

消火設備の概要と動作フロー

Outline and behavior flow of fire extinguishing equipment

報告者 吉川昭光 ヤマトプロテック(株)

キーワード：消火装置、スプリンクラー設備、泡消火設備、ガス消火設備、粉末消火設備
Key Word：Fire extinguishing equipment, Sprinkler Systems, Foam extinguishing Systems, Gas extinguishing Systems, Dry Chemical extinguishing Systems

1. はじめに

消火設備には、消火薬剤に水を使うもの、泡を使うもの、ガスを使うもの、粉末を使うものが消防法で規定されている。実際には、その消火設備を防火対象物や燃焼物に対し適用し効果的な防火効果を得るには、消火の原理を含め使用する消火薬剤に対しての知識を背景に防火対象物に対してメリット、デメリットを考慮した設備の選定と設計が必要となる。

ここでは、燃焼と消火の4要素から消火設備に使われている消火薬剤の種類とその消火効果を理解し、それを用いる各消火設備の代表的な設備の概要と動作フローの説明を行う。また、最近の消防設備として、消火設備、消火装置、消火薬剤を紹介する。

2. 消火の基礎

2.1 燃焼の4要素と消火効果(図1)

燃焼とは、「酸化反応によって熱と光を発する現象」で、実際の火災で発生する燃焼が継続するために必要な要素は、以下の4つの要素に集約できる。

- ① 可燃物があること。
- ② 点火エネルギー及び熱があること。
- ③ 酸素を含む空気があること。
- ④ 酸化の連鎖反応を阻害する条件が無いこと。

燃焼には、上記①～④の4要素すべてが必要だが、消火には、どれか1つの要素を止めれば可能となる。

燃焼の4要素に対応した消火効果に関して、以下(1)～(4)に説明する。

(1) ①除去効果 : 可燃物を取り去る除去、及び、供給停止。

可燃物を取り去ることは、可燃物となる物を移動したり、その供給を止めることで消火効果を得る。例として、ろうそくを息で吹き消すことは、風的作用で可燃物を除去し消火する。

(2) ②冷却効果 : 熱エネルギーを奪う冷却、温度の降下。

冷却効果は、燃焼している可燃物を冷却し、その可燃物に火を近づけても着火しない温度(引火点)以下に冷却することで消火する。一般に固体及び液体の可燃物を加熱すると表面から可燃性の燃焼ガスが放出される。さらに温度を上げると一定温度以上で自然に発火し燃焼する。よって、可燃物表面を冷却し温度を下げると消火する。引火点以下になれば完全に消火できる。

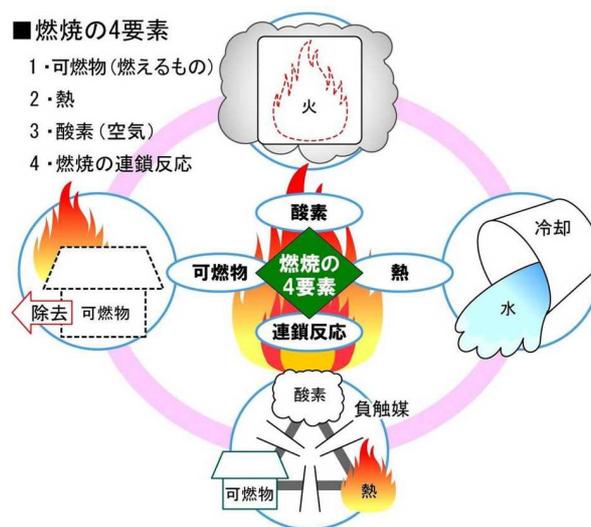


図1 燃焼の4要素

(3) ③窒息効果 : 酸素を取り去る酸素供給源の遮断、及び、酸素濃度低下。

一般に可燃物の燃焼は酸化反応なので、燃焼中に空気の供給を遮断することで酸素が遮断でき窒息消火する。泡等で燃焼物の表面を覆い空気との間を遮断することでも同様な窒息効果となる。たとえ完全に酸素を遮断しなくても、空気中の酸素濃度を低下、酸素を希釈することでも消火は可能で、炭化系可燃物では酸素濃度が概ね 15%以下となれば炎は消滅する。

(4) ④抑制効果 : 燃焼の連鎖反応を遮断、抑制する。

燃焼の連鎖反応を遮断、抑制するためには、反応抑制効果及び負触媒効果を持つ物質を供給する。抑制効果は、燃焼中に起きる酸化の連鎖反応を負の触媒作用により遅らせるか、阻害することで消火する。燃焼の機構は、その過程において活性な遊離基（ラジカル）を生じ、これが連鎖反動的に発生継続することで燃焼を継続する。この活性な遊離基を捕捉し不活性なものに変えれば、燃焼の連鎖反応を断ち切れ消火する。

2.2 火災の分類（表 1）

一般に火災は、可燃物の性状で、普通火災、油火災、電気火災、金属火災に分類している。

表 1 火災の分類

火災区分		可燃物
普通火災	A火災	木材、紙、繊維などの一般可燃物の火災
油火災	B火災	石油類、油脂類などの可燃性液体の火災
電気火災	C火災	通電している電気設備の火災
金属火災	(規定なし)	ナトリウム、マグネシウムなどの金属の火災

2.3 消火薬剤の種類

現在、消防法で規定されている消火薬剤は、水系、泡系、ガス系、粉末系、特種系に分類される。また、その中にはさらに薬剤の素材に応じ細分化された種類があり、消火効果として冷却、窒息、抑制のいずれか一種類かその複合の効果を持つ。以下に各系統で消火の特徴を説明する。

(1) 水系消火薬剤

水系としては、単に水、また、可燃物に対して浸透性を高めた浸潤剤入り水、消火効果を付加した強化液がある。基本となる水は、スプリンクラー設備、水噴霧設備、消火栓等の消火設備で使用する。

(2) 泡系消火薬剤

泡消火薬剤には、動物性のたん白を加水分解した成分を主剤とした「たん白泡消火薬剤」、フッ素を付加した合成界面活性剤で油面上に膜を作る性質を持つ「水成膜泡消火薬剤」、合成界面活性剤（合成洗剤）を主剤とした「合成界面活性剤泡消火薬剤」がある。

泡消火薬剤は、泡消火設備に搭載する薬剤で、水に薬剤 3%及び 6%の濃度で希釈し泡水溶液として使用する。可燃物が油の危険物施設やガソリンスタンド、駐車場等に使用される。

(3) ガス系消火薬剤

ガス系消火薬剤は、窒息で消火する不活性ガスと抑制で消火するハロゲン化合物がある。

① 不活性ガス消火薬剤

不活性ガスには、古くから二酸化炭素が使用されているが、近年、人に対し安全な窒素 100%、IG55

(窒素 50%、アルゴン 50%)、IG541 (窒素 52%、アルゴン 40%、二酸化炭素 8%) が実用化されている。消火は、炎が吸入する空気に含まれる酸素の濃度を低下すること窒息効果で消火する。一般に不活性ガス消火設備は、酸素濃度が概ね 12%程度となるよう設計する。

人が出入りする電算室等は窒素、タワー式駐車場等は二酸化炭素が広く使用される。

② ハロゲン化物

ハロゲン化物消火ガスには、ハロン 1301, 1211, 2402, HFC-23, HFC-227ea, FK-5-1-12 がある。ハロンに関しては、環境問題で全廃されているが、ハロンバンク等のリサイクルの仕組みで再利用される流れが出来ている。ハロン代替としては HFC-227ea, FK-5-1-12 が流通している。消火は、火炎にガスが触れることで熱分解しハロゲン化物が放出され火炎を抑制効果で消火する。注意する点としては、火炎を消火する濃度以下の条件で長く炎に触れると HF (フッ酸) 等の有害なガスが多量に発生する。そのため、法令では、短時間で消火するよう放射時間規定している。放射時間は、ハロンで 30 秒以内、HFC、FK で 10 秒以内の放射で設計する。電算室、危険物施設等を含め広く使用される。

(4) 粉末消火剤

粉末消火剤は、第 1 種に炭酸水素ナトリウム、第 2 種に炭酸水素カリウム、第 3 種にリン酸二水素アンモニウム、第 4 種に炭酸水素カリウムと尿素化合物がある。適用火災では、第 3 種のリン酸二水素アンモニウムのみが ABC 火災 (普通火災、油火災、電気火災) に適用でき、他は BC 火災 (油火災、電気火災) にのみ適用となる。消火効果は、抑制効果で消火する。寒冷地の駐車場、航空機格納庫、危険物施設等に使用される。

(5) その他

その他、危険物の燃焼物に対しては、砂、膨張ひる石、膨張真珠岩等の使用が認められている。ただし、現状、薬剤として搭載可能な消火設備はない。消火の効果は、窒息消火が基本で薬剤の投入量によっては冷却効果も期待できる。

3. 消火設備の概要と動作の説明

3.1 消火設備の基本動作 (図 2)

消火設備は、区画火災の段階で作動し、消防隊が到着するまで火災を防火区画内に抑え拡大を防止する目的で、消火・抑制する機能を持つよう設置する。また、消火設備の消火・抑制の性能は、基本的に適用する消火薬剤で決まるため、薬剤の種類に応じ放射レートや貯蔵薬剤量を決める必要がある。この目的から基本動作フローは、図 2 の流れとなる。現実には、消防法で定められた仕様に従って設置する。

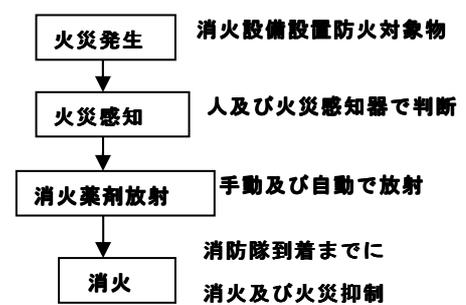


図 2 消火設備の基本動作フロー

3.2 消火設備の構成と動作フロー

各消火設備は、火災を消火するという目的は同じであるが、使用する消火薬剤の違いで水系、泡系、ガス系、粉末系に別れている。よって、防火対象物毎の条件を考慮し最適な消火薬剤を選定し消火設備を決める必要がある。ここでは、各消火設備の代表的な構成と動作フローを説明する。

3.2.1 水系の消火設備

水系消火設備には、主にスプリンクラー設備、水噴霧消火設備、屋内・屋外消火栓がある。ここではスプリンクラー設備について概要を説明する。

で消火用配管内の水が流れ流水検知装置が作動、作動信号は火災受信機へ移報、消火ポンプを起動させ泡放射を継続させる。泡が一定面積に同時に一斉放射されることで流出した油火災（B火災）」を素早く十分に覆うため燃焼面を空気遮断し窒息効果で消火する。また、泡に含まれた水により泡の散布面を冷却し再燃を防止する。

3.2.3 ガス系の消火設備

(1) ガス系の消火設備の分類 (図9)

ガス系消火設備には、不活性ガス消火設備とハロゲン化物消火設備があり、消火方法として区画全域へ放射する全域方式と火災局所へ放射する局所方式に使い分けられる。

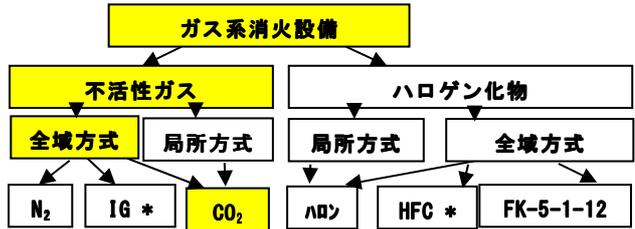


図9 ガス系消火設備の分類

不活性ガスには、二酸化炭素、窒素、IG（不活性ガスの混合ガス）ガスがあり、ハロゲン化物には、ハロン、HFC、FK ガスがある。また、二酸化炭素とハロンは、法令上全域方式・局所方式の両方式に使用が許可されている。ここでは、古くから実用化され現在も使用されている不活性ガス消火設備の中で、二酸化炭素消火設備の構成と動作フローを説明する。

(2) 不活性ガス消火設備（二酸化炭素）の構成 (図10)

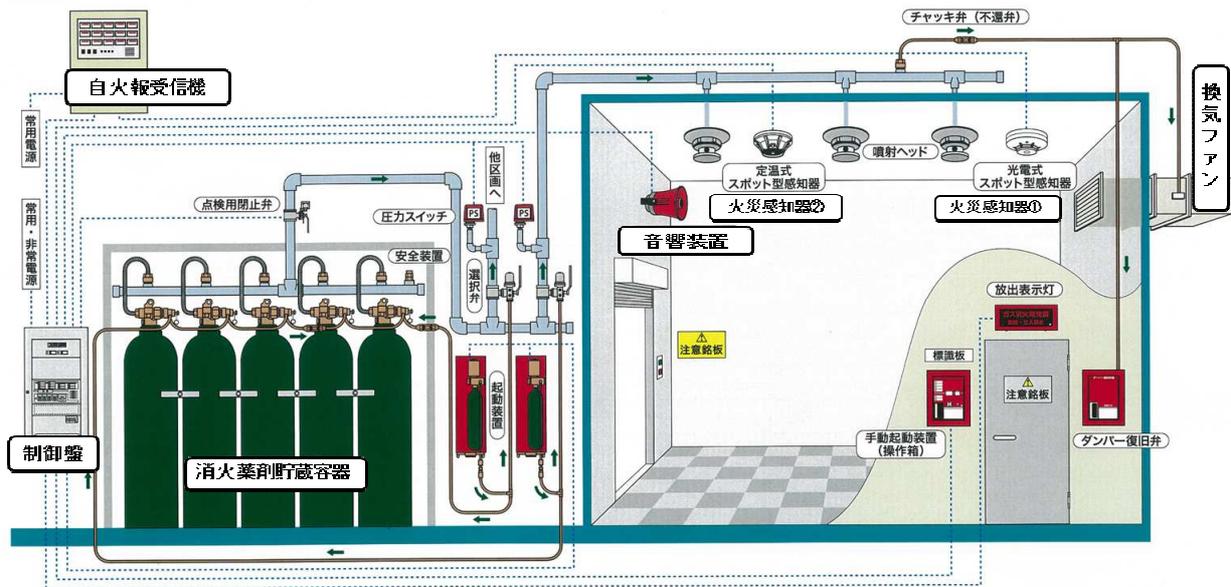


図10 不活性ガス消火設備（二酸化炭素） (日本消火装置工業会 資料)

不活性ガスに二酸化炭素を用いた不活性ガス消火設備（二酸化炭素）の構成は、機器系として消火ガスを貯蔵した消火剤貯蔵容器、貯蔵容器を開放する起動装置、消火ガスを放射する区画選択する選択弁とガスの噴射ヘッド、電気系は火災感知する火災感知器、手動での起動を行う手動起動装置、区画内の人への待避を促す音響装置、それらを制御する制御盤から構成されている。ガス系消火装置は、誤放射すれば人命にかかわるため、自動起動の火災感知に用いる感知器は、煙で作動する光電式スポット型感知器と熱で作動する定温式スポット型感知器の2種類の違う感知器がアンドで作動しなければ起動しない方式で、かつ、放出までに人の待避を促す音声警報や一定時間の遅延時間を設ける制御を行い、また、安全回路として、信号配線に地絡、短絡等では起動しない保護回路を制御盤に組み入れている。

(3) 不活性ガス消火設備（二酸化炭素）の 全域方式での動作フロー（図 11）

制御が自動の動作では、消火装置を設置した区画内に 2 種類の火災感知器を設置する。

最初の火災感知器①（一般に煙式：光電式スポット型感知器）が作動後、音響装置で警報、同時に火災受信機へ火災信号を送信、火災が継続し拡大すれば、次に火災感知器②（一般に熱式：定温式スポット型感知器）が作動するので、制御盤は火災と断定、また、手動の動作では、手動起動装置の扉を開くと火災感知器①の作動と同様な動作を行う。

次に手動起動装置の起動釦が押された場合、制御盤は火災と断定、区画内の空調用の換気ファンを停止、同時に区画内の人に対し退避を促す音声警報を鳴動、人の退避時間を確保する遅延タイマーが作動、タイムアップ後、制御盤からの起動信号で起動装置を作動、起動用ガス容器が開放され、起動ガスが火災区画の選択弁を開放、同時に消火剤貯蔵容器の容器弁を開放、消火剤貯蔵容器から放出された消火薬剤が主配管を流れ、選択された区画の噴射ヘッドから消火剤を放射する。放射された消火薬剤は、区画に充満し規定の消炎濃度に到達した段階で区画内の火災を窒息効果で消火する。消火薬剤の放出時には、消火薬剤が流れる配管の圧力上昇で圧力スイッチが作動し、制御盤は区画入口に配置した放出表示灯を点灯する。ハロゲン化物消火設備の場合は、消火効果が抑制効果で消火する。

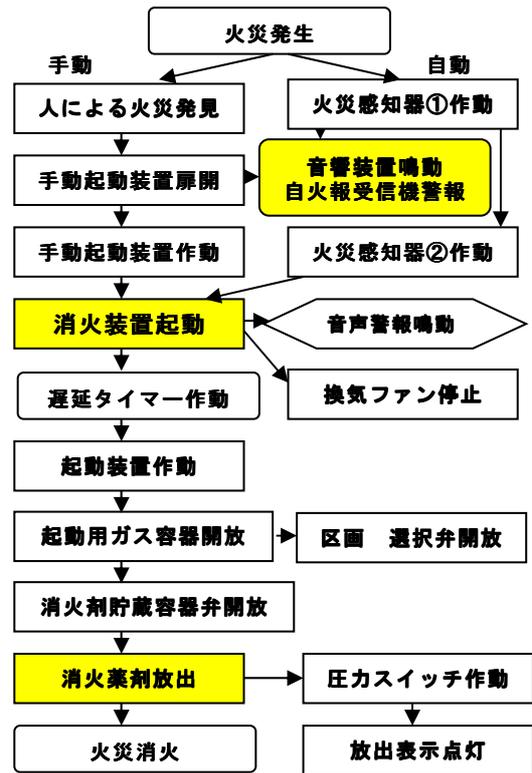


図 11 全域放射 動作フロー（不活性ガス）

3.2.4 粉末系の消火設備

(1) 粉末系の消火設備の分類（図 12）

粉末消火設備は、ガスの圧力で消火薬剤を放射するため、広い意味ではガス消火設備に分類されているが、一般には消火薬剤がガス（気体）から粉末（固体）に変わるため、

独立した設備として取り扱われている。粉末消火設備は、放出口の方式でモニター式、固定式、移動式に分けられる。また、固定式は噴射ヘッドを用いるが、消火方法としてガスと同様に火災区画全域に放射して消火する全域方式と火災想定箇所のみを消火する局所方式に使い分けができる。ここでは、一般的に使用される固定式で全域方式の粉末消火設備の構成と動作フローを説明する。

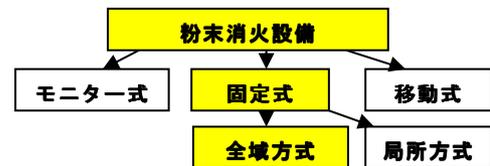


図 12 粉末消火設備の分類

(2) 固定式 粉末消火設備（全域方式）の構成（図 13）

粉末消火設備の構成は、機器系として消火薬剤を入れた粉末貯蔵タンクと定圧作動装置、粉末薬剤を加圧放出するための加圧用窒素ガス容器、加圧用窒素ガス容器を開放する起動装置、粉末薬剤を放射する区画を選択する選択弁と粉末薬剤の噴射ヘッド、区画の換気を停止する起動装置（ダンパー用）、電気系は、手動で起動を行う手動起動装置、区画内の人への待避を促す音響装置、それらを制御する制御盤から構成されている。一般に粉末消火設備は、手動での起動を行うが、自動で起動を行う場合は、ガス系消火設備と同様な火災感知器①②を付加する。

また、粉末消火設備は、消火薬剤の種類によらず同等な機器で構成されている。

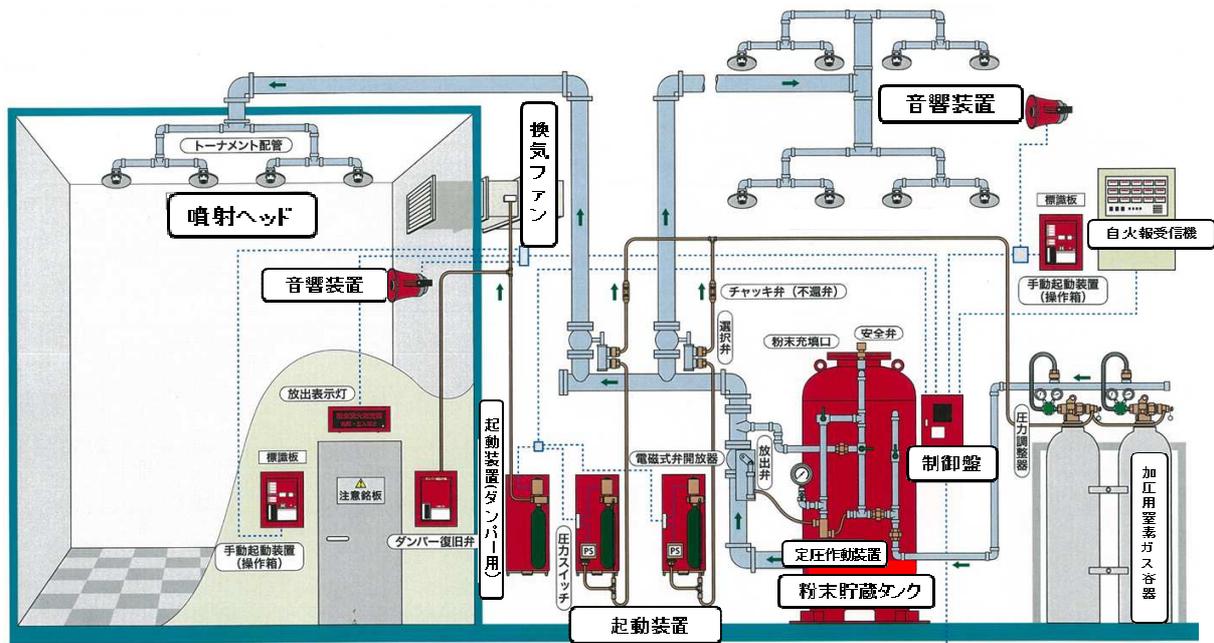


図13 固定式粉末消火設備（全域方式）（日本消火装置工業会 資料）

（3）固定式 粉末消火設備（全域方式）の動作フロー（図14）

固定式 粉末消火設備の全域方式における動作は、設備を起動するのに、まず、手動起動装置の扉を開く、同時に音響装置が警報、火災受信機へ火災信号を移報する。次に手動起動装置の起動釦が押されると、制御盤は火災と断定し、消火装置が起動状態となり、区画内の空調用の換気ファンを停止、同時に区画内の人に対し退避を促す音声警報を鳴動、退避時間を確保する遅延タイマーが作動、タイムアップ後、制御盤からの起動信号で起動装置が作動し起動用ガス容器が開放する。起動ガスは、火災区画の選択弁を開放、同時に加圧用ガス容器弁を開放し加圧用ガス容器から加圧ガスを放出、圧力調整器で加圧ガスを減圧後、粉末貯蔵タンクを加圧、加圧ガスの圧力が一定値以上に上昇すれば定圧作動装置が作動し放出弁を開き、粉末消火薬剤が粉末貯蔵タンクから放出する。主配管を流れた消火薬剤は、選択された区画の噴射ヘッドから消火剤を火災区画に放射する。

放射された消火薬剤は、区画に充満し規定の抑制濃度に到達した段階で区画内の火災を抑制効果で消火する。消火薬剤の放出時には、配管内の圧力上昇で圧力スイッチが作動、区画入口に配置した放出表示灯が点灯する。制御が自動の動作では、最初の火災感知器①（一般に煙式：光電式スポット型感知器）が作動、その後、火災が継続し拡大すれば、火災感知器②（一般に熱式：定温式スポット型感知器）が作動し、制御盤が火災と断定、以下、手動の場合と同様な動作を行う。

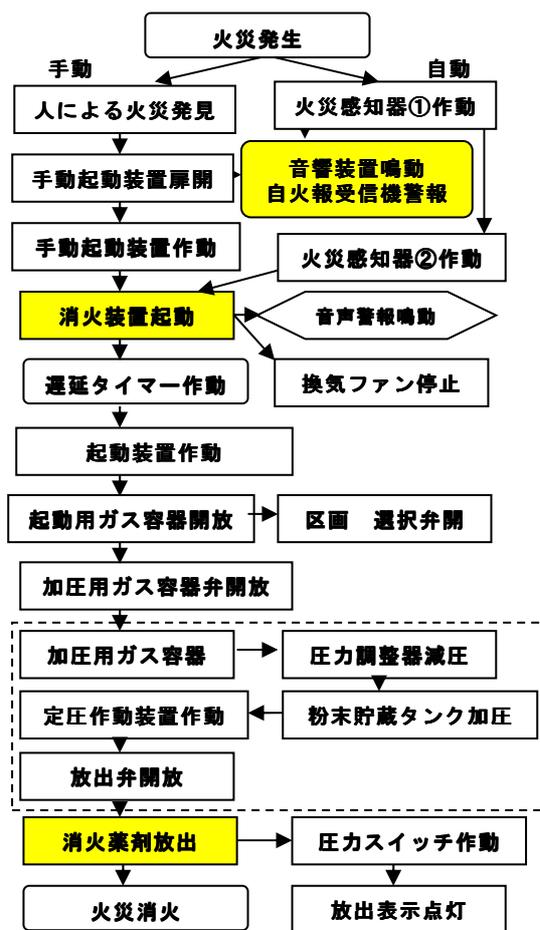


図14 全域方式 動作フロー（粉末）

4 新しい消防設備

最近の新しい消火設備、消火装置、消火薬剤について、以下紹介する。

4.1 新しい消火設備：特定駐車場用泡消火設備（図15） 「CFシステム」：ヤマトプロテック製

2014年新たに閉鎖型泡水溶液ヘッドを用いた特定駐車場用泡消火設備が消防法に追加された。従来の泡消火設備は、火災の感知消火の機能を火災感知用スプリンクラーヘッド、一斉開放弁、泡ヘッドで構成していたが、新たに法令に追加された閉鎖型泡水溶液ヘッドで同様な性能を有する消火設備である。

特徴としては、従来設備よりコストが安価に構成できること、また火災時50~100㎡に一斉放射する仕様から閉鎖型泡水溶液ヘッド1個の局所的な消火も可能となるため、消火時の散水範囲を最小限に抑えられ被害が軽減できるメリットがある。

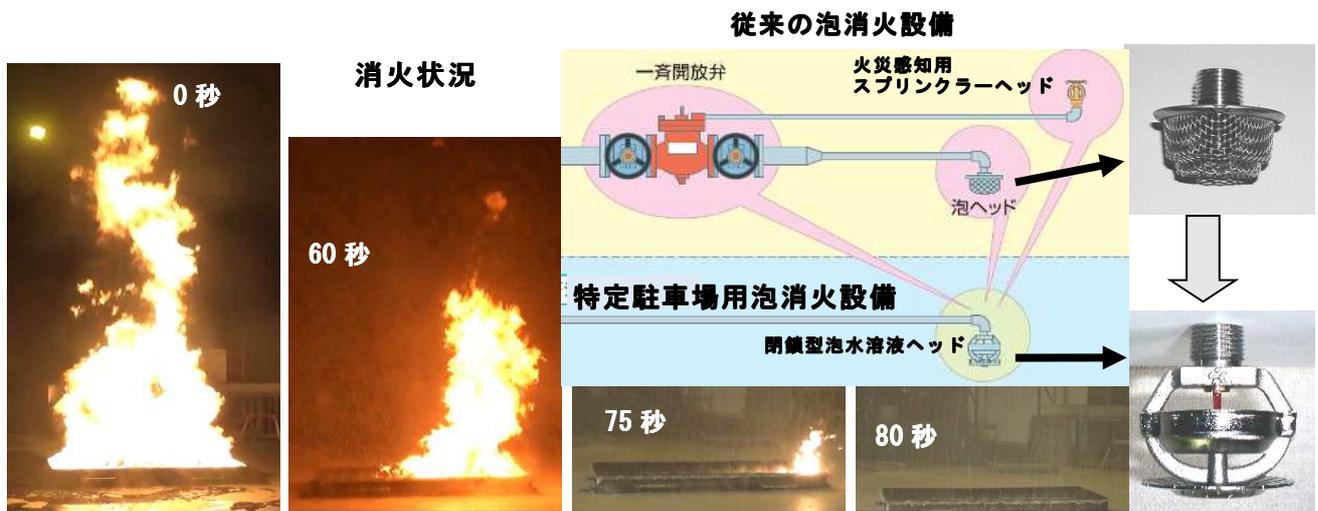


図15 特定駐車場用泡消火設備の特徴

4.2 新しい消火装置：エアロゾル消火装置（図16） 「K/SMOKE」：ヤマトプロテック製

現在、消防法には認定されていないが、エアロゾル消火装置を紹介する。固体の薬剤自身が燃焼しながら消火成分を含んだ煙（エアロゾル）を放出、その煙が抑制効果を持つ消火剤として機能する。消火効果は極めて高い能力を持つことが特徴であり、空間1㎡当り約55gで対応することが可能である。

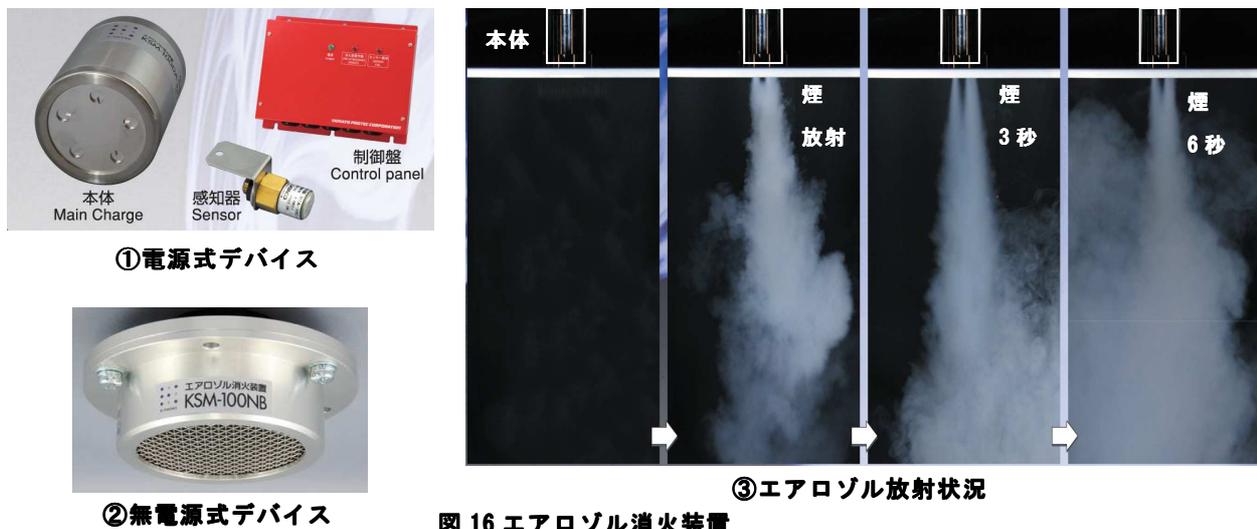


図16 エアロゾル消火装置

これは二酸化炭素の約 18 倍*の消火効果である（※二酸化炭素の必要量を 1kg/m³とした場合）。

よって、小型で少スペースに配置でき、また、薬剤はペレット状やシート状など用途に応じて任意の形に成型することが可能なためいろいろな分野へ応用できる。

現在は、電氣的に起動する「電源式」と火災時の火炎で自動的に起動する「無電源式」が製品化され、工作機械や風力発電機等に自主設置として採用されている。将来的には、防火対象物へ適用が可能なエアロゾル式消火設備として消防法に組み入れる方向で進めている。

4.3 禁水性物質「アルキルアルミ」用 泡消火薬剤（図 17）「アルキルフォーム」：ヤマトプロテック製

禁水性物質であるアルキルアルミニウム類は、樹脂や合成ゴムの重合触媒として石油化学に欠かすことのできない物質である。この物質は、空気と触れると「自然発火性」を持ち、水と接触すると爆発的な反応をする「禁水性」の性質を有するため、第三類の危険物に指定され、従来から消火が非常に困難な物質として認識されていた。これまでは、火災時に乾燥砂等を人力（スコップ等）でかけるしか対抗手段が無かったが、たん白泡消火薬剤の技術を応用し「アルキルアルミ」専用消火薬剤を開発した。

最大の特徴は水を含む泡消火剤であるにも関わらず、アルキルアルミ類と接触しても爆発的な反応を生じない点である。また、含有する水により火災対象物や建屋等を、安全に直接冷却することが可能となった。本薬剤は、主に消火器容器に搭載し使用されているが泡消火設備にも使用が可能である。

本薬剤は消防法上の検定規格を取得し、かつ、アルキルアルミに対し効果の評価としては危険物保安技術協会の性能評価（：評価番号-危評第 0076 号）を取得している。ただし、現状は、消防機材の認定基準が無いため自主設置で使用されている。また、2017 年度消防防災科学技術賞優秀賞を受賞した。



①アルキルアルミと水との爆発的反応

②アルキルフォーム製品例

図 17 アルキルフォームの概要

5. まとめ

近年、原子力発電の縮小や再生可能なエネルギーの増加等の電力供給体制の変化や、電気自動車の急速な普及、地震を含め災害が多発する社会情勢から、各所で防災上の安全が再認識されてきた。このような社会背景から、今後、消火設備の必要性和役割がますます重要になる。

本稿では、消火原理、水系、泡系、ガス系、粉末系の消火薬剤の種類と関係する消火効果を知り、各系統の代表的な消火設備、スプリンクラー設備、泡消火設備、ガス消火設備、粉末消火設備の基本的な構成とその動作フローと新しい消火設備等の概要を紹介した。本稿の内容が、消火設備を理解する上で皆様に役立てば幸いです。

【文献】

- 各消火設備の系統図・各消火設備の設計工事基準書　：　日本消火装置工業会
（スプリンクラー設備、泡消火設備、不活性ガス消火設備、粉末消火設備）