

自衛防災組織等の防災活動の手引き (案)

平成 26 年 1 月
危険物保安技術協会

目 次

第1	自衛防災組織等のあらし	1
1	自衛防災組織等	1
1.1	自衛防災組織	1
1.2	共同防災組織	1
1.3	広域共同防災組織	1
2	自衛防災組織の防災資機材等と防災要員	3
2.1	防災資機材等	3
2.2	防災要員	12
3	共同防災組織の防災資機材等と防災要員	13
3.1	防災資機材等	13
3.2	防災要員	14
3.3	共同防災組織を設置した場合の自衛防災組織	15
4	広域共同防災組織の防災資機材等と防災要員	17
4.1	防災資機材等	17
4.2	防災要員	17
4.3	広域共同防災組織を設置した場合の自衛防災組織	17
第2	防災活動	18
1	共通事項	18
1.1	消防機関への通報	18
1.2	関係機関等に対する情報提供	18
1.3	指揮本部の設置	19
1.4	関係機関等との連携・協力	20
1.5	安全管理	23
2	施設別事項	25
2.1	貯蔵施設	25
(1)	火災に対する応急措置及び防災活動	25
(2)	漏えい事故に対する応急措置及び防災活動	27
(3)	浮き屋根の沈降事故に対する応急措置及び防災活動	29
(4)	内部浮きぶたの異常に対する応急措置及び防災活動	40
2.2	製造施設等	50
(1)	火災に対する応急措置及び防災活動	50
(2)	爆発事故に対する応急措置及び防災活動	52
(3)	漏えい事故に対する応急措置及び防災活動	53
3	特定防災施設等の応急措置・維持管理	56
3.1	流出油等防止堤	56

3.2	消火用屋外給水施設	57
3.3	非常通報設備	57
3.4	防災資機材等	57
4	大容量泡放射システム	59
4.1	大容量泡放射システムの運用と事前計画	59
	(1) 大容量泡放射システムの運用	59
	(2) 大容量泡放射システムの輸送計画	68
4.2	稼働実態と課題	73
第3	災害事例	76
1	防災活動上の問題点	76
1.1	共通事項	76
1.2	火災、危険物の漏えい等に対する活動	76
1.3	安全管理	77
2	災害事例	78
2.1	火災	78
	(1) 新潟地震に伴う石油タンク等の火災	78
	(2) タンク屋根支持構造物の倒壊等に伴う全面火災	81
	(3) 十勝沖地震に伴うタンク全面火災	84
	(4) エチレンプラント火災事故	87
2.2	爆発	90
	(1) 東日本大震災に伴うガスタンクの爆発火災	90
	(2) 死者1名を含む多数の死傷者が発生した爆発火災	95
	(3) 死者1名を含む多数の死傷者が発生し、特別防災区域外に被害が及んだ爆発火災	99
	(4) 消防吏員1名の殉職を含む、多数の死傷者が発生した爆発火災	102
2.3	危険物の漏えい	106
	(1) 重油の海上漏えい事故	106
	(2) アスファルトの海上漏えい事故	109
2.4	浮き屋根の沈降	112
	(1) 浮き屋根の沈降により原油が大気に露出、近隣住人の健康及び環境への影響が懸念された事故	112
2.5	内部浮きぶたの異常	115
	(1) 内部浮きぶたの沈降	115
	(2) 内部浮きぶたのアルミ製デッキの損傷	120
	(3) 内部浮きぶたのシール部への滞油	123
	(4) 内部浮きぶたの傾斜	125
2.6	その他	128
	(1) 台風災害によるブタンガスの漏えい事故	128

第4	防災教育・訓練	132
1	防災教育・訓練上の問題点	132
2	防災教育の徹底	132
3	防災訓練の実施	133
4	大容量泡放射システムに係る防災訓練	135
参考資料1	タンク火災等の基礎知識	141
参考資料2	海外における災害事例	157
参考文献		163

第1 自衛防災組織等のあらまし

1 自衛防災組織等

1.1 自衛防災組織

(注1) 石油や高圧ガスを多量に貯蔵し、取り扱い又は処理している地域は、(注2) 石油コンビナート等特別防災区域として指定され、当該区域内において石油や高圧ガスを一定量以上貯蔵し、取り扱い又は処理している事業所は、その量により(注3) 第一種事業所と(注4) 第二種事業所に区分される。第一種事業所及び第二種事業所には、事業所における災害の発生又は拡大を防止するために必要な業務を行う自衛防災組織の設置が義務付けられている。

自衛防災組織は、その事業所における施設、設備等の種類、規模等に基づき備え付けるべき防災資機材等の種類、数量や防災要員の人数が決められており、防災要員は事業所における災害の発生に備え、24時間態勢でその任務にあたっている。

1.2 共同防災組織

一の石油コンビナート等特別防災区域において、二以上の事業所が共同して自衛防災組織の業務の一部を行うために設けるのが、共同防災組織である。共同防災組織を設ける場合、陸上防災及び海上防災を総合して組織することが望ましいが、立地条件などにより、これらを別々に組織することも差し支えない。陸上防災においては、一の共同防災組織の業務範囲はおおむね直径5km程度の範囲である。

共同防災組織は自衛防災組織の業務の一部を行うので、自衛防災組織の備えるべき防災資機材や防災要員の一部を受け持つこととなる。このことにより、自衛防災組織は備えるべき防災資機材や防災要員を減ずることができる。

共同防災組織の防災要員は、自衛防災組織と一体となって構成事業所の防災業務に従事するものであり、自衛防災組織と同様に24時間態勢で災害の発生に備えている。

1.3 広域共同防災組織

二以上の特別防災区域にわたる区域で、地理的条件、交通事情、災害発生の恐れ、特定事業所の集中度その他の事情を勘案して政令で定める第1から第12の地区に所在する特定事業所の全部又は一部が共同して自衛防災組織の業務のうち、大容量泡放水砲及び大容量泡放水砲用防災資機材等を用いて行う防災活動を行うために設けるのが、広域共同防災組織である。

注1 石油コンビナート等特別防災区域

- (7) 第一種事業所となる事業所を含む2以上の事業所が所在し、かつ、
$$\frac{\text{当該区域の石油の貯蔵・取扱量の合計}}{10 \text{ 万 k}\ell} + \frac{\text{当該区域の高圧ガスの処理量}}{2,000 \text{ 万 m}^3}$$
 が1以上
となる区域
- (イ)
$$\frac{\text{石油の貯蔵・取扱量}}{10 \text{ 万 k}\ell} + \frac{\text{高圧ガスの処理量}}{2,000 \text{ 万 m}^3}$$
 が1以上となる事業所の区域
- (ウ) (7)又は(イ)に該当することとなると認められる区域

注2 石油コンビナート等特別防災区域の指定状況

平成25年4月1日現在 33道府県85地区

注3 第一種事業所

$$\frac{\text{石油の貯蔵・取扱量}}{1 \text{ 万 k}\ell} + \frac{\text{高圧ガスの処理量}}{200 \text{ 万 m}^3}$$
 が1以上となる事業所

注4 第二種事業所

$$\frac{\text{石油の貯蔵・取扱量}}{1,000 \text{ k}\ell} + \frac{\text{高圧ガスの処理量}}{20 \text{ 万 m}^3} + \frac{\text{第1,2,3,5,6類の危険物の貯蔵・取扱量}}{2,000 \text{ t}}$$
$$+ \frac{\text{石油以外の第4類危険物の貯蔵・取扱量}}{2,000 \text{ k}\ell} + \frac{\text{指定可燃物のうち可燃性固体類の貯蔵・取扱量}}{1 \text{ 万 t}}$$
$$+ \frac{\text{指定可燃物のうち可燃性液体類の貯蔵・取扱量}}{1 \text{ 万 m}^3} + \frac{\text{高圧ガス以外の可燃性ガスの貯蔵・取扱・処理量}}{20 \text{ 万 m}^3}$$
$$+ \frac{\text{毒物の貯蔵・取扱・処理量}}{20 \text{ t}} + \frac{\text{劇物の貯蔵・取扱・処理量}}{200 \text{ t}}$$

が1以上となる事業所で、都道府県知事が指定するもの

2 自衛防災組織の防災資機材等と防災要員

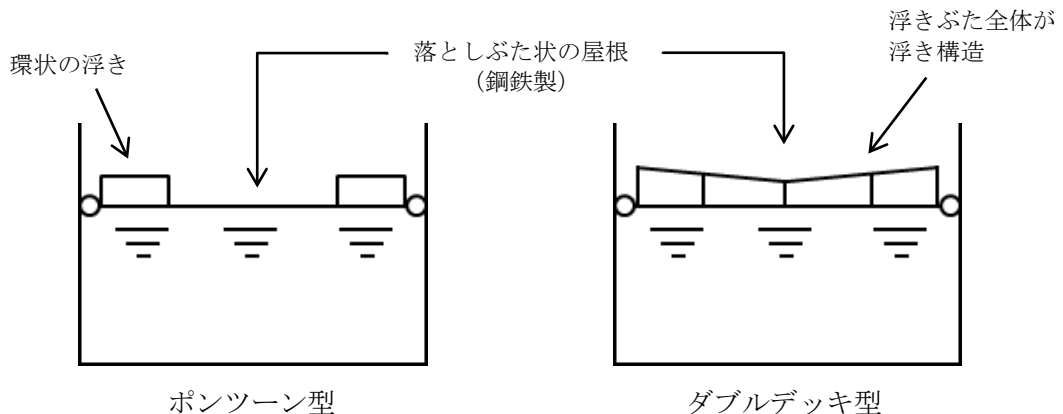
2.1 防災資機材等

- (1) 大型化学消防車、大型高所放水車、泡原液搬送車（三点セット）（送泡設備付きタンク）
 屋外貯蔵タンクの型、直径、貯蔵する石油の種類に応じて次の基準により、備え付けるべき台数のうち、最も多い台数を備え付ける。

タンクの型	貯蔵する石油の種類	タンクの直径	備え付けるべき数量
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（注1）	石油	34m 以上	各 1 台
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で、浮きぶたが金属材質で造られ、かつ浮きぶたの浮力が浮きによるもの（注2）	石油	34m 以上 50m 未満	各 1 台
		50m 以上	各 2 台
その他の屋外貯蔵タンク（注3）	消防法別表に掲げる第一石油類 又は第二石油類	24m 以上 34m 未満	各 1 台
		34m 以上 50m 未満	各 2 台
		50m 以上 60m 未満	各 3 台
		60m 以上	各 4 台
	消防法別表に掲げる第三石油類 又は第四石油類	34m 以上 50m 未満	各 1 台
		50m 以上	各 2 台

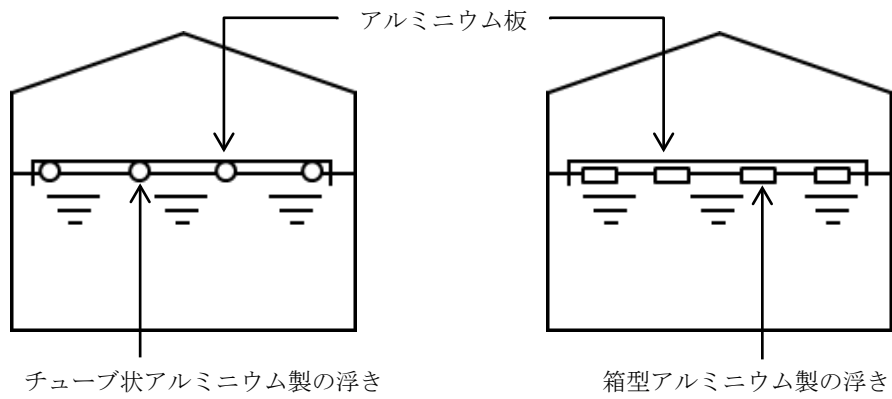
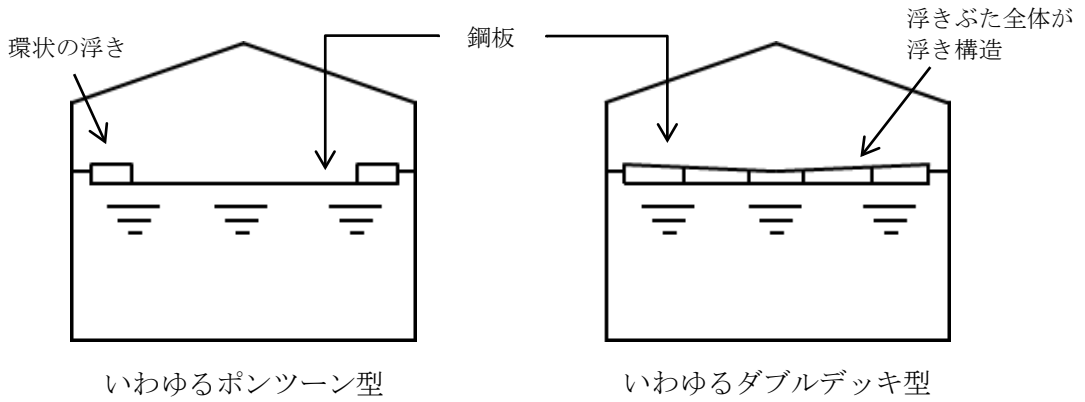
注 1 浮きぶた付きの屋外貯蔵タンクのうち、浮きぶたが屋根を兼ねるもの（以下「浮き屋根式屋外貯蔵タンク」という。）

例 外部浮き屋根型タンク（フローティングルーフタンク）



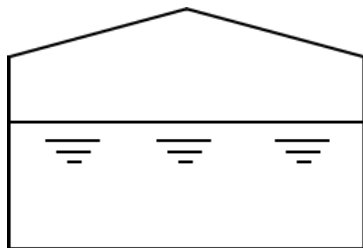
注2 浮きぶた付きの屋外貯蔵タンクのうち、浮きぶたが屋根を兼ねるもの以外のもので、
 浮きぶたが金属材質で造られ、かつ、浮きぶたの浮力が浮きによるもの

例 内部浮き屋根型タンク（インナーフローティングタンク）

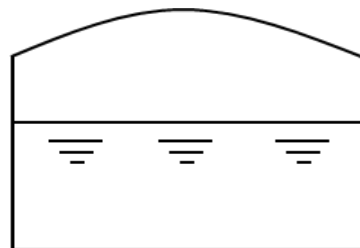


注3 その他の屋外貯蔵タンク

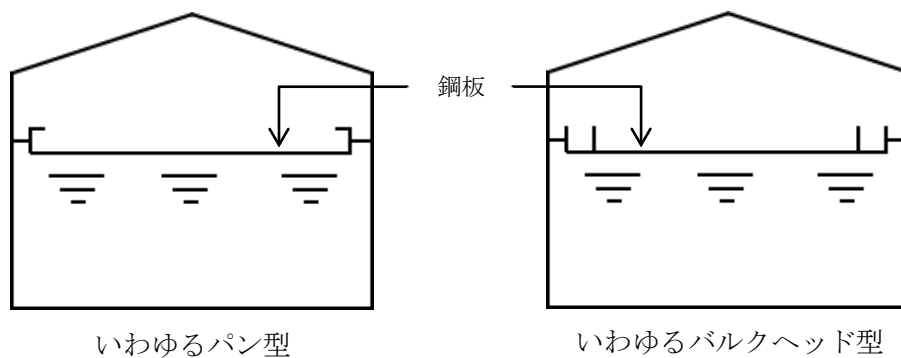
例1 コーンルーフ型タンク



ドームルーフ型タンク



例2 浮力が浮きによらない構造の浮きぶたを有するタンク



(注4)

なお、屋外貯蔵タンクが送泡設備付きタンクで、かつ、以下の条件を満たす場合は、それぞれの泡放出口から概ね量の等しい泡を放出できるだけの発泡器及び大型化学消防車又は甲種普通化学消防車を備え付ける。

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40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2,826㎡を越える697㎡又は697㎡に満たない端数を増すごとに1を加えた数
一気圧における引火点が40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2,826㎡を越える697㎡又は697㎡に満たない端数を増すごとに1を加えた数

注4 固定泡消火設備の放出口のうち、底部泡放出口（Ⅲ型又はⅣ型）及び発泡器を含む設備が設置されているタンク



写真 1-1 三点セット（左上：泡原液搬送車、左下：大型化学消防車、右：大型高所放水車）

出典：千葉市ホームページ

(2) 甲種普通化学消防車

石油の貯蔵・取扱量及び第4類危険物の取扱量に応じて、次の基準により備え付けるべき台数のうち、最も多い台数を備え付ける。

事業所の区分	備え付けるべき台数
石油の貯蔵・取扱量が1万kl以上	1台
石油の貯蔵量が指定数量の10万倍以上1,000万倍未満	1台
〃 1,000万倍以上2,000万倍未満	2台
〃 2,000万倍以上4,000万倍未満	3台
〃 4,000万倍以上	4台
指定施設における第4類危険物の取扱量が指定数量の3,000倍以上12万倍未満	1台
〃 12万倍以上24万倍未満	2台
〃 24万倍以上48万倍未満	3台
〃 48万倍以上	4台

(3) 普通消防車、小型消防車、普通高所放水車、乙種普通化学消防車

事業所の規模、設備に応じて、次の基準により備え付ける。

防災資機材等	事業所の区分	備え付けるべき台数	
普通消防車	第一種事業所	1台	
小型消防車	$\frac{\text{石油の貯蔵量・取扱量}}{10,000 \text{ kl}} + \frac{\text{高圧ガスの処理量}}{200 \text{ 万 m}^3} \geq 0.5$	1台	
普通高所放水車	20m以上の高所で石油を貯蔵・取扱う施設のある第一種事業所又は高さが15m以上の屋外貯蔵タンクのある第一種事業所(注5)	1台	
乙種普通化学消防車	第4類危険物を指定数量以上取扱う特定移送取扱所(注6)	配管の延長が15km以下	1台
		配管の延長が15kmを越え、移送基地から半径50kmの円内にとどまるもの	2台
		配管の延長が15kmを越え、移送基地から半径50kmの円内にとどまらないもの	2台に半径50kmを越えた部分が半径50kmの円ごとに1台を追加した台数

注5 上記(2)の表の左欄に該当する事業所

注6 海域に設置される部分以外の配管の延長が7km未満のものを除く特定移送取扱所

(4) 大型化学高所放水車

大型化学消防車 1 台及び大型高所放水車 1 台に代えて、大型化学高所放水車 1 台及び普通消防車又は小型消防車 1 台を備え付けることができる。

(5) 普通泡放水砲

大型高所放水車を 2 台以上備え付けなければならない事業所において、大型高所放水車又は大型化学高所放水車に加えて、これを備え付けた場合、普通泡放水砲 1 基につき、備え付けるべき大型高所放水車のうち、1 台を備え付けていることとされる。

(6) 大容量泡放射システム

大容量泡放射システムとは、主として大型の浮き屋根式屋外貯蔵タンクの全面火災の消火に用いる資機材で、大容量泡放水砲、動力消防ポンプ、混合装置、ホース、泡消火薬剤、泡消火薬剤搬送のための資機材及び必要となる水量の水利を確保する遠距離送水のための資機材の総称をいう。

特定事業所で、直径が 34m 以上の浮き屋根式屋外貯蔵タンクがある場合に、次の放水能力を満たすように備え付ける。

浮き屋根式屋外貯蔵タンクの直径		基準放水能力
34m 以上	45m 未満	毎分 1 万ℓ
45m 以上	60m 未満	毎分 2 万ℓ
60m 以上	75m 未満	毎分 4 万ℓ
75m 以上	90m 未満	毎分 5 万ℓ
90m 以上	100m 未満	毎分 6 万ℓ
100m 以上		毎分 8 万ℓ

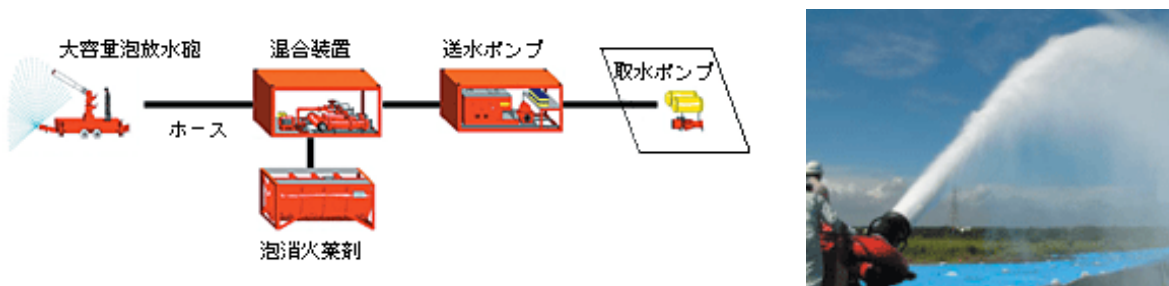


写真 1-2 大容量泡放射システム

出典：総務省消防庁ホームページ

(7) 泡消火薬剤

ア 備え付けるべき台数の大型化学消防車、甲種普通化学消防車、乙種普通化学消防車又は大型化学高所放水車が同時に 120 分継続して泡水溶液を放水するものとした場合に必要な量を備え付ける。

イ 送泡設備付きタンクを設ける場合は、次に定める時間継続して泡水溶液を送水できるだけの量の送泡設備用泡消火薬剤を備え付ける。

送泡設備付きタンクの区分	時間
一気圧における引火点が 40 度以上の石油を当該石油の引火点未満の温度で貯蔵する送泡設備付きタンク	30 分
一気圧における引火点が 40 度未満の石油を貯蔵する送泡設備付きタンク又は石油を当該石油の引火点以上の温度で貯蔵する送泡設備付きタンク	55 分

ウ 大容量泡放射システムを備え付ける事業所は、大容量泡放射システムの使用時において、120 分継続して適正な濃度の泡水溶液を放水できるだけの量の大容量泡放水砲用泡消火薬剤を備え付ける。



写真 1-3 大容量泡放水砲用泡消火薬剤

(8) 可搬式放水銃、可搬式泡放水砲、耐熱服、空気呼吸器、酸素呼吸器

備え付けるべき防災資機材等の区分に応じて、当該防災資機材等 1 台につき次の基準により備え付ける。

可搬式放水銃等	防災資機材等	備え付けるべき数量
可搬式放水銃	甲種普通化学消防車 乙種普通化学消防車 普通消防車 小型消防車	1 基
可搬式泡放水砲 (3,000 ℓ型)	大型化学高所放水車 大型高所放水車	1 基
可搬式泡放水砲 (2,000 ℓ型)	普通高所放水車	1 基
耐熱服 (注 7)	大型化学高所放水車 大型化学消防車 大型高所放水車 普通高所放水車 甲種普通化学消防車 乙種普通化学消防車	1 着
空気呼吸器 又は酸素呼吸器 (注 7)	普通消防車 小型消防車 普通泡放水砲	1 個

注 7 大容量泡放水砲を備え付ける場合は、1 着 (1 個) に当該大容量泡放水砲に他のポンプを介さずに結合されるポンプ 1 台につき、1 着 (1 個) を加算した数量を備え付ける。



写真 1-4 可搬式放水銃

出典：JX 日鉱日石石油基地(株)ホームページ

(9) オイルフェンス、オイルフェンス展張船、油回収船、油回収装置

第一種事業所が海域に接している場合又は係留施設を使用して石油を取扱う場合に、石油の貯蔵・取扱量に応じて次の基準により備え付ける。

防災資機材等	石油の貯蔵・取扱量	備え付けるべき数量
オイルフェンス	1 万kℓ以上 10 万kℓ未満	1,080m
	10 万kℓ以上 100 万kℓ未満	1,620m
	100 万kℓ以上	2,160m
オイルフェンス展張船	1 万kℓ以上	必要な隻数 (注 8)
油回収船又は 油回収装置 (注 9)	100 万kℓ以上	必要な数量 (注 10)

注 8 備え付けるべきオイルフェンスを 1 時間以内に展張することができる隻数

注 9 油回収船（油回収装置の場合は、当該油回収装置を積載して海面に漏えいした石油を回収できる補助船）は、次の要件を満たす必要がある。

- (ア) 自力で推進することができること。
- (イ) 石油を回収する速さに応じた石油の貯蔵及び移送を行うことができること。
- (ウ) 固形浮遊物の混在する石油を回収することができること。

注 10 次の条件下において、毎時 30 kℓ以上の速さで石油を回収することができる数量

- (ア) 海面の状態 波高 30cm、波長 10m
- (イ) 油種 B 重油
- (ウ) 油層厚 6mm
- (エ) 回収作業位置と陸揚げ箇所との距離 300m
- (オ) 回収作業海面の固形浮遊物最大浮遊密度 海面 1 m²につき 20kg



写真 1-5 オイルフェンス展張船

出典：一般社団法人 日本作業船協会ホームページ

(10) 省力化された防災資機材等

省力化された防災資機材等とは、防災活動における作業の省力化に資する装置又は機械器具（自動化システム、遠隔操作装置、ホース延長用資機材、低反動ノズル及び携帯無線機をいう。）を搭載した大型高所放水車、普通高所放水車、大型化学消防車、甲種普通化学消防車又は大型化学高所放水車をいう。

ア 自動化システム

大型化学高所放水車等の泡混合操作及び送水操作等を自動化するシステムをいい、自動ドレンシステム、自動揚水システム、自動泡吐出システム、自動流量制御システム、自動圧力制御システム、自動混合システム、タンク残量監視システム及び操作パネルから構成される。

イ 遠隔操作装置

大型化学高所放水車等の起塔操作を自動的にを行い、かつ、離れた位置において放水操作を行うための装置をいう。

ウ ホース延長用資機材

ホースカーにあらかじめ消火活動に必要なとなる本数のホースを折りたたんで収納し、消火活動時に防災要員が1人でホースカーを引き、ホースを引き落としながら迅速に延長できるようにしたものをいう。

エ 低反動ノズル

放水又は泡放射をする際に防災要員が受ける反動力を有効に減少させることができるノズルをいう。

オ 携帯無線機

消火活動時に防災要員相互間の通信を行うための機器をいう。

防災活動における作業の省力化に資する装置又は機械器具と消防車両との組み合わせによって消防車両1台につき必要となる防災要員は次のようになる。

	防災要員の人数	防災活動における省力化に資する装置又は機械器具			
		遠隔操作装置	ホース延長用資機材	低反動ノズル	携帯無線機
大型高所放水車	2人				
普通高所放水車	1人	○			
大型化学消防車	5人				
甲種普通化学消防車	4人		○	○	
	3人		○	○	○
大型化学高所放水車	5人	注 11			
	4人	注 11	○	○	
	3人	注 11	○	○	○

注 11 自動化システム及び遠隔操作装置を備え付けることが望ましい。

2.2 防災要員

(1) 次の防災資機材を備え付けなければならない自衛防災組織は、それぞれ次の基準により防災要員を置く。

また、大型化学消防車、甲種普通化学消防車、乙種普通化学消防車又は大型化学高所放水車を 2 台以上備え付ける場合は、指揮者である防災要員 1 人を置く。

防災資機材等	各 1 台、各 1 基又は各 1 隻 について必要な防災要員数
大型化学消防車	5 人
大型高所放水車	2 人
泡原液搬送車	1 人
甲種普通化学消防車	5 人
普通消防車	5 人
小型消防車	4 人
普通高所放水車	2 人
乙種普通化学消防車	5 人
大型化学高所放水車	5 人
普通泡放水砲	1 人
オイルフェンス展張船	乗組船舶職員等のほか 2 人
油回収船	乗組船舶職員等のほか 2 人
油回収装置	補助船に係る乗組船舶職員 等のほか各一式につき 2 人

(2) 大容量泡放射システムを備え付けなければならない自衛防災組織は、次の基準により防災要員を置く。

大容量泡放水砲等を用いて行う防災活動を統括する 1 人の防災要員
大容量泡放水砲各 1 基につき 1 人の防災要員
大容量泡放水砲等を用いて行う防災活動を円滑、かつ的確に行うために必要な防災要員
<ul style="list-style-type: none"> ・ 動力消防ポンプ各 1 台につき 2 人 ・ 混合装置各 1 台につき 2 人 ・ 大容量泡放水砲用屋外給水施設から浮き屋根式屋外貯蔵タンクまでホースを延長した場合におけるホースの長さ÷200m に相当する人数（1 未満の端数は切り上げる。）

(3) 上記(1)に掲げる防災資機材等及び(2)に掲げる大容量泡放射システムを必要としないものにあつては、2 人以上の防災要員を置く。

3 共同防災組織の防災資機材等と防災要員

3.1 防災資機材等

- (1) 大型化学消防車、大型高所放水車、泡原液搬送車（三点セット）

共同防災組織を構成する各事業所（以下「構成事業所」という。）に備え付けなければならない事業所がある場合、構成事業所の自衛防災組織ごとに備え付けるべき台数のうち、最も多い台数に相当する台数を備え付ける。
- (2) 甲種普通化学消防車

構成事業所に備え付けなければならない事業所がある場合、構成事業所の自衛防災組織ごとに備え付けるべき台数のうち、最も多い台数に相当する台数を備え付ける。
- (3) 普通消防車、小型消防車

構成事業所のうちにいずれかを備え付けなければならない事業所がある場合、それぞれ 1 台を備え付ける。
- (4) 普通高所放水車

構成事業所のうちに備え付けなければならない事業所がある場合、1 台を備え付ける。
- (5) 大容量泡放射システム

構成事業所のうちに備え付けなければならない事業所がある場合、その放水能力の合計が構成事業所の自衛防災組織ごとの基準放水能力のうち、最も大きい基準放水能力以上に相当する数の大容量泡放水砲及び大容量泡放水砲用防災資機材等を備え付ける。
- (6) 泡消火薬剤
 - ア 備え付けるべき台数の大型化学消防車、甲種普通化学消防車又は大型化学高所放水車が同時に 120 分継続して泡水溶液を放水するものとした場合に必要な量を備え付ける。
 - イ 構成時証書の内に送泡設備付きタンクを設ける事業所がある場合、構成事業所の自衛防災組織ごとに備え付けるべき送泡設備用泡消火薬剤の量のうち、最も多い量に相当する送泡設備用泡消火薬剤を備え付ける。
 - ウ 構成事業所のうちに大容量泡放射システムを備え付ける事業所がある場合、構成事業所の自衛防災組織毎に備え付けるべき大容量泡放水砲用泡消火薬剤のうち、最も多い量に相当する大容量泡放水砲用消火薬剤を備え付ける。
- (7) 可搬式放水銃、可搬式泡放水砲、耐熱服、空気呼吸器、酸素呼吸器

備え付けるべき防災資機材等の区分に応じて、当該防災資機材等 1 台につき前述の 2、2.1、(8)に示す基準により備え付ける。（乙種普通化学消防車を除く。）

(8) オイルフェンス、オイルフェンス展張船、油回収船

構成事業所のうちにその敷地の全部若しくは一部が海域に接するもの又は係留施設を使用して石油を取り扱うものの石油の貯蔵・取扱量が1万kl以上の第一種事業所がある場合、前述の2、2.1、(8)に示す基準により備え付ける。

なお、オイルフェンスは、それぞれの事業所に備えるべきオイルフェンスのうち、長さの最も長いものの2分の1に相当する長さのオイルフェンスを備え付ける。

3.2 防災要員

備え付けるべき防災資機材等に応じて、前述の2、2.2、(1)及び同(2)に示す基準により防災要員を置く。

なお、備え付ける防災資機材等が2台以上である場合は、指揮者1人を置く。

3.3 共同防災組織を設置した場合の自衛防災組織

構成事業所が前述の 3.1 及び 3.2 の基準により共同防災組織に防災資機材等を備え付け、かつ、防災要員を置いた場合、各構成事業所の自衛防災組織に備え付けるべき防災資機材等及び置くべき防災要員は、前述の 2、2.1 及び同 2.2 の基準によらず次のとおりとなる。

(1) 甲種普通化学消防車及び乙種普通化学消防車

防災資機材等	要 件		備え付けるべき 数 量	
甲種普通化学消防車 (注 1)	①	共同防災組織を設置していないものとし、かつ、当該構成事業所に送泡設備付きタンクがあるときには、当該送泡設備付きタンクに送泡設備が設置されていないものと見なした場合に、当該構成事業所の自衛防災組織に備え付けるべき大型化学消防車若しくは甲種普通化学消防車又はこれらを合計した台数が 2 台又は 3 台であるとき	1 台	
	②	①と同要件で、当該構成事業所の自衛防災組織に備え付けるべき大型化学消防車若しくは甲種普通化学消防車又はこれらを合計した台数が 4 台であるとき	2 台	
	③	当該構成事業所の第 4 類危険物の取扱量が指定数量の 3,000 倍以上 24 万倍未満であるとき	1 台	
	④	当該構成事業所の第 4 類危険物の取扱量が指定数量の 24 万倍以上であるとき	2 台	
乙種普通化学消防車	当該構成事業所に指定施設である移送取扱所があるときで、以下の要件による。		/	
	①	危険物を移送するための配管の延長が 15km 以下であるとき		1 台
	②	危険物を移送するための配管の延長が 15km を越えかつ、当該配管の経路が移送基地を中心として半径 50km の円の範囲内にとどまるとき		2 台
③	危険物を移送するための配管の延長が 15km を越えかつ、当該配管の経路が移送基地を中心として半径 50km の円の範囲外に及ぶとき	2 台+範囲外にある配管経路を半径 50km の円の範囲内に包含する場所 1 箇所につき 1 台を加えた台数		

注 1 ①又は②に掲げる場合及び③又は④に掲げる場合のいずれにも該当する場合は、いずれか多い台数

(2) 泡消火薬剤及び可搬式放水銃等

防災資機材等	備え付けるべき数量
泡消火薬剤	前(1)の基準により備え付けるべき台数の甲種普通化学消防車又は乙種普通化学消防車(以下「普通化学消防車」という。)が、同時に 120 分継続して泡水溶液を放水するものとした場合に必要な量
可搬式放水銃	前(1)の基準により備え付けるべき台数の普通化学消防車ごとにそれぞれ 1 基、1 着、1 個
耐熱服	
空気呼吸器又は酸素呼吸器	

(3) 防災要員

前(1)の基準により備え付けるべき台数の普通化学消防車各 1 台につき 5 人を置き、備え付けるべき普通化学消防車が 2 台以上の場合は、別に指揮者 1 人を置く。

4 広域共同防災組織の防災資機材と防災要員

4.1 防災資機材等

(1) 大容量泡放射システム

その放水能力の合計が当該広域共同防災組織の各構成事業所の自衛防災組織のうち、基準放水能力が最も大きい自衛防災組織の基準放水能力以上に相当するように備え付ける。

(2) 大容量泡放水砲用泡消火薬剤

当該広域共同防災組織の各構成事業所の自衛防災組織に備え付けなければならないとされる大容量泡放水砲用泡消火薬剤のうち、最も多い量に相当する量を備え付ける。

(3) 耐熱服、空気呼吸器又は酸素呼吸器

前(1)により備え付けた大容量泡放水砲ごとに、1着(1個)に当該大容量泡放水砲に他のポンプを介さずに結合されるポンプ1台につき、1着(1個)を加算した数量を備え付ける。

4.2 防災要員

前述の2、2.2、(2)の基準により防災要員を置く。

4.3 広域共同防災組織を設置した場合の自衛防災組織

構成事業所が前述の4.1及び4.2の基準により広域共同防災組織に防災資機材等を備え付け、かつ、防災要員を置いた場合、各構成事業所の自衛防災組織に備え付けるべき防災資機材等及び置くべき防災要員のうち、大容量泡放射システムに係る防災資機材等及び防災要員については、それぞれ備え付け、置くべきことを必要としない。

第2 防災活動

自衛防災組織等が防災活動を行う場合において、特に留意するよう指導すべき事項は、次のとおりである。

1 共通事項

1.1 消防機関への通報

(1) 火災又は漏えい事故等が発生した場合は、消防機関へ直ちに通報するために次の事項に留意する。

ア 発見者は、直ちに消防機関へ通報する。

イ 発見者が事業所内のあらかじめ定められた部署に連絡することとされている事業所にあつては、当該部署は一箇所にしておく。

ウ 上記イの連絡を受けた部署の関係者は、直ちに消防機関へ通報する。

エ 消防機関への非常通報体制については、常に見直しを行う。

オ 消防機関への通報を実施したことを通報責任者が確認する体制を確立する。

(2) 消防機関への通報は、少なくとも次の事項について行う。この場合、判明した項目について直ちに第1報として通報することとし、以後、判明し次第、逐次、第2報、第3報として通報する。

ア 事故、異常現象等の種別（火災、爆発、危険物の漏えい等の別及び燃焼又は漏えいしている物質の種類等）

イ 事故が発生した事業所の名称及び所在地

ウ 事故、異常現象等が発生した施設の名称（同一名称の事業所の敷地が道路等により分割されている場合は、事故、異常現象等が発生した施設の明確な位置）

エ 事故、異常現象等が発生した施設の区分（危険物施設、高圧ガス施設又は高危混在施設等の別）

オ 事故、異常現象等の規模及び態様

カ 死傷者及び要救助者の有無

キ 入門口の多い事業所の場合は、消防機関が進入すべき事業所の入門口

1.2 関係機関等に対する情報提供

(1) 消防機関をはじめとする関係機関等が事故、異常現象等の発生現場に到着した場合は、防災活動を円滑にするために必要な情報を提供する。

防災活動を円滑にするために必要な情報としては、次のようなものが考えられる。

ア 事故形態及び被害状況

- イ 要救助者の有無（有りの場合は、その状況）
 - ウ 燃焼及び漏えいしている又は異常現象を呈している危険物、高圧ガス、可燃性ガス等（以下「危険物等」という。）の名称及びその性状
 - エ 事故等の発生した機器の位置、箇所及び名称
 - オ 緊急停止措置及び応急措置等の実施状況
 - カ 周辺施設及び敷地外への災害波及の有無（有りの場合は、その状況及びそれに対する応急措置の状況）
 - キ 二次災害発生の危険性の有無（有りの場合は、具体的な危険性及びそれに対する応急措置の状況）
 - ク 周辺施設への被害状況
 - ケ 消火設備等の設置及び作動状況
 - コ 自衛防災組織等の活動状況
 - サ 防災資機材等の集結状況
 - シ 注水の可否、呼吸保護具の必要性等防災活動上の留意事項
- (2) 情報提供にあたっては、図面等の資料を有効に活用する。
- (3) 情報提供及び情報の共有化を的確に実施するために、防災関係機関等に対して情報を提供し、質問事項等に回答する責任者を定めておくことも有効であると考えられる。

【情報提供等に係る責任者制度（例）】

神奈川県川崎市においては、従前から「消防技術説明者制度」の導入を特定事業者に指導している。消防技術説明者は、事業所長から選任され、予防規程・防災規程の中で届出されている者であり、その任務としては、公設消防現場指揮本部において情報の提供、回答を行うとともに、公設消防本部からの指示事項、協議事項を自衛防災現場指揮本部へ伝達し、その結果報告を行うこと等がある。

また、最近大きな事故を経験した地域では、石油コンビナート等防災計画の見直しが行われている。例えば、兵庫県石油コンビナート等防災計画では、「特定事業所は災害時の防災関係機関との連携責任者を定め、必要な情報の提供や説明を行う」旨を明記しており、山口県と広島県にまたがる岩国・大竹地区石油コンビナート等防災計画では、「現地連絡室を事業所内に設置」とし、情報提供責任者をあらかじめ定めるとしている。

- (4) あらかじめ事業所内の配置等を関係機関等に確認してもらう等、平時から情報発信・情報共有に努めることも有効であると考えられる。

1.3 指揮本部の設置

自衛防災組織等は、事故等が発生した施設及び現場活動が把握できる風上等の安全な位置にできる限り早期に指揮本部を設けるものとし、消防機関が現場指揮本部を設置する場合に

は、当該指揮本部に隣接して指揮本部を設置する。この場合、次の事項に留意する。

- (1) 指揮最高責任者を明示する。
- (2) 事業所関係の指揮系統を一元化する。
- (3) 消防活動について、消防機関と十分に協議する。
- (4) 消防機関からの指示事項は、各任務分担者に直ちに周知徹底する。
- (5) 消防機関と連絡にあたる要員は、腕章を着用する等、伝達要員であることを明確にする。
- (6) 指揮本部には、目印となるその旨の標識を掲げる。
- (7) 指揮本部には、次に掲げる設備を備えておくことが望ましい。
 - ア 加入電話又は加入電話が設置されている場所と連絡できる通信設備
 - イ 一斉放送用の拡声設備又は当該放送が可能な場所と連絡できる通信設備
 - ウ 連絡用車両
 - エ 広報用掲示板

1.4 関係機関等との連携・協力

後述する大容量泡放射システムを活用する屋外タンク全面火災のような大規模な災害においては、石油コンビナート等防災本部を中心として、特定事業者、道府県、市町村、特定地方行政機関、自衛隊及び関係公共機関等（以下、「防災関係機関等」という。）が一体となって災害に対処する必要がある。

災害発生時に連携・協力が求められる防災関係機関等、及びそれらの機関が担う業務は概ね次のとおりである。より有効な防災活動を展開するためには、各機関の業務を十分理解したうえで、災害情報や防災活動内容の共有等、積極的に連携を図っていくことが望ましい。

(1) 特定事業者

特定事業者は、特定事業所における災害の発生及び拡大の防止について、第一次的責任を有することから、相互に連携・共同して一体的な防災体制の確立に努める。

- ア 自衛防災組織
- イ 共同防災組織
- ウ 広域共同防災組織

(2) 道府県（石油コンビナート等防災本部）

特定事業者及び防災関係機関等が実施する防災対策が総合的かつ効果的に行われるよう、調整を図る。

(3) 関係市町村

関係市町村は、防災関係機関等と緊密な連携のもとに有効かつ適切な応急対策活動を実施する。

(4) 消防機関

消防機関（管轄消防本部、都道府県内消防応援隊、緊急消防援助隊等）は、防災関係機関等と緊密な連携のもとに、有効かつ適切な防災活動を行う。

- ア 情報の収集及び伝達
- イ 被害状況及び災害原因調査
- ウ 被災者の医療機関等への搬送
- エ 火災等の災害防ぎょ及び拡大防止

(5) 特定地方行政機関

特定地方行政機関は、防災体制の整備、充実を図るとともに、積極的な防災活動を実施する。

ア 管区警察局

- (7) 管区内各県警察の災害警備活動及び相互援助の指導・調整
- (1) 他管区警察局との連携
- (2) 管区内防災関係機関等との連携
- (3) 管区内各県警察及び防災関係機関等からの情報収集並びに報告・連絡
- (4) 警察通信の確保及び統制

イ 産業保安監督部

- (7) 災害に関する情報の収集及び伝達
- (1) 災害原因調査及び災害再発防止対策の指導

ウ 管区海上保安本部

- (7) 海上における被災者の救援・救助
- (1) 海上災害の防ぎょ活動
- (2) 海上災害に係る船舶の安全確保
- (3) 情報の収集及び伝達
- (4) 災害原因調査
- (5) 災害広報
- (6) 災害発生通報

エ 都道府県労働局

- (7) 災害原因調査
- (1) 災害の再発防止対策の指導
- (2) 情報の収集及び伝達
- (3) 労災保険給付の迅速かつ適正な処理

オ 地方整備局

- (7) 所管施設の災害防止
- (1) 情報の収集及び伝達
- (2) 道路の警戒、応急復旧による交通確保

- (エ) 港湾施設及び港湾内の災害復旧
- (6) 地方気象台
 - 気象等に関する予報、警報の発表及び伝達
- (7) 自衛隊
 - 災害派遣の実施
 - ア 人命又は財産保護のため、緊急に行う必要のある応急救援又は応急復旧
 - イ 災害救助のため、防衛省の管理に属する物品の無償貸付及び譲与
- (8) 道府県警察本部
 - 道府県警察本部は、防災関係機関等と緊密な連携のもとに、災害警備活動を実施する。
 - ア 避難の指示及び誘導
 - イ 負傷者の救出・救助
 - ウ 広報
 - エ 交通規制
 - オ 情報の収集及び伝達
 - カ 被害状況の把握
 - キ 事故原因の究明
- (9) 経済産業局
 - 復旧資材等、防災関係物資の適正な価格による円滑な供給確保
- (10) 関係公共機関
 - ア 日本赤十字社地方支部
 - 被災者に対する医療救護活動
 - イ 道府県医師会
 - 被災者に対する医療救護活動
 - ウ 日本放送協会地方放送局
 - 災害情報等の広報
 - エ 電力会社
 - 電力施設の保全及び応急復旧
 - オ 通信会社
 - 電気通信施設の保全及び応急復旧
 - カ ガス会社
 - ガス施設の保全及び応急復旧
 - キ トラック協会等
 - 緊急物資、大容量泡放射システムの輸送活動
 - ク 高速道路関係会社
 - 高速道路施設の保全及び応急復旧

1.5 安全管理

- (1) 危険性に関する情報を収集し、関係者で共有する。
- (2) 活動にあたっては、二次爆発、延焼拡大、ボイルオーバー・スロップオーバー、BLEVE等の発生及び構造物の倒壊等の危険性を考慮し、安全確保に十分配慮した活動態勢をとる。
- (3) 危険物火災は、一般に相当な放射熱の影響下で活動することとなるため、耐熱服、呼吸保護具及び水幕設備等を活用する。
- (4) 筒先において相当の熱さを感じた場合は、自己に対する放水や援護放水を受けることも必要であるが、耐熱服の内部で熱を感じた場合は、装備の能力を超えていることが考えられることから、燃焼物に接近しすぎない。
- (5) 大量の泡放射により発災現場一面が泡で覆われた状況下においては、活動する防災要員等は移動、転戦時の障害物による転倒及び負傷等に留意する。
- (6) 有毒物質及び有毒性ガスに対する措置

人体に対して有毒、又は有毒性のガスを発生させる危険物等が流出、漏えい等した場合は、次の点に留意して活動を実施する。

ア 空気呼吸器及び酸素呼吸器等の呼吸保護具を確実に装着する。

イ 有毒性ガスが発生している、又は発生するおそれのある場所等での活動は、単独で実施せず、互いに安全確認ができるように複数で実施する。

ウ 適宜ガス検知を行い、有毒性ガスの状況把握に努める。

エ 有毒物質、有毒性ガス等に暴露した場合は、直ちに応急措置をとり、公設消防機関に搬送の要請を行う。

オ 流出、漏えいした危険物等が有毒性ガスを発生する場合は、発生するガスに応じた吸着剤、中和剤等の除害剤を活用する。

なお、除害剤を活用した場合は、除害剤による二次汚染に十分留意する。

事業者に求められること ～地域住民等への情報発信～

特別防災区域内で災害が発生し、又は周辺に災害が波及するおそれがある場合は、地域住民等の安全確保を図るため、迅速な広報活動が求められます。

広報活動は、原則として市町村及び消防機関等が実施するべきですが、災害の規模等によっては一刻を争うことがあり、市町村等による広報活動が間に合わないことも考えられます。このような場合に備え、市町村等の要請に基づき、事業者自らが地域住民等に対して広報活動を実施することについても検討しておくことが重要です。

【広報活動のポイント】

- ① 市町村等と十分な連携を図る。
- ② 広報内容は概ね以下のとおりとし、広報車及び放送設備等を活用する。
 - ・ 災害発生の日時及び場所
 - ・ 災害の状況
 - ・ 防災活動の状況
 - ・ 避難の必要性の有無（有りの場合は、避難場所等の指示を含む。）
 - ・ 周辺住民に求める措置
 - ・ 住民の安全・安心に関する情報（危険箇所の範囲、煙や臭気の影響等）
 - ・ その他必要事項
- ③ 状況により、マスコミ等の報道機関を活用し、正確な情報を迅速に発信することについても配慮する。
- ④ 広報は災害状況の変化及び防災活動の進展等がない場合でも定期的実施する。

2 施設別事項

2.1 貯蔵施設

屋外貯蔵タンクにおける火災、漏えい事故等の発生時には、事故形態に応じて、概ね次の事項に留意して防災活動を実施する。

また、消防機関の到着後は、その指示に基づき、^(注1) 連携を十分にとって有効な防災活動となるように配慮する。

注1 自衛防災組織等と公設消防機関は、並列の関係である。しかし、災害現場においては、誰かが主導権を取る必要があることから、公設消防機関が指示するものである。

(1) 火災に対する応急措置及び防災活動

ア 受け入れの停止及び他タンクへの移送

(ア) 受け入れ中の場合は、受け入れを即時に停止する。

(イ) 火災が発生したタンク内の危険物を他のタンクへの移送する場合は、空気の流入等により火勢が強まる等消火活動が困難にならないよう配慮する。

イ 防油堤の水抜き弁等の閉止確認

タンクから堤内への危険物等の漏えいに備え、防油堤の水抜き弁及び流出油等防止堤に設けられた水門、仕切弁等の遮断装置の閉止状況を確認する。

ウ 緊急車両入門口等の開門

閉鎖されている緊急車両入門口がある場合、消防隊等が進入すべき入門口や隣接事業所との間に設けられた連絡道路の出入口等の開門を実施する。

エ 緊急車両以外の車両の事業所内への進入制限

防災活動を円滑なものとするため、緊急車両以外の車両が事業所内へ進入しないよう措置をとる。

オ タンクの冷却

(ア) 出火タンクが長時間燃焼することにより、タンク側板の座屈危険が生じるほか、内容物が高温となり、放射された消火泡が破壊されやすくなる。

また、原油や重油の場合、油中の揮発成分のみが燃焼し、残った非揮発成分が高温^(注2)の重質層を形成して次第に下降（ヒートウェーブ現象）し、タンク底部の滞水層と接触してボイルオーバーを起こす危険性があることから、タンク側板部を冷却して座屈の防止を図るとともに、内容物の油温上昇の抑止、タンク下方への熱伝搬の抑止を図る。

(イ) 消防車両等による放水冷却を実施する場合は、タンク内へ水が流入すると、消火泡の破壊やスロップオーバー^(注3)の原因になることから、タンク内に放水することのないよう留意しながら、可能な限り側板の頂部に放水する。

- (d) 隣接するタンクについては、隣接するタンクの側板の塗装に変色が認められる場合は直ちに、変色が認められない場合であっても必要に応じて側板への放水等による蒸気発生の有無等により受熱状況を確認し、それぞれ熱影響を受ける部分の冷却を実施する。
- (e) 出火タンクを冷却した場合であっても、ボイルオーバーやスロップオーバーの危険性がなくなるわけではない。滞水層の厚みの予測やタンク側板の示温塗料の観察、熱画像装置等の活用による高温重質層の位置確認を行う等、危険予知体制の維持が必要となる。

注2 ボイルオーバーとは、原油や重質油の火災で、燃焼が継続して高温の重質層がタンク底部に達したとき、底部に水分があると、この水分が熱せられて沸騰し、一気に油を押し上げて巨大な炎を吹き上げるとともに、多量の油をタンク外に放出する現象をいう。

注3 スロップオーバーとは、タンク内の高温となった燃焼油面に、泡消火剤や冷却放水の水分が入ると水の沸騰により油が泡状となって溢流して（溢れ出て）、広範囲に火面が拡大する現象をいう。

カ 固定泡消火設備及び消防車両等による消火活動

タンクに設けられている固定泡消火設備及び自衛防災組織等が保有する消防車両等により消火活動にあたる際には、次の点に留意する。

- (ア) 消火活動は風上（やむを得ない場合は風横）から行う。
- (イ) 泡消火は、泡の放射量が多いほど消火効果が高くなることから、消防力の不足する場合は、個別的な泡放射は行わず、周囲への延焼阻止及び冷却作業を重点とし、固定泡消火設備及び消防車両等による泡放射態勢を整えた後、一斉に泡放射を実施することにより、火勢の一举鎮圧を図る。
- (ウ) 固定泡消火設備の作動にあたっては、バルブの誤操作を防止するため、バルブ操作者以外の者による確認をする。
- (エ) 消防車両の部署にあたっては、後続の消防車両等の通行を考慮した位置に部署する。
- (オ) 消防車両が貯水槽を水源とする消火栓に水利部署する場合は、水量が不足する事態に備え、海、河川等からの取水についても考慮する。
- (カ) 長時間の泡放射に備え、泡消火薬剤を継続的に補給できる態勢を整える。
- (キ) 消防車両による泡放射の射程内に入らない等の状況が生じた場合は、可搬式泡放水砲や可搬式放水銃を積極的に活用する。

キ 大容量泡放射システムによる消火活動

屋外貯蔵タンクの全面火災が発生し、又は発生が予想される場合は、速やかに広域共同防災組織等に対して大容量泡放射システムの出動を要請する。

大容量泡放射システムに係る活動概要は、後述の「4 大容量泡放射システム」の項

による。

ク 防油堤内の排水

活動中、防油堤内に消火残水及び冷却水が滞水した場合は、適宜防油堤外に排水する。

ケ 制御下における燃焼

発災箇所だけで被害を留めることを念頭に、周辺への延焼危険を排除しておき、制御された状態で自然鎮火するまで燃やしてしまうという戦術もある。一般的にガスタンク火災の際に用いられる戦術であるが、石油タンク火災の場合であっても、大規模地震等により公設消防機関の到着が見込めない場合や、防災資機材等の不足によって消火作業が現実的でない場合等にはこの戦術をとることも検討する必要がある。

この場合、出火タンクからのボイルオーバーやスロップオーバーの危険性を排除するための冷却活動、及び隣接タンク等に対する冷却、内容物の移送等に配慮する必要がある。

(2) 漏えい事故に対する応急措置及び防災活動

ア 受け入れの停止及び他タンクへの移送

(ア) 受け入れ中の場合は、受け入れを即時に停止する。

(イ) 事故が発生したタンク内の危険物を他のタンクへ移送する場合は、事故が発生したタンクの通気能力及び受け入れるタンクの通気能力、貯蔵能力を十分勘案し、安全に配慮する。

イ 防油堤の水抜き弁等の閉止確認

防油堤の水抜き弁及び流出油等防止堤に設けられた水門、仕切弁等の遮断装置の閉止状況を確認する。

ウ 漏えい防止の応急措置

(ア) タンクの損傷箇所に対して応急措置が可能である場合は、応急措置を実施する。

なお、漏えい物に引火する危険性がある場合は、その安全が確かめられる場合に限る。

(イ) タンクの側板下部又は底板から少量の危険物が漏えいしている場合は、危険物の性質に応じて、水等による置換措置を検討する。

なお、置換措置を実施する場合は、置換する水等の量が危険物の漏えい量と見合う程度となるように調整する。

エ 漏えい範囲の拡大防止措置

漏えいした危険物の拡大を防止するため、次の点に留意する。

(ア) 防油堤の損傷箇所の有無を確認し、堤外部への漏えいに備えるとともに、防油堤内に滞留する状況となった場合は、防油堤から外周地盤への浸出に備えるために堤外周の警戒を実施する。

- (イ) 流出の範囲が防油堤内に留まっている場合は、油水系、雨水系の排水溝末端を閉鎖する準備をし、防油堤外に漏えいした場合は、直ちに排水系統への流入防止措置を講じ、状況に応じて油水系、雨水系を問わず排水溝末端を閉鎖する。
- (ロ) 土のう又は築堤で囲う等、漏えい範囲の局限化を図る。

なお、地震等により防油堤等の目地部にひび割れや開口等が認められた場合、土のう単体では止液性能が不十分であることから、防水シートやブルーシートを併用するほか、不乾性パテによる補修等を実施したうえでの使用に配慮する。
- (エ) 海上又は河川に漏えいするおそれがある場合は、あらかじめオイルフェンスを展張する。また、状況に応じてオイルフェンスを二重に展張するほか、油処理剤、油吸着剤等の準備をする。

オ 引火防止措置

漏えいした危険物に対する引火を防止するため、次の点に留意する。

- (ア) 火気使用の中止

漏えいした危険物が低引火点のものである場合は、事業所内の火気及び火花を発生する電気機器等の使用を直ちに中止するとともに、隣接事業所に対して火気の使用制限を依頼する。
- (イ) 泡による液面被覆

漏えいした危険物が低引火点のものである場合は、泡により漏えい危険物の液面を被覆する。

なお、漏えい危険物が高引火点のものである場合は、特別な事情がない限り液面被覆の必要はない。
- (ロ) ガス検知
 - a ガス検知作業は風下側に重点を置き、側溝、窪地又は地盤面に近い位置で測定する。
 - b 風下側に防油堤、仕切堤がある場合は、防油堤、仕切堤の側面は蒸気が滞留するおそれがあるので、防油堤、仕切堤の両側面を測定する。
 - c 可燃性ガス濃度が爆発限界内である場所及び爆発をした場合に影響を受けるおそれのある場所からは直ちに退避し、原則として当該範囲内での作業は実施しない。

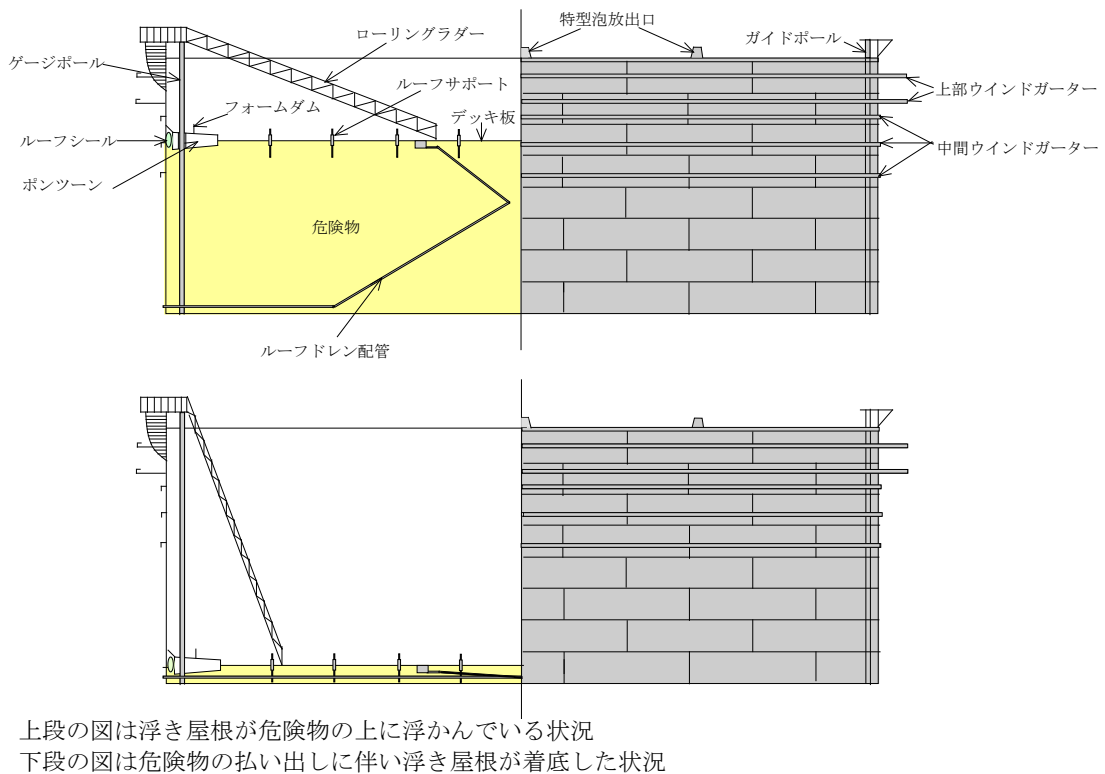
カ 回収作業

漏えいした危険物を回収する場合は、次の点に留意する。

- (ア) 回収作業に使用するタンクローリー、ドラム、ポンプ等の資機材を早期に手配する。
- (イ) 回収作業に使用する資機材は、高引火点危険物の回収作業にあたる場合を除き、防爆型、エア駆動型等の火源とならないものを使用する。
- (ロ) 回収作業にあたっては、蒸気の拡散に留意し、ガス検知等により安全を確認しながら実施する。

(3) 浮き屋根の沈降事故に対する応急措置及び防災活動

浮き屋根式屋外貯蔵タンクは、図 2-1 に示すような構造であり、引火点が低く、揮発性の高い危険物を大量に貯蔵するケースが多く、浮き屋根が傾斜し、浮き屋根上に危険物が滞油した場合や沈降した場合には、露出した危険物により周辺に爆発混合気が形成される可能性が高くなることから、タンク内の貯蔵油を抜き取る前に燃焼要素を排除する必要がある。



上段の図は浮き屋根が危険物の上に浮かんでいる状況
下段の図は危険物の払い出しに伴い浮き屋根が着底した状況

図 2-1 浮き屋根式屋外貯蔵タンク（1枚板構造）の構造の例

燃焼要素を排除する方法としては、一般的にはタンク内に二酸化炭素ガスを導入してタンク内の酸素濃度を限界酸素濃度以下に下げる方法が多く用いられる。（窒素ガスは、空気より軽いため、浮き屋根式屋外貯蔵タンクの場合は効果が得られない。）

浮き屋根の沈降事故に対しては、次の事項に留意して応急措置及び防災活動を実施する。

なお、応急措置及び防災活動実施中に出火した場合は、前述した 2.1、(1)火災に対する応急措置及び防災活動に基づいて活動する。

① 異常の覚知

異変を察知する要因及び状況については次のようなものがある。

ア 異変を察知する要因

(ア) タンク近傍の異常な臭気

- (イ) タンク液面指示計（レベル計）の異常値
- (ロ) 可燃性ガス検知器の異常値
- (エ) 周辺住民からの異常な臭気に対する消防機関等への通報

イ 異変を察知する状況

- (ア) 定時パトロール中
- (イ) 地震、台風等の自然災害発生後の構内点検時
- (ロ) タンクの定期点検時
- (エ) タンクへの油受入れ及び払出作業時

② タンクの状況確認

異変を察知した場合、異常な状況を把握するため、浮き屋根上への滞油、浮き屋根の傾斜・沈降状況について確認する。

確認の実施にあたっては、風上又は風横の安全な区域から可燃性ガス検知器により可燃性ガス濃度を測定しながら実施するとともに、タンク近辺での作業を最小限にする等、安全管理を徹底したうえ、可能な範囲で実施する。

ア タンク周辺の確認

防油堤内及びタンク外観の確認を実施する。異常がない場合、可燃性ガス検知器を活用し、タンク周辺の可燃性ガス濃度を測定する。

イ 浮き屋根の状況確認

次の事項に留意して、適宜、可燃性ガス濃度を測定しながら浮き屋根の確認できる場所に至り、浮き屋根の状況を確認する。

- (ア) 確認に向かう者は、帯電防護衣を着用するとともに、必要に応じて保護具（エアラインマスク、空気呼吸器等）を着用する。
- (イ) 可燃性ガス検知器は、タンク内の油種に応じた適切なセンサを装着している機器を選択する。
- (ロ) 浮き屋根が貯蔵油中において浮上しているのか、それとも完全に着底しているのかについて確認するために、分銅等を利用して浮き屋根の位置を確認する。

図 2-2 に分銅を利用した浮き屋根の位置の確認イメージを示す。

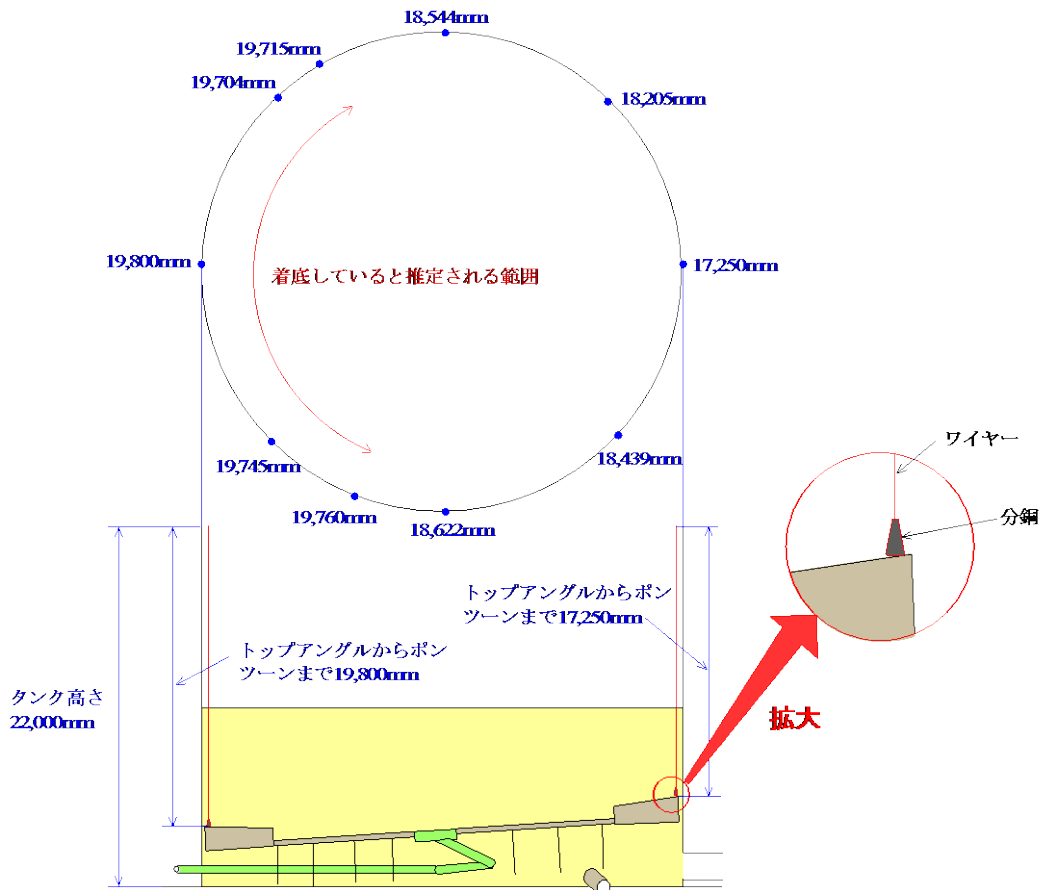


図 2-2 分銅を利用した浮き屋根の位置の確認イメージ

③ 警戒区域の設定

浮き屋根の沈降事故が発生した場合、火災、爆発、危険物の漏えい等の災害に発展することが想定されることから、次の事項に留意し、火災警戒区域及び爆発危険区域を設定する。

警戒区域の設定例を図 2-3 に示す。

ア 火災警戒区域の設定

- (ア) 危険物の漏えい、又は飛散等が予測される場所を中心として、火災危険のある区域に設定する。
- (イ) 初期設定時は、安全を見込んで広めに設定する。
- (ロ) 地形、気象及び周囲の状況等を総合的に判断し、より危険と認められる方向については広く設定する。
- (ハ) 警戒区域は、警戒区域設定用ロープ等を活用し、明確に表示する。
- (ニ) 漏えい量及び気象状況等の変化による危険範囲の変動を考慮し、可燃性ガスの濃度を随時測定し、必要に応じて設定範囲の見直しを行う。

イ 爆発危険区域の設定

可燃性ガス濃度が爆発下限界の 25%を越える区域、及びそれ以外であっても異常の

状況から爆発又は引火危険性が高いと判断される区域では、前アの例により爆発危険区域を設定する。

ウ 警戒区域内での活動統制

- (ア) 火災警戒区域内では、原則として火気及び火花を発生するおそれのある機器の使用は禁止する。
- (イ) 爆発危険区域内は、原則として進入禁止とするが、応急措置及び消防活動等のため、緊急に、かつ、やむを得ず区域内に進入する場合は、次の事項に留意する。
 - a 電路等の着火源を遮断する。
 - b 原則として耐熱服を着用する。
 - c 静電気の発生を防止する措置（耐熱服を水で濡らす等）を講ずる。
 - d 噴霧注水等による可燃性ガスの拡散、援護注水及び静電気の発生防止措置を行う。
 - e 進入は、指揮者の監視下において2人1組での活動を原則とし、必要最小限の人数とする。
 - f 常にガス検知器による可燃性ガス濃度の測定を実施しながら進入する。

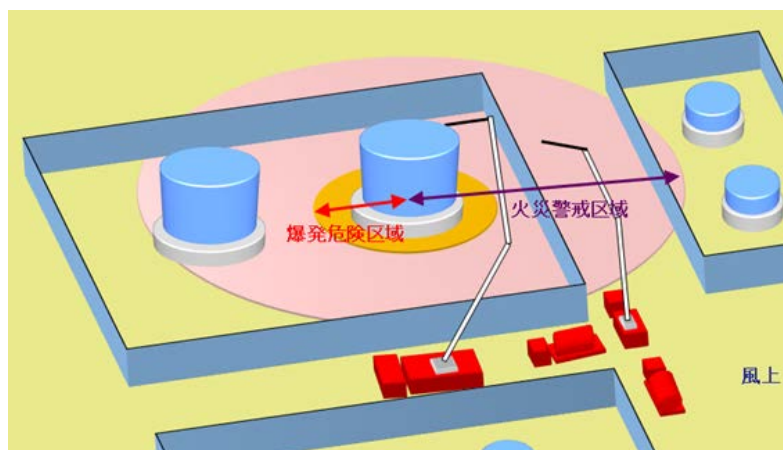


図 2-3 警戒区域設定例

④ 防災資機材等の配備・設定

火災・爆発・危険物の漏えい等の各種災害への発展を想定し、消防車両による放水体制の確保等、災害発生時に早期の対応ができるよう防災資機材等を配備、設定する。

- ア 各種災害の発生に備え、自衛防災組織、共同防災組織、広域共同防災組織のほか、状況に応じて公設消防隊等による防災体制を確保する。
- イ 火災の発生に備え、異常が発生したタンクの風上に大容量泡放射システムを配備する。
- ウ 危険物等の漏えいに備え、吸着マット、油処理剤等を準備する。
- エ 固定消火設備及び散水設備の起動の準備（選択弁の開放等）をする。

オ 必要に応じて、隣接事業所等に応援を要請する。

⑤ 燃焼要素の排除

ア 二酸化炭素ガスの導入による燃焼要素の排除

二酸化炭素ガスの導入による燃焼要素の排除にあたっては、次の事項に留意する。

- (ア) あらかじめ導入する二酸化炭素ガスのタンク毎の導入必要量等について計画しておき、その計画に従って二酸化炭素ガスを準備する。
- (イ) タンク内の酸素濃度及び可燃性ガス濃度測定の準備をする。測定箇所は、タンク内の高低、円周方向等全体を把握できるように数ヶ所設定し、定時間ごとに計測する。
- (ウ) 仮設配管、ホース等により二酸化炭素ガスの供給ラインを設定し、継続的に二酸化炭素ガスを供給できる体制をとる。

なお、タンク内にホースを降ろす場合は、静電気の発生に留意する。

イ 泡消火薬剤の導入による燃焼要素の排除

タンクの液面を泡で被覆する方法は、油種、貯蔵油の抜き取り時間等によっては、泡の沈降帯電による火災の発生の可能性を考慮する必要があること、また、液面に対する泡の状態把握が困難であること等から、二酸化炭素ガスの調達が困難な場合における対策と考える。

- (ア) 泡消火薬剤は、貯蔵油に対して有効性が確認されたものを使用することとし、貯蔵油の抜き取りに要する時間、消失による泡消火薬剤の補給等を考慮して必要な量を算出する。
- (イ) できる限り早く液面を泡で被覆するため、防災要員及び資機材の配備状況、気象条件等を考慮し、固定泡消火設備、大型化学消防車、高所放水車等の資機材の中から適切なものを選択する。
- (ウ) 泡消火薬剤は油に汚染されないよう緩やかに投入し、油面全面を被覆する。
なお、油面全面を被覆した後も、風や自然消泡により油面が露出することのないよう油面の監視及び泡の補給を行い、貯蔵油の抜き取りが完了するまで継続する。
- (エ) 静電気対策ホースの使用、ノズルの接地及び泡の投入速さの管理等により静電気による引火防止に配慮する。

【静電気の放電による屋外貯蔵タンク全面火災】

平成 15 年 9 月 26 日 4 時 50 分頃発生した十勝沖地震 (M8.0) により、浮き屋根が沈没し、地震の 2 日後にタンク全面火災となった災害では、静電気の放電によって出火したと推定されている。

この災害は、やや長周期地震動の影響により、火災が発生する前日には、当該タンクの浮き屋根が完全に油中に沈没してしまったため、貯蔵しているナフサの揮発防止を目的として消火用の泡を放出し、液面を密封していた。ところが、火災発生当日の強風により泡が片寄り、液面の一部が大気中に露出したため、ある部分では可燃範囲に入っていた可能性が考えられる。

さらに、泡が時間の経過とともに消え、水に戻るときに生じる水滴がナフサ中を沈降することによりナフサが帯電 (沈降帯電) し、発生した電荷が液面上に取り残されている泡に蓄積、この泡とタンク側板、あるいは、タンク側板と接触している泡との間で放電し、燃焼範囲に入っていたナフサの可燃性蒸気に引火したものと考えられている。(第 3 災害事例、2、2.1、(3)参照)

⑥ 貯蔵油の抜き取り

浮き屋根が沈降した場合には、浮き屋根の状態が不明であることが多いことから、貯蔵油の抜き取りに際しては、浮き屋根及びローリングラダー等の浮き屋根の挙動に関連する設備の状態変化を常に監視して、臨機に対応していくことが必要である。

なお、これ以降、本項においては原油を貯蔵するタンクを例にとり解説する。

ア 落下防止等の対策

貯蔵油の抜き取りによって不具合が発生すると考えられる下記の設備についての状況を把握し、可能であれば対策を講じておく。

- (ア) ローリングラダー車輪と浮き上がり抑制の脱輪防止材との状況
- (イ) ローリングラダーとプラットホームとの接続状況
- (ウ) ポンツーンとガイドポール、又はゲージポールとの干渉状況

図 2-4 にローリングラダーの落下防止措置の例を示す。

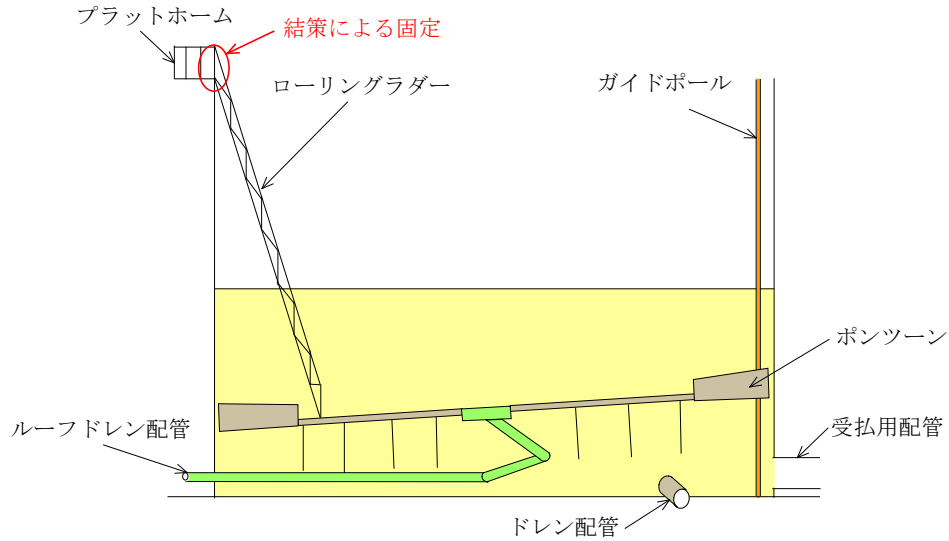


図 2-4 落下防止対措置の例

イ 浮き屋根上部が貯蔵油の液面上に露出する直前までの貯蔵油の抜き取り

浮き屋根上部が貯蔵油の液面上に露出する直前までの貯蔵油の抜き取りは、図 2-5 に示すように受け払い配管等の既設の配管を利用して貯蔵油を抜き取る。

貯蔵油の抜き取りに際して、貯蔵油の流れや振動等で浮き屋根が動くこともあり、この動きに伴ってローリングラダーやガイドポスト等が脱落、落下し、着火源になることもある。

よって、貯蔵油の抜き取りに際しては、これらの部位の挙動や異音がないか等を確認したうえで抜き取りを徐々に行っていくべきである。

異常が確認された場合は、抜き取りを中止し、対応方法について検討する。

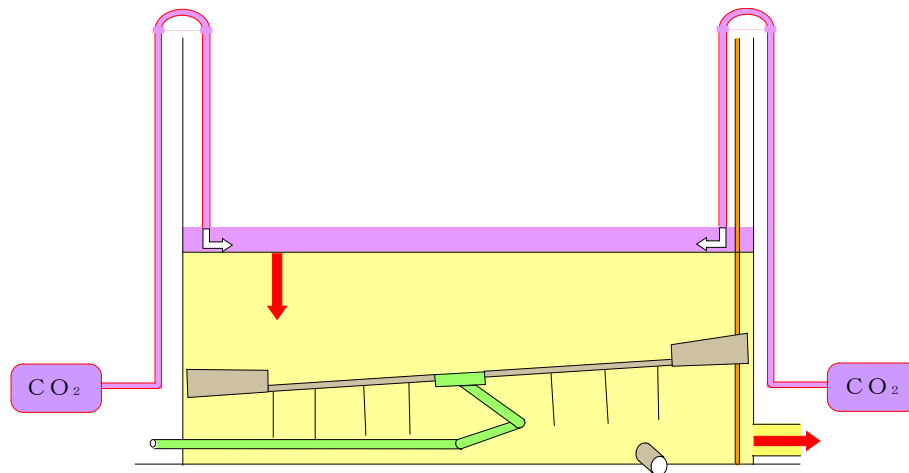


図 2-5 既設配管による貯蔵油の抜き取り

ウ 浮き屋根上部が貯蔵油の液面上に露出する直前以降の貯蔵油の抜き取り

あらかじめ貯蔵油と水を混ぜた場合に瞬時に分離することを確認し、液面指示計の値等を注視しながら、図 2-6 に示すようにドレン配管から水を注入して同量の貯蔵油をルーフドレン配管から抜き取る。

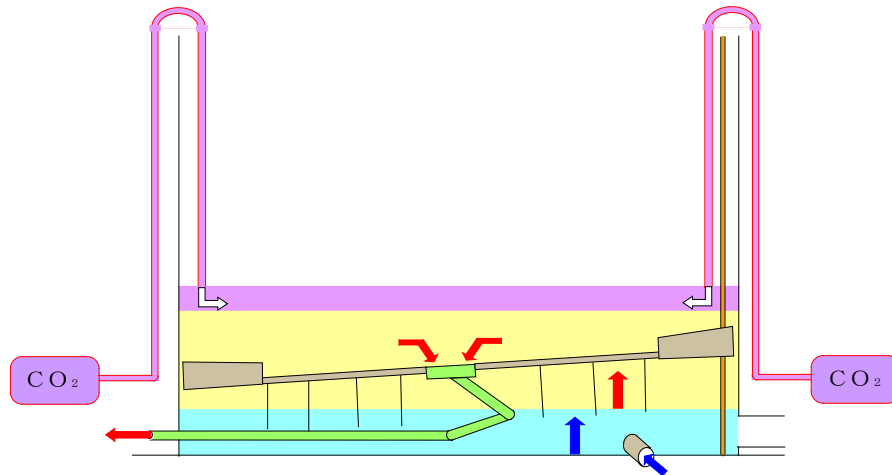


図 2-6 水置換による貯蔵油の抜き取り

なお、ルーフドレン配管から貯蔵油が出てこない、又はいきなり貯蔵油混じりの水が出てくる場合は、ルーフドレン配管が破損している可能性があることから、後述するホットタッピング工法により設けた配管を利用して貯蔵油を抜き取る方法を検討する。

ルーフドレン配管から抜き出される貯蔵油が水に置き換わってきたら、ドレン配管からの注水を終了し、次の事項に留意して図 2-7 に示すように浮き屋根上の貯蔵油をルーフドレン配管から抜き取る。

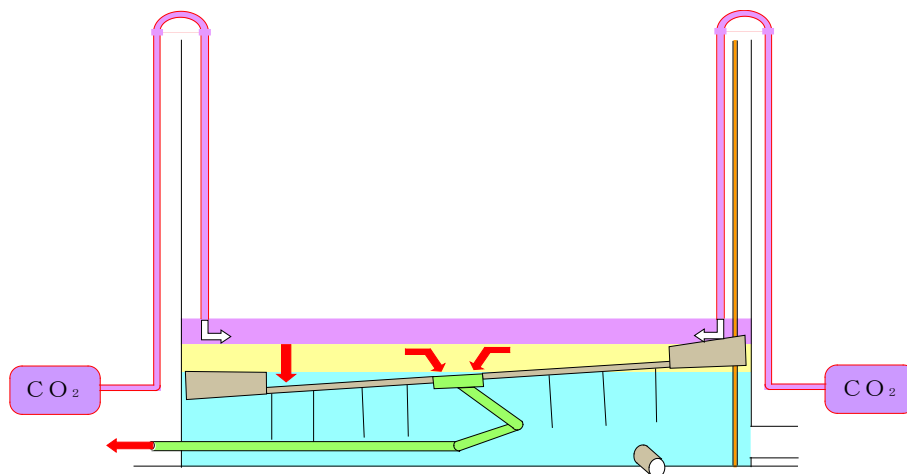


図 2-7 浮き屋根上の貯蔵油の抜き取り

- (ア) 浮き屋根上部が露出した以降の貯蔵油の抜き出しに際しては、ポンツーン内に浸入している貯蔵油の重量によって浮き屋根の破損やデッキポストの座屈、底板の破損等が発生し、新たな漏えい事故や着火源になることもある。
- (イ) 貯蔵油の液位の下降に伴って浮き屋根の下側に気相部が生じ、新たな燃焼要素となることがある。
異常が確認された場合は、抜き取りを中止し、対応方法を検討する。

⑦ デッキ上の貯蔵油の引火危険性の確認

(ナフサのように引火危険性が経時的に変化しない物質の場合は、実施しないこと。)

ポンツーンに浸入した貯蔵油及びデッキ上の貯蔵油を回収するためには、人が浮き屋根上で作業することが必須となることから、デッキ上の貯蔵油を採取して引火危険性を確認する。

引火危険性がある場合には、貯蔵油の引火危険性を低下させるために灯油又は軽油等で置換することを検討する。

⑧ ポンツーンに浸入した貯蔵油及びデッキ上の貯蔵油の回収

(ナフサのように引火危険性が経時的に変化しない物質の場合は、実施しないこと。)

前⑦でデッキ上の貯蔵油の引火危険性がないことが確認された場合には、次に示す手順でポンツーンに浸入した貯蔵油及びデッキ上の貯蔵油の回収を行う。

ア 側板をウォータージェットで切断し、作業用開口部を設ける。

イ 浮き屋根上での作業前には加重確認作業を行う。

加重確認作業とは、浮き屋根上に作業員及び資機材等を載せて作業を行うことから、浮き屋根がこれらの重量に耐えられるかについて、確認するための作業であり、作業員と資機材等を載せたカゴをクレーンで吊った状態で浮き屋根上に降ろし、浮き屋根の動きを確認するといった方法がある。

ウ ルーフサポートに座屈等が発生させないため、デッキ上に気相部ができる前にポンツーン内の油を抜き取る作業を先行させる。

エ メタルタッチのポンツーンマンホールを開放する際には、衝撃火花が発生しないように図 2-8 に示す滞水方式によりマンホールを開放する。

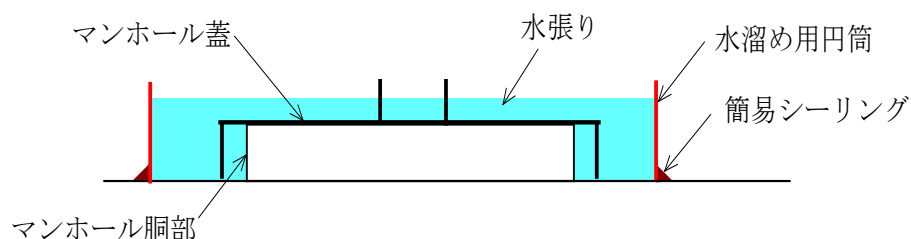


図 2-8 滞水方式

オ 図 2-9 に示すように、エア駆動のダイヤフラムポンプでポンツーン内の滞油を抜き取る。

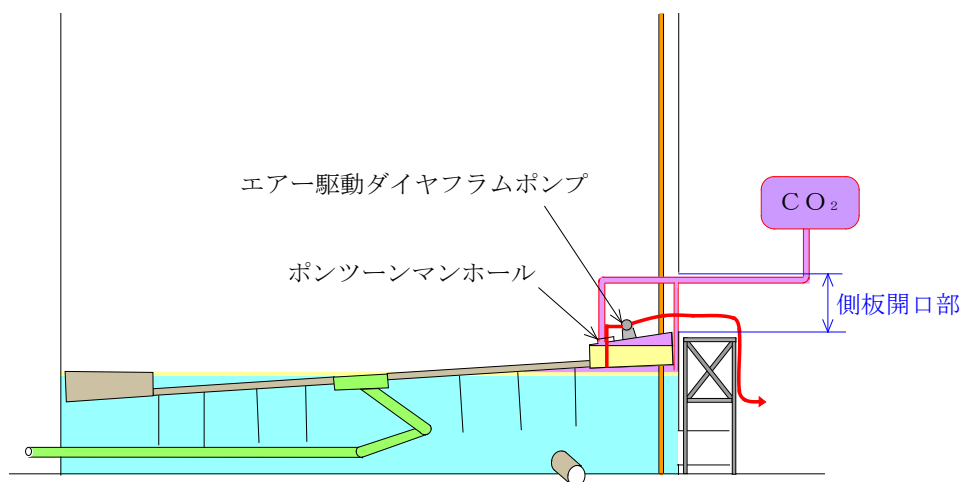


図 2-9 ポンツーン内の滞油の抜き取り

⑨ 残油処理（着底後の貯蔵油の抜き取り）

ア 図 2-10 に示すように、浮き屋根下に不活性ガスを注入して安全対策を図りつつ、タンク内に残存する油水を抜き取る。

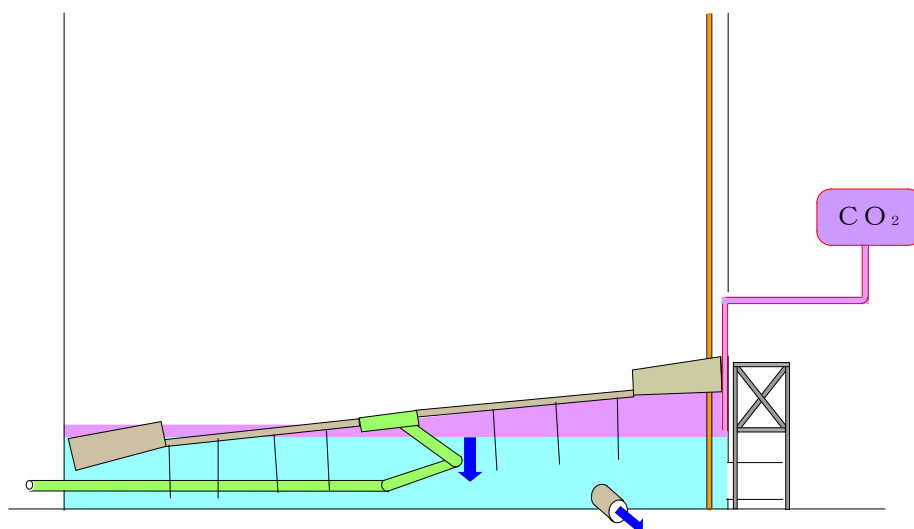


図 2-10 浮き屋根下の油水の抜き取り

イ 図 2-11 に示すように、浮き屋根が着底したら、ルーフサポートの健全性の確認及び未着底部分の落下防止等の安全対策を実施した後、タンク底部に残った残渣物の回収を行う。

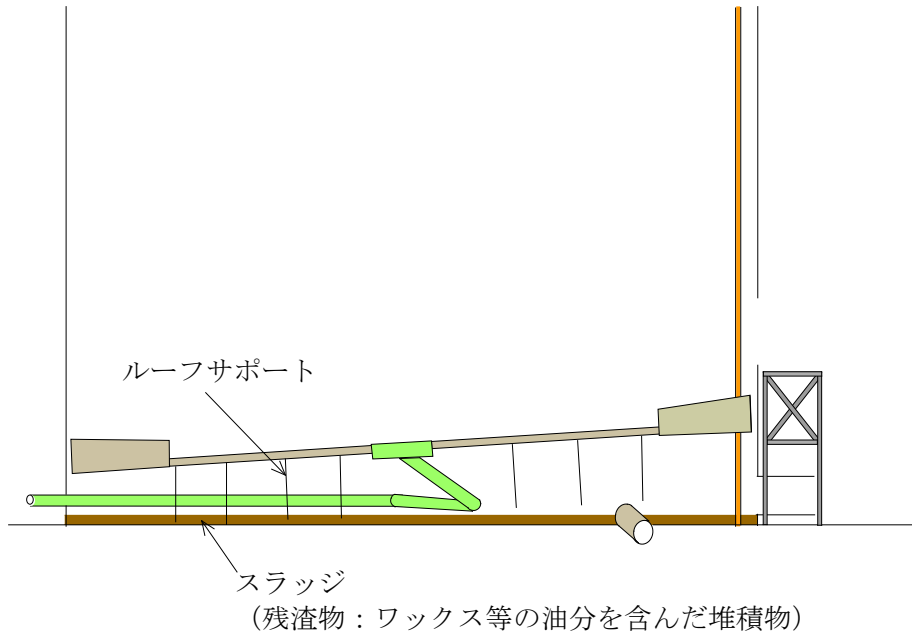


図 2-11 浮き屋根の着底状況

⑩ ホットタッピング工法による貯蔵油の水置換による抜き取り

図 2-12 に示すように、ルーフドレン配管が損傷して水置換による貯蔵油の抜き取りができない場合や浮き屋根が不安定な状態になった場合には、図 2-13 に示すホットタッピング工法による水置換（又は灯油・軽油による置換）により貯蔵油を抜き取ることに付いて検討することも必要である。

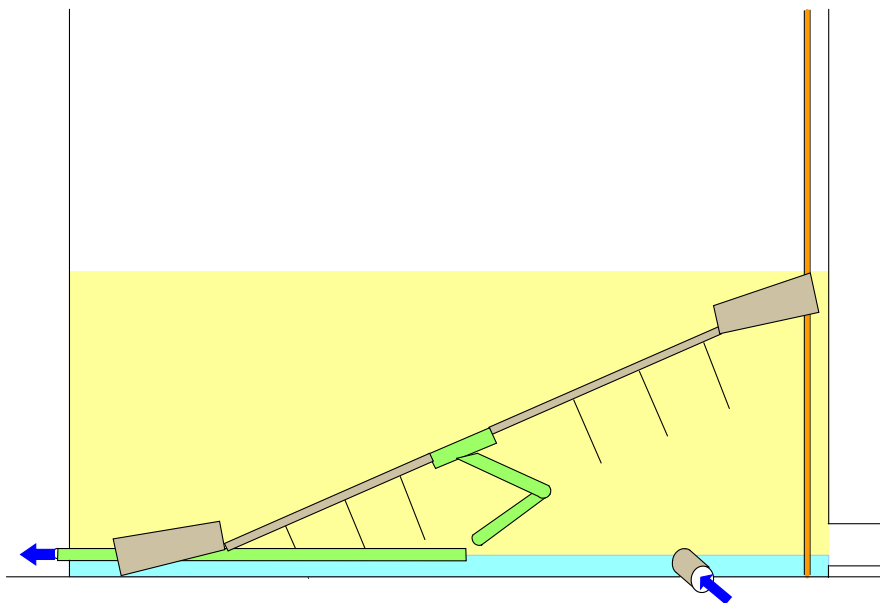


図 2-12 ルーフドレン配管が損傷した例

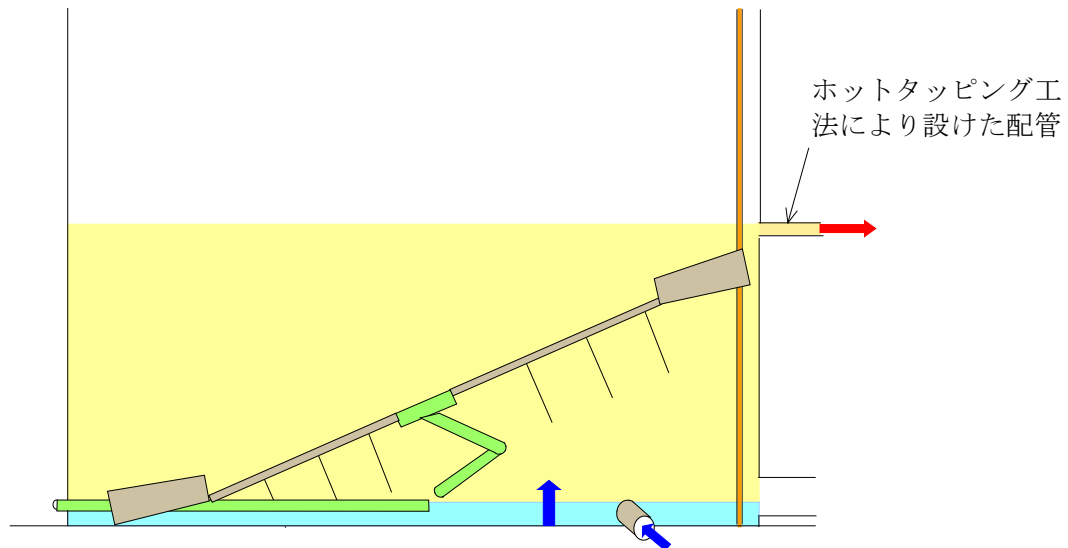


図 2-13 ホットタッピング工法により設けた配管による水置換

(4) 内部浮きぶたの異常に対する応急措置及び防災活動

内部浮きぶた付き屋外貯蔵タンクの異常時には、内部浮きぶたの損傷に伴う内部浮きぶた上への滞油等により、タンク内で爆発混合気形成された状態となっている場合があるため、タンク内の貯蔵油を抜き取る前に燃焼要素を排除する必要がある。

燃焼要素を排除する方法としては、一般的にはタンク内に二酸化炭素ガスや窒素ガス等の不活性ガスを導入してタンク内の酸素濃度を限界酸素濃度以下に下げることが多く用いられるが、不活性ガスの導入に時間がかかる場合や不活性ガスの導入が困難な場合は、一時的な対応として、泡消火薬剤による液面の被覆により可燃性ガスの発生を抑制し、タンク内の可燃性ガス雰囲気排除する方法もある。

内部浮きぶたの異常に対しては、次の事項に留意して応急措置及び防災活動を実施する。

なお、応急措置及び防災活動実施中に出火した場合は、前述した 2.1、(1)火災に対する応急措置及び防災活動に基づいて活動する。

① 異常の覚知

ア 内部浮きぶた付き屋外貯蔵タンクには固定屋根が設けられているため、タンク内部の状況が分かりづらいこと等から、内部浮きぶたの異常の覚知に遅れが生じることがある。よって、日常的な点検の実施等により、速やかに異変を察知することが重要となる。

イ 異変を察知する要因及び状況については次のようなものがある。

(イ) 異変を察知する要因

- a タンク内の異常な臭気
- b タンク液面指示計（レベル計）の異常値

- c 可燃性ガス検知器の異常値
 - d 周辺住民からの異常な臭気に対する消防機関等への通報
- (i) 異変を察知する状況
- a 定時パトロール中
 - b 地震、台風等の自然災害発生後の構内点検時
 - c タンクの定期点検時
 - d タンクへの油受入れ及び払出作業時

② タンクの状況確認

異変を察知した場合、異常な状況を把握するため、内部浮きぶた上への滞油及び内部浮きぶたの傾斜・沈降状況を確認する。

ア タンク周辺の確認

防油堤内及びタンク外観の確認を実施するとともに、可燃性ガス検知器を活用し、タンク周辺の可燃性ガス濃度を測定する。

イ タンク内部の確認

- (ア) タンク屋根の点検口、サンプリングノズル及びシェルベント等から内部を視認する。
- (イ) タンク内の状況を視認できない場合は、可能な範囲で異常を検知できるよう努める。検知方法の例としては、可燃性ガス検知器によるタンク内の可燃性ガス濃度測定、内部浮きぶたまでの距離測定及び防爆暗視カメラ等の使用によるタンク内の状況確認等がある。
- (ロ) タンク上部からの確認ができず、かつ、可燃性ガス濃度が爆発範囲内にある場合は、タンク近辺への接近は最小限とし、レベル計等により、内部浮きぶたの異常発生状況について把握するよう努める。

ウ 可燃性ガス濃度の測定

- (ア) タンク屋根の点検口及びサンプリングノズル等から、可燃性ガス検知器を使用し、可能な範囲で可燃性ガス濃度を測定する。
- (イ) 内部浮きぶたの異常の状況により、タンク内部の可燃性ガス濃度が不均一となっている可能性があるため、可能な限り複数の箇所での測定する。
- (ロ) 測定者は、帯電防護衣及び保護具（エアラインマスク、空気呼吸器等）を着用する。タンク内の測定を実施する場合、タンク内の気相部及び開口部付近では可燃性ガス濃度が高い、又は酸欠空気存在が想定されるため、特に留意する。
- (ハ) 可燃性ガス検知器の吸引ホースを延長し、防油堤外で測定することも考慮する。
- (ニ) 可燃性ガス検知器は、タンク内の油種に応じた適切なセンサを装着している機器を選択する。

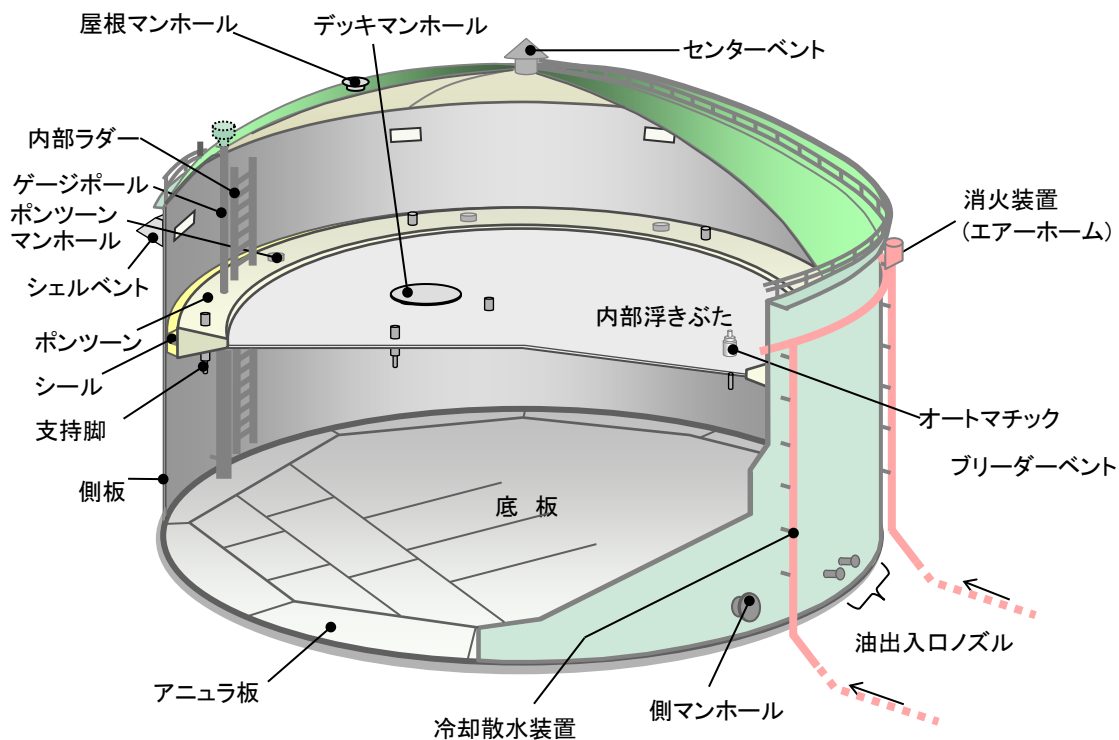


図 2-14 内部浮きぶた付き屋外貯蔵タンク（ポンツーン型）の構造

③ 警戒区域の設定

内部浮きぶたの異常が発生した場合、火災、爆発、危険物の漏えい等の災害に発展することが想定されることから、次の事項に留意し、火災警戒区域及び爆発危険区域を設定する。

ア 火災警戒区域の設定

- (ア) 危険物の漏えい、又は飛散等が予測される場所を中心として、火災危険のある区域に設定する。
- (イ) 初期設定時は、安全を見込んで広めに設定する。
- (ロ) 地形、気象及び周囲の状況等を総合的に判断し、より危険と認められる方向については広く設定する。
- (エ) 警戒区域は、警戒区域設定用ロープ等を活用し、明確に表示する。
- (オ) 漏えい量及び気象状況等の変化による危険範囲の変動を考慮し、可燃性ガスの濃度を随時測定し、必要に応じて設定範囲の見直しを行う。

イ 爆発危険区域の設定

可燃性ガス濃度が爆発下限界の 25%を越える区域、及びそれ以外であっても異常の状況から爆発又は引火危険性が高いと判断される区域では、前アの例により爆発危険

区域を設定する。

ウ 警戒区域内での活動統制

- (ア) 火災警戒区域内では、原則として火気及び火花を発生するおそれのある機器の使用は禁止する。
- (イ) 爆発危険区域内は、原則として進入禁止とするが、応急措置及び消防活動等のため、緊急に、かつ、やむを得ず区域内に進入する場合は、次の事項に留意する。
 - a 電路等の着火源を遮断する。
 - b 原則として耐熱服を着用する。
 - c 静電気の発生を防止する措置（耐熱服を水で濡らす等）を講ずる。
 - d 噴霧注水等による可燃性ガスの拡散、援護注水及び静電気の発生防止措置を行う。
 - e 進入は、指揮者の監視下において2人1組での活動を原則とし、必要最小限の人数とする。
 - f 常にガス検知器による可燃性ガス濃度の測定を実施しながら進入する。

④ 防災資機材等の配備・設定

火災・爆発・危険物の漏えい等の各種災害への発展を想定し、消防車両による放水体制の確保等、災害発生時に早期の対応ができるよう防災資機材等を配備、設定する。

- ア 各種災害の発生に備え、自衛防災組織及び共同防災組織のほか、状況に応じて公設消防隊等による防災体制を確保する。
- イ 火災の発生に備え、異常が発生したタンクの風上に三点セット（大型化学消防車、大型高所放水車、泡原液搬送車）、甲種普通化学消防車等の消防車両を配備する。
- ウ 危険物等の漏えいに備え、吸着マット、油処理剤等を準備する。
- エ 固定消火設備及び散水設備の起動の準備（選択弁の開放等）をする。
- オ 必要に応じて、隣接事業所等に応援を要請する。

⑤ 燃焼要素の排除

燃焼要素の排除にあたっては、次の事項に留意する。

ア 不活性ガスの導入による燃焼要素の排除

- (ア) あらかじめ導入する不活性ガスの種類やタンク毎の導入必要量等について計画しておき、その計画に従って不活性ガスを準備する。

なお、通気口（ベント）がある状態で確実に酸素濃度を低減するためには、なるべく比重の大きい不活性ガスを選定する。
- (イ) 風や貯蔵油の抜き取り時の大気吸入による不活性ガスの拡散を防止するため、通気口を閉鎖する。閉鎖にあたっては、帯電しにくい素材を使用し、帯電の有無を随

時確認する等、静電気による引火防止に配慮する。
通気口の閉鎖例を図 2-15 及び図 2-16 に示す。

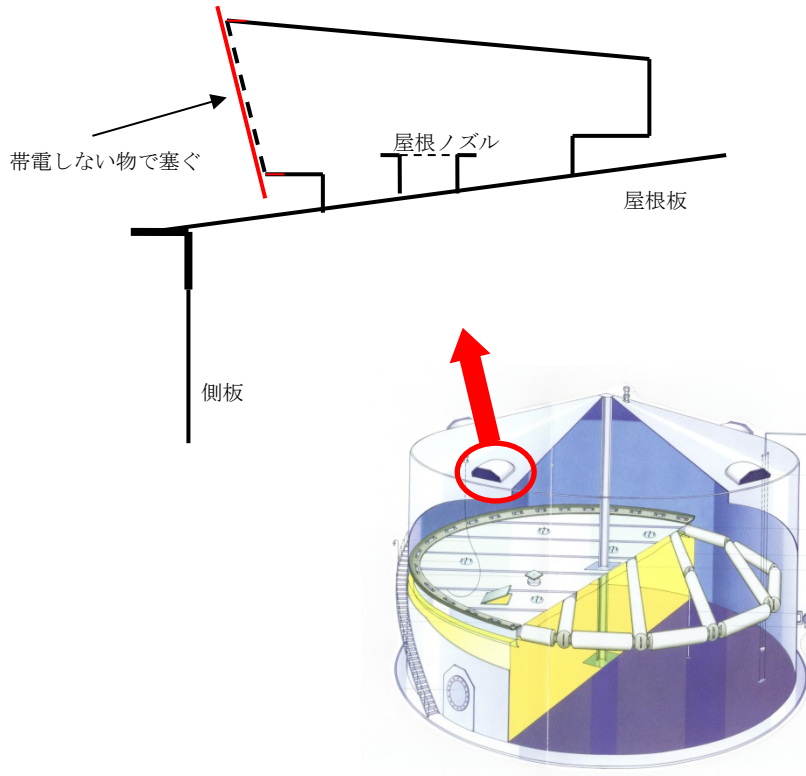


図 2-15 特別通気口（ルーフベント）の閉鎖

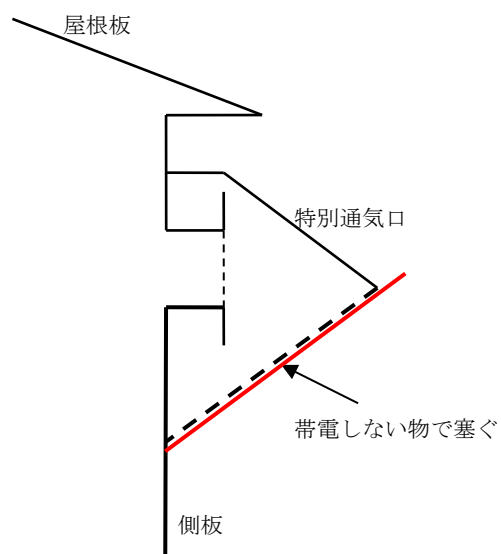


図 2-16 特別通気口（シェルベント）の閉鎖

- (㊦) タンク内の酸素濃度及び可燃性ガス濃度測定の準備をする。測定箇所は、タンク内の高低、円周方向等全体を把握できるように数ヶ所設定し、定時間ごとに計測する。
- (㊧) 仮設配管、ホース等により不活性ガスの供給ラインを設定し、継続的に不活性ガスを供給できる体制をとる。
 なお、タンク内にホースを降ろす場合は、静電気の発生に留意する。
- (㊨) 圧力計及び流量計等を適切に使用し、タンク内の圧力管理、不活性ガスの流量管理及び放出ガスの状況管理等により、タンク内全体が限界酸素濃度以下となるよう配慮する。

不活性ガスの導入状況の例を図 2-17、図 2-18 及び図 2-19 に示す。

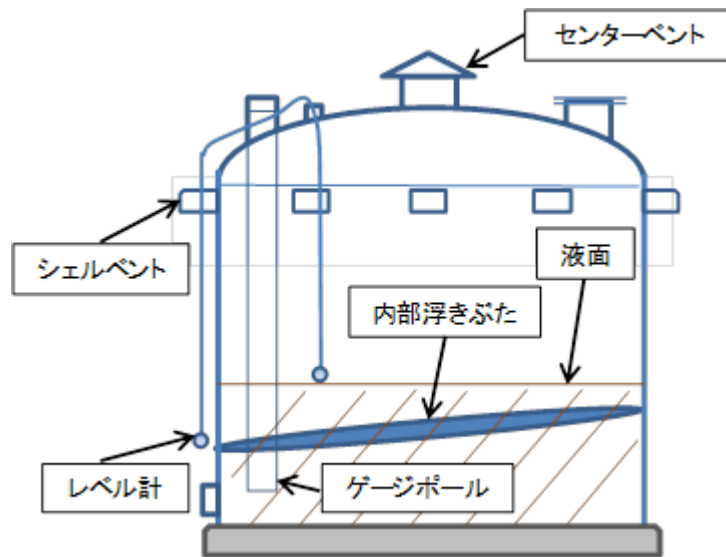


図 2-17 不活性ガス導入前

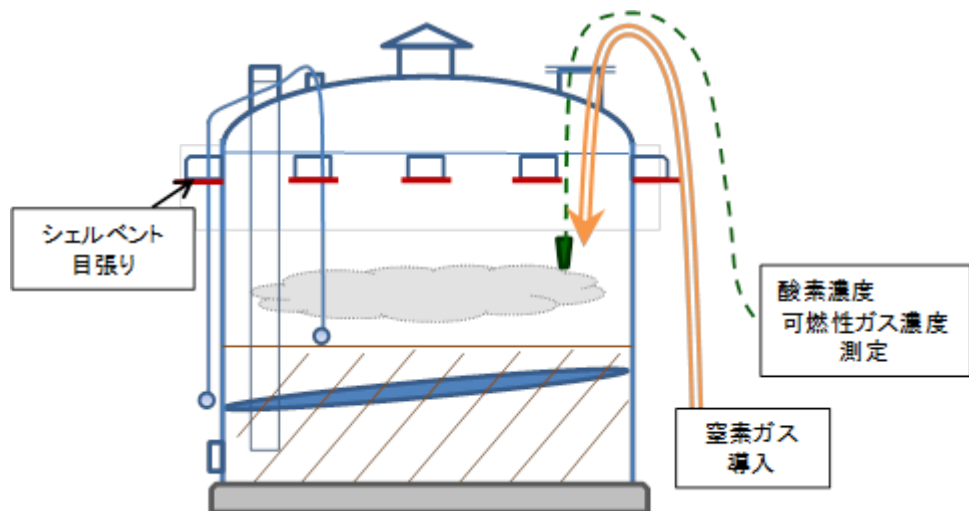


図 2-18 不活性ガス（窒素ガス）導入例

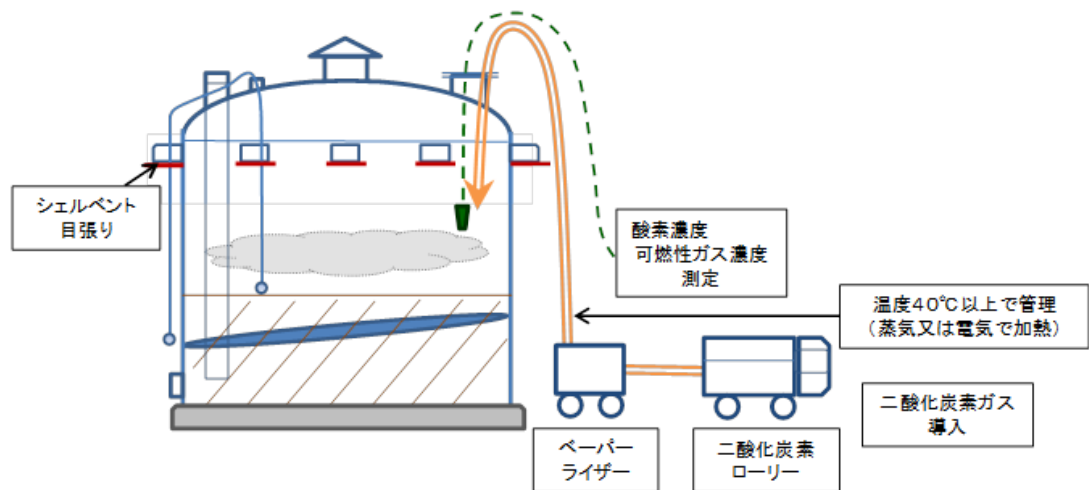


図 2-19 不活性ガス（二酸化炭素ガス）導入例

イ 泡消火薬剤の導入による燃焼要素の排除

タンクの液面を泡で被覆する方法は、油種、貯蔵油の抜き取り時間等によっては、泡の沈降帯電による火災の発生の可能性を考慮する必要があること、また、液面に対する泡の状態把握が困難であること等から、不活性ガスの調達が困難な場合における対策と考える。

- (ア) 泡消火薬剤は、貯蔵油に対して有効性が確認されたものを使用することとし、貯蔵油の抜き取りに要する時間、消失による泡消火薬剤の補給等を考慮して必要な量を算出する。
- (イ) できる限り早く液面を泡で被覆するため、防災要員及び資機材の配備状況、気象条件等を考慮し、固定泡消火設備、大型化学消防車、高所放水車等の資機材の中から適切なものを選択する。

固定泡消火設備による泡消火薬剤の投入状況の例を図 2-20 に示す。

- (ウ) 泡消火薬剤は油に汚染されないよう緩やかに投入し、油面全面を被覆する。
なお、油面全面を被覆した後も、風や自然消泡により油面が露出することのないよう油面の監視及び泡の補給を行い、貯蔵油の抜き取りが完了するまで継続する。
- (エ) 静電気対策ホースの使用、ノズルの接地及び泡の投入速さの管理等により静電気による引火防止に配慮する。

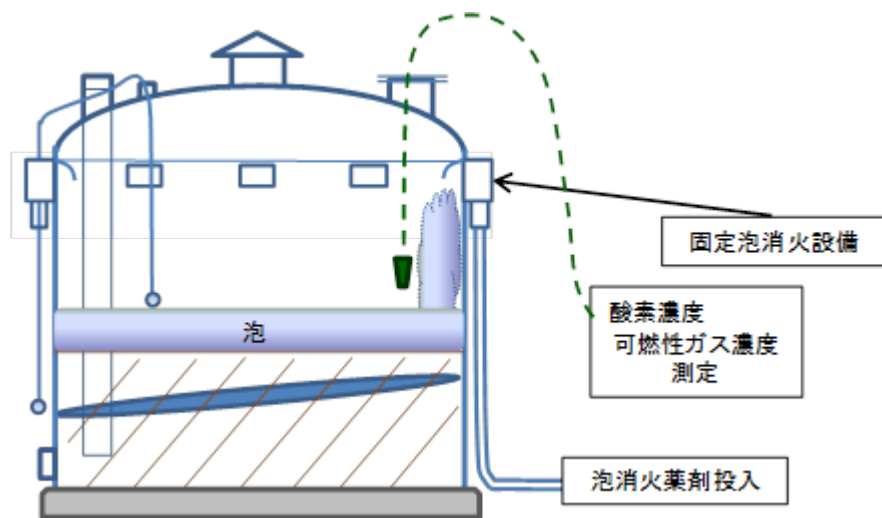


図 2-20 固定泡消火設備による泡消火薬剤の投入例

⑥ タンク内部の貯蔵油の抜き取り

不活性ガスを導入した場合は、タンク内が限界酸素濃度以下に管理されていること、泡消火薬剤を導入した場合は、タンク内の可燃性ガス濃度が安全値で管理されていることを確認したうえで、次の事項に留意し、タンク間シフト等により貯蔵油の抜き取りを実施する。

ア できる限り既設のボトム配管からタンク内の貯蔵油を抜き取る。

イ 可能な場合は内部浮きぶたにレベル計等を仮設して内部浮きぶたの挙動を監視し、正常に内部浮きぶたが降下することを確認する。

また、併せてタンク内から発生する異常音のモニタリングを実施する。

ウ タンク内の酸素濃度（泡消火薬剤を投入した場合は可燃性ガス濃度）を安全値に保つため、抜き取り流量及び不活性ガス導入量（泡消火薬剤を導入した場合は空気流入量）を適正に管理しながら抜き取りを実施する。

エ 貯蔵油の抜き取り中に内部浮きぶたが危険な状態になった場合、内部浮きぶたの状態が確認できない場合、内部浮きぶたの変形等により内部浮きぶたが降下しない場合は、灯油・軽油等の引火点の高い液体又は水を貯蔵油の抜き取り量と量が等しくなるように導入し、置換しながら抜き取りを実施する。

貯蔵油の抜き取り状況の例を図 2-21 に示す。

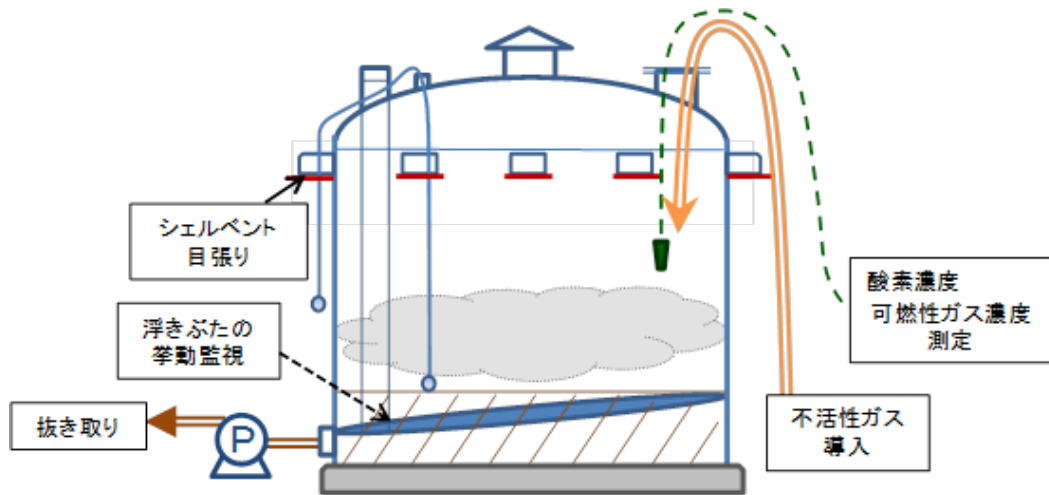


図 2-21 貯蔵油の抜き取り例

⑦ 残油処理（着底後の貯蔵油の抜き取り）

タンク内の貯蔵油を抜き取り、内部浮きぶたが着底した後は、タンク開放時に実施されている残油処理方法によるほか、次の事項に留意して残油処理を実施する。

ア 内部浮きぶた上の油及び水等の排除

- (ア) 内部浮きぶた上に滞留した油及び水等の重量により、内部浮きぶたが座屈変形する可能性があるため、内部浮きぶた上の油及び水等を排除する。
- (イ) 内部浮きぶた上の滞油はパーズによる揮発・消失を待つ。ただし、揮発・消失を待ついとまがない場合は、サンプリングノズル等から内部浮きぶた上に灯油・軽油等の引火点の高い液体を導入し、残ガスを吸収した後、完全に抜き取る。

イ タンク内の酸素濃度、可燃性ガス濃度の管理

- (ア) タンク内の酸素濃度の管理状況を確認し、管理状況が不良の場合は、大気吸入部分を少なくするため、センターベントの閉鎖も考慮したうえで、不活性ガスを導入する。

なお、センターベントを閉鎖した場合、貯蔵油の抜き取りに伴う減圧によりタンクが変形する可能性があるため、ノズル開放等により大気吸引用の開口部を確保する。

- (イ) 不活性ガスを導入しない場合は、タンク内の可燃性ガス濃度の管理状況を確認したうえでその後の抜き取り作業等を実施する。

ウ 抜き取り

- (ア) 内部浮きぶたの座屈の危険がある場合は、抜き取り量と同量の灯油・軽油等の引火点の高い液体又は水を導入することにより、内部浮きぶたのレベルを維持しながら貯蔵油を抜き取る。
- (イ) 空引きまで貯蔵油を抜き取った後、ノズルからホースを挿入し、エアーポンプ等

を接続して可能な限り抜き取る。

- (ウ) ポンプ内での滞留油は、タンク内の入槽環境を確立後、入槽作業時に処理する。
- (エ) 貯蔵油を可能な限り抜き取った後、蒸気洗浄及び水洗浄等を実施し、完全に抜き取る。
- (オ) 抜き取り完了後、気相部のガスのサンプリングにより炭化水素濃度等が安全値内であることを確認された場合、側マンホール等を開放し、タンク内を強制換気する。
気相部のガスの炭化水素濃度等が安全値外の場合は、安全値内になるまで(エ)及び(オ)を繰り返し実施する。

着底後の残油処理状況の例を図 2-22 に示す。

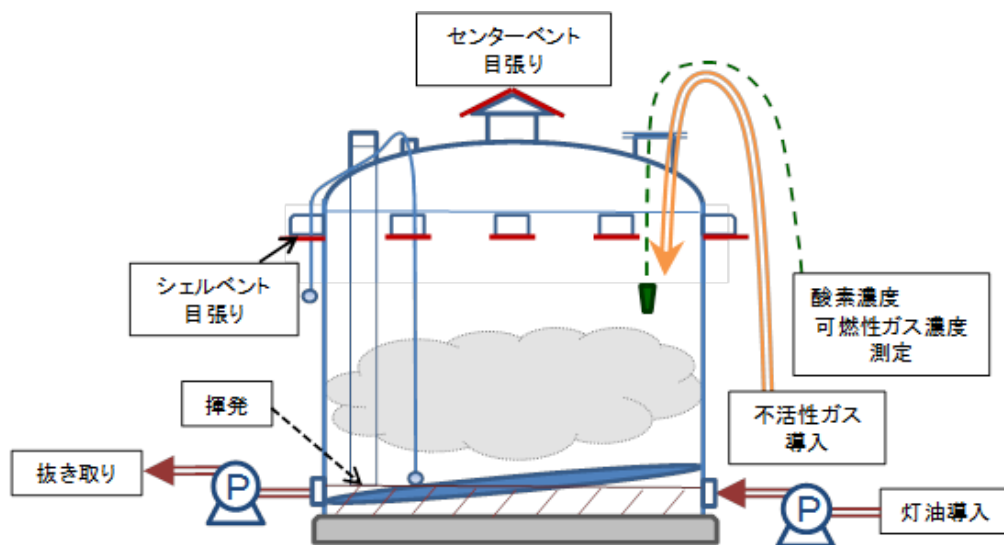


図 2-22 着底後の残油処理例

エ 入槽及び内部点検

- (ア) 開放作業は、燃焼要素の排除が完了した後、その状態が維持されていることを確認したうえで実施する。
- (イ) 入槽作業は、酸素濃度の低減及び可燃性ガスの排除が完了した後、その状態が維持されていることを確認したうえで実施するとともに、静電気対策及び消火準備を行う。
- (ウ) 入槽時は、火花の発生に留意しながらマンホール等を開放し、内部点検及び清掃を実施する。
- (エ) 入槽する作業員は、帯電防護衣及び保護具を着装し、酸欠防止対策及び不活性ガス等の吸引防止対策を実施する。

2.2 製造施設等

製造施設等における火災、爆発、漏えい事故等の発生時には、事故形態に応じて、概ね次の事項に留意して防災活動を実施する。

また、消防機関の到着後は、その指示に基づき、連携を十分にとって有効な防災活動となるように配慮する。

(1) 火災に対する応急措置及び防災活動

ア 発災施設への危険物等の供給及び流入停止

バルブ操作等により、発災施設への危険物等の供給及び流入を停止する。

イ 発災施設等の緊急停止

(ア) プラント運転中の場合は、発災施設及び関連施設を緊急停止し、状況により近隣施設についても緊急停止する。

(イ) 緊急停止措置の実施にあたっては、実施に伴う二次的影響に十分留意する。

(ウ) 安全確保に必要な用役施設については、緊急停止は実施しない。

【緊急停止措置時の対応の誤りによって爆発火災に至った事例】

平成 24 年 4 月 22 日に発生した、レゾルシン製造施設の爆発火災では、緊急停止措置時の対応を誤ったことが爆発火災に至った直接原因と推定されている。

この事故では、用役プラントの停止に伴い、レゾルシン製造プラントにおいて緊急停止スイッチを作動させたところ、酸化反応器内の酸化反応を停止するため、エア供給を停止し、窒素供給を開始、冷却水の循環水から緊急冷却水への切り替え等正常に作動していた。しかし、その後、酸化反応器内の液相下部の冷却速度が遅いと感じ、経験から緊急冷却水より循環水の方が冷えると判断して インターロックを解除した。このインターロックの解除によって、緊急冷却水から循環水へ切り替えられたが、同時に窒素供給が停止し、酸化反応器の攪拌が停止してしまったことに気付かなかった。

窒素供給と攪拌が停止していたため、冷却コイルのない液相上部の温度が上昇を続けた。その後、窒素供給と攪拌の停止に気づき、エアによる攪拌を再開するためエアコンプレッサーの起動を判断したが、起動準備中も液相上部の温度が上昇し、圧力も上昇し始めた。圧力調整弁を全開にしたが、脱圧が追い付かず酸化反応器が爆発して火災に至ったとされている。(第 3 災害事例、2、2.2、(3)参照)

ウ 発災施設内の危険物等の除去等

(ア) 施設内に滞留している危険物等を必要に応じて安全に処理できる設備等に排出するとともに、系内を窒素等により置換する。

(イ) 化学反応が進行し、危険性が増大するおそれのあるものに対しては、反応停止剤等

の投入を実施する。

エ 人員の確認及び人命検索

発災プラント及び他の施設について、請負作業員等を含めた人員の確認を行い、不明者がある場合は、直ちに検索、救助活動を実施する。

オ 警戒区域の設定

- (ア) 警戒区域を設定し、関係者以外の立ち入りを制限して二次災害を防止する。
- (イ) 警戒区域の範囲の設定については、風向、風速及び火災の延焼状況、二次災害発生のおそれ等に応じて決定する。
- (ウ) 住民等の避難の必要がある場合は、公設消防機関に要請し、指示を受ける。

カ 火災を消火することの是非の検討

消火することにより可燃性ガスが滞留し、又は有毒性ガスが発生する等のおそれのある場合は、燃焼を制御し、消火後漏えいを停止できるかどうかを考慮して、消火の是非について検討する。

キ 防災資機材の集結

泡消火薬剤、放水銃、泡放水砲、ガス検知器及び呼吸保護具等の防災資機材を集結する。

ク 消火設備等の作動

消火、冷却及び遮熱等のため、消火設備及び消火用屋外給水施設等を直ちに作動させる。

ケ 緊急車両入門口の開門

閉鎖されている緊急車両入門口がある場合、消防隊等が進入すべき入門口や隣接事業所との間に設けられた連絡道路の出入口等の開門を実施する。

コ 緊急車両以外の車両の事業所内への進入制限

防災活動を円滑なものとするため、緊急車両以外の車両が事業所内へ進入しないよう措置をとる。

サ 障害物の排除

防災活動上支障となる車両、その他の物件を排除する。

シ 消防車両等による消火活動

自衛防災組織等が保有する消防車両等により消火活動にあたる際には、次の点に留意する。

- (ア) 消防車両の部署にあたっては、後続の消防車両等の通行を考慮した位置に部署する。
- (イ) 消防車両が貯水槽を水源とする消火栓に水利部署する場合は、水量が不足する事態に備え、海、河川等からの取水についても考慮する。
- (ウ) 消火栓に水利部署する場合は、消火栓の取水能力に応じた台数の消防車両が部署するように留意する。

- (エ) 泡放射については、発災した位置、燃焼の状態、発災物の性状等を考慮し、泡放射が有効であると判断された場合に実施する。
- (オ) 長時間の泡放射に備え、泡消火薬剤を継続的に補給できる態勢を整える。
- (カ) 泡放射に際しては、使用する消火薬剤の適応性、異なる消火薬剤との混合による消火効果の減衰について留意する。
- (キ) 消防車両による泡放射の射程内に入らない等の状況が生じた場合は、可搬式泡放水砲や可搬式放水銃を積極的に活用する。
- (ク) 大量の泡放射等により、油及び消火薬剤等が海上、河川等に漏えいしないよう回収の措置を講じるとともに、漏えいするおそれのある場合は、オイルフェンスを展開する等、拡大防止を図る。
- (ケ) 防災活動において、転戦及び放水位置の変更等の必要が生じた場合は、予備ホースを延長する等、円滑な防災活動となるよう配慮する。

(2) 爆発事故に対する応急措置及び防災活動

爆発後、火災に移行した場合の応急措置及び防災活動等については、前述の2、2.2、(1)「火災に対する応急措置及び防災活動」による。

ア 発災施設への危険物等の供給及び流入停止

バルブ操作等により、発災施設への危険物等の供給及び流入を停止する。

イ 発災施設等の緊急停止

- (ア) プラント運転中の場合は、発災施設及び関連施設を緊急停止し、状況により近隣施設についても緊急停止する。
- (イ) 緊急停止措置の実施にあたっては、実施に伴う二次的影響に十分留意する。
- (ウ) 安全確保に必要な用役施設については、緊急停止は実施しない。

ウ 発災施設内の危険物等の除去

- (ア) 施設内に滞留している危険物等を必要に応じて安全に処理できる設備等に排出するとともに、系内を窒素等により置換する。
- (イ) 化学反応が進行し、危険性が増大するおそれのあるものに対しては、反応停止剤等の投入を実施する。

エ 人員の確認及び人命検索

発災プラント及び他の施設について、請負作業員等を含めた人員の確認を行い、不明者がある場合は、直ちに検索、救助活動を実施する。

オ 発災施設及び周辺設備等の点検

- (ア) 爆発による機器の破片及び爆風等により、周辺設備等に被害が生じていることがあるため、点検を実施する。
- (イ) 点検で異常が発見された場合は、緊急停止、危険物等の除去等の保安措置を実施す

る。

カ 警戒区域の設定

- (ア) 警戒区域を設定し、関係者以外の立ち入りを制限して二次災害を防止する。
- (イ) 警戒区域の範囲の設定については、風向、風速及び二次爆発のおそれ等に応じて決定する。
- (ウ) 住民等の避難の必要がある場合は、公設消防機関に要請し、指示を受ける。

キ 防災資機材の集結

泡消火薬剤、放水銃、泡放水砲、ガス検知器及び呼吸保護具等の防災資機材を集結する。

ク 消火設備等の作動準備

消火、冷却及び遮熱等のため、消火設備等の作動準備及び消火用屋外給水施設のポンプ起動等を実施する。

ケ 緊急車両入門口の開門

閉鎖されている緊急車両入門口がある場合、消防隊等が進入すべき入門口や隣接事業所との間に設けられた連絡道路の出入口等の開門を実施する。

コ 緊急車両以外の車両の事業所内への進入制限

防災活動を円滑なものとするため、緊急車両以外の車両が事業所内へ進入しないよう措置をとる。

サ 障害物の排除等

- (ア) 防災活動上支障となる車両、その他の物件を排除する。
- (イ) 爆発により、大量の飛散物がある場合は、消防車両の進入、ホース延長時等に行動が制限されることになるので十分留意する。

シ 消防車両等による防災活動

爆発後、火災及び漏えい等に移行しない場合であっても、原則として前述の2、2.2、

- (1)「火災に対する応急措置及び防災活動」シに準じて消防車両等を活用した防災活動を実施する。

(3) 漏えい事故に対する応急措置及び防災活動

ア 発災施設への危険物等の供給及び流入停止

バルブ操作等により、発災施設への危険物等の供給及び流入を停止する。

イ 発災施設等の緊急停止

- (ア) プラント運転中の場合は、発災施設及び関連施設を緊急停止し、状況により近隣施設についても緊急停止する。
- (イ) 緊急停止措置の実施にあたっては、実施に伴う二次的影響に十分留意する。
- (ウ) 安全確保に必要な用役施設については、緊急停止は実施しない。

ウ 発災施設内の危険物等の除去

- (ア) 施設内に滞留している危険物等を必要に応じて安全に処理できる設備等に排出するとともに、系内を窒素等により置換する。
- (イ) 化学反応が進行し、危険性が增大するおそれのあるものに対しては、反応停止剤等の投入を実施する。

エ 漏えい範囲の拡大防止措置

漏えいした危険物等の拡大を防止するため、次の点に留意する。

(ア) 液体が漏えいした場合

- a 土のう等で囲い、漏えい範囲の局限化を図る。

なお、地震等により防油堤等の目地部にひび割れや開口等が認められた場合、土のう単体では止液性能が不十分であることから、防水シートやブルーシートを併用するほか、不乾性パテによる補修等を実施したうえでの使用に配慮する。

- b 漏えいが施設外に及んだ場合は、状況に応じて油水系の排水溝、雨水系の排水溝又は全ての系の排水溝を閉鎖する。

- c 海上又は河川に漏えいするおそれがある場合は、あらかじめオイルフェンスを展開する。

(イ) ガスが漏えいした場合

- a 蒸気、水噴霧等により、希釈、吸収できるガスの場合は、固定消火設備等を活用して当該措置を実施する。

- b 有効な除害剤がある場合は、除害措置を実施する。

オ 警戒区域の設定

- (ア) ガス濃度測定の結果等に基づいて警戒区域を設定し、関係者以外の立ち入りを制限して二次災害を防止する。

- (イ) 警戒区域の範囲の設定については、風向、風速、ガス特性及び着火、爆発のおそれ等に応じて決定する。

- (ウ) 住民等の避難の必要がある場合は、公設消防機関に要請し、指示を受ける。

カ 防災資機材の集結

ガス検知器、呼吸保護具、除害剤及び泡消火薬剤等の防災資機材を集結する。

キ 緊急車両入門口の開門

閉鎖されている緊急車両入門口がある場合、消防隊等が進入すべき入門口や隣接事業所との間に設けられた連絡道路の出入口等の開門を実施する。

ク 緊急車両以外の車両の事業所内への進入制限

防災活動を円滑なものとするため、緊急車両以外の車両が事業所内へ進入しないよう措置をとる。

ケ 引火防止措置

漏えいした危険物等に対する引火を防止するため、次の点に留意する。

(ア) 火気使用の中止

漏えいした危険物等が低引火点のものである場合は、事業所内の火気及び火花を発生する電気機器等の使用を直ちに中止するとともに、隣接事業所に対して火気の使用制限を依頼する。

(イ) 泡による液面被覆

漏えいした危険物等が低引火点のもの、あるいは高温のものである場合は、泡により漏えい危険物等の液面を被覆する。

(ウ) ガス検知

- a ガス検知作業は風下側に重点を置き、側溝、窪地又は地盤面に近い位置で測定する。
- b 可燃性ガス濃度が爆発限界内である場所、及び爆発をした場合に影響を受けるおそれのある場所からは直ちに退避し、原則として当該範囲内での作業は実施しない。

コ 回収作業

漏えいした危険物等を回収する場合は、次の点に留意する。

- (ア) 回収作業に使用するタンクローリー、ドラム、ポンプ等の資機材を早期に手配する。
- (イ) 回収作業に使用する資機材は、高引火点危険物の回収作業にあたる場合を除き、防爆型、エア駆動型等の火源とならないものを使用する。
- (ウ) 回収作業にあたっては、蒸気の拡散に留意し、ガス検知等により安全を確認しながら実施する。
- (エ) 低引火点危険物の場合は、被覆した泡を破壊しないように作業する。
- (オ) 回収作業にあたっては、漏えいした危険物等の種類、性状、油層の拡大状況、時間的経過等に応じ、最も適した回収方法を用いる。

3 特定防災施設等の応急措置・維持管理

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、石油コンビナート等特別防災区域内の特定事業所においても火災や危険物の漏えい等が発生し、また、地震や津波の影響により特定防災施設等及び防災資機材等の破損や流出が生じた。

特定防災施設等及び防災資機材等は、特定事業所内の火災、危険物の漏えい等の災害が発生した場合において、その拡大を防止するために備え付けられているものであることから、地震又は津波が発生した後においても、その機能を維持することが求められる。

地震又は津波の影響によって特定防災施設等及び防災資機材等に破損や流出が生じた場合は、速やかな応急措置により機能を回復する必要があるが、応急措置にあたっては、応急措置に必要となる資機材の整備のほか、特定防災施設等及び防災資機材等の維持管理の徹底等、平時における備えが重要となる。

3.1 流出油等防止堤

地震又は津波の影響により流出油等防止堤に生じる被害としては、亀裂、ひび割れ、目地切れ、沈降、崩落、流出及び堤内への滞水等があり、これらの被害が発生した場合の応急措置及び維持管理としては次のようなものが考えられる。

- (1) 鉄筋コンクリート造の流出油等防止堤に生じた亀裂、ひび割れ等で軽微な被害は、不乾性パテ等のコーキング材（補修材）及びセメント等で補修する。
- (2) 土のうやフレコンバッグの積み上げにより損傷箇所を補修する。なお、地震等により流出油等防止堤の目地部にひび割れや開口が認められた場合、土のう単体の使用では止液性能が不十分であることから、防水シート及び前(1)のコーキング材による補修等と併用する。
- (3) 鋼矢板の地中打ち込みにより仮設の防止堤を設ける。
- (4) 堤内への滞水については、水抜き弁を開放するほか、仮設ポンプ及びバキュームカー等を活用し、速やかに排水する。



写真 2-1

コーキング材及びセメントによる補修状況



写真 2-2

フレコンバッグ+防水シートによる補修状況

3.2 消火用屋外給水施設

地震又は津波の影響により消火用屋外給水施設に生じる被害としては、配管の亀裂、湾曲、変形、消火栓との接続部の破断、貯水槽の亀裂、座屈、加圧送水設備の基礎のひび割れ及びポンプや制御盤への浸水、又は予備動力設備の冠水等による設備の使用不能等があり、これらの被害が発生した場合の応急措置及び維持管理としては次のようなものが考えられる。

- (1) 配管の亀裂、湾曲、変形、消火栓との接続部の破断については、補修バンドによる補修又は仕切り板による破損箇所の縁切り等を実施する。
- (2) 貯水槽の亀裂、座屈等による水利の使用不能については、仮設配管の設置により、隣接事業所の給水配管から水源を確保する、また、海や河川等に接する場所においては、あらかじめ取水施設を整備しておき、これらの自然水利から水源を確保する等により対処する。
- (3) 加圧送水設備の基礎のひび割れについては、コーキング材及びセメント等で補修する。
- (4) ポンプや制御盤への浸水、予備動力設備の冠水等による設備の使用不能については、あらかじめポンプ設備及び電気設備等の建屋の出入口に脱着式の防潮板を設ける、設備の周囲に防護壁を設置する、設備を高所に設置する等により対処する。

3.3 非常通報設備

地震又は津波の影響により非常通報設備に生じる被害としては、停電、通信回線の断線、及び輻輳、又は浸水等による使用不能があり、これらの被害が発生した場合の応急措置及び維持管理としては次のようなものが考えられる。

- (1) 停電については、あらかじめ非常電源設備等や電源を内蔵した可搬式設備等を設置することにより対処する。
- (2) 通信回線の断線については、無線設備等、通信回線の輻輳については、消防機関との直通回線、災害時優先電話及び無線設備等をあらかじめ設置することにより対処する。
- (3) 浸水については、あらかじめ設備を高所に設置する、設備の防水化を図る、又は可搬式の設備を配備しておき、地震等の発生時に移動させる等により対処する。

3.4 防災資機材等

地震又は津波の影響により防災資機材等に生じる被害としては、津波による流出や保管場所への浸水による使用不能、保管場所における転倒、落下による破損等があり、これらの被害が発生した場合の応急措置及び維持管理としては次のようなものが考えられる。

- (1) 津波による流出や保管場所への浸水による使用不能については、あらかじめ浸水のおそれがない場所で保管する、保管場所を高所とする、又は津波警報等の発令時に高所へ移動させる等により対処する。

【敷地内に設けた高台の活用（例）】

敷地内に盛り土による高台を設け、津波警報発令時に消防車両を避難できるようにしているほか、非常用資材庫を設置し、可搬式ポンプ等を保管している例。



写真 2-3、2-4 敷地内に設けた高台（平時は駐車場として使用している。）



写真 2-5 高台に設けた非常用資材庫



写真 2-6 高台へ消防車両を移動した状況

- (2) 保管場所における転倒、落下による破損等については、あらかじめ保管場所を整備する、転倒・落下防止措置の実施等により破損防止を図るほか、代替資機材の調達方法について計画を定めておき、防災資機材等が破損により使用不能となった際は、計画に基づいて代替資機材を確保する等により対処する。

4 大容量泡放射システム

大容量泡放射システムは、平成 15 年 9 月の十勝沖地震により発生した北海道苫小牧市の浮き屋根式屋外貯蔵タンクの全面火災において、従前から配備されていた三点セット等の防災資機材のみでは効果的な消火活動が困難であり、鎮火までに時間を要したことを受け、特定事業所の防災体制の充実強化と防災資機材の機能強化を図るため、石油コンビナート等災害防止法の一部改正により配備が義務付けられた防災資機材である。

大容量泡放射システムは、全国を 12 のブロックに分けた広域共同防災組織等に配備されており、実際の運用にあたっては、システムを配備場所から発災場所へ迅速に輸送し、発災場所において設置することが求められる。そのためには、システムの輸送に必要となる車両や積み込み用の重機等の資機材、輸送や設置に要する人員、発災場所までの輸送経路、関係各所との連絡調整手段等について十分な事前計画を定めておくことが重要である。

また、自衛防災組織等の防災要員のみならず、各事業所の関係者は、いざというときに大容量泡放射システムを適切に運用できるよう、過去のシステム出動事例から教訓を学び得ておくことが望ましい。

4.1 大容量泡放射システムの運用と事前計画

屋外貯蔵タンクの全面火災が発生、又は発生の危険性があり、大容量泡放射システムを運用する場合、出火危険が生じた段階から鎮火に至るまで、防災関係機関等と緊密に連携を図りながら、迅速かつ適切に防災活動を実施する必要がある。

(1) 大容量泡放射システムの運用

出火危険が生じた段階から鎮火に至るまでの一連の防災活動及び留意事項については、概ね次のとおりである。

① 初期活動

ア システムの出動準備要請

防災管理者は、広域共同防災組織を代表する者に対し、システムの移動、設置等に要する時間を考慮し、屋外タンクの浮き屋根沈下等の火災発生危険が生じた時点でシステムの出動準備の要請を行う必要がある。

また、発災事業所が所属している広域共同防災組織への要請に加え、他の応援可能な広域共同防災組織への要請についても検討し、協定等により応援態勢を確立することが望ましい。

イ 指揮本部の設置と公設消防機関との連携

防災活動の長期化が予想されることから、指揮本部を設置する必要がある。この場合、指揮本部は、指揮体制、部隊の配置位置、タンクからの放射熱や二次的災害が発

生した場合の影響等を考慮しながら、公設消防機関と緊密な調整を図ることができる位置に設置する必要がある。

ウ 消防機関との協議

浮き屋根式タンクの全面火災に対する活動は、公設消防機関との一体的な防災活動が必要不可欠であることから、防災管理者等は指揮本部において、今後の活動方針を公設消防機関と協議する必要がある。

エ 指揮系統の明確化

浮き屋根式タンク火災の活動には、自衛防災組織、共同防災組織、広域共同防災組織、公設消防機関、応援消防機関等の各組織が参加することが予想されることから、指揮系統を一元化する必要がある。

公設消防機関が到着するまでの間は防災管理者が部隊指揮を執り、公設消防機関の到着後は、その指示に基づき、各団体が効率的かつ一体的な防災活動ができるように努める必要がある。

オ 活動方針の決定

浮き屋根式タンクの全面火災は長時間の活動となる可能性がある。活動初期において各防災資機材等の配置位置等を検討し、後着するシステムの活動を阻害しない位置、又はシステム到着前に移動することを考慮した位置を選定して部署する必要がある。

なお、当該事業所でシステムが活動開始できる時刻を予測し、当該時刻における気象条件を考慮に入れて部署する必要がある。

カ 既存の防災資機材等の活用上の留意事項

消火を成功させるためには、大量の泡放射を継続的に行う必要があり、散発的な泡放射は消火用水及び泡消火薬剤を浪費することとなる。消火活動の第一段階として冷却活動を最優先とし、原則として大容量泡放射システムの準備が整うまで、既存の防災資機材等による泡放射を行わないように努める必要がある。

② 泡放射システム到着までの活動

ア 出火タンクへの対応

(ア) 冷却活動

a 必要性

出火タンクが長時間燃焼することにより、タンク側板の座屈危険が生じるほか、内容物が高温となり、放射された消火泡が破壊されやすくなる。

また、原油や重油の場合、油中の揮発成分のみが燃焼し、残った非揮発成分が高温の重質層を形成する。この高温の重質層は燃焼の継続とともに厚くなり、次第に下降（ヒートウェーブ現象）し、タンク底部の滞水層と接触してボイルオーバーを起こす危険性があるほか、粘度の高い油種の場合には、消火開始時の消火

水が噴射されることでスロップオーバーを発生させるおそれがある。

これらの発生危険を抑えるため、タンク側板部を冷却して座屈の防止を図るとともに、内容物の油温上昇の抑止、タンク下方への熱伝搬の抑止を図る必要がある。

b 方法例

(a) 出火タンクの風上側においては放水銃等を複数固定し、風上からタンク側板風上面の冷却を行う。

(b) 出火タンクの風下側には、風横に部署した三点セット等の資機材を活用し、側面からタンク側板風下面の冷却を行う。

(c) 散水設備が設置されている場合は、積極的に活用し、相乗効果を図る。

(i) 内容物の移送

出火タンク内に存在する油種に応じて、内容物の移送を検討する必要がある。

(ii) 活動上の留意事項

出火タンクを冷却した場合であっても、ボイルオーバーやスロップオーバーの危険性がなくなるわけではない。滞水層の厚みの予測やタンク側板の示温塗料の観察、熱画像装置等の活用による高温重質層の位置確認を行う等、危険予知体制の維持が必要となる。

イ 隣接タンクへの対応

(ア) 冷却活動

a 必要性

隣接タンクへの延焼危険は、タンク間距離、内容物、風向、風速及び放射熱の大小等の条件により異なる。これらの条件によっては、油温の上昇によって出火する可能性があることから、危険性を総合的に判断し、必要に応じて油温が上昇する前から冷却活動を行う必要がある。

b 方法例

(a) 隣接タンクは風下側のタンクを主として冷却活動を行う必要がある。固定散水設備がある場合は、固定散水設備を有効に活用するほか、風横に配置された三点セットからの放水の活用も検討する。

(b) 隣接タンクの浮き屋根面への放射熱も側板と同程度と考えられる場合は、必要に応じて浮き屋根上にも散水等を行い冷却する。

c 効果

隣接タンクの冷却活動については、散水設備の有効性が検証されており、タンク側板の熱画像装置等による測定を併用することで、延焼防止効果が高まることが期待されている。

(i) 内容物の移送

タンク内に存在する油種に応じて、内容物の移送を検討する必要がある。

(ウ) 可燃性蒸気の拡散防止

放射熱により隣接タンクの内容物が熱せられた場合、浮き屋根の摺動部において可燃性蒸気の濃度が上昇するおそれがあるため、可燃性蒸気の拡散防止策を講ずる必要がある。例としては、摺動部への泡シール等がある。

ウ システム到着に向けた事前措置

(ア) 大容量泡放水砲の設定位置の確保

冷却活動等に伴い、タンク周辺に防災資機材等が集結していることが予想されるが、システムが到着するまでの間に、大容量泡放水砲の設定位置を開放し、最も有効に泡放射が実施できるよう配慮する。

設定位置は、システムが到着する時刻を予測し、その時刻における気象条件等を勘案して風上となる場所を選定する必要がある。

【放水砲の設置位置の事前計画（例）】

システム対象タンクごとに、発災時の風向等を考慮して、複数箇所の放水砲の設置位置を想定し、その場所にマーキングすることで、放水砲の設置位置であることを分かりやすく示している例。



写真 2-7、2-8 放水砲の設置位置を示すマーキング

(イ) 泡消火薬剤の供給ルートの確保

大容量泡放射砲による泡放射は、大量の泡消火薬剤を使用する。泡消火薬剤の供給に泡原液搬送車及びコンテナ等を使用した場合は、入れ替え作業の発生が予想されることから、円滑な入れ替えができるよう、供給ルートを設定する必要がある。

(ウ) 防災資機材等の燃料供給ルートの設定

システム到着までの間、既存防災資機材等は長時間にわたって活動していることが予想されることから、ポンプ運用等に伴う燃料消費に備え、燃料の供給方法を検討する必要がある。

③ 泡放射システム到着後の活動

ア 一斉放射の原則

システムは、システム単独で屋外タンク火災を消火できる能力を有するものと考えられるが、泡放射量が多いほど消火効果が高いことを踏まえ、システムによる泡放射に加えて既存の防災資機材等についても泡放射するよう努める必要がある。

なお、システムから放射された泡と既存防災資機材等から放射された泡がタンク内で混合されることとなるが、合成界面活性剤以外の泡消火薬剤の場合、発泡後の泡同士の消泡作用は十分に小さいことが確認されている。

イ 有効な泡放射方法

大容量泡放水砲から放射された泡が油面に到達し、消火効果を発揮するためには、風及び火炎による散逸、火炎通過に伴う消泡、油面落下時の油汚染、油面における火炎・熱による消泡等の影響をクリアする必要がある。個々のシステムごとに大容量泡放水砲の性能は異なるが、可能な限り有効な泡放射ができるよう留意する必要がある。

ウ 放射位置、放射角度の選択

風上側を原則とし、放射距離等に応じて有効な泡放射となるよう努める。有効な泡放射角度を超えて高角度となる場合、泡の散逸等の増加が予想されるため、当該大容量泡放水砲が有効に泡放射できる角度を超えないよう放射位置、圧力等を調整する。

エ 泡消火薬剤の供給方法等

泡放射量に応じて泡消火薬剤が大量に消費されることから、泡消火薬剤の供給ルート確保のほか、泡消火薬剤が継続的に必要量送液できる方法を確立する必要がある。

(7) 泡消火薬剤を継続的に送液するために考慮する事項

a 容器等からシステムへの直接供給

火災現場において運搬された容器等から別の容器等へ泡消火薬剤を移し替えて集結させることは、移し替えに時間がかかることや移し替えの際に発泡してしまう等の理由から困難であることが予想される。このことから、運搬された容器等から直接、システムに泡消火薬剤を供給できる方式について考慮する必要がある。

b 泡消火薬剤の圧送

システムに使用される混合器の配置及び泡消火薬剤の粘度によって、泡消火薬剤を圧送して混合器に供給することが予想されることから、継続的に泡消火薬剤を供給するため、容器等から圧力をかけて混合器まで送液できる方式について考慮する必要がある。

c 車両・コンテナ等を使用した場合の入れ替え作業

1 の車両・コンテナ等のみで必要量の泡消火薬剤を搬送することが困難である場合、発災現場において車両・コンテナ等の入れ替え作業が生じることが予想される。よって、当該入れ替え作業が容易となる形態で搬送するとともに、作業に

要する時間を踏まえた車両・コンテナ等の容量について考慮する必要がある。

また、円滑な入れ替え作業ができる十分な広さと車両等が往来できる堅固な地盤を有した供給ルートの設定について考慮する必要がある。

(イ) 泡消火薬剤を継続的に送液するための方法例

泡消火薬剤を継続的に送液するため、泡原液搬送車・コンテナ等を活用した二列送出方式の例を図 2-23 に示す。この場合、送出は一列ごとに交互に行うものとし、効率よく車両等を入れ替えて泡消火薬剤の供給を継続して行うことが可能となる。

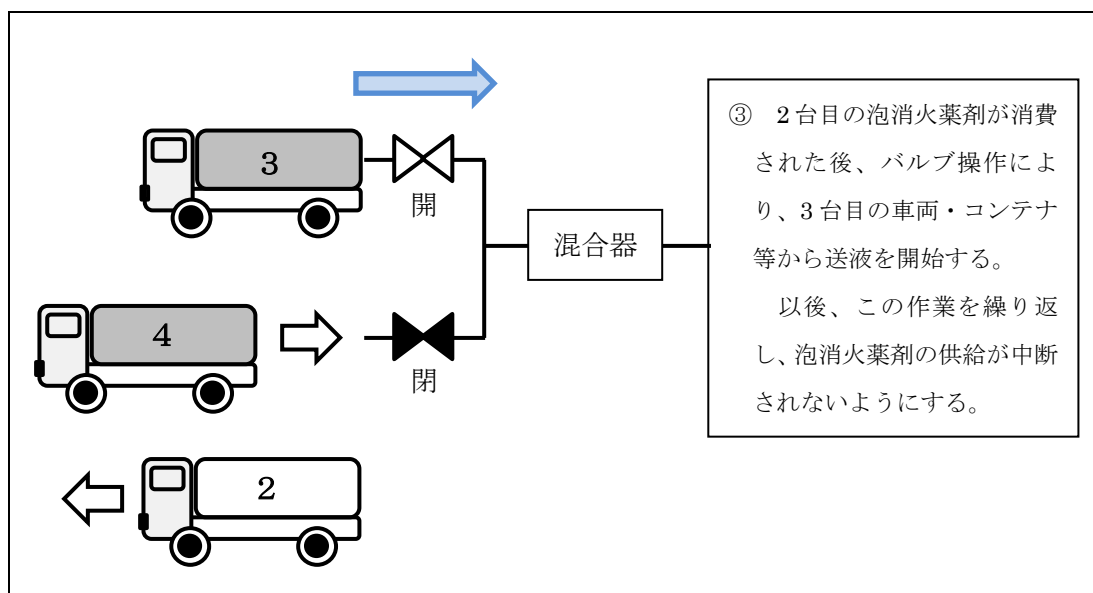
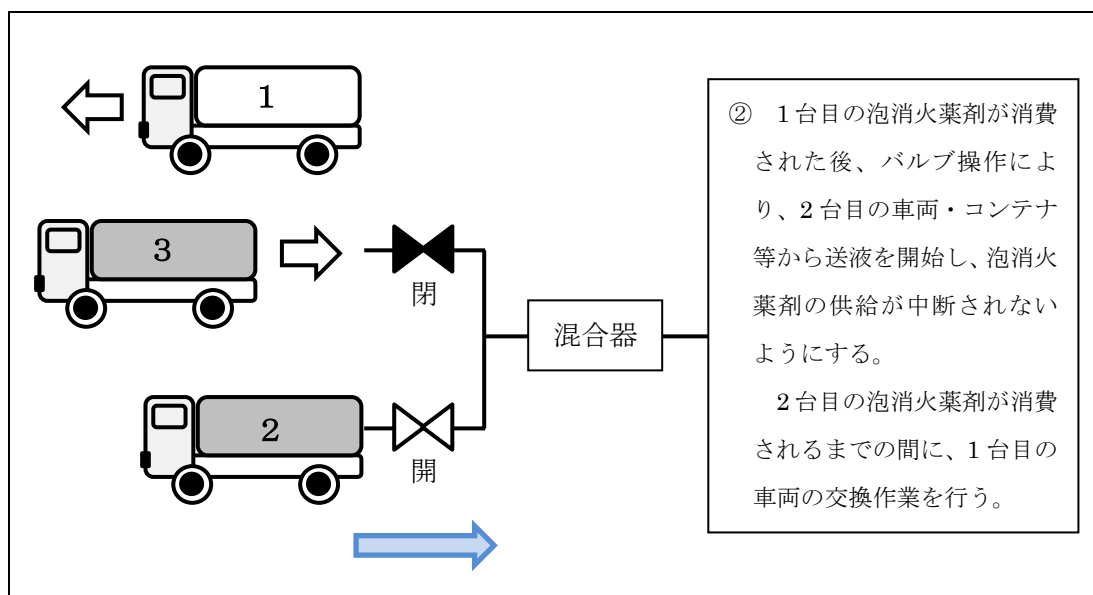
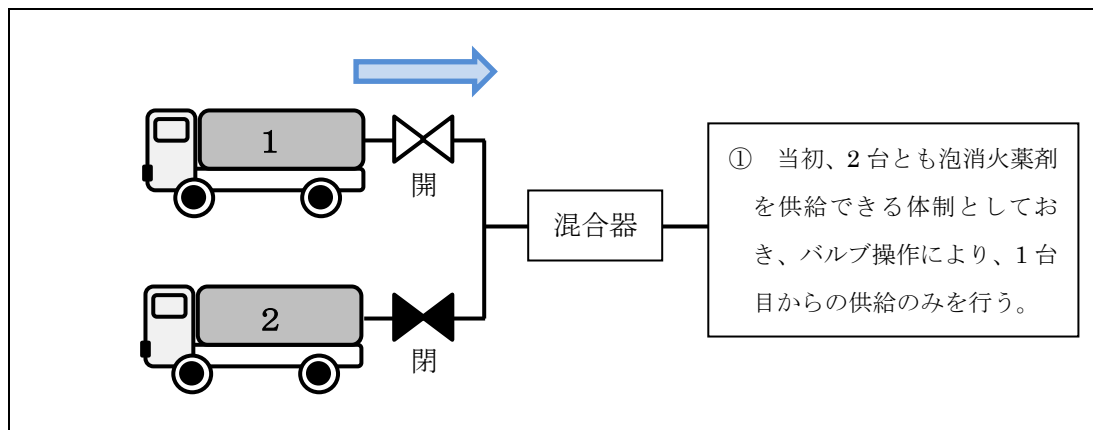


図 2-23 二列送出方式の例

オ 一斉放射開始の判断

自衛防災組織及び広域共同防災組織の指揮者は、次の事項を確認して一斉放射が可能であるか否かの判断を行う必要がある。すべての事項が確認できた後、公設消防機関と協議を行い、一斉放射開始時刻を確認するものとする。

なお、(ア)～(エ)の体制が整っている場合であっても、気象条件によって、泡放射が有効に屋外タンク内へ到達できないと判断される場合は、適宜、放射時間を見合わせる必要がある。

- (ア) システムの配置状況
- (イ) 泡消火薬剤の供給体制、供給ルート確保状況
- (ロ) 水源容量、水利からの送水体制
- (ハ) システム以外の防災資機材等の泡放射体制
- (ニ) 風向、風速等の気象条件

カ 高所監視員による投入状況の確認

地上からの監視のみでは、泡放射が有効にタンク内へ投入されているかの確認が困難なことから、公設消防機関等と協議のうえ、はしご車及びヘリコプター等を活用し、高所から投入状況の確認を実施することが望ましい。

④ 鎮火までの活動

出火タンク内の燃焼油の全表面を泡放射により被覆し、有炎現象がなくなった状態を「鎮圧」、火災と直接的に関連する冷却等の活動の必要がなくなった状態を「鎮火」とし、鎮火に至るまでの活動は次のとおりである。

ア 鎮圧までの活動

大量の泡放射に伴い、燃焼油面が徐々に小さくなり火勢が衰えてくる。しかし、継続的に投入される泡放射により油面の一部が露出し、この部分で燃焼が継続してしまうため、この状態のままでは鎮圧状態とはなりにくい。

火勢が十分に衰えてきたことを高所監視員等により上方から確認し、油面の全表面に十分な泡が行き渡っている場合、泡放射の一旦停止を試みることも有効な手段の一つである。

イ 鎮圧後の活動

泡放射による消火活動は、タンク表面の被覆による窒息効果及び泡水溶液による冷却効果によって消火できるものである。しかし、鎮圧直後の状態では、油温及びタンク側板等の温度が十分に低下しておらず、再出火危険性が高い状態である。このため、次の活動を継続する必要がある。

(ア) 冷却活動

鎮圧直後の油温及び周囲のタンク側板等が十分に冷却されていないことから、前

②、ア、(ア)の出火タンクに対する冷却活動と同様に、引き続き冷却活動を行う。

なお、冷却活動にあたっては、熱画像装置等を活用して十分に冷却されたことを確認することが重要である。

(イ) 泡の追加投入

放射された泡の一部が油面で消泡した場合、油温及びタンク側板等の温度が高いことから再燃する可能性が高い。このため、油温等が低下するまでの間、油面の全面を継続して覆うことができる量の泡を追加投入することが必要と考えられる。

また、油面に放射された泡は油面に落下した際に油に汚染され、汚染度が高い場合、泡表面で汚染した油が燃焼する可能性がある。水成膜泡消火薬剤を使用して消火した場合、消火泡の耐熱性が低いため、一部が消泡して再出火すると、泡表面で火炎が一気に広がり全面火災に拡大するおそれがある。鎮圧時に水成膜泡消火薬剤を使用していた場合には、フッ素たん白泡消火薬剤等を用いて泡放射を追加することが望ましい。

⑤ 大容量泡放射システムの活用が困難なタンクへの対応

ア タンク高さが高い場合への対応

(ア) 困難となる理由

大容量泡放射システムは、個々のシステムごとに有効な泡放射角度の範囲が異なることが予想される。一般的に放射角度が高くなると、泡水溶液の滞空時間が長くなるとともに、流速の低下が生じ、放射された泡束の分散、風による散逸及び火炎上昇気流による散逸量の増加等が予想され、放射量に対する油面への供給量の歩留まりが悪くなることが予想される。

(イ) 対応例

有効な泡放射角度を超えない方策の例として、次の方法が考えられる。

a 射程の延長には圧力増加が有効であることから、放射圧力を増加させて射程を延ばし、有効な泡放射角度となる位置から泡放射を行う。

なお、放射圧力が同じ状態で放射流量を増加（ノズルの交換）した場合、放射に伴う摩擦損失等が小さくなるため射程が延長されるが、放射圧力が同一であるため、射程の延長効果は小さい。（摩擦損失等を 0 とした場合の放射距離の理論値が上限となるため。）

b 消火困難となるタンク周囲に必要な高さを有した固定式台座の設置や同様の機能を有する移動式台座の配置等、適宜な方法で放射地点の位置を高くする。

イ タンクの位置が防油堤から遠い、又は周囲に障害物がある場合への対応

(ア) 困難となる理由

消火活動に使用する資機材は、構内通路等を用いて泡放射することが一般的であ

るが、屋外タンクの配置状況によっては、大容量泡放水砲の放射曲線では対応できない場合が予想される。例えば、構内通路等からタンクが離れている場合、発災タンクまでの放射曲線上に他のタンク等の障害物が存在している場合等が考えられる。

特に、発災タンクまでの放射曲線上に他の屋外タンクが存在していた場合、大容量泡放水砲の能力によっては、構内通路から届かなくなり、タンク高さが高い場合と同様に、有効な泡放射を行うことが困難となる。

(4) 対応例

- a 圧力を上げて放射距離を延ばし、遠方のタンクへも放射可能にするとともに、手前側で障害となるタンクを低角度で通過できる大容量泡放水砲を使用する。
- b 消火困難となるタンクへの対策については、あらかじめ貯蔵する油種や散水設備の設置等に配慮する。具体的には、引火しにくい油種やボイルオーバーを起こしにくい油種を貯蔵する、泡モニター、水幕設備又は散水設備等を付加設置する等、ソフト面及びハード面において、防災活動が円滑に行えるよう対策を講じておくことが考えられる。

(2) 大容量泡放射システムの輸送計画

大容量泡放射システムは、システムの常置場所から、最も遠い距離にある場所に所在する特定事業所の該当タンクまで、概ね8時間で輸送準備、輸送及び設定されることが求められている。このことから、広域共同防災組織等は、当該広域共同防災組織等を構成する特定事業所で災害が発生したことを想定し、システムを現に備え付けている特定事業所から、浮き屋根式タンクの全面火災が発生し、又は発生するおそれのある特定事業所に向け、迅速かつ的確にシステムを輸送するための計画を定める必要がある。

ア 輸送方法

(7) 陸上輸送

複数台のトラックやトレーラー等を活用して搬送する最も一般的な輸送方法で、輸送車両の確保は、通常、道府県トラック協会等を通じて行う。

輸送ルート計画にあたっては、高速道路等を使用した最速の輸送ルートのほか、高速道路等が使用できない場合を踏まえた一般道による輸送ルート等、2以上の輸送ルートを定めておく。



写真 2-9 陸上輸送の状況

(イ) 海上輸送及び航空輸送

民間運送事業者等との連携による海上輸送や航空輸送が考えられる。

第 9 及び第 10 ブロックのように、海を越えてシステムを輸送する可能性のある場合は、陸路が不通となった場合に備え、これらによる輸送手段を検討しておくことが望ましい。なお、この場合の輸送時間には、船舶や航空機への資機材の積み込みに要する時間及び入港に要する時間等を考慮する必要がある。

イ 輸送計画の作成に係る留意事項

システムの輸送は必要となる車両が数十台に及ぶことが予想され、県域を越えて市街地や高速道路を通過するほか、橋梁やトンネル等を通過する際の車両制限に係る問題が懸念される。また、資機材の輸送車両への積載方法や、発災事業所の規模によっては、システムを構成する資機材の運び入れる順番や資機材を降ろす順番についても課題となることがある。

よって、輸送計画の作成にあたっては、これらの課題への対応策を考慮する必要がある。

(フ) 資機材の効率的な積載

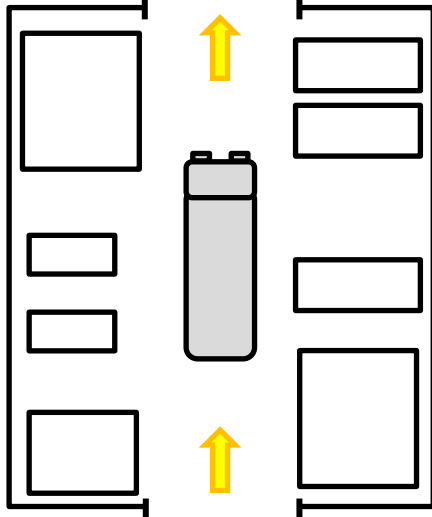
システムは大容量泡放水砲や動力消防ポンプ等の複数の大規模な資機材から構成されていることから、必要な資機材を効率的に輸送車両へ積載することが、迅速な災害対応に繋がる。クレーン、フォークリフト等の積載に要する資機材及びこれら进行操作する防災補助要員の確保のほか、どの車両にどの資機材を積載するかを発災事業所ごとに定めておく等、効率的な積載作業が実施できるよう配慮する。



写真 2-10、2-11 フォークリフトによる大容量泡放水砲の積載状況

【資機材の効率的な積載に資する計画（例1）】

システムの保管倉庫の出入口を直線上に2箇所設け、倉庫内で積載が完了した車両はそのまま倉庫を通り抜けられる構造としているほか、一体型消防ポンプをあらかじめトレーラーに積載した状態で保管しておき、輸送時はトラクターが連結するだけで搬送できるようにしている例。



輸送車両の進行方向



図 2-24 倉庫の構造

写真 2-12 一体型消防ポンプの保管状況

【資機材の効率的な積載に資する計画（例2）】

倉庫に十分な天井高さをもたせることで、倉庫内に移動式クレーンを設置できるようにしているほか、出入口を2箇所設置し、1台が積載作業を実施している間にもう1台が積載準備のために倉庫に入れるようにしている例。

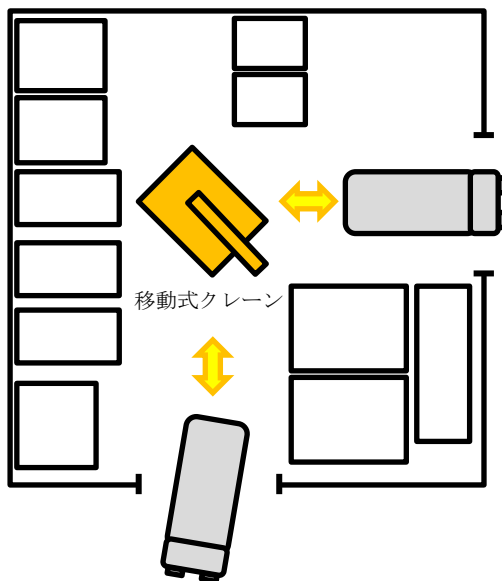


図 2-25 倉庫内の構造



写真 2-13 倉庫内の状況

(イ) 橋梁及びトンネル等における車両制限

システムの輸送車両が、橋梁及びトンネル等の車両制限に関する基準に適合しない場合、当該橋梁及びトンネル等を通過できないことが考えられることから、輸送計画の作成にあたっては、輸送経路を実際に走行する等により、車両の制限に関する基準に適合したルートを設定し、確実に輸送できるようにする必要がある。

(ウ) 地震及び台風等による通行制限

あらかじめ複数の輸送ルートを設定しておくことが重要であるが、地震及び台風等により、橋梁等の通行制限が予想されるとき、又は通行制限が敷かれたときは、警察機関や道路管理者に通行制限の状況、解除見込等を確認したうえで、その時点において可能な輸送ルートを選定する必要がある。

(エ) 輸送車両への情報の連絡

交通事故の発生による通行制限等、輸送時に必要となる情報は、実際に走行している輸送車両に確実に伝達することが重要である。

これらの情報を保有する警察機関や高速道路事業者、道路管理者等との連絡体制を確保するとともに、携帯電話や無線機の配備、連絡要員の同乗等について考慮する必要がある。

(オ) 道路料金の取扱い

高速道路等を通行する場合の料金は、広域共同防災組織等が負担すべきものであるが、料金所における混乱を避け、円滑な輸送とするためには、広域共同防災組織等とトラック協会等との輸送に関する協定や契約に「支払いに関する事項」を盛り込む等の対策が必要である。

また、輸送車両を緊急通行車両として取扱い、道路料金を免除するといった場合は、高速道路事業者等と十分な調整を図っておく必要がある。

(カ) 警察機関への協力要請

システムを設置するまでの時間的猶予は、概ね発災から8時間以内とされているが、何らかの理由で輸送経路において通常想定されない規模の交通渋滞が発生する等、輸送への障害が生じることも予想されることから、可能な限り警察機関による交通規制や先導等の協力を得られるよう調整を図っておくことが望ましい。

(キ) 緊急通行車両としての取扱い

大地震等大規模災害が発生した場合、緊急通行車両以外の車両の通行制限等（災害対策基本法（以下「災対法」という。）第76条）がかかっていることが予想されるが、システムの輸送車両が緊急通行車両として認められるには、都道府県知事又は公安委員会による緊急通行車両の確認（災対法施行令第33条）を受け、確認後に標章等の交付を受ける必要がある。

大規模災害の発生後、速やかに確認の手続きが取れるよう、道府県及び公安委員会

等と事前に調整を図っておくことが望ましい。

【緊急通行車両の確認手続き体制（例）】

緊急通行車両の確認の手続きを迅速に実施するため、県及び警察等と調整を行い、次のように計画を定めている例がある。

- ① 広域共同防災協議会（以下「協議会」という。）からトラック協会に対し、輸送車両の手配を要請する。
- ② 輸送車両及び運転手が確保されると、トラック協会から協議会に連絡が入る。
- ③ 協議会は、あらかじめ定めた次のような様式に基づき必要な情報を聴取する。

平成 年 月 日
〇〇県危機管理課 殿
〇〇広域共同防災協議会 (担当) _____
大容量泡放射システムの輸送車両の情報について
このことについて、次のとおり大容量泡放射システムを輸送します。
1 輸送先
2 出発予定時間 _____ 時 _____ 分頃
3 輸送車両の台数
(1) トラック合計 _____ 台 (2) トレーラー合計 _____ 台
4 輸送車両の内訳
5 輸送車両への連絡先
6 予定経路
7 その他

- ④ 作成した様式を協議会から県に送付する。
 - ⑤ 県が警察に連絡し、緊急通行車両の確認を受ける。
- この体制では、輸送車両が配備事業所に到着するより先に、緊急通行車両の確認手続きを進めることができるというメリットがある。

(7) 輸送車両及び運転手に対する保障等

大容量泡放射システムの輸送にあたるトラック等の運転手は、災害現場という危険な場所へ向かうこと、また、大地震等の大規模災害が発生した後の場合、災害現場へ

向かうまでの道路等においても危険が伴うことから、万が一の事態に備え、広域共同防災組織等とトラック協会及び輸送を担当する事業者等の間で、輸送車両及び運転手に対する保障等について事前に取り決めておくことが望ましい。

(ク) 資機材の積載及び輸送順番

発災事業所の敷地規模及び災害の規模等によっては、資機材を輸送する車両の発災事業所内への入構順番を誤ると、車両が身動きできなくなる可能性や設定に余計な時間を費やす可能性が考えられることから、発災事業所の敷地規模、防災道路の幅及び発災施設の位置等の状況を踏まえ、効率的に資機材を設定できる積載順番、輸送順番に配慮する。

(コ) 他の広域共同防災組織等との連携

相互応援協定を活用する等、他の広域共同防災組織等との連携を図り、大容量泡放射システムの故障、補修中における災害や複合災害の発生時においても大容量泡放射システムを相互に活用できるように配慮する。

4.2 稼働実態と課題

平成 23 年に発生した東日本大震災及び平成 24 年に発生した浮き屋根式屋外タンクの浮き屋根沈降事故においてシステムの輸送や設置が行われている。実際の泡放射は行われなかったが、システムの貴重な稼働実例であり、これらの事例から様々な課題が得られている。

(1) 東日本大震災に伴い発生した製油所における球形高压ガスタンク火災への出場

ア 概要

東日本大震災に伴い、千葉県内の製油所において発生した球形高压ガスタンク（システム対象タンク外）の火災を受け、事業所及び管轄消防本部が協議し、共同防災協議会にシステムの出動を要請、共同防災協議会は、千葉県石油コンビナート等防災本部の同意を得て出動を決定した。

システムの搬送は行ったが、到着時には管轄消防本部及び陸海の緊急援助隊等により、高压ガスタンクへの冷却放水が実施されていたため、システムによる放水は実施されなかった。

イ 課題

(7) 一般電話、FAX の接続不良から会員事業所、共同防災協議会事務局相互の情報伝達に苦慮し、協定を締結していたトラック協会との連絡が取れない状況も発生した。

出動要請からシステム輸送まで計画では 3 時間であったところ、実際には 4 時間 10 分かかった。

(4) 警防計画でシステム搬送ルート及び先導方法等を定めていたが、第一搬送ルートとなる国道が渋滞していた。

システムの配備事業所から高圧ガスタンク火災現場まで輸送計画では 30 分のところ、実際には 90 分かかった。

- (㊦) 火災が発生した高圧ガスタンクは、本来、大容量泡放射システムが対象としているタンクではなく、計画にない活動であった。
- (㊧) システムの輸送にあたった運送会社に対する情報提供（災害現場の状況等）が不足していた。

(2) 東日本大震災に伴い発生した製油所における屋外タンクの浮き屋根沈降疑いによる出場

ア 概要

東日本大震災の発生から 11 日後、宮城県内の製油所の状況を防災ヘリが上空から確認していたところ、屋外タンクの浮き屋根上に滞油（油ではなく、黒ずんだ水であったが、当初地上からの詳細な確認はできなかった。）が認められ、浮き屋根沈降の疑いがあったため、管轄消防本部等が協議のうえ、事業所から広域共同防災協議会へシステム出動要請が行われた。

その後、浮き屋根の沈降はないことが確認されたため、システムの設置は行われなかった。

イ 課題

- (㊦) 地震の発生から 11 日が経過していたことから、輸送車両や燃料の不足により計画されていた台数の車両が確保できなかった。
- (㊧) 地震による路面損傷や津波による道路冠水のため、輸送に予定以上の時間がかかり、発災事業所まで輸送計画では 4 時間 50 分のところ、実際には 5 時間 30 分～10 時間（第 1～第 4 陣）かかった。
- (㊨) 地震の影響により、輸送車両の運転手等に対する食料や水の確保に困難が生じた。
- (㊩) 災害への対応が長期化したため、輸送車両及び運転手を発災事業所内に長時間拘束することになった。

(3) 油槽所における屋外タンクの浮き屋根沈降による出場

ア 概要

平成 24 年 11 月、沖縄県内の油槽所において原油タンクの浮き屋根が沈降し、火災発生の危険性があったことから、システム及びその指揮本部を当該事業所内に配備した。

火災発生には至らなかったことから、システムによる泡放射は行われなかった。

イ 課題

本事例は、地震時ではなく平時に発生した事例であり、発災タンクに対するシステムの設置場所についても事前計画で定められていたが、システムの設置完了まで長時間を要した。その要因としては、次のようなものが挙げられており、防災要員等のシステム

の設置に係る習熟度の向上や、あらゆる事態を想定した事前準備等が課題となった。

(7) 計画に基づき、放水砲を第一順位で輸送したが、送水ポンプ設置箇所に至る道路が一系統しか使用できない状況であったため、送水ポンプの輸送が完了するまで待機することになった。

(i) 深夜時間帯での設定作業となったため、より慎重な作業となった。

(v) マニホールドを設置した場所の道路幅が極めて狭く、放水砲に繋がるホース（6B）の曲がり調整に時間がかかった。

(エ) システムの設置に使用される道路が一系統のみであり、かつ、極めて狭隘であったため、マニホールドから取水口に接続されるホース（12B）は、マニホールド側からの逆延長が求められた。

ホースコンテナを積載したトラックは夜間の狭隘路を後退で進む必要があり、慎重作業となったため長時間を要した。

(オ) ホースコンテナから 30m のホース（12B）を引き出す予定のところ、誤って 100m のホースを引き出してしまった。また、道路幅が狭隘で誤って引き出したホースをその場に放置することは危険であったため、ホースコンテナに積み直した。

【ホースの選択を誤らないための措置（例）】

当該事業所においては、この活動における反省点を受け、ホースの長さごとに結合金具を色分けし、一目でホースの長さが分かるようにしている。

また、コンテナにも凡例（赤＝100m、青＝50m、白＝30m）を記載している。



写真 2-14、2-15 コンテナに記載された凡例及び色分けされた結合金具の状況

(カ) 誤って引き出したホースをホースコンテナに積み直した後、あらためて 30m のホースを引き出そうとしたところ、コンテナの下部に収納されていたため、上部の 50m ホース 1 本をコンテナ内で移動させた。

第3 災害事例

1 防災活動上の問題点

過去の石油コンビナートにおける火災、爆発、危険物の漏えい等の事故において、発生した防災活動上の問題点としては次のようなものがある。

事業者においては、これらの過去の事故における問題点を教訓とし、必要な対策を講じるとともに、発生し得る事故に対し、効果的な防災活動を実施できる体制を構築することが必要である。

1.1 共通事項

- (1) 消防機関への通報がなかった、又は遅れた。
- (2) 事故の発見、事故発生箇所の特定が遅れた。
- (3) 消防機関の現場到着時に十分な情報提供がなされなかった。
- (4) 指揮本部の設置が行われなかった。
- (5) 夜間に発生した事故において、指揮本部に目印がなかったため、応援隊等が指揮本部を探すのに困難であった。
- (6) 防災活動の指示が出動したすべての自衛防災組織等に徹底できなかった。
- (7) 伝達要員の不足により、出動した自衛防災組織等の掌握に時間を要した。
- (8) 防災資機材等の調達、配備等に時間を要した。

1.2 火災、危険物の漏えい等に対する活動

- (1) 固定泡消火設備の配管の腐食開孔、固定泡放出口の破損等により、十分な消火活動が実施できなかった。
- (2) 熱によるタンクの変形のため、消火活動が円滑に実施できなかった。
- (3) 固定泡消火設備の作動中、泡消火薬剤がなくなると錯誤し、作動を停止してしまった。
- (4) 水溶性危険物火災に対する泡消火薬剤（耐アルコール泡消火薬剤）が不足した。
- (5) 火災に対する防ぎよ活動が広範囲にわたったため、事業所内関係者の指揮統一が不十分となり、有効な消火活動が実施できなかった。
- (6) 爆発による飛散物により、火点に接近するまでに時間を要した。
- (7) 大量の泡放射による泡の体積のため、ホースの位置の確認が困難となり、転戦及びホース延長時等が円滑にできなかった。
- (8) 機関員が不在で、自衛防災組織の高所放水車が出動できなかった。
- (9) 発災現場への誘導員がいなかったため、他事業所からの応援隊が水利部署に時間を要した。
- (10) 可燃性蒸気の発生防止措置が遅れた。

- (11) 漏えいした油が高温のため、噴出部位に接近できず、漏えい防止の応急措置がとれなかった。
- (12) 流出油検知装置が作動しなかった。
- (13) ガードベースンの緊急遮断ゲートを完全に閉鎖できなかった。
- (14) 防油堤内埋設排水管を通じて、他の仕切堤内に漏えいした油が拡散した。
- (15) 仕切堤が未設置であったため、漏えい範囲が拡大した。

1.3 安全管理

- (1) 有毒性ガスに対する認識不足により、防護具を着装せずに活動した。
- (2) 有毒性ガスの漏えいに対して、噴霧注水等によるガス拡散等の措置が不十分であった。
- (3) プラントでの異常発生時、危険が予測される箇所に直行し、災害に巻き込まれた。
- (4) 酸素呼吸器、耐熱服等の防護具及びガス検知器等の防災活動上の安全を図るために必要な資機材の整備がなされていなかった。
- (5) ガス検知が行われなかった。

2 災害事例

2.1 火災

(1) 新潟地震に伴う石油タンク等の火災

- ① 覚知年月日 昭和 39 年 6 月 16 日
- ② 発生都道府県 新潟県
- ③ 事故タンクの概要 (第 1 出火点とされるタンク)
 - 貯蔵危険物 第四類 第一石油類 原油
 - 容量 30,000 キロリットル (出火時 27,171 キロリットル)
 - タンク直径/高さ 51,500/14,500 (単位: ミリメートル)
 - タンク形式 浮き屋根式 (鋼製シングルデッキ型)

④ 事故概要

ア 昭和 39 年 6 月 16 日 13 時 01 分、新潟地震が発生し、その後まもなく、新工場と呼ばれる地区にあった原油タンク (No.1103) から出火し、タンク周辺に溢流していた油に延焼して、同タンクヤード内に設置されていた別の 4 基の原油タンクを含む全域が猛火に包まれた。さらに、地震発生から約 5 時間後、旧工場と呼ばれる地区において出火し (第 2 出火点)、付近一帯に浸水していた水面上に浮かんだガソリン等の油類に引火して延焼拡大したものである。

火災は約 2 週間にわたって燃え続け、事業所敷地内及び近隣住宅等に壊滅的な損傷が発生した。

イ 被害状況

(7) 人的被害

傷者 1 名 (第 2 出火点での火災において、活動中の消防吏員が受傷したもの。)

(i) 物的被害

a 第 1 出火点

事業所建屋 3 棟全焼、タンク 5 基全焼、一般住家 18 棟全焼 等

b 第 2 出火点

事業所及び隣接事業所建屋 101 棟全焼、一般住家等 339 棟全焼 等

⑤ 事故原因

地震によって浮き屋根が揺動し、浮き屋根とタンク側壁の間で生じた衝撃火花、または摩擦熱によって可燃性蒸気に着火したとする説が最も可能性のある出火原因であるとされている。

なお、地震発生から約 5 時間後に発生した第 2 出火点の火災についての出火原因は不明とされている。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

ア スロッシング現象により、浮き屋根が大きく揺動したこと。さらに、浮き屋根と側壁の間に設けられたシール機構が金属製であったため、衝撃火花が発生したと考えられること。

イ 地震による地盤の陥没、津波等により、消火設備の機能が停止させられたこと。

ウ 地震により防油堤の機能が十分に発揮できなかったこと。

⑦ 事故の対応及び経過等

ア 第1出火点の火災

- (7) 新工場の5基の原油タンク群は、消防隊が到着したとき、すでに全面火災となっていたが、他に延焼する危険がないと判断されたことから炎上するにまかせた。
- (イ) 6月20日10時頃、出火タンクが異様な音を立てて燃焼を続け、ボイルオーバーの危険が濃厚であったことから、新工場タンク群の西側に防油堤を築造するため、県対策本部から自衛隊の出動を要請した。
- (ロ) 現場に到着した自衛隊員は、長さ200m、幅1m、高さ70cmの堤防を築き、ボイルオーバーに伴う延焼防止対策を講じた。
- (ハ) 出火タンクは、6月29日17時まで燃え続けて鎮火した。

イ 第2出火点の火災

- (7) 地震の影響による道路の通行障害等により、地震発生から約4時間後の17時頃に消防車1台が到着したが、到着時、第1出火点の火災において原油タンクが猛烈な勢いで炎上し、輻射熱のため接近ができず、また油タンクの誘爆の危険性が考慮されたことから、消防隊と警察職員は近隣住民に対する避難広報活動に従事した。
- (イ) 地震発生から約5時間後の18時30分頃、事故発生事業所と隣接事業所の工場との境界線付近から爆発音とともに火炎が上昇し(第2出火点の火災)、地震及び津波により漏えい、拡散していた油類に次々と延焼し、旧工場全般にわたる火災へと拡大した。
- (ロ) 6月17日未明にかけて応援消防隊等が火災現場に到着した後、消防機関と事業所災害対策本部が消火対策について打ち合わせ、南側10基の白油等タンク群の延焼防止及び旧工場構内の運河方面に延焼拡大中の火勢を制圧することとし、火災防ぎよにあたった。
- (ハ) 消防隊の懸命な努力にも関わらず、8時第2ブロック群の石油タンクが誘爆し、火勢が運河を突破した。
また、この第2ブロックの延焼拡大に伴い、道路1本隔てた近隣住宅地等への延焼危険が予想されたことから、事業所構内で火災防ぎよ中であつた消防車2台が延焼阻止のために転戦した。
- (ニ) 延焼阻止のために転戦した消防隊が到着時、すでに住宅に延焼を始め、2台では防ぎよが困難であったことから、計画を変更し、事業所構内で防ぎよ活動中の全消防車が転戦し、延焼阻止にあたり、16時頃鎮圧に成功した。
その後、警戒のため2個分隊を現場に残し、他の消防車は事業所構内の油火災に対処するため再び転戦した。
- (ホ) 6月18日0時30分、応援の消防隊(化学消防車5台)がさらに到着し、その後、作戦会議が開催され、活動方針が決定された。
- (キ) 第1段階消火活動

5時を期し、白油タンク群北側工作室付近の火災に対し、各化学消防車から一斉放水が開始され、消火開始40分後には泡の層が徐々に油面を縮小して火面を圧迫、7時50分頃、第1段階の消火が終了した。

(ウ) 第2段階消火活動

a 第1段階の消火作業に引き続き、工作室西側に隣接する4基のタンク群の消火活動に移った。

b 6割程度消火した15時頃、突然轟音とともに1基のタンクが爆発、火柱が約50mにも達して炎上し、多量の油が周囲に飛散して地上火災を拡大させた。

さらに、21時30分にはボイルオーバーが発生し、ブロック一面に重油が飛散して着火し、延焼範囲が拡大した。消した先から燃え広がるという一進一退の消火活動となった。

c 6月19日4時55分、新工場で火災となっていたタンクにおいてボイルオーバーの危険性が生じたことから、5時20分、消防隊は一時放水を停止して後退した。

d ボイルオーバー危険が去った6時56分から防ぎよ活動を再開し、11時30分に第2段階の消火活動は終了した。

(エ) 第3段階消火活動

a 12時から作戦会議を開催し、第2ブロック内で最も激しいタンクの火勢を弱め、北風により火炎を受けている隣接タンクを防御する方針を決定した。

b 資機材等の配備を終え、13時一斉放水が開始された。放水開始後約3時間は、この消火作業が功を奏し、最も火勢の激しいタンクが燃えているのみとなったが、16時30分頃突然このタンクが大音響とともにボイルオーバーを起こし、約100mにも達する火柱を噴出した。大量の重油が約2,200m²の広範囲に飛散して一面が火の海となった。

c このボイルオーバーにより、第2ブロック北側のタンク群等の誘爆の危険性が高まったため、直ちに泡消火隊を増加し、21時頃には第2ブロック内の火災は完全に消火に成功した。

d 6月20日0時頃、先のボイルオーバーに伴う溢流や飛散した油により、第3ブロックにおいても相当広範囲な火災となっていたことから、第2ブロックの消火活動に引き続き作戦会議を開催し、2時消火活動に移った。

e 第3ブロックは浸水地帯で、消防車両の進出が不可能であったため、小型動力ポンプによる泡放射と多量の消火器を使用して消火した。

(2) タンク屋根支持構造物の倒壊等に伴う全面火災

- ① 発覚年月日 昭和 50 年 2 月 16 日
- ② 発生都道府県 三重県
- ③ 事故タンクの概要
 - 貯蔵危険物 第四類 第二石油類 半製品灯油
 - 容量 22,000 キロリットル (出火時 11,773.9 キロリットル)
 - タンク直径/高さ 50,000/12,228 (単位: ミリメートル)
 - タンク形式 縦置円筒型コーンルーフ

④ 事故概要

ア 灯油タンク (T220-102) が突然の爆発音とともに出火し、タンク全面火災となったもの。

イ 被害状況

(ア) 人的被害

なし

(イ) 物的被害

a 半製品灯油 1,059kl 消失

b 22,000kl タンク 1 基及び隣接 22,000kl タンクの側板 500m²の塗装焼損等

⑤ 事故原因

事故タンク内の空間には硫化水素ガスが存在していたため、タンク内壁及び構造物は硫化水素によって腐食、脆性化していたところ、事故当日の気象の急変等によって屋根板支持構造物が倒壊し、部材の衝撃あるいは摩擦エネルギーによってタンク内の可燃性混合気に着火したものと推定されている。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

ア 事故タンクでは、各種廃水中に含まれる硫化水素等を灯油で抽出し、廃水中の悪臭成分を取り除くための臭水処理装置 (事業所が独自に開発した装置) を経て、半製品灯油として貯蔵されていたため、腐食が促進されたこと。

イ 最終的に消火に成功しているが、初期消火には失敗した。これは、事故タンクに設置されていた消火設備は半固定消火設備で、出火直後に現場に到着した化学消防車は4台であったにも関わらず、タンクの消火にあたったのは1台半程度で、他は隣接タンクの延焼防止に従事したため、事故タンクへの泡供給速度が基準よりかなり少なかったこと。このため、初期消火ができず、火炎が激しくなり、タンク側板の座屈に伴って泡消火設備の一部が使用できなくなり、さらに泡の供給が悪くなったことがある。

ウ 現場指揮本部に対する事業所側の情報提供体制が悪く、防ぎよ上の措置判断及び関係作業の実施等に支障を生じた。

⑦ 事故の対応及び経過等

2月16日

15:03	他の現場で勤務中の下請業者従業員が、異常音により火災を発見し、
-------	---------------------------------

	自衛消防隊詰所及び出火地区担当の操油係に非常専用電話により通報した。
15:05 頃	通報を受けた自衛消防隊は、消防車両を全車出場させた。
15:07 頃	火災発生を覚知した各関係装置担当者は、逐次運転の停止に着手するとともに、非直者の非常招集を行った。
15:08	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自衛消防隊は、管轄消防本部へ 119 番通報し、同時に管理職員に対して非常連絡を行った。 ・ 管轄消防本部は、通報を受信し、当直全車両の出動を指令した。
15:08 頃	化学消防車 5 号車が、出火タンクに隣接するタンクの外面冷却注水を開始した。
15:10	応援のため、隣接事業所自衛消防隊の化学消防車 1 台が到着した。
15:11 頃	タンク南側の側板上部がタンク内側に曲がり始め、同時に火炎が上昇し始めた。
15:12 頃	化学消防車 1 号車が、出火タンクの南側に隣接するタンクの送液口にホースを接続し、泡による液面シールを開始した。
15:13 頃	化学消防車 6 号車が、出火タンクの東側に隣接するタンクの送液口にホースを接続し、泡による液面シールを開始した。
15:14	管轄消防本部の先着隊が到着した。到着時の火災状況は、タンク上部全面にわたって黒煙及び火炎が噴出、上昇しており、火勢はタンク東端上部が特に強く、隣接タンクへの延焼の危険が憂慮される状態にあり、隣接タンクへの延焼防止が防ぎよ活動の最重点とされた。
15:15	<ul style="list-style-type: none"> ・ 出火タンク内の油抜き取りのため、隣接する原油タンク等の移送を開始した。 ・ 応援のため、他事業所の自衛消防隊の化学消防車 1 台が到着した。
15:30	<ul style="list-style-type: none"> ・ 管轄消防本部から事業所に対し、出火タンク内の油の抜き取り及びコンビナート各社の自衛消防隊への応援要請が指示された。 ・ 指示に基づき、自衛消防隊が、コンビナート各社に自衛消防隊の応援を要請した。
—	管轄消防本部から事業所に対し、出火タンクの油量及び油温の確認が指示された。
15:40	事象所内に対策本部を設置した。
15:43	応援のため、隣接事業所自衛消防隊の化学消防車 1 台が到着した。
15:45	<ul style="list-style-type: none"> ・ 管轄消防本部の現地指揮本部が設置された。 ・ 市に事故対策本部が設置された。 ・ 管轄消防本部から自衛消防隊に対し、隣接タンクへの泡による液面シールの実施を指示された。
15:50	管轄消防本部から市内消防団の全分団に対し、出場が指令された。
15:53	応援のため、隣接事業所自衛消防隊の化学消防車 1 台が到着した。

16:00	<ul style="list-style-type: none"> 出火タンク内の油の移送を開始した。 管轄消防本部から事業所に対し、地上からの泡放射では屋根まで届かないため、防油堤内に消火作業用の足場を構築する旨の指示がなされた。
16:05	応援のため、隣接事業所自衛消防隊の化学消防車 1 台が到着した。
16:07	<ul style="list-style-type: none"> 管轄消防本部が泡原液搬送車の出動を指令した。 管轄消防本部から事業所に対し、市内 3 消防署からの泡原液の運搬、隣接事業所の高所放水車の出動、及びコンビナート全社に対する泡放水砲の提供の要請が指示された。
16:08	<ul style="list-style-type: none"> 管轄消防本部から事業所に対し、高所からの泡放射用として、クレーン車の調達が指示された。 隣接事業所に対して高所放水車の出動を、コンビナート全社に対して泡放水砲の提供を要請した。
16:20	高所放水車 1 台が到着し、消火作業を開始した。
16:30	クレーン車 2 台が到着し、泡放水砲の取り付けを開始した。
16:49	防油堤内に構築していた消火作業用足場 3 箇所が完成した。
16:50	一斉放水を開始した。(2,000l/m の高所放水車 1 台、クレーン上の 1,800~2,000l/m の泡放水砲 3 基、消火作業用足場に設置したノズル 12 口、見かけ泡放水量 15,800l/m)
17:15	応援のため、隣接事業所自衛消防隊の化学消防車 1 台が到着した。
18:40	応援のため、隣接事業所自衛消防隊の化学消防車 1 台が到着した。
19:15	<ul style="list-style-type: none"> 火勢は最盛期の約 3 分の 1 に減衰した。 消防団の車両 9 台の引き揚げが指令された。
19:30	火勢鎮圧
19:40	鎮火（再燃防止のため、泡放射及び冷却注水が継続して実施された。）
20:15	<ul style="list-style-type: none"> 隣接事業所自衛消防隊の泡原液搬送車 1 台が到着した。 消防団及び応援自衛消防隊等が、逐次引き揚げを開始した。
20:20	タンクの油温を確認したところ 60℃であった。
20:25	タンクの油温を下げるため、車両 7 台による冷却注水（一部泡放射）を開始した。
21:00	応援自衛消防隊の化学消防車 4 台が引き揚げを開始した。
23:00	応援自衛消防隊の化学消防車 1 台が引き揚げを開始した。

2月17日

1:30	応援自衛消防隊の化学消防車 2 台が引き揚げを開始した。
3:00	<ul style="list-style-type: none"> タンクの油温を確認したところ 10℃であった。 警戒のため、自衛消防隊の消防車 2 台を残し、その他全車両の引き揚げを開始した。

※ 表中の「-」は、時間が不明であることを示している。

(3) 十勝沖地震に伴うタンク全面火災

- ① 覚知年月日 平成 15 年 9 月 28 日
- ② 発生都道府県 北海道
- ③ 事故タンクの概要
 - 貯蔵危険物 第四類 第一石油類 原油
 - 容量 32,779 キロリットル (出火時 26,874 キロリットル)
 - タンク直径/高さ 42,700/24,390 (単位: ミリメートル)
 - タンク形式 浮き屋根式 (鋼製シングルデッキ型)

④ 事故概要

ア 平成 15 年 9 月 26 日 4 時 50 分頃、十勝沖を震源とする M8.0 の地震が発生し、当該事業所の原油タンクで火災が発生したほか、ナフサタンクの浮き屋根が沈降した。

原油タンクの火災は発生から約 7 時間で鎮火したが、ナフサタンクの浮き屋根は、地震の翌日には完全に油中に沈没したことから、ナフサの揮発防止のため、消火用の泡により液面を密封していたところ、28 日になって当該ナフサタンクで全面火災が発生した。

イ 被害状況

(ア) 人的被害

なし

(イ) 物的被害

- a ナフサタンク 1 基焼損
- b 灯油タンク 2 基一部焼損
- c その他事業所内外の設備等焼損

⑤ 事故原因

当該ナフサタンクの浮き屋根は、火災の前日には完全に油中に沈没しており、ナフサの揮発防止のため消火用の泡により液面を密封していたが、火災が発生した 28 日は風速が強く、泡が風に押されてタンク南側に片寄ってしまい、液面の一部は大気中に露出していた。このため、揮発したナフサは風に流されるとともに空気で希釈されるため、ある部分では燃焼範囲 (1.5vol%~7.6vol%) になっていた可能性がある。

さらに、泡が時間の経過とともに消え、水に戻るときに生じる水滴がナフサ中を沈降することによりナフサが帯電 (沈降帯電) し、発生した電荷が液面上に取り残されている泡に蓄積、この泡とタンク側板、あるいは、タンク側板と接触している泡との間で放電し、燃焼範囲に入っていたナフサの可燃性蒸気に引火したものと推定されている。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

ア やや長周期の地震動により、当該地域において事故発生以前に想定されていた以上のスロッシング現象が生じたこと。その結果、浮き屋根が大きく揺動して損傷、沈下等が発生したこと。

イ 泡消火薬剤が不足し、在日米軍を含め、全国から集めたため、消火活動に長時間

を要したこと。

⑦ 事故の対応及び経過等

ア 地震発生から火災発生に至るまでの経緯

(7) 9月26日4時50分頃、十勝沖を震源とするM8.0の地震が発生し、ほぼ同時に事業所内の原油タンク（30006タンク）でリング火災が発生し、12時09分に鎮火した。

また、地震の影響により、ナフサタンク（30063タンク）の浮き屋根が損傷を受け、浮き屋根上にナフサが漏えいした。

(イ) 27日、浮き屋根上へのナフサ漏えいが徐々に拡大し、ナフサタンクの浮き屋根が完全に油中に沈没した。ナフサの揮発を防止するため、消火用の泡により液面を密封した。

(ロ) 28日、風により液面を密封していた泡が片寄り、ナフサの一部が大気中に露出し、全面火災が発生した。

イ 火災発生後の対応の概略

【9月28日】

(7) 10時46分、事業所から管轄消防本部へ119番通報がなされた。

(イ) 10時51分、火災タンクの固定泡消火設備による泡放射を開始した。（11時40分まで実施）

(ロ) 10時59分、管轄消防隊が現場に到着、タンクに設置された固定泡消火設備を使って消火活動を行うとともに、火災タンク及び隣接タンクの側板の冷却放水を開始した。

(ハ) 11時30分、タンク内の残存ナフサ（液面高さ18.7m）を他のタンクへ移送するための作業を開始した。（29日0時28分まで実施）

(ニ) 隣接タンク3基の泡シールを実施

(ホ) 12時15分、三点セット（高所放水車、大型化学車、泡原液搬送車）が4セット集結し、主として風上側から消火活動を行った。

a 隣接タンクまでの距離が短かったため、発生当初は隣接タンクへの延焼防止に主眼が置かれた。

b 2日前に同事業所内で発生した原油タンク火災において、備蓄していた泡消火薬剤を大量に使用していたため、泡及び消火用水が不足していた。そのため、消火用水は主に海水を取り入れて使用した。

c 公設消防が所有する泡消火薬剤の大部分は、たん白泡消火薬剤に比べて消火性能が劣る合成界面活性剤泡消火薬剤であったこと、タンク高さが24.4mと高く、強風で泡消火薬剤がタンク内に届かなかったこともあって、当初はほとんど消火効果が得られなかった。

そのため、北海道内及び本州の各消防本部から協力を得ながら、応援消防隊の要請、消火薬剤の緊急搬送を進め、断続的に三点セットによる消火活動がなされ、隣接タンクの冷却が行われた。

- (キ) 12時38分、風により大量の黒煙が市街地に向かい、市民から苦情が出たことから、市が住民に対して広報を実施した。
- (ク) 18時28分、隣接タンク3基の油シフトを開始
- (ケ) 18時30分、オイルフェンスの展張完了

【9月29日】

- (7) 朝になって風がやや収まり、また、応援消防隊及び泡消火薬剤（主として水成膜泡消火薬剤）が到着して消防活動の体制が整ったため、本格的な消火活動が開始された。しかし、泡放射の効果が見られず、再び泡消火薬剤が不足し始めたため、水放水に切り替えられた。その後は、追加の泡消火薬剤の到着にあわせて、断続的に泡放射による消火活動が行われた。
- (イ) 13時20分、高所放水車による火災タンクへの冷却活動を止め、消火活動に集中していたところ、タンクの急激な座屈が始まった。これは、タンク側板部が高温になり、タンク上部の荷重を支えられなくなったために起こったもので、この結果、周囲への放射熱が急激に増し、消火作業中の消防隊員は一時退避した。
その後、火勢が収まり、また、側板の座屈によってタンク高さが低くなったため、泡消火薬剤が容易にタンク内に入るようになった。その結果、消火活動は進展し、火勢がだんだん弱まってきた。
- (ウ) 14時39分及び15時05分、隣接タンク2基に対し、泡シールを開始
- (エ) 16時23分、輻射熱により、発災タンク西側の芝生から火災が発生（ホースハンドノズル及び粉末消火器により17時32分に消火完了）
- (オ) 20時00分、火勢が収まった。

【9月30日】

- (7) 2時10分、小康状態が続いていたが、部隊再編成のため泡放射を一時停止していたところ、急激に炎上した。（3時50分、火勢をほぼ制圧）
- (イ) 5時10分、熱画像装置によりタンク側板の温度測定を実施、温度が低下していることを確認し、鎮圧を宣言した。
- (ウ) 6時40分、バスケット付き大型高所放水車でタンク内全面が泡で覆われていることを確認し、6時55分鎮火を宣言した。
- (エ) 8時25分、災害現場指揮本部を解散した。

(4) エチレンプラント火災事故

① 覚知年月日 平成 19 年 12 月 21 日

② 発生都道府県 茨城県

③ 事故施設の概要

施設名称 エチレンプラント

施設区分 危険物製造所、高圧ガス施設

概要 ナフサや灯油等を熱分解、分離精製し、エチレン等の石油化学製品の間接原料を生産する施設

④ 事故概要

ア エチレンプラントの分解炉のデコーキング（製造過程で、分解炉の反応管内壁に付着した炭素分を、スチーム及び空気を用いて燃焼除去する作業）の終了後、分解炉出口配管に供給するクエンチオイルを遮断するため、配管に挿入していた仕切板の抜き取り作業を実施していたところ、何らかの原因で AOV（クエンチオイル元弁）が開となってクエンチオイルが漏えいし、発火した。

イ 被害状況

(ア) 人的被害

死者 4 名（協力会社社員）

(イ) 物的被害

分解炉 1 基全焼、分解炉 2 基一部焼損

⑤ 事故原因

ア クエンチオイルの漏えい原因

クエンチオイルは分解ガスを冷却するためのものであり、デコーキング時は、AOV を閉鎖するとともに、AOV の二次側に仕切板を挿入することにより供給を停止する。この仕切板は重量が約 80kg あるため、足場パイプ等によりチェーンブロックを吊り下げて作業を行う。

工事安全指示書では、デコーキング時、AOV に施錠することが記載されているが、本件のデコーキング時には施錠がされず、また、AOV の駆動源である空気元弁も開放されていた。このような状況下で、デコーキング終了後、仕切板を抜き取るために作業員がチェーンブロックのハンドチェーンを引いたところ、チェーンが AOV の操作スイッチに接触して開放し、クエンチオイルが漏えいしたものと推定されている。

イ 発火原因

デコーキングは 10 階で実施されていたが、そのとき 8 階では断熱工事が実施されていたことから、8 階において高温となる配管の被覆が十分でなかった箇所があったと考えられ、また、10 階で漏えいしたクエンチオイルが 8 階まで到達することも推測されている。

このことから、10 階で漏えいしたクエンチオイルが 8 階の高温となっていた配管被覆が十分でなかった箇所に触れ、発火した可能性が高いと推定されている。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

ア クエンチオイルの漏えいに関すること。

(7) AOV の操作スイッチが誤って開となったこと。

操作スイッチは、他の炉では、ボックス内に収納されているが、発災炉では、設置位置床面から約 2m と高く、作業者等との接触が考えられないことから、ボックス内に収納されていなかった。

(4) AOV の操作スイッチを操作する前後には、基本操作として、その都度 AOV の駆動源である空気元弁を開閉しなければならないことを、作業従事者に対して教育により徹底していたにも関わらず、空気元弁の閉止が実施されなかったこと。

a AOV 駆動用空気元弁の操作が基準類に明記されていなかった。

b 発災炉の AOV 駆動用空気元弁は、他の炉とは異なり、AOV の操作スイッチから離れた場所に設置され、一連の操作となりにくい環境となっていた。

(5) 万が一 AOV の操作スイッチが動作した場合でもクエンチオイルの漏えいを回避するため、AOV 施錠 (AOV をチェーンで固定すること) を工事の安全措置として取り決めていたにも関わらず、AOV 施錠が実施されなかったこと。

a グループ内の意思伝達の仕組みが機能せず、AOV 施錠の指示が AOV の運転担当に伝達されず、運転担当が用いる作業確認リストに AOV 施錠の記載が欠落していた。

b デコーキング実施前にグループの工事立会者が AOV 施錠を確認するべきであったが、工事立会者が所持していた書類に AOV 施錠の記載がなく、確認されないまま工事が開始された。

c 発災炉と他の炉では設備仕様が異なることから、デコーキングに関する作業手順も異なっていた。

イ 組織及び人に関すること。

(7) 不安全を不安全と認識していなかった。

(4) 必要と認識していた、又は決定されていた安全に関わる操作を基準化していなかった。

(5) 個人の安全意識に頼り過ぎていた。

ウ 人的被害の拡大要因に関すること。

(7) 仕切板の入替作業と階下の断熱工事を同時並行で実施していた。

(4) 災害の緊急性を想定できず、適切な避難誘導ができなかった。

⑦ 経過等

12月5日

12:00	発災した炉のボイラー性能検査のため、原料であるナフサの供給を停止
14:30	AOV 二次側のクエンチオイルラインに仕切板を挿入
16:50	デコーキング開始

12月6日

11:00	デコーキング終了
18:50	デコーキング終了に伴い、燃料ガス元弁を閉止し、消火を確認

12月7日

—	ボイラー性能検査作業開始
---	--------------

12月13日

—	ボイラー性能検査終了
---	------------

12月16日

13:00	分解炉本体の加温前作業開始
19:30	分解炉の燃料ガス元弁を開放、バーナーを点火し、分解炉の加温作業を開始

12月17日

11:35	クエンチオイルラインの仕切板を抜き取り、灯油分解テスト開始
-------	-------------------------------

12月20日

12:30	<ul style="list-style-type: none"> ・ 灯油分解テスト終了 ・ 再度クエンチオイルラインに仕切板を挿入し、デコーキング開始
-------	--

12月21日

早朝	デコーキング終了
11:20頃	クエンチオイルラインの仕切板の抜き取り作業開始
11:30頃	クエンチオイルが漏えいし、火災発生
—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 火災発生直後、エチレンプラントにおいて自動緊急停止操作を実施、その結果、原料供給停止、燃料停止、圧縮機停止及びプロセス系統間の遮断弁の閉止等が正常に作動し、全停止した。 ・ 稼働中の全分解炉の可燃性ガスは、蒸気により圧力調整弁を通じてフレアーへ排出及び脱圧され、ナフサ分解ガス等の可燃性ガスは存在しなくなった。 ・ 下流の精製プロセスにおいても、遮断弁閉止によりプロセス系統ごと縁切りされ、それぞれの系統に設置されている圧力調整弁から、系内ガスをフレアーへ放出することにより、常用圧力以下まで降下後、液抜き作業を実施した。
11:33	管轄消防本部へ 119 番通報
16:54	火勢鎮圧
23:13	鎮火

※ 表中の「—」は、時間が不明であることを示している。

2.2 爆発

(1) 東日本大震災に伴うガスタンクの爆発火災

- ① 覚知年月日 平成 23 年 3 月 11 日
- ② 発生都道府県 千葉県
- ③ 事故施設の概要
 - 施設名称 液化石油ガス (LPG) 出荷装置及び貯槽設備
 - 施設区分 高圧ガス施設
 - 概要 プロパン、プロピレン、ブタン及びブチレン等の LPG を貯蔵し、ボンベへの充填等を行う施設

④ 事故概要

ア 東日本大震災を契機として、事業所内に設置されている LPG 出荷装置及び貯槽設備において火災及び爆発が発生したものの。

近隣住民約 1,000 人に一時避難勧告 (8 時間) が出された。

イ 被害状況

(ア) 人的被害

負傷者 6 名 (発災事業所社員 3 名、隣接事業所社員 3 名)

(イ) 物的被害

- a 発災箇所に設置してある全LPGタンク (17基) 及び周辺配管・道路の損傷
- b 隣接するアスファルトタンクの側板が損傷し、アスファルトが漏えい (平成 23年5月10日回収完了)
- c 爆発による飛散物及び爆風等の影響により、隣接する事業所構内で火災が発生し、近隣の車両、船舶及び建屋のガラス等を損傷
- d 近隣住宅等118軒で、爆風による窓ガラス、シャッター及びスレート等の破損及び保温材等の軽量飛散物による車両の汚損

⑤ 事故原因

地震によりLPGタンク及び配管が揺れ動いたこと、及び地震によりLPGタンクの筋交いが破断して倒壊したことにより、配管が破断してLPGが漏えいし、何らかの着火源によって引火したものと推定される。

また、火災の発生後、倒壊したタンクに隣接するタンクは冷却散水されていたが、継続していた火災の火炎が強くなり、表面温度の上昇によりタンク球殻の強度が低下して内圧上昇によって開口、火災発生から約77分後に第1回目のタンク爆発が発生した。このタンク爆発により、火災がさらに拡大し、他のタンクも延焼、爆発した。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

ア LPGタンクの倒壊に関すること。

(ア) 倒壊したLPGタンクは耐震基準を満たしていたが、開放検査のための措置として、重量がLPGの約2倍である水が注入され、満水状態で12日間置かれていた。

(イ) LPGタンク内を満水にしている間に地震が発生した場合の潜在リスクに係る認識が不十分であった。

イ LPGの漏えい継続に関すること。

破断した配管の緊急遮断弁を開状態で固定していた。

ウ その他

(7) ガス漏えいを防災センターや隣接事業所等に通報するスイッチや、タンクへの受入バルブを単独で閉止するスイッチが、通常無人となる計器室にあり、発災当日は大量のガス漏えいのため、当該計器室に近づけなかった。

(4) 火災発生時に消火水源の必要圧力を確保するため、海水ポンプを追加起動することとなっていたが、その対応が1時間以上遅れた。

⑦ 経過等

3月11日

14:46	東北地方太平洋沖地震発生
14:50 頃	所内放送「第一警戒体制発令」
14:52 頃	所内放送「防衛隊発令」
14:55 頃	防衛隊本部を危機管理センターに設置し、所内の点検を開始
15:15	茨城県沖地震発生
15:20 頃	<ul style="list-style-type: none">・ 所内緊急通報電話にて、事故タンク（364 タンク）の倒壊及びLPG漏えいを受信・ 一次出動（甲種化学車、泡原液搬送車、高所放水車）、現着後、事故タンクの倒壊及びLPGの漏えいを確認、高所放水車によるガス拡散を判断し、各車両に指示をするとともに周辺道路の封鎖を指示
15:35 頃	<ul style="list-style-type: none">・ 自衛防災隊が事故タンク倒壊及びLPG漏えい確認を防衛隊本部に通報・ 二次出動を指示するとともに、共同防災協議会に出動要請・ 高所放水車によるガス拡散の放水準備が完了したため、漏えい箇所を確認したところ、ガス漏えい及び1号ダクト内のガス滞留が認められたため、ガス拡散を断念し、車両を後方に撤退するよう指示
15:42 頃	現地対策本部を設置
15:45 頃	共同防災組織（北岸）が到着
15:47 頃	<ul style="list-style-type: none">・ 3PKヤードで火災発生・ 共同防災組織（南岸）が到着・ 三次出動を指示
15:49 頃	<ul style="list-style-type: none">・ 管轄消防本部到着、指揮権委譲・ 指揮本部の位置を移動（海岸事務所から計器室横へ）・ 3PKヤード及び新3PKヤード球形タンクへの散水開始（計器室からの遠隔操作）・ 高所放水車から延焼防止のため、危険物配管が敷設されている1号ダクトへの冷却散水を開始
16:20 頃	消防車による球形タンク冷却散水が可能な場所を決めるため、管轄消

～16:40 頃	防隊と自衛防災隊長が 3PK に移動し、現場確認をしていたところ、球形タンク安全弁が吹く音と普段聞き慣れない音がするのを確認、爆発のおそれを感じ、全員退避を指示
16:40 頃	隣接している AK 装置ヤードの危険物タンク（メチルエチルケトン）が輻射熱により影響を受けたため、高所放水車による冷却散水を開始
16:41 頃	3PK ヤードの所内燃料供給設備（ガスホルダー）へ遠隔操作により散水開始
17:04 頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ 爆発発生（1 回目） ・ 防衛隊本部より全員避難を指示
17:11 頃	消火水源の確保として海水ポンプの追加起動を実施
17:12 頃	爆発発生（2 回目）
17:18 頃	爆発発生（3 回目）
17:25 頃	爆発発生（4 回目）
17:50 頃	爆発発生（5 回目）
22:16 頃	3PK ヤードに向け、風向きを考慮しながら海上からの冷却散水を開始
22:55 頃	大容量泡放射システムが到着
23:25 頃	管轄消防本部から防衛隊本部へ、大容量泡放射システムを使用しないことを指示（海上からの冷却散水等により火災を制圧できると判断）

3 月 12 日

3:20 頃	爆発のおそれがあるため、管轄消防本部が海上からの 3PK への冷却散水停止を指示
6:50 頃	海上からの 3PK への冷却散水を再開
10:10 頃	3PK ガスホルダー付近の火災に対し、装置ヤードからの配管窒素パージを実施して制圧

3 月 13 日

11:55 頃	3PK ヤード、391 タンク付近の火災を制圧
12:55 頃	3PK ヤードと新 3PK ヤードの連絡配管の火災原因が、新 3PK ヤードのタンク気相部の圧力緩衝配管であると判明し、各元弁を閉止及び窒素パージを開始
14:30 頃	391 タンクの傾きが確認され、倒壊の危険性があるため、傾き及び表面温度の測定を開始
17:10 頃	3PK ヤードと新 3PK ヤードの連絡配管の火災は、一系統の配管まで縮小
22:11 頃	LPG 残液がある 351 タンクは、散水設備が機能していたが、352 タンクは、散水設備が十分に機能していなかったことから、火災の輻射熱を緩和するため、甲種化学車により冷却散水を開始

3 月 14 日

7:55 頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3PK ヤード、361 タンク上部の火災に向けて高所放水車により放水
--------	--

	<p>開始（黒煙防止のため噴霧散水）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ その他、361 タンクと 371 タンクの間フレアー配管及びバランス配管、361 タンク払出し配管、373 タンクと 383 タンクの間へ放水銃及び放水砲により継続散水
14:40 頃	361 タンク払出し配管の火災の影響で 371 タンクの傾きが助長されたため、371 タンクの倒壊を懸念し、防衛隊本部より 3PK ヤードにいる消防隊員及び消防車両の撤退を指示
18:00 頃	361 タンク残液量を表面温度で監視を開始
20:35 頃	371 タンクの傾きに変化が認められないため、冷却散水を再開

3 月 15 日

13:10 頃	3PK ヤード警戒区域で可燃性ガス濃度が上昇したため、管轄消防本部より、消火活動停止の指示
13:52 頃	可燃性ガス濃度が低下したため、消火活動再開
14:30 頃	縁切りした新 3PK ヤードの球形タンクの圧力上昇防止のため、タンク冷却散水開始（放水銃）
18:25 頃	3PK ヤード警戒区域で可燃性ガス濃度が上昇したため、管轄消防本部より、消火活動停止の指示
20:10 頃	可燃性ガス濃度が低下したため、消火活動再開

3 月 16 日

10:12 頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3PK ヤード、361 タンク上部の火災に対し、タンクの表面温度測定により残液量に変化がないため、上部の冷却散水を停止 ・ タンク残液の気化速度を上げるため、タンク下部散水に変更
11:00 頃	3PK ヤードと新 3PK ヤードの連続配管の火災は、残り一系統の出荷配管への窒素パージを実施し、制圧
22:28 頃	361 タンクの残液の気化速度をさらに上げ、すべて燃焼させるため、海水散水から温水散水に切り替え

3 月 17 日

19:15 頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ 361 タンクの残液が少量となったため、燃焼を管理することが難しくなり、消火してのガス拡散へ戦術の変更を決断 ・ タンク下部から加温した窒素投入及び高所放水車による上部への水噴霧を実施
19:30 頃	361 タンク上部の火災を制圧
19:50 頃	361 タンクと 371 タンクとの間のフレアー配管及びバランス配管からの火災に対して水噴霧と粉末消火器（200 型）により制圧
21:40 頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ 361 タンク払出し配管（3 箇所）の火災に対して水噴霧と粉末消火器（200 型）により制圧（消火活動により、373 タンクと 383 タンクとの間にある連絡配管の火災を残すのみとなる。） ・ 制圧した各所ではガスが放出されており、それらについて水噴霧散

	水によりガス拡散を継続（高所放水車、放水銃、放水砲）
3月18日	
9:00頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3PKヤード周囲及びガス漏えい箇所の可燃性ガス濃度を定期的に測定開始 ・ 高濃度検知場所については水噴霧により拡散
13:24頃	製造装置の留出配管が3PKヤードへの可燃性ガス供給源である可能性があるため、脱圧及びパージを実施
3月19日	
14:30頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ 351タンク及び352タンクのバランス配管のバルブを閉止 ・ 373タンクと383タンクとの間の火災が弱まり、水噴霧散水を実施して制圧
16:20頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3PKヤードでの火災の鎮圧を確認 ・ 製造装置側から3PKヤード行き配管への窒素パージ、並びに351タンクに接続するバランス配管の窒素パージを実施し、可燃性ガス濃度の測定を継続
3月20日	
16:30頃	管轄消防本部と協議し、361タンク内部の可燃性ガスのパージ速度を上げるため、パージ媒体を加温した窒素からスチームに変更
3月21日	
10:10頃	3PKヤードの鎮火を確認

(2) 死者1名を含む多数の死傷者が発生した爆発火災

① 覚知年月日 平成23年11月13日

② 発生都道府県 山口県

③ 事故施設の概要

施設名称 塩化ビニルモノマー製造施設

施設区分 高压ガス施設

概要 エチレン、HCl、酸素を原料として、オキシ反応工程、EDC洗浄工程、EDC精製工程、EDC分解工程、VCM精製工程を経て、年間55万トンの塩化ビニルモノマー（VCM）を製造する施設

④ 事故概要

ア 塩化ビニルモノマー製造施設のオキシ反応工程A系の緊急放出弁の故障を発端としてプラントを全停止し、点検のため液抜き等の作業を行っていたところ、液塩酸一時受タンクのマンホール周辺からHCl及びVCM等のガスが漏れ出し、その後、VCM精製工程の塩酸塔還流槽付近で2回の爆発と火災が発生した。

イ 被害状況

(ア) 人的被害

死者1名（事業所従業員）

(イ) 物的被害

a VCM精製工程の塩酸塔還流槽を中心として、塩化ビニルモノマー製造施設の甚大な損壊

b 爆風及び飛来物による周辺プラントの一部損壊

⑤ 事故原因

プラントの全停止により、塩酸塔還流槽内及び液塩酸一時受タンク内に溜まったHClとVCMの混合液が、触媒となる鉄錆等の存在下で長時間保持されていたため、発熱反応であるEDC生成反応が徐々に進行し、また、反応による槽内温度の上昇によってある時点から急激に反応が進行して内部圧力が異常に上昇し、液塩酸一時受タンクからHCl及びVCM等のガスが漏れ出すとともに、塩酸塔還流槽が破裂、爆発した。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

ア オキシ反応行程A系の緊急放出弁が故障で「開」となり、当該系列がインターロック停止したこと。

(ア) オキシ反応行程A系の緊急放出弁の故障は、ポジションナ内部のトルクモーターコイルの温度変化による接触不良が原因であった。

(イ) 当該弁の故障により、オキシ反応行程が緊急停止に至る最重要トラブルに発展することは想定されていなかったため、対処方法についてマニュアルへの記載がなく、事前の危険予知や異常対応の教育・訓練がなされていなかった。

イ オキシ反応行程A系のインターロック停止及び分解炉A/B系の緊急停止により、フル回転から大幅な緊急ロードダウン（100%→45%）を実施せざるを得なくなった。その際、塩酸塔の緊急ロードダウン時の温度制御について、適切な操作ができなかつ

ったこと。

(7) 塩酸塔のロードダウン操作が通常運転時の管理点の1つである18段温度だけに注視したものとなっており、塩酸塔の30段以上の塔中段から塔頂部及び塔底温度は管理基準から外れて上昇した。これは、ロードダウン中に18段温度が低下したため、その対応操作を行い、80℃に回復したことで塩酸塔が安定状態になったと判断して、他の設備の安定操作に移行してしまった結果、塩酸塔加熱器の蒸気量をロードダウン時に見合う蒸気量に設定せず、蒸気量過剰な状態で運転を継続したことによる。このとき、塔頂温度が通常運転時の管理基準である-24℃から38℃まで上昇し、その結果、塔頂から出てくるガスの組成は、通常HClだけのところが、HCl : 40wt%、VCM : 60wt%程度になった。

(i) オキシ反応行程A系停止時の塩酸塔の対応としては、緊急措置マニュアルに「塩酸塔還流、スチーム（蒸気）量の調整」と記載されているのみで、具体的な数値の目安は明記されていなかった。

(ii) 本来、塩酸塔の運転管理では、塔底及び塔頂部の温度管理が重要な項目であるが、塔頂温度（塔頂組成）がオキシ反応行程の緊急停止に直結する最重要管理項目であるという認識が薄かった。

(iii) 塩酸塔塔頂温度について、重要度認識が低かったため、重要計器が発する異常を確実に認知させる設備となっていなかった。

(iv) 緊急ロードダウン時を想定したマニュアルの詳細な記述、教育及び対応訓練が不足していた。

ウ 塩酸塔からオキシ反応行程B系に供給されていたHCl中にVCMが混入したことが原因となって、プラント全行程を緊急停止したが、その後の対応で、HClとVCMで通常状態の液面より上昇した塩酸塔還流槽を、通常の塩酸塔停止基準に従い、塩酸塔から切り離したこと。

(7) オキシ反応行程B系の反応異常によるプラント全停止後、部長、課長及び係長が、プラント制御用コンピューターシステム（DCS）上の傾向監視データにて塩酸塔の塔頂温度異常に気付き、塩酸塔還流槽へのVCM混入の可能性を想定したが、EDC生成の異常反応に関する知識がなかったため、特別な作業は必要ないと考え、そのまま塩酸塔停止基準に基づく停止操作を指示した。

(i) 通常の塩酸塔停止基準に従ったため、塩酸塔還流槽は内部に液化されたHClとVCMが混在した状態となり、液面計の指示値は100%付近を維持したまま、塩酸塔と切り離され、縁切り、封止状態となった。通常管理液面以上となったHCl、VCM混合液が内壁気相部に残存していたFeCl₃と接触した。

エ 密閉状態で放置した結果、EDC生成反応の進行により、塩酸塔還流槽及び塩酸一時受タンク両槽の圧力が、ある時点から急激に上昇したため、最終的に塩酸塔還流槽の爆発に至ったこと。

(7) HCl、VCM混合液に対して、鉄錆由来のFeCl₃が触媒となり、EDC生成反応が進行した。

- (イ) EDC生成反応について、調査、解析が不十分であったため、危険性を認識していなかった。
- (ロ) 塩酸塔還流槽の温度及び圧力が、他からの熱供給なしで徐々に上昇を始めたが、初期の上昇速度が小さかったため、運転員はこれに気付かなかった。
- (エ) 塩酸塔還流槽から液塩酸一時受タンクの内容物の移液により、液塩酸一時受タンクの圧力も他からの熱供給なしで徐々に上昇を始めたが、初期の上昇速度が小さかったため、内部圧力高のアラームが発報するまで、運転員はこれに気付かなかった。

⑦ 経過等

11月13日

3:39	オキシ反応工程 A 系で、エチレンリサイクルラインの緊急放出弁が故障で全開となり、系内圧力の低下を確認
3:52	オキシ反応工程 A 系 インターロック停止
3:53	分解炉 A 系 緊急停止
3:54	分解炉 B 系 緊急停止 (以降、塩酸塔内温度が不安定となった。)
5:57	オキシ反応工程 B 系内の酸素濃度が上昇したため、プラントを全停止 (オキシ反応工程 B 系、分解炉 C 系を停止)
6:10 頃	液処理等、停止後の作業が運転員に指示される。
11:39	塩酸塔還流槽から液塩酸一時受タンクへの内容物の移送開始
15:15 頃	<ul style="list-style-type: none"> 液塩酸一時受タンクより異音とともに白煙の噴出を確認 一斉避難の指示がされる。
15:22 頃	<ul style="list-style-type: none"> HCl の漏えい発生 (ガス検知器作動) 防災センターへ通報、消防車要請
15:24 頃	塩酸塔還流槽付近で爆発 2 回、火災発生
15:27	防災センター消防車出動
15:29	防災センターから管轄消防本部へ通報
15:31	防災センターから海上保安部へ通報
15:37	初期防災体制発令
15:47	管轄消防本部到着、消火活動開始
16:30	<ul style="list-style-type: none"> 防災本部設置 (防災指令体制へ移行) 行方不明者 1 名
17:10	爆発時に HCl ガスの放出が考えられたため、近隣自治会へ広報開始
17:50	近隣会社応援消防車が到着、消火活動開始
22:28	県及び管轄消防本部から事故が発生した塩化ビニルモノマー製造施設の使用停止命令 (口頭)
22:34	市街地 10 地点の HCl 濃度を測定開始 (11 月 14 日、17 時 03 分まで計 4 回実施し、すべての場所で検出下限界 (0.5ppm) 未満であることを確認)

11月14日

7:00 頃	<ul style="list-style-type: none">・ 火災鎮圧状態、冷却放水を継続・ 近隣市及び事業所敷地境界線付近で HCl ガスが検出されなかったため、住民への屋内待機要請を解除
9:15	行方不明者を EDC 分解工程北側消火栓付近で発見
11:00	行方不明者の死亡を確認
15:30	管轄消防本部より鎮火宣言
16:35	防災指令体制を解除

(3) 死者1名を含む多数の死傷者が発生し、特別防災区域外に被害が及んだ爆発火災

① 覚知年月日 平成24年4月22日

② 発生都道府県 山口県

③ 事故施設の概要

施設名称 レゾルシン製造施設

施設区分 危険物一般取扱所、高圧ガス施設

概要 消防法危険物第四類、引火性液体を原料として、タイヤ及び木材接着剤等の原料となるレゾルシン（非危険物）を製造する施設

④ 事故概要

ア レゾルシン（RS）製造施設において、酸化反応器が爆発し、火災に至ったもの。

イ 被害状況

(ア) 人的被害

a 死者1名（従業員）

b 負傷者21名（従業員9名、住民等12名）

(イ) 物的被害

a レゾルシン製造施設を中心とする半径300mの範囲の機器・配管等損傷

b 事故のあった事業所外の事業所において、飛散物96個、377箇所の損傷

c 隣近住宅等999軒において、爆発の影響による窓ガラス、ドアシャッター等の破損

⑤ 事故原因

緊急停止操作後において、酸化反応生成物の冷却が不十分であったこと、及びRS運転操作員が行ったインターロック解除により、攪拌が停止したことから、有機過酸化物の分解反応が進み、温度及び圧力が上昇して酸化反応器が爆発したもの。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

ア インターロックの解除に関すること。

(ア) インターロックを解除した方が良いと判断したこと。

a 冷却に必要なファイヤーウォーター（FW）の流量を確保するためには元圧の昇圧が必要であったが、昇圧は自動ではなく、現場側からの要請が必要であった。

b FWを昇圧し、FW流量を確保しても温度低下が遅かった。

c 緊急停止操作（ESD）後の安定状態を維持する温度の目標値と温度低下の目標速度がマニュアルに記載されていなかった。

d 通常バッチの酸化反応終了時の冷却の経験から、FWから循環水に切り替えた方が良いと判断した。

e プラントの運転を管理する分散制御システム（DCS）のメイン画面でデジタル表示の数値を確認するため、温度の下がり傾向が分かりづらかった。

(イ) インターロックを容易に解除できたこと。

a ESDに関するマニュアルに、インターロックを解除するための「安定状態」

を判断する条件が記載されていなかった。

- b インターロック解除のための規定された手続きを取らなかった。
- c インターロック解除の重要性の認識が不足していた。
- (ウ) インターロック解除により窒素が長時間停止して攪拌が停止し、温度が上昇したこと。
 - a インターロックを解除すると窒素が停止するシステムであった。
 - b 攪拌が停止した際に液相上部が冷却できなかった。
 - c インターロックが作動する温度計が酸化反応下部のみで、上部にはなかった。
 - d 攪拌用ガスが停止したことを検知するアラームがなかった。
 - e DCS メイン画面に窒素流量の表示がなかった。
 - f 攪拌が停止した場合に、酸化反応器の温度分布を把握しにくい DCS 画面であった。
 - g 温度計の位置と指示温度との関係を確認しなかったため、異常な温度上昇に長時間気付かなかった。
 - h インターロックを解除すると窒素が停止することが、マニュアルにも教育資料にも記載されていなかった。
 - i 攪拌の重要性の認識が低かったため、インターロックを解除すると、窒素が停止することは知っていたが、そのときは気付かなかった。
 - j ハイドロパーオキサイド (HPO) の分解開始温度が明確に周知されていなかったため、温度上昇に気付くのが遅れた。
 - k HPO の熱分解挙動に対する技術的知見が不足していた。

イ 組織及び人に関すること。

- (7) リスクアセスメントが不足していた。
- (イ) 技術伝承が不足していた。
- (ウ) 規則、ルールの軽視（遵守と見直しの不足）があった。
- (エ) 現場の安全管理力の低下（安全は確保できているという過信）があった。
- (オ) 当事者意識の不足（緊張感と危機感の不足）があった。

⑦ 経過等

4月21日

23:17	高純度テレフタル酸製造施設の一部である加熱用蒸気発生プラント (3GT プラント) の計器室において、AC100V・5A のヒューズが溶断し、パラキシレンの酸化反応が停止した。
23:20	3GT プラントのトラブルにより、用役使用プラントの停止指示が出され、スチームが停止した。これにより、全プラントの緊急停止となる指令が発令された。
23:32	RS プラントの緊急停止操作により、酸化反応を含む全機器が停止した。これに伴い、冷却コイル内が循環水から FW へ切り替えられ、また、酸化反応器内への供給が空気から窒素へと切り替えられた。

23:52	FW のポンプが起動 (ゲージ圧が 0.3MPa から 1MPa へ昇圧) された。
-------	--

4 月 22 日

0:40	作業員により全停止スイッチ (ALL-ESD) が解除され、冷却コイル内が FW から循環水に切り替えられ、酸化反応器内への窒素の供給が停止された。その後反応器下部の温度は継続的に低下していったが、反応器上部は徐々に温度及び圧力が上昇した。
2:15	圧力上昇により酸化反応器が爆発し、火災に至った。
2:20	管轄消防本部に 119 番通報後、三本部体制 (指揮本部、対策本部、事務本部) を立ち上げ、直ちに消火活動を開始した。
8:05 頃	2 回目の爆発が発生した。(その後、火勢鎮圧までに小規模な爆発が 3 回発生した。)
17:15	火勢鎮圧

4 月 23 日

14:31	鎮火
-------	----

(4) 消防吏員 1 名の殉職を含む、多数の死傷者が発生した爆発火災

① 覚知年月日 平成 24 年 9 月 29 日

② 発生都道府県 兵庫県

③ 事故施設の概要

施設名称 アクリル酸製造施設

施設区分 危険物製造所

概要 プロピレンと空気中の酸素との気相酸化反応により、アクリル酸ガスを生成させて水溶液として捕集し、当該水溶液から不純物を分離して粗アクリル酸を得た後、精製塔において微量に含まれる不純物をさらに分離し、高純度アクリル酸を得る施設

④ 事故概要

ア 高純度アクリル酸精製塔のボトム液を一時貯蔵する中間タンク（V-3138）が爆発、炎上し、隣接しているアクリル酸タンク及びトルエンタンク、爆発警戒中の消防車両等に延焼したもの。

イ 被害状況

(ア) 人的被害

a 死者 1 名（消防吏員）

b 負傷者 36 名（消防吏員 24 名、警察 2 名、従業員 10 名）

(イ) 物的被害

アクリル酸中間タンク大破、周辺設備、ラック及び配管等の損傷、消防車両の焼損等

⑤ 事故原因

アクリル酸製造施設内の高純度アクリル酸精製塔のボトム液を一時貯蔵する中間タンクにおいて、タンクの貯蔵液量を増加したにも関わらず、貯蔵液の天板リサイクルを実施しなかったために冷却不足となり、アクリル酸二量体生成反応が加速され、温度上昇を生じた結果、アクリル酸の重合反応が進行してさらに温度が上昇したため、中間タンクが爆発し、炎上したもの。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

ア タンク流入液が過剰に加熱されていたこと。

(ア) 設備の設計及び建設段階において、T-108系ボトム液の液中には安定剤が多く含まれていたため、V-3138貯蔵液の冷却不足によるトラブル発生の懸念は低いと認識されていた。

また、T-5108ボトム液移送配管に採用された蒸気ジャケットには、減圧弁と温調トラップが採用されたが、V-3138コイルの冷却能力の確認はなされておらず、タンク上部の液の冷却不足を招く要因、リスクについては未検討であった。

(イ) 設備の試運転段階において、蒸気ジャケット配管出口におけるT-5108ボトム液の温度は定量的に把握されていなかった。

(ウ) 設備の商業運転開始後において、T-5108ボトム液の蒸気ジャケット配管出口に

おける温度は、製造部門内で広く認識されてはならず、T-5108ボトム温度と同程度と認識されていた。

イ 天板リサイクルが実施されなかったこと。

(7) 天板リサイクルの必要性について、運転員の認識が薄れていた。

(4) 天板リサイクルに係る現場表示が、作業者にとって分かりにくかった可能性がある。

(9) V-3138液溜めに付随するリスクについて未検討であった。

(5) V-3138液溜め作業は、「V-3138基本管理方法」に定められた内容に沿って実施されるべきであったが、この内容がマニュアルに反映されていなかったため、運転員への周知ができなかった。

ウ タンク管理温度の設定及びタンク温度の検知に不備があったこと。

(7) V-3138の通常の貯蔵液量は少なく、また、タンク内のコイルにより液が冷却され、液中には安定剤が多く含まれていたといった理由から、V-3138の定量的な温度管理の必要性は、主要工程に比べて相対的に低く認識されていた。

(4) アクリル酸の二量体（DAA）の生成には安定剤や雰囲気は影響せず、温度の影響が大きいが、DAA生成に伴う危険性情報が広く共有化されていなかった。

(9) 温度計の設置の要否や利用形態は、温度管理の必要性や温度監視周期の長短、法的要求等を踏まえて設定されるが、これらを総合的に反映した温度監視手段についての所内統一的な基準がなかった。

(5) 平成6年4月、他のアクリル酸中間タンクにおいて重合トラブルが発生した際、そのタンク以外の類似タンクにも温度常時監視や外部冷却熱交換器設置等の対策が実施され、V-3138についても温度計が設置されていないことが確認されたが、事故対策の水平展開の実施対象外とされた。

また、一連の事故原因、対策の検討は、その部署内で完結しており、技術系の他部門が参画した形で幅広く類似事故を防止するための仕組みが整っていなかった。

エ 正常温度域及び温度上限以下への制御、異常進行の回避をできなかったこと。

(7) アクリル酸の安全対策全般について、設備停止等の処置では抑制できない異常事態を想定した判断基準や対応手段が未確立であった。

(4) V-3138について、温度監視の不備により、異常を検知できなかった。また、異常事態への判断基準、対応手段が確立されておらず、これに対処するための設備もなかった。

オ 危機的状況を回避できなかったこと。

(7) 危険物や高圧ガスの漏えい、火災等の異常現象に対する初期対応手順を事業所要領として整備を進めているが、暴走反応については作成されていなかった。

(4) 事業所規程として、自衛防災マニュアルが整備されているが、自衛防災組織における役割分担とその定義には、公設消防への情報提供等の連絡体制の面において不明確な点があった。

また、各プラントの異常判断基準及び対応方法を一元集約したマニュアルは確立されていなかった。

- (ウ) V-3138からアクリル酸蒸気が放出されている状況下において、タンク内部へ水や安定剤を投入する等の追加処置を行うことができず、放水以外に異常事態の進行を抑制する手段がなかった。

⑦ 経過等

9月18日～20日

—	全面停電による電気・計装保全工事（全面停電工事）
---	--------------------------

9月20日

21:00頃	全面停電工事後の中間タンク（V-3138）復旧 （冷却水コイル通水開始、M-Gas シール開始、P-3138C 稼働）
--------	--

9月21日

11:00頃 ～14:00頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ V-3138 から回収塔（T-6701）へ液張り、T-6701 スタート ・ その後、精製塔（T-6108）スタートし、T-6701 へは直接供給（液張り後、V-3138 液量は約 14m³から約 10m³に減少）
-------------------	--

9月24日

10:00頃～	精製塔（T-5108）スタート
14:10頃～	T-5108 ボトム液抜き出し開始（V-3138 経由で T-6701 へ供給）

9月25日

9:30頃～	V-3138 液溜め開始（V-3138 から T-6701 への供給停止）
--------	---------------------------------------

9月28日

14:00頃～	V-3138 液量 60 m ³ 到達後、V-3138 への供給停止 （T-5108 ボトム液を T-6701 への直接供給に切り替え）
---------	--

9月29日

13:17頃	V-3138 液面計 高位液面異常アラーム発報
13:20頃	V-3138 ベントからの白煙を確認
13:25頃～	運転員による V-3138 への放水開始
13:40頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転シフト責任者が自衛防災隊出動要請の一斉放送を実施 ・ V-3138 液面計指示値が計器指示限界値（84.8 m³）を超過
13:48頃 ～13:49頃	防災管理課員がホットラインにて消防へ通報
14:00頃～	自衛防災隊による V-3138 への放水開始
14:02頃	公設消防隊が現場に到着、警戒線を設定
～14:35頃	V-3138 亀裂箇所より内容物が流出
14:35頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ V-3138 液面計指示値が降下、低位液面異常アラーム発報 ・ V-3138 爆発、破裂、V-3138 内容物に着火し、火災発生
22:36	火勢鎮圧

9月30日

15:30

鎮火

※ 表中の「-」は、時間が不明であることを示している。

【事業所と公設消防機関との連携について】

本事案は、消防活動中の消防職員1名が殉職した他、消防職員及び従業員等36名が負傷するという甚大な人的被害が発生した災害である。

人的被害の直接的な原因としては、火災による放射熱や高温のタンク内容物を浴びたことが考えられている。これは事故が発生したタンクと作業者等との距離や装備も関係するが、適切な距離や装備により防災活動を行うためには、危機的な状況の進行に対する判断基準や対応手段、体制等が重要な要素であり、これらが十分に確立されていなかったことが人的被害を拡大させた要因として挙げられている。また、事業者と公設消防機関との連携面の弱さが課題の一つとされたものである。

この事故の発生を受け、消防庁は、化学プラントにおける事故防止等の徹底について（消防危第220号・消防特第195号）を発出し、化学プラントを有する関係事業所に対して、次の事項について徹底するよう求めている。

- 1 化学反応を伴う製造工程、自己反応により温度・圧力が上昇するおそれのある化学物質等について、これらを安全に制御するための条件を再確認し、従業員に周知徹底すること。
- 2 異常が生じたかどうかの監視方法や判断指標（温度、圧力等）を再確認し、適切な運転管理を徹底すること。
- 3 暴走反応等異常な現象が生じた場合、石油コンビナート等災害防止法第23条第1項の規定に基づき、直ちに消防機関に通報することを徹底すること。
- 4 爆発や火災の発生危険性及びその影響範囲について、現場対応にあたる従業員、また、現場到着した消防隊に周知し、適切に安全管理を行うことができるよう、あらかじめ計画、訓練等すること。
- 5 上記1から4について、必要に応じ、対策の見直しを図ること。

2.3 危険物の漏えい

(1) 重油の海上漏えい事故

- ① 覚知年月日 昭和 49 年 12 月 18 日
- ② 発生都道府県 岡山県
- ③ 事故タンクの概要
 - 貯蔵危険物 第四類 第三石油類 重油
 - 容量 48,000 キロリットル (事故時 37,300 キロリットル)
 - タンク直径/高さ 52,302/23,670 (単位: ミリメートル)
 - タンク形式 縦置円筒型ドームルーフ

④ 事故概要

ア 重油タンク (T-270) の底部円周部が破断して重油が漏えいした。さらに、タンク直立階段の倒壊によって防油堤が損壊したため、防油堤内から漏えいした重油が排水溝を経て瀬戸内海に漏えい、拡散した。

各種補償、漏えいした重油の回収費用等を含めた損害額は約 500 億円にも及ぶとされ、この事故を契機として石油コンビナート等災害防止法の制定及び消防法の大規模な改正に繋がっている。

イ 被害状況

(ア) 人的被害

なし

(イ) 物的被害

- a 重油 42,888kl (15°C換算、隣接タンクから配管を通じて漏えいした分を含む。)の漏えい
- b タンク等破損
- c 海上漏えい (7,500~9,500kl) による瀬戸内海の広範囲汚染

⑤ 事故原因

事故の直接原因は、タンク底部の溶接部が破断したことによるが、溶接部の破断に繋がった要因としては、溶接部の欠陥、タンク基礎の不等沈下及び支持力低下等の様々な因子が重なったと推定されている。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

ア タンク底板部が基礎の不等沈下、油による荷重、油の温度による熱応力、溶接初期における底板の変形及び油の温度変化の履歴等により影響を受けていた。

イ 底板溶接部のうち、三枚重ね溶接部分にタンク基礎に向かって下に凸形の変形が生じ、この変形部分に溶接初期における欠陥が存在していたとすれば、その箇所より油の漏えいが発生したと考えられる。

ウ 直立階段の基礎工事によって軟弱化していた階段付近のタンクの基礎地盤が、上記の油の漏えいにより、一層その支持力を弱められる結果となった。

エ この影響により側板とアニュラ板との溶接部に沿って、底板部に異常なひずみを生じ、曲げ塑性変形が起こったことも考えられ、そこに亀裂が生じ、油の漏えいが

見られ始めた。

⑦ 事故の対応及び経過等

12月18日

20:40 頃	保安員がパトロール中に事故タンクからの油の漏えいを発見し、FCC 直員にタンク漏えいを知らせた。 また、保安員は、FCC コントロール室から電話で正門に連絡した。(正門の受信は 20:49)
20:45 頃	・ 通報を受けた FCC 直員は、操油課コントロール室に駆けつけ、漏えいを知らせた。 ・ 通報を受けた他の直員 4 名は現場に急行した。
20:50 頃	・ バルブ操作により、直接脱硫装置からの重油の受け入れを事故タンクから T-271 タンクに切り替えた。 ・ 事故タンクのみキサーを停止した。 ・ 事故タンクの加熱用スチームを閉止した。
20:55 頃	北側及び南側の防油堤排水弁の閉止を確認した。
21:00 頃	重油ブレンダー及びナフサの出荷を停止した。
21:03 頃	防油堤排水弁の閉止を再確認した。
21:05 頃	事故タンクから T-271 タンクへ、タンクの油面高さの差を利用して送油するため、バルブ操作を行ったが、その後大音響とともに大量の油が漏えいした。
21:13	消防署に救急車出動の要請をした。
21:15 頃	隣接事業所に火気を消すように依頼した。
21:30 頃	作業船出動を依頼し、オイルフェンスの展張を指示した。
21:34	救急要請に基づき、出動した救急車から漏えい事故発生 of 報告を受け、管轄消防本部の化学消防車 4 台が出動した。
21:43	消防現地本部を設置した。
22:00	地区保安防災協議会に近隣事業所 4 社の化学消防車の出動を要請した。
22:06	さらに、近隣事業所 4 社の化学消防車の出動を要請した。
22:19	第 2 出動指令により、泡放射砲車等 6 台が出動した。
22:25	管轄消防本部は、消防署の化学消防車の出動を指令した。
23:15 頃	バルブ操作により T-271 タンクから事故タンクを經由して漏えいしていた油を停止させた。
23:28	第 3 出動指令により、消防署から化学消防車等 6 台が出動した。
23:41	消防署の消防艇が出動し、港周辺の警戒と状況調査を実施した。
23:50	管轄消防本部は、消防団に対し、周辺 4 個分団のポンプ車の出動を指令した。

12月19日

0:30	<ul style="list-style-type: none">・ 消防署員及び事業所従業員が、土のう約700袋を作り、構内西側及び南側の海岸線に油流出防止堤を築く作業を実施した。・ 出火の危険性の有無を協議し、確認のうえ、消防車両の警戒待機を解除した。
------	--

(2) アスファルトの海上漏えい事故

① 覚知年月日 平成 24 年 6 月 28 日

② 発生都道府県 千葉県

③ 事故施設の概要

施設名称 ブロンアスファルト製造装置

施設区分 危険物一般取扱所、高圧ガス施設

概要 原油から精製されたアスファルトを受け入れ、調合および出荷する装置であるが、当該装置でのブロンアスファルトの製造は平成 20 年 9 月に停止しており、事故発生時は、製品アスファルトの調合設備として稼働していた。

④ 事故概要

ア アスファルトタンクの放爆構造部（屋根板と側板上部の溶接部）が破口し、内容物のアスファルトが在庫量 818kl のうち、437kl が漏えいし、その一部がアスファルトタンクヤード周辺の排水溝を経由して海上に漏えいしたものの。

なお、漏えいしたアスファルトはスロップワックス（SWX）と呼ばれるもので、製品アスファルトの針入度（規格となる硬さ）を調整する基材である。

イ 被害状況

(ア) 人的被害

なし

(イ) 物的被害

a アスファルトタンク上部の破口及び側板変形

b 事業所敷地外へミスト状の SWX が、風下の近隣事業所、施設等へ飛散し、建屋及び車両等に付着

c 事業所敷地内の陸上部に漏えいした SWX は、一部がアスファルトタンクヤード内の土壌の表層部に浸透していたが、8 月 3 日に当該土壌の回収を完了

d 海上に漏えいした SWX のうち、オイルフェンス外に拡散した SWX は確認できたものについて回収

⑤ 事故原因

常温で保持されていたアスファルトタンクを加温したところ、タンク内部に相当量の水が浸入しており、加温開始後の早い時期に水がタンク底部に滞留した。この状態で SWX を 170℃ まで加温したため、タンク底部に滞留していた水が急激に沸騰し、SWX が押し上げられ、タンク内圧の上昇により、放爆構造部が破口し、SWX がタンク外に漏えいしたものである。

なお、タンク内部に浸入していた水は、タンク屋根板に外面腐食による開孔があり、その応急措置が実施されるまでの間に雨水が浸入したと考えられる。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

ア タンク屋根板の腐食開孔部から雨水がタンク内に浸入したこと。

(ア) タンク屋根板の寿命予測に不備があった。

- (イ) 検査結果を保全計画に反映させる手順の不備があった。
- (ロ) 保全計画の立案・実行の管理に不備があった。
- イ タンク内に水が浸入した状態で、SWXを加温したこと。
 - (イ) 水の浸入とタンク底部への滞留が加温時に与える危険性に関する知識が不足していた。
 - (ロ) 雨水の浸入に関する認識が不足していた。
 - (ハ) アスファルト移送方法の選択に不備があった。
- ウ SWXの海上への漏えいを防ぐことのできる設備・運用となっていなかったこと。
 - (イ) スピルウォールと油水分離槽の設置目的の周知が不足していた。
 - (ロ) SWXタンク低在庫運用開始時期の遅れがあった。
 - (ハ) スピルウォールを溢流したアスファルトへの対応が不足していた。

⑦ 経過等

6月28日

6:20 頃	設備所管部署の社員によるアスファルトタンクヤードのパトロールを開始
7:15 頃	アスファルトタンクヤードのパトロールを完了
7:16 頃	事故タンク周辺にいた社員及び協力会社社員が、タンク上部から普段よりも明らかに多量の白い蒸気が出ているのを目撃
7:18 頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事故タンクから SWX が漏えいし、その一部はアスファルトタンクヤード周周辺の排水溝を經由して海上に漏えい ・ オイルフェンスの展張準備を開始
7:26	管轄消防本部に通報
7:26 頃	アスファルトの加温設備を緊急停止
7:27	防衛隊発令、防衛隊本部を設置
7:33 頃	海上保安部に通報
7:38	管轄消防本部が到着
7:38 頃	市環境部環境管理課に通報
7:40 頃	県商工労働部保安課に通報
7:41 頃	現地対策班を設置
7:42 頃	県防災危機管理部消防課に通報
7:45 頃	管轄消防本部に指揮権を委譲
7:48 頃	労働基準監督署に通報
8:00 頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ オイルフェンス 1 本目の展張を完了 ・ スピルウォール内の三段型油水分離槽の入口弁全 5 箇所の閉止完了を確認
8:05 頃	海上災害防止センターに海上に漏えいした油の防除作業を要請
8:11 頃	県環境生活部環境政策課に通報
8:12 頃	県漁連指導部に通報

8:15 頃	アスファルトタンクヤード周辺の土のう構築を完了
8:37 頃	地区海上共同防災協議会の各社に連絡
8:44 頃	海上保安部の了解を得て、オイルフェンス外側に水打ちを開始
8:50 頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地区海上共同防災協議会に出動を要請 ・ オイルフェンス 2 本目の展張を完了
8:54 頃	事故タンクの残留 SWX の移送準備を開始
9:00 頃	管轄消防本部によるアスファルトタンクヤード全体の使用停止命令
9:17 頃	管轄消防本部による事故タンクの残留 SWX の移送許可
9:22 頃	事故タンクから他タンクへ残留 SWX の移送を開始
11:10 頃	オイルフェンス 3 本目の展張を完了
14:23 頃	事故タンクの残留 SWX の移送を完了

6月28日～7月31日

—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 東京湾一帯の海上及び陸上において、油回収、油が付着した漂流物の回収等の防除作業を実施 ・ 異常が認められないことから、海上パトロールを7月31日で終了
---	--

8月20日

17:00	アスファルトタンクヤード内のすべてのタンクの油温が100℃未満となり、同様の事象が発生する可能性がないと判断されたため、管轄消防本部と協議のうえ、事業所防衛隊を解散
-------	--

8月31日

—	異常が認められないことから、陸上パトロールを終了
---	--------------------------

※ 表中の「—」は、時間が不明であることを示している。

2.4 浮き屋根の沈降

(1) 浮き屋根の沈降により原油が大気に露出し、近隣住人の健康被害及び環境への影響が懸念された事故

- ① 覚知年月日 平成 24 年 11 月 7 日
- ② 発生都道府県 沖縄県
- ③ 事故タンクの概要
 - 貯蔵危険物 第四類 第一石油類 原油
 - 容量 99,600（発災当時の在庫量は約 51,500）キロリットル
 - タンク直径／高さ 84,700／19,500（単位：ミリメートル）
 - 浮き屋根型式 鋼製シングルデッキ型

④ 事故概要

ア 原油タンクの浮き屋根が沈降し、これに伴いルーフトレンから防油堤内に原油約 4.5kl が漏えいしたものの。

イ 被害状況

防油堤内に漏えいした原油は回収され、事業所外への漏えいはなかった。また、死傷者等の発生もなかったが、原油が大気に露出したことで、ベンゼン等の石油ガスが大気中に拡散し、事故発生の 11 月 7 日から 12 月 12 日までの間に、周辺住民等から事業所に対して約 400 件の悪臭苦情と問い合わせが寄せられた。このことから、周辺地域においてガス検知器等を活用した臭気点検が実施されたほか、住民等を対象とした特定化学物質特殊健康診断が 2 回実施され、約 900 名が受診した。

⑤ 事故原因

当該浮き屋根は、複合的な弱点要因を生じている状況で、次のような推移により沈没したものと推定される。

ア 台風時の強風で、構造的に弱い部位に小さな疲労き裂が発生し、進展した。

イ 疲労き裂部が貫通し、ゆっくりとポンツーン内に油が浸入した。

ウ 夏場に発生した大型台風の影響により、浸油ポンツーンが増加した。

エ 集中豪雨による浮き屋根上の滞水により、浮き屋根が傾斜沈降し、浸油したポンツーンと滞水したデッキが浮力を消失してたわむ。

オ 浮力を消失したポンツーン及びデッキが沈み込む反動で両隣のポンツーンの下板に過大な応力が発生したため、両隣のポンツーンも浸油し、浸油ポンツーンが少しずつ増加した。

カ ポンツーン内の油が仕切り板の上端まで至り、隣室を經由して連鎖的に浸油していった。

キ 浮き屋根全体の浮力を確保できなくなり、最終的に沈没に至った。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

当該浮き屋根は、次のような複合的弱点要因を生じていたこと。

ア ポンツーンが液密構造になっていなかったこと。

イ 構造的に強度が弱い部位があったこと。

ウ 液レベルが中位の位置にあったため、強風や大雨の浮き屋根に対する影響が大きく、より大きな応力が構造的弱点部位に掛かる状況であったこと。

エ 当て板により、浮き屋根重量が増加し、ポンツーンの喫水位置が上がっていたこと。

⑦ 事故対応及び経過等

ア 発見までの経緯

11月7日、外部から事業所へ異臭がする旨の通報があったことから、当時開放中であったタンクによるものと考え、従業員がマンホールを閉鎖し、事務所に引き上げようとしたところ、14時45分に事故タンクの防油堤内に原油が漏れいしているのを発見し、ルーフドレン元弁を閉止後、事故タンクの浮き屋根を確認したところ滞油が認められた。

15時06分、管轄消防本部に通報した。その後、16時00分に浮き屋根が傾き始め、同日23時32分に浮き屋根が完全に油中に埋没したことが確認された。

イ 防災体制

(7) 事故発生を受け、自衛消防車両を緊急配備するとともに、特別防災区域協議会に対して消防車両の出動を要請した。

(4) タンクの異音やタンク周りの異常の有無等を24時間体制で確認するため、テントを設営して現場指揮所を設置し、監視員を配置した。

(6) タンク全面火災が発生した場合に備え、広域共同防災協議会に大容量泡放射システムの出動を要請し、配備した。

ウ 在槽油回収方法

(7) 在槽油回収に伴う前処理

a 可燃性ガスと酸素の爆発雰囲気生成を回避するため、原油表層へ炭酸ガスを導入した。

b 炭酸ガスの導入は、浮き屋根が動く可能性のある油抜き出し作業中(8時～18時)のみとした。

(4) 液抜き操作方法

a タンクの原油受払用配管から原油を抜き出した。この際、雷注意報発令時には作業を中止した。

b 浮き屋根下部やポンツーン内に気相部を発生させないように、タンク底部の水抜きノズルから水を注入しながら同僚の液をルーフドレンから回収し、他タンクへ移送した。

(6) 油抜き中の状態変化の確認作業

油抜き中は、異音の常時確認と以下の状態変化を確認した。

a 浮き屋根の沈降により、ローリングラダーが引っ張られ、根元のステージ部が傾いていたため、この傾きの変化をトランシットで継続的に計測した。

b 液面計が使用できなかったため、水切りドレンを利用してマノメーターを設置した。

- c 連続式ガス吸引器を使用し、タンク内部に可燃性ガス、硫化水素、酸素濃度測定のための吸引口を設置した。
- d 防油堤内と防災道路風下側において、北川式ガス検知器を使用して炭酸ガスの濃度測定を実施した。
- (e) 浮き屋根上の油回収作業
 - a 浮き屋根のデッキ上部とポンツーン内の油回収作業において、人員と資機材の出入口を確保するため、超高圧水工法（150MPa）によりタンク側板を開口した。
 - b 浮き屋根上における作業の前段階として、人が入れるカゴに人と資機材を乗せてクレーンで吊り、浮き屋根上に降ろして浮き屋根の動きを確認する方法で加重確認作業を実施し、安全性を確認した。
 - c 浮き屋根デッキ上に作業範囲の特定と転倒防止のためにガイドロープを設置した。また、側板トップウインドガーダーに監視員を配置し、デッキ上での作業を監視した。
 - d 浮き屋根上の油回収用資機材は一箇所に集中しないように配置した。
 - e ポンツーンマンホールに仮ぶたを固定して室内に炭酸ガスを封入後、ダイアフラムポンプで滞油を吸引した。仮ぶたの取り外し後はガスフリー状態とした。
- (f) 浮き屋根下部の油抜き出し
 - a 浮き屋根上部の油回収が完了後、タンク内の水抜きを実施した。なお、水抜きによって浮き屋根下部の空間において可燃性ガスが爆発雰囲気となるため、引火防止対策として、炭酸ガスを浮き屋根下部に注入しながら水抜きを実施した。
 - b デッキ下部残油水回収時の安全対策として、水抜き中は油水面低下による座屈の進展に注意を払った。
- (g) 在槽油の回収作業
 - a 浮き屋根下部の清掃作業の前段階として、タンクシールの全周撤去とタンク内の換気を実施した後、入槽により、ねじ式調整鋼管と盤木を設置し、浮き屋根の座屈防止対策を図った。
 - b 人員により油回収作業を実施した。スラッジのドラム詰めとブラッシングを行い、高圧ジェット洗浄で仕上げ清掃を実施した。
- エ 回収作業時の安全対策
 - (7) 作業員は非帯電性の作業服、作業靴を着用した。
 - (イ) 浮き屋根上の作業においては、防毒マスク、マンホール等の開口部直近の作業においては、酸欠及びガス吸引防止対策として、エアラインマスク着用とした。
 - (ウ) 工具による火花発生防止対策として、ノンスパーク工具を使用し、併せてポンツーン内の滞油回収時には炭酸ガスを封入しながら、防爆ポンプを使用した。
 - (エ) 作業員が携帯している工具等が落下することのないように、ポケットの閉止及びロープを使用した工具等の落下防止対策を行った。

2.5 内部浮きぶたの異常

(1) 内部浮きぶたの沈降

- ① 覚知年月日 平成 18 年 8 月 8 日
- ② 発生都道府県 北海道
- ③ 事故タンクの概要
 - 貯蔵危険物 第四類 第一石油類 ナフサ
 - 容量 23,437 キロリットル
 - タンク直径／高さ 40,700／19,515 (単位：ミリメートル)
 - 浮きぶた型式 鋼製バルクヘッド型 (パン型バルクヘッド付)
- ④ 事故概要 内部浮きぶたが沈没したもの。
- ⑤ 事故原因

通常運転中、内部浮きぶた上に油が繰り返し噴き上げて滞留したことにより、内部浮きぶたが浮力を失って沈没したものと推定される。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

- ア 通常は受け入れを行っていないガス化しやすい分解ナフサを受け入れていたこと。
- イ 外周デッキシール部の劣化で、側板との密着性が低下し、浮きぶたの下に滞留したガスが噴き上げやすい状況となっていたと推定されること。
- ウ 内部浮きぶたが浮き室を持たない構造であったこと。

⑦ 事故対応及び経過等

ア 発見までの経緯

(ア) 8月8日の朝、事業所近隣住民から事業所周辺でガス臭がするとの通報を受けた消防本部が事業所に対して状況を調査するように要請した。

消防本部は事業所から「異常なし」との報告を受けた。

(イ) 同日の夕方、事業所の定期パトロール中に臭気を感知し、タンク上部ハッチから検尺測定した結果、内部浮きぶたの沈没を確認したことから、管轄消防本部に通報した。

イ 在槽油回収方法

(ア) 在槽油回収に伴う前処理

a 可燃性ガスと酸素との爆発混合気形成を回避するため、タンク内気相部へ窒素ガスを導入した。(窒素ガス導入量は在槽油回収完了まで $700\sim 1,300\text{ m}^3/\text{h}$)

導入はサンプリング用マンホール及び出入り用屋根マンホールから耐圧ホースを用いて実施し、帯電防止のため、ホース接続部を被覆及び結束した。

b 窒素ガスによるシール効果向上のため、タンク側板のサイドベント(計28箇所)をベニヤ板と防炎シートで、トップベントを防炎シートでシールした。

ベニヤ板は当初厚さ6mmを使用したのが、雨水等により変形し、気密性の低下が懸念されたため厚さ12mmに変更したところ、その後の板の変形はなくなり、シール性が向上した。

また、臭気対策としてトップベント部に消臭剤を噴霧した。

- c タンク内気相部の目標酸素濃度は、窒素導入によりナフサ蒸気濃度に関わらず着火危険性を回避できる限界酸素濃度（11.6%）よりさらに低い 10%以下とした。

連続式ガス吸引器を使用して、1時間ごとに酸素濃度等の測定（固定屋根から3m、液面上から1mの位置）した結果、在槽油回収期間のタンク内気相部の酸素濃度の実績値は、窒素ガス導入直後3~7%、その後は1~3%で推移した。

(i) 在槽油回収作業

- a 危険物を早急に排除するため、在槽油の大半（11,500kl）をタンカー（4,500kl×2隻）及び原油タンク（2,500kl、既設配管にて）へ回収した。
- b 残った在槽油（2,844kl）の回収については、タンク下部の水切りラインより回収することが検討されたが、浮きぶたデッキプレート上に油が残存したまま浮きぶた下部の油回収を行うことで、油の荷重により浮きぶたが座屈する可能性が考えられたため、タンク側板にホットタップ工法を利用して開孔し、浮きぶた上部から在槽油を回収することとした。ホットタップ工法では、安全に開孔を実施するために、タンク内へ海水を導入して油層を押し上げ、施工部を海水槽としたうえで開孔することとした。
- c 海水の導入にあたり、事前に実験を実施し、油と海水を混合しても即時に分離することを確認した。
- d 海水の初期の導入については、エマルジョン生成防止のために低速（50kl/h）とした。導入後は検尺を実施して浮きぶたの高さに変化がなく、浮きぶたの浮上がないことを確認した。その後、浮きぶたの構造上の高さよりも100mm下まで海水を100kl/hで導入した。海水導入後は浮きぶたの高さに変化がないことを確認した。
- e 海水が浮きぶたを通過する際、流速を50kl/hとして、サンプリング口から100mm上となるまで海水を導入した。導入後に浮きぶたの高さを確認したところ、浮きぶたの浮上が確認された。
- f 浮きぶたを再着底させるため、海水を底部水切りラインより排水系へ排出した。排出に際しては、浮きぶたの再着底時の衝撃等を考慮し、海水の排出速度を100kl/hで管理し、かつ、2時間ごとに検尺を実施して浮きぶたの高さを確認した。

最終的に浮きぶたの位置が構造物高さと同等の高さであることを確認した。

- g 浮きぶたの再浮上を防止するため、タンク屋根マンホール2箇所からホースを用いて海水460kl（浮きぶたの再浮上防止に必要な量）を導入し、その後、タンク検尺により浮きぶたの着底を確認した。

ホースはタンク内部には帯電用ラバーホース、地上の消火栓からタンク上部までは消火用のホースを設置し、屋根マンホールの上ぶたにはホースガイド及びアースを設置した。

また、タンク内でのホースの振れが懸念されたことから、事前に実験にて問題のないことを確認するとともに、帯電防止用ラバーホースの引張り強度が規定されていなかったことから、補強用ロープを沿わせて使用した。

- h 在槽油と海水間の界面のかさ上げのため、タンク屋根マンホール及びタンク底部の水切りラインから海水を導入した。

導入完了後、検尺を実施し、在槽油、海水間の界面の位置がホットタップ工法により取り付け予定のノズルの上部よりも 500mm 高いことを確認した。

- i ホットタップ工法により、タンク側板に 8 インチのノズルを設置した。

ホットタップ工法の施工にあたり、ホットタップマシンの搬入、足場設置等の作業性を考慮したうえでホットタップ取り付け位置を決定し、ノズルの取り付け高さについては、在槽油と海水面の界面高さ、デッキリムの高さ、既設側板最下段横溶接線との干渉を考慮したうえで決定した。

また、ノズルの取り付け作業時には、作業足場全体を防炎シートで覆い、ガス検知器を常備した。さらに、溶接作業による内部流体の温度上昇について、事前にテストを実施したうえで温度上昇がないことを確認し、溶接時にはタンク側板の表面温度を計測し、溶接作業近傍の側板の温度上昇がないことを確認しながら実施した。

- j 取り付けしたノズルにより、既設の遠心ポンプを使用して、海水、ナフサの順で 200kl/h で原油タンクへ回収した。

ノズル上部の液レベルが 300mm になった時点で遠心ポンプの空引き防止のため、ダイヤフラムポンプに切り替え、100 kl/h で吸引可能な限りまで回収した。ダイヤフラムポンプは 4 台並列で設置した。

在槽油回収量が窒素導入量よりも多い場合、タンク検尺口等から空気を吸い込み、タンク内の酸素濃度の上昇が懸念されたため、在槽油回収量及び窒素導入量を流量計で管理し、在槽油回収量よりも窒素導入量を多くすることで、タンク内への空気の吸い込みを防止した。

- k 残存するナフサを回収するため、タンク底部の水切りラインより海水を 150kl/h で導入し、タンク液レベルを上げた後、ダイヤフラムポンプを用いて回収した。残存するナフサを極力減らすため、本作業は 2 回実施した。

- l ナフサ回収後、タンク内気相中の可燃性ガスを分析し、濃度 0.3% 以下（ガソリンの爆発下限値の 5 分の 1 以下）を確認し、その後、浮きぶたの座屈防止のため、浮きぶた上の海水をホットタップ工法により開孔したノズルから 4 インチホースを導入して排水系へ排水した。

浮きぶた上の海水を可能な限り回収したが、250 kl 程度（デッキ部の水深及びコンパートメント部の容積から計算した残存する海水量）が残った。この状態で浮きぶた下の海水を排水しても座屈のおそれはないと判断した。

- m 浮きぶた下の海水を水切りラインから排水系へ排出した。

- n タンク内気相中の可燃性ガス濃度を確認し、側板マンホールを開放した。

ウ 回収作業時の安全対策

- (7) 作業員は非帯電性の作業服、作業靴を着用した。
- (イ) 屋根上の作業においては、防毒マスク、マンホール等の開口部直近の作業においては、酸欠及びガス吸引防止対策としてエアラインマスク着用とした。
- (ウ) 屋根からの落下防止対策として、フルボディハーネスを着用した。
- (エ) 工具による火花発生防止対策としてノンスパーク工具を使用し、併せて屋根マンホール開放時には、ボルト及びナットへの散水を行った。
- (オ) 作業員が携帯しているものが落下することのないように、ポケットの閉止及びロープを使用した工具類の落下防止対策を行った。

8月8日

8:38	事業所周辺でガス臭がするとの通報が管轄消防本部になされ、管轄消防本部から事業所に対し、事業所内の調査及び結果の報告を要請
10:08	パトロールの結果、製油装置に異常がないこと、及び臭気は確認されない旨を事業所から管轄消防本部に報告
16:00	定期パトロール中に臭気を感知
16:20	タンク上部のハッチから内部を目視したが、内部が暗く、状況確認不可能
18:00	タンクの検尺測定を実施
18:38	タンク上部のハッチからの検尺測定の結果、浮きぶたの沈下と判断
18:48	<ul style="list-style-type: none"> ・ 管轄消防本部に 119 番通報 ・ 自衛防災組織非常対策本部設置
19:00	自衛消防隊及び消防車両（甲種普通化学）1台を現場に配置
19:01	<ul style="list-style-type: none"> ・ 管轄消防本部到着、消防車両を事業所内で待機 ・ 可燃性ガスによる二次災害防止対策を関係官庁と協議し、固定式泡消火設備による液面シール、炭酸ガス又は窒素ガスによる気相部の酸素濃度低減が検討され、窒素ガスの導入に決定
22:48	管轄消防本部引き揚げ
24:00	自衛消防隊及び消防車両（大型高所、大型化学、泡原液搬送車各2台、計6台）を現場配置（在槽油回収完了まで）

8月9日

—	タンク内気相部へ窒素ガス導入（在槽油回収完了まで）
---	---------------------------

8月10日～12日

—	タンク内気相中の酸素濃度が10%以下で安定したことを確認し、在槽油9,000klをタンカー2隻に回収
---	--

8月12日～13日

—	在槽油2,500klを原油タンクに回収
---	---------------------

8月13日～16日

—	<ul style="list-style-type: none">・ タンク内に海水を導入し、油層を浮きぶた上部にあげた・ 6日目のみ、管轄消防本部消防隊が現場に警戒配備
---	---

8月16日～17日

—	<ul style="list-style-type: none">・ 在槽油、海水間の界面が予定した位置にあることを確認し、側板開孔及びノズル取り付け工事を実施・ 管轄消防本部消防隊が現場に警戒配備
---	---

8月17日～20日

—	側板に取り付けたノズルから海水と在槽油を原油タンクへ回収
---	------------------------------

8月20日～22日

—	タンク内気相中の可燃性ガス濃度が爆発下限界の5分の1以下であることを確認のうえ、側板に取り付けたノズルからホースを導入し、デッキ上の海水を排水系へ排出
---	---

8月22日～23日

—	浮きぶた下部の海水を水切りラインから排水系へ排出
---	--------------------------

8月23日

—	<ul style="list-style-type: none">・ 自衛消防車両撤収・ タンク内気相部への窒素ガス導入停止・ タンク内気相中の可燃性ガス濃度を確認し、屋根マンホール及び側板マンホールを全数開放
---	--

8月24日

—	浮きぶたの座屈を側板マンホールから目視で確認
---	------------------------

8月25日～26日

—	浮きぶたの座屈に伴う入槽時の安全対策として、デッキポストに補強サポートを取り付け
---	--

8月26日

—	浮きぶた上コンパートメント内部の海水除去
---	----------------------

8月26日～27日

—	タンク内部のスケール除去
---	--------------

8月27日

—	自衛防災組織非常対策本部を解散
---	-----------------

※ 表中の「—」は、時間が不明であることを示している。

(2) 内部浮きぶたのアルミ製デッキの損傷

- ① 覚知年月日 【事例(2)-1】平成19年3月8日
 【事例(2)-2】平成19年3月20日
- ② 発生都道府県 秋田県（事例(2)-1、(2)-2ともに同一の事業所）
- ③ 事故タンクの概要
- 貯蔵危険物 第四類 第一石油類 ガソリン
- 容量 【事例(2)-1】2,000キロリットル
 【事例(2)-2】950キロリットル
- タンク直径／高さ 【事例(2)-1】15,400／11,980（単位：ミリメートル）
 【事例(2)-2】13,500／7,640（単位：ミリメートル）
- 浮きぶた型式 アルミニウム製簡易フロート型
- ④ 事故概要 アルミニウム製デッキシートが破断、損傷したもの。
- ⑤ 事故原因
- タンカーから油を受け入れる際、配管内の空気がタンク内部に流入して噴き上げ、デッキシートを損傷したものと推定される。
- ⑥ 事故に至る背景及び問題点等
- ア 事故発生の数年前までは、タンカーから油を受け入れる際、配管内の空気がタンク内に混入するのを防止するため、空気抜き作業を行っていたが、効率化を図るため、当該作業を取り止め、同時に配管内空気抜き装置を撤去したこと。
- イ タンカーから油を受け入れる配管のレイアウトが、空気溜まりのできやすい構造となっていたこと。
- ウ デッキシート全面が呼び板厚（0.46mm）の1/3～2/3程度まで腐食していたこと。
- ⑦ 事故対応及び経過等

【事例(2)-1】

3月8日

15:45	タンカーから当該タンクへの油の受け入れ終了後に行った屋根上点検口からの内部確認で、浮きぶたのアルミ製デッキの一部が損傷し、底辺1m×二辺2m程度の三角形にめくれた状態となっていることを確認
16:20	管轄消防本部に通報
17:15	消防本部が現場に到着、現況確認後、消防本部から次のような指示を受けて対応 ア タンク内に不活性ガスを導入するまで当該タンクの在庫の移動を禁止 イ 事故報告書の提出 ウ 県防災課、県警、共同防災組織への連絡 エ タンク周囲、タンク内部のガス検知 オ スクープベントをダンボールでシール

	カ 共同防災組織の三点セットの配備
23:00	共同防災組織により三点セットを配備完了

3月9日

4:00	スクープベントをダンボールにより閉鎖完了
12:00	<ul style="list-style-type: none"> 不活性ガス（窒素ガス）の導入を開始 タンク内部の酸素濃度測定により不活性ガスによる置換状況を監視

3月10日

8:00	<ul style="list-style-type: none"> 消防庁、消防研究センター及び管轄消防本部による立ち入り 不活性ガスの導入状況について報告
11:13	窒素ガスによるタンク内部のガスの置換状況が悪かったため、不活性ガスをより比重の重い炭酸ガスに切り替えて導入開始
16:05	各機関の立ち会いのもと、隣接する同油種タンクへ 200 kl/h で、当該タンク内の残油シフトを開始
16:25	タンク内部で異音が確認されたことから、シフト作業を中断
18:36	タンク内部を確認した結果、デッキシートの損傷範囲が 2 倍程度に拡大している状況、全体としてデッキの傾き等の異常がないことを確認後、抜き取り量を最小の 20 kl/h として残油シフトを再開
19:40	抜き取り量を 200 kl/h に変更して残油シフトを継続

3月11日

0:50	浮きぶたの着底までシフト完了
8:50	浮きぶた下部の残油シフトを開始
22:04	残油シフトを完了

3月12日

10:10	水張り込みを開始
11:12	残油の回収を完了
13:00	内部ガスパーズを開始
15:00	マンホールを開放

3月13日

9:00	管轄消防本部立ち会いのもと、タンク内部の環境確認を実施し、入槽
------	---------------------------------

【事例(2)-2】

3月20日

9:55	ガソリンタンクの定期月次点検による屋根上点検口からの内部確認で、浮きぶたのアルミ製デッキの一部が損傷し、底辺 0.5m×二辺 1m 程度の三角形状にめくれた状態となっていることを確認
10:00	管轄消防本部に通報
10:30	消防本部が現場に到着、現況確認後、消防本部から次のような指示を受けて対応

	ア 不活性ガスを十分に確保したうえで置換実施及び置換状況の定期連絡 イ 不活性ガス置換後の当該タンク残油シフト作業時の出荷作業停止 ウ 県防災課、県警、海上保安部、共同防災組織への連絡 エ 共同防災組織の三点セットの配置
--	---

3月21日

9:30	炭酸ガスの導入準備を開始
12:05	炭酸ガスの導入を開始
16:25	隣接する同油種タンクへ当該タンク内の残油シフトを開始
18:50	浮きぶたの着底までシフト完了

3月22日

9:15	浮きぶた下部の残油シフトを開始
12:15	残油シフトを完了
14:30	水張り込みを開始
15:45	残油の回収を完了
15:52	内部ガスパーズを開始
17:30	マンホールを開放

3月26日

9:40	管轄消防本部立ち会いのもと、タンク内部の環境確認を実施し、入槽
------	---------------------------------

(3) 内部浮きぶたのシール部への滞油

- ① 覚知年月日 平成 19 年 3 月 25 日
- ② 発生都道府県 石川県
- ③ 事故タンクの概要
 - 貯蔵危険物 第四類 第一石油類 ガソリン
 - 容量 9,600 キロリットル
 - タンク直径／高さ 29,020／16,440 (単位：ミリメートル)
 - 浮きぶた型式 アルミニウム製簡易フロート型

④ 事故概要

内部浮きぶた外周部のゴムシール上に滞油が認められたため、在槽油を抜き取ったところ、ゴムシールが全周にわたって脱落したものの。

⑤ 事故原因

脱落していたゴムシールの破断状況から、地震発生以前から多くの箇所へ亀裂、ひび割れが生じていたと推測される。このことから、ゴムシール上の滞油は、ゴムシールの一部が脱落していたこと、もしくはゴムシールの劣化によりゴムシールと側板との密着性が低下していたことにより発生したものと考えられる。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

貯蔵危険物に対するゴムシールの耐油性、耐久性が不十分であった可能性があること。

⑦ 事故対応及び経過等

3 月 25 日

9:42	能登半島地震 (M6.9) 発生
9:45	休日であったため、出勤者 3 名による構内施設 (タンク下部、ポンプ設備、出荷設備、受入設備及び事務所関係) の点検を実施
10:30	全職員が集合したため、構内施設 (タンク上部・内部、ポンプ設備、出荷設備及び受入設備等) の詳細点検を実施
11:00	内部浮きぶた付き屋外タンクの浮きぶたのシール部に滞油を確認
11:15	最寄りの消防署へ基地内電話を利用して通報 (加入電話は不通)

3 月 26 日

—	内部浮きぶた上にガソリンの滞油が存在するのであれば、タンク内の残油を早急にシフトする必要があるが、気相部は爆発範囲の雰囲気になっている可能性があるため、不活性ガスの導入により酸素濃度を低下させ、安全対策を講じる旨、管轄消防本部から事業所に対し指示
—	事業所がタンク内の可燃性ガス濃度を測定したところ、可燃性ガスは検知されず

4 月 4 日

—	管轄消防本部が事業所から事故の状況を聴取し、タンク内の可燃性ガス濃度の測定について、別の機器による実施を指示
---	--

4月5日

—	2日目とは別の機器を使用して再度可燃性ガスを測定したところ、浮きぶた上部 15.8cm の位置で、可燃性ガス濃度 74%LEL を検知するとともに、浮きぶたのシール部の欠落を確認
—	タンク内に二酸化炭素ガスを導入し、浮きぶた上部の酸素濃度を低下させた後に、タンク間シフトにより残油を処理する方針を決定

4月11日

—	ポンベ (30 kg) にて二酸化炭素ガスを導入するが、酸素濃度は低下せず
---	---------------------------------------

4月16日

—	ポンベ (160 kg) にて二酸化炭素ガス 400 m ³ を導入したところ、気相部の酸素濃度の低下、及び浮きぶた上部の可燃性ガス濃度が低下することを確認
---	---

4月18日

—	ポンベ (160 kg) にて二酸化炭素ガスを 100 m ³ /h の流量で 13 時間導入した結果、浮きぶた上部 1.5m の位置までの酸素濃度が 8%以下となったことから、二酸化炭素ガスと同時に窒素ガスを 500 m ³ /h の流量で導入しながら、タンク内の残油を通常の配管を使用して流量 500 kl でタンク間シフトを実施し、浮きぶたを着底 (タンク内残油 2,829 kl、液面高さ 998mm、浮きぶた着底時の高さ 1,070mm)
---	--

4月20日

—	通常配管を使用してタンク間シフトを実施 (残油 309 kl、液面高さ 341mm)
---	--

4月23日

—	仮設配管にてタンク間シフトを実施 (残油なし)
---	-------------------------

4月27日

—	タンクを開放
---	--------

※ 表中の「—」は、時間が不明であることを示している。

(4) 内部浮きぶたの傾斜

- ① 覚知年月日 平成 19 年 8 月 29 日
- ② 発生都道府県 新潟県
- ③ 事故タンクの概要
- | | |
|----------|---------------------------|
| 貯蔵危険物 | 第四類 第一石油類 ナフサ |
| 容量 | 3,342 キロリットル |
| タンク直径／高さ | 18,100／15,200 (単位：ミリメートル) |
| 浮きぶた型式 | 鋼製バルクヘッド型 |

④ 事故概要

内部浮きぶたが大きく傾斜し、ゲージポール、液面計ポールに引っかかった状態で発見されたもの。

⑤ 事故原因

7 月 16 日に発生した新潟県中越沖地震の影響により、内部浮きぶたが大きく揺動したことから傾斜に至った可能性、又は地震発生以前に、窒素加圧により移送配管内の残油処理を行った際、当該受け入れタンク内に大量の気泡が流入し、内部浮きぶたに揺動が生じたため、ナフサが浮きぶた上に滞油し、浮きぶたのバランスが崩れ傾斜に至った可能性が考えられているが、特定には至っていない。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

窒素加圧による移送配管内の残油処理に起因して発生したとする場合、配管内空気抜き装置が設置されていなかったことが挙げられる。

⑦ 事故対応及び経過等

ア 発見までの経緯

(7) 7 月 16 日 10 時 13 分、新潟県中越沖地震 (M6.8) が発生した。

(イ) 8 月 15 日、タンク施工会社により、内部浮きぶた付き屋外タンクに対する地震の影響調査のため、固定屋根ルーフマンホールを開放し、内部点検を実施したところ次の結果が得られた。

a バルクヘッド内に滞油が認められ、4B ゲージポールの曲がり及び同ハッチ用スライド板のずれ、10B 液面計ポール用のハッチのスライド板のずれが認められた。

b ルーフマンホールから浮きぶたの位置を測定した結果、液面計の指示値と差があることが判明した。このときの液面高さは 1,403mm であり、滞油状況の確認のため、浮きぶたの浮上高さである 1,800mm 以上になる 1,995mm まで液位を上昇させたが、浮きぶたに変化は見られなかった。

c 固定屋根センターに設置されたトップベントから浮きぶたデッキ上の高さを測定した結果、浮きぶたはルーフマンホールの直下部からデッキセンター方向に傾斜していると推定された (液面高さ 1,995mm、ルーフマンホールからの測定による高さ約 6,425mm (内側)、約 6,670mm (外側)、トップベントからの測定による高さ約 2,955mm)。

- (ウ) 内部浮きぶた上の滞油と内部浮きぶたの傾斜が認められたが、事業所は問題ないと判断し、油の受け入れを行う等使用を継続した。
- (エ) 8月24日、事業所が再度、メジャーにより内部浮きぶたの高さを測定したところ、内部浮きぶたが大きく傾斜していることを確認した。
- (オ) 8月29日、事業所から管轄消防本部へ通報した。

イ 消防機関等の対応

- (ウ) 異常発生 of 通報を受けた管轄消防本部は、当該タンクに対して使用停止命令を発令した。
- (イ) 総務省消防庁、県防災局、管轄消防本部及びタンクメーカーによる合同会議を実施し、現場を確認した。

ウ 発見後の対応（応急対策）

(ア) 安全対策

タンク内の爆発・火災の危険性及び油漏えいを回避するため、タンク内に不活性ガスを導入した後、貯蔵油の抜き取り及びタンク開放作業を開始した。

作業の推進にあたり、所内で防災体制を確保することを原則として、要所では管轄消防本部の警戒態勢のもとで、安全確保を図った。

a タンク内の安全対策

発見時の状況から、浮きぶたは10B液面計ポールと4Bゲージポール側に引っかかった状態で傾斜していると推定された。浮きぶたが何らかの作用で落下した場合には、底板の損傷による貯蔵油の漏えい、落下時の摩擦熱及び衝撃による火花等により発熱及び発火の危険性が予測されたため、早急に貯蔵油を抜き取り、これらの危険性を回避することとした。

これらのことから、貯蔵油の抜き取りが終了するまでの間、タンク内の酸素濃度を5%以下及び炭化水素濃度を爆発下限界値以下にするために、不活性ガスを導入するとともに、傾斜の低い側の高さを早期に把握することも必要とした。

b 不活性ガスの導入（18日間）

固定屋根ノズル及び液面計ポールを利用し、タンク内に不活性ガス（二酸化炭素→窒素）を導入し、酸素濃度を5%以下にするるとともに、炭化水素濃度を爆発下限界程度まで低下させることを目標に実施した。

導入の際、シェルベント（10箇所）は防災シートで閉鎖した後に導入し、実績として酸素濃度2%以下、炭化水素濃度3~4%LELまで低下させることができた。この間の使用量は二酸化炭素ガス約17,000 m³、窒素ガス約95,000 m³であった。

c 浮きぶたの状況確認

不活性ガスを導入した後に、側板上部のシェルベントを2箇所開放し、浮きぶたの状況を確認した。シェルベントの取り外しにあたり、作業者は安全工具を使用し、不活性ガスのタンク内からの漏えいに備え、エアラインマスクを着用した。

確認の結果、液面計ポール側を上にして傾斜沈下しており、液面計ポールハッチ部、側板 2 箇所及び着底部の 4 箇所で支えられた状態であった。着底部は側板から約 1,500mm の距離にあり、貯蔵油がデッキ部の約 25% を覆っていた。

(イ) 貯蔵油の抜き取り

貯蔵油の抜き取りにあたり、抜き取りによって浮きぶたが落下する可能性があるため、水張りにより貯蔵油を上部に押し上げ、タンク上部から貯蔵油を抜き取り、水と置換した。

a 水張り (5 日間)

浮きぶたの状況確認後、水切りノズルから清水を張り込み、貯蔵油を上部に押し上げた。張り込みは消火用貯水槽からエア駆動のウォーシントンポンプを使用して行い、浮きぶたに影響を与えないよう最大 30 kl/h とし、トップベントから検尺テープによりデッキ部の動きを監視しながら実施した。

この間も酸素及び炭化水素濃度の測定を継続し、規定の範囲内であることを確認しながら実施した。また、水張り高さは、貯蔵油の液面高さが許容液面高さを超えない範囲とした。

b 貯蔵油の抜き取り (6 日間)

所定の高さまで水張りした後、浮きぶたの状況確認のために開放したシェルベントから吸引用のパイプを挿入し、エア駆動のダイヤフラムポンプにより貯蔵油の抜き取りを実施した。移送流量は、10~20 kl/h とし、隣接タンクへシフトした。

c 水抜き清掃 (10 日間)

貯蔵油の抜き取り終了後、シェルベント、トップベント及びルーフマンホールを開放して換気を実施し、換気終了後に水抜きを開始した。抜き取った水は炭化水素を溶解している可能性があるため、処理施設に移送した。

また、水抜き時に内部浮きぶたの落下を防止するため、傾斜の高い位置が水面に出た時点で水抜きを一時中断し、吊り治具 (チルホール) を用いて浮きぶたの吊り作業を水抜きに合わせて順次実施した。

水抜き作業は、吊り下げワイヤーの負担を少なくするため、デッキ及びポンツーン内の水も対象とし、水中ポンプを吊り下げ、デッキ及びポンツーン内から傾斜した浮きぶた下部に排水した。なお、吊り治具は固定屋根上に設け、傾斜した浮きぶたの高さに合わせて各バルクヘッドに取り付けた。

(ウ) タンク開放 (4 日間)

水抜き終了後、側マンホールを開放し、浮きぶた下部の確認を実施するとともに、固定屋根の開口部からゴンドラを用いてタンク内に入り浮きぶたの状況を確認し、位置、シール間隔等の測定を行った。

浮きぶたの現状を確認した後、吊り治具を操作して浮きぶたを底板上に着底させた。着底時はルーフサポート (14 箇所) の位置に仮設足場を組み、概ね水平に着底させた。

2.6 その他

(1) 台風災害によるブタンガスの漏えい事故

- ① 覚知年月日 平成3年9月27日
- ② 発生都道府県 福岡県
- ③ 事故施設の概要

施設名称 LPG No.2 タンク
施設区分 高压ガス施設
概要 油槽所敷地内に設置された LPG タンク 5 基（貯蔵能力 3,440t）
のうちの 1 基で、容量 200t のブタン専用タンクである。（内径
9,250mm、材質 FTW-60、板厚 11.0mm）

④ 事故概要

ア 台風 19 号直撃による防波堤の倒壊を契機として、LPG 受け入れ配管が損傷して
ブタンガス 34t が漏えいしたものを。

イ 被害状況

(ア) 人的被害

なし

(イ) 物的被害

ブタンガス 34t 漏えい、受け入れ配管（液用、ベーパー用）全壊

⑤ 事故原因

台風 19 号の直撃によって防波堤が倒壊し、さらに、倒壊した防波堤によって LPG
受け入れ配管が損傷を受けたため、タンク内のブタンガスが漏えいしたものを。

なお、気象台の記録によると、台風 19 号における最大瞬間風速は、福岡県北九州市
において 51.3m/s を記録したとのことであった。

⑥ 事故に至る背景及び問題点等

ア 台風 19 号接近による気圧の低下のため、通常より約 90cm 海面が上昇し、これに
満潮が重なったことに加え、強風により沖合から生じた大波が油槽所北側護岸に押し
寄せ、さらに北側護岸の東部分の隅角部で波が増幅された（推定波高 5.3m）ため、
既設護岸の強度以上の波力により、護岸が倒壊した。

さらに、倒壊した護岸のコンクリートが海岸側に敷設してあった LPG 受け入れ配
管上に落下して大きな力が加わり、その力が配管の最も弱い部分に集中し、タンク
ノズル部と受け入れ配管部が損傷した。

イ 日頃より、様々な角度から防災想定を検討し、対策を計画していたが、防波堤が
倒壊することは検討していなかった。（防波堤は、通常 30 年に一度あるいは 50 年に
一度の頻度の波にも耐えられる設計が施されていた。）

⑦ 経過等

9月27日

9:30	非常に大型で強い台風 19 号が接近するおそれがあるので、台風対策 を実施する旨の指示を本社から受ける。
------	---

15:30	18 時頃に台風 19 号が直撃するおそれが出たことから、出荷作業の終了と同時に、所員全員で施設全域の安全点検、工事資材の縛着・飛散防止等の台風対策を実施した。
16:30	保安統括者以下 6 名の保安要員と警備会社員 2 名により特別警戒態勢をとり、他の社員を帰宅させた。
18:00 頃	台風 19 号が直撃し、猛烈な風が吹いた。
19:00 頃	台風の目に入り、その後猛烈な吹き返しが続いた。
19:45	所内全域にわたり停電した。
19:46	保安電力用発電機が自動起動し、ガス施設の照明・ガス検知警報装置及び電話交換機に電力を供給、いずれも正常に作動した。
19:48	北西の風、風速 38m/s (所内設置の風速計による確認) の暴風雨の中、構内全域にわたり浸水し、次第に水かさが増していることに気付き、確認に向かおうとしたところ、突然濁流が襲い、津波と錯視し、全員事務所の 2 階へ避難した。
19:50	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事務所から No.2 タンク付近を見たところ、猛烈な波しぶきが上がり、その中に白い霧状のものを発見、ほぼ同時にローリー積場のガス検知警報器が警報を発した。 ・ 保安要員 2 名が状況確認のため、タンク方向への接近を試みた。
19:55	<ul style="list-style-type: none"> ・ 保安要員が No.2 タンクの下部からブタンガスが漏えいしていること、及び護岸防波堤が破壊され、猛烈な勢いで海水が襲ってきている状況を確認した。 ・ 遭難の危険性が高まったため、保安要員は再び事務所へ退却した。
20:00	<ul style="list-style-type: none"> ・ 管轄消防本部へ 119 番通報を実施した。 ・ 共同防災組織に出動要請を実施した直後、電話回線が不通になった。(構内、及び事務所に浸水した海水で電話線がショートしたため、交換機が働かなくなったものと推定される。)
—	電話が不通となったため、通報連絡要員が約 500m 先にある共同防災センターへ行き、関係官庁、関係先等へ通報するとともに社員への非常呼出を行った。
20:08	管轄消防本部が到着した。保安統括管理者が被害状況を説明し、消防指揮官に付近工場の従業員等の避難、付近道路の通行規制を実施するように要請した。
—	消防、警察が協議のうえ、規制区域が設定され、即座に実施された。その後、道路脇電柱のトランスが波しぶきを被り、塩害によりスパークしているのを消防隊が発見したことから、要請により電力会社が送電を停止した。
21:00 頃	検査工事会社社員 9 名が到着した。No.2 タンク内の残量を No.4 タンク (容量 840t、開放検査終了直後で圧力 0.2kg/cm ² の空のタンク) へ移

	送することを検討したが、ブタンガス漏えいのため、No.2 タンクへの接近が不可能であった。
－	ガス施設の照明・ガス検知警報装置等に電力を供給していた保安電力用発電機等によるスパークで事故発生に結びつく危険性が高くなったため、腰まで海水がある中、保安要員 2 名が設置場所に行き、運転を停止した。
－	ブタンガスの漏えいに対して、保安係員 2 名が携帯用ガス検知器で構外周辺のガス検知を実施したが、強風のため、ガス検知器の反応はなかった。
22:00 頃	<ul style="list-style-type: none"> ・ 台風が通過し、満潮時間も過ぎて、風が弱まり海水の浸入が収まったため、No.2 タンク下部への接近が可能となった。 ・ 防災要員 1 名と検査会社社員 1 名が、暗闇の中、防爆型の懐中電灯を頼りに漏えい箇所を調べたが、タンクノズル付近と元弁付近は氷の塊で覆われており、漏えい箇所の特定はできなかった。
－	<ul style="list-style-type: none"> ・ No.2 タンクから No.4 タンクへシフト作業を行う準備をしたが、停電のためエアーコンプレッサーの運転ができず、また、空圧式アクチュエーター付緊急遮断弁が開かなかった。(手動では開けない) エアーの代用として、緊急用窒素ポンペを用いたが、エアー配管が破損していたため、圧力が上がらず、開放できなかった。 ・ とりあえず、ガスの漏えい量を減少させ、漏えい箇所を確認するために、タンク内部の圧力を少しでも下げようと、放出による温度の急激な低下に注意しながら、タンク頂部放出管を開放し、大気放出を開始した。
－	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消火栓から放水をしながら、木片でタンクノズル付近と元弁付近の氷の塊を砕いたところ、タンクノズルと上部元弁を締め付けているボルトが伸びたため、フランジ部から漏えいしていることが判明した。 ・ スパナで増し締めしたが、締め付けできなかったことから、漏えい防止処理不能と判断し、全量を廃棄することとした。
23:30	検査工事会社社員により、No.2 タンク緊急遮断弁シリンダに直接高圧ホースを繋ぎ込むことに成功し、窒素ガスを注入して緊急遮断弁を開放した。
－	No.2 タンクの液受け入れ配管 (8B) を使用して、高圧ホースを取り付けたローディングアーム先端部から、周囲の安全を確かめながら、海上に液を放出廃棄するとともに、フランジの漏えい箇所にタイヤチューブを幾重にも巻き付け、ガス漏れ量の減少を図った。
9月28日	
1:45	漏えい箇所から 220m 離れた国道上でガス検知を行ったところ、強風のため、ガス検知器は反応せず、安全が確認されたことから、交通規制

	が解除された。
3:00	No.2 タンククリンガー液面計が「0」となり、液がないことを確認した。また、構外付近のガス検知を細部にわたり測定したが反応せず、あわせて消防隊も最終ガス検知作業を行い、安全が確認されたことから、全道路の通行止めが解除された。
8:00	<ul style="list-style-type: none"> ・ No.2 タンクのベーパーガスの放出を完全に完了した。 ・ 再度ガス施設のガス検知・漏えい検査を実施した。
8:30	LPG 製造施設全域の最終安全確認が終了し、特別警戒態勢が解除された。

※ 表中の「-」は、時間が不明であることを示している。

第4 防災教育・訓練

自衛防災組織等は、単に形式的に組織しただけでは事故に対して迅速かつ適切な対応が困難であるので、日頃から事前計画に基づく防災教育及び訓練を実施し、万一の事故に備えなければならぬ。

防災教育及び訓練の実施にあたっては、概ね次の事項について留意する。

1 防災教育・訓練上の問題点

防災教育及び訓練を実施しているにもかかわらず、実際の消防活動においては、消火設備、防災資機材等の能力を十分に発揮できず、また、迅速かつ適切な防災活動が実施できない等の事例も指摘されている。これは、火災、爆発及び漏えい等の事故等に対する防災教育及び訓練において、次のような問題点が存在しているためと考えられる。

よって、これらの問題点に留意し、自衛防災組織等の知識・活動能力等の図ることが重要である。

- (1) 消火設備、防災資機材等に関する知識・技術を習得していない、又は不十分であった。
- (2) 防災教育及び訓練が形式的なものとなっていた。
- (3) 各人が自らの役割、任務等を十分把握できていなかった。
- (4) 指揮者が的確に指揮できるだけの知識・技術を習得していなかった。

2 防災教育の徹底

防災要員に必要とされる知識や技術の習得、向上には、十分な防災教育が求められる。実際の災害発生時において、個々の防災要員が自信をもって防災活動に従事できるよう、計画的かつ継続的に防災教育を実施する。

防災教育の標準的な内容は、次のとおりである。

(1) 防災・保安関係法令

石油コンビナート等特別防災区域内の特定事業所に適用される基本的な防災・保安関係法令と事業所に一般的に適用され、あるいは事業内容に応じて適用される防災・保安に係る法令に関する制定趣旨、概要等に係る知識

(2) 防災規程等

特定事業所に係る防災規程、特別防災区域協議会、防災本部等についての具体的な内容に関する知識

(3) 理化学の基礎的知識

燃焼、火災及び爆発の基礎概念、現象、危険物質の種類と特性、消火原理及び消火方法等に関する知識

(4) 事業施設の基礎的知識

特定事業所に設けられる製造施設、貯蔵施設、用役施設、入出荷施設、連絡導管等に関する知識

(5) 特定防災施設等の構造、機能、維持管理等に関する知識

流出油等防止堤、消火用屋外給水施設及び非常通報設備に係る設置の目的、構造、機能、維持管理方法等に関する知識

(6) 消火設備及び防災資機材等の種類、構造、機能等に関する知識

固定泡消火設備等の消火設備及び三点セットをはじめとする防災資機材等の種類、構造、機能、操作方法等に関する知識

(7) 防災活動要領

災害の発生時に、自衛防災組織等が取るべき活動事項と対応措置に関する知識

ア 取扱い、貯蔵物質の性状による防災活動上の留意点

イ タンク、プラント等の種別による火災、爆発等の発生状況及び消火方法（消火すべきかどうかの判断を含む。）

ウ タンク、プラント等の種別による危険物の漏えいの発生状況及び応急措置

エ 浮き屋根式屋外タンクを有する事業所においては、浮き屋根の沈降事故の発生状況及び応急措置

オ 内部浮きぶた付き屋外タンクを有する事業所においては、内部浮きぶたのデッキ破損や傾斜等の異常の発生状況及び応急措置

(8) その他関連事項

災害事例、個々の事業所に特有の防災上の留意事項等、防災要員として必要と認められる知識

3 防災訓練の実施

防災訓練の実施にあたっては、当該事業所の規模、形態、立地条件等に即して事故の発生状況を想定する。防災要員及び従業員はもとより、関連事業所等の従業員も含めて、各人が個々の役割、任務を体得し、責任を自覚するとともに、組織体として連携をとれるよう防災訓練を実施する。

(1) 防災訓練の種別

防災訓練は次のように区分される。実施にあたっては、種々の訓練を組み合わせを行い、技術、動作等を十分に習得させるとともに、指揮者等の上級者については、判断能力、指揮能力の向上が図られるように努める。

ア 基本操作訓練

訓練の基本となる消火設備、防災資機材等の操作を繰り返して行う。

イ 職場別訓練

通報、連絡、応急措置等の初期防災活動を各職場で反復して行う。

ウ 図上訓練

事業所内にあるすべてのタンク、プラント等について、火災状況、爆発の影響、漏えい状況等を想定し、事故発生施設、立地条件、気象条件等に即した防ぎょ計画を作成し、図上での検討を実施する。

また、特に人体に対する有害物質の流出、又は有毒性ガスの放出も想定した防ぎょ計画及び連携計画を作成し、図上での検討を実施する。

エ 事業所内全体訓練

自衛防災組織の構成員及び従業員が参画し、緊急通報、非常招集、情報収集及び伝達、応急措置等の防災活動等について、全社的に連携して実施する。

オ 共同訓練

共同防災組織、隣接事業所、共同防災組織を構成している事業所、関連事業所等と共同して応援要請、応援出動、指揮、連絡等の防災活動について組織体として連携して訓練を実施する。

カ 総合訓練

防災関係機関との連携を密にして、防災関係機関からの指示、防災関係機関との協議、防災関係機関への情報の伝達等を含めて、総合的な防災活動が円滑となるような訓練を実施する。

また、東日本大震災において発生した製油所火災においては、地震や津波の影響によって周辺及び構内道路等に破損や障害物による消防車両等の進入障害が生じたことから、消防機関、警察及び自衛隊等と連携を図り、障害物の除去訓練等を実施することも検討する。



写真 4-1、4-2 消防機関及び自衛隊等と連携した障害物の除去訓練の状況

(2) 防災訓練の実施方法

平日、昼間の通常の訓練とは別に、次の方法による訓練も実施する。

ア 休日、夜間訓練

休日又は夜間における訓練は、防災要員の招集方法、参集時間、防災活動における人員

不足等、平日の昼間に実施する訓練では見過ごされている問題点が判明することが多いので、休日又は夜間においても訓練を実施する。

イ 抜き打ち訓練

事故発生時には、気持ちの動転、過度の緊張等により平素の訓練成果を発揮できない場合もあるので、実際の事故発生時と同様な状態において訓練ができるよう抜き打ち訓練を実施する。

(3) 訓練の結果に基づく計画の補正

各訓練については、訓練終了時に反省すべき点、改善すべき点等について、参加者で十分検討を行い、実情にそぐわないもの、不十分なもの等については、順次訓練の計画内容を補正する。

4 大容量泡放射システムに係る防災訓練

大容量泡放射システムは屋外タンクの全面火災に対応するために配備されている大規模な防災資機材であり、輸送から消火活動に至るまでの防災活動を迅速かつ円滑に行うためには、防災関係機関等が連携して対処することが重要となる。

連携を確認するためには、訓練が必要となるが、大容量泡放射システムを用いた実大規模の訓練を実施するにあたっては、訓練場所や費用、環境等の地域の実情により様々な課題が想定される。このことから、一概に訓練の実施方法等について示すことは難しいが、概ね次のような内容に留意し、各地域において必要な調整を行ったうえで、積極的に実施していくことが望ましい。

(1) 防災訓練の事前計画

ア 防災関係機関等が担う役割と業務内容を十分理解し、事前に必要な説明と調整をしておくことが重要である。

イ 大容量泡放射システムの輸送経路のほか、訓練会場内の進路、待機場所、設定場所及び水放射実施箇所等について、事前に訓練場所を現地調査しておくことが必要である。

ウ 効率的で緊張感のある防災訓練とするためには、あらかじめ訓練に要する時間を見込んで、必要な人員及び資機材等を配置しておく等の工夫が必要である。

エ 大容量泡放射システムの実動訓練は大規模なものであり、容易に実施できるものではないことから、実動訓練を実施する場合は、防災関係機関等のほか、他の広域共同防災組織等と連絡を取り合い、互いに訓練を見学できるようにする等、少ない訓練の機会を有効に活用できるような配慮をすることが望ましい。

また、図上訓練やブレインストーミングを実施する等、訓練方法の工夫が必要である。

オ 大容量泡放射システムは、発災事業所ごとに資機材の配置位置等の条件が異なることから、実際に資機材を輸送して訓練することが効果的である。しかし、輸送を伴う訓練は、

訓練費用や時間、人員等に係る負担が大きいことから、システムの配備事業所において集合教養・訓練等を実施することも考慮する。

カ 防災要員のためだけの訓練ではなく、防災補助要員及び輸送車両の運転手等の訓練にもなるような配慮をすることが望ましい。



写真 4-3、4-4 配備事業所において実施する訓練の例

(小規模であるが、比較的少ない負担で、システムに触れる機会を設けられる利点がある。)

(2) 防災訓練の実施

ア 防災訓練の内容は、地域の実情に応じて無理のないプログラムとする必要があるが、大容量泡放射システムの特性把握のほか、輸送及び設定の確認が重要項目として位置づけられることが重要である。

また、大容量泡放射システムの迅速かつ的確な輸送及び設定のためには、防災要員等がその取扱い等に習熟することが重要であることから、訓練のすべてが単なるデモンストレーションで終わることのないように、極力実戦に即した訓練となるよう配慮する必要がある。

イ 防災訓練は、時間的な制約に配慮し、従来から行っている防災訓練の訓練項目を減らすことも検討する必要がある。しかし、訓練項目を減らすことによって、その項目の知識・技術の低下があってはならないことから、減らした訓練項目については、他の訓練機会を利用して補完する等、知識・技術の維持向上を図る必要がある。

ウ 訓練の効率化を図るため、実動訓練以外にも図上訓練の活用を検討する必要がある。図上訓練とした部分は、後日必要に応じて、実動あるいは限定的な訓練を行い、防災関係機関等とともに確認しておくことが重要である。

エ 防災訓練の終了後には、反省すべき点、改善すべき点等について、参加した事業所及び防災関係機関等の中で十分検討を行い、その後の防災訓練に反映させるとともに、必要に応じてそれぞれの防災計画を修正できるようにすることが望ましい。

(3) 安全管理

大容量泡放射システムは、その重量や放水量等が他の防災資機材等と比べても大きいことから、訓練中の事故防止には十分に留意する。

平成 25 年 10 月には、大容量泡放射システムの総合訓練において放水訓練を実施中、メインポンプと放水砲を接続していた 300mm ホースの両端の結合部が外れたことに起因して訓練の見学者が受傷する事故が発生している。これらの事故等を踏まえ、安全管理にあたって配慮すべき事項は概ね次のとおりである。

ア 訓練実施前の安全教育

訓練実施者には、事前にミーティング等を行い、訓練の手順に沿って危険箇所や危険性のある行為について十分把握させる等、安全教育を実施する。

訓練中の危険箇所や危険性のある行為としては次のようなものが考えられる。

- (ア) 資機材を吊り下げ中のクレーンの下部
- (イ) 資機材を搬送中の車両や重機等から死角となる位置
- (ウ) 加圧送水中のホース等への不用意な接近
- (エ) 水中ポンプ設置時等、水辺でのライフジャケット未着装
- (オ) ヘルメット、手袋等の安全具の未着装 等

イ 訓練に必要な物品等の整理及び養生等

前述した訓練中の事故では、放水中にホースの結合部が外れ、メインポンプから水が噴出したため、仰け反った見学者が付近に置いてあった鋼製のコイルに手をつき、手を切る怪我を負っている。このような場合のほか、転倒や接触等による受傷を避けるためにも訓練に不要な物品は整理する、容易に動かさない機材等は布やカバーで養生する等の配慮が必要である。

ウ 資機材の確実な設定

大容量泡放射システムは、その重量や放水量等が他の防災資機材等と比べて大きいことから、危険性もより大きいと言える。ホースの結合部や各種資機材の固定、水中ポンプの玉掛け等の作業にあたっては、複数人で確認しながら確実に設定する。

また、設定時に破損や破断等を発見した場合は、無理に使用することなく、使用を取り止める。

エ 訓練見学者への対応

訓練見学者がいる場合、訓練見学者は訓練実施者に比べて訓練内容への理解が浅いほか、装備品等も軽装であることが考えられるため、資機材や活動場所から十分な距離を有した位置に見学エリアを設ける、危険箇所や立ち入り制限区域を広報する等により対応する。

オ 安全員の配置

訓練の実施者や見学者は夢中になるあまり、不用意に危険な行為をしてしまう可能性があることから、安全管理のみを担当する訓練係員を指定することも考慮する。

< 参考資料 >

参考資料 1 タンク火災等の基礎知識

参考資料 2 海外における災害事例

タンク火災等の基礎知識

1 タンク火災時に生ずる諸現象

1.1 ボイルオーバー

(1) ボイルオーバーの概要

浮き屋根式タンクや屋根と側板を弱く結合した放爆構造の油タンクを含む、頂部開放式タンクの火災において、貯油の燃焼中に生じ得る現象の一つで、油が長時間燃えているうち、突然タンクから燃焼油が爆発的に噴出し、火災が一挙に激化する。

ボイルオーバーは、貯油表面部において軽質成分が燃焼により重質化して、比重の高い油分は沈降して高温層を形成し、その層が燃焼による液面の低下よりも早く下方に進行するとき発生する。すなわち、熱波と呼ばれるこの高温の油層が沈下してタンク底部に溜まった水層、又は水エマルジョンの層に達すると、この水の層が過熱されて水蒸気爆発を起こす。この水蒸気爆発により、燃焼中の表面部を含む高温油とガスがタンクの直径の 10 倍ぐらゐも高く吹き上げられる。過去に経験したボイルオーバーの例では、直径 330m の火焰の塊が 1,800m の高さにまで達したことが知られている。また、ボイルオーバーによる油の飛散距離については、直径 28m の原油タンクの火災で約 27m 離れた高さ 1.8m の防油堤を 2 方向に分かれて飛び越えた例もある。

ボイルオーバーの発生機構を図 1-1 に示す。

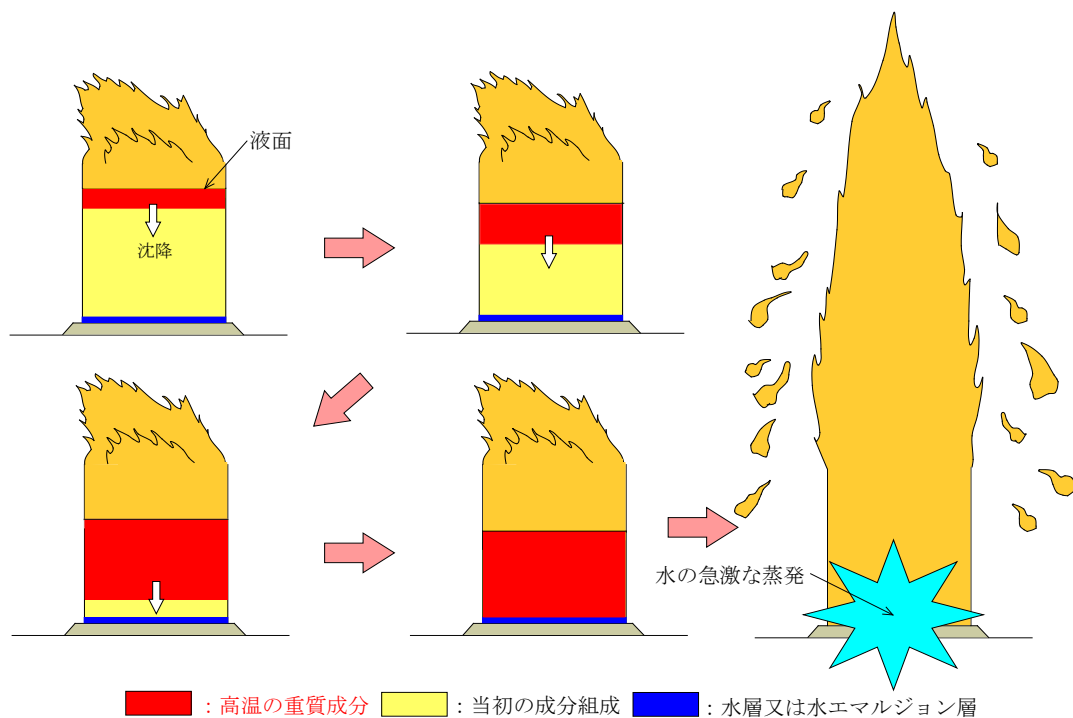


図 1-1 ボイルオーバーの発生機構の模式図

(2) ボイルオーバーを発生し得る油種

ボイルオーバーを発生し得る油種としては、原油、重油、廃油（沸点範囲が広い場合）等が考えられる。実際にボイルオーバーが発生した事故例における油種では、原油が圧倒的に多いが、重油や軽油でも報告の事例があることから、原油、重油、軽油や高沸点液体が長時間の火災になった場合、ボイルオーバーが起こる可能性があるものとして対策を立てた方がよい。

また、詳細は不明であるが、ガソリンやナフサでもボイルオーバーが起こったとの報告もある。

(3) ボイルオーバー発生時間の予測

高温層の降下速度は、過去の事故例や実験から求められており、安全率を考慮して概ね $1\sim 2\text{m/h}$ である。従って、ボイルオーバーの発生時間は推定でき、例えば、油面の高さが 20m のタンクでは、火災後 $10\sim 20$ 時間とされている。

また、ボイルオーバーの発生が近くなると、次のような現象が生じるとされていることから、危険性を予測する判断材料となる。

ア 火炎が突然著しく高くなる。

イ 火炎が急激に輝きを増す。

ウ 「バチバチ」「ジュー」といった音が激しくなる。

エ 油の塊が液面から飛散する。

1.2 スロップオーバー

原油のような沸点範囲の広い油の火災時において、油表面に放水が行われた場合、降雨があった場合、ときには泡消火が行われた場合等に、水分が表面近くの油層内で気化することにより、油が水と一緒に溢流する現象である。

油が粘性を有し、沸点が水の沸点以上である場合に発生し得る。ボイルオーバーに比べれば穏やかな現象であるが、溢出した油がタンク周辺で燃えることから、火災が拡大することになる。

1.3 フロスオーバー

火災を伴わずに、タンクから油類が溢流する現象をいう。典型的な例としては、高温の油中にそれより低い温度の油や水を入れた場合、油や水が沸騰して噴出することがある。結果的には、火災になることが多い。

1.4 BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)

沸騰状態の液化ガスが気化して膨張し、爆発する現象をいう。例えば、LPG タンクが火災

にさらされた場合、ガスが蒸発してタンク内圧が上昇し、内圧が安全弁の設定圧力より高くなると、LPG の蒸気が大気に放出され、この蒸気に引火する（ジェット火炎）。その後、火炎によるタンクの強度低下、及びタンク内圧の上昇によりタンクが破壊され、外気に開放されると、圧力の放出によってタンク内部の気相部と液相部の平衡状態が破られる。すると、高温の液相部が急激に蒸発して外部に噴出し、蒸気雲を形成する。直ちにこの蒸気雲に着火し、巨大なファイアーボールとなる。

BLEVE は、外部から火災にさらされるだけでなく、タンク内の過剰な圧力、加圧されたタンクの機械的な衝撃や腐食による損傷等によっても発生し得る。

BLEVE の発生機構を図 1-2 に示す。

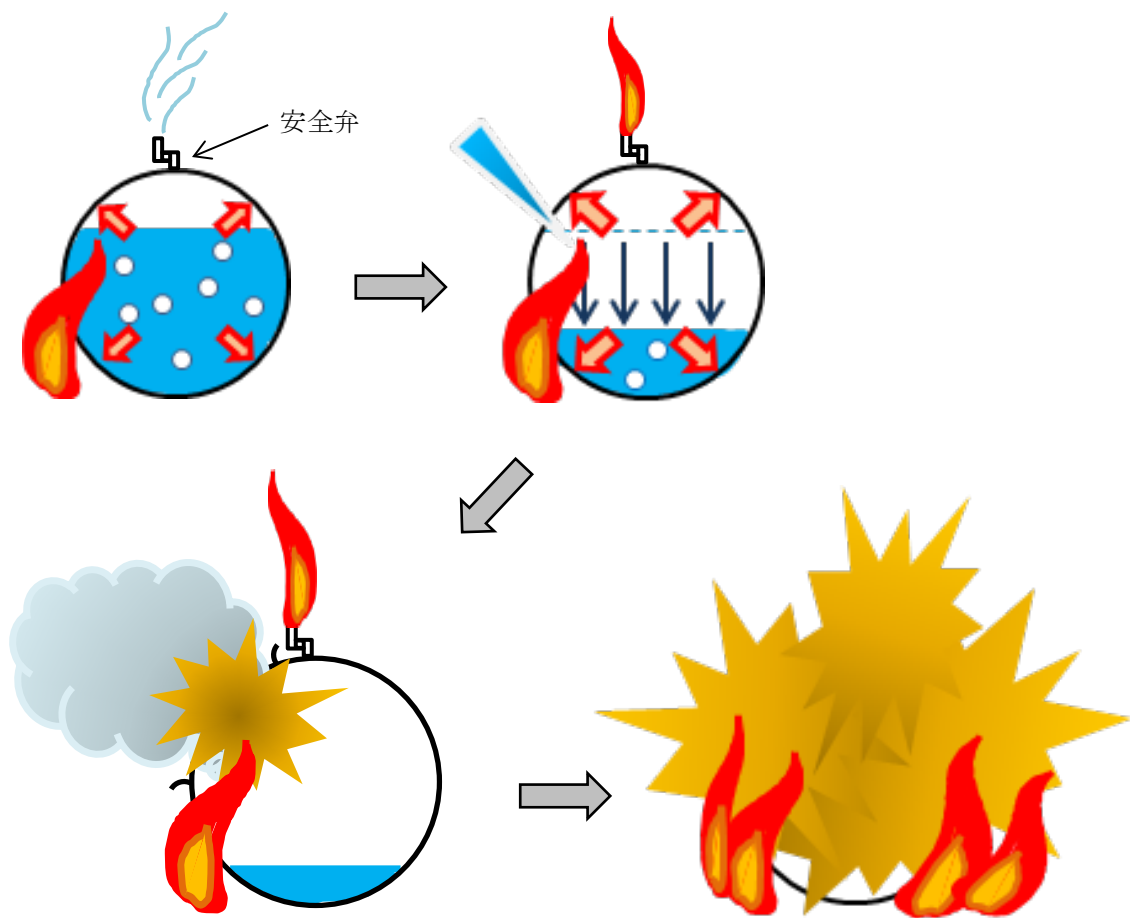


図 1-2 BLEVE の発生機構の模式図

1.5 蒸気雲爆発（Unconfined Vapor Cloud Explosion、UVCE）

可燃性物質が漏れい後、直ちに着火せず、可燃性物質の蒸気が大気中に雲のように拡散した後に着火爆発する現象である。例えば、2005 年 12 月に起きた英国・バンスフィールドのタンク火災では、タンクから溢れ出たガソリンが長時間地上に滞留した後、蒸気雲爆発している。

2 浮き屋根式屋外貯蔵タンクの火災形態

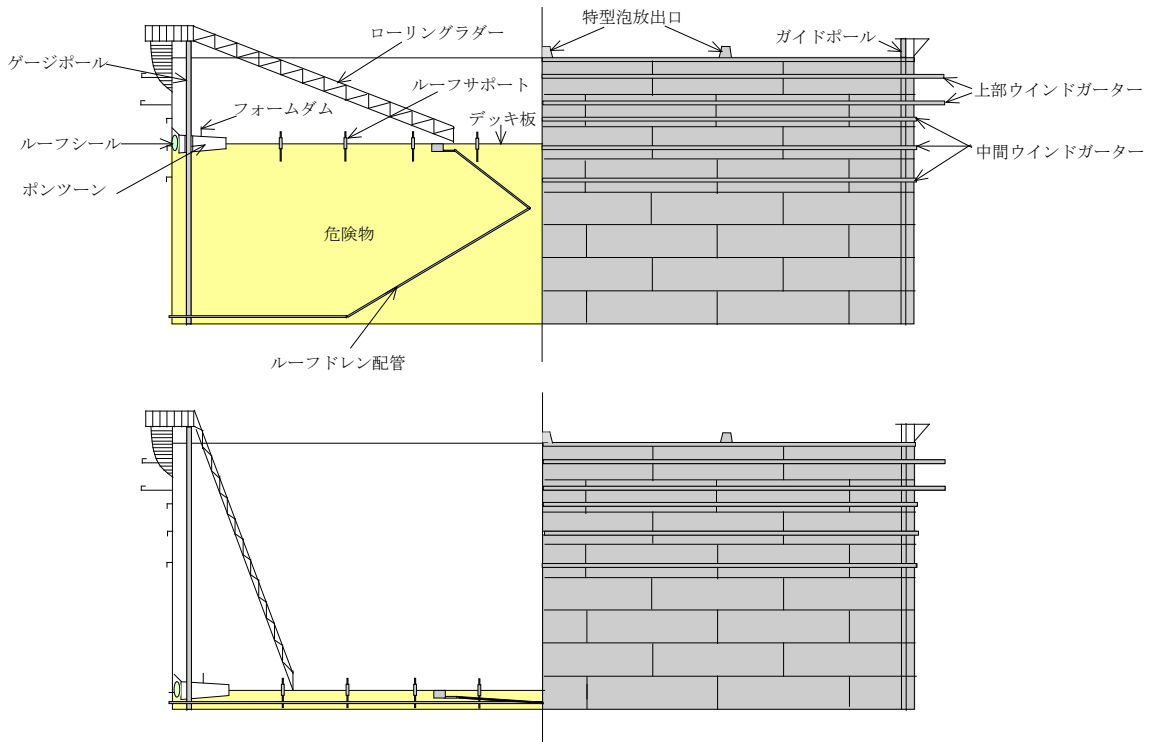
2.1 浮き屋根式屋外貯蔵タンクの構造概要

浮き屋根式屋外貯蔵タンクは、フローティングルーフタンク (Floating Roof Tank=FRT) とも呼ばれ、その名のとおり屋根 (浮き屋根) を貯蔵する危険物の上に浮かべた構造となっている。

浮き屋根の最外周部には、ポンツーンと呼ばれる浮き室があり、ポンツーンが危険物から受ける浮力によって、浮き屋根が危険物上に浮いていることになる。

浮き屋根式屋外貯蔵タンクは、浮き屋根が液面に密着していることから、気温変化や危険物の受け入れ、払い出しに伴う呼吸ロスがほとんどなく、蒸発による損失が極めて少ない、原油やガソリン等の蒸発しやすい危険物の貯蔵に適した構造となっている。

図 2-1 に浮き屋根式屋外貯蔵タンク (1 枚板構造) の構造を示す。



上段の図は浮き屋根が危険物の上に浮かんでいる状況
下段の図は危険物の払い出しに伴い、浮き屋根が着底した状況

図 2-1 浮き屋根式屋外貯蔵タンク (1 枚板構造) の構造

浮き屋根には、デッキ板が 1 枚で構成される 1 枚板構造のものと、デッキ板が 2 枚で構成される 2 枚板構造のものが存在する。2 枚板構造のものは、1 枚板構造のものに比べて蒸発損失が少ない、浮力が大きい、剛性が高いという特徴がある。

浮き屋根式屋外貯蔵タンクは、構造上、貯蔵している危険物の受け払いに伴って浮き屋根

が上昇及び下降する構造となっているため、浮き屋根と側板の間には、貯蔵している危険物に雨水が浸入することを防ぐとともに、危険物の蒸発を防ぐためのシール機構が設けられている。図 2-2 に一般的に使用されているウレタンフォームシールの例を示す。

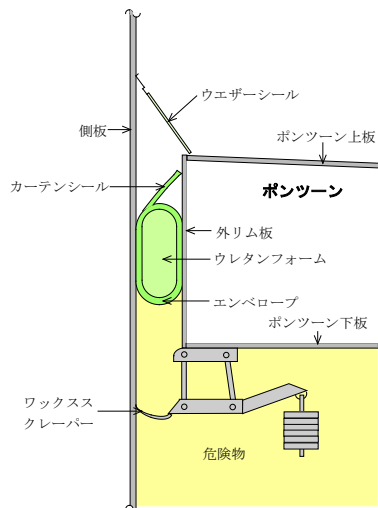


図 2-2 シール機構の例

2.2 浮き屋根式屋外貯蔵タンクに設置されている消火設備

浮き屋根式屋外貯蔵タンクに設置されている固定式の消火設備には次の 2 種類がある。

(1) 第 3 種固定式泡消火設備

法令では、高引火点危険物（引火点が 130℃以上の危険物）のみを 100℃未満の温度で貯蔵し、又は取り扱う屋外貯蔵タンク以外の屋外貯蔵タンクで、液表面積が 40m²以上、又は高さが 6m 以上の屋外貯蔵タンクや石油備蓄タンクの一形態である地中タンクについては、第 3 種の消火設備のうち、泡消火設備を設置することとされている。

第 3 種固定式泡消火設備とは、屋外貯蔵タンクの火災に対して消火用泡を放出することによって、火災を窒息効果により消火するための設備である。

浮き屋根式屋外貯蔵タンクに設置されている泡消火設備には、写真 2-1 に示すような「特型泡放出口」が設置され、側板とフォームダムの間（以下「環状部分」という。）に泡を放出することによって、環状部分に発生した火災を消火する仕組みとなっている。図 2-3 に特型泡放出口からの泡放射のイメージを、写真 2-2 に特型泡放出口からの泡放射の状況を、それぞれ示す。

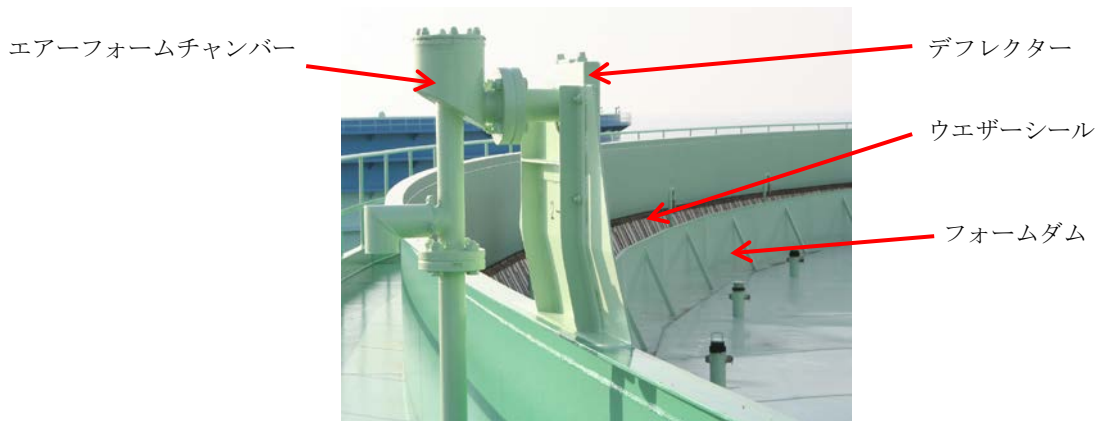


写真 2-1 特型泡放出口の設置状況

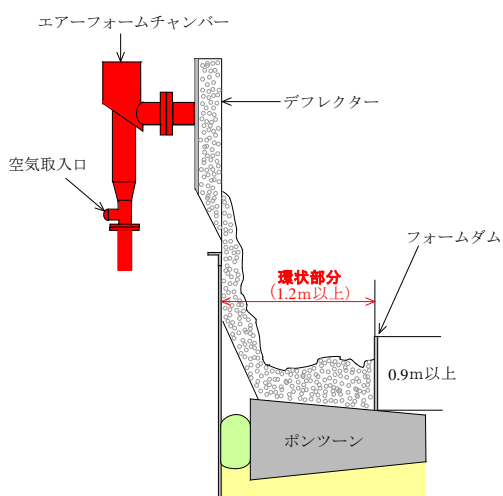


図 2-3 特型泡放出口からの泡放射イメージ 写真 2-2 特型泡放出口からの泡放射状況

出典：深田工業株式会社カタログ

(2) ハロゲン化物消火設備（二酸化炭素消火設備）

浮き屋根式屋外貯蔵タンクと同様の浮き屋根構造を有する地中タンクでは、シール機構に発生した火災を初期に消火するためのハロゲン化物消火設備、又は二酸化炭素消火設備の設置が義務付けられている。（浮き屋根式屋外貯蔵タンクにおいても、同様の目的で設置されている例がある。）

ハロゲン化物消火設備を例とすると、消火の方法には、シール機構を構成するウェザーシール内に噴射ヘッドを配置し、①易溶金属が火災による熱で熔融し、加圧封入したハロゲン化物（一般的にはハロン 2402）を放射する方法と、②火災を感知するセンサーの信号によりバルブを開放し、ハロゲン化物を放射する方法がある。

図 2-4 に①の方法によるハロゲン化物消火設備の設置状況の例を、図 2-5 に作動イメージを、それぞれ示す。

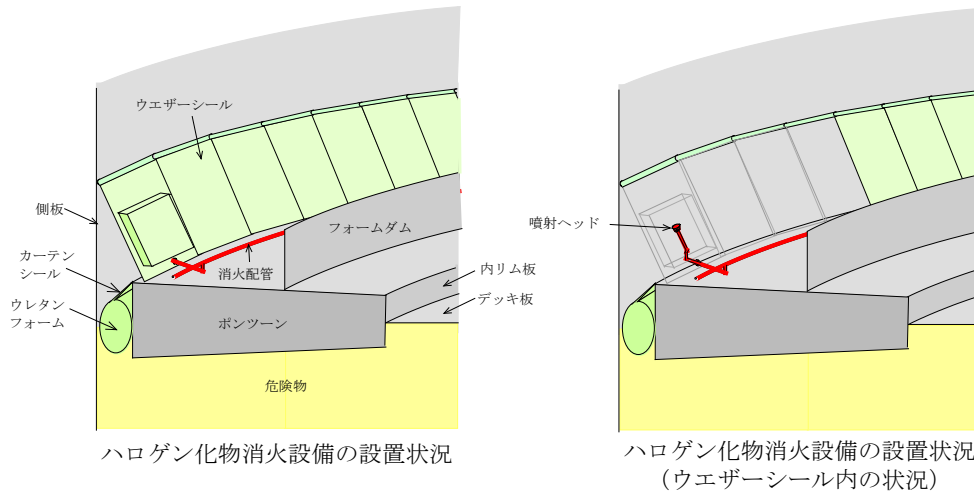


図 2-4 ハロゲン化物消火設備の設置状況の例

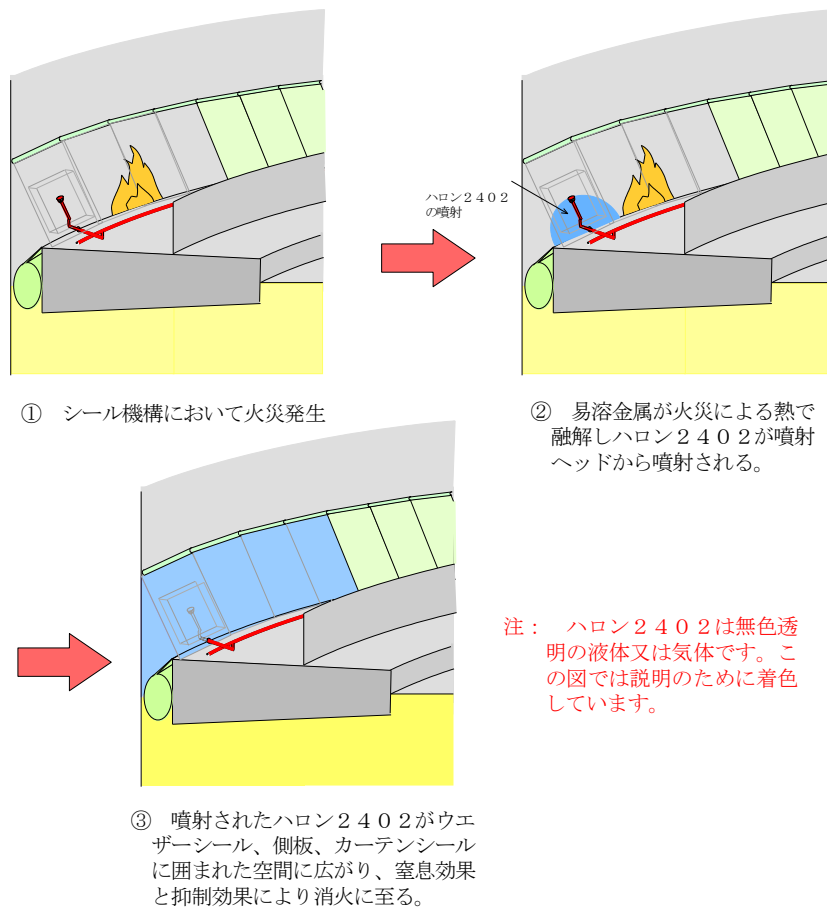


図 2-5 ハロゲン化物消火設備の作動イメージ

2.3 浮き屋根式屋外貯蔵タンクの火災形態

浮き屋根式屋外貯蔵タンクの火災には、次に示す 3 つの形態がある。

(1) リム火災

浮き屋根式屋外貯蔵タンクでは、貯蔵している危険物が空気に接触している部分、すなわち可燃性蒸気を発生している部分は、シール機構と側板のごく僅かな隙間であることから、落雷、地震時に発生する液面揺動（スロッシング）に起因する附属設備の接触による衝撃火花や他からの延焼に起因する引火はこの部分で発生すると考えられている。

このシール機構で発生した初期の火災がリム火災と呼ばれる形態であり、リム火災に対しては前 2.2(2)に示したハロゲン化物消火設備、又は二酸化炭素消火設備により消火することが可能であると考えられている。

(2) リング火災

リム火災に対して適切な消火が行われなかった場合、火炎はシール機構上を延焼し、やがて浮き屋根の全周にわたって火炎が発生するようになる。

この状態がリング火災と呼ばれる形態であり、リング火災に対しては前 2.2、(1)に示した第 3 種固定式泡消火設備により消火することが可能であると考えられている。

(3) 全面火災

リング火災を適切に消火できなかった場合、ポンツーンは火炎により次第に損傷し、やがて損傷部位から消火用泡（又は還元された泡水溶液）や危険物がポンツーン内に流入することによって、浮き屋根は必要となる浮力を失い、危険物中に沈降していくようになる。

浮き屋根が危険物中に沈降し、液表面がすべて露出した状態での火災形態が全面火災と呼ばれる形態であり、第 3 種固定式泡消火設備により消火することはできず、外部から大量の泡をタンク内に放射して消火することが必要となる。また、貯蔵されている危険物の種類や貯蔵量にもよるが、ボイルオーバーの発生する可能性があることから、消火は短時間でを行うことが求められる。

なお、浮き屋根が必要な浮力を失って危険物中に沈降してしまうケースとしては、次のようなケースも考えられ、この場合は液表面が露出している状態で、何らかの火源により着火すると、リム火災やリング火災を経ることなく全面火災が発生することになる。

ア 地震による液面揺動によって浮き屋根ポンツーンが損傷し、結果としてポンツーンが沈降してしまうケース

イ 浮き屋根の排水設備、又は非常用排水設備の維持管理上に不備があった場合において、降雨時に滞留した雨水の荷重がポンツーンの浮力を上回り、結果として浮き屋根が沈降してしまうケース

3つの火災形態の関連を整理した結果を、図 2-6 に示す。

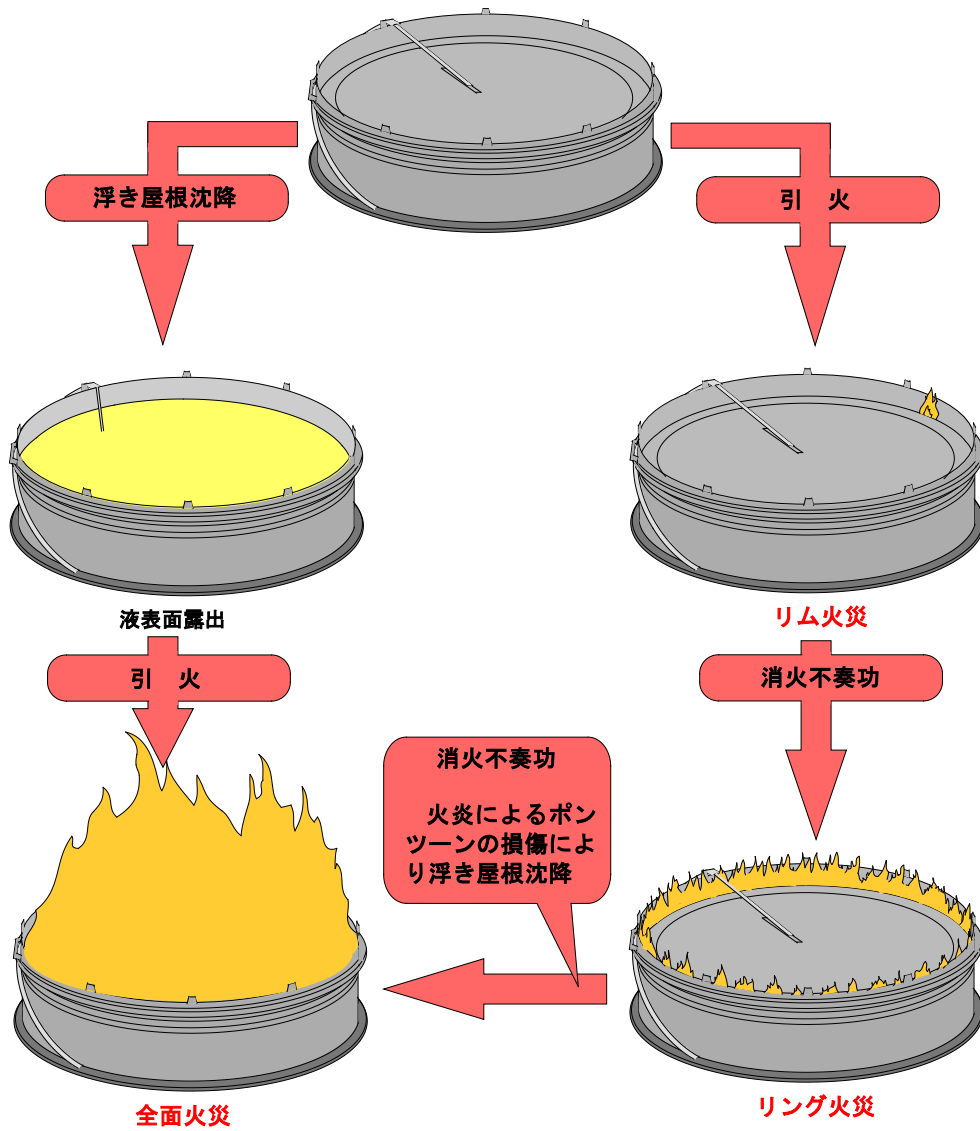


図 2-6 浮き屋根式屋外貯蔵タンクの火災形態の関連

3 固定屋根式屋外貯蔵タンクの火災形態

3.1 固定屋根式屋外貯蔵タンクの構造概要

(1) 固定屋根式屋外貯蔵タンクの種類

固定屋根式屋外貯蔵タンクは、屋根の形状により 2 つの種類に大別することができる。

ア 円錐屋根式の固定屋根式屋外貯蔵タンク

円錐屋根式の固定屋根式屋外貯蔵タンクは、コーンルーフタンク（Cone Roof Tank = CRT）と称されるタンクで、その名のとおり屋根が円錐の形状をしている屋外貯蔵タンクをいう。

この形式のタンクは、無弁通気管、又は低圧で作動する大気弁付き通気管を取り付け、重油、軽油及び灯油等の揮発損失の比較的少ない石油類の貯蔵に用いられる。

タンクの内径が増すと屋根自重が増加していくことから、概ね 4 万キロリットル以下のタンクに適用され、さらに大型の屋外貯蔵タンクを製造する場合は、浮き屋根式屋外貯蔵タンクとする必要がある。

屋根自重を支持する方法によって、支柱で支持する形式（支柱支持円錐屋根）とトラスで支持する形式（トラス支持円錐屋根）の 2 形式に区分することができる。支柱支持円錐屋根タイプの固定屋根式屋外貯蔵タンクの構造を図 3-1 に、トラス支持円錐屋根タイプの固定屋根式屋外貯蔵タンクの構造を図 3-2 に、それぞれ示す。

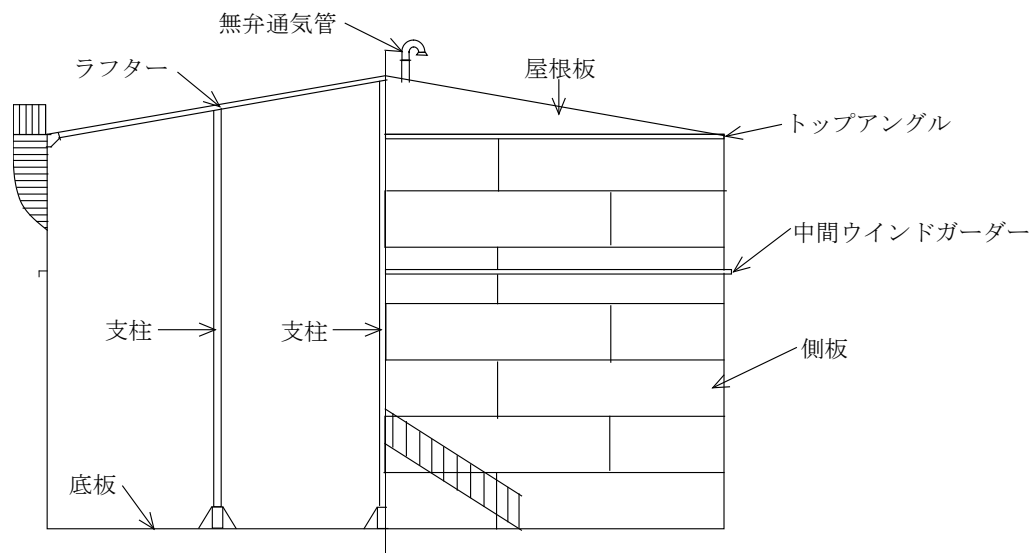


図 3-1 支柱支持円錐屋根タイプの固定屋根式屋外貯蔵タンクの構造

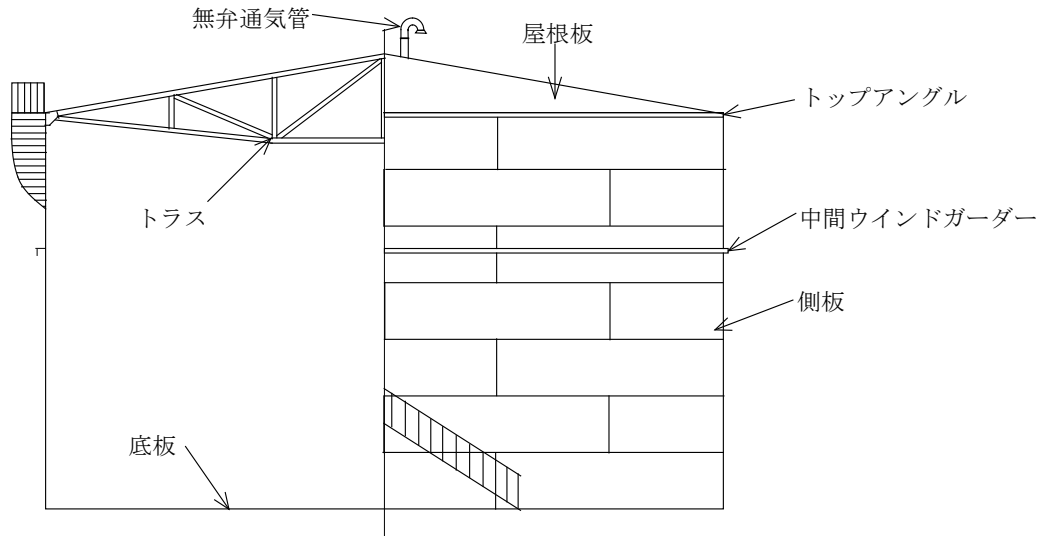


図 3-2 トラス支持円錐屋根タイプの固定屋根式屋外貯蔵タンクの構造

イ 球面屋根式の固定屋根式屋外貯蔵タンク

球面屋根式の固定屋根式屋外貯蔵タンクは、ドームルーフタンク（Dome Roof Tank = DRT）と称されるタンクで、その名のとおり屋根が球面の形状をしている屋外貯蔵タンクをいう。

この形式のタンクは、屋根の形状が球面であることから、コーンルーフタンクよりも内圧に対して強い構造となっており、大気弁付き通気管の設定圧力を高くすることにより、貯蔵時に内圧の高くなる危険物を貯蔵することができる。

図 3-3 に球面屋根式の固定屋根式屋外貯蔵タンクの構造を示す。

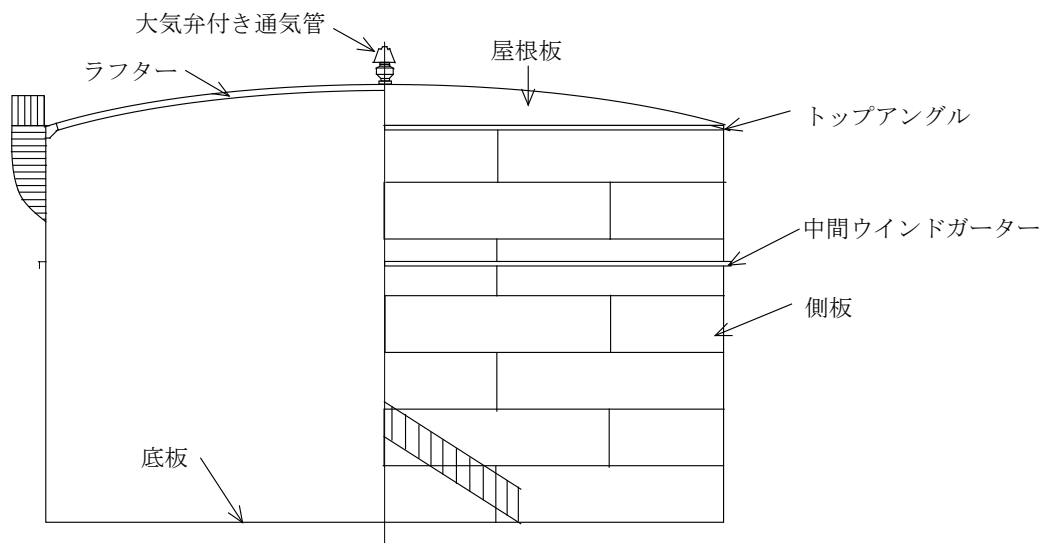


図 3-3 球面屋根式の固定屋根式屋外貯蔵タンクの構造

(2) 放爆構造

固定屋根式屋外貯蔵タンクは、危険物の火災・爆発等により、タンク内の圧力が異常に上昇した場合に内部のガス、又は蒸気を上部に放出できる構造としなければならないとされている。

一般に放爆構造と呼ばれるこの構造は、功を奏すれば、高圧のガス、蒸気は上方へ飛散して被害を最小限に抑えることが可能となるが、功を奏しなかった場合は、高圧のガス、蒸気その他、貯蔵されている危険物が水平方向へ飛散して大きな被害を及ぼすことも考えられる。

図 3-4 に固定屋根式屋外貯蔵タンクの放爆構造のイメージを示す。

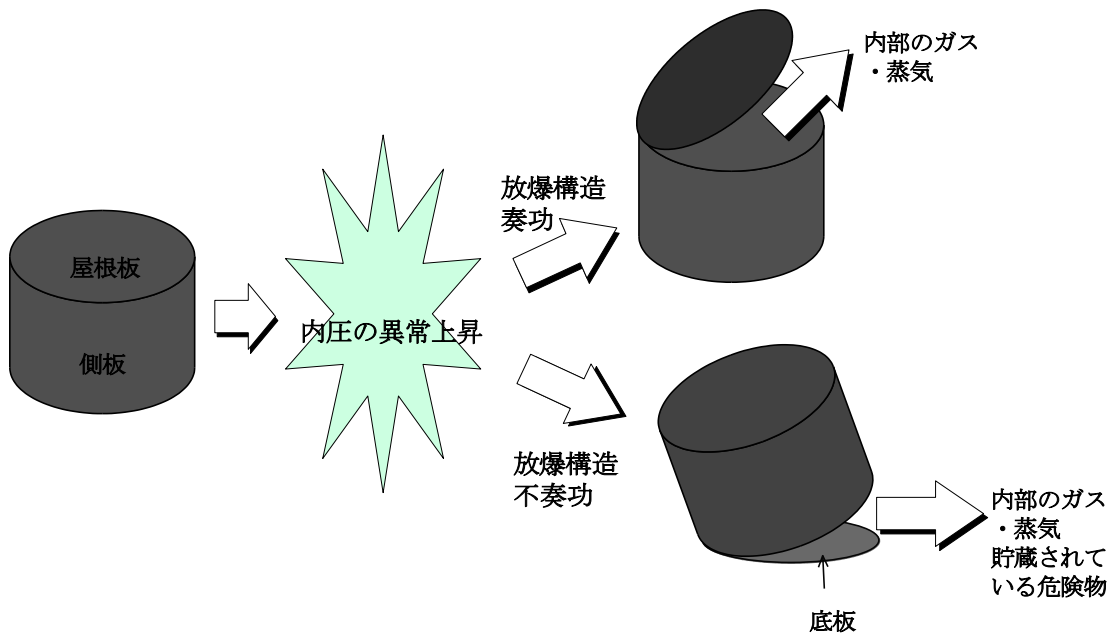


図 3-4 固定屋根式屋外貯蔵タンクの放爆イメージ

放爆構造は、基本的に屋根板と側板の接合部（以下「肩部」という。）を、底板と側板の接合部（以下「隅角部」という。）よりも強度的に弱くすることにより成立する。

固定屋根式屋外貯蔵タンクの放爆構造に関して、一般的に適用されている規格は JIS B8501 及び API650 等であり、これらの規格の考え方は、タンク内の圧力が異常に上昇した場合、図 3-5 に示すタンク底部の浮き上がり（アップリフト）が始まる前に、肩部が破壊される構造でなければならないとするもので、具体的な規定として、以下のアからウの要件をすべて満たさなければならないとされている。

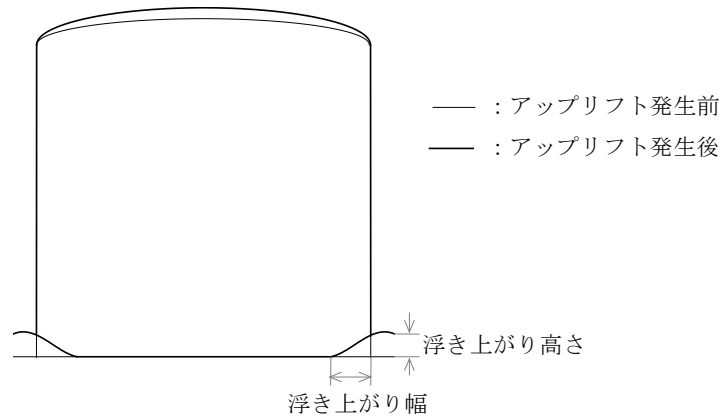


図 3-5 タンク底部の浮き上がり（アップリフト）のイメージ

- ア 屋根板と貯槽頂部補強材との溶接は、片側連続すみ肉溶接とし、すみ肉サイズは 4.5mm（API650 では 3/16in）以下であること。
- イ 屋根板の勾配は 1/6 以下であること。
- ウ 頂部補強部の断面積（図 3-6 中の斜線部）が次式以下であること。

$$\frac{W}{141500 \tan \theta} \quad (\text{cm}^2) \qquad \text{API650 では、} \quad \frac{0.153W}{30800 \tan \theta} \quad (\text{in}^2)$$

W：側板と、側板及び屋根によって支持されている構造物（強め輪、階段、歩廊、ラフター、ガーダー等で、屋根支柱によって支持されているものを除く。）の重量の和。ただし、屋根板を除く。（N）
 θ ：屋根板と側板との取付部で造る角度（度）

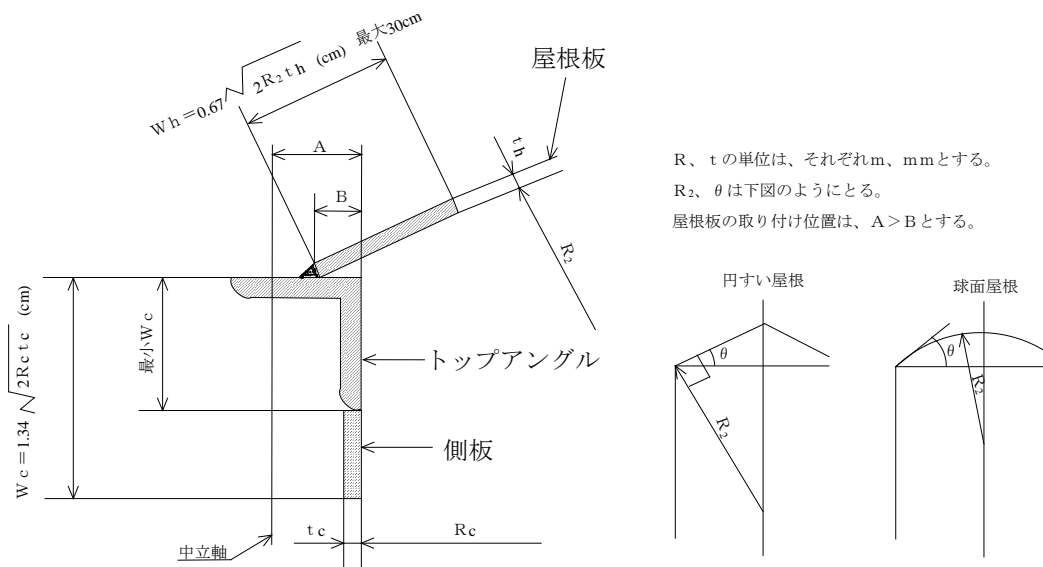


図 3-6 屋根の取り付け形状から定める断面積の範囲

なお、気相部に圧力が加わる貯蔵形態に適しているドームルーフタンクでは、一般的に肩部の強度が隅角部の強度よりも高くなっている。このようなことから、API650 では、アップリフトを押さえるためにアンカーボルトで底板を基礎に固定することを示している。

図 3-7 にアンカーボルトによるアップリフト防止の例を示す。

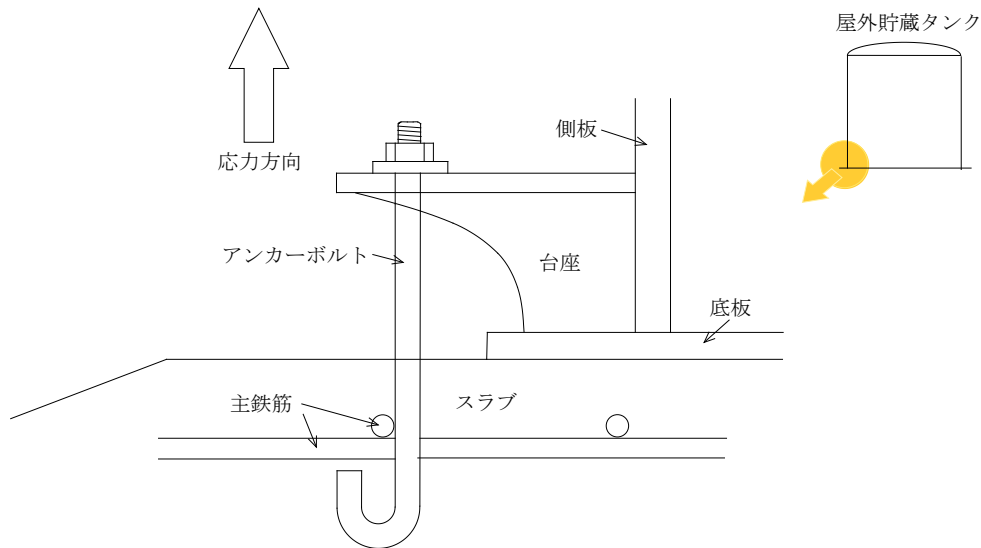


図 3-7 アンカーボルトによるアップリフト防止の例

3.2 固定屋根式屋外貯蔵タンクに設置されている消火設備

法令では高引火点危険物（引火点が 100℃以上の危険物）のみを 100℃未満の温度で貯蔵し、又は取り扱う屋外貯蔵タンク以外の屋外貯蔵タンクで、液表面積が 40m²以上、又は高さが 6m 以上の屋外貯蔵タンクや石油備蓄タンクの一形態である地中タンクや海上タンクについては、第 3 種の消火設備のうち、泡消火設備を設置することとされている。

消火用の泡で火災を有効に消火するためには、燃烧している油面上を攪拌せずに流動展開させる必要がある。国内の固定屋根式屋外貯蔵タンクに最も多く採用されている II 型泡放出口を例とすると、エアフォームチャンバー（発泡器）で発泡した泡を、デフレクターと呼ばれる反射板を用いることにより、著しい液面下への投入をさせずに側板の内面に沿って流下させ、液面を攪拌することなく液面上を流動展開させている。

II 型泡放出口による泡放出のイメージを図 3-8 に、II 型泡放出口による泡放出の状況を写真 3-1 に、それぞれ示す。

写真 3-1 から、デフレクターにより、エアフォームチャンバーから放出された泡が直接液面に投入されることなく、側板の内面に沿って流下していることが分かる。

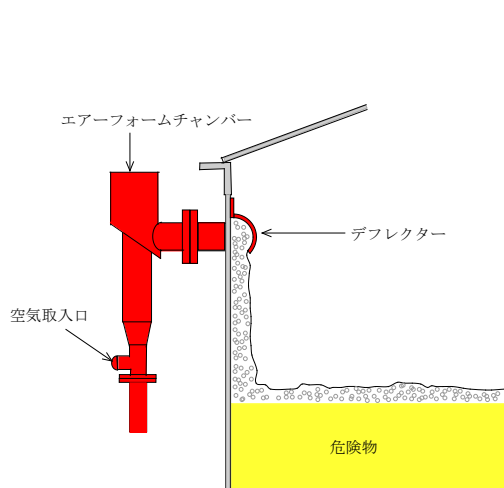


図 3-8 II型泡放出口による泡放射のイメージ



写真 3-1 II型泡放出口による泡放出状況
出典：深田工業株式会社カタログ

3.3 固定屋根式屋外貯蔵タンクの火災形態

(1) 全面火災

固定屋根式タンクに火災や爆発が発生すると、前 3.1、(2)に示した放爆構造によって屋根板と側板頂部との接合部が破断する。この破断の範囲が大きい場合、大きな開口部が生じてタンク内部へ燃烧に必要な酸素が十分に供給されるため、液表面の全面に火炎が発生する全面火災に至る。

このような放爆の直後から全面火災になるような接合部の大きな破断は、比較的直径の小さい屋外貯蔵タンクで発生すると考えられている。

図 3-9 に放爆の直後から全面火災となったイメージを示す。

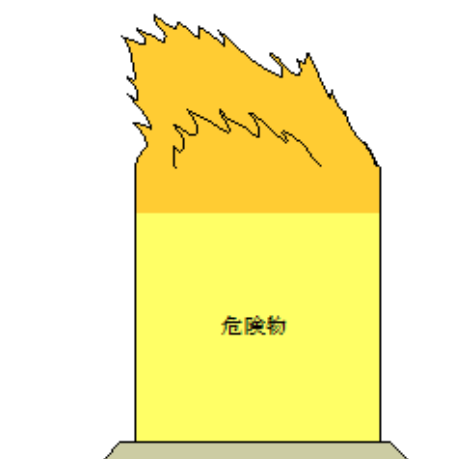


図 3-9 放爆の直後から全面火災となったイメージ

(2) 部分火災

破断の範囲が小さい場合は、燃烧に必要な酸素が十分に供給されないことから、液表面の一部に火炎が発生する部分火災となる。部分火災では、大量の黒煙が発生するが、これは開口部から遠い部分において酸素の供給が十分でないことに起因する不完全燃烧によるものである。

このような部分火災であっても適切な消火が行われなければ、屋根板、屋根骨は赤熱、変形、湾曲して開口面積が増大し、やがて屋根板、屋根骨、側板が折れ曲がるように油面に落下し、結果として燃烧面積の増大によって全面火災に至ることになる。

適切な消火が行われず、部分火災から全面火災に至るイメージを図 3-10 に示す。

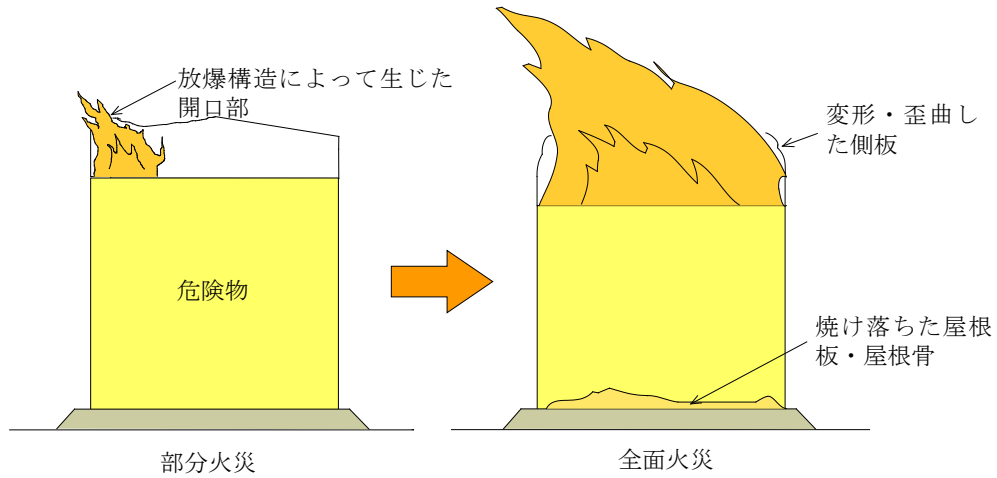


図 3-10 適切な消火が行われず、部分火災から全面火災に至るイメージ

4 固定屋根付き浮きぶた式屋外貯蔵タンクの火災形態

前 2 に示した浮き屋根式屋外貯蔵タンク及び前 3 に示した固定屋根式屋外貯蔵タンク以外の屋根形式として、固定屋根付き浮きぶた式屋外貯蔵タンクがある。この固定屋根付き浮きぶた式屋外貯蔵タンクは、いわゆるインナーフロートタンクと呼ばれるもので、浮き屋根式屋外貯蔵タンクと固定屋根式屋外貯蔵タンクの長所を組み合わせ、揮発性が高く、雨水の浸入を嫌う危険物の貯蔵に適している。

図 4-1 に固定屋根付き浮きぶた式屋外貯蔵タンクの構造を示す。

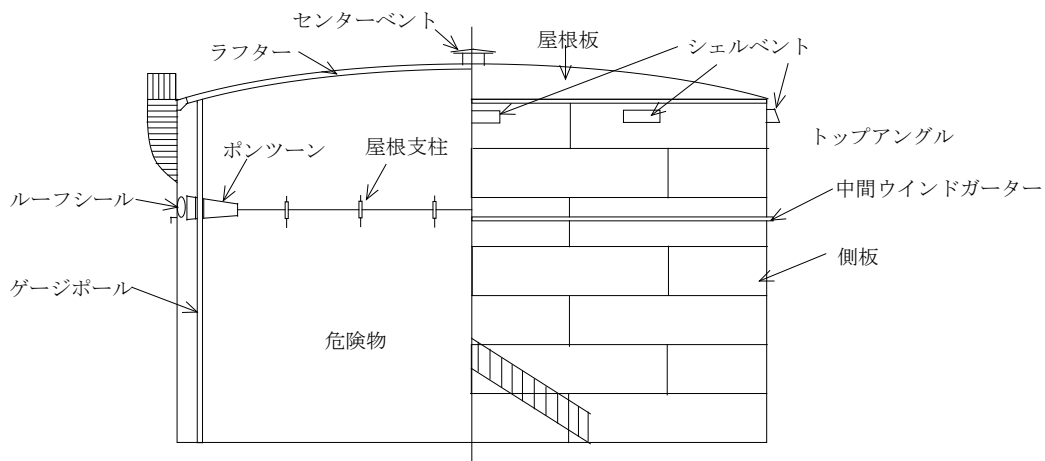


図 4-1 固定屋根付き浮きぶた式屋外貯蔵タンクの構造

固定屋根付き浮きぶた式屋外貯蔵タンクでは、浮き屋根式屋外貯蔵タンクと固定屋根式屋外貯蔵タンクの双方の性質を有していることから、リム火災、リング火災、部分火災、全面火災といった火災形態が発生する可能性がある。

海外における災害事例

海外で発生した過去の災害事例の中には、ボイルオーバーや BLEVE、蒸気雲爆発が発生し、多数の被害を及ぼした大災害がある。ボイルオーバー、BLEVE 及び蒸気雲爆発は消防活動にあたる防災要員や消防隊員等のみならず、周辺住民等に対しても甚大な被害を及ぼすことが考えられることから、防災要員等はタンク火災等の対応にあたって、これらの発生防止及び被害の拡大防止を念頭に置くことが重要である。

以下に海外で発生したボイルオーバー、BLEVE 及び蒸気雲爆発に係る事故事例を示す。

1 ボイルオーバーに係る事故

1.1 テッサロニキ・油槽所火災事故

(1) 事故概要

ア 1986年2月24日、ギリシャのテッサロニキに所在する油槽所において発生した大火災事故で、油槽所のタンク12基のうち、10基が炎上し、地上火災が油槽所敷地の75%に及ぶ等、損害総額は10百万ドル（当時の為替レートで約18億円）を越えた。

また、消火主配管や固定消火設備がすべて破損し、消火活動が困難を極めた災害である。

イ 堤内の漏油、泡消火薬剤の不足、及び風等の要因により、隣接する防油堤内へ次々と延焼拡大し、固定屋根式タンク7基中の6基で地上火災の放射熱によって内圧が上昇して屋根板が避け、全面火災を起こしたほか、発災後5日目には原油タンクTk-8でボイルオーバーを起こし、ファイヤーボールが約300mの高さまで立ち上り、着火した油がタンクから150mの範囲に降り注いだ。また、発災後7日目には、炎上中の燃料油タンクTk-2でボイルオーバー状の内容物噴出が起り、油が燃えながら周辺に飛び散り、そのたびにリング火災が発生して火勢が強まった。発災から7日後に、ようやく鎮火した。

(2) 事故原因

燃料油タンクTk-1の防油堤内で補修工事中、切断火花が堤内の漏油に着火したものであり、防油堤内の漏油及び枯れ草等への延焼を経て、防油堤内を貫通する開渠を通じて隣接の防油堤へ拡大し、防油堤内の全面火災になったものとされている。

なお、防油堤内の漏油についての原因は不明である。

(3) 防災活動上の問題点及び教訓等

- ア 発端となった防油堤の火災に対し、当初、油槽所の従業員が可搬式消火器で消火しようとして、地元公設消防隊への通報が発災から約 30 分後となり、公設消防隊の到着が遅れた。
- イ 広域からの公設消防隊及び陸軍消防隊が消防活動のため、ぞくぞくと現地に到着したが、アクセス道路の整備が不十分であったため、消火活動が困難であった。
- ウ 地上火災及びタンク火災は油槽所のほぼ全域に拡大し、消火設備及びプロセス配管の損害による使用不能等もあり、多数の消防隊員が火に包まれる危険にさらされ、消防車 1 台が炎上した。
- エ 防油堤内の地上火災が広範囲に及び、相当数の消防隊員が燃えている原油を泡消火薬剤で消火する作業にあっていたが、ホースの展張や発砲ノズルの操作等に伴い、すでに消火した部分の泡被膜が乱れて破れ、再着火する危険性が懸念された。(実際に数回このような場面があったが、これによる火傷者はいなかった。)

1.2 リヨン・油槽所火災事故

(1) 事故概要

- ア 1987 年 6 月 2 日、フランスのリヨンに所在する油槽所において発生した爆発火災事故で、設備の損害額は 1 億フラン（邦貨換算約 24 億円）に及び、工事中の作業員 2 名が焼死したほか、負傷者 16 名が発生した災害である。
- イ 事故が起きたのは、面積 5,400m²の防油堤内（堤内は間仕切りで 7 つに区分され、ポンプ設備及び屋外貯蔵タンク 58 基があった。）で、タンク及びポンプの変更工事の準備中、ポンプ設備付近からガスが霧状に噴出して着火し、1 分後大爆発が起こり、ポンプブロックで火災が発生し、拡大した。10 分後にはガソリン用添加剤 250kl が入ったタンクが爆発して、防油堤内火災に急速に拡大、他のタンク 5 基が爆発、四散したためさらに延焼範囲が拡大した。
- ウ 発災から約 5 時間 30 分後、消火活動によって火勢は衰えてきていたが、No.6 軽油タンク（容量 2,900kl、在槽量 1,000kl）がボイルオーバーを起こし、高さ約 450m、幅 200m にも及ぶファイヤーボールを生じた。幸いにも、消防隊員等はボイルオーバー直前にタンク上部に亀裂が入り始めたことに気付き、緊急退避して難を逃れたが、このボイルオーバーにより、隣接防油堤内及び所内の各種建物へ火災が新たに拡大した。鎮火したのは、発災から 22 時間後であった。

(2) 事故原因

防油堤内のポンプ設備付近で霧状に噴出したガスに何らかの着火源により着火し、大爆発を起こし火災となったものとされているが、ガスの漏えいがタンクからの漏えいか、ポ

ンプからの漏えいも不明であり、着火源も不明であることから、原因は特定されていない。

(3) 防災活動上の問題点及び教訓等

- ア 発災現場には、多くの極性を有する石油製品があったため、使用した泡消火薬剤の効果が低下した。消火対象物の正常に応じて、泡原液を選ぶ必要がある。
- イ 泡消火にあたり、消防ホース等がもつれたため、泡の拡散が阻害された。
- ウ 発災から約 10 分後に発生したガソリン用添加剤が入ったタンクの爆発に伴い、自衛消防隊員が設置した放水装置が破損した。
- エ 事故が発生した防油堤内には、溶接、切断、サンドブラスト等約 10 種の作業場が設置されていたほか、仮設小屋、クレーン、発電装置等を設置するため、防油堤が部分的に撤去されていた。

2 BLEVEに係る事故

2.1 メキシコシティ・液化石油ガスタンク群の大爆発

(1) 事故概要

ア 1984年11月19日、メキシコのメキシコシティ近郊に所在する石油公社のガス供給センターにおいて発生した液化ガスタンクの大爆発事故で、センター内の液化ガスタンク 54 基のほとんどが爆発炎上し、センターに隣接する住宅地等に対して、爆風、飛散物等による多大な被害（全半壊した家屋は 1,400 軒以上にのぼり、31,000 人が家屋を失った。）をもたらした災害である。

人的被害は、死者 500 人以上、負傷者 4,000 人以上にも及ぶ大惨事である。

イ ガス供給センターには、6 基の球形タンクがあったが、このうち 4 基が大音響とともに相次いで爆発し、残る 2 基も大きく傾いて、タンク頂部から激しく炎を噴き上げたほか、隣接する枕形タンクも次々と爆発した。爆発は少なくとも 10 回に及び、上空数百メートルまで達する巨大なファイヤーボールが発生、爆風により約 10km も離れた民家の窓ガラスが割れ、タンクの破片は 3km 四方に飛散した。

化学消防車等 100 台余りが出動したほか、ヘリコプターによる空からの消火活動も行われたが、火勢が強く、炎上中のタンクに冷却注水するのが精一杯であった。当時センター内に貯蔵された 12,000kl の液化ガスがすべて燃え尽き、完全に鎮火したのは、発災から約 36 時間後であった。

(2) 事故原因

1984年12月12日に公表されたメキシコ連邦検察庁による第1回調査報告書では、ガス供給センター内のガス導管に亀裂が生じ、周辺に滞留していた漏えいガスに、センター内のガスバーナーの火が着火したためとされている。

3 蒸気雲爆発に係る事故

3.1 フリックスボロー・化学プラント爆発事故

(1) 事故概要

ア 1974年6月1日、イギリスのフリックスボローに所在する化学プラントにおいて発生した大規模な爆発事故で、工場内で死者28人と負傷者89人を出したほか、工場外においても負傷者及び損傷が広範囲にわたって生じ、1821軒の家屋、167の作業場及び工場が損傷を受け、負傷者53人を出した災害である。

イ プラントの反応器間を接続していた仮設配管のベローズ部がせん断破壊したことにより、破断部から大量のシクロヘキサンが漏えいしたが、この漏えいが始まってから発火するまでの50秒の間に漏えいしたシクロヘキサンの量は約30～50tとされており、16時53分、TNT爆薬15tに匹敵する爆発が発生した。

(2) 事故原因

シクロヘキサンの空気酸化により、シクロヘキサノンとシクロヘキサノールの混合物を生成させるプラントにおいて、No.5反応器の修理に伴い、No.4とNo.6の反応器を、ベローズを介して仮設配管で接続（反応器間には段差があったため、S字型に屈曲して接続）して稼働させていたところ、ベローズがせん断破壊され、大量のシクロヘキサンが漏えいして蒸気雲を形成し、着火、爆発したものである。

なお、漏えいしたシクロヘキサンの蒸気雲に対する着火源は、若干離れた位置にあった加熱炉と推察されている。

3.2 バンスフィールド油槽所爆発火災事故

(1) 事故概要

ア 2005年12月11日、イギリスのハートフォード県メルヘムステッドに所在するバンスフィールド油槽所において発生し、20基を越える石油タンクがほぼ一度に炎上した大規模な爆発火災事故である。

イ 6時01分に発生した最初の大爆発の規模はマグニチュード2.4を記録するなど、その規模が極めて大きかったため、複数のタンクが同時に火災に巻き込まれ、結果的に22基のタンクが炎上し、消火まで4日を要した。事故当時、油槽所にはおよそ10万klの燃料が貯蔵されていたが、この爆発火災によっておよそ6万klが焼失している。

ウ 爆発による建物の構造的被害は半径3kmに及び、油槽所に隣接する工業団地の約500人が勤務する20の企業の建物が破壊されるとともに、約3,500人が勤務する60の企業の建物が利用を再開するためには補修を要する状態となった。

なお、人的被害については、死者は発生しておらず、負傷者は43人であった。

(2) 事故原因

No.912 タンクに無鉛ガソリンを受け入れていたが、液面上限安全スイッチが作動せず、過剰に充填されたため、タンク屋根の通気口からガソリンが溢流し、側壁を伝って燃料が流れ落ちる際に空気を巻き込んで形成された燃焼混合気が防油堤内に滞留し、何らかの火源によって着火、爆発したものとされている。

参 考 文 献

- 1 自衛防災活動マニュアルー屋外タンクの火災と流出ー
昭和 58 年 10 月 石油コンビナート等防災研究会 編
- 2 自衛防災組織等のための防災活動の手引（プラント編）
昭和 59 年 12 月 消防庁
- 3 防災要員教育訓練指針
平成 3 年 5 月 消防庁特殊災害室
- 4 大容量泡放射システムを用いた防災関係機関等が一体となった防災訓練のあり方に掛かる
検討報告書
平成 20 年 2 月 危険物保安技術協会
- 5 内部浮きぶた付き屋外タンクの異常時における対応マニュアル作成に係る検討報告書
平成 21 年 12 月 消防庁特殊災害室
- 6 特定防災施設等の技術基準の検討報告書
平成 25 年 2 月 危険物保安技術協会
- 7 特定防災施設等及び防災資機材等に係る地震対策及び津波対策の推進について
平成 24 年 3 月 30 日消防特第 63 号消防庁特殊災害室長通知
- 8 大容量泡放射システムを活用した防災活動について
平成 19 年 3 月 消防庁特殊災害室
- 9 大容量泡放射システムの輸送のあり方に係る検討報告書
平成 19 年 10 月 消防庁特殊災害室
- 10 大容量泡放射システムの運用に関する調査報告書
平成 25 年 3 月 消防庁特殊災害室
- 11 沖縄ターミナル(榑原油漏洩事故（第 70 報）
平成 25 年 2 月 8 日 消防庁

- 12 No.207 原油タンク浮屋根事故原因の調査結果報告について
平成 25 年 5 月 30 日 沖縄ターミナル㈱
- 13 沖縄ターミナル株式会社原油漏洩事故の概要と対応状況について
消防庁特殊災害室 (Safety & Tomorrow No.147、2013 年 1 月)
- 14 石油コンビナート等防災体制検討会報告書
平成 25 年 3 月 石油コンビナート等防災体制検討会
- 15 千葉県石油コンビナート等防災計画
平成 23 年度修正 千葉県石油コンビナート等防災本部
- 16 三重県石油コンビナート等防災計画
平成 24 年修正 三重県石油コンビナート等防災本部
- 17 石油コンビナート等防災施設の耐災害性の確保のための経年劣化に伴う点検基準のあり方
に関する検討会報告書
平成 25 年 12 月 消防庁特殊災害室・危険物保安室
- 18 平成 15 年十勝沖地震 危険物施設の被害記録
平成 16 年 12 月 危険物保安技術協会
- 19 平成 15 年 (2003 年) 出光興産㈱ 北海道製油所で発生したナフサタンク火災に係る火災
原因調査報告書
平成 16 年 (2004 年) 6 月 独立行政法人 消防研究所
- 20 平成 19 年 (2007 年) 三菱化学株式会社 鹿島事業所内で発生した火災に係る火災原因調
査報告書
平成 21 年 (2009 年) 3 月 総務省消防庁消防大学校 消防研究センター
- 21 三菱化学㈱鹿島事業所 火災事故調査等委員会 報告書
平成 20 年 3 月 三菱化学㈱鹿島事業所火災事故調査等委員会
- 22 三菱化学鹿島事業所 第 2 エチレンプラント火災事故 再発防止対策取り組み状況報告書
平成 20 年 10 月 三菱化学株式会社
- 23 東日本大震災時の LPG タンク火災・爆発事故における防災活動について
コスモ石油株式会社千葉製油所 (Safety & Tomorrow No.143、2012 年 5 月)

- 24 南陽事業所 第二塩化ビニルモノマー製造施設 爆発火災事故調査対策委員会 報告書
平成 24 年 6 月 東ソー株式会社 南陽事業所
第二塩化ビニルモノマー製造施設 爆発火災事故調査対策委員会
- 25 平成 24 年（2012 年）山口県岩国市 三井化学株式会社岩国大竹工場 レゾルシン製造施設
火災に係る原因調査報告書
平成 25 年 11 月 消防庁消防研究センター
- 26 三井化学株式会社 岩国大竹工場 レゾルシン製造施設 事故調査委員会 報告書
2013 年 1 月 23 日 三井化学株式会社 岩国大竹工場
レゾルシン製造施設 事故調査委員会
- 27 株式会社日本触媒 姫路製造所 アクリル酸製造施設 爆発・火災事故 調査報告書
2013 年 3 月 株式会社日本触媒 事故調査委員会
- 28 化学プラントにおける事故防止等の徹底について
平成 24 年 10 月 1 日 消防危第 220 号・消防特 195 号
消防庁危険物保安室長・消防庁特殊災害室長通知
- 29 千葉製油所屋外タンクからのアスファルト漏洩事故 調査報告書
2012 年 9 月 13 日 コスモ石油株式会社 千葉製油所
屋外タンクからのアスファルト漏洩事故調査委員会
- 30 タンク火災〈基礎知識と防災活動〉
平成 2 年 2 月 1 日 全国加除法令出版株式会社 発行
社団法人日本火災学会 消防活動基本問題検討委員会 編
- 31 浮き屋根式屋外貯蔵タンクの火災形態
研修センター（Safety & Tomorrow No.109、2006 年 9 月）
- 32 固定屋根式屋外貯蔵タンクの火災形態
研修センター（Safety & Tomorrow No.110、2006 年 11 月）
- 33 火災爆発事故事例集
平成 14 年 1 月 21 日 株式会社コロナ社 発行
安全工学協会 編

- 34 三菱石油(株)水島製油所 重油タンク底部破断による流出事故の概要
倉敷市消防局 危険物保安課 (危険物保安技術協会、危険物総合情報システム)
- 35 新潟地震火災に関する研究 非常火災対策の調査研究報告書
昭和 39 年度 消防庁
- 36 消防研究所技術資料第 7 号 四日市市大協石油タンク火災 原因調査報告書
昭和 50 年 10 月 自治省消防庁消防研究所
- 37 フリックスボローの化学プラント爆発
武川哲也、小林英男 (失敗知識データベース <http://www.sozogaku.com/hatamura/>)
- 38 英国バンスフィールド油槽所タンク火災について
白石暢彦 (Safety & Tomorrow No.107、2006 年 5 月)
- 39 液面計のトラブルによる危険物施設の大規模災害事例
危険物等事故防止技術センター (Safety & Tomorrow No.108、2006 年 7 月)
- 40 国内外の石油タンク等の火災爆発事例
古積博 (消防研究所報告 通巻 107 号、2009 年 9 月)