

神奈川県石油コンビナート等
防災アセスメント調査報告書
(案)

平成 26 年 3 月

神奈川県

神奈川県石油コンビナート等防災アセスメント調査報告書（案）

目 次

1. 調査内容	1-1
1.1 調査の目的	1-1
1.2 防災アセスメント調査の位置づけ	1-1
1.3 調査対象	1-1
1.4 調査データの収集・整理及び解析	1-2
1.5 調査内容	1-2
1.6 調査の実施手順	1-3
1.7 調査体制	1-3
2. 評価の手法	2-1
2.1 基本的な考え方	2-1
2.2 災害の発生頻度／発生確率の推定	2-2
2.3 災害の影響度の推定	2-4
2.4 総合的な災害危険性の評価	2-4
3. 特別防災区域と評価対象施設	3-1
3.1 特別防災区域	3-1
3.2 評価対象施設	3-7
4. 平常時の事故を対象とした評価	4-1
4.1 災害の拡大シナリオの展開	4-1
4.2 災害の発生危険度（頻度）の推定	4-31
4.3 災害の影響度の推定	4-65
4.4 総合的な災害危険性の評価	4-102
5. 地震（強震動）による被害を対象とした評価	5-1
5.1 前提となる地震の想定	5-1
5.2 災害の拡大シナリオの展開	5-1
5.3 災害の発生危険度（確率）の推定	5-1
5.4 災害の影響度の推定	5-24
5.5 総合的な災害危険性の評価	5-24
6. 地震（長周期地震動）による被害を対象とした評価	6-1
6.1 危険物タンクのスロッシング	6-1
6.2 消防法におけるスロッシング対策	6-1
6.3 東日本大震災のスロッシング被害状況	6-10
6.4 危険物タンクの余裕空間高さ	6-11

6.5	前提となる長周期地震動の想定	6-13
6.6	スロッシング最大波高及び溢流量の推定	6-13
6.7	スロッシングによる災害の危険性	6-15
6.8	災害の影響度の推定	6-18
7.	大規模災害による被害を対象とした評価	7-1
7.1	前提となる大規模災害の想定	7-1
7.2	高圧ガスタンクの爆発による災害	7-4
7.3	プラント製造施設の爆発による災害	7-9
7.4	想定されるその他の大規模災害	7-12
8.	津波による被害を対象とした評価	8-1
8.1	東日本大震災における津波による被害の発生状況	8-1
8.2	前提となる地震の想定	8-4
8.3	津波による被害予測	8-8
9.	防災対策の基本的事項	9-1
9.1	検討にあたっての前提	9-1
9.2	評価結果のまとめ	9-8
9.3	事業所及び各地区における対策の実施	9-15
9.4	防災対策の要点	9-16

参考資料

資料1	コンビナート施設の事故・被害発生状況	資 1-1
資料2	計測震度の算出式	資 2-1
資料3	災害影響の算定方法	資 3-1
資料4	コンビナート地区の気象条件	資 4-1
資料5	津波被害の算定方法	資 5-1
資料6	石油タンクのスロッシングによる溢流量の算定方法	資 6-1
資料7	その他の物質の危険性	資 7-1
資料8	京浜臨海地区の市別内訳	資 8-1
資料9	検討会等構成員	資 9-1

1. 調査内容

1.1. 調査の目的

本県の石油コンビナート等特別防災区域において起こり得る災害の相対的な危険性を把握し、必要となる予防対策や対策を講じる場合の優先度等の検討を行うことにより防災体制の充実・強化を図るうえでの基礎資料とするため、消防庁・石油コンビナートの防災アセスメント指針(平成25年)に示された手法に準拠して、防災アセスメント調査を実施する。

1.2. 防災アセスメント調査の位置づけ

石油コンビナート等災害防止法では、石油コンビナート防災計画を作成し、又は修正しようとするときは、災害の発生のおそれ及び災害による影響について科学的知見に基づく調査、予測及び評価を行うよう努めることとしている。

このたび実施する防災アセスメント調査により、本県の石油コンビナート等特別防災区域において起こり得る災害の相対的な危険性を把握し、必要となる予防対策や対策を講じる場合の優先度等の検討を行い、その結果を踏まえて石油コンビナート等防災計画の充実を図っていくこととする。

1.3. 調査対象

(1) 対象とする災害

- ① 平常時（通常操業時）の事故
- ② 地震（短周期地震動、長周期地震動）による被害
- ③ 大規模災害
- ④ 津波による被害

(2) 対象地区

- ① 京浜臨海地区
- ② 根岸臨海地区
- ③ 久里浜地区

(3) 対象施設

上記地区の特定事業所（第1種・第2種事業所）が保有する以下のコンビナート施設。

- ① 危険物タンク（屋外タンク貯蔵所）
- ② 高圧ガスタンク（可燃性または毒性ガスタンク）
- ③ 毒性液体タンク
- ④ プラント（製造施設等、発電施設等）
- ⑤ パイプライン（導配管）

- ⑥ 陸上入出荷施設（ローリー、取扱所等）
- ⑦ 海上入出荷施設（タンカー棧橋）

1.4. 調査データの収集・整理及び解析

- ① 地区、事業所の状況
- ② 対象施設の位置、諸元、防災設備等
- ③ 気象データ（風向、風速等）
- ④ 地震被害想定調査の結果（デジタルデータ）
- ⑤ 調査対象地区内各地に設置している地震計観測データの集積・分析

1.5. 調査内容

(1) 平常時の災害想定

平常時（通常操業時）における調査対象施設に係る危険物の漏洩・火災、可燃性ガスの漏洩・火災・爆発、毒性ガスの漏洩・拡散等の事故を対象とした以下の評価を行う。

- ① 災害の拡大シナリオの展開
- ② 災害の発生危険度（頻度）の推定
- ③ 災害の影響度の推定
- ④ 災害の発生危険度（頻度）と影響度に基づいた総合的な評価による災害想定

(2) 地震時の災害想定

ア. 短周期地震動（強震動・液状化）による被害

原則、地域防災計画において想定する地震動予測の結果を前提に、短周期地震動（強震動・液状化）による被害（調査対象施設に係る危険物の漏洩・火災、可燃性ガスの漏洩・火災・爆発、毒性ガスの漏洩・拡散等）を対象とした以下の評価を行う。

- ① 災害の拡大シナリオの展開
- ② 災害の発生危険度（確率）の推定
- ③ 災害の影響度の推定
- ④ 災害の発生危険度（確率）と影響度に基づいた総合的な評価による災害想定

イ. 長周期地震動による被害

長周期地震動による危険物タンク（屋外タンク貯蔵所）のスロッシング被害を対象として以下の評価を行う。

- ① 長周期地震動の特性とタンクの固有周期に基づいた災害危険性評価
- ② 災害の想定・影響評価

(3) 大規模災害想定

(1)及び(2)の評価において発生した時の影響が甚大となると考えられる災害（危険物の防油堤外への流出等や高圧ガスタンクの爆発災害の拡大等）について、その影響評価を行う。

(4) 津波による災害想定

浸水による危険物タンクの被害（浮き上がり及び滑動）について、消防庁の簡易被害予測手法に基づく評価を行う。また、コンビナートが浸水した場合のその他の被害や影響について、定性的評価を行う。

1.6. 調査の実施手順

調査の実施手順は、調査対象施設を抽出して貯蔵・取扱物質、形式・規模、取扱条件、防災設備等に関する基礎データを収集し、消防庁指針に従い平常時の事故、地震動（短周期地震動及び長周期地震動）による被害、大規模災害、津波による災害を対象とした評価を行った。

さらに、地震観測記録に基づいた浮き屋根式の屋外タンク貯蔵所のスロッシングを対象とした評価を行い、これらの評価結果をもとに防災対策の要点について検討した。このような調査の実施手順を図1.6.1に示す。

1.7. 調査体制

調査の実施に当たっては、「神奈川県石油コンビナート等防災体制検討会」（既設／一部要綱改正）並びに「神奈川県石油コンビナート等特別防災区域課題検討会」において、防災アセスメント項目その他調査に当たり必要な事項等について検討を行うとともに、調査の進行管理等を実施した。

【調査実施手順】

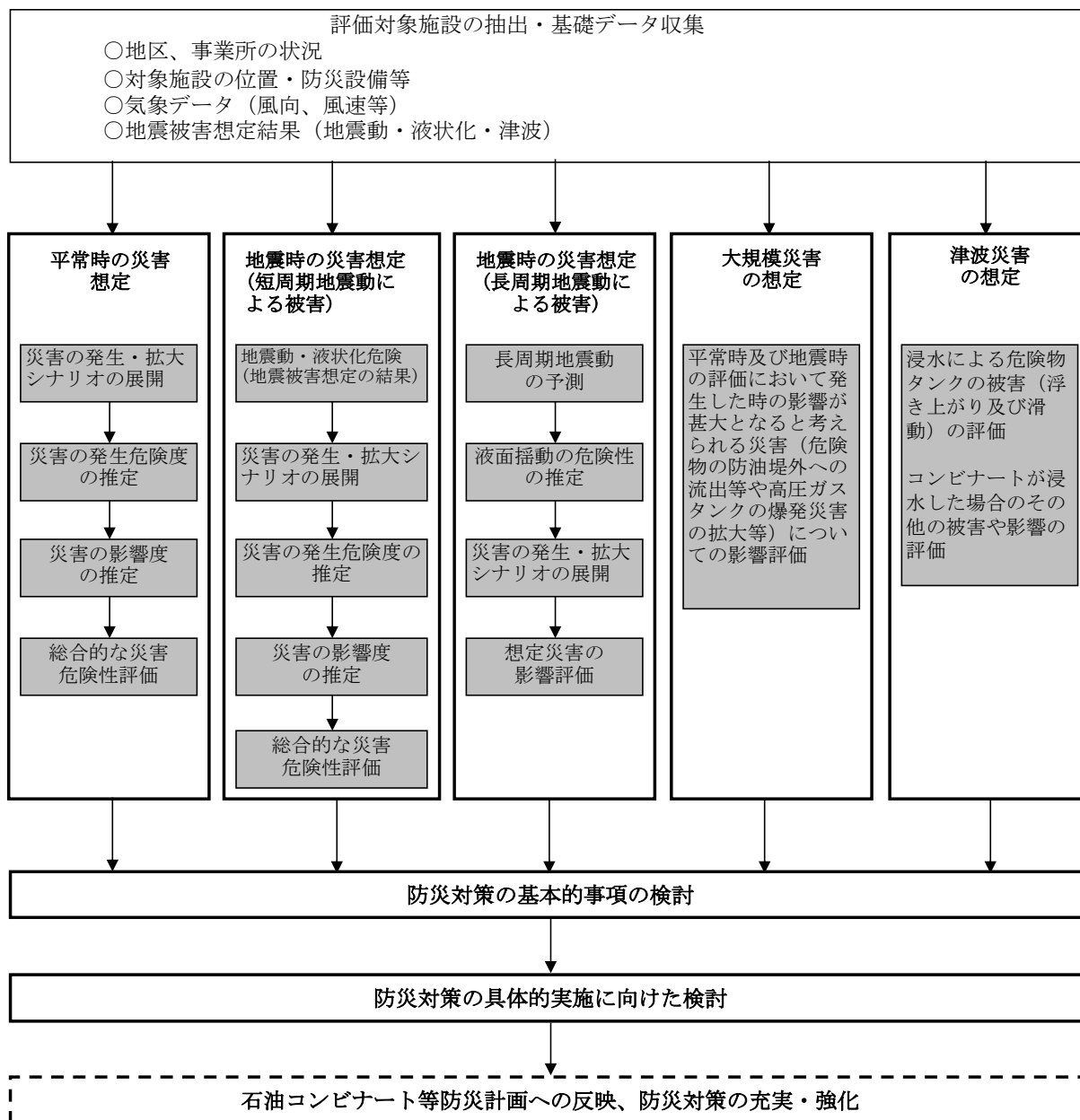


図1.6.1 調査の実施手順

2. 評価の手法

本調査は、原則として「石油コンビナートの防災アセスメント指針（平成25年）」に基づいて実施した。この指針に基づく手法の概要は以下のとおりである。

2.1. 基本的な考え方

リスク(R)は、好ましくない事象(例えば事故)の起こりやすさと発生したときの影響度の積として表わされ、一般的に次のように定義される。

$$R = \sum_i P_i \cdot E_i$$

ここで、 P_i は事象*i* の起こりやすさ、 E_i は事象*i* が発生したときの影響度である。あるいは、より広義に災害の起こりやすさと影響度の関数として表されることもある。事象の起こりやすさは頻度や確率によって定量化される。一方、事象が発生したときの影響度については、評価の目的に応じて災害の物理的作用により被害を受ける範囲の大きさ、死者数や負傷者数などの人的被害、あるいは損害額などの経済的損失が用いられる。

石油コンビナートの防災アセスメントにおいても、このようなリスクの概念を導入して評価を行う。評価にあたっては、まずコンビナートに存在する非常に多くの施設(危険物タンク、ガスタンク、毒性液体タンク、プラント、海上入出荷施設、パイプライン等)の中から、評価対象とする施設を選定することになる。選定にあたって考慮すべき要因は主に次のとおりである。

- ① 取扱う危険物質の量(貯蔵量または滞留量)
- ② 取扱う危険物質の性状(引火点、爆発性、毒性等)
- ③ コンビナート区域外の一般地域・施設との距離

選定した施設に対して、一般的なリスク評価手順に従って災害の起こりやすさと影響度を推定し、これらをもとに個々の施設やコンビナート全体に関するリスクの評価を行う。

この場合、災害の発生頻度(確率)と影響度の積としてのリスク表現を用いるのではなく、両者をもとに災害の危険性を総合評価し、想定災害や講ずるべき防災対策の検討を行うことになる。概ねの実施手順を図2.1.1に示す。

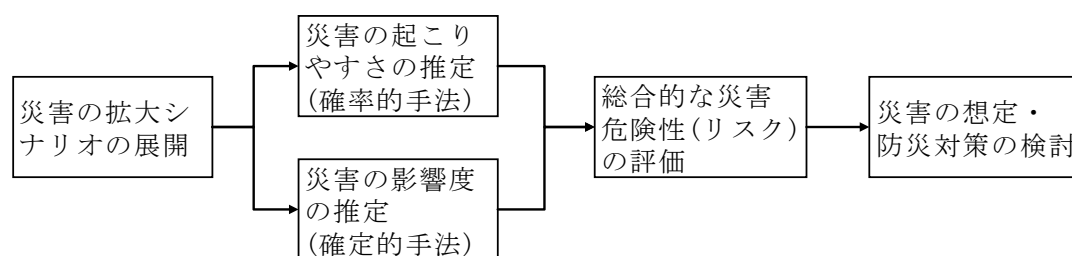


図2.1.1 防災アセスメントの実施手順

2.2. 災害の発生頻度／発生確率の推定

災害の発生頻度（確率）の推定には、主にイベントツリー解析(ETA : Event Tree Analysis)とフォールトツリー解析(FTA : Fault Tree Analysis)を適用する。ETAは、発端となる事象（初期事象）から出発し、これが拡大していく過程を各種防災設備の成否、火災や爆発の発生の有無などによって枝分かれ式に展開していく手法である。図2.2.1に示すように、初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を与えることにより、ツリーの間や末端に現れる各事象の発生頻度を求めることができる。

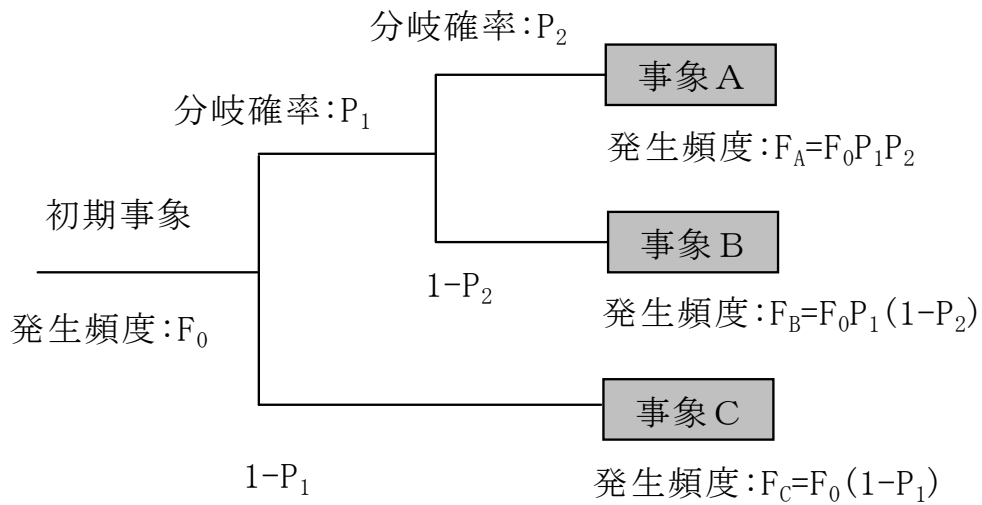


図2.2.1 イベントツリー (ET) の概念

一方FTA は、ある設備の故障といった事象を先頭に置き（頂上事象）、この原因となる事象を次々にトップダウン式に展開していく手法である。ある事象の原因となる下位のいくつかの事象は、AND とOR の2種類のゲートで結合される。図2.2.2 に示すように、末端事象の発生確率が与えられると、これをゲートの種類に応じて足し合わせるか掛け合わせて次々と上位事象の発生確率を算出していき、最後に頂上事象の発生確率が求められる。FTA は、ETA 中の分岐確率を推定するときに適用する。

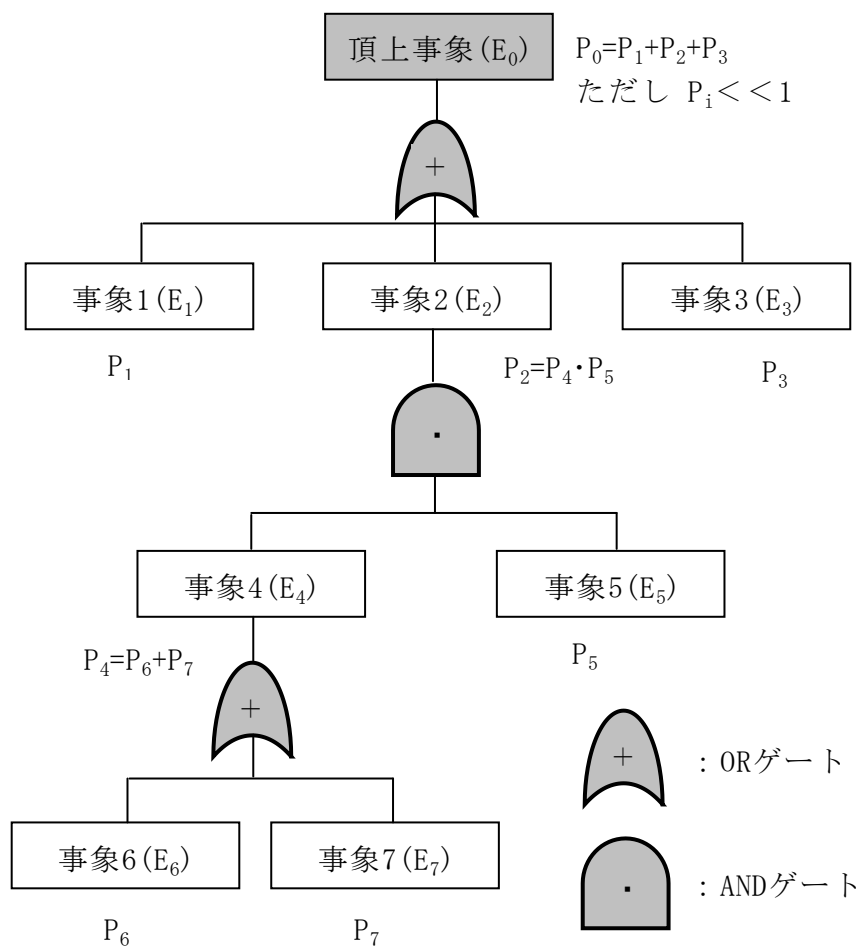


図2.2.2 フォールトツリー (FT) の概念

2.3. 災害の影響度の推定

災害の影響度は、基本的に放射熱、爆風圧、拡散ガス濃度といった物理的作用がしきい値（人体に対する許容限界）を超える範囲の大小により判断する。地域によっては、影響範囲内の土地利用（民家や公共施設等の有無）も考慮する必要がある。作用強度の算定には、個々の施設の諸元、プロセス条件、取扱物質の物性等のデータを必要とする。算定手法は、比較的簡易なものが消防庁指針に示してある。また、しきい値についても、コンビナート区域外の第三者に対する目安として同指針に示されている。

2.4. 総合的な災害危険性の評価

(1) 施設レベルの評価

災害の発生頻度（確率）と影響度の推定結果をもとに、例えば図2.4.1 に示すようなリスクマトリックスにより、防災対策にあたって想定すべき災害やその優先度について検討する。発生頻度や影響度の各区分にどの程度の数値（発生頻度や影響距離）を割当てるか、優先度をどのように設定するかは、評価を行う自治体がコンビナート地区及び周辺地域の状況を勘案して決定することになる。また、発生頻度の大小をもとに何段階かに区分し、それぞれの災害の影響範囲を地図上に表示することも有効である。

災害の起こりやすさ

		極小	小	中	大
影響度	極大	B	A	AA	AA
	大	C	B	A	AA
	中	D	C	B	A
	小	D	D	C	B

AA : 最優先
 A : 優先度大
 B : 優先度中
 C : 優先度小
 D : 優先度極小

図2.4.1 リスクマトリックスによる評価例

(2) 事業所・地区レベルの評価

コンビナートの各事業所（あるいは地区）には、それぞれの業態に応じた数多くの施設（危険物タンク、ガスタンク、プラント、海上入出荷施設、パイプライン等）が存在する。したがって、事業所レベルで見たときの災害発生頻度は、それぞれが所有する施設数に依存することになり、施設種別ごとに個々の施設の災害発生頻度を足し合わせる（あるいは個々の施設の災害発生頻度に該当する施設数を乗ずる）ことにより得られる。このような評価により、各々の事業所が備えるべき防災体制や資機材の検討が可能になる。

3. 特別防災区域と評価対象施設

3.1. 特別防災区域

神奈川県内には3つの石油コンビナート等特別防災区域があり、各地区の位置は次のとおりである。

① 京浜臨海地区

川崎市川崎区及び横浜市鶴見区、神奈川区の臨海部

② 根岸臨海地区

横浜市中区、磯子区及び金沢区が接続する臨海部

③ 久里浜地区

横須賀市久里浜の南端で三浦半島の東側

特別防災区域には3地区合わせて84の特定事業所がある（平成25年9月1日現在）。

各地区の特定事業所数、取扱物質等量の概況は表3.1.1のとおりである。また、特定事業所の立地概況図を図3.1.2～3.1.4に示す。



図3.1.1 特別防災区域の位置

表3.1.1 特別防災区域の概況

平成25年9月1日現在

区 分	区域 面積 (km ²)	特定 事業 所数	貯蔵・取扱・処理量					
			石油 (万kl)	高圧ガス (万Nm ³)	石油以外 の第4類 危険物 (千kl)	高圧ガス 以外の可 燃性ガス (万Nm ³)	毒物 (t)	劇物 (t)
京浜臨海地区	35.00	75	884	117,927	119	79,938	392	20,545
川崎市	24.07	52	754	116,561	106	39,080	387	18,933
横浜市	10.93	23	130	1,366	13	40,857	5	1,612
根岸臨海地区	6.34	8	452	61,783	13	67,277	0	359
久里浜地区	0.71	1	38	0	0	0	0	94
合計	42.05	84	1,374	179,710	132	147,214	392	20,998

注) 四捨五入の関係で、内訳と合計が一致しないことがある。

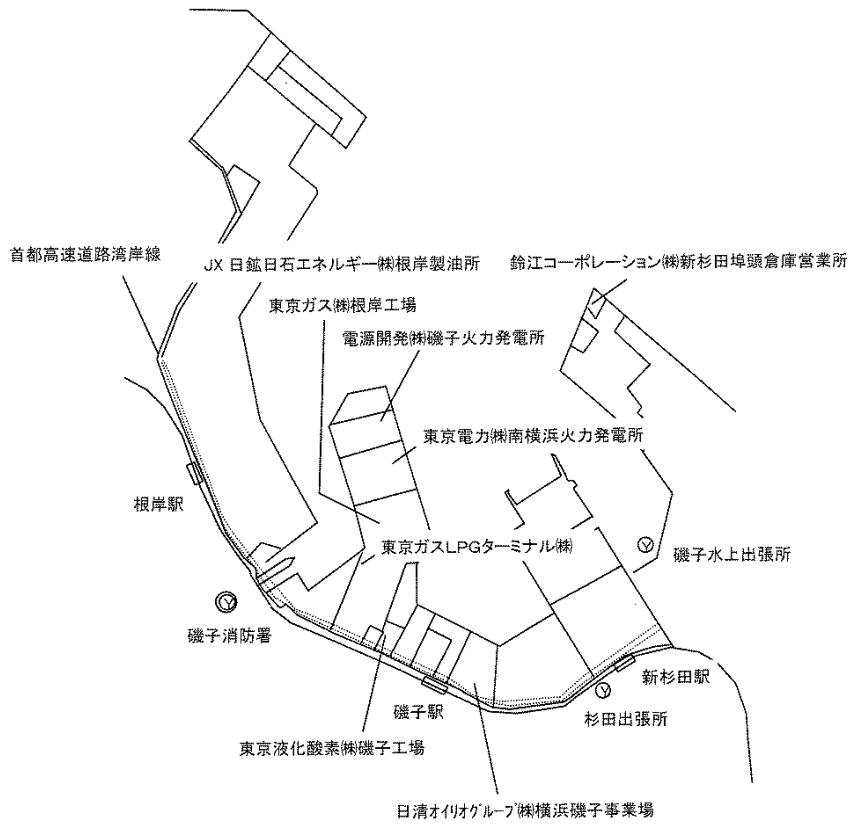


図3.1.3 特定事業所の立地概況図（根岸臨海地区）



図3.1.4 特定事業所の立地概況図（久里浜地区）

3.2. 評価対象施設

特定事業所が保有する以下の施設を対象として施設調査を行い、施設構造、危険物や高圧ガスの貯蔵・取扱状況、防災設備の設置状況等に関するデータを収集した。

平成17年度調査ⁱでは、危険物タンク（毒性危険物を除く）は容量1,000k1以上のものについて個別に施設調査を行ったが、本調査では容量500k1以上のものから対象とした。また、パイプライン（導配管）と陸上入出荷施設を新たに調査対象に加えた。

(1) 危険物タンク

- ① 容量 500k1*以上の第4類危険物の屋外貯蔵タンク
- ② 毒性危険物（表3.2.1に該当）を貯蔵したすべての屋外貯蔵タンク
- ③ 容量 500k1*未満の第4類危険物の屋外貯蔵タンク（総施設数のみ把握）

*平成17年度調査では1,000k1

(2) 高圧ガスタンク

可燃性ガス、毒性ガス（表3.2.1に該当）を貯蔵したすべてのタンク

(3) 毒性液体タンク

危険物タンク、ガスタンクのいずれにも該当しない毒性液体（表3.2.1に該当）を貯蔵したすべてのタンク（プラント内の貯槽、小容量の容器等は除く）

(4) プラント

- ① 危険物製造所又は一般取扱所
- ② 高圧ガス製造設備
- ③ 高危混在施設
- ④ 火力発電所の発電設備（自家発用の発電設備は除く）

(5) パイプライン（導配管）*

事業所間を結ぶ地上配管（構内配管は除く）

*平成17年度調査では調査対象外

(6) 陸上入出荷施設*

- ① 高圧ガスローリー
- ② 危険物ローリー
- ③ 毒劇物ローリー

ⁱ 神奈川県石油コンビナート等防災アセスメント調査報告書，平成18年3月，神奈川県

- ④ 高圧ガス取扱所（①は除く）
- ⑤ 危険物貯蔵・取扱場所（②は除く）
- ⑥ 毒劇物取扱場所（③は除く）

*平成17年度調査では調査対象外

(7) 海上入出荷施設（総施設数のみ把握）

表3.2.1 毒性物質

石油コンビナート等災害防止法で指定された毒物・劇物	毒物	四アルキル鉛、シアン化水素、フッ化水素
	劇物	アクリロニトリル、アクロレイン、アセトンシアンヒドリン、液体アンモニア、エチレンクロロヒドリン、塩素、クロルスルホン酸、硅フッ化水素酸、臭素、発煙硝酸、発煙硫酸
その他の毒性物質		硫化水素、硫黄

施設調査により、評価対象施設として抽出された施設は、表 3.2.2～3.2.8のとおりである。なお、休止中・建設中の施設も含む。

表3.2.2 評価対象施設の総数

施設	危険物 タンク	高压ガス タンク	毒性液体 タンク	プラント	パイプ ライン	陸上入 出荷施設	海上入 出荷施設	計
京浜臨海	1,939	263	29	227	79	341	130	3,008
根岸臨海	309	39	0	54	1	27	26	456
久里浜	27	3	0	16	0	0	5	51
計	2,275	305	29	297	80	368	161	3,515

注) 危険物タンクは容量1,000kl未満の準特定タンク及び小容量タンクを含む。

(参考) 評価対象施設の総数 (平成17年度) (危険物タンクは特定タンクのみ)

施設	危険物	ガス	毒液	プラント	計
京浜臨海	801	292	17	197	1307
根岸臨海	208	35	0	38	281
久里浜	16	3	0	20	39
計	1025	330	17	255	1627

注) 休止中の施設を含む。

(平成17年度調査の危険物タンク数について、準特定418基、小容量1,355基を合わせると、2,798基となる)

表 3.2.3(1) 危険物タンクの数 (可燃性)

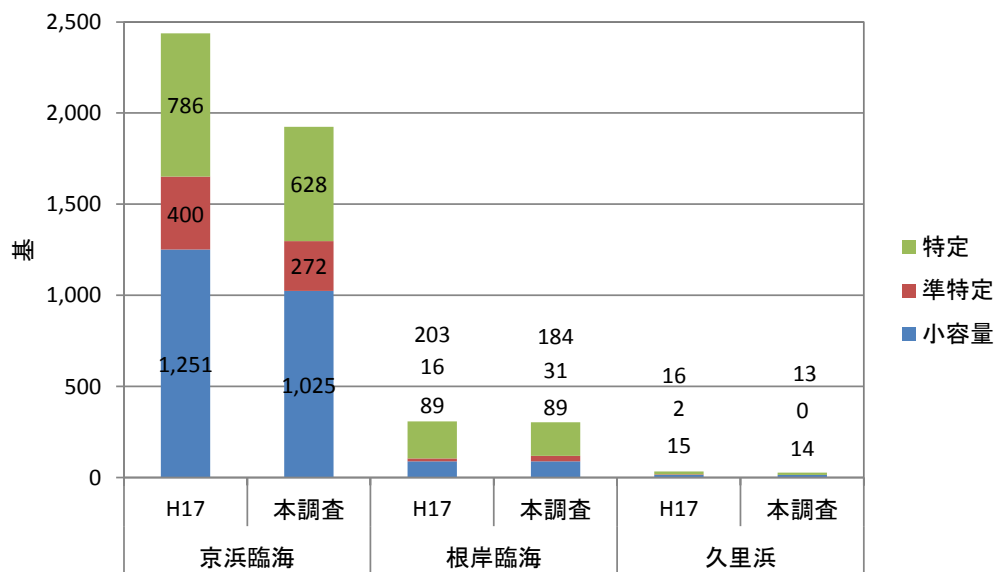
地区	屋根形式	特定タンク (容量1千kl以上)	準特定タンク (容量500kl以上 1千kl未満)	小容量タンク (容量 500kl 未 満)	計
京浜臨海	固定屋根	377	257	981	1,684
	内部浮き蓋	60	9		
	浮き屋根	191	6	44	241
	小計	628	272	1,025	1,925
根岸臨海	固定屋根	119	31	89	248
	内部浮き蓋	9	0		
	浮き屋根	56	0	0	56
	小計	184	31	89	304
久里浜	固定屋根	9	0	14	23
	内部浮き蓋	0	0		
	浮き屋根	4	0	0	4
	小計	13	0	14	27
計		825	303	1,128	2,256

(参考) 危険物タンクの数 (可燃性、特定タンク) (平成17年度)

貯蔵量		1000~ 5000kl	5000~ 10000kl	10000~ 50000kl	50000kl ~	計
京浜臨海	第4類 1石・アルコール類	129	72	56	30	287
	第4類 その他	264	158	76	1	499
	小計	393	230	132	31	786
根岸臨海	第4類 1石・アルコール類	12	15	21	18	66
	第4類 その他	63	32	31	11	137
	小計	75	47	52	29	203
久里浜	第4類 1石・アルコール類				4	4
	第4類 その他	1	1	10		12
	小計	1	1	10	4	16
計		469	278	194	64	1005

(参考) 危険物タンクの数 (可燃性、準特定・小容量タンク) (平成17年度)

No.	屋根形式	技術基準	貯蔵物	京浜	根岸	久里浜	計	
1	固定屋根 及び内部 浮き屋根式 タンク	準特定・新基 準	1石・アルコール	27	2	0	29	
2			その他	53	8	0	61	
3		準特定・旧基 準	1石・アルコール	88	4	0	92	
4			その他	229	2	2	233	
5		小容量	準特定・旧基 準	1石・アルコール	309	16	0	325
6				その他	941	73	15	1,029
7		浮き屋根式 タンク	準特定・旧基 準	1石・アルコール	3	0	0	3
8			小容量	1石・アルコール	1	0	0	1
計				1,651	105	17	1,773	



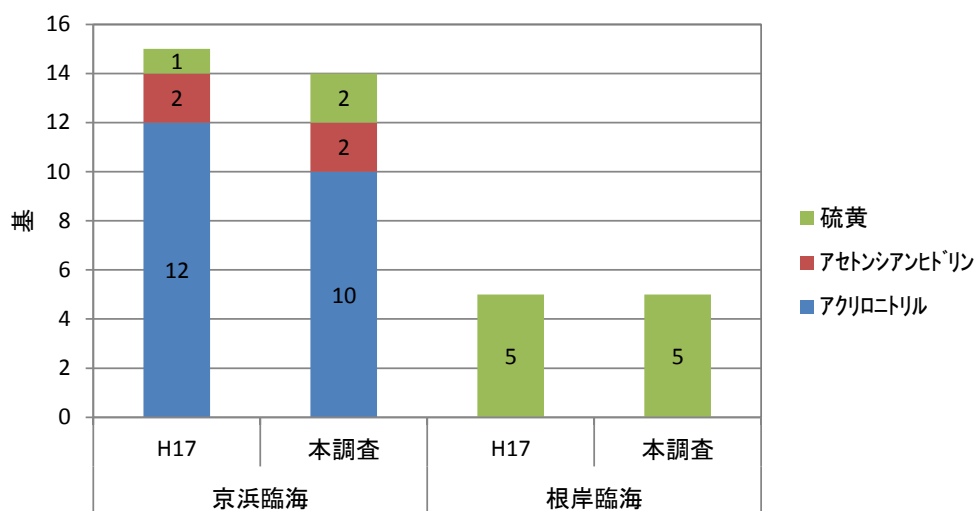
(参考) 危険物タンク (可燃性) 数の比較

表3.2.3(2) 危険物タンクの数（毒性）

物質名 地区	アクリロニトリル	アセトジアンヒドリン	硫黄	計
京浜臨海	10	2	2	14
根岸臨海	0	0	5	5
計	10	2	7	19

(参考) 危険物タンクの数（毒性）（平成17年度）

物質名	アクリロニトリル	アセトジアンヒドリン	硫黄	計
京浜臨海	12	2	1	15
根岸臨海			5	5
久里浜				0
計	12	2	6	20



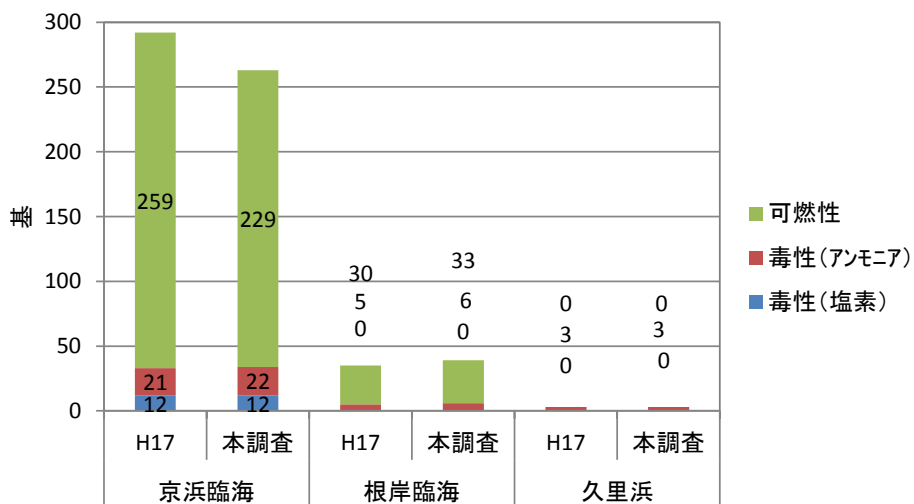
(参考) 危険物タンク（毒性）数の比較

表3.2.4 高圧ガスタンクの数

地区・物質名		貯蔵量	100t未満	100t以上 1,000t未満	1,000t以上 10,000t未満	10,000t 以上	計
京浜臨海	可燃性		62	113	33	21	229
	毒性(アンモニア)		18	3	1	0	22
	毒性(塩素)		10	2	0	0	12
	小計		90	118	34	21	263
根岸臨海	可燃性		0	12	5	16	33
	毒性(アンモニア)		6	0	0	0	6
	小計		0	0	0	0	0
久里浜	毒性(アンモニア)		6	12	5	16	39
	小計		0	0	0	0	0
計			99	130	39	37	305

(参考) 高圧ガスタンクの数 (平成17年度)

貯蔵量		~100t	100~ 1000t	1000~ 10000t	10000t~	計
京浜臨海	可燃性	83	117	39	20	259
	毒性(アンモニア)	16	4	1		21
	毒性(塩素)	10	2			12
	小計	109	123	40	20	292
根岸臨海	可燃性		10	4	16	30
	毒性(アンモニア)	5				5
	小計	5	10	4	16	35
久里浜	毒性(アンモニア)	3				3
	小計	3	0	0	0	3
計		117	133	44	36	330



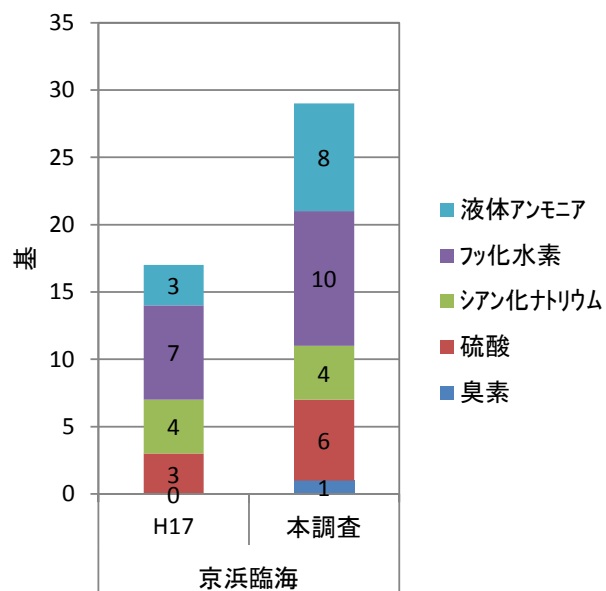
(参考) 高圧ガスタンク数の比較

表 3.2.5 毒性液体タンクの数

地区・物質名		貯蔵量		計
		100 t 未満	100 t 以上	
京浜臨海	液体アンモニア	8	0	8
	フッ化水素	8	2	10
	シアン化ナトリウム	3	1	4
	硫酸	5	1	6
	臭素	1	0	1
計		25	4	29

(参考) 毒性液体タンクの数 (平成17年度)

貯蔵量		～100t	100t～	計
京浜臨海	液体アンモニア	3		3
	フッ化水素	5	2	7
	シアン化ナトリウム	4		4
	硫酸	2	1	3
計		14	3	17



(参考) 毒性液体タンク数の比較

表3.2.6 プラントの数

施設区分 地区	製造施設等	発電施設	計
京浜臨海	216 (35)	11	227
根岸臨海	50 (0)	4	54
久里浜	0 (0)	16	16
計	266 (35)	31	297

注1) 製造施設等：危険物製造所及び一般取扱所、高圧ガス製造施設、高圧混在施設

注2) 発電施設：自家発電施設を除く。

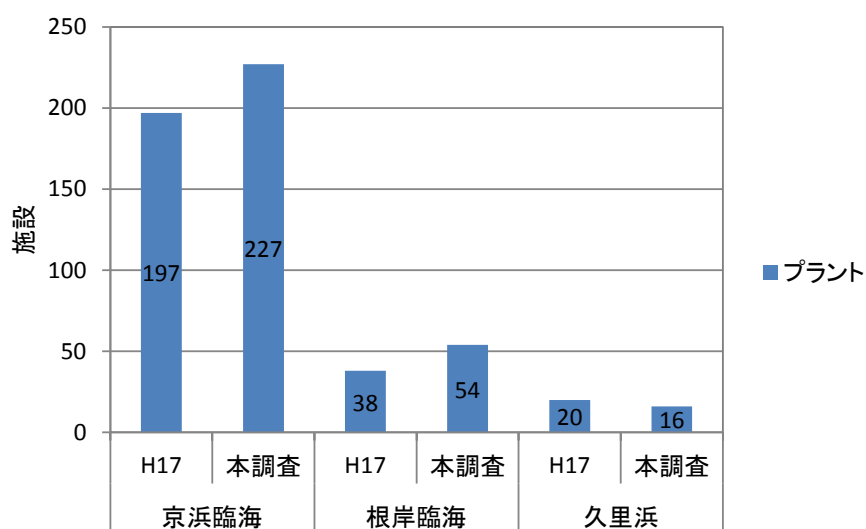
注3) 製造施設等の括弧内は反応暴走等のおそれのある施設（コンビナート等保安規則で定め

る

特殊反応設備や化学反応・重合反応を伴う施設）の数である。

(参考) プラントの数（平成17年度）（発電施設等は一般取扱所を含む）

施設区分	製造施設	発電施設等	計
京浜臨海	168	29	197
根岸臨海	32	6	38
久里浜	0	20	20
計	200	55	255



(参考) プラント数の比較

注) 平成17年度調査とは施設区分が異なるため、合計数で比較している

表 3.2.7 パイプライン（導配管）の数

施設区分 地区	石油配管 (第1～4石油類)	高压ガス導管 (可燃性)	計
京浜臨海	48	31	79
根岸臨海	1	0	1
久里浜	0	0	0
計	49	31	80

注) 地中配管や構内配管は除く。

表3.2.8 陸上入出荷施設の数

施設区分 地区	高压ガス ローリー	危険物 ローリー	毒劇物 ローリー	高压ガス 取扱場所	危険物 貯蔵・ 取扱場所	毒劇物 取扱場所	計
京浜臨海	27	121	29	30	142	26	341
根岸臨海	4	18	2	3	6	0	27
久里浜	0	0	0	0	0	0	0
計	31	139	31	33	148	26	368

注) 各施設は共用されている場合があり、合計は重複を除いた施設数である。

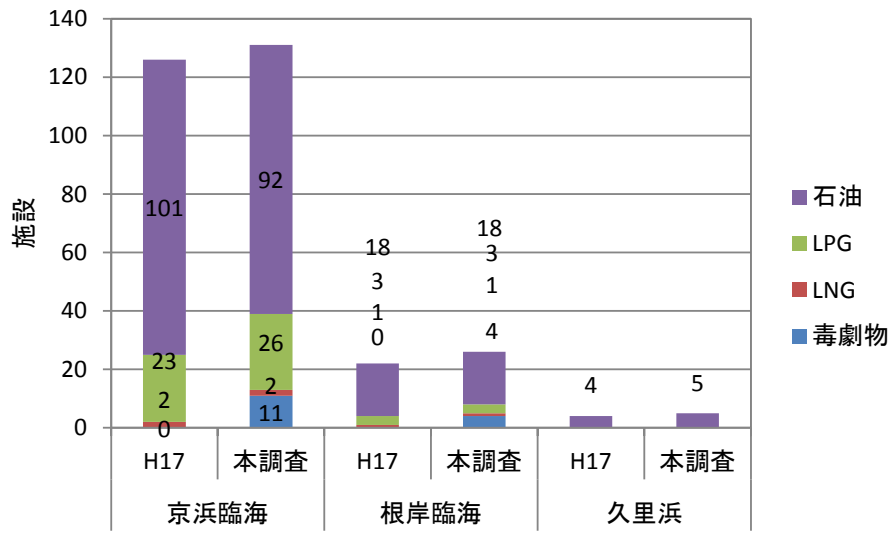
表3.2.9 海上入出荷施設の数

取扱種別		京浜	根岸	久里浜	計
石油	施設数	92	18	5	115
	年間使用回数	22,501	7,363	450	30,314
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	245	409	90	264
LPG	施設数	26	3	0	29
	年間使用回数	2,444	458	0	2,902
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	94	153	-	100
LNG	施設数	2	1	0	3
	年間使用回数	179	74	0	253
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	90	74	-	84
毒劇物	施設数	11	4	0	15
	年間使用回数	791	105	0	896
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	72	26	-	60
計	施設数	130	26	5	161
	年間使用回数	25,915	8,000	450	34,365
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	199	308	90	213

(参考) 海上入出荷施設の数 (平成17年度)

取扱種別		京浜	根岸	久里浜	計
石油	施設数	101	18	4	123
	年間使用回数	26,190	10,548	600	37,338
	年間使用頻度[回/施設/年]	259.3	586.0	150.0	303.6
LPG	施設数	23	3	0	26
	年間使用回数	2,760	332	0	3,092
	年間使用頻度[回/施設/年]	120.0	110.7	0.0	118.9
LNG	施設数	2	1	0	3
	年間使用回数	118	82	0	200
	年間使用頻度[回/施設/年]	59.0	82.0	0.0	66.7
計	施設数	124	22	4	150
	年間使用回数	29,068	10,962	600	40,630
	年間使用頻度[回/施設/年]	234.4	498.3	150.0	270.9

※施設数は石油、LPG、LNGで共用している場合があり、それぞれにカウントしている。ただし、施設数の合計は重複を除いた数である。



(参考) 海上入出荷施設数の比較

4. 平常時の事故を対象とした評価

4.1. 災害の拡大シナリオの展開

ここでは、イベントツリー解析（ETA）の手法を用い、災害の発生・拡大シナリオの想定を行った。評価に当たっては対象施設を下図のように分類し、施設区分ごとに、評価対象施設で考えられる初期事象と事象分岐を設定し、イベントツリー（ET）を展開して出現し得る災害事象を抽出した。なお、実際の災害の拡大とその対応は必ずしも ET 図とは一致しない。

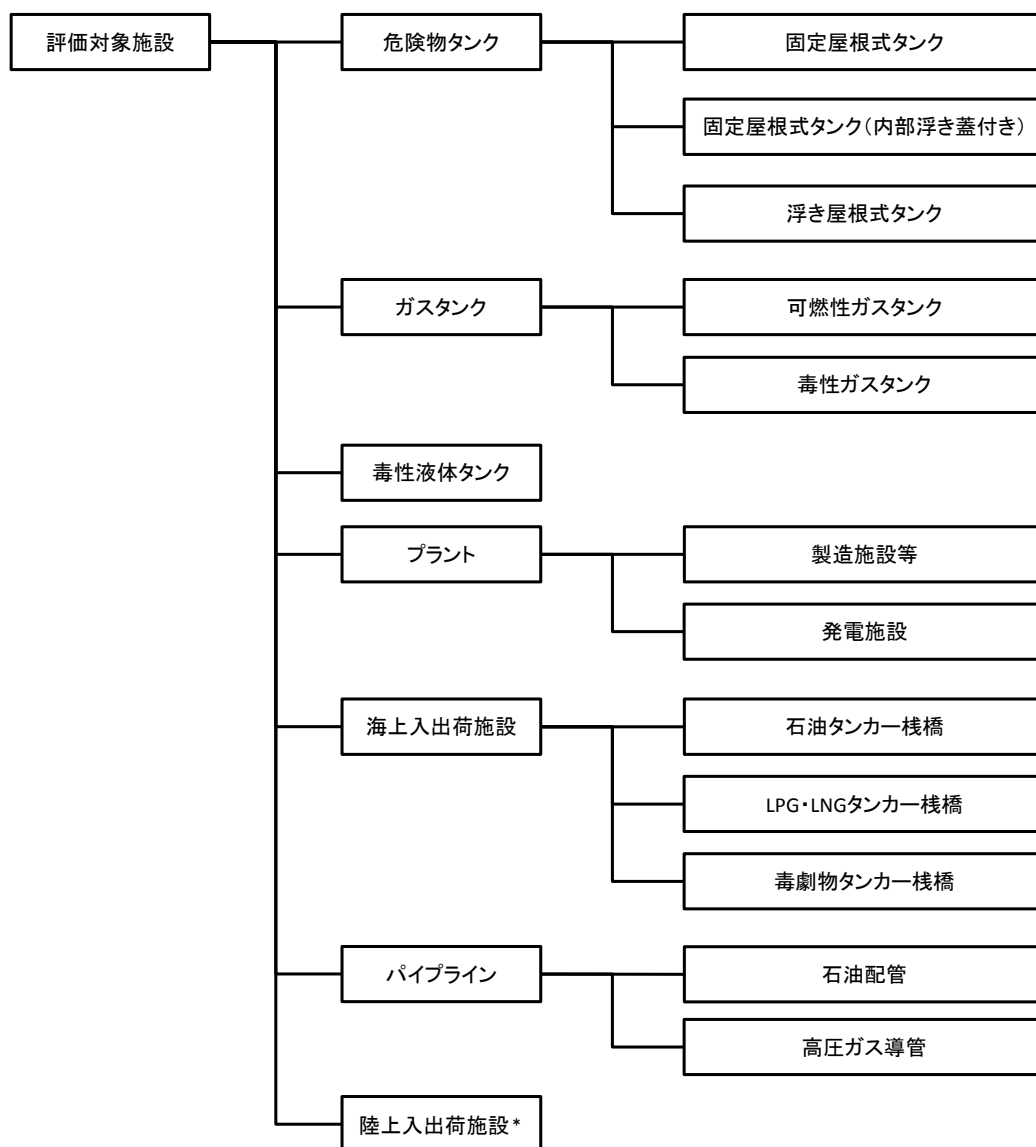


図 4.1.1 評価対象施設の区分

※陸上入出荷施設については第 8 章において津波による被害を対象とした評価を行った。

4.1.1. 危険物タンク

危険物タンクでは、可燃性液体の場合は流出火災とタンク火災を、毒性液体の場合は毒性ガスの拡散を想定した。

初期事象は危険物の漏洩と屋根部における出火とし、危険物の漏洩については発生箇所や規模によって4つに分けて考えた。事象分岐は漏洩停止措置の成功・失敗、仕切堤や防油堤による漏洩拡大防止の成功・失敗、流出油の着火の有無等を設定した。

これらの事象を整理したものを表4.1.1に、ETを図4.1.2～図4.1.6に示す。ここで、各災害事象の様相は表4.1.2に示すとおりである。

なお、実際には、「漏洩検知」から「緊急遮断（自動）（B1）」に至るプロセスの他、巡回パトロールによる覚知後、「バルブ手動閉止」による対応も行われるが、ここでは、定量的な分岐確率が設定可能なシナリオとして設定した。

表 4.1.1 危険物タンクの災害想定

	初期事象	事象分岐	災害事象
流出火災／毒性ガス拡散	IE1: 配管の小破による漏洩	B1: 緊急遮断（自動）の失敗 B2: バルブ手動閉止の失敗 B3: 一時的な漏洩停止・拡大防止措置の失敗 B4: 内容物移送の失敗 B5: 仕切堤による拡大防止の失敗 B6: 防油堤による拡大防止の失敗 B7: 漏油の着火	DE1/DE10: 少量流出・火災／拡散 DE2/DE11: 中量流出・火災／拡散 DE3/DE12: 仕切堤内流出・火災／拡散 DE4/DE13: 防油堤内流出・火災／拡散
	IE2: 配管の大破による漏洩	B1: 緊急遮断（自動）の失敗 B5: 仕切堤による拡大防止の失敗 B6: 防油堤による拡大防止の失敗 B7: 漏油の着火	DE3/DE12: 仕切堤内流出・火災／拡散 DE4/DE13: 防油堤内流出・火災／拡散 DE5/DE14: 防油堤外流出・火災／拡散
	IE3: タンク本体の小破による漏洩	B3: 一時的な漏洩停止・拡大防止措置の失敗 B4: 内容物移送の失敗 B5: 仕切堤による拡大防止の失敗 B6: 防油堤による拡大防止の失敗 B7: 漏油の着火	DE2/DE11: 中量流出・火災／拡散 DE3/DE12: 仕切堤内流出・火災／拡散 DE4/DE13: 防油堤内流出・火災／拡散
	IE4: タンク本体の大破による漏洩	B6: 防油堤による拡大防止の失敗 B7: 漏油の着火	DE4/DE13: 防油堤内流出・火災／拡散 DE5/DE14: 防油堤外流出・火災／拡散
タンク火災	IE5: タンク屋根での出火	B8: 泡消火設備による消火の失敗 B9: 浮き屋根沈降 B10: ポイルオーバー	DE6: タンク小火災 DE7: リング火災（浮き屋根式） DE8: タンク全面火災 DE9: タンク全面・防油堤火災

注) 配管及びタンク本体からの漏洩は規模によって小破漏洩(IE1, IE3)と大破漏洩(IE2, IE4)に分けているが、実際には明確に区分されるものではない。

表 4.1.2 危険物タンクの災害事象の様相

流出火災	DE1: 小量流出・火災	危険物が漏洩し緊急遮断により短時間で停止する。タンク周辺で着火して火災となる。
	DE2: 中量流出・火災	危険物が漏洩し漏洩停止が遅れ火災がしばらく継続する。タンク周辺で着火して火災となる。
	DE3: 仕切堤内流出・火災	漏洩を停止することができず内容物移送により対処するが、火災は仕切堤内で拡大する。
	DE4: 防油堤内流出・火災	流出油が仕切堤を超えて拡大し防油堤内で火災となる(仕切堤がない場合も含む)。
	DE5: 防油堤外流出・火災	火災が防油堤外に拡大する。
タンク火災	DE6: タンク小火災	タンク屋根で火災が発生し、消火設備により短時間で消火される。
	DE7: リング火災(浮き屋根式タンク)	火災の消火に失敗し、浮き屋根シール部でリング状に拡大する。
	DE8: タンク全面火災	火災がタンク全面に拡大する。
	DE9: タンク全面・防油堤火災	火災がタンク全面に拡大し、ボイルオーバーにより防油堤外に拡大する。
毒性ガス拡散	DE10: 小量流出・拡散	危険物が漏洩し緊急遮断により短時間で停止する。タンク周辺で形成したプールから毒性ガスが拡散する。
	DE11: 中量流出・拡散	危険物が漏洩し漏洩停止が遅れ流出がしばらく継続する。タンク周辺で形成したプールから毒性ガスが拡散する。
	DE12: 仕切堤内流出・拡散	漏洩を停止することができず内容物移送により対処する。仕切堤内から毒性ガスが拡散する。
	DE13: 防油堤内流出・拡散	流出油が仕切堤を超えて拡大し、防油堤内から毒性ガスが拡散する(仕切堤がない場合も含む)。
	DE14: 防油堤外流出・拡散	漏洩が防油堤外に拡大し、毒性ガスが拡散する。

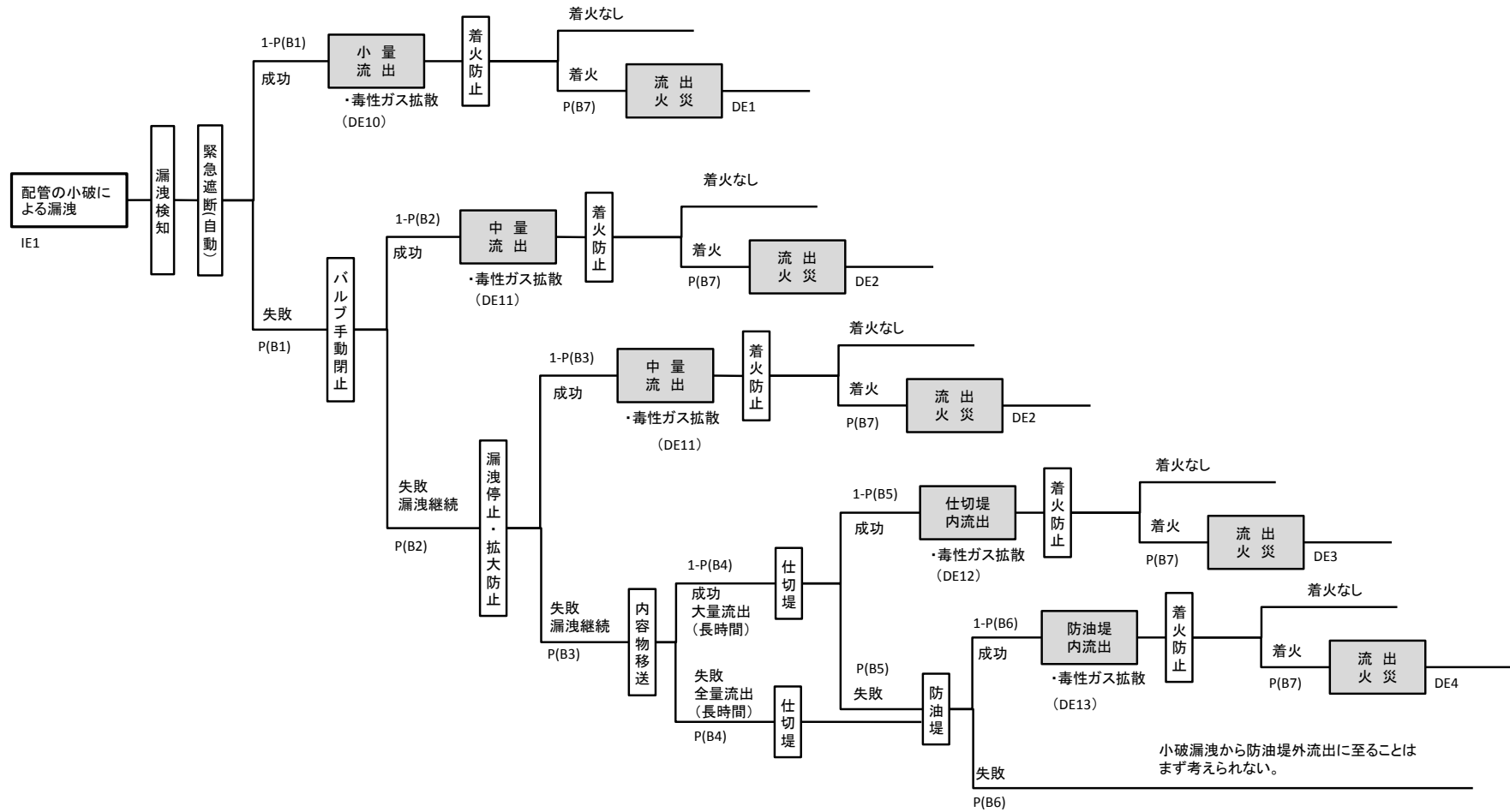


図 4.1.2 危険物タンクの災害拡大イベントツリー（配管の小破による漏洩）

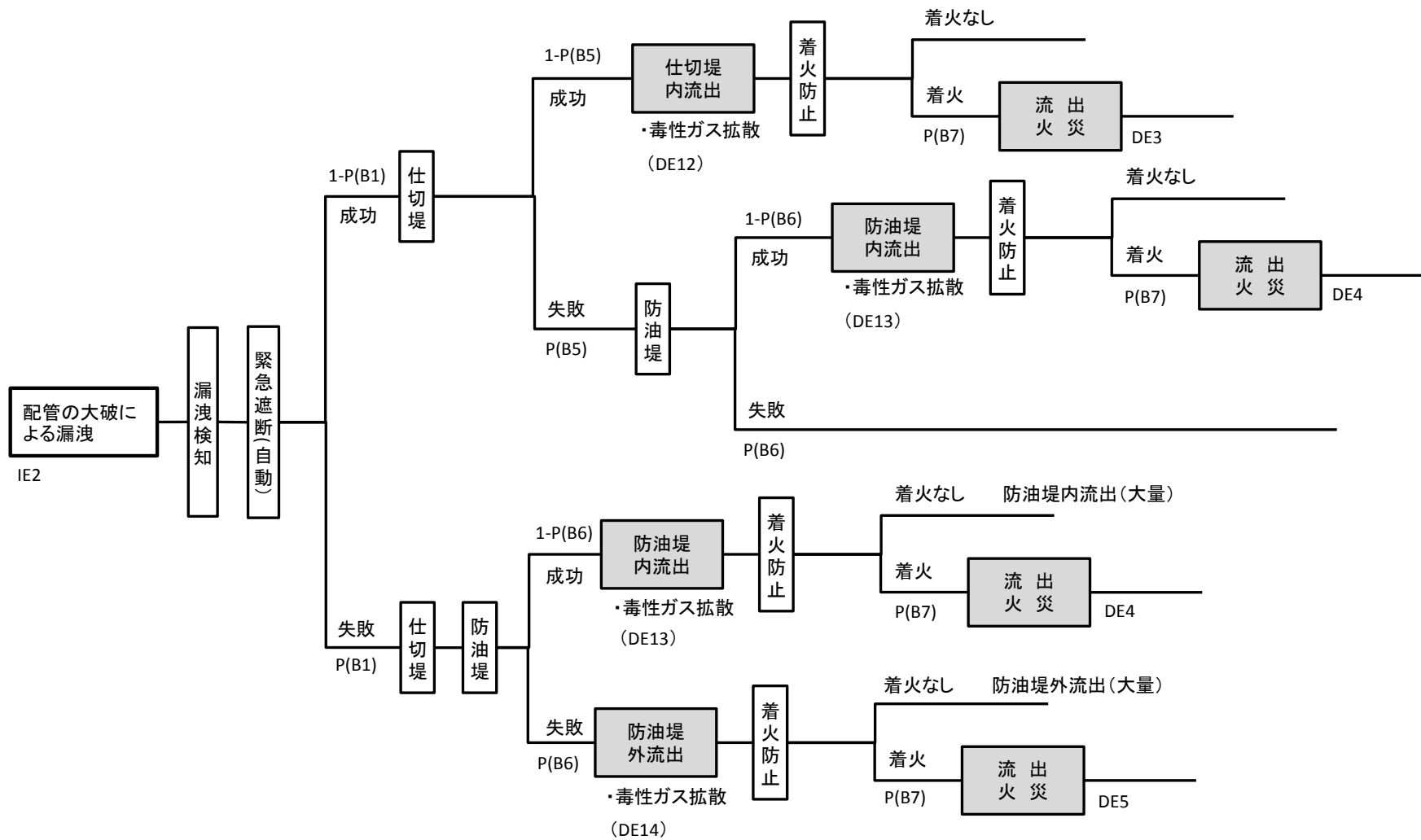


図 4.1.3 危険物タンクの災害拡大イベントツリー (配管の大破による漏洩)

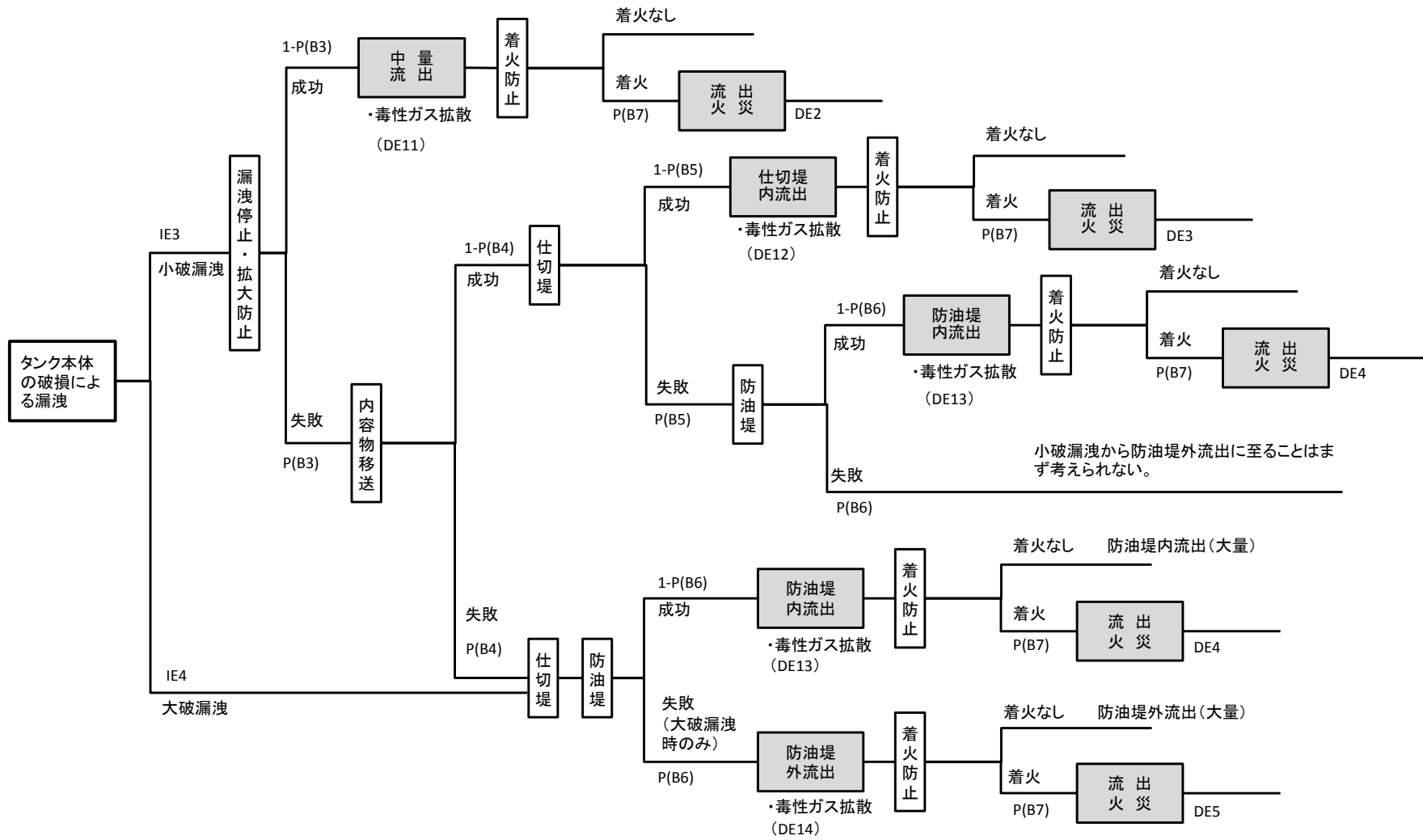


図 4.1.4 危険物タンクの災害拡大イベントツリー (タンク本体の破損による漏洩)

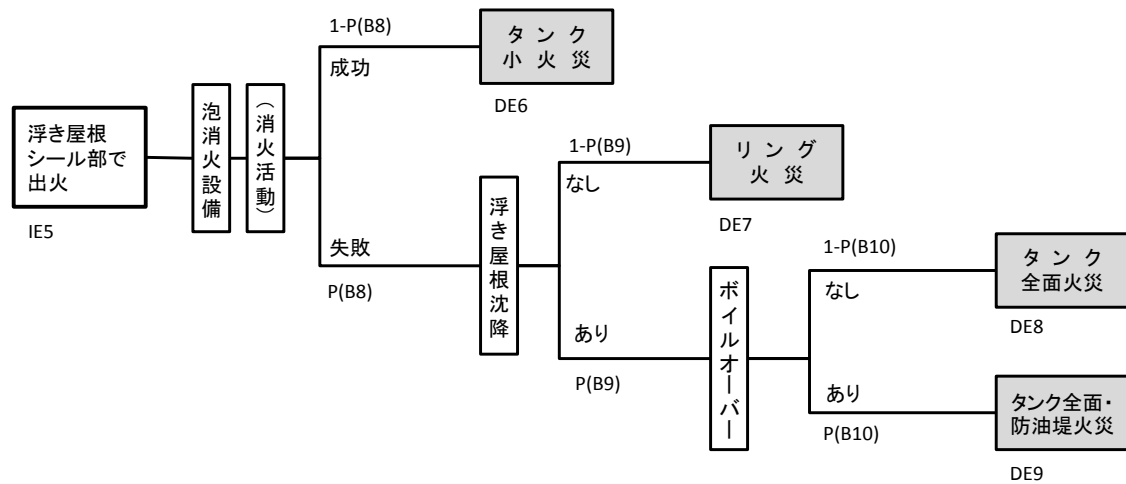


図 4.1.5 危険物タンクの災害拡大イベントツリー (タンク屋根の火災・浮き屋根式)

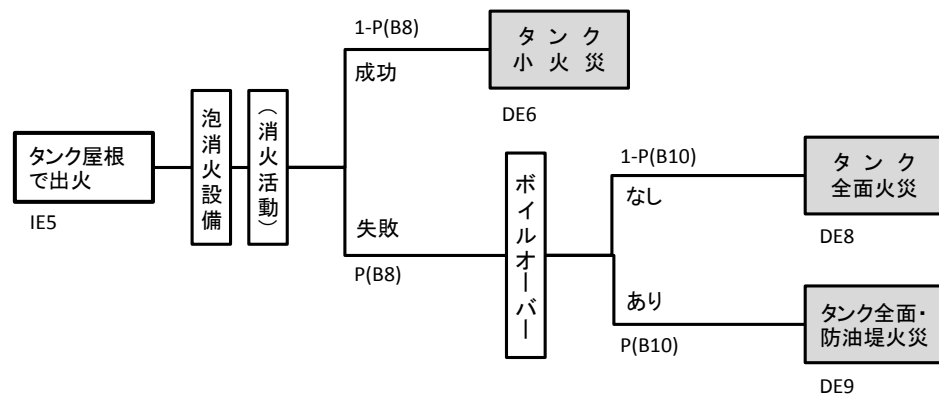


図 4.1.6 危険物タンクの災害拡大イベントツリー (タンク屋根の火災・固定屋根式)

4.1.2. 高圧ガスタンク

可燃性ガスタンク

可燃性ガスタンクではガス爆発及びフラッシュ火災（着火のタイミングによる）を想定した。

初期事象はガスの漏洩とし、発生箇所や規模によって4つに分けて考えた。事象分岐は緊急遮断（自動）の成功・失敗、内容物移送の成功・失敗、着火の有無等を設定した。

これらの事象を整理したものを表 4.1.3に、ETを図 4.1.7～図 4.1.9に示す。ここで、各災害事象の様相は表 4.1.4に示すとおりである。また、災害事象DE9～DE12の影響度は第7章において大規模災害として評価した。

なお、危険物タンク同様、実際には、「漏洩検知」から「緊急遮断（自動）（B1）」に至るプロセスの他、巡回パトロールによる覚知後、「バルブ手動閉止」による対応も行われるが、ここでは、定量的な分岐確率が設定可能なシナリオとして設定した。

表 4.1.3 可燃性ガスタンクの災害想定

初期事象	事象分岐	災害事象
IE1: 配管の小破による漏洩	B1: 緊急遮断(自動)の失敗 B2: バルブ手動閉止の失敗 B3: 内容物移送の失敗 B5: 蒸発・拡散防止の失敗 B6: 着火・爆発火災 B7: 着火・フラッシュ火災	DE1: 少量流出・爆発 DE2: 少量流出・フラッシュ火災 DE3: 中量流出・爆発 DE4: 中量流出・フラッシュ火災 DE5: 大量流出・爆発 DE6: 大量流出・フラッシュ火災 DE7: 全量流出(長時間)・爆発 DE8: 全量流出(長時間)・フラッシュ火災
IE2: 配管の大破による漏洩	B1: 緊急遮断(自動)の失敗 B4: 防液堤による拡大防止の失敗 B6: 着火・爆発火災 B7: 着火・フラッシュ火災	DE5: 大量流出・爆発 DE6: 大量流出・フラッシュ火災 DE9: 全量流出(防液堤内)・爆発 DE10: 全量流出(防液堤内)・フラッシュ火災 DE11: 全量流出(防液堤外)・爆発 DE12: 全量流出(防液堤外)・フラッシュ火災
IE3: タンク本体の小破による漏洩	B3: 内容物移送の失敗 B5: 蒸発・拡散防止の失敗 B6: 着火・爆発火災 B7: 着火・フラッシュ火災	DE5: 大量流出・爆発 DE6: 大量流出・フラッシュ火災 DE7: 全量流出(長時間)・爆発 DE8: 全量流出(長時間)・フラッシュ火災
IE4: タンク本体の大破による漏洩	B4: 防液堤による拡大防止の失敗 B6: 着火・爆発火災 B7: 着火・フラッシュ火災	DE9: 全量流出(防液堤内)・爆発 DE10: 全量流出(防液堤内)・フラッシュ火災 DE11: 全量流出(防液堤外)・爆発 DE12: 全量流出(防液堤外)・フラッシュ火災

表 4.1.4 可燃性ガスタンクの災害事象の様相

DE1: 少量流出・爆発	可燃性ガスが漏洩し、緊急遮断により短時間で停止する。タンク周辺で着火して爆発する。
DE2: 少量流出・フラッシュ火災	可燃性ガスが漏洩し、緊急遮断により短時間で停止する。ガスは大気中に拡散してフラッシュ火災となる。
DE3: 中量流出・爆発	漏洩停止が遅れ、漏洩はしばらく継続する。タンク周辺で着火して爆発する。
DE4: 中量流出・フラッシュ火災	漏洩停止が遅れ、漏洩はしばらく継続する。ガスは大気中に拡散してフラッシュ火災となる。
DE5: 大量流出・爆発	長時間にわたって大量に漏洩する。タンク周辺で着火して爆発する。
DE6: 大量流出・フラッシュ火災	長時間にわたって大量に漏洩する。ガスは大気中に拡散してフラッシュ火災となる。
DE7: 全量流出(長時間)・爆発	長時間にわたって全量が漏洩する。タンク周辺で着火して爆発する。
DE8: 全量流出(長時間)・フラッシュ火災	長時間にわたって全量が漏洩する。ガスは大気中に拡散してフラッシュ火災となる。
DE9: 全量流出(防液堤内)・爆発	大破漏洩により短時間に全量が漏洩し、防液堤内にとどまる。防液堤内で着火して爆発する。
DE10: 全量流出(防液堤内)・フラッシュ火災	大破漏洩により短時間に全量が漏洩し、防液堤内にとどまる。ガスは大気中に拡散してフラッシュ火災となる。
DE11: 全量流出(防液堤外)・爆発	大破漏洩により短時間に全量が漏洩し、防液堤外に流出する。広い範囲で着火して爆発する。
DE12: 全量流出(防液堤外)・フラッシュ火災	大破漏洩により短時間に全量が漏洩し、防液堤外に流出する。ガスは大気中に拡散してフラッシュ火災となる。

注) DE9～DE12の災害影響度の評価は大規模災害として扱った。

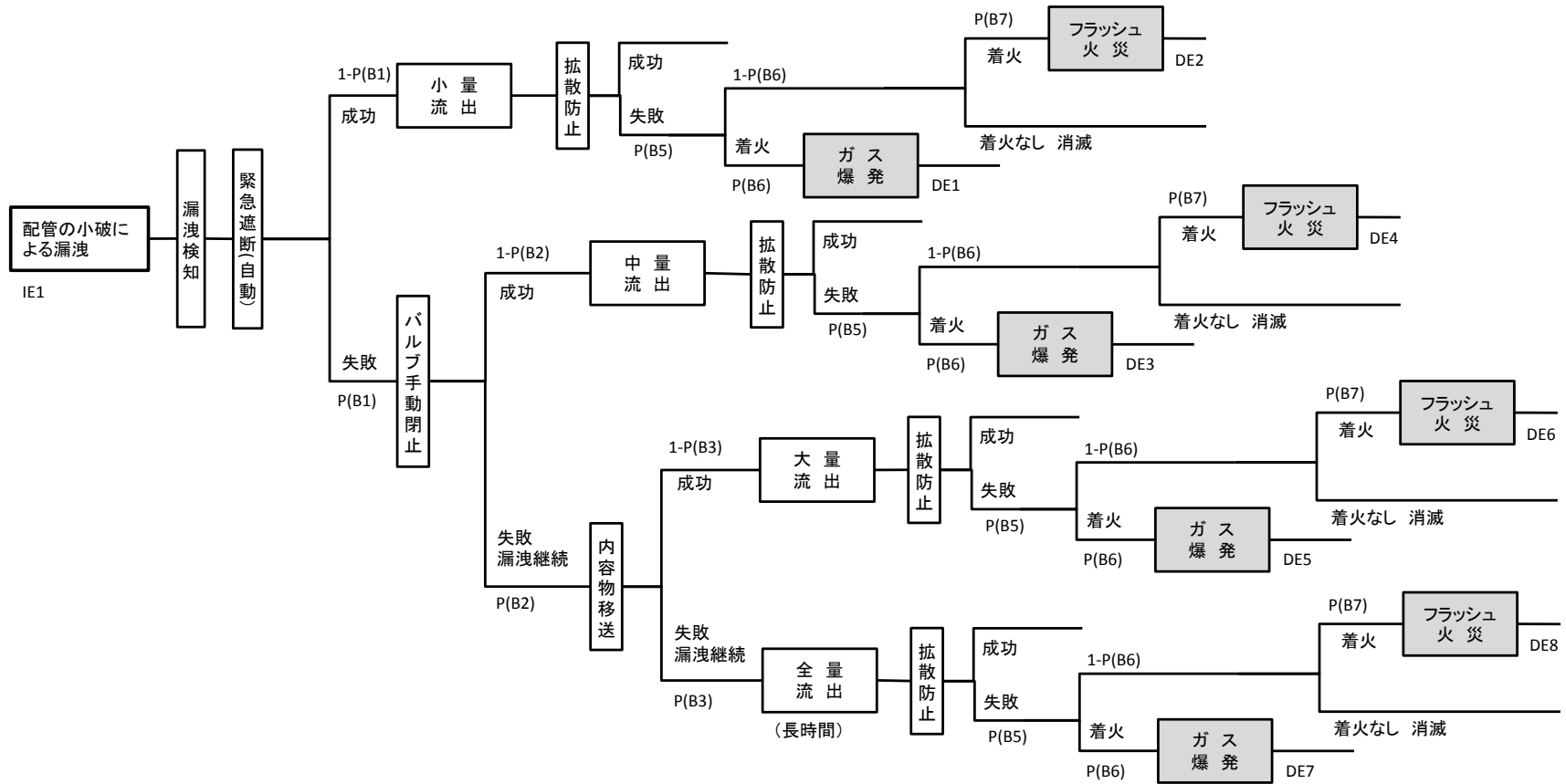


図 4.1.7 ガスタンク（可燃性）の災害拡大イベントツリー（配管の小破による漏洩）

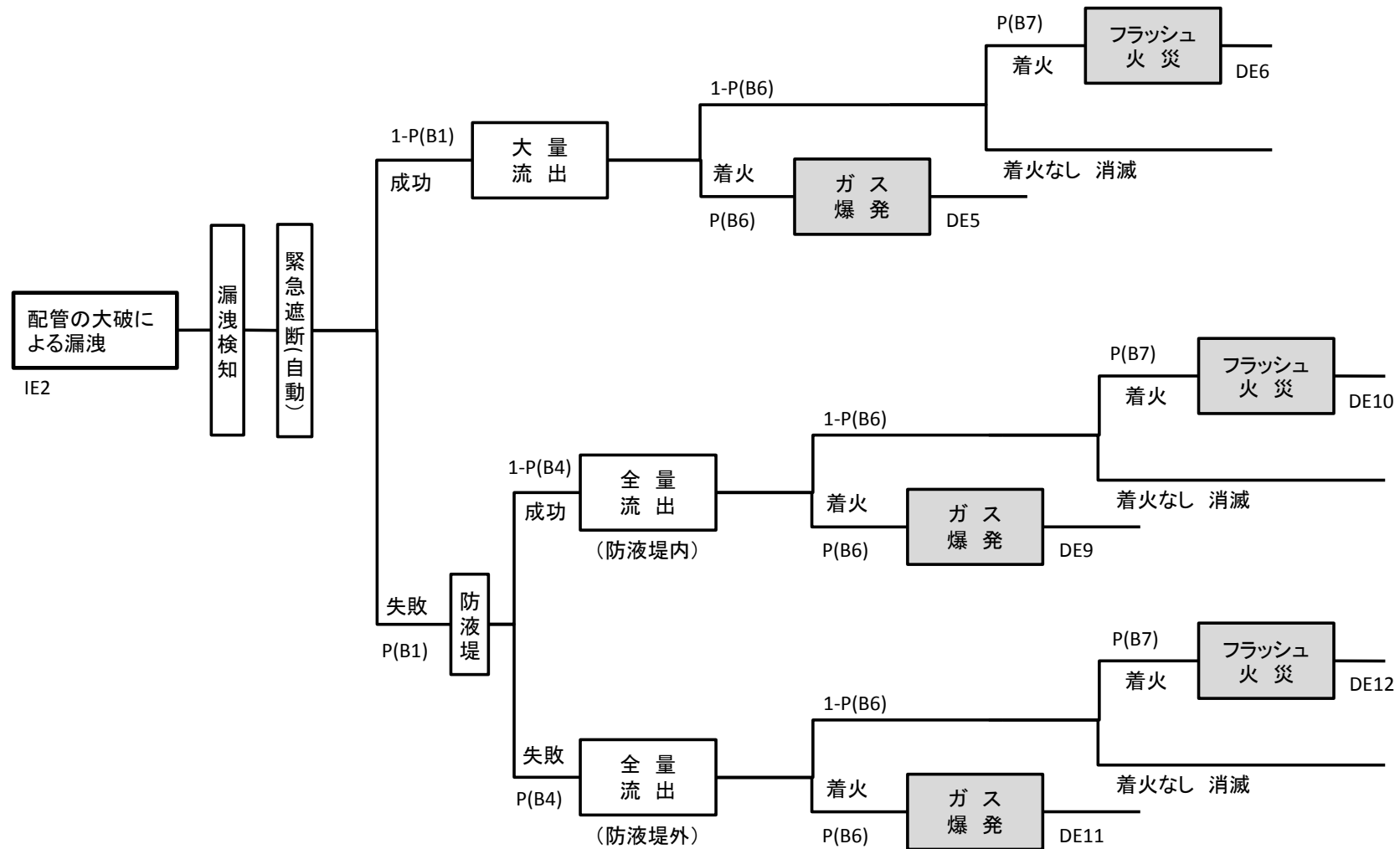


図 4.1.8 ガスタンク（可燃性）の災害拡大イベントツリー（配管の大破による漏洩）

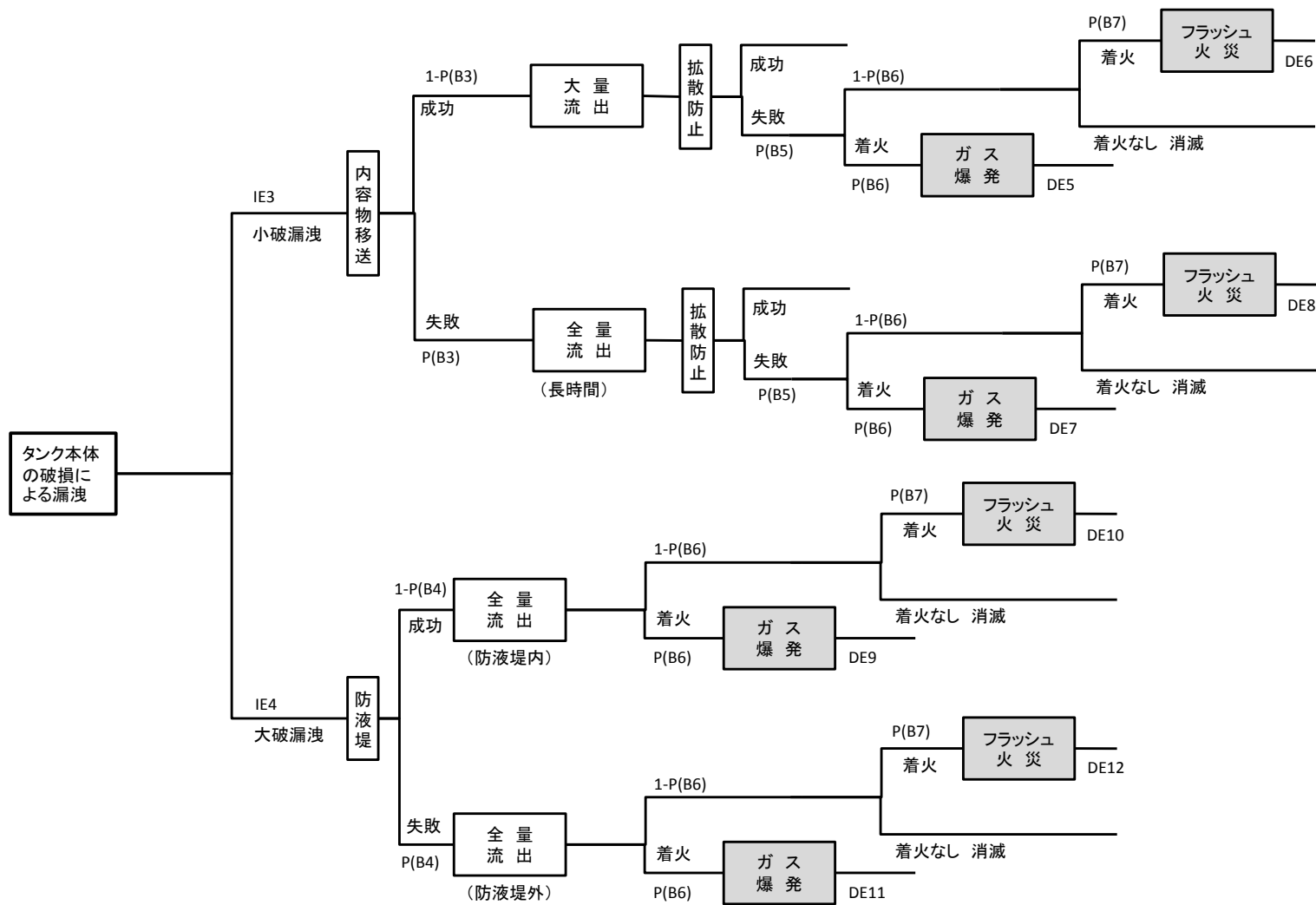


図 4.1.9 ガスタンク（可燃性）の災害拡大イベントツリー（タンク本体の破損による漏洩）

毒性ガスタンク

毒性ガスタンクでは毒性ガスの拡散を想定した。

初期事象はガスの漏洩とし、発生箇所や規模によって4つに分けて考えた。事象分岐は緊急遮断（自動）の成功・失敗、内容物移送の成功・失敗、蒸発・拡散防止の成功・失敗等を設定した。

これらの事象を整理したものを表4.1.5に、ETを図4.1.10～図4.1.11に示す。ここで、各災害事象の様相は表4.1.6に示すとおりである。

表 4.1.5 毒性ガスタンクの災害想定

初期事象	事象分岐	災害事象
IE1: 配管の小破による漏洩	B1: 緊急遮断(自動)の失敗 B2: バルブ手動閉止の失敗 B3: 内容物移送の失敗 B5: 蒸発・拡散防止の失敗	DE13: 小量流出・拡散 DE14: 中量流出・拡散 DE15: 大量流出・拡散 DE16: 全量流出(長時間)・拡散
IE2: 配管の大破による漏洩	B1: 緊急遮断(自動)の失敗	DE15: 大量流出・拡散 DE17: 全量流出・拡散
IE3: タンク本体の小破漏洩	B3: 内容物移送の失敗 B5: 蒸発・拡散防止の失敗	DE15: 大量流出・拡散 DE16: 全量流出(長時間)・拡散
IE4: タンク本体の大破漏洩	なし	DE17: 全量流出・拡散

表 4.1.6 毒性ガスタンクの災害事象の様相

DE13: 小量流出・拡散	毒性ガスが漏洩して大気中に拡散する。漏洩は緊急遮断により短時間で停止する。
DE14: 中量流出・拡散	毒性ガスが漏洩して大気中に拡散する。漏洩停止が遅れ漏洩はしばらく継続する。
DE15: 大量流出・拡散	長時間にわたって大量に漏洩して拡散する。
DE16: 全量流出(長時間)・拡散	長時間にわたって全量が漏洩して拡散する。
DE17: 全量流出・拡散	大破漏洩により短時間に全量が漏洩して拡散する。

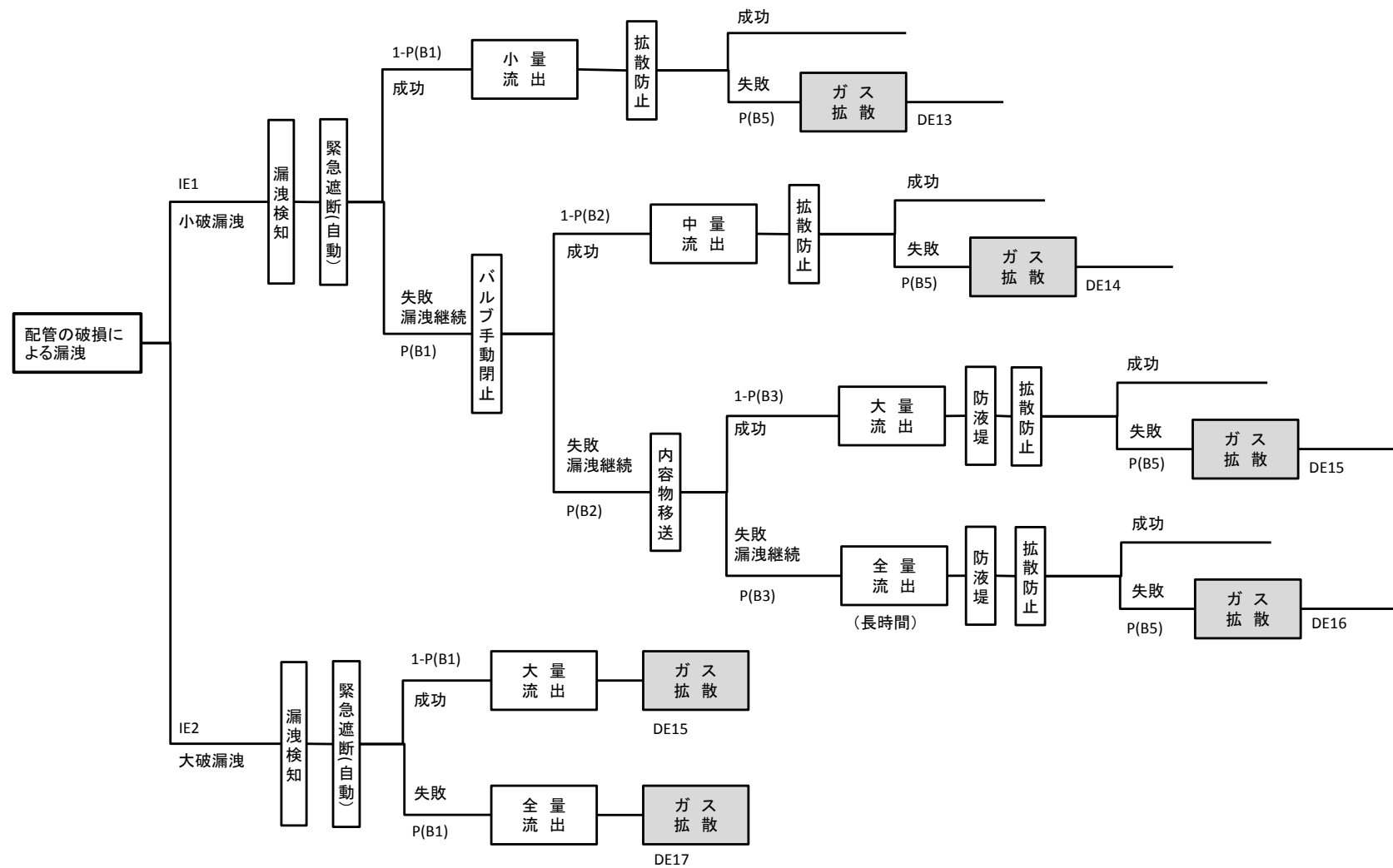


図 4.1.10 ガスタンク（毒性）の災害拡大イベントツリー（配管の破損による漏洩）

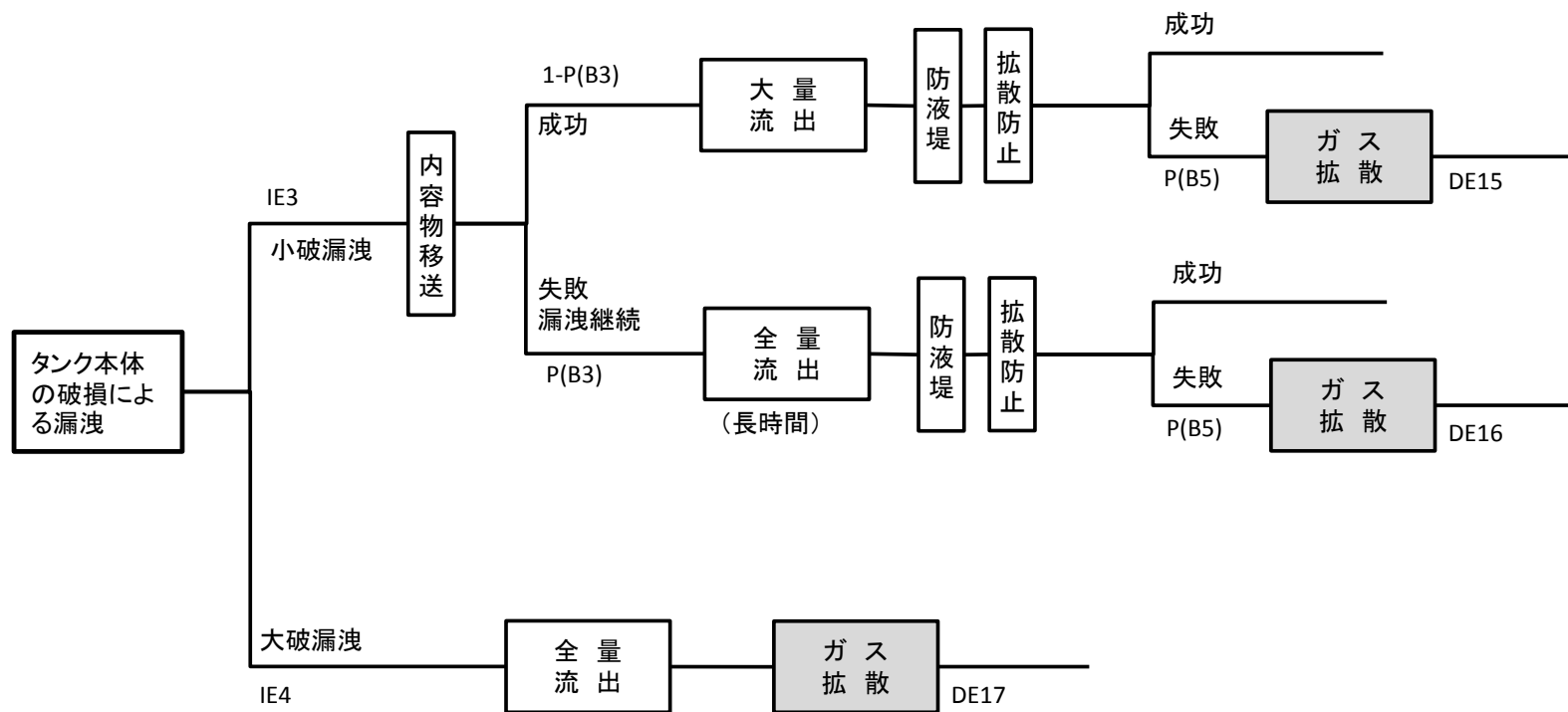


図 4.1.11 ガスタンク（毒性）の災害拡大イベントツリー（タンク本体の破損による漏洩）

4.1.3. 毒性液体タンク

毒性液体タンクでは、毒性ガスの拡散を想定した。

初期事象は毒性液体の漏洩とし、発生箇所や規模によって4つに分けて考えた。事象分岐は緊急遮断（自動）の成功・失敗、内容物移送の成功・失敗、蒸発・拡散防止措置の成功・失敗等を設定した。

これらの事象を整理したものを表4.1.7に、ETを図4.1.12～図4.1.13に示す。ここで、各災害事象の様相は表4.1.8に示すとおりである。

なお、危険物タンク同様、実際には、「漏洩検知」から「緊急遮断（自動）（B1）」に至るプロセスの他、巡回パトロールによる覚知後、「バルブ手動閉止」による対応も行われるが、ここでは、定量的な分岐確率が設定可能なシナリオとして設定した。

表 4.1.7 毒性液体タンクの災害想定

初期事象	事象分岐	災害事象
IE1: 配管の小破による漏洩	B1: 緊急遮断(自動)の失敗 B2: バルブ手動閉止の失敗 B3: 内容物移送の失敗 B4: 蒸発・拡散防止の失敗	DE1: 小量流出・拡散 DE2: 中量流出・拡散 DE3: 大量流出・拡散 DE4: 全量流出(長時間)・拡散
IE2: 配管の大破による漏洩	B1: 緊急遮断(自動)の失敗	DE3: 大量流出・拡散 DE5: 全量流出・拡散
IE3: タンク本体の小破漏洩	B3: 内容物移送の失敗 B4: 蒸発・拡散防止の失敗	DE3: 大量流出・拡散 DE4: 全量流出(長時間)・拡散
IE4: タンク本体の大破漏洩	なし	DE5: 全量流出・拡散

表 4.1.8 毒性液体タンクの災害事象の様相

DE1: 小量流出・拡散	毒性ガスが漏洩して大気中に拡散する。漏洩は緊急遮断により短時間で停止する。
DE2: 中量流出・拡散	毒性ガスが漏洩して大気中に拡散する。漏洩停止が遅れ漏洩はしばらく継続する。
DE3: 大量流出・拡散	長時間にわたって大量に漏洩して拡散する。
DE4: 全量流出(長時間)・拡散	長時間にわたって全量が漏洩して拡散する。
DE5: 全量流出・拡散	大破漏洩により短時間に全量が漏洩して拡散する。

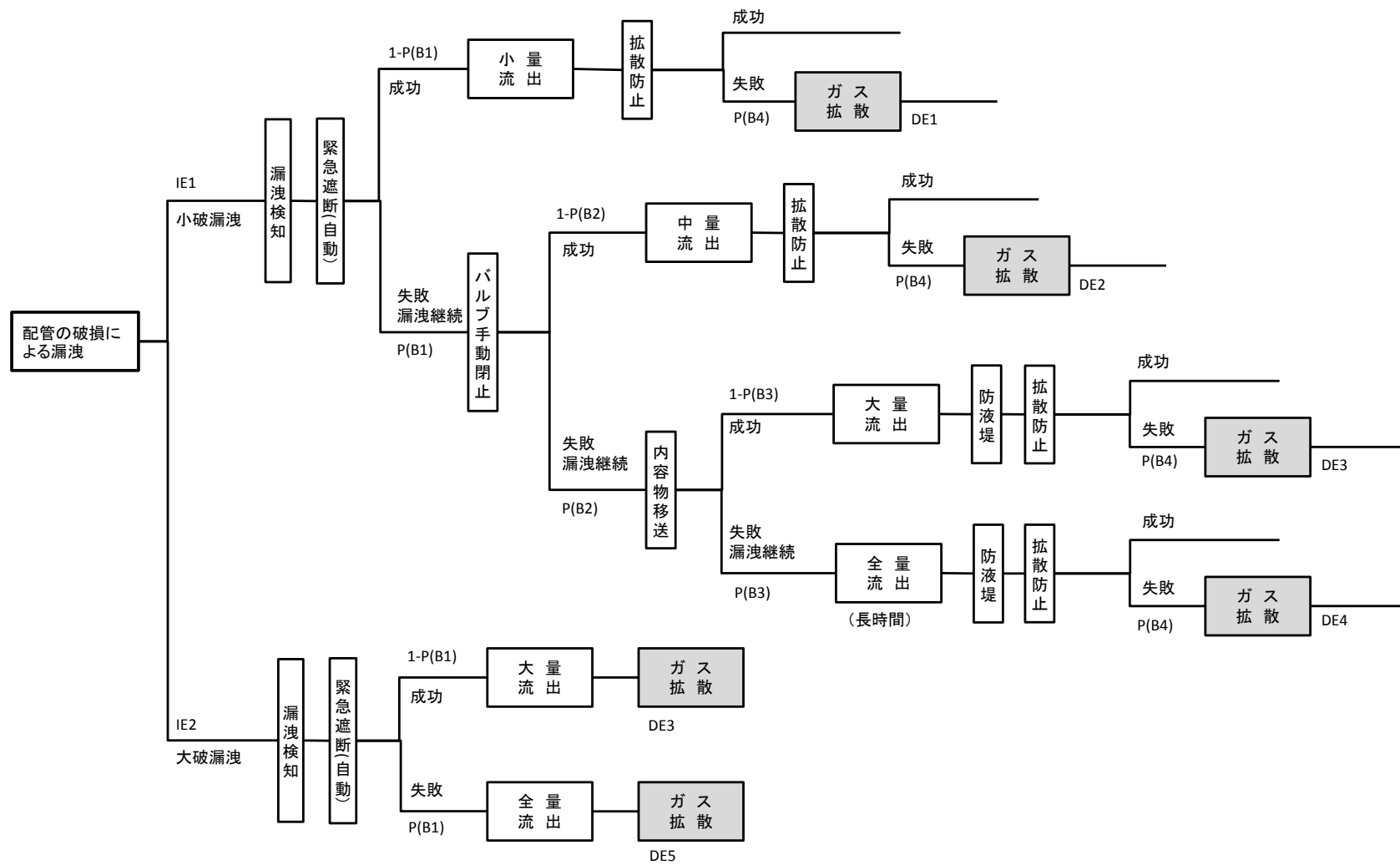


図 4.1.12 毒性液体タンクの災害拡大イベントツリー (配管の破損による漏洩)

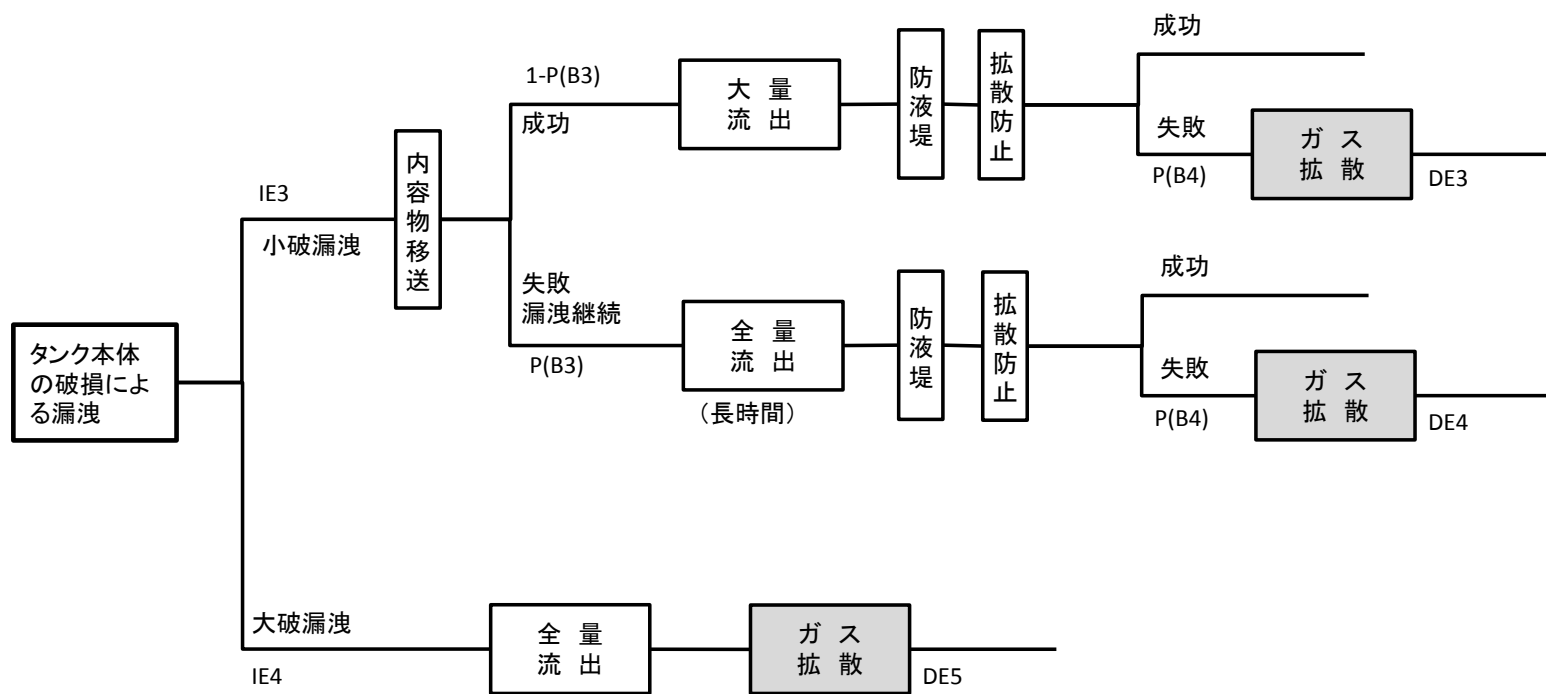


図 4.1.13 毒性液体タンクの災害拡大イベントツリー (タンク本体の破損による漏洩)

4.1.4. プラント

製造施設等

プラント製造施設等（危険物製造所及び一般取扱所、高圧ガス製造施設、高圧混在施設）で取扱う危険物、可燃性ガス、毒性ガスについて、危険物の流出火災、可燃性ガスの爆発・フラッシュ火災、毒性ガスの拡散を想定した。

初期事象は装置の破損による内容物の漏洩とし、規模によって2つに分けて考えた。事象分岐は緊急停止措置の成功・失敗、脱圧・ブローダウンの成功・失敗、着火の有無を設定した。

これらの事象を整理したものを表 4.1.9に、ETを図 4.1.14～図 4.1.15に示す。ここで、各災害事象の様相は表 4.1.10に示すとおりである。

なお、危険物タンク同様、実際には、「漏洩検知」から「緊急停止・遮断（自動）（B1）」に至るプロセスの他、巡回パトロールによる覚知後、「バルブ手動閉止」による対応も行われるが、ここでは、定量的な分岐確率が設定可能なシナリオとして設定した。

表 4.1.9 製造施設等の災害想定

初期事象	事象分岐	災害事象
IE1: 装置の小破による漏洩	B1: 緊急停止・遮断(自動)の失敗 B2: 脱圧・ブローダウンの失敗 B3: 着火・火災爆発 B4: 着火・フラッシュ火災	DE1: 少量流出・火災爆発 DE2: 少量流出・ガス拡散 DE3: 少量流出・フラッシュ火災 DE4: ユニット全量流出・火災爆発 DE5: ユニット全量流出・ガス拡散 DE6: ユニット全量流出・フラッシュ火災 DE7: 大量流出・火災爆発 DE8: 大量流出・ガス拡散 DE9: 大量流出・フラッシュ火災
IE2: 装置の大破による漏洩	B1: 緊急停止・遮断(自動)の失敗 B3: 着火・火災爆発 B4: 着火・フラッシュ火災	DE4: ユニット全量流出・火災爆発 DE5: ユニット全量流出・ガス拡散 DE6: ユニット全量流出・フラッシュ火災 DE7: 大量流出・火災爆発 DE8: 大量流出・ガス拡散 DE9: 大量流出・フラッシュ火災

表 4.1.10 製造施設等の災害事象の様相

DE1: 少量流出・火災爆発	少量の内容物(ユニット内の一部)が漏洩し、プラントの周辺で爆発するか火災となる。
DE2: 少量流出・ガス拡散	少量の内容物(ユニット内の一部)が漏洩し、ガス(可燃性・毒性)が大気中に拡散する。
DE3: 少量流出・フラッシュ火災	少量の内容物(ユニット内の一部)が漏洩し、拡散した可燃性ガスに着火してフラッシュ火災となる。
DE4: ユニット全量流出・火災爆発	ユニット内容物の全量が漏洩し、プラントの周辺で爆発するか火災となる。
DE5: ユニット全量流出・ガス拡散	ユニット内容物の全量が漏洩し、ガス(可燃性・毒性)が大気中に拡散する。
DE6: ユニット全量流出・フラッシュ火災	ユニット内容物の全量が漏洩し、拡散した可燃性ガスに着火してフラッシュ火災となる。
DE7: 大量流出・火災爆発	大量(複数のユニット)の内容物が漏洩。プラントの周辺で爆発するか火災となり、長時間継続する。
DE8: 大量流出・ガス拡散	大量(複数のユニット)の内容物が漏洩。ガス(可燃性・毒性)が大気中に拡散する。
DE9: 大量流出・フラッシュ火災	大量(複数のユニット)の内容物が漏洩。拡散した可燃性ガスに着火してフラッシュ火災となる。

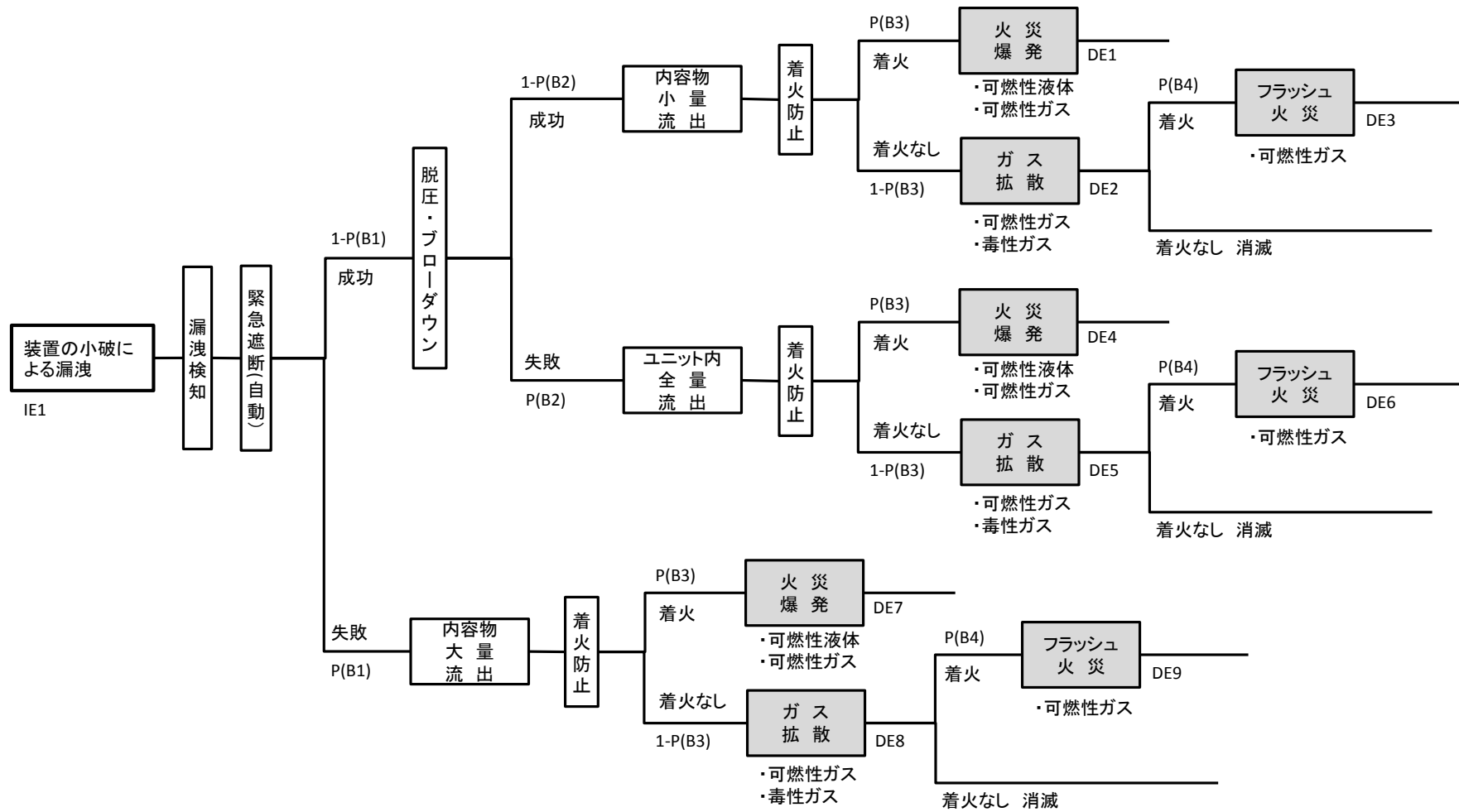


図 4.1.14 製造施設等の災害拡大イベントツリー (装置の小破による漏洩)

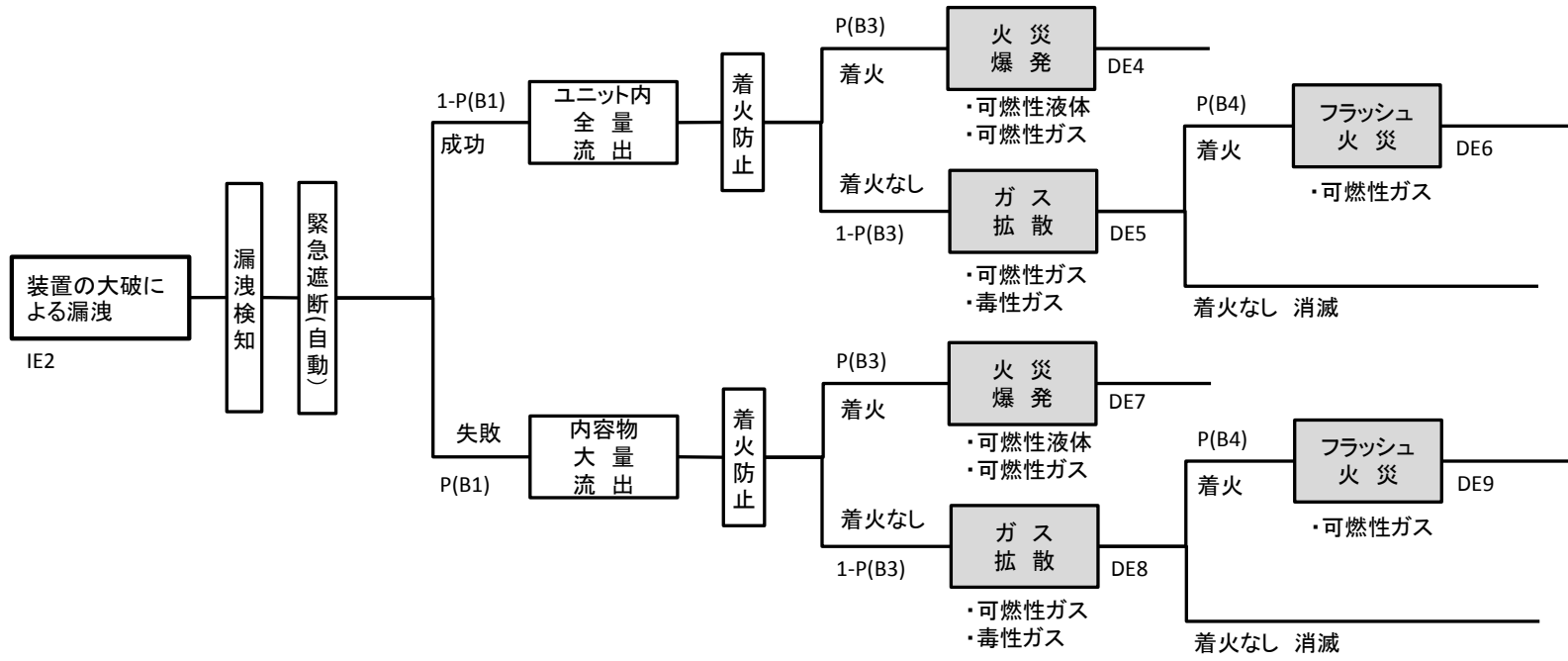


図 4.1.15 製造施設等の災害拡大イベントツリー (装置の大破による漏洩)

発電施設

発電施設では、危険物の流出火災、可燃性ガスの爆発・フラッシュ火災、炉内爆発（ボイラーの失火後に燃料が供給され続けて着火した場合）を想定した。

初期事象は装置の破損による内容物の漏洩、プロセス異常（ボイラーの失火）とし、事象分岐は緊急停止措置の成功・失敗、バルブ手動閉止の成功・失敗、着火の有無等を設定した。

これらの事象を整理したものを表 4.1.11 に、ET を図 4.1.16～図 4.1.17 に示す。ここで、各災害事象の様相は表 4.1.12 に示すとおりである。

なお、危険物タンク同様、実際には、「漏洩検知」から「緊急停止・遮断（自動）（B1）」に至るプロセスの他、巡回パトロールによる覚知後、「バルブ手動閉止」による対応も行われるが、ここでは、定量的な分岐確率が設定可能なシナリオとして設定した。

表 4.1.11 発電施設の災害想定

初期事象	事象分岐	災害事象
IE1: 装置の破損による漏洩	B1: 緊急停止・遮断(自動)の失敗 B2: バルブ手動閉止の失敗 B3: 着火・火災爆発 B4: 着火・フラッシュ火災	DE1: 少量流出・火災爆発 DE2: 少量流出・フラッシュ火災 DE3: 中量流出・火災爆発 DE4: 中量流出・フラッシュ火災 DE5: 大量流出・火災爆発 DE6: 大量流出・フラッシュ火災
IE2: プロセス異常(ボイラーの失火)	B1: 緊急停止・遮断(自動)の失敗 B2: バルブ手動閉止の失敗 B5: 着火・炉内爆発	DE7: 炉内爆発

表 4.1.12 発電施設の災害事象の様相

DE1: 少量流出・火災爆発	内容物が漏洩し、プラントの周辺で爆発するか火災となる。漏洩は短時間で停止する。
DE2: 少量流出・フラッシュ火災	内容物が漏洩し、拡散した可燃性ガスに着火してフラッシュ火災となる。漏洩は短時間で停止する。
DE3: 中量流出・火災爆発	内容物が漏洩し、プラントの周辺で爆発するか火災となる。漏洩停止に遅れ火災はしばらく継続する。
DE4: 中量流出・フラッシュ火災	内容物が漏洩し、拡散した可燃性ガスに着火してフラッシュ火災となる。漏洩停止に遅れ火災はしばらく継続する。
DE5: 大量流出・火災爆発	内容物が漏洩し、プラントの周辺で爆発するか火災となる。漏洩停止ができず火災は長時間継続する。
DE6: 大量流出・フラッシュ火災	内容物が漏洩し、拡散した可燃性ガスに着火してフラッシュ火災となる。漏洩停止ができず火災は長時間継続する。
DE7: 炉内爆発	失火した炉内に燃料が供給されつづけ、着火・爆発する。

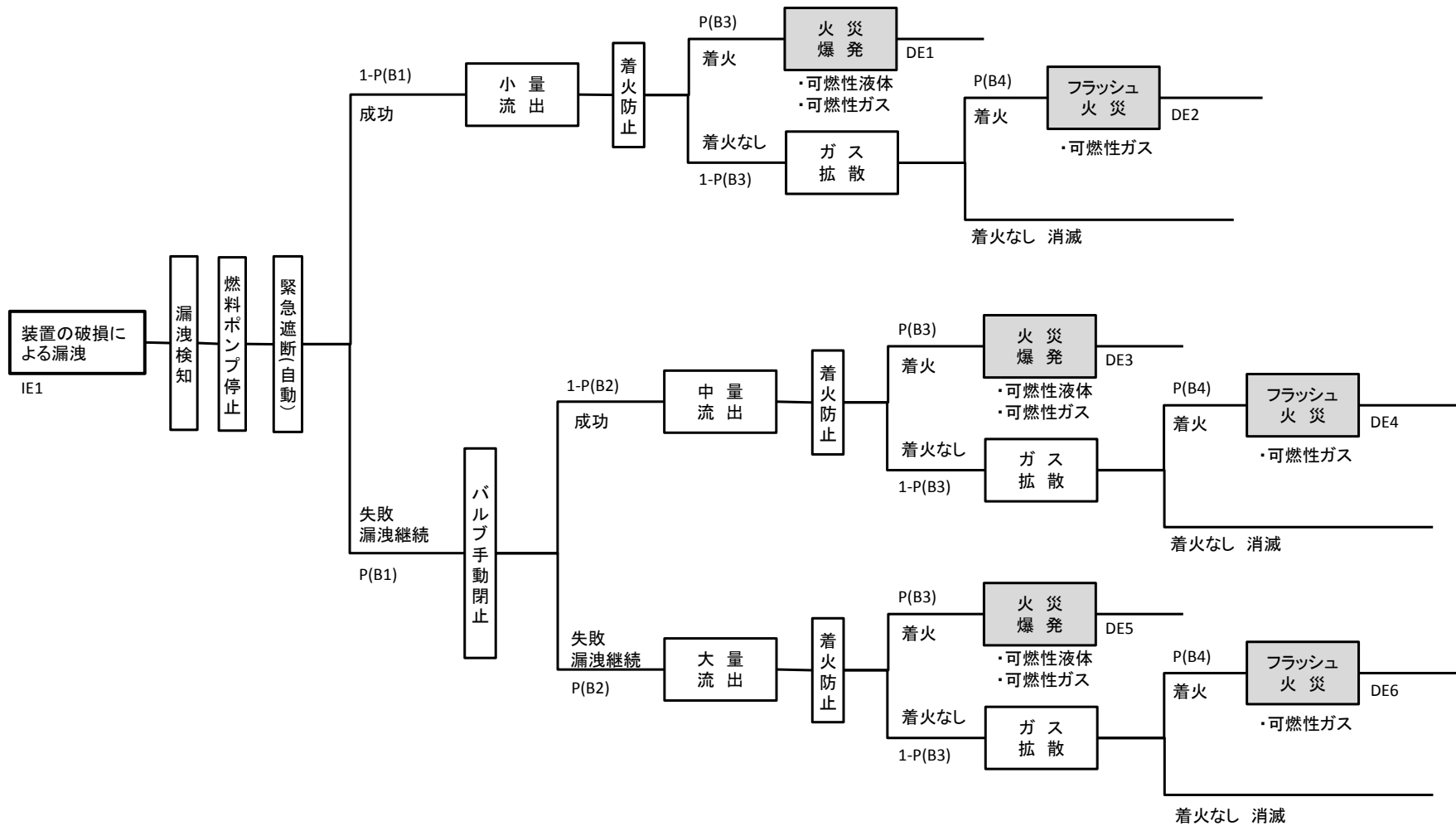


図 4.1.16 発電施設の災害拡大イベントツリー (装置の破損による漏洩)

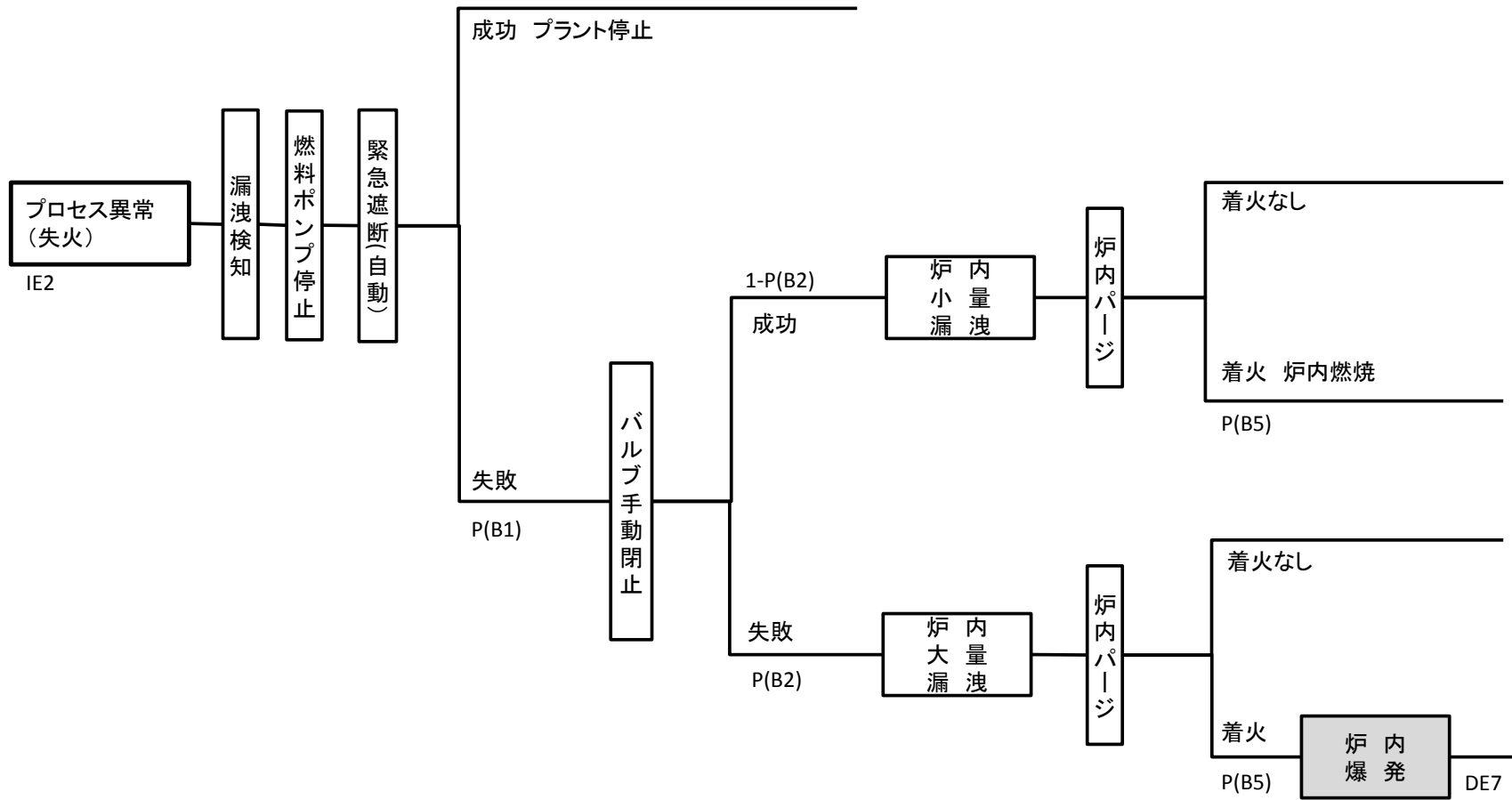


図 4.1.17 発電施設の災害拡大イベントツリー (プロセス異常)

4.1.5. 海上入出荷施設

海上入出荷施設では、石油の場合は流出火災を、LPG・LNG の場合はガス爆発、フラッシュ火災を、毒劇物の場合は毒性ガスの蒸発拡散をそれぞれ想定した。

初期事象は配管等の破損による内容物の漏洩とし、事象分岐は緊急停止・遮断の成功・失敗、着火の有無、蒸発・拡散防止措置の成功・失敗を設定した。

これらの事象を整理したものを表 4.1.7 表 4.1.13 に、ET を図 4.1.18～図 4.1.20 に示す。ここで、各災害事象の様相は表 4.1.14 に示すとおりである。

なお、危険物タンク同様、実際には、「漏洩検知」から「緊急停止・遮断（自動（B1）」に至るプロセスの他、巡回パトロールによる覚知後、「バルブ手動閉止」による対応も行われるが、ここでは、定量的な分岐確率が設定可能なシナリオとして設定した。

表 4.1.13 海上入出荷施設の災害想定

初期事象	事象分岐	災害事象
IE1: 配管等の破損による漏洩	B1: 緊急停止・遮断(自動)の失敗 B2: 着火・火災爆発 B3: 着火・フラッシュ火災 B4: 蒸発・拡散防止の失敗	DE1: 小量流出・火災 DE2: 大量流出・火災 DE3: 小量流出・爆発 DE4: 小量流出・フラッシュ火災 DE5: 大量流出・爆発 DE6: 大量流出・フラッシュ火災 DE7: 小量流出・拡散 DE8: 大量流出・拡散

表 4.1.14 海上入出荷施設の災害想事象の様相

DE1: 小量流出・火災	可燃性液体が漏洩し、周辺で火災となる。漏洩は短時間で停止する。
DE2: 大量流出・火災	可燃性液体が漏洩し、周辺で火災となる。漏洩停止ができず火災は長時間継続する。
DE3: 小量流出・爆発	可燃性ガスが漏洩し、周辺で爆発する。漏洩は短時間で停止する。
DE4: 小量流出・フラッシュ火災	可燃性ガスが漏洩し、拡散したガスに着火してフラッシュ火災となる。漏洩は短時間で停止する。
DE5: 大量流出・爆発	可燃性ガスが漏洩し、周辺で爆発する。漏洩停止ができず火災は長時間継続する。
DE6: 大量流出・フラッシュ火災	可燃性ガスが漏洩し、拡散したガスに着火してフラッシュ火災となる。漏洩停止ができず火災は長時間継続する。
DE7: 小量流出・拡散	毒性ガスが漏洩して大気中に拡散する。漏洩は緊急遮断により短時間で停止する。
DE8: 大量流出・拡散	毒性ガスが漏洩して大気中に拡散する。漏洩停止ができず拡散は長時間継続する。

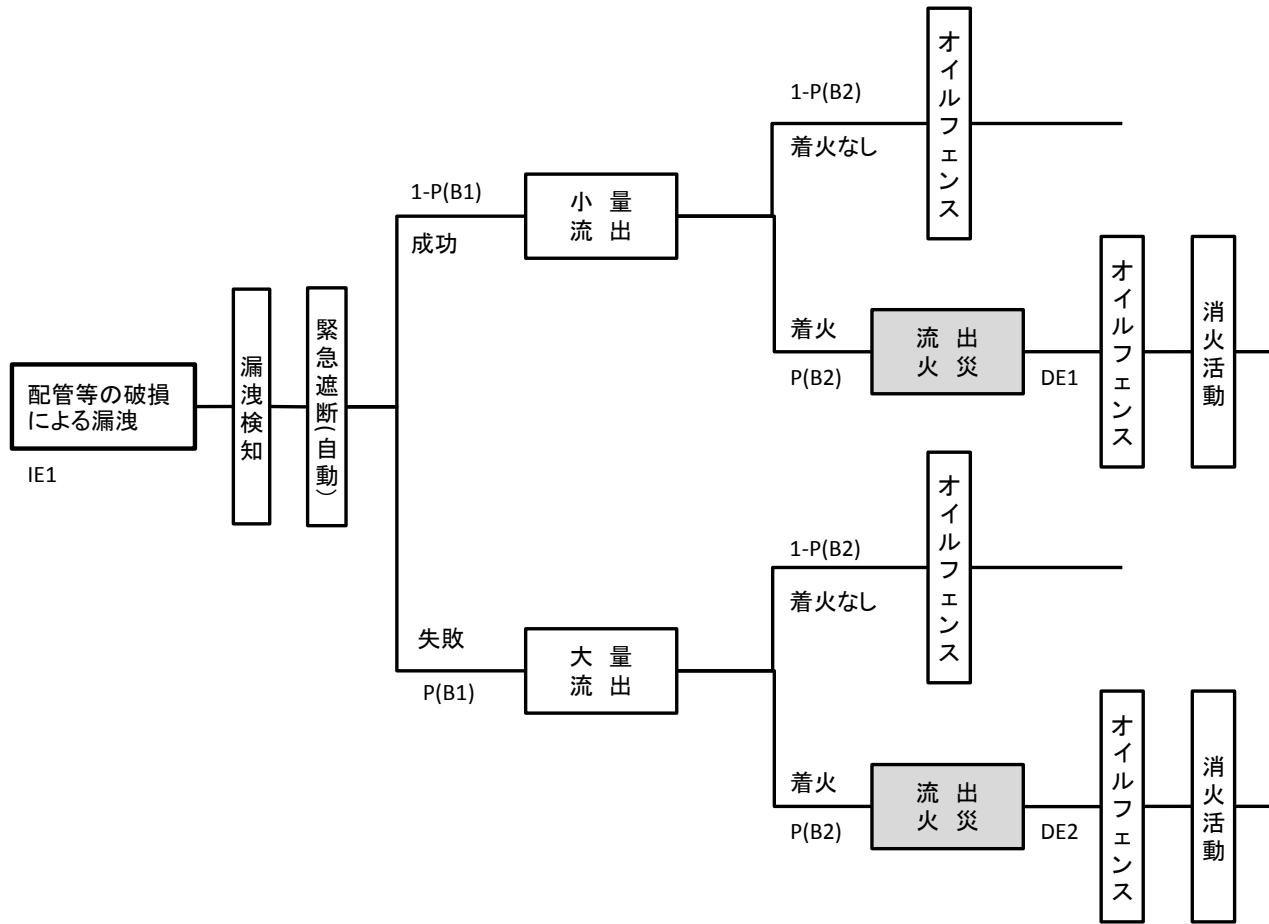


図 4.1.18 海上入出荷施設（石油）の災害拡大イベントツリー

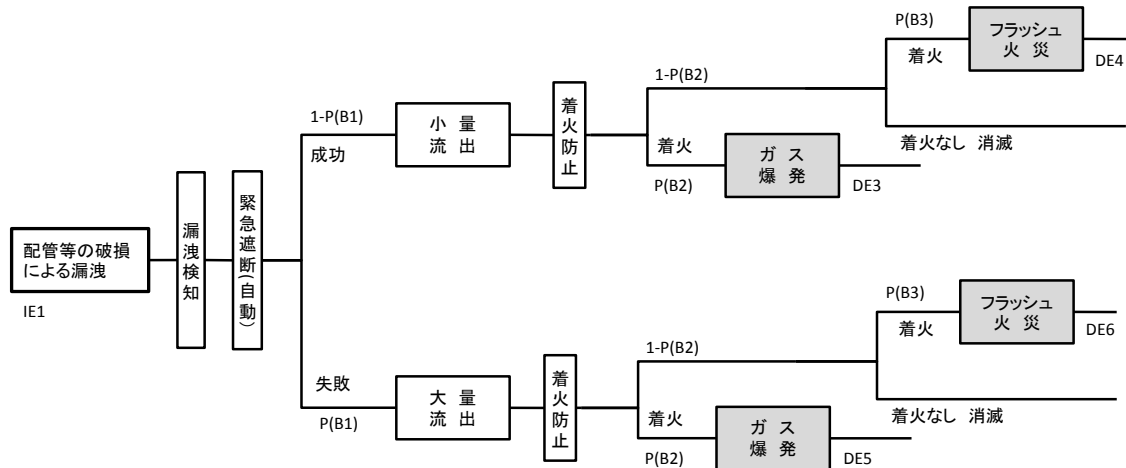


図 4.1.19 海上入出荷施設 (LPG・LNG) の災害拡大イベントツリー

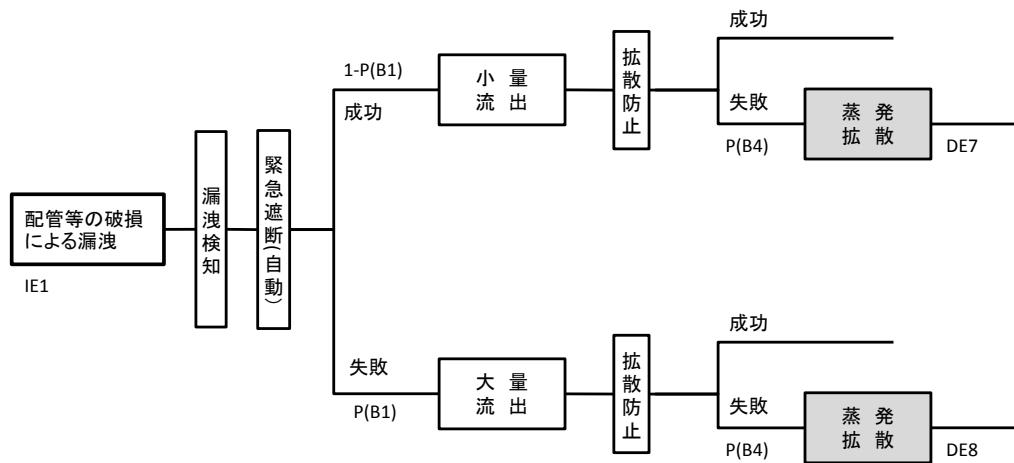


図 4.1.20 海上入出荷施設 (毒劇物) の災害拡大イベントツリー

4.1.6. パイプライン

パイプラインでは、石油の場合は流出火災を、可燃性ガスの場合はガス爆発、フラッシュ火災を想定した。

初期事象は配管等の破損による内容物の漏洩とし、事象分岐は緊急停止・遮断の成功・失敗、バルブ手動閉止の成功・失敗、着火の有無を設定した。

これらの事象を整理したものを表 4.1.15 に、ET を図 4.1.21～図 4.1.22 に示す。ここで、各災害事象の様相は表 4.1.16 に示すとおりである。

なお、危険物タンク同様、実際には、「漏洩検知」から「緊急停止・遮断（自動）（B1）」に至るプロセスの他、巡回パトロールによる覚知後、「バルブ手動閉止」による対応も行われるが、ここでは、定量的な分岐確率が設定可能なシナリオとして設定した。

表 4.1.15 パイプラインの災害想定

初期事象	事象分岐	災害事象
IE1: 配管等の破損による漏洩	B1: 緊急停止・遮断(自動)の失敗 B2: バルブ手動閉止の失敗 B3: 着火・火災爆発 B4: 着火・フラッシュ火災	DE1: 小量流出・火災 DE2: 中量流出・火災 DE3: 大量流出・火災 DE4: 小量流出・爆発 DE5: 小量流出・フラッシュ火災 DE6: 中量流出・爆発 DE7: 中量流出・フラッシュ火災 DE8: 大量流出・爆発 DE9: 大量流出・フラッシュ火災

表 4.1.16 パイプラインの災害事象の様相

DE1: 小量流出・火災	可燃性液体が漏洩し、周辺で火災となる。漏洩は短時間で停止する。
DE2: 中量流出・火災	可燃性液体が漏洩し、周辺で火災となる。漏洩停止に遅れ火災はしばらく継続する。
DE3: 大量流出・火災	可燃性液体が漏洩し、周辺で火災となる。漏洩停止ができず火災は長時間継続する。
DE4: 小量流出・爆発	可燃性ガスが漏洩し、周辺で爆発する。漏洩は短時間で停止する。
DE5: 小量流出・フラッシュ火災	可燃性ガスが漏洩し、拡散したガスに着火してフラッシュ火災となる。漏洩は短時間で停止する。
DE6: 中量流出・爆発	可燃性ガスが漏洩し、周辺で爆発する。漏洩停止に遅れ火災はしばらく継続する。
DE7: 中量流出・フラッシュ火災	可燃性ガスが漏洩し、拡散したガスに着火してフラッシュ火災となる。漏洩停止に遅れ火災はしばらく継続する。
DE8: 大量流出・爆発	可燃性ガスが漏洩し、周辺で爆発する。漏洩停止ができず火災は長時間継続する。
DE9: 大量流出・フラッシュ火災	可燃性ガスが漏洩し、拡散したガスに着火してフラッシュ火災となる。漏洩停止ができず火災は長時間継続する。

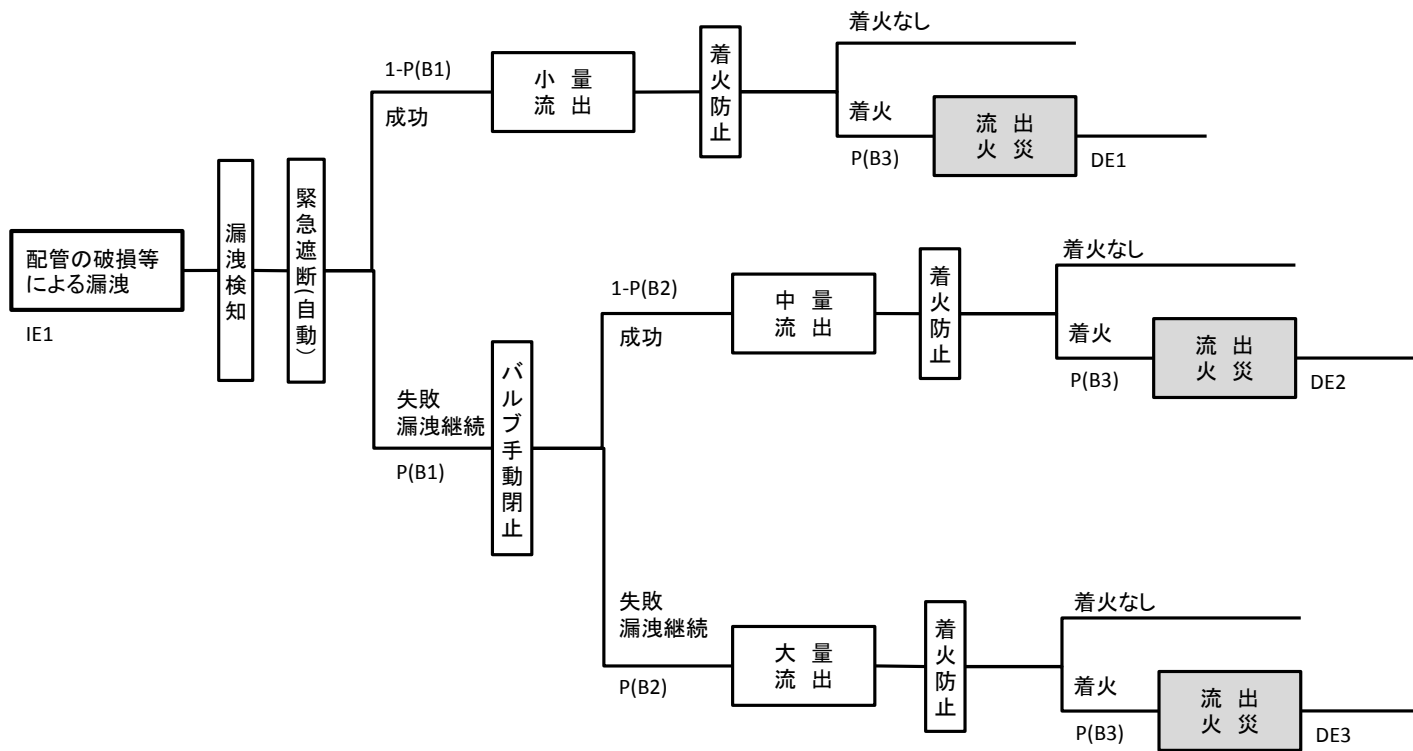


図 4.1.21 パイプライン（石油）の災害拡大イベントツリー

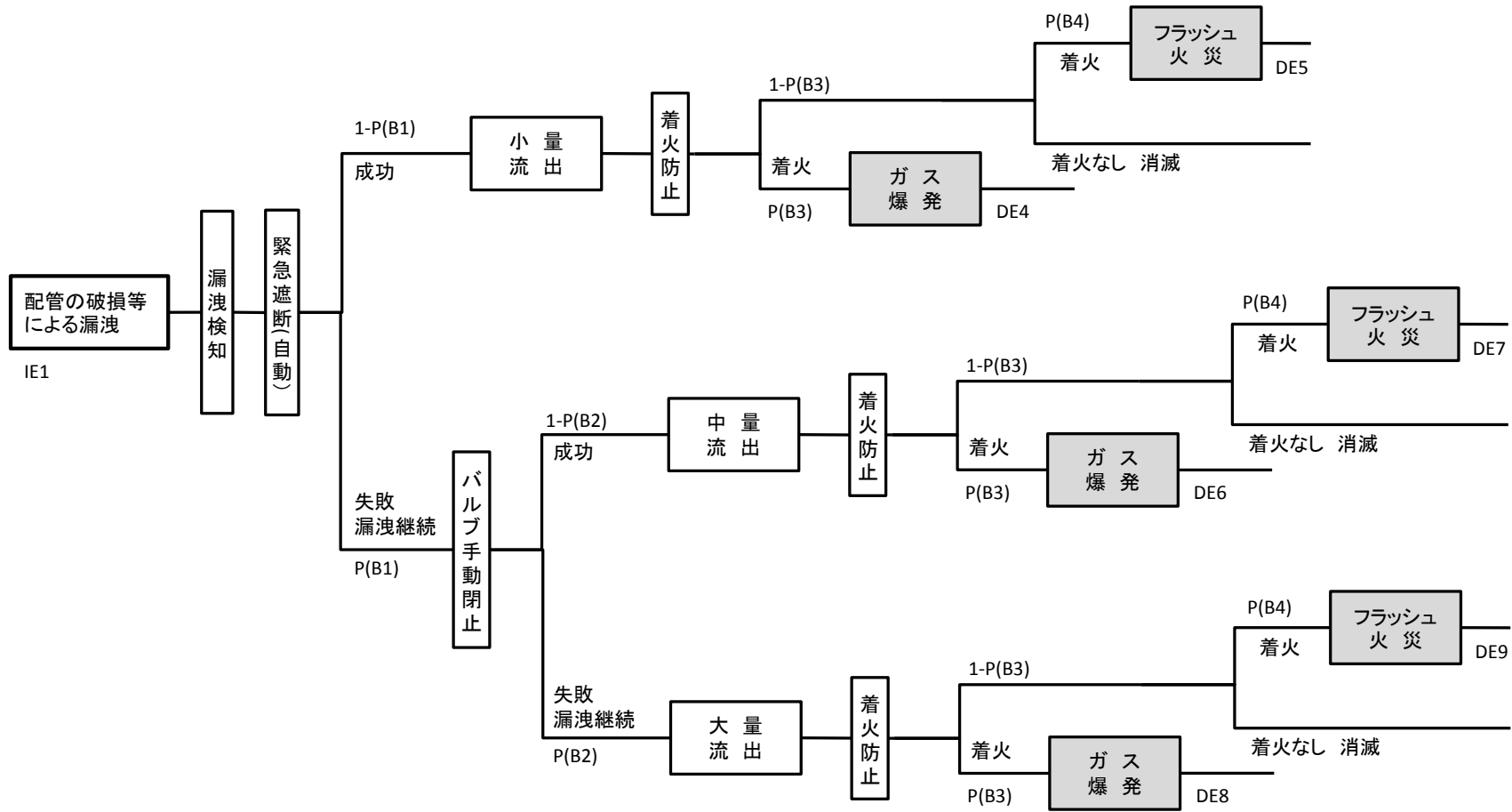


図 4.1.22 パイプライン（可燃性ガス）の災害拡大イベントツリー

4.2. 災害の発生危険度（頻度）の推定

前項で作成したイベントツリー（ET）に、初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を与えることにより、中間あるいは末端に現れる各種災害事象の発生危険度の算出を行った。平常時の場合、初期事象の発生頻度は過去の事故発生状況に基づき推定し、事象の分岐確率は、機器の信頼性データに基づき推定した。

ただし、頻度推定にはデータ不足等による不確定要素が伴うことから、災害事象の発生頻度は絶対的な数値としてではなく、災害の起こりやすさを表す相対的な指標として捉えることとした。本調査ではこれらの災害発生頻度を次のようにランク付けし、これをもとに評価を行った。

表 4.2.1 平常時の災害発生危険度区分

区分	災害発生危険度 [件/年・施設]
AAn	10^{-3} 程度 (5×10^{-4} 以上)
An	10^{-4} 程度 (5×10^{-5} 以上) (プラント: 5×10^{-5} 以上 5×10^{-4} 未満)
Bn	10^{-5} 程度 (5×10^{-6} 以上 5×10^{-5} 未満)
Cn	10^{-6} 程度 (5×10^{-7} 以上 5×10^{-6} 未満)
Dn	10^{-7} 程度 (5×10^{-8} 以上 5×10^{-7} 未満)
En	10^{-8} 程度 (5×10^{-8} 未満)

注1) 添字のnは平常時を表す。

注2) An は、1施設あたりで見ると10,000年に1件程度、10,000施設あれば1年に1件程度発生するような災害であることを意味する。

注3) 区分AAnについては災害発生危険度が比較的大きい「プラント」についてのみ適用した。

4.2.1. 危険物タンク

初期事象の発生頻度

危険物タンクの初期事象は配管及びタンク本体からの漏洩と、タンク屋根での出火である。

表 4.2.2 危険物タンクの初期事象

漏洩	IE1: 配管の小破による漏洩
	IE2: 配管の大破による漏洩
	IE3: タンク本体の小破による漏洩
	IE4: タンク本体の大破による漏洩
火災	IE5: タンク屋根での出火

危険物タンク（屋外タンク貯蔵所）における、最近10年間（2003～2012年）の漏洩及び火災事故の発生状況は、表 4.2.3のとおりである。

表 4.2.3 危険物タンクの事故発生状況（2003～2012年）^{i, ii, iii}

	施設数	漏洩事故		火災事故		計	
		件数	発生率 [件/年・基]	件数	発生率 [件/年・基]	件数	発生率 [件/年・基]
特定事業所	19,389	268	(1.4×10^{-3})	21	(1.1×10^{-4})	289	(1.5×10^{-3})
全国	65,952	601	8.5×10^{-4}	31	4.4×10^{-5}	632	(9.6×10^{-4})

注1) 施設数は2012年3月31日(全国)及び2012年4月1日(特定事業所)現在の完成検査済証交付施設数である。

注2) 特定事業所及び全国の事故件数は、過去10年間の漏洩事故及び火災事故(爆発を含む)件数の合計を表す。
なお、漏洩から火災に至る場合は火災に含まれる。

注3) 全国の漏洩事故及び火災事故の発生頻度は、各年の発生頻度の平均値である。その他の発生頻度(括弧内の数値)は、10年間の事故件数の合計と統計による施設数から算出した推定値である。

漏洩事故については、1989～2002年の14年間における屋外タンク貯蔵所の漏洩事故に関して、危険物保安技術協会が漏洩の発生箇所を整理している(資料1 図1.1参照)^{iv}。これによると、全漏洩事故件数は448件であり、そのうち配管からの漏洩が258件(非埋設管144件、埋設管114件)、タンク本体からが144件(屋根部61件、屋根以外83件)となっている。これらから、漏洩発生場所別の事故発生件数を整理すると表 4.2.4のようになる。

表 4.2.4より、埋設配管からの漏洩については火災危険性が少ないことを考慮し、非埋設管の発生頻度をもとに、配管の小破による漏洩の発生頻度を 4.5×10^{-4} [件/年・基]とした。

タンク本体の漏洩事故については、屋根からの漏洩の殆どは地震時のスロッシングによるものである。従って、タンク本体の小破による漏洩の発生頻度は、タンク本体の事故のうち、屋根以外の漏洩事故の発生頻度 2.6×10^{-4} [件/年・基]を適用した。

ⁱ 危険物に係る事故事例, 消防庁

ⁱⁱ 石油コンビナート等特別防災区域の特定事業所における事故概要, 消防庁特殊災害室

ⁱⁱⁱ 平成24年度 石油コンビナート等防災体制の現況, 消防庁特殊災害室

^{iv} Safety & Tomorrow, 危険物保安技術協会, No.97, 2004.9

表 4.2.4 危険物タンクの発生場所別漏洩事故発生状況（1989～2002年）^{i, ii}

配管				タンク本体			
区分	件数	比率	発生頻度 [件/年・基]	区分	件数	比率	発生頻度 [件/年・基]
非埋設管	144	32.1%	4.5×10^{-4}	屋根以外	83	18.5%	2.6×10^{-4}
埋設管	114	25.4%	3.6×10^{-4}	屋根	61	13.6%	1.9×10^{-4}
計	258	57.6%	8.1×10^{-4}	計	144	32.1%	4.5×10^{-4}

注1) 事故件数は14年間の事故の合計件数で、地震によるものを含む。

注2) 比率は、14年間の全漏洩事故(448件)を母数とした場合の発生箇所比率である。

注3) 発生頻度は、特定事業所における最近10年間の漏洩事故発生頻度(1.4×10^{-3})に、発生箇所の比率を掛け合わせた推定値である。

配管及びタンク本体の大破漏洩について、表 4.2.3に示した全国の事故の内、比較的被害が大きかったもの（死者1名以上、負傷者2名以上もしくは損害見積額1,000万円以上）の発生件数を整理すると、配管で12件、タンク本体で5件となっている^{vii}。ここで、配管とタンク本体の区分は資料1 図1.1によった。なお、これらの事故では必ずしも大破漏洩が生じたわけではないため、この情報を用いて推定した発生頻度は安全側の値を与えると考えられる。

以上より、配管の大破による漏洩の発生頻度を 1.8×10^{-5} [件/年・基] とした。

また、タンク本体の大破漏洩については、表 4.2.3に示す事故とは別に、2012年9月、兵庫県のアクリル酸製造施設において爆発事故が発生している。この事故は、中間タンク内の液温を十分に除熱できなかったことから重合反応が進行し、内圧上昇によりタンクに亀裂が発生して、蒸気爆発、火災、周辺機器損傷へ至ったものである。

これらのことから、タンク本体の大破による漏洩は全国で10年に6件程度起こると考え、発生頻度を 9.1×10^{-6} [件/年・基] とした。

火災事故については、危険物保安技術協会ⁱⁱⁱによると1979～2002年の24年間で68件の火災事故が発生しており、このうち工事修理またはこれに伴う作業のなかったものは27件である。この27件中タンク本体におけるものは16件（約24%）で、すべて貯蔵中または残油のある状態であった。

従って、危険物貯蔵中の屋根部またはタンク本体における出火の発生頻度は、火災事故全体の3割程度（24%に安全率を考慮）と考えられ、表 4.2.3の特定事業所における最近10年間の火災事故発生頻度（ 1.1×10^{-4} ）から、 3.7×10^{-5} [件/年・基] とする（1石・アルコール類・特殊引火物）。

貯蔵油種による発生頻度の差に関して、最近5年間（2008～2012年）の出火原因物質別の火災発生状況を表 4.2.5に示す。第4類危険物を貯蔵する危険物タンクのうち、約1割が1石・アルコール類、約9割がその他の第4類を貯蔵していると考えられる^{iv}ことを踏まえ、

ⁱ Safety & Tomorrow, 危険物保安技術協会, No.97, 2004.9

ⁱⁱ 危険物に係る事故事例, 消防庁

ⁱⁱⁱ Safety & Tomorrow, 危険物保安技術協会, No.98, 2004.9

^{iv} 平成 23 年度 危険物規制事務統計表, 消防庁

特殊引火物・1石・アルコール類の火災の発生頻度は、その他の第4類の10倍程度と推定する。従って、特殊引火物・1石・アルコール類以外の第4類石油類を貯蔵するタンクについて、タンク屋根での出火の発生頻度は 3.7×10^{-6} [件/年・基] とする（第4類2、3、4石）。

表 4.2.5 屋外タンク貯蔵所の出火原因物質別火災事故発生件数（2008～2012年）

油種		屋外タンク貯蔵所					計
		2012	2011	2010	2009	2008	
第4類	特殊引火物	1	1	0	0	1	3
	第1石油類	1	0	0	0	2	3
	アルコール類	0	0	0	0	0	0
	第2石油類	0	0	0	1	1	2
	第3石油類	0	0	0	0	0	0
	第4石油類	0	0	0	0	0	0
	動植物油脂	0	0	0	1	0	1

以上をもとに、危険物タンクの初期事象の発生頻度は、表 4.2.6のように設定した。

ここで、タンク本体に係る事故については、タンク技術基準を新法タンク及び旧法・新基準タンクと、旧法・旧基準タンク及び準特定タンク、小容量タンクとに分けて考えている。新法タンクは旧法タンク及び準特定タンク、小容量タンクよりも強度が高いと考えられるため、事故発生頻度を旧法タンク及び準特定タンク、小容量タンクの1/10とした。

注) タンク技術基準は以下に示すように、危険物の規制に関する政令に基づく。

新 法 : 昭和52年改正令施行後に設置の許可を受け、又は許可申請された特定屋外タンク貯蔵所
(貯蔵容量1,000kl以上)

旧法新基準 : 昭和52年改正令施行前に設置の許可を受け、又は許可申請された特定屋外タンク貯蔵所で
あり、平成6年改正令に基づく新基準（基礎、地盤やタンク本体に関する一定の基準）を
満たすもの

旧法旧基準 : 昭和52年改正令施行前に設置の許可を受け、又は許可申請された特定屋外タンク貯蔵所で
あり、平成6年改正令に基づく新基準を満たさないもの

準特定新 法 : 平成11年の技術基準(現行基準)に適合する準特定タンク (貯蔵容量500kl以上)

準特定新基準 : 平成11年の新基準に適合する準特定タンク

準特定旧基準 : 平成11年の新基準に適合しないか適合調査中の準特定タンク

小 容 量 : 貯蔵容量500kl未満のタンク

表 4.2.6 危険物タンクの初期事象の発生頻度（平常時）

初期事象	発生頻度		
	旧法/準特定/ 小容量	新法	
IE1: 配管の小破による漏洩	4.5×10^{-4}		
IE2: 配管の大破による漏洩	1.8×10^{-5}		
IE3: タンク本体の小破による漏洩	2.6×10^{-4}	2.6×10^{-5}	
IE4: タンク本体の大破による漏洩	9.1×10^{-6}	9.1×10^{-7}	
IE5: タンク屋根での出火	1石・アルコール類・ 特殊引火物	3.7×10^{-5}	3.7×10^{-6}
	2・3・4石	3.7×10^{-6}	3.7×10^{-7}

注) 新法: 新法及び旧法・新基準タンク
旧法: 旧法・旧基準タンク

事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 4.2.7 のように設定した。分岐確率の推定に当たっては、可能な限りフォールトツリー解析（FTA）を適用した。なお、フォールトツリーで現れる末端事象の故障確率は、米国で刊行されている以下の文献によった。

CCPS: Guidelines for Process Equipment Reliability Data Table, Center for Chemical Process Safety of the American Institute Chemical Engineers, 1989
WASH: Reactor Safety Study, An Assessment of Accident in U.S. Commercial Nuclear Power Plants, U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1975

表 4.2.7 危険物タンクの事象の分岐確率（平常時）

事象分岐		分岐確率
B1: 緊急遮断（自動）		5.8×10^{-3}
B2: バルブ手動閉止の失敗		2.9×10^{-4}
B3: 一時的な漏洩停止・拡大防止措置の失敗		10^{-1}
B4: 内容物移送の失敗		1.9×10^{-2}
B5: 仕切堤による拡大防止の失敗		10^{-2}
B6: 防油堤による拡大防止の失敗		10^{-3}
B7: 漏油の着火	1石・アルコール類・ 特殊引火物	10^{-1}
	2・3・4石	10^{-2}
B8: 泡消火設備による消火の失敗		10^{-1}
B9: 浮き屋根沈降		10^{-1}
B10: ボイルオーバー		10^{-1}

B1：緊急遮断（自動）の失敗

緊急遮断設備には電気駆動とエア駆動があり、これらの設備の作動失敗を想定した FTA は図 4.2.1 及び図 4.2.2 に示すとおりである。危険物タンクの緊急遮断設備は一般的に電気駆動の場合が多いため、電気駆動のものを適用した。なお、遮断設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

B2：バルブ手動閉止の失敗

CCPS による手動バルブの閉止失敗確率（VALVES-MANUAL: 2.9×10^{-4} ）を適用した。

B3：一時的な漏洩停止・拡大防止措置の失敗

タンク本体から漏洩した場合でも、少量であれば破口を塞いだり、土のうで囲んで漏油を回収するなどの一時的な措置により、拡大を防止することが可能である。このような措置に失敗して、漏油が仕切堤（あるいは防油堤）全面に拡大する確率を 10^{-1} と推定した。

B4：内容物移送の失敗

内容物移送は、バルブの開閉により損傷タンクと移送先タンクを連結して移送ポンプを起動することにより行なわれる。バルブ開閉の失敗確率（電動及び手動の開閉がともに失敗する確率）は無視できるため、CCPS による移送ポンプ（電動ポンプ）の起動失敗確率（PUMPS-MOTOR-DRIVEN: 1.9×10^{-2} ）を適用した。なお、移送設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

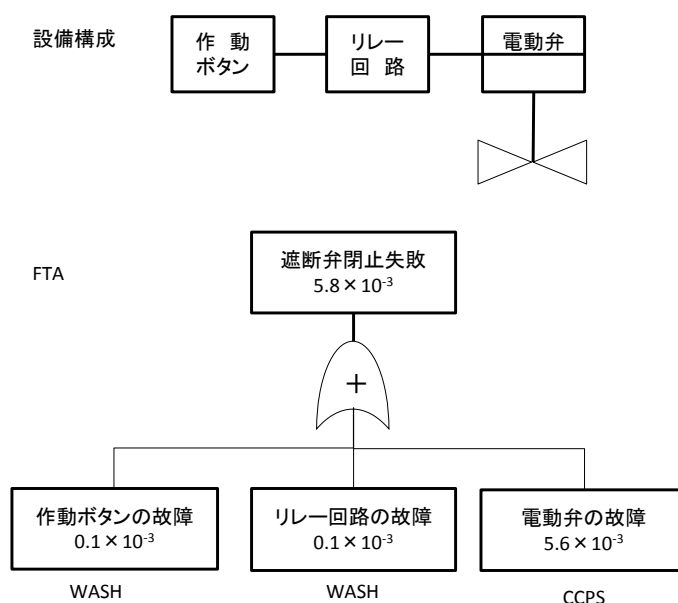


図 4.2.1 遮断設備（電気駆動）の作動失敗に関する FTA（平常時）

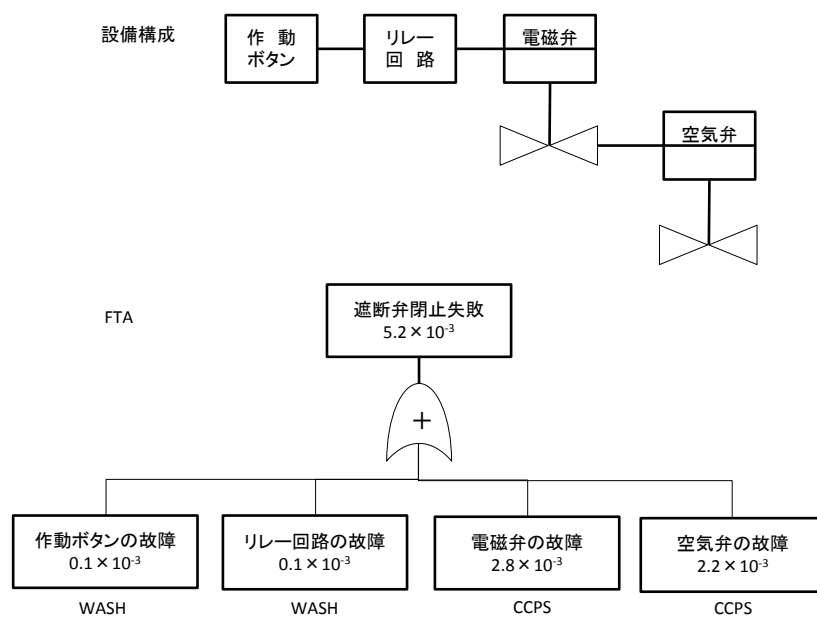


図 4.2.2 遮断設備（エア駆動）の作動失敗に関する FTA（平常時）

B5、B6：仕切堤、防油堤による拡大防止の失敗

タンクヤードには漏油拡大防止のため防油堤（高さ 0.5m 以上）及び仕切堤（1 万 kl 以上のタンクで 0.3m 以上）が設置されている。平常時には漏油がこれらを超える確率は低く、特に防油堤は最大タンク容量の 110%以上の容量を持つため、漏油の運動量で超えたり破壊したりしない限り、外部に流出することは考えにくい。従って、仕切堤の失敗確率を 10^{-2} （仕切堤がない場合は 1）、防油堤はその 1/10 の 10^{-3} と推定した。

B7：漏油の着火

1992～1996 年に発生した危険物タンクの事故事例によると、タンクから漏洩した油に着火して火災となったものは、第 1 石油類で 10 数%、第 2・3・4 石油類ではその 1/10 程度となっている（表 4.2.8）。従って、漏油の着火確率は第 1 石油類及び特殊引火物、アルコール類で 10^{-1} 、その他は 10^{-2} とした。

表 4.2.8 危険物タンクの油種別事故発生状況（1992～1996 年）ⁱ

油種	漏洩	火災(内数)	
		火災(内数)	全事故中の火災の割合
第1石油類	11	2	0.18
第2・3・4石油類	91	1	0.011

ⁱ 危険物に係る事故事例，消防庁

B8：泡消火設備による消火の失敗

標準的な消火設備は、消火薬剤タンク、薬剤送出ポンプ、送水ポンプ、泡放出口（及びこれらを結ぶ配管にある数個のバルブ、遠隔操作のためのボタンやリレー回路）等から構成される。ここで、ポンプ（電動）の故障率が他の要素に比べて1桁以上大きいため、ポンプ以外の要素の故障率をひとまとめに 10^{-2} 程度と考えFTAを展開すると、図4.2.3により、消火設備の作動失敗確率は 4.7×10^{-2} となる（エンジンポンプの場合はポンプ故障率が 2.6×10^{-2} であり、消火設備の作動失敗は 6.1×10^{-2} となる）。ただし、消火設備が作動しても消火できないことも考えられ、消火に失敗する確率をこの2倍程度の 10^{-1} とした。

B9：浮き屋根沈降

浮き屋根式タンクのリング火災の消火に失敗して浮き屋根沈降に至る確率であり、 10^{-1} と推定した。

B10：ボイルオーバー

浮き屋根式タンクのリング火災から浮き屋根沈降後、さらにボイルオーバーに至る確率であり、 10^{-1} と推定した。

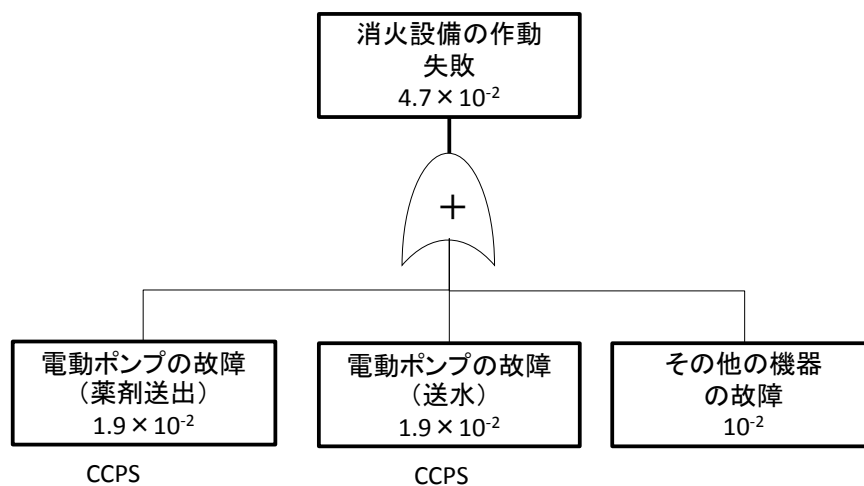


図 4.2.3 消火設備の作動失敗に関する FTA（平常時）

災害事象の発生危険度

0、0 で設定した初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を危険物タンクの ET に当てはめ、全ての危険物タンクについて各災害事象の発生頻度を算出した。

個々の施設の発生頻度は、貯蔵物質の種類やタンクの技術基準、各種防災設備の有無等によって異なってくる。施設によっては該当しない災害事象もあり、例えば遮断設備が付

いていないタンクでは、小量流出・火災（DE1）は該当しない（必ず中量流出以上となる）。同様に、仕切堤がないタンク、あるいは遮断設備と移送設備がないタンクでは仕切堤内流出・火災（DE3）が該当せず、固定屋根式（内部浮き屋根式を含む）タンクではリング火災（DE7）が該当しない。

なお、想定すべき災害を検討する場合には、それぞれの災害事象の発生頻度ではなく、ある事象まで災害が拡大する頻度として捉えるべきである。このような頻度は、次のように各事象の発生頻度を累積することにより得られる。

$$CF(DE1)=F(DE1)+F(DE2)+F(DE3)+F(DE4)+F(DE5)$$

$$CF(DE2)=F(DE2)+F(DE3)+F(DE4)+F(DE5)$$

$$CF(DE3)=F(DE3)+F(DE4)+F(DE5)$$

$$CF(DE4)=F(DE4)+F(DE5)$$

$$CF(DE5)=F(DE5)$$

ここで、F(X)は災害事象 X の発生頻度、CF(X)は累積頻度で、災害事象 X まで拡大する頻度である。以降では、全ての施設についてこの CF(X)の値を災害発生頻度と呼ぶ。このようにして求めた災害発生頻度を表 4.2.1 の区分でランク付けし、危険度分布を求めると表 4.2.9～表 4.2.11 のようになる。

なお、硫黄については災害の形態が石油類と異なることから、ETA による評価の対象から除外している。

表 4.2.9 危険物タンク・流出火災の発生危険度分布（平常時）

区分	DE1:小量流出	DE2:中量流出	DE3:仕切堤内流出	DE4:防油堤内流出	DE5:防油堤外流出
京浜臨海地区					
An	90	70	0	0	0
Bn	237	281	33	127	0
Cn	206	355	138	327	0
Dn	0	206	112	353	0
En	0	0	0	105	912
対象外	379	0	629	0	0
根岸臨海地区					
An	10	1	0	0	0
Bn	79	14	6	5	0
Cn	120	80	64	25	0
Dn	0	120	101	84	0
En	0	0	0	101	215
対象外	6	0	44	0	0
久里浜地区					
An	0	0	0	0	0
Bn	1	0	0	0	0
Cn	12	1	0	1	0
Dn	0	12	0	12	0
En	0	0	0	0	13
対象外	0	0	13	0	0

注) 硫黄タンクを除く

DE1対象外: 遮断設備のないタンク

DE3対象外: 仕切堤のないタンク、遮断設備と移送設備のないタンク

表 4.2.10 危険物タンク・タンク火災の発生危険度分布（平常時）

区分	DE6:タンク小火 災	DE7:リング火災	DE8:タンク全面 火災	DE9:タンク全 面・防油堤火災
京浜臨海地区				
An	0	0	0	0
Bn	160	0	0	0
Cn	428	45	115	0
Dn	324	114	359	115
En	0	38	438	797
対象外	0	715	0	0
根岸臨海地区				
An	0	0	0	0
Bn	11	0	0	0
Cn	83	5	6	0
Dn	121	48	40	6
En	0	3	169	209
対象外	0	159	0	0
久里浜地区				
An	0	0	0	0
Bn	0	0	0	0
Cn	1	0	0	0
Dn	12	1	0	0
En	0	3	13	13
対象外	0	9	0	0

注) 硫黄タンクを除く

DE7対象外: 浮き屋根式以外のタンク

表 4.2.11 危険物タンク・毒性ガス拡散の発生危険度分布（平常時）

区分	DE10:小量流 出	DE11:中量流 出	DE12:仕切堤 内流出	DE13:防油堤 内流出	DE14:防油堤 外流出
京浜臨海地区					
An	10	7	0	7	0
Bn	0	5	3	2	0
Cn	0	0	0	3	0
Dn	0	0	0	0	0
En	0	0	0	0	12
対象外	2	0	9	0	0
根岸臨海地区 (対象施設なし)					
久里浜地区 (対象施設なし)					

注) 硫黄タンクを除く

DE10対象外: 遮断設備のないタンク

DE12対象外: 仕切堤のないタンク、遮断設備と移送設備のないタンク

小容量タンク

本調査では、毒性危険物以外の危険物を貯蔵した容量 500kl 未満の小容量タンクについて、事業所ごとの設置施設数等の調査を行った。表 4.2.12 に調査結果を示す。

表 4.2.12 小容量タンクの設置状況

屋根形式	貯蔵物	京浜臨海	根岸臨海	久里浜	計
固定屋根・ 内部浮き蓋	1石・アルコール	194	8	0	202
	その他	787	81	14	882
浮き屋根	1石・アルコール	1	0	0	1
	その他	43	0	0	43
計		1,025	89	14	1,128

表 4.2.12 の施設について代表的な施設諸元を仮定し、災害の発生頻度を算出した。初期事象の発生頻度及び事象の分岐確率の設定方法はそれぞれ 0、0 に示す通りである。災害の発生頻度はタンク屋根形式、技術基準、貯蔵物の種類によって変化するが、これらは表 4.2.12 のとおりとした。また、遮断設備や移送設備の有無、仕切堤の有無については施設によって異なるため、全てないものとして算定した。従って、小量流出火災及び仕切堤内流出火災は全ての施設で該当なし、リング火災は浮き屋根式以外のタンクで該当なしとなる。

得られた災害事象の発生頻度を累積し、表 4.2.1 の区分でランク付けして危険度分布を求めると、表 4.2.13 のようになる。

表 4.2.13 小容量タンク・流出火災の発生危険度分布（平常時）

区分	DE1:小量流出	DE2:中量流出	DE3:仕切堤内流出	DE4:防油堤内流出	DE5:防油堤外流出
京浜臨海地区					
An	0	195	0	0	0
Bn	0	830	0	195	0
Cn	0	0	0	830	0
Dn	0	0	0	0	0
En	0	0	0	0	1025
対象外	1025	0	1025	0	0
根岸臨海地区					
An	0	8	0	0	0
Bn	0	81	0	8	0
Cn	0	0	0	81	0
Dn	0	0	0	0	0
En	0	0	0	0	89
対象外	89	0	89	0	0
久里浜地区					
An	0	0	0	0	0
Bn	0	14	0	0	0
Cn	0	0	0	14	0
Dn	0	0	0	0	0
En	0	0	0	0	14
対象外	14	0	14	0	0

DE1対象外: 遮断設備のないタンク

DE3対象外: 仕切堤のないタンク、遮断設備と移送設備のないタンク

表 4.2.14 小容量タンク・タンク火災の発生危険度分布（平常時）

区分	DE6:タンク小火災	DE7:リング火災	DE8:タンク全面火災	DE9:タンク全面・防油堤火災
京浜臨海地区				
An	0	0	0	0
Bn	195	0	0	0
Cn	830	1	194	0
Dn	0	43	788	194
En	0	0	43	831
対象外	0	981	0	0
根岸臨海地区				
An	0	0	0	0
Bn	8	0	0	0
Cn	81	0	8	0
Dn	0	0	81	8
En	0	0	0	81
対象外	0	89	0	0
久里浜地区				
An	0	0	0	0
Bn	0	0	0	0
Cn	14	0	0	0
Dn	0	0	14	0
En	0	0	0	14
対象外	0	14	0	0

DE7対象外: 浮き屋根式以外のタンク

4.2.2. 高圧ガスタンク

(1) 初期事象の発生頻度

可燃性ガスタンク及び毒性ガスタンクの初期事象は、配管及びタンク本体からの漏洩である。

表 4.2.15 ガスタンクの初期事象

IE1: 配管の小破による漏洩
IE2: 配管の大破による漏洩
IE3: タンク本体の小破による漏洩
IE4: タンク本体の大破による漏洩

最近 10 年間（2003～2012 年）において、コンビナート製造事業所の高圧ガス貯槽及びその付属配管では表 4.2.16 のように漏洩事故が 5 件発生している。なお、火災事故も 1 件発生しているが、地震の影響を受けたものであるため表中ではカウントしていない。6 件の事故の概要は次の通りで、すべて 2004 年以降に発生したものである。

【漏洩事故】

- 2004.3（岡山県）：低温エチレン貯槽の配管フランジ部においてクリープ損傷によりエチレンが漏洩したもの
- 2005.7（神奈川県）：液化石油ガス貯槽配管の外表面腐食により液化石油ガスが漏洩したもの。
- 2006.4（岡山県）：水封式ガスホルダからプロピレン貯槽へ圧送する際、劣化した逆止弁からプロピレンが逆流し、ガスホルダの水封が途切れて漏洩したもの。
- 2008.8（大分県）：プロピレンタンクの液面計ノズルに外表面腐食によるピンホールが生じ、漏洩が発生したもの。
- 2012.4（福岡県）：液化天然ガス貯槽に設置されている、タンク内槽安全弁のパイロットライン（安全弁作動用ガス配管）溶接部から微少のガスが漏洩したもの。

【火災事故】

- 2011.3（千葉県）：東北地方太平洋沖地震の揺れで、LP ガス球形貯槽の支柱ブレースの多くが破断し、球形貯槽が倒壊した。これにより周辺の配管が破断し、LP ガスが漏洩、出火した。周辺貯槽の冷却散水を行ったが爆発に至ったもの。

表 4.2.16 ガスタンクの事故発生状況 (2003~2012 年) i, ii

施設数 [基]	漏洩事故		火災事故		計	
	件数 [件/10年]	発生率 [件/年・基]	件数 [件/10年]	発生率 [件/年・基]	件数 [件/10年]	発生率 [件/年・基]
2,440	5	(2.0×10^{-4})	0	0	5	(2.0×10^{-4})

注) 施設数は2012年4月1日現在の特定事業所における高圧ガスタンク数(石炭法に係るもの)であり、製造事業所に限ったものではない。従って、発生頻度は参考値である。

表 4.2.16 より、高圧ガスタンクにおける配管の小破による漏洩の発生頻度は、 2.0×10^{-4} [件/年・基]とする。配管の大破による漏洩について、表 4.2.16 に示した事故の漏洩量が不明であることから、大破漏洩であるかどうかの判断ができない。ここでは小破漏洩の1/10とした。

タンク本体の小破・大破による漏洩については、危険物タンクと比較して腐食の可能性が小さいと考えられるため、それぞれ危険物タンク(新法)の1/2程度と推定した。

以上をまとめると、表 4.2.17 のようになる。

表 4.2.17 ガスタンクの初期事象の発生頻度(平常時)

初期事象	発生頻度
IE1: 配管の小破による漏洩	2.0×10^{-4}
IE2: 配管の大破による漏洩	2.0×10^{-5}
IE3: タンク本体の小破による漏洩	1.4×10^{-5}
IE4: タンク本体の大破による漏洩	4.6×10^{-7}

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 4.2.18 のように設定した。

表 4.2.18 ガスタンクの事象の分岐確率(平常時)

事象分岐	分岐確率
B1: 緊急遮断(自動)の失敗	5.2×10^{-3}
B2: バルブ手動閉止の失敗	2.9×10^{-4}
B3: 内容物移送の失敗	1.9×10^{-2}
B4: 防液堤による拡大防止の失敗	10^{-2}
B5: 蒸発・拡散防止の失敗	10^{-1}
B6: 着火・爆発火災	10^{-1}
B7: 着火・フラッシュ火災	10^{-1}

i 事故事例検索システム, 高圧ガス保安協会

ii 平成24年度 石油コンビナート等防災体制の現況, 消防庁特殊災害室

B1：緊急遮断（自動）の失敗

緊急遮断設備には電気駆動とエア駆動があり（図 4.2.1 及び図 4.2.2 の FTA を参照）、ガスタンクの場合は一般的にエア駆動のものが多い。当該地区では電動のものもあるが、緊急遮断の失敗確率はエア駆動を適用した。なお、遮断設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

B2：バルブ手動閉止の失敗

CCPS による手動バルブの閉止失敗確率（VALVES-MANUAL: 2.9×10^{-4} ）を適用した。

B3：内容物移送の失敗

CCPS による移送ポンプ（電動ポンプ）の起動失敗確率（PUMPS-MOTOR-DRIVEN: 1.9×10^{-2} ）を適用した。なお、移送設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

B4：防液堤による拡大防止の失敗

高压ガス保安法によると、可燃性ガスを 500 トン以上貯蔵した液化ガス貯槽については防液堤の設置が義務付けられている。防液堤による拡大防止の失敗確率は危険物タンクの仕切堤と同程度と考え、 10^{-2} （防液堤がない場合は 1）とした。防液堤は高压ガス保安法において義務付けられているタンクには設置されているとみなし、それ以外のタンクには設置されていないとみなした。

B5：蒸発・拡散防止の失敗

ガスタンクには散水設備や吸引設備など、漏洩ガスの蒸発や拡散を防止するための設備が設置されている場合がある。また、毒性ガスタンクについては、拡散防止を目的として建屋内に設置されている場合がある。

散水設備は配管の弁を開いてポンプにより送水する機構であり、不作動確率は移送設備と同程度と考えられるが、正常に作動しても必ずしも蒸発・拡散を防止できるとは限らないため、蒸発・拡散防止の失敗確率は 10^{-1} とした。

なお、このような設備が設置されていないタンクについては失敗確率 1 とした。

B6、B7：漏洩ガスの着火

漏洩ガスに着火して爆発やフラッシュ火災が発生する確率は、危険物タンクの漏油の着火確率（第 1 石油類）と同程度と考えて 10^{-1} とした。

(3) 災害事象の発生危険度

(1)、(2)で設定した初期事象の発生頻度と事象の分岐確率をガスタンクの ET に当てはめ、

全てのガスタンクについて各災害事象の発生頻度を算出した。

ET からわかるように、遮断設備のないタンクでは小量流出・爆発（DE1）、小量流出・フラッシュ火災（DE2）、小量流出・拡散（DE13）が、遮断設備及び移送設備のないタンクでは大量流出・爆発（DE5）、大量流出・フラッシュ火災（DE6）、大量流出・拡散（DE15）が該当しない。同様に、防液堤のない可燃性ガスタンク（貯蔵量 500 トン未満のタンク）では全量流出（防液堤内）・爆発（DE9）、全量流出（防液堤内）・フラッシュ火災（DE10）が該当しない。

なお、地下式タンクでは漏洩が発生することは考えにくいので、評価対象から除外した。

得られた災害事象の発生頻度を累積し、表 4.2.1 の区分でランク付けして危険度分布を求めると、表 4.2.19～表 4.2.21 のようになる。

表 4.2.19 可燃性ガスタンク・爆発火災の発生危険度分布（平常時）

区分	DE1:小量流出	DE3:中量流出	DE5:大量流出	DE7:全量流出(長時間)	DE9:全量流出(防液堤内)	DE11:全量流出(防液堤外)
京浜臨海地区						
An	0	0	0	0	0	0
Bn	193	2	0	0	0	0
Cn	20	213	213	74	0	2
Dn	0	0	0	141	92	121
En	0	0	0	0	0	92
対象外	2	0	2	0	123	0
根岸臨海地区						
An	0	0	0	0	0	0
Bn	23	0	0	0	0	0
Cn	0	23	23	8	0	0
Dn	0	0	0	15	20	3
En	0	0	0	0	0	20
対象外	0	0	0	0	3	0
久里浜地区 (対象施設なし)						

注) 地下式タンクを除く

DE1対象外: 遮断設備のないタンク

DE5対象外: 遮断設備と移送設備のないタンク

DE9対象外: 防液堤のないタンク(貯蔵量500トン未満のタンク)

表 4.2.20 可燃性ガスタンク・フラッシュ火災の発生危険度分布（平常時）

区分	DE2:小量流出	DE4:中量流出	DE6:大量流出	DE8:全量流出(長時間)	DE10:全量流出(防液堤内)	DE12:全量流出(防液堤外)
京浜臨海地区						
An	0	0	0	0	0	0
Bn	193	2	0	0	0	0
Cn	20	213	213	74	0	2
Dn	0	0	0	141	92	121
En	0	0	0	0	0	92
対象外	2	0	2	0	123	0
根岸臨海地区						
An	0	0	0	0	0	0
Bn	23	0	0	0	0	0
Cn	0	23	23	8	0	0
Dn	0	0	0	15	20	3
En	0	0	0	0	0	20
対象外	0	0	0	0	3	0
久里浜地区（対象施設なし）						

注) 地下式タンクを除く

DE2対象外: 遮断設備のないタンク

DE6対象外: 遮断設備と移送設備のないタンク

DE10対象外: 防液堤のないタンク

表 4.2.21 毒性ガスタンク・毒性ガス拡散の発生危険度分布（平常時）

区分	DE13:小量流出	DE14:中量流出	DE15:大量流出	DE16:全量流出(長時間)	DE17:全量流出
京浜臨海地区					
An	0	0	0	0	0
Bn	31	34	31	3	3
Cn	0	0	0	31	31
Dn	0	0	0	0	0
En	0	0	0	0	0
対象外	3	0	3	0	0
根岸臨海地区					
An	0	0	0	0	0
Bn	6	6	6	0	0
Cn	0	0	0	6	6
Dn	0	0	0	0	0
En	0	0	0	0	0
対象外	0	0	0	0	0
久里浜地区					
An	0	0	0	0	0
Bn	3	3	3	0	0
Cn	0	0	0	3	3
Dn	0	0	0	0	0
En	0	0	0	0	0
対象外	0	0	0	0	0

DE13対象外: 遮断設備のないタンク

DE15対象外: 遮断設備と移送設備のないタンク

4.2.3. 毒性液体タンク

(1) 初期事象の発生頻度

毒性液体タンクの初期事象は、配管及びタンク本体からの漏洩である。

表 4.2.22 毒性液体タンクの初期事象

IE1: 配管の小破による漏洩
IE2: 配管の大破による漏洩
IE3: タンク本体の小破による漏洩
IE4: タンク本体の大破による漏洩

毒性液体タンクについては事故の発生状況に関するデータが得られていないので、初期事象の発生頻度は毒性ガスタンクと同様と考え、表 4.2.23 のように設定した。

表 4.2.23 毒性液体タンクの初期事象の発生頻度（平常時）

初期事象	発生頻度
IE1: 配管の小破による漏洩	2.0×10^{-4}
IE2: 配管の大破による漏洩	2.0×10^{-5}
IE3: タンク本体の小破による漏洩	1.4×10^{-5}
IE4: タンク本体の大破による漏洩	4.6×10^{-7}

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 4.2.24 のように設定した。

表 4.2.24 毒性液体タンクの事象の分岐確率（平常時）

事象分岐	分岐確率
B1: 緊急遮断(自動)の失敗	5.2×10^{-3}
B2: バルブ手動閉止の失敗	2.9×10^{-4}
B3: 内容物移送の失敗	1.9×10^{-2}
B4: 蒸発・拡散防止の失敗	10^{-1}

B1: 緊急遮断（自動）の失敗

当該地区で設置されている緊急遮断設備はエア駆動であり、エア駆動の緊急遮断設備の失敗確率を適用した（図 4.2.2 の FTA を参照）。なお、遮断設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

B2：バルブ手動閉止の失敗

CCPS による手動バルブの閉止失敗確率（VALVES-MANUAL: 2.9×10^{-4} ）を適用した。

B3：内容物移送の失敗

CCPS による移送ポンプ（電動ポンプ）の起動失敗確率（PUMPS-MOTOR-DRIVEN: 1.9×10^{-2} ）を適用した。なお、移送設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

B4：蒸発・拡散防止の失敗

毒性液体タンクには、散水設備や吸引設備など、毒性ガスの蒸発や拡散を防止するための設備が設置されている場合がある。さらに漏洩時には、放水や中和処理などの除害措置が実施される。

これらの設備や措置による拡散防止に失敗する確率は、毒性ガスタンクと同じ 10^{-1} とした。なお、拡散防止設備が設置されていないタンクについては、失敗確率 1 とした。

(3) 災害事象の発生危険度

(1)、(2)で設定した初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を毒性液体タンクの ET に当てはめ、全てのタンクについて各災害事象の発生頻度を算出した。

ET からわかるように、遮断設備のないタンクでは小量流出・拡散（DE1）が、遮断設備及び移送設備のないタンクでは大量流出・拡散（DE3）が該当しない。

得られた災害事象の発生頻度を累積し、表 4.2.1 の区分でランク付けして危険度分布を求めると、表 4.2.25 のようになる。

なお、毒性液体タンクがあるのは京浜地区のみであり、貯蔵物質はアンモニア、フッ化水素、シアン化ナトリウム、硫酸、臭素である。ただし、シアン化ナトリウム及び硫酸は水や熱と反応して有毒ガスを生成するなど、漏洩→蒸発→毒性ガスの拡散という災害の形態に当てはまらないことから、ETA による評価の対象から除外している。

表 4.2.25 毒性液体タンク・毒性ガス拡散の発生危険度分布（平常時）

区分	DE1:小量流出	DE2:中量流出	DE3:大量流出	DE4:全量流出 (長時間)	DE5:全量流出
京浜臨海地区					
An	0	3	0	0	0
Bn	6	16	9	13	13
Cn	0	0	0	6	6
Dn	0	0	0	0	0
En	0	0	0	0	0
対象外	13	0	10	0	0
根岸臨海地区（対象施設なし）					
久里浜地区（対象施設なし）					

注)シアン化ナトリウム及び硫酸を除く

DE1対象外: 遮断設備のないタンク

DE3対象外: 遮断設備と移送設備のないタンク

4.2.4. プラント

製造施設等

1) 初期事象の発生頻度

製造施設等（危険物製造所及び一般取扱所、高圧ガス製造施設、高危混在施設）の初期事象は、装置の破損による漏洩である。

表 4.2.26 製造施設等の初期事象

IE1: 装置の小破による漏洩
IE2: 装置の大破による漏洩

危険物製造所における、最近 10 年間（2003～2012 年）の漏洩及び火災事故の発生状況は、表 4.2.27 のとおりである。また、危険物一般取扱所についても表 4.2.28 に示す。

表 4.2.27 危険物製造所の事故発生状況（2003～2012 年） i, ii, iii, iv

	施設数	漏洩事故		火災事故		計	
		件数	発生率 [件/年・施設]	件数	発生率 [件/年・施設]	件数	発生率 [件/年・施設]
特定事業所	1,472	178	(1.2×10^{-2})	146	(9.9×10^{-3})	324	(2.2×10^{-2})
全国	5,101	177	3.5×10^{-3}	296	5.9×10^{-3}	473	(9.3×10^{-3})

注1) 施設数は2012年3月31日(全国)及び2011年4月1日(特定事業所)現在の完成検査済証交付施設数である。

注2) 特定事業所及び全国の事故件数は、過去10年間の漏洩事故及び火災事故(爆発を含む)件数の合計を表す。なお、漏洩から火災に至る場合は火災に含まれる。

注3) 全国の漏洩事故及び火災事故の発生頻度は、各年の発生頻度の平均値である。その他の発生頻度(括弧内の数値)は、10年間の事故件数の合計と統計による施設数から算出した推定値である。

表 4.2.28 危険物一般取扱所の事故発生状況（2003～2012 年） xiii, xiv, xv, xvi

	施設数	漏洩事故		火災事故		計	
		件数 [件/10年]	発生率 [件/年・施設]	件数 [件/10年]	発生率 [件/年・施設]	件数 [件/10年]	発生率 [件/年・施設]
特定事業所	5,872	230	(3.9×10^{-3})	232	(4.0×10^{-3})	462	(7.9×10^{-3})
全国	66,125	868	1.2×10^{-3}	1,142	1.6×10^{-3}	2,010	(3.0×10^{-3})

注1) 施設数は2012年3月31日(全国)及び2011年4月1日(特定事業所)現在の完成検査済証交付施設数である。

注2) 特定事業所及び全国の事故件数は、過去10年間の漏洩事故及び火災事故(爆発を含む)件数の合計を表す。なお、漏洩から火災に至る場合は火災に含まれる。

注3) 全国の漏洩事故及び火災事故の発生頻度は、各年の発生頻度の平均値である。その他の発生頻度(括弧内の数値)は、10年間の事故件数の合計と統計による施設数から算出した推定値である。

特定事業所の危険物製造所では、事故発生頻度は全国の場合よりも高くなっている。また、危険物一般取扱所の事故発生頻度は、危険物製造所の事故発生頻度よりも小さくなっている。

i 危険物規制事務統計表，消防庁

ii 石油コンビナート等実態調査「特定事業所における危険物製造所等調」，消防庁

iii 危険物に係る事故事例，消防庁

iv 石油コンビナート等特別防災区域の特定事業所における事故概要，消防庁特殊災害室

一方、高圧ガス製造施設における事故の発生頻度は、危険物製造所における事故の発生頻度よりも小さくなるものと考えられる。

神奈川県内のコンビナート地区には計 234 の製造施設等があり、そのうち 91 施設が危険物製造所及び一般取扱所、61 施設が高圧ガス製造施設、82 施設が高危混在施設である。

これらを勘案し、装置の小破による漏洩の発生頻度は、表 4.2.27 の特定事業所の危険物製造所における全事故の発生頻度をもとに、 2.2×10^{-2} [件/年・施設] と設定した。ここで、製造施設等における火災事故は、漏洩から火災に至る場合が多いものと考えられることから、全事故の発生頻度を用いている。

装置の大破漏洩に関して、近年以下のような重大事故が多く発生している。発生頻度としては、全国で 1 年に 1 件程度と考え、表 4.2.27 の全国の施設数を用いて 2.0×10^{-4} [件/年・施設] とした。

【製造施設等における近年の重大事故】

○2011.11（山口県）：塩ビモノマー製造施設の爆発死亡事故（高危混在施設）

第二塩ビモノマー製造施設の緊急放出弁の故障を発端として、プラントを緊急停止した。その後の移液作業中に塩化水素、塩化ビニルモノマーが漏洩し、塩酸塔還流槽が破裂、爆発してプラントが大規模火災となった。隣接事業所が損壊し、約 24 時間後に鎮火した。

○2012.4（山口県）：レゾルシン製造施設の爆発死亡事故（危険物一般取扱所）

他装置の緊急停止に伴い、レゾルシン製造施設の緊急停止操作を実施し、インターロック作動中のところ、運転員が上司承認なしでインターロックを解除した。このため、酸化反応器上部の温度が徐々に上昇、反応暴走により、温度、圧力が急激上昇、酸化反応器が破裂、爆発、火災が発生した。その後 2 回目の爆発により、隣接事業所の一部設備、隣接施設、建物の損壊、周辺民家の窓ガラス、ドアなどの損傷を引き起こし、約 36 時間後に鎮火した。

○2012.9（兵庫県）：アクリル酸製造施設の爆発死亡事故（危険物製造所）

中間タンク内の液温を十分に除熱できなかったことから重合反応が進行し、内圧上昇によりタンクに亀裂が発生して、蒸気爆発、火災、周辺機器損傷を引き起こし、約 25 時間後に鎮火した。

以上をまとめると、表 4.2.29 のようになる。

表 4.2.29 製造施設等の初期事象の発生頻度（平常時）

初期事象	発生頻度
IE1: 装置の小破による漏洩	2.2×10^{-2}
IE2: 装置の大破による漏洩	2.0×10^{-4}

2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は、表 4.2.30 のように設定した。

表 4.2.30 製造施設等の事象の分岐確率（平常時）

事象分岐	分岐確率
B1: 緊急停止・遮断(自動)の失敗	5.2×10^{-3}
B2: 脱圧・ブローダウンの失敗	10^{-1}
B3: 着火・火災爆発	6×10^{-1}
B4: 着火・フラッシュ火災	10^{-1}

B1: 緊急停止・遮断（自動）の失敗

緊急遮断設備（エア駆動）の失敗確率を適用した（図 4.2.2 の FTA を参照）。

B2: 脱圧・ブローダウンの失敗

設備自体は高い確率で動作すると考えられるが、高圧で処理されている場合が多く（短時間で内容物が漏洩するため）、設備が作動するまでの間の漏洩量を考慮して 10^{-1} と推定した。

B3、B4: 流出物の着火

製造施設等では可燃性のガスや液体を高温高圧で扱っているものが多く、災害事例の多くが火災や爆発に至っている。従って、表 4.2.27 の全国における事故発生状況から、漏洩直後に着火する確率を 6×10^{-1} と推定した。

また、ガスが拡散した後に着火する確率は漏洩直後と比べてかなり小さくなると考えられることから、フラッシュ火災となる確率は 10^{-1} と推定した。

3) 災害事象の発生危険度

0、2)で設定した初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を製造施設等の ET に当てはめ、各災害事象の発生頻度を算出した。

得られた災害事象の発生頻度を累積し、表 4.2.1 の区分でランク付けして危険度分布を求めると、表 4.2.31～表 4.2.33 のようになる。なお、取扱毒性物質のうち硫黄については ETA による評価から除いている。

表 4.2.31 プラント製造施設等・流出火災の発生危険度分布（平常時）

	DE1:小量流出	DE4:ユニット内 全量流出	DE7:大量流出
京浜臨海地区			
AAn	176	176	0
An	0	0	176
Bn	0	0	0
Cn	0	0	0
Dn	0	0	0
En	0	0	0
根岸臨海地区			
AAn	25	25	0
An	0	0	25
Bn	0	0	0
Cn	0	0	0
Dn	0	0	0
En	0	0	0
久里浜地区（対象施設なし）			

注) 危険物を取り扱う施設のみ、ただし硫黄を除く

表 4.2.32 プラント製造施設等・爆発、フラッシュ火災の発生危険度分布（平常時）

区分	爆発			フラッシュ火災		
	DE1:小量流 出	DE4:ユニット 内全量流出	DE7:大量流 出	DE3:小量流 出	DE6:ユニット 内全量流出	DE9:大量流 出
京浜臨海地区						
AAn	98	98	0	98	0	0
An	0	0	98	0	98	0
Bn	0	0	0	0	0	0
Cn	0	0	0	0	0	98
Dn	0	0	0	0	0	0
En	0	0	0	0	0	0
根岸臨海地区						
AAn	31	31	0	31	0	0
An	0	0	31	0	31	0
Bn	0	0	0	0	0	0
Cn	0	0	0	0	0	31
Dn	0	0	0	0	0	0
En	0	0	0	0	0	0
久里浜地区（対象施設なし）						

注) 可燃性ガスを取り扱う施設のみ

表 4.2.33 プラント製造施設等・毒性ガス拡散の発生危険度分布（平常時）

区分	DE2:小量流出	DE5:ユニット内 全量流出	DE8:大量流出
京浜臨海地区			
AAn	39	39	0
An	0	0	0
Bn	0	0	39
Cn	0	0	0
Dn	0	0	0
En	0	0	0
根岸臨海地区			
AAn	1	1	0
An	0	0	0
Bn	0	0	1
Cn	0	0	0
Dn	0	0	0
En	0	0	0
久里浜地区（対象施設なし）			

注) 毒性ガスを取り扱う施設のみ、ただし硫黄を除く

発電施設

1) 初期事象の発生頻度

発電施設の初期事象は、装置（燃料配管）の破損による漏洩とプロセス異常（ボイラーの失火）である。

表 4.2.34 発電施設の初期事象

IE1:装置の破損による漏洩
IE2:プロセス異常

石油及び LNG を燃料とする火力発電所における、最近 10 年間（2002～2011 年）の漏洩及び火災事故の発生状況は表 4.2.35 のとおりである。

表 4.2.35 火力発電所の事故発生状況（2002～2011 年）^{i, ii}

施設数	漏洩事故		火災事故		計	
	件数 [件/10年]	発生率 [件/年・基]	件数 [件/10年]	発生率 [件/年・基]	件数 [件/10年]	発生率 [件/年・基]
347	109	(3.1×10^{-2})	38(13)	(1.1×10^{-2})	147	(4.2×10^{-2})

注1) 施設数は2011年3月31日現在の火力発電所数を表す。

注2) 事故件数は、過去10年間の漏洩事故及び火災事故件数の合計を表す。なお、火災事故のうち括弧内は漏洩から火災に至った場合であり、内数である。

注3) 漏洩事故及び火災事故の発生頻度(括弧内の数値)10年間の事故件数の合計と統計による施設数から算出した推定値である。

以上より、発電施設の装置破損による漏洩の発生頻度は、表 4.2.35 の漏洩事故発生頻度をもとに 3.1×10^{-2} [件/年・基] とし、プロセス異常の発生頻度は装置破損による漏洩の 1/2 とした。

これらをまとめたものが表 4.2.36 である。

表 4.2.36 発電施設の初期事象の発生頻度（平常時）

初期事象	発生頻度
IE1:装置の破損による漏洩	3.1×10^{-2}
IE2:プロセス異常(失火)	1.6×10^{-2}

2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は、表 4.2.37 のように設定した。

ⁱ 危険物に係る事故事例，消防庁

ⁱⁱ 電源開発の概要-その計画と基礎資料-，経済産業省資源エネルギー庁電力・ガス事業部

表 4.2.37 発電施設の事象の分岐確率（平常時）

事象分岐	分岐確率
B1: 緊急停止・遮断(自動)の失敗	5.2×10^{-3}
B2: バルブ手動閉止の失敗	2.9×10^{-4}
B3: 着火・火災爆発	6×10^{-1}
B4: 着火・フラッシュ火災	10^{-1}
B5: 着火・炉内爆発	10^{-1}

B1：緊急停止・遮断（自動）の失敗

製造施設等と同様に緊急遮断設備（エア駆動）の失敗確率を適用した。

B2：バルブ手動閉止の失敗

CCPS による手動バルブの閉止失敗確率（VALVES-MANUAL: 2.9×10^{-4} ）を適用した。

B3、B4、B5：流出物の着火

火災爆発とフラッシュ火災については製造施設等の場合と同程度、炉内爆発についてはフラッシュ火災と同程度と推定した。

3) 災害事象の発生危険度

1)、2)で設定した初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を発電施設等の ET に当てはめ、各災害事象の発生頻度を算出した。

得られた災害事象の発生頻度を累積し、表 4.2.1 の区分でランク付けして危険度分布を求めると、表 4.2.38～表 4.2.40 のようになる。

表 4.2.38 プラント発電施設・流出火災の発生危険度分布（平常時）

区分	DE1:小量流出	DE3:中量流出	DE5:大量流出
京浜臨海地区			
AAn	10	0	0
An	0	10	0
Bn	0	0	0
Cn	0	0	0
Dn	0	0	0
En	0	0	10
根岸臨海地区			
AAn	4	0	0
An	0	4	0
Bn	0	0	0
Cn	0	0	0
Dn	0	0	0
En	0	0	4
久里浜地区			
AAn	16	0	0
An	0	16	0
Bn	0	0	0
Cn	0	0	0
Dn	0	0	0
En	0	0	16

注) 危険物を取り扱う施設のみ

表 4.2.39 プラント発電施設・爆発、フラッシュ火災の発生危険度分布（平常時）

区分	爆発			フラッシュ火災		
	DE1:小量流出	DE3:中量流出	DE5:大量流出	DE2:小量流出	DE4:中量流出	DE6:大量流出
京浜臨海地区						
AAn	10	0	0	10	0	0
An	0	10	0	0	0	0
Bn	0	0	0	0	10	0
Cn	0	0	0	0	0	0
Dn	0	0	0	0	0	0
En	0	0	10	0	0	10
根岸臨海地区（対象施設なし）						
久里浜地区（対象施設なし）						

注) 可燃性ガスを取り扱う施設のみ

表 4.2.40 プラント発電施設・炉内爆発（DE7）の発生危険度分布（平常時）

区分	京浜臨海地区	根岸臨海地区	久里浜地区
AAn	0	0	0
An	0	0	0
Bn	0	0	0
Cn	0	0	0
Dn	0	0	0
En	11	4	16

4.2.5. 海上入出荷施設

施設設置状況

本調査では、石油、LPG、LNG、毒劇物を取扱うタンカー棧橋について、事業所ごとの設置施設数等の調査を行った。表 4.2.41 に調査結果を示す。

表 4.2.41 海上入出荷施設（タンカー棧橋）の設置状況

取扱種別		京浜	根岸	久里浜	計
石油	施設数	92	18	5	115
	年間使用回数	22,501	7,363	450	30,314
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	245	409	90	264
LPG	施設数	26	3	0	29
	年間使用回数	2,444	458	0	2,902
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	94	153	-	100
LNG	施設数	2	1	0	3
	年間使用回数	179	74	0	253
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	90	74	-	84
毒劇物	施設数	11	4	0	15
	年間使用回数	791	105	0	896
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	72	26	-	60
計	施設数	130	26	5	161
	年間使用回数	25,915	8,000	450	34,365
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	199	308	90	213

注) 施設数は石油、LPG、LNG、毒劇物で共用している場合があり、それぞれにカウントしている。ただし、施設数の合計は重複を除いた数である。

初期事象の発生頻度

海上入出荷施設の初期事象は、配管等の破損による漏洩（IE1）である。

石油タンカー棧橋は、危険物施設の移送取扱所に該当する（移送取扱所には配管等、棧橋以外の施設も含まれる）。移送取扱所における、最近 10 年間の漏洩及び火災事故の発生状況は、表 4.2.42 のとおりであり、移送取扱所の漏洩事故発生率は、製造所や屋外タンク貯蔵所など他の施設と比べて高くなっている（資料 1 表 1.1 参照）。

表 4.2.42 危険物移送取扱所の事故発生状況（2003～2012 年） i, ii, iii, iv

	施設数	漏洩事故		火災事故		計	
		件数 [件/10年]	発生率 [件/年・施設]	件数 [件/10年]	発生率 [件/年・施設]	件数 [件/10年]	発生率 [件/年・施設]
特定事業所	962	59	(6.1×10^{-3})	1	(1.0×10^{-4})	60	(6.2×10^{-3})
全国	1,152	85	7.1×10^{-3}	2	1.7×10^{-4}	87	(7.6×10^{-3})

注1) 施設数は2012年3月31日(全国)及び2011年4月1日(特定事業所)現在の完成検査済証交付施設数である。

注2) 特定事業所及び全国の事故件数は、過去10年間の漏洩事故及び火災事故(爆発を含む)件数の合計を表す。なお、漏洩から火災に至る場合は火災に含まれる。

注3) 全国の漏洩事故及び火災事故の発生頻度は、各年の発生頻度の平均値である。その他の発生頻度(括弧内の数値)は、10年間の事故件数の合計と最新の統計による施設数から算出した推定値である。

i 危険物規制事務統計表, 消防庁

ii 石油コンビナート等実態調査「特定事業所における危険物製造所等調」, 消防庁

iii 危険物に係る事故事例, 消防庁

iv 石油コンビナート等特別防災区域の特定事業所における事故概要, 消防庁特殊災害室

ただし、移送取扱所には地上配管、地下配管などの栈橋以外の施設も含まれることから、ここで評価対象としている栈橋での事故については、移送取扱所全体の事故件数よりも少なくなると考えられる。

危険物等事故防止技術センターによる、昭和 49 年から平成 14 年（1974～2002 年）までの 29 年間に於ける移送取扱所の漏洩事故発生状況の分析結果によると、移送取扱所における漏洩事故 161 件のうち、事故発生場所が「栈橋」であるものは 62 件（約 39%）であった。

栈橋における漏洩事故の発生場所と発生原因の分類（資料 1 図 1.2）によると、62 件中 29 件が配管から、13 件がローディングアームから、それぞれ漏洩している。配管からの漏洩の原因は、大半が腐食によるものであり、ローディングアームからの漏洩の原因は、地震等災害によるものを除くと、監視不十分や確認不十分といった人的要因によるものが多い。また、油種別の事故発生状況からは、重油が事故件数、事故発生率ともに高いことが指摘されている。

これらより、初期事象（配管等の破損による漏洩）の発生頻度は、次のように推定する。

移送取扱所のうち栈橋を有する施設数については、「移送取扱所の点検・補修状況調査」（2004 年に消防庁が実施したアンケート調査）によると、調査への回答があった移送取扱所 1,179 施設中、栈橋を有するものは 744 施設であったことから、移送取扱所のうち栈橋を有する施設の割合を $744/1,179$ （63.1%）とし、2012 年 3 月 31 日現在の施設数（1,152）から、726 施設と推定する。移送取扱所の漏洩事故のうち栈橋における漏洩事故の件数については、前述の事故発生状況から、移送取扱所における漏洩事故のうち事故発生場所が「栈橋」である割合を $62/161$ （38.5%）とし、2003～2012 年の全国の移送取扱所における漏洩事故件数から、32 件と推定した（表 4.2.42 の 85 件の 38.5%）。

以上のことより、栈橋における漏洩事故の発生頻度は、 $32/726/10=4.4 \times 10^{-3}$ [件/年・施設] とした。なお、当該地区に設置されている栈橋の平均稼働率については全国平均と同程度とした。

LPG 栈橋については近年漏洩事故が数件発生しており、原因は配管の腐食や誤操作であったⁱ。LPG 栈橋での漏洩頻度（1 施設あたり）については、石油栈橋と比べると、ローディングアームからの漏洩は同程度、配管からの漏洩は、危険物配管よりも腐食しにくい材質であるため低いと考えられる。発生件数としては、配管からの漏洩の方が多いため、LPG 栈橋における初期事象発生頻度は、石油栈橋の 1/2 の 2.2×10^{-3} [件/年・施設] とした。

LNG 栈橋・毒劇物栈橋については事例が少ないため、それぞれ LPG 栈橋・石油栈橋と同程度の発生頻度とみなした。

ⁱ 事故事例検索システム、高圧ガス保安協会

表 4.2.43 海上入出荷施設の初期事象の発生頻度（平常時）

初期事象	発生頻度	
	石油・毒劇物棧橋	LPG・LNG棧橋
IE1: 配管等の破損による流出	4.4×10^{-3}	2.2×10^{-3}

事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 4.2.44 のように設定した。

表 4.2.44 海上入出荷施設の事象の分岐確率（平常時）

事象分岐	分岐確率
B1: 緊急停止・遮断(自動)の失敗	10^{-2}
B2: 着火・火災爆発	2×10^{-2}
B3: 着火・フラッシュ火災	2×10^{-2}
B4: 蒸発・拡散防止の失敗	10^{-1}

B1: 緊急停止・遮断（自動）の失敗

入出荷中は、常に計器や人による監視が行われており、異常があった場合には直ちに送出側のポンプ停止や緊急遮断が行われる。この緊急停止操作自体の失敗確率は、危険物タンクの緊急遮断の失敗確率（ 5.8×10^{-3} ）と同様と考えられるが、監視不十分による停止失敗も考えられることから、やや大きい 10^{-2} とする。

B2、B3: 流出物の着火

表 4.2.42 に示したように、危険物の移送取扱所では漏洩は多く発生しているが、火災はほとんど発生していない。油種別に見ると、第 1 石油類は第 2、3 石油類に比べて火災になりやすいのは明らかであり、危険物タンクのように第 1 石油類は 10^{-1} 、第 2、3 石油類は 10^{-2} 程度と考えるのが自然であろう。しかし、ここでは個々の施設ごとではなく地区全体の施設をまとめて評価しているため、平均的な着火確率として表 4.2.42 の事故発生状況をもとに 2×10^{-2} と推定し、LPG や LNG についても同様とした。フラッシュ火災に至る確率についても 2×10^{-2} とした。

B4: 蒸発・拡散防止の失敗

蒸発・拡散防止に失敗する確率は、毒性ガスタンクと同じ 10^{-1} とした。

災害事象の発生危険度

0、0 で設定した初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を海上入出荷施設の ET に当てはめ、各災害事象の発生頻度を算出した。

得られた災害事象の発生頻度を累積し、表 4.2.1 の区分でランク付けして危険度分布を求めると、表 4.2.45 のようになった。

表 4.2.45 海上入出荷施設の災害発生危険度分布（平常時・全地区共通）

区分	流出火災	爆発・フラッシュ火災	毒性ガス拡散
An	DE1: 小量流出		DE7: 小量流出
Bn		DE3, DE4: 小量流出	
Cn	DE2: 大量流出		DE8: 大量流出
Dn		DE5, DE6: 大量流出	
En			

4.2.6. パイプライン

初期事象の発生頻度

パイプラインの初期事象は、石油配管または高圧ガス導管における配管等の破損による漏洩（IE1）である。

パイプラインは配管の長さや形状が様々であるという特徴を有しており、その災害の発生頻度は施設の延長距離に比例する。しかし、延長距離に対応する発生頻度の推定を行うことが困難であるため、他の施設と同様に 1 施設に対する発生頻度を用いることとした。従って、ここで示す災害の発生頻度は、1 つのパイプラインのどこかで災害が発生する頻度を表す。

パイプラインのうち、石油配管は、危険物施設の移送取扱所に該当する。最近 10 年間における危険物移送取扱所の事故発生状況を表 4.2.42 に示す。

前章で示した海上入出荷施設の評価における、危険物等事故防止技術センターが実施した移送取扱所の漏洩事故の分析結果によると、昭和 49 年から平成 14 年（1974～2002 年）までの 29 年間の漏洩事故 161 件中、地上配管における事故は 33 件（約 20%）、地下配管における事故は 42 件（約 25%）であった（資料 1 図 1.2）。

漏洩事故の発生原因は、地上、地下いずれの場合も腐食等の劣化によるものが 70%近くを占めている（地下配管については、漏洩が発生しても火災の危険性が低いと考えられることから、本調査では評価対象外とした）。

油種別では、重油配管が事故発生件数及び発生率がともに高くなっており、その理由として、重油配管は一般に断熱材により保温施工されていることから、雨水等による腐食危険性が高いことが指摘されている。

これらより、初期事象（配管等の破損による漏洩）の発生頻度は、次のように推定する。

地上配管における漏洩事故の発生頻度については、石油配管での事故発生状況は上記のとおりであるが、施設数が不明であるため、これをもとに初期事象の発生頻度を割り出すことはできない。パイプラインでは、栈橋に比べて人的作業が少なく発生頻度は低いと考えられる一方で、1 施設あたりの総延長が相当に長い場合が多く、パイプラインのどこかで漏洩が発生する頻度として捉えると発生頻度は高くなるとも考えられる。このようなことから、初期事象（配管等の破損による漏洩）の発生頻度は、全国の移送取扱所における漏洩事故の発生頻度を適用することとした。また、高圧ガス導管における事故は、近年腐食劣化によるものなどが数件発生しているが、やはり事故発生頻度を求めるための統計データが十分ではないことから、栈橋と同様に石油配管の 1/2 とした。

ⁱ 事故事例検索システム，高圧ガス保安協会

表 4.2.46 パイプラインの初期事象の発生頻度（平常時）

初期事象	発生頻度	
	石油配管	高圧ガス導管
IE1: 配管等の破損による流出	7.1×10^{-3}	3.6×10^{-3}

事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 4.2.47 のように設定した。

表 4.2.47 パイプラインの事象の分岐確率（平常時）

事象分岐	分岐確率
B1: 緊急停止・遮断(自動)の失敗	10^{-2}
B2: バルブ手動閉止の失敗	2.9×10^{-4}
B3: 着火・火災爆発	10^{-2}
B4: 着火・フラッシュ火災	10^{-2}

B1: 緊急停止・遮断（自動）の失敗

漏洩が発生、検知されると、制御室や現場において直ちに移送ポンプの停止、緊急遮断の操作が行われる。この緊急停止操作自体の失敗確率は危険物タンクの緊急遮断の失敗確率（ 5.8×10^{-3} ）と同様と考えられるが、監視不十分による停止失敗も考えられることから、やや大きい 10^{-2} とした。なお、遮断設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

B2: バルブ手動閉止の失敗

CCPS による手動バルブの閉止失敗確率（VALVES-MANUAL: 2.9×10^{-4} ）を適用した。

B3、B4: 流出物の着火

海上入出荷施設と同様に、地区全体の施設に対する平均的な着火確率として、火災爆発、フラッシュ火災ともに 10^{-2} を設定した。

災害事象の発生危険度

0、0 で設定した初期事象の発生頻度と事象の分岐確率をパイプラインの ET に当てはめ、各災害事象の発生頻度を算出した。

得られた災害事象の発生頻度を累積し、表 4.2.1 の区分でランク付けして危険度分布を求めると、表 4.2.48、表 4.2.49 のようになった。

表 4.2.48 パイプライン・流出火災の発生危険度分布（平常時）

区分	DE1:小量流出・火災	DE2:中量流出・火災	DE3:大量流出・火災
京浜臨海地区			
An	31	17	0
Bn	0	0	0
Cn	0	31	0
Dn	0	0	0
En	0	0	48
対象外	17	0	0
根岸臨海地区			
An	0	1	0
Bn	0	0	0
Cn	0	0	0
Dn	0	0	0
En	0	0	1
対象外	1	0	0
久里浜地区（対象施設なし）			

注) 石油配管のみ

DE1対象外: 緊急遮断設備のないパイプライン

表 4.2.49 パイプライン・爆発、フラッシュ火災の発生危険度分布（平常時）

区分	爆発			フラッシュ火災		
	DE4:小量流出	DE6:中量流出	DE8:大量流出	DE5:小量流出	DE7:中量流出	DE9:大量流出
京浜臨海地区						
An	0	0	0	0	0	0
Bn	31	0	0	31	0	0
Cn	0	0	0	0	0	0
Dn	0	31	0	0	31	0
En	0	0	31	0	0	31
対象外	0	0	0	0	0	0
根岸臨海地区（対象施設なし）						
久里浜地区（対象施設なし）						

注) 高圧ガス導管のみ

DE4対象外: 緊急遮断設備のないパイプライン

4.3. 災害の影響度の推定

災害の影響度は、消防庁指針「石油コンビナートの防災アセスメント指針（平成25年）」で示されている手法を用いて算定を行った（手法の詳細については資料3を参照）。

算定項目はコンビナート施設の取扱物質により、下記のとおりである。

- ・ 危険物（可燃性液体）：液面火災の放射熱
- ・ 可燃性ガス：ガス爆発の爆風圧、フラッシュ火災（拡散ガス濃度）
- ・ 毒性ガス：拡散ガス濃度
- ・ 毒性液体：拡散ガス濃度

4.3.1. 算定条件

影響度の許容値（しきい値）

影響の許容値は消防庁指針に従って表 4.3.1のように設定し、災害の影響範囲は影響の大きさが許容値以上となる範囲とした。

表 4.3.1 影響度の許容値（しきい値）

現象	許容値（しきい値）	設定理由	
液面火災の放射熱	2.3 kW/m ²	人体が数十秒間受けることにより痛みを感じる程度の熱量	
ガス爆発の爆風圧	2.1 kPa	「安全限界」（この値以下では95%の確率で大きな被害はない）及び「推進限界」（物が飛ばされる限界）とされる爆風圧。家の天井の一部が破損し、窓ガラスの10%が破壊されるとされる圧力。 *なお、高圧ガス保安法及びコンビナート等保安規則においては、既存製造施設に対する限界値を11.8kPaとしており、2.1kPaはこの値より安全側である。	
フラッシュ火災（可燃性ガス拡散）	爆発下限界濃度の1/2	人間に対して火傷などの危険が生じると考えられる許容限界	
毒性ガス 拡散	塩素	10 ppm	米国の国立労働安全衛生研究所（NIOSH）が提唱する許容限界値（IDLH：Immediate Dangerous to Life and Health）で、「30分以内に救出されないと元の健康状態に回復しない濃度」。
	フッ化水素	30 ppm	
	臭化水素	30 ppm	
	シアン化水素	50 ppm	
	アセトシアンヒドリン	50 ppm	
	アクリロニトリル	85 ppm	
	硫化水素	100 ppm	
	アンモニア	300 ppm	

また、災害の影響範囲の大きさは次に示すとおりランク付けし、これをもとに評価を行った。なお、実際には影響度の大きさは施設の立地状況や周囲の環境によっても異なる。

表 4.3.2 災害影響度の区分

区分	影響距離 (m)
I	200m 以上
II	100m 以上 200m 未満
III	50m以上 100m 未満
IV	20m以上 50m 未満
V	20m未満

漏洩量の想定

ETA では、対象施設の種類や防災活動の成否によって小量流出、中量流出、大量流出のように災害規模を分けて考えている。影響度の推定を行う場合、災害の規模は漏洩口の大きさ等によって次のように設定した（ETA で想定する災害規模と必ずしも直接対応するものではない）。

1) 危険物・可燃性ガスの漏洩

- ・小量流出：フランジボルト破損

配管フランジ部のボルト1本が損傷して幅0.1cmの隙間が開く。この時の漏洩口の面積はフランジボルト間隔×亀裂幅（0.1cm）となる。なお、溶接配管の場合、長さ1cm、幅0.1cm（面積0.1 cm²）の亀裂を想定した。

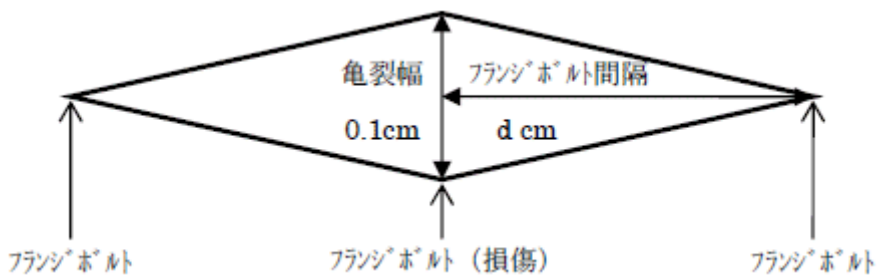


図 4.3.1 フランジボルト破損による漏洩口の概念図

- ・中量流出、ユニット全量流出：配管断面積の1/100

配管とタンク本体との接続部に、配管断面積の1/100の大きさの漏洩口が開く。

ただし、漏洩口面積の下限を0.75cm²、上限を12.6cm²（直径40cm 配管の1/100の面積に相当）とした。

- ・大量流出、全量流出（長時間）：中量流出と同様

2) 毒性ガスの漏洩

- ・小量流出：0.1 cm²

毒性ガス配管は溶接配管や二重配管が用いられていることが多いことから、長さ1cm、幅0.1cm の亀裂（面積0.1 cm²）を想定した。

- ・中量流出、ユニット全量流出：小量流出と同様
- ・大量流出、全量流出（長時間）：小量流出と同様

3) 毒性液体の漏洩（毒性危険物を除く）

毒性液体が漏洩した場合、多くのタンクでは防液堤の溝を流れて処理されるようになっているため、防液堤の溝に溜まった毒性液体から毒性ガスが蒸発し、大気中に拡散する場合を想定した。

- ・小量流出：防液堤 1 辺の溝（幅20cm とする）に溜まった場合を想定する。
- ・中量流出：防液堤 2 辺の溝（幅20cm とする）に溜まった場合を想定する。
- ・大量流出、全量流出（長時間）：防液堤 4 辺の溝（幅20cm とする）に溜まった場合を想定する。

ガス拡散の気象条件

可燃性ガスや毒性ガスの拡散を考えると、その濃度分布は風向や風速、大気安定度等の気象条件に影響される。拡散ガスの影響算定にあたり、気象条件は出現頻度までは考慮せず、確定的に扱う。

本調査で用いる気象条件を以下に示す（詳細については資料 4 を参照）。

1) 風向

ガスは大気中を風下方向に拡散していくが、本調査では風向を特定せず、全ての方向にガスが拡散し得るものと考えた。

2) 風速

コンビナート地区近隣の測定局における、過去5年間（2008年4月～2013年3月）又は過去3年間（2010年4月～2013年3月）の平均風速（10m換算値）を用いた（表 4.3.3）。

3) 大気安定度

コンビナート地区近隣の測定局における、過去5年間（2008年4月～2013年3月）又は過去3年間（2010年4月～2013年3月）の風速と日射量及び放射収支量データより大気安定度を求め、最多出現の安定度を用いた（表 4.3.3）。

表 4.3.3 ガス拡散の気象条件

	風速(m/s)	大気安定度
京浜臨海地区	2.2	中立
根岸臨海地区	2.4	中立
久里浜地区	2.1	中立

4.3.2. 危険物タンク

災害事象の詳細条件

危険物タンクの災害事象は、流出火災、タンク火災及び毒性危険物の流出に伴う毒性ガスの拡散であり、火災による放射熱の影響や毒性ガスの影響が問題となる。

流出火災及び毒性危険物の流出は、漏洩規模によって小量、中量、仕切堤内、防油堤内、防油堤外に分けられ、タンク火災は火災の規模により、小火災、リング火災（浮き屋根式タンクのみ）、全面火災、全面・防油堤火災に分けられる。ただし、防油堤外流出（DE5、DE14）は、影響度の算定が困難であるため、算定は行わずに最大の「I」とした。

① 流出火災

(DE1) 小量流出火災

様相	流出直後に着火してタンク周辺で液面火災となる。	
漏洩口	フランジボルト破損	
火炎形状	流出率と燃焼速度から火炎面積を算出し、これと同面積の底面を持つ円筒形火災をタンク真横に想定した。火炎高さは火炎底面半径の3倍とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる火炎中心からの距離を影響距離とした。ただし、火災の発生場所を特定できないため、火炎中心からの影響距離に火炎半径及びタンク半径を加えた距離を半径とする円内を影響範囲とした（図 4.3.2）。	
使用した式	流出率の算出	液体流出モデル（資料3 式1）
	火炎の放射熱の算出	火災モデル（資料3 式11, 12, 14, 15）

(DE2) 中量流出火災

様相	流出直後に着火してタンク周辺で液面火災となる。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	
火炎形状	流出率と燃焼速度から火炎面積を算出し、これと同面積の底面を持つ円筒形火災をタンク真横に想定する。火炎高さは火炎底面半径の3倍とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる火炎中心からの距離を影響距離とした。ただし、火災の発生場所を特定できないため、火炎中心からの影響距離に火炎半径及びタンク半径を加えた距離を半径とする円内を影響範囲とした（図 4.3.2）。	
使用した式	流出率の算出	液体流出モデル（資料3 式1）
	火炎の放射熱の算出	火災モデル（資料3 式11, 12, 14, 15）

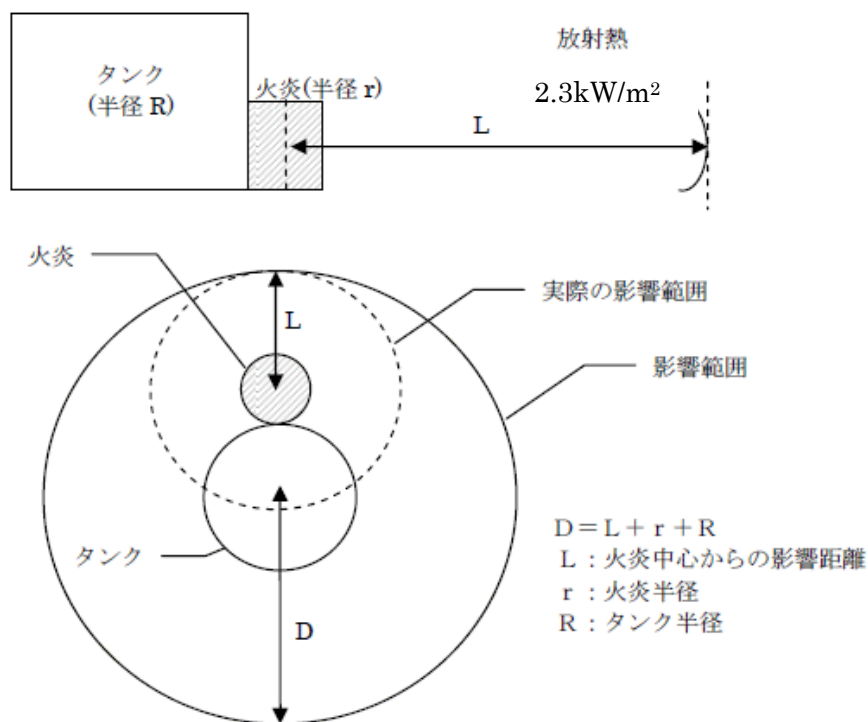


図 4.3.2 小量・中量流出火災の影響範囲

(DE3) 仕切堤内流出火災

様相	仕切堤全面に流出後、着火して液面火災となる。	
火炎形状	仕切堤と同面積の底面（タンク部分を含む）を持つ円筒形火炎とし、火炎高さは火炎底面半径の3倍とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる火炎中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	火炎の放射熱の算出	火災モデル（資料3 式11, 12, 15）

(DE4) 防油堤内流出火災

様相	防油堤全面に流出後、着火して液面火災となる。	
火炎形状	防油堤と同面積の底面（タンク部分を含む）を持つ円筒形火炎とし、火炎高さは火炎底面半径の3倍とした。ただし、仕切堤で区切られた防油堤の場合、当該タンクが位置する仕切堤2つ分の面積を上限とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる火炎中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	火炎の放射熱の算出	火災モデル（資料3 式11, 12, 15）

(DE5) 防油堤外流出火災

算定は行わずに影響度は最大の「I」とした。

② タンク火災

(DE6) タンク小火災

様相	タンク屋根で出火し小火災を形成する。	
火炎形状	タンク半径の1/10の火炎半径を持つ円筒形火炎をタンク屋根の上端に想定し、火炎高さは底面半径の3倍とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる火炎中心からの距離を影響距離とした。ただし、火災の発生場所を特定できないため、火炎中心からの影響距離より火炎半径を減じ、タンク半径を加えた距離を半径とする円内を影響範囲とした（図 4.3.3）。	
使用した式	火炎の放射熱の算出	火災モデル（資料3 式11, 12, 15）

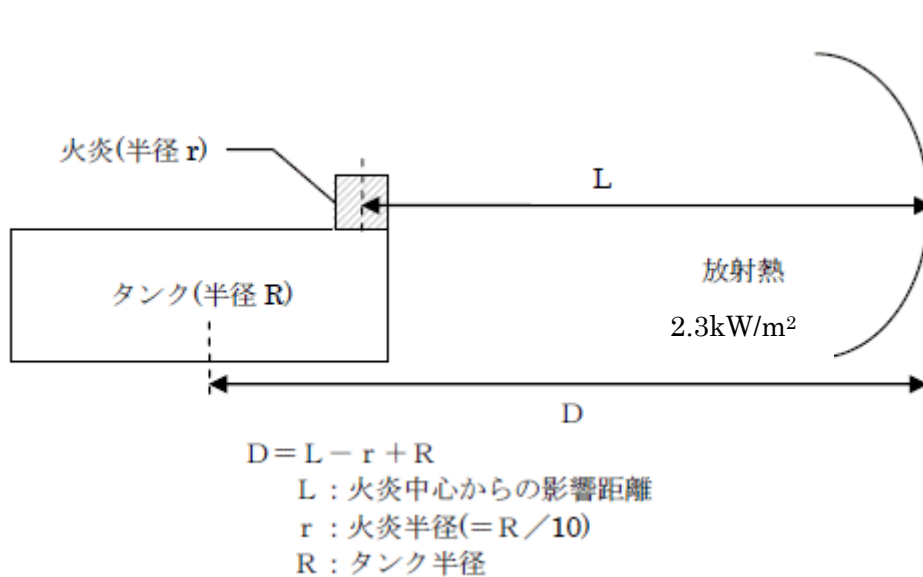


図 4.3.3 タンク小火災の影響範囲

(DE7) リング小火災

様相	浮き屋根で出火しリング火災となる。	
火炎形状	タンク直径の1/10の火炎幅を持つリング状の火炎をタンク屋根の上端に想定し、火炎高さは火炎幅の1.5倍とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となるタンク中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした（図	

	4.3.4)。	
使用した式	火炎の放射熱の算出	火災モデル (資料3 式11, 13, 15)

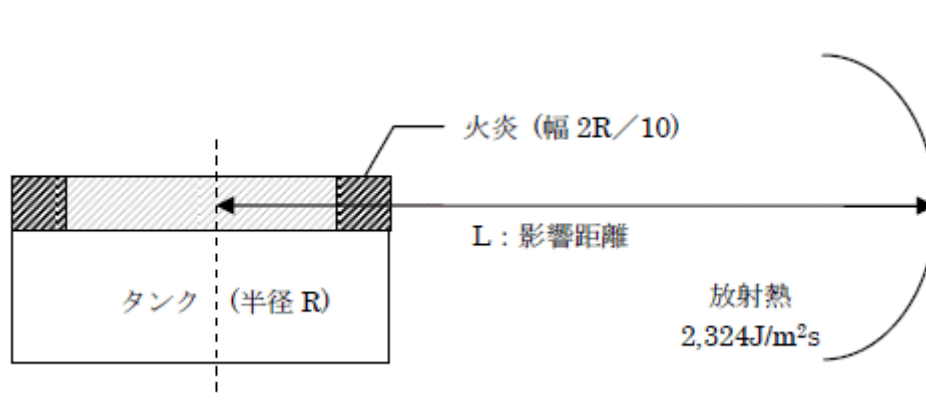


図 4.3.4 リング火災の影響範囲

(DE8) タンク全面火災

様相	タンク屋根で出火し全面火災となる。	
火炎形状	タンク底面に等しい火炎底面を持つ円筒形火炎をタンク屋根上に想定し、火炎高さは底面半径の3倍とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となるタンク中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	火炎の放射熱の算出	火災モデル (資料3 式11, 12, 15)

(DE9) タンク全面・防油堤火災

様相	タンク屋根で出火し全面火災となり、さらにボイルオーバーにより防油堤内火災となる。	
火炎形状	防油堤内流出火災と同じ。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる火炎中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	火炎の放射熱の算出	火災モデル (資料3 式11, 12, 15)

③ 毒性ガス拡散

(DE10) 少量流出毒性ガス拡散

様相	流出してタンク周辺で液面を形成し、毒性ガスが蒸発拡散する。	
漏洩口	フランジボルト破損	
液面面積	少量流出火災の火炎底面積と同じ (液面は円を仮定)。	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値以上となる風下方	

	向の距離を影響距離とした。ただし風向は特定せず、影響範囲は影響距離を半径とした円内とした（図 4.3.5）。	
使用した式	液面面積の算出	液体流出モデル（資料3 式1） 面積算出式（資料3 式14）
	拡散ガス量の算出	蒸発モデル（資料3 式5）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

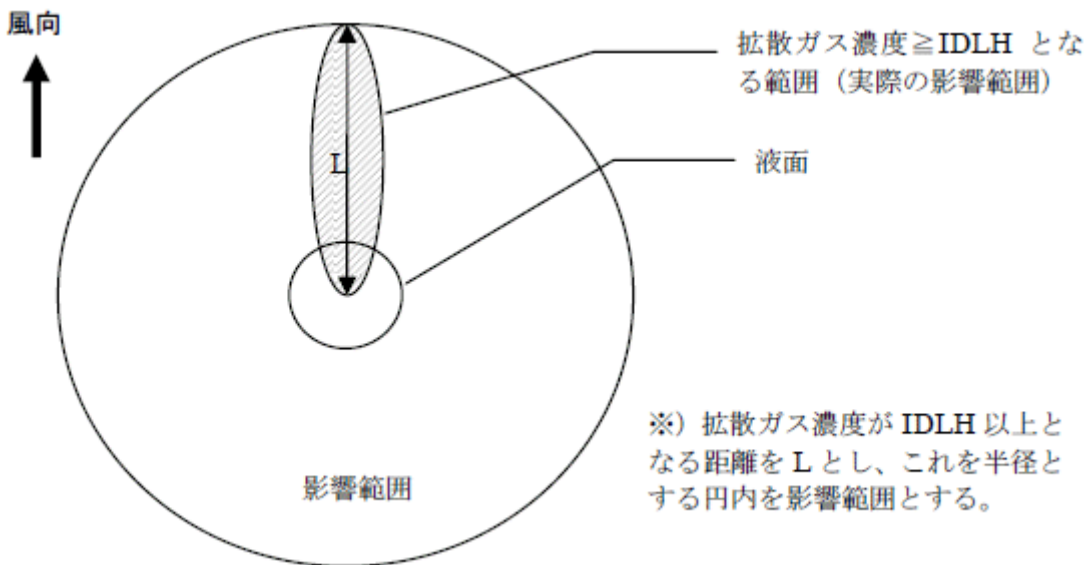


図 4.3.5 毒性ガス拡散の影響範囲

(DE11) 中量流出毒性ガス拡散

様相	流出してタンク周辺で液面を形成し、毒性ガスが蒸発拡散する。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	
液面面積	中量流出火災の火炎底面積と同じ（液面は円を仮定）。	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値以上となる風下方向の距離を影響距離とした。ただし風向は特定せず、影響範囲は影響距離を半径とした円内とした（図 4.3.5）。	
使用した式	液面面積の算出	液体流出モデル（資料3 式1） 面積算出式（資料3 式14）
	拡散ガス量の算出	蒸発モデル（資料3 式5）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE12) 仕切堤内流出毒性ガス拡散

様相	仕切堤全面に流出し、毒性ガスが蒸発拡散する。	
液面面積	仕切堤の面積と同じ（液面は円を仮定）。	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値以上となる風下方向の距離を影響距離とした。ただし風向は特定せず、影響範囲は影響距離を半径とした円内とした（図7.2.4）。	
使用した式	拡散ガス量の算出	蒸発モデル（資料3 式5）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE13) 防油堤内流出毒性ガス拡散

様相	防油堤全面に流出し、毒性ガスが蒸発拡散する。	
液面面積	防油堤の面積と同じ（液面は円を仮定）。	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値以上となる風下方向の距離を影響距離とした。ただし風向は特定せず、影響範囲は影響距離を半径とした円内とした（図7.2.4）。	
使用した式	拡散ガス量の算出	蒸発モデル（資料3 式5）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE14) 防油堤外流出毒性ガス拡散

算定は行わずに影響度は最大の「I」とした。

災害事象の影響度

0の想定に基づき求めた各災害事象の影響の大きさを、表 4.3.2の区分でランク付けして分布を求めると、表 4.3.4～表 4.3.6のようになる。

なお、毒性ガス拡散については、拡散ガス量によってガス濃度が許容値に達しない場合もあるが、その場合は最小の「V」とした。

表 4.3.4 危険物タンク・流出火災の影響度分布

区分	DE1:小量流出	DE2:中量流出	DE3:仕切堤内流出	DE4:防油堤内流出	DE5:防油堤外流出
京浜臨海地区					
I	0	0	24	170	912
II	0	0	108	387	0
III	0	66	99	274	0
IV	167	684	46	81	0
V	366	162	6	0	0
対象外	379	0	629	0	0
根岸臨海地区					
I	0	0	10	90	215
II	0	0	116	95	0
III	9	104	42	18	0
IV	123	108	3	12	0
V	77	3	0	0	0
対象外	6	0	44	0	0
久里浜地区					
I	0	0	0	13	13
II	0	0	0	0	0
III	0	11	0	0	0
IV	2	2	0	0	0
V	11	0	0	0	0
対象外	0	0	13	0	0

注) 硫黄タンクを除く

DE1対象外: 遮断設備のないタンク

DE3対象外: 仕切堤のないタンク、遮断設備と移送設備のないタンク

表 4.3.5 危険物タンク・タンク火災の影響度分布

区分	DE6:タンク小火災	DE7:リング火災	DE8:タンク全面火災	DE9:タンク全面・防油堤火災
京浜臨海地区				
I	0	0	0	170
II	0	0	24	387
III	0	45	146	274
IV	183	132	584	81
V	729	20	158	0
対象外	0	715	0	0
根岸臨海地区				
I	0	0	0	90
II	0	0	22	95
III	10	24	77	18
IV	97	32	85	12
V	108	0	31	0
対象外	0	159	0	0
久里浜地区				
I	0	0	0	13
II	0	0	1	0
III	0	1	8	0
IV	8	3	4	0
V	5	0	0	0
対象外	0	9	0	0

注) 硫黄タンクを除く

DE7対象外: 浮き屋根式以外のタンク

表 4.3.6 危険物タンク・毒性ガス拡散の影響度分布

区分	DE10:小量流出	DE11:中量流出	DE12:仕切堤内流出	DE13:防油堤内流出	DE14:防油堤外流出
京浜臨海地区					
I	0	0	3	9	12
II	0	1	0	1	0
III	0	6	0	2	0
IV	8	3	0	0	0
V	2	2	0	0	0
対象外	2	0	9	0	0
根岸臨海地区 (対象施設なし)					
久里浜地区 (対象施設なし)					

注) 硫黄タンクを除く

DE10対象外: 遮断設備のないタンク

DE12対象外: 仕切堤のないタンク、遮断設備と移送設備のないタンク

4.3.3. 高圧ガスタンク

災害事象の詳細条件

加圧液化ガスは沸点以上の温度で圧力をかけて液化しているため、漏洩した液体は瞬間的に気化し、空気と混合して可燃性混合気を形成する。これに着火すると、着火のタイミングにより爆発やフラッシュ火災を起こす。また、一部のタンクで取り扱っている気体のガスについても加圧液化ガスと同様の災害事象を引き起こすと考えた。

これらの可燃性ガスタンクについては、ガス爆発やフラッシュ火災等の影響が問題となり、災害事象は、漏洩規模により小量、中量、大量、全量（長時間）、全量（防液堤内）、全量（防液堤外）に分けて考える。ただし、全量（防液堤内）、全量（防液堤外）流出（DE9～DE12）については、影響度の算定を行わず、全て最大の「I」とした。DE9～DE12の災害事象については、大規模災害で別途取り扱った。

また、毒性ガスタンクの場合は毒性ガスの拡散が問題となり、災害事象は、漏洩規模により小量、中量、大量、全量（長時間）、全量に分けて考える。ただし、全量流出・拡散（DE17）については、影響度の算定を行わず、全て最大の「I」とした。

① ガス爆発

(DE1) 小量流出爆発

様相	5分間に流出したガスがタンク周辺で全量気化し、着火・爆発する。ただし、漏洩量の上限は貯蔵量とする。	
漏洩口	フランジボルト破損	
影響範囲	爆風圧が許容値となるタンク中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） ・気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	爆発中心からの距離の算出	爆発モデル（資料3 式17）

(DE3) 中量流出爆発

様相	5分間に流出したガスがタンク周辺で全量気化し、着火・爆発する。ただし、漏洩量の上限は貯蔵量とする。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	
影響範囲	爆風圧が許容値となるタンク中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	

使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> 液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） 気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	爆発中心からの距離の算出	爆発モデル（資料3 式17）

(DE5) 大量流出爆発

様相	10分間に流出したガスがタンク周辺で全量気化し、着火・爆発する。ただし、漏洩量の上限は貯蔵量とする。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	
影響範囲	爆風圧が許容値となるタンク中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> 液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） 気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	爆発中心からの距離の算出	爆発モデル（資料3 式17）

(DE7) 全量流出（長時間）爆発

様相	10分間に流出したガスがタンク周辺で全量気化し、着火・爆発する。ただし、漏洩量の上限は貯蔵量とする。なお、漏洩が長時間継続するため、爆発が繰り返し起こる危険性がある。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	
影響範囲	爆風圧が許容値となるタンク中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> 液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） 気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	爆発中心からの距離の算出	爆発モデル（資料3 式17）

(DE9、DE11) 防液堤内流出及び防液堤外流出爆発

算定は行わずに影響度は最大の「I」とした。

② フラッシュ火災

(DE2) 少量流出フラッシュ火災

様相	一定速度で流出したガスが全量気化して大気中に拡散し、着火してフラッシュ火災となる。	
漏洩口	フランジボルト破損	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値（爆発下限界濃度の1/2）以上となる風下方向の距離を影響距離とした。ただし、風向は特定しないため、影響範囲は影響距離を半径とした円内とした（図 4.3.6）。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> 液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） 気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	拡散ガス量の算出	<ul style="list-style-type: none"> 液体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式7） 気体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式8）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE4) 中量流出フラッシュ火災

様相	一定速度で流出したガスが全量気化して大気中に拡散し、着火してフラッシュ火災となる。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値（爆発下限界濃度の1/2）以上となる風下方向の距離を影響距離とした。ただし、風向は特定しないため、影響範囲は影響距離を半径とした円内とした（図 4.3.6）。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> 液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） 気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	拡散ガス量の算出	<ul style="list-style-type: none"> 液体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式7） 気体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式8）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE6、DE8) 大量流出及び全量（長時間）流出フラッシュ火災

様相	一定速度で流出したガスが全量気化して大気中に拡散し、着火してフラッシュ火災となる。なお、漏洩が長時間継続するため、フラッシュ火災の危険性が継続する。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値（爆発下限界濃度の1/2）以上となる風下方向の距離を影響距離とした。ただし、風向は特定しないため、影響範囲は影響距離を半径とした円内とした（図4.3.6）。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） ・気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	拡散ガス量の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式7） ・気体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式8）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

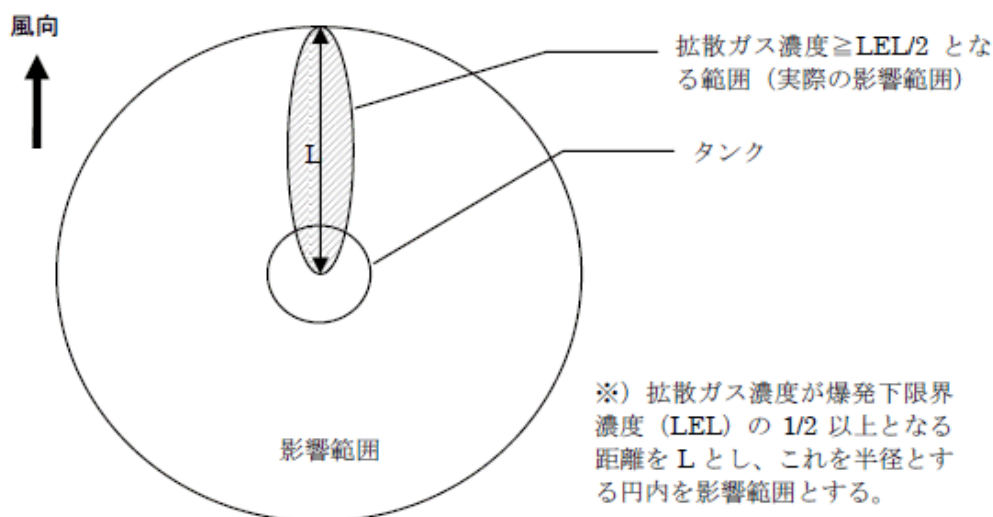


図 4.3.6 フラッシュ火災（ガス拡散）の影響範囲

(DE10、DE12) 防液堤内流出及び防液堤外流出フラッシュ火災

算定は行わずに影響度は最大の「I」とした。

③ 毒性ガス拡散

(DE13) 小量流出拡散

様相	一定速度で流出した毒性液化ガスが全量気化し、大気中に拡散する。	
漏洩口	0.1cm ²	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値以上となる風下方向の距離を影響距離とした。ただし風向は特定せず、影響範囲は影響距離を半径とした円内とした（図 4.3.5）。	
使用した式	流出率の算出	液体流出モデル（資料3 式1）
	拡散ガス量の算出	拡散ガス量の算出式（資料3 式7）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE14、DE15、DE16) 中量、大量、全量（長時間）流出拡散

様相	一定速度で流出した毒性液化ガスが全量気化し、大気中に拡散する。災害規模に応じて危険性が継続する。	
漏洩口	0.1cm ²	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値以上となる風下方向の距離を影響距離とした。ただし風向は特定せず、影響範囲は影響距離を半径とした円内とした（図 4.3.5）。	
使用した式	流出率の算出	液体流出モデル（資料3 式1）
	拡散ガス量の算出	拡散ガス量の算出式（資料3 式7）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE17) 全量流出拡散

算定は行わずに影響度は最大の「I」とした。

災害の影響度

0の想定に基づき求めた各災害事象の影響の大きさを、表 4.3.2の区分でランク付けして分布を求めると、表 4.3.7～表 4.3.9のようになる。

なお、フラッシュ火災及び毒性ガス拡散については、拡散ガス量によってガス濃度が許容値に達しない場合もあるが、その場合は最小の「V」とした。

表 4.3.7 可燃性ガスタンク・爆発火災の影響度分布

区分	DE1:小量流出	DE3:中量流出	DE5:大量流出	DE7:全量流出(長時間)	DE9:全量流出(防液堤内)	DE11:全量流出(防液堤外)
京浜臨海地区						
I	0	8	26	26	92	215
II	12	76	100	101	0	0
III	99	115	84	85	0	0
IV	94	16	3	3	0	0
V	8	0	0	0	0	0
対象外	2	0	2	0	123	0
根岸臨海地区						
I	0	3	11	11	20	23
II	1	18	12	12	0	0
III	22	2	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
対象外	0	0	0	0	3	0
久里浜地区 (対象施設なし)						

注) 地下式タンクを除く

DE1対象外: 遮断設備のないタンク

DE5対象外: 遮断設備と移送設備のないタンク

DE9対象外: 防液堤のないタンク(貯蔵量500トン未満のタンク)

表 4.3.8 可燃性ガスタンク・フラッシュ火災の影響度分布

区分	DE2:小量流出	DE4:中量流出	DE6:大量流出	DE8:全量流出(長時間)	DE10:全量流出(防液堤内)	DE12:全量流出(防液堤外)
京浜臨海地区						
I	0	6	6	6	92	215
II	0	69	69	69	0	0
III	44	65	64	65	0	0
IV	108	75	74	75	0	0
V	61	0	0	0	0	0
対象外	2	0	2	0	123	0
根岸臨海地区						
I	0	3	3	3	20	23
II	0	18	18	18	0	0
III	3	2	2	2	0	0
IV	20	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
対象外	0	0	0	0	3	0
久里浜地区 (対象施設なし)						

注) 地下式タンクを除く

DE2対象外: 遮断設備のないタンク

DE6対象外: 遮断設備と移送設備のないタンク

DE10対象外: 防液堤のないタンク(貯蔵量500トン未満のタンク)

表 4.3.9 毒性ガスタンク・毒性ガス拡散の影響度分布

区分	DE13:小量流出	DE14:中量流出	DE15:大量流出	DE16:全量流出 (長時間)	DE17:全量流出
京浜臨海地区					
I	26	29	26	29	34
II	5	5	5	5	0
III	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0
対象外	3	0	3	0	0
根岸臨海地区					
I	6	6	6	6	6
II	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0
対象外	0	0	0	0	0
久里浜地区					
I	3	3	3	3	3
II	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0
対象外	0	0	0	0	0

DE13対象外: 遮断設備のないタンク

DE15対象外: 遮断設備と移送設備のないタンク

4.3.4. 毒性液体タンク

災害事象の詳細条件

毒性液体が漏洩した場合、多くのタンクでは防液堤の溝を流れて処理されるようになっており、溝に溜まった毒性液体からの毒性ガスの拡散が問題となる。

その時の漏洩規模は液面の面積により小量、中量、大量、全量（長時間）、全量に分けて考える。ただし、全量流出（DE5）については、影響度の算定を行わず、最大の「I」とした。

(DE1) 小量流出拡散

様相	防液堤の溝に溜まった毒性液体から毒性ガスが蒸発し、大気中に拡散する。	
液面面積	防液堤 1 辺の溝（幅20cmとする）に溜まった場合を想定した。	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値以上となる風下方向の距離を影響距離とした。ただし風向は特定せず、影響範囲は影響距離を半径とした円内とした（図 4.3.5）。	
使用した式	液面面積の算出	防液堤 1 辺×溝の幅×辺数
	拡散ガス量の算出	蒸発モデル（資料3 式5）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE2) 中量流出拡散

様相	防液堤の溝に溜まった毒性液体から毒性ガスが蒸発し、大気中に拡散する。	
液面面積	防液堤 2 辺の溝（幅20cmとする）に溜まった場合を想定した。	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値以上となる風下方向の距離を影響距離とした。ただし風向は特定せず、影響範囲は影響距離を半径とした円内とした（図 4.3.5）。	
使用した式	液面面積の算出	防液堤 1 辺×溝の幅×辺数
	拡散ガス量の算出	蒸発モデル（資料3 式5）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE3、DE4) 大量流出及び全量（長時間）流出拡散

様相	防液堤の溝に溜まった毒性液体から毒性ガスが蒸発し、大気中に拡散する。少しずつ長時間にわたって漏洩するため、防液堤全面には拡がらない。	
液面面積	防液堤 4 辺の溝（幅20cmとする）に溜まった場合を想定した。	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値以上となる風下方向の距離を影響距離とした。ただし風向は特定せず、影響範囲は影響距	

	離を半径とした円内とした（図 4.3.5）。	
使用した式	液面面積の算出	防液堤 1 辺×溝の幅×辺数
	拡散ガス量の算出	蒸発モデル（資料3 式5）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE5) 全量流出拡散

算定は行わずに影響度は最大の「I」とした。

災害の影響度

0の想定に基づき求めた各災害事象の影響の大きさを、表 4.3.2の区分でランク付けして分布を求めると、表 4.3.10のようになる。

なお、拡散ガス量によってはガス濃度が許容値に達しない場合もあるが、その場合は最小の「V」とした。

表 4.3.10 毒性液体タンク・毒性ガス拡散の影響度分布

区分	DE1:小量流出	DE2:中量流出	DE3:大量流出	DE4:全量流出 (長時間)	DE5:全量流出
京浜臨海地区					
I	0	2	3	8	19
II	1	9	1	4	0
III	0	1	4	4	0
IV	4	7	1	3	0
V	1	0	0	0	0
対象外	13	0	10	0	0
根岸臨海地区 (対象施設なし)					
久里浜地区 (対象施設なし)					

注)シアン化ナトリウム及び硫酸を除く

DE1対象外: 遮断設備のないタンク

DE3対象外: 遮断設備と移送設備のないタンク

4.3.5. プラント

プラントでは、危険物、可燃性・毒性ガス（液化ガスを含む）がそれぞれ最大に滞留する塔槽類（ユニット）の内容物が漏洩するとして影響評価を行った。なお、これらの物質が滞留する設備がない場合は評価対象外とした。

製造施設等

1) 災害事象の詳細条件

製造施設等で想定される災害事象は取り扱う物質によって異なり、危険物の場合は流出火災、可燃性ガスでは爆発やフラッシュ火災、毒性ガスでは拡散による影響が問題となるが、影響度の算定方法はこれまでと同様である。漏洩規模は少量、ユニット全量、大量に分けて考えた。

① 流出火災

(DE1) 少量流出火災

様相	流出直後に着火して周辺で液面火災となる。	
漏洩口	フランジボルト破損	
火災形状	流出率と燃焼速度から火炎面積を算出し、これと同面積の底面を持つ円筒形火災を施設中心に想定した。火炎高さは火炎底面半径の3倍とすした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる施設中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	液体流出モデル（資料3 式1）
	火炎の放射熱の算出	火災モデル（資料3 式11, 12, 14, 15）

(DE4) ユニット全量流出火災

様相	流出直後に着火して周辺で液面火災となる。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	
火災形状	流出率と燃焼速度から火炎面積を算出し、これと同面積の底面を持つ円筒形火災を施設中心に想定した。火炎高さは火炎底面半径の3倍とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる施設中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	液体流出モデル（資料3 式1）
	火炎の放射熱の算出	火災モデル（資料3 式11, 12, 14, 15）

(DE7) 大量流出火災

様相	流出直後に着火して周辺で液面火災となる。火炎は長時間継続する。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	

火災形状	流出率と燃焼速度から火災面積を算出し、これと同面積の底面を持つ円筒形火災を施設中心に想定した。火炎高さは火炎底面半径の3倍とした。	
影響範囲	火災中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる施設中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	液体流出モデル（資料3 式1）
	火炎の放射熱の算出	火災モデル（資料3 式11, 12, 14, 15）

② ガス爆発

(DE1) 少量流出爆発

様相	漏洩ガスの全量が施設周辺で着火・爆発する。	
漏洩量	フランジボルトが破損して可燃性ガスの流出が5分間継続する。ただし、漏洩量の上限はユニット滞留量とする。	
影響範囲	爆風圧が許容値となる施設中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） ・気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	爆発中心からの距離の算出	爆発モデル（資料3 式17）

(DE4) ユニット全量流出爆発

様相	漏洩ガスの全量が施設周辺で着火・爆発する。	
漏洩量	ユニット滞留量の全量	
影響範囲	爆風圧が許容値となる施設中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	爆発中心からの距離の算出	爆発モデル（資料3 式17）

(DE7) 大量流出爆発

様相	漏洩ガスの全量が施設周辺で着火・爆発する。漏洩が長時間継続し、ガス爆発の危険性が継続する。	
漏洩量	ユニット滞留量の全量	
影響範囲	爆風圧が許容値となる施設中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	爆発中心からの距離の算出	爆発モデル（資料3 式17）

③ フラッシュ火災

(DE3) 少量流出フラッシュ火災

様相	大気中に拡散したガスに着火してフラッシュ火災となる。	
漏洩口	フランジボルト破損	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値（爆発下限界濃度の1/2）以上となる距離を影響距離とし、これを半径とした円内を影響範囲とした（図 4.3.6）。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） ・気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	拡散ガス量の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式7） ・気体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式8）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE6) ユニット全量流出フラッシュ火災

様相	大気中に拡散したガスに着火してフラッシュ火災となる。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値（爆発下限界濃度の1/2）以上となる距離を影響距離とし、これを半径とした円内を影響範囲とした（図 4.3.6）。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） ・気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	拡散ガス量の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式7） ・気体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式8）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE9) 大量流出フラッシュ火災

様相	大気中に拡散したガスに着火してフラッシュ火災となる。漏洩が長時間継続するため、フラッシュ火災の危険性が継続する。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値（爆発下限界濃度の1/2）以上となる距離を影響距離とし、これを半径とした円内を影響範囲とした（図 4.3.6）。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） ・気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	拡散ガス量の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式7） ・気体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式8）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

④ 毒性ガス拡散

(DE2) 小量流出拡散

様相	漏洩した毒性ガスが大気中に拡散する。	
漏洩口	0.1cm ²	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値以上となる距離を影響距離とし、これを半径とした円内を影響範囲とした（図 4.3.5）。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） ・気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	拡散ガス量の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式7） ・気体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式8）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE5、DE8) ユニット全量及び大量流出拡散

様相	漏洩した毒性ガスが大気中に拡散する。漏洩は長時間継続し、危険性が継続する。	
漏洩口	0.1cm ²	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値以上となる距離を影響距離とし、これを半径とした円内を影響範囲とした（図 4.3.5）。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） ・気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	拡散ガス量の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式7） ・気体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式8）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

2) 災害の影響度

0の想定に基づき求めた各災害事象の影響の大きさを、表 4.3.2の区分でランク付けして分布を求めると、表 4.3.11～表 4.3.13のようになる。

なお、影響度の大きさが許容値に達しない場合もあるが、その場合は最小の「V」とした。

表 4.3.11 プラント製造施設等・流出火災の影響度分布

区分	DE1:小量流出	DE4:ユニット内全量流出	DE7:大量流出
京浜臨海地区			
I	0	0	0
II	0	0	0
III	0	0	0
IV	1	46	46
V	162	117	117
データ不足	1	1	1
根岸臨海地区			
I	0	0	0
II	0	0	0
III	0	1	1
IV	2	14	14
V	22	9	9
久里浜地区（対象施設なし）			

注1) 危険物をユニットに滞留させて取り扱う施設のみ、ただし硫黄を除く

注2) ユニット貯蔵圧力が負であるか危険物を気体で取り扱っており、流出量の計算ができないものを除く

データ不足: ユニット貯蔵圧力が不明のため流出量の計算ができない施設

表 4.3.12 プラント製造施設等・爆発、フラッシュ火災の影響度分布

区分	爆発			フラッシュ火災		
	DE1:小量流出	DE4:ユニット内全量流出	DE7:大量流出	DE3:小量流出	DE6:ユニット内全量流出	DE9:大量流出
京浜臨海地区						
I	0	51	51	0	6	6
II	7	22	22	0	16	16
III	32	4	4	15	28	28
IV	44	18	18	39	34	34
V	12	0	0	41	11	11
根岸臨海地区						
I	0	14	14	1	6	6
II	7	3	3	1	16	16
III	8	0	0	10	8	8
IV	16	14	14	16	1	1
V	0	0	0	3	0	0
久里浜地区 (対象施設なし)						

注1) 可燃性ガスをユニットに滞留させて取り扱う施設のみ

注2) ユニット貯蔵圧力が負で流出量の計算ができないものを除く

表 4.3.13 プラント製造施設等・毒性ガス拡散の影響度分布

区分	DE2:小量流出	DE5:ユニット内全量流出	DE8:大量流出
京浜臨海地区			
I	20	20	20
II	9	9	9
III	3	3	3
IV	3	3	3
V	4	4	4
根岸臨海地区			
I	1	1	1
II	0	0	0
III	0	0	0
IV	0	0	0
V	0	0	0
久里浜地区 (対象施設なし)			

注) 毒性ガスをユニットに滞留させて取り扱う施設のみ、ただし硫黄を除く

発電施設

1) 災害事象の詳細条件

発電施設で想定される災害事象は危険物の流出火災、可燃性ガスの爆発やフラッシュ火災である。漏洩規模は小量、中量、大量に分けて考えた。ただし、炉内爆発については影響度の算定が困難であるため、算定は行わずに最大の「I」とした。

① 流出火災

(DE1) 小量流出火災

様相	流出直後に着火して周辺で液面火災となる。	
漏洩口	フランジボルト破損	
火災形状	流出率と燃焼速度から火炎面積を算出し、これと同面積の底面を持つ円筒形火災を施設中心に想定した。火炎高さは火炎底面半径の3倍とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる施設中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	液体流出モデル (資料3 式1)
	火炎の放射熱の算出	火災モデル(資料3 式11, 12, 14, 15)

(DE3) 中量流出火災

様相	流出直後に着火して周辺で液面火災となる。	
漏洩口	配管断面積の1/100 (ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした)。	
火災形状	流出率と燃焼速度から火炎面積を算出し、これと同面積の底面を持つ円筒形火災を施設中心に想定した。火炎高さは火炎底面半径の3倍とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる施設中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	液体流出モデル (資料3 式1)
	火炎の放射熱の算出	火災モデル(資料3 式11, 12, 14, 15)

(DE5) 大量流出火災

様相	流出直後に着火して周辺で液面火災となる。火災は長時間継続する。	
漏洩口	配管断面積の1/100 (ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした)。	
火災形状	流出率と燃焼速度から火炎面積を算出し、これと同面積の底面を持つ円筒形火災を施設中心に想定した。火炎高さは火炎底面半径の3倍とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる施設中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	

使用した式	流出率の算出	液体流出モデル (資料3 式1)
	火炎の放射熱の算出	火災モデル(資料3 式11, 12, 14, 15)

② ガス爆発

(DE1) 小量流出爆発

様相	漏洩ガスの全量が施設周辺で着火・爆発する。	
漏洩量	フランジボルトが破損して可燃性ガスの流出が5分間継続する。	
影響範囲	爆風圧が許容値となる施設中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル (資料3 式1) ・気体の場合；気体流出モデル (資料3 式3, 4)
	爆発中心からの距離の算出	爆発モデル (資料3 式17)

(DE3) 中量流出爆発

様相	漏洩ガスの全量が施設周辺で着火・爆発する。	
漏洩量	配管とタンク本体との接続部に配管断面積の1/100 (ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした) の大きさの漏洩口が開き、可燃性ガスの流出が5分間継続する。	
影響範囲	爆風圧が許容値となる施設中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル (資料3 式1) ・気体の場合；気体流出モデル (資料3 式3, 4)
	爆発中心からの距離の算出	爆発モデル (資料3 式17)

(DE5) 大量流出爆発

様相	漏洩ガスの全量が施設周辺で着火・爆発する。漏洩が長時間継続し、ガス爆発の危険性が継続する。	
漏洩量	配管とタンク本体との接続部に配管断面積の1/100 (ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした) の大きさの漏洩口が開き、可燃性ガスの流出が10分間継続する。	
影響範囲	爆風圧が許容値となる施設中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	

使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> 液体の場合；液体流出モデル (資料3 式1) 気体の場合；気体流出モデル (資料3 式3, 4)
	爆発中心からの距離の算出	爆発モデル (資料3 式17)

③ フラッシュ火災

(DE2) 少量流出フラッシュ火災

様相	大気中に拡散したガスに着火してフラッシュ火災となる。	
漏洩口	フランジボルト破損	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値（爆発下限界濃度の1/2）以上となる距離を影響距離とし、これを半径とした円内を影響範囲とした（図 4.3.6）。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> 液体の場合；液体流出モデル (資料3 式1) 気体の場合；気体流出モデル (資料3 式3, 4)
	拡散ガス量の算出	<ul style="list-style-type: none"> 液体の場合；拡散ガス量の算出式 (資料3 式7) 気体の場合；拡散ガス量の算出式 (資料3 式8)
	ガス濃度の算出	連続点源の式 (資料3 式6)

(DE4) 中量流出フラッシュ火災

様相	大気中に拡散したガスに着火してフラッシュ火災となる。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値（爆発下限界濃度の1/2）以上となる距離を影響距離とし、これを半径とした円内を影響範囲とした（図 4.3.6）。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） ・気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	拡散ガス量の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式7） ・気体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式8）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE6) 大量流出フラッシュ火災

様相	大気中に拡散したガスに着火してフラッシュ火災となる。漏洩が長時間継続するため、フラッシュ火災の危険性が継続する。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値（爆発下限界濃度の1/2）以上となる距離を影響距離とし、これを半径とした円内を影響範囲とした（図 4.3.6）。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式1） ・気体の場合；気体流出モデル（資料3 式3, 4）
	拡散ガス量の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式7） ・気体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式8）
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

④ 炉内爆発

(DE7) 炉内爆発

算定は行わずに影響度は最大の「I」とした。

2) 災害の影響度

0の想定に基づき求めた各災害事象の影響の大きさを、表 4.3.2の区分でランク付けして分布を求めると、表 4.3.14～表 4.3.16のようになる。

なお、影響度の大きさが許容値に達しない場合もあるが、その場合は最小の「V」とした。

表 4.3.14 プラント発電施設・流出火災の影響度分布

区分	DE1:小量流出	DE3:中量流出	DE5:大量流出
京浜臨海地区			
I	0	0	0
II	0	0	0
III	0	0	0
IV	0	1	1
V	9	8	8
根岸臨海地区			
I	0	0	0
II	0	0	0
III	0	0	0
IV	0	0	0
V	4	4	4
久里浜地区			
I	0	0	0
II	0	0	0
III	0	0	0
IV	6	10	10
V	10	6	6

注) 危険物をユニットに滞留させて取り扱う施設のみ

表 4.3.15 プラント発電施設・爆発、フラッシュ火災の影響度分布

区分	爆発			フラッシュ火災		
	DE1:小量流出	DE3:中量流出	DE5:大量流出	DE2:小量流出	DE4:中量流出	DE6:大量流出
京浜臨海地区						
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	4	4
IV	4	4	4	0	0	0
V	0	0	0	4	0	0
根岸臨海地区 (対象施設なし)						
久里浜地区 (対象施設なし)						

注) 可燃性ガスをユニットに滞留させて取り扱う施設のみ

表 4.3.16 プラント発電施設・炉内爆発（DE7）の影響度分布

区分	京浜臨海地区	根岸臨海地区	久里浜地区
I	9	4	16
II	0	0	0
III	0	0	0
IV	0	0	0
V	0	0	0

注) 危険物・可燃性ガスをユニットに滞留させて取り扱う施設のみ

4.3.6. 海上入出荷施設

本調査では、個々の海上入出荷施設における災害の影響度の評価は行わず、定性的な検討にとどめることとした。

石油栈橋における小量流出に伴う火災では、炎上範囲は栈橋付近の陸上あるいは海上にとどまり、放射熱の影響がコンビナート外に及ぶことは考えにくい。LPG・LNG栈橋あるいは毒劇物栈橋で、少量の可燃性・毒性ガスが流出したときの影響についても同様である。石油、LPG、LNG、毒劇物の大量流出について、タンカーからの入出荷中に起こり得るのは、短時間に大量の石油やガスが流出するのではなく、少しずつ長時間にわたって流出するような事象である。したがって、このような場合にも、火災や爆発、毒性ガス拡散の影響がコンビナート区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。また、石油の海上流出についても、入出荷中はタンカーの周りをオイルフェンスで囲んでいることが多く、流出油が広範囲に広がることは考えにくい。

4.3.7. パイプライン

災害事象の詳細条件

パイプラインの災害事象は、石油配管の場合は流出火災、高圧ガス導管では爆発やフラッシュ火災が問題となる。漏洩規模は小量、中量、大量に分けて考えた。

また、パイプラインについてはどの地点でも災害が起こりうるため、発生位置は特定せず、災害が発生した場合の影響範囲を推定することとした。

① 流出火災

(DE1) 小量流出火災

様相	流出直後に着火して配管周辺で液面火災となる。	
漏洩口	フランジボルト破損	
火災形状	流出率と燃焼速度から火炎面積を算出し、これと同面積の底面を持つ円筒形火災を想定する。火炎高さは火炎底面半径の3倍とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる火炎中心からの距離を影響距離とした。	
使用した式	流出率の算出	液体流出モデル（資料3 式2）
	火炎の放射熱の算出	火災モデル（資料3 式11, 12, 14, 15）

(DE2) 中量流出火災

様相	流出直後に着火して配管周辺で液面火災となる。
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² ）

	とした)。	
火炎形状	流出率と燃焼速度から火炎面積を算出し、これと同面積の底面を持つ円筒形火炎を想定する。火炎高さは火炎底面半径の3倍とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる火炎中心からの距離を影響距離とした。	
使用した式	流出率の算出	液体流出モデル (資料3 式2)
	火炎の放射熱の算出	火炎モデル(資料3 式11, 12, 14, 15)

(DE3) 大量流出火災

様相	流出直後に着火して周辺で液面火災となる。火炎は長時間継続する。	
漏洩口	配管断面積の1/100 (ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした)。	
火炎形状	流出率と燃焼速度から火炎面積を算出し、これと同面積の底面を持つ円筒形火炎を想定する。火炎高さは火炎底面半径の3倍とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる火炎中心からの距離を影響距離とした。	
使用した式	流出率の算出	液体流出モデル (資料3 式2)
	火炎の放射熱の算出	火炎モデル(資料3 式11, 12, 14, 15)

② ガス爆発

(DE4) 小量流出爆発

様相	5分間に流出したガスが配管周辺で全量気化し、着火・爆発する。	
漏洩量	フランジボルト破損	
影響範囲	爆風圧が許容値となる配管からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	・液体の場合；液体流出モデル (資料3 式2) ・気体の場合；対象外
	爆発中心からの距離の算出	爆発モデル (資料3 式17)

(DE6) 中量流出爆発

様相	5分間に流出したガスが配管周辺で全量気化し、着火・爆発する。	
漏洩量	配管断面積の1/100 (ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした)。	

影響範囲	爆風圧が許容値となる配管からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式2） ・気体の場合；対象外
	爆発中心からの距離の算出	爆発モデル（資料3 式17）

(DE8) 大量流出爆発

様相	10分間に流出したガスが配管周辺で全量気化し、着火・爆発する。	
漏洩量	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	
影響範囲	爆風圧が許容値となる配管からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式2） ・気体の場合；対象外
	爆発中心からの距離の算出	爆発モデル（資料3 式17）

③ フラッシュ火災

(DE5) 小量流出フラッシュ火災

様相	大気中に拡散したガスに着火してフラッシュ火災となる。	
漏洩口	フランジボルト破損	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値（爆発下限界濃度の1/2）以上となる距離を影響距離とし、これを半径とした円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式2） ・気体の場合；対象外
	拡散ガス量の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式7） ・気体の場合；対象外
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE7) 中量流出フラッシュ火災

様相	大気中に拡散したガスに着火してフラッシュ火災となる。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	

	とした)。	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値（爆発下限界濃度の1/2）以上となる距離を影響距離とし、これを半径とした円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式2） ・気体の場合；対象外
	拡散ガス量の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式7） ・気体の場合；対象外
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

(DE9) 大量流出フラッシュ火災

様相	大気中に拡散したガスに着火してフラッシュ火災となる。漏洩が長時間継続するため、フラッシュ火災の危険性が継続する。	
漏洩口	配管断面積の1/100（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² 、上限を12.6cm ² とした）。	
影響範囲	ガス発生源高さにおける軸上の拡散ガス濃度が許容値（爆発下限界濃度の1/2）以上となる距離を影響距離とし、これを半径とした円内を影響範囲とした。	
使用した式	流出率の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；液体流出モデル（資料3 式2） ・気体の場合；対象外
	拡散ガス量の算出	<ul style="list-style-type: none"> ・液体の場合；拡散ガス量の算出式（資料3 式7） ・気体の場合；対象外
	ガス濃度の算出	連続点源の式（資料3 式6）

災害の影響度

0の想定に基づき求めた各災害事象の影響の大きさを、表 4.3.2の区分でランク付けして分布を求めると、表 4.3.17～表 4.3.18のようになる。

なお、影響度の大きさが許容値に達しない場合もあるが、その場合は最小の「V」とした。

表 4.3.17 パイプライン・流出火災の影響度分布

区分	DE1:小量流出	DE2:中量流出	DE3:大量流出
京浜臨海地区			
I	0	0	0
II	0	0	0
III	0	0	0
IV	2	14	14
V	29	33	33
データ不足	0	1	1
対象外	17	0	0
根岸臨海地区			
I	0	0	0
II	0	0	0
III	0	0	0
IV	0	1	1
V	0	0	0
対象外	1	0	0
久里浜地区 (対象施設なし)			

注) 石油配管のみ

データ不足: 移送圧力等が不明で流出量の計算ができないもの

DE1対象外: 遮断設備のないパイプライン

表 4.3.18 パイプライン・爆発、フラッシュ火災の影響度分布

区分	爆発火災			フラッシュ火災		
	DE4:小量流出	DE6:中量流出	DE8:大量流出	DE5:小量流出	DE7:中量流出	DE9:大量流出
京浜臨海地区						
I	0	1	2	0	1	1
II	2	7	10	1	7	7
III	10	10	7	6	7	7
IV	7	1	0	7	4	4
V	0	0	0	5	0	0
データ不足	1	1	1	1	1	1
対象外	0	0	0	0	0	0
根岸臨海地区 (対象施設なし)						
久里浜地区 (対象施設なし)						

注) 可燃性ガスを液体として取り扱う高圧ガス導管のみ

データ不足: 移送圧力等が不明で流出量の計算ができないもの

DE1対象外: 遮断設備のないパイプライン

4.4. 総合的な災害危険性の評価

災害の想定については、指針ⁱの中で発生頻度が 10^{-6} /年以上という目安が示されている。本調査では、平常時の災害を次の3段階で捉えることとした。

- 第1段階の災害: 災害の発生危険度が B レベル (10^{-5} /年程度) 以上の災害
→現実的に起こり得ると考えて対策を検討しておくべき災害
- 第2段階の災害: 災害の発生危険度が C レベル (10^{-6} /年程度) の災害
→発生する可能性は相当に小さいと考えられるが、万一に備えて対策を検討しておくべき災害
- 低頻度大規模災害: 災害の発生危険度が D レベル (10^{-7} /年程度) 以下で、影響度が I レベル (200m 以上) の災害
→平常時に発生することは考えにくい、影響が大きくなると考えられる災害
第7章において別途検討した。

個々の施設の評価は、図 4.4.1 のようなリスクマトリックスを用いて行った。平常時における災害の発生頻度と影響度のランク付けは表 4.4.1、表 4.4.2 のとおりであり、第1段階の災害が想定されるのはマトリックスの赤色の箇所に該当する施設、第2段階の災害が想定されるのは橙色の箇所に該当する施設、低頻度大規模災害が想定されるのは黄色の箇所に該当する施設である。

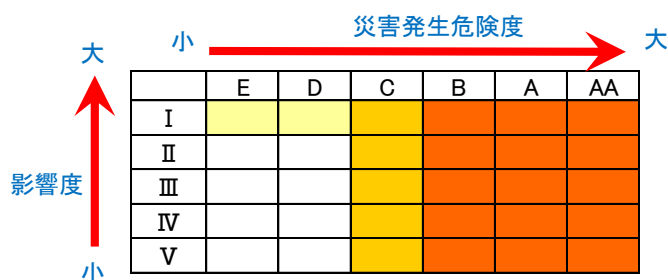


図 4.4.1 リスクマトリックス

表 4.4.1 平常時の災害発生危険度区分

区分	災害発生危険度 [件/年・施設]
AAn	5×10^{-4} 以上
An	5×10^{-5} 以上 (プラント: 5×10^{-5} 以上 5×10^{-4} 未満)
Bn	5×10^{-6} 以上 5×10^{-5} 未満
Cn	5×10^{-7} 以上 5×10^{-6} 未満
Dn	5×10^{-8} 以上 5×10^{-7} 未満
En	5×10^{-8} 未満

注1) 添字のnは平常時を表す。

注2) 区分AAnについては災害発生危険度が比較的大きい「プラント」についてのみ適用した。

表 4.4.2 災害の影響度区分

区分	影響距離 [m]
I	200m以上
II	100m以上 200m未満
III	50m以上 100m未満
IV	20m以上 50m未満
V	20m未満

ⁱ 石油コンビナートの防災アセスメント指針，平成 25 年 3 月，消防庁特殊災害室

4.4.1. 京浜臨海地区

危険物タンク

京浜臨海地区における危険物タンクの災害のリスクマトリックスを 0 の表 4.4.11 に示す。各段階の想定災害をまとめると、表 4.4.3 のようになる。

流出火災について、第 1 段階では、小量流出火災、中量流出火災、仕切堤内流出火災及び防油堤内流出火災が想定される。小量流出火災、中量流出火災については、影響度はⅢレベル以下（50m 以上 100m 未満）となる。仕切堤内流出火災では、影響度が I レベル（200m 以上）となるタンクがある。これらのタンクは旧法・旧基準または準特定のタンクであり、仕切堤の面積が比較的広いことから、周囲への影響に注意を要する。防油堤内流出火災でも、影響度が I レベルとなるタンクがある。これらのタンクも旧法・旧基準または準特定のタンクであり、防油堤の面積が比較的広いため、影響が大きくなる可能性がある。

流出火災について、第 2 段階では、影響の大きい災害に該当する施設数が第 1 段階より増加することが想定される。仕切堤内流出火災では、影響度が I レベルとなるタンクはいずれも旧法・新基準であり、規模が大きくなることが想定される。防油堤内流出火災では、影響度が I レベルとなるタンクに、旧法・旧基準タンクや準特定タンクに加えて、新法及び旧法・新基準タンクも含まれる。防油堤の面積が比較的広いため、影響が大きくなる可能性がある。

流出火災について、第 1 段階、第 2 段階以外に影響度が I となる災害として、仕切堤内流出火災、防油堤内流出火災及び防油堤外流出火災が挙げられる。これらの災害は、複数のタンクを含む防油堤で発生することが想定される。

タンク火災について、第 1 段階では、タンク小火災が想定されるが、影響度はⅣレベル（20m 以上 50m 未満）と小さい。これらのタンクは、旧法・旧基準または準特定・新基準のタンクである。第 2 段階では、タンク小火災、リング火災、タンク全面火災が想定されるが、いずれも影響度はⅢレベル以下となる。

タンク火災について、第 1 段階、第 2 段階以外に影響度が I となる災害として、タンク全面・防油堤火災が挙げられる。この災害は、複数のタンクを含む防油堤で発生することが想定される。

毒性ガス拡散について、第 1 段階では防油堤内までの流出による拡散が想定される。小量流出による拡散では影響度がⅣレベル以下となる。中量流出による拡散では影響度がⅡレベル（100m 以上 200m 未満）となるタンクがある。仕切堤内流出及び防油堤内流出による拡散では、影響度が I レベルとなるタンクがある。これらのタンクは新法及び旧法・新基準タンクを含み、規模が大きくなることが想定される。

表 4.4.3 京浜臨海地区における危険物タンクの想定災害（平常時）

<流出火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (A～Bレベル)	DE1：小量流出・火災				71	256
	DE2：中量流出・火災			1	221	129
	DE3：仕切堤内流出・火災	4	18	7		4
	DE4：防油堤内流出・火災	24	66	23	14	
第2段階 (Cレベル)	DE1：小量流出・火災				96	110
	DE2：中量流出・火災			37	291	27
	DE3：仕切堤内流出・火災	12	59	41	24	2
	DE4：防油堤内流出・火災	48	119	117	43	
低頻度大規模災害 (D～Eレベル)	DE3：仕切堤内流出・火災	8				
	DE4：防油堤内流出・火災	98				
	DE5：防油堤外流出・火災	912				

<タンク火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (A～Bレベル)	DE6：タンク小火災				24	136
第2段階 (Cレベル)	DE6：タンク小火災				90	338
	DE7：リング火災			11	27	7
	DE8：タンク全面火災			3	97	15
低頻度大規模災害 (D～Eレベル)	DE9：タンク全面・防油堤火災	170				

<毒性ガス拡散>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (A～Bレベル)	DE10：小量流出・拡散				8	2
	DE11：中量流出・拡散		1	6	3	2
	DE12：仕切堤内流出・拡散	3				
	DE13：防油堤内流出・拡散	6	1	2		
第2段階 (Cレベル)	DE13：防油堤内流出・拡散	3				
低頻度大規模災害 (D～Eレベル)	DE14：防油堤外流出・拡散	12				

小容量タンク

小容量タンクについては影響度を具体的に推定できないため、各想定レベルの施設数をまとめて表 4.4.4 に示す。なお、低頻度大規模災害は考慮していない。

第 1 段階では中量流出火災、防油堤内流出火災及びタンク小火災が想定され、この内、中量流出火災は全てのタンク、防油堤内流出火災とタンク小火災は 1 石・アルコール類を貯蔵したタンクがそれぞれ該当する。

第 2 段階では防油堤内流出火災、タンク小火災、リング火災及びタンク全面火災が想定される。

タンクは小規模であるため火災の影響は小さいと考えられるが、防油堤は広大なものもあり、この中で火災が拡大した場合には周囲への影響に注意する必要がある。

表 4.4.4 京浜臨海地区における小容量タンクの想定災害（平常時）
＜流出火災＞

想定レベル	想定災害	該当施設数
第 1 段階 (A～B レベル)	DE2：中量流出・火災	1,025
	DE4：防油堤内流出・火災	195
第 2 段階 (C レベル)	DE4：防油堤内流出・火災	830

＜タンク火災＞

想定レベル	想定災害	該当施設数
第 1 段階 (A～B レベル)	DE6：タンク小火災	195
第 2 段階 (C レベル)	DE6：タンク小火災	830
	DE7：リング火災	1
	DE8：タンク全面火災	194

高圧ガスタンク

京浜臨海地区における高圧ガスタンクの災害のリスクマトリックスを 0 の表 4.4.12 に示す。各段階の想定災害をまとめると、表 4.4.5 のようになる。

可燃性ガスの爆発及びフラッシュ火災について、第 1 段階では、小量流出及び中量流出による災害が想定される。小量流出及び中量流出による爆発火災では、影響度はⅡレベルとなるタンクがある。第 2 段階では、小量流出、中量流出、大量流出及び全量流出（長時間）による災害が想定される。小量流出による災害及び全量流出（長時間）によるフラッシュ火災を除き、影響度はⅠレベルとなるタンクがある。第 1 段階、第 2 段階以外に影響

度がⅠとなる災害として、全量流出（長時間）及び全量流出（防液堤内）による爆発及び全量流出（長時間）によるフラッシュ火災が挙げられる。

毒性ガスの拡散について、第 1 段階では全ての災害が想定され、いずれの災害についても影響度はⅠレベルとなるタンクがある。小量流出の場合は流出する時間は短いものの、中量流出以上の場合は流出する時間が長くなり、影響が継続することが想定される。第 2 段階では、全量流出（長時間）及び全量流出による災害が想定される。いずれの災害についても、影響度はⅠレベルとなり、影響が長く続くことが想定される。

表 4.4.5 京浜臨海地区における高圧ガスタンクの想定災害（平常時）

<爆発火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
第 1 段階 (A～B レベル)	DE1：小量流出・爆発		12	99	74	8
	DE3：中量流出・爆発		1	1		
第 2 段階 (C レベル)	DE1：小量流出・爆発				20	
	DE3：中量流出・爆発	8	75	114	16	
	DE5：大量流出・爆発	26	100	84	3	
	DE7：全量流出（長時間）・爆発	3	35	36		
低頻度大規模災害 (D～E レベル)	DE7：全量流出（長時間）・爆発	23				
	DE9：全量流出（防液堤内）・爆発	92				

<フラッシュ火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
第 1 段階 (A～B レベル)	DE2：小量流出・フラッシュ火災			44	90	59
	DE4：中量流出・フラッシュ火災			1	1	
第 2 段階 (C レベル)	DE2：小量流出・フラッシュ火災				18	2
	DE4：中量流出・フラッシュ火災	6	69	64	74	
	DE6：大量流出・フラッシュ火災	6	69	64	74	
	DE8：全量流出（長時間）・フラッシュ火災		6	30	38	
低頻度大規模災害 (D～E レベル)	DE8：全量流出（長時間）・フラッシュ火災	6				

＜毒性ガス拡散＞

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (A～Bレベル)	DE13：小量流出・拡散	26	5			
	DE14：中量流出・拡散	29	5			
	DE15：大量流出・拡散	26	5			
	DE16：全量流出（長時間）・拡散	3				
	DE17：全量流出・拡散	3				
第2段階 (Cレベル)	DE16：全量流出（長時間）・拡散	26	5			
	DE17：全量流出・拡散	31				

毒性液体タンク

京浜臨海地区における毒性液体タンクの災害のリスクマトリックスを0の表4.4.13に示す。各段階の想定災害をまとめると、表4.4.6のようになる。

第1段階では全ての災害が想定され、中量流出以上では、影響度がIレベルとなるタンクがある。小量流出の場合は流出する時間は短いものの、中量流出以上の場合は流出する時間が長くなり影響が継続することが想定される。

第2段階では、全量流出（長時間）及び全量流出による災害が想定される。いずれの災害についても、影響度はIレベルとなるタンクがあり、影響が長く続くことが想定される。

表 4.4.6 京浜臨海地区における毒性液体タンクの想定災害（平常時）

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (A～Bレベル)	DE1：小量流出・拡散		1		4	1
	DE2：中量流出・拡散	2	9	1	7	
	DE3：大量流出・拡散	3	1	4	1	
	DE4：全量流出（長時間）・拡散	7	4		2	
	DE5：全量流出・拡散	13				
第2段階 (Cレベル)	DE4：全量流出（長時間）・拡散	1		4	1	
	DE5：全量流出・拡散	6				

プラント（製造施設等）

京浜臨海地区における製造施設等の災害のリスクマトリックスを0の表4.4.14に示す。各段階の想定災害をまとめると、表4.4.7のようになる。

第1段階では、可燃性液体の流出火災、可燃性ガスの爆発ならびにフラッシュ火災及び

毒性ガス拡散が想定される。影響度は、可燃性液体の流出火災でIVレベル以下となるものの、可燃性ガスの爆発ならびにフラッシュ火災では、Iレベルとなる施設がある。毒性ガスの拡散についても、全ての災害事象でIレベルとなる施設があり、小量流出の場合は流出する時間は短いものの、ユニット内全量流出及び大量流出の場合は流出する時間が長くなり影響が継続することが想定される。

第2段階では、可燃性ガスの大量流出によるフラッシュ火災が想定され、影響度がIレベルとなる施設がある。

表 4.4.7 京浜臨海地区における製造施設等の想定災害（平常時）

<流出火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (AA~Bレベル)	DE1：小量流出・火災				1	162
	DE4：ユニット内全量流出・火災				46	117
	DE7：大量流出・火災				46	117

<爆発火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (AA~Bレベル)	DE1：小量流出・爆発		7	32	44	12
	DE4：ユニット内全量流出・爆発	51	22	4	18	
	DE7：大量流出・爆発	51	22	4	18	

<フラッシュ火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (AA~Bレベル)	DE3：小量流出・フラッシュ火災			15	39	41
	DE6：ユニット内全量流出・フラッシュ火災	6	16	28	34	11
第2段階 (Cレベル)	DE9：大量流出・フラッシュ火災	6	16	28	34	11

<毒性ガス拡散>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (AA~Bレベル)	DE2：小量流出・ガス拡散	20	9	3	3	4
	DE5：ユニット内全量流出・ガス拡散	20	9	3	3	4
	DE8：大量流出・ガス拡散	20	9	3	3	4

プラント（発電施設）

京浜臨海地区における発電施設の災害のリスクマトリックスを 0 の表 4.4.15 に示す。各段階の想定災害をまとめると、表 4.4.8 のようになる。

第 1 段階は、小量流出、中量流出による火災、爆発及びフラッシュ火災が想定されるが、影響度はいずれもⅢレベル以下となる。第 1 段階、第 2 段階以外に影響度がⅠとなる災害は、炉内爆発が想定される。

表 4.4.8 京浜臨海地区における発電施設の想定災害（平常時）

<流出火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第 1 段階 (AA～B レベル)	DE1：小量流出・火災					9
	DE3：中量流出・火災				1	8

<爆発火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第 1 段階 (AA～B レベル)	DE1：小量流出・爆発				4	
	DE3：中量流出・爆発				4	

<フラッシュ火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第 1 段階 (AA～B レベル)	DE2：小量流出・フラッシュ火災					4
	DE4：中量流出・フラッシュ火災			4		

<炉内爆発>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
低頻度大規模災害 (D～E レベル)	DE7：炉内爆発	10				

海上入出荷施設

海上入出荷施設については影響度を具体的に推定できないため、各想定レベルの施設数をまとめて表 4.4.9 に示す。なお、低頻度大規模災害は考慮していない。

第 1 段階では小量流出に伴う石油の流出火災、LPG や LNG の爆発やフラッシュ火災及び毒性危険物等の毒性ガス拡散が想定され、第 2 段階では大量流出火災、大量流出毒性ガス拡散が該当する。

災害の影響度については、仮に石油類の流出火災、可燃性ガスの爆発やフラッシュ火災及び毒劇物のガス拡散が生じた場合でも流出は直ちに停止され、沿岸部の栈橋における災害の影響がコンビナート外に及ぶ可能性は低いものと考えられる。

表 4.4.9 京浜臨海地区における海上入出荷施設の想定災害（平常時）

想定レベル	想定災害	該当施設数
第 1 段階 (AA～B レベル)	DE1：小量流出・火災	92
	DE3：小量流出・爆発	28
	DE4：小量流出・フラッシュ火災	28
	DE7：小量流出・毒性ガス拡散	11
第 2 段階 (C レベル)	DE2：大量流出・火災	92
	DE8：大量流出・毒性ガス拡散	11

パイプライン

京浜臨海地区におけるパイプラインの災害のリスクマトリックスを表 4.4.16 に示す。各段階の想定災害をまとめると、表 4.4.10 のようになる。

第 1 段階では、小量流出による流出火災、爆発及びフラッシュ火災、中量流出による流出火災が想定される。影響度は、小量流出火災及び中量流出火災でⅣレベル以下となるものの、爆発及びフラッシュ火災では、Ⅱレベルとなる施設がある。第 2 段階では、中量流出による流出火災が想定されるものの、影響度はⅣレベル以下となる。

表 4.4.10 京浜臨海地区におけるパイプラインの想定災害（平常時）

<流出火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第 1 段階 (A～B レベル)	DE1：小量流出・火災				2	29
	DE2：中量流出・火災				10	6
第 2 段階 (C レベル)	DE2：中量流出・火災				4	27

<爆発火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第 1 段階 (A～B レベル)	DE4：小量流出・爆発		2	10	7	
低頻度大規模災害 (D～E レベル)	DE6：中量流出・爆発	1				
	DE8：大量流出・爆発	2				

<フラッシュ火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第 1 段階 (A～B レベル)	DE5：小量流出・フラッシュ火災		1	6	7	5
低頻度大規模災害 (D～E レベル)	DE7：中量流出・フラッシュ火災	1				
	DE9：大量流出・フラッシュ火災	1				

リスクマトリックス一覧

表 4.4.11 京浜臨海地区における危険物タンクのリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 小量流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV			96	67	4	167
V			110	170	86	366
計			206	237	90	533

DE2: 中量流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III		28	37	1		66
IV		172	291	178	43	684
V		6	27	102	27	162
計		206	355	281	70	912

DE3: 仕切堤内流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		8	12	4		24
II		31	59	18		108
III		51	41	7		99
IV		22	24			46
V			2	4		6
計		112	138	33		283

DE4: 防油堤内流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	18	80	48	24		170
II	54	148	119	66		387
III	29	105	117	23		274
IV	4	20	43	14		81
V						
計	105	353	327	127		912

DE5: 防油堤外流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	912					912
II						
III						
IV						
V						
計	912					912

(b) タンク火災

DE6: タンク小火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV		69	90	24		183
V		255	338	136		729
計		324	428	160		912

DE7: リング火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III	3	31	11			45
IV	34	71	27			132
V	1	12	7			20
計	38	114	45			197

DE8: タンク全面火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II	13	11				24
III	108	35	3			146
IV	305	182	97			584
V	12	131	15			158
計	438	359	115			912

DE9: タンク全面・防油堤火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	162	8				170
II	322	65				387
III	250	24				274
IV	63	18				81
V						
計	797	115				912

(c) 毒性ガス拡散

DE10: 少量流出拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV					8	8
V					2	2
欄外						

DE11: 中量流出拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II				1		1
III				4	2	6
IV					3	3
V					2	2
計				5	7	12

DE12: 仕切堤内流出拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				3		3
II						
III						
IV						
V						
計				3		3

DE13: 防油堤内流出拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			3	2	4	9
II					1	1
III					2	2
IV						
V						
計			3	2	7	12

DE14: 防油堤外流出拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	12					12
II						
III						
IV						
V						
計	12					12

表 4.4.12 京浜臨海地区における高圧ガスタンクのリスクマトリックス（平常時）

(a) 爆発火災

DE1: 小量流出爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II				12		12
III				99		99
IV			20	74		94
V				8		8
計			20	193		213

DE3: 中量流出爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			8			8
II			75	1		76
III			114	1		115
IV			16			16
V						
計			213	2		215

DE5: 大量流出爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			26			26
II			100			100
III			84			84
IV			3			3
V						
欄外						

DE7: 全量流出(長時間)・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		23	3			26
II		66	35			101
III		49	36			85
IV		3				3
V						
欄外						

DE9: 全量流出(防液堤内)・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		92				92
II						
III						
IV						
V						
欄外						

DE11: 全量流出(防液堤外)・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	92	121	2			215
II						
III						
IV						
V						
欄外						

(b) フラッシュ火災

DE2: 小量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III				44		44
IV			18	90		108
V			2	59		61
計			20	193		213

DE4: 中量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			6			6
II			69			69
III			64	1		65
IV			74	1		75
V						
計			213	2		215

DE6: 大量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			6			6
II			69			69
III			64			64
IV			74			74
V						
計			213			213

DE8: 全量流出(長時間)・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		6				6
II		63	6			69
III		35	30			65
IV		37	38			75
V						
計		141	74			215

DE10: 全量流出(防液堤内)・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	92	92				92
II						
III						
IV						
V						
計		92				92

DE12: 全量流出(防液堤外)・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	92	121	2			215
II						
III						
IV						
V						
計	92	121	2			215

(d) 毒性ガス拡散

DE13: 少量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				26		26
II				5		5
III						
IV						
V						
計				31		31

DE14: 中量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				29		29
II				5		5
III						
IV						
V						
計				34		34

DE15: 大量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				26		26
II				5		5
III						
IV						
V						
計				31		31

DE16: 全量流出(長時間)・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			26	3		29
II			5			5
III						
IV						
V						
計			31	3		34

DE17: 全量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			31	3		34
II						
III						
IV						
V						
計			31	3		34

表 4.4.13 京浜臨海地区における毒性液体タンクのリスクマトリックス（平常時）

(a)毒性ガス拡散

DE1:小量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II				1		1
III						
IV				4		4
V				1		1
計				6		6

DE2:中量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				2		2
II				9		9
III					1	1
IV				5	2	7
V						
計				16	3	19

DE3:大量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				3		3
II				1		1
III				4		4
IV				1		1
V						
計				9		9

DE4:全量流出(長時間)・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			1	7		8
II				4		4
III			4			4
IV			1	2		3
V						
計			6	13		19

DE5:全量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			6	13		19
II						
III						
IV						
V						
計			6	13		19

表 4.4.14 京浜臨海地区における製造施設等のリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 小量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV						1	1
V						162	162
計						163	163

DE4: ユニット全量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV						46	46
V						117	117
計						163	163

DE7: 大量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV					46		46
V					117		117
計					163		163

(b) 爆発火災

DE1: 小量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II						7	7
III						32	32
IV						44	44
V						12	12
計						95	95

DE4: ユニット全量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I						51	51
II						22	22
III						4	4
IV						18	18
V							
計						95	95

DE7: 大量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I					51		51
II					22		22
III					4		4
IV					18		18
V							
計					95		95

(c) フラッシュ火災

DE3: 小量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III						15	15
IV						39	39
V						41	41
計						95	95

DE6: ユニット全量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I					6		6
II					16		16
III					28		28
IV					34		34
V					11		11
計					95		95

DE9: 大量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I			6				6
II			16				16
III			28				28
IV			34				34
V			11				11
計			95				95

(d) 毒性ガス拡散

DE2: 小量流出・ガス拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I						20	20
II						9	9
III						3	3
IV						3	3
V						4	4
計						39	39

DE5: ユニット全量流出・ガス拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I						20	20
II						9	9
III						3	3
IV						3	3
V						4	4
計						39	39

DE8: 大量流出・ガス拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I				20			20
II				9			9
III				3			3
IV				3			3
V				4			4
計				39			39

表 4.4.15 京浜臨海地区における発電施設のリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 小量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV							
V						9	9
計						9	9

DE3: 中量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV					1		1
V					8		8
計					9		9

DE5: 大量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV	1						1
V	8						8
計	9						9

(b) 爆発火災

DE1: 小量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV						4	4
V							
計						4	4

DE3: 中量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV					4		4
V							
計					4		4

DE5: 大量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV	4						4
V							
計	4						4

(c) フラッシュ火災

DE2: 小量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV							
V						4	4
計						4	4

DE4: 中量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III				4			4
IV							
V							
計				4			4

DE6:大量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAn	計
I							
II							
III	4						4
IV							
V							
計	4						4

(d) 炉内爆発

DE7:炉内爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAn	計
I	9						9
II							
III							
IV							
V							
計	9						9

表 4.4.16 京浜臨海地区におけるパイプラインのリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 小量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV					2	2
V					29	29
計					31	31

DE2: 中量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV			4		10	14
V			27		6	33
計			31		16	47

DE3: 大量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV	14					14
V	33					33
計	47					47

(b) 爆発火災

DE4: 小量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II				2		2
III				10		10
IV				7		7
V						
計				19		19

DE6: 中量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		1				1
II		7				7
III		10				10
IV		1				1
V						
計		19				19

DE8: 大量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	2					2
II	10					10
III	7					7
IV						
V						
計	19					19

(c) フラッシュ火災

DE5: 小量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II				1		1
III				6		6
IV				7		7
V				5		5
計				19		19

DE7: 中量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		1				1
II		7				7
III		7				7
IV		4				4
V						
計		19				19

DE9: 大量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	1					1
II	7					7
III	7					7
IV	4					4
V						
計	19					19

4.4.2. 根岸臨海地区

危険物タンク

根岸臨海地区における危険物タンクの災害のリスクマトリックスを 0 の表 4.4.24 に示す。各段階の想定災害をまとめると、表 4.4.17 のようになる。

流出火災について、第 1 段階では、小量流出火災、中量流出火災、仕切堤内流出火災及び防油堤内流出火災が想定される。小量流出火災、中量流出火災については、影響度はⅢレベル以下となる。仕切堤内流出火災では、影響度がⅡレベルとなるタンクがある。これらのタンクはいずれも旧法・旧基準であり、仕切堤の面積が広いことから、周囲への影響に注意を要する。防油堤内流出火災でも、影響度がⅡレベルとなるタンクがある。このタンクは旧法・旧基準であり、防油堤の面積が広いこと、影響が大きくなる可能性がある。

流出火災について、第 2 段階では、第 1 段階より影響が大きくなる災害が想定される。仕切堤内流出火災では、影響度がⅠレベルとなるタンクはいずれも旧法・新基準であり、規模が大きくなることが想定される。防油堤内流出火災では、影響度がⅠレベルとなるタンクは、旧法・旧基準または準特定・新基準のタンクであり、防油堤の面積が比較的に広いこと、影響が大きくなる可能性がある。

流出火災について、第 1 段階、第 2 段階以外に影響度がⅠとなる災害として、防油堤内流出火災及び防油堤外流出火災が挙げられる。これらの災害は、複数のタンクを含む防油堤で発生することが想定される。

タンク火災について、第 1 段階では、タンク小火災が想定されるが、影響度はⅤレベル（20m 未満）と小さい。これらのタンクは、旧法・旧基準または準特定のタンクである。第 2 段階では、タンク小火災、リング火災、タンク全面火災が想定されるが、ともに影響度はⅢレベル以下となる。

タンク火災について、第 1 段階、第 2 段階以外に影響度がⅠとなる災害として、タンク全面・防油堤火災が挙げられる。この災害は、複数のタンクを含む防油堤で発生することが想定される。

表 4.4.17 根岸臨海地区における危険物タンクの想定災害（平常時）

<流出火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (A～Bレベル)	DE1：小量流出・火災			9	51	29
	DE2：中量流出・火災			2	11	2
	DE3：仕切堤内流出・火災		4	2		
	DE4：防油堤内流出・火災		1	3	1	
第2段階 (Cレベル)	DE1：小量流出・火災				72	48
	DE2：中量流出・火災			45	34	1
	DE3：仕切堤内流出・火災	10	47	5	2	
	DE4：防油堤内流出・火災	7	4	3	11	
低頻度大規模災害 (D～Eレベル)	DE4：防油堤内流出・火災	83				
	DE5：防油堤外流出・火災	215				

<タンク火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (A～Bレベル)	DE6：タンク小火災					11
第2段階 (Cレベル)	DE6：タンク小火災			10	30	43
	DE7：リング火災				5	
	DE8：タンク全面火災				5	1
低頻度大規模災害 (D～Eレベル)	DE9：タンク全面・防油堤火災	90				

小容量タンク

小容量タンクについては影響度を具体的に推定できないため、各想定レベルの施設数をまとめて表 4.4.18 に示す。京浜臨海地区同様、低頻度大規模災害は考慮していない。

第1段階では中量流出火災、防油堤内流出火災及びタンク小火災が想定され、この内、中量流出火災は全てのタンク、防油堤内流出火災とタンク小火災は1石・アルコール類を貯蔵したタンクがそれぞれ該当する。

第2段階では防油堤内流出火災、タンク小火災及びタンク全面火災が想定される。

影響については、京浜臨海地区と同様に、防油堤内で火災が拡大した場合には注意する必要がある。

表 4.4.18 根岸臨海地区における小容量タンクの想定災害（平常時）

<流出火災>

想定レベル	想定災害	該当施設数
第1段階 (A～Bレベル)	DE2：中量流出・火災	89
	DE4：防油堤内流出・火災	8
第2段階 (Cレベル)	DE4：防油堤内流出・火災	81

<タンク火災>

想定レベル	想定災害	該当施設数
第1段階 (A～Bレベル)	DE6：タンク小火災	8
第2段階 (Cレベル)	DE6：タンク小火災	81
	DE8：タンク全面火災	8

高圧ガスタンク

根岸臨海地区における高圧ガスタンクの災害のリスクマトリックスを0の表4.4.25に示す。各段階の想定災害をまとめると、表4.4.19のようになる。

可燃性ガスの爆発及びフラッシュ火災について、第1段階では、小量流出による災害が想定される。小量流出による爆発火災については、影響度はIIレベルとなるタンクがある。第2段階では、中量流出、大量流出及び全量流出（長時間）による災害が想定される。いずれの災害についても、影響度はIレベルとなるタンクがある。第1段階、第2段階以外に影響度がIとなる災害として、全量流出（長時間）及び全量流出（防液堤内）による爆発が挙げられる。

毒性ガスの拡散について、第1段階では、小量流出、中量流出及び大量流出による拡散が想定される。いずれの災害についても、影響度はIレベルとなる。小量流出の場合は流出する時間は短いものの、中量流出及び大量流出の場合は流出する時間が長くなり影響が継続することが想定される。第2段階では、全量流出（長時間）及び全量流出による災害が想定される。いずれの災害についても、影響度はIレベルとなり、影響が長く続くことが想定される。

表 4.4.19 根岸臨海地区における高圧ガスタンクの想定災害（平常時）

<爆発火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (A～Bレベル)	DE1：小量流出・爆発		1	22		
第2段階 (Cレベル)	DE3：中量流出・爆発	3	18	2		
	DE5：大量流出・爆発	11	12			
	DE7：全量流出（長時間）・爆発	6	2			
低頻度大規模災害 (D～Eレベル)	DE7：全量流出（長時間）・爆発	5				
	DE9：全量流出（防液堤内）・爆発	20				

<フラッシュ火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (A～Bレベル)	DE2：小量流出・フラッシュ火災			3	20	
第2段階 (Cレベル)	DE4：中量流出・フラッシュ火災	3	18	2		
	DE6：大量流出・フラッシュ火災	3	18	2		
	DE8：全量流出（長時間）・フラッシュ火災	3	5			

<毒性ガス拡散>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (A～Bレベル)	DE13：小量流出・拡散	6				
	DE14：中量流出・拡散	6				
	DE15：大量流出・拡散	6				
第2段階 (Cレベル)	DE16：全量流出（長時間）・拡散	6				
	DE17：全量流出・拡散	6				

プラント（製造施設等）

根岸臨海地区における製造施設等の災害のリスクマトリックスを 0 の表 4.4.26 に示す。各段階の想定災害をまとめると、表 4.4.20 のようになる。

第 1 段階では、可燃性液体の流出火災、可燃性ガスの爆発ならびにフラッシュ火災及び毒性ガス拡散が想定される。影響度は、可燃性液体の流出火災でⅢレベル以下となるものの、可燃性ガスの爆発ならびにフラッシュ火災では、Ⅰレベルとなる施設がある。毒性ガスの少量流出拡散でも、Ⅰレベルとなる施設があり、少量流出の場合は流出する時間は短いものの、ユニット全量流出及び大量流出の場合は流出する時間が長くなり影響が継続することが想定される。

第 2 段階では、可燃性ガスの大量流出によるフラッシュ火災が想定され、影響度がⅠレベルとなる施設がある。

表 4.4.20 根岸臨海地区における製造施設等の想定災害（平常時）

<流出火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第 1 段階 (AA~B レベル)	DE1：少量流出・火災				2	22
	DE4：ユニット内全量流出・火災			1	14	9
	DE7：大量流出・火災			1	14	9

<爆発火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第 1 段階 (AA~B レベル)	DE1：少量流出・爆発		7	8	16	
	DE4：ユニット内全量流出・爆発	14	3		14	
	DE7：大量流出・爆発	14	3		14	

<フラッシュ火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第 1 段階 (AA~B レベル)	DE3：少量流出・フラッシュ火災	1	1	10	16	3
	DE6：ユニット内全量流出・フラッシュ火災	6	16	8	1	
第 2 段階 (C レベル)	DE9：大量流出・フラッシュ火災	6	16	8	1	

<毒性ガス拡散>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (AA~Bレベル)	DE2：小量流出・ガス拡散	1				
	DE5：ユニット内全量流出・ガス拡散	1				
	DE8：大量流出・ガス拡散	1				

プラント（発電施設）

根岸臨海地区における発電施設の災害のリスクマトリックスを 0 の表 4.4.27 に示す。
各段階の想定災害をまとめると、表 4.4.21 のようになる。

第1段階は、小量流出、中量流出による火災が想定されるが、影響度はいずれもVレベルとなる。第1段階、第2段階以外に影響度がIとなる災害は、炉内爆発が想定される。

表 4.4.21 根岸臨海地区における発電施設の想定災害（平常時）

<流出火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (AA~Bレベル)	DE1：小量流出・火災					4
	DE3：中量流出・火災					4

<炉内爆発>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
低頻度大規模災害 (D~Eレベル)	DE7：炉内爆発	4				

海上入出荷施設

海上入出荷施設については影響度を具体的に推定できないため、各想定レベルの施設数をまとめて表 4.4.22 に示す。京浜臨海地区同様、低頻度大規模災害は考慮していない。

想定される災害及びその影響については京浜臨海地区と同様である。

表 4.4.22 根岸臨海地区における海上入出荷施設の想定災害（平常時）

想定レベル	想定災害	該当施設数
第1段階 (AA～B レベル)	DE1：小量流出・火災	18
	DE3：小量流出・爆発	4
	DE4：小量流出・フラッシュ火災	4
	DE7：小量流出・毒性ガス拡散	4
第2段階 (C レベル)	DE2：大量流出・火災	18
	DE8：大量流出・毒性ガス拡散	4

パイプライン

根岸臨海地区におけるパイプラインの災害のリスクマトリックスを表 4.4.28 に示す。各段階の想定災害をまとめると、表 4.4.23 のようになる。

第1段階として、可燃性液体の中量流出火災が想定されるが、影響度はIVレベルとなる。

表 4.4.23 根岸臨海地区におけるパイプラインの想定災害（平常時）

<流出火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第1段階 (A～B レベル)	DE2：中量流出・火災				1	

リスクマトリックス一覧

表 4.4.24 根岸臨海地区における危険物タンクのリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 少量流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III				9		9
IV			72	46	5	123
V			48	24	5	77
計			120	79	10	209

DE2: 中量流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III		57	45	2		104
IV		63	34	11		108
V			1	1	1	3
計		120	80	14	1	215

DE3: 仕切堤内流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			10			10
II		65	47	4		116
III		35	5	2		42
IV		1	2			3
V						
計		101	64	6		171

DE4: 防油堤内流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	15	68	7			90
II	77	13	4	1		95
III	9	3	3	3		18
IV			11	1		12
V						
計	101	84	25	5		215

DE5: 防油堤外流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	215					215
II						
III						
IV						
V						
計	215					215

(b) タンク火災

DE6: タンク小火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III			10			10
IV		67	30			97
V		54	43	11		108
計		121	83	11		215

DE7: リング火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III		24				24
IV	3	24	5			32
V						
計	3	48	5			56

DE8: タンク全面火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II	22					22
III	72	5				77
IV	68	12	5			85
V	7	23	1			31
計	169	40	6			215

DE9: タンク全面・防油堤火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	90					90
II	94	1				95
III	14	4				18
IV	11	1				12
V						
計	209	6				215

表 4.4.25 根岸臨海地区における高圧ガスタンクのリスクマトリックス（平常時）

(a) 爆発火災

DE1: 小量流出爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II				1		1
III				22		22
IV						
V						
計				23		23

DE3: 中量流出爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			3			3
II			18			18
III			2			2
IV						
V						
計			23			23

DE5: 大量流出爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			11			11
II			12			12
III						
IV						
V						
欄外						

DE7: 全量流出(長時間)・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		5	6			11
II		10	2			12
III						
IV						
V						
欄外						

DE9: 全量流出(防液堤内)・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		20				20
II						
III						
IV						
V						
欄外						

DE11: 全量流出(防液堤外)・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	20	3				23
II						
III						
IV						
V						
欄外						

(b) フラッシュ火災

DE2: 小量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III				3		3
IV				20		20
V						
計				23		23

DE4: 中量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			3			3
II			18			18
III			2			2
IV						
V						
計			23			23

DE6: 大量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			3			3
II			18			18
III			2			2
IV						
V						
計			23			23

DE8: 全量流出(長時間)・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			3			3
II		13	5			18
III		2				2
IV						
V						
計		15	8			23

DE10: 全量流出(防液堤内)・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	20	20				20
II						
III						
IV						
V						
計		20				20

DE12: 全量流出(防液堤外)・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	20	3				23
II						
III						
IV						
V						
計	20	3				23

(d) 毒性ガス拡散

DE13: 少量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				6		6
II						
III						
IV						
V						
計				6		6

DE14: 中量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				6		6
II						
III						
IV						
V						
計				6		6

DE15: 大量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				6		6
II						
III						
IV						
V						
計				6		6

DE16: 全量流出(長時間)・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			6			6
II						
III						
IV						
V						
計			6			6

DE17: 全量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			6			6
II						
III						
IV						
V						
計			6			6

表 4.4.26 根岸臨海地区における製造施設等のリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 小量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV						2	2
V						22	22
計						24	24

DE4: ユニット全量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III						1	1
IV						14	14
V						9	9
計						24	24

DE7: 大量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III					1		1
IV					14		14
V					9		9
計					24		24

(b) 爆発火災

DE1: 小量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II						7	7
III						8	8
IV						16	16
V							
計						31	31

DE4: ユニット全量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I						14	14
II						3	3
III							
IV						14	14
V							
計						31	31

DE7: 大量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I					14		14
II					3		3
III							
IV					14		14
V							
計					31		31

(c) フラッシュ火災

DE3: 小量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I						1	1
II						1	1
III						10	10
IV						16	16
V						3	3
計						31	31

DE6: ユニット全量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I					6		6
II					16		16
III					8		8
IV					1		1
V							
計					31		31

DE9:大量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAn	計
I			6				6
II			16				16
III			8				8
IV			1				1
V							
計			31				31

(d) 毒性ガス拡散

DE2:小量流出・ガス拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAn	計
I						1	1
II							
III							
IV							
V							
計						1	1

DE5:ユニット全量流出・ガス拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAn	計
I						1	1
II							
III							
IV							
V							
計						1	1

DE8:大量流出・ガス拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAn	計
I				1			1
II							
III							
IV							
V							
計				1			1

表 4.4.27 根岸臨海地区における発電施設のリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 小量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV							
V						4	4
計						4	4

DE3: 中量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV							
V						4	4
計						4	4

DE5: 大量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV							
V	4						4
計	4						4

(b) 炉内爆発

DE7: 炉内爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I	4						4
II							
III							
IV							
V							
計	4						4

表 4.4.28 根岸臨海地区におけるパイプラインのリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE2: 中量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV					1	1
V						
計					1	1

DE3: 大量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV	1					1
V						
計	1					1

4.4.3. 久里浜地区

危険物タンク

久里浜地区における危険物タンクの災害のリスクマトリックスを 0 の表 4.4.34 に示す。各段階の想定災害をまとめると、表 4.4.29 のようになる。

流出火災について、第 1 段階では、小量流出火災が想定され、影響度はVレベル以下となる。第 2 段階では、小量流出火災、中量流出火災及び防油堤内流出火災が想定される。防油堤内流出火災では、影響度が I レベルとなるタンクがある。このタンクは旧法・新基準であるものの、影響が大きくなる可能性がある。第 1 段階、第 2 段階以外に影響度が I となる災害として、防油堤内流出火災及び防油堤外流出火災が挙げられる。これらの災害は、複数のタンクを含む防油堤で発生することが想定される。

タンク火災について、第 1 段階で想定される災害はない。第 2 段階では、タンク小火災が想定されるが、影響度はIVレベルと小さい。このタンクは、旧法・新基準のタンクである。第 1 段階、第 2 段階以外に影響度が I となる災害として、タンク全面・防油堤火災が挙げられる。この災害は、複数のタンクを含む防油堤で発生することが想定される。

表 4.4.29 久里浜地区における危険物タンクの想定災害（平常時）

<流出火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第 1 段階 (A～B レベル)	DE1：小量流出・火災					1
第 2 段階 (C レベル)	DE1：小量流出・火災				2	10
	DE2：中量流出・火災			1		
	DE4：防油堤内流出・火災	1				
低頻度大規模災害 (D～E レベル)	DE4：防油堤内流出・火災	12				
	DE5：防油堤外流出・火災	13				

<タンク火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第 2 段階 (C レベル)	DE6：タンク小火災				1	
低頻度大規模災害 (D～E レベル)	DE9：タンク全面・防油堤火災	13				

小容量タンク

小容量タンクについては影響度を具体的に推定できないため、各想定レベルの施設数をまとめて表 4.4.30 に示す。京浜臨海地区同様、低頻度大規模災害は考慮していない。

久里浜地区における小容量タンクは全て 1 石・アルコール類以外を貯蔵した固定屋根式タンクであり、第 1 段階では中量流出火災及び防油堤内流出火災が想定され、第 2 段階ではタンク小火災が想定される。

影響については、京浜臨海地区と同様に、防油堤内で火災が拡大した場合には注意する必要がある。

表 4.4.30 久里浜地区における小容量タンクの想定災害（平常時）
<流出火災>

想定レベル	想定災害	該当施設数
第 1 段階 (A～B レベル)	DE2：中量流出・火災	14
第 2 段階 (C レベル)	DE4：防油堤内流出・火災	14

<タンク火災>

想定レベル	想定災害	該当施設数
第 2 段階 (C レベル)	DE6：タンク小火災	14

高圧ガスタンク

久里浜地区における高圧ガスタンクの災害のリスクマトリックスを 0 の

表 4.4.35 に示す。各段階の想定災害をまとめると、表 4.4.31 のようになる。

毒性ガスの拡散について、第 1 段階では、小量流出、中量流出及び大量流出による拡散が想定される。いずれの災害についても、影響度は I レベルとなる。小量流出の場合は流出する時間は短いものの、中量流出及び大量流出の場合は流出する時間が長くなり影響が継続することが想定される。第 2 段階では、全量流出（長時間）及び全量流出による災害が想定される。いずれの災害についても、影響度は I レベルとなり、影響が長く続くことが想定される。

表 4.4.31 久里浜地区における高圧ガスタンクの想定災害（平常時）

<毒性ガス拡散>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第 1 段階 (A~B レベル)	DE13：小量流出・拡散	3				
	DE14：中量流出・拡散	3				
	DE15：大量流出・拡散	3				
第 2 段階 (C レベル)	DE16：全量流出（長時間）・拡散	3				
	DE17：全量流出・拡散	3				

プラント（発電施設）

久里浜地区における発電施設の災害のリスクマトリックスを 0 の表 4.4.36 に示す。各段階の想定災害をまとめると、表 4.4.32 のようになる。

第 1 段階は、小量流出、中量流出による火災が想定されるが、影響度はいずれも IV レベル以下となる。第 1 段階、第 2 段階以外に影響度が I となる災害は、炉内爆発が想定される。

表 4.4.32 久里浜地区における発電施設の想定災害（平常時）

<流出火災>

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
第 1 段階 (AA~B レベル)	DE1：小量流出・火災				6	10
	DE3：中量流出・火災				10	6

< 炉内爆発 >

想定レベル	想定災害	影響度と該当施設数				
		I	II	III	IV	V
低頻度大規模災害 (D～E レベル)	DE7 : 炉内爆発	16				

海上入出荷施設

海上入出荷施設については影響度を具体的に推定できないため、各想定レベルの施設数をまとめて表 4.4.33 に示す。京浜臨海地区同様、低頻度大規模災害は考慮していない。第 1 段階では小量流出火災、第 2 段階では大量流出火災がそれぞれ該当する。影響については京浜臨海地区と同様である。

表 4.4.33 久里浜地区における海上入出荷施設の想定災害（平常時）

想定レベル	想定災害	該当施設数
第 1 段階 (AA～B レベル)	DE1：小量流出・火災	5
第 2 段階 (C レベル)	DE2：大量流出・火災	5

リスクマトリックス一覧

表 4.4.34 久里浜地区における危険物タンクのリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 少量流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV			2			2
V			10	1		11
計			12	1		13

DE2: 中量流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III		10	1			11
IV		2				2
V						
計		12	1			13

DE4: 防油堤内流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		12	1			13
II						
III						
IV						
V						
計		12	1			13

DE5: 防油堤外流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	13					13
II						
III						
IV						
V						
計	13					13

(b) タンク火災

DE6: タンク小火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV		7	1			8
V		5				5
計		12	1			13

DE7: リング火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III		1				1
IV	3					3
V						
計	3	1				4

DE8: タンク全面火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II	1					1
III	8					8
IV	4					4
V						
計	13					13

DE9: タンク全面・防油堤火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	13					13
II						
III						
IV						
V						
計	13					13

表 4.4.35 久里浜地区における高圧ガスタンクのリスクマトリックス（平常時）

(a) 毒性ガス拡散

DE13: 少量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				3		3
II						
III						
IV						
V						
計				3		3

DE14: 中量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				3		3
II						
III						
IV						
V						
計				3		3

DE15: 大量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				3		3
II						
III						
IV						
V						
計				3		3

DE16: 全量流出(長時間)・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			3			3
II						
III						
IV						
V						
計			3			3

DE17: 全量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			3			3
II						
III						
IV						
V						
計			3			3

表 4.4.36 久里浜地区における発電施設のリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 小量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV						6	6
V						10	10
計						16	16

DE3: 中量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV					10		10
V					6		6
計					16		16

DE5: 大量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV	10						10
V	6						6
計	16						16

(b) 炉内爆発

DE7: 炉内爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I	16						16
II							
III							
IV							
V							
計	16						16

5. 地震（強震動）による被害を対象とした評価

5.1. 前提となる地震の想定

神奈川県では、平成 19 年度から平成 20 年度にかけて地震被害想定調査を実施しているが、その後の東日本大震災の発生を受け、最大クラスの地震・津波への対策を講じるために、平成 25 年度から地震被害想定調査の見直しを行っている。

想定地震についても、国等から示された新たな知見を踏まえ、再検討を行っている。

地震（強震動）による被害を対象とした評価については、現在行っている地震被害想定調査の検討結果に基づいて行うが、本章では、地震（強震動）による被害を対象とした評価に係る考え方等について整理を行った。

5.2. 災害の拡大シナリオの展開

第 4 章 4.1 で示した平常時の災害拡大シナリオを適用した。ただし、地震時の危険物タンクの屋根での火災については殆どがスロッシングに起因すると考えられることから、ここでは除外し、第 6 章で評価することとした。

※地震時の危険物タンクの屋根での火災は、1964 年の新潟地震、2003 年の十勝沖地震などで生じており、これらは共に長周期地震動によって励起されたスロッシングによるものであると考えられている²⁶。なお、2011 年の東日本大震災では地震動による危険物タンクの火災被害は報告されていない（資料 1 表 1.3 参照）²⁷。

5.3. 災害の発生危険度（確率）の推定

具体的な発生危険度（確率）の推定については、平成 25 年度から神奈川県で実施している地震被害想定調査の検討結果に基づいて予測を行うが、ここでは、確率の推定に係る考え方について整理した。

平常時と同様に、イベントツリー（ET）に初期事象の発生確率と事象の分岐確率を与え、中間あるいは末端に現れる各種災害事象の発生危険度を算出した。なお、平常時の災害発生危険度は 1 年・1 施設あたりの発生件数として [件/（年・施設）] という単位で表したが、地震時の災害発生危険度は想定地震が発生した時の 1 施設あたりの被害確率であり、両者を単純に比較することはできない。

地震による初期事象の発生確率は、想定される地震動の強さや液状化の程度、対象施設の構造や強度によって大きく異なり、これらの要因をできるだけ考慮して推定することが望ましいことから、地震動強さによる施設被害率（フラジリティ関数）を仮定し、これを

²⁶ 座間信作: 石油タンクのスロッシングと対策, 名城大学 高度制震実験・解析研究センター 第 2 回公演資料, 2008

²⁷ 東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討報告書, 平成 23 年 12 月, 消防庁危険物保安室・特殊災害室

もとに初期事象の発生確率を推定した。

事象の分岐に関しては、地震時に遮断設備、移送設備、消火設備などの防災設備が作動しなくなる原因として主に次のものが考えられる。

- 駆動源（主として電力）の停止
- 地震による設備の損傷
- 設備の偶発的な故障

このうち、「設備の偶発的な故障」は平常時にたまたま起こりうる故障と地震発生が重なった場合で、その確率は平常時の不作動確率と等しくなる。「駆動源の停止」と「地震による設備の損傷」は、地震動の強さや停電時における防災設備の作動性などを考慮して推定することになる。

このようにして得られた災害事象の発生確率は、次に示すとおりランク付けし、これをもとに評価を行った。ここで示す危険度は、想定地震が起こったときの災害の発生確率を表す。

表 5.3.1 地震時の災害発生危険度区分

区分	災害発生危険度
Ae	10^{-2} 程度 (5×10^{-3} 以上)
Be	10^{-3} 程度 (5×10^{-4} 以上 5×10^{-3} 未満)
Ce	10^{-4} 程度 (5×10^{-5} 以上 5×10^{-4} 未満)
De	10^{-5} 程度 (5×10^{-6} 以上 5×10^{-5} 未満)
Ee	10^{-6} 程度 (5×10^{-6} 未満)

注1) 添字のeは地震時を表す。

注2) Aeは地震が発生した時、100施設のうち1施設で被害が生じる程度の危険性を表す。

5.3.1. 危険物タンク

初期事象の発生確率

東日本大震災の地震動による、危険物タンクの被害状況を表 5.3.2、表 5.3.3 に示す。震度 6 強以上で被害施設がないのは、強い地震動と津波を同時に受け、津波による被害が卓越するか、どちらが原因かはっきりしないためであると思われる²⁸。

これらの被害状況では、漏洩あるいは漏洩につながる破損の件数は少なく、また震度との関連も不明瞭であるため、これらを参考に初期事象の発生確率を設定することは困難である。

表 5.3.2 東日本大震災における危険物タンクの被害状況（準特定・小容量タンク）²⁸

震度			5弱	5強	6弱	6強以上
施設数			2,425	1,437	524	90
被害施設	側板	漏洩	-	-	-	-
		破損	-	-	-	-
	底板	漏洩	-	-	-	-
		破損	-	-	-	-
	付属配管	漏洩	-	-	-	-
		破損	-	9 (6.3×10^{-3})	1 (1.9×10^{-3})	-

注1) 施設数は平成22年4月1日現在の値であり、「平成22年度石油コンビナート等実態調査(消防庁)」に基づく。ただし、震災時に第2種特定事業所として新たに指定されていた2事業所の施設を、平成23年度調査に基づき追加した。

注2) 付属配管は配管支持物を含む。

表 5.3.3 東日本大震災における危険物タンクの被害状況（特定タンク）²⁸

震度			5弱	5強	6弱	6強以上
施設数			775	779	228	129
被害施設	側板	漏洩	-	-	-	-
		破損	-	1 (1.3×10^{-3})	-	-
	底板	漏洩	-	1 (1.3×10^{-3})	-	-
		破損	-	-	-	-
	付属配管	漏洩	-	1 (1.3×10^{-3})	-	-
		破損	1 (1.3×10^{-3})	1 (1.3×10^{-3})	-	-

注1) 施設数は平成22年4月1日現在の値であり、「平成22年度石油コンビナート等実態調査(消防庁)」に基づく。ただし、震災時に第2種特定事業所として新たに指定されていた2事業所の施設を、平成23年度調査に基づき追加した。

注2) 付属配管は配管支持物を含む。

²⁸ 石油コンビナートの防災アセスメント指針，平成 25 年 3 月，消防庁特殊災害室

一方、図 5.3.1は、消防研究所が神戸市内236基の石油タンクを対象に行った座屈強度の解析結果²⁹をもとに作成したフラジリティ関数であり、x軸はタンクの座屈に作用する加速度、y軸は満液時を想定した場合の座屈の発生率である。

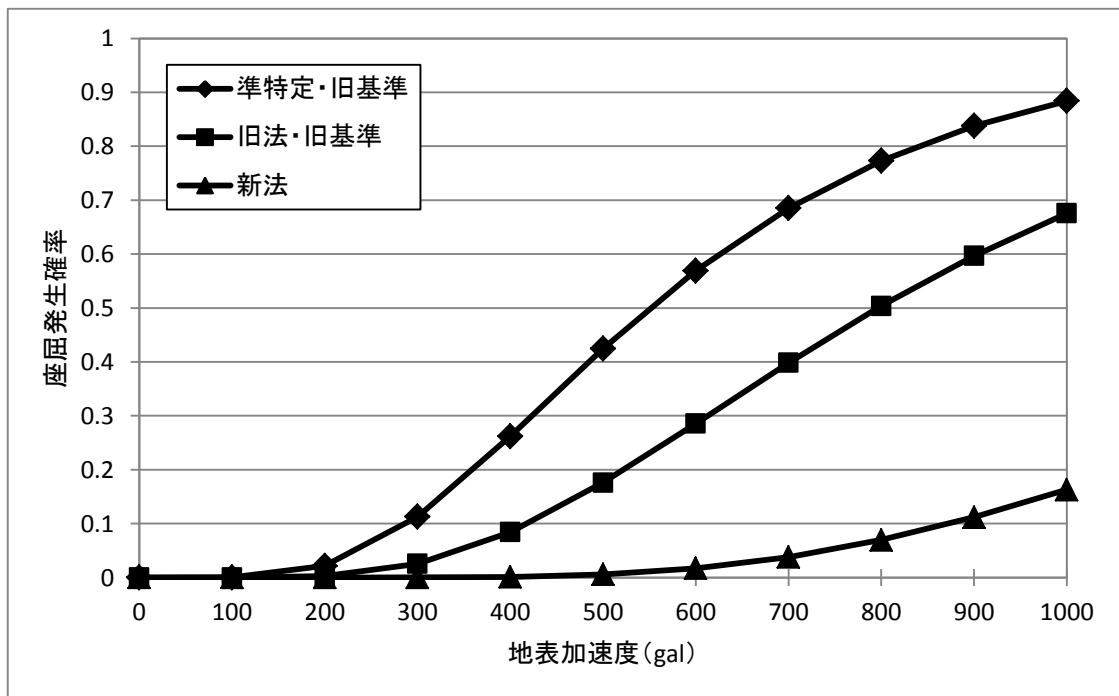


図 5.3.1 危険物タンクの座屈発生率と地表加速度との関係

※この座屈発生率は平均的な施設の座屈発生率を表すものであり、実際に座屈が生じるかどうかは各々の施設の状態によって異なる。

ここで得られる被害確率は漏洩ではなく座屈の発生であるため、次式のように座屈から漏洩に至る比率を掛け、タンク本体からの漏洩の発生確率とした。

【タンク本体からの漏洩発生率】

$$R = Cr \cdot fi(x)$$

Cr : 座屈から漏洩に至る比率

fi(x) : 図 5.3.1のフラジリティ関数

(i=1: 新法、i=2: 旧法・旧基準、i=3: 準特定・旧基準)

x : 加速度 [gal]

係数Crは、兵庫県南部地震の直後、消防庁が激震地区に近い事業所を対象に行った石油タンクの被害状況調査³⁰をもとに算出すると0.1程度となるが（側板に変形が認められた12基のタンクのうち亀裂1基、漏洩1基であった）、事例が少ないことから安全率を見込んで

²⁹ 阪神・淡路大震災における石油タンクの座屈強度に関する調査研究報告書，消防研究所，平成8年3月

³⁰ 阪神・淡路大震災に係る屋外タンク貯蔵所の被害状況現地調査結果報告書，消防庁危険物規制課，平成7年4月

2倍の0.2（小破漏洩）とし、大破漏洩は小破漏洩の1/10と仮定した。

- ・タンク本体の小破による漏洩：Cr=0.2
- ・タンク本体の大破による漏洩：Cr=0.02

加速度については、気象庁の計測震度の算出式により、各メッシュの計測震度から加速度を逆算して用いた（資料2参照）。

一方、配管については同様の fragility関数が示されていないことから、図 5.3.1の fragility関数を適用した。なお、配管強度は新法・旧法で変わらないものと考えられるため、新法タンクについても旧法の関数を適用した。また、Crをタンク本体の漏洩の2倍と仮定した。

- ・配管の小破による漏洩：Cr=0.4
- ・配管の大破による漏洩：Cr=0.04

さらに配管の場合は液状化の影響を考慮して、地下埋設管の被害想定で多く用いられている液状化係数を乗じた。

【配管の破損による漏洩発生率】

$$R = Cr \cdot Cl \cdot fi(x)$$

Cr : 座屈から漏洩に至る比率

Cl : 液状化係数

fi(x) : 図 5.3.1の fragility関数

(i=1: 新法、i=2: 旧法・旧基準、i=3: 準特定・旧基準)

x : 加速度 [gal]

ここで、液状化係数Cl の値は次のとおりである。

- ・ PL=0 : Cl=1.0
- ・ 0<PL≤5 : Cl=1.2
- ・ 5<PL≤15 : Cl=1.5
- ・ PL>15 : Cl=3.0

以上より、地震時における危険物タンクの初期事象の発生確率をまとめると、表 4.2.6のように算出した。なお、地震時のタンク火災は殆どがスロッシングに起因すると考えられることから、ETAによる確率的評価は行わない。

表 5.3.4 危険物タンクの初期事象の発生確率（地震時）

初期事象	技術基準	発生確率
IE1: 配管の小破による漏洩	○新法○旧法・新基準	$0.4 \cdot f_2(x) \cdot C_1(PL)$
	○旧法・旧基準○準特定・新法○準特定・新基準	
	○準特定・旧基準○小容量	$0.4 \cdot f_3(x) \cdot C_1(PL)$
IE2: 配管の大破による漏洩	○新法○旧法・新基準	$0.04 \cdot f_2(x) \cdot C_1(PL)$
	○旧法・旧基準○準特定・新法○準特定・新基準	
	○準特定・旧基準○小容量	$0.04 \cdot f_3(x) \cdot C_1(PL)$
IE3: タンク本体の小破による漏洩	○新法○旧法・新基準	$0.2 \cdot f_1(x)$
	○旧法・旧基準○準特定・新法○準特定・新基準	$0.2 \cdot f_2(x)$
	○準特定・旧基準○小容量	$0.2 \cdot f_3(x)$
IE4: タンク本体の大破による漏洩	○新法○旧法・新基準	$0.02 \cdot f_1(x)$
	○旧法・旧基準○準特定・新法○準特定・新基準	$0.02 \cdot f_2(x)$
	○準特定・旧基準○小容量	$0.02 \cdot f_3(x)$

事象の分岐確率

事象の分岐確率は、地震動の強さや停電時における防災設備の作動性を考慮し、表 4.2.7 のように設定した。

表 5.3.5 危険物タンクの事象の分岐確率（地震時）

事象分岐		分岐確率		
		震度5強以下	震度6弱	震度6強以上
B1: 緊急遮断(自動)の失敗	停電時可動	8.5×10^{-3}	1.8×10^{-2}	3.4×10^{-2}
	停電時不動	9.6×10^{-2}	4.2×10^{-1}	1.0
B2: バルブ手動閉止の失敗		1.0×10^{-3}	1.0×10^{-2}	
B3: 一時的な漏洩停止・拡大防止措置の失敗		1.0×10^{-1}		
B4: 内容物移送の失敗	停電時可動	2.1×10^{-2}	3.4×10^{-2}	4.1×10^{-2}
	停電時不動	1.1×10^{-1}	4.4×10^{-1}	1.0
B5: 仕切堤による拡大防止の失敗	特定タンク	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-2}	
	準特定・小容量タンク	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-1}	
B6: 防油堤による拡大防止の失敗	特定タンク	防油堤基準適合	1.0×10^{-3}	
	特定タンク	防油堤基準不適合	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-2}
	準特定・小容量タンク	防油堤基準適合	1.0×10^{-2}	
	準特定・小容量タンク	防油堤基準不適合	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-1}
B7: 漏油の着火	1石・アルコール類・特殊引火物	1.0×10^{-1}		
	2・3・4石	1.0×10^{-2}		

B1：緊急遮断（自動）の失敗

地震時に防災設備が作動しなくなる原因は、主に駆動源の喪失、設備の損傷、設備の偶発的故障である。電気駆動とエア駆動の遮断設備の作動失敗を想定した FTA を図 4.2.1 及び図 4.2.2 に示す。FTA の末端事象のうち、設備損傷、送電停止、自家発電停止、非常用電源の損傷の確率については、東日本大震災における被害状況の調査結果を参考に設定した。

緊急遮断弁・タンク元弁の被害状況を表 5.3.6 に示す。地震により弁が直接損傷する確率は小さく、設備損傷の確率は、空気弁・電動弁ともに震度に依らず 10^{-3} と設定した。

電力会社からの送電の状況を表 5.3.7 に示す。これより、送電停止の確率は震度 5 強以下で 0.3、6 弱で 0.7、6 強以上で 1.0 と設定した。

自家発電設備の停止状況を表 5.3.8 に示す。これより、自家発電停止の確率は震度 5 強以下で 0.3、6 弱で 0.6、6 強以上で 1.0 と設定した。

ディーゼル発電機の被害状況を表 5.3.9 に示す。作動不能数が 1 件のみであるため信頼性に乏しいものの、これより、震度 5 強以下では 10^{-3} 、震度 6 弱以上では 10^{-2} と設定した。バッテリーについては、地震による損傷はほとんどないと考えられるため、損傷確率は 0 とした。

なお、危険物タンクの遮断設備は電気駆動の場合が多いため、緊急遮断の失敗確率は電気駆動のもの（図 4.2.1）を適用し、遮断設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

表 5.3.6 東日本大震災における緊急遮断弁・タンク元弁の被害状況
(危険物タンク・高圧ガスタンク) ³¹

震度		5強以下	6弱	6強以上
電動弁	点検数	2,178	295	713
	作動不能数	-	-	-
空気弁	点検数	1,900	560	56
	作動不能数	4 (2.1×10^{-3})	-	-
電動・ 空気弁	点検数	459	23	1
	作動不能数	-	-	-
手動弁	点検数	6,317	937	129
	作動不能数	-	-	-

表 5.3.7 東日本大震災における停電発生状況 ³¹

震度	5強以下	6弱	6強以上
事業所数	62	24	9
停電した 事業所数	21 (3.4×10^{-1})	16 (6.7×10^{-1})	9 (1.0)

³¹ 石油コンビナートの防災アセスメント指針，平成 25 年 3 月，消防庁特殊災害室

表 5.3.8 東日本大震災における自家発電設備の停止状況³²

震度	5強以下	6弱	6強以上
事業所数	32	11	2
停電した事業所数	8 (2.5×10^{-1})	6 (5.5×10^{-1})	2 (1.0)

表 5.3.9 東日本大震災におけるディーゼル発電機の被害状況³²

震度	5強以下	6弱	6強以上
事業所数	95	31	1
停電した事業所数	-	1 (3.2×10^{-2})	-

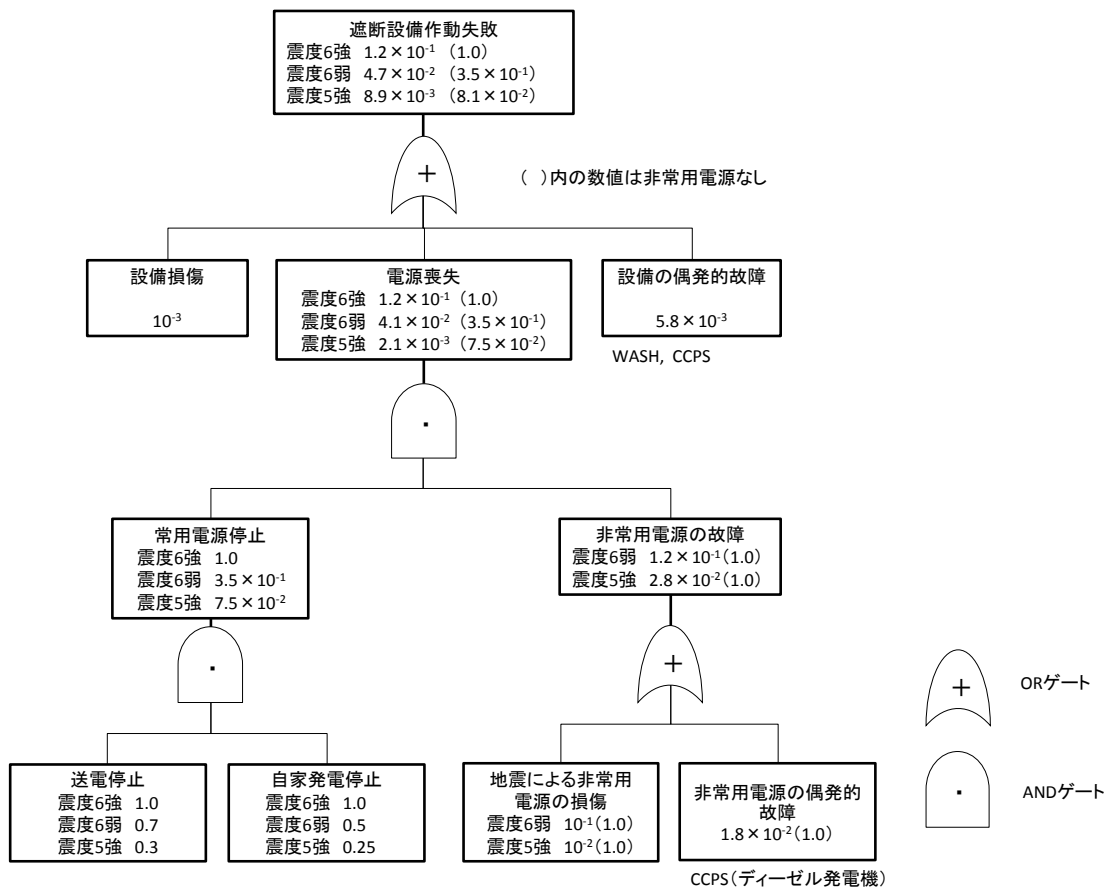


図 5.3.2 遮断設備（電気駆動）の作動失敗に関する FTA（地震時）

³² 石油コンビナートの防災アセスメント指針，平成 25 年 3 月，消防庁特殊災害室

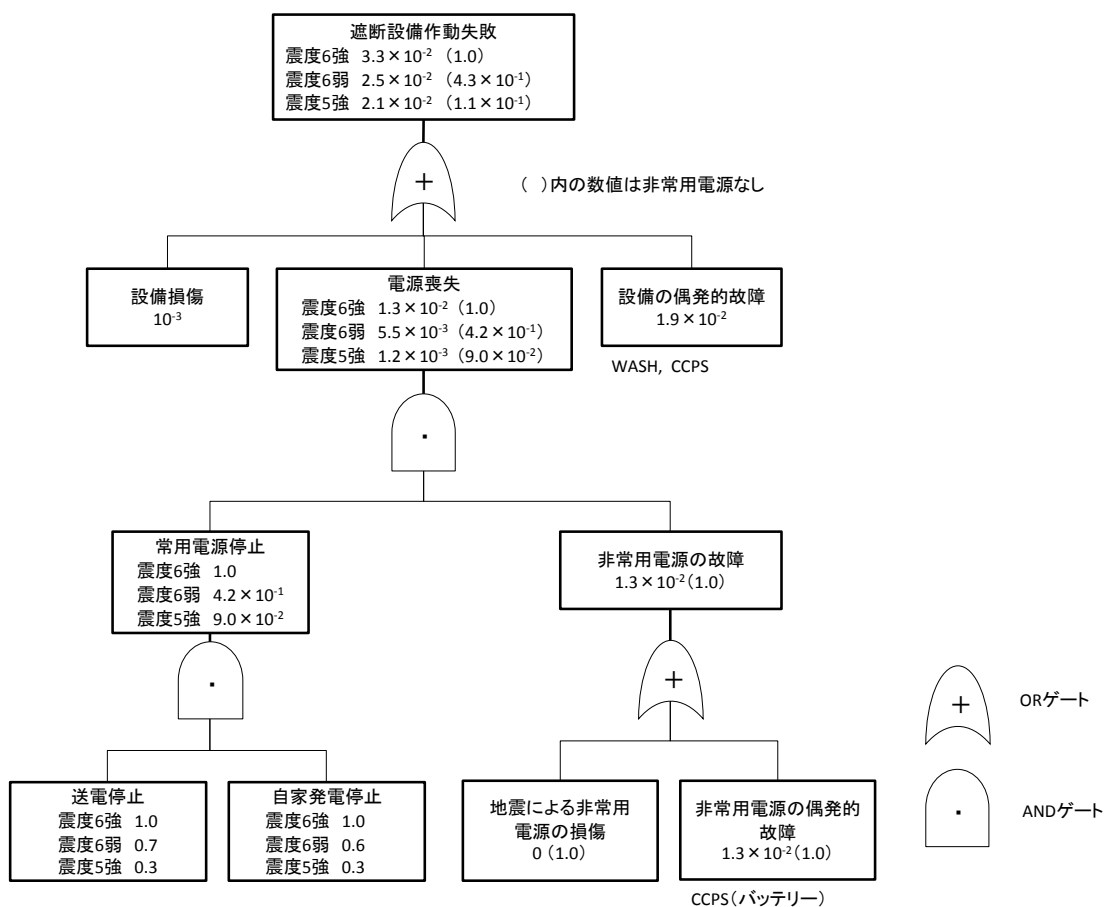


図 5.3.3 遮断設備（エア駆動）の作動失敗に関する FTA（地震時）

B2：バルブ手動閉止の失敗

地震による活動障害等を考慮して震度 5 強以下で 10^{-3} 、震度 6 弱以上で 10^{-2} と推定した。

B3：一時的な漏洩停止・拡大防止措置の失敗

平常時と同じ値 (0.1) とした。

B4：内容物移送の失敗

内容物移送の失敗は移送ポンプ（電動ポンプ）の起動失敗として捉え、緊急遮断設備の考え方と同様に図 4.2.3 の FTA により失敗確率を推定した。FTA の末端事象のうち、設備損傷、送電停止、自家発電停止、非常用電源の損傷の確率については、東日本大震災における被害状況の調査結果を参考に設定した。

被災タンクの内容物を移送するための電動ポンプ、冷却やガス拡散防止のための散水・水幕設備、塩素タンクなどに設置された吸収塔方式の除外設備、危険物タンクの固定泡消火設備の被害状況を表 5.3.10 に示す。

電動ポンプの被害状況より、移送設備の損傷確率は、震度 5 強以下で 10^{-3} 、6 弱以上で 10^{-2} と設定した。

この他の設定は、遮断設備（エア駆動）と同様とした。なお、移送設備がない場合は失敗確率 1 とした。

表 5.3.10 東日本大震災におけるその他の防災設備の被害状況³³

震度		5強以下	6弱	6強以上
電動ポンプ	点検数	6,620	586	1,993
	作動不能数	6 (9.1×10^{-4})	-	11 (5.5×10^{-3})
散水・水幕設備	点検数	2,280	222	86
	作動不能数	-	-	-
除害設備 (吸収塔方式)	点検数	83	18	1
	作動不能数	-	1 (5.6×10^{-2})	-
消火設備	点検数	2,412	304	94
	作動不能数	-	-	-

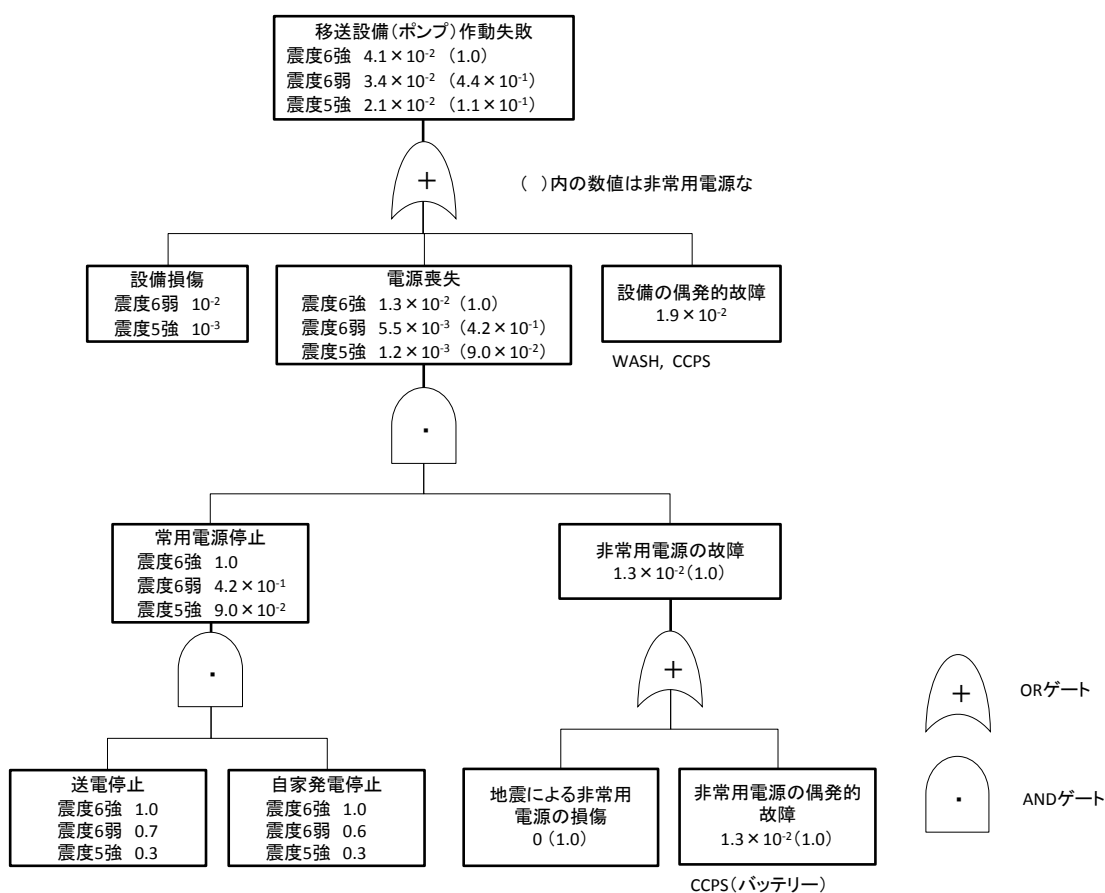


図 5.3.4 移送設備の作動失敗に関する FTA (地震時)

³³ 石油コンビナートの防災アセスメント指針, 平成 25 年 3 月, 消防庁特殊災害室

B5、B6：仕切堤、防油堤による拡大防止の失敗

東日本大震災における防油堤の被害状況を表 5.3.11 に示す。これより、仕切堤・防油堤による拡大防止の失敗確率を表 5.3.12 の通り設定した（仕切堤については、ない場合は 1）。防油堤については平成 10 年の耐震基準（平成 10 年 3 月 20 日付け消防危 32 号「防油堤の漏洩防止措置等について」）に適合する場合（基準の適用を受けない場合を含む）には、震度 6 弱以上でも 5 強以下の発生確率と等しいとした。

表 5.3.11 東日本大震災における防油堤の被害状況³³

震度		5強以下	6弱	6強以上
準特定・小容量タンク	施設数	1,437	519	90
	被害数	15 (1.0×10^{-2})	28 (5.4×10^{-2})	15 (1.7×10^{-1})
特定タンク	施設数	779	221	129
	被害数	1 (1.3×10^{-3})	12 (2.3×10^{-2})	5 (3.9×10^{-2})

表 5.3.12 仕切堤・防油堤による拡大防止の失敗確率

技術基準	防油堤基準	震度	
		5強以下	6弱以上
準特定・小容量タンク	適合	10^{-2}	10^{-2}
	不適合/仕切堤	10^{-2}	10^{-1}
特定タンク	適合	10^{-3}	10^{-3}
	不適合/仕切堤	10^{-3}	10^{-2}

B7：漏油の着火

平常時と同様に、着火確率は第 1 石油類・アルコール類・特殊引火物で 10^{-1} 、その他は 10^{-2} と推定した。

災害事象の発生危険度

0、0 で設定した初期事象の発生確率と事象の分岐確率を危険物タンクの ET に当てはめ、全ての危険物タンクについて各災害事象の発生確率を算出する。

個々の施設の発生確率は、施設が設置されているメッシュの地震動や液状化危険度、タンクの技術基準や各種防災設備の有無等によって異なってくる。

なお、遮断設備が付いていないタンクでは小量流出・火災（DE1）が、仕切堤がないタンク、あるいは遮断設備と移送設備がないタンクでは仕切堤内流出・火災（DE3）が該当しない。

得られた発生確率は平常時と同様に、ある事象まで災害が拡大する確率として累積し（以降では全ての施設について、累積した発生確率を災害発生確率と呼ぶ）、表 4.2.1 の区分でランク付けして危険度分布を求める。ただし、硫黄については災害の形態が石油類と異なることから、ETA による評価の対象から除外する。

小容量タンク

毒性危険物以外の危険物を貯蔵した容量 500kl 未満の小容量タンクについて、平常時と同様に事業所ごとのタンク数をもとに一括した評価を行う。ただし、地震時の場合、初期事象の発生確率は、施設が設置されている場所の地震動の大きさや液状化危険度によって変化する。ここでは、前提となる地震動は、各事業所の代表地点（最大震度を与えるメッシュ）の計測震度と液状化指数（PL 値）を用いる。

初期事象の発生頻度及び事象の分岐確率の設定方法はそれぞれ 0、0 に示す通りであり、施設条件については平常時と同様とする。

得られた災害事象の発生確率を累積し、表 4.2.1 の区分でランク付けして危険度分布を求める。なお、遮断設備、移送設備、仕切堤はないものと仮定しているため、すべてのタンクについて、少量流出・火災（DE1）及び仕切堤内流出・火災（DE3）が該当しない。

5.3.2. 高圧ガスタンク

初期事象の発生確率

東日本大震災の地震動による、高圧ガスタンク（LNG 以外の可燃性ガス）の被害状況を表 5.3.13 に示す。なお、千葉県市原市の LPG タンク爆発火災で生じたとされる BLEVE については第 7 章の大規模災害の評価において別途取り扱った。

表 5.3.13 東日本大震災における高圧ガスタンクの被害状況（LNG 以外の可燃性ガス）

34

震度			5強以下	6弱	6強以上
施設数			410	92	8
被害施設	タンク本体	漏洩	1 (2.4×10^{-3})	-	-
		破損	-	4 (4.3×10^{-2})	-
	配管等	漏洩	1 (2.4×10^{-3})	-	-
		破損	-	-	-

注1) 施設数は平成22年4月1日現在の値であり、「平成22年度石油コンビナート等実態調査(消防庁)」に基づく。ただし、震災時に第2種特定事業所として新たに指定されていた2事業所の施設を、平成23年度調査に基づき追加した。

注2) 漏洩(本体1施設、配管等1施設)は、市原市のLPGタンク爆発火災を本体、配管それぞれ各1件として計上したものである。

注3) タンク本体の破損(4施設)の内、2施設は球形タンクのブレース破断、他の2施設は液状化によるタンクの傾きとなっている。

危険物タンク以外の施設では、工学的解析に基づくフラジリティ関数は報告されていないため、危険物・新法タンクと同レベル以上の強度を有すると考えて、初期事象の発生確率を以下のように設定した。

表 5.3.14 ガスタンクの初期事象の発生確率（地震時）

初期事象	発生確率
IE1: 配管の小破による漏洩	$0.4 \cdot f_2(x) \cdot C_f(PL)$
IE2: 配管の大破による漏洩	$0.04 \cdot f_2(x) \cdot C_f(PL)$
IE3: タンク本体の小破による漏洩	$0.2 \cdot f_1(x)$
IE4: タンク本体の大破による漏洩	$0.02 \cdot f_1(x)$

事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 4.2.18 のように設定した。

³⁴ 石油コンビナートの防災アセスメント指針，平成 25 年 3 月，消防庁特殊災害室

表 5.3.15 ガスタンクの事象の分岐確率（地震時）

事象分岐		分岐確率		
		震度5強以下	震度6弱	震度6強以上
B1: 緊急遮断(自動)の失敗	停電時可動	2.1×10^{-2}	2.5×10^{-2}	3.3×10^{-2}
	停電時不動	1.1×10^{-1}	4.3×10^{-1}	1.0
B2: バルブ手動閉止の失敗		1.0×10^{-3}	1.0×10^{-2}	
B3: 内容物移送の失敗	停電時可動	2.1×10^{-2}	3.4×10^{-2}	4.1×10^{-2}
	停電時不動	1.1×10^{-1}	4.4×10^{-1}	1.0
B4: 防液堤による拡大防止の失敗		1.0×10^{-3}	1.0×10^{-2}	
B5: 蒸発・拡散防止の失敗		1.0×10^{-2}	1.0×10^{-1}	
B6: 着火・爆発火災		1.0×10^{-1}		
B7: 着火・フラッシュ火災		1.0×10^{-1}		

B1：緊急遮断（自動）の失敗

緊急遮断設備には電気駆動とエア駆動があり、ガスタンクの場合は一般的にエア駆動のものが多い。当該地区では電動のものもあるが、緊急遮断の失敗確率はエア駆動（図 4.2.2）を適用した。なお、遮断設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

B2：バルブ手動閉止の失敗

地震による活動障害等を考慮して震度 5 強以下で 10^{-3} 、震度 6 弱以上で 10^{-2} と推定した。

B3：内容物移送の失敗

移送ポンプ作動の失敗確率（図 4.2.3）を適用した。なお、移送設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

B4：防液堤による拡大防止の失敗

危険物特定タンクの仕切堤と同程度と考え、震度 5 強以下で 10^{-3} 、震度 6 弱以上で 10^{-2} とした。なお、防液堤の有無については平常時と同様に、法律で規定されているタンクには設置されているものとみなした。

B5：蒸発・拡散防止の失敗

東日本大震災における散水・水幕設備、除外設備の被害状況の調査結果（表 5.3.10）を参考に、震度 5 強以下では 10^{-2} 、震度 6 弱以上では 10^{-1} と推定した。

なお、このような設備が設置されていないタンクについては失敗確率 1 とした。

B6、B7：漏洩ガスの着火

平常時と同様とした。

災害事象の発生危険度

(1)、(2)で設定した初期事象の発生確率と事象の分岐確率をガスタンクの ET に当てはめ、全てのガスタンクについて各災害事象の発生確率を算出する。

ET からわかるように、遮断設備のないタンクでは小量流出・爆発 (DE1)、小量流出・フラッシュ火災 (DE2)、小量流出・拡散 (DE13) が、遮断設備及び移送設備のないタンクでは大量流出・爆発 (DE5)、大量流出・フラッシュ火災 (DE6)、大量流出・拡散 (DE15) が該当しない。同様に、防液堤のない可燃性ガスタンク (貯蔵量 500 トン未満のタンク) では全量流出 (防液堤内)・爆発 (DE9)、全量流出 (防液堤内)・フラッシュ火災 (DE10) が該当しない。

得られた災害事象の発生確率を累積し、表 4.2.1 の区分でランク付けして危険度分布を求める。

5.3.3. 毒性液体タンク

初期事象の発生確率

毒性液体タンクの初期事象の発生確率はガスタンク（危険物・新法タンク）と同様と考え、以下のように設定した。

表 5.3.16 毒性液体タンクの初期事象の発生確率（地震時）

初期事象	発生確率
IE1: 配管の小破による漏洩	$0.4 \cdot f_2(x) \cdot C_i(PL)$
IE2: 配管の大破による漏洩	$0.04 \cdot f_2(x) \cdot C_i(PL)$
IE3: タンク本体の小破による漏洩	$0.2 \cdot f_1(x)$
IE4: タンク本体の大破による漏洩	$0.02 \cdot f_1(x)$

事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 4.2.24 のように設定した。

表 5.3.17 毒性液体タンクの事象の分岐確率（地震時）

事象分岐		分岐確率		
		震度5強以下	震度6弱	震度6強以上
B1: 緊急遮断（自動）の失敗	停電時可動	2.1×10^{-2}	2.5×10^{-2}	3.3×10^{-2}
	停電時不動	1.1×10^{-1}	4.3×10^{-1}	1.0
B2: バルブ手動閉止の失敗		1.0×10^{-3}	1.0×10^{-2}	
B3: 内容物移送の失敗	停電時可動	2.1×10^{-2}	3.4×10^{-2}	4.1×10^{-2}
	停電時不動	1.1×10^{-1}	4.4×10^{-1}	1.0
B4: 蒸発・拡散防止の失敗		1.0×10^{-2}	1.0×10^{-1}	

B1: 緊急遮断（自動）の失敗

ガスタンクと同様に、エア駆動の緊急遮断設備の失敗確率（図 4.2.2）を適用した。なお、遮断設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

B2: バルブ手動閉止の失敗

地震による活動障害等を考慮して震度 5 強以下で 10^{-3} 、震度 6 弱以上で 10^{-2} と推定した。

B3: 内容物移送の失敗

移送ポンプ作動の失敗確率（図 4.2.3）を適用した。なお、移送設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

B4：蒸発・拡散防止の失敗

ガスタンクと同様に、震度 5 強以下では 10^{-2} 、震度 6 弱以上では 10^{-1} と推定した。なお、拡散防止設備が設置されていないタンクについては、失敗確率 1 とした。

災害事象の発生危険度

(1)、(2)で設定した初期事象の発生確率と事象の分岐確率を毒性液体タンクの ET に当てはめ、全てのタンクについて各災害事象の発生確率を算出する。

ET からわかるように、遮断設備のないタンクでは小量流出・拡散 (DE1) が、遮断設備及び移送設備のないタンクでは大量流出・拡散 (DE3) が該当しない。

得られた災害事象の発生確率を累積し、表 4.2.1 の区分でランク付けして危険度分布を求める。ただし、シアン化ナトリウム及び硫酸は ETA による評価の対象から除外する。

5.3.4. プラント

製造施設等

3) 初期事象の発生確率

東日本大震災の地震動による、危険物製造所の被害状況を表 5.3.18 に、高圧ガス製造設備の被害状況を表 5.3.19 にそれぞれ示す。また、一般取扱所の地震動による被害状況は、資料 1 表 1.3 より、漏洩 13 件 (33,557 施設中) となっている。

表 5.3.18 東日本大震災における危険物製造所の被害状況³⁵

震度		5弱	5強	6弱	6強以上
施設数		267	129	57	16
被害施設	危険物を取り扱う設備	漏洩	-	-	-
		破損	-	-	1 (1.6×10^{-1})
	20号タンク	漏洩	-	-	-
		破損	-	1 (7.8×10^{-3})	-
	付属配管	漏洩	-	-	-
		破損	-	1 (7.8×10^{-3})	13 (2.3×10^{-1})

注1) 施設数は平成22年4月1日現在の値であり、「平成22年度石油コンビナート等実態調査(消防庁)」に基づく。ただし、震災時に第2種特定事業所として新たに指定されていた2事業所の施設を、平成23年度調査に基づき追加した。

注2) 付属配管は配管支持物を含む。

表 5.3.19 東日本大震災における高圧ガス製造設備の被害状況³⁵

震度		5強以下	6弱	6強以上
施設数		267	53	7
被害施設	漏洩	-	2 (3.8×10^{-2})	-
	破損	2 (7.5×10^{-3})	4 (7.5×10^{-2})	-

注1) 施設数は平成22年4月1日現在の値であり、「平成22年度石油コンビナート等実態調査(消防庁)」に基づく。ただし、震災時に第2種特定事業所として新たに指定されていた2事業所の施設を、平成23年度調査に基づき追加した。

注2) 漏洩(2施設)は棧橋施設の崩落による被害で、液状化によるものか津波によるものかははっきりしていない。

注3) 震度5強の破損(2施設)は地震動による配管変形である。

注4) 震度6弱の破損(4施設)は液状化による地盤、施設の傾きである。

製造施設等の初期事象は装置の小破・大破による漏洩であり、塔槽類及びこれらの接続配管が破損する場合を考える。プラントの配管強度は危険物タンクやガスタンクと同程度と考えられることから、初期事象の発生確率は危険物・旧法タンクの配管の小破・大破と同様とした。

³⁵ 石油コンビナートの防災アセスメント指針, 平成 25 年 3 月, 消防庁特殊災害室

表 5.3.20 製造施設等の初期事象の発生確率（地震時）

初期事象	発生確率
IE1: 装置の小破による漏洩	$0.4 \cdot f_2(x) \cdot C_i(PL)$
IE2: 装置の大破による漏洩	$0.04 \cdot f_2(x) \cdot C_i(PL)$

4) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は、表 4.2.30 のように設定した。

表 5.3.21 製造施設等の事象の分岐確率（地震時）

事象分岐	分岐確率		
	震度5強以下	震度6弱	震度6強以上
B1: 緊急遮断(自動)の失敗	2.1×10^{-2}	2.5×10^{-2}	3.3×10^{-2}
B2: 脱圧・ブローダウンの失敗	1.0×10^{-1}		
B3: 着火・火災爆発	6.0×10^{-1}		
B4: 着火・フラッシュ火災	1.0×10^{-1}		

B1: 緊急停止・遮断（自動）の失敗

緊急遮断設備（エア駆動）の失敗確率を適用した（図 4.2.2、停電時可動とした）。

B2: 脱圧・ブローダウンの失敗

平常時と同様とした。

B3、B4: 流出物の着火

平常時と同様とした。

5) 災害事象の発生危険度

0、2)で設定した初期事象の発生確率と事象の分岐確率を製造施設等の ET に当てはめ、各災害事象の発生確率を算出する。

得られた災害事象の発生確率を累積し、表 4.2.1 の区分でランク付けして危険度分布を求める。ただし、取扱毒性物質のうち硫黄については ETA による評価から除いている。

発電施設

初期事象の発生確率

発電施設の初期事象は、装置（燃料配管）の破損による漏洩であり、初期事象の発生確率は製造施設等の装置の小破による漏洩と同様とした。なお、地震とプロセス異常が重なる確率は非常に小さいと考えられることから、地震時はプロセス異常を考慮しない。

表 5.3.22 発電施設の初期事象の発生確率（地震時）

初期事象	発生確率
IE1:装置の破損による漏洩	$0.4 \cdot f_2(x) \cdot C_f(PL)$

6) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は、表 4.2.37 のように設定した。

表 5.3.23 発電施設の事象の分岐確率（地震時）

事象分岐	分岐確率		
	震度5強以下	震度6弱	震度6強以上
B1:緊急遮断(自動)の失敗	2.1×10^{-2}	2.5×10^{-2}	3.3×10^{-2}
B2:バルブ手動閉止の失敗	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-2}	
B3:着火・火災爆発	6.0×10^{-1}		
B4:着火・フラッシュ火災	1.0×10^{-1}		

B1：緊急停止・遮断（自動）の失敗

緊急遮断設備（エア駆動）の失敗確率を適用した（図 4.2.2、停電時可動とした）。

B2：バルブ手動閉止の失敗

地震による活動障害等を考慮して震度 5 強以下で 10^{-3} 、震度 6 弱以上で 10^{-2} と推定した。

B3、B4：流出物の着火

平常時と同様とした。

7) 災害事象の発生危険度

1)、2)で設定した初期事象の発生確率と事象の分岐確率を発電施設等の ET に当てはめ、各災害事象の発生確率を算出した。

得られた災害事象の発生確率を累積し、表 4.2.1 の区分でランク付けして危険度分布を求める。

5.3.5. 海上入出荷施設

海上入出荷施設については、平常時と同様に、地区レベルの災害危険性に関する評価を行った。前提となる地震動は小容量タンクと同様に、各事業所の代表地点（最大震度を与えるメッシュ）の計測震度と液状化指数（PL 値）を用いた。

初期事象の発生確率

東日本大震災の地震動による、移送取扱所の被害状況を表 5.3.24 に示す。栈橋等設備では2件の破損被害が発生している。

表 5.3.24 東日本大震災における移送取扱所の被害状況³⁶

震度			5弱	5強	6弱	6強以上
施設数			291	84	43	10
被害施設	移送配管	漏洩	-	1 (1.2×10^{-2})	-	-
		破損	-	-	14 (3.3×10^{-1})	-
	栈橋等設備	漏洩	-	-	-	-
		破損	-	-	2 (4.7×10^{-2})	-

注1) 施設数は平成22年4月1日現在の値であり、「平成22年度石油コンビナート等実態調査(消防庁)」に基づく。ただし、震災時に第2種特定事業所として新たに指定されていた2事業所の施設を、平成23年度調査に基づき追加した。

注2) 移送配管は配管支持物を含む。

注3) この他に震度が不明な事業所での漏洩が2件発生している。

海上入出荷施設の初期事象は、配管等の破損による漏洩であり、初期事象の発生確率は製造施設等の装置の小破による漏洩と同様とした。

表 5.3.25 海上入出荷施設の初期事象の発生確率（地震時）

初期事象	発生確率
IE1: 配管等の破損による流出	$0.4 \cdot f_2(x) \cdot C_f(PL)$

事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 4.2.44 のように設定した。

表 5.3.26 海上入出荷施設の事象の分岐確率（地震時）

事象分岐	分岐確率		
	震度5強以下	震度6弱	震度6強以上
B1: 緊急遮断(自動)の失敗	8.5×10^{-3}	1.8×10^{-2}	3.4×10^{-2}
B2: 着火・火災爆発	1.0×10^{-2}		
B3: 着火・フラッシュ火災	1.0×10^{-2}		
B4: 蒸発・拡散防止の失敗	1.0×10^{-2}	1.0×10^{-1}	

³⁶ 石油コンビナートの防災アセスメント指針，平成 25 年 3 月，消防庁特殊災害室

B1：緊急停止・遮断（自動）の失敗

緊急遮断設備（電気駆動）の失敗確率を適用した（図 4.2.1、停電時可動とした）。

B2、B3：流出物の着火

平常時と同様とした。

B4：蒸発・拡散防止の失敗

ガスタンクと同様に、震度 5 強以下では 10^{-2} 、震度 6 弱以上では 10^{-1} と推定した。

災害事象の発生危険度

0、0 で設定した初期事象の発生確率と事象の分岐確率を海上入出荷施設の ET に当てはめ、各災害事象の発生確率を算出する。

得られた災害事象の発生確率を累積し、表 4.2.1 の区分でランク付けして危険度分布を求める。

5.3.6. パイプライン

パイプライン（石油配管または高圧ガス導管）については、個々の施設を対象とした詳細評価ではなく、地区レベルの災害危険性に関して定性的な検討を行った。

石油配管について、東日本大震災の地震動による、移送取扱所の被害状況を前掲の表 5.3.24 に示す。移送配管では 1 件の漏洩被害と 14 件の破損被害が発生している。

高圧ガス導管については、東日本大震災による被害事例はない³⁷。過去の地震をみても、1994 年三陸はるか沖地震や 1995 年兵庫県南部地震、2003 年十勝沖地震などにより、冷凍事業所における配管からのアンモニアの漏洩や、LPG を取扱う事業所における配管からの LPG の漏洩などが何件か発生しているが、コンビナートにおいては、兵庫県南部地震による LPG 貯槽配管からの LPG 漏洩事故があったのみである³⁷。

一方、ガス事業に係る特定導管（一定規模以上の都市ガス導管）については、2007 年新潟県中越沖地震による被害事例があり、震源に近接した柏崎市刈羽の特定導管の 2 箇所において、導管が座屈変形したことで亀裂が生じ、ガスが漏洩した。なお、刈羽で観測された震度は 6 強、加速度は 1,000gal (cm/s²) 以上（測定範囲超過）であった³⁸。

一般的に、パイプラインはスパン長や伸縮継手による変位吸収能力があり、構造上の観点からはその他の施設よりも地震動による損傷の危険性は低いと考えられる。ただし、延長距離が長いため、地盤条件によっては液状化などの地盤被害により漏洩事故が発生する可能性が考えられる。その場合、被害場所によっては火災や爆発により周辺施設や周辺地域への影響が懸念されるが、通常は地震発生と同時に自動的に送出停止・遮断が行われるため流出量（流出速度）は小さく、大規模な火災や爆発に至る可能性は低いと考えられる。

³⁷ 高圧ガス保安協会. 事故事例データベース

³⁸ 新潟県中越沖地震における都市ガス事業・施設に関する検討会. 新潟県中越沖地震における都市ガス事業・施設に関する検討会報告書, 平成 20 年 5 月

5.4. 災害の影響度の推定

災害の影響度については、算定手法、算定条件はすべて平常時と同じであるため、算定結果（各災害事象の影響範囲）も平常時と同じである。

5.5. 総合的な災害危険性の評価

想定災害の設定とその評価は、平成 25 年度から神奈川県で実施している地震被害想定調査の検討結果に基づいて行う。

新指針では、地震時の災害想定に関して、地震の発生頻度を考慮して地震時の施設被害率と掛け合わせるにより、平常時の災害想定を目安である 10^{-6} /年となるようなレベルを想定することが例示されている³⁹。

なお、地震時の災害発生危険度区分と影響度区分は次のとおりである。

表 5.5.1 地震時の災害発生危険度区分

区分	災害発生危険度
Ae	5×10^{-3} 以上
Be	5×10^{-4} 以上 5×10^{-3} 未満
Ce	5×10^{-5} 以上 5×10^{-4} 未満
De	5×10^{-6} 以上 5×10^{-5} 未満
Ee	5×10^{-6} 未満

表 5.5.2 災害の影響度区分

区分	影響距離 [m]
I	200m以上
II	100m以上 200m未満
III	50m以上 100m未満
IV	20m以上 50m未満
V	20m未満

注) 添字の e は地震時を表す。

³⁹ 石油コンビナートの防災アセスメント指針，平成 25 年 3 月，消防庁特殊災害室

6. 地震（長周期地震動）による被害を対象とした評価

6.1. 危険物タンクのスロッシング

スロッシング（液面揺動）とは、地震波と容器内の液体が共振して液面が大きく揺れる現象である。これにより、特に浮き屋根式の危険物タンクでは、浮き屋根の損傷、内容物の溢流、火災の発生といった重大な被害が生じる危険性があり、このような被害の発生は、スロッシングによる揺れの大きさ（スロッシング最大波高）にある程度依存することが示されているⁱ。

スロッシング最大波高の推定には、次式で表される速度応答スペクトル法がよく用いられ、観測値との整合性がよいことが確認されている。

$$\eta = 0.837 \left(\frac{D}{2g} \right) \left(\frac{2\pi}{T_s} \right) S_v(T_s) \dots\dots\dots (1)$$

$$T_s = 2\pi \sqrt{\left(\frac{D}{3.682g} \right) \coth\left(\frac{3.682H}{D} \right)} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、

- η：スロッシング最大波高（m）
- D：タンク内径（m）
- H：液面高さ（m）
- g：重力加速度（9.8m/s²）
- T_s：液面揺動の一次固有周期（s）
- S_v(T_s)：周期 T_s における速度応答スペクトル（m/s）

上記の式より、液面揺動の一次固有周期 T_s はタンク内径と液面高さから求められ、通常のタンクでは数秒から 10 秒程度である。スロッシング最大波高は、周期 T_s における速度応答スペクトルが得られれば容易に計算することができ、従ってスロッシング最大波高の推定には、想定地震による長周期地震動特性（速度応答スペクトル）を予測することが重要になる。

6.2. 消防法におけるスロッシング対策

(1) スロッシングを考慮した液面管理

消防法告示（危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示）においては、容量 1,000kl 以上の特定屋外タンク貯蔵所について、スロッシングが発生しても内容物の溢

ⁱ 座間信作：2003 年十勝沖地震にみる石油タンク被害の特徴と対策，物理探査，第 59 巻第 4 号(2006),353-362

流が生じないよう、スロッシングによる最大波高を想定した液面管理（タンク上部に余裕空間を確保する）が定められている（式(3)～(6)）。

最大波高の想定にあたって前提とする地震動（速度応答スペクトル）は、従来の消防法では周期によらず一律に定められていた（ $\nu_1=1$ の場合において 1.13m/s）。しかしながら、2003年に発生した十勝沖地震では、多くのタンクにおいて想定を上回るスロッシングが生じ、特に浮き屋根式の危険物タンクにおいて、浮き屋根の損傷・沈降や内容物の溢流、タンク火災等の被害が生じた。

これを受けて、2005年1月に消防法告示の改正（総務省告示第30号,2005）が行われ、タンク側板の最上端までの空間高さ（Hc）を求める算式に長周期地震動の地域特性に応じた補正係数（ ν_5 ）が導入され、液面揺動の一次固有周期に応じて従来の1～2倍の範囲で液面の低下措置が行われることとなった。

$$Hc = 0.45DKh_2 \dots\dots\dots (3)$$

$$Kh_2 = 0.15\nu_1\nu_4\nu_5 \dots\dots\dots (4)$$

$$\nu_4 = 4.5/Ts \dots\dots\dots (5)$$

$$Ts = 2\pi\sqrt{(D/3.68g)\cdot\coth(3.68H/D)} \dots\dots\dots (6)$$

ここで、

Hc：側板の最上端までの空間高さ（m）

Kh₂：液面揺動の設計水平震度

ν_1 ：地域別補正係数（=1.0）

ν_4 ：液面揺動の一次固有周期を考慮した応答倍率

ν_5 ：長周期地震動に係る地域特性に応じた補正係数（図6.2.1）

Ts：液面揺動の一次固有周期（s）

D：タンク内径（m）

H：最高液面高さ（m）

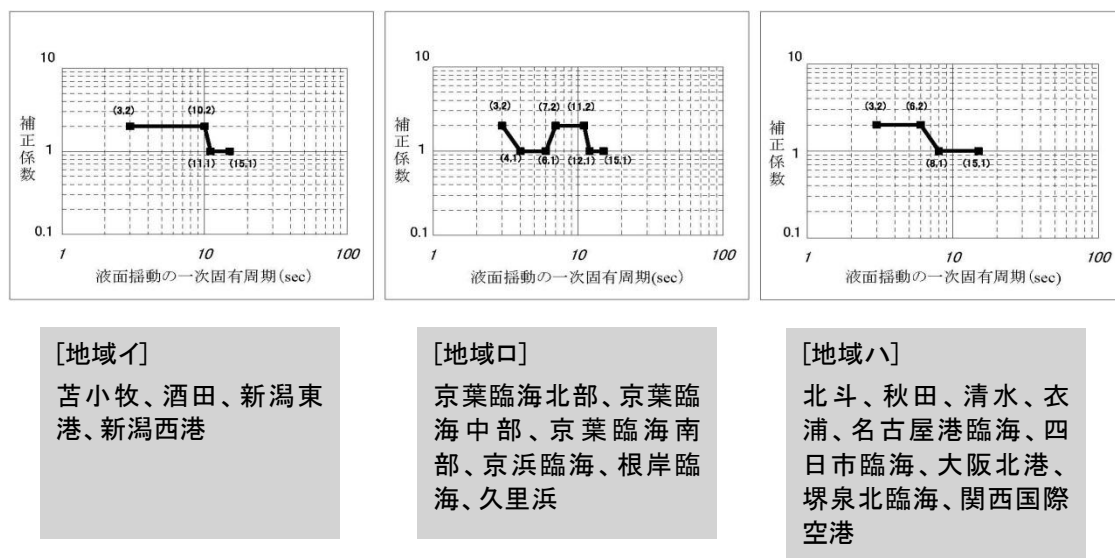


図 6.2.1 長周期地震動に係る地域補正係数

注) 改正告示では、タンク周辺の敷地における地震動記録等に基づき、地域特性を考慮して予想された速度応答スペクトルから補正係数を求めることを基本とし、適切な地震動記録が得られていない場合には、図 6.2.1 の補正係数を用いることができるとしている。図の補正係数は、コンビナート最寄りの気象官署等における観測記録に基づき最低限の値として示されているものであり、タンク周辺の強震計地震動記録等に基づき予測される速度応答スペクトルが得られる場合には、別途検討を行う必要がある。

なお、当該地区（京浜臨海地区、根岸臨海地区、久里浜地区）の場合、地域別補正係数は $\nu_1 = 1.0$ 、また長周期地震動に係る地域補正係数は図 6.2.1 の地域Ⅱに該当する。

(2) 浮き屋根の技術基準の策定

2005 年 1 月の改正告示では、補正係数 (ν_5) の導入と共に新たに浮き屋根の技術基準が定められ、浮き屋根の耐震機能を確保することが求められている。対象となるタンクは、シングルデッキタイプの浮き屋根を有する特定屋外タンク貯蔵所のうち、容量 2 万 kl 以上のタンクと、容量 2 万 kl 未満で $H_c \geq 2m$ のタンクである。これらのタンクでは、浮き屋根の損傷や沈降の発生、浮き屋根上への滞油に伴う雨水排水配管からの漏えいが生じる可能性があることが指摘されている。

①浮き屋根の技術基準

従来、浮き屋根の耐震強度は事業者独自の基準により設計されていたが、長周期地震動の影響を考慮した浮き屋根の耐震強度に関して、新たに技術基準が策定された（適用に当たっては、平成 29 年 3 月 31 日までの経過措置が設けられている）。

②浮き屋根の構造

浮き屋根の浮力を確保するうえでの想定破損室数、浮き屋根の強度確保の前提となる溶接方法、浮力を失わないためのマンホールの構造、浮き屋根上の排水設備からの危険物流出防止のための遮断弁の設置について定められた。

6.3. 東日本大震災のスロッシング被害状況

平成 23 年東日本大震災のスロッシングに関する地域別の被害状況を表 6.3.1 に示す。被害は地域ごとに異なっており、例えば日本海側ではスロッシングによる浮き屋根のポンツーン破損、デッキ上への溢流被害が多い。太平洋側では長周期地震動によるスロッシングは小さく、浮き屋根の顕著な被害は見られない。東京湾岸方面では、浮き屋根の沈没、デッキの割れ等の被害が見られる。その他、県内では、スロッシングにより浮き屋根上に油が溢流（外部への流出なし）するといった被害が数件発生している。

表 6.3.1 東北地方太平洋沖地震のスロッシング被害

調査対象地域	自治体	被害状況
日本海側	酒田市	アルミ製の内部浮き蓋がスロッシングにより破断。
	新発田市	浮き屋根への油の流出、ウェザーシールドやエアフォームダムとラダーとの衝突・変形、ガイドポールの変形。
	新潟市	浮き屋根上への油の流出、ポンツーンの変形・損傷による油の滞留、ウェザーシールドやエアフォームダムとラダーとの衝突・変形、ゲージポール・ガイドポールの変形、スライドプレートの損傷、内部浮き蓋の変形・接続部の損傷。
太平洋側	鹿嶋市、神栖市	ウェザーシールドと側板との間から噴き上げられた原油が、側板内側全周に渡り付着。下部デッキ板の重ね溶接部とリング板の接合部に変形、割れが発生。センターポンツーンの下部トラス材が変形。浮き屋根上に重油が漏洩し、ルーフトンを通じて防油堤内に流出。
	いわき市	ローリングラダー中央部の変形、ゲージポールウェル破損、浮き屋根上への原油流出とその原油がルーフトン配管を通じて外部へ流出。
東京湾側	川崎市	浮き屋根アウターリム下部付近の溶接線近傍での破断により、油が大量に浮き屋根上に流出し、地震の3日後に浮き屋根が沈没。浮き屋根式タンクのポンツーン4室が破損。鋼製内部浮き蓋で、ポンツーンとデッキとの溶接線が20cmにわたり破断。

6.4. 危険物タンクの余裕空間高さ

(1) 危険物タンクの余裕空間高さ

表 6.4.1 は、当該地区のコンビナートにおける 500kl 以上の危険物屋外タンク貯蔵所について、地区別屋根型式別に基数を整理したものである。

京浜臨海地区は固定屋根とシングルデッキ浮き屋根式タンクが多く、容量 1 万 kl 以上の大規模タンクは 121 基ある。根岸臨海地区も京浜臨海地区と同様に固定屋根とシングルデッキ浮き屋根式タンクが多く、容量 1 万 kl 以上の大規模タンクが 92 基ある。久里浜地区は、内部浮き蓋式タンク及びシングル浮き屋根式タンクはないが、11 基のタンクが容量 1 万 kl を超えている。固定屋根式のタンクは比較的小規模なものが多いが、容量 1 万 kl を超える大規模タンクも 90 基ある。内部浮き蓋式タンクも比較的小規模なものが多いが 1 万 kl 以上のタンクが 9 基ある。

これらのタンクについて、液面揺動の一次固有周期 (Ts) に対する余裕空間高さ (Hc) の分布を図 6.4.1 に示す。ただし、図 6.4.1 は準特定タンクを含んでいる。多くのタンクでは Hc が 1~2m の範囲にあるが、容量 1 万 kl を超える大規模タンクでは Hc が 1.4~4.2m 程度になる。

表 6.4.1 京浜臨海地区、根岸臨海地区、久里浜地区の危険物屋外タンク貯蔵所

地区	固定屋根	内部浮き蓋	浮き屋根		計
			シングルデッキ	ダブルデッキ	
京浜臨海地区	648	69	187	10	914
根岸臨海地区	155	9	50	6	220
久里浜地区	9	0	0	4	13
計	812	78	237	20	1,147

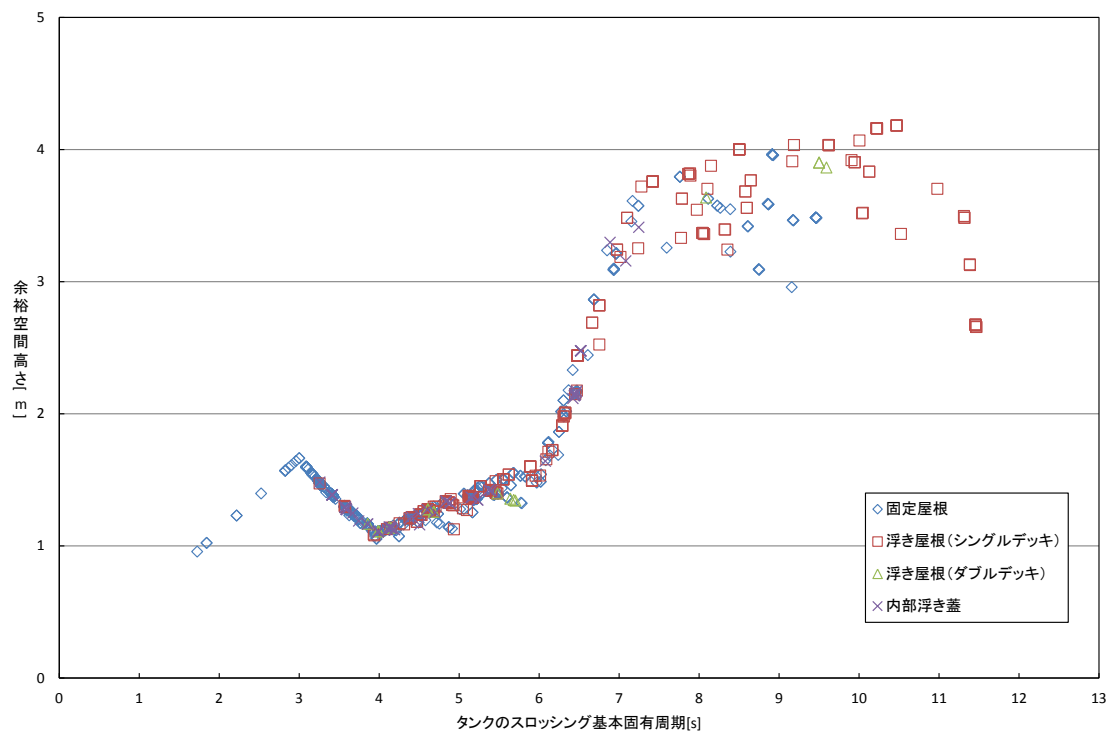


図 6.4.1 液面揺動の一次固有周期 (T_s) と余裕空間高さ (H_c)

6.5. 前提となる長周期地震動の想定

6.1 項に示したように、スロッシング最大波高の推定には、将来発生するであろう地震による速度応答スペクトルを予測することが必要となる。

5.1 のとおり、神奈川県では、平成 19 年度から平成 20 年度にかけて地震被害想定調査ⁱを実施しているが、その後の東日本大震災の発生を受け、最大クラスの地震・津波への対策を講じるために、平成 25 年度から地震被害想定調査の見直しを行っている。

想定地震についても、国等から示された新たな知見を踏まえ、再検討を行っている。

地震（長周期地震動）による被害を対象とした評価については、現在行っている地震被害想定調査の検討結果に基づいて行うが、本章では、地震（長周期地震動）による被害を対象とした評価に係る考え方等について整理を行った。

6.6. スロッシング最大波高及び溢流量の推定

具体的な予測計算は平成 25 年度から神奈川県で実施している地震被害想定調査の検討結果に基づいて行うが、ここでは、スロッシング最大波高及び溢流量の推定の考え方について整理した。

(1) スロッシング最大波高の推定

ここでは表 6.3.7 に示した各タンクのスロッシング最大波高を式(1)～(2)により推定し、起こり得る災害の検討を行う。

(2) スロッシングによる溢流量の推定

危険物タンクのスロッシングが生じた場合に最大でどの程度の溢流が生じるかを推定するため、スロッシングの非線形性を考慮した溢流量の算定手法（西・ほか、2008）を用いて、タンク満液時における最大溢流量を算出する。算定手法は、資料 6 に示すとおりである。

ⁱ 神奈川県地震被害想定調査報告書，神奈川県地震被害想定調査委員会，平成 21 年 3 月

【非線形性を考慮したスロッシング最大波高の推定について】

現行の消防法におけるスロッシング規制では、速度応答スペクトル法に基づき石油タンクの余裕空間高さが定められている。速度応答スペクトル法では微小波高を仮定し、線形解としてスロッシング最大波高を算出しているが、内容物の溢流を想定する場合には微小波高の仮定が成り立たないため、スロッシングによる非線型液面増分（液面上昇側の最大波高は線形解より上昇する）を考慮する必要があるⁱ⁾。

本調査では消防法に基づき、スロッシング最大波高の推定に速度応答スペクトル法を適用しているが、溢流量の推定にあたっては非線型液面増分の影響が大きくなるため、スロッシングの非線形性を考慮した手法（資料 6）により最大波高を求め、これに基づき溢流量を算出している。従って、両者のスロッシング最大波高の推定結果は異なることに注意が必要である。

i) 西晴樹・他：石油タンクのスロッシングによる溢流量の算定，圧力技術，第 46 巻第 5 号 (2008)，276-284

6.7. スロッシングによる災害の危険性

スロッシングによる危険物タンクの被害形態としては、屋根部からの危険物の溢流、浮き屋根やタンク付属設備等の破損、浮き屋根の沈降、溢流に伴うタンク周辺での流出火災、屋根部でのリング火災やタンク全面火災が考えられる。

2003年十勝沖地震の被害事例では、浮き屋根等の破損に関して、シングルデッキ浮き屋根式タンクの危険性が高いこと、スロッシング波高が2mを超えると危険性が高いこと、10万kl級の大規模タンクについては2次モードの影響を考慮する必要があることなどが報告されているⁱ。

また、同様の規模・形状のタンクは、同じ液面高であれば液面揺動の一次固有周期も同じになるため、スロッシングにより複数のタンクが同時に被害を受ける可能性があり、石油備蓄基地などでは注意が必要である。

(1) スロッシングによる内容物の溢流

浮き屋根式のタンクでは、スロッシング波高がタンクの余裕空間高さを超えた場合に内容物の溢流が生じる。固定屋根式及び内部浮き蓋式のタンクでは、波高が大きく液面が屋根板に達するような場合、屋根板と側板との接合部が放爆構造のため弱く作られていることから、スロッシングの波圧により接合部が損傷して内容物が溢流する危険性がある。

(2) スロッシングによる浮き屋根・浮き蓋損傷

スロッシングが生じると、浮き屋根式及び内部浮き蓋式タンクでは浮き屋根（蓋）とタンク側板や付属設備とが衝突することにより、タンク側板や屋根の変形・破損、浮き屋根上への油の滞留、浮き屋根・浮き蓋の沈没等が生じる恐れがあり、特にスロッシング波高が大きい場合にはその危険性が高い。

なお、シングルデッキタイプの浮き屋根を持つ特定タンクで、容量2万kl以上のタンクについては、平成28年度末までに浮き屋根の強度に関する技術基準に適合する必要がある。

(3) スロッシングに伴う火災

スロッシングに伴う火災の形態としては、溢流火災や爆発・火災、タンク火災が考えられる。

浮き屋根式のタンクでは、スロッシングにより内容物が溢流すると、タンク周辺の防油堤内で溢流火災が発生する可能性がある。

また、内部浮き蓋式タンクでは、浮き蓋の損傷により浮き蓋上への油の漏えいがあった場合に、浮き蓋上の空間で爆発限界濃度範囲の可燃性蒸気が滞留する危険性があり、場合

ⁱ 座間信作：2003年十勝沖地震にみる石油タンク被害の特徴と対策，物理探査，第59巻第4号(2006),353-362

によっては爆発・火災に到る可能性も否定できない。

タンク火災については、浮き屋根式のタンクで大きなスロッシングが生じた場合に、浮き屋根が側板や周辺設備に衝突してリング火災や屋根上への流出油火災が生じる恐れがある。また、浮き屋根が破損・沈降した場合には、何らかの原因で着火して全面火災となる危険性があり、特に 10 万 kl 程度の大規模タンクでは、スロッシング波高が小さくても浮き屋根が損傷する可能性があるので注意が必要である。

図 6.7.1～6.7.4 に、このようなスロッシングによる危険物タンクの災害拡大イベントツリーを示す。

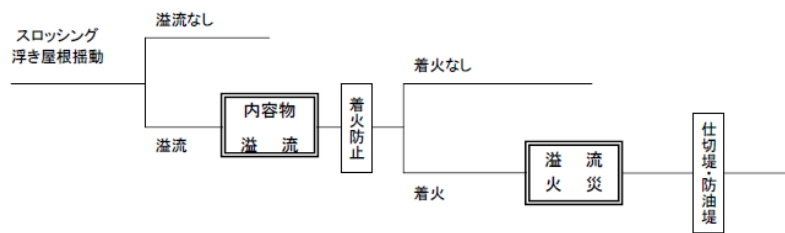


図 6.7.1 スロッシングによる危険物タンクの災害拡大イベントツリー
(浮き屋根式タンク・屋根からの溢流)

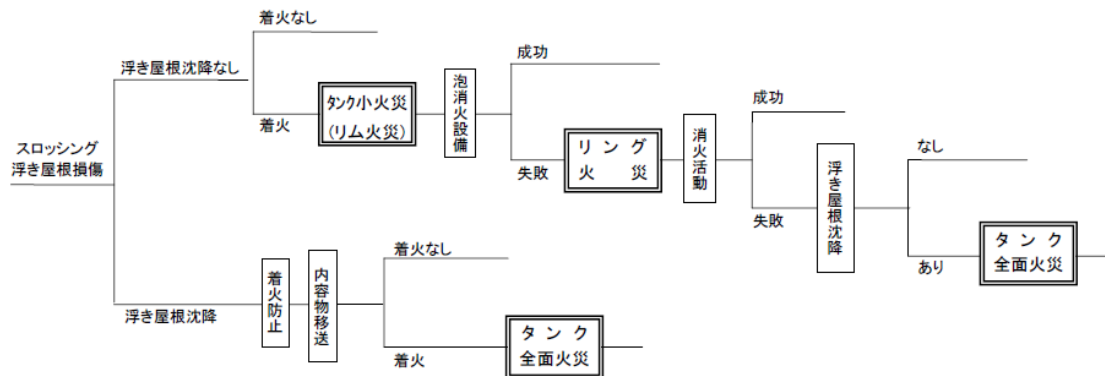


図 6.7.2 スロッシングによる危険物タンクの災害拡大イベントツリー
(浮き屋根式タンク・タンク火災)

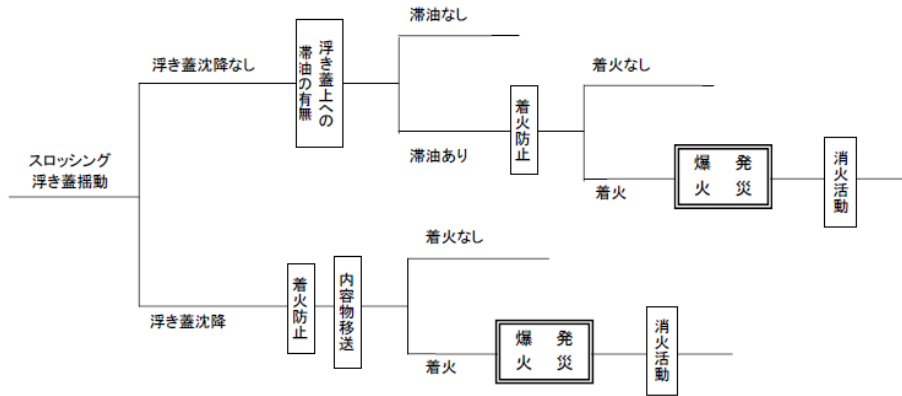


図 6.7.3 スロッシングによる危険物タンクの災害拡大イベントツリー
(内部浮き蓋式タンク・爆発火災)

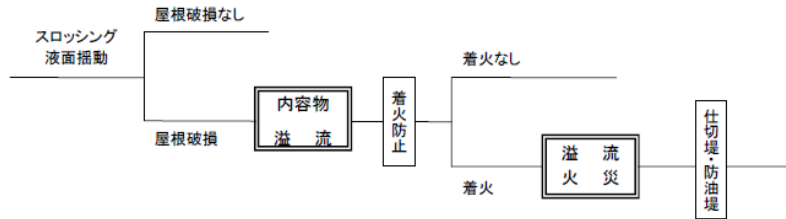


図 6.7.4 スロッシングによる危険物タンクの災害拡大イベントツリー
(固定屋根式及び内部浮き蓋式タンク・屋根破損)

6.8. 災害の影響度の推定

ここでは、発生した場合の影響が大きいと考えられるタンク全面火災及びタンク全面・防油堤火災について、影響度の推定を行う。固定屋根式及び内部浮き蓋式のタンクについては、タンク全面火災に到る可能性は低いと考えられるが、参考として全タンクの推定を行う。

(1) 影響度の算定条件

影響度の算定条件は以下のとおりである。

(タンク全面火災)

しきい値	液面火災の放射熱：2.3kW/m ² (2,000kcal/ m ² h)	
様相	タンク屋根で出火し全面火災となる。	
火炎形状	タンク底面に等しい火炎底面を持つ円筒形火炎をタンク屋根上に想定し、火炎高さは底面半径の3倍とした。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となるタンク中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	火炎の放射熱の算出	火炎モデル (資料 3 式 11, 12, 15)

(タンク全面・防油堤火災)

しきい値	液面火災の放射熱：2.3kW/m ² (2,000kcal/ m ² h)	
様相	タンク屋根で出火し全面火災となり、さらにボイルオーバーにより防油堤内火災となる。	
火炎形状	平常時防油堤内流出火災と同じ。	
影響範囲	火炎中央の高さにおいて、放射熱が許容値以上となる火炎中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	火炎の放射熱の算出	火炎モデル (資料 3 式 11, 12, 15)

(2) 災害の影響範囲

京浜臨海地区における災害の影響については、p.4-112 の表 4.4.11 の DE8 及び DE9 が、根岸臨海地区における災害の影響については、p.4-130 の表 4.4.24 の DE8 及び DE9 が、久里浜地区における災害の影響については、p.4-140 の表 4.4.34 の DE8 及び DE9 がそれぞれ対応する。

7. 大規模災害による被害を対象とした評価

7.1. 前提となる大規模災害の想定

ここでいう「大規模災害」は、石油類の流出が防油堤外さらには事業所外に拡大していくような場合、石油類や可燃性ガスの火災・爆発が隣接施設を損傷してさらなる爆発・火災を誘発して拡大していくような場合である。このような災害は発生が低頻度であることから発生危険性が極めて低いとして従来とりあげられないことが多かった。しかし東日本大震災では、千葉県市原市で発生した LPG タンクの爆発火災のように、これまで想定していなかったような大規模な災害が発生している。このことを踏まえ、評価上の発生確率は極めて小さい災害であったとしても、発生した時の影響が甚大な災害については想定災害として取り上げ、影響評価を行うこととする。なお、4.4 における平常時のリスクマトリックスでは低頻度大規模災害として確率的な評価が与えられているが、本章では発生確率の算定が特に困難と考えられるような、連鎖的に影響が拡大する事象に対して影響評価を行い、確率には言及しない。ただし低頻度で起こる事象であることから、リスクマトリックスで表現した場合、図 7.1.1 内において太枠で囲んだ部分に該当するイメージとなる。

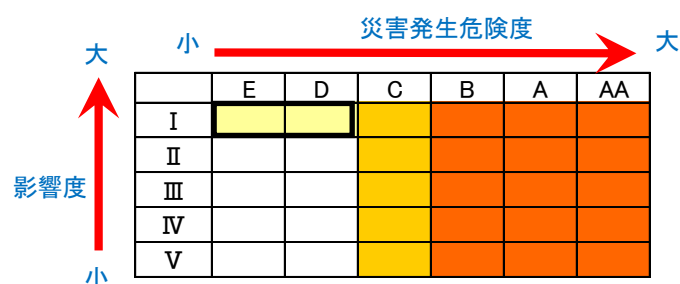


図 7.1.1 リスクマトリックスにおける大規模災害の扱い

影響評価の対象とする災害事象は、発生した場合の影響が大きいと考えられる、高圧ガスタンクの爆発火災（ファイヤーボールによる放射熱、蒸気雲爆発による爆風圧、BLEVE による破片の飛散）、プラント製造施設の爆発火災とする。

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) とは、沸点以上の温度で貯蔵している加圧液化ガスの貯槽や容器が何らかの原因により破損し、大気圧まで減圧することにより急激に気化する爆発的蒸発現象である。典型的には、火災時の熱により容器等が破損して BLEVE を引き起こす。BLEVE の発生は内容物が可燃性のものに限らないが、可燃性の場合には着火してファイヤーボールと呼ばれる巨大な火球を形成することが多い。

なお、各地区コンビナートの事業所はそれぞれでこういった災害発生の可能性を想定し、様々な対応策を検討しており、代表的な対策についても各項目で触れる。

7.1.1. 算定条件

影響度の許容値（しきい値）

高圧ガスタンクの爆発による災害（ファイヤーボールによる放射熱及び蒸気雲爆発による爆風圧）及びプラント製造施設の爆発の影響の許容値は、消防庁指針に従って表 7.1.1 のように設定し、災害の影響範囲は影響の大きさが許容値以上となる範囲とした。

表 7.1.1 影響度の許容値（しきい値）

現象	許容値（しきい値）	設定理由
高圧ガスタンクの爆発による災害 （ファイヤーボールによる放射熱）	4.6 kW/m ²	10～20秒で苦痛を感じる強度
	9.5 kW/m ²	8秒で痛みの限界に達し、20秒で第2度の火傷（赤く斑点ができ水疱が生じる）を負う
	11.6 kW/m ²	現指針（平成13年）に示されているファイヤーボールの基準値
高圧ガスタンクの爆発による災害 （蒸気雲爆発による爆風圧）	2.1kPa	安全限界（この値以下では95%の確率で大きな被害はない）
	5kPa	家屋が多少の被害を被る
	16kPa	建物の大きな被害の限界
プラント製造施設の爆発 （蒸気雲爆発による爆風圧）	2.1kPa	安全限界（この値以下では95%の確率で大きな被害はない）
	5kPa	家屋が多少の被害を被る
	16kPa	建物の大きな被害の限界

災害事象の詳細条件

なお、高圧ガスタンクの爆発による災害（ファイヤーボールによる放射熱、蒸気雲爆発による爆風圧及び BLEVE による破片の飛散）及びプラント製造施設の爆発は、以下の表に従って予測を行った。

① 高圧ガスタンクの爆発による災害（ファイヤーボールによる放射熱）

様相	周辺火災等の影響によってBLEVEが発生しそれに伴い、ファイヤーボールが形成される（フラッシュ率からファイヤーボールを形成するガス量を求める）。	
影響範囲	放射熱が許容値以上となるファイヤーボール中心直下からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	ファイヤーボールによる放射熱の算定	資料3 式21

② 高圧ガスタンクの爆発による災害（蒸気雲爆発による爆風圧）

様相	周辺火災等の影響によってBLEVEが発生しそれに伴い、気化した液化ガスが拡散、火災に引火して蒸気雲爆発が起こる。	
影響範囲	爆風圧が許容値以上となるタンク中心からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	爆発中心からの距離の算出	資料3 式17

③ 高圧ガスタンクの爆発による災害（BLEVEによる破片の飛散）

様相	周辺火災等の影響によってBLEVEが発生し、容器の破裂によって破片が飛散する。	
影響範囲	タンク中心からの破片の飛散距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	破片の飛散距離の算出	資料3 式22

④ プラント製造施設の爆発

様相	プラント製造施設の可燃性ガス滞留箇所において反応暴走が生じ、ガス全量が火災に引火して蒸気雲爆発が起こる。	
影響範囲	爆風圧が許容値以上となる最大滞留箇所からの距離を影響距離とし、これを半径とする円内を影響範囲とした。	
使用した式	爆発中心からの距離の算出	資料3 式17

7.2. 高圧ガスタンクの爆発による災害

7.2.1. 想定災害

高圧ガスタンクにおいて、爆発火災が発生した場合の影響を評価する。ここでは、周辺火災等の影響により BLEVE 及びファイヤーボールが生じる場合を想定し、ファイヤーボールによる放射熱、BLEVE 後の蒸気雲爆発による爆風圧及び破片の飛散について算定を行う。なお、評価対象とするタンクは、可燃性の液化ガスタンク（低温液化ガスタンクを含み、毒性ガスタンク及び気体状態のガスタンクは除く）である。

東日本大震災での市原市の例の場合、球形 LPG 貯槽（地震当時は満水状態）が倒壊して周辺の配管を破損し、直ちに漏洩停止することができず、長時間にわたって LPG が漏洩し、火災に至ったものである。当時の対応では周辺タンクへの散水冷却を実施していたが、火災発生からおよそ 1 時間強で最初の BLEVE が発生し、その後 5～10 分間隔で計 5 回の大規模爆発が発生している。

したがって、高圧ガスタンクの周辺で火災が発生し、漏洩停止できず火災が継続するような場合には BLEVE 発生危険性がある。可燃性ガスタンクとその周辺設備等には冷却散水設備や水膜設備の設置されており、タンクにも断熱構造が施されているものもあるが、特にタンクが近接して設置されているような場合は、十分な散水冷却が行えないことも予想され、注意が必要である。

実際の災害現場における応急対応例として、周辺火災から高圧ガスタンクの爆発に到るまでのフロー図を図 7.2.1 に示す。

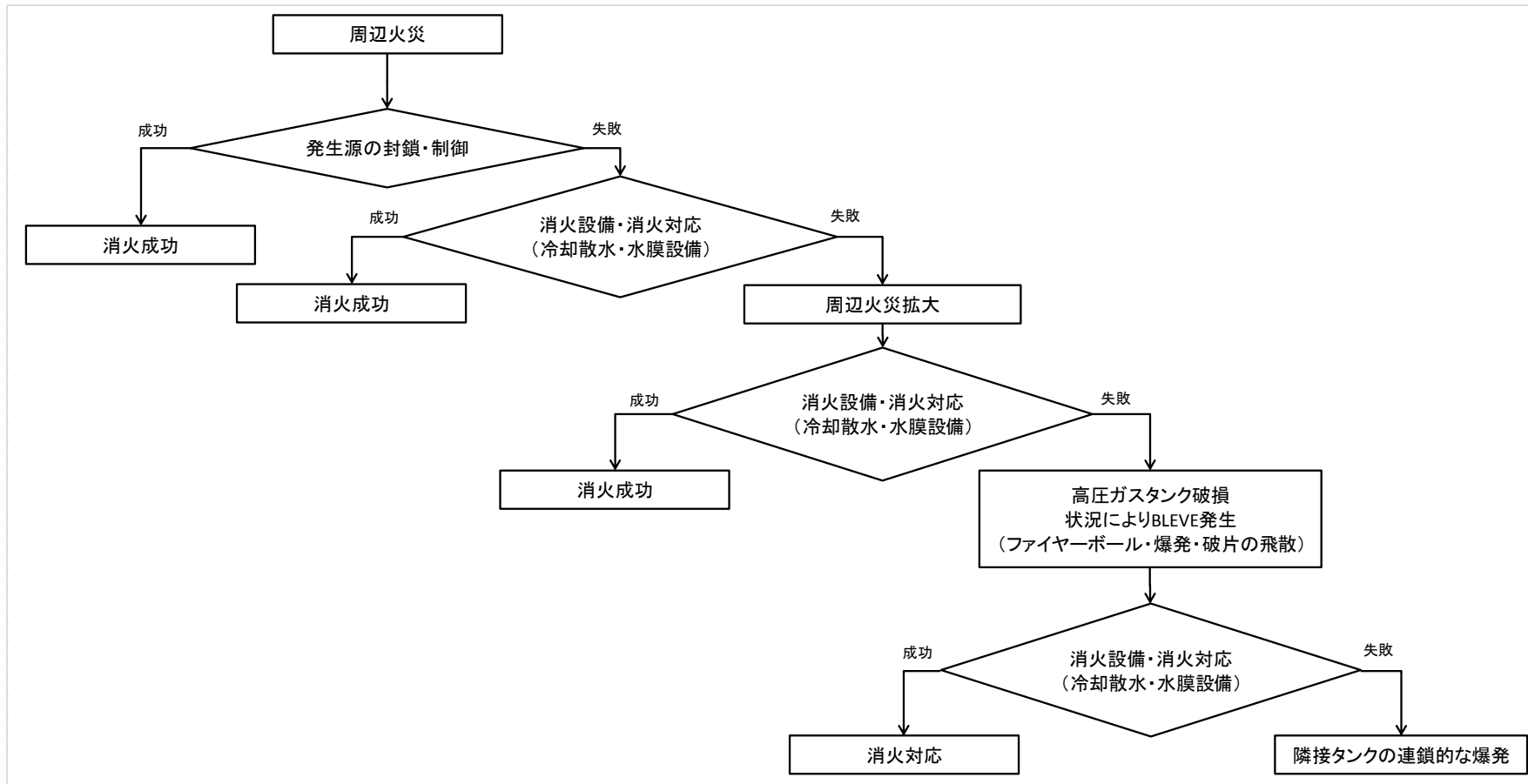


図 7.2.1 タンク火災から BLEVE に到る災害拡大フロー図

7.2.2. 影響評価

ファイヤーボールによる放射熱

図 7.2.1 にファイヤーボールによる放射熱の影響距離（タンク中心からの距離）の分布を示す。7.1.1(2)の想定に基づき求めたファイヤーボールの放射熱の影響の大きさを、表 7.2.1 に示す。現指針（平成 13 年）に示されているファイヤーボールの指針値（11.6 kW/m²）をしきい値とした場合、影響距離が 2,000m を超えるタンクは京浜臨海地区で 19 基、根岸臨海地区で 4 基あり、周辺環境に与える影響は大きい。

表 7.2.1 ファイヤーボールによる放射熱の影響度分布

区分	ファイヤーボールによる放射熱		
	4.6 kW/m ²	9.5 kW/m ²	11.6 kW/m ²
京浜臨海地区			
2,000m 以上	96	49	19
1,000～2,000m	75	82	108
500m～1,000m	33	67	59
200m～500m	4	9	21
200m 未満	6	7	7
根岸臨海地区			
2,000m 以上	15	8	4
1,000～2,000m	2	9	13
500m～1,000m	0	0	0
200m～500m	0	0	0
200m 未満	6	6	6
久里浜地区（対象タンクなし）			

蒸気雲爆発による爆風圧

図 7.2.2 に蒸気雲爆発による爆風圧の影響距離（タンク中心からの距離）の分布を示す。7.1.1(2)の想定に基づき求めた蒸気雲爆発による爆風圧の影響の大きさを、表 7.2.2 に示す。安全限界（この値以下では 95%の確率で大きな被害はない）である 2.1kPa をしきい値とした場合、影響距離が 2,000m を超えるタンクは京浜臨海地区で 12 基、根岸臨海地区で 6 基あり、周辺環境に与える影響は大きい。

表 7.2.2 蒸気雲爆発による爆風圧の影響度分布

区分	蒸気雲爆発による爆風圧		
	2.1kPa	5kPa	16kPa
京浜臨海地区			
2,000m 以上	12	0	0
1,000～2,000m	66	12	0
500m～1,000m	69	77	7
200m～500m	56	87	85
200m 未満	11	38	122
根岸臨海地区			
2,000m 以上	6	0	0
1,000～2,000m	15	6	0
500m～1,000m	2	15	6
200m～500m	0	2	15
200m 未満	0	0	2
久里浜地区（対象タンクなし）			

BLEVE による破片の飛散

図 7.2.3 に BLEVE による破片の飛散の影響距離（タンク中心からの距離）の分布を示す。7.1.1(2)の想定に基づき求めた蒸気雲爆発による爆風圧の影響の大きさを、表 7.2.2 に示す。影響距離が 2,000m を超えるタンクは京浜臨海地区で 21 基、根岸臨海地区で 10 基あり、周辺環境に与える影響は大きい。

表 7.2.3 BLEVE による破片の飛散の影響度分布

区分	BLEVE による破片の飛散
京浜臨海地区	
2,000m 以上	21
1,000～2,000m	176
500m～1,000m	0
200m～500m	0
200m 未満	0
根岸臨海地区	
2,000m 以上	10
1,000～2,000m	13
500m～1,000m	0
200m～500m	0
200m 未満	0
久里浜地区（対象タンクなし）	

7.3. プラント製造施設の爆発による災害

7.3.1. 想定災害

プラント製造施設の短時間大量流出ガス爆発を想定する。このような災害は、反応容器の温度・圧力管理の不具合や、重合反応などのプロセスにおける反応暴走により起こり得る。幸い東日本大震災では大きな事故は発生していないが、大規模地震時には電力会社からの送電停止や周波数変動、非常用発電設備の停止などが長時間にわたり発生する可能性もあり、全電源喪失によるユーティリティの停止も一因となるものと考えられる。

ただし、このような災害事象の発生危険性は個々のプラントのプロセス毎に異なり、本調査で評価対象としているすべての製造施設において、このような爆発が起こり得るというものではない。しかしながら、コンビナート全域を対象としたアセスメントでは、個々のプラントのプロセスを考慮した詳細な評価は困難であることから、ここでは各プラントにおいて取扱われる可燃性ガスの最大滞留量に基づき評価を行う。

反応暴走のおそれのある施設では、反応温度及び圧力が常時監視されており、異常値検知の際は警報を発する仕組みがある。また、圧力上昇による反応容器の破損・破裂を防止するために破裂板及び安全弁が設置されている。反応異常が継続し正常復帰が困難な場合には、反応容器ごとに設置している緊急停止設備により緊急停止剤を添加することで反応が止められるようになっているものもある。さらに、異常時には後工程の回収タンクに内容物の移送を行うことをかろうとしているものもあるが、電力喪失や誤操作・誤判断などによりこれらが正常に行えなかった場合には、異常反応による爆発が発生することも考えられる。

実際の災害現場における応急対応例として、プラント反応異常から製造施設の爆発に到るまでのフロー図を図 7.2.2 に示す。

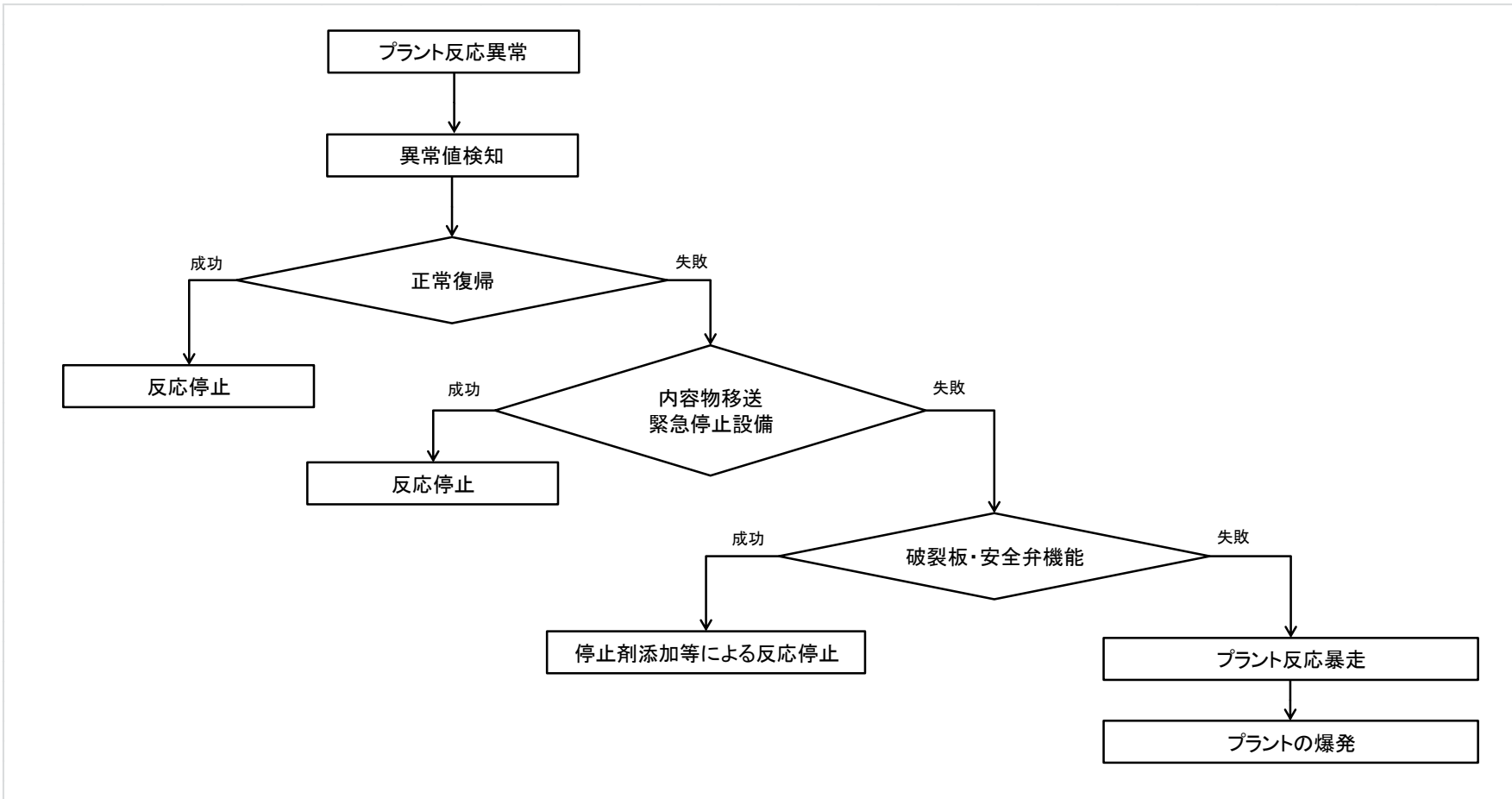


図 7.2.2 プラント反応暴走から製造施設の爆発に到る災害拡大フロー図

7.3.2. 影響評価

確率的なリスク評価では、製造プラントにおいて取扱う可燃性ガスが、最大滞留する箇所においてその全量が蒸気雲爆発する場合の爆風圧を TNT 等価法により評価した。ここでは、可燃性ガスを取扱い、反応暴走のおそれのある設備を有する製造施設を対象として、蒸気雲爆発による爆風圧の影響を評価する。予測に用いた式は、資料 3 の式 17 である。

図 7.3.1 に蒸気雲爆発による爆風圧の影響距離（プラント施設中心からの距離）の分布を示す。7.1.1(2)の想定に基づき求めたプラント製造施設の爆発による爆風圧の影響の大きさを、表 7.3.1 に示す。安全限界（この値以下では 95%の確率で大きな被害はない）である 2.1kPa をしきい値とした場合、影響距離が 500m～1,000m に区分されるタンクは 5 基あり、周辺環境に与える影響は大きい。

表 7.3.1 プラント製造施設の爆発による爆風圧の影響度分布

区分	プラント製造施設の爆発による爆風圧		
	2.1kPa	5kPa	16kPa
京浜臨海地区			
2,000m 以上	0	0	0
1,000～2,000m	0	0	0
500m～1,000m	5	0	0
200m～500m	11	8	0
200m 未満	7	15	23
根岸臨海地区（対象施設なし）			
久里浜地区（対象施設なし）			

注) 反応容器等の圧力上昇に伴う爆発に関しては、容器の破裂圧力を推定して評価を行うことが必要となる。しかし、容器の破裂圧力の推定にはより詳細な調査が必要となることから、これに代わり蒸気雲爆発を前提とした評価を行う。塔槽類の最大滞留量の全量を想定した蒸気雲爆発の評価により、容器内に大量の可燃性ガスが滞留するような大規模なプラントにおいては、破裂による影響を包含できるものと考えられる。しかしながら、容器内の可燃性ガス滞留量が少なく、破裂圧力が大きくなるようなプラントでは過小評価となることがあり得る。

7.4. 想定されるその他の大規模災害

ここでは想定される大規模災害のうち、タンク本体あるいは配管の大破に起因する災害（防油堤等から海上への石油類流出及び防油堤火災の延焼拡大）を取り上げる。

7.4.1. 防油堤等から海上への流出

タンクから石油類が大量に流出し、防油堤や流出油等防止堤が地震や液状化の影響で大きく損傷した場合には、流出油は事業所外の陸上あるいは海上に拡大していく可能性がある。このような災害は、現在の技術基準からすると考えにくいですが、施設の老朽化、施工不良、あるいは管理体制の問題など評価が困難な要因により、発生する可能性は否定できない。石油類の大量流出は、地面の微妙な傾斜や起伏だけでなく広大な堤の損傷個所にも依存するため事前に拡大様相を把握することは難しい。また流出油等防止堤が健全であったとしても、油が排水溝を通して海上に流出する可能性がある。

1978年の宮城沖地震では重油タンクの側板と底板の接合部付近が破断し、約70,000klの重油が流出した。陸上での拡大は流出油等防止堤で防止できたが、一方では排水溝を通してガードベースン（容量6,000kl）に流出した。直ちに港湾に通ずる排水口の緊急遮断ゲートの閉鎖を行ったが、ヘドロが堆積していたため完全に閉鎖できず、土のうやダンプによる土砂の搬入等により封鎖を完了するまでに数千klが海上に流出した。しかしながら、海上に流出した重油の大半は第1次オイルフェンスでくい止めることに成功した。

このような事故は、当時よりは起こりにくくなっているもののやはり起こり得ることを想定し、発災時の被害を低減するための対策を検討する必要がある。特に大規模なタンクが海側に面している事業所については、海上流出を防止する設備の整備の他、流出時の緊急対応や海面火災に対する対応等が行われる。海上流出を防止する設備については、最大で100,000kl以上の流出油を受け入れることが可能な防油堤や流出油防止堤、4km以上の展張可能なオイルフェンス、2,000kl以上の流出油を受け入れることが可能なガードベースン等がある。また、防油堤を3重にして、複数のタンクが同時に破裂し通常の防油堤容量以上の油が流出した場合でも海上流出を防ぐことができるように自主的に設置している事業所もある。

実際の災害現場における応急対応例として、防油堤等から海上への大量流出に到るまでのフロー図を図7.4.1に示す。なお海上流出及び海面上火災が起こった場合には表7.4.1に示すような緊急対応が取られる。

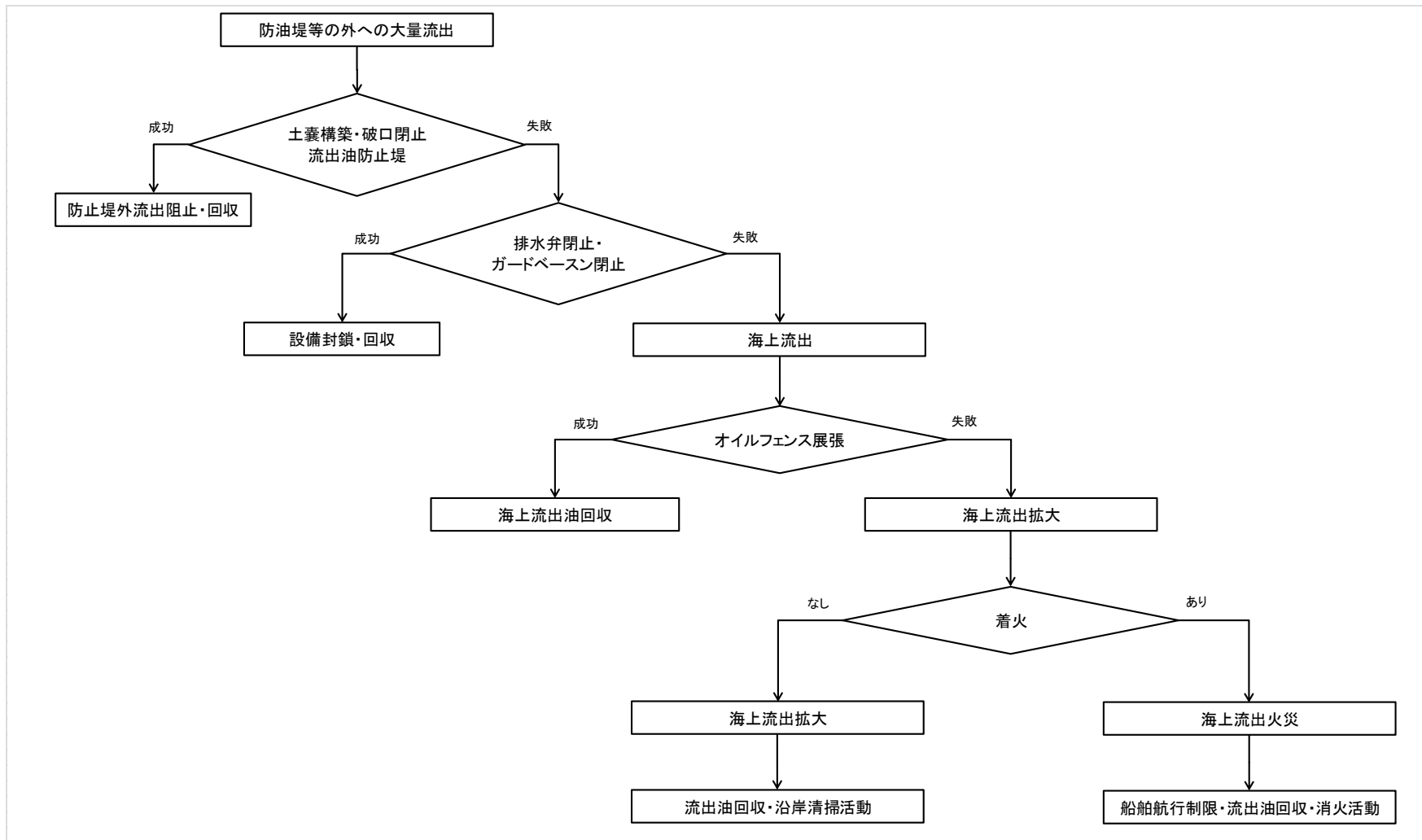


図 7.4.1 防油堤等から海上へ大量流出に到る災害拡大フロー図

表 7.4.1 海上流出・海面上火災が起こった場合の緊急対応

災害事象	緊急対応
海上流出	破口部の閉鎖が可能なら閉止板取付等を行い閉鎖する。不可能な場合他タンクや船への油移送等を行う。破口部・路面廃水系統へ土嚢構築、排水弁を閉止する。 ガードベースン閉止（油膜検知によるチェックピット自動閉止、または要員による手動閉止） 火気監視、ガス検知等で危険物の漏洩を常時監視する。検知時に警報発信。 流出油の回収（油回収船による回収、油吸着マットで回収、オイルフェンスの包囲展張による回収） 清掃活動（護岸等への付着油の除去・清掃）
海面上火災発生	船舶の航行制限 流出油の回収（オイルフェンスで包囲、水噴霧による油蒸気の拡散、ゲル化剤等による固化・油蒸気抑制後、包囲・回収） 消火活動（防災船による泡放射、消防車両・消火装置による放水）

7.4.2. 防油堤火災からの延焼拡大

タンクから石油類が大量に流出した場合、それが引火点の低い第1石油類であった場合には、着火して広範囲に広がる火災につながる可能性がある。1964年の新潟地震ではスロッシングにより5基の原油タンク（30,000～45,000kl）の上部から溢流し、タンク群が全面炎上した。さらに、地震により防油堤が破壊されたため流出火災は防油堤外に拡大し、付近の民家にも延焼した。

耐震基準が強化された大規模タンクだけでなく、比較的脆弱な準特定タンクや小容量危険物タンクについても注意すべきである。これらは、貯蔵量が少ないものの、多くのタンクが仕切られることなく1つの防油堤の中に設置されており、火災が防油堤全面に拡大する危険性をはらんでいる。

石油類の流出火災は、拡大範囲（火災面積）を推定して放射熱の影響を算定することになるが、周辺のタンクやプラントなどの施設がどの程度の放射熱を受けると損傷するかの判断も難しく、防油堤外に延焼する場合となれば、予測が不可能である。

しかしながら、京浜臨海地区、根岸臨海地区、久里浜地区はそれぞれコンビナート外の近傍地域に公園や学校、公共施設といった保安対象物件が立地していることから、コンビナート外に火災が延焼拡大した場合の対策を無視するわけにはいかない。特に陸上側コンビナート外に面した事業所については、陸上方向への延焼拡大を阻止する設備の整備の他、コンビナート外へ延焼拡大した際の緊急対応が行われる。延焼を阻止するための設備としては、放水設備、大型消火器、消防ポンプ、補助泡消火栓、土嚢構築、水幕設備等があり、

分散して保有されている。

実際の災害現場における応急対応例として、防油堤内流出火災から防油堤外への火災拡大に到るまでのフロー図を図 7.4.2 に示す。なお防油堤が破壊され、コンビナート外まで延焼拡大する可能性がある場合には表 7.4.2 に示すような緊急対応が取られる。

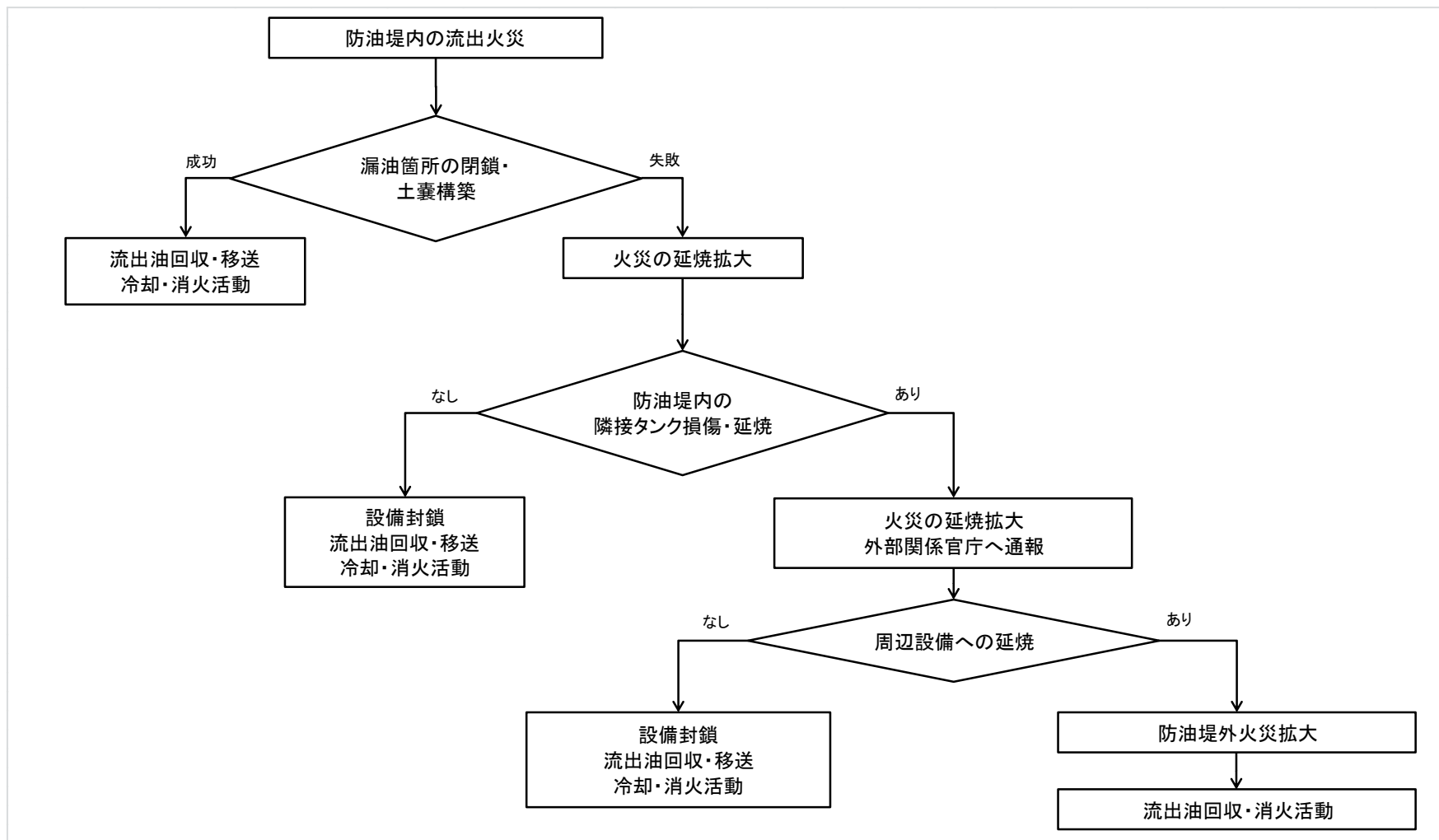


図 7.4.2 防油堤内流出火災から防油堤外への延焼拡大に到る災害拡大フロー図

表 7.4.2 コンテナ外への火災延焼拡大が起こった場合の緊急対応

災害事象	緊急対応
防油堤破壊	事業所内緊急通報 漏油箇所の閉鎖、破口部へ土嚢構築 プラント・タンク間の弁閉止 状況により全面操業停止 外部の関係官庁に通報し、外部機関と連携対応準備を進める。 緊急事態対策組織及び現場本部の設置
流出油拡大及び火災発生	延焼の危険性がなければ、他タンクもしくは船へ油移送（発災タンクからの残油を移送）する。 可燃性ガス・有毒ガスの検知と監視室への警報発信 冷却散水設備（殆どのタンクについて設置されている）の稼働。 流出油の陸上回収（自衛防災組織による除去・回収、ゲル化剤等で固化・回収、仮設ポンプで回収、油吸着マットで回収、付着油の除去・清掃） 消火活動の実施（消防車、補助泡消火栓、可搬式消防ポンプにて泡消火剤の散布等）

8. 津波による被害を対象とした評価

本章では、津波によって、特別防災区域にある施設が受ける被害について評価を行う。

最初に、東日本大震災における津波による被害の状況をまとめる。

次に、神奈川県が平成 24 年 3 月に公表している津波浸水予測図⁴³ をもとに、施設が被害を受ける可能性について評価を行った。

危険物タンクについては、消防庁が公表しているシミュレーションツール⁴⁴ を用いて、定量的な評価を行った。高圧ガス施設については、東日本大震災の被害事例に基づき、想定される災害を定性的に把握することとした。

8.1. 東日本大震災における津波による被害の発生状況

8.1.1. 危険物施設の被害状況

消防庁の「東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討会」が行った危険物施設の調査の結果⁴⁵ のうち、都道県別の被災施設数と主な被害原因を表 8.1.1 に、施設形態別の被害の主な原因と被害の内訳を表 8.1.2 に、それぞれ示す。

被災施設数は、16 都道県の 3,341 施設あり、そのうち津波による被害を受けた施設はおよそ 55%であり、屋外タンク貯蔵所では、火災 1 件、流出 92 件、破損及びその他の被害が多数発生している。ただし、神奈川県では、津波による被害は発生していない。

さらに、同調査の結果では、調査対象とした屋外タンク貯蔵所のタンク（224 基）について、浸水深 1 m未満では、タンク本体及び配管ともに被害が発生した事例はなく、浸水深が 1 m以上 3 m未満では、許可容量が小さなタンクにおいて被害が発生した事例はあるが、ほとんどのタンク及び配管では、被害は発生していなかった。

表 8.1.1 都道県別の被災施設数と主な被害原因

原因等	北海道	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県	茨城県	栃木県	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	新潟県	計
地震	0	0	85	289	9	6	317	499	40	2	9	92	7	28	26	1409
津波	10	127	429	1048	0	0	153	40	0	0	0	14	0	0	0	1821
判別不明	0	16	7	59	0	0	21	8	0	0	0	0	0	0	0	111
都道県別計	10	143	521	1396	9	6	491	547	40	2	9	106	7	28	26	3341
被災率(%)	0.3	4.3	15.6	41.8	0.3	0.2	14.7	16.4	1.2	0.1	0.3	3.2	0.2	0.8	0.8	100

⁴³ 神奈川県津波浸水予測図（平成 24 年 3 月公表）（<http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f360944/>）

⁴⁴ 消防庁危険物保安室が配布している「屋外貯蔵タンクの津波被害シミュレーションツール」（総務省消防庁危険物保安室，平成 24 年 8 月）（<http://www.fdma.go.jp/concern/publication/simulatetool/>）

⁴⁵ 消防庁危険物保安室・特殊災害室：東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討報告書(2011)。

表 8.1.2 施設形態別の被害の主な原因と津波被害の内訳

施設形態	調査地域内の施設数 (件)	被災施設数 (件)	火災	流出	破損	その他	計
製造所	2,058	80	0	0	3	1	4
屋内貯蔵所	20,761	217	0	1	127	8	136
屋外タンク貯蔵所	26,572	841	1	92	219	86	398
屋内タンク貯蔵所	5,161	21	0	2	17	0	19
地下タンク貯蔵所	52,015	318	0	2	124	41	167
簡易タンク貯蔵所	378	4	0	0	2	2	4
移動タンク貯蔵所	36,037	366	28	0	230	100	358
屋外貯蔵所	4,704	60	0	2	52	3	57
給油取扱所	29,187	823	0	1	281	25	307
販売取扱所	860	6	0	0	3	1	4
移送取扱所	587	44	0	2	14	7	23
一般取引所	33,557	561	7	4	275	58	344
合計	211,877	3,341	36	106	1,347	332	1,821

8.1.2. 高圧ガス施設の被害状況

経済産業省では、東北3県（岩手県、宮城県、福島県）の高圧ガス保安法適用事業所のうち、津波による被害があり、かつ、事業所における浸水深を把握できた73事業所（石油コンビナート以外の事業所を含む）について、津波被害に関する追加詳細調査を実施し、浸水深に応じた被害の発生状況を整理している（表8.1.3）。これによると、浸水深1m未満の津波により計装設備、ガス漏洩検知警報設備、防消火設備の破損・不具合、動機器・静機器の損傷・不具合、配管・弁等の変形・破損・不具合、容器置き場等の倒壊・破損、容器の転倒、事務所等の倒壊・破損等が起き、浸水深が1～2mでは、緊急遮断装置の破損・不具合、貯槽等の基礎、脚部等の損傷、高圧ガス容器の流出などの被害も起き、浸水深が2～3mになると、高圧ガスローリーの流出の被害も起き、浸水深3m以上では、貯槽塔の倒壊・転倒や高圧ガス設備の流出が起きている。

表 8.1.3 事業所の浸水深と津波による被害⁴⁶

浸水深	津波の被害を受けた事業所数	津波による被害の状況（複数回答あり）										
		貯槽塔の倒壊・転倒	緊急遮断装置の破損・不具合	計装設備、ガス漏洩検知警報設備、防火設備の破損・不具合	動機器、静機器の損傷・不具合	配管・弁等の変形・破損・不具合	貯蔵等の基礎、脚部等の損傷	容器置場等の倒壊・破損、容器の転倒	事務所等の倒壊・破損	流出の状況		
										高圧ガス設備の流出	高圧ガスローリーの流出	高圧ガス容器の流出
5m以上	20	4	5	11	8	12	12	9	13	7	1	13
		20%	25%	55%	40%	60%	60%	45%	65%	35%	5%	65%
3m以上 5m未満	20	1	12	17	12	17	5	10	13	1	2	9
		5%	60%	85%	60%	85%	25%	50%	65%	5%	10%	45%
2m以上 3m未満	13	0	4	7	6	5	3	3	7	0	5	5
		0%	31%	54%	46%	38%	23%	23%	54%	0%	38%	38%
1m以上 2m未満	16	0	2	6	5	6	1	3	3	0	0	4
		0%	13%	38%	31%	38%	6%	19%	19%	0%	0%	25%
1m未満	4	0	0	2	1	1	0	2	3	0	0	0
		0%	0%	50%	25%	25%	0%	50%	75%	0%	0%	0%
合計	73	5	23	43	32	41	21	27	39	8	8	31

※パーセンテージは、津波高さ毎の事業所数における被害の割合

⁴⁶ 「東日本大震災を踏まえた高圧ガス施設等の地震・津波対策について」（平成 24 年 4 月 総合資源エネルギー調査会 高圧ガス及び火薬類保安分科会 高圧ガス部会）

8.2. 前提となる地震の想定

県では、東日本大震災による甚大な津波被害を受け、「津波浸水想定検討部会」において、技術的見地から従前の津波浸水予測の再検証・見直しを行い、新たな津波浸水予測図を作成して平成 24 年 3 月に公表している。

検証にあたっては、「発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波」を想定し、表 8.2.1 に示す 12 の地震により生じる津波をシミュレーションの対象としている。また、陸上区域では 36m、12m メッシュでの浸水シミュレーション計算を実施している。なお、海岸保全施設が、想定地震によりどのように変位するかは不確定であり、面で起こる浸水は背後地盤の高さが大きく影響するため、護岸形式の施設に関しては原則として背後地盤で評価している。（ただし、耐震評価、地震動の評価をしているものは考慮している。）

津波による被害における対象となる地震については、検討部会資料⁴⁷によれば、特別防災区域における最大クラスの地震は、京浜臨海地区、根岸臨海地区、久里浜地区全て、慶長型地震⁴⁸であった。ここでは、慶長型地震を想定した浸水深を設定した検討を行うこととした。

慶長型地震における津波浸水予測図を図 8.2.1 に示した。

京浜臨海地区では、川崎港で最大津波高は 3.7m と予測され、最大津波高の到達時間は 96 分と予測されている。根岸臨海地区では、横浜港（根岸湾周辺）で最大津波高は 4.6m と予測され、最大津波高の到達時間は 81 分と予測されている。久里浜地区では、横須賀港（久里浜）で最大津波高は 6.6m と予測され、最大津波高の到達時間は 61 分と予測されている。

なお、県では、国等から示された新たな知見を踏まえ、検討部会を開催し、現在、検討を行っている。

⁴⁷ 神奈川県 津波浸水想定検討部会 平成 25 年 1 月 25 日資料「資料-2 地域海岸及び設計津波の対象津波群の設定」

⁴⁸ 地震の揺れはあまり大きくなくても津波が大きい地震（津波地震）として知られており、痕跡等の史料は乏しいが、本県に対し最大規模の津波を生じる可能性があるため対象としている。＜震源位置図（12 地震） 【参考】 第 5 回 津波浸水想定検討部会：
<http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f300010/p419449.html>

表 8.2.1 津波浸水予測で対象とした地震 ⁴⁹

対象地震	マグニチュード
明応型地震	8.4
慶長型地震	8.5
元禄型関東地震と神縄・国府津－松田断層帯地震の連携地震	8.3
南関東地震	7.9
神奈川県西部地震	7クラス
東海地震	8クラス
神奈川県東部地震	7クラス
神縄・国府津－松田断層帯地震	7.5
元禄型関東地震	8.1
房総半島南東沖地震	8クラス
三浦半島断層群－鴨川低地断層帯地震	7クラス
東京湾内地震	7クラス

⁴⁹ 新たな津波浸水予測図解説書 平成 24 年 3 月 30 日 神奈川県県土整備局

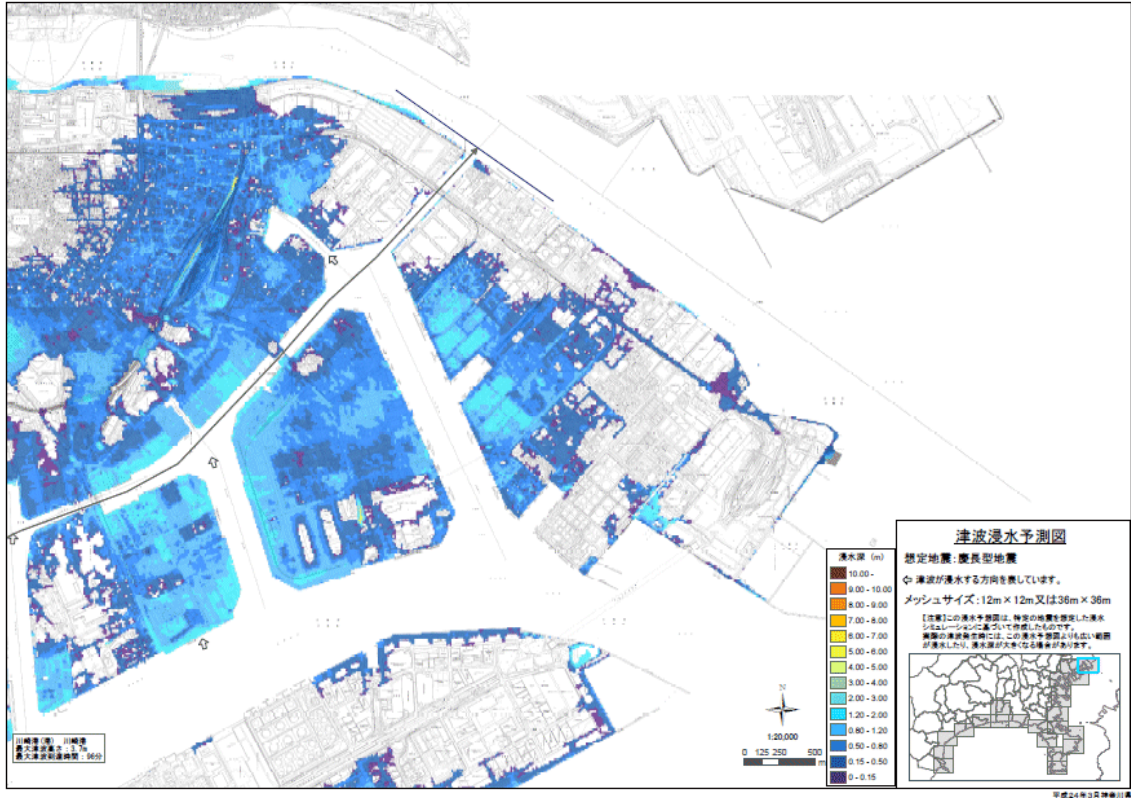


図 8.2.1(1) 慶長型地震における津波想浸水予測図（京浜臨海地区）

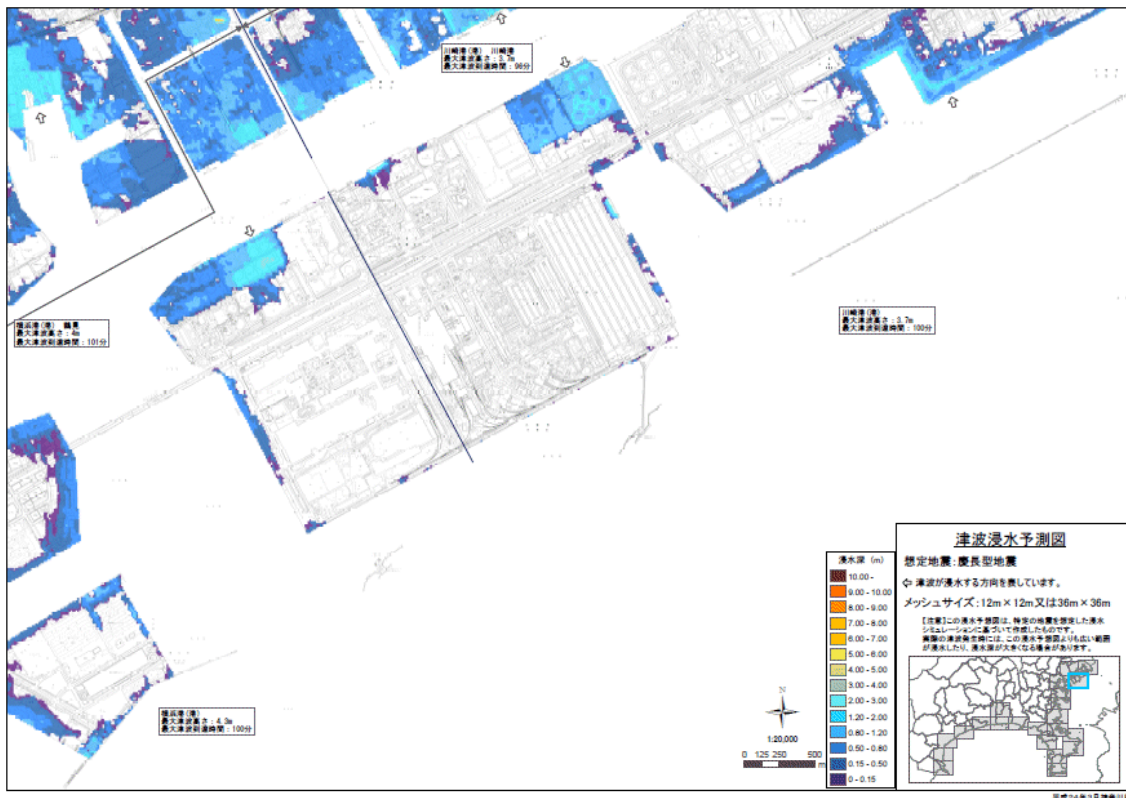


図 8.2.1(2) 慶長型地震における津波想浸水予測図（京浜臨海地区）

図 8.2.1(4) 慶長型地震における津波想浸水予測図（久里浜地区）。

8.3. 津波による被害予測

8.3.1. 浸水のおそれがある施設

8.2.に示した津波浸水予測に基づき、浸水のおそれがある施設を抽出した結果を表 8.3.1 に示す。

京浜臨海地区及び根岸臨海地区では、いずれの施設も浸水深が 2m未満である。久里浜地区では、浸水深が 2m以上 3m未満となる施設が 4 施設あり、他の施設は 2m未満である。

表 8.3.1(1) 津波により浸水する可能性がある施設（京浜臨海地区）

浸水深	危険物タンク（可燃性及び毒性）				高圧 ガス タンク	毒性 液体 タンク	プラ ント	陸上 入出荷 施設
	容量 10,000kl 以上	容量 10,000kl ～1,000kl	容量 1,000kl ～500kl	容量 500kl 未満				
3m 以上								
3～2m								
2～1.2m	24	88	27		11	2	22	18
1.2～0.8m	23	179	113		42	4	43	61
0.8～0.5m	11	75	73	1	51	6	24	89
0.5m未満	6	36	35	3	42	6	55	107
なし	57	134	27	2	117	11	83	66
合 計	121	512	275	6	263	29	227	341

表 8.3.1(2) 津波により浸水する可能性がある施設（根岸臨海地区）

浸水深	危険物タンク（可燃性及び毒性）				高圧 ガス タンク	毒性 液体 タンク	プラ ント	陸上 入出荷 施設
	容量 10,000kl 以上	容量 10,000kl ～1,000kl	容量 1,000kl ～500kl	容量 500kl 未満				
3m 以上								
3～2m								
2～1.2m	10	15	7		7		10	8
1.2～0.8m	1	3	1		5		8	8
0.8～0.5m	1	2	1				3	
0.5m未満	19	38	14		7		9	7
なし	61	36	11		20		24	4
合 計	92	94	34		39		54	27

表 8.3.1(3) 津波により浸水する可能性がある施設（久里浜地区）

浸水深	危険物タンク（可燃性及び毒性）				高圧 ガス タンク	毒性 液体 タンク	プラ ント	陸上 入出荷 施設
	容量 10,000kl 以上	容量 10,000kl ～1,000kl	容量 1,000kl ～500kl	容量 500kl 未満				
3m 以上								
3～2m		1					3	
2～1.2m	7	1			1		11	
1.2～0.8m	2				1			
0.8～0.5m								
0.5m未満								
なし	2				1		2	
合 計	11	2			3		16	

8.3.2. 危険物タンクの被害

津波による被害におけるタンクの被害形態は、浮き上がり、滑動、転倒、内外水圧差による側板座屈、傾斜による底板抜け出し、傾斜による側板座屈などが考えられる。また、タンク本体には被害がなくてもタンク付属配管が津波により破損することも考えられる。東日本大震災の際の石油タンクの津波被害事例をもとに、図 8.3.1 に示す津波浸水深とタンク付属配管の被害率の関係を示した被害率曲線が考案されており、これによると、浸水深が 4 m になると被害率が約 80% に急増するが、2 m のときは約 25% にとどまっていることがわかる。「8.3.1 浸水の恐れがある施設」のとおり、京浜臨海地区及び根岸臨海地区では、いずれの施設も浸水深は 2 m 未満であるが、タンク付属配管の被害が発生する可能性も考えられる。久里浜地区では、浸水深が 2～3 m の施設があるため、被害が発生する可能性がより高いと考えられる。

さらに、地震による流出後の津波による被害形態については、陸上や海上での流出や火災の拡大の可能性についても考えられる。

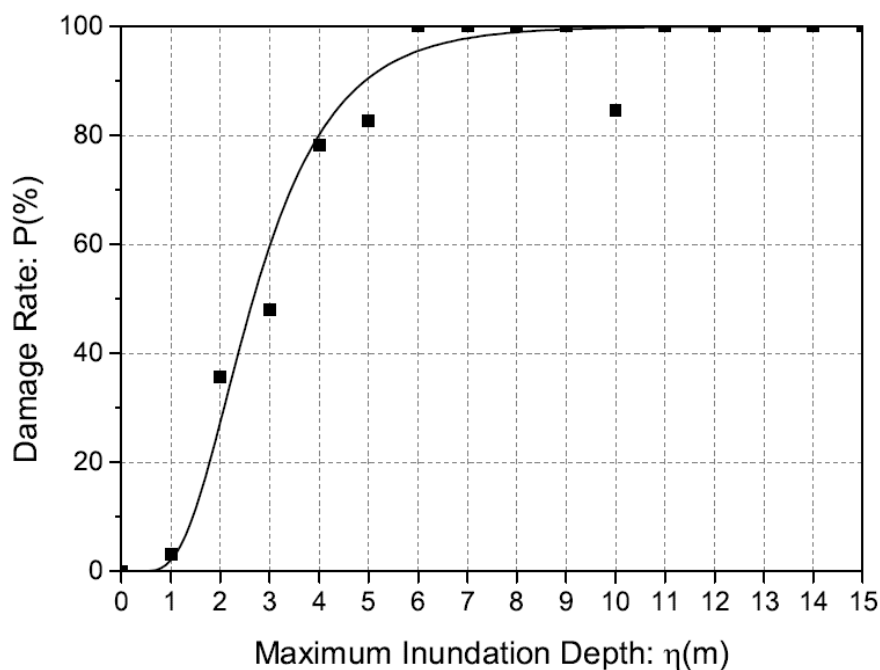


図 8.3.1 2011 年東北地方太平洋沖地震の際の石油タンク付属配管
津波被害率 (■) と被害率曲線 (実線) ⁵⁰

⁵⁰ 畑山 健・西 晴樹：2011 年東北地方太平洋沖地震の際の津波による石油タンクの被害 (その 2)

「屋外貯蔵タンクの津波被害シミュレーションツール」⁵¹ では、浮き上がり及び滑動を被害対象としているため、この二つについて定量的な影響把握を行うこととした。なお、浮き上がり及び滑動の安全率の算定式は、参考資料5に示すとおりである。

シミュレーションツールを用いるに当たり、表 8.3.2 の入力条件を設定した。

表 8.3.2 シミュレーションツールに用いる入力条件

項目	条件
タンク許可容量	調査票からの値とした
タンク内実液比重	調査票からの値とした 但し、不明の場合には文献を参考に物質毎に代表的な値を設定した
タンク内径	調査票からの値とした
タンク自重	調査票からの値とした 但し、不明の場合には内径を基に概略値を算定した
被災時の貯蔵率	調査票からの平均貯蔵率とした また、平均貯蔵率がゼロのタンクについては、いずれも休止中又は廃止予定であるため対象外とした ただし、平均貯蔵率が設定されていない場合には、浮き上がり又は滑動安全率=1のチャート(図 8.3.2 参照)をもとに浮き上がり又は滑動の可能性の判定を行った(当該タンクの津波最大浸水深において浮き上がり又は滑動の安全率が1となるときの貯蔵率が0%超の場合はすべて浮き上がり又は滑動の可能性ありとしてカウントした)
津波最大浸水深	神奈川県ホームページ ⁵² で公表されている津波浸水予測図(慶長型地震)を基に、施設毎に設定した
津波最大流速	標準的な津波の流れ($Fr \leq 0.9$, Fr :フルード数)である安全率1とした

⁵¹ 消防庁危険物保安室が配布している「屋外貯蔵タンクの津波被害シミュレーションツール」(<http://www.fdma.go.jp/concern/publication/simulatetool/>)

⁵² <http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f360944/>

平均貯蔵率の内訳を表 8.3.3 に示す。

シミュレーションツールを用いた浮き上がり及び滑動の判定結果を、地区別に表 8.3.4 に示し、まとめを表 8.3.5 に示す。平均貯蔵率が設定できるケースでは、浮き上がりの可能性が判定されたのは3基、滑動の可能性が判定されたのは4基であり、平均貯蔵率が示せないケースでは、浮き上がりの可能性が判定されたのは1基、滑動の可能性が判定されたのは4基であった。

表 8.3.3 平均貯蔵率の内訳

平均貯蔵率R (%)	タンク数		
	京浜臨海地区	根岸臨海地区	久里浜地区
R = 100	116		
100 > R ≥ 75	45	58	3
75 > R ≥ 50	337	127	
50 > R ≥ 25	103	20	
25 > R ≥ 0	23	6	
R = 0	14	5	10
合 計	638	216	13
平均貯蔵率が示せない	276	4	0

注) 平均貯蔵率 0%とは、予備タンク又は休止予定等の回答が得られている。

表 8.3.4(1) 浮き上がり及び滑動の判定結果【京浜臨海地区】

項目	タンク数	浮き上がりの可能性が判定された数				滑動の可能性が判定された数			
		①	②	③	④	①	②	③	④
平均貯蔵率が設定	638								
平均貯蔵率が示せない	276		1				1	3	
合計	914	0	1	0	0	0	1	3	0

注) 丸付き数字は、タンク容量の区分をあらわす (①: 10,000kl 以上、②: 10,000kl 未満~1,000kl 以上、③: 1,000kl 未満~500kl 以上、④: 500kl 未満)。

表 8.3.4(2) 浮き上がり及び滑動の判定結果【根岸臨海地区】

項目	タンク数	浮き上がりの可能性が判定された数				滑動の可能性が判定された数			
		①	②	③	④	①	②	③	④
平均貯蔵率が設定	216			3				4	
平均貯蔵率が示せない	4								
合計	220	0	0	3	0	0	0	4	0

注) 丸付き数字は、タンク容量の区分をあらわす (① : 10,000kl 以上、② : 10,000kl 未満~1,000kl 以上、③ : 1,000kl 未満~500kl 以上、④ : 500kl 未満)。

表 8.3.4(3) 浮き上がり及び滑動の判定結果【久里浜地区】

項目	タンク数	浮き上がりの可能性が判定された数				滑動の可能性が判定された数			
		①	②	③	④	①	②	③	④
平均貯蔵率が設定									
平均貯蔵率が示せない	13								
合計	13	0	0	0	0	0	0	0	0

注) 丸付き数字は、タンク容量の区分をあらわす (① : 10,000kl 以上、② : 10,000kl 未満~1,000kl 以上、③ : 1,000kl 未満~500kl 以上、④ : 500kl 未満)。

表 8.3.5 浮き上がり及び滑動の判定結果 (まとめ)

地区	浮き上がりの可能性が判定された数	滑動の可能性が判定された数
京浜臨海地区	1	4
根岸臨海地区	3	4
久里浜地区	0	0

8.3.3. 津波による流出量の想定

シミュレーションツールは、タンクの移動（浮き上がり及び滑動）に関するものであり、「移動あり」と判定されたタンクが破損し流失するかどうかは解らない。また、流出しても、その箇所が配管であれば遮断弁を閉止する（津波来襲前に）ことによって阻止できるが、どこで流出するかもわからない。したがって、ここでは、安全側の評価として、「8.3.2 危険物タンクの被害」で「移動あり」と判定されたタンクについて、以下の考え方で流出量を算定する。

特定事業所への施設調査においてタンクの平均貯蔵率を設定しているケースと設定していないケースにおいて、流出量の算定方法に対して、二つの考え方を適用した。なお、平均貯蔵率がゼロのタンクは、休止中又は廃止予定のタンクであるため浮き上がり及び滑動の可能性の判定対象外としているため、流出量の算定も対象外としている。

例として、あるタンク（タンク許可容量 2,000kl）の津波被害シミュレーション結果として、図 8.3.2 が得られたとする。

津波浸水深が 4 m だった場合の例について流出量の計算方法を以下に示す。

図 8.3.2(1)より、貯蔵率が 20%以下のときに、安全率が 1（Fr=0.9）を下回り浮き上がりの可能性がありと判定される。また、図 8.3.2(2)より、貯蔵率が 30%以下のときに、安全率が 1（Fr=0.9）を下回り滑動の可能性がありと判定される。

[平均貯蔵率を設定しているケース]

対象となるタンクの平均貯蔵率に応じて、以下のように流出量を計算する。

例) 平均貯蔵率 30%以下の場合	例) 平均貯蔵率が 30%超の場合
流出量＝ タンクの許可容量×平均貯蔵率	流出量ゼロ（移動なし）

[平均貯蔵率を設定していないケース]

対象となるタンクは、必ず流出するものとして、以下のように指針に示された期待値を算出する方法で流出量を計算する。

$$\text{流出量} = \sum_{i=1}^n \{ (\text{タンクの許可容量} \times (i \times 10) / 100) \} \times 0.1$$

30%以下で流出する場合の計算

$$\text{流出量の期待値} = (2,000 \times 10/100) \times 0.1 + (2,000 \times 20/100) \times 0.1 + (2,000 \times 30/100) \times 0.1 = 120\text{kl}$$

浮き上がり安全率=1になる津波浸水深(m)

タンク番号 1001

タンク許可容量 2000(kl)

タンク内径 13.560(m)

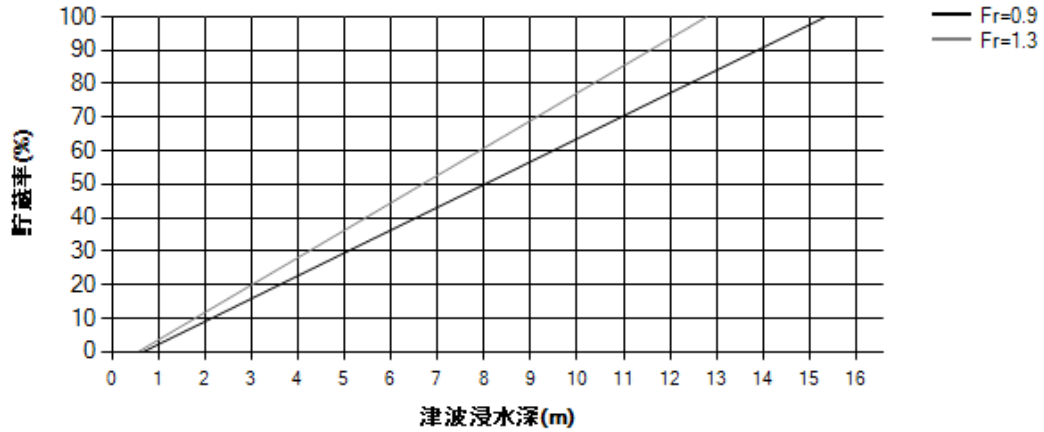


図 8.3.2(1) 津波被害シミュレーション結果の一例 (浮き上がり安全率)

滑動安全率=1になる津波浸水深(m)

タンク番号 1001

タンク許可容量 2000(kl)

タンク内径 13.560(m)

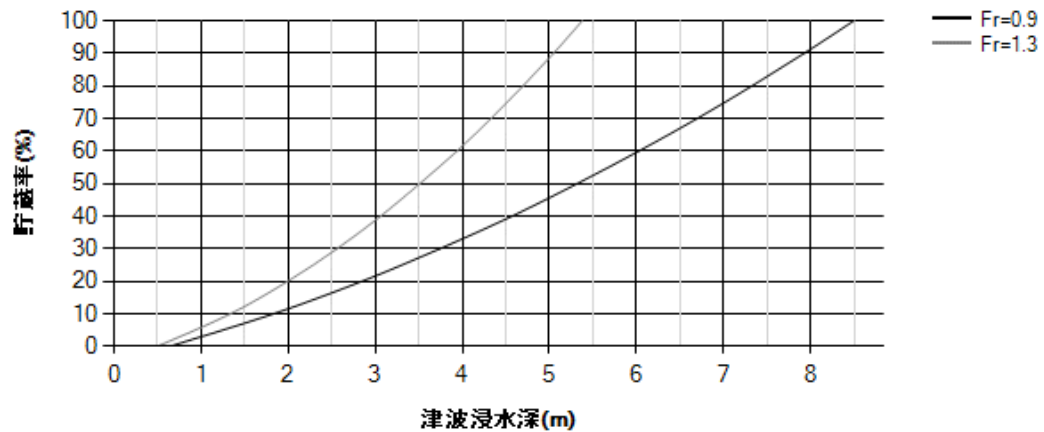


図 8.3.2(2) 津波被害シミュレーション結果の一例 (滑動安全率)

流出量の積算値を、地区別に表 8.3.6 に示し、まとめを表 8.3.7 に示す。

平均貯蔵率が示せないケースで期待値により算定しているため流出量が多くなっている

表 8.3.6(1) 流出量の積算値【京浜臨海地区】

	浮き上がりの可能性 が判定された排出量(kl)				滑動の可能性 が判定された排出量(kl)			
	①	②	③	④	①	②	③	④
平均貯蔵率が設定								
平均貯蔵率が示せない		1028.0				1028.0	217.0	
合 計	0	1028.0	0	0	0	1028.0	217.0	0

注) 丸付き数字は、タンク容量の区分をあらわす (①: 10,000kl 以上、②: 10,000kl 未満～1,000kl 以上、③: 1,000kl 未満～500kl 以上、④: 500kl 未満)。

表 8.3.6 (2) 流出量の積算値【根岸臨海地区】

	浮き上がりの可能性 が判定された排出量(kl)				滑動の可能性 が判定された排出量(kl)			
	①	②	③	④	①	②	③	④
平均貯蔵率が設定			204.0				308.2	
平均貯蔵率が示せない								
合 計	0	0	204.0	0	0	0	308.2	0

注) 丸付き数字は、タンク容量の区分をあらわす (①: 10,000kl 以上、②: 10,000kl 未満～1,000kl 以上、③: 1,000kl 未満～500kl 以上、④: 500kl 未満)。

表 8.3.6 (3) 流出量の積算値【久里浜地区】

	浮き上がりの可能性 が判定された排出量(kl)				滑動の可能性 が判定された排出量(kl)			
	①	②	③	④	①	②	③	④
平均貯蔵率が設定								
平均貯蔵率が示せない								
合 計	0	0	0	0	0	0	0	0

注) 丸付き数字は、タンク容量の区分をあらわす (①: 10,000kl 以上、②: 10,000kl 未満～1,000kl 以上、③: 1,000kl 未満～500kl 以上、④: 500kl 未満)。

表 8.3.7 流出量の積算値（まとめ）

地区	浮き上がりの可能性 が判定された排出量(k1)	滑動の可能性 が判定された排出量(k1)
京浜臨海地区	1,028.0	1,245.0
根岸臨海地区	204.0	308.2
久里浜地区	0	0

8.3.4. 高圧ガス施設の被害

高圧ガス施設における最大浸水深は、京浜臨海地区及び根岸臨海地区で 2m 程度となっている。なお、久里浜地区には高圧ガスタンクはない。

高圧ガス施設においては、京浜臨海地区及び根岸臨海地区においては、高圧ガス設備の流出はないものと予想される。ただし、表 8.1.2 より、海上入出荷施設及び陸上入出荷施設については、2m以上では、容器の流出等における被害の影響の可能性があり、さらに、電気設備等については、1m未満でもガス漏洩検知警報設備の破損・不具合や動機器、静機器の損傷・不具合などの被害の影響の可能性がある。

想定される浸水深は、防波堤・防潮堤などは考慮されておらず、同程度の津波が実際に来襲した場合には、浸水深が低くなることも予想される。

以上のように、津波の浸水により、施設は大きな被害を受けないと考えられる。ただし、浮遊物により施設が破損する被害を受ける可能性はある。

なお、高圧ガス施設が波力、浮力及び漂流物により受ける影響の評価については、現在その評価方法等について検討が行われているところであり、平成 26 年度までに津波の波力、浮力等による高圧ガス設備への影響に関する評価方法の策定が予定されている⁵³。

8.3.5. その他施設（禁水性物質）の被害

消防法の第三類に区分されるもののうち、禁水性物質⁵⁴ のものは、津波により海水と反応して被害を拡大させる可能性が考えられる。

禁水性物質を扱う施設として、プラントが浮島地区に 2 箇所⁵⁵ 存在しており、浸水深は約 2m程度であるが、爆発や火災の可能性も予想される。

⁵³ 経済産業省商務流通保安グループ高圧ガス保安室：経済産業省産業構造審議会保安分科会高圧ガス小委員会 第 1 回資料 5 高圧ガス施設等の地震・津波対策の進捗状況について（平成 24 年 11 月 28 日）

⁵⁴ 液体であって、水と接触して発火し、若しくは可燃性ガスを発生する危険性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すものであること。

⁵⁵ 京浜臨海地区にあるプラント（エチルアルミニウムジクロライド、第 3 類第 2 種）及び（有機過酸化物質、第 5 類）である。

9. 防災対策の基本的事項

9.1. 検討にあたっての前提

9.1.1. 想定災害の抽出基準

(1) 平常時の事故及び強震動による被害

平常時の事故及び強震動による被害については、災害の発生危険度と影響度を推定し、この両者をもとに次のような考え方で防災対策上想定すべき災害の検討を行った。

なお、地震時の想定災害の設定は、平成25年度から神奈川県で実施している地震被害想定調査の結果を受けて行う。

○第1段階の災害：災害発生危険度Bレベル以上の災害

→現実的に起こり得ると考えて対策を検討しておくべき災害

平常時：災害の発生頻度 10^{-5} /年程度以上の災害

○第2段階の災害：災害発生危険度Cレベルの災害

→発生する可能性は相当に小さいと考えられるが、万一に備えて対策を検討しておくべき災害

平常時：災害の発生頻度 10^{-6} /年程度の災害

○低頻度大規模災害：災害の発生危険度がDレベル以下で、影響度がIレベルの災害

→発生する可能性が非常に小さい（平常時には考えにくい）が、影響が大きくなると考えられる災害

平常時：災害の発生頻度 10^{-7} /年程度以下の災害で、影響度Iの災害

個々の施設の評価は、図 9.1.1 のようなリスクマトリックスを用いて行った。第1段階の災害が想定されるのはマトリックスの赤色の箇所に該当する施設、第2段階の災害が想定されるのは橙色の箇所に該当する施設、低頻度大規模災害が想定されるのは黄色の箇所に該当する施設である。

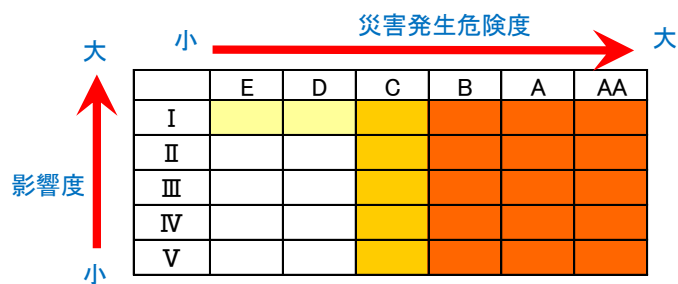


図 9.1.1 リスクマトリックス

平常時及び地震時における災害の発生頻度と影響度のランク付けは以下のとおりである。

<平常時の災害発生危険度区分>

- 危険度 AAn : 5×10^{-4} 以上
- 危険度 An : 5×10^{-5} 以上 (プラント : 5×10^{-5} 以上 5×10^{-4} 未満)
- 危険度 Bn : 5×10^{-6} 以上 5×10^{-5} 未満
- 危険度 Cn : 5×10^{-7} 以上 5×10^{-6} 未満
- 危険度 Dn : 5×10^{-8} 以上 5×10^{-7} 未満
- 危険度 En : 5×10^{-8} 未満

*添え字の n は平常時を表す

*区分 AAn については、災害発生危険度が比較的大きいプラントについてのみ適用した。

<地震時の災害発生危険度区分>

- 危険度 Ae : 5×10^{-3} 以上
- 危険度 Be : 5×10^{-4} 以上 5×10^{-3} 未満
- 危険度 Ce : 5×10^{-5} 以上 5×10^{-4} 未満
- 危険度 De : 5×10^{-6} 以上 5×10^{-5} 未満
- 危険度 Ee : 5×10^{-6} 未満

*添え字の e は地震時を表す

<災害影響度区分> (平常時・地震時で共通)

- 影響度 I : 200m 以上
- 影響度 II : 100m 以上 200m 未満
- 影響度 III : 50m 以上 100m 未満
- 影響度 IV : 20m 以上 50m 未満
- 影響度 V : 20m 未満

(2) 長周期地震動による被害

長周期地震動に伴う危険物タンクのスロッシング被害については、確率的なリスク評価の適用がなじまない部分があることから、想定される長周期地震動と危険物タンクのスロッシング固有周期からスロッシング最大波高及び溢流量を推定し、その結果に基づき想定される被害について定性的な評価を行った。

(3) 大規模災害

ここでいう「大規模災害」は、石油類の流出が防油堤外さらには事業所外に拡大していくような場合、石油類や可燃性ガスの火災・爆発が隣接施設を損傷してさらなる爆発・火災を誘発して拡大していくような場合である。BLEVEによる災害（可燃性高压ガスタンク）及びプラント施設の爆発火災を想定した定量的な評価を行った。また、その他の災害として、石油類の海上流出及び防油堤火災からの延焼拡大による危険性の定性的な評価を行った。

(4) 津波による被害

津波による被害については、確率的なリスク評価は行わず、想定される津波により施設が被害を受ける可能性を評価した。危険物タンクについては、「屋外貯蔵タンクの津波被害シミュレーションツール」による被害の予測を行った。高压ガス施設については、東日本大震災の被害事例に基づき、想定される被害について定性的な評価を行った。

9.1.2. アセスメント結果の位置付け

アセスメント結果は相対的評価の意味合いが強く、防災対策実施にあたっての各施設の優先度を表すものと位置付けられる。実際には、アセスメントで想定している条件以外での災害が起これることから、アセスメントの結果危険性が高いとされた施設については、各々の事業所における状況を反映した、より詳細な検討を行い、改めて当該施設の災害の危険性を確認する必要がある。

ただし、以降ではアセスメント結果に基づく想定災害を前提として、防災対策の基本的事項の検討を行う。

9.1.3. アセスメント結果に基づく防災対策の検討

本調査では、平常時の災害と地震時の災害（短周期地震動による）の評価では災害の危険性を段階別に捉え、想定災害の抽出を行った。その上で、災害の発生低減と影響低減という2つの観点から、防災対策を検討する上での基本方針（表9.1.1）を決定した。

また、長周期地震動によるスロッシング対策、大規模災害の対策、津波による災害の対策についても基本方針を決定した。

表 9.1.1 コンビナートにおける防災対策の基本方針

区 分	想定災害の考え方	対策の基本方針
第1段階の災害	事故発生の危険性が高い施設において、小量あるいは中量流出に伴う比較的小規模な火災、爆発、拡散などの災害	該当する施設において、災害の発生危険度を低減させることが最も重要になる。
第2段階の災害	事故発生の危険性がそれほど高くない施設においても災害が想定されるほか、危険性が高い施設においては事業所外へ影響を及ぼす可能性がある火災や爆発、あるいは長時間継続する拡散などの災害	発生危険は小さいものの万一の事態に備えて、発災時の緊急対応や応援体制、隣接事業所への連絡体制、周辺地域に対する広報や避難対策などの検討・整備が必要になる。
長周期地震動による災害（スロッシング被害）	改正法令で想定している地震が発生したときに生じる可能性のある災害	現時点では地震動予測の精度は十分とは言えない。このことを踏まえると、防災対策は施設毎に具体的な対策を示すことよりも、より一般的な対策を検討する必要がある。対策の実施方針としては、まず従来の法規制に基づく予防対策（液面低下、浮き屋根の耐震補強等）を進めることが最も重要となる。その上で、想定以上の被害の発生に備え、発災時の被害の局所化や、限られた対応力の中での効果的・効率的な災害対応、広域的な防災体制の確立など、応急対策の充実を図っていく必要がある。
大規模災害	石油類の流出が防油堤外さらには事業所外に拡大していくような場合、石油類や可燃性ガスの火災・爆発が隣接施設を損傷してさらなる爆発・火災を誘発して拡大していくような災害	発生する可能性が極めて低いものの、発生した場合の影響の大きさを考慮し、発災時の緊急対応や応援体制、隣接事業所への連絡体制、周辺地域に対する広報や避難対策の検討・整備など総合的な防災対策が必要となる。
津波による災害	発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波を想定した災害	施設の被害への対策だけでなく、二次災害の防止のための緊急措置、避難対策の検討・整備など総合的な防災対策が必要となる。

9.1.4. 防災対策項目の検討に当たっての前提

具体的な対策項目の検討に当たっては、下記事項を前提とする。

- ① 想定災害については、施設・災害種別の評価結果の中から最大規模の災害を抽出し、これを前提として防災対策を検討する。
- ② 対策の基本方針に基づき、災害の発生防止対策と災害の影響低減対策という2つの観点から対策項目を抽出する。
- ③ 法令に基づく防災対策、設備の技術基準等は遵守されているものとする。

本調査では、個々の施設について災害発生危険度と影響度を評価し、その双方から想定すべき災害を検討した。従って、想定災害は施設によって異なり、例えば危険物タンクの流出火災の場合では、第1段階の災害として少量流出火災が想定される施設や、防油堤内流出火災が想定される施設がある。

そこで、施設別・災害種別の防災対策においては、施設・災害種別の評価結果の中から最大規模の想定災害を抽出し、これを念頭に防災対策要点について検討することとした。

なお、災害の規模の定義は表9.1.2に示すとおりである。

表 9.1.2 想定災害の規模

少量流出	内容物が流出して緊急遮断により短時間で停止する。
中量流出	漏洩停止が遅れて流出がしばらく継続する。
ユニット内全量流出	(プラントのユニットにおいて漏洩した場合) 漏洩が停止できず、ユニット最大滞留量の全量が流出する。
大量流出	長時間にわたって漏洩が停止できず、流出が拡大する。
全量(長時間)流出	漏洩停止ができずに長時間にわたって内容物の全量が流出する。
全量流出	大破漏洩により、短時間に全量が流出する。

また、対策項目の抽出は、対策の基本方針に基づき災害の発生防止対策と災害の影響低減対策という2つの観点を考慮する。ただし、災害の発生防止対策と災害の影響低減対策とは必ずしも明確に区別できるものではない(例えば災害の拡大を防止するための対策は、発生防止対策となる場合も影響低減対策となる場合もある)ことから、第1段階の災害の発生を低減するような防災対策を「災害の発生防止対策」、第1段階、第2段階の災害の影響を低減するような防災対策を「災害の影響低減対策」と定義した。

9.1.5. 防災対策の整理方法

次項に示すように、評価結果からは、危険物や可燃性ガスなどの比較的長時間の流出を伴う災害や、毒性ガスの拡散による広範囲の影響を伴う災害が想定されている。このような災害に対する防災対策としては、例えば、当該施設に緊急遮断設備が設置されていないような場合には、設置することにより災害の長期化を防ぐことが可能となる。また、流出物が毒性物質の場合には、流出範囲を局所化することにより影響の拡大防止を図るといったことが考えられる。

しかし、コンビナートにおける防災対策は、このような個別施設についての対策という観点以外にも、人的要因による事故防止などの従業員についての対策、事業所の安全管理体制や広域的な防災体制とい

った防災体制の確立までを含む、総合的な対策が重要となる。そこで、本調査では、このような個別施設の防災対策だけでなく、安全管理において重要と考えられるいくつかの事項を表9.1.3のように分類し、それぞれについて9.4項で防災対策の要点を示す。

表9.1.3 防災対策の分類

【平常時の防災対策】
■災害の発生危険度を低減させるための対策
○災害の発生防止（初期事象の発生に関わる事項）
ア. 安全管理体制の充実
イ. 物的要因による事故防止
ウ. 人的要因による事故防止
エ. 具体的な災害の想定
○災害の拡大防止（事象の分岐に関わる事項）
オ. 防災設備の設置促進
カ. 防災設備の保守点検
キ. 事故の早期検知
ク. 災害の局所化
ケ. 消防力の整備強化、防災教育及び防災訓練の実施
■災害の影響を低減させるための対策
コ. 災害拡大時の対応
サ. 周辺住民に対する広報活動
【地震時の防災対策（強震動による被害）】
■災害の発生危険度を低減させるための対策
○災害の発生防止（初期事象の発生に関わる事項）
シ. 施設の耐震性強化
○災害の拡大防止（事象の分岐に関わる事項）
ス. 防災設備の信頼性向上
セ. 発災時の応急対応
■災害の影響を低減させるための対策
ソ. 広域的な防災体制
タ. 周辺住民の避難対策
【地震時の防災対策（危険物タンクのスロッシング被害）】
■災害の発生危険度を低減させるための対策
○災害の発生防止
チ. 浮き屋根の技術基準の適合促進
ツ. スロッシングによる被害の想定
テ. 防災対応力の把握

ト. 今後の研究・技術開発の必要性
○災害の拡大防止
ナ. 浮き屋根の被害状況の把握
■災害の影響を低減させるための対策
ニ. 同時多発災害への対応方策
ヌ. 周辺住民に対する広報活動
【大規模災害の対策】
■災害の発生危険度を低減させるための対策
ネ. 具体的な災害の想定
■災害の影響を低減させるための対策
ノ. 広域的な防災体制
ハ. 周辺住民に対する広報活動
【津波対策】
■災害の発生危険度を低減させるための対策
○災害の発生防止
ヒ. 浮遊物の対策
フ. 具体的な災害の想定
○災害の拡大防止
ヘ. 重要な設備・機器の被害防止
ホ. 防災設備の設置促進
■災害の影響を低減させるための対策
マ. 津波からの避難を考慮した緊急措置
ミ. 周辺住民に対する広報活動

注) 災害の発生危険度の低減対策事項には、災害の影響の低減対策につながる事項もあり、両者は厳密に切り分けられるものではない。

9.2. 評価結果のまとめ

9.2.1. 平常時の想定災害

平常時の評価においては、初期事象発生確率を近年の事故統計等より設定したが、近年の施設数の減少及び事故数の増加傾向を受け、初期事象発生確率の値は前回（平成 17 年度）調査における設定と比較すると大きい傾向にある。このため、想定災害の発生確率についても前回調査より概ね大きくなると推定された。

(1) 京浜臨海地区

当該地区には、危険物タンク、高圧ガスタンク、毒性液体タンク、プラント、海上入出荷施設、パイプラインがある。これらの施設で、平常時に想定される災害を、表9.2.1にまとめる。

表9.2.1 平常時の想定災害（京浜臨海地区）

		第1段階の災害	第2段階の災害
危険物タンク	準特定・特定タンク	<p>小量流出火災、中量流出火災、仕切堤内流出火災、防油堤内流出火災、タンク小火災が想定される。いずれも、輻射熱の影響は、他の事業所まで及ぶことはあるものの、おおむね特別防災区域内にとどまる。</p> <p>毒性危険物を貯蔵するタンクでは、小量流出、中量流出、仕切堤内流出、防油堤内流出による毒性ガス拡散が想定される。影響は、仕切堤内流出、防油堤内流出の場合、特別防災区域外に及ぶ施設がある。</p>	<p>小量流出火災、中量流出火災、仕切堤内流出火災、防油堤内流出火災、タンク小火災、リング火災、タンク全面火災が想定される。輻射熱の影響は、他の事業所まで及ぶことはあるものの、おおむね特別防災区域内にとどまる。</p> <p>毒性危険物を貯蔵するタンクでは、防油堤内流出による毒性ガス拡散が想定される。影響は、広範囲に及ぶものの、特別防災区域外内にとどまる。</p>
	小容量タンク	<p>中量流出火災、防油堤内流出火災、タンク小火災が想定される。個々のタンクの影響は準特定・特定タンクより小さく考えられる。</p>	<p>防油堤内流出火災、タンク小火災、リング火災、タンク全面火災が想定される。面積の大きい防油堤内に、多くのタンクが近接して設置されているような場合には火災拡大に注意が必要である。</p>
高圧ガスタンク		<p>可燃性ガスを貯蔵するタンクでは、小量流出、中量流出による爆発・フラッシュ火災が想定される。影響はおおむねタンク周辺にとどまるものの、貯蔵量が多いタンクや貯蔵圧力の高いタンクではやや大きくなる。</p> <p>毒性ガスを貯蔵するタンクでは、小量流出、中量流出、大量流出、全量流出（長時間）、全量流出による毒性ガス拡散が想定される。影響は、広範囲に及ぶ場合があるものの、特別防災区域内にとどまる。</p>	<p>可燃性ガスを貯蔵するタンクでは、小量流出、中量流出、大量流出、全量流出（長時間）による爆発・フラッシュ火災が想定される。影響は、他の事業所まで及ぶことはあるものの、特別防災区域内にとどまる。</p> <p>毒性ガスを貯蔵するタンクでは、全量流出（長時間）、全量流出による毒性ガス拡散が想定される。影響は、広範囲に及ぶ場合があるものの、特別防災区域内にとどまる。</p>

タンク	<p>毒性液体</p> <p>小量流出、中量流出、大量流出、全量流出（長時間）、全量流出による毒性ガス拡散が想定される。影響は、他の事業所まで及ぶことはあるものの、おおむね特別防災区域内にとどまる。</p>	<p>全量流出（長時間）、全量流出による毒性ガス拡散が想定される。影響は、他の事業所まで及ぶことはあるものの、特別防災区域内にとどまる。</p>
プラント	<p>製造施設等</p> <p>可燃性液体を取り扱う施設では、小量流出、ユニット内全量流出、大量流出による火災が想定される。影響は施設周辺にとどまるものが多いが、処理圧力や配管径の大きいものではやや大きくなる。</p> <p>可燃性ガスを取り扱う施設では、小量流出、ユニット内全量流出、大量流出による爆発、小量流出、ユニット内全量流出によるフラッシュ火災が想定される。滞留量が多い場合、影響が大きくなり、特別防災区域外に及ぶことがある。</p> <p>毒性ガスを取り扱う施設では、小量流出、ユニット内全量流出、大量流出による拡散が想定される。影響は、広範囲に及ぶ場合があるものの、おおむね特別防災区域内にとどまる。</p>	<p>可燃性ガスを取り扱う施設では、大量流出によるフラッシュ火災が想定される。ガスの流出が継続し、影響が大きくなることがある。</p>
	<p>発電施設</p> <p>可燃性液体を取り扱う施設では、小量流出火災、中量流出火災が想定される。影響は施設周辺にとどまる。</p> <p>可燃性ガスを取り扱う施設では、小量流出、中量流出による爆発・フラッシュ火災が想定される。影響は施設周辺にとどまる。</p>	<p>該当なし</p>
海上入出荷施設	<p>可燃性液体の小量流出による火災、可燃性ガスの小量流出による爆発・フラッシュ火災が想定される。影響は施設周辺にとどまると考えられる。</p> <p>毒性ガスを取り扱う施設では、小量流出による拡散が想定される。影響は施設周辺にとどまると考えられる。</p>	<p>可燃性液体の大量流出による火災が想定される。影響が特別防災区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。</p> <p>毒性ガスを取り扱う施設では、大量流出による拡散が想定される。影響が特別防災区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。</p>
パイプライン	<p>可燃性液体の小量流出及び中量流出による火災、可燃性ガスの小量流出による爆発・フラッシュ火災が想定される。影響は施設周辺にとどまると考えられるものの、発生箇所によっては注意が必要となる。</p>	<p>可燃性液体の中量流出による火災が想定される。影響は概ね施設周辺にとどまると考えられる。発生箇所によっては注意が必要となる。</p>

(2) 根岸臨海地区

当該地区には、危険物タンク、高圧ガスタンク、プラント、海上入出荷施設、パイプラインがある。これらの施設で、平常時に想定される災害を、表9.2.2にまとめる。

表9.2.2 平常時の想定災害（根岸臨海地区）

		第1段階の災害	第2段階の災害
危険物タンク	準特定・特定タンク	小量流出火災、中量流出火災、仕切堤内流出火災、防油堤内流出火災、タンク小火災が想定される。いずれも、輻射熱の影響は、おおむね特別防災区域内にとどまる。	小量流出、中量流出火災、仕切堤内流出火災、防油堤内流出火災、タンク小火災、リング火災、タンク全面火災が想定される。輻射熱の影響は、仕切堤内流出、防油堤内流出火災となった場合に特別防災区域外に及ぶことがある。
	小容量タンク	中量流出火災、防油堤内流出火災、タンク小火災が想定される。個々のタンクの影響は準特定・特定タンクより小さくなると考えられる。	防油堤内流出火災、タンク小火災、タンク全面火災が想定される。面積の大きい防油堤内に、多くのタンクが近接して設置されているような場合には火災拡大に注意が必要である。
高圧ガスタンク		可燃性ガスを貯蔵するタンクでは、小量流出による爆発・フラッシュ火災が想定される。影響はおおむねタンク周辺にとどまるものの、貯蔵量が多いタンクや貯蔵圧力の高いタンクではやや大きくなる。	可燃性ガスを貯蔵するタンクでは、中量流出、大量流出、全量流出（長時間）による爆発・フラッシュ火災が想定される。影響は、他の事業所まで及ぶことはあるものの、おおむね特別防災区域内にとどまる。
		毒性ガスを貯蔵するタンクでは、小量流出、中量流出、大量流出による毒性ガス拡散が想定される。影響は、他の事業所まで及ぶことがあるものの、特別防災区域内にとどまる。	毒性ガスを貯蔵するタンクでは、全量流出（長時間）、全量流出による毒性ガス拡散が想定される。影響は、他の事業所まで及ぶことがあるものの、特別防災区域内にとどまる。
プラント	製造施設等	可燃性液体を取り扱う施設では、小量流出、ユニット内全量流出、大量流出による火災が想定される。影響は施設周辺にとどまるものが多いが、処理圧力や配管径の大きいものではやや大きくなる。	可燃性ガスを取り扱う施設では、大量流出によるフラッシュ火災が想定される。滞留量が多い場合、影響が大きくなり、特別防災区域外に及ぶことがある。
		可燃性ガスを取り扱う施設では、小量流出、ユニット内全量流出、大量流出による爆発、小量流出、ユニット内全量流出によるフラッシュ火災が想定される。滞留量が多い場合、影響が大きくなり、特別防災区域外に及ぶことがある。	
		毒性ガスを取り扱う施設では、小量流出、ユニット内全量流出、大量流出による拡散が想定される。影響は特別防災区域内にとどまる。	

	発電施設	可燃性液体を取り扱う施設では、小量流出火災、中量流出火災が想定される。影響は施設周辺にとどまる。	該当なし
	海上入出荷施設	可燃性液体の小量流出による火災、可燃性ガスの小量流出による爆発・フラッシュ火災が想定される。影響は施設周辺にとどまると考えられる。 毒性ガスを取り扱う施設では、小量流出による拡散が想定される。影響は施設周辺にとどまると考えられる。	可燃性液体の大量流出による火災が想定される。影響が特別防災区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。 毒性ガスを取り扱う施設では、大量流出による拡散が想定される。影響が特別防災区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。
	パイプライン	可燃性液体の小量流出による火災が想定される。影響は施設周辺にとどまると考えられるものの、発生箇所によっては注意が必要となる。	可燃性液体の中量流出による火災が想定される。影響は小量流出による火災と比べて大きくなるものの、概ね施設周辺にとどまると考えられる。発生箇所によっては注意が必要となる。

(3) 久里浜地区

当該地区には、危険物タンク、高圧ガスタンク、プラント、海上入出荷施設がある。これらの施設で、平常時に想定される災害を、表9.2.3にまとめる。

表9.2.3 平常時の想定災害（久里浜地区）

		第1段階の災害	第2段階の災害
危険物タンク	準特定・特定タンク	小量流出火災が想定される。輻射熱の影響は、タンク周辺にとどまる。	小量流出火災、中量流出火災、防油堤内流出火災、タンク小火災が想定される。輻射熱の影響は、防油堤内流出火災となった場合に大きくなるものの、特別防災区域内にとどまる。
	小容量タンク	中量流出火災が想定される。個々のタンクの影響は準特定・特定タンクより小さくなると考えられる。	防油堤内流出火災、タンク小火災が想定される。面積の大きい防油堤内に、多くのタンクが近接して設置されているような場合には火災拡大に注意が必要である。
高圧ガスタンク		毒性ガスを貯蔵するタンクでは、小量流出、中量流出、大量流出による毒性ガス拡散が想定される。いずれの災害でも影響は大きくなるものの、特別防災区域内にとどまる。	毒性ガスを貯蔵するタンクでは、全量流出（長時間）、全量流出による毒性ガス拡散が想定される。いずれの災害でも影響は大きくなるものの、特別防災区域内にとどまる。
(発電施設)	プラント	可燃性液体を取り扱う施設では、小量流出火災、中量流出火災が想定される。影響は施設周辺にとどまる。	該当なし
施設	海上入出荷	可燃性液体の小量流出による火災が想定される。影響は施設周辺にとどまると考えられる。	可燃性液体の大量流出による火災が想定される。影響が特別防災区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。

9.2.2. 地震時の想定災害（強震動による被害）

平成25年度から神奈川県で実施している地震被害想定調査の結果に基づいて予測を行う。

9.2.3. 長周期地震動による災害

平成25年度から神奈川県で実施している地震被害想定調査の結果に基づいて予測を行う。

9.2.4. 大規模災害

ここでいう「大規模災害」は、石油類の流出が防油堤外さらには事業所外に拡大していくような場合、石油類や可燃性ガスの火災・爆発が隣接施設を損傷してさらなる爆発・火災を誘発して拡大していくような場合である。BLEVEによる災害（可燃性高圧ガスタンク）及びプラント施設の爆発火災を想定した定量的な評価を行った。また、その他の災害として、石油類の海上流出及び防油堤火災からの延焼拡大による危険性の定性的な評価を行った。その結果は以下のとおりである。

(1) 高圧ガスタンクの爆発による災害

ここでは、周辺火災等の影響によりBLEVE及びファイヤーボールが生じる場合を想定し、ファイヤーボールによる放射熱、BLEVE後の蒸気雲爆発による爆風圧及び破片の飛散について算定を行った。ファイヤーボールの放射熱について、 11.6kW/m^2 をしきい値とした場合に $2,000\text{m}$ 以上に影響を及ぼすタンクは京浜臨海地区で19基、根岸臨海地区で4基ある。蒸気雲爆発による爆風圧について、 2.1kPa をしきい値とした場合に $2,000\text{m}$ 以上に影響を及ぼすタンクは、京浜臨海地区で12基、根岸臨海地区で6基ある。また、BLEVEによる破片の飛散について、 $2,000\text{m}$ 以上に影響を及ぼすタンクは、京浜臨海地区で21基、根岸臨海地区で10基ある。このことから、BLEVEによる災害の影響は非常に大きいため、BLEVE発生の抑制及び災害発生時の緊急対応等が重要である。

(2) プラント製造施設の爆発による災害

ここでは、反応暴走のおそれのあるプラント製造施設について、短時間大量流出ガス爆発を想定し、取扱う可燃性ガスが最大滞留する箇所においてその全量が蒸気雲爆発する場合の爆風圧を定量的に評価した。蒸気雲爆発による爆風圧について、 $500\text{m}\sim 1,000\text{m}$ の範囲で影響を及ぼす施設は、5基ある。このことから、プラント製造施設の爆発による災害の影響は非常に大きいため、反応暴走の抑制及び災害発生時の緊急対応等が重要である。

(3) その他の大規模災害（防油堤から海上への石油類流出・防油堤火災からの延焼拡大）

ここでは想定される大規模災害のうち、タンク本体あるいは配管の大破に起因する災害（防油堤から海上への石油類流出及び防油堤火災の延焼拡大）を取り上げる。このような災害の発生は、現在の技術基準からすると考えにくいだが、施設の老朽化、施工不良、あるいは管理体制の問題など評価が困難な要因により、発生する可能性は否定できない。定量的な評価が困難であり、発災の抑制及び災害発生時の緊急対応等が重要である。

9.2.5. 津波による災害

本調査においては、津波による災害の危険性の定性的な評価を行った。ただし、危険物タンクについては、津波による流出量の定量的な評価を行った。その結果は以下のとおりである。

流出量については、津波が影響する施設は少ないものの、想定される流出量は少なくない。

また、流出が想定される油種によっては、引火性の高いものもあり、火災等の災害も想定される。

表 9.2.8 流出量の積算値

地区	浮き上がりの可能性 が判定された流出量(kl)	滑動の可能性 が判定された流出量(kl)
京浜臨海地区	1,028.0	1,245.0
根岸臨海地区	204.0	308.2
久里浜地区	0	0

9.3. 事業所及び各地区における対策の実施

前項で示した想定災害に対して必要な防災対策は、各々の事業所や地区に所在する施設の種類や取扱物質、想定される地震の震度などの違いによって異なる。各地区においては次に示すような特徴があり、それに応じた対策事項が特に重要と考えられる。なお、各事業所ではアセスメント結果（想定災害）をもとに事業所の状況を反映して災害の危険性を再確認し、必要な防災対策について検討する必要がある。

京浜臨海地区は大規模なコンビナートであり、数多くの施設が所在する。評価対象施設について平成17年度調査と比較すると、危険物タンクについては大幅に（500基程度）減少している。高圧ガスタンクについては、可燃性タンクが30基減少、毒性タンクが1基増加している。プラントについては、平成17年度以降新たに設置された施設として、フッ化水素や塩素を取り扱う施設や、禁水性のエチルアルミニウムジクロライドを取り扱う施設等が存在する。当該地区では、毒性危険物や毒性ガスの取扱いがあり、風向きによってはコンビナート外への影響が懸念されることから、毒性物質に関する事故防止が重要である。平常時においては、プラント（製造施設等）における災害の発生危険度が大きいことから、事故防止対策が重要となる。

根岸臨海地区は比較的小規模なコンビナートである。評価対象施設について平成17年度調査と比較すると、危険物タンクについては、特定タンクが19基減少、準特定タンクが15基増加している。高圧ガスタンクについては、可燃性タンクが3基増加、毒性タンクが1基増加している。また、プラントについては、毒性ガスの取扱いがあり、風向きによってはコンビナート外への影響が懸念されることから、毒性物質に関する事故防止が重要である。平常時においては、プラント（製造施設等）における災害の発生危険度が大きいことから、事故防止対策が重要となる。

久里浜地区は小規模なコンビナートであり、比較的危険性が低い。評価対象施設について、平成17年度調査から大きな変化は見られない。当該地区では、毒性ガスの取扱いがあり、風向きによってはコンビナート外への影響が懸念されることから、毒性物質に関する事故防止が重要である。平常時においては、プラント（発電施設）における災害の発生危険度が大きいことから、事故防止対策が重要となる。

次項に具体的な対策項目の要点を示す。

9.4. 防災対策の要点

前記のような神奈川県内のコンビナートにおける想定災害を踏まえて、表9.1.1に対応した防災対策の要点を以下にまとめる。

9.4.1. 平常時の防災対策

平常時において想定される事故に対しては、事業所における総合的な安全管理体制を確立することが重要であり、そのためには以降に示すような防災対策を充実することが望ましい。

(1) 災害の発生危険度を低減させるための対策

【災害の発生防止】

ア. 安全管理体制の充実

本県の石油コンビナート等特別防災区域で発生する異常現象の発生件数は、平成13から平成18年まで増加傾向にあったが、以降、平成21年まで減少傾向となった。しかしながら、平成22年以降は著しく増加傾向となり、平成24年は過去最多の発生となっている。

近年事故件数が多くなっていることの原因としては、設置から数十年が経過した施設が多くなり老朽化が進んでいること、従業員の安全に関する意識の低下、組織における知識・技術の継承が不十分であることなどが指摘されているが、事故の発生防止を図る上では、事業所における総合的な安全管理体制を確立することが重要であり、各事業所では以降に示す事項について不足する部分がないか再度確認する必要がある。

危険物の製造所や一般取扱所は事故発生率が高いことから、災害発生予防のための安全管理体制の見直しや、各設備の危険要因を把握することが重要である。

イ. 物的要因による事故防止

近年では、危険物施設における危険物流出等の事故の原因調査に関する消防法の改正が行われ、必要な調査を行うための体制が整備されたところである。物的要因による事故の防止のためには、今後の事故原因調査結果を踏まえて適切な対応を進めることはもちろんのこと、各事業所においては、日常及び定期的な施設の点検方法や点検箇所の見直し、施設・設備の更新スケジュールの見直しなど、保全管理を改めて見直していくことが極めて重要である。

ウ. 人的要因による事故防止

人的要因による事故防止のためには、運転・操作に関する知識・技術の習熟を図るとともに、安全運転に関わる広範な内容を要領よくまとめた安全管理マニュアルを作成し、従業員に徹底しておくことが不可欠である。すでにマニュアルを作成している事業所では、これを再度見直すことにより、安全意識の高揚とあわせた二重の効果が期待できる。

エ. 具体的な災害の想定

各事業所においては、本調査の結果等を参考に、施設の具体的な状況を反映した災害の発生危険度について検討し、危険性があると考えられる場合には災害が発生した場合の影響を想定しておく

必要がある。

想定される災害に対しては、具体的な活動マニュアルを作成し、発災時の応急措置を迅速・的確に行えるように訓練を実施しておくことが必要である。事業所外あるいはコンビナート区域外への影響が懸念される場合には、周囲の状況を把握した上で、事業所間の情報連絡、周辺地域に関する広報なども訓練に取り入れることが望ましい。

なお、毒性物質の漏洩は影響範囲が非常に大きくなる可能性があることから、事故発生時の対応マニュアルの整備や、毒性物質の漏洩を想定した訓練の実施などの事故対応の強化を図る必要がある。

【災害の拡大防止】

オ. 防災設備の設置促進

容量1万k1以上の特定タンクには、遠隔操作が可能で停電時においても作動可能な緊急遮断弁の設置が義務づけられている。このような緊急遮断弁は災害の拡大防止に有効であり、1万k1未満のタンクについても自主的な整備を進めることが望ましい。

また、毒性物質を取り扱う施設では、災害が発生した場合の影響が極めて大きいことから、万一に備えて散水設備等の除害設備を設置しておくことが望ましい。

カ. 防災設備の保守点検

事故の拡大防止のためには、各種の防災設備が有効であることから、その整備促進が望まれる。なお、防災設備が設置されていても、操作ミスやメンテナンスの不備等により事故時に正常に作動しない場合があるため、日頃の操作訓練やメンテナンスを十分に行う必要がある。また、停電時に備え、防災設備の駆動源（電力等）の多重化を図ることも重要である。

キ. 事故の早期検知

災害の拡大を防止するには、まず流出、火災、爆発等の事故（異常現象を含む）を早期に検知して、事業所内外の関係者・関係機関に通報するとともに、状況に応じた緊急対応を行う必要がある。そのためには、事業所における防災監視システムと情報伝達システムの機能性が重要になる。防災監視システムの基本的な機能要件としては、主に次のような事項が挙げられ、これらの要件が満たされているかを改めて確認する必要がある。

- 夜間・休日等の人員が少ない時においても運転監視が支障なく行えること。
- 異常の早期検知が可能で、かつ検知の信頼性が高いこと。
- 検知情報の判断・判定に対する支援機能を有すること。
- 誤操作の防止措置がとられていること。

ク. 災害の局所化

流出の発生箇所などによっては、遠隔操作による緊急遮断が機能せず、主に災害現場で拡大防止のための活動を行うことも想定される。例えば危険物タンクの場合には、「内容物を空タンクに移送する」、「流出箇所を土嚢などで囲んで流出拡大を防ぎ、漏油の回収をする」といった措置がと

られることになり、このような活動を想定した防災体制を整えておくことが必要である。

また、危険物の防油堤内流出が想定される場合には、防油堤内に仕切堤を設けて流出面積を縮小することも影響の低減策となる。

ケ．消防力の整備強化、防災教育及び防災訓練の実施

特定事業所は、自衛防災組織及び共同防災組織を合わせ、法令に基づく防災用施設、資機材等を整備している。また、直径34m以上の浮き屋根式タンクを設置する特定事業所は、広域共同防災組織を組織し、タンク全面火災に対応するため大容量泡放水砲等及び所要の防災要員等を整備しているが、より一層の消防力の整備に努める。

また、特定事業所は、協力会社も含めた全従業員を対象に、防災教育及び訓練を計画的かつ確実に実施し、平常時の安全確保と災害時の応急活動の万全を期する。

(2) 災害の影響を低減させるための対策

コ．災害拡大時の対応

地区によっては、ある程度の時間災害が継続する事態や災害が広範囲に及ぶ事態が想定される。このような場合、発災事業所や共同防災組織の消防隊だけで対応することは困難であり、公設消防機関と協力して消火活動を行うことになる。したがって、発災事業所は直ちに消防機関に通報するとともに、早期に終息できない場合には逐次状況を報告し、災害の拡大に備える必要がある。また、石油コンビナート等防災本部では、発災事業所や消防機関等から迅速に情報収集を行うとともに、災害の拡大状況に応じて防災資機材の調達や国への応援要請の必要性など、総合的な応急活動体制を検討し、迅速に対応措置を講ずる必要がある。

サ．周辺住民に対する広報活動

毒性ガスを扱うタンクやプラントで災害が発生した場合、影響範囲は火災や爆発に比べてかなり大きくなり、周辺地域の住民などに何らかの影響を与える可能性は否定できない。したがって、災害が早期に終息できない場合には、状況に応じて交通規制を行い、周辺地域の住民等に対して避難を呼びかける必要がある。

また、石油類の火災の場合、輻射熱による直接的な影響はほぼないにしても、走行中の車両に対して煙による視界不良により交通事故を引き起こすことも懸念される。可燃性ガスが拡散した場合には、近くを走行中の車が着火源となることも考えられる。したがって、事業所や防災関係機関では、災害の拡大状況、気象状況（風速・風向）を常時把握し、影響が広範囲に及ぶと予想される場合には迅速に影響が予想される地域の住民への避難指示や交通規制が行えるような情報伝達体制を整備しておくことが重要である。

9.4.2. 地震時の防災対策（強震動による被害）

地震時において想定される強震動による被害に対しては、まず施設被害の発生防止を図ることが最も重要である。さらに、発生した被害が大規模災害に発展することのないよう拡大防止対策を充実することも重要であり、そのためには以降に示すような防災対策の実施が望ましい。

(1) 災害の発生危険度を低減させるための対策

【災害の発生防止】

シ. 施設の耐震性強化

旧法旧基準の特定屋外タンク貯蔵所（容量1,000k1以上のタンクで昭和52年以前の旧基準で設置されたもの）や、旧基準の準特定タンク（容量500～1,000k1のタンクで平成11年の耐震基準を満たさないもの）については、特に地震時における強度不足が懸念されている。これらについては、技術上の基準が制定されており、以下のように新基準適合への改修期限が設けられている。旧法旧基準の特定屋外タンクについては、耐震改修は進んでおり、災害発生リスクはかなり低減していると考えられるが、準特定タンクについては、まだ未改修のものが残存しているため、優先的な改修が望まれる。

○ 特定屋外タンク貯蔵所（容量1,000k1 以上）

- ・ 容量10,000k1 以上：平成21年12月31日
- ・ 容量10,000k1 未満：平成25年12月31日

○ 準特定屋外タンク貯蔵所（容量500k1 以上1,000k1 未満）：平成29年3月31日

大規模地震の発生に備えた対応として、旧総合資源エネルギー調査会での議論等を踏まえ、球形貯槽に係る耐震告示の改正に伴い、鋼管ブレースの交差部分にかかる応力の算出方法や許容応力の評価方法が追加された。既存設備についても、耐震性評価を行うことで、耐震性強化が期待される。

【災害の拡大防止】

ス. 防災設備の信頼性向上

地震により施設が損傷して石油類やガス類が流出したとしても、遮断設備、移送設備、散水設備、消火設備など付設された防災設備が正常に稼働すれば大規模災害に至る危険性はかなり小さくなる。地震時にこれらの設備が稼働しなくなる主な原因としては、地震による直接的被害も起こりうるが、可能性としては駆動源（特に電力）の喪失の方が高いと考えられる。したがって、事業所においては、できるだけバックアップ用の駆動源を整備し、常用電源が停止した場合でも正常に稼働するようにメンテナンスを行っておくことが望ましい。また、停電時に安全側に作動する設備（例えば緊急遮断設備）、非常電源等で正常に作動する設備、作動不能になる設備等を確認しておき、停電時においてもできるだけ災害を局所化するための対応マニュアルを作成して訓練を行っておく必要がある。

セ. 発災時の応急対応

大規模地震が発生した場合には、コンビナート地区において流出や火災等が多発することも予想される。したがって、危険物タンクなどの施設の耐震強化を講じて被害の発生を減少させるとともに、各事業所において被害の多発を念頭に置いた次のような緊急対応を具体化し、十分に訓練を行っておく必要がある。

○ 地震発生直後の監視体制（職員による目視や監視カメラの設置等）

○ 施設ごとの災害の発生危険、拡大危険を踏まえた効率的な点検・パトロールの実施

○職員の非常参集（特に休日・夜間の対応）

○人員・消防力の効率的な運用

なお、人員・消防力の運用に関しては、共同防災組織ごとに早期に各事業所の被害状況を把握・集約し、被害の重大性に応じて効率的に配分できるような計画を定めておく必要がある。

(2) 災害の影響を低減させるための対策

ソ. 広域的な防災体制

地震時には、個々の事業所、共同防災組織内だけでなく、コンビナート地区全体、あるいは市街地なども含めた被災地域全体を見渡した応急対応が必要になってくる。

コンビナート地区に関しては、被害の少ない事業所は被害の多い事業所に応援に駆けつけるなどの事業所間の連携が必要になり、共同防災組織間においても、それぞれが把握した被害情報を共有して被害の程度に応じた協力体制をとることが必要になる。

また、大規模地震が発生した場合、市街地などの一般地域においても多くの被害が発生することから、県や関係市では一般地域とコンビナート地域を含めた被災地全体を見据えた効率的・効果的な災害対応を進めるとともに、コンビナート災害の拡大に備えた県内外の応援体制についても十分に検討しておく必要がある。

タ. 周辺住民の避難対策

地震時においてコンビナート災害の影響回避のために住民避難を行う場合には、市街地での火災発生状況、道路や橋梁の被害状況、津波の危険性なども考慮すべきであり、被災地域全体の避難の一環として計画を策定しておく必要がある。

9.4.3. 地震時の防災対策（危険物タンクのスロッシング被害）

危険物タンクのスロッシング被害については、本調査においては定性的な評価にとどまっている。

現時点では、長周期地震動の予測結果には大きなばらつきがあることを踏まえた上で、想定以上の被害の発生に備え、発災時の被害の局所化や、限られた対応力の中での効果的・効率的な災害対応、広域的な防災体制の確立など、応急対策の充実を図っていく必要があり、以降に示すような防災対策を実施することが望ましい。また、国等による今後の地震動予測や被害予測に関する成果等を踏まえ、事業所における対策を見直していくことも重要である。

(1) 災害の発生危険度を低減させるための対策

【災害の発生防止】

チ. 浮き屋根の技術基準の適合促進

平成15年十勝沖地震を契機として、危険物タンクのスロッシング対策が見直され、管理液面の低下や浮き屋根の耐震基準への適合などが進められている。本県の石油コンビナート等特別防災区域は、長周期地震動による影響を受けやすい区域とされていることから、スロッシング被害の予防対策は重要である。次の基準への適合に関しては適合期限（平成29年3月31日）が設けられているが、該当タンクについては早急な対応が望ましい。

○浮き屋根の耐震基準への適合

○その他の構造基準（浮き機能の強化、雨水排水配管への遮断弁の設置）への適合

ツ. スロッシングによる被害の想定

スロッシングによる被害の発生は、タンクのスロッシング固有周期及びその周期帯における地震波の強度にある程度依存するが、スロッシング固有周期はタンクの液高に応じて変わることから、施設の運転状況を考慮することが望ましい。また、地震波の強度については将来発生する地震の予測が困難であることから、現段階では具体的な対策を立てるためには十分な想定となっていない。今後、地震動評価手法の改良などにより予測結果が改善された場合には、被害想定についても最新の成果を取り込み見直してゆく必要があることから、公的機関は地震動予測や被害予測に関する情報を提供していくことが重要である。

テ. 防災対応力の把握

巨大地震が発生した場合には、想定を超えるスロッシングや同時多発災害が発生する可能性もあり、今後はそのような場合の応急対応についても検討していく必要がある。事業所では、現計画の防災対応力によりどこまで対応が可能かを明確にし、その際には個別のタンクの特長（貯蔵物質、屋根型式、設置場所等）を考慮して、できる限り具体的に検討することが重要である。

ト. 今後の研究・技術開発の必要性

数mを超える大きなスロッシングが生じた場合には、タンク破損の危険性が高く、液面の低下措置だけで被害を予防することは困難である。このような大きなスロッシングに対しては、スロッシング制振技術の開発などの新たな研究・技術開発、実用化が望まれる。

【災害の拡大防止】

ナ. 浮き屋根の被害状況の把握

地震発生時には迅速に被害状況を点検し、危険性の高い施設を把握する必要があるが、タンク屋根部の確認にはある程度の時間がかかることや、平成15年十勝沖地震で見られたように、浮き屋根の損傷状況が十分に確認できない場合もあり得る。リアルタイム被害予測システム（地震特性と施設特性から、地震発生時に被害を受ける可能性が大きいタンクを予測するためのシステムで、最近ではいくつかの導入事例が見受けられる）では、強震動やスロッシングによるタンク被害を予測し、地震の発生時に損傷危険性の高いタンクを把握することができることから、その導入について検討することも有用と考えられる。

(2) 災害の影響を低減させるための対策

ニ. 同時多発災害への対応方策

調査の結果からは、想定を超えるスロッシングにより複数のタンクで被害が発生し、現計画の対応力を超える可能性が示唆されている（ただし、火災になった場合でもコンビナート外に影響が及ぶ危険性は低い）。万一複数タンクで発災した場合には、危険性の高い施設について優先的に対応

していくことで、災害の影響を最小化する必要がある。危険性の評価指標としては、タンクの被害程度、貯蔵物質（引火性の高い第1石油類や毒性を有する危険物及びボイルオーバー等の二次災害が予想される油種）、立地条件（他の施設や一般地域に近接するタンク等）といったことが考えられるが、事業所の具体的状況に基づき判断基準を整理しておく必要がある。また、今後は広域的な防災体制についても、一層の充実を図っていく必要がある。

ヌ．周辺住民に対する広報活動

平常時（サ．参照）と同様に、交通規制や周辺住民の避難などの広報体制を整備しておくことが必要である。

9.4.4. 大規模災害の対策

大規模災害については、発生する可能性は非常に小さいが、万一発生した場合の影響が大きくなると考えられるため、以降に示すような防災対策を検討しておく必要がある。

(1) 災害の発生危険度を低減させるための対策

ネ．具体的な災害の想定

大規模災害については、万一発生した場合においても迅速な対応が可能となるよう、あらかじめ影響の大きさや必要な対応力を把握しておくことが必要である。特に周辺住民等の避難が必要となるような場合には、大規模災害の影響評価結果を避難計画に反映しておくことが必要である。

(2) 災害の影響を低減させるための対策

ノ．広域的な防災体制

各事業所は災害対応と同時に近隣事業所、コンビナート外の町内会へ発災連絡をし、外部関係機関と連携を取りながら災害規模に応じた対応を取る仕組みを持っている。平時においても設備の運転員、警備・防災員によるパトロールが毎日行われている。緊急時に備え、手順マニュアルを作成し、それに沿った事業所内訓練、所轄消防署との合同訓練等を定期的に行い、消火戦術・知識の向上に努めている。

ハ．周辺住民に対する広報活動

平常時（サ．参照）と同様に、交通規制や周辺住民の避難などの広報体制を整備しておくことが必要である。

9.4.5. 津波対策

本調査の想定では、危険物タンクの津波による流出量は大きな数字となっている。また、流出が想定される油種によっては、引火性の高いものもあり、火災等の災害も想定されることから、以降に示すような防災対策を検討しておく必要がある。

(1) 災害の発生危険度を低減させるための対策

【災害の発生防止】

ヒ．浮遊物の対策

津波により事業所が浸水した場合、事業所内で浮遊物が発生することが考えられる。事業所内に
ある車両、ドラム缶、容器などの浮遊、流出を防止する、または浮遊物となった場合の被害の拡大
を防止するなどの対策が必要となる。

フ．具体的な災害の想定

津波による災害については、万一発生した場合においても迅速な対応が可能となるよう、あらか
じめ影響の大きさや必要な対応力を把握しておくことが必要である。特に周辺住民等の避難が必要
となるような場合には、津波による災害の影響評価結果を避難計画に反映しておくことが必要であ
る。

【災害の拡大防止】

ヘ．重要な設備・機器の被害防止

通信設備、防災資機材などの重要な設備が使用不能となることを防ぐ必要がある。通信設備は、
従業員への避難などの指示を行うために必要となる。防災資機材は、津波が来襲した後の被害拡大
を防止するために必要となる。

ホ．防災設備の設置促進

容量1万k1以上の特定タンクには、遠隔操作が可能で停電時においても作動可能な緊急遮断弁の
設置が義務づけられている。このような緊急遮断弁は災害の拡大防止に有効であり、1万k1未満の
タンクについても自主的な整備を進めることが望ましい。

(2) 災害の影響を低減させるための対策

マ．津波からの避難を考慮した緊急措置

津波の影響が最大と考えられる慶長型地震の津波到達想定時間は、京浜臨海地区では、川崎港で
最大津波高の到達時間は96分と予測され、根岸臨海地区では、横浜港（根岸湾周辺）で最大津波高
の到達時間は81分と予測され、久里浜地区では、横須賀港（久里浜）で最大津波高の到達時間は61
分と予測されている。十分に避難する時間があると考えられるため、津波の可能性が考えられる場
合に、迅速に避難できるような周知の整備が必要である。

なお、神奈川県では、津波による浸水のおそれがある場合における事業所の緊急時体制について
把握するため、平成24年度において県内のコンビナート全事業所を対象に立入検査を行った結果、
約9割の事業所において津波発生時における避難体制が整備されているほか、約8割の事業所にお
いて緊急措置に関する必要な事項について定めているといった状況が把握できた。特に、津波警報
などの津波情報を従業員へ伝達する体制については、ほぼすべての事業所において整備されてい
ることが確認できた。（平成25年2月時点）

ミ．周辺住民に対する広報活動

平常時（サ．参照）と同様に、交通規制や周辺住民の避難などの広報体制を整備しておくことが必要である。

9.4.6. 緊急停止に係る安全上の留意事項

東日本大震災では、調査対象事業所の約 7 割がすべてまたは一部の設備を緊急停止している。緊急停止した事業所の多くはすべての設備を正常に停止したが、一部の事業所では危険物や高圧ガスタンクにおいて、停電による受払配管電動弁の閉止失敗や、設備損傷による空気弁の閉止失敗が生じている¹。タンク受払配管の緊急遮断は、漏洩が発生した場合の災害拡大防止措置として重要であり、その成否は弁の種類（電動弁、空気弁等）や停電時における操作性によって異なる。

ここでは、本調査により明らかとなった、遮断設備、消火設備、移送設備等個々の施設におけるハード面の対策状況と、プラント（製造施設等）における反応暴走等のおそれのある設備の保有状況について整理した。

¹ 石油コンビナートの防災アセスメント指針，平成 25 年 3 月，消防庁特殊災害室

資料1 コンビナート施設の事故・被害発生状況

表 1.1 危険物施設における事故発生状況（最近10年間）

年	事故種別等	製造所	貯蔵所							取扱所			
			屋内貯蔵所	屋外タンク貯蔵所	屋内タンク貯蔵所	地下タンク貯蔵所	簡易タンク貯蔵所	移動タンク貯蔵所	屋外貯蔵所	給油取扱所	移送取扱所	一般取扱所	
2003	火災	件数	24	2	2	0	0	0	11	0	38	0	111
		発生率	47.59	0.37	0.26	0.00	0.00	0.00	1.38	0.00	4.64	0.00	14.85
	漏洩	件数	14	2	54	4	47	0	79	0	71	2	79
		発生率	27.76	0.37	7.00	2.74	3.88	0.00	9.90	0.00	8.68	15.86	10.57
施設数		5043	54755	77136	14609	121073	1573	79794	12560	81812	1261	74746	
2004	火災	件数	33	6	1	0	1	0	10	0	37	0	107
		発生率	66.00	1.11	0.13	0.00	0.08	0.00	1.26	0.00	4.61	0.00	14.40
	漏洩	件数	11	2	40	10	64	0	65	0	84	6	77
		発生率	22.00	0.37	5.29	7.00	5.36	0.00	8.19	0.00	10.46	48.43	10.36
施設数		5000	54133	75624	14284	119298	1498	79365	12258	80279	1239	74294	
2005	火災	件数	27	2	4	0	0	0	7	0	26	0	122
		発生率	54.15	0.37	0.54	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00	3.31	0.00	16.55
	漏洩	件数	10	1	61	3	76	0	73	1	81	6	80
		発生率	20.06	0.19	8.22	2.15	6.50	0.00	9.33	0.83	10.31	48.82	10.86
施設数		4986	53835	74248	13982	116835	1431	78249	11990	78556	1229	73698	
2006	火災	件数	35	0	3	0	1	0	5	0	40	0	139
		発生率	70.30	0.00	0.41	0.00	0.09	0.00	0.65	0.00	5.19	0.00	19.07
	漏洩	件数	19	0	52	5	71	1	66	0	78	8	75
		発生率	38.16	0.00	7.12	3.65	6.22	7.29	8.53	0.00	10.12	64.72	10.29
施設数		4979	53334	72984	13709	114085	1372	77386	11827	77107	1236	72906	
2007	火災	件数	27	5	4	0	0	0	1	0	27	1	104
		発生率	53.65	0.94	0.56	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	3.56	8.20	14.53
	漏洩	件数	20	0	94	12	78	0	56	0	75	11	88
		発生率	39.74	0.00	13.10	9.02	7.04	0.00	7.37	0.00	9.89	90.24	12.29
施設数		5033	53267	71757	13299	110801	1296	76012	11563	75848	1219	71598	
2008	火災	件数	23	4	5	0	0	0	1	0	27	0	116
		発生率	45.51	0.75	0.71	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	3.65	0.00	16.44
	漏洩	件数	17	1	52	6	65	0	62	0	84	7	90
		発生率	33.64	0.19	7.38	4.65	6.02	0.00	8.34	0.00	11.36	57.80	12.75
施設数		5054	52996	70470	12905	107932	1234	74297	11373	73956	1211	70565	
2009	火災	件数	30	1	4	0	0	0	4	0	30	0	93
		発生率	58.81	0.19	0.58	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	4.18	0.00	13.41
	漏洩	件数	19	1	49	6	54	0	68	1	67	9	86
		発生率	37.25	0.19	7.06	4.79	5.15	0.00	9.42	0.89	9.34	74.88	12.40
施設数		5101	52807	69403	12515	104897	1189	72219	11185	71756	1202	69363	
2010	火災	件数	40	2	1	0	0	0	4	0	29	0	103
		発生率	78.29	0.38	0.15	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	4.16	0.00	15.09
	漏洩	件数	16	2	56	3	55	0	42	3	69	9	102
		発生率	31.32	0.38	8.20	2.45	5.39	0.00	5.99	2.70	9.90	75.69	14.95
施設数		5109	52300	68293	12220	102095	1155	70074	11123	69727	1189	68242	
2011	火災	件数	30	6	2	0	0	0	2	0	29	1	119
		発生率	58.75	1.16	0.30	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	4.28	8.51	17.73
	漏洩	件数	26	1	62	8	55	0	52	2	79	16	95
		発生率	50.92	0.19	9.23	6.74	5.55	0.00	7.58	1.81	11.67	136.17	14.16
施設数		5106	51881	67178	11868	99024	1122	68568	11037	67707	1175	67109	
2012	火災	件数	27	2	5	1	0	0	6	0	29	0	128
		発生率	52.93	0.39	0.76	0.86	0.00	0.00	0.88	0.00	4.38	0.00	19.36
	漏洩	件数	25	1	81	6	48	0	48	0	59	11	96
		発生率	49.01	0.20	12.28	5.16	5.01	0.00	7.05	0.00	8.91	95.49	14.52
施設数		5101	51196	65952	11622	95764	1099	68082	10874	66189	1152	66125	
計	火災	件数	296	30	31	1	2	0	51	0	312	2	1142
		発生率	58.60	0.57	0.44	0.09	0.02	0.00	0.67	0.00	4.20	1.67	16.14
漏洩	件数	177	11	601	63	613	1	611	7	747	85	868	
	発生率	34.98	0.21	8.49	4.84	5.61	0.73	8.17	0.62	10.06	70.81	12.31	

注1) 消防庁「危険物に係る事故事例」より作成。

注2) 件数は、各年1月1日から12月31日までの間に全国で発生した危険物に係る事故件数を表す。

注3) 発生率は、危険物施設1万施設あたりの発生件数を表す（施設数は各年における3月31日現在の完成検査済証交付施設数）。

また、「計」の発生率は各年の発生率の平均である。

注4) 事故件数は、2003年宮城県北部を震源とする地震及び北海道十勝沖地震、2011年東北地方沖地震その他最大深度6弱以上の地震によるものを除く。

表 1.2 特別防災区域の特定事業所における事故発生状況（最近 10 年間）

年次	事故種別	危険物施設(高圧混在施設も含む)						高圧ガス施設
		製造所	屋内貯蔵所	屋外タンク貯蔵所	移動タンク貯蔵所	移送取扱所	一般取扱所	
2003	火災	10	0	3	0	0	20	3
	爆発	0	0	0	0	0	1	0
	漏洩	9	1	24	2	2	17	5
	その他	2	0	17	0	0	3	0
	合計	21	1	44	2	2	41	8
2004	火災	14	0	0	0	0	15	1
	爆発	1	0	0	0	0	0	0
	漏洩	11	0	9	0	5	18	3
	その他	0	0	3	0	0	3	2
	合計	26	0	12	0	5	36	6
2005	火災	7	1	1	0	0	23	0
	爆発	1	0	0	0	0	1	0
	漏洩	8	1	16	1	4	12	8
	その他	2	0	1	0	0	0	0
	合計	18	2	18	1	4	36	8
2006	火災	20	0	3	0	0	23	4
	爆発	4	0	0	0	0	7	0
	漏洩	22	0	23	2	6	22	2
	その他	4	0	3	0	0	0	1
	合計	50	0	29	2	6	52	7
2007	火災	12	0	2	1	0	20	0
	爆発	1	0	0	0	0	3	0
	漏洩	21	0	49	0	8	22	9
	その他	2	0	8	1	1	2	1
	合計	36	0	59	2	9	47	10
2008	火災	10	0	3	0	0	20	2
	爆発	1	0	0	0	0	5	0
	漏洩	26	0	22	1	5	25	2
	その他	2	0	5	0	1	3	2
	合計	39	0	30	1	6	53	6
2009	火災	16	0	4	0	0	18	1
	爆発	2	0	0	0	0	3	0
	漏洩	21	0	23	1	8	28	1
	その他	1	0	2	0	0	1	2
	合計	40	0	29	1	8	50	4
2010	火災	21	0	1	0	0	20	1
	爆発	0	0	0	0	0	1	1
	漏洩 ^{注1)}	17	0	27	0	8	33	4
	その他	0	0	2	0	0	2	1
	合計	38	0	30	0	8	56	7
2011	火災	11	1	0	0	1	22	1
	爆発	2	0	1	0	0	1	0
	漏洩	21	0	31	0	8	23	6
	その他	1	2	0	0	1	3	1
	合計	35	3	32	0	10	49	8
2012	火災	11	0	3	0	0	28	3
	爆発	2	0	0	0	0	1	0
	漏洩	22	0	44	4	5	30	1
	その他	2	0	6	0	1	1	0
	合計	37	0	53	4	6	60	4
計	火災	132	2	20	1	1	209	16
	爆発	14	0	1	0	0	23	1
	漏洩	178	2	268	11	59	230	41
	その他	16	2	47	1	4	18	10
	合計	340	6	336	13	64	480	68
施設数		1,472	2,476	19,389	307	962	5,872	2,440
	火災	89.67	0.81	1.03	3.26	1.04	35.59	6.56
	爆発	9.51	0.00	0.05	0.00	0.00	3.92	0.41
	漏洩	120.92	0.81	13.82	35.83	61.33	39.17	16.80
	その他	10.87	0.81	2.42	3.26	4.16	3.07	4.10
合計	230.98	2.42	17.33	42.35	66.53	81.74	27.87	

注1) 2010年における漏洩事故発生件数は、内訳不明の2事故を除く。

注2) 消防庁特殊災害室「石油コンビナート等特別防災区域の特定事業所における事故概要」に基づいて作成した。

また、事故発生率は年間の1万施設あたりの事故発生件数を表す。

注3) 事故件数には、2003年北海道十勝沖地震、2011年東北地方太平洋沖地震及び津波・その他の地震によるものを除く。

注4) 施設数について、屋外タンク貯蔵所と高圧ガス施設は石油コンビナート等防災体制の現況による2012年4月1日現在の数（高圧ガス施設数は同調査による高圧ガスタンク数としている）であり、製造所、移送取扱所、一般取扱所は石油コンビナート等実態調査の特定事業所における危険物製造所等調による2011年4月1日現在の数である。

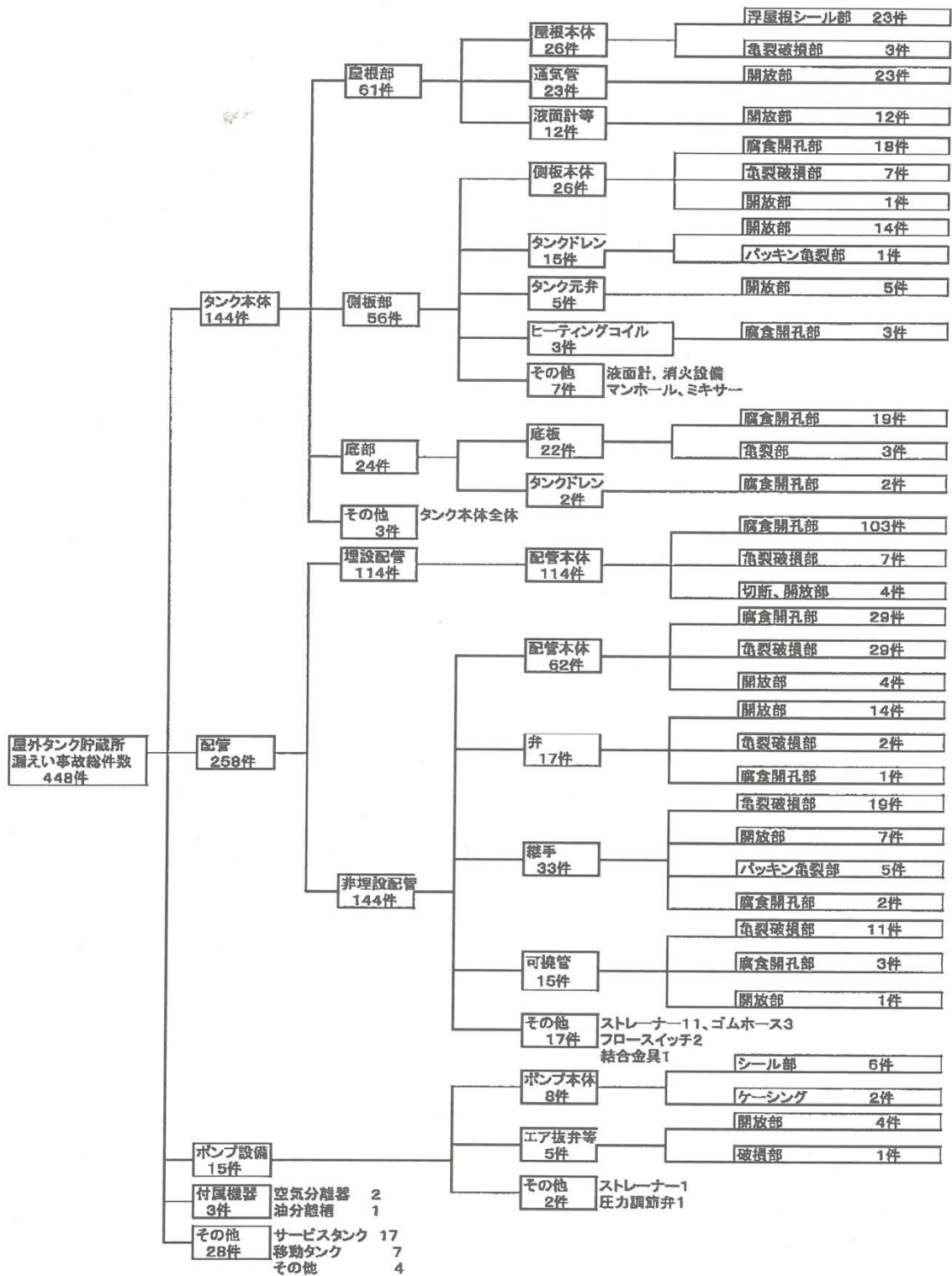


図 1.1 屋外タンク貯蔵所における漏洩事故の発生部位の分類¹

¹ Safety & Tomorrow, 危険物保安技術協会, No.97, 2004.9

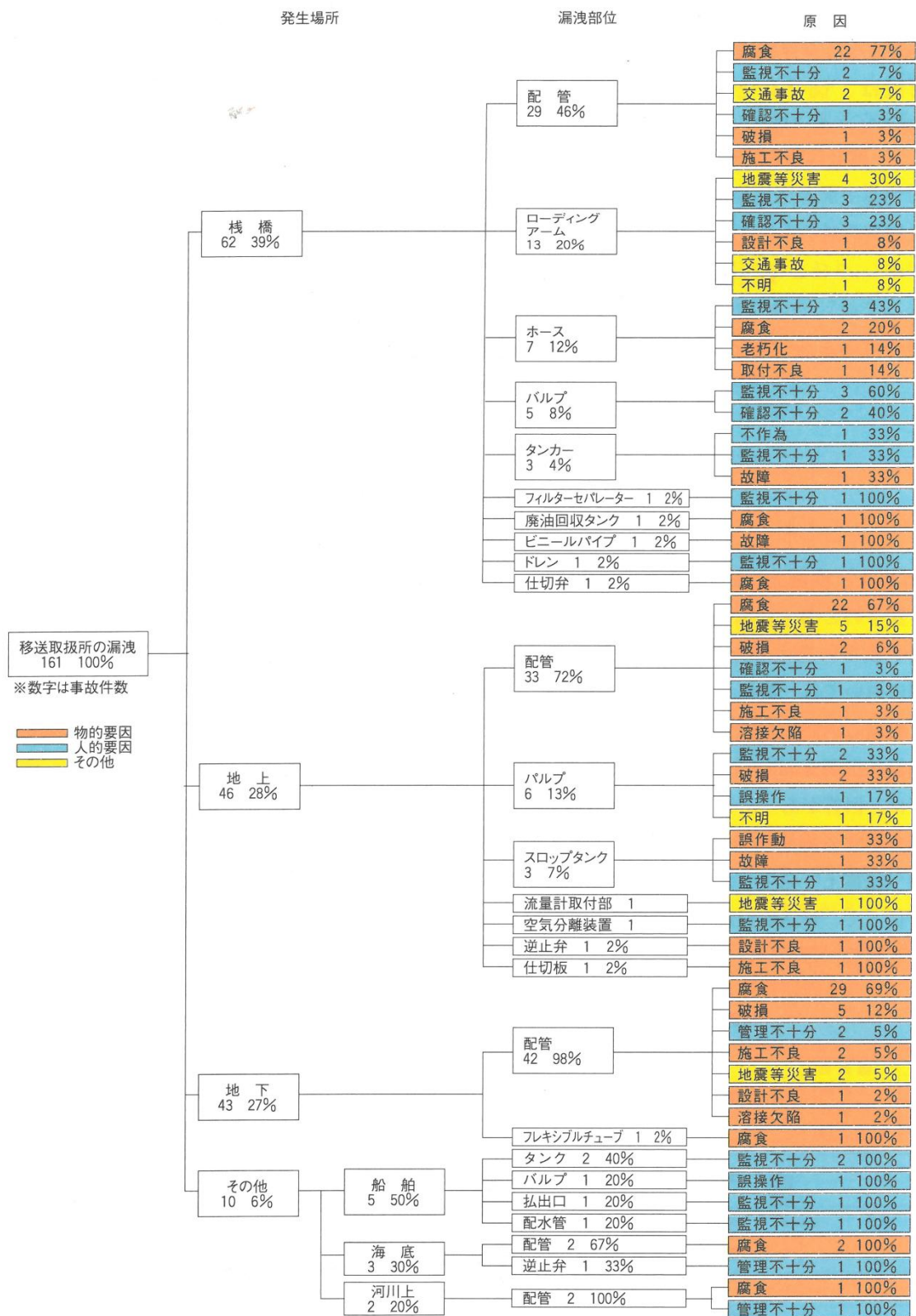


図 1.2 移送取扱所における漏洩事故の発生部位及び発生原因の分類¹

¹ Safety & Tomorrow, 危険物保安技術協会, No.95, 2004.5

表 1.3 東日本大震災による危険物施設の被害の主な原因と内訳

施設形態	調査地域内の施設数 (件) (a)	被災施設数 (件) (b)	被災率 (%) (b/a)	被災施設の主な原因														
				地震					津波					判別不明				
				計	火災	流出	破損	その他	計	火災	流出	破損	その他	計	火災	流出	破損	その他
製造所	2,058	80	3.9%	68	0	0	60	8	4	0	0	3	1	8	0	0	8	0
屋内貯蔵所	20,761	217	1.0%	80	0	18	48	14	136	0	1	127	8	1	0	0	1	0
屋外タンク貯蔵所	26,572	841	3.2%	378	0	27	328	23	398	1	92	219	86	65	0	5	48	12
屋内タンク貯蔵所	5,161	21	0.4%	2	0	0	2	0	19	0	2	17	0	0	0	0	0	0
地下タンク貯蔵所	52,015	318	0.6%	139	0	14	98	27	167	0	2.00	124	41	12	0	0	6	6
簡易タンク貯蔵所	378	4	1.1%	0	0	0	0	0	4	0	0	2	2	0	0	0	0	0
移動タンク貯蔵所	36,037	366	1.0%	0	0	0	0	0	358	28	0	230	100	8	1	0	5	2
屋外貯蔵所	4,704	60	1.3%	3	0	0	3	0	57	0	2	52	3	0	0	0	0	0
給油取扱所	29,187	823	2.8%	506	0	4	493	9	307	0	1	281	25	10	0	1	9	0
販売取扱所	860	6	0.7%	2	0	0	2	0	4	0	0	3	1	0	0	0	0	0
移送取扱所	587	44	7.5%	19	0	3	15	1	23	0	2	14	7	2	0	0	2	0
一般取扱所	33,557	561	1.7%	212	5	13	186	8	344	7	4	275	58	5	0	2	3	0
合計	211,877	3,341	1.6%	1,409	5	79	1,235	90	1,821	36	106	1,347	332	111	1	8	82	20

注1) 「東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討報告書、平成23年12月、消防庁危険物保安室・特殊災害室」より作成。

注2) 調査地域内の危険物施設数は、平成22年3月31日時点の数値である。

注3) 津波により、施設と共に貯蔵・取り扱われていた危険物が流失した場合は「破損」に該当する。

資料2 計測震度の算出式

地震時の災害想定においては、初期事象の発生確率を推定するために地表における加速度が必要となる。本調査では、内閣府中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」において算定された予防対策用の計測震度を用い、以下に示す気象庁の計測震度の算出式より地表加速度を推定した。

計測震度の算出式（気象庁告示第4号, 1996）

$$I = 2 \log a + 0.94$$

I : 計測震度

a : 加速度 [cm/s²]

なお、上式の加速度a は最大加速度そのものではなく、加速度記録に低周波数側を強調するフィルター処理をして、これが0.3 秒以上継続する値が用いられている（次ページを参照）。

【気象庁：計測震度の算出方法】

計測震度は、震度計内部で以下のようなデジタル処理によって計算されます。

1. デジタル加速度記録3成分（水平動2成分、上下動1成分）のそれぞれに、フーリエ変換・フィルター処理・逆フーリエ変換の手順で、以下に示す特性のフィルターを掛ける。
2. 得られたフィルター処理済みの記録3成分から、ベクトル波形を合成する。
3. ベクトル波形の絶対値がある値 a 以上となる時間の合計を計算したとき、これがちょうど 0.3 秒となるような a を求める。
4. この a から $I = 2 \log a + 0.94$ により計測震度 I を計算する。

計測震度の計算で使われているフィルター処理は、周波数 0.5 - 10Hz の範囲で地震動の加速度と速度の中間の波形を求めていることに相当します。つまり、両対数のグラフ上で見ると、このフィルターの特性曲線の傾きが上の周波数範囲で $-1/2$ となっています。また、1.0Hz で倍率が1となるよう定数が選ばれています。また、フィルターの式は、以下の3つの部分からなります。

1. $\text{SQRT}(1/F)$
2. $1/\text{SQRT}(1+0.694*X^{**2}+0.241*X^{**4}+0.0557*X^{**6}+0.009664*X^{**8}+0.00134*X^{**10}+0.000155*X^{**12})$
3. $\text{SQRT}(1-\text{EXP}(-(F/0.5)^{**3}))$

ここで、 F は周波数 (Hz)、 X は $F/10$ です。1は上で述べた加速度と速度の中間の特徴を表すフィルター、2はハイカットフィルター、3はローカットフィルターです。

従来から用いられてきた、最大加速度を震度に換算するいわゆる河角の式との違いは、加速度記録に低周波数側を強調する上記のようなフィルターを施したうえ、最大値そのものではなく0.3秒以上継続する値を使う点です。

以上のことから、単純に河角の式から逆算し、各震度階級の加速度の値を求めることは出来ません。

(気象庁ホームページより)

資料3 災害影響の算定方法

1. 流出モデル

(1) 液体流出

危険物質を液相で貯蔵した容器（または付属配管で容器に近いところ）が破損したときの流出率は次式で与えられる。ただし、容器の大きさに比べて流出孔が十分に小さく、流出が継続する間は液面の高さは変化しないことを前提とする。

$$q_L = ca \sqrt{2gh + \frac{2(p-p_0)}{\rho}} \dots\dots\dots (1)$$

- q_L : 液体流出率 (m³/s)
- c : 流出係数 (不明の場合は0.5 とする)
- a : 流出孔面積 (m²)
- p : 容器内圧力 (Pa)
- p_0 : 大気圧力 (0.101×10⁶Pa)
- ρ : 液密度 (kg/m³)
- g : 重力加速度 (9.8m/s²)
- h : 液面と流出孔の高さの差 (m)

長い配管（パイプライン）から流出するような場合には、配管内壁と流体との摩擦による圧力損失を考慮すべきであるが、これを無視して次式により安全サイドの評価として概算することができる。

$$q_L = ca \sqrt{v^2 + \frac{2(p-p_0)}{\rho}} \dots\dots\dots (2)$$

- v : 配管内の流速 (m/s)
- p : 送出圧力 (Pa)

(2) 気体流出

容器内に物質が気相で存在する場合の流出率は次式で与えられる。ただし、容器の大きさに比べて流出孔が十分に小さく、気体の噴出に熱的变化がないことを仮定している。

① 流速が音速未満 ($p_0/p > \gamma_c$) のとき

$$q_G = cap \sqrt{\frac{2M}{ZRT} \left(\frac{\gamma}{\gamma-1} \right) \left\{ \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right\}} \dots\dots\dots (3)$$

② 流速が音速以上 ($p_0/p \leq \gamma_c$) のとき

$$q_G = cap \sqrt{\frac{M}{ZRT} \gamma \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}} \dots\dots\dots (4)$$

ただし、

$$\gamma_c = \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

- q_G : 気体流出率 (kg/s)
- c : 流出係数 (不明の場合は0.5 とする)
- a : 流出孔面積 (m²)
- p : 容器内圧力 (Pa)
- p_0 : 大気圧力 (Pa)
- M : 気体のモル重量 (kg/mol)
- T : 容器内温度 (K)
- γ : 気体の比熱比
- R : 気体定数 (8.314J/mol・K)
- Z : ガスの圧縮係数 (=1)

2. 蒸発モデル（風による揮発性液体の蒸発）

常温の揮発性液体が流出して矩形の囲いの中に溜まった場合、液面からの蒸発量は風速に支配され次式で与えられる。

$$w = 0.033\rho_g u \left(\frac{p_v}{p_0} \right) \left(\frac{v}{ul} \right)^{0.2} \dots\dots\dots (5)$$

- w : 蒸発率 (kg/m²s)
- ρ_g : 周辺温度における蒸気密度 (kg/m³)
- p_v : 液面温度での飽和蒸気圧 (Pa)
- p_0 : 大気圧 (Pa)
- u : 風速 (m/s)
- l : 風方向の囲いの長さ (m)
- v : 空気の動粘性係数 (※)

(※) 空気の動粘性係数

$$v = 1.328 \times 10^{-5} \cdot \left(\frac{273 + T_a}{273} \right)^{1.754}$$

ただし、 T_a は大気温度 (°C) である⁵⁹。

⁵⁹ 近藤純正：水環境の気象学—地表面の水収支・熱収支—，朝倉書店，1994

3. ガス拡散モデル

(1) 坂上モデル

ガスが流出して大気中で拡散したときの濃度分布を計算するための簡易モデルとしてガウシアンモデルがある。このモデルは、ガスの進行方向（風下方向）に対して直角方向の濃度分布を正規分布と仮定して解析するものである。ガウシアンモデルにはいくつかのものがあるが、海外ではプルームモデル（Pasquill-Gifford モデル）、国内では坂上モデルがよく用いられているようである。本調査では、坂上モデルを適用することとした。

坂上モデルには、ガスの発生源が点源と面源、ガスの発生時間が連続的と瞬間的の計4種類がある。点源の式は小さな開口部からガスが流出するような場合、面源の式は流出した液化ガスが防液堤に溜まって蒸発するような場合に適用される。以下に、よく用いられるガスの発生が連続的な点源と面源の式を示す。防液堤に溜まって蒸発するような場合でも、防液堤から遠いところでは点源の式を用いてもよいとされるため、本調査では拡散式はすべて連続点源のものを適用した。

※) 坂上のガス拡散モデルでは、対象とするガスの密度が周囲の空気密度と同程度であることを仮定している。水素のように空気よりも非常に軽いガスの場合は漏洩後すぐに上方へ拡散するため、坂上式では過大評価になると考えられる。本調査では、全て坂上の点源の式により拡散距離を算出しているため、この点に注意が必要である。

① 連続点源の式

連続点源を想定したときの濃度分布は次式で与えられる。

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{uB\sqrt{\pi A}} \exp\left(-\frac{y^2}{A}\right) \exp\left(-\frac{(h+z)}{B}\right) I_0\left(\frac{2\sqrt{hz}}{B}\right) \dots\dots\dots (6)$$

$$A = q_A \{\psi_A x + \exp(-\psi_A x) - 1\}$$

$$B = q_B \{\psi_B x + \exp(-\psi_B x) - 1\}$$

- x : 計算点の風下方向 (x) の座標 (m)
- y : 計算点の水平方向 (y) の座標 (m)
- z : 計算点の鉛直方向 (z) の座標 (m)
- C(x, y, z) : 計算点 (x, y, z) におけるガス濃度 (体積比率)
- Q : 単位時間あたりの拡散ガス量 (m³/s)
- u : 風速 (m/s)
- h : ガス発生源の高さ (m) で (0, 0, h) が発生源の座標となる
(本調査では h = 0.5 とする)
- q_A, q_B : 拡散パラメータ (表3.1)
- ψ_A, ψ_B : 拡散パラメータ (表3.1)
- I₀ : 0 次の虚数単位ベッセル関数 (I₀(x) = J₀(ix))

J₀ : 0 次ベッセル関数)

表 3.1 坂上モデルの拡散パラメータの値

大気安定度	ガス発生源の 高さ h (m)	ϕ_A	$\sqrt{q_A}$	ϕ_B	q_B
安定	0.5	4.78×10^{-2}	4.26	4.20×10^{-2}	3.50×10^{-1}
	10	4.78×10^{-2}	4.26	4.60×10^{-2}	2.93×10^{-1}
	20	4.78×10^{-2}	4.26	4.71×10^{-2}	2.86×10^{-1}
	30	4.78×10^{-2}	4.26	4.77×10^{-2}	2.83×10^{-1}
中立	0.5	1.48×10^{-2}	1.56×10^1	1.10×10^{-2}	5.30
	10	1.09×10^{-2}	2.18×10^1	2.46×10^{-2}	1.02
	20	1.01×10^{-2}	2.37×10^1	3.00×10^{-2}	7.00×10^{-1}
	30	0.97×10^{-2}	2.48×10^1	3.29×10^{-2}	5.65×10^{-1}
やや不安定	0.5	4.50×10^{-3}	7.59×10^1	4.25×10^{-3}	3.48×10^1
	10	2.12×10^{-3}	1.59×10^2	1.48×10^{-2}	2.87
	20	1.80×10^{-3}	1.88×10^2	1.98×10^{-2}	1.61
	30	1.61×10^{-3}	2.09×10^2	2.34×10^{-2}	1.14
不安定	0.5	1.12×10^{-3}	2.77×10^2	1.30×10^{-3}	3.73×10^2
	10	2.52×10^{-4}	1.24×10^3	7.20×10^{-3}	1.18×10^1
	20	1.78×10^{-4}	1.73×10^3	1.10×10^{-2}	5.19
	30	1.44×10^{-4}	2.14×10^3	1.40×10^{-2}	3.21

液体で流出したときには、式(1)または式(2)で求められる流出率 q_L (m³/s) をもとに、次式により拡散ガス量Qを計算し、これを式(6)に代入して拡散ガス濃度を計算した。

$$Q = \frac{q_L f \rho R T_a}{M p_0} \dots\dots\dots (7)$$

- f : フラッシュ率
- ρ : 液密度 (kg/m³)
- R : 気体定数 (8.314J/mol・K)
- T_a : 大気温度 (K)
- p_0 : 大気圧力 (Pa)
- M : 気体のモル重量 (kg/mol)

本調査では、流出量に依らず全量気化すると仮定したため、 $f=1$ とした。

また、気体で流出したときには、式(3)または式(4)で求められる流出率 q_G (kg/s) をもとに、次式により拡散ガス量Qを計算した。なお、式中の変数は式(7)に同じである。

$$Q = \frac{q_G R T_a}{M p_0} \dots\dots\dots (8)$$

② 連続面源の式

連続面源を想定したときの濃度分布は次式で与えられる。

$$C(x, y, z) = \frac{Q' e^{-\frac{z+h}{B} \sqrt{A}} \sqrt{A}}{4uB} \left\{ \Lambda\left(\frac{x+n}{\sqrt{A}}\right) - \Lambda\left(\frac{x-n}{\sqrt{A}}\right) \right\} \left\{ \operatorname{erf}\left(\frac{y+m}{\sqrt{A}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{y-m}{\sqrt{A}}\right) \right\} I_0\left(\frac{2\sqrt{hz}}{B}\right) \dots\dots\dots (9)$$

$$\Lambda(\eta) = \eta \operatorname{erf}(\eta) + \eta + \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-\eta^2}$$

$$\operatorname{erf}(\eta) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\eta e^{-t^2} dt$$

- Q' : 単位時間、単位面積あたりの拡散ガス量 (m³/m²s)
- m : 風に直角方向の面源の幅の1/2 (m)
- n : 風方向の面源の幅1/2 (m)

その他の記号は点源式(6)と同じである(防液堤から蒸発・拡散する場合でも、防液堤から離れたところでの濃度が問題になるため、本調査では点源の式を使用した)。

4. 火災・爆発モデル

(1) 液面火災

ア. 火災の放射熱

火災から任意の相対位置にある面が受ける放射熱は次式で与えられる。

$$E = \phi \epsilon \sigma T^4 \dots\dots\dots (10)$$

- E : 放射熱強度 (J/m²s)
- T : 火炎温度 (K)
- σ : ステファン・ボルツマン定数 (5.6703×10⁻⁸ J/m²sK⁴)
- ε : 放射率
- φ : 形態係数 (0.0~1.0の無次元数)

実用上は、燃焼液体が同じであれば火炎温度と放射率は変わらないと仮定し、

R_f = ε σ T⁴ (J/m²s) とおいて次式で計算してよい。

$$E = \phi R_f \dots\dots\dots (11)$$

ここでR_fは放射発散度と呼ばれ、主な可燃性液体については表3.2 に示すような値

をとる。なお、放射熱の単位は慣習的にkcal/m²h が用いられることが多いため、以下では両方の単位を併せて示す。

表 3.2 主な可燃性液体の放射発散度

可燃性液体	放射発散度	可燃性液体	放射発散度
カフジ原油	41×10 ³ (35×10 ³)	メタノール	9.8×10 ³ (8.4×10 ³)
ガソリン・ナフサ	58×10 ³ (50×10 ³)	エタノール	12×10 ³ (10×10 ³)
灯油	50×10 ³ (43×10 ³)	LNG (メタン)	76×10 ³ (65×10 ³)
軽油	42×10 ³ (36×10 ³)	エチレン	134×10 ³ (115×10 ³)
重油	23×10 ³ (20×10 ³)	プロパン	74×10 ³ (64×10 ³)
ベンゼン	62×10 ³ (53×10 ³)	プロピレン	73×10 ³ (53×10 ³)
n-ヘキサン	85×10 ³ (73×10 ³)	n-ブタン	83×10 ³ (71×10 ³)

(単位はJ/m²s、括弧内はkcal/m²h)

イ. 形態係数

①円筒形の火災

円筒形の火災を想定し、図3.1 に示すように受熱面が火炎底面と同じ高さにある受熱面を考えたとき、形態係数は次式により与えられる。また、受熱面が火炎底面と異なる高さにある場合の形態係数の計算は図3.2 による。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[\frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right) \right] \dots\dots\dots (12)$$

$$A = (1 + n)^2 + m^2$$

$$B = (1 - n)^2 + m^2$$

$$m = H/R$$

$$n = L/R$$

H : 火炎高さ (m)

R : 火炎底面半径 (m)

L : 火炎底面の中心から受熱面までの距離 (m)

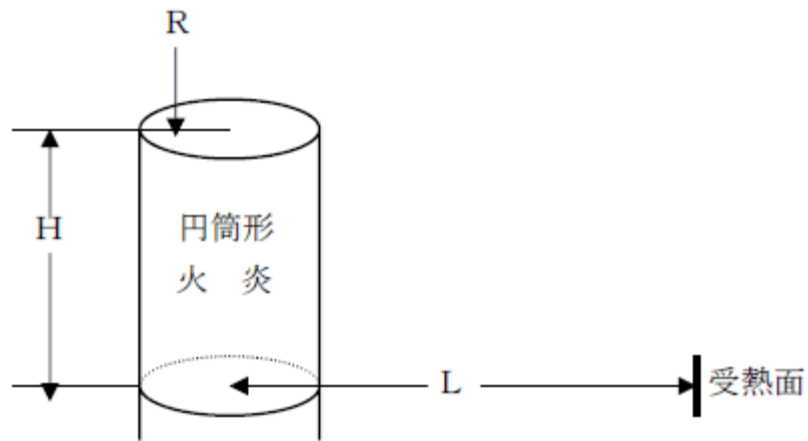


図 3.1 円筒形火災と受熱面の位置関係

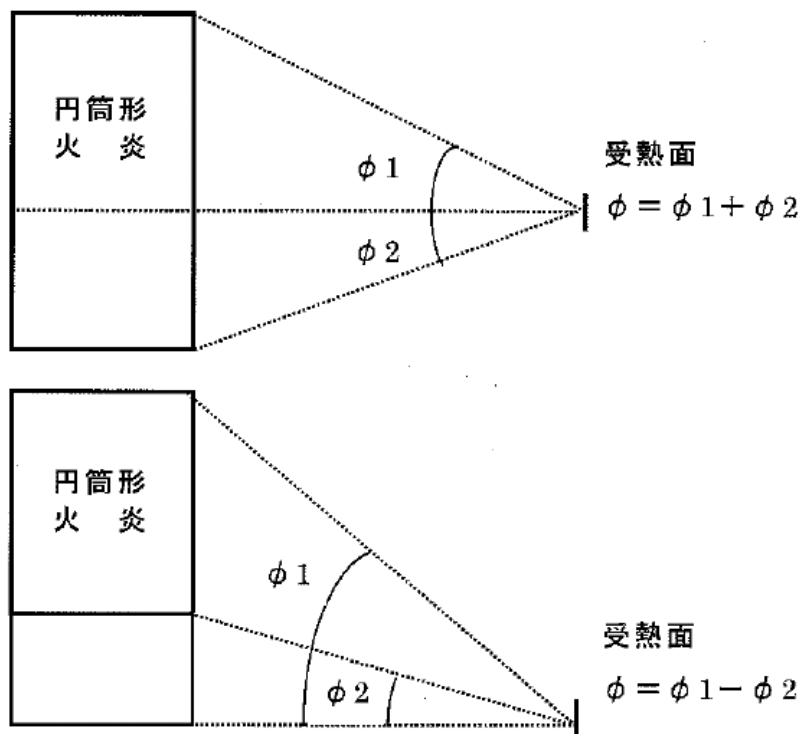


図 3.2 受熱面の高さによる形態係数の計算例

②直方体の火災

直方体の火災を想定したときの形態係数は、図3.3に示すような受熱面の位置に対して次式により与えられる。

$$\phi = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{X}{\sqrt{X^2 + 1}} \tan^{-1} \left(\frac{Y}{\sqrt{X^2 + 1}} \right) + \frac{Y}{\sqrt{Y^2 + 1}} \tan^{-1} \left(\frac{X}{\sqrt{Y^2 + 1}} \right) \right\} \dots\dots\dots (13)$$

$$X = \frac{H}{L}$$

$$Y = \frac{W}{L}$$

H : 火炎高さ (m)

W : 火炎前面幅 (m)

L : 火炎前面からの受熱面までの距離 (m)

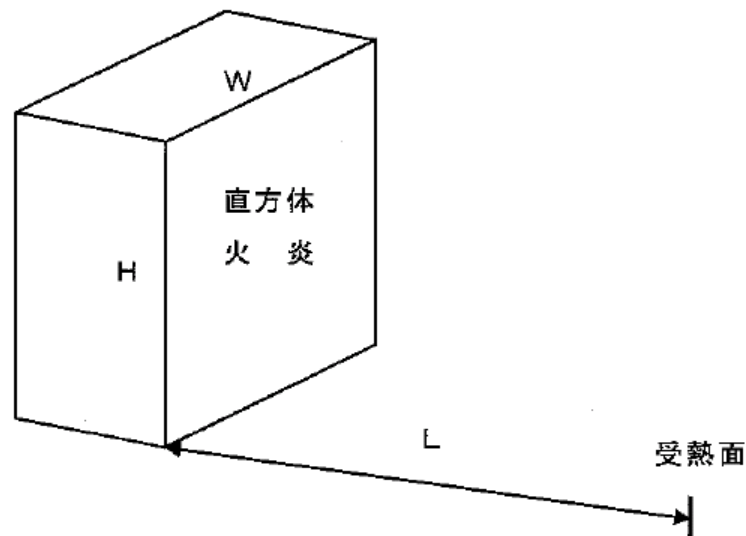


図 3.3 直方体火炎と受熱面の位置関係

ウ. 火炎の想定

液面火災による放射熱を計算するためには火炎の形状を決める必要があり、一般に次のような想定がよく用いられる。

① 流出火災

可燃性液体が小さな開口部から流出し、直後に着火して火災となるような場合には、火災面積は次式で表わされる。

$$S = \frac{q_L}{V_B} \dots\dots\dots (14)$$

S : 火災面積 (m²)

q_L : 液体の流出率 (m³/s)

V_B : 液体の燃焼速度 (液面降下速度 m/s)

燃焼速度は、可燃性液体によって固有の値をとり、主な液体については表3.3 に示すとおりである。

流出火災については、式(14)で得られる火災面積と同面積の底面をもち、高さが底面半径の3倍($m=H/R=3$)の円筒形火炎を想定して放射熱の計算を行った。

表 3.3 主な可燃性液体の燃焼速度 (液面降下速度)

可燃性液体	放射発散度	可燃性液体	放射発散度
カブジ原油	0.52×10^{-4}	メタノール	0.28×10^{-4}
ガソリン・ナフサ	0.80×10^{-4}	エタノール	0.33×10^{-4}
灯油	0.78×10^{-4}	LNG (メタン)	1.7×10^{-4}
軽油	0.55×10^{-4}	エチレン	2.1×10^{-4}
重油	0.28×10^{-4}	プロパン	1.4×10^{-4}
ベンゼン	1.0×10^{-4}	プロピレン	1.3×10^{-4}
n-ヘキサン	1.2×10^{-4}	n-ブタン	1.5×10^{-4}

(単位はm/s)

② タンク火災

可燃性液体を貯蔵した円筒形タンクの屋根全面で火災となった場合には、タンク屋根と同面積の底面をもち、高さが底面半径の3倍($m=H/R=3$)の円筒形火炎を想定して放射熱の計算を行った。

③ 仕切堤・防油堤火災

可燃性液体が流出し防油堤や仕切堤などの囲いの全面で火災となった場合には、囲いと同面積の底面をもち、高さが底面半径の3倍($m=H/R=3$)の円筒形火炎を想定した。

エ. 火災の規模による放射発散度の低減

液面火災では、火災面積(円筒底面)の直径が10mを超えると、空気供給の不足により大量の黒煙が発生し放射発散度が低減する。したがって、このことを考慮せずに上記の手法で放射熱を計算すると、火災規模が大きいときにはかなりの過大評価となる。

実験により得られた火炎(燃焼容器)直径と放射発散度との関係を図3.4 に示す。これによると、火炎直径が10mになると放射発散度の低減率は約0.6、20mでは約0.4、30mでは約0.3となる。

一方、平成10年から11年に石油公団(現石油天然ガス・金属鉱物資源機構)が消防研究所(現消防庁消防大学校消防研究センター)等と共同で行った燃焼実験の結果、燃焼容器直径(D)と放射発散度(r)の関係として次式が示されている(図3.5)。

$$r = \exp(-0.06D) \dots \dots \dots (15)$$

本調査では、式(15)を適用して低減率を算出した。放射発散度の下限値については、 $D=20\text{m}$ に対して $r=0.3$ 、 $D=30\text{m}$ に対して $r=0.17$ という低減率になるが、火炎直径の大きいところでのデータが少ないため、 $r=0.3$ を下限とした。

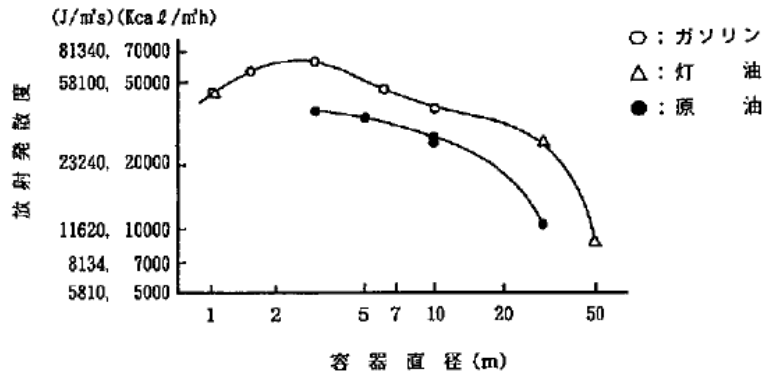


図 3.4 火炎直径と放射発散度との関係⁶⁰

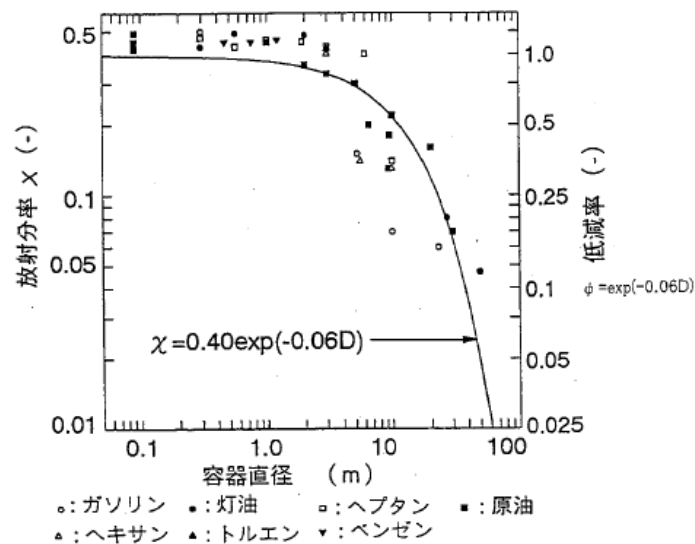


図 3.5 各種燃料の放射分率と容器直径との関係⁶¹

(図中の式は、原油火災に対するもの)

⁶⁰ 湯本太郎他：大規模石油火災からの放射熱の推定，安全工学 Vol. 21 No. 4, 1982

⁶¹ 石油タンク等の災害想定について，石油公団・危険物保安技術協会，平成 14 年 3 月

(2) ガス爆発 (蒸気雲爆発)

流出した可燃性ガス (液化ガスを含む) が拡散し、空気との混合が進んだ後に着火した場合、激しい爆風圧を発生する爆轟が起こる可能性がある。この際の爆風圧と爆発中心からの距離との関係は、TNT 等価法による次式で与えられる。

$$R = \lambda \sqrt[3]{W_{TNT}} = \lambda \sqrt[3]{\frac{W_G f \phi Q_G \gamma}{Q_T}} \dots\dots\dots (16)$$

- R : 爆心からの距離 (m)
- λ : 換算距離 (m/kg^{1/3})
- W_{TNT} : 等価のTNT 火薬量 (kg)
- W_G : 可燃性ガスの流出量 (kg)
- Q_G : 可燃性ガスの燃焼熱量 (J/kg)
- Q_T : TNT 火薬の燃焼熱量 (4.184×10⁶J/kg)
- f : ガスの気化率 (フラッシュ率)
- ϕ : 爆発係数 (0.1)
- γ : TNT 収率 (0.064)

爆発係数は流出ガスのうち爆発に寄与するガスの割合であり、通常0.1 (10%) が用いられる。また、TNT 収率は爆発に寄与したガスの総エネルギーと、この場合に生じた爆風圧に相当するTNT 当量のエネルギーの割合であり、通常安全側の評価を見込んで0.064 (6.4%) が用いられる。

換算距離 λ は、図3.6 により爆風圧 (Pa) と対応する。この図の換算距離 (λ) と爆風圧 (P) との関係は次のような近似式で表すことができる (ただし、爆風圧の単位は kgf/cm²)⁶²。

- $P < 0.035$: $\lambda = 2.7944P^{-0.71448}$
- $0.035 \leq P < 0.2$: $\lambda = 2.4311P^{-0.75698}$
- $0.2 \leq P < 0.65$: $\lambda = 3.143P^{-0.59261}$
- $P \geq 0.65$: $\lambda = 3.2781P^{-0.48551}$

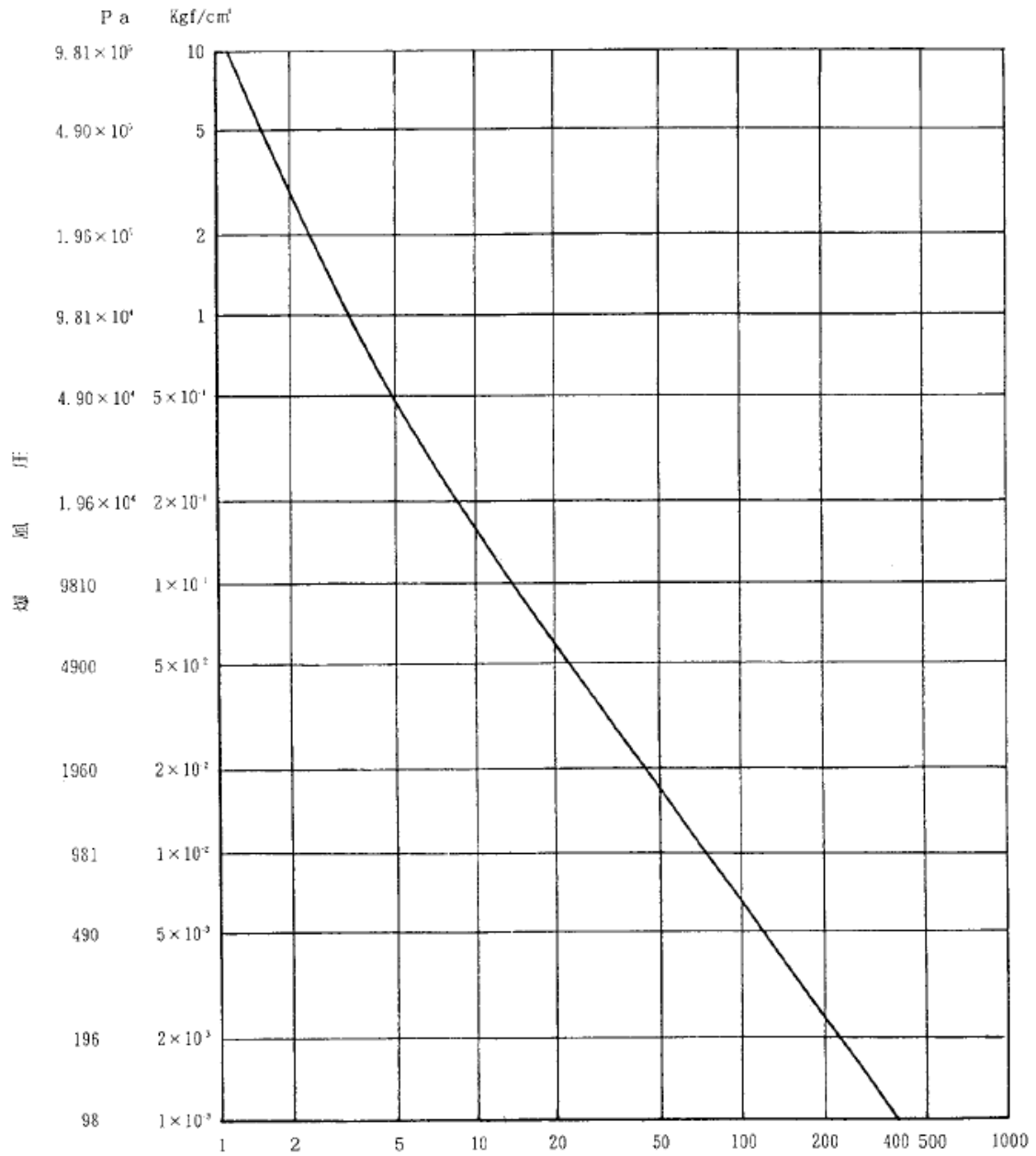
なお、高圧ガス保安法では、式(16)を次式のように表し、K の値をガスの種類ごとに示している。

$$R = 0.04 \lambda \sqrt[3]{KW_G} \dots\dots\dots (17)$$

- R : 爆心からの距離 (m)

⁶² 石油工学協会編: 安全工学講座 2・爆発, 1983

- λ : 換算距離 (m/kg^{1/3})
- K : ガスの種類ごとに与える
- W_G : 可燃性ガスの流出量 (kg)



換算距離 $\lambda = R / W_{TNT}^{1/3}$ (m/kg^{1/3})

図 3.6 換算距離 λ と爆風圧との関係⁶³

⁶³ 石油コンビナート災害想定の手法 (消防地第 180 号), 石油コンビナート防災診断委員会, 昭和 55 年 6 月 25 日

(3) ファイヤーボール

ガス爆発（蒸気雲爆発）にはファイヤーボールを伴うことがある。特に、東日本大震災での事例で見られたように、LPGタンクがBLEVEにより破損した場合には、巨大なファイヤーボールが形成され、主に放射熱によって周囲に大きな影響を与える恐れがある。

ア. ファイヤーボールを形成する可燃性ガス量

沸点以上の温度で圧力をかけて液化したガスが漏洩して瞬間的に気化する現象をフラッシュと呼び、気化する液量と流出した液量の比をフラッシュ率と呼ぶ。フラッシュ率はガスの種類と流出前の温度によって決まり、次式で与えられる。

$$f = \frac{H - H_b}{h_b} = C_p \frac{T - T_b}{h_b}$$

ただし、

f : フラッシュ率

T : 液体の貯蔵温度 (K)

H : 液体の貯蔵温度・圧力におけるエンタルピー (J/kg)

T_b : 液体の大気圧での沸点 (K)

H_b : 液体の沸点 (1気圧) におけるエンタルピー (J/kg)

C_p : 液体の比熱 (T_b ~ Tの平均: J/kg・K)

h_b : 沸点での蒸発潜熱 (J/kg)

まず、上式の右辺によりフラッシュ率を求める(※1)。ファイヤーボールを形成する可燃性ガス量は、ガスタンクの最大貯蔵量(※2)にフラッシュ率を掛け合わせたものとなる。

ただし、BLEVE及びファイヤーボールを想定した場合、式1で求めたフラッシュ率よりも大きな割合の可燃性ガスがファイヤーボールを形成すると考えられる。本調査では、長谷川・佐藤(1977)に基づき、ファイヤーボールを形成する可燃性ガス量を、フラッシュ率が1/3以上ならタンク全量、1/3未満ならフラッシュ率の3倍の量と想定する(※3)。

※1 プロパン、ブタン及びメタンの液体の沸点、比熱及び沸点での蒸発潜熱は、Yunus A. Cengel・Michael A. Boles : Thermodynamics An Engineering Approach, 5th edition による。その他のガスについては安全側としてフラッシュ率を1と設定した。

※2 安全側の評価方法として、ガスタンクの最大貯蔵量を前提に評価を行う。

※3 K.Hasegawa・K.Sato : Study on the Fireball following Steam Explosion of n-Pentan, Proc. of the 2nd International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in Process Industries, 1977

$$W_g = r_{fb} \cdot W_t$$

ここで、

- W_g : ファイヤーボールを形成する可燃性ガス量 (kg)
- r_{f b} : ファイヤーボールを形成する可燃性ガスの割合
- W_t : タンクの最大貯蔵量 (kg)

ただし、

$$r_{fb} = 1 \quad (f \geq 1/3)$$
$$r_{fb} = 3f \quad (f < 1/3)$$

イ. 直径・継続時間

ファイヤーボールの直径、継続時間及びファイヤーボールの中心の高さに関する算定式は、次式 (AIChE(2010)) で与えられる。

$$D = 5.8W_g^{1/3}$$
$$t = 0.45W_g^{1/3} \quad (W_g < 30,000\text{kg}) \dots\dots\dots (18)$$
$$t = 2.6W_g^{1/6} \quad (W_g > 30,000\text{kg})$$
$$H = 0.75D$$

- W_g : 可燃性ガス量 (kg)
- D : ファイヤーボール直径 (m)
- t : 継続時間 (s)
- H : ファイヤーボールの中心の高さ (m)

なお、ファイヤーボールの直径及び継続時間と燃料量との関係については、実験に基づきいくつかのモデルが提案されているが、上式はそれらの平均値を与えるものである。

ウ. 放射熱

ファイヤーボールから受ける放射熱は、ステファン・ボルツマンの法則に基づいた次式で表される。

$$E = \phi R_f = \phi \epsilon \sigma T^4 \dots\dots\dots (19)$$

- E : ファイヤーボールから受ける放射熱 (W/m²)
- R_f : ファイヤーボールが発散する放射熱 (= ε σ T⁴ : W/m²)
- T : ファイヤーボールの温度 (K)
- σ : ステファン・ボルツマン定数 (=5.67×10⁻⁸ W/m²K⁴)

- ε : 放射率
- φ : 形態係数

形態係数φは、ファイヤーボールを球形と仮定し、球の中心に正対した受熱面を想定すると次式で表される。

$$\phi = \left(\frac{D}{2L} \right)^2 \dots\dots\dots (20)$$

- D : ファイヤーボール直径 (m)
- L : ファイヤーボール中心から受熱面までの距離 (m)

式 (19) で、ファイヤーボールを1750Kの完全黒体 (ε =1.0) とし、形態係数として式 (20) を代入すると次のようになる。

$$E = 1.33 \times 10^5 \left(\frac{D}{L} \right)^2 \dots\dots\dots (21)$$

(4) フラッシュ火災

フラッシュ火災とは、可燃性蒸気雲の燃焼で火炎伝播速度が比較的遅く過圧が無視できるものをいう。この場合、爆風圧よりも放射熱が問題になるが、放射熱の影響を算定するためのモデルはほとんど開発されていない。そのため、燃焼プロセスが穏やかで持続時間が短いこと、ガス雲の熱膨張は浮力により鉛直上方に起こることを仮定して、ガス濃度が爆発下限界またはその1/2 以上となる範囲を危険とする評価がよく用いられる。

(5) 飛散物

容器の破裂による破片の飛散範囲は、破裂エネルギーのほか、破片の数、重量や形状、射出角度や初速度により異なってくる。

LPG容器のBLEVEに伴う破片の飛散範囲に関しては、次のような簡易式で表される。

$$L = 90M^{0.333} \quad (\text{容積}5\text{m}^3\text{未満の容器}) \dots\dots\dots (22)$$

$$L = 465M^{0.10} \quad (\text{容積}5\text{m}^3\text{以上の容器})$$

- L : 破片の最大飛散範囲 (m)
- M : 破裂時の貯蔵物質質量 (kg)

資料4 コンビナート地区の気象条件

評価施設において評価施設においてガスの漏洩が生じると、ガスは大気中を風下方向に拡散するが、その時の拡散ガスの濃度分布は、風向や風速、大気安定度に影響される。

大気安定度とは大気の状態を表す指標で、「不安定」「やや不安定」「中立」「安定」の4つの階級がある。一般に、大気が不安定な状態ではガスがよく拡散され、拡散幅は広く、拡散距離は短くなる。逆に大気が安定な状態ではガスがほとんど拡散されず、拡散幅は狭く拡散距離は最も長くなる。

本調査では、コンビナート地区近隣の3ヵ所の測定局について、ガス拡散濃度の算定に必要な気象条件の設定を行うこととした。

各測定局の属性は表4.1 及び図4.1～4.3 のとおりである。

表 4.1 特別防災区域近隣の測定局

No.	測定局名称	住所	収集データ			風速計 の 高さ (m)
			風向・ 風速	日射 量	放射 収支量	
①	中区本牧	横浜市中区本牧大里町 155-18	●	●		10
②	鶴見区生麦小学校	横浜市鶴見区生麦 4-15-1	●			19
③	横須賀市久里浜行政センター	横須賀市久里浜 6-14-2	●			21
④	金沢区長浜	横浜市金沢区長浜富岡東 6-16-1			●	—

平成15（2003年）4月～平成25年（2013年）3月の10年間の気象観測データを収集したところ、横須賀市久里浜行政センターを除いた測定局では、風向・風速、日射量及び放射収支量に10年間における大きな変動は見られなかった。横須賀市久里浜行政センターについては、平成21年度以前と平成22年度以降で風配図の形が大きく変わっていた。

従って、ガス拡散濃度の算定に必要な気象条件については、横須賀市久里浜行政センターを除いた測定局では、平成20（2008年）4月～平成25年（2013年）3月の5年間とし、横須賀市久里浜行政センターでは、平成22年（2010年）4月～平成25年（2013年）3月の3年間とした。



图 4.1 气象测定局（中区本牧）

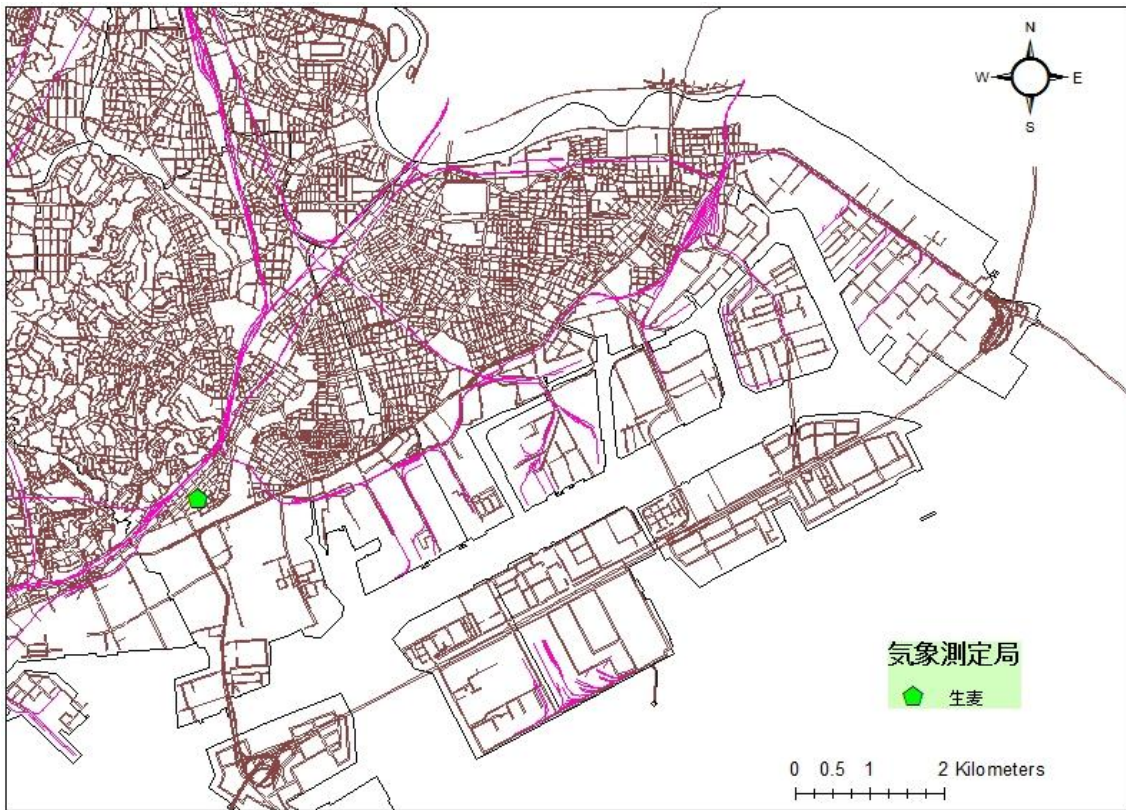


图 4.2 气象测定局（鶴見区生麦小学校）

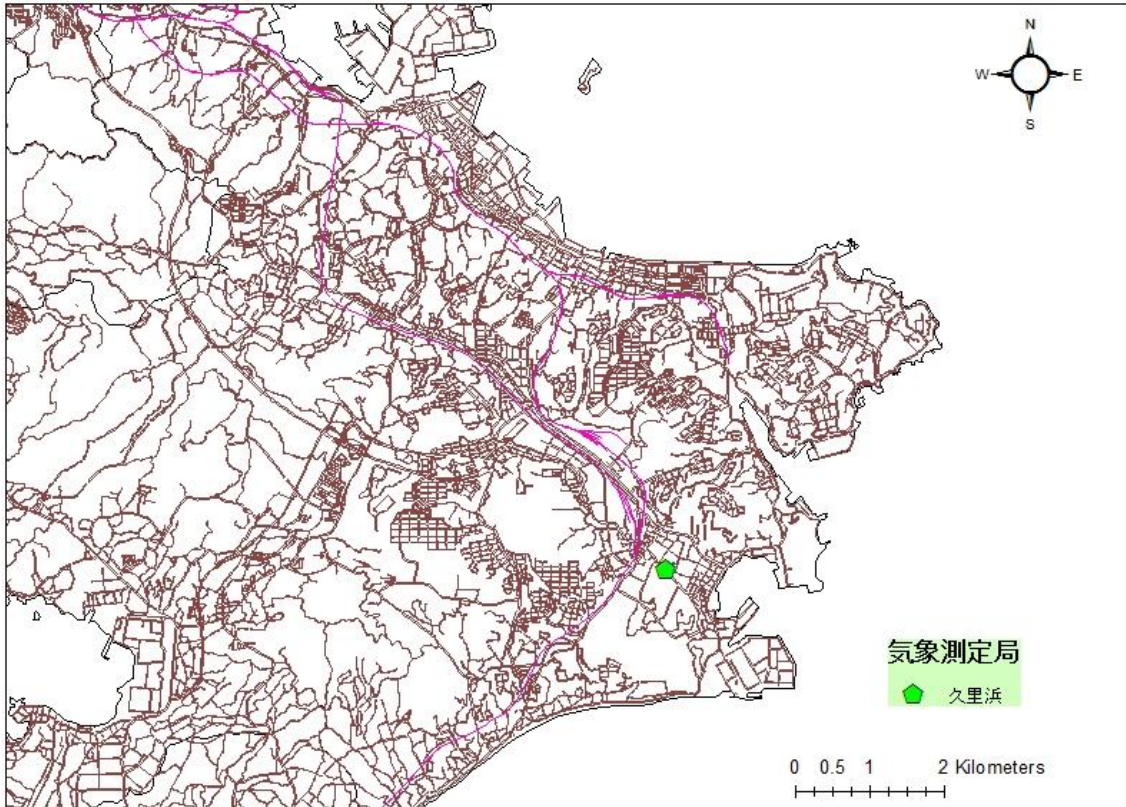


図 4.3 気象測定局（横須賀市久里浜行政センター）

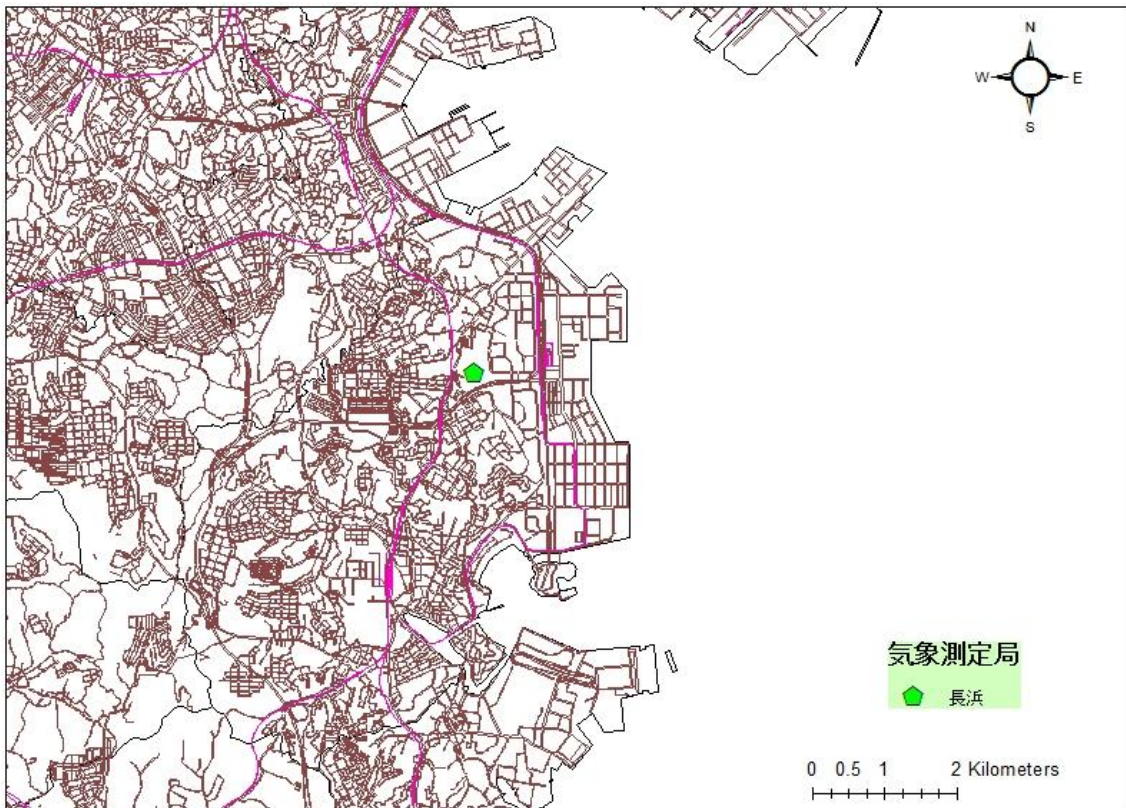


図 4.4 気象測定局（金沢区長浜）

風速については、測定局によって風速計の設置高さが異なるため、次式により10m高さにおける風速に換算した。

$$\text{換算風速} = \text{測定した風速} \times (10 / \text{風速計の高さ})^{0.25}$$

大気安定度は、風速、日射量及び放射収支量のデータから表4.2 及び表4.3 により求めた。

3ヵ所の測定局の中で日射量を観測しているのは本牧(①)だけであり、放射収支量を観測している地点はない。日射量及び放射収支量については、ある程度離れていても代表性があるものと考え、日射量は本牧(①)、放射収支量は長浜(④)を用い、風速は、各地点(①～③)を用いて大気安定度を算出した。各測定局の平均風速及び大気安定度(頻度)を表4.4 に、日射量及び放射収支量を表4.5 に、それぞれ示す。

これらから、ガス拡散濃度の算定に必要な気象条件は、表4.6 のように設定することとした。

表 4.2 大気安定度階級

風速 U (m/s)	日中：日射量 T (kW/m ²)				夜間：放射収支量 Q (kW/m ²)		
	T ≥ 0.60	0.60 > T ≥ 0.30	0.30 > T ≥ 0.15	0.15 > T	Q ≥ -0.020	-0.020 > Q ≥ -0.040	-0.040 > Q
U < 2	A	A-B	B	D	D	G	G
2 ≤ U < 3	A-B	B	C	D	D	E	F
3 ≤ U < 4	B	B-C	C	D	D	D	E
4 ≤ U < 6	C	C-D	D	D	D	D	D
6 ≤ U	C	D	D	D	D	D	D

注) 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」(原子力安全委員会、昭和57年)に基づき設定。

不安定(A～B)：風が弱く日照りの時に現れる状態。地表付近が高温で上空が低温という気温の鉛

直分布が出現するため、対流がよく起こる。

やや不安定(B-C～C-D)：不安定と中立の中間の状態。

中立(D)：曇りや風の強い場合などに現れる状態。この場合は、周囲との温度差がないため、上下方向の動きは起きない。

安定(E～G)：風が弱く良く晴れた夜間などに現れる、放射冷却が進んだ状態。気温分布が不安定型とは逆になって、対流がほとんど起こらない。

表 4.3 日中・夜間の区分

時期	日 中	夜 間
春期・夏期(4～9月)	6～18時	19～5時
秋期・冬期(10～3月)	7～17時	18～6時

表 4.4 大気安定度と平均風速の集計結果

大気安定度	中区本牧	鶴見区生麦小学校	横須賀市 久里浜行政センター
不安定	9,246	7,980	6,132
やや不安定	3,308	4,583	1,835
中立	20,778	20,881	11,797
安定	10,343	10,234	6,435
平均風速(m/s)	43,675	43,678	26,199

注) 中区本牧及び鶴見区生麦小学校は、平成20年度～平成24年度の5年間の集計値であり、横須賀市久里浜行政センターは、平成22年度～平成24年度の3年間の集計値である。

表 4.5 日射量と放射収支量の集計結果

大気安定度	中区本牧	金沢区長浜
日射量(kW/m ²)	0.16	—
放射収支量(kW/m ²)	—	-0.028

注1) 平成20年度～平成24年度の5年間の集計値である。

注2) 放射収支量については、0未満の値について集計を行った。

表 4.6 ガス拡散濃度の算定に用いる気象条件

	風速 (m/s)	大気安定度
京浜臨海地区	2.2	中立
根岸臨海地区	2.4	中立
久里浜地区	2.1	中立

なお、各測定局における過去5年間（または3年間）の風向の集計結果を、表4.7～4.9及び図4.4～4.6に示す（ただし、ガス拡散の算定にあたっては風向分布を考慮していない）。

表 4.7 風向頻度分布 (中区本牧)

(単位：%)

年度	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Calm
2008	19.0	9.1	8.9	10.1	3.7	1.9	3.2	3.2	3.6	4.7	10.6	3.9	1.5	0.9	2.6	8.6	4.7
2009	15.9	8.6	9.1	12.4	3.7	1.4	3.7	2.5	3.0	4.5	13.7	4.7	1.5	1.0	2.3	7.5	4.6
2010	17.1	7.4	7.0	9.5	3.2	1.6	2.9	2.4	3.2	5.2	17.2	4.8	1.8	1.2	2.8	7.4	5.3
2011	18.3	10.0	8.3	9.5	2.8	1.2	2.6	2.9	3.8	5.1	15.5	3.2	1.3	0.7	2.4	8.0	4.4
2012	17.6	9.6	6.3	9.1	3.3	1.3	2.7	3.6	5.1	5.2	13.1	4.7	1.5	1.3	2.4	8.3	4.9
平均	17.6	8.9	7.9	10.1	3.3	1.5	3.0	2.9	3.7	4.9	14.0	4.3	1.5	1.0	2.5	8.0	4.8

表 4.8 風向頻度分布 (鶴見区生麦小学校)

(単位：%)

年度	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Calm
2008	17.1	12.5	10.6	4.2	3.9	3.5	4.1	5.0	3.2	11.0	6.3	1.7	1.0	1.5	5.0	6.5	2.9
2009	16.9	7.1	12.5	4.3	4.3	2.6	4.7	3.9	3.0	13.4	6.3	1.8	1.3	2.0	5.3	7.2	3.2
2010	18.6	7.3	9.4	3.7	2.8	2.3	3.6	4.5	2.6	15.9	8.5	2.0	1.1	1.7	5.7	6.9	3.6
2011	14.7	15.7	9.5	5.7	3.2	2.1	3.5	4.2	2.9	13.9	8.0	2.0	0.7	0.8	3.3	6.0	3.9
2012	13.2	18.7	6.5	6.3	3.2	3.1	2.3	5.1	3.3	4.6	16.0	4.0	1.4	1.2	2.1	3.3	5.5
平均	16.1	12.3	9.7	4.8	3.5	2.7	3.6	4.5	3.0	11.8	9.0	2.3	1.1	1.4	4.3	6.0	3.8

表 4.9 風向頻度分布 (横須賀市久里浜行政センター)

(単位：%)

年度	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Calm
2010	4.1	6.0	22.2	17.2	4.1	1.7	2.8	2.5	4.8	1.2	0.8	3.5	17.5	6.4	1.9	1.5	1.9
2011	3.9	6.2	24.4	19.2	4.1	1.7	3.3	2.9	4.8	1.1	0.9	3.1	14.5	4.9	1.4	1.4	2.2
2012	4.5	6.3	23.0	18.5	3.9	2.0	3.3	3.7	4.8	1.0	0.9	3.1	15.6	4.0	1.3	1.3	2.7
平均	4.2	6.2	23.2	18.3	4.0	1.8	3.1	3.0	4.8	1.1	0.9	3.2	15.9	5.1	1.5	1.4	2.3

注 1) 風向 N~NNW については、N(北)~NNW(北北西)の各方向から吹いてきた風を表す。

注 2) Calm とは、風速 0.4m/s 未満を表す。

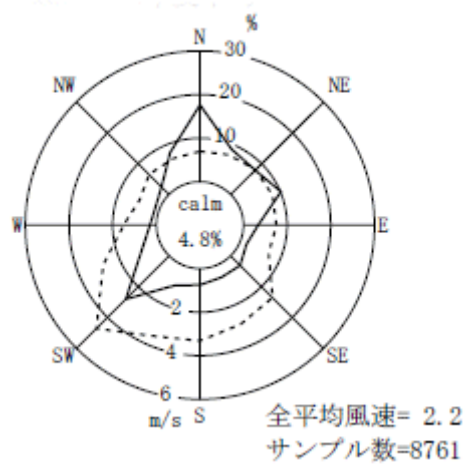


図 4.4 風配図 (中区本牧, 過去 5 年間の平均)

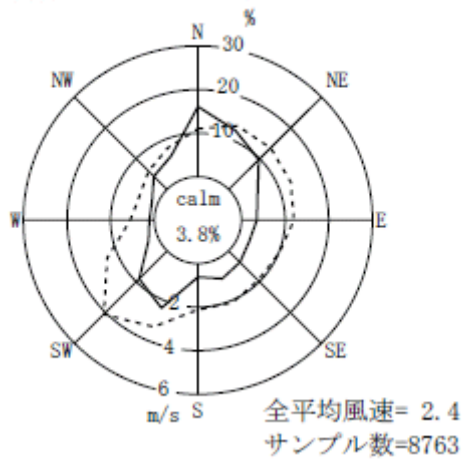


図 4.5 風配図 (鶴見区生麦小学校, 過去 5 年間の平均)

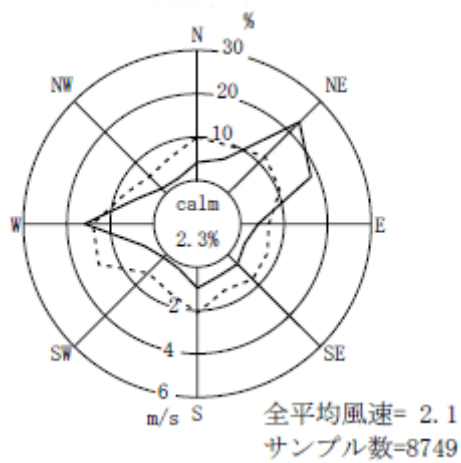
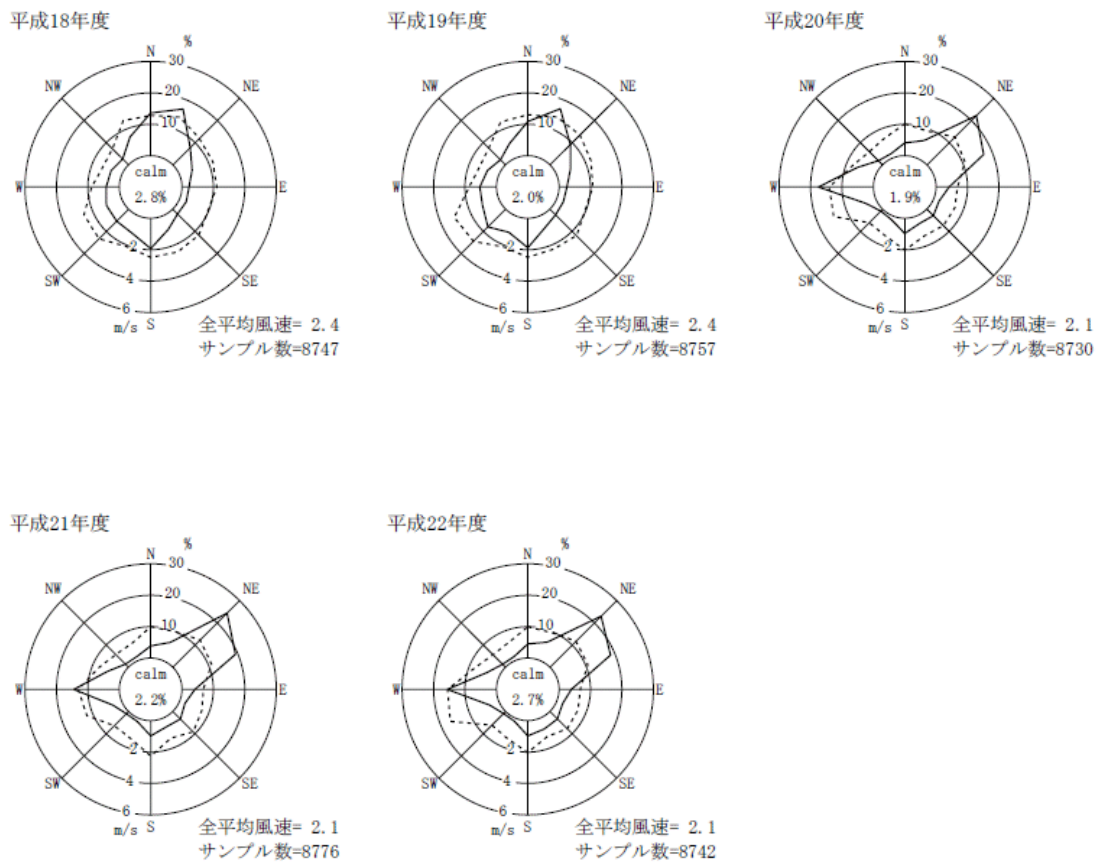


図 4.6 風配図 (横須賀市久里浜行政センター, 過去 3 年間の平均)

参考



久里浜行政センターにおける風配図の変化

資料5 津波被害の算定方法

危険物タンクの浮き上がり及び滑動の判定については、消防庁から被害予測ツールが示されている。なお、このツールについては、総務省消防庁のホームページ⁶⁴ からダウンロードして使うことができる。

浮き上がりについては、次式で示される滑動安全率（ F_{sa} ）によって、被害想定を算定する。

$$F_{sa} = \frac{W_T + W_L}{F_{tv}} \dots\dots\dots (1)$$

- F_{sa} : 浮き上がり安全率
- W_T : タンクの自重 (kN)
- W_L : タンク内溶液の重量 (kN)
- F_{tv} : タンクに作用する津波による水平力 (kN)

浮き上がり安全率は、1以下だと浮き上がりのおそれがあり、1を超えるとおそれなしと評価される指標である。

滑動については、次式で示される滑動安全率（ F_{sb} ）によって、被害想定を算定する。

$$F_{sb} = \frac{\mu(W_T + W_L - F_{tv})}{F_{th}} \dots\dots\dots (2)$$

- F_{sb} : 滑動安全率
- μ : タンク基礎とタンク本体の摩擦係数 (=0.5)
- F_{th} : タンクに作用する津波による鉛直力 (kN)

滑動安全率は、1以下だと滑動のおそれがあり、1を超えるとおそれなしと評価される指標である。

危険物タンクに作用する津波による水平力及び鉛直力を計算する式として、それぞれ次のものが提案された。これらの式は水理模型実験に基づいて得られたものである。

⁶⁴ 消防庁危険物保安室が配布している「屋外貯蔵タンクの津波被害シミュレーションツール」
(<http://www.fdma.go.jp/concern/publication/simulatetool/>)

$$F_{\text{H}} = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \rho g \left[\alpha \eta_{\text{max}} \sum_{m=0}^3 p_m \cos(m \theta) \right]^2 R \cos \theta d\theta \cdots \cdots \cdots (3)$$

$$F_{\text{IV}} = 2 \int_0^{\pi} \rho g \left[\beta \eta_{\text{max}} \sum_{m=0}^3 q_m \cos(m \theta) \right]^2 R^2 \cos^2 \theta d\theta \cdots \cdots \cdots (4)$$

- $p_0 = 0.680$
- $p_1 = 0.340$
- $p_2 = 0.015$
- $p_3 = -0.035$
- $q_0 = 0.720$
- $q_1 = 0.308$
- $q_2 = 0.014$
- $q_3 = -0.042$

- ρ : 海水の密度 (kg/m³)
- g : 重力加速度 (=9.8m/s²)
- η_{max} : 浸水深 (m)
- α : 浸水深と津波の流速に関するフルード数によって設定される係数
($1 \leq \alpha \leq 1.8$: 0.9以下の場合、一定値1とされる)
- β : 浸水深と津波の流速に関するフルード数によって設定される係数
($1 \leq \beta \leq 1.2$: 0.9以下の場合、一定値1とされる)
- θ : 津波到来方向となす角度 (rad)
- R : タンクの半径 (m)

資料6 石油タンクのスロッシングによる溢流量の算定方法

本調査では、スロッシングの非線形性を考慮した溢流量の算定方法ⁱを用いて、満液時における浮き屋根式危険物タンクの最大溢流量を推定した。

溢流量の算定手法の概要を以下に示す。

1. スロッシングの非線形性を考慮した最大波高の推定

消防法令における現行基準の基礎となっている速度応答スペクトル法は、微小波高を仮定しており、溢流が生じるような大きなスロッシングの場合は非線形性の影響による波高増分を考慮する必要がある。

非線形性を考慮したスロッシング最大波高は線形解よりさらに上昇し、式(1)により表される。

$$\eta^+ = \eta_{\max}^{(1)} + \Delta\eta \cdots \cdots \cdots (1)$$

η^+ : 非線形性を考慮したスロッシング最大波高 (m)

$\eta_{\max}^{(1)}$: 速度応答スペクトル法に基づくスロッシング最大波高 (線形解)
(m)

本編6.1の式(1)を参照。

$\Delta\eta$: 非線形液面増分 (m)

$\Delta\eta$ は、直径7.6mの模型タンクによる振動実験に基づき、式(2)のように表される。

$$\Delta\eta = 0.91 \cdot R \cdot \left(\frac{\eta_{\max}^{(1)}}{R} \right)^2 \cdots \cdots \cdots (2)$$

R : タンク内径の半分 (m)

2. 溢流量の推定

非線形性を考慮したスロッシング最大波高 (η^+) とタンクの側板高さとの差を溢流高さ (δh)、スロッシングによる液面減少高さ (溢流により減少した液レベル) を Δ とする。溢流体積 (δv) が式(3)で表されるとすると、 Δ 、 δv 、 δh は、式(4)で表される関数がある。ここで、 r_0 は式(5)において、 $\eta^+(r_0, 0) = H_c$ を解いて求められ、 θ

ⁱ 西春樹・他：石油タンクのスロッシングによる溢流量の算定，圧力技術第46巻第5号(2008),p.276-284

θ_0 は式(5)において $\eta^+(R, \theta_0) = H_c$ を解いて求められる。

$$\delta v = \delta h \cdot (R - r_0) \cdot R \cdot \theta_0 \cdots \cdots \cdots (3)$$

- δv : 溢流体積 (図6.2.1の斜線で示す部分)
- δh : 溢流高さ (m)
- r_0 : タンク側板高さにおける $\theta = 0^\circ$ の半径との交点
- θ_0 : 側板近傍においてスロッシング波高が H_c と等しくなる円周方向角度

$$\frac{\Delta}{R} = \alpha \cdot \frac{\delta v}{R^3} = \alpha \cdot \frac{\delta h}{R} \cdot \frac{R - r_0}{R} \cdot \theta_0 \cdots \cdots \cdots (4)$$

- Δ : スロッシングによる液面減少高さ (m)
- α : 比例係数 (浮き屋根 : 0.4023)

$$\eta^+(r, \theta) = \eta_{\max}^{(1)} \cdot \frac{J_1\left(\varepsilon_1 \cdot \frac{r}{R}\right)}{J_1(\varepsilon_1)} \cdot \cos \theta + \frac{r}{R} \cdot \Delta \eta \cdot \cos 2\theta \cdots \cdots \cdots (5)$$

- J_1 : 第1種ベッセル関数 (1次)
- ε_1 : J_1 の $dJ_1(x)/dx = 0$ の1番目の正根 (=1.84118)

従って、溢流量の推定値は式(6)により求められる。

$$\begin{aligned} \Delta v &= (\pi R^2) \cdot \Delta \\ &= (\pi R^2) \cdot (\alpha \delta v / R^2) \cdots \cdots \cdots (6) \\ &= (\pi R^2) \cdot (\alpha \cdot \delta h \cdot (R - r_0) \cdot \theta_0 / R) \end{aligned}$$

- Δv : 溢流量 (kl)

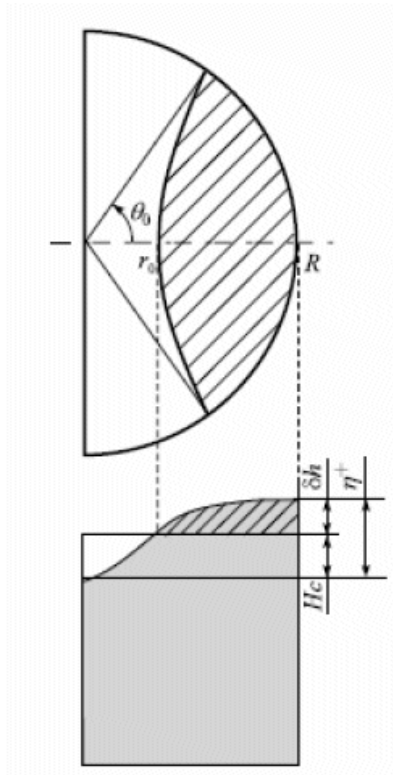


図6.2.1 非線形スロッシングによる溢流量の模式図ⁱ

西らは、この結果はタンク直径が7.6mの場合で、余裕空間高さが20~50cm、最大波高が約30~60cmの場合の結果であるとし、過去の地震による実際の溢流量との比較検証を行っている。その結果、2003年十勝沖地震に対しては十分な適用性があるものの、実タンクへの適用については今後の更なる実験・検討が必要であるとしている。

ⁱ 西春樹・他：石油タンクのスロッシングによる溢流量の算定，圧力技術第46巻第5号(2008),p.281

資料7 その他の物質の危険性

ここでは、影響度の算定を除外した、硫黄、硫酸、シアン化ナトリウムの危険性について補足する。

1. 硫黄

硫黄は、危険物第2類に該当する可燃性固体であり、タンクなどで貯蔵する場合には加熱して熔融状態とする。京浜臨海地区及び根岸臨海地区には、硫黄タンク数基とプラントで取り扱われる硫黄が存在するが、仮に熔融硫黄が漏洩した場合は、外気に触れて冷却・固化するものと考えられ、災害の形態が石油類と異なるため、評価の対象から除外している。

硫黄タンクについては、硫化鉄の酸化作用による自然発火に注意を要し、窒素封入量の見直しや、タンク内の硫化水素濃度、酸素濃度をチェックするなどの安全対策が望まれる。

2. 硫酸

京浜臨海地区には、硫酸タンクが数基存在するが、硫酸は水や熱と反応して有毒ガスを生成するなど、毒性液体タンクのETAで想定した漏洩→蒸発→毒性ガスの拡散という災害形態に当てはまらないことから、評価対象から除外している。

石油コンビナート等災害防止法において劇物に指定されている発煙硫酸は、濃硫酸に三酸化硫黄(SO₃)を吸収させたもので、空気中では刺激臭がある遊離SO₃または硫酸ミストを発生する。また、水又は熱を加えること等により発熱や多量のSO₃の生成があるので、注意が必要である。

3. シアン化ナトリウム

京浜臨海地区には、シアン化ナトリウム水溶液のタンクが数基存在する。シアン化ナトリウムは石油コンビナート等災害防止法による指定はされていないが、毒物及び劇物取締法では毒物に指定されている物質である。

酸と反応すると有毒なシアン化水素を発生し、空気中では炭酸ガスと反応してシアン化水素を発生する。さらに、燃焼すると有毒な窒素酸化物を生成することから、シアン中毒等の危険性に注意する必要がある。

資料8 京浜臨海地区の市別内訳

参考として、京浜臨海地区の市別の内訳状況を示す。

1. 施設内訳

表8.1.1 評価対象施設の総数【京浜臨海地区】

市	危険物タンク	高圧ガスタンク	毒性液体タンク	プラント	パイプライン	陸上入出荷施設	海上入出荷施設	計
川崎市	1,242	186	25	161	84	246	62	2,006
横浜市	444	18	1	35	0	89	36	623
計	1,686	204	26	196	84	335	98	2,629

注) 危険物タンクは容量1,000kl未満の準特定タンク及び小容量タンクを含む。

表8.1.2 危険物タンクの数(可燃性)【京浜臨海地区】

市	屋根形式	特定タンク (容量1千kl以上)	準特定タンク (容量500kl以上 1千kl未満)	小容量タンク (容量500kl未満)	計
川崎市	固定屋根	165	184	711	1,112
	内部浮き蓋	46	6		
	浮き屋根	75	0	43	118
	小計	286	190	754	1,230
横浜市	固定屋根	100	63	249	422
	内部浮き蓋	9	1		
	浮き屋根	19	0	1	20
	小計	128	64	250	442
計	固定屋根	265	247	960	1,534
	内部浮き蓋	55	7		
	浮き屋根	94	0	44	138
	小計	414	254	1,004	1,672

表8.1.3 危険物タンクの数(毒性)【京浜臨海地区】

物質名 市	アクリロトリル	アセトシアンヒドリン	硫黄	計
川崎市	8	2	2	12
横浜市	2	0	0	2
計	10	2	2	14

表8.1.4 高圧ガスタンクの数【京浜臨海地区】

市・物質名		貯蔵量				計
		100t未満	100t以上 1,000t未満	1,000t以上 10,000t未満	10,000t 以上	
川崎市	可燃性	55	75	17	14	161
	毒性(アンモニア)	12	3	1	0	16
	毒性(塩素)	7	2	0	0	9
	小計	74	80	18	14	186
横浜市	可燃性	3	3	0	5	11
	毒性(アンモニア)	4	0	0	0	4
	毒性(塩素)	3	0	0	0	3
	小計	10	3	0	5	18
計	可燃性	58	78	17	19	172
	毒性(アンモニア)	16	3	1	0	20
	毒性(塩素)	10	2	0	0	12
	小計	84	83	18	19	204

表8.1.5 毒性液体タンクの数【京浜臨海地区】

市・物質名		貯蔵量		計
		100 t 未満	100 t 以上	
川崎市	液体アンモニア	8	0	8
	フッ化水素	8	2	10
	シアン化ナトリウム	3	1	4
	硫酸	2	1	3
	計	21	4	25
横浜市	臭素	1	0	1
	計	1	0	1
計	液体アンモニア	8	0	8
	フッ化水素	8	2	10
	シアン化ナトリウム	3	1	4
	硫酸	2	1	3
	臭素	1	0	1
	計	22	4	26

表8.1.6 プラントの数【京浜臨海地区】

市	施設区分		計
	製造施設等	発電施設	
川崎市	150	11	161
横浜市	34	1	35
計	184 (30)	12	196

注1) 製造施設等: 危険物製造所及び一般取扱所、高圧ガス製造施設、高圧混在施設

注2) 発電施設: 自家発電施設を除く。

注3) 製造施設等の括弧内は反応暴走等のおそれのある施設(コンビナート等保安規則で定め

る

特殊反応設備や化学反応・重合反応を伴う施設)の数である。

表 8.1.7 パイプライン（導配管）の数【京浜臨海地区】

施設区分 市	石油配管 (第1～4石油類)	高圧ガス導管 (可燃性)	計
川崎市	52	32	84
横浜市	0	0	0
計	52	32	84

注) 地中配管や構内配管は除く。

表8.1.8 海上入出荷施設の数【京浜臨海地区】

取扱種別		川崎市	横浜市	計
石油	施設数	35	31	66
	年間使用回数	6,930	4,331	11,261
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	198	140	171
LPG	施設数	18	2	20
	年間使用回数	1,441	153	1,594
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	80	77	80
LNG	施設数	1	1	2
	年間使用回数	120	59	179
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	120	59	90
毒劇物	施設数	9	2	11
	年間使用回数	754	37	791
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	84	19	72
計	施設数	62	36	98
	年間使用回数	9,245	4,580	13,825
	年間使用頻度[回/(施設・年)]	149	127	141

2. 平常時の事故を対象とした評価

京浜臨海地区川崎市、横浜市におけるリスクマトリックスを以下に示す。各表の縦の項目が影響度、横の項目が危険度の区分であり、数値は該当する施設数を示す。区分の定義については本編第4章を参照されたい。

表8.2.1 京浜臨海地区（川崎市）における危険物タンクのリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 小量流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV			65	58	4	127
V			96	163	85	344
計			161	221	89	471

DE2: 中量流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III		25	28	1		54
IV		131	219	134	40	524
V		5	27	87	21	140
計		161	274	222	61	718

DE3: 仕切堤内流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			6	3		9
II		22	54	18		94
III		48	41	7		96
IV		22	24			46
V			2	4		6
計		92	127	32		251

DE4: 防油堤内流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	7	55	39	22		123
II	46	100	104	65		315
III	28	78	87	21		214
IV	4	19	33	10		66
V						
計	85	252	263	118		718

DE5: 防油堤外流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	718					718
II						
III						
IV						
V						
計	718					718

(b) タンク火災

DE6: タンク小火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV		54	86	24		164
V		160	268	126		554
計		214	354	150		718

DE7: リング火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III	2	28	11			41
IV	26	66	27			119
V		11	7			18
計	28	105	45			178

DE8: タンク全面火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II	13	11				24
III	92	33	3			128
IV	211	161	91			463
V	3	89	11			103
計	319	294	105			718

DE9: タンク全面・防油堤火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	118	5				123
II	251	64				315
III	192	22				214
IV	52	14				66
V						
計	613	105				718

(c) 毒性ガス拡散

DE10: 少量流出拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV					8	8
V					2	2
欄外						

DE11: 中量流出拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II				1		1
III				4		4
IV					3	3
V					2	2
計				5	5	10

DE12: 仕切堤内流出拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				3		3
II						
III						
IV						
V						
計				3		3

DE13: 防油堤内流出拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			3	2	2	7
II					1	1
III					2	2
IV						
V						
計			3	2	5	10

DE14: 防油堤外流出拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	10					10
II						
III						
IV						
V						
計	10					10

表 8.2.2 京浜臨海地区（川崎市）における高圧ガスタンクのリスクマトリックス（平常時）

(a) 爆発火災

DE1: 小量流出爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II				10		10
III				97		97
IV			20	72		92
V				8		8
計			20	187		207

DE3: 中量流出爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			6			6
II			74	1		75
III			111	1		112
IV			16			16
V						
計			207	2		209

DE5: 大量流出爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			24			24
II			98			98
III			82			82
IV			3			3
V						
欄外						

DE7: 全量流出(長時間)・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		23	1			24
II		66	33			99
III		47	36			83
IV		3				3
V						
欄外						

DE9: 全量流出(防液堤内)・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		89				89
II						
III						
IV						
V						
欄外						

DE11: 全量流出(防液堤外)・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	89	118	2			209
II						
III						
IV						
V						
欄外						

(b) フラッシュ火災

DE2: 小量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III				41		41
IV			18	87		105
V			2	59		61
計			20	187		207

DE4: 中量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			6			6
II			66			66
III			61	1		62
IV			74	1		75
V						
計			207	2		209

DE6: 大量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			6			6
II			66			66
III			61			61
IV			74			74
V						
計			207			207

DE8: 全量流出(長時間)・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		6				6
II		63	3			66
III		33	29			62
IV		37	38			75
V						
計		139	70			209

DE10: 全量流出(防液堤内)・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	89					89
II						
III						
IV						
V						
計	89					89

DE12: 全量流出(防液堤外)・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	89	118	2			209
II						
III						
IV						
V						
計	89	118	2			209

(d) 毒性ガス拡散

DE13: 少量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				22		22
II				5		5
III						
IV						
V						
計				27		27

DE14: 中量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				22		22
II				5		5
III						
IV						
V						
計				27		27

DE15: 大量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				22		22
II				5		5
III						
IV						
V						
計				27		27

DE16: 全量流出(長時間)・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			22			22
II			5			5
III						
IV						
V						
計			27			27

DE17: 全量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			27			27
II						
III						
IV						
V						
計			27			27

表 8.2.3 京浜臨海地区（川崎市）における毒性液体タンクのリスクマトリックス（平常時）
 (a)毒性ガス拡散

DE1:小量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II				1		1
III				4		4
IV				1		1
計				6		6

DE2:中量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				2		2
II				8		8
III					1	1
IV				5	2	7
V						
計				15	3	18

DE3:大量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				3		3
II				1		1
III				4		4
IV				1		1
V						
計				9		9

DE4:全量流出(長時間)・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			1	6		7
II				4		4
III			4			4
IV			1	2		3
V						
計			6	12		18

DE5:全量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			6	12		18
II						
III						
IV						
V						
計			6	12		18

表 8.2.4 京浜臨海地区（川崎市）における製造施設等のリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 小量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV						1	1
V						130	130
計						131	131

DE4: ユニット全量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV						28	28
V						103	103
計						131	131

DE7: 大量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV					28		28
V					103		103
計					131		131

(b) 爆発火災

DE1: 小量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II						6	6
III						31	31
IV						44	44
V						11	11
計						92	92

DE4: ユニット全量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I						49	49
II						21	21
III						4	4
IV						18	18
V							
計						92	92

DE7: 大量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I					49		49
II					21		21
III					4		4
IV					18		18
V							
計					92		92

(c) フラッシュ火災

DE3: 小量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III						13	13
IV						39	39
V						40	40
計						92	92

DE6: ユニット全量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I					6		6
II					14		14
III					28		28
IV					34		34
V					10		10
計					92		92

DE9:大量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I			6				6
II			14				14
III			28				28
IV			34				34
V			10				10
計			92				92

(d) 毒性ガス拡散

DE2:小量流出・ガス拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I						17	17
II						9	9
III						3	3
IV						3	3
V						4	4
計						36	36

DE5:ユニット全量流出・ガス拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I						17	17
II						9	9
III						3	3
IV						3	3
V						4	4
計						36	36

DE8:大量流出・ガス拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I				17			17
II				9			9
III				3			3
IV				3			3
V				4			4
計				36			36

表 8.2.5 京浜臨海地区（川崎市）における発電施設のリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 小量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV							
V						9	9
計						9	9

DE3: 中量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV					1		1
V					8		8
計					9		9

DE5: 大量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV	1						1
V	8						8
計	9						9

(b) 爆発火災

DE1: 小量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV						4	4
V							
計						4	4

DE3: 中量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV					4		4
V							
計					4		4

DE5: 大量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV	4						4
V							
計	4						4

(c) フラッシュ火災

DE2: 小量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV							
V						4	4
計						4	4

DE4: 中量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III				4			4
IV							
V							
計				4			4

DE6:大量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAn	計
I							
II							
III	4						4
IV							
V							
計	4						4

(d) 炉内爆発

DE7:炉内爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAn	計
I	9						9
II							
III							
IV							
V							
計	9						9

表 8.2.6 京浜臨海地区（川崎市）におけるパイプラインのリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 小量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV					2	2
V					29	29
計					31	31

DE2: 中量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV			4		10	14
V			27		6	33
計			31		16	47

DE3: 大量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV	14					14
V	33					33
計	47					47

(b) 爆発火災

DE4: 小量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II				2		2
III				10		10
IV				7		7
V						
計				19		19

DE6: 中量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		1				1
II		7				7
III		10				10
IV		1				1
V						
計		19				19

DE8: 大量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	2					2
II	10					10
III	7					7
IV						
V						
計	19					19

(c) フラッシュ火災

DE5: 小量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II				1		1
III				6		6
IV				7		7
V				5		5
計				19		19

DE7: 中量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		1				1
II		7				7
III		7				7
IV		4				4
V						
計		19				19

DE9: 大量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	1					1
II	7					7
III	7					7
IV	4					4
V						
計	19					19

表 8.2.7 京浜臨海地区（横浜市）における危険物タンクのリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 少量流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV			31	9		40
V			14	7	1	22
計			45	16	1	62

DE2: 中量流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III		3	9			12
IV		41	72	44	3	160
V		1		15	6	22
計		45	81	59	9	194

DE3: 仕切堤内流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		8	6	1		15
II		9	5			14
III		3				3
IV						
V						
計		20	11	1		32

DE4: 防油堤内流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	11	25	9	2		47
II	8	48	15	1		72
III	1	27	30	2		60
IV		1	10	4		15
V						
計	20	101	64	9		194

DE5: 防油堤外流出火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	194					194
II						
III						
IV						
V						
計	194					194

(b) タンク火災

DE6: タンク小火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III						
IV		15	4			19
V		95	70	10		175
計		110	74	10		194

DE7: リング火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III	1	3				4
IV	8	5				13
V	1	1				2
計	10	9				19

DE8: タンク全面火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III	16	2				18
IV	94	21	6			121
V	9	42	4			55
計	119	65	10			194

DE9: タンク全面・防油堤火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	44	3				47
II	71	1				72
III	58	2				60
IV	11	4				15
V						
計	184	10				194

(c) 毒性ガス拡散

DE11: 中量流出拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III					2	2
IV						
V						
計					2	2

DE13: 防油堤内流出拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I					2	2
II						
III						
IV						
V						
計					2	2

DE14: 防油堤外流出拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	2					2
II						
III						
IV						
V						
計	2					2

表 8.2.8 京浜臨海地区（横浜市）における高圧ガスタンクのリスクマトリックス（平常時）

(a) 爆発火災

DE1: 小量流出爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II				2		2
III				2		2
IV				2		2
V						
計				6		6

DE3: 中量流出爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			2			2
II			1			1
III			3			3
IV						
V						
計			6			6

DE5: 大量流出爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			2			2
II			2			2
III			2			2
IV						
V						
欄外						

DE7: 全量流出(長時間)・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			2			2
II			2			2
III		2				2
IV						
V						
欄外						

DE9: 全量流出(防液堤内)・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		3				3
II						
III						
IV						
V						
欄外						

DE11: 全量流出(防液堤外)・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	3	3				6
II						
III						
IV						
V						
欄外						

(b) フラッシュ火災

DE2: 小量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II						
III				3		3
IV				3		3
V						
計				6		6

DE4: 中量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II			3			3
III			3			3
IV						
V						
計			6			6

DE6: 大量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II			3			3
III			3			3
IV						
V						
計			6			6

DE8: 全量流出(長時間)・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II			3			3
III		2	1			3
IV						
V						
計		2	4			6

DE10: 全量流出(防液堤内)・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I		3				3
II						
III						
IV						
V						
計		3				3

DE12: 全量流出(防液堤外)・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I	3	3				6
II						
III						
IV						
V						
計	3	3				6

(d) 毒性ガス拡散

DE13: 少量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				4		4
II						
III						
IV						
V						
計				4		4

DE14: 中量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				7		7
II						
III						
IV						
V						
計				7		7

DE15: 大量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				4		4
II						
III						
IV						
V						
計				4		4

DE16: 全量流出(長時間)・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			4	3		7
II						
III						
IV						
V						
計			4	3		7

DE17: 全量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I			4	3		7
II						
III						
IV						
V						
計			4	3		7

表 8.2.9 京浜臨海地区（横浜市）における毒性液体タンクのリスクマトリックス（平常時）

(a) 毒性液体タンク

DE2: 中量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I						
II				1		1
III						
IV						
V						
計				1		1

DE4: 全量流出(長時間)・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				1		1
II						
III						
IV						
V						
計				1		1

DE5: 全量流出・拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	計
I				1		1
II						
III						
IV						
V						
計				1		1

表 8.2.10 京浜臨海地区（横浜市）における製造施設等のリスクマトリックス（平常時）

(a) 流出火災

DE1: 小量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV							
V						32	32
計						32	32

対象外 1

DE4: ユニット全量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV						18	18
V						14	14
計						32	32

対象外 1

DE7: 大量流出・火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III							
IV					18		18
V					14		14
計					32		32

対象外 1

(b) 爆発火災

DE1: 小量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II						1	1
III						1	1
IV							
V						1	1
計						3	3

対象外 0

DE4: ユニット全量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I						2	2
II						1	1
III							
IV							
V							
計						3	3

対象外 0

DE7: 大量流出・爆発

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I					2		2
II					1		1
III							
IV							
V							
計					3		3

対象外 0

(c) フラッシュ火災

DE3: 小量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II							
III						2	2
IV							
V						1	1
計						3	3

対象外 0

DE6: ユニット全量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II					2		2
III							
IV							
V					1		1
計					3		3

対象外 0

DE9:大量流出・フラッシュ火災

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I							
II			2				2
III							
IV							
V			1				1
計			3				3

対象外 0

(d) 毒性ガス拡散

DE2:小量流出・ガス拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I						3	3
II							
III							
IV							
V							
計						3	3

対象外 0

DE5:ユニット全量流出・ガス拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I						3	3
II							
III							
IV							
V							
計						3	3

対象外 0

DE8:大量流出・ガス拡散

	En	Dn	Cn	Bn	An	AAAn	計
I				3			3
II							
III							
IV							
V							
計				3			3

対象外 0

3. 大規模災害による被害を対象とした評価

(1) 高压ガスタンクの爆発による災害

表 8.3.1 ファイヤーボールによる放射熱の影響度分布

区分	ファイヤーボールによる放射熱		
	4.6 kW/m ²	9.5 kW/m ²	11.6 kW/m ²
京浜臨海地区（川崎市）			
2,000m 以上	93	47	19
1,000～2,000m	73	81	105
500m～1,000m	32	64	56
200m～500m	4	9	21
200m 未満	6	7	7
京浜臨海地区（横浜市）			
2,000m 以上	3	2	0
1,000～2,000m	2	1	3
500m～1,000m	1	3	3
200m～500m	0	0	0
200m 未満	0	0	0
根岸臨海地区			
2,000m 以上	15	8	4
1,000～2,000m	2	9	13
500m～1,000m	0	0	0
200m～500m	0	0	0
200m 未満	6	6	6
久里浜地区（対象タンクなし）			

表 8.3.2 蒸気雲爆発による爆風圧の影響度分布

区分	蒸気雲爆発による爆風圧		
	2.1kPa	5kPa	16kPa
京浜臨海地区（川崎市）			
2,000m 以上	12	0	0
1,000～2,000m	63	12	0
500m～1,000m	69	74	7
200m～500m	53	87	82
200m 未満	11	35	119
京浜臨海地区（横浜市）			
2,000m 以上	0	0	0
1,000～2,000m	3	0	0
500m～1,000m	0	3	0
200m～500m	3	0	3
200m 未満	0	3	3
根岸臨海地区			
2,000m 以上	6	0	0
1,000～2,000m	15	6	0
500m～1,000m	2	15	6
200m～500m	0	2	15
200m 未満	0	0	2
久里浜地区（対象タンクなし）			

表 8.3.3 BLEVE による破片の飛散の影響度分布

区分	BLEVE による破片の飛散
京浜臨海地区 (川崎市)	
2,000m 以上	21
1,000～2,000m	174
500m～1,000m	0
200m～500m	0
200m 未満	0
京浜臨海地区 (横浜市)	
2,000m 以上	0
1,000～2,000m	2
500m～1,000m	0
200m～500m	0
200m 未満	0
根岸臨海地区	
2,000m 以上	10
1,000～2,000m	13
500m～1,000m	0
200m～500m	0
200m 未満	0
久里浜地区 (対象タンクなし)	

(2) プラント製造施設の爆発による災害

表 8.3.4 プラント製造施設の爆発による爆風圧の影響度分布

区分	プラント製造施設の爆発による爆風圧		
	2.1kPa	5kPa	16kPa
京浜臨海地区（川崎市）			
2,000m 以上	0	0	0
1,000～2,000m	0	0	0
500m～1,000m	5	0	0
200m～500m	11	8	0
200m 未満	7	15	23
京浜臨海地区（横浜市）			
2,000m 以上	0	0	0
1,000～2,000m	0	0	0
500m～1,000m	0	0	0
200m～500m	0	0	0
200m 未満	0	0	0
根岸臨海地区（対象施設なし）			
久里浜地区（対象施設なし）			

4. 津波による被害を対象とした評価

(1) 浸水の可能性がある施設

表 8.4.1(1) 津波により浸水する可能性がある施設【京浜臨海地区：川崎市】

浸水深	危険物タンク（可燃性及び毒性）				高圧 ガス タンク	毒性 液体 タンク	プラント	陸上 入出荷 施設
	容量 10,000kl 以上	容量 10,000kl ～1,000kl	容量 1,000kl ～500kl	容量 500kl 未満				
3m 以上								
3～2m								
2～1.2m	19	74	21		9	2	16	14
1.2～0.8m	16	121	69		37	4	35	36
0.8～0.5m	7	59	62	1	50	5	23	51
0.5m未満	6	28	32	3	37	6	44	89
なし	56	119	25	2	112	11	72	62
合 計	104	401	209	6	245	28	190	252

表 8.4.1(2) 津波により浸水する可能性がある施設【京浜臨海地区：横浜市】

浸水深	危険物タンク（可燃性及び毒性）				高圧 ガス タンク	毒性 液体 タンク	プラント	陸上 入出荷 施設
	容量 10,000kl 以上	容量 10,000kl ～1,000kl	容量 1,000kl ～500kl	容量 500kl 未満				
3m 以上								
3～2m								
2～1.2m	5	14	6		2		6	4
1.2～0.8m	7	58	44		5		8	25
0.8～0.5m	4	16	11		1	1	1	38
0.5m未満		8	3		5		11	18
なし	1	15	2		5		11	4
合 計	17	111	66		18	1	37	89

(2) 平均貯蔵率

表 8.4.2 平均貯蔵率の内訳【京浜臨海地区】

平均貯蔵率R (%)	タンク数		
	川崎市	横浜市	計
R = 100	116		116
100 > R ≥ 75	16	29	45
75 > R ≥ 50	257	80	337
50 > R ≥ 25	78	25	103
25 > R ≥ 0	20	3	23
R = 0	12	2	14
合 計	499	139	638
平均貯蔵率が示せない	221	55	276

(3) 浮き上がり及び滑動の判定

表 8.4.3(1) 浮き上がり及び滑動の判定結果【京浜臨海地区：川崎市】

項目	タンク数	浮き上がりの可能性 が判定された数				滑動の可能性 が判定された数			
		①	②	③	④	①	②	③	④
平均貯蔵率が設定	499								
平均貯蔵率が示せない	221		1				1	3	
合計	720	0	1	0	0	0	1	3	0

注) 丸付き数字は、タンク容量の区分をあらわす (①：10,000kl 以上、②：10,000kl 未満～1,000kl 以上、③：1,000kl 未満～500kl 以上、④：500kl 未満)。

表 8.4.3(2) 浮き上がり及び滑動の判定結果【京浜臨海地区：横浜市】

項目	タンク数	浮き上がりの可能性 が判定された数				滑動の可能性 が判定された数			
		①	②	③	④	①	②	③	④
平均貯蔵率が設定	139								
平均貯蔵率が示せない	55								
合計	194	0	0	0	0	0	0	0	0

注) 丸付き数字は、タンク容量の区分をあらわす (①：10,000kl 以上、②：10,000kl 未満～1,000kl 以上、③：1,000kl 未満～500kl 以上、④：500kl 未満)。

表 8.4.4 浮き上がり及び滑動の判定結果 (まとめ) 【京浜臨海地区】

地区	浮き上がりの可能性 が判定された数	滑動の可能性 が判定された数
川崎市	1	4
横浜市	0	0
計	1	4

(4) 浮き上がり及び滑動の流出量

表 8.4.5(1) 流出量の積算値【京浜臨海地区：川崎市】

	浮き上がりの可能性 が判定された排出量(kl)				滑動の可能性 が判定された排出量(kl)			
	①	②	③	④	①	②	③	④
平均貯蔵率が設定								
平均貯蔵率が示せない		1028.0				1028.0	217.0	
合計	0	1028.0	0	0	0	1028.0	217.0	0

注) 丸付き数字は、タンク容量の区分をあらわす(①：10,000kl 以上、②：10,000kl 未満～1,000kl 以上、③：1,000kl 未満～500kl 以上、④：500kl 未満)。

表 8.4.5(2) 流出量の積算値【京浜臨海地区：横浜市】

	浮き上がりの可能性 が判定された排出量(kl)				滑動の可能性 が判定された排出量(kl)			
	①	②	③	④	①	②	③	④
平均貯蔵率が設定								
平均貯蔵率が示せない								
合計	0	0	0	0	0	0	0	0

注) 丸付き数字は、タンク容量の区分をあらわす(①：10,000kl 以上、②：10,000kl 未満～1,000kl 以上、③：1,000kl 未満～500kl 以上、④：500kl 未満)。

表 8.4.6 流出量の積算値(まとめ)【京浜臨海地区】

市	浮き上がりの可能性 が判定された排出量(kl)	滑動の可能性 が判定された排出量(kl)
川崎市	1,028.0	1,245.0
横浜市	0	0
計	1,028.0	1,245.0