

—屋外貯蔵タンク付属設備の紹介—

屋外タンク貯蔵所の泡消火設備

深田工業株式会社

1 はじめに

我が国の泡消火設備、とりわけ空気泡の消火技術は、朝鮮戦争時の米軍駐留基地の石油施設を防護する設備から始まったとされ、エネルギー革命や高度経済成長と共に変革の最盛期を迎えた¹⁾。その後、昭和39年の新潟地震タンク火災や昭和50年の瀬戸内海重油流出事故など、いくつかの災害を節目として、法改正や新たな法律制定を経て今日に至っている。

最近では、平成15年9月の十勝沖地震後に発生した浮き屋根タンク火災を契機に、石油コンビナート等災害防止法の一部が改正され、大容量泡放水砲の配備が義務化されたことや、平成17年1月の省令告示改正により、いわゆる「泡消火設備の一体的な点検」として、製造所等の泡消火設備の点検体制が強化されたことが記憶に新しい。

このように、泡による消火技術は、社会的に大きなインパクトを与えた危険物火災を契機に注目され、時期を同じくして技術革新が図られてきた。しかし、消火設備の技術基準は、法令と密に絡んでいることから、積極的に新しいものに置き換えるというより、新しいものを追加してきたという印象を受ける。

そこで、屋外タンク貯蔵所や、それを管理する特定事業所に設置されている消火設備、及び防災資機材等のうち、泡の消火技術に関係の深い固定泡消火設備、三点セット・大容量泡放水砲、及び泡消火薬剤について、今一度包括的に紹介してみたいと思う。

2 屋外タンク貯蔵所の区分

消防法では、指定数量以上の危険物を「貯蔵所」以外の場所で保管したり、製造所、貯蔵所及び取扱所以外の場所で取り扱ったりしてはならないことが定められている。

貯蔵所は、危険物の規制に関する政令（以下本文では「危政令」と略記）において、**図1**に示す七種類に区分され、屋外にあるタンクのうち、地下タンク貯蔵所、簡易タンク貯蔵所及び移動タンク貯蔵所以外のを「屋外タンク貯蔵所」と呼んでいる。

屋外タンク貯蔵所は、さらにいくつかのタンクに区分されるが、これらのタンクに設置する消火設備は、危険物の規制に関する規則（以下本文では「危則」と略記）において、タンクの構造別（地中タンク、海上タンク、及びそれ以外のタンク）に区分されるほか、石油コンビナート等災害防止法施行令（以下本文では「石災令」と略記）では、屋外貯蔵タンク（石油を貯蔵するタンク）の型別に区分される。

そのほか、危政令では「特定」「準特定」など、タンクの許可容量別の区分があるが、消火設備に関する規定は、危則の区分に基づくものが多い。

危則において区分されるタンクのうち、海上タンクや地中タンクは、施工例自体が少なく、地上に設置された縦置円筒型タンクのほとんどは「地中タンク及び海上タンク以外のタンク」に該当する。ちなみに、ガソリンスタンドなどに設置される埋設タンク（地下タンク貯蔵所）

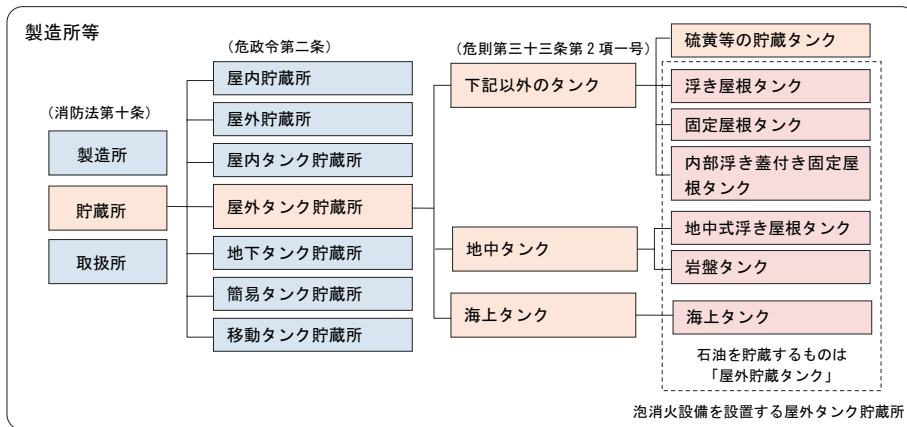


図1 貯蔵所の区分

表1 屋外タンク貯蔵所の屋根形状による区分

	浮き屋根タンク	固定屋根（ドームルーフ、コーンルーフなど）タンク	
		その他（右記以外）の屋外貯蔵タンク	内部浮き蓋付き固定屋根タンク
施設組織省令 (防災資機材等)	浮きぶた付きの屋外貯蔵タンクのうち浮きぶたが屋根を兼ねるもの	その他（右記以外）の屋外貯蔵タンク	浮きぶた付きの屋外貯蔵タンクのうち浮きぶたが屋根を兼ねるもの以外のものので総務省令で定める ^{※1)} もの
24号通知 (消火設備)	浮き屋根構造	固定屋根構造	浮き蓋付き固定屋根構造 ^{※2)}

※1) 浮きぶたの甲板が金属材料で造られ、かつ、浮きぶたの浮力が浮きによる構造の浮きぶたを有するもの。
 ※2) 屋外貯蔵タンクの液面上に金属製のフローティング・パン等の浮き蓋を設けた固定屋根構造のもの。

は、地中タンクとは異なるので注意が必要である。

屋外タンク貯蔵所に設置する消火設備や防災資機材等、及びその基準等については、石油コンビナート等における特定防災施設等及び防災組織等に関する省令（以下本文では「施設組織省令」と略記）、及び危則の運用指針として通知された消防危第24号（平成元年3月、平成3年6月改正消防危第71号：以下本文では「24号通知」と略記）に示されているが、基本的には表1に示すようにタンクの屋根の構造によって区分されている。

したがって、消火設備や防災資機材等の設置基準の観点から屋外タンク貯蔵所を区分すると、図1の最右列に示す七種類のタンクに大別できる。このうち、泡消火設備の設置義務がない硫黄等の貯蔵タンクを除く六種類のタンクに

ついて、2.1～2.6に解説する。

2.1 浮き屋根タンク

図2-1に示すように、液体の危険物上に巨大な落とし蓋を浮かべた構造で、その落とし蓋が屋根を兼ねる構造のタンクをいう。

この浮き屋根は、貯蔵する危険物の受払いに伴って上下するため、屋根の周縁部とタンク内壁との間には、摺動するリング状のシール部分が存在する。このシール部分は、タンク内壁に付着した危険物が外気に触れる一種の危険箇所でもあるが、浮き屋根が健全であれば、仮に火災が発生しても燃焼面がリング状のシール部分にとどまる。

同図の浮き屋根は、屋根全体が二重の鋼板と空間で形成され、屋根全体として浮力を有するもので、「ダブルデッキ構造」と呼ばれている。このほかに、屋根の周縁部だけにドーナツ状に

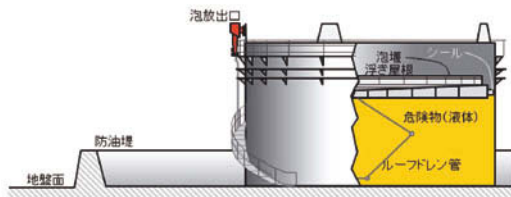


図 2-1 浮き屋根タンク

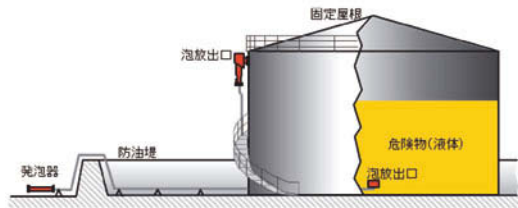


図 2-2 固定屋根タンク

空間（ボンツーン）を有する「シングルデッキ構造」と呼ばれるものもあるが、最近では強度や浮力の強いダブルデッキ構造への改造が進められている。

浮き屋根タンクは、主に揮発性の高い液体危険物や引火点の低い液体危険物の貯蔵に利用される。

2.2 固定屋根タンク

図 2-2 に示すように、貯蔵する液面の高さに関わらず、屋根がタンク構造物と一体のタンクをいう。

屋根の形状によっていくつかの呼称があり、同図はコーンルーフ（三角錐型屋根）タンクの例である。このほか、半球状屋根のドームルーフタンクなどもある。

固定屋根タンクは、雨が侵入しないため、貯蔵する危険物の品質を維持しやすいが、液面と固定屋根の間の空間に危険物が揮発し、長期的にはこの揮発分が損失となる。また、仮に揮発した危険物と空気の混合気体に引火した場合は、タンク内部の圧力が急激に上昇する。そのため、タンク全体が破壊されないように放爆構造を有している。

直径の大きなタンクの場合は、内部に屋根を支える支柱を有するものもある。

2.3 内部浮き蓋付き固定屋根タンク

固定屋根タンクの中には、図 2-3 に示すように、内部に浮き蓋を備えた内部浮き蓋付き固定屋根タンクがあり、一般に「インナーフロートタンク」と呼ばれている。

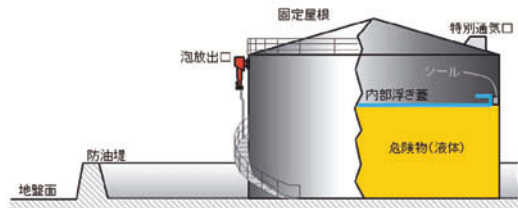


図 2-3 内部浮き蓋付き固定屋根タンク

内部浮き蓋付き固定屋根タンクは、2.2 で述べたような危険物の揮発損失を抑えることができ、かつ、雨の侵入もないことから、近年、設置数や改造数が増えているタンクである。

このタンクの内部浮き蓋は、構造基準が規定されている浮き屋根タンクの「浮き屋根」とは異なり、明確な基準がないため、施工者の違いなどによっていくつかの構造が存在する。

代表的な内部浮き蓋の構造を図 2-4 に示した。国内の内部浮き蓋付き固定屋根構造の特定タンクのうち、最も設置基数の多いものは簡易フロート型で、最近では内部浮き蓋付き固定屋根タンク全体の約50%を占めている²⁾。

なお、浮き屋根タンク上に空間トラス構造のアルミ部材とアルミパネルによってドーム状に覆うアルミ屋根ドームタンクが性能評価（構造耐力、放爆構造、通気性能、消火設備など）を受けているが、この場合の消火設備及び防災資機材等の基準は、浮き蓋付き固定屋根構造ではなく浮き屋根構造に準拠したものとなるようである。

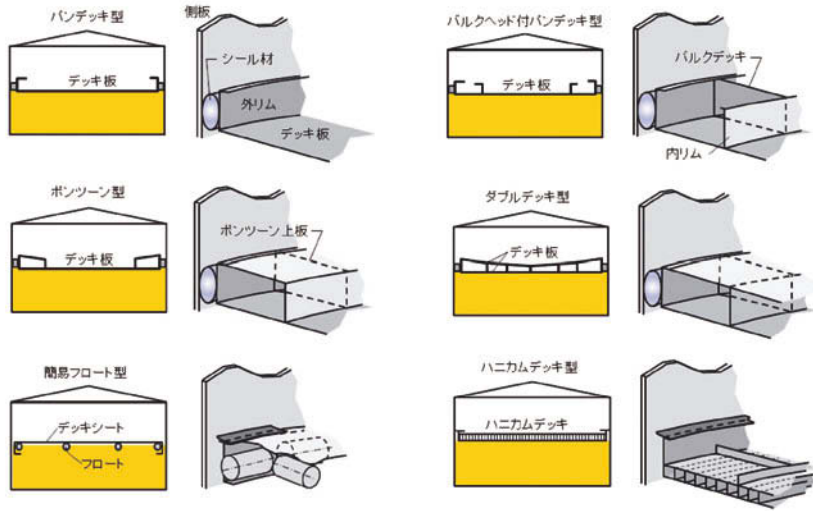


図 2-4 内部浮き蓋付き固定屋根タンクの内部浮き蓋構造

2. 4 地中式浮き屋根タンク

図 2-5 に示すように、2. 1 の浮き屋根タンクを地盤面より下に落とし込んだ構造のものをいう。

基本的な構造は浮き屋根タンクと変わらないが、岩盤を掘り下げて施工するため、耐震性に優れ、漏えいや拡散の危険性も低いとされる。また、タンク間の距離を小さくできるメリットがある。地中タンクの国内の施工例は、現在のところ秋田と水島（岡山）の一部に限られている。

2. 5 岩盤タンク

図 2-6 に示すように、地下水水位下にある岩盤にトンネルを掘削して空洞を設け、そのトンネル内に原油を貯蔵するものをいう。

このタンクは、他のタンクに共通するタンク内壁面のライニング加工が無く、岩石の隙間を通して浸みだす地下水によって岩盤トンネル内に原油を封入する「水封システム」と呼ばれる自然のシステムを利用している。したがって、このタンクの運用基準には、他の屋外タンク貯蔵所にはない地下水水位に関する規定があり、地下水水位を保つために、人工的に水を封入する人工水封入方式のタンクも存在する。

岩盤タンクの国内の施工例は、現在のところ

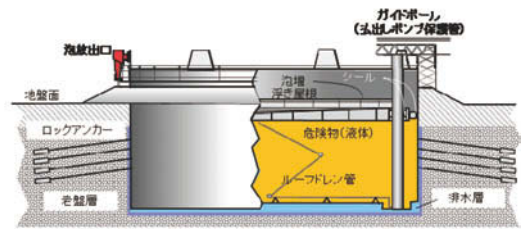


図 2-5 地中式浮き屋根タンク

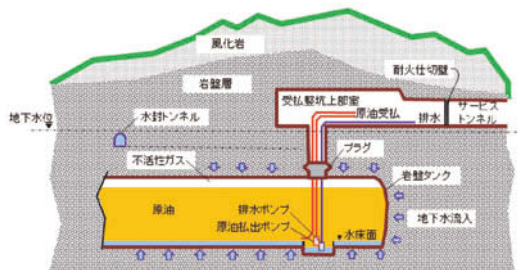


図 2-6 岩盤タンク

久慈、菊間、串木野に限られている。

2. 6 海上タンク

図 2-7 に示すように、直方体のタンクを洋上に常時係留し、その周囲を防油堤や防波堤で囲んだものをいう。

このタンクは、動力を持たない石油タンカーのようなもので、造船技術により建造されている。タンク壁は二重殻構造で、タンク内部には

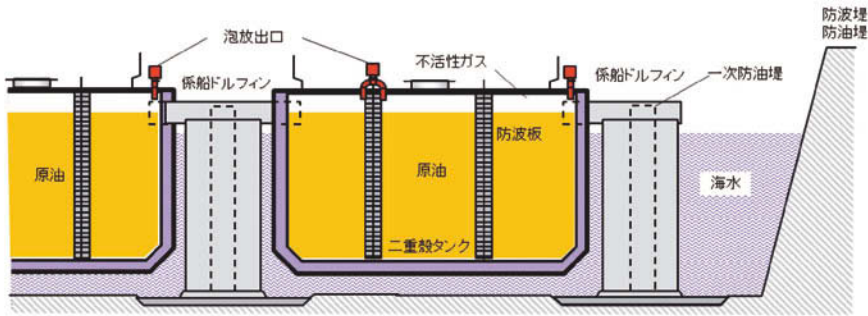


図 2-7 海上タンク

表 2 屋外タンク貯蔵所の消火設備の区分

(危政令第二条)		屋外タンク貯蔵所					
(危政令第二十条)		著しく消火困難 ^{※1)}				消火困難 ^{※1)}	その他
(危則第三十三条 第2項)		指定数量の倍数が百以上		液体の危険物 ^{※2)} 液面積が $\geq 40\text{m}^2$ 以上 高さ 6 m 以上		左記以外 ^{※2)}	左記以外
		海中タンク・海上タンク以外のタンク					
		海中タンク	海上タンク	硫黄等のみ	引火点が 70°C 以上の第四類危険物のみ	左記以外	
第三種	水蒸気			○			
	水噴霧		○	○	○		
	泡	◎ 固定式	◎ 固定式		○ 固定式	◎ 固定式	
	二酸化炭素	○ 移動式以外	○ 移動式以外				
	ハロゲン化物	○ 移動式以外	○ 移動式以外				
	粉末						
第四種	◎ ^{※3)}	◎ ^{※3)}				◎ 一個以上	
第五種	◎ ^{※3~5)}	◎ ^{※3~5)}	◎ ^{※5)}	◎ ^{※5)}	◎ ^{※5)}	◎ 一個以上	◎ ^{※6)}
備考	◎→必ず設置 ○→いずれか設置 ※1) 高引火点危険物のみを百度未満の温度で貯蔵し、又は取り扱うものを除く ※2) 第6類危険物以外 ※3) 可燃性の蒸気または可燃性の微粉が滞留するおそれのある建築物又は部屋の場合 ※4) 危険物の所要単位の数値に達する能力単位の数値 ※5) 第四類の危険物を貯蔵し、又は取り扱うものにあつては二個以上。 ※6) 能力単位の数値が建築物その他の工作物及び危険物の所要単位の数値に達するように設けること。ただし、当該製造所等に第一種から第四種までの消火設備を設けるときは、当該設備の放射能力範囲内の部分について第五種の消火設備を、その能力単位の数値が当該所要単位の数値の五分の一以上になるように設けることをもつて足りる。						

防波板を有している。タンクの四隅には系船ドルフィンが設けられ、これにタンクを係留し、固定している。

このタンクは、土地の取得や地質調査など、タンク設置の準備にかかる費用を比較的小さく抑えることができるが、国内の施工例は、現在のと

ころ白島（北九州）と上五島に限られている。

3 固定の泡消火設備

製造所等のうち、屋外タンク貯蔵所に限った消火設備の区分を表 2 に示した。その中で、第四類の危険物を貯蔵する屋外タンク貯蔵所に

表3 泡放出口の個数（平成元年消防危第24号通知）

タンクの構造種別と 泡放出口 の種別	泡放出口の個数			
	固定屋根構造		浮き蓋付き 固定屋根構造	浮き屋根構造
	I型又はII型	III型又はIV型	II型	特型
タンクの直径				
13m 未満	2	1	2	2
13m 以上19m 未満			3	3
19m 以上24m 未満			4	4
24m 以上35m 未満			5	5
35m 以上42m 未満	3	3	6	6
42m 以上46m 未満	4	4	7	7
46m 以上53m 未満	6	6	8	8
53m 以上60m 未満	8	8	10	8
60m 以上67m 未満	※1)	10	/	10
67m 以上73m 未満		12		12
73m 以上79m 未満		14		14
79m 以上85m 未満		16		
85m 以上90m 未満		18		16
90m 以上95m 未満		20		
95m 以上99m 未満		22		16
99m 以上		24		18

注) III型の泡放出口のものを用いるものは、不溶性の危険物及び貯蔵温度が50℃以下又は動粘度が100cst以下の危険物を貯蔵し、又は取り扱うタンクに限り、設置することができる。

※1) I型又はII型の泡放出口を8個設けるほか右欄に掲げるタンクの直径に応じた泡放出口の数から8を減じた数のIII型又はIV型の泡放出口を当該タンクの中心部に当該タンクの側板から30mの環状の部分を除いた円形の液表面の部分で放出される泡で均一に防護することができるように追加して設けること。

表4 泡放出口の泡放出率（平成元年消防危第24号通知）

危険物の種別	I型		II型		特型		III型		IV型		
	引火点	泡水溶液量 [L/m ²]	放出率 [L/m ² /min]	泡水溶液量 [L/m ²]	放出率 [L/m ² /min]	泡水溶液量 [L/m ²]	放出率 [L/m ² /min]	泡水溶液量 [L/m ²]	放出率 [L/m ² /min]	泡水溶液量 [L/m ²]	放出率 [L/m ² /min]
第四類・不溶性	21℃ 未満	120	4	220	4	240	8	220	4	220	4
	21℃ 以上 70℃ 未満	80	4	120	4	160	8	120	4	120	4
	70℃ 以上	60	4	100	4	120	8	100	4	100	4
第四類・不溶性のもの以外のもの	160 ^{※)}	8 ^{※)}	240 ^{※)}	8 ^{※)}	-	-	-	-	240 ^{※)}	8 ^{※)}	

※) 細区分された危険物ごとに定められた係数を乗じた以上の値。(係数及び係数を求める試験法は24号通知に示されている)

は、第三種の固定の泡消火設備を設置すること（引火点が70℃以上の場合は水噴霧消火設備でもよい）が定められている。また、24号通知には、第三種の固定の泡消火設備についての基準が示されている。

24号通知の「第7泡消火設備の基準」では、固定屋根構造、浮き蓋付き固定屋根構造、及び浮き屋根構造のそれぞれのタンクについて、表3に示すように、泡放出口の型、及びタンクの

直径ごとに泡放出口の個数が定められているほか、表4に示すように、泡放出口の泡水溶液量及び泡放出率が定められている。

ちなみに、泡放出口から放出される泡の展開距離は、泡の放出率に関わらずおおむね30mと見積もられているので、直径が60mを超える固定屋根タンクには、III型やIV型などのタンク中央部の泡供給手段が必ず必要となる。内部浮き蓋付き固定屋根タンクにはこれらの泡放出口を

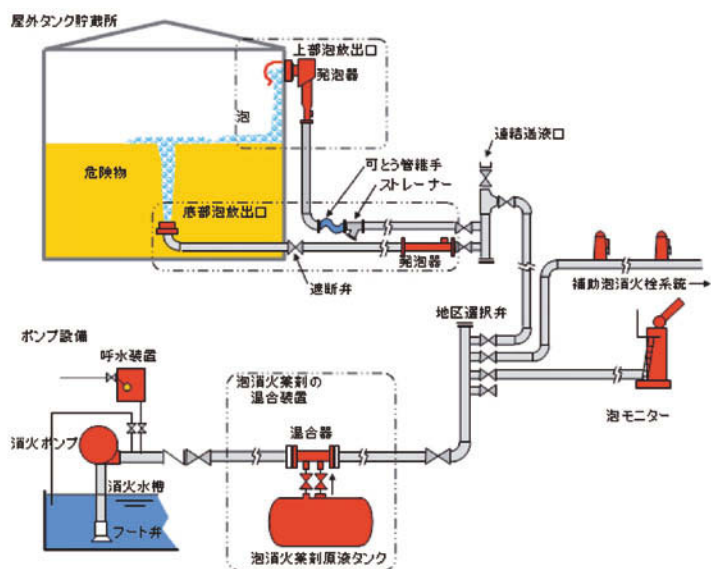


図 3 - 1 固定の泡消火設備の概略全体系統

設置できないので、直径60m以上の内部浮き蓋付き固定屋根タンクの規定は存在しない。表3において、内部浮き蓋付き固定屋根タンクの60m以上の規定が無いのはこのためである。

第四類の危険物のうち不溶性（温度20℃の水100gに溶解する量が1g未満の危険物）のもの以外のもの、つまり水溶性のものについては、表3の注記、及び表4の最下段に示すように、設置する泡放出口に制限や異なる数値規定があるほか、危険物の区分によって係数を乗じる規定があるので注意を要する。

実際に屋外タンク貯蔵所に設置される固定の泡消火設備の概略全体系統を図3-1に示した。基本的には、ポンプ設備（加圧送水装置）、泡消火薬剤の混合器及び泡消火薬剤原液タンク、発泡器及び泡放出口、そのほか、泡モニターや泡ヘッドが設置される。また、必要に応じて消防隊等が使用する補助泡消火栓が設置されている。このうち、代表的な設備について、3.1～3.4に解説する。

3.1 泡消火薬剤の混合装置

泡消火薬剤原液の混合方法にはプレッシャープロポーション方式、ポンププロポーション

ナー方式、プレッシャーサイドプロポーション方式などがある。

プレッシャープロポーション方式は、送水管に接続する混合器内に設けたオリフィスまたはジェットの違い圧を利用するもので、オリフィスの一次側から泡消火薬剤原液タンク内に水を送り込み、代わりにタンクから押し出された泡消火薬剤原液をオリフィスの二次側に送り出す仕組みになっている。

泡消火薬剤原液タンク内には、混合器から送り込まれる水と貯留する泡消火薬剤原液とが混ざらないように、図3-2上段に示すようなダイヤフラムを備えるものがあり、間接置換方式と呼ばれている。

一方、図3-2下段に示すように、ダイヤフラムを用いず泡消火薬剤原液の比重のみでタンク内の原液と水を置換するものは、直接置換方式と呼ばれている。

プレッシャープロポーション方式は、原液槽を圧力容器にて製作する必要があるが、混合器廻りに原液ポンプや等圧弁が不要なことから、動作の安定性、メンテナンス性に優れている。

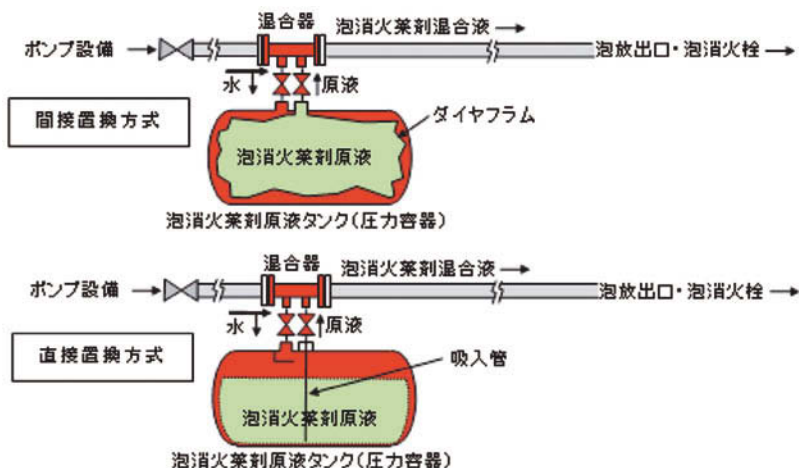


図 3-2 プレッシュアープロポーショナー方式

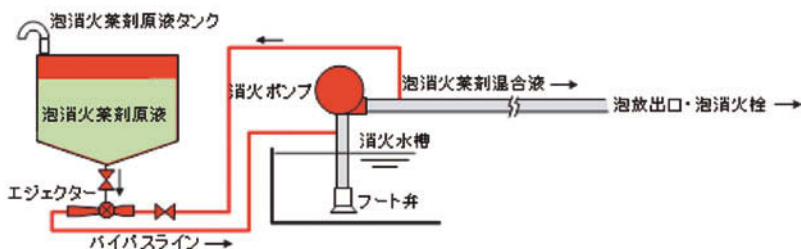


図 3-3 ポンププロポーショナー方式

ポンププロポーショナー方式は、図 3-3 に示すように、消火設備ポンプの吐出側からサクシオン側にバイパスラインを設け、そこを循環するラインにエジェクター（ジェットにより吸引力を得る構造のもの）を設けて原液槽の原液を吸引する仕組みである。エジェクターには吸引量を調整するためのメータリングコックがついている場合もある。

この方式は、ポンプが泡消火設備専用の場合に用いられ、ポンプ廻りに泡消火薬剤原液タンクや混合器等を配置できるので、ポンプ設備と泡消火薬剤混合設備をコンパクトに配置できる。

プレッシュアードプロポーショナー方式は、混合器内に設けられたオリフィスの一次圧力と、ポンプによって加圧混入される泡消火薬剤原液の混入圧力を等圧弁によって自動調整しながら、混合させる仕組みである。

泡消火薬剤原液ラインに設ける等圧弁の位置により、図 3-4 上段に示す絞り弁方式と、図 3-4 下段に示す逃し弁方式に分けられ、前者は混合器二次側への混入圧を、後者は原液槽への逃がし圧を制御するものである。

この方式は、原液槽を非圧力容器とすることができるので、ポンプ運転中に泡消火薬剤原液を補充することもできる。一方で、原液圧送用のポンプが必要になるため、非常電源などの設置が必要になる。

危則に定められた固定式の泡消火設備の一体的な点検（以下本文では「一体的な点検」と略記）では、泡消火薬剤の混合率が適正であることも確認の対象となるので、これらの混合装置及び泡消火薬剤原液タンクについても定期的に動作確認を行う必要がある。

特に、直接置換方式の泡消火薬剤原液タンク

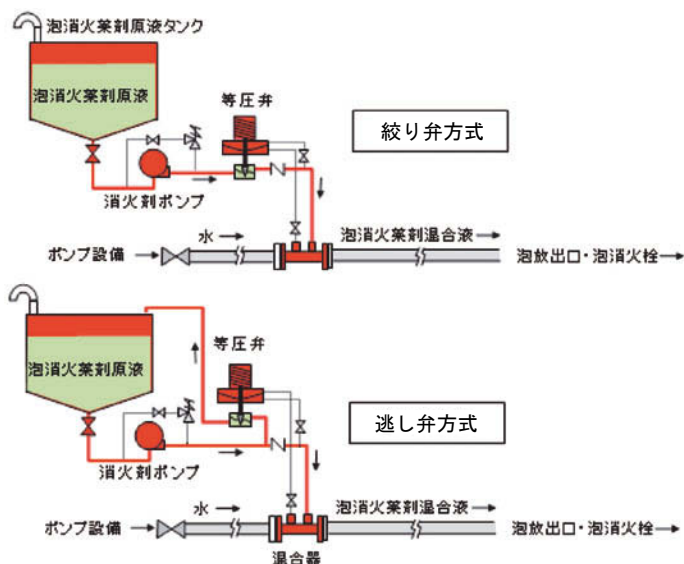


図3-4 プレッシャーサイドプロポーショナー方式

を有する混合装置では、一体的な点検の事前準備として、すべての泡消火薬剤原液を一旦別容器に移し替えた上で原液タンク内を水で満たし、点検に必要な分の泡消火薬剤原液を原液タンクの底部から逆置換しておく必要がある。

一体的な点検において、仮に泡消火薬剤の混合率が適正でなかった場合は、原液供給ライン(配管)の詰まり、消火剤ポンプの不具合、等圧弁の不具合が無いかを調査する。なお、プレッシャーサイドプロポーショナー方式における点検に際して、一個の泡放出口からのみ泡を放出させる場合など、母管流量が小さい条件では、泡消火薬剤の混合率が高くなる場合があるので留意しておく必要がある。

3.2 上部泡放出口 (I型・II型・特型)

I型泡放出口は、図3-5に示すようにベーパーシール及び樋若しくはシューター等の泡の滑降手段を付属したもので、これにより、泡が危険物の液面に到達した際に、攪拌されにくくなるので、汚染による泡の性能低下を防ぐことができる³⁾。

II型泡放出口は、図3-6に示すように、ベーパーシールを備えるほか、タンク内壁に沿って

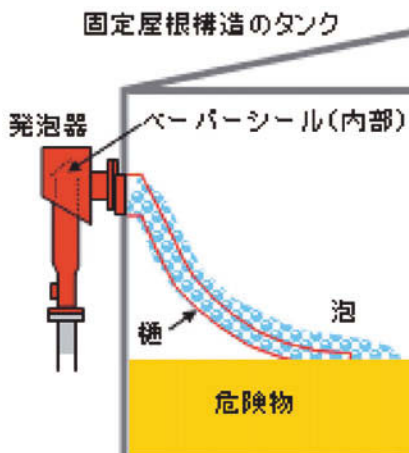


図3-5 I型泡放出口

泡を流下させるための反射板を備えている。この泡放出口を内部浮き蓋付き固定屋根タンクに設置する場合は、図3-6の右図に示すように、反射板を可動式にして、通常時はタンク壁面よりも外側に格納させている。これは、内部浮き蓋が揺動した際に、反射板を破損させたり、摩擦による火花を生じさせたりしないようにするための措置である。

上部泡放出口の発泡器内部は図3-7に示す構造で、泡水溶液をジェットから噴射して、そ

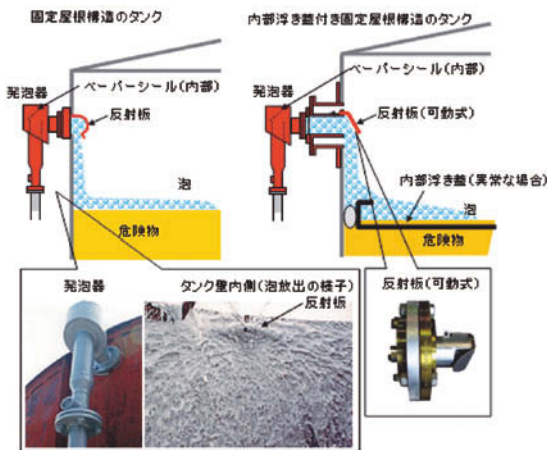


図 3-6 II型泡放出口

の負圧によって空気口から空気を取り込み、フォームメーカーの部分で泡水溶液と空気とを混合させ、6倍以上の体積に膨張させる仕組みになっている。

ベーパーシールは、固定屋根タンク内の危険物の蒸気が消火設備の配管に逆流することを阻止するために設けられるもので、タンクの内圧では破壊されず、泡の圧力では破壊されるようになっている。

発泡器の基本構造はI型、II型、及び後述の特型のいずれも同じであるが、特型の場合はベーパーシールを備えていないこともある。

特型泡放出口は、図3-8に示すようにタンク壁内側に突起物がない構造のデфлекターを有しており、浮き屋根が揺動した場合でも、接触して破損したり、火花発生の要因となったりしないようになっている。

この構造は、昭和58年5月の日本海中部地震で発生した大規模タンク火災後の通達（消防危第89号 昭和58年9月）により、「側板内部に突出部分のないものに改造する～」とされたことから生まれたものである。

特型泡放出口は、浮き屋根タンクのタンク内壁と浮き屋根デッキ間の環状のシール部分において発生するシール火災やリング火災を消火す

発泡器（エアフォームチャンバー）断面

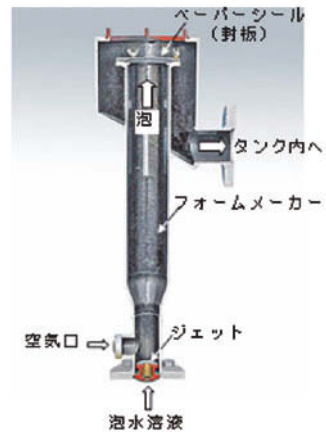


図 3-7 上部放出口発泡器内部

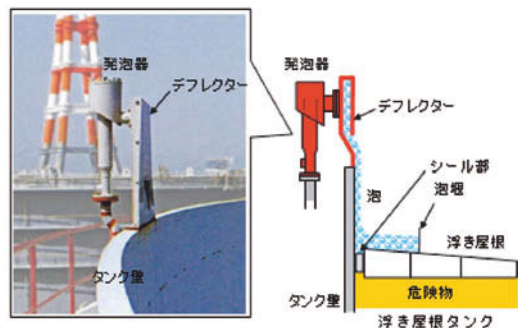


図 3-8 特型泡放出口

るために設置されるものであり、タンク内壁より中心側に環状に設けられた泡堰（図2-1参照）との間を泡で満たして消火する。したがって、仮に浮き屋根が危険物内に沈降した場合は、この泡放出口からの泡放出によって、危険物の全面を被覆・消火することは大変困難である。

このような事態に備え、一定のタンク径より大きな浮き屋根タンクを有する特定事業所には、後述の大容量泡放水砲の設置が義務付けられている。

上部泡放出口の一体的な点検では、泡放出口から泡を放出させて、放射圧力や発泡倍率が適正か調べるほか、送液管に異常（継手部の漏れ、溶接部及び配管のピンホール漏れ等）がないか調査する。また、点検実施時にはストレーナー

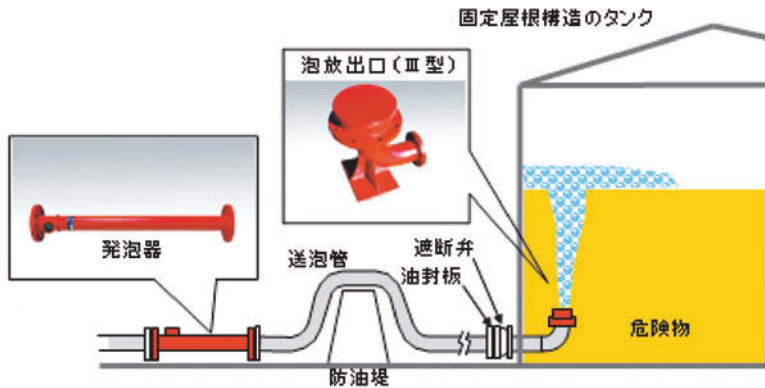


図 3 - 9 Ⅲ型泡放出口

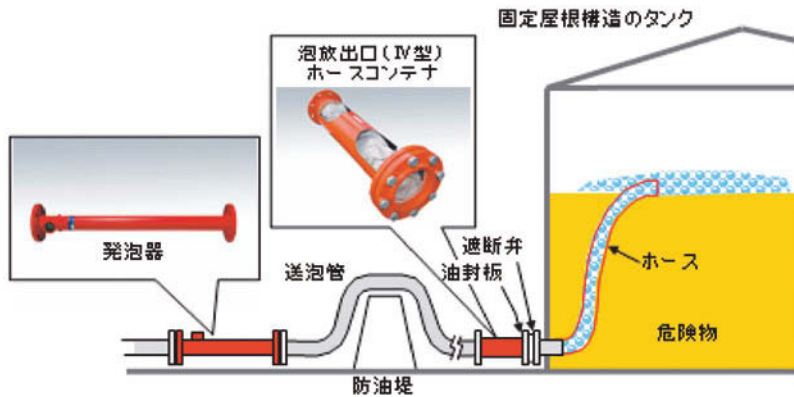


図 3 - 10 Ⅳ型泡放出口

に詰まった異物を除去する（点検実施後にも除去することを推奨）。そのほか、発泡器本体の腐食、パーシールの破損、さらに特型の泡放出口については、鳥の巣にも注意が必要である。

3. 3 底部泡放出口（Ⅲ型・Ⅳ型）

この泡放出口は、タンク底部から危険物表面に泡を放射する方式で、一般に SSI (Sub-Surface Injection) と呼ばれ、内部浮き蓋の無い固定屋根構造のタンクに用いられる³⁾。

前述 3. 2 の上部泡放出口と比べ、構造上最も異なる点は、発泡器と泡放出口が分離していることであり、防油堤の外に設置された発泡器から、送泡管を介してタンク壁を貫通し、タンク内底部の泡放出口に接続されるものである。

タンク底部泡放出口から放出された泡は、危

険物内を浮上して危険物表面に展開される。このとき、危険物内を直接浮上させるものが図 3 - 9 に示すⅢ型の泡放出口であり、折り畳み式のホースを介して浮上させるものが図 3 - 10 に示すⅣ型の泡放出口である。

タンク底部泡放出口の一部は、石災令において「送泡設備」として位置づけられているが、同政令および施設組織省令には、Ⅲ型やⅣ型の区分がなく、放出口の数、設置位置、泡の放射速度、及び構造等が規定されている。また、同省令では、送泡設備用の泡消火薬剤が規定されており、泡の規格省令を満たすふっ素たん白泡消火薬剤、又は水成膜泡消火薬剤であることとされる。

なお、施設組織省令に定められた発泡器の発

泡性能の基準（2倍以上4倍以下）は、泡の規格省令の発泡倍率の基準（6倍以上）に満たないが、これは施設組織省令改正の検討段階で「倍率の高い泡が油に汚染されやすい」との観点から、送泡設備の発泡器のみに課せられた倍率規定である。

底部泡放出口の一体的な点検では、（屋外貯蔵タンクの開放点検時を除き）泡放出口から泡を放出させることができないため、手前に設けた試験口から泡水溶液を採取するか、水の放出によって点検を行う。点検実施前には、油封板と試験口の間にブラインド（スペクトルブラインド）を挿入しておく必要がある。また、発泡器の空気口をテープ等で封鎖しておかなければ、試験口から泡が放出されるので注意が必要である。

3. 4 地中タンク・海上タンクの泡消火設備

地中タンク、及び海上タンクの固定泡消火設備の基準は、独自の運用指針に基づくが、泡放出口以外は基本的に地上に設置される他のタンクと同様である。

地中タンクのうち、地中式浮き屋根タンクの泡放出口は、地上の浮き屋根タンクと同じ特型が設置されている。ただし、ガイドボールのシー

ル部に設けられる泡放出口は、特型ではなく独自のものである。また、泡消火設備ではないが、シール火災を自動で検知して作動する局所のハロゲン化物消火設備（ハロン2402消火設備）が浮き屋根上に設置（義務設置）されている。

岩盤タンクについては、岩盤トンネルにつながる堅坑の上部室、及びドライポンプ室に固定泡消火設備が設けられているほか、堅坑上部室、ドライポンプ室、換気設備室、地下電気室などの主要設備の消火活動用に補助泡消火栓が設けられている。また、岩盤タンク本体には泡放出口が設けられていないが、トンネル内面と危険物液面との隙間は不活性ガスによって満たされている。

海上タンクについては、タンク上部に特殊な反射板の泡放出口が設けられるほか、泡消火栓、及びタンク全体を射程内とする固定の泡放射砲（泡モニターノズル）が設けられている。

4 三点セット・大容量泡放水砲

屋外タンク貯蔵所のうち、一定の直径を超える屋外貯蔵タンクを保有する特定事業所は、自衛防災組織に、**図4**に示す大型化学消防車、大型高所放水車及び泡原液搬送車（通称三点セッ

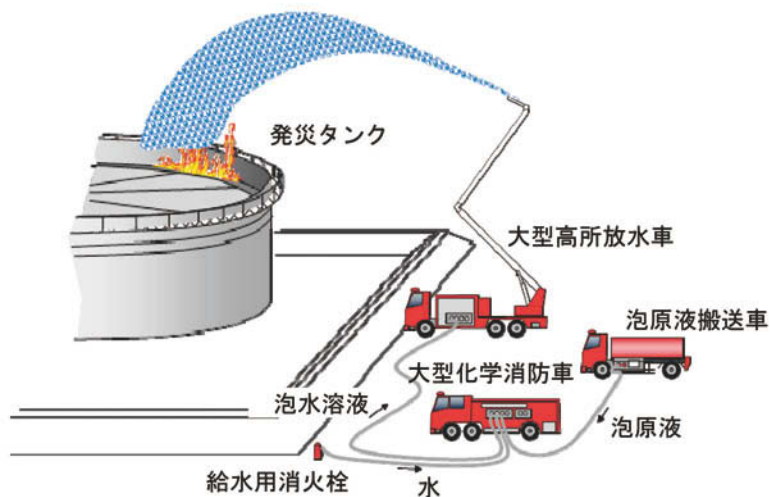


図4 三点セット（イメージ）

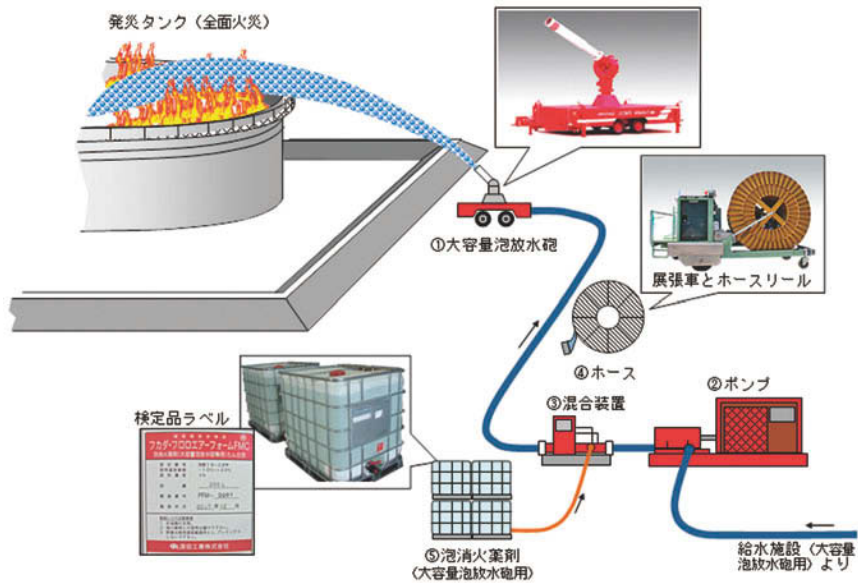


図5 大容量泡放水砲システム (イメージ)

表5 三点セット・大容量泡放水砲の配備数

(石災令第八条、一三条)	三点セット・大容量泡放水砲の配備数				
	固定屋根構造		内部浮き蓋付き 固定屋根構造	浮き屋根構造	
貯蔵する石油類	第一石油類又は 第二石油類	第三石油類又は 第四石油類	石油	石油	
配備防災資機材	三点セット※1)	三点セット※1)	三点セット※1)	三点セット※1)	大容量泡放水砲基 準放水能力※2)
タンク直径				1台	
24m 以上34m 未満	1台	-	-	-	-
34m 以上45m 未満	2台	1台	1台	1台	10000L/min
45m 以上50m 未満					20000L/min
50m 以上60m 未満	3台	2台	2台	1台	40000L/min
60m 以上75m 未満	4台				50000L/min
75m 以上90m 未満					60000L/min
90m 以上100m 未満					80000L/min
100m 以上					

※1) 一台あたりの最低放水能力は3,000L/min

※2) 基準放水能力が40,000L/min 以上で二基以上備える場合は、一基が20,000L/min 以上

ト) や、図5 に示す大容量泡放水砲及びその資機材等を備えること (共同防災組織または広域共同防災組織において備えることができる) が定められている。

これらの機材の配備数は石災令において定められ、表5 に示すように、屋外タンク貯蔵所の構造、貯蔵する危険物、及びタンク直径によってその数が異なる。

4. 1 三点セット及び送泡設備

三点セットとは図4 に示す大型高所放水車、大型化学消防車、泡原液搬送車の三車を言い、水消火栓や消火水槽からの水と泡原液を大型化学消防車にて混合し、大型高所放水車や送泡設備の連結送液口に泡消火薬剤水溶液を圧送して火災タンクの消火にあたる。

石油を貯蔵する屋外タンク貯蔵所 (屋外貯蔵

タンク)のうち、送泡設備付きタンク以外のタンクを有する特定事業所には、いわゆる三点セットの配備が義務付けられており、表5からもわかるように、タンク直径や石油の種類によって、配備台数が変化する。

浮き屋根タンクの場合は、タンク直径に関わらず1台となっているが、これは、浮き屋根タンクの想定火災がタンク内壁と浮き屋根デッキ間のリング火災とされていることによる。

三点セットの大型化学消防車は、規格放水能力が3,100L/min以上(@0.85MPa)であり、自動比例泡混合装置、及び1,800L以上の原液槽を備えるのが特徴である。

自動比例混合装置は、自積載の泡原液槽の泡原液を任意の希釈率で混合することができるほか、泡原液搬送車と接続した場合においても、泡原液の供給を受けて混合量を調整することができる。

大型高所放水車は、地上から泡を放射する筒の先までの高さが22m以上で、高所に伸びるブームは、屈折式のものや伸縮式のものがある。

筒の放水能力は3,000L/min以上(@1.0MPa)を備え、施設組織省令では「泡を放射する筒」との規定になっているため、アスピレートノズ

ルが搭載されている。また、放射射程の規定は無いが、最大70m以上のものもある。

泡原液搬送車は、4,000L以上の泡消火薬剤タンク、及び泡原液200L/minを0.3MPa以上の圧力で送液できるポンプを有している。泡消火薬剤原液が3%希釈の場合、大型化学消防車の原液槽(1,800L)のみでは、20分以下の供給能力にとどまるが、4,000Lの泡原液搬送車1台で、さらに40分程度の泡供給能力の増強が可能となる。

また、最近では大型高所放水車と大型化学消防車の両方の機能を備える省力型の車両もある。

石災令では、屋外貯蔵タンクが送泡設備付きタンクの場合とそれ以外の場合で、設置する防災資機材等が異なり、送泡設備付きタンクの場合は、「大型化学消防車又は甲種普通化学消防車を配備しなければならない」と規定されている。

送泡設備とは、前述3.3のⅢ型又はⅣ型泡放出口、及び発泡器を含む設備であり、これらを表6に示す個数備える場合は、送泡設備付きタンクの適用を受けることができる。

表6 送泡設備付きタンクの泡放出口の個数

送泡設備付きタンクに貯蔵する石油の種類	送泡設備付きタンクの直径	泡放出口の個数
一気圧における引火点が四十度以上の石油	24m 以上36m 未満	1
	36m 以上54m 未満	2
	54m 以上60m 未満	3
	60m 以上	3 に水平断面積が2826㎡を超える697㎡又は697㎡に満たない端数を増すごとに1加えた数
一気圧における引火点が四十度未満の石油	24m 以上36m 未満	2
	36m 以上42m 未満	3
	42m 以上48m 未満	4
	48m 以上54m 未満	5
	54m 以上60m 未満	6
	60m 以上	6 に水平断面積が2826㎡を超える697㎡又は697㎡に満たない端数を増すごとに1加えた数

注) 大型化学消防車又は甲種普通化学消防車から送水する場合は送泡設備付きタンク水平断面について一平方メートルあたり4 L/min 以上8 L/min 以下の泡水溶液量を送水。

4. 2 大容量泡放水砲

平成15年9月の十勝沖地震後に発生した浮き屋根タンク全面火災では、各地の三点セットが応援に駆け付け消火にあたったが、結果的には延焼を食い止めるのみにとどまった。

当時は浮き屋根タンクの全面火災を想定した消火設備や防災資機材等がなく、これを契機として平成17年12月に石災令及び施設組織省令が一部改正され、直径34m以上の浮き屋根式タンクを有する特定事業所の自衛防災組織への大容量泡放水砲の配備（共同防災組織、広域共同防災組織への配備をもって配備とみなされる）が義務付けられた。

大容量泡放水砲及びその資機材等は図5に示す次の①～⑤から構成される。

- ① 大容量泡放水砲（タンク内に泡を到達させる能力を有する・移動可能・筒先の方向角度が可変など）
- ② ポンプ（ホースの使用圧を超えないもの）
- ③ 混合装置（大容量泡放水砲用泡消火薬剤と水を適正濃度で混合するもの）
- ④ ホース（両端が結合金具付きでホース同士が確実に結合できるもの）
- ⑤ 大容量泡放水砲用泡消火薬剤（規格省令・長官基準適合）

大容量泡放水砲は、これら①～⑤の資機材等と共に配備するだけでなく、タンク内に泡を到達させるノズル圧力、泡消火薬剤の混合、及び水の供給のいずれも120分継続可能となるようにシステムを構築しなければならない。

また、従来の消火設備において規格省令が定められているポンプ、ホース、泡消火薬剤については、大容量泡放水砲の資機材等の場合も規格省令に適合することが求められている。

これらの条件を満たせば、②～④については別のものとする（たとえばホースを固定配管とするなど）こともできるが、最終的には給水施設まで含めた全てのシステムの有効性の確認・

検証が必要とされる。

システムの有効性の確認・検証において基本事項とされるものは、①～⑤の実機を使用した試験であり、実際に泡放射を行って、泡性状や放射特性を確認しなければならない。

本章では、特に泡消火に関連の深い①大容量泡放水砲と③混合装置、及び④泡消火薬剤について解説する。

大容量泡放水砲は、容易に移動させることができるようにトレーラーとなっている。ただし、これは事業所内の移動を考慮したものであり、道交法上の車両として認められているトレーラーは現存しない。つまり、資機材の格納施設から発災事業所までの移動において、一般道路を経由する場合は、トラック等に積載して輸送しなければならない。

大容量泡放水砲に搭載するノズルは、0.7MPaにおいて表5に示す基準放水能力を備え、主な機構として、図6-1に示すノンアスピレート方式、及び図6-2に示すアスピレート方式がある。

ノンアスピレート方式のノズルの特徴は、発泡機構を備えていないことであり、泡水溶液が空中を飛散する間に空気を取り込んで発泡する仕組みになっている。この発泡の仕組みは、泡水溶液や飛散過程の影響を連続して受けるため、到達地点の泡性状が安定しない場合や、散布域別の泡性状にばらつきを生ずる場合もあり、また、泡消火薬剤の種類や混合率との相関性を得ることが難しいノズルでもある。

したがって、国内では泡消火設備のノズルとして採用された事例がなかったが、今般の大容量泡放水砲配備に伴うシステムの有効性の確認及び検証は、一応クリアしたと言われている。

アスピレート方式のノズルの特徴は、発泡機構を備えていることであり、プレーパイプ内において泡が形成される。すなわち、泡の状態で放射されるため、到達点においても最低限の泡

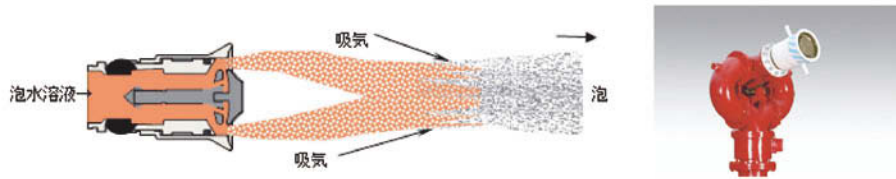


図6-1 ノンアスピレートノズル

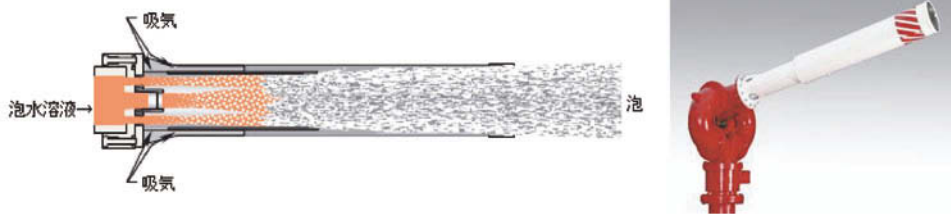


図6-2 アスピレートノズル

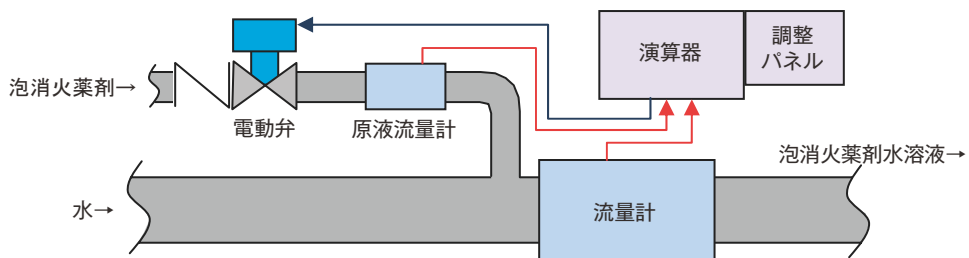


図7 電子制御混合装置

性状は保たれる。国内の従来の固定泡消火設備のノズルはすべてこの方式である。

大容量泡放水砲の混合装置には、ポンププロポーション方式やプレッシャーサイドプロポーション方式などの自動混合方式のほか、**図7**に示すような電子制御の自動混合方式も採用されている。この方式は、水流量計と原液流量計の電気信号を演算して調整用の電動弁をフィードバック制御する方法であるが、電源が必要になるほか故障時の手動混合手段を別途確保しておく必要がある。

なお、固定設備にみられるようなプレッシャープロポーション方式は、電源が必要ないものの、混合器の圧力損失が比較的大きいため採用されていない。

大容量泡放水砲の泡消火薬剤には、大容量泡放水砲専用の泡消火薬剤を使用することが規定されている。この泡消火薬剤は、規格省令に適合し、告示基準をクリアしたもので、特例検定品としての扱いである。現在、製品化されている特例検定品には、水成膜泡1%型とふっ素たん白泡3%型がある。

消防研究所の報告⁴⁾では、タンク火災に対処する泡消火薬剤の消火性能や放射性能の適合性として、ふっ素たん白泡が最も優れた評価を得ている。しかし、現在までに配備されている大容量泡放水砲は、すべて水成膜1%型を採用している。これは3%型の泡消火薬剤に比べて原液貯蔵槽の個数を三分の一に縮小できるコスト面のメリットが優先されたためと考えられる。

5 泡消火薬剤と設備の性能

屋外タンク貯蔵所の固定の泡消火設備や防災資機材等に用いる泡消火薬剤について、概要を表7、設備別の適用について表8にまとめた。

固定の泡消火設備に使用する泡消火薬剤は、たん白（又はふっ化たん白）泡消火薬剤又は水成膜泡消火薬剤であるが、この中で、泡放出口の区分によって、使用するたん白泡消火薬剤の規定が若干異なっている。Ⅰ型、Ⅱ型、及び特型の泡放出口では、たん白泡（ふっ化たん白でも可）泡消火薬剤とされているが、Ⅲ型、及びⅣ型の泡放出口については、ふっ化たん白泡消火薬剤に限定されるほか、不溶性以外の危険物には水溶性液体用の泡消火薬剤を用いる。ま

た、防災資機材等のうち、送泡設備用泡消火薬剤についても、ふっ素たん白泡消火薬剤（「ふっ素たん白」と「ふっ化たん白」は施設組織省令と運用通知の呼称の違いであり、意味するものは同等）を使用する規定になっている。

なお、ふっ化たん白泡については、定量的な基準がなく、現状ではふっ素界面活性剤を含むたん白泡消火薬剤であれば「ふっ化たん白泡」ということができる。送泡設備用にふっ化たん白泡消火薬剤を選定する際は、業者に資料を提出させるなどして、SSIに使用可能なふっ化たん白泡消火薬剤かどうかを十分に検討した方がよい。

大容量泡放水砲については、大容量泡放水砲

表7 固定泡消火設備・防災資機材等の泡消火薬剤

	泡消火薬剤	概要
たん白系	たん白泡	加水分解タンパク質及び鉄塩を主成分とする。油汚染のない状況では高い消火性能を有するが、油面を攪拌するような投入方法やSSIには不適。
	ふっ素たん白泡	ふっ素界面活性剤を少量添加したたん白泡で、耐油汚染性が改善されている。著しく油汚染のないものはSSIのほか、固定泡消火設備に幅広く使用できる。
	水溶性液体用 ふっ素たん白泡	ふっ素界面活性剤を添加して水溶性液体に耐性を持たせたたん白泡で、24号通知の試験基準を満たすもの。泡の規格省令に合格したものであれば、たん白泡、ふっ素たん白泡の使用範囲、SSIにも適用できる。
水成膜系	水成膜泡	炭化水素系界面活性剤やふっ素界面活性剤を成分とし、泡の流動性に優れる。流出油火災などに有効とされる。SSIのほか、固定泡消火設備にも使用できる。
	水溶性液体用 水成膜泡	多糖類や高分子ゲルを添加して水溶性液体への耐性を持たせた水成膜泡で、24号通知の試験基準を満たすもの。物性が、現行の泡の規格省令に適合しない場合は、特例検定品として一部の設備に使用できるものもある。
合成界面活性剤系	合成界面活性剤泡	石油類の火災には不適であり、高発泡泡以外の用途では使用できない。また、防災資機材等として備蓄されている場合は、上記のたん白系又は水成膜系のものに置き換えるよう通知されている。

表8 屋外タンク貯蔵所の消火設備・防災資機材に関する泡消火薬剤

消火設備・防災資機材		泡消火薬剤	膨張率	25%還元 時間	備考
危知 (24号通)	泡放出口	Ⅰ、Ⅱ、特型 たん白泡（ふっ化たん白） 又は水成膜泡	6倍（水成膜5倍） 以上	1分 以上	
		Ⅲ、Ⅳ型 ふっ化たん白泡 又は水成膜泡 [※]	（送泡設備に準拠）		
（施設組織省令） 石災令	三点セットほか 消防車	（合成界面活性剤泡以外の泡消火薬剤）	6倍（水成膜5倍） 以上	1分 以上	
	送泡設備	（送泡設備用泡消火薬剤） ふっ素たん白泡 又は水成膜泡	（発泡器の性能として） 2倍以上4倍以下	1分 以上	表面張力 0.03N/m以下 (@20℃)
	大容量泡放水砲	（大容量泡放水砲用泡消火薬剤） 特例	6倍（水成膜5倍） 以上10倍未満	2分 以上	

※）不溶性以外の危険物には水溶性液体用。

用の泡消火薬剤を使用することになっており、泡の規格省令において別途告示基準が定められている。その基準の主な違いは、泡の倍率規定に上限（10倍未満）があることや、25%還元時間が他の泡消火薬剤の2倍（2分以上）となっていることなど、高い性能が要求されている点である。

それ以外の防災資機材等に備える泡消火薬剤については、規格省令に適合する泡消火薬剤であること以外に特段の規定はないが、合成界面活性剤泡消火薬剤についてはたん白（ふっ化たん白）泡消火薬剤又は水成膜泡消火薬剤に置き換えるように執務資料等で通知されている。

泡消火薬剤の交換推奨期間（日本消火装置工業会発表）は、合成界面活性剤泡の場合が13～15年、水成膜泡及びたん白泡の場合が8～10年とされており、この年数を迎えたものは、順次交換を進めることが消火性能の維持につながる（PFOS含有泡消火薬剤の取扱い、そのほか消火設備の耐用年数は、日本消火装置工業会発行のパンフレットが参考になります）。

なお、泡消火薬剤を交換したり、新規に導入したりする際は、その泡消火薬剤が泡の規格省令に適合した「国家検定合格品」であることを確認することはもちろん、たん白系の泡消火薬剤については、消火剤用蒸製蹄角粉等に係る輸入検疫実施細則に基づく「消火剤用蒸製蹄角粉の加工処理を行う場所」（農林水産省）の指定を受けた工場で製造されたものかについても確認することを推奨する。

6 おわりに

屋外タンク貯蔵所の固定泡消火設備、及び特定事業所に配備される三点セット・大容量泡放水砲について紹介してみたが、これらの泡消火設備の研究開発、設計に携わる中で、石油コン

ピナート等において発生する危険物火災は、火災想定が大変難しく、実規模を以て設備の有効性を検証することもほとんどの場合はできないのが現状である。

その中で、可能な限り実規模に近い検証を実施し、あるいは過去の事故事例や奏功事例を基に小規模・局部的な検証を積み重ね、今日の泡消火技術が成り立っている。

この点では、今回紹介した設備や機材が、仕様規定の多い一般建築物（いわゆる消防法第十七条物件）の消防用設備等とは異なり、危険物、及びそれを取り扱う現場、そして消火設備から消火剤までトータルに専門的知見を有した人々によって創造されてきたものであることがお分かりいただけたと思う。

今回ここで紹介した設備については、将来の危険物防災の最前線から顧みても、やはり最良のものであることが理想であり、もちろん、これらの消火設備が威力を発揮しないための安全環境の維持が第一である。

しかし、さらなる技術革新、社会情勢の変化、高度環境社会の到来を受け、新しい燃料の誕生やエネルギーのシフト、新たな危険物質の誕生が続く以上、我々消火設備メーカーは、常に、安全環境の創造に挑み続けなければならない。

参考文献

- 1) 「危険物施設の消火設備の変遷」沖山博通 Safety&Tomorrow No.78
- 2) 「内部浮き蓋付き屋外タンク貯蔵所の安全対策に関する調査検討報告」危険物保安技術協会 業務企画部 Safety&Tomorrow No.119
- 3) 「危険物の安全と消火設備」沖山博通 深田工業株式会社資料 1993年1月
- 4) 「石油タンク火災の安全確保に関する研究報告書」平成18年3月（独）消防研究所