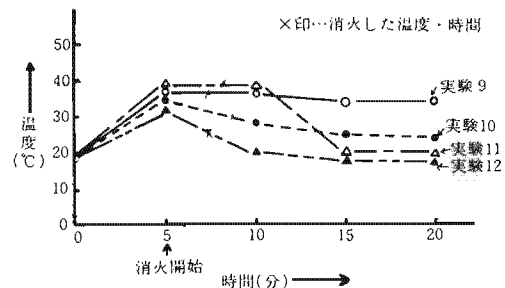


図12 油温(油面下50mm)バックボード打ちあて方式

合成界面、蛋白、水成膜泡剤は10分間の泡放射では消化不能であり、弗化蛋白泡剤だけが泡放射を10分間行って停止後も観察を継続したところ15分20秒で消火完了した。実験No. 8の水成膜泡剤の場合には、オイル

パンの外面を水で冷却することによって16分50秒で消火することができた。

(図9参照)

弗化蛋白泡剤の場合は、火炎の抑制末期においてオイルパンの縁を密閉する効果が高いために消火できるが、水成膜泡剤の場合はオイルパン中央部の火炎抑制効果は良いが、縁の部分の火炎を密閉する効果の低いことが認められた。

ウ バックボード打ちあて流下方式の場合

この方式は米国、カナダ、ドイツ等で行っている試験方法に似ているもので、壁面流下方式の場合と比較すると燃焼油面への泡の広がりが遅いため、消火時間が約1.5倍長くかかったが、各泡剤とも消火効果が得られている。

エ 泡の放射方式と消火時間の差異

次に同一の泡剤を使い、泡の放射方式の相違によって火炎の抑制あるいは消火時間にどのような差異があるかを考察してみると、各泡剤とも壁面流下方式が最も消火時間が速く、次にバックボード打ちあて方式、燃焼油面中央部放射方式の順である。

(2) 消火後の再燃性について

泡によって燃焼油面を覆った後に、小火炎を近づけるとどの程度再着火の可能性があるのかを試験した結果は表1に示すとおりであるが、壁面流下方式及びバックボード打ちあて方式の場合、合成界面泡剤と水成膜泡剤は消火時間が比較的短かく、泡放射量も少いために泡消火薬剤の検定細則の方法で密閉性試験を行うと当然不利な結果となることが認められる。

従って、この実験結果は再燃性に関する参

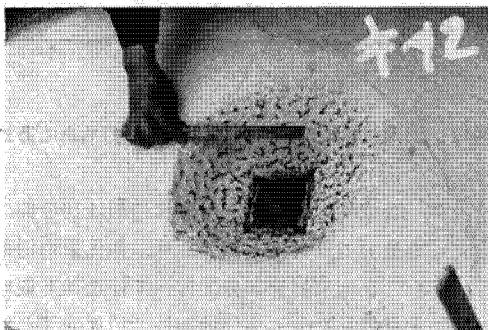


写真9 蛋白泡(耐火試験の後の状況)

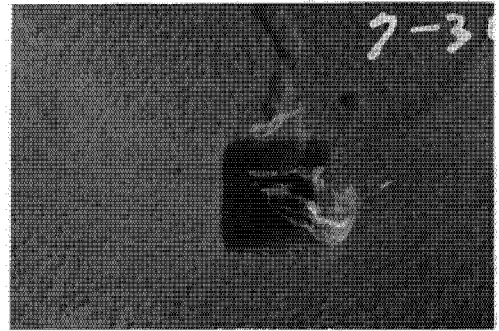


写真10 弗化蛋白泡(耐火試験中)

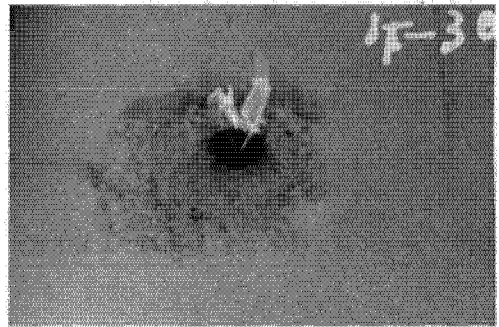


写真11 水成膜泡(耐火試験中)

考値として見る必要がある。燃焼油面中央部放射方式の場合には、弗化蛋白泡剤のみが密閉性、耐火性試験が可能であり、他の泡剤に比較して良好な結果が認められた。

(3) 泡放射に伴うオイルパン壁面及び油温の変化について

図7から図12に示す温度測定の結果をみると、5分間予燃後におけるオイルパン壁面温度は530℃ないし675℃である。また、油温は油面下50mmにおいて30℃ないし45℃である。

各消火実験における消火完了した時点のオイルパン壁面の温度は表1に示すとおり、実験No.4の場合が640℃と最も高く、実験No.7の場合が200℃で最も低い結果となっている。特に実験No.8のようにオイルパン周辺部に残炎がある場合には、オイルパン外周を水で冷却することにより、オイルパンの壁面温度がヘアタンの発火温度233℃以下に下った時点で消火したものであることが認められた。

7. まとめ

今回の実験は費用、場所、設備などの制約があり、最低限度の小規模のものであり、この結果か

らすべて論述することはできないが、一応次のことが今後の検討資料として役立つものと思われる。

- (1) 石油貯蔵タンク等の火災に対し、低膨張泡で消火する場合、泡の注入方法、放射方法によって消火効果が著しく異なることである。例えば、合成界面泡剤の場合、本実験では見掛上密閉性、耐火性が劣るような結果になったが、消防化学車による消火の場合でも石油タンクの縁にフォームタワーを使って発泡ノズルを掛けて泡の注入を行うことができれば、合成界面活性剤系の泡でも十分に消火効果が得られるものと思われる。
- (2) 大型の泡放射砲を使って石油タンク上部から放射して消火する方法を想定した場合には、燃焼油面の中央部に泡放射を行った実験例のとおり、弗化蛋白泡剤が比較的良好な消火効果を示し、密閉性、耐火性も優れているものであるといえる。

資料(1)によれば米国では、従来の蛋白泡の80%はすでに弗化蛋白泡に切替えられている

状況である。

- (3) 石油貯蔵タンクの場合には、泡の放射による消火と同時に石油タンク自体を外部から放水等により冷却することによりさらに消火時間の短縮ができるものと思われる。
- (4) 泡消火薬剤の選定に当たっては、消火設備、消防装備、消防戦術、薬剤の経年劣化、価格、更新計画など総合的に検討する必要がある。

8. おわりに

今後は、機会があれば燃料としてガソリンを使った実験、あるいは規模を大きくした実験あるいは実験の方法等についてもさらに改善したもので行いたいと考えている。

今回の実験では実験施設の貸与と技術協力を頂いた三愛石油株式会社研究所の研究員の方に深く謝意を表する次第であります。

9. 参考資料

月刊消防1980年1月号