

消火用添加剤の消火効果について(第1報)

——非イオン系界面活性剤による消火実験結果——

The effectiveness of Extinguishing by Addition to Water.(Series 1)
 ——Results of Extinguishing Tests of Nonionic Surface Active Agent——

平 沢 正 己*
 鶴 岡 功 二*

The extinguishing power of three kinds of nonionic surface active agents, Fire out, Wetting agent and Adekatol NP-700 were evaluated experimentally. From the burning tests of three kinds of fuels, rubber plate, wood crib and no alkyllead gasoline, preburn times were determined to be 2 min for rubber plate and 30 sec for wood crib and gasoline. Extinguishing tests were carried out using spray nozzle, and the detail of the radiant intensity and other quantities for each fuel were measured.

It was found that the radiant intensity and temperature were suppressed largely by Fire out solution for tire fire. Extinguishing effect of Wetting agent for initial tire fire was approximated to Fire out, but Wetting agent and NP-700 couldn't expect the suppressing effect along with spreading a fire. As for wood fire and gasoline fire, extinguishing effect of three kinds of nonionic surface agents didn't recognize difference clearly, compared with plain water.

1. はじめに

特殊可燃物であるゴムや合成樹脂類の火災は、生活空間への高分子材料の普及に伴って増加し、その性状、原因等は多種多様になってきている。また、このような可燃物が大量に集積されている場所や、製造工場において火災が発生した場合、消火活動が著しく困難をきたし、鎮火までに相当の時間と労力を費やす。

ゴムタイヤ火災を例にとると、昭和55年8月、埼玉県浦和市の古タイヤ置場付近から出火した火災では、自動車の古タイヤ約30万本が燃え、消火までに丸1日近くを要した。また、国鉄武蔵野線は不通となり、付近住民には避難命令が出るなど、社会生活に大きな影響を及ぼした。

さらに、昭和59年4月、新潟市のタイヤ集積場に発生した火災では、古タイヤ約6万本が焼損し、鎮火までに3時間を要した⁽¹⁾。

近年、このような水だけでは消火活動が困難な火災に対して、非イオン系界面活性剤を用いた消火用添加剤が開発されてきた。非イオン系界面活

性剤は、従来のアニオン系界面活性剤と比べて、低起泡性で、燃焼物体内部への湿潤性が良く、消火効果を高め再燃防止効果も良いと言われている。

そこで本研究は、ゴム、木材及びガソリン火災に対し、非イオン系界面活性剤を主成分とする消火用添加剤を使用し消火した場合、その消火効率の状況及び物理性状について、小規模モデル実験を通じて確認した。また、他の目的で市販されている非イオン系界面活性剤についても合わせて実験を行い、同活性剤の基礎的性状を把握し、消火活動への活用方法について検討を行った。

2. 実 験

(1) 非イオン系界面活性剤の種類

実験に用いた非イオン系界面活性剤の種類及び成分は、次のとおりである。

ア. Fire out(ファイヤーアウト)

小野田セメント(株)が販売している消火用添加剤(商品名 Fire out)で、非イオン系界面活性剤を20~29重量%の濃度で含有するものである。界面活性剤として、アルキルフェノキシポリオキシエチレンエタノール類、エトキシ化アルコール類、及び、オキ

*第二研究室

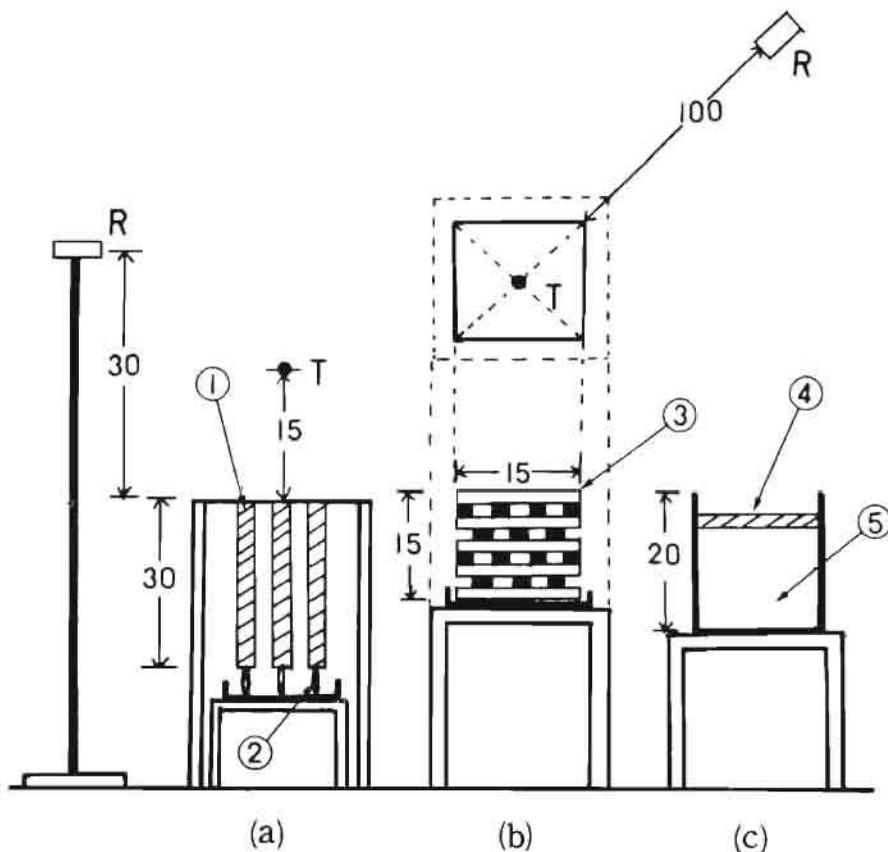


図1 各燃料の配置

(a)天然ゴム (b)木材クリブ (c)ガソリン ①ゴム板
 ②ロックウール糸 ③杉材 ④無鉛ガソリン ⑤水
 T:熱電対 R:放射計

シプロピレンオキシエチレンポリオールから、1種又は2種以上のものを選んだ配合物である。⁽²⁾

イ. 展着剤

主に農薬散布液の展着性を向上させる目的で使用されているもので、アルキルフェノールポリエチレングリコールエーテル、及び、リグニンスルホン酸塩を主成分としている。

ウ. アデカトール、NP-700

旭電化工業(株)の非イオン系界面活性剤で、ノニルフェノールエチレンオキサイドグリコールエーテルからなり、エチレンオキサイドを7モル含有するものである。

(2) 表面張力及び接触角の測定

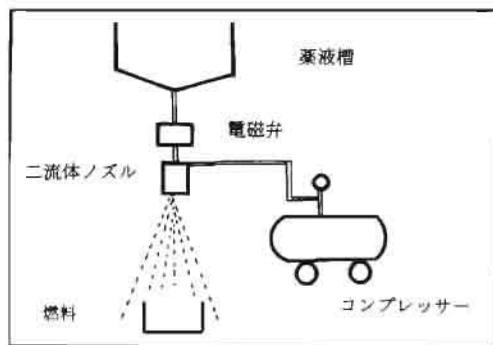


図2 消火実験装置

表面張力は、JISK3362「合成洗剤試験方法」に定めるデュヌイ表面張力計を用いて、前(1)の各界面活性剤の濃度を、0.01~0.5%とした試験液を、20°Cに保持して測定した。

接触角(固体表面と滴粒とのなす角度)に

については、パラフィンを塗布したガラス板と、清浄な天然ゴム板上に、各濃度の試験液を滴下して、スライド投影光を写真撮影して測定した。

(3) 予備燃焼実験

実験は、当研究所燃焼実験室内で、風による燃焼状況への影響を最少にして行った。燃料は、固体燃料としてゴム及び木材クリブ、液体燃料として無鉛ガソリンを用いた。設定条件は図1に示す。

ゴム火災実験は、天然ゴム板(30 cm×4 cm×4 mm) 3枚を、一辺 20 cmの正三角形の頂点の位置に垂直に吊した。点火は、ゴム板最下部にロックウール系を取り付け、これに助燃材としてガソリンを若干滴下して行った。

木材火災実験は、1 cm×1 cm×15 cmの良く乾燥させた杉材を、1段に3~4本並べ15段積みとし、井桁状に組んだ。点火は、最下段のクリブ底面をガソリンで湿らせ、クリブが

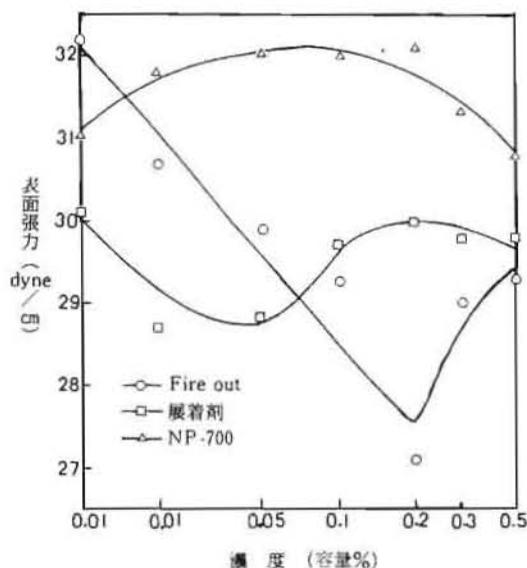


図3 界面活性剤の濃度と表面張力の関係

均等に燃焼するようにして行った。

ガソリン火災実験は、20 cm×20 cm×20 cmの燃焼容器(板厚 1 mmの鋼板製)に深さ15 cmまで水道水を入れ、それに無鉛ガソリンを200cc 浮かして、点火棒で点火した。

各々の火災に対応した温度の測定は、CA熱電対を各燃料から上部約 15 cmの中央部に設けて記録した。受熱輻射量の測定には、東

京精工製、RE-III型輻射温度計を用いて行った。

(4) 消火実験

消火装置の概略を図2に示す。界面活性剤を加えた水道水を鋼製容器に入れ、ノズルとの落差を 20 cm以上として、溶液をノズルに自然流下させた。ノズルと鋼製容器間には、電

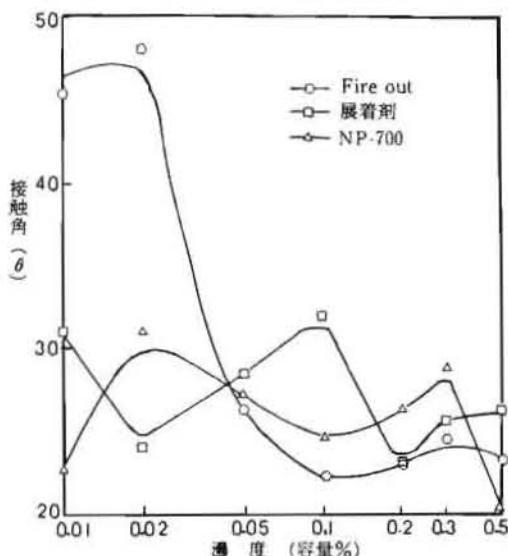


図4 界面活性剤の濃度と接触角の関係 (対ガラス板)

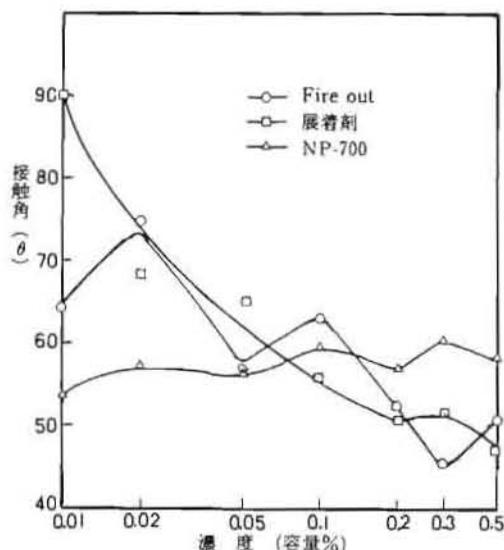


図5 界面活性剤の濃度と接触角の関係 (対ゴム板)

磁弁を取り付け、溶液の流下を制御した。ノズルは、扶桑精機株式会社 TB-1 型二流体ノズルを用い、各燃料から上部 90 cmの中央部に配置し、

コンプレッサー（圧力 3 kg/cm²）で圧縮空気を供給して、充円錐噴霧を生じさせた。噴霧の放射量は、各界面活性剤による変動がほとんどなく、毎分 174ml であった。消火時間は、消火開始から有炎現象が終了した時間とし、ゴム及び木材クリブ残査の、消火直後の重量及び乾燥後の重量も合せて計測した。

3. 実験結果及び考察

(1) 表面張力及び接触角

界面活性剤の消火効果を評価する上で、表面張力及び接触角は、固体内部への浸透性及び濡れやすさの一つの判断材料となる。

図 3 には、Fire out, 展着剤, 及びアデカトール NP-700 (以下「NP-700」という) の、各濃度における表面張力の変化を示す。Fire out は、濃度の増加に伴ってほぼ直線的に表面張力が減少し、0.2 容量%濃度で最低値を示している。Fire out は、0.02~0.2 容量%に濃度を調整して使用するよう指定されており、この結果からも、表面張力が低い濃度範囲を指定していることが分かる。展着剤は、0.05 容量%以下で、Fire out よりも低い表面張力を示しているが、極端な低下は見られず、0.1 容量%以上では、かえって Fire out よりも高

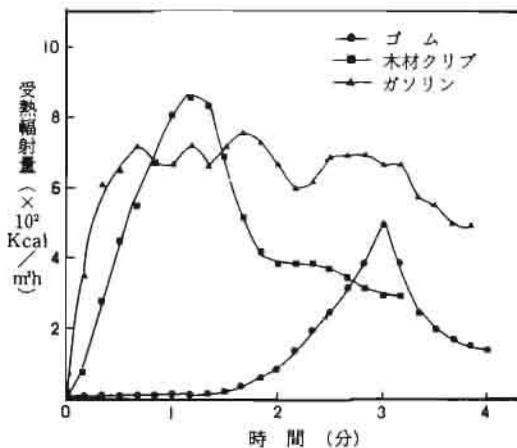


図 6 各燃料の受熱放射量

い値を示した。NP-700 にとっては、他の界面活性剤よりも測定濃度範囲では、ほぼ全般にわたり表面張力が高いことが認められる。

図 4 と図 5 には、パラフィンを塗布したガラス面と清浄な天然ゴム板上の、各界面活性

剤滴粒との接触角を示す。

ガラス板上の接触角は、Fire out の濃度の増加により著しく減少し、0.1 容量%濃度からは、濃度を増しても変化がほとんど見られない。展着剤及び NP-700 では、濃度変化による接触角の変化は顕著でない。一方、ゴム板上の接触角については、展着剤が接触角を大きく低下させたが、Fire out では、緩やかな減少しか見られなかった。接触角については、固体の種類や固体表面の粗荒の状態により影響されるが、ゴム板上においては、全般にガラス板上よりも値が増加しており、ゴム表面が湿潤しにくいことと符号している。

消火効果については、単純に湿潤性及び浸透性から評価をすることはできないが、界面活性剤が表面張力を低下させ、接触角を小さくすることから、固体表面を湿潤させ、内部への浸透性を良くして、消火を促進させることも考えられる。また、濃度についても、0.5 容量%以下で界面活性剤の作用を発揮させられることから、従来のアニオン系界面活性剤による消火薬剤と比べ、使用上有利な面が見受けられる。

(2) 予備燃焼実験

消火実験を始める前に、各燃料の燃焼時間、受熱放射量等を見るために、各燃料の燃焼実験を行った。受熱放射量の結果を図 6 に示す。ゴムの放射量は、点火後立ち上がりが遅く、最大放射量に達したのは、約 3 分後であった。その後は一気に燃焼が終了に近づき、放射量が大きく減少した。一方木材クリブは、70 秒まで急激に放射量を増加したが、その後ゴム同様大きく減少した。ガソリンについては、40 秒で定常燃焼に移行した後は、約 2 分間ほぼ等しい放射量を示した。

これらのことから、消火実験における消火開始時間は、木材クリブ及びガソリンにあっては 30 秒、ゴムについては、燃焼がゴム全面に移行する以前の 2 分とした。これは、ゴム表面が火炎にさらされると、ひび割れを生じ、これに水が付着した場合、濡れや浸透性が良くなると考えられることから、燃焼しているゴム面と未燃焼のゴム面が混在している状態で消火を開始して、各界面活性剤の消火効果

表1 ゴムの界面活性剤による消火実験結果

	消火時間 (分, 秒)	初期重量 M(g)	消火時重量 Mo(g)	乾燥後重量 Mi(g)	重量減率 M-Mi/M	総輻射量 ×10kcal/m ² h	輻射減率	吸水量 Mo-Mi	吸水率 Mo-Mi/Mi
未消火*	5' 24"	244.4		162.6	0.33	363.4	1.00		
水*	1' 42"	247.4	189.7	176.7	0.29	286.3	0.79	13.0	0.074
	2' 03"	246.3	191.4	173.6	0.30	281.6	0.77	17.8	0.103
Fire out*	1' 51"	242.2	204.4	182.1	0.25	168.5	0.46	22.3	0.122
	1' 35"	250.7	203.2	184.8	0.26	258.4	0.71	18.4	0.100
展着剤*	1' 36"	243.7	190.9	175.8	0.28	272.7	0.75	15.1	0.086
	1' 56"	247.0	203.5	184.5	0.25	233.5	0.64	19.0	0.103
NP-700*	1' 27"	242.3	218.2	175.9	0.27	256.2	0.71	42.3	0.204
	1' 48"	241.7	219.1	173.0	0.28	301.2	0.83	46.1	0.266

注1) 総輻射量は、消火開始後からの輻射量の積算値

2) *を付したものは、図7～8に用いたデータ

を検討しようとするためである。

(3) 消火実験

消火薬剤の消火効果を確認する方法としては、まず消火時間の比較を行い、早く消火できたものが効力があると考えられる。しかし、実験設定をいくら同一にしても、測定値には

も比較を行い、総合的な観点から検討を行った。

なお、各界面活性剤の水への添加割合は、表面張力及び接触角の測定結果から、最も湿潤性が良いと考えられる濃度として、Fire out 0.2容量%, 展着剤 0.05容量%, 並びに NP

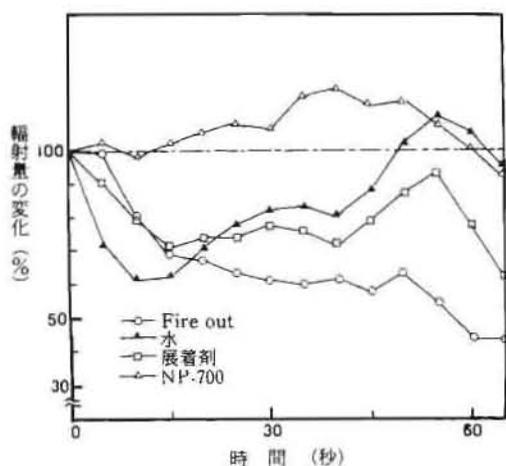


図7 消火開始後の輻射量の変化(ゴム)

かなりのばらつきがあることが報告されている。^[3]また、消火は消火時間にあまり関係なく、多分に偶発的に起こるともみなされている。^[4]これらのことから、消火効果の有無を消火時間のみで検討を行うのは、正しい評価とは言えなくなるため、今回は、燃焼抑制や延焼阻止の面から、重量変化、輻射量及び温度について、また再燃防止の面から吸水率について

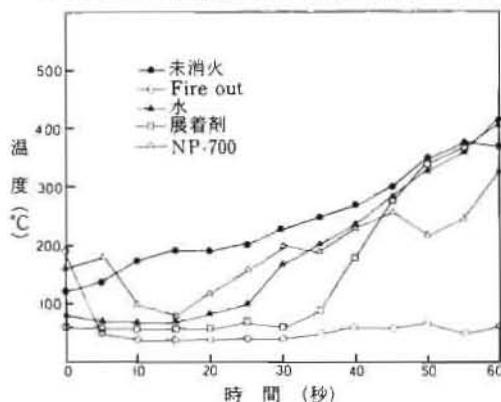


図8 消火開始後の温度変化(ゴム)

-700 0.5容量%として行った。

ア. ゴムの消火

表1に各界面活性剤を添加した水による消火実験結果を示す。消火時間については、同一の活性剤についても20秒以上のばらつきがあり、比較は困難であった。重量減率においては、水と各界面活性剤には、ある程度の有為差が見られる。これは各界面活性剤が表面張力を低下させ、接触角を小さくすることから、湿潤性の向上によるためであると思われる。消火開始から消火まで

表2 木材クリブの界面活性剤による消火実験結果

	消火時間 (分, 秒)	初期重量 M(g)	消火時重量 Mo(g)	乾燥後重量 M ₁ (g)	重量減率 M-M ₁ /M	総輻射量 ×10kcal/mh	輻射減率	吸水量 Mo-M ₁	吸水率 Mo-M ₁ /M ₁
未消火*	2' 16"	259.2		9.3	0.96	728.8	1.00		
水*	2' 23"	271.9	115.3	41.4	0.85	576.7	0.79	73.9	1.79
	2' 00"	263.8	89.5	35.3	0.87	536.7	0.74	54.2	1.54
Fire out*	2' 29"	271.7	101.6	35.6	0.87	626.7	0.86	66.0	1.85
	1' 51"	263.3	95.8	40.6	0.85	559.2	0.77	55.2	1.36
展着剤*	2' 34"	258.0	60.8	32.3	0.87	568.7	0.78	28.5	0.88
	1' 56"	265.3	77.1	38.3	0.86	497.1	0.68	38.8	1.01
NP-700*	2' 31"	271.9	112.6	67.9	0.75	558.6	0.77	44.7	0.66
	2' 16"	275.0	81.0	48.0	0.83	555.9	0.76	33.0	0.69

注 1) 総輻射量は、消火開始後からの輻射量の積算値
 2) *を付したものは、図9～10に用いたデータ

の総輻射量を、前(2)の予備燃焼実験で行った未消火のもの比べると、消火効果にかなりの相違が見られ、消火用添加剤であるFire outが、他の界面活性剤よりも著しく総輻射量を低下したものがあつた。図7には、表1に*を付した実験の、消火開始後から各時間の界面活性剤の受熱輻射量を、未消火のそれとの比で表わした。Fire outは、輻射量がよく抑制されているのが分かる。また展着剤についても、Fire outほどではないが、輻射量の減少が見られた。NP-700については、展着剤の主成分と同一のアルキルフェノールポリエチレングリコールエーテルからなるが、消火初期には、燃焼を助長しているようにも見える。当然水への添加剤であるから、輻射量の上では水より低い値が期待されるが、測定値のばらつきか他の要因に起因するかは、現在のところ結論づけられない。図8に示した消火開始後の温度変化についても、輻射量と同様な傾向を示しており、Fire outが著しい温度低下を示している。消火初期には、Fire out > 展着剤 > 水 > NP-700の順に温度低下は大きい。燃焼が拡大するにつれて、展着剤、水及びNP-700では火災の抑制は期待できなくなる。再燃防止を考える上で参考となる。消火時の吸水率を表1から見ると、NP-700が他の界面活性剤よりも高い値を示している。吸水率の評価は、燃焼初期の燃

焼抑制効果とは区別して考えなければならぬ問題で、消火直前における燃料温度や、燃料表面の状況により変化する。NP-700は、表面張力や接触角の測定においては、他の界面活性剤よりも優れた性能は見られな

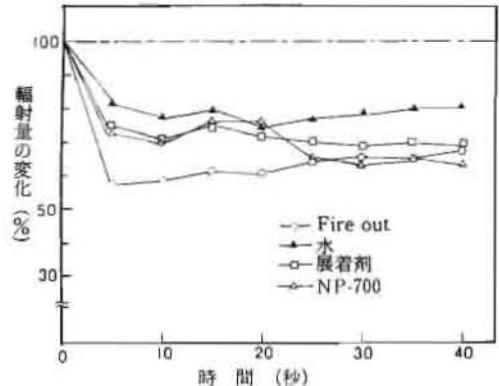


図9 消火開始後の輻射量の変化(木材クリブ)

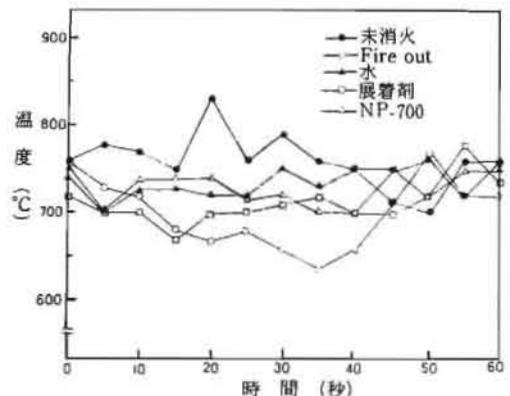


図10 消火開始後の温度変化(木材クリブ)

かったが、ゴム表面が火災によりひび割れを生じたような状態では、湿潤性が良くなり、内部への浸透性も増すのではないかとと思われる。

ゴム火災の消火については、専用の消火用添加剤である Fire out が、燃焼抑制について優れた効果があると考えられるが、他の非イオン系界面活性剤についても、Fire out と同等の効果を発揮できる項目もあった。

イ. 木材クリブの消火

表2には、木材クリブの消火実験結果を示す。この実験でも消火時間内にかんがりのばらつきが見られたが、重量減率、総放射量とも、どの界面活性剤についてもほぼ同じ値を得た。図9には、表2に*を付した実験の消火開始後の受熱放射量の変化を未消火のそれとの比で表わし、図10には温度

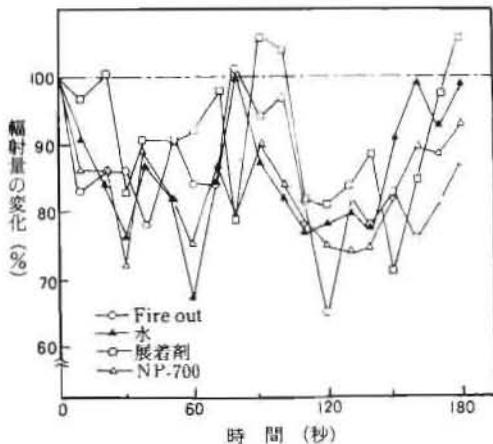


図11 消火開始後の放射量の変化(ガソリン)

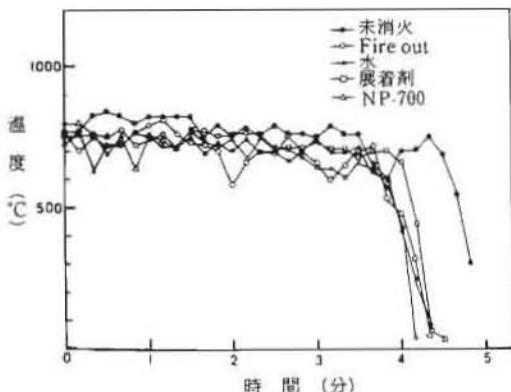


図12 消火開始後の温度変化(ガソリン)

変化を示した。放射量についても、各界面活性剤とも水よりは若干減少しているが、大きな差は認められなかった。温度変化についても同じことが言える。吸水率は、展着剤及びNP-700が Fire out よりもかなり低い値を示した。特にNP-700では、ゴムの消火の場合と反する結果となっている。

木材クリブは、有炎現象が終了した後、すなわち消火後も燃焼がかなり進んだ部分においては、高温のままくすぶっている。予備燃焼実験から、木材クリブは消火後も300°C以上となっている部分もあると推定され、ゴムの消火時点の温度よりも高くなっていると考えられることから、展着剤及びNP-700では、300°Cを超える温度耐熱浸透性、すなわち高温に耐えて浸透性をもつことに劣っていると考えられる。

ウ. ガソリンの消火

水及び各界面活性剤による消火では、ガソリンの燃焼が終了するまでに、消火することはできなかった。図11に消火開始後の受熱放射量の変化の割合を未消火のそれとの比で表わし、図12に温度変化を示した。放射量、温度とも水による消火と比較して、差はほとんど認められなかった。界面活性剤は、溶剤である水が燃料表面を濡らし、内部に浸透して消火を早めるということから考えると、ガソリンなど油火災には対応できないと思われる。

4. まとめ

今回の実験は、回数も限られており、また、界面活性剤の供給も限界供給率に近く、一般的な結論を導くには不十分な点が多々あるが、次のようなことが言える。

- (1) Fire out は、タイヤなどのゴム火災に対して、従来の消火手段よりも消火効果を高め、優れた特性をもつと考えられる。しかし、木材やガソリンなどの油火災への効果については、水による消火の場合と、差はほとんど認められない。Fire out が木材火災に対して有効と考えられるのは、今回実験に使用した杉材のように、吸水性が大きい木材ではなく、枕木などのように水を浸透しにくいものに対

してであろう。

- (2) Fire outが消防隊で使用されるには、作業性についても検討を要する。火災現場において、ラインプロポーション等の吸入装置により指定された濃度として使用する場合、Fire outは組成中のエチレンオキシドの影響により、溶解性があまり良くなく、また冬期には粘性も高くなることが予想されるなど、未だ解決すべき課題は多いと思われる。
- (3) 展着剤は、Fire outほどの消火効果は示さなかったが、それと同等の効果を見せる測定結果もあった。しかし、NP-700と同様に高温下での燃料内部への浸透性が劣るとも考えられ、合せて今後の検討課題としていきたい。非イオン系界面活性剤は、従来の消火薬剤より

も低濃度で使用でき、タイヤ火災など消火が困難な火災に対して効果があることが判明した。今後は、より大規模な火災への対応についても検討を行い、非イオン系界面活性剤の活用について、研究を継続して行く予定である。

5. 参考文献

- (1) 新潟市消防局，東消防署，火災資料
- (2) 公開特許公報，昭56-130167，「消火用組成物及び消火方法」
- (3) 木田甫，火災学会論文集，Vol 18, No2, P1-8, 1969
- (4) 木田甫，火災，Vol 21, No3, P19, 1971
- (5) 堀口博，新界面活性剤，三共出版