

消防機器早わかり講座

消火器用消火薬剤

日本の各家庭やマンション、ビル、デパート、工場及び倉庫等には、初期消火を目的として各種の消火器が設置されています。

家庭用には、1kg型から3kg型の消火器が現

在普及しつつありますが、これらの消火器に充てんされている消火器用消火薬剤についての種類、消火作用、火災の種類及び特性について述べることにします。

1 消火器用消火薬剤の種類

表1 消火器用消火薬剤の種類

区分	種類	主成分
水系	水(浸潤剤等入り)	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 等(リン酸二水素アンモニウム, 硫酸アンモニウム)
	強化液	K_2CO_3 (炭酸カリウム)
	化学泡	[A剤] NaHCO_3 , [B剤] $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (硫酸アルミニウム)
	機械泡	(界面活性剤)
(水成膜)		水素膜泡消火薬剤等
蒸発性液体系	ハロン 1011	CH_2ClBr (一臭化一塩化メタン)
	ハロン 2402	$\text{CF}_2\text{BrCF}_2\text{Br}$ (二臭化四フッ化エタン)
液化ガス系	二酸化炭素	CO_2
	ハロン 1301	CF_3Br (一臭化三フッ化メタン)
	ハロン 1211	CF_2ClBr (一臭化一塩化二フッ化メタン)
粉末系	粉末(ABC)	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (リン酸二水素アンモニウム)
		$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (硫酸アンモニウム)
	粉末(Na)	NaHCO_3 (炭酸水素ナトリウム)
	粉末(K)	KHCO_3 (炭酸水素カリウム)
KHCO_3 と $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (尿素) との化学反応物		

2 消火作用

消火を行うには、燃焼の3要素①可燃物、②酸素、③熱のいずれかを排除するか、また

は燃焼が継続するための連鎖反応を中断することが必要です。その方法には、主に次の4つの作用があります。

(1) 冷却作用

熱源から熱を奪い、燃焼物の発火点以下に下げます。

(2) 窒息作用

空気中の酸素濃度は約21%ですが、酸素の供給を遮断するか、またはその濃度を下げることにより消火する方法です。

(3) 希釈作用

可燃性気体または酸素の混合濃度を燃焼範囲に入らない一定の濃度以下に希釈する方法です。

(4) 抑制作用

燃焼継続過程の連鎖反応を抑制するか、あるいは中断させることによって消火する方法です。

表2 消火器用消火薬剤の消火作用と適応火災

区 分		消 火 作 用				適 応 火 災		
		冷 却	窒 息	希 釈	抑 制	A火災	B火災	C火災
水 系	水 (浸潤剤等入)	○			○	○		
	強化液 (霧状のもの)	○		○	○	○	○	○
	化学泡, 機械泡	○	○			○	○	
蒸発性液体系	ハロン 1011, ハロン 2402			○	○		○	○
液 化 ガ ス 系	二酸化炭素			○			○	○
	ハロン 1301, ハロン 1211			○	○		○	○
粉 末 系	粉末 (ABC)			○	○	○	○	○
	粉末 (Na), 粉末 (K)			○	○		○	○

3 火災の種類

火災はいろいろな形態で発生するので、それを明確に分類することは一概にはできませんが、一般的に次のように分類されています。

(1) A火災 (普通火災)

A火災とは、木材、紙、布等の普通火災。

(2) B火災 (油火災)

B火災とは、ガソリン、灯油、油脂等の火災。

(3) C火災 (電気火災)

C火災とは、変電室、電気設備、その他の電気機器等の火災をいいます。

消火薬剤がどのような消火作用により、また、どのような火災に適応するかについては、表2のとおりです。

4 消火薬剤の特性等

(1) 水系の消火薬剤

水はすべての天然物質の中で最も熱を奪い易い物質です。すなわち冷却作用が最も優れているといえます。

ア 水 (浸潤剤等入り)

水の消火能力をより高め、使用できる

温度範囲を広げるために、水にリン酸二水素アンモニウム ($\text{NH}_4 \text{H}_2 \text{PO}_4$)、尿素 [(NH_2) $_2$ C O], 硫酸アンモニウム [(NH_4) $_2$ SO $_4$] 等を添加しています。薬剤は中性で、消火に有効な浸透性等があります。

イ 強化液

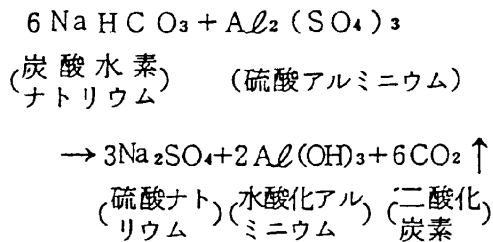
水の消火効力を増すために、水に燃焼抑制作用のある炭酸カリウム ($\text{K}_2 \text{CO}_3$) を40%くらい添加したものです。凝固点は-20℃以下、比重は1.35以上のアルカリ性水溶液で、防炎性があり無色のものと、淡黄色に着色されたものがあります。

ウ 化学泡

外筒用薬剤 (A剤) と内筒用薬剤 (B剤) からなり、A剤は炭酸水素ナトリウム (NaHCO_3) を主成分として起泡安定剤を加えたもので淡褐色の粉末状薬剤であり、B剤は硫酸アルミニウム [Al_2 (SO_4) $_3$] で白色の粉末状薬剤です。泡消火器に充てんするときはそれぞれ水に溶解させて、A剤水溶液は外筒に、B剤水

溶液は内筒に充てんします。

A、B両剤を混合することによって二酸化炭素(CO₂)を含んだ多量の泡を発生し放射されます。反応式は次のとおりです。



また、この泡は、20℃において消火薬剤の容量の7倍(車載式消火器にあっては5.5倍)以上に発泡します。

エ 機械泡

フッ素、シリコン系などの合成界面活性剤を基剤とした水溶液で、機械泡消火器より放射する際、発泡ノズルより空気を吸入し、多量の泡をつくります。この泡は20℃において、消火薬剤の容量の5倍以上に発泡します。

水溶液は中性で、比重も1.0前後です。機械泡消火薬剤の種別として、界面活性剤と水成膜があります。

なお、水成膜消火薬剤は、発泡した泡より分離して形成するフィルム状の薄い膜によって油面の可燃性蒸気をシールする効果があります。

(2) 蒸発性液体系の消火薬剤

常温で無色透明な蒸発性の液体です。消火器の圧力源としては、乾燥した空気や窒素が用いられます。

ア ハロン1011(略称CB)

高純度の一臭化一塩化メタン(CH₂ClBr)で、かすかに芳香性を有します。

イ ハロン2402(略称FB₂)

高純度の二臭化四フッ化エタン(C₂F₄Br₂)です。

(3) 液化ガス系の消火薬剤

常温では無色の気体で、圧縮液化して高圧ガス容器に充てんされています。

ア 二酸化炭素

二酸化炭素(CO₂)は炭素の最終酸化物です。二酸化炭素消火器の腐食や放出

される時に氷結による詰まりがないように、水分の少ないJIS K 1106(液化炭酸)の第2種または第3種が使用されています。液化炭酸1kgにつき1.5ℓ以上の内容積を有する消火器(高圧ガス取締法に適合する高圧容器)に充てんされ(以下充てん比という。)内圧の上昇を容器の耐圧内の圧力に抑えています。

表3 二酸化炭素の品質(JIS K 1106)

種別	二酸化炭素(Vol%)	水分(Wt%)	臭気
1種	99.0以上	—	臭気のないこと
2種	99.5 "	0.05以下	—
3種	99.5 "	0.005 "	—

イ ハロン1211

高純度の一臭化一塩化二フッ化メタン(CF₂ClBr)で、常温ではかすかに甘い匂いを有した無色の気体です。充てん比は0.7ℓ/kg以上です。

ウ ハロン1301

メタン(CH₄)中の水素原子を、ハロゲン原子で置換した高純度の一臭化三フッ化メタン(CF₃Br)です。充てん比は0.9ℓ/kg以上です。

この消火薬剤は、通常5%の濃度で炭化水素(メタン、エタン等)の火災が十分に消せるといわれています。無色透明な気体であることから機器類を汚損しないので、精密な電子機器類の消火薬剤として用いられています。

表4 ハロン命名法の一例

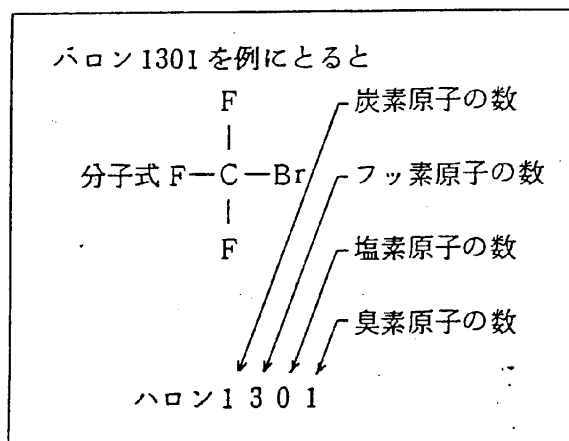


表5 二酸化炭素及びハロゲン化物消火薬剤の特性

	二酸化炭素	ハロン1011	ハロン2402	ハロン1211	ハロン1301
化学式	CO ₂	CHCℓBr	C ₂ F ₄ Br ₂	CF ₂ CℓBr	CF ₃ Br
分子量	44.01	127.37	259.82	165.36	148.91
沸点(°C, 1atm)	-78.50	68	47.26	-3.4	-57.75
融点(°C)	-56.5 (三重点)	-88	-110.5	-160.5	-168.0
比重(g/cm ³ , liq 25°C)	1.976 (0°C, 1atm)	1.938	2.163	1.82	1.538
臨界温度(°C)	31.0	277.0	214.5	153.8	67.0
臨界圧力(atm)	72.80	—	34.0	40.4	39.1
臨界密度(g/cm ³)	0.460	0.641	0.790	0.713	0.745
蒸発消熱(cal/g, bp)	56.0 (0°C)	90	25	32.0	28.8
比熱(cal/g deg liq 30°C)	0.2025 (25°C)	0.202	0.166	0.182	0.208

(4) 粉末系の消火薬剤

現在3種類のもので製造されていますが、共通性状としては、177ミクロン以下の消火に有効な微細な粉末で、防湿および流動性を高めるために、シリコン樹脂等により処理が施してあり、水面に散布しても容易に沈降しないものです。

ア 粉末(ABC)

リン酸二水素アンモニウム(NH₄H₂PO₄)または、硫酸アンモニウム[(NH₄)₂SO₄]を主成分とし、かさ密度が0.9前後で、淡紅色に着色されています。

イ 粉末(Na)

粉末系消火薬剤としては、最も古くから使用されていたもので、炭酸水素ナトリウム(NaHCO₃)を主成分としています。

ウ 粉末(K)

粉末(Na)の改良研究の結果として、ナトリウムをカリウムに置き換えたもので、炭酸水素カリウム(KHCO₃)を主成分とし、淡紫色に着色されています。ナトリウム塩の約2倍の消火効果があるといわれています。

また、消火性能を高めるために、炭酸水素カリウムに尿素[(CO(NH₂)₂]を加えた消火薬剤もあり、これは淡灰色に着色されています。

粉末系消火薬剤のB火災(油火災)に

対する消火能力を比べて見ると一般的に次のような順序になります。

粉末(K) > 粉末(ABC) > 粉末(Na)

5 消火薬剤の消火作用

(1) 水系の消火薬剤

ア 水(浸潤剤等入り)の消火作用

消火器により水(浸潤剤等入り)を燃焼している木材の表面に放射しますと、燃焼している木材の内部まで浸透して、冷却作用を有効に果たします。

イ 強化液の消火作用

消火器により強化液消火薬剤を燃焼している木材表面に放射しますと、水による冷却作用のほかに、水分が蒸発して防炎性結晶が残り、再燃防止作用が消火効果を高めます。

強化液消火薬剤を霧状で放射することによって、B火災にも効果があります。これは、強化液中のカリウム(K)の抑制作用によるものであります。

ウ 泡消火薬剤の消火作用

化学泡や機械泡の消火は、主として泡の含有水分による冷却作用と、燃料表面上を発生した泡で確実に被覆し可燃性蒸気と酸素を遮断する窒息作用です。

木材火災では、機械泡消火薬剤(界面活性剤)の浸透及びぬれの効果により、水が木材の内部まで浸透し再燃を防止する効果があります。

(2) 二酸化炭素およびハロゲン化物消火薬剤

ア 二酸化炭素の消火作用

二酸化炭素による消火は主として、液化炭酸が気化し二酸化炭素の窒息および希釈の作用によるものです。

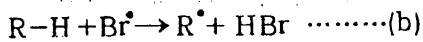
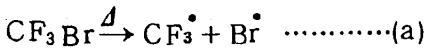
イ ハロゲン化物消火薬剤の消火作用

可燃性蒸気が燃焼する際は、炎の中に各種の遊離基（ラジカル）や原子を生じる連鎖反応が起きています。

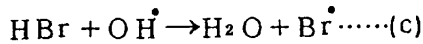
ハロゲン化物消火薬剤による消火は、この連鎖反応を止める抑制作用および、それらのガスによる希釈作用によるものです。

この燃焼の連鎖反応中にハロゲン化物消火薬剤が放射されますと、熱によって分解され臭素ラジカル（Br \cdot ）を発生します（a）。これが燃焼の連鎖反応の大きな因子となっている活性な水素ラジカル（H \cdot ）と結合し（b）、燃焼の連鎖反応を停止し消火するといわれています。

ハロン 1301 の消火機構



この臭化水素は、活性な水酸基ラジカル（OH \cdot ）と反応して水と臭素ラジカル（Br \cdot ）になります。



(c)により発生した臭素ラジカル（Br \cdot ）は、再び(a)式、(c)式の反応を繰り返して、火炎中の活性な水素ラジカル（H \cdot ）や水酸基ラジカル（OH \cdot ）を取り除き、燃焼を停止させると考えられています。

(3) 粉末系の消火薬剤

ア B火災に対する消火作用

ガソリン等の可燃性液体は、液体そのものが燃えるのではなく、液面から発生する可燃性蒸気が空気と混合し、ある濃度範囲になったときに燃焼します。この範囲を燃焼範囲といい、低濃度の方を下限界（A1）、高濃度の方を上限界（A2）といいます。（図1参照）

それでは、粉末消火器により粉末消火薬剤を燃焼面に放射しますと、微細な粉

末粒子が燃焼面を覆うことにより燃焼範囲の濃度を希釈します。（図2参照）

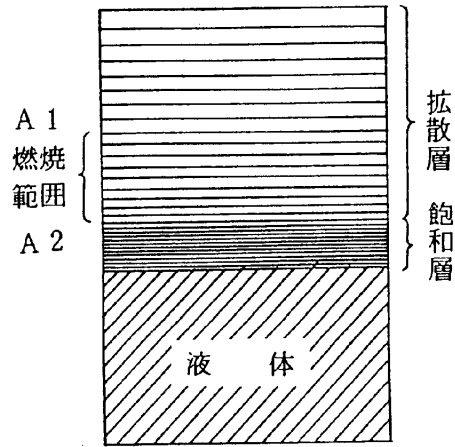


図1 液面上における蒸気層の構成

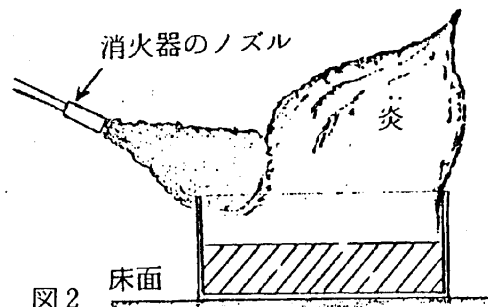
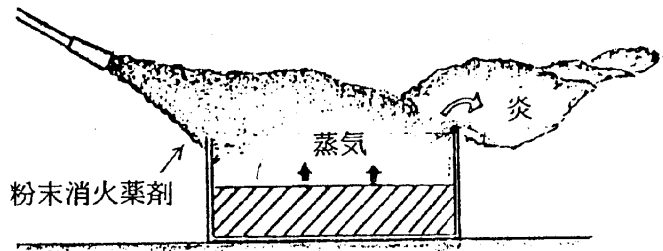


図2

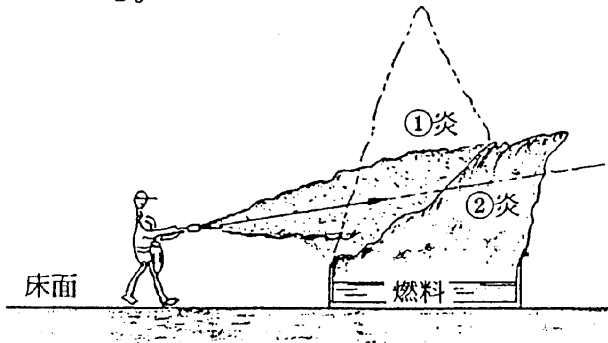
① 燃焼面へ粉末消火薬剤の放射



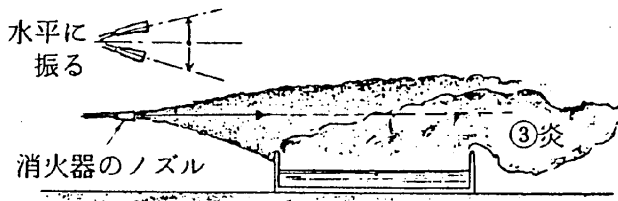
② 可燃性蒸気と空気の混合気体が吹き飛ばされる。

消火の化学反応は、表面で起こると考えられているので、微小な粉末粒子の比表面積を増大させることの方がより効果があります。粉末系の消火薬剤のB火災に対する消火作用は、主に希釈作用と抑制作用によるものと考えられています。

- ① 「炎」を風下に追い払うように消火器のノズルを炎の中心に向けて最初はやや上向きに（輻射熱をさえぎるため）放射する。



- ② 次に「炎」を水平方向にほうきで掃くようにしてノズルを左右にす早く振る（1回／1秒間・程度）



- ③ 「炎」の根元に対して下向き（A・B点）の方向におよそ10°～20°の角度で完全に消火するまで粉末消火薬剤の放射を続けることで炎は（C点）で消える

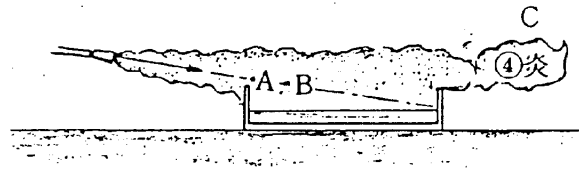
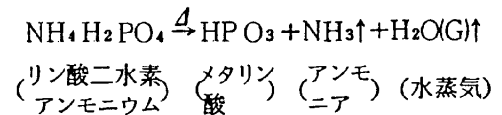


図3 粉末消火器によるB火災（油火災）の消火テクニック（例）

イ 粉末（ABC）消火薬剤によるA火災の消火作用

消火器により粉末（ABC）消火薬剤を燃焼している木材の表面に放射しますと、主成分であるリン酸アンモニウム（ $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ）が次式のように熱分解し、できたメタリン酸が木材に附着し、その防炎作用によって、木材表面からの可燃性のあるガスの発生を抑える作用があるといわれています。



おわりに、消火薬剤（消火器用）は消火器に詰めることにより初めて、その消火効果が充分発揮されるものでありますから、それぞれの「可燃物に最も適応する消火器」を設置し訓練をすることが大切です。