

プラスチック火災の消火

自治省 消防庁消防研究所

消火第一研究室長

高 橋 哲

1. まえがき

近年、都市計画の推進に伴い、建物の不燃化、難燃化が促進される一方、様々な火災危険性物質の使用量が増加している。

たとえばケーブル、OA機器、古タイヤ等の火災では、燃料の実態はプラスチックである。自動車、倉庫、工場等の火災が頻発し報道されているが、プラスチック製品が主要な燃料になっている場合は多い。魚河岸における発泡スチロールの大規模な火災も記憶に新しい。問題はこれらの火災は、有害ガスを発生するばかりでなく、火勢が強く消火困難に陥る場合が多い事実である。現状では大量放水に頼る以外に適切な消火方法がないが、なにかもっと旨い方法はないか切実な問題になってきている。筆者は、プラスチック火災の消火について研究を行ってきたので、本誌に水、濡れ水を中心として二酸化炭素に至る消火方法の特徴と問題点をご紹介し参考に供したい。

2. プラスチック火災の消火上の問題点

実火災の消火では、放水および泡の放射が試みられてきた。しかしこの泡は、これまでに何度か使用されたことはあるが、さほど有効ではなかった。たいていの場合、多量の注

水によって消火は完了する。ところでプラスチックは、水とは極めてなじみにくい性質がある。いくら水をかけてもほとんど無駄に流れ落ちてしまい、筒先が移動すると、そこは元のままの燃えやすい燃料として残る。注水領域が燃焼領域に比べて小さいときには、燃焼領域が消火領域を燃やそうとする力と注水による消火の力とが競合状態に陥る。消火力が勝ると全体が消火し、平衡状態に陥ると消火は不成功であるという。規模の大きな火災でのこのダイナミックな消火機構は、極めて大きな役割を持つ。さて、燃料表面への水の付着量を多くすることができれば、この水が冷却したり熱遮断したりするから、その間、筒先を他の燃料領域に向けることができ、消火しやすくなる。既にタイヤ火災の消火に、「濡れ水」が有効であることは、内外で認められている。そこでプラスチック火災の消火でも濡れ水が有効ではないかと推測できるが、いまだ濡れ水は元より、水についても、プラスチックの種類ごとに消火上の問題点を調べた例は無いようである。また、濡れ水を作るための界面活性剤には特殊なものを利用するより、消防署、事業所などに備えられている泡用原液を転用できれば好都合と考えられるので、これについて試験した。さらに、

不活性ガスによる大規模火災の消火は期待できないが、初期の小火災なら消火できる可能性がある。ここでは、5号型二酸化炭素消火器を使用して種類ごとに特徴を比較した。

3. 消火結果と検討

3.1 丸棒火災の消火

代表的な汎用プラスチック丸棒をクリブ状に積み上げたものを燃料モデルとした。燃焼時間と水噴霧による消火時間の関係を種類毎に測定して図1に示す。さらに濡れ水と水の消火時間の比較、及びプラスチック生材表面への各々の付着量を測定した結果を表1に示す。

図1及び表1に示すように、極めて消火容易なものから消火困難なものまで変化に富んでいる。PP、ABSが燃焼時間に対し山形の消火時間を呈しているのは、燃焼時間の経過につれ、燃料が焼失し規模が小さくなるためである。他のプラスチックでも同じ傾向をたどると考えられるが、形崩れなどにより、図示以上の測定はできなかった。木材について同一条件下に試せばPMMA～

POM間に位置すると思われる。

消火の難易性は燃焼表面が水に打たれた時の、付着や吸収性によっても決定的な影響を受ける。表1から、水の付着量の多い傾向のあるもの(PC、PF、ABS、PU、PS)、

表1 プラスチック丸棒火災の消火時間と付着液量

プラスチックの種類	水			濡れ水		
	消火時間		付着量 ρ (kg/m ²)	消火時間		付着量 ρ (kg/m ²)
	鎮圧	100%		鎮圧	100%	
PVC	不燃		0.012	不燃		0.029
PU		6秒	0.014		8秒	0.033
PC		14秒	0.027		6秒	0.035
PF		16秒	0.018		8秒	0.031
PMMA		18秒	0.010		11秒	0.025
※木材 (辺材～心材)	—		0.109～0.058	—		0.112～0.093
POM		45秒	0.010	30秒	50秒	0.022
PE	1分00秒	2分00秒	0.008	10秒	40秒	0.021
ABS	2分00秒	2分40秒	0.016	10秒	20秒	0.030
※PS	—	—	0.015	—	—	0.035
PP	4分30秒	消火セズ	0.011	20秒	2分25秒	0.018

(注) 注水密度0.38kg/m²・s、※この付近に位置すると思われる。
濡れ水はライトウォーター6%型を0.2%に希釈したもの。

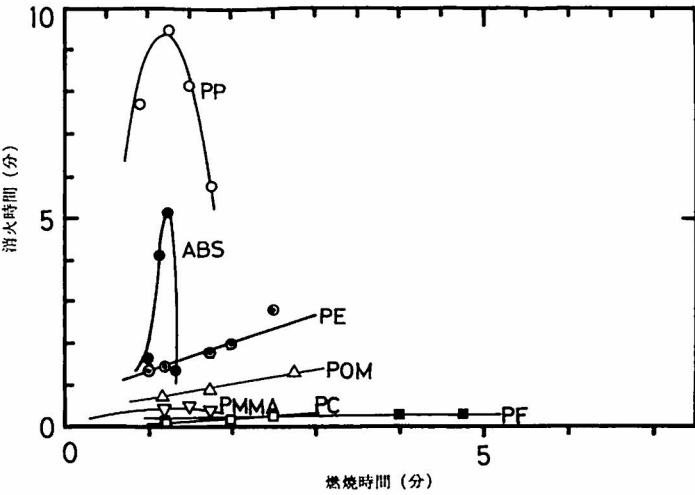


図1 燃焼時間と消火時間の関係
(水噴霧の注水密度、0.25kg/m²・s)

また、幾分かでも炭化するもの（P F、P C、P M M A、A B S）及び吸水層のできるもの（P O M）は大体において消火しやすいようである。これらの条件を多く満たすものほど消火しやすい傾向がある。別の見方をすると、純炭化水素系樹脂（P P、P E、P S）は消火し難く、酸素や窒素を含む樹脂は消火しやすい結果となっている。

次に、一例として、濡れ水の濃度と消火時間の関係を水成膜原液（ライトウォーター、6 % 型）について測定して図 2 に示す。図 2 に於いて、オタマジャクシ状の縦線符号は、わずかに一カ所がチロチロ燃え続ける鎮圧状態を示している。濃度が薄いときには鎮圧状態になってもなかなか完全消火しにくく、高いときにはこの時間が短くスムーズに消火することを示す。微量の界面活性剤の添加によって、劇的に消火効果の向上がみられる。

図、表に示した以外の消火上の特色を、次に種類ごとに述べる。

(1) 塩化ビニル樹脂（P V C）

点火用バーナの火炎で加熱している間は炭化しながら燃焼するが、バーナを取り去ると

すぐに自己消火する。可塑剤の入っていない P V C は、完全な自己消火性である。

(2) ポリウレタン樹脂（P U）

P U は他の可燃性プラスチックと比べて、丸棒を幾分密に充填しないと燃焼せず、燃焼が始まっても徐々に下火になる。注水の瞬間、燃焼直径の 10 倍位の大きな火炎球を生じる。そして数秒後に、火炎の消滅と同時に全体が消火する。これは他にない特異な性質である。

(3) ポリカーボネート樹脂（P C）

P C は酸素指数 O I（25）が大きく自己消火性といわれる。しかし、着火性は悪いものの、一旦着火すると他の樹脂と同様に良く燃焼する。噴霧注水によって、きわめて円滑に裏面まで消火する。濡れ水の効果が勝る。少し膨らみながら軟化、融着したれ下がる。表面は薄く炭化する。

(4) フェノール樹脂（P F）

静かに燃焼し、木材の燃焼と酷似する。注水により木材に近いが木材より円滑に消火する。表面は木材同様に炭化する。濡れ水は炭化面を濡らし易いため、水より迅速に作用する。

(5) メタアクリル樹脂（P M M A）

よく燃焼し、わずかに炭化もする。しかし注水によって円滑に消火する。

(6) ポリオキシメチレン樹脂（ジュラコン、P O M）

火炎は非常に透明な薄い紫色をしている。熱放射は弱い。注水によって比較的簡単に消火する。消火した表面はサンゴ石に良く似たボロボロの多孔質の表面を持ち、吸水性がある。

(7) ポリエチレン樹脂（P E）

燃料温度が少し低くなると、それほど着火

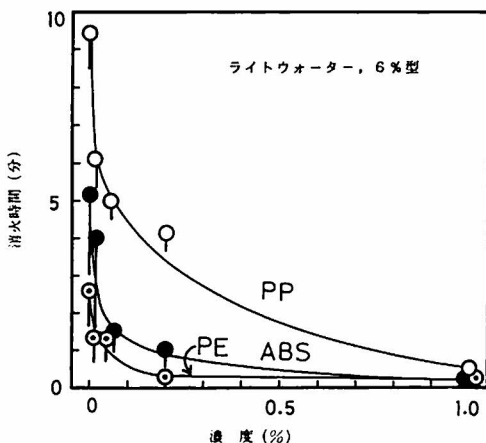


図 2 泡原液の濃度と消火時間の関係

性は良くない。表面は透明に融解し、融解物はヒューヒュー音を発し、燃えながらスジを引いて激しくながれ落ちる。図1に示したように、着火初期には消火しやすいが、盛期には相当難しくなる。注水の瞬間大きな火炎を生ずる。徐々に着実に消火が進む。丸棒の裏面にたまたま溝ができると、この溝の中で燃焼が継続し、なかなか完全消火しない。しかし濡れ水を使うと、この残火も円滑に消火させる。濡れ水の効果が大きい。

(8) ABS樹脂 (ABS)

着火容易で濃い火炎色を発し激しく燃える。表面は軟化し、膨れながら互いに融着し、少し融解滴下もする。少し炭化もする。この樹脂は融解塊状化しやすく、裏面へ水が回りにくくなるせいで完全消火は難しくなると思われるが、本来は消火容易な方であろう。濡れ水の効果は顕著で円滑に消火させる。

(9) ポリプロピレン樹脂 (PP)

着火容易で激しく燃え上がる。融解物が燃えながら滴下する点はPEに似るが、PE程激しくない。注水によって大きな火炎を生じる点もPEに似る。徐々に火炎は小さくなるもののPEよりはるかに遅い。丸棒の裏面に逆凹の字状の溝ができ、この中で燃焼が継続する。燃料が焼け細のりと相まって消火するが、燃焼の初期、中期、末期に

かわらず極めて消火困難である。濡れ水の鎮圧効果が極めて大きい。

(10) ポリスチレン樹脂 (PS)

同サイズの丸棒が入手できないので、他のものと同じ比較はできなかったが、板による消火実験を行った。着火容易で粘性の高い融解物が滴下し、多量のススと臭気を発生する。水の当たる面は消火するが、火勢が強く消火はかなり困難である。状況判断になるが水を使った場合、表1の中でABSとPPの中間位に位置すると推定される。

全体を通じていえることは、注水方法に関しては、棒状注水では注水面積が狭く、かつ水は付着しにくいので消火効果は極めて小さく、噴霧注水の効果が格段に大きい。水をつかうなら立体的に注水することが望まれる。水噴霧によって消火しやすいものとしてPU、PC、PF、PMMA、POMが、消火しにくいものとして、PE、ABS、PS、PPが分類出来、また、注水時に火炎球を生

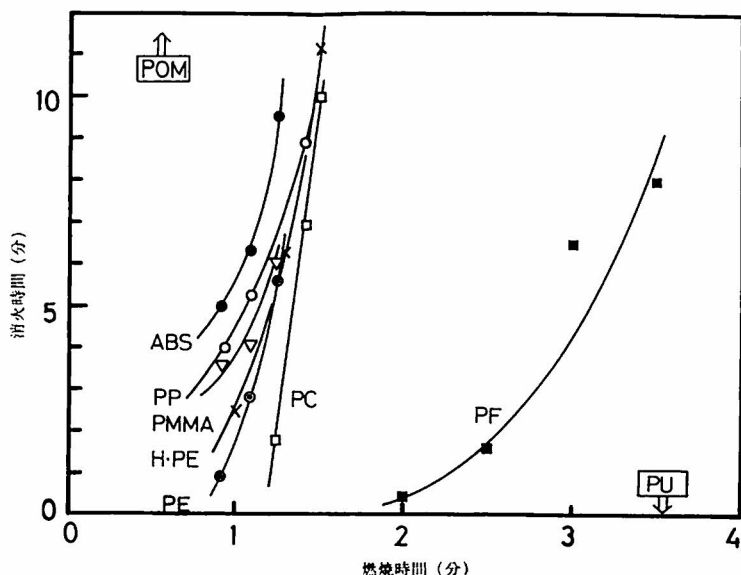


図3 燃焼時間と消火時間の関係
(二酸化炭素ガスによる、1.5mの距離から)

ずるプラスチックとして、PU、PE、PPが挙げられる。融解性プラスチックでは、燃料下にプール状に溜った液体に水を注ぐと、大きな火球を生ずることがあるので注意が必要である。

3.2 発泡樹脂火災の消火

発泡スチレンでは、水が当たる部分の、厚み0.2mm程度の外殻のみを残し、火は裏面から内部を浸蝕し空洞化させる。外見上はしばしば元の形状を保つ。発泡ウレタンでは、水が直接あたる部分のみ、厚さ1～2mmをシート状に残し、側面と内部を完全に消失する。発泡フェノール（建築用断熱材）は、木材と似た熱焼状況を呈し、水で消火する。発泡スチレン、発泡ウレタンのように空洞化しない。いずれも水と濡れ水の差はほとんど認められなかったが、発泡スチレン、発泡ウレタンは水消火可能とは言い難い。

3.3 二酸化炭素消火器による消火

燃料の側面中央より、1.5mの位置から、5号型二酸化炭素消火器を用いて噴射し、消火の容易さを比較した結果を図3に示す。PU、PF、PC位までは、消火容易の部類に入ると思われるが、これも規模と燃焼程度の問題である。1mの距離からは、POM以外はすべて数秒以内に簡単に消火した。2mでは、PU以外は消火しなかった。とくに注目すべき事実は、POMは数本の消火器を連続使用しても一度も完全消火しなかったことである。POM以外は、初期の小規模火災は二酸化炭素消火器で消火できる可能性がある。

3.4 濡れ水による消火

本稿では、特にこの濡れ水の効果について強調したい。図、表に示したように、濡れ水の消火効果は極めて迅速で、入手容易な泡原

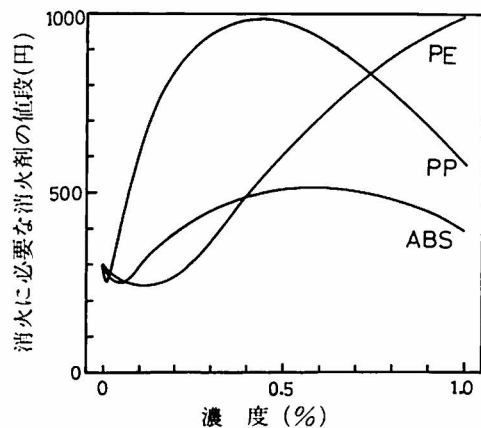


図4 濃度と消火剤の値段の関係
(ライトウォーター6%型)

液を適度に希釈したもので十分用たりる。特別な界面活性剤が必要とは思えず、泡原液以外のものでも効果があろう。但し、無害で安価なものが望まれる。

ここで、濡れ水をどの位の濃度で使用することが適当であろうか。まず消火剤の値段を評価基準とし、濃度変化に対応して必要な泡原液の値段と水の値段をあわせた値段は、図2から計算すると、図4のような形となる。ここで、水の単価は300円/m³、泡原液の単価は1,000,000円/m³としてある。

図4は、ある燃料の火災の消火に水単独で1トンが必要であるところを、濡れ水使用による必要水量の減少と泡原液の添加に伴う、消火剤全体の値段変化を示している。必ずしも安価にはつかないことになるが、実際には消火剤の値段だけでなく、短時間に消火できる事によってもたらされ付加価値も加えて総合評価しなければならない。

（紙面の制約もあって、詳しい説明は割愛せざるをえなかった。さらに関心のあ
る読者は、筆者にご連絡ください。ビデオ、写真等の資料も持っています。）